

ENERJİ KAYNAKLARI-ENERJİ SİSTEMLERİ

PROF.DR.MİTAT KOZ

Enerji –Energy(E)

- Yaşamın devamı için gerekli ön koşul
- Gözle görülebilen mekanik iş ve vücut ısısının kombinasyonu olarak ortaya çıkar.
- İnsan vücudu toplam enerjisinin % 60-70 ini ısıya çevirirken geriye kalanı kas aktivitesi ve hücresel reaksiyonlar için kullanılır
- Enerji ölçülen toplam iş miktarından, veya hesaplanan iş miktarından tahmini olarak bulunabilir.

Enerji

- Enerji çeşitli formlarda ortaya çıkabilir;
 - Kimyasal
 - Elektrik
 - Elektromanyetik
 - Isı
 - Mekanik
 - Nükleer
- Termodinamik kanunlarına göre bütün enerji formları birbirine dönüşebilir.

Potansiyel enerji

Kinetik enerji

- Potansiyel enerji, enerjinin yapısı veya pozisyonuyla ilişkili enerjidir.
- Kinetik enerji ise hareket halindeki enerjidir.
- Potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüştüğü zaman ölçülebilir.

Potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüşür.....

- Bütün potansiyel enerjiler eninde sonunda kinetik veya ısı enerjisine dönüşürler.
- Yaşayan organizmalarda enerjinin bu şekli daha sonra kullanılan yeni bileşiklerin yapısında saklanır.

Fizyolojide Enerji ölçüm birimleri

- Kalori
- MET(metabolik eşdeğer)

1 Kalori Nedir ?

Kalori besin ve fiziksel aktivitenin her ikisi içinde enerji ölçüm birimidir.

Tanım:

1 kalori 1 Kg suyun ısısını 1 derece yükseltmek için gerekli olan ısı miktarıdır.

Kalori = kilokalori = kcal



=

Dinlenim enerji
tüketimi
(1.25 kcal/dk)

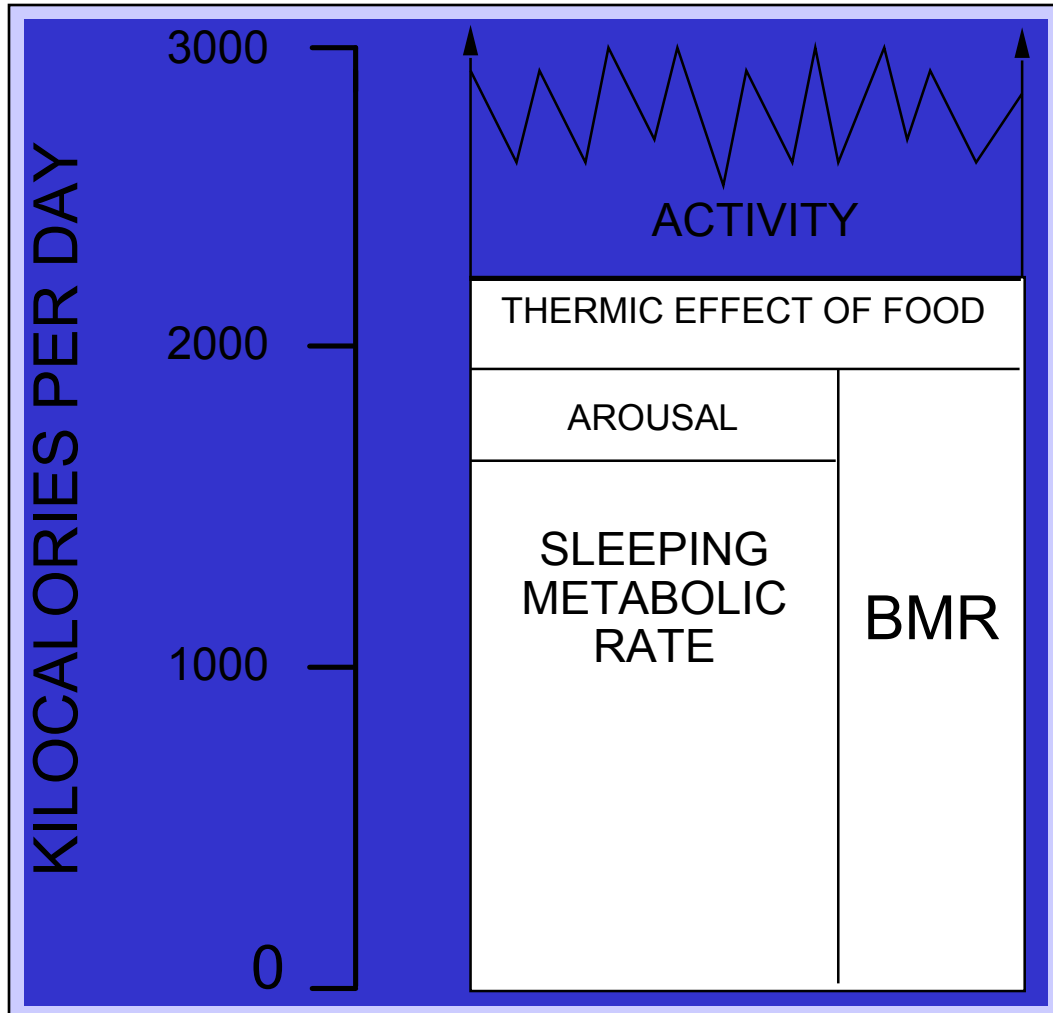
veya

Dinlenim
Oksijen Tüket
(250 ml/dk)

MET enerji tüketim hızının iş seviyesine veya aktivite düzeyine göre kategorize edilerek ifade edilmesidir.

- Günlük ihtiyaç duyulan enerji miktarı ne kadardır ?
- Bazal metabolizma nedir ? Ne kadardır ?

Günlük enerji tüketiminin evreleri



Bazal Metabolik Hız

Cinsiyet

Metabolik deęişiklikler

Yaş

% yağ
ve kas

Boy,
Kilo

Vücut
Yüzey alanı

Yaklaşık BMH (20 - 40 yaşlar):

kadın = 35 kcal/m²/saat
erkek = 38 kcal/m²/saat

Total Daily Energy Expenditure

Thermic effect of feeding
(Food intake; cold stress;
thermogenic drugs)

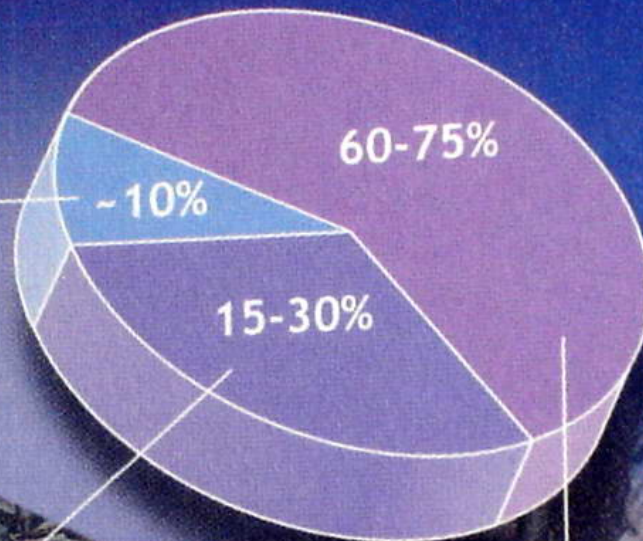
- Obligatory thermogenesis
- Facultative thermogenesis

**Thermic effect
of physical activity**
(Duration and intensity)

- In occupation
- In home
- In sport and recreation

Resting metabolic rate
(Fat-free body mass;
Gender; thyroid hormones;
protein turnover)

- Sleeping metabolism
- Basal metabolism
- Arousal metabolism



Enerji kaynakları

- Karbonhidratlar
- Yağlar
- Proteinler

Enerji Depoları (Hücre İçi)

- ATP
- CP
- Trigliserit (yağ)
- Glikojen(karbonhidrat)
- Amino asitler(protein)

Dolaşım yoluyla gelen;

- Glikoz ve amino asitler
 - (karaciğer kaynaklı)
- Serbest yağ asitleri
 - (karaciğer ve yağ dokusu kaynaklı)

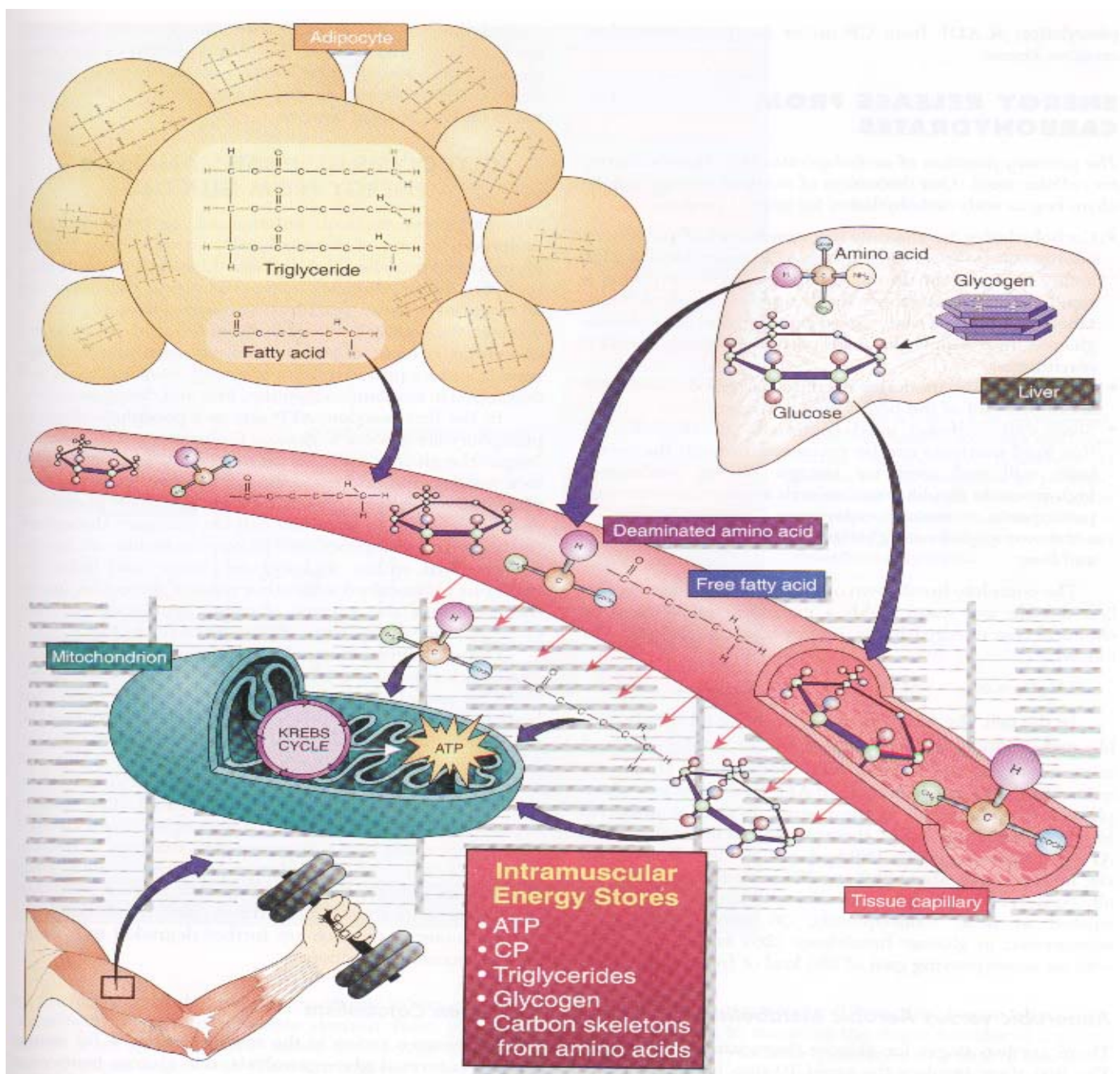


FIGURE 6.7

Basic macronutrient fuel sources that supply substrates for the regeneration of ATP. The liver is a rich source of amino acids and is the

TABLE 4–8 Fuel Content of a 70-kg Person

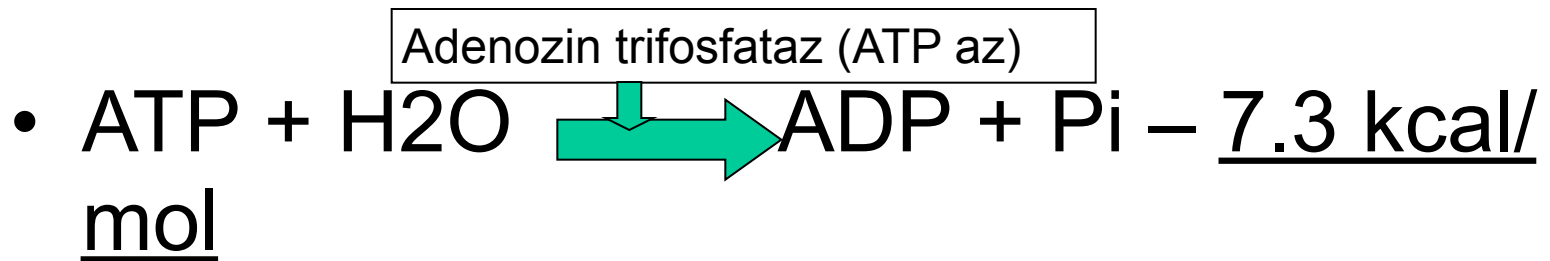
| | Total-Body Content, kg | Energy Content, kcal/g | Total-Body Energy Content | |
|------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|----|
| | | | kcal | % |
| Triacylglycerols | 15.6 | 9 | 140,000 | 78 |
| Proteins | 9.5 | 4 | 38,000 | 21 |
| Carbohydrates | 0.5 | 4 | 2,000 | 1 |

Vücuttaki Enerji Reaksiyonları

- ATP (Adenosine Tri Phosphate)
(fosfat bağındaki potansiyel enerji)
- Vücuttaki kabul edilebilir enerji birimidir,
- ATP potansiyel enerji kaynağıdır.
- (1 mol adenin + 1 mol riboz (adenozin)
+ 3 mol fosfat = ATP)

ATP (Adenosine TriPhosphate)

- ATP su ile birleştğinde;



ATP Üretimi

- Kullanılan ATP ler sürekli olarak yenilenirler-diğer potansiyel enerji kaynaklarından aktarmalar olur.
- Çünkü depo ATP nin miktarı çok azdır.
- Toplam ATP miktarı 80-100 gramdır.

ATP üretim yolları

- Anaerobik sistem
- Aerobik sistem

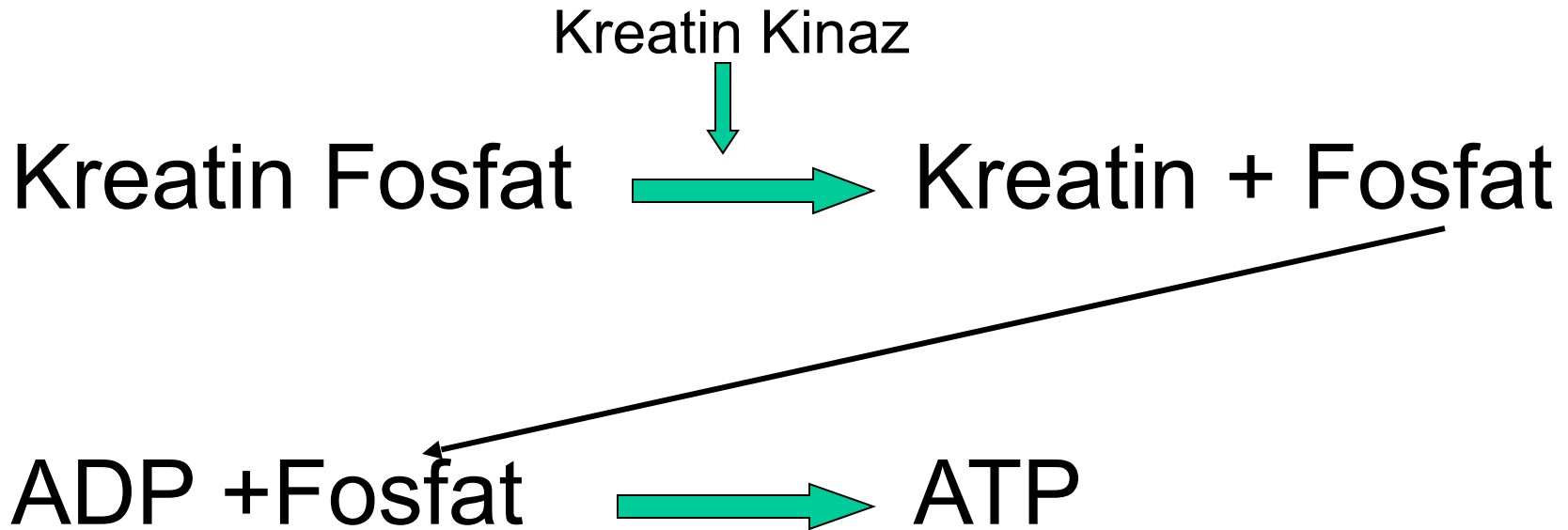
ATP üretimi

- Anaerobik;
 - ATP-CP sistemi-fosfojen sistem-Acil enerji
 - Glikolitik sistem-anaerobik glikoliz-Hızlı enerji
- Aerobik;
 - Oksidatif sistem-aerobik glikoli-Uzun süreli enerji

KREATİN FOSFAT (CREATINE PHOSPHATE)-CP

- Ana enerji kaynağı karbonhidratlar ve lipitler olmasına karşın ATP nin yeniden sentezi için gerekli enerjinin bir bölümü oksijene gerek kalmaksızın kreatin fosfat olarak adlandırılan diğer yüksek enerjili fosfat bileşiğinden gelir.
- Kreatin fosfat yüksek enerjili fosfat deposu olarak bilinir.

Kreatin fosfat tek başına enerji oluşturmaz

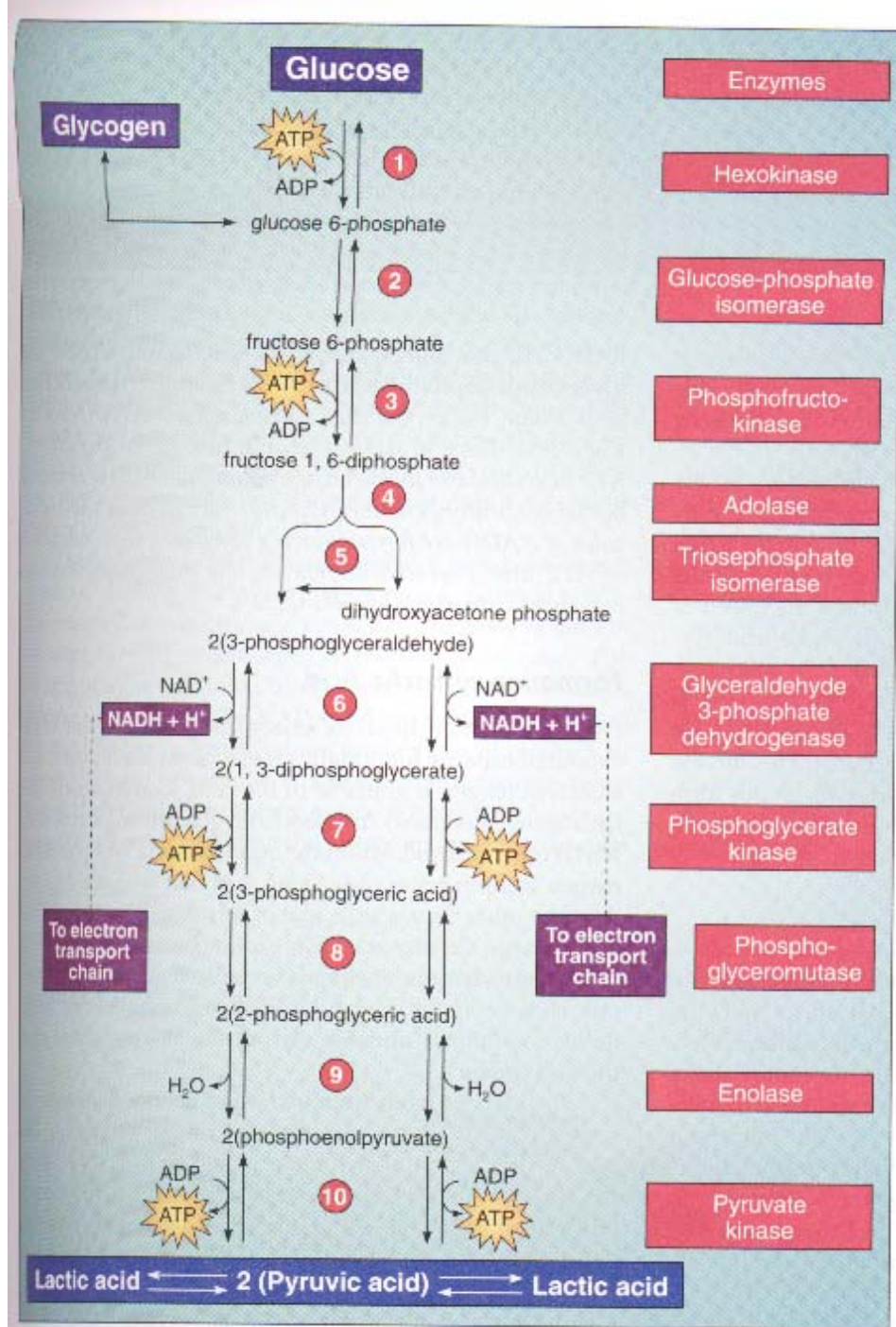


ATP üretimi

- Anaerobik;
 - ATP-CP sistemi-fosfojen sistem-Acil enerji
 - Glikolitik sistem-anaerobik glikoliz-Hızlı enerji
- Aerobik;
 - Oksidatif sistem-aerobik glikoli-Uzun süreli enerji

Glikolitik sistem

- Glikozun yıkılımıdır-glikoliz
- Glikojen-glikogenezis
- Glikojen-glikojenoliz
- Glikoz yada glikojen 10 basamaklı bir reaksiyon ile hücrenin sitoplazmasında pürivik asite kadar yıkılır. Bu olaya glikoliz denir.
- Pürivik asitte laktik asite dönüşür.
- Glikoz yıkılımında net 2 ATP
- Glikojen yıkılımında net 3 ATP kazanılır.



Laktik asit-Laktat

- Laktik asit bir asittir- $C_3H_6O_3$
- Laktat ise laktik asitin herhangi bir tuzudur.
- Laktik asit H iyonu verince N veya K iyonu ile birleşerek tuz oluşturur. Sodyum laktat
- Anaerobik glikoliz laktik asit üretir ancak bu çabucak eriyerek laktat tuzuna dönüşür.

ATP üretimi

- Anaerobik;
 - ATP-CP sistemi-fosfojen sistem-Acil enerji
 - Glikolitik sistem-anaerobik glikoliz-Hızlı enerji
- Aerobik;
 - Oksidatif sistem-aerobik glikoliz-Uzun süreli enerji

Oksidatif sistem

- En kompleks olan sistem
- Oksijen kullanılır-aerobik
 - Glikoliz
 - Krebs siklusu
 - Elektron transport zinciri

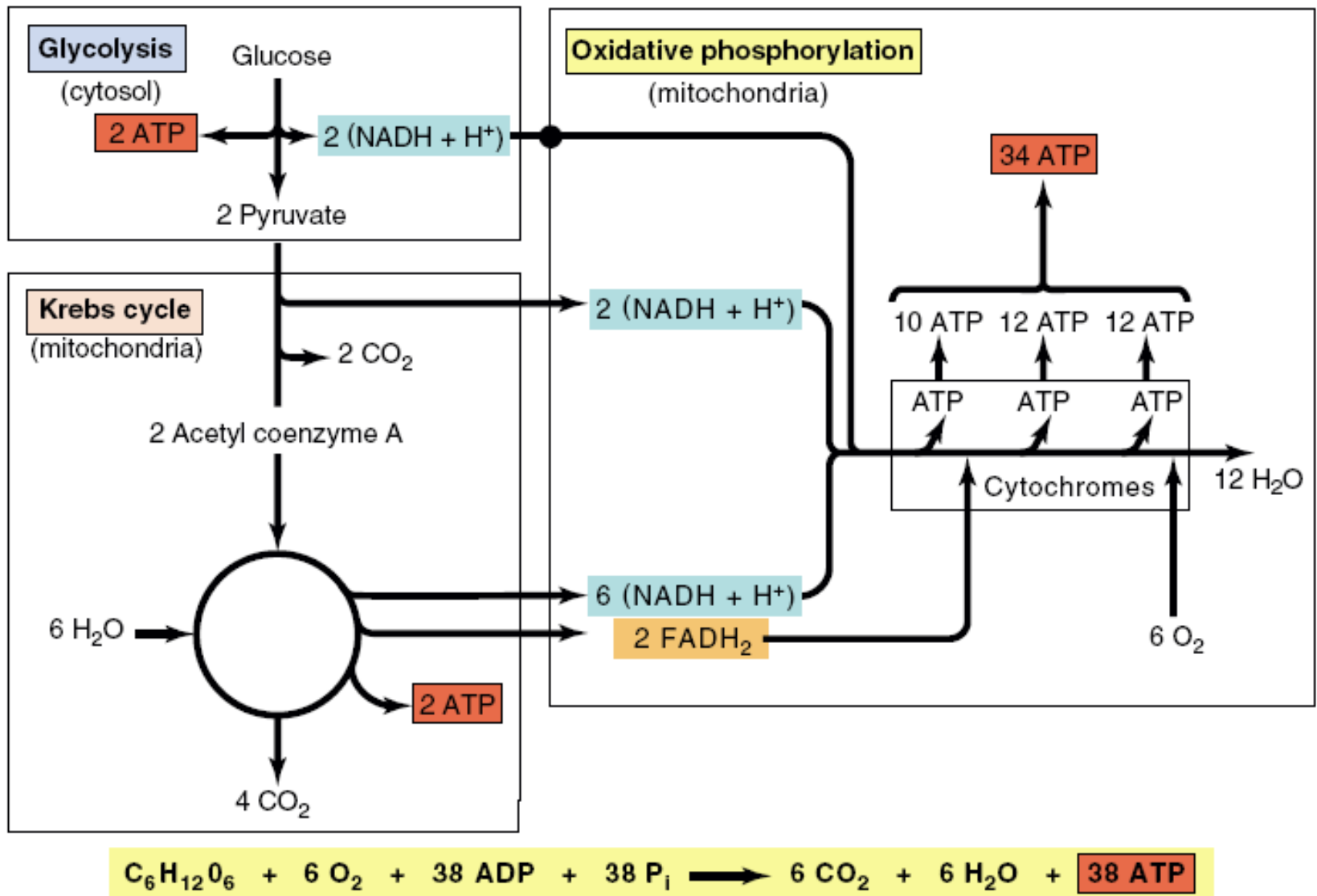


FIGURE 4-24

Pathways of aerobic glucose catabolism and their linkage to ATP formation.



Besinlerden Enerji Elde Edilmesi

- Enerjinin büyük bölümü mitokondride sentezlenir fakat küçük miktarlarda ATP hücre sitoplazmasındaki anaerobik reaksiyonlar ile de oluşturulabilir.
- Karbonhidrat türü olan glikoz ve glikojen yıkılımının ilk aşamaları sitoplazmada oluşur.

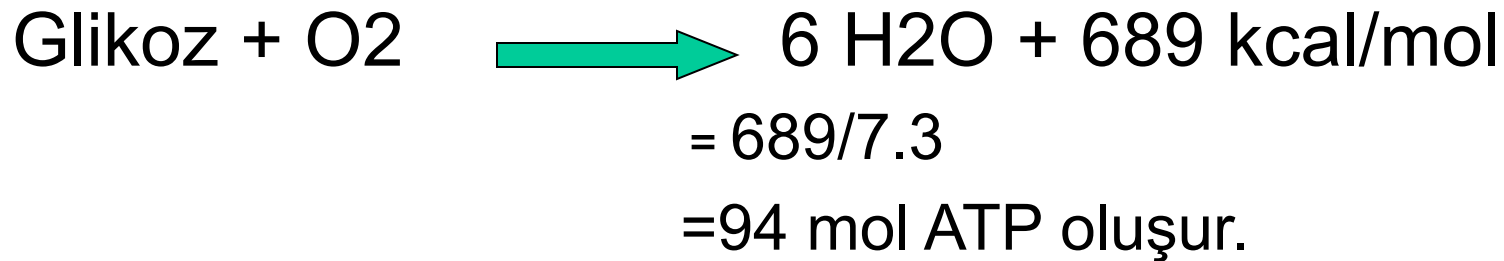
Besinlerden enerji edilmesi

- Karbonhidratlardan enerji elde edilmesi
- Yağlardan enerji elde edilmesi
- Proteinlerden enerji elde edilmesi

Karbonhidratlardan Enerji elde Edilmesi:

- Karbonhidratların birincil görevi enerji sağlamaktır ve **tek anaerobik enerji deposudurlar ve bu egzersizde çok önemlidir.**
- Hafif - orta şiddetteki egzersizlerde gereken enerjinin yaklaşık yarısı karbonhidratlardan sağlanır. Diğer yarısı nerden ?
- Karbonhidratlar yağlardan enerji elde edilmesi içinde gereklidir.
- Karbonhidratlar Glikojen olarak kas ve karaciğerde depolanır ve glikoz olarak reaksiyonlara girerler.

1 mol glikoz tam yıkılırsa;



- Fakat kasta bunun % 38 si 263 kcal si (38 mol) ATP sentezi için kullanılır.
- Geriye kalan ısıya dönüşür.

Anaerobik-Aerobik Metabolizma:

- Glikoz vücutta 2 aşamada yıkılır:
- İlk aşama 10 basamaktan oluşur sitozolde gerçekleşir ve sonuçta 2 mol ATP ve 2 mol pürivik asit sentezlenir.
- **Buna anaerobik glikoliz denir.**
- Glikoliz de fosforukinaz enzimi (PFK) önemli rol oynar çünkü bu basamaktan sonrası geri dönüşümsüzdür.
- PFK enzimi maksimal egzersizde egzersizi sınırlayıcı rol oynar.

Glikojenoliz:

- Enerji için glikojenin glikoz kaynağı olarak kullanılması.
- Glikojen kullanıldığında 2 yerine 3 mol ATP elde edilir.

Laktik Asit Oluşumu:

- Glikoliz sonucunda oluşan pürivik asit ve H iyonları (NADH) ortamdan uzaklaştırılamıyorsa (oksijen gereklidir) ikisi birleşirler ve laktik asiti oluştururlar.
- Reaksiyon Laktik dehidrogenaz LDH enzimi tarafından katalizlenir.

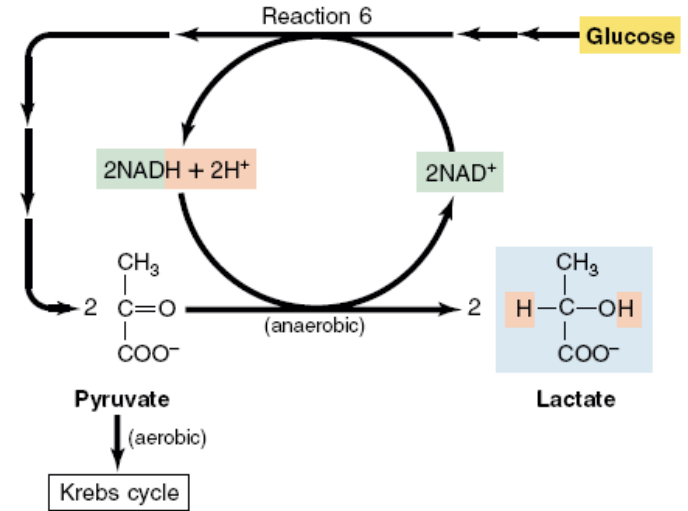
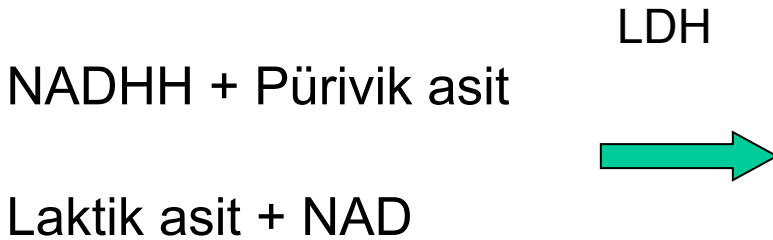


FIGURE 4-20

Under anaerobic conditions, the coenzyme NAD^+ utilized in the glycolytic reaction 6 (see Figure 4-19) is regenerated when it transfers its hydrogen atoms to pyruvate during the formation of lactate.


Laktik Asitin uzaklaştırılması

- Bu reaksiyonda geri dönüşü olan bir reaksiyondur.
- Laktik asit birikmesi ortamı asitleştirir ve reaksiyonları limitler.
- Laktik asit aynı zamanda potansiyel enerji kaynağıdır ve karaciğere taşınarak Cori siklusu adı verilen reaksiyonlar ile tekrar enerji için kullanılır.

Krebs Siklusu=sitrik asit siklusu= trikarboksilik asit siklusu:

- Karbonhidrat yıkılımının ikinci aşaması Krebs Siklusu adını alır.
- Mitokondride gerçekleşir .
- Krebs siklusunda temel amaç asetil-CoA yı karbondioksit ve hidrojen atomlarına ayırmaktır.
- Krebs siklusu pürivik asitin asetil CoA ya dönüşmesi ile başlar.
- Asetil CoA mitokondriye girebilen bir maddedir.

Krebs Siklusu=sitrik asit siklusu= trikarboksilik asit siklusu:

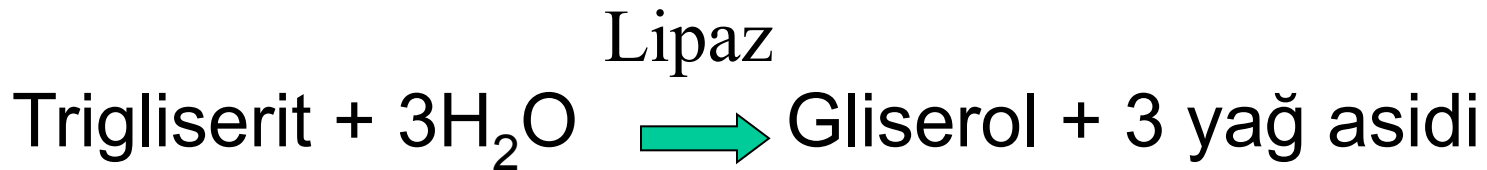
- Pürivik asit + NAD + CoA(Vit B₁₂ derivesi)
Asetil CoA+ CO₂+ NADH+H
-  Siklusun en önemli görevi H atomları oluşturmaktır.
- Glikozun iskelet kasında bu şekilde yıkılışında 36 mol ATP oluşur.

Lipitlerden Enerji Elde Edilmesi

- Lipitler vücudun en büyük enerji deposudurlar.
- Lipitlerin toplam enerji kapasitesi 90.000-110.000 kcal dir
- Karbonhidratların ise 2000 kcal dir.
- Lipit Kaynakları:
 - Hücrede depolanan (özellikle kırmızı kaslarda) trigliseritler.
 - Lipoprotein kompleksleri olarak dolaşımda bulunan lipoproteinler(LDL, HDL, VLDL)
 - Yağ dokusundaki trigliseritlerden dolaşıma geçen serbest yağ asitleri

Lipitlerden Enerji Elde Edilmesi

- Trigliseritler enerji elde etme yoluna girmeden önce hücre içinde (yağ dokusundaki yağ hücreleri);



- Şeklinde yıkılıma uğramalıdır.

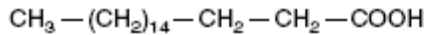
Adipositler:

- Lipitlerin depolandıkları ve gerektiğinde buradan salındıkları bölgelerdir.
- Adipositlerden kopup dolaşıma giren serbest yağ asidi (FFA) plazmada albumin adı verilen taşıyıcı proteine bağlanır, daha sonra dolaşımdan aktif dokular tarafından alınır ve enerji için kullanılır.
- Lipit kullanımı dokunun kan dolaşımına bağlıdır. Dolaşım iyiye daha fazla lipit kullanılabilir.

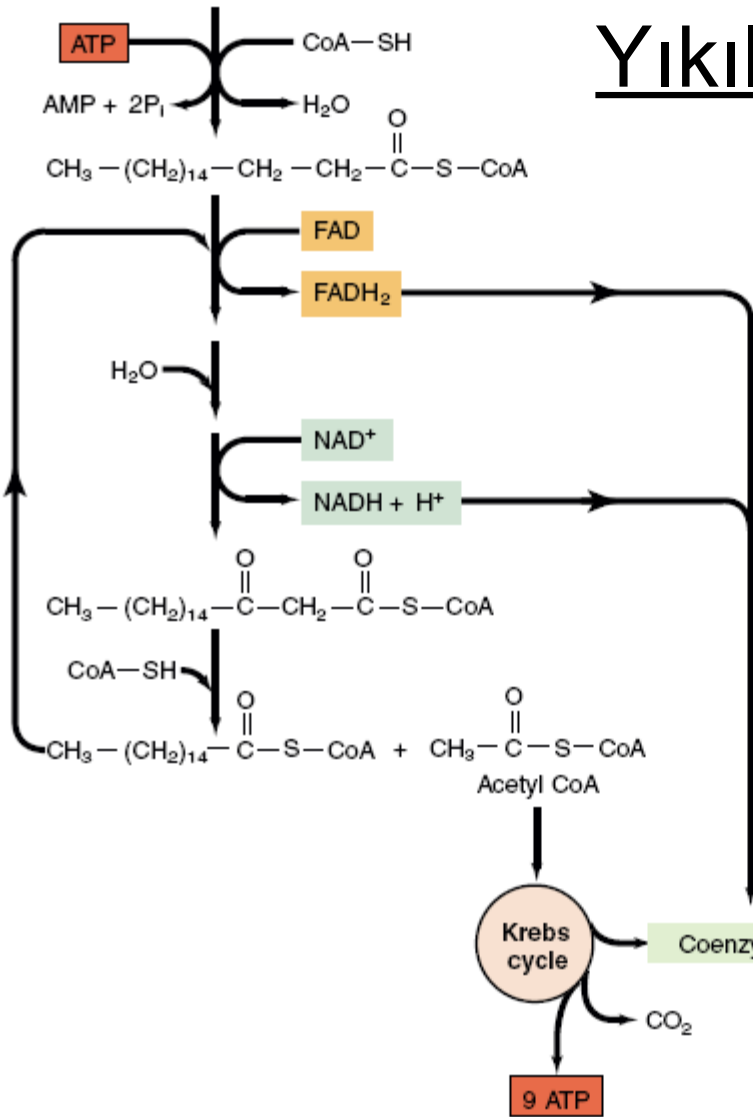
- Dolaşımda trigliserit taşıyan lipoprotein kompleksleri de enerji için lipit sağlarlar.
- Bu trigliseritlerin hidrolizi Lipoprotein Lipaz (LPL) tarafından katalizlenir.

Lipolizi hangi hormonlar hızlandırır ?

- Lipoliz ve sonuçta da FFA mobilizasyonu norepinefrin, epinefrin glukagon ve büyüme hormonu tarafından hızlandırılır.
- Egzersizde bu hormonların kan değerleri artar.



C₁₈ Fatty acid



Gliserol ve Yağ Asitlerinin Yıkılımı= Enerji Elde Edilmesi:

- Gliserol glikoliz reaksiyonuna girer ve pürüvik asite kadar yıkılır.
- 1 mol gliserolün tam yıkılımı ile 19 mol ATP sentezlenir.
- Yağ asitlerinin yıkılımı mitokondride beta oksidasyon adı verilen reaksiyon ile devam eder.
- Oluşan koenzim A asetil fragmanı ile birleşerek Asetil CoA oluşur.
- Asetil CoA krebs siklusuna girer.
- Yağ asitlerinin yıkılımı için mutlaka Oksijene gereksinim vardır. oksijen olmazsa yıkılım durur.

FIGURE 4-27

Pathway of fatty acid catabolism, which takes place in the mitochondria. The energy equivalent of two ATP is consumed at the start of the pathway.

Gliserol ve Yağ Asitlerinin Yıkılımı= Enerji Elde Edilmesi:

- Oluşan ATP miktarı;
- 18 karbonlu 1 mol yağ asiti yıkıldığında 146 mol ATP oluşur.
- Herbir trigliserit 3 mol yağ asidi içerdiği için $146 \times 3 = 438$ mol ATP
- 19 mol ATP de gliserol yıkılımından gelir.
- Böylece 1 mol trigliserit ten toplam net 457 mol ATP sentezlenir.

Yağ Kullanımı Neye Bağlıdır ?

- Enerji için yağ kullanımı % 30-80 arasında değişir ve şu faktörlere bağlıdır:
- Antrenman düzeyi
- Fiziksel aktivitenin süresi ve şiddeti

Enerji için protein kullanımı:

- Proteinler uzamış ve şiddetli egzersizlerde enerji kaynağı olarak kullanılırlar.
- Proteinlerin enerji elde etmek için enerji yollarına girebilecek hale getirilmeleri gerekir.
- Bunun için amino asit molekülünden nitrojen ayrılmalıdır.
- Bunun yapıldığı başlıca organ karaciğerdir ve bu işlemin adı da deaminasyondur.
- Fakat kasta da bu iş yapılabilir, buna da transaminasyon denir.

Enerji için protein kullanımı:

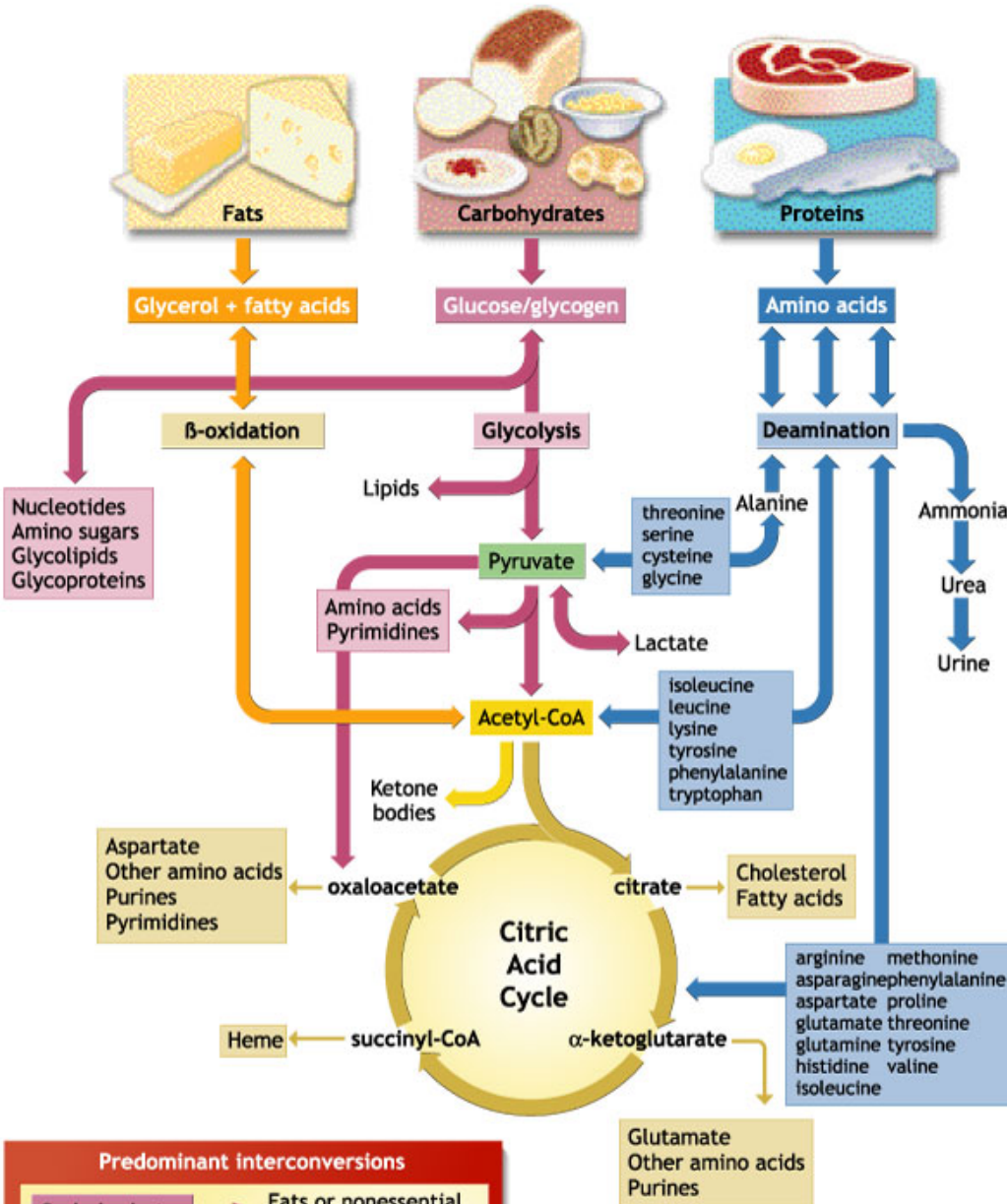
- Amino asitten amino grubu ayrıldıktan sonra geriye kalan karbon iskeleti krebs siklusuna girer ve ATP oluşumuna katılır.
- Amino asitler enerji için kullanıldığında nitrojen içeren amino grubunun vücuttan uzaklaştırılması gerekir.
- Bu ancak suda eriyerek idrar yoluyla mümkün olur ve bu nedenle proteinlerin kullanılması vücut su kaybını artırır.

Ortak Yol:

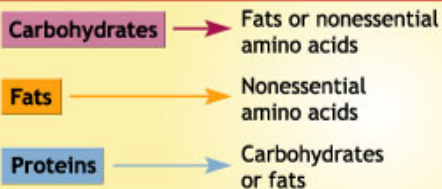
Karbonhidrat-Protein-Lipit Metabolizması arasındaki ilişki

- Ortak yol olarak en önemli rol krebs siklusunundur.
- Krebs siklusu enerji elde edilmesindeki önemi yanında büyüme ve hayatın devamı için biyolojik besin elemanlarının sentezlenmesinde gerekli olan ara ürünleri sağlar.
- Bu ürünler mitokondriyi geçerek sitoplazmaya girerler.
- Örneğin asetil CoA'nın kolesterol ve diğer steroidlerin sentezinde kullanılması.

The Metabolic Mill

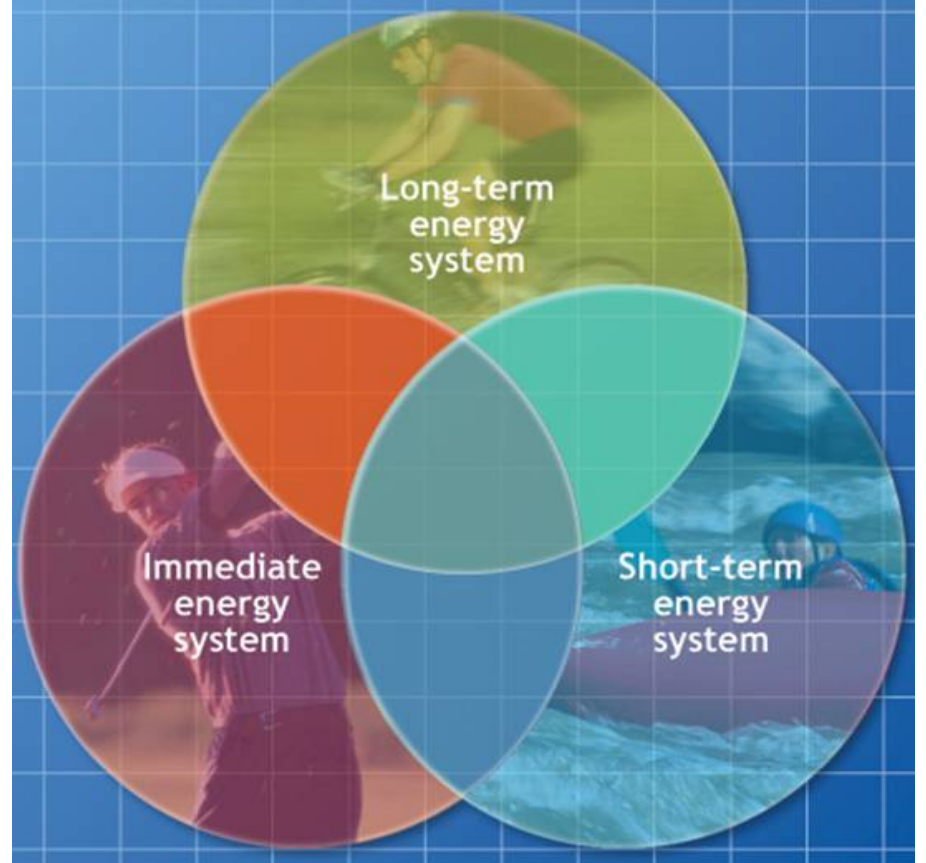


Predominant interconversions



3 farklı enerji sistemi

- Acil enerji sistemi
- Kısa süreli enerji sistemi
- Uzun süreli enerji sistemi



Acil enerji

ATP -----> ADP

Creatine + ADP -----> ATP + Creatine

-P

CPK

ADP + ADP -----> ATP + AMP

-P

AK

Kısa süreli enerji

Gluc-6-Phosphate ----> 2 Pyruvate + 2 ATP



Lactate

Alanine

Krebs

Uzun süreli enerji

