

BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ÖĞRETMENLİĞİ

EGZERSİZ FİZYOLOJİSİ

ÜNİTE 2

Enerji sistemleri

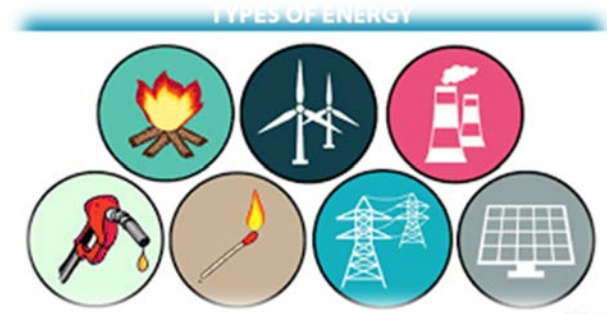
Dr. Öğrt. Üyesi Fırat AKCAN

Sunum planı

- Enerji nedir?
- İnsan organizmasında kullanılan enerji sistemleri ve özellikleri
- Aerobik enerji sistemi
- Anaerobik enerji sistemi
 - Atp-pc (Fosfojen Sistem)
 - Anaerobik glikoliz sistemi (laktik asit sistemi)
- Egzersiz sırasında kullanılan enerji sistemleri

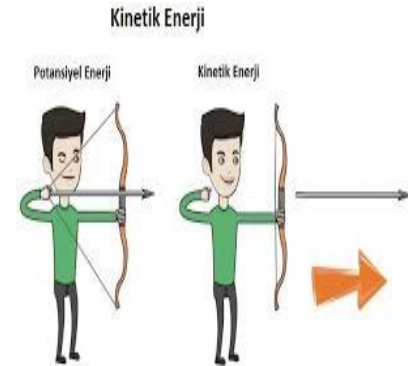
ENERJİ

- **Enerji** iş yapabilme veya ortaya koyabilme yeteneğidir.
- Doğada mevcut olan 6 enerji şekli vardır.
 - Kimyasal enerji
 - Mekanik enerji
 - Isı enerjisi
 - Işık enerjisi
 - Elektrik enerjisi
 - Nükleer enerji
- Bu enerjilerin her biri, bir çeşitten diğer bir çeşide çevrilebilir. Özellikle mekanik ve kimyasal enerji insan hareketlerinin ortaya konmasında önemli rol oynar.



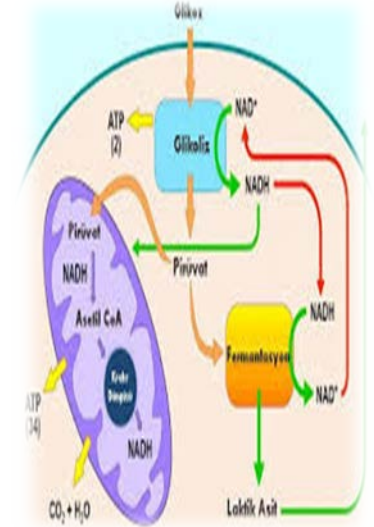
ENERJİ

- Dünyada temel enerji kaynağı güneştir (solar-radyasyon enerjisi).
- Bitkiler bu enerjiyi fotosentezle kimyasal enerjiye dönüştürür.
- **Fotosentezle** karbondioksit (CO_2) ve suyu (H_2O) birleştirirerek, karbonhidratlar (CH_2O) oluşturulur. Ayrıca oksijen (O_2) üretilmiş olur.



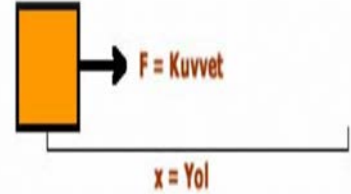
ENERJİ

- **Hücre Solunumu:** Besinlerin yapısındaki kimyasal enerjinin açığa çıkarıldığı tepkimelerdir. Organik moleküllerdeki biyokimyasal enerjinin ATP'ye dönüştürülme sürecidir.
- Bu olaylar serisine ” **biyolojik enerji devri**” denir.

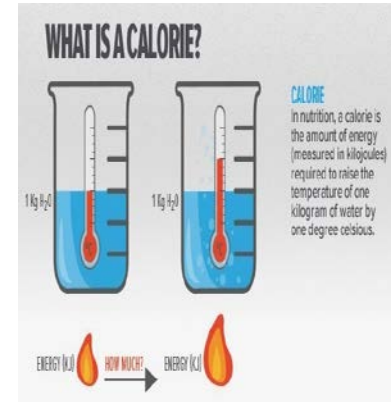


Enerji, iş ve güç kavramları

- Enerji birimi olarak **joule (j)** ve **kalori (cal)** kullanılmaktadır.
- *1 kalori* 1 gram ağırlığındaki suyun sıcaklığını **bir santigrat** derece yükseltmek için gerekli ısı miktarıdır.
- 1000 kalori (cal) = 1 Kilokalori (Kcal)
- “İş” bir kilogram ağırlığındaki yükün yer çekimine karşı 1 m yükseğe kaldırılması olarak tanımlanmaktadır.
- İş kavramını formüle edersek;
 - İş = Kuvvet x Kuvvet yönünde uygulanan mesafe = kg m veya kalori olarak belirleyebiliriz

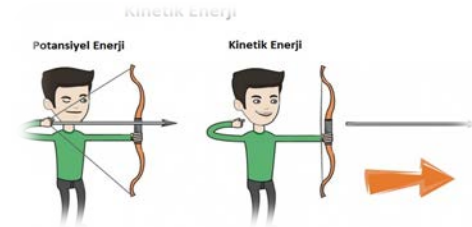


$$\text{İş} = \text{Kuvvet} \cdot \text{Yol}$$



Enerji, iş ve güç kavramları

- **Kimyasal İş:** Hücresel komponentler bir yandan sürekli yıkılırken, bir yandan da yeniden sentezlenir.
- **Mekanik İş:** Enerjinin mekanik işe çevrilmesi kas kasılması ile gerçekleşebilir.
- **Potansiyel ve Kinetik Enerji:** Potansiyel enerji serbestlendiğinde kinetik enerjiye dönüştürülebilir.
- **“Güç”** ise, birim zamanda ortaya konan (oluşturulan) iş olarak tanımlanır.



Güç

İş yapan bir sistemin birim zamanda yaptığı işe o sistemin gücü denir. Buna göre,

$$\text{Güç} = \text{İş} / \text{zaman}$$

Ya da simgelerle

$$P = W / t$$

Bu tanıma göre gücün birimi Joule (kalori)/saniye olacaktır. Bu birime kısaca watt denmiştir.

$$\text{Watt} = \text{Joule (kalori)} / \text{saniye}$$

“Beygir Gücü” denilen ve yaklaşık 736 watt’a eşit olan birimin simgesi HP’ dir.

Mesafe/zaman hız kavramını belirlediğinden dolayı; Güç = Kuvvet x Hız = formülü ile de belirlenebilir.

Enerji, iş ve güç tanımları, birimleri

Terim	Tanım	Birim
Enerji	İş yapabilme Kapasitesi	Joule veya kalori
İş	Bir mesafe boyunca uygulanan kuvvetin ürünü.	kgm veya kalori
Güç	Birim zamanda yapılan iş	kgm/sn veya watt

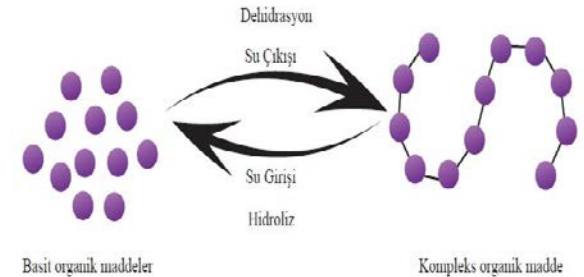
10 kg.'lık bir halteri, 2 sn.' de 3 m yükseğe kaldıran bir sporcunun yapmış olduğu iş ve gücü bulunuz?

$$\text{İş} = \text{kuvvet} * \text{mesafe} = 10 * 3 = 30 \text{ kgm}$$

$$\text{Güç} = \text{iş/zaman} = 30/2 = 15 \text{ kgm/sn}$$

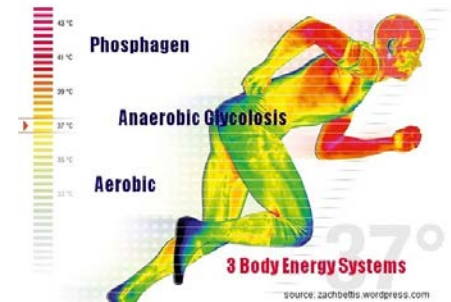
Enerji ve enzimatik aktivite

- Enzimler bir kimyasal reaksiyonu hızlandıran katalizörlerdir.
- **Hidroliz:** Bir molekülün (karbonhidrat, yağ, protein) su etkisiyle ikiye ayrılmasını sağlayan tepkime. Bu olaylar enzimler aracılığıyla gerçekleştirilir.
- **Enzimlerin özellikleri;**
 - Proteindirler
 - Katalizörlerdir
 - Enzim için ideal PH 7,0'dir.
 - Enzimler yüksek ısıda (40°C) etkisizleşirler.
 - Özgüdürler, sadece bir maddeye etkilidirler.



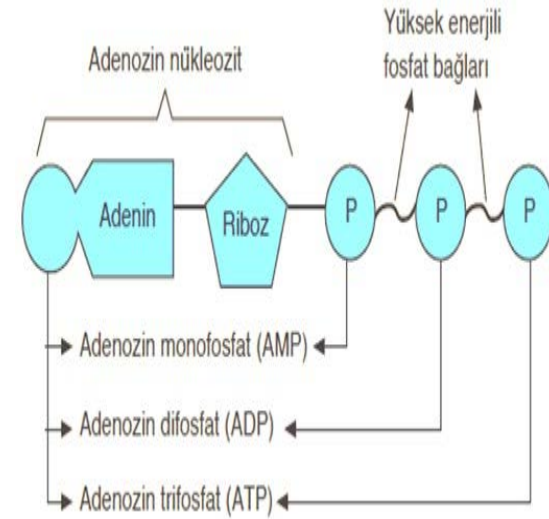
Enerji sistemleri

- Organizmada enerji üretimi ile ilgili maddelerden ATP yapımı ve ATP yıkımı sonrasında ATP' nin tekrar sentezlenmesi sürecinde birçok metabolik işlem söz konusudur.
- Fiziksel aktiviteler için özellikle 3 metabolik sistem önemlidir.
 1. Fosfojen (ATP-PC) sistem
 2. Anaerobik Glikoliz - Laktik Asit
 3. Aerobik sistemlerdir.



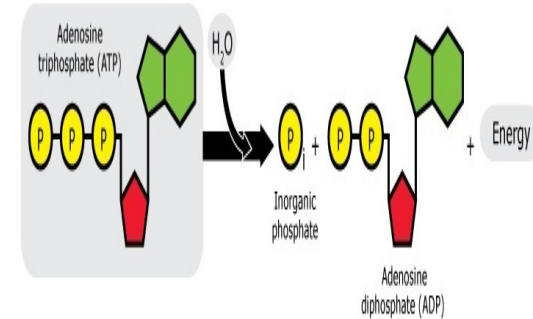
Adenozin Trifosfat (ATP)

- Hücre fonksiyonlarını yerine getirebilmek için **sadece ATP'** nin parçalanması ile oluşan enerjiyi kullanabilir.
- ATP'nin moleküler yapısında bir adenozin ve 3 fosfat grubu mevcuttur.
- Son iki fosfat grubu arasında yüksek enerji bağı olarak adlandırılan fosfat bağı bulunmaktadır.



Adenozin Trifosfat (ATP)

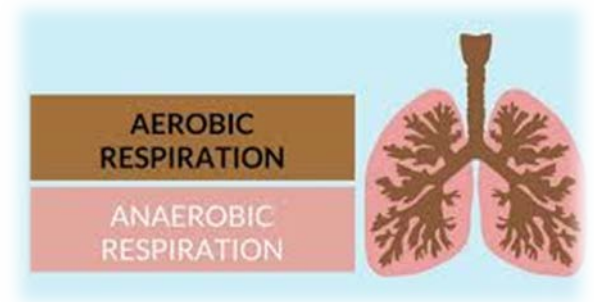
- Bu bağ önemli bir kimyasal (potansiyel) enerji kaynağıdır ve bu bağlardan birisi koparak diğerlerinden ayrıldığında, yani kimyasal olarak parçalandığında **7-12 kilokalorilik (Kcal)** bir enerji açığa çıkar ve Adenozin difosfat (**ADP**) ve serbest bir fosfat (**Pi**) meydana gelir.



© The University of Waikato | www.sciencelearn.org.nz

Adenozin Trifosfat (ATP)

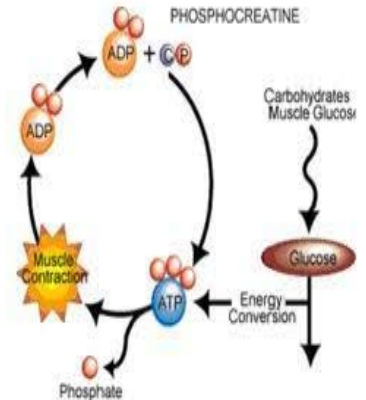
- ATP depoları sınırlı iş yapmaya olanak vermektedir.
- Bu sebeple sürekli olarak yeniden sentezlenmelidirler.
- Bunun için iki yol kullanılır
 - **Anaerobik yol (oksijensiz)**
 - Oksijen varlığına ihtiyaç yok
 - **Aerobik yol (oksijenli)**
 - Oksijen varlığı şart



Anaerobik enerji metabolizması

- **1. ATP-PC (Fosfojen Sistem)**

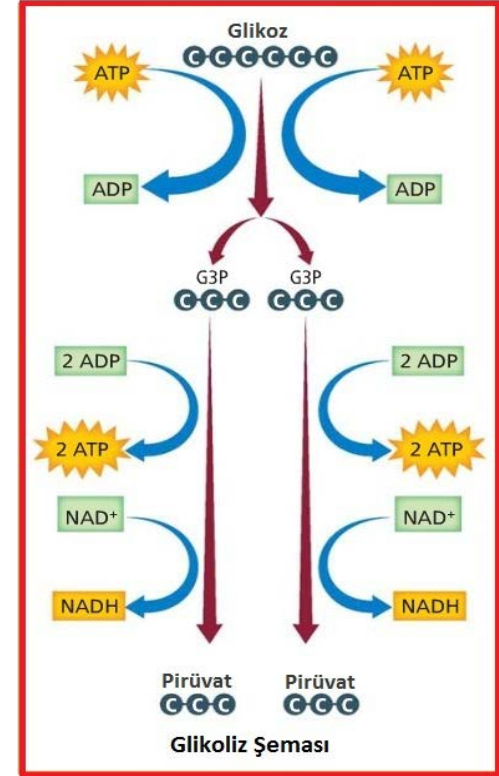
- Bu sistemde kasta depo halde bulunan creatin fosfat (CP) depoları kullanılır. Sınırlı miktarda (0,3-0,5 mol) bulunan bu depolarla 8-10 sn. kadar süren aktivitelerde yeterli enerjiyi sağlamaktadır.
- Kasların çoğunda ATP'nin iki ila dört katı kadar fosfokreatin(PC) bulunur.
- PC'nin parçalanması ile açığa enerji sayesinde ADP tekrar ATP'ye dönüştürülür.
- Bu sistemin en önemli avantajı acil enerji kaynağı olarak çok hızlı bir şekilde tekrar ATP sentezi yapılabilmesidir.



Anaerobik Enerji Sistemi

2. Laktik Asit Sistemi (Anaerobik Glikoliz):

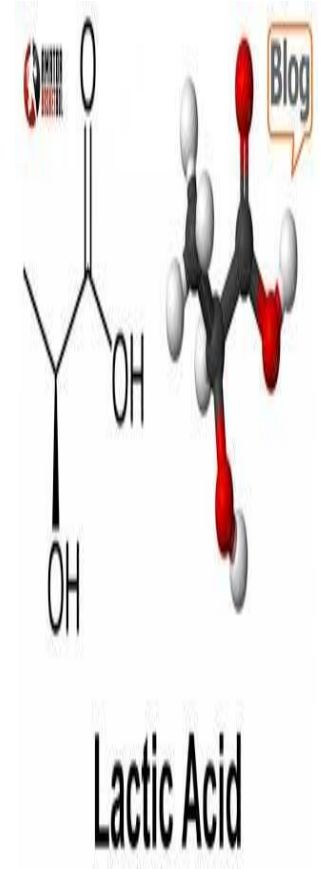
- Glikoliz sırasında her bir glikoz molekülü 2 pirüvik aside (pirüvat) kadar yıkılır.
- Bu işlem sırasında yıkım için 2 ATP harcanırken 4 ATP ise sentezlenir.
- Bu sayede **net 2 ATP** kazanılmış olur.
- Bu noktadan sonra eğer ortamda oksijen varsa pirüvik asit mitokondrilerin içine girerek **sitrik asit** döngüsüne katılır ve yüksek miktarda ATP oluşumu sağlar.
- Eğer glikozun pirüvata yıkımından sonra ortamda oksijen **bulunmuyorsa pirüvat laktik aside** çevrilerek kasta birikir.



<http://webders.net/304/glikoliz-tepkimesi-ve-basamaklari.html>

Laktik Asit Sistemi

- **Laktik asit** kaslardan ayrılmadan önce **laktata** dönüştürülmelidir, çünkü kas liflerinin zarları laktik asitin geçmesine izin vermez.
- Laktik asit laktata dönüştürüldüğünde, **Hidrojen iyonu geride** kalır.
- Hidrojen iyonları çok asidiktir ve kas pH'ını düşüren laktik asit değil laktik asitten ayrılan Hidrojendir.
- Tabii ki sonuç olarak laktik asit birikimi, dolaylı olarak kas pH'nın düşürülmesinde rol oynar ve metabolik asidoz oluşur.



Laktik asit ve yorgunluk

- Kasların yüksek şiddetli kasılmaları sonucu meydana gelen laktik asit hemen **laktata** ayrılır ve biriken hidrojen iyonları sonucu hücre **pH'sı 7.0'dan 6.2** kadar düşük değerlere iner.
- Günümüzde yorgunluğun laktik asitten ziyade artmış Hidrojen iyon konsantrasyonu sonucu düşen pH'dan (**asidoz**) kaynaklandığı kabul görmektedir.

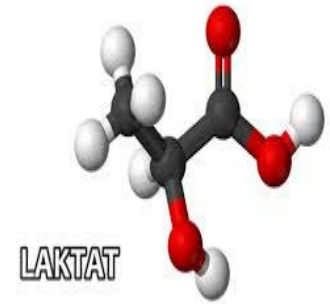
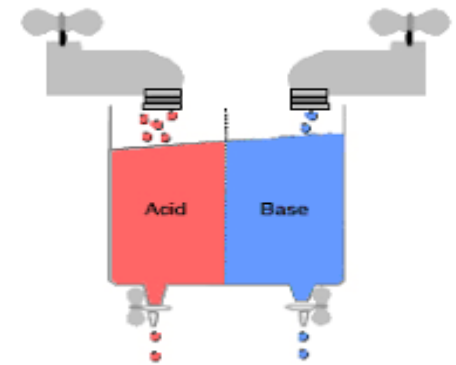


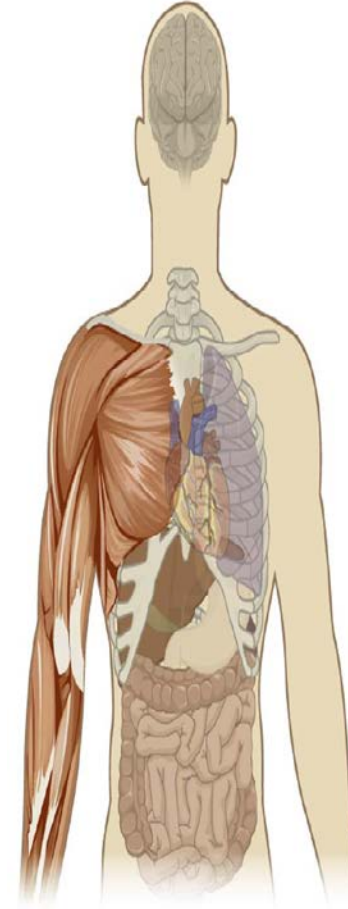
Figure 1



© 2008 AACC, Contemporary Practice in Clinical Chemistry, William Clarke and D. Robert Dufour, editors.

Laktik asit ve yorgunluk

- Asidoz kaslarda oluştuğunda kasılma kuvvetini ve hızını yavaşlatır.
- Asit ortam PH' ı düşürür ve mitokondrideki bazı enzim aktivitelerini engelleyerek karbonhidratların yıkım oranını (hızını) azaltabilir.

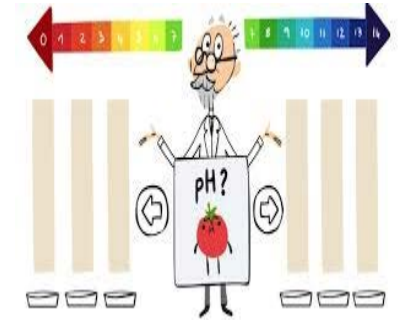


Asidoz Belirtileri

- Halsizlik
- Bulantı - kusma
- İshal
- Baş ağrısı
- Derin soluk alıp-verme
- Soluk alıp-verme sayısında artış
- Nefes darlığı
- Öksürük
- Kalpte ritim bozukluğu
- Zihinsel bulanıklık
- Vücutta kasılmalar
- Uyku hali
- Koma

Laktik asit ve yorgunluk

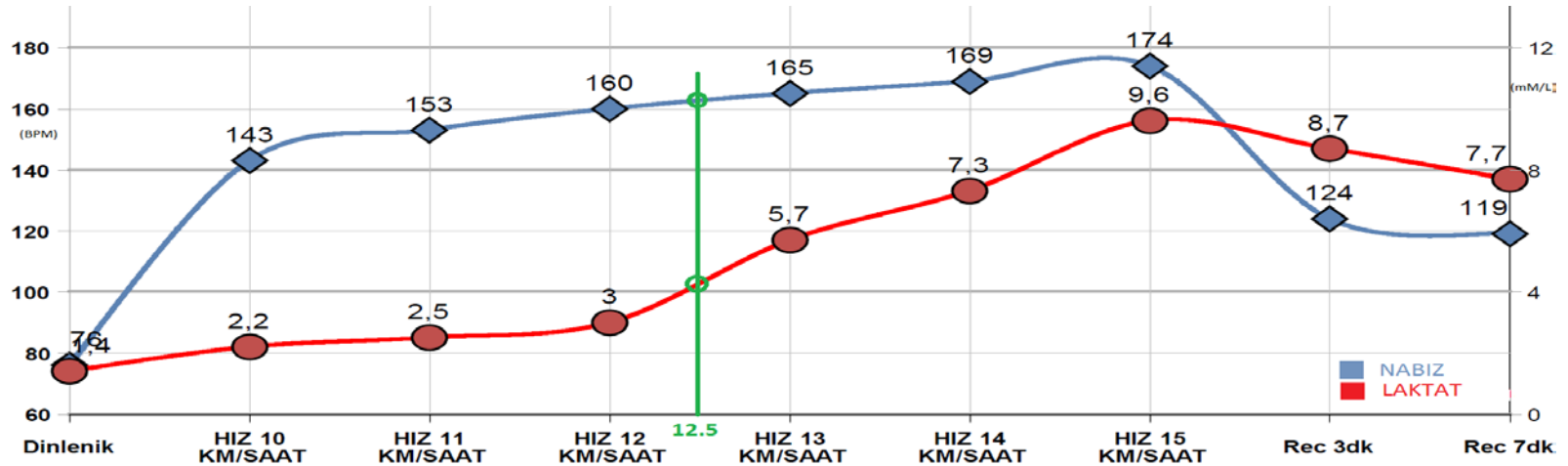
- Buna ek olarak, asidozun, sarkoplazmik retikulumdan **kalsiyum salınımını** engellemesi ve bunun da aktin molekülünde troponin ile bağlanabilme özelliğini azalttığı düşünülmektedir.
- Dolayısıyla, asidoz, hem **ATP rejenerasyon hızını** yavaşlatarak hem de miyozin ile aktin arasındaki kuvvetli bağların sayısını ve oluşum hızını azaltarak **kas liflerinin kasılma kuvvetini** düşürür.



Laktik asit ve yorgunluk

- **Laktat Eşiğı**

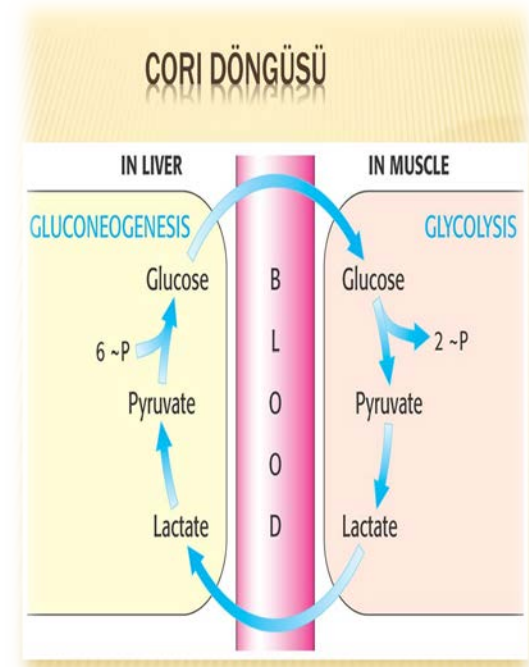
- Kandaki laktat konsantrasyonunun litre başına **4 milimol** değeri laktat eşiğidir.
- Bu değerin üzeri zorlandıkça ve kandaki konsantrasyonu arttıkça kasta asidite artacak buna bağlı olarak egzersiz aynı şiddette devam ettirilemeyecektir.



Laktik Asit Sistemi

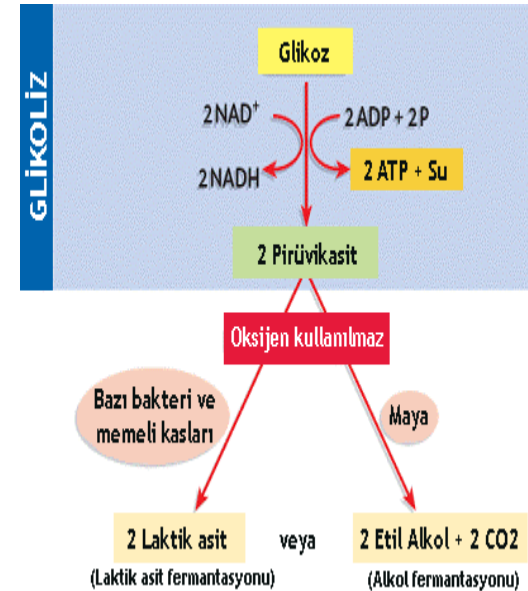
- **Cori Döngüsü**

- Glikojenin kaslardaki yıkımı sonucu oluşan laktat, kan dolaşımı ile karaciğere taşınarak tekrar glikojene çevrilir.
- Karaciğer glikojeninden kan glukozuna, kas glikojenine, laktata ve buradan tekrar karaciğer glikojenine kadar olan bu dönüşüme **Cori Döngüsü** adı verilir.



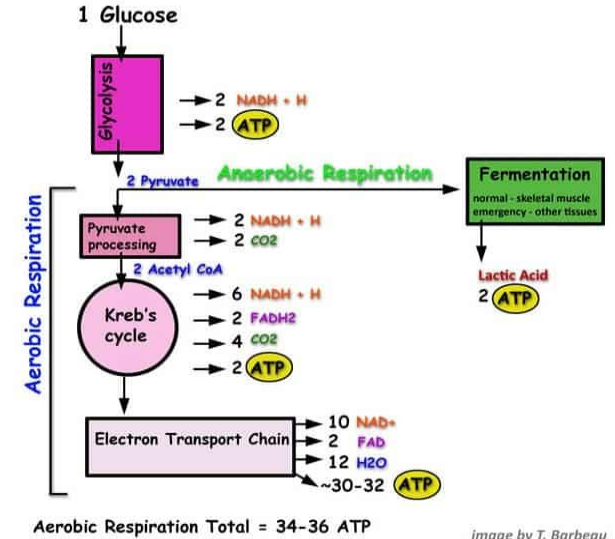
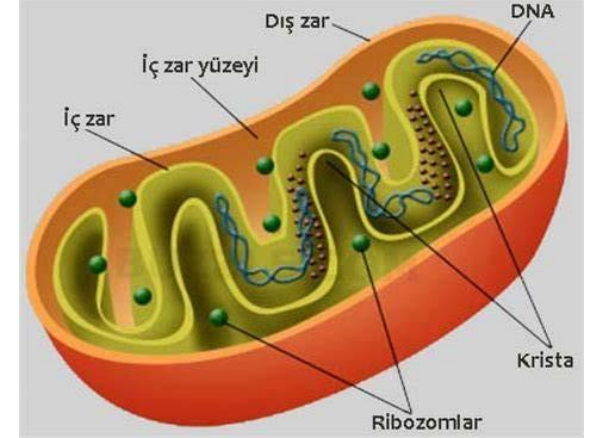
Laktik Asit Sisteminin özellikleri

- Anaerobik glikozda üretilen ATP miktarı, aerobik yola oranla % 5'tir.
- Ama anaerobik metabolizmada aerobik metabolizmadan **2,5 kat** daha hızlı ATP üretilir.
- 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.



Aerobik enerji sistemi

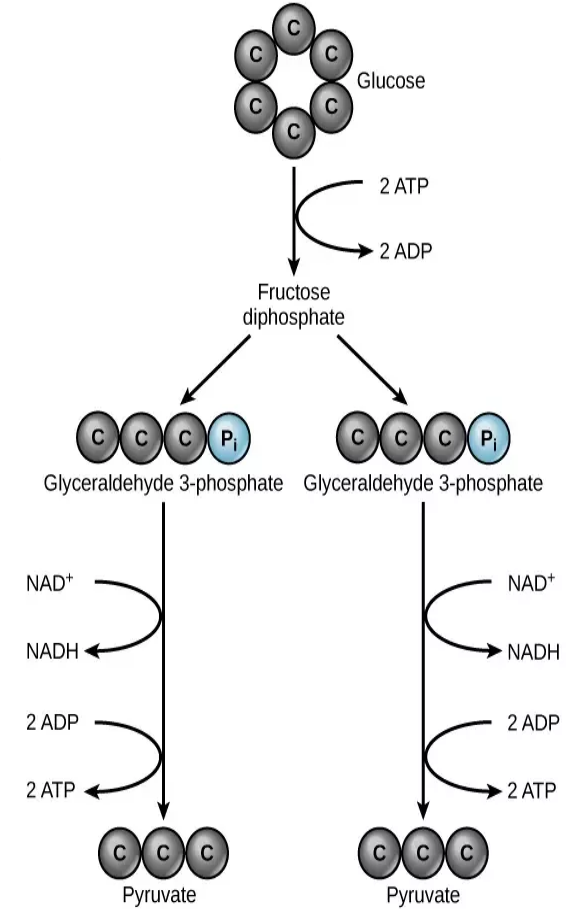
- Aerobik enerji sisteminde ATP'nin yeniden sentezi 3 aşamada gerçekleşmektedir.
 - Glikoliz reaksiyonu (sitoplazmada)
 - Krebs reaksiyonları (mitokondrinin matriks sıvısında)
 - Pirüvat Oksidasyonu (Mitokondrinin matriks sıvısında)
 - Citrik asit döngüsü
 - E.T.S. (Elektron Taşıma Sistemi) reaksiyonları (mitokondrinin krista zarında)



Aerobik enerji sistemi

1. Glikoliz reaksiyonu (sitoplazmada)

- Glikoliz sırasında her bir glikoz molekülü 2 pirüvik aside (pirüvat) kadar yıkılır.
- Bu işlem sırasında yıkım için 2 ATP harcanırken 4 ATP ise sentezlenir.
- Bu sayede **net 2 ATP** kazanılmış olur.
- Bu noktadan sonra eğer ortamda oksijen varsa pirüvik asit mitokondrilerin içine girerek sitrik asit döngüsüne katılır ve yüksek miktarda ATP oluşumu sağlar.
- Eğer glikozun pirüvata yıkımından sonra ortamda oksijen bulunmuyorsa pirüvat laktik aside çevrilerek kasta birikir.

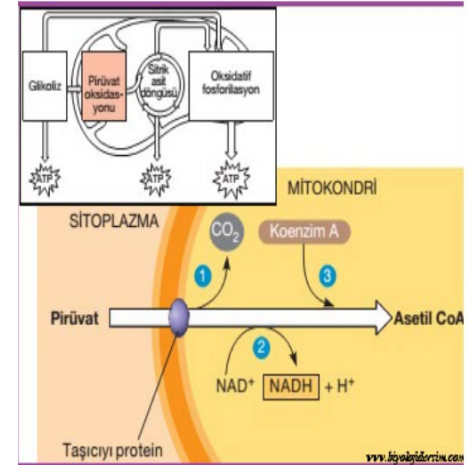


Aerobik enerji sistemi

2. Krebs Döngüsü

2.1. Pirüvat Oksidasyonu (Mitokondrinin matriks sıvısında) krebs döngüsüne hazırlık evresi

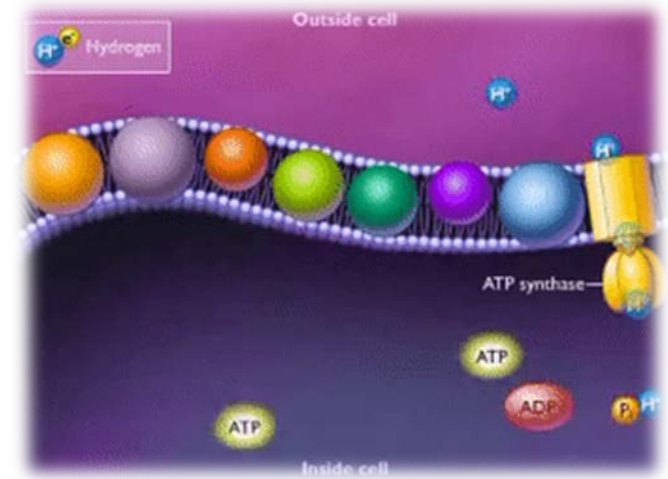
- Her pirüvattan CO_2 açığa çıkar. CO_2 veren pirüvatlar 2 C'lu bileşik olan Asetik Asite dönüşürler.
- NAD^+ koenzimi indirgenerek $\text{NADH} + \text{H}^+$ molekülüne dönüşür. NAD^+ indirgenmiş olur.
- Asetik asit, Koenzim-A (Co-A) ile birleşerek asetilkoenzim-A'yı (Aktif asetik asit) oluşturur.



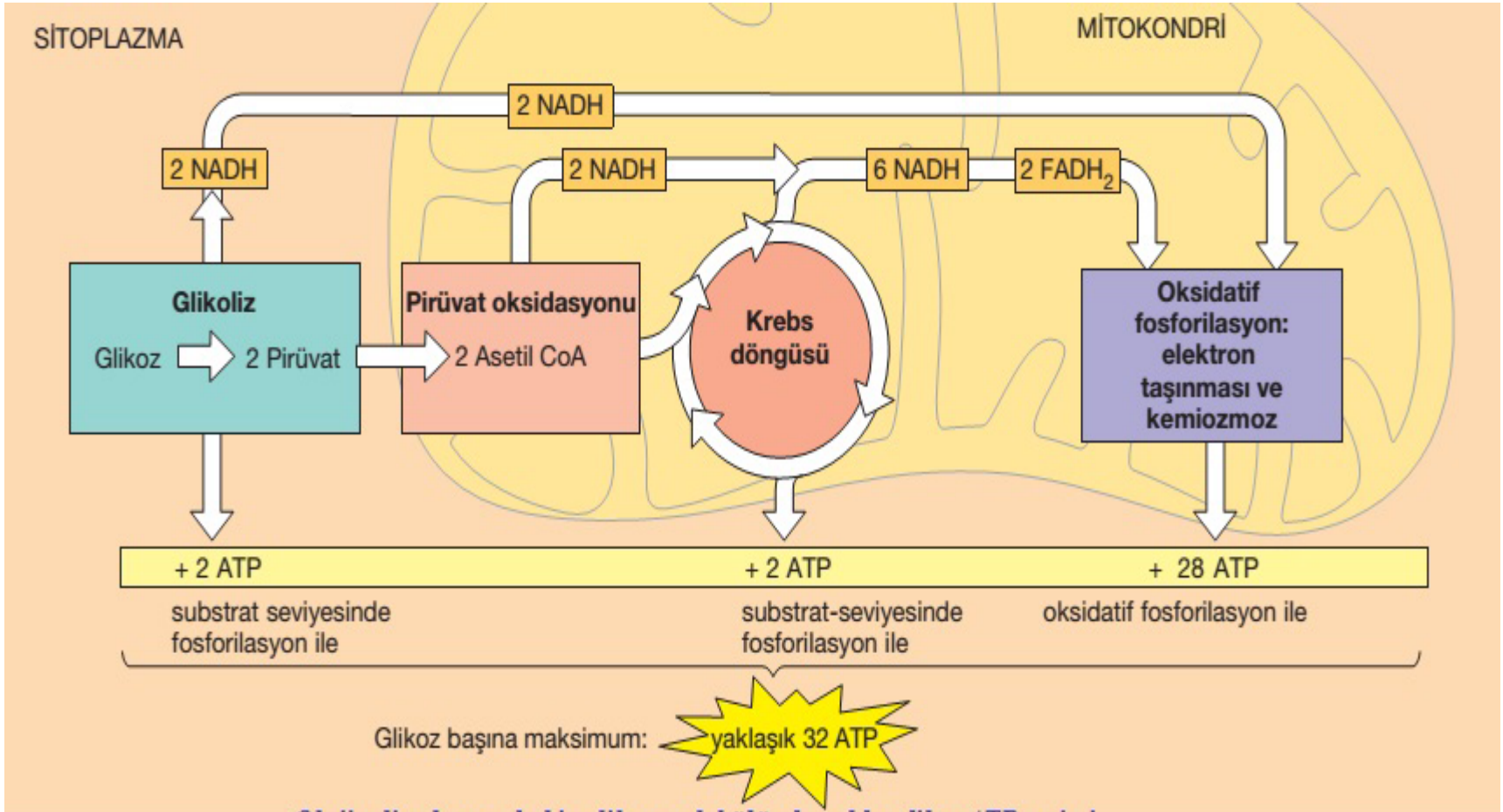
Aerobik enerji sistemi

3. Elektron Taşıma Sistemi

- **ETS'nin görevi:** Hidrojenlerin elektronlarını taşımak ve bu elektronların enerjilerinden **ATP** sentezlemektir.
- **ETS'de son elektron yakalayıcısı oksijen ve su oluşur.**



Aerobik enerji sistemi ATP hesaplanması



Aerobik enerji sistemi ATP hesaplanması

OKSİJENLİ SOLUNUM (Glikoliz + Krebs+ ETS)					
	Olay	Harcanan enerji (ATP)	Elde edilen enerji (ATP)	Meydana gelen hidrojen atomu sayısı ve bunların ATP olarak değeri	Net kazanç
Sitoplazmada	Glikoliz	2 ATP	4 ATP	$2\text{NADH}+\text{H}^+ \rightarrow 4 \text{H} \rightarrow 6 \text{ATP}$	8 ATP
Mitokondride	Pirüvat Asetil CoA			$2\text{NADH}+\text{H}^+ \rightarrow 4 \text{H} \rightarrow 6 \text{ATP}$	6 ATP
	Krebs çemberi ve ETS		2 ATP	$6\text{NADH}+\text{H}^+ \rightarrow 12\text{H} \rightarrow 18 \text{ATP}$ $2\text{FADH}_2 \rightarrow 4\text{H} \rightarrow 4 \text{ATP}$	24 ATP
	TOPLAM	2 ATP	6 ATP	$10\text{NADH}+\text{H}^+ \left. \vphantom{\begin{matrix} 10\text{NADH}+\text{H}^+ \\ 2\text{FADH}_2 \end{matrix}} \right\} 24\text{H} \rightarrow 34 \text{ATP}$ 2FADH_2	38 ATP (277400 Kalori)

Aerobik enerji sistemi

- **Yağlardan enerji elde edilmesi**
 - Lipitler vücudun en büyük enerji deposudurlar.
 - Lipit kaynakları şunlardır:
 1. Hücrede depolanan **trigliseritler**,
 2. Fosfolipitler
 3. Steroidler.
 - **Adipositler:** Lipitlerin depolandıkları ve gerektiğinde buradan salındıkları bölgelerdir.



- Lipidler ; nötral yağlar (trigliseritler), fosfolipidler ve steroidler olmak üzere 3 e ayrılırlar.

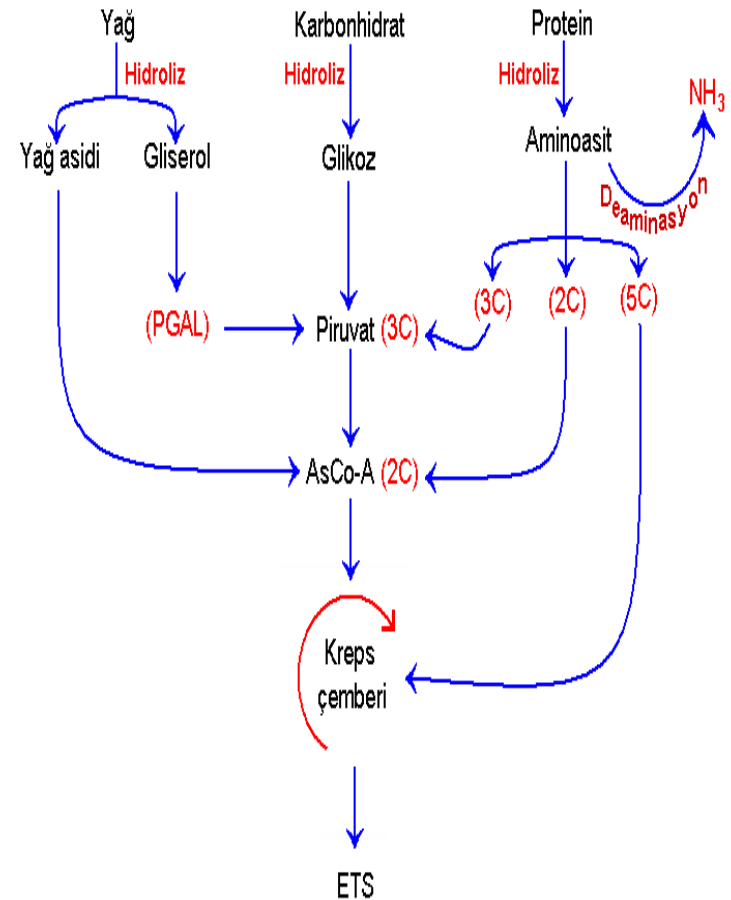
Aerobik enerji sistemi

- Yağlardan enerji elde edilmesi
 - Trigliceritler 3 adet yağ asidi ve bir gliserolun birleşmesinden oluşturulur.
 - Trigliceritler kana geçmeden önce gliserol ve 3 serbest yağ asidine ayrıştırılır. Bu olaya lipoliz denir ve sonuçta 3 serbest yağ asidi ve bir gliserol dolaşıma verilir.



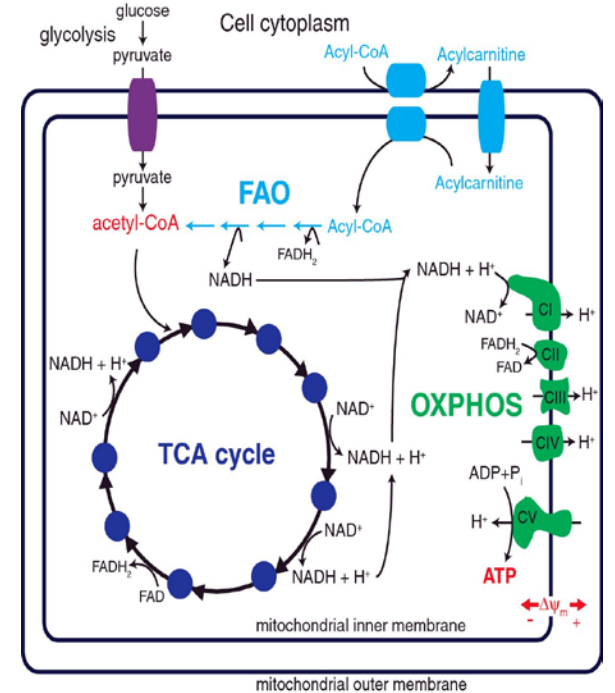
Aerobik enerji sistemi

- Gliserol glikoliz reaksiyonuna girer ve pürivik asite kadar yıkılır. 1 mol gliserolün tam yıkılımı ile **19 mol ATP** sentezlenir.
- 3 adet serbest yağ asidi ise **mitokondride beta oksidasyonu** ile enerji sentezi amacıyla kullanılır.



Aerobik enerji sistemi

- Yağlardan enerji elde edilmesi
 - Beta oksidasyon esnasında oluşan koenzim A asetil fragmanı ile bileşerek Asetil CoA oluşur.
 - Asetil CoA krebs siklusuna girer. Yağ asitlerinin yıkılımı için mutlaka Oksijene gereksinim vardır.



Aerobik enerji sistemi

– Lipitlerin yıkılımda oluşan ATP miktarı:

- 18 karbonlu 1 mol yağ asidinin yıkılımı ile 146 mol ATP oluşur.
- Herbir trigliserit 3 mol yağ asidi içerdiği için $146 \times 3 = 438$ mol ATP.
- 19 mol ATP de gliserol yıkılımının dan gelir.
- Böylece 1 mol trigliseritten toplam net 457 mol ATP sentezlenir.
- 1 mol ATP üretmek için glukoz kullanıldığında 3.5 litre O₂ kullanılır
- 1 mol ATP üretmek için yağ asidi kullanıldığında 4 litre O₂ kullanılır

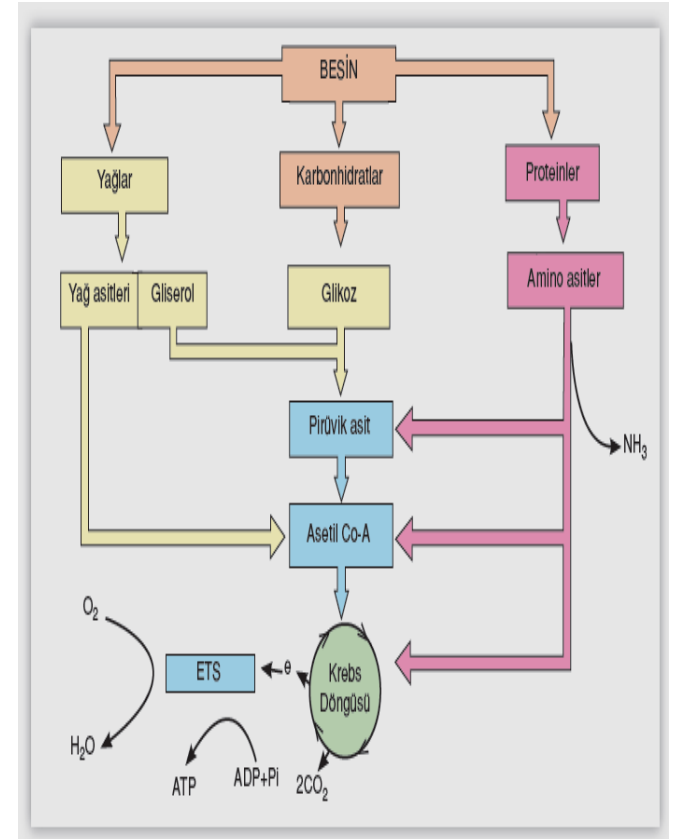
Aerobik Enerji Sistemi

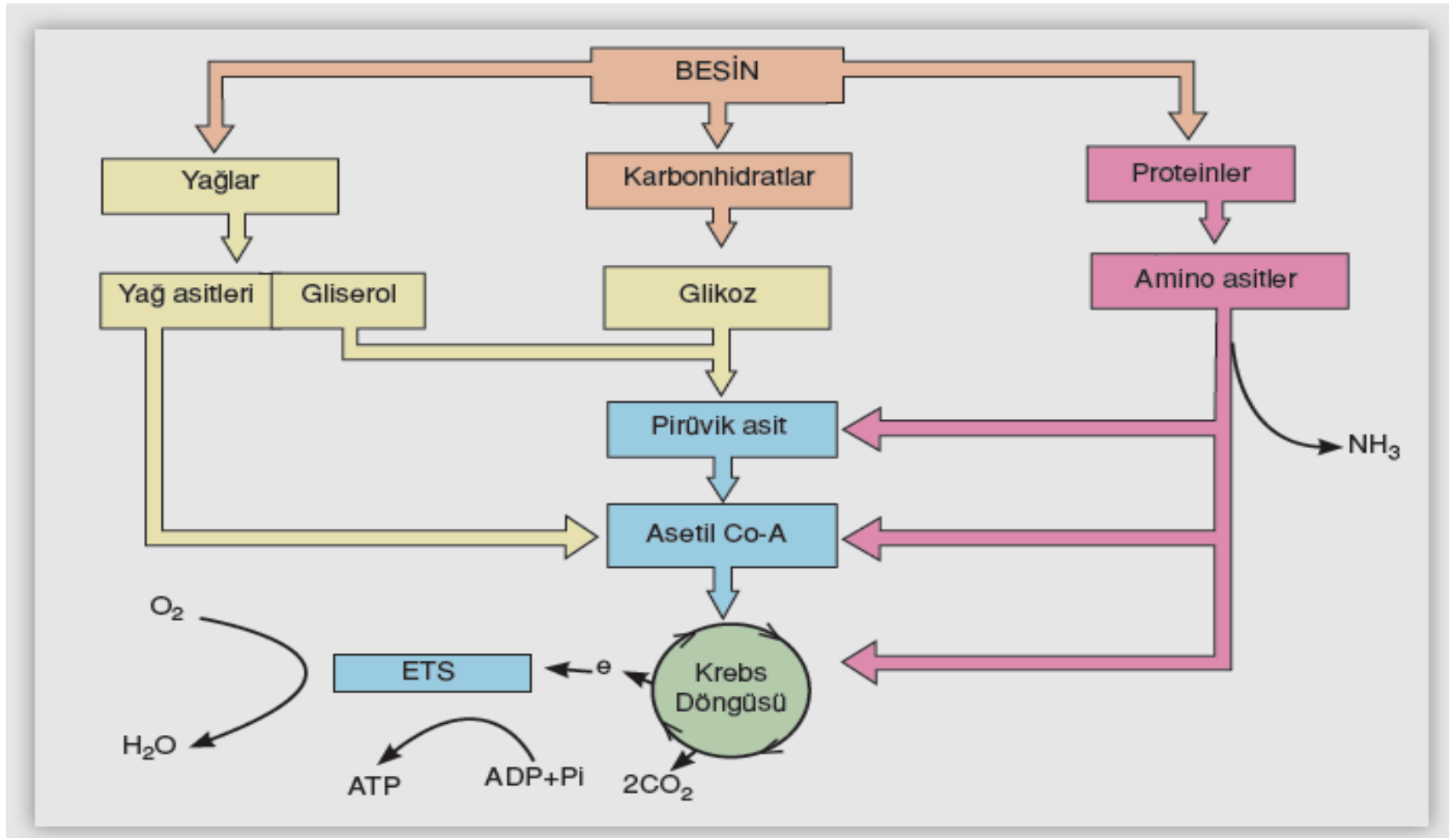
- **Proteinlerden enerji elde edilmesi**
 - Proteinler uzamış ve şiddetli egzersizlerde enerji kaynağı olarak kullanılırlar.
 - Proteinlerin enerji elde etmek için enerji yollarına girebilecek hale getirilmeleri gerekir.
 - Bunun için aminoasit molekülünden nitrojen (amonyak) ayrılmalıdır.



Aerobik Enerji Sistemi

- **Proteinlerden enerji elde edilmesi**
 - Bunun yapıldığı başlıca organ karaciğerdir ve bu işlemin adı da **deaminasyondur**.
 - Fakat kasta da bu iş yapılabilir, buna da **transaminasyon** denir.
 - Proteinler amino asitlerine ayrıldıktan sonra taşıdıkları karbon (C) sayılarına göre enerji sentezlemek için ilgili aşamaya dahil olur.





<http://biyolojiegitim.blogspot.com/2017/04/karbonhidrat-yag-ve-protein.html>

Enerji sistemlerinin karşılaştırılması

Enerji Sistemi	ATP-CP (Fosfojen) Sistemi	Laktik Asit (Anaerobik Glikoliz) Sistemi	Oksijen (Aerobik) Sistemi
Oksijen gereksinimi	Anaerobik	Anaerobik	Aerobik
ATP üretim hızı	Çok hızlı	Hızlı	Yavaş
Enerji Üretimi Kaynağı	Depolanmış ATP ve CP	Karbonhidrat (glikojen veya glukoz)	Karbonhidrat (glikojen ve glukoz) ve yağlar (trigliseritler)
ATP üretme kapasitesi	Çok sınırlı	Sınırlı	Sınırsız
Kullanıldığı egzersiz türleri	Çok şiddetli, kısa süreli ve patlayıcı kuvvet gerektiren hareketler (örneğin; sürat koşuları, atlamalar ve atmalar)	1-3 dakika kadar süren şiddetli aktiviteler	Dayanıklılık gerektiren egzersizler
Diğer özellikler	Kaslarda depolanmış olan ATP ve CP kaynakları çok sınırlıdır ve bu nedenle çok kısa süreli enerji sağlayabilir.	Sonuçta laktik asit birikimi olur ve bu da yorgunluğa neden olur.	Yağları enerji kaynağı olarak kullanabilmek için O ₂ kullanım kapasitesinin oldukça gelişmiş olması gerekir.

Dinlenme ve egzersizde enerji

- **Dinlenmede enerji metabolizması:**
 - Dinlenme şartlarında enerjinin $2/3$ 'ü yağlardan $1/3$ 'ü ise glikozdan elde edilir. Protein katkısı çok azdır.
 - Dinlenme sırasında enerji üretimi karbonhidrat (glikoz, glikojen) ve yağlardan aerobik metabolizma ile sağlanmaktadır.



Dinlenme ve egzersizde enerji

- **Egzersizde enerji metabolizması**
 - Egzersizde kullanılan enerji kaynağı yapılan egzersizin
 - türü,
 - şiddeti,
 - süresi ve
 - sporcunun performans düzeyi ve
 - beslenme şekli ile yakından ilişkilidir



Egzersizde enerji

- Kısa süreli egzersizlerde enerji metabolizması
 - Kısa süreli maksimal güç gerektiren egzersizlerde **ATP-CP (fosfojen sistem)** sistem kullanılır. 3-15 sn kadar süren egzersizler.
 - 15 sn.' den 2 dk.' ya kadar süren yüksek şiddetli egzersizlerde **ATP-CP** sistemine ilaveten **laktik asit sistemi** (anaerobik glikoliz sistemi) kullanılır.



Egzersizde enerji

- **Kısa süreli egzersizlerde enerji metabolizması**
 - Bu tip egzersizlerde enerji anaerobik yollardan sentezlenmekte ve laktik asit üretimine bağlı olarak kaslarda yorgunluk oluşmaktadır.
 - Bu durum egzersizin daha uzun süre istenen performans düzeyinde gerçekleşmesini engellemektedir.



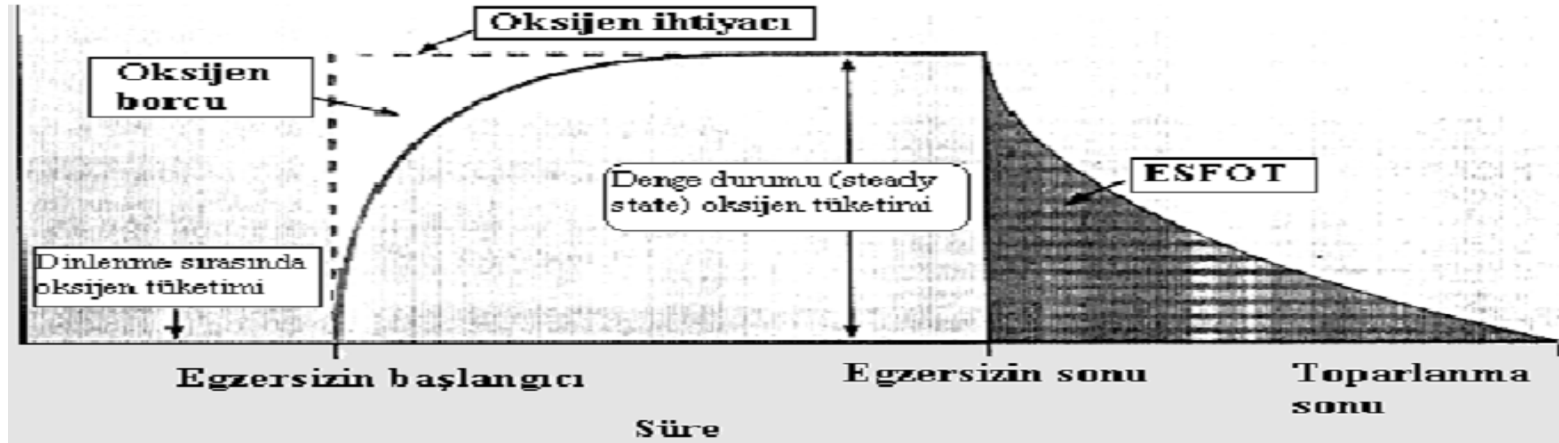
Egzersizde enerji

- **Uzun Süreli Egzersizlerde Enerji Metabolizması**

- 10 dk.'yı aşan uzun süreli egzersizlerde temel enerji kaynağı karbonhidratlar ve yağlardır.
- Enerjinin büyük çoğunluğu aerobik sistem ile sağlanır.
- Bu yüzden uzun süreli egzersizlerin kalitesi ve düzeyi $\text{max } \dot{V}\text{O}_2$ (maksimum oksijen tüketimi) ile yakından ilişkilidir.
- O_2 tüketimi egzersizin ilk dakikasında hızlı bir artış gösterir.

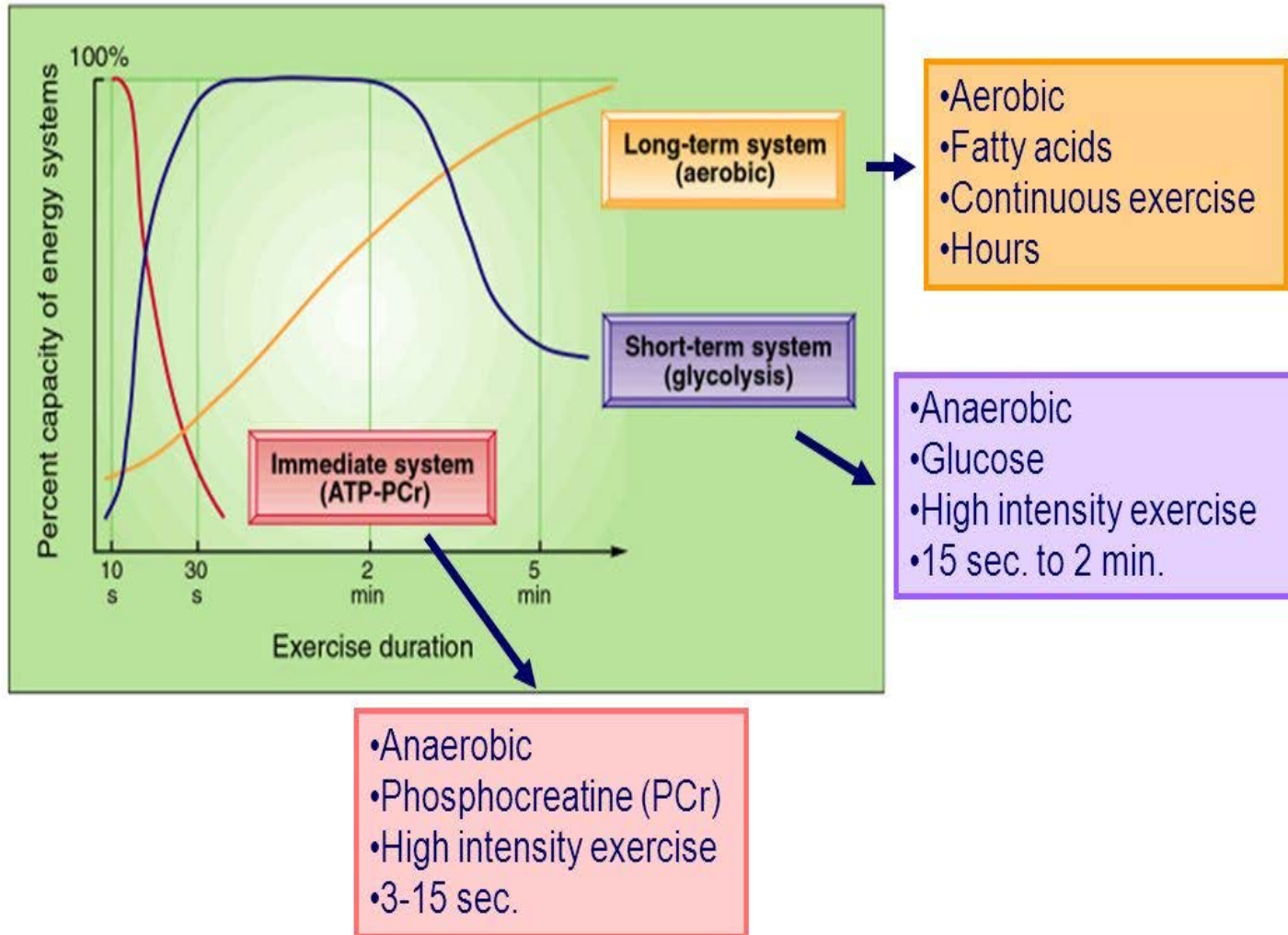


Uzun Süreli Egzersizlerde Enerji Metabolizması



- 3. ve 4. dakikalarda ise plato oluşturulur (kararlı denge) ve egzersizin sonuna kadar bu denge korunur.
- Bu düzeye egzersizde gerekli ATP miktarı ile ATP yapımı için sağlanan aerobik enerji arasında denge olduğu durum **steady state** (kararlı denge) adı verilir
- Bu tip egzersiz sonrası oluşan yorgunluk laktik asit kaynaklı değil vücudun boşalan glikojen depolarından ve kaybettiği su ve elektrolitlerden kaynaklıdır.

Three systems of energy transfer



Enerji sentezi ve sportif aktivite

- Spor branşının gerektirdiği baskın enerji sisteminin bilinmesi ve buna uygun gerçekleştirilen antrenmanlar sayesinde;
 - Krebs devri enzimleri, kas glikojen miktarı, miyogloblin, ATP ve PC miktarları arttırılmaktadır.
 - Sporda **kapasite** sahip olunan potansiyeli,
 - **güç** ise birim zamanda bu potansiyelin kullanılmasıyla ortaya konulan mekanik vb. işi belirlemektedir.



Fiziksel Aktivitelerin Enerji Yolları

Plan	Performans süresi	Temel Enerji Sistemi	Aktivite Örneği
1	30 sn den kısa	ATP-PC	Gülle atma, 100 m koşu, yüksek atlama, vb.
2	30 - 90 sn	ATP-PC ve Laktik asit	200-400 m koşu, 100 m yüzme, buz pateni
3	90-180 sn	Laktik asit ve O ₂	800 m koşu, Boks, Güreş, Jimnastik
4	180 sn'den uzun	O ₂	Kros, Takım Oyunları, Maraton, Mesafe, Yüzme vb.

Egzersiz sonrası toparlanma

- Toparlanma kişinin egzersiz öncesi istirahat durumuna dönmesi olarak ifade edilebilir.
 - Toparlanma 4 başlık altında incelenebilir
 1. Oksijen borçlanması giderilmesi,
 2. Enerji kaynaklarının yenilenmesi,
 3. Kan ve kastan laktik asidin uzaklaştırılması,
 4. Oksijen kaynaklarının yenilenmesidir.

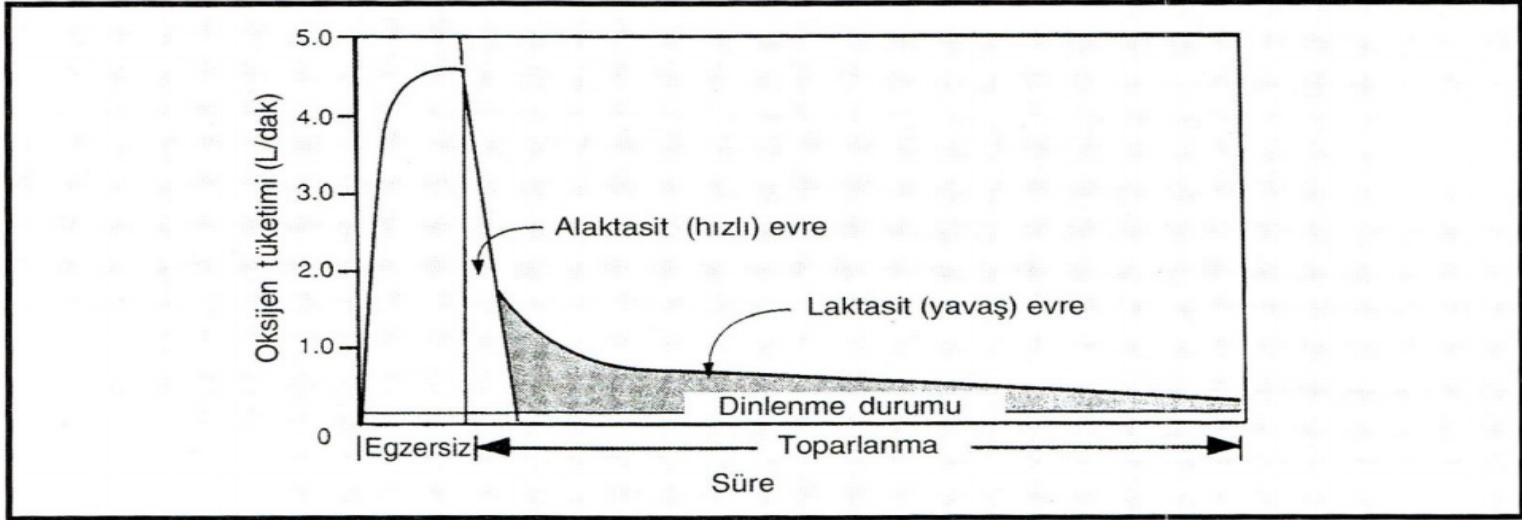


1. Oksijen borçlanması giderilmesi

- **O2 borcu:** Egzersizden sonra bütün metabolik sistemleri tamamen normale döndürmek için, fazladan gereken oksijen miktarıdır.
- **Vücuttaki Depo O₂**
 - 0,5 litre akciğerlerde
 - 0,25 litre vücut sıvılarında
 - 1 litre hemoglobine bağlı olarak
 - 0,3 litre myoglobine bağlı olarak
- **İki yolla oluşur;**
 - Vücutta bulunan oksijenin, egzersiz sonrası yenilenmesine bağlı olarak,
 - Fosfojen (ATP-PC) ve glikojen yenilenmesine bağlı olarak.

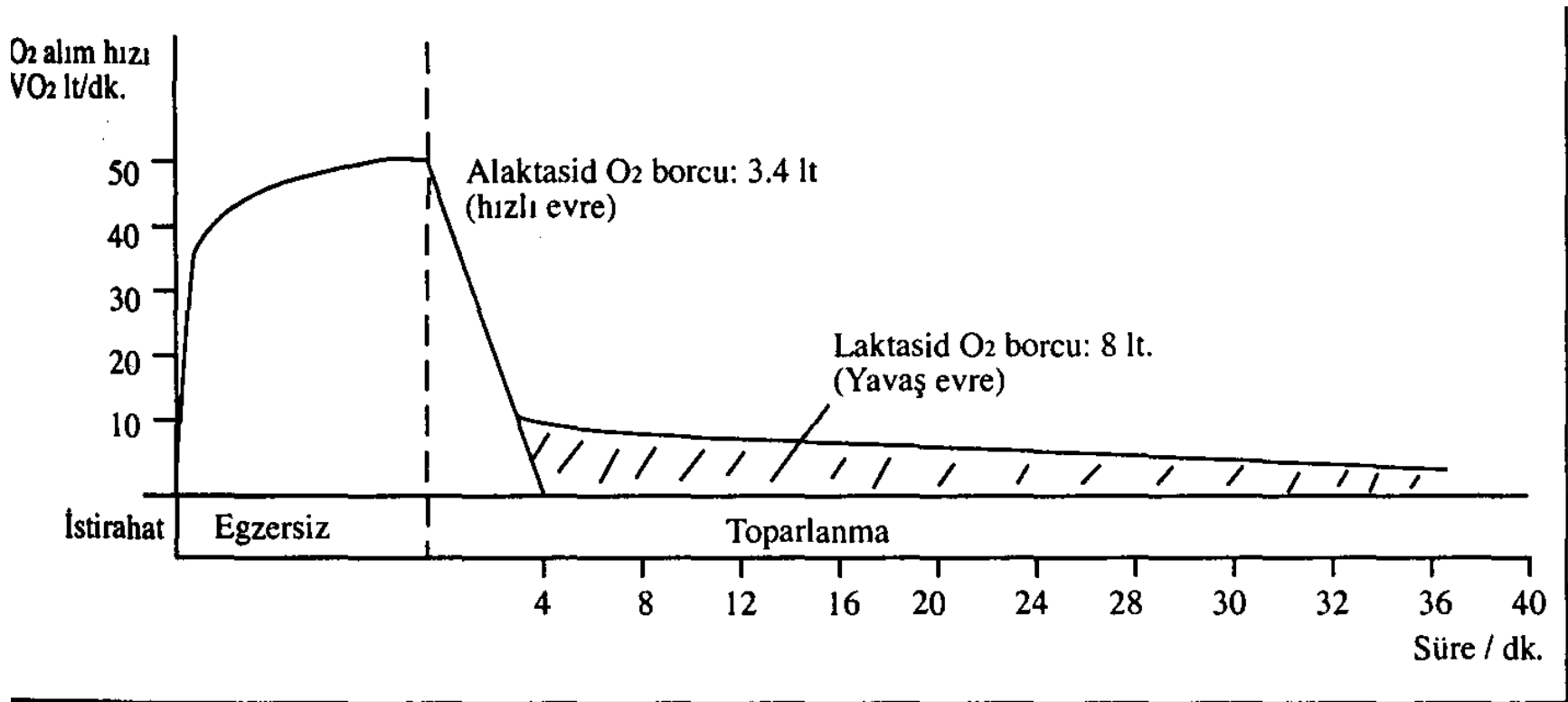


1. Oksijen borçlanması giderilmesi



- **Hızlı (alaktasit) evre;**
 - Fazla oksijen tüketiminin gerçekleştiği ilk birkaç dakikalık dönemdir.
 - Oksijen borçlanmasının alaktasit bölümü kas fosfojenlerinin tekrar doldurulmasında kullanılan enerji için gerekli olan oksijeni sağlar.
- **Yavaş (Laktasit) evre;**
 - Egzersiz sırasında kaslarda ve kanda biriken laktik asidin uzaklaştırılması için gerekli enerji ile ilgilidir.
 - La asidin uzaklaştırılması 1 saat ya da daha uzun sürer.

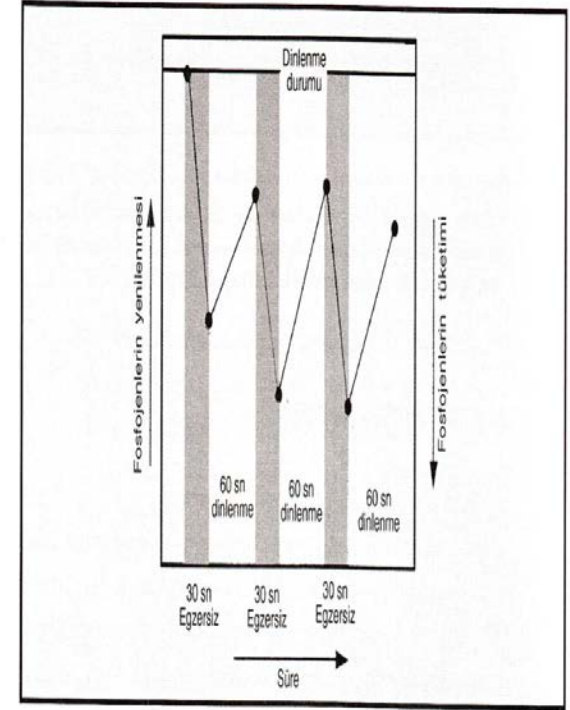
1. Oksijen borçlanması ve giderilmesi



Şekil 7.2: 4 dakikalık bir maksimal egzersiz sonrası O₂ borcu ödenmesi (60,80)

2. Enerji depolarının yenilenmesi

- **Fosfojen Depolarının yenilenmesi**
 - İyi antrenmanlı bir sporcuda 10-15 saniyelik sürede ATP-PC depoları tükenir.
 - Fosfojen depolarının yenilenmesi için ihtiyaç duyulan enerjinin büyük bölümü oksijen sisteminden karşılanır.
 - Egzersizde tüketilen fosfojen ne kadar fazla ise toparlanmak için oksijene ihtiyaç o kadar fazla olur.
 - Fosfojen depolarının ilk 30 saniyesinde %70'i, 3-5 dakika içerisinde ise %100'ü tamamlanır.

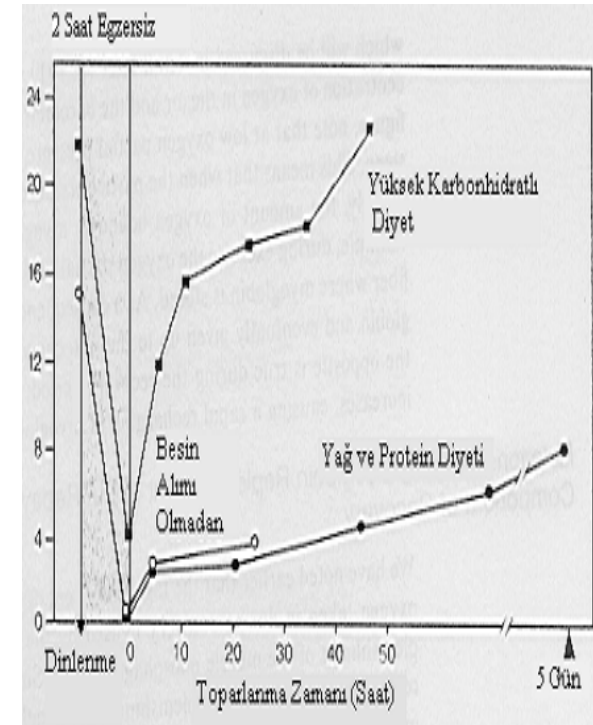


Şekil 4-3. Aralıklı egzersizler sırasında fosfojen tüketimi ve yenilenmesi. Bu bisiklet egzersizi sırasında egzersiz süresi 30 sn, dinlenme süresi ise 60 sn olarak alınmıştır (1).

2. Enerji depolarının yenilenmesi

- **Glikojen Depolarının Yenilenmesi**

- **Kas glikojeni**, kasın dayanıklılığı ve performansı açısından çok önemlidir.
- Kaslarında yüksek yoğunlukta glikojen bulunan sporcular maksimal egzersizlere 4 saat dayanabildikleri hâlde, kas glikojeni düşük seviyedeki sporcular **1,5** saat gibi bir dayanıklılık gösterirler.



2. Enerji depolarının yenilenmesi

- **Glikojen Depolarının Yenilenmesi**

- Egzersizin tipine,
- Toparlanma döneminde tüketilen karbonhidrat miktarına,
- Düşük şiddetteki uzun süreli egzersizlere,
- Aralıklı, yüksek şiddette, kısa süreli egzersizlere bağlı olarak değişir.



2. Enerji depolarının yenilenmesi

- **Glikojen Depolarının Yenilenmesi**
 - **Kısa süreli şiddetli egzersizlerde 30 dakika ile 2 saat arasında karbonhidrat tüketimi olmasa bile önemli miktarda kas glikojeni yenilenir.**
 - ilk 4 saatte%39
 - ilk 5 saatte%53
 - 24 saatte%100 kas glikojeni yenilenir.



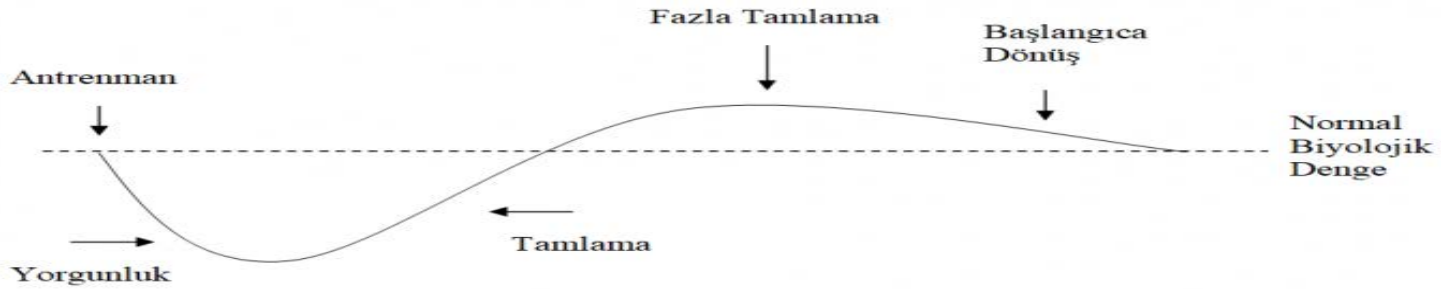
2. Enerji depolarının yenilenmesi

- **Glikojen Depolarının Yenilenmesi**
 - **Uzun süreli sürekli devam eden egzersizlerde** glikojen depolarının yenilenmesi günler sürebilir.
 - İlk 1-2 saatte önemsiz bir miktar kas glikojeni yenilenir.
 - Yüksek karbonhidrat diyeti ile 48 saatte yenilenir.
 - Karbonhidrat diyeti yapmayan sporcularda kas glikojen yenilenmesi 5 günden fazla sürer.
 - Egzersizi takiben yüksek karbonhidrat diyeti alınırsa glikojen depolarının % 60'ı ilk 10 saatte yenilenir.
 - Karaciğerin glikojen depoları, yüksek karbonhidrat diyeti ile 24 saatlik sürede dolar.



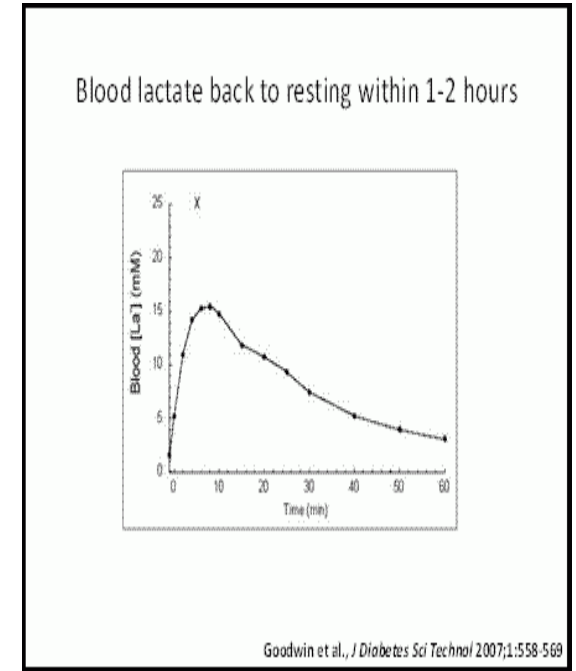
Süper kompensasyon (Fazla tamlama)

- Bir fiziksel aktivite sırasında insan organizması içindeki çeşitli maddeler kullanılmaya bağlı olarak eksilir.
- Jakowlew'e göre fiziksel aktivite sırasında oluşan bu eksilmenin aktivite ardından tamamlanması eksilenden daha fazla olmaktadır.



3. Laktik Asidin Uzaklaştırılması

- Anaerobik glikoliz devrede olduğunda ortaya çıkan laktik asidin artması sonucu yorgunluk meydana gelir.
- Egzersiz sonrası laktik asidin uzaklaştırılması için enerji gerekmektedir. Bu enerji daha çok oksijen sistemiyle sağlanmaktadır.
- Maksimal bir egzersiz sonrasında laktik asidin % 50'sinin uzaklaştırılması için 25 dakikalık dinlenme-toparlanma periyoduna ihtiyaç vardır.
- Ayrıca laktik asidin % 95'i 1 saat 15 dakikalık bir sürede uzaklaştırılır.

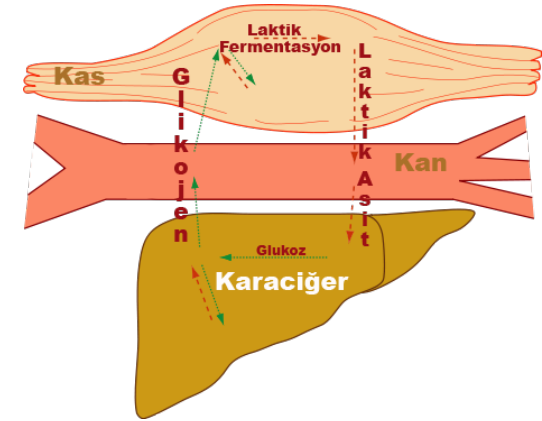


3. Laktik Asidin Uzaklaştırılması

- Egzersiz sonrası yapılan toparlanma aktif ve pasif dinlenme şeklinde olabilir.

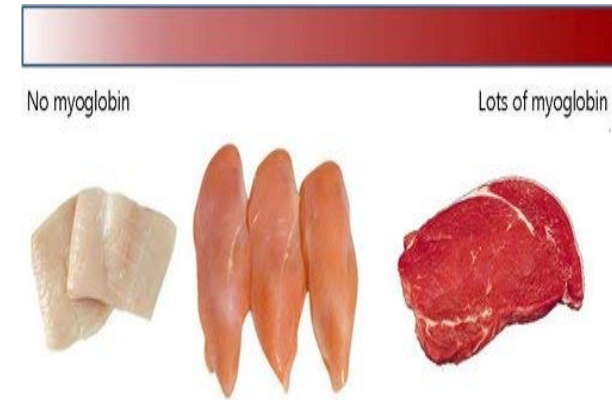
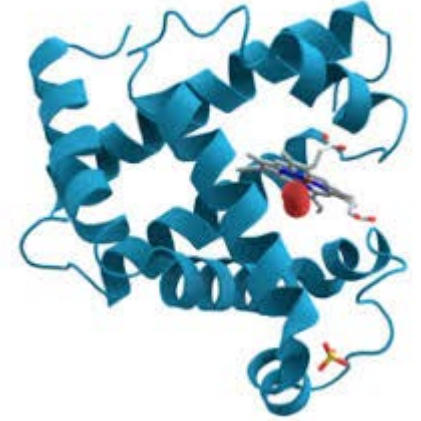
– Uzaklaştırılan laktik asit :

- Ter ve idrarla atılır.
- Glikoz ve glikojene çevrilir.
- Proteine dönüşür.
- Oksidasyona uğrar (Oksijen varlığında pirüvik aside dönüşüp tekrar enerjiye dönüşür.).



4. Oksijen, Miyoglobin Mepolarının Yenilenmesi

- **Miyoglobin**, egzersizin başında henüz solunum ve dolaşım sistemi devreye girmeden önce dokuya oksijen sağlaması nedeniyle önem taşır.
- Antrenmanlarla miyoglobin miktarı artırılarak sporcunun oksijen depolama yeteneği de artırılmış olur.



Toparlanma süreci ve gerekli süreler

Toparlanma İşlemi		En Az Süre	En Çok Süre
Fosfojen sistemde oksijen borcu ödenmesi		3 dk.	5 dk.
Fosfojen yenilenmesi		30 sn. - 3 dk.	3 dk.
Miyogloblin depolarının yenilenmesi		1 dk.	2 dk.
Laktik asit sisteminde oksijen borcunun ödenmesi		39 dk.	1 saat
Kas glikojeninin tamamlanması	Kısa süreli egzersiz sonrası	5 saat	24 saat
	Uzun süreli egzersiz sonrası	10 saat	48 saat
Kas ve kandan laktik asidin uzaklaştırılması	Salt toparlanma ile	1 saat	2 saat
	Aktif toparlanma ile	30 dk.	1 saat

Özet

- **Enerji** iş yapabilme veya ortaya koyabilme yeteneğidir.
- Enerji birimi olarak joule (j) ve **kalori** (cal) kullanılmaktadır.
 - 1 kalori 1 gram ağırlığındaki suyun sıcaklığını bir santigrat derece yükseltmek için gerekli ısı miktarıdır.
 - 1000 kalori (cal) = 1 Kilokalori (Kcal)
- “İş” bir kilogram ağırlığındaki yükün yer çekimine karşı 1 m yükseğe kaldırılması olarak tanımlanmaktadır.
- İş = Kuvvet x Kuvvet yönünde uygulanan mesafe = kg m veya kalori olarak belirleyebiliriz

Özet

- **Enerji sistemleri**
 - Fiziksel aktiviteler için özellikle 3 metabolik sistem önemlidir.
 - Fosfojen (ATP-PC) sistem
 - Anaerobik Glikoliz - Laktik Asit
 - Aerobik sistemlerdir.

Özet

– Adenozin Trifosfat (ATP)

- ATP depoları sınırlı iş yapmaya olanak vermektedir.
- Bu sebeple sürekli olarak yeniden sentezlenmelidirler.
- Bunun için iki yol kullanılır
 - **Anaerobik yol (oksijensiz)**
 - Oksijen varlığına ihtiyaç yok
 - **Aerobik yol (oksijenli)**
 - Oksijen varlığı şart

Özet

– Anaerobik enerji metabolizması

- **ATP-PC (Fosfojen Sistem)**

- Bu sistemde kasta depo halde bulunan creatin fosfat (CP) depoları kullanılır. Sınırlı miktarda (0,3-0,5 mol) bulunan bu depolarla 8-10 sn. kadar süren aktivitelerde yeterli enerjiyi sağlamaktadır.

- **Laktik Asit Sistemi (Anaerobik Glikoliz)**

- **Net 2 ATP** sentezlenir
- Eğer glikozun pirüvata yıkımından sonra ortamda oksijen bulunmuyorsa **pirüvat laktik aside** çevrilerek kasta birikir.

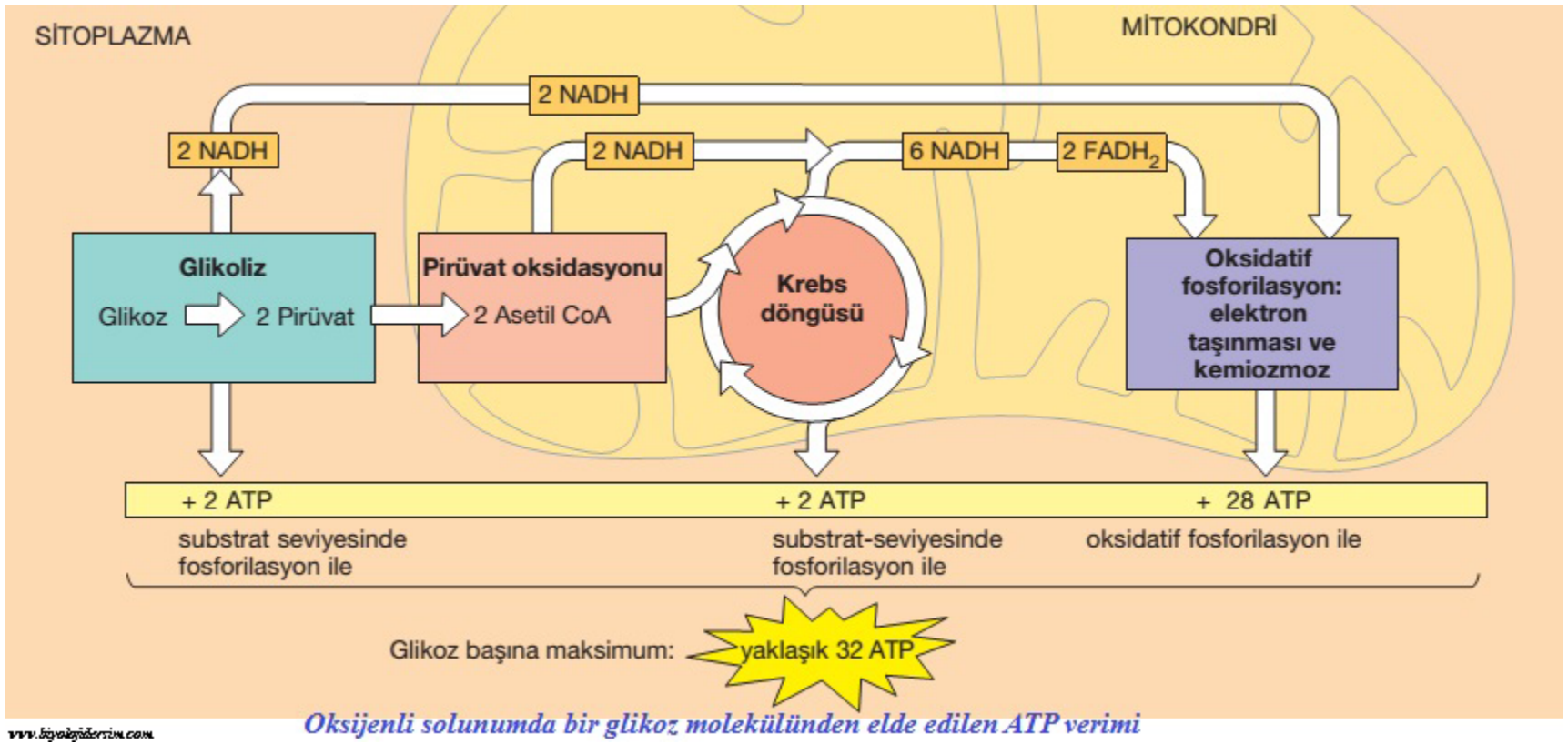
Özet

- **Laktik Asit Sisteminin özellikleri**
 - Anaerobik glikozda üretilen ATP miktarı, aerobik yola oranla **% 5**'tir.
 - Ama anaerobik metabolizmada aerobik metabolizmadan **2,5 kat** daha hızlı ATP üretilir.
 - 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.

Özet

- **Aerobik enerji sistemi**
 - Ortamda O_2 varlığında gerçekleşir.
 - Aerobik enerji sisteminde ATP'nin yeniden sentezi 3 aşamada gerçekleşmektedir.
 - Glikoliz reaksiyonu (sitoplazmada)
 - Krebs reaksiyonları (mitokondrinin matriks sıvısında)
 - Pirüvat Oksidasyonu (Mitokondrinin matriks sıvısında)
 - Citrik asit döngüsü
 - E.T.S. (Elektron Taşıma Sistemi) reaksiyonları (mitokondrinin krista zarında)

Özet



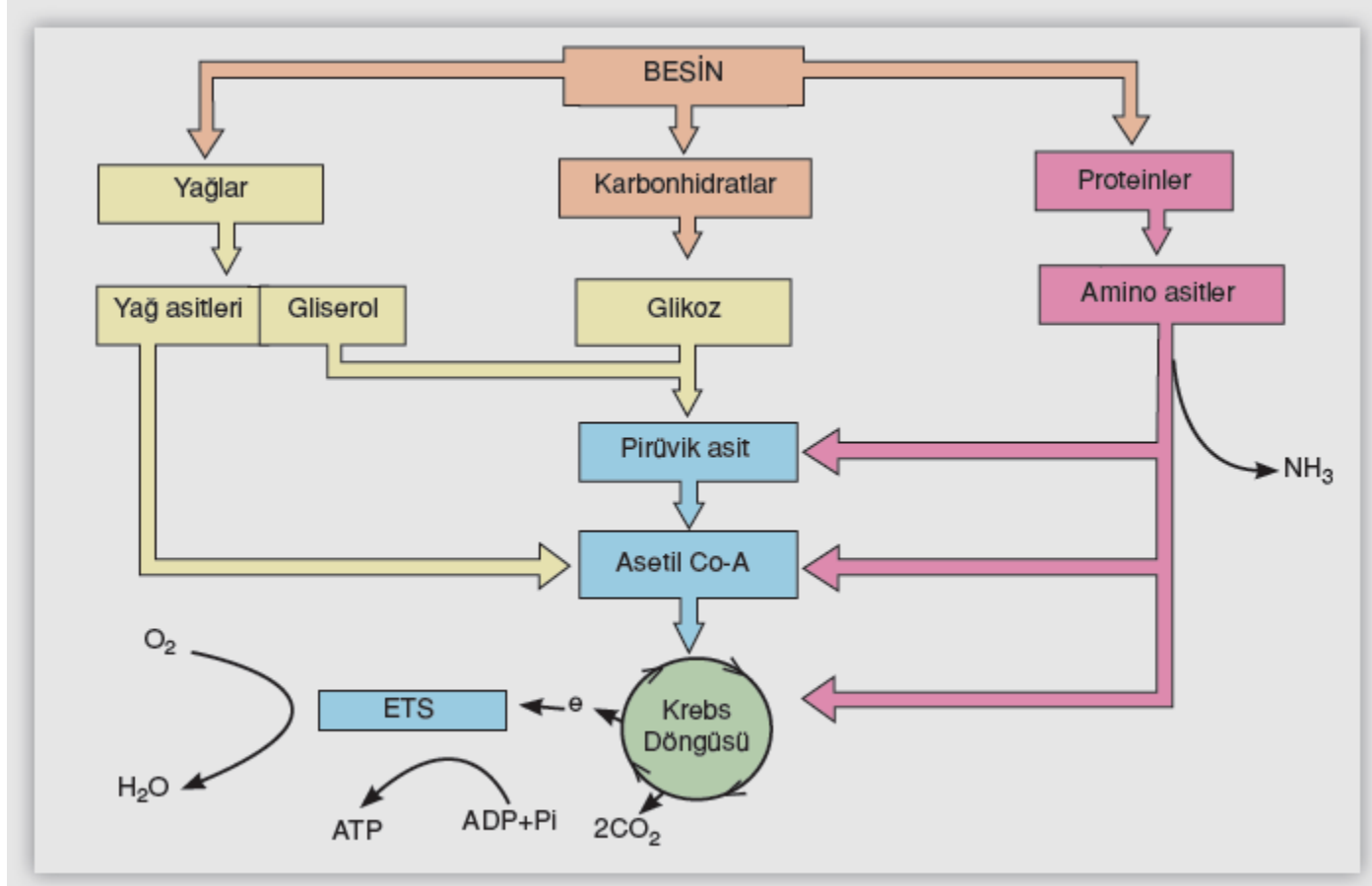
Özet

- **Yağlardan enerji elde edilmesi**
 - **Trigliseritler** 3 adet yağ asidi ve bir gliserolün birleşmesinden oluşturulur.
 - Trigliseritler kana geçmeden önce gliserol ve 3 serbest yağ asidine ayrıştırılır. Bu olaya lipoliz denir ve sonuçta 3 serbest yağ asidi ve bir gliserol dolaşıma verilir.
 - Gliserol glikoliz reaksiyonuna girer ve pürivik asite kadar yıkılır. 1 mol gliserolün tam yıkılımı ile **19 mol ATP** sentezlenir.
 - 3 adet serbest yağ asidi ise **mitokondride beta oksidasyonu** ile enerji sentezi amacıyla kullanılır.
 - 1 mol trigliseritten toplam net 457 mol ATP sentezlenir.
 - 1 mol ATP üretmek için glukoz kullanıldığında 3.5 litre O₂ kullanılır
 - 1 mol ATP üretmek için yağ asidi kullanıldığında 4 litre O₂ kullanılır

Özet

- **Proteinlerden enerji elde edilmesi**
 - Proteinler uzamış ve şiddetli egzersizlerde enerji kaynağı olarak kullanılırlar.
 - Proteinlerin enerji elde etmek için enerji yollarına girebilecek hale getirilmeleri gerekir.
 - Bunun için aminoasit molekülünden nitrojen (amonyak) ayrılmalıdır.
 - Bunun yapıldığı başlıca organ karaciğerdir ve bu işlemin adı da **deaminasyondur**.
 - Fakat kasta da bu iş yapılabilir, buna da **transaminasyon** denir.
 - Proteinler amino asitlerine ayrıldıktan sonra taşıdıkları karbon (C) sayılarına göre enerji sentezlemek için ilgili aşamaya dahil olur

Özet



Özet

Enerji Sistemi	ATP-CP (Fosfojen) Sistemi	Laktik Asit (Anaerobik Glikoliz) Sistemi	Oksijen (Aerobik) Sistemi
Oksijen gereksinimi	Anaerobik	Anaerobik	Aerobik
ATP üretim hızı	Çok hızlı	Hızlı	Yavaş
Enerji Üretimi Kaynağı	Depolanmış ATP ve CP	Karbonhidrat (glikojen veya glukoz)	Karbonhidrat (glikojen ve glukoz) ve yağlar (trigliseritler)
ATP üretme kapasitesi	Çok sınırlı	Sınırlı	Sınırsız
Kullanıldığı egzersiz türleri	Çok şiddetli, kısa süreli ve patlayıcı kuvvet gerektiren hareketler (örneğin; sürat koşuları, atlamalar ve atmalar)	1-3 dakika kadar süren şiddetli aktiviteler	Dayanıklılık gerektiren egzersizler
Diğer özellikler	Kaslarda depolanmış olan ATP ve CP kaynakları çok sınırlıdır ve bu nedenle çok kısa süreli enerji sağlayabilir.	Sonuçta laktik asit birikimi olur ve bu da yorgunluğa neden olur.	Yağları enerji kaynağı olarak kullanabilmek için O_2 kullanım kapasitesinin oldukça gelişmiş olması gerekir.

Özet

- Fiziksel Aktivitelerin Enerji Yolları

Plan	Performans süresi	Temel Enerji Sistemi	Aktivite Örneği
1	30 sn den kısa	ATP-PC	Gülle atma, 100 m koşu, yüksek atlama, vb.
2	30 - 90 sn	ATP-PC ve Laktik asit	200-400 m koşu, 100 m yüzme, buz pateni
3	90-180 sn	Laktik asit ve O ₂	800 m koşu, Boks, Güreş, Jimnastik
4	180 sn'den uzun	O ₂	Kros, Takım Oyunları, Maraton, Mesafe, Yüzme vb.

Özet

- **Egzersiz sonrası toparlanma**
 - **Toparlanma 4 başlık altında incelenebilir**
 - Oksijen borçlanması giderilmesi,
 - Enerji kaynaklarının yenilenmesi,
 - Kan ve kastan laktik asidin uzaklaştırılması,
 - Oksijen kaynaklarının yenilenmesidir.

Özet

- **Oksijen borçlanması giderilmesi**
 - **O2 borcu**: Egzersizden sonra bütün metabolik sistemleri tamamen normale döndürmek için, fazladan gereken oksijen miktarıdır.
 - **Hızlı (alaktasit) evre**;
 - Fazla oksijen tüketiminin gerçekleştiği ilk birkaç dakikalık dönemdir.
 - Oksijen borçlanmasının alaktasit bölümü kas fosfojenlerinin tekrar doldurulmasında kullanılan enerji için gerekli olan oksijeni sağlar.
 - **Yavaş (Laktasit) evre**;
 - Egzersiz sırasında kaslarda ve kanda biriken laktik asitin uzaklaştırılması için gerekli enerji ile ilgilidir.
 - La asidin uzaklaştırılması 1 saat ya da daha uzun sürer

Özet

- **2. Enerji depolarının yenilenmesi**
 - **Fosfojen Depolarının yenilenmesi**
 - İyi antrenmanlı bir sporcuda 10-15 saniyelik sürede ATP-PC depoları tükenir.
 - Fosfojen depolarının ilk 30 saniyesinde %70'i, 3-5 dakika içerisinde ise %100'ü tamamlanır.
 - **Glikojen Depolarının Yenilenmesi**
 - **Kas glikojeni**, kasın dayanıklılığı ve performansı açısından çok önemlidir.
 - Kaslarında yüksek yoğunlukta glikojen bulunan sporcular maksimal egzersizlere 4 saat dayanabildikleri hâlde, kas glikojeni düşük seviyedeki sporcular **1,5** saat gibi bir dayanıklılık gösterirler.
 - **Glikojen Depolarının Yenilenmesi**
 - **Kısa süreli şiddetli egzersizlerde** 30 dakika ile 2 saat arasında karbonhidrat tüketimi olmasa bile önemli miktarda kas glikojeni yenilenir.
 - » İlk 4 saatte%39
 - » İlk 5 saatte%53
 - » 24 saatte%100 kas glikojeni yenilenir.
 - **Uzun süreli sürekli devam eden egzersizlerde** glikojen depolarının yenilenmesi günler sürebilir.
 - » İlk 1-2 saatte önemsiz bir miktar kas glikojeni yenilenir.
 - » Yüksek karbonhidrat diyeti ile 48 saatte yenilenir.

Özet

- **3.Laktik Asidin Uzaklaştırılması**

- Maksimal bir egzersiz sonrasında laktik asidin % 50'sinin uzaklaştırılması için 25 dakikalık dinlenme-toparlanma periyoduna ihtiyaç vardır.
- Ayrıca laktik asidin % 95'i 1 saat 15 dakikalık bir sürede uzaklaştırılır.
- Egzersiz sonrası yapılan toparlanma aktif ve pasif dinlenme şeklinde olabilir.
 - **Uzaklaştırılan laktik asit :**
 - Ter ve idrarla atılır.
 - Glikoz ve glikojene çevrilir.
 - Proteine dönüşür.
 - Oksidasyona uğrar (Oksijen varlığında pirüvik aside dönüşüp tekrar enerjiye dönüşür.).

Özet

- **4. Oksijen, Miyogloblin Mepolarının Yenilenmesi**
 - Miyogloblin, egzersizin başında henüz solunum ve dolaşım sistemi devreye girmeden önce dokuya oksijen sağlaması nedeniyle önem taşır.
 - Antrenmanlarla miyogloblin miktarı artırılarak sporcunun oksijen depolama yeteneği de artırılmış olur.

Özet

Toparlanma süreci ve gerekli süreler

Toparlanma İşlemi		En Az Süre	En Çok Süre
Fosfojen sistemde oksijen borcu ödenmesi		3 dk.	5 dk.
Fosfojen yenilenmesi		30 sn. - 3 dk.	3 dk.
Miyoglobin depolarının yenilenmesi		1 dk.	2 dk.
Laktik asit sisteminde oksijen borcunun ödenmesi		39 dk.	1 saat
Kas glikojeninin tamamlanması	Kısa süreli egzersiz sonrası	5 saat	24 saat
	Uzun süreli egzersiz sonrası	10 saat	48 saat
Kas ve kandan laktik asidin uzaklaştırılması	Salt toparlanma ile	1 saat	2 saat
	Aktif toparlanma ile	30 dk.	1 saat

Fedakarlık karşılıklı olana denir.
Biri feda ederken diğeri kar ediyorsa
ona ticaret denir.



Dinlediğiniz için teşekkürler...