المملكة العربية السعودية

وزارة التعليم
Ministry of Education

قررت وزارة التعليم تدريس
هذا الكتاب وطبعه على نفقتها

الأحياء 2

التعليم الثانوي - نظام المسارات
السنة الثانية

قام بالتأليف والمراجعة
فريق من المتخصصين

طبعة 1445 - 2023

يوزع مجانًا ولا يباع
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

ⓒ وزارة التعليم ، ١٤٤٤هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
وزارة التعليم
الأحياء ٢ التعليم الثانوي – نظام المسارات – السنة الثانية –
وزارة التعليم.– الرياض ، ١٤٤٤هـ
٥٩٩ ص ؛ ٥, ٢٧ x ٢١سم
ردمك : ٦– ٤٤٨– ٥١١– ٦٠٣– ٩٧٨

أ– الأحياء – تعليم – أ. العنوان
ديوي ٥٧٤.٧١٢ ١٤٤٤/٩٢٤١

رقم الإيداع : ١٤٤٤/٩٢٤١
ردمك : ٦- ٤٤٨- ٥١١- ٦٠٣- ٩٧٨

حقوق الطبع والنشر محفوظة لوزارة التعليم

www.moe.gov.sa

مواد إثرائية وداعمة على "منصة عين الإثرائية"

ien.edu.sa

أعزاءنا المعلمين والمعلمات، والطلاب والطالبات، وأولياء الأمور، وكل مهتم بالتربية والتعليم:
يسعدنا تواصلكم؛ لتطوير الكتاب المدرسي، ومقترحاتكم محل اهتمامنا.

fb.ien.edu.sa

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

المقدمة

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمنِ الرَّحيمِ

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين، وعلى آله وصحبه أجمعين. وبعد، يأتي اهتمام المملكة بتطوير المناهج الدراسية وتحديثها من منطلق أحد التزامات رؤية المملكة العربية السعودية (2030) وهو "إعداد مناهج تعليمية متطورة تركز على الممارسات الأساسية بالإضافة إلى تطوير المواهب وبناء الشخصية".

ويأتي كتاب أحياء 2 لنظام المسارات في التعليم الثانوي داعمًا لرؤية المملكة العربية السعودية (2030) نحو الاستثمار في التعليم عبر "ضمان حصول كل طالب على فرص التعليم الجيد وفق خيارات متنوعة" بحيث يكون الطالب هو محور العملية التعليمية التعلميّة.

وقد جاء تنظيم وبناء محتوى كتاب الطالب بأسلوب مشوّق وبطريقة تشجّع الطالب على القراءة الواعية والنشطة، وتسهّل عليه بناء تنظيم أفكاره وتنظيمها، وممارسة العلم كما يمارسه العلماء وبما يعزز أيضًا مبدأ رؤية (2030) "نتعلم لنعمل"، من خلال إتاحة الفرص المتعددة للطالب لممارسة الاستقصاء العلمي بمستوياته المختلفة، المبنيّ والموجّه والمفتوح.

يبدأ كل فصل من فصول الكتاب بالفكرة العامة التي تقدم صورة شاملة لمحتواه. ثم ينفّذ الطالب "التجربة الاستهلالية" التي تساعد على تكوين نظرة شاملة عن محتوى الفصل. وتمثّل التجربة الاستهلالية أحد أشكال الاستقصاء (المبني)، كما تتيح في نهايتها ممارسة شكل آخر من أشكال الاستقصاء (الموجّه) من خلال سؤال الاستقصاء المطروح. وتتضمّن النشاطات التمهيدية للفصل إعداد مطوية تساعد على تلخيص أبرز الأفكار والمفاهيم التي يتناولها الفصل. وهناك أشكال أخرى من النشاطات الاستقصائية التي يمكن تنفيذها في أثناء دراسة المحتوى، ومنها مختبرات تحليل البيانات، أو التجارب العملية السريعة، أو مختبر الأحياء الذي يرد في نهاية كل فصل ويتضمن استقصاءً مفتوحًا في نهايته.

تقسم فصول الكتاب إلى أقسام، يتضمن كلٌّ منها في بدايته ربطًا بين المفردات السابقة والمفردات الجديدة، وفكرةً رئيسةً مرتبطة مع الفكرة العامة للفصل. كما يتضمّن القسم أدواتٍ أخرى تساعد على تعزيز فهم المحتوى، منها ربط المحتوى مع واقع الحياة، أو مع العلوم الأخرى، وشرحًا وتفسيرًا للمفردات الجديدة التي تظهر مظلَّلة باللون الأصفر، وأسئلة تعمّق معرفة الطالب بمحتوى المقرر واستيعاب المفاهيم والمبادئ العلمية الواردة فيه. ويدعم عرض المحتوى في الكتاب مجموعة من الصور والأشكال والرسوم التوضيحية المختارة والمعدة بعناية لتوضيح المادة العلمية وتعزيز فهم مضامينها. ويتضمّن الكتاب مجموعة من الشروح والتفسيرات، تقع في هوامش الكتاب، منها ما يتعلق بالربط بمحاور رؤية (2030) وأهدافها الاستراتيجية، وبالمهن، أو التمييز بين الاستعمال العلمي والاستعمال الشائع لبعض المفردات، وبعضها إرشادات للتعامل مع المطوية التي يعدّها الطالب في بداية كل فصل.

المقدمة

وقد وظّفت أدوات التقويم الواقعي في التقويم بمراحله وأغراضه المختلفة: القبلي، والتشخيصي، والتكويني (البنائي) والختامي (التجميعي)؛ إذ يمكن توظيف الصورة الافتتاحية في كل فصل، والأسئلة المطروحة في التجربة الاستهلالية بوصفها تقويمًا قبْليًّا تشخيصيًّا لسبر واستكشاف ما يعرفه الطلاب عن موضوع الفصل. ومع التقدم في دراسة كل جزء من المحتوى يُطرح سؤالٌ تحت عنوان "ماذا قرأت؟"، وتجد تقويمًا خاصًّا بكل قسم من أقسام الفصل يتضمّن أفكار المحتوى وأسئلةً تساعد على تلمُّس جوانب التعلُّم وتعزيزه، وما قد يرغب الطالب في تعلمه في الأقسام اللاحقة. وفي نهاية الفصل يأتي دليل مراجعة الفصل متضمِّنًا تذكيرًا بالفكرة العامة والأفكار الرئيسة والمفردات الخاصة بأقسام الفصل، وخلاصة بالمفاهيم الرئيسة التي وردت في كل قسم. يلي ذلك تقويم الفصل والذي يشمل أسئلة وفقرات متنوعة تستهدف تقويم تعلم الطالب في مجالات عدة، هي: مراجعة المفاهيم، وتثبيت المفاهيم الرئيسة، والأسئلة البنائية، والتفكير الناقد، ومهارات الكتابة في علم الأحياء، وأسئلة المستندات المتعلقة بنتائج بعض التقارير أو البحوث العلمية، بالإضافة إلى فقرات خاصة بالمراجعة التراكمية. كما يتضمّن الكتاب في نهاية كل فصل اختبارًا مقنَّنًا يتضمّن أسئلة وفقرات اختبارية تسهم في إعداد الطلاب للاختبارات الوطنية والدولية، بالإضافة إلى تقويم تحصيلهم في الموضوعات التي سبقت دراستها.

والله نسأل أن يحقق الكتاب الأهداف المرجوّة منه، وأن يوفق الجميع لما فيه خير الوطن وتقدمه وازدهاره.

فهرس أقسام الكتاب

القسم الأول: ..... من ص 6 إلى ص 206

القسم الثاني: ..... من ص 208 إلى ص 380

القسم الثالث: ..... من ص 382 إلى ص 599

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

القسم الأول

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

قائمة المحتويات

دليل الطالب

كيف تستفيد من كتاب الأحياء؟ 9

الفصل 1

شوكيات الجلد واللافقاريات الحبلية 12

تجربة استهلالية 13

1-1: خصائص شوكيات الجلد 14

تجربة 1-1: 15

مختبر تحليل البيانات 1-1: 23

1-2: اللافقاريات الحبلية 24

إثراء علمي: مستجدات في علم الأحياء 29

مختبر الأحياء 30

دليل مراجعة الفصل 31

تقويم الفصل 32

الفصل 2

الأسماك والبرمائيات 36

تجربة استهلالية 37

1 – 2 الأسماك 38

تجربة 1– 2 41

2–2 البرمائيات 51

مختبر تحليل البيانات 1 – 2 54

إثراء علمي: تشوهات خلقية في الضفادع 59

مختبر الأحياء 60

دليل مراجعة الفصل 61

تقويم الفصل 62

الفصل 3

الزواحف والطيور 68

نشاط استهلالي 69

3–1 الزواحف 70

مختبر تحليل البيانات 1 – 3 77

3–2 الطيور 79

تجربة 1 – 3 85

إثراء علمي: الأنواع الدخيلة في البيئة 88

مختبر الأحياء 89

دليل مراجعة الفصل 90

تقويم الفصل 91

الفصل 4

الثدييات 96

تجربة استهلالية 97

4–1 خصائص الثدييات 98

تجربة 1 – 4 104

4–2 تنوع الثدييات 109

مختبر تحليل البيانات 4–1 116

إثراء علمي: الكلاب المدربة المساعدة 117

مختبر الأحياء 118

دليل مراجعة الفصل 119

تقويم الفصل 120

الفصل 5

مقدمة في النباتات 124

تجربة استهلالية 125

5-1 النباتات اللاوعائية 126

مختبر تحليل البيانات 5-1 129

5-2 النباتات الوعائية اللابذرية 131

5-3 النباتات الوعائية البذرية 135

تجربة 5-1 139

إثراء علمي: علم حبوب اللقاح الجنائي 142

مختبر الأحياء 143

دليل مراجعة الفصل 144

تقويم الفصل 145

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 6

تركيب النبات ووظائف أجزائه 150

تجربة استهلالية 151

6-1 خلايا النبات وأنسجته 152

تجربة 6-1 154

6-2 هرمونات النباتات واستجاباتها 160

تجربة 6-2 162

إثراء علمي: النباتات ودفاعاتها 165

مختبر الأحياء 166

دليل مراجعة الفصل 167

تقويم الفصل 168

الفصل 7

التكاثر في النباتات الزهرية 174

تجربة استهلالية 175

7-1 الأزهار 176

تجربة 7-1 181

7-2 النباتات الزهرية 183

مختبر تحليل البيانات 7-1 188

إثراء علمي: النباتات المعدَّلة وراثيًّا (جينيًّا) 190

مختبر الأحياء 191

دليل مراجعة الفصل 192

تقويم الفصل 193

مرجعيات الطالب

المصطلحات 198

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

كيف تستفيد من كتاب الأحياء؟

هذا الكتاب ليس كتاب ثقافة عامة، بل كتابًا علميًّا يصف مخلوقات حية، وعمليات حيوية، وتطبيقات تقنية. لذا فأنت تقرؤه لتحصيل العلم.
وفيما يأتي بعض الأفكار والإرشادات التي تساعدك على قراءته.

قبل أن تقرأ

اقرأ كلًّا من الفكرة العامة و الفكرة الرئيسة قبل قراءة الفصل أو في أثنائه؛ فهما تزودانك بنظرة عامة تمهيدية لهذا الفصل.

الفصل 1
شوكيات الجلد واللافقاريات الحبلية
Echinoderms and inverteberate chordates
أشواك سامة
أشواك وأقدام أنبوبية
الفكرة العامة لشوكيات الجلد واللافقاريات الحبلية صفات تربطها مع الحبليات.
1–1 خصائص شوكيات الجلد
الفكرة الرئيسة شوكيات الجلد حيوانات بحرية لها هيكل داخلي بأشواك وجهاز وعائي مائي وأقدام أنبوبية، ولأفرادها البالغة تناظر شعاعي.
1–2 اللافقاريات الحبلية
الفكرة الرئيسة اللافقاريات الحبلية لها صفات تربطها مع الفقاريات الحبلية.
حقائق في علم الأحياء
- تستطيع ذراع واحدة من نجم البحر ذي الأشواك أن يلتهم ما بين 2–6 m^2 من المرجان كل عام.
- أذرع نجم البحر تحتوي على أشواك مغطاة بجلد مملوء بالسم.
- يحمي خيار البحر نفسه عن طريق تغيير قوام جسمه من حالة شبه سائلة إلى حالة صلبة ثم يعود إلى وضعه الطبيعي.
12

لكل فصل فكرة عامة تقدم صورة شمولية عنه. ولكل موضوع من موضوعاته فكرة رئيسة تدعم فكرته العامة.

طرائق أخرى للمراجعة

- اقرأ عنوان الفصل لتتعرّف موضوعاته.
- تصفح الصور والرسوم والجداول.
- ابحث عن المفردات البارزة المظلّلة باللون الأصفر.
- اعمل مخططًا للفصل باستخدام العناوين الرئيسة والعناوين الفرعية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

كيف تستفيد من كتاب الأحياء؟

عندما تقرأ

فـي كل جـزء مـن الفصل سـتجد أسـاليب لتعميـق فهمك للموضوعات التي ستدرسها، واختبار مدى استيعابك لها.

1–1

الأهداف

- تلخص الصفات العامة لشوكيات الجلد.
- تقوّم كيف مكّن الجهاز الوعائي المائي والأقدام الأنبوبية شوكيات الجلد من البقاء.
- تميّز بين طوائف شوكيات الجلد.

مراجعة المفردات

الهيكل الداخلي يوفر الهيكل الداخلي الدعامة والحماية، ويعمل نقطة ارتكاز لانقباض العضلات.

المفردات الجديدة

اللواقط القدمية
الجهاز الوعائي المائي
المصفاة
القدم الأنبوبية
الحوصلة العضلية

خصائص شوكيات الجلد

Echinoderm character

الفكرة الرئيسة شـوكيات الجلد حيوانات بحرية لها هيكل داخلي بأشواك وجهاز وعائي مائي وأقدام أنبوبية، ولأفرادها البالغة تناظر شعاعي.

الربط مع الحياة لقياس ضغـط الدم يمر الهواء في جهاز قيـاس ضغط الدم عبر أنبـوب يوصله إلى رباط يُلف حول الذراع ويبقى مشـدودًا حتى تحرير الهواء منه وطرده إلى الخارج. تسـتعمل بعض الحيوانات –شـوكيات الجلد– المبدأ نفسه لتتحرك وتحصل على غذائها.

شوكيات الجلد ثانوية الفم

Echinoderms are Deuterostomes

الرخويـات والديـدان الحلقية والمفصليات التي درسـتها في الفصول السـابقة حيوانات بدائية الفم.

شـوكيات الجلد حيوانـات ثانوية الفم، وهذا تحول أساسـي فـي العلاقات بين الحيوانات. لاحظ تفرع المخطط عند نقطة ثانوية الفم، الشكل 1–1.

يتكون الفم في بدائية الفم من فتحة الجاسترولا، في حين يتكون الفم في ثانوية الفم من مكان آخر في الجاسترولا، كما في شوكيات الجلد والحبليات. جميع شوكيات الجلـد حيوانات بحرية، وهي تضم 6000 نوع، منها نجم البحر وقنفذ البحر وخيار البحر ونجم البحر الهـش وزنابق البحر ونجم البحر الريشـي واللؤلئية البحرية. ويظهـر الشكل 1–1 نوعين من شوكيات الجلد.

الشكل 1 – 1 شوكيات الجلد حيوانات بحرية، وهـي أول الحيوانات التي لها فم ثانوي وهيكل داخلي.

14

الربط مع الحياة: يصف ارتباط المحتوى مع حياتك.

ماذا قرأت؟ أسئلة تقوّم مدى فهمك لما درسته.

مهارات قرائية

- اسأل نفسك: ما الفكرة العامة؟ وما الفكرة الرئيسة؟
- فكّر في المخلوقات الحيـة والمواقف التي مررت بها، هل هناك علاقة بينها وبين دراستك لمادة الأحياء؟
- اربط معلومات مادة الأحياء التي درستها مع المجالات العلمية الأخرى.
- توقع نتائجك من خلال توظيف المعلومات التي لديك.
- غيّر توقعاتك حينما تقرأ معلومات جديدة.

الاستجابة للمثيرات لشوكيات الجلد خلايا عصبية حسية حركية متفاوتة التعقيد بحسـب أنواعها المختلفة. وعمومًا هناك حلقة عصبية تحيط بالفم مع تفرعات للحبال العصبية تتصل مع مناطق الجسم الأخرى جميعها. تستجيب الخلايا الحسية العصبية للمس، وللمواد الكيميائية المذابة في الماء، ولتيارات المـاء، وللضوء. يوجد علـى النهايات الطرفية لنجم البحـر بقع عينية، وهي مجموعة من الخلايا الحساسـة للضوء، الشـكل 5–1. وكثير من شـوكيات الجلد تستطيع الإحساس في اتجاه الجاذبية؛ فنجم البحر مثلًا يعود إلى وضعه الطبيعي بعدما يقلب بفعل الأمواج أو التيارات.

الحركة تتنوع طريقة الحركة في شـوكيات الجلد بحسـب أشكال الجسم؛ فتركيب الهيكل الداخلي مهم في تحديد نوع الحركة التي يسـتطيع القيام بها. إن حركـة الصفائح العظمية المتحركة في الهيكل الداخلي لشـوكيات الجلد تمكنها من الحركة بسـهولة. وينحرك نجم البحر الريشي بإمساك الرسوبيات الناعمة في قاع المحيط بواسـطة زوائد طويلة نحيلة على السطح السفلي، أو بواسـطة السـباحة مع تحريك أذرعه إلى أعلى وإلى أسـفل. ويستعمل نجم البحر الهش أقدامه الأنبوبية وأذرعه للزحف كالأفعى. بينما يتحرك نجم البحر مستعملًا أقدامه الأنبوبية، وبحفر بأشواكه المتحركة. بينما يزحف خيار البحر مستعملًا أقدامه الأنبوبية وعضلات جدار الجسم.

ماذا قرأت؟ لخص الطرائق التي تستعملها شوكيات الجلد في الحركة؟

التكاثر والنمو تتكاثر أغلب شـوكيات الجلد جنسـيًّا؛ حيث تضع الأنثى البيض، ويقوم الذكر بإفراز الحيوانات المنوية في الماء، ثم يحدث الإخصاب. وتنمو البيضة المخصبة إلى يرقة تسـبح بحرّية. وهي ذات تناظر جانبي. وبعد مرور اليرقة بعدة مراحل من التغيرات تنمو إلى حيوان بالغ له تناظر شعاعي.

يوضح الشكل 6–1 تجديد (إعادة تكوين) الجزء المفقود في نجم البحر. الكثير من شوكيات الجلد –ومنها نجم البحر الهش– تستطيع التخلّص من أحد أذرعها عندما يهاجمها مفترس، وبعضها الآخر –ومنه خيار البحر– قادر على إخراج جزء من الأعضاء الداخلية عندما يتعرض للخطر، مما يمكّنه من الهروب مسببًا تشويشًا وارباكًا للمفترس. ومن الممكن أن تتجدد جميع أجزاء الجسم التي فقدت.

الشـكل 5–1 يرفع نجم البحر نهاية ذراعه للإحساس بالضوء والحركة.

مفردات

ما الصفات التي تمكّن شوكيات الجلد من البقاء في البيئة؟

ارجع إلى دليل المصطلحات العلمية على صفحة من الإنترنت

الشـكل 6–1 يجـدّد نجم البحـر إحدى أذرعه، وهي عملية قد تستمر عامًا.
وضح. كيف تساعد عملية تجدُّد أعضاء الجسم شوكيات الجلد على البقاء؟

18

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

كيف تستفيد من كتاب الأحياء؟

بعد ما قرأت

اقرأ الخلاصة، وأجب عن الأسئلة؛ لتقويم مدى فهمك لما درسته.

يتضمَّن كل جزء في الفصل أسئلة وخلاصة؛ حيث تقدم الخلاصة مراجعة المفاهيم الرئيسة، في حين تختبر الأسئلةُ فهمك لما درسته.

مضار شوكيات الجلد قد تغير بعض شوكيات الجلد النظام البيئي البحري. فنجم البحر التاجي ذو الأشواك يتغذى على بوليب المرجان. وعندما تتكاثر هذه المخلوقات فإنها تدمر الشعاب المرجانية. وتشكل قنافذ البحر غذاءً شهيًّا للعالب البحر، **الشكل 14–1**. فإذا انخفض عدد تعالب البحر ازداد عدد قنافذ البحر. وتتغذى قنافذ البحر على غابات عشب البحر، فيؤدي ذلك إلى تدمير بيئات الأسماك والقواقع والسرطانات.

الشكل 14–1 وجود عدد كافٍ من ثعلب البحر يحافظ على مجتمع قنفذ البحر، ونموه تحت السيطرة، وإلا ازدادت أعداد قنافذ البحر، مما يهدد غابات عشب البحر الذي تتغذى عليه هذه القنافذ.

مختبر تحليل البيانات 1-1

بناءً على بيانات حقيقية

تفسير الرسوم العلمية

كيف يُظهِر مخطط العلاقات التركيبية العلاقاتي بين أنواع نجوم البحر؟ يُظهِر المخطط التصنيفي المقابل العلاقة بين أنواع مختلفة من نجوم البحر، معتمدًا على بيانات جزيئية. وكل حرف يمثل نوعًا معيَّنًا من نجوم البحر.

التفكير الناقد

1. حدد نجم البحر الأكثر صلة بنجم البحر A؟
2. حلّل أي مجموعات نجم البحر أكثر تنوعًا: (C,G,N) أو (L,K,M)؟ كيف قررت ذلك؟

أحدث البيانات في هذا المختبر من

Hrincevich, A.W. et al. 2000. Phylogenetic analysis of molecular lineages in a species -rich subgenus of sea stars (Leptasterias subgenus Hexasterias) *American. Zoologist* 40: 365-374

البيانات والملاحظات

التقويم 1–1

الخلاصة

- يمكن تحديد الأفراد البالغة من شوكيات الجلد باستعمال أربع صفات تركيبية رئيسة.
- لشوكيات الجلد جهاز وعائي مائي وأقدام أنبوبية.
- لشوكيات الجلد تكيفات متنوعة للتغذي والحركة.
- لشوكيات الجلد التي تعيش حاليًّا ست طوائف رئيسة.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **حدد** الصفات الأربع الرئيسة التي تميز الأفراد البالغة من شوكيات الجلد.
2. **وضح** كيفية عمل النظام الوعائي المائي.
3. **ارسم تخطيطًا** يمثل كل طائفة من طوائف شوكيات الجلد الست.
4. **اقترح** كيف ترتبط الحركة والتغذي في شوكيات الجلد؟

التفكير الناقد

5. **كعكة قرضية** يعيش نوع معين من الرويبان المخطط باللونين الأحمر والأبيض غالبًا على نوع من نجم البحر الهش الملون. كوّن فرضية عن العلاقة بين الرويبان ونجم البحر الهش.
6. الرياضيات في علم الأحياء إذا كانت القوة التي يحتاج إليها نجم البحر لفتح صدفة محار هي 20 نيوتن، فكم قدمًا أنبوبية يحتاج إذا كانت القدم الواحدة تولّد قوة مقدارها 0.25 نيوتن؟

23

الفصل 1 دليل مراجعة الفصل

المطويات حلل استعمل ما تعلمته في هذا الفصل لمناقشة تصنيف اللافقاريات الحيلية مع شعبة الحيليات.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
1–1 خصائص شوكيات الجلد	
اللوائح القدمية الجهاز الوعائي المائي المصفاة القدم الأنبوبية الخوصلة	الفكرة الرئيسة **شوكيات الجلد حيوانات بحرية لها هيكل داخلي بأشواك، وجهاز وعائي مائي، وأقدام أنبوبية؛ ولأفرادها البالغة تناظر شعاعي.** • يمكن تحديد الأفراد البالغة من شوكيات الجلد باستعمال أربع صفات تركيبية رئيسة. • لشوكيات الجلد جهاز وعائي مائي، وأقدام أنبوبية. • لشوكيات الجلد تكيفات متنوعة للتغذي والحركة. • لشوكيات الجلد التي تعيش حاليًّا ست طوائف رئيسة.
2–1 اللافقاريات الحيلية	
الحيليات اللافقاريات الحيلية الحبل الظهري الذيل خلف الشرجي الحبل العصبي الظهري الأنبوبي الجيوب البلعومية	الفكرة الرئيسة **اللافقاريات الحيلية لها صفات تربطها مع الفقاريات الحيلية.** • للحيليات أربع صفات رئيسة جعلتها مختلفة عن الحيوانات غير الحيلية. • للافقاريات الحيلية جميع صفات الحيليات إلَّا أنه ليس لها الصفات الرئيسة للفقاريات الحيلية. • الحبل الظهري تكيُّف يُمكِّن الحيوانات من الحركة بطرائق لم تتحرك بها من قبل. • السهيم من اللافقاريات الحيلية، له شكل يشبه السمكة، ولأفراده البالغة كل الصفات الرئيسة للحيليات. • الكيسيات لافقاريات حيلية كيسية الشكل، ولها صفات الحيليات وهي في مرحلة اليرقة.

31

ستجد في نهاية كل فصل دليلًا للمراجعة متضمنًا المفردات والمفاهيم الرئيسة. استعمل هذا الدليل للمراجعة وللتأكد من مدى استعيابك.

طرائق أخرى للمراجعة

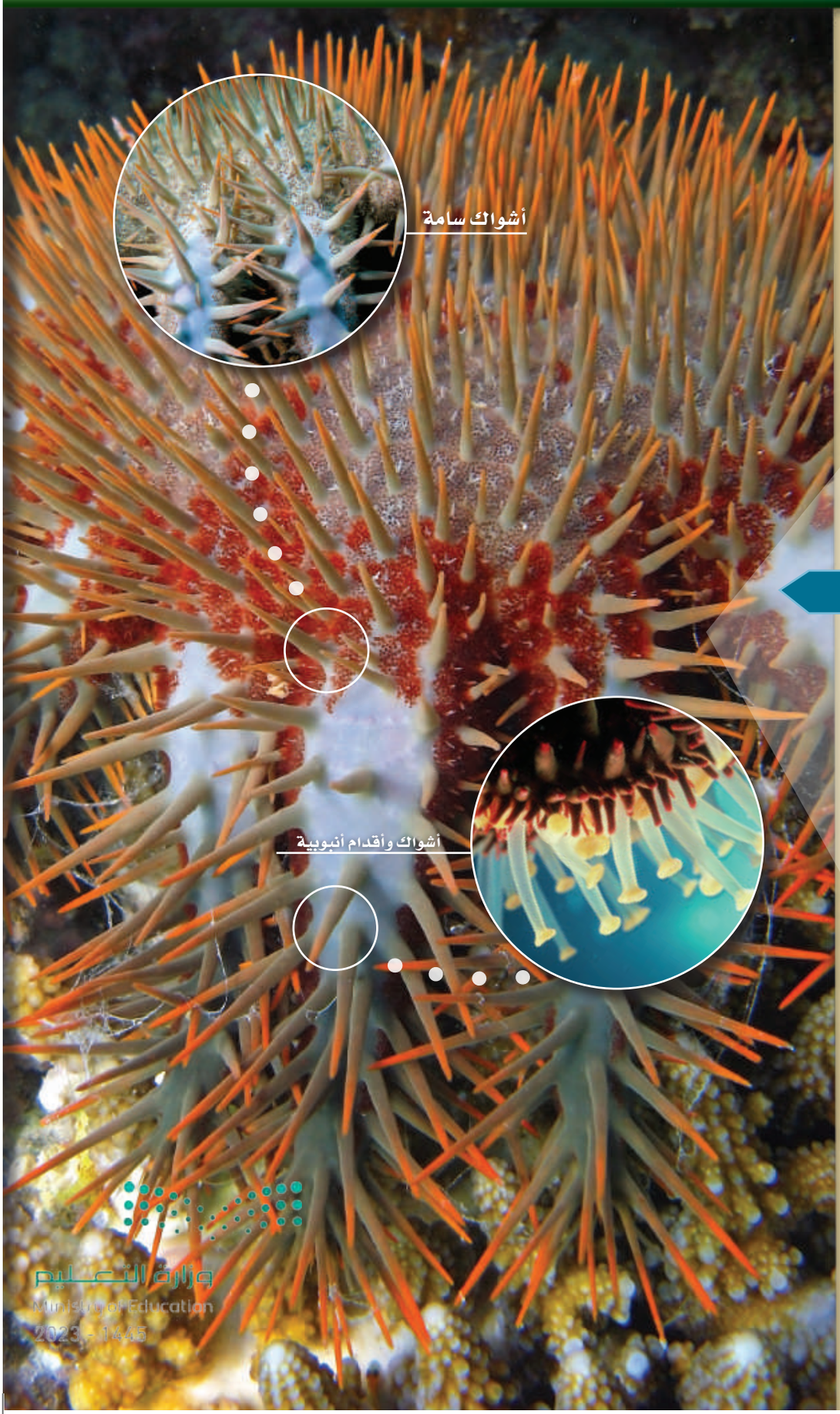
- حدّد الفكرة العامة.
- اربط الفكرة الرئيسة بـ الفكرة العامة.
- استخدم كلماتك الخاصة لتوضيح ما قرأت.
- وظِّف المعلومات التي تعلمتها في المنزل، أو في موضوعات أخرى تدرسها.
- حدد المصادر التي يمكن أن تستخدمها في البحث عن المزيد من المعلومات حول الموضوع.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الوحدة 1

شوكيات الجلد واللافقاريات الحبلية

Echinoderms and inverteberate chordates



الفكرة العامة لشوكيات الجلد واللافقاريات الحبلية صفات تربطها مع الحبليات.

1–1 خصائص شوكيات الجلد

الفكرة الرئيسة شوكيات الجلد حيوانات بحرية لها هيكل داخلي بأشواك وجهاز وعائي مائي وأقدام أنبوبية، ولأفرادها البالغة تناظر شعاعي.

1–2 اللافقاريات الحبلية

الفكرة الرئيسة اللافقاريات الحبلية لها صفات تربطها مع الفقاريات الحبلية.

حقائق في علم الأحياء

- تستطيع ذراع واحدة من نجم البحر ذي الأشواك أن يلتهم ما بين $2–6\ m^2$ من المرجان كل عام.
- أذرع نجم البحر تحتوي على أشواك مغطاة بجلد مملوء بالسم.
- يحمي خيار البحر نفسه عن طريق تغيير قوام جسمه من حالة شبه سائلة إلى حالة صلبة ثم يعود إلى وضعه الطبيعي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تجربة استهلالية

ما أهمية الأقدام الأنبوبية؟

ذراع نجم البحر التي في صورة مقدمة الفصل مثل جميع شوكيات الجلد، له تراكيب تُسمى الأقدام الأنبوبية. وستلاحظ في هذه التجربة الأقدام الأنبوبية وتحدد وظائفها.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. ضع **نجم البحر** في طبق بتري مملوء **بماء من مَرْبى مائي به مياه بحر مالحة**.

تنبيه: عامل نجم البحر برفق.

3. لاحظ الجهة السفلى لنجم البحر مستعملاً **المجهر التشريحي**. انظر إلى صفوف الأقدام الأنبوبية التي تمتد على طول كل ذراع، وارسم التراكيب.
4. المس بلطف طرف القدم الأنبوبية **بقضيب زجاجي**. وسجل ملاحظاتك.
5. أعد نجم البحر إلى المربى المائي.

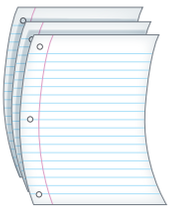
التحليل:

1. **صف** تركيب القدم الأنبوبية لنجم البحر.
2. **استنتج**. بناءً على ملاحظاتك، ما وظيفة القدم الأنبوبية في شوكيات الجلد؟

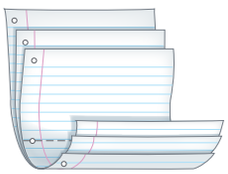
المطويات
منظمات الأفكار

وصف اللافقاريات الحبلية اعمل المطوية الآتية لمساعدتك على فهم الصفات الجسمية التي تربط اللافقاريات الحبلية مع الفقاريات الحبلية.

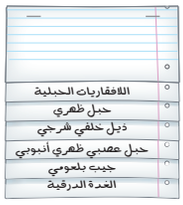
الخطوة 1 رتب ثلاث ورقات بعضها فوق بعض على أن تفصل كل واحدة عن التي تليها مسافة 1.5 cm طوليًا، وحافظ على مستوى حافة كل ورقة كما في الشكل الآتي:



الخطوة 2 اثن الطرف السفلي للورقة لتحصل على 6 ألسنة (أشرطة) كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3 اثنِ الأوراق جيدًا وثبت الألسنة في مكانها باستعمال مكبس دبابيس على طول الثنية، أدر الورقة بحيث تصبح الثنية في الأعلى، ثم رقِّم كل سطح كما هو مبين في الشكل الآتي:



المطويات **استعمل هذه المطوية في القسم 2–1.** سجّل وأنت تقرأ هذا الجزء معلوماتك المتعلقة بالصفات الجسمية للافقاريات الحبلية التي تربطها مع الفقاريات الحبلية.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

1–1

خصائص شوكيات الجلد

Echinoderm character

الأهداف

- **تلخص** الصفات العامة لشوكيات الجلد.
- **تقوّم** كيف مكّن الجهاز الوعائي المائي والأقدام الأنبوبية شوكيات الجلد من البقاء.
- **تميِّز** بين طوائف شوكيات الجلد.

مراجعة المفردات

الهيكل الداخلي يوفر الهيكل الداخلي الدعامة والحماية، ويعمل نقطة ارتكاز لانقباض العضلات.

المفردات الجديدة

اللواقط القدمية
الجهاز الوعائي المائي
المصفاة
القدم الأنبوبية
الحوصلة العضلية

الفكرة الرئيسة **شوكيات الجلد حيوانات بحرية لها هيكل داخلي بأشواك وجهاز وعائي مائي وأقدام أنبوبية، ولأفرادها البالغة تناظر شعاعي.**

الربط مع الحياة لقياس ضغط الدم يمر الهواء في جهاز قياس ضغط الدم عبر أنبوب يوصله إلى رباط يُلف حول الذراع ويبقى مشدودًا حتى تحرير الهواء منه وطرده إلى الخارج. تستعمل بعض الحيوانات –شوكيات الجلد– المبدأ نفسه لتتحرك وتحصل على غذائها.

شوكيات الجلد ثانوية الفم

Echinoderms are Deuterostomes

الرخويات والديدان الحلقية والمفصليات التي درستها في مقرر احياء1 حيوانات بدائية الفم.

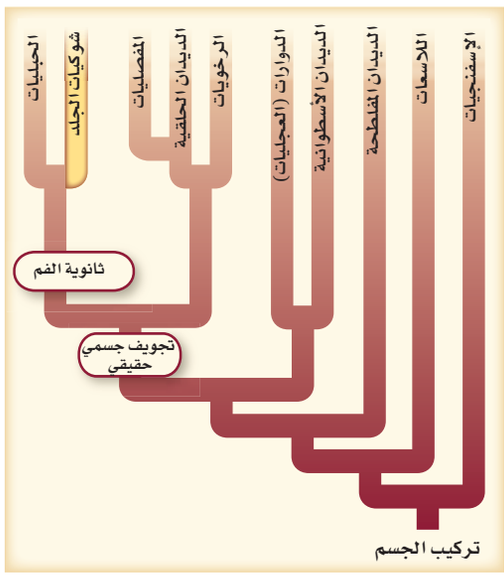
شوكيات الجلد حيوانات ثانوية الفم، وهذا تحول أساسي في العلاقات بين الحيوانات. لاحظ تفرع المخطط عند نقطة ثانوية الفم، **الشكل 1–1**.

يتكون الفم في بدائية الفم من فتحة الجاسترولا، في حين يتكون الفم في ثانوية الفم من مكان آخر في الجاسترولا، كما في شوكيات الجلد والحبليات. جميع شوكيات الجلد حيوانات بحرية، وهي تضم 6000 نوع، منها نجم البحر وقنفذ البحر وخيار البحر ونجم البحر الهش وزنابق البحر ونجم البحر الريشي واللؤلئية البحرية. ويظهر **الشكل 1–1** نوعين من شوكيات الجلد.

الشكل 1 – 1 شوكيات الجلد حيوانات بحرية، وهي أول الحيوانات التي لها فم ثانوي وهيكل داخلي.

قنفذ البحر الأرجواني

نجم البحر الريشي



تركيب الجسم Body structure

من شـــوكيات الجلد نجم البحر الهش، الذي له هيكل داخلي شـــوكي. وهي صفات مميزة لهذا المخلوق ضمن هذه الشـــعبة. شوكيات الجلد هـــي أول مجموعة من الحيوانات في الســـلم التصنيفـــي التي لها هيكل داخلي. وشـــوكيات الجلد حيوانات معقدة التركيب ذات تناظر شعاعي في مرحلة البلوغ، **الشكل 2–1** . يتكون الهيكل الداخلي فيها من صفائح من كربونات الكالســـيوم، وغالبا ما تتصل به أشواك، ويُغطى بطبقة رقيقة من الجلد. يوجد على الجلد **لواقط قدمية** pedicellariae صغيرة تساعد على الإمساك بالغذاء، وعلى إزالة المواد الغريبة عن الجلد.

جميع شوكيات الجلد لها تناظر شعاعي في مرحلة البلوغ، **الشكل 2–1**. ويمكنـــك ملاحظة هذه الخاصيـــة بوجود الأذرع الخمـــس مرتبة حول قـــرص مركزي. كما أن ليرقة نجم البحر تناظرًا جانبيًّا. ابحث في صفات شوكيات الجلد في **التجربة 1 – 1** .

ماذا قرأت؟ اســـتنتج أهمية التناظر الشـــعاعي للحيوانات التي لا تستطيع الحركة بسرعة.

النظام الوعائي المائي تتميز شـــوكيات الجلـــد أيضًا بوجود **الجهاز**

نجم البحر الهش البالغ

يرقة نجم البحر الهش

■ **الشـــكل 2–1** ليرقة نجـــم البحر الهـــش تناظر جانبي. ويمكن أن تُقسَّم على طول محور واحد إلى قسمين متماثلين كُلٌّ منهما صورة للآخر. نجم البحر الهش البالغ ذو تناظر شعاعي، ويمكن تقسيمه عبر المحور المركزي وعبر أي محور إلى أنصاف متماثلة.

تجربة 1–1

لاحظ تشريح شوكيات الجلد

ما صفات شوكيات الجلد؟ لجميع شوكيات الجلد صفات عامة رغم أن لها أشكالًا وأحجامًا مختلفة.

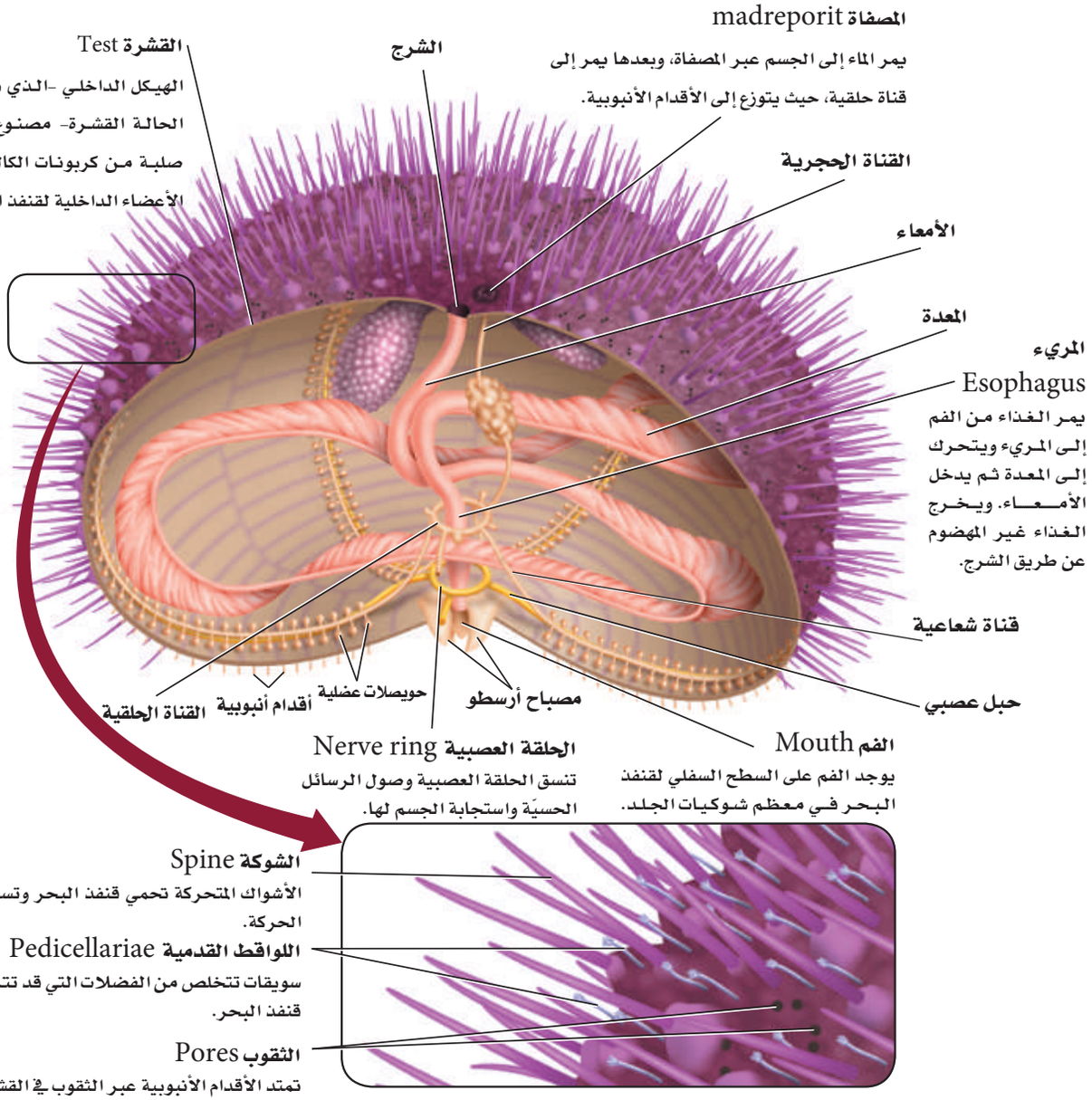
خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. ادرس عينات محفوظة **لخيار البحر، ونجم البحر، وقنفذ البحر**.
3. اعمل جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك. وأكمل الجدول بكتابة وصف للصفات الرئيسة لكل عينة.وضمِّن ذلك رسمًا تخطيطيًّا.
4. اكتب أسماء التراكيب الخارجية التي تستطيع تعريفها.
5. نظّف جميع أدواتك، وأعدها إلى المكان المناسب، واغسل يديك جيدًا بعد عملك للعينات المحفوظة.

التحليل:

1. **قـــارن** بين الصفات الخارجية لشـــوكيات الجلد التي درســـتها. وبناءً على ملاحظاتك، لماذا تم تصنيف هـــذه المخلوقات الثلاثة ضمن الشعبة نفسها ؟ وضح ذلك.
2. **لاحظ واستنتج.** ما الصفات الأكثر أهمية التي تساعد شوكيات الجلد على تجنب الافتراس؟

الشـــكل 3–1 يمكن أن يوجد قنفذ البحر في مناطق المد والجزر، وهو يختبئ بين شـــقوق الصخور، وقادر على كشـــط الطحالب بواسطة تركيب خماسي الصفائح للفم يُسمى مصباح أرسطو. تخيّل أن هذه الصفائح تشبه الأسنان التي تتحرك.



النظام الوعائي المائي تتميز شـوكيات الجلد أيضًا بوجود **الجهاز الوعائي المائي** water vascular system، وهو نظام يتكوّن من أنابيب مغلقة مملوءة بسـائل، تعمل معًا لتمكّن الحيوان من الحركـة والحصول على الغذاء. للجهاز الوعائي المائي فتحة تسمى **المصفاة** madreporite. يندفع الماء في اتجاه المصفاة، وينتقل عبر قناة حجرية إلى القناة الحلقية، ثم إلى قناة شعاعية – قناة تتفرع إلى جميع الأذرع– لينتهي في القدم الأنبوبية، **الشكل 3–1**.

الأقـدام الأنبوبية tube Feet أنابيب صغيرة وعضلية تمتلئ بالسـائل، وتنتهي بممص قرصي يشـبه الفنجان يُسـتعمل في الحركة وجمع الغذاء والتنفس. يوجد على نهاية الطرف الداخلي الموازي للقدم الأنبوبية كيس عضلي يسـمى **الحويصلات العضلية** ampulla. عندما تنقبض الحويصلات العضلية يندفع الماء إلى القدم الأنبوبية فتتمدد. ويوجد في نهاية القدم الأنبوبية ممصّ قرصيّ يساعد على التصاق الحيوان بالسطوح. يساعد الشـفط المائي جميع شـوكيات الجلد على الحركة، ويعطي بعض شوكيات الجلد، ومنها نجم البحر القوةَ الكافية اللازمة لفتح مصراعي المحار، **الشكل 4–1**.

التغذّي والهضم تسـتعمل شوكيات الجلد طرائق تغذٍّ متنوعة، بالإضافة إلى الأقدام الأنبوبية؛ فالزنابق البحرية ونجم البحر الريشيّ تمد أذرعها للإمساك بالغذاء، وتفترس نجوم البحر أنواعًا كثيرة مـن الرخويات والمرجان ولافقاريات أخرى. كثير من أنواع نجم البحر تسـتطيع قذف معدتها خارج الفم إلى الفريسـة، ثـم تفرز إنزيمات لهضم الغذاء، ثم تسـتعمل الأهداب لجلب المواد المهضومة إلى أفواهها. نجم البحر الهش مفترس نشط أو حيوان كانس يقتات على الفضلات، ويستطيع الإمساك بالمواد العضوية بواسطة مخاط على أذرعه. وكثير من القنافذ البحرية تستعمل صفائح شبيهة بالأسنان، **الشكل 3–1**، لكشط الطحالب عن السـطوح، أو تتغذى على حيوانات أخرى. ويمد العديد من خيار البحر لوامسه المتفرعة والمغطاة بالمخاط للإمساك بالغذاء الطافي.

التنفس والدوران والإخراج تستعمل شوكيات الجلد أقدامها الأنبوبية للتنفس؛ إذ ينتشر الأكسجين من الماء عبر أغشـية رقيقة للأقدام الأنبوبية. بعض شوكيات الجلد ينتشر فيها الأكسـجين عبر جميع أغشية الجسـم الرقيقة الملاصقة للماء. ولبعضها الآخر خياشـيم ذات جدر جلدية رقيقة (تجاويف صغيرة تمتد من الجسـم). ولخيار البحر أنابيب متفرعة تُسمى الشجرة التنفسية، يمر خلالها الماء، ومنها ينتقل الأكسجين المذاب في الماء إلى الجسـم. تحدث الدورة الدموية في التجويف الجسمي والجهاز الوعائـي المائي، في حين يحدث إخراج الفضلات الخلوية بالانتشـار عبر أنسـجة الجسـم الرقيقة. تحرك أهداب الأقدام الأنبوبية الماء وسـوائل الجسـم عبر أجهزة الجسم المختلفة لإخراج الفضلات في بعض شوكيات الجلد. وعلى الرغم من بساطة هذه الأعضاء والأجهزة فشوكيات الجلد قادرة على حفظ الاتزان الداخلي لأجسامها بشكل فعّال، بالإضافة إلى وجود تكيفات تناسب طريقة معيشتها.

ماذا قرأت؟ لخص وظائف الأقدام الأنبوبية في شوكيات الجلد.

الشكل 4–1 يستعمل نجم البحر أقدامه الأنبوبية لفتح صدفتي المحار. **صف** طريقة تغذّي نجم البحر.

تجربة استهلالية

مراجعة بناءً على ما قرأته حول الأقدام الأنبوبية، كيـف يمكنك الإجابة الآن عن أسئلة التحليل؟

الشكل 5–1 يرفع نجم البحر نهاية ذراعه للإحساس بالضوء والحركة.

الاستجابة للمثيرات لشوكيات الجلد خلايا عصبية حسية حركية متفاوتة التعقيد بحسب أنواعها المختلفة. وعمومًا هناك حلقة عصبية تحيط بالفم مع تفرعات للحبال العصبية تتصل مع مناطق الجسم الأخرى جميعها. تستجيب الخلايا الحسية العصبية للمس، وللمواد الكيميائية المذابة في الماء، ولتيارات الماء، وللضوء. يوجد على النهايات الطرفية لنجم البحر بقع عينية، وهي مجموعة من الخلايا الحساسة للضوء، **الشكل 5–1**. وكثير من شوكيات الجلد تستطيع الإحساس في اتجاه الجاذبية؛ فنجم البحر مثلًا يعود إلى وضعه الطبيعي بعدما ينقلب بفعل الأمواج أو التيارات.

الحركة تتنوع طريقة الحركة في شوكيات الجلد بحسب أشكال الجسم؛ فتركيب الهيكل الداخلي مهم في تحديد نوع الحركة التي يستطيع القيام بها. إن حركة الصفائح العظمية المتحركة في الهيكل الداخلي لشوكيات الجلد تمكنها من الحركة بسهولة. ويتحرك نجم البحر الريشي بإمساك الرسوبيات الناعمة في قاع المحيط بواسطة زوائد طويلة نحيلة على السطح السفلي، أو بواسطة السباحة مع تحريك أذرعه إلى أعلى وإلى أسفل. ويستعمل نجم البحر الهش أقدامه الأنبوبية وأذرعه للزحف كالأفعى. بينما يتحرك نجم البحر مستعملًا أقدامه الأنبوبية، ويحفر بأشواكه المتحركة. بينما يزحف خيار البحر مستعملًا أقدامه الأنبوبية وعضلات جدار الجسم.

ماذا قرأت؟ **لخص** الطرائق التي تستعملها شوكيات الجلد في الحركة؟

التكاثر والنمو تتكاثر أغلب شوكيات الجلد جنسيًّا؛ حيث تضع الأنثى البيض، ويقوم الذكر بإفراز الحيوانات المنوية في الماء، ثم يحدث الإخصاب. وتنمو البيضة المخصبة إلى يرقة تسبح بحرّية. وهي ذات تناظر جانبي. وبعد مرور اليرقة بعدة مراحل من التغيرات تنمو إلى حيوان بالغ له تناظر شعاعي.

يوضح **الشكل 6–1** تجديد (إعادة تكوين) الجزء المفقود في نجم البحر. الكثير من شوكيات الجلد –ومنها نجم البحر الهش– تستطيع التخلّص من أحد أذرعها عندما يهاجمها مفترس، وبعضها الآخر –ومنه خيار البحر– قادر على إخراج جزء من الأعضاء الداخلية عندما يتعرض للخطر، مما يمكّنه من الهروب مسببًا تشويشًا وإرباكًا للمفترس. ومن الممكن أن تتجدد جميع أجزاء الجسم التي فقدت.

تجربة علمية

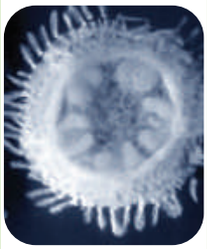
ما الصفات التي تمكّن شوكيات الجلد من البقاء في البيئة؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

الشكل 6–1 يجدّد نجم البحر إحدى أذرعه، وهي عملية قد تستمر عامًا.
وضح. كيف تساعد عملية تجدُّد أعضاء الجسم شوكيات الجلد على البقاء؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الجدول 1–1 طوائف شوكيات الجلد

الطائفة	النجميات	الثعبانيات	القنفذيات	الزنبقيات	القِثّائيات	اللؤلئيات
أمثلة						
أمثلة	نجم البحر	نجم البحر الهش	قنفذ البحر، دولار الرمل	زنابق البحر نجم البحر الريشي	خيار البحر	اللؤلئية البحرية (أقحوان البحر)
صفات مميزة	• خمس أذرع غالبًا. • أقدام أنبوبية تستعمل للتغذّي والحركة.	• خمس أذرع غالبًا. • تنكسر الأذرع بسهولة ويمكن تجددها. • تتحرك بحركة أذرعها. • لا تحتوي الأقدام الأنبوبية على ممصّ كأسي.	• الجسم مغطى بهيكل داخلي مع أشواك. • يحفر قنفذ البحر في المناطق الصخرية. • يحفر دولار البحر في الرمل.	• جالسة في بعض فترات حياتها. • لبعض زنابق البحر ساق طويلة. • لنجم البحر الريشي أذرع طويلة متشعبة.	• شكله يشبه ثمرة الخيار. • الجسم مغطى بطبقة جلدية. • تحورت الأقدام الأنبوبية إلى لوامس قرب الفم.	• قطره أقل من 1 cm. • لا أذرع لها. • توجد الأقدام الأنبوبية حول قرص مركزي.

تنوع شوكيات الجلد Echinoderm Diversity

تشتمل الطوائف الرئيسة لشوكيات الجلد على كل من: النجميات ومنها نجم البحر، والثعبانيات ومنها نجم البحر الهش، والقنفذيات ومنها قنفذ البحر ودولار الرمل، والزنبقيات ومنها زنابق البحر ونجم البحر الريشي، والقثائيات ومنها خيار البحر، واللؤلئيات ومنها اللؤلئية البحرية. انظر الجدول 1–1.

نجم البحر Sea Star لعلك شاهدت أحد شوكيات الجلد. إن أغلب أنواع نجم البحر لها خمس أذرع مرتبة حول قرص مركزي. وبعضها له ما يزيد على خمس أذرع، كما في **الشكل 7 – 1** . قد يوجد نجم البحر في مناطق المياه الضحلة قرب الشواطئ، أو في المياه المتبقية بعد الجَزْر، ويمكن أن يوجد في مجموعات ملتصقة بالصخور بواسطة أقدامها الأنبوبية. تولد القدم الأنبوبية الواحدة قوة سحب تعادل 0.25– 0.3 N ، ولأن نجم البحر قد يكون له ما يقارب 2000 قدم أنبوبية، فهو يستطيع توليد قوة كبيرة ضرورية لفتح أصداف الرخويات، أو الزحف للبحث عن الغذاء. تشكل نجوم البحر مفترسات مهمة في النظام البيئي البحري؛ إذ تتغذّى على المحار، وغيره من ذات المصراعين. ولا يشكل نجم البحر غذاءً لأي مفترس بحري؛ بسبب جلده الشوكي.

الشكل 7–1 قد يكون لنجم البحر عشرون ذراعًا أو أكثر.

الشكل 8 – 1 السلة النجمية نوع من أنواع نجم البحر الهش، تمد أذرعها المتشعبة نحو التيارات لترشيح الغذاء.

حلّل كيف تختلف نجوم البحر الهشة عن نجوم البحر؟

نجم البحر الهش Brittle Star لمعظم نجوم البحر الهشة –كما في نجم البحر– خمس أذرع نحيلة ومرنة جدًّا، **الشكل 8 – 1** . وهي تفتقر إلى ممصّات على أقدامها الأنبوبية، ولهذا لا تستعملها في الحركة كما يفعل نجم البحر. تتحرك نجوم البحر الهشة بالتجديف بأجسامها فوق القاع الصخري أو الرسوبي، أو تحريك أذرعها بحركة تشبه حركة الثعابين. يتخفى نجم البحر الهش في الشقوق الصخرية في أثناء النهار ويتغذى خلال الليل على دقائق صغيرة معلقة في الماء، أو تلتقط المواد العالقة عن طريق أشرطة مخاطية لاصقة بين أشواكها . تستجيب بعض نجوم البحر الهشة للضوء، ونجوم البحر الهشة واسعة الانتشار، ولها أنواع يفوق عددها أي طائفة من شوكيات الجلد.

ماذا قرأت؟ قارن بين أوجه الشبه والاختلاف في حركة كل من نجم البحر، ونجم البحر الهش.

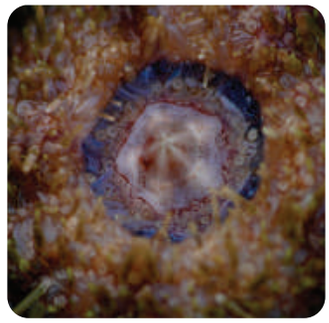
قنفذ البحر ودولار الرمل sea urchin and sand dollar الاختباء هو الصفة الرئيسة لكل من قنفذ البحر ودولار الرمل. ولشوكيات الجلد هذه جسم مضغوط محاط بهيكل داخلي يُسمى القشرة، تتكون من صفائح متلاصقة ومرتبة من كربونات الكالسيوم، وهي تشبه الصدفة؛ حيث تمتد الأقدام الأنبوبية عبر ثقوب في القشرة. يفتقر قنفذ البحر ودولار الرمل إلى الأذرع، وتقابل القشرة فيها نظام الأذرع الخماسي الموجود في نجم البحر ونجم البحر الهش. ووجود الأشواك صفة أساسية في هذه الطائفة، **الشكل 9 – 1** . تحوي بعض أشواك ولواقط قنفذ البحر سمومًا تتقي بها خطر الافتراس. يمكن أن يسبب السم الموجود في اللواقط شللاً للفريسة. وقد يكون قنفذ البحر حيوانًا آكلًا للنبات، يكشط الطحالب عن الصخور، في حين يرشح دولار الرمل الدقائق العضوية من الرمل الذي يكون مدفونًا فيه.

قنفذ البحر

دولار الرمل

الشكل 9– 1 تختبئ قنافذ البحر في الشقوق الصخرية، ولها أشواك حادة متحركة. ويختبئ دولار الرمل في الرمل، حيث ترشح أجزاء الغذاء الصغيرة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



مصباح أرسطو، مصباح بخمسة أوجه

■ **الشكل 10–1** لقنفذ البحر فم بخمسة أجزاء تشبه هذا المصباح، وقوة قضم كبيرة بحيث يستطيع قضم الأسمنت.

الربط مع التاريخ لمعظم قنافذ البحر أجهزة للمضغ موجودة داخل أفواهها، ويتكون كل منها من خمس صفائح تشبه الأسنان، ويسمى هذا الشكل مصباح أرسطو، **الشكل 10–1** . وقد سُمّي بهذا الاسم نسبة إلى العالم اليوناني أرسطو الذي وصفه في كتابه (تاريخ الحيوانات) في القرن الرابع قبل الميلاد؛ حيث استعمل الناس آنذاك مصباحًا بخمسة أوجه شفافة. اعتقد أرسطو أن شكل فم قنفذ البحر يشبه هذا المصباح.

زنابق البحر ونجم البحر الريشي Sea Lilies and Feather Star يختلفان عن بقية شوكيات الجلد في أنهما حيوانان جالسان (ثابتان) في جزء من حياتهما. لأجسام زنابق البحر شكل زهري محمول على ساق طويلة، في حين تكون أذرع نجم البحر الريشي طويلة وممتدة إلى أعلى ومتفرعة من منطقة مركزية، **الشكل 11–1**. ويتناول كلاهما الغذاء بمدّ الأقدام الأنبوبية والأذرع في الماء، ليلتقط المواد العضوية العالقة فيه.

ماذا قرأت؟ لخّص أوجه التشابه بين كل من نجم البحر الريشي وزنابق البحر؟

زنابق البحر

نجم البحر الريشي

■ **الشكل 11–1** يظهر جسم الزنابق البحرية في صورة زهرة على قمة ساق طويلة. أما نجم البحر الريشي فيمد أذرعه من نقطة مركزية.
استنتج كيف تكيّف شكل الذراع في نجم البحر الريشي لنمط حياة قليلة الحركة؟

خيار البحر Sea Cucumber خيار البحر لا يشبه شوكيات الجلد الأخرى. بعض الناس يقولون إنه لا يشبه الحيوانات أبدًا. هل تعرف لماذا يُسمّى خيار البحر بهذا الاسم؟ تتحرك أجسام خيار البحر الطويلة ببطء بأقدام أنبوبية تساعد على انقباضات جدار الجسم العضلي، فاختُزل حجم صفائح كربونات الكالسيوم فيه، بحيث لا يتصل بعضها ببعض، كما في سائر شوكيات الجلد. لذا فإن السطح الخارجي لأجسامها عادة ما يظهر جلديًّا (ليِّنًا). تحورت بعض الأقدام الأنبوبية لتكون لوامس تمتد حول أفواهها للإمساك بجزيئات الغذاء العالقة، **الشكل 12–1**. تُغطى اللوامس بالمخاط، مما يزيد من قدرتها على الإمساك بالغذاء، وعند التصاق الغذاء باللوامس ينتقل إلى الفم حيث يتم امتصاصه، وتشبه هذه العملية لعق الإصبع.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل 12–1 تحورت الأقدام الأنبوبية في بعض أنواع خيار البحر إلى لوامس لتلتقط جزيئات الطعام من الماء.

حدد المادة التي تغطي اللوامس وتساعد على الإمساك بجزيئات الطعام؟

خيار البحر الوحيد من شوكيات الجلد الذي له أعضاء تنفس على شكل شجرة تنفسية، حيث تضخ أنابيبها المتفرعة ماء البحر إلى الداخل عبر الشرج ليستخلص الأكسجين. تقوم الشجرة التنفسية أيضا بعملية الإخراج، بالتخلص من الفضلات الخلوية. ومن المهم أن نذكّر أن خيار البحر قادر على حفظ الاتزان الداخلي لجسمه، بوجود أعضاء تتناسب مع طريقة معيشته في بيئات محددة.

اللؤلئية البحرية (أقحوان البحر) Sea daisies

اكتشفت عام 1986م قبالة شواطئ نيوزلندا، ومن الصعب تصنيف اللؤلئية البحرية ودراستها؛ لقلة ما وجد منها. قطرها أقل من 1 cm، وشكلها قرصي دون أذرع، وتوجد الأقدام الأنبوبية حول طرف القرص المركزي. ويبين **الشكل 13–1** أن لها نظامًا خماسيًّا وتناظرًا شعاعيًّا مثل سائر شوكيات الجلد. لاحظ انتظام نمط الأقدام الأنبوبية حول طرف القرص.

ماذا قرأت؟ **استنتج** الصفات التي أدت إلى تصنيف اللؤلئية البحرية ضمن شوكيات الجلد.

أهمية شوكيات الجلد Importance of Echinoderms

يشكل خيار البحر وقنفذ البحر مصدر غذاء لسكان بعض البلدان الآسيوية، فتؤكل بعض عضلات خيار البحر. ويضاف خيار البحر المجفف لإعطاء نكهة للحساء والخضراوات واللحم، ويؤكل بيض قنافذ البحر مطبوخًا أو نيئًا. هناك علاقة تعايش بين بعض شوكيات الجلد والحيوانات البحرية الأخرى؛ إذ يستفيد مخلوق حي واحد من هذه العلاقة، في حين لا يستفيد المخلوق الآخر ولا يتضرر. فبعض أنواع نجم البحر الهش مثلًا تعيش داخل الإسفنج، ويترك النجم الهش المكان الداخلي الآمن في الإسفنج ليتغذى على المواد التي ترسبت على الإسفنج واستقرت.

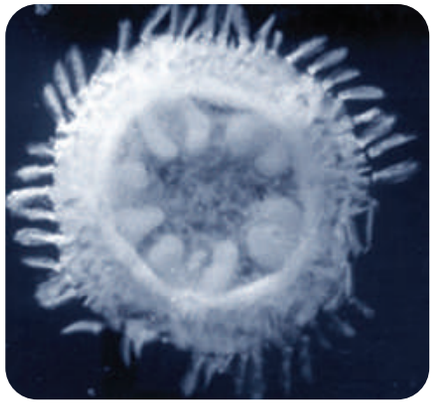
فوائد شوكيات الجلد يعتمد النظام البيئي البحري على بعض شوكيات الجلد. فعندما ينقص مجتمع شوكيات الجلد يحدث غالبًا تغير في النظام البيئي. فإذا انخفضت أعداد أنواع قنفذ البحر مثلًا نتيجة انتشار مرض ما ازدادت الطحالب زيادة كبيرة على الشعاب المرجانية، مما يؤدي إلى تدمير المرجان في كثير من المناطق. قنافذ البحر وخيار البحر مخلوقات حية تحرك الرواسب من قاع البحر إلى أعلى، وهذا أمر مهم لجميع مكونات النظام البيئي، مما يجعل المغذيات الموجودة في قاع البحر ترتفع في الماء وتصبح متوافرة للمخلوقات الحية الأخرى.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

عالم الأحياء البحري

العلماء في هذا المجال يدرسون النباتات والحيوانات التي تعيش في البحار، ومنها شوكيات الجلد. وكذلك يدرسون التلوث الذي يؤثر في البيئة البحرية.

الشكل 13–1 اللؤلئية البحرية شوكية جلد دقيقة ذات شكل قرصي.



مضارّ شوكيات الجلد قد تغير بعض شوكيات الجلد النظام البيئي البحري. فنجم البحر التاجي ذو الأشواك يتغذى على بوليب المرجان. وعندما تتكاثر هذه المخلوقات فإنها تدمر الشعاب المرجانية. وتشكل قنافذ البحر غذاءً شهيًّا لثعالب البحر، **الشكل 14–1**. فإذا انخفض عدد ثعالب البحر ازداد عدد قنافذ البحر. وتتغذى قنافذ البحر على غابات عشب البحر، فيؤدي ذلك إلى تدمير بيئات الأسماك والقواقع والسرطانات.

الشكل 14–1 وجود عدد كافٍ من ثعلب البحر يحافظ على مجتمع قنفذ البحر، ويجعله تحت السيطرة، وإلا ازدادت أعداد قنافذ البحر، مما يهدد غابات عشب البحر الذي تتغذى عليه هذه القنافذ.

مختبر تحليل البيانات 1-1

بناءً على بيانات حقيقية

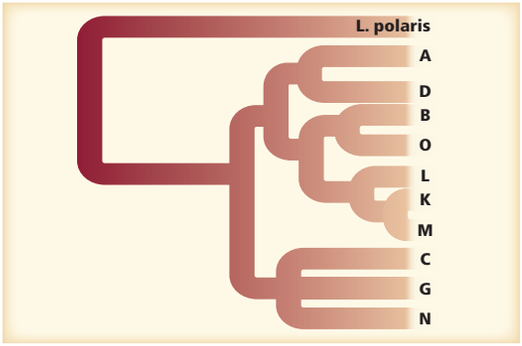
تفسير الرسوم العلمية

كيف يُظْهِرُ مخطط العلاقات التركيبية العلاقاتِ بين أنواع نجوم البحر؟ يُظْهِرُ المخطط التصنيفي المقابل العلاقة بين أنواع مختلفة من نجوم البحر، معتمدًا على بيانات جزيئية. وكل حرف يمثل نوعًا معينًا من نجوم البحر.

التفكير الناقد

1. **حدد** نجم البحر الأكثر صلة بنجم البحر A؟
2. **حلّل** أي مجموعات نجم البحر أكثر تنوعًا: (C,G,N) أو (L,K,M)؟ كيف قررت ذلك؟

البيانات والملاحظات



أُخذت البيانات في هذا المختبر من

Hrincevich, A.W.,et al. 2000. Phylogenetic analysis of molecular lineages in a species -rich subgenus of sea stars (*Leptasterias* subgenus *Hexasterias*) *American. Zoologist* 40: 365-374

التقويم 1–1

الخلاصة

- يمكن تحديد الأفراد البالغة من شوكيات الجلد باستعمال أربع صفات تركيبية رئيسة.
- لشوكيات الجلد جهاز وعائي مائي وأقدام أنبوبية.
- لشوكيات الجلد تكيفات متنوعة للتغذّي والحركة.
- لشوكيات الجلد التي تعيش حاليًّا ست طوائف رئيسة.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **حدد** الصفات الأربع الرئيسة التي تميز الأفراد البالغة من شوكيات الجلد.
2. **وضح** كيفية عمل النظام الوعائي المائي.
3. **ارسم تخطيطًا** يمثل كل طائفة من طوائف شوكيات الجلد الست.
4. **اقترح** كيف ترتبط الحركة والتغذّي في شوكيات الجلد؟

التفكير الناقد

5. **كوّن فرضية**. يعيش نوع معين من الروبيان المخطط باللونين الأحمر والأبيض غالبًا على نوع من نجم البحر الهش الملون. كوّن فرضية عن العلاقة بين الروبيان ونجم البحر الهش.
6. الرياضيات في علم الأحياء إذا كانت القوة التي يحتاج إليها نجم البحر لفتح صدفة محار هي 20 نيوتن، فكم قدمًا أنبوبية يحتاج إذا كانت القدم الواحدة تولّد قوة مقدارها 0.25 نيوتن؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

1–2

اللافقاريات الحبلية

Invertebrate Chordates

الأهداف

- **تفسر** صفات اللافقاريات الحبلية التي أدت إلى تصنيفها في شعبة الحبليات.
- **تحلّل** صفات اللافقاريات الحبلية التي أدت إلى تصنيفها مع اللافقاريات.
- **تقارن** بين التكيفات في السهيم وبخاخ البحر.

مراجعة المفردات

ثانوي الفم: مصطلح يطلق على الحيوان الذي نما له فم من خلايا لا توجد في فتحة الجاسترولا.

المفردات الجديدة

الحبليات
اللافقاريات الحبلية
الحبل الظهري
الذيل خلف الشرجي
الحبل العصبي الظهري الانبوبي
الجيوب البلعومية.

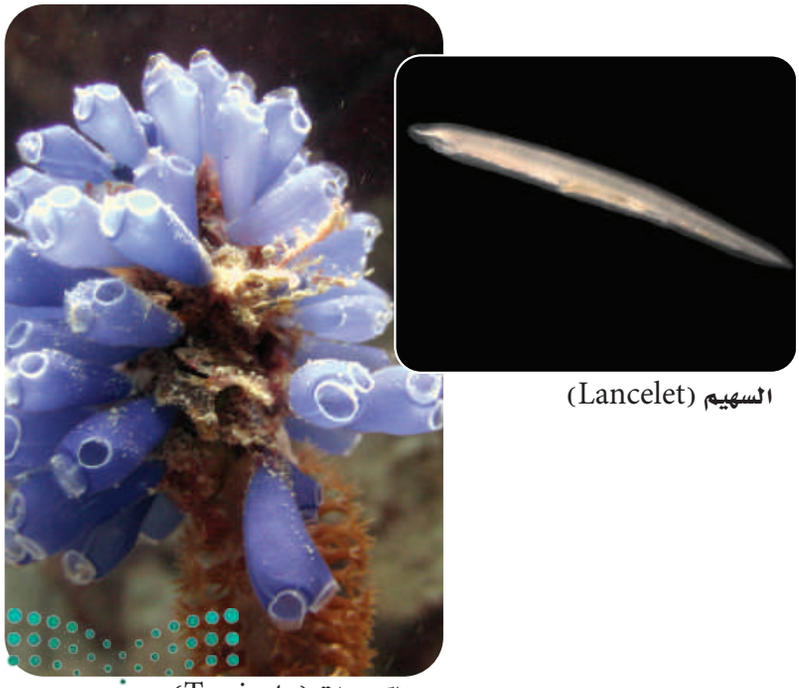
الفكرة الرئيسة **اللافقاريات الحبلية لها صفات تربطها مع الفقاريات الحبلية.**

الربط مع الحياة الديدان والقواقع والنحل والأسماك والطيور والأسود كلها حيوانات تشترك في صفات عامة. فكّر في الصفات المشتركة بين هذه الحيوانات، والصفات التي تختلف فيها. الحيوانات التي تشترك في أغلب الصفات تكون أكثر تقاربًا من تلك التي تشترك في صفات قليلة.

صفات اللافقاريات الحبلية

يظهر مخطط العلاقات التركيبية في **الشكل 15 – 1**، أن اللافقاريات الحبلية –ومنها السهيم والكيسيات– ثانوية الفم، وهي تشبه في ذلك شوكيات الجلد، ولها صفات أخرى لا توجد في شوكيات الجلد سوف تتعلمها لاحقًا.

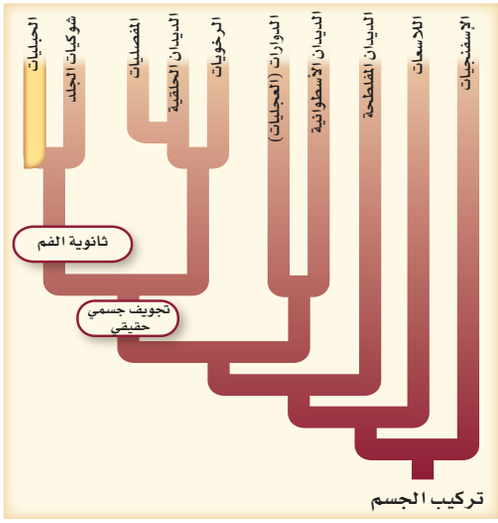
ومن أكثر الحيوانات شهرة عند علماء الحيوان، **الشكل 15 – 1**، حيوان صغير ثعباني الشكل يسمى السهيم (الرميح)، وهو يقضي معظم حياته مدفونًا في الرمل. لذا من الصعب عليك أن تجد السهيم، فهو مخلوق متخفٍّ، له غطاء شفاف، يشبه جسمه السمكة، طوله نحو 5 cm، نصف جسمه يكون مدفونًا عادة في الرمل، يرشّح غذاءه، ولا يدرك الكثيرون أهميته.



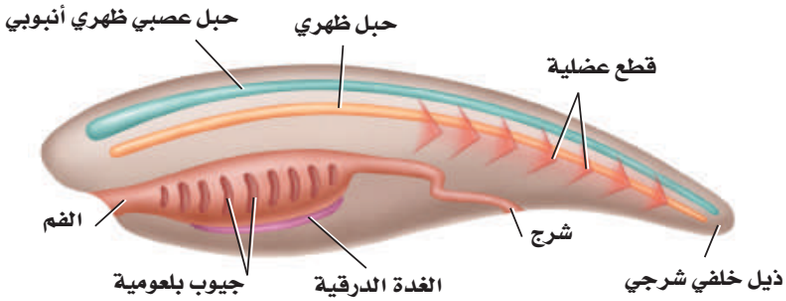
السهيم (Lancelet)

الكيسيات (Tunicate)

الشكل 15–1 تظهر ثانوية الفم في اللافقاريات الحبلية مثلها مثل شوكيات الجلد.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 16–1 للحبليات حبل عصبي ظهري أنبوبي، وحبل ظهري، وجيوب بلعومية، وذيل خلف شرجي، وربما تكوّن شكلاً من أشكال الغدة الدرقية .

استنتج أي هذه الصفات كانت لديك عندما كنت جنينًا؟

الحبليات Chordates حيوانات تتبع شعبة الحبليات، لها أربع صفات مميزة (حبل عصبي ظهري أنبوبي، وحبل ظهري، وجيوب بلعومية، وذيل خلف شرجي) تظهر في أوقات ما خلال فترة نموها. تشير الأدلة الحديثة إلى أن جميع الحبليات قد يكون لها بعض أشكال الغدة الدرقية، ولها تجويف جسمي حقيقي، وجسمها مقسم إلى قطع. ادرس **الشكل 16–1**، لمعرفة الصفات الرئيسة للحبليات. تذكر أن الفقاريات حيوانات لها عمود فقري. أغلب الحبليات فقاريات. تنتمي **اللافقاريات الحبلية** إلى تحت شعبتين من الحبليات، هما شعبة حبليات الرأس، وشعبة حبليات الذيل، ولهما صفات الحبليات الأربع، بالإضافة إلى الشكل الأوليّ للغدة الدرقية. وليس للافقاريات الحبلية عمود فقري.

الحبل الظهري notochord **الحبل الظهري** مرن، وشكله يشبه الخيط، ويمتد على طول الجسم، ويوجد تحت الحبل العصبي الظهري الأنبوبي. في أغلب الفقاريات يحل محله عظم أو غضروف، بينما يبقى الحبل الظهري في اللافقاريات الحبلية. ومرونة الحبل الظهري تمكّنه من ثني الجسم من دون قصره خلال انقباض قطع العضلات. تستطيع الحيوانات التي لها حبل ظهري القيام بحركات جانبية للجسم والذيل، مما يمكّنها من السباحة، كما في الأسماك .

الذيل خلف الشرجي Postanal tail يستعمل **الذيل خلف الشرجي** أساسًا للحركة، ويقع خلف الجهاز الهضمي والشرج، وفي معظم الحبليات يمتد الذيل إلى ما بعد فتحة الشرج. وفي غير الحبليات يوجد داخل الذيل أجزاء من الجهاز الهضمي، وتقع فتحة الشرج في نهاية الذيل. ويمكّن الذيل– بما فيه من عضلات– الحيوان أن يدفع بحركات أقوى مما تدفع اللافقاريات التي ليس لها مثل هذا الذيل.

الحبل العصبي الظهري الأنبوبي Dorsal tubular nerve cord توجد الحبال العصبية في غير الحبليات في الجهة البطنية، أو أسفل الجهاز الهضمي، وهي مصمتة. أما في الحبليات فيوجد **الحبل العصبي الظهري الأنبوبي** فوق الجهاز الهضمي، ويتخذ شكل أنبوب أجوف. وخلال نمو أغلب الحبليات ينمو الطرف الأمامي للأنبوب ليكوّن الدماغ. أما الطرف الخلفي فيكوّن الحبل الشوكي.

ماذا قرأت؟ **حلل** أهمية الحبل الظهري للافقاريات الحبلية؟

المفردات

أصل الكلمة

الحبل الظهري Notochord

noto– كلمة يونانية تعني الظهر.

chord– كلمة يونانية تعني الحبل.

المطويات

ضمّن معلومات من هذا القسم في مطويتك.

الجيوب (الأكياس) البلعومية pharyngeal pouch توجد في جميع الأجنة أزواج من التراكيب تسمى **الجيوب البلعومية** تربط الأنبوب العضلي الواصل بين التجويف الفمي والمريء. تحوي الجيوب في الحبليات المائية شقوقًا تفتح إلى الخارج. وقد تخصصت هذه التراكيب في ترشيح الغذاء، كما يمكن أن تتخصص الخياشيم في تبادل الغازات في الماء. أما في الحبليات التي تعيش على اليابسة فلا تحتوي الجيوب البلعومية على شقوق، بل تخصصت جنينيًّا إلى تراكيب أخرى، مثل لوزتي الحلق والغدة الزعترية.

الغدّة الدرقية thyroid gland الغدة الدرقية تركيب ينظم الأيض والنمو والتكوّن الجنيني. وتفرز الغدة الدرقية في خلايا الحبليات الأولية مخاطًا يساعد الحيوانات الترشيحية التغذّي على جمع جزيئات الغذاء. تحوي اللافقاريات الحبلية قناة داخلية endostyle. والخلايا في هذه المنطقة تفرز بروتينات شبيهة بما تفرزه الغدة الدرقية. والفقاريات الحبلية هي المخلوقات الوحيدة التي لها غدة درقية.

الربط بالصحة يتركز اليود في القناة الداخلية ويلعب دورًا مهمًّا في وظيفة الغدة الدرقية، وهو أساسي لإنتاج هرمونات الغدة الدرقية. ويضاف اليود في معظم الدول إلى ملح الطعام لتجنب الإصابة بنقص اليود. ومن المصادر الأخرى لليود الأسماك ومنتجات الألبان، والخضراوات التي تنمو في تربة غنية باليود.

ماذا قرأت؟ اشرح تقوم القناة الداخلية بدور الغدة الدرقية.

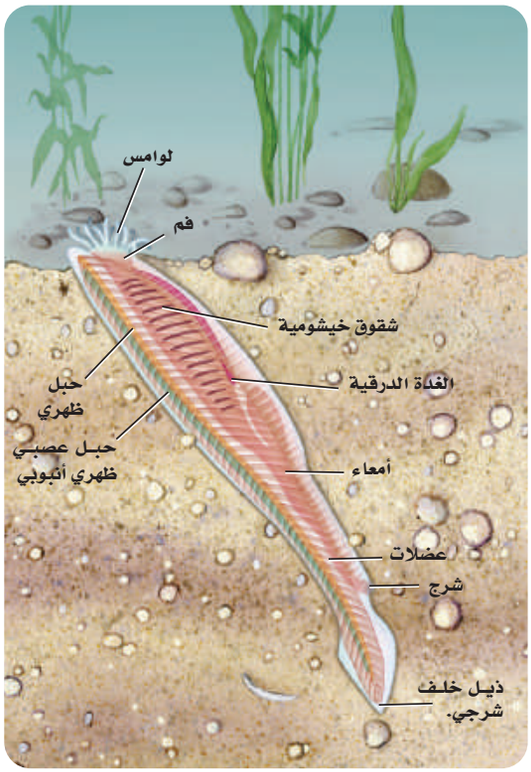
تنوع اللافقاريات الحبلية
Diversity of Invertebrate Chordates

كما هو الحال في شوكيات الجلد فإن جميع اللافقاريات الحبلية حيوانات بحرية. ويوجد 23 نوعًا من السهيم في شعبة حبليات الرأس، وتضم حبليات الذيل 1250 نوعًا من الكيسيات.

السهيم حيوان صغير، يشبه السمكة، لكنه دون قشور، ويدفن جسمه في الرمل في مياه البحر الضحلة، **الشكل 17–1**. يفتقر السهيم إلى الألوان في جلده، ويتكون الجلد من طبقة واحدة من الخلايا شفافة اللون. ويمكن مشاهدة حركة مرور الماء داخل الجسم. وللحصول على الغذاء يدخل الماء فم السهيم، ويمر خلال الشقوق الخيشومية البلعومية؛ حيث يرشح الغذاء (ترشيحي التغذي)، ثم يمر إلى تركيب يشبه المعدة ليُهضم، ثم يخرج الماء من خلال الشقوق الخيشومية.

إرشادات الدراسة

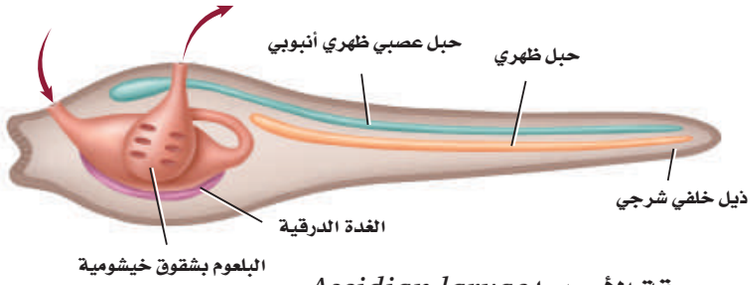
التعاون كوّن مجموعة من خمسة طلاب. يختار كل طالب في المجموعة أحد العناوين الخمسة التي يضمها العنوان "صفات اللافقاريات الحبلية"، ثم يقرؤه أمام المجموعة ويشرحه.



الشكل 17–1 السهيم لافقاري حبلي له الصفات الرئيسة للحبليات.

استنتج. كيف يمكن أن تعمل اللوامس القصيرة والمحيطة بفم السهيم؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



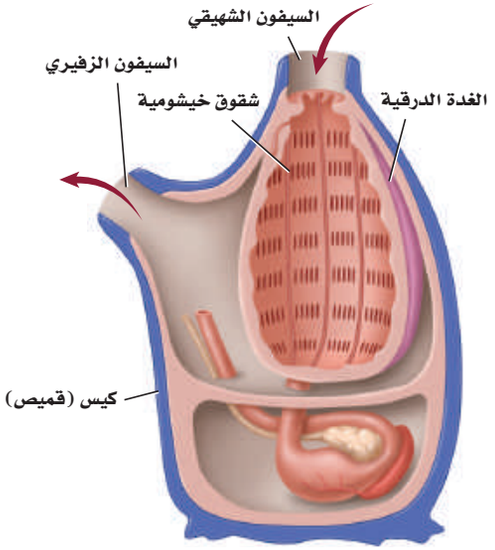
يرقة الأسيديا *Ascidian larvae*

■ **الشكل 18 – 1** يرقة ذيلية الحبل تشبه أبا ذنيبة، ولهـا جميع صفات الحبليات. تبين الأسـهم دخول الماء إلى الجسـم وخروجه منه.

لاحظ **الشكل 17–1**. يمكنك مشاهدة القطع العضلية، وهي شبيهة بالقطـع العضلية في اللافقاريات، وتمكّن السـهيم من السـباحة بحركة مماثلة لحركة السـمكة. يختلف السهيم عن الفقاريات في عدم وجـود رأس أو أعضاء حس إلا مسـتقبلات الضوء ولوامس حسية صغيرة قرب الفم. يتركب الجهاز العصبي من أعصاب رئيسة متفرعة، ودماغ بسـيط فـي مقدمة الحيوان. يمر الدم عبر الجسـم بضخه في الأوعيـة الدموية، حيث لا يوجد قلب حقيقي. والجنس منفصل في السهيم، والتلقيح فيه خارجي.

الكيسـيات Tunicates (القميصيـات) سُـميت كذلـك لوجود طبقة خارجية سميكة تسـمى القميص تشبه الكيس، وتغطي جسم الحيوان الصغيـر. تعيش أغلب الكيسـيات في الميـاه الضحلة، وبعضها يعيش في تجمعات على قاع المحيط. وتكون الكيسـيات عمومًا جالسة غير متحركة، وتظهر فيها الصفات المماثلة للحبليات فقط فـي مرحلة اليرقة. انظر **الشـكل 18–1**، ولاحظ موقع الحبل الظهري والذيـل والحبل الظهـري والأكيـاس البلعومية والغدة الدرقية. يدخل الماء إلى الجسـم الشـبيه بالكيس في الكيسـيات البالغة عبر السيفون الشهيقي، **الشـكل 19– 1**، وذلك بفعل حركة الأهـداب. وتَجْمع جزيئاتِ الغذاء في شـبكة مخاطية، ثم تتحرك إلى المعدة، حيث تُهضم هناك. وخلال ذلك يترك الماء الجسـم، أولاً عبر الفتحات الخيشومية في البلعوم، ثم إلى خارج الجسم عبر السيفون الزفيري. تتم الدورة الدموية بفعل القلب والأوعية الدموية التي توزع المغذيات والأكسـجين إلى أعضاء الجسـم. ويتركب الجهاز العصبي من جزء رئيس عصبي معقد، وعصبونات متشعبة. والكيسـيات خناث (تنتج كلًّا من البيـوض والحيوانات المنوية)، والتلقيح فيها خارجي. لماذا تسـمى الكيسـيات بخاخات الماء؟ عندما تُهَدَّد أو تشعر بالخطر تكون قادرة على إخراج سيل من الماء بقوةٍ عبر السيفون الزفيري، فتشوش على المفترس القوي.

ماذا قرأت؟ **قارن** بين الكيسيات والسهيم.



■ **الشـكل 19 – 1** يشـبه الحيوان البالغ في الكيسيات الكيـسَ. الصفة الوحيدة للحبليـات التي بقيت في هذا الحيوان البالغ هي الفتحات الخيشـومية البلعومية. تشير الأسهم إلى طريق دخول الماء في الجسم وخروجه منه.

قـارن. **مـا اللافقاريات الأخرى التي درسـتها وترشـح غذاءها؟**

التقويم 2–1

الخلاصة

- للحبليات أربع صفات رئيسة جعلتها مختلفة عن الحيوانات غير الحبلية.
- للافقاريات الحبلية جميع صفات الحبليات إلا أنه ليس لها الصفات الرئيسة للفقاريات الحبلية.
- الحبل الظهري تكيف يُمكّن الحيوانات من الحركة بطرائق لم تتحرك بها من قبل.
- السهيم من اللافقاريات الحبلية، له شكل يشبه السمكة، ولأفراده البالغة كل الصفات الرئيسة للحبليات.
- الكيسيات لافقاريات حبلية كيسية الشكل، ولها صفات الحبليات وهي في مرحلة اليرقة.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **لخص** الصفات الرئيسة للافقاريات الحبلية لتبين فيم تشبه الفقاريات الحبلية.
2. **صف** خصائص اللافقاريات الحبلية التي وضعتها مع لافقاريات أخرى عوضًا عن وضعها مع الفقاريات.
3. **اعمل نموذجًا** للسهيم وحيوان كيسي من الطين، أو من عجينة الملح. وحدد الصفات التي صنفت هذه الحيوانات في شعبة الحبليات.
4. **قارن** بين تكيفات كل من الكيسيات والسهيم التي مكّنتها من العيش في بيئاتها.

التفكير الناقد

5. **صمّم** تجربة لتحدد ما إذا كان السهيم يفضل بيئة مضيئة أم بيئة مظلمة.
6. الكتابة في علم الأحياء اكتب فقرة تصف فيها ما تتشابه فيه الإسفنجيات والكيسيات، وفقرة أخرى تصف ما تختلفان فيه.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مستجدات في علم الأحياء

شوكيات الجلد تساعد على البحث الطبي

النسيج الضام Connective tissue اكتشف طالب الدراسات العليا في علم الأحياء جريج زولجت Greg Szulgit القدرة الضخمة لخيار البحر على زيادة حجم جسمه ثم انكماشه ثانية إلى حجمه الطبيعي. كيف يستطيع خيار البحر تغيير حجم جسمه؟ كل هذا يعود إلى النسيج الضام، وهو النسيج الذي يربط الأنسجة بالأعضاء في الجسم، ويدعمها ويحيط بها.

وهناك تشابه بين النسيج الضام لخيار البحر والنسيج الضام عند الإنسان؛ إذ تحوي ألياف النسيج الضام بروتينًا يسمى كولاجين. والكولاجين في الإنسان مكون ثابت في النسيج. فقد وجد زولجت وباحثون آخرون أن الكولاجين في النسيج الضام لشوكيات الجلد غير ثابت، وينزلق إلى الأمام وإلى الخلف. وعندما تُكَوَّن جزيئات البروتين في الهيكل الداخلي ينزلق بعضها فوق بعض، ويكون جسم خيار البحر لينًا ومرنًا. وتستطيع خلايا خيار البحر إفراز مادة تُثبت الكولاجين وتمنعه من الانزلاق، وهذا يعطي صلابة للهيكل الداخلي، ويجعله غير متحرك.

اعتلال النسيج الضام كان الأمل من دراسات زولجت على قدرة انبساط جسم خيار البحر وتمدّده هو تمكين الباحثين من معالجة اعتلال النسيج الضام في الإنسان. وهذه الاعتلالات تضم متلازمة إهليرس دانلوس Ehlers-Donlos Syndrome، وعدم اكتمال التكوين العظمي، ومتلازمة مارفان Marfan Syndrome .

والناس المصابون بمتلازمة إهليرس-دانلوس لديهم نسيج ضام غير طبيعي وهش، مما يؤدي إلى مشاكل في المفاصل وضعف في الأعضاء الداخلية.

يستطيع خيار البحر تغيير حالة جسمه من حالة تجانس الجيلاتين السائل إلى شكل صلب ثابت، ثم العودة إلى الحالة الأولى في ثوان وهكذا، وهذا يعود إلى أن الكولاجين في النسيج الضام لخيار البحر غير ثابت.

وفي حالة عدم اكتمال التكون السليم للعظام لا يكون الجسم قادرًا على إنتاج كولاجين على نحو كافٍ، أو ينتج نوعًا رديئًا من الكولاجين، مما يؤدي إلى عظام هشة تنكسر بسهولة. والأشخاص الذين لديهم متلازمة مارفان يكون لديهم نسيج ضام غير صلب، مما يؤدي إلى تشوّهات هيكلية، وضعف في الأوعية الدموية. وبدراسة النسيج الضام في شوكيات الجلد مثل خيار البحر، اقترب الباحثون من النجاح في معالجة أمراض الوهن الذي يعيق حرية حركة المفاصل نتيجة أمراض النسيج الضام.

الكتابة في علم الأحياء

دفتر العلوم ارجع إلى المصادر العلمية المختلفة لتتعرف المزيد من البحوث التي تتضمن شوكيات الجلد. اكتب بحثًا عن عالم/ أو عالمة أحياء تصف فيه عمله/ أو عملها مع شوكيات الجلد، على أن يتضمن البحث جداول ورسومًا تتعلق بشوكيات الجلد.

مختبر الأحياء

الإنترنت: كيف تستطيع شوكيات الجلد العيش دون رأس أو عين أو دماغ؟

الخلفية النظرية: تفتقر شوكيات الجلد إلى العين والدماغ، كما أنه لا يوجد لها قلب، وتضخ ماء البحر عبر الجسم بدلاً من الدم. منح الله سبحانه وتعالى بعض شوكيات الجلد القدرة على تغيير هياكلها الداخلية من حالة الصلابة القاسية، إلى السائلة تقريبًا خلال ثوان، وبعضها الآخر قادر على التخلص من ذراعه للهرب من المفترسات.

سؤال: كيف تستطيع شوكيات الجلد العيش في بيئات بحرية تنافسية؟

المواد والأدوات

- الشبكة العنكبوتية (إنترنت).
- مرجع علمي حول شوكيات الجلد.
- دليل ميداني.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. صمّم جدول بيانات تسجّل فيه المعلومات الآتية للأنواع: الصفات الجسمية، مصادر الغذاء / طرائق الحصول على الغذاء، المفترسين، الاستراتيجيات الدفاعية، التكاثر ونمو الأجنة، وأي حقائق أخرى مميزة لستة حيوانات.
3. اختر نوعًا واحدًا من كل طائفة رئيسة لشوكيات الجلد الست لدراسته، وسجله في جدول البيانات.
4. ابحث عن النوع الذي اخترته واملأ جدول البيانات بالمعلومات. ثم لاحظ شوكيات الجلد في بيئاتها الطبيعية، وذلك بزيارة حديقة حيوان محلية أو أحواض تربيتها. إذا كنت لا تستطيع ملاحظة الحيوانات في بيئاتها الطبيعية فاحصل على معلومات عن شوكيات الجلد من المرجع العلمي، أو ارجع إلى الإنترنت.
5. سجل ملاحظاتك في جدول البيانات.
6. تعاون مع زملائك في تعبئة الأجزاء الناقصة في جدولك.

نجم البحر، والسلة النجمية، وقنفذ البحر الشوكي أنواع تعيش في مياه الخلجان.

حلّل ثم استنتج

1. **صف** بعض الصفات الجسمية الأساسية التي تشترك فيها شوكيات الجلد.
2. **قارن** بين استراتيجيات التكاثر الجنسي واللاجنسي المستعملة في أنواع شوكيات الجلد المتنوعة.
3. **التفكير الناقد** تختلف اليرقات والحيوانات البالغة في شوكيات الجلد في طرائق عديدة مهمة. وضح الفوارق بينها، وبيّن مزاياها.
4. **فسر البيانات** ما مصادر الغذاء الرئيسة لشوكيات الجلد التي درستها؟
5. **استخلص النتائج** هل تكيفت شوكيات الجلد للعيش في البيئات البحرية؟ فسر إجابتك.
6. **تحليل الخطأ** صف مزايا ومساوئ الحصول على معلومات حول شوكيات الجلد عبر المواقع الإلكترونية.

الكتابة في علم الأحياء

مرجع استعمل البيانات التي جمعتها لعمل ملخص حقائق يحوي صورًا ومعلومات مهمة حول كل من شوكيات الجلد التي درستها. ثمَّ ضم ملخصك إلى ملخصات الطلبة الآخرين لتكون في النهاية مرجعًا عن شوكيات الجلد يبقى في مركز مصادر التعلم في مدرستك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 1 دليل مراجعة الفصل

المطويات **حلّل** استعمل ما تعلمته في هذا الفصل لمناقشة تصنيف اللافقاريات الحبلية مع شعبة الحبليات.

المفردات	المفاهيم الرئيسة

1–1 خصائص شوكيات الجلد

المفردات:
اللواقط القدمية
الجهاز الوعائي المائي
المصفاة
القدم الأنبوبية
الحوصلة

الفكرة الرئيسة **شوكيات الجلد حيوانات بحرية لها هيكل داخلي بأشواك، وجهاز وعائي مائي، وأقدام أنبوبية؛ ولأفرادها البالغة تناظر شعاعي.**

- يمكن تحديد الأفراد البالغة من شوكيات الجلد باستعمال أربع صفات تركيبية رئيسة.
- لشوكيات الجلد جهاز وعائي مائي، وأقدام أنبوبية.
- لشوكيات الجلد تكيفات متنوعة للتغذّي والحركة.
- لشوكيات الجلد التي تعيش حاليًّا ست طوائف رئيسة.

1–2 اللافقاريات الحبلية

المفردات:
الحبليات
اللافقاريات الحبلية
الحبل الظهري
الذيل خلف الشرجي
الحبل العصبي الظهري الأنبوبي
الجيوب البلعومية

الفكرة الرئيسة **اللافقاريات الحبلية لها صفات تربطها مع الفقاريات الحبلية.**

- للحبليات أربع صفات رئيسة جعلتها مختلفة عن الحيوانات غير الحبلية.
- للافقاريات الحبلية جميع صفات الحبليات إلَّا أنه ليس لها الصفات الرئيسة للفقاريات الحبلية.
- الحبل الظهري تكيُّف يُمكّن الحيوانات من الحركة بطرائق لم تتحرك بها من قبل.
- السهيم من اللافقاريات الحبلية، له شكل يشبه السمكة، ولأفراده البالغة كل الصفات الرئيسة للحبليات.
- الكيسيات لافقاريات حبلية كيسية الشكل، ولها صفات الحبليات وهي في مرحلة اليرقة.

1-1

مراجعة المفردات

ميز بين زوجي المصطلحات الآتية:

1. قدم أنبوبية، وحوصلة عضلية
2. مصفاة، وجهاز وعائي مائي

تثبيت المفاهيم الرئيسة

3. أيّ مما يأتي ليس من شوكيات الجلد؟

a.
c.
b.
d.

4. أيّ شوكيات الجلد الآتية يُعد حيوانًا جالسًا في طور من حياته؟

a. خيار البحر.
c. نجم البحر الهش.
b. زنابق البحر.
d. قنفذ البحر.

5. ما الوظائف الثلاث التي تقوم بها القدم الأنبوبية؟

a. تكاثر، تغذٍّ، تنفس.
b. تغذٍّ، تنفس، تنظيم عصبي.
c. تغذٍّ، تنفس، حركة.
d. نمو جنيني، تكاثر، تنفس.

6. أيّ مما يأتي مرتبط بثانوية الفم؟

a. المفصليات.
b. الديدان الحلقية.
c. الرخويات.
d. الحبليات.

7. أيّ مما يأتي له علاقة بحماية شوكيات الجلد؟

a. هيكل داخلي، ملاقط، أشواك.
b. مصفاة، لوامس، هيكل داخلي.
c. نظام وعائي مائي، حوصلة، ملاقط.
d. هيكل خارجي، ملاقط، أشواك.

8. من الفروق الرئيسة بين اليرقة والحيوان البالغ في شوكيات الجلد:

a. اليرقة بدائية الفم، والحيوان البالغ ثانوي الفم.
b. اليرقة ثانوية الفم، والحيوان البالغ بدائي الفم.
c. لليرقة تناظر جانبي، وللبالغ تناظر شعاعي.
d. لليرقة تناظر شعاعي وللبالغ تناظر جانبي.

9. أيّ مجموعات شوكيات الجلد الآتية لها شجرة تنفسية مع العديد من التفرعات؟

a. خيار البحر.
b. نجم البحر.
c. زنابق البحر.
d. قنفذ البحر.

أسئلة بنائية

استعمل الرسم الآتي للإجابة عن السؤالين 10 و11.

10. **إجابة قصيرة.** افحص الرسم الدائري وقدر نسبة شوكيات الجلد من نوع خيار البحر.

11. **نهاية مفتوحة.** افحص الرسم الدائري، واشرح لماذا لا تظهر طائفة اللؤلئيات مع الطوائف الأخرى لشوكيات الجلد الحية؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 1

12. نهاية مفتوحة. وجد العلماء أحفورة لها الصفات الآتية: هيكل داخلي شبيه بالهيكل في شوكيات الجلد، شكل يشبه الذيل مع فتحة الشرج في نهاية الذيل، شكل يمكن أن يكون خيشومًا، تناظر شبيه بشوكيات الجلد. كيف يستطيع العلماء أن يصفوا هذا الحيوان اعتمادًا على تصنيف شوكيات الجلد؟

13. نهاية مفتوحة. الحيوانات في منطقة المد والجزر تعاني من نقص الماء، وارتفاع درجة الحرارة أكثر من الحدود التي تستطيع الحيوانات تحملها. وتبقى درجة حرارة نجم البحر نحو 18 درجة أقل من درجة حرارة بلح البحر في المنطقة الواحدة في يوم حار. كوّن فرضية تبين فيها لماذا تكون درجة حرارة جسم نجم البحر أقل؟

التفكير الناقد

14. لاحظ ثم استنتج. في أثناء سيرك على الشاطئ وجدت حيوانًا له العديد من الأذرع الجلدية والأقدام الأنبوبية. إلى أي أنواع الحيوانات يمكن أن ينتمي هذا الحيوان؟

15. كوّن فرضية. لبعض قنافذ البحر فترة حياة طويلة. كوّن فرضية حول سبب ذلك.

1-2

مراجعة المفردات

استبدل الكلمات التي تحتها خط بمصطلحات صحيحة من صفحة دليل مراجعة الفصل.

16. اللافقاريات لها صفات الحبليات، وليس لها عمود فقري.

17. تركيب يمكن اللافقاريات من السباحة بتحريك الذيل إلى الأمام والخلف.

18. وصلات تربط تجويف الفم بالمرئ، تكون شقوقًا، وتستعمل في ترشيح الغذاء في بعض اللافقاريات الحبلية.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

19. أيّ مما يأتي يوجد في الحبليات خلال فترة من حياتها؟

a. جهاز وعائي مائي، حبل ظهري، جيوب بلعومية، ذيل خلف شرجي.

b. قميص، جيوب بلعومية، حبل شوكي ظهري أنبوبي، ذيل خلف شرجي.

c. أقدام أنبوبية، حبل ظهري، جيوب بلعومية، ذيل خلف شرجي.

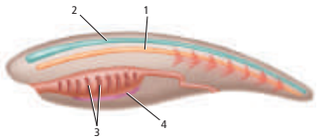
d. حبل شوكي ظهري أنبوبي، حبل ظهري، جيوب بلعومية، ذيل خلف شرجي.

20. ما الوظيفة الرئيسة للذيل خلف الشرجي؟

a. الدوران. **c.** المرونة.

b. الهضم. **d.** الحركة.

استعمل الرسم الآتي للإجابة عن السؤالين 21 و 22.



21. أصبحت السباحة كسباحة السمكة ممكنة بواسطة التركيب:

a. 1 **c.** 3

b. 2 **d.** 4

22. أيّ التراكيب تتحول إلى دماغ وحبل شوكي في أغلب الحبليات؟

a. 1 **c.** 3

b. 2 **d.** 4

1 تقويم الفصل

23. أيّ الصفات الآتية ينطبق على حيوان بخاخ البحر البالغ؟
   a. له تناظر جانبي.
   b. له مظهر السهيم البالغ نفسه.
   c. له صفة واحدة فقط من صفات الحبليات بوصفه حيوانًا بالغًا.
   d. حيوان مفترس ونشط في السباحة.

24. ماذا تفرز القناة الداخلية في اللافقاريات الحبلية؟
   a. البروتين المماثل لهرمون الغدة الدرقية.
   b. المخاط.
   c. الحبل الظهري.
   d. الجيوب البلعومية.

25. شوكيات الجلد ذات صلة بالحبليات. أيّ الصفات الآتية تشتركان فيها؟
   a. لهما جيوب بلعومية
   b. بدائية الفم.
   c. ثانوية الفم.
   d. تجويف جسمي كاذب.

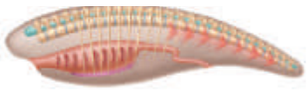
26. أيّ التراكيب الآتية يمكن أن يكوّن الغدة الدرقية؟
   a. الحبل الشوكي الظهري الأنبوبي.
   b. الحبل الظهري.
   c. القناة الداخلية.
   d. الجيوب البلعومية.

27. أيّ صفات الحبليات الآتية مكّن الحيوانات الكبيرة من التخصص؟
   a. الحبل الشوكي الظهري الأنبوبي.
   b. الحبل الظهري.
   c. الجيوب البلعومية.
   d. الذيل خلف الشرجي.

أسئلة بنائية

28. **نهاية مفتوحة.** وضّح لماذا لا توجد لافقاريات حبلية في المياه العذبة؟

29. **نهاية مفتوحة.** ماذا يحدث إذا اختفت جميع حيوانات السهيم؟



استعمل الرسم الآتي للإجابة عن السؤالين 30 و31.

30. **إجابة قصيرة.** افحص الرسم، ووضّح لماذا لا يمكن أن يكون هذا الحيوان لافقاريًّا حبليًّا؟

31. **إجابة قصيرة.** ما الصفات التي يشترك فيها هذا الحيوان مع اللافقاريات الحبلية؟

التفكير الناقد

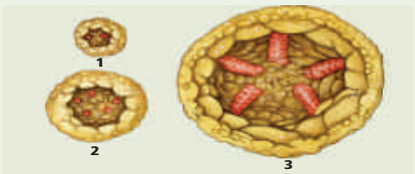
32. **حلّل** كيف يمكن أن تساعد يرقات المخلوقات العلماءَ على تصنيف الحيوانات وتحديد العلاقات التركيبية بينها؟

تقويم إضافي

33. **الكتابة في علم الأحياء** اكتب قصيدة شعرية توضح فيها شوكيات الجلد المفضلة لديك. وتحقق أنك سوف تشير إلى صفاتها الحقيقية.

أسئلة المستندات

ادرس الرسوم التوضيحية لتكوين الأذرع في نجم البحر.



34. ما نوع التناظر المبين في الرسم رقم 1؟

35. بيّن كيف يمكن أن تتكون أذرع إضافية؟

36. كيف يعكس عدد الأذرع في الرسم 3 صفات لشوكيات الجلد جميعها؟

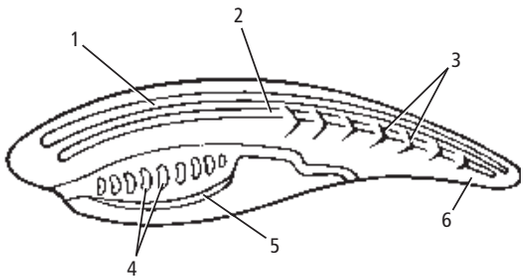
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. أيّ الصفــات الآتية جعلت شــوكيات الجلد قريبة من الفقاريات؟
   a. تناظر جانبي للأفراد المكتملة النمو.
   b. يرقة حرة السباحة.
   c. ثانوية الفم.
   d. تناظر شعاعي لليرقات.

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 2، 3.



2. أيّ التراكيب حل محله عظم أو غضروف في الفقاريات الحبلية؟

   a. 1 c. 4
   b. 2 d. 5

3. أيّ التراكيب يعد حزمة من الأعصاب محمية بسائل؟

   a. 1 c. 5
   b. 3 d. 6

أسئلة الإجابات القصيرة

4. نجم البحر من شوكيات الجلد، يتغذى على المحارات. لماذا ينبغي على مزارعــي المحارات ألا يقطعوا أذرع نجم البحر ويلقوها مرة أخرى إلى الماء.
5. قــوّم تكيفات الدفــاع لمجموعتين مــن اللافقاريات الحبلية.
6. قارن بين الصفات الرئيسة لشــوكيات الجلد وحيوان آخر تعرفه من الشعبة نفسها.

أسئلة الإجابات المفتوحة

7. اشرح فيم تتشابه شوكيات الجلد والديدان الحلقية؟

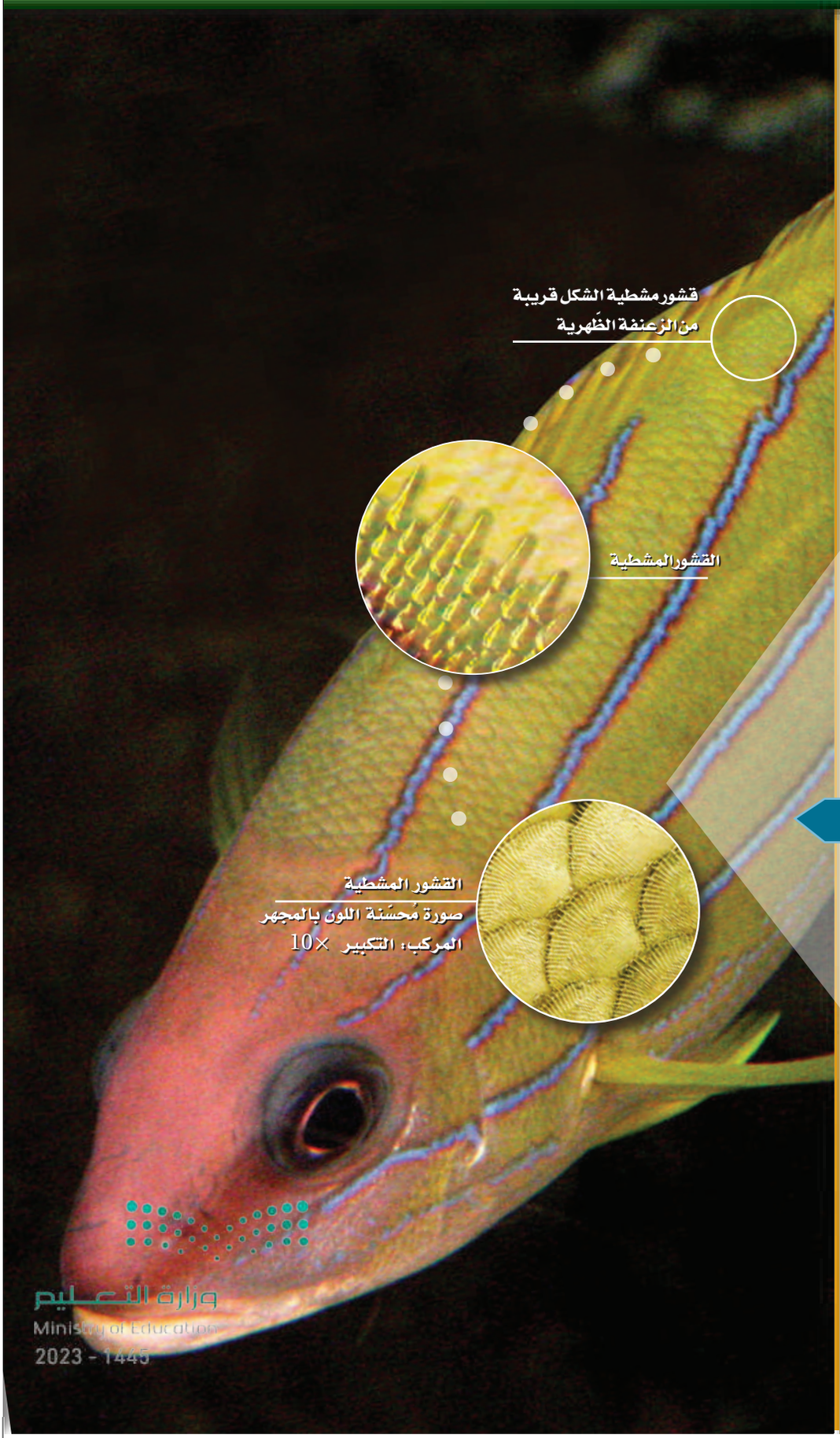
يساعد هذا الجدول على تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال

السؤال	1	2	3	4	5	6	7
الفصل / الدرس	1–1	1–2	1–2	1–1	1–2	1–1	1–1
الصف	1–2	1–2	1–2	1–2	1–2	1–2	1–2

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 2

الأسماك والبرمائيات
Fishes and Amphibians



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفكرة العامة خلق الله للأسماك تكيفات تساعدها على العيش في البيئات المائية. في حين تكيفت معظم البرمائيات ـ بما وهبها الله تعالى من خصائص ـ لتعيش جزءًا من حياتها على اليابسة.

2-1 الأسماك

الفكرة الرئيسة الأسماك فقاريات لها خصائص تسمح لها بالعيش والتَّكاثر في الماء.

2-2 البرمائيات

الفكرة الرئيسة لمُعظم البرمائيات تكيفات تؤهلها للعيش جزءًا من حياتها في الماء والجزء الآخر على اليابسة.

حقائق في علم الأحياء

- تحتوي قشور الأسماك على حلقات نمو تشبه تلك التي في جذوع الأشجار.
- تحتوي بعض القشور على مادة المينا، وهي المادة نفسها التي تكوِّن الأسنان.
- قشور الأسماك عديمة اللون؛ أما اللَّون الظاهر فيأتي من الجلد الذي يلي القشور.

تجربة استهلالية

ما خصائص المجموعات المختلفة من الأسماك؟

صُنِّفت الأسماك في ثلاث مجموعات رئيسة ـ أسماك لافكية، وأسماك غضروفية، وأسماك عظمية ـ اعتمادًا على خصائصها الداخلية والخارجية. ستقارن في هذه التجربة بين الخصائص الخارجية للأسماك في المجموعات الثلاث.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السَّلامة في دليل التَّجارب العملية.
2. افحص صورًا تمثِّل كلًّا من مجموعات الأسماك الثلاث. انظر إلى بعض الخصائص ومنها الجلد/ القشور، وموقع الزعنفة، وشكل كلٍّ من الزعنفة والعينين والفم والأسنان والجسم والذيل.
3. صمِّم جدولًا، وسجِّل فيه المعلومات التي تتعلق بالمميِّزات الخارجية للمجموعات المختلفة للأسماك.

التَّحليل

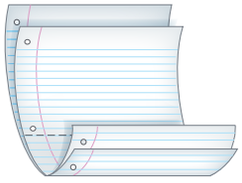
1. **لخِّص** ما الاختلافات الرئيسة للخصائص الخارجية لهذه المجموعات من الأسماك؟
2. **استنتج** ما أهمية فحص التراكيب الخارجية وخصائص المخلوقات الحية والمقارنة بينها عند تصنيفها؟

المطويات منظمات الأفكار

الأسماك والبرمائيات اعمل المطوية الآتية لمساعدتك على تحديد خصائص الأسماك والبرمائيات.

الخطوة 1: ضع ورقتين إحداهما فوق الأخرى، على أن تبعد إحداهما عن الأخرى رأسيًّا مسافة 1.5 ، كما في الشكل الآتي:

الخطوة 2: اثن الطرف السفلي للورقة لتكوين ثلاثة ألسنة متساوية، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3: ثبِّت الأوراق معًا على طول الطرف المثنيّ، وعنون كل لسان كما في الشكل الآتي:

المطويات **استخدم هذه المطوية في القسم 1–2 و2–2.** سجِّل -وأنت تقرأ الدرس- معلوماتك عن خصائص كل مجموعة، ثم ارسمها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

2-1

الأهداف

- **تحدِّد** خصائص الفقاريات التي تميزها عن اللافقاريات.
- **تصف** أهم الخصائص المُشتركة بين طوائف الأسماك.
- **تلخِّص** تكيُّف خصائص الأسماك مع الحياة المائية.
- **تقارن** بين الخصائص المختلفة لطوائف الأسماك.

مراجعة المفردات

الحبل الظهري Notochord: تركيب مرن يشبه العصا، يمتد على طول الجسم.

المفردات الجديدة

الغضروف
العرف العصبي
الزعنفة
القشور
غطاء الخياشيم
الأُذين
البُطين
الوحدة الأُنبوبية الكلوية (النفرون)
جهاز الخط الجانبي
وضع البيض (التبويض)
مثانة العوم

الأسماك Fishes

الفكرة الرئيسة **الأسماك فقاريات لها خصائص تسمح لها بالعيش والتَّكاثر في الماء.**

الرّبط مع الحياة لعلك رأيت حوض ماء مليئًا بأسماك ملونة تشبه تلك التي في الصورة في بداية الفصل. ما التكيُّفات التي تُمكِّن الأسماك من العيش في الماء؟ للأسماك خصائص فريدة تسمح لها بالعيش والتكاثر في الماء.

خصائص الفقاريات

Characteristics of Vertebrates

درست حتى الآن الإسفنجيات واللاسعات والرخويات والديدان بأنواعها والمفصليات وشوكيات الجلد، وكلها لا فقاريات. تذكَّر أنَّ أهم أربع خصائص للحبليات هي أن لها حبلاً عصبيًّا ظهريًّا، وحبلًا ظهريًّا، وجيوبًا بلعومية، وذيلًا خلف شرجي وتندرج الحيوانات الفقارية ضمن تحت شعبة الفقاريات. ولهذه الفقاريات عمود فقري وخلايا مُتخصِّصة تنمو من الحبل العصبي. ويعد العمود الفقري سمة أساسية للفقاريات. تضم طوائف الفقاريات الأسماك والبرمائيات والزَّواحف والطُّيور والثدييات.

العمود الفقري Vertebral column في معظم الفقاريات يحل العمود الفقري – الذي يحيط بالحبل العصبي ويحميه– محل الحبل الظَّهري. ويحدث استبدال الحبل الظَّهري خلال النمو الجنيني. فالغضروف أو العظم هما المادتان المكونتان للهياكل الدَّاخلية لمعظم الفقاريات. ويُعرّف **الغضروف** cartilage بأنه مادة قاسية مرنة تُكوِّن هياكل أو أجزاء من هياكل الفقاريات.

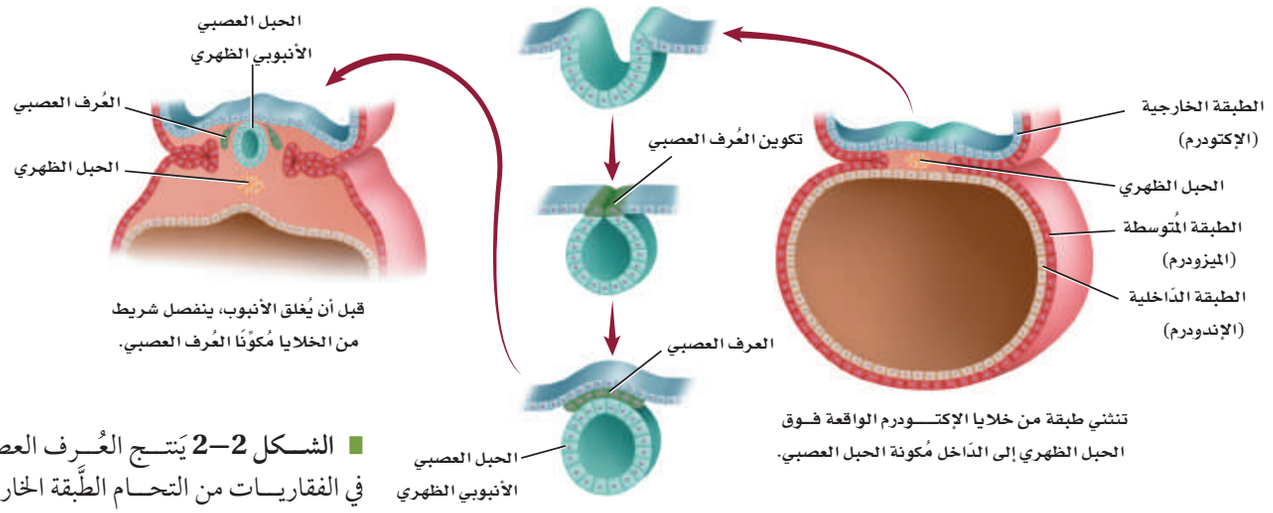
تُعد الأعمدة الفقرية، المبينة في **الشكل 1–2**، تراكيب مهمّة للفقاريات. ويعمل العمود الفقري عمل عصا قوية ومرنة؛ حيث تستند عليه العضلات في أثناء السِّباحة أو الرَّكض. وتساعد الفقرات المنفصلة الحيوان على التَّحرُّك بسرعة وسهولة. كما تُساعد العظام على انقباض العضلات بقوة، فتزيد من قوة الحيوان.

الأفعى المجلجلة ذات القرون

سمكة

■ **الشكل 1–2** يوجد العمود الفقري في معظم الفقاريات، ومنها الأسماك والزَّواحف المبينة في الشكل أدناه.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



■ **الشكل 2–2** يَنتج العُرف العصبي في الفقاريات من التحام الطَّبقة الخارجية من حافتي الانثنائين العصبيين في المرحلة الجنينية.

العُرف العصبي Neural crest تحدث عملية أخرى مهمَّة في أثناء تكوُّن الحبل العصبي خلال النمو الجنيني في الفقاريات، وهي تكوِّن **العُرف العصبي** neural crest، وهو مجموعة من الخلايا، تتكون من الحبل العصبي في الفقاريات. ويوضح **الشكل 2–2** عملية تكوُّن العُرف العصبي. وعلى الرَّغم من أنَّ هذه المجموعة من الخلايا صغيرة إلا أنها مهمّة لنمو الفقاريات؛ لأنَّ العديد من أجزاء أجسام الفقاريات المُهمّة تنتج عن العُرف العصبي. ومن هذه الأجزاء أجزاء من الدِّماغ والجُمجمة وبعض أعضاء الإحساس، وأجزاء من الجيوب البلعومية، وعزل (تغليف) الألياف العصبية، وخلايا غُدد مُحدَّدة.

ومن الخصائص الأُخرى المميزة للفقاريات وجود الأعضاء الدَّاخلية، ومنها الكلى والكبد والقلب، وجهاز دوري مغلق.

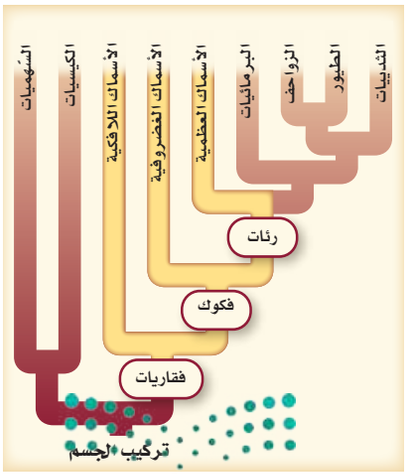
ماذا قرأت؟ فسِّر لماذا يُعد العُرف العصبي صفة مهمة للفقاريات؟

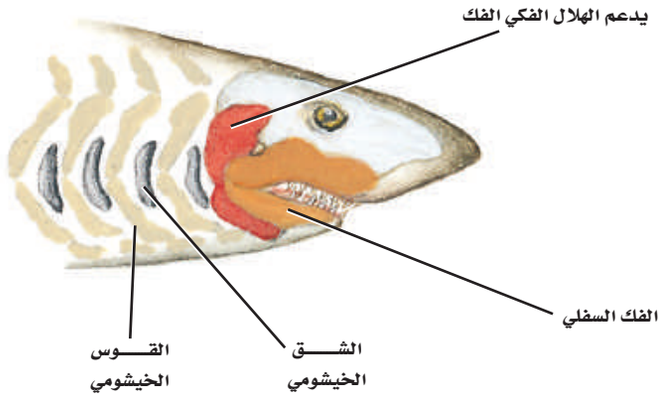
خصائص الأسماك Characteristics of Fishes

تعيش الأسماك في معظم البيئات المائية على سطح الأرض، في البحار والبِرَك والجداول وبعض المستنقعات، وبعضها الآخر يعيش في الظلمة التامة في قاع المحيط. كما تعيش أسماك أُخرى في المياه المتجمدة في المناطق القطبية؛ حيث يحتوي دمها على بروتينات خاصة تمنع تجمده. وهناك نحو 24,600 نوع من الأسماك، وهذا يفوق مجموع أنواع الفقاريات كلها مجتمعة، وتتراوح حجومها بين أسماك قرش الحوت Whale shark التي قد يبلغ طولها 18 m، إلى أسماك المشط الصغيرة وهي في حجم ظفر الإنسان.

وقد خلق الله للأسماك عددًا من الخصائص التركيبية ساعدتْها على العيش في معظم البيئات المائية، من هذه الخصائص المهمة وجود الفكوك في بعض الأسماك، والرِّئات في بعضها الآخر. ويوضح مخطط العلاقات التركيبية في **الشكل 3–2** أن هناك ثلاث طوائف من الأسماك، كلّها فقاريات. وعلى الرَّغم من أنَّ أجسام الأسماك تختلف في الشَّكل والتَّركيب كثيرًا، إلا أنّ لها العديد من الصِّفات المشتركة. ولمعظم الأسماك عمود فقري وفكوك وزعانف مزدوجة وقشور وخياشيم ودورة دموية واحدة، ولا تستطيع بناء بعض الأحماض الأمينية.

■ **الشكل 3–2** تم تمييز الطوائف المختلفة من الأسماك بالألوان في هذا المخطط.





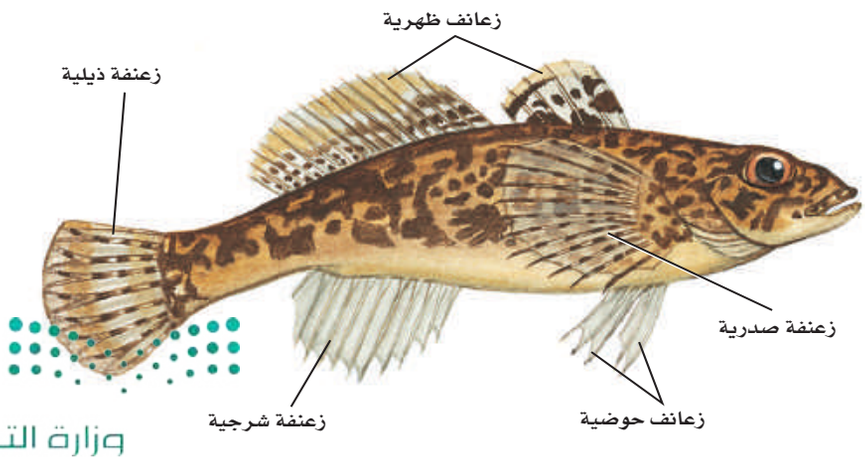
■ **الشكل 4–2** تتكون الفكوك من الأقواس الخيشومية الأمامية في الأسماك الفكية.

الفكوك Jaws لمعظم الأسماك فكوك. ويوضِّح **الشكل 4–2** الأقواس الخيشومية التي تكوِّن الفكوك في الأسماك؛ إذ تسمح هذه الفكوك للأسماك الكبيرة بافتراس العديد من المخلوقات الحية، وقد تكون قادرة على افتراس أسماك أكبر حجمًا وأكثر نشاطًا، فتُمسك الأسماك الفريسة بأسنانها القوية، وتحطِّمها بعضلات فكَّيها القوية. كما تساعد الفكوك الأسماك على الدفاع عن نفسها ضد بعض المُفترسات.

ماذا قرأت؟ صف ما أهمية الفكوك في الأسماك؟

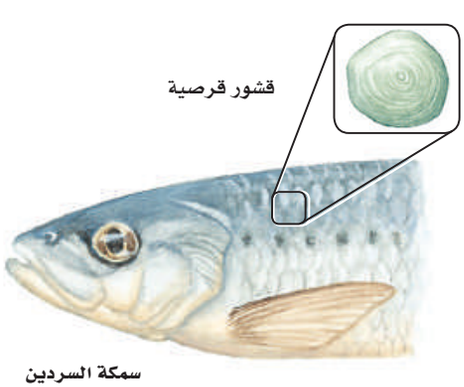
الزعانف المزدوجة Paired fins من بديع صنع الخالق عز وجل أن وهب للأسماك تراكيب مختلفة، ومنها الزَّعانف المزدوجة؛ لتساعدها على العيش في البيئات المائية المتنوعة. **الزعنفة** fin تركيب يشبه المجداف على جسم السمكة، أو أي حيوان مائي آخر، تُستعمل للتَّوازن، وتغيير اتجاه الحركة، والاندفاع إلى الأمام. والزَّعانف الحوضية والزَّعانف الصَّدرية، المبينة في **الشكل 5–2**، تمنح السَّمكة استقرارًا أكثر أثناء السباحة. ولمعظم الأسماك زعانف مزدوجة؛ تُقلِّل من فرصة الانقلاب الجانبي (عدم التوازن) للسمكة، وتسمح بتوجيه أفضل لها خلال السِّباحة.

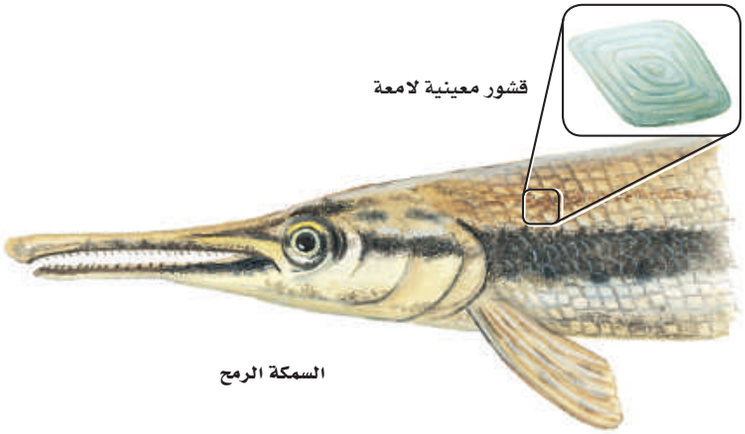
ساهم وجود كل من الفكوك والزعانف المزدوجة لدى الأسماك في قدرتها على افتراس بعض الأسماك الأخرى، كما مكنتها هذه التراكيب من العيش في بيئات جديدة، وإنتاج أجيال أكثر.



■ **الشكل 5–2** الزَّعانف المُزدوجة للأسماك (ومنها الزَّعانف الحوضية والصَّدرية) تسمح لها بالحفاظ على توازُنها في أثناء السباحة، وتغيير اتجاه حركتها في الماء.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445





القشور Scales للأسماك نوع واحد على الأقل من أربعة أنواع مختلفة من القشور. و**القشور** scales تراكيب صغيرة مُسطَّحة تشبه الصَّفيحة، توجد بالقُرب من سطح الجلد في معظم الأسماك. ومنها: القشور المشطية في صورة أحد أنواع الأسماك العظمية الموضحة في بداية هذا الفصل، وكذلك القشور القرصية التي تتكون من عظم وجلد، وهي رقيقة مرنة، تغطي جسم سمكة السردين، كما في **الشكل 6–2**. أما قشور القرش فتُسمَّى القشور الصفائحية، وهي مكونة من مواد قاسية وثقيلة، وتشبه الأسنان، كما في **الشكل 14–2** الذي ستدرسه لاحقًا. وأما النوع الرابع من القشور فهو القشور المعينية اللامعة التي تغطي جسم السمكة الرمح، المبينة في **الشكل 6–2**، وهي معينية الشكل ومكوَّنة من مينا (المادة نفسها التي تغطي أسنان الإنسان) وعظم.

ماذا قرأت؟ **استنتج** لماذا تختلف القشور باختلاف نوع السمكة؟

■ **الشكل 6–2** يبين نوعين من قشور الأسماك، هما القشور المعينية، والقشور القرصية.

صف الفروق الظاهرية بين القشور القرصية والقشور المعينية.

تجربة 1–2

ملاحظة سمكة

ما خصائص الأسماك التي تستنتجها من خلال الملاحظة؟

ستلاحظ في هذه التَّجربة سمكة في بيئتها المائية.

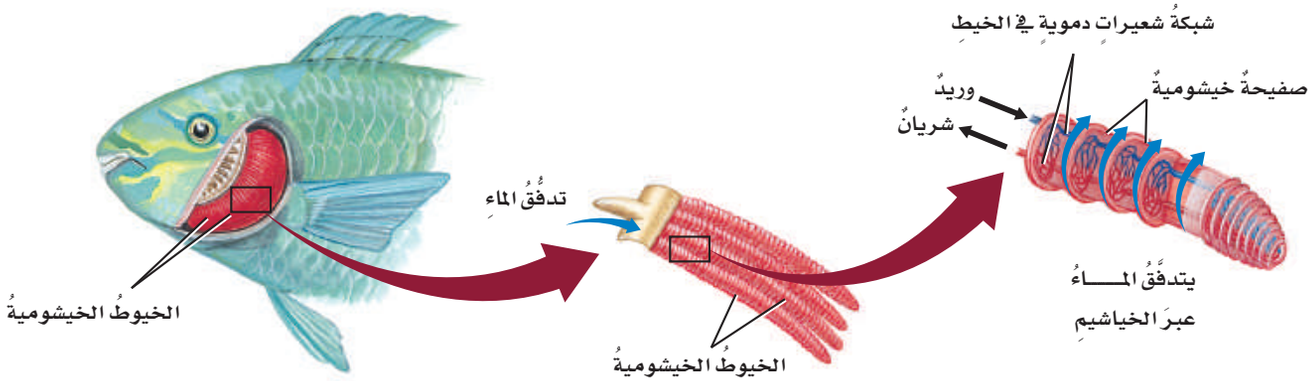
خطوات العمل

1. املأ بطاقة السَّلامة في دليل التجارب العملية.
2. لاحظ سمكة (أسماكًا) في حوض مائي.
3. ارسم شكلًا توضيحيًّا لسمكة، ثم أشر إلى التراكيب الآتية: الزعنفة الظَّهرية، الزعنفة الذَّيلية، الزعنفة الشَّرجية، الزعانف الصَّدرية، الزعانف الحوضية، القشور، الفم، العين، غطاء الخياشيم.
4. لاحظ كيف تتحرَّك السمكة في الماء. ووضِّح كيف تُحرِّك السمكة جسمها وزعانفها عندما تتحرَّك إلى الأمام في الماء.

التَّحليل

1. **استنتج** جسم السَّمكة مُقسَّم إلى ثلاث مناطق: رأس، وجذع، وذيل. حدد هذه المناطق على الشَّكل الذي رسمته.
2. **طبِّق** افترض أنَّ سمكة فقدت إحدى زعانفها الصَّدرية عندما أفلتت من مُفترس. كيف يُمكن أن يُؤثِّر هذا في قدرتها على التَّحرُّك في الماء؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



■ **الشكل 7–2** تحتوي الصفيحة الرقيقة لخياشيم السـمكة على العديد من الأوعية الدموية.

استنتج لماذا تتكوَّن خياشيم الأسماك من نسيج رقيق جدًّا؟

الخياشيم Gills يسـمح تكيف آخر للأسـماك بالعيش في البيئـات المائية، وهو قُدرتها على الحصول على الأكسـجين من الماء؛ إذ تحصل الأسـماك على الأكسـجين عندما يدخل الماء فمها، ثُمَّ يعبر خياشـيمها، فينتشر الأكسجين من الماء إلى الدَّم. وتتكوَّن الخياشيم من خيوط رقيقة مُغطَّاة بصفيحة شديدة الانثناء. ويوضِّح **الشكل 7–2** تركيب الخياشـيم في معظم الأسماك. وتحتوي الصفيحة على العديد مـن الأوعية الدَّموية التي يمكنها أن تأخذ الأكسـجين، وتطلق ثاني أكسـيد الكربون. ويتدفق الدَّم في الخياشـيم في عكس اتجاه جريان الماء على سـطح الخياشـيم. وجريان التَّيار المُعاكس يمثل آلية فعَّالة يُمكن بها استخلاص الأكسـجين من الماء. و يُستخلص 85% من الأكسـجين المُذاب في الماء تقريبًا عندما يجري الماء فوق الخياشيم في اتجاه، ويجري الدَّم في اتجاه آخر. ولبعض الأسـماك **غطاء خيشـومي** operculum؛ وهو غطاء متحرِّك يغطِّي الخياشـيم ويحميها، ويسـاعد هذا الغطاء أيضًا في ضخّ الماء القادم من الفم عبر الخياشيم. وبعض الأسـماك ـ ومنها سمكة الرِّئة Lung fish – يمكنها أن تعيش خارج الماء لأوقات قصيرة باسـتخدام تراكيب تشـبه الرِّئات. ويمكن لأسماك الأنقليس eel (ثعبان الماء) أن تتنفَّس من خلال الجلد الرَّطب عندما تكون خارج الماء.

جهاز الدوران Circulation للفقاريـات دورة دموية مغلقة، يتمُّ فيها ضخ الدم عبـر الأوعية الدموية. ويوضح **الشـكل 8–2** الجهاز الدوري للأسـماك، حيث يجري الدَّم ـ في أغلب الأسـماك ـ في دورة دموية واحدة، ويتدفق من القلب إلى الخياشيم، ثم عبر الجسم، فيصل إلى الأنسجة ليزودها بالأكسجين، ثم يعود إلى القلب. ويُضخُّ مرة أُخرى من القلب إلى الخياشـيم، ثم إلى جميع أجزاء الجسم مرة أخرى. ولأن هذا النظام يشكل دورة واحدة كاملة ومُتصلة، فإنَّه يُسمَّى الجهاز الدوري ذا الدورة الواحدة المغلقة.

يتكوَّن القلب ـ في أغلب الأسماك ـ من حُجرتين رئيستين تشبهان الأُذين والبُطين في قلبـك. **والأُذين** atrium هو حُجرة القلب التي يصلهـا الدَّم من جميع أجزاء الجسـم، ثم ينتقل منه إلى **البُطين** ventricle؛ وهو الحجـرة التي تضُخّ الدَّم من القلب إلى الخياشيم. وعندما يمرّ الدَّم في الخياشيم ينتقل إلى سائر أجزاء الجسم.

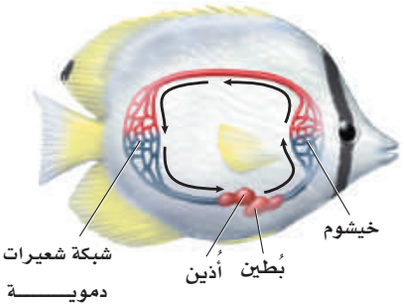
المفردات

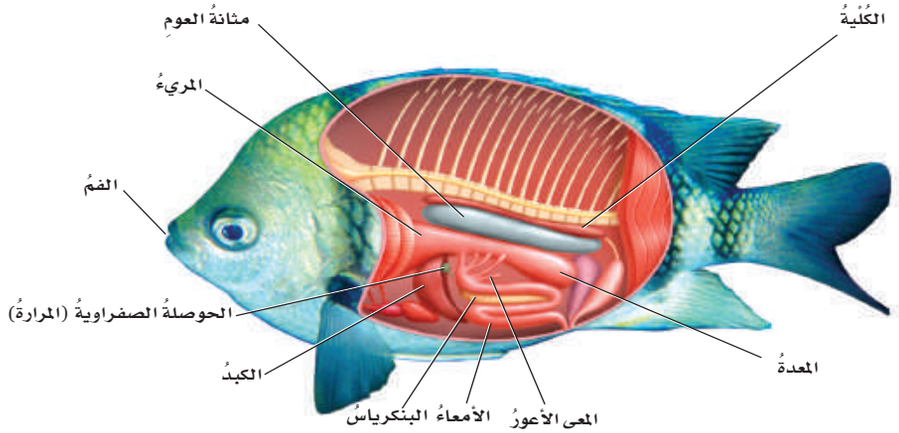
أصل الكلمة

الأُذَين Atrium

من الكلمة اللاتينية atrium، وتعني ممرًّا رئيسًـا، وفي اللغـة العربية هو أحد التجويفين في القسم الأعلى من القلب.

■ **الشكل 8–2** يضخُّ قلب السَّمكة الدَّم عبر جهاز دوري مُغلق.





الشكل 9–2 أعضاء الجهاز الهضمي للسمكة تُشبه مثيلتها في الفقاريات الأُخرى. **اعمل قائمة بالتَّراكيب التي يمرُّ عبرها الطَّعام في أثناء هضمه.**

التغذية والهضم Feeding and digestion تحصل بعض الأسماك على الغذاء بتصفيته من الماء، أو بالترمم بامتصاصه من بقايا عضوية في قعر المحيط. أمَّا الأسماك الفكية فهي مُفترسات فعّالة تتنوع مصادر غذائها. ويتكوَّن الجهاز الهضمي للأسماك، المبين في **الشكل 9–2**، من أعضاء تشبه مثيلتها في الفقاريات الأُخرى.

تبتلع معظم الأسماك غذاءها كاملاً، ثم يمرُّ إلى المعدة عبر أُنبوب يُسمى المريء، حيث يبدأُ الهضمُ، ويمر الغذاء بعد ذلك إلى الأمعاء، ليحدث مُعظم الهضم فيها. ولبعض الأسماك أكياس بوّابية (معي أعور)؛ وهي أكياس صغيرة عند منطقة اتصال المعدة بالأمعاء، تُفرز إنزيمات هاضمة، كما تمتص الغذاء إلى مجرى الدَّم. ويفرز كل من الكبد والبنكرياس والحوصلة الصفراوية عصارة هضمية تُساعد على إتمام الهضم.

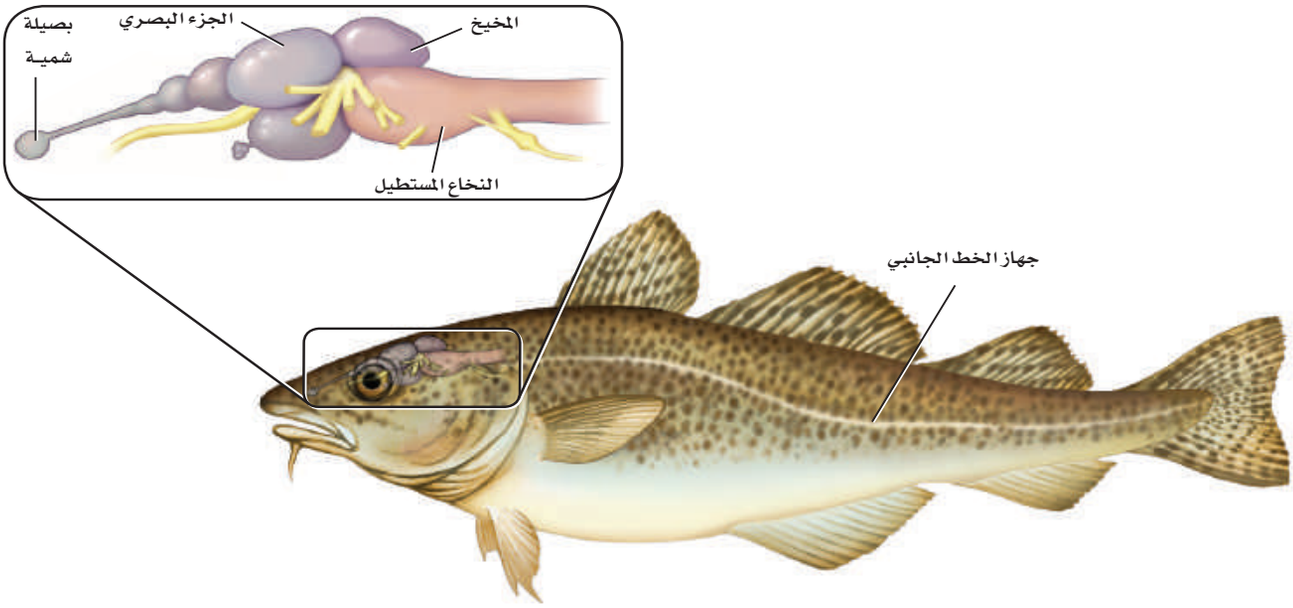
وتتصف الأسماك بأنها لا تستطيع تصنيع بعض الأحماض الأمينية؛ لذا يجب أن تحصل – مثل بعض أنواع الفقاريات الأخرى – على هذه الأحماض من الأغذية التي تأكلها.

الإخراج Excretion تُنقَّى الفضلات الخلوية من دم الأسماك عن طريق أعضاء تُسمَّى الكُلى، وتسمى الوحدة الوظيفية الأساسية للكلية **الوحدة الأُنبوبية الكلوية (النفرون)** nephron؛ وهي وحدة تنقية داخل الكلية تساعد على المحافظة على اتزان الماء والأملاح في الجسم، وتُزيل الفضلات الخلوية من الدَّم. وبعض هذه الفضلات يُطرح عن طريق الخياشيم.

الربط مع الكيمياء تستعمل أسماك المياه العذبة الخاصية الأسموزية لتأخذ الماء؛ وذلك لأن الماء المحيط بالأسماك يحوي تركيزًا منخفضًا من الأملاح؛ أي أن الماء يحتوي على عدد جزيئات كبير من الماء، مقارنة بعدد جزيئات الماء داخل أنسجة الأسماك. أما في الأسماك العظمية التي تعيش في المياه المالحة فيحدث العكس؛ لأن الماء المحيط يحوي تركيزًا عاليًا من الأملاح؛ أي أن عدد جزيئات الماء فيه قليل مقارنة بعدد جزيئات الماء داخل أنسجة الأسماك، لذلك فإن أجسام الأسماك تكون قابلة لفقد الماء. وتقوم الكليتان والخياشيم وغيرها من الآليات الداخلية بتنظيم اتزان الماء والأملاح في أجسام أسماك المياه العذبة والمالحة.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

عالِم الأسماك (البحار) Ichthyologist يبحث عن معلومات حول سلوك الأسماك، وبيئتها، وتشريحها، ووظيفتها، سواء أكان ذلك في الميدان أم في المختبر. كما يهتم عالم الأسماك أيضًا بالأحواض المائية، وينظِّم مجموعات المتاحف، ويدرِّس في الجامعات، ويحاول المحافظة على جماعات الأسماك.



■ **الشكل 10–2** للأسماك دماغ يُمكِّنها من القيام بوظائفها الحيوية.
استنتج كيف يختلف دماغ سمكة تعيش على البقايا العضوية في قاع بركة ماء عن دماغ سمكة مُفترسة تسبح بخفة خلف فريسة؟

الدِّماغ والحواس Brain and Senses يتكون الجهاز العصبي للأسماك – كما في الفقاريات الأُخرى – من حبل شوكي ودماغ كما في **الشكل 10–2**. ويقوم المُخيخ بتنسيق الحركة والتَّحكُّم في الاتزان. وللأسماك مُستقبلات شمية للإحساس بالروائح، تُمكِّنها من اكتشاف المواد الكيميائية الذائبة في الماء. وتستجيب بُصيلات الشَّم للمنبه الكيميائي، وللأسماك أيضًا القدرة على الرؤية الملونة، حيث إن الأجزاء البصرية في الدماغ مسؤولة عن المعلومات البصرية. كما ينسِّق المخ المعلومات التي تستقبلها أجزاء الدِّماغ الأخرى، في حين يسيطر النّخاع المستطيل على الأعضاء الدَّاخلية.

وتستطيع الأسماك أن تكتشف أقل حركة في الماء؛ لأن لها مُستقبلات أُخرى تُسمى جهاز الخط الجانبي. **وجهاز الخط الجانبي** lateral line system يُمكِّن السَّمكة من اكتشاف الحركة في الماء، ويساعد أيضًا على إبقائها معتدلة ومتَّزنة. ويوضح **الشكل 10–2** جهاز الخط الجانبي في السَّمكة.

التَّكاثُر Reproduction تتكاثر معظم الأسماك بالإخصاب الخارجي. وتُطلق الأسماك ذكورًا وإناثًا أمشاجها (خلاياها التناسلية) بعضها قريبًا من بعض، خلال عملية تُسمَّى **وضع البيض (التبويض)** spawning. فتحصل الأجنّة النَّامية على الغذاء من الطَّعام المخزون في مُحّ البيضة. وتتكاثر بعض الأسماك ـ ومنها سمكة القرش ـ بالإخصاب الدَّاخلي. وعلى الرَّغم من حدوث الإخصاب الداخلي فإن نمو الجنين في بعض أنواع الأسماك يكون خارج جسم الأنثى بعد أن تضع البيضة المُخصَّبة. ولبعض أنواع الأسماك إخصاب داخلي ينمو فيه الجنين داخل جسم الأنثى، وفي هذه الحالة يأخذ الجنين النَّامي غذاءه من جسم الأُم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

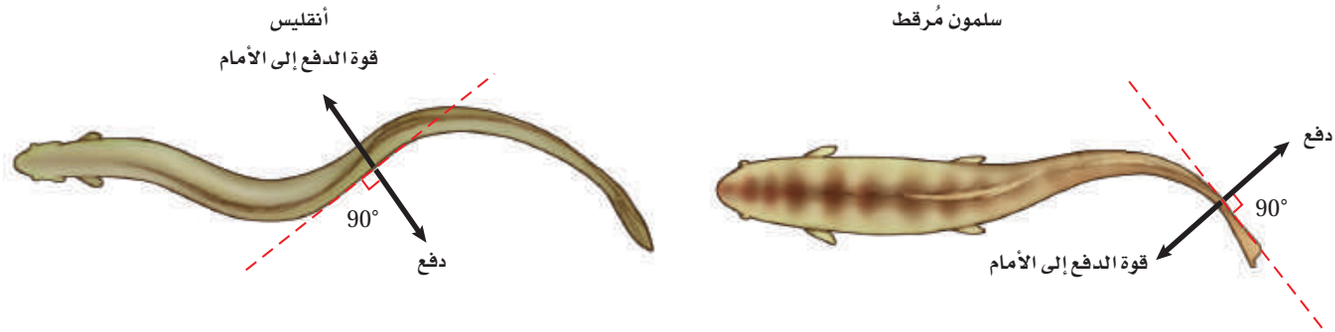
وتستطيع الأسماك التي تتكاثر بالإخصاب الخارجي أن تنتج ملايين البيوض في الفصل الواحد. ومعظم هذه الأسماك لا تحمي بيضها ولا تعتني به ولا بصغارها. لذا يكون مصير العديد من هذه البيوض والصِّغار أن تفترسها حيوانات أخرى. وتنتج الأسماك كمية كبيرة من البيوض ليتمكن بعض الصغار من النُّمو والنَّجاة حتى يصلوا إلى سن التكاثر. أما ذكور أسماك الحارس الكبير Sergeant major fish، **الشكل 11–2**، فتحرس البيوض المُخصَّبة من المُفترسات حتى تفقس الصغار.

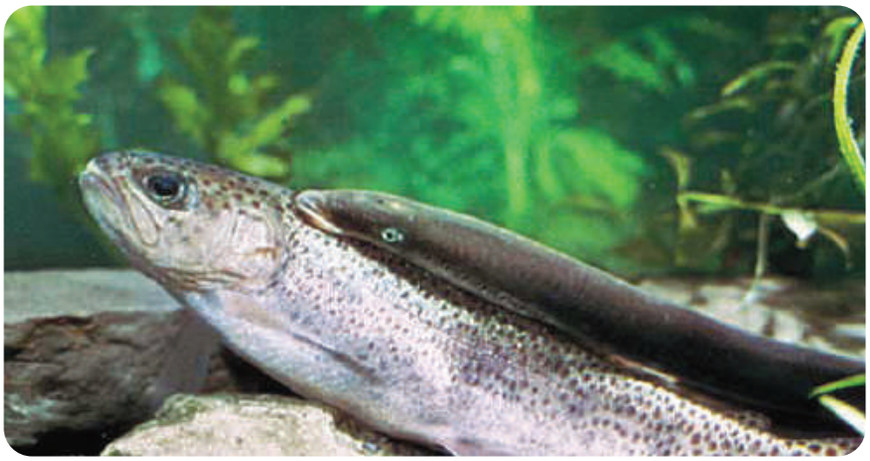
■ **الشكل 11–2** معظم الأسماك لا تعتني بصغارها؛ ومع ذلك فإن ذَكَر أسماك الحارس الكبير من الأسماك التي تعتني ببيوضها.

الحركة Movement تكيَّفت الأسماك بشكل جيد للسِّباحة في الماء؛ فمعظم الأسماك انسيابية الشَّكل، ولمعظمها مُخاط يُزيِّت سطح جسدها، ويُقلِّل من احتكاك السَّمكة بالماء. وتُمكِّن الزَّعانفُ الأسماكَ من تغيير الاتجاهات والمُناورة بعدَّة طرائق مُختلفة، وتُقلِّل قوة طفو الماء من تأثير الجاذبية في الأسماك. وبالإضافة إلى هذا فإن **مثانة العوم** swim bladder ـ وهي كيس مملوء بغاز مثل البالون يوجد في الأسماك العظمية ـ تسمح للسَّمكة بالتحكُّم في عمق غوصها، انظر **الشكل 9–2**. وعندما تنتشر الغازات خارج مثانة العوم يمكن للسَّمكة أن تغطس إلى أسفل. أما عندما تنتشر الغازات من الدَّم إلى داخل مثانة العوم فإنَّ السَّمكة ترتفع إلى أعلى خلال الماء.

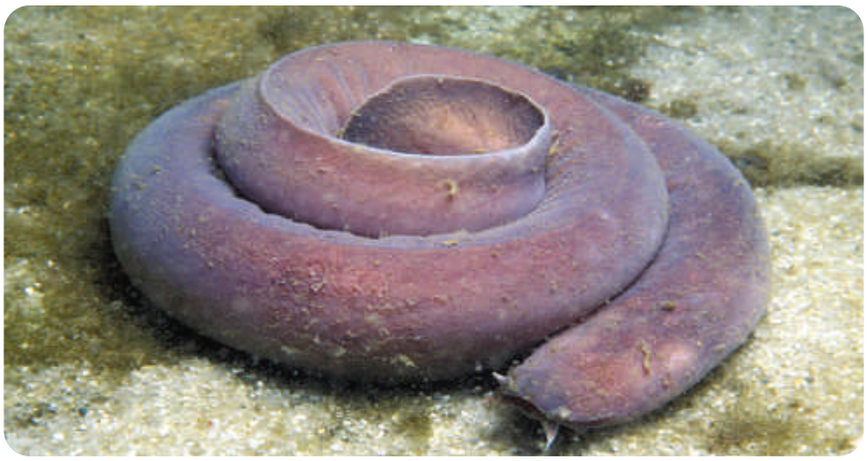
الربط الفيزياء يبين **الشكل 12–2** حركة الأسماك عبر الماء، من خلال انقباض مجموعات عضلية على جانبي أجسامها، بحيث يسمح ترتيب العضلة بانقباضها، ومن ثَم انثناء جزء كبير من جسمها. وكلما انثنى هذا الجزء من الجسم دفع الماء بقوة، مولدًا قوة معاكسة تسمح بحركة السمكة إلى الأمام. وتتولد قوة الدفع في اتجاه الانثناء في جسم السمكة. كما أن الانقباض المتبادل للعضلات ـ الذي يبدأ على جهة واحدة من جسم السمكة ثم ينتقل إلى الجهة المقابلة ـ يحافظ على استمرار حركة السَّمكة بطريقة تشبه الحرف S.

■ **الشكل 12–2** يُحرِّك الأنقليس جسمه كاملاً على نمط الحرف S. أما الأسماك الأخرى الأسرع في الحركة ـ ومنها السلمون المُرقّط ـ فتحرِّك ذيولها فقط عندما تندفع خلال الماء.





الجلكي



الجريث

■ **الشكل 13–2** لأسماك الجريث والجلكي تراكيب تُشبه الأسنان على ألسنتها. وسمك الجلكي مُتطفل على الأسماك الحية الأُخرى. **صف التَّكيُّفات التي تراها في صورة سمكة الجريث التي تُمكنها من العيش في قاع البحر.**

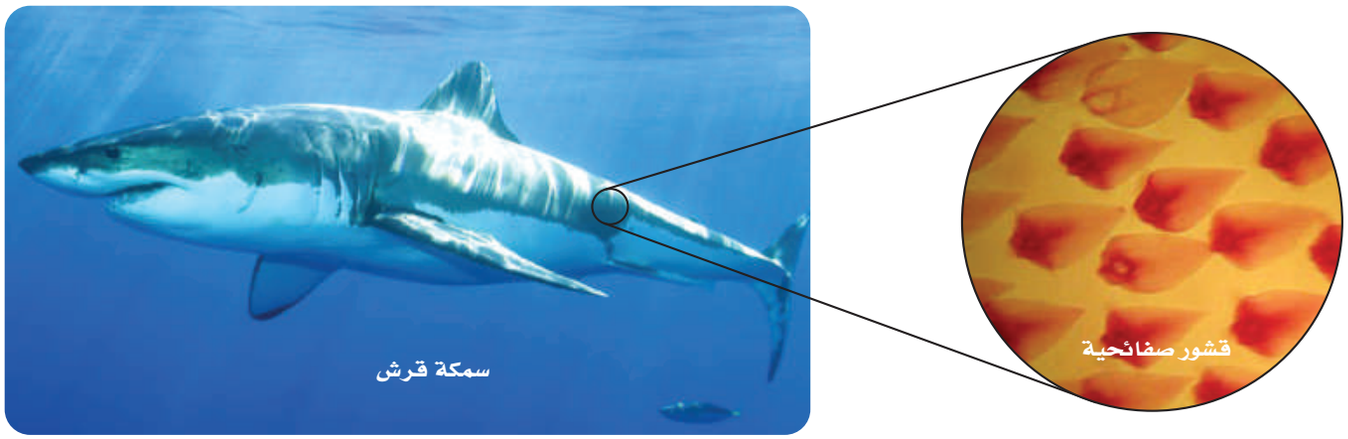
طوائف الأسماك Classes of fishes

تقسم الأسماك إلى ثلاث طوائف بناءً على تركيب أجسامها؛ فأسماك الجريث Hagfish والجلكي Lamprey أسماك لافكّيّة، أما القرش والورنك Skate واللخمة Ray فأسماك غضروفية، والأسماك العظمية تتضمَّن الأسماك ذات الزعانف الشعاعية (الهامور والتونا)، وذات الزعانف المجزأة.

الأسماك اللافكّيّة Jawless fishes ومنها أسماك الجلكي والجريث، كما في **الشكل 13–2**، والجريث كالجلكي أسماك لافكّية، ليس لها قشور أو زعانف مزدوجة أو هيكل عظمي، ولها حبل ظهري يبقى طوال حياتها. وسمكة الجريث من الحيوانات الكانسة تتغذى على اللافقاريات الطرية والأسماك الميتة. وعلى الرغم من كونها عمياء تقريبًا فإن إحساسها الكيميائي الحاد يُمكِّنها من تحديد موقع الطَّعام. ولأسماك الجلكي خياشيم ولها عدد من الخصائص الأُخرى للأسماك. والجلكي البالغ، المبين في **الشكل 13–2**، مُتطفل يتغذَّى بتثبيت نفسه على أسماك أُخرى. فيستعمل فمه (القمعي المستدير) الشبيه بالممصات ولسانه المُزوَّد بتراكيب تشبه الأسنان ليتغذَّى على دم عائله وسوائل جسمه.

ماذا قرأت؟ اكتب قائمة بخصائص الأسماك اللافكية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الأسماك الغضروفية Cartilaginous fishes ينتمي القرش والورنك واللخمة إلى طائفة الأسماك الغضروفية Chondrithyes. وأهم ما يميز سمكة القرش وكل الأسماك الغضروفية أن الفم يقع على الجهة البطنية بالإضافة إلى هيكلها المكوَّن من الغضروف، وكربونات الكالسيوم. فالغضروف يعطي الجسم المرونة، أما كربونات الكالسيوم فتعطيه القوة. وبعض أنواع أسماك القرش لها عدَّة صفوف من الأسنان الحادة. وعندما تنكسر أسنان سمك القرش أو يفقدها، تتحرَّك أسنان جديدة نحو الأمام لتحل محلها. ولمُعظم أنواع سمك القرش أيضًا جسم انسيابي ذو رأس مُدبَّب وذيل مرتفع إلى أعلى في المُؤخرة، كما في **الشكل 14–2**.

وقد ساعد الجسم الانسيابي لأسماك القرش، إضافة إلى عضلات السِّباحة القوية وأسنانها الحادة، على أن تكون من المُفترسات المُميَّزة في الماء. ويستطيع سمك القرش الإحساس بالمواد الكيميائية في الماء، مما يسمح له بكشف الفريسة عن بُعد كيلومتر واحد. وكلما اقترب القرش من فريسته، فإنَّ الخط الجانبي على جسمه يستطيع أن يكتشف الاهتزازات في الماء. وفي المرحلة الأخيرة من مطاردة الفريسة، يُمكنه أن يستخدم بصره والمُستقبلات الأخرى لاكتشاف المجالات الكهروحيوية التي تَصدر عن الحيوانات كلها. من التكيُّفات الأخرى للحياة الافتراسية الجلد القاسي المُغطى بحراشف صفائحية، كما في **الشكل 14–2**.

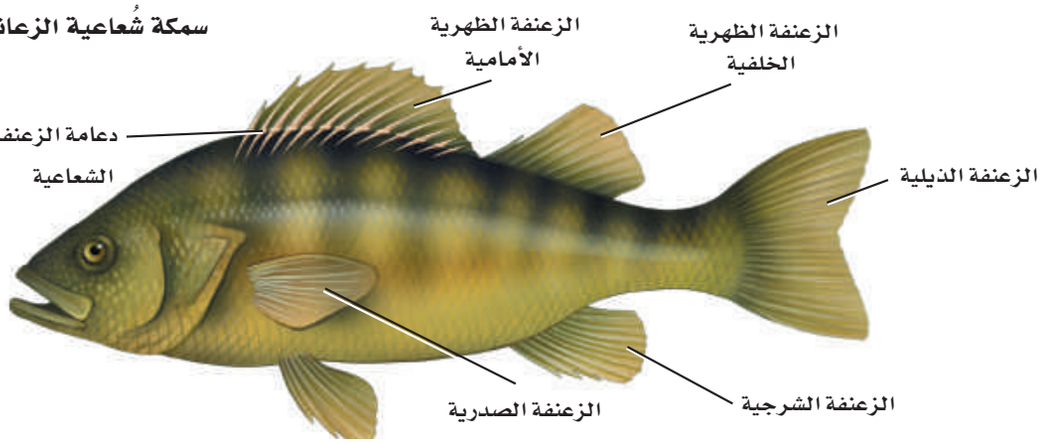
بعض أسماك القرش لا تمتلك صفوفًا من الأسنان. فأسماك قرش الحوت؛ وهي أكبر أسماك القرش الحية، مخلوقات ترشيحية التغذّي من خلال استخدام تراكيب خاصة في أفواهها. ولبعض أسماك القرش الأُخرى أفواه ذات تراكيب تساعدها على التغذّي على الرَّخويات الصَّدفية.

الأسماك العظمية Bony fishes تحوي طائفة الأسماك العظمية مجموعتين من الأسماك، هما: الأسماك العظمية الشعاعية الزَّعانف، والأسماك العظمية المجزأة الزَّعانف. وللأسماك ذات الزَّعانف الشُّعاعية هيكل عظمي، وقشور مشطية أو دائرية، وغطاء يغطِّي الخياشيم، ومثانة للعوم. وأكثر ما يميز أسماك الزَّعانف الشُّعاعية مذكور في اسمها. والأغشية الرَّقيقة لزعانف هذه الأسماك مدعومة بتراكيب رقيقة تشبه الأشواك، كما في **الشكل 15–2**. ومُعظم الأسماك ـ ومنها السَّلمون والتونا ـ أسماك شعاعية الزَّعانف.

■ **الشكل 14–2** لأسماك القرش أجسام انسيابية مغطاة بقشور صفائحية صلبة.
استنتج ماذا تتوقع أن يكون ملمس جلد سمكة القرش إذا لمسته؟

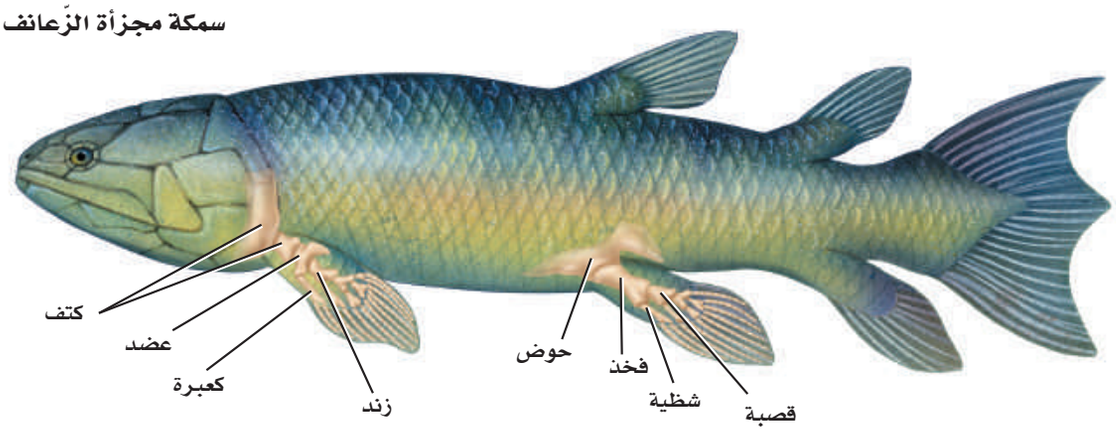
■ **الشكل 15–2** تنقسم طائفة الأسماك العظمية إلى تحت طائفتين، هما: أسماك شُعاعية الزَّعانف، وأسماك مجزأة الزَّعانف.

سمكة شُعاعية الزعانف



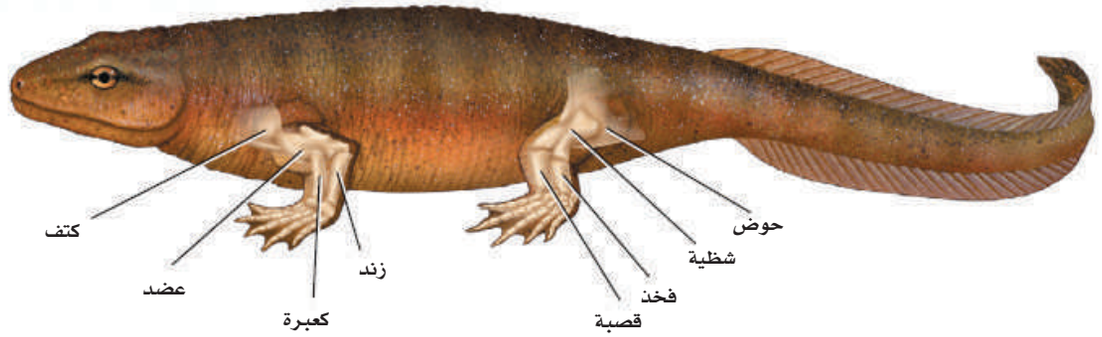
للأسماك الشعاعية الزَّعانف تراكيب رقيقة تشبه الأشواك، تدعم أغشية زعانفها.

سمكة مجزأة الزّعانف



للأسماك المجزأة الزعانف أجزاء عضلية ومفاصل تُشبة مثيلتها في الرباعيات الأطراف الأولية.

رباعيات الأطراف الأولية



تحتوي أطراف الرباعيات الأولية على مفاصل وأجزاء عضلية خاصة بالحركة والسباحة، وقد عاشت على الأرض قبل 325 مليون سنة تقريبًا.

لزعانف الأسماك المجزأة أجزاء عضلية ومفاصل، وهذا يجعل الزَّعانف أكثر مرونة من تلك التي في الأسماك الشُّعاعية الزَّعانف. وللأسماك المجزأة الزَّعانف، ومنها السمكة الرِّئوية، رئات لتبادُل الغازات. وعندما يحدث الجفاف، يُمكن للسمكة الرِّئوية أن تدفن نفسها مع زعانفها الطَّرية في الطين وتتنفس الهواء. وعندما يهطل المطر، تخرج هذه الأسماك من مخابئها، واليوم لا يوجد سوى ثمانية أنواع من الأسماك المجزأة الزعانف.

وتعدّ أسماك الزعانف الشعاعية الذيلية الجوفاء Coelacanths مجموعة أُخرى صغيرة من الأسماك الشعاعية الزَّعانف التي اعتقد الكثير من الناس أنَّها انقرضت قبل 70 مليون عام تقريبًا. ولكن في عام 1938م، اصطاد بعض الصيادين على سواحل أفريقيا الجنوبية سمكة من هذه المجموعة. ومُنذ ذلك الوقت، تمَّ اصطياد العديد من هذه الأسماك. وهناك مجموعة ثالثة انقرضت من الأسماك المجزأة الزَّعانف، لها خصائص مشتركة مع رُباعيات الأطراف. والحيوان الرباعي الأطراف Tetrapod، كما في **الشكل 15–2**، حيوان له أربعة أطراف (أرجل)، تحتوي كل منها على أجزاء عضلية وقدم وأصابع لها مفاصل.

بيئة الأسماك Ecology of Fishes

الأسماك مصدر مهم للغذاء في كل الأنظمة المائية. ومع ذلك فقد غيرت نشاطاتُ الإنسان مواطنها في المياه العذبة والمياه المالحة، ومن ذلك بناء السُّدود على الأنهار، أو التَّلوث. وتعد الأسماك مُؤشرات حيوية لصحة النظام البيئي المائي؛ فعندما تتناقص مجموعات الأسماك غير التِّجارية يكون السَّبب الرَّئيس تغيُّر الموطن. وعندما تتناقص أعداد الأسماك لا يكون التأثير سلبيًّا اقتصاديًّا على البشر فقط، بل قد تعاني الأنظمة البيئية أيضًا من عدم الاتزان.

تغيُّر الموطن Habitat alteration السَّلمون نوع من الأسماك المهاجرة، يقضي حياته كبالغ في المُحيط ولكنه يعود إلى المياه العذبة لوضع البيض في الجدول حيث يفقس فيه الصغار. وفي شمال غرب المحيط الهادئ، تغيَّرت المواطن البيئية في الأنهار والجداول بسبب بناء السُّدود التي تمنع الهجرة صعودًا وهبوطًا للسَّلمون، وكانت النَّتيجة النِّهائية في شمال غرب المحيط الهادئ، على سبيل المثال، أنَّ أعداد السَّلمون التي تسبح صاعدة عكس التَّيار، كما في **الشكل 16–2**، أصبحت حوالي ثلاثة في المئة فقط من بين 10–16 مليون سمكة سلمون ـ تقريبًا ـ سبحت إلى الأنهار قبل 150 سنة مضت.

التلوث pollution يُمكن أن تتغيَّر المواطن البيئية للأسماك من خلال التَّلوث الذي يُقلِّل من نوعية المياه العذبة وجودتها في البُحيرات، والأنهار، والجداول. ويُمكن أن يُقلِّل هذا من عدد الأسماك وتنوُّعها في منطقة ما. وفي بعض الحالات، عندما يزول السبب المسؤول عن تغيُّر الموطن البيئي وتعود الظُّروف إلى طبيعتها، تعود الأسماك أيضًا. فمثلًا انخفضت نسبة الأسماك التي تعيش بالقرب من شواطئ البحر الأحمر نتيجة التلوث بالمخلفات والفضلات. أما بالنسبة لمياه الخليج العربي فقد انخفضت نسبة العديد من أنواع الأسماك نتيجة تلوث موطنها بالنفط المتسرب إلى مياه الخليج في الفترات السابقة، وبعد تعافي الموطن تدريجيًّا بدأت أعداد هذا الأسماك بالزيادة التدريجية.

■ **الشكل 16–2** لا تستطيع بعضُ أنواع السَّلمون القفز عن السُّدود المُستخدمة في توليد الكهرباء من الطاقة المائية. ولكي يضع بيضه، يجب أن يعود السَّلمون إلى الجداول التي فقس فيها.

التقويم 1–2

الخلاصة

- تضم الفقاريات الأسماك والبرمائيات والزواحف والطيور والثدييات.
- للفقاريات كلها حبل ظهري. ويحلّ العمود الفقري في أغلب الفقاريات محلّ الحبل الظهري خلال النمو الجنيني.
- للأسماك خصائص مُعيَّنة مُشتركة. لذا تُصنَّف معًا.
- لأجسام الأسماك تكيُّفات فريدة تُمكِّنها من العيش بشكل كامل في الماء.
- يمكن تصنيف الأسماك في ثلاث طوائف أساسية، هي: أسماك لافكية، وأسماك غضروفية، وأسماك عظمية.
- الجريث والجلكي مثالان على الأسماك اللافكية. وأسماك القرش والورنك مثالان على الأسماك الغضروفية. والسلمون والهامور مثالان على الأسماك العظمية.
- تغيُّر الموطن والتَّلوث قد يؤثِّران سلبًا في جماعات الأسماك.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **لخِّص** خصائص الفقاريات التي تجعلها تختلف عن اللافقاريات.
2. **صف** خصائص الأسماك التي تسمح لها بالعيش والتَّكاثُر في الماء.
3. **قوِّم** أهمية الفكوك في الأسماك.
4. **حدِّد** الخصائص التي تشترك فيها مُعظم الأسماك.
5. **فسِّر** لماذا يجب على أسماك المياه العذبة وأسماك المياه المالحة تنظيمُ اتزان الماء والأملاح داخل أجسامها؟
6. **قارن** بين التَّراكيب الداخلية والخارجية في الأسماك اللافكية والأسماك الغضروفية والأسماك العظمية.

التفكير الناقد

7. **كوِّن فرضية** يبني ذَكَر أسماك أبي شوكة Spined stickleback الأعشاشَ من مواد لامعة برّاقة قليلة الوجود تختارها الإناث غالبًا. كوِّن فرضية حول أهمية ذلك في اختيار الأنثى ذكرًا له صفات قوية ضمن أفراد نوعه.
8. **استنتج** كيف تُؤثِّر إصابة جهاز الخط الجانبي في قُدرة السَّمكة على الهروب من المُفترسات؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

2-2

الأهداف

- **تحلِّل** أنواع التَّكيُّفات التي كانت مهمة عندما انتقلت بعض المخلوقات الحية إلى اليابسة.
- **تلخِّص** خصائص البرمائيات.
- **تفرِّق** بين رُتب البرمائيات.

مراجعة المفردات

التَّحول Metamorphosis: تغيُّراتُ نمو مُتتابعة في شكل المخلوق الحي أو تركيبه.

المفردات الجديدة

المجمع (المذرق)

الغشاء الرامش

غشاء الطَّبلة

متغيرة درجة الحرارة

البرمائيات Amphibians

الفكرة الرئيسة **لمعظم البرمائيات تكيفات تؤهلها للعيش جزءًا من حياتها في الماء والجزء الآخر على اليابسة.**

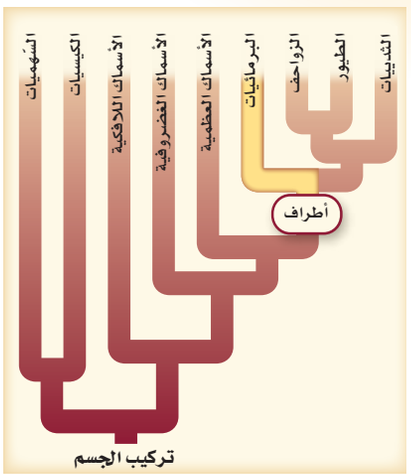
الرَّبط مع الحياة إذا فكَّرت في السِّباحة فستجد أنَّ التَّحرُّك في الماء يختلف عن التَّحرُّك على اليابسة. وكما أن للأسماك تكيُّفات تمكّنها من العيش في الماء فإن للبرمائيات البالغة أيضاً تكيُّفات للعيش على اليابسة.

الانتقال إلى اليابسة The move to land واجهتْ بعض المخلوقات الحية تحدِّيات فيزيائية كثيرة في الانتقال من الماء إلى اليابسة. و يُبيِّن **الجدول 1–2** بعض اختلافات ظروف الحياة في الماء عنها على اليابسة. وتشمل هذه الاختلافات الطَّفو، وتركيز الأكسجين، ودرجة الحرارة. ويوضح الجدول أيضًا أمثلة على تكيفات الفقاريات البرية للحياة على اليابسة، كما يوضح **الشكل 17–2** تكيف البرمائيات للحياة البرية.

الجدول 1–2 **التكيُّفات للعيش على اليابسة**

الظروف في الماء	الظروف على اليابسة	تكيُّفات الفقاريات للعيش على اليابسة
لِلماء قوة طفو تُعاكس قوة الجاذبية.	• قوة طفو الهواء أقل من قوة طفو الماء 1000 مرة تقريبًا. • يجب أن تتحرَّك الحيوانات عكس قوة الجاذبية.	تكون الأطراف والأجهزة العضلية والهيكلية للمخلوقات الحية البريَّة أقوى.
الأُكسجين يذوب في الماء، ويجب أن يُستخلص عن طريق الخياشيم من خلال دورة دموية تتحرك عكس اتجاه التَّيار المائي.	• يتوافر الأُكسجين على اليابسة أكثر من توافره في الماء 20 مرة على الأقل.	يُمكن لحيوانات اليابسة أن تحصل على الأُكسجين من الهواء بشكل فعَّال أكثر من الماء؛ بسبب رئاتها.
يحتفظ الماء بالحرارة، لذا لا تتغيَّر درجة حرارة الماء بسرعة.	• تتغيَّر درجة حرارة الهواء أسرع من درجة حرارة الماء. • قد تتغيَّر درجة الحرارة اليومية بمقدار 10°C بين النَّهار والليل.	أظهرت حيوانات اليابسة تكيُّفات سلوكية وفيزيائية؛ لكي تحمي نفسها من درجات الحرارة العالية.

الشكل 17–2 يبين أهم التكيفات التي ساعدت البرمائيات على العيش على اليابسة.



بالإضافة إلى الفروق المُدرجة في **الجدول 1–2**، هناك فرق آخر بين ظروف اليابسة والماء؛ وهو أنَّ الصوت ينتقل أسرع في الماء. لذا تستعمل الأسماك جهاز الخط الجانبي للإحساس بالذَّبذبات، أو موجات الصوت في الماء. ولكن في الهواء يكون هذا الجهاز غير فعَّال. أما في فقاريات اليابسة (البريَّة) فقد تخصصت الأذن في الإحساس بموجات الصوت التي تنتقل عبر الهواء.

بيئات اليابسة Terrestrial habitats على الرَّغم من التَّحديات المُرتبطة مع الحياة البريَّة إلا أن هناك العديد من البيئات المناسبة للمخلوقات الحية على اليابسة؛ حيث تتضمن المناطق البيئية المختلفة على اليابسة الغاباتِ المطريةَ الاستوائية، والغابات المُعتدلة، والأراضي العُشبية، والصحارى، والتّيجا Taiga، والتّندرا Tundra، وكلها تُوفِّر بيئات مُناسبة للمخلوقات الحية ذات التَّكيُّفات المُناسبة.

خصائص البرمائيات

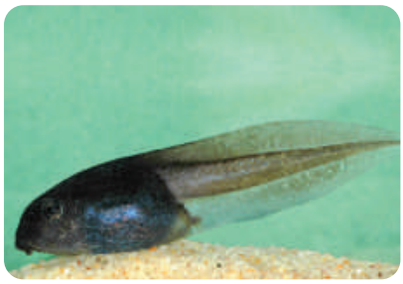
Characteristics of Amphibians

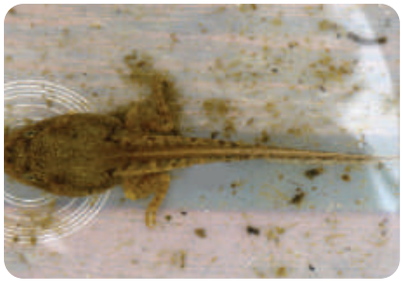
هل سبق أن شاهدت أبا ذُنيبة في بركة ماء؟ ادرس أبا ذُنيبة المبين في **الشكل 18–2**، ثم صفه. أبو ذُنيبة (الشرغوف) يرقة ضفدع من دون أطراف، يتنفَّس بالخياشيم، وهو يُشبه السَّمكة. ويدخل أبو ذُنيبة يومًا بعد يوم في عملية التَّحوُّل، فتتكوَّن الأطراف الخلفية وتطول، ويقصر الذَّيل، وتحلّ الرئات محل الخياشيم، وتنمو الأطراف الأمامية. وبعد عدَّة أسابيع فقط أو أشهر، اعتمادًا على نوعه يصبح ضفدعًا بالغًا. ومعظم البرمائيات تبدأ حياتها مخلوقات مائية، وبعد التَّحول تُصبح قادرة على العيش على اليابسة.

وتضم البرمائيات الضفادع، والعلجوم Toad، والسَّلمندر Salamander، وسمندل الماء العذب Newts، والديدان العديمة الأطراف. وتتميَّز معظم البرمائيات بأنَّ لها أربع أرجل، وجلدًا رطبًا من دون قشور، ويتم تبادل الغازات عبر الجلد، والرِّئات أو بطانة الفم كل على حدة أو مجتمعين، ولها دورة دموية مزدوجة، ويرقات مائية.

التغذية والهضم Feeding and digestion مُعظم يرقات الضفادع آكلات أعشاب، في حين أن يرقات السَّلمندر آكلات لحوم. وعلى كُلِّ حال، يتشابه الغذاء في المجموعتين عند البلوغ، حيث تصبح جميعها مُفترسات تتغذَّى على العديد من اللافقاريات والفقاريات الصغيرة. ويستعمل بعض السَّلمندرات والبرمائيات التي ليس لها سيقان الفكوك فقط للإمساك بالفريسة. وبعضها الآخر ـ ومنها الضفدع والعلجوم ـ يمكنها أن تطلق ألسنتها الطَّويلة اللَّزجة بسرعة كبيرة ودقة للإمساك بالفرائس الطَّائرة.

لا توجد لدى الضفادع غدد لعابية وبالتالي فإن الطَّعام ينتقل من الفم إلى المريء إلى المعدة، حيثُ يبدأ الهضم، ثم ينتقل الغذاء غير المهضوم من المعدة إلى الأمعاء الدَّقيقة، فيختلط بإفرازات البنكرياس لهضم الطعام، ويُمتصّ فيها، ثم ينتقل إلى مجرى الدم الذي يُوصله إلى خلايا الجسم، وينتقل الغذاء غير المهضوم من الأمعاء الدَّقيقة إلى الأمعاء الغليظة قبل التَّخلُّص من الفضلات. وفي نهاية الأمعاء هناك مجرى يسمى المجمع. **والمجمع (المذرق)** Cloaca حجرة تستقبل فضلات الهضم، وفضلات البول، والبويضة أو الحيوان المنوي قبل مُغادرة الجسم.





الشكل 18–2

الأعلى: أبو ذُنيبة من دون أطراف.

الأوسط: يدخل الضفدع في عملية التحوُّل ليُصبح ضفدعًا بالغًا. لاحظ نمو الأطراف.

الأسفل: ضفدع الأشجار دقيق الأرجل، وهو بالغ له أطراف متخصصة، وليس له ذيل.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الإخراج Excretion تُرشّح البرمائيات الفضلات من الدَّم من خلال الكلى، وتُخرج الأمونيا أو اليوريا (بولينا) بوصفها فضلات ناتجة عن عمليات الأيض الخلوي. أمّا النَّاتج النِّهائي لعملية أيض البروتينات وهو الأمونيا فيتمُّ طرحها من البرمائيات التي تعيش في الماء. وتُنتج البرمائيات التي تعيش على اليابسة فضلات اليوريا التي تكوَّنت من الأمونيا في الكبد. وعلى عكس الأمونيا تُخزَّن اليوريا في المثانة البولية حتى يتخلص منها الجسم من خلال المجمع.

التنفس والدورة الدّموية Respiration and circulation تتبادل معظم البرمائيات الغازات عندما تكون يرقة من خلال جلدها وخياشيمها، وعندما تصبح بالغة يتنفَّس معظمها عن طريق الرِّئتين وجلدها الرَّقيق الرَّطب وبطانة تجاويف الفم. ويمكن للضفادع أن تتنفَّس من خلال جلدها، سواء أكانت خارج الماء أم داخله. وهذه الخاصية تمكِّن الضفادع من قضاء الشِّتاء محمية من البرد داخل الطِّين في قاع بركة الماء.

يتكوَّن جهاز الدوران في البرمائيات ـ كما في **الشكل 19 – 2** ـ من دورة دموية مزدوجة، بدلًا من الدورة الدموية المفردة التي درستها في الأسماك. في الدورة الأولى يتحرَّك الدَّم غير المؤكسج من القلب ليتحمّل بالأُكسجين في الرِّئتين والجلد، ثُمَّ يتحرَّك الدَّم المؤكسج عائدًا إلى القلب. وفي الدَّورة الثانية يتحرَّك الدَّم المؤكسج من القلب عبر الأوعية الدموية إلى الجسم، حيثُ ينتشر الأكسجين نحو الخلايا. وللبرمائيات قلب مكون من ثلاث حجرات. وينقسم الأذين كليًّا بنسيج إلى أُذينين. ويستقبل الأُذين الأيمن دمًا غير مؤكسج من الجسم، في حين يستقبل الأُذين الأيسر الدَّم المُؤكسج من الرِّئتين. ويبقى البُطين في البرمائيات غير مُقسّم.

ماذا قرأت؟ صف كيف يتكيَّف جهاز الدوران في البرمائيات للحياة على اليابسة؟

المفردات

الاستعمال العلمي مُقابل الاستعمال الشائع.

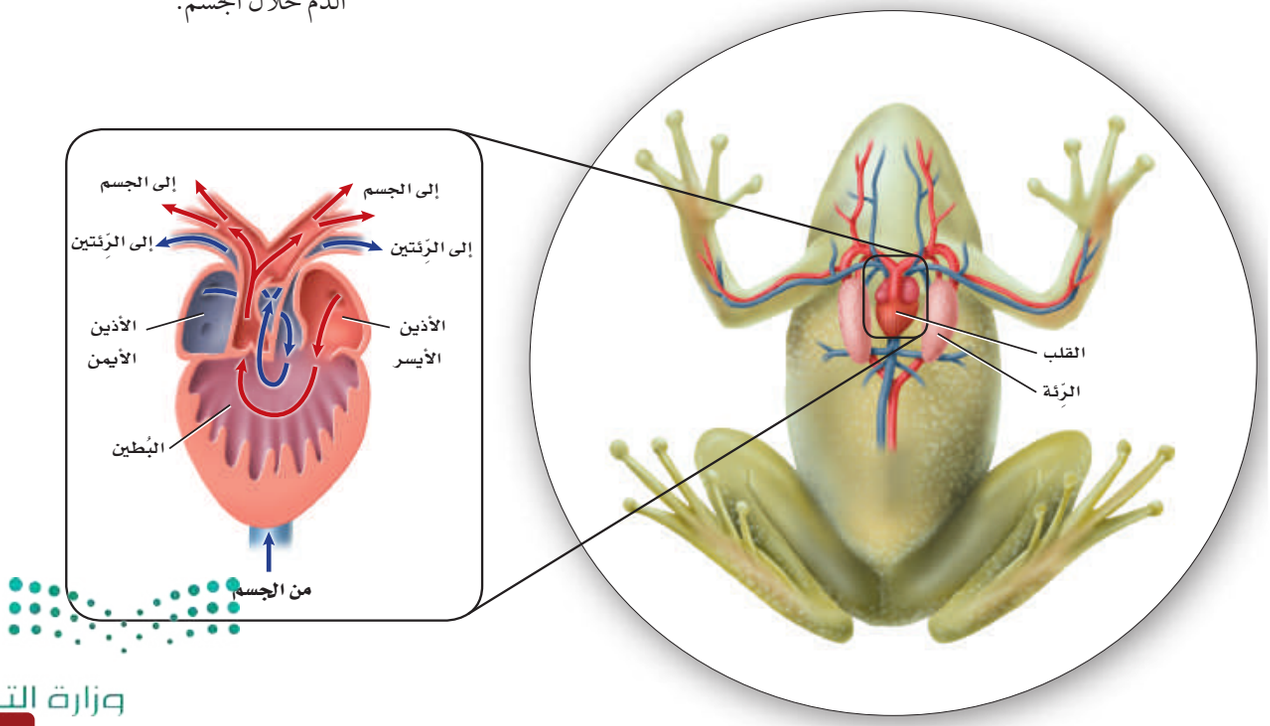
البرمائيات Amphibian

الاستعمال العلمي: مخلوقات تنتمي إلى طائفة البرمائيات؛ وتقضي جزءًا من حياتها في الماء، والجزء الآخر على اليابسة.

–الضفدع حيوان برمائي.

الاستعمال الشائع: طائرة مصمَّمة للإقلاع والهبوط، إما على اليابسة، وإما على الماء.

هبطت البرمائية بهدوء على مياه البحيرة.



■ **الشكل 19–2** يتكوَّن جهاز الدوران في البرمائيات من دورة دموية مزدوجة تُحرِّك الدَّم خلال الجسم.

■ **الشكل 20–2** غشاء الطَّبلة في الضفدع تكيّف للعيش على اليابسة.

الدِّماغ والحواسّ The brain and senses الأجهـزة العصبيـة للبرمائيات متخصصة، كما هو الحال في الأسـماك. وقد انعكست الفروق في ظروف الحياة في الماء وعلى اليابسـة على الفروق بين أدمغة الأسماك وأدمغة البرمائيات. فعلى سبيل المثال، يحتوي الدِّماغ الأمامي للضفادع على منطقة ذات علاقة برصد الرَّوائح المنتشرة في الهواء. فالمُخيخ ـ على الرغم من أهميته في المُحافظة على الاتزان في الأسماك ـ ليس معقدًا في البرمائيات البريَّة التي تبقى قريبة من سطح الأرض.

والبصر حاسـة مهمَّة في أغلب البرمائيات؛ حيث تسـتعمله لتحديد الفريسة التي تطير على سرعات عالية، والإمساك بها، والهروب من المُفترسات. ويغطي عيون الضفادع أغشية تسمى أغشية رامشة. و**الغشاء الرَّامش** nictitating membrane جفن شـفاف يسـتطيع التَّحرُّك فوق العين؛ لحمايتها تحت المـاء، وحمايتها من الجفاف على اليابسة.

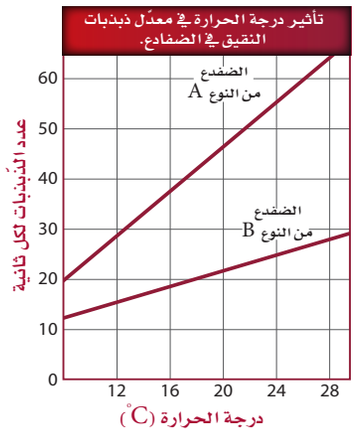
تُظهر أُذن البرمائيات تكيُّفًا للحياة على اليابسة؛ **فغشاء الطَّبلة** tympanic membrane في الضفادع غشاء رقيق خارجي على جانب الرَّأس، كما في **الشكل 20–2**، تستعمله لسماع الأصوات العالية التردد، ولتضخيم الأصوات من الحبال الصوتية. وتشمل الحواس الأُخرى فـي البرمائيات: اللَّمس، والمُسـتقبلات الكيميائية في الجلد، وبراعم التذوق على اللِّسان، وحاسة الشَّم في التَّجويف الأنفي.

مختبر تحليل البيانات 2-1

بناءً على بيانات حقيقية

تفسير الرسم البياني

كيف يُمكن أن تُؤثِّر درجة الحرارة في مُعدَّل ذبذبات نقيق ضفادع الأشجار؟ تُصدر ذكور ضفادع الأشجار صوتًا (نقيقًا) يُمكن أن تُميزه الإناث بسهولة؛ اعتمادًا على مُعدَّل ذبذبات النقيق.



البيانات والملاحظات

يُظهر الرَّسم البياني معدَّل ذبذبات النقيق لنوعين من الضفادع مقابل درجة الحرارة.

التفكير الناقد

1. **فسِّر البيانات** ما العلاقة بين ذبذبات النقيق ودرجة الحرارة؟
2. **قارِن** كيف أثَّرت درجة الحرارة في معدَّل الذَّبذبات في النَّوع A والنَّوع B؟
3. **استنتج** ما أهمية ألاّ يكون لنوعي الضفادع مُعدَّل ذبذبات النقيق نفسـه عند درجة الحرارة نفسها؟

أخذت البيانات في هذا المختبر من: Gerhardt, H.C. 1978. Temperature coupling in the vocal communication system in the grey treefrog *Hyla versicolor*. *Science* 199: 992–994

من المُهم أن تحس البرمائيات بدرجة حرارة محيطها؛ لأنَّها من الحيوانات المتغيرة درجــة الحرارة. **والمتغيرة درجة الحــرارة** ectotherms مخلوقات تحصل على حرارة أجسامها من البيئة الخارجية، ولا تستطيع أن تُنظِّم درجات حرارة أجسامها مــن خلال عمليات الأيض، لــذا يجب أن تكون قادرة على الإحســاس بالمكان المناسب لتدفئة أجســامها أو تبريدها. فعلى ســبيل المثال، إذا كان الطقس باردًا يمكن للعلجوم أن يجد صخرة دافئة ورطبة ليعرّض جسمه للشَّمس ويُدفئ نفسه.

التّكاثُـر والنمـو Reproduction and development الاخصــاب خارجي فــي البرمائيات حيث تطلق ذكور الضفــادع الحيوانات المنوية عند التزاوج على البيوض اثناء خروجها من جســم الانثى في الماء. وليس للبيوض قشور أو أغطية واقية تحميها من الجفاف. والبيوض ـ كما في **الشــكل 21–2** ـ مغطاة بمادة لزجة تشبه الهلام، تســاعدها على الالتصاق بالنباتات في الماء. وبعد التَّلقيح يستعمل الجنين النَّامــي المُح في البيضة للتغذِّي حتى يفقس منهــا أبو ذُنيبة الذي يتحوَّل، كما في **الشكل 18–2**، من مخلوق يتنفَّس بالخياشيم ومخلوق عديم الأرجل، آكل أعشــاب، وله زعانف وقلب مكوَّن من حجرتين – إلــى مخلوق يتنفَّس بالرِّئات، رباعي الأرجُل آكل لحوم، وله قلب ثلاثي الحجرات. وتتحكم مواد كيميائية تُطلق داخل جسم أبي ذُنيبة في مراحل التَّحول.

الشكل 21–2 ليس لبيوض البرمائيات قشور تحميها من الجفاف.
استنتج ما التَّكيُّفات التي تضمن عدم جفاف بيوض البرمائيات؟

تنوُّع البرمائيات Amphibian Diversity

يصنِّــف علماء الأحياء البرمائيــات إلى ثلاث رتب: رتبة عديمــة الذَّيل Anura، وتحتوي 4200 نوع من الضفادع والعلاجيم؛ ورُتبة الذَّيليات Caudata، وتحتوي 400 نوع من السلمندرات؛ ورتبة عديمة الأرجل Gymnophiona، التي تضم مئة وخمسين نوعًا من عديمة الأطراف التي تشبه الديدان. وتعيش الضفادع والعلاجيم والسَّلمندرات في مناطق رطبة في بيئات مختلفة، أما السمندل فهو مائيٌّ، وأما عديمة الأطراف فهي حيوانات استوائية تدفن نفسها.

الضفــادع والعلاجيــم Frog and toads تفتقر الضفادع والعلاجيم البالغة ـ كما في **الشكل 22–2** ـ إلى الذَّيل، ولها أقدام طويلة تُمكِّنها من القفز. وللضفادع أرجل أطول من العلاجيم، تُمكِّنها من القفز بفاعلية أكبر مقارنة بقفزات العلاجيم الصغيرة.

الشــكل 22–2 للضفــدع جلد رطب وناعم، مُقارنةً بالعلجوم الذي له جلد جاف وغير ناعم.

السمندل المائي ذو الثآليل

سلمندر أحمر

■ **الشـكل 23–2** يعيش السَّلمندر الأحمر شرقـي الولايـات المتحدة فقـط. ويتكاثر السـمندل المائي ذو الثآليـل في أعماق البرك التي تحتوي على نباتات مائية.

وللضفـادع أيضًا جلد رطب وناعم، في حين أن جلد العلجوم جاف وذو نتوءات وانخفاضات. وعلى الرَّغم من حاجة كل منهما للعيش قرب الماء من أجل التَّكاثر إلا أن العلاجيم عمومًـا تعيش أبعد عن الماء من الضفـادع. وثمة فرق آخر بين الضفادع والعلاجيم، وهو أنَّ للعلاجيم غددًا تشبه الكلية خلف رؤوسها تفرز سُمًّا سيئ الطَّعم، لا يشجع المُفترسات على أكلها.

ماذا قرأت؟ قارِن بين خصائص الضفادع والعلاجيم.

السـلمندرات وسمندلات الماء Salamanders and newts على العكس من الضفادع والعلاجيم فإن للسَّـلمندرات وسمندلات الماء أجسامًا طويلة ونحيلة، ولها رقبة وذيل، كما في **الشـكل 23–2**. ولمعظم السَّلمندرات أربع أرجل وجلد رقيق رطب، ولا تسـتطيع العيش بعيـدًا عن الماء. وتضع معظم السَّـلمندرات بيوضها في الماء، مثل الضفادع. وتشـبه يرقات الضفادع السلمندرات الصغيرة، إلا أنَّ لها خياشـيم. أما السَّـمندلات المائية ـ كما في **الشـكل 23–2**، فهي مائية عمومًا طوال حياتها، في حين تعيش معظم السَّلمندرات المكتملة النمو في بيئات رطبة بين الأوراق المتسـاقطة أو تحت الجذوع. ويتراوح طول السَّلمندرات بين 15 cm تقريبًا، وقد يصل طول بعضها – ومنها السـلمندر العملاق – إلى 1.5 m. ويتغذى السَّـلمندر المكتمل النمو على الديدان وبيوض الضفادع والحشـرات واللافقاريات الأُخرى.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

مربو الحيوانات Animal Curator

يعمل مُربـو الحيوانات في حدائق الحيوان، ويعتنون ببعض حيوانات الحديقـة، ومنهـا البرمائيـات. ويعملـون معًـا لتحديـد الطريقة المثلـى للمحافظـة علـى البيئـة المناسبة للحيوان داخل الحديقة.

عديمة الأطراف

عديمة الأطراف Caecilians تختلف عن البرمائيات الأخرى؛ فليس لها أطراف وهي تُشبه الديدان، كما في **الشكل 24–2**. وهي تدفن نفسها في التُّربة، وتتغذَّى على الدِّيدان وبعض اللافقاريات الأُخرى. ويغطي الجلدُ العيونَ في العديد من عديمة الأطراف، لذا قد تكون عمياء تقريبًا. ولعديمة الأطراف كلها إخصاب داخلي؛ إذ تضع بيوضها في تربة رطبة تقع قرب الماء، ومنها أمثلتها: السيسيليا السوداء، السيسيليا الهندية، السيسيليا الاستوائية. وتعيش عديمة الأطراف في الغابات الاستوائية في أمريكا الشمالية وأفريقيا وآسيا.

■ **الشكل 24–2** ليس لعديمة الأطراف فتحات أُذن. ولا يُعرف إن كانت تستطيع سماع الأصوات، أو كيف تسمعها.

تجربة علمية

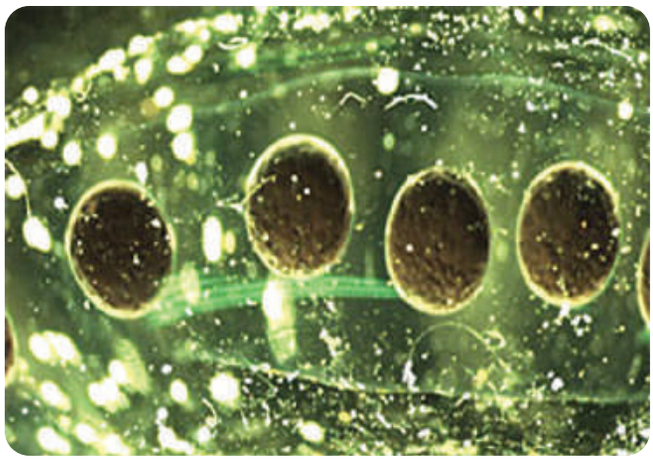
كيف تكيَّفت الضفادع للعيش في المواطن البيئية البريّة والمائيّة؟

ارجع لدليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

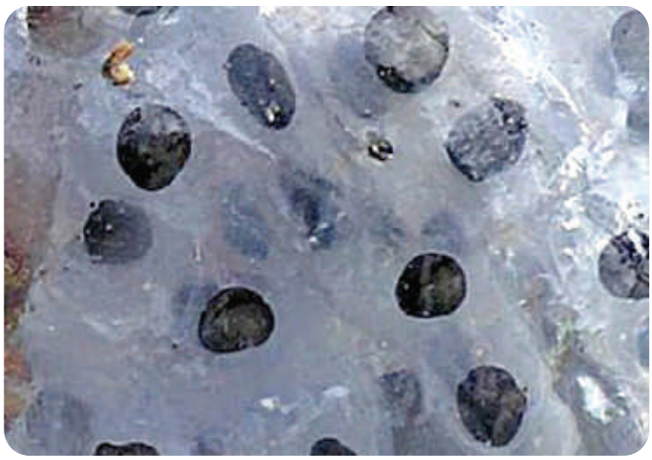
بيئة البرمائيات Ecology of Amphibian

تناقصت جماعات البرمائيات في العقود القريبة على مستوى العالم. وقد جمع العلماء بيانات لتحديد الأسباب المحتملة لهذا التناقص، فاختلفت النَّتائج. ويُمكن في بعض الحالات حصر السبب في عامل محلِّي، وفي حالات أُخرى قد يكون السَّبب ناتجًا عن عدَّة عوامل تحدث على مستوى أكبر.

عوامل محلية Local factors كان سبب التناقص في بعض الحالات ـ ومنها تلك التي حدثت لضفدع الأرجل الحمراء –هو تدمير البيئة. فعندما جفَّت الأراضي الرَّطبة وبُنيت المباني بدلًا منها، لم تعد المناطق المائية متوافرة للبرمائيات لتضع بيوضها قريبًا منها، حتى تتكاثر بنجاح. وفي مناطق أخرى أثَّر إدخال أنواع خارجية دخيلة ـ وهي أنواع لم تكن موجودة في المنطقة بشكل طبيعي ـ في جماعات البرمائيات، ونافست الأنواع الخارجية الدخيلة البرمائياتِ على الغذاء وعلى مساحة البيئة، أو كانت مُفترسات للبرمائيات.



بيوض علجوم مُصابة بعدوى فطرية



بيوض علجوم سليمة

■ **الشكل 25–2** توضع البيوض السَّليمة للعلجوم على هيئة كتلــة واحدة في الماء. أما بيــوض العلجوم المُصابة بالعــدوى فتُغطَّى بالفطريات؛ وربما تكون العدوى بالفطريات مسؤولة عن تناقُص أعداد جماعات العلجوم.

العوامل العالمية Global factors ربما سبَّبت عوامل عالمية متعدِّدة تناقصًا في أعداد البرمائيات بالإضافة إلى العوامل المحلية. فالتَّغيُّرات المُناخية– ومنها ارتفاع درجة الحرارة، وتناقُص رطوبة التربة، وازدياد فترة الفصل الجاف. والتَّغيُّرات في كميات المطر المتســاقطة– يمكن أن تُسبِّب موت البرمائيات أو إجهاد أجسامها، مما يجعلها أكثــر تعرُّضًا للأمراض. ويقارِن **الشــكل 25–2** بين بيوض علاجيم سليمة وأُخرى مصابة بفُطر. ويعتقد بعض العلماء أنَّ تغيُّرات المناخ العالمية التي أدَّت إلــى تناقص كميات الأمطار تركت بيــوض البرمائيات تنمو في برك ضحلة المياه. ولأن الماء ضحل فقد تعرَّضت البيوض أكثر إلى الأشــعة فوق البنفسجية. وقد أظهرت التجارب أنَّ ازدياد التَّعرُّض للأشعة فوق البنفسجية يؤدي إلى زيادة مخاطر الإصابة بالعدوى الفطرية في بيوض البرمائيات.

التقويم 2–2

الخلاصة

- يتطلَّب انتقــال بعض المخلوقات الحية إلى اليابسة تكيُّفات متنوعة.
- لأجسام البرمائيات تكيُّفات فريدة مكَّنتها من العيش على اليابسة.
- تُصنف البرمائيات إلى ثلاث رُتب؛ اعتمادًا على تراكيب متشابهة.
- تتناقص أعداد جماعات البرمائيات علــى مســتوى العالم لأســباب مختلفة.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **لخِّص** تكيُّفات البرمائيات التي ساعدتها على العيش على اليابسة.
2. **قــارِن** بيــن ظــروف البرمائيات التي تعيش على اليابسة وتلك التي تعيش في الماء.
3. **حلِّل** أنواع التكيُّفات التي ساعدت على انتقال بعض المخلوقات إلى اليابسة.
4. **لخِّص** خصائــص كل رتبة من رتب البرمائيات.

التفكير الناقد

5. **فسِّر الرسوم العلميــة** قــم بدراســة **الشكل 19–2**، وفسِّــر سبب وجود دورة دموية مزدوجة في البرمائيات.
6. الكتابــة في علم الأحياء لعلك عثرت في أثناء تجوالك في منطقة ســبخية بالقرب من بيتــك على ضفدع ميت بأطراف مشــوَّهة. كوِّن فرضية تبيِّن أسباب حدوث هذه التَّشوهات.

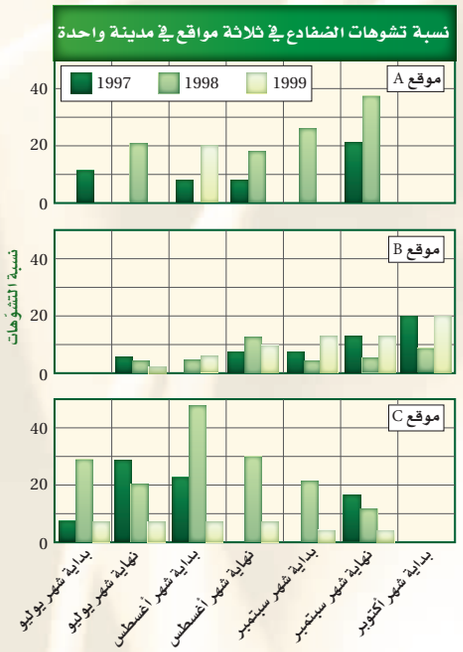
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اكتشافات في علم الأحياء

تشوهات خلقية في الضفادع

من غرفة الصف إلى غرفة الأخبار ما بدا كأنَّه رحلة ميدانية لأحد الصفوف انتهى بتنبيه علماء البيئة إلى مشكلة مهمة محتملة. وفي أثناء القيام برحلة ميدانية إلى الأراضي الرَّطبة في عام 1995م لدراسة النِّظام البيئي لاحظ المختصون جماعات ضخمة من الضفادع ـ يزيد عددها على 50% ممّا اصطادوه ـ كانت مشوهة. وفي العام 1996م ظهرت تقارير في أماكن أخرى عن ضفادع ذات تشوهات، منها نقصان أرجل أو زيادتها، وأطراف مُتكوِّنة جزئيًّا، وعيون مفقودة. وكانتْ تظهر في بلدان أخرى.

الانتقال إلى التجريب في المختبر أُجريت عدَّة دراسات لتحديد سبب التَّشوهات. وقد أشارت نتائج إحدى هذه الدِّراسات إلى أنَّ سوء نوعية الماء قد يكون السبب. فعند نمو الضفادع في المختبر في عينات مختلفة من الماء تشوه أكثر من 75% من الضفادع التي تم تنميتها في مياه من مواقع مختلفة في مدينة واحدة، مُقارنة بـ 0% عند تنمية الضفادع في ماء نقي. ولكن المشكلة ما زالت قائمة؛ إذ لم يتم اكتشاف أي مُلوثات حتى الآن. ويختبر العلماء فرضيات أخرى، كأن يكون أبو ذُنيبة قد تعرَّض لعدوى ديدان طُفيلية أو فطرية سبَّبت هذه التَّشوهات. وهناك فرضية أخرى يتمُّ فحصها، وهي أن زيادة تعرُّض بيوض الضفادع للأشعة فوق البنفسجية قد سبَّبت هذه التَّشوهات. وقد قدمت جميع الدراسات بيانات داعمة للفرضية التي يتمُّ فحصها، ولكن لأنَّ نوع التَّشوهات ونسبتها ليست هي نفسها في كل المواقع، كما يظهر في الرُّسوم أعلاه، فربما كان السبب العالمي للتَّشوهات خليطًا من العوامل.



مُعدَّلات التشوُّه في أوقات مختلفة من عام لعام ومن موقع لموقع.

فزيادة الفوسفور والنيتروجين في الماء مثلًا ـ بسبب الاستعمال الكيميائي ـ ربما سبَّب نموًّا شديدًا للطّحالب. وهذا النُّمو للطَّحالب زاد من جماعات الحلزون التي تحمل طفيليات قد تسبِّب تشوهات. أو أن خليطًا كيميائيًّا تكون مكوناته غير ضارة إذا كانت منفردة، فإذا خلطت معًا أصبحت سامة، أو قد تتغير عند تعرُّضها لأشعة الشَّمس.

الرياضيات في علم الأحياء

حلِّل البيانات توضح الرُّسوم البيانية أعلاه الاختلافات في نسبة التَّشوهات في الضفادع في ثلاثة مواقع مختلفة في المدينة نفسها خلال ثلاث سنوات. أوجد معدَّل نسبة التَّشوهات في كُل منطقة خلال السنوات الثلاث. أي المناطق فيها أعلى نسبة تشوهات؟

مختبر الأحياء

كيف تُنظِّم بعض الحيوانات المتغيرة درجةِ الحرارةِ درجةَ حرارة أجسامها؟

الخلفية النظرية: تذكَّر أنَّ البرمائيات متغيرة درجة الحرارة. والعديد منها يعيش في مواطن تتغير فيها درجة الحرارة من $15\ ^{o}C$ – 10 طوال اليوم. وستقوم في هذا المختبر بفحص الآليات التي تستعملها لتحافظ على درجة حرارة الجسم بصورة ملائمة.

سؤال: كيف تحافظ المخلوقات الحية المتغيرة درجة الحرارة على درجة حرارة أجسامها ضمن مدى محدَّد؟

المواد والأدوات

- مقياس حرارة (2).
- مناشف ورقية.
- أوعية بلاستيكية (2).
- رمل.
- مسطرة مترية.
- تربة.
- ماء عند درجة حرارة الغرفة.
- مصباح ضوئي كهربائي بقوة كهربائية عالية.

احتياطات السَّلامة

تحذير: المصابيح قد تُصبح ساخنة عند إضاءتها.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السَّلامة في دليل التجارب العملية.
2. احصل على مقياسي حرارة، على أن يكونا نموذجين لحيوان متغير درجة الحرارة. وسجِّل درجة حرارة كلٍّ منهما، ثم ضع أحدهما في وعاء بلاستيكي، وضع المقياس الثاني في الوعاء الآخر واملأه بالماء على أن يكون المقياس مُغطى إلى ارتفاع 5 cm.
3. ضع كل وعاء تحت مصدر إضاءة، وراقب درجة حرارة المقياسين. يجب المحافظة على درجة الحرارة بين $36 - 39\ ^{o}C$ مدَّة 15 دقيقة. ثم قرر كم مرة ستقيس درجة حرارة المقياسين، وسجِّل البيانات في جدول، وكذلك سجِّل الأعمال التي قمت بها لتُحافظ على درجة حرارة مقياسي الحرارة ضمن المدى المُعطى.
4. تخلَّص من الماء الذي في الوعاء وجفِّف الوعاء جيدًا. واترك مقياسي الحرارة لتصل درجة حرارتهما إلى درجة حرارة الغرفة.

5. ضع مقياس حرارة في وعاء، واملأ الوعاء بالتربة على أن يكون مقياس الحرارة مغمورًا بنحو 5 cm في التربة. ثم ضع مقياس الحرارة الثاني في وعاء وغطِّه بـ 5 cm من الرَّمل.
6. كرِّر الخطوة 3.

حلِّل ثم استنتج

1. **لخِّص** هل نجحت في المحافظة على درجة الحرارة ضمن مدى مُعطى لكل خطوات التَّجربة؟ وكيف فعلت هذا؟
2. **حلِّل** هل كان هناك اختلافات تتعلق بكيفية المحافظة على درجة حرارة مقياسي الحرارة في الماء، والتربة، والرَّمل؟ وأي مادة كانت المحافظة فيها على درجة الحرارة أسهل؟ ولماذا؟
3. **استنتج** ما المشكلات المرتبطة بكون المخلوق الحي متغير درجة الحرارة ؟ فسِّر إجابتك.
4. **التفكير الناقد** كيف تحافظ المخلوقات الحية المتغيرة درجة الحرارة، –ومنها البرمائيات والزَّواحف– على درجات حرارتها ضمن المعدل المناسب؟

طبق مهاراتك

ملصق ابحث عن المخلوقات الحية المتغيرة درجة الحرارة، واعمل ملصقًا تصف التكيفات التي تحتاج إليها للبقاء حية في درجات الحرارة الباردة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 2 دليل مراجعة الفصل

المطويات **تحليل السبب والنتيجة** فسِّر ـ خلف مطويتك ـ علاقة السَّبب والنتيجة بين طريقة الحركة لمخلوق ما وجهازه الدوري. فعلى سبيل المثال، كيف يُؤثر المشي في نسبة الأُكسجين التي تحتاج إليها البرمائيات؟

المفردات	المفاهيم الرئيسة
2–1 الأسماك	
الغضروف العرف العصبي الزعنفة القشور غطاء الخياشيم الأُذين البُطين الوحدة الأنبوبية الكلوية (النفرون) جهاز الخط الجانبي وضع البيض (التبويض) مثانة العوم	**الفكرة الرئيسة** **الأسماك فقاريات لها خصائص تسمح لها بالعيش والتَّكاثر في الماء.** • تضم الفقاريات الأسماك والبرمائيات والزَّواحف والطُّيور والثدييات. • للفقاريات كلها حبل ظهري. ويحل العمود الفقري في أغلب الفقاريات محل الحبل الظَّهري خلال النمو الجنيني. • للأسماك خصائص مُعينة مشتركة، لذا تُصنَّف معًا. • لأجسام الأسماك تكيُّفات فريدة تُمكّنها من العيش بشكل كامل في الماء. • يمكن تصنيف الأسماك في ثلاث طوائف أساسية، هي: أسماك لافكية، وأسماك غضروفية، وأسماك عظمية. • الجريث والجلكي مثالان على الأسماك اللافكية. وأسماك القرش والورنك مثالان على الأسماك الغضروفية، والسلمون والهامور مثالان على الأسماك العظمية. • تغيُّر الموطن والتَّلوث قد يؤثِّران سلبًا في جماعات الأسماك.
2–2 البرمائيات	
المجمع (المذرق) الغشاء الرامش غشاء الطبلة متغيرة درجة الحرارة	**الفكرة الرئيسة** **لمعظم البرمائيات تكيفات تؤهلها للعيش جزءًا من حياتها في الماء والجزء الآخر على اليابسة.** • يتطلَّب انتقال بعض المخلوقات الحية إلى اليابسة تكيُّفات متنوعة. • لأجسام البرمائيات تكيُّفات فريدة مكَّنتها من العيش على اليابسة. • تُصنف البرمائيات إلى ثلاث رُتب اعتمادًا على تراكيب متشابهة. • تتناقص أعداد جماعات البرمائيات على مستوى العالم لأسباب مختلفة.

2–1

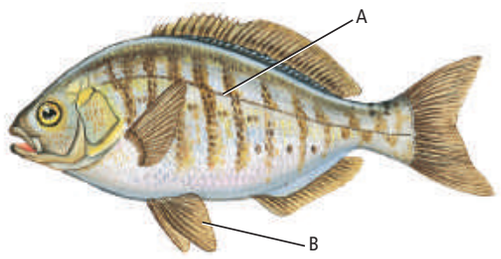
مراجعة المفردات

أكمل العبارات الآتية مستعملًا مفردات من دليل مراجعة الفصل:

1. العملية التي يُطلِق فيها ذكر الأسماك والأنثى أمشاجهما (الخلايا التناسلية) أحدهما قريبًا إلى الآخر في الماء هي: .....
2. ..... هو حجرة القلب التي تستقبل الدَّم من الجسم.
3. ..... مجموعة من الخلايا في الفقاريات تنمو من الحبل العصبي.
4. تسمى التراكيب الصغيرة والمسطحة التي تغطي أجسام الأسماك .....

تثبيت المفاهيم الرئيسة

استعمل الشَّكل الآتي للإجابة عن السُّؤالين 5 و 6.



5. ما الجزء المشار إليه بالحرف A؟

a. القشور المشطية. b. جهاز الخط الجانبي.
c. العرف العصبي. d. الغطاء الخيشومي.

6. ما الجُزء المُشار إليه بالحرف B؟

a. الخياشيم. b. مثانة العوم.
c. البُطين. d. الزعانف الحوضية.

7. أي تركيب يسمح للأسماك بالتَّحكُّم في عمق غوصها في البيئة المائية؟

a. غطاء الخياشيم. b. مثانة العوم.
c. الخط الجانبي. d. الفكوك.

8. أي تكيُّف يجعل من الأسماك مخلوقات مفترسة ؟

a. الزعانف المُزدوجة. b. القشور.
c. الفكوك. d. الخياشيم.

9. أي شكل يُوضِّح طفيليًّا خارجيًّا؟

a.

c.

b.

d.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 2

10. أي مما يأتي من صفات أسماك القرش؟

a. عديمة الفكوك، هيكل غضروفي، خط جانبي.
b. عديمة الفكوك، هيكل عظمي، زعانف شُعاعية.
c. فكوك، هيكل عظمي، مثانة عوم.
d. فكوك، هيكل غضروفي، خط جانبي.

أسئلة بنائية

11. نهاية مفتوحة. هناك أنواع من الفقاريات تعيش في المحيط أكثر من تلك التي تعيش على اليابسة. كوِّن فرضية تفسر ذلك.

12. نهاية مفتوحة. ارسم الشكل الخارجي لأجسام كل نوع من الأنواع الرَّئيسة للأسماك، متضمنًا شرحًا لتكيفاتها الخارجية مع بيئاتها.

13. مهن مرتبطة مع علم الأحياء بعد أن اكتشف علماء الأسماك نوعًا جديدًا هو أسماك التِّنين dragon fish المُفترسة التي تعيش في أعماق البحار، كانوا مُهتمين بوظيفة جزء بارز طويل ونحيل ومُضيء يسمى الشُّويكة تلتصق أسفل الفك السفلي، وتمتد تحت جسمها. صمِّم تجربة يُمكن أن تُحدِّد وظيفة شويكة سمك التِّنين.

التفكير النَّاقد

14. استنتج. ذكور الأسماك ذات الخياشيم الزَّرقاء تصنع عُشًّا وتحمي البيوض وصغارها. وتستطيع بعض الذُّكور المُتسللة أحيانًا أن تُلقِّح بعض البيوض. ويمكن لأسماك الخياشيم الزَّرقاء أن تتعرَّف أبناءها وتعتني بهم فقط، ولا تعتني بالآخرين الذين قد يكونون فقسوا في العش نفسه. ما أهمية تعرُّف ذكور أسماك الخياشيم الزرقاء أبناءها والاعتناء بهم فقط؟

2–2

مراجعة المفردات

استعمل المفردات من صفحة دليل مراجعة الفصل، واستبدل الكلمات التي تحتها خط بمصطلحات صحيحة:

15. الأُذين حجرة تستقبل الفضلات الغذائية والفضلات البولية والبيوض أو الحيوانات المنوية قبل أن تترك الجسم.

16. الغشاء الرَّامش يُمكِّن البرمائيات من سماع الأصوات.

تقويم الفصل 2

17. للبرمائيات غشاء طبلة لحماية أعينها من الجفاف.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

18. أي مما يأتي عديم الأطراف؟

a. السلمندر. **b.** السيسيليا السوداء.

c. الضفدع. **d.** السحلية.

19. أي التراكيب الآتية تستعمله البرمائيات للمحافظة على اتزانها المائي؟

a. الأغشية الرامشة. **b.** أغشية الطبلة.

c. الكلى. **d.** مثانات العوم.

20. أي مما يأتي ليس مرتبطًا مع أبي ذُنيبة؟

a. الرئات. **b.** الذيل.

c. الخياشيم. **d.** التغذية النباتية.

أسئلة بنائية

21. نهاية مفتوحة. وضح أثر زيادة فترة التعرض للأشعة فوق البنفسجية في البرمائيات.

22. نهاية مفتوحة. صف كيف أنَّ تركيب البرمائيات وعملياتها الحيوية المتكيِّفة حاليًّا مع البيئات الاستوائية والمعتدلة قد يتعدلان لتتمكن من العيش في بيئات باردة.

23. نهاية مفتوحة. صف كيف تكيَّفت الحواس في البرمائيات للحياة على اليابسة.

التفكير الناقد

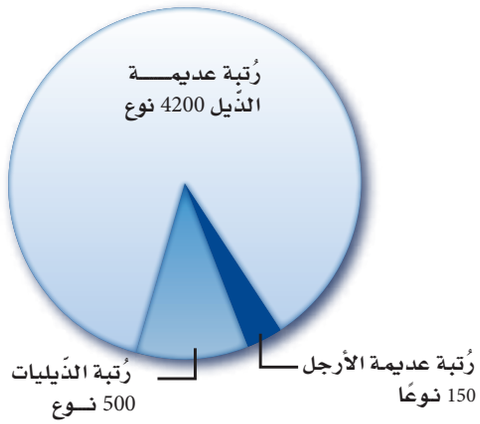
24. صمِّم تجربة تتجمَّع يرقات أبي ذُنيبة من نوع معيَّن معًا على شكل مجموعات بعضها قريب إلى بعض، لدرجة أنَّ المجموعة تبدو كأنَّها كرة قدم متحرِّكة في الماء. صمِّم تجربة تختبر فرضية تبين لماذا يسلك أبو ذُنيبة هذا السلوك.

25. ابتكر. اقرأ الاعلان عن البيوت في وسائل التواصل الاجتماعية لترى كيف تُكتب. واكتب إعلانًا عن بيت حيوان برمائي؛ اعتمادًا على ما تعرفه عن البيئة والتَّغذِّي وحاجات الضفادع الأُخرى.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

2 تقويم الفصل

استعن بالرَّسم البياني أدناه للإجابة عن السُّؤال 26.



26. احسب. حدِّد نسبة كل رتبة من رتب البرمائيات بالاعتماد على المجموع الكلي للبرمائيات.

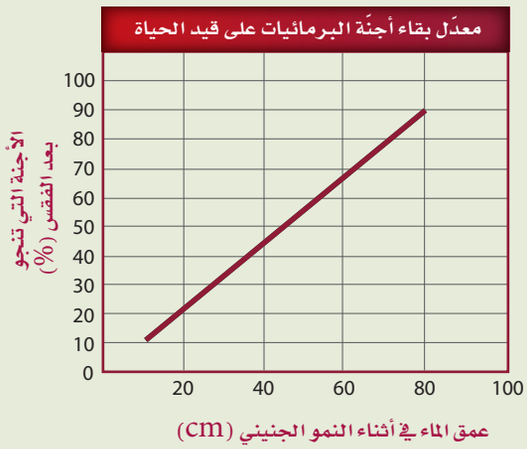
تقويم إضافي

27. **الكتابة في علم الأحياء** قم بإجراء بحث عن الجهود التي يقوم بها العلماء للمحافظة على البرمائيات. واكتب مقالاً صحفيًّا تلخص فيه ما تعلَّمته.

أسئلة المستندات

يُحاول العلماء أن يُحدِّدوا أسباب تناقُص جماعات البرمائيات خلال العُقود القليلة الماضية. ويوضح الرَّسم البياني الآتي نتائج إحدى الدِّراسات التي قيس فيها معدَّل بقاء أجنَّة البرمائيات على قيد الحياة، مقارنة بعمق الماء الذي تنمو فيه.

(استعمل الرسم الآتي للإجابة عن السؤالين 28 و29)



28. صف العلاقة بين عمق الماء خلال نمو الأجنة ومعدَّلات بقائها.

29. كوِّن فرضية حول تناقُص جماعات البرمائيات بالنِّسبة للتَّغيُّر في المُناخ.

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤال 1:

الصَف	المجموعة	الصفات
1	اللافقاريات الحبلية	تفتقر لوجود العمود الفقري.
2	الأسماك اللافكية	تفتقر لوجود الحبل الظهري.
3	الأسماك العظمية	لها هيكل من العظم.
4	الأسماك الغضروفية	لها هيكل من الغضروف.

1. أيّ صف في الجدول أعلاه يحوي معلومات غير صحيحة؟

a. 1 **b.** 2

c. 3 **d.** 4

2. أيّ العبارات الآتية لا تنطبق على البرمائيات؟

a. العديد منها ينقُصها الأطراف الخلفية خلال جزء من دورة حياتها.

b. العديد منها يُمضي وقتًا من دورة حياته في الماء وجُزءًا آخر على اليابسة.

c. معظمها يعتمد على مصدر ماء خارجي للمحافظة على رطوبة أجسامها.

d. معظمها لها جهاز خط جانبي معقد.

3. ما وظيفة جهاز الخط الجانبي في الأسماك؟

a. تحديد المواد الكيميائية في الماء.

b. تحديد التغيُّرات في ضغط الماء.

c. يساعدها على الرؤية الملونة.

d. إرسال الإشارات بين أسماك النوع الواحد.

4. أيّ التَّراكيب الآتية تستعمل في الحصول على الأكسجين وتنقله إلى خلايا الجسم في معظم البرمائيات البالغة؟

a. الخياشيم وجهاز الدوران المغلق

b. الخياشيم وجهاز الدوران المفتوح

c. الرِّئتان وجهاز الدوران المغلق

d. الرِّئتان وجهاز الدوران المفتوح

5. ما التكيف الذي يساعد السمك على عدم الانقلاب الجانبي من جانب إلى آخر في الماء؟

a. القشور المشطية.

b. الزعانف المزدوجة.

c. القشور الصفائحية.

d. مثانة العوم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الإجابات القصيرة

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤال 6.

6. صِف كيف تتكون الفكوك، موضحًا أهميتها للأسماك.

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤالين 7،8.

7. صِف الفروق بين كل من: الأسماك التي تحرك جسمها على نمط الحرف S، والتي تحرك ذيولها فقط.

8. حدّد أين يمكن أن توجد الأسماك التي تحرك جسمها كاملًا على نمط الحرف S؟

9. قوِّم لماذا يُعدُّ وجود الحبل الظهري مهمًّا للمخلوقات الحية؟

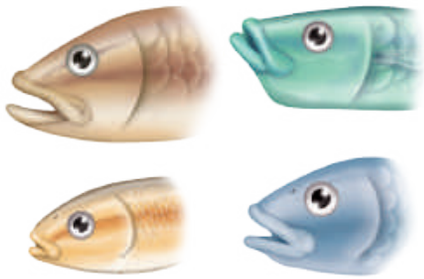
10. قارِن بين ثلاث خصائص للأسماك وثلاث خصائص لمجموعة مخلوقات حية أُخرى تعرَّفتها سابقًا.

أسئلة الإجابات المفتوحة

11. قوّم كيف تساعد المثانة الهوائية السمكة على التحكم في عمق غوصها في الماء؟

12. قارن بين جهازي الدوران لدى الضفدع والسمكة، وبيِّن أهمية هذه الاختلافات.

أسئلة مقالية



يُعد الفكّ تكيفًا مُهمًّا في تركيب السَّمكة؛ حيث أصبحت الأسماك أكثر تخصُّصًا في سلوكيات التَّغذّي. ولقد أعطى شكل الفك معلومات مهمَّة عن طريقة تغذي الأسماك، وعن نوع غذائها في بعض الحالات.

ويُمكن للعلماء ـ من دراسة الأشكال المُختلفة للفكوك ـ أن يفهموا كيف تتكيَّف الأنواع المُختلفة مع بيئاتها المحدودة.

استعن بالمعلومات المحدودة في الفقرة السابقة، وأجب عن السؤال الآتي في صورة مقال:

13. وضِّح كيف يتلاءم كل نوع من أنواع الفكوك الأربعة السابقة مع طبيعة الطَّعام الذي تأكله الأسماك؟

يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
الفصل / القسم	1-2	2-2	1-2	2-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2
الصف	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الوحدة 3

الزواحف والطيور

Reptiles and Birds

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفكرة العامة للزواحف والطيور تكيفات تساعدها على العيش والتكاثر بنجاح على اليابسة.

3-1 الزواحف

الفكرة الرئيسة خلق الله سبحانه وتعالى للزواحف تكيفات مكّنتها من العيش على اليابسة.

3-2 الطُيور

الفكرة الرئيسة وهب الخالق جلَّ وعلا للطيور ريشًا وأجنحة وعظامًا خفيفة الوزن، وتكيُّفات أخرى تسمح لها بالطيران.

حقائق في علم الأحياء

- تنثني أنياب أفعى الجرس وتنبسط على سقف فمها عندما يكون فمها مُغلقًا.
- عندما تفتح أفعى الجرس فمها في أثناء الهجوم تدور أنيابها إلى الأمام، وتصبح جاهزة لحقن السُّم من الغدة السمّيّة في الفك عبر فتحة في الأنياب.
- سرعة هجوم أفعى الجرس مُذهلة تصل إلى (2.4 m /s).

نشاط استهلالي

هل الرموز التاريخية للزَواحف والطيور دقيقة علميًا؟

خاف البشر عبر التاريخ من الطيور والزواحف، كما استعملوا رموزها في ثقافاتهم. وسوف تراجع في هذه التجربة أمثلة على زواحف وطيور اتُّخذت رموزًا، وتُحدِّد ما إذا كانت هذه التمثيلات دقيقة علميًّا.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. ابحث عن رموز، أو قصص، تتعلق بالزواحف أو الطيور في ثقافات مختلفة.
3. حلِّل المعلومات التي وجدتها في الخطوة 2 من حيث الدقة العلمية، وكوّن فرضية حول سبب اتخاذ هذا الزاحف أو الطائر رمزًا في كل حالة.

التَّحليل

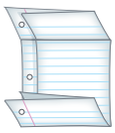
1. **قوِّم** أي قدر من المعلومات التي حلَّلتها كان دقيقًا علميًّا؟ ولماذا تظن أن بعضها غير دقيق؟
2. **اكتب** اختر رمزًا واحدًا (أو أسطورة) يحوي معلومات غير دقيقة علميًّا، ثم صحّحها لتُصبح دقيقة.

المطويات منظمات الأفكار

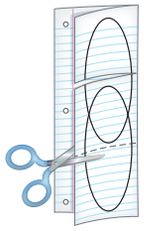
خصائص الزواحف والطيور اعمل المطوية الآتية لمساعدتك على المقارنة بين خصائص الزواحف والطيور.

الخطوة 1: اطو صفحة من الورق رأسيًّا، تاركًا الثقوب مكشوفة كما في الشكل الآتي:

الخطوة 2: اطوِ الورقة ثلاثة أجزاء، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3: أعد الورقة إلى ما كانت عليه في الخطوة 1، ثم ارسم أشكالاً بيضوية مُتداخلة. وقص الثنيات على طول الطبقة العلوية، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 4: عنون شكل ثن كما في الشَّكل الآتي:

المطويات استعمل هذه المطوية في أثناء دراستك **للقسمين 1-3، و 2-3**. وسجل - وأنت تقرأ الخصائص المميزة للزواحف والطيور - الخصائص المشتركة بينهما.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

3-1

الأهداف

- **توضّح** الخصائص التي تمكّن البيضة الرهليّة (الأمنيونية) من التكيف للعيش على اليابسة.
- **تُلخّص** خصائص الزواحف.
- **تميّز** بين رتب الزواحف.

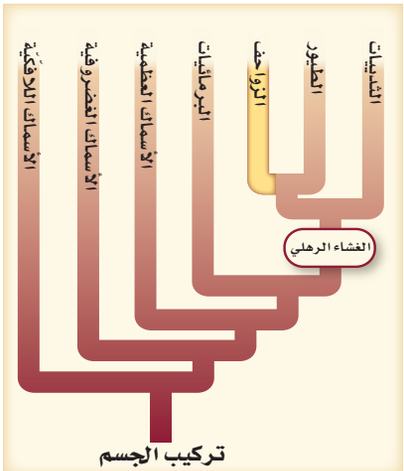
مراجعة المفردات

الجنين Embryo: أول مراحل نمو النباتات والحيوانات بعد إخصاب البويضة.

المفردات الجديدة

الغشاء الرهلي (الأمنيون)
البيضة الرهلية (الأمنيونية)
الطاقة ATP(أدينوسين ثلاثي الفوسفات)
عضو جاكوبسون
درع الظهر
درع البطن

الشكل 1–3
اليمين: للزواحف والطيور والثدييات غشاء رهلي (الأمنيون).
اليسار: السحلية نوع من 7000 نوع من الزواحف التي تنتمي إلى طائفة الزواحف. وتعيش هذه الزواحف في بيئات برية ومائية متنوِّعة.



الزواحف Reptiles

الفكرة الرئيسة **خلق الله سبحانه وتعالى للزواحف تكيفات مكّنتها من العيش على اليابسة.**

الرّبط مع الحياة ربما شاهدت شخصية كرتونية متحركة مضحكة تمثل الزواحف كأفعى أناكوندا الضخمة أو ديناصورًا مخيفًا. فكر وأنت تدرس هذا القسم، فيما إذا كان هذا الحيوان الزاحف يتشابه فعليًّا مع الحقائق العلمية والصفات الحقيقية للزواحف.

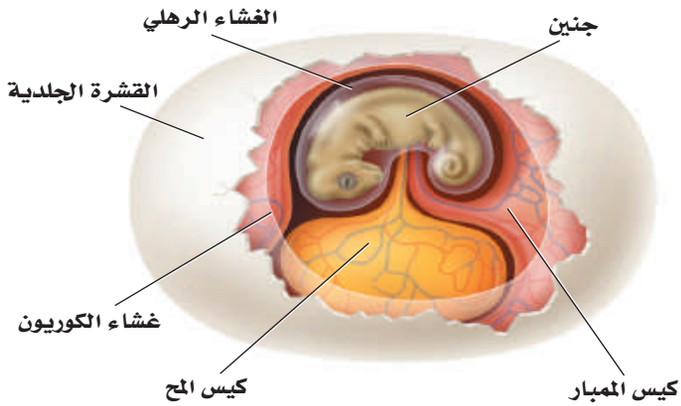
خصائص الزواحف Characteristics of Reptiles

لقد خلق الله تعالى للفقاريات أطرافًا متخصصة، وأجهزة دورانية وتنفسية، وتكيُّفات أُخرى ساعدتها على العيش على اليابسة، أمّا البرمائيات فلا تستطيع العيش بصورة دائمة على اليابسة؛ لأنها معرَّضة لتأثيرات الجفاف في أثناء حياتها على اليابسة، وبيوضها غير مُحاطة بقشرة، ويرقاتها تتنفَّس عن طريق الخياشيم. أما الزّواحف ـ ومنها السحلية كما في **الشكل 1 – 3** ـ فقد تكيفت للعيش على اليابسة، ومن خصائص الزواحف التي مكّنتها من العيش على اليابسة أن بيوضها محاطة بقشرة جلدية، وجسمها مغطى بجلد حرشفي سميك، ولها أجهزة دورانية وتنفسية ذات فاعلية أكبر.

البيوض الرهلية (الأمنيونية) Amniotic eggs يبيّن مخطط العلاقات التركيبية، المبين في **الشكل 1–3**، أن للزواحف خصائص مشتركة مع المجموعات الأخرى التي لها غشاء رهلي وأغشية أخرى تحيط بالجنين في أثناء نموه.

الغشاء الرهلي(الأمنيون) amnion غشاء يُحيط بالجنين مباشرة، مملوء بسائل رهلي يحمي الجنين خلال فترات نموّه. وتسمى المخلوقات الحية التي تمر بمثل هذا النوع من النمو المخلوقات الحية الأمنيونية (حيوانات الغشاء الرهلي)، وتضم الزواحف والطيور والثدييات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



■ **الشكل 2–3** تحاط البيضة الرهلية بقشرة وأغشية مملوءة بسائل يحمي الجنين من الجفاف في أثناء نموه.

تُحاط **البيضة الرهلية (الأمنيونية)** amniotic egg بقشرة واقية، والعديد من الأغشية الداخلية التي تنتشر تحوي سوائل بينها، كما هو مبين في **الشكل 2 – 3**. ويحصل الجنين داخل البيضة على الغذاء اللازم لنموه من كيس المُح. ويحيط بالجنين داخل الغشاء الرهلي سائل يسمى السائل الرهلي، يشبه البيئة المائية لأجنّة الأسماك والبرمائيات. أمّا كيس الممبار فهو غشاء يُكوِّن كيسًا يحتوي على الفضلات التي يُنتجها الجنين. ويُسمّى الغشاء الخارجي للجنين (أسفل القشرة مباشرة) غشاء الكوريون، ويسمح بدخول الأكسجين، ويحفظ السائل داخل البيضة. وفي الزواحف تحمي القشرة الجلدية السوائل الداخلية والجنين، وتحمي البيضة من الجفاف على اليابسة. أما في الطيور فتكون القشرة صلبة، لا جلدية.

ماذا قرأت؟ قوّم ما الأهمية التي توفرها البيضة الرهلية للمخلوق الحي ليصبح قادرًا على العيش على اليابسة فقط؟

الجلد الجاف والحُرشفي Dry, scaly skin على الزواحف ـ بالإضافة إلى حفظ السَّوائل في البيوض ـ أن تحفظ السوائل داخل أجسامها؛ فجلدها الجاف يمنع فقدان السوائل الداخلية. وهناك طبقة من الحراشف للعديد من الزواحف تحميها من الجفاف أيضًا. ومع ذلك فللغطاء الخارجي القاسي مشكلاته، ومنها أن المخلوق يُواجه صعوبة في النمو. ولكي ينمو تقوم بعض الزواحف ـ ومنها السحلية في **الشكل 3–3** ـ بالانسلاخ بشكل دوري.

التنفس Respiration معظم الزواحف ـ ما عدا بعض السلاحف المائية التي تتميز بطريقة مختلفة في دخول الهواء إلى رئاتها نظرًا لوجود الدرع ـ تعتمد على الرئات لتبادُل الغازات. تذكَّر أنه عندما تتنفس البرمائيات فإنها تضغط على الحنجرة (الحلق) لمرور الهواء إلى رئاتها. أما الزواحف فلديها القدرة على سحب الهواء إلى داخل رئاتها، أو تقوم بعملية الشهيق بانقباض عضلات القفص الصدري وجدار الجسم لتوسيع الجزء العلوي من التجويف الجسمي الذي يحوي داخله الرئات. وتقوم الزواحف بعملية الزفير عندما تنبسط العضلات نفسها. وتتبادل الزواحف الغازات عن طريق الرئات التي لها مساحة سطح أكبر من مساحة سطح رئات البرمائيات. ومع وجود المزيد من الأكسجين يزداد إنتاج **الطاقة ATP (أدنيوسين ثلاثي الفوسفات)** وهو الجزيء الكيميائي الذي يزود أجسام المخلوقات الحية بالطاقة اللازمة لنشاطاتها من خلال تفاعلات الأيض، وتصبح متاحة للقيام بحركات أكثر تعقيدًا.

المفردات

أصل الكلمة

الحرشف Squamata

Squama– من اللاتينية، وتعني الحُرشفة. – ata من اللاتينية، وتعني يملك. وفي اللغة العربية، فالحرشفة تعني القشور الموجودة على ظهر بعض الحيوانات والحشرات.

تجربة علمية

ما تراكيب بيضة الدجاجة ووظائفها؟

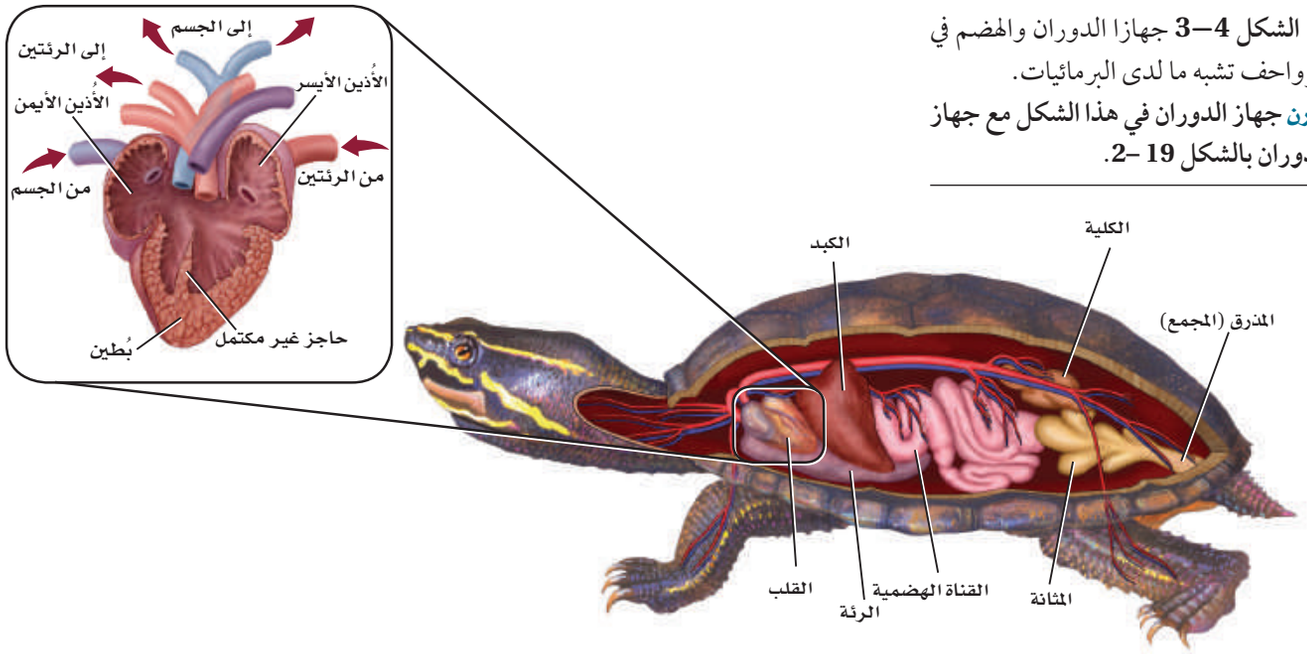
ارجع لدليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

■ **الشكل 3–3** تنسلخ بعض الزواحف كلما زاد نموها.

قارن بين الانسلاخ في الزواحف والمفصليات.



■ **الشكل 4–3** جهازا الدوران والهضم في الزواحف تشبه ما لدى البرمائيات.
قارن جهاز الدوران في هذا الشكل مع جهاز الدوران بالشكل 19 –2.

الدوران Circulation يدخل الأُكسجين في معظم الزواحف من الرئتين إلى الجهاز الدوراني الذي يشبه جهاز الدوران في البرمائيات. ولمُعظم الزواحف أُذينان منفصلان وبُطين واحد مفصول جزئيًّا بحاجز غير كامل، كما في **الشكل 4–3**. أمّا في التماسيح فيكون الحاجز في البُطين كاملًا، لذلك فإن له قلبًا ذا أربع حُجرات منفصلة يُبقي الدم الغني بالأكسجين بعيدًا عن الدم القليل الأكسجين داخل القلب.

ولأن الزواحف أكبر حجمًا من البرمائيات فإنها تحتاج إلى ضخّ الدم بقوة كافية ليصل إلى أجزاء الجسم البعيدة عن القلب. فعلى سبيل المثال، كان على الديناصور Brachiosurus ضخّ الدم إلى أكثر من 6 m من القلب إلى الرأس!

التغذية والهضم Feeding and digestion تشبه أعضاء الجهاز الهضمي في الزواحف ـ المبينة في **الشكل 4–3** ـ مثيلتها في البرمائيات والأسماك. وللزواحف طرائق تَغَذٍّ متنوعة وأغذية مختلفة. ومعظم الزواحف من آكلات اللحوم، وإنْ كان بعضها يتغذى على النباتات، ومنها الإجوانا Iguana والسلاحف. وبعض السلاحف حيوانات قارتة، أي آكلات لحوم ونباتات في الوقت نفسه. وللسلاحف والتماسيح ألسنة تُساعدها على الابتلاع، في حين أن لبعض السحالي ـ ومنها الحرباء ـ ألسنة طويلة لزجة؛ للإمساك بالحشرات.

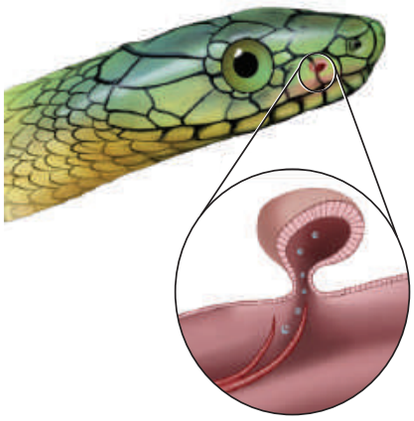
وللأفاعي قدرة على ابتلاع فريسة أكبر كثيرًا من حجمها. فعظام الجمجمة في الأفاعي ـ وكذلك فكوكها ـ مرتبط بعضها مع بعض بأربطة مرنة، بحيث تمكّنها من الابتعاد بعضها عن بعض عند ابتلاع فرائس كبيرة الحجم، كما في **الشكل 5–3**. وحتى تبتلع الفريسةَ فإن الجهتين المتقابلتين من الفكين (العلوي والسفلي) تندفعان إلى الأمام بالتبادل، ثم تعودان لتسحبا الطعام. ولبعض الأفاعي سم يستطيع شلّ حركة الفريسة وتحليلها، ثم تبدأ عملية هضمها.

■ **الشكل 5–3** يُمكن للأفاعي أن تبتلع وجبة أكبر حجمًا من أفواهها؛ لأنَّ فكيها العلوي والسفلي متصلان بأربطة مرنة، ويُمكن للفكين أن يتحركا بشكل مُنفصل أحدهما عن الآخر.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الإخـراج Excretion خلــق الله تعالى للزواحف جهــازًا إخراجيًّا لتعيش على اليابســة. وتنقي الكليتان الــدم وتُزيل الفضلات، كما في **الشــكل 4-3**. وعندما يدخل البول إلى المجمع يتم إعادة امتصاص الماء فيتكون حمض البوليك، وهو فضلات شــبه صلبة. وهذه الطريقة في إعادة امتصاص الماء تُمكِّن الزواحف من حفظ الماء وثبات الاتزان الداخلي للماء والأملاح في أجسامها.

الدمـاغ والحواس The brain and senses أدمغــة الزواحــف تشــبه أدمغة البرمائيات، إلا أن مخ الزواحف أكبر حجمًا. ولأنَّ وظيفة البصر والعضلات أكثر تعقيدًا فإن الجــزء البصري وأجزاء المُخيخ في دماغ الزواحف أكبر من تلك التي في البرمائيات. والبصر هو الحاسة الرئيســة في معظم الزواحف، حتى إن بعض الزواحف لديها القدرة على تمييز الألوان. ويتنوع السمع في الزواحف؛ فلبعضها غشــاء طبلة يشــبه الذي في البرمائيات. وهناك زواحف أخرى ـ ومنها الأفاعي ـ تلتقط الذبذباتِ الصوتيةِ عن طريق عظام فكِّها.



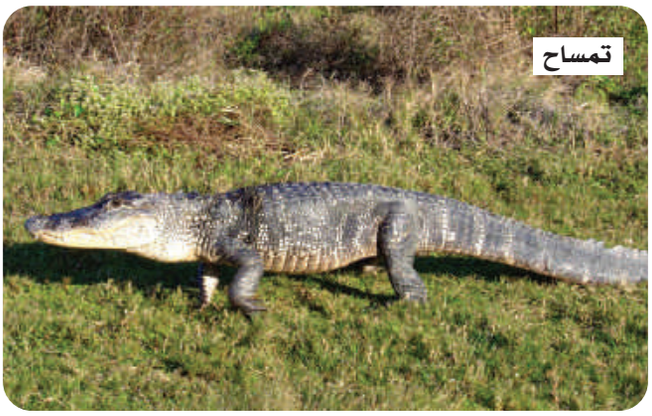
■ **الشكل 6-3** تســتعمل الأفاعي أعضاء جاكوبسون في الفم للإحساس بالروائح.

حاسة الشم في الزواحف معقدة أكثر من البرمائيات. ولعلك شاهدت أفاعي تُخرج لسانها الذي يشبه الشوكة، إنها تفعل ذلك لتشم الروائح، حيث تلتصق جزيئات الرائحة باللسان، الذي تُدخله الأفعى إلى فمها. فتنتقل جزيئات الرائحة إلى زوج من التراكيب يشبه الكيس يسمى **أعضاء جاكوبسون** jacobson's organs، كما في **الشكل 6-3**. وتوجد هذه التراكيب التي تميز الروائح في ســقف حلق فم الأفعى. وقد أظهرت التجارب أن الأفعى ـ من دون أعضاء جاكوبسون ـ تجد صعوبة في تحديد الفريسة، وشريك التزاوج.

ماذا قرأت؟ **قارن** بين الدماغ والحواس في الزواحف والبرمائيات.

تنظيـم درجـة الحـرارة Temperature control الزواحــف كالبرمائيات، متغيرة درجة الحرارة، فلا يُمكنها أن تولِّد حرارة جسمها، بل تُنظِّم درجة حرارتها ســلوكيًّا. فلعلك شاهدت ســلحفاة تسير تحت أشعة الشــمس، مما يرفع درجة حرارة جســمها. وقد تخفض درجة حرارة جسمها بالانتقال إلى الظل أو الدخول في الجحور الباردة. وبعض الزواحف في المناطق المعتدلة تقضي الشتاء مختبئة داخل الجحور، أو تدخل في حالة ســبات (بيات شتوي)، حيث ينخفض معدل الأيض في أجسامها، فتنخفض درجة حرارة أجسامها. وبعض الزواحف الأخرى ـ ومنهــا الأفاعي ـ تتجمع معًا بالمئات، فيغطِّي بعضها بعضًا على هيئة كُتل خلال الشتاء، بحيث تقلل فقدان الحرارة.

الحركة Movement قارن بين موقع الرِّجل في السَّلمندر وموقعها في التمساح المبين في **الشــكل 7-3**. ولاحظ أنَّ بطن السلمندر يكون على الأرض، في حين يكون بطن التمســاح مرتفعًا عنها. وبعض الزواحف تشبه البرمائيات؛ إذ تتحرك بأطراف بارزة من جانبي الجسم تضغط على الأرض من جهة، فتسمح بدفع الجسم من الجهة الأخرى المقابلة. أما أطراف التمساح فتدور بحرية تحت الجسم، وهي تحمل أوزانًا أكبر، وتسمح بحركة سريعة. ولكي تحمل الزواحف أوزانًا أكبر على اليابسة يجب أن تكون هياكلها أقوى، وذات تراكيب عظمية أثقل. وللزواحف مخالب في أصابعها تُساعدها على الحفر، والتسلُّق، والتثبت بالأرض للسحب والجر.



■ **الشكل 7–3** يتحرك السَّلمندر بأرجل مفلطحة تضغط على الأرض فتدفع أجسامها نحو الأمام. وللتماسيح أرجل ملتوية تحت أجسامها، تحملها بعيدًا عن الأرض.

التكاثُر Reproduction الإخصاب في الزواحف داخلي، وتنمو البويضة بعد الإخصاب، فتكوِّن جنينًا جديدًا يحيط به أغشية البيضة الأمنيونية لضمان نموه بصورة آمنة. ويكوِّن الجهاز التناسلي الأنثوي قشرة جلدية تحيط بالبيوض التي ينتجها. ويتغذى الجنين من المح في البيضة. وعادة تحفر الأُنثى حفرة في الأرض تضع فيها البيوض، أو تضعها في بقايا النباتات. وتترك معظم الإناث البيوض وحدها بعد وضعها حتى تفقس. وتبني التماسيح عشًّا تضع فيه البيوض. أما بعض الأفاعي والسحالي فتبقي البيوض داخل أجسامها حتى تفقس الصغار. وبهذه الطريقة يتم حماية البيوض داخل جسم الأم حتى تفقس منها صغار مكتملة النمو.

تنوُّع الزواحف Diversity of Reptiles

بعد انقراض الديناصورات، بقيت أربع رتب من الزواحف، هي: رتبة الحرشفيات Squamata؛ ومنها الأفاعي والسحالي، ورتبة التمساحيَّات Crocoditia؛ ومنها التماسيح، ورتبة السلحفيات Testudinata؛ ومنها السلاحف، ورتبة خطمية الرأس Sphenodonta، ومنها التواتارا.

السحالي والأفاعي Lizards and snakes للسحالي عمومًا أرجل بأصابع ذات مخالب، كما لها أيضًا جفون مُتحرِّكة، وفك سفلي ذو مفاصل متحركة تسمح بمرونة حركة الفك، وأغشية طبلة في الفتحات الأذنية. والسحالي الشائعة تشمل الإجوانا المبينة في **الشكل 8–3**، والحرباء، والحرذون، والضب، والورل.

■ **الشكل 8–3** الأفعى الشجرية الخضراء –البايثون العاصر – والإجوانا الخضراء كلتاهما تتبع رتبة الحرشفيات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

أمّا الأفاعي فليس لها أرجل، ولها ذيول أقصر من ذيول السحالي، وليس لها جفون متحركة ولا أغشية طبلة. وهي كالسحالي لها مفاصل في فكوكها تُمكِّنها من ابتلاع فرائس أكبر حجمًا من رؤوسها. وبعض الأفاعي ـ ومنها الأفعى ذات الجرس الموضحة في الصورة بداية هذا الفصل ـ لها سُمّ يمكنه أن يشلّ حركة الفريسة أو يقتلها ومنها أيضاً الأفاعي المقرنة. وبعض الأفاعي لا تنتج سمًّا، وإنما هي أفاعٍ عاصرة، أي تستعمل عضلاتها القوية لعصر الفرائس، ومنها أفعى البايثون العاصرةً الخضراء المبينة في **الشكل 8-3**، والأناكوندا والبوا Boas، حيث تخنق فريستها بالالتفاف حولها والضغط عليها حتى تموت بسبب عدم قدرتها على التنفُّس.

ماذا قرأت؟ صف الطرائق المختلفة التي تُمسك بها الأفعى فريستها.

السلاحف Turtles لاحظ أن الدرع الواقية التي تحيط بجسم السلحفاة، المبينة في **الشكل 9 – 3**، تجعلها مختلفة عن غيرها من الزواحف. ويسمى الجزء الظهري من هذه الدرع **الدرع الظهري** (الواقي) carapace، والجزء البطني **الدرع البطني** plastron. وتلتحم الفقرات والأضلاع في معظم السلاحف مع الدرع الظهري. وتستطيع العديد من السلاحف سحب رأسها وأرجلها إلى داخل دروعها لحماية نفسها من المفترسات. وبعض هذه السلاحف مائية، وبعضها الآخر يعيش على اليابسة، ويسمى السلاحفَ البريَّة tortoises. وليس للسلاحف البريَّة أو المائية أسنان، وإنما لها حواف فم حادة وصلبة يمكنها أن تسبب عضَّة قوية.

التماسيح والقواطير Crocodiles and alligators تضم رتبة التمساحيات التماسيح والقواطير (التماسيح الأمريكية) والكيمان Caimans. وبخلاف معظم الزواحف، للتمساحيات قلب مكوّن من أربع حجرات. وهي صفة تميز الطيور والثدييات أيضًا؛ لأنَّ القلب ذا الحجرات الأربع يوصل الأكسجين بفاعلية أكبر. وتمكِّن العضلات القوية التمساحيات من التحرُّك بسرعة وبطريقة عدوانية داخل الماء وخارجه؛ فهي تُهاجم حيوانات في حجم الماشية والغزلان، وقد تهاجم الإنسان. وللتماسيح مقدمة رأس طويلة، وأسنان حادة، وفكوك قوية. وأسنان التماسيح تشبه مثيلاتها في الديناصورات. وللقاطور عمومًا ـ كما في **الشكل 9-3** ـ مقدمة رأس أعرض مما للتماسيح. والفك العلوي في القاطور أعرض من الفك السفلي.

إرشادات الدراسة

نظرة عامة للدراسة الدرع الظهري Carapace تعبير استعمل في هذا القسم. استعمل كلمات أُخرى تصف هذا المصطلح. وتوقَّع معنى كلمة الدرع الظهري.

الشكل 9-3 درع السلحفاة يساعد على حمايتها من المفترسات. وللقاطور مقدمة رأس عريضة وحراشف سميكة تغطي جسمه.

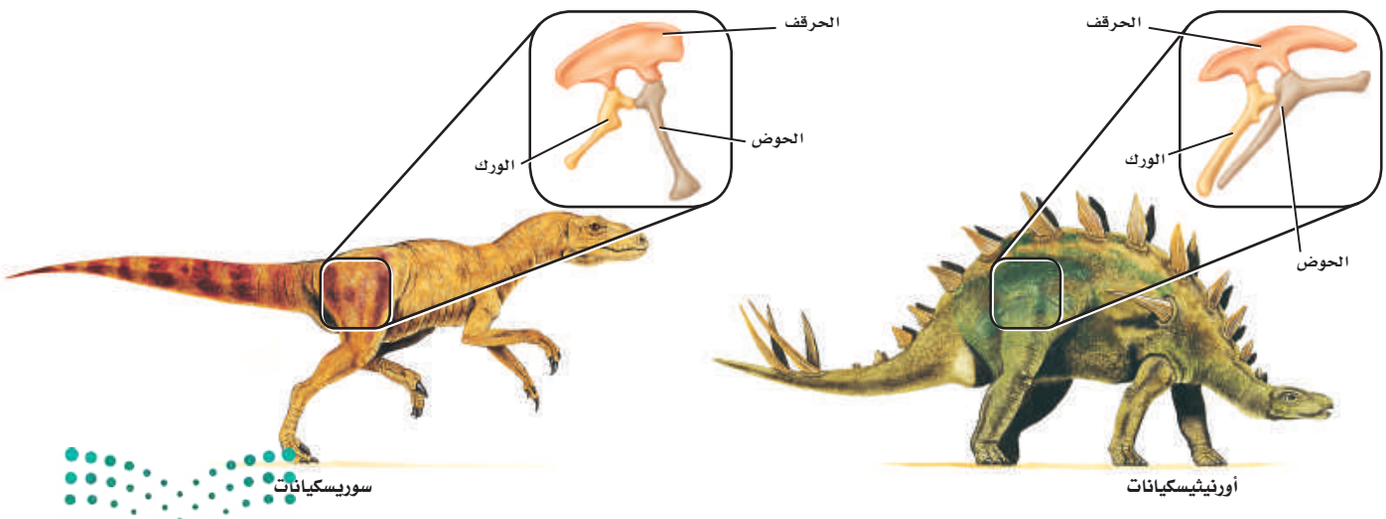
وعندما يغلق القاطور فمه يتداخل الفك العلوي مع السفلي، وتختفي أسنانه بصورة كاملة تقريبًا. وللفكين العلوي والسفلي في التمساح العرض نفسه. لذا فعندما يغلق التِّمساح فمه، تبدو بعض الأسنان من الفك السُّفلي واضحة بسهولة.

التواتارا Tuataras تشبه التواتارا السحلية الكبيرة، **الشكل 10–3**. وتوجد فقط في جزر بعيدة عن شاطئ نيوزلندا، ويوجد منها نوعان. وللتواتارا عُرف من الأشواك يمتد على طول ظهره، وعين ثالثة على قمة الرأس. تستطيع أن تحس بضوء الشمس على الرغم من تَغطِّيها بالحراشف التي يعتقد علماء الأحياء أنَّها ربما تقي التواتارا من حرارة الشمس الزائدة. ومن الصفات الفارقة في التواتارا أن لها أسنانًا فريدة، مُقارنة بتلك التي في الزواحف الأُخرى؛ فهناك صفان من الأسنان في الفك العلوي يقصَّان الطعام بمساعدة صف من الأسنان في الفك السفلي، وهذا ما يعطيها صفة الافتراس للفقاريات الصغيرة.

■ **الشكل 10–3** يصل طول التواتارا مترين تقريبًا، ويعيش نحو 80 عامًا في البرِّيَّة.

الربط مع علوم الأرض **الديناصورات Dinosaurs** عاشت الديناصورات على الأرض لأكثر من 165 مليون عام. وبعض الديناصورات ـ ومنها التيرانوسورس ركس *Tyrannosaurus rex* ـ كان ارتفاعه 6 m، وطوله 14.5 m، ووزنه أكثر من 7 أطنان، وكان مفترسًا. وبعضها الآخر ـ ومنها ثلاثي القرون *Triceratops* ـ كان له قرون ضخمة، وكان آكل أعشاب. وعلى الرغم من تنوع الديناصورات فإنه يمكن تقسيمها إلى مجموعتين كما هو مبين في **الشكل 11 – 3**، اعتمادًا على تراكيب عظام الورك فيها. فالنوع الأول ـ ومنه السوريسكيانات ـ تتجه فيه عظام الورك إلى الأمام، ويمتاز بأن عظام الورك فيه تخرج وتبرز من مركز منطقة الحوض. أما في النوع الثاني ـ ومنه الأورنيثيسكيانات ـ فتخرج عظام الورك من الحوض، وتتجه إلى الخلف نحو الذيل.

■ **الشكل 11–3** للسّوريسكيانات ورك يتجه إلى الأمام. أمّا الأورنيثيسكيانات فلها العظم نفسه مُتَّجهًا إلى الخلف في اتجاه الذيل.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

يُعرف العصر الطباشيري بعصر الانقراض العالمي الضخم للعديد من الأنواع، ومنها الديناصورات؛ إذ يعتقد بعض العلماء أنَّ مُذنَّبات ضربت الأرض وسبَّبت الانقراض، وحجبت سحبُ الغبار أشعةَ الشَّمس، ممّا سبَّب ظهور مُناخ بارد. وهذا التغيُّر ـ مع وجود الحرائق والغبار السَّام والغازات ـ ربما أدّى إلى موت العديد من النباتات والحيوانات في ذلك الوقت. وعندما اختفت الديناصورات أصبحت الأماكن التي كانت مُسيطرًا عليها متاحة للفقاريات الأُخرى لتتكاثر وتنمو وتزيد من فرصة بقائها.

بيئة الزواحف Ecology of Reptiles

تؤدي الزواحف دورًا مهمًّا في السلاسل الغذائية، بوصفها فريسة ومفترسًا. ويمكن أن يختل الاتزان في النظام البيئي إذا أزيلت أنواع الزواحف. فعلى سبيل المثال، إزالة أنواع محددة من الأفاعي من البيئة باستمرار يؤدي إلى ازدياد جماعات القوارض. ويعد فقدان الموطن البيئي وإدخال أنواع خارجية دخيلة عوامل تساهم في تناقص جماعات بعض أنواع الزواحف.

مختبر تحليل البيانات 1-3

بناءً على بيانات حقيقية

تفسير الشّكل

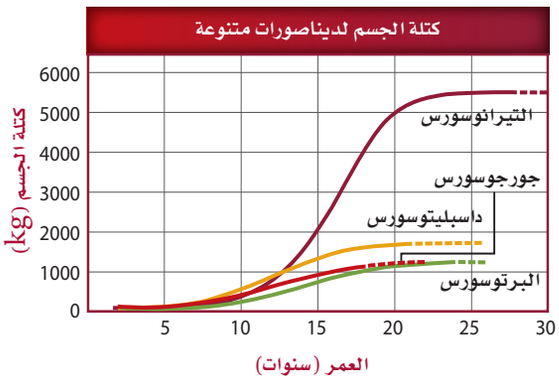
ما سرعة نموّ الديناصورات؟ درس العلماء مقاطع رقيقة من نسيج عظام أحفورة لتحديد سرعة نموّ العظم فيها. ويمكن للعلماء ـ بدراسة سرعة نموّ الديناصورات ـ أن يستنتجوا معلومات عن بيئاتها وجماعاتها.

التفكير الناقد

1. **قارن** أيّ عمر كان فيه نمو الديناصورات أكبر ما يمكن؟ فسّر ذلك.
2. **حلّل** البيانات أي الديناصورات كان معدل نموه بطيئًا، وأيها كان معدل نموه أسرع؟
3. **استنتج** للعظام ذات النموّ السَّريع العديد من الأوعية الدموية. فكيف تبدو عظام التيرانوسورس *Tyrannosaurus* مقارنة بتلك التي في الداسبليتوسورس *Daspletosaurus*؟

البيانات والملاحظات

يبين الرسم البياني منحنيات نموّ – معتمدة على العظم – تقارن بين عدَّة ديناصورات.



أخذت البيانات في هذا المختبر من:

Stokstad , E. 2004. Dinosaurs under the knife. *Science* 306:962–965

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

■ **الشـكل 12–3** تعيش أفعى الغرطر (*Thamnophis sertalis tetrataenia*) في الأراضي الرطبة أو العُشبية بجانب البرك والسَّبخات.

فقدان الموطـن البيئـي Habitate loss تأثَّرت بعض القواطير والتماسـيح بفقـدان الموطن البيئي؛ حيـث إن تدمير الأراضي الرطبة من أجـل البناء أدَّى إلـى تناقص أعداد هـذه الزواحـف. وبقي القاطـور مهـدَّدًا بالانقراض، مع بقاء 500 – 1200 حيوان منها فقط. ومع ظهور قوانين تحمي الأراضي الرطبة في بعض المناطق عاد التوازُن إلى أعداد جماعات القاطور بشكلٍ كافٍ ليتغيَّر وضعه من مُهدَّد بالانقراض إلى مُهدَّد فقط.

إدخـال أنواع خارجيـة جديـدة Introduction of exotic species عندما يتم إدخال أنواع خارجية دخيلة علـى النظام البيئي في منطقة ما فإنَّ الحيوانات الأصليّة (المحلية) ربما تواجه خطرًا بسـبب الافتراس أو التَّنافُس على الغذاء. فعلى سبيل المثال، عنـدمـا أُدخل النمس ـ وهو حيوان ثديي صغير ـ إلى جامايكا لقتل الجرذان في حقول قصب السُّكر تغذَّى على أنواع عديدة من السَّحالي، التي يُعتقد أنَّها انقرضت بسبب ذلك. وتشمل هذه السحالي أنواعًا مُهدَّدة بالانقراض، منها الإجوانا الجامايكية.

وبعـض الأنواع ـ ومنها أفعى الغرطر Grater Snak المبينة في **الشَّـكل 12–3** ـ عانت من تناقُص في أعدادها بسـبب فقدان الموطن، وبسبب إدخال مخلوقات دخيلة أيضًا. إنَّ اسـتعمال الأراضي مـن أجل البناء والزِّراعـة أدَّى إلى فقدان الموطن البيئـي لهذه الأفعى. وإدخال الضفدع الثور ـ وهو ضفدع غازٍ لبيئة هذه الأفعى ـ أثَّـر في أعداد هذه الأفاعي؛ إذ يأكل الضفـدع الثور Bullfrog كلًّا من أفعى الغرطر والضفـدع ذا الرِّجل الحمراء Red – legged frog الذي يشـكّل مصدر غذاء لأفعى الغرطر.

التقويم 1–3

الخلاصة

- وهب الله للزَّواحف عدة أنواع من التكيُّفات التـي مكّنتها من العيش على اليابسة.
- تكيّف بيـض الزواحـف للنمـو والعيش على اليابسة.
- تقسـم الزَّواحـف إلى أربع رتـب، هي: الحرشفيات، والتمساحيات، والسلحفيات، وخطمية الرأس.
- الزواحف مخلوقـات أمنيونيـة. والعديـد مـن الزواحـف ـ ومنها الديناصورات ـ انقرضت.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **حـدّد** الخصائص التي مكّنـت الزواحف من العيش على اليابسة.
2. **صف** أجزاء البيضة الأمنيونية. وبيّن كيف سمح هذا التركيب بالتكيف على اليابسة.
3. **قـارن** بين أفراد رتبة الحرشـفيات وأفراد رتبة خطمية الرأس.
4. **وضـح** الفـرق بيـن الأفاعي والسـحالي. وأعطِ مثالاً يوضح كلًّا منهما.

التفكير الناقد

5. **اعمـل نموذجًـا** لبيضة أمنيونية كما في **الشـكل 2–3**. مـا وظيفة كل غشاء؟
6. الرياضيات في علم الأحياء تتناسـب قوة العضّ في القاطور طرديًّـا مع طوله. فـإذا كانت قوة العـض في قاطـور طولـه 1 m تسـاوي 268 kg فما قـوة عضّ قاطور طوله 3.6 m؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

3-2

الأهداف

- **تلخص** خصائص الطيور.
- **تربط** بين تكيفات الطيور وقدرتها على الطيران.
- **تصف** الرتب المختلفة للطيور.

مراجعة المفردات

بـرّيّ terrestrial: يعيش على اليابسة، أو تحت سطحها.

المفردات الجديدة

ثابتة درجة الحرارة
الريش
الريش المحيطي (الكفافي)
الغدَّة الزيتية
الريش الزغبي
عظم القص
كيس الهواء
الحضانة

الطيور Birds

الفكرة الرئيسة **وهب الخالق جل وعلا للطيور ريشًا وأجنحة وعظامًا خفيفة الوزن وتكيفات أخرى تسمح لها بالطيران.**

الربط مع الحياة قد تكون الطيور من أكثر الفقاريات الشائعة التي تراها. وربما سمعت أقوالًا مشهورة منها: "حرٌّ مثلُ الطائر"، أو "الطيور على أشكالها تقع"، أو "خفيف كالرِّيشة". عند قراءتك لهذا القسم انظر هل تشير هذه الأقوال إلى معنى علمي دقيق؟

خصائص الطيور Characteristics of Birds

عندما يطلب المعلم منك وصف طائرٍ ما، فقد تجيب بأن له ريشًا ويطير. وهاتان سمتان تميز الطيورعن الفقاريات الأخرى؛ إذ تنتمي الطيور إلى طائفة الطيور Aves التي تضم نحو 8600 نوع، مما يجعلها أكثر الفقاريات البريَّة تنوعًا. وتتباين الطيور في حجومها، فمنها طائر الطنان الصغير الحجم الذي يحوم حول الأزهار، والنَّعام الذي لا يطير، بل يركض عبر سهول إفريقيا. وتعيش الطيور في الصحراء والغابات والجبال والبراري وتطير فوق كل البحار.

ويوضح مخطط العلاقات التركيبية، في **الشكل 13-3**، أن ما يميز الطيور والزواحف هو السائل الرهلي (الأمنيون). فالطيور تضع بيضًا أمنيونيًّا (رهليًّا). ومن الصفات المشتركة بينهما أيضًا أن أرجل الطيور مغطاة بحراشف تشبه تلك التي تغطي أجسام الزواحف.

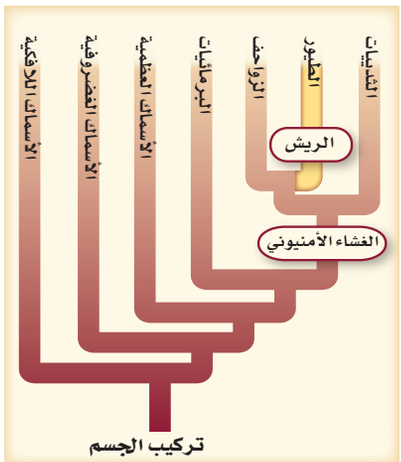
فقد خلق الله سبحانه وتعالى للطيور مجموعة من التكيفات ـ ومنها الطيران ـ لتستطيع العيش في البيئات المتنوعة. ومن هذه التكيفات أيضًا قدرتها على إنتاج الحرارة الداخلية في أجسامها (ثابتة درجة الحرارة)، ووجود الرِّيش، وعظامها خفيفة الوزن. وقد تكيّف جهازا الدوران والتنفُّس أيضًا ليزوّدا العضلات بأكسجين أكثر للطيران.

ثابتة درجة الحرارة Endotherms على العكس من الزَّواحف، تولد الطيور حرارتها داخليًّا. **الثابتة درجة الحرارة** endotherm مخلوقات تولِّد حرارة جسمها داخليًّا عن طريق العمليات الأيضية الخاصة بها. ويرتبط معدل الأيض العالي بالحرارة الداخلية للجسم، مما يؤدي إلى توليد وإنتاج كميات كبيرة من الطاقة (ATP) يمكن استعمالها لتوفير طاقة العضلات أو حاجات أخرى.

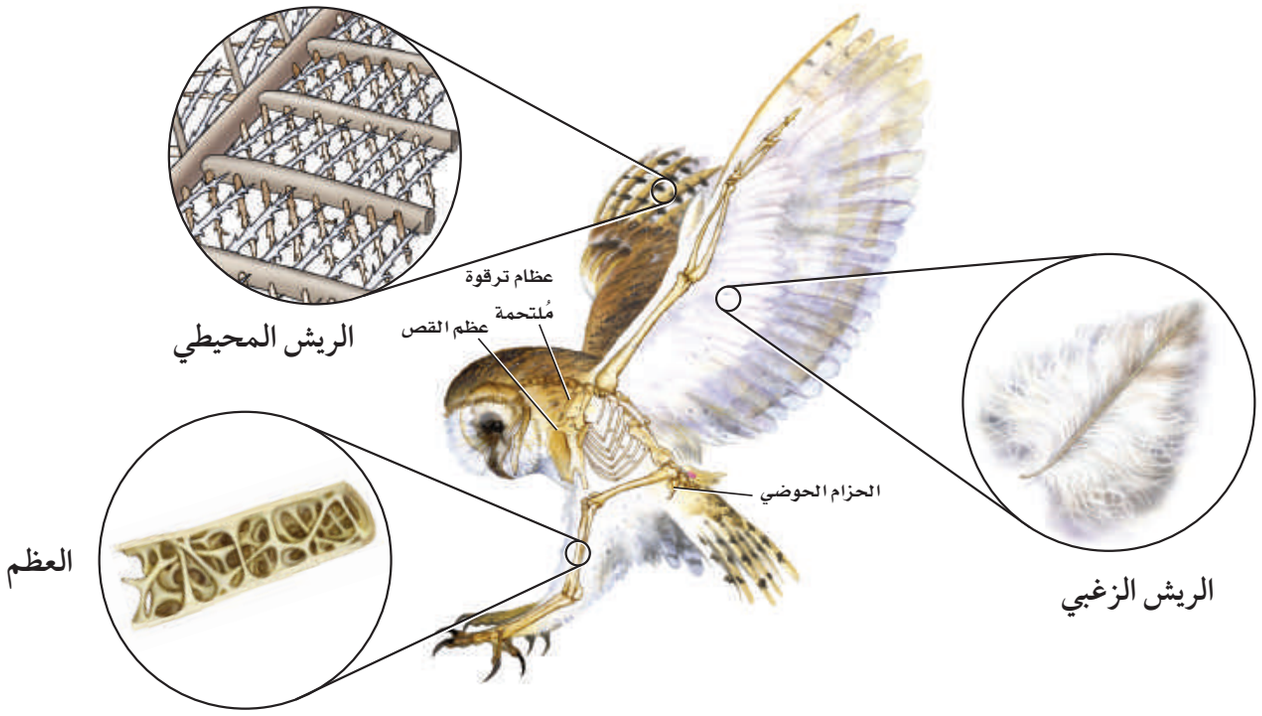
وتبلغ درجة حرارة جسم الطائر 41°C تقريبًا. أما درجة حرارة جسم الإنسان فهي 37°C. وتُمكِّن درجة حرارة الجسم العالية خلايا العضلات الخاصة بالطيران من استهلاك كميَّات كبيرة من ATP اللازمة لانقباض العضلات أثناء الطيران.

ماذا قرأت؟ **وضح** لماذا يعدّ ثبات درجة حرارة الجسم تكيفًا للطيران؟

الشكل 13-3 يوضح مخطط العلاقات التركيبية أن الرِّيش صفة فريدة خاصة بالطيور.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



■ **الشكل 14–3** للطيور ريش محيطي، وريش زغبي، وعظام خفيفة الوزن.

الريش Feathers الطيور هي المخلوقات الحيَّة الوحيدة التي يغطي أجسامها الريش. **والريش** feathers زوائد نمو متخصِّصة من جلد الطيور، مكوّنة من الكيراتين؛ وهو بروتين في الجلد يكوّن أيضًا الشَّعر والأظافر والقرون في بعض المخلوقات الحية الأخرى. وللريش وظيفتان أساسيتان، هما: الطيران، والعزل؛ إذ يمنع الريش فقدان الحرارة التي تولّدها عمليات الأيض في جسم الطائر. وعندما ينفش الطائر ريشه يُكوِّن فراغًا هوائيًّا عازلًا يحبس الحرارة. وهو ما يشبه عمل الغطاء عندما تكون نائمًا، فيكوّن الغطاء فراغًا هوائيًّا عازلًا بينك وبين الهواء البارد الموجود في الغرفة، مما يمنع فقدان حرارة الجسم.

والرِّيش الذي يُغطِّي الجسم والأجنحة وذيل الطائر يسمى **الريش المحيطي** (الكفافي) contour feathers. افحص الريش المحيطي المبين في **الشكل 14–3**. يتكوَّن الرِّيش المحيطي من قصبة ذات أشواك متفرِّعة، وتتفرَّع هذه الأشواك إلى شُويكات تتماسك معًا بخطَّافات. فإذا انفصلت الأشواك بعضها عن بعض فإنَّها تعاود الاتصال مرة أخرى كأسنان سحّاب الملابس. وتُصلح الطيور الروابط المنكسرة بين أشواك الريش عندما تقوم بتزييت ريشها، حيث تمرّ بمنقارها على طول الريشة. وتستغرق الطيور الكثير من الوقت في إعادة بناء الروابط المنكسرة في ريشها. وللعديد من الطيور **غدَّة زيتية** preen gland ، وهي غدَّة موجودة قريبًا من قاعدة الذيل تُفرز الزيت. وفي أثناء عملية التزييت تنشُر الطيور زيتًا من الغُدَّة الزيتية على ريشها، فتكوّن غلافًا مُقاومًا للماء. **والريش الزغبي** down feather، المبين في **الشكل 14–3**، ريش ناعم موجود تحت الريش المحيطي، ولا يحوي خطافات لربط الأشواك معًا؛ فالتركيب اللين للريش الزغبي يُمكنه حجز الهواء الذي يعمل عمل العازل.

المفردات

الاستعمال العلمي
مقابل الاستعمال الشائع.

تزييت Preen

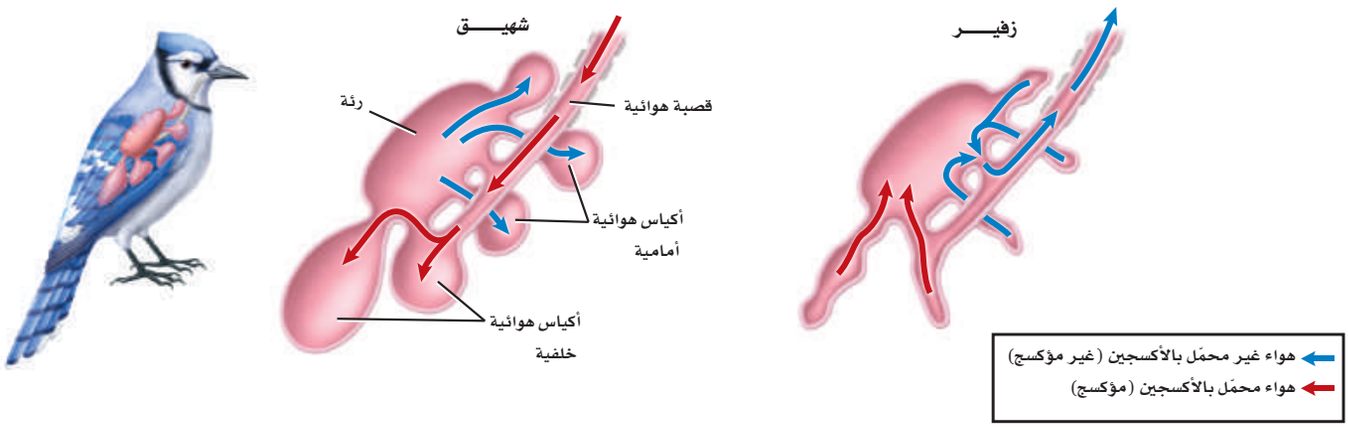
الاستعمال العلمي: الإصلاح والإدامة باستعمال منقار (طائر).

تُزيِّت الطيور ريشها قبل الطيران.

الاستعمال الشائع: التزييت يعني الدهن بالزيت.

زيَّتَ الشَّعرَ: دهنه بالزيت.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



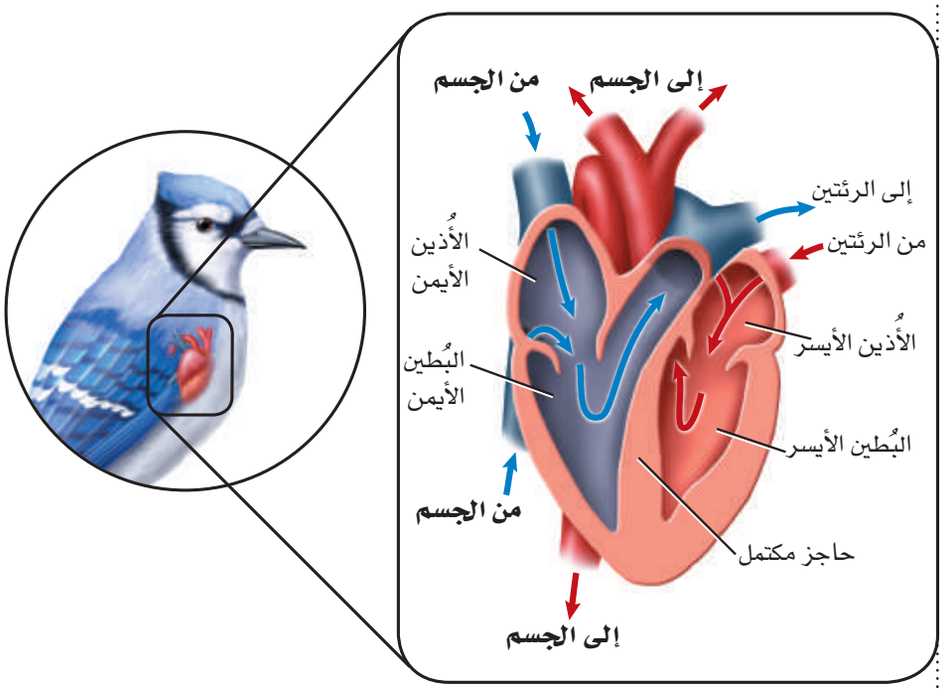
■ **الشـكل 15–3** عندمـا يتنفَّس طائر يمر الهواء في اتجاه واحد، بحيث يتم تبادل الغازات بكفاءة عالية.

العظام الخفيفة الوزن Light weight bones هناك تكيف آخر للطيور يسمح لها بالطيـران، وهو هياكلها القويـة الخفيفة الوزن. وعظام الطيـور فريدة لأنها تحتوي على تجاويف هوائية. ويبين **الشكل 14–3** التركيبَ الداخلي لعظام طائر. ورغم امتلاء العظام بالهواء فهي قوية. هل سبق أن وجدت عظم الترقوة في قطعة من الدَّجاج أو الديـك الرومي؟ تتكوَّن عظمة الترقوة مـن التحام عظمتين، كما في **الشَّـكل 14–3**. إن التحام العظام في هيكل الطائر يجعل الهيكل أكثر صلابة. وهذا تكيُّف آخر للطيران. فعضلات الصدر كبيرة، وتُشـكِّل نحو 30 % من وزن الطائر الكلي، فتُوفِّر له القوة اللازمة للطيران. وتربط هذه العضلات الجناح بعظم الصَّدر، الذي يُسـمى **عظم القصّ** sternum، والمبين في **الشكل 14–3**. وعظم القصّ كبير، وفيه بروز لربط العضلات بعضها مع بعض.

التنفس Respiration تسـتهلك العضلات المسؤولة عن عملية الطيران كمية كبيرة من الأكسـجين. لـذا فإن أجهزة التنفُّـس في الطيور متكيِّفـة جيدًا؛ لتوفر هذه الكميـة من الأكسـجين. وللطيور حيز للهـواء في جهازها التنفسـي أكبر مـن الزواحف، كما أن الهواء يدور في جهازها التنفسـي فـي اتجاه واحد فقط. ويتحرَّك الهواء الغني بالأكسجين في عملية الشهيق عبر القصبـة الهوائيـة إلـى **الأكياس الهوائية** air sacs الخلفية، كما هو مبين في **الشكل 15–3**. وفي المقابل يُسـحب الهواء الموجود في الوقت نفسه في الجهاز التنفُّسي من الرِّئتين نحو الأكياس الهوائية الأمامية، حيث يحدث تبادل الغازات. أما في عملية الزفير فيُطرد الهواء غير المؤكسـج الموجود في الأكيـاس الهوائية الأمامية من الجهاز التنفُّسـي، ويحل محله الهواء المؤكسج الذي يتجه من الأكياس الهوائية الخلفية إلى الرئتين. وأخيرًا يتحرَّك الهواء المؤكسـج فقط داخل الرئتين في اتجاه واحد اعتمادًا على اتجاه دوران الدم.

الدوران Circulation تسـاعد الـدورة الدموية الطائر علـى المحافظة على مسـتويات عالية من الطاقة، مـن خلال النقل الفعال للدم المؤكسـج إلى أجزاء الجسم. وللطيور قلب بأربع حجرات، كما في **الشكل 16–3**. ووجود بُطينين يُبقي الدم المؤكسج وغير المؤكسج مُنفصلين، ممَّا يجعل توصيل الدم أكثر فاعلية.

ويستقبل الأُذين الأيسر الدم من الرئتين، ويضخه إلى البُطين الأيسر، ثم إلى جميع أجزاء الجسم. كما يصل الدم من الجسم إلى الأُذين الأيمن، ثم يتحرك إلى البُطين الأيمن، ومنه إلى الرئتين، حيثُ يحصل على المزيد من الأُكسجين.



الشكل 16–3 للطيور قلب من أربع حُجرات، يُقي الدم المحمل بالأكسجين والدم غير المحمل بالأكسجين منفصلين أحدهما عن الآخر.

قارن بين قلب الطائر وقلب الزاحف في الشكل 4–3.

التغذية والهضم Feeding and digestion تحتاج الطيور إلى كميَّة كبيرة من الغذاء للمحافظة على معدَّل أيض عالٍ. فعندما تأخذ الطيور الطعام تقوم باستهلاكه من خلال تكيُّفات فريدة في أجهزتها الهضمية، كما في **الشكل 17–3**. وللعديد من الطيور حجرة تخزين تُسمى الحوصلة، توجد أسفل المريء، تخزن فيها الغذاء الذي تبتلعه، ثم يتحرك الطعام من الحوصلة إلى المعدة. والنهاية الخلفية للمعدة ما هي إلا كيس عضلي سميك يُسمى القانصة. وتحوي القانصة عادةً حجارة صغيرة تقوم بطحن الطعام الذي ابتلعه الطائر بمساعدة الأداء العضلي للقانصة. فتُصبح جُزيئات الطعام الصغيرة الناتجة أسهل للهضم. وليس للطيور أسنان، ولا يمكنها مضغ الطعام؛ إذ يتم هضم الطعام وامتصاصه بشكل رئيس في الأمعاء الدقيقة، وتساعد إفرازات البنكرياس والكبد على عملية الهضم.

الإخراج Excretion تُنقي كليتا الطائر الدمَ من الفضلات، وتُحوِّلها إلى حمض البوليك (uric acid)، كما هو الحال في الزواحف. وللطيور مجْمع (مذرق)، يتم فيه إعادة امتصاص الماء من حمض البوليك، **الشكل 17–3**. وليس للطيور مثانة بولية تخزن البول؛ حيث يسبب تخزينه زيادة وزن الطائر خلال الطيران، لذا يُمكن اعتبار عدم وجود مثانة بولية تكيُّفًا للطيران. وتطرح الطيور حمض البوليك في صورة مادة بيضاء طرية.

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

تجربة استهلالية

مراجعة: بناءً على ما قرأته عن الزواحف والطيور، كيف يُمكنك الآن الإجابة عن أسئلة التَّحليل؟

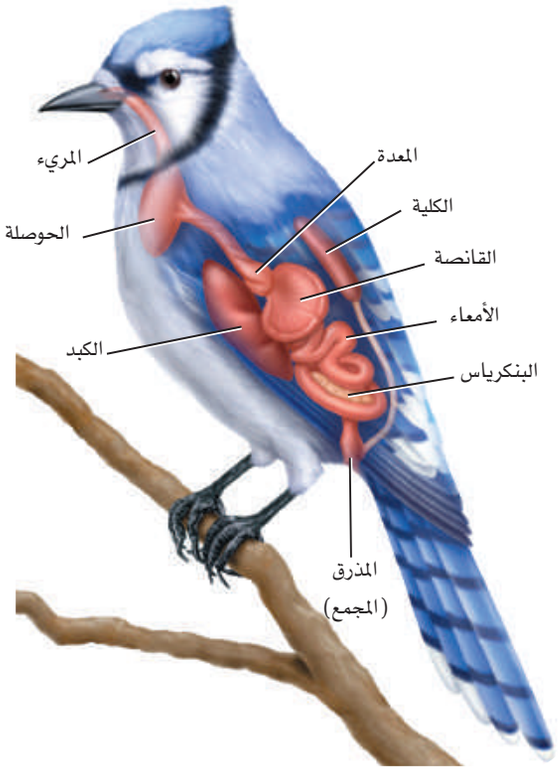
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

Feeding and Digestion

التَّغذِّي والهضم

■ **الشـكل 17 – 3** تفحَّص أعضاء الجهاز الهضمي لطائر ما. فبالإضافة إلى وجـود تكيُّفاتٍ فريدة في أجهزة الطيور الهضمية، فإن لها أيضًا مناقير مُتكيِّفة مع نوع الغذاء الذي تأكله.

تستعمل طيور الرفراف مناقيرها الطويلة والرفيعة والحادَّة لطعن الأسماك والبرمائيات الصغيرة والإمساك بها.



يستعمل البجع منقاره الكيسي لغرف الماء الذي يحوي الأسماك.

يســتعمل الصقر منقاره الحادّ لتمزيق لحم الفريسة.

لطائر الطَّنَّان منقار طويل رفيع لامتصاص الرحيق من الأزهار.

الدِّماغ والحواس The brain and senses تتميز أدمغة الطيور ـ كما في **الشكل 18–3** ـ بأنها كبيرة، مقارنة بحجم الطائر. فالمُخيخ كبير لأنّ الطيور تحتاج إلى تناسُق الحركة والاتزان في أثناء الطيران. وينسِّق الجزء البصري المعلومات البصرية. وحجم المخ كبير أيضًا لأنه مركز التكامُل الأساسي في الدِّماغ. وتتحكَّم هذه المساحة من الدماغ في الأكل والتغريد والطيران والسلوك الغريزي، كما أن مساحة القشرة المخية كبيرة نسبيًّا، وهي مسؤولة عن الذكاء في الطيور. ويتحكَّم النُّخاع المستطيل في الوظائف الإيقاعية، ومنها التنفُّس ودقات القلب.

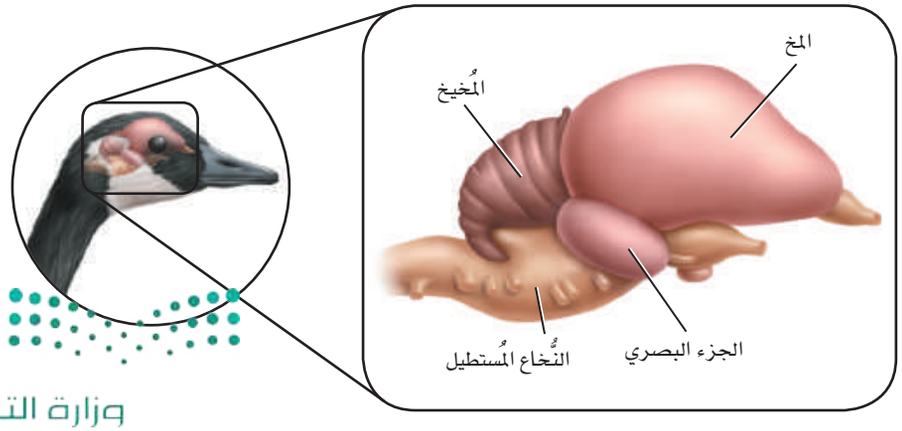
وللطيور عمومًا بصر حادّ. والطيور المفترسة ـ ومنها البوم، **الشكل 18–3** ـ لديها نظام تركيز عالٍ يمكِّنها من التركيز على فريسة متحرِّكة بشكل دائم عندما تقوم بالانقضاض عليها لافتراسها. ويعتمد موقع عيون الطائر في وجهه على بيئته؛ فللطيور المفترسة عيون في مقدِّمة رأسها. وهذا يمكِّنها من تمييز مسافة الهدف؛ لأن كلتا العينين يمكنها أن تركز على الهدف نفسه. وللحمامة عينان على جانبي الرأس، مما يُمكِّنها من الرؤية بزاوية 360° تقريبًا في الفراغ المحيط بها؛ إذ ترى كل عين مناطق مختلفة. وتأكل الحمامة الحبوب والبذور ولا تفترس، وبصرها متكيف لاكتشاف المفترسات التي يمكن أن تكون قريبة منها. وللطيور أيضًا حاسة سمع جيدة. ويمكن للبوم أن يسمع أدنى صوت لفأر خائف في الليل. فحتى لو هرب الفأر ليختبئ يمكن للبومة أن تُمسك به بتتبُّع صوته فقط.

التكاثُر Reproduction النشاطات التكاثُرية في الطيور معقَّدة؛ فهي تشمل تحديد مناطق التكاثر، وتحديد شريك التزاوج، وسلوك المغازلة، والتزاوج، وبناء الأعشاش، وحضن البيض، وإطعام الصِّغار. وخلال فصل التكاثُر يتجمَّع العديد من الطيور في مستعمرات كبيرة؛ حيثُ تتكاثر وتعتني بصغارها. والإخصاب في الطيور داخلي. وتتكوَّن البيضة الأمنيونية بعد الإخصاب، وتكون مُحاطة بقشرة صلبة وهي لا تزال في جسم الأم. وبعد تكوُّن القشرة، يتمُّ طرح البيضة أو البيض عن طريق المجمع (المذرق) إلى العش، حيث يحضن الذكر أو الأنثى أو كلاهما البيض، ويُطعمان الصغار بعد الفقس. **والحضانة** incubation تعني إبقاء الظروف ملائمة لفقس الصغار، وترقد الطيور على البيض لحضنه.

الشكل 18–3

الأيمن: تبقى عيون البوم مركّزة على الفريسة المتحرِّكة في أثناء عملية الانقضاض عليها.

الأيسر: للطيور مخيخ كبير يمكِّنها من الاتِّزان والتَّناسُق في أثناء الحركة. ويتحكَّم النُّخاع المُستطيل في العمليات الإيقاعية.



تنوُّع الطيور Diversity of Birds

تُقسم الطُّيور إلى 27 رتبة تقريبًا. وتختلف هذه الرُتب بعضها عن بعض اعتمادًا على الاختلافات التشريحية، والسلوك المحدَّد، والتغريد، والمواطن. ويوضح **الجدول 1-3** أكثر رتب الطيور شيوعًا وبعض تكيُّفاتها. وأكبر رتبة للطيور هي العصافير، وتسمَّى عادةً الطيور الجاثمة أو الطيور المُغرِّدة. وهناك أكثر من 5000 نوع في هذه الرتبة. وللطيور التي لا تطير ـ ومنها النعامة Ostriche والإيمو Emus وطائر الكيوي Kiwis ـ أجنحة صغيرة، أو ليس لها أجنحة على الإطلاق. وطائر الكيوي ـ وهو في حجم الدجاجة ويعيش في نيوزلندا ـ يضع بيضة واحدة كبيرة جدًّا مُقارنة بحجمه. وبعض الطيور ـ ومنها البطريق والإوز والبط ـ تمتاز بتكيّف يسمح لها بالسباحة. وتستعمل البطاريق أجنحتها مجاديف للسباحة عبر الماء، في حين أن للبط والإوز أقدامًا بأغشية تساعدها على السباحة.

بيئة الطيور Ecology of Birds

تؤدي الطيور دورًا مهمًّا في السلاسل الغذائية بوصفها مُفترسات للثدييات الصغيرة، والمفصليات، واللافقاريات الأخرى. ولعلك شاهدت طائرًا يسحب دودة من الأرض. والطيور أيضًا فرائس لطيور أكبر وللثدييات. لذا فإن الطيور مهمة في السلاسل الغذائية بوصفها فريسة داخل النظام البيئي للطيور الكبيرة أو الثدييات.

تجربة 1-3

الطيور المحلية (دراسة مسحية)

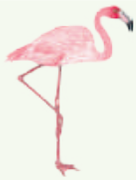
ما الطيور التي تعيش في منطقتك؟ يمكن أن يكون هناك طيور متنوِّعة في أي بيئة تقريبًا. استكشف المنطقة حول مدرستك لتقدير الطيور المختلفة التي تعيش هناك.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السَّلامة في دليل التجارب العملية.
2. قدّر عدد أنواع الطيور المختلفة التي يمكن أن تراها في المنطقة المحيطة بمدرستك، واعمل جدول بيانات لمتابعة الطيور التي تلاحظها.
3. اذهب في رحلة مشي مدَّتها 10 دقائق إلى المنطقة المُجاورة لمدرستك. وتأكَّد من اتباع إرشادات معلمك حول الأماكن المسموح لك بالذَّهاب إليها. وسجِّل معلوماتك عن الطائر الذي تشاهده. واستعمل منظارًا إذا دعت الحاجة. وإذا لم تستطع تعرّف طائر ما فاستعمل **دليلاً ميدانيًّا** مصورًا للطيور المحلية.
4. اجمع نتائجك، وابحث عن الطيور التي شاهدتها.

التَّحليل

1. **عُدَّ** أنواع الطيور التي شاهدتها، وضَعْ قائمة بأنواعها.
2. **حدِّد** ما إذا كانت الطيور التي شاهدتها محلية أم دخيلة.
3. **حلِّل** هل ظهرت أي عينات جديدة عند تجميع البيانات؟
4. **توقع** هل تختلف هذه القائمة لو مسحت المنطقة المحيطة بمنزلك؟ وإذا اختلفت فكيف تختلف؟

الجدول 1–3	تنوُّع رتب الطيور		
الرتبة	المثال	أفراد الرتبة	الخصائص
العصافير (باسيريفورميس Passeriformes) طيور جاثمة مغرِّدة؛ نحو 5000 نوع.		السُّمَاني، الدّخّل Warbler، الغراب، الدُّوري، كاسر الجوز Nuthatch، المُحاكي.	لهذه الرتبة أقدام تمكنها من الجثوم على السيقان الصغيرة والأفرع. والعديد من الطيور في هذه الرتبة تغرِّد. وعضو الصَّوت (الحنجرة) فعّال جدًّا في هذه الطيور. وهناك أنواع أخرى لا تغرِّد، منها الغربان.
النقاريّات (بيسيفورميس Piciformes) تبني أعشاشها في التَّجاويف والثقوب، نحو 380 نوعًا.		نقّار الخشب، الطوقان Toucans، مرشد العسل Honey guide، اليقمر Jacamars.	لهذه الرتبة مناقير مُتخصِّصة مُرتبطة مع طريقة تغذّيها. وكلها تبني أعشاشًا في التجاويف، كثقب داخل شجرة ميِّتة على سبيل المثال. وللأقدام إصبعان تمتدان إلى الأمام، وإصبعان تمتدان إلى الخلف، وهذا يسمح للطَّائر بالتعلق بجذوع الأشجار.
اللقالق (سيكونيفورميس iconiiformes) طيور مائية والعقبان، نحو 90 نوعًا.		الطائر الحزين، الفلامنجو، البلشون، النسور، اللقالق.	يتراوح حجم أفراد هذه الرتبة بين الصغير والكبير؛ ولها رقاب طويلة وأرجل طويلة. ومعظمها طيور جماعية تعيش في مجموعات كبيرة في الأراضي الرَّطبة. والعقبان تشبه اللَّقالق إلى حد كبير في أجسامها إلا أنّها رمّية التغذي.
النوئيات (بروسيلاريفورميس rocellariiformes) الطُّيور البحرية، نحو 100 نوع.		القطرس Albatross، المازور Petrel، حلم الماء Shear waters.	هذه الرتبة طيور بحرية. ولديها مناقير معقوفة تساعدها على التغذّي على الأسماك، والحبَّار والقشريات الصغيرة. لديها فتحات تنفسية تشبه الأنبوب، موجودة في أعلى مناقيرها. وللعديد منها أقدام بأغشية.
البطريقيات (سفينيسيفورميس phenisciformes) البطاريق، نحو 17 نوعًا.		البطريق.	البطاريق طيور بحرية تستخدم أجنحتها مجاديف للسباحة عبر المياه، بدلًا من الطيران. وعظام البطريق صلبة، وتخلو من الفراغات الهوائية الموجودة في الطيور الأخرى. وكل أنواع هذه الرتبة موجودة في نصف الكرة الجنوبي.
البومّيات (ستيريجيفورميس Strigiformes) البوم، نحو 135 نوعًا.		البوم	البوم طيور ليلية، لها عيون كبيرة، ومناقير قوية معقوفة، مع مخالب قوية، حادَّة في أقدامها، وتساعدها هذه التكيُّفات على الإمساك بالفريسة. وللعديد منها ريش على أرجلها. ويوجد البوم في جميع أنحاء العالم ما عدا القارات المُتجمِّدة.
النعاميات (ستروثيونيفورميس truthioniformes) لا تطير، نحو 10 أنواع.		النَّعام، الإيمو، الكيوي، الريّة Rheas.	لأعضاء هذه الرتبة أجنحة صغيرة، وهي طيور لا تطير. والنَّعامة أكبر طائر حي؛ إذ يصل طولها إلى أكثر من مترين، وتزن حوالي 130 kg. ويوجد معظم أنواع هذه المجموعة في نصف الكرة الجنوبي.
الأوزيات (أنسيريفورميس Anseriformes) طيور الماء، نحو 150 نوعًا.		الإوز، البط، البجع.	تعيش أفراد هذه الرتبة في بيئة مائية. ولها أقدام غشائية تساعدها على الحركة في الماء. وللعديد منها مناقير دائرية عريضة تستعملها للتغذّي على النباتات المائية، وأحيانًا على القشريات أو الأسماك الصغيرة.

وتؤدي الطيور أيضًا دورًا مهمًّا في نشر البذور؛ إذ تأكل الطيور البذور أو الثمار، ثم تخرجها بعد هضمها في صورة فضلات في مكان آخر. كذلك تلتصق البذور بريش الطائر، وتتساقط عنه كلما انتقل من مكان إلى آخر. وبعض الطيور ـ ومنها الطيور الطنّانة، تتغذَّى على رحيق الأزهار، وتقوم بتلقيحها في أثناء التغذّي على رحيقها.

تدمير الموطن البيئي Habitat destruction العديد من الطيور مهدد بالانقراض؛ لأنَّ مواطنها التي تحتاج إليها تختفي أو تُدمَّر بتأثير المبيدات الحشرية والملوِّثات الكيميائية الأُخرى. وتعتمد جماعات طيور الماء على الأراضي الرَّطبة، وهي مناطق تختفي بسرعة؛ حيثُ يتم تجفيفها للتطوير والبناء. وقد أدَّت إزالة الغابات في منطقة الغابات المطرية إلى تهديد حياة بعض أنواع الطيور أيضًا.

التجارة غير القانونية Illegal trade تتزايد تجارة طيور الزينة غير القانونية. والعديد من طيور الزينة تُربَّى في الأقفاص. وقد أدَّى الصيد غير المشروع للطيور، واستخدامها سلعة تدرّ الأموال الكثيرة ـ في بعض الحالات ـ إلى اختفاء طيور نادرة من البرِّيَّة، فلا يوجد طائر المكاو مثلًا، كما في **الشكل 19–3**، إلا في الأقفاص. ولقد أعلنت منظمة الأمم المتحدة (UN) في عام 1975 م عن اتفاقية دولية تهدف إلى حماية أنواع معينة من النباتات والحيونات (ومنها الطيور) المهددة بالانقراض من الاستغلال التجاري المفرط بعنوان (اتفاقية الاتجار الدولي في أنواع الحيوانات والنباتات البرية المهددة بالانقراض "CITES" انضمت لها المملكة العربية السعودية ممثلةً بالهيئة السعودية للحياة الفطرية في عام 1995 م وقد بلغ عدد الدول الأطراف التي وقعت على هذه الاتفاقية حتى عام 2016 م حوالي 183 دولة.

الشكل 19–3 لم يبق طيور مكاو في البرِّيَّة؛ فلا يوجد إلا نحو 70 من هذه الطيور فقط في الأسر.

الربط مع رؤية 2030

مجتمع حيوي

٣. ٤. ٢ حماية وتهيئة المناطق الطبيعية (مثل الشواطئ والجزر والمحميات الطبيعية)

التقويم 2–3

الخلاصة

- للطيور خصائص تجعلها متكيِّفة جيدًا للطيران.
- يمكن للطيور أن تُولِّد حرارة جسمها داخليًّا.
- للطيور عظام خفيفة الوزن.
- شكل منقار الطائر يحدده نوع الغذاء الذي يتناوله.
- للطيور عمومًا بصر حاد.
- تُقسم الطيور إلى 27 رتبة.
- تؤدي الطيور دورًا مهمًّا في السلاسل الغذائية.
- تدمير الموطن والتجارة غير القانونية قد يؤثران في بعض أنواع الطيور.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **حدّد** خصائص الطيور التي تجعلها متكيِّفة للطيران.
2. **قارن** بين الريش المحيطي والريش الزغبي.
3. **فسِّر** كيف تكيَّف الجهازان التنفسي والدوراني في الطيور للطيران.
4. **قارن** بين التكاثُر في الطيور والزواحف.
5. **صف** كيف تختلف صفات الطيور في رتبة ستريجيفورميس (البوم) عنها في رتبة أنسيريفورميس (الأوزيات – طيور الماء).
6. **صف** دور الطيور في انتشار الغطاء النباتي.

التفكير الناقد

7. **توضيحات علمية** ارسم دماغ طائر، وحدّد عليه الأجزاء المُختلفة في الدِّماغ، ووضح وظيفة كل منها.
8. الكتابة في علم الأحياء تضع معظم الطُّيور البريَّة الصَّغيرة ـ التي تُطعم صغارها ـ ما بين بيضتين إلى 12 بيضة في أعشاشها. وبعض الطُّيور الكبيرة ـ ومنها طائر الماء ـ لدى صغارها القدرة على العناية بنفسها بعد الفقس، ولا يطعمها أبواها. وتضع نحو 20 بيضة في أعشاشها. كوِّن فرضية مُفصَّلة تُفسِّر فيها لماذا تضع بعض أنواع الطُّيور أعدادًا من البيض أقل من الأنواع الأُخرى.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الأنواع الدخيلة في البيئة

مـاذا يحدث عندما يشـتري مالكو الحيوانـات الأليفة صغيرَ أفعى بورمـا العاصرة، ثم يُقـرِّرون بعد أن يصل طول الأفعى إلى 4–5 m أنَّهم لا يستطيعون العناية بها؟ إن أصحاب هذه الأفاعي الضَّخمة يُلقون بها في المروج الخضراء. وتعد الأفعى العاصرة عدوانية؛ فهي تُسـبِّب مشـكلات في المروج الخضراء. وتسبِّب أنواعٌ عدوانية أُخرى مشـكلات لبيئتها المُضيفة في مناطق مُختلفة من العالم.

ما الأنواع الدخيلة (الغازية)؟ الأنـواع الدخيلة (الغازية) هـي مخلوقات تـمَّ إدخالها من قِبَل البشـر إلى مناطق لا تعيـش فيها أصلاً، وهـي تتكاثر بنجاح، وتُحدث فـي النظام البيئـي أضرارًا ومشـكلات بيئية أو اقتصاديـة أو اجتماعيـة أو صحية. ومـن أبرز هذه القضايـا تحوّلهـا إلى آفـات أحيائية تتنافس بشراسـة مع الأنواع المحليـة المتوطنة، وتحدّ من انتشـارها أو القضاء عليهـا أو جلب الأمراض إليهـا، مما يهدد قيام الأنظمة البيئيـة بوظائفها في دعم الحيـاة. ومن الأنواع الدخيلة علـى البيئة في المملكة العربية السـعودية طائر مينة الضفاف (الاسـم الإنجليـزي Bank mynah)، وهو من الطيور الدخيلة على المملكة العربية السـعودية، حيث تم جلبه من جمهورية باكستان الإسلامية بهـدف تربيته للزينة، ثم أطلق من الأقفاص. وهو الآن منتشر في منطقة الرياض، ويقتات على الحشرات والفواكه.

ومـن الأنواع الدخيلـة أيضًا الغراب الهنـدي المنزلي (الاسم العلمي *Corvus splendens* والاسم الإنجليـزي Indian House Crow)، والغـراب البنـي الرقبـة أو الغراب النوحـي (الاسم العلمي *Corvus ruficollis*، الاسم الإنجليزي Brown-necked Raven).

الغراب الهندي أحد الأنواع الدخيلة على بيئتنا المحلية

ما الخسـائر التي تسـبِّبُها الأنواع العدوانية؟ يمكن للأنواع الدخيلة أن تسـبِّب خسـائر مالية كبيرة سـنويًّا للمحاصيل الزِّراعية والأراضي الخضراء. ووجود الأنواع الدخيلة يُعد ثاني سبب رئيس لتهديد الأنواع وانقراضها. ويمكن لأنواع النباتات الدخيلة أن تهدد جماعات الطيور مـن خلال فقدان الموطـن في أراضي التكاثر أو الأراضي التي تقضي فيها فصل الشتاء. وقد تفترس أنواع الحيوانات الدخيلة حيوانات أصيلة في منطقة ما. ويشـكّل التَّنافُس على المكان والفرائس عاملًا أساسـيًّا في اكتسـاح الأنواع الدخيلة للأنواع الأصيلة.

الحلول يُمكن التَّحكُّم في الأنواع الدخيلة بعدَّة طرائق، منها القوانين، وعدم السماح بدخول المخلوقات الحية الدخيلة. ويدرس العلماء باسـتمرار الأنواع الدخيلـة لكي يفهموا طرائق السَّيطرة على انتشـارها، ودورة حياتها، وسلوكها. ويمكن أن تُساعد قوانين وأنظمة متعلقة بالمشكلات البيئية على تحسين الظُّروف المرتبطة مع الأنواع الدخيلة أيضًا.

مشاركة المجتمع المحلي

كتابة تقرير اكتب تقريرًا عن أحد أنواع الحيوانات الدخيلة في منطقتك، وشارك مدارس منطقتك نتائج التقرير بالتعاون مع معلمك. على أن يكون التقرير موجهًا إلى طلاب المدارس الابتدائية فـي منطقتك. وتأكَّد من أنَّك قد شـاركت طلاب المدارس في هذا النشاط.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مختبر الأحياء

كيف يمكنك عمل نموذج لبيئة الزواحف والطيور؟

الخلفية النظرية: اطلب إلى طلاب صفِّك أن يساعدوك على التَّخطيط لعمل معرض جديد لحديقة حيوانات يتعلق بتكيفات الطُّيور والزَّواحف. وسوف تبحث في هذا المختبر عن أنواع مختلفة من الطُّيور والزَّواحف لتفهم كيف تكيَّفت تراكيب أجسامها مع البيئات المتنوعة ومصادر الغذاء المختلفة. وستستعمل هذه المعلومات لعمل نموذج لبيئة يمكن أن تعيش فيها الطُّيور والزَّواحف في حديقة الحيوان.

سؤال: *كيف يُمكنك عمل نموذج لبيئة ما بالاعتماد على ما تعرفه عن تكيُّفات المخلوق مع بيئته؟*

المواد والأدوات

- دليل ميداني للطيور والزَّواحف.
- رمل.
- تربة .
- قطع ورق مُقوى.
- صندوق ورق مُقوى.
- قطع خشبية.
- عيدان أسنان.
- صمغ.
- مقص.
- أقلام تلوين.
- فاصولياء جافة.
- حجارة/ حصى.
- قطع لباد/ فلين.

احتياطات السَّلامة

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السَّلامة في دليل التجارب العملية.
2. اختر أحد أنواع الزَّواحف وأحد أنواع الطُّيور، وابحث عن تكيُّفات كل نوع، ومعلومات عن البيئة التي يعيش فيها، والطَّعام الذي يتغذّى عليه وسلوكه. وابحث أيضًا عن دور تركيب الجسم والسلوك بوصفهما من الميزات التنافسية في البيئة التي تعيش فيها هذه المخلوقات.
3. استعمل المعلومات التي جمعتها لعمل وصف مُفصَّل للبيئة التي يجب بناؤها في المعرض لكل طائر وزاحف قمت بالبحث عنه.

4. تأكَّد من موافقة المعلم على خطَّتك قبل المضيّ فيها.
5. استعمل المواد المُتوافرة لعمل نموذج لكلٍّ من بيئة الزَّاحف وبيئة الطَّائر اللذين اخترتهما والتي تمكّنهما من العيش في حديقة الحيوانات.
6. اعرض النموذجين على الصف، ثم فسّرهما.

حلِّل ثم استنتج

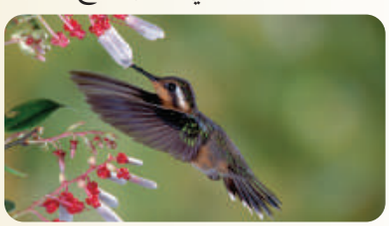
1. **صف** كيف أدَّت الاختلافات بين الطُّيور والزَّواحف إلى اختلافات في النّماذج التي عملتها لكل بيئة.
2. **حدّد** جوانب الضعف في نموذجك. وهل يدعم نموذجك حاجات كل نوع؟ وما التعديلات التي أضفتها إلى نماذجك؟
3. **صف** كيف أنّ تراكيب المخلوقات الحية وسلوكها تُعد من المميزات التنافسية في بيئاتها.

الكتابة في علم الأحياء

نشرة للمنزل اكتب نشرة ووضحها بالرسوم؛ لتمكّن النَّاس الذين يزورون معرضك أن يأخذوا نسخة منها إلى منازلهم. وضمّنها معلومات عن الحيوانات الموجودة في المعرض، وتوضيحات لبيئاتها الطَّبيعية.

الفصل 3 دليل مراجعة الفصل

المطويات **استنتج** ليس للأسماك والبرمائيات بيوض أمنيونية. لماذا؟ صف هذه الأسباب على ظهر المطوية.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
3 – 1 الزَّواحف	
الغشاء الرهلي (الأمنيون) البيضة الرهلية (الأمنيونية) الطاقة ATP (أدينوسين ثلاثي الفوسفات) عضو جاكوبسون درع الظهر درع البطن	**الفكرة الرئيسة** **خلق الله سبحانه وتعالى للزواحف تكيفات مكّنتها من العيش على اليابسة.** • وهب الله للزَّواحف عدة أنواع من التَّكيُّفات التي مكّنتها من العيش على اليابسة. • تكيّف بيض الزَّواحف للنمو والعيش على اليابسة. • تُقسم الزَّواحف إلى أربع رتب هي: الحرشفيات، والتمساحيات، والسلحفيات، وخطمية الرأس. • الزَّواحف مخلوقات أمنيونية. والعديد من الزَّواحف ـ ومنها الديناصورات ـ قد انقرضت.
3 – 2 الطُّيور	
ثابتة درجة الحرارة الريش الريش المحيطي (الكفافي) الغدَّة الزيتية الريش الزغبي عظم القص كيس الهواء الحضانة	**الفكرة الرئيسة** **وهب الخالق جل وعلا للطُّيور ريشًا وأجنحة وعظامًا خفيفة الوزن وتكيُّفات أخرى تسمح لها بالطيران.** • للطُّيور خصائص تجعلها مُتكيِّفة جيدًا للطيران. • يمكن للطُّيور أن تُولِّد حرارة جسمها داخليًا. • للطُّيور عظام خفيفة الوزن. • شكل منقار الطَّائر يحدده نوع الغذاء الذي يتناوله. • للطُّيور عمومًا بصر حاد. • تُقسم الطُّيور إلى 27 رتبة. • تؤدي الطيور دورًا مهمًّا في السلاسل الغذائية. • تدمير الموطن والتِّجارة غير القانونية قد يؤثران في بعض أنواع الطُّيور. 

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

3–1

مراجعة المفردات

استبدل المفردات التي تحتها خط بكلمات أخرى من صفحة دليل مراجعة الفصل لتصحيح العبارات الآتية:

1. توجد عدّة أغشية داخل الدرع الظهرية.
2. الجزء البطني في درع السُّلحفاة يسمى عضو جاكوبسون.
3. الدرع السفلية مسؤولة عن حاسة الشَّم في الأفاعي.
4. الجزء الظَّهري لدرع السُّلحفاة يُسمى البيضة الأمنيونية.

تثبيت المفاهيم الرّئيسة

5. أيّ مما يأتي ليس من الزَّواحف؟

a.

b.

c.

d.

6. أيّ الجمل الآتية خاطئة فيما يتعلق بتنفس الزواحف؟

a. تستعمل معظم الزَّواحف الرِّئات لتبادل الغازات.

b. في عملية الشهيق تنبسط عضلات القفص الصَّدري في الزواحف.

c. في عملية الزفير تنبسط عضلة جدار الجسم في الزواحف.

d. لرئات الزَّواحف مساحة سطح أكبر من تلك التي في البرمائيات.

7. أيّ تراكيب الزَّواحف الآتية يوجد فيها حمض البوليك؟

a. الرِّئتان. b. المجْمع.

c. القلب. d. المعدة.

أسئلة بنائية

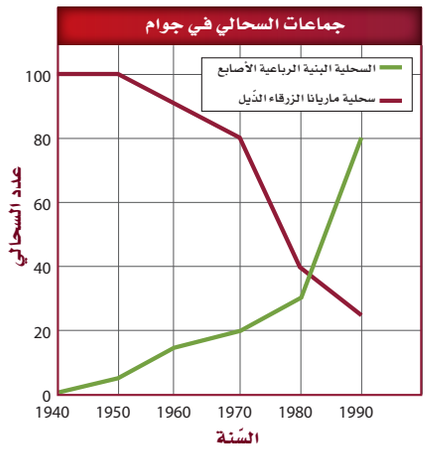
8. **نهاية مفتوحة.** اعمل جدولًا يوضِّح التَّراكيب الآتية ووظائفها، وتشابهها مع أداة صنعَها الإنسان: الأمنيون، البُطين، المثانة، عضو جاكوبسون، الدرع الظهرية والدرع البطنية في السُّلحفاة، الكليتين.

9. **نهاية مفتوحة.** اعمل مفتاحًا ثنائي التفرُّع يمكن أن يساعد الشَّخص الذي يدرس حيوانًا زاحفًا على تحديد رتبته.

التفكير النّاقد

10. **تطبيق المفاهيم.** أرجل أبي بريص (الوزَغة) مُغطّاة بالملايين من التَّراكيب التي تُشبه الشَّعر قد تلتصق بالسطوح، وعندما تُلامس سطحًا ما يحدث تجاذب بين الجُزيئات، فتلتصق أقدام أبي بريص على ذلك السَّطح. وهذه التَّراكيب قد تدعم حتى 400 ضعف وزن جسم أبي بريص تقريبًا. فكيف يُمكن للعلماء أن يستعملوا طريقة التصاق أرجل أبي بريص بالسطوح في عمل أداة يُمكن أن تكون مُفيدة للبشر؟

استعمل الرَّسم الآتي للإجابة عن السؤاليـــن 11 و 12. لقد أُدخلت الســـحالي البُنِّية الرُّباعية الأصابع إلى جزيرة جوام في المُحيط الهادئ في بدايات عام 1950م.



11. حلِّل البيانات. كيف تغيَّرت أعداد جماعات الســـحلية البُنِّية الرُّباعية الأصابع وســـحلية ماريانـــا ذات الذَّيل الأزرق منذ عام 1950م؟

12. كوِّن فرضيـــة مفصلة تُفسِّر التَّناقُص في أعداد جماعات سحلية ماريانا الزرقاء الذَّيل.

13. قارن. بين جهاز الدوران في الزَّواحف والبرمائيات؟

14. وضِّح. اعمـــل مخططًا يُبيِّـــن كيف أثَّر فقـــدان البيئات وإدخال الأنواع الدَّخيلة في جماعة أفعى الغرطر.

3–2

مراجعة المفردات

فسِّر العلاقة بين المفردات الآتية:

15. الثابتة درجة الحرارة، الرِّيش الزغبي.

16. الرِّيش المحيطي، الرِّيش الزغبي.

17. الغدة الزيتية، الرِّيش المحيطي.

18. عظم القص، كيس الهواء.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

19. أيّ العبارات الآتية صحيحة فيما يتعلق بالطيور؟

a. قلبها مكون من ثلاث حجرات.

b. عظامها خفيفة الوزن لأنها تحتوي تجاويف هوائية.

c. لها مثانة بولية.

d. الطيور حيوانات متغيرة درجة الحرارة.

20. أيّ مصطلـــح مما يأتـــي لا ينتمي إلـــى المصطلحات الأخرى في كل مجموعة مما يأتي؟

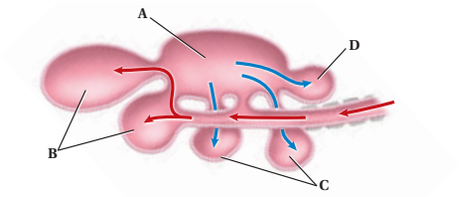
a. البُطين، الأُذين، الدم المؤكسج، الدم غير المؤكسج.

b. الكلية، الفضلات النيتروجينية، حمض البوليك، المجمع (المذرق).

c. المُخيخ، المُخ، الأجزاء البصرية، النُّخاع.

d. البيضة الأمنيونية، المذرق، الكلية، الأمنيون.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 21.



21. أيّ التَّراكيـــب الآتية يدخل إليها الهواء المؤكســـج في أثناء عملية الشهيق في الطائر؟

a. A **b.** B

c. C **d.** D

22. تنتمي الكلية والمجمع إلى الجهاز:

a. الإخراجي. **b.** العصبي.

c. الهضمي. **d.** التَّكاثُري.

23. ما نوع المنقار الذي يحتاج إليه طائر يتغذَّى على نباتات مائية؟

a. واسع وعريض.

b. كبير وعلى شكل مغرفة.

c. حاد ومعقوف.

d. طويل، رفيع، ومُدبَّب.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

3 تقويم الفصل

أسئلة بنائية

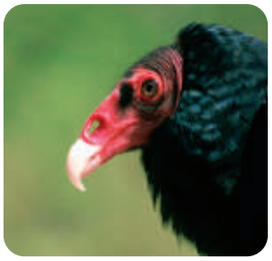
24. مهن مرتبطة مع علم الأحياء. وضع علماء الطُّيور فرضية مفادها أنَّ الذَّاكرة الطويلة الأمد لبعض الطُّيور المهاجرة تكون أفضل منها في الطُّيور غير المهاجرة. ولاختبار هذه الفرضية زُينت غرفتان؛ واحدة بنبات اللبلاب والأُخرى بنبات الخُبيزة. ووضع طعام في غرفة واحدة فقط. وسُمح لطيور مُهاجرة وأخرى غير مهاجرة باستكشاف كلتا الغرفتين من دون وجود الغذاء. وبعد عام سُمح للطيور نفسها باستكشاف الغرفتين. وقد استغرقت الطيور المُهاجرة في اكتشاف الغرفة التي احتوت على الغذاء فترة أطول من الطيور غير المهاجرة. صُغ استنتاجًا عن الذَّاكرة الطويلة الأمد في هذه الطُّيور.

التفكير النَّاقد

25. كوِّن فرضية. تُغرِّد الطُّيور غالبًا عند الفجر. ويعتقد العلماء أنَّ الطُّيور تعلن عن حدود مناطقها أو تعلن عن مكانها لأي شريك تزاوج مُحتمل. وقد اكتشف علماء الأحياء أيضًا أنَّه كلما كانت عينا الطَّائر أوسع غرّد أبكر. كوِّن فرضية عن العلاقة بين العين والتَّغريد المبكر عند الطُّيور.

26. استنتج. عرف علماء الأحياء أنَّ صغار الطُّيور تلفّ أجسامها داخل أعشاشها. استنتج أهمية هذا الالتفاف لأجسام الطيور.

استعمل الشَّكل الآتي للإجابة عن السؤال 27.



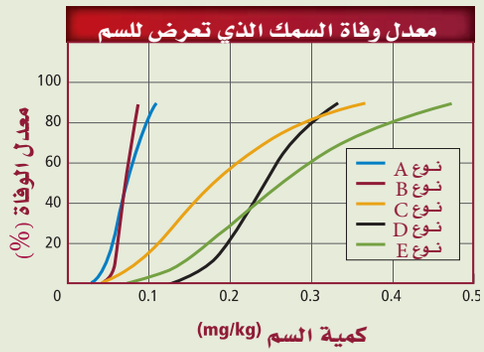
27. استنتج. ما نوع الطَّعام الذي يأكله هذا الطَّائر؟ وكيف يستعمل منقاره خلال التَّغذية؟

تقويم إضافي

28. الكتابة في علم الأحياء اكتب مُلخَّصًا حول الدراسة المسحية في **التجربة 1-2**، وسجّل أنواع الطيور التي حدّدتها، وعدّدها.

أسئلة المستندات

لأفاعي البحر الخضراء سمّ قويّ جدًّا تحقِنه داخل الفريسة. وفي العديد من الحالات يشلّ السُّم العضلات التي تضخ الماء عبر خياشيم السَّمك. ويُظهر الرَّسم البياني مُعدَّلات الوفاة لخمسة أنواع من الأسماك أُعطيت جُرعات مُختلفة من سم استُخلص من أفعى بحر خضراء.



استخدم الرسم البياني السابق في الإجابة على السؤالين 29-30

29. أيّ أنواع الأسماك أكثر تأثرًا بالسُّم، وأيها أقل تأثُّرًا؟ فسِّر كيف عرفت ذلك؟

30. لنوع السَّمك الأقل تأثُّرًا بالسُّم المقدرة على التنفُّس من خلال جلده، بالإضافة إلى الخياشيم. لماذا تُعد هذه الصفة مُهمَّة للنَّجاة من سمِّ أفعى البحر؟

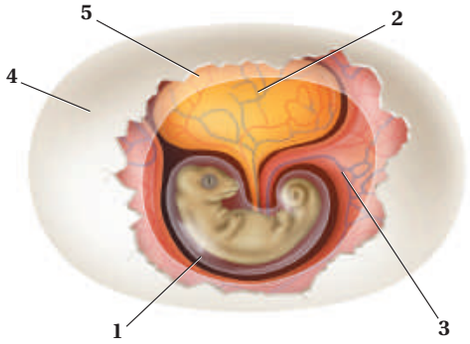
اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. أيّ الخصائص الآتية استخدمت في تقسيم الديناصورات إلى مجموعتين؟

a. تركيب عظام الورك
b. تركيب الجمجمة والفكوك
c. ثابتة درجة الحرارة أم متغيرة درجة الحرارة
d. آكلة أعشاب أم آكلة لحوم

استعمل الشَّكل الآتي للإجابة عن السؤالين 2 و3.



2. أيّ الأرقام الآتية تمثل الغشاء المملوء بالسَّائل الذي يمنع الجنين من الجفاف ويحميه؟

a. 1 **b.** 2
c. 4 **d.** 5

3. أيّ الأرقام الآتية تمثل مصدر الغذاء الرَّئيس لجنين الزَّاحف المبين في الشكل؟

a. 1 **b.** 2
c. 3 **d.** 4

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤال 4.

الصَف	المجموعة	بعض مكوّنات الجهاز الهضمي
1	البرمائيات	لها قانصة، معدة، أمعاء
2	الزَّواحف	لها حوصلة، أمعاء دقيقة وغليظة
3	الطُّيور	لها حوصلة، قانصة، أمعاء
4	الأسماك	لها مثانة عوم، قانصة، أمعاء

4. أيّ صفّ في الجدول أعلاه يحتوي معلومات صحيحة عن الجهاز الهضمي؟

a. 1 **b.** 2
c. 3 **d.** 4

5. يوصف دماغ الطيور بأنه:

a. نخاع مستطيل كبير للرؤية.
b. مخ كبير لضبط عمليتي التنفس والهضم.
c. مخيخ كبير لتنسيق الحركة وحفظ والتوازن.
d. قشرة دماغ كبيرة للتحكم في الطيران.

6. أيّ العبارات الآتية صحيحة فيما يتعلق بجهاز الدوران في السلاحف؟

a. دورتان دمويتان مغلقتان، وقلب مكون من أربع حجرات.
b. دورتان دمويتان مغلقتان ، وقلب مكون من ثلاث حجرات.
c. دورة دموية واحدة مغلقة، وقلب مكون من ثلاث حجرات.
d. دورة دموية واحدة مغلقة، وقلب مكون من حجرتين.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الإجابات القصيرة

7. صف كيف تنظِّم الزَّواحف درجة حرارة أجسامها؟

8. فسِّر لماذا تحتاج الطُّيور إلى جهاز تنفُّس فعَّال؟

9. اذكر التَّغيُّرات التي يمر بها أبو ذُنيبة قبل أن يصل إلى مرحلة الضفدع المكتمل النمو.

10. قارِن بين نوعي ريش الطُّيور.

11. كوِّن فرضية تجيب فيها عن سبب وجود أنواع مختلفة وكثيرة من الطُّيور.

أسئلة الإجابات المفتوحة

12. قوّم كيف تكيَّف هيكل الطائر العظمي للطَّيران؟

استخدم الشكل الآتي لتجيب عن السؤالين 13 و14.

13. قوّم مـــا الوظيفة التي يؤديها موقـــع العيون في هذين الطائرين؟

14. فسّر كيف يعطي المنقار في هذين الطائرين دليلاً على طبيعة غذاءيهما؟

أسئلة مقالية

يقوم الأبوان في معظم أنواع الطُّيور برعاية الصَّغير؛ حيث يتزاوج الأبوان في موسم التَّزاوج ويُربيان صغارهما. وفي بعـــض أنواع الطّيور يبني أحد الأبويـــن العش، ثمَّ يجذب شريكًا للتزاوج. وفي أنواع أُخرى من الطُّيور يقوم الأبوان ببناء العش معًا. ويتناوبان على حراســـة البيض وحضانته. وعندما يفقس الصغار يُحضر الوالدان غذاءً يُشبه ما ستأكله الطُّيور اليافعة عندما تُصبح بالغة، وتستمر هذه العناية إلى أن تُصبح الصِّغار مُســـتعدة للطَّيران بعيدًا عن العش. وبعد مغادرتها العش، تصبح الطُّيور اليافعة مســـتقلة، ونادرًا ما يكون لها أي اتصال مع والديها.

أجب عن السُّؤال الآتي بأسلوب مقالي مستعينًا بالمعلومات الواردة في الفقرة السَّابقة:

15. يقوم الأبوان كلاهما في الطُّيور بالعناية بالصِّغار. أمّا في الثَّدييات فتقـــوم الأم غالبًا بتربية الصِّغار وحدها. اقترح فرضية تُفسِّر فيها لماذا يقوم الأبوان في الطيور بالعناية بالصِّغـــار، في حين تقوم الأم فـــي الثَّدييات بذلك. وناقش كيف يمكن اختبار هذه الفرضية.

يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
الفصل / القسم	3–1	3–1	3–1	3–2	3–2	3–1	3–1	3–2	3–1	3–2	3–2	3–2	3–2	3–2	3–2
الصف	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 4

الثَّدييات

Mammals

الفكرة العامة ميز الله سبحانه وتعالى الثدييات بمجموعة من التكيفات المتنوعة للمحافظة على اتزانها الداخلي والعيش في البيئات المختلفة.

1 - 4 خصائص الثدييات

الفكرة الرئيسة للثَّدييات خاصيتان مميزتان، هما: الشَّعر والغُدد اللبنية.

2 - 4 تنوُّع الثَّدييّات

الفكرة الرئيسة تقسّم طائفة الثَّدييات إلى ثلاث تحت طوائف، بناءً على طرائق تكاثرها.

حقائق في علم الأحياء

- الشَّعر الذي يغطي جسم الغزال يحوي فراغات، مما يُساعد على عزل جسمه من البرد، وكذلك يبقيه طافيًا عندما يتحرك عبر الماء.
- شعر الدب القطبي شفاف ولا لون له. وتبدو الدببة بيضاء لأنَّ الشّعر المُجوّف يعكس الضوء ويشتته.
- لبعض الثَّعالب الحمراء فرو أسود، أو فرو فضّيّ، ولبعضها في حالات نادرة فرو مرقط باللونين الأسود والفضي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تجربة استهلالية

ما المخلوق الثديي؟

إنَّك ترى الثَّدييات كل يوم، ومنهـا الأغنام التي ترعى، والجمال في الصحراء، والنـاس الذين تعيش معهم. ما الخصائص المشتركة بين هذه الثدييات؟

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السَّلامة في دليل التَّجارب العملية.
2. تفحَّص **عينـات أو صـورًا للثَّدييـات**، ومن ذلك الثَّعلب الأحمر المبيّن في الصفحة المُقابلة.
3. حدد الخصائص التي تشترك فيها الثَّدييات الظاهرة في الصُّور.
4. صمِّم جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك.

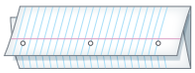
التَّحليل

1. **استنتج** وظيفـة كل خاصيـة طبيعية تشـترك فيها الثَّدييات.
2. **صف** مدى التنـوُّع الكبير في خصائـص الثَّدييات وسلوكها، مُسـتخدمًا الصور، وكذلك خبراتك مع الثدييات الأُخرى.
3. **استنتج** كيف اسـتخدم العلماء خصائص الثدييات المختلفة لتصنيفها في تحت طوائف مُحدَّدة.

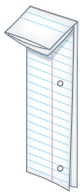
المطويات
منظمات الأفكار

تحت طوائف الثدييات اعمل المطوية الآتية لمساعدتك على مقارنة خصائص الثدييات في كل تحت طائفة.

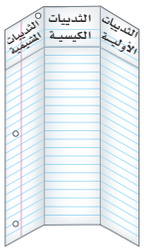
الخطوة 1: اطـوِ ورقة إلى ثلاثة أجزاء متسـاوية كما في الشكل الآتي:



الخطوة 2: اثنِ الورقة من أعـلى بمقدار 2.5 cm إلى أسفل، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3: افتـح المطوية، وارسـم خطوطًا على طول الطَّيـة العلوية. وعنون كل لسـان بالعناويـن التالية: الثدييات الأولية، الثدييات الكيسية، الثدييات المشيمية. كما في الشكل الآتي:



المطويات **استخدم هذه المطوية في القسم 2-4.** عندما تقرأ هذا القسم سجِّل ما تعلَّمته عن صفات الثَّدييات في كل تحت طائفة، واسـتعمل هذه المعلومات لتقارن بين أفراد كل مجموعة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

4-1

الأهداف

- **تحدّد** خصائص الثَّدييات.
- **تصف** كيف تحافظ الثَّدييات على درجة حرارة ثابتة للوصول إلى الاتزان الداخلي.
- **تميّز** بين التَّنفُّس في الثَّدييات والتَّنفّس في الفقاريات الأخرى.

مراجعة المفردات

ثابتة درجة الحرارة Endotherms: مخلوقات تولِّد حرارة جسمها داخليًّا من خلال العمليات الأيضية الخاصة بها.

المفردات الجديدة

الغدة اللبنية
الغدَّة
معدَّل الأيض
الحجاب الحاجز
القشرة المخية
المخيخ
الرحم
المشيمة
الحمل

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

خصائص الثدييات

Mammalian Characteristics

الفكرة الرئيسة **للثَّدييات خاصيّتان مميزتان، هما: الشَّعر، والغدد اللبنية.**

الربط مع الحياة فكِّر في الخصائص المميزة لطوائف الفقاريات الأخرى التي سبق أن درستها. بيِّن كيف تختلف الثدييات عن مخلوقات الطَّوائف الأُخرى؛ فخصائص الثدييات تساعدها على أداء نشاطاتها اليومية المختلفة.

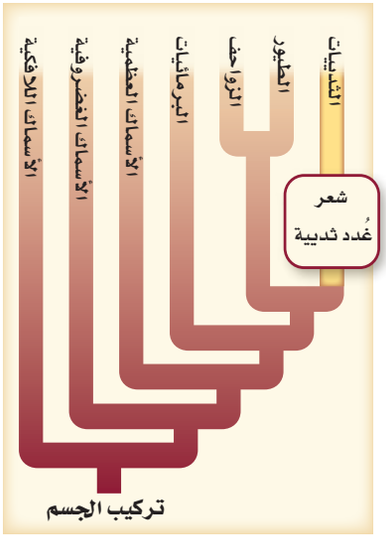
الشَّعر والغدد اللبنية Hair and Mammary Glands

تتميز أفراد طائفة الثَّدييات عن الفقاريات الأُخرى بخاصِّيتين مهمتين، هما الشَّعر والغدد اللبنية. تُنتج **الغُدد اللبنية** mammary glands الحليب، وتفرزه ليُغذِّي الصَّغير النَّامي. أما الشعر فهو يغطي أجسام الثَّدييات. وكما ترى في مخطط العلاقات التركيبية، المبين في **الشكل 1-4**، فإن للثَّدييات تفرعًا خاصًّا بها يسمى تفرع الشَّعر والغُدد اللبنية.

وظائف الشَّعر Functions of hair يؤدّي شَعر الثَّدييات عدَّة وظائف، هي:

1. العزل: العزل ضدّ البرودة من أهم وظائف الشَّعر؛ حيث تستفيد الثدييات من فرائها أو أشعارها في المحافظة على حرارة أجسامها، ومنع فقدانها.
2. التخفّي: تسمح فراء الثدييات أو أشعارها بالانسجام مع تنوع بيئاتها.
3. الإحساس: في بعض الحالات يتحوَّر الشَّعر إلى شاربين. الفُقمة مثلًا تستعمل شواربها الموجودة على أنفها لتتبُّع الفريسة في ظُلمة الماء من خلال الإحساس بتغيُّرات الماء التي تحدث عندما تمر سمكة بالقرب منها.
4. مُقاومة الماء: لعلك تعرف مدى البرودة التي تشعر بها عندما تخرج من بركة السِّباحة في يوم حار. فعندما يتبخَّر الماء عن جلدك يفقد جسمك الحرارة. العديد من المخلوقات المائية ـ ومنها ثعلب الماء المبين في **الشكل 2-4** ـ لها شعر يمنع وصول الماء إلى جلدها، وهذا يُساعدها على المحافظة على درجة حرارة أجسامها.

الشكل 1-4 الشَّعر والغدد اللبنية صفتان تُميِّزان الثَّدييات من الفقاريات الأخرى.



الشكل 2-4 الشَّعر الذي يُغطِّي جسم ثعلب الماء يُساعده على منع وصول الماء إلى جلده.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الدِّفاع

التواصل

■ **الشكل 3–4**
اليمين: إبر النيص شعر مُتحوِّر، تحميه من المُفترسات.
اليسار: يستعمل الشَّعر الأبيض على ذيول هذه الغـزلان في تنبيه باقي أفـراد القطيع للهرب من المُفترسات.

5. التواصل: يُمكن للشَّـعر أن يُسـتعمل أداة للتواصل؛ فالغـزلان ذات الذَّيل الأبيض ـ المبينة في **الشكل 3–4** ـ ترفع ذيولها لتظهر المنطقة البيضاء أسفل الذيل، عندما تهرب لكي تلحق بها الغزلان الأخرى.

6. الدِّفاع: يُمكن للشَّـعر أن يستعمل أداة دفاع ضد المُفترسات؛ فللنيص المبين في **الشكل 3–4** إبر حادَّة ـ وهي شـعر مُتحوِّر ـ تنفصل بسهولة عندما يهدده مخلوق مُفترس آخر، فتلتصق الإبر بالمُفترسات التي تلمسه، وتطعنها.

تركيب الشَّعر Structure of hair يحتوي الشَّعر في الثدييات على بروتين ليفيٍّ قاسٍ يُسـمَّى الكيراتين. وهو بروتين يدخل أيضًا فـي تكوين الأظفار والمخالب والحوافر. تتكوَّن طبقة الشعر غالبًا من نوعين من الشَّعر: شعر طويل يحمي شعرًا قصيرًا كثيفًا عازلًا تحته. ويُوفِّر الهواء المحصور في طبقة الشَّعر السفلية القصيرة الكثيفة عزلًا ضدّ البرودة، ويحافظ على درجة حرارة الجسم.

ماذا قرأت؟ فسِّر ما أهمية الشَّعر للثدييات؟

الغدد Glands تفرز الغدد أنواعًا مختلفة من السَّـوائل تسـاعد على تنظيم البيئة الدَّاخلية للثَّدييات. **الغُدَّة** gland مجموعة من الخلايا تُفرز سـائلاً يُسـتعمل في مكان آخر من الجسـم. وتسـاعد الغدد العرَقية على المحافظة على درجة حرارة الجسـم. وتُنتج الغدد اللبنية الحليب الذي يُغذِّي الصغار. يحتوي الحليب على الماء والكربوهيدرات على شكل سـكر لاكتوز ودهون وبروتين. وتختلف نسبة هذه المواد من نوع إلى آخر من الحليب.

تتنوَّع نسب المواد الغذائية بشـكل كبير في الأنواع المختلفة من الثَّدييات. فعلى سـبيل المثال، يتنوَّع معدل الدُّهون (الدسم) من 50% – 1؛ حيث يحتوي حليب الثَّدييات المائية التي تسـتعمل طبقة من الدُّهن لتحافظ على حرارة جسمها ـ على أعلى كمية من الدُّهون (الدسم).

تُفرز غُدد الرَّائحة مواد تسـتعملها الثَّدييات لتحديد مناطقها، أو لتجذب شـريك التزاوج. وتحافظ الغدد الدهنية في الجلد على جودة وسـلامة شـعر المخلوق وجلده، في حين تُنتج غدد أُخرى هرمونات تنظِّم العمليات الدَّاخلية، ومنها النُّمو وإطلاق البيوض من المبايض.

تجربة علمية
ما أفضل طريقة للمحافظة على دفء الأجسام؟
ارجع لدليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

إرشادات الدراسة

توقُّـع راجع هـذا القسـم بالنَّظر إلى العناويـن الملوّنـة والصُّـور، وتوقَّـع الخصائص المُميِّزة للثدييات، ثم استعن بالعناوين والصُّور على توقُّع الملاحظات التي تتعلق بهذا القسم.

افحص **الجدول 1–4** لترى نسب المواد الغذائية في حليب ثدييات مختلفة.

الجدول 1–4	نسب المواد الغذائية في حليب الثَّدييات				
المادة المغذية	الكلب	الدُّلفين	الفقمة	الأرنب	الحمار الوحشي
الماء	76.3	44.9	43.8	71.3	86.2
البروتين	9.3	10.6	11.9	12.3	3.0
الدُّهون	9.5	34.9	42.8	13.1	4.8
السُّكر	3.0	0.9	0.0	1.9	5.3

ماذا قرأت؟ فسِّر لماذا تكون نسبة الدُّهن عالية في حليب الثَّدييات المائية؟

خصائص أُخرى Other Characteristics

تشترك الثَّدييات ـ بالإضافة إلى الشَّعر والغدد اللبنية ـ في خصائص أُخرى، منها **معدَّل الأيض** metabolic rate (وهو المعدل الذي تحدث به التفاعلات الكيميائية داخل الخلية في المخلوق الحي) المرتفع الذي يحافظ على ثبات درجة حرارة أجسامها، ولها أسنان وأجهزة هضمية مُتخصِّصة، وحجاب حاجز يُساعدها على التَّنفُّس، وقلب رُباعيّ الحُجرات، ودماغ معقّد ومتخصص.

مخلوقات ثابتة درجة الحرارة Endothermy الثَّدييات مخلوقات ثابتة درجة الحرارة. وهذا يعني أنَّها تُنتج حرارة جسمها داخليًّا. ويشكل مُعدَّل الأيض المُرتفع داخل أجسامها مصدر حرارتها. يتمُّ التَّحكُّم في درجة حرارة الجسم بآليات تغذية راجعة داخلية، من خلال إشارات بين الدِّماغ والحواس المُنتشرة في الجسم.

فعلى سبيل المثال، عندما ترتفع درجة حرارة بعض الثَّدييات بسبب بذل جهد أو ارتفاع حرارة الهواء المحيط تنشط غدد العرق في الجلد لإفراز العرق الذي يتبخّر عند سطح الجلد. وعندما يتبخّر العرق يمتص الحرارة من الجسم فيُبرِّده.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

عالِم الثَّدييات Mammalogist

علم الثَّدييات فرع من الأحياء يهتم بدراسة الثَّدييات. ويبحث عالِم الثَّدييات في سلوك نوع أو أكثر من الثَّدييات، وتشريحه، أو بيئته، وقد يقارن بين بعض الخصائص ـ ومنها الهضم مثلًا ـ في عدَّة أنواع من الثَّدييات.

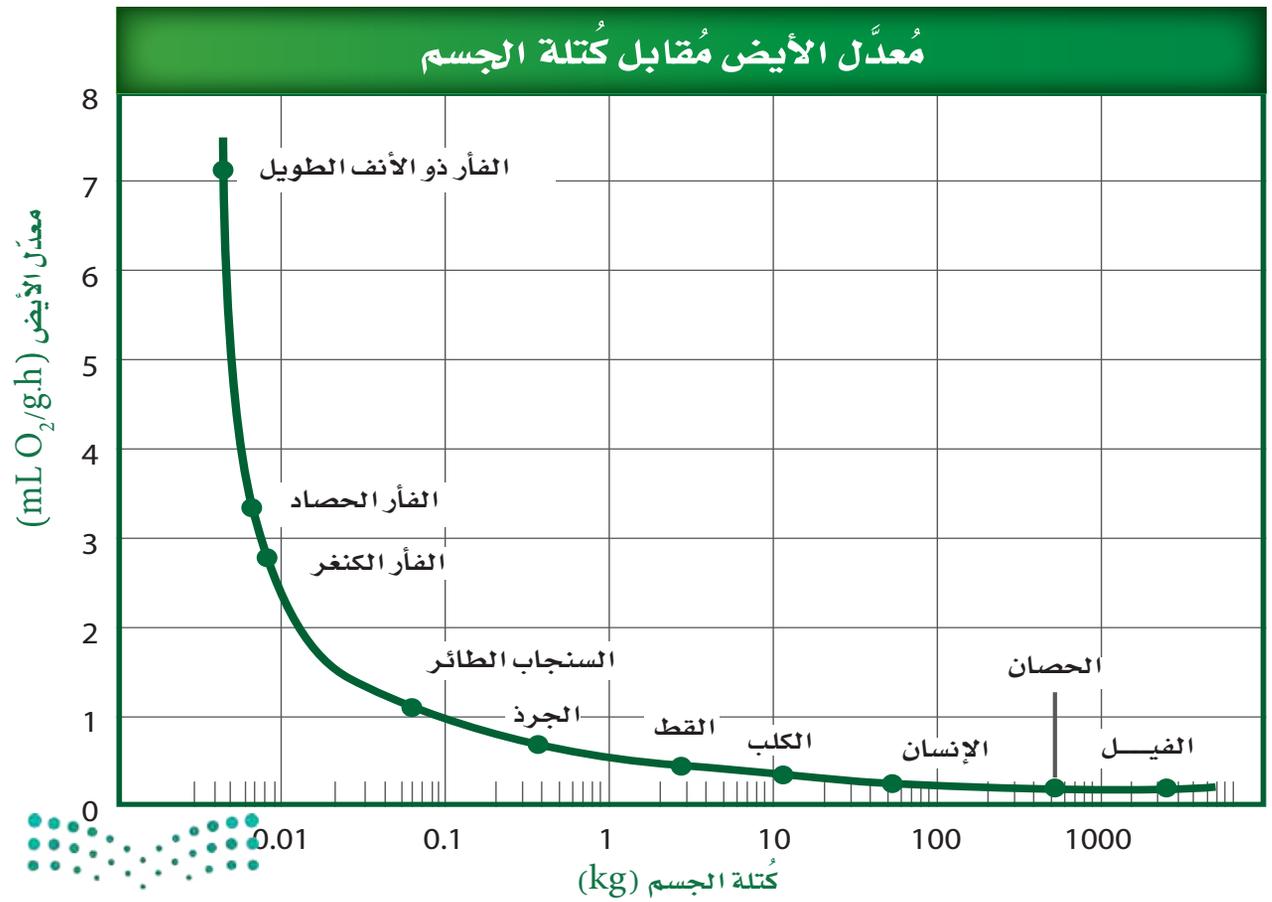
وعندما تنخفض درجة حرارة الجسم يتوقف التَّعرُّق. أما في الثَّدييات الأُخرى التي لا تنتج العرق فيُبرِّد اللُّهاث الجسم كما يفعل حيوان الكلب. ولعلك شاهدت مخلوقًا يلهث في يوم قائظ. وفي أثناء اللُّهاث يتبخّر الماء من الفم والأنف. ولأن الثَّدييات تستطيع تنظيم درجة حرارة أجسامها داخليًّا للمحافظة على الاتزان فهي تستطيع أن تعيش في جميع الأنظمة البيئية، ومنها المناطق القطبية في درجات حرارة التجمُّد، والصَّحارى، والمناطق الاستوائية الحارَّة، وغيرها.

التغذِّي والهضم Feeding and digestion للمحافظة على عمليات الأيض المسؤولة عن ثبات درجة الحرارة الداخلية تحتاج الثدييات إلى كميات كبيرة من الطَّاقة. وهي تحصل على حاجتها من الطَّاقة بتحليل الغذاء. يستعمل كثير من الثدييات الغذاءَ الذي تحصل عليه لإنتاج الحرارة اللازمة للمحافظة على درجة حرارة الجسم ثابتة.

تفحَّص الرَّسم البياني في **الشكل 4-4** الذي يُبين العلاقة بين مُعدَّل الأيض لمخلوق ثديي وكُتلة جسمه. فالثَّدييات الصَّغيرة ـ ومنها الفأر ذو الأنف الطويل، والأنواع الأخرى من الفئران ـ لها مُعدَّل أيض عالٍ بالنسبة إلى أحجامها. ولذلك على هذه المخلوقات الصَّغيرة أن تصطاد وتأكل الغذاء باستمرار تقريبًا لإمداد الجسم بالوقود اللازم لعمليات الأيض.

الشكل 4-4 نتيجة ارتفاع مُعدَّلات الأيض في أجسامها، يجب أن تتناول بعض الثَّدييات الصَّغيرة ـ ومنها الفئران ـ يوميًّا طعامًا يعادل وزن كُتلتها تقريبًا؛ للمُحافظة على اتزان درجة حرارة جسمها.

حلِّل ما كمية الغذاء (kg) تقريبًا التي يجب على الفأر ذي الأنف الطويل أن يتناولها كل يوم ليبقى على قيد الحياة؟



تقسيم الثدييات بحسب طريقة تغذّيها Trophic categories يُقسِّم العلماء الثَّدييات إلى أربع مجموعات، اعتمادًا على نوع غذائها:

1. آكلات الحشرات: ومنها الخُلد والفأر ذو الأنف الطويل، وهي تأكل الحشرات واللافقاريات الصَّغيرة.
2. آكلات الأعشاب: ومنها الأرانب والغزلان، وتتغذَّى على النَّباتات.
3. آكلات اللُّحوم: ومنها الثعالب والأُسُود، وتتغذَّى غالبًا على آكلات الأعشاب.
4. القارتة (آكلات أعشاب ولحوم): ومنها الرَّاكون والدب ومُعظم الرَّئيسات، وتتغذَّى على كل من النَّباتات وبعض المخلوقات الحية الأخرى.

خلق الله سبحانه وتعالى للثَّدييات مجموعة كبيرة من التكيُّفات التي تساعدها على إيجاد الغذاء، والإمساك به، ومضغه، وبلعه، وهضمه. وهذا من بديع صنع الخالق ـ عز وجل ـ في تنويع تراكيب أجسام المخلوقات الثَّديية وأنماط حياتها. فهضم ألياف النَّبات أكثر صعوبة، ويتطلَّب وقتًا أطول من هضم اللحوم. لذا فإن للثَّدييات التي تتغذى على النباتات مِعَى أعور أكبر، وجهازًا هضميًّا أطول من الثدييات التي تتغذى على اللحوم، **الشكل 5-4**.

آكلات الأعشاب (المُجترّات) Ruminant herbivores يُمكن أن يشكِّل السيليلوز ـ وهو من مُكوِّنات الجدار الخلوي في النَّباتات ـ مصدرًا للغذاء والطاقة. لكن إنزيمات الجهاز الهضمي في الثَّدييات لا تستطيع هضم السيليلوز. وعوضًا عن ذلك يوجد في المعى الأعور (وهو كيس يوجد حيث تلتقي الأمعاء الدَّقيقة مع الأمعاء الغليظة) لبعض آكلات الأعشاب بكتيريا تحلل السيليلوز. أما آكلات الأعشاب الأخرى فتوجد البكتيريا في معدتها وتحلل السيليلوز أيضًا إلى مواد غذائية يُمكن للمخلوق أن يستعملها. وهذا النوع من الثَّدييات يُسمى المجْتّرات، ولها معدة كبيرة مكوّنة من أربع حجرات. الماشية والخراف والثِّيران كُلُّها مُجترَّات. عندما تتغذَّى المُجترات تمرّ المواد النباتية المطحونة عبر المعدة الأولى والثانية، فتهضم النباتات جزئيًّا عن طريق بكتيريا المعدة، ثم تعيده إلى الفم على شكل كتل غذائية وتمضُغها مرة أخرى لفترة طويلة، فتتحطَّم ألياف الحشائش. وعندما يتمُّ ابتلاع المُضغة تصل إلى الحُجرة الرَّابعة، حيث يستمر الهضم.

ماذا قرأت؟ استنتج نوع العلاقة الموجودة بين مخلوق مجترّ وبكتيريا في مَعِدته.

الأسنان Teeth بالإضافة إلى تكيُّفات الجهاز الهضمي، تُظهر الأسنان طرق تغذِّي الثَّدييات أكثر من أي صفة طبيعية أُخرى. ففي الأسماك والزَّواحف تبدو الأسنان كلها مُتشابهة جدًّا في الفم؛ لأنَّ هذه المخلوقات تستعمل كل أسنانها للغرض نفسه، وهو الإمساك بالفريسة أو لتمزيقها إربًا قبل بلعها. وعلى العكس من ذلك، فإن للثَّدييات عدَّة أنواع من الأسنان التي تخصّصت في وظائف مُختلفة.

Digestive Systems of Mammals

الأجهزة الهضمية في الثَّدييات

■ **الشكل 5–4** تكيَّفت الأجهزة الهضمية في الثَّدييات لتقوم بهضم الغذاء وامتصاصه بشكل فعَّال. إن البروتين الذي تستهلكه آكلات اللُّحوم وآكلات الحشرات قابل للهضم بسهولة. تحتوي المواد النَّباتية على الكربوهيدرات، والماء، والسِّيليلوز الذي يُقاوم الهضم. قارِن بين تركيب كل جهاز هضمي أدناه.

الجهاز الهضمي لأكل حشرات

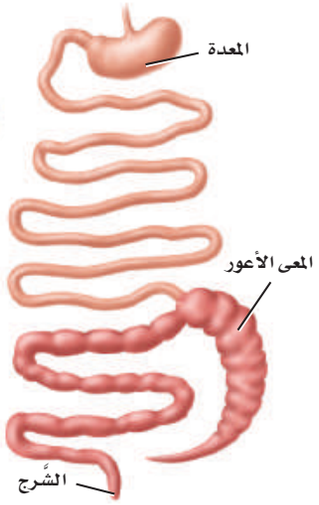
إنّ وجبة آكلات الحشرات تُهضم بسهولة وتُمتص بجهاز هضمي قصير نسبيًا.

الفأر ذو الأنف الطويل

الأرنب الشرقي ذو الذيل القطني

جهاز هضمي لأكل أعشاب غير مُجترّ

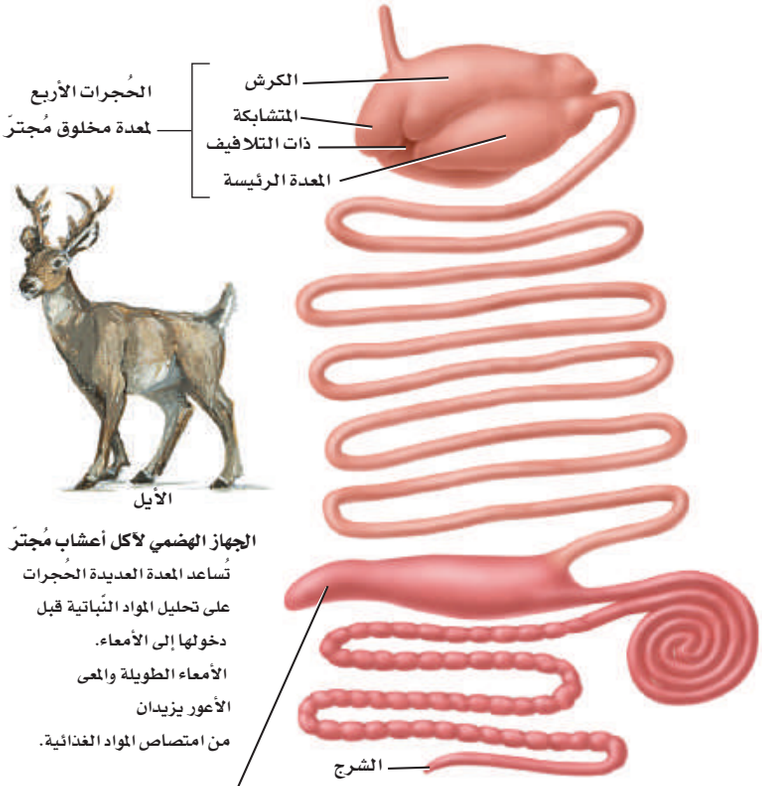
يبدأ هضم الغذاء وامتصاصه في المعدة. تقوم البكتيريا في المعى الأعور بتحليل السِّيليلوز.



الأيل

الجهاز الهضمي لأكل أعشاب مُجترّ

تُساعد المعدة العديدة الحُجرات على تحليل المواد النَّباتية قبل دخولها إلى الأمعاء. الأمعاء الطويلة والمعى الأعور يزيدان من امتصاص المواد الغذائية.



الثعلب الأحمر

الجهاز الهضمي لأكل لحوم

الجهاز الهضمي لآكل لحوم يشبه ما في آكل الحشرات. وبخلاف آكلات الأعشاب لا يُستعمل المعى الأعور في أي وظيفة مهمة في الجهاز الهضمي لآكل اللُّحوم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تُبين الرسوم في **التَّجربة 1 – 4** الأنواع الأربعة لأسنان الثَّدييات: الأنياب، والقواطع، والأضراس الأمامية (الضواحك)، والأضراس الخلفية (الرحى). أنياب الثَّعلب طويلة وحادة. تَستعمل آكلات اللُّحوم الأنياب لطعن فرائسها وجرحها. أما أنياب آكلات الأعشاب فتكون عادةً صغيرة الحجم، كما في جُمجمة البقرة الظَّاهرة في **التَّجربة 1 –4**. وتُستخدم الأضراس الأمامية والأضراس الخلفية في آكلات اللحوم لتقطيع اللَّحم ونزعه عن عظام فرائسها، في حين أن وظيفة الأضراس الأمامية والأضراس الخلفية في آكلات الأعشاب هي الطَّحن. قواطع آكلات الحشرات طويلة ومُنحنية، وتعمل عمل دبابيس لتثبيت الفريسة (الحشرة). قواطع القُندس الشَّبيهة بالإزميل مُتحوِّرة للقرض.

ولأن أسنان الثَّدييات تعكس أنماط تغذِّيها فيُمكن لعلماء الأحياء أن يُحدِّدوا ما تأكله الثَّدييات بدراسة أسنانها. أكمل **التَّجربة 1– 4** لتستنتج غذاء المخلوق الثَّديي؛ اعتمادًا على أسنانه.

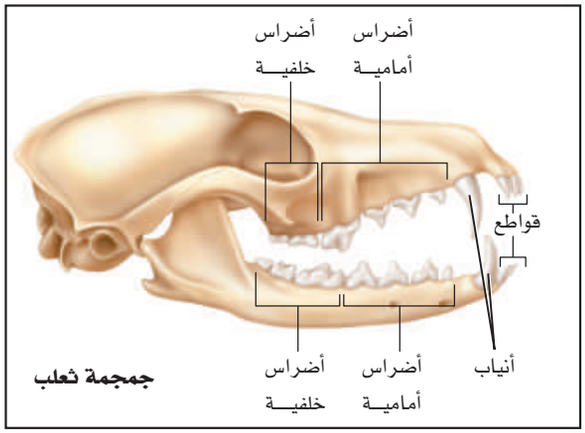
تجربة 1–4

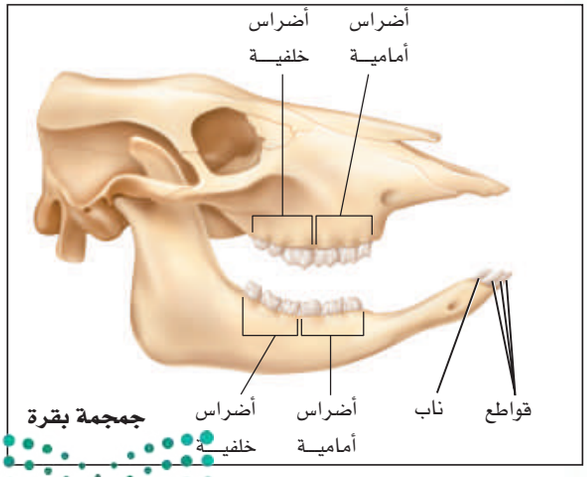
المقارنة بين أسنان الثدييات

كيف تخصصت أسنان الثدييات؟ استكشف كيف ترتبط أسنان الأنواع المختلفة من الثَّدييات مع غذائها؟

خطوات العمل

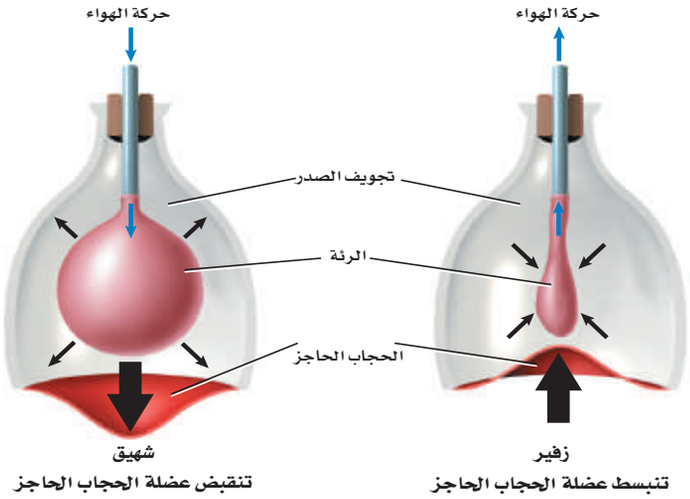
1. املأ بطاقة السَّلامة في دليل التجارب العملية.
2. لاحظ **الأسنان في جماجم أنواع مختلفة من الثَّدييات**.
3. اعمل قائمة بأوجه الشبه والاختلاف بين أسنان الأنواع المختلفة من الثَّدييات.





التحليل

1. **استنتج** وظيفة كل نوع من الأسنان بناءً على شكله.
2. **حدد** نوع الأسنان المشتركة بين كل الثَّدييات التي درستها.
3. **صف** كيف يستعمل كل مخلوق ثديي درسته أسنانَه للحصول على الغذاء وابتلاعه؟
4. **فسِّر** كيف يمكن للعلماء أن يستعملوا الاختلافات بين أسنان الثَّدييات لتصنيفها إلى مجموعات مختلفة؟



■ **الشكل 6–4** يشبه عمل الدَّورق والبالون مبدأ عمل الحجاب الحاجز الذي يجعل التَّنفُّس في الثَّدييات ممكنًا.

صف ماذا يحدث للتَّجويف الصَّدري عندما ينقبض الحجاب الحاجز أو ينبسط؟

الإخراج Excretion تُخرج كُلى الثَّدييات فضلات الأيض، وتحافظ على اتزان سوائل الجسم. كما أنها تصفّي الدَّم من اليوريا، أو النَّاتج النِّهائي للأيض الخلوي. وتُخرج كُلى الثَّدييات أيضًا كمية مناسبة من الماء أو تحتفظ بكميات مناسبة من سوائل الجسم إلى الدم، كما تمكّن الثدييات من العيش في البيئات القاسية، ومنها الصَّحارى؛ لأنَّها تستطيع أن تتحكَّم في كمية الماء في سوائل الجسم وخلاياه.

التنفس Respiration يستعمل المخلوق الثَّديي الغذاء الذي يحصل عليه للمحافظة على مستويات طاقة عالية. كما أنه يحتاج إلى مستويات عالية من الأُكسجين للمحافظة على مستويات أيض عالية. يدخل الأُكسجين إلى الرئتين من خلال عملية التَّنفُّس. وعلى الرَّغم من أنَّ بعض المخلوقات الأُخرى ـ ومنها الطُّيور والزَّواحف ـ لها رئات فإنَّ الثَّدييات هي المخلوقات الوحيدة التي لديها حجاب حاجز. **الحجاب الحاجز** diaphragm طبقة عضلية تقع تحت الرِّئتين وتفصل بين التَّجويف الصدري والتَّجويف البطني؛ حيث توجد الأعضاء الأُخرى. عندما تنقبض عضلة الحجاب الحاجز فإنَّه يستقيم ويصبح مستويًا، ويسبب زيادة في حجم التَّجويف الصدري، **الشكل 6–4**. وعندما يدخل الهواء إلى الرِّئتين ينتقل الأكسجين بعملية الانتشار إلى الأوعية الدَّموية. وعندما تنبسط عضلة الحجاب الحاجز يصبح التَّجويف الصَّدري صغيرًا، ثم يخرج الهواء بعملية الزَّفير.

ماذا قرأت؟ صف كيف يختلف الجهاز التَّنفُّسي في الثَّدييات عنه في سائر المخلوقات؟

الدوران Circulation عندما يُحمَّل الدَّم بالأُكسجين تنقله أوعية دموية خاصّة إلى القلب، الذي يضخُّه إلى جميع أجزاء الجسم. الثَّدييات تشبه الطُّيور في أن لها قلبًا رُباعيّ الحُجرات. وكما في الطيور يبقى الدَّم المؤكسج مُنفصلاً تمامًا عن الدَّم غير المؤكسج، انظر **الشكل 7–4**. ولأن أجسام الثَّدييات نشيطة الحركة وثابتة درجة الحرارة فإنَّها تحتاج إلى كمية كبيرة من المواد الغذائية والأُكسجين للمحافظة على الاتزان الداخلي. إن فصل الدَّم المؤكسج عن الدَّم غير المؤكسج يجعل توصيل المواد الغذائية والأُكسجين أكثر فاعلية.

المُفردات

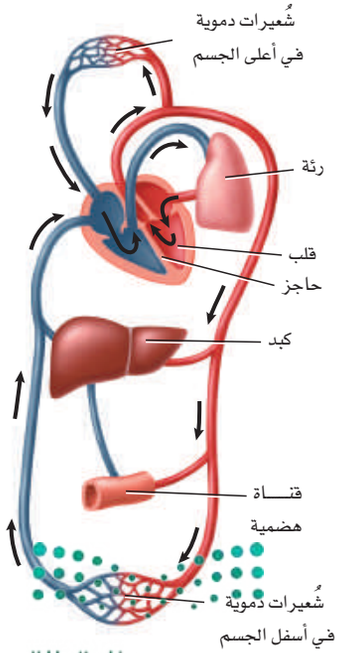
مفردات أكاديمية

يحتفظ Retain:

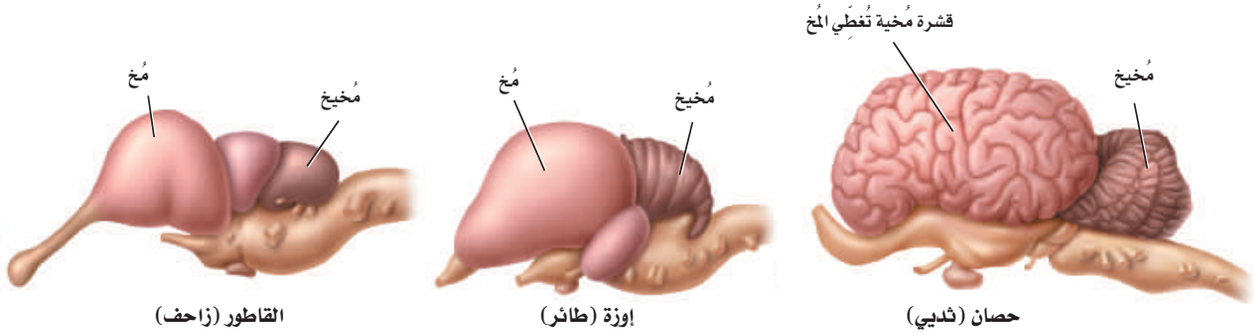
يبقي في الملكية أو الاستعمال أو الاحتفاظ.

يُمكنك الاحتفاظ بأسنانك بتنظيفها بالفرشاة والخيط

■ **الشكل 7–4** للثَّدييات قلب رُباعي الحجرات، ينفصل فيه الأُذينان عن البُطينين بحاجز.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



حصان (ثديي) إوزة (طائر) القاطور (زاحف)

■ **الشـكل 8–4** القشرة المخّية هي الجزء الأكثر تعقيدًا في الدِّماغ، وهي الجزء الذي تزداد مسـاحته كلما زاد حجـم المخلوق ودرجة تعقيده.

الربـط الفيزياء يـؤدّي جهاز الدوران في الثَّدييات دورًا في المحافظة على ثبات درجة حرارة أجسـامها. فعندما ترتفع درجة حرارة الجسـم تتمدّد الأوعية الدَّموية السَّـطحية، فتنقل دمًا أكثر من المُعتاد. وتنتقل الحرارة من الدَّم إلى سطح الجلد عن طريق التَّوصيل، وتُفقد الحرارة من الجسـم عن طريق الإشعاع وتبخُّر العرق على سـطح الجلد. وعندما تنخفض درجة حرارة الجسم تنكمش الأوعية الدَّموية القريبة من سطح الجلد، ممّا يقلِّل من فقدان حرارة الجسم.

الدِّماغ والحواسّ The brain and senses للثدييات دماغ معقّد جدًّا، وبخاصّة المخ؛ **فقشرة المُخ** cerebral cortex، **الشـكل 8–4**، هي طبقة الدِّماغ الخارجية ذات الانثناءات الكثيرة. وتسـمح انثناءات الدِّماغ بالحصول على مسـاحة سطح كبيـرة للاتصالات العصبية، كما تسـمح للدماغ أن يتناسـب مع حجم تجويف الجمجمة. وقشـرة المخ مسؤولة عن تنسيق نشـاطات الوعي والذَّاكرة والقدرة على التَّعلُّم. أمّا المنطقة الأخرى المعقدة كثيرًا في دماغ الثَّدييات فهي المُخيـخ. **والمُخيخ** cerebellum مسـؤول عن الاتزان وتنسـيق الحركة. قارن بين حجم وتركيب المُخيـخ في كل من الزَّواحف، والطّيور، والثَّدييات في **الشـكل 8–4**. يسـمح المُخيخ المعقّد للمخلوق بالحركة الدقيقة، ويسـمح له بأداء الحركات المعقَّدة في جميع الاتجاهات.

السلوك المعقد Complex behavior تُعلِّم أنثى الثَّعلب (الثُّعالة) –الموضحة في صورة افتتاحية الفصل– ابنها الصَّغير كيف يصطاد. ولأن الثَّدييات يمكنها أن تعلِّم صغارهـا مهارات البقاء فإنَّ فرصها في البقاء تـزداد. والثدييات يمكنها أن تؤدّي سـلوكًا معقَّدًا، ومن ذلك التَّعلّم وتذكّر ما تعلَّمـت. كما يُمكن لبعضها الآخر أن يأخذ معلومات عن بيئته ويحتفظ بها. ويُمكن استعمال هذه المعلومات بعد ذلك. فعلى سـبيل المثال تكون الفئران التي استكشَـفت موطنًا بيئيًّا قادرة على تجنُّب المُفترسات على نحو أفضل من الفئران التي لم تكن لديها فرصة لاستكشافه.

الحواسّ Senses تختلف أهميـة الحواس من مجموعة إلى أخرى في الثَّدييات؛ فحاسّـة البصر لدى بعض الثَّدييات ـ ومنها الإنسـان ـ ضرورية جدًّا، في حين أن حاسّة السَّمع أكثر أهمية في ثدييات أخرى، منها الخفاش؛ حيث تُصدر الخفافيش أصواتًا عالية التَّردُّد، ترتدّ وتعود إليها. وبهذه الطَّريقة يُمكن للخفافيش أن تكتشف

المفردات

الاستعمال العلمي مقابل الاستعمال الشائع.

حاسة Sense

الاسـتعمال العلمـي: وظيفـة متخصِّصة للمخلوق تتضمّن وجود عضو إحساس ومؤثِّر ما.

تسـتعمل الكلاب حاسّة الشَّم للحصول على معلومات عن بيئاتها.

الاستعمال الشائع: آفة تصيب الزرع.

أصابت الزرعَ سـنة حاسّـة، أي كثر فيها الآفات.

أهدافًا في مسارها. وهذه الطَّريقة تُسمى تحديد الموقع بالصَّدى. وإذا شاهدت كيف تستعمل الكلاب البوليسية حاسّة الشم لتتعرّف الأشخاص والأجسام الأخرى فسوف تدرك أهمية حاسَّة الشَّم لدى هذه الثَّدييات. وقد تساوي قوةُ حاسَّة الشَّم لدى الكلب أحيانًا قوةَ حاسَّة الشَّم لدى الإنسان مليون مرة.

ماذا قرأت؟ **استعمل التشابه** لكي تصف مميزات وجود انثناءات في الطَّبقة الخارجية من قشرة الدِّماغ.

الحركة Movement يجب أن تبحث الثَّدييات عن الغذاء والمأوى، وأن تهرب من المُفترسات. وللثدييات أطراف مختلفة تمكِّنها من أداء سلوكات ضرورية؛ إذ تركض بعض الثَّدييات، ومنها الذئاب والثَّعالب. أمّا أسرع ثدييات اليابسة فهو الفهد؛ فقد تصل سرعته إلى 110 km /h.

بعض الثدييات تقفز ومنها الكنغر، وبعضها الآخر يسبح ومنها الدُّلفين. أما الخفافيش فهي الثَّدييات الوحيدة التي تطير. ويعكس تركيب الجهازين العضلي والهيكلي في المخلوقات نوع الحركة التي يستعملها المخلوق. انظر **الشكل 9–4** الذي يُوضح الأطراف الأمامية للخُلد والخفاش، وكيف أن تركيب هذه الأطراف يعكس المواطن البيئية التي يعيش فيها هذان المخلوقان وسلوك كل منهما.

التكاثُر Reproduction يتمُّ إخصاب البويضة داخليًّا في الثَّدييات، وينمو الجنين في رحم الأنثى في مُعظم الثَّدييات. و**الرَّحم** uterus عضو عضلي يُشبه الكيس، ينمو فيه الجنين. في أغلب الثَّدييات يتمُّ تغذية الجنين عن طريق **المشيمة** placenta، وهي عضو يوفِّر الغذاء والأُكسجين، ويتخلص من فضلات الجنين في أثناء نموه. وتعتمد فترة الحمل على نوع المخلوق. **الحمل** gestation هو الفترة التي يبقى فيها الجنين داخل الرَّحم قبل أن يُولد. وتتباين فترة الحمل في الثَّدييات؛ فأقصر فترة حمل هي للأبوسوم، وتبلغ 12 يومًا، بينما أطول فترة هي للفيل الإفريقي، التي تتراوح بين 660 ـ 760 يومًا. وعمومًا كلما كبر حجم المخلوق الثَّديي زادت فترة حمله. وبعد الولادة يتغذى الصغار على الحليب الذي تنتجه الغدد اللبنية لدى الأم.

المفردات

أصل الكلمة

الحمل Gestation:

-gest: من الكلمة اللاتينية gestare، وتعني يحمل.

-ation: لاحقة من اللاتينية تضاف آخر الكلمة وتعني حدث أو عملية.

الشكل 9–4

اليمين: للخُلد أطراف أمامية قوية، وقصيرة مُتكيِّفة لحفر الجحور في الأرض.

اليسار: يُمكن للخفاش أن يطير بأغشية رقيقة تمتد بين الذراع وعظام اليد.

أطراف تستخدم لحفر الجحور

أطراف تستخدم للطيران

التقويم 1–4

الخلاصة

- مكَّن الله عز وجل الثَّدييات من العيش في بيئات مُتنوعة عديدة.
- للثَّدييات أسنان مُتخصِّصة.
- للأجهزة التَّنفُّسية والدورانية والعصبية تكيُّفات مُعقَّدة تُمكِّن الثَّدييات من الحصول على طاقة إضافية تحتاج إليها في الحفاظ على الاتزان الداخلي.
- الإخصاب في الثدييات داخلي، وفي الغالب ينمو الجنين داخل رحم الأُنثى.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **اذكر** خاصِّيتين فريدتين للثَّدييات.
2. **فسِّر** كيف تُحافظ الثَّدييات على درجة حرارة أجسامها ثابتة؟
3. **صنِّف** الثَّدياتِ التي تعيش في منطقتك إلى آكلات أعشاب أو آكلات لحوم، أو قارتة، أو آكلات حشرات.
4. **لخِّص** كيف يعمل الجهازان التَّنفُّسي والدَّوري معًا في الثَّدييات للحصول على مستويات طاقة عالية؟
5. **قارن** بيِّن طريقة حدوث التَّنفُّس في الثَّدييات وفي الطُّيور، بالاعتماد على **الشكلين 15–3، و 4–6**.

التفكير الناقد

6. **كوِّن فرضية** تُطلق حيتان العنبر صوتًا من أعلى الأصوات التي تصدرها المخلوقات الحية. وكلما كان الحوت أكبر حجمًا كان الصَّوت أعلى. كوِّن فرضية توضح سبب إطلاق هذه الأصوات.
7. الرياضيات في علم الأحياء افترض أنَّ أرنبًا شاهد ذئبًا وحاول الهرب منه. يُمكن للأرنب أن يجري بسرعة 65 km /h، ويُمكن للذئب أن يركض بسرعة 70 km /h. ما المسافة التي يُمكن أن يركضها الأرنب قبل أن يُمسك به الذئب، مع افتراض أنَّ الأرنب على بعد 25 m من الذئب، وقد تحركا في الوقت نفسه؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

4-2

الأهداف

- **تفحص** خصائص الثَّدييات في كُلٍّ من تحت الطوائف الثلاث للثَّدييات.
- **تُميز** بين التَّكيُّفات التي تسهم في تنوُّع الثَّدييات، وتمكّنها من العيش في بيئات مختلفة.
- **تقارن** بين رتب الثدييات المشيمية.

مراجعة المفردات

الكروموسوم Chromosome: تركيب خلوي يحمل المادة الوراثية التي يتمُّ نسخها ونقلها من جيل من الخلايا إلى جيل آخر.

المفردات الجديدة

الثدييات الأولية

الثدييات الكيسية

الثدييات المشيمية

تنوُّع الثدييات Diversity of Mammals

الفكرة الرئيسة **تقسّم طائفة الثَّدييات إلى ثلاث تحت طوائف، بناءً على طرائق تكاثُرها.**

الرَبط مع الحياة فكِّر في الثَّدييات التي تراها كل يوم، ومنها الأغنام أو الجمال. إنَّها جزء صغير من 4500 نوع من الثَّدييات. وقد طوَّر العلماء حدائق ومحميات للمخلوقات البريَّة؛ لتقدِّم فرصًا لدراسة التَّنوُّع الكبير لأنواع الثَّدييات الموجودة حاليًّا.

تصنيف الثَّدييات Mammals Classification

تُقسم طائفة الثَّدييات إلى ثلاث تحت طوائف، اعتمادًا على طريقة تكاثرها، وهي: الثدييات الأولية، والثدييات الكيسية، والثَّدييات المشيمية.

الثدييات الأولية Monotremes للمخلوق المبين في **الشكل 10–4** منقار يشبه منقار البطة، وأقدام ذات أغشية، وهو لا يشبه أي ثديي شاهدته من قبل. ومع ذلك، فإن له شعرًا وغددًا لبنية، مما يجعله أحد الثدييات. ومنقار البط من الثدييات الأولية، يضع بيضًا كالبيض الذي تضعه الزَّواحف. والثدييات الأولية monotremes ثدييات تتكاثر بوضع البيض. ومن الثدييات الأولية التي تعيش حاليًّا آكل النمل الشوكي ومنقار البط. ويبين **الشكل 10–4** آكل نمل شوكيًّا بالغًا. ويعيش منقار البط وآكل النمل الشوكي في أستراليا وتسمانيا وغينيا الجديدة فقط. وللثدييات الأولية بعض خصائص الزَّواحف؛ فبالإضافة إلى وضع البيوض، تتشابه معها في تركيب العظم في منطقة الكتف، وكذلك درجة حرارة جسمها أقل من أغلب الثَّدييات الأخرى، ولها خليط فريد من الكروموسومات الطبيعية الحجم؛ كروموسومات بحجم تلك التي لدى الثَّدييات، وكروموسومات صغيرة مثل التي لدى الزَّواحف.

ماذا قرأت؟ **حدّد** كيف تختلف الثدييات الأولية عن تحت الطوائف الأُخرى للثَّدييات؟

الشكل 10–4 آكل النمل الشوكي، مثله مثل منقار البط، ثديي يضع البيوض. عندما تفقس البيضة يحصل الجنين على الغذاء من غدد الحليب الخاصة بأمه.

جنين منقار البط

آكل النمل الشوكي

منقار البط

■ **الشكل 11–4** الأبوسوم الدَّديي يقضي مُعظم وقته على الأشجار.

الثدييات الكيسية Marsupials تُسمى الثدييات التي لها كيس (جراب)، وفترة حمل قصيرة جدًّا **الثدييات الكيسية** marsupials ؛ حيث يزحف الصغير بعد الولادة مُباشرة نحو الجراب المكون من الجلد والشَّعر على جسم الأم الخارجي. ويستمر نمو الصغير داخل الجراب، في حين يغذَّى بالحليب الذي تفرزه الغدد اللبنية للأم. وفي بعض أنواع الثدييات الكيسية يُولد الصغير ويزحف داخل جراب أُمه بعد ثمانية أيام فقط من حدوث الإخصاب؛ حيث يبقى هناك فترة حتى يكتمل نموه.

ومن الثدييات الكيسية الأبوسوم- كما في **الشكل 11–4**- والكوالا، والوَلَبي Wallaby، والكنغر الموضح **بالشكل 12–4**. ومُعظم الثدييات الكيسية تعيش في أستراليا والجُزر المجاورة لها.

الربط مع علوم الأرض إن وجود الثدييات الكيسية في أستراليا ما زال محيرًا للعلماء. وقد كانت الثدييات الكيسية تعيش في أمريكا الشَّمالية، اعتمادًا على أدلة من الأحافير، إلا أن بعضها انتشر ليعيش في أمريكا الجنوبية وأوربا عندما كانت القارات مُرتبطة معًا في كتلة واحدة ضخمة من اليابسة. فانتقلت الثدييات الكيسية من أمريكا الجنوبية عبر إفريقيا إلى أستراليا. وبعد ذلك ـ قبل نحو 200 مليون سنة مضت ـ انفصلت القارات بسبب تحرُّك الصَّفائح الأرضية، مما أدى إلى عزل الثدييات الكيسية بأستراليا والجُزر القريبة منها.

نمت الثدييات الكيسية الأسترالية؛ لأنَّها كانت منعزلة عن منافساتها من الثَّدييات المشيمية. ففي أمريكا الشَّمالية والجنوبية كان للثَّدييات المشيمية ميزات تكيُّفية تنافسية. فعلى سبيل المثال، أصبح لدى الثَّدييات المشيمية سلوك اجتماعي، ومصادر غذائية أكثر تنوعًا، وتنوع في الشكل والوظيفة أكثر مما لدى الثدييات الكيسية.

وحلَّت الثدييات الكيسية – في أستراليا وغينيا الجديدة- محل الثَّدييات المشيمية في الأماكن التي كانت تحتلُّها. فعلى سبيل المثال، ملأت الكناغر ـ وهي آكلات أعشاب في أستراليا ـ الإطار البيئي للغزلان والوعول والثيران، التي تشكل آكلات الأعشاب في أماكن أُخرى في العالم.

■ **الشكل 12–4** للكنغر فترة حمل مُدَّتها 33 يومًا تقريبًا، وبعد ذلك يبدأ الصَّغير فترة الحضانة في الكيس.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الحوت الأحدب الظهر

الفأر ذو الأنف الطويل

■ **الشكل 13–4** الحوت الأحدب وزنه 100 , 000 kg، وهـو أكبر مخلوق ثديي. أما الفأر ذو الأنـف الطويل فوزنه 1.5 g، وهو من أصغر الثَّدييات.

الثدييات المشيمية Placental mammals تشكل الثدييات المشيمية ـ ومنها الإنسان ـ النسبة الكبرى بين الثدييات. **فالثَّدييات المشيمية** placental mammals ثدييات لها مشيمة. وهي العضو الذي يُوفِّر الغذاء والأُكسجين للجنين، ويُخلِّصه من الفضلات. وتلد الثَّدييات المشيمية صغيرًا لا يحتاج أن ينمو داخل كيس. تتوزَّع الثَّدييات المشيمية في 18 رُتبة. تضم بعضُ الرُّتب أنواعًا قليلة. فعلى سبيل المثال، هناك فقط نوعان من الليمـور الطَّائر Flying Lemur في رتبة جلديات الأجنحة. ويمكن لليمور الطَّائر أن ينزلق عبر الهواء بسبب غشاء من الجلد يربط يديه برجليه. والأردفـارك Aardvark ـ آكل نمل يعيش في إفريقيا ـ هو النَّوع الوحيد في رتبته. وتحتوي رُتب أُخرى ـ منها القوارض التي تضم السَّـناجب والجرذان ـ على نحو 2000 نوع. وتتراوح أوزان الثَّدييات المشيمية بين مخلوق الفأر ذي الأنف الطويل الذي يزن 1.5 g، إلى بعض الحيتان التي تزن 100 , 000 kg، كما في **الشكل 13–4**. وتتـراوح أشكال الثدييات المشيمية بين الدُّلفين البحري الذي له تكيُّفات للسِّباحة، إلى الخُلد الذي تكيَّف للحياة تحت الأرض، والخفافيش التي لها أجنحة وتستطيع تحديد المكان بانعكاس صدى الموجات فـوق الصوتية لتتمكَّن من الطَّيران في الظَّلام.

وضع العلماء عدَّة فرضيات تفسـر وجود أعداد كبيـرة وأنواع كثيرة من الثَّدييات المشيمية مقارنة بالثدييات الكيسـية. تقول إحدى الفرضيات إنَّ صغار الثدييات الكيسـية تتشـبث بفرو أمها عند الولادة. لذا لا يوجد حاجة لأن تتغير الأطراف لتكوّن أرجلاً أو أجنحة أو زعانف. وتُفسِّر فرضية أُخرى نجاح الثَّدييات المشيمية بأنَّ القشرة المُخية للثَّدييات المشيمية أكبر وأشد تعقيدًا من تلك التي لدى الثدييات الكيسـية. ويعود ذلك إلى البيئة الأكثر استقرارًا، والأغنى بالأُكسجين التي يكون فيها الجنين داخل الرَّحم.

ماذا قرأت؟ وضِّح كيف تختلف الثَّدييات المشيمية عن الثدييات الكيسية؟

تجربة استهلالية

مراجعة: بناءً على ما قرأته حول تصنيف الثَّدييات، كيف يُمكنك الآن الإجابة عن أسئلة التَّحليل؟

المطويات

ضمِّن مطويتـك معلومات من هذا القسم.

رُتبة آكلات الحشرات- الفأر ذو الأنف الطويل

رُتبة آكلات الحشرات Order Insectivora ومنها القُنفذ والخُلد؛ حيث تعد الحشرات مصدر غذاء رئيس لهذه الثَّدييات. ويبيِّن **الشكل 14–4** الفأر ذا الأنف الطويل، وهو أيضًا آكل للحشرات. أفراد رتبة آكلة الحشرات في العادة صغيرة الحجم، ولها أنف مُدبَّب يسمح لها باصطياد الحشرات بسهولة؛ فالفأر ذو الأنف الطويل من أصغر الثَّدييات التي توجد في كل أرجاء العالم، وتقضي مُعظم حياتها تحت الأرض.

رُتبة الخفاشيات Order Chiroptera هناك نحو 925 نوعًا في رُتبة الخفاشيات، وكلها أنواع من الخفاش. وكما ذُكر سابقًا، فالخفافيش هي الثَّدييات الوحيدة التي تستطيع الطَّيران. وأجنحتها مكونة من أغشية رقيقة مدعومة بأطراف أمامية مُتحوِّرة. وتتغذَّى الخفافيش على أنواع مختلفة من الغذاء، فبعضها يأكل الحشرات، وبعضها الآخر يأكل الفاكهة، وأخرى تتغذَّى على الدَّم. وأكثرها شيوعًا الخفاش الصَّغير البُنّي الذي يطير عند الغسق ليُمسك بالحشرات. والخفاش المبين في **الشكل 14–4**، هو أكبر الخفافيش، ويعيش في المناطق الاستوائية على نطاق واسع، ويتغذَّى على الفواكه.

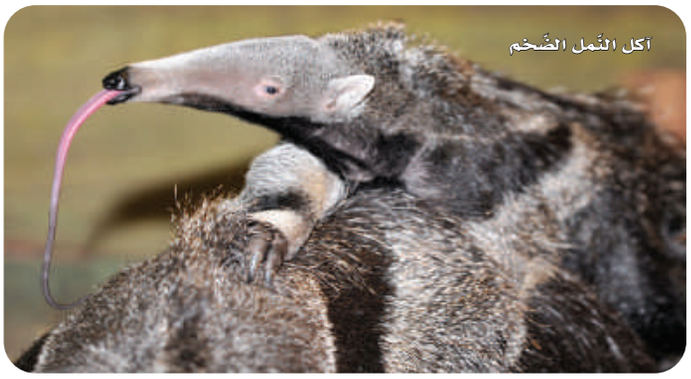
رُتبة الرئيسيات Primates Order السَّعادين والقرود، أمثلة على الرَّئيسيات. وأدمغة الرَّئيسيات هي الأكبر والأكثر تعقيدًا بين الثدييات. وتسكن مُعظم الرَّئيسيات على الأشجار، مما جعل العلماء يفترضون أنها تحتاج إلى أداء حركات مُعقَّدة وهي على الأشجار، كتلك التي تتطلَّب الإمساك بالغذاء، أو تجنُّب الأعداء، ومن ثَم أدَّت إلى تحسين قدراتها العقلية وارتفاع درجة تعقيد تراكيبها الدماغية. وهيَّأ الله سبحانه وتعالى الأطراف الأمامية للرَّئيسيات في الغالب للإمساك بالأشياء. ويبين **الشكل 15–4** نوعًا من القرود؛ حيث يمسك الصغير بأمه ويتشبث بها.

رتبة الدّرداوات Order Xenarthra قد لا يكون لمخلوقات هذه الرُّتبة أسنان أبدًا، وقد يكون لها أسنان بسيطة، تُشبه الوتد. فآكل النَّمل في **الشكل 16–4** لا أسنان له. ولآكلات النَّمل لسان شوكي ولُعاب صمغي يسمح لها بالإمساك بالنَّمل بسهولة. ولكل من الكسلان والمُدرَّع أسنان قاضمة تُشبه الوتد. ويتغذَّى الكسلان غالبًا على الأوراق. أما المُدرَّع فيتغذَّى على الحشرات. وتعيش ثدييات هذه الرُّتبة في مناطق مختلفة من العالم.

رُتبة الخفاشيات - الخفاش

الشكل 14–4 الفأر ذو الأنف الطويل من رُتبة آكلات الحشرات. الخفاش من رُتبة الخفاشيات – الخفاش.

الشكل 15–4 نوع من القرود، يمسك الصغير بأمه ويتشبث بها، مما يوضح القدرات العقلية المتقدمة للرئيسيات.
حدد مخلوقات أخرى في رُتبة الرَّئيسيات.



■ **الشـكل 16–4** آكل النَّمل الضَّخم، هو أكـبر آكل نمل. وأكـبر القوارض هو القندس؛ فقد يصل وزنه إلى 80 kg .

صف خصائص أفراد رتبة الدّرداوات.

رُتبة القوارض Order Rodentia تضم الثَّدييات القارضة مخلوقات منها القُندس، كما في **الشـكل 16–4**، والجـرذان Rats، والمرموط Marmots، والسَّـناجب Squirrels، والهامستر Hamster. وتُشكِّل القـوارض 40% من جميع أنواع الثَّدييات. يسـتمر زوج القواطع الشَّبيه بالشَّـفرة في النُّمو خلال حياة القوارض. وهي تستعمل أسنانها الحادة لقضم الخشـب والبذور أو القشور للحصول على الغذاء. إن مقدرة القوارض على غزو كل أنواع البيئات الأرضية ونجاح سـلوكها التَّكاثري جعلها حاضرة في كل الأنظمة الحيوية البريَّة.

رتبة الأرنبيات Order Lagomorpha تشـبه القوارض؛ فلأفراد هذه الرُّتبة مثل الأرانـب، والبيكة Pika (أرنب الصخـور) قواطع طويلة حادَّة مسـتمرة النُّمو. وللأرنبيات قواطع تشبه الإزميل تنمو خلف الزَّوج الأول. وهذه الثَّدييات آكلات أعشـاب تتغذى على الأعشـاب والفواكه والبذور. وتعيش البيكـة، المبينة في **الشكل 17–4**، في المرتفعات أو بيئات المناطق العالية التي تكون أراضيها مغطَّاة بالثلج أجزاءً من السَّنة. وتتكيف هذه الثدييات لهذه الظُّروف بجمع العشب خلال أشـهر الدِّفء وخزنه، ثم تأكله بعد ذلك خلال الشـتاء عندما لا يكون العشـب الأخضر الطَّازج مُتوافرًا.

رُتبـة آكلات اللحـوم Order Carnivora ربما يكون لديـك مخلوق ثديي أليف مثل القطة. فالقطة والثَّعالب والدِّببـة والفقمة والفظّ (حصان البحر) Walruses والذئاب والظربان Skunk وثعالب الماء Otters وابن عرس Weasels، كلها تتبع رتبة آكلات اللُّحوم. فآكلات اللُّحوم هذه كلها مفترسـات وذات أسـنان تكيَّفت لتمزيق اللَّحم. فاللبؤة، كما في **الشكل 17–4**، تأكل الوعول وصغار الزَّراف وصغار التَّماسيح. وبعد أن تُمسك بفريستها تستعمل قواطعها على تمزيق قطع اللَّحم.

المفردات

أصل الكلمة

الأرنبيات Lagomorpha:

lago- مـن الكلمة اللاتينيـة lagos، وتعني أرنب.

morph- من الكلمة اللاتينية morphe، تعني شبيه.

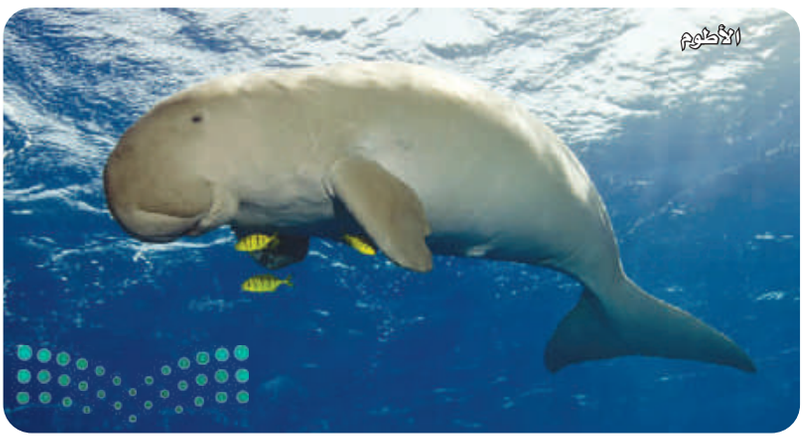
■ **الشكل 17–4** توجد البيكة في المناطق الثَّلجية. وتسـتخدم اللبؤة أنيابها في طعن الفريسة وتقطيعها.

■ **الشكل 18–4** الخرطوم خاص برتبة الخرطوميات.

رتبـة الخرطوميـات Order Proboscidea الفيلة من أكبر ثدييات اليابســة. ولها خرطوم مرن متكيِّف لجمع النباتات وشــرب الماء. وقد تحوَّر قاطعاه إلى أنياب؛ لحفر التربة، وإخراج الجذور، وتمزيق لحاء الأشجار، **الشكل 18–4**. وقد دُرِّبَتْ بعض الفيلة للمساعدة على حمل الأشياء الثَّقيلة.

رتبة الخيلانيات Sirenia Order بقر البحر Manatees والأطوم Dugongs أكبر أفراد رتبة الخيلانيات الكبيرة الحجم، وكلاهما ثدييان بطيئا الحركة، وذوا رؤوس كبيرة وليس لهما أطراف خلفية. وقد خلق الله ســبحانه وتعالى أطرافهما الأمامية على هيئة زعانف تســاعد على السِّــباحة. وهذه المخلوقات آكلات أعشاب؛ إذ تتغذَّى على أعشاب البحر، والطَّحالب، والنباتات المائية الأُخرى. واعتمادًا على حجمها، يمكن للأطوم مثلاً أن يستهلك نحو 50 kg من الأعشاب كل يوم. وتسبح أفراد هذه الرُّتبة غالبًا على سطوح الأنهار والأهوار الدَّافئة الاستوائية. ولأنها بطيئة جدًّا وتُفضِّل المياه السَّــطحية فغالبًا ما تصدمها القوارب السَّــريعة فتؤذيها. يبين **الشكل 19–4** بقر البحر في أثناء السباحة.

■ **الشكل 19–4** عظام الفك في الحوت (البلين) تُشــبه المُنخل. ويبين الشكل أيضًا الأطوم يطفو بالقرب من سطح الماء.



رتبة أحادية الحافر Order Perissodactyla تشمل الثَّدييات ذات الحوافر، ومنها الحصان وحمار الوحش ووحيد القرن. ولأفراد هذه الرُّتبة عدد مفرد من الأصابع، أي إصبع واحدة أو ثلاث أصابع في كل قدم. وهذه الثدييات آكلات أعشاب، ولها أسنان تكيفت لطحن النَّباتات. وتعيش أحادية الحافر في كل القارات ما عدا القارة القُطبية.

رتبة ثنائية الحافر Order Artiodactyla أفراد هذه الرتبة ثدييات ذات حوافر أيضًا. تختلف عن أحادية الحافر في أنَّ لها عددًا مزدوجًا من الأصابع، أي اثنتين أو أربع على كل طرف. فالغزلان والماشية والخراف والماعز وفرس النهر Hippopotamus كُلها ثنائية الحافر. وللعديد من الماشية والخراف والغزلان قرون. وثدييات هذه الرُّتبة آكلات أعشاب ومعظمها مجترّة.

رتبة الحوتيات Order Cetacea للحيتان والدَّلافين أطراف أمامية تحوَّرت إلى زعانف تساعد على السِّباحة. وليس لها أطراف خلفية، والذَّيل يتكوَّن من أجزاء لحمية. وفتحاتها الأنفية متحوِّرة على شكل ثقب أو اثنين في أعلى الرَّأس لنفث الماء، ولا يغطي جسمها الشعر. وبعض الحيتان مُفترسات، وبعضها الآخر ـ ومنه الحوت الأزرق ـ له تراكيب متخصِّصة داخل أفواهها تُسمَّى عظام الفك (البَلِين) تُستعمل لتصفية العوالق التي تتغذى عليها. ويبين **الشكل 19–4** الحوت الأحدب.

ماذا قرأت؟ **قارن** بين الثَّدييات المشيمية باستخدام **الجدول 2–4**.

الجدول 2–4 رتب الثدييات المشيمية

الرتبة	مثال	المُميِّزات
آكلات الحشرات	الفأر ذو الأنف الطويل ، والقنافذ، والخُلد	أنف مُدبَّب، أصغر الثَّدييات، تعيش تحت الأرض، آكلة حشرات
جلديات الأجنحة	الليمور الطائر	غشاء من الجلد يربط يديه برجليه.
الخفاشيات	الخفاش	ليلية، تستخدم الصدى، تطير، تأكل الحشرات والفواكه
الرَّئيسيات	القرود، والسَّعادين	رؤية ثُنائية، أدمغة كبيرة، تعيش أغلبها على الأشجار، إبهام متقابل
الدرداوات	آكلات النمل، والدب الكسلان، والمُدرَّع	ليس لها أسنان أو ذات أسنان مثل الوتد، آكلات حشرات
القوارض	القنادس، والجرذان، والمرموط، والسَّناجب، والهامستر.	أسنان، قواطع حادَّة، آكلات أعشاب
الأرنبيات	الأرانب، والبيكة (أرنب الصخور)	الأرجل الخلفية أطول من الأمامية، مُتكيِّفة للقفز، قواطع دائمة النُّمو
آكلات اللُّحوم	القطط، والثعالب، والدببة، والفقمة، والفظ (حصان البحر)، والذئب، والظربان، وثعالب الماء، وابن عرس	الأسنان متكيِّفة لتمزيق اللَّحم، آكلات لحوم
الخرطوميات	الفيلة	خراطيم طويلة، أصبحت القواطع أنيابًا عاجية، أكبر مخلوقات اليابسة
الخيلانيات	عجل البحر، والأطوم	حركة بطيئة، رؤوس كبيرة، ليس لها أطراف خلفية
أحادية الحافر	الحصان، والحمار الوحشي، ووحيد القرن	ذات حوافر، عدد أصابعها مفرد، آكلات أعشاب
ثنائية الحافر	الغزال، والماشية، والخراف، والماعز، وفرس النهر Hippopotamus	ذات حوافر، عدد أصابعها زوجي، آكلات أعشاب
الحوتيات	الحيتان، والدلافين	الأطراف الأمامية على شكل زعانف، ليس لها أطراف خلفية، تستعمل فتحات المناخر لنفث الماء.

مختبر تحليل البيانات 1-4

بناءً على بيانات حقيقية

حلّل ثم استنتج

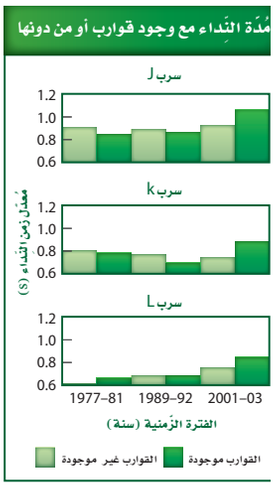
كيف يؤثّر ضجيج القوارب في الحيتان؟
قد تُنسِّق الحيتان القاتلة صيدها التَّعاوني، أو أي سلوك اجتماعي آخر عن طريق أنواع معيَّنة من النِّداءات (الأصوات) التي لها معنى عند باقي أفراد الفوج أو المجموعة المهاجرة معها. ويبين الرسم البياني أثر ازدياد عدد القوارب في منطقة الدراسة في الفترة 1990 –2000م في تواصل الحيتان؛ حيث وصل عدد القوارب إلى خمسة أضعاف تقريبًا.

البيانات والملاحظات

فحص علماء الأحياء طول مدَّة نداءات الحوت في ثلاث مجموعات خلال عدة سنوات. تفحَّص الرُّسوم البيانية.

التفكير الناقد

1. **قوِّم** التوجه لتغيير مدة النِّداء في الحيتان في الأسراب J ، K ، L من 1977م إلى 2003م. ما الذي ينتج عن هذا التَّوجُّه؟
2. **كوِّن فرضية** تصف ما يستقصيه الباحثون في هذه الدِّراسة.



أخذت البيانات في هذا المختبر من:
Foote, A., et al. 2004.Whale –call response to masking boat noise. *Nature* 428:910.

التقويم 2–4

الخلاصة

- من بين تحت طوائف الثدييات الثلاث، تضع تحت طائفة الثدييات الأولية فقط البيض.
- تحت طائفة الثدييات الكيسية لها كيس يقضي فيه الصغير معظم وقت نموه.
- صغار الثَّدييات المشيمية تتغذَّى عن طريق المشيمة في أثناء نموها داخل الرَّحم.
- صنفت الثدييات المشيمية إلى رتب مختلفة، اعتمادًا على أشكالها وبيئاتها وخصائصها التركيبية وطبيعة غذائها.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة** **سمِّ** تحت الطوائف الثلاث التي تنقسم إليها الثَّدييات، وصف خصائص كل تحت طائفة.
2. **حدِّد** رتبة أو رتب الثَّدييات التي ينتمي إليها المخلوق الثديي التالي، وفسِّر إجابتك: له فرو أحمر بُني، وزوجان من القواطع في الفك العلوي (زوج خلف الآخر)، ومخالب، وجسمه أصغر قليلًا من كرة السَّلة، ويمكنه القفز بسهولة.
3. **قارن** بين خصائص الثَّدييات في رتبة أحادية الحافر وتلك التي في رتبة ثنائية الحافر.
4. **صف** الخصائص التي مكّنت رتبة القوارض من الانتشار في معظم الأنظمة الحيوية البرية.

التفكير الناقد

5. **كوِّن فرضية** يمكن أن يكتشف منقار البط المجالات الكهربائية الناتجة عن انقباض عضلات مخلوقات أُخرى. وهكذا يبحث منقار البط عن فريسته. كوِّن فرضية تبيِّن فاعلية هذا التَّكيُّف المُعقَّد بدلًا من حاسة البصر البسيطة.
6. **الكتابة في علم الأحياء** يعتقد بعض الناس خطأً أنَّ الثدييات الكيسية أقل تعقيدًا من الثَّدييات المشيمية. حلِّل هذا الاعتقاد، ثم فسّره.

الكلاب المدربة المساعدة

كان رجل يعيش وحده، وفجأة أصيب بجلطة دماغية، ولم يستطع الحراك، بدأ كلبه ينبح بشدة، فنبه الناس، فجاؤوا ورأوا أنَّ صاحب المزرعة بحاجة إلى مساعدة طبية، فأنقذوا حياته.

حاسَّة الشَّم حاسَّة الشَّم لدى الكلب أكثر حدة من حاسَّة الشَّم لدى الإنسان. ويوجد لدى الكلب 200 مليون مستقبِل رائحة، في حين يوجد لدى الإنسان 5 ملايين مُستقبل رائحة فقط. وتستعمل الكلاب مستقبلاتها الشمية بشكل اعتيادي للمساعدة على الكشف عن المخدرات والمتفجرات والأشخاص الضائعين. وتستطيع الكلاب المدرَّبة أن تساعد على الكشف عن الأشخاص المدفونين تحت الانهيارات الثَّلجية؛ إذ يُمكن للكلاب أن تجد أشخاصًا مدفونين على عمق 5 m من الثَّلج. ويمكن لكلب مدرب أن يمسح منطقة بحجم ملعب كرة القدم على عمق أكثر من 36 m من الثَّلج في 30 دقيقة. بينما يتطلَّب البحث في المساحة نفسها 5 أشخاص بمجسات إلكترونية حساسة مُدَّة 15 ساعة.

الكشف عن السرطان تُستعمل الكلاب أيضًا للكشف عن وجود الأورام السَّرطانية. ففي دراسة بحثية حديثة تمكَّنت الكلاب من تمييز وجود سرطان المثانة عن طريق شم بول المريض. وفي هذه التَّجربة، دُرِّبت الكلاب على الاستلقاء أرضًا عندما تكتشف خلايا سرطانية في عينة البول.

وهناك بعض الأدلة تشير إلى أنَّ الكلاب يمكنها الكشف عن سرطان الجلد من خلال اكتشاف روائح تُطلقها الشامة (ورم سرطاني حميد). وتجرى حاليًّا دراسات يتمُّ فيها فحص الكلاب لمعرفة مدى استطاعتها الكشف عن سرطان الرِّئة وسرطان البروستاتا. ويمكن للكلاب أن توفِّر نظام كشف مُبكِّر لم يصل إليه العلم بعد.

نوع من الكلاب البوليسية المدربة.

الإحساس بنوبات المرض يمكن لبعض الكلاب أن تحسّ متى يمكن أن يمرّ المرء بنوبة تشنّج. وهذا النوع من الكلاب يساعد على تنبيه الذين يُصابون بالمرض في أي مكان قبل 15 دقيقة إلى 12 ساعة من النَّوبة. مما يُعطي الوقت للمصابين لكي يتناولوا أدويتهم الخاصة بمعالجة النوبة، أو يطلبوا المساعدة، أو ينتقلوا إلى مكان أكثر أمنًا. فالنظرية الحالية التي تفسر ذلك هي أنَّ هذه الكلاب تُحِس أن هناك تغيُّرًا ما في تعابير الوجه أو أن هناك شيئًا مختلفًا في توازن شخصية الفرد.

خدمة المجتمع

اتصل ابحث في الإنترنت عن برامج علاجية استعمل فيها مخلوقات أليفة. وتعرّف كيف يعمل هذا البرنامج، وهل يمكن أن تساعد صفك في هذا البرنامج بتعلّم المزيد حول طريقة مساعدة هذه المخلوقات الأليفة لكبار السن.

مختبر الأحياء

الإنترنت: كيف يُمكننا تمييز الثدييات من غيرها؟

الخلفية النظرية: الصِّفات الطبيعية التي تشترك فيها جميع الثَّدييات- ومنها الشعر والغدد اللبنية- مكَّنتها من التَّكيُّف مع أي نظام بيئي تقريبًا في المحيط الحيويّ. وتكثر الثَّدييات في الغابات المطيرة والصَّحارى والمناطق القطبية، وهي متكيِّفة للعيش في البيئة القريبة من منزلك أو مدرستك أيضًا.

سؤال: ما التنوُّع الذي يُمكن أن تجده في منطقتك في الثَّدييات؟

المواد والأدوات

- دليل ميداني لتعرّف ثدييات منطقة الخليج العربي.
- مناظير مُكبِّرة.

احتياطات السَّلامة

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السَّلامة في دليل التجارب العملية.
2. اكتب قائمة بالثَّدييات التي تلاحظها في منطقتك.
3. توقَّع كيف يُمكن تصنيف أنواع هذه الثَّدييات.
4. صمِّم جدول بيانات لتسجيل هذه الأنواع وصفاتها الطبيعية، ومنها الحجم وشكل الجسم والخصائص الفريدة، وتصنيف هذه الثَّدييات.
5. أجرِ بحثًا عن الثَّدييات لتعبئة جدول البيانات الخاص بك بالمعلومات المتعلقة بهذه الثدييات. كأن تراقب المخلوقات في منطقتك المحلية، فتقوم بزيارة المتنزهات، أو المحميات الطبيعية، أو حديقة الحيوانات. وإذا لم تستطع ملاحظة المخلوقات في بيئاتها الطَّبيعية فاحصل على معلومات عن الثَّدييات في منطقتك من مراجع معتمدة.
6. سجِّل ملاحظاتك الموجودة في دفتر ملاحظاتك الحقلية، وانقل المعلومات إلى جدول البيانات الخاص بك.

حلِّل ثم استنتج

1. **صف** المميِّزات الأساسية التي تشترك فيها جميع الثَّدييات التي لاحظتها.
2. **قارن** بين الثَّدييات التي درستها وتلك التي درسها طلاب آخرون في المنطقة نفسها.
3. **قارن** بين الخصائص الطبيعية التي يُمكن أن يستعملها العلماء لتصنيف الثَّدييات إلى مجموعات تصنيفية مختلفة.
4. **استنتج** كيف تكيّفت الثَّدييات الموجودة في قائمتك مع البيئة وعاشت فيها؟
5. **صف** طرائق الملاحظة الأخرى التي يمكن استخدامها لإجراء بحث شامل عن الثَّدييات في منطقة بحث تختارها.
6. **تحليل الخطأ** قارن بين قائمة الثدييات التي أعددتها وقوائم أعدَّها طلاب آخرون لتحديد الأخطاء المحتملة في تعريف الثدييات.

تحضير مُلصق

قدم عرضًا اجمع صورًا لثدييات من منطقة أُخرى، واعمل ملصقًا لعرضه على طلاب صفك. وضمِّن الملصق معلومات عن مميِّزات كل ثديي، والتكيُّفات الخاصة به.

الفصل 4 دليل مراجعة الفصل

المطويات **كوِّن فرضية** هناك ثلاثة أنــواع فقط من الثدييات الأولية التي تعيش حاليًّا: نوع واحد من منقار البط، ونوعان من آكل النمل الشوكي (الإكيدنا). كوِّن فرضية تُفسِّر لماذا تتميز تحت الطائفة هذه من الثَّدييات بتنوع محدود مُقارنةً بتنوُّع الثدييات الكيسية والثَّدييات المشيمية؟

المفردات	المفاهيم الرئيسة
4–1 خصائص الثَّدييات	
الغدة اللبنية الغدَّة معدل الأيض الحجاب الحاجز القشرة المخية المُخيخ الرحم المشيمة الحمل	**الفكرة الرئيسة** **للثَّدييات خاصيتان مميزتان: الشَّعر، والغدد اللبنية.** • مكّن الله عز وجل الثَّدييات من العيش في بيئات متنوعة عديدة. • للثَّدييات أسنان متخصِّصة. • للأجهزة التَّنفُّسية والدورانية والعصبية تكيُّفات معقَّدة تمكِّن الثَّدييات من الحصول على طاقة إضافية تحتاج إليها في الحفاظ على الاتزان الداخلي. • الإخصاب في الثدييات داخلي، وينمو الجنين غالبًا داخل رحم الأُنثى.
4–2 تنوُّع الثَّدييات	
الثدييات الأولية الثدييات الكيسية الثدييات المشيمية	**الفكرة الرئيسة** **تقسّم طائفة الثَّدييات إلى ثلاث تحت طوائف، بناءً على طرائق تكاثُرها.** • من بين تحت الطوائف الثَّدييات الثلاث، تضع تحت طائفة واحدة فقط بيضًا. • إحدى تحت الطوائف الثَّدية لها كيس يقضي فيه الصَّغير معظم وقت نموّه. • صغار الثَّدييات المشيمية تتغذَّى عن طريق المشيمة في أثناء نموها داخل الرَّحم. • صنفت الثدييات المشيمية إلى رتب مختلفة اعتمادًا على أشكالها وبيئاتها وخصائصها التركيبية وطبيعة غذائها.

الفصل 4 التقويم

4–1

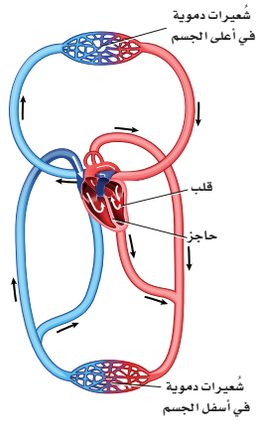
مراجعة المفردات

التشـابه: أكمل الآتي باسـتعمال مفردة مـن دليل مراجعة الفصل.

1. المُح للطَّائر مثل _____ للثدييات.
2. فتـرة الحضانة للطَّائر مثـل فترة _____ للثدييات.
3. النواة للخلية مثل _____ للدِّماغ.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السُّؤالين 4 و 5.



4. أيّ الأجهزة الآتية يمثلها الشكل أعلاه؟

a. الجهاز الإخراجي. b. الجهاز الهيكلي.
c. جهاز الدوران. d. الجهاز التَّناسلي.

5. ما الذي يصف دعم هذا الجهاز لثبات درجة حرارة الثَّدييات؟

a. الدَّم المؤكسج منفصل عن الدَّم غير المؤكسج.
b. للقلب ثلاث حجرات، ويمكنه أن يضخ دمًا أكثر.
c. ينقل هذا الجهاز الدَّم المؤكسج إلى الرِّئتين.
d. ينقل هذا الجهاز الدَّم غير المؤكسـج من القلب إلى الجسم.

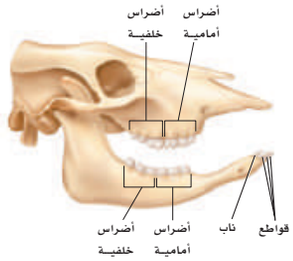
6. أيّ مما يأتي أقل ارتباطًا مع الاتزان الدَّاخلي في الثَّدييات؟

a. الكلى. b. القلب.
c. الغدد العرقية. d. المخالب.

7. أيّ مما يأتـي يُعد من وظائف الغـدد الدهنية، والغدد العرقية، وغدد الحليب؟

a. المحافظة علـى الجلد والشَّـعر، وتنظيم درجة الحرارة، وإنتاج الحليب.
b. التَّكاثُر، والمحافظة على الجلد والشَّعر، وتنظيم درجة الحرارة.
c. تنظيم درجة الحرارة، وإنتاج الحليب، والتَّكاثُر.
d. إنتاج الحليب، وتوصيل الأكسجين، والمحافظة على الجلد والشَّعر.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السُّؤالين 8 و9.



8. أيّ مستوى غذائي تنتمي إليه جمجمة هذا المخلوق الثَّديي؟

a. آكل أعشاب. b. آكل حشرات.
c. آكل لحوم. d. رمِّي.

9. كيف يسـاعد وجود أنواع مختلفة من الأسـنان على وجود الثَّدييات في جميع البيئات؟

a. تستطيع أن تأكل أشكالًا متنوعة من الغذاء.
b. تستطيع أن تصطاد بفاعلية.
c. يمكنها أن تهضم طعامها بسهولة أكثر.
d. جهازُها الهضمي متحوِّر.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

4 تقويم الفصل

أسئلة بنائية

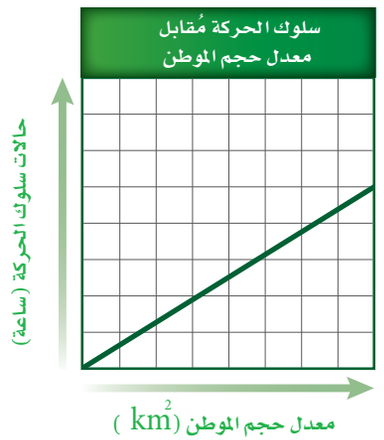
10. نهاية مفتوحة. تفحَّص **الجدول 1–3**، وكوِّن فرضية تُفسِّر فيها سبب وجود اختلافات واسعة في محتوى الدهون في كل من حليب الفقمة وحليب الثدييات الأخرى.

11. نهاية مفتوحة. للعديد من المخلوقات التي تعيش في المناطق المتجمدة أجسام كبيرة وأطراف قصيرة، منها الآذان والأرجل. فسِّر كيف يمكن أن يساعد هذا التَّكيُّف على بقائها دافئة؟

التفكير الناقد

12. صمِّم تجربة. تفرز أفراس النهر سائلاً من غدد عميقة في الجلد، يشبه العرق، إلا أنه قد يكون له وظائف أُخرى أيضًا. افترض العلماء أنَّ هذا السَّائل ربما يستعمل واقيًا لجلد فرس النَّهر ضد الشمس. صمِّم تجربة باستخدام حُبيبات تمتصّ الأشعة فوق البنفسجية لاختبار ما إذا كان هذا السَّائل الذي يفرزه جلد هذا المخلوق الثَّديي يوفِّر له حماية من أشعة الشَّمس.

13. حلِّل واستنتج. لقد وضع علماء الأحياء فرضية مفادها أنَّه عندما توضع آكلات اللُّحوم ذات البيئات الكبيرة في أماكن صغيرة مغلقة فإنَّها تُظهر زيادة في حالات سلوك الحركة (جيئة وذهابًا). لقد درسوا الثَّعلب القطبي والدُّب القطبي والأسد. حلِّل الرَّسم البياني أدناه، واستنتج أثر الحبس في سلوك الحركة.



4–2

مراجعة المفردات

استبدل الكلمة التي تحتها خط بكلمةٍ من صفحة دليل مراجعة الفصل لتصبح كل عبارة صحيحة:

14. الفيل مثال على الثدييات الكيسية.

15. في الثدييات الأولية ينمو الجنين داخل رحم الأُنثى.

16. للثدييات الأولية جراب.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

17. أيّ الثَّدييات الآتية من رتبة الحوتيات؟

a. القندس. **b.** الدلافين.
c. الحمار الوحشي. **d.** عجل البحر.

18. ما الفائدة من نمو الصَّغير داخل الرَّحم؟

a. يُولد الصِّغار أحياء.
b. يقل احتمال افتراس الصَّغير.
c. زيادة احتمال افتراس الصَّغير.
d. يكون الصغير مكتمل النمو عند الولادة.

19. أيّ الثَّدييات الآتية ليس من الثدييات الكيسية؟

a. الأبوسوم. **b.** الكنغر.
c. الإكيدنا. **d.** الوَلب.

20. أيّ مما يأتي ليس من خصائص منقار البط؟

a. أقدام غشائية.
b. القدرة على وضع البيوض.
c. قلب ثلاثي الحجرات.
d. كروموسومات صغيرة، تُشبه ما لدى الزَّواحف.

21. تفحَّص **الجدول 1 – 3**. أي الثَّدييات الآتية تحوي أكبر نسبة من البروتين في حليبها؟

a. الدلفين. **b.** الفقمة.
c. الأرنب. **d.** الحمار الوحشي.

أسئلة بنائية

22. نهاية مفتوحة. ارسم وفسِّر التَّكيُّفات الملائمة لثديي يعيش على عمق 1m في مياه مستنقع، وبيئة خضراء كثيفة تحت الماء، فيها أفاعٍ مُفترسة.

23. نهاية مفتوحة. قدِّم أسبابًا تعلل بها دراسةُ رتب الثدييات.

24. نهاية مفتوحة. نظِّم نقاشًا في صفك حول استعمال المخلوقات لتجريب الأدوية ومواد التَّجميل عليها.

التفكير الناقد

25. مهن مرتبطة مع علم الأحياء. افترض أنَّك حارس حديقة سيعرض فيها مخلوق مُهدَّد بالانقراض محليًّا. صمِّم مكانًا ونمط غذاء وتعليمات أخرى للعناية بهذا المخلوق، والمحافظة على بقائه في حديقة المخلوقات الحية المحلية. جهِّز إعلانًا يُنبِّه النَّاس إلى أهمية حماية هذا النَّوع المُهدَّد بالانقراض، والطرق التي يُمكن أن يُشاركوا فيها لإجراءات الحماية.

26. ابحث. اختر مجموعتك المُفضَّلة من الثَّدييات، وارسم خريطة تُبيِّن توزيعها في العالم. وحدد العوامل البيئية التي قد تُؤثِّر حاليًّا في توزيعها وفي المجموعة مستقبلاً. اكتب توصيات لما يجب عمله للتأكد من نجاح مجموعتك المُفضَّلة من الثَّدييات.

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السُّؤال 27.

وزن المواليد ومُحتوى الحليب من البروتين

الثَّديي	الأيام المطلوبة لمضاعفة وزن المولود	محتوى الحليب من البروتين (g/1000)
الإنسان	180	12
الحصان	60	26
البقرة	47	33
الخروف	10	51
القط	9	101

27. حلِّل البيانات. فسِّر العلاقة بين عدد الأيام التي يتطلبها تضاعف وزن المولود ومحتوى الحليب من البروتين. مثِّل هذا الجدول بيانيًّا.

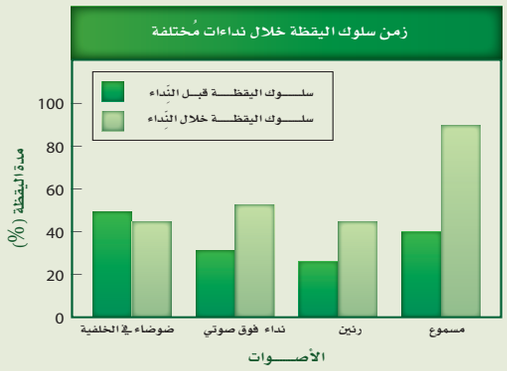
تقويم إضافي

28. الكتابة في علم الأحياء ابحث عن أي محتوى جيني لمخلوق ثديي تمَّ معرفة ترتيب القواعد النَّيتروجينية فيه، ثم اكتب فقرة تصف فيها ما تعلَّمت.

أسئلة المستندات

وُجد أنَّ لنوع مُحدَّد من سنجاب الأرض القدرة على إصدار نداءات فوق صوتية لا يُمكن أن يسمعها أي ثديي آخر، ونداءات يمكن أن تكون مسموعة. عرَّض العلماء السَّناجب لنداء فوق صوتي، أو ضوضاء في الخلفية، أو رنين شبيه بالنِّداءات فوق الصَّوتية، ونداء يمكن سماعُه، ثمَّ لاحظوا الوقت الذي أمضته السناجب في إظهار سلوك اليقظة (مراقبة المفترسات) خلال كُل صوت.

استعمل الرَّسم البياني للإجابة عن الأسئلة الآتية:



29. تحت أي ظروف أظهرت سناجب الأرض أعلى سلوك لليقظة عمومًا؟

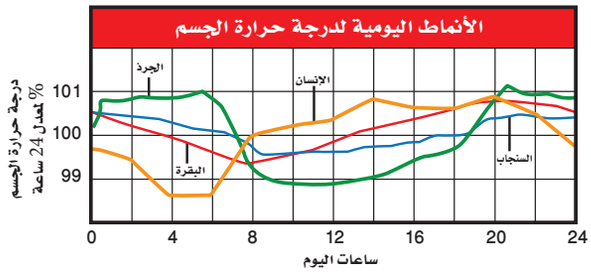
30. تحت أي ظروف كانت الإشارة فوق الصوتية أكثر فاعلية بوصفها تحذيرًا للمخلوق؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استعمل المخطط الآتي للإجابة عن السؤالين 1 و2.



1. أيّ المخلوقات الحية له أعلى معدَّل درجة حرارة جسم؟

a. البقرة. **b.** السنجاب.

c. الإنسان. **d.** الجرذ.

2. الجرذ والسنجاب من المخلوقات الليلية في الغالب. فما الذي تستنتجه من الرَّسم حول درجات حرارة أجسام هذه المخلوقات؟

a. درجات حرارة أجسامها أعلى من درجات حرارة أجسام المخلوقات الحية النَّشطة خلال النَّهار.

b. تغيُّرات درجة حرارتها أكثر حدّة من المخلوقات النَّشطة خلال النَّهار.

c. درجات حرارة أجسامها أقل من درجات حرارة أجسام المخلوقات الحية النَّشطة خلال النَّهار.

d. تغيُّرات درجة حرارتها أقلّ حدّة من المخلوقات النَّشطة خلال النَّهار.

3. ما الخاصية التي تميز الخفاش من غيره من الثدييات؟

a. حدة النظر. **b.** الريش.

c. الطيران. **d.** الأسنان.

4. ما الخاصية المميزة للثدييات؟

a. الشعر.

b. ثابتة درجة الحرارة.

c. قلبها مكون من أربع حجرات.

d. الإخصاب الداخلي.

5. أيّ الحيوانات الآتية ثديي مشيمي؟

a. الطائر الطنان. **b.** الكنغر.

c. منقار البط. **d.** الحوت.

استعمل المخطط الآتي للإجابة عن السؤال 6.

6. يبين المنحنى نمط التغير اليومي في درجة حرارة جسم الإنسان. متى تبدو درجة حرارة الجسم أقل ما يمكن؟

a. بعد الأكل. **b.** قبل الفجر.

c. بعد الظهر. **d.** منتصف الليل.

أسئلة الإجابات القصيرة

7. صف أربع خصائص مختلفة، أو عمليات تُمكِّن الثَّدييات من المحافظة على الاتزان الداخلي لدرجة الحرارة.

8. ما الفائدتان اللتان يحصل عليهما صغير الثَّدييات من التغذّي على حليب أُمه؟

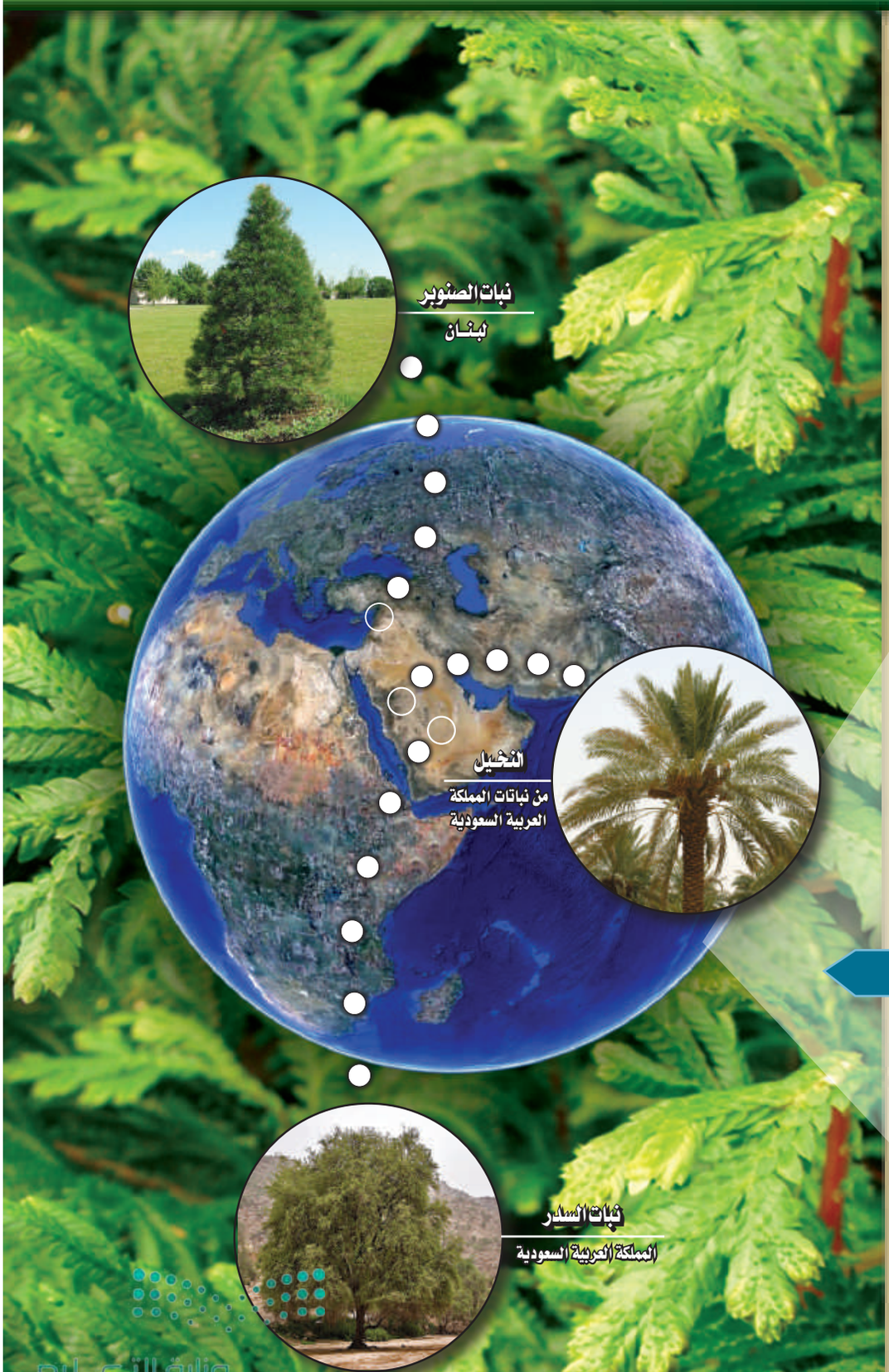
يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8
الفصل / القسم	4–1	4–1	4–2	4-1	4-2	4-2	4–1	4–1
الصف	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مقدمة في النباتات

Introduction to plants



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفكرة العامة النباتات مجموعة متنوعة من المخلوقات الحية، أبدعها البارئ سبحانه وتعالى.

5 – 1 النباتات اللاوعائية

الفكرة الرئيسة النباتات اللاوعائية صغيرة، وتنمو عادة في البيئات الرطبة.

5 – 2 النباتات الوعائية اللابذرية

الفكرة الرئيسة النباتات الوعائية اللابذرية عمومًا أكبر حجمًا، وأفضل تكيفًا للعيش في البيئات الجافة من النباتات اللاوعائية؛ لأنها تحوي أنسجة وعائية.

5 – 3 النباتات الوعائية البذرية

الفكرة الرئيسة النباتات الوعائية البذرية من أكثر النباتات انتشارًا على الأرض.

حقائق في علم الأحياء

- عدد الأنواع النباتية ثلاثة أضعاف عدد الأنواع الحيوانية.
- تشكل النباتات ومنتجاتها نحو 98% من الكتلة الحيوية على الأرض.

تجربة استهلالية

ما الخصائص التي تختلف فيها النباتات؟

يستعمل العلماء صفات محددة لتصنيف النباتات ضمن المملكة النباتية. وستدرس في هذه التجربة بعضًا من صفات النباتات.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. عنّون خمس عينات نباتية باستعمال الأحرف A، B، C، D، E.
3. ادرس كل نبات بعناية. واغسل يديك جيدًا بعد الانتهاء من دراسة هذه النباتات.
4. سجّل بناءً على ملاحظاتك الخصائص التي تصف أوجه التشابه والاختلاف بين هذه النباتات.
5. رتب قائمة الخصائص تنازليًا حسب أهميتها من وجهة نظرك.

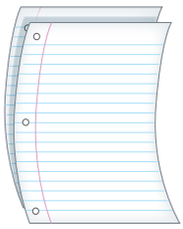
التحليل

1. قارن قائمتك بقوائم زملائك في الصف.
2. صف درجة التنوع بين النباتات التي درستها.
3. سجّل قائمة بالصفات التي لم تستطع دراستها، والتي قد تكون مهمة في تنظيم النباتات في مجموعات.

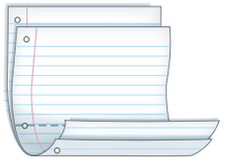
المطويات
منظمات الأفكار

تصنيف النبات اعمل المطوية الآتية لتساعدك على فهم تصنيف النباتات اللاوعائية.

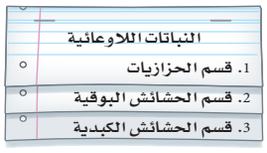
الخطوة 1: ضع ورقتين من دفتر ملاحظاتك بعضها فوق بعض متباعدة إحداها عن الأخرى بمقدار 1.5 cm، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 2: اثنِ الأطراف لتكوّن أربعة ألسنة متساوية المساحة، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3: ثبت أوراق المطوية معًا بالدبابيس، واكتب على كل لسان عنوانًا، كما في الشكل الآتي:



المطويات **استعمل هذه المطوية في القسم 1-5.** سجل وأنت تقرأ هذا القسم ما تعلمته حول تصنيف النباتات.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

5-1

النباتات اللاوعائية
Nonvascular Plants

الأهداف

- **تتعرّف** تراكيب النباتات اللاوعائية.
- **تقارن** بين خصائص أقسام النباتات اللاوعائية.

مراجعة المفردات

التكافل Symbiosis: العلاقة التي يعيش بوساطتها مخلوقان معًا وتربطهما علاقة وثيقة.

المفردات الجديدة

الثالوس

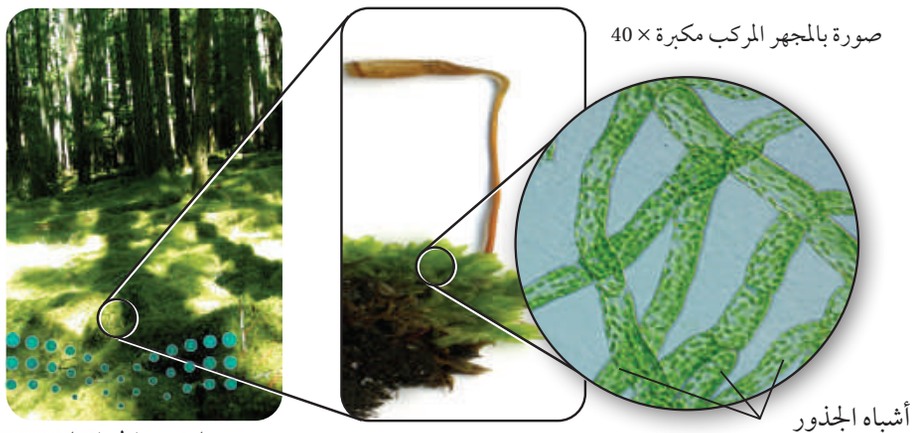
الفكرة الرئيسة **النباتات اللاوعائية صغيرة، وتنمو عادة في البيئات الرطبة.**

الربط مع الحياة هل استعملت يومًا خرطوم المياه لري نباتات الحديقة أو غسل سيارة؟ لماذا لا تنقل الماء من الصنبور بوساطة الدلو؟ إن استعمال الخرطوم لنقل الماء ـ كما ترى ـ طريقة أكثر فاعلية من استعمال الدلو. تفتقر النباتات اللاوعائية إلى تراكيب لنقل الماء والمواد الأخرى. ومع ذلك، فإن صغر حجم هذه النباتات يجعل نقل المواد بالانتشار والخاصية الأسموزية كافيًا لسد حاجاتها.

تنوع النباتات اللاوعائية Diversity of Nonvascular Plants

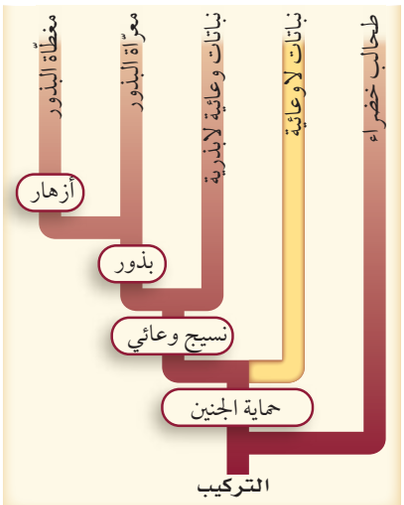
تُشكّل النباتات اللاوعائية واحدة من أربع مجموعات من النباتات التي تشترك مع الطحالب بعدة خصائص كما في **الشكل (A) 1-5**، ومنها: أن الجدار الخلوي في كليهما مكون من السيليلوز، وتخزن النباتات ومعظم الطحالب الغذاء على صورة نشا، وتستخدم النباتات ومعظم أنواع الطحالب نفس النوع من الكلوروفيل في عملية البناء الضوئي. وعمومًا، فإن النباتات اللاوعائية صغيرة الحجم، مما يمكّن المواد من الانتقال خلالها بسهولة. وتوجد هذه النباتات على الأغلب في المناطق الرطبة الظليلة، وهي بيئة تزودها بالماء الذي تحتاج إليه لنقل المواد الغذائية، وتساعدها على عملية التكاثر.

قسم الحزازيات Division Bryophyta أكثرها شيوعًا هي الحزازيات القائمة، انظر **الشكل 2-5**. وربما تكون قد شاهدت هذه النباتات اللاوعائية الصغيرة نامية على ساق شجرة ميتة أو على حافة جدول. وعلى الرغم من أن الحزازيات ليس لديها أوراق حقيقية إلا أن لها تراكيب شبيهة بالأوراق، وهذه التراكيب التي تقوم بعملية البناء الضوئي تتكون عادة من طبقة واحدة من الخلايا. تُنتج الحزازيات القائمة أشباه جذور عديدة الخلايا لتثبتها في التربة أو غيرها من السطوح، كما في **الشكل (B) 1-5**.



(B)

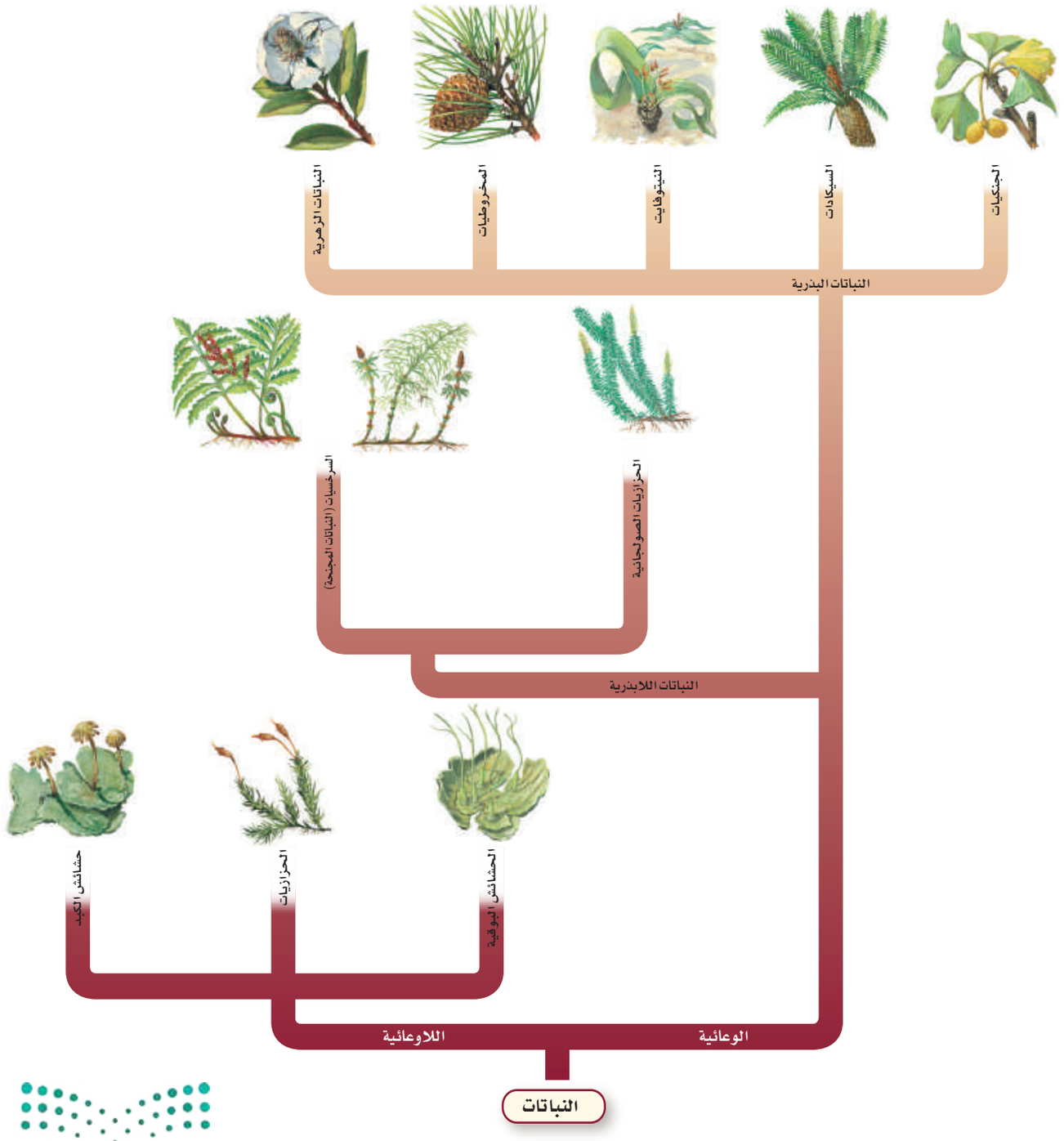
الشكل 1-5 حماية الجنين من خصائص النباتات الوعائية والنباتات اللاوعائية. السجادة الخضراء من الحزازيات القائمة وهي نباتات لاوعائية تتكون من مئات من النباتات الحزازية، كل منها له سيقان ورقية وأشباه جذور.



(A)

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

■ **الشكل 2 – 5** من طرائق تصنيف أقسام المملكة النباتية تصنيفها إلى: لاوعائية ووعائية، وإضافة إلى ذلك يمكن أن تصنف النباتات الوعائية إلى نباتات لابذرية ونباتات بذرية.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

ويمكن للماء وما فيه من مواد مذابة أن تنتشـــر إلى أشـــباه الجذور. وعلى الرغم من أن للحزازيات أنسجة تنقل الماء والغذاء، إلاّ أن هذه النباتات ليس لها أنسجة وعائيـــة حقيقية، حيث تنقل المـــاء والمواد الأخرى خلال أجســـام الحزازيات بوساطة الخاصية الأســـموزية والانتشـــار. تُظهر الحزازيات تنوعًا في التركيب والنمو. فبعضها له ســـيقان تنمو عموديًّا، ولبعضها الآخر سيقان متدلية. وتشكّل بعض الحزازيات ســـجادًا واسعًا يســـاعد على منع تعرية التربة في المنحدرات الصخريـــة. ومع مرور الزمـــن تراكمت كميات من الحزاز الطحلبي ســـفاجنوم Sphagnum ومواد نباتية وتعفنت وشـــكّلت ترسبات عميقة كوّنت فحم الخُث (فحم البِيت) peat. حيث يمكن تقطيعه وحرقه واســـتعماله وقودًا، كما يستعمله الذين يعتنون بالأزهار للاحتفاظ بالرطوبة. يقدر العلماء أن حوالي 1% من سطح الأرض مغطى بالحزازيات. تنمو معظم الحزازيات القائمة، **الشـــكل (B) 1–5**، في المناطق المعتدلة، ويمكن لها أن تنمو فـــي درجة التجمد دون أن تتلف،كما يمكنها أن تعيش حتى بعد فقد الكثير من الماء وتستعيد نموها عند توافر الرطوبة.

ماذا قرأت؟ **وضح** كيف يتكون خث الحزازيات؟

قســم الحشائش البوقية Division Anthocerophyta يعد هذا القســـم أصغر قسم في النباتات اللاوعائية، وقد ســـميت بهذا الاسم لأن الطور البوغي فيها يشبه البوق (القرن)، **الشكل 3–5**. ينتقل الماء والمواد المغذية في الحشائش البوقية بالخاصية الأسموزية والانتشـــار. إحدى الصفات المميزة لهذه النباتات هو وجود بلاستيدة خضراء واحدة كبيرة في كل خلية من خلايا الطور المشيجي وخلايا الطور البوغي، ويمكن ملاحظة هذه الصفة بوســـاطة المجهر. وينتج النبات البوغي معظم الغذاء الذي يســـتعمله النبات المشـــيجي والنبات البوغي نفسه.تحوي أنسجة الحشائش البوقية فراغات تحيط بالخلية مملوءة بمادة مخاطية وليس بالهواء. وتنمو البكتيريا الخضراء المزرقة من نوع النُّوســـتُك Nostoc في هذا المخاط. وتظهر الحشائش البوقية والبكتيريا الخضراء المزرقة علاقة تعايش.كما في **تجربة تحليل البيانات 1–5**.

الشكل 3–5 الطور البوغي في الحشائش البوقية، وهو يشـــبه البوق (القرن) ملتحم بالطور المشيجي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

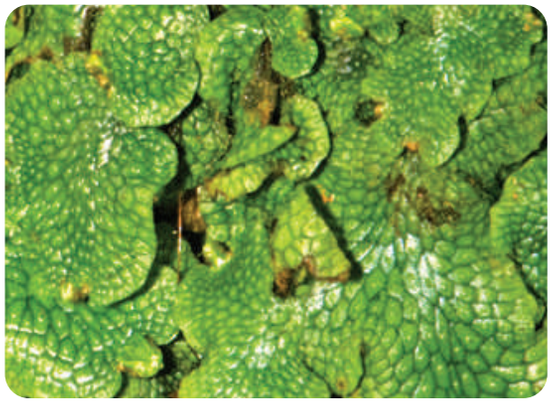
مختبر تحليل البيانات 1-5

بناءً على بيانات حقيقية

كوِّن فرضية

كيف تستفيد البكتيريا الخضراء المزرقة من الحشائش البوقية؟

تكوّن البكتيريا الخضراء المزرقة من نوع نُوستُك *Nostoc* علاقات تعايش مع حشائش الكبد ومعظم الحشائش البوقية.



البيانات والملاحظات

تظهر مستعمرات *Nostoc* على صورة بقع داكنة ضمن نسيج الطور المشيجي للنبات، كما في الصورة الآتية:

التفكير الناقد

1. **كوّن فرضية** حول الفوائد التي تحصل عليها النُّوستُك *Nostoc* من الحشائش البوقية .
2. **صمّم تجربة** لاختبار الفرضية.

أخذت البيانات في هذا المختبر من: CostaJ – Let al. 2001. Genetic diversity of *Nostoc* symbionts endophytically associated with two bryophyte species. *Appl. Envir. Microbiol.* 67: 4393 – 4396

قسم الحشائش الكبدية Hepaticophyta سُمّيت الحشائش الكبدية نظرًا لمظهرها الخارجي؛ ولأنها كانت تستعمل قديمًا في علاج أمراض الكبد. توجد في مواطن مختلفة تتراوح بين المناطق الاستوائية وحتى القطبية. تميل الحشائش الكبدية إلى النمو موازية لسطح الأرض، وتعيش في مناطق تزداد فيها الرطوبة كالتربة الرطبة، وبالقرب من الماء، أو على أخشاب متعفنة رطبة. ويستطيع قليل من الأنواع العيش في مناطق جافة نسبيًّا. وينتقل الماء والمواد المغذية في الحشائش الكبدية بواسطة الخاصية الأسموزية والانتشار كغيرها من النباتات اللاوعائية. تصنف الحشائش الكبدية إلى **الثالوسية (جسمية)** thallose أو ورقية، **الشكل 4-5**.

■ **الشكل 4-5** يشبه شكل ثالوس الحشائش الكبدية أجزاء الكبد. للحشائش الكبدية الورقية تراكيب تشبه الأوراق ولكنها ليست أوراقًا حقيقية.

فجسم الحشائش الثالوسية له تركيب مجزأ ولين، وأما الورقية **الشكل 4–5** فلها سيقان تحمل تراكيب مسطحة رقيقة تشبه الورقة. والحشائش الكبدية لها أشباه جذور، وهي وحيدة الخلايا، ولذا فهي تختلف عن الحزازيات القائمة التي لها أشباه جذور متعددة الخلايا. وقد أثبت تحليل DNA أن الحشائش الكبدية تفتقر إلى تسلسل DNA الذي لمعظم نباتات اليابسة الأخرى. ويشير هذا إلى أن الحشائش الكبدية هي أكثر نباتات اليابسة بساطة في التركيب.

التقويم 1–5

الخلاصة

- توزيع النباتات اللاوعائية محدَّد بقدرتها على نقل الماء والمواد الأخرى داخلها.
- الحزازيات القائمة نباتات صغيرة تستطيع العيش في بيئات مختلفة.
- تعتمد الحزازيات على الخاصية الأسموزية والانتشار لنقل المواد.
- هناك نوعان من الحشائش الكبدية، هما الثالوسية والورقية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **لخّص** خصائص الحزازيات القائمة.
2. **حدّد** العوامل البيئية التي ربما أثرت في تكيف تراكيب النباتات اللاوعائية.
3. **ميّز** بين الحشائش الكبدية والحشائش البوقية.
4. **عمِّم** القيمة الاقتصادية للحزازيات.

التفكير الناقد

5. **طبّق** ما تعرفه عن الخاصية الأسموزية والانتشار لتفسير سبب صغر حجم النباتات اللاوعائية عادةً.
6. **توقّع** التغيرات التي قد تحدث على المستوى الخلوي عندما يجف الحزاز القائم.
7. **قارن** بين مواطن الحزازيات القائمة والحشائش البوقية والحشائش الكبدية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

5-2

النباتات الوعائية اللابذرية
Seedless Vascular Plants

الأهداف

- **تحدّد وتحلّل** خصائص النباتات الوعائية اللابذرية.
- **تقارن** خصائص قسم النباتات الصولجانية وقسم السرخسيات.

مراجعة المفردات

البوغ Spore: خلية تكاثرية أحادية المجموعة الكروموسومية ولها غلاف خارجي صلب، ويمكن أن تنتج مخلوقًا حيًّا جديدًا دون أن تتحد بالمشيج.

المفردات الجديدة

الحامل البوغي
النبات الهوائي
الرايزوم
محفظة الأبواغ
الكيس البوغي

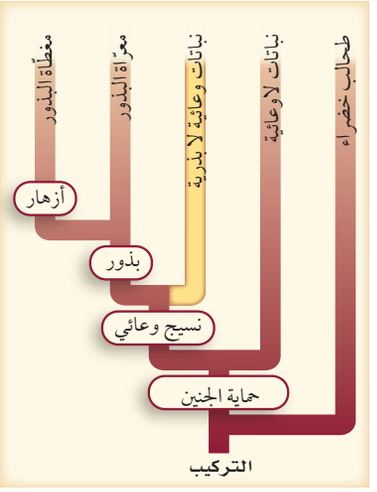
الفكرة الرئيسة **النباتات الوعائية اللابذرية عمومًا أكبر حجمًا، وأفضل تكيفًا للعيش في البيئات الجافة من النباتات اللاوعائية؛ لأنها تحوي أنسجة وعائية.**

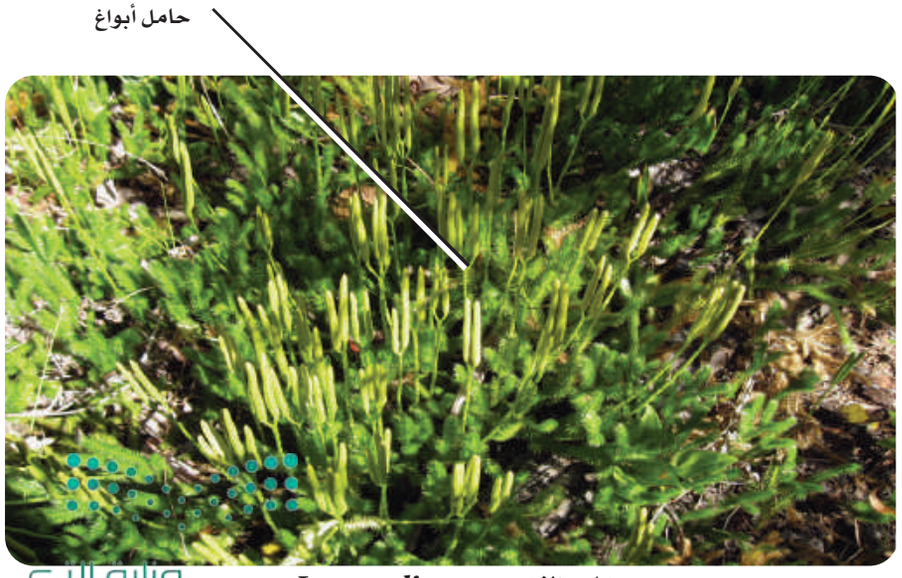
الربط مع الحياة يتدفق الماء من الصنبور عندما تفتحه، فتستعمله للشرب أو لتنظيف الأسنان أو لغسل الأشياء. إن نظام أنابيب الماء في المنزل يحمل إليك الماء من مناطق مختلفة. ويمكن النظر إلى الأنسجة الوعائية على أنها نظام أنابيب للنبات؛ لأنها تنقل الماء والمواد المذابة خلال جسم النبات.

تنوع النباتات الوعائية اللابذرية
Diversity of Seedless Vascular Plants

تشكل الحزازيات الصولجانية ـ التي تُسمى أيضًا حزازيات السنبلة ـ مع السرخسيات مجموعة النباتات الوعائية اللابذرية، وتختلف الحزازيات الصولجانية عن الحزازيات التي وردت في القسم السابق. وتشكل هذه المجموعة، **الشكل 5 –5**، واحدة من ثلاث مجموعات نباتية لها أنسجة وعائية. حيث تظهر النباتات الوعائية اللابذرية تنوعًا كبيرًا في الشكل والحجم، تكون في العادة طولها أقل من 30 cm، وفي بعض الغابات الأستوائية تستطيع السرخسيات النمو إلى 25 cm. وبغض النظر عن الحجم، فإن الطور البوغي في بعض النباتات الوعائية اللابذرية حباه الله تكيفًا يُسمى **حاملًا بوغيًّا** strobilus وهو تجمّع متراصّ من التراكيب الحاملة للأبواغ. وتنتشر الأبواغ الصغيرة التي ينتجها الحامل البوغي عادة بوساطة الرياح، وعندما يستقر البوغ في بيئة مناسبة، فإنه ينمو ليشكّل النبات المشيجي.

الشكل 5 – 5 تُنتج النباتات الوعائية اللابذرية – مثل الحزاز الصولجاني المسمى مخلب الذئب – أبواغًا في مخاريط بدلًا من البذور.





مخلب الذئب *Lycopodium sp*

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

سيلانجينيلا

الشكل 6–5 يتبع هذا الحزاز الصولجاني إلى جنس سيلانجينيلا.

قسم النباتات الصولجانية Division Lycophyta تشير الأدلة من الأحافير إلى أن النباتات الصولجانية شكّلت جزءًا كبيرًا من الغطاء النباتي للغابات، فبعضها يصل طولـه إلى 30 m. وعندما مات هذا الغطاء النباتـي تحولت بقاياه مع مرور الزمن وأصبحت في النهاية جزءًا من الفحم الحجري الذي يستخرجه الإنسان من أجل الوقود. إن الطور البوغي للنباتات الصولجانية هو السائد على عكس الحزازيات الحقيقية، وهو يشـبه الطور البوغـي للحزازيات. وتراكيبهـا التكاثرية التي تُنتج الأبواغ تكون صولجانية الشـكل أو تشـبه السنبلة، **الشـكل 1 – 5**. للحزازيات الصولجانية جذور وسيقان، ولها تراكيب حرشـفية صغيرة تشبه الأوراق (أشباه أوراق). وتسـمى أيضًا الصنوبريات الأرضية لأنها تشـبه أشجار صنوبر صغيرة. وتكون سيقانها إما متفرعة أو غير متفرعة، وتنمو إما عموديًّا أو زاحفة على سطح التربة. وجذورها تنمو من قاعدة السـاق. كما يمتد عرق من النسـيج الوعائي في منتصف كل ورقة حرشـفية. تنتمي معظم الحزازيات الصولجانية إلى جنسـين، همـا: ليكوبوديـوم *Lycopodium* وسـيلانجينيلا *Selanginella*، **الشـكلين 5–5، 6–5**. ففـي الجنـس *Selanginella* يحتوي حامل الأبـواغ على نوعين مـن الأبواغ (الكبيرة والصغيرة)، أمـا الجنس الثاني *Lycopodium* فالأبواغ الكبيـرة والصغيرة محمولة على حوامل بوغية منفصلة. ومعظم أنواع الحزازيات الصولجانيـة نباتات هوائية. **والنبات الهوائي** epiphyte نبات يعيش متعلقًا بنبات آخر أو جسـم آخر. وعندما تنمو النباتات الهوائية عند قمم الأشـجار تصبح بيئة أخرى مناسبًة للحشرات والحيوانات الصغيرة عند قمة أشجار الغابة.

ماذا قرأت؟ **حدّد** أهمية النباتات الصولجانية الاقتصادية.

قسم السرخسيات (النباتات المجنحة) Division Pterophyta يضم هذا القسم الخنشاريات والنباتات المجنحة. لقد وضعت النباتات المجنحة (ذيل الحصان) ذات مرة في قسم خاص بها، لكن الدراسات الكيميائية الحيوية الحديثة بينت أنها ذات علاقة قوية بالسرخسيات، لذا يجب أن تجمع معها.

الشـكل 7–5 الخنشاريات مجموعة متنوعة من النباتات تعيش في بيئات عديدة.

الخنشار المائي *Azolla* يعيش تكافليًّا مع البكتيريا الخضراء المزرقة.

ينمو نبات قرن الأيل بوصفه نباتًا هوائيًّا على النباتات الأخرى.

ينمو الخنشار *Dryopteris* على أفضل صورة في البيئات الجافة الظليلة.

تنتشر أشجار الخنشار بشكل كبير ضمن الغابات الاستوائية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الطور البوغي المكتمل النمو للخنشار

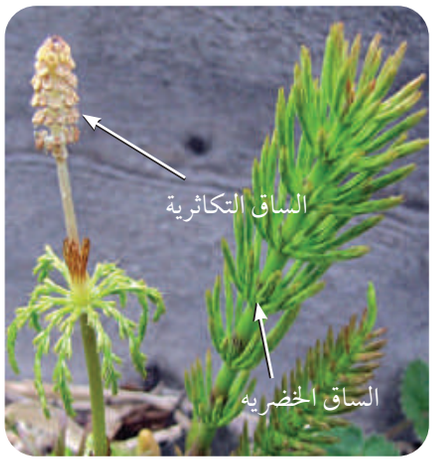
الطور البوغي والطور المشيجي للخنشار

الربط مع علوم الأرض كانت الخنشاريات خلال الحقبة الطباشيرية ـ منذ 359 – 300 مليون سنة ـ أكثر نباتات اليابسة وفرة. فقد وجدت غابات واسعة من الخنشاريات التي تشبه الأشجار، وقد أنتج بعضها تراكيب تشبه البذور. ينمو الخنشار في بيئات مختلفة وعديدة. وعلى الرغم من أنه غالبًا يعيش في البيئات الرطبة، إلا أنه يستطيع العيش في الظروف الجافة. وعندما يكون الماءُ نادرًا، تتباطأ العمليات الحيوية لبعض أنواع الخنشار لدرجة يبدو معها ميتًا. وعندما يتوافر الماء مرة أخرى يستأنف الخنشار نموه. ويبين **الشكل 7–5** أمثلة لخنشاريات تنمو في بيئات متباينة.

يكون الطور المشيجي الدقيق أصغر من الدبوس عادة، فهو ينمو من بوغ، وله تراكيب تكاثرية ذكرية وأخرى أنثوية. وبعد الإخصاب ينمو الطور البوغي من الطور المشيجي، ويكون معتمدًا عليه لفترة وجيزة. أحد تكيفات الخنشار التي تمكنه من العيش في المناطق الجافة إنتاج الطور البوغي دون إخصاب. وأخيرًا يكوّن الطور البوغي جذوراً، وساقاً سميكة تحت الأرض تسمى **الرايزوم** rhizome، وهو عضو لخزن الغذاء. تموت التراكيب الواقعة فوق سطح التربة لبعض أنواع الخنشار في نهاية فصل النمو. وعندما يبدأ النمو يتحلل الرايزوم المُخزن للغذاء ليُحرر الطاقة الضرورية اللازمة لهذا النمو. إن الجزء المألوف من الخنشار هو تراكيبه الورقية التي تقوم بعملية البناء الضوئي تُسمى الأوراق (السعفة)، **الشكل 8–5**. تشكل هذه الأوراق جزءًا من الطور البوغي للخنشار، وبها أنسجة وعائية متفرعة، وهي شديدة التباين في الحجم.

تتكون أبواغ الخنشار في تراكيب تُسمى **مَحفظة الأبواغ** sporangium، وتكوّن تكتلات المحافظ **كيسًا بوغيًّا** (بثرة) sorus. وتقع الأكياس البوغية عادة على السطح السفلي للأوراق، **الشكل 9–5**.

■ **الشكل 8–5** يختلف كل من الطور البوغي والطور المشيجي اختلافًا واضحًا في الحجم والمظهر. فالطور البوغي الناضج للخنشار أكبر مرات عديدة من الطور المشيجي.



ذيل الحصان

خنشار عش الطائر

الشكل 9–5 تحتوي الأكياس البوغية في خنشار عش الطائر على أبواغ تشكل خطوطًا على السطح السفلي للورقة. وتنتج بعض نباتات ذيل الحصان نوعين مختلفين من السيقان في الطور البوغي: خضرية وتكاثرية.

ويبين **الشكل 9–5** كذلك التركيب النموذجي لذيل الحصان، وهو ساق جوفاء مضلعة عليها دوائر من أوراق حرشفية. ويُنتج ذيل الحصان الأبواغ في مخاريط عند قمة الساق التكاثرية، كما هو الحال في الحزازيات الصولجانية. وعندما تنطلق أبواغ ذيل الحصان في البيئة المناسبة فإنها تنمو إلى نبات مشيجي. ومن الأسماء الشائعة لذيل الحصان نباتات التنظيف؛ لأنها كانت تستعمل غالبًا في تنظيف القدور وأواني الطبخ في الأزمنة القديمة. ويحتوي ذيل الحصان وهو نبات صغير الحجم على مادة كاشطة تُسمى السيليكا، تستطيع أن تشعر بها عندما تحك إصبعك على طول ساق النبات. وينمو معظمه في المناطق الرطبة كالسبخات والمستنقعات وضفاف الجداول. وتنمو بعض أنواعه في التربة الجافة في الحقول وجوانب الطرق فقط؛ لأن جذورها تنمو في التربة المشبعة بالماء الواقعة تحتها.

التقويم 2–5

الخلاصة

- للنباتات الوعائية اللابذرية أنسجة وعائية متخصصة، وتتكاثر بالأبواغ.
- النبات البوغي هو الطور السائد في النباتات الوعائية.
- النباتات الصولجانية والسرخسيات نباتات وعائية لابذرية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **اعمل جدولاً** تبين فيه خصائص مجموعات النباتات الوعائية اللابذرية.
2. **قارن** بين أفراد الطور البوغي وأفراد الطور المشيجي في النباتات الوعائية والنباتات اللاوعائية.
3. **استنتج** أهمية الاعتماد المبدئي للطور البوغي في الخنشار على الطور المشيجي.

التفكير الناقد

4. **صمّم** تجربة يمكن أن تختبر بها قدرة الطور المشيجي للخنشار على النمو في تُرب مختلفة.
5. **قوّم** فوائد تفرّع الأنسجة الوعائية في أوراق الخنشار.
6. **ارسم** مخطط فن تظهر فيه خصائص الحزازيات الصولجانية والسرخسيات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

5-3

النباتات الوعائية البذرية
Vascular Seed Plants

الأهداف

- **تقارن** بين خصائص النباتات البذرية.
- **تحدّدُ** أقسام النباتات معرّاة البذور.
- **تلخص** دورة حياة النباتات الزهرية.

مراجعة المفردات

التكيف Adaptation: صفة موروثة تنتج عن استجابة المخلوق الحي لعامل بيئي ما.

المفردات الجديدة

الفلقة
المخروط
السنوي
ثنائية الحول
المعمّر

الفكرة الرئيسة **النباتات الوعائية البذرية من أكثر النباتات انتشارًا على الأرض.**

الربط مع الحياة عندما تكتب رسالة فإنك تضعها في مغلف؛ أملاً في حمايتها. وكذلك تحمي البذرة النبات البذري الجديد إلى أن تصبح الظروف البيئية ملائمة للنمو.

تنوع النباتات البذرية Diversity of Seed Plants

تُنتج النباتات الوعائية البذرية بذورًا تحتوي كل واحدةٍ منها عادة على طور بوغي صغير يحيط به نسيج لحمايته. وللبذور **فلقة** cotyledon واحدة أو أكثر. والفلقة تركيب يخزن الغذاء أو يساعد النبات البوغي الصغير على امتصاص الغذاء. وتُسمى النباتات التي تشكّل بذورها جزءًا من الثمرة بالنباتات مُغطاة البذور. وتُسمى النباتات التي لا تشكّل بذورها جزءًا من الثمرة بالنباتات مُعراة البذور. للنباتات البذرية مجموعة من التكيفات لانتشار البذور في البيئة كما في **الشكل 10–5**. ويُعدّ الانتشار مهمًّا؛ لأنه يمنع التنافس بين النباتات الجديدة وآبائها، أو بين الأبناء أنفسها. الطور البوغي هو السائد في النباتات البذرية، وهو الذي ينتج الأبواغ التي تنقسم انقسامًا منصفًا لتشكّل النبات المشيجي المذكر (حبوب اللقاح) والنبات المشيجي المؤنث (البويضات). ويتكون كل نبات مشيجي مؤنث من بويضة واحدة أو أكثر تحيط بها أنسجة واقية. ويعتمد الطوران المشيجيان معًا على الطور البوغي في بقائهما.

الشكل 10–5 افحص هذه التكيفات التركيبية لانتشار البذور.

الكَوْكَل الشائك (Cocklebur) له خطاطيف يمكن أن تتعلق بفراء الحيوانات أو ملابس الإنسان.

يستطيع نبات بندق الساحرة (Witch hazel) أن يقذف بذرتيه أكثر من 12 m بعيدًا عن النبات الأم.

تستطيع ثمرة جوز الهند، والبذرة بداخلها، أن تطفو لمسافات كبيرة مع تيارات المحيط.

لبذور الصنوبر تراكيب تشبه الأجنحة تمكّنها من الانتقال بوساطة الرياح.

تساعد تراكيب تشبه المظلة على انتشار بذور حشائش الحليب (Milk weed).

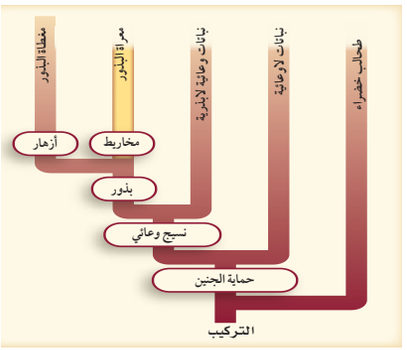
يُعد المـــاء ضروريًا لوصول المشـــيج المذكر إلى البويضة فـــي كل من النباتات اللاوعائية والوعائية اللابذرية، في حين لا تحتاج معظم النباتات الوعائية البذرية إلـــى وجود طبقة رقيقة من الماء لهذه العملية. وهذا فرق مهم بين النباتات البذرية والنباتات الأخـــرى. ويمكِّن هذا التكيف النباتات البذريـــة من العيش في بيئات مختلفة، ومنها تلك المناطق التي يندر فيها وجود الماء.

قسم نباتات السيكادات Division Cycadophyta يحتوي **المخروط** cone على التراكيب التكاثرية الذكرية والأنثوية لنباتات الســـيكادا وللنباتات المعرّاة البذور الأخرى **الشـــكل 11–5**. وينتج المخروط الذكري غيمـــة من حبوب اللقاح التي تكوّن النباتات المشـــيجية الذكرية، فـــي حين تحتوي المخاريـــط الأنثوية على النباتات المشـــيجية الأنثوية. فقد يصل طول مخاريط السيكادا 1m، وتزن حوالي 35 kg. وتنمو المخاريط الذكرية والمخاريط الأنثوية على نباتات سيكادا منفصلة.

يعتقد بعض الناس أن نباتات الســـيكادا قريبة من أشـــجار النخيل؛ لأن لها أوراقًا كبيرةً مقسمة، وبعضها قد ينمو حتى يصل طولها إلى أكثر من 18 m. لكن السيكادا لها تراكيب واســـتراتيجيات تكاثر مختلفة عن النخيل. فرغم أنها تشابه الأشجار الخشبية إلا أن لها ساقًا طرية تتكون غالبًا من نسيج خازن، **الشكل 12–5**.

البيئات الطبيعية للســـيكادا هي المناطق الاســـتوائية وشبه الاســـتوائية. انتشرت نباتات السيكادا بوفرة منذ 200 مليون سنة، ولكن يوجد منها الآن حوالي 11 جنسًا و250 نوعًا فقط.

ماذا قرأت؟ **قارن** بين مخروط السيكادا وحامل الأبواغ في النباتات اللابذرية.



الشـــكل 11–5 يبين مخطـــط العلاقات التركيبية أعـــلاه أن المخاريط كانـــت تكيفًا مبكرًا – وهبها الله لها – مع الظروف البيئية.

الشـــكل 12–5 يوضح الســـاق الطرية والأوراق المقسمة لنبات السيكادا.

وزارة التعـــليم
Ministry of Education
2023 - 1445

قسم نباتات النيتوفايت Division Gnetophyta من النباتات المعراة البذور، وتستطيع النباتات في هذا القسم أن تعيش بين 2000 – 1500 سنة. وهناك ثلاثة أجناس فقط من هذه النباتات، يبدي كلٌّ منها تكيفات تركيبية غير عادية للبيئة. إذا كنت قد تناولت دواءً للرشح أو الحساسية فإنه قد يحتوي على مادة إفيدرين - وهو مركب يوجد بصورة طبيعية في جنس إفيدرا Ephedra من نباتات النيتوفايت. ويشمل الجنس Gnetum نحو 30 نوعًا من أشجار استوائية ونباتات متسلقة تشبه سيقان العنب. أما الجنس الثالث المتبقي Welwitschia فله نوع واحد ومظهره غريب تمامًا، **الشكل 13–5**، ويوجد خصوصًا في صحاري جنوب غرب إفريقيا. ولهذا النبات جذور خازنة كبيرة وورقتان تستمران في النمو، وقد يصل طولهما إلى أكثر من 6 m. ويحصل نبات Welwitschia على الرطوبة من الضباب أو الندى أو المطر بوساطة أوراقه.

قسم النباتات الجنكيّة Division Ginkgophyta يشمل هذا القسم نوعًا واحدًا فقط هو جينكو بيلوبا Ginkgo biloba؛ إذ اكتشف احفورة له في مطلع القرن التاسع عشر، وهي أحد أقسام النباتات المعراة البذور.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

عالم الأخشاب Wood Scientist

هو الشخص الذي يهتم بجانب أو أكثر في عملية تحويل الخشب إلى منتجات أخشاب أخرى. ويستطيع عالِم الأخشاب أن يجري البحوث ويعمل في الصناعة بوصفه مطورًا للمنتجات أو العمليات أو ضابطًا للنوعية أو الإنتاج أو مهندسًا أو مديرًا.

الشكل 13–5 تحرك الريح أوراق نبات Welwitschia، مما يؤدي إلى تشققها عدة مرات، بحيث تبدو الورقتان كأنهما أوراق عديدة.

تجربة علمية

كيف تتكاثر السرخسيات والحزازيات والمخروطيات؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

لهذه الشجرة المتميزة أوراق صغيرة تشبه المروحة، وهي مثل السيكادا لها أجهزة تكاثرية ذكرية وأنثوية على نباتات منفصلة. وتنتج الشجرة المذكّرة حبوب اللقاح في مخاريط تنمو من قاعدة تجمعات الأوراق، **الشكل 14–5**. في حين تنتج الشجرة المؤنثة مخاريط تعطي عند إخصابها بذرة ذات غلاف لحميّ ذي رائحة نتنة، **الشكل 14–5**. ولأنها تتحمل التلوث لذا فإنها مألوفة للمزارعين ومطوري الأراضي في المدن. لكن الشجرة المذكرة مفضلةٌ أكثر عادة؛ لأنها لا تعطي المخاريط اللحمية النتنة الرائحة.

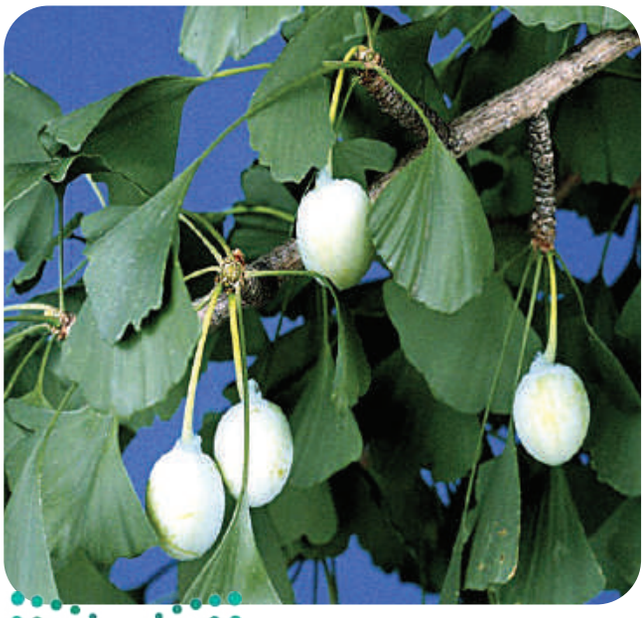
قسم النباتات المخروطية Division Coniferophyta تتباين المخروطيات في الحجم من شجيرات قصيرة طولها بضعة سنتمترات إلى أشجار باسقة يزيد طولها عن 50 m، ويُعد الصنوبر والسرو والتنوب والخشب الأحمر والعرعر والعاذر أمثلة على المخروطيات. والمخروطيات أهم النباتات المعرّاة البذور من الناحية الاقتصادية؛ فهي مصدر للأخشاب ولبّ الورق والمواد الراتنجية مثل زيت التربنتين.

تنمو التراكيب التكاثرية لمعظم المخروطيات في مخاريط. ومعظم المخروطيات لها مخاريط مذكرة ومخاريط مؤنثة على أغصان مختلفة من الشجرة أو الشجيرة نفسها. وتُنتج المخاريط الذكرية الصغيرة حبوب اللقاح، في حين تبقى المخاريط الأنثوية الكبيرة على النبات إلى أن تنضج البذور. وتتكون المخاريط الذكرية من حراشف تكاثرية تحتوي على المئات من محافظ الأبواغ، حيث تنقسم الخلايا داخل هذه الأبواغ انقسامًا منصّفًا لتكوّن أبواغ صغيرة. تتألف حبوب اللقاح – الطور المشيجي للنبات – من أربعة خلايا تنمو من البوغ الصغير. وتنتشر حبوب اللقاح هذه عن طريق الرياح.

■ **الشكل 14–5** تنمو التراكيب الذكرية والأنثوية للنباتات الجنكية من قاعدة تجمعات الأوراق ولكن على أشجار مختلفة.

توقع. **كيف تنتقل حبوب اللقاح إلى التراكيب التكاثرية الأنثوية؟**

تراكيب تكاثرية ذكرية



تراكيب تكاثرية أنثوية

ويمكـــن اســـتعمال خصائص المخاريـــط الأنثويـــة، **الشـــكل 15–5**، لتحديد المخروطيات؛ حيث تبدي هذه المخروطيات تكيفات لبيئاتها مثل كل النباتات. فما العلاقة التي يمكن استنباطها من كون معظم المخروطيات لها أغصان متدلّية، والعديد منها ينمو في المناخ الكثير الثلوج؟ ومن التكيفات الأخرى وجود طبقة شـــمعية خارجية من الكيوتين تغطي أوراق المخروطيات الإبرية أو الحرشـــفية وتقلّل من فقد الماء.

عندما تســـمع عبارة "دائمة الخضرة" فهل تفكر في الصنوبـــر أو المخروطيات الأخرى؟ معظم النباتات في المناطق المعتدلة الشمالية التي تسمى دائمة الخضرة مخروطيات. وفي المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية هناك نباتات أخرى دائمة الخضرة ـ منها شـــجرة نخيل جوز الهند. ويعرِّف علماء النبات النباتات الدائمة الخضرة بأنها نباتات لها أوراق خضراء طوال أيام الســـنة. ويتيح لها هذا التكيف أن تقـــوم بعملية البناء الضوئي عندما تكون الظروف مناســـبة. ويُســـمى النبات الذي يفقد أوراقه في نهاية فصل النمو أو عندما تقل الرطوبة كثيرًا نباتًا متســـاقط الأوراق. وبعض المخروطيات– ومنها اللاركس والســـرو الأصلع – متســـاقطة الأوراق. ويمكن تحديد نوع النبات المخروطي من أوراقه إذا كان دائم الخضرة أو متساقط الأوراق، كما هو موضح في **التجربة 1–5**.

تجربة 1 - 5

استقصِ أوراق المخروطيات

ما أوجه الاختلاف والتشابه بين أوراق المخروطيات؟

تُعَـــدّ بعض أشـــجار المخروطيات من أطـــول المخلوقات الحية على الأرض وأقدمها. ولمعظـــم المخروطيات أوراق إبرية يختلف بعضها عن بعض. وتعد خصائص الأوراق مهمة في تعرُّف المخروطيات.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. احصل عـــلى واحدة من كل عينة من النباتـــات المخروطية التي حددها معلمك، ثم سمها.
3. صمّم جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك.
4. قارن بين الأوراق، وأعدّ قائمة بالخصائص المهمة في وصف كل عينة من المخروطيات، وسجلها.
5. طوِّر نظامًا لتصنيف عينات المخروطيات وكن مســـتعدًّا للدفاع عن نظامك التصنيفي.
6. اغسل يديك جيدًا بعد التعامل مع عينات النبات.

التحليل

1. **وضح** المنطق في نظامك التصنيفي.
2. **قـارن** نظامك التصنيفي بما وضعه زمـــلاؤك. واشرح لماذا يُعد نظامك فعالاً في تصنيف عينات المخروطيات التي درستها.

التنوب (Pacific yew) - **مخاريط لحمية**

العرعر (Juniper) - **مخاريط عنبية**

الصنوبر (Pine) - **مخاريط خشبية**

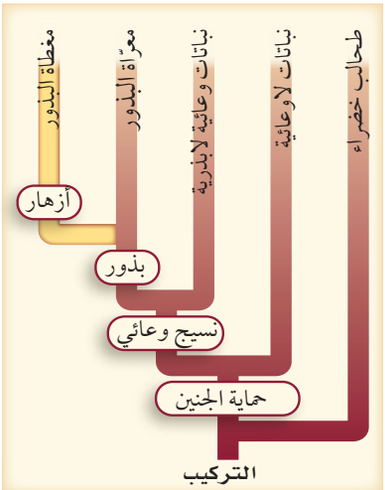
■ **الشكل 15–5** يمكن أن توصف مخاريط المخروطيات الأنثوية بأنها خشبية أو لحمية أو عِنَبية.

قسم النباتات الزهرية Division Anthophyta تعد النباتات الزهرية أوسع النباتات انتشارًا بسبب تكيفاتها التي وهبها الله سبحانه وتعالى لها لتتمكن من النمو في البيئات اليابسة والمائية. وتسمى النباتات الزهرية أيضًا مغطاة البذور، **الشكل 16–5**.

وتشكّل النباتات الزهرية اليوم حوالي 75% من المملكة النباتية. صنَّف العلماء النباتات الزهرية بطريقة تقليدية إلى ذات الفلقة الواحدة وذات الفلقتين. وتشير الأسماء إلى عدد الفلقات في بذورها؛ فالأحادية الفلقة لها فلقة واحدة، وأما الثنائية الفلقة فلها فلقتان.

دورات الحياة تتراوح دورات حياة النباتات الزهرية بين عدة أسابيع أو سنوات. فالنبات **السنوي** annual يكمل دورة حياته – أيْ ينمو من بذرة، ويكبر وينتج بذورًا جديدة ثم يموت – في فصل نمو واحد أو أقل، وتضم هذه المجموعة الكثير من نباتات الحديقة ومعظم الأعشاب.

تمتد دورة حياة النبات **ثنائي الحول** biennial على مدى عامين؛ فهو يُنتج الأوراق، وله نظام جذري قوي خلال السنة الأولى، **الشكل 17 –5**. وتنتج بعض النباتات ثنائية الحول ـ ومنها الجزر واللفت والشمندر ـ جذورًا لحمية خازنة يمكن جمعها بعد فصل النمو الأول، فإذا لم تجمع فإن جزء النبتة الموجود فوق سطح التربة يموت، لكن الجذور وبعض الأجزاء تحت سطح التربة تبقى حية في حول ثاني لأنها تكيفت مع بيئاتها. وفي السنة الثانية تنمو السيقان والأوراق والأزهار والبذور، وهكذا تمتد حياة النباتات إلى عام آخر وتنتهي بنهاية العام الثاني.



■ **الشكل 16–5** النباتات الزهرية من أكثر أقسام المملكة النباتية انتشارًا.

النمو في السنة الأولى

النمو في السنة الثانية

تستطيع النباتات **المعمّرة** perennial العيش سنوات عديدة، بما وهبها الخالق سبحانه وتعالى من مميزات. وعادة ما تنتج أزهارًا وبذورًا كل عام. وتستجيب بعض النباتات المعمّرة للظروف القاسية بإسقاط أوراقها، وإلا فإن تراكيبها فوق سطح الأرض سوف تموت. وهي تستأنف النمو عندما تصبح الظروف البيئية مناسبة للنمو. وتعد أشجار الفواكه والشجيرات وأزهار السوسن والورد والعديد من أنواع النباتات العنبية نباتات معمّرة.

ويتم التحكم في دورة حياة النباتات جميعها وراثيًّا، وهي تعكس التكيفات لمقاومة الظروف القاسية. ومع ذلك فإن دورات حياة النباتات جميعها تتأثر بظروف البيئة.

■ **الشكل 17–5** زهرة الربيع المسائية (Evening primrose) ثنائية الحول وتنتج أوراقًا وساقًا تحت الأرض وجذورًا في فصل النمو الأول، وتزهر في السنة الثانية من النمو.

التقويم 3–5

الخلاصة

- تنتج النباتات الوعائية البذرية بذورًا تحوي الطور البوغي.
- تظهر النباتات الوعائية البذرية عددًا من التكيفات للعيش في بيئات مختلفة.
- هناك خمسة أقسام للنباتات الوعائية البذرية، ولكل قسم صفاته المميزة.
- النباتات الزهرية إما سنوية أو ثنائية الحول أو معمرة.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **صف** مميزات النباتات التي تنتج البذور.
2. **قارن** بين بذور النباتات المعرّاة وبذور النباتات المغطاة.
3. **ميّز** بين المخروط الذكري والمخروط الأنثوي للمعرّاة البذور.
4. **حدّد** أقسام المعرّاة البذور.
5. **قارن** بين ذات الفلقة الواحدة وذات الفلقتين.
6. **قارن** بين الأنواع الثلاثة لدورات حياة النباتات الزهرية.

التفكير الناقد

7. **قوّم**. رأى مزارع يبيع أشجار الزينة إعلانًا يقول "السرو الأصلع هو طريقك الأفضل لربح سريع. ازرع هذه الأشجار السريعة النمو واحصدها في خمس سنوات فقط". فهل تشكّل هذه الأشجار محصولاً مربحًا للمُزارع؟ وضح ذلك.
8. الرياضيات في علم الأحياء أصغر نبات مزهر طوله 1 mm فقط، في حين ينمو أطول نباتات المخروطيات حتى يصل إلى 90 m. فكم مرة يساوي طولُ هذا النبات طولَ أصغر النباتات الزهرية؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مهنة في علم الأحياء: علم حبوب اللقاح الجنائي

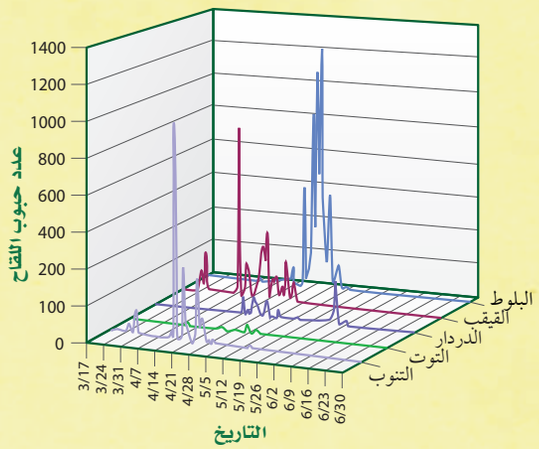
الدليل في حبوب اللقاح

يَستعمل علم حبوب اللقاح الجنائي- وهو علم حديث نسبيًّا - حبوبَ اللقاح والأبواغ دليلاً في القضايا الجنائية لمساعدة الشرطة على حل الجرائم. وفي إحدى القضايا، هوجم أحد الرياضيين وسُحب إلى منطقة حرجية ثم قُتل هناك. فاستجوبت الشرطة متهمًا رئيسًا أفاد بأنه كان في المنطقة، لكنه لم يرَ الرياضيّ، ولم يدخل المنطقة الحرجية حيث وجدت الجثة، فهل كان يقول الحقيقة؟

دليل الإدانة تحوي التربة المأخوذة من مسرح الجريمة كميات كبيرة من حبوب لقاح الصنوبر وأبواغ الخنشار. وأثبت المسح الميداني أنه لا يوجد أي موقع آخر قريب يحتوي على أشجار الصنوبر والخنشار. وعندما فتشت الشرطة شقة المتهم وجدت ملابس يعتقد أن المتهم كان يرتديها أثناء ارتكابه الجريمة. وأثبت الفحص، الذي قامت به عالمة حبوب لقاح وجود حبوب لقاح الصنوبر على ملابس المتهم. وفي النهاية حوكم المتهم، وأُدين بارتكاب الجريمة.

عالِم حبوب اللقاح في موقع الجريمة يجمع المحققون أنواعًا مختلفة من الأدلة من موقع الجريمة، ومن ذلك بصمات الأصابع. فهل يستطيع عالِم حبوب اللقاح أن يجمع بصمات الأصابع؟ الجواب، نعم، بطريقة ما. فكل نوع من النباتات البذرية ينتج حبوب لقاح فريدة يمكن النظر إليها على أنها "بصمات" مميزة للنوع، وتستعمل في تحديد هويته. وكذلك يحتوي الغبار والتربة في أغلب الأحيان على كميات كبيرة من حبوب اللقاح والأبواغ. كما تعمل الألياف في نسيج الملابس عمل مرشّحات تلتقط حبوب اللقاح والأبواغ. ويمكن أيضًا أن تحتجز خصلة من الشعر حبوب اللقاح التي تحملها الرياح.

عدد حبوب اللقاح في موقع الجريمة



علم حبوب اللقاح الجنائي يمكن أن تساعد دراسة حبوب اللقاح المحققين على اختصار قائمة المتهمين، مما يجعلها أداة استقصاء قيمة. ولأنها تتطلب معرفة واسعة وتدريبًا على جمع العينات وحفظها دون تلوث، لذا فإن علم حبوب اللقاح الجنائي يعد علمًا متخصصًا.

الرياضيات في علم الأحياء

فسّر الرسم البياني افحص الرسم البياني لعدد حبوب لقاح الأشجار. ما نوع حبوب اللقاح التي تتوقع وجودها في 14/ 4، وفي 19/ 5، وفي 2/ 6؟

مختبر الأحياء

استقصاء ميداني: كيف تتعرف هوية الأشجار وتصنّفها؟

الخلفية النظرية: يستعمل علماء النبات والمهتمون بالنباتات عادة دليلًا ميدانيًّا ومفتاح تصنيف ثنائي التفرع لتعرّف النباتات. وسوف تستعمل في هذا المختبر، دليلًا ميدانيًّا لتعرّف النباتات في منطقة ما، ثم ستعد بعد ذلك مفتاحك التصنيفي الثنائي التفرع لتحدد النباتات في منطقتك.

سؤال: ما الخصائص التي يمكن استعمالها لتعرّف الأشجار وبناء مفتاح ثنائي التفرع لها؟

المواد والأدوات

- دليل ميداني للأشجار (في منطقتك).
- مسطرة مترية.
- عدسة مكبرة.

احتياطات السلامة

تحذير: ابق ضمن منطقة الدراسة واحذر النباتات والحشرات والمخلوقات الحية الأخرى التي يمكن أن تشكل خطرًا.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. ادرس الدليل الميداني الذي زوّدك به معلمك، وحدّد طريقة تنظيمه.
3. اكتب قائمة بالخصائص التي تساعدك على تعرّف الأشجار في منطقتك بناءً على قراءتك للدليل الميداني، وما تعلمته عن خصائص النباتات في هذا الفصل.
4. اعمل جدول بيانات بناءً على القائمة التي أعددتها في الخطوة 3.
5. استعمل الدليل الميداني في تعرّف إحدى الأشجار في منطقتك. وتحقق من ذلك مع معلمك.
6. سجل في جدول بياناتك خصائص الشجرة التي حددتها.
7. أعد الخطوتين 6 ، 5 إلى أن تحدد الأشجار المطلوبة كلها في هذا المختبر.
8. راجع جدول البيانات، ثم اختر الخصائص الأكثر فائدة في تعرّف الأشجار. حيث ستشكل هذه الخصائص أساسًا لمفتاحك التصنيفي الثنائي التفرع.
9. حدد أي ترتيب في المفتاح التصنيفي الثنائي يبين خصائص الاشجار، ثم صف كل خاصية منها كتابيًّا.
10. اعمل مفتاحًا تصنيفيًّا ثنائي التفرع. إن الخصائص التي تصفها في كل خطوة من المفتاح الثنائي هي عادة خصائص مزدوجة متضادة. فمثلاً، قد تقارن في الخطوة الأولى الأوراق الإبرية والحرشفية بالأوراق العريضة.

حلّل ثم استنتج

1. **فسّر البيانات.** صف بناءً على بياناتك التي جمعتها، تنوع النباتات في المنطقة التي درستها.
2. **انقد.** تبادل المفتاح التصنيفي مع زميلك، واستعمله في تعرّف الأشجار في منطقة الدراسة. ثم قدّم اقتراحات لزميلك لتحسين مفتاح التصنيف الخاص به.
3. **توقع.** كم يكون مفتاحك التصنيفي الثنائي مفيدًا لشخص يحاول تعرّف الأشجار في منطقة الدراسة؟ وضح ذلك.
4. **تحليل الخطأ.** ما التغييرات التي يمكن أن تقوم بها لتحسين فاعلية مفتاحك التصنيفي الثنائي.

مشاركة البيانات

قارن بياناتك ببيانات أخرى جمعها زملاؤك. ما النباتات المشتركة في مفاتيح التصنيف كلها؟

الفصل 5 دليل مراجعة الفصل

المطويات حدّد أقسام النباتات اللاوعائية، موضّحًا خواصها، ثم ناقشها.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
5–1 النباتات اللاوعائية	
الثالوس	**الفكرة الرئيسة** **النباتات اللاوعائية صغيرة وتنمو عادة في البيئات الرطبة.** • توزيع النباتات اللاوعائية محدَّد بقدرتها على نقل الماء والمواد الأخرى داخلها. • الحزازيات القائمة نباتات صغيرة تستطيع العيش في بيئات مختلفة. • تعتمد الحزازيات على الخاصية الأسموزية والانتشار لنقل المواد. • هناك نوعان من الحشائش الكبدية، هما الثالوسية والورقية.
5–2 النباتات الوعائية اللابذرية	
الحامل البوغي النبات الهوائي الرايزوم محفظة الأبواغ الكيس البوغي	**الفكرة الرئيسة** **النباتات الوعائية اللابذرية عمومًا أكبر حجمًا، وأفضل تكيفًا للعيش في البيئات الجافة من النباتات اللاوعائية، لأنها تحوي أنسجة وعائية.** • للنباتات الوعائية اللابذرية أنسجة وعائية متخصصة، وتتكاثر بالأبواغ. • النبات البوغي هو الطور السائد في النباتات الوعائية. • النباتات الصولجانية والسرخسيات نباتات وعائية لابذرية.
5–3 النباتات الوعائية البذرية	
الفلقة المخروط السنوي ثنائية الحول المعمَّر	**الفكرة الرئيسة** **النباتات الوعائية البذرية من أكثر النباتات انتشارًا على الأرض.** • تُنتج النباتات الوعائية البذرية بذورًا تحوي الطور البوغي. • تُظهر النباتات الوعائية البذرية عددًا من التكيفات للعيش في بيئات مختلفة. • هناك خمسة أقسام للنباتات الوعائية البذرية، ولكل قسم صفاته المميزة. • النباتات الزهرية إما سنوية أو ثنائية الحول أو معمرة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 5 التقويم

5–1

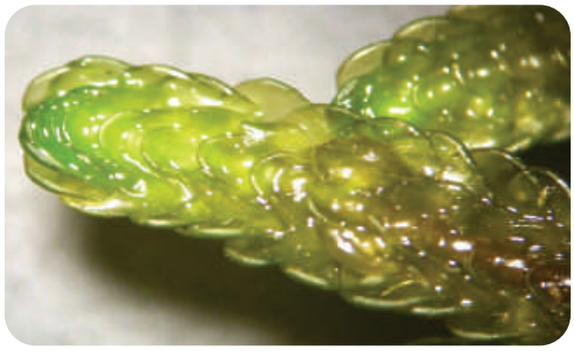
مراجعة المفردات

اكتب جملة تستعمل فيها المصطلح أدناه بصورة صحيحة.

1. الثالوس

تثبيت المفاهيم الرئيسة

استعمل الصورة أدناه للإجابة عن السؤال 2.



2. أيّ الكلمات الآتية لا تصف النبات في الصورة أعلاه؟

a. متعدد الخلايا.

b. لاوعائي.

c. لابذري.

d. ثالوس.

3. أيّ من الآتي يُعدّ من خصائص الحزازيات؟

a. الأنسجة الوعائية.

b. الأزهار.

c. البذور.

d. أشباه الجذور.

أسئلة بنائية

4. إجابة قصيرة. ارجع إلى **الشكل 3–5**، وحلِّل حاجة النبات البوغي اللاوعائي إلى الاستمرار في اعتماده على الطور المشيجي.

5. نهاية مفتوحة. صف البيئة التي يمكن أن تدعم نمو النباتات اللاوعائية وهل هذه البيئة متوافرة في منطقتك.

التفكير الناقد

6. ابحث عن مجموعة من النباتات اللاوعائية، ثم اكتب قائمة بما ينمو منها في منطقتك إن وجد.

5–2

مراجعة المفردات

اربط كل تعريف في الأسئلة الآتية مع المصطلح الذي يناسبه من صفحة دليل مراجعة الفصل:

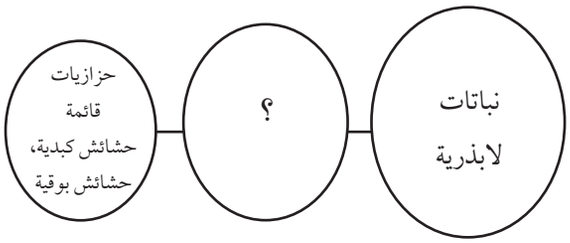
7. تراكيب حاملة للأبواغ تشكِّل تجمعًا متراصًّا.

8. ساق سميكة تحت الأرض.

9. نبات يعيش متعلقًا بنبات آخر أو جسم آخر.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

استعمل خريطة المفاهيم أدناه للإجابة عن السؤال 10.



10. أيّ المصطلحات الآتية تناسب ملء الفراغ في الشكل أعلاه؟

a. لاوعائية.

b. زهرية.

c. وعائية.

d. منتجة للبذور.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

11. أيّ التراكيب الآتية يحوي تجمعًا من محافظ الأبواغ؟

a. الكيس البوغي.
b. السعفة.
c. الساق.
d. النصل.

12. أيّ الآتي لا يشكّل جزءًا من الخنشار؟

a. الرايزوم.
b. البثرة.
c. ورقة الخنشار أو السعفة.
d. شبه الجذر.

13. أيّ الصور الآتية تظهر البثرة (الأكياس البوغية)؟

C

A

D

B

أسئلة بنائية

14. **إجابة قصيرة.** لخّص خصائص الخنشار.

15. **إجابة قصيرة.** ميّز بين قسم النباتات المجنحة وقسم النباتات الصولجانية.

التفكير الناقد

16. **استنتج** المزايا التي يمنحها وجود بثرات الخنشار على السطح السفلي لأوراق الخنشار بدلًا من السطح العلوي.

5-3

مراجعة المفردات

ضع المصطلح المناسب من صفحة دليل مراجعة الفصل بدل كل كلمة تحتها خط في الأسئلة الآتية.

17. جذر البذرة يزوّدها بالغذاء عندما تنمو.

18. النبات الذي ينمو لعدة فصول هو الرايزوم.

19. تحوي الزهرة في المعرّاة البذور تراكيب التكاثر الذكرية والأنثوية.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

20. أيّ الآتي يضم النباتات التي لها أوراق إبرية أو حرشفية؟

a. نباتات النيتوفايت.
b. النباتات الزهرية.
c. النباتات المخروطية.
d. النباتات السيكادية.

استعمل الصورة أدناه للإجابة عن السؤال 21.

21. أيّ النباتات الآتية تنتج تراكيب تكاثر أنثوية كما في الصورة؟

a. المخروطيات.
b. النباتات الزهرية.
c. النيتوفايت.
d. النباتات الجِنكية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

22. ما الذي يصف أهمية انتشار البذور؟

a. تنتج جميع أنواع النباتات.
b. تنشرها في الهواء فقط.
c. يحدّ من التنافس فيما بين الآباء، وبينها وبين النباتات الناتجة الأخرى (الأبناء).
d. تنتشر في الصحراء فقط.

أسئلة بنائية

23. نهاية مفتوحة. ما الميزة التكيفية المحتملة لاعتماد النبات المشيجي الوعائي على النبات البوغي؟

24. إجابة قصيرة. اكتب قائمة بالصفات التي قد تستعملها في التمييز بين المخروطيات والنباتات الزهرية.

التفكير الناقد

25. قارن بين المخاريط وحامل الأبواغ.

26. استنتج. لماذا تتكاثر المخروطيات على نحو أكبر من النباتات الزهرية في البيئات الباردة؟

تقويم إضافي

27. الكتابة في علم الأحياء تخيل نفسك واحدًا من النباتات التي تعرضت للظروف البيئة القاسية على اليابسة . فما القصص التي يمكن أن تخبرها لأحفادك حول الصعوبات التي واجهتها؟

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استعمل الرسم الآتي للإجابة عن السؤال 1.

1. فـي أيّ أقسـام النباتات البذرية تتوقع وجود التركيب الموضح أعلاه؟

a. النباتات الزهرية.
b. النباتات المخروطية.
c. النباتات السيكادية.
d. النباتات الجِنكية.

2. افترض أن خلية من ورقة خنشار تحوي 24 كروموسومًا. فكم تتوقع أن يكون عدد الكروموسومات في الأبواغ؟

a. 6
b. 12
c. 24
d. 48

3. أيّ تركيب في النباتات اللاوعائية تساعد على امتصاص المواد المغذية من التربة؟

a. البلاستيدات الخضراء.
b. الصمغ النباتي.
c. أشباه الجذور.
d. الطور البوغي.

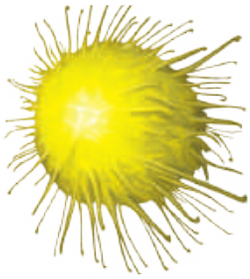
4. في أثناء الطقس الجاف تتطاير قطع من الحزاز الحقيقي بواسـطة الرياح. وعندما تمطر تنمو هذه القطع فتكون نباتًا جديدًا. ما العملية التي تمثل هذه الظاهرة:

a. تعاقب الأجيال.
b. تكاثر الطور المشيجي.
c. الطور البوغي.
d. التكاثر الخضري.

5. كيف تختلف الحشائش الكبدية عن النباتات اللاوعائية الأخرى؟

a. ينتقل الماء والمواد المغذية في خلاياها بوساطة الانتشار والخاصية الأسموزية.
b. تحـوي خلاياها نوعًـا من البكتيريـا الخضراء المزرقة.
c. تصنف إلى حشائش ثالوسية أو ورقية.
d. تحوي البلاستيدات الخضراء في بعض خلاياها.

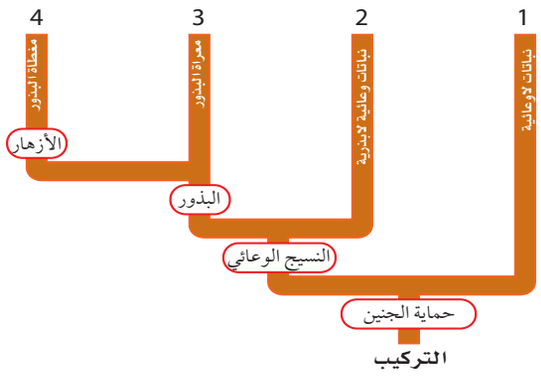
استعمل الرسم الآتي للإجابة عن السؤال 6.



6. طريقة انتشـار هذه البذور هي:

a. الحيوانات.
b. الجاذبية الأرضية.
c. الماء.
d. الرياح.

استعمل المخطط أدناه للإجابة عن السؤال 7.



7. أيّ الأرقام في الشكل أعلاه يمثل مكان وجود النباتات السيكادية؟

a. 1
b. 2
c. 3
d. 4

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

8. ما الذي يسبق الجيل الأحادي المجموعة الكروموسومية في النباتات الوعائية اللابذرية؟

a. النباتات الهوائية المتسلقة.

b. الاطوار المشيجية.

c. الرايزومات.

d. الأبواغ.

أسئلة الإجابات القصيرة

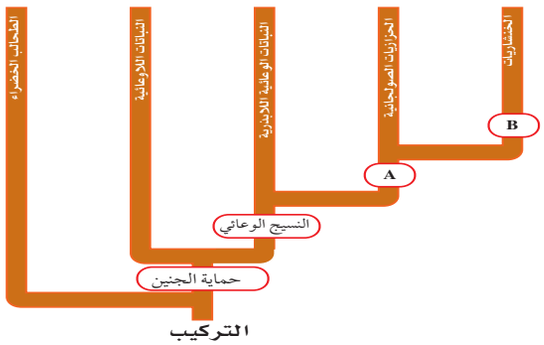
9. قارن بين الطور البوغي في النباتات اللاوعائية والطور البوغي في النباتات الوعائية اللابذرية.

10. فسّر سبب انتشار معظم النباتات المنتجة للأبواغ في المناطق الرطبة؟

11. اذكر طريقتين تتكيف بهما النباتات الوعائية اللابذرية أفضل من النباتات اللاوعائية للعيش في البيئات المتغيرة.

12. ما أهمية الجيل المشيجي في النباتات البذرية؟

استعمل المخطط أدناه للإجابة عن السؤال 13.



13. انظر إلى المخطط الموضح أعلاه. ما الكلمة أو العبارة التي تصف نقطتي التفرع A و B؟

14. استعمل خريطة المفاهيم لتنظيم المعلومات المتعلقة بالنباتات السنوية وثنائية الحول والمعمرة من حيث أوجة الشبه والاختلاف.

15. اذكر صفتين للنباتات اللاوعائية تعوض بهما عن فقدهما للأنسجة الناقلة.

16. لأحد أنواع الخنشار 14 كروموسومًا. ما عدد الكروموسومات في الثالوس الأولي؟ فسّر لماذا؟

17. اشرح الفوائد التي تجنيها النباتات اللاوعائية من وجود أشباه جذور رقيقة وتراكيب تشبه الأوراق.

18. تخيل أن صديقًا لك يعيش في منطقة باردة أعطاك بذورًا لنبات، فزرعته في منطقة حارة ولكنها لم تنمُ. توقع أسباب عدم نمو البذور في المنطقة الحارة.

سؤال مقالي

تخيل أنك تخطط لتحويل مساحة من الأرض قرب مدرستك إلى حديقة صغيرة، حيث يمكنك أن تشتري بذورًا لزراعتها، ويمكنك أن تنقل إليها نباتات صغيرة. لكن هدفك الرئيس هو وجود بعض النباتات التي تنمو في الحديقة في كل فصلٍ من السنة.

استعمل المعلومات في الفقرة أعلاه للإجابة عن السؤال الآتي في صورة مقال.

19. بناءً على ما تعرفه عن النباتات وعن المناخ في المنطقة التي توجد فيها مدرستك، ما أفضل نوع من النباتات يمكن زراعته؟ صِف خطتك في صورة مقال منظم، ووضح كيف تتلاءم النباتات المختلفة التي تنوي استعمالها مع خصائص الحديقة المطلوبة؟

يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

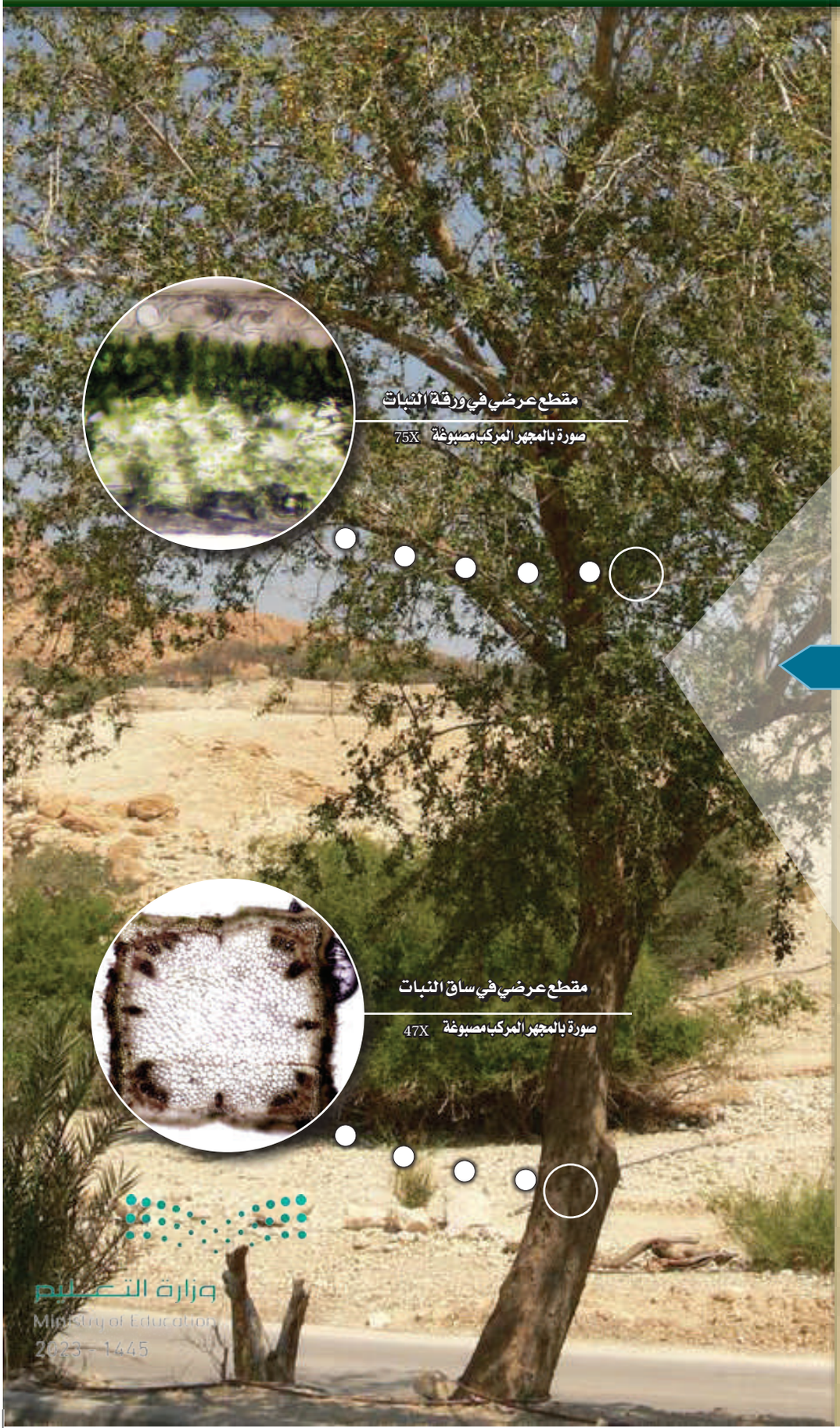
الصف	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1
الفصل/ القسم	5-3	5-2	5-1	5-2	5-1	5-3	5-3	5-1	(1+2)5	5-2
السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

الصف	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1	
الفصل/ القسم	(1+2)5	5-2	5-2	5-3	5-1	5-2	5-1	5-3	5-3	
السؤال	11	12	13	14	15	16	17	18	19	

الوحدة 6

تركيب النبات ووظائف أجزائه

Plant Structure and Function



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 – 1445

الفكرة العامة تعود طبيعة التنوع في النباتات إلى اختلاف تراكيبها التي خلقها الله سبحانه وتعالى.

6 – 1 خلايا النبات وأنسجته

الفكرة الرئيسة تتكون أنسجة النباتات من خلايا مختلفة.

6–2 هرمونات النباتات واستجاباتها

الفكرة الرئيسة يمكن أن تؤثر الهرمونات في استجابات النبات لبيئته.

حقائق في علم الأحياء

- يحتوي التوت على تراكيز عالية من مادة الانثوسيانين، التي تساعد على محاربة سرطان القولون، سرطان المريء، وسرطان الجلد.
- زرع الإنسان النباتات منذ أكثر من 2000 سنة من أجل الألياف التي توجد في الساق التي تنسج ليصنع منها الأقمشة.
- ما عدا نسبة قليلة من هذه الجذور هناك 80–90 % من جذور النباتات تنمو في الثلاثين سنتمترًا العليا من التربة.

تجربة استهلالية

ما التراكيب التي لدى النباتات؟

لدى معظم النباتات تراكيب تمتص الضوء، وأخرى لتحصل على الماء والمواد المغذية. وستفحص في هذه التجربة نباتًا، وتلاحظ تراكيبه التي تساعده على العيش والبقاء، ثم تصفها.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. افحص بلطف **النبات المزروع في الأصيص** الذي زوّدك به معلمك. واستعمل **عدسة يدوية** لتفحص النبات. وضع قائمة بكل نوع تلاحظه من التراكيب.
3. انزع النبات برفق من الأصيص، ولاحظ تراكيب النبات التي في التربة، واحذر من تفتيت التربة حول جذور النبات. وسجل ملاحظاتك، ثم أعد النبات إلى الأصيص.
4. ارسم رسمًا تخطيطيًّا لأجزاء النبات، واكتب عليه اسم كل جزء.

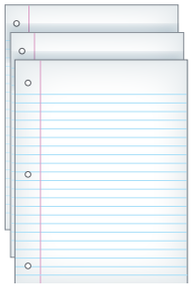
التحليل

1. **قارن** قائمتك بقوائم الطلاب الآخرين. ما التراكيب المشتركة في كل النباتات؟
2. **استنتج.** كيف يمكن أن يرتبط كل تركيب مع وظيفةٍ من وظائف النبات؟
3. **توقع** أنواع التكيفات التركيبية لنبات يعيش في بيئة جافة.

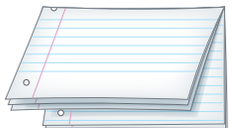
المطويات
منظمات الأفكار

الهرمونات النباتية وعملها اعمل المطوية الآتية لتساعدك على استقصاء الهرمونات النباتية وعملها.

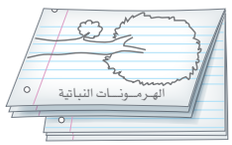
الخطوة 1: ضع ثلاث أوراق من دفتر الملاحظات بعضها فوق بعض على أن تكون حوافها على المستوى نفسه، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 2: اثنِ مجموعة الأوراق عند المنتصف، ثم ثبتها جيدًا بالمكبس لتصنع منها كتيبًا من ست صفحات، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3: ارسم الخطوط الخارجية لنبات ما على الصفحة الأولى، وعنون هذه الصفحة بالهرمونات النباتية. كما في الشكل الآتي:



الخطوة 4: اكتب عناوين الصفحات الخمس الباقية للمطوية مرتبة على النحو الآتي: هرمون الأكسين، هرمون الجبريلين، هرمون الإثيلين، هرمون السايتوكاينين.

المطويات **استعمل هذه المطوية في القسم 2–6.** وأنت تقرأ هذا القسم اكتب وصفًا لكل هرمون ووظيفته على الصفحة الخاصة به.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

6-1

خلايا النبات وأنسجته

Plant Cells and Tissues

الأهداف

- **تصف** الأنواع الرئيسة لخلايا النبات.
- **تحدد** الأنواع الرئيسة لأنسجة النبات.
- **تميز** بين وظائف خلايا النبات وأنسجته.

مراجعة المفردات

الفجوة Vacuole: حويصلة محاطة بغشاء، وتقوم بوظيفتي النقل وتخزين الغذاء.

المفردات الجديدة

الخلية البرنشيمية
الخلية الكولنشيمية
الخلية الإسكلرنشيمية
النسيج المولد (المرستيمي)
الكامبيوم الوعائي
الكامبيوم الفليني
البشرة
الخلية الحارسة
الخشب
الأوعية الخشبية
القصيبات
اللحاء
الأنابيب الغربالية
الخلايا المرافقة
النسيج الأساسي

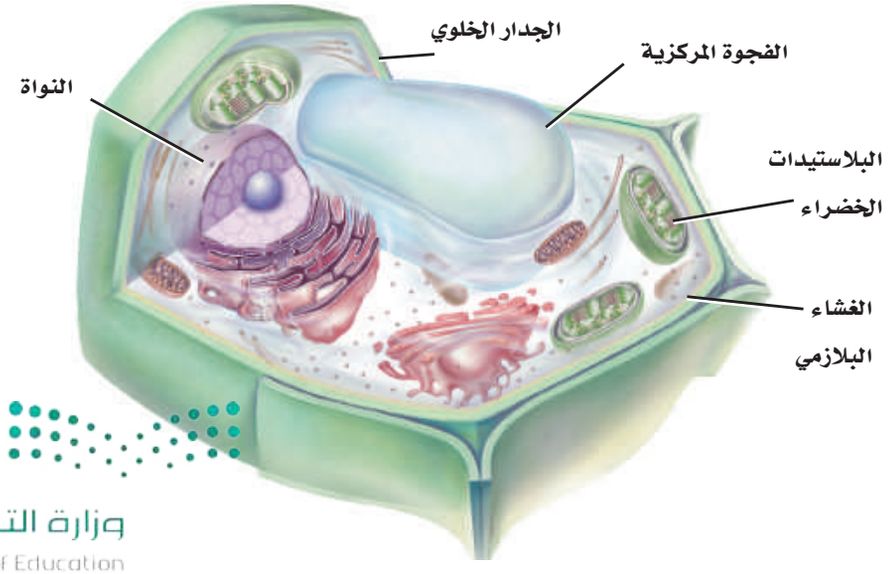
الفكرة الرئيسة **تتكون أنسجة النباتات من خلايا مختلفة.**

الربط مع الحياة تتكون المباني من مواد متنوعة، ومنها الدرج والأنابيب والأبواب وأنظمة الكهرباء التي تُبنى من مواد مختلفة؛ ولكل منها وظيفة مختلفة. وبالطريقة نفسها فإن تراكيب النبات المختلفة لها خلايا وأنسجة تعمل بكفاءة تامة لإنجاز وظائف محددة.

خلايا النبات Plant Cells

تستطيع أن تتعرف الخلية النباتية في **الشكل 1– 6**؛ بسبب وجود جدار خلوي وفجوة مركزية كبيرة لها. كما تحوي خلايا النبات بلاستيدات خضراء، مع العلم بأن هناك أنواعًا مختلفة من خلايا النبات – وكل منها له واحد أو أكثر من التكيفات التي تمكّنه من إنجاز وظائف محددة. وتشكّل ثلاثة أنواع من خلايا النبات معظم الأنسجة النباتية، تؤدي وظائف التخزين وإنتاج الغذاء وتوفر قوة ودعامة ومرونة للنبات.

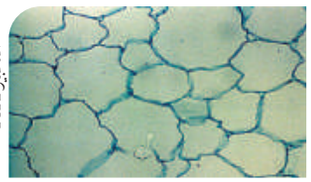
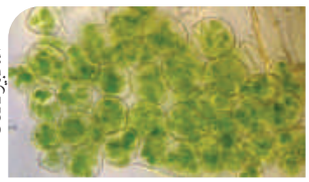
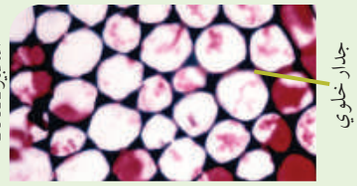
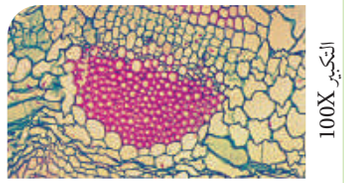
الخلايا البرنشيمية Parenchyma cells خلايا رقيقة الجدران توجد بكثرة في النبات، وتمتاز بمرونتها. وتشكّل الأساس لمعظم تراكيب النبات، وهي قادرة على إنجاز عدد كبير من الوظائف، ومنها التخزين والبناء الضوئي وتبادل الغازات والحماية. وهذه الخلايا كروية الشكل، ولكن جُدرها مسطحة قليلاً عندما تكون هذه الخلايا متراصّة بعضها إلى بعض، **الجدول 1–6**. ومن صفاتها المهمة أنها قادرة على الانقسام عندما يكتمل نموّها لوجود النواة. فعندما يتلف جزء من النبات تنقسم **الخلايا البرنشيمية** parenchyma cells فتساعد على إصلاح الجزء التالف.



■ **الشكل 1–6** من الصفات الفريدة للخلية النباتية الجدار الخلوي والفجوة المركزية الكبيرة. وتحوي خلايا النبات كذلك بلاستيدات خضراء يتم فيها عملية البناء الضوئي.

استنتج. لماذا لا تعد البلاستيدات الخضراء من مكوّنات الخلايا النباتية كلها؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الجدول 1–6	خلايا النبات ووظائفها	
نوع الخلية	مثال	الوظائف
البرنشيمية	 تخلو من البلاستيدات  تحتوي على البلاستيدات	• التخزين. • البناء الضوئي. • تبادل الغازات. • الحماية. • تعويض الأنسجة التالفة أو استبدالها.
الكولنشيمية	 الجدار الخلوي	• دعامة الأنسجة المحيطة. • إعطاء النبات المرونة. • تعويض الأنسجة التالفة أو استبدالها.
الإسكلرنشيمية	 ألياف خلايا حجرية	• الدعامة. • النقل.

للخلايا البرنشيمية سمات خاصة، بناءً على الوظيفة التي تقوم بها؛ فبعض الخلايا البرنشيمية تحوي العديد من البلاستيدات الخضراء، **الجدول 1–6**. وتوجد مثل هذه الخلايا على الأغلب في الأوراق والسيقان الخضراء، ويمكن أن تقوم بعملية البناء الضوئي فتنتج الجلوكوز. وبعض الخلايا البرنشيمية ـ ومنها تلك الموجودة في الجذور والثمار ـ لها فجوات مركزية واسعة تستطيع خزن المواد المختلفة، ومنها النشا أو الماء أو الزيوت.

الخلايا الكولنشيمية Collenchyma cells إذا كنت قد أكلت يومًا نبات الكَرَفْس فإن الخلايا الكولنشيمية مألوفة لديك بلا شك. إنها تشكّل تلك الخيوط الطويلة التي يمكن أن تسحبها من ساق الكَرَفْس. و**الخلايا الكولنشيمية** collenchyma cells خلايا نباتية تكون غالبًا مستطيلة الشكل، وتوجد على صورة سلاسل أو أسطوانات طويلة تدعم الخلايا المجاورة لها. وكما يبين **الجدول 1–6**، فإن للخلايا الكولنشيمية جدرانًا خلوية سميكة على نحو غير متساوٍ. وعندما تنمو الخلايا الكولنشيمية فإن أجزاءها الرقيقة المرنة تتمدد، مما يجعل النبات قادرًا على الانثناء دون أن ينكسر. والخلايا الكولنشيمية كالخلايا البرنشيمية لديها القدرة على الانقسام عندما يكتمل نموّها لوجود النواة.

الشكل 2–6 استعملت خلايا الألياف في الصناعة منذ القدم، في الأقمشة وغيرها من الادوات.

الخلايا الإسكلرنشيمية Sclerenchyma cells تفتقر إلى السيتوبلازم والنواة والمكوّنات الحية الأخرى عندما يكتمل نموّها، على عكس النوعين السابقين، لكن جدرانها الخلوية السميكة الصلبة تبقى. ويوفر بعض هذه الخلايا الدعامة للنبات، في حين يقوم بعضها الآخر بوظيفة النقل داخل النبات. وهي تكوّن النسبة العظمى من الخشب الذي نستعمله في البناء ومنتجات الورق، ونتخذه وقودًا. هناك نوعان من **الخلايا الإسكلرنشيمية** sclerenchyma cells ، هما: الخلايا الحجرية، والألياف، **الجدول 1–6**. وربما تكون قد أكلت بعض الخلايا الحجرية؛ فهي تشكّل القوام الخشن لثمار الإجّاص. ويمكن أن تتوزع الخلايا الحجرية على نحو عشوائي خلال النبات، وتكون عادة أقصر من الألياف وذات شكل غير منتظم. إن قساوة غلاف البذور وصلابة قشور الجوز والمكسّرات تنتج عن وجود الخلايا الحجرية. وتقوم الخلايا الحجرية بالنقل أيضًا. أما الألياف فتكون إبرية الشكل، ولها جدار سميك وذات فراغ داخلي صغير. وعندما تلتصق نهايات الألياف معًا تشكّل نسيجًا مرنًا وقويًّا. وقد استعمل الإنسان الألياف في صناعة الحبال والأقمشة والخيام والأشرعة منذ قرون، كما في **الشكل 2–6**.

تجربة 1-6

ملاحظة خلايا النبات

كيف يمكن استعمال المجهر لتمييز أنواع خلايا النبات؟

تفحص الأنواع الثلاثة المختلفة من خلايا النبات بتحضير شرائح لبعض أجزاء النبات الشائعة ودراستها.

خطوات العمل

تحذير: *اليود مادة سامة إذا ابتلعت، بالإضافة إلى أنه يصبغ الأيدي والملابس.*

1. املاء بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. احصل على **شريحة بطاطس رقيقة** ومقطع **عرضي لساق الكَرَفْس** من معلمك.
3. ضع شريحة البطاطس على شريحة زجاجية، وأضف إليها قطرة من اليود ثم غطها بغطاء الشريحة. استعمل المجهر المركب لملاحظة شريحة البطاطس، ودوّن ملاحظاتك.
4. ضع شريحة الكرفس على شريحة زجاجية وأضف إليها قطرة من **الماء**، وغطّها بغطاء الشريحة.
5. ضع قطرة من **الصبغة** عند إحدى حافتي غطاء الشريحة، ثم ضع **منشفة ورقية** عند الحافة المقابلة من غطاء الشريحة لسحب الصبغة من تحت الغطاء. استعمل المجهر لدراسة شريحة الكرفس ودوّن ملاحظاتك.
6. احصل على كمية صغيرة من **نسيج ثمرة الإجّاص**، وضعها على الشريحة وغطها بغطاء الشريحة.
7. اضغط بحذر ولكن بقوة، مستعملا ممحاة قلم على غطاء الشريحة، إلى أن يُصبح نسيج الإجّاص طبقة رقيقة جدًّا، واستعمل المجهر لملاحظته. ثم سجل ملاحظاتك.

التحليل

1. **حدّد** نوع خلية النبات المتخصصة التي تلاحظها في كل شريحة.
2. **استنتج.** لماذا توجد أنواع مختلفة من الخلايا في أنسجة البطاطس والكرفس والإجّاص؟

الأنسجة النباتية Plant Tissues

تعلمت سابقًا أن النسيج مجموعة من الخلايا تعمل معًا للقيام بوظيفة معينة. والنسيج النباتي يمكن أن يتكوّن من نوع أو أكثر من الخلايا، بناءً على وظيفته. هناك أربعة أنواع مختلفة من الأنسجة في النبات هي: الأنسجة المولدة (المرستيمية)،والأنسجة الخارجية، والأنسجة الوعائية، والأنسجة الأساسية.

النسيج المولد Meristematic tissue تستمر النباتات خلال حياتها في إنتاج خلايا جديدة في أنسجتها المولّدة. وتكوّن **الأنسجة المولّدة** meristem tissue مناطق تنقسم خلاياها بسرعة. الخلايا المولّدة ذات نوى كبيرة وفجوات صغيرة، وتتحول هذه الخلايا في أثناء نموها إلى أنواع عديدة ومختلفة من خلايا النبات. وتوجد الأنسجة المولّدة في مناطق مختلفة من جسم النبات.

الأنسجة المولّدة القمّية Apical meristems نسيج مولد موجود عند قمم الجذور والسيقان، يُنتج خلايا تسبب زيادة في طول النبات، **الشكل 3-6**، ويسمى هذا بالنمو الابتدائي. ولأن النباتات ثابتة في مكانها فإنه يمكن للسيقان والجذور دخول بيئات مختلفة أو مناطق مختلفة من البيئة نفسها.

الأنسجة المولدة البينية Intercalary meristems يرتبط أثر هذا النوع من الأنسجة بقص حشائش الحديقة. ويوجد هذا النسيج في موقع أو أكثر على طول سيقان العديد من ذوات الفلقة الواحدة. ويُنتج خلايا جديدة تسبب زيادة في طول الساق أو الأوراق. فلو كان للحشائش نسيج مولد قمي فقط فسوف تتوقف عن النمو بعد عملية القص الأولى، ولكنها تستمر في النمو؛ لأن لها أكثر من نوع واحد من الأنسجة المولدة.

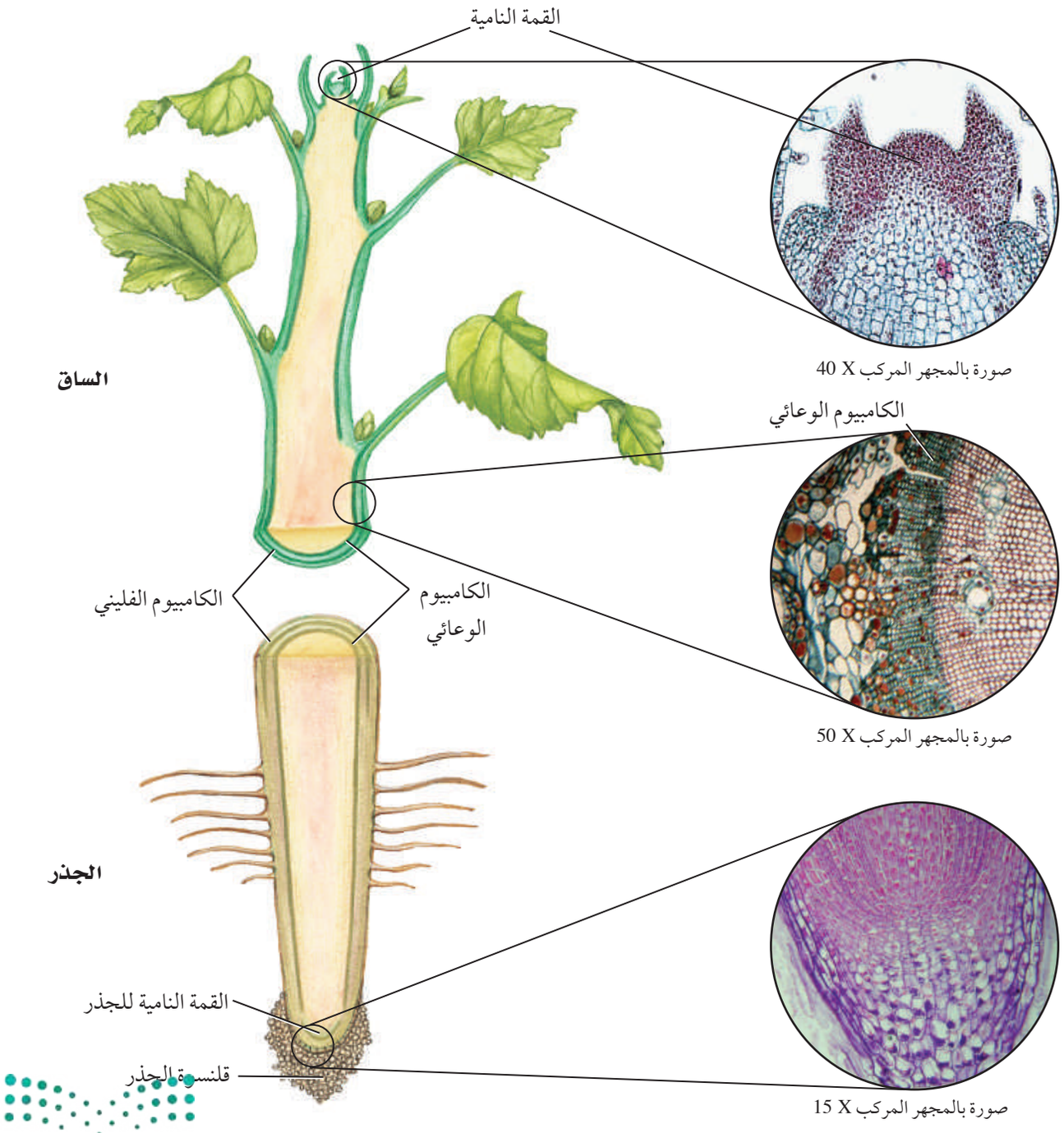
الأنسجة المولدة الجانبية Lateral meristems تنتج الزيادة في قطر الساق والجذر من النمو الثانوي الذي ينتج عن نوعين من النسيج المولد الجانبي. ويحدث النمو الثانوي في النباتات البذرية اللازهرية (معراة البذور) وذوات الفلقتين وقليل من ذوات الفلقة الواحدة فقط. يوضح **الشكل 3-6** **الكامبيوم الوعائي** vascular cambium، وهو أسطوانة رقيقة من النسيج المولد تمتد على طول الساق والجذر. وهو يُنتج خلايا جديدة تختص بالنقل في بعض الجذور والسيقان. ويوجد في بعض النباتات نسيج مولد جانبي آخر هو **الكامبيوم الفليني** cork cambium الذي يُنتج خلايا تكوّن جُدرًا قاسية. وتشكّل هذه الخلايا طبقة خارجية واقية على السيقان والجذور. في حين يشكّل نسيج الفلين القلف الخارجي على النباتات الخشبية، ومنها البلوط. تذكّر أن خلايا نسيج الفلين هي تلك التي لاحظها روبرت هوك عندما شاهدها بمجهره البسيط.

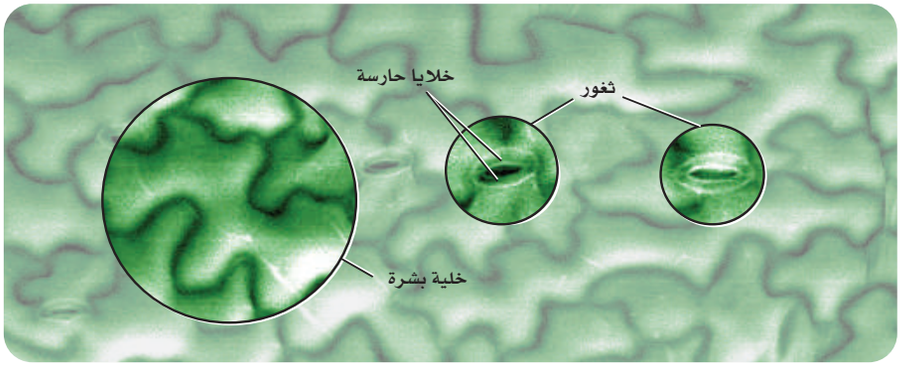
مهن مرتبطة مع علم الأحياء

عالِم المروج Turf Scientist

تحتاج ملاعب الجولف والمتنزهات وملاعب الرياضة مهارات عالِم المروج لكي يحافظ على الحشائش التي تنمو فيها. وتشتمل خلفيته التعليمية على دراسة العلوم وإدارة الأعمال.

■ **الشـكل 3–6** يحدث معظم نمو النبات من إنتاج خلايا جديدة بوساطة الأنسـجة المولدة. فالسيقان والجذور تزداد في الطول بسبب إنتاج خلايا جديدة بوساطة النسيج المولد القمّي غالبًا. أما الكامبيوم الوعائي للنبات فينتج خلايا تعمل على زيادة قطر الساق والجذر.





■ **الشكل 4–6** يتكون سطح الورقة من خلايا بشرة متراصّة تساعد على حماية النبات، وتمنع تبخر الماء. وتُفتح الثغور وتُغلق للسماح للغازات بالدخول والخروج.

الأنسجة الخارجية – البشرة Dermal Tissue – The Epidermis الأنسجة الخارجية ـ والتي تُسمى **البشرة** epidermis أيضًا ـ طبقة من الخلايا التي تكوّن الغطاء الخارجي للنبات، **الشكل 4–6**. ويمكن أن تُفرز معظم خلايا البشرة مادة دهنية تكوّن الكيوتكل. وقد درست سابقًا أن الكيوتكل يُساعد على تقليل فقد الماء من النباتات بإبطائه عملية التبخر. كما يمكن أن يساعد الكيوتكل على منع البكتيريا والمخلوقات الحية الأخرى المسببة للأمراض من دخول النبات.

الثغور Stomata قد يكون للنباتات عدة تكيفات في بشرتها. فالبشرة في معظم الأوراق وبعض السيقان الخضراء تحوي الثغور، أيْ فتحات صغيرة يدخل خلالها ثاني أكسيد الكربون والماء والأكسجين وغازات أخرى. وتسمى الخليتان اللتان تشكّلان الثغر **الخليتين الحارستين** guard cells، وينتج عن التغيرات في شكل الخليتين الحارستين فتح الثغور أو إغلاقها، **الشكل 4–6**.

الشعيرات Trichomes تُنتج بعض خلايا البشرة على الأوراق والسيقان نتوءات تشبه الشعر تُسمى الشعيرات الورقية، **الشكل 5– 6**. وتعطي الشعيرات الأوراق مظهرًا زغبيًّا قد يساعد على حماية النبات من الحشرات والحيوانات المفترسة. وقد تُطلق بعض الشعيرات موادّ سامة عند لمسها؛ كما أن الشعيرات تحفظ النبات باردًا؛ لأنها تعكس أشعة الشمس.

الشعيرات الجذرية Root hairs لبعض الجذور شعيرات جذرية، وهي امتدادات هشة تخرج من خلايا البشرة في الجذر، **الشكل 5–6**. وتزيد الشعيرات الجذرية المساحة السطحية للجذر، وتمكّنه من امتصاص كمية من المواد أكبر مما لو خلا الجذر من هذه الشعيرات.

المفردات

أصل الكلمة

شعيرة Trichome:
من كلمة trickhma اليونانية وتعني نمو الشعر.

تجربة علمية

هل تتعرق النباتات؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

الشعيرات الجذرية

الشعيرات الورقية

■ **الشكل 5–6** تساعد التكيفات الخارجية لورقة النبات على البقاء. فالغدد الصغيرة الموجودة على قمم الشعيرات قد تحوي مواد سامة، في حين تزيد الشعيرات الجذرية مساحة سطح الجذر.

استنتج. **ما أهمية ريّ النباتات المعاد زراعتها؟**

تجربة استهلالية

مراجعة بناءً على ما قـرأت عن تركيب النبـات، كيـف تجيب الآن عن أسـئلة التحليل.

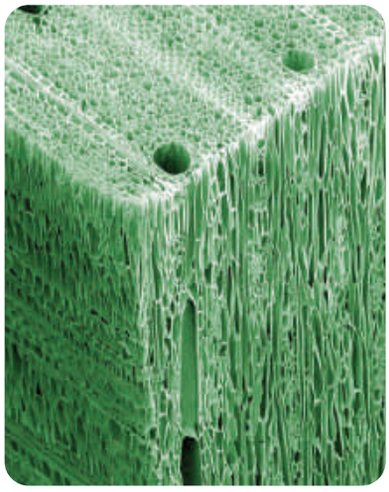
الأنسجة الوعائية Vascular tissues يُنقل الماء والغذاء والمواد الأخرى خلال جسـمك عبر الأوعية الدموية. أما في النباتات فيكون نقل الماء والغذاء والمواد المذابة الوظيفة الرئيسة لنوعين من الأنسجة الوعائية، هما الخشب واللحاء.

الخشب Xylem يدخل الماء الذي يحتوي على الأملاح المعدنية المذابة عبر الجذور إلى النبات. ويستعمل بعض الماء في عملية البناء الضوئي. أما الأملاح المعدنية المذابة فلها وظائف عديدة في الخلايا. ويُنقل الماء وما به من أملاح معدنية مذابة في النبات عبر نظام الخشـب، فيتدفق بشكل مستمر من الجذور وحتى الأوراق. **والخشب** xylem هو النسيج الوعائي الناقل للماء، ويتألف من خلايا متخصصة، هي الأوعية الخشبية والقصيبات.

الأوعية الخشبية يتكون الوعاء الخشبي عند نضجه من الجدر الخلوية فقط. إن افتقار هذه الخلايا للنواة والسيتوبلازم عند نضجها يسمح للماء بالتدفق بحرية خلال هذه الخلايا. **الأوعية الخشبية** vessel elements خلايا أنبوبية تتراص طرفًا لطرف، فتشكّل أشـرطة من الخشب تُسمى الأوعية. ويكون الوعاء الخشبي مفتوحًا عند طرفيه ما عدا شريطًا يشبه الحاجز عند كل فتحة. وفي بعض النباتات تفقد الأوعية جدرانها الطرفية تمامًا، ممّا يسـمح للماء والمواد المذابة فيه بالانتقال بحرية من وعاء خشبي إلى آخر أما النوع الآخر من خلايا الخشب فهو القصيبات.

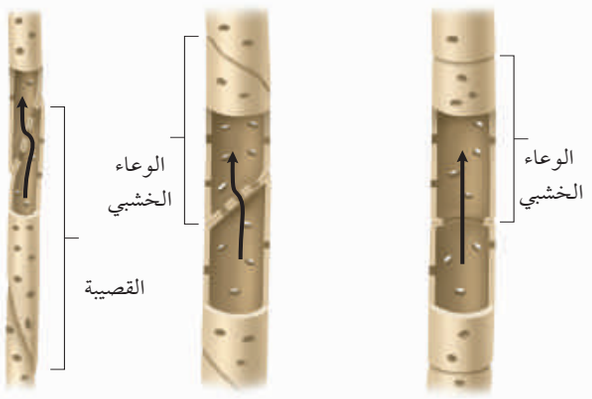
القصيبـات النوع الآخر من خلايا الخشب هو القصيبات. و**القصيبات** tracheids خلايا أسطوانية الشكل طويلة ذات أطراف مثقبة، وتتكون عند نضجها من جدر خلوية فقط. تصطف القصيبات طرفًا لطرف، وتشكّل شريطًا يشبه الأنبوب. وللقصيبات جدران طرفية، بخلاف الأوعية الخشبية الناضجة. لذا، تكون القصيبات أقل كفاءة من الأوعية الخشبية في نقل المواد. انظر **الشكل 6–6**، وقارن بين تركيب القصيبات والأوعية الخشبية. يتكون الخشب من قصيبات بصورة كاملة تقريبًا في معرّاة البذور (النباتات البذرية اللازهرية). أما في النباتات الزهرية فيتكون الخشب من قصيبات والأوعية الخشبية. ولأن الأوعية الخشبية أكثر كفاءة في نقل الماء والمواد لذا فإن العلماء يفترضون أن ذلك يفسر سبب نمو النباتات الزهرية في بيئات مختلفة عديدة.

الشـكل 6 – 6 القصيبات والأوعية الخشبية هما الخلايا الناقلة في الخشب.



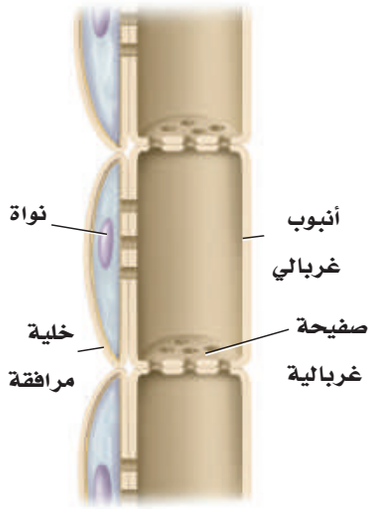
اللحاء Phloem النسيج الرئيس الذي ينقل الغذاء في النبات؛ فهو ينقل السكريات المذابـة والمركبات العضوية الأخرى. تذكر أن الخشـب ينقل المواد بعيدًا عن الجذور، أما **اللحاء** phloem فينقل المواد من الأوراق والسيقان إلى جميع أجزاء النبات.

يوجد في اللحاء خلايا حجرية وألياف، لكنها لا تستعمل في النقل؛ إذ إن هذه الخلايا الصلبة توفر دعمًا للنبات فقط. يتكوّن اللحاء من نوعين من الخلايا: **الأنابيـب الغربالية** sieve tube member و**الخلايا المرافقة** companion cells.



تحتـوي عناصر الأنابيب الغربالية على السـيتوبلازم، ولكنهـا تفتقر إلى النوى والرايبوسومات عندما تكون ناضجة.

يحيط بالأنابيب الغربالية خلايا مرافقة، كل منها لها نواة. ويعتقد العلماء أن هذه النـواة تساعد الخلية المرافقة الأنبوب الغربالي المكتمل النمو المجاور لها بالطاقة اللازمة لعمله وتتحكم في عملية النقل داخله. ويوجد في النباتات الزهرية تراكيب تُسمى الصفائح الخلوية (الصفائح الغربالية) عند طرف كل أنبوب غربالي، انظر **الشكل 7–6**. هذه الصفائح لها ثقوب واسعة تسمح بمرور المواد المذابة من خلالها. يتم عملية أيض بعض الجلوكوز الناتج من عملية البناء الضوئي في الأوراق والأنسجة الأخـرى في النبات. لكن بعضه الآخر يتحول إلى كربوهيدرات، وينتقل ليُخزّن في مناطق التخزين في النبات. وتعد الخلايا البرنشـيمية الموجودة في الجذور أمثلة على مناطق التخزين.



■ **الشكل 7–6** لاحظ وجود ثقوب في الصفائح الغربالية الموجودة بين الأنابيب الغربالية.

الأنسجة الأساسية Ground tissues الأنسجة التي لا تندرج تحت الأنسجة المرسـتيمية أو الخارجية أو الوعائية تعد أنسـجة أساسـية. وتتكون **الأنسجة الأساسية** ground tissues من خلايا برنشيمية وكولنشيمية وإسكلرنشيمية، ولها وظائف متنوعة، منها البناء الضوئي والخزن والدعامة. ويتكون معظم النبات من نسيج أساسـي. يحتوي النسيج الأساسـي في الأوراق والسيقان الخضراء على خلايا بها العديد من البلاسـتيدات الخضراء التـي تنتج الجلوكوز للنبات. وفي بعض السـيقان والجذور والبذور تحتوي خلايا النسيج الأساسي على فجوات كبيرة تخزن السكريات والنشا والزيوت أو المواد الأخرى. كما تساعد الأنسجة الأساسية في وظيفة الدعامة عندما تنمو بين أنواع أخرى من الأنسجة.

التقويم 1–6

الخلاصة

- هناك ثلاثة أنواع من خلايا النبات هي: البرنشـيمية والكولنشيمية والإسكلرنشيمية.
- يرتبط تركيب الخلية النباتية مع وظيفتها.
- هنـاك أنواع عدة من الأنسـجة النباتية، منها المرستيمية والخارجية والوعائية والأساسية.
- يُشكل الخشب واللحاء الأنسجة الوعائية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **صف** الأنواع المختلفة للخلايا النباتية الموجودة في الأنسجة النباتية.
2. **قارن** بين أنواع الخلايا النباتية.
3. **صف** الشعيرات الجذرية وبيّن وظيفتها.
4. **حدّد** موقع الكامبيوم الوعائي ووظيفته.
5. **قـارن** بين نوعي خلايا الخشـب المتخصصة.

التفكير الناقد

6. **اعمل جدولًا** يلخص تراكيب الأنسجة النباتيـة المختلفة ووظائفها، مستعملًا المعلومات الواردة في هذا القسم.
7. **قـوّم** فوائـد عدم وجـود جدران في نهايات الأوعية الخشبية.
8. الكتابـة في علم الأحياء ألف قطعة نثرية تصف فيها نسيجًا نباتيًّا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

6-2

هرمونات النباتات واستجاباتها
Plant Hormones and Responses

الأهداف

- **تحدد** الأنواع الرئيسة لهرمونات النبات.
- **تشرح** كيف تؤثر الهرمونات في نمو النباتات.
- **تصف وتحلل** الأنواع المختلفة من استجابات النبات.

مراجعة المفردات

النقل النشط Active tranport: حركة المواد عبر الغشاءالبلازمي من التركيز الأقل إلى التركيز الأعلى، ويحتاج إلى طاقة.

المفردات الجديدة

الأكسين	السايتوكاينين
الجبريلين	استجابة الحركة
الإثيلين	الانتحاء

الفكرة الرئيسة **يمكن أن تؤثر الهرمونات في استجابات النبات لبيئته.**

الربط مع الحياة أن استجابات الجسم المختلفة تسيطر عليها الهرمونات. فعندما تأكل ترسل الهرمونات إشارات لخلايا الجهاز الهضمي؛ لكي تطلق إنزيماتها الهاضمة. ورغم أن النبات ليس له جهاز هضمي يفرز إنزيمات إلا أن الهرمونات تسيطر على نواحٍ متعددة من نموه.

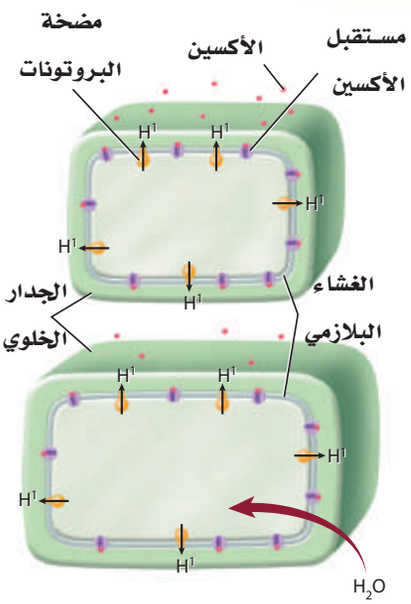
الهرمونات النباتية Plant Hormones

الهرمونات مركبات عضوية تُصنع في جزءٍ معين من المخلوق الحي، وتنتقل إلى جزءٍ آخر؛ حيث تؤثر فيه. ويحتاج المخلوق الحي إلى كمية ضئيلة من الهرمون لإحداث تغير فيه. هل يفاجئك معرفة أن النباتات تنتج هرمونات؟ يمكن أن تؤثر هرمونات النبات في انقسام الخلايا ونموها وتمايزها. وتشير نتائج الأبحاث إلى أن هرمونات النبات تؤدي عملها بالارتباط كيميائيًّا مع مواقع محددة على الغشاء البلازمي تسمى المستقبلات البروتينية. ويمكن أن تؤثر هذه المستقبلات في إظهار أثر الجينات أو نشاط الإنزيمات أو نفاذية الغشاء البلازمي، كما درست سابقًا في هرمونات جسم الإنسان.

الأكسين Auxin أول هرمون نباتي تم اكتشافه. وهناك أنواع عديدة منه، غير أن إندول حمض الخليك (الأكسين) من أكثرها دراسة، حيث يُنتَجُ في القمة النامية والبراعم والأوراق الصغيرة والأنسجة الأخرى السريعة النمو. وهو ينتقل عبر النبات من خلية برنشيمية إلى أخرى بوساطة نوع من النقل النشط. وقد قيست سرعة انتقال **الأكسين** auxin فوجد أنها 1 cm /h، وتنتقل بعض الأكسينات في اللحاء. وينتقل الأكسين في اتجاه واحد فقط، بعيدًا عن مكان إنتاجه.

الربط مع الكيمياء ينبه الأكسين استطالة الخلايا. وتشير البحوث إلى أن هذه العملية غير مباشرة في الخلايا الصغيرة، ويشجع كذلك على تدفق أيونات الهيدروجين بوساطة مضخة الهيدروجين من السيتوبلازم إلى جدار الخلية. وهذا يكوّن وسط أكثر حموضة، ممّا يضعف الوصلات بين ألياف السيليلوز في الجدار. كما أنه يحفّز إنزيمات معينة تساعد على تحليل الجدار الخلوي. ونتيجة لفقدان أيونات الهيدروجين في السيتوبلازم فإن الماء يدخل الى الخلايا، **الشكل 8–6**. وينجم عن ضعف جدران الخلايا وزيادة ضغطها الداخلي استطالة الخلية. يختلف تأثير الأكسين في النبات بصورة كبيرة بناءً على تركيزه وموقع عمله.

الشكل 8–6 يحفز الأكسين تدفق أيونات الهيدروجين عبر جدار الخلية مما يضعفه، ليدخل الماء وبالتالي تستطيل الخلية.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

فمثلاً نجد أن التركيز الذي يشـــجع نمو الساق يمكن أن يثبط نمو الجذر في بعض النباتات. وتنبه التراكيز المنخفضة من الأكسين عادة استطالة الخلية، في حين قد تسبب التراكيز الأعلى أثرًا معاكسًا. ووجود هرمونات أخرى يمكن أن يعدّل أثر الأكسين.

يسبب وجود الأكسين ظاهرة تسمى ســيادة القمة النامية، ويكون فيها نمو النبات غالبًا نحو الأعلى، ولا يوجد إلا القليل منه في الفروع الجانبية. فالأكســين الذي تُنتجــه القمة النامية يثبّط نمو الأغصان الجانبية. إن إزالة القمة النامية للنبات يقلّل من كمية الأكسين الموجودة، وهذا يشجع نمو الفروع الجانبية، ويبين **الشكل 9–6**، الفرق الذي تحدثه هذه الإزالة.

تؤثر الأكسينات في تكوين الثمار، وتؤخر سقوطها. وتشير البحوث إلى أن إنتاج الأكسين يتباطأ بزيادة نضج الخلية. فعند نهاية فصل النمو تؤدي قلة كميات الأكسين في الأشجار والشجيرات إلى سقوط الثمار الناضجة إلى الأرض، وسقوط الأوراق قبل الشتاء.

ماذا قرأت؟ **قارن** كيف يمكن أن تؤثر التراكيز المختلفة للأكسين في النبات؟

الجبريلينات Gibberellins تسبب هذه المجموعة من هرمونات النبات والتي تسمى **الجبريلينات** gibberellins استطالة الخلايا، وتحفز انقسامها، كما تؤثر في نمو البذور. وتنتقل الجبريلينات في الأنسجة الوعائية. وتفتقر النباتات القصيرة إلى الجينات المنتجة للجبريلينات أو إلى الجينات المنتجة لمستقبلاتها. وعندما تعالج هذه النباتات بالجبريلينات فإن تلك التي تفتقر إلى الجينات المنتجة للجبريلينات ولكن لديها الجينات المنتجة لمستقبلاتها تزداد طولاً. إن معاملة النبات بالجبريلينات يمكن أن يسبب زيادة في طوله، **الشكل 10–6**.

الإثيلين Ethylene الهرمون الغازيّ الوحيد المعروف هو **الإثيلين** ethylene، وهو مركب بسيط مكوّن من ذرتي كربون وأربع ذرات هيدروجين. ويوجد الإثيلين في الثمار الناضجة والأوراق والأزهار المتساقطة.

الشكل 9–6
العلوية: يثبّط الأكســين نمــوّ الأغصان الجانبية. **السفلية**: تقلّل إزالة القمة النامية للنبات مــن كمية الأكســين، ولذا تنمو الأغصان الجانبية.

الشــكل 10–6 هذه النباتات ليس لديها جينات لإنتــاج الجبريلينات. لكن النبات الــذي على اليمين تــم عندما تم معالجته بالجبريلينات.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

عالم وظائف أعضاء النبات (فسيولوجيا النبات) Plant physiologist يدرس مواضيع عديدة، منها كيمياء النباتات وكيف تعمل الهرمونات. يعمل العديد ومنهم في التعليم والبحث في الجامعات.

ولأن الإثيلين غاز فإنه يمكن أن ينتشر بين الخلايا، كما أنه ينتقل عبر أوعية اللحاء. وعلى الرغم من أن الإثيلين يمكن أن يؤثر في أجزاء أخرى من النبات إلا أن تأثيره الأساسي هو في الثمار في مرحلة النضج. يجعل الإثيلين جدران خلايا الثمار غير الناضجة ضعيفة، ويؤدي إلى تحليل الكربوهيدرات المعقدة فيها إلى سكريات بسيطة. ونتيجة لتعرض الثمار للإثيلين فإنها تصبح طرية أكثر، كما تصبح أكثر حلاوة من الثمار غير الناضجة. ولأن الثمار الناضجة معرضة للإصابة بالكدمات بسهولة في أثناء الشحن فإن المزارعين غالبًا يشحنون ثمارهم غير ناضجة، وما أن تصل إلى وجهتها فإنهم يعالجونها بالإثيلين، مما يسرّع في نضجها.

السايتوكاينينات Cytokinins هرمونات تحفز النمو، يتم إنتاجها في الخلايا السريعة الانقسام. وهي تنتقل إلى الأجزاء الأخرى من النبات عبر أوعية الخشب. تشجع **السايتوكاينينات** cytokinins انقسام الخلايا بتحفيزها على بناء البروتينات الضرورية للانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم. وحيث إن السايتوكاينينات تزيد معدل النمو فإنها تضاف غالبًا إلى الوسط الغذائي المستعمل في زراعة الأنسجة النباتية، وهي تقنية تتم في المختبر لتنمية نباتات من قطع أنسجة نباتية. يؤثر وجود الهرمونات الأخرى، وبخاصة الأكسين، في عمل السايتوكاينينات. فمثلاً ينبه هرمون الأكسين (إندول حمض الخليك) وحده في استطالة الخلايا، ولكن عند إضافته إلى السايتوكاينين فإنه يشجع الانقسام السريع للخلايا، ويؤدي إلى نموّ سريع.

ماذا قرأت؟ صف طريقتين تؤثر بهما الهرمونات في النباتات.

تجربة 2-6

استقصاء استجابة النبات

كيف تستجيب النباتات للمنبهات الخارجية؟ تحتوي النباتات على مجموعة من الآليات التي تستجيب من خلالها للظروف البيئية المحيطة، ومنها الضوء، وفي هذه التجربة ستتعرف استجابة النباتات للضوء.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. ازرع **بذور البازلاء** في ثلاثة أصص في كل منها 4 بذور، قبل أربعة أيام من بدء التجربة، وسجل ملاحظاتك حولها.
3. أحضر **صندوقين من الكرتون** قاعدتهما مفتوحة، ثم اعمل شقًّا أفقيًّا في منتصف أعلى أحد الأوجه الجانبية لأحدهما بطول 12 cm وعرضه 3 cm.
4. ضع الأصص الثلاثة في مكان مضيء ثم غطِ اثنان منهما بالصناديق الكرتونية بحيث يكون الشق في أحد الصندوقين مواجهًا للضوء، واترك الثالث تحت الضوء مباشرة.
5. لاحظ النباتات بعد 24 ساعة من التجربة وسجل ملاحظاتك.

التحليل

1. **حدّد** نوع الهرمون الضروري لتحفيز النباتات على تغيير اتجاه نموها.
2. **التفكير الناقد.** إذا كررت التجربة مرة أخرى، بحيث عملت شقان في وجهين متقابلين من الصندوق الكرتوني أحدهما باتجاه الضوء، ماذا تتوقع أن يحدث؟

استجابات النبات Plant Responses

هل تساءلت يومًا عن سبب نمو أوراق نباتات المنزل الداخلية متجهةً نحو الشبابيك أو عن سبب تسلق أغصان شجرة العنب أحد الأعمدة؟ إن هذه الظواهر وأحداثًا كثيرة غيرها – منها نمو الجذور نحو الأسفل، ونمو الساق نحو الأعلى، وإسقاط النباتات لأوراقها، واصطياد أوراق بعض النباتات للحشرات – كلها استجابات من النباتات لبيئاتها.

استجابة الحركة Nastic responses إن استجابة النبات التي تسبب الحركة بغض النظر عن اتجاه المنبه تسمى **استجابة الحركة** nastic response. وهذه ليست استجابة نمو، بل هي استجابة مؤقتة، ويمكن تكرارها مرات عديدة.

يشكّل انطباق أوراق النبتة آكلة الحشرات (فينوس) مثالًا آخر على استجابات الحركة. وتبين البحوث الحديثة أن هذا ينتج عن حركة الماء في نصف من الورقة الصائدة. وتسبب الحركة تمددًا غير متساوٍ إلى أن يتغير الشكل المقوس للورقة فجأة ويطبق المصيدة، كما يعد نمو نبات تباع الشمس وحركته تبعًا لمكان وجود الشمس من الأمثلة على استجابات الحركة.

استجابات النمو Tropic responses ماذا تلاحظ على النباتات في **الجدول 2–6**؟ إنها جميعها أمثلة على استجابات النمو أو الانتحاء. **فالانتحاء** tropism هو نموّ النبات استجابةً لمنبهٍ خارجي. فإذا كان نمو النبات نحو المنبه سُمي انتحاءً موجبًا، وإذا كان النمو بعيدًا عن المنبه سُمي انتحاءً سالبًا. وهناك أنواع عديدة من الانتحاء تشمل الانتحاء الضوئي والانتحاء الأرضي والانتحاء اللمسي. فالانتحاء الضوئي هو استجابة نمو النبات للضوء، وسببه التوزيع غير المتساوي للأكسين. ويوجد القليل من الأكسين في جانب النبات المعرض للضوء، والكثير منه في الجانب البعيد عن مصدر الضوء. ولأن الأكسين يسبب استطالة الخلايا فإن الخلايا على الجانب البعيد من مصدر الضوء تستطيل، مما يجعل ذلك الجانب من الساق أطول، فتكون النتيجة أن ينحني الساق في اتجاه مصدر الضوء. أما الانتحاء الأرضي فهو استجابة نمو النبات نحو مركز الجاذبية الأرضية. وتُظهر الجذور عادة انتحاءً أرضيًّا موجبًا. إن نمو الجذور إلى أسفل في التربة يساعد على تثبيت النبات، ويجعل الجذور ملامسة للماء والأملاح المعدنية. لكن الساق تظهر انتحاءً أرضيًّا سالبًا عندما تنمو إلى أعلى بعيدًا عن مركز الجاذبية الأرضية. وهذا النمو يوزع الأوراق بحيث تتعرض لأكبر كمية من الضوء. وهناك نوع ثالث من الانتحاء في بعض النباتات، ألا وهو الانتحاء اللمسي. وهذا النوع هو استجابة نمو النباتات للمؤثرات الآلية (الميكانيكية)، ومنها ملامسة جسم ما أو مخلوق ما أو حتى الريح. إن الانتحاء اللمسي واضح في النباتات المتسلقة التي تلتف حول أي تركيب قريب منها كشجرة أو سياج.

الجدول 2–6	انتحاء النباتات	
الانتحاء	المنبه/الاستجابة	مثال
الانتحاء الضوئي Phototropism	الضوء • النمو نحو مصدر الضوء	
الانتحاء الأرضي Gravitropism	الجاذبية • موجب: نمو نحو الأسفل • سالب: نمو نحو الأعلى	
الانتحاء اللمسي Thigmotropism	ميكانيكي • نمو نحو نقطة التماس أو الملامسة.	

التقويم 2–6

الخلاصة

- تُنتج الهرمونات النباتية بكميات قليلة.
- قد تؤثر الهرمونات في انقسام الخلية، والنمو وتمايز الخلايا.
- استجابات الحركة لا تعتمد على اتجاه المنبه.
- الانتحاء هو استجابة للمنبهات من اتجاهٍ محدد.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **حدد** الهرمونات النباتية وصنفها بناءً على تأثيراتها في النباتات.
2. **سمِّ** ثلاثة أنواع من الانتحاءات في النباتات وصفها.
3. **قارن** بين الانتحاءات واستجابات الحركة.

التفكير الناقد

4. **صمّم نموذجًا** يبين كيف ينتقل الأكسين من خلية إلى أخرى.
5. **احكم** على أساس علمي على المقولة الشائعة "تفاحة متعفنة واحدة تتلف صندوقاً كاملاً".

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اكتشافات في علم الأحياء

النباتات ودفاعاتها Plants and their defenses

عندما تفكر في السلسلة الغذائية قد يتبادر إلى ذهنك صورة مفترس يطارد فريسة ويقبض عليها. لكن النباتات مستقرة وجالسة، وهي لا تستطيع الهرب من آكل الأعشاب. فهل تدافع النباتات عن نفسها ضد المفترسات؟ إن فهم الدفاعات الكيميائية للنباتات يساعد الإنسان على ابتكار استراتيجيات لحماية المحاصيل والنباتات الأخرى.

دافع أو مت وهب الله سبحانه وتعالى بعض النباتات تكيفات متنوعة، منها الشعيرات، والأشواك المختلفة الحجوم على بشرتها لردع المفترسات. ولبعضها الآخر ترسبات من السيليكا داخل أوراقها تجعلها صعبة القضم، وقد تتلف أسنان المفترس. تفرز عديد من النباتات مركبات ثانوية ليست مهمة في أيض النبات، بعض هذه المركبات قد تكون مُرّة الطعم أو سامة للمفترس، وبعضها الآخر قد يؤثر في هضم المفترس أو نموه أو تكاثره. وقد اكتشف الباحثون عام 2005 م أن جذور نوع من الملفوف تنتج موادّ تحمي النبات بقتلها أنواعًا عديدة من البكتيريا في التربة.

هل هي حشرة أم لا؟ من المعروف أن النباتات تميز بين هجوم حشرة وأنواع أخرى من التلف في أجزائها، ومنها التقليم بوساطة المزارع. بعض النباتات تستجيب لمواد كيميائية معينة في لعاب الحشرة. فقد وجد مجموعة من علماء الكيمياء الحيوية أنه عندما تقضم حشرة أوراق نبات ما تنتشر إشارة كيميائية في جسم النبات كاملًا. وهذه الإشارة تحفز زيادة إنتاج مادة سامة في أوراق النبات جميعها، وليس في الورقة التي قُضمت فحسب.

طلب النجدة عندما تهاجم آكلات الأعشاب بعض النباتات، يطلق النبات إشارات كيميائية (روائح مثلاً) تجذب الأعداء الطبيعيين لآكل الأعشاب هذا. فبعض النباتات مثلًا – في الصورة– يرشد بعض أنواع الدبابير المتطفلة إلى يرقة الفراشة (اليسروع) التي قضمت أوراقه.

عندما تتغذى يرقة الفراشة (اليسروع) على النبات فإن لعاب اليرقة يجعل النبات يفرز مواد كيميائية في الهواء تجذب نوع من الدبابير المتطفل - وهو مفترس ليرقة الحشرة.

وقد أكدت الدراسات أن المواد الكيميائية المستعملة في الإشارة ليست مخزونة في النبات السليم. ولكن النباتات تطلق الإشارات الكيميائية بمجرد البدء بقضمها، كما أنها تحرّرها بكمية أكبر في الوقت الذي يكون فيه الأعداء الطبيعيون أكثر نشاطًا. علمًا بأن آكلات الأعشاب المختلفة تطلق أيضًا إشارات كيميائية مختلفة. وعلى الرغم من أن التقدم في التقنيات الكيميائية والتقنيات الحيوية قد سارع في اكتشاف إشارات النباتات الطبيعية التي قد تساعد على حماية المحاصيل إلا أن الدليل يبين أن الإشارات الكيميائية قد تساعد المفترس آكل الأعشاب على اكتشاف الغذاء أيضًا.

الكتابة في علم الأحياء

إعلان تصوّر أنك طورت مبيدًا حشريًّا جديدًا فعالاً لمقاومة الآفات يستعمل دفاعات النباتات الطبيعية. اكتب إعلانًا تصف فيه المنتج، وكيف يختلف عن المنتجات الأخرى المتوافرة؟ وكيف يمنع نموّ الآفات المقاومة؟

مختبر الأحياء

صمم بنفسك

الإنترنت: كيف تستجيب النباتات القزمة للجبريلينات؟

الخلفية النظرية: تفتقر بعض النباتات القزمة إلى جين إنتاج الجبريلين، وبعضها يفتقر إلى مستقبلات الجبريلين. ستصمم في هذا المختبر تجربة تحدّد فيها هل يمكن أن تغير نمط نموّ بادرات نبات بازلاء قزم بإضافة حمض الجبريليك (شكل من أشكال الجبريلينات) إليها؟

سؤال: هل تستطيع استعمال الجبريلينات لتغيير نمو نباتات البازلاء القزمة؟

المواد والأدوات

- حمض الجبريليك بتراكيز مختلفة.
- ورق مقوى.
- سائل غسل الأطباق (عامل ترطيب).
- بادرات نبات البازلاء القزمة في قواريرها.
- زجاجات لرش الماء (رشاش ماء).
- أعواد قطن لتنظيف الأذن.
- أكياس بلاستيك كبيرة .
- ماء مقطر .
- ورقة رسم بياني.
- مصدر ضوء.
- سماد للنباتات.
- مسطرة مترية .

اختر المواد الملائمة لهذا المختبر.

إجراءات السلامة

خطط ونفذ المختبر

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. كوّن فرضية تتضمن كيفية تأثير الجبريلينات في نمو نباتات البازلاء القزمة.
3. صمّم تجربة لاختبار فرضيتك، وتحقق من شمولها المجموعة الضابطة.
4. ضع قائمة بالعوامل التي يجب أن تبقى ثابتة في مجموعاتك التجريبية والضابطة.
5. حدّد طريقة لإضافة حمض الجبريليك إلى النباتات، وقرّر كم مرة ستضيفه.
6. صمّم جدولًا لتسجل بيانات التجربة.
7. تأكد أن معلمك قد أقرّ خطتك قبل أن تبدأ العمل.
8. اجمع المتطلبات التي تحتاج إليها، وجهز بياناتك التجريبية والضابطة.
9. أكمل التجربة كما أقرّها لك معلمك.
10. سجل قياساتك وملاحظاتك عن النباتات في جدول البيانات.
11. مثّل بيانيًّا بيانات كل من المجموعتين التجريبية والضابطة.
12. **التنظيف والتخلص من الفضلات** أعدْ حمض الجبريليك غير المستعمل إلى معلمك للتخلص منه. وفرّغ زجاجات الرش جيدًا واغسلها بالماء. تخلص من أعواد القطن بطرحها في سلة النفايات، وتخلص أيضًا من النباتات حسب إرشادات المعلم.

حلّل ثم استنتج

1. **حلّل** الرسم البياني الخاص بك، وحدّد تأثير حمض الجبريليك في النباتات القزمة.
2. **كوّن فرضية** بناءً على نتائجك، واشرح سبب تقزم نباتات البازلاء.
3. **التفكير الناقد.** لماذا يُعد التغير الوراثي ـ ومنه ذلك الذي يجعل نباتات البازلاء لا تُنتج الجبريلينات ـ مشكلةً للنباتات في البيئات الطبيعية؟
4. **تحليل الخطأ.** ما الذي تعتقد أنه حدث في تجربتك وجعل نتائجك غير دقيقة؟ وكيف يمكن أن تغير من خطوات عملك؟

شارك بياناتك

مراجعة قارن رسومك البيانية برسوم الطلبة الآخرين الذين أكملوا هذه التجربة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 6 دليل مراجعة الفصل

المطويات **وضح.** على الوجه الخلفي للمطوية، وضح دور الهرمونات النباتية وآلية عملها.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
6–1 خلايا النبات وأنسجته	
الخلية البرنشيمية الخلية الكولنشيمية الخلية الإسكلرنشيمية النسيج المولّد (المرستيمي) الكامبيوم الوعائي الكامبيوم الفليني البشرة الخلية الحارسة الخشب الأوعية الخشبية القصيبات اللحاء الأنابيب الغربالية الخلية المرافقة النسيج الأساسي	**الفكرة الرئيسة** **تتكون أنسجة النباتات من خلايا مختلفة.** • هناك ثلاثة أنواع من خلايا النبات، هي: البرنشيمية والكولنشيمية والإسكلرنشيمية. • يرتبط تركيب الخلية النباتية مع وظيفتها. • هناك أنواع عدة من الأنسجة النباتية، منها: المرستيمية والخارجية والوعائية والأساسية. • يشكّل الخشب واللحاء الأنسجة الوعائية.
6–2 هرمونات النبات واستجاباتها	
الأكسين الجبريلين الإثيلين السايتوكاينين استجابة الحركة الانتحاء	**الفكرة الرئيسة** **يمكن أن تؤثر الهرمونات في استجابات النبات لبيئته.** • تُنتَج الهرمونات النباتية بكميات قليلة. • قد تؤثر الهرمونات في انقسام الخلية، والنمو وتمايز الخلايا. • استجابات الحركة لا تعتمد على اتجاه المنبه. • الانتحاء هو استجابة للمنبهات من اتجاهٍ محدد.

الفصل 6 التقويم

6–1

مراجعة المفردات

ميّز بين كل كلمتين فيما يأتي:

1. الإسكلرنشيمي، الكولنشيمي.
2. الخشب، اللحاء.
3. البشرة، الخلية الحارسة.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

4. ما النسيج الوعائي الذي ينقل الماء والأملاح المعدنية المذابة من الجذور إلى الأوراق؟

   a. البشرة.
   b. البرنشيمي.
   c. الخشب.
   d. اللحاء.

5. أيّ المناطق الآتية تحوي خلايا تنقسم باستمرار؟

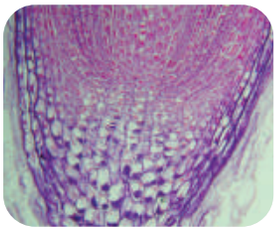
   a. القمة النامية.
   b. النسيج الوعائي.
   c. النسيج الخارجي.
   d. النسيج المولد الجانبي.

6. أيّ الخلايا الآتية تقوم بعملية البناء الضوئي؟

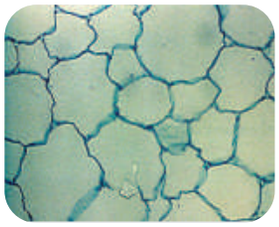
   a. الخلايا الكولنشيمية.
   b. الخلايا البرنشيمية.
   c. الخلايا الإسكلرنشيمية.
   d. الشعيرات الجذرية.

استعمل الصور أدناه للإجابة عن السؤالين 7، 8

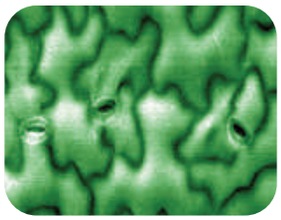
7. أيّ الصور الآتية تظهر فيها الشعيرات؟



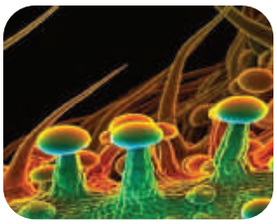
A.



B.



C.



D.

8. أيّ الصور تظهر فيها الخلايا البرنشيمية؟

   a. A.
   b. B.
   c. C.
   d. D.

9. أيّ ممّا يأتي يشكّل فرقًا بين النباتات البذرية اللازهرية والنباتات البذرية الزهرية؟

   a. وجود الثغور في الجذور.
   b. كمية السكر المخزنة في الجذور.
   c. وجود القصيبات والأوعية.
   d. تركيب الخلايا البرنشيمية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

6 تقويم الفصل

أسئلة بنائية

استعمل الصورة أدناه للإجابة عن السؤال 10.

10. **إجابة قصيرة.** اشرح فائدة واحدة لهذه الأوعية.
11. **إجابة قصيرة.** قارن بين النسيج المولد والنسيج الأساسي.
12. **نهاية مفتوحة.** هل تعتقد ان تعيش النباتات دون وجود النسيج الاساسي؟ ادعم اجابتك بدليل.

التفكير الناقد

13. **ارسم** منظمًا تخطيطيًّا يضم كل نوع من الأنسجة الأربعة المختلفة، ووظائفها وأنواع الخلايا التي تحتويها.
14. **قارن** بين الأنسجة الخارجية للنبات وجلدك، واذكر بعض الخصائص التي تجعل جلدك أكثر كفاءة من بشرة النبات.

6–2

مراجعة المفردات

اشرح الفرق بين كل زوج من المصطلحات الآتية، ثم وضح كيف يرتبطان معًا:

15. الهرمون، الأكسين.
16. الإثيلين، الجبريلين.
17. استجابة النمو، استجابة الحركة.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

18. ما الذي يصف الانتحاء الضوئي الموجب؟
    a. ينمو النبات بعيدًا عن مصدر الضوء.
    b. ينمو النبات نحو مصدر الضوء.
    c. ينمو النبات نحو مركز الجاذبية.
    d. ينمو النبات بعيدًا عن مركز الجاذبية.
19. أيّ مما يأتي له دور في نقل الجبريلينات عبر النبات؟
    a. الكامبيوم الفليني.
    b. الخلايا الحارسة.
    c. النسيج الوعائي.
    d. القمة النامية.

6 تقويم الفصل

استعمل الصور للإجابة عن السؤالين 20، 21.

20. ما الذي تبينه هذه الصور؟

a. سيادة القمة النامية.

b. التقزم.

c. سقوط الأوراق.

d. استجابة الحركة.

21. ما الهرمون الذي يسيطر على هذه الحالة النباتية؟

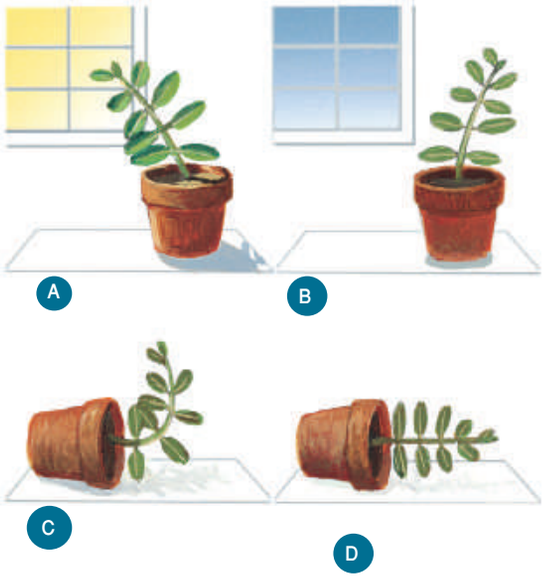
a. الأكسين.

b. الجبريلين.

c. الإثيلين.

d. السايتوكاينين.

استعمل الصور أدناه للإجابة عن السؤال 22.



22. أيّ السيقان في الصور السابقة تظهر انتحاءً أرضيًّا سالبًا؟

a. A

b. B

c. C

d. D

أسئلة بنائية

23. **نهاية مفتوحة.** ناقش ما يؤيد وما يناقض نقل الأكسين من خلية برنشيمية إلى أخرى بدلاً من نقله عبر النسيج الوعائي.

24. **إجابة قصيرة.** ارجع إلى **الشكل 8–6** ووضح كيف يسبب الأكسين استطالة الخلية؟

25. **إجابة قصيرة.** اشرح لماذا تكون استجابات الانتحاء دائمة، في حين تكون استجابات الحركة مؤقتة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

6 تقويم الفصل

التفكير الناقد

26. **صمّم تجربة** تحدد فيها ما إذا كانت نباتات الفول تظهر سيادة للقمة النامية.

27. **قوّم** المقولة الآتية: "البذور التي تُنقع في الجبريلينات تنمو أسرع من البذور التي لم تُنقع".

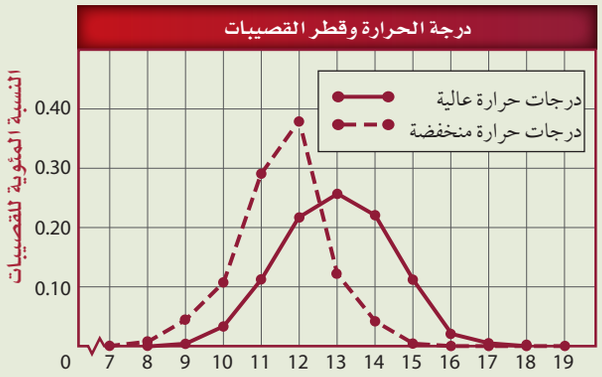
28. **مهن مرتبطة مع علم الأحياء** يتعين على المزارعين أن يستعملوا الهرمونات النباتية لزيادة إنتاج المحاصيل. تـرى، هل هذه فكـرة صائبة؟ قارن ذلك باسـتعمال هرمونات النمو التي تستعمل لزيادة إنتاج الحليب في الأبقار.

تقويم إضافي

29. **الكتابة في علم الأحياء** لـو تمكّنت مـن تطوير هرمون نباتي جديد، فمـا الذي تود أن يقدمه للنبات؟ وكيف سيعمل؟ وماذا تسميه؟

أسئلة المستندات

درس فريق من علمـاء الأحياء تأثيـرات درجة الحرارة وثاني أكسـيد الكربون في الصنوبر. والرسم البياني أدناه يُمثـل كميات القصيبات وأقطارهـا المختلفة التي نمت عند درجـات حرارة مختلفة. اسـتعمل الرسـم البياني للإجابة عن السؤالين 30، 31.



30. كيف تؤثر درجة الحرارة في قطر خلايا القصيبات في أثناء نموها؟

31. كيف ترتبط درجة الحرارة وقطر القصيبات مع وظيفة القصيبات؟

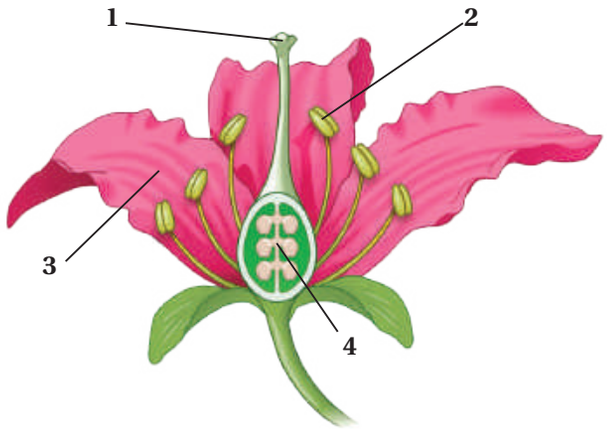
اختبار مقنن

أسئلة الأختبار من متعدد

1. ما النسيج الوعائي المكوّن من خلايا أنبوبية حيّة تنقل السكر من الأوراق إلى أجزاء النبات الأخرى؟

a. الكامبيوم.
b. البرنشيمي.
c. اللحاء.
d. الخشب.

استعمل الرسم أدناه للإجابة عن السؤال 2.



2. أيّ الهرمونات الآتية يحفز عملية نضج الثمار:

a. الأكسين.
b. السيتوكاينين.
c. الإثيلين.
d. الجبريلين.

3. ما أهمية الخلايا الإسكلرنشيمية في النباتات.

a. تبادل الغازات.
b. البناء الضوئي.
c. تخزين الغذاء.
d. الدعامة.

4. أيّ ممّا يأتي يساهم في نقل الغذاء في الأشجار؟

a. تعاقب الأجيال.
b. الازهار.
c. البذور.
d. الأنسجة الوعائية.

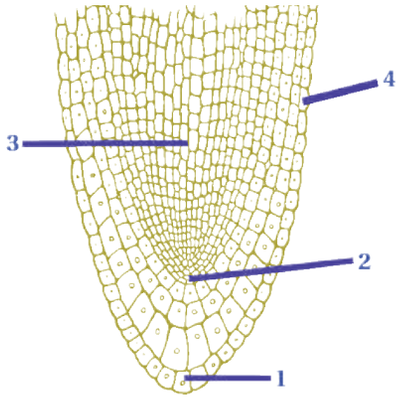
5. أيّ مما يأتي يعد مثالاً على استجابات الحركة:

a. نبات الخيزران الذي ينمو في اتجاه الضوء.
b. جذور نبات الذرة التي تنمو إلى الأسفل.
c. نباتات تباع الشمس التي تتجه نحو الشمس.
d. نبات آكل الحشرات الذي ينمو على الأشجار.

6. ما وظيفة النسيج المولد القمي في الجذر؟

a. إنتاج خلايا جديدة لنمو الجذر.
b. مساعدة أنسجة الجذر على امتصاص الماء.
c. حماية أنسجة الجذر في أثناء نموه.
d. توفر الدعامة لأنسجة الجذر.

استعمل الرسم التخطيطي أدناه للإجابة عن السؤال 7.



7. أيّ التراكيب في الرسم أعلاه ينتج خلايا ينجم عنها زيادة طول الجذر؟

a. 1
b. 2
c. 3
d. 4

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

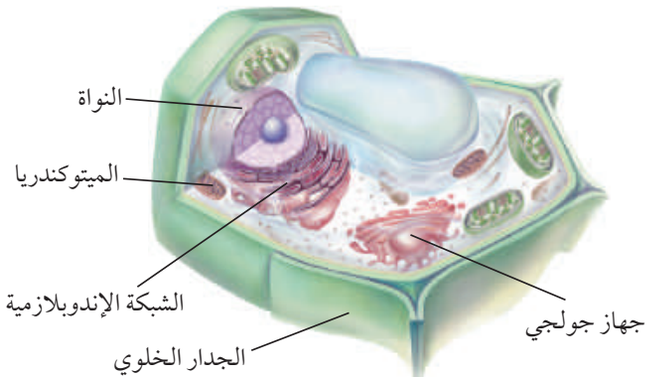
اختبار مقنن

أسئلة الإجابات القصيرة

8. سمِّ ثلاثة أنواع من الخلايا النباتية واذكر وظائفها.
9. اذكر وظائف كل نوع من نوعي الأنسجة الوعائية الموجودة في النباتات، وصفه.

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل الرسم الآتي للإجابة عن السؤال 10.



10. بناءً على خصائص الخلية الموضحة أعلاه، كيف تصنّف المخلوق الذي أُخذت منه هذه الخلية؟ برّر طريقة تصنيفك لهذا المخلوق.
11. استنتج كيف تدعم الخلايا الكولنشيمية أنسجة النبات المجاورة لها.
12. انقد الفكرة القائلة إن جذور النباتات في التربة لا تحتاج إلى الأكسجين لتعيش.

سؤال مقالي

الماء مهم لوظائف النبات؛ فهو مثلاً أحد المواد المتفاعلة في تفاعلات البناء الضوئي. يدخل الماء النبات بوساطة الانتشار. ومعظم الماء الذي يدخل إلى النبات ينتشر عبر الجذور. لذا فإن الماء يجب أن يكون أعلى تركيزًا في التربة منه في الجذور. وبعد دخول الماء إلى الجذور ينتقل خلال الأنسجة الوعائية إلى الأنسجة التي تحتوي على البلاستيدات الخضراء، ثم ينتشر في الخلايا النباتية كذلك، فيجعلها أكثر صلابة.

استعمل المعلومات في الفقرة أعلاه في الإجابة عن السؤال الآتي في صورة مقالة.

13. يذبل النبات عندما تكون كمية الماء التي يفقدها أكثر من تلك التي يكتسبها. اشرح دور الخلايا الحارسة في تنظيم كمية الماء في النبات.

يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
الفصل/ القسم	6–1	6–2	6–1	6–1	6–2	6–1	6–1	6–1	6–1	6–1	6–1	6–1	6–1
الصف	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

التكاثر في النباتات الزهرية

Reproduction in Flowering Plants

7

الفكرة العامة تتضمن دورات حياة النباتات طرائق مختلفة للتكاثر.

1 – 7 الأزهار

الفكرة الرئيسة الأزهار هي التراكيب التكاثرية في النباتات الزهرية.

2 – 7 النباتات الزهرية

الفكرة الرئيسة يمكن أن تنمو البذور والثمار في النباتات الزهرية من الأزهار بعد الإخصاب.

حقائق في علم الأحياء

- تنمو أكبر زهرة في العالم على النبات الاستوائي *Rafflesia arnoldii*، ولها رائحة تشبه رائحة اللحم المتعفن.
- من أضخم البذور بذرة جوز الهند من النوع *Lodoicea maldivica* والتي تنمو في جزر المالديف، إذْ قد تزن أكثر من 20 Kg عند نضجها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تجربة استهلالية

ما تراكيب التكاثر في النبات؟

هل لاحظت أن الأزهار تظهر فجأة أحيانًا على الأشجار والشجيرات والنباتات الأخرى في الربيع؟ هل التقطت يومًا مخروطًا من تحت شجرة صنوبر، وتساءلت لماذا تُكوّن هذه الأشجار المخاريط؟ للنباتات تراكيب تكاثر؛ وهي تتكاثر جنسيًّا، مثلها مثل الكثير من المخلوقات. أما الحزازيات والسرخسيات والمخروطيات والنباتات الزهرية فلها تراكيب تكاثر فريدة. استقص هذه التراكيب خلال هذه التجربة.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك وقياساتك للتراكيب التكاثرية في النباتات التي يزودك بها معلمك.
3. لاحظ تراكيب التكاثر في المخروطيات وفي نبات زهري، ثم سجل ملاحظاتك في جدول البيانات.

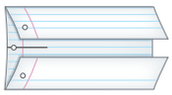
التحليل

1. **حدّد** أوجه التشابه والاختلاف بين تراكيب التكاثر في النباتات.
2. **صف.** بناءً على ما تعرفه عن النباتات، كيف يمكن أن تستعمل النباتات الزهرية الأزهار في تكاثرها؟

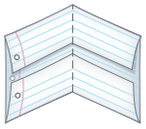
المطويات
منظمات الأفكار

دورة حياة نبات زهري اعمل هذه المطوية لتساعدك على تنظيم ما تعلمته حول دورة حياة النباتات الزهرية.

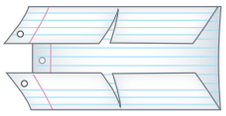
الخطوة 1: ضع علامة على منتصف ورقة من دفتر ملاحظاتك. ثم اطوِ الحافتين العليا والسفلى على أن تتطابقا وتكوّنا مساحتين متساويتين، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 2: اطو الورقة نصفين كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3: افتح الورقة المطوية، واقطع بالمقص عند خطوط الطي لتكوّن أربعة ألسنة، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 4: استعمل قلم تلوين لرسم مراحل الطور البوغي للنباتات الزهرية على الألسنة الثلاثة وتسميتها. استعمل لونًا مختلفًا لرسم الطور المشيجي على اللسان الرابع ثم عنونه.

المطويات **استعمل هذه المطوية في القسم 2-7.** في أثناء دراستك لهذا القسم، ارسم مخططًا، وسجل ما تعلمته حول ظاهرة تعاقب الأجيال في النباتات الزهرية.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

7-1

الأزهار Flowers

الأهداف

- **تحدّد** أجزاء الزهرة ووظائفها.
- **تصف** الأزهار الكاملة، والناقصة، والأحادية الجنس، والثنائية الجنس.
- **تميز** بين أزهار ذوات الفلقة الواحدة وأزهار ذوات الفلقتين.
- **تربط** بين آلية تلقيح الزهرة وتركيبها.
- **توضح** الفترة الضوئية.

مراجعة المفردات

ليليNocturnal: نَشِطٌ في الليل فقط.

المفردات الجديدة

السبلة
البتلة
السّداة
الكربلة (المتاع)
الفترة الضوئية
نباتات النهار القصير
نباتات النهار الطويل
نباتات النهار المتوسط
نباتات النهار المحايد

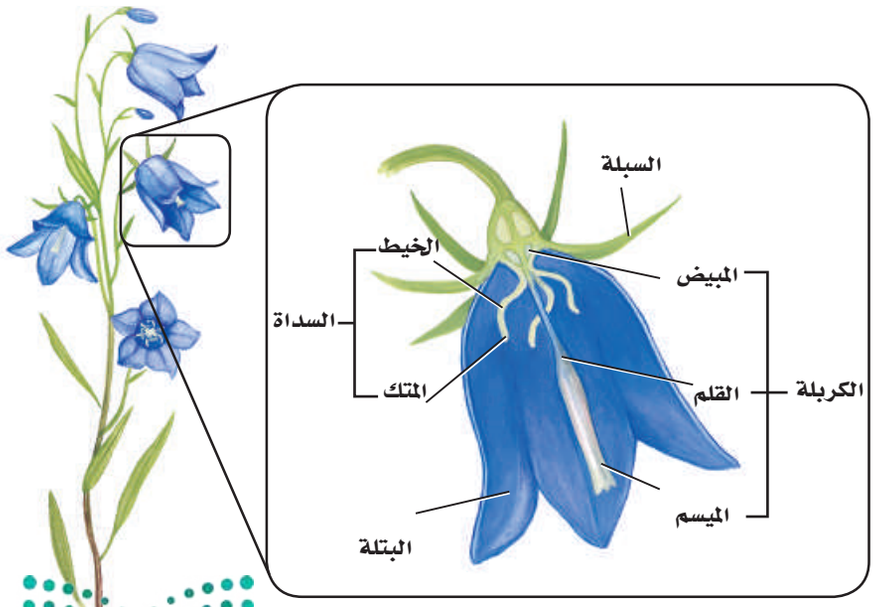
الفكرة الرئيسة **الأزهار هي التراكيب التكاثرية في النباتات الزهرية.**

الربط مع الحياة هل سبق أن ارتديت طوقًا مُزيَّنًا بالأزهار؟ أو لعلك أعطيت والدتك زهرة لتشعرها بمدى تقديرك لها. ربما تستطيع أن تتذكّر العديد من المواقف التي كانت الأزهار تعني لك شيئًا مهمًّا. إن الدور الأهم للأزهار في النباتات الزهرية من وجهة النظر العلمية هو التكاثر الجنسي.

أعضاء الزهرة Flower Organs

تُستعمل تعابير عديدة لوصف الأزهار، منها البرتقالي والأرجواني الداكن والأبيض وذات الرائحة المنعشة أو العفنة وغيرها. إن لون الأزهار وشكلها وحجمها يحدّده التكوين الوراثي لكل نوع. ومن المهم أن نتذكّر أن الأزهار تختلف في الشكل والتركيب من نوع إلى آخر.

وللأزهار عدة أجزاء؛ فبعض الأجزاء تقدم الدعامة أو الحماية، ولبعضها الآخر علاقة مباشرة بعملية التكاثر. وللزهرة عمومًا أربعة أعضاء، هي السبلات والبتلات والأسدية وكربلة واحدة أو أكثر، **الشكل 1-7**. تحمي **السبلات** sepals براعم الأزهار، وقد تبدو في صورة أوراق خضراء، أو تشبه أوراق البتلات. وتكون **البتلات** petals ملوّنة عادة، ويمكن أن تجذب الملقّحات، وتوفر لها موضع للوقوف على الزهرة. وإذا وجدت السبلات والبتلات فإنها تكون عادة متصلة بعنق الزهرة.



الشكل 1-7 للزهرة النموذجية أربعة أعضاء، وهي: السبلات والبتلات والأسدية وكربلة واحدة أو أكثر.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

معظم الأزهار لها مجموعة **أسـدية** stamens، أيْ تراكيب تكاثر ذكرية. وتتكون السـداة من جزأين، هما: الخيط filament والمتك anther، والخيط هو الذي يحمل المتك ويدعمه. ويوجد داخل المتك خلايا تنقسم انقسامًا منصفًا، ثم تنقسم انقسامات متساوية لتكوّن حبوب اللقاح pollen grains. ويتكوّن في النهاية مشيجان مذكّران داخل كل حبة لقاح. **الكربلة** pistil هي عضو التكاثر الأنثوي، ويوجد كربلة واحدة أو أكثر في مركز الزهرة. وتتكون من ثلاثة أجزاء، هي: الميسـم stigma والقلم style والمبيض ovary. ويشـكّل الميسم قمة الكربلة، وهو المكان الذي يحدث فيه التلقيح. أمّا القلم فهو الجزء الذي يربط الميسـم بالمبيض، ويتكوّن داخل كل نبات مشيجي مؤنث بويضة ناضجة.

المفردات

الاسـتعمال العلمي مقابل الاستعمال الشائع

الميسم Stigma

الاستعمال العلمي: هو قمة الكربلة في الزهرة حيث يحدث الإخصاب.

أما **الاسـتعمال الشـائع**: فيشـير إلى الحسن والجمال.

تكيّفات الزهرة Flower Adaptations

إن أعضاء الزهرة التي وصفت في الفقرة السـابقة توجد في معظم الأزهار. لكن العديد من الأزهار لها تكيفات في عضو أو أكثر من هذه الأعضاء. ويصنّف العلماء الأزهار في ضوء هذه التكيفات.

الفروق التركيبية Structural differences تسمى الأزهار التي لها سبلات وبتلات وأسدية وكربلة واحدة أو أكثر أزهارًا كاملة complete. أمّا الأزهار التي تفتقر إلى واحد أو أكثر من هذه الأعضاء فهي أزهار ناقصة incomplete، فأزهار الزنجبيل البرية مثلاً أزهار ناقصة؛ لأنها ليس لها بتلات. ومن الصفات الأخرى للأزهار أنها: ثنائية الجنس perfect، ومنها نبات تباع الشمس، أو أحادية الجنس imperfect، ومنها نبات النخيل. فالأزهار التي لها أسدية وكرابل تسمى ثنائية الجنس. ولبعض النباتات ـ ومنها الخيار والقرع ـ أزهار أحادية الجنس؛ إذ إن لها إما أسدية أو كرابل نشـطة تؤدي وظائفها. وتُطلق الأزهار الذكرية – أيْ التي تحوي أسدية – حبوب اللقاح. وتتشكّل الثمار بعد الإخصاب في الأزهار الأنثوية، والمحتوية على الكرابل. يختلف عدد أجزاء الزهرة من نوع إلى آخر. لكن عدد أجزاء الزهرة يستعمل للتمييز بين كل من ذوات الفلقتين وذوات الفلقة الواحدة. فعندما يكون عدد البتلات أربعًا أو خمسًا أو مضاعفاتهما يكون النبات عادة من ذوات الفلقتين. وعادة يكون عدد الأعضاء الأخرى كالسبلات والكرابل والأسدية أربعة أو خمسة أو مضاعفاتهما أيضًا.

تجربة علمية

كيف تنمو الزهرة؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

ذوات الفلقة الواحدة

ذوات الفلقتين

■ **الشكل 2–7** يمكن تعرّف بعض النباتات على أنها ذوات فلقة أو ذوات فلقتين بوساطة أزهارها.

فلأفراد العائلة الخردلية مثلاً أزهار لها أربع سبلات وأربع بتلات، **الشكل 2–7**. أمّا ذوات الفلقة الواحدة فلها أعضاء زهرية عددها ثلاث أو مضاعفاتها، كما في **الشكل 2–7**. فمثلًا زنابق النهار لها ثلاث سبلات وثلاث بتلات وست أسدية.

آليات التلقيح Pollination mechanisms لأنواع النباتات الزهرية المختلفة أزهار متميزة في الحجم والشكل واللون وترتيب البتلات. ويرتبط العديد من هذه التكيفات التي أبدعها الخالق عز وجل مع التلقيح.

التلقيح بوساطة الحيوانات Animal pollination للعديد من الأزهار التي تُلقّح بوساطة الحيوانات ألوان زاهية، **الشكل 3–7**، ولها رائحة قوية، أو تنتج سائلًا حلو المذاق يسمى الرحيق. وعندما تنتقل الحشرات والحيوانات الصغيرة الأخرى من زهرة إلى أخرى باحثة عن الرحيق فإنها تحمل معها حبوب اللقاح من زهرة إلى أخرى. كما تجمع حشرات أخرى حبوب اللقاح غذاءً لها. فالألوان الناصعة والرائحة الطيبة لأزهار التفاح والورد والليلك Lilacs تجذب حشرات، ومنها النحل والفراش والخنافس والدبابير. والأزهار البيضاء أو الصفراء الفاتحة أكثر وضوحًا عند الغسق وفي الليل، وتجذب الحيوانات ليلية المعيشة، ومنها العث والخفاش. وتجذب الرائحة التي تشبه رائحة الفاكهة لبعض الأزهار الخفاش الذي يتغذى على الفواكه، ويساعد في تلقيح أزهارها. وتجذب زهرة رافليسيا Rafflesia – التي لها رائحة اللحم الفاسد – إليها الذباب الملقح. ولا تفرز الأزهار التي تُلقح بوساطة الطيور الكثير من الروائح عادة؛ لأن الطيور لها إحساس محدود بالروائح عادةً، وهي غالبًا تحدد موقع الأزهار بالنظر.

التلقيح بوساطة الرياح Wind pollination الأزهار التي تفتقر إلى الأجزاء الزهرية ذات المظهر الواضح أو التي تفرز الروائح القوية تُلقح عادة بفعل الرياح، **الشكل 3–7**. وتنتج هذه الأزهار كميات كبيرة من حبوب اللقاح الخفيفة الوزن، ممّا يساعد على ضمان سقوط بعض حبوب اللقاح على مياسم أزهار من النوع نفسه. وتقع أسدية الأزهار التي تلقّحها الرياح غالبًا تحت مستوى البتلات، مما يعرضها للرياح. وتكون مياسم هذه الأزهار عادة كبيرة وواسعة، مما يضمن سقوط حبوب اللقاح عليها واستقرارها. وتُلقَّح أزهار معظم الأشجار والحشائش بوساطة الرياح.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

مُهجِّن النباتات Plant Breeder

إن معرفة تركيب الزهرة وآليات التلقيح والوراثة ضروري لهذه المهنة؛ حيث يجري مُهجِّن النباتات تهجينًا انتقائيًّا، بأن يختار نباتات ذات صفات مرغوب فيها ويزاوج بينها، ثم يسجل النتائج.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

التلقيح

Pollination

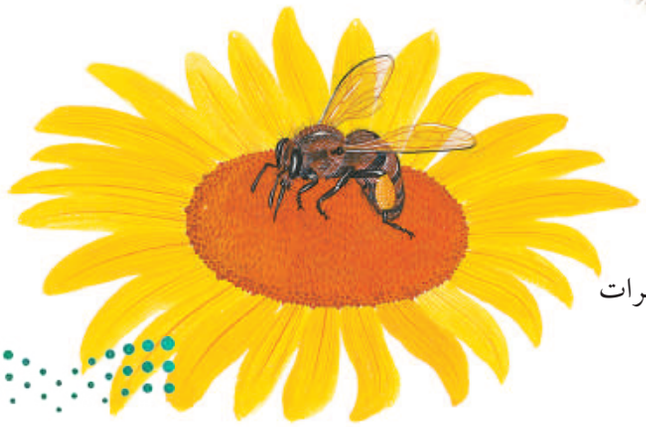
الشـكل 3 – 7 للأزهار عدة تكيفات لضمان التلقيح. فحبوب اللقاح يمكن أن تحملها الرياح أو الحيوانات. وعند تناول الحيوان غذاءه يمكن أن تلتصق به حبوب اللقاح، فينقلها إلى الزهرة التي ينتقل إليها بعد ذلك.

ينجذب الطائر الطنّان إلى الأزهار الحمراء، ويصل منقاره الطويل إلى الرحيق في قاعدة الأزهـار. بعض أصباغ الأزهـار الصفراء والبرتقالية تعكس ضوءًا غير المرئي لعين الإنسـان. ولكن النحل وحشرات أخرى تميزه.

تبعثـر الريـاح حبـوب لقاح البلـوط الخفيفة الـوزن التي يمكن أن تسـبب الحساسـية للعديد من البشـر. فالازهار الدانية تتدلى نحو الأسـفل، وتتأرجح مع الرياح.

عندمـا يحل الظلام تجعـل الرائحة والألوان الفاتحـة العث أكثر قدرة علـى تحديد موقع بعض الأزهار.

لنبتة الجيفـة رائحة منتنة تجذب إليها الذباب والخنافس الملقّحة.



تجذب الأزهار التي تنتج الرحيق الحشـرات الملقّحة في أثناء بحثها عن الغذاء غالبًا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل 4 – 7 ينقل النحل والحشرات الأخرى حبوب اللقاح من زهرة ذكرية إلى زهرة أنثوية، أثناء تنقلها بينهن، فيتم التلقيح وتتكوّن اللاقحة.

حدّد. هل زهرة نبات القرع أحادية أم ثنائية الجنس؟

التلقيح الذاتي والخلطي self and cross pollination إن الأزهار الذاتية التلقيح يمكن أن تلقح نفسها، كما يمكن أن تلقح زهرة أخرى على النبات نفسه. وبعض الأزهار يجب أن تلقح خلطيًّا، حيث تستقبل الأزهار حبوب اللقاح من نبات آخر. ويُعدّ هذا واحدًا من الأسباب التي تجعل الملقّحات تؤدي دورًا مهمًّا في تكاثر النباتات الزهرية. وتقدم الملقّحات طريقة لنقل حبوب اللقاح إلى الأزهار التي يجب أن تُلقح خلطيًّا، كما تضمن أيضًا هذه الملقحات تكاثر الأزهار الأحادية الجنس، ومنها القرع، **الشكل 4–7**.

الفترة الضوئية Photoperiodism لاحظ علماء النبات أن بعض النباتات تزهر في أوقات معينة من السنة فقط. لذا فقد أجروا التجارب لتفسير هذه الظاهرة. وقد انصبّ اهتمام الباحثين على عدد ساعات ضوء النهار التي تتعرض لها النباتات. لكن الباحثين اكتشفوا لاحقًا أن العامل الحاسم الذي يؤثر في الإزهار كان عدد ساعات الظلام المتواصلة التي يتعرض لها النبات، لا عدد ساعات الضوء التي يتعرض لها. ويُسمى هذا العامل بعامل **الفترة الضوئية** photoperiodism. كما عرف العلماء أيضًا أن بداية نمو الزهرة في كل نوع من النبات هو استجابة لعدد من ساعات الظلام، وتسمى الفترة الحرجة للنبات. وتُصنّف النباتات الزهرية في واحدة من المجموعات الأربع الآتية: نباتات النهار القصير، ونبات النهار الطويل، ونباتات النهار المتوسط، والنباتات المحايدة لطول النهار. ويعتمد هذا التصنيف على الفترة الحرجة. ويعكس الاسم هنا التركيز الأصلي للباحثين، أيْ عدد ساعات ضوء النهار. ومن المهم أن نتذكر أن المصطلح الأكثر دقة لنباتات النهار القصير مثلاً هو نباتات الليل الطويل. انظر **الشكل 5–7** في أثناء قراءتك لوصف هذه النباتات.

الفترة الضوئية لنباتات النهار القصير تزهر **نباتات النهار القصير** short– day plants عندما تتعرض يوميًّا لعدد معين من ساعات الظلام أكبر من الفترة الحرجة لها. فمثلاً قد يزهر نبات النهار القصير عندما يتعرض لـ 16 ساعة من الظلام. وتزهر نباتات النهار القصير في الشتاء والربيع والخريف عندما يصبح عدد ساعات الظلام أكثر من عدد ساعات الضوء. ومن نباتات النهار القصير التي قد تعرفها البنفسج والبونسيته Poinsettia والتيولب Tulips وفم السمكة.

الفترة الضوئية لنباتات النهار الطويل تزهر **نباتات النهار الطويل** long– day plants عندما تكون ساعات الظلام أقل من الفترة الحرجة، حيث تزهر هذه النباتات في الصيف عادة، ومنها الخس والسبانخ والبيتونيا Petunias والبطاطس والنجمة Aster وغيرها.

تجربة استهلالية

مراجعة بناءً على ما قرأته حول تلقيح النبات، كيف تجيب الآن عن أسئلة التحليل.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل 5 – 7 تحدّد الفترة الحرجة للنبات موعد إزهاره.

الفترة الضوئية لنباتات النهار المتوسط عديدٌ من نباتات المناطق الاستوائيةمن **نباتات النهار المتوسط** intermediate – day plants. وهذا يعني أنها ستزهر ما دام عدد ساعات الظلام ليس كبيرًا ولا صغيرًا. ومن أمثلة هذه النباتات قصب السكر وبعض الحشائش.

الفترة الضوئية للنباتات المحايدة Day–neutral photoperiodism تزهر بعض النباتات بغض النظر عن عدد ساعات الظلام ما دامت تستقبل كمية كافية من الضوء اللازم لعملية البناء الضوئي ودعم النمو. إن النبات الذي يزهر في مدى فوق عدد ساعات الظلام هو **نبات النهار المحايد** day– neutral plant. ومن هذه النباتات الحنطة السوداء والذرة والقطن والطماطم والورد.

تجربة 7-1

المقارنة بين تراكيب الأزهار

كيف تختلف تراكيب الأزهار؟ إن إلقاء نظرة سريعة على حديقة أزهار أو محل بيع الأزهار تبين أن هناك تنوّعًا واسعًا من الأزهار. استقص كيف تختلف هذه الأزهار من نوع إلى آخر؟

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدول بيانات لتسجيل الملاحظات والقياسات المتعلقة بتراكيب **الأزهار**.
3. احصل على **الأزهار** المطلوبة لهذه التجربة من معلمك.
4. لاحظ الفروق في التركيب واللون والحجم والرائحة، وحذارِ من إتلاف الأزهار بأي طريقة.
5. ارسم تخطيطًا لكل زهرة، وسجّل ملاحظاتك في جدول البيانات.
6. أعد الأزهار إلى معلمك.

التحليل

1. **قارن** بين تراكيب الأزهار التي درستها.
2. **استنتج.** لماذا كانت بتلات الأزهار مختلفة الألوان؟
3. **اقترح** تفسيرًا لاختلاف حجوم هذه **الأزهار** وأشكالها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

التقويم 1-7

الخلاصة

- الزهرة الكاملة لها سبلات وبتلات وأسدية وكربلة واحدة أو أكثر.
- يختلف شكل الأزهار من نوع إلى آخر.
- تميز بعض تراكيب الأزهار: نباتات ذوات الفلقة الواحدة عن نباتات ذوات الفلقتين.
- تجذب تكيفات الأزهار الملقّحات بصورة أكبر.
- يمكن أن يؤثر طول الفترة الضوئية في موعد الإزهار.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **قارن** بين وظائف كلٍّ من الأجزاء الأربعة للزهرة.
2. **صف** خصائص زهرة كاملة من نباتات ذوات الفلقة الواحدة وزهرة كاملة من نباتات ذوات الفلقتين
3. **قارن** بين الأزهار الكاملة والناقصة.
4. **توقع** نوع الفترة الضوئية التي يمكن أن تنتج أزهارًا في هذا الوقت من السنة.

التفكير الناقد

5. **صمّم تجربة** لعمل أزهار لنباتات النهار الطويل في أثناء الشتاء.
6. **قوّم** أهمية الملقّحات للأزهار في الأزهار الأحادية الجنس.
7. الكتابة في علم الأحياء

اكتب وصفًا من وجهة نظر إحدى الملقّحات في أثناء زيارةٍ لزهرة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

7-2

النباتات الزهرية
Flowering plants

الأهداف

- **تتبع** دورة حياة نبات زهري.
- **تصف** عملية الإخصاب وتكوين البذرة في نبات زهري.
- **تلخص** إنبات البذرة.

مراجعة المفردات

الهيكل الخلوي Cytoskeleton: ألياف البروتين الطويلة الرفيعة التي تشكّل هيكل الخلية.

المفردات الجديدة

النواتين القطبيتين
الإندوسبيروم
غلاف البذرة
الإنبات
الجذير
السويقة تحت الفلقية
الكُمون (الراحة)

الفكرة الرئيسة **يمكن أن تنمو البذور والثمار في النباتات الزهرية من الأزهار بعد الإخصاب.**

الربط مع الحياة هل تعد ثمار الطماطم من الخضراوات أو من الفواكه؟ علمًا بأن الطماطم ليست حلوة المذاق. قرّر في أثناء قراءتك لهذا القسم ما إذا كانت الطماطم من الخضراوات أو من الفواكه.

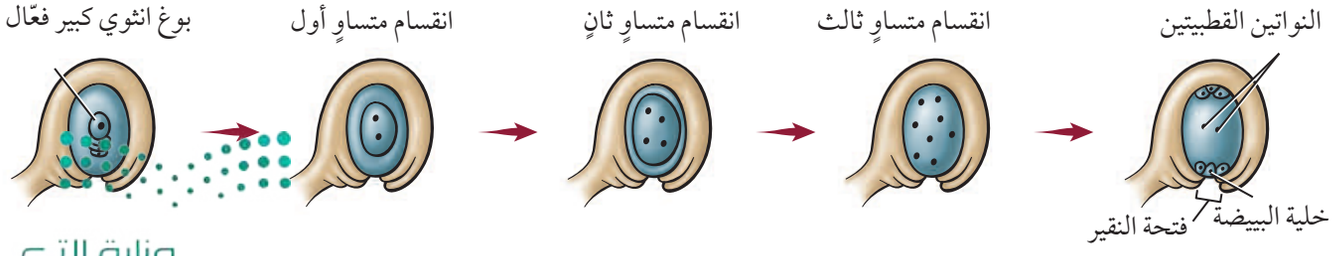
دورة الحياة Life Cycle

إن النباتات الزهرية هي الأكثر تباينًا وتوزيعًا بين مجموعات النبات، وهي فريدة لأن لها أزهارًا. للنباتات الزهرية دورات حياة متميزة، وهي ـ كغيرها من النباتات ـ تظهر تعاقبًا للأجيال. الجيل البوغي في النباتات الزهرية هو السائد، ويدعم الجيل المشيجي، وهي بهذا تشبه المخروطيات. ومع ذلك فإن هناك عديد من التباينات في عمليات تكاثر النباتات الزهرية.

نمو الطور المشيجي Gametophyte development يبدأ نمو الطور المشيجي الذكري والأنثوي في النباتات الزهرية في الزهرة غير المكتملة النمو. فالنباتات الزهرية مختلفة الأبواغ، أيْ أن الكرابل تنتج الأبواغ الأنثوية الكبيرة، في حين أن الأسدية تنتج الأبواغ الذكرية الصغيرة. تنقسم خلية متخصصة في البويضة داخل الكربلة انقسامًا منصفًا، فتنتج أربعة أبواغ كبيرة، تتحلّل ثلاثة منها وتضمحل عند فتحة النقير، ثم تنقسم نواة البوغ الكبير المتبقية (البعيدة عن النقير) ثلاثة انقسامات متساوية دون أن ينقسم السيتوبلازم، وتتواصل هذه الانقسامات المتساوية، وينمو البوغ الكبير إلى أن يصبح مكوّنًا من خلية واحدة كبيرة داخلها ثماني نوى، أربع منها عند كل طرف. تنتقل نواتان منها نحو المركز، وتتشكّل أغشية حول النوى الست الأخرى، **الشكل 6-7**. فتكون النتيجة تكوين ثلاث نوى عند كل جانب من جانبي الخلية، نواتان منها في المركز تُسميان **النواتين القطبيتين** polar nuclei، وتتحول واحدة من النوى الثلاث الموجودة قرب فتحة النقير إلى البييضة. إن الخلية التي تحوي البييضة والنوى السبع تمثل الطور المشيجي الأنثوي الناضج.

الشكل 6 – 7 تنتج الأبواغ الكبيرة عن انقسام منصف، في حين تنتج البويضة عن انقسام متساوٍ. لهذا النبات 12 كروموسومًا.

استنتج. عدد الكروموسومات في البويضة.



قد يحدث نمو الطور المشـيجي الأنثوي والطور المشـيجي الذكري في الوقت نفسـه، وقد لا يحدث. أما في المتك فتنقسـم خلايا متخصصة انقسامًا منصفًا، وتنتج أبواغًا صغيرة. وتنقسم النواة في كل بوغ ذكري صغير انقسامًا متساويًا ينتج عنه نواتان إحداهما كبيرة تسـمى النواة الأنبوبية (الخضرية)، والأخرى تسـمى النواة المولدة (التناسـلية). ويتكوّن جدار خلية سميك واقٍ حول البوغ الصغير. وعنـد هذه المرحلة يُعد البـوغ الصغير حبة لقاح أو طورًا مشـيجيًّا غير ناضج. يمكن أن يتعرف العلماء فصيلة النباتـات أو الجنس الذي تنتمي إليه حبة اللقاح بوسـاطة الطبقة الخارجية المميزة لجداره الخلوي. إن هذه الصفة مهمة للعلماء والمحققين الجنائيين. فقد اسـتعمل علماء الطب الجنائي لأكثر من خمسـين عامًـا الدليل المتوافر مـن حبوب اللقاح لتحديد مكان حـدوث بعض الجرائم التي ارتُكبت وزمانها. ويمكن لعلماء الآثـار القديمة أن يتتبعوا التاريخ الزراعي لمناطق محددة باستعمال أحافير حبوب اللقاح.

التلقيح والإخصاب Pollination and fertilization تعلمت في مطلع هذا الفصـل أن تكيفات الأزهار المختلفة قد تسـاعد على ضمـان الانتقال الناجح لحبوب اللقاح من المتك إلى المياسم في الكرابل. وعندما يحدث التلقيح تكوّن حبة اللقـاح أنبوب اللقاح وهو امتداد من حبة اللقاح- وينمو هذا الأنبوب عادة نحو الأسـفل داخل القلم في اتجاه المبيض. وتنتقل نواتا حبة اللقاح في أنبوب اللقاح نحو البويضة.

الربط مع الكيمياء قـد يحتوي الجدار المزخرف لحبـة اللقاح على مركبات تتفاعل مع المواد الكيميائية لميسـم الكربلة. يمكن أن تحفز هذه التفاعلات نمو أنبوب اللقاح أو تثبطه. فمثلاً في بعض أنواع الخشـخاش يتلف تفاعل كيميائي تكوين الهيكل الخلوي لحبة اللقاح، مما يثبط نمو أنبوب اللقاح، كما تمنع آليات مختلفة حبوب اللقاح غير المتطابقة مع الميسـم من إنتاج أنبوبة لقاح نشـيطة. عندما تسـتقر حبة لقاح متطابقة على الميسم فإنها تمتص مواد من الميسم، ويبدأ أنبوب اللقاح في التشكّل، **الشكل 7-7**، فتوجه النواة الأنبوبية نمو هذا الأنبوب، وإن كانت البحوث الحديثة قد أشارت إلى أن نمو أنبوب اللقاح نحو البويضة هو اسـتجابة جذب كيميائية. وفي بعض النباتات وجد أن الكالسيوم يؤثر في اتجاه نمو أنبوب اللقاح. يعتمد طول أنبوب اللقاح على طول الميسم، وقد يتراوح بين عدة سنتمترات إلى أكثر من 50 cm في بعض نباتات الذرة. وتنقسم النواة المولدة في أثناء نمو أنبوب اللقاح انقسامًا متساويًا، فتشكّل بذلك نواتي مشيجين مذكرين ليس لهما أسـواط. وتصبح حبة اللقاح الآن طورًا مشيجيًّا ذكريًّا ناضجًا. وعندما يصل أنبوب اللقاح إلى البويضة فإنه يمر عبر فتحة النقير ويحرّر نواتي المشيجين المذكريـن إلى المبيض، فتتحد إحدى النواتين مـع البييضة مكوّنة اللاقحة، أيْ الطور البوغي الجديد. أمّا نواة المشيج المذكر الثانية فتتحد مع النواتين القطبيتين في المركز لتتشكّل خلية ثلاثية المجموعة الكروموسومية (3n) أو الإندوسبيرم.

المفردات

مفردات أكاديمية

متطابق مع Compatible

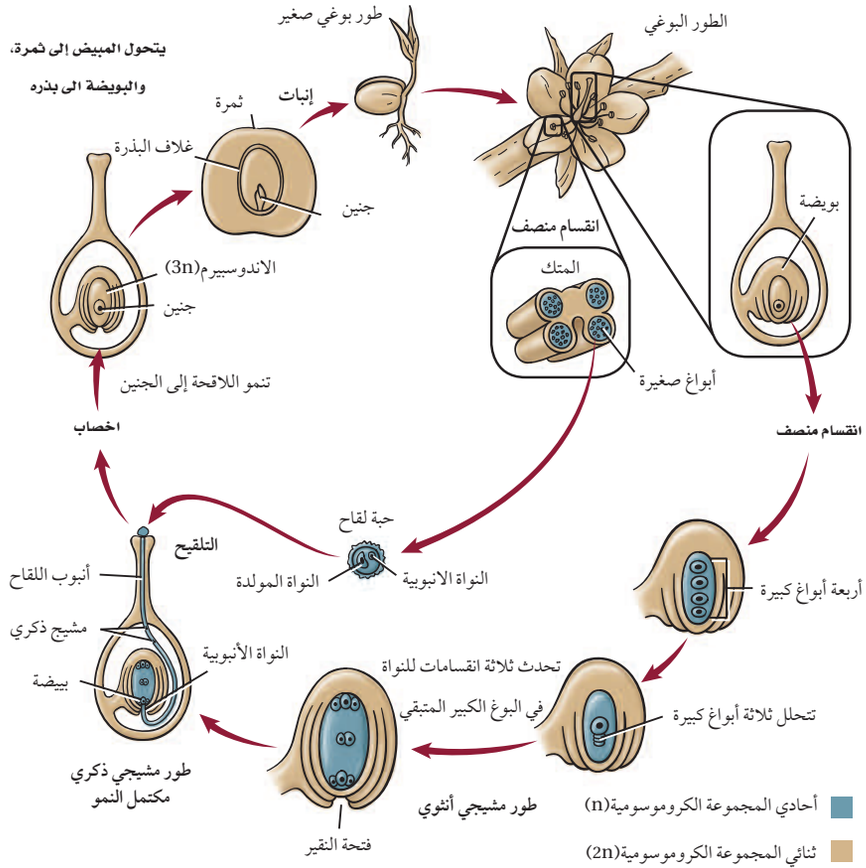
قابل للعمل مع بعضهما.

لأن حبـوب لقـاح الـذرة الزراعية متطابقة مع حبوب لقاح الذرة الحلوة، لذا يجب ألا يزرع المحصولان أحدهما قريب من الآخـر لكي لا تتلف الذرة الحلوة أو تتلوث.

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



■ **الشكل 7 – 7** تتضمن دورة حياة نبات زهري، مثل الخوخ، طورًا مشـيجيًّا وآخر بوغيًّا. ويُحـاط الطور المشـيجي الذكري والأنثوي بأنسجة الطور البوغي.

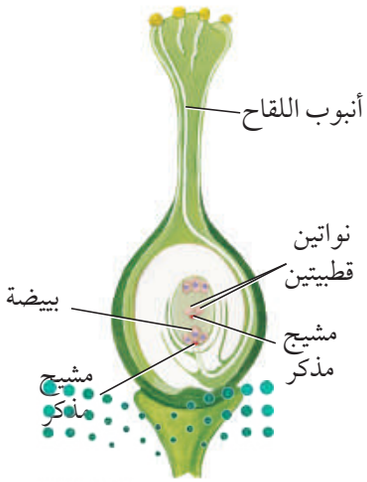
ونظرًا لحدوث عمليتي إخصاب في بويضة النباتات الزهرية فإن الإخصاب يسمى إخصابًا مزدوجًا، **الشكل 8–7**. يحدث الإخصاب المزدوج في النباتات الزهرية فقط. وتنمو بعد الإخصاب كلّ من البويضة لتكوّن البذرة والمبيض ليكوّن الثمرة.

نتائج التكاثر Result of Reproduction

يُعد الإخصاب بداية فقط لعملية طويلة تنتهي بتكوين البذرة. والبذرة في النباتات الزهرية جزء من الثمرة التي تتكوّن من المبيض، وأحيانًا من أجزاء أخرى من الزهرة.

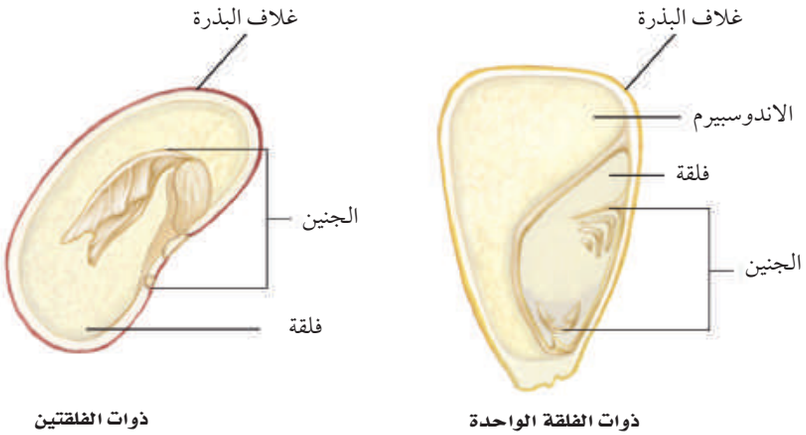
نمو البذرة والثمرة Seed and fruit growth يبدأ الطور البوغي حياته على صورة بويضة مخصبة، أو خلية ثنائية المجموعة الكروموسومية (2n). الانقسامات المتعددة للخلية تُنتج مجموعة من الخلايا تنمو أخيرًا، فتصبح جنينًا طولي الشكل له فلقة واحدة في نباتات ذوات الفلقة الواحدة، أو له فلقتان في نباتات ذوات الفلقتين. أما الخلية الثلاثية المجموعة الكروموسومية التي تشكّلت نتيجة للإخصاب المزدوج فتمر بعدة انقسامات، ويتشكّل نتيجة لذلك نسيج يسمى **الإندوسبيرم** endosperm يوفر التغذية للجنين. وتحدث هذه الانقسامات بسرعة في البداية ودون تكوّن جدار خلوي. أما الجدر الخلوية فتتكون عندما ينضج الإندوسبيرم. يشكّل الإندوسبيرم في بعض ذوات الفلقة الواحدة المكوّن الأساسي للبذرة، ويشكّل معظم كتلتها. فنخيل جوز الهند مثلاً أحادي الفلقة، ويشكّل السائل الموجود داخل الثمرة الطازجة إندوسبيرم سائلاً، أيْ خلايا دون جدر خلوية. وفي ذوات الفلقتين تمتص الفلقتان معظم نسيج الإندوسبيرم في أثناء نضج البذرة.

■ **الشـكل 8 – 7** ينتـــج عـــن الإخصاب المزدوج تكوين أنسجة ثلاثية المجموعة الكروموسومية.



■ **الشـكل 9 – 7** تختلف بـذور نباتات ذوات الفلقـة الواحدة عن بـذور نباتات ذوات الفلقتين.

حدّد مصدر غذاء الجنين في كل بذرة.



ذوات الفلقة الواحدة — ذوات الفلقتين

لذا فإن الفلقتين في هذه المجموعة من النباتات توفر معظم الغذاء للجنين. ويبين **الشكل 9–7** أمثلة لبذور ذوات الفلقة وذوات الفلقتين. تتصلّب الطبقات الخارجية للبويضة وتشكّل نسيجًا واقيًا يسمى **غلاف البذرة** seed coat، في أثناء نضج الإندوسبيرم. وربما تكون قد لاحظت غلاف بذرة الفاصولياء أو البازلاء في أثناء أكلهما. إن غلاف البذرة هو الطبقة الرقيقة التي تنسـلخ أو تتشقق عند نقع البذور بالماء. هل أكلت يومًا ثمرة الطماطم أو الخيار، ولاحظت عدد البذور داخلها؟ قد يحتوي المبيض على واحدة من البويضات أو على عدة مئات، اعتمادًا على نوع النبات، فتحدث تغيرات في المبيض تؤدي إلى تكوين الثمرة، في حين تتحول البويضة إلى بذرة. تتكون الثمار عادة من جدار المبيض. وفي بعض الحالات تتشكّل الثمار من جدار المبيض ومن أعضاء زهرية أخرى. فبذور التفاح مثلاً توجد داخل لب يتحول من المبيض. أما النسـيج الطري الذي نأكله فينتج عن أجزاء أخرى من الزهرة. بعض الثمار ـ ومنها التفاح والبرتقال والدراق ـ لحمية طرية، في حين أن بعضها الآخر جاف وصلب، ومنه الجوز والحبوب. ادرس **الجدول 1–7** لتتعرف أنواع الثمار.

ماذا قرأت؟ **قارن** بين تكوين البذور والثمار.

الجدول 1–7 **أنواع الثمار**

نوع الثمرة	أمثلة للأزهار والثمار	الوصف
ثمار لحمية بسيطة	الخوخ	ثمار لحمية بسـيطة، قد تحتوي على بذرة واحـدة أو أكثـر. ومنهـا ثـمار التفاح والمشـمش والعنب والبرتقال والطماطم والقرع والخوخ.
ثمار مجمعة (ملتحمة)	الفراولة	تتكوّن الثـمار المجمعة مـن أزهار ذات أعضـاء زهريـة عديدة يلتحـم بعضها ببعـض عندما تنضـج الثمـرة. ومنها الفراولة وأنواع العليق.

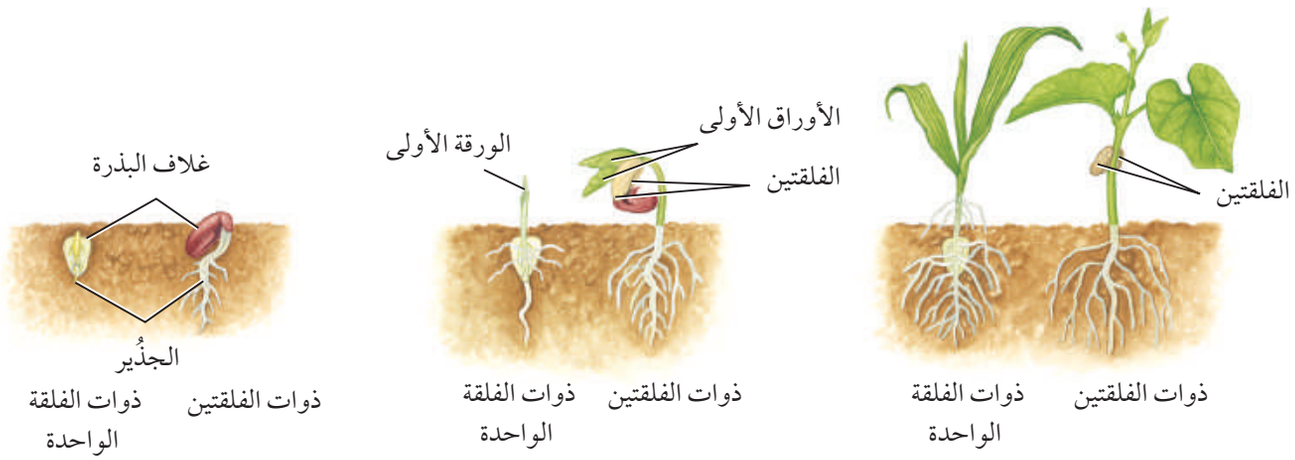
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الثمار المركبة (المضاعفة)	أناناس	تتكوّن الثمار المركبة من أزهار عديدة تلتحم معًا عندما تنضج الثمار. ومنها التين والأناناس والتوت وبرتقال الهنود الحمر.
ثمار جافة	القرون	تكون هذه الثمار جافة عندما تنضج. ومنها القرون والمكسّرات والحبوب.

انتشار البذور Seed dispersal تساعد الثمار على انتشار البذور بالإضافة إلى حمايتها. ويزيد انتشار البذور بعيدًا عن النبات الأم من معدل بقاء النسل. فمثلاً، عندما تنمو نباتات عديدة في بقعة واحدة سيكون هناك تنافس على الضوء والماء والمغذيات في التربة. فالبذور التي تنمو بالقرب من النبات الأم وبالقرب من نباتات النسل الأخرى تتنافس جميعها على هذه المصادر. إن الثمار التي تجذب الحيوانات إليها تستطيع أن تنتقل بذورها مسافات بعيدة جدًّا عن النبات الأم.

الحيوانات التي تجمع الثمار أو تدفنها أو تخزنها لا تأكلها جميعها عادة، لذا فقد ينمو بعضها مرة أخرى. وتلتهم بعض الحيوانات ـ ومنها الغزلان والدببة والطيور – الثمار. وتمر البذور خلال قناتها الهضمية دون أن تتلفها ثم تخرجها مع البراز. ولبعض البذور تحورات تركيبية تمكّنها من الانتقال بوساطة الماء والحيوانات والرياح.

إنبات البذور Seed germination تسمى عملية بدء نمو الجنين **الإنبات** germination. وهناك عوامل عدة تؤثر في الإنبات، منها الماء والأكسجين ودرجة الحرارة. ولمعظم البذور درجة حرارة مثلى للإنبات. فمثلاً يمكن لبعض البذور أن تنبت عندما تكون التربة باردة، في حين تحتاج بذور أخرى إلى تربة أكثر دفئًا. ويبدأ الإنبات عندما تمتص البذرة الماء، إما بصورته السائلة أو على هيئة بخار ماء. وعندما تمتص الخلايا الماء تنتفخ البذرة، مما يؤدي إلى تشقق غلافها. كما ينقل الماء المواد الضرورية إلى المناطق النامية في البذرة. تساعد إنزيمات هاضمة على تحليل الغذاء المخزون داخل البذرة. ويشكّل هذا الغذاء المتحلّل والأكسجين المواد الخام لعملية التنفس الخلوي التي ينتج عنها تحرّر الطاقة، واستعمالها في نمو الجنين.



الشكل 10 – 7 يختلف إنبات بذور ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين.

يسمى الجزء الأول من الجنين الذي يظهر خارجًا من البذرة **الجذير** radicle، وهو الذي يبدأ امتصاص الماء والمواد المغذية من البيئة. وينمو الجذير لاحقًا إلى جذر النبات، **الشكل 10–7**.

وتسمى المنطقة من الساق الأقرب إلى البذرة **السويقة تحت الفلقية** hypocotyl، وهي في عديدٍ من النباتات أول جزء من البادرة يظهر فوق سطح التربة. وعندما

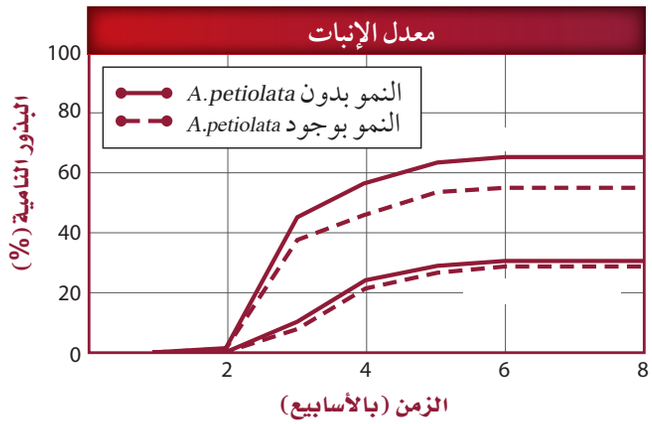
مختبر تحليل البيانات 1-7

بناءً على بيانات حقيقية

التمييز بين السبب والنتيجة

ما التأثير الجيني المسبِّب للمرض؟ تنتج بعض النباتات مواد كيميائية تؤثر في النباتات المجاورة لها في الطبيعة. ويسمى هذا بالتأثير الجيني المسبِّب للمرض. درس بعض العلماء العلاقة بين التأثير الجيني المسبب للمرض وانتشار بعض الأنواع النباتية غير المستوطنة ومنها خردل الثوم *Alliaria petiolata*. لقد استقصوا أثر خردل الثوم في إنبات بذور النباتات المستوطنة، ومنها: *Geum urbanum, Geum laciniatum.*

البيانات والملاحظات



أخذت البيانات في هذا المختبر من:

Prati, D. and O. Bossdrof. 2004. Allelo pathic inhibition of germination by Alliaria petiolata (Brassicacea). *Amer. Journal of Bot.* 91(2): 285- 288.

التفكير الناقد

1. صف أثر خردل الثوم في إنبات البذور.

2. صمّم تجربة. نبات الفا – الفا (البرسيم) المعروف بتأثيره الجيني المثبط لإنبات بعض البذور. استعمل بادرات البرسيم لاستقصاء أثرها في بذور تختارها.

تنمو "السويقة تحت الفلقية" في بعض ذوات الفلقتين تسحب الفلقتين والأوراق الجنينية خارج التربة. وعندما تصبح خلايا البادرة المحتوية على البلاستيدات الخضراء فوق التربة وتتعرض للضوء يبدأ البناء الضوئي.

يكون نمو البادرات مختلفًا بعض الشيء في ذوات الفلقة الواحدة؛ لأن الفلقة تبقى في التربة عادة عندما يخرج الساق من التربة.

تستطيع بعض البذور البقاء في ظروف البيئة القاسية، ومنها الجفاف والبرودة. وتنبت بعض البذور حالاً بعد انتشارها، في حين ينمو بعضها الآخر بعد فترات طويلة. بعض بذور القيقب Maple seed يجب أن تنمو خلال أسبوعين من انتشارها وإلا فلن تنمو على الإطلاق. وتدخل معظم البذور الناتجة عند نهاية فصل النمو في مرحلة **الكُمون** dormancy، وهي فترة لا يوجد فيها نموّ إطلاقًا، أو يوجد فيها نمو قليل جدًّا. إن فترة الكُمون تُعد تكيفًا يزيد معدل بقاء البذور المعرضة لظروف قاسية . ويختلف طول فترة الكمون من نوع إلى آخر.

التقويم 2-7

الخلاصة

- تشمل دورة حياة النباتات الزهرية تعاقبًا للأجيال.
- يحدث نمو الطور المشيجي في الزهرة.
- الإخصاب المزدوج خاصية فريدة بين النباتات الزهرية.
- توفر البذور الغذاء والحماية للنبات البوغي الجنيني.
- تحمي الثمار البذور وتساعد على انتشارها.
- تؤثر الظروف البيئية في إنبات البذور.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **ارسم** مخططًا لخطوات دورة حياة نبات زهري.
2. **لخّص** نمو الطور المشيجي الذكري.
3. **وضّح** التركيب الداخلي لبذرة نبات من ذوات الفلقتين.
4. **ناقش** أهمية الإخصاب المزدوج.
5. **اكتب** تبريرًا لاعتبار الطماطم من الخضراوات لا من الفواكه.

التفكير الناقد

6. **قوّم** الآلية التي تمنع حبوب اللقاح غير المتطابقة مع الميسم من إنتاج أنبوب اللقاح.
7. **قارن** بين الإنبات في بذور ذوات الفلقة وبذور ذوات الفلقتين.
8. الرياضيات في علم الأحياء

يمكن أن يتكوّن ثلاثة ملايين من البذور في قرن نبات الأوركيدا. فما نسبة الإنبات إذا زُرع ثلاثة ملايين بذرة ونبت منها 1,860,000 فقط؟

علم الأحياء والمجتمع

النباتات المعدّلة وراثيًّا (جينيًّا)

هل سبق أن تناولت رقائق الذرة وعصير البرتقال أو الخبز المحمّص في إفطارك؟ إذا كنت قد ابتعتها من محل بقالة فإنها غالبًا أغذية معدَّلة وراثيًّا. لقد عدّل الإنسان في صفات النباتات منذ قرون بوساطة التهجين الانتقائي. ولم يتمكّن العلماء من تعديل التكوين الوراثي للنباتات إلا حديثًا.

ما النباتات المعدّلة وراثيًّا؟ قبل معرفة الهندسة الوراثية، كان هناك التهجين الانتخابي. فإذا أصاب العفن محصول الذرة مثلًا فإن المزارع ينتقي البذور من النباتات التي لم تظهر عليها الإصابة. وإذا استمر المزارع في انتخاب بذور من نباتات لم تصب بالفطر تتكوّن لدينا سلالة مقاومة للفطريات بمرور الزمن.

ثمرة الطماطم هذه لا تبدو مختلفة، ولكنها كانت قد عُدلت لكي لا تصبح طرية قبل النضج فتتلف.

تمكّن العلماء في السنوات الحديثة من نقل الجينات بين أنواع من النباتات لتغييرها. فجينات مقاومة الحشرات أو الأمراض نُقلت من سلالة من نبات إلى سلالة أخرى من النوع نفسه. وبصورة عامة فإن النباتات التي تنتج عن نقل للجينات بين الأنواع تُعد آمنة للأكل.

وقد أُنتج عام 1994م أول غذاء معدّل وراثيًّا، ألا وهو ثمار طماطم لا تنضج قبل الأوان، فلا تصبح عرضة للتلف سريعًا، وأصبحت متوافرة للناس كافة.

Genetically Modified Plants

ما فوائد النباتات المعدّلة وراثيًّا؟ بالإضافة إلى الطماطم التي لا تتلف بسرعة أنتجت تعديلات أخرى بذورًا لها قيمة غذائية محسَّنة يمكن استعمالها في المنتجات الصناعية.

كما تم إنتاج نباتات ذات مقاومة للمبيدات العشبية وللفيروسات والأمراض، ومنتجات نباتية ذات فترة تخزين أطول. كما أنتجت نباتات مقاومة للظروف البيئية الصعبة. وهكذا أصبح لدى المزارعين محاصيل أكثر إنتاجًا، واستعملوا الأراضي بصورة أكثر كفاءة. ويجرى في الوقت الحاضر اختبار قدرة النباتات المعدّلة وراثيًّا على إنتاج أدوية ضد بعض الأمراض مثل: الإيدز والتدرن الرئوي والسكري والسعار.

ما عيوب النباتات المعدّلة وراثيًّا؟ يكمن العيب الرئيس للنباتات المعدلة وراثيًّا في أخطارها المحتملة البعيدة المدى. كما أن هناك خطرًا يتمثل في احتمال دخول الجينات المعدلة إلى مجموعات المخلوقات الحية البرية (الأصيلة). وقد بيّن العلماء فعلاً أن النباتات الناقلة للجينات (العابرة) أقدر على التلقيح الخلطي مع النباتات الأخرى عشرين مرة من النباتات التي تحدث بها الطفرات الطبيعية.

يُعدّ الجين الفاصل (جين النهاية) terminator أكثر التعديلات الوراثية إثارة للجدل. فالنباتات التي لديها هذا الجين لا تستطيع بذورها الإنبات. وهذا يعني أن المزارع لا يستطيع أن ينتقي بذورًا من محصوله الحالي من أجل الزراعة مستقبلاً. ويُعدّ جمع البذور في كثير من البلدان الوسيلة الوحيدة للحصول على مصدر للبذور للزراعة في فصول قادمة. وقد توقفت الشركة صاحبة براءة الاختراع عن تطويره، وإن كان لديها الخيار في استئناف نشاطها في المستقبل.

مناظرة في علم الأحياء

ناقش هل يجب أن يستمر تعديل أنواع النباتات وراثيًا دون مراقبة وتنظيم؟ قدم الأدلة العلمية التي تدعم رأيك لإقناع وجهة النظر المعارضة.

مختبر الأحياء

كيف تقارن بين أزهار ذوات الفلقة وذوات الفلقتين؟

الخلفية النظرية: **الأزهار هي تراكيب التكاثر في النباتات الزهرية، وهناك تنوّع كبير في أشكال الأزهار. يصنّف العلماء النباتات الزهرية في مجموعتين، هما: ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين، بناءً على تركيب بذورها. لكن تراكيب أزهارهما تختلف أيضًا. استقص الفروق بين هاتين المجموعتين من النباتات بتنفيذ هذه التجربة.**

سؤال: ما الفروق التركيبية بين أزهار ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين؟

المواد والأدوات

- أزهار نباتات ذوات فلقة واحدة.
- أزهار نباتات ذوات فلقتين.
- أقلام ملوّنة.
- اختر موادّ أخرى تناسب هذه التجربة.

احتياطات السلامة

تحذير: *استعمل أدوات التشريح بحذر شديد.*

خطط ونفذ المختبر

1. املا بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اختر بعض الصفات لأزهار ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين لملاحظتها والمقارنة بينهما.
3. صمّم جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك حول أزهار المجموعتين، وضمنه رسمًا تخطيطيًّا لكل نوع من الأزهار.
4. تأكد أن معلمك قد أقرّ خطتك قبل البدء في تنفيذها.
5. اجمع الملاحظات كما خططت لها.
6. استعمل الألوان لكتابة أسماء كل من التراكيب التكاثرية الذكرية والأنثوية على أجزاء الزهرة من ذوات الفلقة الواحدة التي رسمتها.
7. أعد الخطوة 6 باستعمال رسم زهرة من ذوات الفلقتين.
8. **التنظيف والتخلص من الفضلات** تخلّص من أجزاء الأزهار بصورة صحيحة. ونظّف جميع الأدوات، كما يرشدك معلمك، وأعد كل شيء إلى مكانه الصحيح.

حلّل ثم استنتج

1. **قارن** بين خصائص أزهار نباتات ذوات الفلقة الواحدة وأزهار ذوات الفلقتين.
2. **استنتج.** أيّ الأزهار التي فحصتها كانت من ذوات الفلقة الواحدة؟ وأيّها من ذوات الفلقتين؟
3. **تحليل الخطأ.** قارن بين بياناتك وبيانات زملائك في الصف. واشرح أيّ فروق تجدها.

طبّق مهاراتك

استقصاء ميداني زر محل بيع أزهار أو بيتًا زجاجيًّا أو حديقة نباتات وحدك أو مع أحد أصدقائك. وضع قائمة بالنباتات ذوات الفلقة والنباتات ذوات الفلقتين التي تشاهدها في الموقع، بناءً على تركيب أزهارها. استأذن قبل لمس النباتات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 7 دليل مراجعة الفصل

المطويات وضّح كيف يحدث الإخصاب المزدوج في النباتات الزهرية.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
7–1 الأزهار	
السبلة البتلة السداة الكربلة (المتاع) الفترة الضوئية نباتات النهار القصير نباتات النهار الطويل نباتات النهار المتوسط نباتـــات النهار المحايد	**الفكرة الرئيسة** **الأزهار هي التراكيب التكاثرية في النباتات الزهرية.** • الزهرة الكاملة لها سبلات وبتلات وأسدية وكربلة واحدة أو أكثر. يختلف شكل الأزهار من نوع إلى آخر. • تميز بعض تراكيب الأزهار نباتات ذوات الفلقة الواحدة عن نباتات ذوات الفلقتين. • تجذب تكيفات الأزهار الملقِّحات بصورة أكبر. • يمكن أن يؤثر طول الفترة الضوئية في موعد الإزهار.
7–2 النباتات الزهرية	
النواتين القطبيتين الإندوسبيرم غلاف البذرة الإنبات الجُذير السويقة تحت الفلقية الكُمون (الراحة)	**الفكرة الرئيسة** **يمكـــن أن تنمو البذور والثمار في النباتات الزهرية من الأزهار بعد الإخصاب.** • تشمل دورة حياة النباتات الزهرية تعاقبًا للأجيال. • يحدث نمو الطور المشيجي في الزهرة. • الإخصاب المزدوج خاصية فريدة بين النباتات الزهرية. • توفر البذور الغذاء والحماية للنبات البوغي الجنيني. • تحمي الثمار البذور وتساعد على انتشارها. • تؤثر الظروف البيئية في إنبات البذور.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

7–1

مراجعة المفردات

ميّز بين المفردات في كل مجموعة مما يأتي:

1. الكربلة، الأسدية.

2. نبات النهار الطويل، نبات النهار القصير.

3. البتلة، السبلة.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

4. أيّ أعضاء الزهرة الآتية ينتج حبوب اللقاح؟

a. السداة.
b. الكربلة.
c. البتلات.
d. السبلات.

5. ما ظروف الضـــوء والظلام التي تنتج أزهارًا في نباتات النهار القصير؟

a. ساعات الظلام أكثر من ساعات الضوء.
b. ساعات الظلام أقل من ساعات الضوء.
c. ساعات الظلام مساوية لساعات الضوء.
d. ساعات الظلام وســاعات الضوء ليست عوامل مهمة.

استعمل الشكل أدناه للإجابة عن السؤال 6

6. أيّ المفردات الآتية تصف الزهرة السابقة؟

a. ثنائية الجنس، كاملة.
b. ثنائية الجنس، ناقصة.
c. أحادية الجنس، ناقصة.
d. أحادية الجنس، كاملة.

7. أفضل وصف لإنتاج حبـــوب اللقاح في أزهار تلقحها الرياح هو:

a. كمية قليلة من حبوب اللقاح.
b. حبوب اللقاح أكبر حجمًا.
c. كمية أكبر من حبوب اللقاح.
d. كمية أكبر من الرحيق.

8. أيّ المصطلحات الآتية يصف أزهار ذوات الفلقة الواحدة؟

a. أربع سبلات، أربع بتلات.
b. خمس سبلات، عشر بتلات.
c. اثنتا عشرة سبلة، اثنتا عشرة بتلة.
d. أربع سبلات، ثماني بتلات.

أسئلة بنائية

9. إجابة قصيرة. اشرح لماذا لا يُعدّ مصطلحا النهار القصير والنهار الطويل مناسبين لوصف هذين النوعين من النباتات الزهرية.

10. نهاية مفتوحة. اقترح تكيفًا في الزهرة يجعل الماء ضروريًّا للتلقيح. برّر اقتراحك.

11. إجابة قصيرة. وضّح كيف أن التكيف في تركيب الزهرة يجعل التلقيح أكثر نجاحًا.

التفكير الناقد

12. صمّم تجربة تختبر بها قدرة الفراشات على التمييز بين زهرة حقيقية وزهرة اصطناعية.

13. قوّم مزايا الفترة الضوئية.

7-2

مراجعة المفردات

اشرح العلاقة بين المفردات في كل زوجٍ من الآتي:

14. الكُمون، الإنبات.

15. السويقة تحت الفلقية، الجذير.

16. النواتان القطبيتان، الإندوسبيرم.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

17. أيّ من الآتي لا يُعد جزءًا من البذرة؟

a. الفلقة.
b. الجنين.
c. الإندوسبيرم.
d. حبة اللقاح.

18. ما الذي يصف جنين النباتات الزهرية؟

a. ثنائي المجموعة الكروموسومية.
b. أحادي المجموعة الكروموسومية.
c. يتكون من ثلاثة طبقات من الخلايا.
d. ثلاثي المجموعة الكروموسومية.

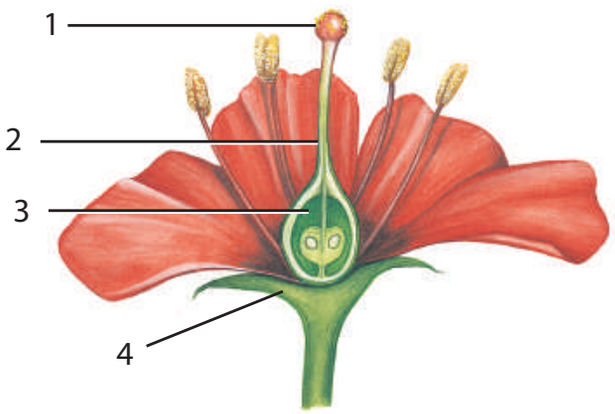
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

7 تقويم الفصل

19. أيّ التراكيب الآتية تنمو منها حبة اللقاح؟

a. البويضة.
b. الجنين.
c. الإندوسبيرم.
d. البوغ الصغير.

استعمل الشكل أدناه للإجابة عن السؤال 20.



20. أيّ التراكيب في الشكل أعلاه تكوّن الثمرة عادة؟

a. 1
b. 2
c. 3
d. 4

21. ما الفترة غير النشطة للبذرة؟

a. تعاقب الأجيال.
b. الكُمون.
c. الإخصاب.
d. طول الفترة الضوئية.

أسئلة بنائية

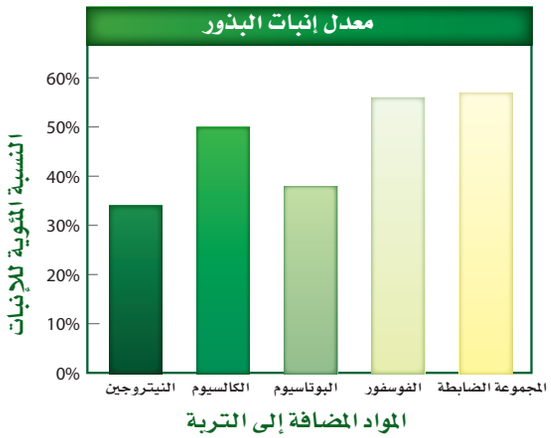
22. إجابة قصيرة. اشرح لماذا يكون انتشار الثمار أو البذور مهمًّا.

23. نهاية مفتوحة. كَوِّن فرضية حول سبب إنتاج الطور المشيجي الأنثوي في نبات الزهرية للعديد من النوى، علمًا بأنه يحتاج إلى نواتين فقط من أجل الإخصاب.

24. نهاية مفتوحة. عندما تنبت بذرة، كما في **الشكل 10—7**، يكون الجذير أول تركيب يشق غلاف البذرة عادة، لماذا يُعد هذا مفيدًا للجنين؟

التفكير الناقد

استعمل الرسم البياني أدناه للإجابة عن السؤالين 25، 26.



25. قارن بين تأثير كل من المواد المضافة إلى التربة في معدل الإنبات مقارنة بالمجموعة الضابطة التي لم تتعرض للمواد المضافة.

7 تقويم الفصل

26. قارن بين تأثير كل من المواد المضافة إلى التربة في معدل الإنبات مقارنة بتأثيرها في المجموعة الضابطة.

27. صمّم تجربة تختبر فيها أثر الكميات المختلفة من المواد المضافة إلى التربة في معدل الإنبات. واختر إحدى المواد المضافة إلى التربة المدرجة في الشكل أعلاه.

تقويم إضافي

28. الكتابة في علم الأحياء اكتب قصة قصيرة حول حياة حبة لقاح.

أسئلة المستندات

يزهر نبات النهار المتعادل بسرعة أكبر عندما يتم تطعيمه مع نبات النهار القصير سبق تعريضه للفترة الحرجة. كما أن نبات نهار متعادل آخر يزهر بسرعة أكبر عندما يتم تطعيمه مع نبات نهار طويل سبق تعريضه للفترة الحرجة. بناء على ما سبق ،اجب على الأسئلة التالية.

29. افحص الرسمين، وضع فرضية حول إزهار نبات النهار المتعادل المُطعَّم قبل نبات النهار المتعادل غير المُطعَّم.

30. توقع ما الذي يحدث لو أن نبات نهارطويل طُعّم مع نبات نهار قصير وعُرّض للفترة الحرجة لنبات النهار القصير.

31. صمّم تجربة تحدّد بها "أطول نهار" يمكن أن تزهر فيه نباتات النهار الطويل.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

اسئلة الاختيار من متعدد

1. أيّ التراكيب في الشكل أعلاه يُعدّ جزءًا من أعضاء التكاثر الذكرية في الزهرة؟

a. 1 **c.** 3

b. 2 **d.** 4

2. تعد ثمار الأناناس من:

a. الثمار الجافة.

b. الثمار الملتحمة (المجمعة).

c. الثمار اللحمية البسيطة.

d. الثمار المركبة المضاعفة.

3. ما الملقّح الأساسي للمخروطيات؟

a. الطيور. **c.** الماء.

b. الحشرات. **d.** الرياح.

4. أيّ الألوان الآتية أكثر جذبًا للملقحات، مثل الخفافيش وحشرة العثّ؟

a. الأزرق. **c.** البني.

b. الأحمر. **d.** الأبيض.

أسئلة الإجابات القصيرة

5. طُلب إليك أن تستخلص بعض الصبغات من نباتات بغلي أوراقها وأزهارها وبتلاتها في محلول. ما الأدوات اللازمة لهذه التجربة التي تحقق شروط السلامة في استعمالها؟ وما الأسباب التي دعتك لاختيارها؟

يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

السؤال	1	2	3	4	5
الفصل/ القسم	7–1	7–2	7–1	7–1	7–1
الصف	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

المصطلحات

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

(أ)

الأُذين atrium: أحد حجرات القلب التي تستقبل الدم من الجسم.

الأنبوب الغربالي tracheid element: خلايا في اللحاء تحوي السيتوبلازم وليس بها نوى.

الأكسين auxin: هرمون نباتي ينتقل في اتجاه واحد فقط، أي بعيدًا عن الجانب الذي ينتج فيه ويسبب استطالة الخلايا.

الإثيلين ethylene: هرمون نباتي غازي يؤثر في نضج الثمار.

الانتحاء tropism: استجابة النبات لمؤثرات خارجية في اتجاه محدد.

الإندوسبرم endosperm: نسيج يوفر الغذاء للجنين النامي في بذرة النباتات المزهرة.

الإنبات germination: بداية نمو جنين البذرة.

استجابة الحركة Nastic responses: استجابة النبات التي تسبب الحركة بغض النظر عن اتجاه المنبه.

الأوعية الخشبية xylem: نسيج نباتي وعائي ينقل الماء والمعادن المذابة فيه من الجذور عبر النبات، ويتكوّن من الأوعية الخشبية والقصيبات.

(ب)

البطين ventricle: حجرتا القلب السفليتان، تضخ إحداهما الدم من القلب إلى الرئتين، والأخرى من القلب إلى جميع أنحاء الجسم.

البشرة epidermis: نسيج خارجي يشكّل الغطاء الخارجي للنبات.

البتلة Petal: تركيب ملون في الزهرة يجذب الملقّحات، ويشكّل محطة للوقوف عليها.

البيضة الرهلية الأمنيونية amniotic egg: بيضة توفر بيئة كاملة لنمو الجنين؛ فبالإضافة إلى كيس المح الذي يغذي الجنين هناك أغشية داخلية، وكذلك قشرة خارجية للحماية.

(ث)

ثابت درجة الحرارة endothermic: حيوان يمكن أن ينظم حرارة جسمه داخليًّا عن طريق عمليات الأيض.

الثدييات الكيسية marsupials: ثدييات تنمو صغارها لفترة قصيرة داخل الرحم، وبعد الولادة يستمر نموها فترة أطول داخل كيس (جراب).

الثدييات الأولية monotremes: ثدييات تتكاثر بوضع البيض. ومن الثدييات الأولية التي تعيش حاليًّا آكل النمل الشوكي ومنقار البط.

الثدييات المشيمية placental mammal: ثدييات لها مشيمة، تلد صغارًا مكتملة النمو لا تحتاج إلى النمو داخل كيس (جراب).

الثالوس Thallus: تركيب مجزأ ولين في الحشائش الكبدية.

ثنائية الحول biennial: نبات يتم دورة حياته في عامين.

(ج)

جهاز وعائي مائي water vascular system: جهاز يمتلئ بالسوائل، وأنابيب مغلقة تمكّن شوكيات الجلد من ضبط الحركة والحصول على الغذاء.

جهاز الخط الجانبي lateral line system: مستقبلات حسية تمكّن الأسماك من اكتشاف الاهتزازات أو الأمواج الصوتية في الماء.

جيوب بلعومية pharyngeal Pouch: أحد التراكيب الزوجية، متصل بأنبوب عضلي يبطّن تجويف الفم والبلعوم في أجنة الحبليات.

الجبريلينات Gibberellins: مجموعة هرمونات نباتية تنتقل بواسطة الأنسجة الوعائية، وتؤثر في نمو البذرة، وتنبه انقسام الخلايا، وتسبب استطالتها.

الجُذير radicle: الجزء الأول من الجنين، الذي ينمو من البذرة، ويبدأ بامتصاص الماء والمواد المغذية من البيئة.

(ح)

حبليات chordates: حيوانات من شعبة الحبليات لها حبل عصبي ظهري أنبوبي، وحبل ظهري، وجيوب بلعومية، وذيل خلف شرجي في بعض مراحل النمو.

حبل ظهري notocord: تركيب مرن يشبه القضيب، ويمتد على طول جسم الحبليات، ويمكّن الجسم من الانثناء منتجًا حركات من جانب إلى جانب آخر.

حبل عصبي ظهري أنبوبي dorsal tubular nerve cord: حبل عصبي في الحبليات يشبه الأنبوب، يستقر فوق أعضاء الهضم.

الحضانة incubation: تعني إبقاء الظروف ملائمة لفقس الصغار، وترقد الطيور على البيض لحضنه.

حويصلة عضلية ampulla: كيس عضلي يوجد في شوكيات الجلد ينقبض لدفع الماء إلى الأنبوب القدمي، مما يؤدي إلى تمدده.

الحجاب الحاجز diaphragm: صفيحة عضلية تقع تحت الرئتين، تفصل التجويف الصدري عن التجويف البطني في الثدييات.

الحمل gestation: مدة زمنية يتم خلالها نمو الجنين في الرحم قبل أن يولد، وتعتمد مدتها على نوع المخلوق الثديي.

الحامل البوغي strobilus: وهو تجمّع متراصّ من التراكيب الحاملة للأبواغ. وتنتشر الأبواغ الصغيرة التي ينتجها الحامل البوغي عادة بوساطة الرياح، وعندما يستقر البوغ في بيئة مناسبة، فإنه ينمو ليشكّل النبات المشيجي.

حبل ظهري notchord: تركيب مرن يشبه العصا، يمتد على طول جسم الحيوان الفقاري، ويساعد على انحناء الجسم وأداء حركاته الجانبية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

(خ)

الخلايا البرنشيمية parenchyma cells: خلايا نباتية كروية الشكل رقيقة الجدران توجد في معظم أجزاء النبات، وتقوم بعملية البناء الضوئي وتبادل الغازات والحماية وخزن المواد وتعويض التالف من الأنسجة واستبدالها.

الخلايا الكولنشيمية collenchyma cells: خلايا نباتية طولية الشكل عادة، وتعطي النبات مرونة، كما توفرالدعم للأنسجة المجاورة، وتقوم باستبدال الأنسجة التالفة أو إصلاحها.

الخلايا الإسكلرنشيمية sclerenchyma cells: خلايا نباتية تفتقر إلى السيتوبلازم والمكوّنات الحية الأخرى عندما تنضج، فتشكّل بذلك جدرًا خلوية سميكة قاسية توفر الدعامة للنبات كما تنقل المواد.

الخلية الحارسة Guard Cell: واحدة من الخلايا المزدوجة تعمل على فتح ثغور النباتات وإغلاقها عن طريق تغيير شكلها.

الخلية المرافقة companion cell: خلية نباتية ذات نواة تزود أجزاء الأنابيب الغربالية الناضجة بالطاقة اللازمة لنقل المواد المذابة في لحاء النباتات الوعائية.

الخشب xylem: هو النسيج الوعائي الناقل للماء، ويتألف من خلايا متخصصة، هي الأوعية الخشبية والقصيبات.

(د)

درع بطني plastron: الجزء البطني لدرع السلحفاة.

الدرع الظهري (الواقي) carapace: الجزء الظهري من صدفة السلحفاة.

(ذ)

ذيل خلف شرجي Postanal tail: تركيب في الحبليات يستخدم بشكل أساسي في الحركة.

(ر)

ريش feather: نمو متخصص لجلد الطيور يستعمل للطيران والعزل.

ريش زغبي down feather: ريش طري تحت ريش الطائر المحيطي، وظيفته العزل عن طريق حجز الهواء.

ريش محيطي contour feather: ريش ذو قصبات يغطي جسم الطائر وأجنحته وذيله، ويحدد شكل الجسم.

الرايزوم Rhizome: ساق تحت أرضية سميكة للخنشار تعمل كعضو مخزن للغذاء.

الرحم uterus: عضو عضلي أنثوي يشبه الكيس، ينمو الجنين داخله.

(ز)

زعنفة fin: تركيب يشبه المجذاف في السمكة أو بعض المخلوقات المائية الأخرى يستعمل للسباحة والاتزان والاندفاع.

(س)

السبلات Sepals: أعضاء زهرية تحمي البرعم الزهري.

السويقة تحت الفلقية hypocotyl: منطقة من الساق الأقرب إلى البذرة.

السايتوكاينينات Cytokinins: هرمونات تحفز النمو، يتم إنتاجها في الخلايا السريعة الانقسام. وهي تنتقل إلى الأجزاء الأخرى من النبات عبرأوعية الخشب.

سداة stamen: أعضاء التكاثر الذكرية في معظم الأزهار؛ وتتكون من الخيط والمتك.

السنوي annual: نبات يكمل دورة حياته في فصل نمو واحد أو أقل

(ش)

الشق البلعومي pharyngeal pouch: في أجنة الفقاريات، أحد التراكيب المزدوجة، يربط بين الأنبوب العضلي الذي يبطن تجويف الفم والمريء.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

(ط)

الطاقة ATP (أدينوسين ثلاثي الفوسفات): جزيء حيوي يزود خلايا الجسم بالطاقة الكيميائية.

(ع)

عرف عصبي neural crest: مجموعة من الخلايا تتكون من الطبقة الخارجية للجنين وتساهم في تكوين العديد من تراكيب الفقاريات.

عظمة القص sternum: عظمة صدر كبيرة تتصل بها العضلات التي تستخدم في تحليق الطيور وطيرانها.

عضو جاكوبسون jacobson's organ: تركيب يشبه الكيس، يحس برائحة المواد، ويوجد على قاع التجويف الفمي للأفاعي.

(غ)

الغدة gland: عضو أو مجموعة من الخلايا تفرز مادة تستعمل في مكان آخر في الجسم.

غدة دهنية (زيتية) oil gland: غدة تفرز الزيت، توجد بالقرب من قاعدة ذيل الطائر.

غدة لبنية mammary gland: غدة تنتج وتفرز الحليب لتغذية الصغير النامي وتوجد في الثدييات.

الغشاء الرامش nictitaing membrane: جفن شفاف يتحرك على سطح العين، يحميها من الجفاف على اليابسة، ويحميها أيضًا تحت الماء، ويوجد في البرمائيات.

غشاء الطبلة ear drum: غشاء بيضوي الشكل، رقيق شبه شفاف، يفصل الأذن الوسطى عن الأذن الداخلية، ويسمى أيضًا طبلة الأذن.

الغضروف cartilage: مادة مرنة قاسية، تكوّن هياكل الفقاريات أو أجزاء منها.

الغطاء الخيشومي operculum: قطعة متحركة واقية تغطي خياشيم الأسماك، وتساعد على ضخ الماء الذي يدخل الفم، ويتحرك فوق الخياشيم.

غلاف البذرة seed coat: طبقة من النسيج تتشكّل من تصلّب الأغلفة الخارجية للبويضة.

الغشاء الرهلي (الأمنيون) amnion: غشاء يُحيط بالجنين مباشرة، مملوء بسائل رهلي يحمي الجنين خلال فترات نموّه.

(ف)

الفلقة cotyledon: تركيب في البذرة يخزن الغذاء أو يساعد على امتصاص الغذاء للنبات البوغي في النباتات الوعائية البذرية.

الفترة الضوئية Photoperiodism: استجابة النبات أو الحيوان إلى طول فترة الضوء أو الظلمة التي يتعرض لها.

(ق)

قدم أنبوبية tube feet: قدم عضلية صغيرة، أنابيب تمتلئ بالسائل وتنتهي بماصة تشبه الفنجان، تمكّن شوكيات الجلد من الحركة وجمع الغذاء.

القشرة المخية cerebral cortex: طبقة من المخ كثيرة الانثناءات، مسؤولة عن تنسيق النشاطات الإرادية، والذاكرة، والمقدرة على التعلّم.

القشور scales: تراكيب صغيرة، منبسطة، تشبه الصفيحة توجد قريبة من سطح الجلد عند معظم الأسماك، يمكن أن تكون دائرية أو معيَّنية أو لوحِيّة أو مشطية الشكل.

القصيبات tracheids: خلايا نباتية طويلة أسطوانية الشكل يمر فيها الماء من خلية إلى أخرى عبر نهايات مثقَّبة.

(ك)

كيس هوائي air sac: في الطيور، تركيب خلفي وأمامي يستخدم في التنفس، يسبب جريانًا للهواء المؤكسج فقط خلال الرئتين.

الكمبيوم الوعائي vascular Cambium: أسطوانة رقيقة من الأنسجة المرستيمية تنتج خلايا نقل جديدة.

الكمبيوم الفليني cork cambium: نسيج مرستيمي يكوِّن خلايا ذات جدران قاسية تشكّل طبقة واقية خارجية على السيقان والجذور.

الكربلة pistil: التركيب التكاثري الأنثوي في الزهرة؛ يتكوّن عادة من الميسم والقلم والمبيض.

الكيس البوغي (بثرة) sorus: تركيب في الخنشار يتكوّن من تجمع المحافظ البوغية، ويقع عادة على السطح السفلي لورقة الخنشار.

الكُمون (الراحة) dormancy: وهي فترة لا يوجد فيها نموّ إطلاقًا، أو يوجد فيها نمو قليل جدًّا

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

(ل)

لافقاريات حبلية invertebrate chordates: حبليات بدون عمود فقري.

لواقط قدمية pedicellariae: تراكيب صغيرة تشبه الكلابات تساعد شوكيات الجلد على إمساك الأجسام الغريبة عن الجلد وإزاحتها.

اللافقاري الحبلي invertebrate chordate: حيوان حبلي بدون دعامة ظهرية.

اللحاء phloem: نسيج نباتي وعائي يتكون من الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة وينقل السكريات المذابة والمركبات العضوية الأخرى من الأوراق إلى الساق والجذور ومن الجذور إلى السيقان والأوراق.

(م)

مصفاة madreporite: فتحة شبيهة بالمصفاة، حيث تدخل المياه إلى النظام الوعائي المائي في أغلب شوكيات الجلد.

متغير درجة الحرارة exothermic: حيوان لا يمكن أن ينظم درجة حرارة جسمه بوساطة عملياته الأيضية، ويحصل على حرارة جسمه من البيئة الخارجية.

مثانة عوم swim bladder: فراغ داخلي مملوء بغاز في الأسماك العظمية تسمح لها بتنظيم طفوها في الماء.

المجمع cloaca: الحجرة التي تستقبل فضلات الهضم، وفضلات البول، والبيوض أو الحيوانات المنوية قبل أن تغادر الجسم، يكون في البرمائيات.

المُخيخ cerebellum: جزء من الدماغ مسؤول عن توازن الجسم وتنسيق حركاته.

المشيمة placenta: في معظم الثدييات، عضو متخصص يوفر الغذاء والأكسجين للجنين النامي، ويخلصه من الفضلات

المخروط cone: تركيب يحوي التراكيب التكاثرية الذكرية أو الأنثوية في السيكادا وغيرها من معرّاة البذور.

مَحفظة الأبواغ sporangium: كيس يحوي أبواغًا يحفظها ويحميها من الجفاف.

معدل الأيض metabolism: جميع التفاعلات الكيميائية التي تحدث في جسم المخلوق الحي.

المعمر perennial: نبات يستطيع العيش سنوات عديدة.

(ن)

النسيج الأساسي ground tissue: نسيج نباتي يتكوّن من خلايا برنشيمية وكولنشيمية وإسكلرنشيمية.

النسيج المولد Meristematic tissue: تكون مناطق تنقسم خلاياها بسرعة وهي ذات أنوية كبيرة وفجوات صغيرة تتحول أثناء نموها إلى أنواع عديدة ومختلفة من خلايا النبات.

نواتان قطبيتان polar nuclei: نواتان في مركز البوغ الأنثوي الكبير في النباتات الزهرية.

النبات الهوائي epiphyte: نبات يعيش متعلقًا بنبات آخر أو جسم آخر. وعندما تنمو النباتات الهوائية عند قمم الأشجار تصبح بيئة أخرى مناسبًة للحشرات والحيوانات الصغيرة عند قمة أشجار الغابة.

النبات السنوي annual : نبات يكمل دورة حياته في فصل نمو واحد أو أقل.

النباتات المعمرّة perennial : نباتات يمكن أن تعيش سنوات عدة.

نباتات النهار القصير Short-day plants: تزهر عندما تتعرض يوميًا لعدد من ساعات الظلام أكبر من الفترة الحرجة لها.

نباتات النهار الطويل Long-day plants: تزهر عندما تتعرض يوميًا لعدد من ساعات الظلام أقل من الفترة الحرجة لها.

نباتات النهار المتوسط Intermediate-day plants: تزهر عندما تتعرض يوميًا لعدد ساعات الظلام المعتدل (ليس بالطويل ولابالقصير).

نباتات النهار المحايد Day-neutral plants: تزهر عندما تتعرض يوميًا لكمية كافية من الضوء، بغض النظر عن عدد ساعات الظلام.

(و)

الوحدة الأنبوبية الكلوية nephron: وحدة الترشيح في الكلية.

وضع البيض (التبويض) spawn : عملية تطلق فيها إناث الأسماك وذكورها أمشاجها بعضها بالقرب من بعض في الماء.

الوعاء الخشبي vessel element: خلايا نباتية أنبوبية طولية الشكل تكوّن أوعية الخشب توصل الماء والمواد المذابة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

القسم الثاني

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

قائمة المحتويات

دليل الطالب

كيف تستفيد من كتاب الأحياء؟ 211

الفصل 1

الجهازان الهيكلي والعضلي 214

تجربة استهلالية 215

1–1 الجهاز الهيكلي 216

تجربة 1–1 220

1–2 الجهاز العضلي 223

مختبر تحليل البيانات 1 – 1 228

إثراء علمي: تنمية العظام في المختبر 230

مختبر الأحياء 231

دليل مراجعة الفصل 232

تقويم الفصل 233

الفصل 2

الجهاز العصبي 238

تجربة استهلالية 239

2–1 تركيب الجهاز العصبي 240

تجربة 1 – 2 243

2–2 تنظيم الجهاز العصبي 246

مختبر تحليل البيانات 1 – 2 248

2–3 تأثير العقاقير 252

مختبر تحليل البيانات 2 – 2 255

إثراء علمي: أطراف اصطناعية يتحكم فيها الدماغ 257

مختبر الأحياء 258

دليل مراجعة الفصل 259

تقويم الفصل 260

الفصل 3

أجهزة الدوران والتنفس والإخراج 264

تجربة استهلالية 265

3–1 جهاز الدوران 266

تجربة 1 – 3 271

3–2 الجهاز التنفسي 276

تجربة 2 – 3 278

3–3 الجهاز الإخراجي 281

مختبر تحليل البيانات 1 – 3 283

إثراء علمي: الزئبق والبيئة 287

مختبر الأحياء 288

دليل مراجعة الفصل 289

تقويم الفصل 290

الفصل 4

جهازا الهضم والغدد الصم 296

تجربة استهلالية 297

4–1 الجهاز الهضمي 298

تجربة 1 – 4 302

4–2 التغذية 305

مختبر تحليل البيانات 1 – 4 311

4–3 جهاز الغدد الصم 312

تجربة 2 – 4 317

إثراء علمي: الأدوات والتقنيات التي يستعملها اختصاصي الطب الشرعي 321

مختبر الأحياء 322

دليل مراجعة الفصل 323

تقويم الفصل 324

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 5

التكاثر والنمو في الإنسان 332

تجربة استهلالية 333

5-1 جهازا التكاثر في الإنسان 334

تجربة 1 – 5 337

5-2 مراحل نمو الجنين قبل الولادة 340

تجربة 2 – 5 346

إثراء علمي: هرمون النمو 348

مختبر الأحياء 349

دليل مراجعة الفصل 350

تقويم الفصل 351

الفصل 6

جهاز المناعة 356

تجربة استهلالية 357

6-1 جهاز المناعة 358

مختبر تحليل البيانات 6-1 364

إثراء علمي: التلقيح ضد الجدري 367

مختبر الأحياء 368

دليل مراجعة الفصل 369

تقويم الفصل 370

مرجعيات الطالب

الهياكل العظمية 374

المصطلحات 375

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

كيف تستفيد من كتاب الأحياء؟

هذا الكتاب ليس كتابًا خياليًّا، بل كتابًا علميًّا يصف مخلوقات حية، وعمليات حيوية، وتطبيقات تقنية. لذا فأنت تقرؤه طلبًا للعلم.
وفيما يأتي بعض الأفكار والإرشادات التي تساعدك على قراءته.

قبـــل أن تقـــرأ

اقرأ كلًّا من الفكرة العامة و الفكرة الرئيسة قبل قراءة الفصل؛ فهي تزودك بنظرة عامة تمهيدية لهذا الفصل.

الفصل 1
الجهازان الهيكلي والعضلي
Skeletal and Muscular Systems
الفكرة العامة تعمل هذه الأجهزة معًا للمحافظة على الاتزان الداخلي للجسم عن طريق توفير الحماية والدعامة وحرية حركة الجسم.
1- 1 الجهاز الهيكلي
الفكرة الرئيسة لقد وهب الله تعالى للإنسان الهيكل العظمي لكي يُكسب الجسمَ شكله، ويوفر له الدعامة، ويحمي الأعضاء الداخلية، ومنها القلب والرئتان والدماغ.
2- 1 الجهاز العضلي
الفكرة الرئيسة تختلف أنواع الأنسجة العضلية الثلاثة بعضها عن بعض في التركيب والوظيفة.
حقائق في علم الأحياء
• يوجد في جسم الإنسان البالغ 206 عظام.
• تعمل العضلات نتيجة انقباضها.
الشظام في مفصل الركبة
خلايا عظمية
قوة تكبير المجهر المركب 40×
214

لكل فصل الفكرة العامة تقدم صورة شاملة عنه، ولكل قسم من أقسام الفصل الفكرة الرئيسة تدعم فكرته العامة.

لتحصل على رؤية عامة عن الفصل

- اقرأ عنوان الفصل لتتعرّف موضوعاته.
- تصفح الصور والرسوم والجداول.
- ابحث عن المفردات البارزة المظلّلة باللون الأصفر.
- اعمل مخططًا للفصل باستخدام العناوين الرئيسة والعناوين الفرعية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

كيف تستفيد من كتاب الأحياء؟

عندما تقرأ

فـي كل جـزء مـن الفصل سـتجد أسـاليب لتعميـق فهمك للموضوعات التي ستدرسها، واختبار مدى استيعابك لها.

1-1

الأهداف
- تميز يبين عظـام الهيـكل المحوري والهيكل الطرفي.
- تصف كيف يتكون عظم جديد.
- تلخص وظائف الجهاز الهيكلي.

مراجعة المفردات
الغضروف cartilage: نسيج رابط صلب مرن، يكوّن هيكل الأجنّة، ثم يغطي فيما بعد سـطح العظـام التي يتحـرك بعضها عكس بعض في المفصل.

المفردات الجديدة
الهيكل المحوري
الهيكل الطرفي
العظم الكثيف
الخلية العظمية
العظم الإسفنجي
نخاع العظم الأحمر
نخاع العظم الأصفر
الخلية العظمية البانية
تكوين العظم (التعظم)
الخلية العظمية الهادمة
الأربطة

الجهاز الهيكلي The Skeletal System

الفكرة الرئيسة لقد وهب الله تعالى للإنسـان الهيكل العظمي لكي يُكسـب الجسمَ شكلَه، ويوفر له الدعامة، ويحمي الأعضاء الداخلية، ومنها القلب والرئتان والدماغ.

الربط مع الحياة يمكن مقارنة الجهاز الهيكلي عند الإنسـان بهيكل بناء المنزل؛ فكما يشـكّل كلّ من الأساس والأعمدة والجسور هيكلًا لأي منزل ـ يعطي الهيكلُ الجسمَ شكله، ويوفر له الدعامة والحماية.

تركيب الجهاز الهيكلي

Structure of the Skeletal System

إن عدد عظام الهيكل العظمي في الإنسان البالغ ـ كما في الشكل 1 ـ 1 ـ 206 عظام. يتكون الهيكل العظمي عند الإنسـان من جزأين رئيسين، هما: الهيكل المحوري، والهيكل الطرفي. ويتكون الهيكل المحوري axial skeleton من الجمجمة، والعمود الفقري، والأضلاع، والقص. ويتكون الهيكل الطرفي appendicular skeleton من عظام كل من الطرف العلوي، والطرف السفلي، وعظام الكتف، وعظام الحوض.

الشـكل 1 ـ 1 يضم الهيكل المحوري عظام الرأس والظهـر والصدر. ولعظام الهيكل الطرفي علاقة بحركة الأطراف.

216

الربـط مـع واقع الحيـاة: يصـف ارتباط المحتوى مع الواقع.

كسر عظم
خثرة دم
عظم إسفنجي
عظم كثيف

تكوين النسيج العظمي الليّن (الكالس)
نسيج ضام
عظم إسفنجي
الكالس (نسيج ليّن)

تجدد العظم
كسر ملتئم

الشـكل 3 ـ 1 يتطلب إعادة بناء العظـام خطوات عديدة، حيث تتكـون كتلة دم متخثرة في الفراغ بين العظام المكسـورة، ثم ينمو نسيج ضام ليملأ الفراغ بين العظام. وأخيرًا تبدأ الخلايا العظمية البانية في تكوين نسيج عظمي جديد.

والفخذ، والقص والأضلاع، والعمود الفقري وعظام الحوض. وتتكون تجاويف عظام الجنين من النخاع الأحمر. وتحوي عظام الأطفال نخاعًا أحمر أكثر من البالغين. أمّا النخاع الأصفر فيوجد في عظام أخرى في الجسـم؛ إذ يتكون مـن دهون مخزنة فقط. ويستطيع الجسـم تحويل النخاع الأصفر إلى النخاع الأحمر في حالة فقدان كميات كبيرة من الدم، وعند الإصابة بفقر الدم.

تكوين العظم Formation of bone يتكوّن الهيكل العظمي للجنيـن مـن الغضاريف. وفي أثنـاء نمو الجنيـن تنمو خلايا في الغضاريف لتكوّن العظـام تُسـمى الخلايـا العظمية البانيـة osteoblasts. كما تُسـمى عمليـة تكويـن العظام ossification بالتعظـم. ويتكون الجهاز الهيكلي في الإنسـان البالغ من العظام ما عدا مقدمة الأنف، وصيوان الأذن، والأقراص بين الفقرات، ومـا يحيط بالمفاصل المتحركـة. وتعدّ الخلايا العظمية البانية مسؤولة عن نمو العظام وتجديدها.

إعـادة بنـاء العظـم Remodeling of bone يُعاد بناء العظم وتشـكيله بانتظـام. ويتضمن ذلك إحلال خلايـا جديدة مكان الخلايـا الهرمة. ويسـتمر هذا مـدى الحياة. وهـي عملية في غايـة الأهمية لنمو الأفـراد؛ إذ تُحطِّم الخليـة العظمية الهادمة osteoclast الخلايا العظمية الهرمة والتالفة ليحل محلها نسيج عظمي جديـد. ويحتاج نمـو العظام إلى عوامـل عديدة، منها التغذية، والتمارين الجسدية. فمثلاً، يعاني الشخص الذي يتقصه الكالسيوم من هشاشة العظم، وفي هذه الحالة تصبح العظام هشّة ضعيفة سهلة الكسر.

ماذا قرأت؟ قارن بين دور كلٍّ مـن الخلية العظمية البانية، والخلية العظمية الهادمة.

التئام العظم Repair of bone الكسـور من الإصابات الشائعة التي تصيب عظم الإنسـان. ويعدّ الكسر بسيطًا إذا لم يَبْرز العظم خارج جلد الإنسـان. أمّا في الكسر المركب فتبرز العظام خارج الجلد. وفي حالة الكسـر الناتج عن ضغط تكوّن تشـققات في العظم. تبدأ عملية تجدد العظم مباشرة بعد حدوث الكسـر. ارجع إلى الشكل 3 ـ 1 الذي يوضح خطوات التئام العظم المكسور.

الكسر Fracture عنـد حـدوث إصابـة يُنتج الدماغ بسـرعة أندورفينات (endorphins)، وهي مواد كيميائية تُسـمى أحيانًا مسـكّنات الألم الطبيعية في الجسـم، تؤدي إلى تخفيف الألم. وتنتقل هذه المواد إلـى مكان الإصابة سـريعًا لتخفيف الألم، حيث يلتهب مكان الإصابة وينتفخ، ويسـتمر الانتفاخ أسبوعين أو ثلاثة بعد حدوث الإصابة.

218

ماذا قرأت؟ أسئلة تقوّم مدى فهمك لما درسته.

مهارات قرائية

- اسأل نفسك: ما الفكرة العامة؟ وما الفكرة الرئيسة؟
- فكر في المخلوقـات الحية والمواقـع والمواقف التي مررت بها، هل بينها وبين دراستك لمادة الأحياء علاقة؟
- اربط معلومات مادة الأحياء التي درستها مع المجالات العلمية الأخرى.
- توقع نتائج من خلال توظيف المعلومات التي تمتلكها.
- غيّر توقعاتك حينما تقرأ معلومات جديدة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

كيف تستفيد من كتاب الأحياء؟

بعد ما قرأت

اقرأ الخلاصة، وأجب عن الأسئلة؛ لتقويم مدى فهمك لما درسته.

يتضمَّن كل قسم في الفصل أسئلة وخلاصة؛ حيث تقدم الخلاصة مراجعة المفاهيم الرئيسة، في حين تختبر الأسئلةُ فهمك لما درسته.

هشاشة العظام Osteoporsis تعد هشاشة العظام من الأمراض واسعة الانتشار في المنطقة العربية، هشاشة العظام داء المناسبة، ترقق العظام، وهن العظام كل هذه المسميات لمرض واحد. وهي حالة ضعف أو نقص في كثافة العظام والتي تؤدي إلى هشاشتها وسهولة كسرها وتحتوي العظام على معادن مثل الكالسيوم والفسفور والتي تساعد على بقاء العظام كثيفة وقوية. وغالباً لا توجد علامات لهشاشة العظام وقد تظهر بعض العلامات بعد تعرض الشخص لكسر في عظمه، والعظام الأكثر عرضة للكسر في المرضى المصابين هي عظام الورك والفخذ والساعد والعمود الفقري. لمزيد من المعلومات أرجع إلى موقع البوابة الإلكترونية لوزارة الصحة **www.moh.gov.sa**

التواء المفصل Sprains يسبب التواء المفصل ضررًا أو تلفًا للأربطة التي تربط المفاصل معًا. ويحدث هذا الأمر عندما تلتوي المفاصل بشدة أو تُمدّ، مما يؤدي إلى انتفاخ في المفصل يصاحبه ألم.

التقويم 1–1

الخلاصة

- يتكوّن الهيكل العظمي للإنسان من جزأين.
- تتكوّن معظم العظام من نوعين مختلفين من الأنسجة.
- تتجدّد العظام باستمرار.
- تعمل العظام بالتناسق مع العضلات.
- للهيكل العظمي وظائف كثيرة مهمة.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة** اعمل قائمة بوظائف الهيكل المحوري والهيكل الطرفي وصفهما.
2. **قارن** بين مكونات النخاع الأحمر ومكونات النخاع الأصفر.
3. **قارن** بين آلية التئام كسر في العظم ونمو العظم الأصلي.
4. **اعمل مخططًا** تصنيفيًّا يجمع العظام المبينة في **الشكل 1– 1**.

التفكير الناقد

5. **توقع** إذا لم تعمل كل من الخلايا العظمية البانية والخلايا العظمية الهادمة جيدًا لدى جنين في مرحلة النمو أو لدى الإنسان البالغ، فما نتيجة ذلك؟
6. **مِيز** بين العظم الكثيف والعظم الإسفنجي، من حيث الشكل والموقع والوظيفة.

222

ستجد في نهاية كل فصل دليلاً للمراجعة متضمنًا المفردات والمفاهيم الرئيسة. استعمل هذا الدليل للمراجعة وللتأكد من مدى استيعابك.

الفصل 1 دليل مراجعة الفصل

المطويات ميز. استخدم ما تعلمته لتميز بين أنواع العضلات الثلاث. فيم تختلف هذه العضلات بعضها عن بعض؟ وفيم تتشابه؟ ولماذا؟

المفردات	المفاهيم الرئيسة
1–1 الجهاز الهيكلي	
الهيكل المحوري	**الفكرة الرئيسة** لقد وهب الله تعالى للإنسان الهيكل العظمي لكي يُكسب الجسمَ شكله، ويوفر له الدعامة، ويحمي الأعضاء الداخلية، ومنها القلب والرئتان والدماغ.
الهيكل الطرفي	• يتكوّن الهيكل العظمي للإنسان من جزأين.
العظم الكثيف	• تتكوّن معظم العظام من نوعين مختلفين من الأنسجة.
الخلية العظمية	• تتجدّد العظام باستمرار.
العظم الإسفنجي	• تعمل العظام بالتناسق مع العضلات.
نخاع العظم الأحمر	• للهيكل العظمي وظائف كثيرة مهمة.
نخاع العظم الأصفر	
الخلية العظمية البانية	
تكوين العظم (التعظم)	
الخلية العظمية الهادمة	
الأربطة	
2–1 الجهاز العضلي	
العضلة الملساء	**الفكرة الرئيسة** تختلف أنواع الأنسجة العضلية الثلاثة بعضها عن بعض في التركيب والوظيفة.
العضلة اللاإرادية	• هناك ثلاثة أنواع من العضلات.
العضلة القلبية	• تنتظم العضلات الهيكلية في أزواج متضادة، بحيث تعمل عضلة عكس الأخرى.
العضلة الهيكلية	• تبطن العضلات الملساء العديد من الأعضاء الداخلية.
العضلات الإرادية	• توجد العضلات القلبية في القلب فقط.
الوتر	• تقوم جميع العضلات بعمليات الأيض الهوائية واللاهوائية.
الليف العضلي	
الميوسين	
الأكتين	
القطعة العضلية	

232

طرائق أخرى للمراجعة

- حدّد **الفكرة العامة**.
- اربط **الفكرة الرئيسة** بـ**الفكرة العامة**.
- استخدم كلماتك الخاصة لتوضيح ما قرأت.
- وظِّف المعلومات التي تعلمتها في المنزل، أو في موضوعات أخرى تدرسها.
- حدد المصادر التي يمكن أن تستخدمها في البحث عن المزيد من المعلومات حول الموضوع.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 1

الجهازان الهيكلي والعضلي

Skeletal and Muscular Systems

العظام في مفصل الركبة

خلايا عظمية
قوة تكبير المجهر المركب
40×

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفكرة العامة تعمل هذه الأجهزة معًا للمحافظة على الاتزان الداخلي للجسم عن طريق توفير الحماية والدعامة وحرية حركة الجسم.

1- 1 الجهاز الهيكلي

الفكرة الرئيسة لقد وهب الله تعالى للإنسان الهيكل العظمي لكي يُكسب الجسمَ شكله، ويوفر له الدعامة، ويحمي الأعضاء الداخلية، ومنها القلب والرئتان والدماغ.

2- 1 الجهاز العضلي

الفكرة الرئيسة تختلف أنواع الأنسجة العضلية الثلاثة بعضها عن بعض في التركيب والوظيفة.

حقائق في علم الأحياء

- يوجد في جسم الإنسان البالغ 206 عظام.
- تعمل العضلات نتيجة انقباضها.

تجربة استهلالية

كيف يشبه جناحُ الدجاجة ذراعَ الإنسان؟

للدجاجة تراكيب تشبه بعض تراكيب جسم الإنسان. وستفحص فيما يأتي جناح دجاجة، وتستكشف ما فيه.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. احصل على **جناح دجاجة نظيف** ومحفوظ في **كيس بلاستيكي قابل للغلق**، ولاحظ الجلد الذي يغطي هذا الجناح.
3. حرك الجناح داخل الكيس لتحدد كيف يتحرك، وأين توجد المفاصل.
4. ضع الكيس على سطح مستوٍ، واضغط برفق على الجناح؛ لتحدد أين توجد العظام والعضلات.
5. بناءً على مشاهداتك، ارسم الجناح كما تتخيله إذا أُزيل الجلد عنه، وأظهر العظام والعضلات.

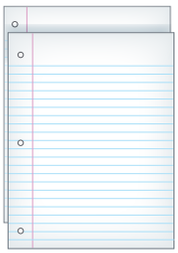
التحليل

1. **اكتب** أسماء الأجزاء على رسمك؛ لتبين الأجزاء التي تقابل الجزء العلوي من ذراعك والمِرفق والرسغ وراحة اليد.
2. **ميز** كيف تختلف الأجزاء التي تكوّن ذراعك العلوي عما في جناح الدجاجة؟

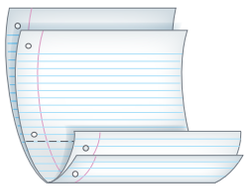
المطويات
منظمات الأفكار

أنواع العضلات اعمل المطوية الآتية لتساعدك على فهم العضلات المكونة من عدة أنواع.

الخطوة 1: ضع ورقتين إحداهما فوق الأخرى، على أن يكون بينهما مسافة 1.5 cm، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 2: اثنِ الأطراف، لتصبح جميع الألسنة متباعدة بمقدار 1.5 cm، ولتكوين أربعة جداول متساوية الحجم، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3: ثبت أوراق المطوية معًا بالدبابيس، واكتب على كل لسان عنوانًا كما في الشكل الآتي:

المطويات **استخدم هذه المطوية في القسم 2-1**، وسجل وأنت تقرأ الدرس ما تعلمته حول أنواع العضلات في الجسم، وفسر كيف تعمل معًا للقيام بوظائفها؟

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

1-1

الجهاز الهيكلي The Skeletal System

الأهداف

- **تميز** بين عظام الهيكل المحوري والهيكل الطرفي.
- **تصف** كيف يتكون عظم جديد.
- **تلخص** وظائف الجهاز الهيكلي.

مراجعة المفردات

الغضروف cartilage: نسيج رابط صلب مرن، يكوِّن هيكل الأجنّة، ثم يغطي فيما بعد سطح العظام التي يتحرك بعضها عكس بعض في المفصل.

المفردات الجديدة

الهيكل المحوري
الهيكل الطرفي
العظم الكثيف
الخلية العظمية
العظم الإسفنجي
نخاع العظم الأحمر
نخاع العظم الأصفر
الخلية العظمية البانية
تكوين العظم (التعظم)
الخلية العظمية الهادمة
الأربطة

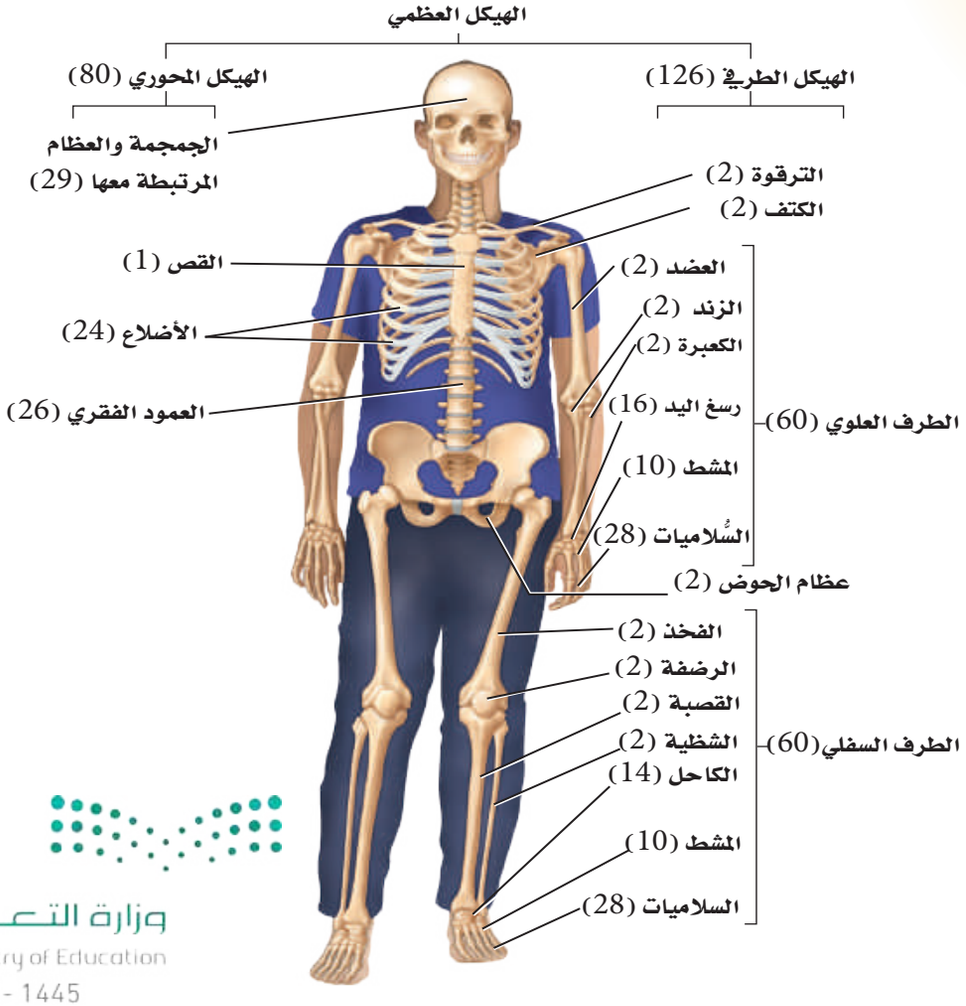
الفكرة الرئيسة **لقد وهب الله تعالى للإنسان الهيكل العظمي لكي يُكسب الجسمَ شكلَه، ويوفر له الدعامة، ويحمي الأعضاء الداخلية، ومنها القلب والرئتان والدماغ.**

الربط مع الحياة يمكن مقارنة الجهاز الهيكلي عند الإنسان بهيكل بناء المنزل؛ فكما يشكِّل كلّ من الأساس والأعمدة والجسور هيكلًا لأي منزل ـ يعطي الهيكلُ الجسمَ شكله، ويوفر له الدعامة والحماية.

تركيب الجهاز الهيكلي

Structure of the Skeletal System

إن عدد عظام الهيكل العظمي في الإنسان البالغ ـ كما في **الشكل 1-1** ـ 206 عظام. يتكون الهيكل العظمي عند الإنسان من جزأين رئيسين، هما: الهيكل المحوري، والهيكل الطرفي. ويتكون **الهيكل المحوري** axial skeleton من الجمجمة، والعمود الفقري، والأضلاع، والقص. ويتكون **الهيكل الطرفي** appendicular skeleton من عظام كل من الطرف العلوي، والطرف السفلي، وعظام الكتف، وعظام الحوض.



■ **الشكل 1-1** يضم الهيكل المحوري عظام الرأس والظهر والصدر. ولعظام الهيكل الطرفي علاقة بحركة الأطراف.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

العظم الكثيف والعظم الإسفنجي Compact and spongy bone يُعدّ العظم نسيجًا ضامًّا له عدة أشكال وأحجام. وتُصنف العظام إلى: طويلة، وقصيرة، ومسطحة، وغير منتظمة. ارجع إلى **الشكل 1 – 1** تلاحظ أن عظام الساق والذراع من العظام الطويلة، وعظام الرسغ من العظام القصيرة. كما أن عظام الجمجمة من النوع المسطّح. أما عظام الوجه والعمود الفقري فهي عظام غير منتظمة. وللعظام كلها التركيب نفسه، بغضّ النظر عن شكلها.

وتتكون الطبقات الخارجية لجميع العظام من **عظم كثيف** compact bone، وهو عظم مضغوط وقوي، يعطي الجسم القوة والحماية. وتمتد على طول العظام الكثيفة تراكيب انبوبية الشكل تسمى قناة هافرس وتحيط بها صفائح عظمية تنتظم بينها **خلايا عظمية** تتصل بالأعصاب و الاوعية الدموية.ليشكل هذا التركيب نظام هافرس. وتزوِّد الأوعية الدموية الخلايا العظمية الحية osteocytes بالأكسجين والغذاء. أما العظم الداخلي فيختلف كثيرًا عن العظم الخارجي، كما في **الشكل 2–1**.

وكما يدل الاسم، فإن **العظم الإسفنجي** spongy bone أقل كثافة من النوع الأول، وفيه عدة تجاويف تحوي نخاعًا عظميًّا. ويوجد العظم الإسفنجي وسط العظام القصيرة والمسطّحة، وفي نهاية العظام الطويلة. ويحيط بالعظم الإسفنجي عظم كثيف لا يوجد فيه أنظمة هافرس.

وهناك نوعان من النخاع العظمي: **النخاع الأحمر** red bone marrow **والنخاع الأصفر** yellow bone marrow. ويتم إنتاج خلايا الدم الحمراء والبيضاء والصفائح الدموية في النخاع الأحمر. ويوجد النخاع الأحمر في عظام: العضد،

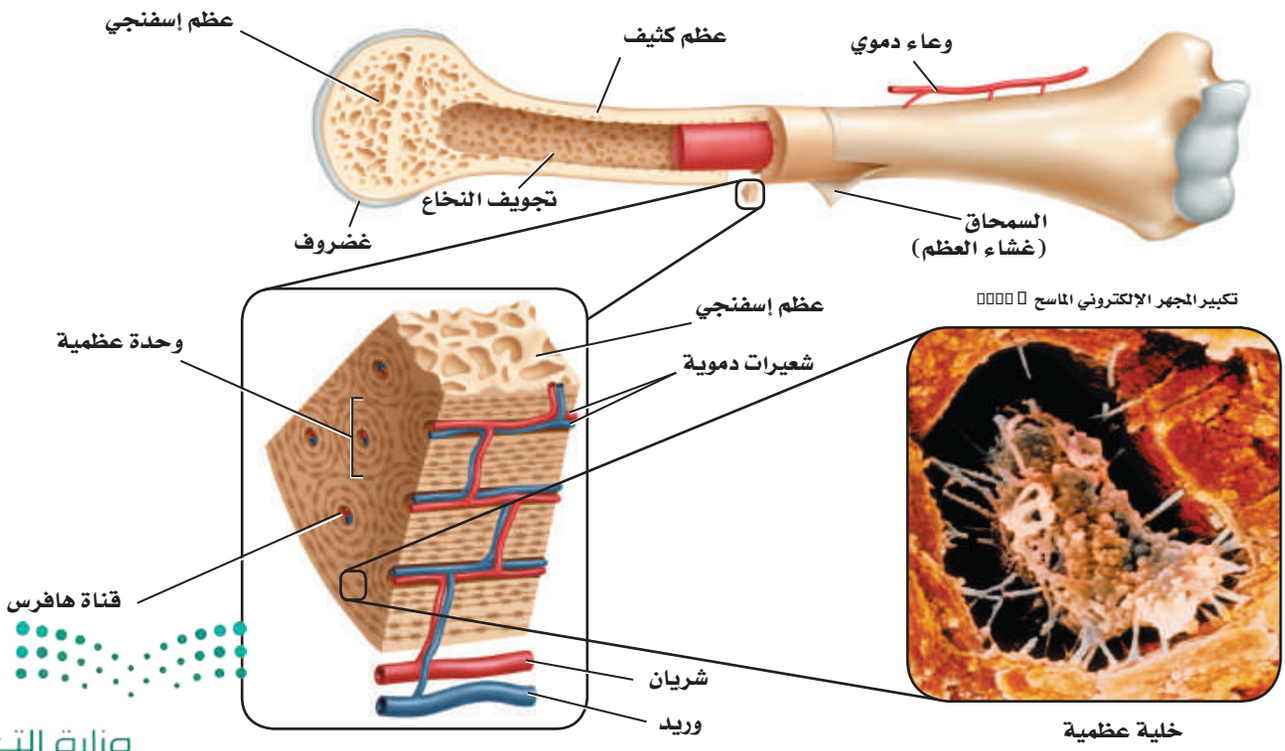
مهن مرتبطة مع علم الأحياء

المصور الطبي

Medical illustrator يجمع المصمم الطبي بين موهبة التصميم والاهتمام بعلم الأحياء؛ لتوضيح خطوات عملية، وبناء نماذج تعليمية.

■ **الشكل 2–1** العظم إما كثيف وإما إسفنجي.

صف كيف يختلف العظم الكثيف عن العظم الإسفنجي في الموقع والوظيفة؟



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

والفخذ، والقص والأضلاع، والعمود الفقري وعظام الحوض. وتتكون تجاويف عظام الجنين من النخاع الأحمر. وتحوي عظام الأطفال نخاعًا أحمر أكثر من البالغين. أمّا النخاع الأصفر فيوجد في عظام أخرى في الجسم؛ إذ يتكون من دهون مخزنة فقط. ويستطيع الجسم تحويل النخاع الأصفر إلى النخاع الأحمر في حالة فقدان كميات كبيرة من الدم، وعند الإصابة بفقر الدم.

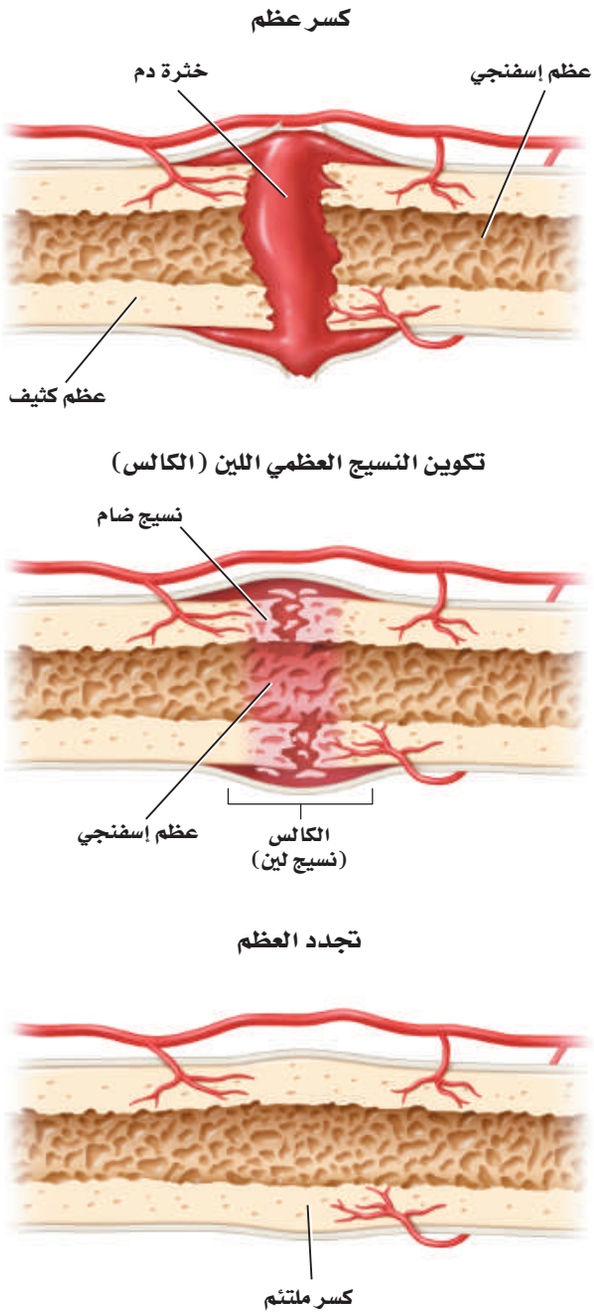
تكوين العظم Formation of bone يتكوّن الهيكل العظمي للجنين من الغضاريف. وفي أثناء نمو الجنين تنمو خلايا في الغضاريف لتكوّن العظام تُسمى **الخلايا العظمية البانية** osteoblasts. كما تُسمى عملية **تكوين العظام** ossification بالتعظم. ويتكون الجهاز الهيكلي في الإنسان البالغ من العظام ما عدا مقدمة الأنف، وصيوان الأذن، والأقراص بين الفقرات، وما يحيط بالمفاصل المتحركة. وتعدّ الخلايا العظمية البانية مسؤولة عن نمو العظام وتجديدها.

إعادة بناء العظم Remodeling of bone يُعاد بناء العظم وتشكيله بانتظام. ويتضمن ذلك إحلال خلايا جديدة مكان الخلايا الهرمة. ويستمر هذا مدى الحياة. وهي عملية في غاية الأهمية لنمو الأفراد؛ إذ تُحطِّم **الخلية العظمية الهادمة** osteoclast الخلايا العظمية الهرمة والتالفة ليحل محلها نسيج عظمي جديد. ويحتاج نمو العظام إلى عوامل عديدة، منها التغذية، والتمارين الجسدية. فمثلاً، يعاني الشخص الذي ينقصه الكالسيوم من هشاشة العظم، وفي هذه الحالة تصبح العظام هشّة ضعيفة سهلة الكسر.

ماذا قرأت؟ **قارن** بين دور كلٍّ من الخلية العظمية البانية، والخلية العظمية الهادمة.

التئام العظم Repair of bone الكسور من الإصابات الشائعة التي تصيب عظم الإنسان. ويعدّ الكسر بسيطًا إذا لم يَبْرز العظم خارج جلد الإنسان. أمّا في الكسر المركب فتبرز العظام خارج الجلد. وفي حالة الكسر الناتج عن ضغط تتكوّن تشققات في العظم. تبدأ عملية تجدد العظم مباشرة بعد حدوث الكسر. ارجع إلى **الشكل 3 – 1** الذي يوضح خطوات التئام العظم المكسور.

الكسر Fracture عند حدوث إصابةٍ يُنتج الدماغ بسرعة أندورفينات (endorphins)، وهي مواد كيميائية تُسمى أحيانًا مسكّنات الألم الطبيعية في الجسم، تؤدي إلى تخفيف الألم. وتنتقل هذه المواد إلى مكان الإصابة سريعًا لتخفيف الألم، حيث يلتهب مكان الإصابة وينتفخ، ويستمر الانتفاخ أسبوعين أو ثلاثة بعد حدوث الإصابة.



الشكل 3–1 يتطلب إعادة بناء العظام خطوات عديدة، حيث تتكون كتلة دم متخثرة في الفراغ بين العظام المكسورة، ثم ينمو نسيج ضامّ ليملأ الفراغ بين العظام. وأخيرًا تبدأ الخلايا العظمية البانية في تكوين نسيج عظمي جديد.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تتكون خثرة ـ خلال 8 ساعات من حدوث الإصابة ـ بين طرفي الكسر، ويبدأ تكوُّن عظم جديد. كما تبدأ كتلة من نسيج ليّن يُسمى الكالس callus أو الغضروف تتشكَّل في مكان الكسر. ولأن هذا النسيج ضعيف يجب تثبيت العظام المكسورة في مكانها الصحيح.

تكوين الكالس (النسيج العظمي) Callus Formation تبدأ خلايا العظم البانية تكوين كالس العظم بعد ثلاثة أسابيع من حدوث الكسر. وهو عظم إسفنجي يحيط بمكان الكسر. وتتخلص خلايا العظم الهادمة من العظم الإسفنجي، ليحل محله العظم الكثيف الذي تكوّنه خلايا العظم البانية. وتستخدم أحيانًا الجبيرة أو صفائح أو براغٍ لضمان بقاء العظم المكسور في مكانه الصحيح إلى أن يتكوّن النسيج الجديد. أما الإصبع المكسورة فغالبًا ما تثبت مع الإصبع المجاورة لها؛ لضمان عدم حركتها.

بناء العظم Remodeling تحتاج العظام إلى أوقات مختلفة لكي تتجدد وتلتئم. ويعتمد هذا الأمر على عمر الإنسان، ومكان الكسر، ودرجة خطورته. كما يبطئ نقصُ الكالسيوم الناتج عن سوء التغذية تجدّدَ العظام في جسم المصاب. وتشفى عظام الأطفال أسرع من عظام البالغين. فمثلاً، ربما تلتئم العظام المكسورة لدى الطفل وتشفى خلال 6 – 4 أسابيع، في حين يحتاج التئامها إلى 6 أشهر عند الإنسان البالغ.

تجربة استطلاعية

مراجعة: بناءً على ما قرأت عن العظام، كيف تجيب عن أسئلة التحليل؟

المفاصل Joints

توجد المفاصل في مكان التقاء عظمين أو أكثر. ويمكن تصنيف المفاصل بحسب نوع الحركة التي يسمح بها المفصل أو أشكال أجزائه، ما عدا مفاصل الجمجمة. ويبين **الجدول 1 – 1** خمسة أنواع من المفاصل: الكروية (الحقية)، والمدارية، والرزية، والمنزلقة، والدرزية. ادرس هذا الجدول لتحدد أنواع الحركة التي تسمح بها أنواع المفاصل المختلفة، والعظام المسؤولة عن ذلك.

لاحظ أنه ليست جميع المفاصل متحركة، فالمفاصل في الجمجمة ثابتة. وفي مرحلة الولادة لا تكون جميع عظام الجمجمة ملتحمة بعضها ببعض؛ إذ يحدث هذا الالتحام بعد ثلاثة أشهر من الولادة. وحركة المفاصل المنزلقة محدودة، كما هو الحال في راحة اليد. أما المفاصل الرزّية الموجودة في المرفق، والمدارية الموجودة أسفل الذراع فتتمتع بحركة أمامية وخلفية معًا، مع إمكانية الالتواء.

وأما المفاصل الكروية (الحقّية) الموجودة في الأكتاف والأرداف فتتصف بأن لها مدى واسعًا من الحركة.

وترتبط عظام المفصل معًا **بأربطة** ligaments؛ وهي أشرطة صلبة من نسيج ضام يربط بين عظم وآخر. وسوف تتعلم أكثر عن الأربطة والأوتار التي تربط العظام بالعضلات في الدرس الثاني.

ماذا قرأت؟ راجع أنواع المفاصل، وكيف صُنّفت؟

الجدول 1–1	بعض المفاصل في الجهاز الهيكلي				
اسم المفصل	الكروي (الحقيّ)	المداري (المحوري)	الرزّي	المنزلق	الدرزي (العديم الحركة)
مثال					
الوصف	في المفصل الكروي (الحقيّ)، يقابل عظمٌ ذو سطح يشبه الكرة تجويفَ عظم آخر؛ ليسمح له بمجال واسع من الحركة في جميع الاتجاهات. وتوجد هذه المفاصل في الورك، والكتفين، وتسمح للشخص بأرجحة (مدّ، بسط، تقريب، دوران) الورك والذراع والساق.	حركته الأساسية هي الدوران حول محور واحد، كما هو الحال في المفصل أسفل الذراع حيث يلتقي عظما الكعبرة والزند. ويسمح هذا النوع من المفاصل بالتواء الذراع.	في هذا المفصل، يطابق السطح المحدب لأحد العظام السطحَ المقعر لعظم آخر، كما هو الحال في المرفق والركبة. وتسمح للمفاصل بالحركة في مستوى واحد فقط (مدّ وبسط إلى الأمام وإلى الخلف) كما يحدث في مقبض الباب تمامًا.	تكون الحركة محدودة في المفصل المنزلق بشكل تنزلق فيه سطوح المفصل بعضها فوق بعض إلى الأمام وإلى الخلف. ويحدث ذلك في مفصل الرسغ والعقب (الكاحل) والفقرات.	الدرزات مفاصل في الجمجمة لا تتحرك مطلقًا. وهناك 22 عظمًا في جمجمة الرأس يرتبط بعضها مع بعض بدرزات ما عدا عظام الفك.

تجربة 1-1

فحص ارتباط العظام

كيف تلتصق العظام بالعضلات والعظام الأخرى؟ تربط الأوتار العضلات بالعظام. كما تربط الأربطة العظام بعضها ببعض. ستتفحص هذه الأربطة مستخدمًا جناح الدجاجة المنزوع الجلد.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. البس **قفازات**، وضَعْ **جناح الدجاجة** فوق **لوح التشريح**.
3. اختر عضلة واستعمل زوجًا من **مقصات التشريح** لفصل العضلة عن العظم برفق، مع بقاء نهاية الأطراف متماسكة. انظر إلى الأوتار الطويلة البيضاء القوية، التي تربط بين العضلة والعظم.
4. حرّك العظام عند المفصل، ولاحظ كيف يتحرك الوتر عندما تسحب العظم.
5. قصّ جميع العضلات المرتبطة مع العظم بعناية. انظر إلى الرباط الأبيض الذي يُبقي العظام متماسكة معًا، ثم افحص نهايات كل عظم.
6. ارسم مخططًا لجناح الدجاجة من دون العضلات، مبينًا كيف ترتبط العظام معًا، ثم قارن هذا الرسم بما فعلته في التجربة الاستهلالية.

التحليل

1. **قارن** كيف يختلف رسم الجناح الذي أعددته في التجربة الاستهلالية عنه في هذه التجربة؟
2. **لاحظ واستنتج** هل لاحظت كيف ترتبط العضلة مع أحد أطراف العظم؟ وكيف يمتد الرباط على طول العظم ليرتبط مع طرف العضلة على العظم المجاور؟ وضّح أهمية ذلك في المفصل. ربما يساعدك الرسم والتخطيط على الإجابة عن هذا السؤال.
3. **التفكير الناقد** ما لون نهايات العظام في المفصل المتحرك؟ وما المادة التي يتكون منها هذا اللون؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الجدول 2–1 وظائف الجهاز الهيكلي	
الوظيفة	**الوصف**
الدعامة	• يدعم كل من الساقين والحوض والعمود الفقري الجسمَ. • تدعم عظام الفك الأسنان. • تدعم جميع العظام العضلات.
الحماية	• تحمي الجمجمة الدماغ. • يحمي العمود الفقري النخاع الشوكي. • يحمي القفص الصدري القلب، والرئتين وأعضاء أخرى.
تكوين خلايا الدم	• يتم تكوين كل من خلايا الدم الحمراء والبيضاء والصفائح الدموية في النخاع الأحمر.
التخزين	• يخزن الكالسيوم والفوسفور.
الحركة	• تَشدّ العضلات عظام الذراع والساق. • يساعد الحجابُ الحاجز الإنسانَ على الحركات التنفسية.

وظائف الجهاز الهيكلي
Functions of the Skeletal System

يقوم الجهاز الهيكلي بوظائف أُخرى، بالإضافة إلى دعم الجسم، كما في **الجدول 2–1**؛ إذ تحمي الجمجمة الدماغ، ويحمي العمود الفقري النخاع الشوكي، ويحمي القفص الصدري القلب، والرئتين وأعضاء أخرى.

كما تحمي طبقات العظام الخارجية النخاع العظمي الموجود داخل العظام، حيث يقوم النخاع الأحمر بتكوين خلايا الدم الحمراء والبيضاء. وتؤدي الصفائح الدموية دورًا مهمًّا في تخثر الدم. وتتكوَّن خلايا الدم الحمراء بمعدل أكثر من مليوني خلية في الثانية الواحدة. ويكون النخاع العظمي عادة من النوع الأحمر، حتى يبلغ الإنسان السابعة من العمر، ثم يحل نسيج دهني محل جزء من النخاع، مما يكسب النخاع لونًا أصفر، ولهذا يُسمى النخاعَ الأصفر. وتُعد هذه الدهون مصدرًا مهمًّا للطاقة. وتشكّل العظام مخزنًا لتجميع الأملاح ـ ومنها الكالسيوم والفوسفور ـ وتخزينها. فعندما ينخفض مستوى الكالسيوم في الدم يطلق العظم الكالسيوم في الدم. وإذا ارتفع مستوى الكالسيوم في الدم يخزن النسيج العظمي ما يزيد منه على حاجة الجسم، وبهذا يحافظ العظم على الاتزان الداخلي للكالسيوم. كما تسمح العظام ـ التي تتصل بها العضلات ـ بحركة الجسم. فمثلاً، عندما تسحب العضلات عظم الذراع أو الساق تسبب حركتيهما، كما تساعد العضلات المرتبطة مع الأضلاع على حدوث الحركات التنفسية (الشهيق والزفير) بصورة طبيعية.

أمراض الجهاز الهيكلي
Skeletal System Diseases

التهاب العظام Osteoarthritis إن نهاية العظام في المفاصل المتحركة ـ ومنها الركبة ـ مغطاة بالغضروف، الذي يعمل عمل وسادة تسمح بحركة المفصل بسهولة. والتهاب العظام حالة مؤلمة تصيب المفاصل، وينتج عنها تآكل الغضاريف. وهذه الحالة معروفة عند الإنسان؛ إذ تصيب عادةً الركبة، والورك، والرقبة، والظهر. وتزداد إمكانية الإصابة بهذا المرض مع تقدم العمر. كما يصبح الشاب مُعرضًا للإصابة مستقبلاً بالتهاب العظام إذا أصيب بضرر ما في المفصل في مرحلة البلوغ.

التهاب المفاصل الروماتزمي Rheumatoid شكل آخر من الالتهاب، يصيب المفاصل. ولا ينتج هذا الالتهاب عن تآكل الغضاريف أو كثرة استخدامها. بل تلتهب المفاصل وتفقد قوتها ووظيفتها وتسبب آلامًا كثيرة، فتبدو الأصابع مشوهة، كما في **الشكل 4–1**.

الالتهاب الكيسي Bursitis هناك كيس مليء بسائل في مفاصل الكتف والركبة. وتؤدي هذه الأكياس إلى تقليل الاحتكاك، وتعمل عمل الوسادة بين العظم والأوتار. والالتهاب الذي يصيب هذه الأكياس يقلل حركة المفصل مسببًا ألمًا وانتفاخًا. وربما سمعت عن التهاب "مرفق لاعبي التنس" الذي ينتج عن التهاب هذه الأكياس. ويشمل العلاج إراحة المفصل.

الشكل 4–1 يسبب روماتزم المفاصل فقدان المفصل لقوته ووظيفته، ويصاحبه ألم شديد.

قارن كيف يختلف التهاب المفاصل الروماتزمي عن التهاب العظام الشائع؟

هشاشة العظام Osteoporsis تعد هشاشة العظام من الأمراض واسعة الانتشار في المنطقة العربية، هشاشة العظام داءالماسية، ترقق العظام، وهن العظام كل هذه المسميات لمرض واحد. وهي حالة ضعف أو نقص في كثافة العظام والتي تؤدي إلى هشاشتها وسهولة كسرها وتحتوي العظام على معادن مثل الكالسيوم والفسفور والتي تساعد على بقاء العظام كثيفة وقوية. وغالباً لا توجد علامات لهشاشة العظام وقد تظهر بعض العلامات بعد تعرض الشخص لكسر في عظمه، والعظام الأكثر عرضة للكسر في المرضى المصابين هي عظام الورك والفخذ والساعد والعمود الفقري.لمزيد من المعلومات أرجع إلى موقع البوابة الإلكترونية لوزرة الصحة **www.moh.gov.sa**

التواء المفصل Sprains يسبب التواء المفصل ضررًا أو تلفًا للأربطة التي تربط المفاصل معًا. ويحدث هذا الأمر عندما تلتوي المفاصل بشدة أو تُمدّ، مما يؤدي إلى انتفاخ في المفصل يصاحبه ألم.

التقويم 1–1

الخلاصة

- يتكوّن الهيكل العظمي للإنسان من جزأين.
- تتكوّن معظم العظام من نوعين مختلفين من الأنسجة.
- تتجدّد العظام باستمرار.
- تعمل العظام بالتناسق مع العضلات.
- للهيكل العظمي وظائف كثيرة مهمة.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة اعمل قائمة بوظائف الهيكل المحوري والهيكل الطرفي وصفهما.
2. **قارن** بين مكونات النخاع الأحمر ومكونات النخاع الأصفر.
3. **قارن** بين آلية التئام كسر في العظم ونمو العظم الأصلي.
4. **اعمل مخططًا** تصنيفيًّا يجمع العظام المبينة في **الشكل 1– 1**.

التفكير الناقد

5. **توقع** إذا لم تعمل كل من الخلايا العظمية البانية والخلايا العظمية الهادمة جيدًا لدى جنين في مرحلة النمو أو لدى الإنسان البالغ، فما نتيجة ذلك؟
6. **ميّز** بين العظم الكثيف والعظم الإسفنجي، من حيث الشكل والموقع والوظيفة.

1-2

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

الأهداف

- **تصف** أنواع العضلات الثلاثة.
- **تفسّر** ما يحدث في أثناء انقباض العضلة على مستوى الخلية والمستوى الجزيئي.
- **تميّز** بين الألياف العضلية البطيئة الانقباض والسريعة الانقباض.

مراجعة المفردات

اللاهوائي Anaerobic: تفاعلات كيميائية لا تحتاج إلى الأكسجين لحدوثها.

المفردات الجديدة

العضلة الملساء
العضلة اللاإرادية
العضلة القلبية
العضلة الهيكلية
العضلات الإرادية
الوتر
الليف العضلي
الميوسين
الأكتين
القطعة العضلية

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

الجهاز العضلي The Muscular System

الفكرة الرئيسة **تختلف أنواع الأنسجة العضلية الثلاثة بعضها عن بعض في التركيب والوظيفة.**

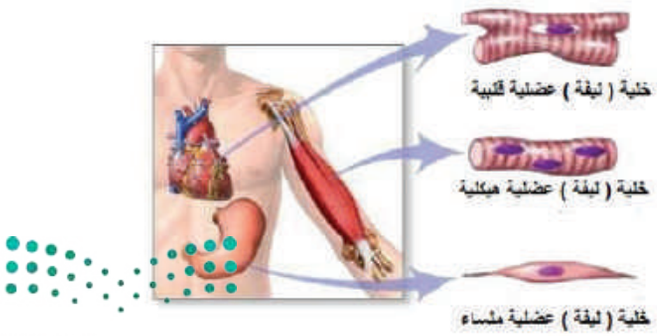
الربط مع الحياة ساهم ليوناردو دافنشي بتقديم كم هائل من المعرفة للمجتمع العلمي؛ فقد درس جسم الإنسان من خلال فحص الجثث. وحاول دافنشي وضع أسلاك مكان العضلات؛ لكي يتعلم كيف تنقبض العضلات لتسحب العظم، وتسبب الحركة.

أنواع العضلات Types of Muscles

تتكون العضلة من مجموعة ألياف أو خلايا عضلية متماسكة بعضها مع بعض. وعندما استخدمت كلمة عضلة لأول مرة ظن الناس أنها تعني العضلات الهيكلية. تفحص **الشكل 5–1**، تشاهد ثلاثة أنواع من العضلات، هي: الملساء، والقلبية، والهيكلية. وتُصنف العضلات بناءً على تركيبها ووظيفتها.

العضلات الملساء Smooth muscle تبطن العضلات الملساء smooth muscle الكثير من الأعضاء الداخلية، ومنها: القناة الهضمية،والأوعية الدموية والمثانة البولية، والرحم. وهي عضلات لاإرادية involuntary muscle؛ لا يستطيع الإنسان السيطرة عليها. فيتحرك الطعام مثلًا في القناة الهضمية بفعل العضلات الملساء التي تبطن المريء والمعدة والأمعاء الدقيقة والغليظة. وتبدو العضلات الملساء عند فحصها بالمجهر غير مخططة ولا مرتبة في حزم، ولكل خلية نواة واحدة.

العضلات القلبية Cardiac muscle توجد هذه العضلات اللاإرادية في القلب فقط. ولذا تُسمى العضلات القلبية cardiac muscle . وتترتب الخلايا العضلية القلبية على هيئة شبكة تسمح للعضلات بالانقباض بفاعلية وانتظام، مما يعطي القلب قوة. والعضلات القلبية مخططة، ومكونة من حزمة من الخلايا التي يظهر لونها فاتحًا أو داكنًا، وبداخلها العديد من النوى. وعادة ما تكون هذه الخلايا وحيدة النواة، وبعضها مرتبط مع بعض بوصلات فجوية.



الشكل 5–1 باستخدام التكبير للعضلات يمكن مشاهدة الاختلاف في شكل الخلايا العضلية ومظهرها. فالخلية العضلات الملساء لها شكل مغزلي، والخلية العضلية القلبية تبدو مخططة، كما أن الخلية العضلية الهيكلية أيضًا مخططة.

فسّر بالإضافة إلى مظهر العضلات، ما الأسس الأخرى المستعملة في تصنيفها؟

المفردات

الاستعمال العلمي مقابل الاستعمال الشائع.

ينقبض Contract

الاستعمال العلمي: يشد أو يقصر. تنقبض العضلات وتسبب الحركة.

الاستعمال الشائع انقبض الرجل على نفسه؛ أيْ ضاق بالحياة، فمال إلى الانزواء والعزلة.

العضلات الهيكلية Skeletal muscles معظم عضلات الجسم هيكلية. وترتبط العضلات الهيكلية skeletal muscle مع العظام عن طريق الأوتار لتسبب الحركة عندما تنقبض أو تنبسط مثل عضلات الذراع والقدم والوجه واللسان والجفون. وهي عضلات إرادية voluntary muscle؛ إذ يمكن التحكم فيها عند تحريك العظام. وترتبط الأوتار tendons ـ المكونة نسيج ضام ليفي ـ بين العضلات والعظام. كما تظهر العضلات الهيكلية مخططة عند مشاهدتها بالمجهر.

انقباض العضلة الهيكلية

Skeletal Muscle Contraction

ترتب معظم العضلات الهيكلية في شكل زوجي متضاد؛ أيْ تكون إحدى العضلات معاكسة للأخرى. انظر **الشكل 6-1** الذي يوضح العضلات التي تستخدمها عندما ترفع ساعدك أو تخفضه. وتتكون الليفة العضلية من وحدات صغيرة تُسمى الليفات العضلية myofibrils، وتحتوي بدورها على الميوسين myosin والأكتين actin، وهما وحدات صغيرة من الخيوط البروتينية. وتتألف وحدات البناء في الليف العضلي من قطعة عضلية sarcomere، وهي وحدة الوظيفة والجزء الذي ينقبض من العضلة، كما في **الشكل 7-1**. ويظهر التخطيط في العضلات بسبب القطع العضلية التي تمتد من خط Z وتنتهي بخط Z آخر. ويبدأ خط Z من المكان الذي ترتبط فيه خيوط الأكتين الرفيعة داخل الليف العضلي. كما ينتج عن تداخل ألياف الأكتين والميوسين حزمة (شريط) داكنة اللون تسمى الحزمة A. أما خط M فيتكون من ألياف الميوسين فقط. إن ترتيب مكونات القطعة العضلية بهذا الشكل يجعل العضلة تنقبض، ثم تنبسط.

نظرية الخيوط المنزلقة Sliding filament theory يوضح **الشكل 7-1** نظرية الخيوط المنزلقة. وتنص هذه النظرية على أنه عند وصول الإشارة العصبية إلى العضلة تنزلق خيوط الأكتين بعضها في اتجاه بعض، مسبّبةً انقباض العضلة. لاحظ أن خيوط الميوسين ثابتة لا تتحرك. وتدخل عدة عضلات هيكلية أحيانًا لإنجاز حركة يسيرة، كما في حركة قلب صفحة هذا الكتاب.

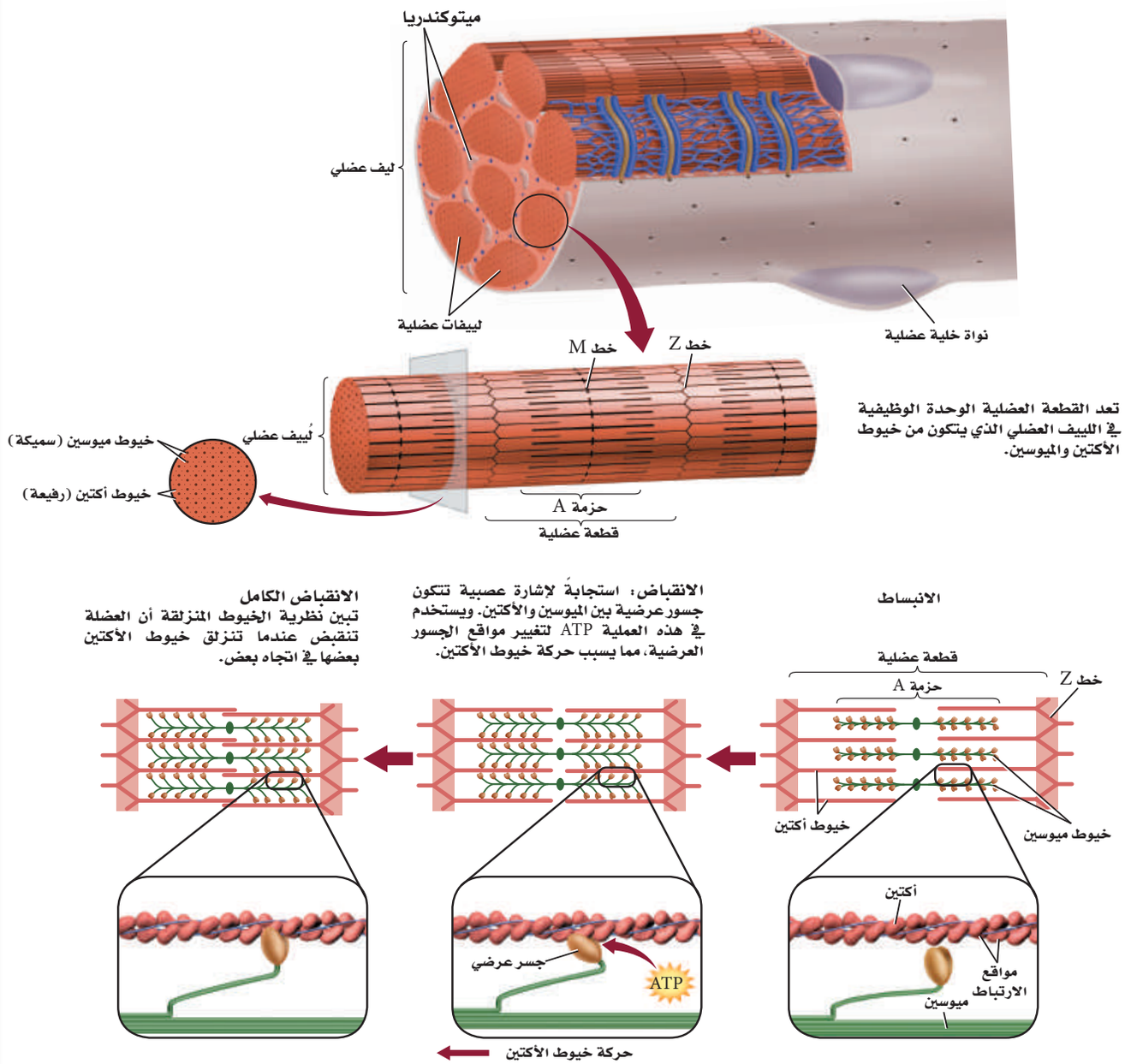
■ **الشكل 6-1** تترتب العضلات في شكل زوجيّ متضاد.

عندما تنقبض العضلة ذات الرأسين يرتفع الساعد إلى أعلى.

عندما تنقبض العضلة ذات الرؤوس الثلاثة يتحرك الساعد إلى أسفل.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

■ **الشكل 7–1** يتكون الليف العضلي من لييفات عضلية. أما اللُّييف العضلي فيتكون من خيوط الأكتين والميوسين.



الربط مع الكيمياء عندما يصل السيال العصبي إلى العضلة تتحرر أيونات الكالسيوم إلى الليف العضلي، فيسبب ارتباط الأكتين والميوسين معًا. وتُسحب خيوط الأكتين بعدها نحو مركز القطعة العضلية، لذا يحدث الانقباض. وتحتاج هذه العملية إلى الطاقة (ATP) التي تنتجها الميتوكندريا. وعند انبساط العضلة تنزلق الخيوط مرة أخرى لتعود إلى وضعها الطبيعي.

الطاقة لانقباض العضلات Energy for muscles contraction تقوم الخلايا العضلية جميعها بعمليات الأيض هوائيًّا ولاهوائيًّا. وعندما يتوافر الأكسجين يحدث التنفس الخلوي الهوائي في الخلايا العضلية، وتطلق هذه العملية ATP بوصفه مصدرًا للطاقة.

بعد إجراء تمرين رياضي مجهد، ربما لا تتمكن العضلات من الحصول على الأكسجين الكافي لاستمرار التنفس الخلوي، مما يقلل كمية ATP الموجودة؛ فعضلات الرياضيين ـ في الشكل 8 – 1 ـ تعتمد على التنفس اللاهوائي لاستمرار عملية تخمر حمض اللاكتيك للحصول على الطاقة. ويزداد تركيز حمض اللاكتيك في العضلات في أثناء التمارين الرياضية، مما يسبب الإعياء، وينتقل الفائض منه إلى الدم، الأمر الذي يحفز التنفس السريع. وبعد أخذ قسط من الراحة يعاد تخزين كمية كافية من الأكسجين، ويتحلل حمض اللاكتيك في الجسم.

لعلك شاهدت حيوانًا ميتًا على جانب الطريق! عندما يموت الحيوان يصبح في حالة تيبس، وهي حالة انقباض عضلي طويل الأمد. ويحتاج الجسم إلى ATP لضخ الكالسيوم بعيدًا عن الليف العضلي لكي تنبسط العضلة. ولأن الحيوان الميت في هذه الحالة لا يستطيع إنتاج ATP فإن الكالسيوم يبقى داخل الليف العضلي، وتستمر العضلات في حالة انقباض. وعندما تبدأ الأنسجة في التحلل بعد 24 ساعة من الوفاة، لا تستطيع العضلات البقاء منقبضة.

الشكل 8–1 الوصول إلى نهاية السباق يشكل لحظة من بذل طاقة قصوى.
فسر كيف تستعيد الحركات التنفسية (الشهيق والزفير) وضعها الطبيعي بعد تمرين رياضي مجهد؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

قوة العضلة الهيكلية Skeletal Muscle Strength

لا تنمو أجسام بعض الناس مثل أجسام أبطال كمال الأجسام مهما بذلوا من محاولات في بناء العضلات. كذلك قد يكون أحد العدائين هو الأسرع في السباقات القصيرة، ولكنه يصل إلى الإعياء سريعًا في سباق المسافات الطويلة. فما سبب هذا الاختلاف؟ يرجع السبب في الحالتين إلى الألياف العضلية البطيئة الانقباض ونسبتها إلى الألياف العضلية السريعة الانقباض؛ حيث يوجد كلا النوعين من الألياف في كل إنسان.

العضلات البطيئة الانقباض Slow— twitch muscles تختلف العضلات في سرعة انقباضها، حيث تنقبض العضلات البطيئة الانقباض بسرعة أقل من العضلات السريعة الانقباض. ولليف العضلي البطيء الانقباض قدرة تحمل أكثر من الليف العضلي السريع الانقباض. ويحوي جسم متسابق الدراجات الهوائية ـ في **الشكل 9 – 1** ـ أليافًا عديدة بطيئة الانقباض. كما تعمل هذه الأنواع من الألياف العضلية جيدًا في سباق المسافات الطويلة أو السباحة؛ لأنها تقاوم الإعياء أكثر من ألياف العضلات السريعة الانقباض. ويتوافر الكثير من الميتوكندريا في الليف العضلي البطيء الانقباض للقيام بعملية التنفس الخلوي. كما تحوي هذه الألياف الميوجلوبين؛ وهو جزيء التنفس الذي يخزن الأكسجين، ويعدّ مستودعًا له، كما يجعل الميوجلوبين لون العضلة داكنًا. وتزيد التمارين عدد الميتوكندريا في الألياف، لكن الزيادة الكلية في حجم العضلة تكون قليلة نسبيًّا.

العضلات السريعة الانقباض Fast—twitch muscles تصل العضلات السريعة الانقباض إلى حالة الإعياء بسهولة، لكنها توفر قوة كبيرة للحركة القصيرة السريعة. وقد تكيفت العضلات السريعة الانقباض لإنتاج القوة. وتعمل هذه العضلات جيدًا في أثناء التمارين الرياضية التي تتطلب دفقة صغيرة سريعة من الطاقة، ومنها عدو المسافات القصيرة، أو رفع الأثقال، كما في **الشكل 9–1**.

إرشادات الدراسة

صمم إنفوجرافيك توعوي لبعض المكملات الغذائية الصناعية لدى الرياضيين موضحًا أضرارها.

تجربة علمية

ما مدى تحملك؟

ارجع لدليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

■ **الشكل 9–1** لمتسابقي الدراجات الهوائية في سباق المسافات الطويلة نسبة عالية من الألياف العضلية البطيئة الانقباض. أما رافعو الأثقال فلديهم نسبة عالية من الألياف العضلية السريعة الانقباض.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

ويكون لون هذه العضلات فاتحًا؛ لأنها تحتــوي القليل من الميوجلوبين. وتعتمد على التنفس اللاهوائي لقلــة عدد الميتوكندريا الموجودة فيها، مما يســبب تراكم حمض اللاكتيك الذي يسبب إعياء العضلة. وتؤدي التمارين الرياضية إلى زيادة عدد الليفات العضلية، مما يجعل قطر العضلة الكلي أكبر.

وتحوي غالبية العضــلات الهيكلية خليطًا من العضلات ذات الانقباض الســريع والبطيء. وتحدد نســبة هذا الخليط وراثيًّا. وعندما تكون نسبة الألياف البطيئة إلى الألياف الســريعة الانقباض مرتفعة جدًّا يكون الشــخص عدّاءً جيدًا في السباقات الطويلة (سباق الضاحية). أما رافعو الأثقال فلديهم نسبة عالية من الألياف السريعة الانقباض. وعادة ما تكون عضلات غالبية الناس بين هاتين الحالتين.

مختبر تحليل البيانات 1-1

بناءً على بيانات حقيقية

تفسير البيانات

كيف ترتبط نسبة الألياف البطيئة الانقباض مع عمل العضلة؟ يمكن تحديد نسبة الألياف العضلية البطيئة الانقباض إلى السريعة الانقباض بأخذ قطعة صغيرة من العضلة وصبغها بصبغة تســمى صبغة إنزيم بناء الطاقة (ATPase)، فتصبغ الألياف العضلية السريعة الانقباض ذات المحتوى العالي من ATP باللون البني الداكن.

البيانات والملاحظات

العضلة	الوظيفة	نسبة الألياف البطيئة لانقباض
الأخمصية (الرجل)	ترفع القدم	87
ذات الرأسين الفخذية (الرجل)	تثني الساق	67
المثلثة (الكتف)	ترفع الذراع	52
القصّية الترقوية الصدغية (الرقبة)	تحرك الرأس	35
عضلة محجر العين (الوجه)	تغلق الجفن	15

أخذت البيانات في هذا المختبر من:

Lamb, D.R. 1984. physiology of Exercise . New York: Macmillan Co.

التفكير الناقد

1. **افترض** حلّل بيانات الجدول، وضع فرضية تفسر لماذا تحتوي عضلة ســاق الرجل الأخمصية على ألياف بطيئة الانقباض أكثر من عضلة محجر العين.
2. **صنّف** العضلات، معطيًا أمثلة على عضلات سريعة الانقباض.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

التقويم 2–1

الخلاصة

- هناك ثلاثة أنواع من العضلات.
- تنتظم العضلات الهيكلية في أزواج متضادة، بحيث تعمل عضلة عكس الأخرى.
- تبطن العضلات الملساء العديد من الأعضاء الداخلية.
- توجد العضلات القلبية في القلب فقط.
- تقوم جميع العضلات بعمليات الأيض الهوائية واللاهوائية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **صمّم** لوحة تتضمن قائمة بأوجه الشبه والاختلاف بين أنواع العضلات الثلاثة.
2. **حدّد** أنواع كل من العضلات الإرادية واللاإرادية.
3. **فسّر** لماذا يحدث التنفس الهوائي قبل تخمر حمض اللاكتيك في معظم العضلات؟
4. **قارن** بين دور الميتوكندريا في الليف العضلي السريع الانقباض والليف العضلي البطيء الانقباض.

التفكير الناقد

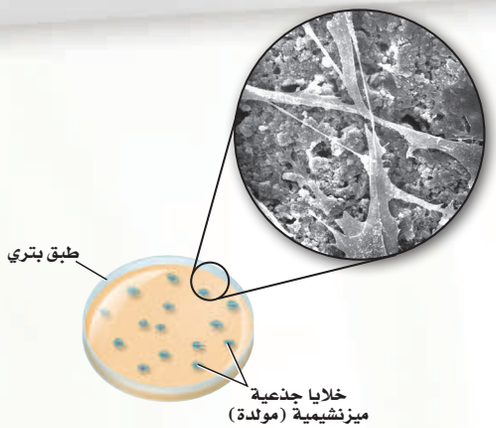
5. **استنتج** نسبة اللحم الداكن (العضلات) إلى اللحم الأبيض في الديك الرومي البري تكون أعلى مقارنة بالديك الرومي الذي يُربى في المزارع. لماذا يساعد ذلك على طيران الديك الرومي البري مسافات أطول من الديك الرومي الداجن؟
6. الكتابة في علم الأحياء اكتب قصة قصيرة تعبر فيها عن سلسلة الأحداث المرتبطة مع انقباض العضلات الهيكلية. ابدأ قصتك من أيونات الكالسيوم.

تنمية العظام في المختبر: نموذج أطباق بتري

كيف تتم زراعة الأنسجة في المختبر؟

هندسة الأنسجة هي عملية إعادة تنمية بعض أنسجة جسم الإنسان بدءًا بالمستوى الخلوي. وتساعد هندسة الأنسجة على نمو الغضاريف والأعصاب، والعظام، والأسنان، ونسيج الثدي والشرايين. ويستخدم العلماء مواد مصنعة ودعامات لتوفر للخلايا بيئة مشابهة للجسم. وهذه الدعامات ـ عادة ـ عديدة التبلمر، ولها ثقوب كالإسفنج تتسع للكثير من الخلايا؛ لتلتصق بها وتنمو. كما تسمح المادة العديدة التبلمر بانتشار الغذاء من خلالها. وتتحلل هذه المادة فيما بعد، عندما ينمو النسيج بصورة متماسكة، ولا يبقى هناك حاجة إلى هذه الدعامات. ومن المهم تحديد كيف تتواصل الخلايا بعضها مع بعض ومع البيئة من حولها، وكيف تتحرك الخلايا المحيطة بها. وتُنتجُ الخلايا الجذعية الميزنشيمية (mesenchymal) عظمًا وغضروفًا ووترًا وأسنانًا ودهنًا وجلدًا. وتعدّ هذه الخلايا مسؤولة عن النسيج الضام في نخاع العظم؛ فعندما تموت الخلايا بصورة طبيعية في الجسم تستقبل الخلايا الجذعية من النسيج الميزنشيمي إشارة لكي تتمايز وتتحول إلى النسيج الذي يحتاج إليه الجسم. ويرجو العلماء أن يتمكنوا من استعمال هذه الخلايا في نشاطات هندسة الأنسجة؛ للحصول عليها من نخاع العظم.

تطور هندسة الأنسجة على الرغم من أن الجلد كان أول عضو تم تنميته بفعل هندسة الأنسجة، بحيث أصبح متوافرًا للإنسان، إلا أن التطور الكبير حدث في مجال تنمية النسيج العظمي؛ إذ يتم وضع سبيكة تقليدية ناعمة الملمس من التيتانيوم في الورك والركبة. ويتفاعل الجسم مع هذه السطوح الملساء ويغطيها بنسيج ليفي يعيق عمل هذه السبائك داخل الجسم.



بعد ثمانية أسابيع أنتجت الخلايا الجذعية طبقة سميكة من خلايا العظم.

ولأن للعظم وللأنسجة الأخرى نتوءات يبلغ قطرها 100 nm فإن علماء الهندسة الطبية يحاولون قياس خلايا العظم التي ترتبط أفضل ما يمكن مع المعدن الذي له سطح بارز بمقياس نانوميتر مناسب للعظم؛ حيث يساهم هذا الأمر في تطوير الورك الصناعي والركبة والزرعات الأخرى. وتمنع هذه الأجزاء ذات البروز رفض الجسم لها، وتجعله يعمل بفاعلية. وتساعد عملية زراعة خلايا العظم في طبق بتري الباحثين على استخدام التكنولوجيا الدقيقة (تقنية النانو) في تصميم وزراعة قطع تعمر فترة أطول، وتعمل في الجسم على نحو أفضل.

الكتابة في علم الأحياء

ابحث عن مهن في هندسة الأنسجة أو الهندسة الطبية تتعلق بالموضوعات التي نوقشت سابقًا. وصمّم كتيبًا لتثقيف أفراد المجتمع حول هذه المهن والتخصصات، على أن يتضمن أحدث ما توصل إليه العلم من إنجازات في هذا المجال، وطريقة البحث العلمي والخلفية العلمية الضرورية، وضمّنه كذلك بعض الصور والرسوم التوضيحية.

مختبر الأحياء

كيف يمكنك تعرُّف المخلوق الحي من خلال مجموعة مختلفة من العظام؟

الخلفية النظرية: لكل مخلوق حي فقاري هيكل عظمي يتميز بخصائص محددة، منها طول العظام وشكلها، وتستخدم هذه الخصائص في تحديد هوية العديد من المخلوقات الحية، ومثال ذلك الديناصورات. سيزودك معلمك بمجموعة من العظام المختلفة لمخلوق ما أو صور لها، والمطلوب فحصها لتعرف المخلوق الحي الذي تعود إليه هذه العظام.

سؤال: هل من الممكن أن يدلّك تركيب العظام وشكلها على نوع الحيوان؟

المواد والأدوات

- ثلاثة عظام غير معروفة أو صور لها.
- مجموعة إرشادات.
- هياكل عظمية لحيوانات مختلفة أو صورها*.
- عدسة يدوية.
- مسطرة مترية.
- خيط.

احتياطات السَّلامة

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اجمع المواد التي ستستعملها لتفحُّص الهياكل العظمية، وحدد الأنواع التي ستقيسها.
3. احصل على ثلاث عظمات داخل كيس بلاستيكي مغلق أو صور لها، ومجموعة إرشادات من معلمك، ولا تفتحها إلا إذا طُلب إليك ذلك.
4. صمِّم جدولاً للبيانات لتسجيل قياساتك.
5. افحص العظام، وقارنها بالهياكل أو الصور، وقارن بعضها ببعض.
6. أجْرِ قياساتك، وسجّل بياناتك.

* انظر مرجعيات الطالب صفحة (170) الهياكل العظمية.

7. افتح الإرشادات، وتفحّص بياناتك وإجابتك.
8. نظّف الأدوات، وأعِدْها إلى مكان تخزينها.

حلل ثم استنتج

1. **حلّل البيانات** اعتمادًا على ملاحظاتك وقياساتك، حدّد المخلوقات الحية التي جاءت منها هذه العظام.
2. **وضح البيانات** كيف استعملت المعلومات المتعلقة بالشكل والحجم لتساعدك على تحديد الحيوان الذي تعود إليه هذه العظام؟
3. **قوِّم** هل اختلفت استنتاجاتك بعد أن اطلعت على بعض المعلومات؟ وضّح الأسباب إذا كانت استنتاجاتك مختلفة.
4. **قارن** ما أوجه الشبه والاختلاف التي لاحظتها بين العظام أو الصور التي فحصتها وعظام الهيكل العظمي للإنسان؟
5. **اربط** أي الهياكل العظمية تُشابه في معظم خصائصها الهيكل العظمي للإنسان؟
6. **سجِّل** استنتاجاتك.

الملصقات وجد علماء الأحافير من خلال دراستهم للعظام أنّ لديهم القدرة على تحديد نوع المخلوق الحي وعمره باستعمال هيكله العظمي. ابحث في خصائص الهياكل العظمية، ثم اعمل ملصقًا يبين ما تعلمته.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 1

دليل مراجعة الفصل

المطويات **ميز.** استخدم ما تعلمته لتميز بين أنواع العضلات الثلاث. فيم تختلف هذه العضلات بعضها عن بعض؟ وفيم تتشابه؟ ولماذا؟

المفردات	المفاهيم الرئيسة
1–1 الجهاز الهيكلي	
الهيكل المحوري الهيكل الطرفي العظم الكثيف الخلية العظمية العظم الإسفنجي نخاع العظم الأحمر نخاع العظم الأصفر الخلية العظمية البانية تكوين العظم (التعظم) الخلية العظمية الهادمة الأربطة	**الفكرة الرئيسة** **لقد وهب الله تعالى للإنسان الهيكل العظمي لكي يُكسب الجسمَ شكله، ويوفر له الدعامة، ويحمي الأعضاء الداخلية، ومنها القلب والرئتان والدماغ.** • يتكوّن الهيكل العظمي للإنسان من جزأين. • تتكوّن معظم العظام من نوعين مختلفين من الأنسجة. • تتجدّد العظام باستمرار. • تعمل العظام بالتناسق مع العضلات. • للهيكل العظمي وظائف كثيرة مهمة.
1–2 الجهاز العضلي	
العضلة الملساء العضلة اللاإرادية العضلة القلبية العضلة الهيكلية العضلات الإرادية الوتر الليف العضلي الميوسين الأكتين القطعة العضلية	**الفكرة الرئيسة** **تختلف أنواع الأنسجة العضلية الثلاثة بعضها عن بعض في التركيب والوظيفة.** • هناك ثلاثة أنواع من العضلات. • تنتظم العضلات الهيكلية في أزواج متضادة، بحيث تعمل عضلة عكس الأخرى. • تبطن العضلات الملساء العديد من الأعضاء الداخلية. • توجد العضلات القلبية في القلب فقط. • تقوم جميع العضلات بعمليات الأيض الهوائية واللاهوائية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 1 التقويم

1-1

مراجعة المفردات

وضّح الاختلاف بين المصطلحات في كل مجموعة مما يأتي:

1. العظم الإسفنجي، العظم الكثيف.
2. الأوتار، الأربطة.
3. الخلايا العظمية البانية، الخلايا العظمية الهادمة.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

استخدم الشكل أدناه لتجيب عن السؤال 4.

4. أيّ مما يأتي يتضمن نوع المفاصل في الصورة أعلاه؟
   a. الورك.
   b. الفقرات.
   c. المرفق.
   d. الجمجمة.

5. أيّ مما يأتي لا يعد وظيفة للعظم؟
   a. إنتاج فيتامين د.
   b. الدعم الداخلي.
   c. حماية الأعضاء الداخلية.
   d. تخزين الكالسيوم.

استخدم الشكل الآتي لتجيب عن السؤال 6.

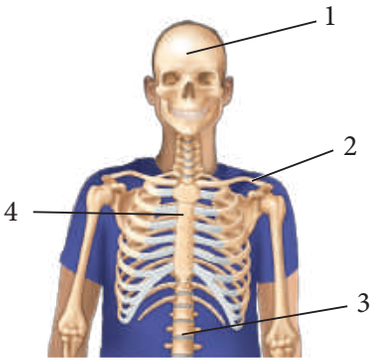
6. ما خصائص الجزء المشار إليه بالسهم في الصورة؟
   a. لا يحوي خلايا حية.
   b. يحوي نخاعًا عظميًّا.
   c. يُعد النوع الوحيد من النسيج العظمي في العظام الطويلة.
   d. يتكون من أنظمة وحدات العظم المتداخلة.

7. أيّ المصطلحات الآتية غير متطابقة؟
   a. الجمجمة – الدرزات.
   b. الرسغ – المفصل المداري.
   c. الكتف – المفصل الكروي.
   d. الركبة – المفصل الرزي.

8. ماذا تُسمى الخلايا التي تتخلص من الأنسجة العظمية الهرمة؟
   a. العظمية البانية.
   b. العظمية.
   c. العظمية الهادمة.
   d. العظمية الإنزيمية المحللة.

9. أيّ مما يأتي لا يُعَد جزءًا من الهيكل المحوري؟
   a. الجمجمة.
   b. الأضلاع.
   c. عظم الورك.
   d. العمود الفقري.

10. أيّ مما يأتي يعد جزءًا من الهيكل الطرفي؟



a. 1 **b.** 2
c. 3 **d.** 4

أسئلة بنائية

11. إجابة مفتوحة. صِفِ المضاعفات الناتجة إذا كانت جميع عظام الإنسان من النوع الإسفنجي، ولا يوجد لديه عظام كثيفة.

12. إجابة مفتوحة. صِفِ المضاعفات الناتجة لو كانت جميع عظام الإنسان عظامًا كثيفة ولا يوجد فيه عظام إسفنجية.

13. إجابة قصيرة. قارن بين وظيفة كلٍّ من الخلية العظمية البانية والخلية العظمية الهادمة؟

التفكير الناقد

14. حلّل الموقف الآتي: دخل شخص يعاني من كسر في الكاحل إلى غرفة الطوارئ. أيّ التراكيب يجب فحصها في كاحل المريض لتحديد العلاج اللازم؟

15. كوّن فرضية. ماذا يمكن أن يحدث لعظام امرأة إذا لم تتناول المزيد من الكالسيوم في أثناء فترة الحمل؟

1–2

مراجعة المفردات

اختر المصطلح الذي لا ينتمي إلى كل مجموعة من الآتي، وفسر ذلك:

16. أكتين، ميلانين، ميوسين.

17. عضلات قلبية، عضلات ملساء، عضلات سريعة الانقباض.

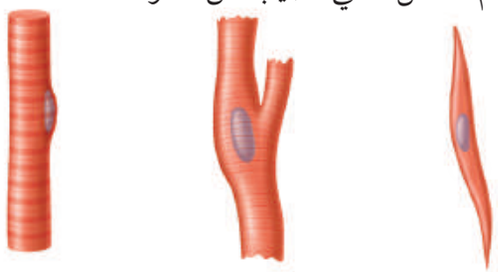
18. قطعة عضلية، ليف عضلي، ميوجلوبين.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

19. ما الذي يحتاج إلى ATP؟

a. انقباض العضلات.
b. انبساط العضلات.
c. انقباض العضلات وانبساطها.
d. لا انقباض العضلات ولا انبساطها.

استخدم الشكل الآتي لتجيب عن السؤال 20.



(A) **(B)** **(C)**

20. أيّ الأشكال تصنف على أنها خلية عضلية إرادية؟

a. A **b.** B
c. C **d.** C،B،A

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

1 تقويم الفصل

21. من خصائص الألياف العضلية السريعة الانقباض أنها:

a. تحوي ميوجلوبين أكثر من الألياف البطيئة الانقباض.
b. مقاومة للإعياء.
c. تحوي ميتوكوندريا أقل من الألياف البطيئة الانقباض.
d. تحتاج إلى كميات كبيرة من الأكسجين لتقوم بوظيفتها.

أسئلة بنائية

22. إجابة قصيرة. قارن بين تركيب كل من العضلات الهيكلية والملساء والقلبية.

23. إجابة قصيرة. فسّر بناءً على تركيب الألياف العضلية، لماذا تستطيع العضلات الانقباض، لكنها لا تستطيع زيادة طولها؟

التفكير الناقد

24. توقع. ما المضاعفات المحتملة إذا كان للعضلات الملساء والقلبية تركيب العضلات الهيكلية؟

25. استنتج. ما أهمية ألّا تحوي العضلة أليافًا سريعة الانقباض أو بطيئة الانقباض فقط؟

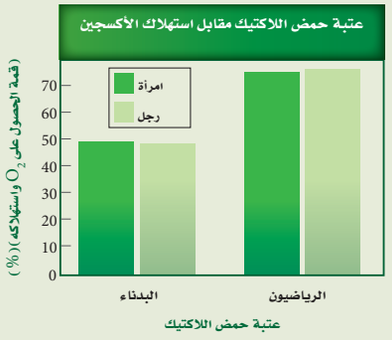
تقويم إضافي

26. الكتابة في علم الأحياء تخيل أنك مراسل لمجلة صحية، اكتب مقالة قصيرة حول حاجة الجهازين العضلي والهيكلي إلى الكالسيوم.

أسئلة المستندات

يحرق الرياضيون الدهون بأقصى سرعة عندما يمارسون الرياضة ليصلوا إلى عتبة حمض اللاكتيك (أي الدرجة التي يبدأ عندها تجمع حمض اللاكتيك في العضلات). بالإضافة إلى ذلك فإن الرياضيين الذي يستهلكون كميات كبيرة من الأكسجين في أثناء التمارين المكثفة – قمة VO_2 (وهي الدرجة الأعلى التي يستطيع عندها الجسم الحصول على الأكسجين واستهلاكه) – يحرقون دهونًا أكثر. قارن الباحثون عتبة حمض اللاكتيك باستهلاك الأكسجين (VO_2) – لدى الأشخاص الذين يعانون من زيادة في الوزن والذين لا يمارسون الرياضة، والرياضيين.

استعمل الرسم البياني للإجابة عن الأسئلة الآتية:



27. ما نسبة الحصول على قمة VO_2 واستهلاكه التي حدثت عندها عتبة حمض اللاكتيك في الأشخاص البُدناء؟

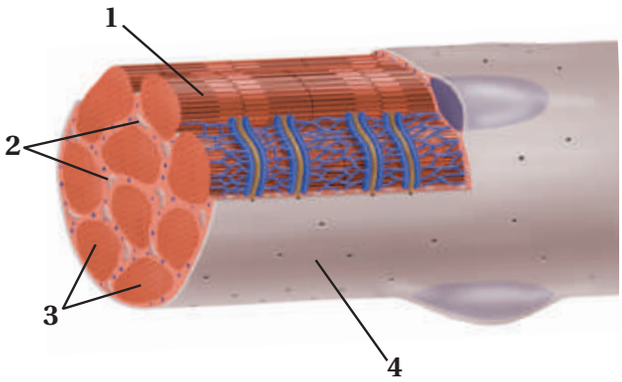
28. كيف يمكن لشخص بدين لا يمارس الرياضة أن يزيد من الحصول على قمة VO_2 واستهلاكه وعتبة حمض اللاكتيك أيضًا؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استخدم الشكل أدناه للإجابة عن السؤال 1.



1. ما الجزء العضلي المستخدم في التنفس الخلوي؟

a. 1 **b.** 2
c. 3 **d.** 4

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 2.

2. أين يوجد هذا النوع من المفصل في جسم الإنسان؟

a. المرفق والركبة.
b. أصابع اليدين والقدمين.
c. الأكتاف والأرداف.
d. الرسغ والكاحل.

3. ما نوع العظام التي تُصنّف على أنها عظام غير منتظمة؟

a. الساق. **b.** الجمجمة.
c. الفقرات. **d.** الرسغ.

4. ماذا يحدث للعضلات الهيكلية عندما تتحرك ألياف الأكتين في اتجاه منتصف القطعة العضلية؟

a. تنقبض. **b.** تنمو.
c. تنبسط. **d.** تتمدد.

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤال 5.

نوع العضلات	الوظيفة
العضلات الهيكلية	ترتبط بالعظم وتُشد عندما تنقبض لتسبب الحركة.
العضلات الملساء	تحيط بالأعضاء الداخلية الفارغة كالمعدة والأمعاء والمثانة والرحم.
عضلات مخططة، لاإرادية	

5. العضلات التي لم توصف في الجدول السابق توجد في:

a. القلب. **b.** الكلى.
c. بطانة الأوعية الدموية. **d.** بطانة الأوعية اللمفية.

6. أين تُخزن الدهون في العظام؟

a. العظم المتراص.
b. الخلايا العظمية.
c. النخاع الأحمر.
d. النخاع الأصفر.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الإجابات القصيرة

7. صِفْ كيف يتحول الغضروف في الجنين إلى عظمٍ لاحقًا.

8. صِفْ نوعين من المفاصل.

9. صف كيف تتم حركة العضلة ذات الرأسين والعضلة ذات الرؤوس الثلاثة في الذراع؟

10. فسّر لماذا تكون العضلات دائمًا على شكل أزواج متضادة؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

11. كيف تربط عمل ألياف الأكتين والميوسين بانقباض العضلات؟

سؤال مقالي

تُجرى كل عام أكثر من 50,000 جراحة لعلاج المفاصل أو تغييرها، ويتم في هذه العمليات إزالة الترسبات أو خلايا العظم الزائدة حول المفصل وتنظيفه، مما يعيد إلى المفصل وظيفته. كما تتضمن هذه العمليات تغيير المفاصل، حيث يستعاض عن المفصل الطبيعي المتآكل بمفصل اصطناعي يؤدي بعد ذلك وظيفته الطبيعية. وتجرى عمليات استبدال المفاصل للركبة، والحوض والكتف.

استنادًا إلى الفقرة السابقة، أجب عن السؤال الآتي في صورة مقالة.

12. يستبدل الأطباء مفصل الركبة أو الحوض للمرضى الكبار السن الذين هم عادة أقل حركة من الأصغر سنًّا، وهذا ما ينصح به الأطبا. فسّر ذلك.

يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
الفصل / القسم	1–2	1–1	1–1	1–2	1–2	1–1	1–1	1–1	1–2	1–2	1–2	1–1
الصف	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 2 الجهاز العصبي

Nervous System

الفكرة العامة الجهاز العصبي ضروري لاتصال الخلايا والأنسجة والأعضاء بعضها ببعض.

2–1 تركيب الجهاز العصبي

الفكرة الرئيسة توصّل الخلايا العصبية السيالات العصبية التي تمكّن الخلايا والأنسجة والأعضاء من تمييز المنبه والاستجابة له.

2–2 تنظيم الجهاز العصبي

الفكرة الرئيسة الجهاز العصبي المركزي والجهاز العصبي الطرفي هما الجزءان الرئيسان للجهاز العصبي.

2–3 تأثير العقاقير

الفكرة الرئيسة تغير بعض العقاقير وظيفة الجهاز العصبي.

حقائق في علم الأحياء

- يستطيع السيال العصبي الانتقال بسرعة قد تصل إلى 402 km/h.
- يوجد أكثر من 100 بليون خلية عصبية في الدماغ فقط .
- تستطيع خلية عصبية واحدة أن ترتبط بـ 1000 خلية عصبية أخرى.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تجربة استهلالية

كيف تنتقل المعلومات في الجهاز العصبي؟

يتعرض الجسم للأصوات، والروائح، والمناظر، والمذاقات، والتواصل الجسمي باستمرار، ويحس الجهاز العصبي بهذه المنبهات، ويفسرها، ويستجيب لها، ويتفاعل معها بطرائق تمكّن الإنسان من البقاء على قيد الحياة. وستقوم في هذه التجربة بعمل نموذج لعمليات التواصل.

خطوات العمل

1. حدد لكل طالب في المجموعة المكونة من أربعة طلاب واحدًا من الأدوار الآتية: المستكشف، الناقل، المفسّر، المنفّذ.
2. نفّذ جلسة عصف ذهني لحالات لمس جسم ساخن، حيث تستقبل الحواس المعلومات، ثم تستجيب لها.
3. اعمل نموذجًا لحالة واحدة، على أن يصف المستكشف ما يحسّ به للناقل، الذي يمرر المعلومات إلى المفسر، الذي يقرر بدوره استجابة الجسم. ثم يمرر الناقل بعدئذ الاستجابة إلى المنفذ ليقوم بها.
4. كرر الخطوة 3 مع ثلاث حالات أخرى مختلفة.

التحليل

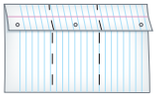
فسّر ما العوامل التي تجعل الحالات التي قمت بعمل نماذج لها تختلف في سرعة الاستجابة؟

المطويات
منظمات الأفكار

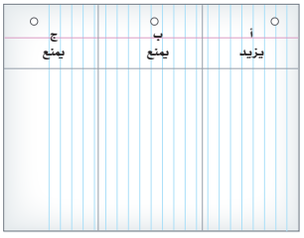
تأثير العقاقير اعمل المطوية الآتية لمساعدتك على فهم الآثار الإيجابية والسلبية للعقاقير.

الخطوة 1: اطوِ ورقة أفقيًّا لتكوّن ثلاثة أجزاء طولية كما في الشكل الآتي:

الخطوة 2: افتح الورقة المطوية أفقيًّا، واطوِها من الطرف العلوي بمقدار 5 cm.



الخطوة 3: ارسم خطًّا ليكوّن ثلاثة أعمدة، وعنونها كما في الشكل الآتي:



المطويات **استخدم هذه المطوية في القسم 3-2.** في أثناء دراستك لهذا القسم سجل في العمود المناسب ما تتعلمه عن كيفية إحداث العقاقير تغييرات في الجهاز العصبي.

العمود أ: يزيد سرعة تكوين النواقل العصبية (المواد العصبية الناقلة).

العمود ب: يمنع الناقل العصبي من مغادرة التشابك العصبي.

العمود جـ: يمنع النشاط الطبيعي لمحاكاة تركيبها مع المواد الكيميائية الأخرى.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

2-1

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

الأهداف

- **تحدد** الأجزاء الرئيسة للخلية العصبية، وتصف وظيفة كلٍّ منها.
- **تفسر** كيف يشبه السيال العصبي الإشارة الكهربائية، وكيف ينتقل على طول الخلية العصبية.

مراجعة المفردات

الانتشار Diffusion: حركة عشوائية للجسيمات تنتقل خلالها من الوسط الأكثر تركيزًا إلى الأقل تركيزًا ليصبح التوزيع متساويًا.

المفردات الجديدة

الخلية العصبية
الزوائد الشجيرية
جسم الخلية
محور الخلية العصبية
رد الفعل المنعكس
جهد الفعل
عتبة التنبيه
العقدة
التشابك العصبي
النواقل العصبية

تركيب الجهاز العصبي
Structure of the Nervous System

الفكرة الرئيسة **توصل الخلايا العصبية السيالات العصبية التي تمكّن الخلايا والأنسجة والأعضاء من تمييز المنبه، والاستجابة له.**

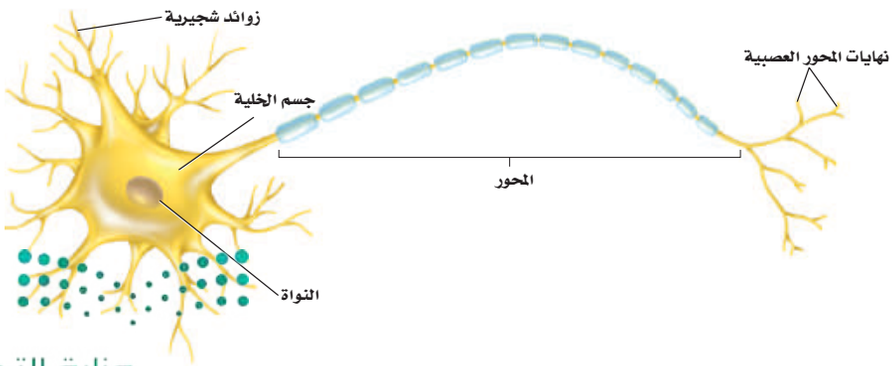
الرَبط مع الحياة لعلك استيقظت يومًا لصلاة الفجر، وفي طريقك إلى الوضوء اصطدمت إصبع قدمك بزاوية السرير، وقد عرفت مباشرة ما حدث. فهل أحسست بالألم خلال ثانية، أم أقل من ذلك؟ كيف وصلت هذه الرسالة إلى دماغك بسرعة كبيرة؟

الخلايا العصبية Neurons

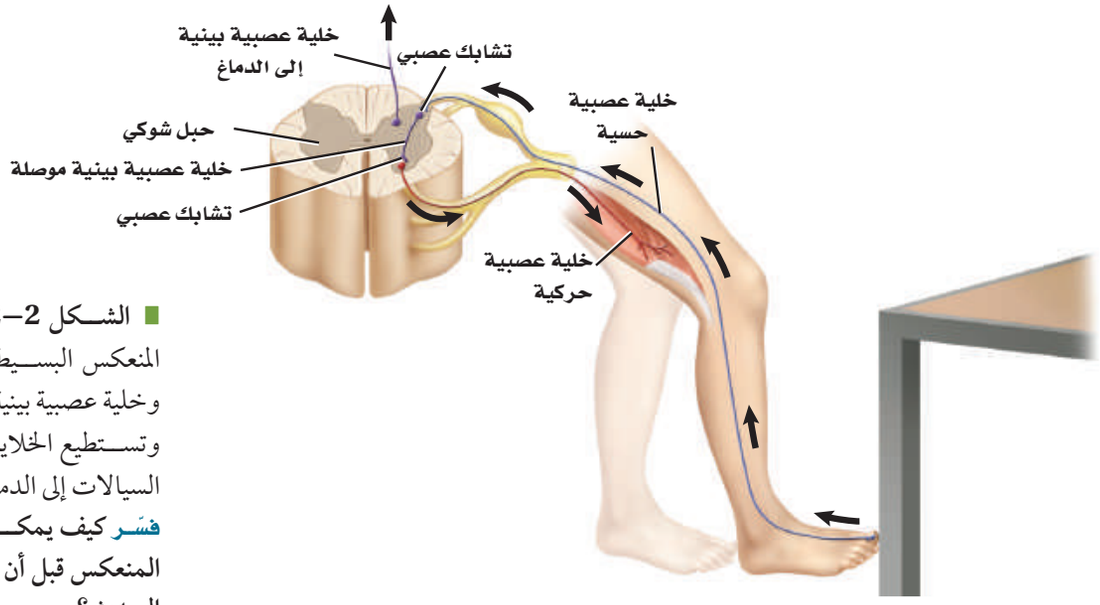
للكهرباء والكيمياء دور في إيصال الرسالة المتعلقة بارتطام إصبع القدم بالسرير إلى الدماغ. و**الخلايا العصبية** neurons خلايا متخصصة أبدعها الخالق جل وعلا لكي تساعد على جمع المعلومات عن البيئة من حولنا، وتفسيرها، والاستجابة لها. وتكوّن الخلايا العصبية شبكة اتصالات في الجسم، تسمى الجهاز العصبي. وسوف تتعلم المزيد عن كيفية عمل شبكة الاتصالات هذه كهربائيًّا وكيميائيًّا لاحقًا في هذا الفصل.

يبين **الشكل 1 –2** أن الخلية العصبية تتكون من ثلاثة أجزاء رئيسة، هي: **الزوائد الشجيرية** dendrites، و**جسم الخلية** cell body، و**المحور** axon. وتستقبل الزوائد الشجيرية إشارات تُسمى السيالات من الخلايا العصبية. وتحوي الخلية العصبية أكثر من مجموعة من الزوائد الشجيرية، ويحوي جسم الخلية العصبية النواة والكثير من العضيات. أما المحور فينقل السيالات العصبية من جسم الخلية إلى خلايا عصبية أخرى وإلى العضلات والغدد.

ماذا قرأت؟ **اربط** بين الشجيرات العصبية والمحاور وأجسام الخلايا العصبية.



الشكل 1–2 هناك ثلاثة أجزاء رئيسة للخلية العصبية، هي: الزوائد الشجيرية، وجسم الخلية، والمحور. والخلايا العصبية منظمة وبالغة التخصص وتكوّن شبكات معقدة.



الشكل 2–2 يتضمن رد الفعل المنعكس البسيط خلية عصبية حسية، وخلية عصبية بينية، وخلية عصبية حركية. وتستطيع الخلايا العصبية البينية نقل السيالات إلى الدماغ.

فسّر كيف يمكن أن يكتمل رد الفعل المنعكس قبل أن يتمكن الدماغ من تفسير الحدث؟

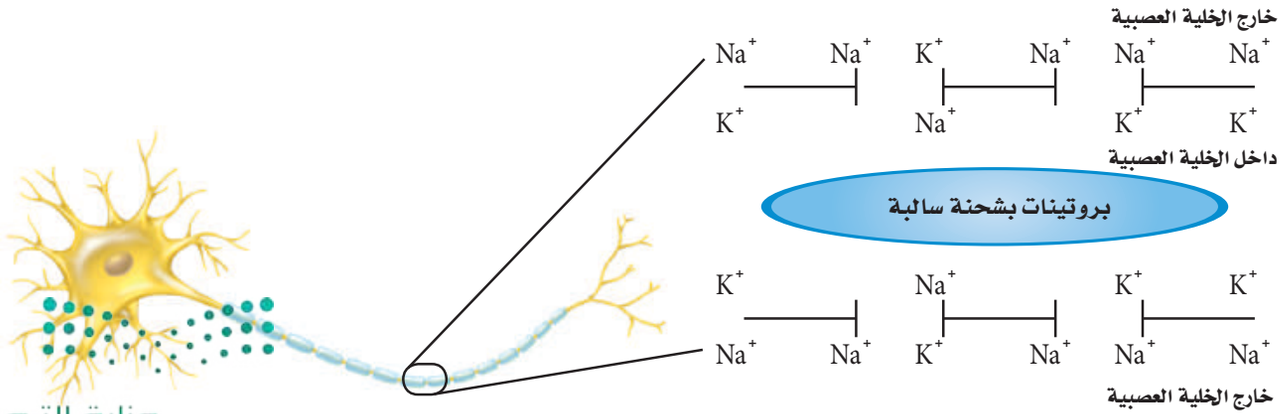
هناك ثلاثة أنواع من الخلايا العصبية: الخلية العصبية الحسية، والخلية العصبية البينية (الموصلة)، والخلية العصبية الحركية. ترسل الخلايا العصبية الحسية إشارات من المستقبلات الموجودة في الجلد وأعضاء الحس إلى الدماغ والحبل الشوكي. وترسل الخلية العصبية الحسية إشارة إلى الخلايا العصبية البينية الموجودة في الدماغ والحبل الشوكي. كما تنقل الخلايا البينية أيضًا إشارات إلى الخلايا العصبية الحركية، ثم إلى الغدد والعضلات، بعيدًا عن الدماغ والحبل الشوكي؛ لتتم الاستجابة لها. ارجع إلى **الشكل 2– 2** لتتبع مسار السيال العصبي لرد فعل منعكس لاإرادي بسيط. وتكمل هذه السيالات العصبية ما يسمى **رد الفعل المنعكس** reflex arc؛ وهو مسار عصبي يتكون من خلايا عصبية حسية، وأخرى بينية، وثالثة حركية. لاحظ عدم اشتراك الدماغ في رد الفعل المنعكس هذا. ويعدّ رد الفعل المنعكس تركيبًا رئيسًا في الجهاز العصبي.

السيال العصبي Nerve impulse

الربط بالفيزياء السيال العصبي شحنة كهربائية تنتقل على طول الخلية العصبية. وينتج السيال عن مثير كاللمس، أو عن صوت كصوت المؤذن للصلاة.

خلية عصبية وقت الراحة Neuron at rest يبين **الشكل 3–2** خلية عصبية وقت الراحة – لا توصل السيال العصبي. لاحظ وجود أيونات صوديوم (Na^+)

الشكل 3–2 توزيع أيونات الصوديوم والبوتاسيوم، ووجود جزيئات بروتين سالبة الشحنة في السيتوبلازم ـ يبقى داخل الخلية مشحونًا بشحنة سالبة أكثر من خارجها عندما تكون الخلية في وقت الراحة.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

خارج الخلية أكثر مما في داخلها. والعكس صحيح لأيونات البوتاسيوم (K^+)؛ حيث توجد أيونات بوتاسيوم داخل الخلية أكثر مما في خارجها.

وتنتشر الأيونات عبر الغشاء البلازمي من الوسط الأكثر تركيزًا إلى الوسط الأقل تركيزًا. وتعوق البروتينات في الغشاء البلازمي انتشار أيونات الصوديوم والبوتاسيوم. وتُسمى هذه البروتينات مضخّة الصوديوم والبوتاسيوم؛ إذ تنقل أيونات الصوديوم خارج الخلية وأيونات البوتاسيوم داخلها بالنقل النشط.

ويقابل كل أيونين من البوتاسيوم يُضخان إلى داخل الخلية العصبية ضخ ثلاثة أيونات صوديوم إلى خارجها، مما يؤدي إلى عدم التوازن في توزيع أيونات البوتاسيوم الموجبة، فينتج عنه شحنة موجبة خارج الخلية العصبية، وشحنة سالبة للسيتوبلازم داخل الخلية العصبية.

جهد الفعل Action potential جهد الفعل اسم آخر للسيال العصبي. وتسمى أقل شدة للمنبه تُسبب إنتاج جهد الفعل **عتبة التنبيه** threshold. ولا يُولِّدُ المنبه الأقوى بالضرورة جهد فعل أقوى. ويوصف عمل جهد الفعل بقانون "الكل أو العدم"؛ ويعني ذلك أن يكون السيال العصبي قويًّا لدرجة تكفي لينتقل عبر المحور، أو لا يكون كذلك.

وعندما يصل المنبه إلى عتبة التنبيه تفتح قنوات في الغشاء البلازمي، فتدخل أيونات الصوديوم سريعًا داخل الخلية العصبية عبر هذه القنوات، مسببة انعكاسًا مؤقتًا للشحنات الكهربائية. ويصبح داخل الخلية مشحونًا بشحنة موجبة، مما يسمح بفتح قنوات أخرى لتنتقل أيونات البوتاسيوم عبر هذه القنوات، فيصبح خارج الخلية ذا شحنة كهربائية سالبة. ويبيّن **الشكل 4– 2** أن هذا التغير في الشحنات ينتقل على شكل موجات على طول محور الخلية العصبية.

المفردات

الاستعمال العلمي مقابل الاستعمال الشائع

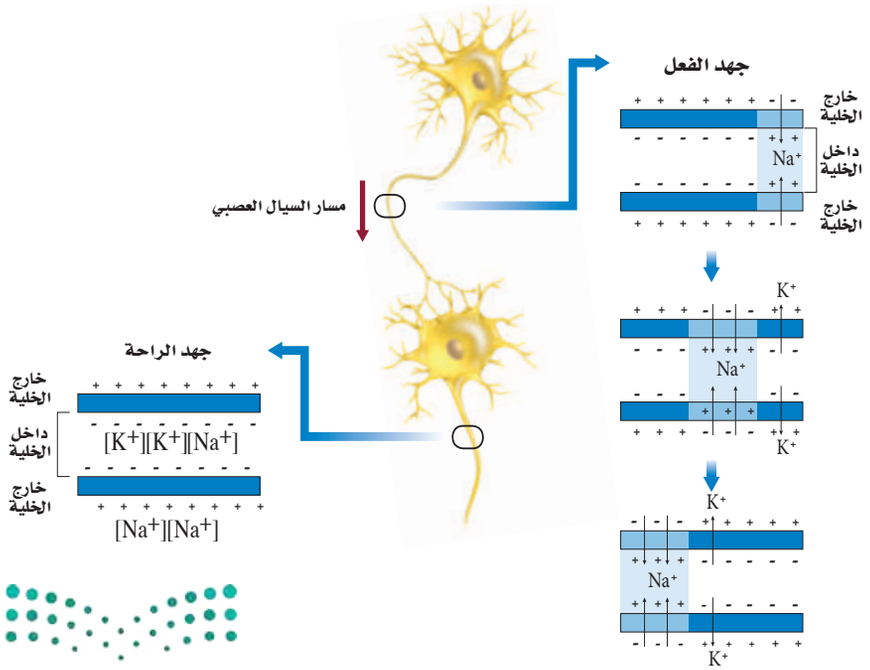
قناة Channel

الاستعمال العلمي: ممر تمر من خلاله المعلومات على شكل أيونات وجزيئات.

يمر السيال العصبي عبر الخلية العصبية عندما تفتح القنوات في الغشاء البلازمي.

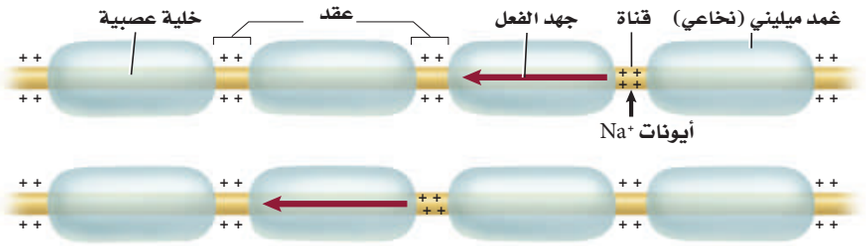
الاستعمال الشائع: الجزء العميق من النهر أو الميناء.

تمر السفن الكبيرة عبر قناة السويس.



الشكل 4 –2 تتبع جهد الفعل عندما يمر على طول المحور من اليمين إلى اليسار. ولاحظ ما يحدث لأيونات الصوديوم والبوتاسيوم، وكيف يغير هذا الشحنات الكهربائية داخل الخلية العصبية وخارجها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 5–2 سيال عصبي ينتقل من عقدة إلى أخرى عبر المحور المغلف بغمد الميلين.

فسر ماذا يحدث عند العقدة عندما ينتقل سيال عصبي عبر محور ميليني؟

سرعة جهد الفعل Speed of an action potential تختلف سرعة جهد الفعل؛ فالعديد من محاور الخلايا العصبية مغلّفة بمواد دهنية تُسمى الميلين myelin، وهي تشكل طبقة عازلة حول المحور تُسمى الغِمد الميليني (النخاعي). وهناك العديد من الاختناقات على طول المحور تُسمى **العقد** nodes. وكما في **الشكل 5–2**، لا تستطيع أيونات الصوديوم والبوتاسيوم الانتشار عبر الغمد الميليني، ولكنها تستطيع أن تصل إلى الغشاء البلازمي عند هذه العقد، ويسمح هذا لجهد الفعل بالانتقال الوثبي من عقدة إلى أخرى، مما يساعد على زيادة سرعة نقل السيال العصبي على طول المحور. ويحوي جسم الإنسان خلايا عصبية ميلينية وأخرى غير ميلينية. فالخلايا العصبية الميلينية خلقها الله تعالى لتنقل السيال العصبي المتعلق بالألم الحاد. أما الخلية العصبية غير الميلينية فتنقل السيال العصبي المتعلق بالألم الخفيف النابض. إذ ينتقل جهد الفعل في الخلية العصبية غير الميلينية أبطأ مما هو عليه في الخلية العصبية الميلينية. تُرى، أيّ نوع من الخلايا العصبية كان له دور في نقل الإشارة العصبية عندما ارتطم إصبع قدمك بحافة السرير؟

ماذا قرأت؟ وضح العلاقة بين عتبة التنبيه وجهد الفعل.

تجربة علمية

ما مدى سرعة استجابتك؟

ارجع لدليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

تجربة استطلاعية

مراجعة: بناءً على ما قرأته عن السيال العصبي، وفي ضوء ما قرأته عن جهد الفعل، كيف تجيب الآن عن أسئلة التَّحليل؟

تجربة 1–2

استقصِ رد الفعل المنعكس لرمْش العين

ما العوامل التي تؤثر في رد الفعل المنعكس لرَمش العين؟ هل ركبت السيارة يومًا، ثم اصطدم شيء بالزجاج أمامك؟ لقد رَمشت عيناك. يحدث رد الفعل المنعكس لرمش العين عندما تغلق جفون العين ثم تفتح مرة أخرى بسرعة، وهذا الفعل استجابة لاإرادية للمنبهات يفسرها الدماغ على أنها ضارة ومؤذية. وتنتقل السيالات العصبية المتعلقة برد الفعل المنعكس لرمْش العين مسافات قصيرة تستغرق ملّي ثانية، لتسمح برد فعل منعكس سريع لمنع إلحاق ضرر بالعين.

خطوات العمل

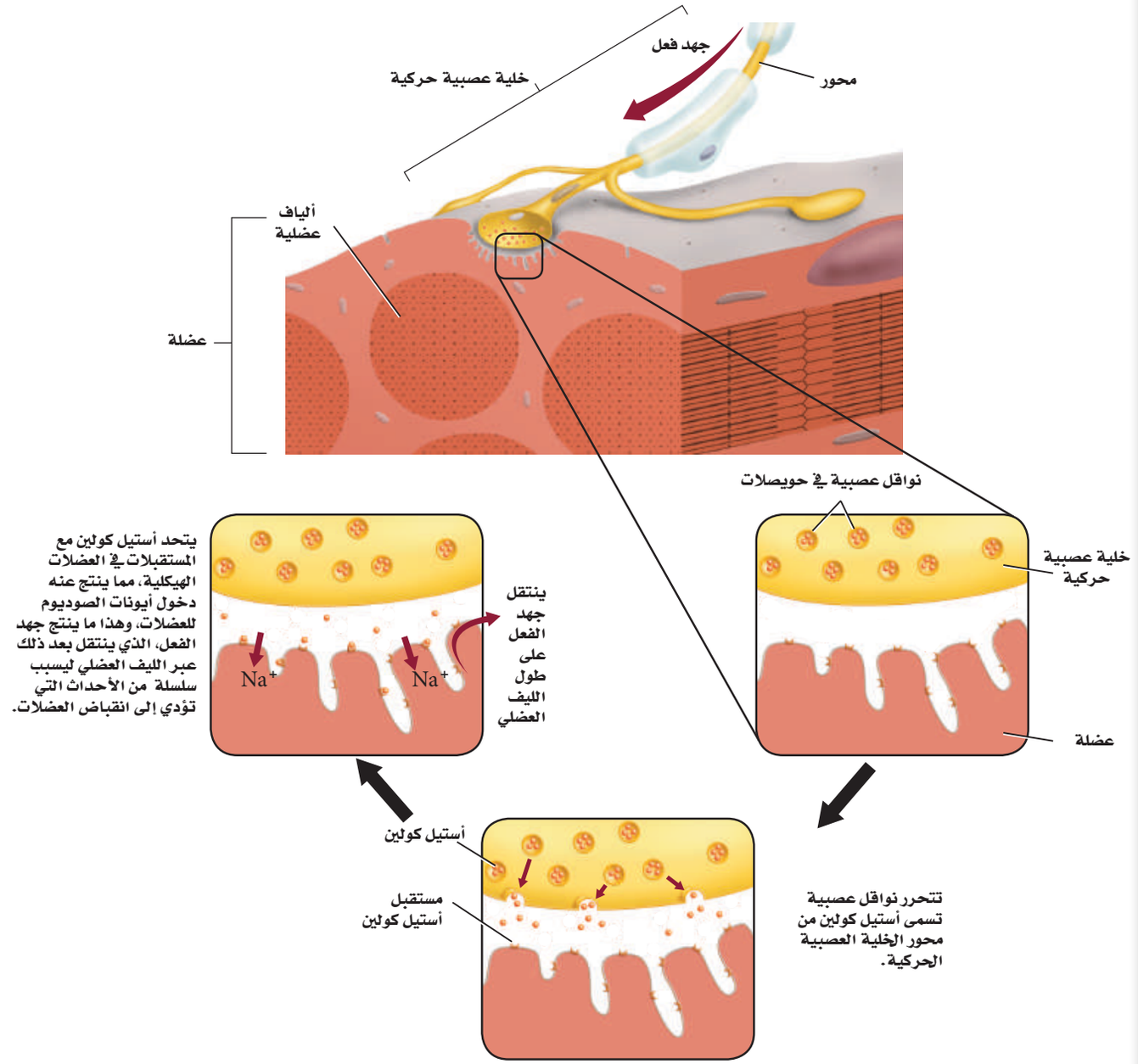
1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. شَكِّل مجموعة مكونة من ثلاثة طلاب. الأول يتطوع ويجلس خلف حاجز من قطعة الأكريليك مساحتها $1m^2$، والثاني يراقب استجابات الأول ويسجّلها.
3. يقف الشخص الثالث على بعد 1m من حاجز، ويقذف كرة التنس بلطف لترتطم بالحاجز.
4. كرر الخطوة 3، وسجل استجابة الشخص بعد كل محاولة.
5. قم بعصف ذهني للمتغيرات التي تؤثر في استجابة الشخص. وتوقع تأثير كل رد فعل منعكس لرمْش العين.

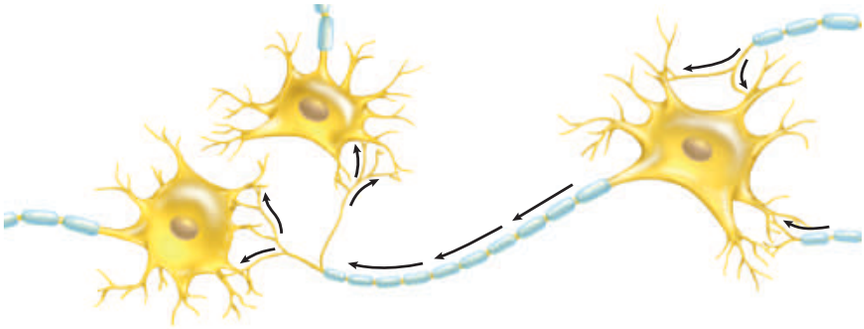
التحليل

فسّر البيانات هل أدرك الطالب الأول (المتطوع) المنبهات في كل محاولة بالطريقة نفسها؟ فسّر إجابتك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشـــكل 6 – 2 يحدث انقباض العضلات الإرادي عندما تحفز إشارة من الدماغ تكوين جهد فعل في خلية عصبية حركية، فينتقل جهد الفعل هذا على طول الخلية العصبية الحركية، مما يؤدي إلى تحرير مواد النواقل العصبية لتعطي إشارة للألياف العضلية لتنقبض.





الشكل 7–2 يمكن أن تقوم خلية عصبية واحدة بعدة تشابكات مع خلايا عصبية أخرى.

التشابك العصبي The Synapse يوجد فراغ صغير بين محور خلية عصبية وشجيرات خلية عصبية أخرى يسمى **التشابك العصبي** synapse، وعندما يصل جهد الفعل إلى نهاية محور الخلية العصبية تلتحم أكياس صغيرة تُسمى الحويصلات تحمل نواقل عصبية مع الغشاء البلازمي، وتتحرر هذه النواقل بعملية تسمى الإخراج الخلوي. وعندما تتشابك خلية عصبية حركية مع خلية عضلية ـ كما في **الشكل 6 – 2** ـ تتحرر النواقل العصبية عبر منطقة التشابك العصبي وتسبب انقباض العضلة.

الربط مع الكيمياء **النواقل العصبية** neurotransmitters مواد كيميائية تنتشر عبر التشابك العصبي، وترتبط بالمستقبلات الموجودة على الزوائد الشجيرية لخلية عصبية مجاورة. ويؤدي ذلك إلى فتح قنوات في الخلية المجاورة مسببة جهد فعل جديدًا.

وهناك أكثر من 25 نوعًا من مواد النواقل العصبية. وعندما تتحرر هذه المواد إلى التشابك العصبي لا تبقى هناك طويلاً؛ إذ يعتمد ذلك على نوع المادة العصبية الناقلة؛ فبعضها قد ينتشر سريعًا بعيدًا عن التشابك، أو يحلّلها إنزيم. ومن الجدير بالذكر أن بعض النواقل العصبية المتحللة يُعاد تدويرها وتستخدم ثانية. ويبين **الشكل 7– 2** أن خلية عصبية واحدة يمكن أن تتشابك مع خلايا عصبية عديدة أخرى.

التقويم 1–2

الخلاصة

- هناك ثلاثة أجزاء رئيسة للخلية العصبية.
- هناك ثلاثة أنواع من الخلايا العصبية.
- السيال العصبي شحنة كهربائية تُسمى جهد الفعل.
- تستخدم الخلايا العصبية مواد كيميائية وشحنات كهربائية لنقل السيال العصبي.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **قارن** كيف يشبه الجهاز العصبي الإنترنت من حيث كونه شبكة اتصالات؟
2. **استنتج** لماذا تعدّ الطاقة ضرورية لعكْس اتجاه انتشار أيونات الصوديوم والبوتاسيوم عبر الغشاء البلازمي للخلية العصبية؟
3. **وضح** إذا كانت الأعصاب الحسية في القدم اليمنى لشخص لا تعمل قط، فهل يشعر بالألم إذا تعرضت قدمه لحروق شديدة؟

التفكير الناقد

4. الرياضيات في علم الأحياء يمتد العصب الوركي من أسفل الحبل الشوكي إلى القدم. إذا كان طول هذا العصب عند شخص 0.914 m، وسرعة جهد الفعل 107 m/s، فما المدة الزمنية التي يستغرقها السيال العصبي لينتقل على طول هذا العصب كاملاً؟
5. **خطط لتجربة** يمكن أن يجريها مختص في علم الأعصاب ليثبت أن جهد الفعل ينتقل عبر محور ميليني لخلية عصبية أسرع منه عبر محور غير ميليني.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

2-2

تنظيم الجهاز العصبي
Organization of Nervous System

الأهداف

- **تبتكر** مخططًا يوضح الأقسام الرئيسة للجهاز العصبي.
- **تقارن** بين الجهاز العصبي الجسمي والجهاز العصبي الذاتي.

مراجعة المفردات

الإحساس Sensory: نقل السيالات العصبية من أعضاء الحس إلى المراكز العصبية.

المفردات الجديدة

الجهاز العصبي المركزي
الجهاز العصبي الطرفي
المخ
النخاع المستطيل
القنطرة
تحت المهاد
الجهاز العصبي الجسمي
الجهاز العصبي الذاتي
الجهاز العصبي السمبثاوي
الجهاز العصبي جار السمبثاوي

الفكرة الرئيسة **الجهاز العصبي المركزي والجهاز العصبي الطرفي هما الجزءان الرئيسان للجهاز العصبي.**

الربط مع الحياة افترض أنك تؤدي اختبارًا، وعندما حاولت الإجابة عن السؤال الأول كنت غير متأكد من كيفية الإجابة عنه، ولكن عندما ركزت وتخيلت صفحة الكتاب عادت إليك ذاكرتك، وأجبت عنه. تُرى، كيف يحدث ذلك؟

الجهاز العصبي المركزي Central Nervous System

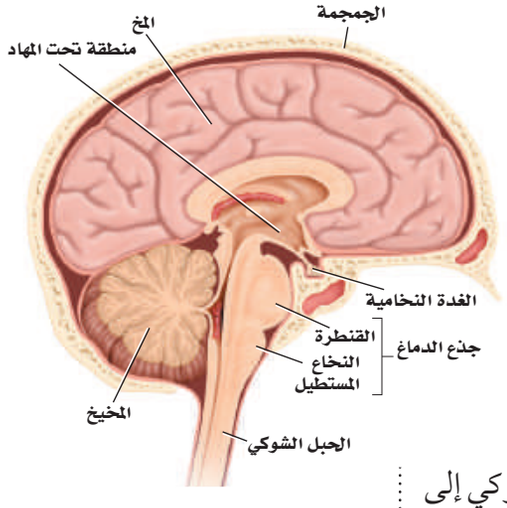
يتكون الجهاز العصبي من جزأين رئيسين هما:

الجهاز العصبي المركزي Central Nervous System (CNS)، **والجهاز العصبي الطرفي** Peripheral Nervous System (PNS). ويتكون الجهاز العصبي المركزي من الدماغ والحبل الشوكي. أما الجهاز العصبي الطرفي فيتكون من الخلايا العصبية الحسية، والخلايا العصبية الحركية التي تنقل المعلومات من الجهاز العصبي المركزي وإليه.

ويتكون الجهاز العصبي المركزي غالبًا من خلايا عصبية موصلة، وظيفتها تنسيق جميع نشاطات الجسم. ويوصل الجهاز العصبي المركزي الرسائل، ويعالج المعلومات، ثم يحلل الاستجابات. فعندما تحمل الخلايا العصبية الحسية المعلومات المتعلقة بالبيئة إلى الحبل الشوكي يمكن أن تستجيب الخلايا العصبية البينية (الموصلة) عن طريق رد الفعل المنعكس، أو توصل المعلومات إلى الدماغ، حيث يتم معالجتها.

الشكل 8-2 عصف ذهني

درس العلماء الدماغ لآلاف السنين، واستقصوا طرائق لمعالجة الأمراض العصبية.



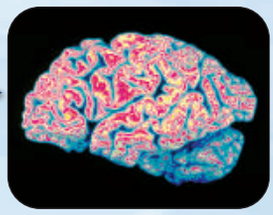
الشكل 9 – 2

يمين: صورة دماغ إنسان تبين مقاطع واضحة محددة.

يسار: الأجزاء الرئيسة في الدماغ هي المخ، والمخيخ، وجذع الدماغ.

وبعض الخلايا العصبية في الدماغ ترسل رسائل عن طريق الحبل الشوكي إلى الخلايا العصبية الحركية، فيستجيب لها الجسم بصورة ملائمة. كما تستطيع خلايا عصبية أخرى في الدماغ تخزين المعلومات لتستدعيها لاحقًا.

الدماغ The brain يوجد في الدماغ أكثر من 100 بليون خلية عصبية. ولأن الدماغ يحافظ على الاتزان الداخلي ويؤدي دورًا في جميع نشاطات الجسم، لذا يطلق عليه أحيانًا المركز المسيطر على جسم الإنسان. تفحص **الشكل 8 – 2** لمعرفة الأحداث المهمة التي أدت إلى فهم وظائف الدماغ. ويُعد **المخ** cerebrum أكبر جزء في الدماغ ويُقسم إلى جزأين، يُسمّى كل منهما نصف كرة المخ. ولا يعمل نصفا كرة المخ منفصلين أحدهما عن الآخر، بل يرتبطان معًا بحزمة من الأعصاب. والمخ مسؤول عن عمليات التفكير، والتعلم، والكلام، واللغة، وحركات الجسم الإرادية، والذاكرة، والإدراك الحسي. وتحدث معظم عمليات التفكير المعقدة قريبًا من سطح الدماغ. وتزيد التلافيف والانثناءات المخية على سطح المخ ـ كما في **الشكل 9– 2** ـ من مساحة سطح الدماغ لتسمح بعمليات تفكير أكثر تعقيدًا.



1901م تم تشخيص أول حالة عُرفت بمرض الزهايمر (الخرف) لرجل يدعى أوغستي يبلغ من العمر 51 عامًا.

1981م تم استعمال الفلوكسيتين بوصفه أول علاج لمرض الاكتئاب.

2000

1950

1900

1885م أصبحت استجابة رد الفعل المنعكس للركبة أحد العناصر الرئيسة في الفحص العصبي، بعد أن وجد أن مرضى الزهري يفقدون هذه الاستجابة.

1963م تم وصف نظرية جهد الفعل التي تفسر العمليات الكيميائية في إرسال الرسائل في الجسم لأول مرة.

2005م استطاع الباحثون الحصول على خلايا دماغ فعالة من زراعة خلايا جذعية لدماغ في الفئران.

يقع المخيخ cerebellum في الجهة الخلفية أسفل المخ، ويسيطر على اتزان الجسم، ويحافظ على وضعه وتنسيق حركاته. كما ينظم المخيخ المهارات الحركية البسيطة التلقائية، ومنها النقر على لوحة مفاتيح الحاسوب، أو ركوب الدراجة.

أما جذع الدماغ brain stem فيربط الدماغَ بالحبل الشوكي. ويتكون من جزأين، هما: النخاع المستطيل، والقنطرة. ويوصل **النخاع المستطيل** medulla oblongata الإشارات بين الدماغ والحبل الشوكي، كما يساعد على تنظيم سرعة التنفس، وسرعة ضربات القلب أو ضغط الدم. وتوصل **القنطرة** pons الإشارات بين المخ والمخيخ، وتسيطر على معدل التنفس. هل أحسست يومًا بالتقيؤ عندما ضغط الطبيب بأداته على لسانك لفحص الحلق؟ إن الخلايا العصبية الموصلة التي تُعد مركزًا لرد الفعل المنعكس للبلع والتقيؤ والسعال والعطس توجد في النخاع المستطيل.

ماذا قرأت؟ صف الجهاز العصبي المركزي.

تقع منطقة **تحت المهاد** hypothalamus بين جذع الدماغ والمخ. وهي ضرورية للحفاظ على الاتزان الداخلي، وتنظم أيضًا درجة حرارة الجسم، والعطش، والشهية للطعام، والتوازن المائي، والنوم، والخوف، والسلوك الجنسي. وهي بحجم ظفر الإصبع، وتؤدي وظائف أكثر من أي تركيب آخر بحجمها في الدماغ.

الحبل الشوكي Spinal cord الحبل الشوكي عمود عصبي يمتد من الدماغ إلى أسفل الظهر، وتحميه الفقرات. وتمتد أعصاب الحبل الشوكي من الحبل الشوكي إلى أجزاء في الجسم، فتربطها بالجهاز العصبي المركزي. وتعالج ردود الفعل المنعكسة في الحبل الشوكي.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

فني تخطيط الدماغ EEG

يُشغِّل فنيو تخطيط الدماغ آلات تخطيط الدماغ التي تسجل نشاطات الدماغ (الموجات الدماغية).

وتقدم المستشفيات وبعض الجامعات والمعاهد التدريب لمن يرغب منهم في العمل في المستشفيات والعيادات.

مختبر تحليل البيانات 2-1

بناءً على بيانات حقيقية

تفسير البيانات

هل هناك ارتباط بين حجم الرأس والمستوى التعليمي وخطر ظهور أعراض العَتَه؟ في دراسة استغرقت 10 سنوات، تم متابعة حالة 294 امرأة سنويًّا – من ذوات التعليم المتوسط ولم يسبق لهن الإنجاب – من حيث الفقدان المزمن للوظائف العقلية أو العَتَه. وسجلت بيانات عن كل منها، تتعلق بمحيط الرأس، وحجم الدماغ، ومستوى التعليم الذي وصلت إليه.

البيانات والملاحظات

يبين المنحنى في الشكل المجاور النتائج الكلية لهذه الدراسة.

التفكير الناقد

1. **حلّل** ما العلاقة بين خطر الإصابة بالعته وحجم الدماغ والمستوى التعليمي؟
2. **فسر** كيف يمكن شرح الفرق بين المستوى التعليمي وخطر ظهور أعراض العته؟
3. **استنتج** لماذا اختار الباحثون هذه المجموعة لدراستها؟

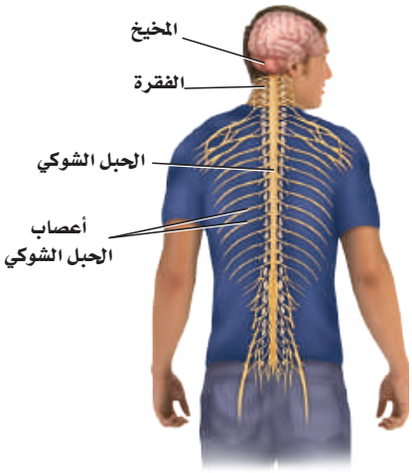
أخذت البيانات في هذا المختبر من:

Mortimer, James. A., et al. 2003. Head circumference, education and risk of dementia: *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology* 25: 671 – 679

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

Peripheral Nervous System

عندما تسمع كلمة عصب ربما تفكر مبدئيًّا في الخلية العصبية. إلا أن العصب ـ في الحقيقة ـ حزمة من المحاور العصبية. وهناك العديد من الأعصاب التي تحوي خلايا عصبية حسية وحركية. فهناك مثلًا 12 زوجًا من الأعصاب الدماغية تمتد من الدماغ وإليه، وكذلك 31 زوجًا من الأعصاب الشوكية وفروعها، تخرج من الحبل الشوكي، كما في **الشكل 10–2**. وتنتقل المعلومات العصبية من الدماغ وإليه عن طريق الخلايا العصبية الحسية والحركية، حيث تشبه الأعصاب الشارع ذا الاتجاهين.



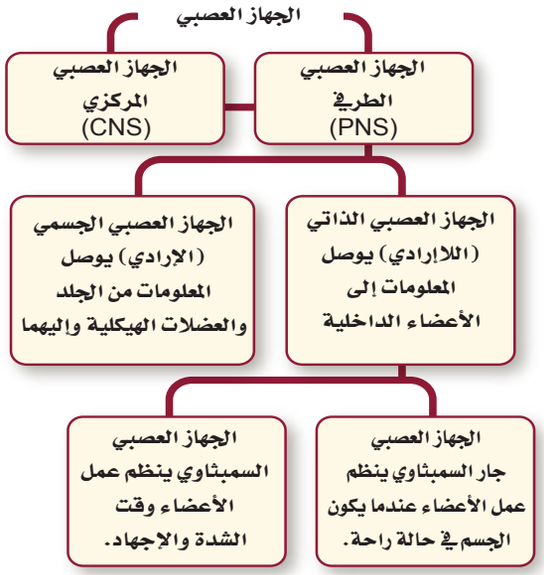
■ **الشكل 10–2** يمتد من الحبل الشوكي 31 زوجًا من الأعصاب الشوكية.

ميِّز ما العلاقة بين الخلية العصبية والعصب؟

انظر **الشكل 11–2**، وأنت تقرأ عن الجهاز العصبي الطرفي. يحوي هذا الجهاز جميع الخلايا العصبية التي لا تعد جزءًا من الجهاز العصبي المركزي، ومنها الخلايا العصبية الحسية والحركية. ويمكن تصنيف الخلايا العصبية في الجهاز العصبي الطرفي أيضًا على أنها جزء من الجهاز العصبي الجسمي، أو جزء من الجهاز العصبي الذاتي.

الجهاز العصبي الجسمي Somatic Nervous System توصل الأعصاب في **الجهاز العصبي الجسمي** المعلومات من المستقبلات الحسية الخارجية إلى الجهاز العصبي المركزي. كما توصل الأعصاب الحركية المعلومات من الجهاز العصبي المركزي إلى العضلات الهيكلية. وهذه العملية إرادية، ولكن ليست كل استجابات الجهاز العصبي المركزي إرادية؛ فبعض الاستجابات تحدث نتيجة رد الفعل المنعكس، الذي تكون استجابته سريعة لأي تغير في البيئة المحيطة.

ولا تتطلب ردود الفعل المنعكسة فكرًا واعيًا، وهي لاإرادية. وتذهب إشارات معظم ردود الفعل المنعكس إلى الحبل الشوكي فقط، لا إلى الدماغ. تذكّر مثال اصطدام إصبع قدمك. عد إلى **الشكل 2–2**، ولاحظ رد الفعل المنعكس الموضح على أنه جزء من الجهاز العصبي الجسمي.



■ **الشكل 11–2** يعمل كل جزء من الجهاز العصبي على تنظيم الجسم، والتواصل مع الأجزاء الأخرى.

الجهـاز العصبـي الذاتـي Autonomic Nervous System هل تذكر آخر مرة رأيت فيها حلمًا مفزعًا؟ ربما استيقظت وقتها وأدركت أن قلبك يخفق. هذا النوع من الاستجابة ناتج عن عمل الجهاز العصبي الذاتي.

يحمل **الجهاز العصبي الذاتي** autonomic nervous system السـيال العصبي من الجهاز العصبي المركزي إلى القلب والأعضاء الداخلية الأخرى. ويستجيب الجسـم لاإراديًّا، وليس تحت سـيطرة الوعي. ويُعد دور الجهاز العصبي الذاتي مهمًّا في حالتيـن مختلفتين. فعندما تمر بك أحلام مزعجـة، أو تكون في وضع مخيف، يسـتجيب الجسم بما يُسمّى استجابة المواجهة أو الهروب، وعندما تهدأ يستريح الجسم، ويقوم بعملية الهضم.

الربـط الصحـة يتكون الجهاز العصبي الذاتي من جزأين يعملان معًا، هما: **الجهاز العصبي السـمبثاوي** sympathetic nervous system الذي يعمل في حالات الطوارئ والإجهاد، وعندئذ تزداد سرعة التنفس والقلب.

ماذا قرأت؟ **قارن** بين الاستجابات اللاإرادية والاستجابات الإرادية.

الجدول 1–2 **الجهاز العصبي الذاتي**

التركيب	المنبه السمبثاوي	المنبه جار السمبثاوي
القزحية (عضلة العين)	تتسع القزحية	تضيق القزحية
الغدد اللعابية	يقل إفراز اللعاب	يزداد إفراز اللعاب
مخاط الفم والأنف	ينخفض إفراز المخاط	يزداد إفراز المخاط
القلب	يزداد معدل نبض القلب	يقل معدل نبض القلب
الرئة	تنبسط عضلات القصيبات	تنقبض عضلات القصيبات
المعدة	يقل انقباض العضلات،ويقل افراز العصارة الهضمية	يزيد انقباض العضلات، ويزيد افراز العصارة الهضمية
الأمعاء الدقيقة	يقل انقباض العضلات، ويقل افراز العصارة الهضمية	يزيد انقباض العضلات، ويزيد افراز العصارة الهضمية
الأمعاء الغليظة	يقل انقباض العضلات	يزيد انقباض العضلات

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

أما الجزء الثاني وهو **الجهاز العصبي جار السمبثاوي** parasympathetic nervous system فيعمل عندما يكون الجسم في حالة الراحة؛ إذ يعادل أو يخفض من أثر الجهاز العصبي السمبثاوي، ويعيد الجسم إلى حالة الاسترخاء بعد المرور بالضغط النفسي والجسدي والإجهاد.

ويبين **الجدول 1-2** مقارنة بين الجهازين، ويوصل هذان الجهازان السيالات العصبية إلى الأعضاء نفسها، ولكن تعتمد الاستجابة الكلية على شدة الإشارات المتضادة.

التقويم 2-2

الخلاصة

- يتكون الجهاز العصبي من جزأين رئيسين، هما: الجهاز العصبي المركزي، والجهاز العصبي الطرفي.
- يتكون الجهاز العصبي المركزي من الدماغ، والحبل الشوكي.
- يتكون الجهاز العصبي الطرفي من الجهاز العصبي الجسمي، والجهاز العصبي الذاتي.
- الجهاز العصبي السمبثاوي والجهاز العصبي جار السمبثاوي فرعان من الجهاز العصبي الذاتي.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة** **قارن** بين تركيب الجهاز العصبي المركزي وتركيب الجهاز العصبي الطرفي، وفسّر العلاقات بينهما.
2. **حدّد** أوجه الشبه والاختلاف بين الجهاز العصبي الجسمي والجهاز العصبي الذاتي.
3. **فسّر** أي أجزاء الجهاز العصبي ذو علاقة باستجابة المواجهة أو الهروب؟ ولماذا تعد هذه الاستجابة مهمة؟

التفكير الناقد

4. **كوّن فرضية** ما نوع الفحوص التي يجريها الباحث للتأكد من عمل أجزاء الدماغ المختلفة؟
5. **صمّم تجربة** تُظهر فيها بالأدلة عمل الجهازين العصبي السمبثاوي وجار السمبثاوي في قزحية العين.
6. **الكتابة في علم الأحياء** اكتب قصة قصيرة تصف فيها وضعًا للقلب يعمل فيه الجهازان العصبي السمبثاوي وجار السمبثاوي معًا للحفاظ على الاتزان الداخلي.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

2-3

الأهداف

- **تحدد** أربع طرائق تؤثر بها العقاقير في الجهاز العصبي.
- **تصف** طرائق مختلفة تُلحق بها العقاقير ضررًا بالجسم وتسبب الموت للإنسان.
- **تفسر** كيف يصبح الإنسان مدمنًا على العقاقير.

مراجعة المفردات

عتبة التنبيه Threshold: أقل شدة يحتاج إليها المنبه ليولّد جهد الفعل.

المفردات الجديدة

العقاقير
الدوبامين
المنبهات
المسكّنات
التحمل
الإدمان

تأثير العقاقير Effects of Drugs

الفكرة الرئيسة **تغيّر بعض العقاقير وظيفة الجهاز العصبي.**

الربط مع الحياة ما العقاقير؟ بعض العقاقير تساعد على الشفاء من الأمراض، وبعضها الآخر يحافظ على الصحة؛ فعندما تصاب بألم في الرأس قد تتناول عقّارًا مثل الأسبرين. وهناك من يسيء استخدام العقاقير عندما يتخذها وسيلة للهروب مؤقتًا من المشكلات الحياتية. ما الطرائق التي تؤدي إلى التمتع بصحة أفضل وتخفف الإجهاد، ولا تتطلب استخدام العقاقير؟

كيف تعمل العقاقير؟ How Drugs Work?

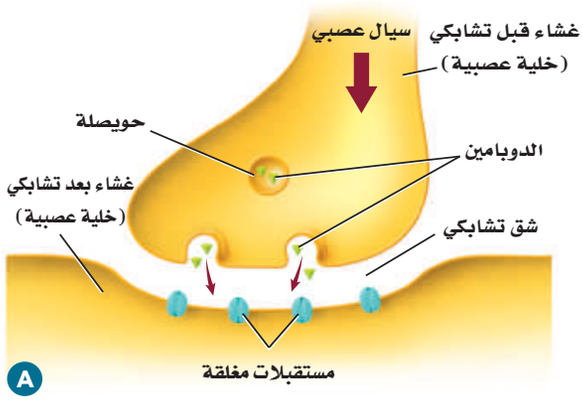
العقاقير Drugs مواد طبيعية أو مصنعة تغير وظيفة الجسم. وهناك عدة أنواع من العقاقير مبينة في **الجدول 2 –2**. توصف المضادات الحيوية بأنها عقاقير لمعالجة عدوى البكتيريا. ويتوافر على رفوف الصيدليات الكثير من العقاقير المسكنة للألم. كما أن هناك الكثير من المواد التي لا يظن الناس أنها عقاقير، ومنها الكافيين والنيكوتين. وهناك العديد من العقاقير المحرمة شرعًا وقانونًا ـ ومنها الكحول وغيره من المسْكرات والمخدرات مثل الهيروين والكوكائين ـ التي تؤثر في الجهاز العصبي بطرائق عدة، منها:

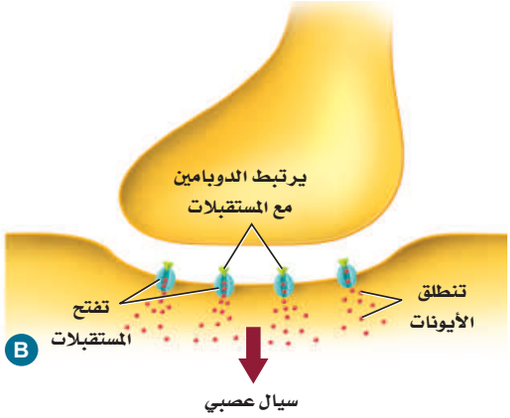
- تسبب زيادة إفراز النواقل العصبية إلى منطقة التشابك العصبي.
- تعمل على تثبيط المستقبلات على الزوائد الشجيرية، فتمنع النواقل العصبية من الارتباط بها.
- تمنع النواقل العصبية من مغادرة منطقة التشابك العصبي.
- قد تتشابه العقاقير والنواقل العصبية في الشكل، فتحل العقاقير محل النواقل العصبية.

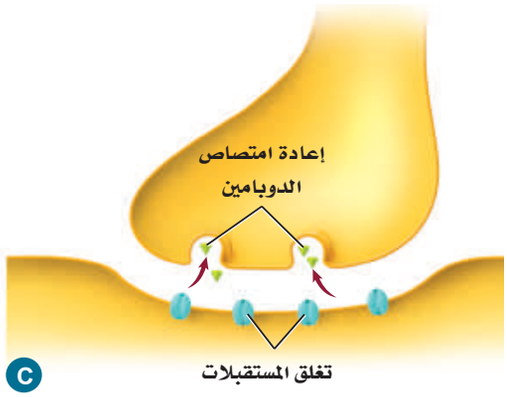
الجدول 2–2 بعض العقاقير المعروفة

الكافيين	أدوية بوصفة طبية	عقاقير دون وصفة طبية	التبغ
القهوة، الشاي، الصودا، الشوكولاتة.	المضادات الحيوية، مسكّنات الألم.	الأسبرين، أدوية الرشح والبرد.	السجائر والسيجار والنرجيلة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445







■ **الشكل 12–2** ينتقل الدوبامين المتحرر في الشق التشابكي ليتّحد مع مستقبلات على غشاء خلية عصبية أخرى، ويحدث هذا في منطقة التشابك العصبي.

العديد من العقاقير المؤثرة في الجهاز العصبي تؤثر في مستوى ناقل عصبي يُسمى الدوبامين. و**الدوبامين** dopamine من النواقل العصبية في الدماغ التي لها علاقة بتنظيم حركة الجسم ووظائف أخرى. وللدوبامين دور فعال في شعور الإنسان بالسعادة والراحة. وعادة ما يتم التخلص من الدوبامين في الشق التشابكي عندما يتم إعادة امتصاصه من الخلية التي أفرزته، كما هو مبين في **الشكل 12–2**.

أنواع العقاقير المتداولة التي يُساء استعمالها
Classes of Commonly Abused Drugs

لا يشمل سوء استعمال العقاقير بالضرورة استعمال العقاقير المرخصة. ويمكن لأي استخدام للعقاقير لأسباب غير طبية، سواء أكان ذلك بقصد أو بغير قصد أن يعدّ إساءة استعمال لها. والعقاقير هي المواد الطبيعية أو المصنعة التي تغير من وظائف الجسم، ومنها:

المنبهات Stimulants العقاقير التي تزيد اليقظة والنشاط الجسمي تُسمى **منبهات** Stimulants. ويبين **الجدول 2– 2** بعضها.

النيكوتين Nicotine يزيد النيكوتين الموجود في السيجار والنرجيلة والسجائر عند تدخينها من كمية الدوبامين التي تطلق إلى التشابك العصبي. وتؤدي مادة النيكوتين إلى تضييق الأوعية الدموية، ورفع ضغط الدم، مما يجعل عمل القلب أكثر صعوبة. ويسبب تدخين السجائر نحو 90% من حالات الإصابة بسرطان الرئة.

الربط بالصحة ضمن جهود وزارة الصحة في المملكة العربية السعودية في تقديم الخدمات العلاجية المختلفة، توفر الوزارة عيادات توعوية وعلاجية لمكافحة التدخين مجانية، لمزيد من المعلومات أرجع إلى موقع البوابة الإلكترونية لوزارة الصحة www.moh.gov.sa الموقع الإلكتروني للحجز بالعيادات التوعوية والعلاجية لمكافحة التدخين www.tcpmoh.gov.sa

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

الصيدلي pharmacist

الشخص المتخصص في علم الأدوية. ودوره يتمثل في صرف الأدوية المكتوبة في الوصفات الطبية من الأطباء المتخصصين مع مراجعة الطرق الصحيحة للاستخدام وتبيين الآثار الجانبية للعقاقير. يتأكد الصيدلي من الاستعمال الآمن والفعال للأدوية.

المُفردات

أصل الكلمة

دوبامين Dopamine

دوبا dopa – تدل على نوع من الأحماض الأمينية.

أمين amine – مشتق من الأمونيا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

إرشادات للدراسة

لوحة اعمل لوحة مكونة من ثلاثة أعمدة، عنوانها تأثير العقاقير. وقبل أن تقرأ هذا الدرس راجع العناوين والمصطلحات والأشكال بالخط الغامق، وحدد ما تعرفه عن العقاقير في العمود الأول، وأدرج في العمود الثاني ما تود معرفته. واكتب في العمود الثالث ما تعلمته من هذا الدرس.

(جدول التعلم KWL)

الكافيين Caffeine يُعَد الكافيين من أكثر المنبهات التي يُساء استخدامها غالبًا. وهو متوافر في القهوة والشاي، وبعض المشروبات الأخرى ومنها مشروبات الطاقة، وحتى في بعض الأطعمة، ومنها الشوكولاتة، انظر **الشكل 13–2**. يعمل الكافيين من خلال الارتباط بمستقبلات الأدينوسين adenosine الموجودة على الخلايا العصبية في الدماغ. حيث يبطئ الأدينوسين النشاط العصبي ويسبب النعاس. ولكن عندما يرتبط الكافيين مع هذه المستقبلات يحدث عكس ذلك؛ فيجعل مستخدمها مستيقظًا.

كما يرفع الكافيين مستوى الإبينيفرين (الأدرينالين) في الجسم بصورة مؤقتة، فيكسبه زخمًا من الطاقة، سرعان ما يتلاشى.

الربط الصحة أن الإكثار من تناول مشروبات الطاقة عن الحد المسموح به، يزيد من نسبة الكافيين في الجسم، مما يؤدي إلى الوفاة المباشرة؛ نتيجة عدم تحمل الجسم لكميات الطاقة الكبيرة الناتجة عن ارتفاع الأدرينالين في الجسم.لذا فانه ضمن برنامج تحقيق التوازن المالي تم إقرار تطبيق ضريبة السلع الانتقائية وهي ضريبة محددة للسلع المتعلقة بالمنتجات الضارة مثل التبغ ومشتقاته والمشروبات الغازية ومشروبات الطاقة.

المسكّنات (المثبطات) Depressants العقاقير التي تقلل من نشاط الجهاز العصبي المركزي هي **المُسكّنات** depressants. وتستطيع هذه المسكنات تخفيض ضغط الدم، وتقليل التنفس، وإبطاء نبض القلب، كما تزيل القلق مؤقتًا، لكنها تسبب الشعور بالنعاس بصورة واضحة.

الكحول Alchohol الكحول من المسكّنات، وتؤثر في الجهاز العصبي المركزي وهي من العقاقير الأكثر استخدامًا في العالم. ويؤثر الكحول في أربع مواد عصبية ناقلة مختلفة مما يسبب شعور الإنسان بالخمول وعدم التركيز عند تناولها. ويعوق استخدام الكحول قدرة الإنسان على التحكم، والتنسيق والاهتمام بالوقت لفترات قصيرة. كما أن استخدام الكحول لفترة طويلة يسبِّب نقصان كتلة الدماغ، وتلف الكبد والمعدة، وقرحة الأمعاء وضغط الدم العالي. ويعدّ استهلاك الكحول في أثناء فترة الحمل المسبب الأول لمتلازمة الكحول لدى الجنين، بحيث يلحق ضررًا بدماغه وجهازه العصبي. وقد أمرنا الله عز وجل باجتنابها، قائلاً: ﴿يَٰٓأَيُّهَا ٱلَّذِينَ ءَامَنُوٓاْ إِنَّمَا ٱلۡخَمۡرُ وَٱلۡمَيۡسِرُ وَٱلۡأَنصَابُ وَٱلۡأَزۡلَٰمُ رِجۡسٞ مِّنۡ عَمَلِ ٱلشَّيۡطَٰنِ فَٱجۡتَنِبُوهُ لَعَلَّكُمۡ تُفۡلِحُونَ ٩٠﴾ المائدة.

■ **الشكل 13–2** هناك الكثير من العقاقير المنبهة المعروفة، ومنها: القهوة، والشاي، والكاكاو، والشوكولاتة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

المُستَنشَقات Inhalants أبخـــرة مواد كيميائية لها تأثيـــر في الجهاز العصبي. وربما يتعرض لها البعض من دون قصد؛ نتيجة التهوية السيئة. وتعمل المستنشقات بوصفها مثبطات للجهاز العصبي المركزي. وربما تُنتج أثرًا قصير الأمد من التســمم والغثيان والتقيؤ، وتؤدي أحيانًا إلى الموت. وينتج عن التعرض للمستنشقات مدة طويلة فقدان الذاكرة والسمع، ومشكلات في الرؤية، وتلف في الجهاز العصبي الطرفي والدماغ.

التحمّل والإدمان Tolerance and Addiction

يحدث **التحمّـــل** tolerance عندما يحتاج الشـــخص إلى المزيد مـــن العقاقير لكي يحصـــل على الأثر نفســـه، مما يضطره إلى زيـــادة الجرعة؛ لأن الجســـم أصبح أقل استجابة للعقار. ويمكن أن يؤدي تحمّل العقاقير إلى الإدمان.

الإدمان Addiction الاعتماد النفسي والفسيولوجي على العقار هو الإدمان. وتفترض الأبحاث الراهنة وجود علاقة للناقل العصبي الدوبامين مع معظـم حالات **الإدمـــان** addiction الفســـيولوجية. تذكّر أن الدوبامين يزول من منطقة التشابك العصبي عن طريق إعادة امتصاصه من الخلية العصبية التي تفرزه.

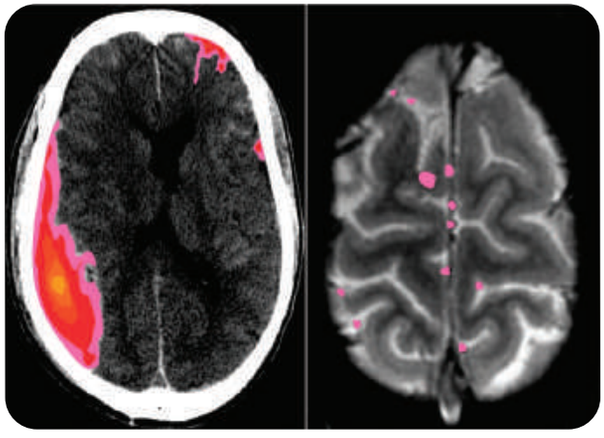
مختبر تحليل البيانات 2-2

بناءً على بيانات حقيقية

تفسير البيانات

هل يمكن مشـــاهدة آثار التعرض للكحول؟ أُعطيت نتائج دراسات طبية لمجموعتين من الطلاب (15 – 16 سنة). تتضمن النتائج التي أعطيت للمجموعة الأولى أشخاصًا مدمنين على شرب الكحول، أما النتائج التـــي أعطيت للمجموعة الثانية فكانت لأشـــخاص لا يتناولون الكحول أبدًا. وتبين الصورة النتائج المثالية لكل مجموعة. ويشـــير اللون الأحمر والوردي في الصورة إلى مقدار نشاط الدماغ المرتبط مع أداء مهام الذاكرة.

البيانات والملاحظات



التفكير الناقد

1. **صف** الاختلاف بين نشاط الدماغ عند مَن يشرب الكحول، ومن لا يشربه.
2. **حلّل** معتمدًا على هذه النتائج، ما العواقب التي تنتج عن شرب الكحول مستقبلًا؟

أخذت البيانات في هذا المختبر من:

Brown, S.A., et al. 2000. Neurocognitive functioning of adolescent: effect of protracted alcohol use. Alcoholism: *Clinical and Experimental Research*. 24: 164-171.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

وتمنع بعض العقاقير إعادة الامتصاص، مما ينتج عنه زيادة الدوبامين في الدماغ. ويحصل المدمن على الارتياح عند زيادة مستوى الدوبامين. ونتيجة لذلك يتناول كمية أكبر من العقاقير. وعندما يحاول التوقف عن تناول العقاقير ينخفض مستوى الدوبامين في الدماغ، مما يجعل الكف عن تناول العقار أمرًا صعبًا.

ويمكن أن يكون الإدمان نفسيًّا أيضًا. فالشخص الذي يعتمد نفسيًّا على عقار -كالماريجوانا مثلًا الذي يعدّ نوعًا من أنواع المخدرات ـ تكون لديه رغبة قوية في استخدام العقار لأسباب انفعالية عاطفية. ويؤثر هذا الاعتماد الفسيولوجي والنفسي في الصحة الجسدية والعاطفية للشخص. ولهذا الاعتماد تأثير قوي، مما يجعل التوقف عن الإدمان أمرًا صعبًا.

العلاج Treatment يعاني الأشخاص الذين يعتمدون فسيولوجيًّا ونفسيًّا على العقاقير أعراضًا صعبة عند منع العقار عنهم. ومن الصعب أن يقرر المدمن ترك الإدمان وحده؛ فربما ينجح في ترك الإدمان فترة قصيرة، لكنه لا يلبث أن يعود إليه مجددًا. ويصبح أمر الإشراف الطبي ضروريًّا عندما يقرر المدمنون فسيولوجيًّا ونفسيًّا التوقف عن تعاطي العقاقير.

إن أفضل طريقة لتفادي الإدمان هو عدم استخدام العقاقير حتى تحت الضغط. لذا شجع من يتعاطى العقاقير على البحث عن علاج للكف عن تناولها. ويدرَّب الأطباء والممرضون والمستشارون والاختصاصيون الاجتماعيون على إرشاد الناس إلى المصادر التي يحتاجون إليها؛ لكي يحصلوا على المساعدة اللازمة. انظر **الشكل 14-2**.

الشكل 14-2 الاستشارة ضرورية دائمًا للتخلص من الإدمان.

وطن يحمي أبناءه

التقويم 2-3

الخلاصة

- تؤثر العقاقير في الجهاز العصبي بأربع طرائق مختلفة.
- بعض المواد المتداولة ـ ومنها الكافيين والكحول ـ تعدّ عقاقير.
- يزيد تناول الكثير من عقاقير الإدمان مستوى الدوبامين.
- يؤدي تعاطي العقاقير إلى عواقب سلبية كبيرة.
- يمكن أن يصبح الشخص مدمنًا نتيجة الاعتماد الفسيولوجي أو النفسي على العقاقير.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **صف** أربع طرائق تؤثر فيها العقاقير في الجهاز العصبي.
2. **قارن** بين آثار كل من المُستَنشَقات، والكافيين، والنيكوتين.
3. **فسّر** لماذا لا يتعارض أثر المنبهات والمسكنات؟
4. **قوّم** لماذا يكون تحصيل الطلاب الذين يستخدمون المنشطات متدنيًا جدًّا؟

التفكير الناقد

5. **خطّط** ضع خطة علاج تساعد الأفراد على التغلب على الإدمان باستخدام معرفتك بالنواقل العصبية.
6. **صمّم تجربة** ربما سمعت كيف يتأثر الناس بالعقاقير بطرائق مختلفة ودرجات مختلفة. صمّم تجربة تحدد فيها معدل وصول العقاقير إلى أنسجة الجسم المختلفة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

أطراف اصطناعية يتحكم فيها الدماغ

خلال عقود خلت، كان المصدر الوحيد لمن يفقد ذراعه أو ساقه نتيجة حادث أو مرض هو تركيب طرف اصطناعي بديل. وقد ساعدت هذه الأطراف الناس على استعادة بعض وظائف الذراع أو الساق الحقيقية. إلا أن فاعليتها كانت محدودة؛ لأن الدماغ لا يسيطر عليها. والأبحاث العلمية الحالية توشك أن تغير كل ذلك.

ما الجراحة التعويضية التي يتحكم فيها الدماغ؟ تمكّن العلماء حاليًّا من تطوير ذراع اصطناعية (روبوت) يمكن السيطرة عليها بالتفكير، ولها أكتاف ومرفق متحرك. وتأخذ اليد شكل القابض، وهو تركيب يعمل كاليد الحقيقية. وقد جربت هذه اليد في البداية على القردة، حيث تم وصل هذه الأذرع بالدماغ باستخدام الزرعات.

كيف تعمل الزرعات؟ تكون الزرعات على شكل مئات الأقطاب الرقيقة بسمك الشعرة. وتوضع هذه الأقطاب في القشرة الحركية لدماغ القرد على أن تغرس 3 mm تحت عظم الجمجمة لكي تلتقط الإشارات العصبية في الدماغ، فتنقل الزرعات الإشارات إلى الحاسوب. وتترجم هذه الإشارات بطرائق رياضية إلى تعليمات للذراع، فتتمكن الذراع خلال 30 جزءًا من ألف من الثانية من التقاط الطعام وإحضاره إلى فم القرد. والذراع مزودة بمحركات عديدة، وتتحرك في اتجاهات ثلاثة كذراع الإنسان، فتستجيب الذراع، وتحضر الطعام إلى القرد عندما يفكر فيه. ويستخدم المريض خلال هذه التجارب ذراعه مستعينًا بعصا تحكم، إلى أن يعتاد العمل مع هذه الذراع. وبعد أن يعتاد على ذلك باستعمال عصا التحكم يقوم العلماء بإزالتها، ويمنعون استعمالها.

وقد دهشوا عندما وجدوا أن الذراع الاصطناعية أصبحت تتحرك استجابة لأفكار المريض. ويرغب العلماء في تطوير التقنية، بحيث يصبح الجهاز لاسلكيًّا تمامًا. وهناك مصدر قلق للعلماء؛ حيث لا تخدم هذه الأقطاب أكثر من ستة أشهر، كما يحدث نتيجة استخدامها تداخل في نقل الرسائل؛ بسبب نمو النسيج.

كيف يمكن أن تساعد هذه الأداة المسيطر عليها من الدماغ في خدمة المجتمع؟ يخطط العلماء لبدء البحث في استخدام هذه الأدوات مع الإنسان في السنوات القليلة القادمة، ويأملون أن يؤدي هذا التواصل بين الدماغ والحاسوب إلى مساعدة المشلولين على استعادة بعض الحركة، أو القدرة على التواصل مع الآخرين. كما تستطيع زرعات الدماغ السيطرة على الروبوتات الصغيرة لأداء المهام اليومية من دون استعمال اليد. وربما تكون هذه الروبوتات مفيدة للأشخاص الأصحاء؛ حيث يمكن استعمالها لأداء مهام معينة في البيئات الخطرة، ومنها مناطق الحروب مثلاً.

الكتابة في علم الأحياء

مقالة صحفية حاول إيجاد نموذج لأداة شبيهة لما وصف في هذه المقالة. استعن بالمواد التي يزودك بها المعلم أو من منزلك، واكتب 200 كلمة تصف اختراعك، وكيف يعمل، معدِّدًا بعض مزاياه.

مختبر الأحياء

كيف يمكن تطوير المسارات العصبية لتصبح أكثر فاعلية؟

الخلفية النظرية: **تخيل أنك تشقّ طريقًا ضيقًا داخل منطقة مليئة بالأشجار، ومع مرور الزمن يصبح الطريق أكثر وضوحًا، وأسهل اختراقًا. وبشكل مشابه، تتطور المسارات العصبية في الدماغ عندما تتعلم شيئًا جديدًا. وكلما مارست ما تعلمته قويت الروابط بين الخلايا العصبية، مما يؤدي إلى مرور السيالات العصبية بصورة أسهل، وأكثر فاعلية في الدائرة.**

سؤال: ما أثر استراتيجيات التعلم في كفاءة الدائرة العصبية؟

المواد والأدوات

- ورق رسم بياني
- قلم
- ورق
- آلة حاسبة

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل مع أحد زملائك في مجموعتك لكتابة قائمة مكونة من 20 كلمة أساسية تصف فيها أشياء طبيعية محددة.
3. اقرأ محتوى القائمة أمام ثلاثة أعضاء من مجموعتك (عينة اختبار)، وبسرعة ودون مناقشة اطلب إليهم كتابة الكلمات كما يتذكرونها.
4. احسب وسجّل نسبة تذكر كل طالب لكل كلمة من الكلمات، وذلك بقسمة عدد الطلاب الذين تذكروا الكلمة على العدد الكلي للطلاب، ثم اضربها في مائة.
5. ارسم رسمًا بيانيًّا لنسب تذكُّر كل كلمة، ولاحظ الأنماط في البيانات.
6. احسب متوسط نسبة تذكر الكلمات، وذلك بجمع نسبة تذكر كل كلمة مقسومًا على 20 ومضروبًا في مئة.
7. قم بعصف ذهني لزيادة معدل نسبة تذكر الكلمات. اختر تقنية واحدة، وتوقع كيف تؤثر في معدل نسبة استرجاع المعلومات وتذكرها. ثم صمِّم تجربة لاختبار توقعك.
8. عندما يوافق معلمك على الخطة نفِّذها على الأشخاص أنفسهم مستعملًا قائمة تتكون من (20) كلمة أخرى تصف طبيعة أجسام محددة.
9. أعد الخطوات 6 – 4 لتقوّم التغيرات في متوسط استرجاع الكلمات.

حلل ثم استنتج

1. **حدّد** الأنماط في نسبة تذكّر البيانات بعد قراءة القائمة أول مرة، وأي الكلمات تم تذكرها أكثر؟
2. **فسّر** النتائج. صِفِ التقنية التي استعملتها لزيادة معدل نسبة التذكر، وقارن بين معدل نسبة التذكر قبل استعمال التقنية وبعده.
3. **حلّل** هل تقوِّي التقنية التي استعملَتْها الدائرة العصبية المسؤولة عن تذكّر قائمة الكلمات كما توقعت؟ وضِّح ذلك.
4. **تحليل الخطأ** حدّد عوامل أخرى غير التي استعملت في التقنية قد تؤثر في معدل نسبة التذكر.

طبق مهارتك

صمم تجربة لتحدد ما إذا كان وضع استراتيجية محددة للتعلم يتساوى في فاعليته مع اختبار موضوعات مختلفة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 2 دليل مراجعة الفصل

المطويات **نشاط** إذا أردت تطوير دواء جديد، فكيف يؤثر دواؤك في الجهاز العصبي؟ وكيف تقرر الآثار الجانبية لهذا الدواء؟

المفردات	المفاهيم الرئيسة
2–1 تركيب الجهاز العصبي	
الخلية العصبية، جهد الفعل، الزوائد الشجيرية، عتبة التنبيه، جسم الخلية، العقدة، محور الخلية العصبية، التشابك العصبي، رد الفعل المنعكس، النواقل العصبية	**الفكرة الرئيسة** **توصل الخلايا العصبية السيالات العصبية التي تمكّن الخلايا والأنسجة والأعضاء من تمييز المنبه، والاستجابة له.** • هناك ثلاثة أجزاء رئيسة للخلية العصبية. • هناك ثلاثة أنواع من الخلايا العصبية. • السيال العصبي شحنة كهربائية تُسمى جهد الفعل. • تستخدم الخلايا العصبية مواد كيميائية وشحنات كهربائية لنقل السيال العصبي.
2–2 تنظيم الجهاز العصبي	
الجهاز العصبي المركزي، الجهاز العصبي الجسمي، الجهاز العصبي الطرفي، الجهاز العصبي الذاتي، المخ، الجهاز العصبي السمبثاوي، النخاع المستطيل، الجهاز العصبي جار السمبثاوي، القنطرة، تحت المهاد	**الفكرة الرئيسة** **الجهاز العصبي المركزي والجهاز العصبي الطرفي هما الجزءان الرئيسان للجهاز العصبي.** • يتكون الجهاز العصبي من جزأين رئيسين، هما: الجهاز العصبي المركزي، والجهاز العصبي الطرفي. • يتكون الجهاز العصبي المركزي من الدماغ والحبل الشوكي. • يتكون الجهاز العصبي الطرفي من الجهاز العصبي الجسمي، والجهاز العصبي الذاتي. • الجهاز العصبي السمبثاوي والجهاز العصبي جار السمبثاوي فرعان من الجهاز العصبي الذاتي.
2–3 تأثير العقاقير	
العقاقير، المسكّن، الدوبامين، التحمل، المنبهات، الإدمان	**الفكرة الرئيسة** **تغير بعض العقاقير وظيفة الجهاز العصبي.** • تؤثر العقاقير في الجهاز العصبي بأربع طرائق مختلفة. • بعض المواد المتداولة ـ ومنها الكافيين والكحول ـ تعدّ عقاقير. • يزيد تناول الكثير من عقاقير الإدمان مستوى الدوبامين. • يؤدي تعاطي العقاقير إلى عواقب سلبية كبيرة. • يمكن أن يصبح الشخص مدمنًا نتيجة الاعتماد الفسيولوجي أو النفسي على العقاقير.

2–1

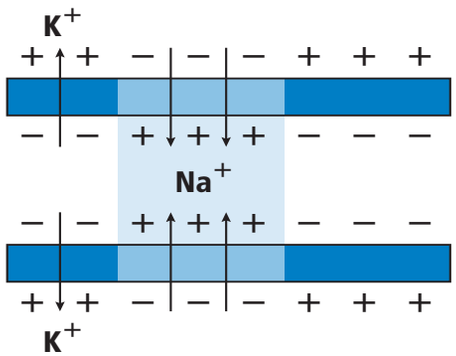
مراجعة المفردات

اختــر من كل مجموعة مما يأتــي المصطلح الذي لا ينتمي إليها، ووضح ذلك:

1. المحور – الزوائد الشجيرية – رد الفعل المنعكس.
2. جسم الخلية – التشابك – النواقل العصبية.
3. الميلين – العقدة – عتبة التنبيه.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

استخدم المخطط الآتي للإجابة عن السؤال 4.



4. ما الذي يبينه المخطط أعلاه؟

a. تدخل أيونات البوتاسيوم الخلية العصبية.
b. تخرج بروتينات سالبة الشحنة من الخلية العصبية.
c. تدخل أيونات الصوديوم الخلية العصبية.
d. تحلّل الغشــاء الميليني، وتسمح بعبور الأيونات عبر الغشاء البلازمي بحرّية.

5. ما المسار الصحيح للسيال العصبي في حالة رد الفعل المنعكس؟

a. خليــة عصبية حركية ← خليــة عصبية بينية ← خلية عصبية حسية.
b. خليــة عصبية بينية ← خليــة عصبية حركية ← خلية عصبية حسية.
c. خلية عصبية حركية ← خلية عصبية حســية ← خلية عصبية بينية.
d. خلية عصبية حســية ← خليــة عصبية بينية ← خلية عصبية حركية.

أسئلة بنائية

6. **كوِّن فرضيــة.** لماذا يحتاج السيال العصبي عندما ينتقل عبــر محور غير ميليني إلى طاقة أكبــر مما إذا كان عبر محور ميليني؟

7. **إجابة قصيرة.** فسّر التناظر الآتي: تشبه الخلية العصبية طريقًا في اتجاه واحد، في حين يشبه العصب طريقًا في اتجاهين.

التفكير الناقد

8. **اســتنتج.** ينتقل جهد الفعل فــي معظم المخلوقات في اتجــاه واحد فقط عبــر الخلية العصبية. اســتنتج ماذا يحدث إذا انتقلت الســيالات العصبية في الإنسان في اتجاهين في خلية عصبية واحدة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 2

2–2

مراجعة المفردات

اختـر من كل مجموعة مما يأتـي المصطلح الذي لا ينتمي إليها، ووضح ذلك:

9. الجهـاز العصبي الجسـمي – الجهـاز العصبي جار السمبثاوي – الجهاز العصبي السمبثاوي.

10. المخ – القنطرة – النخاع المستطيل.

11. الجهاز العصبي الذاتي – الجهاز العصبي الجسـمي – الجهاز العصبي المركزي.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

12. ما الذي يُعد من خصائص الجهاز العصبي السمبثاوي؟

a. يحفز الهضم.
b. يوسع القصبات.
c. يبطئ نبض القلب.
d. يحوّل الجلوكوز إلى جلايكوجين.

استخدم الشكل الآتي لتجيب عن السؤال 13.

13. إذا حدث ضرر للجزء المشـار إليـه في الصورة نتيجة حادث ما، فما أثر ذلك في الشخص؟

a. فقدان الذاكرة كليًّا أو جزئيًّا.
b. تغيّر في درجة حرارة الجسم.
c. عدم المحافظة على توازن الجسم.
d. تسارع في التنفس.

14. مـا الجهاز العصبي الذي تسـيطر عليـه منطقة تحت المهاد في الدماغ؟

a. الإرادي. **b.** الحسي.
c. الطرفي. **d.** الذاتي.

أسئلة بنائية

15. نهايـة مفتوحـة. افترض أنك عضو فـي فريق مناظرة علمية في المدرسـة، وعليك أن تدعم المقولة الآتية: للجهاز العصبي الذاتـي دور أكبر من الجهاز العصبي الجسـمي في اتزان الجسـم الداخلـي. ادعم رأيك بالأدلة.

التفكير الناقد

16. انقـد. ربما سمعت الجملة الآتية "يستخـدم الإنسان 10 % فقط من دماغه". استخدم الإنترنت أو أي مصدر آخر لتجمع بيانات تدعم هذه الفكرة، أو تدحضها.

17. حلّـل. حجم مخ الإنسـان أكبـر كثيرًا مـن حجم مخ المخلوقات الأخرى. ما فائدة ذلك للإنسان؟

2–3

مراجعة المفردات

فسّر الاختلاف بين المصطلحات في كل مجموعة مما يأتي، ثم بيّن كيف ترتبط معًا.

18. المنبهات – المسكنات.

19. التحمل – الإدمان.

20. الدوبامين – العقار.

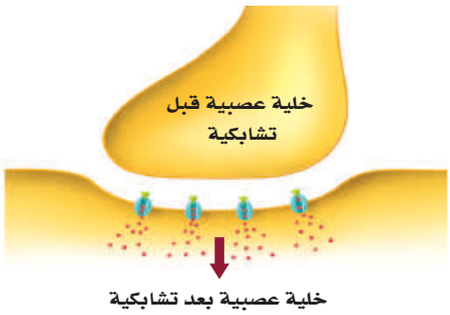
تقويم الفصل 2

تثبيت المفاهيم الرئيسة

21. ما الذي يقلّل نشاط الدماغ؟

a. النيكوتين.
b. الكوكائين.
c. الأدرينالين.
d. الكحول.

استخدم الصورة الآتية للإجابة عن السؤال 22.



22. إذا كان هناك شخص يعاني من الاكتئاب، فما العلاج الذي ينصح به لمعالجة الخلية العصبية قبل التشابكية؟

a. علاج يزيد من سرعة الدوبامين.
b. علاج يزيد إنتاج الدوبامين.
c. علاج يقلّل من مستقبلات الدوبامين.
d. علاج يخفض من امتصاص الدوبامين.

أسئلة بنائية

23. إجابة قصيرة. ماذا يعني إدمان الشخص على العقاقير؟

24. نهاية مفتوحة. ناقش ما ينتج عن حدوث خلل ما للجين المسؤول عن إنتاج الدوبامين.

التفكير الناقد

25. دافع. كوّن استنتاجًا حول الجملة الآتية:

يعدّ إدمان شخص ما على العقاقير أصعب من التوقف عن تعاطيها. ودافع عن موقفك.

تقويم إضافي

26. الكتابة في علم الأحياء اكتب قصة قصيرة عن شخص يسمع صوتًا عاليًا فيخاف. مضمنًا قصتك الأحداث التي يمكن أن تحدث في كل جزء من أجزاء الجهاز العصبي في هذه التجربة.

أسئلة المستندات

استخدم الجدول الآتي في الإجابة عن السؤالين 27و28.

معدل وزن الدماغ (g)

النوع	الوزن (g)	النوع	الوزن (g)
الحوت	6930	الكلب	72
الفيل	6000	القطة	30
البقرة	425 – 458	السلحفاة	0.3 – 0.7
الإنسان البالغ	1300 – 1400	الفأر	2

27. هل تَظهر علاقة بين حجم الجسم ووزن الدماغ؟

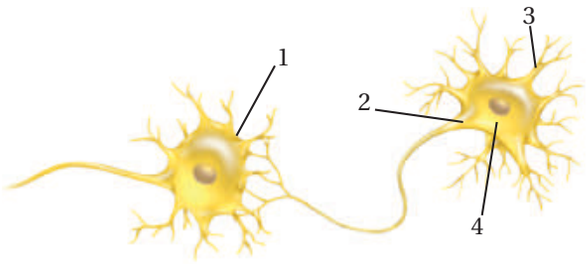
28. ناقش التفسيرات المحتملة (من حيث التكيف) التي تؤدي دورًا في إجابتك عن السؤال 27.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استعمل الرسم الآتي للإجابة عن السؤالين 1 و 2.



1. أيّ أجزاء الرسم أعلاه يتوقع وجود مادة الميلين فيه؟

a. 1 **b.** 2

c. 3 **d.** 4

2. في أيّ أجزاء المخطط السابق تتوقع أن توجد النواقل العصبية عندما يصل جهد الفعل نهاية الخلية العصبية؟

a. 1 **b.** 2

c. 3 **d.** 4

3. ما نتيجة تنبيه الجهاز جار السمبثاوي؟

a. نقص معدل نبض القلب.

b. نقص إنتاج المخاط.

c. يقل نشاط الهضم.

d. اتساع البؤبؤ.

4. أيّ العمليات الآتية تحدث أولاً في الخلية العصبية عندما تصل شدة المؤثر لعتبة التنبيه؟

a. تفتح قنوات البوتاسيوم في غشاء الخلية.

b. تُفرز النواقل العصبية إلى التشابك العصبي.

c. تنتقل أيونات الصوديوم إلى داخل الخلية العصبية.

d. تصبح الخلية مشحونة بشحنة سالبة.

أسئلة الإجابات القصيرة

5. افترض أن الشخص الذي اعتاد شرب فنجان قهوة واحد لكي يبقى مستيقظًا في الليل رأى أنه يحتاج إلى اثنين، ما اسم هذه الظاهرة؟ وما سببها؟

6. تزيد بعض العقاقير من مستوى الدوبامين في منطقة التشابك العصبي. اذكر أحد هذه العقاقير، واربط زيادة مستوى الدوبامين بمؤثرات أخرى تنتج عند استعمال الدواء.

7. اعمل جدولًا لتنظّم معلومات تتعلق بالجهاز العصبي الذاتي والجهاز العصبي الجسمي. واكتب قائمة بأنواع الاستجابات والأجهزة التي تتأثر بذلك، مع ذكر أمثلة عليها.

8. هناك مرض نادر اسمه التصلب الجانبي الضموري (ALS) يسبب فقدان الخلية العصبية الحركية الموجودة في الجسم لمادة الميلين. ما الأعراض الأولية التي قد تبدو على الشخص الذي يعاني هذا المرض؟

سؤال مقالي

يتكون الجهاز العصبي في الإنسان من تركيب معقد من الاستجابات والنشاطات الإرادية واللاإرادية. وقد وجدت هذه الأنواع المختلفة من الاستجابات في الإنسان لمساعدته على البقاء.

استخدم المعلومات في الفقرة السابقة للإجابة عن السؤال الآتي:

9. بناءً على ما تعرفه عن الاستجابات العصبية المختلفة، اكتب مقالة منظمة جيدًا، تفسر فيها كيف تكون أنواع الاستجابات اللاإرادية في الإنسان مفيدة لبقائه حيًّا.

يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9
الفصل / القسم	2–1	2–1	2–2	2–1	2–3	2–3	2–2	2–1	2–3
الصف	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 3

أجهزة الدوران والتنفس والإخراج

Circulatory, Respiratory, and Excretory Systems

الفكرة العامة تحافظ هذه الأجهزة معًا على الاتزان الداخلي للجسم بإيصال مواد مهمة إلى الخلايا في أثناء تخلصها من الفضلات.

3 – 1 جهاز الدوران

الفكرة الرئيسة ينقل جهاز الدوران الدم لتزويد الخلايا بمواد مهمة، منها الأكسجين، وتخليصها من الفضلات، ومنها ثاني أكسيد الكربون.

3 – 2 الجهاز التنفسي

الفكرة الرئيسة وظيفة جهاز التنفس تبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الهواء الجوي الداخل للرئتين والدم من ناحية، وبين الدم وخلايا الجسم من ناحية أخرى.

3 – 3 الجهاز الإخراجي

الفكرة الرئيسة تحافظ الكلى على الاتزان الداخلي عندما تخلص الجسم من الفضلات والماء الزائد، وتحافظ على الرقم الهيدروجيني للدم.

حقائق في علم الأحياء

- النسيج الوحيد في جسم الإنسان الذي لا يحوي أوعية دموية هو قرنية العين.
- تتكون الرئة من 2414 km من الممرات الهوائية، وأكثر من 300 مليون حويصلة هوائية.
- يمكن لمساحة سطوح الأكياس الهوائية التي تحيط بها الأوعية الدموية في الرئة أن تغطي مساحة ملعب تنس.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تجربة استهلالية

ما التغيرات التي تحدث في الجسم عند أداء تمرين رياضي؟

يتم تزويد أجهزة الجسم ـ ومنها جهازا التنفس والدوران ـ بما يحتاج إليه الجسم عند أداء التمرين الرياضي، وتحافظ على اتزانه الداخلي. فمثلاً، تدور خلايا الدم الحمراء في الجسم لتزوده بالأكسجين الذي يُستخدم في إنتاج الطاقة الضرورية لأداء التمرين. وفي هذه التجربة، تستقصي كيف ترتبط استجابات أجهزة الجسم للتمرين بعضها مع بعض.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. قم بتمرين إيقاعي منتظم، كالركض أو المشي في مكان ما مدة دقيقتين، ولاحظ كيف يستجيب الجسم في أثناء أداء التمرين.
3. أعدَّ قائمة باستجابات أجهزة الجسم التي حددتها في أثناء أداء التمرين.

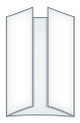
التحليل

1. **اعمل** لوحة تبين فيها كيف ترتبط هذه الاستجابات بعضها مع بعض.
2. **حلّل** كيف تساعد إحدى استجابات الجسم المدونة في القائمة على تنظيم بيئته الداخلية؟

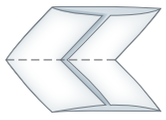
المطويات
منظمات الأفكار

فصائل الدم ABO اعمل المطوية الآتية لمساعدتك على تحديد فصائل الدم الأربع A, B, AB, O.

الخطوة 1: اثن ورقة من دفتر الملاحظات طوليًّا إلى ثلاثة أجزاء كما في الشكل الآتي:

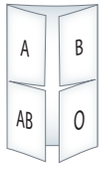


الخطوة 2: اثن الورقة بعد ذلك نصفين، ثم حدد خط الثني كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3: افتح الورقة، ثم قص عند خط الثني كما في الشكل الآتي:

الخطوة 4: أعط أسماء لكل من المربعات، كما في الشكل الآتي:



المطويات **استخدم هذه المطوية في القسم 1-3**، ودوّن ما تعلمته عن فصائل الدم الأربع A، B، AB، O خلال دراستك للفصل.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

3-1

الأهداف

- **تحدد** الوظائف الأساسية لجهاز الدوران.
- **تعمل** مخططًا لتدفق الدم في القلب والجسم.
- **تقارن** بين مكوّنات الدم الرئيسة.

مراجعة المفردات

انقباض العضلة Muscle contraction: يَقْصر طول الخلايا العضلية أو الألياف استجابة للمنبه.

المفردات الجديدة

الشريان	الشعيرة الدموية
الوريد	الصمام
القلب	منظم النبض
البلازما (سائل الدم)	خلية الدم الحمراء
الصفائح الدموية	خلية الدم البيضاء
تصلب الشرايين	

جهاز الدوران Circulatory System

الفكرة الرئيسة **ينقل جهاز الدوران الدم لتزويد الخلايا بمواد مهمة منها الأكسجين، وتخليصها من الفضلات ومنها ثاني أكسيد الكربون.**

الربط مع الحياة تُستخدم الطرق السريعة في نقل الناس من مكان عملهم وإليه بسرعة. ويشبه ذلك تدفق الدم في الجسم ليزود الخلايا بالمواد الغذائية، ويخلصها من الفضلات. وعند انسداد الطريق أو مجرى الدم تتباطأ الوظائف الطبيعية في الجسم أو تتوقف.

وظائف جهاز الدوران

Functions of the Circulatory System

يجب أن تحصل الخلايا على الأكسجين والغذاء وتتخلص من الفضلات. ويتم هذا التبادل عن طريق جهاز الدوران ـ جهاز النقل في الجسم ـ الذي يتكون من: الدم، والقلب، والأوعية الدموية والجهاز الليمفي. ويحمل الدم المواد المهمة إلى جميع أجزاء الجسم. ويضخ القلب الدم خلال شبكة ضخمة من الأنابيب داخل الجسم تُسمى الأوعية الدموية. وينقل جهاز الدوران الكثير من المواد المهمة، ومنها الأكسجين والغذاء. كما يحمل الدم مواد ينتجها جهاز المناعة في الجسم تهاجم مسببات المرض. ويحتوي الدم على أجزاء خلايا وبروتينات تخثر الدم. وأخيرًا يوزع جهاز الدوران الحرارة على أجزاء الجسم كافة لمساعدته على تنظيم درجة حرارته. ويعد الجهاز الليمفي جزءًا من جهازي الدوران والمناعة. وتعمل هذه الأجهزة كلها للحفاظ على الاتزان الداخلي للجسم.

الشكل 1-3

من الجثث إلى القلب الاصطناعي

تمت دراسة جهاز الدوران في الإنسان منذ آلاف السنين، وقد أدى ذلك إلى تقدم هائل في مجال التقنيات الطبية.

350 ق.م لاحظ الطبيب اليوناني برواكساجوراس أن الأوردة والشرايين نوعان مختلفان من الأوعية الدموية.

1628م تم أول وصف دقيق لقلب الإنسان بأنه عبارة عن مضخة تنقل الدم في جهاز ذي اتجاه واحد.

1242 — 1500 — 1600 — 1900

في عام 1242م نشر ابن النفيس كتابًا تضمن العديد من الاكتشافات التشريحية، وأهمها نظريته حول الدورة الدموية الصغرى وحول الشريان التاجي.

1452–1519م أجرى ليوناردو دافنشي بحثًا مستفيضًا على جثث البشر، ويقال إنه شرّح نحو 30 جثة في حياته.

1903م أُجري أول تخطيط قلب سجل فيه النشاط الكهربائي للقلب (النبضات).

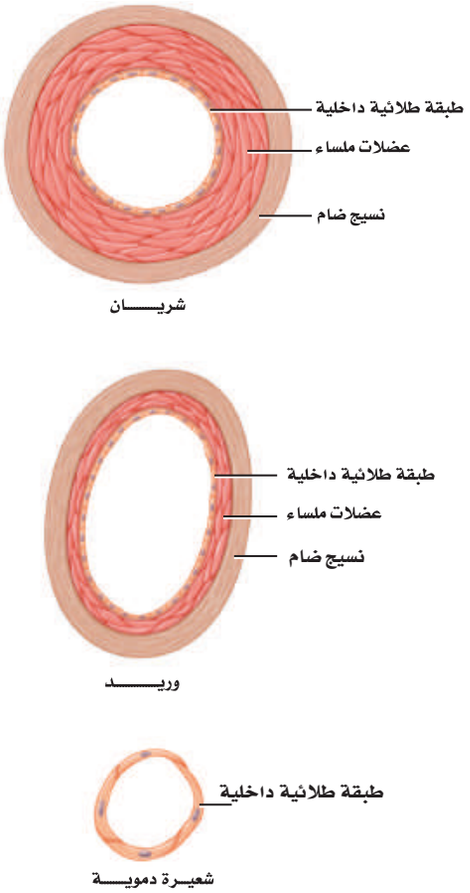
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الأوعية الدموية Blood Vessels

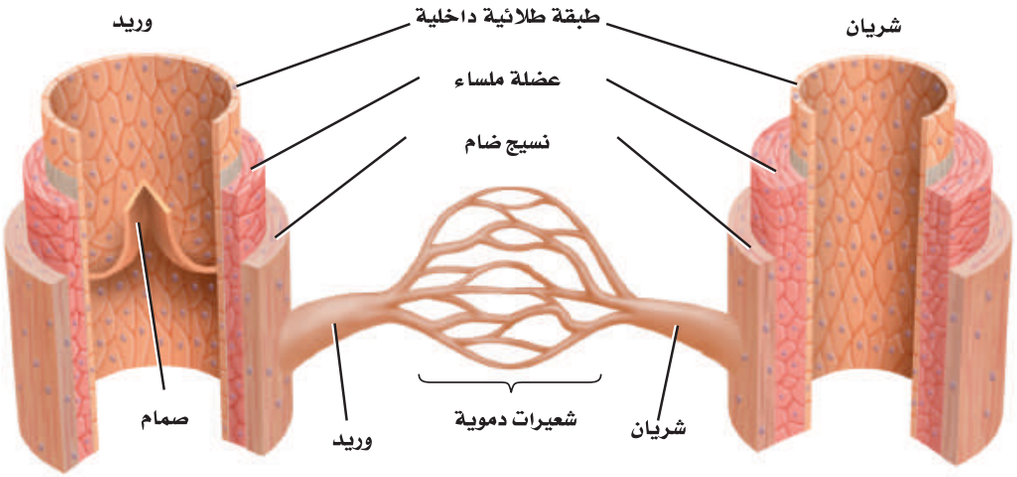
تفصل المسارات في الطرق السريعة حركة المركبات بعضها عن بعض. كما تتوافر على الطرق السريعة جسور توصل المركبات من الطريق السريع وإليه. كذلك يملك الجسم شبكة من القنوات أو الأوعية الدموية يدور فيها الدم؛ لكي يستمر في التدفق من القلب وإليه. وكان أول من اكتشف وجود نوعين من الأوعية الدموية الطبيب اليوناني Praxagoras، **الشكل 1-3**. أما أنواع الأوعية الدموية الثلاثة الرئيسة فهي الشرايين والأوردة والشعيرات الدموية، المبينة في **الشكل 2-3**.

الشرايين Arteries يُنقل الدم بعيدًا عن القلب في أوعية دموية كبيرة تُسمى **الشرايين** arteries. وهذه الأوعية الدموية ذات الجدران السميكة مرنة ومتينة. وهي قادرة على تحمُّل الضغط العالي الناتج عن الدم الذي يضخه القلب.

ويتكون جدار الشريان من ثلاث طبقات، كما في **الشكل 2-3**، هي: الطبقة الخارجية المكونة من النسيج الضام، والطبقة الوسطى المكونة من عضلات ملساء، وطبقة داخلية من الخلايا الطلائية. ويكون سُمك طبقة العضلات الملساء أكبر من الطبقات الأُخرى في الأوعية الدموية الأخرى؛ لكي تتحمَّل ضغط الدم العالي الذي يُضخ من القلب إلى الشرايين.



الشكل 2-3 الأوعية الدموية الثلاثة في الجسم هي: الشرايين والأوردة والشعيرات الدموية.
توقع ما العملية التي تعتقد أن المواد تعبر عن طريقها جدران الشعيرات الدموية؟



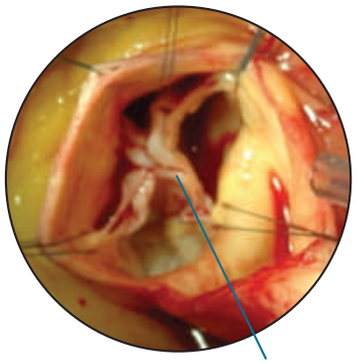
■ **الشكل 3–3** يدور الدم في الجسم داخل الأوعية الدموية.

كـوّن فرضيـة كيف يتم تنظيم درجة حرارة الجسم عن طريق قُطر الأوعية الدموية؟

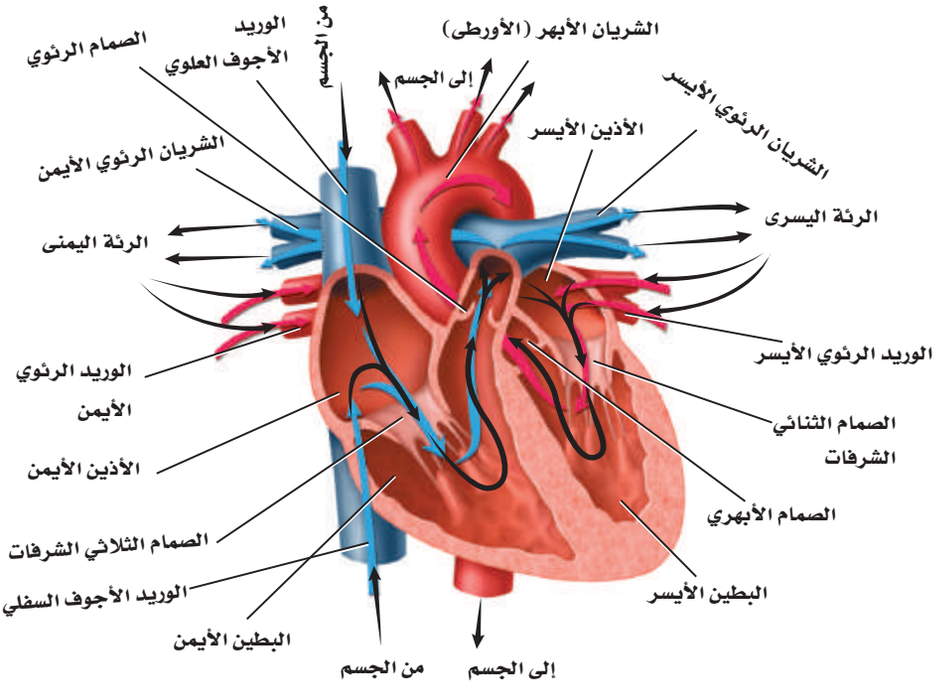
الشـعيرات الدموية Capillaries تفرعات الشـرايين في جسـم الإنسان تشبه تفرعـات أغصان الشـجرة؛ إذ يصبح قُطرها أصغر كلما امتـدت بعيدًا عن الفرع الرئيس. وتُسمى هذه التفرعات الصغيرة **الشـعيرات الدموية** capillaries. ويتم عبر هـذه الشـعيرات الدموية الدقيقة تبـادل المواد والتخلـص من الفضلات. ويتكون جدار الشـعيرات الدموية من طبقة واحدة مـن الخلايا الطلائية، كما في **الشكل 2–3**، لتسمح الشعيرات بتبادل المواد بين الدم وخلايا الجسم بسهولة من خلال عملية الانتشـار البسيط. وهذه الشـعيرات صغيرة جدًّا، حيث تسمح فقط بمرور خلية دم منفردة خلالها. ويتغير قطر الأوعية الدموية بحسب حاجة الجسم. فمثلاً، عندما تؤدي تمارين رياضية تنشط عضلات الأوعية فتتمدد أو تتوسع، مما يزيد من تدفق الدم إلى العضلات؛ لكي تزود الخلايا بكميات أكبر من الأكسجين، وتتخلص من الفضلات الزائدة.

الأوردة Veins بعد أن يمر الدم في الشعيرات الدموية ينتقل إلى أوعية دموية أكبر، وهي **الأوردة** veins؛ حيث تحمل هذه الأوردة الدم الذي يكون تركيز الأكسجين فيه منخفضًا (الدم غير المؤكسـج) لتعيده إلى القلب، كما تنقل الدم المؤكسج – فـي حالة واحدة فقط – من الرئتين إلى القلب. وتكون طبقة العضلات الملسـاء للوريد أقل سـمكًا منها في الشـريان. وينخفض ضغط الـدم عندما يندفع داخل الشـعيرات الدموية متجهًا إلـى الأوردة. ففي الوقت الذي يندفـع فيه الدم إلى الأوردة تقل فاعلية قوة دفع القلب للدم. فكيف يسـتمر الدم في الدوران؟ يوجد الكثير من الأوردة قريبة من العضلات الهيكلية التي تساعد الدم على الدوران في حال انقباضها. وتحتوي الأوردة الكبيرة في الجسـم على ثنيات من نسيج تُسمى **الصمام** valve، كما في **الشكل 3–3**؛ لتمنع الدم من الرجوع في الاتجاه المعاكس لجريانه. وأخيرًا، فإن الحركات التنفسـية تشـكّل ضغطًا على الأوردة في منطقة الصدر لتجبر الدم على العودة إلى القلب.

ماذا قرأت؟ صف الاختلاف بين تركيب الأوردة، والشـرايين والشـعيرات الدموية.



الصمام الأبهري – في وضع مغلق



■ **الشـكل 4–3** تشير الأسـهم إلى مسار الدم في أثناء دورانه في القلب.

اعمل مخططًا تتبع فيه مسار الدم في القلب.

القلب Heart

القلب عضو عضلي بحجم قبضة اليد، يوجد في منتصف الصدر. يؤدي القلب وظيفتي ضخ في الوقت نفسه، فيضخ الدم المؤكسج إلى سائر الجسم، ويضخ الدم غير المؤكسج إلى الرئتين. وقد ينبض قلب الإنسان أكثر من بليوني مرة خلال فترة حياته.

تركيب القلب Structure of the heart تذكر من الفصل الأول أن **القلب** heart يتكون من عضلات قلبية. ويستطيع القلب توصيل السيال الكهربائي اللازم لانقباض هذه العضلات. ويقسم القلب إلى أربعة أجزاء تُسمى الحجرات، **الشكل 4 –3**؛ منها حجرتان تشكّلان الجزء العلوي من القلب، هما الأذينان الأيمن والأيسر اللذان يستقبلان الدم العائد إلى القلب، وتحتهما حجرتا الجزء السفلي وهما البطينان الأيمن والأيسر اللذان يضخان الدم بعيدًا عن القلب. كما يفصل الجانبَ الأيمن من القلب عن الجانب الأيسر جدارٌ عضلي قوي. والجدار العضلي بين الأذينين أقل سمكًا منه بين البطينين. ويعود ذلك إلى صغر حجم العمل الذي يؤديه الأذينان بالمقارنة بعمل البطينين.

لاحظ الصمامات في **الشكل 4 – 3** التي تفصل الأذينين عن البطينين، وتحافظ على جريان الدم في اتجاه واحد. كما توجد صمامات أيضًا بين كل بطين والأوعية الدموية الكبيرة التي تنقل الدم بعيدًا عن القلب، ومنها الصمام الأبهري المبين في **الشكل 4 – 3**، وهو مغلق.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

اختصاصي وظائف التمارين الرياضية

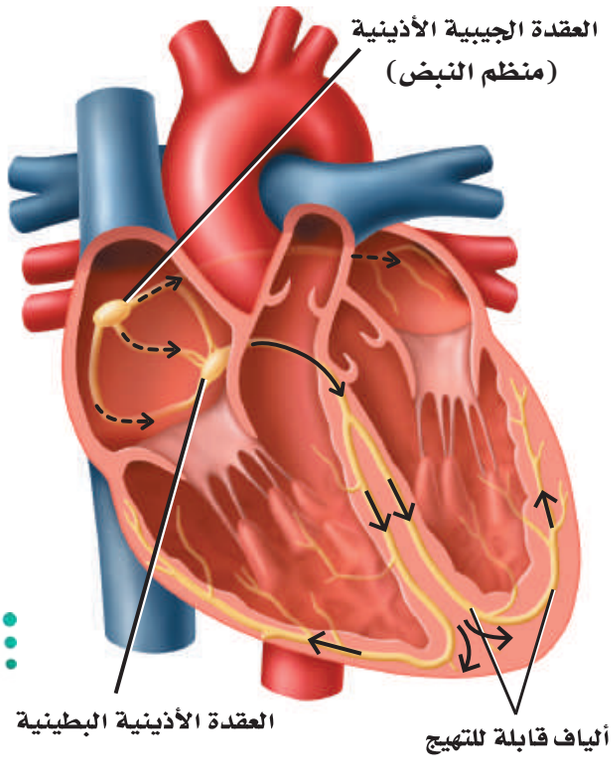
Exercise physiologist: يُطلق على العلماء الذين يدرسون أثر التمارين الرياضية في الجسم اختصاصيي وظائف التمارين الرياضية؛ فهم يطورون برامج للتمارين، ويُجرون الفحوص الطبية بوصفها اختبارات الجهد. وتتضمن وظيفتهم مراقبة نشاط القلب ومستويات ضغط الدم.

كيف ينبض القلب؟ How the heart beats? ينقسم عمل القلب إلى مرحلتين. ففي المرحلة الأولى يمتلئ الأذينان بالدم، وينقبضان بعد ذلك ليمتلئ البطينان بالدم. أما في المرحلة الثانية فينقبض البطينان، ويُضخ الدم خارج القلب إلى الرئتين، وإلى سائر الجسم.

ويعمل القلب بانتظام؛ حيث تقوم مجموعة من الخلايا – تقع عند الأذين الأيمن وتسمى **منظم النبض** pacemaker أو العقدة الجيبية الأذينية (SA)– بإرسال إشارات تجبر عضلات القلب على الانقباض. وتستقبل العقدة الجيبية الأذينية منبهًا داخليًّا يتعلق بحاجة الجسم إلى الأكسجين، فتستجيب له بضبط سرعة القلب. وتسبب هذه الإشارة الصادرة عن العقدة الجيبية الأذينية انقباض الأذينين، ثم تنتقل هذه الإشارة بعد ذلك إلى منطقة أخرى من القلب تُسمى العقدة الأذينية البطينية، المبينة في **الشكل 5 –3**، كما تنتقل عبر الألياف مسببة انقباض البطينين. وهذا الانقباض ـ الذي ينقسم إلى مرحلتين ـ يشكل نبضة القلب الكاملة.

النبض Pulse ينبض القلب 70 مرة تقريبًا في الدقيقة. فإذا لمست رسغك من الداخل عند أسفل الإبهام فسوف تشعر بهذا النبض في شريان يدك يرتفع أو ينخفض. وهذا النبض تبادل بين انقباض جدار الشريان وانبساطه، وينتجان عن انقباض البطين الأيسر. إن عدد المرات التي ينبض فيها الشريان يساوي عدد المرات التي ينبض فيها القلب.

ضغط الدم Blood Pressure هو قياس لضغط الدم الواقع على جدران الأوعية الدموية، حيث تزود قراءة ضغط الدم الإنسان بمعلومات عن حالة الشرايين. ويسبب انقباض القلب ارتفاع ضغط الدم إلى أعلى درجة. ويلي ذلك انبساط القلب الذي يخفض ضغط الدم إلى أدنى درجة. ومعدل قراءة ضغط الدم الطبيعي عند الإنسان البالغ السليم أقل من 120 (الضغط الانقباضي)، و80 (الضغط الانبساطي).



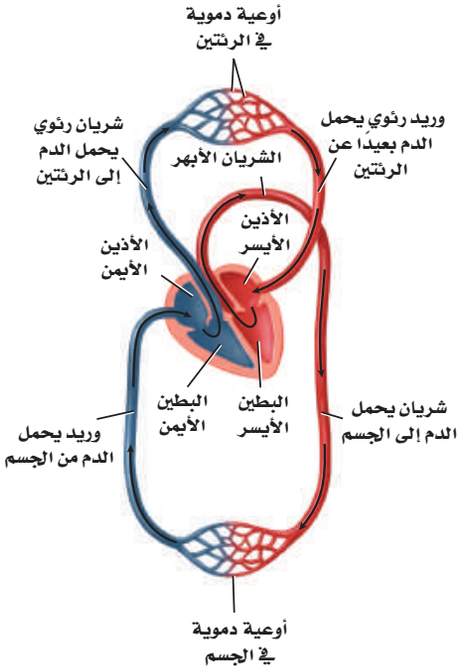
الشكل 5–3 تحفز العقدة الجيبية الأذينية انقباض القلب، الذي يمتد عبر الأذينين إلى العقدة الأذينية البطينية. وتنقل العقدة الأذينية البطينية الإشارة عبر الألياف القابلة للتهيج التي تنبه كلًّا من البطينين.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تدفق الدم في الجسم Blood flow in the body إذا تتبعت حركة الدم في **الشكل 6-3** تلاحظ أنه يتدفق في حلقتين أو دورتين. أولهما انتقاله من القلب إلى الرئتين، ثم عودته إلى القلب. وثانيهما أنه يضخ بعد ذلك في دورة ثانية تبدأ من القلب عبر الجسم ليعود بعدها إلى القلب، حيث يضخ الجانب الأيمن من القلب الدم غير المؤكسج إلى الرئتين، ويضخ الجانب الأيسر من القلب الدم المؤكسج إلى سائر الجسم.

إلى الرئتين والعودة منهما To Lungs and back عندما يتدفق الدم العائد من الجسم إلى الأذين الأيمن يكون تركيز الأكسجين فيه منخفضًا، ولكنه محمَّل بثاني أكسيد الكربون. ويكون لون الدم في هذه الحالة أحمر داكنًا. ويتدفق الدم من الأذين الأيمن إلى البطين الأيمن، ويضخ بعدها خلال الشريان الرئوي إلى الرئتين، كما في **الشكل 6-3**. ونتيجة لذلك يتدفق الدم عبر الشعيرات الدموية القريبة الملامسة للهواء الداخل إلى الرئتين، حيث يكون تركيز الأكسجين فيه أكثر مما هو في دم الشعيرات الدموية، فينتقل الأكسجين بالانتشار البسيط من الرئتين إلى الدم، وفي الوقت نفسه ينتشر غاز ثاني أكسيد الكربون في الاتجاه المعاكس، من الدم إلى فراغات الهواء في الرئتين. وينتقل الدم الذي أصبح لونه أحمر فاتحًا من الأذين الأيسر للقلب إلى البطين الأيسر ليُضَخ إلى جميع أجزاء الجسم.

إلى الجسم ثم إلى القلب ثانية To the body and back تبدأ الدورة الدموية الثانية من الأذين الأيسر المملوء بالدم المؤكسج القادم من الرئتين، كما هو مبيَّن في **الشكل 6-3**، ثم ينتقل الدم من الأذين الأيسر إلى البطين الأيسر. يضخ البطين الأيسر الدم إلى الشريان الأكبر في الجسم، وهو الشريان الأبهر (الأورطي)، فيندفع الدم في النهاية إلى الشعيرات الدموية التي تتفرع في أنحاء الجسم كافة.



الشكل 6 – 3 يتدفق الدم في الجسم من خلال حلقتين أو دورتين.

تجربة 3-1

استقصِ ضغط الدم

كيف يتغير ضغط الدم استجابة لنشاط الجسم؟ يتغير ضغط الدم من يوم لآخر أو من ساعة لأخرى. كما يتأثر بالعوامل الفيزيائية والنفسية والسلوكية والوراثية.

خطوات العمل

1. **املأ** بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. **راقب** كيف يقيس المدرب أو المشرف ضغط الدم بجهاز **قياس ضغط الدم**، وتدرب على ذلك لتقيس ضغط دم زميلك. واستعن **بلوحة ضغط الدم** على تفسير قراءتك.
3. **توقع** كيف يؤثر التمرين في ضغط الدم الانقباضي والانبساطي؟
4. قِس ضغط الدم وقت الاستراحة لأحد أفراد مجموعتك.
5. اطلب إلى الشخص الذي قيس ضغطه أداء تمرين رياضي منتظم مدة دقيقة واحدة.
6. قِس ضغط دمه مرة أخرى، وقارن ذلك بقراءة ضغطه وقت الاستراحة.

التحليل

1. **حدِّد** الثوابت، والمتغيرات المستقلة والتابعة، والضابط في التجربة.
2. **استنتج** هل كانت توقعاتك صحيحة؟ فسِّر إجابتك.

ومن الجدير بالذكر أن الشـعيرات الدموية تتصل مباشرة بخلايا الجسم. وينطلق الأكسجين من الدم إلى خلايا الجسـم عن طريق الانتشار البسيط. وكذلك ينتقل ثاني أكسيد الكربون من الخلايا إلى الدم بالطريقة نفسها. ويعود الدم غير المؤكسج إلى الأذين الأيمن عبر الأوردة.

مكوّنات الدم Blood Components

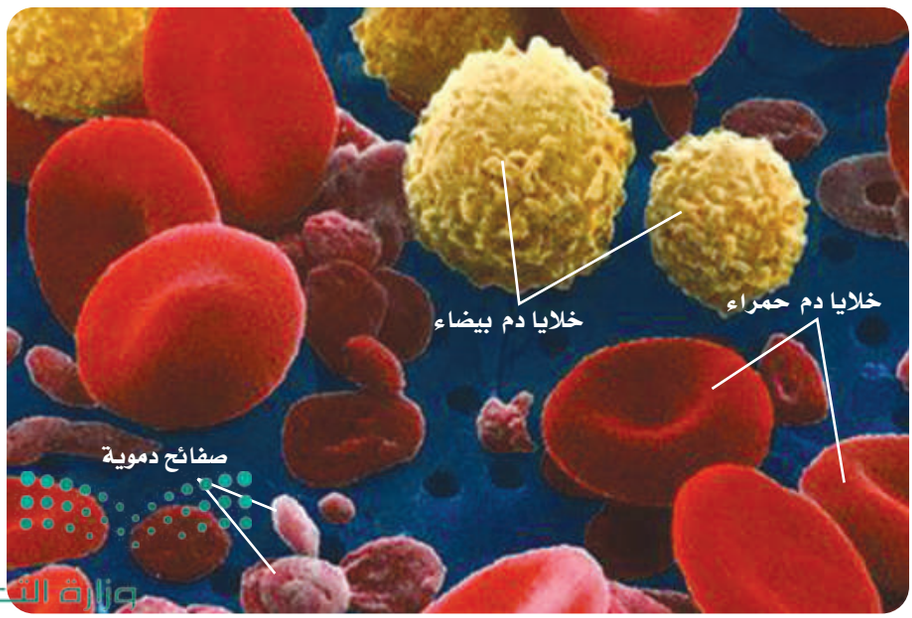
الدم سـائل الحياة؛ لأنه لا غنى عنه في نقل المواد المهمة إلى أنحاء الجسم كافة، كما أنه يحتوي على خلايا حية. ويتكون الدم من سائل يُسمى البلازما، وخلايا دم حمراء، وخلايا دم بيضاء، وقطع من الخلايا تُسمى الصفائح الدموية.

البلازما Plasma سائل أصفر في الدم. وتشكّل **البلازما** plasma أكثر من 50 % من الدم. ويشـكّل الماء 90 % من مكوّناتها، أما الـ 10 % الباقية منها فمواد ذائبة. وتنقل البلازمـا ما يتحلل من الغذاء الذي تم هضمه، ومنه الجلوكوز والأحماض الأمينية بالاضافة الى نقل الفيتامينات والأملاح والهرمونات التي تعطي إشارة لبدء أنشطة الجسـم، ومنها امتصاص الخلايا للجلوكوز. كما تنقل البلازما الفضلات من الخلايا إلى خارج الجسم.

وهناك ثلاث مجموعات من بروتينات البلازما التي تُكسبها اللون الأصفر. تساعد إحداها على تنظيم كمية الماء في الدم، وتسـاعد الثانية التـي تنتجها خلايا الدم البيضاء على مقاومة الأمراض، أما المجموعة الثالثة فتكوِّن خثرات الدم.

ماذا قرأت؟ وضّح وظيفة البلازما.

خلايـا الدم الحمراء Red Blood Cells تحمل **خلايا الدم الحمراء** الأكسجين إلى خلايا الجسـم. وتشـبه خلايا الدم الحمراء قرصًا مقعـر الوجهين. كما في **الشـكل 7-3**. تذكّر أن خلايا الدم الحمراء تتكون في نخاع العظم الأحمر (الجزء المركزي في العظام الكبيرة). ولا يوجد نوًى في خلايا الدم الحمراء، وهي تعيش 120 يومًا فقط.



الشـكل 7-3 يتكون الدم من سـائل البلازما، وخلايا الدم الحمراء (قرص مقعر الوجهين)، وخلايا الـدم البيضاء (خلايا ذات أشـكال غير منتظمـة)، والصفائح الدموية (قطع مسطحة).
استنتج ماذا يحدث إذا كان هناك خلايا دم بيضاء أكثر من المعدل الطبيعي؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تتكون خلايا الدم الحمراء عادة من بروتينات تحتوي على الحديد، وتُسمى الهيموجلوبين، الذي يتّحد كيميائيًّا بجزيئات الأكسجين، ثم يحملها إلى خلايا الجسم. ويحمل الهيموجلوبين أيضًا جزءًا من ثاني أكسيد الكربون، وتحمل البلازما معظمه.

الصفائح الدموية Platelets لعلك جُرحت يومًا، فلاحظت أن الدم النازف من مكان الجرح يقل تدريجيًّا، حتى يتوقف خلال فترة قصيرة، فتتكون بعد ذلك خثرة الدم التي تشكّل القشرة. و**الصفائح الدموية** platelets أجزاء من خلايا تؤدي دورًا مهمًّا في تكوين خثرة الدم.

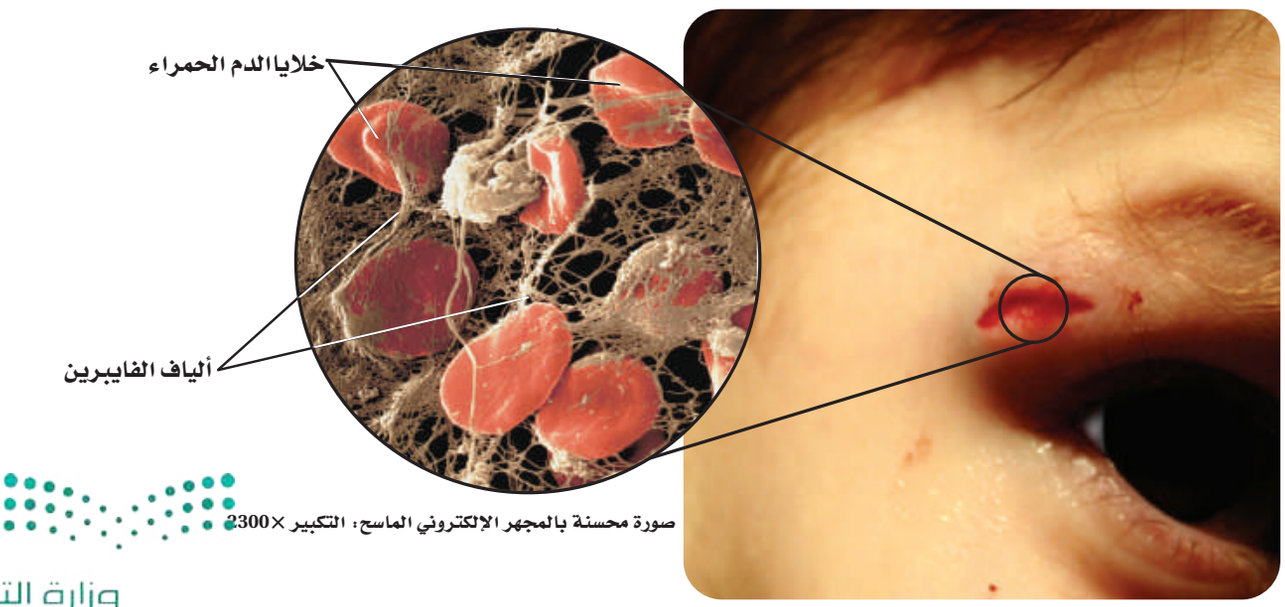
فعندما يتضرر وعاء دموي أو يقطع تتجمع الصفائح الدموية، وتلتصق معًا في مكان الجرح. وتطلق هذه الصفائح مواد كيميائية لتنتج بروتينًا يُسمى فايبرين؛ أو عامل التخثر، فينسج الفايبرين شبكة من الألياف عبر الجرح لحجز الصفائح الدموية وخلايا الدم الحمراء، كما في **الشكل 8-3**. وتتكون الخثرة كلما تجمعت صفائح دموية وخلايا دم حمراء أكثر في مكان الإصابة.

خلايا الدم البيضاء White Blood Cells خلايا الدم البيضاء هي التي تقاوم الأمراض. وتتكون **خلايا الدم البيضاء** white blood cells في نخاع العظام، مثل خلايا الدم الحمراء. وتميز بعض خلايا الدم البيضاء المخلوقات الدقيقة التي تسبب أمراضًا ـ ومنها البكتيريا ـ لتحذر الجسم من هذا الغزو. وتُنتج خلايا الدم البيضاء الأخرى مواد كيميائية لمقاومة الأجسام الغازية؛ إذ تحيط خلايا الدم البيضاء بالأجسام الغريبة وتقتلها.

تختلف خلايا الدم البيضاء عن الحمراء في أكثر من وجه؛ حيث ينتقل الكثير من خلايا الدم البيضاء من نخاع العظم إلى مواقع أخرى في الجسم لكي تنضج. وعدد خلايا الدم البيضاء أقل جدًّا من عدد خلايا الدم الحمراء؛ حيث توجد خلية دم بيضاء واحدة مقابل 500 إلى 1000 خلية دم حمراء. وتحوي خلايا الدم البيضاء نواة. وتعيش معظم خلايا الدم البيضاء شهورًا أو سنوات.

إرشادات الدراسة

منظم الأفكار اعمل خريطة للكلمات تحوي كلمة (دم) داخل دائرة كبيرة في المنتصف. وضَعْ كلًّا من الكلمات الآتية: (مكوناته، فصائل الدم، دورة دموية، القلب) في دوائر صغيرة حول الدائرة الكبيرة. ثم ابحث عن معلومات درستها في هذا الفصل، وأضفها في المكان المناسب في الدوائر الصغيرة المحيطة بالدائرة الكبيرة.



الشكل 8-3 تتكون الخثرة نتيجة احتجاز خيوط الفايبرين خلايا الدم والصفائح الدموية.

صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني الماسح: التكبير ×2300

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

فصائل الدم Blood Types

كيف تعرف فصيلة دمك؟ هناك جزيئات محددة تُسمى مولّدات الضد (الأنتيجين) على الغشاء البلازمي لخلايا الدم الحمراء يتم تحديد فصيلة الدم بناءً عليها.

فصائل الدم ABO هناك أربعة أنواع من فصائل الدم هي: O وAB وB وA. فإذا كانت فصيلة دمك A فإن خلايا الدم الحمراء تحوي علامة أو مولد الضد A. وإذا كانت فصيلة دمك B فإن خلايا الدم الحمراء تحوي على علامة أو مولد الضد B. أما عندما تكون فصيلة دمك AB فإنها تحتوي على خلايا دم حمراء لها علامات أو مولد ضد A و B. ولا تحوي فصيلة دم O على علامات أو مولد ضد.

أهمية فصائل الدم إذا احتجت يومًا إلى نقل دم فلا ينقل إليك إلا نوع محدد من الدم، كما في **الجدول 1– 3**. ويعود ذلك إلى احتواء بلازما الدم على بروتينات تُسمى الأجسام المضادة. وهذه الأجسام المضادة تميز خلايا الدم الحمراء التي تحمل علامات غريبة، فيؤدي ذلك إلى تكتل هذه الخلايا معًا. فإذا كانت فصيلة دمك B مثلًا فإن دمك يحوي أجسامًا مضادة تجعل خلايا الدم التي تحمل مولد ضد A تتجمع وتترسب. فإذا نُقل إليك دم A فإن البروتينات المتجمعة تجعل خلايا فصيلة دم A تتكتل معًا. ويشكّل تكتل خلايا الدم هذا خطرًا على الإنسان؛ لأنه قد يسد مجرى الدم.

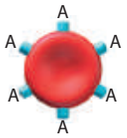
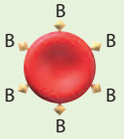
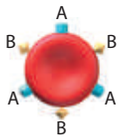
العامل الريزيسي Rh توجد علامة أخرى على سطح خلايا الدم الحمراء وتُسمى العامل الريزيسي Rh. وينقسم الدم البشري إلى Rh موجب، وRh سالب. ويسبِّب العامل الريزيسي مضاعفات إذا نُقل دم من شخص موجب العامل الريزيسي Rh^+ – يحمل علامة أو مولد الضد– إلى شخص سالب العامل الريزيسي Rh^- – لا يحمل مولد الضد– إذ ينتج عن ذلك تكتل خلايا الدم الحمراء؛ لأن دم الشخص Rh^- يكوّن أجسامًا مضادة ضد خلايا الشخص Rh^+.

ويمكن أن يسبب عامل Rh مضاعفات وتعقيدات في أثناء فترة الحمل. فإذا اختلط دم الجنين Rh^+ بدم الأم Rh^- يصبح لدى الأم أجسام مضادة لعامل Rh^+.

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

الجدول 1–3 فصائل الدم

فصيلة الدم	A	B	AB	O
مولد الضد الأجسام المضادة	مولد الضد A الأجسام المضادة: المضادة لـ B	مولد الضد B الأجسام المضادة: المضادة لـ A	مولد الضد AB الأجسام المضادة: لا يوجد	لا يوجد مولد الضد. الأجسام المضادة: المضادة لـ A وB
مثال				
يعطي الدم:	AB أو A	B أو AB	AB	O أو A أو B أو AB
يستقبل الدم من:	A أو O	B أو O	AB أو B أو A أو O	O

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

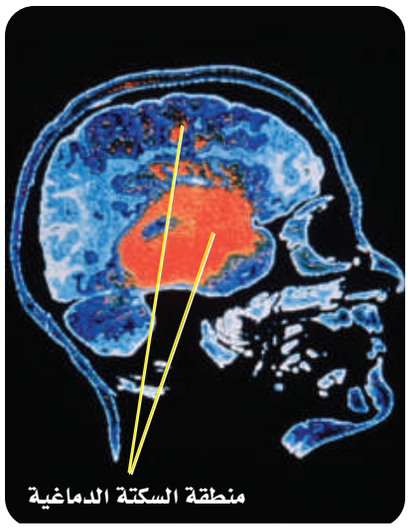
وتتمكن هذه الأجسام المضادة من عبور المشيمة في حالة حمل آخر وتحلل خلايا الدم الحمراء إذا كان الجنين موجب العامل الريزيسي. ويتم إعطاء الأم Rh^- مواد تمنع إنتاج أجسام مضادة لعامل Rh^+ في الدم لتفادي مثل هذه المشكلات.

الربط بالصحة التبرع بالدم هو إجراء طبي تطوعي يتم بنقل الدم أو أحد مركباته من شخص سليم معافى إلى شخص مريض يحتاج للدم. وهذا الإجراء يحتاج إليه الملايين من الناس كل عام؛ فيستخدم أثناء الجراحة أو الحوادث أو بعض الأمراض التي تتطلب نقل بعض مكونات الدم، لقول الله تعالى في إحياء النفس ﴿وَمَنْ أَحْيَاهَا فَكَأَنَّمَآ أَحْيَا ٱلنَّاسَ جَمِيعًا﴾ المائدة: 32
لمزيد من المعلومات أرجع إلى موقع البوابة الإلكترونية لوزارة الصحة www.moh.gov.sa

اختلالات جهاز الدوران Circulatory System Disorders

هناك الكثير من الاختلالات التي تصيب كلًّا من الأوعية الدموية والقلب والدماغ، وترتبط مع الجهاز الدوري. إذ ينخفض تدفق الدم الغني بالأكسجين والغذاء في الشرايين عند وجود ترسبات دهنية أو خثرة دم. ويسمي الأطباء حالة انسداد الشرايين **تصلّب الشرايين** atherosclerosis. ومن مؤشرات انسداد الشرايين ارتفاع ضغط الدم ومستوى الكولسترول في الجسم. فعندما ينخفض تدفق الدم أو يُسدّ مجراه يَضخّ القلبُ الدمَ بصعوبة، وقد تنفجر الأوعية الدموية.

ويؤدي تصلب الشرايين إلى سكتات قلبية أو جلطات. ويحدث هذا عندما لا يصل الدم إلى عضلة القلب، فينتج عنه ضرر يصيب عضلة القلب، وقد يؤدي إلى الموت إذا لم تتم معالجته. وتحدث السكتات الدماغية عندما تتكون الخثرات في الأوعية الدموية التي تزود الدماغ بالأكسجين، مما يؤدي إلى انفجار الأوعية الدموية وحدوث نزيف داخلي، كما في **الشكل 9- 3**. ويمكن أن تموت أجزاء من الدماغ إذا لم يصل الأكسجين إلى خلايا الدماغ.



الشكل 9-3 سكتة (جلطة) دماغية مصاحبة لانفجار الأوعية الدموية في الدماغ، كما هو مبين باللون الأحمر.

التقويم 1-3

الخلاصة

- تنقل الأوعية الدموية المواد المهمة خلال الجسم.
- يتكون الجزء العلوي من القلب من أذينين، والجزء السفلي من بطينين.
- يضخ القلب الدم غير المؤكسج إلى الرئتين، كما يضخ الدم المؤكسج إلى سائر الجسم.
- يتكون الدم من البلازما، وخلايا الدم الحمراء، وخلايا الدم البيضاء، والصفائح الدموية.
- يصنَّف الدم إلى أربع فصائل هي: O وAB وB وA.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة** **وضّح** الوظائف الرئيسة لجهاز الدوران.
2. **اعمل** مخططًا لمسار الدم في الجسم والقلب.
3. **قارن** بين تركيب الشرايين والأوردة.
4. **احسب** معدل عدد خلايا الدم الحمراء لكل 100 خلية دم بيضاء في جسم الإنسان.
5. **لخّص** وظائف مكوّنات الدم الأربعة.

التفكير الناقد

6. **السبب والنتيجة** ماذا يحدث إذا استقبل منظم النبض إشارات خاطئة من الدماغ ؟
7. **كوِّن فرضية** لماذا تعدّ التمارين الرياضية طريقة للحفاظ على قلب صحي سليم؟
8. **الرياضيات في علم الأحياء** عُدّ المرات التي ينبض فيها قلبك خلال 15 ثانية. ما سرعة نبضات قلبك في الدقيقة؟

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

3-2

الأهداف

- **تميز** بين التنفس الداخلي والخارجي.
- **توضح** مسار الهواء في الجهاز التنفسي.
- **تحدد** التغيرات التي تحدث في الجسم خلال عملية التنفس.

مراجعة المفردات

ATP: جزيء حيوي يزود خلايا الجسم بالطاقة الكيميائية.

المفردات الجديدة

الحركات التنفسية
التنفس الخارجي
التنفس الداخلي
القصبة الهوائية
القصيبات الهوائية
الرئة
الحويصلات الهوائية

الجهاز التنفسي Respiratory System

الفكرة الرئيسة **وظيفة جهاز التنفس تبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الهواء الجوي الداخل للرئتين والدم من ناحية، وبين الدم وخلايا الجسم من ناحية أخرى.**

الربط مع الحياة تفصل مرشحات الهواء الغبار والمواد الأخرى عن الهواء قبل دخوله محرك السيارة. ويمنع هذا الأمر حدوث مشكلات في المحرك، كما يساعد على التأكد من تدفق الهواء الجيد. ويعمل جهاز التنفس بطريقة مشابهة للتأكد من دخول الهواء النظيف إلى الرئتين.

أهمية التنفس The Importance of Respiration

تحتاج خلايا الجسم إلى الأكسجين، حيث تستخدم الخلايا الأكسجين والجلوكوز لتنتج جزيئات ATP الغنية بالطاقة، التي يحتاج إليها الجسم للقيام بعمليات الأيض (عملياته الحيوية). وتُسمى هذه العملية التنفس الخلوي، وهي تطلق طاقة وثاني أكسيد الكربون وماء.

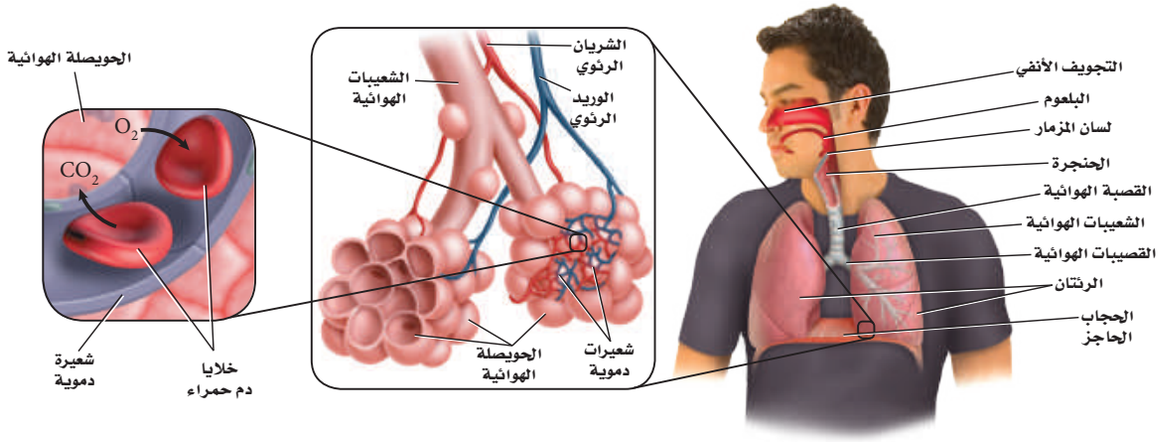
الحركات التنفسية والتنفس Breathing and Respiration

إن وظيفة جهاز التنفس هي استمرار التنفس الخلوي، بتزويد خلايا الجسم بالأكسجين، وتخليصها من ثاني أكسيد الكربون والفضلات. ويقوم جهاز التنفس بعمليتين، هما **الحركات التنفسية** Breathing، والتنفس Respiration. ففي العملية الأولى يجب أن يدخل الهواء الجسم عن طريق عمليتي الشهيق والزفير، وهما حركتا الهواء الآليتان من الرئتين وإليهما. ويوضح **الشكل 10–3** هواء الزفير الخارج من الرئتين. أما في العملية الثانية فيتم تبادل الغازات في الجسم. ففي عملية **التنفس الخارجي** external respiration يتم تبادل الغازات بين هواء الغلاف الجوي والدم في الرئتين. أما في عملية **التنفس الداخلي** internal respiration فيتم تبادل الغازات بين الدم وخلايا الجسم.

الشكل 10–3 يمكن رؤية هواء الزفير في ليلة باردة.

استنتج فيم يختلف هواء الشهيق عن هواء الزفير؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



مسار الهواء The Path of Air

يتكون الجهاز التنفسي من: الأنف، والبلعوم، ولسان المزمار والحنجرة، والقصبة الهوائية، والرئتين، والقصيبات الهوائية، والشعيبات الهوائية، والحويصلات الهوائية، والحجاب الحاجز. وينتقل الهواء من خارج الجسم (البيئة المحيطة) إلى الرئتين، ثم إلى الحويصلات، كما في **الشكل 11–3**، حيث يدخل من الفم أو الأنف، فتصفي الشعيرات التي في الأنف– **الشكل 12–3** – الهواء من الغبار والمواد الكبيرة الحجم. في حين تبطن الأهداب التي تشبه الشعر الممرات الهوائية في الأنف والأنابيب التنفسية كافة، فتلتقط المواد العالقة في الهواء، وتوجهها في اتجاه الحلق؛ حتى لا تدخل إلى الرئتين. كما تدفئ الأغشية المخاطية الموجودة تحت الأهداب في الممرات الهوائية الهواءَ وترطّبه، بعد أن تخلصه من المواد العالقة فيه. ويمر الهواء المرشَّح عبر الجزء العلوي للحلق الذي يسمى البلعوم. ويمنع لسان المزمار ـ وهو قطعة نسيج تغطي فتحة الحنجرة ـ جزيئات الطعام من دخول مجرى التنفس، لكنه يسمح للهواء فقط بالمرور من الحنجرة إلى أنبوب طويل في الصدر يُسمى **القصبة الهوائية** trachea. وتتفرع القصبة الهوائية إلى أنبوبين كبيرين يُسمى الواحد منهما **القصيبة الهوائية** bronchus، وهي تؤدي إلى **الرئتين** lungs . والرئتان أكبر عضو في الجهاز التنفسي، حيث يتم فيهما تبادل الغازات. وتتفرع كل قصيبة هوائية إلى أنابيب أصغر تُسمى الشعيبات الهوائية bronchioles. وتستمر هذه الشعيبات في التفرع إلى حجرات هوائية أصغر تنتهي بأكياس هوائية تُسمى **الحويصلات الهوائية** alveoli. ويتكون جدار الحويصلات من طبقة واحدة رقيقة من الخلايا، محاطة بشعيرات دموية رفيعة.

تبادل الغازات في الرئتين Gas exchange in the lung

يصل الهواء إلى كل حويصلة؛ إذ ينتشر الأكسجين عبر جدران رطبة رقيقة إلى الشعيرات الدموية، ثم إلى خلايا الدم الحمراء، كما في **الشكل 11–3**. وينتقل الأكسجين بعد ذلك إلى خلايا أنسجة الجسم في أثناء عملية التنفس الداخلي. كما ينتقل ثاني أكسيد الكربون في الاتجاه المعاكس نحو الحويصلات؛ أي من الدم إلى جدران الشعيرات الدموية، ثم ينتشر إلى الحويصلات لكي يعود إلى الجو خلال التنفس الخارجي.

ماذا قرأت؟ **استنتج** لماذا يكون تبادل الغازات فعالًا في الحويصلات؟

■ **الشكل 11–3** يصل الهواء إلى الرئتين، حيث يتم تبادل الغازات عبر جدار الشعيرات الدموية.

اعمل مخططًا لتتبع مسار الأكسجين من الغلاف الجوي إلى الحويصلات الهوائية في الرئتين.

المُفردات

أصل الكلمة

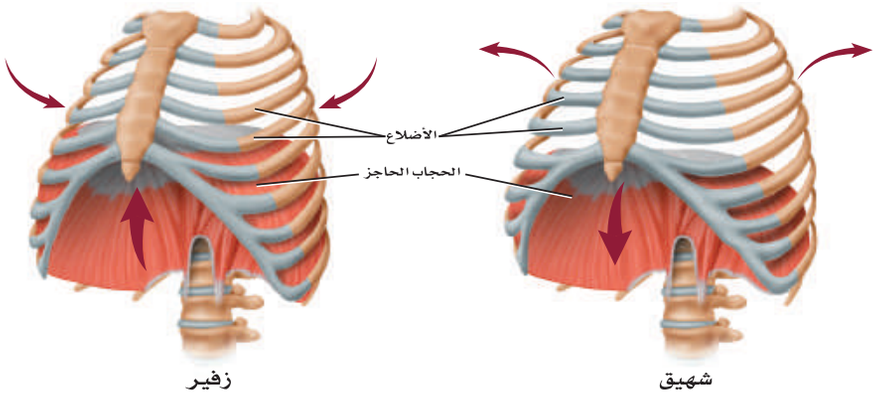
الحويصلة الهوائية (Alveolus)

جاءت من الكلمة اللاتينية alveus وتعني المكان الأجوف.

2000×

■ **الشكل 12–3** الأهداب الشبيهة بالشعر تبطن الغشاء المخاطي لتجويف الأنف.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 13–3 تنقبض عضلات القفص الصدري والحجاب الحاجز، ثم تنبسط في أثناء عملية التنفس.

حلّل ما دور ضغط الهواء في عملية التنفس؟

تجربة علمية

ما كمية الهواء التي تستوعبها رئتاك؟

ارجع لدليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

الحركات التنفسية Breathing

يتحكم الدماغ في معدل التنفس عندما يستجيب إلى منبه داخلي يشير إلى كمية الأكسجين التي يحتاج إليها الجسم. فعندما يرتفع تركيز ثاني أكسيد الكربون في الدم تزداد سرعة التنفس؛ بسبب حاجة الخلايا إلى الأكسجين.

الشهيق هو عملية إدخال الهواء إلى الرئتين. وكما في **الشكل 13– 3**، تنقبض عضلة الحجاب الحاجز في أثناء عملية الشهيق، مما يؤدي إلى اتساع تجويف الصدر، فيسمح للهواء بالدخول إلى الرئتين. أما في عملية الزفير فتنبسط عضلة الحجاب الحاجز، ويعود إلى وضعه الطبيعي، مما يقلل من حجم تجويف الصدر؛ بسبب ارتفاع الحجاب الحاجز إلى أعلى، فيندفع الهواء اندفاعًا طبيعيًّا بسبب الضغط العالي في الرئتين. تتبع **الشكل 14 –3**؛ لتتعلم كيف يعمل جهازا الدوران والتنفس معًا لتزويد الجسم بالأكسجين الذي يحتاج إليه، وتخليصه من ثاني أكسيد الكربون.

تجربة استهلالية

مراجعة: بناءً على ما قرأته حول التنفس، كيف يُمكنك الآن الإجابة عن أسئلة التَّحليل؟

تجربة 3-2

تعرّف السبب والنتيجة

هل تؤثر التمارين الرياضية في عمليات الأيض؟ عمليات الأيض هي جميع التفاعلات الكيميائية التي تحدث في خلايا الجسم. وفي هذه التجربة، ستكتشف كيف يؤثر التمرين الرياضي في جهازي الدوران والتنفس. استنتج كيف يؤثر هذا في عمليات الأيض في الجسم؟

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. سجّل عدد نبضات القلب وعدد مرات الشهيق في الدقيقة لعشرة من زملائك.
3. دع الطلاب أنفسهم يمشوا مدة خمس دقائق في المكان نفسه. وفي نهاية الوقت سجل عدد نبضات القلب في الدقيقة، وعدد مرات التنفس في الدقيقة لكل طالب.
4. بعد حصول الطلاب على استراحة مدة خمس دقائق، اطلب إليهم المشي السريع في المكان نفسه مدة خمس دقائق، ثم سجل عدد ضربات القلب، وعدد مرات التنفس في الدقيقة.
5. مثّل النتائج **بيانيًّا** على أن يمثل الإحداثي الأفقي عدد مرات التنفس/ الدقيقة، والإحداثي العمودي عدد ضربات القلب/ الدقيقة.

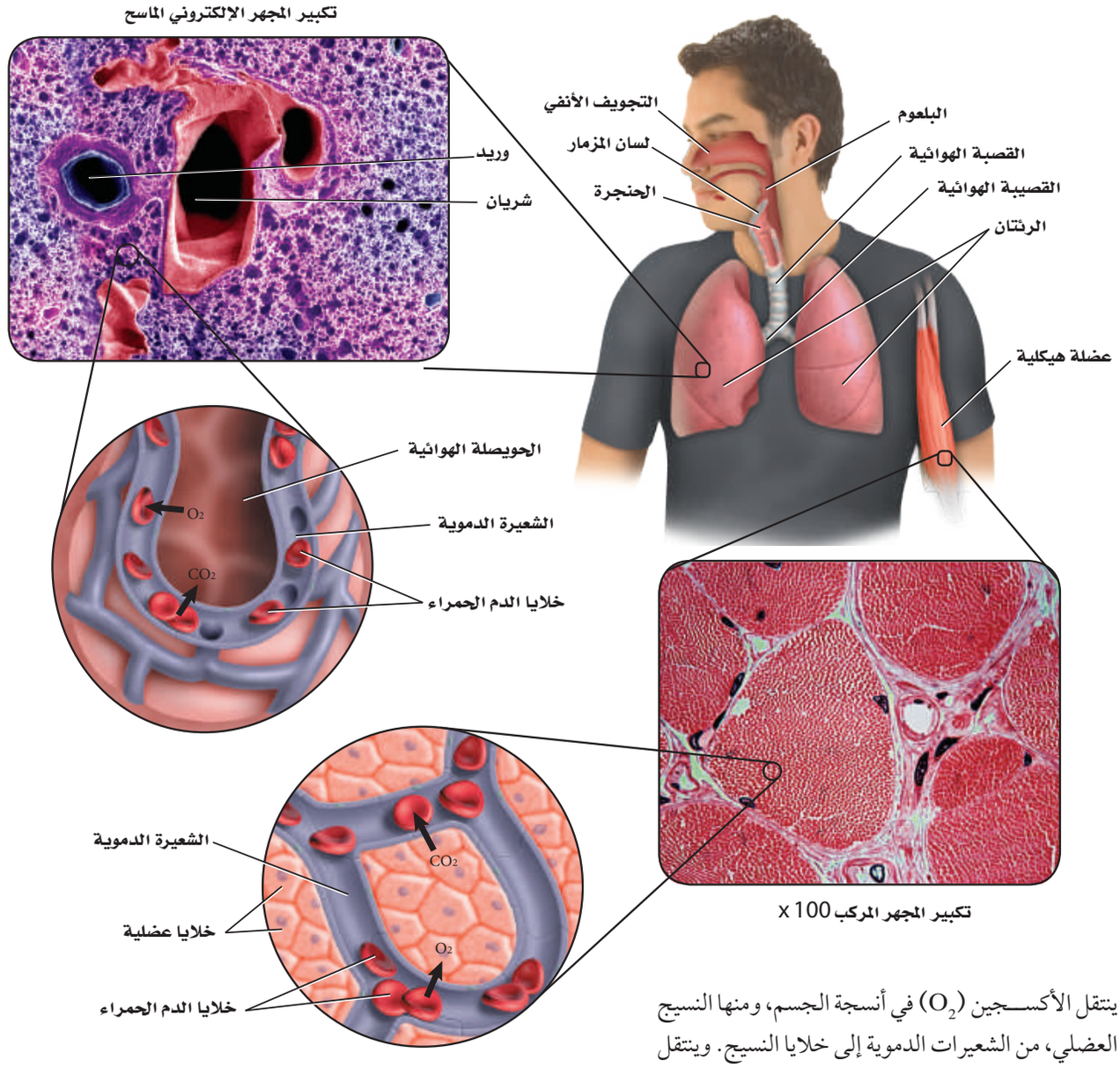
التحليل

1. **فسّر** ما العلاقة بين المتغيرين التابعين للتمرين؛ أيْ معدل ضربات القلب وعدد مرات التنفس؟
2. **استنتج** هل يؤثر التمرين في عمليات الأيض؟ ولماذا؟
3. **كون فرضية** لماذا يختلف عدد نبضات القلب ومرات التنفس في الدقيقة لكل طالب عن غيره، على الرغم من أنهما يمارسان التمارين الرياضية نفسها، ويمشيان فترة مماثلة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل 14–3 يتم تبادل الغازات في الرئتين، وفي خلايا أنسجة الجسم.

ينتقل الأكسجين المستنشَق إلى الشعيرات الدموية في الرئتين، ثم إلى خلايا الجسم. ويخرج غاز CO_2 من الشعيرات الدموية خارج الرئتين عن طريق عملية الزفير.



ينتقل الأكسجين (O_2) في أنسجة الجسم، ومنها النسيج العضلي، من الشعيرات الدموية إلى خلايا النسيج. وينتقل ثاني أكسيد الكربون (CO_2) الناتج عن عملية التنفس الخلوي من الخلايا إلى الشعيرات الدموية، ثم إلى الرئتين.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

أمراض الجهاز التنفسي Respiratory Disorders

تسبب بعض الأمراض تهيج الجهاز التنفسي والتهابه وإصابته بالعدوى، كما في **الجدول 2 – 3**، مما يؤدي إلى تلف الأنسجة، فتنخفض فاعلية القصيبات والحويصلات الهوائية. وعندما تتلف هذه الأنسجة يصبح التنفس صعبًا. كما يسبب التدخين أيضًا تهيجًا مزمنًا في الأنسجة التنفسية، ويمنع عمليات الأيض في الخلايا. وأخيرًا، يسبب التعرض لمواد في الهواء ـ ومنها حبوب اللقاح ـ مشكلات تنفسية ناتجة عن تفاعلات الحساسية لبعض الناس.

الجدول 2–3 **أمراض الجهاز التنفسي الشائعة**

المرض	الوصف
الربو	تتهيج الممرات الهوائية، مما يؤدي إلى انقباض القصيبات الهوائية وتضيقها.
التهاب القصبات	تُصاب الممرات الهوائية التنفسية بالعدوى، فينتج عن ذلك السعال والمخاط.
انتفاخ الرئة	تتحطم الحويصلات الهوائية، فتقل مساحة السطح اللازم لتبادل الغازات مع شعيرات الدم حول الحويصلات.
التهاب الرئة	إصابة الرئتين بالعدوى، مما يسبب تجمع المواد المخاطية في الحويصلات الهوائية.
السل الرئوي	تصيب بكتيريا معينة الرئتين، فتقلّ مرونة الشعيرات الدموية المحيطة بالحويصلات، مما يؤثر في فاعلية تبادل الغازات بين الهواء والدم.
سرطان الرئة	نمو في أنسجة الرئة بصورة غير منضبطة، يؤدي إلى سعال مستمر، وضيق التنفس، والتهاب القصبات والرئة، وقد يؤدي إلى الموت.

إرشادات الدراسة

اكتب قائمة بالأضرار الناتجة عن استخدام السجائر الإلكترونية على الجهاز التنفسي؟

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

اختصاصي العلاج التنفسي
Respiratory Therapy

يقوم الاختصاصي بدور كبير في فحص وتقييم الرئة ووظائفها، والمحافظة على جهاز تنفسي سليم بضمان سلامة أجزائه، والمحافظة على نسبة الأكسجين في الدم، والعناية بالدورة الدموية الرئوية. كما يكون له دور كبير في إعادة تأهيل المرضى المصابين بأمراض مزمنة أو حادة في الجهاز التنفسي.

التقويم 2–3

الخلاصة

- الحويصلات الهوائية يحدث فيها تبادل الغازات بين جهازي التنفس والدوران.
- تبدأ ممرات الهواء من الفم أو الأنف، وتنتهي عند الحويصلات الهوائية داخل الرئتين.
- الشهيق والزفير عمليتان تؤديان إلى إدخال الهواء وإخراجه.
- يعمل جهازا التنفس والدوران معًا للحفاظ على الاتزان الداخلي.
- قد تمنع الأمراض التنفسية حدوث التنفس.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة** **حدِّد** الوظيفة الرئيسة للجهاز التنفسي.
2. **ميِّز** بين التنفس الداخلي والتنفس الخارجي.
3. **تتبَّع** مسار الهواء ابتداءً من الأنف، حتى وصوله إلى الدم.
4. **صِفْ** آلية حدوث الشهيق والزفير.
5. **استنتج** كيف يعوض الجهاز التنفسي أي خلل يصيب جهاز الدوران؟
6. **صف** ثلاثة أمراض تصيب الجهاز التنفسي.

التفكير الناقد

7. **كوِّن فرضية** حول فائدة تسخين الهواء وترطيبه قبل أن يصل إلى الحويصلات.
8. **الرياضيات في علم الأحياء**

مساحة سطح الحويصلات الكلية في الرئتين حوالي $70\ m^2$. فإذا كانت الرئة الواحدة تحتوي 300 مليون حويصلة هوائية تقريبًا فما مساحة سطح الحويصلة الهوائية الواحدة بوحدة cm^2 ؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

3-3

الأهداف

- **تلخص** وظيفة الكلية في الجسم.
- **تتبع** خطوات تكوين البول والتخلص منه.
- **تميز** بين الترشيح وإعادة الامتصاص في الكلية.

مراجعة المفردات

الرقم الهيدروجيني pH: مقياس درجة حموضة أو قاعدية أي محلول.

المفردات الجديدة

الكلية

اليوريا (البولينا)

الجهاز الإخراجي Excretory System

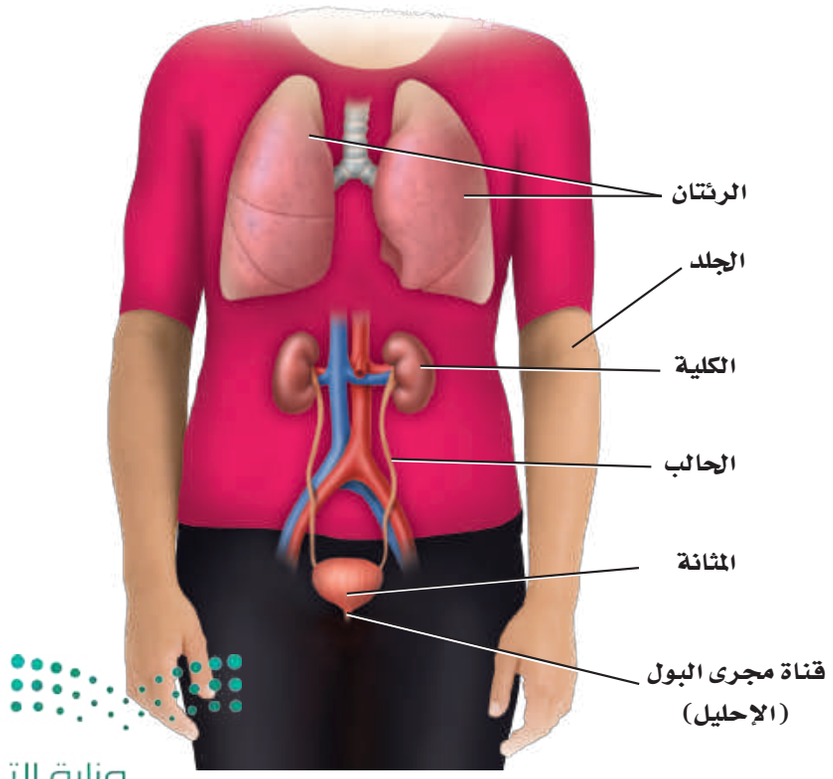
الفكرة الرئيسة **تحافظ الكلى على الاتزان الداخلي عندما تخلص الجسم من الفضلات والماء الزائد، وتحافظ على الرقم الهيدروجيني للدم.**

الربط مع الحياة افترض أنك نظفت غرفة نومك. فبدأت بنقل جميع الأشياء الصغيرة إلى الممرات، ثم أعدت الأشياء التي تريد الاحتفاظ بها إلى الغرفة، وتركت سائر الأشياء في الممرات؛ لتتخلص منها فيما بعد. إن ما قمت به مشابه تمامًا لما تقوم به الكلية من ترشيح المواد في الدم.

أجزاء الجهاز الإخراجي Parts of the Excretory System

يُجمِّعُ الجسم الفضلات ـ ومنها السموم وثاني أكسيد الكربون ـ الناتجة عن عمليات الأيض، ويقوم جهاز الإخراج بتخليصه منها. بالإضافة إلى ذلك، فهو ينظم كمية السوائل والأملاح في الجسم، ويحافظ على الرقم الهيدروجيني للدم. وتساعد جميع هذه الوظائف على الحفاظ على الاتزان الداخلي للجسم.

يتكون الجهاز الإخراجي من الرئتين، والجلد والكليتين، **الشكل 15– 3**، فتُخرِج الرئتان ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء، كما يُخرج الجلد الأملاح والماء مع العرق. ومع ذلك تظل الكليتان عضو الإخراج الرئيس في الجسم.

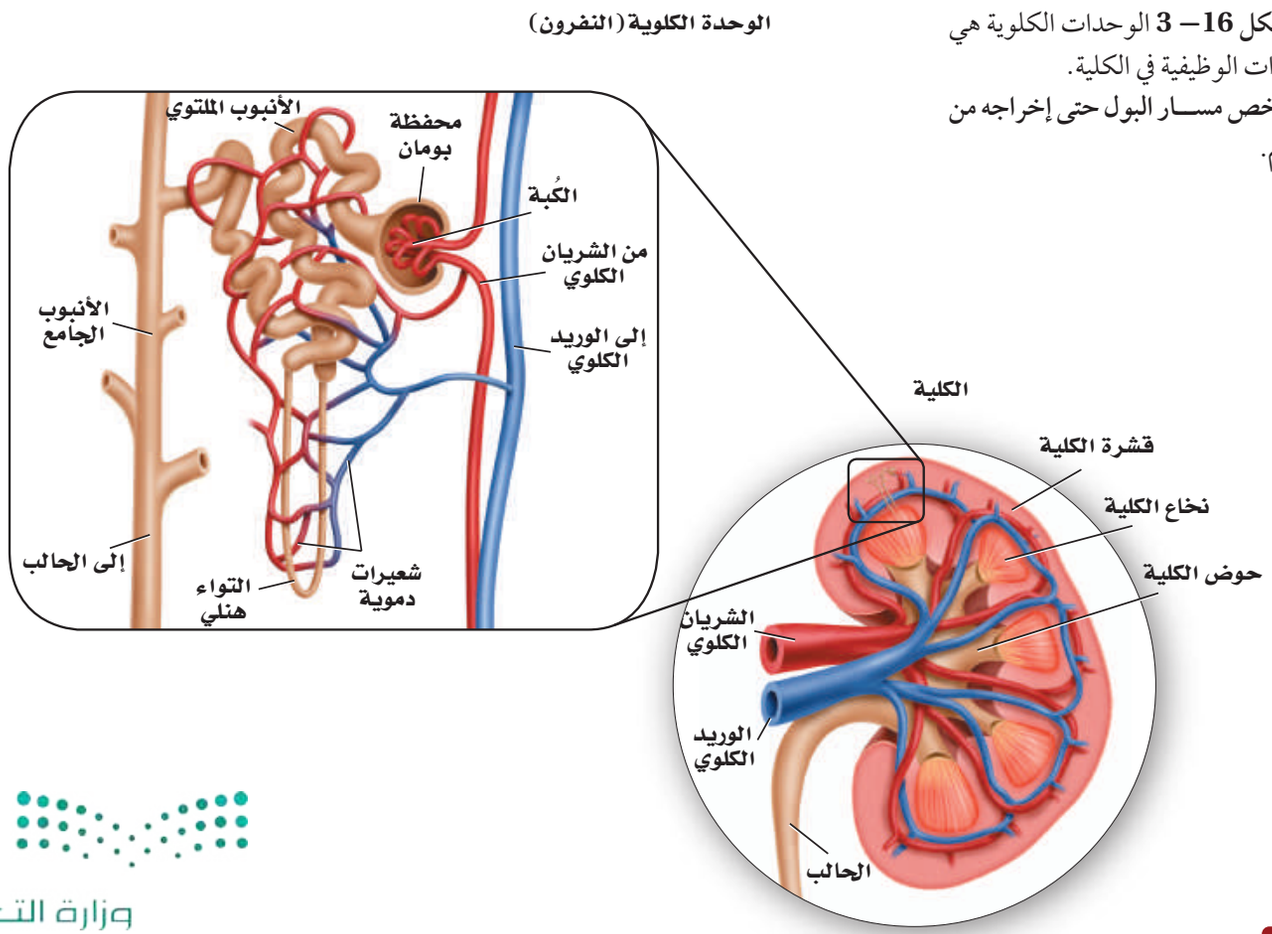


الشكل 15– 3 تتضمن أعضاء الإخراج الرئتين والجلد والكليتين.

الكليتان The Kidneys

الكليــة kidney ـ كما في **الشــكل 16 – 3** ـ تشــبه حبة الفاصولياء في شــكلها، وتقوم بترشــيح الفضلات والماء والأملاح من الدم. وتنقسم الكلية إلى منطقتين مختلفتين: طبقة خارجية تعرف بالقشرة، وأخرى داخلية تعرف بالنخاع. وتحوي كلتا الطبقتين أنابيب مجهرية وأوعية دموية. وهناك منطقة وســط الكلية تُســمى حوض الكلية، حيث توجد أجهزة الترشــيح (تقع بين طبقتي القشــرة والنخاع)، وتصــبّ الأنابيب الجامعة للبول في حوض الكلية. انظر **الشــكل 16 – 3**، وأنت تقرأ ما يتعلق بوظيفة الكليتين.

الترشــيح فــي الوحــدة الكلويــة Nephron filtration تحتوي كل كلية على حوالي مليون وحدة ترشــيح، تُســمى وحدات كلوية (نفرونات). ينقل الشريان الكلوي الغذاء والفضلات إلى الكلية، ثــم يتفرع إلى أوعية دموية أصغر فأصغر، إلى أن يصل إلى شبكة من الشعيرات الدموية الصغيرة في الكبة في محفظة بومان. ويكون جدار هذه الشــعيرات رقيقًا جدًّا، والدم تحــت تأثير ضغط كبير. ونتيجة لذلك يندفع الماء والمواد الذائبة فيه ـ ومنها الفضلات النيتروجينية التي تســمى **يوريا (بولينا)** urea خلال جدار الشــعيرات الدموية إلــى محفظة بومان. وتبقى الجسيمات الأكبر حجمًا ـ ومنها البروتينات وخلايا الدم الحمراء ـ في الدم.



■ **الشكل 16– 3** الوحدات الكلوية هي الوحدات الوظيفية في الكلية.
تتبع لخص مســار البول حتى إخراجه من الجسم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

إعادة الامتصاص وتكوين البول Reabsorption and urine formation يندفع السائل الراشح الذي تجمّع في محفظة بومان من خلال الأنابيب الكلوية المكونة من أنابيب ملتوية إلى التواء هنلي، ثم إلى الأنبوب الجامع، المبين في **الشكل 16-3**، فيُعاد امتصاص الكثير من الماء المفقود والمواد المفيدة ـ ومنها الجلوكوز والأملاح المعدنية ـ إلى الشعيرات الدموية المحيطة بالأنابيب الكلوية. وتسمى هذه العملية إعادة الامتصاص. وتمر السوائل الزائدة والسموم من الشعيرات الدموية إلى الأنبوب الجامع، وهذه المواد والفضلات تُسمى البول، الذي يخرج من الكلية عبر قناة الحالب، كما في **الشكل 16-3**، ويخزن بعد ذلك في المثانة، ليخرج بعد ذلك من الجسم عبر قناة مجرى البول.

وتُرشح كل كلية نحو 180 L من الدم يوميًّا عند الشخص البالغ، لكنها تنتج 1.5 L فقط من البول. وتحتاج عملية الترشيح وإعادة الامتصاص من الدم إلى قدر كبير من الطاقة؛ فعلى الرغم من أن الكليتين تشكّلان 1%من وزن الجسم، إلا أنهما تستخدمان 20% – 25 من الأكسجين الذي يحصل عليه الجسم لسد احتياجاتها من الطاقة.

الربط مع الكيمياء تساعد الكلية على الحفاظ على الرقم الهيدروجيني في الدم، وتنظيمه عن طريق حفظ توازن الحمض والقاعدة. تذكّر أن انخفاض درجة الحموضة ينتج عن زيادة أيونات الهيدروجين (H^+). وعندما تنخفض درجة الحموضة في الجسم ترفع الكلية مقدار درجة الحموضة في الجسم عن طريق إفراز أيونات الهيدروجين (H^+) والأمونيا في الأنابيب الكلوية. وتستطيع الكلية خفض مستوى درجة الحموضة عن طريق إعادة امتصاص المحاليل المنظمة، ومنها البيكربونات وأيونات الصوديوم Na^+. ولأن العمليات الحيوية تتطلب أن يكون الرقم الهيدروجيني بين 6.5 إلى 7.5 فإن الكلية تحافظ على الاتزان الداخلي عن طريق المحافظة على الرقم الهيدروجيني عند هذا المستوى.

مختبر تحليل البيانات 1-3

بناءً على بيانات حقيقية

تفسير البيانات

كيف تؤثر الظروف القاسية في معدل فقدان الجسم اليومي للماء؟

يحصل الجسم على الماء عن طريق امتصاصه من خلال القناة الهضمية. ويفقد الجسم الماء بالدرجة الأولى عن طريق إفراز البول والعرق، وبخار الماء من الرئتين.

التفكير الناقد

1. **حدد** ما المصدر الرئيس لفقدان الماء في الطقس العادي الطبيعي؟
2. **كوّن فرضية** لماذا يتم فقدان الماء عن طريق العرق أكثر من البول عند بذل جهد كبير في أثناء تأدية التمارين الرياضية؟
3. **احسب** ما نسبة فقدان الماء في الحالات الثلاث؟

البيانات والملاحظات

يبين الجدول الآتي البيانات التي جمعت في الطقس العادي الطبيعي، والطقس الحار، وعند القيام بتمرين رياضي مجهد:

المعدل اليومي لفقدان الماء في الإنسان (mL)

المصدر	درجة الحرارة العادية	درجة الحرارة العالية	تمرين مجهد
الكليتان	1500	1400	750
الجلد	450	1800	5000
الرئتان	450	350	650

أخذت البيانات في هذا المختبر من: Beers, M.2003 .The Merck Manual of Medical Information, Second Edition West Point, PA: Merck and Co.Inc

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

أمراض الكلية Kidney Disorders

أحيانًا لا تقدر الكلية على القيام بوظائفها، أو يصيبها فشل بسبب الأمراض والاختلال في وظائفها. وعندما تضعف وظيفة الكلية لا يستطيع الجسم التخلص من الفضلات، فيحدث خلل في الحفاظ على الاتزان الداخلي.

التهاب الكلية Infections من مظاهر التهاب الكلى الحمى والقشعريرة وآلام أسفل الظهر أو منتصفه. وتبدأ إصابة الكلية عادة بإصابة المثانة بالالتهابات، ثم تنتقل هذه الالتهابات إلى الكلية. كما يسبب انسدادُ الكلية إصابتَها بالالتهابات. وإذا لم تعالج الإصابة تحدث ندوب في الكلية، وربما تتعطل وظيفتها. وتتم معالجة الالتهابات الناتجة عن العدوى بالبكتيريا باستعمال المضادات الحيوية الفعالة.

التهاب الوحدة الكلوية Nephritis من مشكلات الكلى التهاب الوحدات الكلوية، وغالبًا ما يحدث نتيجة التهاب وانتفاخ مؤلم في أحد الكُبيبات، كما في **الجدول 3 – 3**. ويحدث هذا الأمر لعدة أسباب، منها استقرار مواد كبيرة الحجم تنساب مع الدم في الكبة. ومن أعراض هذه الحالة وجود الدم والبروتين في البول، وانتفاخ أنسجة الجسم. فإذا لم يتحسن الوضع احتاج المريض إلى نوع معين من الغذاء أو الحمية، وبعض العقاقير لمعالجة الإصابة.

حصى الكلى Kidney stones تُعد حصى الكلى أحد اضطرابات الكلى، كما في **الجدول 3–3، والشكل 17 –3**. وحصى الكلية مادة بلورية صلبة، ومنها مركبات الكالسيوم التي تتكون في الكلية. وتستطيع هذه الحصى الصغيرة أن تخرج من الجسم مع البول إلا أن ذلك مؤلم جدًّا. ويمكن تحطيم الحصى الكبيرة بالموجات فوق الصوتية لتمر بعدها إلى خارج الجسم، كما تحتاج بعض الحالات أحيانًا إلى الجراحة لإزالتها.

وتُحدِث بعض الأمراض التي يعاني منها الجسم ضررًا للكلى. فالسكري وضغط الدم العالي من أهم أسباب الفشل الكلوي وانخفاض مستوى أداء الكليتين. كما يسبب الاستعمال الخاطئ لبعض العقاقير أضرارًا بالغة للكليتين.

الشكل 17–3 تتكون حصى الكلية عندما تصبح المعادن ـ ومنها الكالسيوم ـ كتلاً صلبة.

المفردات

مفردات أكاديمية

يثبط Inhibit: يقيد أو يمنع عمل أو وظيفة ما.

تركيز البروتين في الدم يثبط العضو عن إنتاج كمية أكبر من البروتين نفسه.

الجدول 3–3 أمراض الجهاز الإخراجي الشائعة

اضطرابات الإخراج	الوصف
التهاب الوحدة الكلوية	يؤدي التهاب الكبيبات إلى التهاب الكلية كلها، لذا تفشل في أداء وظيفتها إذا لم تعالج.
حصى الكلى	تمرّ الترسبات الصلبة التي تتكون في الكلية عن طريق البول إلى خارج الجسم، أما الحصى الكبيرة في الكلى فتسد مجرى البول أو تهيج القناة البولية، مما يسبب العدوى.
انسداد القناة البولية	تسبب التشوهات الخلقية عند الولادة انسداد مجرى البول. وإذا لم يتم معالجة هذه الحالة يحدث ضرر دائم في الكلى.
مرض الكلى العديد التكيس	هذه حالة وراثية تتميز بنمو أكياس كثيرة مليئة بالسائل في الكلى. ويقلل هذا الاعتلال من وظيفة الكلية، وربما يقود إلى الفشل الكلوي.
سرطان الكلية	نمو غير منضبط، يبدأ بالخلايا المبطنة للأنابيب داخل الكلية، وينتج عنه خروج الدم إلى البول، ووجود كتل في الكلى، أو ربما تتأثر أعضاء أخرى في الجسم نتيجة انتشار السرطان السريع، مما قد يؤدي إلى الموت.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

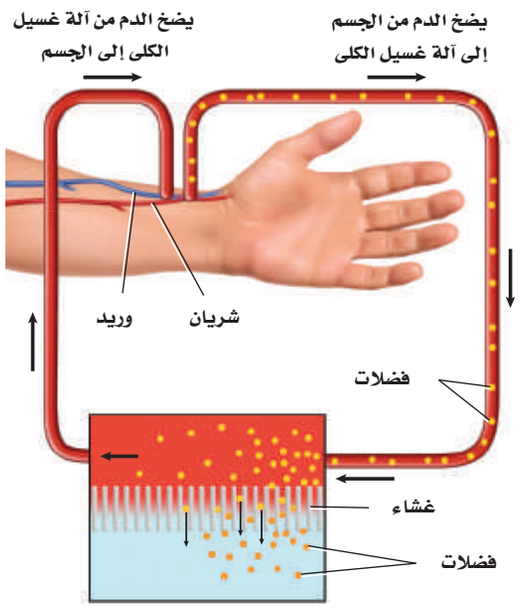
معالجة الكلية Kidney Treatments

قد تفقد الكلى نسبة كبيرة من وظيفتها قبل أن يصبح الفشل الكلوي ظاهرًا. وإذا لم تعالج الكلى فإن تراكم الفضلات في الجسم يؤدي إلى التشنجات وفقدان الوعي أو الموت. وهناك طريقتان لعلاج الفشل الكلوي التام، وانخفاض مستوى أداء الكلى.

غسيل الكلى Dialysis غسيل الكلى طريقة يتم فيها ترشيح الفضلات والسموم من دم المريض عن طريق كلية آلية اصطناعية. وهناك نوعان مختلفان من غسيل الكلى، أحدهما موضح في **الشكل 18– 3**، حيث يمر الدم مؤقتًا عبر آلة ترشيح خارج الجسم لتخليصه من الفضلات. وتحتاج هذه العملية من 3 إلى 4 ساعات، على أن تتكرر ثلاث مرات أسبوعيًّا. أما النوع الثاني فيكون داخل الجسم، حيث يعمل الغشاء الداخلي المبطِّن للبطن (الغشاء الصفاقي) عمل كلية صناعية، فيملأ تجويف البطن بسائل خاص من خلال أنبوب صغير ملتصق بالبطن، ثم يصرف السائل المحتوي على الفضلات من دم المريض. ويجب إجراء هذه العملية يوميًا مدة 30 – 40 دقيقة.

زرع الكلية Kidney Transplant زرع الكلية عملية جراحية يتم فيها نقل كلية سليمة من شخص إلى جسم المريض. وقد أثبتت زراعة الكلى نجاحات متزايدة في الأعوام الأخيرة. وعلى الرغم من ذلك فهناك نقص كبير في أعداد المتبرعين بالكلى. إذ يتجاوز عدد المرضى على قائمة الانتظار لزرع الكلى عدد الكلى المتوافرة للزراعة كثيرًا.

ومن المضاعفات الرئيسة للزراعة رفض الجسم المتوقع للعضو. وتتم معالجة رفض الجسم للكلية المزروعة عن طريق العقاقير ـ ومنها السيترويدات والسايكلوسبورين ـ التي يتناولها المريض؛ لكيلا يرفض جسمه الكلية المزروعة. ويحتاج الكثير ممن تزرع لهم الكلى إلى علاج ارتفاع ضغط الدم ومنع حدوث العدوى.



ترشيح الفضلات في آلة غسيل الكلى، من الدم خلال غشاء اصطناعي

الشكل 18 – 3 يستخدم جهاز غسيل الكلى لترشيح الفضلات والمواد السامة من دم المريض.

الربط الصحة

صدرت فتوى هيئة كبار العلماء من رئاسة إدارات البحوث العلمية والإفتاء والدعوة والإرشاد في عام 1402هـ بجواز تبرع الإنسان الحي بنقل عضو منه أو جزء من عضو إلى مسلم مضطر إلى ذلك؛ وذلك للحفاظ على حياته، قال الله تعالى: ﴿... وَمَنْ أَحْيَاهَا فَكَأَنَّمَآ أَحْيَا ٱلنَّاسَ جَمِيعًا ...﴿٣٢﴾﴾ المائدة. وقال رسول الله ﷺ: «تَرَى الْمُؤْمِنِينَ فِي تَرَاحُمِهِمْ وَتَوَادِّهِمْ وَتَعَاطُفِهِمْ كَمَثَلِ الْجَسَدِ إِذَا اشْتَكَى منهُ عُضْو تَدَاعَى لَهُ سَائِرُ جَسَدِهِ بِالسَّهَرِ وَالْحُمَّى». متفق عليه. ولقد أنشأت وزارة الصحة عام 1404هـ المركز الوطني للكلى، الذي تغيّر اسمه في عام 1413هـ إلى المركز السعودي لزراعة الأعضاء؛ لتتوسع بذلك نشاطاته في مختلف مجالات زراعة الأعضاء.

لمزيد من المعلومات أرجع إلى الموقع الإلكتروني للمركز السعودي لزراعة الأعضاء http: / /www.scot.gov.sa

الربط مع رؤية 2030

مجتمع حيوي

٢.١.١ تسهيل الحصول على الخدمات الصحية

التقويم 3–3

الخلاصة

- الكليتان عضو الإخراج الرئيس في الجسم.
- الوحدات الكلوية وحدات ترشيح مستقلة في الكلى.
- يعاد امتصاص الماء والمواد المهمة إلى الدم بعد الترشيح.
- تنتج الكلى فضلات تسمى البول.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **فسِّر** كيف تساعد الكلى على الحفاظ على الاتزان الداخلي للجسم؟
2. **عرف** الوحدة الكلوية والبولينا.
3. **ارسم مخططًا** يبين التخلص من الفضلات، ابتداءً من محفظة بومان حتى قناة مجرى البول.
4. **قارن** بين الترشيح وإعادة الامتصاص في الوحدة الكلوية.
5. **حدِّد** ثلاثة أنواع من اعتلالات الكلية.

التفكير الناقد

6. **كوِّن فرضية** لماذا يسبب الفشل الكلوي الموت؟
7. الكتابة في علم الأحياء ابحث عن أثر تناول نظام غذائي غني بالبروتين في الجهاز الإخراجي. لخّص نتائج بحثك لأفراد المجتمع المحلي.
8. الرياضيات في علم الأحياء احسب معدل كمية البول التي ينتجها الجسم في الأسبوع.

علم الأحياء والمجتمع

الزئبق والبيئة

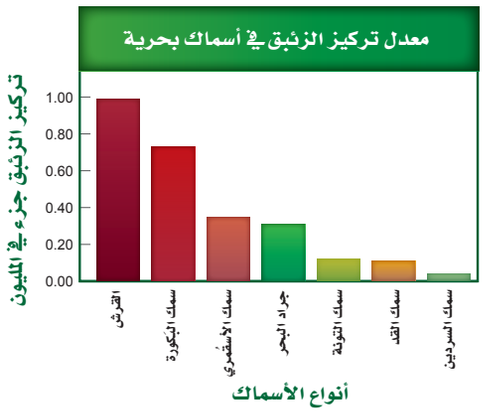
في عام 1950م أُصيبَ الكثير من المقيمين في المنطقة المحيطة بخليج ميرامانا في جنوب غرب اليابان بمرضٍ يسبب تلفًا في الدماغ، وتشوهات في الولادة، وقد يؤدي إلى الموت أحيانًا. وقد وجد العلماء أن سبب ذلك هو إلقاء المصانع للزئبق في ماء الخليج. وقد مرضَ الكثير ممن أكلوا السمك الملوث بالزئبق.

مصادر الزئبق الزئبق معدن سائل عند درجة حرارة الغرفة. ويكوِّن الزئبق مركبات شديدة السمية للإنسان، ويعد جزءًا من البيئة منذ مدة طويلة. وتطلق البراكين وتجوية الصخور عادة الزئبق في البيئة، حيث يستخدم في الكثير من عمليات التصنيع.

ويتسرب الزئبق إلى التربة وشبكة أنابيب الماء عن طريق إلقاء المواد والأشياء التي تحتوي عليه في مكابّ النفايات وحرقها، ومنها الفحم الصناعي والنفايات الصناعية. وينطلق الزئبق في الهواء، حيث ينفث المصنع المدار بطاقة الفحم أكثر من 50 , 000 kg زئبق في الهواء كل عام، إذا استعمل فحمًا يحتوي على الزئبق.

الزئبق في السلسلة الغذائية تُعد السلسلة الغذائية المصدر الرئيس لتعرض الإنسان للزئبق، الذي يتسرب إليها عندما تغسل الأمطار الهواء الملوث بالزئبق، وعندما تختلط التربة وفتات الصخور بالمياه السطحية، فالبكتيريا الموجودة في الماء تحوّل الزئبق إلى مركب عضوي يسمى ميثيل الزئبق، ينتقل إلى الجسم ويصل الأنسجة والأعضاء بسهولة، وعندما يصل إلى الكلى يصعب التخلص منه. ونتيجة لذلك يتراكم ميثيل الزئبق في أنسجة السمك والحيوانات البحرية الأخرى. ويصبح هذا التراكم أكبر في المخلوقات التي تعيش مدة أطول، أو التي توجد في قمة السلسلة الغذائية.

الزئبق وتأثيره يعدّ السمك والمحار غذاءً مهمًّا وطعامًا صحيًّا؛ لأنه يحتوي على بروتينات صحية ومواد غذائية أخرى. ولكن السمك والمحار يحتويان على الزئبق، كما في الجدول الآتي. لماذا تعتقد أن سمك القرش يحتوي على أعلى تركيز للزئبق؟



وعلى الرغم من أن السمك يزود الجسم بالبروتين الجيد والفيتامينات والمعادن، فقد أوصت إدارة الغذاء والدواء بأنه يجب أن يكون تركيز ميثيل الزئبق في المأكولات البحرية في أثناء فترة الحمل والرضاعة أقل من المعدل. ويجب ألا تتناول الحامل الأنواع التي تحتوي على مستوى عالٍ من ميثيل الزئبق أكثر من مرتين في الأسبوع. وتستطيع النساء تناول 340 g من الروبيان أو سمك التونا المعلب، أو السلمون أسبوعيًّا. ويحتوي سمك البَكورة زئبقًا أكثر من التونا الخفيفة المعلبة، لذا يجب ألا تأكل النساء أكثر من 170 g أسبوعيًّا منه. ويجب أن يتّبع ذلك مع الصغار، فيأكلوا كميات أقل من السمك.

الكتابة في علم الأحياء

خدمة المجتمع ابحث مع طلاب الصف عن برامج محلية للتخلص من المواد الخطرة، ومنها مقياس الحرارة والبطاريات. وتعاونوا معهم في عمل كتيب عن هذه البرامج.

مختبر الأحياء

إنترنت: عمل اختيارات صحية إيجابية

الخلفية النظرية: تؤثر كل من الوراثة وأنماط الحياة في الصحة عمومًا. ويتضمن الحصول على الصحة السليمة القيام باختيارات صحيحة تتعلق بالتمارين والتغذية والأدوية وإدارة الضغوط والتدخين. ولأن أجهزة جسم الإنسان تؤدي وظائفها معًا لتحافظ على الاتزان الداخلي للجسم، فإن أي تغيّر في أحد الأجهزة سيؤثر في الصحة عمومًا. في هذا المختبر سوف تصمم عرضًا تركز فيه على أثر الاختيارات الصحية في وظائف أجهزة الجسم.

سؤال: كيف يؤثر اختيارك لأنماط الحياة الصحية في وظيفة كل من جهاز الدوران والجهاز التنفسي وأجهزة الإخراج في الجسم؟

المواد والأدوات

اختر المواد والأدوات المناسبة لتصميم العرض الذي تختاره من مكتبة المدرسة أو الصف.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. طوّر خطوطًا عريضة للمعلومات التي ترغب تضمينها في عرضك، ومنها تأثير طريقة بعض الخيارات الصحية في أجهزة التنفس والدوران والإخراج.
3. استعمل مصادر وبيانات كنت قد جمعتها في هذا المختبر لتحديد أثر خيارتك الصحية في جسمك.
4. اختر وسائط العرض المتعددة التي تشمل الفيديو والملصقات والكتيبات ... إلخ.
5. شارك زملاءك في عرضك؛ حتى يتمكن الآخرون من الإفادة مما تعلموه.
6. استعمل معلومات التقويم التي زودك بها معلمك لتقويم أثر العرض.

حلل ثم استنتج

1. **صِف** الجمهور المستهدف؟ وكيف تم تطوير المعلومات المتضمنة لتناسب هؤلاء الحضور؟
2. **لخّص** النقاط المهمة في عرضك.
3. **وضح** كيف تؤثر الخيارات الصحية السليمة التي وصفتها في أجهزة جسمك؟
4. **قوّم** هل تعتقد أن عرضك سيؤثر في خيارات زملائك الصحية؟ وضح إجابتك.
5. **انقد العرض** كيف يمكن أن تزيد من فاعلية عرضك؟

مشاركة المجتمع

أبدع اختر واحدًا أو أكثر من أنماط السلوك الصحية السليمة في عرضك، وصمّم دراسة مسحية لجمع معلومات عن الخيارات التي يقوم بها زملاؤك والمتعلقة بأنماط السلوك الصحية السليمة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 3 دليل مراجعة الفصل

المطويات **استخلص النتائج.** حدد فصيلة الدم التي تتّصف بأنها مستقبل عام. فسّر إجابتك.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
3–1 جهاز الدوران	
الشريان الشعيرة الدموية الوريد الصمام القلب منظم النبض البلازما (سائل الدم) خلية الدم الحمراء الصفائح الدموية خلية الدم البيضاء تصلب الشرايين	**الفكرة الرئيسة** **ينقل جهاز الدوران الدم لتزويد الخلايا بمواد مهمة منها الأكسجين، وتخليصها من الفضلات ومنها ثاني أكسيد الكربون.** • تنقل الأوعية الدموية المواد المهمة خلال الجسم. • يتكون الجزء العلوي من القلب من أذينين، والجزء السفلي من بطينين. • يضخ القلب الدم غير المؤكسج إلى الرئتين، كما يضخ الدم المؤكسج إلى سائر الجسم. • يتكون الدم من: البلازما، وخلايا الدم الحمراء، وخلايا الدم البيضاء والصفائح الدموية. • يُصنّف الدم إلى أربع فصائل هي: O وAB وB وA.
3–2 الجهاز التنفسي	
الحركات التنفسية التنفس الخارجي التنفس الداخلي القصبة الهوائية القصيبات الهوائية الرئة الحويصلات الهوائية	**الفكرة الرئيسة** **وظيفة جهاز التنفس تبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الهواء الجوي الداخل للرئتين والدم من ناحية، وبين الدم وخلايا الجسم من ناحية أخرى.** • الحويصلات الهوائية يحدث فيها تبادل الغازات بين جهازي التنفس والدوران. • تبدأ ممرات الهواء من الفم أو الأنف وتنتهي عند الحويصلات الهوائية داخل الرئتين. • الشهيق والزفير عمليتان تؤديان إلى إدخال الهواء وإخراجه. • يعمل جهازا التنفس والدوران معًا للحفاظ على الاتزان الداخلي. • قد تمنع الأمراض التنفسية حدوث عملية التنفس.
3–3 الجهاز الإخراجي	
الكلية اليوريا (البولينا)	**الفكرة الرئيسة** **تحافظ الكلى على الاتزان الداخلي عندما تخلص الجسم من الفضلات والماء الزائد، وتحافظ على الرقم الهيدروجيني للدم.** • الكليتان عضو الإخراج الرئيس في الجسم. • الوحدات الكلوية وحدات ترشيح مستقلة في الكلى. • يُعاد امتصاص الماء والمواد المهمة إلى الدم بعد الترشيح. • تنتج الكلى فضلات تسمى البول.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

3–1

مراجعة المفردات

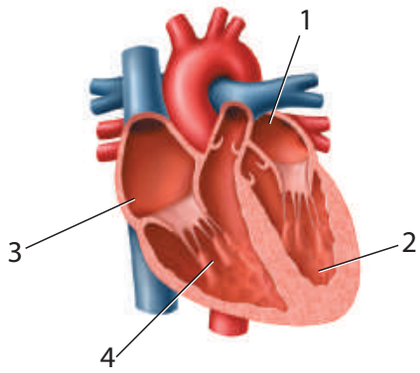
اربط بين كل تعريف من الآتي والمصطلح الملائم الموجود في صفحة دليل مراجعة الفصل:

1. الوعاء الدموي الذي يحمل الدم المؤكسج بعيدًا عن القلب.
2. يتعلق بوقف نزف الوعاء الدموي.
3. يحفز القلب على الانقباض.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

4. من أين يخرج الدم بعد أن يغادر القلب؟

a. الأبهر (الأورطى).
b. الشعيرات الدموية.
c. الرئتين.
d. الوريد الرئوي.



استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 5 ، 6.

5. ما الرقم الذي يمثّل البطين الأيمن؟

a. 1
b. 2
c. 3
d. 4

6. أيّ أجزاء القلب يدخل إليه الدم المؤكسج؟

a. 1
b. 2
c. 3
d. 4

7. إذا أُصيب شخص فصيلة دمه A في أثناء حادث سير، فتطلّب الأمر نقل دم إليه، فما نوع فصيلة الدم التي يمكن أن تنقل إليه؟

a. فصيلة A فقط.
b. فصيلة A أو O.
c. فصيلة AB فقط.
d. فصيلة O فقط.

8. أين توجد الصمامات التي تعمل في اتجاه واحد في جهاز الدوران؟

a. الشرايين.
b. الشعيرات الدموية.
c. الأوردة.
d. خلايا الدم البيضاء.

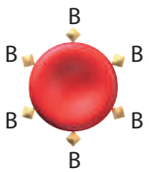
9. إذا قُطع وعاء دموي صغير في يدك فما الذي يؤدي دور المدافع النشط ضد المرض الذي قد يحدث؟

a. البلازما.
b. الصفائح الدموية.
c. خلايا الدم الحمراء.
d. خلايا الدم البيضاء.

أسئلة بنائية

10. **إجابة قصيرة.** قارن بين وظيفة كل من الأذين والبطين.

استعمل المخطط الآتي للإجابة عن السؤال 11.



11. **إجابة قصيرة.** ما نوع الدم الذي يمكن أن ينقل إلى شخص يحمل فصيلة الدم المبينة في المخطط أعلاه؟ فسّر إجابتك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

3 تقويم الفصل

التفكير الناقد

12. كوِّن فرضية تتعلق بفوائد احتواء القلب على مضختين بدلاً من واحدة داخل العضو نفسه.

13. استنتج. ما فصيلة الدم (AB وB وA وO) الأكثر أهمية في الحالات الطبية الطارئة؟ لماذا؟

3–2

مراجعة المفردات

استخدم المفردات من دليل مراجعة الفصل لتجيب عن الأسئلة الآتية:

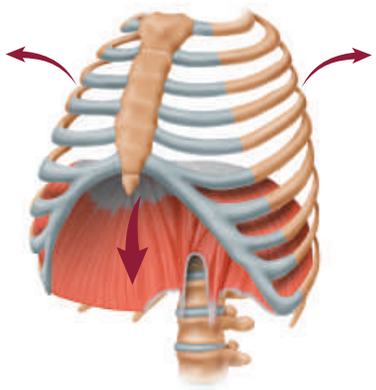
14. أي تركيب يحدث فيه التنفس الخارجي؟

15. ما المصطلح الذي يعبّر عن تبادل الغازات بين الدم وخلايا الجسم؟

16. أيّ أجزاء الممرات الهوائية يتفرع من القصبة الهوائية؟

تثبيت المفاهيم الرئيسة

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 17 و 18.



17. ما العملية المبينة في الشكل أعلاه؟

a. الشهيق. **b.** الزفير.

c. التنفس الخلوي. **d.** الترشيح.

18. ما الجزء الذي يتحرك إلى أسفل عندما تنقبض العضلات؟

a. القصبة الهوائية. **b.** الحجاب الحاجز.

c. البلعوم. **d.** الأضلاع.

19. ما العملية التي تتم داخل خلايا الأنسجة في الساقين؟

a. الترشيح. **b.** التنفس الخارجي.

c. الحركات التنفسية. **d.** التنفس الداخلي.

20. ما العملية التي تؤدي إلى رفع الحجاب الحاجز إلى أعلى؟

a. التنفس الخلوي. **b.** الزفير.

c. الشهيق. **d.** التنفس الداخلي.

21. ما الغاز الذي تحتاج إليه جميع الخلايا؟

a. الكبريت. **b.** الهيدروجين.

c. ثاني أكسيد الكربون. **d.** الأكسجين.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

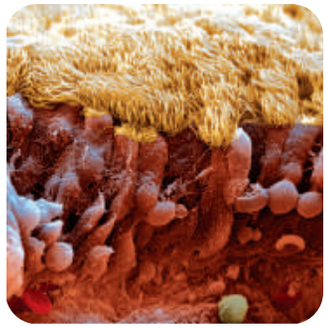
22. ما عدد مرات التنفس تقريبًا التي يقوم بها الشخص في اليوم الواحد إذا تنفس 12 مرة في الدقيقة؟

a. 1000 **b.** 10,000
c. 17,000 **d.** 1,000,000

أسئلة بنائية

23. إجابة قصيرة. ميّز بين الربو والتهاب القصبات وانتفاخ الرئة.

استعمل الصورة الآتية للإجابة عن السؤال 24.



24. إجابة قصيرة. صِفْ وظيفة التركيب الموجود في الصورة أعلاه، وبيّن أين يوجد ذلك التركيب؟

التفكير الناقد

25. كوِّن فرضية حول فائدة التنفس العميق خلال التمرين الرياضي مقارنة بشخص آخر يقوم بالتمرين نفسه، إلا أنه يتنفس بمعدل طبيعي.

3–3

مراجعة المفردات

راجع المصطلحات الموجودة في دليل مراجعة الفصل، واستعن بها في الإجابة عن الأسئلة الآتية:

26. أين توجد الوحدات الكلوية (النفرونات)؟

27. ما الفضلات الموجودة في البول؟

تثبيت المفاهيم الرئيسة

28. يوجد التواء هنلي في:

a. الأنابيب الكلوية. **b.** الكبة.
c. محفظة بومان. **d.** مجرى البول.

29. أي وظائف الكلية الآتية تحفظ الماء في الجسم؟

a. الامتصاص. **b.** الترشيح.
c. إعادة الامتصاص. **d.** التهوية.

30. ما العملية التي تعيد السكر إلى الدم؟

a. الإخراج. **b.** الترشيح.
c. إعادة الامتصاص. **d.** الزفير.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

3 تقويم الفصل

استعمل البيانات في الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة 33– 31.

إعادة امتصاص بعض المواد في الكلى			
المواد الكيميائية	الكمية الراشحة عن طريق الكلية (g / يوم)	الكمية التي أخرجت عن طريق الكلية g / يوم	نسبة المادة الكيميائية الراشحة التي أعيد امتصاصها g / يوم
الجلوكوز	180	0	100
اليوريا	46.8	23.4	50
البروتين	1.8	1.8	0

31. بنـاءً على الكميات الواردة في الجـدول أعلاه، ما كمية اليوريا التي تم امتصاصها عن طريق الكلية؟

a. 0.50 g/ دقيقة. **b.** 23.4 g / يوم.

c. 46.8 g / يوم **d.** 50 g / يوم.

32. اعتمادًا على الجدول أعلاه، ما الذي يحدث للجلوكوز في الكلية؟

a. يعاد امتصاصه إلى الدم.

b. يرشح من الدم بشكل دائم.

c. يعالج في الكلية مثل الكرياتينين.

d. يعالج في الكلية مثل اليوريا.

33. فسّـر لمـاذا لا يتم التخلص مـن البروتين فـي الوحدة الكلوية؟

a. الأنبوب الجامع صغير جدًّا.

b. ترشيح البروتين غير ممكن.

c. البروتينات لا تدخل الوحدة الكلوية أبدًا.

d. يعاد امتصـاص البروتينات عـن طريق الوحدة الكلوية.

أسئلة بنائية

34. إجابـة قصيـرة. كم لترًا من الدم ينسـاب عبر الكلى في الساعة؟

35. إجابـة قصيـرة. فسّـر الاختلاف بين الترشـيح وإعادة الامتصاص في الكلية.

36. نهاية مفتوحة. اسـتنتج لماذا تحتـاج الكلى إلى الطاقة كثيرًا لأداء عملها؟

التفكير الناقد

37. مهـن مرتبطة مع علم الأحيـاء. اكتب قائمة بأسئلة تتعلق بمشكلات المسـالك البولية أو المحافظة على الجهاز التناسلي الذكري سليمًا، ثم اطرحها على طبيب مختص.

تقويم إضافي

38. **الكتابة في** علم الأحياء اكتب مقالة تبين فيها كيف يشبه الجهاز الدوري نظام الطريق السريع في مدينتك أو قريتك.

أسئلة المستندات

تعرض البيانات الآتية مقارنة بين حالة خمسة أشخاص تمت مراقبة أجهزة الدوران لديهم (وهم متشابهون في الوزن، والعمر، والجنس)، علمًا بأن جميع بيانات الشخص A في الحدود الطبيعية، أما بيانات الأشخاص الأربعة الآخرين فليست كذلك.

الشخص	محتوى الهيموجلوبين في الدم (Hb/100ml من الدم)	محتوى الأكسجين في الدم في الشرايين (ml O_2/100ml من الدم)	محتوى الأكسجين في الدم في الأوردة (ml O_2/100ml من الدم)
A	15	19	15
B	15	15	12
C	8	9.5	6.5
D	16	20	13
E	15	19	18

استخدم الجدول السابق في الإجابة عن الأسئلة الآتية :

39. مَن منهم يعاني نقصَ الحديد في غذائه؟ فسّر إجابتك.

40. مَن منهم يعيش في المرتفعات، حيث يكون أكسجين الجو قليلًا؟ فسّر إجابتك.

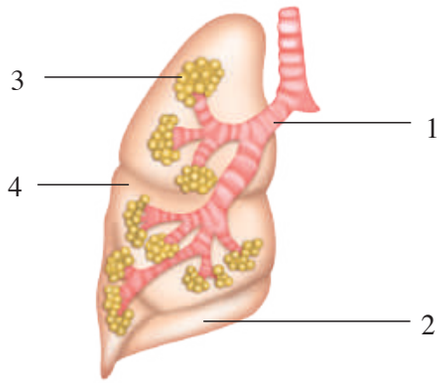
41. مَن منهم ربما يكون قد تسمم بأول أكسيد الكربون الذي يمنع خلايا الأنسجة من استعمال الأكسجين؟ فسّر إجابتك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استعمل هذا الشكل للإجابة عن السؤالين 1 ، 2.



1. أي أجزاء الجهاز التنفسي يحتوي على أهداب لترشيح الدقائق الموجودة في الهواء؟

a. 1 **b.** 2

c. 3 **d.** 4

2. أي المواقع يحدث فيها تبادل الغازات؟

a. 1 **b.** 2

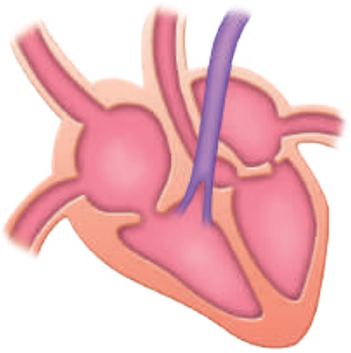
c. 3 **d.** 4

أسئلة الإجابات القصيرة

3. فسّر كيف ترشح الوحدة الكلوية الدم؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 4.



4. يبيِّن التوضيح أعلاه قلبًا مكونًا من أربع حجرات. اكتب موضحًا دور هذا القلب في دوران الدم المحمَّل بالأكسجين في الجسم.

يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

السؤال	1	2	3	4
الفصل / القسم	3-2	3-2	3-3	3-1
الصف	2-2	2-2	2-2	2-2

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 4

جهازا الهضم والغدد الصمّ

Digestive and Endocrine Systems

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفكرة العامة يحلل الجهاز الهضمي الطعام إلى جزيئات صغيرة لتزويد الجسم بالمواد المغذِّية والطاقة. أما الهرمونات فتنظم وظائف الجسم.

1 – 4 الجهاز الهضمي

الفكرة الرئيسة يحلّل الجهاز الهضمي الطعام إلى جزيئات صغيرة، ليتمكن الجسم من امتصاص المواد المغذّية.

2 – 4 التغذية

الفكرة الرئيسة بعض المواد المغذّية ضرورية جدًّا ليؤدي الجسم وظائفه بصورة طبيعية.

3 – 4 جهاز الغدد الصم

الفكرة الرئيسة تنظِّم آليات التغذية الراجعة الهرمونية أجهزة جسم الإنسان.

حقائق في علم الأحياء

- تتجدد بطانة معدة الإنسان كل بضعة أيام.
- يفرز الإنسان نحو لترٍ من اللعاب كل يوم.
- يبلغ طول الأمعاء الدقيقة 6 m تقريبًا، في حين يبلغ طول الأمعاء الغليظة نحو 1.5 m.

تجربة استهلالية

كيف يساعد إنزيم الببسين في عملية الهضم؟

تحتوي عصارات الهضم الحمضية في المعدة على إنزيم الببسين. وسوف تستقصي في هذه التجربة دور الببسين في عملية الهضم.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. حضّر ثلاثة أنابيب اختبار، وعنّون كلًّا منها على النحو الآتي:

A: 15 mL ماء.

B: 10 mL ماء، 5 mL محلول **حمض الهيدروكلوريك**.

C: 5 mL ماء، 5 mL محلول حمض الهيدروكلوريك، 5 mL **محلول الببسين** أو **مشروبات غازية**.

3. قطّع **بياض بيضة مسلوقة** جيدًا **بالسكين** قطعًا صغيرة بحجم حبة البازلاء.
4. أَضف كميات متساوية من قطع بياض البيضة إلى كل أنبوب. توقع مقدار الهضم النسبي في كل أنبوب اختبار.
5. ضع أنابيب الاختبار في **حاضنة** درجة حرارتها 37 °C طوال الليل، وسجّل ملاحظاتك في اليوم التالي.

التحليل

قوّم. رتّب أنابيب الاختبار اعتمادًا على كمية الهضم التي حدثت. بناءً على نتائجك صف دور كل من الببسين والرقم الهيدروجيني (pH) في هضم البروتينات.

المطويات
منظمات الأفكار

نظام التغذية الراجعة السلبية

اعمل المطوية الآتية لتساعدك على تسجيل ما تعلمته حول الدور الذي تؤديه الهرمونات الأربعة في نظام التغذية الراجعة السلبية.

الخطوة 1: اثنِ ورقة بعرض 5 cm عرضيًّا كما في الشكل الآتي:

الخطوة 2: اثنِ الورقة نفسها طوليًّا إلى أربعة أجزاء متساوية لعمل لوحة من أربعة أسطر أفقية، كما في الشكل الآتي:

الخطوة 3: ارسم خطوطًا على طول الانثناءات كما في الشكل الآتي:

الخطوة 4: عنون الأعمدة على النحو الآتي: الهرمون الجاردرقي، الهرمون المانع لإدرار البول، هرمون النمو، ثم اختر هرمونًا آخر لتضيفه إلى المخطط.

المطويات **استعمل هذه المطوية في القسم 3 – 4.**

وسجّل وأنت تقرأ هذا القسم ما تعلمته حول أهمية نظام التغذية الراجعة لإنتاج الهرمونات التي وضعتها في مخططك.

4-1

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

الأهداف

- **تلخّص** الوظائف الرئيسة الثلاث للجهاز الهضمي.
- **تحدّد** تركيب أجزاء الجهاز الهضمي ووظائفها.
- **تصف** عملية الهضم الكيميائي.

مراجعة المفردات

المادة المغذّية Nutrient: مكوّن حيوي في الطعام ضروري لتزويد الجسم بالطاقة والمواد اللازمة لنموّه وأداء وظائفه.

المفردات الجديدة

الهضم الميكانيكي
إنزيم الأميليز
الهضم الكيميائي
المريء
الحركة الدودية
البيسين
الأمعاء الدقيقة
الكبد
الخملات المعوية
الأمعاء الغليظة

الجهاز الهضمي

The Digestive System

الفكرة الرئيسة **يحلل الجهاز الهضمي الطعام إلى جزيئات صغيرة، ليتمكن الجسم من امتصاص المواد المغذّية.**

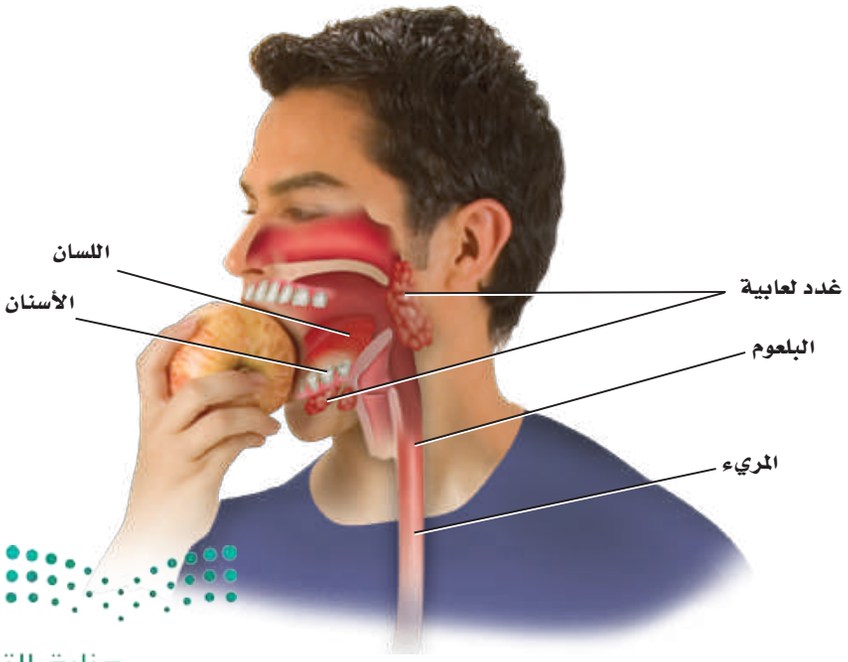
الربط مع الحياة في أثناء حياة الإنسان يمر 45000 kg تقريبًا من الغذاء عبر جهازه الهضمي. وينتقل هذا الغذاء مسافة 3 m تقريبًا في القناة الهضمية. ماذا يحدث في أثناء مرور الطعام في هذا الأنبوب الطويل؟

وظائف الجهاز الهضمي

Functions of the Digestive System

للجهاز الهضمي في الإنسان ثلاث وظائف رئيسة؛ حيث يقوم جهازه الهضمي بتقطيع الطعام وطحنه إلى قطع صغيرة ويحلله إلى مواد مغذية يَسهُل امتصاصها، ثم يتخلص من المواد التي لا يمكن هضمها. انظر إلى **الشكلين 1 – 4 و2 – 4** في أثناء دراستك تركيب الجهاز الهضمي ووظيفته.

الفم Mouth عندما تتناول وجبة غذائية تمضغ كل لقمة تتناولها. لماذا تحتاج إلى مضغ كل لقمة؟يبدأ الهضم الميكانيكي في الفم، ويتضمن **الهضم الميكانيكي** mechanical digestion مضغ الطعام وتقطيعه قطعًا صغيرة. كما يشمل الهضم الميكانيكي عمل العضلات الملساء في المعدة والأمعاء الدقيقة التي تحرك الطعام.



الشكل 1 – 4 يبدأ الهضم الميكانيكي في الفم، حيث ترطب إفرازات الغدد اللعابية الطعام، ثم تبدأ عملية الهضم الكيميائي، فينتقل الطعام عبر البلعوم إلى المريء.

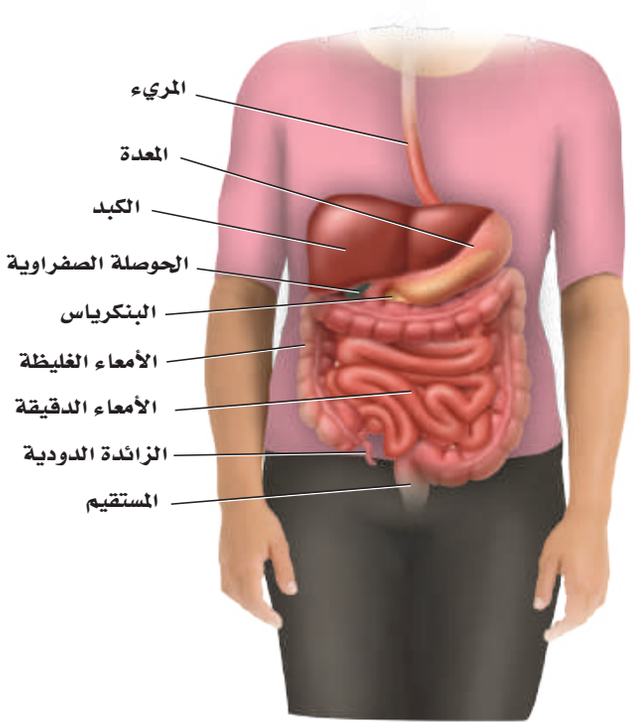
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

وبمجرد مضغ قطعة من الطعام وتقطيعها قطعًا صغيرة يبدأ عمل إنزيم الهضم في اللعاب بتحليل الكربوهيدرات وجزيئات النشا المعقدة التركيب إلى سكريات بسيطة يَسهُل على الخلايا امتصاصها؛ وذلك بفعل إنزيم **الأميليز** amylase الموجود في اللعاب، وعندها تبدأ عملية **الهضم الكيميائي** chemical digestion الذي هو نتيجة نشاط الإنزيمات في تحليل جزيئات الغذاء الكبيرة إلى جزيئات صغيرة لتسهيل عملية الامتصاص في الخلايا.

المريء Esophagus يتم دفع الطعام ـ بفعل حركة اللسان ـ إلى الجزء العلوي من **المريء** esophagus، وهو أنبوب عضلي يربط البلعوم بالمعدة، **الشكل 2–4**. تنقبض العضلات الملساء المبطنة لجدار المريء بتتابع لتدفع الطعام عبر الجهاز الهضمي من خلال عملية تسمى **الحركة الدودية** peristalsis تستمر على طول القناة الهضمية. ويستمر الطعام في الاندفاع نحو المعدة، حتى لو وقف الإنسان رأسًا على عقب.

عندما يبتلع الإنسان الطعام يعمل لسان المزمار ـ وهو صفيحة غضروفية صغيرة – على تغطية القصبة الهوائية. فإذا لم يتم إغلاق القصبة فقد يدخل الطعام إليها، مما يسبب الغصة للإنسان. ويستجيب الجسم لهذا الفعل ببدء السعال بوصفه رد فعل منعكس، في محاولة لدفع الطعام خارج القصبة، ومنعه من دخول الرئتين.

المعدة Stomach عندما يغادر الطعام المريء ينتقل إلى المعدة، التي يوجد في أعلاها عضلة عاصرة تسمى العضلة العاصرة الفؤادية يمر عبرها الطعام. تتكون جدران المعدة من ثلاث طبقات متداخلة من العضلات الملساء تدخل في عملية الهضم الميكانيكي.



■ **الشكل 2–4** يمتد المريء من البلعوم إلى المعدة، ويبلغ طوله 25 cm تقريبًا.

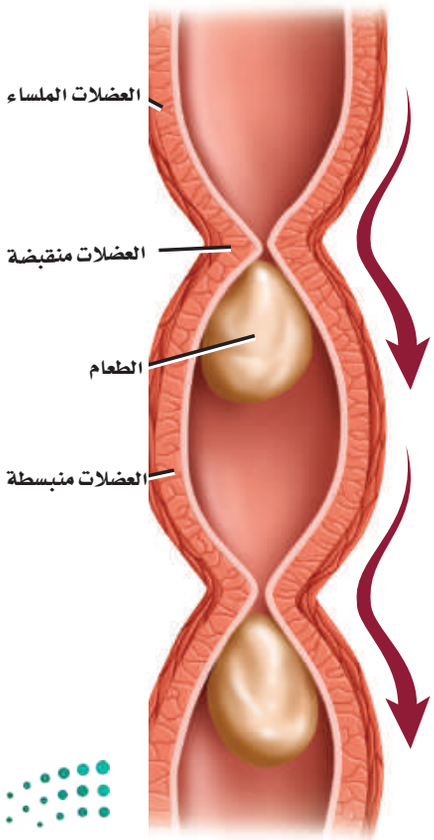
صف. لماذا يصنف الإنسان على أنه حقيقي التجويف الجسمي؟

تجربة علمية
كيف تهضم البروتين؟
ارجع لدليل التجارب العملية على منصة عين الاثرائية

فعندمـا تنقبض العضلات يتفتـت الطعام ويختلط بإفـرازات الغدد التي تبطن الجـدار الداخلي للمعدة. ويتغير الطعام في المعدة ليصبح سـائلًا كثيفًا يشـبه معجون الطماطم يسـمى الكيموس Chyme يتحرك ببـطء خارج المعدة عبر عضلة عاصرة في الجزء السفلي من المعدة تسمى العضلة العاصرة البوابية الى الأمعاء الدقيقة.

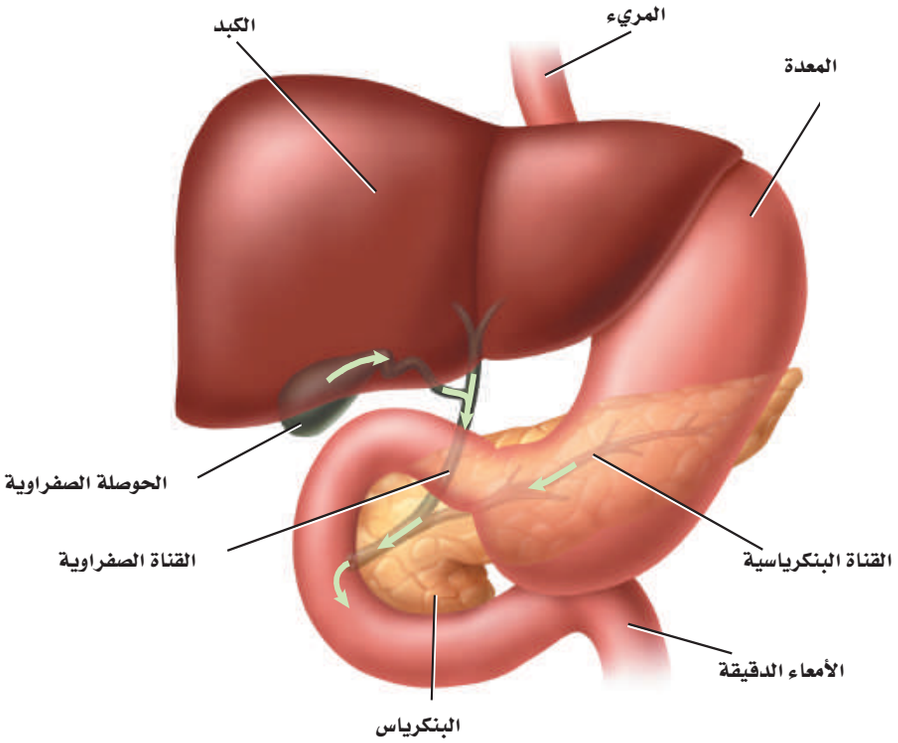
الربط مع الكيمياء يسـتعمل الرقم الهيدروجيني pH لقياس درجة حموضة المحاليل. ويمتاز الوسـط الداخلي للمعدة بأنه شـديد الحموضة؛ وذلك لأن الغدد المعدية التي تفرز محلـولاً حمضيًّا يقلّل الرقم الهيدروجيني في المعدة، لتصل درجة الحموضة إلى 2، وهي تعادل حموضة عصير الليمون. فإذا سمحت العضلة العاصرة الفؤادية في الجزء العلوي من المعدة بأي تسرب فسيعود بعض هذا الحمض إلى المريء مسببًا ما يُعرف بالحموضة. الوسط الحمضي للمعدة ضروري لعمل إنزيم **الببسين** pepsin ، وهو الإنزيم الذي يدخل في عملية هضم البروتينات، كما تفرز الخلايا المبطنة للمعدة المخاط لمنع الضرر الذي قد يسببه الببسين والوسـط الحمضي. وعلى الرغم من أن معظم عملية امتصاص المواد المغذّيـة تحدث في الأمعاء الدقيقة إلا أن بعض المواد ـ ومنها مادة الأسـبرين والكحول المحرم ـ يتم امتصاصها بوساطة الخلايا المبطنة للمعدة. وتبلغ سعة المعدة الفارغة 50 mL، وعندما تكون ممتلئة فقد تتمدد لتسع 2–4 L.

ماذا قرأت؟ **قارن** بين عملية الهضم في الفم والمعدة.



الشـكل 3–4 تنقبـض العضلات الملسـاء في جدران القنـاة الهضمية بآلية الحركة الدودية.

وزارة التعـليم
Ministry of Education
2023 - 1445



■ **الشكل 4–4** يعتمد الهضم الكيميائي في الأمعاء الدقيقة على نشاط كل من الكبد والبنكرياس والحوصلة الصفراوية.

ناقش. أهمية هذه الأعضـــاء في عملية الهضم الكيميائي.

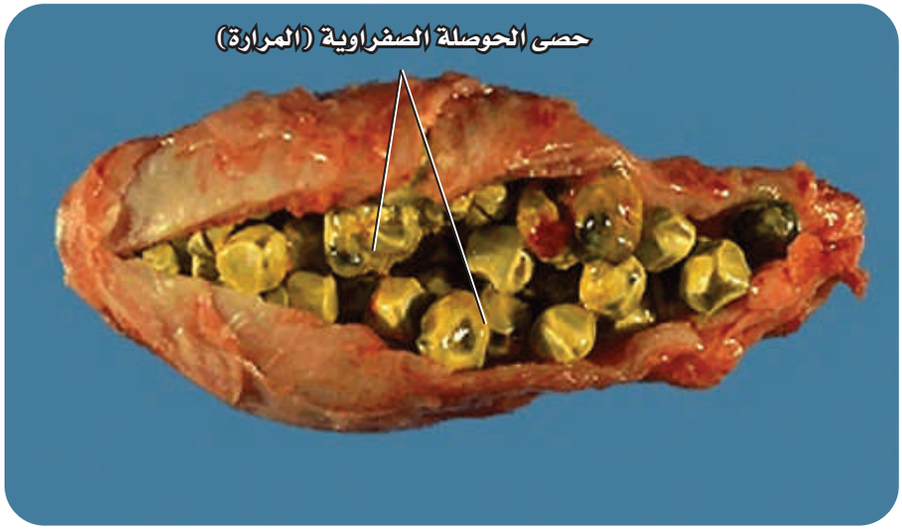
الأمعـــاء الدقيقـــة Small Intestine يبلـــغ طـول **الأمعـــاء الدقيقـــة** small intestine حوالـــي 6 m، وهي أطول جزء في القناة الهضمية، وتســـمى الأمعاء الدقيقة؛ لأن قطرها يبلغ 2.5 cm، مقارنة بقطر الأمعاء الغليظة الذي يبلغ 6.5 cm. تكمل العضلات الملســـاء المبطنة لجدار الأمعاء الدقيقة عملية الهضم الميكانيكي ودفع الطعام عبر القناة الهضمية بوساطة الحركة الدودية، الموضحة **بالشكل 3–4**.

يعتمد إتمام الهضم الكيميائي في الأمعاء الدقيقة على ثلاثة أعضاء ملحقة بالجهاز الهضمي، هـــي البنكرياس والكبد والحوصلة الصفراوية، **الشـــكل 4–4**. يؤدي البنكرياس وظيفتين، هما إفـــراز إنزيمات لهضم الكربوهيـــدرات والبروتينات والدهون، وإنتاج الهرمونات التي ســـيتم مناقشـــتها لاحقًا في هذا الفصل. كما يفرز البنكرياس سائلًا قلويًّا (قاعديًّا) لرفع الرقم الهيدروجيني (pH) في الأمعاء الدقيقة ليصل إلى أكثر من 7، مما يوفر وسطًا مناسبًا لعمل الإنزيمات المعوية.

يعد **الكبد** liver من أكبر الأعضاء الداخلية في الجسم، ويعمل على إنتاج المادة الصفراء التي تســـاعد على تحليل الدهون. يتم إنتـــاج حوالي لتر من هذه المادة يوميًّا، ويخزن الزائـــد منها في الحوصلة الصفراوية (المرارة) إلى أن تحتاج إليها الأمعاء الدقيقة. ويُبين **الشكل 5–4** حصى الحوصلة الصفراوية (المرارة)، وهي بلورات من الكوليسترول يمكن أن تتكون داخلها.

إرشادات الدراسة

التسلســـل والترتيـــب استعمل ملاحظاتك، وتعاون مع زميلك على مراجعة تسلسل الأعضاء في الجهاز الهضمي، ثم تدرب على إعادة تسلسلها دون الاعتماد على هذه الملاحظات. وتبادل طرح الأسئلة مع زميلك لزيادة فهم ما تعلمته.



الشكل 5–4 تعيق حصى الصفراء تدفق المادة الصفراء من الحوصلة الصفراوية. لاحظ الحصى التي تظهر في صورة الحوصلة الصفراوية.

تجربة 4-1

استقصِ هضم الدهون

كيف تؤثر أملاح الصفراء ومحلول البنكرياس في عملية الهضم؟

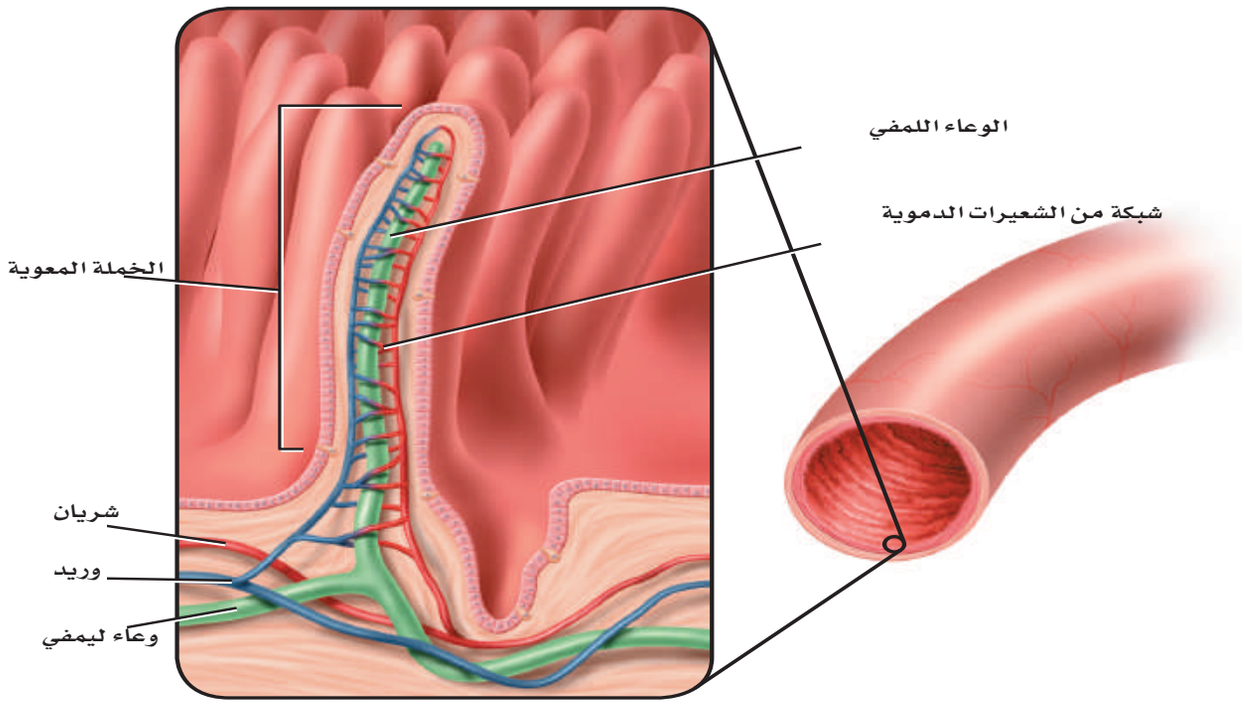
الشحوم أو الدهون مواد لا تذوب في الماء، لذلك يقوم الجسم بإنتاج المادة الصفراء، وهي مادة كيميائية تعمل على تحليل الدهون وتساعد على خلط جزيئاتها بالمحلول المائي في الأمعاء الدقيقة. وسوف تتحقق في هذه التجربة من هضم الدهون.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. ادرس خطوات العمل، واعمل مخططًا للبيانات.
3. عنون ثلاثة أنابيب اختبار (A،B،C)، ثم أضف 5 mL **زيت نباتي**، و8–10 قطرات من محلول **الفينول فثالين** إلى الأنابيب الثلاثة، وحرك جيدًا. وإذا لم يتغير اللون إلى الوردي فأضف **محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH** قطرة قطرة حتى تحصل على محلول وردي اللون.
4. أضف 125 mL من **الماء** إلى **كأس سعة** 250 mL، وسخنه لتصل درجة حرارته 40 °C.
5. حضر الأنابيب على النحو الآتي، ثم أحكم إغلاقها بسدادة:
6. أنبوب الاختبار **A**: 5 mL من **الماء المقطر**، ومقدار ضئيل من **أملاح الصفراء**.
7. أنبوب الاختبار **B**: 5 mL من **محلول البنكرياس**، ومقدار ضئيل من أملاح الصفراء.
8. أنبوب الاختبار **C**: 5 mL من محلول البنكرياس.
9. حرك الأنابيب جيدًا لخلط المحتويات، وضعها بهدوء داخل الكأس، ثم سجل ملاحظاتك.
10. تخلّص من محتويات أنابيب الاختبار في الوعاء المخصص لذلك.

التحليل

1. **حلّل.** إلامَ يشير تغير اللون في أنبوب الاختبار؟ ما سبب ذلك؟
2. **استخلص النتائج.** بناءً على نتائجك، صف دور المادة الصفراء ومحلول البنكرياس في عملية الهضم.



الشكل 6–4 الخملات بروزات تشبه الأصابع في بطانة الأمعاء الدقيقة. تنتشر المواد المغذّية إلى الشعيرات الدموية الموجودة داخل هذه الخملات لتصل إلى خلايا الجسم بوساطة الدم.

بعد إتمام عملية الهضم الكيميائي يتم امتصاص معظم المواد المغذّية من الأمعاء الدقيقة إلى مجرى الدم عبر بروزات إصبعية الشكل تُسمى **الخملات المعوية** villi، **الشكل 6–4**، حيث تعمل هذه الخملات على زيادة مساحة سطح الأمعاء الدقيقة، لتصبح بمساحة ملعب تنس تقريبًا. كما تساعد الأوعية الليمفية الموجودة في الخملات على امتصاص الدهون المهضومة، والفيتامينات الدهنية الذائبة، لنقلها إلى الأوعية الدموية (الأوردة)، وبالتالي توزيعها إلى جميع أجزاء الجسم عبر القلب. ارجع إلى **الشكلين 1–4** و **2–4** لتتابع حركة الطعام المهضوم عبر الجهاز الهضمي؛ إذ بمجرد انتهاء عملية الهضم يتجه الطعام المتبقي – الذي يُسمى الكيموس (وهو كتلة شبه سائلة من الغذاء المهضوم جزئيًّا)– إلى الأمعاء الغليظة. ويتكون الكيموس من الطعام الذي لم يتم هضمه والطعام الذي لم يُمتص من الخملات المعوية في الأمعاء الدقيقة.

الأمعاء الغليظة Large Intestine يصل طول **الأمعاء الغليظة** large intestine إلى 1.5 m، وهي آخر جزء من القناة الهضمية، وتشمل القولون والمستقيم والزائدة الدودية. ويمكن إزالة الزائدة الدودية جراحيًّا إذا تعرضت للالتهاب أو التضخم. ويُعد وجود بعض أنواع البكتيريا أمرًا طبيعيًّا داخل القولون؛ فهي تنتج فيتامين(K)، وبعض فيتامينات (B) اللازمة للجسم.

يمتص القولون الماء من ما تبقى من الكيموس، فيصبح صلب القوام، ويسمى البراز. وتستمر الحركة الدودية في دفع البراز نحو المستقيم، فتسبب تمدد جدرانه، ممّا يكوّن رد فعل يؤدي إلى ارتخاء العضلة العاصرة في نهاية المستقيم؛ للتخلص من البراز عبر فتحة الشرج.

انظر **الجدول 1 –4** لمراجعة الوظيفة الرئيسة لكل عضو من أعضاء الجهاز الهضمي، والمدة الزمنية التي يبقى فيها الطعام داخل كل عضو حتى يُهضم.

الجدول 1–4 **الوقت اللازم للهضم**

عضو الهضم	الوظيفة الرئيسة	المدة الزمنية للطعام داخل عضو الهضم
الفم	الهضم الميكانيكي والكيميائي	5–30 ثانية
المريء	النقل (الابتلاع)	10 ثوانٍ
المعدة	الهضم الميكانيكي والكيميائي	2–24 ساعة
الأمعاء الدقيقة	الهضم الميكانيكي والكيميائي وامتصاص المواد المغذّية	3–4 ساعات
الأمعاء الغليظة	امتصاص الماء	18 ساعة – 48 ساعة

التقويم 1–4

الخلاصة

- للجهاز الهضمي ثلاث وظائف رئيسة.
- الهضم نوعان: ميكانيكي وكيميائي.
- يتم امتصاص معظم المواد المغذّية في الأمعاء الدقيقة.
- تفرز الأعضاء الملحقة بالجهاز الهضمي إنزيمات ومادة صفراء تساعد على الهضم.
- يتم امتصاص الماء من الكيموس في الأمعاء الغليظة (القولون).

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة صف.** العملية التي تحلل الطعام لتسهيل امتصاص المواد المغذّية في الجسم.
2. **حلّل.** الفرق بين الهضم الميكانيكي والهضم الكيميائي، ووضح أهمية الهضم الكيميائي للجسم.
3. **لخّص.** الوظائف الرئيسة الثلاث للجهاز الهضمي.
4. **حلّل.** ما النتيجة المتوقعة إذا وجدت طبقة ملساء مبطنة للأمعاء الدقيقة بدلًا من الخملات؟

التفكير الناقد

5. **صمّم.** تجربة لجمع بيانات حول أثر الرقم الهيدروجيني (pH) في هضم أنواع الطعام المختلفة.
6. **الرياضيات في علم الأحياء**

تتسع علبة لنحو 354 mL من السائل. قارن هذه الكمية بسعة المعدة الفارغة، ثم أوجد النسبة.

7. **فسر.** يختلف الرقم الهيدروجيني (pH) في أجزاء الجهاز الهضمي. أعطِ أمثلة على ذلك، ووضح أهمية هذه الاختلافات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

4-2

التغذية Nutrition

الأهداف

- **تربط** مستوى النشاط بكمية السعرات الحرارية اللازمة للحفاظ على وزن جسم مثالي.
- **تصف** نواتج هضم البروتينات، والكربوهيدرات، والدهون في القناة الهضمية.
- **توضح** دور الفيتامينات والأملاح المعدنية في الحفاظ على الاتزان الداخلي للجسم.
- **تطبق** المعلومات في نموذج الهرم الغذائي الشخصي وملصقات الأغذية على أنها أدوات تساعد على ترسيخ عادات غذائية صحية.

مراجعة المفردات

الحمض الأميني Amino acid: وحدة البناء الأساسية في البروتينات.

المفردات الجديدة

التغذية

السعر الحراري (كالوري)

الفيتامين

الأملاح المعدنية

الفكرة الرئيسة **بعض المواد المغذّية ضرورية جدًّا ليؤدي الجسم وظائفه بصورة طبيعية.**

الربط مع الحياة في معظم الأوقات يكون لك حرية اختيار الطعام الذي تريد تناوله. وقد يترتب على هذا الاختيار عواقب غير محمودة؛ فالطعام الذي تتناوله يدل على صحتك الآن وفي المستقبل.

السعرات الحرارية Calories

التغذية nutrition عملية يأخذ بها الشخص الغذاء ويستعمله. فالغذاء يزودنا بالوحدات البنائية الأساسية والطاقة للحفاظ على كتلة الجسم. ويجب أن تكون كمية الطاقة التي يحصل عليها الإنسان مساوية لكمية الطاقة التي يستهلكها يوميًّا. وتستعمل وحدة قياس خاصة تُسمى **السعر الحراري** calorie لقياس محتوى الغذاء من الطاقة، ويُعرّف السعر الحراري بأنه كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1mL من الماء درجة سيليزية واحدة (1C).

ويقاس محتوى الطاقة بحرق الغذاء، وتحويل الطاقة المختزنة فيه إلى حرارة. وليس لجميع الأطعمة المحتوى نفسه من الطاقة، كما أن الكتل المتساوية لأنواع مختلفة من الغذاء لا تتساوى في عدد السعرات الحرارية. فعلى سبيل المثال، يحوي 1 g من الكربوهيدرات أو البروتينات 4 سعرات حرارية، في حين يحوي 1 g من الدهون 9 سعرات حرارية. ولهذا يُعدّ اختيار الغذاء بحكمة أمرًا مهمًّا. وهو ما يُؤخذ بعين الاعتبار لتقليل الوزن؛ حيث يجب أن يستهلك الجسم سعرات حرارية (بحرق الغذاء داخله) أعلى من تلك التي يتناولها الشخص من وجباته الغذائية، والعكس صحيح لمن يريد زيادة الوزن والاعتدال في أمر الغذاء هو التوجه الرباني الذي أشارت إليه الآية الكريمة ﴿ يَٰبَنِيٓ ءَادَمَ خُذُواْ زِينَتَكُمۡ عِندَ كُلِّ مَسۡجِدٖ وَكُلُواْ وَٱشۡرَبُواْ وَلَا تُسۡرِفُوٓاْۚ إِنَّهُۥ لَا يُحِبُّ ٱلۡمُسۡرِفِينَ ٣١ ﴾ الأعراف. ويقارن **الجدول 2-4** بين السعرات الحرارية المستهلكة في النشاطات المختلفة.

الجدول 2-4 **النشاطات والسعرات الحرارية المستهلكة**

النشاط	السعرات المستهلكة في الساعة	النشاط	السعرات المستهلكة في الساعة
كرة اليد	600	تسلق الجبال مع حقيبة على الظهر	564
كرة السلة	564	السباحة (400m)	300
ركوب الدراجة	240 – 410	الهرولة (الركض ببطء)	740 – 920
التزلج على الجليد	700	كرة القدم	540

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

■ **الشكل 7–4** يحتاج الجسم إلى الأطعمة الغنية بالكربوهيدرات كل يوم.

حلل. أي المواد الموجودة في الصورة من الكربوهيدرات المعقدة التركيب؟

الكربوهيدرات Carbohydrates

الشوفان والقمح والمعكرونة والبطاطس والأرز كلها أمثلة على مواد غذائية تحتوي نسبة كبيرة من الكربوهيدرات. والكربوهيدرات إما أن تكون بسيطة كالسكريات الأحادية، ومنها: الجلوكوز والفركتوز والجالاكتوز، أو ثنائية، ومنها: السكروزواللاكتوز والمالتوز، وتوجد في الفاكهة والمشروبات الغازية والحلويات. والسكريات الثنائية مركبات تتكون من جزئين من السكريات الأحادية أحدهما جلوكوز. أما الكربوهيدرات المعقدة فهي جزيئات كبيرة، ومنها النشا الذي يتكون من سلاسل طويلة من السكريات. وتحتوي أنواع الغذاء المبينة في **الشكل 7–4**، وكذلك بعض الخضراوات على كميات كبيرة من النشا. وتتحلل الكربوهيدرات المعقدة التركيب إلى سكريات بسيطة في الفم والأمعاء الدقيقة، لكي يسهل امتصاصها بوساطة الخملات المعوية في الأمعاء الدقيقة، ونقلها عبر الشعيرات الدموية إلى الجسم؛ لتزويد خلاياه بالطاقة. يُخزّن الجلوكوز الزائد عن حاجة الجسم في الكبد والعضلات على شكل مادة كربوهيدراتية معقدة تسمى الجلايكوجين. وأما السيليلوز – يسمى أحيانًا الألياف الغذائية – فهو شكل آخر من الكربوهيدرات المعقدة، ويوجد في الأطعمة النباتية. وعلى الرغم من عدم قدرة الإنسان على هضم الألياف إلا أنها ضرورية لمساعدته على استمرار حركة الطعام داخل القناة الهضمية، كما تساعد على التخلص من الفضلات. ويعد خبز القمح (الخبز الأسمر) والنخالة والفاصولياء من المصادر الغنية بالألياف.

ماذا قرأت؟ قارن بين الكربوهيدرات البسيطة التركيب والمعقدة التركيب؟

الدهون Fats

تعد كميات الدهون المناسبة جزءًا ضروريًّا من النظام الغذائي الصحي، وأكبر مصدر للطاقة في الجسم، كما تُعد من الوحدات البنائية فيه. توفر الدهون الحماية للأعضاء الداخلية في الجسم، وتساعد على ثبات الاتزان الداخلي؛ من خلال تزويده بالطاقة وتخزين بعض الفيتامينات ونقلها. ومع ذلك ليست جميع الدهون مفيدة.

المفردات

الاستعمال العلمي مقابل الاستعمال الشائع

يستهلك Consume

الاستعمال العلمي: لتأكل أو لتشرب.
نستهلك السعرات الحرارية عندما نأكل الطعام.

الاستعمال الشائع: استنفذ.
استنفذ الطفل طاقته في اللعب.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الربط بالصحة تُصنّف الدهون تبعًا لتركيبها الكيميائي إلى دهون مشبعة، ودهون غير مشبعة. وتعد اللحوم والأجبان وغيرها من منتجات الألبان من المصادر الغنية بالدهون المشبعة.

ويؤدي النظام الغذائي الغني بالدهون المشبعة إلى ارتفاع مستوى الكوليسترول في الدم. والذي قد يؤدي إلى ارتفاع ضغط الدم، وحدوث الأمراض القلبية. في حين تعد النباتات مصدرًا رئيسًا للدهون غير المشبعة التي لا ترتبط مع أمراض القلب. ومع ذلك فإن زيادة استهلاك أي نوع من أنواع الدهون يؤدي إلى زيادة الوزن.

وعمومًا فإن الدهون المشبعة صلبة، أما الدهون غير المشبعة فسائلة في درجة حرارة الغرفة. فالسمن النباتي (المارجرين) مثلاً في **الشكل 8–4** تحوي دهونًا مشبعة أقل من تلك الموجودة في الزبد. وتُهضم الدهون في الأمعاء الدقيقة، فينتج عنها حموض دهنية وجليسرول. ويتم امتصاص الأحماض الدهنية بوساطة الخملات المعوية التي تنقلها عبر الدم إلى جميع خلايا الجسم.

الشكل 8–4 تحتوي الفاكهة والخضراوات غير المصنّعة على كميات قليلة من الدسم، والطريقة التي يتم بها طهي الأطعمة القليلة الدسم يمكن أن تزيد من محتوى الدسم فيها. ومن ذلك قلي البطاطس بدهون مشبعة.

البروتينات Proteins

تُعدّ البروتينات المكوِّنات البنائية الأساسية في جميع الخلايا. والأحماض الأمينية هي وحدات بناء هذه البروتينات. وتُعدّ الإنزيمات ومعظم الهرمونات والنواقل العصبية والمستقبلات الغشائية من البروتينات المهمة في الجسم.

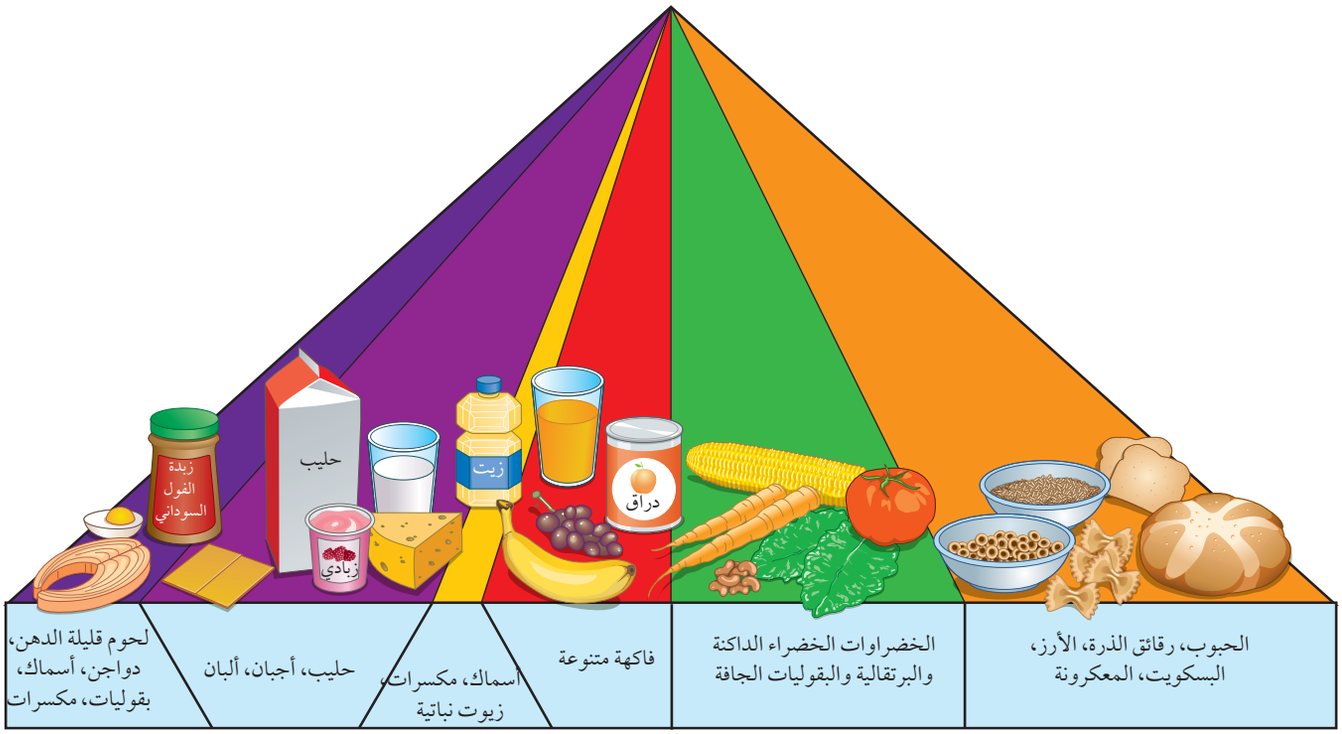
تتحلل البروتينات في الغذاء في أثناء عملية الهضم في المعدة والأمعاء الدقيقة إلى وحداتها البنائية، وهي الأحماض الأمينية التي يتم امتصاصها إلى مجرى الدم، وتُحمل إلى خلايا الجسم المختلفة التي تعمل بدورها من خلال عملية بناء البروتين على تجميع الأحماض الأمينية إلى بروتينات جديدة ضرورية لتراكيب الجسم ووظائفه.

يحتاج جسم الإنسان إلى 20 حمضًا أمينيًّا مختلفًا لبناء البروتينات، ويستطيع الجسم بناء 12 حمضًا أمينيًّا فقط من 20 حمضًا أمينيًّا ضروريًّا للوظائف الخلوية المختلفة. أما الأحماض الأمينية الأساسية الثمانية المتبقية فيجب أن تكون ضمن نظام الإنسان الغذائي، حيث تعتبر المنتجات الحيوانية ـ ومنها اللحوم والأسماك والدواجن والبيض ومنتجات الألبان ـ من المصادر الغنية بهذه الأحماض.

كما تحتوي الخضراوات والفاكهة والحبوب على الأحماض الأمينية، إلا أنه لا يوجد نبات واحد يحتوي على هذه الأحماض الأمينية الثمانية. ومع ذلك فإن الجمع بين البقوليات والأرز يزود الجسم بجميع الأحماض الأمينية الأساسية، **الشكل 9 – 4**.

الشكل 9–4 تزود البقوليات والأرز معًا الجسم بجميع الأحماض الأمينية الأساسية.

وضح. أهمية تناول الأطعمة الغنية بالأحماض الأمينية الضرورية.



■ **الشكل 10–4** مخطط "الهرم الغذائي الشخصي" الجديد تساعدك على اختيار طعامك وتناول الكمية التي تناسبك.

الهرم الغذائي Food Pyramid

استبدل الهرم الغذائي القديم الذي كان يُعدّ رمزًا للتغذية الجيدة منذ عام 1992م بهرم غذائي جديد أطلق عليه اسم "الهرم الغذائي الشخصي" ويوضح **الشكل 10–4** الهرم الغذائي الجديد.

لاحظ أن الأجزاء الملونة بالبرتقالي والأخضر أكبر من الأجزاء الملونة بالبنفسجي والأصفر. ويهدف هذا الهرم إلى بيان أن الإنسان يحتاج إلى المواد الغذائية من الحبوب والخضراوات أكثر مما يحتاج إليه من اللحوم والدهون (الزيوت).

الفيتامينات والأملاح المعدنية Vitamins and Minerals

يحتاج الجسم إلى الفيتامينات والأملاح المعدنية، بالإضافة إلى الكربوهيدرات والدهون والبروتينات ليعمل بصورة صحيحة. **فالفيتامينات** vitamins مركبات عضوية يحتاج إليها الجسم بكميات قليلة لإتمام نشاطاته الحيوية (الأيضية). ويساعد العديدُ من الفيتامينات الإنزيمات على أداء عملها، فبعض الفيتامينات تُصنع في الجسم، حيث يُصنع فيتامين D في الخلايا الموجودة في الجلد، وتنتج البكتيريا التي تعيش في الأمعاء الغليظة بعضًا من فيتامين B وفيتامين K. ولا يستطيع الجسم إنتاج كميات كافية من معظم الفيتامينات، ولكن قد يزودنا النظام الغذائي المتوازن بالفيتامينات التي نحتاج إليها. وبعض الفيتامينات التي تذوب في الدهون ومنها فيتامين A و D وK يمكن أن تُخزن بكميات صغيرة في الكبد والأنسجة الدهنية في الجسم، وبعضها الآخر يذوب في الماء، ومنها فيتامينات B، C ولا يمكن تخزينه في الجسم، فيزودنا الغذاء بكميات مناسبة من هذه الفيتامينات، إذا اشتمل عليها النظام الغذائي بصورة منتظمة.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

اختصاصي التغذية

Registered Dietician يوجِّه اختصاصي التغذية المؤهل الناسَ إلى الأمور الصحية المتنوعة، بمساعدتهم على اتخاذ قرارات صحية تتعلق بنظامهم الغذائي.

الأملاح المعدنية minerals مركبات غير عضوية يستعملها الجسم بوصفها مواد بنائية، وترتبط بوظائف الجسم الأيضية.

فعلى سبيل المثال يحتاج الجسم إلى معدن الحديد لبناء الهيموجلوبين. لقد تعلمت سابقًا أن الأكسجين يرتبط مع الهيموجلوبين في خلايا الدم الحمراء، ليصل إلى خلايا الجسم بوساطة الدورة الدموية. والكالسيوم ملح معدني آخر، ومكوِّن مهم للعظام، ويرتبط بوظائف العضلات والأعصاب. تعتبر الفيتامينات والأملاح المعدنية من المكونات المهمة في النظام الغذائي الصحي. ويبين **الجدول 3–4** بعض الفيتامينات والأملاح المعدنية المهمة وفائدتها، وبعض المصادر الغذائية التي تزودنا بهذه المواد الضرورية. وعلى الرغم من توافر الفيتامينات في الصيدليات إلا أن تناول كمية أكبر من الكمية المسموح بها قد يشكّل خطرًا على الجسم. لذا يجب استشارة الطبيب في ذلك.

ملصقات مكونات الغذاء Nutrition Labels

توضع ملصقات مكونات الغذاء على عبوات الأغذية التجارية، كما في **الشكل 11–4**، وتعتمد هذه الملصقات على نظام غذائي يحتوي على 2000 سعر حراري، وهو ما يحتاجه الفرد البالغ تقريبًا في اليوم الواحد. وتفيد هذه الملصقات في مراقبة كمية الدهون والصوديوم المستهلكة، وهما مادتان غذائيتان يجب تناولهما باعتدال. ويجب أن تحتوي الملصقات على المعلومات الآتية:

- اسم المنتج الغذائي.
- الوزن الصافي أو الحجم.
- اسم المصنِّع والموزِّع، وعنوان كلٍّ منهما.
- المكوّنات.
- المحتوى الغذائي.

■ **الشكل 11–4** لاحظ عدد الحصص الغذائية الموجودة على عبوات الأغذية. تعتمد قيمة النسبة اليومية على حصة الفرد، لا على العبوة كاملة.

الجدول 3–4	الوظائف الرئيسة لبعض الفيتامينات والأملاح المعدنية			
الفيتامين	الدور الرئيس في الجسم	المصادر المحتملة	الاملاح المعدنية	الدور الرئيس في الجسم
A	• الرؤية. • صحة الجلد والعظام.		Ca	• تقوية الأسنان والعظام • نقل المعلومات العصبية • انقباض العضلات.
D	• صحة العظام والأسنان.		p	• تقوية الأسنان والعظام.
E	• تقوية الغشـــاء البلازمي لخلايا الدم الحمراء.		Mg	• بناء البروتينات.
الريبوفلافين B_2	• أيض الطاقة.		Fe	• بناء الهيموجلوبين.
حمض الفوليك	• تكوين خلايا الدم الحمراء. • تكوين DNA و RNA .		Cu	• بناء الهيموجلوبين.
الثيامين	• أيض الكربوهيدرات.		Zn	• التئام الجروح.
النياسيـــــن B_3	• أيض الطاقة.		Cl	• اتزان الماء.
البايريدوكسين B_6	• أيض الأحماض الأمينية.		I	• بنـــاء الهرمـــــون الدرقي (الثيروكسين).
B_{12}	• تكوين خلايا الدم الحمراء.		Na	• نقل المعلومات العصبية. • اتزان الرقم الهيدروجيني (pH) .
C	• تكوين ألياف الكولاجين.		K	• نقل المعلومات العصبية • انقباض العضلات.

مختبر تحليل البيانات 4-1

بناءً على بيانات حقيقية

مقارنة البيانات

ما مدى صحة ملصقات الأغذية؟ في دراسة تمت في مركز أبحاث متخصص بغذاء الإنسان قام العلماء بقياس كتلة 99 منتجًا غذائيًّا معبأً كحصص لشخص واحد.

البيانات والملاحظات

يقارن الجدول بين كتل المواد المسجلة على ملصق 5 عبوات غذائية والكتلة الفعلية للمنتج الغذائي.

حصة الشخص الواحد من الغذاء	الكتلة على الملصق (g)	الكتلة الفعلية (g)
رقائق الذرة، رقائق نخالة القمح مع الزبيب (علبة واحدة)	39	54.2
رقائق الذرة، حبوب محمصة مع مكملات غذائية (علبة واحدة)	23	39.6
بسكويت، شوكولاتة (كرتونة واحدة)	57	67
فطيرة التفاح (عبوة واحدة/ حصة)	35	44.8
دونات (4 حبات/ حصة)	100	116.5

التفكير الناقد

1. **احسب.** الفرق في النسبة بين الكتلة المسجلة على الملصق والكتلة الفعلية للبسكويت.
2. **قارن.** بين النسبة المئوية للكتلتين في الجدول.

أخذت البيانات في هذا المختبر من: Conway, J.M., D. G. Rhodes, and W.V. Rumpler.2004. Commercial portion – controlled foods in research studies: how accurate are label weights? Journal of the American Dietetic Association. 104: 1420 – 1424.

التقويم 2–4

الخلاصة

- يُقاس محتوى الغذاء من الطاقة بالسعرات الحرارية.
- الكربوهيدرات والدهون والبروتينات ثلاث مجموعات رئيسة من الغذاء.
- الكربوهيدرات مصدر رئيس للطاقة في الجسم.
- الدهون والبروتينات وحدات بنائية للجسم، وتزوده بالطاقة.
- الفيتامينات والأملاح المعدنية ضرورية لمساعدة الجسم على أداء وظائفه الأيضية بصورة صحيحة.
- مخطط الهرم الغذائي الشخصي وملصقات الغذاء من الأدوات التي ترسّخ عادات الأكل الصحية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة فسر.** لماذا يعد حساب السعرات الحرارية –التي تدخل الجسم بتناول الوجبات الغذائية، والسعرات الحرارية التي يحرقها الجسم– مهمًّا للحفاظ على وظائف الجسم؟
2. **صف.** كيف تتغير الكربوهيدرات والبروتينات في أثناء عملية الهضم؟
3. **انصح.** ما المواد الغذائية التي يجب على النباتيين إضافتها إلى نظامهم الغذائي؟
4. **وضّح.** دور كل من الفيتامينات والأملاح المعدنية في الحفاظ على اتزان الجسم.

التفكير الناقد

5. **لخّص.** ما عدد السعرات الحرارية التي تستهلكها في اليوم الواحد؟ سجل جميع أنواع الطعام الذي تأكله أو تشربه في اليوم الواحد. وافعل الشيء نفسه للمجموع الكلي للدهون المشبعة وغير المشبعة، إذا أمكن ذلك.
6. **الكتابة في علم الأحياء** اكتب مقالة قصيرة تصف فيها ما نحتاج إليه من أجل نظام غذائي متوازن.

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

4-3

الأهداف

- **تعرّف** وظائف الغدد التي تكوّن جهاز الغدد الصم وتصفها.
- **توضح** دور جهاز الغدد الصم في الحفاظ على اتزان الجسم الداخلي.
- **تصف** آلية التغذية الراجعة التي تنظم مستوى الهرمون في الجسم.

مراجعة المفردات

الاتزان الداخلي Homeostasis: تنظيم الظروف البيئية الداخلية للمخلوق الحي لاستمرار حياته.

المفردات الجديدة

الغدد الصم

الهرمون

الغدة النخامية

الثيروكسين

الكالسيتونين

الهرمون الجاردرقي (باراثايرويد)

الأنسولين

الجلوكاجون

الألدوستيرون

الكورتيزول

الهرمون المانع لإدرار البول

جهاز الغدد الصم

The Endocrine System

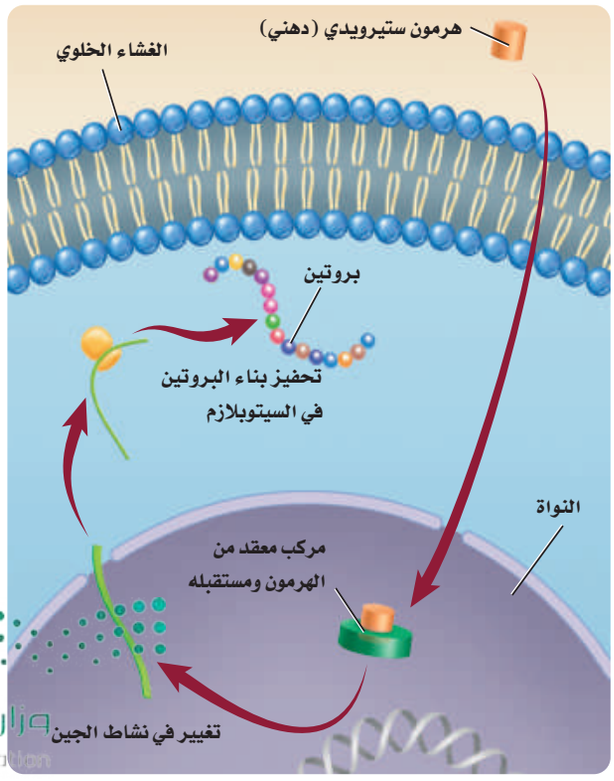
الفكرة الرئيسة **تنظم آليات التغذية الراجعة الهرمونية أجهزة جسم الإنسان.**

الربط مع الحياة يضغط الشخص على زر إرسال ليرسل رسالة إلكترونية، فتُنقل الرسالة إلكترونيًّا من الحاسوب عبر نظام حاسوبي مركزي لتصل إلى الحاسوب الآخر خلال ثوان. وهذا يشبه آلية عمل جهاز الغدد الصم في الجسم.

آلية عمل الهرمونات Action of Hormones

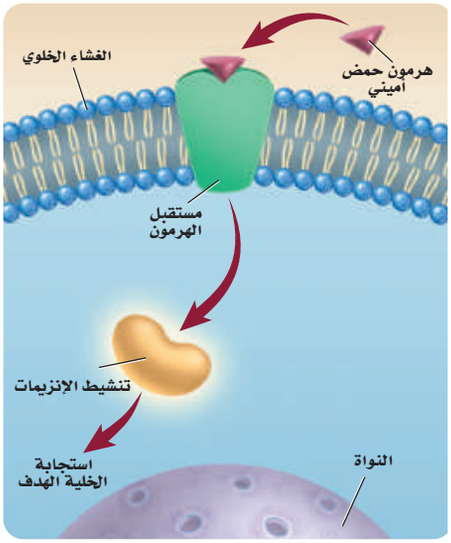
يتكون جهاز الغدد الصم من غدد تعمل عمل نظام اتصال. ويُنتج جهاز **الغدد الصم** endocrine glands الهرمونات التي تُطلق إلى مجرى الدم، ويتم توزيعها إلى خلايا الجسم. **الهرمون** hormone مادة كيميائية تؤثر في خلايا وأنسجة مستهدفة معينة؛ لتعطي استجابة محددة. وتُصنّف الهرمونات إلى هرمونات ستيرويدية (دهنية)، وهرمونات غير ستيرويدية أو هرمونات الأحماض الأمينية، بناءً على تركيبها وآلية عملها.

الهرمونات الستيرويدية Steroid Hormones هرمونات الإستروجين والبروجستيرون والتستوستيرون من الهرمونات الستيرويدية. ويؤثر كل منهما في أجهزة التكاثر في الإنسان. وجميع الهرمونات الستيرويدية تؤثر في الخلايا المستهدفة لبدء عملية بناء البروتين، كما في **الشكل 12–4**.



الشكل 12–4 ينتقل الهرمون الستيرويدي عبر الغشاء الخلوي، ويرتبط مع مستقبل داخل الخلية، فيحفز عملية بناء البروتين.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



■ **الشكل 13 – 4** يرتبط الهرمون غير الستيرويدي (هرمون الحمض الأميني) مع مستقبل على الغشاء البلازمي قبل دخوله الخلية.

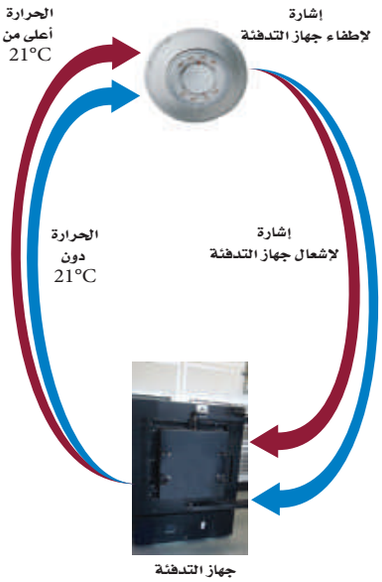
وضح. الفرق بين هرمونات الأحماض الأمينية والهرمونات الستيرويدية.

تذوب الهرمونات الستيرويدية في الدهون. ولهذا تستطيع الانتشار عبر الغشاء البلازمي للخلية الهدف. وبمجرد دخولها الخلية الهدف ترتبط مع المستقبل في الخلية، ثم يعمل الهرمون والمستقبل المتحدان معًا على الارتباط مع المادة الوراثية DNA في النواة، مما يحفز جينات محددة لبناء بروتينات معينة.

هرمونات الأحماض الأمينية Amino Acid Hormones هرمون الأنسولين وهرمونات النمو من الهرمونات غير الستيرويدية أو هرمونات الأحماض الأمينية. وتتكون هذه الهرمونات من أحماض أمينية. لذا يتعين على هرمونات الأحماض الأمينية أن ترتبط مع مستقبلات موجودة على سطح الغشاء البلازمي للخلية الهدف؛ بسبب عدم قدرتها على الانتشار من خلاله. وبمجرد ارتباط الهرمون مع المستقبل يعمل المستقبل على تنشيط إنزيم موجود داخل الغشاء، مما يؤدي إلى بدء مسار كيميائي حيوي يؤدي في النهاية إلى الاستجابة المرغوبة للخلية، **الشكل 13–4**.

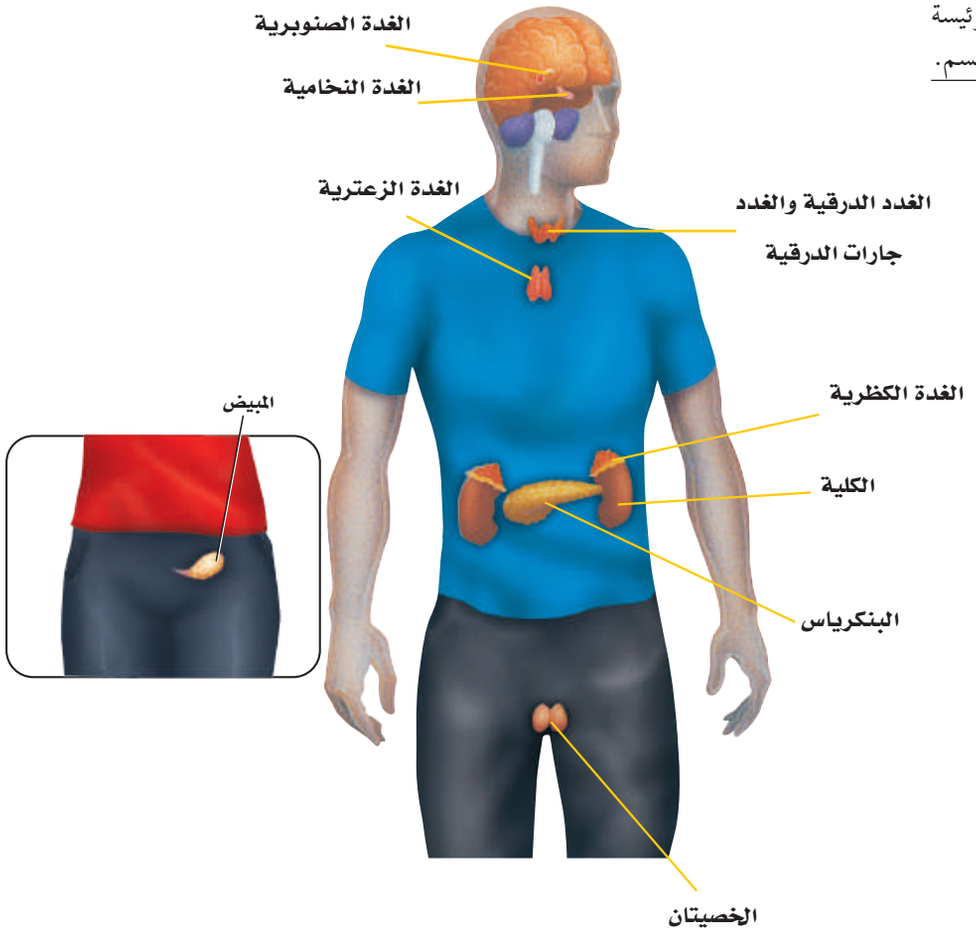
التغذية الراجعة السلبية Negative Feedback

يتم الحفاظ على اتزان الجسم بوساطة آلية تغذية راجعة تُسمى التغذية الراجعة السلبية؛ حيث تعيد التغذية الراجعة النظام إلى نقطة البداية (النقطة المرجعية set point) بمجرد انحرافه عن هذه النقطة، لذلك يتغير النظام ضمن مدى معين. وقد تكون على دراية بالتغذية الراجعة السلبية من خلال ما تشاهده في بعض الأجهزة الكهربائية في البيت، كما في **الشكل 14 – 4**. فعلى سبيل المثال، يمكن الحفاظ على درجة حرارة نظام التدفئة المركزية عند درجة 21 °C مثلًا؛ إذ يستشعر منظم الحرارة في هذا النظام الحرارة. فعندما تنخفض دون 21 °C يرسل المنظم إشارة إلى مصدر الحرارة ليبدأ الاشتعال وإنتاج حرارة أكثر. وعندما ترتفع الحرارة أعلى من 21 °C يرسل منظم الحرارة إشارة إلى مصدر الحرارة ليتوقف عن العمل، ولن يعمل مصدر الحرارة مرة أخرى إلا عند انخفاض درجة الحرارة دون 21 °C، عندما يتم استشعارها بوساطة منظم الحرارة. وتُشبه هذه العمليةُ التغذيةَ الراجعة السلبية.



■ **الشكل 14–4** ينطفئ نظام التدفئة المركزية أو يشتعل بناءً على العلاقة بين درجة الحرارة التي يتم رصدها ودرجة الحرارة المرجعية (التي تم ضبطها).

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



■ **الشـكل 15–4** تقع الغدد الرئيسة لجهاز الغدد الصم في جميع أنحاء الجسم.

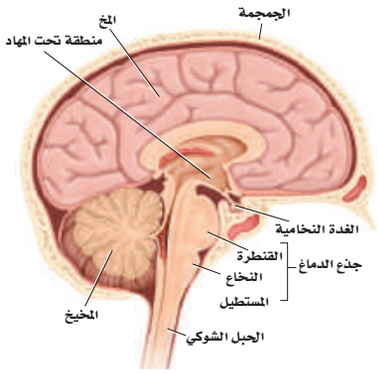
الغدد الصم وهرموناتها

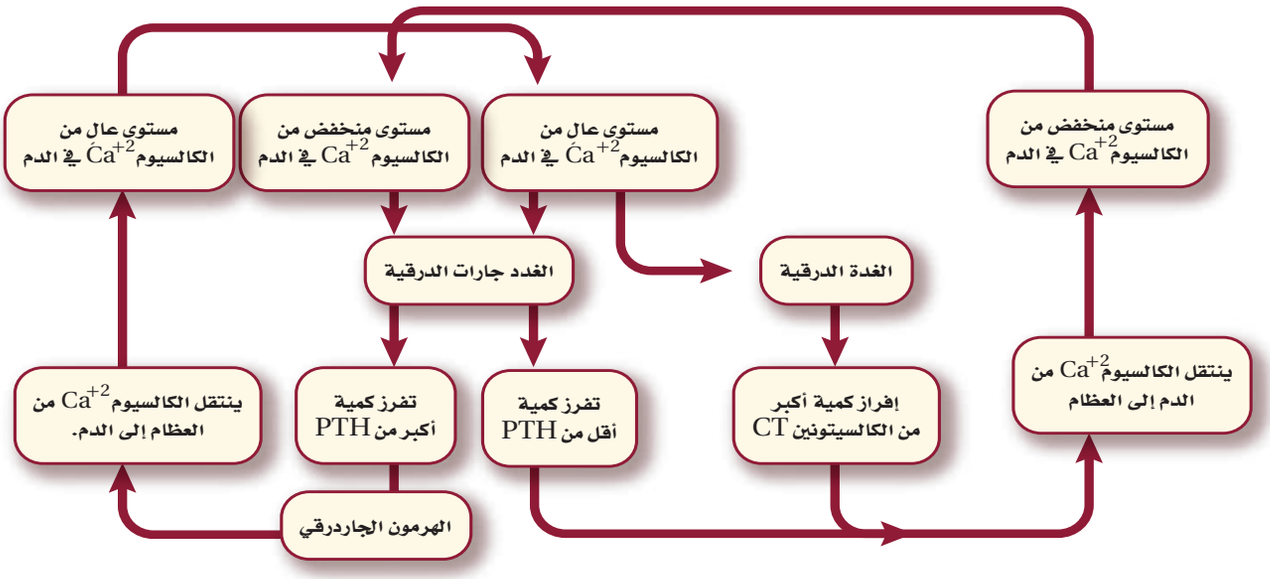
Endocrine Glands and Their Hormones

يضم جهاز الغدد الصم جميع الغدد التي تفرز الهرمونات، ومنها الغدة النخامية، والدرقية، وجارات الدرقية، والكظرية، والصنوبرية، والغدة الزعترية والبنكرياس والمبيضان والخصيتان، **الشكل 15–4**.

الغـدة النخامية Pituitary Gland تقـع الغدةالنخامية pituitary gland في قاعـدة الدمـاغ، كمـا في **الشكل 16–4**. وتُسمى سيدة الغدد الصم؛ لأنها تنظم العديد من وظائف الجسم. وبغض النظر عن حجمها فهي أهم الغدد الصم. وتفرز هذه الغدة هرمونات تنظم العديد من وظائف الجسـم، وكذلك تنظم عمل الغدد الصم الأخرى، ومنها الغـدة الدرقية والغدة الكظريـة والخصيتان والمبيضان. وتعمل بعض هرمونات الغدة النخامية على الأنسجة بدلاً من العمل على أعضاء محددة. فهرمون النمو (HG) الذي تفرزه الغدة النخامية يسـاعد على تنظيم نمو كتلة الجسم، عن طريق تحفيز انقسـام الخلايا في العضلات والنسيج العظمي. ويَنشط هذا الهرمون خصوصًا في أثناء الطفولة ومرحلة البلوغ.

■ **الشكل 16 – 4** تقع الغدة النخامية في قاعدة الدماغ، ويبلغ قطرها نحو 1 cm، وتزن ما بين 1g–0.5.





■ **الشكل 17–4** الهرمون الجاردرقي (PTH) وهرمون الكالسيتونين (CT) ينظمان مستوى الكالسيوم في الدم.

وضح. كيف يمثل عمل كل من الهرمون الجاردرقي PTH وهرمون الكالسيتونين CT آلية التغذية الراجعة السلبية؟

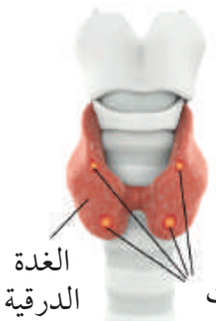
الغدة الدرقية والغدد جارات الدرقية Thyroid and Parathyroid Glands

تعرّف على آلية عمل الغدة الدرقية وجارات الدرقية في **الشكل 17–4**. تفرز الغدة الدرقية هرمونًا يُسمى الثيروكسين، وكما في هرمون النمو، لا يقتصر عمل **الثيروكسين** thyroxine على أعضاء محددة، بل يؤدي إلى زيادة معدل الأيض في خلايا الجسم. كما تفرز الغدة الدرقية هرمون **الكالسيتونين** calcitonin (CT) وهو مسؤول جزئيًا عن تنظيم أيونات الكالسيوم في الجسم، وهو معدن مهم جدًّا في تكوين العظام وتجلط الدم، وفي القيام بوظائف الخلايا العصبية، وانقباض العضلات. ويؤدي الكالسيتونين إلى خفض مستوى الكالسيوم في الدم من خلال إرسال إشارات إلى العظام لتزيد من امتصاص الكالسيوم، وإشارة إلى الكليتين لإفراز المزيد منه مع البول.

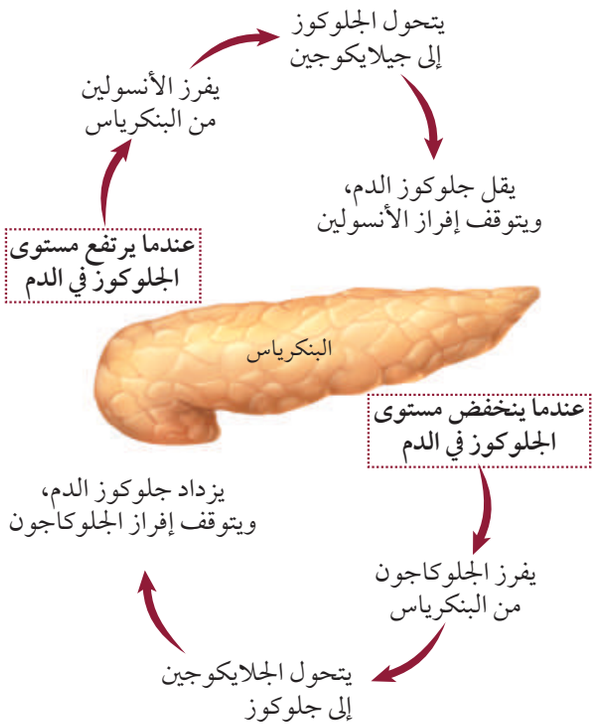
عندما ينخفض مستوى الكالسيوم في الدم تعمل الغدد جارات الدرقية على زيادة إنتاج **الهرمون الجاردرقي** parathyroid hormone (PTH) الذي يزيد من مستوى الكالسيوم، عن طريق تحفيز العظام على إطلاقه. كما يحفز الكليتين على إعادة امتصاص كميات أكبر من الكالسيوم، وكذلك يزيد من امتصاص الأمعاء للكالسيوم من الغذاء.

وللغدد الدرقية وجارات الدرقية تأثيرات متضادة في مستوى الكالسيوم في الدم، وبعملهما معًا يحافظان على اتزان الجسم الداخلي، انظر **الشكل 18–4**.

ماذا قرأت؟ **وضح** أهمية التغذية الراجعة السلبية في المحافظة على اتزان الجسم.



■ **الشكل 18–4** الغدة الدرقية وجارات الدرقية.



■ **الشكل 19–4** الجلوكاجون والأنسولين يعملان معًا للحفاظ على مستوى السكر في الدم.

البنكرياس Pancreas للبنكرياس دور مهم في إنتاج الإنزيمات التي تهضم الكربوهيدرات والبروتينات والدهون. كما يفرز البنكرياس هرموني الأنسولين والجلوكاجون اللذين يعملان معًا للحفاظ على اتزان الجسم، كما في **الشكل 19–4**. فعندما يرتفع مستوى الجلوكوز في الدم يفرز البنكرياس هرمون **الأنسولين** insulin الذي يرسل إشارة إلى خلايا الجسم، وخصوصًا في الكبد والعضلات لتسريع عملية تحويل الجلوكوز إلى جلايكوجين الذي يخزن في الكبد. وعندما ينخفض مستوى الجلوكوز في الدم يُفرز هرمون الجلوكاجون من البنكرياس. يرتبط **الجلوكاجون** glucagon بخلايا الكبد، فيرسل إليها إشارة ببدء تحويل الجلايكوجين إلى جلوكوز وإطلاقه في الدم.

يَنتج مرض السكري عن عدم إنتاج الجسم لكميات كافية من الأنسولين، أو لعدم استعمال الأنسولين على نحو صحيح. وينتج النوع الأول من السكري- الذي يظهر عادة عند الأشخاص في سن العشرين ـ عن عدم إفراز الجسم للأنسولين. أما النوع الثاني من السكري فيصيب نحو 80%–70 من الناس، وعادة ما يحدث بعد سن 40، وينتج عن عدم حساسية خلايا الجسم للأنسولين.

تشمل المضاعفات الناتجة عن مرض السكري أمراض القلب التاجية، وتلف شبكية العين والخلايا العصبية والحموضة أو انخفاض درجة حموضة الدم. وفي نوعي السكري يجب مراقبة مستوى الجلوكوز في الدم، والحفاظ عليه لمنع حدوث المضاعفات الناتجة عن هذا المرض.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

اختصاصي الغدد الصم

Endocrinologist يدرس اختصاصي الغدد الصم الغددَ التي تفرز الهرمونات، والأمراض المرتبطة معها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الغـدد الكظريـة (فـوق الكلويـة) Adrenal Glands تقع الغدد الكظرية في أعلى الكليتين - ارجع إلى **الشـكل 15-4**. ويسـمى الجزء الخارجي من الغدد الكظرية القشـرة، وهي التـي تقوم ببناء الهرمون السـتيرويدي ألدوسـتيرون، ومجموعة أخرى من الهرمونات تُسـمى الهرمونات القشـرية السكرية، ومنها: الكورتيـزول. ويؤثر هرمـون **ألدوسـتيرون** aldosterone فـي الكليتين، وهـو ضروري جـدًّا لإعادة امتصـاص أيونـات الصوديوم. أمـا **الكورتيزول** cortisol فيسـاعد على زيادة مستوى الجلوكوز في الدم، ويقلّل من الالتهابات. وللجسـم آليات مختلفة في الاسـتجابة للضغوطات النفسـية، مثل "استجابة المواجهـة أو الهروب" في الجهـاز العصبي. ويرتبط جهاز الغـدد الصم أيضًا بهـذه الأنواع من الاسـتجابات (ردود الفعـل)، "فإفـراز الأدرينالين" يحدث عندما تنطلق كمية من الطاقة في موقـف يدعو إلى التوتر. ويفرز الجزء الداخلي من الغدد الكظرية إبينفرين (أدرينالين)، ونورإبينفرين (نور أدرينالين)، ويعمل هذان الهرمونان معًـا على زيادة معدل نبض القلب، وضغط الدم ومعدل التنفس ومستوى السكر في الدم. وجميع هذه العوامل مهمة في زيادة نشاط خلايا الجسم في أثناء المواقف العصيبة.

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

تجربة 4-2

عمل نموذج لجهاز الغدد الصم

كيف تساعد الهرمونات في الحفاظ على اتزان الجسم الداخلي؟ إن الأنشـطة المتنوعة ـ ومنها الخضوع لاختبار أو المشاركة في سباق ما ـ تتطلب من الجسم ردود فعل خاصة. واستجابة الجسم لهذه الحاجات يسـبب حدوث تغيرات فيـه. ويعمل جهاز الغـدد الصم والجهاز العصبي معًا لضمان استقرار البيئة الداخلية في الجسم.

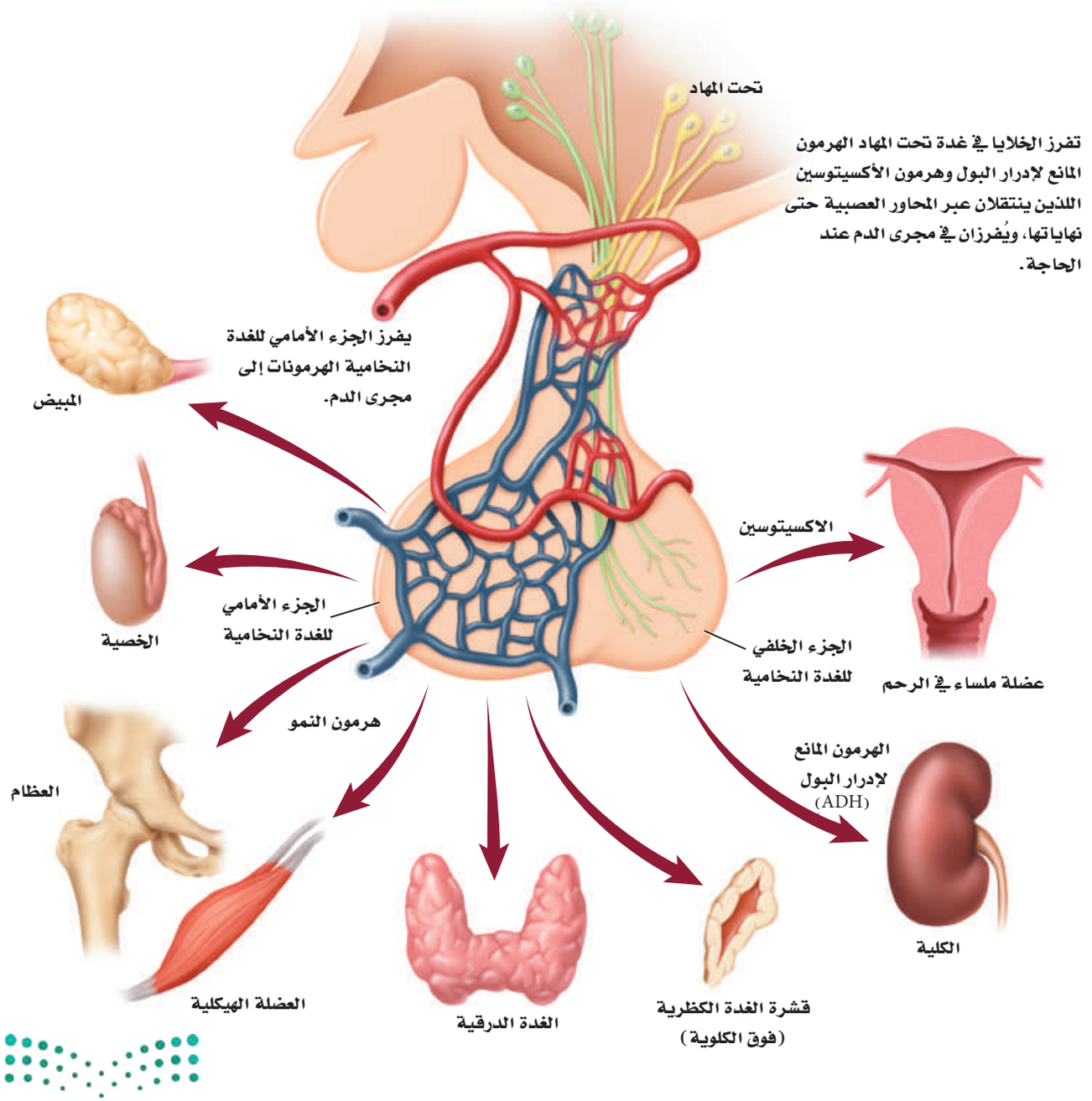
خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. حدد نشاطًا معينًا. ماذا يحدث للجسم في أثناء التحضير للنشاط، ثم عند القيام به، وبعد الانتهاء منه.
3. تخيّل أنك تكتب برنامجًا حاسـوبيًّا، وأن جسمك سيتابع النشاط إلى حين انتهائه. تتبع الخطوات التي تحدث كما في الخطوة 2 .
4. راجـع برنامجك. أدخل الخطوات، حيث يبدأ جهاز الغدد الصم لديك إفـراز الهرمونات للحفاظ على اتزان جسـمك الداخلي. اسـتعمل معرفتك والمصادر المتوافرة لتحديـد الهرمونات التي ارتبطت مع ذلك. وضمِّن ردود فعل الجسـم لهذه الهرمونات في خطوة منفصلة.
5. قارن برنامجك بالبرامج الأخرى التي صممها زملاؤك.

التحليل

1. **التفكير الناقد.** هـل تكرر ظهور الهرمونات نفسـها في معظم البرامج التي درستها في الخطوة 5؟ ولماذا؟
2. **استخلص النتائج.** اعمل قائمة بأجهزة الجسـم الرئيسـة التي مثّلتها في برنامجك. علامَ يدل هذا بالنسـبة لعدد وظائف الجسم التي يتحكم فيها جهاز الغدد الصم؟

■ **الشـكل 20 – 4** يحافظ تحت المهـاد Hypothalamus على الإتزان الداخلي للجسـم؛ بوصفه حلقة وصل بين الجهـاز العصبي وجهاز الغدد الصم. تتصل منطقة تحت المهاد من خلال تركيب خاص بالغدة النخامية التي تتكون من جزأين (أمامي وخلفي يتصلان معًا بواسـطة جزء وسـطي). ويخزن الجزء الخلفي من الغدة النخامية هرمونين هما: المانع لإدرار البول، والأكستيوسين اللذان تفرزهما منطقة تحت المهاد لحين الحاجة إليهما وتعمل الغدة النخامية أيضًا على إنتاج وإفراز الهرمونات التي تنظم عمل الخصيتين والمبيضين والغدة الدرقية والغدد الكظرية.



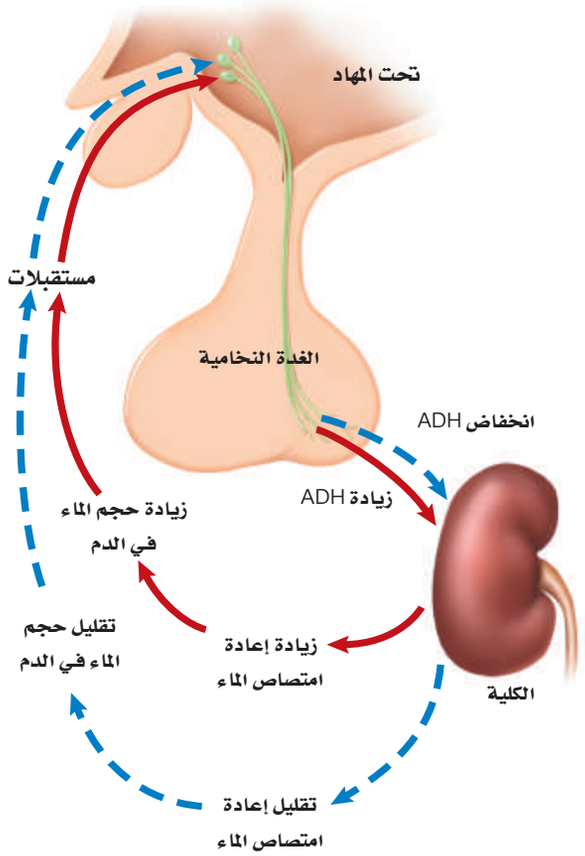
الربط مع الجهاز العصبي

Link to the Nervous System

ينظم كل من الجهاز العصبي وجهاز الغدد الصم نشـاطات الجسـم، ويحافظان على اتزانه. ارجع إلى **الشـكل 20–4** لدراسة دور تحت المهاد في اتزان الجسم. تُنتج تحت المهاد هرمونين، هما هرمون الأكسيتوسين، والهرمون المانع لإدرار البول. وينتقل هذان الهرمونان عبر المحاور العصبية، ويتم تخزينهما في نهايات المحاور التي تقع في الغدة النخامية.

تتمثل وظيفة **الهرمـون المانع لإدرار البول** antidiuretic hormone ADH في الحفاظ على اتزان الجسم عن طريق تنظيم اتزان الماء.

ويؤثـر هرمون ADH جزئيًّا فـي الأنابيب الجامعة في الكليتيـن. فعندما تعمل خارج المنزل في أيام الصيف الحارقة، وينتج جسـمك كميات كبيرة من العرق قد يجعلك عرضه للإصابة بالجفاف، فعندها تستشـعر الخلايا الموجودة تحت المهاد تعرضك للجفاف وانخفاض مسـتوى الماء في الدم، فتسـتجيب الخلايا بإفـراز الهرمون المانع لإدرار البول من المحاور العصبية في الغدة النخامية التي اختزنت هذا الهرمون. ويبين **الشـكل 21–4** انتقال الهرمون المانع لإدرار البول مع الدم ليصل إلى الكلية.



■ **الشكل 21–4** يتحكم الهرمون المانع لإدرار البـول ADH في تركيـز الماء في الدم.

حيث يتحد الهرمون المانع لإدرار البول مع مستقبلات خاصة توجد في خلايا الكلية، فيساعد على إعادة امتصاص الماء في الكلية، وتقليل كمية الماء في البول، وزيادة مستوى الماء في الدم. أما في حالة وجود كمية كبيرة من الماء في دم الشخص فتعمل غدة تحت المهاد على منع إفراز الهرمون المانع لإدرار البول، فيجعله أقل تركيزًا. ويحفز أيضًا الغثيان والقيء إنتاج الهرمون المانع لإدرار البول، فكلاهما يسبب الجفاف، كما أن فقدان ما نسبته 15–20% من الدم في أثناء النزف يؤدي إلى إفراز الهرمون المانع لإدرار البول.

تنتج الخلايا في منطقة تحت المهاد هرمون الأكسيتوسين الذي ينتقل ليُخزن في الجزء الخلفي من الغدة النخامية، وتفرزه عند الحاجة، وهو يؤثر في العضلات الملساء للرحم، مما يساعد على زيادة تقلصاتها وحدوث الطلق الذي يؤدي إلى سرعة عملية الولادة.

التقويم 3–4

الخلاصة

- تفرز الغدد الصم مواد تُسمى الهرمونات.
- تنتقل الهرمونات في الجسم عن طريق مجرى الدم.
- تُصنَّف الهرمونات إلى هرمونات ستيرويدية وهرمونات الأحماض الأمينية.
- يتأثر مستوى الهرمونات بنظام التغذية الراجعة.
- يساعد جهاز الغدد الصم في المحافظة على الاتزان الداخلي للجسم عبر إرسال الإشارات بوساطة آلية تُسمى التغذية الراجعة السلبية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة قوّم**. الأسباب التي أدت إلى تسمية نظام التغذية الراجعة للهرمونات بالتغذية الراجعة السلبية.
2. **توقّع**. متى تتوافر مستويات عالية من الأنسولين والجلوكاجون في دم الإنسان.
3. **وضح**. آلية عمل الجهاز العصبي وجهاز الغدد الصم معًا للحفاظ على الاتزان الداخلي للجسم.
4. **حدد**. صف وظيفة كل من: الغدة النخامية، والدرقية، وجارات الدرقية، والبنكرياس، والغدد الكظرية.

التفكير الناقد

5. **ابحث**. اليود عنصر مهم جدًّا لوظيفة الغدة الدرقية. ويُعدّ نقص اليود عند الأجنة وفي مرحلة الطفولة سببًا رئيسًا في حدوث الإعاقات العقلية التي يسهل الوقاية منها. توقع كيف يؤدي نقص اليود إلى الإعاقة العقلية أو أية مشاكل صحية أخرى. استخدم مكتبة مدرستك أو الشبكة الإلكترونية للبحث عن طرائق للتخفيف من هذه الآثار. واذكر بعض المصادر الغنية بعنصر اليود.
6. **حلّل**. كيف يؤدي الخلل في آلية التغذية الراجعة السلبية إلى وفاة المخلوق الحي؟

إثراء علمي

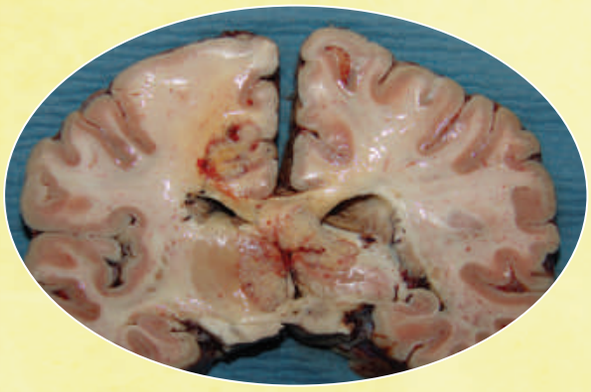
مهنة في علم الأحياء: الاختصاصي في الطب الشرعي، والاختصاصي في علم السموم

الأدوات والتقنيات التي يستعملها اختصاصي الطب الشرعي

هل يمكن للشخص المتوفى أن يتكلم؟ بطريقة ما، نعم؛ إذ يمكن لجسم الميت توضيح الظروف المحيطة بالوفاة؛ حيث يجمع اختصاصي الطب الشرعي البيانات من الجسم ويحللها؛ لتحديد كيف مات الشخص؟ وتساعد الأدوات والتقنيات والطرائق العلمية التي يستعملها اختصاصي الطب الشرعي المحققين على تتبع ما حدث خلال الساعات الأخيرة من حياة الشخص، وكذلك الأسباب التي أدت إلى وفاته.

الأدلة من التشريح إن الهدف من التشريح هو عمل تسجيل قانوني ودائم لخصائص الجسم. خلال عملية التشريح يفحص الاختصاصي ويزن كلًّا من الرئتين والدماغ والقلب والكبد والمعدة، ويستعمل المشرط لأخذ مقاطع رقيقة جدًّا من هذه الأعضاء، مثل صورة شريحة الدماغ في الشكل العلوي، ثم تحفظ هذه الشرائح كيميائيًّا لمنعها من التعفن.

الهضم ووقت الوفاة ما أهمية فحص اختصاصي الطب الشرعي محتويات معدة الضحية؟ يتوقف الهضم لحظة الوفاة، ويمكن للاختصاصي أن يفحص المعدة لتقدير الوقت؛ فإذا كانت المعدة فارغة تمامًا يكون احتمال موت الضحية بعد ثلاث ساعات على الأقل من تناوله الطعام، وإذا كانت الأمعاء الدقيقة فارغة، فيحتمل حدوث الوفاة بعد 10 ساعات على الأقل بعد الوجبة الأخيرة. هل يمكن تحديد نوع الطعام في المعدة؟



قطاع عرضي في الدماغ يمكن أن يستعمل لبيان أسباب الوفاة.

في بعض الحالات، نعم. يُستخدم المجهر الإلكتروني الماسح لتحديد جزيئات الطعام. كما يمكن أن يساعد أخذ عينة من المعدة تتطابق مع الوجبة الأخيرة، المحققين على تحديد وقت الوفاة.

محتويات المعدة تكشف عن حدوث التسمم قد ترتبط المواد السامة ـ ومنها بعض المنتجات المنزلية والسموم والعقاقير ـ بالوفاة. واختصاصي الطب الشرعي متخصص في تعرّف وتحديد المواد الكيميائية الغريبة التي قد تؤدي إلى الوفاة.

يتم تدريب اختصاصي الطب الشرعي على ملاحظة التفاصيل الدقيقة التي قد تضيف أحيانًا معلومات جديدة تساعد على رواية قصة الساعات الأخيرة من حياة الشخص.

الكتابة في علم الأحياء هناك وظيفة لاختصاصي علم الأمراض في مدينتك. اكتب إعلانا عن هذه الوظيفة، وتأكد من اشتمال الإعلان على التقنيات والإجراءات التي يجب أن يُلمّ بها المتقدمون لهذه الوظيفة، بالإضافة إلى المهارات العامة والخصائص التي يجب أن يمتلكوها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مختبر الأحياء

كيف تُقارن بين معدل هضم النشا في أنواع مختلفة من البسكويت؟

الخلفية النظرية: يبدأ هضم النشا في الفم، حيث يحطم إنزيم الأميليز الموجود في اللعاب النشا إلى جزيئات سكر أصغرها الجلوكوز الذي يعد مصدرًا مهمًّا للطاقة. وتختلف الأطعمة ومنها - البسكويت فيما تحتويه من النشا. تقارن في هذا المختبر بين سرعة هضم النشا في أنواع عدة من البسكويت؛ لتحديد الكمية النسبية في كل نوع.

سؤال: كيف تُقارن بين الأوقات اللازمة لهضم النشا بوساطة إنزيم الأميليز في الأنواع المختلفة من البسكويت؟

المواد والأدوات

- أنواع مختلفة من البسكويت
- هاون (مِدق)
- أنابيب اختبار
- حامل أنابيب اختبار
- ورق ترشيح
- قمع
- مقياس حرارة
- كأس زجاجية
- مصدر حراري، لهب بنزن
- مخبار مدرج
- محلول اليود
- قطارات
- زجاجة ساعة (جفنة شفافة)
- محلول الأميليز
- أقلام تخطيط على الزجاج أو أقلام شمعية

احتياطات السلامة

تحذير: اليود مادة مُهيّجة وتصبغ الجلد

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. افحص ثلاثة أنواع من قطع البسكويت المختلفة، وصمّم تجربة للمقارنة بين الأوقات التي يتطلبها هضم النشا في كل نوع منها. واستعمل إنزيم الأميليز لتحفيز عملية هضم النشا. ويُعدّ اليود مادة كيميائية تستعمل للكشف عن وجود النشا في الطعام. إذ يتحول إلى اللون الأزرق أو الأسود عند وجود النشا، ويستخدم في الدلالة على انتهاء عملية هضمه.
3. اعمل مخطط بيانات لتسجيل ملاحظاتك.
4. خذ بعين الاعتبار الآتي مع أفراد مجموعتك وعدل خطتك كلما كان ذلك ضروريًّا.
   - أي العوامل ستبقى ثابتة؟
   - هل وضعت عينة للمقارنة؟
   - كيف تعرف أن هضم النشا اكتمل في كل عينة؟
   - كيف تحافظ على ثبات الكمية التي سيتم اختبارها لكل نوع من أنواع البسكويت؟
   - هل سيلائم المخطط بياناتك؟
5. تأكد من موافقة معلمك على خطتك قبل البدء في العمل.
6. قُم بإجراء التجربة.
7. **التنظيف والتخلص من الفضلات** تخلص من محتوى أنابيب الاختبار حسب الإجراءات المتبعة. ونظّف الأواني الزجاجية والمعدات، وأعدها إلى مكانها، ثم اغسل يديك جيدًا بعد التعامل مع المواد الكيميائية والأواني الزجاجية.

حلل ثم استنتج

1. **حلّل.** ما تأثير إنزيم الأميليز في النشا الموجود في قطع البسكويت؟
2. **لاحظ واستنتج.** أي أنواع البسكويت كان فيه هضم النشا أسرع؟ وإلامَ يشير هذا بشأن كمية النشا الموجودة في قطعة معينة مقارنة بالأنواع الأخرى؟
3. **التفكير الناقد.** ما الاختلافات بين مكونات أفواه الناس التي قد تؤثر في هضم الأميليز للنشا؟ فسر ذلك.
4. **تحليل الخطأ.** هل أظهرت أي خطوة من خطوات التجربة أي متغيرات لم تُضبط؟ فسر كيف يمكن إعادة تصحيح خطوات العمل للتحكم في هذه العوامل أو المتغيرات.

طبّق مهارتك

أعد تصميم تجربتك لتحدد تأثير الظروف المتغيرة ومنها درجة الحرارة أو الرقم الهيدروجيني pH في عملية هضم النشا بوساطة إنزيم الأميليز في واحدة من قطع البسكويت.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 4

دليل مراجعة الفصل

المطويات **توقّع.** ماذا يحدث إذا لم يُنتج عضو ما في جهاز الغدد الصم هرمونًا معينًا، وتوقف نظام التغذية الراجعة عن العمل؟

المفردات		المفاهيم الرئيسة
4–1 الجهاز الهضمي		
الهضم الميكانيكي	البيسين	الفكرة الرئيسة **يُحلل الجهاز الهضمي الطعام إلى جزيئات صغيرة؛ ليتمكن الجسم من امتصاص المواد المغذّية.**
أنزيم الأميليز	الأمعاء الدقيقة	• للجهاز الهضمي ثلاث وظائف رئيسة.
الهضم الكيميائي	الكبد	• الهضم نوعان: ميكانيكي، وكيميائي.
المريء	الخملات المعوية	• يتم امتصاص معظم المواد المغذّية في الأمعاء الدقيقة.
الحركة الدودية	الأمعاء الغليظة	• تفرز الأعضاء الملحقة بالجهاز الهضمي إنزيمات ومادة صفراء تساعد على الهضم.
		• يتم امتصاص الماء من الكيموس في الأمعاء الغليظة (القولون).
4–2 التغذية		
التغذية		الفكرة الرئيسة **بعض المواد المغذّية ضرورية جدًّا ليؤدي الجسم وظائفه بصورة طبيعية.**
السعر الحراري		• يقاس محتوى الغذاء من الطاقة بالسعرات الحرارية.
الفيتامين		• الكربوهيدرات والدهون والبروتينات ثلاث مجموعات رئيسة من الغذاء.
الأملاح المعدنية		• الكربوهيدرات مصدر رئيس للطاقة في الجسم.
		• الدهون والبروتينات وحدات بنائية للجسم، وتزوده بالطاقة.
		• الفيتامينات والأملاح المعدنية ضرورية لمساعدة الجسم على أداء وظائفه الأيضية بصورة صحيحة.
		• مخطط الهرم الغذائي الشخصي وملصقات الغذاء من الأدوات التي ترسخ عادات الأكل الصحية.
4–3 جهاز الغدد الصم		
الغدد الصم	الأنسولين	الفكرة الرئيسة **تنظم آليات التغذية الراجعة الهرمونية أجهزة جسم الإنسان.**
الهرمون	الجلوكاجون	• تفرز الغدد الصم مواد تسمى الهرمونات.
الغدة النخامية	ألدوستيرون	• تنتقل الهرمونات في الجسم عن طريق مجرى الدم.
الثيروكسين	الكورتيزول	• تُصنف الهرمونات إلى: هرمونات ستيرويدية، وهرمونات الأحماض الأمينية.
الكالسيتونين	الهرمون المانع لإدرار البول	• يتأثر مستوى الهرمونات بنظام التغذية الراجعة.
الهرمون الجاردرقي (بـاراثايرويـد)		• يساعد جهاز الغدد الصم في المحافظة على الاتزان الداخلي للجسم عبر إرسال الإشارات بوساطة آلية تسمى التغذية الراجعة السلبية.

4–1

مراجعة المفردات

حـــدد المصطلـــح الذي لا ينتمـــي إلـــى كل مجموعة من المفردات الآتية، مبينًا السبب:

1. المريء – البنكرياس – الأمعاء الغليظة.

2. الببسين – الجلايكوجين – الجلوكوز.

3. المادة الصفراء – الأميليز – الحركة الدودية.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

4. ماذا يحدث في المعدة؟

a. هضم جزيئات الدهون الكبيـــرة وتحويلها إلى جزيئات صغيرة.

b. تحليل البروتينات.

c. يُحلل الأميليز النشا إلى جزيئات سكر صغيرة.

d. يُفرز الأنسولين ليستعمل في الأمعاء الدقيقة.

5. أيُّ صفٍّ من الجدول الآتي يحوي الكلمة المناســـبة لإكمال العبـــارة؟ الرقم (1) يُنتج الرقم (2) الذي يُفرز إلى الرقم (3).

العمود	1	2	3
A	الكبد	المادة الصفراء	الأمعاء الدقيقة
B	الحوصلة الصفراوية	الببسين	المعدة
C	البنكرياس	الحمض	الأمعاء الغليظة
D	الخملات المعوية	الأميليز	الفم

a. الصف A.
b. الصف B.
c. الصف C.
d. الصف D.

6. يشكو شـــخص من مشاكل في هضم الدهون جيدًا. ما الذي يُفسِّر هذه الحالة؟

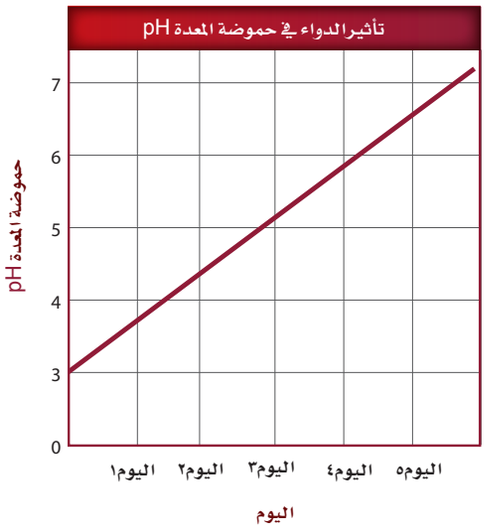
a. لا تسمح العضلة العاصرة في نهاية المعدة بمرور المادة الصفراء إلى الأمعاء الدقيقة.

b. انســـداد القناة التي تربط بيـــن الكبد والحوصلة الصفراوية.

c. الشخص يفرز مادة صفراء أكثر.

d. حموضة المعدة ليست كافية لهضم الدهون.

استعمل الرسم البياني الآتي للإجابة عن السؤال 7.



7. تناول شخص ما دواءً مدة خمسة أيام. أي من الآتي قد يحدث نتيجة تناول هذا الدواء؟

a. لن يتمكن الببسين من تحليل البروتينات.

b. لن يتمكن الأميليز من تحليل النشا.

c. لن يتم إفراز المادة الصفراء.

d. لن تـــؤدي الإنزيمات التي تُفـــرز من البنكرياس عملها بصورة جيدة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

4 تقويم الفصل

أسئلة بنائية

8. إجابة قصيرة. فسّر لماذا يُعتبر مصطلح حرقة المعدة وصفًا غير صحيح.

9. إجابة قصيرة. ارجع إلى **الجدول 1-4** لتُلخص عمليات الهضم التي تحدث في التراكيب الآتية: الفم، المريء، المعدة، الأمعاء الدقيقة، الأمعاء الغليظة.

10. نهاية مفتوحة. لماذا يستطيع الإنسان العيش دون حوصلة صفراوية؟ وضح التأثيرات التي تحدث عند هضم الشخص للطعام.

التفكير الناقد

11. فسر. لماذا يضيف مصنّعو الأدوية فيتامين (K) لبعض أقراص المضادات الحيوية؟

12. كوّن فرضية. لماذا يملك الإنسان الزائدة الدودية إذا لم يكن لها وظيفة مفيدة في الجسم؟

4-2

مراجعة المفردات

ميز بين المفردات الآتية:

13. دهون مشبعة - دهون غير مشبعة.

14. جزيئات مواد مغذية صغيرة - جزيئات مواد مغذية كبيرة.

15. فيتامينات - أملاح معدنية.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

16. أي مما يأتي يعتبر من خصائص الدهون المشبعة؟

a. سائلة في درجة حرارة الغرفة، وتوجد في الزيوت النباتية.
b. يتم امتصاص معظمها في الأمعاء الغليظة.
c. مشتقة من مصادر حيوانية وصلبة في درجة حرارة الغرفة.
d. تميل إلى خفض كوليسترول الدم.

17. أيّ الكربوهيدرات الآتية لا تُهضم في الجسم، وتزود النظام الغذائي بالألياف؟

a. السكروز. b. النشا.
c. الجلايكوجين. d. السيليلوز.

18. أي مما يأتي يؤدي إلى تحليل الأطعمة الغنية بالبروتين في المعدة؟

a. الرقم الهيدروجيني المنخفض والببسين.
b. الرقم الهيدرجيني المرتفع والمادة الصفراء.
c. الرقم الهيدروجيني المرتفع والببسين.
d. الرقم الهيدروجيني المنخفض والمادة الصفراء.

استخدم الصورة الآتية للإجابة عن السؤال 19.

19. إذا شربت كوب واحد (100 mL) من العصير، فما نسبة ما استهلكته من القيمة المسموح بها يوميًّا من الكربوهيدرات؟

a. 0.5 % b. 28 %
c. 4 % d. 35 %

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 4

أسئلة بنائية

20. **مهن مرتبطة مع علم الأحياء** بناءً على رأي مختص في علم الأغذية فإن الأنظمة الغذائية المنخفضة الكربوهيدرات تكون عالية المحتوى من الدهون والبروتينات. قوّم المخاطر الصحية التي قد ترتبط مع استهلاك الأطعمة الغنية بالدهون والبروتينات على المدى الطويل.

21. **إجابة مفتوحة.** أشر إلى عوامل أخرى - غير قلة الطعام الذي قد يتناوله الشخص - تسبب سوء التغذية.

التفكير الناقد

22. **فسّر.** لماذا يقلل النظام الغذائي الغني بالألياف من احتمالية الإصابة بسرطان القولون؟

23. **استنتج.** أسباب استمرار ارتفاع معدلات السمنة بين الأشخاص في الثلاثين سنة الماضية على الأقل.

4-3

مراجعة المفردات

وضّح الفرق بين كل مصطلح من المصطلحات الآتية، ثم فسّر الارتباط بينها:

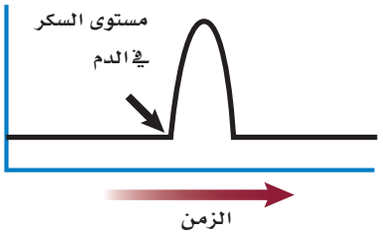
24. الأنسولين - الجلوكاجون.

25. الإستروجين - هرمون النمو.

26. الكورتيزول - الإبينفرين.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

استعمل الرسم البياني الآتي للإجابة عن السؤال 27.



27. يوضح الرسم البياني مستوى السكر في الدم لفترة من الزمن. أي الهرمونات الآتية قد يسبب الارتفاع المفاجئ المشار إليه بالسهم؟

a. الهرمون المانع لإدرار البول. **b.** هرمون النمو.
c. الجلوكاجون. **d.** الأنسولين.

28. أي الهرمونات الآتية تُفرزه الخلايا العصبية بدلاً من جهاز الغدد الصم؟

a. الهرمون المانع لإدرار البول والأكسيتوسين.
b. هرمون النمو والثيروكسين.
c. الأنسولين والجلوكاجون.
d. النورإبينفرين والإبينفرين.

29. أي أزواج الهرمونات الآتية لها تأثير متضاد في عملها:

a. الكالسيتونين والهرمون الجاردرقي.
b. الإبينفرين والنورإبينفرين.
c. هرمون النمو والثيروكسين.
d. ألدوستيرون والكورتيزول.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

4 تقويم الفصل

استعمل الصورتين الآتيتين للإجابة عن السؤال 30.

A

B

30. أي الأشخاص في الصورتين أعلاه يُحتمل وجود مستوى عالٍ من الإبينفرين في جسمه؟

a. الشخص في الصورة (A).
b. الشخص في الصورة (B).
c. كلا الشخصين.
d. لا أحد منهما.

أسئلة بنائية

31. إجابة مفتوحة. ما التأثير المباشر لزيادة إفراز الكالسيتونين؟ حلّل أثر ذلك في اتزان الأنظمة الأخرى في الجسم عدا جهاز الغدد الصم.

32. إجابة قصيرة. قوّم أثر استخدام الكورتيزول على المدى الطويل في مقدرة الشخص على محاربة الالتهابات.

التفكير الناقد

33. صف العلاقة بين الكالسيتونين والهرمون الجاردرقي وبين الميزان ذي الكفتين.

34. كوّن فرضية. لماذا يُعطى الأنسولين عن طريق الحقن بدلاً من الفم؟

تقويم إضافي

35. الكتابة في علم الأحياء اكتب قصة قصيرة تصف فيها العمليات التي تحدث أثناء انتقال الطعام عبر قناتك الهضمية.

ملاحظة: تأكد من تضمين إجابتك جميع مجموعات الغذاء الرئيسة.

أسئلة المستندات

السعرات الحرارية المقدّرة والمطلوبة حسب الجنس والعمر

الجنس	العمر	نشاط معتدل	نشاط زائد
الإناث	9-13	1600-2000	1800-2200
	14-18	2000	2400
	19-30	2000-2200	2400
	31-50	2000	2200
	51+	1800	2000-2200
الذكور	9-13	1800-2200	2000-2600
	14-18	2400-2800	2800-3200
	19-30	2600-2800	3000
	31-50	2400-2600	2800-3000
	51+	2400	2400-2800

36. بناءً على الجدول السابق، أي الجنسين يحتاج إلى سعرات حرارية أكثر؟

37. صف الاستنتاج العام لهذه البيانات بغض النظر عن عدد السعرات المطلوبة للحفاظ على توازن الطاقة المرتبطة مع العمر.

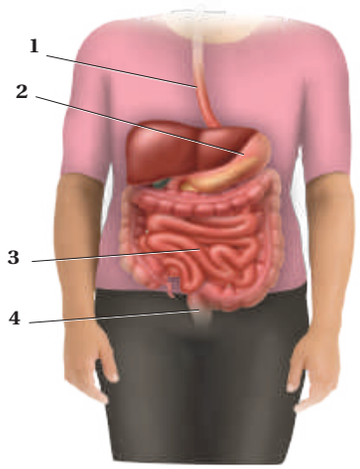
38. لماذا يحتاج الأفراد في الفئة العمرية بين 19–30 عامًا إلى عدد أكبر من السعرات الحرارية؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 1.



1. أيّ أجزاء الجهاز الهضمي يحدث فيه عمليتا الهضم الكيميائي والميكانيكي أولًا؟

a. 1 **b.** 2
c. 3 **d.** 4

2. جميع العبارات الآتية صحيحة فيما يتعلق بالهرمونات الستيرويدية ما عدا:

a. تنتشر خلال الغشاء البلازمي للخلية الهدف.
b. تدخل إلى النواة.
c. تحفز جينات في المادة الوراثية لبناء بروتينات محددة.
d. تنشط إنزيمات موجودة داخل الغشاء البلازمي.

3. أيّ أنواع المواد المغذية الآتية يبدأ هضمها في المعدة؟

a. الأرز. **b.** شريحة من اللحم.
c. قطعة من الحلوى. **d.** المعكرونة.

4. أيّ الغدد الآتية تفرز الهرمون الرئيس المسؤول عن عمليات الأيض في جسم الإنسان؟

a. الغدة النخامية. **b.** الغدة الزعترية.
c. الغدة الدرقية. **d.** الغدد الكظرية.

5. ما الدور الذي تؤديه الهرمونات في الجسم؟

a. تعمل كمحفز حيوي للتفاعل.
b. تبادل الغازات في الرئتين.
c. هضم البروتينات في المعدة.
d. تنظم العديد من وظائف الجسم.

6. عند ارتفاع مستوى السكر في الدم فإن البنكرياس يفرز:

a. الجلوكاجون.
b. الأنسولين.
c. الأنسولين والجلوكاجون.
d. لا الأنسولين ولا الجلوكاجون.

7. أيّ الهرمونات التالية مسؤول عن استجابة المواجهة أو الهروب؟

a. الكالسيتونين.
b. الجلوكاجون.
c. الإبينفرين.
d. الثيروكسين.

8. تتحلل الكربوهيدرات المعقدة في الجهاز الهضمي إلى:

a. حموض أمينية.
b. حموض دهنية.
c. سكريات بسيطة.
d. نشا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

9. أي الجمل الآتية صحيحة فيما يتعلق بالزائدة الدودية؟

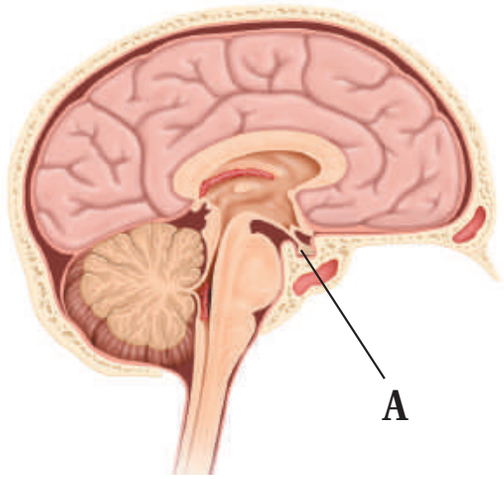
a. تمتص كربونات الصوديوم الهيدروجينية لمعادلة الحموضة.

b. ليس لها وظيفة معروفة في الجهاز الهضمي.

c. تساعد على تحليل الدهون.

d. تفرز الأحماض لتساعد على تحليل الغذاء.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 10.



10. أي من التراكيب الآتية تمثل الرمز A في الرسم أعلاه؟

a. الغدة النخامية.

b. الغدد فوق الكظرية.

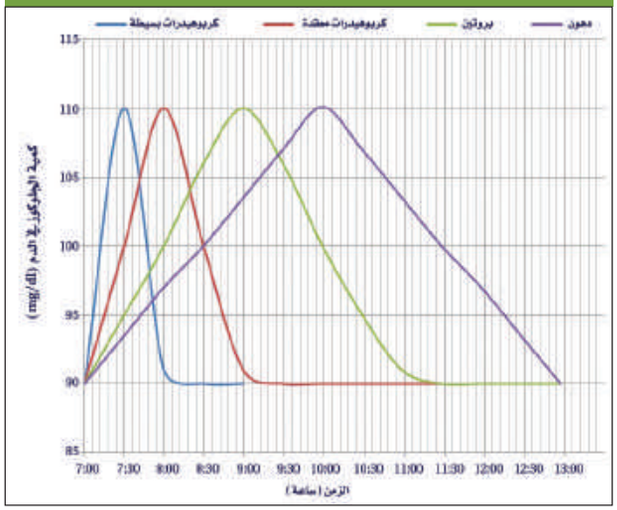
c. الغدة الدرقية.

d. الغدد جارات الدرقية.

أسئلة الإجابات القصيرة

استعمل الرسم البياني الآتي في الإجابة عن السؤالين 11 و12.

أثر المواد المغذية (وجبة الإفطار) في نسبة السكر (الجلوكوز) في الدم عند الإنسان



11. استنتج أي المواد المغذية أعلاه ترفع من نسبة الجلوكوز في الدم بعد ساعة و45 دقيقة من تناول وجبة الإفطار.

12. فسِّر سبب الاختلاف في نسبة جلوكوز الدم بالنسبة للزمن بين المواد المغذية في الرسم السابق.

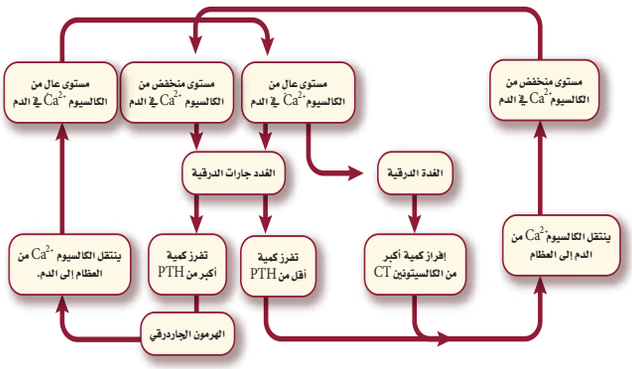
13. لماذا يكون النظام الغذائي الذي لا يحتوي على البروتين غير صحي؟

14. توقع كيف سيكون وزن شخص عدد الخملات المعوية في أمعائه قليلًا نتيجة إستئصال جزء من امعائه بسبب إصابته بمرض سرطان الأمعاء؟ وضِّح إجابتك.

اختبار مقنن

15. يعتقد صديقك بأن الوجبات الغذائية النباتية تقلل من امتصاص الدهون المشبعة والكوليسترول. هل تؤيده أم تعارضه؟ ولماذا؟

استعمل المخطط الآتي للإجابة عن السؤالين 16 ، 17:



16. قوّم كيف يؤثر الهرمون الجار الدرقي في النسيج العظمي؟

17. قوّم كيف تتأثر مستويات الكالسيوم في الدم عندما يتوقف عمل الغدة الدرقية في شخص ما؟

18. كيف يؤثر عدم حدوث الهضم الميكانيكي في الجسم؟

19. وضّح كيف تؤدي الخملات المعوية في الأمعاء الدقيقة دورها المهم في امتصاص المواد المغذية.

20. وضح وظيفة الأمعاء الغليظة.

أسئلة الإجابات المفتوحة

21. ماذا تتوقع أن يحدث إذا اختلت وظيفة غدة في جسمك فأفرزت كمية كبيرة من الهرمون الذي ينشط إفراز هرمونات الغدة الدرقية؟ وماذا يحدث إذا قل إفراز الهرمونات المحفزة للغدة الدرقية؟

22. وجبتان غذائيتان مكونتان من الكمية نفسها من اللحم، تناول شخص عدة لقيمات من الوجبة الأولى، بينما تناول شخص آخر الوجبة الثانية كاملة. على فرض أن الظروف معيارية وثابتة في كلا الحالتين. هل سيهضم الشخصان اللحم بنفس المعدل؟ فسّر إجابتك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

سؤال مقالي

يحتاج الإنسان إلى فيتامين (C) في نظامه الغذائي؛ لأنه يقوي وظائف الجهاز المناعي، ويمنع الإصابة بمرض الأسقربوط. إذ يذوب فيتامين (C) في الماء، ولذا لا يتم تخزينه في الجسم. وعادة ما يُنصح به للشخص المريض أو من يوشك أن يمرض. وبعض الأشخاص يُنصحون بتناول جرعات أكبر آلاف المرات من الحجم المسموح به من فيتامين (C).

ويختلف الباحثون حول فاعلية تناول جرعات كبيرة من فيتامين (C)، فبعض الباحثين يعتقدون عدم فاعليتها، وبعضهم الآخر يعتقد أنها مفيدة. ويتفق معظم الباحثين على أن تناول جرعات عالية من فيتامين (C) لفترة زمنية قصيرة لا تُحدث ضررًا.

مستعينًا بالمعلومات الواردة في الفقرة السابقة اكتب مقالة تجيب فيها عن السؤال الآتي:

23. صغ فرضية تتعلق بمدى استفادة الشخص من تناول أو عدم تناول جرعات كبيرة من فيتامين (C) لمعالجة الرشح أو أعراض البرد. ووضّح طريقة واحدة لاختبار هذه الفرضية.

يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

الصف	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2
الفصل/ القسم	4–1	4–3	4–2	4–3	4–3	4-3	4-3	4-3	4–2	4–1	4–3	4-3
السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

الصف	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2
الفصل/ القسم	4-3	4-1	4-1	4–2	4–1	4–2	4–2	4–1	4–2	4–3	4–1	4–2
السؤال	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	

الفصل 5

التكاثر والنمو في الإنسان

Human Reproduction and Growth

الفكرة العامة يتضمن تكاثر الإنسان اندماج الحيوان المنوي والبويضة معًا.

1 – 5 جهازا التكاثر في الإنسان

الفكرة الرئيسة تنظم الهرمونات جهازي التكاثر في الإنسان بما في ذلك إنتاج الأمشاج.

2 – 5 مراحل نموّ الجنين قبل الولادة

الفكرة الرئيسة من آيات الله سبحانه وتعالى في خلقه أن جعل الانسان ينمو من خلية مخصّبة تتحول إلى مليارات من الخلايا المتخصصة في وظائفها.

حقائق في علم الأحياء

- يزداد حجم جنين الإنسان 10,000 مرة خلال أول ثلاثين يومًا من حياته.
- بلغ وزن أكبر طفل مولود kg (10.8).

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تجربة استهلالية

خصائص الخلية الجنسية

كيف تُنتج الخلايا الجنسية وتتخصص في تكوين اللاقحة؟ يتم التكاثر وفق عمليات تسير في نمط محدد. وإنتاج الخلايا الجنسية خطوة مهمة وحرجة في التكاثر. خلايا الحيوانات المنوية وخلايا البويضات لها خصائص محددة لتدعم أدوارها في التكاثر. وسوف تستقصي في هذه التجربة كيف أن شكل الخلايا الجنسية وتركيبها يدعم عملها.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. افحص بالمجهر شريحة للبويضة، وحدد خصائصها، وارسمها.
3. افحص بالمجهر شريحة للحيوان المنوي، وحدد خصائصه، وارسمه.

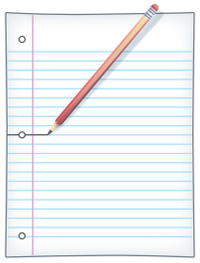
التحليل

1. **قارن** بين الحيوان المنوي والبويضة؟
2. **حدد** التراكيب والخصائص التي تؤثر في دور كل من الحيوان المنوي والبويضة في عملية التكاثر؟

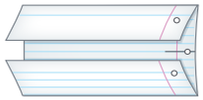
المطويات منظمات الأفكار

جهازا التكاثر اعمل هذه المطوية لتساعدك على المقارنة بين إنتاج البويضات والحيوانات المنويّة.

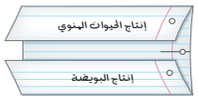
الخطوة 1: ارسم خطًا أفقيًا على طول منتصف ورقة كما في الشكل الآتي:



الخطوة 2: اثن الورقة من أعلى ومن أسفل ليلتقي طرفاها في المنتصف، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3: اكتب عنوانًا لكل شريط من المطويّة كما في الشكل الآتي:



المطويات **استخدم هذه المطويّة في أثناء دراستك جهازا التكاثر في الإنسان في القسم 1-5**، وسجل وأنت تقرأ الدرس ما تعلّمته عن إنتاج كل من الحيوان المنوي في الخصية، والبويضة في المبيض.

5-1

الأهداف

- **تلخص** وتناقش تركيب جهازي التناسل الذكري والأنثوي.
- **توضح** كيف تنظم الهرمونات جهازي التناسل الذكري والأنثوي.
- **تناقش** مراحل دورة الحيض.

مراجعة المفردات

منطقة تحت المهاد Hypothalamus: جزء من الدماغ يربط بين الغدد الصمِّ والجهاز العصبي، ويسيطر على الغدة النخامية.

المفردات الجديدة

الأنابيب المنويّة
البربخ
الوعاء الناقل (الأسهر)
الإحليل
السائل المنوي
البلوغ
الخلية البيضية الأولية
قناة البيض (قناة فالوب)
دورة الحيض
الجسم القطبي

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

جهازا التكاثر في الإنسان

Human Reproductive Systems

الفكرة الرئيسة **تنظّم الهرمونات جهازي التكاثر في الإنسان بما في ذلك إنتاج الأمشاج.**

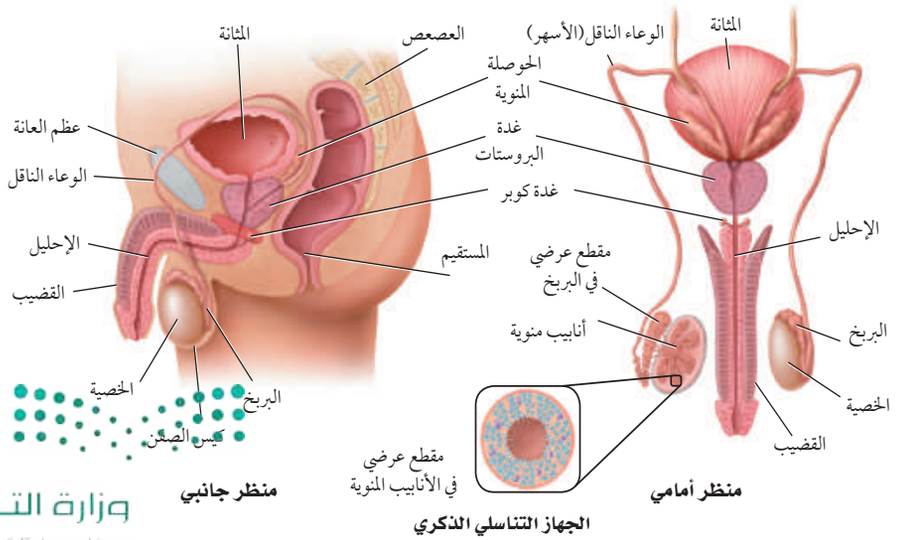
الربط مع الحياة لربما لاحظت كيف تؤثر درجة حرارة الغرفة في التحكم في مقياس منظم درجة الحرارة لجهاز التكييف، فإذا كانت الغرفة باردة فإن مقياس منظّم الحرارة لا يعطي إشارة إلى جهاز التكيف ليعمل، وهكذا تقوم الهرمونات الجنسية في جسم الإنسان بالتأثير في تركيبه وتكاثره.

الجهاز التناسلي الذكري في الإنسان

Human Male Reproductive System

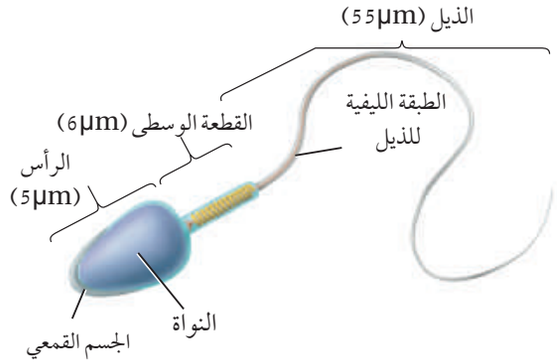
التكاثر ضروري لبقاء الأنواع المختلفة من المخلوقات الحية. وتحدث عمليات التكاثر في الإنسان بإخصاب الحيوان المنوي للبويضة، ثم تكوّن الجنين ونموّه، ثم ولادته. أما الأجهزة والأعضاء والغدد والهرمونات للجهاز التناسلي الذكري أو الأنثوي فجميعها لها دور فعال في التكاثر. يوضح **الشكل 1-5** تركيب الجهاز التناسلي الذكري، وتسمى الغدة التناسلية الذكرية بالخصية testis، وتوجد خارج الجسم في كيس يُسمى الصفن scrotum. ويحتاج تكوين الحيوانات المنوية إلى درجة حرارة أقل من درجة حرارة الجسم البالغة 37°C. ونظرًا إلى وجود الصفن خارج تجويف الجسم حيث درجة الحرارة أقل من درجة حرارة الجسم، فإن هذا يوفر بيئة مناسبة لتكوين الحيوانات المنوية.

الخلايا المنوية Sperm Cells تسمى الخلايا التكاثرية الذكرية عند الإنسان بالخلايا أو الحيوانات المنوية، والتي يتم انتاجها في الخصية. يتم إنتاج الحيوانات المنويّة في **الأنابيب المنويّة** seminiferous tubules في الخصية، وتستطيع هذه



الشكل 1-5 يُنتج الجهاز التناسلي الذكري في الخصية أمشاج تسمى الحيوانات المنوية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



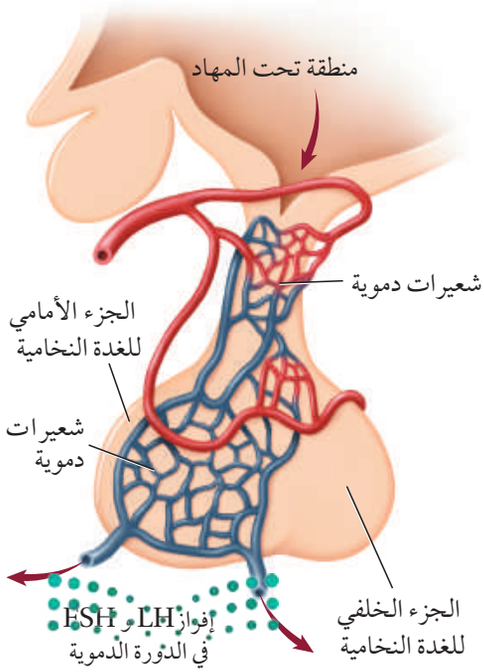
■ **الشـكل 2–5** الحيوان المنوي خلية سوطية تتكون من رأس، ومنطقة وسطى وذيل .

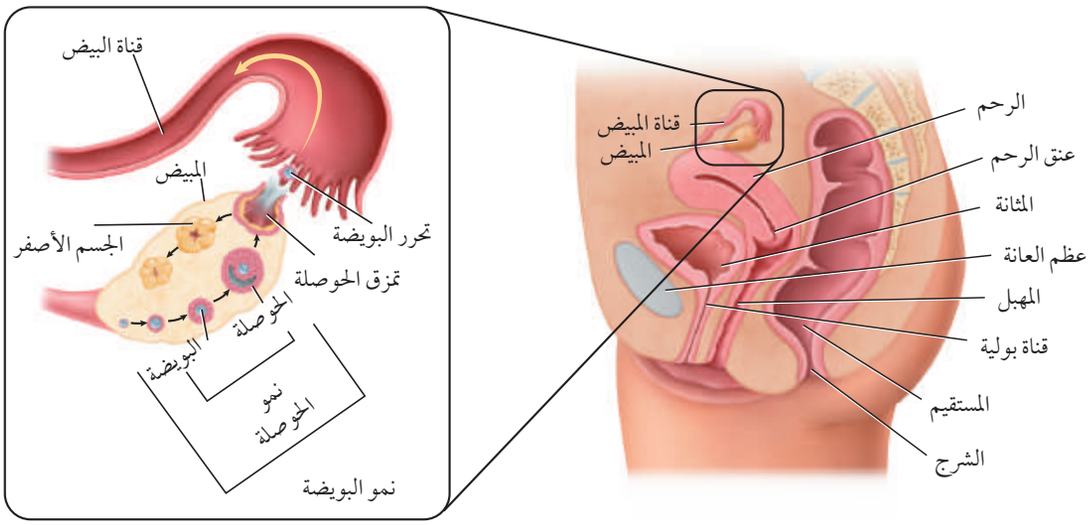
سلسل. اكتب بالتسلسل التراكيب التي ينتقـل فيها الحيوان المنـوي من داخل الجسم إلى خارجه.

الأنابيب أن تنتج ما بين 200 –100 مليون حيوان منوي كل يوم. انظر **الشكل 2–5**. وبعـد تكوين الحيوانـات المنوية تنقل إلى **البربـخ** epididymis الموجود فوق كل خصية، حيث يكتمل نضـج الحيوانات المنوية وتخزن فيـه. وعندما تنطلق الحيوانات المنوية إلى خارج جسـم الإنسـان تمر في قناتين تسمى **الوعاء الناقل (الأسـهر)** vas deferens، الذي ينتهي بقناة بولية تناسلية مشتركة تُسمى **الإحليل** urethra . وتحتاج الحيوانات المنوية إلى سـائل تغذية يساعدها على البقاء حية حتى تخصب البويضة. يتكوّن **السـائل المنوي** semen مـن الحيوانات المنوية، ومواد مغذية، وسوائل تفرزها الغدد الجنسية الذكرية. وتسهم الحوصلة المنوية في إفراز نصف حجم السائل المنوي، بالإضافة إلى إفراز السكر الذي يزوّد الحيوانات المنوية بالطاقة، وكذلك تزودها بالمواد المغذّية والبروتينات والإنزيمات، وتفرز غدة البروستات وغدة كوبر محلولًا قلويًا لمعادلة أي ظروف حمضية قد يواجهها الحيوان المنوي في طريقه لإخصاب البويضة في الجهاز التناسلي الأنثوي.

الهرمونات الذكرية Male Hormones يُنتج هرمون التستوستيرون testosterone في الخصية، وهو هرمون سـتيرويدي (دهني) مهم فـي إنتاج الحيوانات المنوية وإظهار الصفات الذكرية الثانوية عند **البلوغ** puberty، مثل نمو الشـعرعلى الوجه والصدر، وزيادة حجم العضلات، وخشـونة الصـوت. والبلوغ مرحلة نمو يصل فيها الإنسـان إلى النضج الجنسـي، ويتحكم في إنتاج التستوسترون منطقـة تحت المهاد في الدماغ والتي تفرز هرمونًا يؤثر في الجزء الأمامي للغدة النخامية، فتفرز هرمونين ينتقلان بوساطة الدم إلى الخصية فيحفزانها على إنتاج الحيوانات المنوية، **الشكل 3–5**. وهذان الهرمونان هما: الهرمـون المنشّط للحوصلة Follicle Stimulating Hormone (FSH) الذي ينظم إنتاج الحيوانات المنوية، والهرمون المنشّط للجسم الأصفر Luteinizing Hormone (LH) الذي ينشط إفراز هرمون التستوسـترون، وتوجد آلية لتنظيم مستوى إفراز الهرمونات الجنسية في الدم تُسمى نظام التغذية الراجعة السلبية، والتي تبدأ بالتنسـيق مع تحت المهاد، حيث تقوم خلايـا متخصصة في تحت المهاد والغدة النخامية بتحديد المستويات العاليـة مـن هرمون التستوستيرون فـي الدم، وكذلك إنتـاج هرموني LH و FSH. وعندما ينخفض مسـتوى التستوستيرون في الدم فإنّ الجسم يستجيب لذلك بإفراز كميات زائدة من هرموني LH و FSH. لكي يكون هناك ثبات لتركيز الهرمونات.

■ **الشـكل 3–5** تفرز منطقة تحت المهاد هرمونًا ينتقـل إلى الغدة النخامية، ويؤثر في معدل إنتاج هرمـوني FSH و LH ، وينظم مسـتوى هذين الهرمونين في الدم نظام التغذية الراجعة السلبية.





الشكل 4–5

اليمين: المهبل، والرحم والمبيض هي التراكيب الرئيسة للجهاز التناسلي الأنثوي.

اليسار: تنضج خلال كل دورة حيض حوصلة واحدة ينتج عنها بويضة ناضجة، ويشكّل ما تبقى من الحوصلة الجسم الأصفر.

توقّع. ماذا يحدث إذا نضجت أكثر من حوصلة خلال دورة الحيض؟

الجهاز التناسلي الأنثوي في الإنسان

Human Female Reproductive System

يتخصص الجهاز التناسلي الأنثوي في إنتاج البويضات، كما يوفر بيئة مناسبة لإخصاب البويضة ونمو الجنين. ارجع إلى **الشكل 4–5** وأنت تقرأ تركيب هذا الجهاز.

خلايا البويضة Egg Cells تسمى الخلايا التناسلية الأنثوية غير المكتملة النمو **بالخلايا البيضية الأولية** oocytes ، وتنتج في المبيضين – **الشكل 4–5**– ويبلغ حجم المبيض حجم بذرة اللوز. ويوجد داخل كل مبيض خلايا بيضية غير ناضجة، وعادة ما تنمو خلية بيضية واحدة كل 28 يومًا، وتنمو لتكوّن بويضة ناضجة ovum، وتُحاط البويضة الناضجة بحوصلة توفر لها الحماية والغذاء، وبعد تكونها في المبيض، تنتقل إلى **قناة البيض** (قناة فالوب) oviduct وهي أنبوب يتصل بالرحم. وحجم الرحم يماثل حجم قبضة اليد، وفيه ينمو الجنين حتى تتم ولادته. والجزء السفلي من الرحم يسمى عنق الرحم، ويتصل بالمهبل من خلال فتحة ضيقة، ويؤدي المهبل إلى خارج جسم الأنثى.

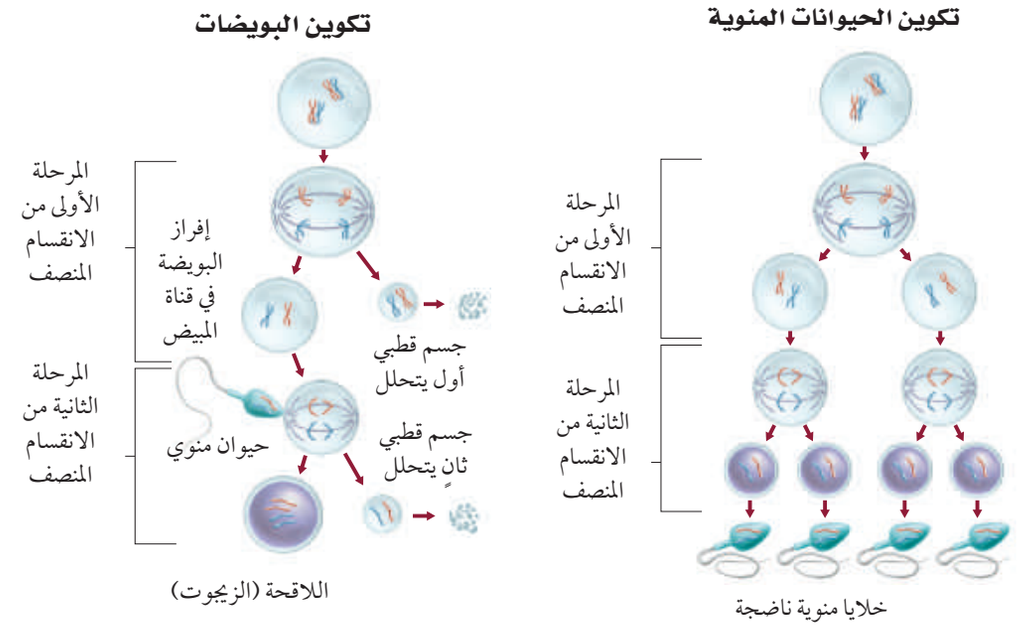
الهرمونات الأنثوية Female Hormones البروجستيرون والإستروجين هرمونان ستيرويديان يفرزان من خلايا المبيض. ويفرز الجزء الأمامي للغدة النخامية هرمونين، هما: الهرمون المنشّط للحوصلة FSH، والهرمون المنشّط للجسم الأصفر LH، اللذان يؤثران في مستويات كل من هرموني الإستروجين والبروجستيرون بوساطة التغذية الراجعة السلبية. الهرمون المنشّط للحوصلة، والهرمون المنشّط للجسم الأصفر لهما تاثير مختلف عند كل من الذكر والأنثى. فمثلاً خلال مرحلة البلوغ تسبب زيادة تركيز الإستروجين نمو الثدي عند الأنثى، واتساع عظام الحوض، وزيادة تركيز الأنسجة الدهنية. وخلال مرحلة البلوغ تمر الأنثى **بدورة الحيض** menstrual cycle الأولى لها، وهي مجموعة من العمليات التي تحدث كل شهر تقريبًا، وتساعد في تهيئة جسم الأنثى للحمل.

المطويات

ضمن مطويتك معلومات من هذا القسم.

إنتاج الخلايا الجنسية Sex Cell Production

يتم إنتاج الخلايا الجنسية لدى الإنسان في كل من الخصية والمبيض، حيث يتم إنتاج الحيوانات المنوية عند الذكر من خلايا منوية أولية. ويبدأ في مرحلة البلوغ، ويستمر إنتاجها طوال حياة الذكر تقريبًا. ويختلف إنتاج البويضات عند الأنثى- كما يوضح **الشكل 5-5** - حيث تولد الأنثى ولديها جميع البويضات التي ستنتجها، ويتم تضاعف المادة الوراثية في الخلية البيضية الأولية قبل الولادة. وتبقى الخلايا البيضية الأولية في المرحلة الأولى من الانقسام المنصّف (الاختزالي) طوال فترة الطفولة وحتى سن البلوغ، ثم يُستكمل نمو خلية بيضية واحدة فقط عند بداية كل دورة حيض لتنتج خليتين: إحداهما كبيرة تُسمى البويضة (خلية بيضية ثانوية ناضجة)، والأخرى صغيرة تُسمى **الجسم القطبي** polar body. تنفصل الكروموسومات ويحدث انقسام غير متساوٍ للسيتوبلازم، حيث ينتقل معظم السيتوبلازم في الخلية الأم إلى الخلية الكبيرة التي ستصبح فيما بعد البويضة. أما الجسم القطبي فيتحلل، ويحدث الانقسام المنصف الثاني (المرحلة الثانية) عند إخصاب البويضة حيث تنتج اللاقحة، والجسم القطبي الثاني الذي يتحلل، وبالتالي ينتج عن مرحلتي الانقسام المنصف بويضة واحدة بدلًا من أربعة.



الشكل 5-5

اليمين: يتبع إنتاج الحيوانات المنوية نمط الانقسام المنصف، ويؤدي إلى تكوين العديد من الحيوانات المنوية.

اليسار: يؤدي الانقسام المنصف في الأنثى إلى تكوين بويضة واحدة، ولايتم الانقسام المنصف الثاني إلا بعد إخصاب البويضة.

تجربة 1 - 5

إنتاج الخلايا الجنسية

لماذا يُنتج الانقسام المنصّف أربعة حيوانات منوية وبويضة واحدة فقط؟ إن الاختلاف في انقسام السيتوبلازم هو السبب الرئيس لاختلاف الانقسام المنصّف عند كل من الذكر والأنثى في الإنسان. استخدم الصلصال لتوضيح إنتاج الخلايا الجنسية خلال الانقسام المنصّف.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اختر **قطعتي صلصال مختلفتي اللون**، الأولى: تمثل الخلية المنوية الأولية، والثانية تمثل الخلية البيضية الأولية.
3. استخدم قطعة الصلصال الأولى لتمثل الانقسام المنصّف الذي يحدث في الخلية المنوية الأولية في الذكر.
4. مثِّل عملية النضج من خلال إزالة نصف كمية الصلصال من كل حيوان، واترك كمية بسيطة لتمثل الذيل.
5. مثِّل مرحلة الانقسام المنصّف الأولى في الإناث.
6. استخدم حيوانًا منويًا، وألصقه بجانب خلية كبيرة، لتمثل المرحلة الثانية من الانقسام المنصّف.

التحليل

1. **استخدم النماذج.** ارسم كل مرحلة، واكتب أسماء الأجزاء التالية، وألصقها في مواقعها: الخلية المنوية الأولية، الخلية البيضية الأولية ، البويضة، الحيوان المنوي، الجسم القطبي الأول، الجسم القطبي الثاني، البويضة المخصّبة، اللاقحة (الزيجوت).
2. **وضح.** ما فائدة تركيز الانقسام المنصف على سيتوبلازم البويضة الواحدة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

دورة الحيض The Menstrual Cycle

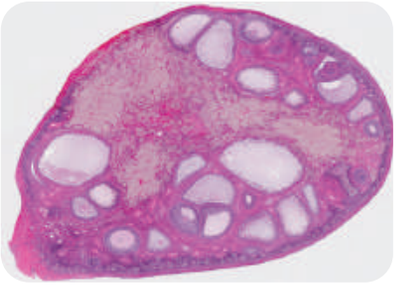
تتراوح مدة دورة الحيض مـا بين 35–23 يومًا، وفي الغالب مدتها 28 يومًا. وتمر في ثلاثة أطوار، هي :

طـور تدفـق الطمـث Flow Phase يبدأ تدفق الطمث فـي اليوم الأول من دورة الحيض. وتدفق الطمث هو تدفق الدم والمخاط وسوائل الأنسجة وخلايا طلائية من بطانة الرحم. وبطانة الرحم هي النسيج الذي يبطن الرحم وتنغرس فيه البويضة المخصبة. ولأن الجنين يحتاج إلى المواد الغذائية والأكسـجين فإن بطانة الرحم تُزوده بالدم بشكل مناسـب جدًا. وخلال تدفق الطمث يحدث تدفق الدم بسبب انفصال الطبقة الخارجية من بطانة الرحم، وتمزق الأوعية الدموية التي تغذي هذه الطبقة. ويستمر تدفق الطمث ما بين 5–3 أيام، ويبدأ بعدها الرحم في تكوين بطانة جديدة سميكة لتستمر الدورة.

طـور الحوصلـة Follicular Phase تحـدث خـلال دورة الطمث تغيرات في المبيض؛ نتيجة تغيرات في مسـتويات الهرمونات–**الجدول 1–5**. يكون مستوى هرمون الإسـتروجين في بداية دورة الحيض منخفضًا، فيبدأ الجزء الأمامي للغدة النخامية في زيادة إفـراز هرموني LH و FSH لإنضاج القليل من الحوصلات في المبيض، ثم تبدأ خلايـا في الحوصلة (داخلها خلية بيضيـة غير ناضجة) بإفراز هرمون الإسـتروجين وكميات قليلة من البروجسـتيرون، وبعد أسـبوع تنضج حوصلـة واحدة فـي المبيض. هذه الحوصلة تسـتمر في النمـو وإفراز هرمون الإسـتروجين الذي يحافظ على تركيـز FSH و LH منخفضًا، وهـذا مثال على التغذية الراجعة السلبية.

وفـي اليوم 12من الدورة تقريبًـا يحفّز التركيز المرتفع من الإسـتروجين الجزء الأمامي من الغدة النخامية على إفراز كمية كبيرة من LH، وتسـبب هذه الزيادة في الإفرازات تمزق الحوصلة، وتحدث عملية الإباضة.

طور الجسـم الأصفـر Luteal Phase بعد عملية الإباضة تتغير خلايا الحوصلة وتتحول إلى تركيب يسـمى الجسم الأصفر، **الشـكل 6–5**. يبدأ الجسم الأصفر بالتحلل، ويفرز كميات كبيرة من هرمون البروجسـتيرون وكمية قليلة من هرمون الإسـتروجين، وبذلك يحافظ علـى تركيز منخفض مـن FSH و LH. والتركيز المنخفض لهما يمنع نضج حويصلات جديدة. وفـي نهاية دورة الطمث يتحلل الجسـم الأصفر، ولا يقدر على إنتاج هرموني البروجسـتيرون والإستروجين، ويؤدي انخفـاض تركيزهما الحاد إلى انسـلاخ بطانة الرحـم، ويبدأ طورتدفق الطمث من دورة حيض جديدة.



■ **الشـكل 6–5** يفرز الجسم الأصفر هرمـون البروجسـتيرون وقليـلاً من هرمون الإستروجين.

المفردات

أصل الكلمة

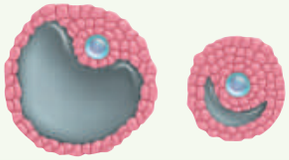
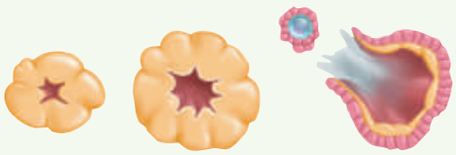
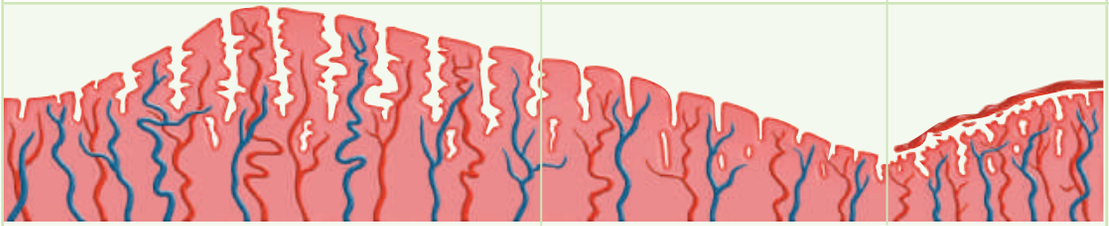
الجسم الأصفر Corpus Luteum

Corpus معناها باللاتيني جسم

Luteum وتعني أصفر.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الجدول 1–5 دورة الحيض

	طور تدفق الطمث	طور الحوصلة	طور الجسم الأصفر
الأيام	1–5	6–14	15–28
نشاطات المبيض			
تركيز الهرمونات			
بطانة الرحم			

وعند إخصاب البويضة تحدث مجموعة من التغيرات المختلفة، وتحول دون أن تبدأ دورة حيض جديدة، ويبقى تركيز البروجستيرون مرتفعًا، ويزداد تدفق الدم إلى بطانة الرحم. ولا يضمحل الجسم الأصفر، ولا تنخفض مستويات تركيز الهرمون، وتتراكم الدهون في بطانة الرحم، وتبدأ في إفراز سوائل غنية بالمواد المغذّية للجنين.

التقويم 1–5

الخلاصة

- يتم تنظيم مستويات الهرمونات بفعل نظام التغذية الراجعة السلبية.
- يستطيع ذكر الإنسان البالغ أن ينتج ملايين الحيوانات المنوية كل يوم.
- يختلف عدد الخلايا الجنسية الناتجة بوساطة الانقسام المنصّف في كل من الذكر والأنثى.
- للأنثى دورة تكاثر تُسمى دورة الحيض.
- دورة الحيض لها ثلاثة أطوار هي: تدفق الطمث، وطور الحوصلة، وطور الجسم الأصفر.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة صف.** كيف تساعد الهرمونات على تنظيم إنتاج الحيوانات المنوية والبويضة.
2. **لخّص.** تركيب كلٍّ من جهازي التكاثر الأنثوي والذكري ووظائفهما.
3. **صف** أصل المواد التي توجد في السائل المنوي وأهميتها.
4. وضح ماذا يحدث لبطانة الرحم والمبيض في أثناء دورة الحيض.

التفكير الناقد

5. **استنتج.** في اليوم الثاني عشر يسبّب تركيز الإستروجين زيادة حادة في إفراز LH، ماذا تتوقع أن يحدث حسب نموذج التغذية الراجعة السلبية؟
6. **الرياضيات في علم الأحياء** إذا بدأت دورة الحيض عند فتاة في عمر 12 سنة، وتوقفت عند عمر 55 سنة، فما عدد البويضات التي تفرزها إذا لم تحمل هذه الفتاة إطلاقًا خلال هذه الفترة؟ علمًا بأن مدة دورة الحيض 28 يومًا؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

5-2

الأهداف

- **تناقش** التغيرات التي تحدث في الأسبوع الأول بعد الإخصاب.
- **تصف** التغيرات الرئيسة التي تحدث في المراحل الثلاث لتكوين الجنين.
- **توضح** تغير مستويات الهرمونات خلال الحمل.

مراجعة المفردات

الليسوسوم Lysosome: عضية تحوي إنزيمات هاضمة.

المفردات الجديدة

التوتة (الموريولا)

الكبسولة البلاستولية

السائل الرهلي (الأمنيوني)

مراحل نمو الجنين قبل الولادة
Human Development Before Birth

الفكرة الرئيسة **من آيات الله سبحانه وتعالى في خلقه أن جعل الإنسان ينمو من خلية مخصّبة، تتحول الى مليارات من الخلايا المتخصصة في وظائفها.**

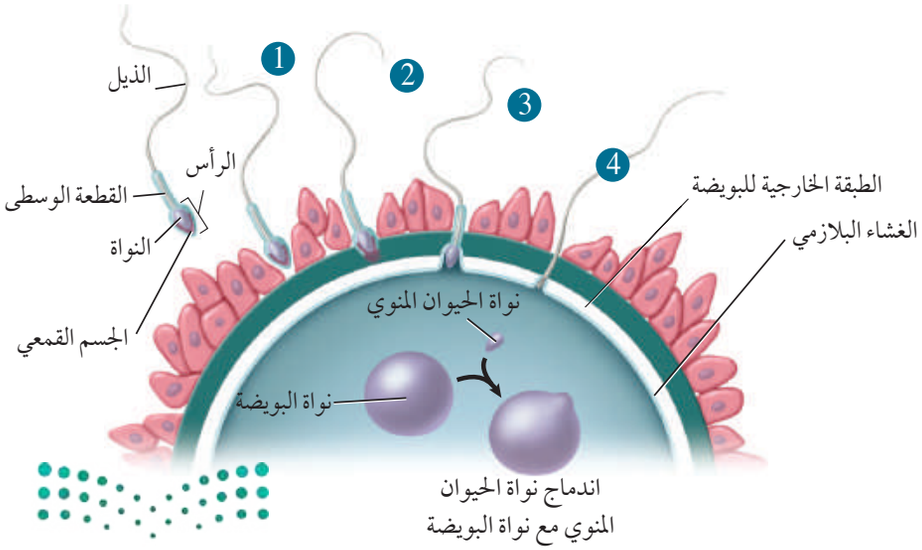
الربط مع الحياة يبدأ تكون جسم الإنسان ونموه – بقدرة الله سبحانه وتعالى– بإخصاب حيوان منوي لبويضة.

الإخصاب Fertilization

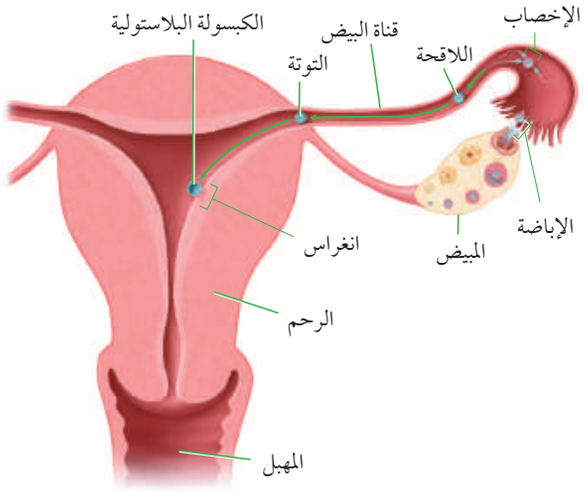
تحدث عملية الإخصاب في أعلى قناة البيض، وذلك بالتقاء الحيوان المنوي بالبويضة. لاحظ **الشكل 7–5**، يكون كل من الحيوان المنوي والبويضة في الإنسان أحاديَّ المجموعة الكروموسومية، ويحتوي كل منهما على 23 كروموسوم في الوضع الطبيعي. وعند الإخصاب تتجمع الكروموسومات لتصبح اللاقحة ثنائية المجموعة الكروموسومية، ويصبح عدد الكروموسومات 46 كروموسومًا.

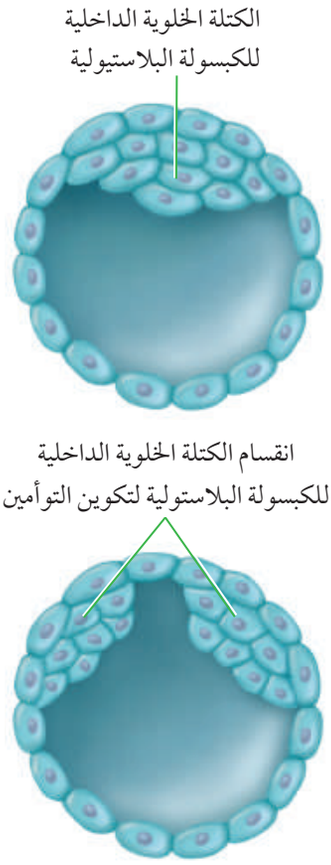
تدخل الحيوانات المنوية إلى المهبل عند قذفها بوساطة قضيب الذكر في أثناء الاتصال الجنسي.

يستطيع الحيوان المنوي البقاء في الجهاز التناسلي الأنثوي مدة 48 ساعة، ولكن البويضة غير المخصّبة لا تستطيع البقاء أكثر من 24 ساعة. لذا يمكن حدوث الإخصاب في الفترة الممتدة من قبل الإباضة بأيام قليلة إلى ما بعدها بيوم واحد فقط، وبشكل عام، توجد فترة قصيرة جدًا لحدوث الإخصاب، ولكن من المهم معرفة أن مدة دورة الحيض تختلف، وأن إفراز البويضة " الإباضة " يحدث في أي وقت.



الشكل 7–5 يتم إضعاف الطبقة المحيطة بالبويضة بوساطة العديد من الحيوانات المنوية، بينما ينجح حيوان منوي واحد في اختراقها ثم إخصابها كما في المراحل (4–1)، يتم الإخصاب عندما تندمج نواة الحيوان المنوي مع نواة البويضة.





الشكل 8–5

اليمين: خلال الأسبوع الأول يحدث العديد من تغيرات النمو في أثناء حركة اللاقحة في قناة البيض.

اليسار: التغيرات في الكتلة الخلوية الداخلية للكبسولة البلاستولية، ففي الأعلى يتكون جنين، أما في الاسفل واذا انقسمت الكتلة الخلوية الداخلية فإنه ينتج منها التوأم.

من بين 300 مليون حيوان منوي يتم قذفها في المهبل، تنجح عدة مئات منها فقط في الوصول إلى البويضة، والعديد منها لا يكمل رحلته في المهبل، وبعضها تهاجمه كريات الدم البيضاء، وبعضها الآخر يموت في طريقه، وهناك حيوان منوي واحد يخصب البويضة من ضمن مئات من الحيوانات المنوية تحاول أن تقوم بعملية الإخصاب.

الربط مع الكيمياء لا يستطيع حيوان منوي أن يخترق الغشاء البلازمي للبويضة وحده. إلا أن الله خلق في الحيوان المنوي جسمًا قمعيًا داخله عضيات الليسوسوم التي تحوي إنزيمات هاضمة، لاحظ **الشكل 7–5**. يفرز الجسم القمعي في رأس الحيوان المنوي إنزيمات هاضمة تقوم بإضعاف الغشاء البلازمي للبويضة، لدرجة أنها تسمح لحيوان منوي واحد باختراقها، وفي حال اختراقه تكوّن البويضة حاجزًا منيعًا يمنع الحيوانات المنوية الأخرى من اختراقها.

ماذا قرأت **وضح** لماذا يحتاج الإخصاب إلى مئات الحيوانات المنوية؟

المراحل الأولى لنمو الجنين Early Development

يوضح **الشكل 8–5** التغيرات التي تحدث للبويضة المخصبة (اللاقحة) في الأسبوع الأول. فبقدرة الله وحكمته، تتحرك البويضة المخصَّبة في قناة البيض بفعل انقباضات العضلات الملساء لهذه القناة، وبفعل الأهداب التي تبطّنها. وبعد 30 ساعة من الإخصاب تدخل البويضة المخصّبة في سلسلة من الانقسامات المتساوية، وفي اليوم الثالث تغادر البويضة المخصّبة قناة البيض، وتدخل الرحم وعندها تُسمى التوتة (الموريولا) morula (وهي كرة مصمتة من الخلايا)، وتنمو في اليوم الخامس لتصبح كرة مجوفة تسمى الكبسولة البلاستولية blastocyst التي تنغرس في بطانة الرحم في اليوم السادس، ويكتمل انغراسها في اليوم العاشر. وداخل هذه الكبسولة تتجمع الخلايا في أحد قطبيها لتكوّن كتلة خلوية داخلية تُكوّن فيما بعد الجنين، وأحيانًا تنقسم الكتلة الخلوية الداخلية إلى جزأين لتكوّن توأمًا.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

أختصاصيو التكاثر والغدد الصمّ

Reproductive Endocrinologist

أطباء حاصلون على درجة عالية من التدريب الخاص بالتعامل مع حالات العقم واضطرابات الهرمونات الجنسية. وقد يقوم هذا الاختصاصي بإجراء البحوث أو تدريب طلاب يدرسون الطب.

ويصف الخالق سبحانه وتعالى الرحلة الجنينية التي يمر بها خلق الانسان، وفي إيجاز بليغ فيقول:

﴿وَلَقَدْ خَلَقْنَا ٱلْإِنسَٰنَ مِن سُلَٰلَةٍ مِّن طِينٍ ﴿١٢﴾ ثُمَّ جَعَلْنَٰهُ نُطْفَةً فِى قَرَارٍ مَّكِينٍ ﴿١٣﴾ ثُمَّ خَلَقْنَا ٱلنُّطْفَةَ عَلَقَةً فَخَلَقْنَا ٱلْعَلَقَةَ مُضْغَةً فَخَلَقْنَا ٱلْمُضْغَةَ عِظَٰمًا فَكَسَوْنَا ٱلْعِظَٰمَ لَحْمًا ثُمَّ أَنشَأْنَٰهُ خَلْقًا ءَاخَرَ ۚ فَتَبَارَكَ ٱللَّهُ أَحْسَنُ ٱلْخَٰلِقِينَ ﴿١٤﴾ ثُمَّ إِنَّكُم بَعْدَ ذَٰلِكَ لَمَيِّتُونَ ﴿١٥﴾ ثُمَّ إِنَّكُمْ يَوْمَ ٱلْقِيَٰمَةِ تُبْعَثُونَ ﴿١٦﴾﴾ المؤمنون.

■ **الشكل 9–5** هناك أربعة أغشية إضافية تحيط بالجنين هي: غشاء الكوريون، والغشاء الرهلي، وكيس المح، والممبار وهي أغشية مهمة لنمو الجنين.

حدد. ما أهمية كيس المح في الإنسان؟

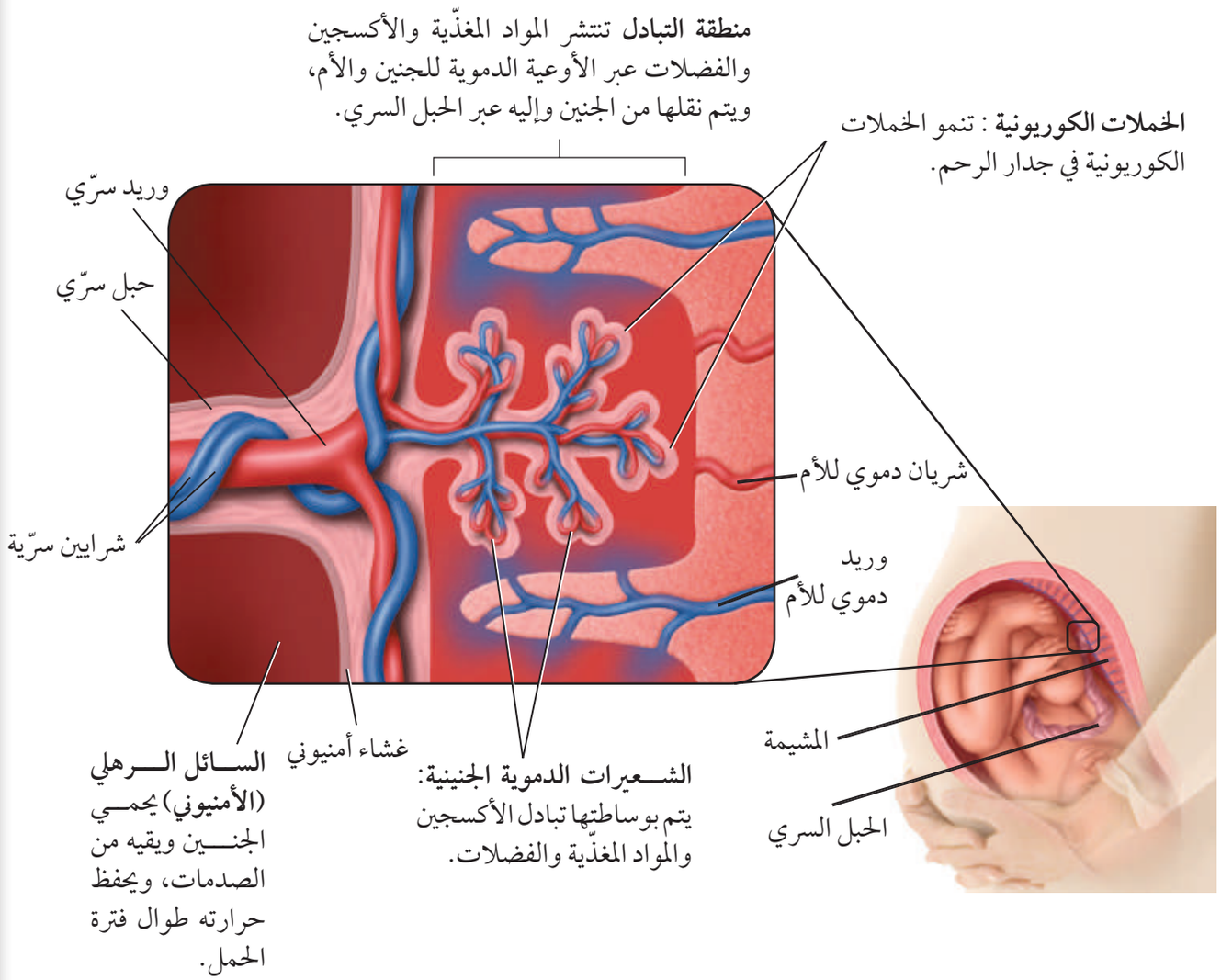
الأغشية الجنينية Extraembryonic Membranes ينمو جنين الإنسان داخل رحم الأم، محاطًا بمجموعة من الأغشية لها وظائف مختلفة، لاحظ **الشكل 9–5**. وخلال مراحل النمو الأولى تتكون أربعة أغشية تحيط بالجنين، وهي: الغشاء الكوريوني **chorion**، الغشاء الرهلي (الأمنيوني) **amniotic** ، وكيس المح **yolk sac**، والممبار **allantois**. والغشاء الرهلي طبقة رقيقة تشكّل كيسًا يحيط بالجنين، ويوجد داخل هذا الكيس سائل يُسمى **السائل الرهلي amniotic fluid**، الذي يحمي الجنين من الصدمات ويعزله عن باقي أجزاء جسم الام. ويوجد الغشاء الكوريوني خارج الغشاء الرهلي، ويسهم كل من الغشاء الكوريوني والممبار في تكوين المشيمة. أما كيس المح فإنه لا يحتوي على مح (صفار)، ولكنه أول موقع يعمل لتكوين خلايا الدم الحمراء للجنين.

المشيمة The Placenta بعد أسبوعين من الإخصاب تتكون امتدادات صغيرة من الغشاء الكوريوني تُسمى الخملات الكوريونية، وتبدأ بالنمو في جدار الرحم، وتبدأ المشيمة بالتكوّن حتى تُوفر الغذاء والأكسجين للجنين، وتتخلص من الفضلات، ويكتمل نموها في الأسبوع العاشر. وللمشيمة سطحان: سطح من الجنين، والآخر من الأم. وعندما يكتمل نموها يصبح قطرها **15–20 cm**، وسمكها **2.5 cm**، وكتلتها **0.45 kg** تقريبًا. يربط الحبل السري – وهو أنبوب يحتوي على الكثير من الأوعية الدموية – بين الجنين والأم ويوضح **الشكل 10–5** الارتباط بين الأم والجنين. وتنظم المشيمة انتقال المواد من الجنين إلى الأم ومن الأم إلى الجنين، فالأكسجين والمواد المغذية تنتقل من الأم إلى الجنين، وهناك مواد أخرى تنتقل إلى الجنين، مثل: الأدوية والعقاقير وبعض الفيروسات، ومنها فيروس نقص المناعة المكتسبة (**HIV**). وتنتقل فضلات عمليات الأيض وثاني أكسيد الكربون من الجنين إلى الأم. ونظرًا إلى عدم وجود اتصال بين جهازي الدوران في الأم والجنين فإن خلايا الدم لا تنتقل بينهما، ولكن المضادات الحيوية تستطيع أن تنتقل إلى الجنين وتحميه إلى أن يتكوّن لديه جهاز المناعة الخاص به.

إرشادات الدراسة

خط الزمن ارسم خط زمن يوضح نمو الإنسان من لحظة الإخصاب إلى مرحلة البلوغ، مستخدمًا أعمارًا تقريبية لكل مرحلة، ووضح خصائصها الرئيسة.

■ **الشكل 10–5** يتبادل الجنين المواد المغذّية والأكسجين والفضلات مع أمه من خلال المشيمة. وتحتوي المشيمة على أنسجة من الأم ومن الجنين معًا.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

التنظيم الهرموني خلال الحمل Hormonal regulation during pregnancy

يفرز الجنين خلال الأسبوع الأول من نموه هرمونًا يسمى الهرمون الكوريوني الموجه للغدد التناسلية (hCG) يحافظ على الجسم الأصفر ويمنع تحلله، ويبقى تركيز هذا الهرمون عاليًا، وبالتالي يحافظ على تركيز البروجستيرون عاليًا وكذلك الإستروجين ولكن بدرجة أقل، مما يمنع حدوث دورة حيض جديدة. وبعد شهرين إلى ثلاثة من الحمل تفرز المشيمة كميات كافية من هرموني البروجستيرون والإستروجين لتوفير ظروف ملائمة طيلة مدة الحمل.

ماذا قرأت **قارن** بين وظيفتي المشيمة.

المراحل الثلاث لتكوّن الجنين

Three Trimesters of Development

تستغرق مدة الحمل عند الإنسان 266 يومًا تقريبًا منذ لحظة الإخصاب وحتى لحظة الولادة، أو 280 يومًا من آخر دورة حيض، قال تعالى: ﴿ وَوَصَّيْنَا ٱلْإِنسَٰنَ بِوَٰلِدَيْهِ إِحْسَٰنًا ۖ حَمَلَتْهُ أُمُّهُۥ كُرْهًا وَوَضَعَتْهُ كُرْهًا ۖ وَحَمْلُهُۥ وَفِصَٰلُهُۥ ثَلَٰثُونَ شَهْرًا ۚ ﴿١٥﴾ ﴾ الأحقاف.

ويمكن تقسيم هذه المدة إلى ثلاث مراحل، كل منها ثلاثة أشهر تقريبًا. وخلال مدة الحمل تنمو اللاقحة المكوّنة من خلية واحدة، ليصبح طفلاً يتكوّن جسمه من مليارات الخلايا. وتنتظم هذه الخلايا في أنسجة وأعضاء لها وظائف متخصصة، انظر **الشكل 11–5**، الذي يوضح مراحل مختلفة لنمو الجنين خلال الأشهر الثلاثة الأولى.

مرحلة الشهور الثلاثة الأولى The first trimester يبدأ في هذه المرحلة تكون الأنسجة والأعضاء والأجهزة جميعها. وخلال هذه الفترة يكون الجنين عرضة للتأثر بمواد مثل العقاقير والمكونات الضارة للدخان والسجائر، والمخدرات، ومظاهر التلوث البيئي الأخرى، كما أن نقص بعض المواد الغذائية في الأسبوع الأول والثاني من الحمل قد يؤدي إلى تشوهات دائمة للجنين. ويمثل **الجدول 2–5** بعض تشوهات الولادة التي يمكن تجنب حدوثها.

تجربة علمية

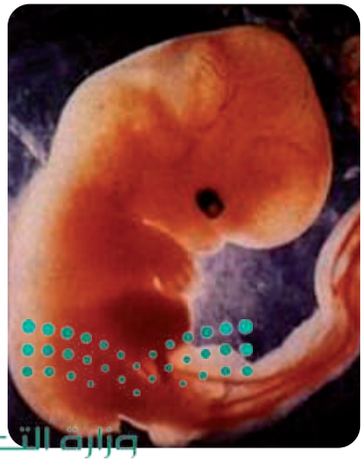
كيف ينمو جسم الإنسان؟

ارجع لدليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

الشكل 11–5 تنمو البويضة المخصبّة، فتصبح جنينًا. ومع نهاية مرحلة الأشهر الثلاثة الأولى يستطيع الجنين أن يتحرك قليلًا.

4 أسابيع

5–6 أسابيع



7–8 أسابيع

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الجدول 2–5	مسبّبات تشوّهات الولادة
السبب	التشوه
تدخين السجائر	نقص وزن المولود ، وعدم اكتمال نموه
نقص حمض الفوليك	عدم اكتمال نمو الدماغ والرأس. العصب المفلوج (تَكَشُّفْ بعض الخلايا العصبية للحبل الشوكي، مما قد يسبب الإصابة بالشلل)
الكوكايين	نقص وزن المولود، الولادة المبكرة، ضرر بالدماغ واضطرابات سلوكية.

وفي نهاية الأسبوع الثامن يبدأ تشكّل الأجهزة جميعها، ويسمى هذا الطور بالجنين، وفي نهاية هذه المرحلة يستطيع الجنين أن يحرك ذراعه وأصابع يديه وأصابع قدميه، ويمكن مشاهدة بعض التعبيرات على الوجه، وظهور بصمات الأصابع.

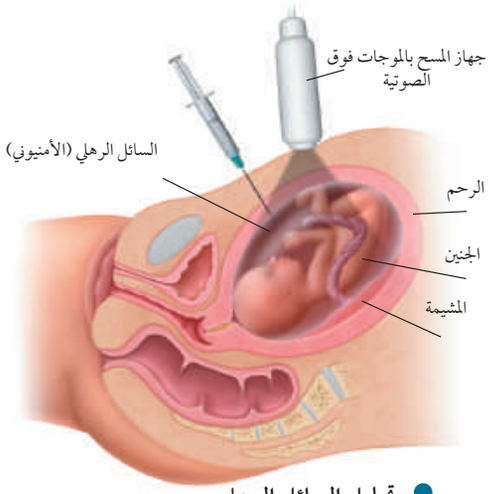
مرحلة الشهور الثلاثة الثانية The second trimester تُسمى هذه المرحلة مرحلة النمو. حيث يمكن سماع نبض القلب في الأسبوع العشرين تقريبًا باستخدام السماعة الطبية، ويصبح الجنين قادرًا على مصّ أصبعه، ويبدأ شعره بالتكوّن، وتشعر الأم في هذه المرحلة بحركة تشبه الركل، وخلال هذه المرحلة تفتح عين الجنين، وفي نهاية المرحلة يتمكن الجنين من العيش خارج الرحم بالتدخل الطبي. وقد تكون فرصة بقاءه حيًا قليلة، حيث لا يستطيع الحفاظ على درجة حرارة جسمه ثابتة، كما أن نمو الرئتين لم يكتمل، وفرص تعرضه للإصابة بالأمراض عالية بسبب عدم اكتمال عمل جهازه المناعي.

مرحلة الشهور الثلاثة الأخيرة The third trimester ينمو الجنين خلال هذه المرحلة بشكل سريع، وتتراكم الدهون تحت جلده حيث توفر له العزل للحفاظ على درجة حرارة جسمه ثابتة عند ولادته. ولذا، فعلى الأم تناول كميات كافية من البروتينات خلال هذه الفترة، التي يتسارع فيها نمو الجنين؛ فالبروتينات ضرورية لنمو الدماغ السريع، حيث يتكون خلايا عصبية جديدة بمعدل 250 , 000 خلية في الدقيقة، وقد يبدي الجنين في هذه الفترة بعض الاستجابة للأصوات، مثل صوت الأم.

9–10 أسابيع

12 أسبوعًا

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



● تحليل السائل الرهلي

■ **الشـكل 12–5** تؤخذ الخلايا التي يفقدها الجنين وتعزل من السائل الرهلي ويتم تحليلها بعملية تحليل السائل الرهلي.

تشخيص الاختلالات عند الجنين

Diagnosis in the Fetus

يمكن تشـخيص العديد من الظروف التي تحيط بالجنين قبل ولادته، وكلما كان التشخيص مبكرًا كانت فرصة توفير الرعاية والمعالجة الطبية أكثر ملاءمة وفاعلية، وذلك لتوفير نوعية حياة جيدة للمولود. ومن الطرائق المستخدمة في التشخيص:

الموجات فوق الصوتيـة Ultrasound تستخدم الموجات فوق الصوتية التي تنعكس عن الجنين، لاحظ **الشكل 12–5**. وتتحول إلى صور ضوئية يمكن رؤيتها على شاشة مراقبة، وتحديد ما إذا كان الجنين ينمو بصورة طبيعية، كما يمكننا تعيين وضعيته داخل الرحم هل هي بشكل مناسب أم لا، ويمكن أيضًا معرفة جنس الجنين.

تجربة 2 - 5

ترتيب المراحل الاولى من نمو الانسان

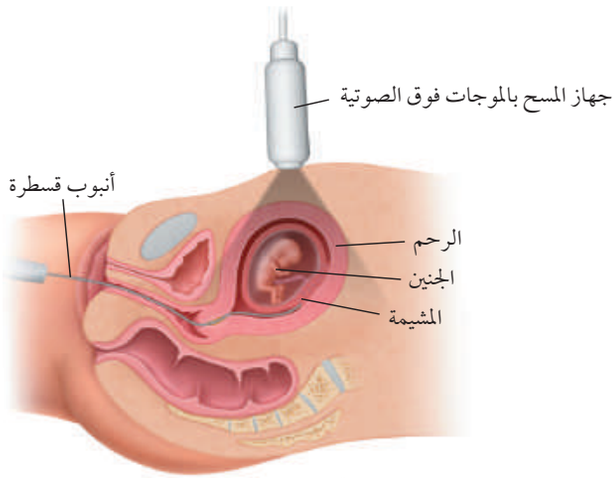
مـا التغيرات التي تحدث في الاسـابيع العشـرة الاولى مـن حياة جنين الإنسان؟ يبدأ الإخصاب عندما يخترق حيوان منوي البويضة وتندمج نواته بنواتها، فتتكون اللاقحة التي تدخل في سلسـلة من التغيرات. حيث يبدأ الانقسـام الخلوي لزيادة عـدد الخلايا. ثم تتحرك الخلايا وتترتب لتكون أعضـاء خاصة مما يجعلها تقوم بوظائفها الخاصة على أكمل وجه.

خطوات العمل

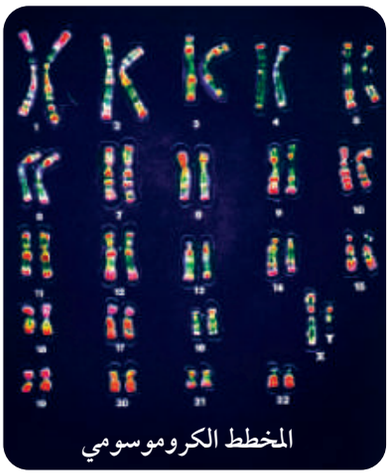
1. استخدم مجموعة من المجلات أو مصادر الإنترنت لمشاهدة صور تكوّن الأجنة ونموها.
2. ادرس الصور وتعليقاتها للأسابيع العشرة الأولى بعد الإخصاب. اختر عاملًا واحدًا لمتابعته خلال فترة النمو هذه. يجب أن تتضمن العوامل حجم الأجنـة، تمايز الخلايا، التغيرات التركيبية العامة، الأعضاء المتخصصة وتكوّنها، وغيرها.
3. مثل بيانيًّا نمو العامل الذي اخترته مع الزمن خلال فترة الأسابيع العشرة الأولى بعد الإخصاب.

التحليل

1. **حلل** الرسـم البياني الذي رسـمته، وحدد التغـيرات في النمو والمرتبطـة بالعامل الـذي اخترته خلال فترة الأسـابيع العشرة الأولى من عمر الجنين.
2. **لخص** مسـتوى النمـو للعامل الذي فحصته في نهاية الأسـبوع العاشر من نمو الجنين.



● تحليل عينة الخملات الكوريونية


المخطط الكروموسومي

■ **الشكل 13–5**

اليمين: تشمل عملية أخذ عينات من الخملات الكريونية بإزالة خلايا من الغشاء الكوريونية وتحليلها.

اليسار: يساعد المخطط الكروموسومي على تشخيص حالة الجنين.

تحليل السائل الرهلي والخملات الكوريونية

Aminocentesis and chorionic villus sampling

يتم إجراء تحليل عينات من السائل الرهلي والخملات الكوريونية في مرحلة الأشهر الثلاثة الثانية، وتتم عادة بغرس إبرة في بطن الأم الحامل، كما هو موضح في **الشكل 12–5**، ويسحب بوساطتها جزء بسيط من السائل الرهلي لفحصه، وتشمل الفحوصات قياس مستويات الإنزيمات، وفحص الخلايا لتحديد المخطط الكروموسومي للجنين، ومعرفة الكروموسومات غير الطبيعية، وتحديد جنس الجنين. ويتم فحص الخملات الكوريونية في الأشهر الثلاثة الأولى، بإدخال أنبوب قسطرة في المهبل، **الشكل 13–5**، وأخذ عينات من الخملات الكوريونية لتحليلها، وتحديد المخطط الكروموسومي للجنين **الشكل 13–5**. حيث إن كروموسومات الخملات تشابه تمامًا كروموسومات الجنين.

التقويم 2–5

الخلاصة

- الإخصاب هو اتحاد حيوان منوي ببويضة.
- هناك أربعة أغشية جنينية مرتبطة بجنين الإنسان.
- تنظم المشيمة تبادل المواد بين كل من الأم والجنين .
- يختلف تنظيم الهرمونات خلال الحمل عنه خلال دورة الحيض.
- يمكن تشخيص بعض الحالات المرضية للجنين قبل ولادته.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة** **صف** التغيرات التي تحدث للاقحة في الأسبوع الأول بعد الإخصاب.
2. **صف.** ماذا يحدث لعملية الإخصاب إذا توقف عمل الجسم القمعي في الحيوان المنوي.
3. **لخِّص** التغيرات التي تحدث في المراحل الثلاث للحمل.
4. **قارن** بين تنظيم الهرمونات خلال الحمل ودورة الحيض.

التفكير الناقد

5. **الكتابة في علم الأحياء** اكتب فقرة توضح فيها وظيفة الأغشية الجنينية عند الإنسان، وقارنها بمثيلاتها عند بعض الحيوانات.
6. **الرياضيات في علم الأحياء** حدد اليوم المتوقع لولادة طفل إذا علمت أن البويضة التي تكوّن منها أخصبت في اليوم الأول من كانون الثاني (يناير).

هرمون النمو: القصر والطول

يوسف طالب في الصف الثاني الثانوي، توقف طوله منذ سنتين عند 157.5 cm، أما والده فيبلغ طوله 190.5 cm، واخوته الثلاثة أطوالهم لا تقل عن 177.8 cm. تشعر أمه بالقلق من أجله؛ لإنها تعتقد أن طوله لا يتيح له المشاركة في الألعاب الرياضية التي تحتاج إلى طول فارع، وتقترح عليه أن يستخدم هرمون النمو لزيادة طوله. وقد فكرت في أن هذا قد يساعده على ممارسة الألعاب الرياضية، ويحسّن من حياته، ما القرار الذي يفترض أن يتخذه؟

العظام البيضوية في الشكل هي صفات النمو وعندها تنمو العظام، وإذا لم تلاحظ هذه الصفات فلا يحدث نمو.

هرمون النمو عند الإنسان

هرمون النمو عند الإنسان (HGH) بروتين تنتجه الغدة النخامية التي توجد في الدماغ، وترتفع كميته خلال فترة النمو عند الشباب، أما الأطفال الذين لديهم نقص في إفرازه فيصابون بالقزمة، ويقل طولهم عن 135 cm.

المعالجة بهرمون النمو

خلال فترة المراهقة، وعند ظهور علامات القزمة يمكن إعطاء حقن من هرمون النمو المحضّر اصطناعيًا. وقد يؤدي هذا إلى زيادة الطول بمقدار 10–12 cm خلال السنة الأولى من المعالجة، لكن النمو في الطول يقل في السنين التالية. وقد أقرت هيئات الدواء والأغذية في دول عديدة المعالجة بهرمون النمو للأطفال الذكور الذين يتوقع أن يقل طولهم عن 150 cm. ويمكن أن تسهم هذه المعالجة في زيادة طول كل منهم بمقدار 4–7 cm سنويًا حتى بداية مرحلة الشباب. ويمكن استخدام الأشعة السينية (أشعة X) لتحديد حجم فرصة كل منهم في الزيادة في الطول.

المعالجة مقابل التنشيط

يستخدم الأطباء في بعض الأحيان المعالجة بهرمون النمو للأطفال القصار والذين يرغبون في زيادة أطوالهم، أو ليصبحوا رياضيين أقوياء. لكن هذه المعالجة قليلة الاستخدام، وهناك حالات يتم فيها بيع هذا الهرمون بطريقة غير قانونية للرياضيين لتحسين أدائهم وتنشيطه، فإذا أثبتت الفحوصات استخدام أحد اللاعبين له فإنه يعاقب بالمنع من المشاركة في دورات الألعاب. ويباع بديل هرمون النمو في محلات الأغذية الصحية بتركيز يصل إلى أقل من 1%. وأكدت معظم الأبحاث الطبية أنه لا أثر له في تحسين أداء الإنسان، ولكنها تزيد من عمليات الأيض لديه.

مناظرة في علم الأحياء

حوار هل يُسمح بتعاطي هرمون النمو إذا لم يقتنع الشخص بطول قامته لأسباب تتعلق بممارسة الألعاب الرياضية؟ فكر في حالة الطالب يوسف، واكتب بحثًا حول هرمون النمو عند الإنسان، واستخدامه في المعالجة.

مختبر الأحياء

الإنترنت: كيف تستخدم الموجات فوق الصوتية في تتبع مراحل نمو الجنين؟

الخلفية النظرية: **الموجات فوق الصوتية تقنية طبية تستخدم الترددات العالية وأصداءها لتكوين صور لبعض الأشياء داخل الجسم. بينما تُعدّ الصور الثنائية الأبعاد هي المعيار الأفضل حاليًّا. التقنية قادرة الآن على إنتاج صور ثلاثية الأبعاد للجنين، كما أنّ الصور الرباعية الأبعاد أو الصور المتحركة متوافرة حاليًّا.**

سؤال: كيف تستخدم صور الموجات فوق الصوتية في تحديد خصائص الجنين ومراحل نموه؟

المواد والأدوات

- حاسوب متصل بالإنترنت.
- صور موجات فوق صوتية معنونة تعرض أجنة في مراحل النمو المختلفة.
- صور موجات فوق صوتية تعرض أجنة خلال مراحل نمو غير معروفة (مجهولة).

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. ارجع إلى مواقع الكترونية تعرض صور أجنة في مراحلها المختلفة لفحص الجنين في مرحلة الأشهر الثانية خلال الأسبوع 40 من نمو الجنين. استخدم هذه المعلومات لإكمال خط التتبع الزمني للجنين في **التجربة 2-5**.

3. ادرس صور الموجات فوق الصوتية التي تعرض أجنة خلال مراحل نمو محددة يزودك بها معلمك. قارن هذه الصور بالخط الزمني لنمو الجنين في هذه الفترة وحدد خصائصها. في أثناء دراستك لهذه الصور حدّد العضو الذي تريد فحصه بدقة.
4. ادرس صور الموجات فوق الصوتية التي تعرض أجنة خلال مراحل نمو مجهولة يزودك بها معلمك. استخدم الخط الزمني الذي حددته لنمو الجنين، وما تعلمته من قبل لتحديد المراحل التقريبية من نمو الجنين. ابحث عن إرشادات أو معلومات تساعدك على تحديد نمو العضو الذي اخترته.

حلل ثم استنتج

1. **فسِّر البيانات.** في أي فترة زمنية يتغير نمو الجنين كليًّا؟ برر إجابتك.
2. **حلّل.** ما الخصائص الجسمية التي تستخدم غالبًا في تحديد مستوى نمو الجنين؟ وضح ذلك.
3. **قارن** بين صور الموجات فوق الصوتية ثنائية وثلاثية الأبعاد. أيهما أسهل تفسيرًا؟
4. **التفكير الناقد.** ما المميزات التي توفرها الصور الرباعية الأبعاد؟
5. **تحليل الخطأ.** ما مدى دقة تحديدك لمرحلة نمو الجنين؟ اشرح كيف يمكنك تحسين تقديراتك؟

الكتابة في علم الأحياء

ملصق اعمل مخططًا يوضح عملية التكاثر في الإنسان، ابدأ بتكوين الخلايا الجنسية منتهيًا بالمرحلة الأخيرة من نمو الجنين.

دليل مراجعة الفصل

المطويات **ابحث وقوم**: ما الأثر التنظيمي والتحفيـزي للهرمونات في كل من: التكاثر، وعمليات الأيض في الإنسان؟

المفردات	المفاهيم الرئيسة
5–1 جهازا التكاثر في الإنسان	
الأنابيب المنويّة البربخ الوعاء الناقل (الأسهر) الإحليل السائل المنوي البلوغ الخلية البيضية الأولية قناة البيض (قناة فالوب) دورة الحيض الجسم القطبي	**الفكرة الرئيسة** **تنظّم الهرمونات جهازي التكاثر في الإنسـان بما في ذلك إنتاج الأمشاج.** • يتم تنظيم مستويات الهرمونات بفعل نظام التغذية الراجعة السلبية. • يستطيع ذكر الإنسان البالغ أن ينتج ملايين الحيوانات المنوية كل يوم. • يختلف عدد الخلايا الجنسية الناتجة بوساطة الانقسام المنصّف في كل من الذكر والأنثى. • للأنثى دورة تكاثر تُسمى دورة الحيض. • دورة الحيض لها ثلاثة أطوار هـي: تدفق الطمث، وطورالحوصلة، وطور الجسم الأصفر.
5–2 مراحل نمو الجنين قبل الولادة	
التوتة (الموريولا) الكبسولة البلاستولية السائل الرهلي (الأمنيوني)	**الفكرة الرئيسة** **من آيات الله سبحانه وتعالى في خلقه أن جعل الإنسان ينمو من خلية مخصّبة، تتحول الى مليارات من الخلايا المتخصصة في وظائفها.** • الإخصاب هو اتحاد حيوان منوي ببويضة. • هناك أربعة أغشية جنينية مرتبطة بجنين الإنسان. • تنظم المشيمة تبادل المواد بين كل من الأم والجنين . • يختلف تنظيم الهرمونات خلال الحمل عنه خلال دورة الحيض. • يمكن تشخيص بعض الحالات المرضية للجنين قبل ولادته.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 5 التقويم

5-1

مراجعة المفردات

ما العلاقة بين المفردات الآتية:

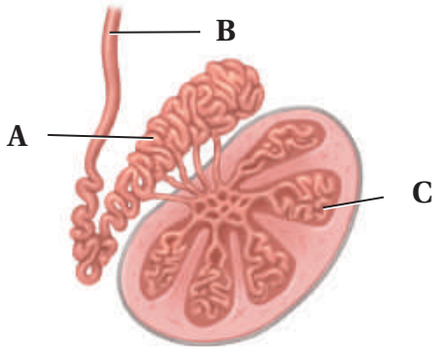
1. الإحليل – السائل المنوي.
2. الخلية البيضية الأولية – قناة البيض.
3. دورة الحيض – الجسم القطبي.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

4. ماذا تتوقع أن يحدث لــو خُلق الرجل وخصيتاه داخل جسمه؟

a. لا تنتج الحيوانات المنوية بسبب ارتفاع درجة الحرارة.
b. يرتفع تركيز التستوستيرون بسبب ارتفاع درجة الحرارة.
c. لا حاجة إلى وجود الحوصلة المنوية.
d. يصعب وصول الهرمونات من الخصية الى الدم.

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 5 ، 6:



5. ماذا يحدث داخل التركيب C؟

a. تخزين الحيوانات المنوية ونضجها.
b. إنتاج الخلايا المنوية.
c. إفراز السكر.
d. إنتاج الهرمون المنشّط للحوصلة.

6. ما وظيفة الجزء A؟

a. تخزين الحيوانات المنوية ونضجها.
b. إنتاج الخلايا الحيوانية.
c. إفراز السكر.
d. إنتاج الهرمون المنشّط للحوصلة.

أسئلة بنائية

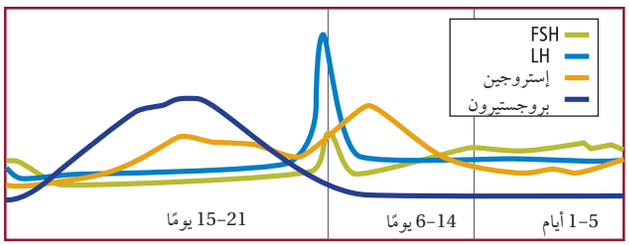
7. **إجابة مفتوحة.** ما أهمية إفراز الغدد التناسلية الذكرية للحيوانات المنوية؟

8. **إجابة قصيرة.** قارن بيــن أثر كل من FSH و LH في المبيض والخصية.

9. **إجابة قصيرة.** ما مزايا إنتاج بويضة واحدة وأجســام قطبية بدلاً من إنتاج البويضات فقط؟

التفكير الناقد

اقرأ الرسم البياني الآتي، وأجب عن السؤال 10:



10. **السبب والنتيجة.** وضــح، اعتمــادًا علــى التنظيم الهرموني، لمــاذا لا تحمل المرأة مــرة أخرى وهي حامل؟

11. **كوّن فرضية.** توجد الهرمونات الجنسية جميعها لدى الذكر منذ ولادته، كوّن فرضية توضح فيها لماذا يكون للهرمونات أثر كبير عند البلوغ.

تقويم الفصل 5

5–2

مراجعة المفردات

وضح المقصود بالمفردات الآتية:

12. التوتة.

13. الكبسولة البلاستولية.

14. السائل الرهلي (الأمنيوني).

تثبيت المفاهيم الرئيسة

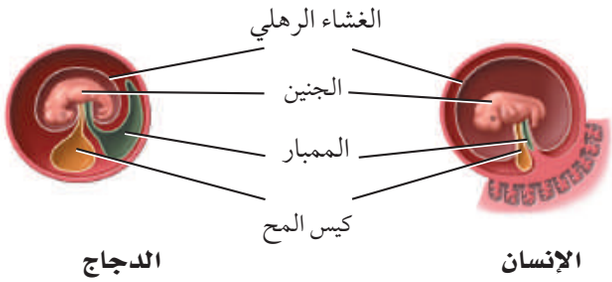
15. يحدث الإخصاب في الجهاز التناسلي الأنثوي في:

a. الرحم.
b. المهبل.
c. الجسم الأصفر.
d. قناة البيض.

16. ما التسلسل الصحيح لنمو الجنين؟

a. اللاقحة، الكبسولة البلاستولية، التوتة.
b. التوتة، اللاقحة، الكبسولة البلاستولية.
c. اللاقحة، التوتة، الكبسولة البلاستولية.
d. التوتة ، الكبسولة البلاستولية، اللاقحة.

استخدم الرسم الآتي للإجابة عن السؤال 17:



17. لماذا يكون كيس المح عند الإنسان أصغر منه عند الدجاج؟

a. لأن كيس المح عند الإنسان يتحول إلى عضلات.
b. لأن كيس المح عند الدجاج يحافظ على حرارة الجنين.
c. لأن جنين الإنسان يحصل على غذائه من المشيمة.
d. لأن كيس المح في الإنسان لا وظيفة له.

18. متى تشعر الأم الحامل بحركة الجنين؟

a. في الأشهر الثلاثة الأولى.
b. في الأشهر الثلاثة الثانية.
c. في الأشهر الثلاثة الأخيرة.
d. في الشهر الأخير فقط.

أسئلة بنائية

19. إجابة قصيرة. لماذا يتم تجديد بطانة الرحم في كل دورة حيض؟

20. مهن مرتبطة مع علم الأحياء يراجع بعض الأزواج أطباء مختصين في الغدد الصم الجنسية لوجود صعوبات في الحمل. ترى، ما أسباب تلك الصعوبات؟

21. نهاية مفتوحة. لماذا يكون الجنين أكثر عرضة للخطر إذا تعاطت الأم العقاقير خلال الأشهر الثلاثة الأولى من الحمل؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

5 تقويم الفصل

التفكير الناقد

22. قارن بين انقسام الكتلة الخلوية الداخلية خلال النمو العادي وتكوين التوائم.

23. اقترح نموذجًا. تحمل امرأة جنينًا ولكن لا يوجد إفراز كافٍ لهرمون hCG في جسمها. اقترح علاجًا محتملاً يساعد في حماية الجنين وثباته.

أسئلة بنائية

24. نهاية مفتوحة. ما الأسباب الحيوية (البيولوجية) التي ينتج عنها انقطاع الطمث عند الأنثى وتوقفها عن إنتاج البويضات، بينما يستمر الذكر في إنتاج الحيوانات المنوية طوال حياته تقريبًا؟

تقويم إضافي

25. الكتابة في علم الأحياء اكتب نشرة لإمرأة حامل توضح فيها نظام التغذية ونمط الحياة الواجب عليها اتباعه، ضمّن النشرة جدولاً يوضح أهم التغيرات في نمو الجنين.

أسئلة المستندات

أوصت دائرة الصحة بإضافة حمض الفوليك لجميع منتجات رقائق الحبوب لتقليل تشوهات الولادة وتشوهات الحبل الشوكي أصدرت إحدى الدول توصيات للأمهات الحوامل بضرورة زيادة حمض الفوليك في غذائهن، وإضافته إلى منتجات رقائق الحبوب.

ويمثل الجدول التالي إحصائية معدل التشوهات في الرأس والدماغ للأعوام من 1991 إلى 2002، ولكل 100,000 ولادة.

السنة	المعدل	السنة	المعدل
1991	18.38	1997	12.51
1992	12.79	1998	9.92
1993	13.50	1999	10.81
1994	10.97	2000	10.33
1995	11.71	2001	9.42
1996	11.96	2002	9.55

استخدم الجدول السابق للإجابة عن السؤالين 26 و27

26. ارسم رسمًا بيانيًا يوضح الجدول أعلاه، وصف العلاقات بين المتغيرات التي لاحظتها.

27. ما الاتجاه العام لأعداد حالات الإصابة الموضحة في الجدول خلال هذه الفترة؟

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. مـا التسلسـل الصحيح لنمـو جنين الإنسـان خلال الأسبوع الأول من الحمل؟

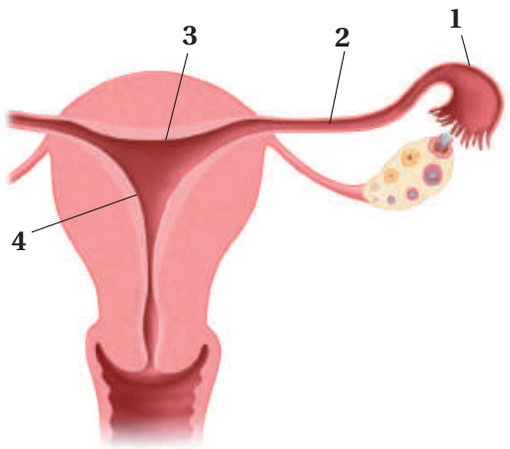
a. البويضة ← التوتة ← الكبسـولة البلاسـتولية ← اللاقحة.

b. البويضـة ← اللاقحـة ← التوتة ← الكبسـولة البلاستولية.

c. التوتة ← الكبسولة البلاسـتولية ← البويضة ← اللاقحة.

d. التوتـة ← البويضـة ← اللاقحة ← الكبسـولة البلاستولية.

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 2، 3:



2. أين يحدث الإخصاب؟

a. 1 **b.** 2

c. 3 **d.** 4

3. أين ينمو الجنين حتى ولادته؟

a. 1 **b.** 2

c. 3 **d.** 4

4. أيّ الأجزاء الآتية تسـهم في إفراز نصف حجم السائل المنوي في الذكر؟

a. البربخ.

b. الحوصلة المنوية.

c. غدة البروستات.

d. الوعاء الناقل (الأسهر).

5. متـى تبدأ خلية البويضة في أنثى الإنسـان بالانقسـام المنصف؟

a. قبل ولادتها.

b. بداية سن البلوغ.

c. خلال عملية الإباضة.

d. خلال دورة الحيض.

6. يؤدي هرمون الإستروجين في أثناء بلوغ الإناث إلى:

a. تغيرات في جسم الأنثى.

b. نضج البويضات في المبيضين.

c. الانقسام المنصف لإنتاج البويضة.

d. إطلاق البويضات الناضجة.

7. أي التحولات الآتية من مراحل الحياة التي يحدث فيها البلوغ؟

a. من المراهقة إلى البلوغ.

b. من الطفولة إلى المراهقة.

c. من الجنين إلى الرضيع.

d. من البويضة المخصّبة إلى الجنين.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

أسئلة الإجابات القصيرة

8. كيف يتم فحص الجنين داخل الرحم؟

9. ما دور كيس المح في جنين الإنسان؟

10. كيف يتم زيادة طول الإنسان؟ وما الفترة المناسبة لذلك؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

11. أثناء دورة الحيض في أنثى الإنسان تزداد سماكة بطانة الرحم، ثم تنسلخ، كيف تسيطر الهرمونات على هذه العملية؟

12. تعد عملية المحافظة على الاتزان الداخلي في جسم الإنسان من المميزات التي وهبها الله تعالى له، بالاعتماد على ما درسته حول الجهاز التناسلي الأنثوي وضح بالأمثلة هذه العملية.

13. قارن بين إنتاج الخلايا المنوية والبويضات في الانسان أثناء الانقسام المنصف.

سؤال مقالي

مع الوقت تطورت آليات فحص الحمل، لتصبح أكثر سرعة وتعطي نتائج دقيقة في زمن أقل. فيستخدم جهاز فحص الحمل المنزلي في الكشف عن الحمل بدلاً من التحليل الروتيني للدم أو البول للكشف عن الحمل. ويحتوي جهاز فحص الحمل المنزلي (شريط اختبار الحمل) على مواد تكشف عن وجود الهرمون الكوريوني الموجه للغدد التناسلية (hCG) في البول أو الدم، والذي يفرزه الجنين خلال الأسبوع الأول من الحمل.

استخدم المعلومات الواردة في النص أعلاه للإجابة عن السؤال الآتي:

14. لماذا يعد اختبار الحمل المنزلي باستخدام أجهزة الفحص المنزلية فاعلاً في بداية الحمل، لا في المراحل اللاحقة منه؟ وما أهميته بالنسبة للحمل؟

يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

الصف	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2	2–2
الفصل/ القسم	5-2	5-2	5-2	5-2	5-1	5-1	5-1	5-2	5-2	5-2	5-1	5-1	5-2	5-2
السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

جهاز المناعة

The Immune System

الفصل 6

الفكرة العامة خلق الله سبحانه وتعالى جهاز المناعة ليحمي الجسم من الإصابة بمسببات الأمراض.

1 – 6 جهاز المناعة

الفكرة الرئيسة لجهاز المناعة قسمان رئيسان هما، المناعة غير المتخصصة (العامة) والمناعة المتخصصة (النوعية).

حقائق في علم الأحياء

- يوجد في جسم الإنسان أكثر من 600 عقدة ليمفية مثل اللوزتين.
- للخلايا الأكولة الكبيرة سيتوبلازم يتحرك باستمرار.
- قد يساوي حجم عدة ملايين من الفيروسات حجم رأس دبوس.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تجربة استهلالية

كيف يمكنك تتبّع الإصابة بالزكام؟

ينتج الزكام وأمراض أخرى عن مسببات الأمراض التي يمكن أن تنتقل من شخص إلى آخر. وستحدد في هذه التجربة طريقة الإصابة بالزكام.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. حضّر مجموعة من الأسئلة لطرحها على زملائك حول آخر مرّة أصيبوا فيها بالزكام، مثل: الأعراض التي عانوا منها هم وأفراد أسرهم وأصدقاؤهم، والتدابير الوقائية التي اتبعوها لتجنب المرض.
3. استعن بالأسئلة التي أعددتها لإجراء مقابلة مع زملائك.
4. صمّم خريطة مفاهيمية لتنظيم البيانات التي جمعتها لتحديد طريقة انتقال المرض من شخص إلى آخر.

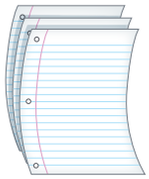
التحليل

1. **صِفْ** كيف تميز خريطتك المفاهيمية بين أعراض الزكام المختلفة الذي أصاب زملاءك.
2. **استنتج** الطرائق التي ينتقل بها مسبب مرض الزكام في أثناء انتقاله بين زملائك وأصدقائهم وأسرهم.

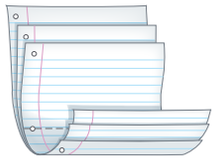
المطويات
منظمات الأفكار

وصف المناعة اعمل المطوية الآتية لتساعدك على تنظيم الأفكار المتعلقة بالمناعة.

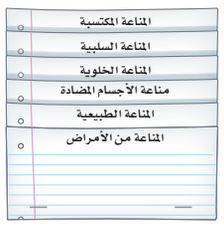
الخطوة 1: ضع ثلاث ورقات من دفتر الملاحظات بعضها فوق بعض على أن تبعد إحداها عن الأخرى بمقدار 2.5 cm كما في الشكل الآتي:



الخطوة 2: اثنِ الأوراق من منتصفها لتكوين ألسنة يبعد بعضها عن بعض المسافات نفسها، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3: ثبت أوراق المطوية معًا بالدبابيس على طول الطرف، واكتب على كل لسان أحد العناوين الآتية: المناعة المكتسبة، المناعة السلبية، المناعة الخلوية، مناعة الأجسام المضادة، المناعة الطبيعية، المناعة من الأمراض، كما في الشكل أدناه.



المطويات **استعمل هذه المطوية في أثناء دراستك لجهاز المناعة.** صف وأنت تقرأ الدرس كل نوع من أنواع المناعة، واستعن بالمطوية لمراجعة ما تعلمته عن المناعة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

6-1

الأهداف

- **تقارن** بين المناعة غير المتخصصة (العامة) والمتخصصة (النوعية).
- **تلخص** تركيب الجهاز الليمفي ووظيفته.
- **تميز** بين المناعة السلبية والمناعة الإيجابية.

مراجعة المفردات

خلايا الدم البيضاء White Blood Cells: خلايا كبيرة تحتوي على نواة، وتلعب دورًا كبيرًا في حماية الجسم من المواد الغريبة، والمخلوقات الدقيقة.

المفردات الجديدة

البروتين المتمم (المُكمّل)
الإنترفيرون — الخلايا التائية القاتلة
الخلايا الليمفية — الخلية الذاكرة
الجسم المضاد — التطعيم (التحصين)
الخلايا البلازمية البائية (B)
الخلايا التائية (المساعدة) (T)

جهاز المناعة The Immune System

الفكرة الرئيسة **لجهاز المناعة قسمان رئيسان هما: المناعة غير المتخصصة (العامة) والمناعة المتخصصة (النوعية).**

الربط بواقع الحياة إننا نعيش مع عدد كبير من مسببات الأمراض الكامنة، ومنها البكتيريا والفيروسات التي قد تسبب المرض فكما الحصن الذي يحمي المدينة من هجوم الأعداء يقوم جهاز المناعة بحماية الجسم من مسببات الأمراض هذه وغيرها من المخلوقات الحية الدقيقة التي تسبب المرض.

المناعة العامة (غير المتخصصة)

Nonspecific Immunity

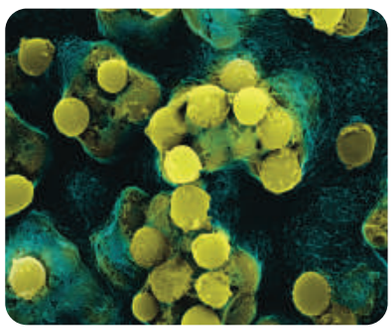
وهب الله عز وجل للجسم القدرة ليكوِّن عند الولادة عددًا من الدفاعات في جهاز المناعة لمحاربة مسببات الأمراض. وتُسمى هذه الدفاعات المناعة غير المتخصصة؛ لأنها لا تستهدف نوعًا محددًا من مسببات الأمراض، فهي تحمي الجسم من مسببات المرض التي يواجهها. وتساعد المناعة غير المتخصصة التي يحتويها الجسم على منع المرض، كما تساعد على إبطاء تقدمه أيضًا، إلى أن تبدأ المناعة المتخصصة عملها. والمناعة المتخصصة من أكثر استجابات المناعة فاعلية، في حين تعد المناعة غير المتخصصة خط الدفاع الأول.

الحواجز Barriers تُستعمل الحواجز في الجسم للحماية ضد مسببات المرض، كما هو الحال في جدران الحصن القوية. وتوجد هذه الحواجز في مناطق الجسم التي يمكن أن تدخل من خلالها مسببات الأمراض.

حاجز الجلد skin barrier من الطرائق اليسيرة التي يقي بها الجسم نفسه من الأمراض المعدية هي منع المخلوقات الغريبة من دخول الجسم. ويتمثل خط الدفاع الرئيس هذا في الجلد السليم وإفرازاته. تساعد الخلايا الميتة في الجلد على الحماية ضد غزو المخلوقات الحية الدقيقة. ويعيش العديد من البكتيريا تكافليًا على سطح الجلد، فتهضم الزيوت الجلدية لتنتج الأحماض التي تثبط العديد من مُسببات الأمراض. ويبين **الشكل 1-6** بعض البكتيريا الطبيعية التي تعيش على الجلد، وتحميه من الهجوم.

الحواجز الكيميائية chemical barriers يحتوي اللعاب والدموع والإفرازات الأنفية على إنزيم محلّل لجدار الخلية البكتيرية، فيسبب موت المخلوقات المسببة للمرض. ويعد المخاط شكلاً آخر من أشكال الدفاع الكيميائي، ويُفرز بواسطة العديد من السطوح الداخلية في الجسم ويعمل بوصفه حاجز حماية يمنع البكتيريا من الالتصاق بالخلايا الطلائية الداخلية، كما تغطي الأهداب سطوح ممرات التنفس الهوائية.

■ **الشكل 1-6** توجد هذه البكتيريا بشكل طبيعي على جلد الإنسان.



تكبير المجهر الإلكتروني الماسح 1400X

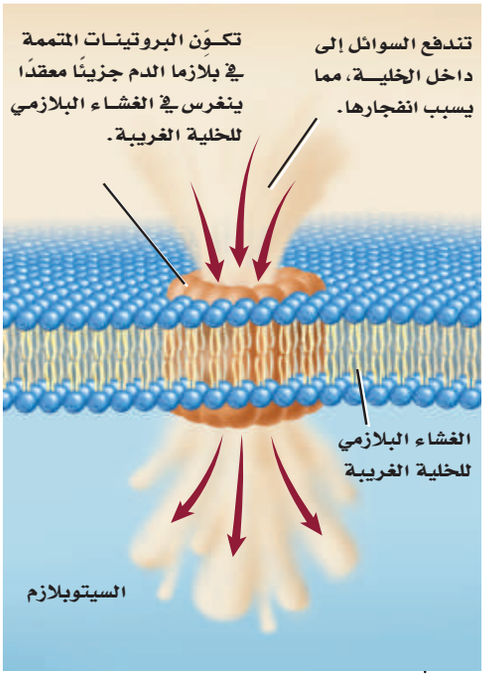
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

وتؤدي حركتها إلى دفع البكتيريا التي التصقت بالمخاط بعيدًا عن الرئتين. فعندما تنتقل العدوى إلى ممرات التنفس يتم إفراز كميات مخاط أكبر، مما يحفز السعال والعطاس اللذين يساعدان على طرد المخاط الحامل للعدوى إلى خارج الجسم. ويتمثل الدفاع الكيميائي الرابع في حمض الهيدروكلوريك (HCl) الذي يُفرز في المعدة. فبالاضافة إلى دوره في عملية الهضم، يعمل على قتل العديد من المخلوقات الحية الدقيقة التي تسبب المرض وتوجد في الطعام الذي نتناوله.

استجابة المناعة غير المتخصصة لغزو مُسببات المرض

Nonspecific responses to invasion لا تتوقف المقاومة حتى لو تمكن أي من الأعداء من اقتحام جدران حصن المدينة. وكذلك الجسم؛ فاستجابات المناعة غير المتخصصة لمسببات المرض تتخطى الحواجز.

الدفاع الخلوي cellular defense إذا دخلت المخلوقات الدقيقة الغريبة إلى الجسم فإن خلايا جهاز المناعة المبينة في **الجدول 1–6** تدافع عنه. ومن طرائق الدفاع البلعمة، وهي العملية التي تحيط فيها خلايا الدم الأكولة (المتعادلة والكبيرة) بالمخلوقات الحية الدقيقة الغريبة، ثم تفرز إنزيمات هاضمة ومواد كيميائية من الأجسام المحلّلة (الليسوسومات) فيها تقضي على المخلوق الدقيق. ويساهم نحو 20 نوعًا من البروتينات الموجودة في بلازما الدم في عملية البلعمة، وتُسمى هذه البروتينات **البروتينات المتممة** complement proteins التي تعزز عملية البلعمة، من خلال مساعدة الخلايا الأكولة على الارتباط بشكل أفضل مع مسبب المرض فتتنشّط الخلايا الأكولة وتعزز عملية تحليل غشاء الخلية المسببة للمرض، **الشكل 2–6**. ويتم تنشيط هذه الخلايا بوساطة مواد في الجدار الخلوي للبكتيريا.



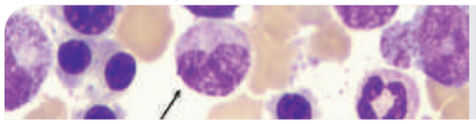
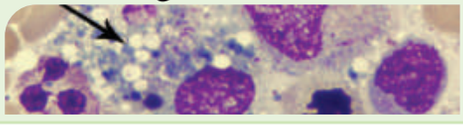
■ **الشكل 2–6** تكوّن البروتينات المتممة فجوة في الغشاء البلازمي للخلية الغريبة.

تجربة علمية

من يحتاج إلى قشرة الموز؟

ارجع لدليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

الجدول 1–6 خلايا جهاز المناعة

نوع الخلية	مثال	الوظيفة
الخلايا المتعادلة (Neutrophile)	تكبير المجهر المركب بعد الصبغ 2150 X 	البلعمة: خلايا الدم التي تبتلع البكتيريا.
الخلايا الأكولة الكبيرة (Macrophagen)	تكبير المجهر المركب بعد الصبغ 380 X 	البلعمة: خلايا الدم التي تبتلع البكتيريا، وتتخلص من الخلايا المتعادلة الميتة وبقايا مكوناتها.
الخلايا الليمفية (Lymphocyte)	تكبير المجهر المركب بعد الصبغ 1800 X	المناعة المتخصصة (أجسام مضادة تقتل مسببات المرض): خلايا الدم التي تنتج الأجسام المضادة ومواد كيميائية أخرى.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

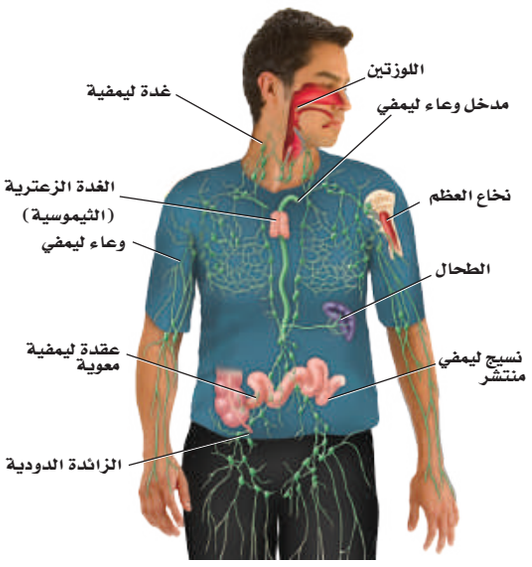
الإنترفيرون Interferon عندما يدخل فيروس إلى الجسم يساعد خط دفاع خلوي آخر على منع الفيروس من الانتشار؛ حيث تُفرز الخلايا المصابة بالفيروس بروتينًا يُسمى **إنترفيرون** interferon يرتبط بدوره مع الخلايا المجاورة، ويحفزها على إنتاج بروتينات مضادة للفيروس، فتمنع تضاعف الفيروس في هذه الخلايا.

الاستجابة الالتهابية Inflammatory response هناك نوع آخر من الاستجابات غير المتخصصة تُسمى الاستجابة الالتهابية، وهي سلسلة من الخطوات المعقدة التي تشمل العديد من المواد الكيميائية والخلايا المناعية للمساعدة على تعزيز الاستجابة المناعية عمومًا. فعندما يدمر مسبب المرض نسيجًا معينًا تُفرز مواد كيميائية من مسبب المرض وخلايا الجسم معًا. فتجذب هذه المواد الخلايا الأكولة إلى المنطقة، وتزيد من تدفق الدم إلى المنطقة المصابة وتزيد من نفاذية الأوعية الدموية للسماح لخلايا الدم البيضاء بالوصول إلى المنطقة المصابة. وهذه الاستجابة تساعد على تراكم خلايا الدم البيضاء في المنطقة المصابة. كما أن بعض الألم والحرارة والاحمرار من الأعراض التي تحدث نتيجة الاستجابة الالتهابية لمرض معدٍ.

المناعة المتخصصة (النوعية) Specific Immunity

تتمكن مسببات المرض أحيانًا من تخطي آليات الدفاع غير المتخصصة، إلا أن الجسم يملك خطًّا دفاعيًّا ثانيًا يعمل على مهاجمة هذه المسببات. وتمتاز المناعة المتخصصة بفاعليتها ولكنها تأخذ وقتًا لتتكون وتتمايز. وتشمل الاستجابة المتخصصة كلاً من الأنسجة والأعضاء الموجودة في الجهاز الليمفي.

الجهاز الليمفي Lymphatic system يضم الجهاز الليمفي في **الشكل 3–6** أعضاء وخلايا تعمل على ترشيح السائل الليمفي والدم، وتدمير المخلوقات الدقيقة الغريبة. كما يمتص الجهاز الليمفي الدهون. والليمف سائل يرشح من الشعيرات الدموية لغمر خلايا الجسم. يدور هذا السائل عبر خلايا النسيج ويُجمع بوساطة الأوعية الليمفية ويعود مرة أخرى إلى الأوردة بالقرب من القلب.



■ **الشكل 3–6** يحتوي الجهاز الليمفي أعضاء ترتبط باستجابة المناعة النوعية.

حَدِّد. موقع العضو الليمفي الضروري لإنتاج الخلايا التائية وتمايزها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الأعضاء الليمفية Lymphatic organs تحتوي الأعضاء في الجهاز الليمفي على أنسجة ليمفية، وخلايا ليمفية، وأنواع أخرى من الخلايا ونسيج ضام. **والخلايا الليمفية** lymphocytes نوع من خلايا الدم البيضاء التي تُنتج في النخاع الأحمر للعظم. وتضم الأعضاء الليمفية: العقد الليمفية واللوزتين والطحال والغدة الزعترية (الثيموسية) ونسيجًا ليمفيًا منتشرًا في الأغشية المخاطية للقنوات الهضمية والتنفسية والبولية والتناسلية. تُرشح العقد الليمفية السائل الليمفي، وتخلصه من المواد الغريبة. وتشكل اللوزتان حلقة حماية خاصة بالنسيج الليمفي بين تجويفي الفم والأنف، وهذا يساعد على الحماية من البكتيريا والمواد الضارة الأخرى في الأنف والفم.

ويُخزن الطحال الدم ويحطم خلايا الدم الحمراء التالفة والهرمة، كما يحتوي على نسيج ليمفي يستجيب لوجود المواد الغريبة في الدم. وتقع الغدة الزعترية فوق القلب، وتلعب دورًا مهمًا في تنشيط نوع خاص من الخلايا الليمفية، تسمى الخلايا التائية، وهي تنتج في نخاع العظم، وتنضج وتتمايز في الغدة الزعترية. كما أن هناك نوع آخر من الخلايا الليمفية تسمى الخلايا البائية، تنتج الأجسام المضادة عند دخول مسببات الأمراض الجسم. ويتم إنتاج هذا النوع من الخلايا في نخاع العظم.

المفردات

أصل الكلمة

الغدة الزعترية (الثيموس) Thymus، مشتقة من الكلمة اليونانية thymos وتعني الثؤلول النامي.

استجابة الخلايا البائية B - Cell Response

الأجسام المضادة antibodies بروتينات تنتجها الخلايا الليمفية البائية (البلازمية) التي تتفاعل بشكل خاص مع مولدات الضد الغريبة. ومولد الضد antigen مادة غريبة عن الجسم تؤدي إلى الاستجابة المناعية، ويمكنها الارتباط مع الجسم المضاد أو الخلية التائية.

توجد **الخلايا البلازمية (البائية)** B cells في جميع الأنسجة الليمفية، ويمكن أن توصف بأنها مصانع الأجسام المضادة؛ فعند وجود أي جزء من مسبب المرض تبدأ الخلايا البائية بإنتاج الأجسام المضادة. تتبّع **الشكل 4-6** لتتعرف كيفية تنشيط الخلايا البائية لإنتاج الأجسام المضادة. فعندما تحيط الخلية الأكولة الكبيرة بمسبب المرض وتهضمه تَعرض قطعة من مسبب المرض – تُسمى مولد الضد المُعالَج – على غشائها، **الشكل 4-6**.

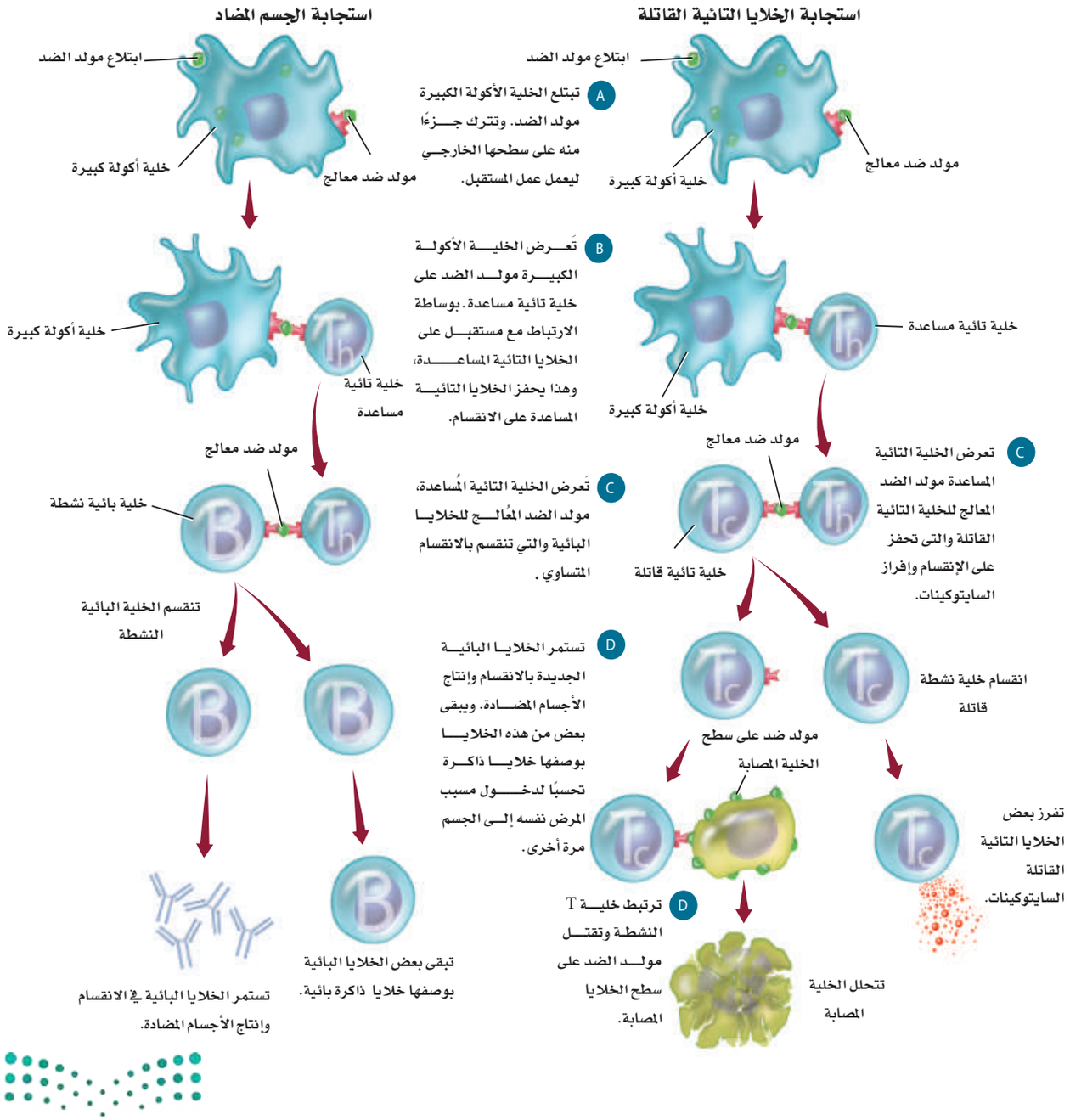
أما في النسيج الليمفي – مثل العقد الليمفية – فترتبط الخلية الأكولة الكبيرة ومولد الضد على سطحها مع نوع من الخلايا الليمفية تُسمى **الخلية التائية المُساعدة** helper T cells مما يؤدي إلى تنشيطها. ويُسمى هذا النوع من الخلايا "المساعدة"؛ لأنها تنشط الخلايا البائية (B) على إنتاج الجسم المضاد، وهناك نوع آخر من الخلايا التائية (T) – التي سيتم مناقشتها لاحقًا – والتي تساعد على قتل المخلوقات الحية الدقيقة وفق الآلية الآتية:

- تتكاثر الخلية التائية المُساعدة وترتبط بمولد الضد المُعالج والخلية البائية.
- تستمر الخلايا التائية الجديدة المساعدة في عملية الاتحاد مع مولدات الضد، وترتبط مع الخلايا البائية وتتكاثر.

Specific Immunity Responses

استجابات المناعة المتخصصة

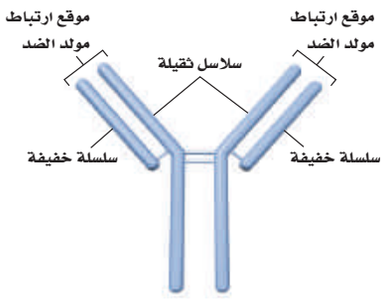
■ **الشكل 4–6** تشمل استجابات المناعة المتخصصة مولدات الضد والبلعمة والخلايا البائية والخلايا التائية المساعدة والخلايا التائية القاتلة. أما الاستجابة التي تنتج الأجسام المضادة فتشمل الأجسام المضادة التي تنتجها الخلايا البائية والخلايا B الذاكرة. وتنتج استجابة الخلايا التائية القاتلة عن تحفيز هذه الخلايا.



• بمجرد اتحاد خلية تائية مُساعدة نشـطة مع خلية بائية حاملة لمولد الضد، تبدأ الخلية البائية في تصنيع الأجسام المضادة التي تتحد بشكل خاص مع هذا النوع من مولدات الضد.

• تعززالأجسـام المضادة الاسـتجابة المناعية بالارتباط مع المخلوقات الحية الدقيقة، معرضة إياها أكثر لعملية البلعمة، كما تسـاعد على حدوث الاستجابة غير المتخصصة بوساطة تحفيز الاستجابة الالتهابية.

تصنّع الخلايا البائية العديد من مجموعات الأجسام المضادة من خلال استعمال المادة الوراثية DNA لإنتاج سلاسـل بروتينية ثقيلة (معقدة)، وخفيفة (بسـيطة) متنوعة، لتكوّن الأجسـام المضادة، كما في **الشـكل 5 – 6**. وتستطيع أي سلسلة ثقيلة أن تتحد مع أي سلسلة خفيفة. فإذا تمكنت خلية بائية من إنتاج 16,000 نوع مختلف من السلاسل الثقيلة و1200 نوعٍ من السلاسل الخفيفة فستتمكن من إنتاج 16,000×1200 أو 19,200,000 نوعٍ مختلفٍ من الأجسام المضادة.



الشـكل 5–6 يتكون الجسم المضاد من نوعين من السلاسـل البروتينية هما: السلاسل الثقيلة والسلاسل الخفيفة.

لخصّ أنواع الخلايا التي تنتج الأجسـام المضادة.

استجابة الخلية التائية T – Cell Response

يمكن للخلية التائية المُساعدة بعد تنشيطها – نتيجة وجود مولد الضد على سطح الخلية الأكولة الكبيرة– أن ترتبط مع مجموعة من الخلايا الليمفية تُسمى **الخلايا التائية القاتلة** cytotoxic T cells وتنشيطها. تدمر الخلايا القاتلة مسببات المرض، وتطلق مواد كيميائية تُسـمى المحركات الخلوية (السـايتوكينات) cytokines، التي تحفز خلايا الجهاز المناعي على الانقسام، ونقل الخلايا المناعية إلى منطقة العدوى. تتحد الخلايا التائية القاتلة بمسـبب المرض، وتطلق المواد الكيميائية وتدمره. ويمكن لخلية تائية قاتلة واحدة أن تدمر خلايا مستهدفة عديدة. ويُلخصْ **الشكل 4– 6** آلية تنشيط الخلايا التائية القاتلة.

ماذا قرأت؟ لخّص الدور الذي تؤديه الخلايا الليمفية في المناعة.

المفردات

مفردات أكاديمية

سلبي Passive:
غير فاعل (خامل)
حـدق القـرد الخامل غير مبـالٍ بزوار حديقة الحيوان

المناعة السلبية والإيجابية
Passive and Active Immunity

تُسـمى اسـتجابة الجسـم الأولى لأي غزو من مسـببات الأمراض بالاستجابة الأولية. فعلى سبيل المثال، إذا دخل الفيروس المسبب لجدري الماء إلى الجسم تسـتجيب المناعة المتخصصـة وغير المتخصصة، وتتمكن فـي النهاية من قتل الفيروس الغريب، وتخليص الجسم من مسبب المرض.

ومن نتائج الاسـتجابة المناعية المتخصصة إنتاج الخلايا الذاكرة التائية والبائية. **والخلايا الذاكرة** memory cells تعيش فترات طويلة بعد تعرضها لمولد الضد في أثناء الاستجابة الأولية للمناعة. وتستجيب هذه الخلايا بسرعة إذا تعرض الجسم لغزو مسبب المرض نفسـه مرَّة أخرى. وتحمي خلايا الذاكرة الجسم عن طريق تقليل احتمال تطور المرض إذا تعرض الجسم لمسبب المرض نفسه مرَّة أخرى.

المناعة السلبية Passive immunity يحتاج الجسم أحيانًا إلى حماية مؤقتة ضد مرض معدٍ. ويحدث هذا النوع من الحماية المؤقتة عندما تُصنع الأجسام المضادة من أشخاص آخرين أو حيوانات وتُنقل أو تُحقن في جسم الإنسان. فمثلاً تحدث المناعة السلبية بين الأم وطفلها، فالأجسام المضادة المتكونة في جسم الأم تنتقل من خلال المشيمة إلى الجنين، ومن حليب الثدي إلى الطفل الرضيع. ويمكن لهذه الأجسام المضادة أن تحمي الطفل حتى ينمو جهازه المناعي ويكتمل. وتتكون الأجسام المضادة في الإنسان أوالحيوان الذي تكونت لديه مناعة متخصصة ضد أمراض معدية محددة. وتُستخدم هذه الأجسام المضادة في علاج أمراض معدية عند أشخاص آخرين، حيث تحقن هذه الأجسام في الأشخاص الذين تعرضوا لمرض معدٍ معين. كما يتوافر العلاج بالمناعة السلبية للأشخاص الذين تعرضوا لالتهاب الكبد الوبائي A،B والتيفوئيد والكَلَب (السُعَار). كما تتوافر أجسام مضادة لإبطال مفعول سُم الأفعى أو العقرب.

مختبر تحليل البيانات 1-6

بناءً على بيانات حقيقية

استخلص النتائج

هل تعد المناعة السلبية فعالة في علاج عدوى HIV؟

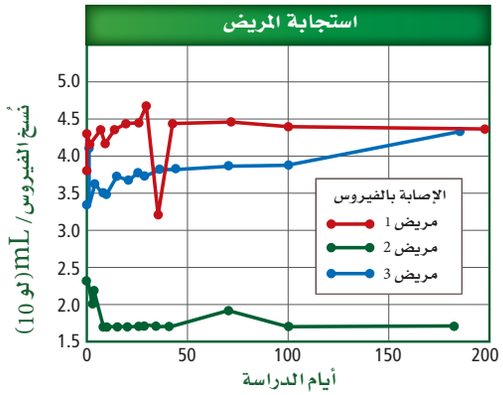
إن العلاج التقليدي لمريض يعاني من الإصابة بفيروس HIV هو بإعطائه دواءً مضادًا للفيروس. ولسوء الحظ فإن الآثار الجانبية وزيادة مقاومة الفيروس للدواء تتطلب إيجاد علاجات إضافية. لذا فقد تمت دراسة العلاج بالمناعة السلبية.

البيانات والملاحظات

يبين الرسم البياني استجابات مريض HIV للعلاج بالمناعة السلبية. وتقاس كمية الفيروس في دم المريض بعدد نسخ الفيروس لكل mL.

التفكير الناقد

1. **قارن**. بين استجابات المريض للعلاج بالمناعة السلبية.
2. **استخلص النتائج**. هل يمكن للباحثين أن يستنتجوا أن العلاج بالمناعة السلبية فعّال؟ فسر إجابتك.



أخذت البيانات في هذا المختبر من: Stiegler G., et al. 2002. Antiviral activity of the neutralizing antibodies 2FS and 2F12 in asymptomatic HIV-1-infected humans: a phase I evaluation. AIDS 16: 2019-2025.

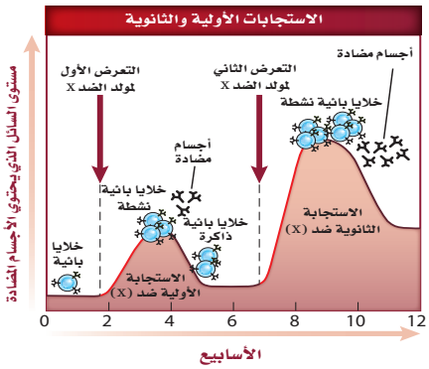
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

المناعة الإيجابية Active immunity تحدث المناعة الإيجابية بعد تعرض جهاز المناعة لمولدات ضـــد المرض وإنتاج الخلايا الذاكرة. وتحدث المناعة الإيجابية نتيجة حدوث مرض معدٍ أو نتيجـــة **التطعيم** immunization ، الذي يُسمى التحصين أيضًا. ويقصد به حقن الجسم عن قصد بمولد ضد بهدف تطوير استجابة أولية وخلايا ذاكرة مناعية. ويوضح **الجدول 2– 6** بعض التطعيمات الشائعة.

وتحتوي التطعيمات على مســـببات مرض ميتة أو ضعيفة غير قادرة على التســـبب بالمرض.

كما تحتوي معظم التطعيمات على أكثر من محفِّز لجهاز المناعة، وتُعطى عادة بعد التطعيم الأول (الجرعة الأولى). وهذه الجرعات تزيد من الاســـتجابة المناعية، إذ تزود الجسم بحماية أكبر من المخلوقات الحية الدقيقة المسببة للمرض.

لماذا يُعد التطعيم فعالاً في الوقاية من المرض؟ من خصائص الاســـتجابة المناعية الثانوية والتي تحدث نتيجة استجابة الجسم لمولد الضد (جسم غريب) مرة أخرى– أنها تزيد من فعالية التطعيم في الوقاية من المرض. لاحظ أن الاســـتجابة المناعية الثانوية في **الشكل 6 –6** لمولد الضد لها العديد من الخصائص المختلفة:



الشـــكل 6 – 6 يبين الرســـم البياني الآتي الفرق بين استجابات المناعة الأولية والثانوية عند التعرض لمولد ضد.

حلّل. ما أوجه الاختلاف بين الاستجابة المناعيـــة الأولية والاســـتجابة المناعية الثانوية.

أولاً: تحدث الاستجابة بشكل أسرع من الاستجابة الأولية، كما يبين الانحراف الحاد للمنحنى ذي اللون الأحمر.

ثانيًا: تكون الاستجابة الكلية لكل من الخلايا التائية والبائية أكبر في أثناء التعرض الثاني لمولد الضد.

ثالثًا: تستمر الخلايا الذاكرة الكلية في العمل لوقت أطول بعد التعرض الثاني لمسبب المرض.

الجدول 2–6 **التطعيمات العامة (الشائعة)**

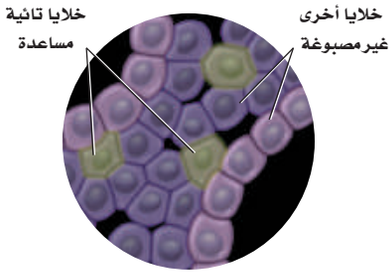
التطعيم	المرض	المحتويات
DPT التطعيم الثلاثي	دفتيريا "الخناق" (D)، التيتانوس "الكزاز" (T)، السعال الديكي (P)	D: سم غير فعال، T: سم غير فعال P: بكتيريا غير فعالة
الشلل غير الفعال Polio	شلل الأطفال	فيروس غير فعال
MMR	الحصبة، النكاف، الحصبة الألمانية	جميعها فيروسات غير فعالة
فاريسيلا (الحُماق)	جدري الماء	فيروس غير فعال
HIB	الأنفلونزا من نوع b	أجزاء من الجدار الخلوي للبكتيريا
HBV	التهاب الكبد الوبائي من نوع B	أجزاء من الفيروس

فشل جهاز المناعة Immune System Failure

قد ينتج عن وجود عيوب في جهاز المناعة زيادة احتمال تطور الأمراض المعدية، وكذلك بعض أنواع السرطانات. وتؤثر بعض الأمراض في فاعلية جهاز المناعة، ومنها مرض نقص المناعة المكتسبة AIDS الذي ينتج عن الإصابة بفيروس HIV. ويعد الإيدز من المشاكل الصحية الخطيرة جدًا في العالم.

تذكّر الدور المهم الذي تؤديه الخلايا التائية المُساعدة في المناعة النوعية؛ حيث يصيب فيروس HIV بشكل رئيس الخلايا

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 7–6 للخلايا التائية المُساعدة مستقبلات على سطحها تستعمل لتعرفها في المختبر.

التائية المساعدة والتي تُسمى أيضًا خلايا $CD4^+$، بسبب وجود مستقبل لهذه الخلايا على السطح الخارجي لغشائها البلازمي.

ويُستخدم مستقبل $CD4^+$ على يد اختصاصي الطب لتعرف هوية هذه الخلايا، **الشكل 7–6**. HIV فيروس يحتوي RNA (ارتجاعي) يصيب الخلايا التائية المُساعدة، فتصبح الخلية التائية المُساعدة مصنعًا لـ HIV، إذ ينتج فيروسات جديدة تنطلق وتصيب خلايا تائية مُساعدة أخرى. ومَع الزمن تقل أعداد الخلايا التائية المساعدة في الشخص المصاب، مما يجعله أقل قدرة على محاربة المرض. ولعدوى HIV عادة مرحلة مُبكرة في الفترة ما بين الأسبوع السادس والأسبوع الثاني عشر؛ حيث يتضاعف فيها الفيروس في الخلايا التائية المساعدة. يعاني المريض بالإيدز من أعراض، منها التعرق الليلي والحمى، ولكنها تقل بعد نحو 10–8 أسابيع. ثم يتعرض المريض لأعراض قليلة لفترة زمنية تصل إلى 10 سنوات، ويكون قادرًا على نقل العدوى عن طريق الاتصال الجنسي، أو نقل الدم إلى شخص أخر. وبدون العلاج بالأدوية المضادة للفيروس قد يموت المريض عادة من عدوى ثانوية بمسبب مرض آخر بعد 10 سنوات تقريبًا من إصابته بـ HIV. ويهدف العلاج بالأدوية المضادة للفيروس حاليًا إلى التحكم بتضاعف HIV في الجسم. والعلاج مكلف جدًّا، ولا زالت نتائجه على المدى الطويل غير معروفة.

التقويم 1–6

الخلاصة

- تضم الاستجابة المناعية غير المتخصصة حواجز دفاعية، منها الجلد وإفراز المواد الكيميائية والمسارات الخلوية التي تنشط عملية البلعمة.
- تضم استجابة المناعة المتخصصة تنشيط الخلايا البائية التي تُنتج الأجسام المضادة، والخلايا التائية التي تضم الخلايا التائية المساعدة والقاتلة.
- تتضمن المناعة السلبية استقبال الأجسام المضادة ضد الأمراض.
- ينتج عن المناعة الإيجابية خلايا ذاكرة ضد الأمراض.
- يهاجم فيروس HIV الخلايا التائية المُساعدة مسببًا فشل جهاز المناعة.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **قارن** بين استجابات المناعة المتخصصة وغير المتخصصة.
2. **صِفْ** خطوات تنشيط استجابة الجسم المضاد لمولد ضد ما.
3. **اعمل** شكلاً توضيحيًّا يمثل المناعة الإيجابية والمناعة السلبية.
4. **صِفْ** تركيب الجهاز الليمفي ووظائفه.
5. **استنتج** لماذا يعد تدمير الخلايا التائية المساعدة بوساطة عدوى HIV مدمرًا للمناعة النوعية؟

التفكير الناقد

6. **صغ فرضية** ماذا يحدث إذا حصلت طفرة في فيروس HIV بحيث تصبح الأدوية التي تقلل تضاعف الفيروس غير فاعلة.
7. **قوّم.** يوجد مرض يُسمى النقص المناعي المركب الحاد. والذي يولد فيه طفل لا يحوي جهازه المناعي الخلايا التائية، قوم أثر هذا المرض.
8. الرياضيات في علم الأحياء تتكون الأجسام المضادة من سلسلتي بروتين خفيفتين، وسلسلتي بروتين ثقيلتين. فإذا كان الوزن الجزيئي للسلسلة الخفيفة 25,000 والوزن الجزيئي للسلسلة الثقيلة هو 50,000. فما الوزن الجزيئي للجسم المضاد؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مستجدات في علم الأحياء

التلقيح ضد الجدري

ينتشر فيروس الجدري بسرعة بين الناس ويمكن أن يقتل 30% من الأشخاص المصابين. وبما أنه مرض قاتل، فقد ناقشت الحكومات لسنوات عدة إمكانية إلزام شعوبها بالتطعيم ضده.

الجدري مرضاً

مرض الجدري لا شفاء منه ويسببه نوع من الفيروسات. وعلى الرغم من ذلك، قام إدوارد جنر في عام 1796 بتطوير تطعيم للجدري، ساعد على إنقاذ حياة العديد من الناس عن طريق الوقاية من المرض.

تدوم المناعة الناتجة عن التطعيم من ثلاث إلى خمس سنوات. ويمنع التطعيم حدوث العدوى أو يقلل من آثارها إذا تم إعطاء التطعيم خلال عدة أيام بعد التعرض للعدوى. وفي حال انتشار فيروس مرض الجدري، فإن مراكز التحكم في المرض والوقاية منه يجب أن تزود الناس الذين قد يتعرضون للفيروس، بالتطعيم خلال ثلاثة أيام للتقليل من آثار المرض أو للوقاية منه. وفي حالة انتشار هذا المرض، فإنه يتوافر تطعيم كافٍ لكل شخص.

إذا كان الجدري قاتلاً لهذه الدرجة، فلماذا لا يتم تطعيم كل شخص بصورة منتظمة؟ إن التطعيم الإلزامي لا يعد خيارًا بسبب المعاناة التي سيعانيها العديد من الأشخاص من الآثار الناتجة عن التطعيم.

فمثلاً، يعاني 25% من السكان على الأقل من تثبيط في الجهاز المناعي ناتج عن الأدوية أو المرض. وتلقيهم لتطعيم الجدري قد ينتج عنه مضاعفات خطيرة بسبب ضعف جهازهم المناعي.

يشير مصطلح الجدري إلى البثور التي تظهر على الوجه والجسم نتيجة للعدوى بفيروس الجدري.

مناظرة في علم الأحياء

هل يجب تطعيم جميع السكان بصورة منتظمة ضد الجدري ؟ قم بإجراء بحث إضافي حول الجدري، ثم اعمل في مجموعات مع زملائك لمناقشة هذه القضية.

مختبر الأحياء

الطب الشرعي: كيف تجد أول مريض مصاب؟

الخلفية النظرية: تخيل أن مدرستك تعرضت لمرض يعرف "بمتلازمة الهاتف النقال". ومن أعراضه الحاجة الملحة لاستخدام الهاتف النقال في أثناء الدراسة. يَسهُل انتقال هذا المرض من شخص إلى آخر عن طريق الاتصال المباشر ولا توجد مناعة طبيعية ضد هذا المرض. وأن أحد زملائك في المدرسة مصاب بهذا المرض وهو المريض (Zero)، والمرض ينتشر في صفك ولذلك فأنت في حاجة إلى تتبع المرض قبل أن ينتشر ويتحول إلى وباء شامل.

سؤال: هل يمكن تتبع مرض ما وتحديد الإصابة الأولى؟

المواد والأدوات

- ... ماصة باستور (1 لكل مجموعة).
- ... أنابيب اختبار مرقمة فيها ماء، أحدها يحاكي الإصابة بمتلازمة الهاتف الخلوي (1 لكل مجموعة).
- ... حامل أنابيب اختبار (1 لكل مجموعة).
- ... كؤوس ورقية صغيرة (1 لكل مجموعة).
- ... ورق وأقلام رصاص.
- ... كاشف اليود.

احتياطات السلامة

تحذير: اليود مادة مهيجة وتصبغ الجلد.

خطوات العمل:

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدولاً لتسجل فيه الاتصالات التي تمت، واختر أنبوب اختبار، وسجل رقمه.
3. استخدم ماصة باستور لنقل كمية قليلة من السائل من أنبوب الاختبار إلى الكأس الورقية.
4. يوزع معلم الصف الطلبة في مجموعات، وعندما يأتي دور مجموعتك وباستخدام الماصة تبادل السائل في أنابيب الاختبار مع زميل آخر في مجموعتك وكأنك تحاكي عملية المشاركة في اللعاب أثناء شرب الماء.
5. سجل اسم زميلك الذي تبادلت معه السائل في جدولك.
6. حرك الأنبوب بين يديك برفق لخلط السائل، وكرر الخطوة 4 كلما طُلب إلى مجموعتك إجراء التبادل. وتأكد من اختيارك شخصًا آخر كلما حدث التبادل.
7. عند اكتمال التبادل، يؤدي المعلم دور اختصاصي علم الأوبئة ويستخدم الكاشف ليعرف من أُصيب بالمرض.
8. ناقش أنت وزملاؤك المعلومات مع بقية المجموعات لتتمكن من تحديد هوية أول مريض مصاب.
9. عند انتهاء كل مجموعة من وضع فرضيتها، افحص السائل الأصلي في كل كأس لمعرفة أول إصابة.
10. أعد أنابيب الاختبار، وتخلص من المواد الأخرى المستخدمة بناءً على تعليمات المعلم.

حلل ثم استنتج

1. **حلّل.** استخدم بياناتك لرسم شكل لأول إصابة محتملة، مستخدمًا الأسهم لتوضيح من اصيب مع المريض الأول.
2. **قارن.** كيف يشبه انتشار "أعراض الهاتف النقال" في هذه المحاكاة، انتشار المرض في الحياة الواقعية؟ وفيم يختلفان؟
3. **التفكير الناقد.** لِمَ لا ينتقل المرض في التبادلات الأخيرة إذا أُجريت المحاكاة في صف أكبر؟
4. **تحليل الخطأ.** ما المشكلات التي واجهتها عند تحديد هوية أول مريض مصاب؟

تواصل

نشرة الأخبار استخدم الصحف ومصادر أخرى لتتعلم المزيد عن وباء ناتج عن مرض حالي. وأعدَّ نشرة إخبارية حول آلية بحث اختصاصي علم الأوبئة عن مصدر المرض، ثم اعرضها على زملاء صفك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 6 دليل مراجعة الفصل

المطويات **استنتج.** الحالات التي يتم فيها استعمال كل نوع من أنواع المناعة لإعاقة مسببات المرض.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
6–1 جهاز المناعة	
البروتين المتمم (المكمل) الإنترفيرون الخلايا الليمفية الجسم المضاد الخلايا البلازمية البائية (B) الخلايا التائية المساعدة (T) الخلايا التائية القاتلة الخلية الذاكرة التطعيم (التحصين)	الفكرة الرئيسة **لجهاز المناعة قسمان رئيسان هما: المناعة غير المتخصصة (العامة) والمناعة المتخصصة (النوعية).** • تضم الاستجابة المناعية غير المتخصصة حواجز دفاعية، منها الجلد وإفراز المواد الكيميائية والمسارات الخلوية التي تنشط عملية البلعمة. • تضم استجابة المناعة المتخصصة تنشيط الخلايا البائية التي تُنتج الأجسام المضادة، والخلايا التائية التي تضم الخلايا التائية المساعدة والقاتلة. • تتضمن المناعة السلبية استقبال الأجسام المضادة ضد الأمراض. • ينتج عن المناعة الإيجابية خلايا ذاكرة ضد الأمراض. • يهاجم فيروس HIV الخلايا التائية المُساعدة مسببًا فشل جهاز المناعة.

الفصل 6 التقويم

6–1

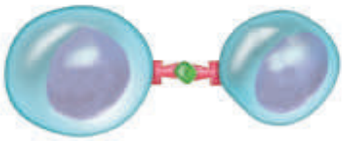
مراجعة المفردات

للإجابة عن الأسئلة من 1–3، استعمل المفردات الواردة في دليل مراجعة الفصل التي تمثل كل عبارة:

1. مادة كيميائية تنتجها الخلايا البلازمية (B) استجابة لتأثير مولد الضد.
2. خلية تنشط الخلايا البلازمية (B) والخلايا التائية القاتلة (T).
3. نوع من خلايا الدم البيضاء ينتج في النخاع العظمي، ويشمل الخلايا البلازمية (B) والخلايا التائية (T).

تثبيت المفاهيم الرئيسة

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 4 و 5.



4. ما نوع الاستجابة المناعية الممثلة في الشكل أعلاه؟
   a. جينية.
   b. غير متخصصة.
   c. متخصصة.
   d. هرمونية.

5. تعرّض الخلية التائية المساعدة مولد الضد الخاص بها لمساعدة:
   a. مسبب المرض.
   b. النخاع العظمي.
   c. الخلية البلازمية (B).
   d. الغدة الزعترية.

6. خط الدفاع الأول في الجسم ضد المرض المعدي هو:
   a. الخلية التائية المساعدة.
   b. الجسم المضاد.
   c. الجلد.
   d. البلعمة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

6 تقويم الفصل

7. مـا دور البروتيـن المتمـم الموجود فـي البلازما في الاستجابة المناعية؟

a. يُعزز البلعمة.
b. يُنشط الخلايا البلعمية.
c. يُعزز تدمير مسبب المرض.
d. جميع ما ذكر.

8. تُنتَجُ الخلايا الليمفية في:

a. نخاع العظم.
b. الغدة الزعترية.
c. الطحال.
d. العقد الليمفية.

أسئلة بنائية

9. **إجابة قصيرة.** صف كيف ترتبط الغدة الزعترية (الثيموسية) مع تطوير المناعة؟

10. **نهاية مفتوحة.** قوّم لماذا يحتاج الجسم إلى كلٍّ من الاستجابة المناعية المتخصصة وغير المتخصصة.

التفكير الناقد

11. **نظّم.** سلسلة من الخطوات التي تحدث لتنشيط استجابة الأجسام المضادة لبكتيريا الكزاز.

12. **قارن.** بين دور الخلايا التائية المساعدة والخلايا التائية القاتلة في استجابة المناعة المتخصصة.

13. **نظّم.** سلسلة من الخطوات التي تحدث لتنشيط استجابة الأجسام المضادة لبكتيريا الكزاز.

تقويم إضافي

15. الكتابة في علم الأحياء اكتب حوارًا تقارن فيه بين جهاز المناعة وبين قلعةٍ ما هاجمها الغزاة من منطقة مجاورة.

أسئلة المستندات

يمثل الجدول الآتي فاعلية استعمال التطعيمات لمنع انتشار المرض. هناك انخفاض كبير في عدد حالات الأمراض بعد استعمال التطعيمات.

المرض	العدد الأقصى للحالات في سنة ما	عدد الحالات في عام 1999	نسبة التغير %
الحصبة	894,134	60	-99.99
النكاف (أبو كعب)	152,209	352	-99.77
شلل الأطفال	21,269	0	-100
الكزاز	1560	33	-97.88
التهاب الكبد B	26,611	6495	-75.59

استخدم الجدول السابق للإجابة عن الأسئلة الآتية

16. أي الأمراض أكثر انتشارًا من حيث نسبة التغير الكبرى؟

17. أظهر مرض الكزاز هبوطًا منذ بدأ التطعيم ضده. فسر عدم القدرة على التخلص من هذا المرض نهائيًّا.

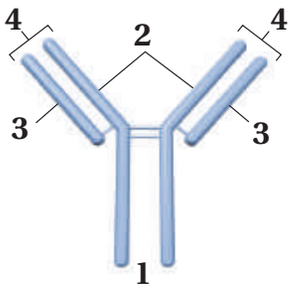
18. مثّل بيانيًّا نسبة التغير في عدد الحالات نتيجة التطعيم لكل مرض من الأمراض.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 1 و 2.



1. يمثل الشكل أعلاه التركيب الأساسي للجسم المضاد. فأي أجزاء هذا الشكل يتوافق مع موقع ارتباط مولد الضد؟

a. 1 **b.** 2

c. 3 **d.** 4

2. يُعد الجزءان 2 و 3 ضروريين لتكوين الأجسام المضادة لأنهما:

a. يسمحان بتكون عدد هائل من الأجسام المضادة المحتملة.

b. يتكونان بوساطة الخلايا التائية في الجهاز المناعي.

c. يساعدان على تقليل عدد الأجسام المضادة المتكونة.

d. يساعدان على تحفيز الاستجابة الالتهابية.

أسئلة الإجابات القصيرة

3. فسر كيف أن تناول المضادات الحيوية التي تخفف الحمى تؤخر شفاؤك من الالتهابات بدلاً من تسريعه.

سؤال مقالي

كتب العالم مارك لابي Mark Lappe ، عام 1981، في كتاب يسمى "الجراثيم التي ترفض الموت" ما يأتي:

"لسوء الحظ، فقد قمنا بحيلة على العالم الطبيعي بسيطرتنا على هذه المواد الكيميائية (الطبيعية) وجعلها كاملة بصورة غير تكوين الميكروبات في الأقطار النامية. فلدينا الآن مخلوقات متكاثرة لم توجد من قبلُ في الطبيعة.

ولدينا الآن مخلوقات كانت تسبب عُشرًا في المئة من أمراض الإنسان في الماضي، لكنها تسبب الآن 20 أو 30 في المئة من الأمراض التي نراها. لقد غيرنا وجه الأرض بكامله باستعمال هذه المضادات الحيوية".

استعن بالمعلومات في الفقرة أعلاه في كتابة مقالة تجيب عن السؤال الآتي:

4. كما توقع لابي في عام 1981، اصبح العديد من مسببات الأمراض مقاوم للعلاج بالمضادات الحيوية والأدوية القوية الأخرى. فهل غيّرت المضادات الحيوية الأرض نحو الأفضل أم نحو الأسوأ؟ اكتب مقالة، تناقش فيها مزايا المضادات الحيوية المستخدمة في الوقت الحالي ومساوئها.

يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

السؤال	1	2	3	4
الفصل/ القسم	6–1	6–1	6–1	6–1
الصف	2–2	2–2	2–2	2–2

هيكل عظمي لإنسان

هيكل عظمي لأرنب

هيكل عظمي لدجاجة

هيكل عظمي لضفدع

المصطلحات

(أ)

الإخصاب fertilization: عملية يتحد بها مشيجان أحاديا المجموعة الكروموسومية لينتج لاقحة ثنائية المجموعة الكروموسومية (2n).

الأربطة ligament: حزم من النسيج الضام القوي يربط العظام بعضها مع بعض.

الاستجابة response: تفاعل المخلوق الحي مع مؤثر ما.

الاستجابة الحركية nastic response: حركة في النبات استجابة لمؤثر ما وهي غير معتمدة على اتجاه المؤثر ويمكن أن تعود إلى حالتها الطبيعية.

الأكتين actin: خيوط بروتينية رفيعة في الخلايا العضلية، تعمل مع خيوط الميوسين على انقباض العضلات وانبساطها.

الألدوستيرون aldosterone: هرمون ستيرويدي تنتجه قشرة الغدة الكظرية، يعمل في الكليتين، وهو ضروري لإعادة امتصاص الصوديوم.

الأمعاء الدقيقة small intestine: الجزء الأطول من القناة الهضمية، وهو مرتبط مع الهضم الميكانيكي والكيميائي للطعام.

الأمعاء الغليظة large intestine: الجزء النهائي من القناة الهضمية، وهو مرتبط بشكل أساسي مع امتصاص الماء.

الأميليز amylase: إنزيم هاضم في اللعاب، يسمح ببدء عملية الهضم الكيميائي في الفم عن طريق تحليل النشا إلى سكريات.

الإنترفيرون interferon: بروتين مضاد للفيروس، يُفرز من الخلايا المصابة بالفيروس.

الانتشار diffusion: انتقال المواد من المكان الأكثر تركيزًا إلى المكان الأقل تركيزًا.

الأنسولين insulin: هرمون ينتجه البنكرياس، ويعمل مع الجلوكاجون للحفاظ على مستوى السكر في الدم.

الأهداب cilia: زوائد خيطية قصيرة تؤدي دورًا في الحركة.

الإدمان Addiction: الاعتماد النفسي والفسيولوجي على العقار.

الأملاح المعدنية Minerals: مركبات غير عضوية يستعملها الجسم بوصفها مواد بنائية، وترتبط بوظائف الجسم الأيضية.

الأنابيب المنوية Seminiferous tubules: توجد في الخصية وتنتج الحيوانات المنوية.

الإحليل Urethra: قناة بولية تناسلية مشتركة.

(ب)

الببسين Pepsin: إنزيم هاضم مرتبط مع هضم البروتينات كيميائيًّا في المعدة.

البروتين protein: مركّب عضوي يتكون من حموض أمينية تتحد معًا برابطة بتيدية، ويعد إحدى وحدات البناء الأساسية في المخلوقات الحية.

البلازما plasma: السائل الأصفر الشفاف من الدم.

البلعوم pharynx: عضو عضلي يصل بين الحلق والمريء، وينقل الطعام في اتجاه المعدة.

البولينا (اليوريا) urea: فضلات نيتروجينية تنتج عن جهاز الإخراج في الجسم.

البربخ Epididymis: يوجد فوق كل خصية، تُنقل إليه الحيوانات المنوية ويكتمل فيه نضجها و تخزن فيه.

البلوغ Puberty: مرحلة نمو يصل فيها الإنسان إلى النضج الجنسي.

(ت)

التشابك العصبي synapse: مكان بين محور خلية عصبية والزوائد الشجيرية لخلية عصبية أخرى.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تصلب الشرايين atherosclerosis: أحد اختلالات جهاز الدوران؛ إذ يحدث انسداد في الشرايين، مما يعيق مرور الدم في جسم الإنسان.

التعظم ossification: عملية تكوين العظم بوساطة الخلايا العظمية البانية.

التنفس الخارجي external respiration: تبادل الغازات بين هواء الغلاف الجوي والدم، ويحدث في الرئتين.

التنفس الخلوي cellular respiration: سلسلة من التفاعلات الحيوية تتم بمساعدة الإنزيمات؛ ويتم من خلالها الحصول على الطاقة اللازمة للخلية؛ نتيجة أكسدة المواد الغذائية العضوية.

التنفس الداخلي internal respiration: العملية التي يتم فيها تبادل الغازات بين خلايا الجسم والدم.

التطعيم Immunization: أو التحصين ويقصد به حقن الجسم عن قصد بمولد ضد بهدف تطوير استجابة أولية وخلايا ذاكرة مناعية.

التغذية nutrition: عملية يتناول بها الفرد الغذاء ويستخدمه، وتزوده بالوحدات البنائية للنمو والطاقة للحفاظ على كتلة الجسم.

التحمل Tolerance: يحدث التحمل عندما يحتاج الشخص إلى المزيد من العقاقير لكي يحصل على الأثر نفسه.

التوتة (الموريلا) Morula: الخلية المخصبة عندما تغادر قناة البيض في اليوم الثالث وتدخل إلي الرحم.

(ث)

الثيروكسين Thyroxine: هرمون يؤدي إلى زيادة معدل الأيض في خلايا الجسم.

(ج)

جسم الخلية cell body: جزء رئيس من الخلية العصبية، يحوي نواة الخلية وعضيات عديدة.

الجهاز الدوري المغلق closed circulatory system: يمر الدم داخل أوعية دموية في أثناء انتقاله في الجسم.

الجهاز العصبي جار السمبثاوي parasympathetic nervous system: أحد قسمي الجهاز العصبي الذاتي الذي يسيطر على أعضاء الجسم، ويصبح أكثر نشاطًا عندما يكون جسم الإنسان في حالة راحة.

الجهاز العصبي الجسمي somatic nervous system: جزء من الجهاز العصبي الطرفي ينقل السيالات العصبية من الجلد والعضلات الهيكلية وإليهما.

الجهاز العصبي الذاتي autonomic nervous system: أحد أجزاء الجهاز العصبي الطرفي ينقل السيال العصبي من الجهاز العصبي المركزي إلى الأعضاء الداخلية في الجسم.

الجهاز العصبي الطرفي peripheral nervous system: يتكون من الخلايا العصبية الحسية والحركية التي تنقل المعلومات من الجهاز العصبي المركزي وإليه.

الجهاز العصبي المركزي central nervous system: يتكون من الدماغ والحبل الشوكي، وينظم جميع العمليات والأنشطة في الجسم.

الجهاز العصبي السمبثاوي sympathetic nervous system: أحد قسمي الجهاز العصبي الذاتي الذي يضبط الأعضاء الداخلية. ويكون في قمة نشاطه في حالات الطوارئ وضغط العمل (الكر والفر).

الجسم المضاد rntibody: بروتين ينتج بوساطة الخلايا الليمفية البائية التي تتفاعل بشكل محدد مع مولّد ضد غريب عن الجسم.

الجلوكاجون glucagon: هرمون ينتجه البنكرياس، ويعطي إشارة لخلايا الكبد لتحويل الجلايكوجين إلى جلوكوز وإطلاقه إلى الدم.

جهد الفعل Action potential: اسم آخر للسيال العصبي

الجسم القطبي Polar body: خلية صغيرة تنتج عن انقسام الخلية البيضية عند بداية كل دورة حيض.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

(ح)

الحويصلة الهوائية alveolus: أكياس هوائية ذات جدر رفيعة جدًّا، توجد في الرئتين، ومحاطة بشعيراتٍ دموية.

الحركة الدودية peristalsis: انقباضات عضلية متموجة ومنتظمة، تحرك الطعام عبر القناة الهضمية.

الحركات التنفسية Breathing: إحدى عمليات الجهاز التنفسي، حيث يدخل الهواء الجسم عن طريق عمليتي الشهيق والزفير، وهما حركتا الهواء الآليتان من الرئتين وإليهما.

(خ)

خلية الدم البيضاء white blood cell: نوع من خلايا الدم، كبيرة الحجم، تحوي نواة، تَنتج في نخاع العظم، وتقاوم الأمراض التي تصيب الجسم.

خلية الدم الحمراء red blood cell: خلية الدم التي تحوي الهيموجلوبين، ولا تحوي نواة، تشبه القرص المقعر الوجهين، تعيش فترة قصيرة، وتنقل الأكسجين إلى خلايا الجسم وتخلصه من الفضلات.

الخلية العصبية neuron: الخلايا التي تنقل السيالات العصبية في الجسم، وتتكون من جسم الخلية، والمحور والزوائد الشجيرية.

الخلية العظمية البانية osteoblast: الخلايا التي تكوّن العظم وتبنيه.

الخلية العظمية الهادمة osteoclast: الخلايا التي تحطم خلايا العظم.

الخلايا الليمفية البائية b- cells: الخلايا الليمفية التي تفرز الأجسام المضادة.

الخلية الليمفية lymphocyte: خلايا الدم البيضاء المسؤولة عن الاستجابة المناعية المتخصصة لدى الإنسان. وهناك نوعان من هذه الخلايا هما: T، B.

الخلية التائية القاتلة cytotoxic T Cell: خلية ليمفية تدمر مُسببات المرض، وتطلق مواد سامة عند تنشيطها.

الخلية التائية المساعدة helper T cell: خلية ليمفية تعمل على تنشيط إفراز الجسم المضاد في الخلايا البائية والخلايا التائية القاتلة.

الخلية الذاكرة memory cell: خلية ليمفية تعيش طويلاً، تنتج بسبب التعرض لمولد ضد في أثناء الاستجابة المناعية البدائية، ويمكنها العمل من خلال الاستجابة المناعية في المستقبل ضد مولد الضد نفسه.

الخلية العظمية Bone cell: هي مكون من مكونات النسيج العظمي لها امتدادات سيتوبلازمية وتتصل بالخلايا الأخرى والأوعية الدموية القريبة.

الخملات المعوية Villi: بروزات إصبعية الشكل تعمل على زيادة مساحة سطح الأمعاء الدقيقة.

الخلية البيضية الأولية Oocytes: الخلية الأنثوية غير المكتملة النمو.

(د)

الدوبامين Dopamine: من النواقل العصبية في الدماغ التي لها علاقة بتنظيم حركة الجسم ووظائف أخرى.

دورة الحيض Menstrual cycle: مجموعة من العمليات التي تحدث كل شهر تقريبًا للأنثى، وتساعد في تهيئة جسم الأنثى للحمل.

(ر)

الرئة lung: أكبر عضو في الجهاز التنفسي، يتم داخله تبادل الغازات.

رباعي الأطراف tetrapod: حيوان رباعي الأقدام بأرجل ذات أقدام وأصابع ومفاصل.

رد الفعل المنعكس reflex: مسار عصبي يتكون من خلايا عصبية حسية، وخلية عصبية بينية، وخلية عصبية حركية.

(ز)

الزوائد الشجيرية dendrites: أجزاء من الخلية العصبية

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تستقبل السيالات العصبية القادمة من الخلايا العصبية الأُخرى، وتنقلها إلى جسم الخلية العصبية.

(س)

السُعر الحراري calorie: وحدة تُستخدم لقياس محتوى الغذاء من الطاقة، وهو كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الماء درجة سيليزية واحدة 1 mL.

السائل المنوي Semen: يتكون من الحيوانات المنوية، ومواد مغذية.

السائل الرهلي (الأمنيوني) Amniotic fluid: سائل يوجد داخل الكيس الرهلي يحمي الجنين من الصدمات ويعزله عن باقي أجزاء جسم الأم.

(ش)

الشريان artery: وعاء دموي مرن، له جدار سميك يحمل الدم بعيدًا عن القلب.

الشعيرات الدموية capillaries: أوعية دموية صغيرة يتكون جدارها من طبقة واحدة من الخلايا. ويتم بوساطتها تبادل المواد بين الدم وخلايا الجسم.

(ص)

الصفائح الدموية platelets: قطع مسطحة من الخلايا تؤدي دورًا مهمًّا في تخثر الدم.

الصمام valve: أحد القطع النسيجية، يكون في صورة ألواح في الأوردة تمنع رجوع الدم.

(ع)

عتبة التنبيه threshold: أقل منبه تحتاج إليه الخلية العصبي لتكوين السيال العصبي.

العضلات الإرادية voluntary muscles: العضلات الهيكلية التي يستطيع الجسم التحكم في حركتها.

العضلات القلبية cardiac muscles: عضلات لإرادية توجد في القلب فقط.

العضلات اللاإرادية involuntary muscles: العضلات التي لا يسيطر الجسم على حركتها.

العضلات الملساء smooth muscles: عضلات تبطن معظم الأعضاء الداخلية المجوفة في الجسم، ومنها المعدة والأمعاء والرحم.

العضلات الهيكلية skeletal muscles: عضلات مخططة ينتج عنها حركة الجسم عندما تنقبض، وهي مرتبطة مع العظام بالأوتار.

العظم الإسفنجي spongy bone: طبقة العظم الداخلية الخفيفة التي تحوي تجاويف مليئة بالنخاع العظمي.

العظم الكثيف compact bone: طبقة العظم الخارجية القوية والكثيفة التي تحوي أنظمة هافرس.

العقدة node: فجوة في الغشاء الميليني الموجود على طول المحور العصبي، تنتقل السيالات العصبية وثبًا من عقدة إلى أخرى على طول المحور.

العقاقير Drugs: مواد طبيعية أو مصنعة تغير وظيفة الجسم

(غ)

الغدة الصماء endocrine gland: غدة منتجة للهرمون، تطلق ما تنتجه إلى مجرى الدم.

الغدة النخامية pituitary gland: غدة صّماء تقع عند قاعدة الدماغ، وتُسمى سيدة الغدد بسبب تنظيمها للعديد من وظائف الجسم.

(ف)

الفيتامين vitamin: مركب عضوي يذوب في الدهون أو الماء، يحتاج إليه الجسم بكميات صغيرة للقيام بالأنشطة الأيضية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

(ق)

القصبة الهوائية trachea: أنبوب يحمل الهواء من الحنجرة إلى القصيبات الهوائية.

القطعة العضلية sacromere: وحدة الوظيفة في العضلات الهيكلية التي تنقبض، وتتكون من ألياف عضلية.

القلب heart: عضو عضلي أجوف يضخ الدم المؤكسج إلى الجسم، والدم غير المؤكسج إلى الرئتين.

القدم الكاذبة pseudopods: امتداد سيتوبلازمي مؤقت، تستعمله خلايا الدم البيضاء في عملية البلعمة.

القنطرة Pons: جزء من جذع الدماغ توصل الإشارات بين المخ والمخيخ.

القصيبات الهوائية Bronchus: تتفرع القصبة الهوائية إلى أنبوبين كبيرين يسمى الواحد منها القصيبة الهوائية.

قناة البيض (قناة فالوب) Oviduct: أنبوب ينقل البويضة من المبيض إلى الرحم.

(ك)

الكالسيتونين calcitonin: أحد هرمونات الغدة الدرقية ينظم مستوى الكالسيوم في الدم.

الكبد liver: أكبر عضو داخلي في الجسم، يفرز العصارة الصفراء.

الكربوهيدرات carbohydrate: مركبات عضوية تحتوي على الكربون والهيدروجين والأكسجين، بنسبة ذرة أكسجين واحدة وذرتين من الهيدروجين لكل ذرة واحدة من الكربون.

الكورتيزول cortisol: هرمون ستيرويدي قشري يرفع من مستوى الجلوكوز في الدم، تنتجه قشرة الغدة الكظرية ويقلّل الالتهاب.

الكلية Kidney: تشبه حبة الفاصولياء في شكلها وتقوم بترشيح الفضلات والماء والأملاح من الدم.

الكبسولة البلاستولية Blastocyst: تنمو الخلية المخصبة في اليوم الخامس لتصبح كرة مجوفة ثم تنغرس في بطانة الرحم في اليوم السادس.

(ل)

الليفيف العضلي myofibril: ألياف عضلية صغيرة جدًّا تساعد على انقباض العضلات، تتكون من خيوط بروتين الأكتين والميوسين.

(م)

المحور axon: جزء من الخلية العصبية ينقل السيالات العصبية من جسمها إلى الخلايا العصبية الأخرى أو العضلات.

المخ cerebrum: الجزء الأكبر من الدماغ؛ ويقسم إلى نصفي كرة. ويعد المسؤول عن عمليات التفكير العليا التي تتضمن اللغة والتعلم والذاكرة وحركات الجسم الإرادية.

منطقة تحت المهاد hypothalamus: جزء من الدماغ ينظم درجة حرارة الجسم والعطش والشهية، ويحافظ على توازن الماء في الجسم.

الميوسين myosin: خيوط بروتينية، توجد في الخلايا العضلية، وتعمل مع الأكتين على انقباض العضلات.

المادة المُغذية nutrient: مادة كيميائية، يحصل عليها المخلوق الحي من البيئة للقيام بالعمليات الحيوية والحفاظ على الحياة.

المانع لإدرار البول antidiuretic hormone: هرمون يحافظ على اتزان الجسم عن طريق تنظيم مستوى الماء فيه.

المريء esophagus: أنبوب عضلي يصل بين البلعوم والمعدة، ويدفع بالطعام إلى المعدة عن طريق الحركة الدودية.

مسبّب المرض pathogen: عامل مثل البكتيريا والفيروس والطلائعيات والفطريات، يسبب مرضًا مُعديًا.

المضاد الحيوي antibiotic: مادة قادرة على قتل أو تثبيط نمو بعض المخلوقات الحية الدقيقة.

مولد الضد antigen: مادة غريبة عن الجسم تسبب استجابة مناعية، ويمكنه الاتحاد مع الجسم المضاد أو الخلية التائية.

منبهات Stimulants: العقاقير التي تزيد اليقظة والنشاط الجسمي.

مسكنات Depressants: العقاقير التي تقلل من نشاط الجهاز العصبي المركزي.

منظم النبض Pacemaker: مجموعة من الخلايا تقع عند الأذين الأيمن تقوم بإرسال إشارات تجبر عضلات القلب على الانقباض.

(ن)

الناقل العصبي neurotransmitter: مواد كيميائية تنتشر عبر التشابك العصبي لتتحد بالمستقبلات الموجودة على شجيرات الخلايا العصبية المجاورة، فتفتح قنوات على سطح الخلايا الأخرى، فتكوّن جهد فعل جديدًا.

نخاع العظم الأحمر red bone marrow: نوع من النخاع العظمي ينتج خلايا الدم البيضاء والحمراء والصفائح الدموية.

نخاع العظم الأصفر Yellow bone marrow: تكون من دهون مخزنة فقط.

النخاع المستطيل Medulla oblongata: جزء من جذع الدماغ يوصل الإشارات بين الدماغ والحبل الشوكي.

(هـ)

الهضم الكيميائي chemical digestion: تحلل كيميائي للغذاء بوساطة الإنزيمات الهاضمة - ومنها الأميليز- إلى جزيئات صغيرة تستطيع الخلايا امتصاصها.

الهضم الميكانيكي mechanical digestion: تحلل فيزيائي للغذاء يحدث عند مضغ الغذاء وتحويله إلى قطع صغيرة، ثم يطحن بقوة في المعدة والأمعاء الدقيقة.

الهيكل الداخلي endoskeleton: هيكل داخلي يحمي الأعضاء الداخلية، ويدعم جسم الإنسان، ويربط العضلات بسائر الجسم لكي تنقبض.

الهيكل العظمي المحوري axial skeleton: أحد قسمي الجهاز الهيكلي في الإنسان، ويشمل عظام العمود الفقري والأضلاع والجمجمة وعظمة القص.

الهرمون hormone: مادة مثل الإستروجين، تنتجها غدة صماء، وتعمل على الخلايا الهدف.

الهرمون الجاردرقي parathyroid hormone: مادة تنتجها الغدة جارة الدرقية تزيد من مستوى الكالسيوم في الدم عن طريق التأثير في العظام لإطلاق الكالسيوم.

الهيكل الطرفي Appendicular skeleton: يتكون من عظام الطرف العلوي، والطرف السفلي، وعظام الكتف، وعظام الحوض.

الهرمون المانع لإدرار البول Antidiuretic hormone ADH: يحافظ على اتزان الجسم عن طريق تنظيم اتزان الماء.

(و)

الوتر tendon: حزمة من نسيج ضام قاسٍ تربط العضلات مع العظام.

الوريد vein: وعاء دموي يحمل الدم الراجع إلى القلب.

الوعاء الناقل (الأسهر) Vas deferens: قناة تمر فيها الحيوانات المنوية من البربخ إلى الإحليل.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

القسم الثالث

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

قائمة المحتويات

دليل الطالب

كيف تستفيد من كتاب الأحياء؟ 385

الفصل 1

تركيب الخلية ووظائفها 388

تجربة استهلالية 389

1-1 التراكيب الخلوية والعضيات 390

مختبر تحليل البيانات 1-1 395

مختبر تحليل البيانات 1-2 399

1-2 كيمياء الخلية 407

مختبر تحليل البيانات 1-3 410

إثراء علمي: استكشاف تقنية النانو 415

مختبر الأحياء 416

دليل مراجعة الفصل 417

تقويم الفصل 418

الفصل 2

الطاقة الخلوية 426

تجربة استهلالية 427

2-1 كيف تحصل المخلوقات الحية على الطاقة؟ 428

تجربة 2-1 430

2-2 البناء الضوئي 433

تجربة 2-2 435

2-3 التنفس الخلوي 441

مختبر تحليل البيانات 2-1 446

إثراء علمي: البناء الضوئي الاصطناعي 448

مختبر الأحياء 449

دليل مراجعة الفصل 450

تقويم الفصل 451

الفصل 3

التكاثر الخلوي 458

تجربة استهلالية 459

3-1 النمو الخلوي 460

تجربة 3-1 461

3-2 الانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم 465

مختبر تحليل البيانات 3-1 468

3-3 تنظيم دورة الخلية 471

تجربة 3-2 473

إثراء علمي: الخلايا الجذعية 477

مختبر الأحياء 478

دليل مراجعة الفصل 479

تقويم الفصل 480

الفصل 4

التكاثر الجنسي والوراثة 486

تجربة استهلالية 487

4-1 الانقسام المنصِّف 488

مختبر تحليل البيانات 4-1 495

4-2 الوراثة المندلية 496

تجربة 4-1 501

4-3 ارتباط الجينات وتعدد المجموعات الكروموسومية. 504

تجربة 4-2 506

إثراء علمي: اختصاصيّ وراثة النبات 508

مختبر الأحياء 509

دليل مراجعة الفصل 510

تقويم الفصل 511

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

قائمة المحتويات

الفصل 5

الوراثة المعقدة والوراثة البشرية.. 518

نشاط استهلالي..... 519

5-1 الأنماط الأساسية لوراثة الإنسان 520

تجربة 5-1 525

5-2 الأنماط الوراثية المعقدة 527

مختبر تحليل البيانات 5-1 529

5-3 الكروموسومات ووراثة الإنسان 537

تجربة 5-2 541

إثراء علمي: استشاريّ الوراثة 543

مختبر الأحياء 544

دليل مراجعة الفصل 545

تقويم الفصل 546

الفصل 6

الوراثة الجزيئية 552

نشاط استهلالي..... 553

6-1 المادة الوراثية: DNA..... 554

تجربة 6-1 559

6-2 تضاعف DNA..... 562

تجربة 6-2 563

6-3 DNA وRNA، والبروتين..... 565

مختبر تحليل البيانات 6-1 569

6-4 التنظيم الجيني والطفرة..... 571

مختبر تحليل البيانات 6-2 575

إثراء علمي: الكشف عن هوية جزيء DNA .. 581

مختبر الأحياء 582

دليل مراجعة الفصل 583

تقويم الفصل..... 584

مرجعيات الطالب

المصطلحات 590

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

كيف تستفيد من كتاب الأحياء؟

هذا الكتاب ليس كتاب ثقافة عامة، بل كتابًا علميًّا يصف مخلوقات حية، وعمليات حيوية، وتطبيقات تقنية. لذا فأنت تقرؤه لتحصيل العلم.
وفيما يأتي بعض الأفكار والإرشادات التي تساعدك على قراءته.

قبل أن تقرأ

اقرأ كلًّا من الفكرة العامة و الفكرة الرئيسة قبل قراءة الفصل أو في أثنائه؛ فهما تزودانك بنظرة عامة تمهيدية لهذا الفصل.

لكل فصل فكرة عامة تقدم صورة شمولية عنه. ولكل موضوع من موضوعاته فكرة رئيسة تدعم فكرته العامة.

طرائق أخرى للمراجعة

- اقرأ عنوان الفصل لتتعرّف موضوعاته.
- تصفح الصور والرسوم والجداول.
- ابحث عن المفردات البارزة المظلّلة باللون الأصفر.
- اعمل مخططًا للفصل باستخدام العناوين الرئيسة والعناوين الفرعية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

كيف تستفيد من كتاب الأحياء؟

عندما تقرأ

فـي كل جـزء مـن الفصل سـتجد أسـاليب لتعميـق فهمك للموضوعات التي ستدرسها، واختبار مدى استيعابك لها.

1-1

الأهداف
- تصف آلية عمل الغشاء البلازمي.
- تحدد تركيب أجزاء خلية حقيقية النواة ووظيفتها.
- تقارن بين تراكيب الخلايا النباتية والحيوانية.

مراجعة المفردات
التنظيم: التركيب المتنظم للخلايا في التدرج الحي

المفردات الجديدة
الغشاء البلازمي
العضيات
النفاذية الاختيارية
طبقة الدهون المفسفرة المزدوجة
البروتين الشكل
النموذج الفسيفسائي السائل
الهيكل الخلوي
البلاستيدات الخضراء
الجدار الخلوي
الفجوة
السيتوبلازم

التراكيب الخلوية والعضيات
Cellular structures and organelles

الربط مع الحياة: عندما تدخل إلى مدرستك تمر عبر بوابة متصلة بسور يحيط بالمدرسة. يمنع هذا السور غير المعنيين من دخول المدرسة، في حين يُسمح بدخول الطلاب والعاملين والآباء. وتكل من الخلية البدائية النواة والحقيقية النواة تركيب يحافظ على البيئة الداخلية لها. وفي مدرستك يقوم المعلمون بتدريس المواد كل بحسب تخصصه، مما يؤدي في النهاية إلى كيان تربوي متكامل يؤدي وظيفة واحدة هي التعليم. وكذلك تؤدي تراكيب الخلايا الحقيقية النواة مهام معينة كأعضاء المدرسة تمامًا.

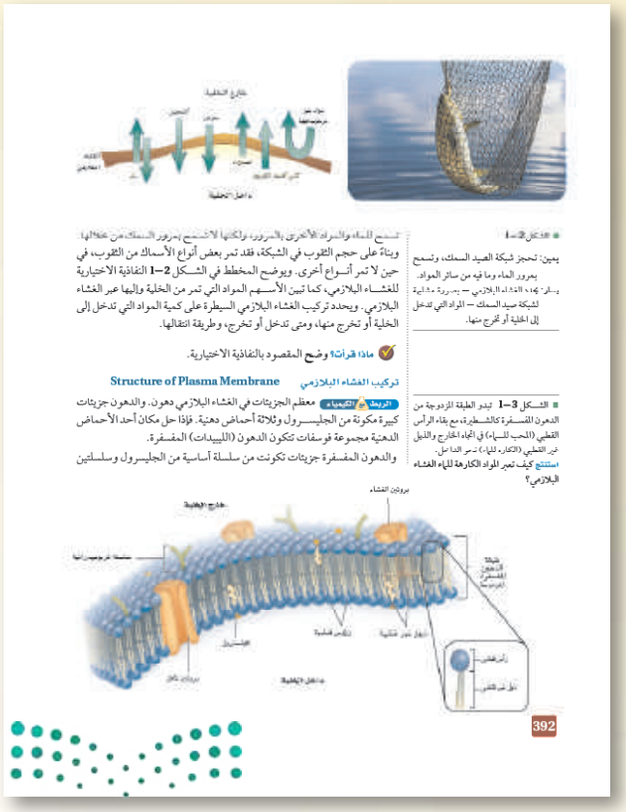
الأنواع الأساسية للخلايا Basic Types of Cells

تعد الخلايا الوحدات الأساسية للمخلوقات الحية جميعها. وتوجد بأشكال وحجوم مختلفة. كما تتخصص بناءً على الوظيفة التي تؤديها في المخلوقات الحية. تشترك جميع الخلايا في صفة تركيبية هي الغشاء البلازمي. والغشاء البلازمي plasma membrane في الشكل 1-1، هو حاجز خاص يساعد على ضبط ما يدخل إلى الخلية وما يخرج منها. وللخلايا عادةً عدد من الوظائف المشتركة. فمثلاً تحوي جميع الخلايا مادة وراثية تعطي معلومات وتعليمات للخلية لإنتاج مواد تحتاج إليها.

الشكل 1-1 حجم الخلية البدائية النواة عن اليسار أصغر وأقل تعقيدًا من الخلية الحقيقية النواة عن اليمين. تم تكبير الخلية البدائية النواة لغرض المقارنة.

390

الربط مع الحياة: يصف ارتباط المحتوى مع حياتك.


الشكل 2-1

يمين: تحجز شبكة الصيد السمك، وتسمح بمرور الماء وما فيه من سائر المواد.

يسار: يمثل الغشاء البلازمي — بمرونة — شبكة صيد السمك — المواد التي تدخل إلى الخلية أو تخرج منها.

تسمح للماء والمواد الأخرى بالمرور، ولكنها لا تسمح بمرور السمك من خلالها.

وبناءً على حجم الثقوب في الشبكة، فقد تمر بعض أنواع الأسماك من الثقوب، في حين لا تمر أنواع أخرى. ويوضح المخطط في الشكل 2-1 النفاذية الاختيارية للغشاء البلازمي، كما تبين الأسهم المواد التي تمر من الخلية وإليها عبر الغشاء البلازمي. ويحدد تركيب الغشاء البلازمي السيطرة على كمية المواد التي تدخل إلى الخلية أو تخرج منها، ومتى تدخل أو تخرج، وطريقة انتقالها.

ماذا قرأت؟ وضح المقصود بالنفاذية الاختيارية.

تركيب الغشاء البلازمي Structure of Plasma Membrane

الربط مع الكيمياء معظم الجزيئات في الغشاء البلازمي دهون. والدهون جزيئات كبيرة مكونة من الجليسرول وثلاثة أحماض دهنية. فإذا حل مكان أحد الأحماض الدهنية مجموعة فوسفات تتكون الدهون (الليبيدات) المفسفرة.

والدهون المفسفرة جزيئات تكونت من سلسلة أساسية من الجليسرول وسلسلتين

الشكل 3-1 تبدو الطبقة المزدوجة من الدهون المفسفرة كالشطيرة، مع بقاء الرأس القطبي (المحب للماء) في اتجاه الخارج والذيل غير القطبي (الكاره للماء) في مركز الشطيرة.

استنتج كيف تعبر المواد الكارهة للماء الغشاء البلازمي؟

392

ماذا قرأت؟ أسئلة تقوّم مدى فهمك لما درسته.

مهارات قرائية

- اسأل نفسك: ما الفكرة العامة؟ وما الفكرة الرئيسة؟
- فكِّر في المخلوقات الحية والمواقف التي مررت بها، هل هناك علاقة بينها وبين دراستك لمادة الأحياء؟
- اربط معلومات مادة الأحياء التي درستها مع المجالات العلمية الأخرى.
- توقع نتائجك من خلال توظيف المعلومات التي لديك.
- غيّر توقعاتك حينما تقرأ معلومات جديدة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

كيف تستفيد من كتاب الأحياء؟

بعد ما قرأت

اقرأ الخلاصة، وأجب عن الأسئلة؛ لتقويم مدى فهمك لما درسته.

يتضمَّن كل جزء في الفصل أسئلة وخلاصة؛ حيث تقدم الخلاصة مراجعة المفاهيم الرئيسة، في حين تختبر الأسئلةُ فهمك لما درسته.

ستجد في نهاية كل فصل دليلًا للمراجعة متضمنًا المفردات والمفاهيم الرئيسة. استعمل هذا الدليل للمراجعة وللتأكد من مدى استعيابك.

طرائق أخرى للمراجعة

- حدّد الفكرة العامة.
- اربط الفكرة الرئيسة بـ الفكرة العامة.
- استخدم كلماتك الخاصة لتوضيح ما قرأت.
- وظِّف المعلومات التي تعلمتها في المنزل، أو في موضوعات أخرى تدرسها.
- حدد المصادر التي يمكن أن تستخدمها في البحث عن المزيد من المعلومات حول الموضوع.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 1

تركيب الخلية ووظائفها
Cell Structure & Functions

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفكرة العامة الخلايا هي وحدات التركيب والوظيفة في كل المخلوقات الحية.

1-1 التراكيب الخلوية والعضيات

الفكرة الرئيسة يساعد الغشاء البلازمي على المحافظة على الاتزان الداخلي للخلية، كما تسمح العضيات الموجودة في الخلايا الحقيقية النواة بالقيام بوظائف متخصصة داخل الخلية.

1-2 كيمياء الخلية

الفكرة الرئيسة تتكون خلايا المخلوقات الحية من مركبات عضوية يدخل في تركيبها الكربون بوصفه عنصرًا أساسيًّا.

حقائق في علم الأحياء

- يتكون جسم الإنسان من عشرة تريليونات خلية.
- أكبر قُطر لخلية في جسم الإنسان تساوي قُطر شعرة تقريبًا.
- هناك 200 نوع من الخلايا في جسم الإنسان مصدرها خلية واحدة.

تجربة استهلالية

ما الخلية؟

تتكون الأشياء كلها من ذرات وجزيئات، وتنتظم الذرات والجزيئات في المخلوقات الحية فقط لتكون خلايا. تستخدم في هذه التجربة المجهر المركب لمشاهدة شرائح لمخلوقات حية وأخرى غير حية.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك.
3. احصل على شرائح لعينات متنوعة.
4. استخدم المجهر المركب في مشاهدة الشرائح، مستخدمًا قوة التكبير التي يحددها معلمك.
5. املأ جدول البيانات الذي أعددته في أثناء مشاهدتك الشرائح.

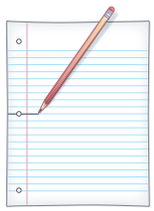
التّحليل

1. **صف** بعض الطرائق التي تستخدم للتمييز بين المخلوقات الحية والأشياء غير الحية.
2. **اكتب** تعريفًا للخلية اعتمادًا على ملاحظاتك.

المطويات
منظمات الأفكار

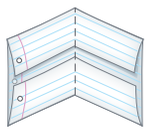
الإنزيمات اعمل المطوية الآتية لتساعدك على فهم تركيب الإنزيمات ووظائفها.

الخطوة 1: ارسم خطًّا على طول منتصف ورقة، كما في الشكل الآتي:

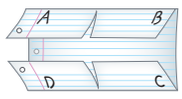


الخطوة 2: اطو الورقة نصفين، كما في الشكل الآتي:

الخطوة 3: اطو الورقة عموديًّا مرة أخرى إلى نصفين كما في الشكل الآتي:



الخطوة 4: افتح الورقة المطوية، واقطع بالمقص عند خطوط الطي لتكوِّن أربعة ألسنة، ثم اكتب أحد الرموز: A, B, C, D على كل لسان، كما في الشكل الآتي:



المطويات **استعمل هذه المطوية في القسم 2–1.** سجل وأنت تقرأ الدرس ما تعلمته عن الإنزيمات. وعلى الوجه الخلفي للمطوية ارسم الخطوات الأربع العامة في نشاط الإنزيم.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

1-1

التراكيب الخلوية والعضيات
Cellular structures and organelles

الأهداف
- **تصف** آلية عمل الغشاء البلازمي.
- **تحدد** تركيب أجزاء خلية حقيقية النواة ووظيفتها.
- **تقارن** بين تراكيب الخلايا النباتية والحيوانية.

مراجعة المفردات
التنظيم: التركيب المنتظم للخلايا في المخلوق الحي.

المفردات الجديدة
الغشاء البلازمي
العضيات
النفاذية الاختيارية
طبقة الدهون المفسفرة المزدوجة
البروتين الناقل
النموذج الفسيفسائي السائل
الهيكل الخلوي
البلاستيدات الخضراء
الجدار الخلوي
الهدب
السوط

الفكرة الرئيسة **يساعد الغشاء البلازمي على المحافظة على الاتزان الداخلي للخلية، كما تسمح العضيات الموجودة في الخلايا الحقيقية النواة بالقيام بوظائف متخصصة داخل الخلية.**

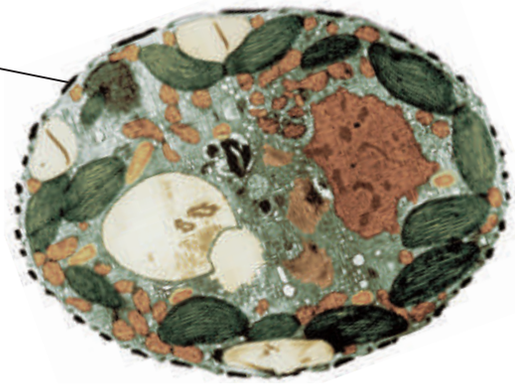
الربط مع الحياة عندما تدخل إلى مدرستك تمر عبر بوابة متصلة بسور يحيط بالمدرسة. يمنع هذا السور غير المعنيين من دخول المدرسة، في حين يُسمح بدخول الطلاب والعاملين والآباء. ولكل من الخلية البدائية النواة والحقيقية النواة تركيب يحافظ على البيئة الداخلية لها. وفي مدرستك يقوم المعلمون بتدريس المواد، كل بحسب تخصصه، مما يؤدي في النهاية إلى كيان تربوي متكامل يؤدِّي وظيفة واحدة هي التعليم. وكذلك تؤدِّي تراكيب الخلايا الحقيقية النواة مهامّ معينة كأعضاء المدرسة تمامًا.

الأنواع الأساسية للخلايا Basic Types of Cells

تعد الخلايا الوحدات الأساسية للمخلوقات الحية جميعها. وتوجد بأشكال وحجوم مختلفة. كما تختلف بناءً على الوظيفة التي تؤديها في المخلوقات الحية. تشترك جميع الخلايا في صفة شكلية هي الغشاء البلازمي. والغشاء البلازمي plasma membrane في **الشكل 1–1**، هو حاجز خاص يساعد على ضبط ما يدخل إلى الخلية وما يخرج منها. وللخلايا عادةً عدد من الوظائف المشتركة. فمثلاً تحوي جميع الخلايا مادة وراثية تعطي معلومات وتعليمات للخلية لإنتاج مواد تحتاج إليها.

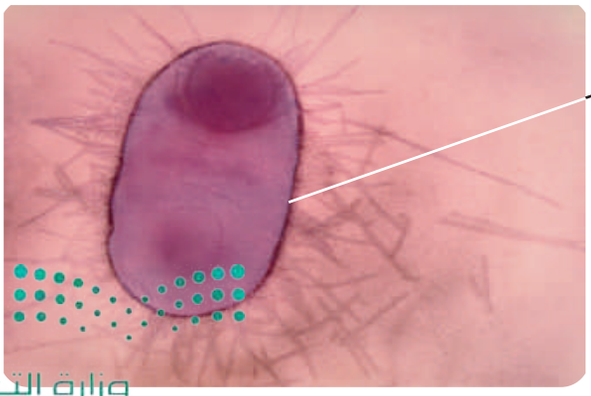
الشكل 1–1 حجم الخلية البدائية النواة عن اليسار أصغر وأقل تعقيدًا من الخلية الحقيقية النواة عن اليمين. تم تكبير الخلية البدائية النواة لغرض المقارنة.

صورة ملونة بالمجهر الإلكتروني الماسح النافذ: التكبير غير معروف



خلية حقيقية النواة

صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني الماسح النافذ: التكبير × 15,000



خلية بدائية النواة

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

كما تحلل الخلايا الجزيئات لإنتاج الطاقة اللازمة لعمليات الأيض. وقد قسم العلماء الخلايا إلى مجموعتين، هما: الخلايا البدائية النواة Prokaryotic cells، والخلايا الحقيقية النواة Eukaryotic cells. يبين الشكل **1–1** صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لهذه الخلايا. وعادة ما تكون الخلايا الحقيقية النواة أكبر من الخلايا البدائية النواة، بل قد يزيد حجمها عليها مئة مرة.

ماذا قرأت؟ **قارن** بين أحجام الخلايا البدائية النواة والحقيقية النواة.

قارن بين أنواع الخلايا في **الشكل 1–1**، ستلاحظ أن هناك اختلافات بينهما في تراكيبهما الداخلية؛ ولذلك وضعها العلماء في مجموعتين مختلفتين. فكلتاهما تحوي غشاء بلازميًّا، إلا أن إحداهما تحوي تراكيب داخلية مميزة تسمى **العضيات** organelles، وهي تراكيب خاصة تقوم بوظائف محددة.

تجربة استهلالية

مراجعة بناءً على ما قرأته عن الخلية، كيف تجيب الآن عن أسئلة التحليل؟

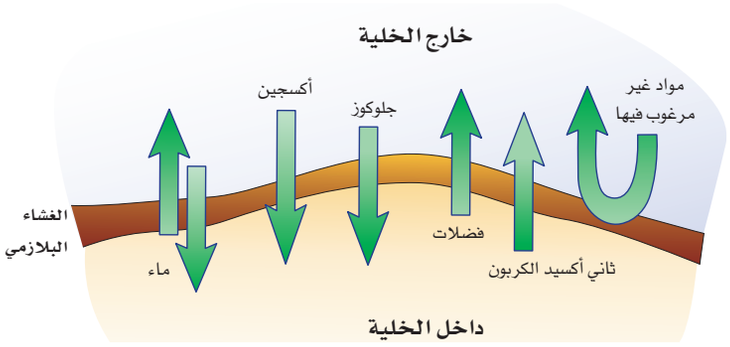
تحوي الخلايا الحقيقية النواة نواة وعضيات أخرى محاطة بأغشية؛ أما النواة فهي عضية مركزية مميزة تحوي المادة الوراثية على شكل DNA. تسمح العضيات للخلية بالقيام بوظائفها في أجزاء مختلفة من الخلية في الوقت نفسه. وتتكون معظم المخلوقات الحية من الخلايا الحقيقية النواة. كما أن بعض المخلوقات الحية الوحيدة الخلية – ومنها بعض الطلائعيات كالطحالب والفطريات كالخميرة– من المخلوقات حقيقية النواة.أما الخلايا البدائية النواة فهي خلايا ليس لها نواة أو عضيات محاطة بغشاء. ومعظم المخلوقات الحية الوحيدة الخلية – ومنها البكتيريا – خلايا بدائية النواة؛ لذا سميت الخلايا البدائية النواة.

وظيفة الغشاء البلازمي Function of the Plasma Membrane

درست سابقًا أن عملية المحافظة على اتزان البيئة الداخلية للمخلوقات الحية تسمى الاتزان الداخلي، وهي ضرورية لبقاء الخلية. ويعد الغشاء البلازمي أحد التراكيب المسؤولة أساسًا عن الاتزان الداخلي؛ فهو حاجز فاصل رقيق مرن بين الخلية وبيئتها يسمح بمرور المواد المغذية إلى الخلية وخروج الفضلات والمواد الأخرى. تحوي جميع الخلايا البدائية والحقيقية النواة غشاءً بلازميًّا يفصلها عن البيئة السائلة التي توجد فيها.

تعد خاصية **النفاذية الاختيارية** selective permeability إحدى الصفات المهمة للغشاء البلازمي؛ إذ يسمح الغشاء البلازمي بمرور بعض المواد إلى الخلية، ويمنع مرور أخرى.

اعتبر أن شبكة الصيد تمثل النفاذية الاختيارية، فالشبكة المبينة في **الشكل 2–1**،



■ **الشكل 2–1**

يمين: تحجز شبكة الصيد السمك، وتسمح بمرور الماء وما فيه من سائر المواد.

يسار: يحدد الغشاء البلازمي – بصورة مشابهة لشبكة صيد السمك – المواد التي تدخل إلى الخلية أو تخرج منها.

تسمح للماء والمواد الأخرى بالمرور، ولكنها لا تسمح بمرور السمك من خلالها. وبناءً على حجم الثقوب في الشبكة، فقد تمر بعض أنواع الأسماك من الثقوب، في حين لا تمر أنــواع أخرى. ويوضح المخطط في الشــكل **2–1** النفاذية الاختيارية للغشــاء البلازمي، كما تبين الأســهم المواد التي تمر من الخلية وإليها عبر الغشاء البلازمي. ويحدد تركيب الغشاء البلازمي السيطرة على كمية المواد التي تدخل إلى الخلية أو تخرج منها، ومتى تدخل أو تخرج، وطريقة انتقالها.

ماذا قرأت؟ **وضح** المقصود بالنفاذية الاختيارية.

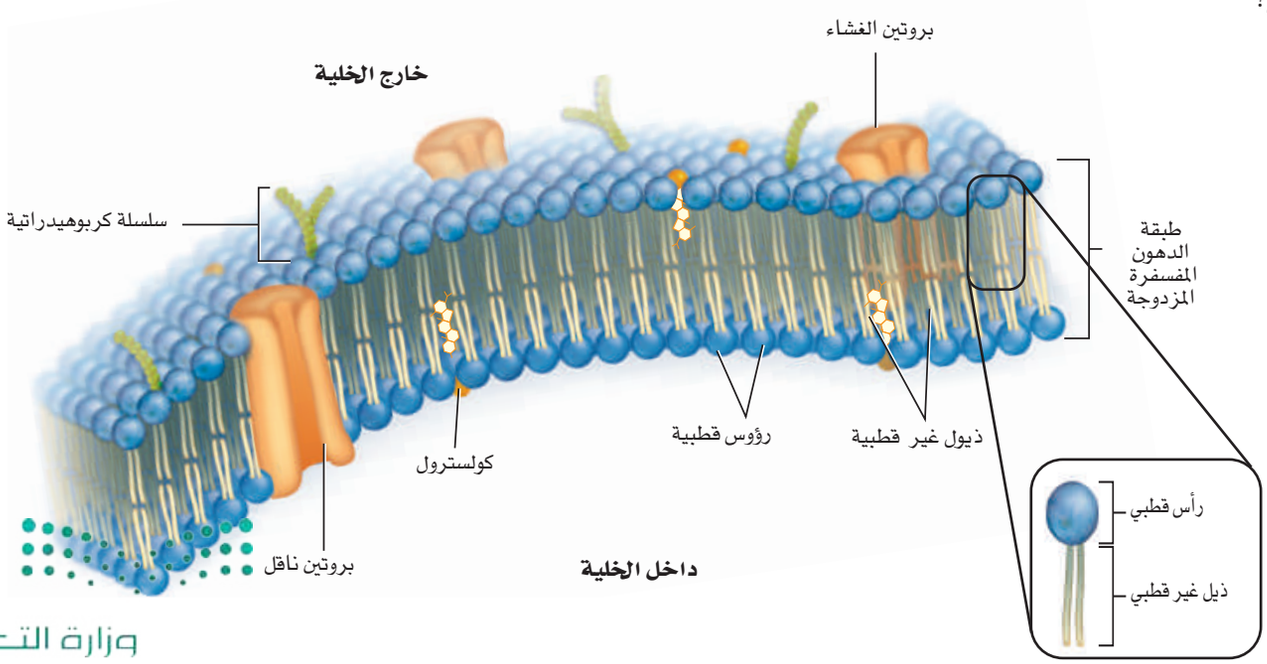
تركيب الغشاء البلازمي Structure of Plasma Membrane

الربط مع الكيمياء معظم الجزيئات في الغشاء البلازمي دهون. والدهون جزيئات كبيرة مكونة من الجليســرول وثلاثة أحماض دهنية. فإذا حل مكان أحد الأحماض الدهنية مجموعة فوسفات تتكون الدهون (الليبيدات) المفسفرة.

والدهون المفسفرة جزيئات تكونت من سلسلة أساسية من الجليسرول وسلسلتين

■ **الشــكل 3–1** تبدو الطبقة المزدوجة من الدهون المفســفرة كالشــطيرة، مع بقاء الرأس القطبي (المحب للــماء) في اتجاه الخارج والذيل غير القطبي (الكاره للماء) نحو الداخل.

استنتج **كيف تعبر المواد الكارهة للماء الغشاء البلازمي؟**



من الأحماض الدهنية ومجموعة فوسفات. ويتكون الغشاء البلازمي من طبقتين من **الدهون المفسفرة المزدوجة** phospholipid bilayer، تترتب ذيلاً مقابل ذيل، كما في **الشكل 3–1**؛ وبطريقة تسمح بأن يبقى الغشاء البلازمي قائمًا في بيئة سائلة.

طبقة الدهون المفسفرة المزدوجة The phospholipid bilayer

تلاحظ في الشكل **3–1** أن كل طبقة دهون مفسفرة رُسمت على شكل رأس له ذيلان؛ حيث تكوّن مجموعة الفوسفات رأسًا قطبيًّا في كل طبقة من الدهون المفسفرة. وينجذب الرأس القطبي إلى الماء؛ لأن الماء قطبي أيضًا. أمّا ذيلا الأحماض الدهنية فهما غير قطبيين ويتنافران مع الماء.

تشكل جزيئات طبقتي الدهون المفسفرة ما يشبه الشطيرة، حيث تكوِّن فيها ذيولُ الأحماض الدهنية الجزءَ الداخليَّ (الأوسط) من الغشاء البلازمي، في حين تكون رؤوس الدهون المفسفرة مواجهة للبيئة السائلة داخل الخلية وخارجها، **الشكل 3–1**. ويعد التركيب المزدوج مهمًّا في تكوين الغشاء البلازمي وأدائه لوظيفته. تترتب الدهون المفسفرة بطريقة تجعل الرؤوس القطبية هي الأقرب إلى جزيئات الماء، والذيول غير القطبية هي الأبعد عنها. وعندما تتجمع جزيئات الدهون المفسفرة معًا بهذا النمط فإنها تشكل حاجزًا سطحه قطبي وأوسطه غير قطبي. ولذلك لا تمر المواد الذائبة في الماء بسهولة عبر الغشاء البلازمي؛ لأن وسط الغشاء غير القطبي يعيقها. وهكذا يستطيع الغشاء البلازمي فصل بيئة الخلية الداخلية عن بيئتها الخارجية.

مكوّنات الغشاء البلازمي الأخرى Other components of plasma membrane

يوجد على السطح الخارجي للغشاء البلازمي بروتينات، تسمى المستقبلات، ترسل إشارات إلى داخل الخلية. كما تقوم بروتينات الغشاء البلازمي الموجودة على السطح الداخلي له بربطه مع تراكيب الدعم الخلوية الداخلية، مما يعطي الخلية شكلاً مميزًا. كما تخترق بروتينات أخرى الغشاء كله فتكوّن قنوات تدخل من خلالها بعض المواد إلى الخلية أو تخرج منها. وتنقل **البروتينات الناقلة** transport proteins المواد التي تحتاج إليها الخلية أو الفضلات عبر الغشاء البلازمي. ومن المواد التي تنتقل عبر طبقة الدهون المفسفرة في الغشاء البلازمي الكولسترول، والبروتينات والكربوهيدرات. فتلاحظ أن البروتينات تسهم في خاصية النفاذية الاختيارية للغشاء البلازمي.

ماذا قرأت؟ صف فوائد التركيب الطبقي المزدوج للغشاء البلازمي.

حدّد موقع جزيئات الكولسترول في **الشكل 3–1**. يتنافر الماء والكولسترول غير القطبي ولهذا نجد الكولسترول بين الدهون المفسفرة.

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام الشائع

القطبي polar

الاستخدام العلمي: التوزيع غير المتساوي للشحنات.

يجذب الطرف الموجب للجزيء القطبي الطرف السالب لجزيء قطبي آخر.

الاستخدام العام: مرتبط جغرافيًّا بالمنطقة القطبية.

يبلغ سمك الغطاء الجليدي القطبي في بعض المناطق 1.6 km تقريبًا.

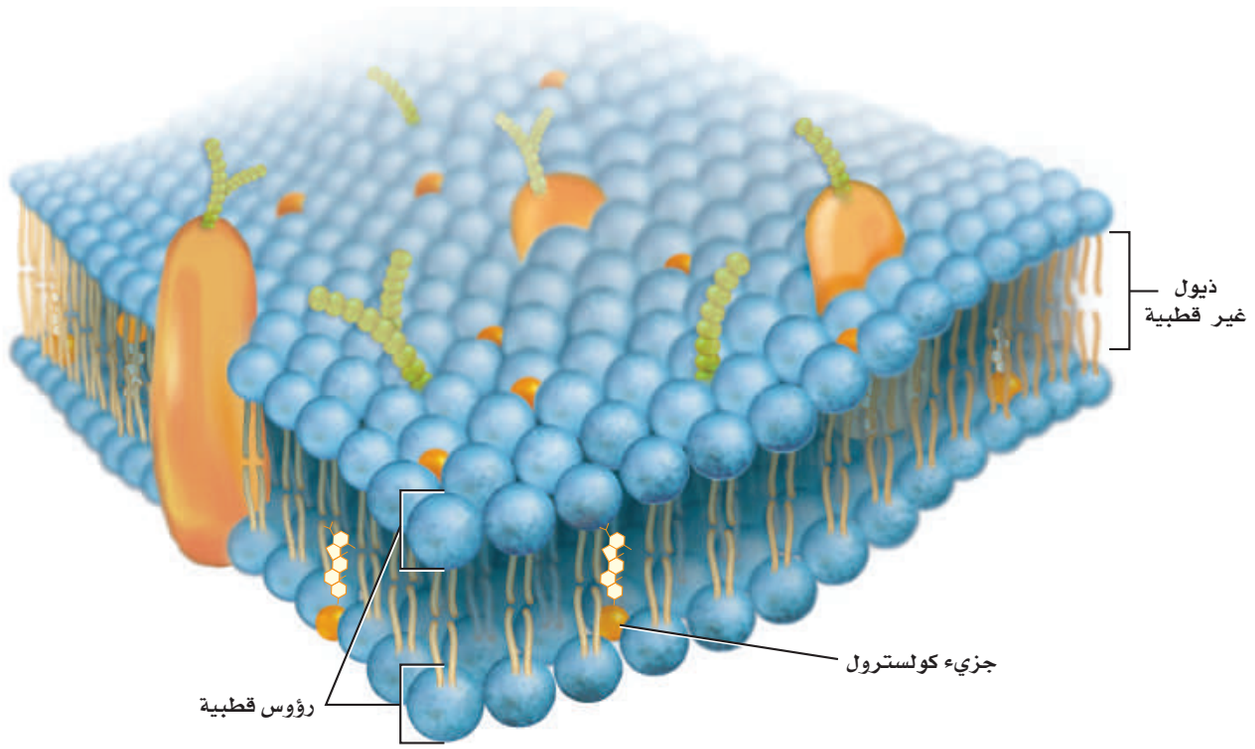
إرشادات الدراسة

مناقشة اطلب من الطلاب العمل في مجموعات ثنائية، وأن يسأل بعضهم بعضًا أسئلة تتعلق بالغشاء البلازمي، ويتناقشوا معًا في إجاباتهم، على أن يأخذ كل منهم دوره في المناقشة وطرح الأسئلة.

يســاعد الكولسترول على منع التصاق ذيول الأحماض الدهنية في طبقة الدهون المفســفرة المزدوجة بعضها مع بعض، مما يسهم في ســيولة الغشاء البلازمي. وعلى الرغــم من التوصية بعدم تناول المواد الغنية بالكولســترول بكثرة، إلا أن الكولسترول يؤدي دورًا مهمًّا في تركيب الغشاء البلازمي، ويعد مكونًا مهمًّا أيضًا في الحفاظ على الاتزان الداخلي للخلية.

وهناك مواد أخرى في الغشــاء البلازمــي، ومنها الكربوهيــدرات المرتبطة مع البروتينات لتحدد خصائص الخلية وتساعدها على معرفة الإشارات الكيميائية. فمثلاً، تســاعد الكربوهيدرات الموجودة على الغشاء البلازمي الخلايا المقاومة للمرض على تمييز الخلية الضارة وتهاجمها. تكوّن الدهون المفسفرة المزدوجة "بحرًا" تعوم فيه الجزيئات. ومفهوم البحر هذا هو أســاس **النموذج الفسيفسائي السـائل** fluid mosaic model في الغشاء البلازمي. وتتحرك الدهون المفسفرة جانبيًّا داخل الغشاء البلازمي. وفي الوقت نفسه، تتحرك مكونات أخرى – ومنها البروتينات خلال الدهون المفســفرة. وبســبب وجود مواد مختلفة في الغشــاء البلازمي يتكوَّن نمط فسيفســائي على ســطح الخلية، **الشــكل 4–1**. كما أن مكوّنات الغشاء البلازمي في حركة دائمة وثابتة، وينزلق بعضها فوق بعض.

■ **الشكل 4–1** يشير النموذج الفسيفسائي الســائل إلى غشــاء بلازمي قــادر على نقل المكوّنات من خلاله.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

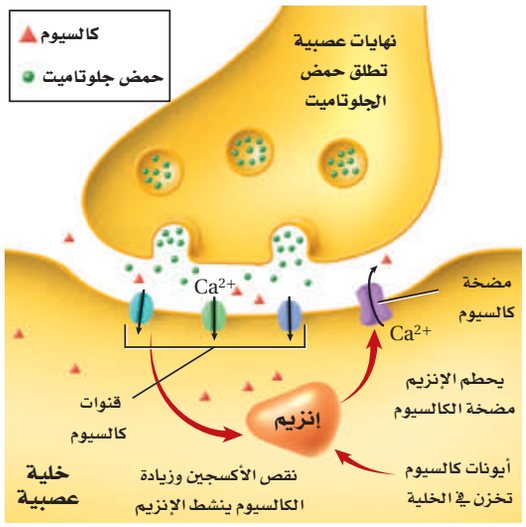
مختبر تحليل البيانات 1-1

بناءً على بيانات حقيقية

تفسير الشكل

كيف تسهم قنوات البروتين في موت الخلايا العصبية بعد السكتة الدماغية؟
تحدث السكتة الدماغية عندما تسد خثرة دم تدفق الدم المؤكسج إلى جزء من الدماغ. ولأن الخلايا العصبية التي تطلق حمض الجلوتاميت حساسة لنقص الأكسجين؛ فتطلق كمية كبيرة من حمض الجلوتاميت عندما يقل مستوى الأكسجين. ويؤدي التدفق الكبير لحمض الجلوتاميت إلى تدمير مضخة الكالسيوم. ويؤثر هذا في حركة الكالسيوم داخل الخلية العصبية وخارجها. وعندما تحتوي الخلايا على فائض من الكالسيوم يحدث خلل في الاتزان الداخلي.

البيانات والملاحظات



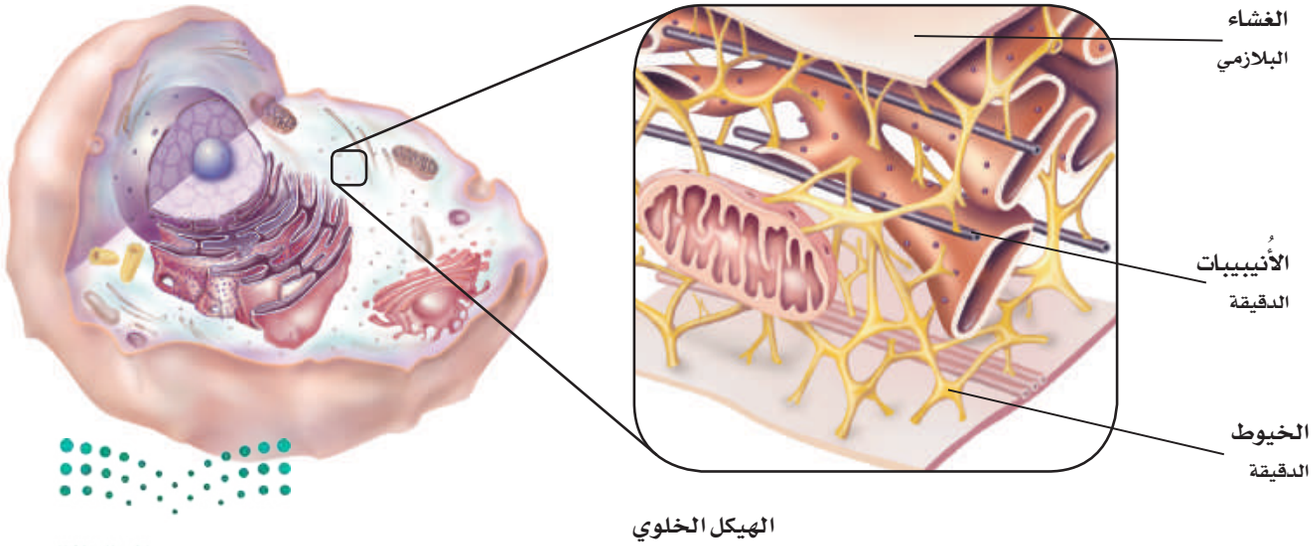
أخذت البيانات في هذا المختبر من:
Choi, D.W. 2005 Neurodegeneration: celluar defence destroyed. *Nature* 433: 696–698

التفكير الناقد

1. **فسِّر** كيف يدمر تدفق حمض الجلوتاميت مضخة الكالسيوم؟
2. **توقّع** ماذا يحدث إذا انخفضت مستويات الكالسيوم في خلية عصبية خلال السكتة الدماغية؟

السيتوبلازم والهيكل الخلوي Cytoplasm and Cytoskeleton

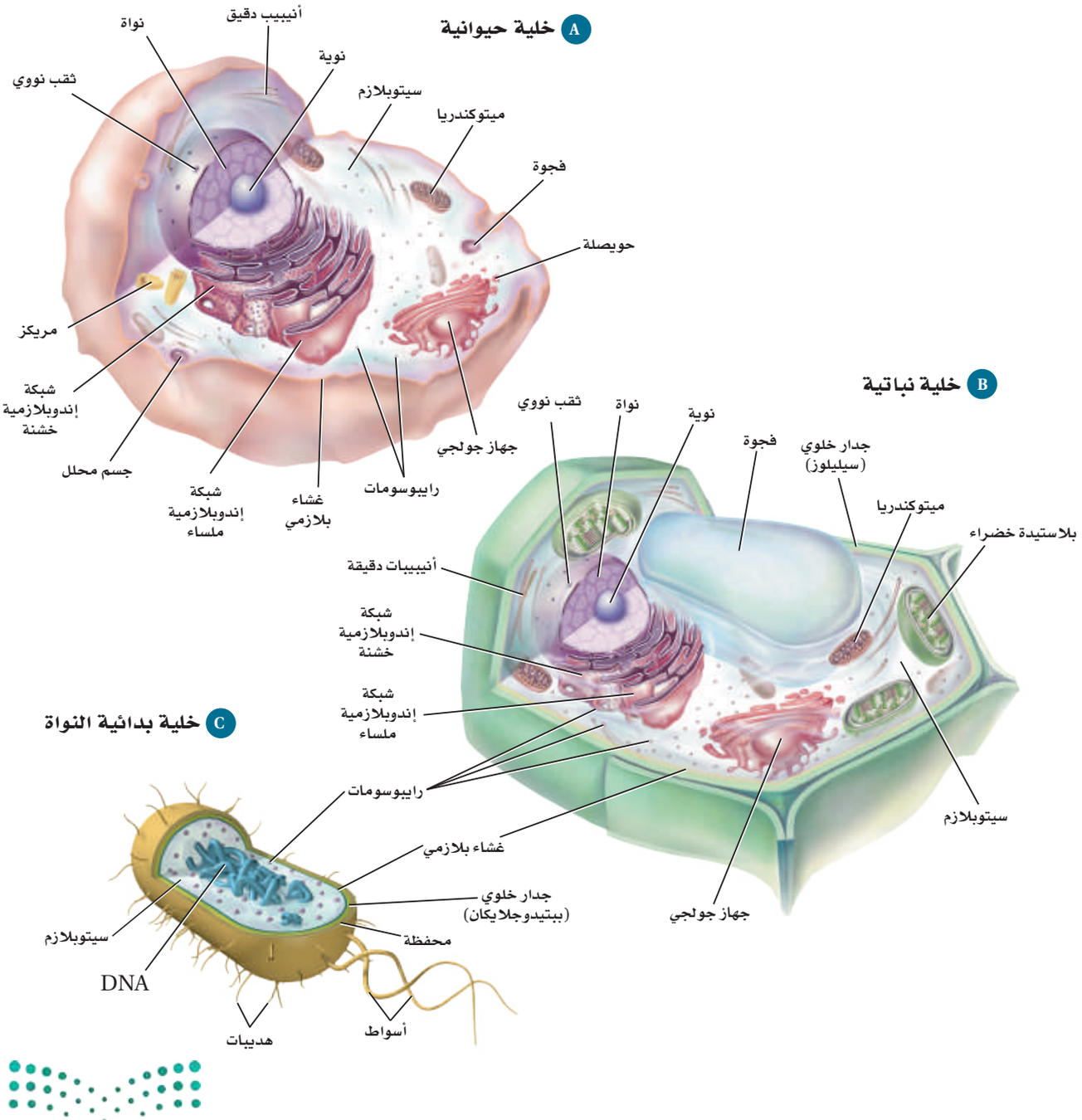
تعرَّفت جزء الخلية الذي يعمل حاجزًا بين بيئة الخلية الداخلية والخارجية. فالبيئة داخل الخلية شبه سائلة وتسمى السيتوبلازم. اكتشف علماء الأحياء أن العضيات لا تسبح في الخلية، ولكن تدعمها تراكيب داخل السيتوبلازم، كما في **الشكل 5–1**. و**الهيكل الخلوي** cytoskeleton شبكة مكوَّنة من خيوط بروتينية طويلة تدعم الخلية وتعطيها شكلها، وتثبّت العضيات داخل الخلايا. كما يساعد الهيكل الخلوي على حركة الخلية وأنشطتها الأخرى.



الهيكل الخلوي

■ **الشكل 5–1** يتكون الهيكل الخلوي من الأنيبيبات الدقيقة والخيوط الدقيقة.

■ **الشـكل 6–1** قارن بين مكونات خلية حيوانية وخلية نباتية وخلية بدائية النواة في الرسـوم أدناه. توجد بعـض العضيات في الخلايا النباتية فقط، وتوجد عضيات أخرى في الخلايا الحيوانية فقط. كما لا توجد عضيات محاطة بغشاء في الخلايا البدائية النواة.



يتكون الهيكل الخلوي من تراكيب ثانوية تسمى الأُنيبيبات الدقيقة والخيوط الدقيقة. والأنيبيبات الدقيقة تراكيب أسطوانية طويلة مجوفة من البروتين تكوّن هيكلاً صلبًا للخلية، وتساعد على حركة المواد داخل الخلية. أما الخيوط الدقيقة فهي خيوط بروتينية رفيعة تساعد على إعطاء الخلية شكلها، وتمكّن الخلية كاملة أو جزءًا منها من الحركة. وتتجمع الأنيبيبات والخيوط الدقيقة أو تتفرق لينزلق بعضها فوق بعض، مما يسهم في حركة الخلية.

تراكيب الخلية Cell Structures

هناك مناطق منفصلة في المصانع مخصصة لأداء مهامّ مختلفة. وكذلك الخلية الحقيقية النواة لها مناطق مختلفة للقيام بالمهام. ويؤدّي وجود العضيات المحاطة بالغشاء إلى القيام بعمليات كيميائية مختلفة في الوقت نفسه وفي أجزاء مختلفة من السيتوبلازم. كما تقوم العضيات بالعمليات الخلوية الضرورية، ومنها بناء البروتين، وتحويل الطاقة، وهضم الغذاء، وإخراج الفضلات، وانقسام الخلية. ولكل عضية تركيب ووظيفة مميزان. ويمكنك مقارنة العضيات بمكاتب المصنع، وخطوط التجميع، ومناطق أخرى مهمة تحافظ على استمرار الإنتاج. ارجع إلى مخططات الخلايا النباتية والحيوانية في **الشكل 6–1**، عند دراسة كل من هذه العضيات.

النواة Nucleus تحتاج الخلية إلى عضية لتنظيم عملياتها؛ فالنواة، في **الشكل 7–1**، هي التركيب الذي ينظم عمليات الخلية. وتحوي النواة معظم DNA الخلية الذي يخزن المعلومات التي تستخدم في بناء البروتينات اللازمة لنموها، ووظيفتها وتكاثرها. تحاط النواة بغشاء مزدوج يسمى الغلاف النووي، وهو مشابه للغشاء البلازمي إلا أن للغلاف النووي ثقوبًا تسمح للمواد الأكبر حجمًا بدخول النواة والخروج منها. كما تنتشر المادة الكروماتينية داخل النواة، وهي عبارة عن DNA معقد يرتبط ببروتين.

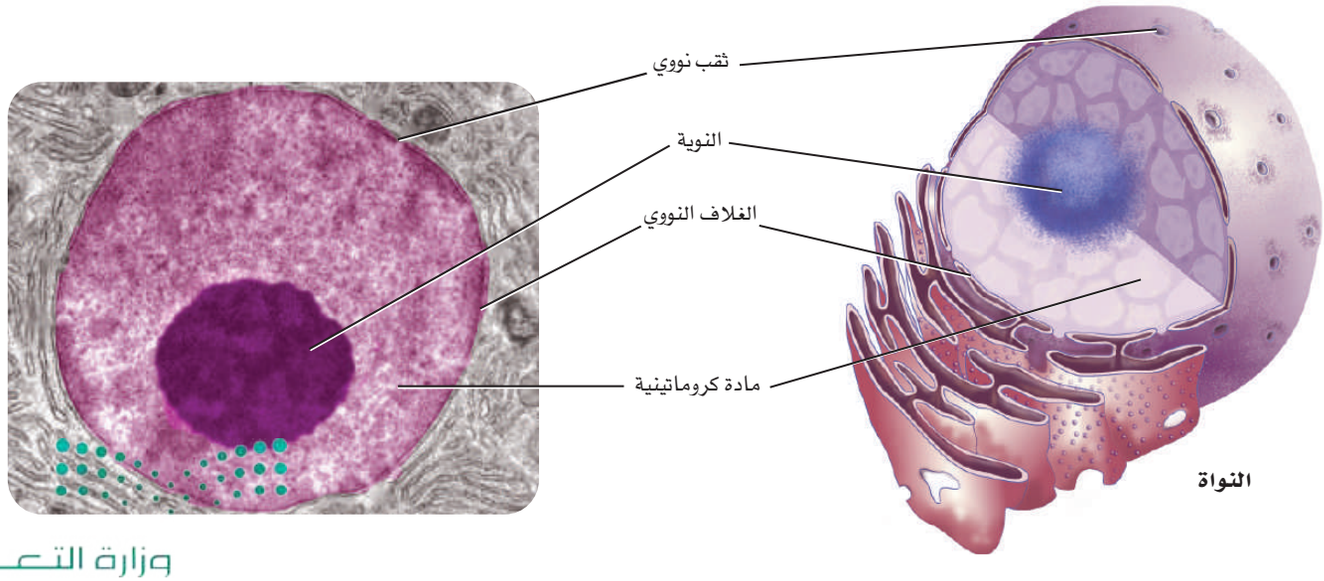
ماذا قرأت؟ **صف** دور النواة.

المفردات

أصل الكلمة

سيتوبلازم Cytoplasm

هيكل خلوي Cytoskeleton، يرجع أصل مقطع: **Cyte** – إلى اللغة اليونانية، ويعني الخلية.



الشكل 7–1 يمين شكل نواة الخلية ثلاثي الأبعاد .وتبين الصورة يسارًا مقطعًا عرضيًّا في النواة.

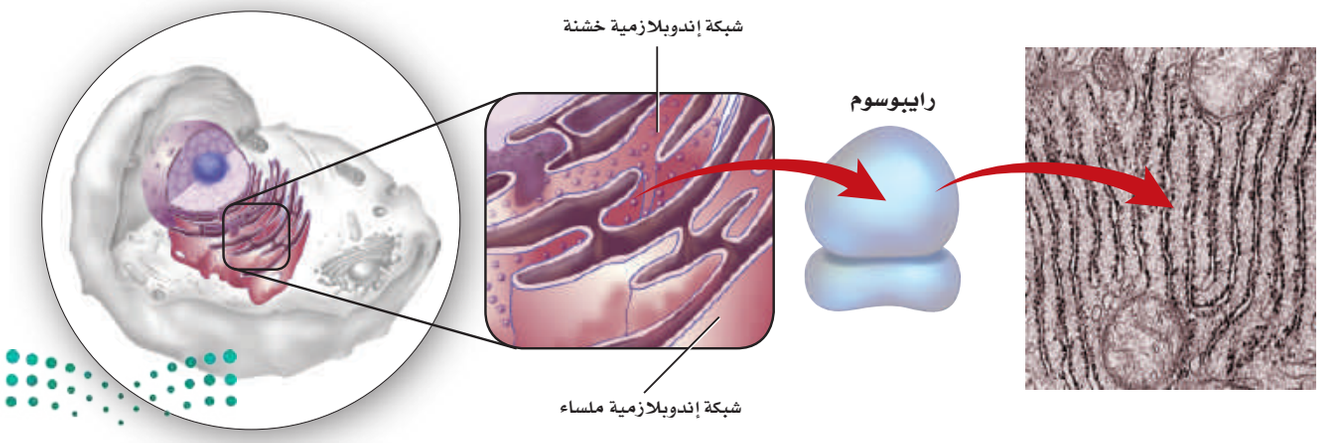
استنتج فسّر لماذا لا تتشابه جميع المقاطع العرضية للنواة؟

الرايبوسومات Ribosomes من وظائف الخلية إنتاج البروتين. وتسمى العضيات التي تساعد الخلية على صنع البروتين الرايبوسومات. تتكون الرايبوسومات من مكونين رئيسين، هما RNA والبروتين، ولا تحاط الرايبوسومات بغشاء كباقي العضيات في الخلية. ويتم إنتاج الرايبوسومات في النوية داخل النواة، الشكل **7–1**.

تحوي الخلايا الكثير من الرايبوسومات التي تنتج بروتينات مختلفة تستخدمها الخلية أو تنتقل إلى خارج الخلية لتستخدمها خلايا أخرى. كما تسبح بعض الرايبوسومات بحرية في السيتوبلازم، في حين يرتبط بعضها الآخر مع عضيات أخرى تسمى الشبكة الإندوبلازمية. وتنتج الرايبوسومات الحرة بروتينات تستخدم داخل سيتوبلازم الخلية. أما الرايبوسومات المرتبطة فتنتج بروتينات يتم إحاطتها بغشاء أو تستخدمها خلايا أخرى.

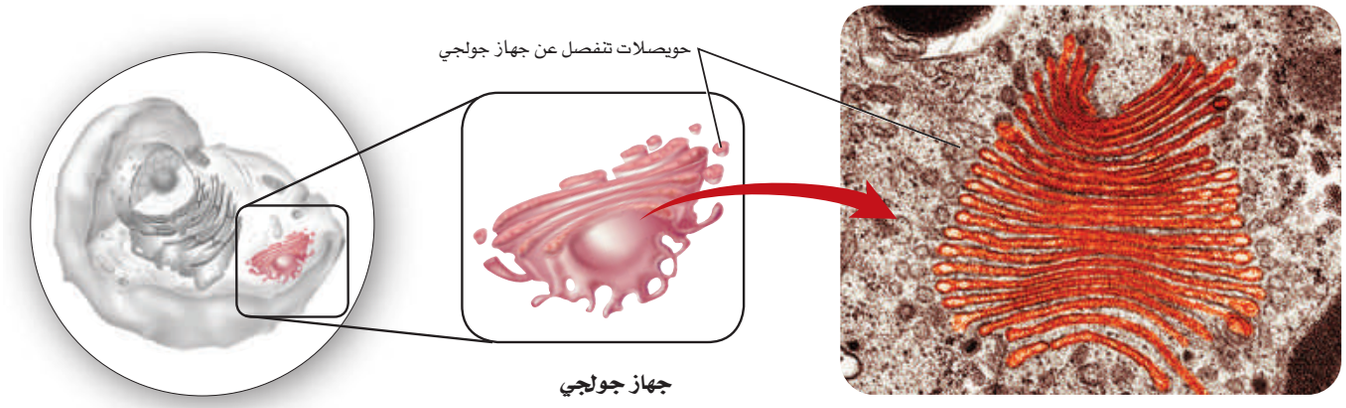
الشبكة الإندوبلازمية Endoplasmic reticulum هي نظام يتكوّن من قنوات متصلة ومتداخلة محاطة بغشاء مزدوج تعمل بوصفها مواقع لبناء البروتين والدهون؛ حيث تزودها الانثناءات والصفائح التي داخلها بمساحة سطح أكبر لكي تُنجز الوظائف الخلوية. وعندما ترتبط الرايبوسومات مع منطقة على الشبكة الإندوبلازمية فإن هذه المنطقة تسمى الشبكة الإندوبلازمية الخشنة. لاحظ **الشكل 8–1** حيث تبدو الشبكة الإندوبلازمية الخشنة كثيرة النتوءات والبروزات. وهذه البروزات هي الرايبوسومات التي تنتج البروتين تمهيدًا لنقله إلى الخلايا الأخرى. يبين **الشكل 8–1** أيضًا وجود مناطق على الشبكة الإندوبلازمية لا ترتبط بها رايبوسومات. والأجزاء من الشبكة الإندوبلازمية التي لا ترتبط معها رايبوسومات تسمى الشبكة الإندوبلازمية الملساء. وعلى الرغم من عدم وجود رايبوسومات في الشبكة الإندوبلازمية الملساء إلا أنها تقوم بوظائف مهمة في الخلية. منها بناء الكربوهيدرات والدهون المعقدة، ومنها الدهون المفسفرة. كما تعمل الشبكة الإندوبلازمية الملساء في الكبد على إزالة السموم الضارة من الجسم.

الشكل 8–1 الرايبوسومات تراكيب بسيطة تتكون من RNA وبروتين، وقد ترتبط مع سطح الشبكة الإندوبلازمية الخشنة. حيث تشبه الرايبوسومات البروزات على سطح الشبكة الإندوبلازمية.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني النافذ: التكبير × 5505



جهاز جولجي Golgi apparatus بعد تصنيع التلفاز في مصانع الأجهزة الكهربائية توضع كل قطعة مع ملحقاتها في صندوق ثم تشحن؛ ويقوم جهاز جولجي بعمل مشابه، فبعد بناء بعض البروتينات بواسطة الرايبوسومات على سطح الشبكة الإندوبلازمية ينتقل بعضه بواسطة حويصلات تنفصل عن الشبكة الإندوبلازمية لتصل إلى جهاز جولجي، **الشكل 9–1**. وجهاز جولجي مكوّن من مجموعة من الأغشية المتراصّة تعدِّل البروتينات وترتبها وتغلفها داخل أكياس تسمى الحويصلات تنبثق عن جهاز جولجي، ثم تلتحم الحويصلات بالغشاء البلازمي لتحرر البروتينات إلى بيئة الخلية الخارجية، انظر **الشكل 9–1**.

■ **الشكل 9–1** مجموعة من الأغشية التي تكوِّن جهاز جولجي.

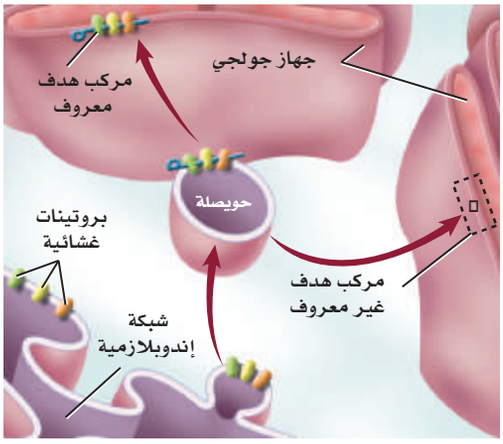
مختبر تحليل البيانات 2-1

بناءً على بيانات حقيقية

فسّر البيانات

كيف يتم تنظيم انتقال الحويصلات من الشبكة الإندوبلازمية إلى جهاز جولجي؟ تُصنّع الرايبوسومات بعض البروتينات على سطح الشبكة الإندوبلازمية (ER)، وتغلف هذه البروتينات بحويصلات تنقلها بعد ذلك إلى جهاز جولجي. لتعديلها ويدرس العلماء حاليًّا الجزيئات التي تدخل في عملية التحام هذه الحويصلات الإندوبلازمية بجهاز جولجي.

البيانات والملاحظات



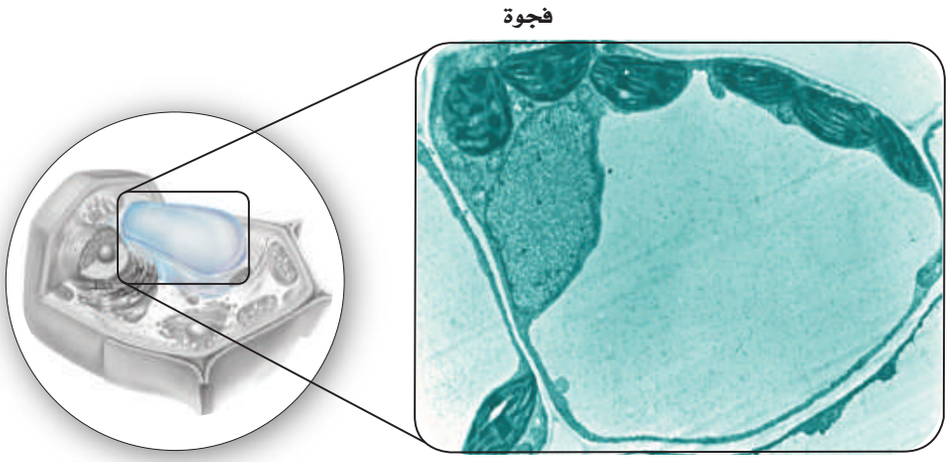
التفكير الناقد

1. **فسّر المخطط** سمِّ مركبين موجودين على جهاز جولجي لهما دور في عملية التحام الحويصلات الإندوبلازمية.
2. **كوِّن فرضية** تفسر فيها انتقال الحويصلات الإندوبلازمية، بناءً على ما قرأته عن السيتوبلازم والهيكل الخلوي.

أخذت البيانات في هذا المختبر من:

Brittle, E. E., and Wales, M. G. 2000. ER – to–golgi traffic– this bud's for you. *Science* 289: 403 – 404

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



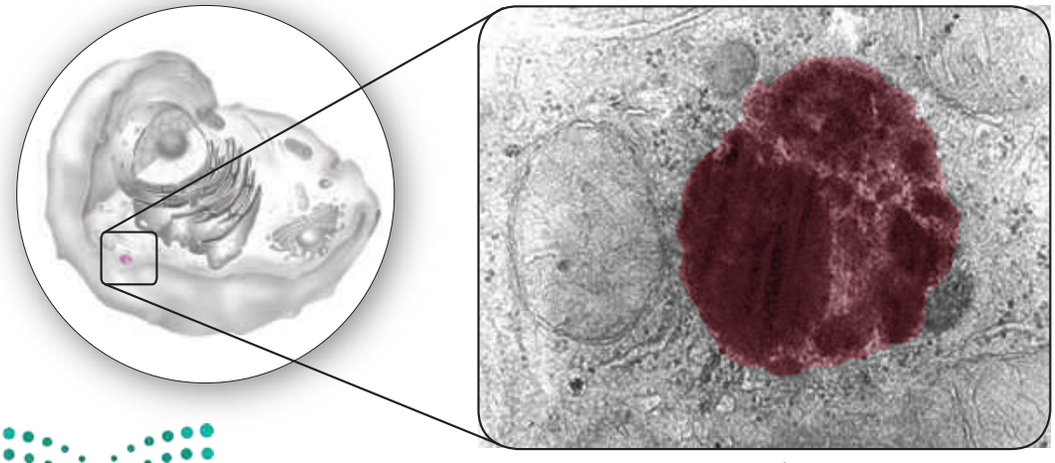
صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني النافذ: التكبير × 11,000

■ **الشكل 10–1** تحوي خلايا النبات حويصلات تخزين كبيرة محاطة بغشاء، تسمى الفجوات.

الفجوات Vacuoles يوجد في الخلية حويصلات محاطة بغشاء، تسمى الفجوات، تقوم بتخزين المواد بصورة مؤقتة في السيتوبلازم. والفجوة -كالموجودة في خلية النبات- كيس يستخدم في تخزين الغذاء والإنزيمات والمواد الأخرى التي تحتاج إليها الخلية، **الشكل 10–1**. وتخزن بعض الفجوات الفضلات. ومن المثير للاهتمام أن الخلية الحيوانية عادة لا تحوي فجوات، وإذا حدث ذلك فإن الفجوات تكون أصغر كثيرًا مما هي عليه في الخلية النباتية.

الأجسام المحلّلة (الليسوسومات) Lysosomes يوجد في الخلية الحيوانية حويصلات تحوي مواد تهضم، أو تحلل العضيات وجزيئات المواد المغذية الزائدة، تسمى الأجسام المحلِّلة، **الشكل 11–1**. تهضم الأجسام المحلِّلة أيضًا البكتيريا والفيروسات التي تدخل الخلية. ويمنع الغشاء المحيط بالأجسام المحلِّلة الإنزيمات الهاضمة داخلها من تحليل الخلية. وقد تلتحم الأجسام المحلِّلة مع الفجوات، ثم تطرح إنزيماتها في هذه الفجوات لتهضم الفضلات داخلها.

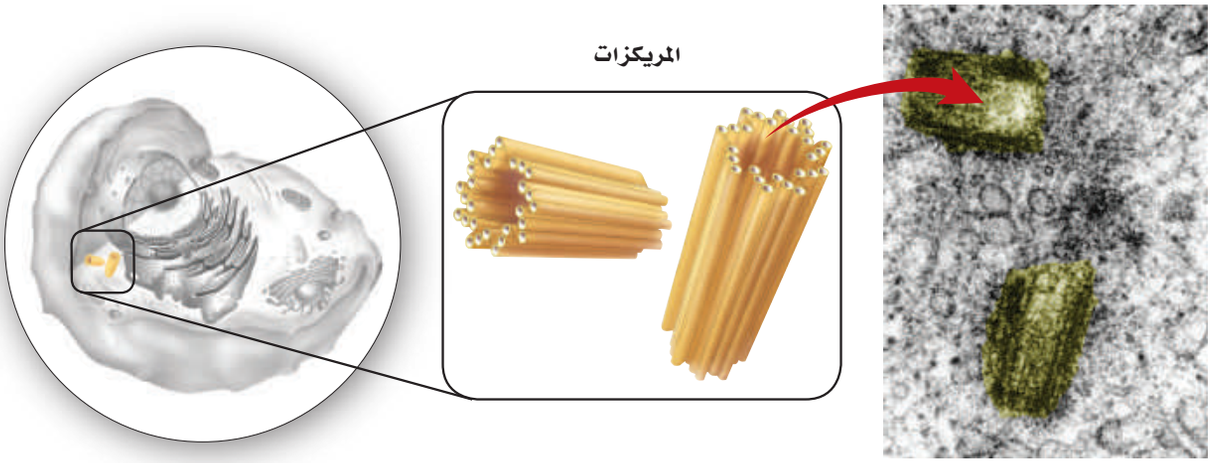
■ **الشكل 11–1** تحوي الأجسام المحلّلة إنزيمات هاضمة تحلّل الفضلات في الفجوات.



الجسم المحلّل (ليسوسوم)

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني النافذ: التكبير × 40,000

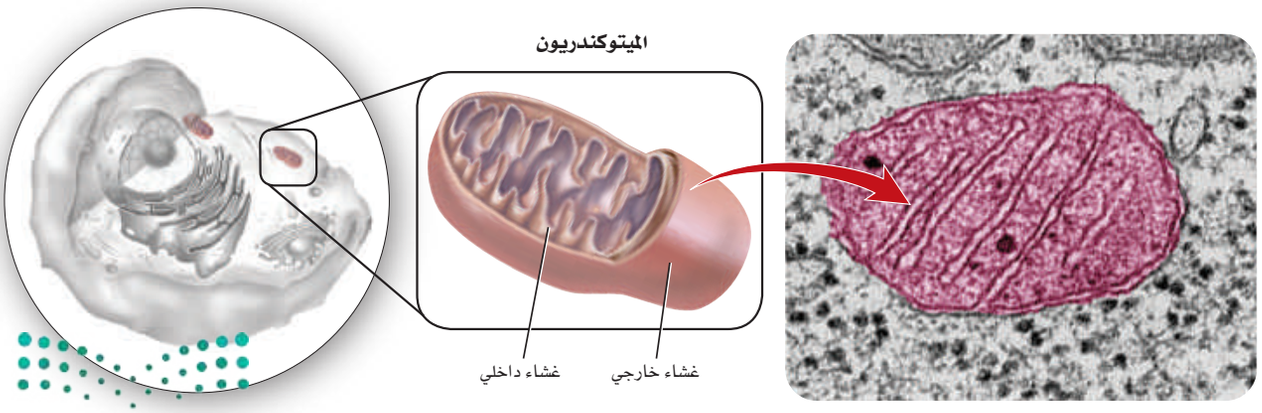


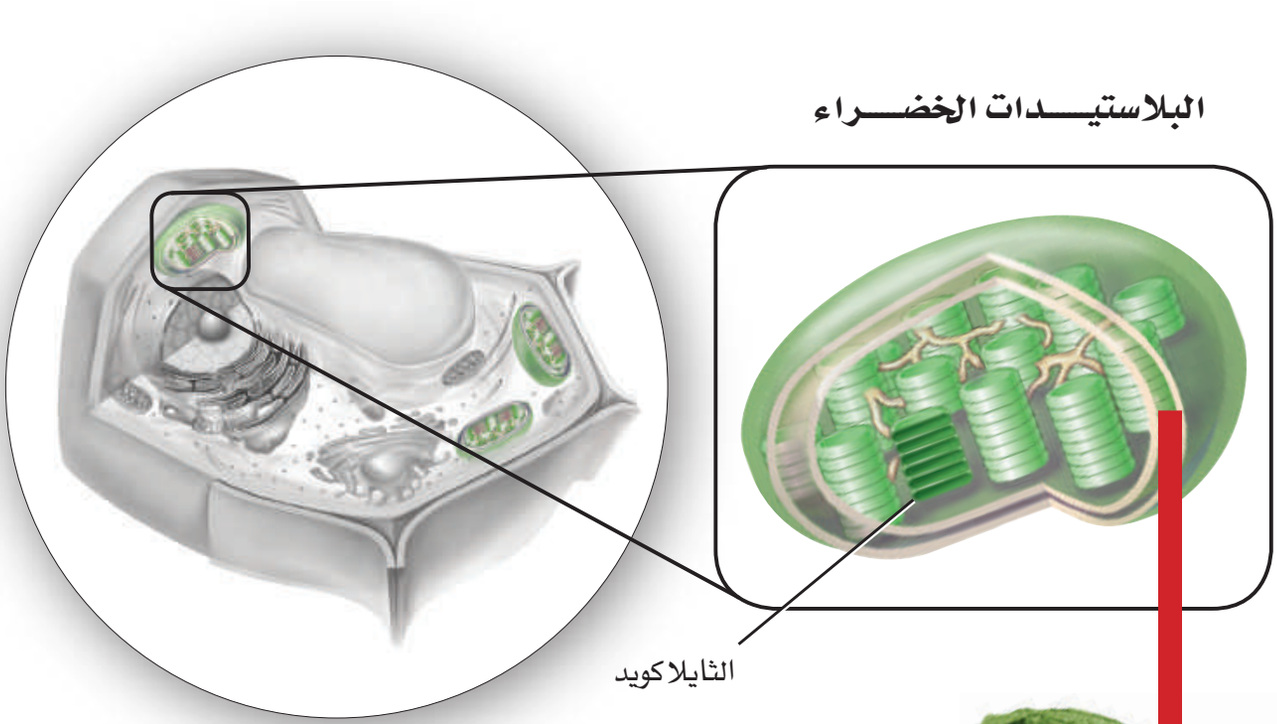
المريكزات Centrioles يتكوّن المريكز من مجموعة من الأُنيبيبات الدقيقة، كما في **الشكل 12–1**، تعمل في أثناء انقسام الخلية. وتوجد المريكزات في سيتوبلازم الخلايا الحيوانية ومعظم الطلائعيات، وهي قريبة من النواة.

الميتوكندريا Mitochondria تحتوي الخلايا على عضيات تنتج الطاقة تسمى الميتوكندريا، وهي تحول جزيئات المواد المغذية (وخصوصًا السكريات) إلى طاقة قابلة للاستخدام. ويبين **الشكل 13–1**. أن للميتوكندريون (مفرد ميتوكندريا) غشاءً خارجيًّا وغشاءً داخليًّا كثير الطيات والانثناءات ليزودا الميتوكندريون بمساحة سطح كبيرة تساعده على تكسير الروابط بين جزيئات السكر. وتُخزن الطاقة الناتجة ضمن روابط كيميائية في جزيئات أخرى لتستخدمها الخلية لاحقًا. ولهذا السبب، غالبًا ما تسمى الميتوكندريا "مصانع الطاقة" في الخلايا.

■ **الشكل 12–1** تتكون المريكزات من الأُنيبيبات الدقيقة وتؤدي دورًا مهمًّا في انقسام الخلية.

■ **الشكل 13–1** تنتج الميتوكندريا الطاقة وتجعلها متوافرة للخلية.
صف تركيب الغشاء في الميتوكندريون.





صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني؛
التكبير × 37,000

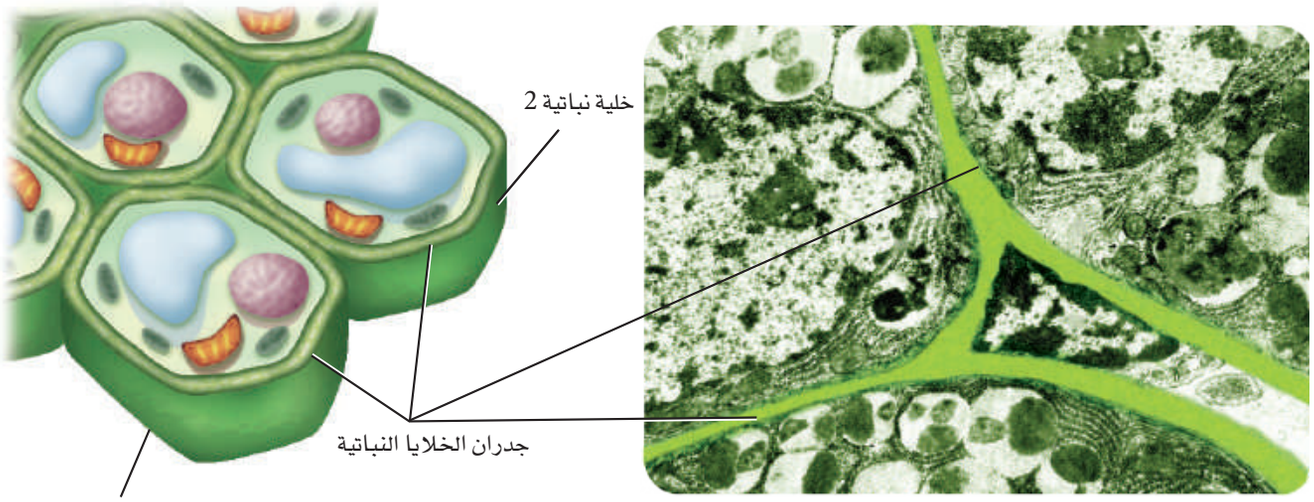
■ **الشـكل 14–1** تمتص البلاسـتيدات الخضراء في النبات الطاقة الضوئية وتحوّلها إلى طاقة كيميائية.

البلاستيدات الخضراء Chloroplasts للخلايـا النباتيـة طريقتها الخاصة في اسـتخدام الطاقـة الشمسـية. فبالإضافة إلـى الميتوكندريا تحتـوي خلايا النباتات وبعـض الخلايا الأخرى الحقيقيـة النواة على **البلاسـتيدات الخضراء** chloroplasts، وهـي عضيات تمتص الطاقة الضوئية وتحولها إلى طاقة كيميائية بواسـطة عملية البناء الضوئي. تفحّص **الشـكل 14–1**، تلاحظ وجود حجرات صغيرة وعديدة على شكل أقراص تسـمى الثايلاكويدات داخل الغشاء الداخلي. حيث يتم امتصاص الطاقة الشمسـية وتجميعها في الثايلاكويدات بواسطة صبغة الكلوروفيل التي تعطي الأوراق والسيقان اللون الأخضر.

وقد تؤدي البلاستيدات الخضراء في النبات عدة وظائف، ومنها التخزين؛ إذ تخزن بعض البلاستيدات النشا والدهون. كما يحوي بعضها الآخر – ومنها البلاستيدات الملونـة – أصباغًا حمراء أو برتقالية أو صفراء تمتص طاقة الضوء وتعطي الألوان المميزة لتراكيب النبات ومنها الأزهار والأوراق.

الجدار الخلوي Cell wall تركيب آخر يوجد في الخلايا النباتية، **الشكل 15–1**. و**الجدار الخلوي** cell wall شـبكة من الألياف السـميكة الصلبة تحيط بالغشاء البلازمي من الخارج لتحمي الخلية وتوفر لها الدعامة. ويسـاعد الجدار الخلوي الصلـب النباتات على الوصـول إلى ارتفاعـات مختلفة – تتـراوح بين أنصال الحشائش وغابات الشـجر الأحمر. كما تتكون الجدران الخلوية في النباتات من كربوهيدرات معقدة تسمى السيليلوز الذي يعطي الجدار خاصية الصلابة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني النافذ: التكبير × 38,000

الأهداب والأسواط Cilia and flagella يغطي سطوح بعض الخلايا الحقيقية النواة تراكيبُ خاصة تُسمّى الأهداب والأسواط، تمتد خارج الغشاء البلازمي. وكما في **الشكل 16–1**، **فالأهداب** cilia زوائد قصيرة كثيرة العدد تشبه الشعر، وحركتها تشبه حركة المجاديف في القارب. أما **الأسواط** flagella فهي أطول من الأهداب وأقل عددًا. وتتكون الأهداب والأسواط من الأنيبيبات الدقيقة، حيث تترتب في صورة محيط دائرة، أي أن تسعة مجموعات مزدوجة من الأنيبيبات تحيط بأنيبيبين منفردين في المركز، ويعرف هذا النمط التركيبي بالنمط (2+9). وعادة ما يكون للخلية سوط أو اثنان فقط.

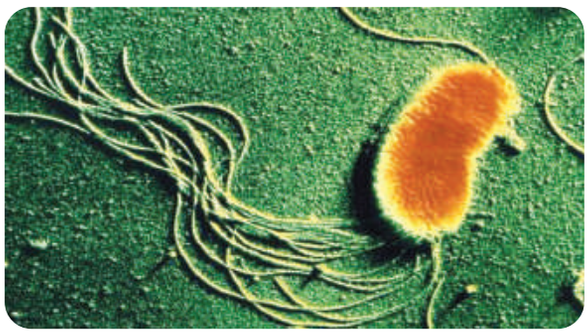
وتحوي الهُديبات Pili والأسواط في الخلايا البدائية النواة سيتوبلازمًا محاطًا بغشاء بلازمي. ويتكون كل منها من وحدات بنائية من البروتين. وعلى الرغم من أن الأهداب والأسواط تُستخدم في حركة الخلية إلا أن الأهداب توجد أيضًا في خلايا ثابتة وغير متحركة، ومنها الخلايا المبطنة للجهاز التنفسي في الإنسان والتي تغطيها الأهداب، **الشكل 16–1**. ويبين **الجدول 1–1** قائمة تضم التراكيب الخلوية.

■ **الشكل 15–1** يبين الشكل خلايا نباتية وجدرانها الخلوية. قارن هذا بصورة المجهر الإلكتروني النافذ، التي تبين الجدارن الخلوية للخلايا النباتية المتلاصقة.

■ **الشكل 16–1** التراكيب الشعرية الدقيقة في الصورة هي الأهداب، والتراكيب التي تشبه الذيل هي الأسواط.

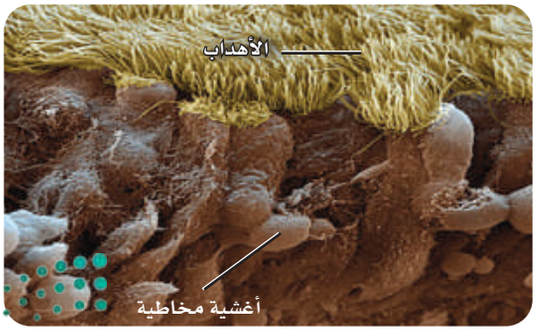
استنتج أين تتوقع أن تجد الأهداب في أجسام الحيوانات؟

صورة ملونة بالمجهر الإلكتروني النافذ: التكبير غير معروف



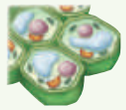
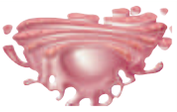
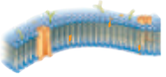
بكتيريا لها أسواط

صورة ملونة بالمجهر الإلكتروني الماسح ومكبرة ×2,000



أهداب في أنف الإنسان

الجدول 1–1 خلاصة تراكيب الخلية

تركيب الخلية	مثال	الوظيفة	نوع الخلية
الجدار الخلوي		حاجز غير مرن يعطي الدعامة والحماية للخلية النباتية.	يوجد في الخلايا النباتية والفطريات وبعض الخلايا بدائية النوى وايضا في الطلائعيات الشبيهة بالنباتات(الطحالب).
المريكزات		أنيبيبات تظهر على شكل أزواج تؤدي دورًا في انقسام الخلية.	الخلايا الحيوانية ومعظم خلايا الطلائعيات.
البلاستيدات الخضراء		عضيات لها غشاء مزدوج وثايلاكويدات موجودة في الغشاء بها صبغة الكلوروفيل، ويتم فيها عملية البناء الضوئي.	الخلايا النباتية فقط.
الأهداب		امتدادات من سطح الخلية تسهم في الحركة والتغذي، وسحب المواد نحو سطح الخلية.	بعض الخلايا الحيوانية وبعض الخلايا الحقيقية النوى.
الهيكل الخلوي		شبكة في الخلية توجد داخل السيتوبلازم.	جميع الخلايا الحقيقية النواة.
الشبكة الإندوبلازمية		غشاء كثير الطيات يساعد على بناء البروتين.	جميع الخلايا الحقيقية النواة.
الأسواط		امتدادات تسهم في الحركة والتغذي.	بعض الخلايا الحيوانية وبعض الخلايا النباتية والخلايا البدائية النواة.
جهاز جولجي		أغشية أنبوبية متراصة ومسطحة تقوم بتغليف البروتين وتعديله لنقله خارج الخلية.	جميع الخلايا الحقيقية النواة.
الأجسام المحللة (الليسوسومات)		حويصلة تحتوي على إنزيمات هاضمة تحلل المواد الخلوية الزائدة.	الخلايا الحيوانية فقط.
الميتوكندريون		عضية محاطة بغشاء يوفر الطاقة للخلية.	جميع الخلايا الحقيقية النواة.
النواة		مركز السيطرة في الخلية، وتحتوي على تعليمات مشفّرة لإنتاج البروتينات وانقسام الخلية.	جميع الخلايا الحقيقية النواة.
الغشاء البلازمي		حاجز مرن ينظم حركة المواد من الخلية وإليها.	جميع الخلايا الحقيقية النواة و الخلايا البدائية النواة.
الرايبوسومات		عضيات تُعد موقعًا لبناء البروتينات.	جميع الخلايا.
الفجوات		حويصلة محاطة بغشاء لتخزين مؤقت للمواد.	الخلايا النباتية تحوي فجوة كبيرة أما الخلايا الحيوانية فتحوي القليل من الفجوات الصغيرة الحجم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

العضيات عندما تعمل Organelles at Work

في ضوء الفهم الأساسي للتراكيب الموجودة في الخلية يصبح فهم كيفية عمل هذه التراكيب معًا، وكيفية قيامها بوظيفتها الخلوية أسهل. فلو أخذنا مثلاً بناء البروتين فإنه يبدأ في النواة بحسب المعلومات التي يحويها DNA. حيث يتم نسخ هذه المعلومات الوراثية وينقلها إلى جزيء وراثي آخر يسمى الحمض النووي الرايبوزي RNA. ينتقل RNA، وكذلك الرايبوسومات التي تنتج في النوية، من خلال ثقوب في الغلاف النووي إلى السيتوبلازم. وتسهم كل من الرايبوسومات و RNA في إنتاج البروتينات. ولكل بروتين يتكون على سطح الشبكة الإندوبلازمية الخشنة وظيفة محددة؛ فربما يصبح بروتينًا يكوّن جزءًا من الغشاء البلازمي، أو بروتينًا يُنقل خارج الخلية، أو بروتينًا ينتقل إلى عضيات أخرى. وتعمل الرايبوسومات الأخرى الحرة في السيتوبلازم على بناء البروتينات أيضًا.

تنتقل معظم البروتينات التي تصنع على سطح الشبكة الإندوبلازمية الخشنة إلى جهاز جولجي؛ حيث تُغلف البروتينات في حويصلات لنقلها إلى العضيات الأخرى أو إلى خارج الخلية. وتستخدم العضيات الأخرى البروتينات للقيام بالعمليات الخلوية. فمثلاً، تستخدم الأجسام المحللة (الليسوسومات) البروتينات، وخصوصًا الإنزيمات؛ لتهضم الغذاء والفضلات. وتستخدم الميتوكندريا الإنزيمات لإنتاج الطاقة اللازمة للخلية.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

اختصاصي التواصل العلمي

Science Communications Specialist

يوظّف الكثير من الناشرين في مجال العلوم أشخاصًا يختصون بالكتابة حول البحوث وأهميتها للرأي العام. وغالبًا ما يتحقق ذلك من خلال الإعلام والإعلانات والكتيبات والبريد الموجَّه.

التقويم 1-1

الخلاصة

- هناك نوعان رئيسان من الخلايا هما: الخلايا البدائية النواة والخلايا الحقيقية النواة.
- تحتوي الخلايا الحقيقية النواة على النواة والعضيات.
- النفاذية الاختيارية خاصية الغشاء البلازمي التي تسمح للخلية بالسيطرة على ما يدخل إليها أو يخرج منها.
- يتكون الغشاء البلازمي من طبقة مزدوجة من جزيئات الدهون المفسفرة.
- يسهم الكولسترول والبروتينات الناقلة في وظيفة الغشاء البلازمي.
- يصف النموذج الفسيفسائي السائل الغشاء البلازمي.
- تحوي الخلايا الحقيقية النواة عضيات محاطة بغشاء في السيتوبلازم، تؤدي وظائف الخلية.
- الرايبوسومات مواقع لبناء البروتين.
- الميتوكندريا مصانع الطاقة في الخلية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **صف** كيف يساعد الغشاء البلازمي على الحفاظ على الاتزان الداخلي للخلية؟
2. **ميِّز** بين الغشاء البلازمي والعضيات.
3. **وضّح** كيف يبقى داخلُ الخلية منفصلاً عن خارجها؟
4. **ارسم** مخططًا للغشاء البلازمي، وحدّد عليه الأجزاء.
5. **حدّد** جزيئات الغشاء البلازمي التي تشكل التركيب الأساسي للغشاء، وتسهم في تمييز الخلية، وسيولة الغشاء.
6. **حدّد** دور النواة في الخلية الحقيقية النواة.
7. **لخّص** دور الشبكة الإندوبلازمية.
8. **استنتج** لماذا لا يعدّ بعض العلماء الرايبوسومات من عضيات الخلية.

التفكير الناقد

9. **صف** كيف تحدد ما إذا كانت خلايا مخلوق حي اكتُشف حديثًا بدائية أم حقيقية النواة؟
10. **فسّر** ما أثر وجود كميات كبيرة من الكولسترول على الغشاء البلازمي بدلًا من وجوده داخله؟
11. **كوِّن فرضية** توضح كيف تعمل الأجسام المحلِّلة على تحويل اليرقة إلى فراشة.
12. الكتابة في علم الأحياء بناءً على ما تعرفه عن مصطلح "فسيفسائي". اكتب فقرة تصف فيها تركيبًا حيويًّا فسيفسائيًّا آخر.
13. رتّب التراكيب والعضيات في الجدول 1-1 في قائمة تعتمد على نوع الخلية، ثم ارسم خريطة مفاهيمية توضح هذا التنظيم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

1-2

الأهداف

- **تصف** أهمية عنصر الكربون في المخلوقات الحية.
- **تلخص** المجموعات الأربع الرئيسة للجزيئات الحيوية الكبيرة.
- **تقارن** بين وظائف كل مجموعة من الجزيئات الحيوية الكبيرة.
- **تلخص** أهمية الإنزيمات في المخلوقات الحية.

مراجعة المفردات

الإنزيم: بروتين يسرّع من معدل التفاعل الكيميائي.

المفردات الجديدة

الجزيئات الكبيرة
البوليمر
الحمض الأميني
طاقة التنشيط
المحفز
الموقع النشط
الحمض النووي
النيوكليوتيدات

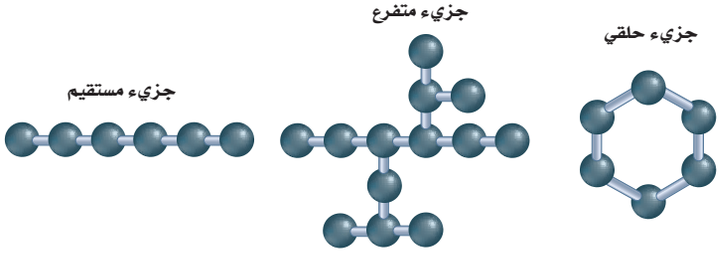
كيمياء الخلية Cell Chemistry

الفكرة الرئيسة **تتكون خلايا المخلوقات الحية من مركبات عضوية يدخل في تركيبها الكربون بوصفه عنصرًا أساسيًّا.**

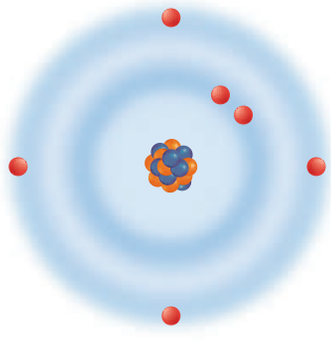
الربط مع الحياة يستمتع الأطفال بالقطار اللعبة؛ لأنهم يربطون مجموعة من العربات معًا، ويكوّنون أشكالًا متنوعة منها من خلال ربط عربات ذات ألوان أو وظائف متشابهة معًا. وكذلك الأمر في علم الأحياء؛ فهناك جزيئات كبيرة تتكون من الكثير من الوحدات الصغيرة المتصلة معًا.

الكيمياء العضوية Organic Chemistry

خلق الله سبحانه وتعالى معظم الحياة على سطح الأرض تعتمد على الكربون؛ لأن عنصر الكربون يدخل في تركيب معظم الجزيئات الحيوية. ولما كان الكربون عنصرًا ضروريًّا فقد خصَّص العلماء فرعًا كاملاً في الكيمياء يُسمى الكيمياء العضوية؛ لدراسة المركبات العضوية، أي المركبات التي تحتوي على الكربون. تستطيع ذرة كربون واحدة تكوين أربع روابط مشتركة مع الذرات الأخرى؛ وذلك لأن الكربون يحوي أربعة إلكترونات في مداره الأخير، كما في **الشكل 17–1**، حيث تمكّن هذه الروابط ذرات الكربون من الارتباط معًا، مما ينتج عنها مركبات عضوية متنوعة، قد تكون على صورة سلاسل مستقيمة، أو متفرعة، أو على صورة مركبات حلقية، كما في **الشكل 17–1**.



الشكل 17–1 يعتمد التنوع المدهش في الحياة على تنوع المركبات الكربونية التي أوجدها الخالق جل وعلا. فوجود أربعة إلكترونات في المدار الأخير للكربون يسمح بتكوين جزيئات ذات سلاسل مستقيمة أو متفرعة أو حلقية.



ذرة الكربون

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

المفردات

أصل الكلمة

البوليمر Polymer

Poly: من اليونانية، وتعني "العديد".

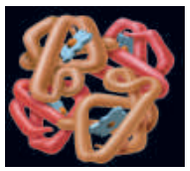
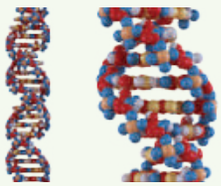
-meros: من اليونانية، وتعني "جزء".

الجزيئات الكبيرة Macromolecules

يمكن أن ترتبط ذرات الكربون معًا لتكون جزيئات الكربون. وبالطريقة نفسها، تخزن معظم الخلايا مركبات كربونية صغيرة تعمل عمل وحدات بناء أساسية للجزيئات الكبيرة. و**الجزيئات الكبيرة** macromolecules جزيئات ضخمة، تتكون من ارتباط جزيئات عضوية أصغر. وتسمى هذه الجزيئات الكبيرة البوليمرات. و**البوليمرات** polymers جزيئات مكونة من وحدات متكررة من مركبات متشابهة أو قريبة التشابه تسمى الوحدات الأساسية (مونومرات monomers) ترتبط معًا بسلسلة من الروابط المشتركة (التساهمية). وكما في **الجدول 2-1**، تقسم الجزيئات الحيوية الكبيرة إلى أربع مجموعات رئيسة، هي الكربوهيدرات، والدهون، والبروتينات، والأحماض النووية.

ماذا قرأت؟ **استخدم** التشابه في وصف الجزيئات الكبيرة.

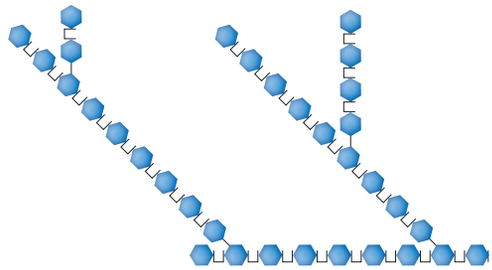
الجدول 2-1 **الجزيئات الكبيرة**

المجموعة	المثال	الوظيفة
الكربوهيدرات	خبز	• تخزن الطاقة. • توفر دعمًا تركيبيًّا.
الدهون	خلية نحل	• تخزن الطاقة. • تشكل حواجز.
البروتينات	 الهيموجلوبين	• نقل المواد. • تزيد سرعة التفاعل. • تعطي دعمًا تركيبيًّا. • تكوّن الهرمونات.
الأحماض النووية	 يُخزن DNA المعلومات الوراثية في نواة الخلية	• تخزن المعلومات الوراثية وتنقلها.

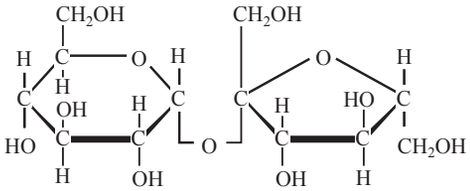
إرشادات الدراسة

ملاحظات ثنائية اطوِ ورقة طوليًّا نصفين، واكتب العنوان المكتوب بالخط الغامق الذي يظهر تحت عنوان الجزيئات الكبيرة على الجانب الأيمن (البوليميرات). وسجل الملاحظات حول الأفكار المهمة والمفردات في أثناء قراءتك النص.

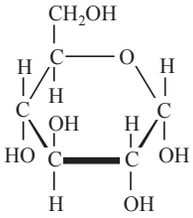
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



جلايكوجين
(سكريات متعددة)



سكروز
(سكريات ثنائية)



جلوكوز
(سكريات أحادية)

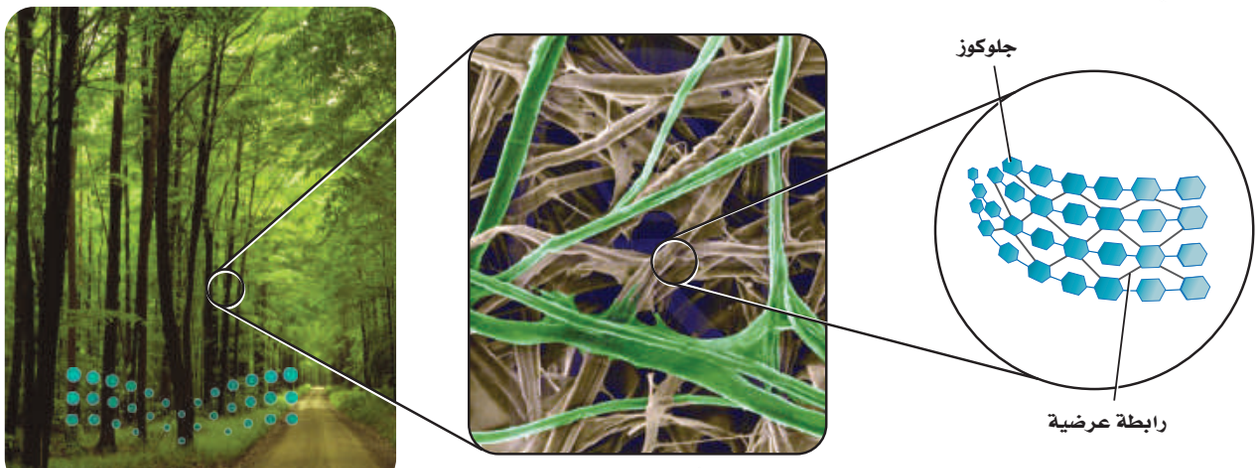
■ **الشكل 18–1** الجلوكوز من السكريات الأحادية. يتكون السكروز (سكريات ثنائية) من الجلوكوز والفركتوز، وكلاهما من السكريات الأحادية. الجلايكوجين من السكريات المتعددة ومتفرع، ويتكون من الجلوكوز بوصفه وحدات أساسية.

الكربوهيدرات Carbohydrates تسمى المركبات التي تتكون من الكربون والهيدروجين والأكسجين بالنسب التالية (ذرة أكسجين واحدة وذرتي هيدروجين لكل ذرة كربون) الكربوهيدرات. وتكتب الصيغة العامة للكربوهيدرات في صورة $(CH_2O)_n$؛ حيث تمثل n عدد وحدات CH_2O في السلسلة. وتسمى الكربوهيدرات في أجسام المخلوقات الحية السكريات البسيطة (أو السكريات الأحادية) إذا كانت قيمة n فيها 3–7، ويؤدي الجلوكوز وهو من السكريات الأحادية المبين في **الشكل 18–1**، دورًا أساسيًّا بوصفه مصدرًا للطاقة في المخلوقات الحية.

يمكن أن ترتبط جزيئات أحادية التسكر لتكوين جزيئات أكبر. ويرتبط جزيئان من السكريات الأحادية معًا لينتج السكريات الثنائية. وتشبه السكريات الثنائية الجلوكوز في أنها مصدر للطاقة. فالسكروز (سكر المائدة) المبين في **الشكل 18–1**، واللاكتوز الذي هو أحد مكونات الحليب هما سكريات ثنائية. أما جزيئات الكربوهيدرات الأطول فتسمى السكريات المتعددة. والجلايكوجين المبين في **الشكل 18–1** واحد من الأمثلة على هذه السكريات المهمة. فالجلايكوجين شكل آخر من الجلوكوز وهو مخزن للطاقة، ويوجد في الكبد والعضلات الهيكلية. وعندما يحتاج الجسم إلى الطاقة خلال التمارين الرياضية أو بين الوجبات يتحلل الجلايكوجين إلى جلوكوز.

بالإضافة إلى دور الكربوهيدرات بوصفها مصدرًا للطاقة؛ فهي تؤدي وظائف أخرى مهمة. ففي النبات، يوفر السيليلوز (نوع من الكربوهيدرات) دعمًا تركيبيًّا للجدار الخلوي، كما في **الشكل 19–1**.

■ **الشكل 19–1** السيليلوز في خلايا النبات يعطي دعمًا تركيبيًّا للأشجار لتبقى منتصبة في الغابة.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مختبر تحليل البيانات 1-3

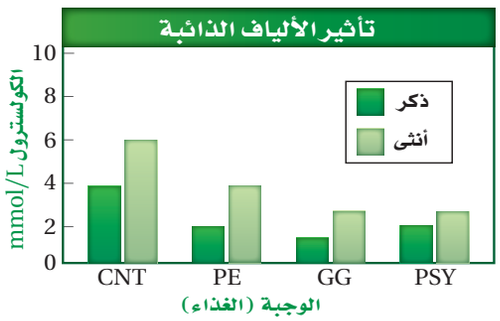
بناءً على بيانات حقيقية

فسّر البيانات

هل تؤثر الألياف الذائبة في مستويات الكولسترول؟ يرتبط وجود كميات كبيرة من الستيرويدات، تسمى الكولسترول، في الدم مع ظهور أمراض القلب. ويدرس الباحثون آثار الألياف الذائبة في الطعام في الكولسترول.

البيانات والملاحظات

قوّمت هذه التجربة أثر ثلاثة ألياف ذائبة في مستويات الكولسترول في الدم، وهي: البكتين (PE)، وعلكة الجوار Guar gum (GG)، والسيليوم (PSY). وتم استخدام السيليلوز (CNT) بوصفه مجموعة ضابطة.



التفكير الناقد

1. **احسب** نسبة التغير في مستويات الكولسترول مقارنة بالمجموعة الضابطة.
2. **صف** أثر الألياف الذائبة في مستويات الكولسترول في الدم.

أخذت البيانات في هذا المختبر من:

Shen, et al. 1998. Dietary soluble fiber lowers plasma LDL cholesterol concentrations by altering lipoprotein metabolism in female Guinea pigs, *Journal of Nutrition*. 128: 1434 – 1441

يتكون السيليلوز من سلاسل جلوكوز ترتبط معًا بألياف صلبة تناسب تمامًا دورها التركيبي. ويعد الكايتين من المركبات العديدة التسكر التي تحوي النيتروجين. وهو المكون الرئيس لصدفة الروبيان الخارجية، وسرطان البحر وبعض الحشرات، وكذلك الجدار الخلوي لبعض الفطريات.

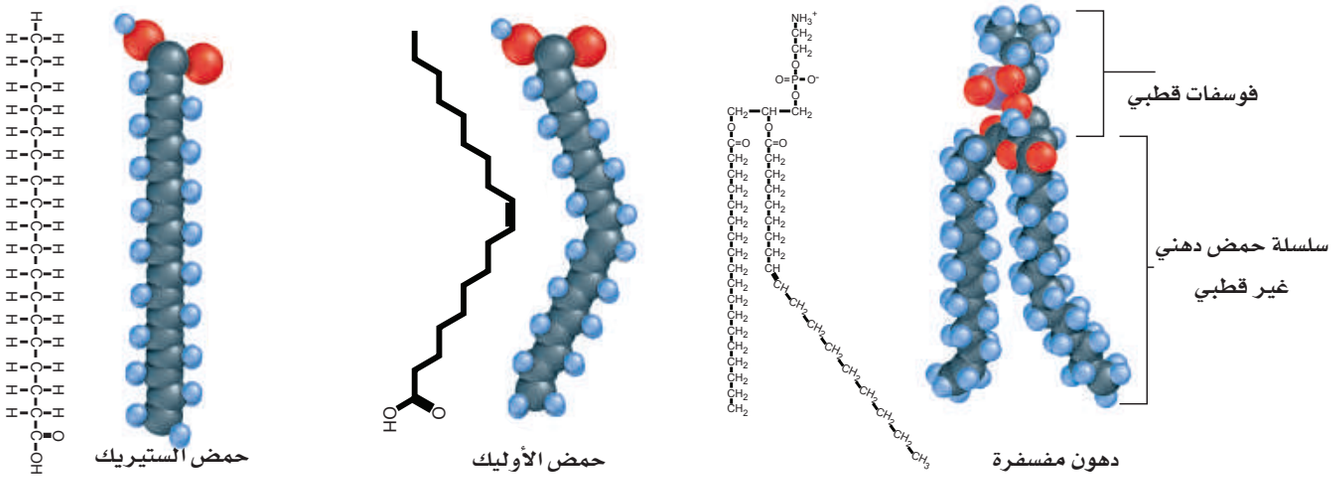
الدهون Lipids تحتوي جزيئات الدهون غالبًا على الكربون، والهيدروجين، وهي تكوّن الشحوم، والزيوت والشمع. وتتكون الدهون من وحدات بنائية هي الأحماض الدهنية والجليسرول، ومكونات أخرى. والوظيفة الرئيسة للدهون هي تخزين الطاقة. ومن هذه الدهون ثلاثي الجليسيريد، وقد يكون دهنًا إذا كان صلبًا في درجة حرارة الغرفة، وزيتًا إذا كان سائلًا في درجة حرارة الغرفة. وبالإضافة إلى ذلك، يتم تخزين ثلاثي الجليسيريد في الخلايا الدهنية في الجسم. كما تُغطى أوراق الأشجار بدهون تُسمى شمع الكيوتيكل تمنع فقدان الماء. وتتكون حجرات خلية النحل من شمع النحل.

الدهون المشبعة وغير المشبعة

Saturated and unsaturated fats تحتاج المخلوقات الحية إلى الدهون لإتمام وظائفها. ويتضمن التركيب الأساسي للدهون الأحماض الدهنية، كما في **الشكل 20–1**. حيث تتكون هذه الأحماض من سلسلة من ذرات الكربون التي يرتبط بعضها مع بعض من جهة ومع الهيدروجين من جهة أخرى بروابط أحادية أو ثنائية. فإذا كانت الروابط بين ذرات الكربون أحادية، سمِّيت الدهون المشبعة. أما الدهون التي تحوي رابطة ثنائية واحدة على الأقل بين ذرات الكربون في سلسلة الحمض الدهني فتسمى الدهون غير المشبعة. وتسمى الدهون التي تحوي أكثر من رابطة ثنائية واحدة الدهون غير المشبعة المتعددة.

الدهون المفسفرة Phospholipids يبين **الشكل 20–1** دهونًا خاصة تسمى الدهون المفسفرة، وهي مسؤولة عن تركيب الغشاء الخلوي ووظيفته. فالدهون كارهة للماء، وهذا يعني أنها لا تذوب فيه. وهذه الخاصية مهمة؛ لأنها تسمح للدهون أن تعمل حاجزًا في الأغشية الحيوية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

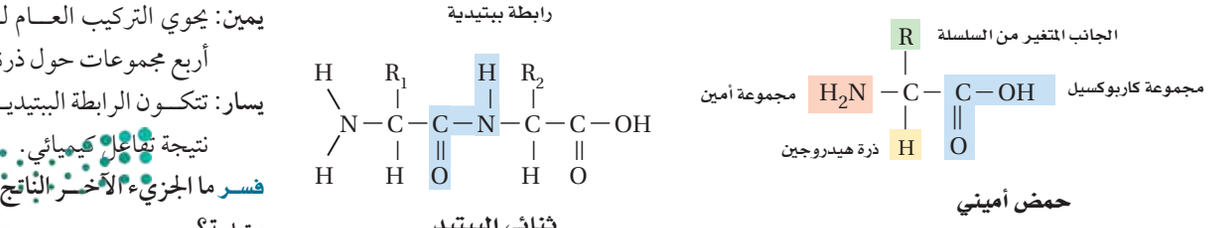


الستيرويدات Steroids هناك مجموعة أخرى مهمة من الدهون، وهي مجموعة الستيرويدات التي تضم مواد منها الكولسترول والهرمونات. وعلى الرغم من الاعتقاد الشائع الذي يعدها دهونًا ضارّة، إلا أن الكولسترول يُعد نقطة البداية في إنتاج دهون ضرورية أخرى، ومنها فيتامين D وهرمونات الإستروجين والتستوستيرون.

البروتينات Proteins من الوحدات البنائية الأخرى في المخلوقات الحية البروتين. ويتكوّن البروتين من مركبات كربونية صغيرة تسمى الأحماض الأمينية. و**الأحماض الأمينية** amino acids مركبات صغيرة مكونة من كربون، ونيتروجين، وأكسجين، وهيدروجين وأحيانًا كبريت. وتشترك الأحماض الأمينية جميعها في التركيب العام نفسه.

تركيب الحمض الأميني Amino acid structure توجد ذرة كربون مركزية في الأحماض الأمينية، **الشكل 21–1**. ويكوّن الكربون أربع روابط مشتركة، وإحدى هذه الروابط مع الهيدروجين والروابط الثلاث الأخرى مع كل من مجموعة الأمين ($-NH_2$)، ومجموعة الكاربوكسيل ($-COOH$) والمجموعة المتغيرة ($-R$). وتجعل المجموعة المتغيرة كل حمض أميني مختلفًا عن الآخر. وهناك 20 مجموعة متغيرة مختلفة. يتكون البروتين من الارتباط المتنوع بين جميع الأحماض الأمينية العشرين المختلفة. وتربط عدة روابط مشتركة - تسمى الروابط الببتيدية - الأحماض الأمينية معًا لتكوّن البروتينات، **الشكل 21–1**. وتتكون الرابطة الببتيدية بين مجموعة الأمين لحمض أميني ومجموعة الكاربوكسيل لحمض أميني آخر.

■ **الشكل 20–1** لا توجد رابطة ثنائية بين ذرات الكربون في حمض الستيريك. في حين توجد رابطة ثنائية واحدة في حمض الأوليك. وتحوي الدهون المفسفرة رأسًا قطبيًّا وسلسلتين غير قطبيتين من الأحماض الدهنية.



■ **الشكل 21–1**
يمين: يحوي التركيب العام للحمض الأميني أربع مجموعات حول ذرة كربون مركزية.
يسار: تتكون الرابطة الببتيدية في البروتينات نتيجة تفاعل كيميائي.

فسر ما الجزيء الآخر الناتج عن تكوّن رابطة ببتيدية؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

وظيفة البروتين Protein function تشكل البروتينات حوالي 15٪ من كتلة الجسم، وتسهم في كل وظيفة من وظائفه تقريبًا. فمثلاً، تتكون عضلاتك وجلدك وشعرك من البروتينات. وتحوي خلايا الجسم حوالي 10,000 بروتين مختلف توفر دعمًا تركيبيًّا، وتنقل المواد إلى داخل الخلية وبين الخلايا، وتوصل الإشارات داخل الخلية وبين الخلايا، وتزيد من معدل سرعة التفاعلات الكيميائية، وتسيطر على نمو الخلايا.

الإنزيمات Enzymes تحدث مجموعة هائلة من التفاعلات الكيميائية في جميع المخلوقات الحية. وتحدث هذه التفاعلات الكيميائية ببطء عندما تتم في المختبر؛ لأن طاقة التنشيط لها عالية. و**طاقة التنشيط** activation energy هي الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لحدوث التفاعل الكيميائي.

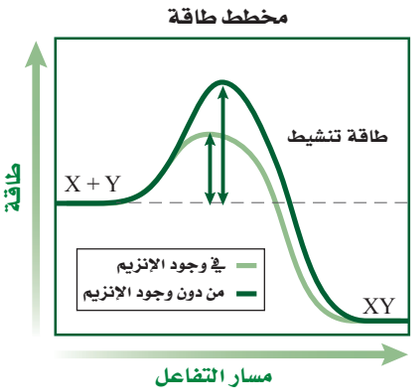
وحتى يكون الأمر مفيدًا للمخلوقات الحية دون الحاجة إلى استهلاك المزيد من الطاقة، يجب أن يكون هناك مواد إضافية لضمان حدوث التفاعل الكيميائي، على أن تقلل طاقة التنشيط، وتسمح للتفاعل بأن يكتمل بسرعة.

المحفِّز catalyst مادة تقلل طاقة التنشيط التي يتطلبها بدء التفاعل الكيميائي. وعلى الرغم من أن المحفِّز يؤدي دورًا مهمًّا في تسريع التفاعل الكيميائي، إلا أنه لا يزيد من كمية نواتج التفاعل ولا يُستهلك في التفاعل. ويستخدم العلماء أنواعًا عديدة من المحفِّزات لحدوث التفاعلات بصورة أسرع آلاف المرات مما لو حدث التفاعل من دون المحفِّز. هناك أنواع خاصة من البروتين تسمى الإنزيمات، وهي محفِّزات حيوية خلقها الله سبحانه وتعالى لكي تزيد سرعة التفاعل الكيميائي في العمليات الحيوية؛ فالإنزيمات ضرورية للحياة. قارن بين مسار التفاعل في **الشكل 22–1**، لتتعرف أثر الإنزيم في التفاعل الكيميائي. والإنزيم كأي محفِّز لا يتم استهلاكه في أثناء التفاعل الكيميائي. فيمكن استخدامه مرة أخرى بعد أن يسهم في أي تفاعل كيميائي.

ومن الإنزيمات الأميليز، وهو مهم في اللعاب. وتبدأ عملية الهضم في الفم عندما يسرّع إنزيم الأميليز تحليل سكر الأميلوز، أحد مكونات النشا. وكما هو الحال في الأميليز، فإن معظم الإنزيمات تختص بتفاعل واحد فقط.

تكون الإنزيمات على درجة عالية من التخصص بنوع من التفاعلات. وهي في هذا تختلف عن العوامل المساعدة الكيميائية الأخرى؛ فهي اختيارية في تفاعلاتها، فكل إنزيم ينشّط تفاعلًا واحدًا أو عددًا قليلًا من التفاعلات، ولا تحدث تفاعلات جانبية غير مرغوبة.

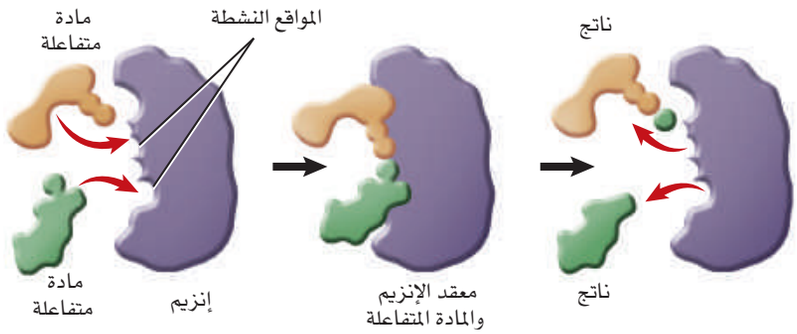
يعمل الإنزيم على تقليل طاقة التنشيط اللازمة لبدء التفاعل، بحيث يحدث عند درجة حرارة الخلية، فكيف يقلل الإنزيم طاقة التنشيط لبدء التفاعل؟ تتبع **الشكل 23–1** لتتعلم كيف يعمل الإنزيم.



الشكل 22–1 عندما يعمل إنزيم محفّزًا حيويًّا يحدث التفاعل بسرعة تستفيد منها الخلية. **قارن بين طاقة تنشيط التفاعل من دون وجود الإنزيم وطاقة تنشيطه مع وجود الإنزيم.**

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.



■ **الشكل 23–1** تتفاعل المادة المتفاعلة مع الإنزيم في أماكن خاصة تسمى المواقع النشطة. حيث ترتبط معه المواد التي يتناسب شكلها مع شكل الموقع النشط.

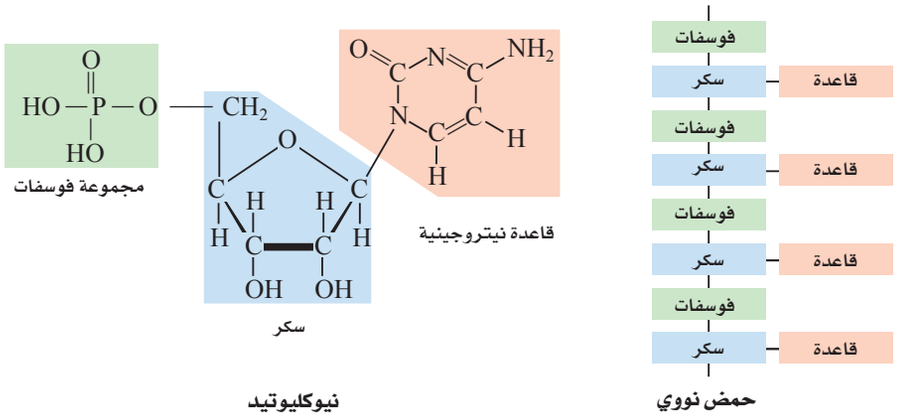
تسمى المواد التي ترتبط مع الإنزيم المواد المتفاعلة substrates. ويسمى موقع ارتباط المادة المتفاعلة مع الإنزيم **الموقع النشط** active site . وللموقع النشط والمادة المتفاعلة شكل متماثل أو متطابق يمكّن المادة المتفاعلة والإنزيم من الارتباط بأسلوب دقيق مشابه لطريقة تثبيت قطع الأحاجي بعضها مع بعض. وكما هو مبين في **الشكل 23–1** يتحد الإنزيم بالمواد المتفاعلة التي لها نفس حجم الموقع النشط وشكله.

عندما ترتبط المادة المتفاعلة مع الموقع النشط يغير هذا الموقع شكله ويكوِّن مُعقد الإنزيم–المادة المتفاعلة. ويساعد الإنزيم المواد المتفاعلة على تكسير الروابط الكيميائية في المواد المتفاعلة، وتتكون روابط جديدة؛ حيث تتفاعل المواد المتفاعلة لتكوّن ناتجًا يحرره الإنزيم بعد ذلك.

تؤثر عوامل – منها الرقم الهيدروجيني، ودرجة الحرارة، ومواد أخرى – في نشاط الإنزيم. فمثلاً تكون معظم الإنزيمات في خلايا الإنسان في أقصى نشاط لها عند درجة حرارة مُثلى قريبة من 37 °C. ولكن الإنزيمات في المخلوقات الحية الأخرى كالبكتيريا تكون نشطة عند درجة حرارة مختلفة.

تؤثر الإنزيمات في الكثير من العمليات الحيوية. فعندما تلسع أفعى سامة شخصًا ما يُحلل إنزيم موجود في سمّها الغشاء البلازمي في خلايا دمه الحمراء، وكذلك ينضج التفاح الأخضر القاسي نتيجة نشاط الإنزيم، وتعطي عمليتا البناء الضوئي والتنفس الطاقة للخلية بمساعدة الإنزيمات. ولما كان النحل العامل مهمًّا في بقاء خلية النحل، فإن الإنزيمات أيضًا مهمة في الخلية.

الأحماض النووية Nucleic acids المجموعة الرابعة من الجزيئات الحيوية الكبيرة هي الأحماض النووية. **الأحماض النووية** nucleic acids جزيئات كبيرة معقدة تخزّن المعلومات الوراثية وتنقلها. يتكون الحمض النووي من وحدات بنائية صغيرة مكررة تسمى **النيوكليوتيدات** nucleotides. وتتكون النيوكليوتيدات من ذرات كربون ونيتروجين وأكسجين، وفوسفور وهيدروجين، **الشكل 24–1**. هناك ستة نيوكليوتيدات رئيسة، كلها تحوي ثلاث وحدات، هي الفوسفات والقاعدة النيتروجينية وسكر الرايبوز الخماسي.



■ **الشكل 24–1**

يمين: ترتبط النيوكليوتيدات معًا نتيجة وجود روابط بين مجموعة السكر ومجموعة الفوسفات.

يسار: تحوي نيوكليوتيدات الـDNA سكر الرايبوز المنقوص الأكسجين، في حين تحـوي نيوكليوتيدات RNA سكر الرايبوز.

وهناك نوعان من الأحماض النووية فـي المخلوقات الحية، هما الحمض النووي الرايبوزي المنقوص الأكسـجين (DNA)، والحمض النووي الرايبوزي (RNA). ففـي الأحمـاض النوويـة مثـل DNA و RNA، يرتبط سـكر الرايبـوز في أحد النيوكليوتيدات مع مجموعة فوسـفات لنيوكليوتيد آخر. أمـا القاعدة النيتروجينية التي تبرز خارج السلسـلة فهي قابلة لتكوين رابطة هيدروجينية مع قواعد أخرى في نيوكليوتيدات أخرى.

يسـمى النيوكليوتيد الذي يحوي ثلاث مجموعات من الفوسـفات بالأدينوسـين الثلاثـي الفوسـفات (ATP)، وهو الجزيء الـذي يخزن الطاقـة الكيميائية التي تسـتخدمها الخلايا في تفاعلاتها المختلفة، حيث تتحرر الطاقة عند تكسير الرابطة بين مجموعة الفوسفات الثانية والثالثة.

التقويم 1-2

الخلاصة

- المركبات الكربونية جزيئات البناء الأساسية في المخلوقات الحية.
- تتكون الجزيئات الحيوية الكبيرة بواسـطة ارتباط مركبات كربونية صغيرة لتكوّن البوليمرات.
- هنـاك أربعة أنواع مـن الجزيئات الحيوية الكبيرة.
- ترتبط الأحمـاض الأمينية برابطة ببتدية لتكوّن البروتين.
- تكـوّن سلاسـل النيوكليوتيدات الأحماض النووية
- الإنزيمات محفِّزات حيوية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **فسّر** إذا تم تحديد مادة غير معروفة وجدت في النيزك ولا تحتوي على بقايا كربون، فهل يسـتطيع العلماء استنتاج أن هناك حياة في النيزك؟
2. **اعمل** قائمة تقارن فيها بين الجزيئات الحيوية الكبيرة الأربعة.
3. **حـدّد** مكونـات الكربوهيدرات والبروتينات.
4. **ناقش** أهميـة ترتيـب الحمض الأميني في وظيفة البروتين.
5. **صـف** أهميـة الإنزيمـات في المخلوقات الحية.

التفكير الناقد

6. **لخّص** نتيجـة وجـود الكثير من البروتينات في الجسـم، وفسّـر لماذا يعد شـكل الإنزيـم مهمًّا لوظيفته؟
7. **ارسـم** تركيبين (أحدهما سلسـلة مستقيمة وأخرى حلقية) لكربوهيدرات صيغتها الكيميائية $(CH_2O)_6$.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

إثراء علمي

مستجدات في علم الأحياء

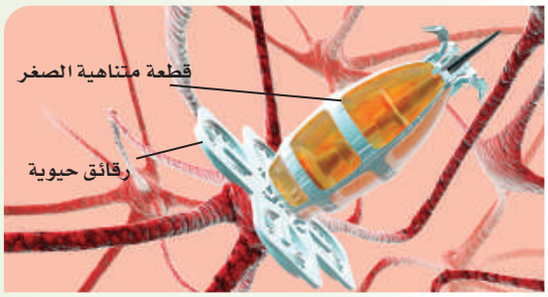
استكشاف تقنية النانو Exploring Nanotechnology

تخيل أنه يمكن اكتشاف خلايا السرطان والقضاء عليها الواحدة تلو الأخرى، أو أن دواءً جديدًا يمكن اختباره على خلية واحدة لتقويم فاعليته السريرية. إنَّ التقدم التقني هو الذي سمح للعلماء بالتركيز على خلايا محددة، ويجعلها حقيقة في المستقبل القريب.

إن علم تقنية النانو فرع من العلوم يدرس تطور آلات تعمل بمقياس دقيق جدًّا هو النانو، واستخدامها. والنانو يساوي واحدًا من البليون من المتر (10^{-9} m). ولوضع هذا المقياس في منظوره الحقيقي لاحظ أن معظم خلايا الإنسان يتراوح قطرها بين 10,000–20,000 nm.

مجهر القوة الذرية Atomic force microscope

يستخدم الباحثون تقنية النانو في مجهر القوة الذرية ليعملوا على خلية مفردة. ويستخدم هذا المجهر إبرة دقيقة جدًّا. ويعطي هذا النوع من المجاهر صورة للخلية باستخدام مجسّ مجهري لفحص الخلية. إذ يدخل المجس الدقيق كإبرة قطرها 200 nm تقريبًا إلى الخلية دون إلحاق ضررٍ بغشائها. كما تساعد الإبرة الدقيقة العلماء على دراسة كيف تستجيب الخلية لعلاج جديد، أو كيف تختلف كيمياء خلية مريضة عن الخلية السليمة. هناك تطبيق آخر للإبرة الدقيقة يتم بإدخال سلاسل DNA مباشرة إلى نواة الخلية لفحص تقنية علاج جيني جديد لمعالجة الأمراض الوراثية.



تبين هذه الصورة المأخوذة بوساطة الحاسوب قطعة دقيقة جدًّا لها أذرع من رقائق حيوية. وتحتوي الرقائق الحيوية على مواد عضوية قد تكون قادرة على إصلاح الأضرار في الخلية العصبية يومًا ما.

الليزر Lazers

طوّر العلماء تقنية الليزر التي تسمح لهم بالتعامل مع أجزاء الخلية الداخلية أو علاجها دون إحداث ضرر بالغشاء الخلوي أو التراكيب الخلوية الأخرى. تخيل أن لك القدرة على القيام بجراحة دقيقة جدًّا على المستوى الخلوي.

وربما تكون تقنية النانو في المستقبل خط الدفاع الأول في معالجة السرطان، وربما تصبح أيضًا التقنية المعيارية لفحص أدوية جديدة أو العلاج المفضل المستخدم في العلاج الجيني.

الكتابة في علم الأحياء

مراجعة اكتب تلخيصًا حول استخدام تقنية النانو في الطب والرعاية الصحية، وصف فوائدها وتحدياتها، وتستطيع أن تُضمّن تقريرك عرضًا توضيحيًّا.

مختبر الأحياء

استقصاء ميداني: ما المواد التي تنتقل خلال غشاء شبه منفذ؟

الخلفية النظرية: **جميع الأغشية في الخلايا -ومنها الغشاء البلازمي والأغشية التي تحيط بالعضيات في الخلايا الحقيقية النواة - شبه منفذة. وفي هذه التجربة تفحص حركة بعض الجزيئات الحيوية المهمة عبر غشاء ديلزة مشابه للغشاء البلازمي. ولأن الغشاء ذو ثقوب، لذا فهو يسمح بنفاذ الجزيئات الصغيرة الحجم فقط.**

سؤال: ما المواد التي تنتقل عبر غشاء الديلزة؟

المواد والأدوات

- أنابيب ديلزة من السيليلوز (2).
- دورق 400 mL (2).
- سلك.
- مقصات.
- ماء مقطر.
- صحن بلاستيكي صغير.
- محلول نشا.
- محلول البيومن.
- محلول جلوكوز.
- محلول NaCl.
- محلول يود (لفحص النشا).
- محلول بينيدكت اللامائي (للكشف عن الجلوكوز).
- محلول نترات الفضة (للكشف عن NaCl).
- كاشف بيورت (للكشف عن البيومن).
- مخبار مدرج سعته 10mL.
- أنابيب اختبار (2).
- حامل أنابيب.
- قمع.
- قلم شمعي.
- قطارة.

احتياطات السلامة

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدول بيانات وفق تعليمات معلمك.
3. خذ قطعتين من أنابيب الديلزة ودورقين سعة كل منهما 400 mL، ومحلولين أعددتهما للفحص من قبل.
4. اكتب على الدوارق نوع المحلول الذي وضعته في أنبوب الديلزة.
5. حضّر مع زميلك أحد أنابيب الديلزة، واملآه بأحد المحاليل، واغسل الكيس من الخارج جيدًا، ثم ضع كيس الديلزة المملوء في دورق يحوي ماءً مقطرًا.
6. أعد الخطوة رقم 5 مستخدمًا المحلول الثاني.
7. بعد 45 دقيقة انقل بعض الماء من كل دورق في أنابيب اختبار.
8. أضف بضع قطرات من محاليل الاختبار المناسبة إلى الماء.
9. سجِّل نتائجك، وحدّد ما إذا كان توقعك صحيحًا. ثم قارن نتائجك بنتائج مجموعات أخرى من زملاء صفك، وسجل النتائج للمحلولين اللذين أعددتهما للفحص .
10. **التنظيف والتخلُّص من الفضلات.** اغسل جميع المواد، ثم أعدها إلى مكانها. وتخلص من المحاليل وأنابيب الديلزة التي استخدمت وفق إرشادات معلمك. اغسل يديك جيدًا بعد استخدام أي مادة كيميائية.

حلل ثم استنتج

1. **قوّم.** هل انتقلت جزيئات المحلول الذي فحصته عبر أنبوب الديلزة؟ فسّر إجابتك.
2. **التفكير الناقد.** ما خصائص الغشاء البلازمي التي تجعله ينظم حركة الجزيئات بدرجة أكبر من غشاء الديلزة؟
3. **تحليل الخطأ.** كيف يؤدي عدم غسل كيس الديلزة بالماء المقطر قبل وضعه في الدورق إلى اختبار موجب كاذب لوجود جزيئات مذابة؟ وما مصادر الخطأ الأخرى التي تؤدي إلى نتائج غير صحيحة؟

عرض الملصقات

تواصَل. يظهر مرض التليف الكيسي عندما يفتقر الغشاء البلازمي إلى وجود جزيء يساعد على نقل أيون الكلور. ابحث عن هذا المرض، ثم اعرض ما وجدته على صفك مستخدمًا الملصقات.

الفصل 1

دليل مراجعة الفصل

المطويات **اكتب** تقريرًا عن أهمية الأنزيمات في المخلوقات الحية، وفسّر أهمية وجودها في العديد من التفاعلات في الخلية.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
1-1 التراكيب الخلوية والعضيات	
الغشاء البلازمي العضيات النفاذية الاختيارية طبقة الدهون المفسفرة المزدوجة البروتين الناقل النموذج الفسيفسائي السائل الهيكل الخلوي البلاستيدات الخضراء الجدار الخلوي الهدب السوط	**الفكرة الرئيسة** **يساعد الغشاء البلازمي على المحافظة على الاتزان الداخلي للخلية، كما تسمح العضيات الموجودة في الخلايا الحقيقية النواة بالقيام بوظائف متخصصة داخل الخلية.** • هناك نوعان رئيسان من الخلايا، هما الخلايا البدائية النواة والخلايا الحقيقية النواة. • تحتوي الخلايا الحقيقية النواة على النواة والعضيات. • النفاذية الاختيارية خاصية الغشاء البلازمي التي تسمح للخلية بالسيطرة على ما يدخل إليها أو يخرج منها. • يتكون الغشاء البلازمي من طبقة مزدوجة من جزيئات الدهون المفسفرة. • يسهم الكولسترول والبروتينات الناقلة في وظيفة الغشاء البلازمي. • يصف النموذج الفسيفسائي السائل الغشاء البلازمي. • تحوي الخلايا الحقيقية النواة عضيات محاطة بغشاء في السيتوبلازم، تؤدي وظائف الخلية. • الرايبوسومات مواقع لبناء البروتين. • الميتوكندريا مصانع الطاقة في الخلية.
1-2 كيمياء الخلية	
الجزيئات الكبيرة البوليمر الحمض الأميني طاقة التنشيط المحفز الموقع النشط الحمض النووي النيوكليوتيدات	**الفكرة الرئيسة** **تتكون خلايا د الحية من مركبات عضوية يدخل في تركيبها الكربون بوصفه عنصرًا أساسيًّا.** • المركبات الكربونية جزيئات البناء الأساسية في المخلوقات الحية. • تتكون الجزيئات الحيوية الكبيرة بواسطة ارتباط مركبات كربونية صغيرة لتكوّن البوليمرات. • هناك أربعة أنواع من الجزيئات الحيوية الكبيرة. • تربط الرابطة الببتيدية الأحماض الأمينية معًا لتكوّن البروتين. • تكوّن سلاسل النيوكليوتيدات الأحماض النووية. • الإنزيمات محفِّزات حيوية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 1 التقويم

1-1

مراجعة المفردات

استبدل الكلمة التي تحتها خط بكلمة أخرى من دليل مراجعة الفصل لتصبح الجملة صحيحة:

1. النواة تركيب يحيط بالخلية ويساعد على ضبط ما يدخل إلى الخلية أو يخرج منها.
2. للخلية البدائية النواة عضيات محاطة بغشاء.
3. العضيات هي جزيئات البناء الأساسية في المخلوقات الحية.

أكمل الجمل الآتية مستخدمًا مفردات من دليل مراجعة الفصل:

4. _____ تعد الجزيء التركيبي الأساسي الذي يكوّن الغشاء البلازمي.
5. _____ بروتينات ضرورية لنقل المواد أو الفضلات خلال الغشاء البلازمي.
6. _____ الخاصية التي تسمح لبعض المواد فقط بالدخول إلى الخلية والخروج منها.

املأ الفراغ في الجمل الآتية بمصطلح من صفحة دليل مراجعة الفصل:

7. _____ تخزن الفضلات.
8. _____ تنتج رايبوسومات.
9. _____ تولد طاقة للخلية.
10. _____ توزع البروتينات في حويصلات.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

11. أيُّ التراكيب الآتية تتوقع أن تجد فيها الجدار الخلوي؟

a. خلية من جلد الإنسان.

b. خلية من شجر بلوط.

c. خلية دم من قطة.

d. خلية كبد من فأر.

استخدم الصورة الآتية في الإجابة عن السؤال 12.

صورة ملونة بالمجهر الإلكتروني النافذ تكبير × 5000

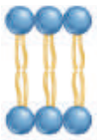
12. ما نوع الخلية التي تظهر في الصورة أعلاه؟

a. الخلية البدائية النواة.
c. الخلية الحيوانية.
b. الخلية الحقيقية النواة.
d. الخلية النباتية.

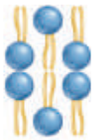
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

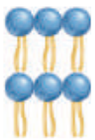
تقويم الفصل 1

13. مـا الترتيب الأفضل للدهون المفسـفرة الذي يمثل طبقـة الدهـون المفسـفرة المزدوجة في الغشـاء البلازمي؟

a.


b.

c.


d.


14. ما الوضـع الـذي يزيد من سـيولة طبقـة الدهون المفسفرة المزدوجة؟

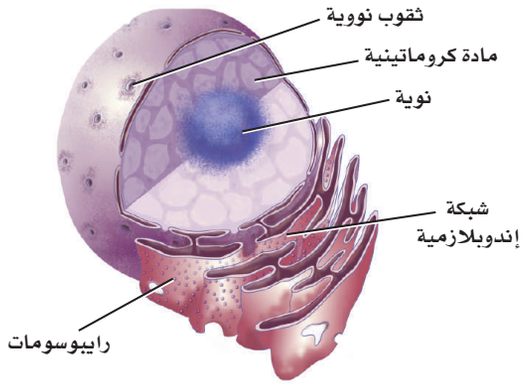
a. انخفاض درجة الحرارة.

b. زيادة عدد البروتينات.

c. زيادة عدد جزيئات الكولسترول.

d. زيادة عدد الأحماض الدهنية غير المشبعة.

استخدم المخطط أدناه في الإجابة عن السؤالين 15 و 16.



15. ما التركيب الذي يُصنّع البروتينات التي تسـتخدمها الخلية؟

a. المادة الكروماتينية.
c. الرايبوسومات.
b. النوية.
d. الثقوب النووية.

16. أين تنتج الرايبوسومات؟

a. الثقب النووي.
c. المادة الكروماتينية.
b. النوية.
d. الشبكة الإندوبلازمية.

أسئلة بنائية

17. **حلّـل.** ربما تكون المادة الموجودة في نيزكٍ ما خلية. ما الصفات التي ينبغـي وجودها في المادة حتى تُعدّ خلية؟

18. **إجابـة قصيـرة.** فسـر كيف يحافظ الغشاء البلازمي على الاتزان الداخلي في الخلية؟

19. **نهاية مفتوحة.** فسـر ما الفسيفساء؟ ولماذا يستخدم مصطلح "النموذج الفسيفسـائي المائع" في وصف الغشاء البلازمي؟

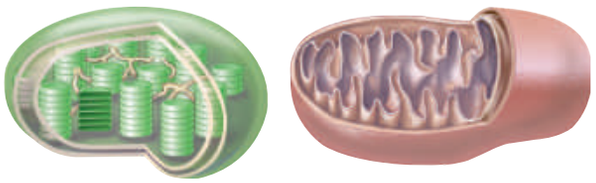
20. **إجابة قصيرة.** كيف يسمح ترتيب الدهون المفسفرة في الطبقـة المزدوجة للخليـة بالتفاعل مع البيئة الداخلية والخارجية؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

1 تقويم الفصل

21. **إجابة قصيرة.** صف لماذا يُعد الهيكل الخلوي في السيتوبلازم اكتشافًا حديثًا؟

22. **إجابة قصيرة.** قارن بين تركيب ووظيفة الميتوكندريا والبلاستيدة الخضراء في الرسم أدناه.



23. **نهاية مفتوحة.** اقترح سببًا يبين لماذا تتحد البروتينات المغلفة التي تم تجميعها في الفجوة مع الأجسام المحلِّلة؟

التفكير الناقد

24. **إجابة قصيرة.** قارن بين الخلايا البدائية النواة والخلايا الحقيقية النواة.

25. **كوِّن فرضية.** كيف تتأثر الخلية إذا فقد غشاؤها البلازمي القدرة على النفاذية الاختيارية؟

26. **توقّع.** ما الذي يحدث للخلية إذا لم تعد تستطيع إنتاج الكولسترول؟

27. **حدّد** مثالًا يساعد فيه جدار الخلية على بقاء النبات في بيئته الطبيعية.

28. **استنتج.** فسّر لماذا تحوي خلايا النبات التي تنقل الماء عكس اتجاه الجاذبية الأرضية ميتوكندريا أكثر مما تحوي الخلايا النباتية الأخرى؟

1-2

مراجعة المفردات

صل بين المصطلح في القائمة اليمنى مع ما يناسبه في القائمة اليسرى في كل مما يأتي:

29. طاقة التنشيط. **A**. بروتين يزيد من سرعة التفاعل.

30. المادة المتفاعلة. **B**. مواد تحوي روابط كيميائية جديدة.

31. الإنزيم. **C**. الطاقة اللازمة لبدء التفاعل.

32. المادة الناتجة. **D**. المادة التي ترتبط مع الإنزيم.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

33. أيٌّ مما يأتي مادة تقلل من طاقة التنشيط؟

a. الأيون. **c**. المحفز.

b. المواد المتفاعلة. **d**. مادة الإنزيم المتفاعلة.

34. ما العناصر التي توجد في الأحماض الأمينية؟

a. النيتروجين والكبريت.

b. الكربون والأكسجين.

c. الهيدروجين والفوسفور.

d. الكبريت والأكسجين.

35. ما الذي يربط الأحماض الأمينية بعضها مع بعض؟

a. الروابط الببتيدية. **c**. قوى ڤان درڤال.

b. الروابط الهيدروجينية. **d**. الروابط الأيونية.

36. ما المادة التي **لا** تعد جزءًا من النيوكليوتيدات؟

a. الفوسفات. **c**. السكر.

b. القاعدة النيتروجينية. **d**. الماء.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

1 تقويم الفصل

أسئلة بنائية

37. **إجابة قصيرة.** ما خصائص الإنزيمات؟

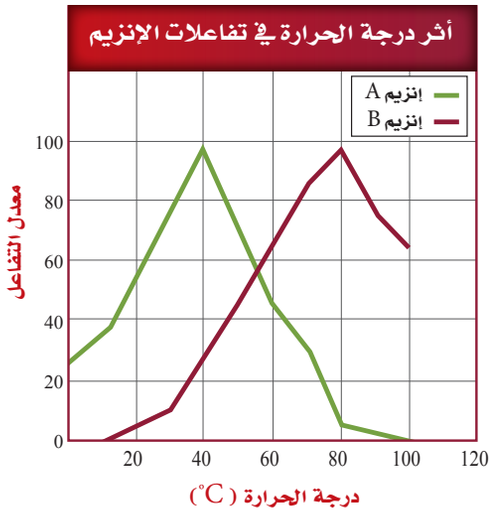
38. **نهاية مفتوحة.** حدّد ثم صف العوامل التي تؤثر في نشاط الإنزيمات.

39. **نهاية مفتوحة.** لماذا تحتوي الخلايا على الجزيئات الكبيرة والمركبات الكربونية الصغيرة معًا؟

40. **نهاية مفتوحة.** لماذا لا يستطيع الإنسان هضم جميع أنواع الكربوهيدرات؟

التفكير الناقد

استعمل الرسم البياني الآتي في الإجابة عن السؤالين 41 و 42.



41. **صف** أثر درجة الحرارة في معدل التفاعلات مستعملًا المخطط أعلاه.

42. **استنتج.** أيّ الإنزيمات أكثر نشاطًا في خلية إنسان؟ ولماذا؟

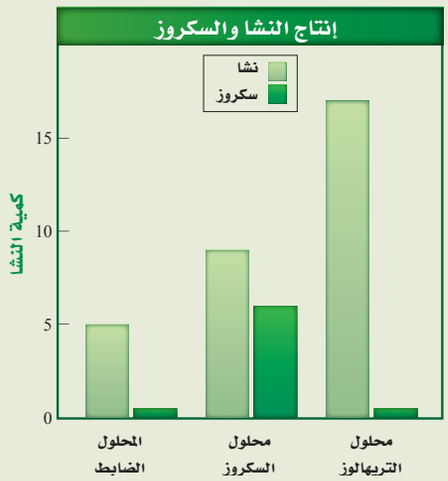
43. **اعمل.** ارسم جدولًا يضم الجزيئات الحيوية الأربعة الكبيرة مضمنًا الجدول تركيبها ووظيفة كل منها.

تقويم إضافي

44. **الكتابة في علم الأحياء** اكتب مقالة تصف فيها وظائف خمس عضيات في الخلية على الأقل.

أسئلة المستندات

يعد النشا المخزن الرئيس للكربون في النباتات. أجريت تجارب لتحديد ما إذا كان لسكر تريهالوز Trehalose دور في تنظيم إنتاج النشا في النباتات؛ حيث قُطعت أوراق نباتات في صورة أقراص، ووضعت في حاضنة مدة 3 ساعات في محلول السربتول (المجموعة الضابطة)، والسكروز (سكر المائدة)، والتريهالوز. ثم تم قياس مستويات النشا والسكروز في الأوراق. استخدم البيانات في المخطط أدناه للإجابة عن الأسئلة التي تليه:



45. لخّص معدل إنتاج النشا والسكروز في المحاليل الثلاثة.

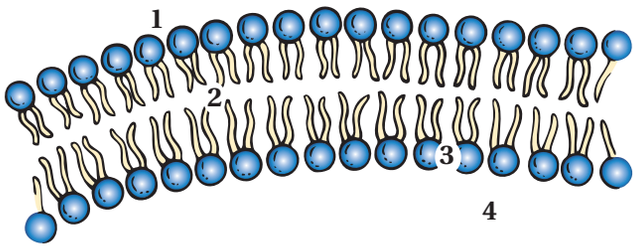
46. ما الاستنتاجات التي توصل إليها الباحثون بناءً على هذه البيانات؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤالين 1 و2.



1. أيّ الأرقام يمثِّـــل الموقع الذي تتوقع فيه وجود مواد غير ذائبة في الماء؟
   a. 1
   b. 2
   c. 3
   d. 4

2. مـــا أثر وجود جزيئـــات مرتبة من الدهون المفســـفرة القطبية وغير القطبية بالنمط المبين في الشكل أعلاه؟
   a. تســـمح بتحرك البروتينات الناقلة بســـهولة خلال الغشاء.
   b. تسيطر على حركة المواد عبر الغشاء.
   c. تســـاعد الخلية علـــى الحفاظ علـــى خصائصها الشكلية.
   d. تكوّن فراغات كثيرة داخل طبقة الدهون المفسفرة المزدوجة.

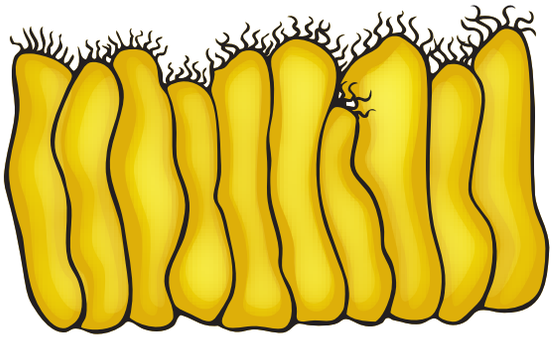
استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤالين 3 و4.

3. أيّ الجزيئات الكبيرة لها تركيب يشبه الشكل السابق؟
   a. كربوهيدرات.
   b. دهون.
   c. نيوكليوتيد.
   d. بروتين.

4. أيّ وظائف الجزيئات تحتاج إلى انثناءات في أشكالها؟
   a. سلوك مركب غير قطبي.
   b. عندما تؤدي وظيفة الموقع النشط.
   c. الانتقال عبر الغشاء البلازمي.
   d. عندما تؤدي وظيفة تخزين طاقة الخلية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤال 5.



5. البروزات التي تخرج من التركيب أعلاه هي:

a. الأهداب.
b. الأسواط.
c. الأنيبيبات الدقيقة.
d. الخملات المعوية.

6. ما الذي يسهم في النفاذية الاختيارية للغشاء الخلوي؟

a. الكربوهيدرات.
b. الأيونات.
c. الأملاح المعدنية.
d. البروتينات.

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤال 7.

7. ما دور الرقم (1) في نشاط الإنزيم؟

a. يؤدي إلى حدوث التفاعل ببطء أكبر.
b. يوفر المزيد من المواد المتفاعلة.
c. يوفر بقعة فريدة من أجل ارتباط المادة المتفاعلة.
d. يرفع طاقة تنشيط التفاعل.

أسئلة الإجابات القصيرة

8. استخدم المخطط التنظيمي في تنظيم المعلومات التي تتعلق بعضيات الخلية وصنع البروتين. وفي كل خطوة حلّل دور كل عضية في صنع البروتين.

9. قارن بين وظائف كل من الكربوهيدرات والدهون والبروتينات والأحماض النووية.

10. ماذا يحدث إذا لم يكن الغشاء البلازمي شبه منفذ؟

11. لماذا تعد عملية ارتباط الإنزيمات مع مادتها المتفاعلة الخاصة بها مهمًّا جدًّا؟

12. اذكر ثلاثة مكونات لغشاء الخلية البلازمي، ثم وضِّح لماذا تعد كل منها مهمة في وظائف الخلية؟

13. قارن بين تركيب الجدار الخلوي وتركيب الغشاء البلازمي.

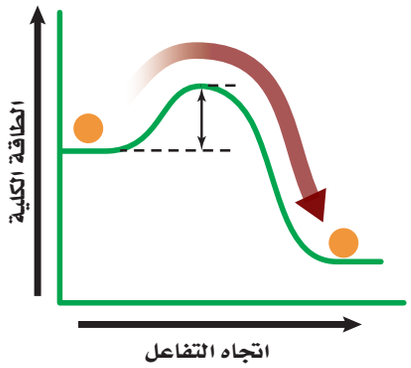
14. اذكر ثلاثة مكوّنات في الخلية، ووضح أهمية كل مكوّن لوظائفها.

أسئلة الإجابات المفتوحة

15. صف وظيفة الأنيبيبات الدقيقة، ثم توقع ما يحدث إذا لم تحوِ الخلية الأنيبيبات الدقيقة.

16. رغم أن البلاستيدات الخضراء والميتوكندريا تؤديان وظائف مختلفة، إلا أن تركيبيهما متشابهان، اربط بين تركيبيهما المتشابهين ووظائفها.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 17.



17. يبيّن الرسم تأثير إنزيم معين يتدخل في تحليل البروتينات في الجهاز الهضمي. وضح فيم يختلف هضم البروتين عند الشخص الذي ليس لديه هذا الإنزيم؟

18. ما العضية التي تتوقع أن وجودها بأعداد كبيرة داخل الخلايا التي تضخ حمض المعدة إلى خارج المعدة ضد فرق التركيز؟ وضّح إجابتك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

سؤال مقالي

يوجد في المخلوقات الحية الكثير من الجزيئات التي تتكون من ترابط وحدات صغيرة (مونومر) بعضها مع بعض في تسلسل مختلف، أو في أنماط مختلفة. فعلى سبيل المثال، تستخدم المخلوقات الحية عددًا قليلًا من النيوكليوتيدات لبناء الأحماض النووية. ويوفر وجود آلاف النيوكليوتيدات المتسلسلة المختلفة في الأحماض النووية الشفرة الأساسية للمعلومات الوراثية في المخلوقات الحية.

استخدم المعلومات الواردة في الفقرة أعلاه في الإجابة عن السؤال الآتي في صورة مقال:

19. صف كيف تعد عملية استخدام الوحدات الأساسية (المونومر) مهمة لبناء جزيئات كبيرة معقدة في المخلوقات الحية.

توجد العضيات نفسها في العديد من أنواع الخلايا المختلفة في جسم الحيوان. وعلى الرغم من ذلك، هناك اختلافات في عدد العضيات الموجودة؛ بناءً على وظيفة الخلايا المختلفة. فمثلاً تحتوي الخلايا التي تتطلب كمية كبيرة من الطاقة لأداء وظيفتها على أعداد أكبر من الميتوكندريا.

استخدم المعلومات الواردة في النص أعلاه للإجابة عن السؤال الآتي في صورة مقال.

20. كيف يختلف نوعان من الخلايا الحيوانية من حيث نوع العضيات التي يحتويان عليها؟ اكتب فرضية حول الفروق الخلوية بين نوعين من الخلايا الحيوانية، ثم صمّم تجربة لاختبار فرضيتك.

يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
الفصل/القسم	1–1	1–1	1–2	1–2	1–1	1–1	1–2	1–1	1–2	1–1	1–2	1–1	1–1	1–1	1–1	1–1	1–2	1–1	1–2	1–1
الصف	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3

الفصل 2

الطاقة الخلوية

Cellular Energy

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفكرة العامة تُحوّل عملية البناء الضوئي الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية، في حين يستعمل التنفس الخلوي الطاقة الكيميائية لإتمام الوظائف الحيوية.

2–1 كيف تحصل المخلوقات الحية على الطاقة؟

الفكرة الرئيسة تستخدم جميع المخلوقات الحية الطاقة للقيام بوظائفها الحيوية.

2–2 البناء الضوئي

الفكرة الرئيسة تتحوّل الطاقة الضوئية بعد امتصاصها إلى طاقة كيميائية في أثناء عملية البناء الضوئي.

2–3 التنفس الخلوي

الفكرة الرئيسة تحصل المخلوقات الحية على الطاقة بتحليل الجزيئات العضوية في أثناء عملية التنفس الخلوي.

حقائق في علم الأحياء

- تأكل الأغنام أنواعًا مختلفة من الأعشاب للحصول على الجلوكوز الذي يعد مصدرًا للطاقة.
- الأعشاب لونها أخضر لأنها تحتوي على الكلوروفيل، وهو صبغة موجودة في البلاستيدات الخضراء.
- قد يستهلك عدّاؤو الماراثون 4.5 g من الجلوكوز كل دقيقة لتزويد عضلاتهم بالطاقة.

تجربة استهلالية

كيف تتحول الطاقة؟

يسيطر على تدفق الطاقة في الأنظمة البيئية الحيوية تفاعلاتٌ وعمليات كيميائية متنوعة. تتحول الطاقة من طاقة الشمس الضوئية إلى طاقة كيميائية، ثم إلى أشكال أخرى من الطاقة. ستلاحظ في هذه التجربة عمليتين مرتبطتين مع تحولات الطاقة.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. استخدم **مخبارًا مدرجًا** لقياس 100 mL من الماء، ثم ضعها في **كأس زجاجية** سعتها 250 mL. استعمل **مقياس الحرارة** لتُسجل درجة حرارة الماء.
3. زن 40 g من مادة **كلوريد الكالسيوم اللامائي** ($CaCl_2$). استخدم **ساق تحريك زجاجية** لإذابة كلوريد الكالسيوم في الماء. ثم سجل درجة حرارة المحلول كل 15 ثانية مدة ثلاث دقائق.
4. كرّر الخطوتين 2 و3 باستخدام 40 g من **ملح إبسوم** (**كبريتات الماغنسيوم المائية** MgSO4) بدلاً من $CaCl_2$.
5. مثِّل بياناتك بالرسم البياني مستخدمًا ألوانًا مختلفة لكل عملية.

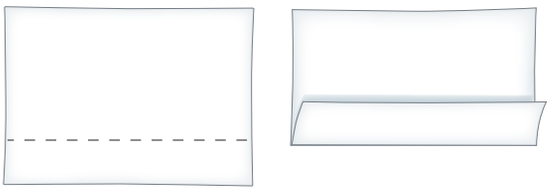
التحليل

1. **صِف** الرسم البياني للبيانات التي جمعتها.
2. **توقّع** ما تحولات الطاقة التي حدثت في العمليتين؟

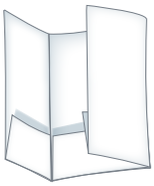
المطويات منظمات الأفكار

مراحل التنفس الخلوي اعمل المطوية الآتية لتساعدك على فهم آلية حصول المخلوقات الحية على طاقتها من المواد المغذية في أثناء عملية التنفس الخلوي.

الخطوة 1: اثنِ لسانًا عرضه 5.5 cm على طول ورقة كما في الشكل الآتي:



الخطوة 2: اثنِ الورقة لتكوّن ثلاثة أجزاء كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3: ثبّت الحواف الخارجية للألسنة باستخدام الصمغ أو الدباسة لتكوِّن مطوية في صورة كتيب من ثلاثة جيوب، ثمَّ عنون الجيوب كما في الشكل. استخدم بطاقات صغيرة لتسجيل المعلومات، ثم ضعها في الجيب (المحفظة) المناسب.

المطويات **استعمل هذه المطوية في القسم 3-2.** سجل – وأنت تقرأ الدرس – ما تعلمته حول مراحل التنفس الخلوي الآتية: التحلل السكري، حلقة كربس، نقل الإلكترون.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

2-1

كيف تحصل المخلوقات الحية على الطاقة؟

How Organisms Obtain Energy?

الأهداف

- **تلخّص** قانوني الديناميكا الحرارية.
- **تقارن** بين المخلوقات ذاتية التغذي وغير ذاتية التغذي.
- **تصف** آلية عمل جزيء الطاقة ATP في الخلية.

مراجعة المفردات

المستوى الغذائي: كل خطوة في السلسلة الغذائية أو الشبكة الغذائية.

المفردات الجديدة

الطاقة
الديناميكا الحرارية
عملية الأيض
التنفس الخلوي
أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP

الفكرة الرئيسة **تستخدم جميع المخلوقات الحية الطاقة للقيام بوظائفها الحيوية.**

الربط مع الحياة يطلق على بعض المدن أحيانًا "مدينة لا تنام"؛ لعدم توقف الحركة فيها. وهي في ذلك تشبه الخلايا الحيَّة التي تقوم بنشاطات مستمرة وثابتة.

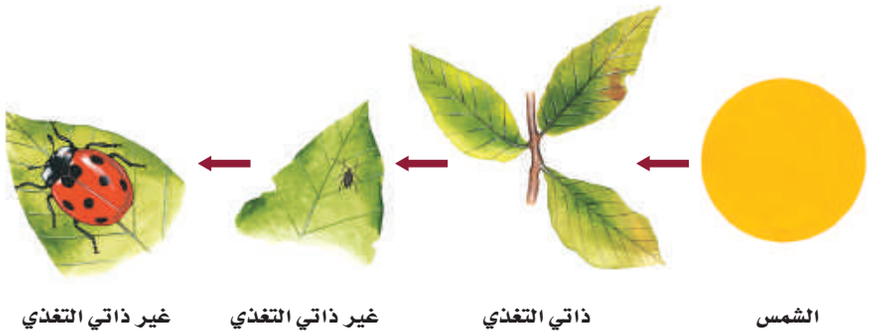
تحوّلات الطاقة Energy Transformations

معظم التفاعلات والعمليات الكيميائية في خلايا الجسم مستمرة، حتى لو ظننت أنك لا تستهلك أي طاقة. فالجزيئات الكبيرة تُبنى وتتحلل، وتنقل المواد عبر الغشاء الخلوي، وكذلك تنقل المعلومات الوراثية. هذه الأنشطة الخلوية جميعها تحتاج إلى **الطاقة** energy، وهي القدرة على إنجاز شغل. ويبين **الشكل 1-2** بعض المحطات الرئيسة في دراسة الطاقة الخلوية. أما **الديناميكا الحرارية** thermodynamics فهي دراسة تدفُّق الطاقة وتحوُّلها في الكون.

قوانين الديناميكا الحرارية Laws of Thermodynamics يُسمى القانون الأول في الديناميكا الحرارية قانون حفظ الطاقة، وينص على أن الطاقة يمكن أن تتحوَّل من شكل إلى آخر، ولكن لا يمكن أن تفنى أو تُستحدث إلا بمشيئة الله سبحانه وتعالى. فمثلاً تتحول الطاقة المخزنة في المواد المغذية إلى طاقة كيميائية عندما تأكل، وتتحول إلى طاقة ميكانيكية عندما تركض أو تركل الكرة.

الشكل 1-2
فهم الطاقة الخلوية
أدت الاكتشافات العلمية إلى فهم أكبر لعملية البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



■ **الشكل 2–2** سخر الله جلَّ وعلا الشمس لتكون المصدر الرئيس لمعظم الطاقة في المخلوقات الحية، وتنتقل الطاقة من المخلوقات الذاتية التغذي إلى المخلوقات غير الذاتية التغذي.

اربط بين قانوني الديناميكا الحرارية والمخلوقات الحية في الشكل.

ينص القانون الثاني في الديناميكا الحرارية على حدوث فقدان في الطاقة عند تحولها من شكل إلى آخر . وعمومًا، فإن الطاقة التي تُفقد أو تضيع ، تتحول إلى طاقة حرارية. وتعد السلسلة الغذائية مثالًا واضحًا على القانون الثاني للديناميكا الحرارية. ومن المعروف أن كمية الطاقة القابلة للاستخدام والمتوافرة في المستوى الغذائي الأعلى تتناقص على نحوٍ مستمر في السلسلة الغذائية.

ذاتية التغذي وغير ذاتية التغذي Autotrophs and Heterotrophs

خلق الله سبحانه وتعالى المخلوقات ذاتية التغذي لكي تكون قادرة على صنع غذائها بنفسها. فبعض ذاتية التغذي – التي تُسمى ذاتية التغذي كيميائية– تستخدم المواد غير العضوية مثل كبريتيد الهيدروجين مصدرًا للطاقة. أما بعضها الآخر– ومنها النباتات، كما في **الشكل 2–2** –فتسمى المخلوقات ذاتية التغذي ضوئية؛ لأنها تقوم بتحويل الطاقة الضوئية من الشمس إلى طاقة كيميائية. أما المخلوقات غير الذاتية التغذي مثل حشرة المن والدعسوقة في **الشكل 2–2**، فهي مخلوقات حية تحتاج إلى ابتلاع الطعام وهضمه للحصول على الطاقة.

المفردات

أصل الكلمة

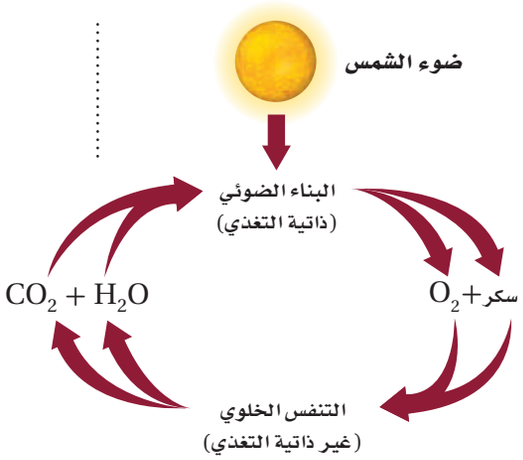
ذاتي التغذي Autotroph

من الكلمة اليونانية *Autotrophos*، وتعني "بناء المخلوق الحي غذاءه بنفسه".

عملية الأيض Metabolism

يُشـــار إلى جميع التفاعلات الكيميائية في الخلية بعملية تسمى **عملية الأيض** metabolism. وتُسمى سلسلة التفاعلات الكيميائية التي تعد المـــادة الناتجة عن أحد تفاعلاتها مادةً متفاعلة للتفاعل التالي مســـارَ الأيض. ومســـارات الأيض نوعان: مسارات الهدم، ومسارات البناء. ففي مســـار الهدم تتحرر الطاقة نتيجة تحليل الجزيئـــات الكبيرة إلى جزيئات صغيرة. أما مســـار البناء فيســـتخدم الطاقة الناتجة عن مسار الهدم في بناء جزيئات كبيرة من جزيئـــات صغيرة. وينتج عن العلاقة بين مسارات الهدم والبناء تدفُّق مستمر للطاقة في المخلوق الحي.

تنتقل الطاقة باســـتمرار بين عمليات الأيض داخل المخلوقات الحية في النظام البيئي. فعلى سبيل المثال تعد عملية البناء الضوئي photosynthesis مســـار بناء؛ حيث تتحول طاقة الشـــمس الضوئية إلى طاقة كيميائية تستخدمها الخلية. وفي هذا التفاعل تستخدم المخلوقات الحية الذاتية التغذي طاقة الضوء من الشمس وثاني أكســـيد الكربون والماء لتكوّن سكر الجلوكوز والأكسجين. وكما يبين **الشـــكل 3–2**، يمكن للطاقة المخزنة بين جزيئات ســـكر الجلوكوز الناتج عن عملية البناء الضوئي أن تنتقل إلى مخلوقات حية أخرى عند استهلاك هذه الجزيئات في صورة غذاء.



الشـــكل 3–2 في النظام البيئـــي، يكوّن البناء الضوئي والتنفس الخلوي دورة مستمرة. **حدد مسارات الهدم والبناء في الشكل.**

تجربة استهلالية

مراجعة بنـــاءً عـــلى ما قرأته عـــن تحولات الطاقة، كيف تجيب الآن عن أسئلة التحليل؟

تجربة 1 - 2

ربط البناء الضوئي بالتنفس الخلوي

كيف يعمل البناء الضوئي والتنفس الخلوي معًا في النظام البيئي؟ استخدم كاشفًا كيميائيًّا لاختبار انتقال ثاني أكسيد الكربون خلال عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدول بيانات لتُسجل محتويات أنبوبي اختبار، وظروف التعامل مع كل منهما، واللون في البداية واللون النهائي لمحتوياتهما بعد التفاعل.
3. أضف 100 mL من **محلول بروموثيمول الأزرق (BTB)** إلى **كأس زجاجية** باســـتخدام **ماصة**، انفخ في المحلول برفق إلى أن يتحول إلى اللون الأصفر.

تحذير: لا تنفخ بقوة حتى لا تخرج الفقاقيع من المحلول، أو تُصاب بالصداع، وإياك وشفط المحلول بالماصة.

4. املأ ¾ **أنبوبي اختبار** كبيرين بمحلول BTB الأصفر الناتج من الخطوة **3**.
5. غطِّ أحد الأنبوبين بـــ**ورق الألومنيوم**، ثم ضع **نباتًا** مائيًّا طوله 6 cm في كلا الأنبوبين. **وأغلقهما** بإحكام، ثم ضعهما في **حامل أنابيب** في ضوء خافت طوال الليل.
6. سجل ملاحظاتك في جدول البيانات الناتج عن الخطوة 3.

التحليل

1. **استنتج** الهدف من تغطية الأنبوب بورق الألومنيوم.
2. **فسّر** كيف توضح نتائجك اعتماد البناء الضوئي والتنفس الخلوي أحدهما على الآخر؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

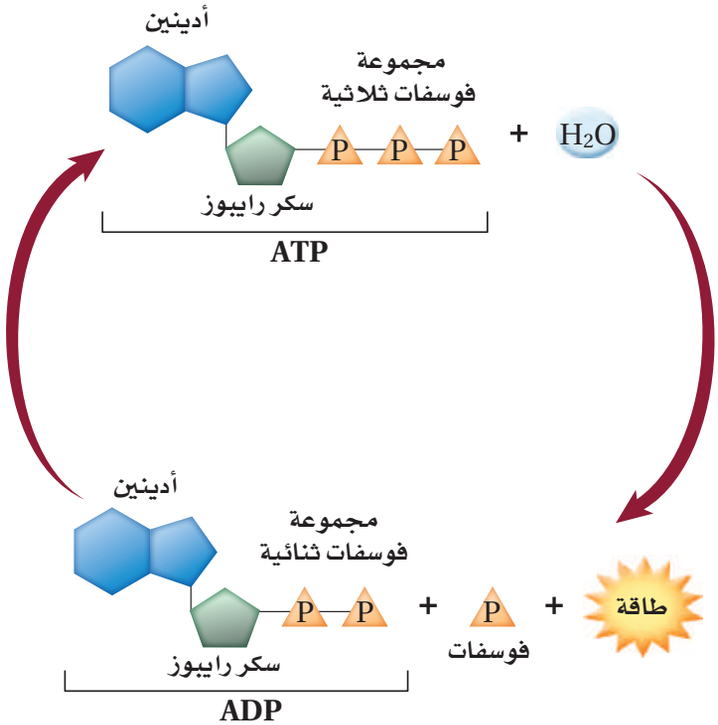
يعــد **التنفس الخلــوي** cellular respiration مســار هدم تتحلــل فيه المواد العضوية لتُحرر الطاقة اللازمة للخلية. حيث يُســتخدم الأكســجين في التنفس الخلوي لتحليل المواد العضوية، فينتج عنها ثاني أكسيد الكربون والماء. لاحظ الدورات الطبيعية لهذه العمليات في **الشكل 3–2**؛ حيث تعد المواد الناتجة عن أحد التفاعلات مواد متفاعلة للتفاعل الآخر.

ATP: وحدة الطاقة الخلوية ATP: The Unit of Cellular Energy

الربط مع الكيمياء توجد الطاقة في أشكال عدة، منها: الطاقة الضوئية، والطاقة الميكانيكية، والطاقة الحراريــة، والطاقة الكيميائية. ففي المخلوقات الحية يتم تخزين الطاقة الكيميائية داخل الجزيئات الحيوية، ويمكن تحويلها إلى أشكال أخرى من الطاقــة عند الحاجة. فمثــلاً تتحول الطاقة الكيميائيــة المخزنة في الجزيئات الحيوية إلى طاقة ميكانيكية عند انقباض العضلات.

ويعد جزيء الطاقة **أدينوســين ثلاثي الفوسفات** – Adenosine triphosphate ATP من أهم الجزيئات الحيوية التي تزود الخلايا بالطاقة الكيميائية.

تركيــب جزيء الطاقة ATP structure يعد جزيء (ATP) مخزنًا للطاقة الكيميائية التي تســتخدمها الخلايا في التفاعــلات المتنوعة. وعلى الرغم من وجــود جزيئات ناقلة أخرى للطاقة خلال الخلايــا، فإن جزيء (ATP) يعد من الجزيئات الناقلة الأكثر انتشــارًا في خلايا جميع أنواع المخلوقات الحية. وكما يبين **الشــكل 4–2** فإن جــزيء (ATP) عبارة عن نيوكليوتيــد يتكون من قاعدة نيتروجينية هي: الأدينين، وسكر الرايبوز، وثلاث مجموعات من الفوسفات.



■ **الشــكل 4–2** ينتج عــن تحلل جزيء ATP طاقــة تدعــم الأنشــطة الخلويــة في المخلوقات الحية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

وظيفة جزيء الطاقة ATP function يُحرر جزيء (ATP) الطاقة عندما تتكسر الرابطة بين مجموعة الفوسفات الثانية والثالثة، مكوّنًا جزيئًا يُسمى أدينوسين ثنائي الفوسفات (ADP) ومجموعة فوسفات حرّة، **الشكل 4-2**. تُختزن الطاقة في الرابطة الفوسفاتية التي تتشكل عندما يرتبط جزيء (ADP) مع مجموعة فوسفات أخرى ليتكوّن جزيء (ATP). ويمكن أن تتحول جزيئات (ATP) و(ADP) بإضافة أو حذف مجموعة فوسفات، كما في **الشكل 4-2**، وفي بعض الأحيان يتحول جزيء ADP إلى جزيء أدينوسين أحادي الفوسفات (AMP) بفقد مجموعة فوسفات إضافية، والطاقة المتحررة بفعل هذا التفاعل قليلة جدًّا؛ لذا فإن معظم تفاعلات الطاقة في الخلية تتضمن جزيئات ATP و ADP.

التقويم 1-2

الخلاصة

- تسيطر قوانين الديناميكا الحرارية على انتقال الطاقة وتحولها من شكل إلى آخر في المخلوقات الحية.
- تصنّع بعض المخلوقات الحية غذاءها بنفسها، في حين يحصل بعضها الآخر على الطاقة من الغذاء الذي يتناوله.
- تُخزن الخلايا الطاقة وتحررها بتفاعلات الهدم والبناء.
- الطاقة المتحررة من تحلل جزيء ATP تدعم الأنشطة الخلوية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **حدّد** المصدر الرئيس للطاقة في المخلوقات الحيّة.
2. **اشرح** قانون الديناميكا الحرارية الأول.
3. **قارن** بين مساري البناء والهدم.
4. **فسّر** كيف يُخزن جزيء ATP الطاقة، ويحررها؟

التفكير الناقد

5. الكتابة في علم الأحياء **اكتب** مقالة تصف فيها قوانين الديناميكا الحرارية مستخدمًا أمثلة من علم الأحياء في دعم أفكارك.
6. **استخدم التشابه** لتوضيح العلاقة بين عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

2-2

البناء الضوئي Photosynthesis

الأهداف

- **تلخّص** مرحلتي عملية البناء الضوئي.
- **توضّح** وظيفة البلاستيدة الخضراء في أثناء التفاعلات الضوئية.
- **تصف** عملية نقل الإلكترونات وترسمها.

مراجعة المفردات

الكربوهيدرات: مركبات عضوية تحوي الكربون، والهيدروجين والأكسجين فقط بنسب (1:2:1) بالترتيب.

المفردات الجديدة

الثايلاكويد
الغرانا
الحشوة (اللُّحمة)
الصبغة
ناقل الإلكترون +NADP
حلقة كالفن
إنزيم روبيسكو

الفكرة الرئيسة **تتحوّل الطاقة الضوئية بعد امتصاصها إلى طاقة كيميائية في أثناء عملية البناء الضوئي.**

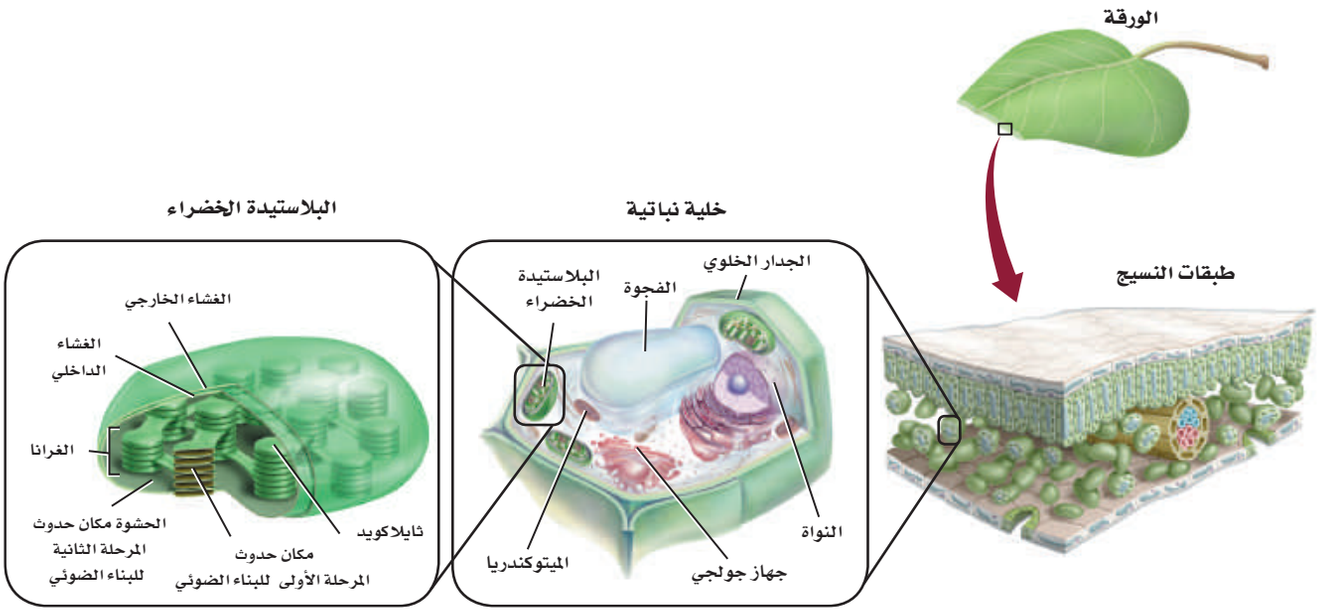
الربط مع الحياة تتحول الطاقة من حولنا كل يوم. حيث تحوّل البطاريات الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية، ويحول الراديو الطاقة الكهربائية إلى طاقة تحملها الموجات الصوتية. وبطريقة مشابهة تحول بعض المخلوقات الحية الذاتية التغذي الطاقةَ الضوئيةَ إلى طاقة كيميائية من خلال عملية البناء الضوئي.

عملية البناء الضوئي Photosynthesis

معظم المخلوقات الذاتية التغذي، ومنها النباتات، قادرة على صنع المركبات العضوية مثل السكر بعملية البناء الضوئي. وتتحول الطاقة الضوئية في أثناء عملية البناء الضوئي إلى طاقة كيميائية. والمعادلة الكيميائية الآتية تمثل عملية البناء الضوئي:

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{الكلوروفيل}]{\text{ضوء}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

تحدث عملية البناء الضوئي في مرحلتين؛ في المرحلة الأولى تحدث التفاعلات التي تعتمد على الضوء (التفاعلات الضوئية)، حيث يتم امتصاص الطاقة الضوئية وتحويلها إلى طاقة كيميائية على شكل ATP و NADPH. أما في المرحلة الثانية فهي التفاعلات التي تحدث في الضوء ولكن لا تعتمد عليه (التفاعلات اللاضوئية) وتسمى حلقة كالفن، بحيث يتم استخدام جزيئات ATP و NADPH التي تكوّنت في المرحلة الأولى لإنتاج الجلوكوز. وعندما ينتج الجلوكوز يتحد مع جزيئات سكريات بسيطة أخرى لتكوين جزيئات أكبر، وهذه الجزيئات هي كربوهيدرات معقدة مثل النشا. وقد يُستخدم الناتج النهائي لعملية البناء الضوئي في بناء جزيئات عضوية أخرى مثل البروتينات والدهون والأحماض النووية.



■ **الشكل 5–2** تحدث عملية البناء الضوئي داخل عضيات صبغية تسمى البلاستيدات الخضراء.

المرحلة الأولى: التفاعلات الضوئية Phase one: Light Reactions

يُعد امتصاص الضوء الخطوة الأولى في عملية البناء الضوئي؛ حيث تحتوي النباتات على عضيات خاصة تمتص الطاقة الضوئية. وبعد امتصاص الطاقة يتم إنتاج جزيئات تخزن الطاقة، هي NADPH وATP؛ لاستخدامهما في التفاعلات التي لا تعتمد على الضوء (اللاضوئية).

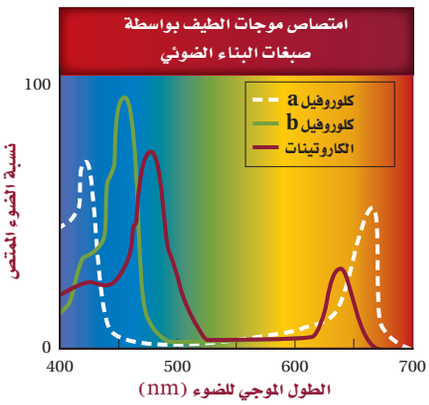
البلاستيدات الخضراء Chloroplasts عضيات كبيرة تمتص الطاقة الضوئية في المخلوقات الحية التي تقوم بعملية البناء الضوئي. وتوجد البلاستيدات الخضراء في النباتات بشكل رئيس في خلايا الأوراق. والبلاستيدات كما في **الشكل 5–2**، عضيات تشبه القرص، وتحتوي على جزأين ضروريين لعملية البناء الضوئي. يسمى الجزء الأول **ثايلاكويدات** thylakoids، وهي مجموعة من الأغشية المُسطحة تشبه الكيس، تترتب في رزم متراصة تسمى **الغرانا** grana. وتحدث التفاعلات الضوئية في الثايلاكويدات. أما الجزء الثاني المهم فيسمى **الحشوة (اللُّحمة)** stroma، وهي سائل يملأ الفراغات المحيطة بالغرانا، وتعد مكان حدوث التفاعلات اللاضوئية في المرحلة الثانية من عملية البناء الضوئي، انظر **الشكل 5–2**.

ماذا قرأت؟ ميز بين الثايلاكويد والحشوة (اللُّحمة).

الأصباغ Pigments تسمى الجزيئات الملونة التي تمتص الضوء **الأصباغ** pigments، وتوجد في أغشية الثايلاكويد في البلاستيدات الخضراء. وتمتص الأصباغ المختلفة أطوالًا موجية محددة من الضوء، **الشكل 6–2**. والصبغة الأساسية في النباتات هي الكلوروفيل، وهناك أنواع من صبغة الكلوروفيل، ومن أهمها الكلوروفيل (a) والكلوروفيل (b).

يختلف تركيب الكلوروفيل من جزيء إلى آخر، مما يسمح لجزيئات الكلوروفيل بامتصاص الضوء عند مناطق محددة من طيف امتصاص الضوء المرئي.

■ **الشكل 6–2** تختلف الأصباغ الملونة التي توجد في أوراق الأشجار في قدرتها على امتصاص أطوال موجية محددة من الضوء.
كوّن فرضية إذا لم يحتو النبات على كلوروفيل b، فما أثر ذلك في امتصاص الضوء؟



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

وعمومًا يزداد معدل امتصاص الضوء بواسطة الكلوروفيل في منطقة الطيف المحصورة بين الأزرق والبنفسجي من طيف الضوء المرئي، ويعكس الضوء في المنطقة الخضراء من الطيف. وهذا يفسر سبب رؤية الإنسان لأجزاء النبات التي تحوي الكلوروفيل باللون الأخضر.

تحوي معظم المخلوقات الحية التي تقوم بعملية البناء الضوئي أصباغًا إضافية بالإضافة إلى الكلوروفيل، تسمح للنباتات بامتصاص طاقة ضوئية إضافية من مناطق أخرى من الطيف المرئي. ومن هذه الأصباغ مجموعة أصباغ الكاروتينات، ومنها صبغة β كاروتين (بيتا- كاروتين) التي تمتص الضوء في المناطق الزرقاء والخضراء من الطيف، في حين تعكس أغلب الضوء في المناطق الصفراء والبرتقالية والحمراء، **الشكل 7-2**. وتعد أصباغ الكاروتين المسؤولة عن ألوان كل من الجزر والبطاطا الحلوة. تعد صبغة الكلوروفيل في الأوراق أكثر شيوعًا ووفرة من الأصباغ الأخرى، لذلك فهي تطغى عليها، وتمنع ظهور ألوان الأصباغ الأخرى. ومع ذلك يمكن أن يظهر اللون الأصفر والأحمر والبرتقالي في الأوراق في فصل الخريف نتيجة تحلل جزيئات الكلوروفيل، مما يسمح بظهور ألوان الصبغات الأخرى.

نقل الإلكترون Electron Transport يُشكِّل تركيب غشاء الثايلاكويد الأساس في الانتقال الفعال للطاقة في أثناء نقل الإلكترون؛ حيث يتميز غشاء الثايلاكويد بمساحة سطح كبيرة، مما يوفر المساحة اللازمة للاحتفاظ بأعداد كبيرة من الجزيئات الناقلة للإلكترون، وكذلك وجود نوعين من البروتينات المعقدة التي تسمى الأنظمة الضوئية.

الشكل 7-2 عندما يتحلل الكلوروفيل في أوراق بعض الأشجار، تصبح الأصباغ الأخرى أكثر وضوحًا.

المفردات

مفردات أكاديمية

النقل Transport

هو حمل شيء من مكان إلى آخر.

وتنقل جزيئات $NADP^+$ الإلكترونات في أثناء عملية البناء الضوئي.

تجربة 2-2

ملاحظة البلاستيدات الخضراء

كيف تبدو البلاستيدات الخضراء؟ تعتمد معظم الأنظمة البيئية والمخلوقات الحية في العالم على عُضيات صغيرة جدًّا تسمى البلاستيدات الخضراء. اكتشف كيف تبدو البلاستيدات الخضراء في هذا الاستقصاء؟

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. لاحظ **شرائح خلايا نباتية** وأخرى **للطحالب الخضراء بالمجهر المركب**.
3. حدد البلاستيدات الخضراء في الخلايا التي تلاحظها.
4. اعمل جدول بيانات لتسجل ملاحظاتك، ثم ارسم البلاستيدات الخضراء داخل الخلايا.

التحليل

1. **قارن** بين خصائص البلاستيدات الخضراء التي لاحظتها في الخلايا المختلفة.
2. **كوّن فرضية** لماذا تختلف أوراق النبات الخضراء في لونها؟

يحــوي النظامان الضوئيان (I و II) أصباغًا تمتــص الضوء، وبروتينات تؤدي دورًا مهمًّا في التفاعلات الضوئية.

تتبع الشكل **8—2** في أثناء قراءتك عن نقل الإلكترون.

تجربة علمية

ما الذي يؤثر في معدل عملية البناء الضوئي؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

- أولاً تحفــز الطاقة الضوئية الإلكترونات في النظــام الضوئي II، كما تؤدي الطاقــة الضوئية إلى تحلّل جزيء الماء منتجةً إلكترونًا واحدًا إلى نظام نقل الإلكترون وأيون هيدروجين H^+ (يســمى أيضًا البروتون) -إلى الفراغ في الثايلاكويد - وكذلك الأكسجين (O_2) بوصفه ناتجًا غير مُستخدم.
- تنتقــل الإلكترونات المُحفزة مــن النظام الضوئي II إلى جزيء مســتقبل للإلكترون يوجد في غشاء الثايلاكويد.
- ينقل الجزيء المســتقبل للإلكترون لاحقًا الإلكترونات عبر سلســلة من نواقل الإلكترون إلى النظام الضوئي I.
- ينقل النظام الضوئــي I مع وجود الضوء الإلكترونات إلى بروتين يســمى فيرودوكســين، ويتم تعويض الإلكترونات المفقــودة في النظام الضوئي **I** بإلكترونات من النظام الضوئي II.
- وأخيرًا ينقل بروتين فيرودوكسين الإلكترونات إلى ناقل الإلكترون $NADP^+$ مكوِّنًا الجزيء المخزن للطاقة NADPH.

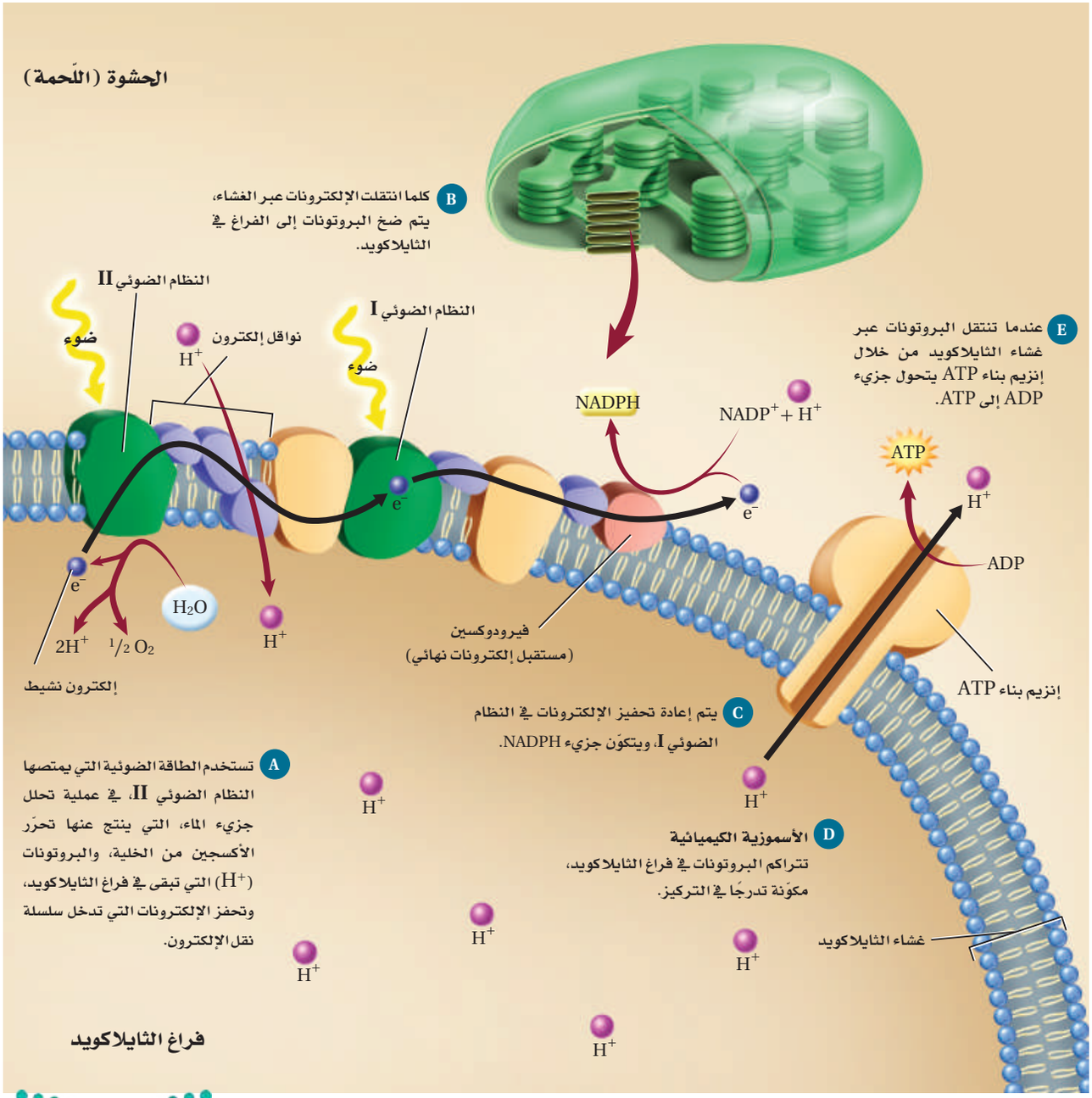
الأســموزية الكيميائية Chemiosmosis بالتزامن مع نقل الإلكترون يتم إنتاج جزيء ATP بعملية تســمى الأســموزية الكيميائية، وهي عملية يتم فيها إنتاج ATP نتيجة انتقال الإلكترونات مع تدرّج التركيز. ولا تقتصر أهمية عملية تحلل جزيء الماء على توفير الإلكترونات اللازمة لبدء سلســلة نقل الإلكترون فقط، بل توفر أيضًا البروتونات H^+ الضرورية لتنشــيط عملية بناء جزيء ATP خلال عملية الأســموزية الكيميائية. وتتراكم أيونــات H^+ التي تحررت خلال عملية نقل الإلكترون على الجانب الداخلي للثايلاكويد. وبســبب التركيز العالي من أيونات H^+ داخل الثايلاكويد وانخفاض تركيزها في الحشوة، تنتقل أيونات H^+ مع تدرّج التركيز من داخل الثايلاكويد إلى الحشوة عبر قنوات أيونية في الغشاء، كما في **الشــكل 8–2**، وهذه القنوات عبارة عن إنزيمات تســمى إنزيمات بناء الطاقــة (ATP synthases). وكلما انتقلت أيونات H^+ عبر إنزيمات بناء الطاقة تكوّن ATP في الحشوة.

مــاذا قــرأت؟ لخّص وظيفة الماء في أثناء الأســموزية الكيميائية في عملية البناء الضوئي.

Electron Transport

نقل الإلكترون

الشـكل 8–2 تنتقل الإلكترونات النشيطة من جزيء إلى آخر على طول غشاء الثايلاكويد في البلاسـتيدة الخضراء. وتستخدم الطاقة الناتجة عن الإلكترونات في تكوين فرق في تركيز أيونات البروتونات H^+، وكلما انتقلت البروتونات مع تدرج التركيز تضاف مجموعة فوسفات إلى جزيء ADP، فتكوّن جزيء ATP.



المرحلة الثانية: حلقة كالفن Phase two: Calvin Cycle

على الرغم من أن جزيئات NADPH و ATP تزود الخلايا بكميات كبيرة من الطاقة إلا أنها جزيئات غير مستقرة بصورة كافية حتى تُخزن الطاقة الكيميائية فترات زمنية طويلة. لذا هناك مرحلة ثانية من عملية البناء الضوئي تسمى **حلقة كالفن** calvin cycle، يتم فيها تخزين الطاقة في جزيئات عضوية مثل الجلوكوز. وتعد حلقة كالفن من التفاعلات التي لا تعتمد على الضوء. تتبّع **الشكل 9-2** في أثناء دراستك خطوات حلقة كالفن.

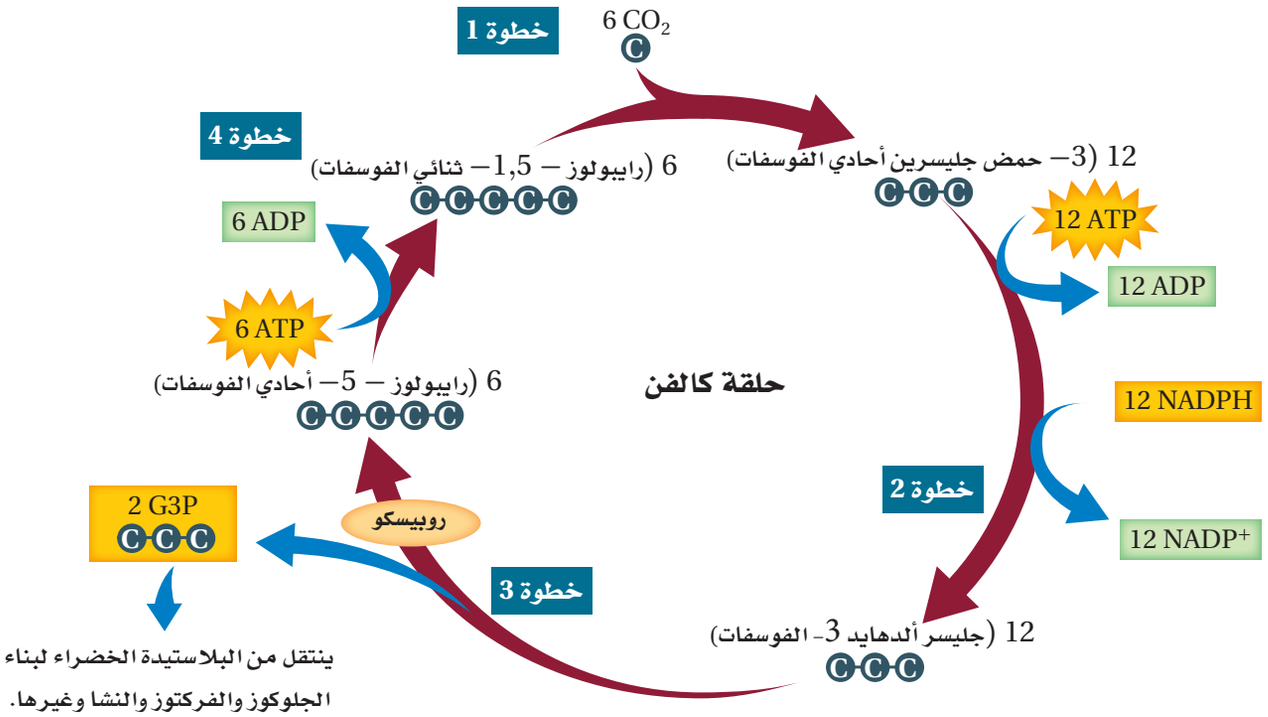
- في الخطوة الأولى من حلقة كالفن تتحد ستة جزيئات من CO2 الجوي مع ستة جزيئات من سكر الرايبولوز الثنائي الفوسفات (سكر خماسي الكربون) تسمى هذه العملية (تثبيت الكربون) لينتج 6 جزيئات من مركب سداسي الكربون.
- في الخطوة الثانية، تنتقل الطاقة الكيميائية المخزنة في جزيئات ATP و NADPH إلى جزيئات **(3-PGA)** لتكوين جزيئات ذات طاقة عالية تسمى جليسر ألدهايد 3- الفوسفات **(G3P)**. فجزيئات ATP تحفز مجموعة الفوسفات على تكوين **(G3P)**، في حين يوفر جزيء NADPH أيونات الهيدروجين والإلكترونات.
- في الخطوة الثالثة، يخرج جزيئا **(G3P)** من الحلقة ليستخدما في إنتاج الجلوكوز ومركبات عضوية أخرى.
- في الخطوة النهائية من حلقة كالفن يحول إنزيم يسمى **روبيسكو** rubisco، الجزيئات العشرة المتبقية من **(G3P)** إلى ستة جزيئات خماسية الكربون تسمى رايبولوز -5-أحادي الفوسفات، التي تتحول فيما بعد إلى ستة جزيئات من رايبولوز 1،5- ثنائي الفوسفات **(RuBp)**. تتحد هذه الجزيئات مجددًا مع جزيئات جديدة من ثاني أكسيد الكربون لإعادة الحلقة مرة أخرى. ويعد إنزيم روبيسكو واحدًا من أهم الإنزيمات الحيوية؛ لأنه يحول جزيئات CO_2 غير العضوية إلى جزيئات عضوية تستخدمها الخلية. بالإضافة إلى استخدام السكر الناتج عن حلقة كالفن مصدرًا للطاقة فإن النبات يستخدمه بوصفه وحدات بناء أساسية في الكربوهيدرات المعقدة، ومنها السيليلوز الذي يوفر الدعم للنبات.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

اختصاصي كيمياء النبات

Phytochemist عالم الأحياء الذي يدرس النواتج الكيميائية للنباتات، ويقوم بالأبحاث الطبية لإيجاد علاجات جديدة للأمراض.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



■ **الشكل 9–2** تربط حلقة كالفن ثاني أكسيد الكربون مع الجزيئات العضوية داخل الحشوة في البلاستيدات الخضراء.
حدّد المركب الذي يخزن الطاقة في نهاية حلقة كالفن.

مسارات بديلة Alternative Pathways

تؤثر البيئة التي يعيش فيها المخلوق الحي في قدرته على القيام بعملية البناء الضوئي؛ فالبيئة التي لا يوجد فيها كميات كافية من الماء أو ثاني أكسيد الكربون تقلل من قدرة المخلوق الحي الذي يقوم بعملية البناء الضوئي على تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية. فمثلاً تتعرض النباتات التي تعيش في البيئات الجافة والحارة إلى فقدان كميات كبيرة من الماء؛ مما يقلل من عملية البناء الضوئي. وتحوي النباتات التي تعيش في مناخات قاسية مسارات بديلة في عملية البناء الضوئي تمكّنها من تحويل الحد الأقصى من الطاقة.

نباتات C_4: C_4 plants وهب الله– سبحانه وتعالى– للنباتات تكيفًا في أحد المسارات التي تساعدها على الحفاظ على عملية البناء الضوئي بأقل حدّ ممكن من فقدان الماء، يسمى مسار C_4. ويحدث هذا المسار في نباتات منها قصب السكر والذرة، وتُسمى هذه النباتات نباتات C_4؛ لأنها تُثبِّت ثاني أكسيد الكربون وتربطه مع مركبات رباعية الكربون بدلاً من مركبات ثلاثية الكربون في أثناء حلقة كالفن، كما أن لنباتات C_4 تكيفات تركيبية مهمة في ترتيب الخلايا في الأوراق. وعمومًا تعمل نباتات C_4 على إغلاق ثغورها في الأيام الحارة، في حين تنتقل المركبات الرباعية الكربون إلى خلايا خاصة، حيث يدخل فيها ثاني أكسيد الكربون حلقة كالفن، مما يسمح باستهلاك كمية كافية من ثاني أكسيد الكربون، ويقلل كمية الماء المفقودة.

الشكل 10–2 نبات الأناناس مثال على نباتات CAM.

نباتات أيض الحمض العشبي CAM plants من مسارات التكيف الأخرى التي تستخدمها النباتات للقيام بعملية البناء الضوئي بأقصى فاعلية مسار يُسمى أيض الحمض العشبي CAM (Crassulacean Acid Metabolism).

يحدث هذا المسار في النباتات التي تحتفظ بالماء وتعيش في الصحراء والمستنقعات المالحة وأي بيئة أخرى؛ حيث الوصول إلى الماء محدود جدًّا. ومنها الصبّار والسحلب والأناناس في **الشكل 10–2**، التي تسمح لثاني أكسيد الكربون بالدخول إلى الأوراق في الليل فقط، أي عندما يميل الجو إلى البرودة والرطوبة. وفي الليل تقوم النباتات بتثبيت ثاني أكسيد الكربون في مركبات عضوية. وفي أثناء النهار يتم تحرير ثاني أكسيد الكربون من هذه المركبات، ويدخل حلقة كالفن. كما يسمح هذا المسار باستهلاك كمية كافية من ثاني أكسيد الكربون وتقليل فقدان الماء.

التقويم 2-2

الخلاصة

- تحتوي النباتات على بلاستيدات خضراء وأصباغ تمتص الضوء، وتحوّل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية.
- تمر عملية البناء الضوئي بمرحلتين تضم تفاعلات ضوئية وحلقة كالفن.
- في التفاعلات الضوئية، تمتص المخلوقات الحية الذاتية التغذي الطاقة الضوئية، وتحولها إلى طاقة كيميائية في صورة ATP و NADPH.
- في حلقة كالفن تستخدم الطاقة الكيميائية المخزنة في جزيئات ATP و NADPH لإنتاج الكربوهيدرات ومنها الجلوكوز.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **لخّص** كيف تتكوّن الطاقة الكيميائية من الطاقة الضوئية في أثناء عملية البناء الضوئي.
2. **اربط** تركيب البلاستيدة الخضراء مع مراحل عملية البناء الضوئي.
3. **فسّر** أهمية الماء في التفاعلات الضوئية.
4. **لخّص** الخطوات في حلقة كالفن.
5. **ارسم** آلية نقل الإلكترون وفسّرها.

التفكير الناقد

6. **توقع** كيف تؤثر العوامل البيئية مثل كثافة الأشعة الضوئية ومستويات CO_2 في معدلات البناء الضوئي؟
7. الكتابة في علم الأحياء **ابحث** في آثار الاحتباس الحراري في عملية البناء الضوئي، واكتب مقالة تُلخّص فيها ما توصلت إليه.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

2-3

التنفس الخلوي
Cellular Respiration

الأهداف
- **تلخّص** مراحل التنفس الخلوي.
- **تحدّد** دور نواقل الإلكترونات في كل مرحلة من مراحل التنفس الخلوي.
- **تقارن** بين التخمر الكحولي والتخمر اللبني.

مراجعة المفردات
البكتيريا الخضراء المزرقّة: نوع من البكتيريا، الذاتية التغذي، تقوم بعملية البناء الضوئي.

المفردات الجديدة
عملية لاهوائية
التنفس الهوائي
عملية هوائية
التحلّل السكري
حلقة كربس
التخمر

الفكرة الرئيسة **تحصل المخلوقات الحية على الطاقة بتحليل الجزيئات العضوية في أثناء عملية التنفس الخلوي.**

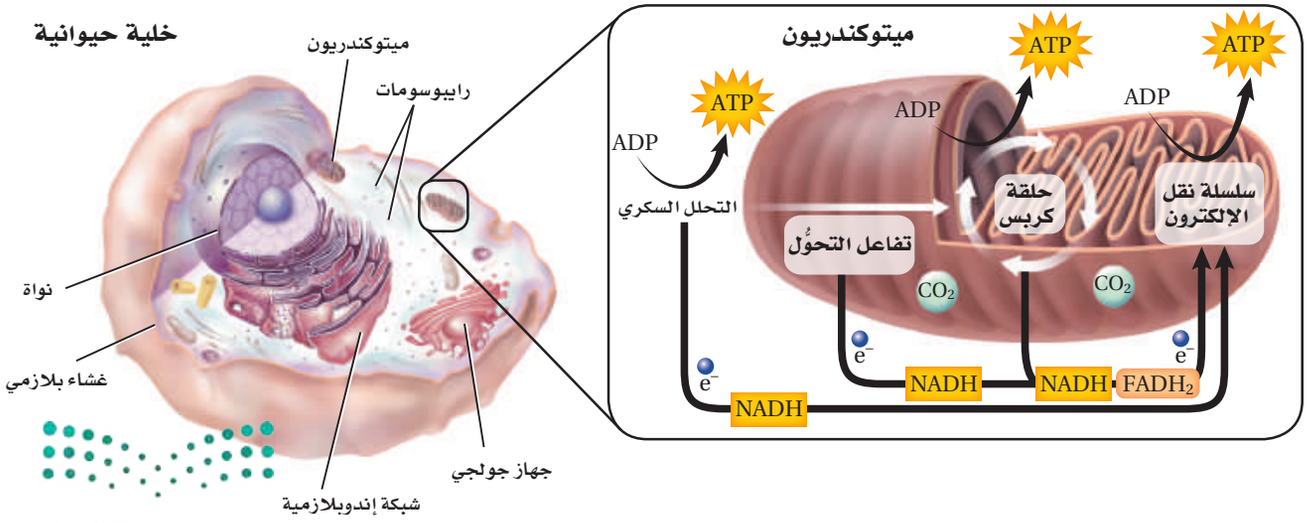
الربط مع الحياة يجب أن تتغذى طيور الخرشنة القزوينية (خرشنة بحر قزوين) *Sterna caspia* باستمرار للتزود بالطاقة لاستمرار حياتها في أثناء هجرتها الشتوية إلى المملكة كل عام. وكذلك الإنسان والمخلوقات الحية الأخرى تحتاج إلى مصادر غذائية متنوعة تزودها بالطاقة الضرورية لبقائها ونموها.

التنفس الخلوي Cellular Respiration

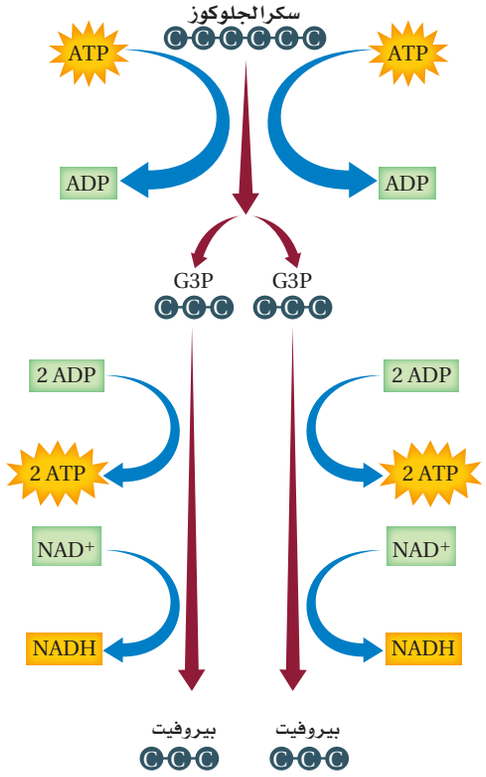
تحصل المخلوقات الحية على الطاقة بعملية تسمى التنفس الخلوي. وتتمثل وظيفة التنفس الخلوي في جمع الإلكترونات من المركبات الكربونية، مثل الجلوكوز، واستخدام طاقتها في إنتاج جزيء ATP، الذي يزود الخلايا بالطاقة لتؤدي وظائفها. وتمثل المعادلة الآتية التنفس الخلوي:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{طاقة}$$

لاحظ أن عملية التنفس الخلوي تحدث في عكس اتجاه عملية البناء الضوئي. يحدث التنفس الخلوي في مرحلتين رئيستين، هما: التحلل السكري والتنفس الهوائي. المرحلة الأولى: التحلل السكري **عملية لاهوائية** anaerobic process، لا تتطلب وجود الأكسجين. أما **التنفس الهوائي** aerobic respiration فيشمل حلقة كربس ونقل الإلكترون، وهو **عملية هوائية** aerobic process تتطلب وجود الأكسجين. ويلخص **الشكل 11–2** التنفس الخلوي الهوائي.



الشكل 11–2 يحدث التنفس الخلوي في الميتوكندريا التي تعد مصنع الطاقة في الخلية.



الشكل 12–2 يتحلل الجلوكوز خلال عملية التحلل السكري داخل سيتوبلازم الخلايا.

لخّص المواد المتفاعلة والناتجة عن عملية التحلل السكري.

التحلّل السكري Glycolysis

يتحلل الجلوكوز في السيتوبلازم خلال عملية **التحلل السكري** glycolysis. ويتكون جزيئان من ATP وجزيئان من NADH، عند تحلل جزيء واحد من الجلوكوز. تتبّع **الشكل 12–2** في أثناء قراءتك خطوات التحلل السكري.

أولاً: ترتبط مجموعتا فوسفات مع الجلوكوز بعد انفصالهما عن جزيئين من ATP. لاحظ أن التفاعلات التي تنتج طاقة الخلية تحتاج إلى طاقة بسيطة (جزيئين ATP) لكي تبدأ؛ حيث يتحلل جزيء الجلوكوز السداسي الكربون إلى مركبين ثلاثيي الكربون.

ثانيًا: تضاف مجموعتا فوسفات، ثم تتحد الإلكترونات وأيونات H^+ مع جزيئين من NAD^+ فيتكون جزيئان من NADH. يشبه جزيء NAD^+، جزيء NADP، وهو ناقل إلكترونات يُستخدم خلال عملية البناء الضوئي.

ثالثًا: تتحول أخيرًا المركبات الثلاثية الكربون إلى جزيئين من بيروفيت، وفي الوقت نفسه يتم إنتاج أربعة جزيئات ATP.

ماذا قرأت؟ فسّر لماذا يكون الناتج النهائي من الطاقة في عملية التحلّل السكري جزيئين فقط من ATP وليس أربعة جزيئات.

المفردات

أصل الكلمة

التحلل السكري Glycolysis

أصل الكلمة من اليونانية:

Glykys– وتعني "حلو".

lysis– وتعني "تحلل أو تحطم".

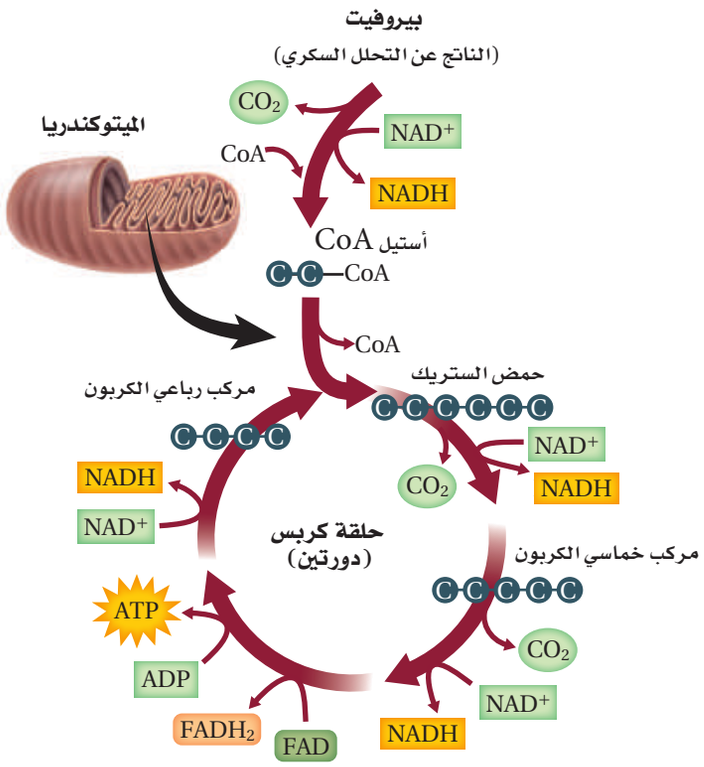
المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

حلقة كربس Krebs Cycle

ينتج عن عملية التحلل السكري جزيئا ATP وجزيئان من البيروفيت، ومعظم الطاقة الناتجة عن تحلل سكر الجلوكوز لا تزال مخزنة في جزيئات البيروفيت. ينتقل البيروفيت في وجود الأكسجين، إلى الحشوة في الميتوكندريا؛ حيث يتحول في النهاية إلى CO_2. وتسمى سلسلة التفاعلات التي يتحلل فيها البيروفيت إلى ثاني أكسيد الكربون **حلقة كربس** Krebs cycle أو دورة TCA (حمض الكربوكسيل الثلاثي)، ويشار إلى هذه الحلقة أيضًا بحلقة حمض الستريك.



الشكل 13–2 يتحلل البيروفيت داخل الخلايا إلى ثاني أكسيد الكربون خلال حلقة كربس في الميتوكندريا.
تتبّع مسار جزيئات الكربون التي تدخل حلقة كربس وتخرج منها.

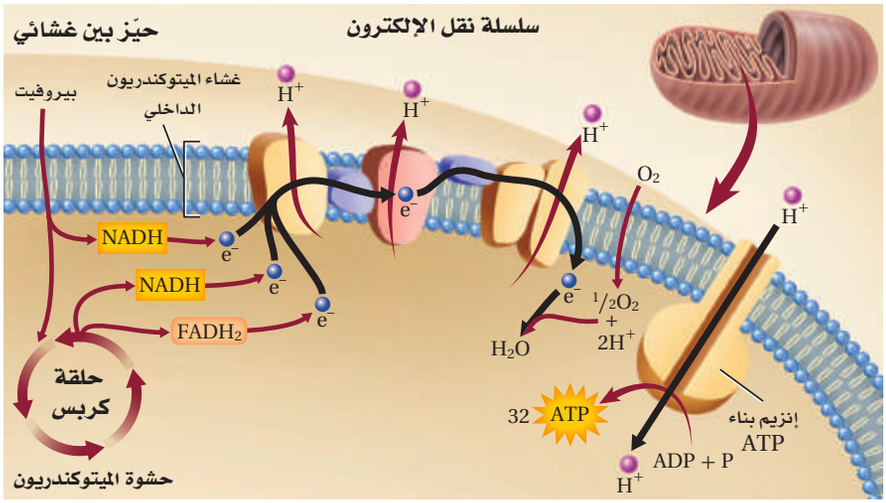
خطوات حلقة كربس Steps of Krebs cycle

قبل أن تبدأ حلقة كربس يتفاعل البيروفيت مع مرافق إنزيم–أ (CO–A)، فينتج مركب وسطي ثنائي الكربون يسمى أستيل مرافق الإنزيم–أ. وفي الوقت نفسه يتحرر غاز CO_2، ويتحول NAD^+ إلى NADH، ثم ينتقل أستيل CoA إلى الحشوة في الميتوكندريا. وينتج عن التفاعل جزيئان من CO_2 وجزيئان من NADH. تتبَّع **الشكل 13–2** في أثناء قراءتك خطوات حلقة كربس.

- تبدأ حلقة كربس بارتباط أستيل CoA مع مركب رباعي الكربون لتكوين مركب سداسي الكربون يسمى حمض الستريك.
- يتحلل حمض الستريك في سلسلة الخطوات اللاحقة من التفاعل، منتجًا جزيئين من CO_2 ومولّدًا جزيئًا واحدًا من ATP، وثلاثة جزيئات NADH وجزيئًا واحدًا من $FADH_2$. ويعد جزيء FAD ناقلًا إلكترونيًّا آخر شبيهًا بجزيء NAD^+ وجزيء $NADP^+$.
- وأخيرًا يتم إعادة تكوين أستيل CoA، وحمض الستريك لكي تستمر الحلقة. تذكر أن جزيئين من البيروفيت يتكونان خلال عملية التحلل السكري، مما ينتج عنهما دورتا كربس –لكل حلقة– من جزيء السكر الواحد. وتكون النواتج النهائية لحلقة كربس على النحو التالي: ستة جزيئات من CO_2، وجزيئي ATP، وثمانية جزيئات NADH وجزيئي $FADH_2$. تنتقل جزيئات NADH و $FADH_2$ لتؤدي دورًا مهمًّا في المرحلة التالية من التنفس الهوائي.

إرشادات الدراسة

جملة توضيحية اعمل مع أحد زملائك على قراءة النص ومناقشة الكلمات غير المألوفة والمفاهيم الصعبة. واكتب فقرة توضيحية تلخص فيها حلقة كربس.



■ **الشكل 14–2** تحدث سلسلة نقل الإلكترون على طول غشاء الميتوكندريا.
قارن بين سلسلة نقل الإلكترون في التنفس الخلوي وعملية البناء الضوئي.

سلسلة نقل الإلكترون Electron Transport

تعد سلسلة نقل الإلكترون في التنفس الهوائي الخطوة النهائية من عملية تحلل سكر الجلوكوز، وهي أيضًا النقطة التي يتم فيها إنتاج معظم جزيئات ATP. وتستخدم الإلكترونات العالية الطاقة وأيونات الهيدروجين من جزيئات NADH و $FADH_2$ التي أُنتجت في حلقة كربس لتحويل ADP إلى ATP.

ويمكنك تتبع هذه العملية كما يبين **الشكل 14–2**، والتي تحدث كالتالي:

أولاً: تنتقل الإلكترونات على طول غشاء الميتوكندريا من بروتين إلى آخر، وعندما تتحرر جزيئات الإلكترونات من نواقل الإلكترون NADH و $FADH_2$ فإنها تتحول إلى NAD^+ و FAD، وتتحرر كذلك أيونات الهيدروجين (H^+) في اتجاه حشوة الميتوكندريا.

ثانيًا: يتم ضخ أيونات H^+ من الحشوة عبر الغشاء الداخلي للميتوكندريا.

ثالثًا: بسبب اختلاف فرق التركيز لأيونات H^+ على جانبي الغشاء الداخلي للميتوكندريا فإنها تنتشر لتعود مرة أخرى من الحيز بين الغشائي للميتوكندريا (الأكثر تركيزًا من H^+) إلى الحشوة عبر الغشاء الداخلي مرورًا بجزيئات إنزيم بناء ATP بواسطة العملية الأسموزية الكيميائية. تتشابه عمليتا الأسموزية الكيميائية وسلسلة نقل الإلكترون في التنفس الخلوي مع العمليات التي تحدث في البناء الضوئي. ويعد الأكسجين المستقبِل النهائي للإلكترون في سلسلة نقل الإلكترون في عملية التنفس الخلوي؛ حيث تنتقل البروتونات والإلكترونات إلى الأكسجين لإنتاج الماء.

ينتج عن عملية نقل الإلكترون 24 جزيئًا من ATP. وكل جزيء NADH ينتج ثلاثة جزيئات ATP. ويعطي كل جزيء $FADH_2$ جزيئين من ATP. وفي المخلوقات الحية الحقيقية النواة ينتج عن تحلل كل جزيء من الجلوكوز 38 جزيئًا من ATP، يستهلك منهما الجزيئان اللذان ينتجان عن عملية التحلل السكري عند انتقال البيروفيت إلى حشوة الميتوكندريا.

المفردات

الاستعمال العلمي مقابل الاستعمال الشائع

التركيز Concentration

الاستعمال العلمي: الكمية النسبية من المادة المذابة في مادة أخرى.

تركيز أيونات الهيدروجين في جانب واحد من الغشاء أكبر من الجانب الآخر.

الاستعمال الشائع : الاهتمام، الانتباه.

كان تركيز الطلاب موجهًا نحو الامتحان.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

عالم الطاقة الحيوية

Bioenergeticist باحث يدرس انتقال الطاقة في الخلايا. وبعض علماء الطاقة الحيوية يدرسون الميتوكندريا وعلاقتها بالشيخوخة والمرض.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

ينتقــل البيروفيت إلى الميتوكندريا في المخلوقات الحية الحقيقية النواة، أما في المخلوقات الحية البدائية النواة فهذه الخطوة غير ضرورية؛ إذ توفر على الخلية البدائية النواة جزيئين من ATP. ليصبح الناتج النهائي من عملية التنفس الخلوي 38 جزيئًا من ATP بدلًا من 36 جزيئًا في الخلايا الحقيقية النواة.

التنفس اللاهوائي Anaerobic Respiration

يمكن أن تعمل بعض الخلايا فترة زمنية قصيرة عندما تكون مستويات الأكسجين منخفضة. وبعــض بدائيات النوى مخلوقــات لاهوائية، أي تســتطيع أن تنمو وتتكاثر دون وجود الأكسجين. وتستمر هذه الخلايا في بعض الأحيان في إنتاج ATP عن طريق التحلل الســكري. ومع ذلك فهناك مشكلات تنتج عن الاعتماد على التحلل الســكري وحده في الحصول على الطاقة. فالتحلل السكري يزود الخلية بجزيئي ATP فقط لكل جزيء جلوكــوز. ولأن للخلية كمية محددة من جزيء NAD^+، تتوقف عملية التحلل الســكري عند اســتهلاك جميع جزيئات NAD^+، وخصوصًا عند عدم وجود عملية تعــوض النقص في هذه الجزيئات. فالمســار اللاهوائي الذي يتبع عملية التحلل السكري هو التنفس اللاهوائي أو التخمر. ويحدث **التخمــر** fermentation في الســيتوبلازم، وهو يعيد تزويد الخلية بجزيئــات NAD^+، وينتج كمية قليلة من جزيئات ATP. والتخمر نوعان: التخمر اللبني (تخمر حمض اللاكتيك) والتخمر الكحولي.

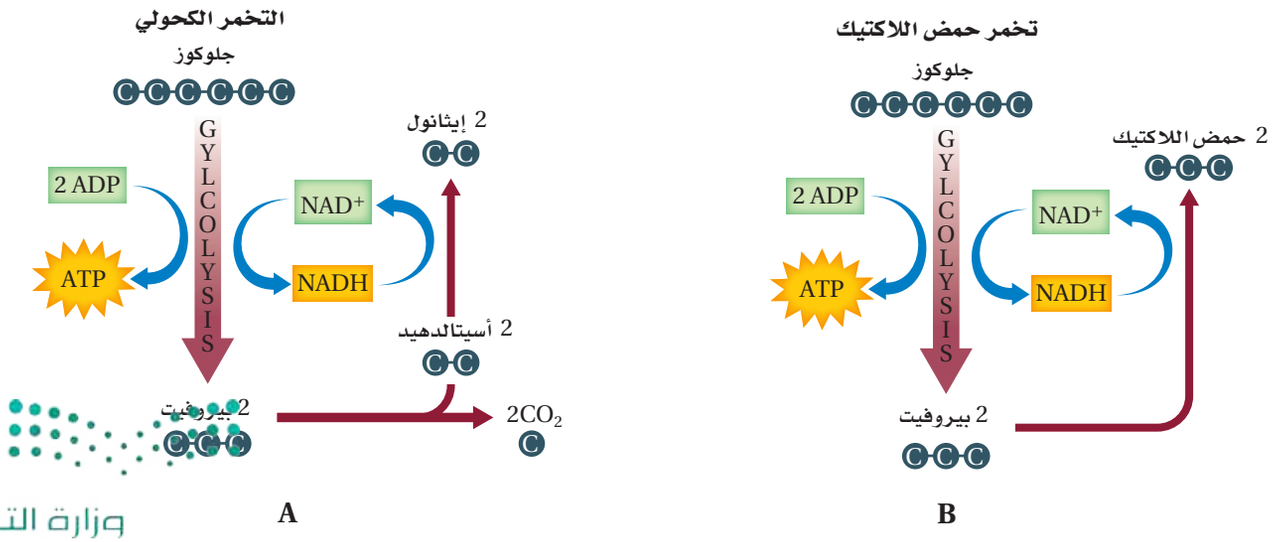
الربط مع الصحة

تخمر حمض اللاكتيك Lactic acid fermentation

عند تخمــر حمض اللاكتيك تحوِّل الإنزيمات البيروفيت -الذي تكوّن في أثناء عملية التحلل الســكري - إلى حمــض اللاكتيك، كما في **الشــكل B 15-2**. وتضم العملية نقل الإلكترونات العالية الطاقة والبروتونات من NADH. وتنتج العضلات الهيكلية حمــض اللاكتيك عند عدم وجود الأكســجين الكافي في الجسم نتيجة القيام بالتمارين الرياضية المجهدة مثلاً.

الشــكل 15-2 عند وجود الأكسجين بكمية محدودة أو عــدم وجوده تحدث عملية التخمر.

قارن بين التخمر الكحولي والتخمر اللبني.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

وعندما يتجمع حمض اللاكتيك يحدث إجهاد للخلايا العضلية، وتشعر بالألم. كما ينتج حمض اللاكتيك بواسطة العديد من المخلوقات الحية الدقيقة التي تُستخدم في إنتاج أطعمة معينة، مثل الجبن واللبن الرائب (الزبادي) والقشدة الحامضة.

التخمّر الكحولي Alcohol fermentation يحدث التخمر الكحولي في الخميرة، وبعض أنواع البكتيريا. انظر **الشكل A 15–2** الذي يُبين التفاعل الكيميائي الذي يحدث في أثناء التخمر الكحولي؛ حيث يتحول البيروفيت إلى الكحول الإيثيلي وثاني أكسيد الكربون. وتوفر جزيئات NADH الإلكترونات، كما في تخمر حمض اللاكتيك، وتتحول إلى جزيئات NAD^+.

عمليتا البناء الضوئي والتنفس الخلوي
Photosynthesis and Cellular Respiration

كما تعلمت سابقًا فإن البناء الضوئي والتنفس الخلوي عمليتان مهمتان تستخدمهما الخلايا في الحصول على الطاقة، وهما من المسارات الأيضية التي تُنتِج الكربوهيدرات البسيطة وتحللها. ويبين **الشكل 16–2** الارتباط بين هاتين العمليتين.

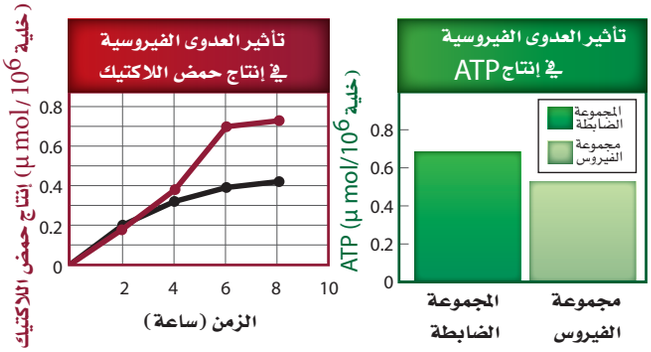
مختبر تحليل البيانات 1-2

بناءً على بيانات حقيقية

فسّر البيانات

كيف تؤثر العدوى الفيروسية في التنفس الخلوي؟ يمكن للالتهابات الناجمة عن الفيروسات أن تؤثر في عملية التنفس الخلوي، وفي قدرة الخلايا على إنتاج ATP. ولاختبار أثر الالتهابات الفيروسية في مراحل التنفس الخلوي في الخلايا المصابة بالفيروسات تم قياس كمية حمض اللاكتيك وجزيئات ATP الناتجة.

البيانات والملاحظات



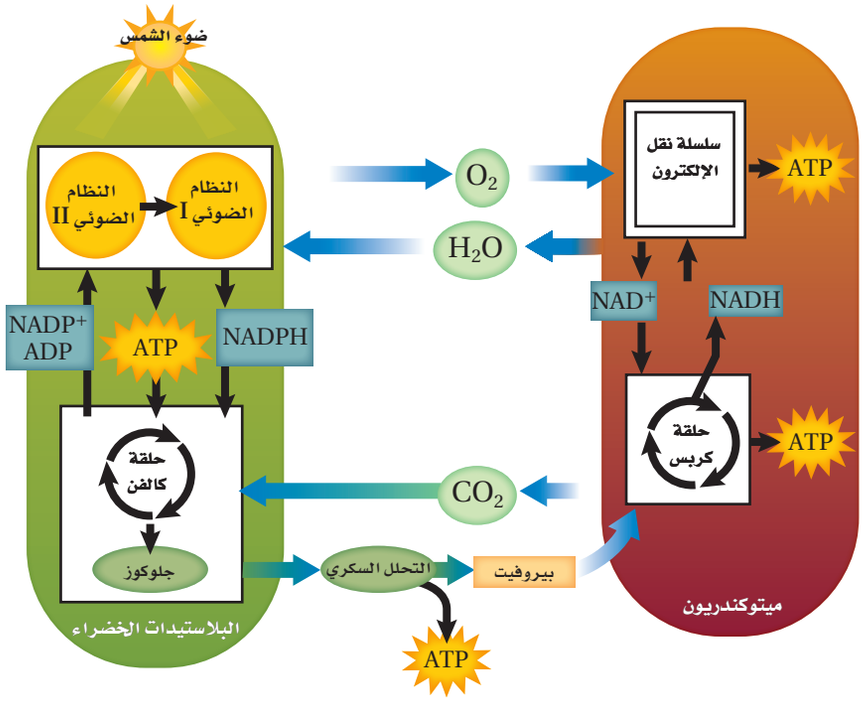
التفكير الناقد

1. **حلّل** كيف يؤثر الفيروس في إنتاج حمض اللاكتيك في الخلايا؟
2. **احسب** بعد مرور 8 ساعات، ما نسبة ارتفاع إنتاج حمض اللاكتيك في الفيروس مقارنة بالمجموعة الضابطة؟ وما نسبة انخفاض إنتاج جزيئات ATP؟
3. **استنتج** ما سبب شعور الإنسان المصاب بفيروس الأنفلونزا بالتعب الشديد؟

أخذت البيانات في هذا المختبر من:

El– Bacha, T., et al. 2004. Mayaro virus infection alters glucose metabolism in cultured cells through activation of the enzyme 6– phosphofructo –1– Kinase. *Molecular and Celluar biochemistry*. 266: 191 – 198.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



■ **الشـكل 16–2** تشـكل عمليتا البناء الضوئـي والتنفـس الخلـوي دورة؛ فالمواد الناتجة عن أحد هذه المسارات الأيضية تشكل مواد متفاعلة للمسار الأيضي الآخر.

تذكر أن المـواد الناتجة عن عملية البناء الضوئي هي الأكسـجين والجلوكوز، وهـي المواد المتفاعلة التي تتطلبها عملية التنفس الخلوي. والمواد الناتجة عن عملية التنفس الخلوي هي ثاني أكسـيد الكربون والماء، وهي المواد المتفاعلة اللازمة لعملية البناء الضوئي.

التقويم 2-3

الخلاصة

- تستخدم العديد من المخلوقات الحية عملية التنفس الخلوي لتحليل الجلوكوز.
- تضم مراحل التنفس الخلوي التحلّل السكري وحلقة كربس ونقل الإلكترون.
- NADH و $FADH_2$ نـواقـل إلكترونات مهمة جدًّا في عملية التنفس الخلوي.
- تقوم الخلايا بعملية التحلل السكري بواسطة التخمر عند عدم توافر الأكسجين.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **سمِّ** الشكل النهائي مـن الطاقة الكيميائيـة الناتجة عن الخلايا في أثناء التنفس الخلوي.
2. **حدّد** مـا عـدد ذرات الكربون من جزيء جلوكـوز واحد التي تدخل في دورة كربس واحدة؟
3. **فسِّـر** كيف تُسـتخدم الإلكترونات العاليـة الطاقـة في سلسـلة نقل الإلكترون؟
4. **صِـفْ** دور التخمر في الحفاظ على مستويات ATP و NAD^+.

التفكير الناقد

5. الرياضيات في علم الأحياء ما عدد جزيئات ATP وNADH و$FADH_2$ الناتجـة في كل خطوة من خطوات التنفس الخلوي؟ كيف يختلف عدد جزيئات ATP الناتجة (الفعلية) عن عدد جزيئات ATP الكلية (المتوقعة)؟
6. **قارن** بين نوعي التخمر.

مستجدات في علم الأحياء

البناء الضوئي الاصطناعي Artificial photosynthesis

على مدى عقود، كان تطوير الطاقة المتجددة يركز- إلى حد كبير- على توليد الطاقة الكهربائية. ولكن ما يزيد على 60% من الطاقة في العالم يوفرها الوقود الأحفوري على الرغم من آثاره السلبية على البيئة، خصوصًا ظاهرة الاحتباس الحراري؛ نتيجة للانبعاثات الكربونية إلى الغلاف الجوي الناتجة عن احتراق الكربون. ولكن هل يوجد بديل قابل للتطوير لا ينبعث عنه غازات ضارة؟

هناك تقنية واعدة تقوم على البناء الضوئي الاصطناعي، الذي يستخدم مواد غير حيوية لإنتاج الطاقة من ضوء الشمس مباشرة، حيث تعد الشمس مصدرًا متجددًا من مصادر الطاقة. ويجمع البناء الضوئي الاصطناعي بين هذه الميزات في تقنية قابلة للتطبيق واعدة بأمن الطاقة والاستدامة البيئية والاستقرار الاقتصادي.

وفي حين يزودنا البناء الضوئي الطبيعي في النباتات بالطاقة التي يحولها من ضوء الشمس، فإن حدودًا كبيرة تقيد أداءه. فمن المعروف أن جزءًا بسيطًا من الطاقة الشمسية يستخدم فعليًّا في عملية البناء الضوئي في النباتات، ولا يتجاوز صافي تحويل الطاقة السنوية 1%، كما تستهلك كميات كبيرة من الطاقة داخل خلايا النبات للحفاظ على عملياتها الحيوية، ومنها عملية البناء الضوئي؛ ويخزّن الباقي من الطاقة في أشكال متعددة من المركبات الكربونية. ومع ذلك فإن البناء الضوئي الاصطناعي، المستلهم من البديل الطبيعي، أظهر إمكانية للأداء الفعال؛ حيث يوفر الطاقة في شكل يمكن استخدامه.

فكما يعمل الكلوروفيل على امتصاص الضوء في عملية البناء الضوئي الطبيعية، فإن المواد المناسبة مطلوبة لامتصاص ضوء الشمس اللازم لتكسير جزيئات الماء في الأنظمة الاصطناعية، كما يحتاج النظام أيضًا إلى محفزات لتسهيل الإنتاج الفعّال للوقود. ولا بد أن تكون هذه المحفزات عالية النشاط، ومستقرة.

كيف يمكن أن يبدو نظام البناء الضوئي الاصطناعي؟ الشكل الأساسي لهذا النظام عبارة عن لفافة رقيقة من طبقات تشبه البلاستيك – وهي كالقماش العالي الأداء في سترة المطر– يمكن بسطها وطيها حسب الحاجة. وتمتص الطبقة العلوية منها الماء وثاني أكسيد الكربون من الجو، أما الطبقة التالية فتمتص ضوء الشمس ومن ثم استخدامه في إنتاج الوقود. ومن خلال فصل الوقود عن طريق غشاء فإنه لن يتسرب إلى الهواء بل يمر عبر الجزء السفلي من الطبقات التي تشبه البلاستيك إلى صهريج تجميع لاستخدامه فيما بعد.

ينقسم الماء إلى غازي الهيدروجين والأكسجين بفعل أشعة الشمس. ومن الممكن تحويل غاز الهيدروجين إلى وقود سائل، أو حمله على التفاعل مع ثاني أكسيد الكربون، أو معالجته لإنتاج وقود سائل يمكن استخدامه في الحياة اليومية. وبدلًا من ذلك فإن المحفزات، كما في أنظمة البناء الضوئي الطبيعية، يمكنها تحويل غاز CO_2 مباشرة إلى ميثانول أو ميثان. لقد زودتنا التطورات الحديثة في علوم النانو والمواد والكيمياء والفيزياء بالأدوات اللازمة لتحقيق تقدم سريع في هذا المجال، لنستخدمها في إنتاج الطاقة النظيفة القادرة على توفير الأساس لمستقبل الطاقة الآمنة المستدامة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مختبر الأحياء

هل تؤثر أطوال الموجات الضوئية المختلفة في معدل حدوث عملية البناء الضوئي؟

الخلفية النظرية: **تحتاج المخلوقات الحية التي تعتمد على عملية البناء الضوئي إلى الضوء لإتمامها. يتكون الضوء الأبيض من ألوان مختلفة توجد في الطيف الضوئي المرئي. ولكل لون من الضوء طول موجي محدد. وفي هذا المختبر تصمم تجربة لاختبار أثر أطوال الموجات الضوئية المختلفة في معدل حدوث عملية البناء الضوئي.**

سؤال: كيف تؤثر أطوال الموجات الضوئية المختلفة في معدلات حدوث عملية البناء الضوئي؟

المواد والأدوات

اختر المواد التي تراها مناسبة للتجربة التي تصممها.

- أنابيب اختبار سعتها (15 mL).
- مخبار مدرج سعته (10 mL).
- محلول صودا الخبز (0.25 %).
- مصباح مع عاكس ومصباح صغير بقدرة 150 واط.
- دورق زجاجي مخروطي.
- نبات مائي.
- ساعة إيقاف.
- مسطرة مترية.
- ورق سلوفان ملون.
- ورق ألومنيوم.

احتياطات السلامة

خطط ونفذ المختبر

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. توقع كيف تؤثر أطوال الموجات الضوئية المختلفة في معدل حدوث عملية البناء الضوئي في النبات؟
3. صمّم تجربة لاختبار توقعك، واكتب قائمة بالخطوات التي تتبعها، وحدّد المجموعة الضابطة والمتغيرات التي ستستخدمها.
4. وضّح كيف تولد ضوءًا بأطوال موجية مختلفة؟ وزوّد النبات بثاني أكسيد الكربون، واحسب كمية الأكسجين التي ينتجها النبات.
5. اعمل جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك وقياساتك.
6. تأكد من موافقة معلمك على خطتك قبل بدء العمل.
7. ابدأ بإجراء تجربتك كما اتفق عليها.
8. **التنظيف والتخلص من الفضلات** نظّف جميع الأجهزة بحسب التعليمات، وأعد كل شيء استخدمته إلى مكانه المناسب. وتخلص من النبات بحسب توجيهات معلمك، ثم اغسل يديك جيدًا بالماء والصابون.

حلل ثم استنتج

1. **حدِّد** المجموعة الضابطة والمتغيرات في تجربتك.
2. **فسِّر** طريقة حسابك لمعدل حدوث عملية البناء الضوئي.
3. **مثِّل** بياناتك بالرسم.
4. **صف** كيف تأثّر معدل حدوث البناء الضوئي بأطوال الموجات الضوئية المختلفة بناءً على بياناتك؟
5. **ناقِش** ما إذا كانت بياناتك تدعم توقعك أم لا.
6. **تحليل الخطأ.** حدّد مصادر الخطأ المحتملة في تصميم التجربة، وخطوات العمل وجمع البيانات.
7. **اقترحْ** كيف يمكنك تقليل مصادر الخطأ هذه إذا كررت التجربة؟

تواصل

مراجعة اعرض بياناتك على زملائك، ثم ناقش ما عرضه زملاؤك، واستخدم ملاحظاتهم في الصف لتحسين أدائك.

الفصل 2

دليل مراجعة الفصل

المطويات **قارن** ما أوجه التشـابه والاختلاف بين عملية نقل الإلكترون في الميتوكندريا وعملية نقل الإلكترون في البلاستيدات الخضراء.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
2–1 كيف تحصل المخلوقات الحية على الطاقة؟	
الطاقة الديناميكا الحرارية عملية الأيض عملية البناء الضوئي التنفس الخلوي أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP	**الفكرة الرئيسة** **تستخدم جميع المخلوقات الحية الطاقة للقيام بوظائفها الحيوية.** • تسـيطر قوانين الديناميكا الحرارية على انتقال الطاقة وتحولها من شكل إلى آخر في المخلوقات الحية. • تصنّـع بعض المخلوقات الحية غذاءها بنفسـها، في حين يحصل بعضها الآخر على الطاقة من الغذاء الذي يتناوله. • تُخزن الخلايا الطاقة وتحررها بتفاعلات الهدم والبناء. • الطاقة المتحررة من تحلل جزيء ATP تدعم الأنشطة الخلوية.
2–2 البناء الضوئي	
الثايلاكويد الغرانا الحشوة (اللُّحمة) الصبغة ناقل الإلكترون $NADP^+$ حلقة كالفن إنزيم روبيسكو	**الفكرة الرئيسة** **تتحوّل الطاقة الضوئيـة بعد امتصاصها إلى طاقـة كيميائية في أثناء عملية البناء الضوئي.** • تحتوي النباتات على بلاسـتيدات خضراء وأصباغ تمتص الضـوء، وتحوّل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية. • تمر عملية البناء الضوئي بمرحلتين تضم تفاعلات ضوئية وحلقة كالفن. • في التفاعـلات الضوئية تمتص المخلوقـات الحية الذاتية التغـذي الطاقة الضوئية وتحولها إلى طاقة كيميائية في صورة ATP و NADPH. • في حلقة كالفن تسـتخدم الطاقة الكيميائيـة المخزنة في جزيئات ATP و NADPH لإنتاج الكربوهيدرات مثل الجلوكوز.
2–3 التنفس الخلوي	
عملية لاهوائية التنفس الهوائي عملية هوائية التحلّل السكري حلقة كربس التخمر	**الفكرة الرئيسة** **تحصل المخلوقـات الحية على الطاقة بتحليـل الجزيئات العضوية في أثناء عملية التنفس الخلوي.** • تستخدم العديد من المخلوقات الحية عملية التنفس الخلوي لتحليل الجلوكوز. • تضم مراحل التنفس الخلوي التحلّل السكري، حلقة كربس ونقل الإلكترون. • NADH و $FADH_2$ نواقل إلكترونات مهمة جدًّا في عملية التنفس الخلوي. • تقوم الخلايا بعملية التحلل السكري بواسطة التخمر عند عدم توافر الأكسجين.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 2 التقويم

2-1

مراجعة المفردات

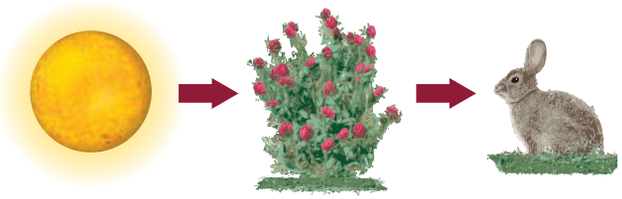
استبدل الكلمة التي تحتها خط بكلمة أخرى من صفحة دليل مراجعة الفصل لتصبح الجملة صحيحة:

1. الذاتية التغذي جزيء الطاقة في الخلية.
2. تسمى دراسة تدفق الطاقة وتحويلها من شكل إلى آخر الطاقة.
3. توجد الطاقة الحيوية في أشكال كثيرة.
4. تسمى التفاعلات الكيميائية المتنوعة التي تنتج الطاقة في الخلية المخلوقات الحية الذاتية التغذي.
5. تتحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية خلال عملية ضوء الشمس.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

6. أيّ مما يأتي ليس من خصائص الطاقة؟
   a. لا يمكن أن تفنى أو تُستحدث إلا بمشيئة الله.
   b. القدرة على القيام بالعمل.
   c. توجد بأشكال عدة، منها الكيميائية والضوئية والميكانيكية.
   d. تتغير تلقائيًّا من عشوائية إلى منظمة.
7. أيّ المخلوقات الحية الآتية تعتمد على مصادر خارجية للمركبات العضوية؟
   a. الذاتية التغذي.
   b. غير الذاتية التغذي.
   c. الذاتية التغذي الكيميائية.
   d. الذاتية التغذي الضوئية.

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 8.



8. أيّ مما يأتي في هذه السلسلة الغذائية يوفر الطاقة لجزء واحد آخر فقط؟
   a. الذاتية التغذي الكيميائية.
   c. الشمس.
   b. غير الذاتية التغذي.
   d. الذاتية التغذي الضوئية.
9. ما الذي تخزنه الخلايا وتطلقه بوصفه مصدرًا رئيسًا للطاقة الكيميائية؟
   a. ATP.
   c. $NADP^+$.
   b. ADP^+.
   d. NADPH.

أسئلة بنائية

10. **إجابة قصيرة.** فيم تختلف المخلوقات الحية الذاتية التغذي وغير الذاتية التغذي في طريقة حصولها على الطاقة؟
11. **نهاية مفتوحة.** استخدم التشابه في وصف دور جزيء ATP في المخلوقات الحية.

التفكير الناقد

12. **صِف.** كيف تتحرر الطاقة من جزيء ATP؟
13. **اربط** بين تفاعلات الهدم والبناء، ثم وضح التشابه في العلاقة بين عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

2 تقويم الفصل

2-2

مراجعة المفردات

اختر المصطلح الصحيح من صفحة دليل مراجعة الفصل، الذي يمثل كلًّا من التعريفات الآتية:

14. مكان حدوث التفاعلات الضوئية.

15. رزمة من أقراص الثايلاكويد.

16. جزيء ملون يمتص الضوء.

17. عملية يتم فيها تخزين الطاقة في الجزيئات العضوية.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

استخدم المعادلة الآتية للإجابة عن السؤال 18.

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{طاقة}} C_6H_{12}O_6 + ?$$

18. ما ناتج عملية البناء الضوئي الذي يتحرر إلى البيئة؟

a. CO_2 **c.** O_2

b. H_2O **d.** NH_3

19. أيّ مما يأتي يمثل الغشاء الداخلي للبلاستيدة الخضراء المنظم في صورة أكياس غشائية مسطحة؟

a. الثايلاكويد.

b. الميتوكندريا.

c. الكيس (الغِمد).

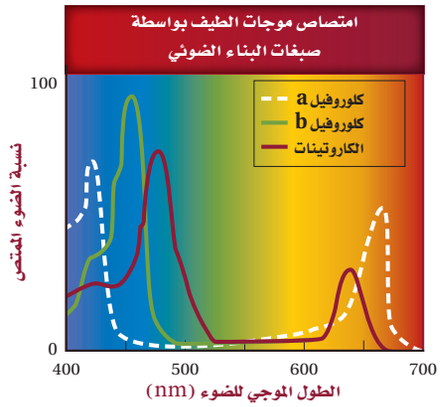
d. الحشوة.

20. ما مصدر الطاقة اللازمة لبناء الكربوهيدرات في أثناء حلقة كالفن؟

a. CO_2 و ATP. **c.** NADPH و H_2O.

b. ATP و NADPH. **d.** H_2O و O_2.

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤال 21.



21. ما الطول الموجي للضوء الذي تمتص عنده أصباغ الكاروتينات أعلى نسبة من الضوء؟

a. 400 **c.** 600

b. 500 **d.** 700

أسئلة بنائية

22. إجابة قصيرة. لخِّص مراحل عملية البناء الضوئي، وصف أين تحدث كل مرحلة في البلاستيدة الخضراء؟

23. إجابة قصيرة. لماذا يعد تحرير أيونات الهيدروجين ضروريًّا لإنتاج ATP في أثناء عملية البناء الضوئي؟

24. إجابة قصيرة. فسّر لماذا تعتمد حلقة كالفن على التفاعلات الضوئية.

التفكير الناقد

25. فسِّر الجملة الآتية: الأكسجين المتحرر من عملية البناء الضوئي مجرد ناتج ثانوي يتكون في أثناء إنتاج جزيئات ATP والكربوهيدرات.

26. توقَّع أثر فقدان الغابات في عملية التنفس الخلوي عند المخلوقات الحية الأخرى.

27. صف مسارين بديلين لعملية البناء الضوئي في النباتات، واقترح كيف يمكن أن تساعد هذه التكيفات النباتِ؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 2

2-3

مراجعة المفردات

عرّف المفردات الآتية بجملة تامة:

28. حلقة كربس.

29. عمليات التنفس اللاهوائية.

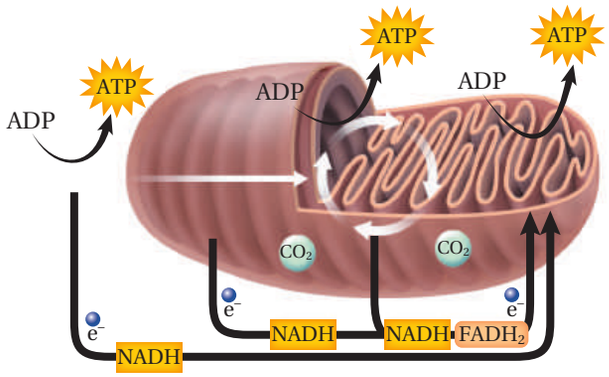
30. التخمُّر.

31. هوائي.

32. التحلّل السكري.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 33 و 34.



33. ما العضية التي يوضحها الشكل أعلاه؟

a. جهاز جولجي. **c.** النواة.

b. الميتوكندريون. **d.** الشبكة الإندوبلازمية.

34. ما العملية التي لا تحدث في العضية في الشكل أعلاه؟

a. التحلّل السكري.

b. حلقة كربس.

c. تحول البيروفيت إلى أستيل CoA.

d. سلسلة نقل الإلكترون.

35. أيّ مما يأتي لا يعد من مراحل التنفس الخلوي؟

a. التحلل السكري. **c.** سلسلة نقل الإلكترون .

b. حلقة كربس. **d.** تخمر حمض اللاكتيك.

36. مـا الذي ينتج عند مغادرة الإلكترونات سلسـلة نقل الإلكترون في التنفس الخلوي وارتباطها مع المستقبِل النهائي للإلكترونات في السلسلة؟

a. H_2O. **c.** CO_2.

b. O_2. **d.** CO.

37. في نهاية عملية التحلل السكري، ما الجزيء الذي يتم فيه تخزين معظم الطاقة الناتجة عن الجلوكوز؟

a. البيروفيت.

b. أستيل CoA.

c. ATP.

d. NADH.

أسئلة بنائية

38. إجابة قصيرة. ناقش دور كل من NADH و $FADH_2$ في عملية التنفس الخلوي.

39. إجابة قصيرة. في التنفس الخلوي، ما مصدر الإلكترونات في سلسلة نقل الإلكترون؟ وما وجهتها النهائية؟

40. إجابة قصيرة. لماذا تشـعر بالألم في عضلاتك بعد القيام بتمارين رياضية مرهقة؟

2 تقويم الفصل

التفكير الناقد

41. **فسِّر.** النواتج النهائية في عملية التنفس الخلوي هي: CO_2 و H_2O. من أين جاءت ذرات الأكسجين في جزيء CO_2؟ ومن أين جاءت ذرات الأكسجين في جزيء H_2O؟

42. **استنتج.** ما مزايا عمليات الأيض عند وجود الأكسجين (عمليات هوائية) مقارنة بعمليات الأيض عند غياب الأكسجين (عمليات لاهوائية) من حيث إنتاج الطاقة في المخلوقات الحية؟

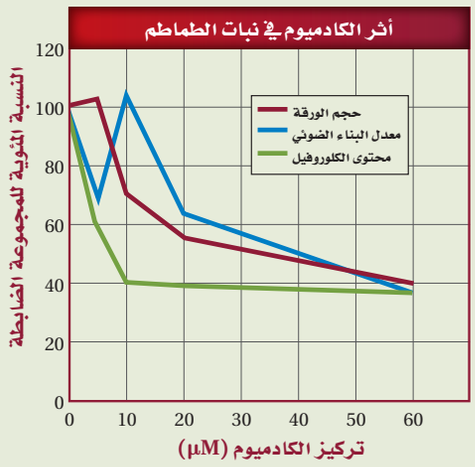
43. **قارن** بين نقل الإلكترون في عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

تقويم إضافي

44. **الكتابة في علم الأحياء** اكتب مقالة توضح أهمية النباتات في نظام بيئي مستخدمًا ما تعرفه عن العلاقة بين عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

أسئلة المستندات

الكادميوم من العناصر الثقيلة السامة للإنسان والنباتات والحيوانات. وعادة ما يوجد بوصفه أحد الملوثات في التربة. استخدم البيانات الآتية في الإجابة عن الأسئلة المتعلقة بتأثير الكادميوم في عملية البناء الضوئي في نبات الطماطم.



45. ما أثر عنصر الكادميوم في حجم الورقة، ومحتوى الكلوروفيل، ومعدل البناء الضوئي؟

46. أيّ تركيز من الكادميوم كان له الأثر الأكبر في حجم الورقة، وفي محتوى الكلوروفيل، وفي معدل عملية البناء الضوئي؟

47. توقع الآثار في عملية التنفس الخلوي إذا تناول حيوانٌ الطماطمَ الملوثة بالكادميوم.

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. أيّ الخطوات الآتية تحدث في حلقة كالفن؟
   a. تكوين جزيئات ATP.
   b. تكوُّن السكريات السداسية الكربون.
   c. تحرير غاز الأكسجين.
   d. نقل الإلكترونات بواسطة $NADP^+$.

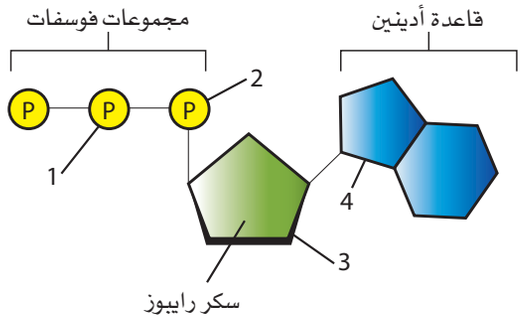
2. أيّ تحولات الطاقة الآتية يحدث في المخلوقات الحية الذاتية التغذي فقط؟
   a. من الطاقة الكيميائية إلى الطاقة الميكانيكية.
   b. من الطاقة الكهربائية إلى الطاقة الحرارية.
   c. من الطاقة الضوئية إلى الطاقة الكيميائية.
   d. من الطاقة الميكانيكية إلى الطاقة الحرارية .

3. أيّ المركبات التي تحوي الكربون يتم إنتاجها خلال عملية التحلل السكري؟
   a. أستيل CoA.
   b. الجلوكوز.
   c. حمض اللاكتيك.
   d. البيروفيت.

4. أيّ الجزيئات الكبيرة الآتية يمكن أن تتكون باستخدام السكريات التي تنتج خلال عملية البناء الضوئي في النباتات؟
   a. السيليلوز.
   b. DNA.
   c. الدهون.
   d. البروتين.

5. ما مصدر الإلكترونات في مرحلة سلسلة نقل الإلكترون في التنفس الخلوي؟
   a. تكوُّن الأستيل CoA في أثناء حلقة كربس.
   b. إنتاج جزيئات NADH و $FADH_2$ في أثناء حلقة كربس.
   c. تخمر حمض اللاكتيك.
   d. تكسير الروابط خلال عملية التحلل السكري.

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤال 6.



6. أيّ المجموعتين في جزيء ATP في الشكل أعلاه يجب أن تتكسر الرابطة بينهما حتى تتحرر الطاقة التي يستخدمها المخلوق الحي؟
   a. 1 و 2
   b. 2 و 3
   c. 2 و 4
   d. 3 و 4

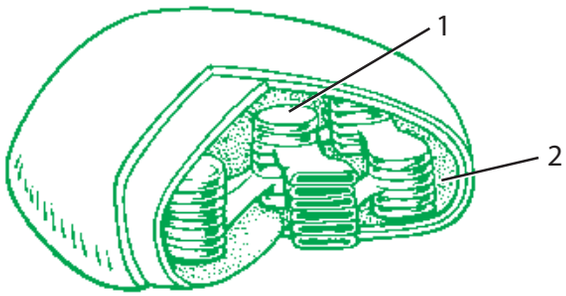
اختبار مقنن

7. أيّ مراحل البناء الضوئي تتطلب وجود الماء لإتمام التفاعل الكيميائي؟
   a. عمل إنزيم بناء الطاقة ATP على ADP.
   b. تحويل جزيئات GAP إلى RuBP.
   c. تحويل $NADP^+$ إلى NADPH.
   d. تحويل الطاقة الكيميائية لتكوين جزيئات GAP.

8. أيّ العمليات الخلوية الآتية تختزن الطاقة؟
   a. تحلل سلسلة الدهون.
   b. تحول ADP إلى ATP.
   c. بناء البروتينات من كودونات RNA.
   d. نقل الأيونات عبر الغشاء.

أسئلة الإجابات القصيرة

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤال 9.



9. سمِّ الجزأين في الشكل أعلاه الذي يمثل بلاستيدة خضراء، وحدّد مراحل البناء الضوئي التي تحدث في كل جزء.

10. اربط بين روابط مجموعات الفوسفات في جزيء ATP وتحرير الطاقة عندما يتحول جزيء ATP إلى جزيء ADP.

11. كيف يمكن أن يكون المخلوق الحي ذاتي وغير ذاتي التغذي في الوقت نفسه؟

12. اذكر إنزيمين مرتبطين مع عملية البناء الضوئي، وصف دوريهما.

13. في أيّ أجزاء النبات تتوقع وجود خلايا تحوي أكبر كمية من البلاستيدات الخضراء؟ فسِّر إجابتك.

14. عادة ما يتحدث عدّاؤو المسافات الطويلة عن التدريب الذي يهدف إلى رفع العتبة اللاهوائية. العتبة اللاهوائية هي النقطة التي لا تحصل فيها عضلات معينة على كمية من الأكسجين تكفيها للقيام بالتنفس الهوائي، لذا تبدأ بالتنفس اللاهوائي. كون فرضية تبين أهمية رفع العتبة اللاهوائية للعدَّائين المتنافسين.

15. افترض أن تركيز CO_2 في بيت زجاجي قد انخفض. فسّر كيف يمكن أن تتأثر عملية البناء الضوئي بهذا التغير، ثم توقع أثر ذلك في النباتات.

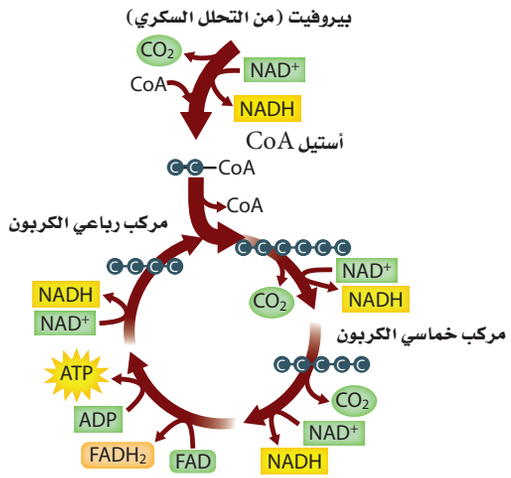
16. أيّ العمليات الحيوية تحدث في كل من غشاء الثايلاكويد وغشاء الميتوكندريا؟ أعط سببًا يفسر أهمية هذه العملية أو عدم أهميتها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 17.



17. لخّص خطوات الحلقة في الشكل السابق.

سؤال مقالي

يتفاعل جسم الإنسان بصورة مستمرة مع البيئة؛ فهو يحصل على بعض المواد، ويخرج مواد أخرى. وللعديد من المواد التي يحصل عليها الإنسان دور محدد في المحافظة على العمليات الخلوية الأساسية ومنها التنفس، ونقل الأيونات وبناء الجزيئات الكبيرة المختلفة. كذلك، فإن العديد من المواد التي يخرجها الجسم هي فضلات ناتجة عن هذه العمليات الخلوية.

استخدم المعلومات في الفقرة أعلاه للإجابة عن السؤال الآتي في صورة مقال:

18. كيف يحصل الإنسان على المواد الضرورية لعملية التنفس الخلوي؟ وكيف يتخلص من فضلات هذه العملية؟

يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
الفصل / القسم	2–2	2–1	2–3	2–2	2–3	2–1	2–2	2–1	2–2	2–1	2–1	2–2	2–2	2–3	2–2	2–3	2–3	2–3
الصف	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3

الفصل 3

التكاثر الخلوي
Cellular Reproduction

الفكرة العامة تدخل الخلية في دورة حياة تشمل الطور البيني والانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم.

3–1 النمو الخلوي

الفكرة الرئيسة تنمو الخلايا لتصل إلى أقصى حجم لها، ثم تتوقف عن النمو أو تنقسم.

3–2 الانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم

الفكرة الرئيسة تتكاثر الخلايا الجسمية في المخلوقات الحية حقيقية النوى بواسطة الانقسام المتساوي وعملية انقسام السيتوبلازم.

3–3 تنظيم دورة الخلية

الفكرة الرئيسة تنظم البروتينات الحلقية (السايكلينات) دورة الخلية الطبيعية.

حقائق في علم الأحياء

- تتوقف معظم الحيوانات عن النمو عندما تصل إلى حجم معين، في حين تستمر معظم النباتات في النمو طوال حياتها.
- تحوي جذور النباتات مناطق معينة تنقسم فيها أعداد كبيرة من الخلايا انقسامًا متساويًا في أي وقت.
- يثبّط استعمال المواد الكيميائية أو التغيرات البيئية عملية الانقسام المتساوي في البصل؛ مما يمنع إنباته.

تجربة استهلالية

ما مصدر الخلايا السليمة؟

تتكوّن جميع المخلوقات الحية من خلايا. والطريقة الوحيدة التي يتمكن بها المخلــوق الحي من النمو أو التعويض تتم عن طريــق التكاثر الخلوي. وتقوم الخلايا السليمة بجميع وظائف الحياة وتتكاثر لتنتج خلايا أكثر. وسوف تستقصي في هذه التجربة وجود أنواع مختلفة من الخلايا.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. لاحظ **شـرائح جاهزة لخلايا إنسان** مســتخدمًا أعلى قوة تكبير في **المجهر الضوئي المركب**.
3. لاحظ خلايا **قمة الجذر في نبات البصل** بالمجهر.
4. لاحظ **شـرائح جاهـزة** يزودك بها معلمك لأنواع أخرى من الخلايا.
5. ارســم عينات الخلايــا التي لاحظتهــا، وحدد التراكيب التي لاحظتها وعنونها.

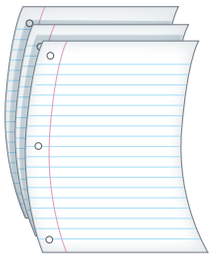
التحليل

1. **قارِن** بين أنواع الخلايا المختلفة التي لاحظتها.
2. **كـوِّن فرضيــة** لمــاذا تختلف أشــكال وتراكيب الخلايا التــي لاحظتها؟ وكيــف يمكنك تعرّف الخلايا المريضة؟

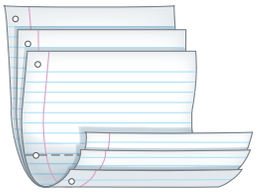
المطويات
منظمات الأفكار

الانقسـام المتساوي وانقسام السيتوبلازم اعمل المطوية الآتية لمســاعدتك على فهم آلية تكاثر الخلايا بعملية الانقســام المتساوي التي ينتج عنها خليتان متماثلتان وراثيًّا.

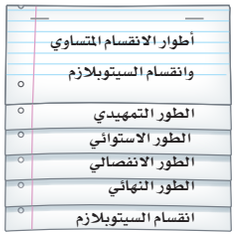
الخطوة 1: ضع ثلاث ورقات بعضها فوق بعض على أن تبعد كل ورقة عن الأخرى 1.5 cm، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 2: اثنِ الأوراق من منتصفها لتكوين ســتة ألسنة بحيث يبعد بعضها عن بعض المسافة نفسها، كما في الشكل الآتي:



الخطـوة 3: ثبــت أوراق المطوية معًــا بالدبابيس على طول خط الثني، واقلــب المطوية حتــى تصبح الطيــة في الأعلى. وعنون الألسنة كما في الشكل الآتي:



المطويات **اسـتعمل هذه المطوية في القسـم 2-3.** سجل – وأنت تقرأ الدرس – ما تعلمته عن أطوار الانقسام المتساوي الأربعة، واكتب وصفًا قصيرًا حول عملية انقســام السيتوبلازم في الفراغ الموجود على اللسان الخاص به.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

3-1

النمو الخلوي Cellular Growth

الأهداف

- **تفسّر** لماذا تكون الخلايا متناهية بالصغر.
- **تلخّص** المراحل الأساسية من دورة الخلية.
- **تصِف** مراحل الطور البيني.

مراجعة المفردات

النفاذية الاختيارية: عملية يسمح فيها غشاء بمرور بعض المواد من خلاله، ويُبقي بعضها الآخر خارجه.

المفردات الجديدة

دورة الخلية
الطور البيني
الانقسام المتساوي
انقسام السيتوبلازم
الكروموسوم
الكروماتين

الفكرة الرئيسة **تنمو الخلايا لتصل إلى أقصى حجم لها، ثم تتوقف عن النمو أو تنقسم.**

الربط مع الحياة إذا شكّلت أنت وزميلك فريقًا في مباراة للتنس الأرضي مقابل لاعبين آخرين فقد تشعران بأنكما قادران على تغطية نصف الملعب الخاص بكما من الملعب. أما إذا كان الملعب كبيرًا جدًّا فستواجهان صعوبة في الوصول إلى الكرات بالشكل المناسب. لذا يجب أن يكون حجم الملعب مناسبًا للعبة، وكذلك يجب أن يكون حجم الخلية محدودًا لضمان تلبية حاجاتها.

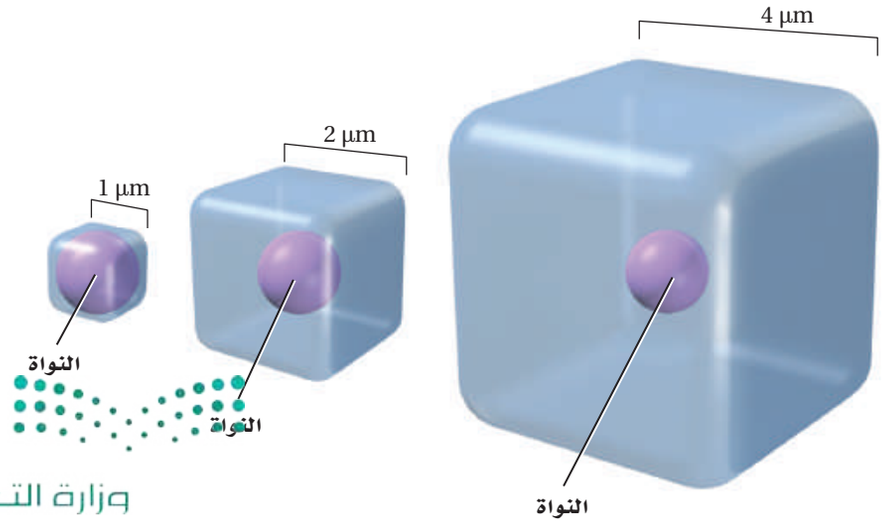
حدود حجم الخلية Cell Size Limitations

يبلغ قطر معظم الخلايا أقل من 100 µm (100×10^{-6} m)، أيْ أصغر كثيرًا من النقطة التي في نهاية هذه الجملة، فلماذا تكون معظم الخلايا صغيرة جدًّا؟ يبحث هذا القسم في العوامل التي تؤثر في حجم الخلية.

نسبة مساحة السطح إلى الحجم Ratio of surface area to volume

العامل الرئيس الذي يحدد حجم الخلية هو نسبة مساحة سطحها إلى حجمها. ومساحة السطح هي المساحة التي يغطيها الغشاء البلازمي.

الربط مع الرياضيات لتوضيح نسبة مساحة السطح إلى الحجم، لاحظ المكعب الصغير في **الشكل 1–3** الذي يبلغ طول كل ضلع منه 1 µm، وهذا هو حجم الخلية البكتيرية تقريبًا. ولحساب مساحة سطح المكعب نضرب الطول في العرض في عدد أوجه المكعب (1 µm × 1 µm × 6 أوجه)، والتي تساوي 6 μm^2. ولحساب حجم الخلية، نضرب الطول في العرض في الارتفاع (1 µm × 1 µm × 1 µm) والذي يساوي 1 μm^3. إذن فنسبة مساحة السطح إلى الحجم هي 6:1.



الشكل 1–3 تقل نسبة مساحة السطح إلى الحجم كلما ازداد حجم الخلية، ويمثل المكعب الأصغر النسبة 6:1، وهي تمثل المساحة (1 µm × 1 µm × 6 أوجه)، إلى الحجم (1µm × 1µm × 1µm)، في حين أن أكبر مكعب له النسبة 96 وهي المساحة (4 µm × 4 µm × 6 أوجه) إلى 64 وهو الحجم (4 µm × 4 µm × 4 µm)، أيْ بنسبة 2 : 3.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

إذا نمـــت الخلية المكعبـــة بمقدار 2 µm من كل جانب، كما في **الشـــكل 1-3**، فستصبح مساحة سطح الخلية $24\ \mu m^2$، والحجم $8\ \mu m^3$. وتصبح نسبة مساحة الســـطح إلى الحجم 3:1، وهي أقل مما كانت عليه عندما كانت الخلية أصغر. أما إذا اســـتمرت الخلية في النمو فستستمر نسبة مساحة السطح إلى الحجم في النقصان، كما هو الحال في المكعب الثالث من **الشـــكل 1-3**. ومع نمو الخلية يزداد حجمها مقارنة بمساحة ســـطحها، وهذا يعني الصعوبة في الحصول على المواد المغذية، أو في التخلص من الفضلات. أما إذا بقيت صغيرة، فتكون نسبة مساحة سطحها إلى حجمها عالية، وبذلك تستطيع الحفاظ على بقائها بسهولة.

ماذا قرأت؟ **فسِّـر** لماذا تعد النســـبة الكبيرة بين مساحة الخلية إلى حجمها ذا فائدة للخلية؟

تجربة علمية

لماذا تنقسم الخلية؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

تجربة 1 - 3

استقصِ حجم الخلية

هـل يمكـن أن تنمـو الخلية على نحوٍ كافٍ لتحيط بمدرسـتك؟ ماذا يحدث إذا تضاعف حجم الفيل؟ على مســـتوى المخلوق الحي، لا يمكن أن ينمو الفيل ليصل إلى هذا الحجم؛ بســـبب عدم قدرة قدميه على تحمُّل الزيادة في كتلته. هل تنطبق هذه المبادئ والحدود على المســـتوى الخلوي؟ احسب ذلك رياضيًّا.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدول بيانات يتضمن بيانات مساحة السطح والحجم لخمس خلايا تم افتراضها.

افترض أن الخلية مكعبة الشكل (الأبعاد المعطاة لوجه واحد من المكعب):

الخلية 1 = 0.00002 m (متوسط قطر معظم الخلايا الحقيقية النوى).

الخلية 2 = 0.001 m (قطر خلية عصبية عملاقة في الحبار).

الخلية 3 = 2.5 cm

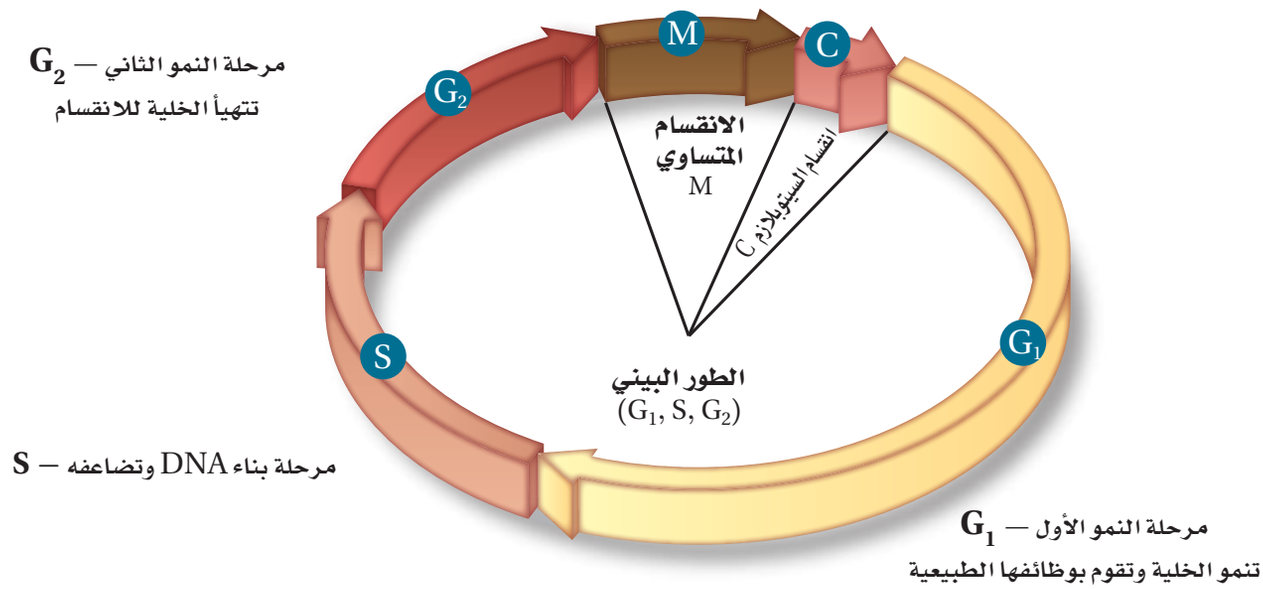
الخلية 4 = 30 cm

الخلية 5 = 15 m

3. احسب مساحة سطح كل خلية باستخدام المعادلة التالية: الطول × العرض × عدد الأوجه (6).
4. احسب حجم كل خلية باستخدام المعادلة التالية : الطول × العرض × الارتفاع.

التحليل

1. **السبب والنتيجة.** بناءً على حساباتك، وضّح لماذا لا تصبح الخلايا كبيرة جدًّا؟
2. **اسـتنتج.** هل ضخامة حجم بعض المخلوقات الحية – مثل الفيلة وشـــجر الخشـــب الأحمر– يعود إلى احتوائها على خلايا ضخمة جدًّا أم أن معظم خلاياها لها حجم عادي؟ فسِّر إجابتك.



■ **الشكل 2–3** تتضمن دورة الخلية ثلاث مراحل، هي: الطور البيني والانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم. ينقسم الطور البيني إلى ثلاث مراحل فرعية.
كوِّن فرضية. **لماذا يُمثّل انقسام السيتوبلازم أقصر فترة في دورة الخلية؟**

الاتصال الخلوي Cellular communication هناك عامل آخر يحدد حجم الخلية، وهو حاجة بروتينات التواصل الخلوي للحركة خلال الخلية. وبمعنى آخر، يؤثر الحجم في قدرة الخلية على إيصال التعليمات للقيام بالوظائف الخلوية. فإذا أصبحت الخلية كبيرة جدًّا يصبح من المستحيل القيام بالتواصل الخلوي، الذي يشمل حركة المواد والإشارات المرسلة للعضيات المختلفة، لتقوم بوظائفها على أتمّ وجه. فمثلاً قد لا تصل الإشارات التي تحفز بناء البروتين بسرعة كافية إلى الرايبوسوم حتى يتم بناء البروتين اللازم لبقاء الخلية.

دورة الخلية Cell Cycle

عندما تصل الخلية إلى أقصى حجم لها فإما أن تنقسم أو تتوقف عن النمو. وفي النهاية تنقسم أكثر الخلايا؛ فالانقسام لا يمنع الخلية من زيادة حجمها كثيرًا فقط، بل هو يمثل آلية التكاثر في الخلية. وتتكاثر الخلايا عبر دورة نمو وانقسام، تسمى **دورة الخلية** cell cycle. وتمر الخلية في كل مرة بدورة كاملة لتصبح خليتين، وعند تكرار دورة الخلية باستمرار تكون النتيجة استمرار إنتاج الخلايا الجديدة. ويوضح **الشكل 2–3** دورة الخلية.

تمر دورة الخلية بثلاث مراحل، هي: **الطور البيني** interphase، ويتضمّن نمو الخلية وقيامها بالوظائف الخلوية وتضاعف مادتها الوراثية DNA استعدادًا للمرحلة التالية من الدورة. ويُقسم الطور البيني إلى ثلاث مراحل فرعية، **الشكل 2–3**. والمرحلة الثانية **الانقسام المتساوي** mitosis، وهو تلك المرحلة من دورة الخلية التي تنقسم فيها نواة الخلية ومادتها النووية، وتُقسم مرحلة الانقسام المتساوي إلى أربعة مراحل فرعية.

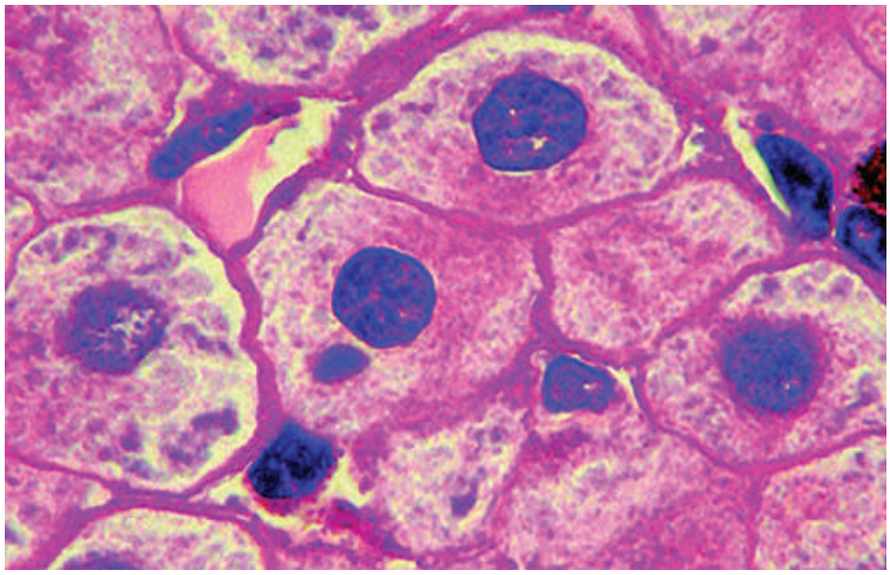
أما عملية **انقسام السيتوبلازم** – cytokinesis وهي طريقة ينقسم بها سيتوبلازم الخلية مكوِّنًا خلية جديدة– فتبدأ قبل نهاية الانقسام المتساوي.

المفردات

أصل الكلمة

انقسام السيتوبلازم Cytokinesis
من الكلمة اليونانية Cyto، وتعني "الوعاء الأجوف"، و kinesis التي تعني "بدء الحركة".

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشكل 3–3 إن سبب المظهر المنقط لهذه النواة في خلية كبد الفأر هو الكروماتين، وهو المادة الوراثية في حالة ارتخاء قبل تكوّن الكروموسومات.

تختلف فترة دورة حياة الخلية، اعتمادًا على الخلية التي تنقسم؛ فبعض الخلايا الحقيقية النوى قد تكمل دورتها في ثماني دقائق، في حين تستغرق خلايا أخرى عامًا كاملاً. إلا أن معظم الخلايا الحيوانية الطبيعية والنشطة تستغرق 12–24 ساعة تقريبًا لإتمام دورتها. ومن المثير للدهشة أن تعرف أن بعض خلايا جسمك تُتم دورتها في يوم واحد تقريبًا.

مراحل الطور البيني The stages of interphase تنمو الخلية في أثناء الطور البيني لتصبح خلية ناضجة ونشطة، وتتضاعف مادتها الوراثية (DNA) وتستعد للانقسام. ويُقسم الطور البيني إلى ثلاث مراحل فرعية، **الشكل 2–3**، هي: طور النمو الأول G_1، وطور بناء S–DNA، وطور النمو الثاني G_2 .

المرحلة الفرعية الأولى من الطور البيني (G_1)، هي فترة ما بعد انقسام الخلية مباشرة. وفي هذه المرحلة تنمو الخلية، وتقوم بوظائفها الطبيعية، وتتهيأ الخلية لتضاعف DNA. وبعض الخلايا مثل الخلايا العضلية والخلايا العصبية تُنهي دورتها عند هذه المرحلة ولا تنقسم مرة أخرى.

أما المرحلة الفرعية الثانية وهي مرحلة بناء DNA أو مرحلة (S)، فهي الفترة التي تقوم فيها الخلية بنسخ مادتها الوراثية (DNA) استعدادًا لانقسام الخلية. و**الكروموسومات** chromosomes تراكيب تحوي المادة الوراثية (DNA) التي تنتقل من جيل إلى جيل آخر من الخلايا. أما **الكروماتين** chromatin فهو كمية قليلة من المادة الوراثية (DNA)، توجد في نواة الخلية. وعند صبغ الخلية في أثناء الطور البيني، تظهر النواة باللون المرقط، كما في الشكل **3–3**، وذلك نتيجة وجود خيوط فردية من الكروماتين لا تظهر بالمجهر الضوئي المركب دون صبغها.

أمّا طور النمو الثاني G_2 الذي يلي مرحلة البناء فهو الفترة التي تستعد فيها الخلية لانقسام نواتها. وفي هذا الوقت يبدأ بناء البروتين الذي يُنتج الأنيبيبات الدقيقة اللازمة لانقسام الخلية. وفي أثناء مرحلة G_2 تستعد الخلية للدخول في عملية الانقسام المتساوي، وعند إتمام هذه النشاطات تبدأ الخلية المرحلة التالية من دورة الخلية، وهي الانقسام المتساوي.

الانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم Mitosis and cytokinesis

تحدث مراحل الانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم بعد مرحلة الطور البيني مباشرة. ففي الانقسام المتساوي تنقسم المواد النووية في الخلية وتنفصل وتنتقل إلى طرفي الخلية المتقابلين. وتنقسم الخلية في أثناء انقسام السيتوبلازم إلى خليتين جديدتين تحتويان على نوى متطابقة.

انقسام الخلايا بدائية النوى Prokaryotic cell division تمر الخلايا حقيقية النوى بدورة الخلية حتى تتكاثر، أما الخلايا بدائية النوى فتتكاثر بطريقة تسمى الانشطار الثنائي.

التقويم 1-3

الخلاصة

- نسبة مساحة السطح إلى الحجم تصف مساحة الغشاء البلازمي إلى حجم الخلية.
- يحدد نقلُ المواد وتعليمات التواصل الصادرة عن النواة حجمَ الخلية.
- دورة الخلية هي عملية التكاثر الخلوي.
- تقضي الخلية معظم حياتها في الطور البيني.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **اربط** حجم الخلية مع وظائفها، ثم فسّر كيف أن حجم الخلية محدد؟
2. **لخّص** المراحل الرئيسة في دورة الخلية.
3. **صف** ما يحدث للمادة الوراثية DNA في أثناء مرحلة بناء DNA –مرحلة (S) – من الطور البيني.
4. **ارسم** شكلاً تخطيطيًّا لمراحل دورة الخلية، وصف ما يحدث في كل منها.

التفكير الناقد

5. **كوِّن فرضية.** ماذا يحدث إذا تمكنت خلية كبيرة من الانقسام، على الرغم من نموها إلى ما يفوق حجمها المثالي؟
6. الرياضيات في علم الأحياء إذا كان مكعب طول أحد جوانبه 5 µm يمثل خلية فاحسب نسبة مساحة سطحه إلى حجمه، ثم فسر هل يعد هذا الحجم مناسبًا للخلية أم لا؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

3-2

الانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم
Mitosis and Cytokinesis

الأهداف
- **تصف** أحداث كل مرحلة من مراحل الانقسام المتساوي.
- **تَشرح** عملية انقسام السيتوبلازم.

مراجعة المفردات
دورة الحياة: تسلسل مراحل النمو التي يمر بها المخلوق الحي خلال حياته.

المفردات الجديدة
الطور التمهيدي
الكروماتيد الشقيق
السنترومير
الجهاز المغزلي
الطور الاستوائي
الطور الانفصالي
الطور النهائي

الفكرة الرئيسة **تتكاثر الخلايا الجسمية في المخلوقات الحية حقيقية النوى بواسطة الانقسام المتساوي وعملية انقسام السيتوبلازم.**

الرَّبط مع الحياة للعديد من الأحداث المألوفة دورة في الطبيعة. ويعد كل من تعاقب الليل والنهار، وتغير الفصول عامًا بعد عام وظهور المذنبات في الفضاء، أمثلة على أحداث دورية. للخلايا أيضًا أحداث دورية تتمثل في دورة نمو وتكاثر.

الانقسام المتساوي Mitosis

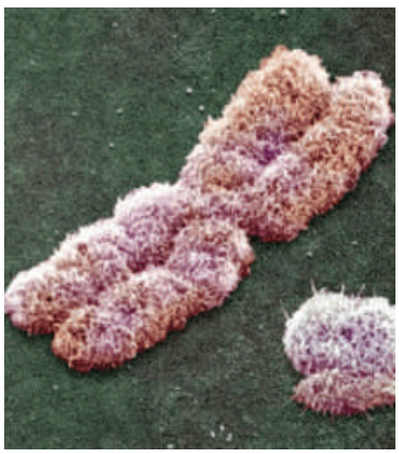
تتضمن دورة الخلية الطور البيني والانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم. وفي أثناء الانقسام المتساوي تنفصل المادة الوراثية المتضاعفة وتصبح الخلية جاهزة للانقسام إلى خليتين. ويعد انفصال مادة DNA المتضاعفة العاملَ الأساسي في الانقسام المتساوي، فهذا يسمح للمعلومات الوراثية في الخلية بالانتقال إلى الخلايا الجديدة المتلاصقة، وينتج خليتين متطابقتين وراثيًا. تستعمل المخلوقات الحية العديدة الخلايا عملية الانقسام المتساوي لزيادة عدد الخلايا خلال نموها، ولتعويض الخلايا التالفة. هل تذكر أنك جرحت يومًا؟ تنقسم خلايا الجلد عند الجرح نتيجة الانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم لتكوين خلايا جلد جديدة تملأ الفراغ الذي سبّبه الجرح للجلد.

مراحل الانقسام المتساوي The Stages of Mitosis

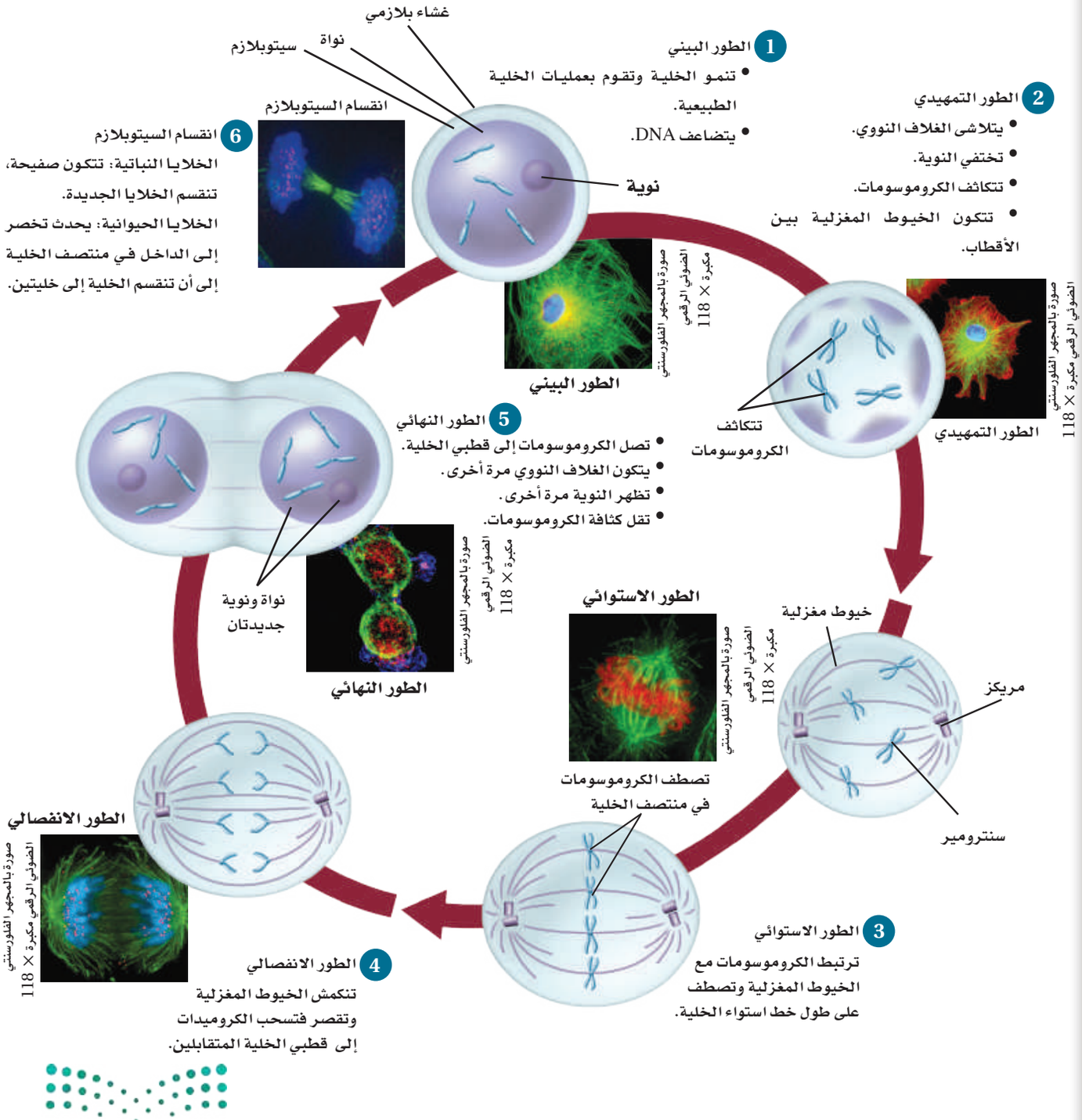
الطور التمهيدي Prophase تسمى المرحلة الأولى من الانقسام المتساوي **الطور التمهيدي** prophase – الطور الأطول. يرتبط كروماتين الخلية بعضه مع بعض في هذا الطور وتتكثف إلى كروموسومات في صورة حرف X، **الشكل 3-3**. وفي هذه الحالة يكون كل كروموسوم على شكل تركيب مفرد يحوي المادة الوراثية التي سبق أن تضاعفت في الطور البيني. وكل نصف من الكروموسوم يسمى الكروماتيد الشقيق. و**الكروماتيدات الشقيقة** sister chromatids تراكيب تحوي نُسخًا متطابقة من DNA. أما التركيب الذي في منتصف الكروموسوم والذي يربط الكروماتيدات الشقيقة بعضها مع بعض فيسمى **السنترومير** centromere ، وهو تركيب مهم؛ لأنه يضمن انتقال نسخة كاملة من DNA المتضاعف إلى الخلايا الجديدة في نهاية دورة الخلية. حدّد الطور التمهيدي في **الشكل 4-3**، ثم تتبع الكروماتيدات خلال دورة الخلية.

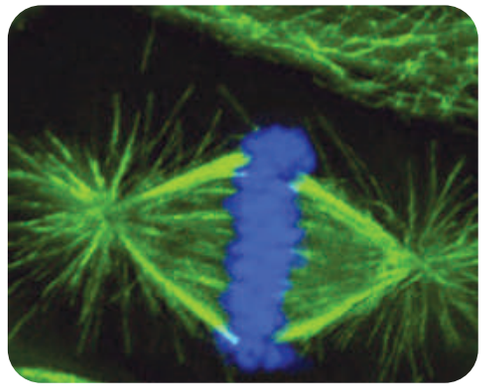
ماذا قرأت؟ **قارن** بين الحدث الرئيس في الطور البيني والحدث الرئيس في الانقسام المتساوي.

■ **الشكل 4-3** الكروموسومات في الطور التمهيدي هي كروماتيدات شقيقة يرتبط بعضها مع بعض في نقطة مركزية تسمى السنترومير.

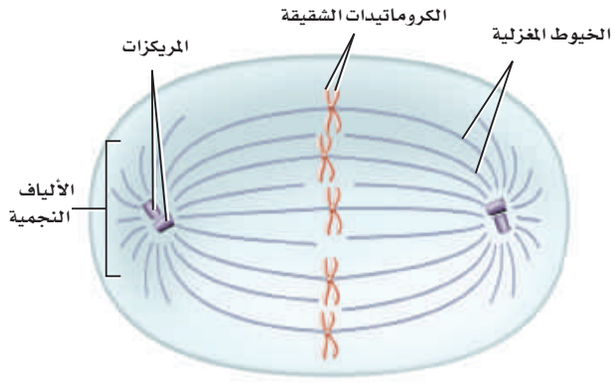


■ **الشـكل 5–3** تبدأ دورة الخلية بالطور البيني، يتبعه الانقسـام المتسـاوي الذي يحدث في أربعة مراحل، هي: الطور التمهيدي والطور الاستوائي والطور الانفصالي والطور النهائي. يتبع الانقسام المتساوي انقسام السيتوبلازم. وتتكرر دورة الخلية مع كل خلية جديدة.





صورة بالمجهر الضوئي المركب: التكبير × 100



مع استمرار الطور التمهيدي تختفي النوية، ويبدأ تكوين تراكيب خاصة من الأنيبيبات الدقيقة في السيتوبلازم تسمى الخيوط المغزلية. ويوجد زوج آخر من الأنيبيبات الدقيقة في الخلايا الحيوانية وبعض خلايا الطلائعيات تسمى المريكزات التي تنتقل إلى قطبي الخلية، ومنها يخرج نوع آخر من الأنيبيبات الدقيقة يسمى الخيوط (الألياف) النجمية التي لها شكل يشبه النجم. ويسمى التركيب الكلي الذي يضم الخيوط المغزلية والمريكزات والألياف النجمية **الجهاز المغزلي** spindle fibers، كما في **الشكل 5–3**. وللجهاز المغزلي أهمية كبرى في حركة الكروموسومات وتنظيمها قبل انقسام الخلية. والمريكزات ليست جزءًا من الجهاز المغزلي في الخلايا النباتية.

يختفي الغلاف النووي عند نهاية الطور التمهيدي. وترتبط الخيوط المغزلية مع الكروماتيدات الشقيقة في كل كروموسوم على جانبي السنترومير من جهة، وبأقطاب الخلية المتقابلة من جهة أخرى، وهذا الترتيب يضمن حصول كل خلية جديدة على نسخة كاملة من المادة الوراثية DNA.

الشكل 6–3 يتكون الجهاز المغزلي في الخلايا الحيوانية من الخيوط المغزلية والمريكزات والألياف النجمية.

المطويات

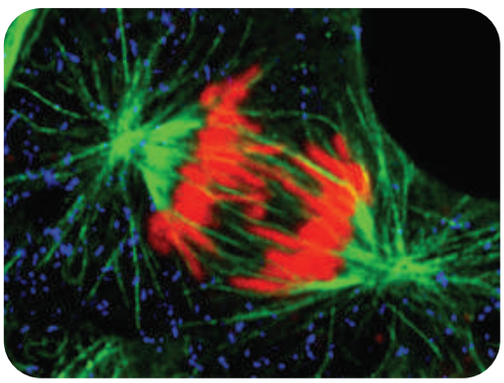
ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

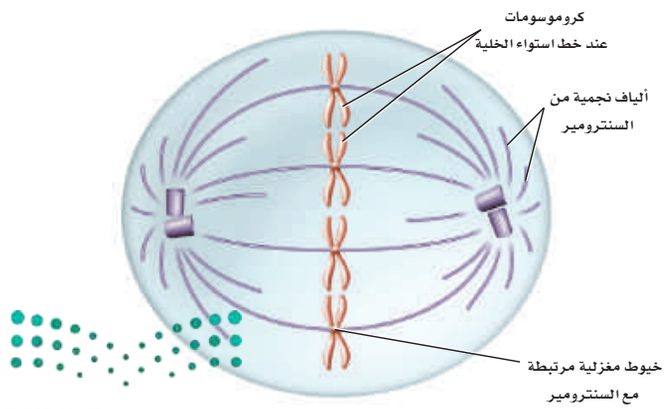
الطور الاستوائي Metaphase خلال **الطور الاستوائي** metaphase ، وهو الطور الثاني من الانقسام المتساوي، يتم سحب الكروماتيدات الشقيقة بواسطة بروتينات حركية على طول الجهاز المغزلي في اتجاه مركز الخلية ثم اصطفافها وترتيبها في الوسط، أو على خط استواء الخلية، كما في **الشكل 6–3**.

الشكل 7–3 خلال الطور الاستوائي تترتب الكروموسومات على طول خط استواء الخلية.

استنتج. لماذا تصطف الكروموسومات على طول خط استواء الخلية؟

صورة بالمجهر الضوئي المركب: التكبير × 450





ويعـد الطور الاسـتوائي من أقصر الأطوار في الانقسـام المتسـاوي، إلا أنه عندما ينتهي بنجاح فإنه يضمن حصول الخلايا الجديدة على نسـخ سـليمة من الكروموسومات.

الطور الانفصالي Anaphase يتم سـحب الكروماتيدات وتباعد بعضها عن بعض في **الطور الانفصالـي** anaphase، أيْ في المرحلة الثالثة من الانقسـام المتسـاوي. وفي هذا الطور تقصر أنيبيبات الجهاز المغزلي الدقيقة، مما يؤدي إلى سـحب الكروماتيدات الشقيقة من منطقة السنترومير، ومن ثم انفصالها إلى كروموسومين متطابقين. تنفصل جميع الكروماتيدات الشقيقة في الوقت نفسه، ولـم يتم التوصل بعد إلى الآلية التي تتحكم في هـذه العملية. وفي نهاية الطور الانفصالي تقوم الأنيبيبات الدقيقة بمسـاعدة البروتينات الحركية على سـحب الكروموسومات في اتجاه أقطاب الخلية.

تجربة علمية

ما المدة الزمنية لكل طور في دورة الخلية؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

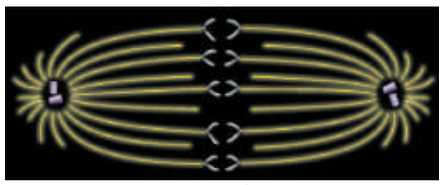
مختبر تحليل البيانات 1-3

بناءً على بيانات حقيقية

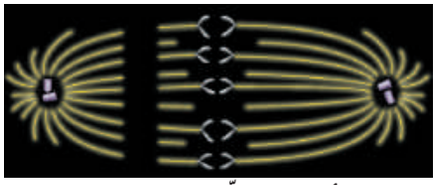
توقع النتائج

مـاذا يحدث للأنيبيبات الدقيقة؟ يجري العلماء تجارب لتتبع الكروموسـومات على طول الأنيبيبات الدقيقة في أثناء الانقسـام المتسـاوي؛ فهم يفترضون تحلل الأنيبيبات الدقيقة وإنتاج وحدات من الأنيبيبات الفرعية خلال حركة الكروموسومات نحو أقطاب الخلية. وفي هذه التجربة، وضعت إشـارة على الأنيبيبات الدقيقة بواسطة صبغة صفراء مشعّة، وتحديد موقع هذه الصبغة بين القطبين والكروموسـومات باستخدام الليزر بإزالة المادة المشعة من المناطق المستهدفة، كما في الشكل.

البيانات والملاحظات



أنيبيبات معلّمة بالفوسفور



أنيبيبات معلّمة بالليزر

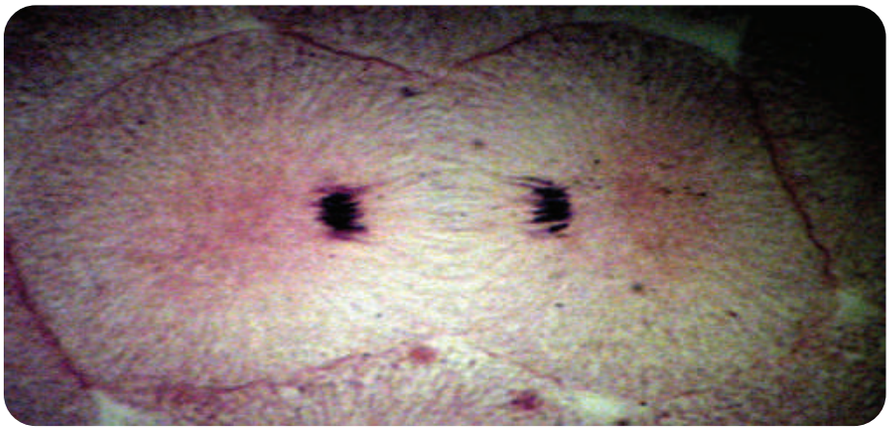
التفكير الناقد

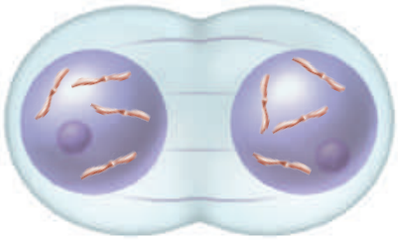
1. **اشرح.** ما الهدف من استخدام الصبغة المشعّة؟
2. **توقّع.** ارسم شكلاً يبين كيف تظهر الخلية في الطور الانفصالي.

أخذت البيانات في هذا المختبر من:

Maddox, P., et al. 2003. Direct observation of microtubule dynamics at kineto–chores in *Xenopus* extract spindles: implications for spindle mechanics. The *Journal of Cell Biology* 162: 377–382. Maddox, et al. 2004. Controlled ablations of microtubules using picosecond laser. *Biophysics Journal* 87: 4203–4212.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445





■ **الشـكل 8–3** في نهاية الطـور النهائي يكتمـل تضاعف المـادة الوراثيـة في الخلية وتقسـيمها إلى كتلتين، ولكن لم تنقسم الخلية تمامًا بعد.

الطور النهائي Telophase تسـمى المرحلة النهائية من الانقسام المتساوي **الطور النهائـي** telophase . وفي أثناء هذا الطور تصل الكروموسـومات إلى أقطاب الخليـة وتصبح أقل كثافة وترتخي، كما في **الشـكل 7–3**، ويبدأ تكوّن غشاءين نوويين جديدين، وتبدأ النويات في الظهور، ويتحلل الجهاز المغزلي، وتُعيـد الخلية تدوير بعض الأنيبيبـات الدقيقة لبناء أجـزاء متنوعة من الهيكل الخلوي. وعلى الرغم من انتهاء المراحل الأربع من الانقسام المتساوي وانقسام المادة النووية، إلا أن عملية انقسام الخلية لم تكتمل بعد.

انقسام السيتوبلازم Cytokinesis

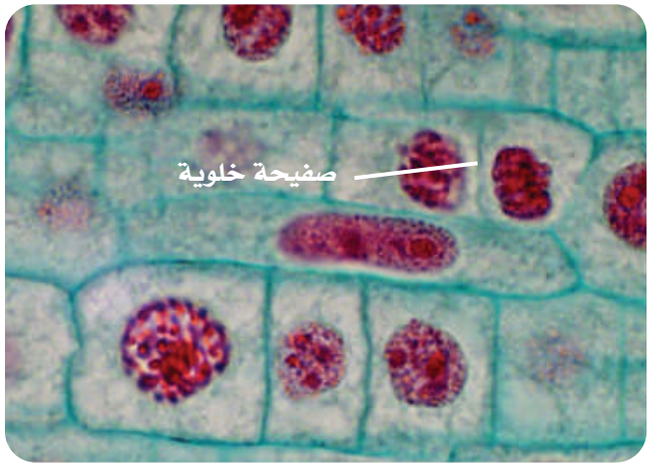
تبدأ الخلية عند انتهاء الانقسام المتساوي عمليةً أخرى تسمى انقسام السيتوبلازم، تؤدي إلى انقسـام السـيتوبلازم، فينتج عن ذلك خليتان تحتويـان على نواتين متطابقتين. في الخلايا الحيوانية يحدث انقسام السيتوبلازم من خلال الأنيبيبات الدقيقة التي تضغط على السيتوبلازم. كما في **الشكل 8–3**، ويسمى مكان ضغط السيتوبلازم التخصُّرَ.

■ **الشكل 9–3**

يمين: في الخلية النباتيـة: تبني الخلايا النباتية صفيحـة خلوية تَقسـم الخليـة إلى خليتين جديدتين.

يسـار: في الخليـة الحيوانيـة: يبدأ انقسـام السـيتوبلازم بتخصُّر يفصل الخلية في النهاية إلى خليتين.

خلايا نباتية



صورة بالمجهر المركب مصبوغة: التكبير × 1000

خلية حيوانية

صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني الماسح*

تتميز الخلايا النباتيــة بوجود جدار صلب يغطي غشــاءها البلازمي. فبدلاً من تخصُّر الخلية تتكون الصفيحة الخلوية (الصفيحة الوســطى)، بين نوى الخلايا الجديدة، **الشكل 9-3**. ثم تتكون الجُدر الخلوية على جانبي الصفيحة الخلوية، وبمجرد اكتمال الجدار الخلوي الجديد تنتج خليتان متطابقتان وراثيًّا.

الخلايا البدائية النواة التي تنقســم بالانشــطار الثنائي، تنقســم بطريقة مختلفة، فعندما تتضاعف مادتها الوراثية تلتصق كلتا النســختين بالغشاء البلازمي، وبعد أن ينمو الغشاء البلازمي يتم ســحب جزيئات DNA الملتصقة به بعيدًا. وعندما يكتمل انشطار الخلية تنتج خليتان جديدتان متطابقتان.

التقويم 3-2

الخلاصة

- تحدث عملية الانقسام المتساوي عندما ينقسم DNA المتضاعف.
- تتضمن مراحل الانقسام المتساوي الطور التمهيدي، والاستوائي، والانفصالي، والنهائي.
- ينتج عن عملية انقسام السيتوبلازم خلايا جديدة متطابقة وراثيًّا.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **اشرح.** لماذا لا ينتج عن الانقسام المتساوي خلايا جديدة متشابهة في الصفات؟
2. **صِف** أحداث كل مرحلة من مراحل الانقسام المتساوي.
3. **ارسم وسمِّ** أجزاء كروموسوم في الطور التمهيدي.
4. **حدّد** مرحلة الانقسام المتساوي التي تقضي فيها الخلية أطول حياتها.
5. **قارن** بين انقسام السيتوبلازم في خلية نباتية وخلية حيوانية.

التفكير الناقد

6. **كوّن فرضية.** ماذا يحدث إذا حقنت خلية بدواءٍ ما يمنع الأنيبيبات الدقيقة من الحركة ولا يؤثر في انقسام السيتوبلازم؟
7. الرياضيات في علم الأحياء إذا أتمت خلية نباتية دورتها في 24 ساعة، فما عدد الخلايا التي تنتجها في أسبوع؟

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

3-3

تنظيم دورة الخلية
Cell Cycle Regulation

الأهداف

- **تلخّص** دور البروتينات الحلقية في التحكم في دورة الخلية.
- **تشرح** كيف يرتبط مرض السرطان بدورة الخلية.
- **تصف** أهمية موت الخلية المبرمج.
- **تلخّص** نوعي الخلايا الجذعية واستخداماتها المحتملة.

مراجعة المفردات

النيوكليوتيد: وحدة أساسية تكوّن جزيئات DNA و RNA.

المفردات الجديدة

البروتين الحلقي
الإنزيم المفسفر المعتمد على البروتين الحلقي
السرطان
المُسرطن
موت الخلية المبرمج
الخلية الجذعية

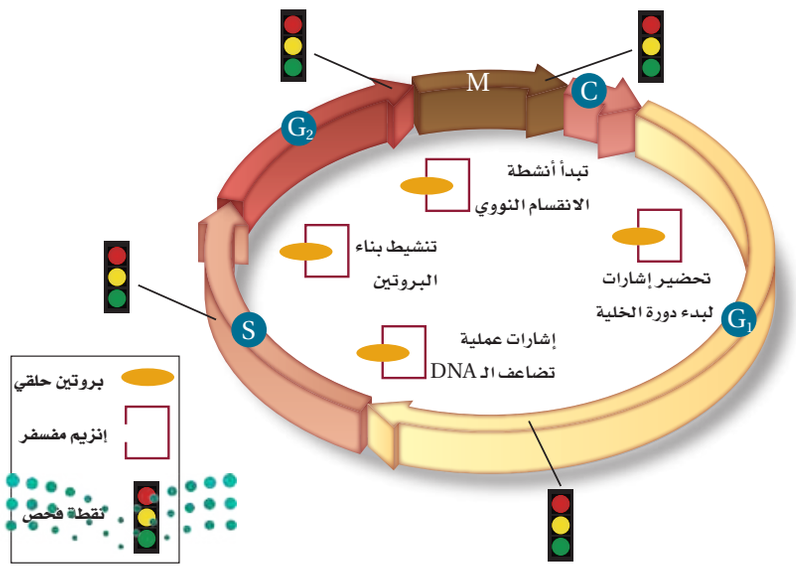
الفكرة الرئيسة **تنظم البروتينات الحلقية (السايكلينات) دورة الخلية الطبيعية.**

الربط مع الحياة قد تتعدد المنازل والبنايات التي تُبنى على تصميم متماثل، إلا أن البنَّاء وفريق العمل الذي يعمل معه يعتمد دائمًا على التعليمات في المخطط أو برنامج العمل، وكذلك الخلايا لديها تعليمات محددة لإكمال دورة الخلية.

دورة الخلية الطبيعية Normal Cell Cycle

إن وقت انقسام الخلية ومعدله ضروريان جدًّا لصحة المخلوق الحي؛ حيث يختلف معدل انقسام الخلية بناءً على نوعها. ويتحكم في دورة الخلية آلية تتضمن بروتينات وإنزيمات خاصة.

دور البروتينات الحلقية (السايكلينات) The role of cyclins لكي تشغّل السيارة تحتاج إلى استعمال المفتاح لِترسل إشارة إلى المحرك لبدء التشغيل. وكذلك دورة الخلية في الخلايا الحقيقية النوى؛ حيث يتم تنشيطها بارتباط مادتين ترسلان إشارة لبدء عملية التكاثر الخلوي. ترتبط بروتينات تسمى **البروتينات الحلقية** cyclins مع إنزيم يسمى **الإنزيم المفسفر المعتمد على البروتين الحلقي** (CDK) cyclin dependent kinase في الطور البيني والانقسام المتساوي لبدء النشاطات المختلفة التي تحدث في دورة الخلية. ويسيطر ارتباط مجموعات مختلفة من البروتين الحلقي وإنزيم CDK على نشاطات متنوعة في مراحل مختلفة من دورة الخلية. ويمثل **الشكل 10–3** نشاط بعض هذه المجموعات المهمة.



الشكل 10–3 تسمح الجزيئات المسؤولة عن إرسال الإشارات المكونة من البروتين الحلقي المرتبط مع إنزيم CDK، ببدء دورة الخلية ثم دخولها في الانقسام المتساوي. وهناك نقاط فحص خاصة تراقب حدوث الأخطاء المحتملة في دورة الخلية وتستطيع إيقاف الدورة في حال حدوث خطأ ما.

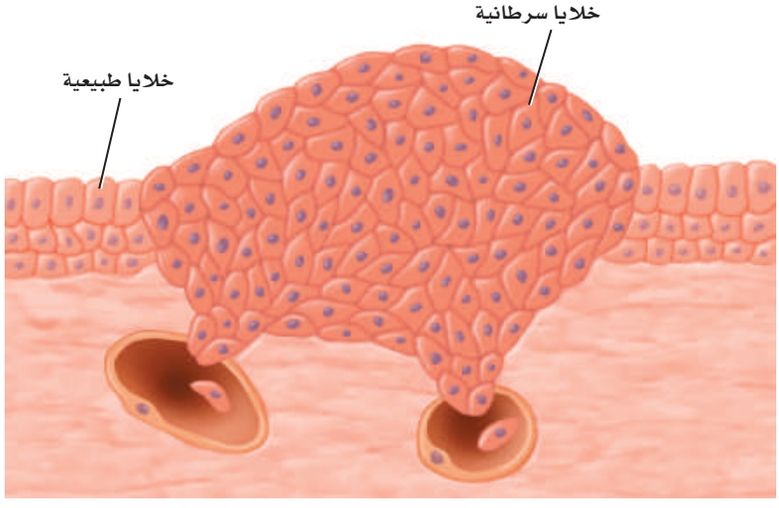
وفي طور النمو الأول (G_1) من الطور البيني ينشأ عن ارتباط البروتين الحلقي و CDK إشارة لبدء دورة الخلية، في حين ينشأ عن أنواع مختلفة من هذه الارتباطات إشارة لبدء أنشطة أخرى تشمل تضاعف DNA، وبناء البروتين والانقسام النووي في أثناء دورة الخلية. وترسل المجموعة نفسها (البروتين الحلقي/ CDK) إشارة أيضًا لإنهاء دورة الخلية.

نقاط السيطرة لضبط النوعية Quality Control Checkpoints

يستخدم العديد من مُصنّعي السيارات رقاقة صغيرة خاصة في المفتاح لضمان تشغيل كل سيارة بمفتاح محدد، وهذا يعد نقطة سيطرة تمنع تعرض السيارة للسرقة. كذلك تحتوي دورة الخلية على نقاط سيطرة تتابع دورة الخلية ويمكن أن توقفها إذا حدث خطأ ما. فمثلاً، نقطة السيطرة الموجودة في نهاية المرحلة G_1 تراقب أي تلف يحدث في DNA، وقد توقف الدورة قبل دخولها مرحلة البناء S من الطور البيني. وهناك نقاط سيطرة أخرى لضبط النوعية في أثناء المرحلة S، وبعد تضاعف DNA في المرحلة G_2، بالإضافة إلى نقطة سيطرة في أثناء تكوين الخيوط المغزلية خلال الانقسام المتساوي. فإذا تم الكشف عن خلل أو فشل في الخيوط المغزلية فقد يتم إيقاف الدورة قبل عملية انقسام السيتوبلازم، انظر **الشكل 10–3**.

دورة الخلية غير الطبيعية: مرض السرطان
Abnormal Cell Cycle: Cancer

الربط مع الصحة على الرغم من وجود نظام نقاط فحص لضبط النوعية في دورة الخلية، وهو نظام معقد إلا أنه قد يفشل أحيانًا. فعندما لا تستجيب الخلايا للآليات التي تسيطر على دورة الخلية الطبيعية ينتج خلل يسمى **السرطان** cancer، وهو نمو الخلايا وانقسامها بشكل غير منتظم – أيْ فشل في تنظيم دورة الخلية. وعدم الكشف عن هذا الخطأ يؤدي بالخلايا السرطانية إلى قتل المخلوق الحي من خلال الضغط على الخلايا الطبيعية ومزاحمتها، وهذا يؤدي إلى فقدان النسيج لوظيفته. تقضي الخلايا السرطانية وقتًا أقل في الطور البيني مقارنة بالخلايا الطبيعية، وهذا يعني أنها تنمو وتنقسم بصورة عشوائية وغير منظمة طوال فترة تزوُّدها بالمواد المغذية الضرورية. ويبين **الشكل 11–3** مزاحمة خلايا سرطانية لخلايا طبيعية.



■ **الشكل 11–3** يمكن للطبيب المختص أن يحدد الخلايا السرطانية نتيجة شكلها غير الطبيعي وغير المنتظم، مقارنة بالخلايا الطبيعية. وإذا لم يتم الكشف عنه، فإن الورم السرطاني ينمو إلى درجة قد تقتل المخلوق الحي.

أسباب مرض السرطان Causes of cancer

لا يحدث السرطان في المخلوقات الحية الضعيفة فقط، بل يحدث أيضًا في المخلوقات الحية اليافعة والنشطة والسليمة أيضًا.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

فني ضبط نوعية الأدوية
Pharmaceutical QC Technician

تمر عمليات تصنيع المنتجات الحيوية عبر نقاط سيطرة لضبط النوعية، كما تمر في ذلك دورة الخلية تمامًا. يستخدم فني ضبط النوعية في شركات التصنيع علومًا مختلفة ومهارات رياضية لمراقبة العمليات من أجل ضمان نوعية المنتج.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

وتعد التغيرات التي تحدث في أثناء تنظيم نمو وانقسام الخلايا السرطانية إلى الطفرات أو التغيرات في قطع من DNA التي تسيطر على إنتاج البروتينات، ومنها البروتينات التي تنظم دورة الخلية. وعادة ما يتم إصلاح التغيرات الجينية أو التلف الذي يحدث، بأنظمة إصلاح مختلفة. ولكن إذا فشل نظام الإصلاح تكون النتيجة تكوُّن الخلايا السرطانية.

وهناك عوامل بيئية مختلفة قد تؤثر في حدوث مرض السرطان. وتسمى المواد والعوامل التي تسبب مرض السرطان **المسرطنات** carcinogens.

على الرغم من عدم قدرتنا على الوقاية من بعض أمراض السرطان أو منعها، إلا أن تجنب التعرض للمواد المسرطنة يساعد على التقليل من خطر الإصابة بهذا المرض. ويتطلب ذلك وضع ملصقات تحذير على المنتجات التي قد تحوي مواد مُسرطنة. كما تحمي القوانين الصناعية الأفراد من التعرض للمواد الكيميائية المسببة للسرطان، مثل الأسبست، في أماكن العمل. وقد أزيل الأسبست مثلًا من مبانٍ قديمة لحماية الذين يعيشون ويعملون فيها. كما أن تجنب التدخين بأنواعه قد يقلل من خطر الإصابة بمرض السرطان.

يصعب تجنب بعض الإشعاعات ومنها الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس، على نحوٍ كامل، وهناك علاقة بين كمية الأشعة فوق البنفسجية التي يتعرض لها الإنسان وبين خطر الإصابة بسرطان الجلد.

تجربة استهلالية

مراجعة بناءً على ما قرأته عن الخلية، كيف تجيب الآن عن أسئلة التحليل؟

ماذا يحصل بعد تعاطي الحشيش

تجربة 2 - 3

المقارنة بين المستحضرات الواقية من أشعة الشمس

هل تقي مستحضرات الوقاية فعلاً من أشعة الشمس؟ تحوي المستحضرات الواقية من أشعة الشمس مركبات مختلفة ومتنوعة تمتص الأشعة فوق البنفسجية من ضوء الشمس؛ حيث ترتبط الأشعة فوق البنفسجية UVB بطفرات الـ DNA التي قد تؤدي إلى حدوث سرطان الجلد. وستعرف مدى فاعلية هذه المستحضرات في الوقاية من أشعة الشمس.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اختر أحد **مستحضرات الوقاية** التي زودك بها المعلم، وسجل المحتويات الفاعلة ومعامل الحماية من الشمس SPF على ورقة بيانات.
3. احصل على **قطعتين من مادة تغليف بلاستيكية**، وارسم على إحداهما **بقلم التخطيط** دائرتين متباعدتين، ثم ضع نقطة من المستحضر الواقي في منتصف إحدى الدائرتين، ونقطة أخرى من مادة **أكسيد الخارصين** في منتصف الدائرة الثانية.
4. ضع القطعة الأخرى من مادة التغليف فوق الدائرتين، ووزع المادتين بالضغط عليهما بواسطة الكتاب.
5. خذ قطعة من **ورق حساس للشمس** وقطعتي التغليف إلى منطقة مُشمسة، واكشف بسرعة عن الورقة الحساسة، وضع قطعتي التغليف فوقها، ثم عرضها لضوء الشمس.
6. انقل الورقة من المنطقة المشمسة، بعد تعرضها للشمس مدة 5-1 دقائق، وادرس التغيرات فيها بناءً على التعليمات.

التحليل

1. **التفكير الناقد.** لماذا قارنت المستحضر الواقي للشمس بأكسيد الخارصين؟
2. **استخلص النتائج.** بعد فحص الورق الحساس للشمس لجميع زملائك في الصف، تُرى أي المستحضرات الواقية يمنع حدوث طفرات الـ DNA ؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

لذا يُنصح الأشـخاص الذين يتعرضون لأشعة الشمس باستخدام المستحضرات التي تقي من أشـعتها. وتعد الأشعة السينية شكلًا آخر من الإشعاعات التي تسبب السرطان، وتُستخدم في الأغراض الطبية، ومنها الكشف عن عظم مكسور أو نخرٍ في الأسنان. وللحماية من التعرض لهذه الأشعة يجب ارتداء معطف من الرصاص الثقيل عند أخذ الصورة الإشعاعية.

ومن هنا أنشئت الهيئة العامة السـعودية للغذاء والدواء لتحقيق الأهداف الرئيسة الآتية: سـلامة ومأمونية وفاعلية الغذاء والدواء للإنسـان والحيـوان، ومأمونية المستحضرات الحيوية والكيميائية التكميلية ومستحضرات التجميل والمبيدات، وسلامة المنتجات الإلكترونية من التأثير على الصحة العامة، ودقة معايير الأجهزة الطبية والتشخيصية وسـلامتها، ووضع السياسات والإجراءات الواضحة للغذاء والدواء والتخطيط لتحقيق هذه السياسات وتفعيلها، وإجراء البحوث والدراسات التطبيقية لتعرّف المشكلات الصحية وأسـبابها وتحديد آثارها بما في ذلك طرق وتقويم البحوث، فضلاً عن وضع قاعدة علمية يُستفاد منها في الأغراض التثقيفية والخدمات الاستشارية والبرامج التنفيذية في مجالي الغذاء والدواء.

وراثـة السـرطان Cancer genetics يتطلـب تحويـل الخلايا غير الطبيعية إلى خلايا سـرطانية أكثر من تغير واحد في المـادة الوراثية DNA. وبمرور الزمن يصبح من الممكن حدوث تغيرات عدة في DNA، وهذا يفسـر سبب زيادة خطر الإصابة بالسـرطان مع تقدم العمر. وتفسـر حقيقة حدوث تغيرات متعددة سبب تكرار الإصابة بالسـرطان في بعض العائلات. فالفرد الـذي يرث تغيرًا واحدًا أو أكثر من أحد والديه معرض لخطر الإصابة بالسـرطان بنسـبة أعلى من الشخص الذي لا يرث هذه التغيرات.

موت الخلية المبرمج Apoptosis

لا تعيـش كل الخلايا الناتجة عن الانقسـامات؛ حيث تمر بعـض الخلايا بعملية تسمى **موت الخلية المبرمج** apoptosis. تنكمش الخلايا التي تمر بعملية الموت المبرمج، وتتقلـص ضمن عملية منظمـة. وتتم هذه العملية فـي جميع الخلايا الحيوانية والنباتية.

ومن أمثلة الموت المبرمج نمو يد الإنسـان أو قدمه. فعندما تبدأ اليدان أو القدمان فـي النمو تحتل الخلايا الفراغات بين أصابـع اليدين وأصابع القدمين، ويمر هذا النسـيج بعملية الموت المبرمـج طبيعيًّا. ومع موت الخلايا فـي الوقت الملائم لا يتكون النسيج في المخلوق المكتمل النمو.

ومن الأمثلة على الموت المبرمـج للخلية في النباتات موت الخلايا ؛ حيث ينتج عنه تسـاقط أوراق الأشـجار في فصل الخريف، كما يحدث المـوت المبرمج للخلايـا التي تتلف وتصبح غير قابلة للإصـلاح، ومنها الخلايا التي تتلف مادتها الوراثية التي قد تؤدي إلى حدوث السرطان. ويساعد الموت المبرمج للخلية على حماية المخلوقات الحية من نمو الخلايا السرطانية.

الربط مع رؤية 2030
رؤيـة VISION 2030
المملكة العربية السعودية KINGDOM OF SAUDI ARABIA
وطن طموح
من أهداف الرؤية :
5-2-5 الارتقاء بجودة الخدمات المقدمة للمواطنين.

King Faisal PRIZE

منح الأستاذ الدكتور ستيفن جاكسون جائزة الملـك فيصل فرع / العلوم عام ١٤٣٧ هـ فـي مجـال علـم الحيـاة، لإسـهاماته المتميزة فـي التعرف على الصلـة بين آليـات اضطـراب الجينوم وعلاقة ذلك بمرض السـرطان، وبصفة خاصة اسـتطاع أن يكتشـف العوامل الجزيئية لإصلاح الحمض النووي.

المصدر*: موقع جائزة الملك فيصل/ فرع العلوم

المفردات

الاستعمال العلمي مقابل الاستعمال الشائع

***الوراثة* Inheritance**

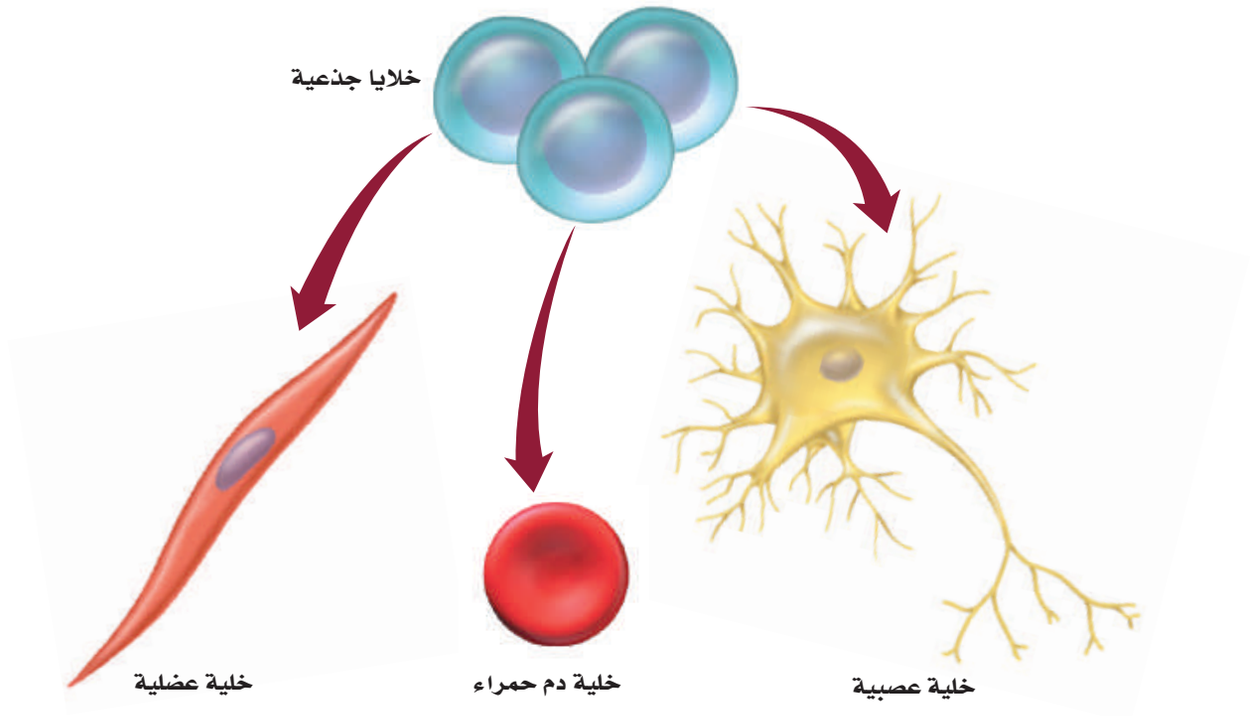
الاسـتعمال العلمي انتقـال الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء بواسـطة DNA.

تركيـب جسـم الشـخص وملامح وجهه نتيجة لوراثة الصفات.

الاسـتعمال الشـائع إعطـاء ممتلكات المتوفَّى لأفراد العائلة الذين ما زالوا على قيد الحياة.

ورث أحمد البيت عن والده.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الخلايا الجذعية Stem Cells

إن معظم الخلايا في المخلوق الحي العديد الخلايا تؤدي وظائف متخصصة. وقد يكون بعض هذه الخلايا جزءًا من جلدك، وبعضها الآخر جزءًا من قلبك. ففي عام 1998م اكتشف العلماء طريقة لعزل نوع فريد من الخلايا في الإنسان تُسمى **الخلايا الجذعية** stem cells ، وهي خلايا غير متخصصة تنمو لتصبح خلايا متخصصة إذا وضعت في ظروف مناسبة، **الشكل 12–6**، حيث يمكن للخلايا الجذعية أن تبقى في المخلوق الحي سنوات عديدة وهي تنقسم.

وهناك نوعان رئيسان من الخلايا الجذعية، هما: الخلايا الجذعية الجنينية، والخلايا الجذعية المكتملة النمو.

الخلايا الجذعية الجنينية Embryonic stem cells بعد تلقيح الحيوان المنوي للبويضة تنقسم كتلة الخلايا الناتجة باستمرار إلى أن يُصبح عددها 150–100 خلية تقريبًا. وهذه الخلايا غير متخصصة وتسمى الخلايا الجذعية الجنينية. وحين تفصل كل واحدة من هذه الخلايا بعضها عن بعض، تكون قادرة على النمو إلى مجموعة كبيرة من الخلايا المتخصصة، وإذا استمر الجنين في الانقسام فإن الخلايا تتخصص إلى أنسجة وأعضاء وأجهزة مختلفة. وقد أثارت أبحاث الخلايا الجذعية الجنينية الكثير من الجدل بسبب اعتبارات أخلاقية حول مصدر هذه الخلايا.

الخلايا الجذعية المكتملة النمو Adult stem cells يوجد النوع الثاني من الخلايا الجذعية، أو الخلايا الجذعية المكتملة النمو في أنسجة متنوعة من جسم الإنسان، وقد تستخدم في الحفاظ على النسيج الذي توجد فيه أو إصلاحه. وقد يصبح مصطلح الخلايا الجذعية المكتملة النمو مضلِّلاً في بعض الأحيان؛ لأن المولود الجديد لديه خلايا جذعية مكتملة النمو أيضًا.

■ **الشكل 12–6** لما كانت الخلايا الجذعية غير موجهة لأن تصبح نوع محدد من الخلايا فإنها قد تصبح الأساس في علاج العديد من الحالات المرضية والتشوهات الوراثية.

استنتج. كيف تستخدم الخلايا الجذعية في محاولات علاج عصب متضرر؟

المفردات

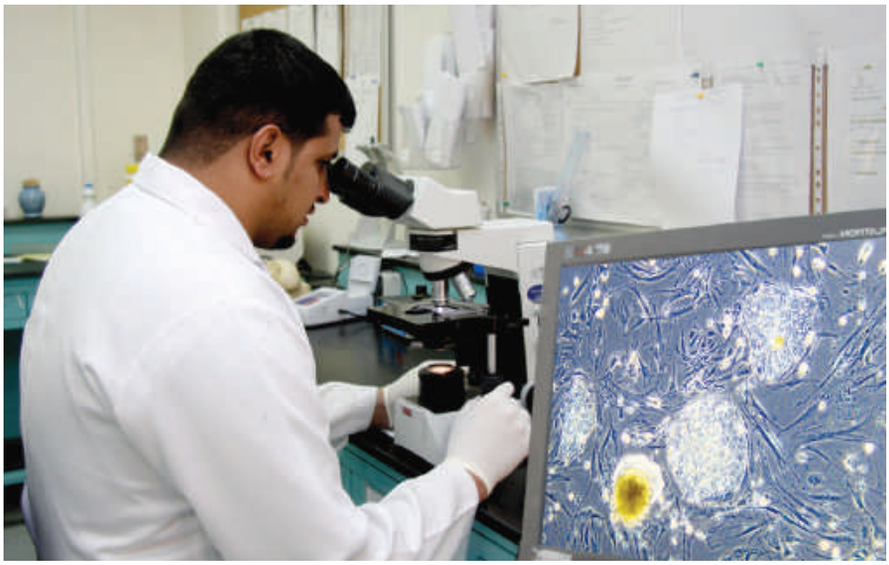
مفردات أكاديمية

مكتمل النمو Mature

الوصول إلى نمو طبيعي كامل.

بعد الانقسام المتساوي، يجب أن يكتمل نمو الخلايا الجديدة قبل أن تنقسم مرة أخرى.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



الشـكل 13–3 أدت الأبحـاث التي أُجريت على الخلايـا الجذعية إلى تقدم علاج العديد من الإصابات والأمراض.

وكما في الخلايا الجذعية الجنينية فإن بعض أنـواع الخلايا الجذعية المكتملة النمـو يمكن أن تنمو إلى أنـواع مختلفة من الخلايا، فتوفـر علاجًا للعديد من الأمراض والحالات الطبية.

في عام 1999م استخدم باحثون خلايا جذعية عصبية لعلاج نسيج دماغي تالف في الفئران. وفي عام 2000م قام فريق آخر من الباحثين باستخدام خلايا جذعية بنكرياسية لاستعادة وظيفة البنكرياس في فئران مصابة بالسكري. تثير الأبحاث التي تُجرى على الخلايا الجذعية البالغة، **الشـكل 13–3**، جدلاً أقل من الخلايا الجذعية الجنينية بسبب إمكانية الحصول عليها بعد موافقة المتبرعين بها.

التقويم 3-3

الخلاصة

- يتـم تنظيـم دورة الخلية في الخلايا الحقيقية النوى بواسطة بروتينات حلقية.
- توجد نقاط فحص في معظم مراحـل دورة الخلية لضمان انقسام صحيح ودقيق للخلية.
- السرطان نمو وانقسام غير منظم وعشوائي للخلايا.
- قد تمر الخلايـا بآلية الموت المبرمج.
- الخلايا الجذعيـة خلايا غير متخصصة يمكن أن تنمو إلى خلايا متخصصة إذا وضعت في ظروف مناسبة.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **صِف** كيف تنظم البروتينات الحلقية دورة الخلية؟
2. **وضّح** كيف تختلـف دورة الخلية السرطانية عن دورة الخلية الطبيعية؟
3. **حدّد** ثلاث مواد مُسرطنة.
4. **قـارن** بين أوجه الاختلاف لكل من موت الخلية المبرمج والسرطان.
5. **صِف** تطبيقًـا محتمـلاً للخلايـا الجذعية.
6. **وضّح** الفرق بيـن الخلايا الجذعية الجنينية والخلايا الجذعية المكتملة النمو.

التفكير الناقد

7. **كوّن فرضية.** ما الذي قد يحدث إذا لم تمر الخلايا التي حدث فيها تلف شديد في مادتها الوراثية DNA بآلية الموت المبرمج؟
8. الكتابـة في علم الأحياء اكتب إعلانًا تبين فيه للناس المواد المسرطنة. اختر أحد أنواع السـرطان، واكتب حول المواد المسرطنة التي تسببه.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الخلايا الجذعية:

علاج الشلل

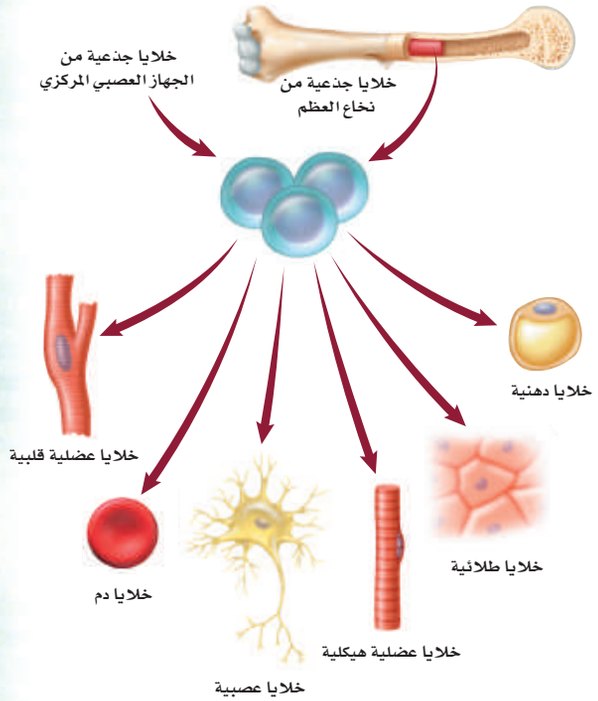
أُصيب متسابق سيارات بالشلل نتيجة تحطم سيارته. كما أُصيب مراهق بالشلل بعد قفزه في مياه ضحله. ومنذ عهد قريب، لم يكن لهؤلاء الأفراد إلا أمل ضئيل في استعادة صحتهم، إلا أن بحثًا جديدًا أُجري على الخلايا الجذعية المكتملة النمو أظهر أملاً في شفاء حالة الشلل هذه.

كيف يمكن استخدام الخلايا الجذعية؟

يحاول العلماء إيجاد طرائق لتنمية الخلايا الجذعية المكتملة النمو في أوساط زراعية وتكثيرها لإنتاج أنواع خلايا متخصصة. فمثلاً، يمكن استخدام الخلايا الجذعية في تعويض نسيج قلبي تالف بعد حدوث سكتة قلبية، وإعادة النظر إلى عين مصابة، وعلاج أمراض منها السكري، أو تعويض التالف من خلايا النخاع الشوكي للشفاء من الشلل.

الخلايا الجذعية والشلل وجد الدكتور كارلوس ليما وفريقه من الباحثين في البرتغال أن أخذ نسيج من التجويف الأنفي يُعدُّ مصدرًا غنيًّا للخلايا الجذعية المكتملة النمو. وقد تصبح هذه الخلايا الجذعية خلايا عصبية عند زراعتها في موقع إصابة الحبل الشوكي؛ حيث تحل الخلايا العصبية الجديدة محلّ الخلايا التي تعرضت للتلف أو الضرر.

وقد خضع أكثر من 40 مريضًا يعانون من الشلل نتيجة حوادث لهذا العلاج، واستعاد جميع المرضى بعض الإحساس في المناطق المشلولة من أجسامهم، واستعاد معظمهم التحكم في الحركة. ومع استمرار العلاج الطبيعي المكثف استطاع نحو 10% من المرضى المشي بمساعدة آلات داعمة مثل آلات دعم المشي والرباط. وتعد هذه أخبارًا واعدة للعديد من الأفراد الذين يواجهون المرض أو الإصابات التي حرمتهم من استخدام أجسامهم بصورة تامة.



يمكن تكثير الخلايا الجذعية التي تؤخذ من نخاع العظم أو الجهاز العصبي المركزي؛ لإنتاج العديد من أنواع الخلايا التي قد يتم زراعتها لعلاج الأمراض أو إعادة تعويض تلف الخلايا الناتج عنها.

الخلايا الجذعية والمستقبل إن العلماء متحمسون لإجراء الأبحاث الضرورية لجعل العلاج بالخلايا الجذعية المكتملة النمو جزءًا منتظمًا من العناية الصحية. فالشلل قد لا يكون مزمنًا؛ فقد تزودنا الخلايا الجذعية بالعلاج والشفاء بإذن الله تعالى.

الكتابة في علم الأحياء

نشرة أعدّ نشرة تصف فيها مزايا أبحاث الخلايا الجذعية المكتملة النمو. على أن تتضمّن النشرة طريقة البحث والعلاج، والأمثلة، وفسيولوجية الخلية، وتاريخ البحث في الخلايا الجذعية المكتملة النمو. وتأكد من تضمين نشرتك أشكالاً توضيحية.

مختبر الأحياء

هل يؤثر ضوء الشمس في عملية الانقسام المتساوي في الخميرة؟

الخلفية النظرية: **الأشعة فوق البنفسجية (UV) إحدى مكونات ضوء الشمس، وتؤدي إلى تلف في DNA، وتعيق دورة الخلية.**

سؤال: هل يمكن للمستحضرات الواقية من الشمس منع تلف الخميرة الحساسة للأشعة فوق البنفسجية؟

المواد والأدوات

اختر المواد المناسبة للتجربة التي تصممها.

- ماصات مُعقمة عدد (10).
- أعواد قطنية معقمة عدد (10).
- محلول مخفف من الخميرة الحساسة للأشعة فوق البنفسجية UV.
- مستحضر واقٍ من الشمس يحتوي على كميات مختلفة من معامل الحماية من الشمس (SPF).
- رقائق ألومنيوم.
- حامل أنابيب اختبار.
- أطباق آجار عدد (10) تحتوي على مستخلص دكستروز الخميرة.

احتياطات السلامة

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. حضر أنبوب اختبار يحوي محلولًا مخففًا من الخميرة الحساسة للأشعة فوق البنفسجية UV، وهي خميرة عُدلت وراثيًّا لتتأثر بكميات الضوء فوق البنفسجي.
3. كوِّن فرضية، ثم اختر مستحضرًا واقيًا من الشمس، وتوقع كيف يؤثر في الخميرة عند تعرضها لضوء الشمس.
4. ميِّز 10 أطباق آجار تحوي مستخلص دكستروز الخميرة باسم مجموعتك. وميِّز اثنين منها بوصفهما مجموعة ضابطة لن يتم تعريضها لضوء الشمس. ثم عنون أربعة أطباق تجريبية بـ "من دون واقٍ من الشمس"، وأربعة أطباق أخرى بـ " واقٍ من الشمس".
5. اسكب 0.1 mL من عينة محلول الخميرة المخفف في جميع أطباق الآجار العشرة. وغلف أطباق المجموعة الضابطة برقائق الألومنيوم، وأعطها لمعلمك لوضعها في الحاضنة.
6. قرر المدة الزمنية التي سيبقى فيها كل طبق تحت أشعة الشمس بحسب توجيهات معلمك، وعنون كلًّا منها بناءً على ذلك، وأعدَّ جدولاً لتسجل بياناتك.
7. غلّف الأطباق التي كتب عليها "من دون واقٍ من الشمس" برقائق الألومنيوم، وضع المستحضر الواقي من الشمس على أغطية الأطباق التي كُتب عليها "واقٍ من الشمس"، ثم غلِّفها برقائق الألومنيوم.
8. أزل القليل من ورق القصدير عن كل واحد من الأطباق التجريبية لتكشف عن غطاء الطبق. ثم عرّض الأطباق بحسب المدة الزمنية التي خططت لها، ثم أعد تغطية الأطباق بعد تعرضها للشمس، وسلّمها للمعلم لوضعها في الحاضنة.
9. بعد فترة الحضانة عُدَّ الأطباق، وسجّل عدد مستعمرات الخميرة في كل طبق.
10. **التنظيف والتخلص من الفضلات** اغسل جميع المواد المستخدمة، وأعدها إلى مكانها، وتخلص من أطباق الخميرة التي تحتوي على مستخلص دكستروز الخميرة بحسب تعليمات المعلم. وعقّم منطقة عملك، ثم اغسل يديك بالماء والصابون جيدًا.

حلل ثم استنتج

1. **قدّر.** افترض أن كل واحدة من مستعمرات الخميرة التي على الطبق قد نمت من خلية خميرة واحدة في المحلول المخفف. استخدم عدد مستعمرات الخميرة التي في طبق المجموعة الضابطة لتحديد نسبة الخميرة التي بقيت في كل طبق من الأطباق التي تعرضت للشمس.
2. **مثّل بيانيًا** نسبة بقاء الخميرة على محور الصادات، ووقت التعرُّض للشمس على محور السينات. واستخدم ألوانًا مختلفة في رسم البيانات من الأطباق المعنونة باستخدام المستحضر أو من دونه.
3. **قوّم.** هل دَعمَتْ بياناتك فرضيتك؟ وضّح ذلك.
4. **تحليل الخطأ.** ما مصادر الخطأ المحتملة التي قد تؤثر في النتائج التي حصلت عليها؟

طبق مهارتك كيف يمكن للخميرة الحساسة للأشعة فوق البنفسجية UV أن تُستخدم مؤشرًا حيويًّا للكشف عن الزيادة في كميات الأشعة فوق البنفسجية التي تصل إلى سطح الأرض.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 3

دليل مراجعة الفصل

المطويات **ابحث وتتبع** الأحداث الأساسية في مجال انقسام الخلايا، وضمنها بمعلومات عن اكتشافات أطوار الانقسام الخلوي مع أهمية انقسام السيتوبلازم في الخلايا.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
3–1 النمو الخلوي	
دورة الخلية الطور البيني الانقسام المتساوي انقسام السيتوبلازم الكروموسوم الكروماتين	**الفكرة الرئيسة** **تنمو الخلايا لتصل إلى أقصى حجم لها، ثم تتوقف عن النمو أو تنقسم.** • نسبة مساحة السطح إلى الحجم تصف مساحة الغشاء البلازمي إلى حجم الخلية. • يحدِّد نقلُ المواد وتعليمات التواصل الصادرة عن النواة حجم الخلية. • دورة الخلية هي عملية التكاثر الخلوي. • تقضي الخلية معظم حياتها في الطور البيني.
3–2 الانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم	
الطور التمهيدي الكروماتيد الشقيق السنترومير الجهاز المغزلي الطور الاستوائي الطور الانفصالي الطور النهائي	**الفكرة الرئيسة** **تتكاثر الخلايا الجسمية في المخلوقات الحية الحقيقية النوى بواسطة الانقسام المتساوي وعملية انقسام السيتوبلازم.** • تحدث عملية الانقسام المتساوي عندما ينقسم DNA المتضاعف. • تتضمن مراحل الانقسام المتساوي الطور التمهيدي، والاستوائي، والانفصالي والنهائي. • ينتج عن عملية انقسام السيتوبلازم خلايا جديدة متطابقة وراثيًّا.
3–3 تنظيم دورة الخلية	
البروتين الحلقي الإنزيم المفسفر المعتمد على البروتين الحلقي السرطان المُسرطن موت الخلية المبرمج الخلية الجذعية	**الفكرة الرئيسة** **تنظم البروتينات الحلقية (السايكلينات) دورة الخلية الطبيعية.** • يتم تنظيم دورة الخلية في الخلايا الحقيقية النوى بواسطة بروتينات حلقية. • توجد نقاط فحص خلال معظم مراحل دورة الخلية لضمان انقسام صحيح ودقيق للخلية. • السرطان نمو وانقسام غير منظم وعشوائي للخلايا. • قد تمر الخلايا بآلية الموت المبرمج. • الخلايا الجذعية خلايا غير متخصصة يمكن أن تنمو إلى خلايا متخصصة إذا وضعت في ظروف مناسبة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

3-1

مراجعة المفردات

اختر المصطلح المناسب من صفحة دليل مراجعة الفصل، لكل مما يأتي:

1. الفترة التي لا تنقسم فيها الخلية.
2. عملية الانقسام النووي.
3. تسلسل الأحداث في حياة خلية حقيقية النواة.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

4. أيّ مما يأتي ليس سببًا لبقاء الخلية صغيرة الحجم؟

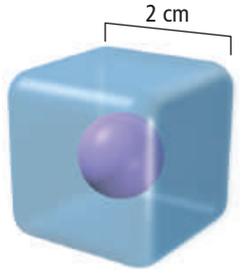
a. تبقى الخلايا صغيرة لتتمكن من التواصل.

b. تواجه الخلايا الكبيرة صعوبة في انتشار المواد المغذية بسرعة كافية.

c. كلما نمت الخلية ازدادت نسبة مساحة السطح إلى الحجم.

d. نقل الفضلات والتخلص منها يصبح مشكلة للخلايا الكبيرة.

استخدم الخلية الافتراضية الآتية في الإجابة عن السؤال 5.



5. ما نسبة مساحة السطح إلى الحجم؟

a. 2:1 **c.** 4:1

b. 3:1 **d.** 6:1

6. بناءً على نسبة مساحة السطح إلى الحجم، ماذا تمثل مساحة السطح في الخلية؟

a. النواة. **c.** الميتوكندريا.

b. الغشاء البلازمي. **d.** السيتوبلازم.

7. أيّ مما يأتي يصف نشاطات الخلية التي تضم النمو الخلوي وانقسام الخلية.

a. الكروماتين. **c.** الانقسام المتساوي.

b. السيتوبلازم. **d.** دورة الخلية.

8. ماذا يحدث لنسبة مساحة سطح الخلية كلما زاد حجم الخلية؟

a. تزداد. **c.** تبقى كما هي.

b. تقل. **d.** تصل إلى حدها الأقصى.

أسئلة بنائية

9. **إجابة قصيرة.** لماذا يعدّ التواصل الخلوي من العوامل التي تحدد حجم الخلية؟

10. **إجابة قصيرة.** لخّص العلاقة بين مساحة السطح والحجم كلما نمت الخلية.

11. **إجابة قصيرة.** ما أنواع الأنشطة التي تحدث في الخلية في أثناء الطور البيني؟

التفكير الناقد

12. **انقد هذه الجملة:** يعد الطور البيني "فترة راحة" للخلية قبل أن تبدأ الانقسام المتساوي.

13. **وضّح** العلاقة بين DNA والكروموسوم والكروماتين.

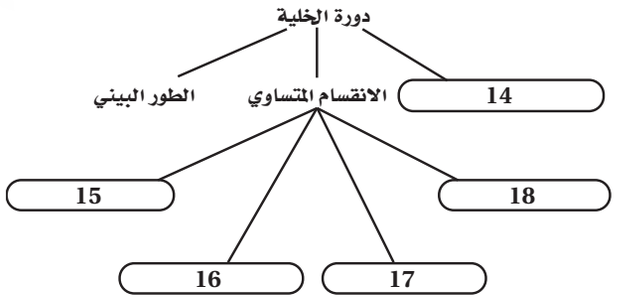
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

3 تقويم الفصل

3-2

مراجعة المفردات

أكمـــل الخريطة المفاهيمية الآتية باســـتخدام مفردات من صفحة دليل مراجعة الفصل:



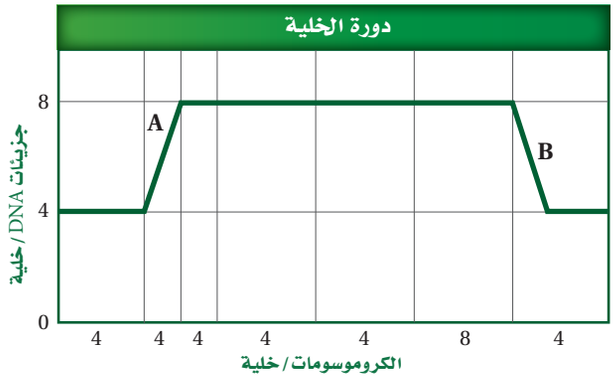
تثبيت المفاهيم الرئيسة

19. ما عـــدد الخلايا الناتجة إذا بدأنـــا بخلية واحدة مرت بستة انقسامات؟

a. 13 **c.** 48

b. 32 **d.** 64

يبين الرســـم البياني الآتـــي خلية تمر بدورتهـــا الخاصة. استخدم الرسم البياني للإجابة عن السؤالين 20 و21.



20. ما المرحلة التي حدثت في منطقة A؟

a. الطور التمهيدي. **c.** مرحلة S.

b. مرحلة G_1. **d.** مرحلة G_2.

21. ما العملية التي حدثت في المنطقة B؟

a. الطور البيني. **c.** الانقسام المتساوي.

b. انقسام السيتوبلازم. **d.** الأيض.

22. يتداخل دواء الســـرطان فينبلاســـتين مـــع عملية بناء الأنيبيبات الدقيقة في عملية الانقسام المتساوي، لذلك فهو يعيق:

a. تكوين الخيوط المغزلية.

b. تضاعف DNA.

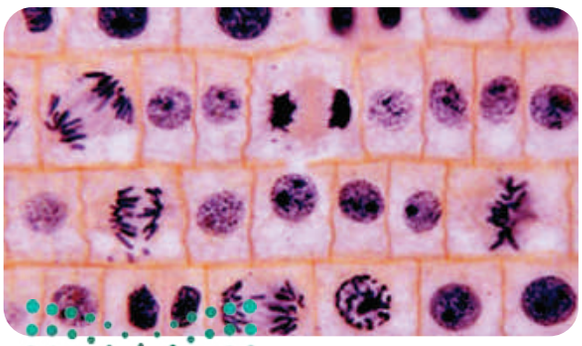
c. بناء الكربوهيدرات.

d. اختفاء الغلاف النووي.

أسئلة بنائية

23. إجابـة قصيـرة. في أثناء دورة الخليـــة، متى يحتوي الكروموسوم على كروماتيدات شقيقة متطابقة؟

24. إجابـة قصيرة. تمثل الصورة أدناه مقطعًا من قمة جذر البصل. حدد الخلية التي تمـــر بالأطوار الآتية: الطور البيني، الطور الاســـتوائي، الطـــور الانفصالي، الطور النهائي.



صورة بالمجهر الضوئي المركب مصبوغة: التكبير ×130

3 تقويم الفصل

25. **إجابة قصيرة.** صف الأحداث التي تحدث في الطور النهائي.

التفكير الناقد

26. **قوّم.** بينما كنت تنظر بالمجهر المركب شاهدت تكوّن الصفيحة الخلوية. ما نوع هذه الخلية؟

27. الرياضيات في علم الأحياء فحص عالم أحياء مجموعة من الخلايا، فوجد أن 90 خلية في الطور البيني و13 خلية في الطور التمهيدي و12 خلية في الطور الاستوائي، و3 خلايا في الطور الانفصالي، وخليتين في الطور النهائي. فإذا احتاج هذا النوع من الخلايا إلى 24 ساعة لإتمام دورته، فما معدل حدوث الانقسام المتساوي؟

3-3

مراجعة المفردات

استبدل الكلمة التي تحتها خط بكلمة أخرى من دليل مراجعة الفصل لتصبح الجملة صحيحة:

28. تمرُّ الخلايا الجذعية بنمو وانقسام غير منظم وغير مقيد بسبب حدوث تغير في جيناتها.

29. السرطان خلية تستجيب لتلف DNA الذي ينتج عن موت الخلية.

30. البروتينات الحلقية مواد تُسبب السرطان.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

31. ما دور البروتينات الحلقية في الخلية؟

a. تُنظم حركة الأنيبيبات الدقيقة.
b. تعطي الإشارة لبدء انقسام الخلية.
c. تحفز تحلل الغلاف النووي.
d. تسبب اختفاء النوية.

32. ما المواد التي تشكل مجموعة الإنزيم – البروتين الحلقي/ CDK – والتي تتحكم في مراحل دورة الخلية؟

a. الدهون والبروتينات.
b. الكربوهيدرات والبروتينات.
c. البروتينات والإنزيمات.
d. الدهون والإنزيمات.

33. أيّ مما يأتي من خصائص الخلايا السرطانية؟

a. انقسام خلوي منظم.
b. تحوي تغيرات عديدة في المادة الوراثية.
c. لا يحدث لها انقسام السيتوبلازم.
d. البروتين الحلقي فيها يقوم بوظائفه.

34. العملية التي ينتج عنها تساقط أوراق الأشجار في فصل الخريف هي:

a. التغير في المادة الوراثية.
b. موت الخلية المبرمج.
c. انفصال الخلايا الجذعية الجنينية.
d. انقسام السيتوبلازم.

35. لماذا تواجه أبحاث الخلايا الجذعية بعض العراقيل في أثناء دراستها؟

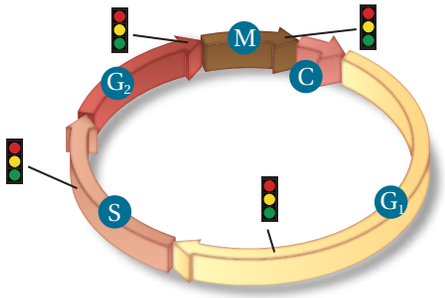
a. لا يمكن إيجادها أو الحصول عليها.
b. بسبب الاعتبارات الأخلاقية في الحصول عليها.
c. لا يوجد استخدامات معروفة للخلايا الجذعية.
d. لا تصبح الخلايا الجذعية خلايا متخصصة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

3 تقويم الفصل

أسئلة بنائية

ارجع إلى الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 36.



36. إجابة قصيرة. وضّح العلاقة بين الخلايا السرطانية ودورة الخلية.

37. إجابة قصيرة. ميّز بين عملية الانقسام المتساوي وعملية موت الخلية المبرمج.

التفكير الناقد

38. صِفْ. كيف يمكن استخدام الخلايا الجذعية في مساعدة المرضى الذين يعانون من تلف الحبل الشوكي؟

39. توقّع. لماذا قد تتعرض صحة المخلوق الحي للخطر إذا تكررت عملية موت الخلية المبرمج كثيرًا أو قلّت كثيرًا؟

40. طبّق. يتم إنفاق مئات الملايين من النقود في العالم على أبحاث وعلاج السرطان، في حين يُنفق القليل على الوقاية منه. كوِّن خطة قد تساعد الدول على رفع مستوى الوقاية من مرض السرطان.

تقويم إضافي

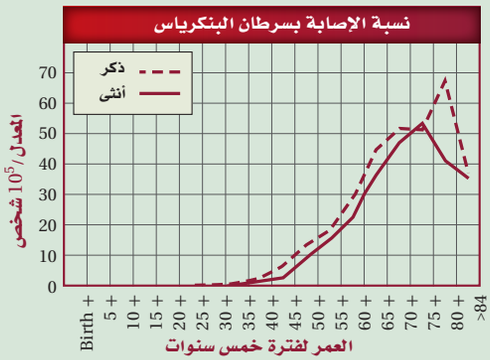
41. الكتابة في علم الأحياء اكتب قصة لتمثيل الانقسام المتساوي ، تتضمن أشخاصًا وكل ما يتطلبه توضيح الانقسام.

42. ابحث في المواد الكيميائية المُسرطنة، واكتب كيف تؤدي هذه المواد إلى تلف DNA؟

أسئلة المستندات

قوّم د. تشانغ وزملاؤه خطر سرطان البنكرياس بدراسة حدوثه في مجموعة من الناس. وقد اشتملت البيانات على أعمار المجموعة عند التشخيص. ويبين الرسم البياني الآتي معدلات تشخيص السرطان لعدد من الرجال والنساء.

استخدم الرسم البياني أدناه للإجابة عن الأسئلة 43،44،45:



43. لخِّص العلاقة بين الإصابة بالسرطان والعمر.

44. من خلال معرفتك بالسرطان ودورة الخلية وضّح لماذا تزيد حالات الإصابة بالسرطان مع التقدم في العمر؟

45. قارن بين أعمار الرجال والنساء الذين تمَّ تشخيصهم بالإصابة بالسرطان.

مراجعة تراكمية

46. ناقش أهمية الإنزيمات في المخلوقات الحية، وضمّن مفهوم التحفيز في إجابتك.

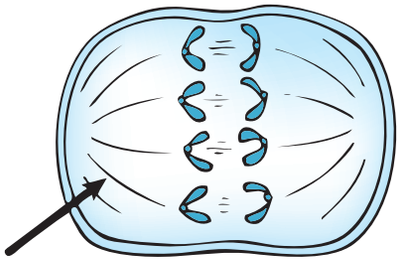
47. صف التركيب الأساسي للغشاء البلازمي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 1 و 2.



1. أيّ مراحل الانقسام المتساوي تظهر في الشكل؟
   a. الطور الانفصالي.
   b. الطور البيني.
   c. الطور الاستوائي.
   d. الطور النهائي.

2. ما التركيب الذي يشير إليه السهم في الشكل؟
   a. السنترومير.
   b. الكروموسوم.
   c. النوية.
   d. الخيوط المغزلية.

3. أيّ العمليات الآتية تقسم نواة الخلية والمادة النووية؟
   a. دورة الخلية.
   b. انقسام السيتوبلازم.
   c. الطور البيني.
   d. الانقسام المتساوي.

4. أيّ مما يأتي يعد أكثر الأسباب احتمالاً لسرطان الرئة؟
   a. التعرُّض لجزيئات الأسبست.
   b. التعرُّض للأبواغ الفطرية.
   c. التعرُّض للأشعة تحت الحمراء.
   d. التعرُّض للأشعة فوق البنفسجية.

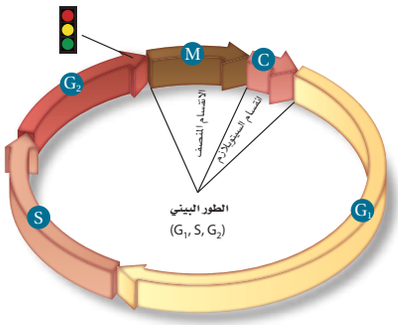
5. أيّ مما يأتي قد يحفز الانقسام المتساوي؟
   a. ملامسة الخلايا بعضها لبعض.
   b. تراكم السايكلين.
   c. انعدام الظروف البيئية.
   d. غياب عوامل النمو.

6. ما الذي يتأثر عندما يكون للخلية مساحة سطح صغيرة بالنسبة إلى حجمها؟
   a. قابلية الأكسجين على الانتشار داخل الخلية.
   b. كمية الطاقة التي تنتجها الخلية.
   c. انتشار البروتينات خلال الخلايا.
   d. معدل بناء البروتينات في الخلية.

7. أيّ مما يأتي يصف عملية انقسام السيتوبلازم؟
   a. تتضاعف الكروموسومات.
   b. تتحلل الشبكة المغزلية.
   c. تختفي النواة.
   d. تتخصَّر الخلية.

أسئلة الإجابات القصيرة

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن الأسئلة 8–10.



8. في الماضي كان الطور البيني يسمى طور "الراحة" في دورة الخلية. وضّح سبب عدم دقة هذه التسمية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

9. وضّح عمل الخلية عند نقطة الفحص التي تمثلها الإشارة الضوئية في الشكل.

10. استخدم الشكل في المقارنة بين المعدلات النسبية عند حدوث الانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم.

11. استنتج كيف تستدل على تغير نسبة مساحة السطح إلى الحجم كلما نمت الخلية أكثر؟

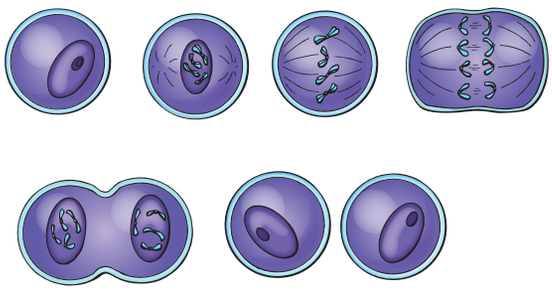
12. صِفْ كيف تتغير الكروموسومات في أثناء المرحلة S من دورة الخلية؟

13. فسّر كيف ينتج الورم السرطاني عن اختلال دورة الخلية.

14. وضِّح كيف يمكن أن تسبب العوامل البيئية الإصابة بمرض السرطان؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤالين 15 و 16.



15. حلّل الشكل، وصف أهمية الخيوط المغزلية للكروماتيدات في أثناء الطور التمهيدي.

16. صِفْ وظيفة السنترومير، وتوقع ما قد يحدث إذا لم تحوِ الخلايا سنترومیرات.

17. قوّم. ما الذي قد يحدث إذا لم تكن عملية الانقسام المتساوي دقيقة جدًّا؟

سؤال مقالي

الخلايا الجذعية خلايا غير متخصصة في أداء وظيفة معينة. وتحتوي الخلايا الجذعية، كسائر الخلايا، على المادة الوراثية جميعها الموجودة في المخلوق الحي. ويمكن للخلايا الجذعية أن تنمو وتتمايز إلى أي نوع من الخلايا المتخصصة. هناك نوعان مختلفان من الخلايا الجذعية، هما الخلايا الجذعية الجنينية الموجودة في الأجنّة، والخلايا الجذعية المكتملة النمو الموجودة بكميات قليلة في الأنسجة المكتملة النمو. وتعد العمليات التي يتم فيها إجراء الأبحاث وخصوصًا حول الخلايا الجذعية الجنينية مثيرة للجدل لأسباب أخلاقية.

أجب عن السؤال الآتي في صورة مقال، مستخدمًا المعلومات في الفقرة السابقة.

18. هل تعتقد أنه يجب السماح للباحثين استخدام الخلايا الجذعية في بحوثهم؟ اذكر مزايا وأخطار هذه الأبحاث؟

يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

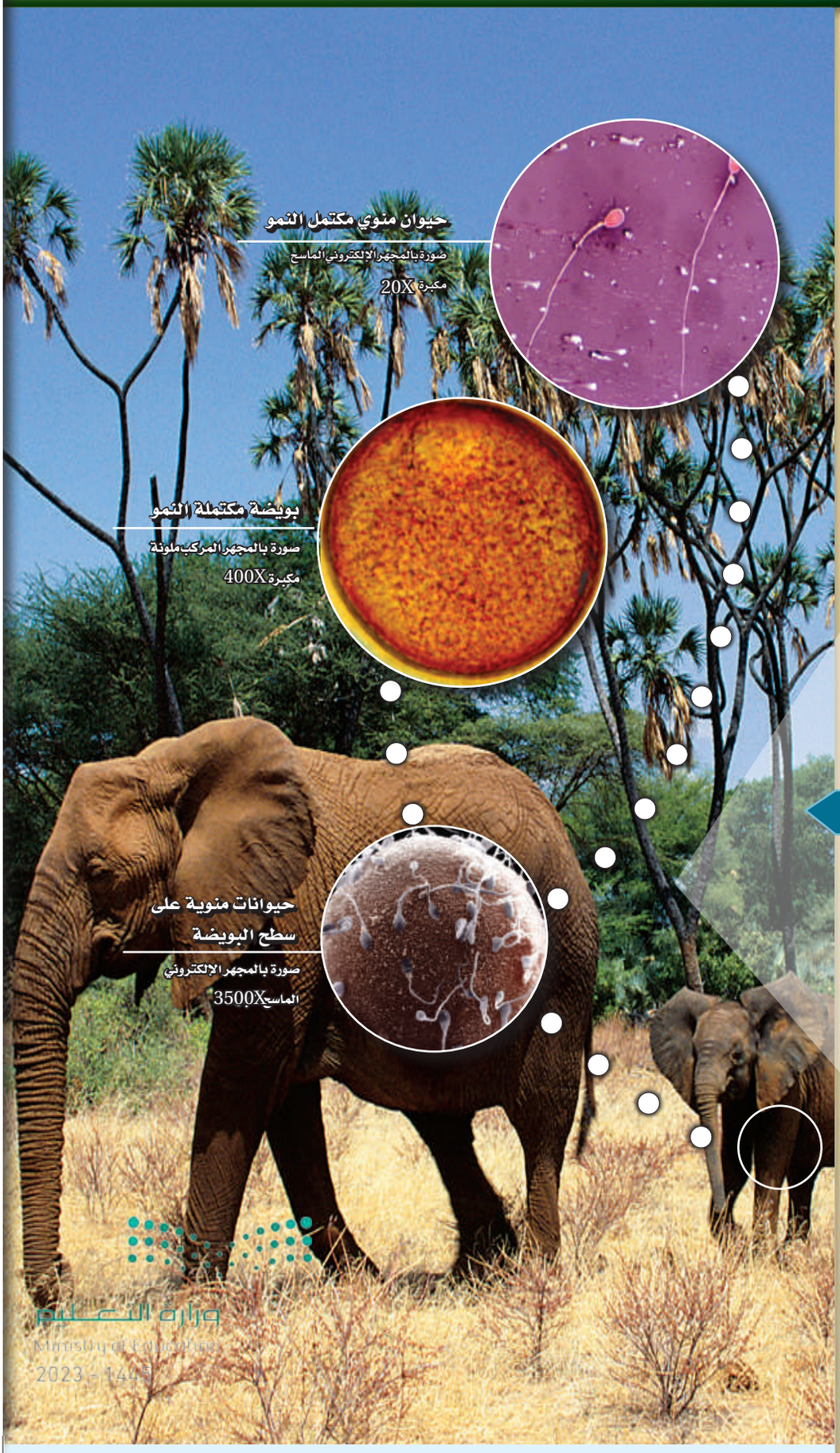
السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
الفصل / القسم	3-2	3-2	3-2	3-3	3-2	3-1	3-2	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-3	3-3	3-2	3-2	3-2	3-3
الصف	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 4

التكاثر الجنسي والوراثة

Sexual Reproduction and Genetics



الفكرة العامة تتكاثر الخلايا التناسلية التي تنقل الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء بواسطة الانقسام المنصِّف.

4–1 الانقسام المنصِّف

الفكرة الرئيسة ينتج عن الانقسام المنصِّف أمشاج أحادية المجموعة الكروموسومية.

4–2 الوراثة المندلية

الفكرة الرئيسة وضّح مندل كيف يمكن لجين سائد أن يمنع ظهور أثر جين متنحٍّ.

4–3 ارتباط الجينات وتعدد المجموعات الكروموسومية

الفكرة الرئيسة يعد عبور الجينات المرتبطة مصدرًا للتنوع الوراثي.

حقائق في علم الأحياء

- تلد أنثى الفيل بعد مدة حمل تصل إلى 22 شهرًا.
- يبدأ الفيل الصغير بخليةٍ مخصّبة مفردة، و عند الولادة يزن 120 kg.

تجربة استهلالية

ماذا يحدث من دون الانقسام المنصِّف؟

تندمج الخلايا من كلا الأبوين في التكاثر الجنسي، ويصبح للأبناء العدد نفسه من كروموسومات الأبوين. استكشف ما قد يحدث لعدد الكروموسومات إذا كان الانقسام المتساوي هو النوع الوحيد من انقسام الخلايا.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدول بيانات يتضمن العناوين الآتية: **رقم الدورة، المرحلة، عدد الكروموسومات.**
3. املأ جدول بياناتك بالخطوتين 4-5.
4. اعمل نموذجًا لخلية تحتوي على زوج واحد من الكروموسومات.
5. وضّح مراحل الانقسام المتساوي (دورة الخلية).
6. ادمج إحدى الخلايا التي عملتها مع خلية عملها طالب آخر.
7. أعد الخطوات 4-5 مرتين، ثم سجل نتائج الدورتين الثانية والثالثة.

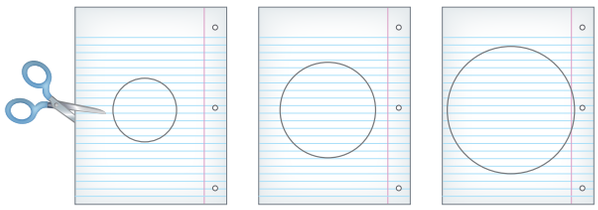
التحليل

1. **لخّص** كيف تغير عدد الكروموسومات في نموذجك مع كل دورة من الانقسام المتساوي والاندماج؟
2. **استنتج** ماذا يجب أن يحدث عندما تندمج الخلايا للمحافظة على عدد الكروموسومات ثابتًا؟

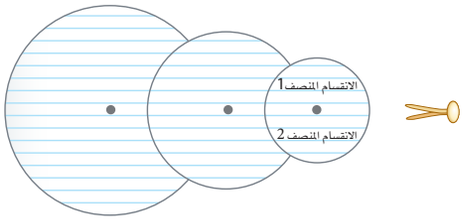
المطويات
منظمات الأفكار

عملية الانقسام المنصِّف اعمل المطوية الآتية لتساعدك على ترتيب أطوار الانقسام المنصِّف وتفسيرها وتوضيحها.

الخطوة 1: ارسم ثلاث دوائر على ثلاث أوراق منفصلة، ثم قصها، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 2: ثبت الدوائر معًا باستخدام مسمار رفيع لتجعلها حرة الدوران، وعنون النصف العلوي من الدائرة الصغيرة بـ "الانقسام المنصِّف 1"، والنصف السفلي منها بـ "الانقسام المنصِّف 2" كما في الشكل الآتي:



المطويات **استخدم هذه المطوية في القسم 1-4.** اكتب المفردات الآتية، على حواف الدائرة الوسطى: الطور التمهيدي 1، الطور الاستوائي 1، الطور الانفصالي 1، الطور النهائي 1، الطور التمهيدي 2، الطور الاستوائي 2، الطور الانفصالي 2، الطور النهائي 2، على أن تكون المسافات بينها متساوية. وارسم على الدائرة الكبيرة أطوار الانقسام المنصِّف، ثم حركها إلى أن يتناسب كل من الانقسام المنصِّف 1 والانقسام المنصِّف 2 مع اسم المرحلة الملائمة وتوضيحها.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

4-1

الانقسام المنصِّف Meiosis

الأهداف

- **تفسّر** سبب نقص عدد الكروموسومات الذي يحدث في أثناء الانقسام المنصِّف.
- **تلخص** مراحل الانقسام المنصف.
- **تحلّل** أهمية الانقسام المنصِّف في التنوع الوراثي.

مراجعة المفردات

الكروموسوم: تركيب خلوي يحتوي على المادة الوراثية DNA.

المفردات الجديدة

الجين
الكروموسوم المتماثل
المشيج
خلية أحادية المجموعة الكروموسومية
الإخصاب
خلية ثنائية المجموعة الكروموسومية
الانقسام المنصِّف
عملية العبور

الفكرة الرئيسة ينتج عن الانقسام المنصِّف أمشاج أحادية المجموعة الكروموسومية.

الرَّبط مع الحياة انظر حولك في حصة الأحياء، تلاحظ عدم تشابه زملائك في الصف؛ فقد يختلفون في الطول ولون العيون والشعر ومظاهر أخرى. وينتج هذا التنوع في الخصائص عن اتحاد خليتين جنسيتين خلال التكاثر الجنسي.

الكروموسومات والعدد الكروموسومي
Chromosomes and Chromosome Number

لكل طالب في الصف خصائص انتقلت إليه من والديه. وكل خاصية، مثل لون الشعر أو الطول أو لون العيون تسمى صفة وراثية. وتوجد التعليمات الخاصة بكل صفة وراثية على الكروموسومات الموجودة داخل نوى الخلايا. يترتب DNA (المادة الوراثية) في قطع تسمى **الجينات** genes ، تتحكم في إنتاج البروتينات. ويتكون كل كروموسوم من مئات الجينات، ويؤدي كل جين دورًا مهمًّا في تحديد خصائص الخلية ووظائفها.

الكروموسومات المتماثلة Homologous chromosomes يحوي خلايا جسم الإنسان 46 كروموسومًا؛ ويسهم كل من الوالدين بـ 23 كروموسومًا، فتكون النتيجة 23 زوجًا من الكروموسومات. وتُسمى الكروموسومات التي تشكل زوجًا، كل منهما من أب ، **الكروموسومات المتماثلة** homologous chromosomes. وكما في **الشكل 1–4**، فإن الكروموسومات المتماثلة في خلايا الجسم، لها نفس الطول وموقع السنترومير، وتحمل الجينات التي تتحكم في الصفات الوراثية نفسها. فمثلاً يقع الجين الذي يتحكم في نوع شحمة الأذن في الموقع نفسه على الكروموسومات المتماثلة.

زوج من الكروموسومات المتماثلة.

الشكل 1–4 تحمل الكروموسومات المتماثلة جينات الصفات الوراثية المختلفة على الموقع نفسه. والجينات التي ترمز إلى نوع شحمة الأذن قد لا ترمز تمامًا إلى نفس الصفة الوراثية لشحمة الأذن.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الخلايا الأحادية والثنائية المجموعة الكروموسومية
Haploid and diploid cells

ينتــج المخلوق الحــي **الأمشــاج** gametes بهدف الحفاظ علــى ثبات عدد الكروموسومات من جيل إلى آخر، والأمشاج خلايا جنسية تحمل نصف العدد من الكروموســومات. ويختلف عدد الكروموســومات من نوع إلى آخر. ففي الإنسان يحمل كل مشيج 23 كروموسومًا. ويمثل الرمز (n) عدد الكروموسومات في المشيج، وتسمى الخلية التي تحمل العدد n من الكروموسومات **خلية أحادية المجموعة الكروموسومية** haploid cell.

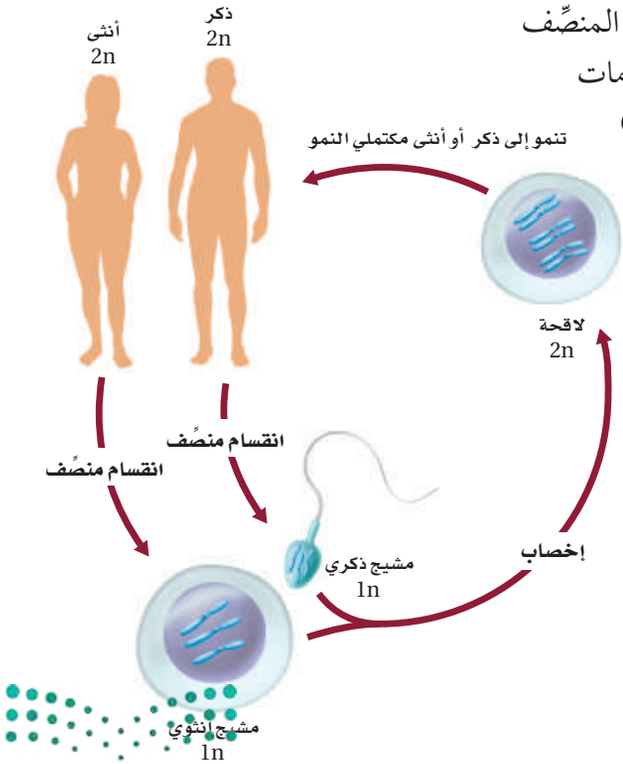
وتسمى العملية التي يتحد فيها مشيج أحادي المجموعة الكروموسومية بمشيج أحادي آخر **الإخصاب** fertilization . ونتيجة للإخصاب أصبحت الخلية الآن تحوي (2n) من الكروموسومات. (n) كروموسومات من الأنثى أو الأم، و(n) كروموســومات من الذكر أو الأب. وتسمى الخلية التي تحوي العدد (2n) من الكروموسومات **خلية ثنائية المجموعة الكروموسومية** diploid cell.

لاحظ أن العدد n أيضًا يصف عدد أزواج الكروموسومات في المخلوق الحي. فعند اتحاد مشيجين في الإنسان ينتج 23 زوجًا من الكروموسومات المتماثلة.

المطويات
ضمِّن مطويتــك معلومات من هذا القسم.

المرحلة الأولى من الانقسام المنصِّف Meiosis I

تتكون الأمشاج في أثناء عملية **الانقسام المنصِّف** meiosis ، وهو نوع من أنواع الانقســام الخلوي الذي يختزل عدد الكروموســومات، ويحدث في التراكيب الجنسية للمخلوقات الحية التي تتكاثر جنســيًّا. وفي حين يحافظ الانقسام المتساوي على بقاء عدد الكروموسومات ثابتًا يختزل الانقسام المنصِّف عدد الكروموســومات إلى النصف بانفصال الكروموســومات المتماثلة. فالخلية الثنائية المجموعة الكروموســومية (2n) ستكوّن أمشاجًا أحادية المجموعة الكروموسومية (1n) بعد انقسامها انقســامًا منصِّفًا، كما في **الشكل 2–4**، ويتضمن الانقســام المنصِّف مرحلتين متتاليتين من انقسام الخلية، هما: المرحلة الأولى والمرحلة الثانية.



الشــكل 2–4 تتضمــن دورة الحيــاة الجنسية في الإنسان الانقســام المنصِّف الذي يُنتج الأمشــاج. وعند اتحاد الأمشاج بعملية الإخصاب يتم استعادة عدد الكروموسومات الأصلي.

صِفْ. ماذا يحدث لعدد الكروموســومات في أثناء الانقسام المنصِّف؟

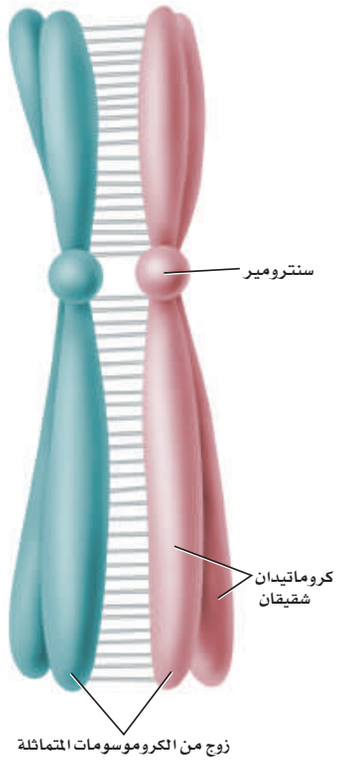
الطور البيني Interphase تمر الخلايا في أثناء الانقسام المنصِّف بالطور البيني بوصفه جزءًا من دورة الخلية. وتقوم الخلايا في الطور البيني بعدد من عمليات الأيض المتنوعة، ومنها تضاعف DNA، وبناء البروتينات.

الطور التمهيدي الأول Prophase I بعد دخول الخلية الطور التمهيدي الأول تصبح الكروموسومات المتضاعفة واضحة. وكما في الانقسام المتساوي، تحوي الكروموسومات المتضاعفة كروماتيدات شقيقة. عندما تتكاثف الكروموسومات المتماثلة تبدأ في تكوين الأزواج بعملية تسمى التصالب أو التشابك؛ حيث يرتبط كل كروموسومين متماثلين على امتداد طوليهما، **الشكل 3–4**، فيحدث تبادل بين الكروموسومات الخضراء والأرجوانية لأجزاء من كل منهما. وتسمى عملية تبادل الأجزاء بين زوج من الكروموسومات المتماثلة **العبور** crossing over، لاحظ **الشكل 4–4**.

تنتقل المريكزات في أثناء الطور التمهيدي الأول إلى الأقطاب المتقابلة من الخلية، وتتكون الخيوط المغزلية، وترتبط مع الكروماتيدات الشقيقة عند القطعة المركزية (السنترومير).

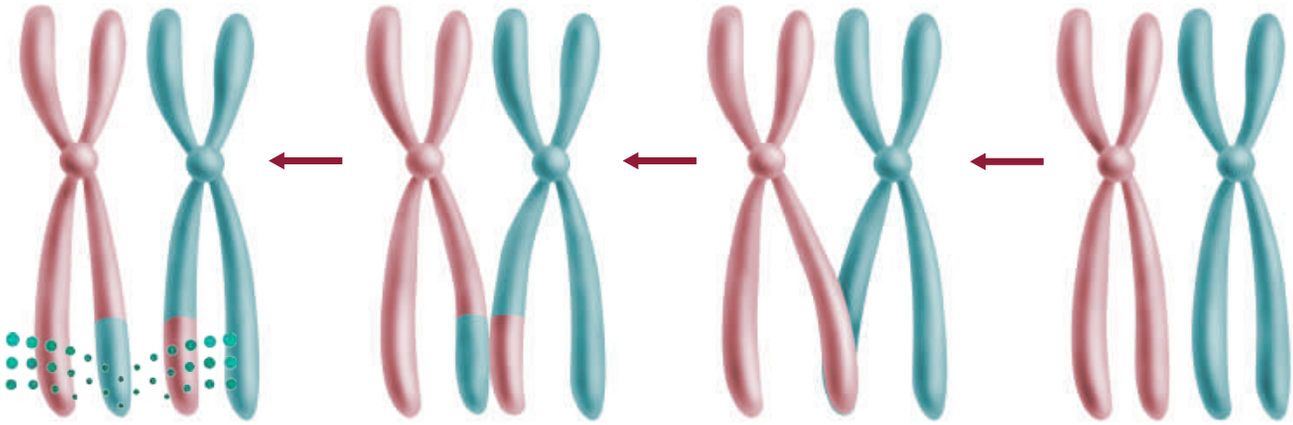
الطور الاستوائي الأول Metaphase I تصطف في المرحلة التالية من الانقسام المنصِّف أزواج الكروموسومات المتماثلة عند خط استواء الخلية، **الشكل 5–4**، ثم ترتبط الخيوط المغزلية مع سنترومير كل كروموسوم من الكروموسومات المتماثلة. تذكر أنه في أثناء الطور الاستوائي من الانقسام المتساوي تصطف الكروموسومات المفردة التي تحتوي على كروماتيدات شقيقة على طول خط استواء الخلية، في حين تصطف الكروموسومات المتماثلة في الانقسام المنصِّف في صورة أزواج على طول خط استواء الخلية، وهذا واحد من الفروق المهمة بين الانقسام المنصِّف والانقسام المتساوي.

الطور الانفصالي الأول Anaphase I تنفصل الكروموسومات المتماثلة في أثناء الطور الانفصالي الأول، انظر **الشكل 5–4**.



■ **الشكل 3–4** ترتبط الكروموسومات المتماثلة معًا في أثناء عملية التصالب في الطور التمهيدي الأول.

■ **الشكل 4–4** ينتج عن عملية العبور الجيني مجموعات جديدة من الجينات.
حدِّد. أيّ الكروماتيدات يحدث فيها تبادل المادة الوراثية؟



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

ويتم سحب كل زوج كروموسومي بواسطة الخيوط المغزلية في اتجاه أقطاب الخلية. لذا يصبح عدد المجموعة الكروموسومية (1n) بدلاً من (2n) عند انفصال الكروموسومات المتماثلة. تذكر أنه في الانقسام المتساوي تنفصل الكروماتيدات الشقيقة في أثناء الطور الانفصالي. أما في أثناء الطور الانفصالي الأول من الانقسام المنصِّف فيبقى كل واحد من الكروموسومات المتماثلة مكوَّنًا من كروماتيدين شقيقين.

الطور النهائي الأول Telophase I تصل الكروموسومات المتماثلة – كل منها مكون من كروماتيدين شقيقين- إلى أقطاب الخلية المتقابلة. ويصبح كل قطب من هذه الأقطاب محتويًا على نصف عدد الكروموسومات المتماثلة الأصلية. لاحظ **الشكل 5-4**، حيث يبقى كل كروموسوم مكونًا من كروماتيدين شقيقين مرتبطين معًا بواسطة السنترومير (القطعة المركزية)، وقد لا تكون الكروماتيدات الشقيقة متطابقة بسبب عملية العبور الجيني التي قد تحدث في أثناء عملية التصالب في الطور التمهيدي الأول. في أثناء الطور النهائي الأول تحدث عملية انقسام السيتوبلازم؛ حيث تتخصّر الخلايا الحيوانية، وتتكون صفيحة خلوية في الخلايا النباتية. وبعد انقسام السيتوبلازم قد تمر الخلايا بالطور البيني مرّةً أخرى قبل حدوث مجموعة الانقسامات التالية (المرحلة الثانية). ومع ذلك لا يتضاعف الـ DNA مرة أخرى في أثناء الطور البيني. وفي بعض الأنواع تصبح الكروموسومات بعيدة بعضها عن بعض، ويظهر الغلاف النووي وتتكون النواة مرة أخرى في أثناء الانقسام النهائي الأول.

المرحلة الثانية من الانقسام المنصِّف Meiosis II

لا ينتهي الانقسام المنصِّف بنهاية المرحلة الأولى منه. ففي أثناء الطور التمهيدي الثاني تحدث مجموعة من الأطوار الأخرى تبدأ بتكوّن الجهاز المغزلي، وتتكاثف الكروموسومات. وفي الطور الاستوائي الثاني، تترتب الكروموسومات عند خط استواء الخلية بواسطة الخيوط المغزلية، كما في **الشكل 5-4**. تصطف الكروموسومات الثنائية المجموعة الكروموسومية عند خط استواء الخلية في أثناء الطور الاستوائي من الانقسام المتساوي، أما في الطور الاستوائي الثاني من الانقسام المنصِّف فتترتب الكروموسومات الأحادية المجموعة الكروموسومية عند خط استواء الخلية. يتم سحب الكروماتيدات الشقيقة خلال الطور الانفصالي الثاني بعيدًا إلى الأقطاب المتقابلة للخلية بواسطة الخيوط المغزلية، فتصل الكروموسومات الأقطاب خلال الطور النهائي الثاني. تظهر النواة والغلاف النووي مرة أخرى. وفي نهاية المرحلة الثانية من الانقسام المنصِّف ينقسم السيتوبلازم، وينتج عنه أربع خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية، كل خلية تحمل العدد (n) من الكروموسومات، انظر **الشكل 5-4**.

ماذا قرأت؟ استنتج ما أهمية مراحل الانقسام المنصِّف في تكوين الأمشاج؟

المفردات

مفردات أكاديمية

خط الاستواء Equator
شريط يقسم سطح جسم ما إلى جزأين متساويين ومتماثلين. تصطف الكروموسومات على خط استواء الخلية.

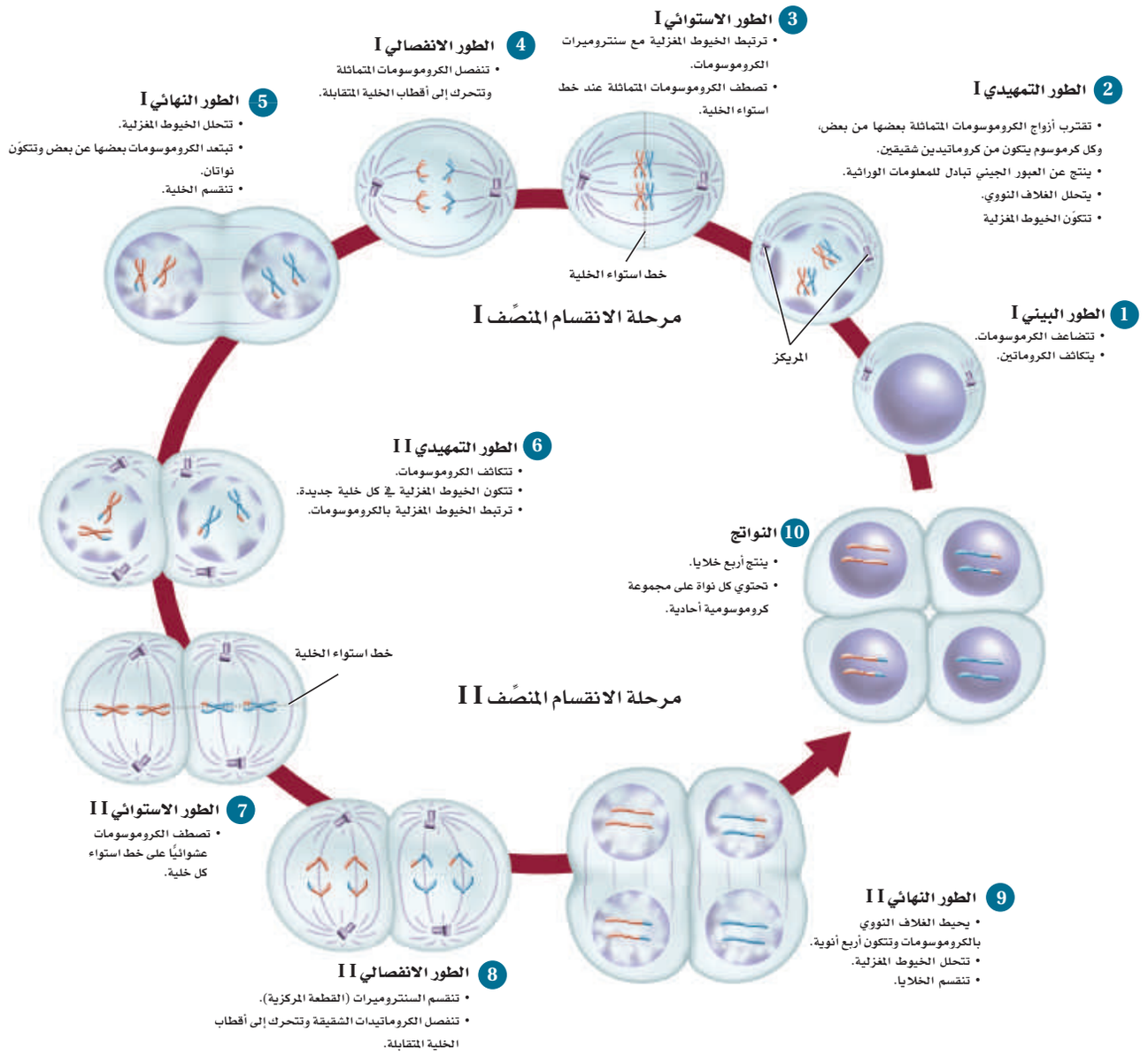
مهن مرتبطة مع علم الأحياء

اختصاصي الوراثة
Medical Geneticist يبحث في آلية توارث الأمراض، وتشخيص الحالات الوراثية وعلاج الأمراض الوراثية.

تجربة استهلالية

مراجعة بناءً على ما قرأته عن الانقسام المنصِّف، كيف تُجيب الآن عن أسئلة التحليل؟

■ **الشكل 5–4** تتبّع أطوار الانقسام المنصِّف I والانقسام المنصِّف II مبتدئًا بالطور البيني.



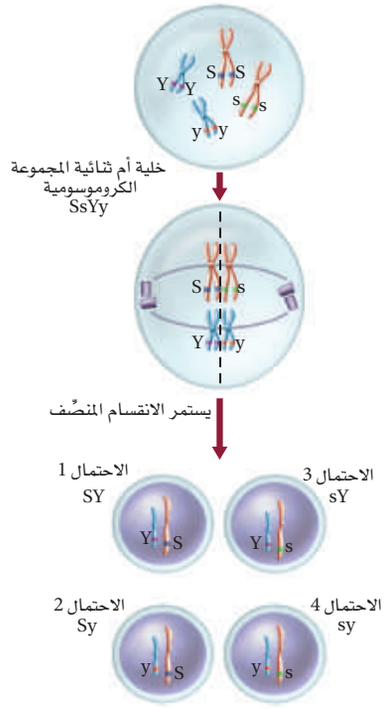
أهمية الانقسام المنصِّف The Importance of Meiosis

يبين **الجدول 1–4** مقارنة بين الانقسام المتساوي والمنصِّف. تذكر أن الانقسام المتساوي يحدث في مرحلة انقسام واحدة ينتج عنها خليتان جديدتان متطابقتان ثنائيتا المجموعة الكروموسومية، في حين يحدث الانقسام المنصِّف في مرحلتين من الانقسامات، وينتج عنه أربع خلايا جديدة غير متطابقة أحادية المجموعة الكروموسومية. والانقسام المنصِّف مهم لأنه يؤدي إلى التنوع الوراثي.

الانقسام المنصِّف والتنوع الوراثي Meiosis and genetic variation

تترتب الكروموسومات المتماثلة على خط استواء الخلية في أثناء الطور الاستوائي I. وكلما كان ترتيب الكروموسومات عشوائيًّا نتجت أمشاج ذات مجموعات مختلفة من الكروموسومات. وبناءً على طريقة ترتيب الكروموسومات على خط الاستواء ينتج أربعة جاميتات ذات أربع مجموعات كروموسومية مختلفة.

لاحظ أن الاحتمال الأول يُبين أي الكروموسومات توجد على الجانب نفسه من خط الاستواء، ثم تنتقل إلى الأقطاب معًا؛ إذ تصطف أنواع مختلفة من الكروموسومات على الجانب نفسه من خط الاستواء لإنتاج الأمشاج في الاحتمال الثاني. وينتج التنوع الوراثي كذلك في أثناء العبور الجيني وفي أثناء عملية الإخصاب، عندما تتحد الأمشاج معًا بصورة عشوائية **الشكل 6–4**.



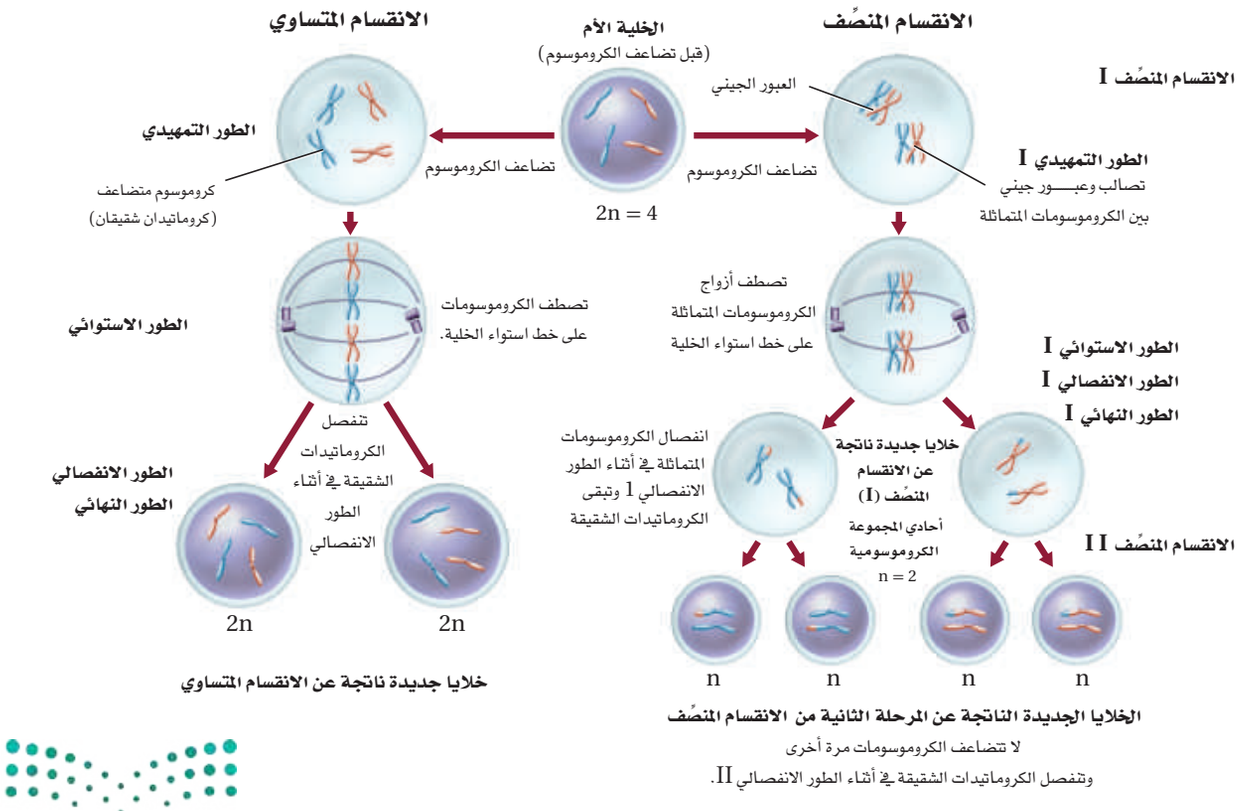
الشكل 6–4 الترتيب الذي تصطف به أزواج الكروموسومات المتماثلة يوضح كيف ينتج التنوع الوراثي في الخلايا الجنسية.

مقارنة بين التكاثر الجنسي واللاجنسي

تتكاثر بعض المخلوقات الحية لاجنسيًّا، في حين يتكاثر بعضها الآخر بالتكاثر الجنسي. وقد يحدث في بعض المخلوقات الحية كلا النوعين من التكاثر الجنسي واللاجنسي، فيرث المخلوق الحي في أثناء التكاثر اللاجنسي جميع الكروموسومات من خلية أم واحدة، فتنتج أفراد جديدة مطابقة للخلية الأم. وتتكاثر البكتيريا لاجنسيًّا، في حين تتكاثر معظم الطلائعيات جنسيًّا ولاجنسيًّا، اعتمادًا على الظروف البيئية. كما تتكاثر معظم النباتات والعديد من الحيوانات البسيطة بكلا النوعين من التكاثر، مقارنة بالحيوانات الأكثر تعقيدًا والتي تتكاثر جنسيًّا فقط. لماذا تتكاثر بعض الأنواع تكاثرًا جنسيًّا في حين يتكاثر بعضها الآخر تكاثرًا لاجنسيًّا؟ أظهرت الدراسات الحديثة على ذبابة الفاكهة أن معدل تراكم الطفرات المفيدة يكون أسرع عندما تتكاثر الأنواع تكاثرًا جنسيًّا، مقارنة بالأنواع التي تتكاثر لاجنسيًّا. أي تتضاعف الجينات المفيدة على نحوٍ أسرع عند حدوث التكاثر الجنسي مقارنة بالتكاثر اللاجنسي.

الجدول 1–4 الانقسام المنصِّف والانقسام المتساوي

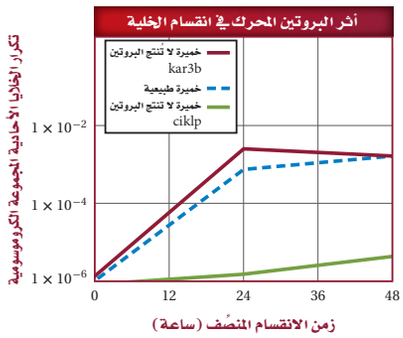
الانقسام المنصِّف	الانقسام المتساوي
تحدث مرحلتان في أثناء الانقسام المنصِّف: المرحلة الأولى والثانية.	تحدث مرحلة واحدة في أثناء الانقسام المتساوي.
يتضاعف DNA مرة واحدة قبل المرحلة الأولى من الانقسام المنصِّف.	يحدث تضاعف DNA في أثناء الطور البيني.
تحدث عملية التصالب بين الكروموسومات المتماثلة في أثناء الطور التمهيدي I.	لا يحدث تشابك أو تصالب بين الكروموسومات المتماثلة.
ينتج عن الانقسام أربع خلايا أحادية المجموعة الكروموسومية (1n) في كل دورة خلية.	ينتج عن الانقسام خليتان متطابقتان في كل دورة خلية.
الخلايا الجديدة غير متطابقة وراثيًّا بسبب عملية العبور الجيني.	الخلايا الجديدة متطابقة وراثيًّا.
يحدث الانقسام المنصِّف في الخلايا الجنسية.	يحدث الانقسام المتساوي في الخلايا الجسمية فقط.
يدخل الانقسام المنصِّف في إنتاج الأمشاج وتوفير التنوع الوراثي في المخلوقات الحية.	يدخل الانقسام المتساوي في النمو وتعويض الخلايا التالفة.



مختبر تحليل البيانات 4-1

بناءً على بيانات حقيقية

البيانات والملاحظات



استخلص النتائج

كيف تؤثر البروتينات المحركة في انقسام الخلية؟ يعتقد العديد من العلماء أن البروتينات المحرِّكة تؤدي دورًا مهمًّا في حركة الكروموسومات في كلٍّ من الانقسام المتساوي والمنصِّف. ولاختبار هذه الفرضية، قام الباحثون بإنتاج خميرة لا تصنّع البروتين المحرِّك المسمى Kar3p. كما أنتجوا خميرة لا تصنع البروتين المحرِّك Cik1p، الذي يحدد وظيفة البروتين Kar3p. ويبين الرسم البياني المجاور نتائج تجربتهم.

التفكير الناقد

1. **قوّم.** هل يعد وجود Cik1p مهمًّا لعملية الانقسام المنصِّف في الخميرة؟ فسّر إجابتك.
2. **قوّم.** هل يعد وجود Kar3p ضروريًّا لعملية الانقسام المنصِّف في الخميرة؟ فسّر إجابتك.
3. **استنتج.** هل تؤدي جميع البروتينات المحركة دورًا مهمًّا في الانقسام المنصِّف؟ فسّر إجابتك.

أخذت البيانات في هذا المختبر من:

Shanks, et al. 2001. The Kar3–Interacting protein Cik1p plays a critical role in passage through meiosis I in *Saccharomyces cerevisiae*. *Genetics* 159: 939 – 951.

التقويم 4-1

الخلاصة

- يحدث تضاعف DNA مرة واحدة فقط في أثناء الانقسام المنصِّف الذي ينتج عنه أربعة أمشاج أحادية المجموعة الكروموسومية.
- يضم الانقسام المنصِّف مرحلتين من الانقسامات.
- ينتج عن الانقسام المنصِّف تنوّع وراثي في الأمشاج.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة** **حلّل.** كيف يُنتج الانقسام المنصِّف الأمشاج الأحادية المجموعة الكروموسومية؟
2. **أشر.** كيف يختلف الطور الاستوائي I في الانقسام المنصِّف عن الطور الاستوائي في الانقسام المتساوي؟
3. **صِف.** كيف تحدث عملية التصالب؟
4. **ارسم** خلية تحوي أربعة كروموسومات وتمر بانقسام منصِّف.
5. **قوّم.** كيف يُسهم الانقسام المنصِّف في التنوع الوراثي، في حين لا يسهم فيه الانقسام المتساوي؟

التفكير الناقد

6. **قارن** بين الانقسام المتساوي والمنصِّف مُستعينًا **بالشكل 5-4** و**الجدول 1-4**، مُستخدمًا شكل ڤن.
7. **الكتابة في علم الأحياء** اكتب مقالًا يشترك فيه زملاؤك في الصف لتفسير العمليات المختلفة التي تحدث في أثناء الانقسام المنصِّف.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

4-2

الوراثة المندلية
Mendelian Genetics

الأهداف

- **توضّح** أهمية تجارب مندل في دراسة علم الوراثة.
- **تلخّص** قانون انعزال الصفات وقانون التوزيع الحر.
- **تتوقّع** احتمالات الأبناء الناتجة عن التزاوج مستخدمًا مربع بانيت.

مراجعة المفردات

انعزال الصفات: انفصال الجينات المتقابلة في أثناء الانقسام المنصِّف.

المفردات الجديدة

الوراثة
الجين المتقابل
الصفة السائدة
الصفة المتنحية
متماثل الجينات
غير متماثل الجينات
الطراز الجيني
الطراز الشكلي
قانون انعزال الصفات
الهجين
قانون التوزيع الحر

الفكرة الرئيسة وضّح مندل كيف يمكن لجين سائد أن يمنع ظهور أثر جين متنحٍّ.

الرّبط مع الحياة للحمام أنواع مختلفة، منها المطوق والمرقط والهندي والزاجل وغيرها، وقد يحب الناس سلالة معينة منها؛ إما للونها أو لمظهرها العام أو هديلها. وتنتقل هذه الصفات من جيل إلى جيل.

كيف بدأ علم الوراثة؟ How Genetics Began?

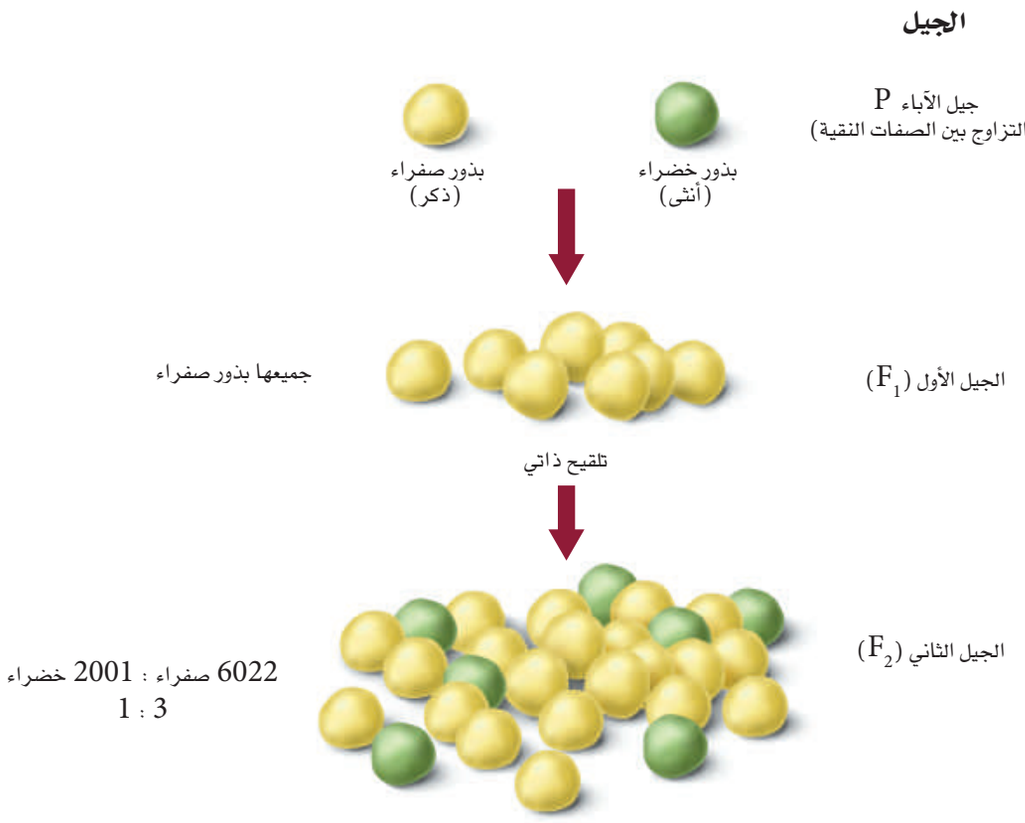
في عام 1866م نجح مندل في حل لغز الوراثة بسبب المخلوق الحي الذي اختاره للدراسة، وهو نبات البازلاء. حيث يمتاز هذا النبات بسهولة زراعته ونموه وإنتاجه المستمر لأفراد تحمل شكلاً واحدًا من الصفة. ويتكاثر نبات البازلاء بالتلقيح الذاتي عادة، كما هو الحال في العديد من النباتات الزهرية. يحدث التلقيح الذاتي عندما يتحد مشيج ذكري مع مشيج أنثوي من الزهرة نفسها. واكتشف مندل إمكانية حدوث التلقيح الخلطي في نبات البازلاء يدويًّا، فتمكّن من نقل مشيج ذكري (حبة لقاح) من زهرة نبات بازلاء إلى عضو التكاثر المؤنث لزهرة نبات بازلاء آخر.

الربط مع التاريخ تتبّع مندل الصفات الوراثية المتنوعة في نباتات البازلاء التي هجَّنها، ثم حلّل النتائج التي حصل عليها، وكوّن فرضية تتعلق بتوارث الصفات. ومن هنا بدأت دراسة **الوراثة** genetics ، وهي انتقال الصفات الوراثية من جيل إلى جيل آخر.

ماذا قرأت؟ استنتج لماذا استخدام مندل سلالات نباتات نقية في تجاربه؟

وراثة الصفات The Inheritance of Traits

لاحظ مندل أن سلالات معينة في نبات البازلاء تنتج أشكالاً محددة من الصفة جيلاً بعد جيل؛ فقد لاحظ مثلًا أن بعض السلالات تنتج بذورًا خضراء دائمًا، وبعضها الآخر ينتج بذورًا صفراء دائمًا. ولِفهم آلية توارث هذه الصفات، أجرى تلقيحًا خلطيًّا بنقل الأمشاج الذكرية من زهرة نبات بازلاء أخضر البذور إلى عضو التأنيث في زهرة نبات بازلاء آخر أصفر البذور. وقد أزال مندل أعضاء التذكير من زهرة نبات البازلاء الأصفر البذور تجنبًا لحدوث التلقيح الذاتي، وأطلق مندل على نباتات البازلاء الخضراء والصفراء البذور اسم جيل الآباء، ويرمز إليه بالحرف P.



الجيل الأول والجيل الثاني F_1 and F_2 generations عندما قام مندل بزراعة البذور الناتجة عن تلقيح نبات أصفر البذور مع نبات أخضر البذور كانت جميع الأفراد الناتجة صفراء البذور؛ حيث يسمى الأفراد الناتجون عن هذا التلقيح الجيلَ الأول (F_1). ويبدو أن صفة البذور الخضراء اختفت في الجيل الأول، فقرر مندل أن يتحقق من وجود الصفة التي اختفت أو طمست. قام مندل بزراعة أفراد من الجيلِ الأولِ الأصفرِ البذورِ، ولقّحها ذاتيًّا، ثم فحص البذور الناتجة عن هذا التلقيح، والتي تسمى الجيلَ الثاني (F_2). ويبين **الشكل 7–4** النسل الناتج عن تلقيح الجيل الأول. وقد جمع مندل البذور فوجد 6022 بذرة صفراء و2001 بذرة خضراء، وهي نسبة 1:3 تقريبًا من البذور الصفراء إلى الخضراء.

درس مندل سبع صفات مختلفة، هي لون البذرة، ولون الزهرة، ولون القرن، وشكل البذرة أو ملمسها، وشكل القرن، وطول الساق وموقع الزهرة. فوجد أن جميع أفراد النباتات الناتجة عن تلقيح الجيل الأول الذي يحمل هذه الصفات تظهر بنسبة 1:3.

■ **الشكل 7–4** يبين الشكل نتائج عملية التلقيح الخلطي التي قام بها مندل بين نباتات بازلاء تحمل صفتي البذور الصفراء والخضراء النقية السلالة.

فسّر. لماذا كانت جميع البذور في أفراد الجيل الأول F_1 صفراء اللون؟

المفردات

أصل الكلمة

- متماثل الجينات (Homozygous)

- غير متماثل الجينات (Heterozygous)

الكلمة الأولى مشتقة من الكلمة اليونانية homos وتعني الشيء نفسه، أما الكلمة الثانية فمشتقة من hetero وتعني "الآخر" أو "المختلف". وكلمة zygon تعني yoke، أيْ (يربط).

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

فني مختبر الوراثة

Genetics Laboratory Technician

يُساعد فنيُّ مختبر الوراثة الباحثين على إجراء التجارب والمحافظة على سلامة المختبر.

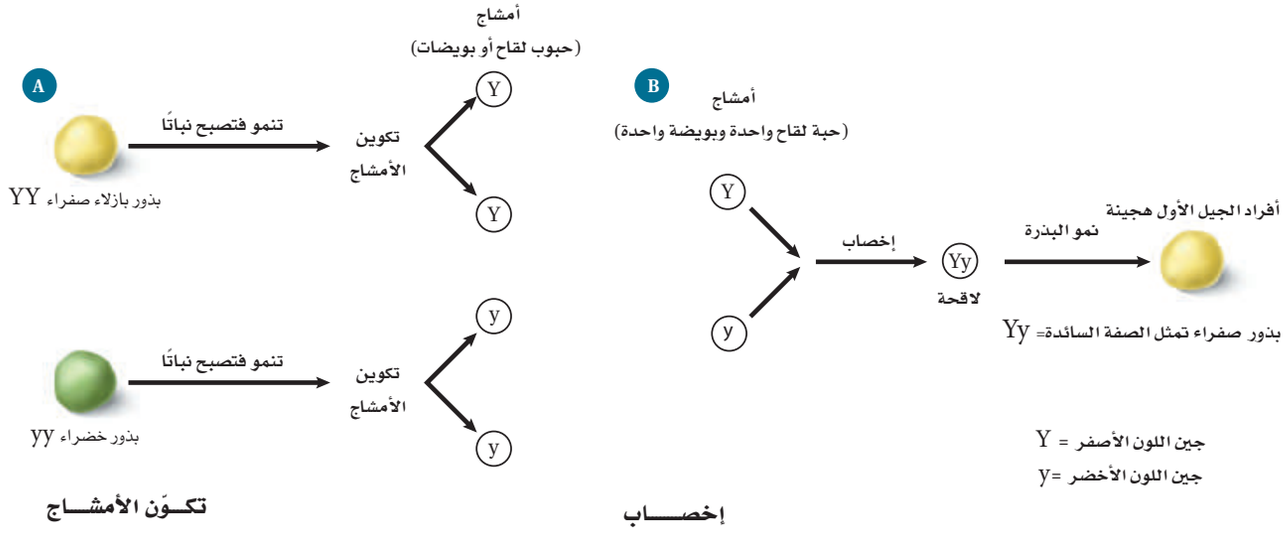
أزواج الجينات Genes in pairs استنتج مندل أنه لا بد من وجود شكلين لصفة البذور في نبات البازلاء، هما: البذور الصفراء والبذور الخضراء، وكل شكل يتحكم فيه عامل يسمى **الجين المتقابل** Allele ، وهو صورة أخرى لجين مفرد ينتقل من جيل إلى آخر، وتتميز الأليلات بأنها تسلسلات مختلفة من DNA تحدد صفة واحدة في المخلوق الحي. لذا فإن جين البذور الصفراء وجين البذور الخضراء هما صورتان مختلفتان لجين واحد هو جين البذور.

كما استنتج مندل أن نسبة 1:3 التي لاحظها في أثناء تجاربه يمكن تفسيرها إذا كانت الجينات المتقابلة موجودة في أزواج في كل نبات. وأطلق على الصفة التي ظهرت في أفراد الجيل الأول F_1 **الصفة السائدة** dominant، والصفة التي لم يظهر تأثيرها في أفراد الجيل الأول F_1 **الصفة المتنحية** recessive . عند تلقيح نباتات صفراء البذور مع نباتات خضراء البذور كانت البذور الصفراء هي الصفة السائدة، في حين كانت البذور الخضراء هي الصفة المتنحية.

السيادة Dominance بيّن مندل- عند قيامه بالتلقيح الذاتي لأفراد الجيل الأول – أن الجين المتنحي في البذور الخضراء لم يختفِ بل مُنع من إظهار صفته. فاستنتج مندل أن صفة البذور الخضراء لم تظهر في أفراد الجيل الأول؛ لأن صفة البذور الصفراء سائدة وتطغى على جين صفة البذور الخضراء وتمنعها من الظهور.

عند عمل نموذج وراثة الصفات، يُرمز إلى جين الصفة السائدة – وهي البذور الصفراء – بحرف كبير (Y)، في حين يرمز إلى جين الصفة المتنحية – وهي البذور الخضراء – بحرف صغير (y). ويُطلق على المخلوق الحي الذي يحمل زوجًا من الجينات المتقابلة المتشابهة لصفة محددة **متماثل الجينات** (نقي الصفات) homozygous، كما في البذور الصفراء المتماثلة الجينات (YY)، والبذور الخضراء (yy). ويطلق على المخلوق الحي الذي يحمل جينين متقابلين مختلفين لهذه الصفة **غير متماثل الجينات** (غير نقي الصفات أو خليط) heterozygous . وفي هذه الحالة يتم تمثيلها بالرموز (Yy). وعند وجود الجينات المتقابلة بصورة غير متماثلة تظهر الصفة السائدة.

الطراز الجيني والطراز الشكلي Genotype and phenotype قد تكون البذور الصفراء متماثلة الجينات أو غير متماثلة الجينات. ولا يشير المظهر الخارجي للمخلوق الحي دائمًا إلى نوع زوج الجينات الموجودة فيه. ويطلق على أزواج الجينات المتقابلة في المخلوق الحي **الطراز الجيني** genotype، والطراز الجيني في حالة النباتات الصفراء البذور هو (YY) أو (Yy). أما الخصائص والصفات المظهرية الناتجة عن أزواج الجينات المتقابلة فتسمى **الطراز الشكلي** phenotype. فالطراز الشكلي لنبات بازلاء طرازه الجيني (yy) هو البذور الخضراء دائمًا.

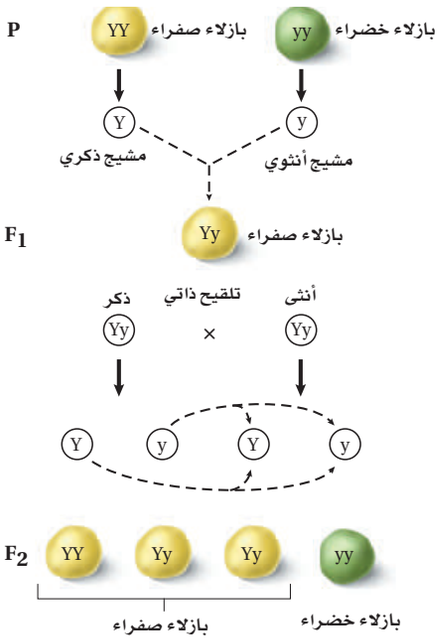


قانـون انعـزال الصفـات Law of segregation اسـتخدم منـدل بـذورًا صفراء وخضـراء متماثلة الجينات عند تلقيح الآبـاء. ويبين الجزء العلوي من **الشـكل (A) 8–4** أن كل مشـيج من نباتات البذور الصفراء يحوي Y واحدة. ولأن عدد الكروموسـومات ينقسم إلى النصف في أثناء الانقسام المنصِّف فإن الأمشاج الناتجة تحوي جينًا واحدًا من زوج جينات لون البذور المتقابلة.

أما الجزء السفلي من **الشـكل (A) 8–4** فيبين أن كل مشيج من النبات الأخضر البذور يحوي جين (y) واحدًا. وينص **قانون انعزال الصفات** law of segregation على أن زوج الجينات المتقابلة المكونة للصفة الواحدة تنفصل في أثناء الانقسام المنصِّف. وفي أثناء الإخصاب تتحد الجينات المتقابلة للصفة مرة أخرى. يبين **الشـكل (B) 8–4** اندماج الجينات المتقابلة في الأمشاج لإنتاج الطراز الجيني (Yy) فـي أثناء الإخصاب. وتحمـل جميع نباتات أفراد الجيـل الأول الطراز الجيني (Yy)، وطرازها الشـكلي هـو بذور صفراء؛ لأن اللون الأصفر سـائد على اللون الأخضر. وتسـمى هذه المخلوقات الحية غيـر المتماثلة الجينات المخلوقات الحية **الهجينة** hybrid.

■ **الشـكل 8–4** تنفصل الجينات المتقابلة في أثناء تكوّن الأمشاج في نبات طرازه الجيني (YY) أو (yy)، فتنتـج أمشـاج تحمل الجين (Y) أو (y). وتتحـد هذه الأمشـاج من كلا الأبوين في أثناء الإخصاب.

التلقيح الأحادي الصفة Monohybrid cross يبين **الشكل 9–4** تجربة مندل عندما قام بتلقيح أفراد النباتات التي تحمل الطراز الجيني (Yy) بالتلقيح الذاتي. وتُسمى عملية التلقيح التي يحدث فيها التزاوج بين جينات صفة واحدة لنباتين التلقيحَ الأحاديَّ monohybrid cross. تنتج النباتات الحاملة للطراز الجيني (Yy) نوعين من الأمشاج، هما: الأمشاج الذكرية والأمشاج الأنثوية، وكل واحد منهما يحمل الجين (Y) أو (y). وتتحد هذه الأمشاج عشوائيًّا، فينتج عن هذا التلقيح الطرز الجينية التالية: YY, Yy, Yy, yy، **الشكل 9–4**. لاحظ أن الجين السائد يكتب أولاً (Y) سواء أكان من المشيج الذكري أم الأنثوي. وينتج عن تلقيح الجيل الأول ثلاثة طرز جينية محتملة، هي: YY, Yy, yy، ونسبة الطرز الجينية 1:2:1. أما نسبة الطرز الشكلية فهي 1:3 صفراء البذور إلى خضراء البذور.

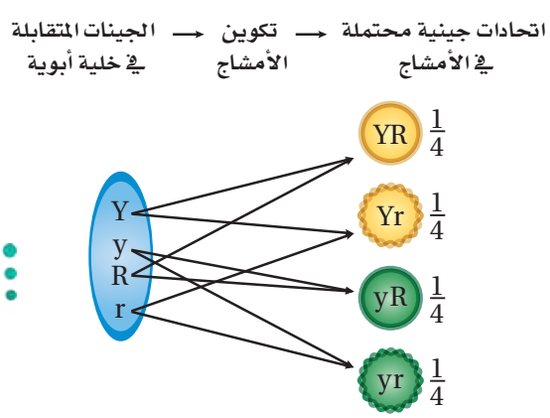


الشكل 9–4 في أثناء التلقيح الذاتي لأفراد الجيل الأول تُخصّب الأمشاجُ الذكرية الأمشاجَ الأنثوية عشوائيًّا.

التلقيح الثنائي الصفة Dihybrid cross بعد أن أثبت مندل نمط وراثة الصفة الواحدة بدأ يختبر وراثة صفتين أو أكثر في النبات نفسه. وفي نبات البازلاء تعد صفة البذور المستديرة (R) سائدة على البذور المجعدة (r)، وصفة البذور الصفراء (Y) سائدة على البذور الخضراء (y). فإذا قام مندل بتلقيح بذور صفراء مستديرة متماثلة الجينات مع بذور خضراء مجعدة متماثلة الجينات فإنه يمكن تمثيل تزاوج الآباء بالطرز الجينية التالية: yyrr × YYRR، وستكون الطرز الجينية لأفراد الجيل الأول على النحو التالي: YyRr نباتات صفراء البذور مستديرة. ويطلق على نباتات الجيل الأول الثنائية الصفة الهجينةُ؛ لأن جيناتها غير متماثلة لكلتا الصفتين.

قانون التوزيع الحر Law of independent assortment قام مندل بتلقيح أفراد الجيل الأول التي تحمل الطراز الجيني (YyRr) ذاتيًّا في عملية تلقيح ثنائي الصفة، ثم قام بحساب نسبة الطرز الجينية والطرز الشكلية للأبناء في كل من الجيل الأول والجيل الثاني. وتوصل من هذه النتائج إلى **قانون التوزيع الحر** law of independent assortment ، الذي ينص على أن التوزيع العشوائي للجينات المتقابلة يحدث في أثناء تكوّن الأمشاج، حيث تتوزع الجينات على الكروموسومات المنفصلة بشكل حر في أثناء عملية الانقسام المنصِّف.

وكما يبين **الشكل 10–4**، ينتج عن التوزيع العشوائي للجينات المتقابلة، أربعة



الشكل 10–4 يتم تمثيل قانون التوزيع الحر في التلقيح الثنائي الذي يوفر فرصة متساوية لكل زوج من الجينات المتقابلة (Yy /Rr) بأن تتحد عشوائيًّا بعضها ببعض. **توقّع. ما عدد أنواع الأمشاج المحتملة الناتجة؟**

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

أمشاج محتملة، هي: yR،yr ،Yr ،YR، واحتمالات حدوثها متساوية.

وعندما يتم التلقيح الذاتي للنبات، فهناك احتمال وجود أي من هذه المجموعات الجينية الأربع في المشيج الذكري، وكذلك وجود أي منها في المشيج الأنثوي. واشتمل التلقيح الثنائي الذي قام به مندل على تسعة طرز جينية مختلفة هي: YYRR,YYRr,YYrr,YyRR,YyRr,Yyrr, yyRR, yyRr, yyrr. ولكنه أحصى أربعة طرز شكلية مختلفة هي: 315 صفراء مستديرة، و108 خضراء مستديرة، و110 صفراء مجعدة، و 32 خضراء مجعدة. ومثّلت هذه النتائج نسب الطرز الشكلية التقريبية التالية: 9:3:3:1.

ماذا قرأت؟ **قوّم** كيف يمكن أن تنتج نسبة يمكن توقعها من التوزيع العشوائي للجينات؟

مربع بانيت Punnett Square

يستعمل مربع بانيت – الذي وضعه الدكتور ريجينالد بانيت في بداية عام 1900م– لتوقع الأبناء المحتملين والناتجين عن التلقيح بين طرازين جينيين معروفين للآباء. ولقد سهل مربع بانيت تتبُّع الطرز الجينية المحتملة.

مربع بانيت – التلقيح الأحادي الصفة Punnet Square – monohybrid cross

القدرة على ثني اللسان صفة سائدة، يرمز إليها بالحرف T. افترض أن كلا الوالدين يستطيع ثني لسانه، وهما غير متماثلي الجينات (Tt)، فما الطرز الشكلية المحتملة

تجربة 1 - 4

توقّع الاحتمالات في الوراثة

كيف يمكن توقّع صفات الأبناء؟ يُساعد مربع بانيت على توقع نسب الصفات السائدة إلى الصفات المتنحية في الطرز الجينية للأبناء. وتشمل هذه التجربة أبوين غير متماثلي الجينات لصفة شحمة الأذن الحرة (E) وهي صفة سائدة. أما الصفة المتنحية فهي شحمة الأذن الملتصقة ويُرمز إليها بالحرف (e).

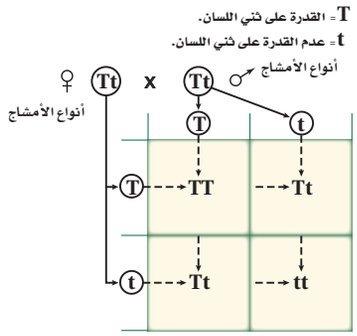
خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. حدّد الطرز الجينية لأمشاج هذه الصفة التي ينتجها كل من الأبوين.
3. ارسم مربع بانيت بحيث تكون عدد أعمدته وصفوفه مساوية لعدد الجينات المتقابلة التي تنتج في أمشاج كل من الأبوين.
4. اكتب الحرف الذي يرمز إلى كل جين من جينات أحد الأبوين فوق كل عمود في مربع بانيت، وحرف كل جين من جينات الأب الآخر إلى جانب كل صف في مربع بانيت.
5. اكتب – في الصناديق داخل الجدول – الطرز الجينية للأبناء الناتجة عن اتحاد الجينات المتقابلة لكلٍّ من الذكر والأنثى معًا.

التحليل

1. **لخّص** الطرز الشكلية المحتملة للأبناء.
2. **قوّم** ما نسبة الطرز الشكلية والطرز الجينية المحتملة للأبناء؟

الشكل 11–4 تعد قدرة الشخص على ثني لسانه صفة سائدة. ويلخص مربع بانيت احتمالات ارتباط الجينات الخاصة بصفة ثني اللسان.



لأبنائهما؟

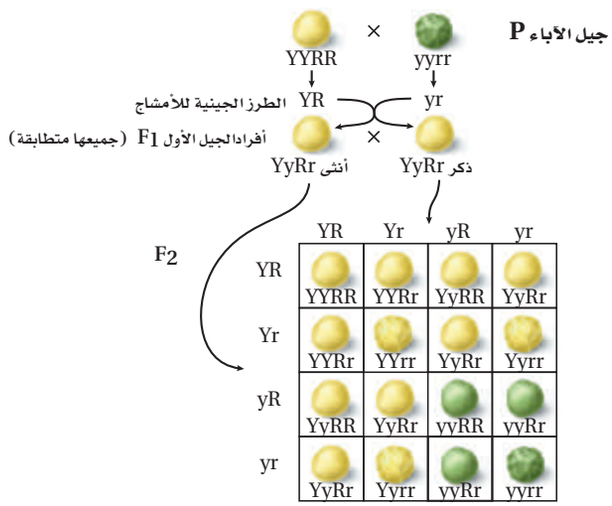
تفحص مربع بانيت في **الشكل 11–4**، يتحدد عدد المربعات بعدد أنواع الجينات المختلفة، (T) أو (t) التي ينتجها كل واحد من الأبوين. وفي هذه الحالة يتكون مربع بانيت من مربعين × مربعين؛ لأن كل واحد من الأبوين ينتج نوعين مختلفين من الأمشاج. لاحظ أن المشيج الذكري يكتب أفقيًّا، في حين يكتب المشيج الأنثوي عموديًّا. كما تكتب احتمالات ارتباط المشيج الذكري مع المشيج الأنثوي داخل كل مربع.

ما عدد الطرز الجينية المختلفة التي نجدها في مربع بانيت؟ يوجد في أحد المربعات الطراز الجيني (TT)، والطراز الجيني (Tt) في مربعين آخرين، وفي المربع الأخير يوجد الطراز الجيني (tt)، لذا فإن نسبة الطرز الجينية المحتملة للأبناء هي 1:2:1. أما نسبة الطرز الشكلية لصفة القدرة إلى عدم القدرة على ثني اللسان فهي 1:3.

مربع بانيت – التلقيح الثنائي Punnet Square – dihybrid cross

تفحص مربع بانيت في **الشكل 12–4** تلاحظ وجود نوعين من الجينات المتقابلة

الشكل 12–4 يوضّح التلقيح الثنائي الصفة في مربع بانيت احتمالات ارتباط الجينات المتقابلة لكل واحد من الأبوين في نبات البازلاء.



النوع	الطراز الجيني	الطراز الشكلي	العدد	نسبة الطرز الشكلية
جيل الآباء	Y_R_	أصفر مستدير	315	16:9
إعادة الارتباط الجيني	yyR_	أخضر مستدير	108	16:3
إعادة الارتباط الجيني	Y_rr	أصفر مجعد	101	16:3
جيل الآباء	yyrr	أخضر مجعد	32	16:1

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

فقط في جيل الأبوين في نبات البازلاء.

فعند تلقيح أفراد الجيل الأول تنتج أربعة أنواع من الجينات المتقابلة من الأمشاج الذكرية، وأربعة أنواع من الجينات المتقابلة من الأمشـاج الأنثوية، فكانت نسبة الطرز الشكلية الناتجة على النحو التالي: 9:3:3:1؛ صفراء مستديرة إلى خضراء مسـتديرة إلى صفراء مجعـدة إلى خضراء مجعدة. فتطابقـت بيانات مندل مع النتائج المتوقعة من مربع بانيت.

تجربة علمية

ما الاحتمالات؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

الاحتمالات في الوراثة Probability

يمكن مقارنة تـوارث الجينات باحتمالات رمي قطعة نقديـة. فاحتمال ظهور الوجه الذي يحمل الصورة هو (1) من (2)، أو ($\frac{1}{2}$) وإذا رميت القطعة مرتين فإن احتمـال ظهور الصورة هو ($\frac{1}{2}$) في كل مرة، أو $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ أو ($\frac{1}{4}$) في المرتين. وقد لا تتطابق البيانات الحقيقية بدقة مع النسب المتوقعة. فأنت تعلم أنك إذا رميت القطعـة النقدية في الهواء فقد لا تحصل على الوجـه الذي يحمل الصورة مرة واحدة من كل مرتين. لذا لم تكن نتائج مندل مساوية تمامًا للنسبة 9:3:3:1؛ ومع ذلك فإن عددًا كبيرًا من الأبناء الناتجين عن التلقيح يطابقون النتائج المتوقعة من مربع بانيت.

التقويم 4-2

الخلاصة

- أول من درس الوراثة العالم جريجور منـدل، الذي ألقت تجاربـه على نبـات البازلاء الضوءَ على وراثة الصفات.
- وضـع مندل قانـون انعزال الصفات وقانون التوزيع الحر.
- يساعد مربع بانيت على توقع الأبناء المحتملين من التلقيح.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **ارسم.** اسـتخدم مربـع بانيت لتوضـح كيف يمنع الجين السـائد ظهور أثـر الجين المتنحي.
2. **طبّق** قانون انعزال الصفات وقانون التوزيع الحر بإعطاء مثال على كل منهما.
3. **استخدم مربع بانيت.** صفـة لون العيون الحمراء (R) في ذبابة الفاكهة سائدة على صفة لون العيون الوردية (r). فما نسبة الطرز الشكلية الناتجة عن تلقيح ذكر غير متماثل الجينات لأنثى ذات عيون وردية؟

التفكير الناقد

4. **قـوّم** الفوائد التـي قدمتها تجارب مندل لعلم الوراثة.
5. الرياضيات في علم الأحياء ما احتمال الحصـول على رقـم 2 عند رمي النرد؟ وما احتمال الحصول على الرقم 2 عند رمـي نردين؟ وكيف تُسـتخدم الاحتمالات في دراسة الوراثة؟

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

4-3

الأهداف

- **تلخّص** كيف يؤدي الانقسام المنصِّف إلى تراكيب جينية جديدة.
- **تفسّر** كيف يمكن استخدام ارتباط الجينات في عمل خريطة كروموسومية.
- **تحلّل** أهمية تعدد المجموعة الكروموسومية في مجالات الزراعة.

مراجعة المفردات

البروتين: بوليمر معقد كبير ضروري للحياة، يساعد على بناء الأنسجة والأعضاء وقيام الخلايا بوظائفها الأيضية.

المفردات الجديدة

التراكيب الجينية الجديدة

متعدّد المجموعة الكروموسومية

ارتباط الجينات وتعدد المجموعات الكروموسومية

Gene Linkage and Polyploidy

الفكرة الرئيسة **يعد عبور الجينات المرتبطة مصدرًا للتنوع الوراثي.**

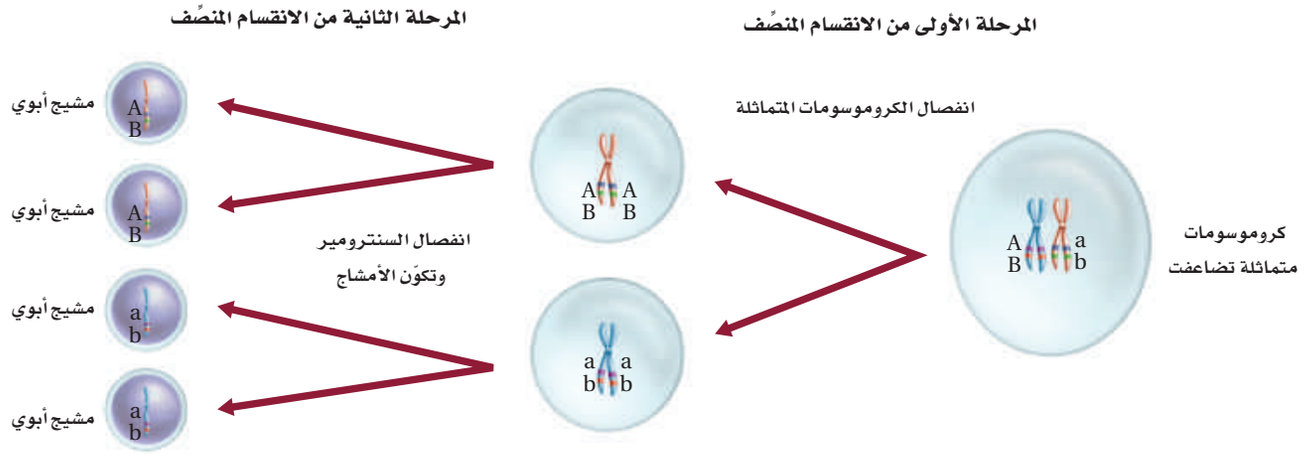
الربط مع الحياة قد تجد أنواعًا مختلفة من النباتات في الحديقة لا يوجد مثلها في الحياة البرية. فمثلاً لا بد أنك قد رأيت أنواعًا مختلفة من الأزهار المتباينة الألوان، كالحمراء والوردية والبيضاء. يستعين مهجنو النباتات بمعرفة العلماء بالجينات لتنويع خصائص معينة بهدف إنتاج أزهار فريدة.

التراكيب الجينية الجديدة Genetic Recombinations

الربط مع الرياضيات يطلق على ارتباط الجينات الجديد الناتج عن العبور الجيني والتوزيع الحر **التراكيب الجينية الجديدة** genetic recombination. والتراكيب الجينية المحتملة للجينات الناتجة عن التوزيع الحر يمكن حسابها باستخدام المعادلة (2^n)، حيث (n) عدد أزواج الكروموسومات. يحوي نبات البازلاء مثلًا سبعة أزواج من الكروموسومات، لذا فإن التراكيب الجينية المحتملة هي (2^7) أو 128 تركيبًا. ولما كان أي مشيج ذكري يحتمل أن يلقح أي مشيج أنثوي آخر فإن عدد التراكيب المحتملة بعد الإخصاب هو (128×128) أو (16,384). أما في الإنسان فإن عدد التراكيب المحتملة بعد الإخصاب هو ($2^{23} \times 2^{23}$)، أيْ أكثر من 70 تريليون. وهذا العدد لا يشمل التراكيب الجينية الجديدة الناتجة عن العبور الجيني، فسبحان الله!

ارتباط الجينات Gene linkage

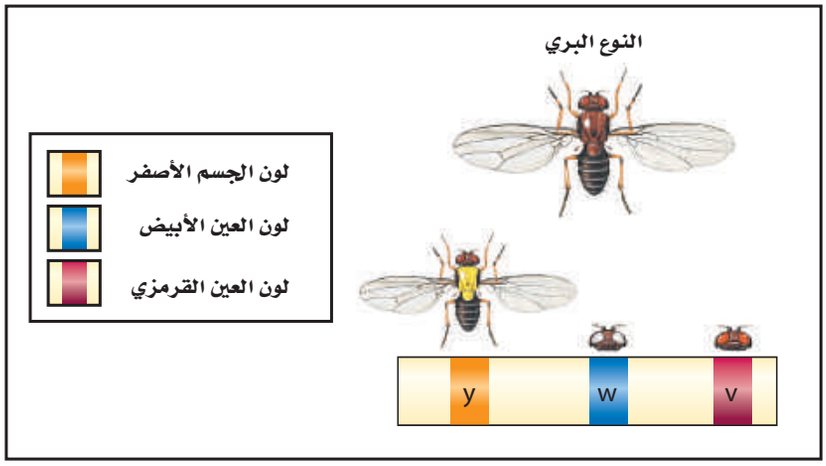
تذكر أن الكروموسومات تحوي جينات متعددة مسؤولة عن بناء البروتينات الخاصة، وتسمى الجينات التي يقع بعضها قرب بعض على الكروموسوم نفسه الجينات المرتبطة، وعادة ما تنتقل هذه الجينات معًا (كقطعة واحدة) في أثناء تكوين الأمشاج. تفحص **الشكل 13–4**، ولاحظ أن الجينين B وA يقع أحدهما قرب الآخر على الكروموسوم نفسه، وينتقلان معًا في أثناء الانقسام المنصِّف. ولا ينطبق قانون مندل الثاني (التوزيع الحر) على ارتباط الجينات على الكروموسوم؛ لأن الجينات المرتبطة لا تنفصل عادة بشكل حر أو مستقل.



تمت دراسة ارتباط الجينات أول مرة باستخدام ذبابة الفاكهة *Drosophila melanogaster*، وأكدت آلاف عمليات التلقيح أن الجينات المرتبطة تنتقل معًا في أثناء الانقسام المنصِّف. ومع ذلك كشفت بعض النتائج أن الجينات المرتبطة لا تنتقل دائمًا معًا في أثناء الانقسام المنصِّف. فاستنتج العلماء أن الجينات المرتبطة يمكن أن تنفصل في أثناء العبور الجيني.

خرائط الكروموسومات Chromosome maps تحدث عملية العبور الجيني في الجينات البعيد بعضها عن بعض أكثر من الجينات القريب بعضها من بعض. ويبين الرسم الذي يسمى خريطة الكروموسومات ترتيب الجينات على الكروموسوم، ويمكن رسمها باستخدام بيانات عملية العبور الجيني. نُشرت أول خريطة كروموسومات عام 1913م باستخدام بيانات من آلاف عمليات التلقيح التي أجريت على ذبابة الفاكهة. لا تمثل نسب خريطة الكروموسوم المسافات الحقيقية على الكروموسوم، ولكنها تُمثل المواقع النسبية للجينات. ويبين **الشكل 14–4** أول خريطة كروموسومات لذبابة الفاكهة. لاحظ أنه كلما ازداد تكرار حدوث عملية العبور الجيني أصبحت الجينات أكثر تباعدًا.

■ **الشكل 13–4** تنتقل الجينات التي ترتبط على الكروموسوم نفسه بعضها مع بعض إلى الأمشاج.
احسب عدد التراكيب الجينية المحتملة إذا اندمج اثنان أو ثلاثة من هذه الأمشاج معًا.



■ **الشكل 14–4** تم عمل الخريطة الكروموسومية للكروموسوم X في ذبابة الفاكهة *Drosophila melanogaster* في عام 1913م.

في أثناء عملية التلقيح، يرتبط تبادل الجينات مباشـرة مع تكرار حدوث عملية العبـور الجينـي بينها. ترتبط هـذه التكرارات بالمسـافات النسـبية بين زوج الجينات. وتسمى وحدة القياس المستخدمة في تقدير المسافة بين موقع جينين على الكروموسـوم الواحد وحدةَ خريطة واحدة، وتسـمح هذه بحدوث نسبة عبـور مقدارها 1%. والجينات المتباعدة أكثر لها تكرارات أكبر لحدوث عملية العبور الجيني. **الشكل 14–4**.

تجربة 2 - 4

خريطة الكروموسومات

أين تقع الجينات على الكروموسـوم؟ ترتبط المسـافة بين جينين على الكروموسوم بتكرار عملية العبور الجيني بينهما. وبمقارنة بيانات عدة أزواج من الجينات يمكن تحديد الموقع التقديري للجين.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. احصل على جدول تكرار عبور أزواج الجينات من معلمك.
3. ارسم خطًّا على ورقة، وضع عليه علامات يبعد بعضها عن بعض 1 cm على أن تمثل كل علامة تكرار عبور جيني نسبته 1%.
4. عنون إحدى العلامات بالقرب من منتصف الخط بالحرف A. أوجد تكرار عملية العبور الجيني بين زوج الجينات B وA على الجدول الذي يزودّك به معلمك، ثم استخدم هذه البيانات في تحديد المسافة الصحيحة (البعد) بين موقع B عن A.
5. استخدم تكرار عملية العبور الجيني بين زوج الجينات C وA وزوج الجينات C وB لتستنتج موقع الجين C.
6. كرر الخطوتين 5 و4 لكل جين، واضعًا علامة تُحدد مواقعها على الخط.

التحليل

1. **قوّم.** هل يمكن معرفة موقع الجين على الكروموسوم إذا استُخدم جين واحد آخر فقط؟
2. **قوم.** لماذا يفضل استخدام تكرار عبور جيني أكبر من أجل الحصول على خريطة كروموسومية أكثر دقة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تعدّد المجموعة الكروموسومية Polyploidy

لمعظم أنواع المخلوقات الحية خلايا ثنائية المجموعة الكروموسومية، وبعضها له خلايا **متعددة المجموعة الكروموسومية** polyploidy وهي وجود مجموعة إضافية واحدة أو أكثر من الكروموسومات في المخلوق الحي. فالمخلوق الحي الثلاثي المجموعة الكروموسومية، على سبيل المثال، يرمز إليه بـ (3n)، وتعني أنه يحوي ثلاث مجموعات كاملة من الكروموسومات. ونادرًا ما يحدث تعدد المجموعة الكروموسومية في الحيوانات، ولكنه يحدث أحيانًا في ديدان الأرض والأسماك الذهبية. أما في الإنسان فإن حدوث تعدد المجموعة الكروموسومية يعد قاتلاً. وهناك واحد من كل ثلاثة أنواع من النباتات الزهرية متعدد المجموعة الكروموسومية تقريبًا. ومن الأمثلة عليها نبات القمح (6n)، والشوفان (6n)، وقصب السكر (8n)، ويبين **الشكل 15–4** نباتات متعددة المجموعة الكروموسومية، وهي غالبًا تمتاز بالصلابة والحيوية والحجم الكبير.

الفراولة (8n)

القهوة (4n)

■ **الشكل 15–4** العديد من النباتات المتنوعة – ومنها نبات الفراولة والقهوة – متعددة المجموعة الكروموسومية.

التقويم 3-4

الخلاصة

- تنتج التراكيب الجينية الجديدة عن عملية العبور الجيني والتوزيع الحر.
- رُسمت الخرائط الكروموسومية الأولى بناءً على ارتباط الجينات على الكروموسوم.
- يختار المزارعون النباتات المتعددة المجموعة الكروموسومية بناءً على خصائصها المرغوب فيها.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **حلّل** كيف ترتبط عملية العبور الجيني مع التنوع؟
2. **ارسم.** افترض أن الجينين C وD مرتبطان على الكروموسوم نفسه، والجينين c وd على كروموسوم آخر، مفترضًا عدم حدوث عملية العبور. ارسم الخلايا الجديدة الناتجة عن الانقسام المنصِّف مبينًا الكروموسومات ومواقع الجينات.
3. **صِفْ** كيف يُستخدم تعدد المجموعة الكروموسومية في مجالات الزراعة.

التفكير الناقد

4. **ارسم** خريطة كروموسومات للجينات A،B،C،D؛ مُستخدمًا بيانات العبور الجيني الآتية:

من D ⟶ A = 25 %

من B ⟶ A = 30 %

من D ⟶ C = 15 %

من D ⟶ B = 5 %

من C ⟶ B = 20 %

5. **قوّم** ما المزايا التي يوفرها تعدد المجموعة الكروموسومية للمزارعين؟
6. الكتابة في علم الأحياء اكتب قصة تصف فيها مجتمعًا يخلو سكانه من التنوع الوراثي.

إثراء علمي

مهن: اختصاصيُّ وراثة النبات

هل من الأفضل أن تحوي النباتات كروموسومات أكثر؟

قارن بين الزهرتين في الصورة أدناه. ما أوجه الاختلاف التي تلاحظها؟ كلتا الزهرتين تنتج عن نبات يُعرف باسم الزنبق النهاري. والزهرة التي عن اليسار لنبات متعدد المجموعة الكروموسومية. فما الذي يجعل هذه النبتة غير عادية؟ تحتوي خلاياها على أكثر من مجموعتين من الكروموسومات.

أثار اختصاصيو وراثة النبات الاهتمام الشديد بتعدد المجموعة الكروموسومية منذ عقود. فوجدوا مجموعات متعددة من الكروموسومات تؤثر بوضوح في شكل النبات ورائحته، ويجذب المستهلكين.

استخدام وراثة النباتات يطبّق اختصاصيو وراثة النبات طرائق الوراثة ومبادئها لتحسين نوعية النباتات وإنتاجها. فهم يطوِّرون أنواعًا أكثر مقاومة للأمراض والحشرات المؤذية والجفاف. وقد أنتجت بعض النباتات المتعددة المجموعة الكروموسومية، ومنها نبات العنب الخالي من البذور، والبطيخ والحمضيات؛ لتفي بمتطلبات المستهلك. ويحاول العديد من اختصاصيي النبات جعل المحاصيل ذات قيمة غذائية أكثر.

إن إنتاج الأنواع الجديدة من النباتات التي تشمل الأنواع المتعددة المجموعة الكروموسومية يفيد الإنسان من نواحٍ عدة. ففي تايلاند مثلاً قام باحثون بإنتاج نبات أرز متعدد المجموعة الكروموسومية له قدرة عالية على تحمل الملوحة.

هذه النباتات قد تنمو في مناطق تحتوي تربتها على نسبة عالية من الأملاح ولا تصلح للزراعة في مناطق أخرى، مما يوفر الدخل للمزارعين في المناطق الفقيرة اقتصاديًّا.

كيف يحدث تعدد المجموعة الكروموسومية؟ يقوم اختصاصيو وراثة النبات بإنتاج النباتات المتعددة المجموعة الكروموسومية بنقع بذور أو براعم نباتات معينة في مادة كيميائية تسمى الكولشيسين. ويتداخل هذا المركب مع عملية انقسام الخلية فيؤدي إلى بقاء جميع الكروموسومات في خلية واحدة في أثناء تكوين الأمشاج وعدم انقسامها. ويتضاعف في أثناء التلقيح عدد الكروموسومات، وينتج عنها نبات متعدد المجموعة الكروموسومية. ويفترض العلماء أن تعدد المجموعة الكروموسومية الطبيعي ينتج غالبًا عن طفرات تحدث في أثناء انقسام الخلية.

مزايا تعدد المجموعة الكروموسومية يؤدي وجود أكثر من مجموعة كروموسومية واحدة في النباتات إلى عدة مزايا؛ فالنباتات المتعددة المجموعة الكروموسومية عادة ما تكون أكبر حجمًا وأقوى، وتكوّن نظامًا جذريًّا أفضل، وتنتج أزهارًا وفاكهة أكبر.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء تخيل أنك مختص في وراثة نبات في مرصد نباتي (مكان تزرع فيه الأشجار لأغراض علمية أو تعليمية)، ثم طُلب إليك كتابة وصف وظيفي لهذه المهنة. اكتب قائمة بالمهارات والمعارف التي تتطلبها هذه المهنة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مختبر الأحياء

صمم بنفسك

كيف تُساعد الطرز الشكلية للأبناء على تحديد الطرز الجينية للآباء؟

الخلفية النظرية: **إن لصفات معظم النباتات جينات سائدة وأخرى متنحية. وقد يكون تحليل صفات نباتات تنمو من البذور مؤشرًا جيدًا على الطرز الجينية المتوقعة في الأبناء، وكذلك الطرز الشكلية والجينية في النباتات الآباء.**

سؤال: هل يمكن تحديد الطرز الجينية والطرز الشكلية للآباء باستخدام الطرز الشكلية للأبناء؟

المواد والأدوات

اختر موادَّ مناسبة لهذه التجربة.

- مجموعتان من بذور النباتات.
- تربة للزراعة.
- أصص لزراعة البذور.
- وعاء لرش الماء.
- معول صغير.

احتياطات السلامة

خطط ونفذ المختبر

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. كوّن فرضية تبين إمكانية استخدام الطرز الشكلية للأبناء لاستنتاج الطرز الجينية للآباء.
3. صمّم تجربة لاختبار فرضيتك.
4. قرّر نوع البيانات التي تحتاج إلى جمعها.
5. اعمل جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك.
6. تأكد من موافقة مُعلمك على تجربتك قبل بدئها.
7. نفّذ تجربتك.
8. **التنظيف والتخلص من الفضلات** تخلص بصورة مناسبة من البذور أو النباتات التي يحتمل أن تصبح نباتات دخيلة في منطقتك. ولا تطرح الأنواع الضارة في البيئة، بل في مكابّ النفايات.

حلل ثم استنتج

1. **اجمع البيانات ونظّمها.** عُدَّ النباتات الصغيرة ذات الطرز الشكلية المختلفة لكل مجموعة من النباتات.
2. **احسب** نسبة النباتات المختلفة في كل واحدة من مجموعات البذور الخاصة بك.
3. **حدّد** نوعين أو أكثر من عمليات التلقيح المحتملة.
4. **حلّل.** استخدم مربع بانيت لكل تلقيح حددته في الخطوة (3). حدد هل جمعت البيانات الناتجة عن كل تلقيح محتمل؟
5. **قوّم.** كيف تؤثر البيانات التي جمعتها من مجموعتي البذور، في نسبة النباتات الصغيرة (البادرات)؟
6. **استخلص النتائج.** بناءً على البيانات من مجموعتي البذور الخاصة بك، اعمل قائمة بالطرز الجينية والطرز الشكلية للآباء.
7. **تحليل الخطأ.** قارن النسب التي حصلت عليها بنسب زملائك. وصِف أي اختلافات إن وجدت، ثم اجمع بياناتك مع بيانات مجموعة أخرى، واستنتج كيف أن زيادة عدد البذور يؤثر في نتائج التجربة.

تواصَل

عمل ملصق اعمل ملصقًا يصف التجربة التي نفذتها، واعرض البيانات التي جمعتها. ثم نظم جلسة صفية عند اكتمال الملصق، لتناقش في أثنائها نتائج زملائك وتقارنها بنتائجك.

الفصل 4

دليل مراجعة الفصل

المطويات **استنتج** على الوجه الخلفي لمطويتك، كيف يؤدي الانقسام المنصِّف والتراكيب الجينية الجديدة معًا إلى التنوع الوراثي؟

المفردات	المفاهيم الرئيسة
4–1 الانقسام المنصِّف	
الجين الكروموسوم المتماثل المشيج خلية أحادية المجموعة الكروموسومية الإخصاب خلية ثنائية المجموعة الكروموسومية الانقسام المنصِّف عملية العبور	**الفكرة الرئيسة** **ينتج عن الانقسام المنصِّف أمشاج أحادية المجموعة الكروموسومية.** • يحدث تضاعف DNA مرة واحدة فقط في أثناء الانقسام المنصِّف الذي ينتج عنه أربعة أمشاج أحادية المجموعة الكروموسومية. • يضم الانقسام المنصِّف مرحلتين من الانقسامات. • ينتج عن الانقسام المنصِّف تنوّع وراثي في الأمشاج.
4–2 الوراثة المندلية	
الوراثة الجين المتقابل الصفة السائدة الصفة المتنحية متماثل الجينات غير متماثل الجينات الطراز الجيني الطراز الشكلي قانون انعزال الصفات الهجين قانون التوزيع الحر	**الفكرة الرئيسة** **وضّح مندل كيف يمكن لجين سائد أن يمنع ظهور أثر جين متنحٍّ.** • أول من درس الوراثة العالم جريجور مندل، الذي ألقت تجاربه على نبات البازلاء الضوءَ على وراثة الصفات. • وضع مندل قانون انعزال الصفات وقانون التوزيع الحر. • يساعد مربع بانيت على توقع الأبناء المحتملين من التلقيح.
4–3 ارتباط الجينات وتعدد المجموعات الكروموسومية	
التراكيب الجينية الجديدة متعدّد المجموعة الكروموسومية	**الفكرة الرئيسة** **يعد عبور الجينات المرتبطة مصدرًا للتنوع الوراثي.** • تنتج التراكيب الجينية الجديدة عن عملية العبور الجيني والتوزيع الحر. • رُسمت الخرائط الكروموسومية الأولى بناءً على ارتباط الجينات على الكروموسوم. • يختار المزارعون النباتات المتعددة المجموعة الكروموسومية بناءً على خصائصها المرغوب فيها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 4 التقويم

4-1

مراجعة المفردات

اختر المصطلح المناسب من دليل مراجعة الفصل للإجابة عن الأسئلة الآتية:

1. عندما تندمج خليتان تحملان العدد (n) من الكروموسومات، فما نوع الخلية الناتجة؟
2. في أي عملية تتكون الأمشاج؟
3. ما اسم العملية التي ينتج عنها تبادل الجينات بين الكروموسومات المتماثلة؟

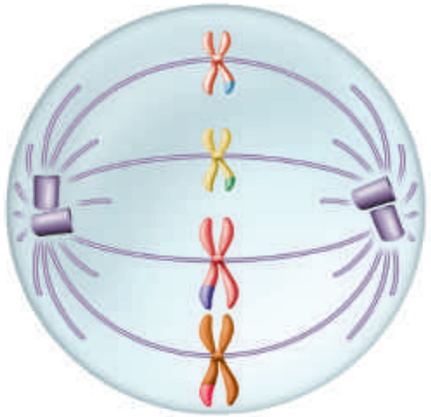
تثبيت المفاهيم الرئيسة

4. ما عدد الكروموسومات في خلية تمر بالطور الاستوائي الأول من الانقسام المنصِّف إذا كانت تحوي 12 كروموسومًا في أثناء الطور البيني؟

a. 6 **c.** 24

b. 12 **d.** 36

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤالين 5 و6.



5. أيّ مراحل الانقسام المنصِّف يمثلها الشكل السابق؟

a. الطور التمهيدي الأول.

b. الطور التمهيدي الثاني.

c. الطور الاستوائي الأول.

d. الطور الاستوائي الثاني.

6. ما الخطوة الآتية للكروموسومات في الشكل السابق؟

a. تمر بعملية التضاعف.

b. تمر بعملية الإخصاب.

c. ينخفض عددها إلى النصف في الخلية.

d. تنقسم إلى كروماتيدات شقيقة.

7. أيّ مما يأتي **لا يعد** من خصائص الكروموسومات المتماثلة؟

a. لها الطول نفسه.

b. لها موقع السنترومير نفسه.

c. لها نوع الجينات المتقابلة نفسها على الموقع نفسه.

d. تصبح في صورة أزواج في أثناء المرحلة الأولى من الانقسام المنصِّف.

أسئلة بنائية

8. **إجابة قصيرة.** اكتب جملة واحدة أو اثنتين للربط بين المصطلحات الآتية: الانقسام المنصِّف، الأمشاج، الإخصاب.

9. **إجابة قصيرة.** لا تحتوي الخلايا النباتية على مريكزات. كوّن فرضية تفسر سبب عدم حاجة الخلايا النباتية إلى مريكزات في عملية الانقسام المتساوي أو المنصِّف.

4 تقويم الفصل

التفكير الناقد

10. حلّل. للفرس 64 كروموسومًا وللحمار 62 كروموسومًا. باستخدام معرفتك عن الانقسام المنصِّف، قوّم لماذا يؤدّي التزاوج بين الفرس والحمار إلى إنجاب البغل الذي يكون عقيمًا عادة؟

11. كوّن فرضية. في مملكة النحل، تكون الملكة ثنائية المجموعة الكروموسومية، في حين يكون ذكر النحل أحادي المجموعة الكروموسومية. وينمو البيض المخصب ليصبح إناث نحل، في حين ينمو البيض غير المخصب ليصبح ذكورًا. كيف يمكن أن يختلف إنتاج الأمشاج في ذكر النحل عن إنتاجها بعملية الانقسام المنصِّف الطبيعية؟

4-2

مراجعة المفردات

وضّح الفرق بين كل المفردات الآتية:

12. السائد، المتنحي.

13. الطراز الجيني، الطراز الشكلي.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

14. ما نسبة الطرز الشكلية الناتجة عن تزاوج أرنب أسود (Bb) مع أرنب أبيض (bb)؟

a. 0 أسود: 1 أبيض

b. 1 أسود: 0 أبيض

c. 1 أسود: 1 أبيض

d. 3 أسود: 1 أبيض

15. صفة الأزهار الأرجوانية (P) في نبات البازلاء سائدة على صفة الأزهار البيضاء (p)، وكذلك النباتات الطويلة (T) سائدة على النباتات القصيرة (t). عند تزاوج نبات طويل أرجواني الأزهار (PpTt) مع نبات قصير أبيض الأزهار (pptt). فما نسبة الطرز الشكلية الناتجة؟

a. 1 أرجواني طويل: 1 أرجواني قصير: 1 أبيض طويل: 1 أبيض قصير.

b. 3 أرجواني طويل: 2 أرجواني قصير.

c. 9 أرجواني طويل: 3 أرجواني قصير: 3 أبيض طويل: 1 أبيض قصير.

d. جميعها أرجوانية طويلة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

4 تقويم الفصل

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤالين 16 و17.

16. عند تــزاوج قطة مجعدة الأذنين كما في الصورة أعلاه مع قط غير مجعد الأذنين كانت جميع القططة الصغيرة التــي ولدت غير مجعدة الأذنيــن. وعند تزاوج الأبناء معًا كانت نسبة الطرز الشكلية 3 غير مجعدة: 1 مجعدة الأذنين. لذا تعد صفة الأذن المجعدة:

a. ناتجة عن عملية العبور الجيني.

b. سائدة.

c. متنحية.

d. بحاجة إلى إجراء عدد كبير من التزاوجات لتحديد آلية توارث هذه الصفة.

أسئلة بنائية

17. إجابــة قصيــرة. ماذا يحدث في الجيــل الثالث (F_3) للقط المجعــد الأذنين المبين في الشــكل أعلاه، إذا تزاوج جميع أفــراد الجيل الثانــي (F_2) مع قططة غير مجعدة الأذنين؟

18. إجابــة قصيــرة. إذا وُلد لعائلة خمسة أطفال ذكور دون إناث، فهل يزيد هذا من احتمال إنجاب العائلة لمولود سادس أنثى؟ فسّر إجابتك.

التفكير الناقد

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤال 19.

19. توقّع. هناك نوعــان من الكلاب في الصورة، أحدهما بدون شعر والآخر له شعر، وصفة وجود الشعر تُحدد وراثيًّــا. بعض الكلاب التي لها شــعر تنتج فقط أفرادًا صغيرة لها شــعر، في حين ينتج بعضهــا الآخر أفرادًا صغيرة ليس لها شعر. فسّر كيف يمكن حدوث هذا؟

20. الرياضيات في علم الأحياء ما احتمــال إنجاب زوجين لخمس إناث على التوالي؟

4-3

مراجعة المفردات

استبدل بما تحته خط المصطلحَ الصحيحَ من صفحة دليل مراجعة الفصل فيما يأتي:

21. يســتخدم هرمون النمو في الإنسان في الزراعة لزيادة حجم الأزهار.

22. يُسهم كل من الانقسام المنصِّف وعملية العبور الجيني في كمية الكروموسومات في أنواع محددة.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

23. أيّ مما يأتي لا يُسهم في التنوع الوراثي؟

a. عدد الكروموسومات.

b. العبور الجيني.

c. الانقسام المنصِّف.

d. التزاوج العشوائي.

24. أيّ المفاهيــم الآتية لاينطبق عليه قانــون مندل الثاني (التوزيع الحر)؟

a. العبور الجيني.

b. ارتباط الجينات.

c. تعدد المجموعة الكروموسومية.

d. قانون انعزال الصفات.

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤالين 25 و26.

25. إذا كان لذبابــة المنزل في الصورة أعلاه ســتة أزواج من الكروموســومات، فإذا تزاوج ذبابتان معًا، وحدث اصطفاف عشوائي لأزواج الكروموسومات، فما عدد أنواع البيوض المخصّبة المحتملة الناتجة؟

a. 256

b. 1024

c. 4096

d. 16,384

26. لذبابة المنزل ستة أزواج من الكروموسومات. ما عدد ارتباطات الأمشــاج المحتملة التي يمكن أن تنتج عن الاصطفاف العشــوائي لهذه الأزواج في أثناء الانقسام المنصِّف؟

a. 32

b. 48

c. 64

d. 120

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

4 تقويم الفصل

أسئلة بنائية

27. **إجابة قصيرة.** ما العمليات الثلاث التي تزيد من التنوع الوراثي؟

28. **إجابة قصيرة.** كوّن فرضية حول كيفية إنتاج المزارعين لنباتات متعددة المجموعة الكروموسومية.

29. **إجابة قصيرة.** لماذا لا ينطبق قانون التوزيع الحر على ارتباط الجينات على الكروموسوم؟

التفكير الناقد

30. **مهن مرتبطة مع علم الأحياء** يقوم علماء البستنة بتنمية آلاف النباتات المتطابقة وراثيًّا باستخدام الأشتال التي لا تتكاثر جنسيًّا. ناقش مزايا استخدام الأشتال في تكثير نوعٍ معين من النباتات.

31. **كوّن فرضية.** توفر عملية العبور الجيني التنوّع الوراثي، الذي يغير في النهاية من جينات الجماعات الحيوية. ومع ذلك، فبعض المخلوقات الحية التي تتكاثر جنسيًّا لا يظهر فيها آليات التراكيب الجينية الجديدة. فما المزايا التي تحصل عليها المخلوقات الحية عندما تقوم بتقليل التراكيب الجينية الجديدة؟

تقويم إضافي

32. **الكتابة في علم الأحياء** تعد صفة الصوف الأبيض في الأغنام صفة سائدة على صفة الصوف الأسود المتنحية. افترض أن بعض الأغنام من قطيع معين غير متماثلة الجينات للون الصوف، اكتب خطة تبين كيفية تحسين صفات قطيع أغنام يحمل صفة الصوف الأبيض.

أسئلة المستندات

أُخذت الفقرات التالية من منشورات مندل.

"يجب حماية النباتات المهجنة في أثناء موسم الأزهار من تأثير حبوب اللقاح الغريبة إذا لم تكن هذه النباتات قادرة على توفير هذه الحماية ".

33. وضع مندل القاعدة أعلاه لنباتاته التجريبية. لخّص أهمية هذه القاعدة لنجاح تجاربه.

"إن الهدف من التجربة هو ملاحظة التنوع في حالة كل زوج من الخصائص المميزة والاستدلال على القانون الذي يظهر نتائجه في الأجيال المتعاقبة. وتحلّل التجربة نفسها إلى العديد من التجارب المنفصلة. فهناك صفات مميزة تظهر بثبات في النباتات التجريبية".

34. صف هدف مندل من إجراء تجاربه على تهجين النباتات.

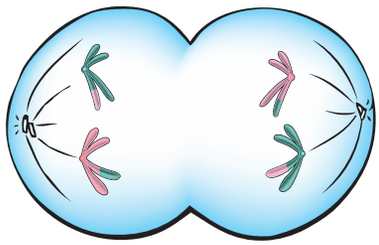
اختبار مقنن

أسئلة الإجابات المفتوحة

1. في أثناء الانقسام المنصِّف للخلية، أيّ المراحل الآتية تنفصل فيها الكروماتيدات الشقيقة بعضها عن بعض؟
   a. الطور الانفصالي الأول.
   b. الطور الانفصالي الثاني.
   c. الطور النهائي الأول.
   d. الطور النهائي الثاني.

2. أيّ مما يأتي يمثّل مخلوقًا حيًّا متعدد المجموعة الكروموسومية؟
   a. $\frac{1}{2}$ n
   b. $1\frac{1}{2}$ n
   c. 2 n
   d. 3 n

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 3 و4.

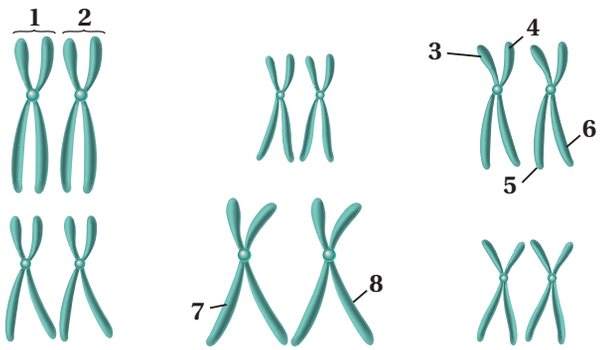


3. أيّ مراحل الانقسام المنصِّف ممثَّلة في الشكل؟
   a. الطور الانفصالي الأول.
   b. الطور الانفصالي الثاني.
   c. الطور الاستوائي الأول.
   d. الطور الاستوائي الثاني.

4. أيّ العمليات الآتية يمكن أن تحدث للخلية بعد المرحلة المبينة في الشكل خلال عملية الانقسام المنصِّف؟
   a. تتحول إلى ثنائية العدد الكروموسومي.
   b. العبور الجيني.
   c. انقسام السيتوبلازم.
   d. تضاعف DNA.

5. ما عدد الجينات المتقابلة التي توجد في كل خلية، عندما يكون المخلوق الحي ثلاثي المجموعة الكروموسومية؟
   a. 1
   b. 3
   c. 6
   d. 9

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن الأسئلة 6 – 8.



6. أيّ التراكيب المرقمة تمثل زوجًا متماثلاً؟
   a. 1 و 2
   b. 3 و 4
   c. 3 و 6
   d. 7 و 8

7. أيّ أجزاء الكروموسومات المبينة قد تظهر في أمشاج هذا المخلوق؟
   a. 1 و2
   b. 3 و 6
   c. 3 و 7
   d. 2 و 6

8. إذا كان الشكل يُبين كل الكروموسومات الموجودة في الخلايا الجسمية فما عدد الكروموسومات في مشيج هذا المخلوق في نهاية الانقسام المنصِّف الأول؟
   a. 3
   b. 6
   c. 9
   d. 12

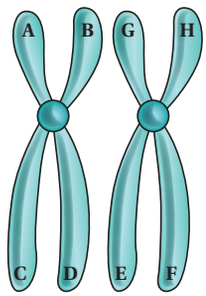
9. ما العملية التي تلعب دورًا في التنوع الوراثي؟
   a. التكاثر اللاجنسي.
   b. انقسام السيتوبلازم.
   c. التوزيع الحر.
   d. الانقسام المتساوي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الإجابات القصيرة

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤالين 10 و11.



10. يبين الشكل أعلاه زوجًا من الكروموسومات ذات مواقع مختلفة أشير إليها بأحرف. وضِّح أين يمكن أن يحدث العبور الجيني على زوج الكروموسومات هذا؟

11. متى يمكن أن يحدث العبور الجيني؟

12. لون البذور الصفراء في نباتات البازلاء صفة سائدة على صفة لون البذور الخضراء المتنحية. استعمل مربع بانيت لتوضح نتائج تزاوج نبات أصفر البذور غير متماثل الجينات مع نبات أخضر البذور (استخدم الرموز المناسبة).

13. اعتمادًا على نتائجك في السؤال (12)، ما نسبة الأفراد التي لها طراز جيني غير متماثل؟ فسّر إجابتك.

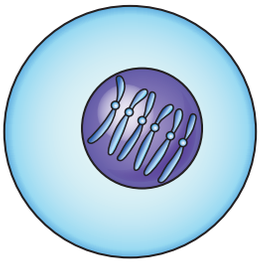
14. كيف تحفز عملية الانقسام المنصِّف التنوع الوراثي في الأنواع المختلفة من المخلوقات الحية؟

15. افترض أنك أجريت تزاوجًا بين مخلوقين حيين كلاهما يحمل الطراز الجيني RrYy. ما نسبة الأفراد الناتجين الذين سيكونون متماثلي الجينات لكلتا الصفتين؟ فسّر إجابتك.

16. كوّن فرضية حول سبب حدوث الانقسام المنصِّف في المرحلتين: الأولى والثانية.

أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤال 17.



17. يبين الشكل أعلاه الكروموسومات الموجودة في خلايا جنسية لمخلوق حي معين. صف بناءً على هذا الشكل ما يحدث في أثناء عملية الإخصاب في هذا النوع.

سؤال مقالي

نوع نبات البازلاء الذي درسه مندل له أزهار بنفسجية أو أزهار بيضاء. أحد لونَيْ هذه الأزهار سائد، واللون الآخر متنحٍّ.

بناءً على المعلومات الواردة في الفقرة السابقة، أجب عن السؤال الآتي مقاليًّا.

18. وضّح. ما التزاوجات التي يحتمل أن يكون قد أجراها مندل لتحديد اللون السائد؟

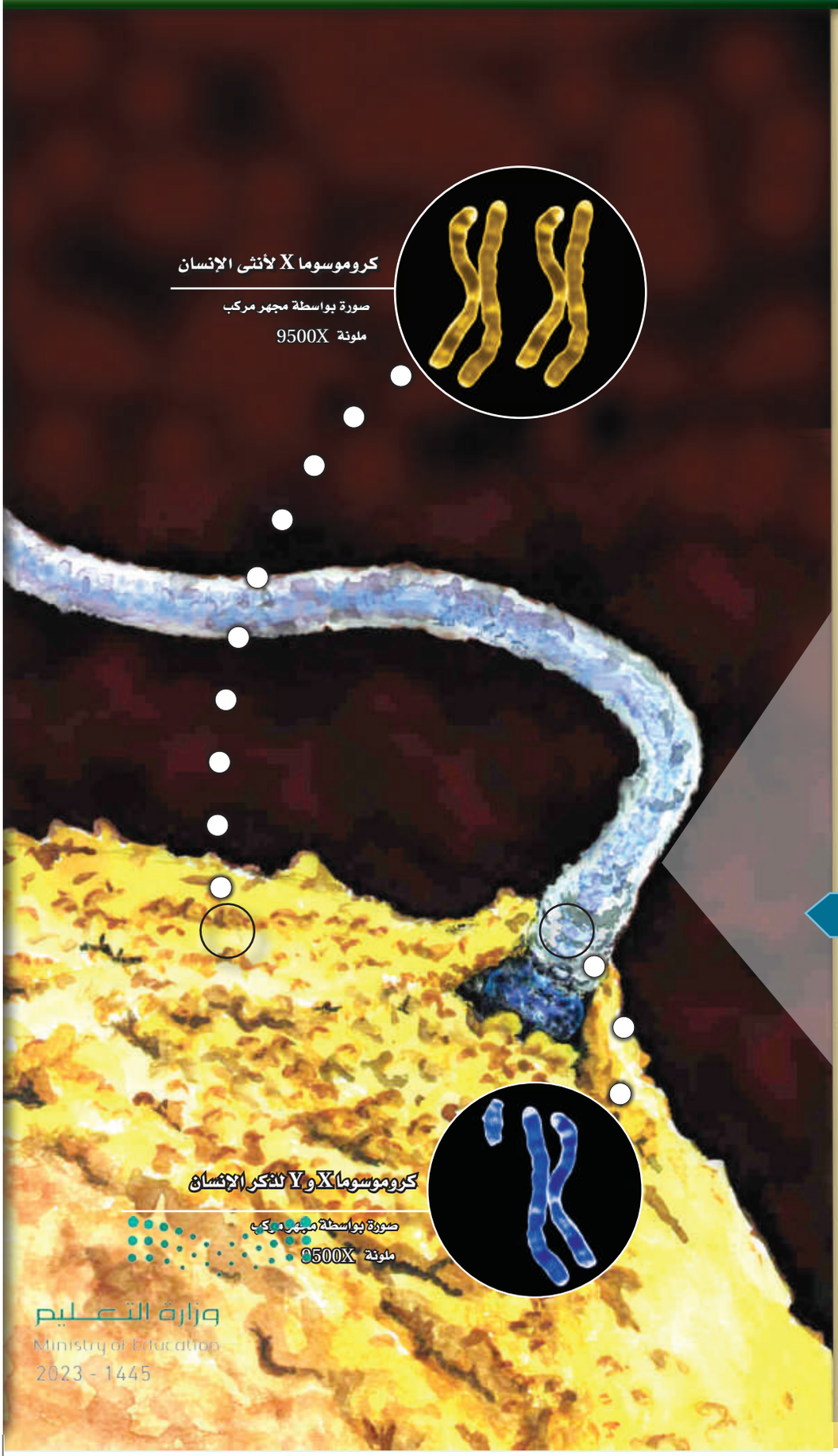
يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
الفصل / القسم	4-1	4-3	4-1	4-1	4-3	4-1	4-1	4-1	4-3	4-1	4-1	4-2	4-2	4-1	4-1	4-2	4-1	4-2
الصف	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3

الفصل 5

الوراثة المعقدة والوراثة البشرية

Complex Inheritance & Human Heredity



الفكرة العامة لا تنطبق قوانين مندل على الوراثة في الإنسان دائمًا.

5–1 الأنماط الأساسية لوراثة الإنسان

الفكرة الرئيسة يمكن توضيح وراثة صفة ما لعدة أجيال بمخطط السلالة.

5–2 الأنماط الوراثية المعقدة

الفكرة الرئيسة لا تنطبق الأنماط الوراثية التي وصفها مندل على وراثة الصفات المعقدة.

5–3 الكروموسومات ووراثة الإنسان

الفكرة الرئيسة يمكن دراسة الكروموسومات باستخدام المخطط الكروموسومي.

حقائق في علم الأحياء

- يمكن تمييز تنوع البشر في بعض الأحيان بالصفات الشكلية مثل لون الجلد، ولون الشعر، وطي الجلد عند زاوية العين.
- قد تكون الاختلافات الوراثية لأفراد ينتمون للعرق نفسه أكبر من الاختلافات الوراثية بين الأفراد الذين ينتمون إلى أعراق أخرى.

نشاط استهلالي

ما الذي تعرفه عن وراثة الإنسان؟

كلما زادت المعرفة بالوراثة لدى الإنسان وفهمها تطلب الأمر إعادة النظر في الأفكار الشائعة منذ أمد طويل، تلك المتعلقة بحقائق الوراثة لدى الإنسان. فقبول الأفكار أو رفضها مرهون بالدليل، وبما تقدمه الاكتشافات الحديثة؛ والتي قد تتغير في المستقبل.

خطوات العمل

1. اقرأ العبارات الآتية بدقة، وقرر ما إذا كانت صحيحة أم خاطئة:
   a. الأب هو الذي يحدد جنس الجنين.
   b. يمكن أن ينقل الآباء صفات لا تظهر لديهم إلى أبنائهم.
   c. التوائم المتطابقة دائمًا تكون من الجنس نفسه.
2. ناقش زملاءك ومعلمك في إجاباتك.

التحليل

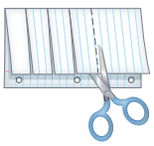
1. **قوّم.** ما السؤال الذي أجاب عنه الصف كله بطريقة غير صحيحة؟ ناقش أسباب ذلك.
2. **حلّل.** ما فائدة فهم الوراثة لدى الإنسان؟

المطويات
منظمات الأفكار

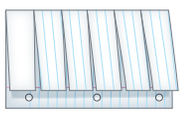
الاختلالات الوراثية اعمل هذه المطوية لتساعدك على فهم كيف يرتبط التنوع في تسلسل ترتيب النيوكليوتيدات مع الاختلالات الوراثية.

الخطوة 1: اطوِ ورقة طوليًّا، تاركًا مسافة 2.25 cm بين طرفيها كما في الشكل الآتي:

الخطوة 2: أدر الورقة، وقصّ الطبقة العلوية لعمل ستة ألسنة متساوية، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3: عنون كل لسان من المطوية باختلال وراثي مختلف، وصف كل اختلال تحت كل لسان على الوجه الخلفي للورقة:



المطويات **استعمل هذه المطوية في القسم 1–5**، وسجل وأنت تقرأ الدرس كيفية تتبع الاختلالات الوراثية باستخدام مخطط السلالة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

5-1

الأنماط الأساسية لوراثة الإنسان
Basic Patterns of Human Inheritance

الأهداف

- **تحلل** الأنماط الوراثية لتحدد أيها سائد وأيها متنحٍّ.
- **تلخص** أمثلة على الاختلالات السائدة والمتنحية.
- **تنشئ** مخطط سلالة للإنسان بناءً على معلومات وراثية.

مراجعة المفردات

الجينات: قطع من DNA تتحكم في إنتاج البروتينات.

المفردات الجديدة

حامل الصفة
مخطط السلالة

الفكرة الرئيسة **يمكن توضيح وراثة صفة ما لعدة أجيال بمخطط السلالة.**

الربط مع الحياة يفيد تتبع الأثر في الاستدلال على صاحبه. وكذلك فإن تتبع الوراثة لدى الإنسان يمكن أن يبين كيفية انتقال صفةٍ ما من جيل إلى آخر.

اختلالات وراثية متنحية Recessive Genetic Disorders

الربط مع التاريخ في بداية عام 1900م بدأ العلماء يهتمون بالوراثة بعد أن أهملت نتائج مندل لأكثر من 30 سنة. وفي هذا الوقت اهتم الطبيب البريطاني آرتشيبالد جارود باختلال مرتبط بنقص إنزيم يسمى الكابتونيوريا ينجم عن إفراز الحمض في البول، وينتج عنه بول أسود. لاحظ د. جارود أن الحالة تظهر عند الولادة وتستمر خلال حياة المريض، وتؤثر في النهاية في العظام والمفاصل. وقد لاحظ أن الكابتونيوريا ينتقل بين العائلات. وقد حدد جارود بمساعدة عالم آخر أن الكابتونيوريا اختلال وراثي متنحٍّ.

ويستمر التقدم اليوم ليساعدنا على فهم الاختلالات الوراثية. ادرس **الجدول 1–5**، وتذكر أن الصفة المتنحية تظهر عندما يكون الفرد متماثل الجينات المتنحية لتلك الصفة. لذا فالأفراد الذين لديهم جين سائد واحد على الأقل لا تظهر عليهم الصفة المتنحية. والفرد الذي يكون غير متماثل الجينات لاختلال وراثي متنحٍّ يسمى **حاملًا للصفة** carrier.

الجدول 1–5 مراجعة المصطلحات

المصطلح	مثال	التعريف
صفة وراثية نقية (متماثل الجينات) Homozygous	نباتات بازلاء نقية صفرو البذور طرازها الجيني YY، وأخرى خضراء البذور طرازها الجيني yy.	مخلوق حي لديه جينان متقابلان متشابهان لصفة معينة يسمى نقي الصفة الوراثية (متماثل الجينات لهذه الصفة).
صفة وراثية غيرنقية (غيرمتماثل الجينات) Heterozygous	نبات طرازه الجيني Yy يكوِّن نبات بازلاء أصفر البذور	مخلوق حي لديه جينان متقابلان مختلفان لصفة معينة يسمى غير نقي لتلك الصفة الوراثية (خليط الصفة، غير متماثل)، عندما تكون الجينات المتقابلة غير نقية تظهر الصفة السائدة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الجدول 2–5	اختلالات وراثية متنحية في الإنسان			
الاختلال الوراثي	معدل الإصابة	السبب	الأثر	العلاج / الشفاء
التليف الكيسي Cystic fibrosis	1 لكل 3500	تعطل الجين المسؤول عن إنتاج بروتين غشائي.	• إفراز مخاط كثيف. • فشل هضمي وتنفسي.	• لا شفاء منه إلا بإذن الله. • تنظيف يومي للمخاط من الرئتين. • أدوية تقليل المخاط. • متممات إنزيم البنكرياس.
المهاق Albinism	1 لكل 17,000	لا تنتج الجينات كميات كافية من صبغة الميلانين.	• لا يوجد لون في الجلد، والعيون والشعر. • الجلد معرّض لتلف بسبب الأشعة فوق البنفسجية. • مشكلات في الرؤية.	• لا شفاء منه إلا بإذن الله. • وقاية الجلد من الشمس والعوامل البيئية الأخرى. • إعادة تأهيل الرؤية.
مرض تاي - ساكس Tay—sachs disease	1 لكل 2500	غياب الإنزيم الضروري لتحليل الأحماض الدهنية.	• تراكم أجسام دهنية في الدماغ. • إعاقة عقلية.	• لا علاج ولا شفاء منه إلا بإذن الله. • الوفاة عند سن 5 سنوات.
الجلاكتوسيميا Galactosemia	1 لكل 50,000–70,000	غياب جين ينتج الإنزيم المسؤول عن تحليل الجلاكتوز.	• إعاقة عقلية. • تضخم الكبد. • فشل كلوي.	• لا شفاء منه إلا بإذن الله. • تناول وجبات خالية من اللاكتوز/ الجلاكتوز.

التليف الكيسي Cystic fibrosis أحد أشهر الاختلالات الوراثية المتنحية، الذي يؤثر في الغدد المنتجة للمخاط، والإنزيمات الهاضمة، والغدد العرقية؛ إذ لا يتم امتصاص أيونات الكلور إلى داخل خلايا جسم الشخص المصاب بالتليف الكيسي، ولكن يتم إفرازها مع العرق. ولا ينتشر الماء إلى خارج الخلايا دون وجود أيونات كلور كافية في الخلايا. ويسبب هذا إفراز مخاطٍ كثيفٍ يؤثر في مناطق مختلفة من الجسم، فيغلق قنوات البنكرياس، ويعيق الهضم، ويغلق الممرات التنفسية الدقيقة في الرئتين. ويتعرض مرضى التليف الكيسي للعدوى أكثر؛ بسبب المخاط المتراكم في رئاتهم.

ويتضمن علاج التليف الكيسي حاليًّا العلاج الفيزيائي (الجسمي)، والأدوية، والغذاء الخاص، وتناول بدائل لإنزيمات الهضم. وتتوافر فحوص وراثية لتحديد ما إذا كان الشخص حاملاً للجين المتنحي.

المهاق Albinism ينجم المهاق في البشر عن اختلال جيني، يؤدي إلى غياب صبغة الميلانين في الجلد والشعر والعينين. ويوجد الميلانين في حيوانات أخرى أيضًا.

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

المفردات

المفردات الأكاديمية

التردي Decline

الفقدان التدريجي أو التدهور.

زادت حالته الصحية تدهورًا بسبب إصابته بالمرض.

والشخص المصاب بالمهاق شعره أبيض، وجلده شاحبٌ جدًّا، وبؤبؤ عينه ورديّ. وقد يؤدي نقص الميلانين في العيون إلى مشكلات في الرؤية. وعلى الرغم من أن علينا جميعًا أن نحمي أنفسنا من أشعة الشمس فوق البنفسجية فإن المصابين بالمهاق يجب أن يحموا أجسامهم أكثر.

مرض تاي – ساكس Tay– Sachs disease مرض ينتج عن اختلال وراثي متنحٍّ، والجين المسؤول عنه موجود على الكروموسوم 15. ويتم تحديد هذا المرض بوجود بقعة حمراء في مؤخرة العين، ويبدو أن مرض تاي – ساكس ينتشر كثيرًا بين اليهود من أصول شرق أوروبية.

وينجم مرض تاي – ساكس عن نقص إنزيمات مسؤولة عن تحليل أحماض دهنية تسمى جانجليوسايدز gangliosides – تتكون بصورة طبيعية، ثم تذوب عند نمو الدماغ. وتتراكم أحماض جانجليوسايدز في الأشخاص المصابين بمرض تاي– ساكس، مسببة تضخمًا في الخلايا العصبية الدماغية وتلفًا دماغيًّا.

الجلاكتوسيميا Galactosemia اختلال وراثي ينتج عنه عدم قدرة الجسم على هضم الجلاكتوز. خلال الهضم يتحلل اللاكتوز من الحليب إلى جلوكوز وجلاكتوز. والجلوكوز هو السكر الذي يستخدمه الجسم مصدرًا للطاقة وينتقل مع الدم. يجب أن يتحلل الجلاكتوز إلى جلوكوز بإنزيم (GALT) Galactose–1–Phosphate Uridyltransferase أو الناقل للجلاكتوز المفسفر. والأشخاص الذين يفتقرون إلى وجود إنزيم GALT أو أنه غير نشط في أجسامهم، لا يمكنهم هضم الجلاكتوز. ويتعين على المصابين بمرض جلاكتوسيميا أن يتجنبوا منتجات الحليب، ارجع إلى **الجدول 2–5**.

اختلالات وراثية سائدة Dominant Genetic Disorders

ليست الاختلالات الوراثية كلها ناجمة عن الوراثة المتنحية، بل إن بعض الاختلالات، مثل مرض هنتنجتون النادر، كما في **الجدول 3–5**، سببها جينات سائدة؛ مما يعني أن الأشخاص الذين ليس لديهم اختلالات تكون جيناتهم متنحية متماثلة لهذه الصفة.

الجدول 3–5 اختلالات وراثية سائدة في الإنسان

الاختلال	نسب الإصابة	السبب	الأثر	العلاج/الشفاء
مرض هنتنجتون	1 لكل 10,000	اختلال في أحد الجينات يؤثر في الوظيفة العصبية.	• تدهور في الوظائف العصبية والعقلية. • ضعف في القدرة على الحركة.	لا يوجد شفاء أو علاج إلا بإذن الله.
عدم نمو الغضروف	1 لكل 25,000	اختلال في الجين الذي يؤثر في نمو العظام.	• أذرع وسيقان قصيرة. • رأس كبير.	لا يوجد شفاء إلا بإذن الله.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مرض هنتنجتون Huntington's disease يؤثر في الجهاز العصبي، وتظهر أعراض هذا المرض أولاً في الأشخاص المصابين بين سن 30–50 سنة. وتشمل هذه الأعراض الفقدان التدريجي لوظائف الدماغ، والحركات غير المسيطر عليها، واضطرابات عاطفية. تتوافر اختبارات وراثية للكشف عن هذا الجين السائد. ويواجه المصاب معضلة كبيرة؛ بسبب عدم توافر علاج واقٍ أو دواء لهذا المرض في الوقت الحالي.

عدم نمو الغضروف (القمأة) Achondroplasia الفرد المصاب بهذه الحالة الوراثية السائدة له جسم صغير الحجم وأطراف قصيرة بصورة واضحة. ويُعد عدم نمو الغضروف أكثر أشكال التقزم انتشارًا، ويبلغ طول الشخص المصاب 1.30 m تقريبًا عند البلوغ، ويعيش حياة عادية طوال فترة حياته.

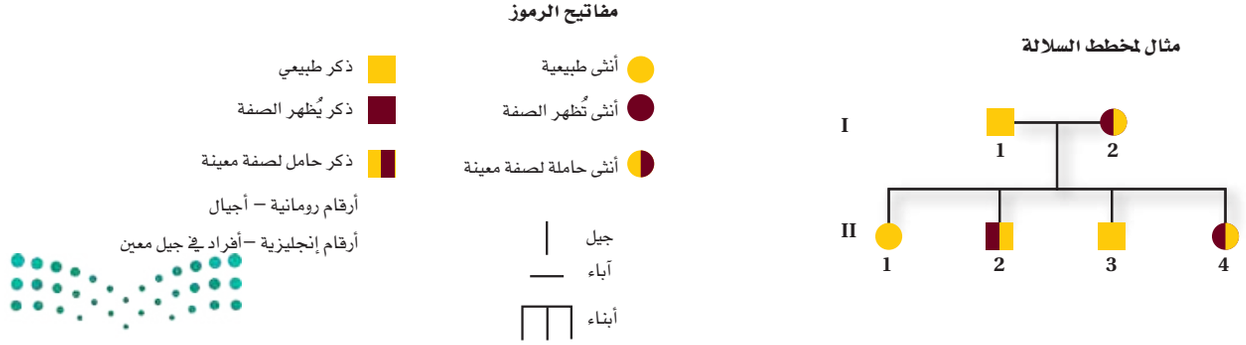
ومن المثير للاهتمام أن 75% من الأفراد المصابين بهذا الاختلال يولدون لأبوين متوسطي الطول. وتنجم هذه الحالة للأطفال عن طفرة جديدة أو تغيّر وراثي.

ماذا قرأت؟ **حدّد** فرص وراثة اختلال وراثي سائد أو متنحٍّ إذا كان أحد الأبوين مصابًا به.

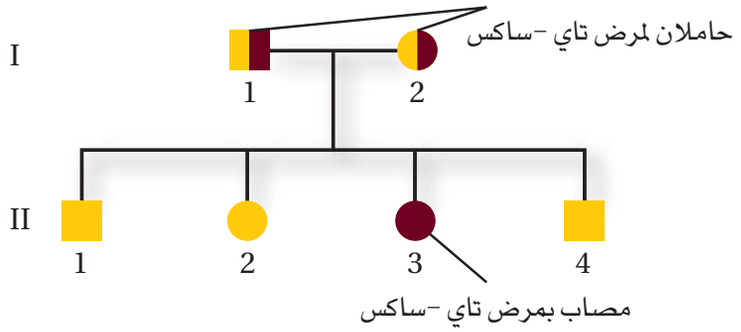
مخطط السلالة Pedigrees

يمكن للعلماء إجراء تزاوجات لدراسة العلاقات الوراثية في المخلوقات الحية، مثل البازلاء وذبابة الفاكهة. وفي حالة الإنسان، يدرس العلماء تاريخ العائلة باستخدام **مخطط السلالة** pedigree ، وهو شكل يتتبع وراثة صفة معينة خلال عدة أجيال. ويستخدم مخطط السلالة رموزًا لتوضيح وراثة الصفة. حيث يُمثّل الذكور بالمربعات، وتُمثل الإناث بالدوائر، كما يبين **الشكل 1–5**. والأفراد الذين تظهر لديهم الصفة يتم تمثيلهم بدائرة أو مربع مظلل باللون الغامق، بحسب جنسهم. أما الأفراد الذين لا تظهر لديهم الصفة فيمثلون بدوائر أو مربعات غير مظللة باللون الغامق.

ويشير الخط الأفقي بين الرموز إلى أن هؤلاء آباء للأبناء الذين أسفلهم. ويترتب الأبناء بحسب ترتيب الولادة من اليمين إلى اليسار، ويكون بعضهم مرتبطًا مع بعض وكذلك مع آبائهم.



■ **الشكل 1–5** يستعمل مخطط السلالة رموزًا معيارية للإشارة إلى ما هو معروف عن الصفة التي يتم دراستها.



■ **الشكل 2–5** يوضح مخطط السلالة وراثة الاختلال الوراثي المتنحي (مرض تاي–ساكس). لاحظ أن الأبوين غير مصابين (سليمين) (I 1 و I 2) يمكن أن ينجبا طفلًا واحدًا مصابًا (II 3).

يستعمل مخطط السلالة نظام الترقيم؛ حيث تمثل الأرقام الرومانية الأجيال، وترقم الأفراد بحسب الولادة بالأرقام العربية. فعلى سبيل المثال، الفرد (II 1)، في الشكل **1–5** أنثى، وهي المولودة الأولى للجيل (II).

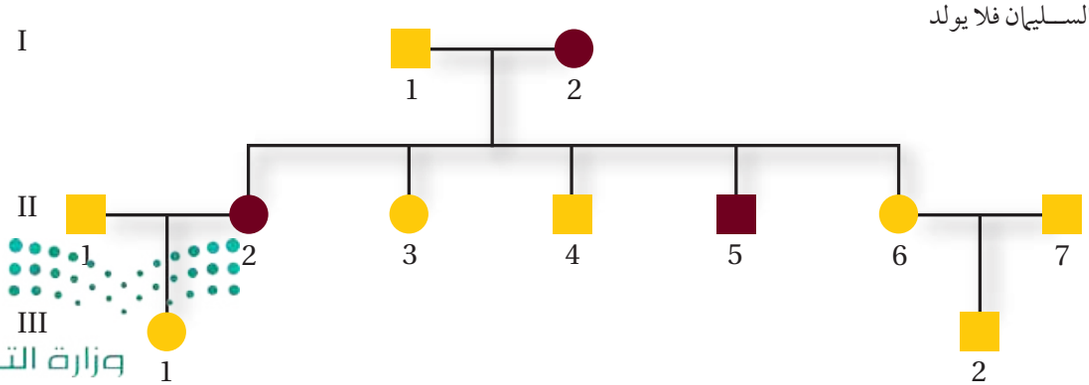
تحليل مخطط السلالة Analyzing Pedigree

يبين **الشكل 2–5** مخطط سلالة لمرض تاي – ساكس. ومرض تاي– ساكس، كما في **الجدول 2–5**، اضطراب وراثي متنحٍّ ينتج عن نقص في إنزيم يدخل في أيض الدهون. فينتج عنه تراكم الدهون في الجهاز العصبي المركزي، وقد يؤدي إلى الموت. تفحص المخطط في **الشكل 2–5**، تلاحظ أن الأبوين السليمين (I1) و (I2) يولد لهما طفل مصاب (II3)، وهذا يدل على أن كل أب لديه جين متنحٍّ واحد، وكلاهما غير متماثل الجينات (غير نقي الصفات) حامل للصفة. وتعني كل من الدائرة والمربع نصفَي المظللين أن كلا الأبوين يحمل الصفة.

يُبين مخطط السلالة في **الشكل 3–5** وراثة اختلال وراثي سائد، وهو تعدد الأصابع. فالأشخاص المصابون بهذا الاختلال لديهم زيادة في عدد أصابع الأيدي وأصابع القدمين. وتظهر الصفة في الوراثة السائدة عندما يوجد جين واحد سائد فقط. فإذا كان أحد الآباء غير مصاب والآخر مصابًا بتعدد الأصابع فإن الابن يمكن أن يكون غير نقي الصفة أو متنحيًا (متماثلًا).

فعلى سبيل المثال، في **الشكل 3–5**، الأنثى (I 2) المشار إليها بدائرة غامقة اللون مصابة بتعدد الأصابع. ولما كانت الصفة تظهر في هذه الأنثى، فقد تكون سائدة (نقية الصفات سائدة أو غير نقية الصفات).

■ **الشكل 3–5** يوضح مخطط السلالة هذا وراثة اختلال وراثي سائد. لاحظ أن أحد الأبوين المصابين يمكن أن تنتقل جيناته (II 5، II 2)، أما الأبوان السليمان فلا يولد لهما طفل مصاب (III 2).



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

ويمكن استنتاج أنها غير متماثلة (غير نقية) الجينات، أيْ أن لديها جينًا سائدًا، وآخر متنحيًا ؛ لأن الأفراد (II 3) و(II 4) لا يظهر لديهم هذا الاختلال. لاحظ أن (II 6) و (II 7) أبوان غير مصابين، وكذلك أبناؤهما غير مصابين – (III 2). فما الذي تستنتجه عن الجينات للأنثى (II 2)، بناءً على الطراز الشكلي لأبويها وأبنائها؟

استنتاج الطرز الجينية Inferring genotypes تستعمل مخططات السلالة لاستنتاج الطرز الجينية بملاحظة الطرز الشكلية. فيمكن للمستشار الوراثي، عن طريق معرفة الصفات الجسدية تحديد أي الجينات يحتمل وجودها في فرد ما؛ إذ يتم تحليل الطرز الشكلية للعائلات بصورة كاملة لتحديد الطرز الجينية للعائلة، كما في **الشكل 3-5**.

تساعد مخططات السلالة مستشاري الوراثة على تحديد ما إذا كانت أنماط الوراثة سائدة أم متنحية. وعندما يتم تحديد هذه الأنماط يمكن الكشف عن الطرز الجينية للأفراد من خلال تحليل مخطط السلالة. ولكي يحلَّل مخطط السلالة يتم عادة دراسة صفة واحدة محددة، وتحديد ما إذا كانت صفة سائدة أم متنحية. والصفات السائدة أكثر تمييزًا من الصفات المتنحية؛ لأنها تظهر في الطراز الشكلي.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

المستشار الوراثي Genealogist يدرس ويتتبع وراثة بعض الصفات في الأفراد أو العائلات ويحدد الأمراض الوراثية إن وجدت.

تجربة 1 - 5

استقصِ مخطط سلالة للإنسان

أين التفرع في مخطط سلالة العائلة؟ يتكاثر الإنسان ببطء، على عكس بعض المخلوقات الحية الأخرى، وينتج القليل من الأبناء في المرة الواحدة. ومن الطرائق التي تستعمل في دراسة صفات الإنسان تحليل مخطط السلالة.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. تخيل أنك اختصاصي وراثة تقابل شخصًا مهتمًّا بحالةٍ ما في عائلته، هي وجود الشعر على شحمة الأذن.
3. صمّم مخططًا من النص التالي، واستعمل الرموز والأشكال المناسبة:

"اسمي سليم، وكان لجدي الأول محمود شعر على شحمة الأذن، أما جدتي الأولى سميرة فلم يكن لها شعر على شحمة أذنها. أنجب محمود وسميرة ثلاثة أطفال، هم زياد وسلوى وعادل؛ كان للطفل الأكبر (زياد) شعر على شحمة أذنه، وكذلك الابنة الوسطى سلوى؛ ولكن الابن الأصغر (عادل) لم يكن لديه شعر على شحمة أذنه. ولم يتزوج عادل أبدًا ولم يكن له أبناء. في حين تزوج زياد بمنى، فأنجبا ابنة واحدة هي رقية. وكان زياد هو الذكر الوحيد في العائلة الذي له شعر على شحمة أذنه. وتزوجت سلوى بباسم، وأنجبا روان وإسراء. ولم يكن لباسم شعر على شحمة أذنه، في حين كان لابنتيه شعر على شحمة الأذن".

التحليل

1. **قوّم** أبسط الطرائق التي تستخدم في عمل مخططات توضح توارث هذه الصفة.
2. **التفكير الناقد.** بالاعتماد على هذه التجربة بوصفها مرجعًا، كيف يمكن أن نستفيد من مخططات سلالة العائلة وتحليلها بصورة عملية؟

لن تظهر الصفة المتنحية إلا إذا كان الشخص يحمل الجينات المتماثلة المتنحية لتلك الصفة. وهذا يعني أن جينًا متنحيًا واحدًا انتقل من كل أب. وعندما تظهر الصفات المتنحية يتم تتبع أسلاف الشخص الذي تظهر فيه الصفة لعدة أجيال لتحديد أيهم كان حاملاً للجين المتنحي.

توقع الاختلالات Predicting disorders إذا تم الاحتفاظ بسجلات جيدة للعائلات فإن الاختلالات الوراثية المستقبلية للأجيال يمكن توقعها. ويمكن الحصول على المزيد من الدقة إذا تم تحديد حالة عدة أفراد من العائلة. إن دراسة الوراثة في البشر صعبة؛ لأن العلماء مقيدون بالوقت والدين والظروف. فعلى سبيل المثال تتطلب دراسة كل جيل عقودًا حتى تكتمل. لذا فحفظ سجل جيد يساعد العلماء على استعمال تحليل مخطط السلالة لدراسة أنماط الوراثة، وتحديد الطرز الشكلية والطرز الجينية في عائلة ما.

التقويم 5-1

الخلاصة

- يمكن أن تنتج الاختلالات الوراثية عن جينات سائدة أو متنحية.
- التليف الكيسي اختلال وراثي يؤثر في إفراز المخاط والعرق.
- يفتقر الأفراد المصابون بالمهاق إلى صبغة ميلانين في الجلد والشعر والعيون.
- مرض هنتنجتون يؤثر في الجهاز العصبي.
- يسمى عدم نمو الغضروف بالقماءة.
- يستعمل مخطط سلالة العائلة في دراسة أنماط الوراثة في الإنسان.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **اعمل** مخطط سلالة عائلة لأبوين سليمين ابنهما مصاب بالتليف الكيسي.
2. **فسر** نوع الوراثة المرتبط بمرض هنتنجتون ومرض عدم نمو الغضروف.
3. **فسر.** هل يمكن لأبوين مصابين بالمهاق أن ينجبا ابنًا سليمًا؟ فسر إجابتك.
4. **ارسم.** افترض أن أبوين يستطيعان ثني لسانيهما، أما ابنهما فلا يستطيع ذلك، ارسم مخطط سلالة عائلة يبين هذه الصفة، وعنون كل طراز جيني بالرمز المناسب.

التفكير الناقد

5. الرياضيات في علم الأحياء الفينيل كيتونيوريا (PKU) اختلال وراثي متنحٍّ. إذا كان الأبوان حاملين له فما احتمال أن ينجبا طفلاً مصابًا؟ وما احتمال أن ينجبا طفلين مصابين؟
6. **حدّد.** عندما يطلب زوجان فحصًا للتليف الكيسي فما الأسئلة التي قد يسألها الطبيب قبل عمل هذه الفحوص؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

5-2

الأنماط الوراثية المعقدة
Complex Patterns of Inheritance

الأهداف

- **تميز** بين أنماط الوراثة المعقدة المختلفة.
- **تحلل** أنماط الوراثة المرتبطة مع الجنس.
- **تفسر** كيف تؤثر البيئة في الطراز الشكلي لمخلوق حي.

مراجعة المفردات

المشيج: خلية جنسية (حيوان منوي أو بويضة) مكتملة النمو أحادية المجموعة الكروموسومية.

المفردات الجديدة

السيادة غير التامة
السيادة المشتركة
الجينات المتعددة المتقابلة
التفوق الجيني
الكروموسوم الجنسي
الكروموسوم الجسمي
الصفة المرتبطة مع الجنس
الصفات المتعددة الجينات

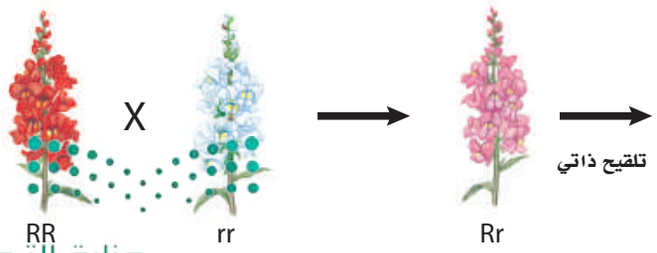
الفكرة الرئيسة **لا تنطبق الأنماط الوراثية التي وصفها مندل على وراثة الصفات المعقدة.**

الربط مع الحياة تخيل مصابًا بعمى اللونين الأحمر والأخضر؛ حيث لا يظهر اللون الأحمر بوضوح في الإضاءة الخافتة، أما في الليل فيبدو اللون الأخضر كاللون الأبيض المستخدم في إنارة الشوارع. ولمساعدة المصابين بهذا الاختلال صممت إشارات المرور بألوان تَتبعُ النمط نفسه دائمًا؛ وعلى كل حال، لا يتبع عمى اللونين الأحمر والأخضر نمط الوراثة نفسه الذي وصفه مندل.

السيادة غير التامة Incomplete Dominance

عندما يكون الفرد غير متماثل الجينات (غير نقي) لصفة ما يكون طرازه الشكلي ما تمثله الصفة السائدة. فعلى سبيل المثال، إذا كان الطراز الجيني لنبات البازلاء هو Tt (حيث T= الطراز الجيني لصفة "طول الساق" السائدة) فإن الطراز الشكلي لهذا النبات سيكون طويل الساق. وعند تزاوج نباتات شب الليل الحمراء الأزهار (RR) مع نباتات شب الليل البيضاء الأزهار (rr) فإن نباتات الجيل الناتج تحمل صفة الأزهار الوردية غير المتماثلة الجينات (Rr)، كما في **الشكل 4-5**. وهذا مثال على **السيادة غير التامة** incomplete dominance؛ حيث يشكل فيها الطراز الشكلي غير المتماثل الجينات صفة وسطية بين الطرازين الشكليين المتماثلي الجينات الخاصة بالآباء. وعندما يتزاوج أفراد الجيل الأول غير المتماثلين الجينات ذاتيًّا ينتج عنها أزهار حمراء ووردية وبيضاء بنسبة 1 :2 :1 على التوالي، كما في **الشكل 4-5**.

الشكل 4-5 ينتج لون أزهار نبات شب الليل عن السيادة غير التامة. عندما يتزاوج نبات يحمل صفة الأزهار البيضاء النقية مع نبات يحمل صفة الأزهار الحمراء النقية تظهر صفة الأزهار الوردية في F_1. وعند تلقيح أفراد F_1 ذاتيًّا تنتج نباتات حمراء الأزهار، ووردية، وبيضاء.
توقع. **ماذا يحدث إذا لقحت نباتًا وردي الأزهار مع نبات أبيض الأزهار؟**



	R	r
R	RR أحمر	Rr وردي
r	Rr وردي	rr أبيض

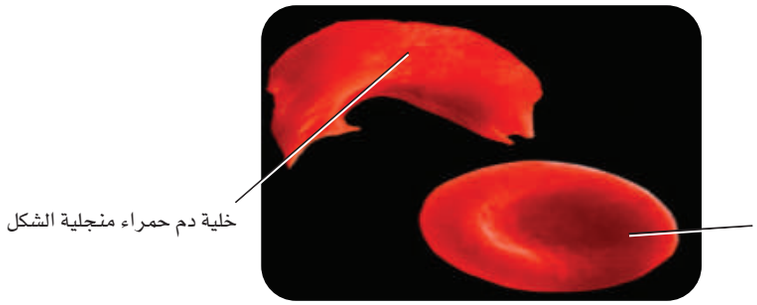
نسبة الطرز الشكلية 1:2:1

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشكل 5-5

يمين: يزيد جين مرض أنيميا الخلايا المنجلية من المقاومة لمرض الملاريا.

يسار: خلايا الدم الحمراء الطبيعية منبسطة وقرصية الشكل. أما الخلايا المنجلية فهي طولية وتشبه حرف C. ويمكنها أن تتراكم وتغلق الدورة الدموية في الأوعية الدموية الصغيرة.



السيادة المشتركة Codominance

تذكر أنه عندما يكون المخلوق الحي غير متماثل الجينات لصفة محددة فإن الطراز الشكلي الذي يعبر عنه الجين السائد هو الذي يظهر. أما في أنماط الوراثة المعقدة –ومنها **السيادة المشتركة** codominance– فيظهر أثر كلا الجينين عندما يكون الطراز الجيني لصفة ما غير متماثل الجينات. فعلى سبيل المثال يتبع مرض أنيميا الخلايا المنجلية وراثة السيادة المشتركة.

مرض أنيميا الخلايا المنجلية Sickle–cell disease الجين المسؤول عن مرض أنيميا الخلايا المنجلية شائع، وهو محمول على الكروموسومات الجسمية، وخصوصًا في الأشخاص ذوي الأصول الإفريقية، وينتقل مرض أنيميا الخلايا المنجلية عندما يجتمع جينان متنحيان من الأبوين. ويؤثر مرض أنيميا الخلايا المنجلية في خلايا الدم الحمراء وقدرتها على نقل الأكسجين. يبين **الشكل 5-5** خلايا الدم في فردٍ غير متماثل الجينات لصفة مرض أنيميا الخلايا المنجلية. ينتج عن تغيرات في الهيموجلوبين – خاصة البروتين الموجود في خلايا الدم الحمراء– تغُير شكل خلايا الدم الحمراء– تغيرُ خلايا الدم إلى شكل منجلي، أو شكل حرف C. لا تنقل الخلايا المنجلية الأكسجين بفاعلية؛ لأنها توقف الدورة الدموية في الأوعية الدموية الصغيرة. والأشخاص غير المتماثلي الجينات لهذه الصفة لديهم خلايا طبيعية وخلايا منجلية في الوقت نفسه. وهؤلاء الأفراد يمكن أن يعيشوا حياة طبيعية؛ حيث إن الخلايا الطبيعية تعوّض الخلل الناتج عن الخلايا المنجلية.

ينتشر مرض الأنيميا المنجلية في بعض مناطق المملكة العربية السعودية. ومن الإجراءات التي تتّبعها الجهات المعنيّة في المملكة للتقليل من انتشار المرض وانتقاله من الآباء إلى الأبناء الالتزام بإجراء الفحص الطبي الشامل قبل الزواج؛ حيث تكشف هذه التحاليل الطبية الإصابة بالمرض، وتمكِّن المستشار الوراثي من تحديد نسبة أو احتمال وراثة الأبناء للمرض من آباء مصابين، كما تحدد احتمال ظهور المرض على الأبناء من آباء لم تظهر عليهم الأعراض المرضية لأنهم حاملون للمرض فقط.

مرض أنيميا الخلايا المنجلية والملاريا
Sickle–cell disease and malaria

يوضح **الشكل 5-5** توزيع مرضى الخلايا المنجلية والملاريا في إفريقيا. لاحظ تداخل بعض المناطق التي ينتشر فيها مرض أنيميا الخلايا المنجلية مع مناطق الملاريا الواسعة الانتشار.

الربط مع رؤية 2030

رؤية VISION 2030 المملكة العربية السعودية KINGDOM OF SAUDI ARABIA

مجتمع حيوي

من أهداف الرؤية:

2.1.1 تسهيل الحصول على الخدمات الصحية

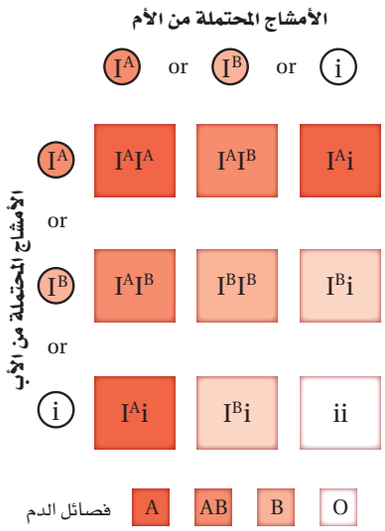
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

لماذا تكثر مثل هذه المستويات العالية من مرض أنيميا الخلايا المنجلية في إفريقيا الوسطى؟ اكتشف العلماء أن الأفراد غير المتماثلي الجينات لمرض أنيميا الخلايا المنجلية هم أيضًا أعلى مقاومة للملاريا؛ إذ تكون معدلات الوفيات بسبب الملاريا أقل في المناطق التي تكون فيها صفة مرض أنيميا الخلايا المنجلية أعلى. ولما كان وجود الملاريا أقل في تلك المناطق فإن أفرادًا أكثر يعيشون لينقلوا صفة الخلايا المنجلية لأبنائهم. ولذلك يستمر مرض أنيميا الخلايا المنجلية في التزايد في إفريقيا.

الجينات المتعددة المتقابلة Multiple Alleles

لا يتم تحديد جميع الصفات الوراثية بوساطة جينين متقابلين دائمًا، فبعض الصفات الوراثية –ومنها فصائل الدم في الإنسان– تحدد بأكثر من جينين، أو ما يسمى **الجينات المتعددة المتقابلة** multiple alleles.

فصائل الدم في الإنسان Blood groups in humans لنظام فصائل الدم ABO ثلاثة أشكال من الجينات المتقابلة، تسمى أحيانًا علامات AB: I^A تدل على فصيلة دم A؛ I^B فصيلة دم B؛ i هي فصيلة دم O. وعند غياب علامات AB تكون فصيلة الدم O. لاحظ أيضًا أن الجين i متنحٍّ مقارنة بـ I^A و I^B. تنطبق السيادة المشتركة على الجينات I^A و I^B؛ إذ تنتج فصيلة الدم AB من كلا الجينين I^A و I^B. ويعد نظام فصائل الدم ABO مثالاً على الجينات المتعددة المتقابلة والسيادة المشتركة، كما في **الشكل 6-5**. يُحدد نظام الدم ABO أيضًا بالعامل الرايزيسي Rh، الذي يورث من كل أب. وقد يكون العامل Rh سالبًا أو موجبًا (Rh^+ أو Rh^-)؛ حيث إن Rh^+ سائد على Rh^-. وعامل Rh عبارة عن بروتين على خلايا الدم الحمراء اكتشف في دراسات على القرد الرايزيسي.



الشكل 6-5 هناك ثلاثة أشكال من الجينات المتقابلة في فصائل الدم ABO هي: I^B، I^A، i.

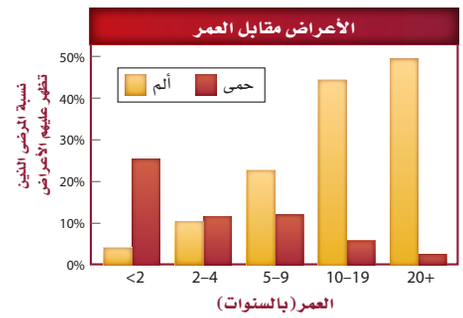
مختبر تحليل البيانات 1-5

بناءً على بيانات حقيقية

فسّر الرسم البياني

ما العلاقة بين مرض أنيميا الخلايا المنجلية والمضاعفات الأخرى؟ تظهر عدة أعراض على المرضى المصابين بمرض أنيميا الخلايا المنجلية، منها الفشل التنفسي والمشكلات العصبية. ويوضح الرسم البياني المجاور العلاقة بين العمر وأعراض مرضين آخرين – هما الألم والحمى – قبل أسبوعين من الإصابة بمتلازمة ألم الصدر الحاد ودخول المستشفى.

البيانات والملاحظات



التفكير الناقد

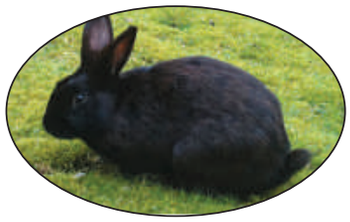
1. **حدد.** ما المجموعة العمرية التي أظهرت أعلى نسبة من الألم قبل دخول المستشفى؟
2. **صف** العلاقة بين العمر والحمى قبل دخول المستشفى.

أخذت البيانات في هذا المختبر من: Walters, et al. 2002. Novel therapeutic approaches in sickle cell disease. *Hemotology* 17: 10–34

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

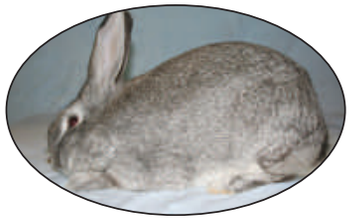
لـون الفـرو في الأرانـب Coat color of rabbits يمكن للجينات المتعددة المتقابلة أن توضح عملية تسلسل السـيادة. ففي الأرانب تسيطر أربعة جينات، على لون الفرو، هي: c ، c^h ، c^{ch} ، C. فالجين C سائد على بقية الجينات الأخرى وينتج عنه لون فرو واحد. والجين c متنحٍّ وينتج عنه طراز شـكلي أبيض عندما يكون الطراز الجيني متنحيًا نقيًّا. أما الجين c^{ch} فسـائد على الجين c^h، في حين أن الجين c^h سائد على الجين c، ويمكن كتابة هذا التسلسل السيادي على النحو التالي: $C > c^{ch} > c^h > c$. ويبين **الشكل 7-5** الطرز الجينية والشكلية المحتملة للون فرو الأرانب. فاللون الأسـود الكامل سائد على الشانشيلا، الذي هو سائد على الهيملايا، وهو بدوره سائد على لون الفرو الأبيض.

يزيد وجود الجينات المتقابلة من احتمالات الطرز الجينية والشكلية. ومن دون سـيادة الجينات المتعددة فإن جينين مثل t و T ينتجـان ثلاثة طرز جينية فقط– tt، Tt، TT مثـلًا – وطرازيـن شـكليين محتملين. ولكن الجينـات المتعددة المتقابلة الأربعة للون الفرو عند الأرانب تنتج عشرة طرز جينية محتملة وأربعة طرز شكلية، كما في **الشكل 7-5**. ويظهر المزيد من التنوع في لون فرو الأرانب نتيجة التفاعل بين جين لون الفرو والجينات الأخرى.



اللون الأسود الكامل CC, Cc, Cc^{ch}, Cc^h

الأمهق الأبيض cc



الشانشيلا $c^{ch}c^{ch}, c^{ch}c^h, c^{ch}c$

الهيملايا c^hc^h, Cc^h

■ **الشكل 7-5** يوجد في الأرانب جينات متعددة متقابلة تتحكم في لون الفرو. وتعطي الجينات الأربعة أربعة أشـكال أساسـية من ألوان الفرو.

تفوق الجينات Epistasis

يمكن أن يختلف لون الفرو في نوع من الكلاب من الأصفر إلى الأسود. ويعود هـذا التنوع إلى وجود جيـن يخفي صفة جين آخر، ومثل هذا التفاعل يسـمى **تفوق الجينـات** epistasis. يتحكم في لون فرو هذه الـكلاب مجموعتان من الجينات المتقابلة؛ الجين السائد E يحدد ما إذا كان الفرو ذا صبغة غامقة اللون، بينما لا توجد أي أصباغ في فرو الكلـب ذي الطراز الجيني ee. في حين يحدد الجين B السائد درجة اللون الغامق من الصبغة.

■ **الشكل 8-5** تظهر نتائج تفوق الجينات في لون الفرو في نوع من الكلاب من خلال التفاعل بين جينين – حيث لكل جين منهما جينان متقابلان، E, e مثلًا. لاحظ الطرز الجينية السائدة والمتنحية.

إذا كان الطراز الجيني للكلاب هو EEbb أو Eebb فإن فرو الكلاب يكون بنيًّا بلون الشيكولاتة. لاحظ **الشكل 8-5**. أما الطرز الجينية eebb، eeBb، eeBB فتنتج فروًا لونه أصفر؛ لأن الجين e يخفي آثار صفة الجين B.

تحديد الجنس Sex Determination

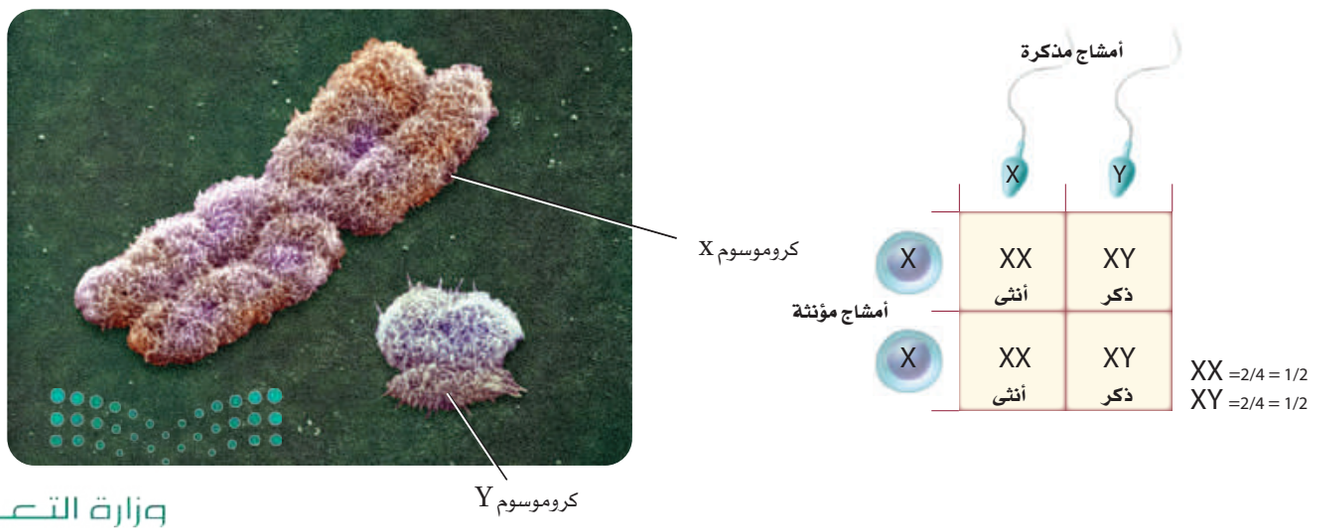
تحتوي كل خلية في جسمك، ما عدا الأمشاج، على 46 كروموسومًا، أو 23 زوجًا من الكروموسومات. أحد هذه الأزواج هو **الكروموسوم الجنسي** sex chromosomes، الذي يحدد جنس الفرد. وهناك نوعان من الكروموسومات الجنسية، هما X و Y. فيكون الأفراد الذين يحملون كروموسومين جنسيين من X إناثًا. أما الأفراد الذين يحملون الكروموسوم الجنسي X وآخر Y فيكونون ذكورًا. وتسمى الـ 22 زوجًا من الكروموسومات الأخرى الباقية **الكروموسومات الجسمية** autosomes. ويتحدد جنس الأبناء باتحاد الكروموسومات الجنسية في خلايا الحيوان المنوي والبويضة، كما في **الشكل 9-5**.

■ **الشكل 9-5**

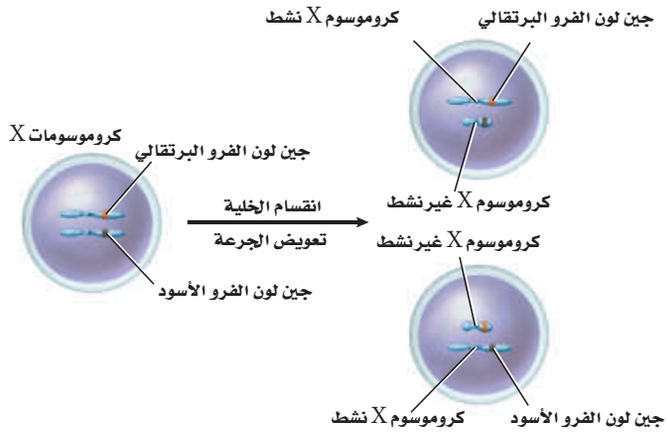
اليمين: ينتج عن انفصال الكروموسومات الجنسية إلى أمشاج، والاندماج العشوائي بين الحيوان المنوي والبويضة نسبة 1 ذكور: 1 إناث.

اليسار: يختلف الكروموسوم Y عن الكروموسوم X في الشكل والحجم.

صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني الماسح؛ التكبير غير معروف



■ **الشكل 10- 5** ينتج فرو قطة الكاليكو هذه عن التوقف العشوائي لعمل الكروموسوم X؛ حيث أن أحد كروموسومات X مسؤولاً عن لون الفرو البني، في حين أن الكروموسوم X الآخر مسؤول عن لون الفرو الأسود.



تبديل الكروموسوم Chromosome Alteration

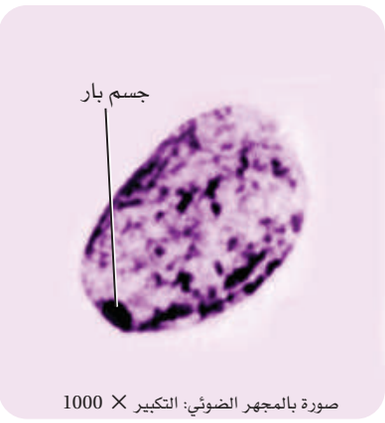
تحوي خلايا الإناث في الإنسان 22 زوجًا من الكروموسومات الجسمية وزوجًا من الكروموسوم الجنسي X. بينما تحوي خلايا الذكور 22 زوجًا من الكروموسومات الجسمية بالإضافة إلى الكروموسومات الجنسية X وY. ولأن الكروموسوم X أكبر حجمًا من الكروموسوم Y، كما في **الشكل 9-5**، فإنه يحمل عددًا كبيرًا من الجينات المختلفة الضرورية لنمو الذكور والإناث، في حين يحمل الكروموسوم Y جينات مرتبطة بشكل أساسي مع ظهور الصفات الذكرية.

ولأن لدى الإناث كروموسوميْ X، لذا تبدو الأنثى وكأن لها نسختين من الكروموسوم X، في حين أن الذكر لديه نسخة واحدة فقط. ولموازنة الفرق في عدد الجينات المرتبطة مع الكروموسوم X بين الذكر والأنثى، يتوقف أحد كروموسومات X عن العمل في كل خلية جسمية أنثوية. ويسمى هذا تبديل أو تعطيل الكروموسوم X؛ حيث يعد توقف عمل الكروموسوم X في كل خلية جسمية حدثًا عشوائيًّا تمامًا، ولا يخضع لقانون وراثي. ويحدث تبديل الكروموسوم في جميع الثدييات، فسبحان الله!

توقف عمل الكروموسوم Chromosome inactivation إن ألوان فرو قط الكاليكو، المبينة في **الشكل 10-5**، سببها توقف العمل العشوائي لكروموسوم X معين، وتعتمد ألوان فرو القط على الكروموسوم X النشط. وتنتج البقع البنية على الفرو نتيجة توقف عمل الكروموسوم X الذي يحمل الجين المقابل للون الفرو الأسود. وبالطريقة نفسها، تنتج البقع السوداء عن توقف عمل الكروموسوم X الذي يحمل الجين المسؤول عن لون الفرو البني.

أجسام بار Barr bodies يمكن مشاهدة الكروموسوم X الذي توقف عن العمل في الخلايا. ففي عام 1949م، لاحظ العالم الكندي موري بار كروموسومات X التي توقفت عن العمل في إناث قطط الكاليكو؛ حيث لاحظ تركيبًا غامقًا في النواة. وتسمى الكروموسومات الغامقة اللون التي توقفت عن العمل، كما في **الشكل 11-5**، أجسام بار. وقد اكتشف لاحقًا أن الإناث فقط -ومنها إناث الإنسان- تحوي أجسام بار في نوى خلاياها.

■ **الشكل 11- 5** تسمى كروموسومات X غير الفاعلة في خلايا جسم الأنثى أجسام بار، وهي أجسام داكنة اللون، توجد عادة في النواة.



صورة بالمجهر الضوئي: التكبير × 1000

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الصفات المرتبطة مع الجنس Sex–Linked Traits

تسمى الصفات التي تتحكم فيها جينات موجودة على الكروموسوم X **الصفات المرتبطة مع الجنس** sex–linked traits. كما تسمى أيضًا الصفات المرتبطة مع الكروموسوم X. ولأن للذكور كروموسوم جنسي X واحدًا فقط فإنهم غالبًا ما يتأثرون بالصفات المتنحية المرتبطة مع الجنس أكثر من الإناث. فالإناث لن تظهر فيهن الصفات المتنحية المرتبطة مع الجنس غالبًا؛ لأن الكروموسوم X الثاني يمنع أو يقلل فرصة ظهور الصفة المتنحية.

عمى اللونين الأحمر – الأخضر Red–green color blindness صفة عمى اللونين الأحمر – والأخضر صفة مرتبطة مع الجنس متنحية. يبين **الشكل 12–5** كيف يمكن أن يرى الشخص المصاب بعمى اللونين الأحمر والأخضر مقارنة بشخص سليم. ادرس مربع بانيت في **الشكل 12–5** تلاحظ أن الأم حاملة لجين مرض عمى الألوان؛ لأن لديها جينًا متنحيًا لهذا المرض محمولًا على أحد كروموسومات X الخاصة بها. في حين تلاحظ أن الأب غير مصاب؛ لأنه ليس لديه جين الإصابة المتنحي. ويتم تمثيل الصفة المرتبطة مع الجنس بكتابة الجين على الكروموسوم X. لاحظ أيضًا أن الطفل الوحيد الذي يمكن أن يصاب بعمى اللونين الأحمر والأخضر هو الذكر. ولأن صفة عمى اللونين الأحمر والأخضر مرتبطة مع الجنس فهي نادرة الحدوث في الإناث.

نزف الدم (هيموفيليا) Haemophilia نزف الدم اختلال وراثي آخر مرتبط مع الجنس ناتج عن جين متنحٍّ محمول على الكروموسوم الجنسي X، ويتميز بتأخر تجلط الدم، وهو أكثر شيوعًا بين الذكور عما في الإناث.

كان الرجال المصابون بنزف الدم في الماضي يموتون عادة في أعمار مبكرة حتى القرن العشرين، حين اكتشف البروتين الضروري لتجلط الدم وأُعطي للأشخاص المصابين بنزف الدم.

■ **الشكل 12– 5** الأشخاص المصابون بعمى اللونين الأحمر والأخضر يرون اللونين الأحمر والأخضر على هيئة ظلال من اللون الرمادي.

فسر. لماذا يوجد عدد قليل من الإناث المصابة بعمى اللونين الأحمر والأخضر مقارنة بالذكور في المخطط أدناه؟

X^B = طبيعي
X^b = مصاب بعمى اللونين الأحمر- الأخضر
Y = كروموسوم Y

	X^B	Y
X^B	X^BX^B	X^BY
X^b	X^BX^b	X^bY

ومع ذلك كانت الفيروسات الموجودة في مرضى التهاب الكبد الوبائي من نوع C، ومرض نقص المناعة المكتسبة (الإيدز)- تنتقل إلى المصابين بنزف الدم حتى عام 1990م؛ حين اكتشفت طرائق أكثر أمنًا لنقل الدم.

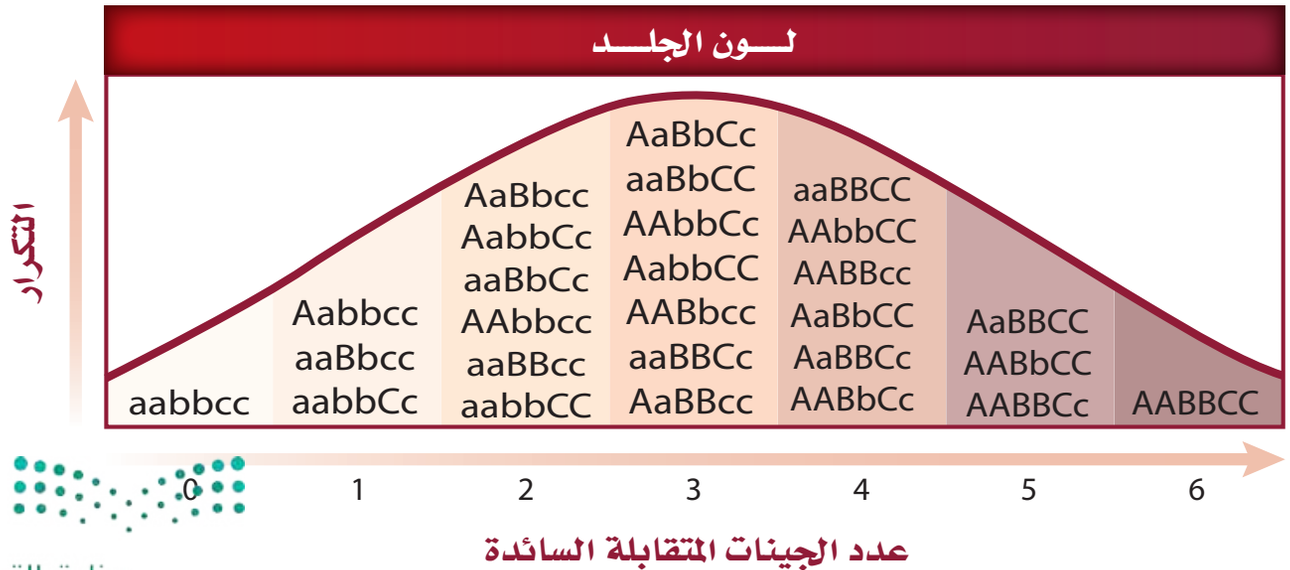
ربما تظهر بعض الصفات الموجودة على الكروموسومات الجسمية على أنها مرتبطة مع الجنس على الرغم من أنها ليست كذلك. ويحدث هذا عندما يكون الجين سائدًا في أحد الجنسين ولكنه متنحٍّ في الجنس الآخر. وتسمى في هذه الحالة الصفات المتأثرة بالجنس. فعلى سبيل المثال، جين الصلع متنحٍّ في الإناث وسائد في الذكور، ويسبب فقدان الشعر أو ما يسمى نمط الصلع في الذكور. وتظهر صفة الصلع في الذكر إذا كان غير متماثل الجينات (غير نقي) للصفة، أو متنحي الجينات، في حين يمكن أن تكون الأنثى صلعاء فقط في حال اجتماع الجينات المتنحية المتماثلة.

الصفات المتعددة الجينات Polygenic Traits

لقد درست صفات يتحكم فيها زوج من الجينات. فالعديد من الصفات الشكلية تنتج عن التفاعل بين العديد من أزواج الجينات. ومثل هذه الصفات تسمى **الصفات المتعددة الجينات** polygenic traits ، مثل لون الجلد، وطول القامة، ولون العيون، ونمط بصمة الإصبع. وإحدى خصائص الصفات المتعددة الجينات أنها عند رسم منحنى تكرار عدد الجينات المتقابلة السائدة، كما في **الشكل 13-5** تكون النتيجة منحنى يشبه الجرس. ويوضح المنحنى أن الطرز الشكلية التي تمثل الصفة المتوسطة أكثر ظهورًا من الطرز الشكلية التي تمثل الصفة في درجاتها القصوى.

ماذا قرأت؟ استنتج لماذا يكون المنحنى في الرسم البياني الذي يبين تكرار عدد الجينات المتقابلة السائدة للصفات المتعددة الجينات على شكل يشبه الجرس؟

■ **الشكل 13-5** يبين الشكل درجات اختلاف لون الجلد المحتملة الناتجة عن ثلاث مجموعات من الجينات المتقابلة، على الرغم من الاعتقاد أن هذه الصفة تتطلب أكثر من ثلاث مجموعات من الجينات المتقابلة.
توقع. هل يمكن أن يزداد عدد الطرز الشكلية المحتملة أو ينقص عند زيادة أزواج الجينات؟



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

التأثيرات البيئية Environmental Influences

للبيئة أثر في الطراز الشكلي أيضًا. فعلى سبيل المثال، يمكن وراثة قابلية الإصابة بمرض القلب. ويمكن أن تسهم عوامل بيئية -مثل الغذاء والرياضة- أيضًا في حدوث المرض واختلاف شدته. وهناك طرائق أخرى تؤثر فيها البيئة في الطراز الشكلي، منها أشعة الشمس والماء ودرجة الحرارة، فكلها عوامل بيئية تؤثر في الطراز الشكلي للفرد.

أشعة الشمس والماء Sun light and water من دون أشعة الشمس الكافية لا تنتج معظم النباتات الزهرية أزهارًا. والعديد من النباتات تفقد أوراقها استجابة لنقص الماء.

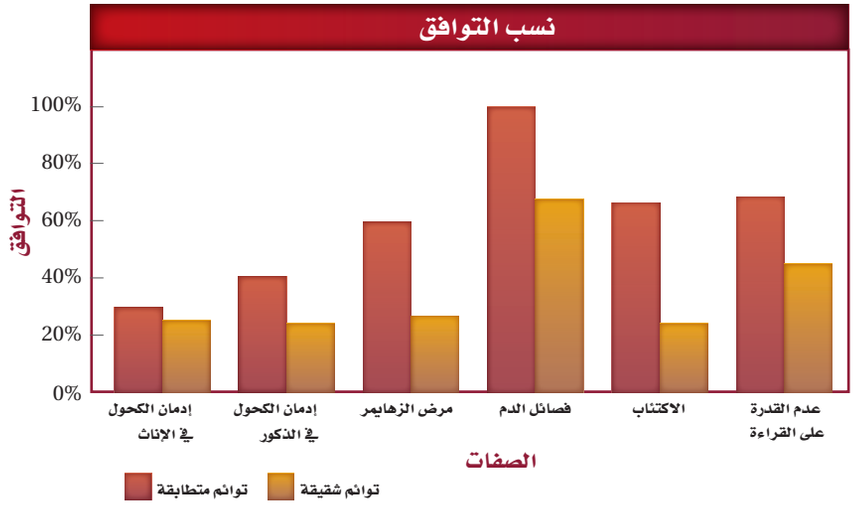
درجة الحرارة Temperature يحدث تغير في الطرز الشكلية للمخلوقات الحية عند التغير الحاد في درجات الحرارة، فمثلًا تتأثر معظم النباتات بالحرارة العالية، فتسقط أوراقها، وتذبل أزهارها، ويتحلل الكلوروفيل ثم يختفي، وتفقد الجذور قدرتها على النمو. ما العوامل البيئية الأخرى التي تؤثر في الطرز الشكلية للمخلوق الحي؟ تؤثر درجة الحرارة في الجينات. لاحظ فرو القطة السيامية في **الشكل 14-5**، ذيل القطة وأقدامها وأذناها وأنفها غامقة اللون، أما المناطق الأخرى من جسم القطة فهي أفتح لونًا من البقية. الجين المسؤول عن إنتاج لون الصبغة في جسم القطة السيامية يعمل فقط تحت ظروف البرد. لهذا تكون المناطق الأبرد أغمق لونًا؛ والمناطق الأدفأ - حيث يكون إنتاج الصبغة متوقفًا بواسطة درجة الحرارة- أفتح لونًا.

دراسات التوائم Twin Studies

هناك طريقة أخرى لدراسة أنماط الوراثة؛ وذلك بالتركيز على التوائم المتطابقة، التي تساعد العلماء على فصل التأثيرات الجينية عن التأثيرات البيئية.

إن التوائم المتطابقة متماثلة وراثيًّا. فإذا تم توارث صفة ما فإن كلا التوأمين المتطابقين يحصل على الصفة نفسها. ويستنتج العلماء أن الصفات التي تظهر بكثرة في التوائم المتطابقة تتحكم فيها الوراثة جزئيًّا على الأقل.

الشكل 14- 5 تؤثر درجة الحرارة في جينات لون الصبغة في فرو القطط السيامية.



الشكل 15- 5 عند وجود صفة في أفراد التوائم المتطابقة على نحو أكبر من وجودها في التوائم الشـقيقة، فهذا يدل على أن الصفة لها مكون وراثي واضح.

تجربة استهلالية

مراجعة بناء على ما قرأته حول الوراثة في الإنسان، كيف تجيب الآن عن أسئلة التحليل؟

ويعتقد العلماء -بالإضافة إلى ذلك- أن الصفات التي تظهر بشكل مختلف في التوائم المتطابقة تتأثر بشـكل قوي بالبيئة؛ فنسبة التوائم الذين تظهر فيهم صفة معينة تسمى معدل التوافق.

تفحص **الشكل 15-5** الذي يمثل بعض الصفات ومعدلات توافقها؛ حيث تبين الفروق الكبيرة بين التوائم الشقيقة والتوائم المتطابقة تأثيرًا وراثيًّا كبيرًا.

التقويم 5-2

الخلاصة

- بعض الصفات تـورّث من خلال أنماط وراثية معقدة، مثل السـيادة غير التامة، والسـيادة المشـتركة، والجينات المتقابلة المتعددة.
- تحدد كروموسومات X و Y جنس الجنين، وبعض الصفات الوراثية مرتبطة مع الكروموسوم X.
- تتطلب الصفات المتعددة الجينات أكثر من زوج من الجينات المتقابلة.
- تؤثر كل من الجينـات والبيئة في الطراز الشكلي للمخلوق الحي.
- تزيد دراسـات أنمـاط الوراثة في العائـلات والتوائم مـن معرفتنا بالوراثة المعقدة في الإنسان.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **ميّز** بين الوراثة المعقـدة وأنمـاط الوراثة في الفصل 8.
2. **فسر.** ما التفوق الجيني؟ وكيف يختلف عن السيادة؟
3. **حدّد** الطرز الشكلية للأبوين إذا كان فصيلة دم الأب A، وفصيلة دم الأم B، وكان فصيلة دم أحد الأبنـاء AB، وفصيلة دم الابنة O، وفصيلة دم الابن الآخر B.
4. **حلّل.** كيف تسـاعد دراسـات التوائـم على التمييـز بين آثار الوراثة وتأثيرات البيئة.

التفكير الناقد

5. **قـوّم.** هـل الإصابـة بمرض أنيميا الخلايا المنجلية إيجابية أم سـلبية لشـخص يعيش في إفريقيا الوسطى؟
6. الرياضيات في علم الأحياء

ما احتمـال إنجـاب ابن غير مصاب بمـرض عمى الألوان، إذا كان والده مصاباً بالمرض، وكانـت والدتـه غيـر مصابة (طبيعيـة) متماثلـة الجينات؟ فسر إجابتك.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

5-3

الكروموسومات ووراثة الإنسان
Chromosomes and Human Heridity

الأهداف

- **تميّز** بين ترتيب ونمط مخطط الكروموسومات الطبيعي ومخطط الكروموسومات ذات العدد غير الطبيعي.
- **تصف** دور القطعة الطرفية (التيلومير).
- **تربط** بين أثر عدم الانفصال مع متلازمة داون ومع أعداد الكروموسومات غير الطبيعية الأخرى.
- **تقوّم** مزايا وأخطار فحص الأجنة التشخيصي.

مراجعة المفردات

الانقسام المتساوي: عملية تحدث داخل نواة الخلية المنقسمة، وتشمل الطور التمهيدي، والاستوائي، والانفصالي، والنهائي.

المفردات الجديدة

المخطط الكروموسومي
القطع الطرفية (التيلوميرات)
عدم انفصال الكروموسومات

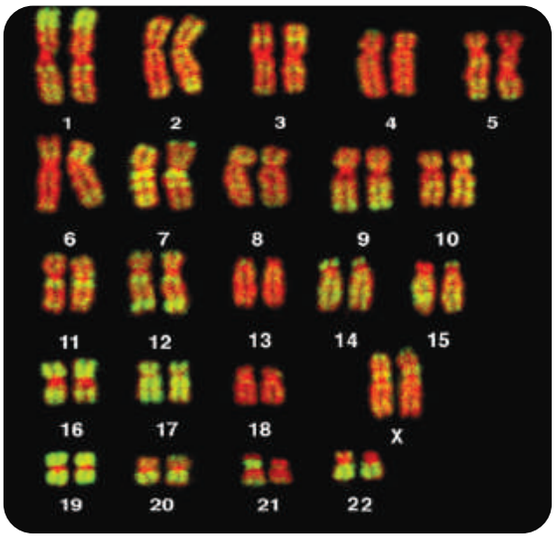
الفكرة الرئيسة **يمكن دراسة الكروموسومات باستخدام المخطط الكروموسومي.**

الربط مع الحياة إذا فقدت إحدى قطع الألعاب الضرورية لعمل لعبة ما فربما لا تستطيع اللعب بها؛ لأن القطعة المفقودة مهمة. وكذلك فإن للكروموسوم المفقود تأثيرًا قويًّا في المخلوق الحي.

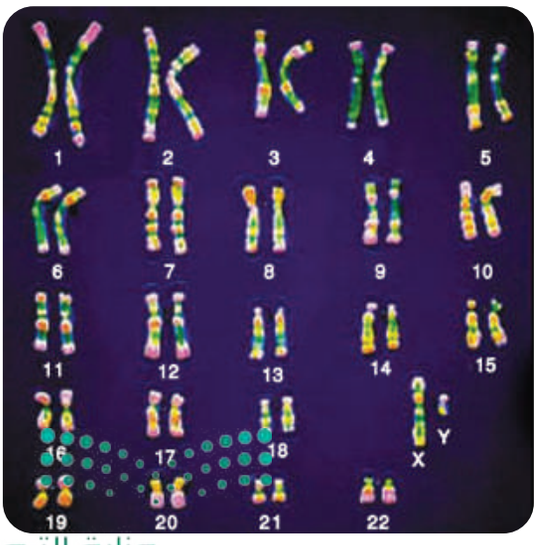
المخطط الكروموسومي Karyotype

لا تتضمن دراسة المادة الوراثية دراسة الجينات فقط، بل يدرس العلماء أيضًا الكروموسومات الكاملة باستعمال صور للكروموسومات المصبوغة خلال الطور الاستوائي؛ حيث تحدد الأشرطة bands المصبوغة الأماكن المتشابهة على الكروموسومات المتماثلة. يتكثف كل كروموسوم على نحو كبير ويصبح مكونًا من كروماتيدين شقيقين في أثناء الطور الاستوائي من الانقسام المتساوي، تترتب فيه الكروموسومات المتشابهة في صورة أزواج قصيرة فتعطي صورة مجهرية تسمى **المخطط الكروموسومي** karyotype. يحوي الإنسان 23 زوجًا من الكروموسومات سواء أكان ذكرًا أم أنثى، كما في **الشكل 16-5**. لاحظ أن الـ 22 زوجًا من الكروموسومات الجسمية متطابقة معًا، في حين أن زوج الكروموسومات الجنسية لا يتطابق.

الشكل 16-5 يُرتب المخطط الكروموسومي أزواج الكروموسومات المتماثلة من الأطول إلى الأقصر. **ميز. أي كروموسومين يترتبان بشكل منفصل ومغاير لأزواج الكروموسومات الأخرى؟**



صورة محسنة بالمجهر المركب: التكبير × 1400



صورة محسنة بالمجهر المركب: التكبير × 1400

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

عالم الأبحاث Research Scientist
يمتلك معرفة ويقوم بأبحاث في مجال محدد من العلوم، مثل الاختلالات الوراثية.

القطع الطرفية (التيلوميرات) Telomeres

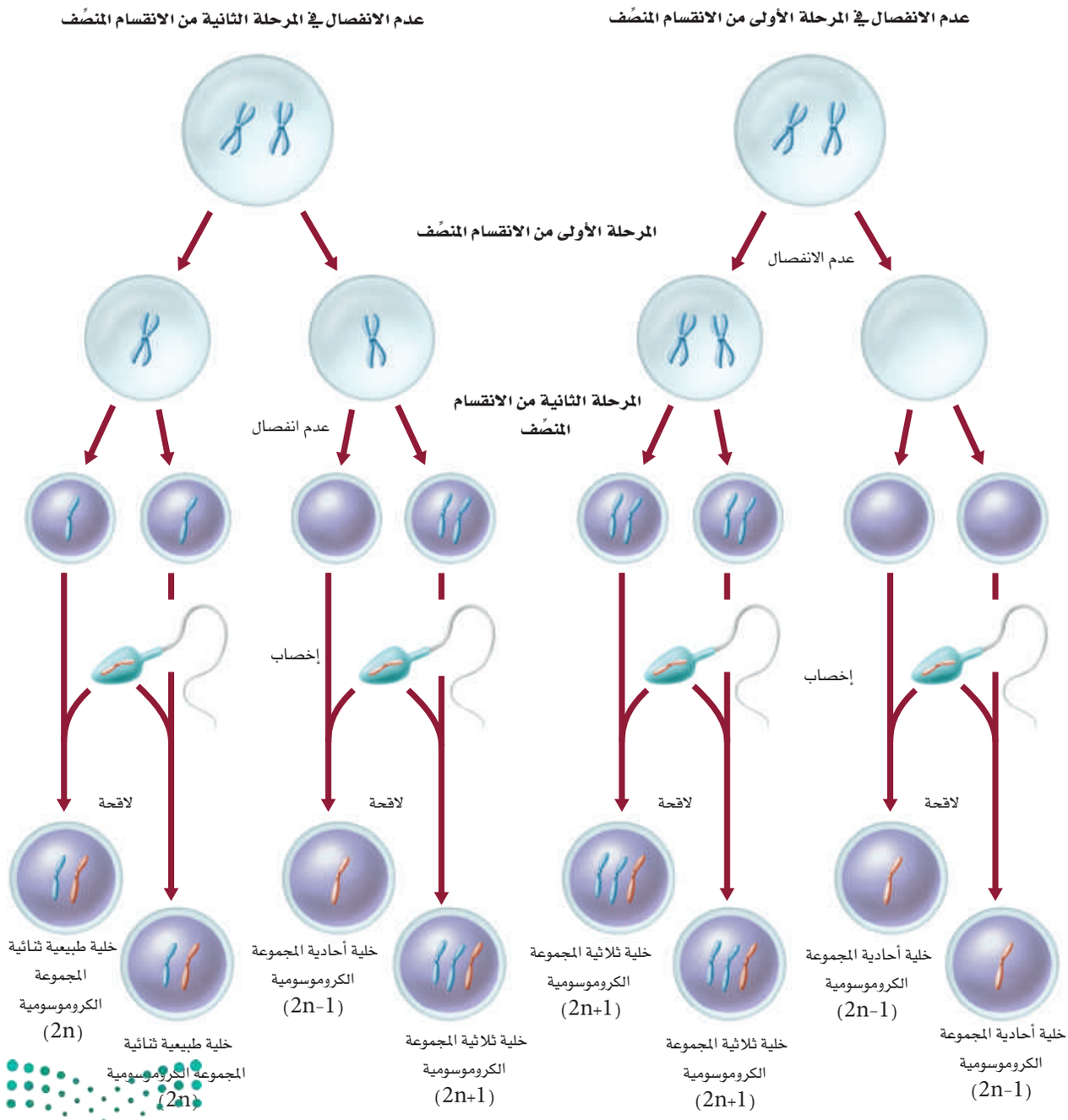
اكتشف العلماء أن أطراف الكروموسومات لها أغطية واقية تسمى **القطع الطرفية (التيلوميرات)** telomeres. تتكون هذه الأغطية من DNA مرتبط مع بروتينات. وهي تحمي تركيب الكروموسوم. وقد اكتشف العلماء أنه قد يكون للقطع الطرفية دور في الشيخوخة ومرض السرطان.

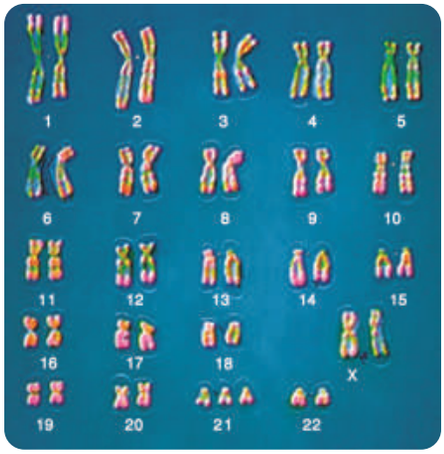
عدم انفصال الكروموسومات Nondisjunction

تنفصل الكروموسومات خلال انقسام الخلية إلى كروماتيدات، ويتجه كل كروماتيد من الكروماتيدات الشقيقة نحو أقطاب الخلية. وبذلك تحصل كل خلية جديدة على العدد الصحيح من الكروموسومات. ويسمى الانقسام الخلوي الذي تفشل فيه الكروماتيدات الشقيقة في الانفصال بعضها عن بعض بصورة صحيحة **عدم الانفصال** nondisjunction. إذا لم تنفصل الكروموسومات بعضها عن بعض خلال المرحلة الأولى أو الثانية من الانقسام المنصف، كما في **الشكل 17-5**، فإن الأمشاج الناتجة لا تحصل على العدد الصحيح من الكروموسومات. وعندما يُخصّب أحد هذه الأمشاج مشيجًا آخر فإن الأفراد الناتجين لن يحووا العدد الصحيح من الكروموسومات. لاحظ أن عدم الانفصال يمكن أن ينتج عنه نسخ إضافية من كروموسومات معينة أو نسخة واحدة فقط من كروموسوم معين. وتسمى الخلية التي تحوي مجموعة مكونة من ثلاثة كروموسومات من النوع نفسه ثلاثيةَ المجموعة الكروموسومية trisomy. بينما تسمى الخلية التي تحوي مجموعة مكونة من كروموسوم واحدٍ فقط أحاديةَ المجموعة الكروموسومية monosomy. وقد يحدث عدم الانفصال في أي مخلوق حي تتكون أمشاجه بالانقسام المنصف. وفي الإنسان يرتبط الاختلال في عدد الكروموسومات باختلالات بشرية خطيرة، وغالبًا ما تكون قاتلة.

عدم الانفصال
Nondisjunction

■ **الشـكل 17- 5** قد تنتج الأمشـاج التي تحوي أعدادًا غير طبيعية من الكروموسـومات بسـبب عدم انفصالها في أثناء الانقسـام المنصف. تنتج الكروموسومات البرتقالية في هذا الرسم عن أحد الأبوين. أما الكروموسومات الزرقاء فتنتج عن الأب الآخر.





الشكل 18- 5 يتميز الشخص المصاب بمتلازمة داون بوجود أعراض مميزة، ويظهر في الشكل مخطط كروموسومي يبين وجود ثلاث نسخ من الكروموسوم رقم 21.

ويحدث عدم انفصال الكروموسومات في كل من الكروموسومات الجسمية والجنسية كالآتي:

عدم انفصال الكروموسومات الجسمية
Autosomal chromosomes nondisjunction

تعد متلازمة داون Down syndrome أحد أقدم الاختلالات الكروموسومية المعروفة، وتنتج عادة عن إضافة كروموسوم إلى زوج الكروموسومات رقم 21. لذا تسمى متلازمة داون عادة ثلاثيةَ المجموعة الكروموسومية 21. ادرس المخطط الكروموسومي لطفل مصاب بمتلازمة داون، **الشكل 18-5**، ولاحظ أن لديه ثلاث نسخ من الكروموسوم رقم 21؛ حيث تشمل أعراض الإصابة بمتلازمة داون خصائص مميزة للوجه، كما في **الشكل 18-5**، وقوامًا قصيرًا، واضطرابات قلبية، وتخلفًا عقليًّا.

تزداد نسبة الولادات المصابة بمتلازمة داون بتقدم عمر الأم. وقد أظهرت الدراسات أن أخطار الإصابة بمتلازمة داون تزداد نحو 6 % عند الأمهات اللاتي تزيد أعمارهن على 45 سنة.

عدم انفصال الكروموسومات الجنسية
Sex chromosomes nondisjunction

يحدث عدم الانفصال في كل من الكروموسومات الجسمية والجنسية. وبعض آثار عدم انفصال الكروموسومات الجنسية في الإنسان موضحة في **الجدول 4-5**.

الجدول 4-5 عدم الانفصال في الكروموسومات الجنسية

الطراز الجيني	XX	XO	XXX	XY	XXY	XYY	OY
مثال							
الطراز الشكلي	أنثى طبيعية	أنثى مصابة بمتلازمة تيرنر	أنثى طبيعية تقريبًا	ذكر طبيعي	ذكر مصاب بمتلازمة كلينفلتر	ذكر سليم أو طبيعي إلى حد كبير	يسبب الوفاة

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

لاحظ أن الفرد المصاب بمتلازمة تيرنر لديه كروموسوم جنسي واحد فقط. وتنتج مثل هذه الحالة عن إخصاب مشيج بآخر لا يحوي كروموسوم X.

الفحص الجنيني Fetal Testing

قد يرغب بعض الأزواج الذين يشـكّون في أنهم ربما يحملون اختلالات وراثية معينة في إجراء فحـص جنيني. كما قد يرغـب الأزواج الكبار في العمر أيضًا في معرفة الحالة الكروموسـومية لجنينهم الذي ينمو؛ حيث تتوافر فحوص مختلفة الأنواع لمراقبة كل من الأم والطفل.

الجدول 5–5	فحوص جنينية	
الفحص	**الفوائد**	**الأخطار**
أخذ عينة من السائل الأمنيوني (الرهلي).	• تشخيص الاختلالات الكروموسومية. • تشخيص التشوهات الأخرى.	• عدم الراحة التي تشعر بها الأم. • احتمال ضئيل للعدوى. • خطر الإجهاض.
أخذ عينات من خملات الكوريون.	• تشخيص الاختلالات الكروموسومية. • تشخيص اختلالات وراثية معينة.	• خطر الإجهاض. • خطر العدوى. • خطر تعرض الجنين للتشوهات في الأطراف.
أخذ عينات من دم الجنين.	• تشخيص الاختلالات الكروموسومية أو الوراثية. • اختبار مشكلات الدم في الجنين أو مستويات الأكسجين. • إمكانية إعطاء الأدوية للجنين قبل الولادة.	• خطر النزيف من مكان أخذ العينة. • خطر العدوى. • ربما يتسرب السائل الأمنيوني (الرهلي). • خطر موت الجنين.

تجربة 2 - 5

استقصِ طرائق عمل علماء الوراثة

كيف يدرس العلماء وراثة الإنسان؟ إن الطرائق التقليدية المستعملة لدراسـة وراثة النبات والحيوانات والمخلوقات الحية الدقيقة ليست مناسبة أو مستعملة مع الإنسان؛ فمخطط السلالة هو أحد الأدوات التي تفيد في دراسة الوراثة في الإنسان. وسوف تختبر في هذه التجربة طريقة أخرى يستعملها علماء الوراثة، وهي أخذ عينات من الجماعة البشرية.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. صمّم جدول بيانات بحسب تعليمات معلمك.
3. أجرِ دراسة مسحية عن صفة انحناء الإبهام في مجموعتك.
4. أجرِ دراسة مسحية لمجموعتك عن صفات أخرى يحددها معلمك.
5. اجمع بيانات الصف، وحلّل الصفة التي درستها في الجماعة. ثم حدّد الصفات السائدة والصفات المتنحية.

التحليل

1. **فسر البيانات.** ما الدليل (الأعداد) الذي بحثت عنه لتحديد ما إذا كانت الصفة التي درستها سائدة أم متنحية؟
2. **التفكير الناقد.** كيف يمكن التحقق من أنك تعرفت الصفات السـائدة والصفات المتنحيـة بصورة صحيحة؟ فسّر لماذا قد تخطئ في تعرّف صفة ما؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الربط مع الصحة يمكن أن يوفر العديد من الفحوص الجينية معلومات مهمة للأبوين وللطبيب. يصف **الجدول 5-5** أخطار وفوائد بعض الفحوص الجينية المتوافرة. وعلى الأطباء أن يراعوا الكثير من العوامل قبل إجراء مثل هذه الفحوص. وهناك في العادة احتمال ضئيل للخطر في كل فحص. ولا ينصح الطبيب بفحوص قد تعرض حياة الأم أو الجنين للخطر. لذا فعند اعتماد أي فحوص جينية، يحتاج الطبيب إلى معرفة المشكلات الصحية السابقة للأم والجنين كذلك. وعند تحديد نوع الفحص الجيني المطلوب من قبل الطبيب والأهل يجب مراقبة صحة الأم وصحة الجنين عن كثب في أثناء عملية الفحص.

التقويم 5-3

الخلاصة

- مخطط الكروموسومات هو صور دقيقة للكروموسومات.
- تنتهي أطراف الكروموسومات بغطاء يسمى القطعة الطرفية (التيلوميرات).
- يؤدّي عدم الانفصال إلى أمشاج تحوي عددًا غير طبيعي من الكروموسومات.
- تنتج متلازمة داون عن عدم الانفصال.
- تتوافر فحوص تستخدم في تحديد احتمال الإصابة بالاختلالات الوراثية والكروموسومية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة لخّص.** كيف يمكن أن يستعمل العلماء مخطط الكروموسومات في دراسة الاختلالات الوراثية؟
2. **لخّص** دور القطع الطرفية.
3. **وضّح.** ارسم مخططًا يوضح آلية حدوث عدم الانفصال خلال الانقسام المنصِّف.
4. **حلّل.** كيف يمكن لقطع مفقودة من الكروموسوم X أو Y أن تمثل مشكلة كبيرة في الذكور أكثر من فقدها من أحد كروموسومات X في الإناث؟

التفكير الناقد

5. **صمّم** مخطط كروموسومات لأنثى لديها 2n=8، وتوجد مجموعة ثلاثية الكروموسومات في الكروموسوم 3.
6. **استنتج.** ما المزايا المحتملة لفحص الجنين؟ وما الأخطار؟
7. **الكتابة في علم الأحياء** أجرِ بحثًا حول نتائج أخرى لعدم الانفصال، عدا ثلاثية المجموعة الكروموسومية لكروموسوم رقم 21. اكتب فقرة تتعلق بنتائج بحثك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مهن: استشاري الوراثة

الدعم والفحوص الوراثية

هل سبق أن تفحصت مخطط سلالة عائلة ما؟ وهل تعرف بعض الأمراض أو الاختلالات التي توجد في العائلات؟ يتخصص استشاري الوراثة في الكشف عن هذه المعلومات وتفسيرها وتوضيحها.

استشاري الوراثة يوظف استشاريو الوراثة معلوماتهم الوراثية في توفير المعلومات، وتقديم الدعم لأشخاص لديهم اختلالات وراثية. فهم متخصصون في تقويم الفحوص الوراثية، ويشيرون إلى طرائق الوقاية منها، والمتابعة والمعالجة لحالة وراثية محددة. ويتم تدريب استشاريي الوراثة للتعامل مع الحالات الانفعالية (العاطفية) الناتجة عن معرفة الشخص بنتائج فحوصه الوراثية. فهم يخدمون المريض ويدعمونه من خلال إرشاده إلى مراكز تقديم الخدمات على مستوى المجتمع المحلي والدولة.

ما الذي تتضمنه الفحوص الوراثية؟ يتم إجراء الفحوص الوراثية لتحديد ما إذا كان هناك تشوهات في جين أو كروموسوم محدد. وتشتمل الفحوص عادة على عينات أنسجة أو دم. وفي حالة فحوص الجنين في أثناء الحمل تؤخذ عينات من السائل الرهلي أو الأنسجة الموجودة حول الجنين.

ومن المفيد توفير تفاصيل عن أفراد العائلة. وعادة ما يتم الرجوع إلى بيانات الأجداد قبل الالتقاء مع استشاري الوراثة. وفي بعض الأحيان، يُعطي تاريخُ العائلة الطبيبَ معلومات كافية لتشخيص الحالة الوراثية.

من يطلب الفحوص الوراثية؟ يوصي الأطباء في بعض الأحيان بإجراء فحوص وراثية، وفي أحيان أخرى قد يطلب الشخص هذه الفحوص.

في بعض الأحيان يكون كل ما نحتاج إليه هو أخذ مسحة بسيطة من الفم لاستخلاص عينة وراثية لفحصها.

ومن الأسباب المحتملة لإجراء الفحوص الوراثية ما يأتي:

- تاريخ الاختلال الوراثي في العائلة.
- الإصابة بأحد أنواع السرطان.
- وجود صعوبات تعلّم أو مشكلات صحية سببها وراثي لدى طفل معين.
- زوجان يخططان لإنجاب طفل يحتمل أن يتعرض لأخطار بسبب حالات وراثية.

وهناك حاليًّا مئات الفحوص الوراثية التي يمكن استعمالها. وعندما يقرر الطبيب إجراء فحوص وراثية يطلب إلى المريض مراجعة استشاري الوراثة الذي تلقّى تدريبًا خاصًّا في تفسير نتائج هذه الفحوص، ويقترح خيارات ممكنة لتوفير الدعم للمريض.

الكتابة في علم الأحياء

الحوار والمناقشة استخدم المهارات اللازمة لتنظيم نقاش حول التطبيقات المحتملة للفحوص الوراثية، واكتب خلاصة لملاحظاتك وللحوار الذي يسبق النقاش.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

مختبر الأحياء

ما ملامح وجه الإنسان؟ استكشف وراثة صفات الوجه في الإنسان.

الخلفية النظرية: يعرف معظم البشر أنهم يرثون لون شعرهم ولون عيونهم من أبويهم. وهناك المزيد من الصفات الوراثية في الوجه والرأس التي يرثها الإنسان. وسوف تستكشف في هذه التجربة عددًا من التراكيب المختلفة في الوجه التي تورّث وتجتمع لتكوين وجه الإنسان.

سؤال: ما التراكيب الوراثية التي تكوِّن وجه الإنسان؟

المواد والأدوات

- قطع نقدية، اثنتان لكل فريق:
  الشعار = الصفة السائدة، والكتابة = الصفة المتنحية.
- جدول يحوي الصفات الوراثية في وجه الإنسان.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. شارك أحد زملائك في الصف.
3. يمثل أعضاء الفريق المكوّن من طالبين، الأبوين.
4. دع الشخص الذي يمثل الأب يرمي القطعة النقدية، فإذا ظهر الشعار كان الفرد أنثى، وإذا ظهرت الكتابة كان الفرد ذكرًا، ثم سجّل جنس الأفراد.
5. ارمِ قطعتك النقدية في الوقت نفسه الذي يرمي فيه زميلك قطعته. وعليك أن ترمي القطعة النقدية مرة واحدة لكل صفة.
6. استمر في رمي القطع النقدية لكل صفة موجودة في الجدول. وسجل بعد كل رمية صفة الفرد الناتجة، بوضع إشارة (✓) في المربع المناسب في الجدول.
7. عند الانتهاء من تحديد الصفات، ارسم صفات الوجه للأبناء، وسمِّها، وشارك طلاب صفك البيانات.

حلل ثم استنتج

1. **التفكير الناقد.** لماذا رمى زميلك الذي يمثل الأب القطعة النقدية في البداية لتحديد جنس الفرد الناتج؟
2. **احسب.** ما نسبة الحصول على فرد ذكر أولاً، ثم على أنثى؟ فسر إجابتك.
3. **حدّد السبب والنتيجة.** ما الطرز الجينية المحتملة للآباء إذا كان أبناؤهم يحملون الصفات الآتية: ذكر شعره أملس (hh)، أنثى شعرها مموج (Hh)، ذكر شعره مجعد (HH).
4. **لاحظ واستنتج:** أي الصفات تنطبق عليها السيادة المشتركة؟
5. **حلّل واستنتج.** هل تتوقع أن تحصل فرق أخرى من طلاب صفك على أفراد تشبه التي حصلت عليها تمامًا؟ فسّر إجابتك.

الكتابة في علم الأحياء

بحث تخيل أنك كتبت مقالًا علميًّا في جريدة. وكتب إليك قارئ يطلب وصفًا لمهنة مستشار وراثي. اعمل بحثًا حول ذلك، ثم اكتب مقالًا قصيرًا يوضح ذلك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 5 دليل مراجعة الفصل

المطويات **ابحث** عن معلومات إضافية حول كيفية ارتباط التنوع في ترتيب تسلسل النيوكليوتيدات مع الاختلالات الوراثية. استعمل المعلومات التي حصلت عليها من المطويات، واستعن بالمعلومات التي تعلمتها في الفصل في وصف الطرائق العلمية التي استعملتها.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
5–1 الأنماط الأساسية لوراثة الإنسان	
حامل الصفة مخطط سلالة	**الفكرة الرئيسة** **يمكن توضيح وراثة صفة ما لعدة أجيال بمخطط السلالة.** • يمكن أن تنتج الاختلالات الوراثية عن جينات سائدة أو متنحية. • التليف الكيسي اختلال وراثي يؤثر في إفراز المخاط والعرق. • يفتقر الأفراد المصابون بالمهاق إلى صبغة ميلانين في الجلد والشعر والعيون. • مرض هنتنجتون يؤثر في الجهاز العصبي. • يسمى عدم نمو الغضروف بالقماءة. • يستعمل مخطط سلالة العائلة في دراسة أنماط الوراثة في الإنسان.
5–2 الأنماط الوراثية المعقدة	
السيادة غير التامة السيادة المشتركة الجينات المتعددة المتقابلة التفوق الجيني الكروموسوم الجنسي الكروموسوم الجسمي الصفة المرتبطة مع الجنس الصفات المتعددة الجينات	**الفكرة الرئيسة** **لا تنطبق الأنماط الوراثية التي وصفها مندل على وراثة الصفات المعقدة.** • بعض الصفات تورث من خلال أنماط وراثية معقدة، مثل السيادة غير التامة، والسيادة المشتركة، والجينات المتقابلة المتعددة. • تحدد كروموسومات X و Y جنس الجنين، وبعض الصفات الوراثية مرتبطة مع الكروموسوم X. • تتطلب الصفات المتعددة الجينات أكثر من زوج من الجينات المتقابلة. • تؤثر كل من الجينات والبيئة في الطراز الشكلي للمخلوق الحي. • تزيد دراسات أنماط الوراثة في العائلات والتوائم من معرفتنا بالوراثة المعقدة في الإنسان.
5–3 الكروموسومات ووراثة الإنسان	
المخطط الكروموسومي القطع الطرفية (التيلوميرات) عدم انفصال الكروموسومات	**الفكرة الرئيسة** **يمكن دراسة الكروموسومات باستخدام المخطط الكروموسومي.** • مخطط الكروموسومات هو صور دقيقة للكروموسومات. • تنتهي أطراف الكروموسومات بغطاء يسمى القطعة الطرفية. • يؤدي عدم الانفصال إلى أمشاج تحوي عددًا غير طبيعي من الكروموسومات. • تنتج متلازمة داون عن عدم الانفصال. • هناك فحوص تستخدم في تحديد احتمال الإصابة بالاختلالات الوراثية والكروموسومية.

5-1

مراجعة المفردات

استعمل المفردات الواردة في دليل مراجعة الفصل للإجابة عن السؤالين الآتيين:

1. ما التعبير الذي يصف الشخص الذي يحمل الطراز الجيني غير المتماثل الجينات لاختلال متنحٍّ؟
2. ما المخطط الذي يمثل نمط الوراثة بين الآباء والأبناء؟

تثبيت المفاهيم الرئيسة

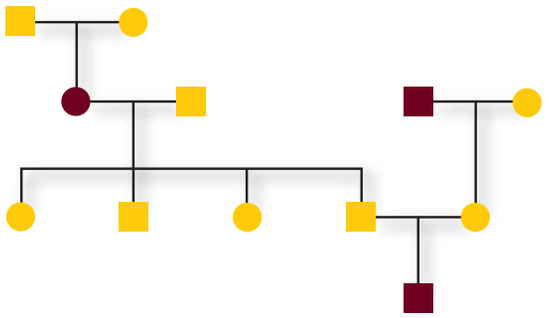
3. أيّ الاختلالات الآتية يعد اختلالًا وراثيًّا سائدًا؟

a. المهاق.
b. التليف الكيسي.
c. مرض تاي – ساكس.
d. مرض هنتنجتون.

4. أيّ مما يأتي لا يعد من خصائص الشخص المصاب بالتليف الكيسي؟

a. اختلال في قنوات أيون الكلور.
b. مشكلات هضمية.
c. فقدان صبغة الجلد.
d. التهاب متكرر في الرئتين.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 5 و6.



5. أيّ الاختلالات الوراثية الآتية لا ينطبق عليه نمط الوراثة المبين في مخطط السلالة السابق؟

a. التليف الكيسي.
b. المهاق.
c. مرض تاي – ساكس.
d. مرض هنتنجتون.

6. ما عدد كل من الذكور والإناث المصابين في مخطط السلالة السابق؟

a. 1 ذكر ، و2 أنثى.
b. 2 ذكر ، و1 أنثى.
c. 1 ذكر، و1 أنثى.
d. 2 ذكر، و2 أنثى.

أسئلة بنائية

استعمل الشكل الآتي للإجابة على السؤال 7.

7. **نهاية مفتوحة.** تخيل أن للحيوانات كلها الاختلالات الوراثية نفسها التي في الإنسان. فما الاختلال الوراثي الذي ينطبق على ضفدع الأشجار القزم هذا؟ وما نمط توارث هذا الاختلال الوراثي؟

5 تقويم الفصل

8. إجابة قصيرة. توقع الطرز الجينية لأبناء، والدهم مصاب بمرض هنتنجتون ووالدتهم سليمة.

التفكير الناقد

9. استخلص النتائج. ما العلاقة بين أيونات الكلور والمخاط الكثيف في المرضى المصابين بالتليف الكيسي.

5-2

مراجعة المفردات

استبدل بما تحته خط المصطلح المناسب من دليل مراجعة الفصل:

10. السيادة المشتركة نمط وراثي يُنتج فيه الطراز الجيني (غير المتماثل الجينات) طرازًا شكليًّا وسطيًّا بين الطراز الشكلي السائد والمتنحي.

11. تسمى الحالة التي لها أكثر من زوج من الصفات الوراثية المحتملة التفوق الجيني.

12. تسمى الجينات المرتبطة مع الكروموسومات الجنسية الجينات المتعددة.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

13. ما الذي يحدّد الجنس في الإنسان؟

a. الكروموسومان X و Y.

b. الكروموسوم رقم 21.

c. السيادة المشتركة.

d. التفوق الجيني.

14. أيّ المصطلحات تصف وراثة فصائل الدم في الإنسان؟

a. السيادة غير التامة والسيادة المشتركة.

b. السيادة المشتركة والجينات المتقابلة المتعددة.

c. السيادة غير التامة والجينات المتعددة.

d. السيادة المشتركة والتفوق الجيني.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 15.

15. تتحكم السيادة غير التامة في لون جذور الفجل. حيث يبين الشكل أعلاه الطراز الشكلي لكل لون. ما نسب الطرز الشكلية التي تتوقعها عند تزاوج نباتات فجل غير متماثلة الجينات؟

a. 2 أحمر: 2 أبيض.

b. 1 أحمر: 1 وردي: 1 أبيض.

c. 1 أحمر: 2 وردي: 1 أبيض.

d. 3 أحمر: 1 أبيض.

أسئلة بنائية

16. إجابة قصيرة. كيف يفسر التفوق الجيني الاختلافات في لون الفرو في أحد أنواع الكلاب؟

5 تقويم الفصل

17. إجابة قصيرة. فسر هل يمكن أن يكون الطراز الجيني لعمى اللونين الأحمر والأخضر غير متماثل الجينات في الذكر؟

18. إجابة قصيرة. ما أنواع الطرز الشكلية التي يمكن أن يبحث عنها أحدنا إذا كانت الصفة الظاهرية سببها وراثة الجينات المتعددة؟

التفكير الناقد

19. قوّم. لماذا قد يكون إجراء التحليل الوراثي في الإنسان صعبًا؟

20. لخص. ما المقصود من المعلومة الآتية: للتوائم المتطابقة معدّل توافق مقداره 54%، وللتوائم الشقيقة معدّل توافق أقل من 5% لوراثة صفة معينة؟

5-3

مراجعة المفردات

حدّد المفردة المناسبة من دليل مراجعة الفصل التي تصف كلًّا مما يأتي:

21. النهايات الطرفية الواقية للكروموسوم.

22. الخطأ الذي يحدث في أثناء الانقسام الخلوي.

23. الصورة الدقيقة للكروموسومات المصبوغة.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

24. يدل مخطط كروموسومات إنسان يحوي 47 كروموسوم على:

a. مجموعة أحادية الكروموسومات.

b. مجموعة ثلاثية الكروموسومات.

c. سيادة مشتركة.

d. صفات سائدة.

25. لماذا يحدث عدم الانفصال؟

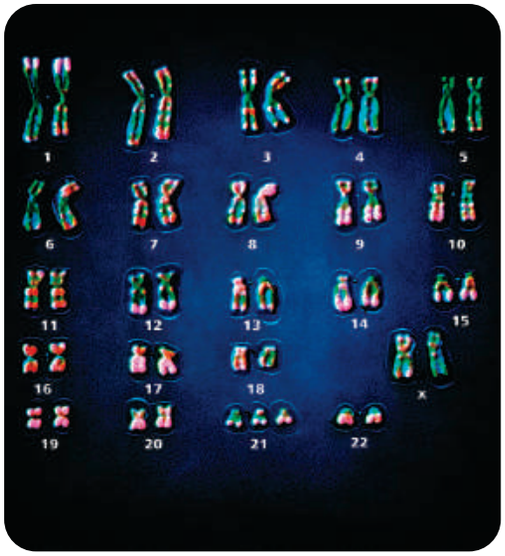
a. انقسام السيتوبلازم لا يحدث بصورة صحيحة.

b. عدم اختفاء النويات.

c. عدم انفصال الكروماتيدات الشقيقة.

d. تكثف الكروموسومات بصورة غير صحيحة.

استعمل الصورة الآتية للإجابة عن السؤال 26.



26. ما الاختلال الذي يظهر في الصورة؟

a. متلازمة تيرنر.

b. متلازمة كلينفلتر.

c. متلازمة داون.

d. لا يظهر المخطط الكروموسومي أي اختلالات.

27. أيّ الجمل الآتية غير صحيحة فيما يخص القطع الطرفية؟

a. توجد في نهايات الكروموسومات.

b. تتكون من DNA وسكريات.

c. تحمي الكروموسومات.

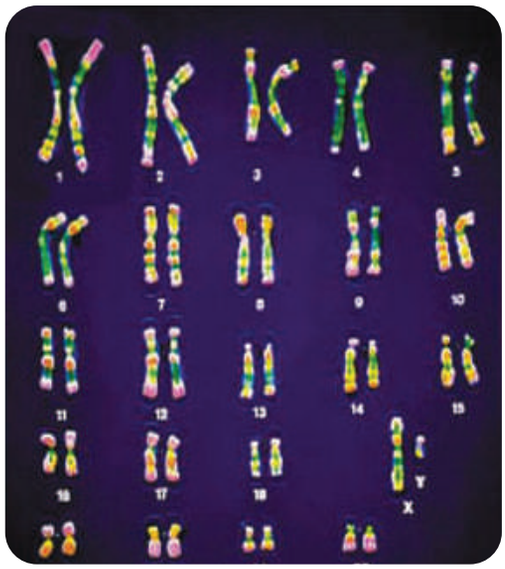
d. لها دور في الهرم والشيخوخة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

5 تقويم الفصل

أسئلة بنائية

استعمل الصورة أدناه للإجابة عن السؤال 28.



28. إجابة قصيرة. صف نوع فحص الجنين الذي نتج عنه المخطط الكروموسومي المبين في الشكل أعلاه.

29. إجابة قصيرة. ما أعراض متلازمة داون؟

30. نهاية مفتوحة. معظم الحالات الناتجة عن المجموعات الأحادية والثلاثية الكروموسومات قاتلة في البشر. لماذا؟

التفكير الناقد

31. كوّن فرضية. لماذا تحتاج الكروموسومات إلى القطع الطرفية؟

32. فسّر. لماذا تكون الفتاة المصابة بمتلازمة تيرنر مصابة أيضًا بعمى اللونين الأحمر والأخضر حتى وإن كان الرؤية لدى والديها طبيعية؟

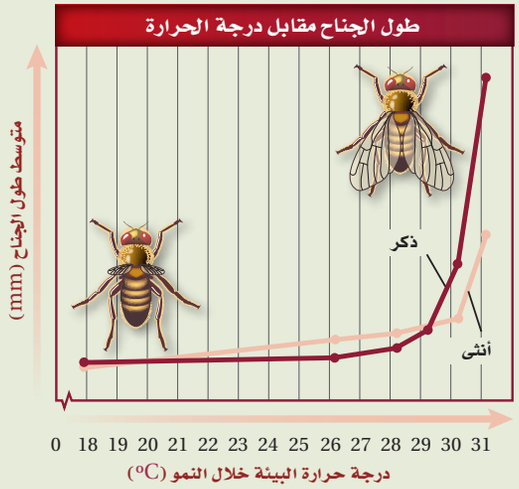
33. وضّح. قام فني بعمل مخطط كروموسومي من خلايا جنين ذكر، فاكتشف وجود كروموسوم واحد X إضافي في هذه الخلايا. ما السبب المحتمل لوجود الكروموسوم الإضافي؟

تقويم إضافي

34. الكتابة في علم الأحياء اكتب مقالة حول أحد الاختلالات الوراثية التي وردت في **الجدول 2-5**، ثم اعمل مخطط سلالة يوضّح هذا المقال؟

أسئلة المستندات

استخدم الشكل الآتي الذي يوضح أثر البيئة في الطراز الشكلي في الإجابة عن الأسئلة 35-37.



35. عند أي درجة حرارة يكون طول الجناح أكبر ما يمكن؟

36. أيهما أكثر تأثرًا بدرجة الحرارة: جناح الذكر أم جناح الأنثى؟ فسّر إجابتك.

37. لخص العلاقة بين درجة الحرارة وطول الجناح في كلتا الذبابتين.

مراجعة تراكمية

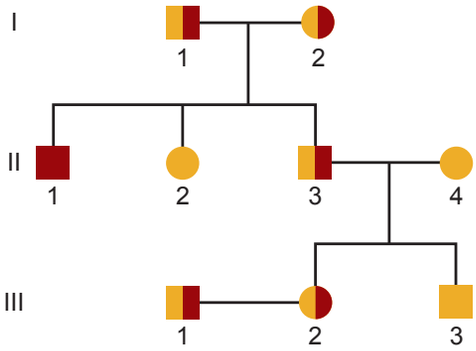
38. قارن بين البناء الضوئي والتنفس الخلوي، واربط كلًّا منهما بحاجة الجسم إلى الطاقة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 1و2.



1. تظهر أعراض المرض الذي يبينه مخطط السلالة أعلاه على الفرد:

a. I1 **c.** II2

b. II1 **d.** III2

2. بحسب مخطط السلالة أعلاه، أي الأشخاص يعد حاملًا للمرض وليس له أبناء مصابون بالمرض؟

a. I1 **c.** II3

b. II1 **d.** III1

3. ما الطراز الجيني المحتمل لشخص فصيلة دمه A؟

a. $I^B I^B$. **c.** $I^A i$.

b. ii . **d.** $I^A I^B$.

4. ما الطراز الكروموسومي لشخص مصاب بمتلازمة كلينفلتر؟

a. OY. **c.** XXY.

b. XO. **d.** XYY.

5. أين توجد أجسام بار Barr؟

a. الخلايا الجسمية الأنثوية.

b. الخلايا الجنسية الأنثوية.

c. الخلايا الجسمية الذكرية.

d. الخلايا الجنسية الذكرية.

أسئلة الإجابات القصيرة

6. إذا كان جين الإصابة بمرض نزف الدم متنحيًا ومرتبطًا مع الجنس، فما احتمال إنجاب ذكر مصاب بنزف الدم إذا كان الأب مصابًا بنزف الدم والأم حاملة لجين الإصابة بالمرض؟

7. اكتب – بالترتيب– الخطوات التي تحدث في أثناء الانقسام الخلوي لكي ينتج مخلوق حي ثلاثي المجموعة الكروموسومية.

8. أبوان مصابان بمرض وراثي غير حاد، ولد لهما طفل مصاب بهذا المرض على نحوٍ خطير. ما نوع نمط الوراثة الذي حدث في حالة هذا المرض؟

9. صف تزاوج نباتي بازلاء كلاهما يحمل صفة البذور الصفراء والملساء غير متماثل الجينات للصفتين (Yy Rr)، مستخدمًا قانون التوزيع الحر، واذكر نسبة الطرز الشكلية لهذا التزاوج، مستخدمًا مربع بانيت.

10. ما الذي قد يسبب تغير لون الفرو في إناث بعض الحيوانات؟ أعط سببًا يدعم استنتاجك.

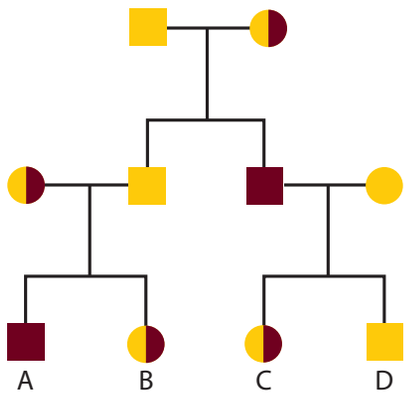
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اختبار مقنن

11. افتــرض أن مخلوقًــا حيًّا (عدد الكروموســومات فيه 2n=6) لديه نســخة واحدة من الكروموســوم رقم 3. ما عدد كروموســومات هذا الشــخص في المخطط الكروموسومي الخاص به؟ فسّر إجابتك.

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 12.



12. صف نمط الوراثة للمــرض المبين في مخطط العائلة أعلاه.

أسئلة مقالية

في بعض أنواع الدراســات البحثية يشــدد الباحثون على وجود توائم مشــاركين فــي البحث، فقــد يطلبون توائم متطابقــة أو توائم شــقيقة، اعتمــادًا على نوع الدراســة. وللتوائم أهمية كبيرة في الدراسات والأبحاث التي تتعلق بالوراثة.

اســتخدم المعلومات الواردة في الفقرة أعلاه للإجابة عن السؤال الآتي في صورة مقالة.

13. تخيل أنك عالم تقوم ببحث، واكتب خطة دراسة بحثية تتطلب وجود توائم مشــاركين فيها. وفسّــر ما تحاول دراسته، وما إذا كنت ترغب في دراسة توائم متطابقة أو شقيقة، وما أهمية وجود التوائم في دراستك؟

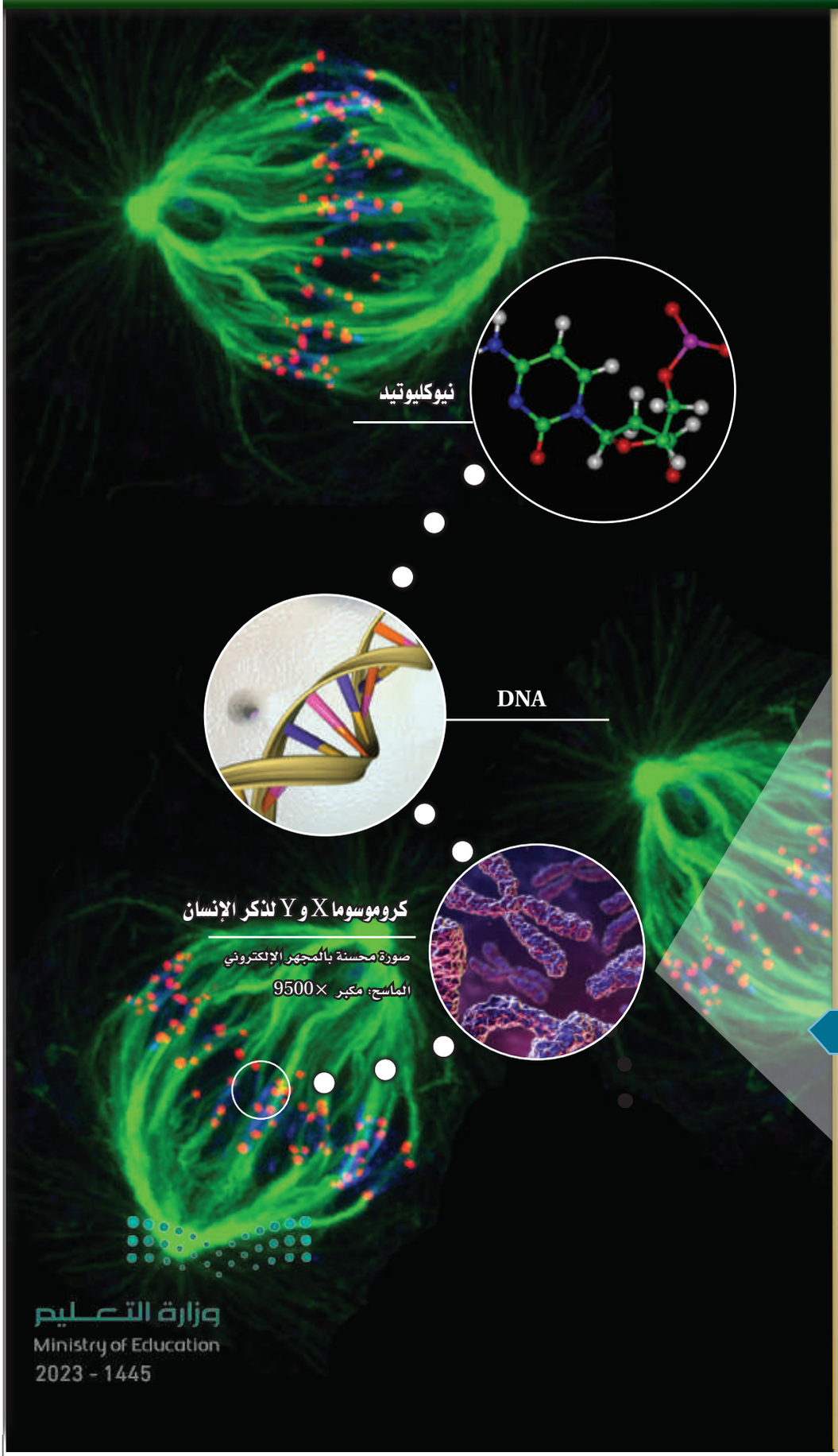
يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
الفصل / القسم	5–1	5–1	5–2	5–3	5–2	5–2	5–3	5–1	5–2	5–2	5–3	5–1	5–2
الصف	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3	2–3

الفصل 6

الوراثة الجزيئية

Molecular Genetics



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفكرة العامة يعد DNA المادة الوراثية التي تحوي شفرات البروتينات.

6–1 المادة الوراثية : DNA

الفكرة الرئيسة تطلّب اكتشاف DNA بوصفه شفرة وراثية إجراء العديد من التجارب.

6–2 تضاعف DNA

الفكرة الرئيسة يتضاعف DNA بتكوين سلسلة جديدة متممة للسلسلة الأصلية.

6–3 DNA، وRNA، والبروتين

الفكرة الرئيسة تُنسخ شفرات DNA في صورة RNA، الذي يتحكم بدوره في بناء البروتينات.

6–4 التنظيم الجيني والطفرة

الفكرة الرئيسة يتم تنظيم التعبير الجيني داخل الخلية، ويمكن للطفرات أن تؤثر في هذا التعبير.

حقائق في علم الأحياء

- يحوي جسم الإنسان 100 تريليون خلية، كل منها يحتوي على 46 كروموسوم تُخزن DNA.
- إذا تم فَرْد كل DNA الذي تحويه الخلية البشرية فسوف يكوِّن خطًّا طوله 1.8 m تقريبًا.

نشاط استهلالي

من اكتشف DNA؟

تراكمت المعرفة بالوراثة، وجزيء DNA، والتقنيات الحيوية على مدى قرن ونصف تقريبًا. وسوف تضع في هذه التجربة خطًّا زمنيًّا لاكتشاف DNA.

خطوات العمل

1. اعمل في مجموعات مكوّنة من 4 – 3 طلاب لتحدد العلماء الذين أسهموا على نحو كبير في فهم الوراثة و DNA وتعرّف تجاربهم.
2. اقرأ الفصل في هذا **الكتاب**.
3. اعمل خطًّا زمنيًّا يبين وقت كل اكتشاف مهم ورد ذكره في نصوص الفصل.

التحليل

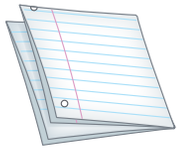
1. **قارن** الخط الزمني الذي عملته مجموعتك مع خطوط الزمن للمجموعات الأُخرى.
2. **استنتج**. كيف أثرت تجارب العلماء السابقة في العلماء الذين جاؤوا بعدهم؟

المطويات منظمات الأفكار

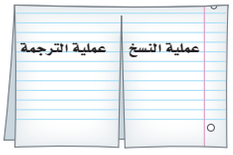
مقارنة عمليتي النسخ والترجمة: استعمل هذه المطوية للمقارنة بين عمليتي النسخ والترجمة.

الخطوة 1: اثنِ ورقة أفقيًّا من منتصفها، كما في الشكل الآتي:

الخطوة 2: اثنِ الورقة من منتصفها مرة أخرى، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3: قصَّ الطبقة العلوية فقط من الورقة على طول خطوط الثني الثانية ؛ حتى ينتج لسانان، ثم عنونهما كما في الشكل الآتي:



المطويات **استخدم هذه المطوية في القسم 3–6**، وارسم عمليتي النسخ والترجمة تحت كل لسان منهما، ثم اشرحهما.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

6-1

المادة الوراثية : DNA
DNA : The Genetic Material

الأهداف

- **تلخص** التجارب التي أدت إلى اكتشاف DNA بوصفه مادة الوراثة.
- **ترسم** التركيب الأساسي لجزيء DNA.
- **تصف** التركيب الأساسي للكروموسوم في المخلوقات الحية حقيقية النوى.

مراجعة المفردات

الحمض النووي: جزيئات حيوية معقدة تخزن المعلومات الخلوية في صورة شفرة.

المفردات الجديدة

الجزيء الحلزوني المزدوج
الجسيم النووي (نيوكليوسوم)

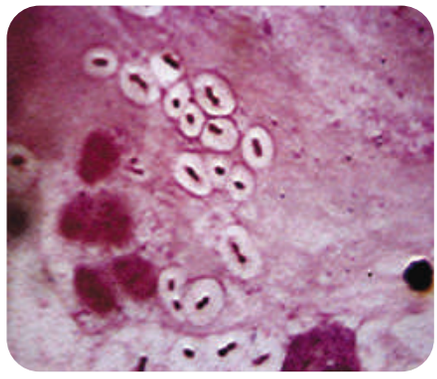
الفكرة الرئيسة **تطلّب اكتشاف DNA بوصفه شفرة وراثية إجراء العديد من التجارب.**

الربط مع الحياة هل تحب قراءة روايات الغموض، أو مشاهدة المحققين على التلفاز وهم يحلون ألغاز الجرائم؟ يبحث المحققون عن أدلة تساعدهم على حل اللغز. وكذلك فإن علماء الوراثة محققون يبحثون عن أدلة في أسرار الوراثة وألغازها.

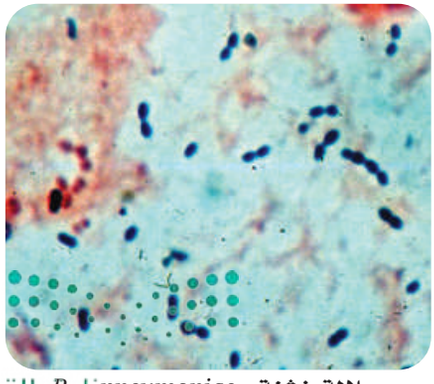
اكتشاف المادة الوراثية Discovery of The Genetic Material

عندما أعيد اكتشاف نتائج مندل في العام 1900م، بدأ العلماء البحث عن الجزيء الذي يدخل في الوراثة. وقد عرَف العلماء أن المعلومات الوراثية محمولة على الكروموسومات في خلايا المخلوقات الحية الحقيقية النوى، وأن أهم مكوّنين من مكوّنات الكروموسومات هما DNA والبروتين. وعلى مدى سنوات طويلة حاول العلماء تحديد أي هذين الجزيئين الكبيرين– DNA (الحمض النووي) أو البروتين– هو مصدر المعلومات الوراثية.

العالم جريفيث Griffith في عام 1928م أجرى فريدريك جريفيث أول تجربة رئيسة أدت إلى اكتشاف DNA بوصفه مادة الوراثة. وقد درس جريفيث سُلالتين من بكتيريا المكورات السبحية الرئوية *Streptococcus pneumonia*، التي تسبب التهاب الرئة، فوجد أن إحدى السلالات يمكنها أن تتحول، أو تتغير، إلى شكل آخر. وقد كان لإحدى السلالتين اللتين درسهما غلاف من السكريات، في حين لم تكن للسلالة الأخرى ذلك الغلاف. والسلالة المحاطة بغلاف من السكر تسبب التهاب الرئة، وسمّاها السلالة الملساء (S).أما السلالة غير المحاطة فلا تسبب التهاب الرئة، وسمّاها بالخشنة (R)، كما في **الشكل 1–6**. وتبدو حواف مستعمرات السلالة (R) خشنة نتيجة عدم وجود غلاف يحيط بها.



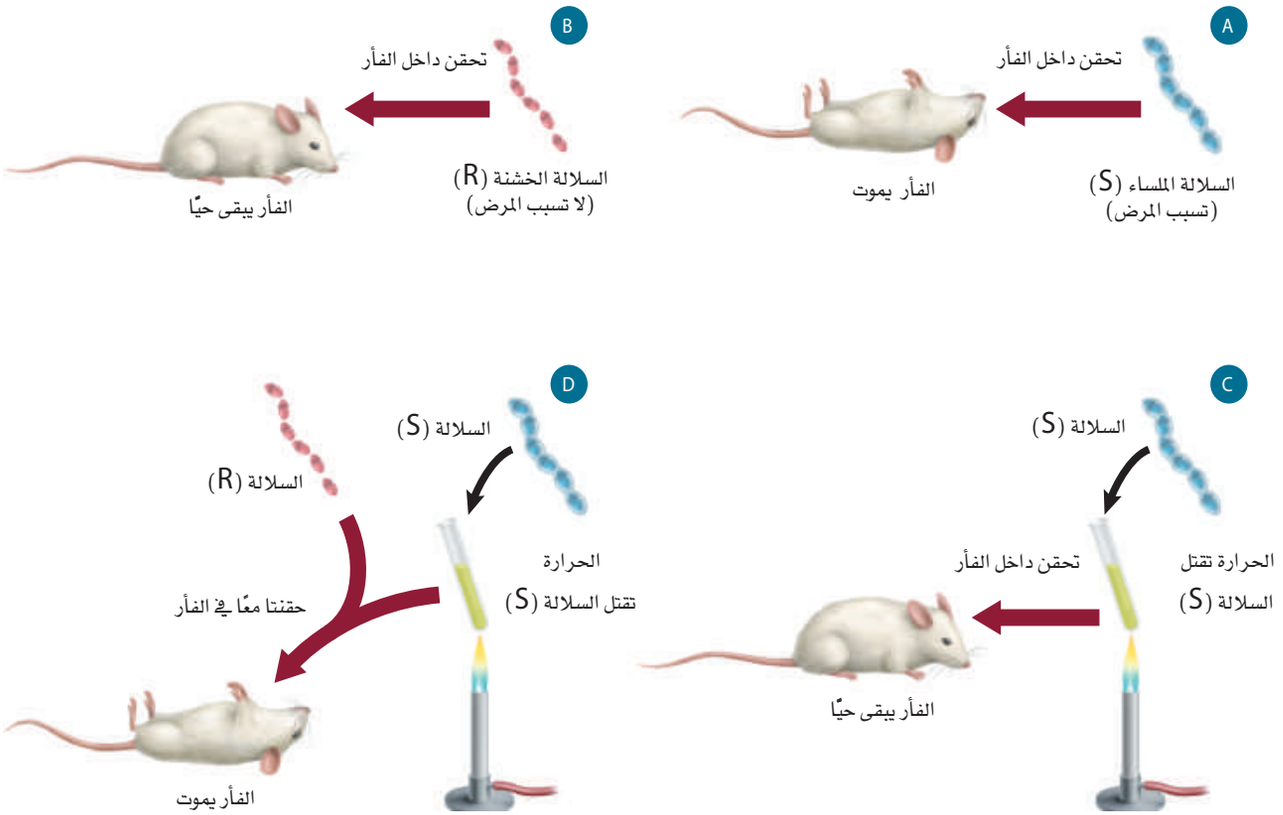
سلالة ملساء - *S– pneumonia*



سلالة خشنة - *R– pneumoniae*

■ **الشكل 1–6** تسبب السلالة الملساء (S) من البكتيريا *S. pneumonia* التهاب الرئة، بينما لا تسبب البكتيريا الخشنة (R) المرض. يمكن تمييز السلالات من مظهر المستعمرات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



■ **الشـكل 2-6** توضح تجربة جريفيث تحوّل البكتيريا الخشنة إلى بكتيريا ملساء.
فسّـر. لماذا استنتج جريفيث أن هناك تحولاً من البكتيريا الحية (R) إلى البكتيريا الحية (S)؟

تتبع تجربة جريفيث في **الشـكل 2-6**، تلاحظ أن خلايا السلالة (S) الحية قتلت الفأر، في حين لم تقتل خلايـا (R) الحية الفأر، ولم تقتل خلايا (S) الميتة الفأر أيضًا. ومع ذلك، فعندما حضَّر جريفيث خليطًا من خلايا (R) الحية وخلايا (S) الميتة وحقن الفأر بهذا الخليط مات الفأر. عزل جريفيث خلايا بكتيريا حية من الفأر الميت. وعندما زُرعت هذه البكتيريا وجد أن لديها الصفة الملساء. ويشير هذا إلى أن العامل المسـبب للمرض انتقل من البكتيريا الميتة (S) إلى البكتيريا الحية (R)، فاسـتنتج جريفيث أن هناك تحوّلاً حدث من البكتيريا الحية (R) إلى البكتيريا الحية (S). وكانت هذه بداية البحوث في عوامل التحول.

أفـري Avery فـي عام 1944 م تعرّف أفـري وزملاؤه الجـزيء الذي حوّل البكتيريا من السـلالة R إلى السـلالة S؛ فقد عزل أفري جزيئات كبيرة مختلفة مثل DNA وبروتين ودهون من خلايا البكتيريا (S) الميتة، وقام بتعريض الخلايا البكتيرية الحية (R) للجزيئات الكبيرة على نحوٍ منفصل. وتحوّلت الخلايا (R) إلى خلايا (S) عند تعريضها لجزيئات DNA، فاستنتج أفري أنه عند قتل الخلايا (S) في تجربة جريفيث تحررت جزيئات DNA، فاستقبلت بعض خلايا البكتيريا (R) جزيئات DNA هذه، ممّا أدّى إلـى تغيير خلايا البكتيريا (R) إلى خلايا من النوع (S).

ماذا قرأت؟ فسّر كيف استطاع أفري اكتشاف العامل المحول؟

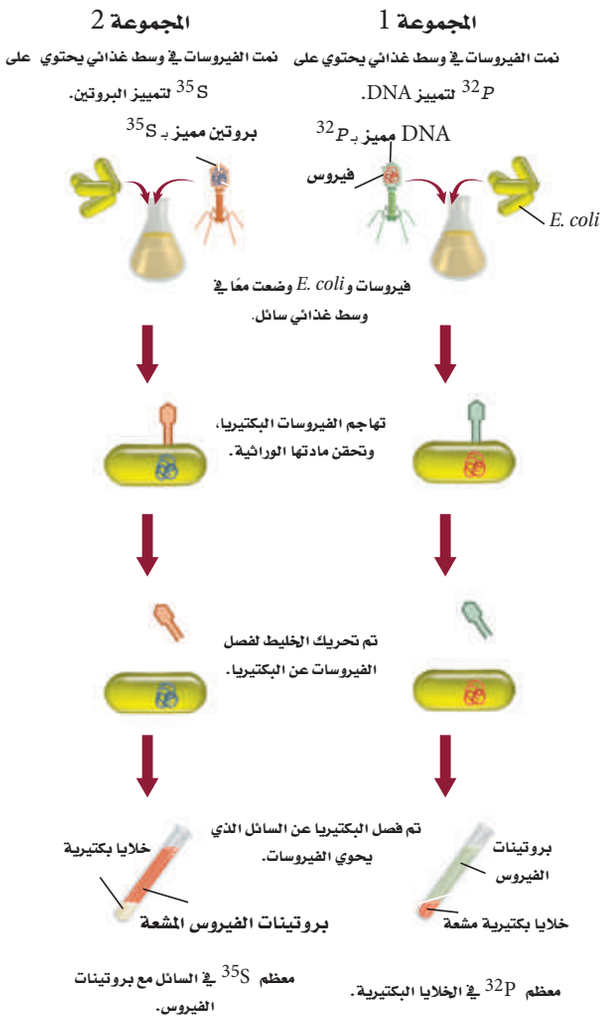
المفردات

المفردات الأكاديمية

التحوّل Transform
التسبب في تغيّر في النوع.
استعمل أفري DNA لتحويل البكتيريا.

هيرشي وتشيس Hershey and Chase في عام 1952م، نشر العالمان ألفرد هيرشي ومارثا تشيس نتائج تجاربهما التي وفرت الدليل الدامغ على أن DNA هو عامل التحول. وقد تضمنت تجاربهم الفيروس الآكل للبكتيريا (البكتيروفاج)، وهو نوع من الفيروسات يهاجم البكتيريا. وهناك عاملان جعلا تجربة هيرشي وتشيس ملائمة لإثبات أن DNA هو المادة الوراثية. أولهما أن الفيروس الآكل للبكتيريا المستعمل في التجربة كان مكونًا من DNA وبروتين فقط. وثانيهما أن الفيروسات لا تستطيع أن تتضاعف بنفسها. لذا يجب أن تَحقِن الفيروسات مادتها الوراثية داخل خلايا حية لكي تتمكن من التكاثر. وقد ميَّز هيرشي وتشيس مكوِّني الفيروس (DNA والبروتين)؛ ليحدّدا أي هذين المكونين يُحقن داخل البكتيريا، لمعرفة أي هذين المكونين هو المادة الوراثية.

العلامات المشعة Radioactive labeling استعمل هيرشي وتشيس تقنية تُسمى العلامات بالإشعاع لتتبع DNA والبروتين عندما تهاجم الفيروسات الآكلة للبكتيريا خلايا البكتيريا وتتكاثر داخلها، لاحظ **الشكل 3–6**. وقد حقن هذان العالمان مجموعة من الفيروسات بالفوسفور المشع (^{32}P). ولما كانت البروتينات لا تحتوي على فوسفور، لذا سيكون DNA فقط وليس البروتين هو الجزيء المشع. وقد قام هذان العالمان أيضًا بحقن مجموعة أخرى من الفيروسات الآكلة للبكتيريا بالكبريت المشع (^{35}S). ولمّا كانت البروتينات تحتوي على الكبريت ولا تحتوي عليه جزيئات DNA فإن البروتينات هي التي ستشع وليس DNA. جعل هيرشي وتشيس مجموعتي الفيروسات تهاجمان البكتيريا. وعندما تهاجم الفيروسات البكتيريا تلتصق بسطحها الخارجي وتحقن مادتها الوراثية داخلها. ثم عزلت البكتيريا المُصابة عن الفيروسات.



الشكل 3–6 استعمل هيرشي وتشيس تقنية العلامات المشعة في توضيح أن DNA هو المادة الوراثية في الفيروسات.

الجدول 1–6 ملخص نتائج هيرشي وتشيس

المجموعة 1 (فيروسات مميزة بـ ^{32}P)		المجموعة 2 (فيروسات مميزة بـ ^{35}S)	
بكتيريا مصابة	سائل يحتوي على فيروسات	بكتيريا مُصابة	سائل يحتوي على فيروسات
• DNA فيروس مميز بـ (^{32}p) داخل خلايا البكتيريا. • تضاعَف الفيروس. • الفيروسات الجديدة تحوي ^{32}p.	• لا يوجد DNA مميز. • لم تتضاعف الفيروسات.	• لا توجد بروتينات فيروس مميزة بـ (^{35}S). • تضاعف الفيروس. • لم تكن الفيروسات الجديدة مميزة.	• توجد بروتينات مميزة. • لم تتضاعف الفيروسات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تتبع DNA DNA Tracking تفحص هيرشي وتشيس المجموعة 1 التي حُقنت بـ ^{32}P، ووجدا أن DNA الفيروس المميز بالمادة المشعة حُقن داخل الخلية البكتيرية. وبعد فترة من الزمن وجدا أن الفيروسات التي تكاثرت داخل البكتيريا المصابة وخرجت منها تحوي ^{32}P، وهذا يشير أيضًا إلى أن DNA هو الذي يحمل المعلومات الوراثية.

وعندما فحصا المجموعة 2 المميزة بـ ^{35}S المشع وجدا أن البروتينات المميزة بالمادة المشعة بقيت خارج الخلايا البكتيرية؛ لأنه لم يوجد أي ^{35}S في الداخل. حيث تضاعفت الفيروسات داخل خلايا البكتيريا، مما يشير إلى أن المادة الوراثية الفيروسية دخلت البكتيريا. يلخص **الجدول 1-6** النتائج التي توصل إليها هيرشي وتشيس من تجربتهما.

بناءً على نتائجهما استنتجا أن DNA الفيروس حُقن داخل الخلية ووفر المعلومات الوراثية المطلوبة لبناء فيروسات جديدة. وقد أعطت هذه التجربة دليلاً قويًّا على أن DNA وليس البروتين، هو المادة الوراثية التي يمكن أن تنتقل من جيل إلى جيل في الفيروسات.

ماذا قرأت؟ فسّر لماذا كان يُعدّ إنتاج الفيروسات الجديدة داخل البكتيريا مهمًّا؟

تجربة علمية

ما الـ DNA؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

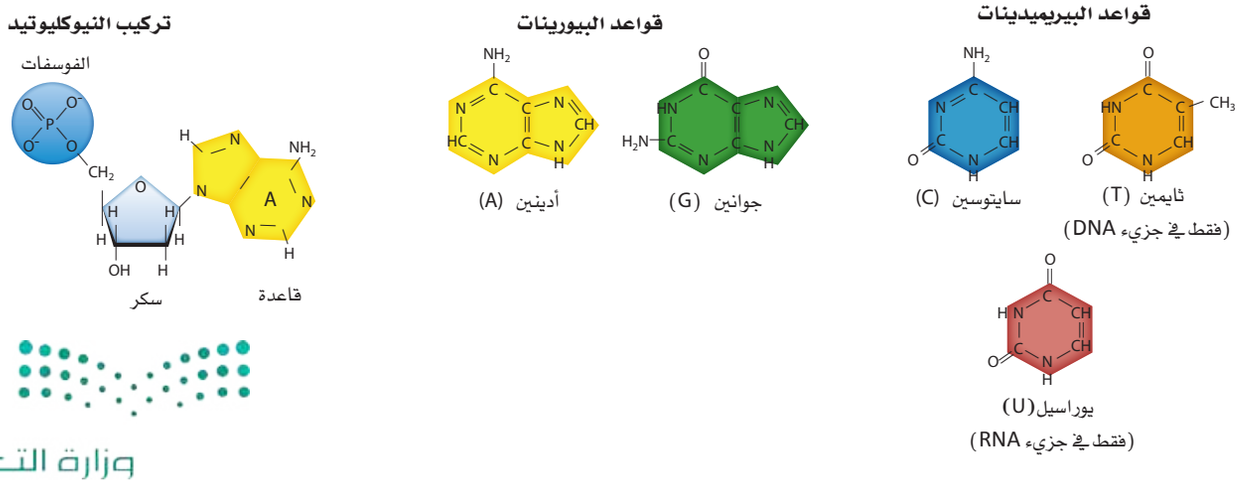
تركيب د.ن.أ DNA Structure

بعد تجربة هيرشي وتشيس أصبح العلماء أكثر ثقة أن DNA هو المادة الوراثية. وقد أدت الأدلة إلى تعرّف المادة الوراثية.

النيوكليوتيدات Nucleotides في عام 1920م حدد عالم الكيمياء الحيوية ليفين التركيب الأساسي للنيوكليوتيدات التي تُكوّن DNA. فالنيوكليوتيدات وحدات بنائية للأحماض النووية، وتتكون من سكر خماسي الكربون، ومجموعة فوسفات وقاعدة نيتروجينية، لاحظ **الشكل 4-6**. الحمضان النوويان الموجودان في الخلايا الحية هما: DNA و RNA. وتحتوي النيوكليوتيدات في DNA على سكر رايبوز منقوص الأكسجين، ومجموعة فوسفات وإحدى أربع قواعد نيتروجينية هي: الأدينين والجوانين والسايتوسين والثايمين.

الشكل 4-6 تتكون النيوكليوتيدات من فوسفات، وسكر وقاعدة نيتروجينية. هناك خمسة أنواع مختلفة من القواعد الموجودة في الوحدات الأساسية للنيوكليوتيدات التي تشكل DNA و RNA.

حدد. ما الفرق التركيبي بين قواعد بيريميدين وقواعد بيورين؟



وتحتوي نيوكليوتيدات RNA على سكر رايبوز، ومجموعة فوسفات، وإحدى أربع قواعد نيتروجينية هي: الأدينين والجوانين والسايتوسين واليوراسيل. تجد أن الجوانين (G) والأدينين (A) قواعد نيتروجينية ثنائية الحلقات. وهذا النوع من القواعد يسمى قواعد البيورين. أما السايتوسين (C) واليوراسيل (U) والثايمين (T) فهي قواعد نيتروجينية ذات حلقة واحدة، وتسمى قواعد بيريميدين.

تشارجاف Chargaff حلّل إروين تشارجاف (عام 1940م) كمية الأدينين والجوانين والثايمين والسايتوسين في DNA لأنواع مختلفة من المخلوقات الحية، ونُشر جزء من بيانات تشارجاف عام 1950م، كما في **الشكل 5–6**. وجد تشارجاف أن كمية الجوانين تساوي كمية السايتوسين تقريبًا، وأن كمية الأدينين تساوي كمية الثايمين تقريبًا في النوع الواحد. وسُمّي هذا الاكتشاف قاعدة تشارجاف: G = C و A=T.

ويلكنز Wilkins استخدم ويلكنز تقنية تُسمى تشتت الأشعة السينية، وهي تقنية تتضمن تصويب الأشعة السينية على جزيء DNA. وفي عام 1951م، انضمت فرانكلين إلى الفريق. وهناك التقطت الصورة رقم 51 المشهورة الآن، وجمعت بيانات استخدمها بعد ذلك واطسون وكريك. وقد أشارت هذه الصورة في **الشكل 6—6**، إلى أن DNA هو **جزيء حلزوني مزدوج** double helix، أو على شكل سلّم ملتوٍ، مكوّن من سلسلتين من النيوكليوتيدات ملتفتين إحداهما حول الأخرى. وقد حدّد واطسون وكريك التركيب الحلزوني المزدوج لجزيء DNA لاحقًا، حيث استخدما بيانات فرانكلين وبيانات رياضية أُخرى. وجزيء DNA هو المادة الوراثية لكل المخلوقات الحية، ومكوّن من سلسلتين من النيوكليوتيدات، كل منهما متمم للآخر. وهي أشرطة ملتفة بعضها حول بعض بدقة ليكوّنا الشكل الحلزوني المزدوج، فتبارك الله أحسن الخالقين.

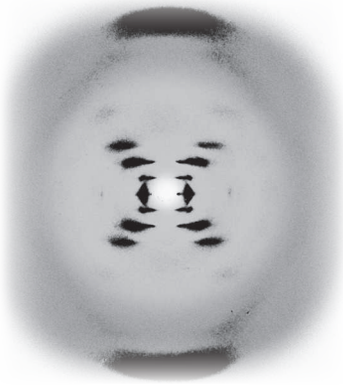
واطسون وكريك Watson and Crick شاهد واطسون وكريك صورة فرانكلين لتشتت الأشعة السينية. وقد قاس واطسون وكريك معًا عرض الجزيء الحلزوني والمسافات بين القواعد مستخدمين بيانات فرانكلين وبيانات تشارجاف، وقاما ببناء نموذج لجزيء DNA المزدوج يتوافق مع أبحاث الآخرين. ويبين **الشكل 7–6** النموذج الذي بناه في عام 1953م. وقد اشتمل نموذجهم المقترح على بعض الخصائص المهمة الآتية:

1. سلسلتين خارجيتين تتكونان من سكر الرايبوز المنقوص الأكسجين وفوسفات بشكل متبادل.
2. يرتبط السايتوسين والجوانين معًا بثلاث روابط هيدروجينية.
3. يرتبط الثايمين والأدينين معًا برابطتين هيدروجينيتين.

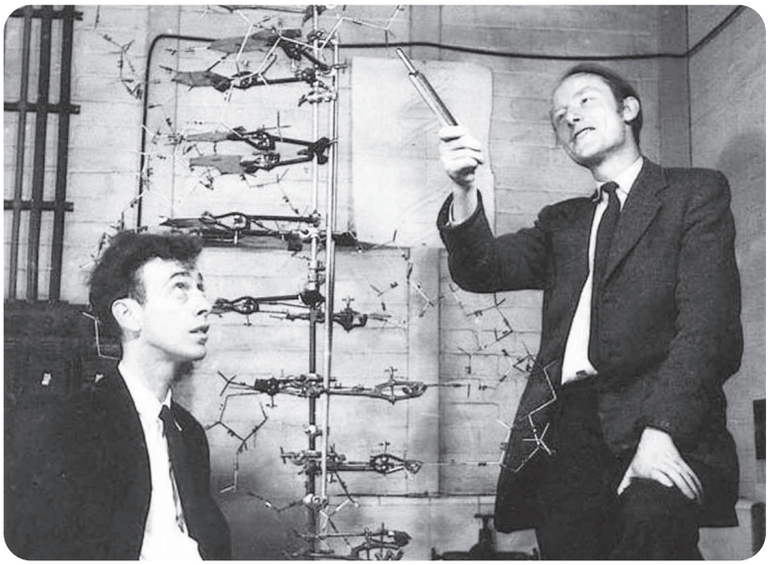
بيانات تشارجاف

تركيب القواعد (النسبة المولية)				
المخلوق الحي	A	T	G	C
E. coli	26.0	23.9	24.9	25.2
خميرة	31.3	32.9	18.7	17.1
سمك الرنجة	27.8	27.5	22.2	22.6
الجرذ	28.6	28.4	21.4	21.5
الإنسان	30.9	29.4	19.9	19.8

الشكل 5–6 بينت نتائج تشارجاف أنه على الرغم من اختلاف نسب القواعد النيتروجينية من نوع إلى آخر ، إلا أن G = C و A = T في النوع الواحد.



الشكل 6–6 صورة 51 الخاصة بروزالند فرانكلين وبيانات تشتت أشعة X ساعدتا واطسون وكريك على حل لغز تركيب جزيء DNA. عندما حُلّل وقيس بدقة أظهر النمط خصائص تركيب حلزوني.



■ **الشكل 7-6** حل واطسون وكريك لغز تركيب DNA، باستخدام بيانات تشارجاف وبيانات فرانكلين.

تركيب DNA DNA structure يحاكي جزيء DNA على الأغلب السلّم الملتوي؛ حيث يمثل حاجز الحماية (الدرابزين) للسلم، السكرَ المنقوص الأكسجين والفوسفات بشكل متبادل. وتشكل أزواج القواعد النيتروجينية (السايتوسين – الجوانين أو الثايمين – الأدينين) درجات هذا السلّم. وترتبط البيريميدينات دائمًا بالبيورينات، فتحافظ بذلك على البعد الثابت لحاجزي الحماية – سلسلتي DNA– في السلم. هذا الترابط المقترح للقواعد يفسر أيضًا نتائج تشارجاف، الذي اقترح أن كمية البيريميدينات تساوي كمية البيورينات في عينة جزيء DNA. لذا فإن $C + T = G + A$ ، أو أن قواعد البيريميدينات تساوي قواعد البيورينات. تستخدم أزواج القواعد المتممة لوصف الارتباط الدقيق بين قواعد البيورينات والبيريميدينات بين سلسلتي الأحماض النووية. وهي خاصية تضاعف جزيء DNA التي يمكن من خلالها للسلسلة الأصلية أن تحدد ترتيب القواعد في السلسلة الجديدة.

ماذا قرأت؟ فسر لماذا كانت بيانات تشارجاف دليلاً مهمًّا للوصول إلى بناء DNA؟

تجربة استهلالية

مراجعة اعتمادًا على ما قرأته حول تاريخ تجارب جزيء DNA، كيف يمكنك الآن الإجابة عن أسئلة التحليل؟

تجربة 1 - 6

عمل نموذج DNA

ما تركيب جزيء DNA؟ صمّم نموذجًا يزيد من فهم تركيب جزيء DNA.

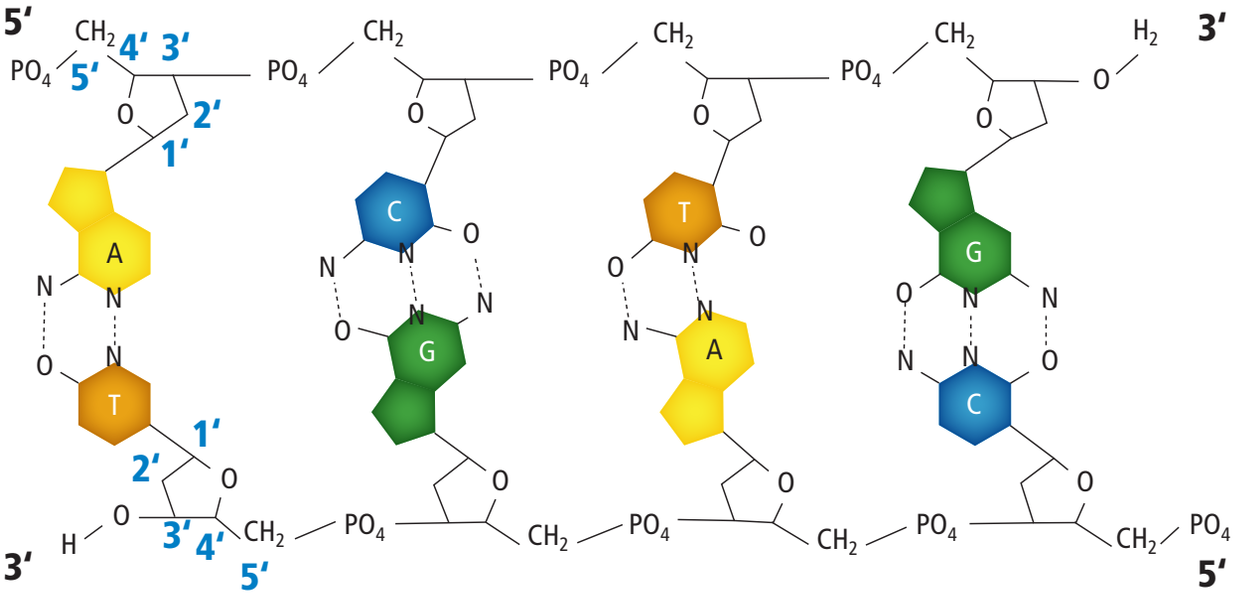
خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. صمّم نموذجًا لقطعة صغيرة من DNA باستعمال المواد التي يوفرها لك مُعلمك.
3. حدد أجزاء النموذج التي تتطابق مع الأجزاء المختلفة من جزيء DNA.

التحليل

1. **صف** تركيب جزيء DNA الخاص بك.
2. **حدّد** خصائص DNA التي ركزت عليها عند بناء نموذجك.
3. **استنتج.** كيف يختلف نموذجك عن نماذج زملائك في الصف؟ وكيف يرتبط هذا الاختلاف مع اختلافات جزيء DNA بين المخلوقات الحية؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



■ **الشكل 8-6** تترتب سلسلتا DNA على نحوٍ متوازٍ ومتعاكس ويكوّنان جزيء DNA الحلزوني.

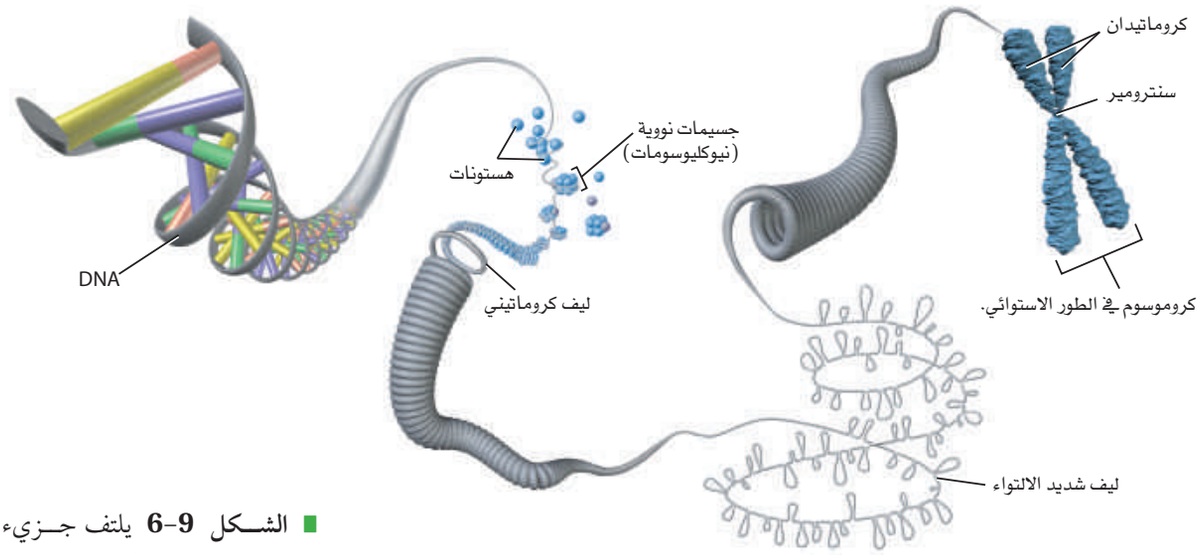
فسّر لماذا سميت نهايتا سلسلتي جزيء DNA بـ 3′ و 5′ ؟

الاتجاه Orientation من الصفات الفريدة لجزيء DNA اتجاه أو ترتيب السلسلتين؛ حيث يمكن ترقيم الكربون في المركبات العضوية (وهي هنا السكر). ويوضح **الشكل 8-6** اتجاه ذرات الكربون المرقمة في جزيئات السكر في كل سلسلة من سلاسل DNA. فتكون بداية الارتباط في السلسلة العلوية عند الكربون رقم 5 في سكر الرايبوز فتسمى 5′ (يُقرأ "خمسة شرطة") وينتهي الارتباط عند الكربون رقم 3 في سكر الرايبوز عند نهاية السلسلة، فتسمى 3′ (يُقرأ "ثلاثة شرطة"). ويقال إن السلسلة تترتب من 5′ إلى 3′. بينما تترتب السلسلة الأخرى الموازية في الاتجاه المعاكس من 3′ إلى 5′.

ترتيب السلسلتين هذا يُسمى التوازي المتعاكس، لاحظ **الشكل 8-6**. وهناك طريقة أخرى توضح الترتيب المتوازي المتعاكس لسلسلتي DNA بأخذ قلمَيْ رصاص ووضعهما بحيث يكون رأس أحدهما بجوار ممحاة القلم الآخر.

التركيب البنائي للكروموسوم Chromosome Structure

يوجد جزيء DNA في المخلوقات الحية البدائية النوى في السيتوبلازم، ويتكون بشكل أساسي من حلقة من DNA ويرتبط مع البروتينات، في حين يترتب DNA في المخلوقات الحية الحقيقية النوى في صورة كروموسومات منفردة. يتكون الكروموسوم في الإنسان من 51 مليونًا إلى 245 مليون زوج من القواعد النيتروجينية. وإذا تم بسط سلسلة DNA مكوّنة من 140 مليون نيوكليوتيد في خط مستقيم فإن طوله سيبلغ 5 cm تقريبًا. فكيف يمكن لكمية DNA هذه أن تترتب داخل خلية مجهرية؟



■ **الشكل 9-6** يلتف جزيء DNA حول الهستونات ليكون جسيمات نووية (نيوكليوسومات)، تلتف بدورها لتكوّن أليافاً كروماتينية. وتلتف ألياف الكروماتين بشدة لتكوين الكروموسومات التي تكون واضحة في أثناء الطور الاستوائي للانقسام المتساوي.

لكي يترتب جزيء DNA داخل نواة خلية حقيقية النواة فإنه يلتف حول مجموعة من البروتينات تشبه الخرز تسمى الهستونات، كما في **الشكل 9-6**.

ولأن مجموعات الفوسفات في DNA تحمل شحنة سالبة، فهي تجذب جزيئات DNA إلى بروتينات الهستون الموجبة الشحنة، فتكوّن **جسيمًا نوويًّا (نيوكليوسوم)** nucleosome، ثم تتجمع النيوكليوسومات معًا لتكوّن أليافًا كروماتينية، يلتف بعضها على بعض لتكوّن تركيب DNA المعروف بالكروموسوم.

التقويم 1-6

الخلاصة

- تعد تجربة جريفيث باستعمال البكتيريا وتفسير أفري أول إشارة إلى أن جزيء DNA هو المادة الوراثية.
- وفرت تجربة هيرشي وتشيس دليلاً على أن جزيء DNA هو المادة الوراثية في الفيروسات.
- تنص قاعدة تشارجاف على أنه -في جزيء DNA- كمية السايتوسين تساوي كمية الجوانين، وكمية الثايمين تساوي كمية الأدينين.
- وفرت أعمال واطسون وكريك وفرانكلين وويلكنز دليلاً على التركيب الحلزوني المزدوج لجزيء DNA.

فهم الأفكار الرئيسة

1. **الفكرة الرئيسة** **لخّص** تجارب جريفيث وأفري التي أشارت إلى أن جزيء DNA هو المادة الوراثية.
2. **صف** البيانات التي استعملها واطسون وكريك في تحديد تركيب جزيء DNA.
3. **ارسم وعنون** الأجزاء في قطعة DNA، مبينًا الشكل الحلزوني لهذا الجزيء وارتباط القواعد النيتروجينية المتممة.
4. **صف** تركيب الكروموسومات في المخلوقات الحية الحقيقية النوى.

التفكير الناقد

5. **صف** خاصيتين يحتاج إليهما جزيء DNA لكي يؤدي دوره بوصفه مادة الوراثة.
6. **قوّم** قرار هيرشي وتشيس في استعمال الفوسفور والكبريت المشعّين في تجاربهما. وهل كان يمكن استخدام الكربون أو الأكسجين كبديلين؟ ولماذا؟

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

6-2

تضاعف DNA

Replication of DNA

الأهداف

- **تلخّص** دور الإنزيمات في تضاعف DNA.
- **تفسّر** كيف يتم بناء السلسلة الرئيسة والسلسلة الثانوية بصورة مختلفة كل منهما عن الأخرى.

مراجعة المفردات

القالب: جزيء الـ DNA الذي يُعد النمط (الأساس) اللازم لبناء سلسلة DNA جديدة.

المفردات الجديدة

التضاعف شبه المحافظ.

إنزيم بلمرة DNA

قطعة أوكازاكي.

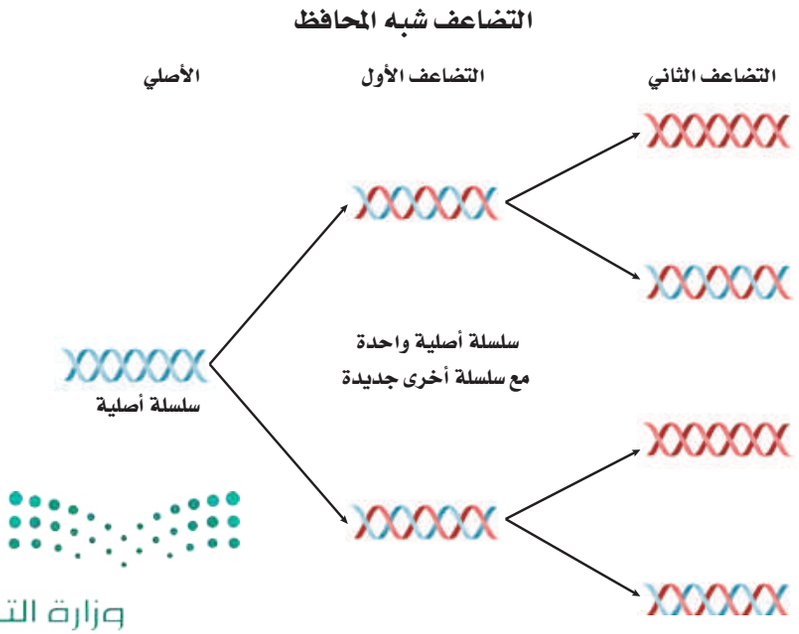
الفكرة الرئيسة **يتضاعف DNA بتكوين سلسلة جديدة متممة للسلسلة الأصلية.**

الربط مع الحياة عندما تستخدم آلة التصوير فإنك تتوقع أن تكون النسخ طبق الأصل. إن عمل نسخة تحوي أخطاءً لم تكن موجودة في الأصل غير مفيد. وكذلك، فكّر كيف يستطيع جسمك عمل نسخ من DNA؟

تضاعف DNA شبه المحافظ Semiconservative Replication

اقترح واطسون وكريك طريقة محتملة لتضاعف جزيء DNA، وهو ما يسمى عملية التضاعف شبه المحافظ؛ حيث تنفصل خلال **التضاعف شبه المحافظ** semiconservative replication سلاسل DNA الأصلية لتعمل بوصفها قوالب templates، وتبدأ عملية التضاعف، فينتج جزيء DNA مكوّن من سلسلة أصلية وأخرى جديدة. درست من قبل أن تضاعف DNA يحدث في الطور البيني للانقسام المتساوي أو المنصف. تتضمن عملية التضاعف شبه المحافظ ثلاث مراحل، هي: فك الالتواء، وارتباط القواعد في أزواج، وإعادة ربط السلاسل، كما في **الشكل 10-6**.

فك الالتواء Unwinding يسمى الإنزيم المسؤول عن فك الالتواء وفصل جزيء DNA الحلزوني المزدوج إنزيم فك الالتواء (هيليكيز helicase).



الشكل 10-6 في التضاعف شبه المحافظ، تنفصل سلاسل DNA الأصلي بعضها عن بعض، وتصبح حجر الأساس في إنتاج جزيئي DNA جديدين، يمكنهما بعد ذلك الانفصال لإنتاج أربعة جزيئات DNA أخرى.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

وعندما تنفصل سلاسل الحلزون المزدوج تتكسر الروابط الهيدروجينية بين القواعد، فتتكوّن سلاسل DNA منفردة. ثم تقوم بروتينات تُسمى البروتينات المرتبطة مع السلاسل المنفردة، بالارتباط بجزيء DNA لضمان بقاء السلاسل منفصلة بعضها عن بعض خلال عملية التضاعف. وبعد الانتهاء من فك التواء الحلزون يقوم إنزيم آخر يُسمى إنزيم RNA البادئ (RNA primase) بإضافة قطعة صغيرة من RNA، تسمى قطعة RNA الأولية، إلى كل سلسلة من سلاسل DNA.

ارتباط القواعد في أزواج Base pairing يحفز **إنزيم بلمرة DNA** DNA polymeras إضافة النيوكليوتيدات المناسبة إلى سلسلة DNA الجديدة. تضاف النيوكليوتيدات إلى النهاية (الطرف) 3′ في السلسلة الجديدة، كما في **الشكل 11–6**. تذكر أن كل قاعدة نيتروجينية ترتبط بالقاعدة النيتروجينية المتممة لها فقط – مثلًا القاعدة النيتروجينية A ترتبط مع T، و C ترتبط مع G. وهذه الطريقة تسمح بإنتاج نسخ متماثلة من جزيء DNA الحلزوني المزدوج الأصلي.

يبين **الشكل 11–6** أن السلسلتين تُصنعان بطريقتين مختلفتين قليلاً. فإحدهما تُسمى السلسلة الرئيسة، ويزداد طولها عندما يتم فك الالتواء في اتجاه شوكة التضاعف. ويتم إنتاج هذه السلسلة بإضافة النيوكليوتيدات بشكل متواصل إلى النهاية.

تجربة 2 - 6

نموذج تضاعف DNA

كيف يتضاعف جزيء DNA؟ استعمل نموذجًا يوضح تضاعف جزيء DNA على نحوٍ أفضل.

خطوات العمل

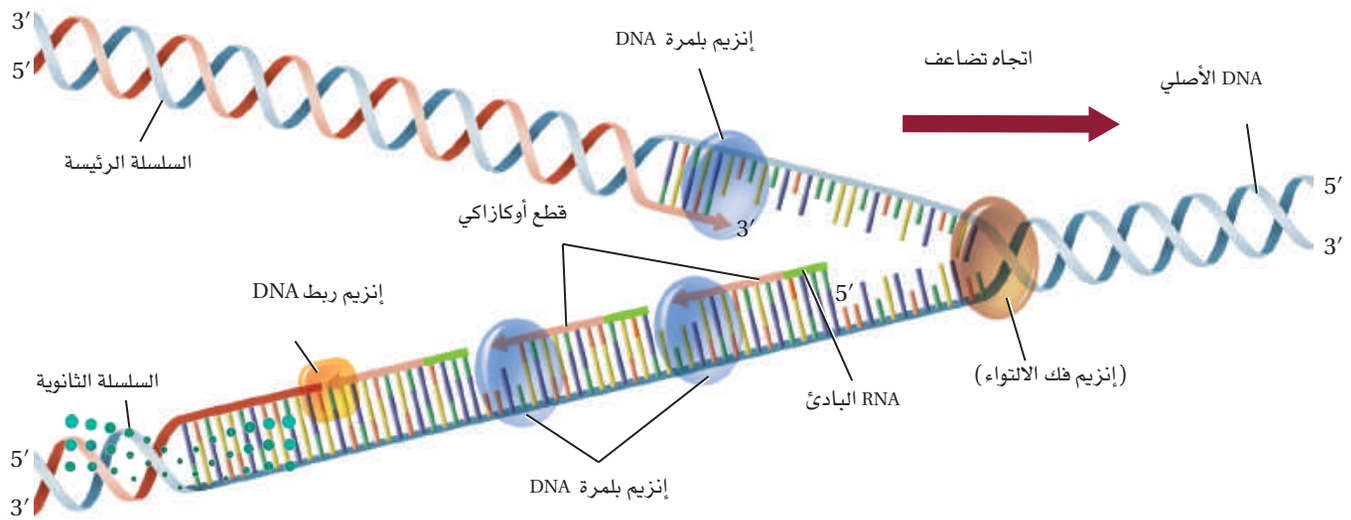
1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. استعمل نموذج DNA الخاص بك من التجربة **1–6**، وقطعًا إضافية لعمل نموذجٍ لتضاعف قطعة DNA الخاصة بك.
3. استعمل نموذجك لتوضيح تضاعف DNA لطلاب صفك، وحدد الإنزيمات التي تدخل في كل خطوة.

التحليل

1. **فسّر.** كيف يوضح نموذج تضاعف DNA الخاص بك التضاعف شبه المحافظ؟
2. **استنتج.** كيف يؤثر غياب إنزيم ربط DNA في تضاعف DNA في الخلية؟
3. **حدد.** أين يمكن أن تحدث الأخطاء في عملية التضاعف؟

■ **الشكل 11–6** تنفصل سلسلتا DNA إحداهما عن الأخرى خلال عملية التضاعف، وعندئذٍ يتم استعمال السلسلة الأصلية على أنها حجر الأساس للسلسلة الجديدة.

استنتج. لماذا تكوّن السلسلة الثانوية قطعًا بدلاً من أن تُصنع بشكل متصل؟



وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

أما سلسلة DNA الأخرى فتُسمى السلسلة الثانوية، ويزداد طولها في عكس اتجاه شوكة التضاعف. وتُصنع هذه السلسلة بشكل غير متواصل، وفي صورة قطع تُسمى **قطع أوكازاكي** okazaki fragments، باستخدام إنزيم بلمرة DNA وفي الاتجاه من 3′ إلى 5′. يتم ربط هذه القطع لاحقًا بإنزيم ربط DNA (ligase). ويبلغ طول كل قطعة من قطع أوكازاكي نحو 100 – 200 نيوكليوتيد في المخلوقات الحية الحقيقية النوى. ولمّا كانت إحدى السلاسل تُصنع بشكل متواصل والأخرى تُصنع بشكل غير متواصل فإن تضاعف DNA يُسمى شبه المتقطع، وكذلك شبه المحافظ.

ماذا قرأت؟ **فسّر** كيف يضمن ارتباط القواعد في أزواج خلال التضاعف أن السلسلة المتكونة متطابقة مع السلسلة الأصلية؟

إعادة ربط السلاسل Joining على الرغم من أن السلسلة الأصلية تُصنع بشكل متواصل فإن تضاعف DNA في الخلايا الحقيقية النوى يبدأ عادة في عدة مناطق على طول الكروموسوم، وعندما يصل إنزيم بلمرة DNA إلى RNA البادئ فإنه يزيل البادئ ويستبدل به نيوكليوتيدات DNA. ثم يقوم إنزيم ربط DNA بربط الجزأين.

التقويم 2-6

الخلاصة

- تسهم الإنزيمات (إنزيم فك التواء DNA، وإنزيم RNA البادئ، وإنزيم بلمرة DNA، وإنزيم ربط DNA) في عملية تضاعف DNA.
- تُصنع السلسلة الرئيسة بصورة متواصلة، أما السلسلة الثانوية فتُصنع بصورة غير متواصلة، بتكوين قطع أوكازاكي.
- يحدث تضاعف DNA في الخلايا الحقيقية النوى عادة في عدة مناطق على طول الكروموسوم.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **بيّن** ترتيب السلسلة الأساس إذا كان ترتيب القواعد في السلسلة المتممة هو 5′ A T G G G C G C 3′.
2. **صف** دور الإنزيمات التالية في تضاعف DNA: فك التواء DNA، بلمرة DNA ، ربط DNA.
3. **ارسم** شكلاً يبين آلية إنتاج السلسلتين الرئيسة والثانوية.
4. **ناقش** لماذا يكون تضاعف جزيء DNA في الخلايا الحقيقية النوى أكثر تعقيدًا من البكتيريا؟

التفكير الناقد

5. الرياضيات في علم الأحياء

إذا كانت بكتيريا *E. coli* تصنع DNA بمعدل 100,000 نيوكليوتيد في الدقيقة، وتستغرق 30 دقيقة لتضاعف جزيء DNA الخاص بها، فما عدد أزواج القواعد النيتروجينية في كروموسوم *E. coli*؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

6-3

DNA، و RNA، والبروتين
DNA, RNA, and Protein

الأهداف

- **تفسّر** كيف يشارك RNA الرسول، و RNA الرايبوسومي، وRNA الناقل في نسخ الجينات وترجمتها.
- **تلخّص** دور إنزيم بلمرة RNA في بناء RNA الرسول.
- **تصف** كيف يتم نسخ شفرة DNA إلى RNA الرسول، واستخدامها في بناء بروتين معين.

مراجعة المفردات

البناء: تركيب أجزاء أو ارتباط بعضها مع بعض لتكوين شيء كامل.

المفردات الجديدة

RNA
RNA الرسول
RNA الرايبوسومي
RNA الناقل
عملية النسخ
إنزيم بلمرة RNA
إنترون
الإكسون
الشفرة الوراثية
عملية الترجمة.

الفكرة الرئيسة **تُنسخ شفرات DNA في صورة RNA، الذي يتحكم بدوره في بناء البروتينات.**

الربط مع الحياة يكتب مبرمجو الحاسوب برامجهم بلغة معينة، أو شفرة. ويُصمَّم الحاسوب لقراءة الشفرة وأداء وظائف ما. وكذلك يحتوي DNA على شفرة، مثل شفرة البرمجة، تحفز الخلية على أداء عمل ما.

المبدأ الأساسي Central Dogma

إحدى خصائص الـ DNA المهمة، والتي لم تُحل بعد اكتشاف واطسون وكريك، هي كيف يستخدم الـ DNA بوصفه شفرة وراثية ضرورية في بناء البروتين؛ حيث تعمل هذه البروتينات بوصفها وحدات بنائية للخلايا والإنزيمات.

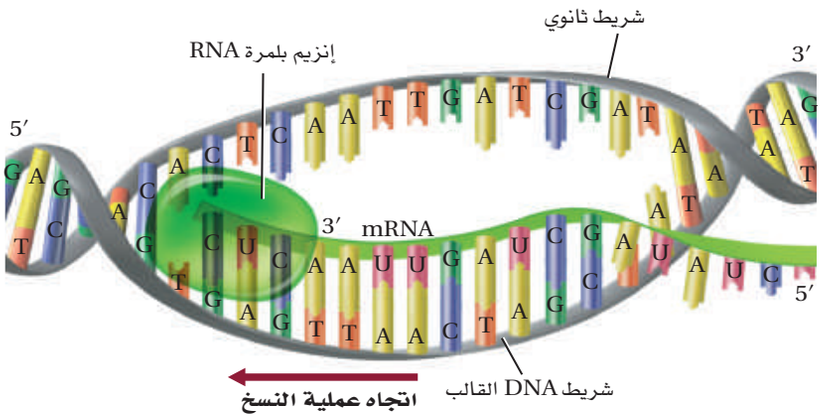
وقد بيَّن علماء الوراثة أن آلية قراءة الجينات والتعبير عنها تتم من DNA إلى RNA، ثم إلى البروتينات. وتحدث هذه العملية في جميع المخلوقات الحية، بدءًا من البكتيريا حتى الإنسان. ويسمي العلماء هذه الآليات المبدأ الأساسي في علم الأحياء: تُنسخ شفرات DNA إلى RNA الذي يوجه عملية بناء البروتين.

جزيء RNA حمض نووي شبيه بـ DNA. يتكون **RNA** من سكر رايبوز، والقاعدة النيتروجينية اليوراسيل بدلاً من الثايمين الموجود في DNA، وهو عادة شريط منفرد. وهناك ثلاثة أنواع من RNA موجودة في الخلايا الحية، هي: جزيئات **RNA الرسول** messenger RNA (mRNA)، وهي سلاسل طويلة من نيوكليوتيدات RNA بوصفها سلسلة متممة لسلسلة واحدة من DNA، وتنتقل من النواة إلى الرايبوسومات لتوجِّه بناء بروتين محدد. و**RNA الرايبوسومي** ribosomal RNA (rRNA)، وهو نوع من RNA يرتبط مع البروتينات ليكوّن الرايبوسومات في السيتوبلازم. أما النوع الثالث من RNA فهو **RNA الناقل** transfer RNA (tRNA)، وهو قطع صغيرة من نيوكليوتيدات RNA تنقل الأحماض الأمينية إلى الرايبوسومات. ويقارن **الجدول 2–6** بين تركيب الأنواع الثلاثة من RNA ووظائفها.

الجدول 2–6 مقارنة بين أنواع RNA الثلاثة

الاسم	mRNA	rRNA	tRNA
الوظيفة	يحمل المعلومات الوراثية من DNA في النواة ليوجِّه بناء البروتينات في السيتوبلازم.	يرتبط مع البروتينات لبناء الرايبوسومات.	ينقل الأحماض الأمينية إلى الرايبوسومات.
مثال			

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445



■ **الشكل 12–6** يتم بناء جزيء RNA في الاتجاه من 5′ إلى 3′.
حدّد الإنزيم الذي يضيف النيوكليوتيدات إلى RNA في أثناء تكوّنه.

عملية النسخ Transcription تتضمن الخطوة الأولى في بناء RNA من DNA عملية تُسمى **النسخ** transcription. وتنتقل خلال هذه العملية شفرة DNA إلى mRNA في النواة. ويمكن بعد ذلك لـ mRNA أن يأخذ الشفرة إلى السيتوبلازم لبناء البروتين. تتبع عملية النسخ في **الشكل 12–6**. ينفك التواء DNA جزئيًّا في النواة، ثم يرتبط به **إنزيم بلمرة RNA** RNA polymerase، وهو إنزيم يوجه بناء RNA، بارتباطه في منطقة محددة؛ حيث تبدأ عملية بناء mRNA. وكلما انفكت سلسلة DNA قام إنزيم بلمرة RNA ببناء mRNA، كما يتحرك على طول أحد سلاسل DNA في الاتجاه 3′ إلى 5′. وتسمى سلسلة DNA التي يقرؤها إنزيم بلمرة RNA السلسلة الأساسية (القالب). وسلسلة mRNA سلسلة متممة لنيوكليوتيدات DNA. وتُصنع نسخة RNA الرسول في الاتجاه 5′ إلى 3′، بإضافة كل نيوكليوتيد RNA جديد إلى الجهة 3′. حيث يحل اليوراسيل محل الثايمين عند بناء جزيء mRNA. وفي النهاية ينتج mRNA، وينفصل إنزيم بلمرة RNA عن DNA. ويتحرك mRNA الجديد بعد ذلك من النواة إلى السيتوبلازم عبر الثقوب النووية.

ماذا قرأت؟ وضح الاتجاه الذي تنسخ فيه سلسلة mRNA.

معالجة RNA RNA processing عندما قارن العلماء مناطق الشفرة بين DNA و RNA الذي ينتج في نهاية الأمر البروتين وجدوا أن شفرة mRNA أقصر من شفرة DNA. وبعد الفحص الدقيق اكتشفوا أن الشفرة على DNA تحوي قطعًا متسلسلة ومرتبة غير موجودة في RNA النهائي، وتسمى هذه القطع **الإنترونات** (المناطق غير المشفَّرة) introns. أما القطع الفعّالة التي تبقى في RNA النهائي فتُسمى **الإكسونات** (المناطق المشفَّرة) exons. في المخلوقات الحية الحقيقية النوى يُسمى mRNA الأصلي الذي ينتج في النواة أحيانًا mRNA الأولي (غير المعالج)، ويحوي شفرة DNA كلها. وقبل أن يغادر RNA الأولي النواة يتم التخلص من الإنترونات فيه. ومن معالجات mRNA الأولي الأخرى إضافة غلاف واقٍ على النهاية 5′، وكذلك إضافة ذيل مكوّن من نيوكليوتيدات الأدينين يُسمى عديد الأدينين على النهاية 3′ من mRNA. وقد أظهرت الأبحاث أن الغلاف الواقي يُساعد أيضًا على تعرُّف الرايبوسومات رغم أن أهمية عديد الأدينين A ما زالت غير معروفة.

مُنح البروفيسور سدني برينَر جائزة الملك فيصل فرع / العلوم عام ١٤١٢هـ؛ لاكتشافه طريقة تفكيك الرموز الثلاثية التي ترمز للمركّبات الكيميائية التي يتكوَّن منها المخلوق الحي. وقد كشف عن وجود الثلاثيات التي تختم السلسلة في المورِّثة. وكان أعظم اكتشاف تجريبي له اكتشافه وجود "R.N.A" المرسال الذي ينقل عن "D.N.A"، خازن الوراثة، ومعلوماته، ويحملها إلى حيث تُستَعمل لصنع البروتينات. وبذلك اكتمل اكتشاف السلسلة التي يتم بها انتقال المعلومات من المورِّثة إلى البروتين. وهذا الاكتشاف هو الذي يلي في أهميته مباشرة اكتشاف بنية "D.N.A" التي هي أساس كل علم الحياة الجُزيئي المعاصر.

المصدر*: موقع جائزة الملك فيصل/ فرع العلوم

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الشفرة The Code

بدأ علماء الأحياء يفترضون أن تعليمات بناء البروتين موجودة في DNA. لقد عرفوا أن الطريقة الوحيدة التي يختلف فيها DNA بين المخلوقات الحية هي ترتيب القواعد. كما عرف العلماء أيضًا أن هناك 20 حمضًا أمينيًّا تُستخدم في صناعة البروتينات، لذا فقد عرفوا أن DNA يجب أن يوفر على الأقل 20 شفرة وراثية مختلفة.

الربط مع الرياضيات إذا كانت كل قاعدة نيتروجينية مسؤولة عن حمض أميني واحد فإن القواعد النيتروجينية الأربع تكون مسؤولة عن أربعة أحماض أمينية فقط. أما عندما يكون كل زوج من القواعد النيتروجينية مسؤولاً عن حمض أميني واحد فإن القواعد الأربع تكون مسؤولة عن 16 (4×4 أو 4^2) حمضًا أمينيًّا. لكن إذا كانت مجموعة من ثلاث قواعد نيتروجينية مسؤولة عن حمض أميني واحد فإنها مسؤولة عن (4^3) أو 64 حمضًا أمينيًّا محتملاً. وهذا يوفر شفرات أكثر من المطلوب لعشرين حمضًا أمينيًّا، وهي أصغر تركيب محتمل للقواعد لكي يوفر شفرات كافية للأحماض الأمينية.

وهذا لا يعني أن الشفرة موجودة في أزواج القواعد نفسها، ولكنها موجودة على طول سلاسل DNA. وبينت التجارب في ستينيات القرن السابق أن الشفرة في DNA هي فعلاً شفرة مكونة من ثلاث قواعد نيتروجينية. وتسمى الشفرة الثلاثية القواعد النيتروجينية في DNA أو mRNA **الشفرة الوراثية** (الكودون) codon؛ حيث يتم نسخ القواعد الثلاثة كلها المكونة للكودون في DNA إلى شفرة في mRNA. ويبين **الشكل 13–6** "معجم" الشفرة الوراثية. لاحظ أن الكودونات كلها – ما عدا ثلاثة منها هي كودونات الانتهاء– تحدد حمضًا أمينيًّا واحدًا. أما الكودون AUG فمسؤول عن الحمض الأميني الميثيونين، وهو أيضًا يعمل عمل كودون بدء.

القاعدة الأولى	القاعدة الثانية U	القاعدة الثانية C	القاعدة الثانية A	القاعدة الثانية G	القاعدة الثالثة
U	UUU phenylalanine	UCU serine	UAU tyrosine	UGU cysteine	U
	UUC phenylalanine	UCC serine	UAC tyrosine	UGC cysteine	C
	UUA leucine	UCA serine	UAA انتهاء	UGA انتهاء	A
	UUG leucine	UCG serine	UAG انتهاء	UGG tryptophan	G
C	CUU leucine	CCU proline	CAU histidine	CGU arginine	U
	CUC leucine	CCC proline	CAC histidine	CGC arginine	C
	CUA leucine	CCA proline	CAA glutamine	CGA arginine	A
	CUG leucine	CCG proline	CAG glutamine	CGG arginine	G
A	AUU isoleucine	ACU threonine	AAU asparagine	AGU serine	U
	AUC isoleucine	ACC threonine	AAC asparagine	AGC serine	C
	AUA isoleucine	ACA threonine	AAA lysine	AGA arginine	A
	AUG (بدء) methionine	ACG threonine	AAG lysine	AGG arginine	G
G	GUU valine	GCU alanine	GAU aspartate	GGU glycine	U
	GUC valine	GCC alanine	GAC aspartate	GGC glycine	C
	GUA valine	GCA alanine	GAA glutamate	GGA glycine	A
	GUG valine	GCG alanine	GAG glutamate	GGG glycine	G

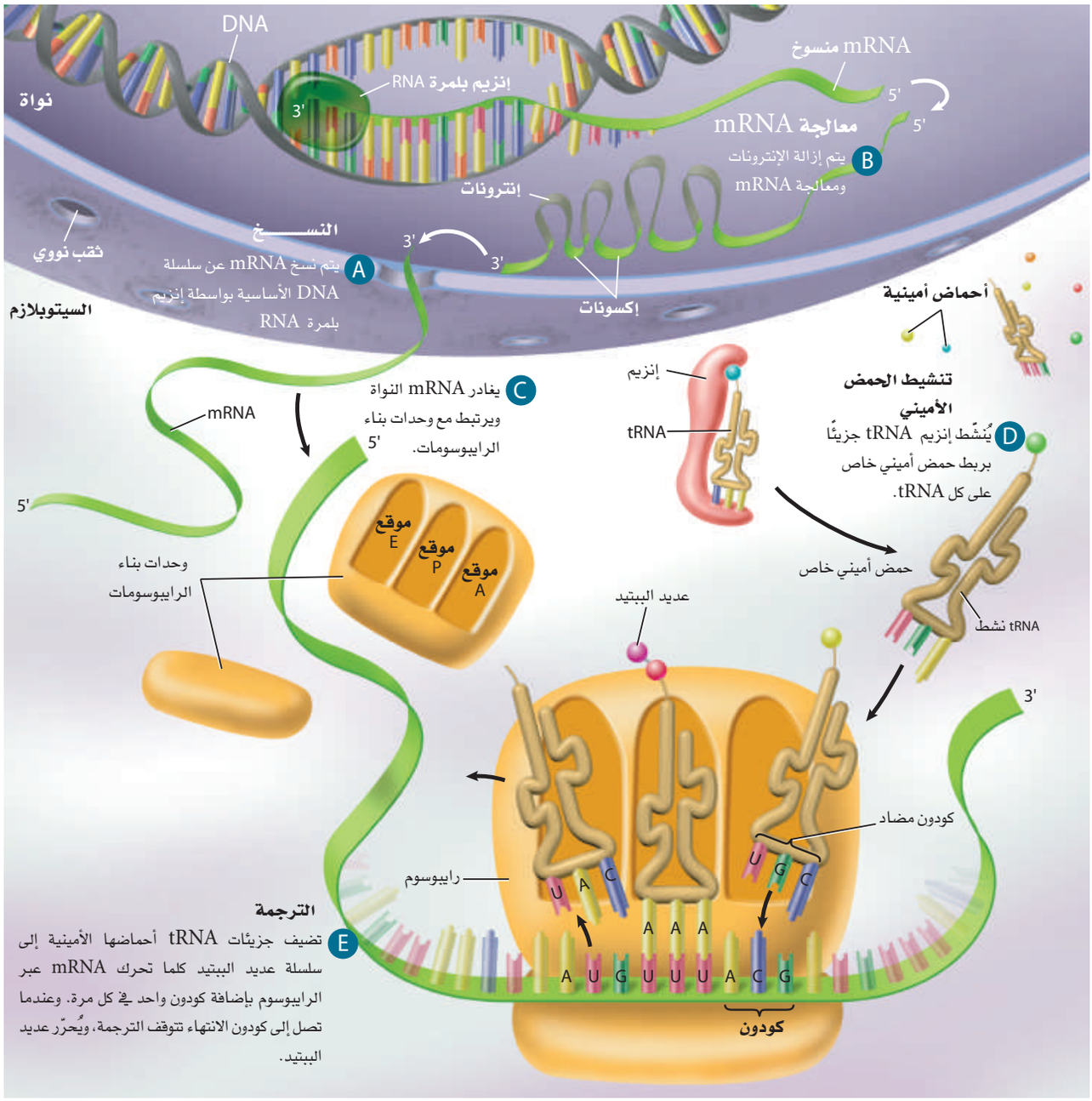
الشكل 13–6 يفيد"معجم" الشفرة الوراثية هذا في معرفة الكودونات الخاصة بالأحماض الأمينية.

حدّد الترتيب المحتمل للكودونات التي يمكن أن ينتج عنها سلسلة الأحماض الأمينية التالية: بدء–سيرين– هستدين– تربتوفان– انتهاء.

الترجمة Translation عندما يُصنع mRNA وتتم معالجته ينتقل نحو الرايبوسومات. وهذا يعني أن mRNA يجب أن يغادر النواة ويدخل السيتوبلازم في المخلوقات الحية الحقيقية النوى. وعندما يصبح في السيتوبلازم ترتبط النهاية 5′ بالرايبوسوم. فتبدأ هنا قراءة الشفرة وترجمتها لبناء بروتين من خلال عملية تُسمى **الترجمة** translation. تتبع **الشكل 14–6** وأنت تدرس الترجمة.

في الترجمة تعمل جزيئات tRNA عمل مفسرات لترتيب الكودونات على mRNA. وينطوي tRNA على شكل ورقة البرسيم، ويتم تنشيطه بإنزيم يعمل على ربط حمض أميني محدد على النهاية 3′. وفي منتصف الشريط المطوي هناك ترتيب مكون من 3 قواعد نيتروجينية يُسمى الكودون (شفرة) المضاد. وكل كودون مضاد متمم للكودون على mRNA. وعلى الرغم من أن الشفرة على DNA و RNA تقرأ من 5′ إلى 3′ فإن قراءة الكودون المضاد تكون من 3′ إلى 5′.

■ **الشكل 14–6** تحدث عملية النسخ في النواة. أما الترجمة فتحدث في السيتوبلازم وينتج عنها عديد الببتيد (البروتين).



دور الرايبوسوم The role of ribosome يتكـــون الرايبوســـوم من وحدتين بنائيتين، **الشكل 14–6**. وهاتان الوحدتان لا تكونان مرتبطتين معًا عندما لا تدخلان ضمن عملية ترجمة البروتين. وعندما يترك mRNA النواة تجتمع وحدتا الرايبوسوم معًا وترتبطان بـ mRNA لإنتاج الرايبوســـوم الفعال. وعندمـــا يتم ارتباط mRNA مع الرايبوســـوم يتحرك tRNA مع كودونه المضـــاد CAU الذي يحمل الميثيونين، ويرتبط مـــع كودون البـــدء –AUG– على mRNA على النهايـــة 5′ من mRNA. يوجد في تركيب الرايبوســـوم أخدود (شق) يســـمى الموقع P، الذي يتحرك نحوه tRNA المتمـــم لـ mRNA. ثم يتحرك tRNA آخر نحو أخدود آخر في الرايبوســـوم يسمى الموقع A، يحوي الكودون الثاني لـ mRNA، هو UUU الذي يشفر الحمض الأميني فينيل ألانين؛ ويكون كودونه المضاد على tRNA هو AAA.

يعمل جزء من rRNA في الرايبوســـوم عمل إنزيم محفز لتكوين رابطة بين الحمض الأميني الجديد فـــي الموقع A والحمض الأميني في الموقـــع P. وعندما يتم ربط الحمضين الأمينيين ينتقل tRNA في الموقع P إلى الموقع الثالث، ويُسمى الموقع E، حيث يغادر tRNA الرايبوسوم. ويتحرك الرايبوسوم بعد ذلك، حيث يتغير موقع tRNA في الأخدود A إلى الموقع P، **الشـــكل 14–6**. سيدخل الآن tRNA جديد الموقع A، متمِّمًا الكودون الجديد التالي على mRNA.

إرشادات الدراسة

المخطط ارسم مخططًا يربط بين عملية تضاعف DNA، وعمليتي النسخ والترجمة.

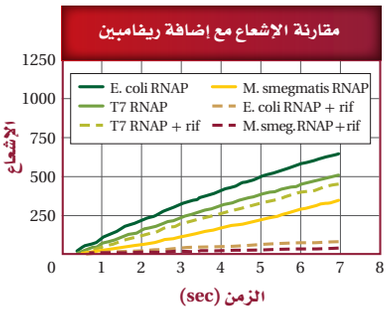
مختبر تحليل البيانات 1-6

بناءً على بيانات حقيقية

فسّر البيانات

كيف يمكن للفيروس أن يؤثر في عملية النســـخ؟ لدراسة عملية بناء RNA استعمل العلماء جزيئًا مميزًا بمادة مشعّة لتتبع الجزيئات. يصبح هذا الجزيء مضيئًا (مشعًّا) عندما يرتبط مع RNA حديث التكوّن، وتزداد الإضاءة كلما زاد طول سلسلة RNA . لذا يمكن استعمال هذا الجزيء المميز في تتبع بناء RNA. وقد أضاف العلماء في هذه التجربة المضاد الحيوي ريفامبين (rif) إلى إنزيمات بلمرة RNA مستخرجة من فيروس (*T7 RANP*) *E. coli* (*E.coli RNAP*)، و *Mycobacterium smegmatis* (*M. smegmatis* RNAP) ثم تتبعوا بناء RNA .

البيانات والملاحظات



التفكير الناقد

1. **صف** العلاقة بين مستوى الإشعاع والزمن في كل تجربة لم يتم إضافة الريفامبين إليها.
2. **استنتج.** إلامَ تشير العلاقة بين مستوى الإشعاع والزمن في كل حالة يضاف إليها الريفامبين؟
3. **فسّر.** أي جزيئات RNA في المخلوقات الحية السابقة تأثر بناؤها أكثر بالمضاد الحيوي ريفامبين؟

أخذت البيانات في هذا المختبر من:

Marras, Salvatore A.E., et al. 2004. Real–time measurement of *in vitro* transcription. *Nucleic Acids Research* 32.9.e: 72.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

وتستمر عملية إضافة وربط الأحماض الأمينية بالتتابع الذي يحدده mRNA. ويستمر الرايبوسوم في التحرك إلى أن يدخل الموقع A كودون انتهاء، حيث يشير كودون الانتهاء إلى نهاية تصنيع البروتين، ولا يوجد لهذا الكودون كودون مضاد على tRNA. وهناك بروتينات تُسمى عوامل الإطلاق (عوامل فك الارتباط)، تحرر mRNA من آخر tRNA تم ترجمته، ثم تفكك وحدات بناء الرايبوسوم، منهيةً بذلك بناء البروتين.

التقويم 3-6

الخلاصة

- يدخل ثلاثة أنواع رئيسة من RNA في تصنيع البروتين هي: mRNA ، و tRNA، و rRNA.
- تسمى عملية بناء mRNA من سلسلة DNA عملية النسخ.
- الترجمة عملية يتم من خلالها ربط mRNA مع الرايبوسوم وتصنيع البروتين.
- يحتوي mRNA في المخلوقات الحية الحقيقية النواة على إنترونات يتم إزالتها قبل مغادرته النواة. ويُضاف أيضًا غلاف وذيل عديد الأدينين على mRNA.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **لخِّص** العملية التي تستعمل فيها شفرة DNA في تصنيع بروتين.
2. **صِف** وظيفة كل مما يأتي في تصنيع البروتين: tRNA، و rRNA، و mRNA.
3. **فرِّق** بين الكودونات والكودونات المضادة.
4. **وضِّح** دور إنزيم بلمرة RNA في بناء mRNA.

التفكير الناقد

5. الرياضيات في علم الأحياء إذا كانت الشفرة الوراثية التي تمثل الحمض الأميني تتكون من أربع قواعد في كل كودون بدلاً من ثلاث، فما عدد الكودونات التي يمكن الحصول عليها؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

6-4

التنظيم الجيني والطفرة
Gene Regulation and Mutation

الأهداف

- **تصف** كيف يمكن للبكتيريا أن تنظم جيناتها.
- **تناقش** كيف تُنظم الخلايا الحقيقية النوى عملية نسخ الجين.
- **تلخص** الأنواع المختلفة من الطفرات.
- **تصف** كيف تساعد الهندسة الوراثية على التحكم في DNA.
- **تلخص** استعمال الهندسة الوراثية في تحسين حياة الإنسان.
- **تفسر** كيف تستعمل المعلومات من الجينوم البشري في تعرّف وظائف الجينات في الإنسان.

مراجعة المفردات

بدائيات النوى: مخلوقات ليس لها عضيات محاطة بغلاف ولا DNA مرتب على شكل كروموسومات.

المفردات الجديدة

التنظيم الجيني
المنطقة الفعالة
الطفرة
العامل المُسبب للطفرة
الهندسة الوراثية
المخلوقات المعدّلة وراثيًا

الفكرة الرئيسة **يتم تنظيم التعبير الجيني داخل الخلية، ويمكن أن تؤثر الطفرات في هذا التعبير.**

الربط مع الحياة عندما تكتب جملة على الحاسوب، من المهم أن يُطبع كل حرف بصورة صحيحة. فجملة "السيارة تسير في الشارع" مثلاً تختلف عن جملة "الطيارة تسير في الشارع". فعلى الرغم من أن الاختلاف في حرف واحد إلا أن الجملتين تختلفان في المعنى تمامًا.

التنظيم الجيني في الخلايا بدائية النوى
Prokaryote Gene Regulation

كيف تنظم الخلايا بدائية النوى الجينات التي يتم نسخها في وقت محدد من حياة المخلوق الحي؟ **التنظيم الجيني** gene regulation هو قدرة المخلوق الحي على التحكم في اختيار أي الجينات تنسخ استجابة للبيئة. ففي بدائيات النوى تتحكم المنطقة الفعالة عادةً في نسخ الجينات استجابةً للتغيرات البيئية. و**المنطقة الفعالة** Operon هي قطعة من DNA تحتوي على جينات تشفر بروتينات ضرورية لعملية أيض محددة. وتضم المنطقة الفعالة الأجزاء الآتية: المشغل، والمحفز، وجينًا منظمًا، والجينات التي تشفر البروتينات. فالمشغل قطعة من DNA تعمل عمل مفتاح لبدء النسخ وإيقافه. أما المحفز فهو قطعة DNA أخرى، تقع حيث يرتبط إنزيم بلمرة RNA مع بداية جزيء DNA. وتستجيب بكتيريا *E. coli* إلى التربتوفان، وهو حمض أميني، وإلى سكر اللاكتوز، من خلال منطقتين فعالتين اثنتين هما: منطقة تربتوفان الفعالة، منطقة اللاكتوز.

التنظيم الجيني في الخلايا حقيقية النوى
Eukaryote Gene Regulation

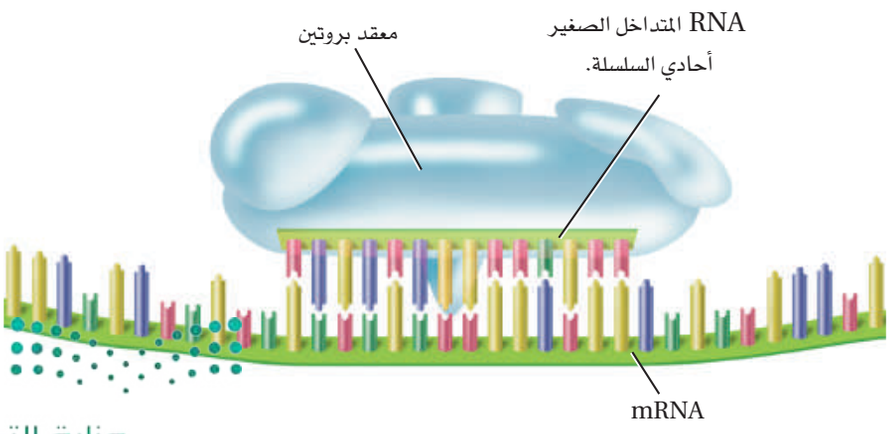
يجب أن تتحكم الخلايا حقيقية النوى في الجينات التي سيتم التعبير عنها في أوقات محددة من حياة المخلوق الحي. فالعديد من الجينات يتفاعل بعضها مع بعض في الخلايا الحقيقية النوى، مما يتطلب توافر أكثر من مجرد محفز واحد ومشغل واحد لمجموعة من الجينات. ولما كان تنظيم الخلايا الحقيقية النوى وتركيبها أكثر تعقيدًا من الخلايا البدائية النوى فإن ذلك يزيد من تعقيد نظام التحكم.

التحكم في عملية النسخ Controlling transcription إحدى الطرائق التي تتحكم فيها الخلايا الحقيقية النوى بالتعبير الجيني تحدث من خلال بروتينات تُسمى عوامل النسخ؛ حيث تضمن هذه العوامل استعمال الجين في الوقت المناسب، وإنتاج البروتينات بالكميات الصحيحة. وهناك مجموعتان رئيستان من عوامل النسخ هما: عوامل النسخ التي تكوّن مركبات معقدة تنظم إنزيم بلمرة RNA وتوجه ارتباطه بالمنظم. أما المجموعة الأُخرى فتشمل بروتينات منظمة تُساعد على التحكم بسرعة النسخ. فعلى سبيل المثال، تقوم بروتينات تُسمى البروتينات النشطة بطيّ جزيء DNA ؛ حيث تجعل مواقع المحفزات قريبة من المركب المعقد، فتزيد بذلك من سرعة نسخ الجين. وترتبط أيضًا بروتينات مثبطة مع مواقع محددة على DNA تمنع ارتباط المحفزات.

ويعد تعقيد تركيب DNA الخلايا الحقيقية النوى منظمًا أيضًا لعملية النسخ. تذكر أن DNA الخلايا الحقيقية النوى ملتف حول الهستونات ليكوّن جسيمات نووية. ويوفر هذا التركيب بعض التثبيط لعملية النسخ، وعلى الرغم من ذلك فإن البروتينات المنظمة وإنزيم بلمرة RNA ما زالا يستطيعان تنشيط جينات محددة، حتى لو كانت مطوية داخل الجسيم النووي.

تداخل RNA RNA interference الطريقة الأُخرى لتنظيم جينات الخلايا الحقيقية النوى هي تداخل RNA. حيث تُقطع قطع صغيرة من RNA الثنائي السلسلة في سيتوبلازم الخلية بواسطة إنزيم يُسمى المقطع. وتُسمى القطع الثنائية السلسلة الناتجة جزيئات RNA المتداخلة الصغيرة. وترتبط هذه بدورها ببروتين معقد يقوم بدوره بتكسير سلسلة واحدة من RNA. ترتبط السلسلة المفردة الصغيرة الناتجة عن جزيء RNA المتداخل الصغير ومعقد البروتين مع مقاطع محددة ومتسلسلة على mRNA في السيتوبلازم، فتؤدي إلى تقطيع mRNA وبهذا تمنع ترجمته. ويبين **الشكل 15–6** RNA المتداخل الصغير أحادي السلسلة والبروتين المعقد مرتبطين بـ mRNA.

ماذا قرأت؟ فسّر كيف ينظِّم تداخل RNA التعبير عن الجينات في الخلايا الحقيقية النوى.



■ **الشكل 15–6** يمكن لتداخل RNA أن يوقف ترجمة رسالة mRNA.
صف. كيف يمنع مركب معقد RNA والبروتين ترجمة mRNA؟

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

عالم الأحياء الدقيقة Microbiologist العالم الذي يدرس الأحياء الدقيقة، وخصوصًا الخلايا البدائية النوى. فقد يدرس أي الجينات تتحكم في إنتاج بروتينات معينة، أو كيف يؤثر بروتين في حياة الخلية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الطفرات Mutations

هل أخطأت ذات مرة في أثناء كتابتك على الحاسوب؟ عندما تكتب قد تضغط مفتاحًا غير مطلوب. وكما يمكن أن تخطئ في أثناء الكتابة، كذلك قد يحدث خللٌ أو اضطرابٌ في أثناء تضاعف الخلايا. هذه الاضطرابات نادرة الحصول، لدى الخلية آليات إصلاح يمكنها أن تصلح بعض الخلل. ففي بعض الأحيان، يحدث تغير دائم في DNA الخلية، وهذا يسمى **الطفرة** mutation. تذكر أن أحد الأنماط الوراثية التي درسها مندل هي بذور البازلاء المجعدة والملساء. ومن المعروف اليوم أن الطراز الشكلي المجعد لهذه البذور مرتبط مع غياب إنزيم يؤثر في شكل جزيئات النشا في البذور. ولما كانت الطفرة في الجين تسبب تغيرًا في البروتين الذي يُصنع فإن الإنزيم يكون غير نشيط.

أنواع الطفرات Types of mutations تتراوح الطفرات بين تغيرات تحدث في زوج واحد من القواعد في سلسلة شفرات DNA إلى حذف قطع كبيرة من الكروموسومات. وتتضمن الطفرات النُّقَطية (الجينية) تغيرًا كيميائيًّا في زوج واحد من القواعد، مما قد يكون كافيًا لإحداث خلل وراثي. فالطفرة النقطية التي يستبدل فيها زوج قواعد بآخر تُسمى **الاستبدال**. ومعظم طفرات الاستبدال هي طفرات حساسة (مؤثرة) missenses ؛ حيث تتغير الشفرة الوراثية فتصبح لحمض أميني آخر نتيجة خلل ما. ومن طفرات الاستبدال الأخرى طفرات تُسمى غير الحساسة nonsense، وهنا يتغير كودون الحمض الأميني إلى كودون توقف. وتؤدي الطفرات غير الحساسة إلى توقف الترجمة مبكرًا. كما تؤدي جميع الطفرات غير الحساسة تقريبًا إلى بروتينات لا تعمل بشكل طبيعي.

وهناك نوع آخر من الطفرات قد تحدث، يتضمن كسب نيوكليوتيد واحد أو خسارته ضمن تسلسل القواعد النيتروجينية على جزيء DNA. وتُسمى عملية إضافة نيوكليوتيد إلى تسلسل القواعد على DNA **طفرات الإضافة**. أما فقدان نيوكليوتيد فيسمى **طفرات الحذف**. وكلا النوعين من الطفرات يغيّر مضاعفات الكودونات الثلاثية، من نقطة الإضافة أو الحذف، وهو ما يسمى **طفرات الإزاحة**؛ لأنها تغير ترتيب الأحماض الأمينية. ويوضح **الجدول 3-6** الأنواع المختلفة من الطفرات وتأثيرها في تسلسل DNA.

ترتبط الطفرات في بعض الأحيان بمرض أو خلل وراثي معين. ومن الأمثلة على ذلك مرض الكابتونيوريا الذي درسته سابقًا. فالمرضى الذين يعانون من هذا الخلل مصابون بطفرة في DNA المسؤول عن إنزيم يدخل في هضم الحمض الأميني فينيل ألانين. وتؤدي هذه الطفرة إلى وجود حمض الهوموجنتسيك الأسود اللون الذي يغير لون البول. وقد أظهرت الدراسات أن مرضى الكابتونيوريا مصابون بنسب عالية من طفرات الإزاحة والطفرات الحساسة في منطقة محددة من جزيء DNA الخاص بهم.

المفردات

المفردات الأكاديمية

استبدال Substitution

عملية استبدال شيء بآخر.

استبدال الأدينين بالجوانين في DNA يؤدي إلى انتاج بروتين غير فاعل.

الجدول 3–6	الطفرات	
نوع الطفرة	جملة للمحاكاة	مثال على مرض مرتبط بالطفرة
طبيعي	THE BIG FAT CAT ATE THE WET RAT	
الطفرات الحساسة (استبدال)	THE BIZ FAT CAT ATE THE WET RAT	**عدم نمو الغضروف:** تكوّن غير طبيعي للغضروف على أطراف العظام الطويلة للأذرع والأرجل؛ مما يؤدي إلى نوع من القزامة.
غير الحساسة (استبدال)	THE BIG RAT	**ضمور العضلات:** خلل عضلي شديد يزداد مع تقدم السن، ويتميز بضعف العديد من العضلات في الجسم.
الحذف (تسبب طفرة إزاحة)	THB IGF ATC ATA TET HEW ETR AT	**التليف الكيسي:** يتميز بمخاط غير طبيعي كثيف في الرئتين، والأمعاء والبنكرياس.
الإضافة (تسبب طفرة إزاحة)	THE BIG ZFA TCA TAT ETH EWE TRA	**مرض كرون:** التهاب حاد في الجهاز الهضمي، مما يؤدي إلى إسهال متكرر، ألم في البطن، دُوَار، حمى، فقدان وزن.
تضاعف	THE BIG FAT FAT CAT ATE THE WET RAT	**مرض شاركوت – ماري – توث (النوع A1):** تلف الأعصاب الطرفية مما يؤدي إلى ضعف وتآكل في عضلات اليدين والأطراف السفلى.
توسيع الطفرة (تكرارات متتابعة) الجيل 1 الجيل 2 الجيل 3	THE BIG FAT CAT ATE THE WET RAT THE BIG FAT CAT CAT CAT ATE THE WET RAT THE BIG FAT CAT CAT CAT CAT CAT CAT ATE THE WET RAT	**مرض هنتنجتون:** مرض شديد يزداد مع تقدم السن، تتناقص فيه خلايا الدماغ، مسببًا حركات غير مسيطر عليها، وتقلبات عاطفية، وتلفًا عقليًّا.

الشكل 16–6 تنتج متلازمة الكروموسوم X الهش عن عدة وحدات CGG متكررة إضافية قريبة من نهاية الكروموسوم X، مما يجعل الطرف السفلي للكروموسوم X يبدو هشًّا.

ويمكن أيضًا لأجزاء كبيرة من DNA أن تشترك في طفرة؛ فقد تحذف قطعة من كروموسوم تحوي جينًا واحدًا أو أكثر من الجينات أو تنتقل إلى موقع مختلف على الكروموسوم، أو إلى كروموسوم آخر. وتؤدي إعادة ترتيب الكروموسوم هذه غالبًا إلى تأثيرات شديدة في التعبير عن هذه الجينات.

الربط مع الصحة في عام 1991م اكتشف نوع جديد من الطفرات تضمن زيادة في عدد نسخ الكودونات المكررة، تسمى التكرارات المتتابعة. ويبدو أن الزيادة في السلاسل المكررة لها علاقة بعدد من الأمراض الوراثية. وأول مثال معروف هو متلازمة الكروموسوم X الهش، وهي متلازمة تسبب عددًا من الاختلالات العقلية والسلوكية. ويوجد قسم من كودونات CGG تتكرر 30 مرة قريبةً من نهاية الكروموسوم X الطبيعي. فالأفراد المصابون بمتلازمة الكروموسوم X الهش لديهم كودونات CGG تتكرر مئات المرات. وسميت بذلك لأن المنطقة المكررة على أطراف الكروموسومات X تبدو وكأنها قطعة هشة تتدلى من الكروموسوم X، كما في **الشكل 16–6**.

ماذا قرأت؟ صف ثلاثة أنواع من الطفرات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

أسباب الطفرة Causes of mutation قد تحدث بعض الطفرات -وخصوصًا الطفرات النقطية- بصورة تلقائية؛ إذ يضيف إنزيم بلمرة DNA، خلال التضاعف، القاعدة الخطأ. ولأن إنزيم بلمرة DNA قادر على تصحيح الأخطاء فإن نسبة الخطأ في إضافة النيوكليوتيد غير المطلوب هي 1: 100,000 قاعدة نيتروجينية؛ ويفلت من عملية التصحيح ما نسبته 1 : بليون.

يمكن أن تُتلف بعض **العوامل المسببة للطفرات** mutagens الـ DNA أيضًا ومنها المواد الكيميائية والأشعة. وقد صُنّف العديد من المواد الكيميائية على أنها عوامل مسببة للطفرات؛ إذ تؤثر بعض هذه المواد الكيميائية في DNA عن طريق تغيير التركيب الكيميائي للقواعد. وتؤدي هذه التغيرات غالبًا إلى عدم ارتباط القواعد في أزواج، أو أن ترتبط قاعدة بقاعدة أخرى خطأ.

ولعوامل كيميائية أخرى مسببة للطفرات تراكيب كيميائية شبيهة بالنيوكليوتيدات، حتى أنها يمكن أن تحل محلها. وعندما تدخل هذه القواعد الزائفة إلى DNA، لا يستطيع التضاعف بالصورة الصحيحة. وقد أصبحت هذه الأنواع من المواد الكيميائية ذات أهمية من الناحية الطبية، وخصوصًا في معالجة فيروس HIV، الفيروس الذي يسبب الإيدز؛ حيث يشبه العديدُ من الأدوية- التي استعملت لعلاج HIV والأمراض الفيروسية الأخرى- النيوكليوتيداتِ المختلفةَ. وعندما يتحد الدواء بـ DNA الفيروس، لا يمكن لـ DNA نسخ نفسه بصورة صحيحة.

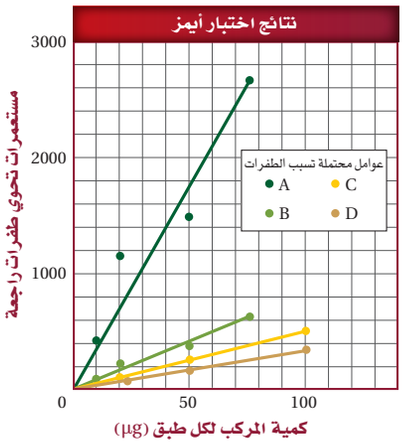
مختبر تحليل البيانات 2-6

بناءً على بيانات حقيقية

فسّر الرسم البياني

كيف يمكننا أن نحدد ما إذا كان المركب عاملًا مسببًا للطفرة أم لا؟ يُستعمل اختبار أيمز لتعرّف العوامل المسببة للطفرات؛ حيث يُستعمل في هذا الاختبار سلالة من البكتيريا لا يمكنها أن تصنع الهستيدين، ثم تتعرض إلى مادة يحتمل أن تسبب الطفرات، ومن ثم تترك البكتيريا لتنمو في وسط غذائي لا يحتوي على الهستيدين. فالبكتيريا التي يمكنها النمو لها طفرة تسمى الطفرة الراجعة؛ لأنها تعود إلى الحالة الطبيعية وهي تصنيع الهستيدين.

البيانات والملاحظات



التفكير الناقد

1. **صف** العلاقة بين كمية المركب والطفرة.
2. **حلّل.** أيّ المركبات يعد أقوى عامل مسبب للطفرة؟

أخذت البيانات في هذا المختبر من:

Ames, B.N.1979. Identifying environmental chemicals causing mutations and cancer. *Science* 204:587–593.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

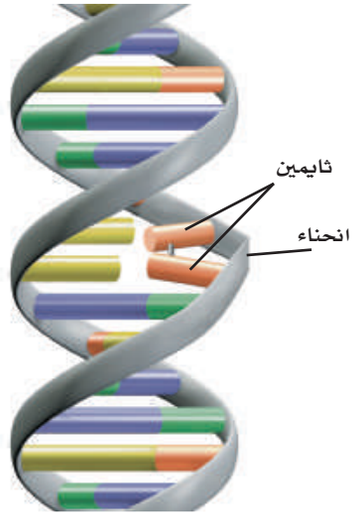
تعد الأشعة العالية الطاقة، مثل أشـعة X وجاما، عوامل قوية مسببة للطفرات. فعندما تصل الأشـعة إلى DNA تمتص الإلكترونات طاقة هذه الأشعة. ويمكن للإلكترونات أن تهـرب من ذراتها، تاركةً خلفها جذورًا حرة (free radicals). فالجـذور الحرة هـي ذرات مشـحونة بإلكترونات منفردة تتفاعـل بعنف مع الجزيئات الأخرى، ومنها DNA.

وتحوي أشـعة الشمس فوق البنفسـجية (UV) طاقة أقل من أشعة X لا تسبب تحرير الإلكترونات من الذرات. ومع ذلك يمكن للأشـعة فوق البنفسـجية أن تربط قواعد الثايمين المتجاورة معًا، متلفةً تركيب DNA، **الشـكل 17-6**. وهنا يصبح DNA مختلًّا، أو منحنيًا، فيصبح غير قادر على التضاعف بصورة صحيحة إلَّا إذا تم إصلاحه.

طفرة الخلايا الجسمية والجنسية Body-cell v. sex-cell mutation

عندما لا تستجيب الطفرة في الخلايا الجسمية لآلية التصحيح، أو تتجنبها، تصبح جزءًا من الترتيب الوراثي في الخلية، ومن ثم في الخلايا الجديدة المسـتقبلية. لا تنتقل الطفرات في الخلايا الجسـمية إلى الجيل التالي. وفي بعض الحالات، لا تسـبب هذه الطفرات مشكلات في الخلية. فقد تكون ترتيبات لا تُستعمل في الخلية البالغة وقت حدوث الطفرة، أو أن الطفرة لم تغير تشفير (الكودون) الحمض الأميني. وتسمى مثل هذه الطفرات الطفرات المتعادلة. وعندما تؤدي الطفرات إلى إنتاج بروتين غير طبيعي فقد لا تصبح الخلية قادرة على أداء عملها الطبيعي، وقد تموت الخلية. لقد تعلمت من قبل أن الطفرات في الخلايا الجسمية، والتي تجعل دورة الخلية غير منضبطة، قد تؤدي إلى السرطان. وتبقى هذه الآثار داخل خلايا المخلوق الحي ما دامت الخلايا الجسدية هي المتأثرة.

وعندما تحدث الطفرة في الخلايا الجنسـية، وتُسـمى أيضًا الخلايا التكاثرية، تنتقـل هذه الطفرات إلى أبناء المخلوق الحي، وسـوف توجد في كل خلية من خلايـا أبنائه. وفي العديد من الحالات، لا تؤثر هذه الطفرات في وظيفة الخلايا فـي المخلوق الحي، على الرغم من أنها قد تؤثر في أبنائه على نحوٍ مأسـاوي. وعندمـا تؤدي الطفرات إلى إنتاج بروتين غير طبيعي، تكون الآثار بعيدة المدى مقارنة بالحالة التي ينتج فيها بروتين غير طبيعي في خلية جسدية منفصلة.



الشـكل 17-6 يمكن للأشـعة فوق البنفسجية أن تسـبب ارتباط قاعدتي ثايمين متجاورتـين معًـا بـدلًا مـن ارتباطهما مع القواعد المتممة لهما على السلسـلة الأخرى، مما يسبب "انحناء" جزيء DNA ومنعه من التضاعف.

المفردات

أصل الكلمة

العامل المسبب للطفرة Mutagen

من الكلمـة اللاتينية *Mutare*، وتعني التغيير، ومـن الكلمة الإغريقية *genes* أيضًا وتعني الولادة الجديدة.

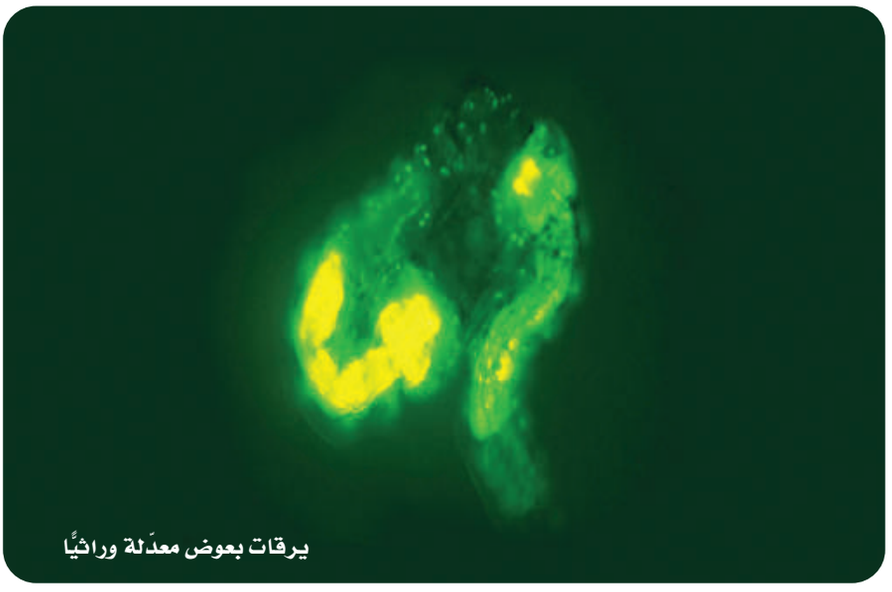
وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الهندسة الوراثية Genetic Engineering

بحلول عام 1970م، اكتشـف العلماء تركيب جزيء DNA، واستطاعوا تحديد المبدأ الأساسـي الذي تنتقل فيه المعلومات مـن DNA إلى RNA، ومن RNA إلـى البروتين. وعلى الرغم من ذلك لم يعرف العلماء الكثير عن عمل الجينات منفردة.

تغير الوضع عندما بدأ العلماء يستعملون **الهندسة الوراثية** genetic engineering، وهي تقنية تتضمن التحكم في جزيء DNA لأحد المخلوقات الحية، وذلك بإضافة DNA خارجي، أيْ DNA من مخلوق حي آخر. فعلى سبيل المثال حقن الباحثون جين بروتين للإضاءة الحيوية يُسمى بروتين الإضاءة الخضراء في مخلوقات حية مختلفة. يُشع بروتين الإضاءة الخضراء –وهو مادة موجودة طبيعيًّا في قناديل البحر التي تعيش في شـمال المحيط الهادئ– ضوءًا أخضر عندما تتعرض لضوء فوق بنفسجي. المخلوقات الحية التي عُدِّلت وراثيًّا لكي تحتوي DNA المسؤول عن تكوين بروتين الإضاءة الخضراء، ومنها يرقات البعوضة المبينة في **الشكل 18–6**، يمكن تمييزها بسهولة في وجود ضوء فوق بنفسجي. يُربط DNA الخاص ببروتين الإضاءة الخضراء مع DNA خارجي. هذه المخلوقات المعدَّلة وراثيًّا تستعمل في عمليات مختلفة، ومنها دراسة التعبير عن جين محدد، ودراسة عمليات خلوية، ودراسة تطور مرض معين، واختيار صفات قد تكون ذات فائدة للبشر.

تستعمل الهندسـة الوراثية أدوات فاعلة ، كما في **الجدول 4–6**، لدراسة DNA وتعديلـه. وعلى الرغـم من أن الباحثيـن يبحثون في العديد من المشـكلات المختلفـة فإن تجاربهم تتضمن غالبًا القَطع بواسـطة إنزيمـات القطع، وعزل القِطع، وربطها مع جزيئات DNA خارجية، وتحديد التسلسل.



يرقات بعوض معدّلة وراثيًّا

■ **الشـكل 18–6** أدخـل جـين بروتين الإضاءة الخضراء في يرقات البعوض، وبذلك تحقق الباحثون مـن أن DNA الخارجي قد ارتبط مع المادة الوراثية للبعوض.

الجدول 4–6	الهندسة الوراثية	
العملية / الأداة	الوظيفة	التطبيق
إنزيمات القطع **مثال** *EcoRI*	تُقطِّع سلاسل DNA إلى قطع.	يُستعمل لإنتاج قطع DNA بنهايات عريضة يمكنها أن ترتبط بقطع DNA أخرى.
الفصل الكهربائي الهلامي	يفصل قطع DNA بحسب الحجم.	يُستعمل لدراسة قطع DNA بحسب أحجامها.
نسخ الجين	يُنتج كميات كبيرة من جزيئات DNA هجينة متطابقة.	يُستعمل لإنتاج كميات كبيرة من DNA المعاد تركيبه لكي تُستعمل في المخلوقات المعدلة وراثيًا.
تسلسل القواعد النيتروجينية (DNA)	تعرّف تسلسل القواعد في جزيء DNA الهجين، لدراسته بشكل مفصل.	يُستعمل لتعرف الأخطاء في تسلسل القواعد، تحديد وظيفة جين معين، المقارنة بين جينات ذات تسلسلات متشابهة من مخلوقات حية مختلفة.
تفاعل البوليمر المتسلسل (PCR)	إنتاج نسخ من مناطق محددة من DNA الذي يجري تحديد ترتيب قواعده.	يُستعمل لنسخ DNA من أجل أي بحث علمي مثل التحليل الجنائي، والاختبارات الطبية.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

علماء الوراثة Genetics باستخدام عدة آليات تتحكم في جزيء DNA، يبحث علماء الوراثة في الجينات والوراثة والتنوع في المخلوقات الحية. بعض علماء الوراثة أطباء يشخصون ويعالجون الأمراض الوراثية.

التقنيات الحيوية Biotechnology

جعلت التقنيات الحيوية – وهي استعمال الهندسة الوراثية لإيجاد حلول لمشكلات محددة – عملية استخلاص جينات من مخلوق حي ممكنة. تذكر أن مخلوقات مثل يرقات البعوضة المبينة في **الشكل 18–6**. لها جين من مخلوق حي آخر. مثل هذه المخلوقات المعدّلة وراثيًّا بواسطة إدخال جين من مخلوق حي آخر تُسمى **المخلوقات المعدّلة وراثيًّا** transgenic organisms. لا تستعمل الحيوانات والنباتات والبكتيريا المعدّلة وراثيًّا في الأبحاث فقط، وإنما تستعمل أيضًا في النواحي الطبية والزراعية.

الحيوانات المعدّلة وراثيًّا Transgenic animals ينتج العلماء حاليًّا معظم الحيوانات المعدّلة وراثيًّا في المختبرات من أجل الأبحاث الحيوية. فتستعمل الفئران وذبابة الفاكهة والدودة الأسطوانية *Caenorhabdities elegans* على نحوٍ واسع في مختبرات البحث حول العالم لدراسة الأمراض وتطوير طرائق لمعالجتها. وبعض المخلوقات المعدّلة وراثيًّا –ومنها المواشي– أُنتجت لتحسين المصادر الغذائية وتحسين معيشة البشر.

واستعمل الماعز المعدّل وراثيًّا لإنتاج بروتين يُسمى مضاد ثرومبين III، الذي يُستعمل لمنع تخثر دم الإنسان في أثناء العمليات الجراحية. ويعمل الباحثون حاليًّا على إنتاج ديك رومي ودجاج معدّل وراثيًّا مقاوم للأمراض. والعديد من أنواع الأسماك تم تعديلها وراثيًّا لتنمو سريعًا. وقد تصبح المخلوقات المعدّلة وراثيًّا في المستقبل مصدرًا يستخدم في مجال زراعة الأعضاء.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

النباتات المعدلة وراثيًّا Transgenic plants أنتج العديد من النباتات المعدلة وراثيًّا لكي تكون أكثر مقاومة للحشرات والآفات الفيروسية، ومقاومة لمبيدات الأعشاب والحشرات، ومنها الذُّرة وفول الصويا والقطن. وينتج العلماء الآن قطنًا معدلاً وراثيًّا، **الشكل 19-6**؛ حيث يقاوم هذا القطن هجوم الحشرات على محافظ أوراق القطن. كما يطور الباحثون أيضًا نباتات فستق وفول صويا لا تسبب تفاعلات حساسية لمستهلكيها.

البكتيريا المعدّلة وراثيًّا Transgenic bacteria يمكن للبكتيريا المعدّلة وراثيًّا إنتاج الأنسولين، وهرمونات النمو، ومواد تذيب خثرات الدم . كما يمكنها أيضًا أن تبطئ من تكوّن بلورات الثلج على المحاصيل الزراعية لحمايتها من التلف في الصقيع، وتزيل بقع النفط، وتحلّل القمامة.

مشروع الجينوم البشري The Human Genome Project

مشروع الجينوم (المحتوى الجيني) البشري مشروع عالمي تم اكتماله عام 2003م. والجينوم هو المعلومات الوراثية الكاملة في الخلية. وهدف هذا المشروع هو تحديد تسلسل وترتيب ثلاثة مليارات نيوكليوتيد تقريبًا تشكل DNA البشري، وتحديد جميع الجينات البشرية، والبالغ عددها 20,000 – 25,000 جين تقريبًا.

تحديد تسلسل القواعد النيتروجينية في الجينوم البشري: لتحديد تسلسل القواعد في الجينوم البشري المتصل، يجب تقطيع كل كروموسوم من الكروموسومات البشرية البالغة 46 كروموسومًا. وقد استعمل لهذا الغرض العديد من إنزيمات القطع المختلفة للحصول على قطع ذات تسلسل قواعد متداخل. وربطت هذه القطع بناقل للحصول على DNA هجين لزيادة عددها لتحديد تسلسل القواعد بواسطة أجهزة خاصة حددت مناطق التداخل لتعطي في النهاية تسلسلًا واحدًا متواصلًا من القواعد النيتروجينية.

تشبه عملية فك شفرة تسلسل القواعد النيتروجينية في الجينوم البشري قراءة كتاب طبع بشفرة معينة. تخيل الجينوم كتابًا كُتب بأحرف متلاصقة دون تنقيط أو فواصل بين الفقرات أو الجُمل أو الكلمات. يوضح **الشكل 20-6** كيف تبدو الصفحة في مثل هذا الكتاب. وحتى تفهم ما هو مكتوب يجب عليك فك شفرة النص المبعثر. كما يتعين على العلماء فك الشفرة الوراثية في الجينوم البشري بالطريقة نفسها. وقد لاحظ العلماء أن أقل من 2% فقط من نيوكليوتيدات الجينوم البشري كاملاً تشفر جميع البروتينات في الجسم. أيْ أن الجينوم يحوي سلاسل من القواعد النيتروجينية المتكررة والطويلة التي ليس لها وظيفة مباشرة، وتسمى هذه المناطق السلاسلَ غير المشفَّرة، انظر **الشكل 20-6**. وعلى الرغم من انتهاء مشروع الجينوم البشري، إلا أن تحليل البيانات الناتجة سيستمر لعدة عقود.

الشكل 19-6 يفحص هذا الباحث أوراق نبات القطن. الورقة عن اليسار تم هندستها وراثيًّا لمقاومة الحشرات.

تجربة علمية

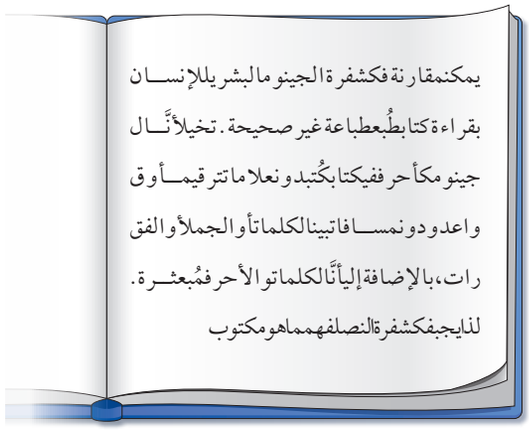
من فعلها؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

الجينيوم السعودي

■ **الشكل 20-6** يجب فك شفرة المعلومات الوراثية الموجودة في الجينوم البشري للكشف عن تسلسل القواعد المهمة.

فسّر النص من خلال فك شفرته المتداخلة وحوِّله إلى كلمات وجمل ذات معنى.



وقد درس الباحثون أيضًا المحتوى الجيني لعدة مخلوقات حية تشمل ذبابة الفاكهة، والفأر وبكتيريا *E. coli* – البكتيريا الموجودة في أمعاء الإنسان. وقد ساعدت دراسات المخلوقات الحية غير البشرية على تطوير التقنيات الضرورية للتعامل مع الكم الكبير من البيانات التي نتجت عن مشروع الجينوم البشري. وتساعد هذه التقنيات على تعرُّف وظائف الجينات البشرية المكتشفة حديثًا.

التقويم 6-4

الخلاصة

- تُنظم الخلايا بدائية النوى بناء البروتينات فيها من خلال مجموعة من الجينات تسمى المناطق الفعالة.
- تُنظم الخلايا حقيقية النوى بناء البروتينات فيها باستعمال عوامل النسخ المختلفة، وتراكيب تُسمى جسيمات نووية، وتداخل RNA.
- تتراوح الطفرات بين طفرات نقطية، وطفرات حذف، وطفرات سببها تحرك قطع كبيرة من الكروموسوم.
- العوامل المسببة للطفرات –ومنها المواد الكيميائية والإشعاعات– قد تسبب الطفرات.
- حدّد الباحثون الذين عملوا في مشروع الجينوم البشري تسلسل جميع النيوكليوتيدات في المحتوى الجيني البشري.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **اربط** التنظيم الجيني بالطفرات.
2. **حدد** النوعين الرئيسين من العوامل المسببة للطفرات.
3. **حلّل.** كيف يمكن لطفرة نقطية أن تنتج بروتينات لا تؤدي وظائفها الطبيعية.
4. **قارن** بين التنظيم الجيني في الخلايا بدائية وحقيقية النوى.
5. **طبق.** كيف يمكن أن تحسّن الهندسة الوراثية حياة البشر؟
6. **اربط** بين المحتوى الجيني البشري ومخططات بناء منزل.

التفكير الناقد

7. **فسر.** لماذا تكون معظم الطفرات في الخلايا الحقيقية النوى متنحية؟
8. **كون فرضية.** لماذا يتميز تضاعف DNA بمثل هذه الدقة؟
9. الرياضيات في علم الأحياء إذا كان 1.5% من الجينوم البشري يتكون من سلاسل مسؤولة عن تشفير البروتين، والمحتوى الجيني كاملاً يتكون من 3.2×10^9 نيوكليوتيد، فما عدد الكودونات في الجينوم البشري؟ تذكر أن طول الكودون ثلاثة نيوكليوتيدات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

اكتشافات في علم الأحياء

الكشف عن هوية جزيء DNA الحلزوني المزدوج

كان مجتمع مـا بعد الحرب العالمية الثانية العلمي متشـوقًا إلى الكشـف عن علم الحيـاة- الخلية والوراثة بشكل رئيس. فبعد أن انتقل من علم القتل والقنبلة الذرية، نشـأت بيئة من التنافس الشـديد كان يحـاول فيها الكل أن يكون الأول في حل لغز تركيب DNA.

الاعتماد على الماضي تعلمـت روزالند فرانكلين عن حيود الأشـعة السـينية، وهي تقنية تسـتخدم الأشعة السـينية لإنتاج صور لمواد بلورية. وعلى الرغم من اسـتخدام هذه التقنية للمواد النقية ذات العنصر الواحد، اسـتخدمت فرانكلين هذه التقنية لأخذ صور لجزيئات حيوية.

إضافة بيانات في خريـف عام 1951م، اكتشـفت فرانكلين أن لـ DNA شـكلين (جافًا ومبللًا). وكانت فرانكلين رائدة في مجال التصوير باسـتخدام الأشعة السـينية، وفـي تقنية توجيه الأشـعة نحـو DNA. وتوصلـت فرانكلين إلـى عزل سلاسـل مُفردة من DNA. وأخيرًا اسـتعملت فتـرات التعرض الطويلة للأشعة السينية؛ فقد كان بعضها يصل إلى 100 ساعة، لالتقاط صور بينت مفاتيح تركيب DNA.

وقد أظهرت إحدى صور فرانكلين أن شكل DNA المبلل يشـبه الحرف "X"، وهو كذلك على شكل الحلـزون. فكـرت فرانكلين أن الشـكل الجاف سيكشـف عن تركيب DNA، لذا فقد نحّت جانبًا الصورة التي سمّتها الصورة 51.

وفي بدايات عـام 1953م قررت فرانكلين مغادرة جامعة كنج لدراسة تركيب الفيروس. وفي الوقت نفسـه رأى جيمس واطسـون وفرانسيس كريك بيانات فرانكلين غير المنشورة. وكان مساعدها في العمل موريس ويلكنز يعمل على نحوٍ مسـتقل مع واطسـون وكريك، وكلاهما لم ينجح في التوصل إلى نموذج لتركيب DNA.

حل لغز تركيب DNA في مارس من عام 1953م نشر واطسـون وكريك نموذجهما عن DNA الذي كان مبنيًّا أساسًا على نتائج فرانكلين. ونشرت فرانكلين كذلك نتائجها التي دعمت نظرية واطسون وكريك، واتجهت نحو مجال ناجح في علم الفيروسـات، ممهدة الطريق نحو علم الفيروسات التركيبي، أيْ دراسة التركيب الجزيئي للفيروسات.

جائـزة نوبـل: فـي عـام 1962م حصـل العلماء واطسـون وكريك وويلكنـز على جائـزة نوبل؛ لاكتشـافهم تركيب جزيء الـ DNA الحلزوني المزدوج. ولم ترشح فرانكلين لجائزة نوبل؛ لأنها كانت متوفاة.

وفـي عـام 1968م، اعترف واطسـون فـي كتابه الحلزون المـزدوج أنهم اسـتعملوا بياناتها دون علمها. ومنذ ذلك الوقت اعتُرف بأهمية مسـاهمة فرانكلين في اكتشاف تركيب DNA.

الكتابة في علم الأحياء

مقالة صحفية تخيـل أنك مراسـل صحفـي في العام 1953م عندمـا تـم التوصل إلى اكتشـاف نموذج جزيء DNA الحلزوني المزدوج. أجـر بحثًا واكتب مقالاً صحفيًّا تتناول فيه "السـباق للكشف عن تركيب"، وكذلك أهمية الاكتشاف للعالم.

مختبر الأحياء

علم الأدلة الجنائية Forensics: كيف يتم استخلاص جزيئات DNA؟

الخلفية النظرية: تُعد فحوص DNA مهمة لعلماء الأحياء والأطباء، وحتى محققي الجرائم. تخيل أنك تعمل في مختبر، وقد أحضر أحدهم عينة ذُرة من موقع جريمة ليتم تحليلها. لقد قررت أن تفحص جزيئات DNA للذُّرة للبحث عن جينات يتم من خلالها تعرّف نوع الذُّرة. قبل تحديد ترتيب القواعد في جزيء DNA، يجب أن يتم عزل جزيء DNA.

سؤال: كيف يمكن استخلاص جزيئات DNA؟

المواد والأدوات

- حبوب ذُرة (50 g).
- كأس زجاجية (2).
- خلاّط كهربائي.
- قماش يستعمل في صناعة الجبن (4 مربعات– طول كل واحد 30 cm).
- أربطة مطاطية.
- ساق زجاجية في أحد طرفيها التواء.
- وسط زرعي متجانس (100–150 mL).
- أنابيب بلاستيكية لجهاز الطرد المركزي (30–50 mL).
- أقراص غسل العدسات اللاصقة (يحتوي على البابين).
- إيثانول 95% (12 mL).
- ماء مقطر (3 mL).
- أنبوب اختبار.
- وعاء من الثلج.
- حمام مائي 60 °C.
- ساق تحريك زجاجية.
- ساعة إيقاف.

احتياطات السلامة

طريقة العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. زن 50 g من حبوب الذرة.
3. ضع حبوب الذرة في الكأس، واغمرها في وسط متجانس تم تسخينه إلى درجة حرارة 60 °C، ثم ضع الكأس الزجاجية في الحمام المائي عند درجة حرارة 60 °C مدة 10 دقائق. وحركه بلطف كل 45 ثانية.
4. أخرج الكأس الزجاجية من الحمام المائي وبردها بسرعة داخل حمام ثلجي مدة 5 دقائق.
5. صبّ الخليط داخل الخلاّط الكهربائي واطحنه، حتى تحصل على خليط متجانس.
6. رشح الخليط باستعمال أربع طبقات من قماش الجبن داخل كأس زجاجية كبيرة موجود في الثلج.
7. صُبّ 15 mL من الراشح في أنبوب طرد مركزي (30–50 mL).
8. ذوِّب قرصًا واحدًا يستعمل لغسل العدسات اللاصقة في أنبوب اختبار يحتوي على 3 mL ماء مقطر. ثم أضف المحلول إلى أنبوب الراشح، واخلطه بلطف.
9. أمسك أنبوب الراشح بشكل مائل، وصبّ ببطء 12 mL من 95% إيثانول بارد على جدران الأنبوب.
10. راقب صعود DNA إلى طبقة الكحول بوصفه معلقًا أبيض مكونًا من خيوط بيضاء. واستعمل الساق الزجاجية المعقوفة لاستخراج خيوط DNA، ودعها حتى تجف.
11. **التنظيف والتخلص من الفضلات** نظف مكان عملك وتخلص من المواد الكيميائية وغيرها بحسب إرشادات معلمك، ثم اغسل يديك بعد الانتهاء من العمل.

حلل ثم استنتج

1. **صف** مظهر DNA في المعلّق، وبعد أن تم تجفيفه.
2. **فسّر.** لماذا وضعت حبوب الذرة في الخلاط الكهربائي؟
3. **التفكير الناقد.** لماذا يشترط عدم تلوث عينة DNA المطلوب معرفة تسلسل القواعد فيها؟ وكيف يمكنك معرفة ما إذا كانت عينتك قد تلوثت؟

الكتابة في علم الأحياء

كتابة تقرير تخيل أنك أول باحث يعزل DNA من النواة. اكتب تقريرًا توضح فيه طريقتك والتطبيقات المحتملة لما توصلت إليه.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

الفصل 6 دليل مراجعة الفصل

المطويات **قوّم** أهمية عمليتي النسخ والترجمة في المبدأ الأساسي المتعلق بالجينات والبروتينات.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
6–1 المادة الوراثية: DNA	
الجزيء الحلزوني المزدوج الجسيم النووي (نيوكليوسوم)	**الفكرة الرئيسة** **تطلّب اكتشاف DNA بوصفه شفرة وراثية إجراء العديد من التجارب.** • تعد تجربة جريفيث باستعمال البكتيريا وتفسير أفري أول إشارة إلى أن جزيء DNA هو المادة الوراثية. • وفرت تجربة هيرشي وتشيس دليلاً على أن جزيء DNA هو المادة الوراثية في الفيروسات. • تنص قاعدة تشارجاف على أن –في جزيء DNA– كمية السايتوسين تساوي كمية الجوانين، وكمية الثايمين تساوي كمية الأدينين. • وفرت أعمال واطسون وكريك وفرانكلين وويلكنز دليلاً على التركيب الحلزوني المزدوج لجزيء DNA.
6–2 تضاعف DNA	
التضاعف شبه المحافظ. إنزيم بلمرة DNA قطعة أوكازاكي.	**الفكرة الرئيسة** **يتضاعف DNA بتكوين سلسلة جديدة متممة للسلسلة الأصلية.** • تسهم الإنزيمات: إنزيم فك التواء DNA، إنزيم RNA البادئ، وإنزيم بلمرة DNA وإنزيم ربط DNA في عملية تضاعف DNA. • تُصنع السلسلة الرئيسة بصورة متواصلة، إلا أن السلسلة الثانوية تُصنع بصورة غير متواصلة، بتكوين قطع أوكازاكي. • يحدث تضاعف DNA في الخلايا الحقيقية النوى عادة في عدة مناطق على طول الكروموسوم.
6–3 DNA و RNA، والبروتين	
RNA RNA الرسول RNA الرايبوسومي RNA الناقل عملية النسخ إنزيم بلمرة RNA إنترون الإكسون الشفرة الوراثية عملية الترجمة.	**الفكرة الرئيسة** **تُنسخ شفرات DNA في صورة RNA، الذي يتحكم بدوره في بناء البروتينات.** • تدخل ثلاثة أنواع رئيسة من RNA في تصنيع البروتين: mRNA وtRNA وrRNA. • تسمى عملية بناء mRNA من سلسلة DNA عملية النسخ. • الترجمة عملية يتم من خلالها ربط mRNA مع الرايبوسوم وتصنيع البروتين. • يحتوي mRNA، في المخلوقات الحية الحقيقية النواة، على إنترونات يتم إزالتها قبل مغادرته النواة. ويُضاف أيضًا غلاف وذيل عديد الأدينين على mRNA.
6–4 التنظيم الجيني والطفرة	
التنظيم الجيني المنطقة الفعالة الطفرة العامل المُسبب للطفرة الهندسة الوراثية المخلوقات المعدّلة وراثيًّا	**الفكرة الرئيسة** **يتم تنظم التعبير الجيني داخل الخلية، وقد تؤثر الطفرات في هذا التعبير.** • تُنظم الخلايا البدائية النوى بناء البروتينات فيها من خلال مجموعة من الجينات تسمى المناطق الفعالة. • تُنظم الخلايا الحقيقية النوى بناء البروتينات فيها باستعمال عوامل النسخ المختلفة، وتراكيب تُسمى جسيمات نووية، وتداخل RNA. • تتراوح الطفرات من طفرات نقطية، إلى طفرات حذف، إلى طفرات سببها تحرُّك قطع كبيرة من الكروموسوم. • العوامل المسببة للطفرات، مثل المواد الكيميائية والإشعاعات، يمكن أن تسبب الطفرات. • حدّد الباحثون الذين عملوا في مشروع الجينوم البشري تسلسل جميع النيوكليوتيدات في المحتوى الجيني البشري.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

6-1

مراجعة المفردات

استبدل بما تحته خط المصطلح المناسب من دليل مراجعة الفصل؛ لتصبح الجملة صحيحة:.

1. يُسمى شكل السلم الملتوي لـ DNA النيوكليوتيد.
2. يتكون الجزيء الحلزوني المـزدوج من DNA ملتف حول بروتينات الهستون.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

3. ما وحدات البناء الأساسية لكل من DNA وRNA؟

a. الرايبوز.
b. البيورينات.
c. النيوكليوتيدات.
d. الفوسفور.

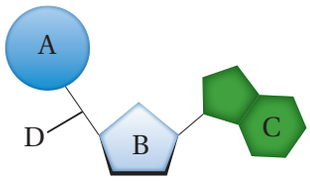
4. إذا كانت قطعة من DNA تحوي 27 ٪ ثايمين، فما نسبة السايتوسين فيها؟

a. 23% **c.** 46%
b. 27% **d.** 54%

5. ما الاستنتاج الذي توصل إليه جريفيث حول تجاربه على بكتيريا المكورات السبحية *Streptococcus pneumoniae*؟

a. أن DNA هو المادة الوراثية في الفيروسات.
b. تركيب DNA حلزوني مزدوج.
c. يمكن للبكتيريا التي يتم إدخال DNA إليها أن تُغير طرازها الشكلي.
d. كمية الثايمين تساوي كمية الأدينين في DNA.

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 6 و7.



6. ماذا يمثل الشكل أعلاه ؟

a. النيوكليوتيد. **c.** القاعدة.
b. RNA . **d.** الفوسفات.

7. ما الرمز الذي يمثل الجزء المسـؤول عن الشـفرة في DNA؟

a. A **c.** C
b. B **d.** D

أسئلة بنائية

8. **إجابة قصيرة.** فسّر كيف يتشكّل DNA في الكروموسومات في الخلايا الحقيقية النوى؟

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 9.

9. **إجابة قصيرة.** لخّص التجارب والبيانات التي بينها الصورة وأدت إلى اكتشاف DNA.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 6

التفكير الناقد

10. صمّم. كيف يمكنك استعمال الفوسفور المشع لتبين أن المركّب الذي تحول في البكتيريا المستعملة في تجارب جريفيث هو DNA؟

11. حلّل. كيف يمكن أن تختلف نتائج تجربة هيرشي – تشيس إذا كان البروتين هو المادة الوراثية؟

6-2

مراجعة المفردات

اكتب جملة توضح المقصود مما يأتي:

12. إنزيم بلمرة DNA.

13. تضاعف شبه محافظ.

14. قطعة أوكازاكي.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

15. بم يبدأ بناء سلسلة DNA الجديد؟

a. RNA بادئ. **c.** RNA الرسول.

b. وحدة نيوكليوتيد. **d.** RNA الناقل.

16. أيّ العبارات الآتية صحيحة فيما يتعلق باستطالة السلسلة الثانوية؟

a. لا تحتاج إلى سلسلة أساسية.

b. تنتج قطع أوكازاكي.

c. تحتاج إلى نشاط إنزيم ربط RNA.

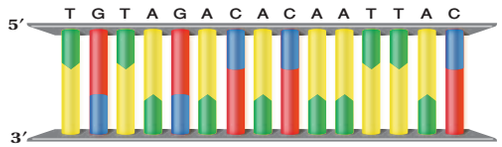
d. إضافة نيوكليوتيدات بصورة متواصلة على النهاية 3′.

أسئلة بنائية

17. إجابة قصيرة. اعمل جدولاً يتضمن الإنزيمات التي تدخل في عملية تضاعف DNA ، وصف وظائفها.

التفكير الناقد

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 18 و19.



18. حدد. يمثل الرسم أعلاه جزيء DNA. ما ترتيب القواعد النيتروجينية في السلسلة المتممة من DNA؟ تأكد أنك أشرت إلى ترتيب السلسلة.

19. وضّح. افترض أن قواعد الثايمين المتجاورة في الشكل أعلاه تكررت في منطقة أخرى من السلسلة نفسها بعد تعرضها للأشعة فوق البنفسجية، فكيف يؤثر هذا التكرار في تركيب جزيء DNA؟

6-3

مراجعة المفردات

اكتب جملة تربط بين كل زوج من المفردات الآتية:

20. tRNA –mRNA.

21. الكودون (الشفرة) – إنزيم بلمرة RNA.

22. إنترون – إكسون.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

23. ما الترتيب الصحيح للتغيرات التي تحدث في mRNA الأولي في الخلايا الحقيقية النوى لينتج mRNA نهائي؟

a. إضافة الغلاف، حذف الإنترونات، يُضاف ذيل متعدد من T.

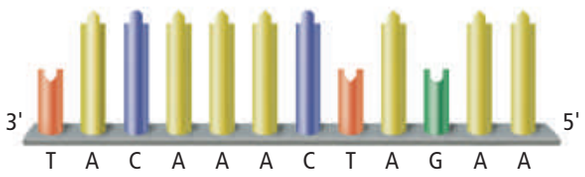
b. إضافة الغلاف، حذف الإكسونات، يضاف ذيل متعدد من T.

c. إضافة الغلاف، حذف الإنترونات، يضاف ذيل متعدد من A.

d. إضافة الغلاف، حذف الإكسونات، يُضاف ذيل متعدد من A.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 24 و 25.



24. ما تسلسل القواعد في mRNA الذي يُقابل سلسلة DNA المبينة في الشكل؟

a. 5′ ATGTTTGATCTT 3′

b. 5′ AUGUUUGAUCUU 3′

c. 5′ TACAAACTAGAA 3′

d. 5′ UACAAACUAGAA 3′

25. ما تسلسل القواعد في السلسلة الأخرى المتممة لسلسلة DNA المبينة في الشكل؟

a. 5′ ATGTTTGATCTT 3′

b. 5′ AUGUUUGAUCUU 3′

c. 5′ TACAAACTAGAA 3′

d. 5′ UACAAACUAGAA 3′

أسئلة بنائية

26. إجابة قصيرة. قارن بين عمليتي النسخ والترجمة، ووضّح مكان حدوثهما في الخلايا الحقيقية النوى.

27. إجابة قصيرة. فسر لماذا يكون عدد القواعد في سلسلة mRNA مختلفًا عن عدد القواعد في DNA الذي نُسخ عنه؟

التفكير الناقد

28. حدّد تسلسل القواعد على سلسلة mRNA إذا كان الترتيب في سلسلة DNA غير الأساسية (المتممة) 5′ATGCCAGTCATC 3′ . استعمل **الشكل 13–6** لتحديد سلسلة الأحماض الأمينية التي يشفرها mRNA المتكوّن.

6-4

مراجعة المفردات

اكتب المفردة من صفحة دليل مراجعة الفصل، التي تصف كل عملية من العمليات الآتية:

29. تنظيم الجينات في الخلايا البدائية النوى.

30. التحكم في الوحدات الوظيفية لـ DNA.

31. تغيرات في سلسلة DNA.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

32. أيّ الجمل الآتية صحيحة فيما يتعلق بتنظيم الجينات في الخلايا الحقيقية النوى؟

a. التنظيم الجيني في الخلايا الحقيقية النوى مشابه تمامًا للتنظيم الجيني في الخلايا البدائية النوى.

b. توجِّه عوامل التضاعف ارتباط إنزيم بلمرة DNA إلى المنظم في الخلايا الحقيقية النوى.

c. تقوم بروتينات التنشيط بطيّ DNA في اتجاه مواقع التحفيز التي تزيد من معدل انتقال الجين.

d. يمنع ارتباط عوامل منشطة بالبروتينات المثبطة من ارتباط هذه البروتينات مع DNA.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

تقويم الفصل 6

33. أيّ مما يأتي يوضح طفرة إضافة إلى السلسلة 5′GGGCCCAAA 3′؟

a. 5′GGGGCCAAA 3′.

b. 5′GGGCCAAA 3′.

c. 5′GGGAAACCC 3′.

d. 5′GGGCCCAAAAAA 3′.

34. أيّ مما يأتي لا يعد نوعًا من الطفرات؟

a. استبدال القاعدة.

b. الإضافة.

c. تداخل RNA.

d. الانتقال.

35. أيّ الجمل الآتية المتعلقة بالجينوم البشري غير صحيحة؟

a. يحتوي الجينوم البشري على 25,000 جين تقريبًا.

b. يحتوي الجينوم البشري على امتدادات طويلة من DNA ليس لها وظيفة معروفة.

c. تم تحديد تسلسل القواعد في الجينوم البشري من قبل علماء من جميع دول العالم.

d. يحتوي الجينوم البشري على سلاسل تحوي النيوكليوتيدات جميعها تنتج البروتينات.

أسئلة بنائية

36. إجابة قصيرة. صف تداخل RNA.

37. نهاية مفتوحة. توقع أثر الهندسة الوراثية الذي ستحدثه في المادة الوراثية للأنواع.

التفكير الناقد

38. استنتج. لماذا يكون استبدال القواعد في الموقع الثالث من الكودون أقل احتمالاً في تغيير نوع الحمض الأميني الناتج عن الشفرة الأصلية؟

تقويم إضافي

39. الكتابة في علم الأحياء اكتب فقرة تناقش فيها إيجابيات الهندسة الوراثية وسلبياتها.

أسئلة المستندات

فيما يأتي المعلومات التي وصف بها واطسون وكريك تركيب DNA: "الصفة الخاصة للتركيب هي كيف ترتبط السلسلتان معًا بقواعد نيتروجينية من البيورينات والبيريميدينات. وتكون هذه القواعد عمودية على محور الجزيء، وهي ترتبط معًا على شكل أزواج، فالقاعدة الواحدة من السلسلة الأولى ترتبط مع رابطة هيدروجينية بقاعدة واحدة في السلسلة الأُخرى، حيث تستمر الاثنتان جنبًا إلى جنب بأبعاد ثابتة، ويكون أحد الزوجين بيورين والآخر بيريميدين".

"لم يغب عنا أن نلاحظ ترتيب القواعد في أزواج، الذي قادنا إلى توقع آلية نسخ محتملة للمادة الوراثية".

40. ارسم شكلاً يبين تركيب DNA بالاعتماد على الوصف أعلاه.

41. كيف ترتبط القواعد معًا، اعتمادًا على هذا الوصف؟

42. ما آلية النسخ المحتملة التي توقعها واطسون وكريك؟

مراجعة تراكمية

43. صف العملية التي تتكون من خلالها الأمشاج؟

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. الإنزيم المسؤول عن فك الارتباط بين سلسلتي DNA خلال عملية التضاعف هو:

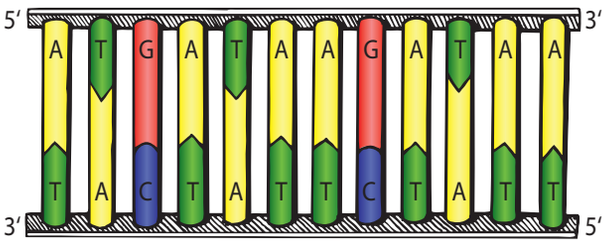
a. إنزيم فك التواء DNA.

b. إنزيم ربط DNA.

c. إنزيم بلمرة DNA.

d. إنزيم RNA البادئ.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 2 .



2. يوضح الشكل سلسلة DNA، فما سلسلة mRNA المحتمل تكونها في عملية النسخ؟

a. 5′ AATAGAATAGTA 3′.

b. 5′AAUAGAAUAGUA 3′.

c. 5′ATGATAAGATAA 3′.

d. 5′ AUGAUAAGAUAA 3′.

3. ما كودون الانتهاء في mRNA؟

a. AUG. **c.** CAU.

b. AUU. **d.** UAA.

4. أيٌّ ممـا يأتي يرتبط بتنظيم الجين فـي الخلايا البدائية النوى؟

a. السلسلة الثنائية لـ DNA.

b. البروتينات المثبطة.

c. تداخل RNA.

d. عامل النسخ.

5. قطعة من DNA تحمل التسلسل الآتي: CCCCGAATT، افترض أن طفرة حدثت في هذه القطعة فأصبح التسلسل الجديد CCTCGAATT. فما المصطلح الذي يصف هذه الطفرة؟

a. طفرة كروموسومية.

b. طفرة حذف.

c. طفرة تضاعف.

d. طفرة استبدال.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

أسئلة الإجابات القصيرة

6. لماذا تكون المناطق المسؤولة عن إنتاج بروتينات متشابهة في معظم البشر؟
7. اذكر القواعد البيورينية والقواعد البيريميدينية في DNA؛ وفسّر أهميتها في تركيب DNA.

أسئلة الإجابات المفتوحة

8. اذكر نوعين من الطفرات التي تحدث في DNA، ووضح كيف يمكن أن تغير كل واحدة في تسلسل القواعد في القطعة الآتية:

CGATTGACGTTTTAGGAT

9. فسّر دور نشر نتائج الأبحاث في التوصل إلى تركيب DNA.

يساعد هذا الجدول على تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9
الفصل / القسم	2–6	3–6	3–6	4–6	4–6	4–6	1–6	4–6	1–6
الصف	3–2	3–2	3–2	3–2	3–2	3–2	3–2	3–2	3–2

المصطلحات

المصطلحات

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

(أ)

الاتـزان الداخلـي homeostasis: تنظيـم البيئة الداخلية للمخلوق الحي للحفاظ على الظروف اللازمة للحياة.

أجسـام جولجـي golgi apparatus: أنابيـب غشـائية مسـطحة ومتراصة، تعـدل وتفـرز وتغلف البروتينـات في حويصـلات، وتنقلها إلـى العضيات الأخرى أو إلى خارج الخلية

أحادي المجموعة الكروموسومية haploid: خلية تحمل نصف العدد من الكروموسومات (1n).

الإخصاب fertilization: عملية تتحد فيها الأمشاج الأحادية المجموعة الكروموسـومية معًا، مكوِّنة خلايا ثنائية المجموعة الكروموسومية (2n)، (n) كروموسوم من الأب، و(n) كروموسوم من الأم.

أدينوسـين ثلاثي الفوسـفات adenosine triphos-phate ATP: جزيء حيوي ناقـل للطاقة، يدفع عند تحطمه الخليةَ للقيام بالأنشطة الخلوية.

الأكتيـن actin: خيـوط بروتينيـة رفيعة في الخلايا العضليـة، تعمل مع خيوط الميوسـين علـى انقباض العضلات وانبساطها.

الإكسون exon: أجزاء تبقى من سلاسل mRNA التي تحمل الشفرات الوراثية في أثناء عملية معالجة RNA.

الإنترون intron: يحـدث في أثناء معالجة RNA حذف للسلاسل التي لا تحمل الشفرات الوراثية.

الإنزيـم enzyme: بروتين يُسرع التفاعلات الحيوية بخفض طاقة التنشـيط (energy activation) التي يتطلبها بدء التفاعل.

إنزيم بلمرة RNA RNA polymerase: إنزيم ينظم بناء جزيء RNA.

إنزيم ربط DNA DNA ligase: إنزيم يربط أو يلصق قطع DNA معًا.

إنزيـم روبسـكو rubisco: إنزيم يحول ثاني أكسيد الكربون غير العضوي إلى مركبات عضوية خلال المرحلة الأخيرة من حلقة كالفن.

انقسام السيتوبلازم cytokinesis: المرحلة الثالثة من دورة الخلية، ينقسـم فيها السيتوبلازم مكوِّنًا خلايا جديدة.

الانقسـام المتسـاوي mitosis: المرحلـة الثانية الرئيسـة من دورة حيـاة الخلية، حيـث يتضاعف فيها DNA وينقسم، وينتج عنها خلايا متطابقة جينياً وثنائية المجموعة الكروموسومية.

الانقسـام المنصـف meiosis: عملية الانقسـام المخفض لعـدد الكروموسـومات، وتحدث فقط في الخلايا الجنسـية، حيث تنتج الخليـة الواحدة الثنائية العدد الكروموسـومي (2n) أربع خلايا أحادية (n) لا تتطابق جينيًّا.

إنزيم بلمرة DNA DNA polymeras: يحفز إنزيم بلمرة DNA إضافة النيوكليوتيدات المناسبة إلى سلسلة DNAالجديدة.

(ب)

البروتيـن protein: مركـب عضـوي يتكون من أحماض أمينية مرتبطة معًا بروابط ببتيدية، وهي وحدات البناء الأساسية في المخلوقات الحية.

البذرة seed: تركيب نباتي متكيف في النباتات الوعائية تحوي الجنين ومواد مغذية، ومغطاة بطبقة واقية.

البروتيـن الناقـل transport protein: بروتين ينقل المواد أو الفضلات عبر الغشاء الخلوي.

بصمـة DNA الوراثية DNA fingerprint-ing: عزل سلسـلة مميزة من DNA الخاص بالفرد؛ لملاحظـة نمط انتقال الأشـرطة فيها، وتسـتعمل في

التحقيقات الجنائية لتحديد المشتبه فيهم، وكذلك في إثبات النسب.

البلازميد plasmid: أي قطعة من سلسلة صغيرة حلقية مزدوجة من جزيء DNA تستعمل ناقلاً.

البلاستيدة الخضراء chloroplast: عضية ذات غشاء مزدوج، تلتقط الطاقة الضوئية وتحوّلها إلى طاقة كيميائية من خلال البناء الضوئي.

البناء الضوئي photosynthesis: عملية بناء من مرحلتين، يتم من خلالها تحويل طاقة الشمس الضوئية إلى طاقة كيميائية تستخدمها الخلية.

البوليمر Polymers: جزيئات مكونة من وحدات متكررة من مركبات متشابهة أو قريبة التشابه.

(ت)

التحلل السكري glycolysis: عملية لاهوائية، وهي المرحلة الأولى من عملية التنفس الخلوي؛ حيث يتحلل سكر الجلوكوز إلى جزيئين من البيروفيت.

التحول transition: نوع من التفاعلات التي تحدث في الحشوة في الميتوكندريا، يتم فيها تحويل جزيئي البيروفيت الثلاثي الكربون الناتجين عن عملية التحلل السكري إلى جزيئين من مرافق إنزيم-أ الثنائية الكربون.

التخمر fermentation: عملية يتم فيها توليد جزيئات NAD^+، مما يسمح للخلايا بالقيام بعملية انحلال السكر في غياب الأكسجين.

التراكيب الجينية الجديدة genetic recombination: مزيج من الجينات التي تنتج عن عملية العبور والتوزيع الحر لها.

التعدد الشكلي لنيوكليوتيد منفرد single nucleotide polymorphism: تنوع يحدث في سلسلة DNA عند تبديل نيوكليوتيد واحد في الجين.

تعدد المجموعة الكروموسومية polyploidy: وجود مجموعة أو أكثر من الكروموسومات جميعها، حيث تؤدي في النباتات مثلًا إلى زيادة الحجم، ونمو أفضل لها، وكذلك القدرة على العيش.

تفاعل البوليمر المتسلسل (PCR): تقنية تستعمل في هندسة الجينات لعمل نُسخ كثيرة لمناطق خاصة في قطعة DNA.

التكاثر reproduction: إنتاج الأبناء.

التلقيح الاختباري test cross: تلقيح يستعمل لتحديد الطراز الجيني للمخلوق الحي.

التنفس الخلوي cellular respiration: مسار هدم، يتم فيه تحليل الجزيئات العضوية لإطلاق الطاقة اللازمة للخلية.

التنفس الهوائي aerobic respiration: عملية أيضية يتم فيها تحليل البيروفيت، وتستعمل الجزيئات الناقلة للإلكترون لإنتاج الطاقة ATP من خلال عملية انتقال الإلكترونات.

التنوع الوراثي genetic diversity: التنوع في الخصائص الموروثة أو الجينات.

التهجين الانتقائي breeding selective: تهجين مباشر لإنتاج نباتات أو حيوانات تحمل صفات مرغوبة.

التهجين الذاتي inbreeding: تهجين انتقائي لمخلوقات حية تجمعها صلة قرابة لإنتاج صفات مرغوبة والتخلص من الصفات غير المرغوبة، حيث تنتج في النهاية صفات نقية (متماثلة الجينات).

التيلوميرات telomere: طبقة (أو غلاف) حماية تتكون من DNA، وتوجد على أطراف الكروموسوم.

التفوق الجيني Epistasis: يحدث عند وجود جين

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

يخفي صفة جين آخر.

التضاعف شبه المحافظ Semiconservative replication: خلال التضاعف شبه المحافظ تنفصل سلاسل DNA الأصلية لتعمل بوصفها قوالب وتبدأ عملية التضاعف فينتج جزيء DNA مكوّنًا من سلسلة أصلية وأخرى جديدة.

التنظيم الجيني Gene regulation: هي قدرة المخلوق الحي على التحكم في اختيار أي الجينات تُنسخ استجابة للبيئة.

(ث)

ثايلاكويد thylakoid: يوجد في داخل البلاستيدات الخضراء، وهو أحد الأغشية المكدسة والمسطحة والمحتوية على الصبغات، وتحدث فيه التفاعلات الضوئية.

الثغر Stoma: فتحات في الطبقة الخارجية لسطح الورقة وبعض السيقان؛ تسمح بتبادل الماء وثاني أكسيد الكربون والأكسجين وغازات أخرى بين النبات والبيئة المحيطة به.

ثنائي المجموعة الكروموسومية diploid: له نسختان من كل كروموسوم (2n).

الثيروكسين thyroxine: هرمون درقي يزيد من معدل أيض الخلايا.

(ج)

جدار الخلية cell wall: الجدار الصلب في النباتات الذي يحيط بالغشاء البلازمي، ويتكون من السيليلوز، ويوفر الدعم والحماية للخلية.

الجرانا grana: مجموعة من الثايلاكويدات المتراصة التي تحوي الصبغات في البلاستيدات الخضراء في النباتات.

الجزيء molecule: مركب ترتبط ذراته معًا بروابط مشتركة.

جزيء DNA الحلزوني المزدوج double helix DNA: يشبه شكل السلم، يتكون نتيجة التفاف سلاسل النيوكليوتيدات بعضها حول بعض.

الجسيم النووي nucleosome: وحدات مكررة من ألياف الكروماتين، تتكون من DNA ملتف حول الهستونات.

الجهاز المغزلي spindle apparatus: تركيب مكون من الخيوط المغزلية والمريكزات والألياف النجمية التي تدخل في تحريك وتنظيم الكروموسومات قبل أن تنقسم الخلية.

الجين gene: وحدة وظيفية تتحكم في الصفات الموروثة التي تنتقل من جيل إلى آخر.

الجينات المتعددة المتقابلة multiple alleles: وجود أكثر من جينين متقابلين لصفة معينة.

الجينوم البشري human genome: معرفة جميع المعلومات الوراثية في خلية بشرية.

الجزيئات الكبيرة Macromolecules: جزيئات ضخمة تتكون من ارتباط جزيئات عضوية أصغر.

(ح)

حامض نووي ريبوزي RNA: الحمض الذي يوجِّه بناء البروتينات.

حلقة كالفن calvin cycle: تفاعلات لاضوئية تحدث في أثناء المرحلة الثانية من البناء الضوئي، يتم فيها اختزان الطاقة في الجزيئات العضوية مثل الجلوكوز.

حلقة كربس krebs cycle: سلسلة من التفاعلات يتم فيها تحطيم البيروفيت إلى ثاني أكسيد الكربون

داخل ميتوكندريا الخلايا، ويطلق عليها أيضًا اسم دورة الأحماض الثلاثية الكربوكسيل ودورة حمض الستريك.

الحمض الأميني Amino acids: مركبات صغيرة مكونة من كربون ونيتروجين وأكسجين وهيدروجين وأحيانًا كبريت.

حامل الصفة Carrier: الفرد الذي يكون غير متماثل الجينات لاختلال وراثي متنّح.

(خ)

خلية cell: وحدة التركيب والوظيفة في جميع المخلوقات الحية.

خلية بدائية النواة prokaryotic cell: مخلوق بدائي مجهري، لا يحتوي على نواة أو أي عضيات غشائية أخرى.

خلية حقيقية النواة eukaryotic cell: مخلوق حي وحيد الخلية يحتوي على نواة محاطة بغشاء وعضيات، ويكون عادة أكبر من الخلايا البدائية النوى وأكثر تعقيدًا.

خلية جذعية Stem cells: هي خلايا غير متخصصة تنمو لتصبح خلايا متخصصة إذا وضعت في ظروف مناسبة.

خلية أحادية المجموعة الكروموسومية Haploid cell: الخلية التي تحمل العدد(n) من الكروموسومات.

خلية ثنائية المجموعة الكروموسومية Diploid cell: الخلية التي تحمل العدد(2 n) من الكروموسومات.

(د)

دورة الخلية cell cycle: عملية التكاثر الخلوي، تمر بثلاث مراحل رئيسة – الطور البيني (نمو)، والانقسام المتساوي (انقسام نووي) وانقسام السيتوبلازم.

ديناميكا حرارية thermodynamics: دراسة تدفق الطاقة وتحولها في الكون.

(ذ)

ذاتي التغذية autotrophic: مخلوق حي يستعمل طاقة الضوء أو المواد غير العضوية لينتج غذاءه؛ ويعد المزود الأساسي لغذاء المخلوقات الحية الأخرى، ويُسمى أحيانًا المنتج.

(ر)

الرايبوسوم ribosome: عضية تعمل على تصنيع البروتينات.

الرقم الهيدروجيني pH: قياس تركيز أيونات الهيدروجين (H^+) في المحلول.

روبيسكو rubisco: إنزيم يحول جزيئات ثاني أكسيد الكربون غير العضوية إلى جزيئات عضوية في أثناء الخطوة الأخيرة لحلقة كالفن.

RNA الرسول messenger RNA) mRNA): نوع من جزيئات RNA يحمل المعلومات الوراثية من DNA في النواة التي توجِّه بناء البروتينات في السيتوبلازم.

RNA الرايبوسومي ribosomal RNA) rRNA): نوع من جزيئات RNA ترتبط مع بروتينات فتكوّن الرايبوسومات.

(س)

سايكلين cyclin: نوع من البروتينات المتخصصة التي تنظم دورة الخلية.

سايكلين معتمد على الكاينيز cyclin-dependent kinase: إنزيم يرتبط مع السايكلين في أثناء الطور البيني والانقسام المتساوي، يحفز ويتحكم في الأنشطة في أثناء دورة الخلية.

السنترومير (القطعة المركزية) centromere: تركيب خلوي يجمع بين الكروماتيدات الشقيقة.

سيادة غير تامة incomplete dominance: نمط وراثي معقد حيث ينتج طراز شكلي وسطي مختلف يجمع بين صفات الآباء.

سيادة مشتركة codominance: نمط وراثي معقد يحدث عندما لا يسود جين على آخر، ويكون الصفة الوراثية.

سيتوبلازم cytoplasm: مادة شبه سائلة داخل غشاء الخلية البلازمي.

السوط Flagella: تغطي سطوح بعض الخلايا الحقيقية النواة، وتمتد خارج الغشاء السيتوبلازم.

السرطان Cancer: خلل ناتج عن نمو الخلايا وانقسامها بشكل غير منتظم.

(ش)

الشبكة الإندوبلازمية endoplasmic reticulum: نظام من الأغشية كثير الانثناءات التي توجد في الخلايا الحقيقية النوى، وتعد مكان بناء البروتين والدهون.

الشفرة الوراثية (الكودون) codon: هي الشفرة الثلاثية القواعد النيتروجينية في DNA أو mRNA.

(ص)

الصبغة pigment: جزيء ملون يمتص الضوء، مثل الكلوروفيل والكاروتين، ويوجد في الأغشية الثايلاكويدية للبلاستيدات الخضراء.

الصفة السائدة dominant: اسم أطلقه مندل على صفة محددة تظهر في أفراد الجيل الأول F1.

الصفة المتعددة الجينات polygenic trait: صفة تنتج عن تفاعل جينات متعددة، ومنها لون العيون ولون الجلد.

الصفة المتنحية recessive: اسم أطلقه مندل على صفة محددة مستترة أو مخفية في أفراد الجيل الأول F1.

الصفة المرتبطة مع الجنس sex-linked trait: صفة تتحكم فيها جينات محمولة على الكروموسوم الجنسي X، مثل صفة عمى اللونين الأحمر والأخضر.

(ط)

الطاقة energy: المقدرة على أداء شغل ، لا يمكن إنتاج الطاقة أو تدميرها من الإنسان ويمكن تحويلها فقط.

طبقة الليبيدات المفسفرة المزدوجة phospholipid bilayer: طبقات الغشاء البلازمي التي تتكون من جزيئات الدهون المفسفرة، تترتب بحيث تكون الرؤوس القطبية للخارج والذيول غير القطبية للداخل.

الطراز الجيني genotype: أزواج الجينات المتقابلة في المخلوق الحي.

الطراز الشكلي phenotype: الخصائص المظهرية التي يملكها الفرد تعبر عن أزواج الجينات المتقابلة.

الطفرة mutation: تغير دائم في DNA الخلية، يتراوح بين تغيير في القواعد النيتروجينية وإزالة مقاطع كبيرة من الكروموسومات.

الطور الاستوائي metaphase: المرحلة الثانية من

الانقسام المتساوي، وفيها تعمل البروتينات الحركية على سحب الكروماتيدات الشقيقة إلى خط استواء الخلية.

الطور الانفصالي anaphase: المرحلة الثالثة من الانقسام المتساوي، حيث يتم سحب الكروماتيدات الشقيقة بعيدًا بعضها عن بعض، وتنتقل الكروموسومات بواسطة الأنيبيبات الدقيقة والبروتينات الحركية إلى الأقطاب المتقابلة من الخلية.

الطور البيني interphase: المرحلة الأولى من دورة الخلية، تنمو في خلالها الخلية، وتنضج وتضاعف مادتها الوراثية DNA.

الطور التمهيدي prophase: المرحلة الأولى من الانقسام المتساوي، وفي أثنائها يتحول الكروماتين إلى كروموسومات.

الطور النهائي telophase: المرحلة النهائية من الانقسام المتساوي، تعود فيها النوية إلى الظهور، ويبدأ تشكل غشاءين نوويين، لم تكمل الخلية انقسامها بعد.

طول الفترة الضوئية photoperiodism: مصطلح يشير إلى استجابة إزهار النبات بناءً على عدد ساعات الظلام التي يتعرض لها.

طاقة التنشيط Activation energy: الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لحدوث التفاعل الكيميائي.

(ع)

العبور الجيني crossing over: تبادل أجزاء كروموسومية بين الكروموسومات المتماثلة في أثناء الطور التمهيدي (1) من الانقسام المنصف.

عدم انفصال الكروموسومات nondisjunction: لا تنفصل الكروماتيدات الشقيقة بالشكل الصحيح في أثناء الانقسام الخلوي، فتنتج أمشاج تحوي أعدادًا غير طبيعية من الكروموسومات.

العضيات organelles: مجموعة من التراكيب التي تنتشر داخل الخلية، وتقوم بوظائف محددة.

العلاج الجيني gene therapy: تقنية علاجية تستعمل في تصحيح الأمراض الناتجة عن الطفرات الجينية.

علم الوراثة genetics: العلم الذي يدرس الصفات الوراثية وانتقالها من الآباء إلى الأبناء.

عملية الأيض metabolism: جميع التفاعلات الكيميائية التي تحدث داخل جسم المخلوق الحي.

عملية الترجمة translation: عملية يرتبط فيها جزيء mRNA مع الرايبوسوم، حيث تبدأ عملية صنع البروتين.

عملية التنفس اللاهوائي anaerobic process: عملية أيضية لا تتطلب وجود الأكسجين.

عملية التنفس الهوائي aerobic process: عملية أيضية تتطلّب وجود الأكسجين.

عملية النسخ transcription: عملية يتم فيها بناء سلسلة mRNA من الـ DNA اللاقالب.

عنق الورقة Petiole: هو جزء من النبات يربط نصل الورقة بالساق.

العامل المسبب للطفرة Mutagens: العوامل التي يمكن أن تُغير ال DNA ومنها المواد الكيميائية والأشعة.

(غ)

الغشاء البلازمي plasma membrane: غشاء مرن، يمتاز بخاصية النفاذية الاختيارية التي تساعد على التحكم في المواد الداخلة والخارجة من الخلية.

غير متماثل الجينات heterozygous: مخلوق يحمل جينين مختلفين لصفة محددة.

الغرانا Grana: مجموعة من الأغشية المسطحة تشبه الكيس تترتب في رزم متراصة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

(ق)

قانون انعزال الصفات law of segregation: أحد قوانين مندل، وينص على أن زوج الجينات لكل صفة ينفصلان في أثناء الانقسام المنصف.

قانون التوزيع الحر law of independent assortment: أحد قوانين مندل، ينص على أن توزيعًا عشوائيًّا للجينات يتم في أثناء تكوين الأمشاج.

القسم النباتي Plant Divission: مصطلح تصنيفي يستعمل بدلاً من الشعبة لتجميع الطوائف المختلفة من النباتات والبكتيريا.

القشرة cortex: طبقة مكوّنة من النسيج الأساسي بين البشرة والنسيج الوعائي في الجذور.

قطعة أوكازاكي okazaki fragment: قطعة صغيرة من DNA تُصنع على شكل قطع صغيرة في الاتجاه من 3` إلى 5` بواسطة إنزيم بلمرة DNA.

(ك)

الكروماتيد الشقيق sister chromatid: تركيب يحتوي على نسخ متطابقة من DNA، ويتكون في أثناء تضاعف DNA.

الكروماتين chromatin: الشكل الممتد لـ DNA الموجود في نواة الخلية.

الكروموسوم chromosome: تركيب يحمل المادة الوراثية من جيل إلى آخر.

الكروموسومات الجنسية sex chromosome: كروموسوم X وكروموسوم Y؛ زوج من الكروموسومات الجنسية يحدد جنس الفرد، XX تشير إلى الأنثى، و XY تُشير إلى الذكر.

الكروموسوم المتماثل homologous chromosome: كروموسوم واحد من زوج من الكروموسومات، واحد من كل أب يحمل جينات صفة محددة على الموقع نفسه.

الكودون codon: شفرة مكونة من ثلاث قواعد توجد في DNA أو RNA.

الكروموسومات الجسمية Autosomes: الكروموسومات التي تحدد الصفات الجسمية.

(ل)

لاقحة zygote: البويضة المخصبة التي تتكون عندما يخترق الحيوان المنوي البويضة.

اللُّحمة stroma: حيز يحيط بالجرانا مملوء بسائل تحدث فيه التفاعلات التي تعتمد على الضوء.

(م)

المتماثل الجينات homozygous: مخلوق يحمل جينين متشابهين لصفة محددة.

المحيط الدائر pericycle: طبقة من النسيج النباتي تنتج الجذور الجانبية.

مخطط السلالة pedigree: مخطط يبين تاريخ

العائلة، يُستخدم لدراسة الأنماط الوراثية لصفة محددة عبر أجيال عدة، ويمكن استخدامه لتوقع الاختلالات في الأبناء القادمين.

مخطط الكروموسومات karyotype: رسم دقيق تترتب فيه الكروموسومات المتماثلة تنازليًّا بحسب حجمها.

مخلوقات حية معدلة وراثيًّا transgenic organisms: مخلوقات حية تم تعديلها بواسطة هندسة الجينات من خلال إدخال جين ما من مخلوق حي آخر.

مخلوقات غير ذاتية التغذية heterotrophy: مخلوقات حية لا تصنع غذاءها بنفسها وتحصل على المواد المغذية والطاقة اللازمة بتناول مخلوقات حية أخرى، ويطلق عليها أيضًا اسم مستهلكات.

المريكز centriole: عضية في الخلية تؤدي دورًا في انقسام الخلية، وتتكون من الأنيبيبات الدقيقة.

المشيج gamete: خلية جنسية أحادية، تتكون في أثناء الانقسام المنصف، ويمكنها الاتحاد مع خلية جنسية أحادية أخرى لإنتاج بويضة مخصبة ثنائية المجموعة الكروموسومية.

موت الخلية المبرمج apoptosis: موت الخلية وفق نظام محدد.

ميتوكندريا mitochondrion: عضية غشائية تحول السكر إلى طاقة لتتمكن الخلية من القيام بوظائفها الحيوية.

المحفز Catalyst: مادة تقلل طاقة التنشيط التي يتطلبها بدء التفاعل الكيميائي.

الموقع النشط Active site: موقع ارتباط المادة المتفاعلة مع الأنزيم.

المسرطن Carcinogens: العوامل والمواد التي تسبب مرض السرطان.

المنطقة الفعالة Operon: هي قطعة من DNA تحتوي على جينات تشفر بروتينات ضرورية لعملية أيض محدودة.

(ن)

ناقل الإلكترون $NADP^+$: ناقل الإلكترون الرئيس في عملية نقل الإلكترون التي تحدث في عملية البناء الضوئي.

نظرية الخلية cell theory: تنص على أن: 1- المخلوقات الحية تتكون من خلية أو أكثر. 2- الخلايا هي الوحدة الأساسية في الحياة. 3- تنتج جميع الخلايا عن خلايا سابقة لها.

النفاذية الاختيارية selective permeability: خاصية للغشاء البلازمي تسمح له بتنظيم مرور المواد من الخلية وإليها.

النموذج الفسيفسائي السائل fluid mosaic model: نموذج يوضح أن الغشاء البلازمي وما يحتويه من مكونات تتحرك بشكل ثابت، وينزلق بعضها فوق بعض داخل طبقة الليبيدات المزدوجة.

النواة nucleus: هي عضية مركزية غشائية في الخلايا الحقيقية النوى تتحكم في الوظائف الخلوية، وتحتوي على المادة الوراثية DNA.

النوية nucleolus: موقع إنتاج الرايبوسومات داخل أنوية الخلايا الحقيقية النوى.

نيوكليوتيد nucleotide: وحدة فرعية من الحمض النووي، تتكون من سكر بسيط ومجموعة فوسفات وقاعدة نيتروجينية.

الناقل RNA (tRNA) transfer RNA: هو النوع الثالث من RNA وهي قطع صغيرة من نيوكليوتيدات RNA تنقل الأحماض الأمينية إلى الرايبوسومات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1445

(هـ)

الهجين hybrid: مخلوق غير متماثل الجينات لصفة محددة.

الهدب cilium: بروزات صغيرة تشبه الشعيرات لها دور في حركة الخلية.

الهندسة الوراثية genetic engineering: تقنية تُركز على التعامل مع جزيء DNA للمخلوق الحي، وذلك بإدخال DNA من مخلوق حي آخر.

الهيكل الخلوي cytoskeleton: شبكة داعمة من ألياف البروتينات، حيث توفر مساحات لعمل عضيات الخلية في السيتوبلازم.

(و)

الوراثة genetics: علم يبحث في وراثة الصفات.