EGZERSİZ FİZYOLOJİSİ

ENERJİ

www.heranbilgi.com

Bilim adamları "enerjiyi" iş yapabilme kapasitesi olarak tanımlamaktadır.

Doğada mevcut olan 6 enerji şekli vardır.

ENERJİ

KİMYASAL | MEKANİK | ISI | IŞIK | ELEKTRİK | NÜKLEER

Bu enerjilerin her biri, bir çeşitten diğer bir çeşide çevrilebilir. Özellikle mekanik ve kimyasal enerji İnsan hareketlerinin ortaya konmasında önemli rol oynar

Dünyada temel enerji kaynağı güneştir. (solar-radyasyon enerjisi),

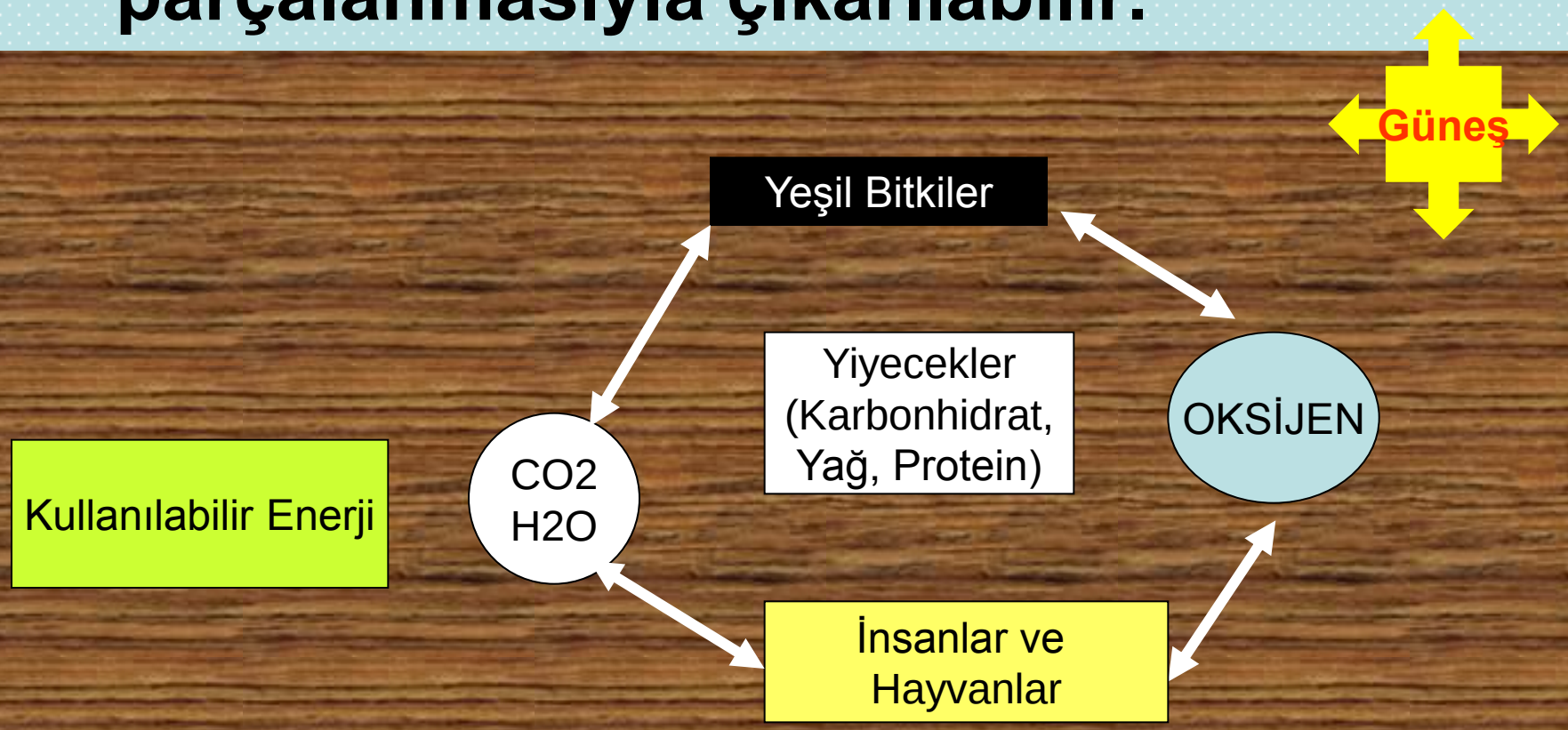
FOTOSENTEZ

Yeşil bitkiler karbonhidrat yapmak için CO_2 ve H_2O'yu birleştirir. Bitki yaprakları (klorofil), kloroplast ihtiva ederler ve bunların yardımıyla güneş ışınları (solar-radient enerji) su ve CO2 yardımıyla potansiyel enerji olarak depo edilir.

Yeşil bitkiler bu işlem için enerjiye ihtiyaç duyarlar. Bu enerjide yukarıda da açıklandığı gibi güneş ışığından sağlanılır. Bu reaksiyona "fotosentez" denir. (Foto= ışık, sentez = yapım). Bu işlem sonucunda O_2'de çevreye serbestlenir. Glikoz ve O_2 hayvanlarca hücresel solunum için kullanılır. Bitkilerden besin ve O_2 sağlamak için fotosenteze ihtiyaç duyulur.

Hücre Solunumu

Fotosentez işleminin tersidir. Solunum sürecinde kimyasal enerji glikoz, yağ ve protein moleküllerinin 0_2 li ortamda parçalanmasıyla çıkarılabilir.



Karbonhidrat, yağ ve protein moleküllerindeki kimyasal bağ enerjileri hücre solunumu ile parçalanarak, enerji bakımından zengin fosfat bağı özelliği taşıyan bir başka kimyasal enerjiye (ATP) dönüştürülür.

Oksijenli bir ortamda gerçekleşen hücre solunumu ile sağlanan kimyasal enerji insan organizmasında büyüme, gelişme, mekanik ve kimyasal iş enerjisi olarak kullanılır. Bu olaylar serisine biolojik enerji devri denir.

Enerji, İş ve Güç Kavramları

Enerjinin, iş yapabilme kapasitesi olduğunu belirtmiştik. Bir çok kaynakta "iş" bir kilogram ağırlığındaki yükün yer çekimine karşı 1 m yükseğe kaldırılması olarak tanımlanmaktadır. Enerji birimi olarak joule (j) ve kalori (cal) kullanılmaktadır, ve 1 kalori 1 gram ağırlığındaki suyun sıcaklığını bir santigrad derece yükseltmek için gerekli ısı miktarıdır. İş kavramını formüle edersek;

İŞ=KUVVETXKUVVET YÖNÜNDE UYGULANAN MESAFE=kgm veya Kalori

İnsan organizmasında bir işin yapılabilmesi için gerekli enerji, besinlerle alınmış ve depolanmış olan maddelerin potansiyel enerjilerinin kimyasal reaksiyonlarda mekanik yani kinetik (hareket) enerjiye dönüşmesi ile mümkündür. Enerji olmadan hiç bir işin yapılabilmesi mümkün değildir.

- ***Kimyasal İş:*** **Hücrenin gelişimi için gereklidir. Hücresel komponentler bir yandan sürekli yıkılırken, bir yandan da yeniden sentezlenir.**
- ***Mekanik İş:*** **Enerjinin mekanik işe çevrilmesi kas kasılması ile gerçekleşebilir. Kas fibrillerinde yer alan protein yapısındaki flamentler kimyasal enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürürler.**
- ***Potansiyel ve Kinetik Enerji:*** **Potansiyel enerji bir maddenin iç yapısında elektrik veya bağ enerjisi ile bağlanmış enerjidir. Potansiyel enerji serbestlendiğinde kinetik enerjiye dönüştürülebilinir.**

"Güç" ise, birim zamanda ortaya konan (oluşturulan) iş olarak tanımlanır.

GÜÇ= İŞ / ZAMAN=KUVVETXMESAFE/ZAMAN= kgm/sn

Bir çok spor dalında hareketin ortaya konması sırasında kısa bir zaman diliminde yüksek bir güç oluşumuna ihtiyaç duyulur. Örneğin, sıçramalar, atmalar, vurma ve özellikle sürat koşuları gibi....

Enerji, iş ve güç tanımları ve birimleri

TERİM	TANIM	BİRİM
ENERJİ	İş Yapabilme Kapasitesi	Joule/Kalori
İŞ	Bir Mesafe boyunca uygulanan kuvvetin ürünü	Kgm veya Kalori
GÜÇ	Birim Zamanda yapılan İş	Kgm/sn veya Watt

ENERJİ ve ENZİMATİK AKTİVİTE

Enzimler bir kimyasal reaksiyonu hızlandıran katalizörlerdir. Bir hücre sıvısında 400 kadar farklı enzim bulunur ve bunların her biri ayrı fonksiyona sahiptirler. Her bir hücrede kimyasal reaksiyonlar spesifik enzimlerle katalizlenirler, enzimin hücre yüzeyinde özgül reseptöre bağlanması, o enzime ait fonksiyonel işlemleri başlatır.

Enzimlerin özellikleri

- Proteindirler
- Katalizörlerdir
- Enzimler yüksek ısıda (40°C) etkisizleşirler.
- Enzim için ideal PH 7.0'dır.
- Özgüldürler, sadece bir maddeye etkilidirler

- **Ase'lar:** Enzimin yönettiği özgül molekülleri sağlarlar.

Hidrolase: Hidrolizde suyu, **Protaase:** Proteini, **Oxidase:** O_2'ni, bir maddeye eklemektedir.

Bazı enzimler ise engelleyicidirler. Örneğin; Tripsinojen salgılandığında, tripsinin protein parçalaması (amino asitlere) engellenir.

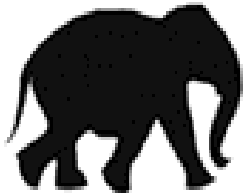
- **Koenzimler:** Bazı enzimler koenzimlerin yokluğunda inaktifdirler. Koenzimler kompleks, nonprotein organik maddelerdir. Koenzimlerde vitaminler temel role sahiptirler

Yapılan çeşitli araştırmalarda antrenmanların enzimler üzerinde önemli etkileri tespit edilmiştir. Dayanıklılık antrenmanlarının oksidatif metabolizmada, sürat, güç ve kuvvet antrenmanlarının anaerobik metabolizmada görevli enzimlerin artışına neden olduğu görülmektedir.

<u>Hidroliz ve Enzimatik Aktivite:</u> Kompleks organik moleküllerin (karbonhidrat, yağ, protein) basit formlarına katabolize edilmesine (indirgenmesine) yarayan temel bir süreçtir. Hidroliz işleminde enerji kimyasal bağlardan suya indirgenme sırasında açığa çıkarılır. Hidrolizde her bir besin maddesi spesifik bir enzimle kalalizlenir.

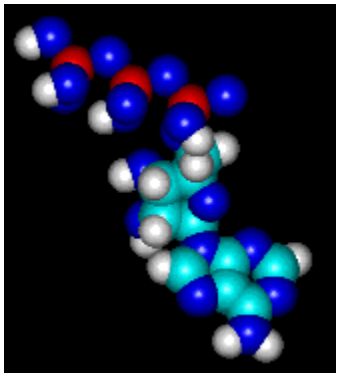
- **Laktoz ⟶ Laktaz Lipitler ⟶ Lipaz**
- **Protein ⟶ Proteaz enzimi ile katalizlenir. Hidroliz için gerekli reaksiyon şu şekildedir: AB+HOH ⟶ A-H+B-OH**

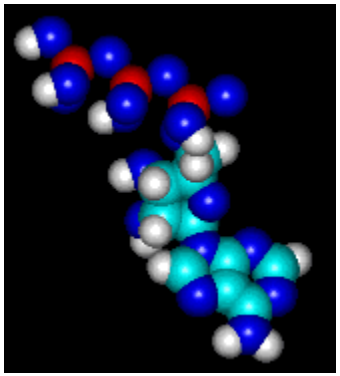
AB maddesine su eklendiğinde A maddesine H, B maddesine H ve O_2 ilave olur Aynı işlem tersine dönüşerek AB maddesi ve H_2O oluşur



ENERJİ SİSTEMLERİ

Organizmada enerji üretimi ile ilgili maddelerden ATP yapımı ve ATP yıkımı sonrasında ATP' nin tekrar senlezlenmesi sürecinde bir çok metaboiik işlemler söz konusudur.



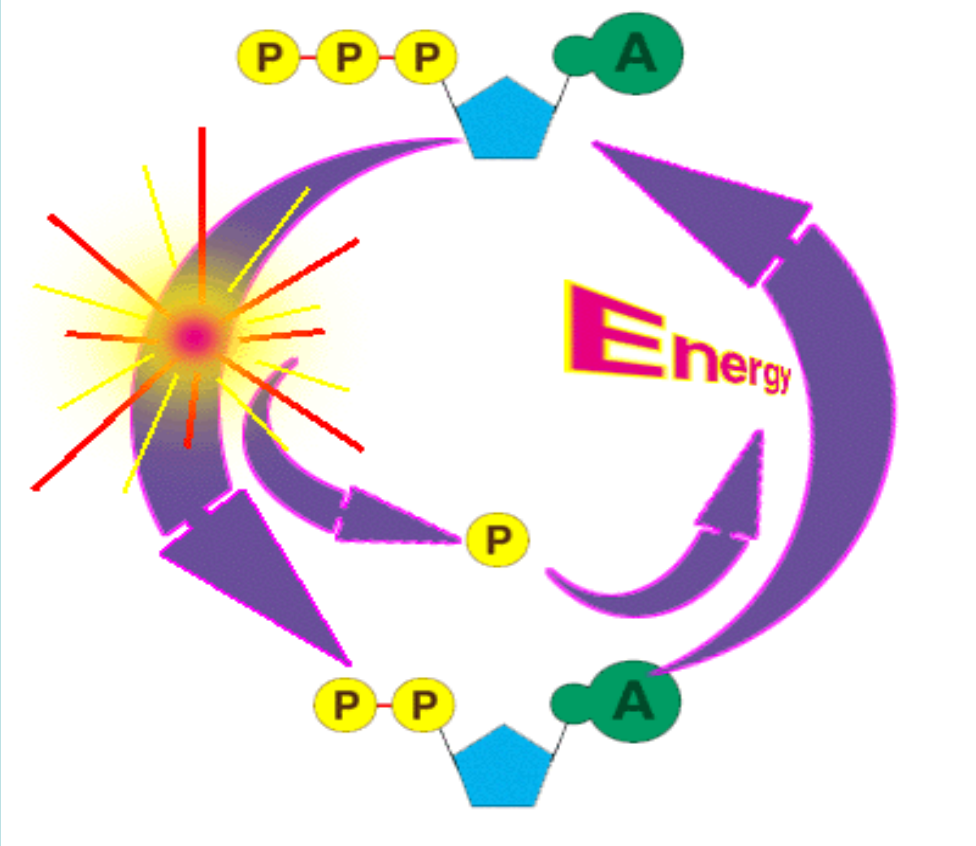


ENERJİ SİSTEMLERİ

Fiziksel aktivitenin sınırlarını belirleme yönünde metabolik süreçlerin belirlenmesi oldukça önemlidir. Kas kasılması enerji gerektiren bir olaydır. Kas kimyasal enerjiyi mekanik işe çeviren bir mekanizmadır. İnsan organizmasındaki yaşamsal fonksiyonlar, özellikle sinir uyanlarının iletimi, kas kasılması gibi, kimyasal reaksiyonlarla enerji açığa çıkarılmasına bağlıdır. Bu enerjinin kaynağı kastaki enerjiden zengin organik fosfat bilekşiklerdir ve kaynağını karbonhidrat, yağ ve protein metabolizmalarından almaktadır. Fiziksel aktiviteler için özellikle 3 metabolik sistem önemlidir. 1. Fosfojen 2. Anaerobik Glikoliz-Laktik Asit 3.Aerobik sistemlerdir. Bu sistemlerin amacı kasta var olan ATP 'yi yeniden sentez I emektir.

Adenozin Trifosfat **(ATP)**

- Besin maddelerinin parçalanması ile oluşan enerji iş yapımında kullanılmaz, yani direkt olarak mekanik enerjiye dönüştürülemez. Bu enerji kasta depo edilen kimyasal bir maddenin (ATP) yapımında görev alır. Hücre fonksiyonlarını yerine getirebilmek için sadece, ATP' nin parçalanması ile oluşan enerjiyi kullanabilir. Hemen hemen tüm vücut hücrelerinde enerji oluşumu adenozin trifosfat (ATP) molekülü vasıtasıyla olmaktadır. Hücre içerisinde depo halde bulunan ATP miktarı sınırlı olup, sporcunun günlük aktivitelerinin şiddetine bağlı olarak devamlı bir şekilde yenilenmektedir.



The ATP-ADP Cycle. Energy is needed for the formation of ATP and is released as the ATP is converted back to ADP and phosphate. This cycle is used by cells as a means of converting the large amounts of energy in food molecules into the smaller amounts of energy needed to drive the synthetic reactions of celss, such as the formation of sucrose.

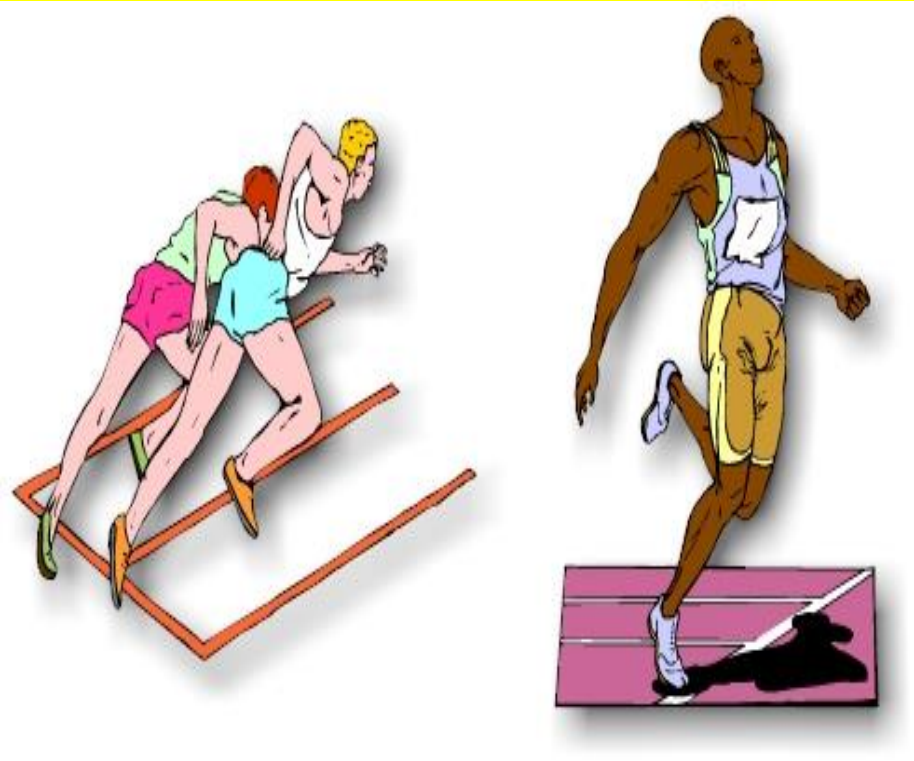
Adenozin Trifosfat **(ATP)**

ATP'nin moleküler yapısında bir adenozin ve *3* fosfat grubu mevcuttur . Son iki fosfal grubu arasında yüksek enerji bağı olarak adlandırılan fosfat bağı bulunmaktadır. Bu bağ önemli bir kimyasal (potansiyel) enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir. Bu bağlardan birisi koparak diğerlerinden ayrıldığında, yani kimyasal olarak parçalandığında 7000-12000 kalorilik bir enerji açığa çıkar ve adenozin difosfat ve serbest bir fosfat (Pi) meydana gelir. ATP'nin parçalanması sonucunda meydana gelen bu enerji kas hücrelerinin iş yapabilmeleri için kullanabileceği yegane enerji şeklidir.

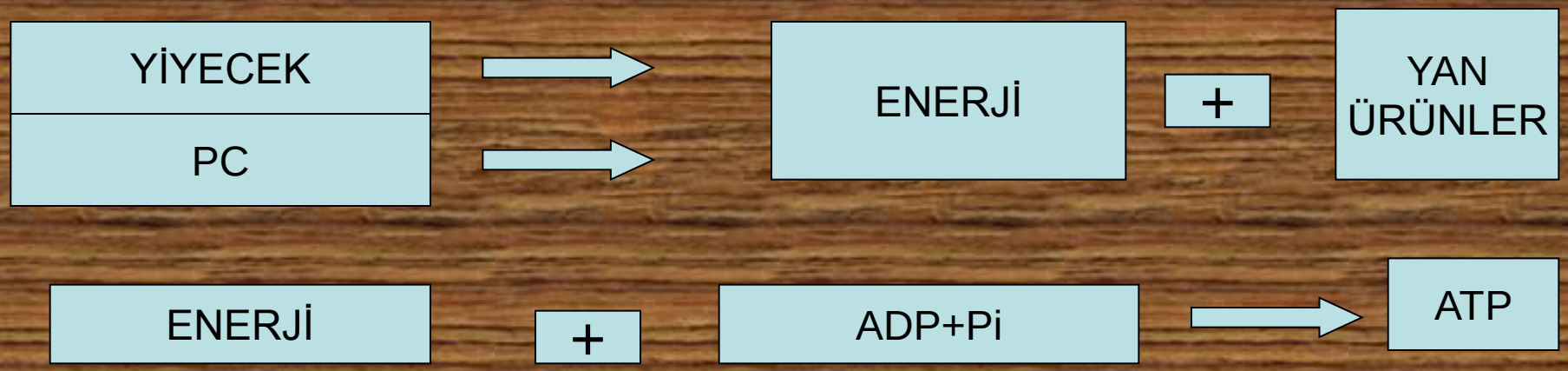
ADP + P + Energy ---> ATP

ATP --> ADP + P + Energy

Ne yazık ki kaslarda, hatta iyi antrenmanlı sporcularda bile maksimal kas gücünü ancak bir kaç saniye sürdürebilecek, belki de 50 m hız koşusuna ancak yetecek düzeyde ATP bulunmaktadır. Bu nedenle, egzersiz sırasında ATP'nin sürekli olarak yeniden yapımı (resentezi) gereklidir. Bunun için 3 farklı metabolizma devreye girmektedir



Nasıl ki ATP'nin kimyasal reaksiyonlarla yıkımı sonucu enerji açığa çıkıyorsa, tekrar kullanılmak üzere yapımı, yani resentezi içinde enerji gerekmektedir. ATP yıkımı ve yapımı iki yönlü bir kimyasal reaksiyon olarak adlandırılmaktadır. ATP 'nin yeniden yapılması İçin gerekli enerji ATP-PC (fosfojen), laktik asit ve oksijen (aerobik) sistemi ile sağlanılmaktadır. Kimyasal açıdan en basiti ATP-PC'dir ve sadece PC (fosfokreatin) parçalanmasını gerektirir. Diğer iki sistemde ise glikoz gibi moleküller parçalanarak enerji açığa çıkarılır. PC ve besin maddelerinin parçalanması ile sağlanan enerji ise ATP yapımı için kullanılır. Bu olaya çifte reaksiyonlar serisi denir.



Kısacası ATP 'nin yıkım ve yıkımı sonrasında yeniden yapımı (resentezi) için ana-arobik ve aerobik metabolizmaya ihtiyaç duyulur.

- **ATP potansiyel enerjisini besinlerden sağlar,**
- **Biolojik işlemler için gerekli kimyasal enerji ise ATP'den sağlanır. ATP;**

ATP --> ADP + P + 7,3 Kcal Energy

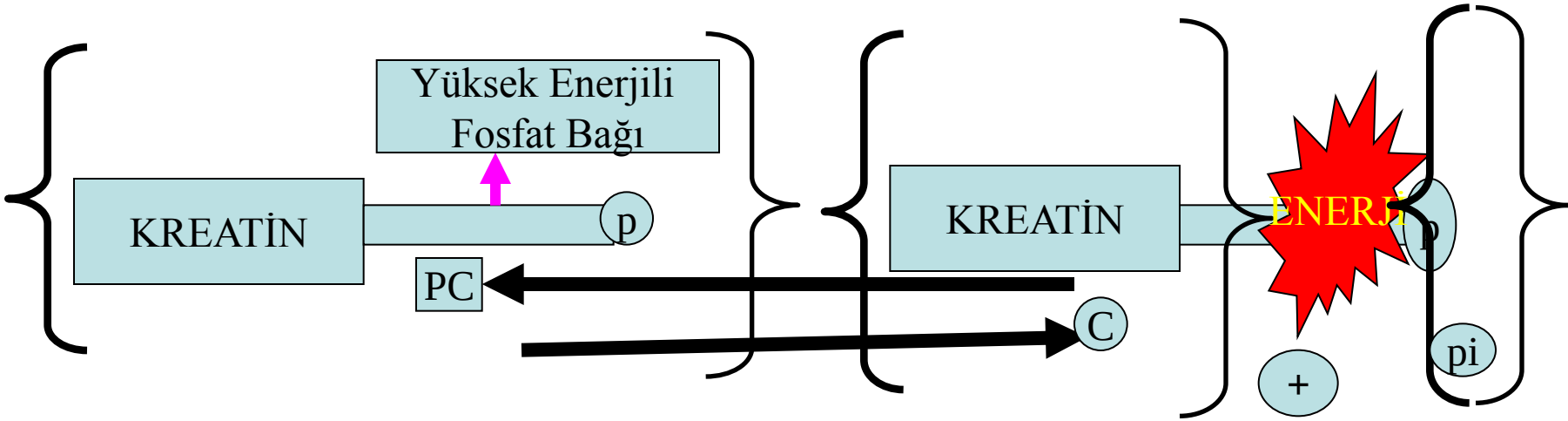
Anaerobik ve Aerobik Enerji Metabolizması

Organizma için gerekli olan enerjinin oksijensiz ortamda bir dizi kimyasal reaksiyonlar ile elde edilmesine "anaerobik", oksijenli bir ortamda elde edilmesine "aerobik" metabolizma denir. ATP'nin yeniden sentezlenmesi için gerekli enerji aerobik/anaerobik metabolizma yolu ile sağlanmaktadır. Bu kimyasal reaksiyonlarda daha önce sindirim sistemi ile alınan besin maddeleri aerobik ve anaerobik yollarla metabolize olmaktadır.

Anaerobik Enerji Metabolizması
A. ATP-PC (Fosfojen Sistemi):

ATP' nin tekrar sentezi için ADP molekülüne bir fosfat grubu eklenmesi gerekir.Fosfakreatin fosfat ve kreatin gruplarına hidrolize olurken önemli miktarda enerji serbestlenmesine neden olur.

Fosfokreatin kasta depolu olan, yüksek enerji bağı içeren başka bir kimyasal bileşiktir ve ATP gibi parçalandığında önemli miktarda enerji açığa çıkarır



Anaerobik Enerji Metabolizması
A. ATP-PC (Fosfojen Sistemi):

Yüksek enerjili fosfat bağının kreatinden ayrılması sonucu enerji açığa çıkar. Gerçektende fosfakreatinin yüksek enerjili fosfat bağları, ATP'nin yüksek enerji bağlarının yenilenmesi için gerekli enerjiyi kolayca sağlayabilir. Dahası kasların çoğunda ATP'nin iki-üç katı kadar PC bulunur. Ancak kas içinde depolu bulunan PC miktarı sınırlıdır (0.3-0.5 mol). Çok yüksek şiddet ve çok kısa süreli egzersizlerde (10 sn den kısa süren eforlarda) kas kasılması için gerekli olan enerjinin önemli bir kısmı bu yolla sağlanmaktadır.

PC ⟶ Pİ+C+ENERJİ

ORTAM: KAS HÜCRESİ ⟶ ENERJİ+ADP+Pİ ⟶ ATP

Bu reaksiyonun sonucunda açığa çıkan enerji direkt olarak ATP'nin sentezlenmesinde kullanılır. PC 'de ATP gibi kasın acil enerji kaynağıdır. Hücredeki ATP artı PC ye yani ikisine birden ATP-PC fosfajen sistemi adı verilir. Her ikisi birden 10-15 sn 'lik enerji ve maksimal kas gücü sağlayabilir ki, bu da 100 metre koşusuna ancak yeterli olabilir.

Anaerobik Enerji Metabolizması
A. ATP-PC (Fosfojen Sistemi):

Otururken yürümeye başladığımızda enerji ihtiyacımız 4 kat, koşmaya başladığımızda 120 kat artış gösterir. Bu nedenlerle acil enerjiye ihtiyaç duyulur. ATP ve CP kısa sürede ve acil maksimum gücü belirleyen en önemli etkenlerdir. Sprint ve güç performansı ATP ve CP depolarına bağlıdır. Eğer sprint tipi veya 6-10 sn aralıklarla yapılan interval tipte antrenmanlar yapılırsa (all out egzersiz) ATP ve CP depolarında artış görülürki; bu da performansın artışını sağlar.

PC deposu ATP deposundan fazladır ve ATP bu özellikten dolayı PC tarafından yenilenebilmektedir. Beden eğitimi ve spor aktivitelerinde ATP-PC sistemi kısa mesafe koşucularının koşuya güçlü ve hızlı başlamalarında, futbolcu, yüksek-uzun atlayıcı, atıcılarda (gülle v.b) ve sadece bir kaç saniyede tamamlanan aktivitelerde bu sistemde oksijene ihtiyaç duyulmaz. Dolayısıyla ATP-PC sistemi kasların kullandığı ATP'nin en hızlı sentezlendiği sistemdir. Bu sisteme alaktik anaerobik metabolizma adı da verilmektedir.

Anaerobik Enerji Metabolizması
B. Laktik Asit Sistemi (Anaerobik Glikoliz)

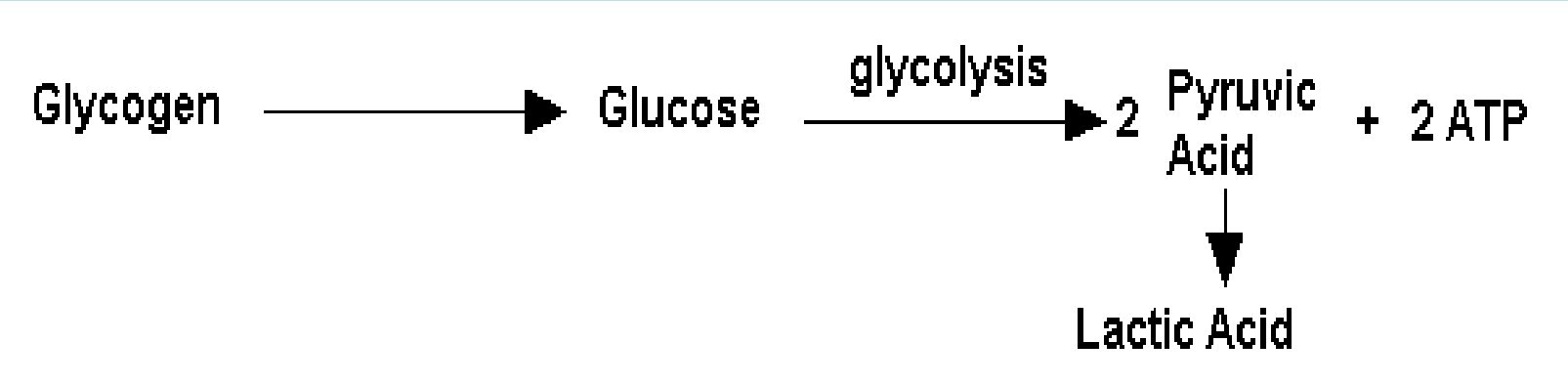
Genel anlamda anaerobik glikoliz, glikozun (glikojenin) anaerobik yolla parçalanmasıdır. Bu yolla enerji üretilirken sadece glikoz kullanılır. Kasta depo edilen glikojen glikoza parçalanır ve glikozdan daha sonra enerji açığa çıkar. Glikozun parçalanması oksijensiz ortamda gerçekleştiği için bu sürece anaerobik glikoliz denir. Glikoz parçalanması ile iki pirüvik asit molekülü oluşur. Ortamda oksijen olmadığı için sitrik asit döngüsüne giremeyen pirüvik asit laktik aside dönüşür. Bu arada 3 mol ATP oluşur.

Bu yolla ATP oluşturulurken son ürün olarak ortaya laktik asit çıkmasından dolayı bu sisteme laktik asit sistemi adı verilir. Laktik asit daha sonra kas hücrelerinden difüzyon yolu ile intertisyel sıvı ve kana geçer.

Anaerobik Enerji Metabolizması
B. Laktik Asit Sistemi (Anaerobik Glikoliz)

Laktik asit kas ve kanda yüksek yoğunluğa ulaşırsa yorgunluğa yol açar. Asit ortam PH'ı düşürür ve mitakondrideki bazı enzim aktivitelerini engelleyerek karbonhidratların yıkım oranını (hızını) azaltabilir.

Ayrıca glikozun bu yolla parçalanması tam değildir ve çok az sayıda ATP üretir (1 mol glikojenden 2-3 mol ATP)



Anaerobik Enerji Metabolizması
B. Laktik Asit Sistemi (Anaerobik Glikoliz)

Bir mol glikojen yıkım ile 3mol ATP rezentezi sağlanılirken, bir mol glikoz yıkımı İle 2 mol ATP resentez edilir. Bunun nedeni glikoz yıkımında glikozun glikoz-6-fosfata dönüşümü için 1 mol ATP'nin kullanılmasıdır.

$$\underset{\text{(Glikoz)}}{C_6H_{12}O_2} \longrightarrow \underset{\text{(LAKTİK ASİT)}}{2C_3H_6O_3} + \text{ENERJİ}$$

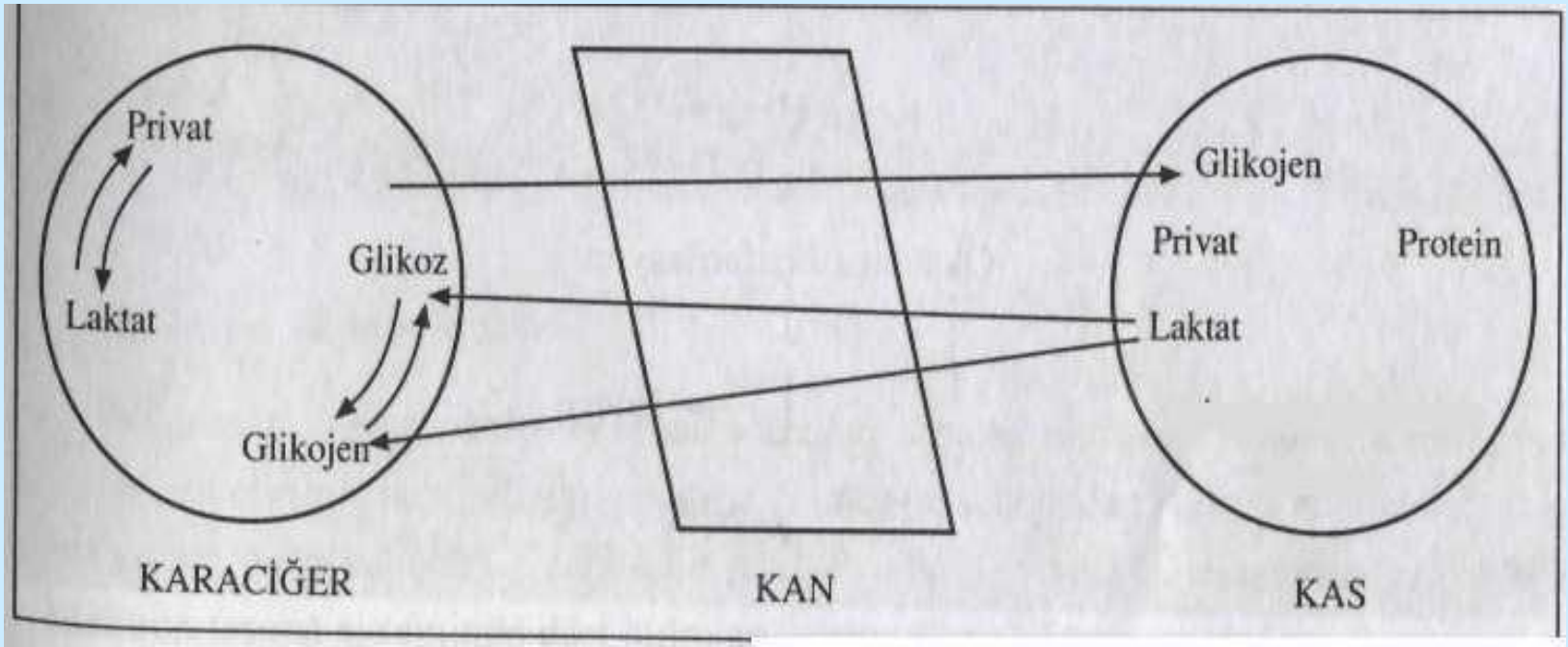
$$\text{ENERJİ} + 3ADP + 3Pi \longrightarrow 3ATP$$

Glikoliz olayının tek amacı ATP üretimidir. Yukarıdaki reaksiyonla bir glikoz sonunda 3 mol ATP üretildiği görülsede net olarak 2 mol ATP üretilir. Halbuki 1 mol glikoz aerobik ortamda parçalandığında 38-39 mol ATP elde edilmektedir, anaerobik glikozda üretilen ATP miktarı, aerobik yola oranla %5 dir. Ama anaerobik metabolizmada aerobik metabolizmadan 2,5 kat daha hızlı ATP üretilir. Fosfojen sistemi kadar hızlı olmasada yine hızlı bir şekilde ATP yenilenmesi söz konusudur. Yaklaşık olarak 2-3 dakikalık maksimum düzeyde devam eden 400-800 m gibi egzersizlerde enerji daha çok bu yola dayalı olarak sağlanmakta ve ATP, ATP-PC ve laktik asit sistemi ile birlikte oluşturulmaktadır.

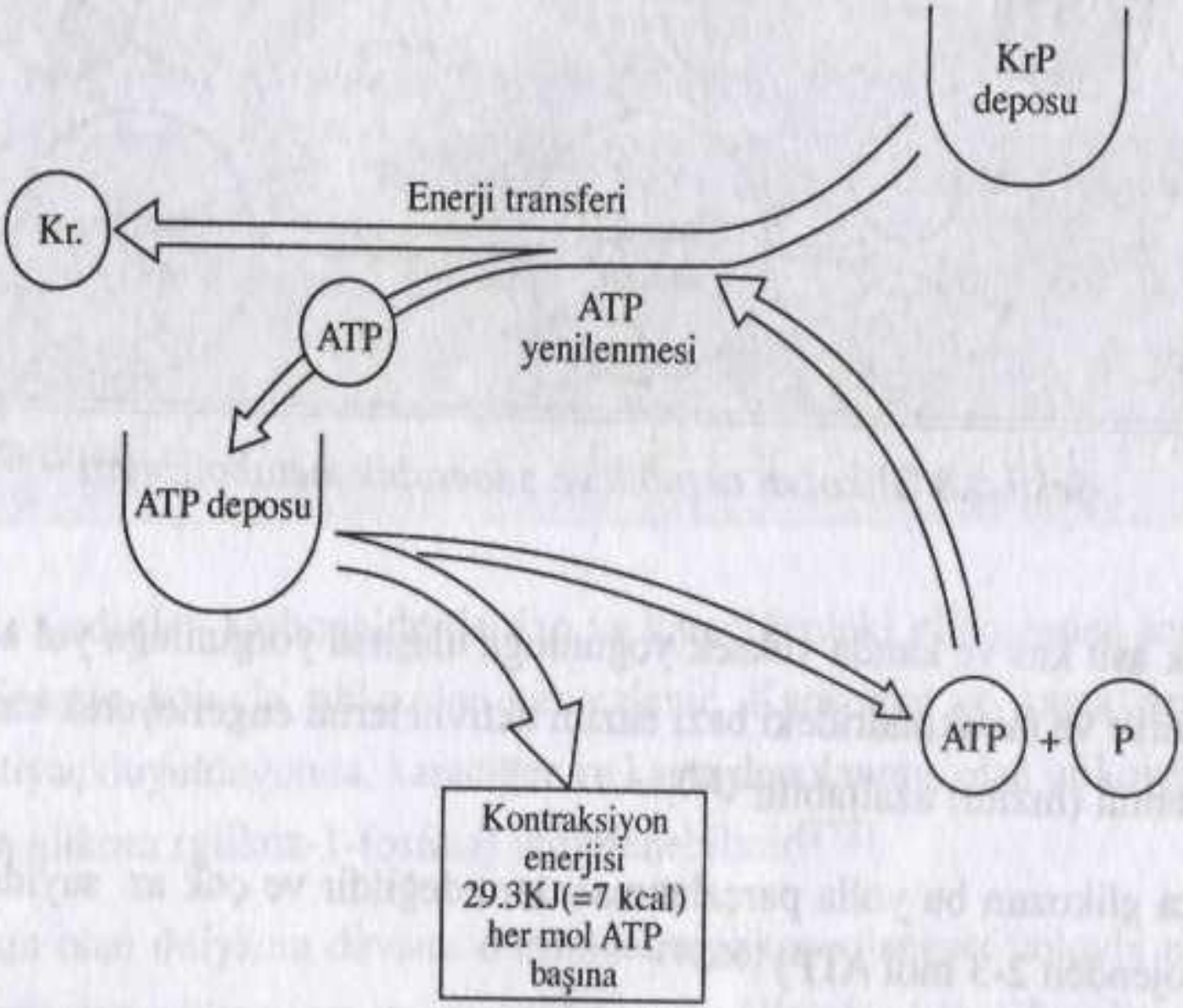
Anaerobik Enerji Metabolizması
Laktik Asit Sistemi (Anaerobik Glikoliz):

Kanda glikoz sindirilen karbonhidratlardan ve karaciğerdeki glikojenden sağlanılır. Glikojen, glikojenesiz yoluyla glikozdan sentezlenir. Karaciğer ve kasta depolanır. Kanda glikoz ihtiyaç duyulduğunda, karaciğer ve kasta depolanmış olan glikojen glikojenolisiz yoluyla glikoza (glikoz-1-fosfata) indirgenebilinir.

Kanda glikoza olan ihtiyacın devamı durumunda glikoneojenesiz yoluyla nonkarbonhidrat maddelerden glikoz yapımı gerçekleşir. Bu işlemler karaciğer, kas ve kan arasında "Cori döngüsünde" gerçekleşir. Burada La asit, yağ ve proteinlerden kana



KASIN ENERJİ KAYNAKLARI

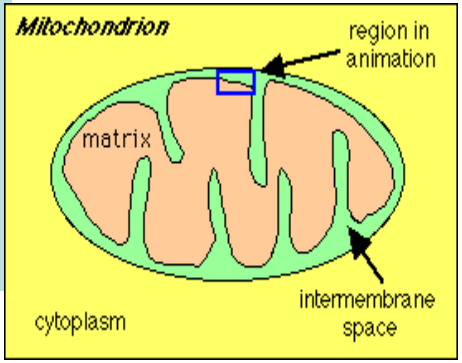


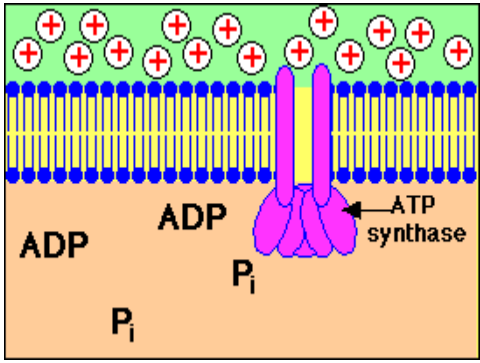
Laktik Asit ve Laktat:

Laktik asit ile laktat aynı bileşikler değildir. Laktik asit kimyasal formülü $C_3H_6O_8$ olan bir asittir. Laktat ise laktik asitin tuzudur. Laktik asit H^+ saldığında geri kalan kısım Na^+ ve K^+ ile tuzformunda birleşir. Anaerobik glikolizde üretilen laktik asit çok çabuk çözünerek tuz-laktat yapılır. Bu yüzden bu İki terim birbirinin yerine kullanılmamalıdır.

AEROBİK SİSTEM

Aerobik yol, mitakondrilerde besin maddelerinin enerji sağlamak üzere oksidasyonu demektir. Aerobik yol oksijenin ortamda bulunmasıyla karbonhidrat ve yağların su ve karbondioksite kadar parçalanması sonucu enerji elde edilmesini sağlamaktadır.

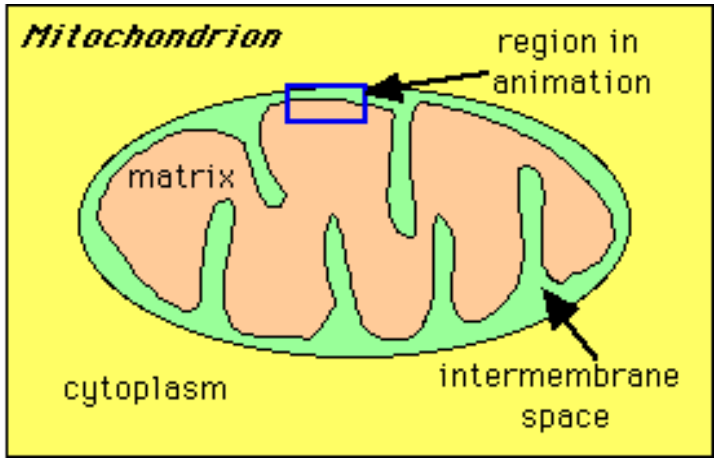


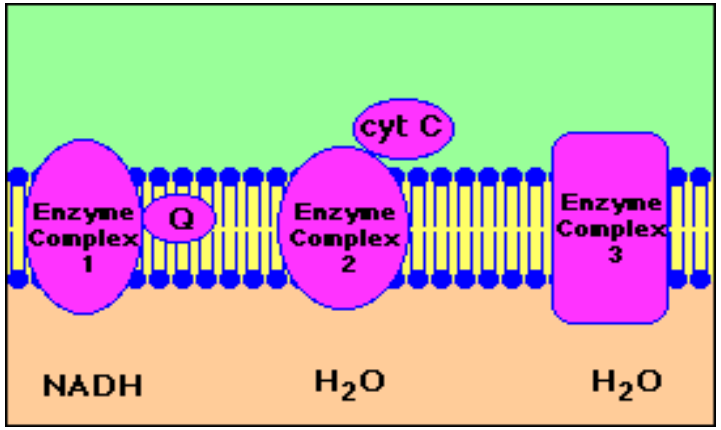


AEROBİK SİSTEM

Oksijenin varlığında glikoz molekülü tam olarak CO_2 ve H_2O 'ya ayrışır ve sonuç olarak toplam 38-39 mol ATP üretilir. Bunun yaklaşık 2-3 molü anaerobik yol ile üretilir. Aerobik enerji yolunda ilk basamaklar (10 kimyasal reaksiyon dizisi) anaerobik glikoliz ile aynıdır ve bir mol glikojen iki mol pirüvik asite çevrilir. Bu basamak (anaerobik glikoliz) sarkoplazmada gerçekleşir ve burada 2-3 mol ATP üretilir.

Anaerobik yol ile bu sistem arasındaki temel fark ise laktik asidin oksijenli ortamda birikmemesidir.





KREBS DEVRİ

Eğer reaksiyonlar aerobik yolla devam ediyorsa işlemler mitakondrilerde oluşmaktadır ve pirüvik asit iki karbonlu yapı olan asetil koenzim A'ya dönüşerek krebs siklusuna (sitrik asit döngüsü) girer.

Aerobik yolla enerji oluşumuna yağlar ve kısmen de proteinler katkıda bulunduğu halde, proteinler vücudun koruma mekanizması, büyüme ve hormon sisteminde yer aldığından enerji veren bir madde olarak tercih edilmemektedir

Krebs Devrinde İki Önemli Kimyasal Süreç Vardır

* Karbondioksit (CO_2) üretimi
* Elektronların taşınması (oksidasyon)

Üretilen CO_2 solunum sistemi tarafından dışarı atılarak yok edilir. Taşınan elektronlar ise hidrojen atomları formundadırlar, pozitif yüklü olanlara iyon (proton), negatif yüklü olanlara elektron adı verilir.

$$H \longrightarrow H^+ + e^-$$

(Hidrojen Atomu) (Hidrojen İyonu) (Elektron)

Elektron Taşıma Sistemi

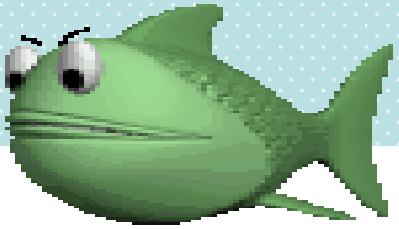
Solunan oksijen ile krebs devrinden ayrılan (taşınan) hidrojen iyonlarının birleşmesi sonucu su oluşmaktadır. Suyun meydana gelmesine sebep olan reaksiyonlar elekronlaşma sistemi veya solunum zinciri adını alırlar ve bu olaylarda mitakondride gerçekleşir. Elektron taşıma sisteminde dört hidrojen iyonu, dört elektron ve bir oksijen birleşerek, 2 molekül su meydana getirirler. Bu elektron ve hidrojen iyonları yüksek enerji düzeyine sahiptirler.

Elektron Taşıma Sistemi

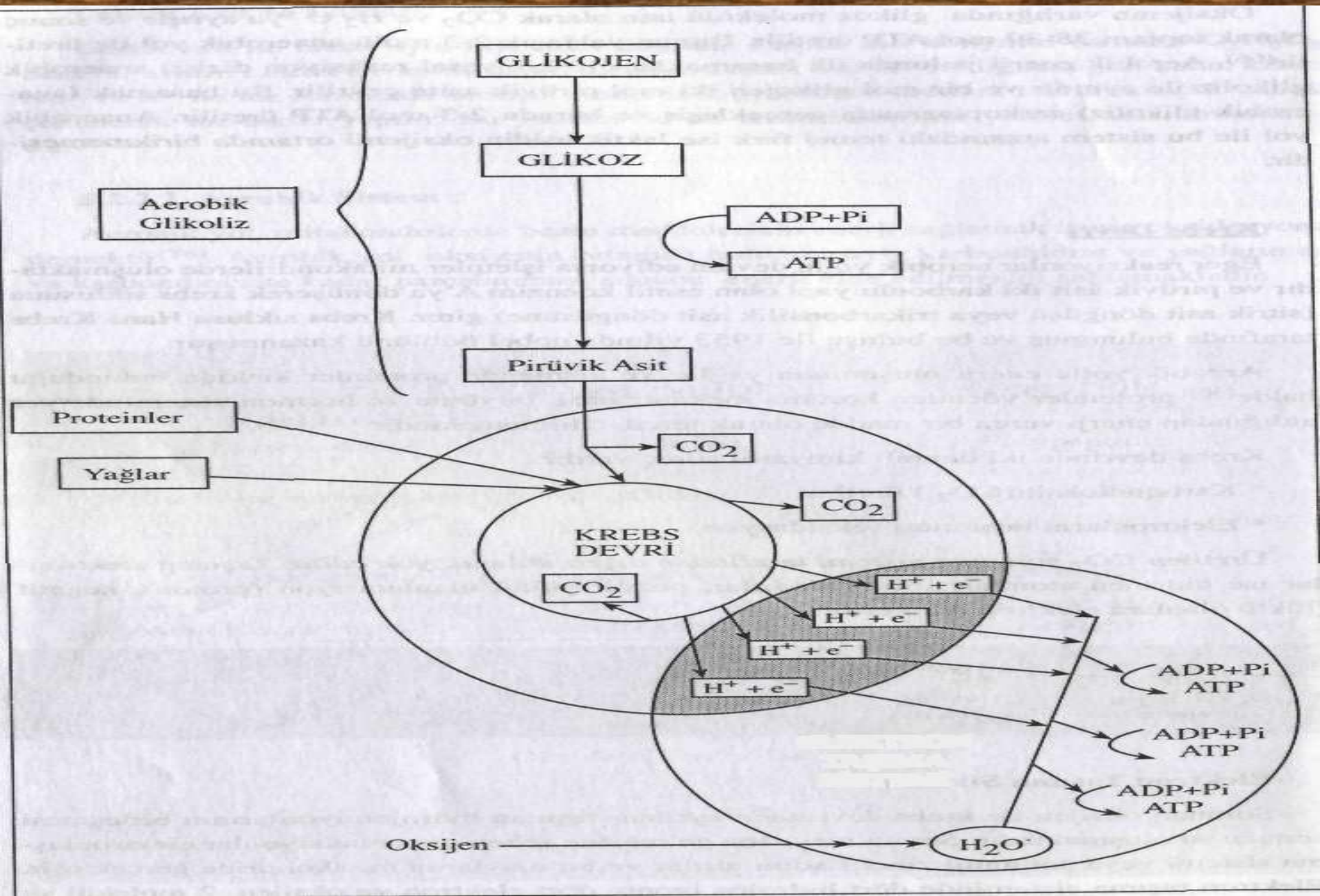
Yüksek enerji düzeyinden düşük enerji düzeyine geçişte;

$$4H^+ + 4e^- + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

enerji açığa çıkar ve bu enerji ATP'nin resentezi için gerekli reaksiyonu sağlar.



Oksijen (Aerobik) Sistemin Bir Özeti



Aerobik metabolizma sonucu bir mol glikojen ile 39 mol ATP, 1 mol yağ asidinin (palmitik asit) yıkımı ile 130 mol ATP üretilmektedir.

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{ENERJİ}$

(Glikojen) Enrj. + 39ADP + 39pi $\longrightarrow$ 39ATP

$C_6H_{32}O_6 + 23O_2 \longrightarrow 16CO_2 + 16H_2O + \text{ENERJİ}$

(Palmitik asit) Enrj. + 130ADP + 130pi $\longrightarrow$ 130ATP

Organizmada aynı zamanda binlerce kimyasal reaksiyon gerçekleşir. Yani bir maddeden diğer bir maddeye elektron transfer edilir. Oksidasyon reaksiyonu O_2 ve H atomlarının veya elektronlarının transfer edilmesidir.

Krebs siklusunda H^+ atomları oksidize edilmek için salınırlar ve buradan salınan H^+ atomları NAD^+ (nikotinamide adenine dinükleotid) ve FAD^+ (Flavin adenine dinükleotid) adı verilen koenzimlerle birleşerek taşınırlar. Bu reaksiyonu hızlandıran enzimler dehidrogenaz veya oksidazdır. Hidrojenler NAD^+ ve FAD^+ la birleşerek NADH ve $FADH_2$ halini alırlar. Daha sonra solunum zincirinde H^+ nin elektron ve protonlarından ayrışması ile enerji elde edilir ve H^+, O_2 ile birleşerek suya dönüşür.

www.heranbilgi.com

ATP üretiminde aerobik sistem en verimli yoldur. Örneğin, aerobik metabolizma ile tüm vücut kaslarında 87-89 mol ATP açığa çıkarılabilir. Bu diğer iki sistemin birleşmesinden elde edilecek miktarın 50 katıdır ve yenilenmesi için 20-32 saatlik bir dinlenmeyi gerektirir.

www.heranbilgi.com

Aerobik yol tamamen submaksimal seviyedeki uzun süreli egzersizlerde kullanılır. Bu tür egzersizlerde yeteri kadar oksijenin kas hücrelerine taşınabilmesi için oldukça uzun bir zaman vardır. Bu da egzersizde ihtiyaç duyulan ATP'nin çoğunu sağlamaktadır.

YAĞLARIN OKSİDASYONU

Yağlar yetişkin bir erkekte 90.000-110.000 kcal‘ lik enerjiyi sağlayabilirken, karbonhidratlar 2.000 kcal‘lik bir düzeye sahiptir. Yağlar organizmada fosfolipit, kolesterol ve trigliseridler şeklinde bulunsa da temel enerji kaynağı trigliseridlerdir ve yağ hücrelerinde depo edilmektedirler. Yağların oksidasyonuna lipolisiz adı verilir.

$$\text{TRİGLİSERİD} + 3H_2O \xrightarrow{\text{LİPAZ}} \text{GLİSEROL} + \text{3Mol Serbest Yağ Asidi}$$

Depo yağlar adipozdan difüzyonla dolaşıma katılır. Plazmada albumine bağlanarak serbest yağ asitleri halini aldıktan sonra, aktif hücreye gelerek enerji için metabolizmaya uğrarlar.

Egzersizin süre ve şiddetine, sporcunun performans şekline düzeyine göre egzersizde enerji ihtiyacının %30-%80'i kadarı yağlardan sağlanılır.

Lipolisiz sırasında lipaz enzimi kullanılırken, yağ dokudan serbest yağ asitlerinin mobilizasyonu epinefrin ve norepinefrin, glukagon ve büyüme (growth) hormonu ile aktivite edilir.

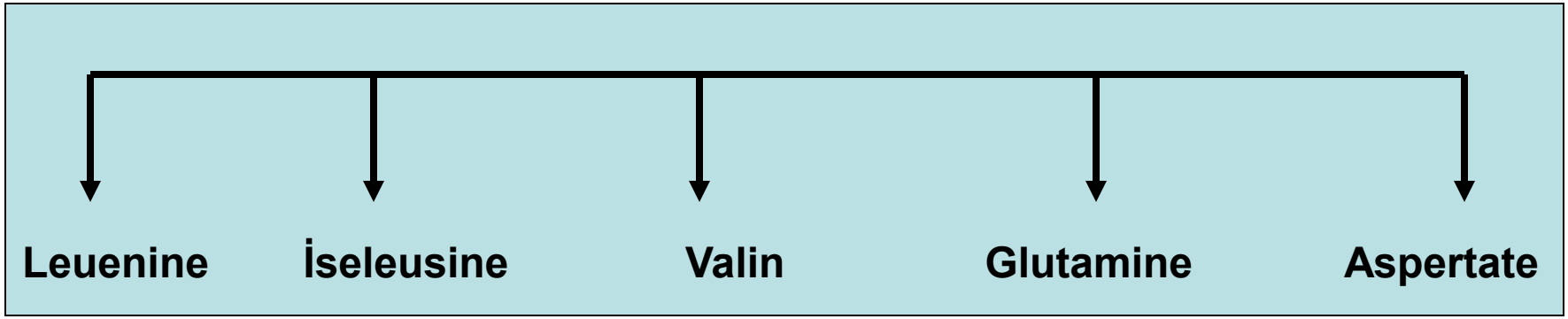
BETA OKSİDASYONU

Trigliserid+ $3H_2O$	1mol gliserol + krebs	19 ATP
	3 mol 18 karbonlu yağ asidi + krebs	441 ATP
		460 ATP

PROTEİNLERİN OKSİDASYONU

Dayanıklılık tipi egzersiz (ultra maraton, triatlon v.b.) ve çok yoğun antrenmanlarda proteinin oksidasyonuna ihtiyaç duyulabilir.

Protein (öncelikle amino asitlere indirgenir)



Deaminasyon ile aminoasitlerin nitrojeni uzaklaştırılır. Örneğin; Alanine, amino grubunu kaybeder ve bir çift O_2 ile piruvik asite indirgenir.

Alanine → Piruvik asite,

Glutamine → Alfa ketoglurik asite,

Aspartat → Oxaloasetik asite

indirgenir ve krebs çemberine girerek, enerji için oksidasyona uğrar.

Sprinter

Phosphagen system

8-10 seconds (100 m)

Swimmer

Glycogen-lactic acid system

1.3–1.6 minutes (400 m)

Marathon runner

Aerobic respiration

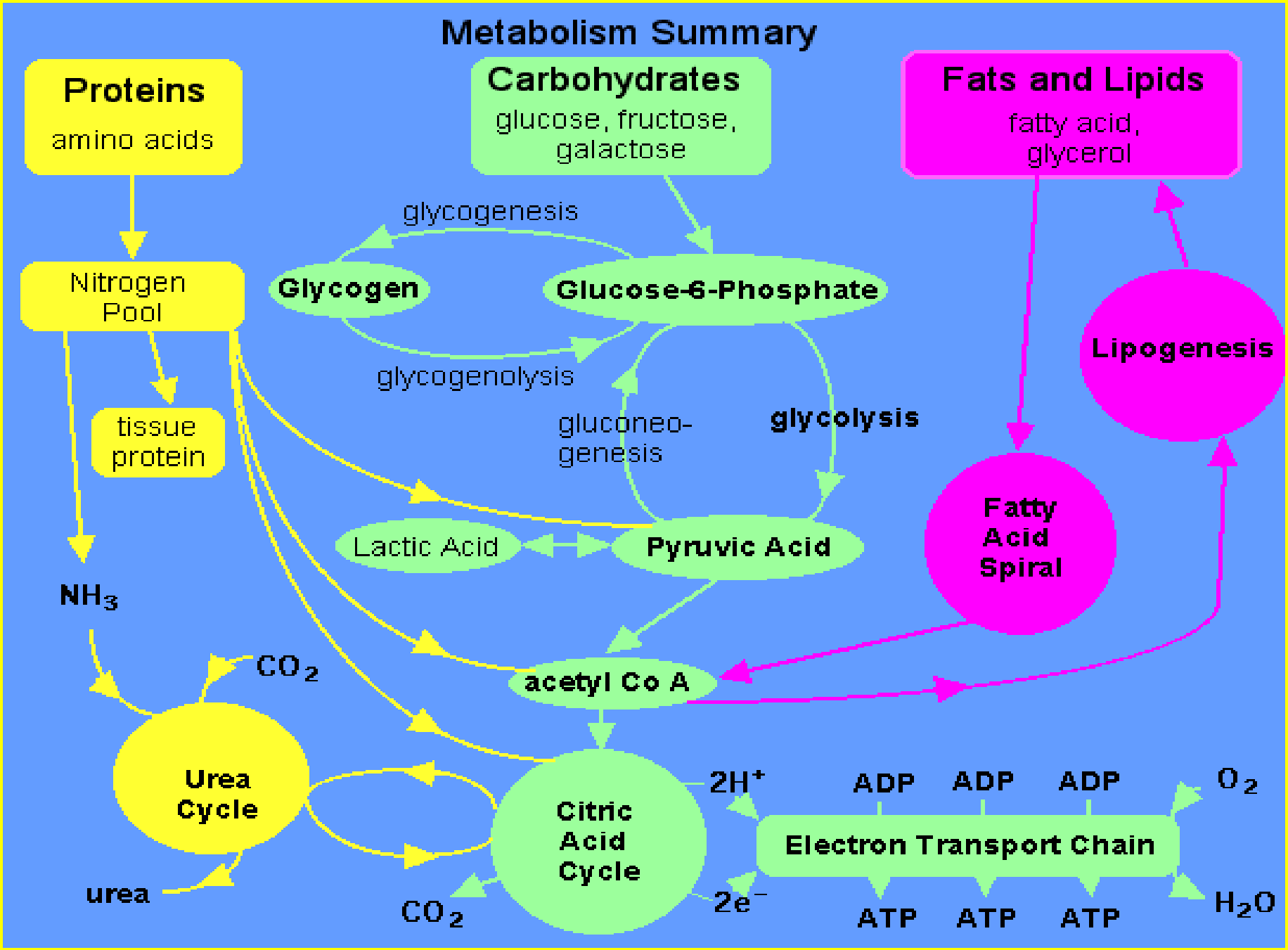
Unlimited time (15 Km)

©2000 How Stuff Works

ENERJİ SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

SİSTEM	ENERJİ KAYNAĞI	O2 İHTİYACI	Enej. ÜRETİM HIZI	ATP ÜRETİMİ
ATP-PC	Kreatin Fosfat	Yok	Çok hızlı	Az-sınırlı
LA Asit	Glikoz (Glikojen)	Yok	hızlı	Az-sınırlı
O2 Sistem	Glikojen+yağ+ protein	var	hızlı	Çok-sınırsız

SİSTEM	Maximal Güç (1 dk da Üretilen ATP) mol.	Maximal ATP Üretim mol.
ATP-PC	3,6	0,7
LA Asit	1,6	1,2
O2 Sistem	1,0	90


Metabolism Summary
Proteins
amino acids
Carbohydrates
glucose, fructose, galactose
Fats and Lipids
fatty acid, glycerol
glycogenesis
Nitrogen Pool
Glycogen
Glucose-6-Phosphate
Lipogenesis
glycogenolysis
tissue protein
gluconeo-genesis
glycolysis
Fatty Acid Spiral
Lactic Acid
Pyruvic Acid
NH3
CO2
acetyl Co A
Urea Cycle
Citric Acid Cycle
2H+
ADP ADP ADP
O2
Electron Transport Chain
urea
CO2
2e−
ATP ATP ATP
H2O

a) ATP-PC Sisteminin Kontrolü

PC kreatinkinaz enzim aktivitesi İle yıkılabilir. Eğer sarkoplazmik ADP konsantrasyonu artarsa, kretain kinaz aktifleşerek ATP yapımını artırır. Örneğin; egzersizde kas kas il malan için ATP kullanımı artar ve doğal olarak da ADP arttırıl ir. ADP'nin artışı kreatinkinaz enzimini uyararak CP'nin ATP resentezi için aktifleşmesini sağlar. ADP konsantrasyonunun azalması kreatinkinaz enzimini İnaktif hale getirir. ATP-PC sistemi böylece negatif feed-back kontrol sistemi ile düzenlenmektedir.

BİYOENERJETİĞİN (ATP YAPIMININ) KONTROLÜ

- ATP resentezi kontrol sistemleri ile sağlanılır. Reaksiyonlar ise spesifik enzimler tarafından katalizlenebilir. Genel olarak eğer enerji için kullanılan besin maddesinin miktarı artarsa, kimyasal reaksiyonları hızlandıran enzimlerde artar.

lıi Glikolisizin Kontrolü (La asit sistemi)

Glikolisizin konirolünde bir çok faktör önemli olsa da, bu kontrol daha çok PFK (Fosfofruktokinaz) enzimine bağlıdır. Egzersiz başladığında ADP+Pi düzeyi artar ve PFK'yı aktivite eder, bu da glikolİzin düzeyinin artmasına neden olur.

Ayrıca fosforilaz enzimi de kontrolde önemli rol oynamaktadır. Egzersizde Ca^{++} iyonlarının sarkoplazmada artışı fosforilazı aktif hale getirir ve fosforilaz glikojenin glikoza yıkımını arttırır. Fosforilaz ayrıca epinefrin hormonu tarafından da aktif duruma getirilir.

c) Krebs Devri ve Elektron Taşıma Sisteminin (Oksidasyon) Kontrolü

Krebs devrinde bir çok enzim görev yapmaktadır, fakat sınırlayıcı özelliğe sahip enzim izositrate dehidrogenaz enzimidir. ADP+Pi'nin artışı bu enzimi aktif hale getirir.

Elektron taşıma sisteminde İse eytoehrome oxidase enzimi ADP+Pi oranının artışı ile birlikte ATP yapımını hızlandırır.! 1M>.

BİOENERJİTİĞİN KONTROLÜ

ENERJİ YOLU	ENZİM	UYARICI	İNHİBE (ENGELLEYİCİ) EDİCİ
ATP-PC	Kreatin Kinaz	ADP	ATP
GLİKOLİZ	PFK	AMP-ADP-PH↑	ATP, CP, PH↓
KREBS	İsocitrate Dehidrogenez	ADP,Ca^{++},NAD	ATP,NADH
ELEKTRON TAŞIMA	Cytctochrome Oxidase	ADP	ATP

Oksijen Tüketimi ve Enerji Üretimi İlişkisi
Aerobik yolla; ATP yenilenmesi sırasında;

* 1 mol ATP resentezi için (glikoz) 3.5 lt O_2
* 1 mol ATP resentezi için (yağ) 4.0 lt O_2 ‘e gerek vardır.
* 1 mol glikojen yıkımı için 134.4 lt O_2
* 1 mol palmitik asit yıkımı için 515.2 lt O_2 gerekmektedir.

Bu yıkım işlemleri sırasında önemli miktarda enerji açığa çıkmaktadır. Örneğin; 1 mol glikojen (180 gr) yıkımı ile 686 kcal enerji açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan bu enerjinin yaklaşık yarısı ısı olarak kaybedilmekte diğer yansı ile ATP resentezi yapılmaktadır.

www.heranbilgi.com