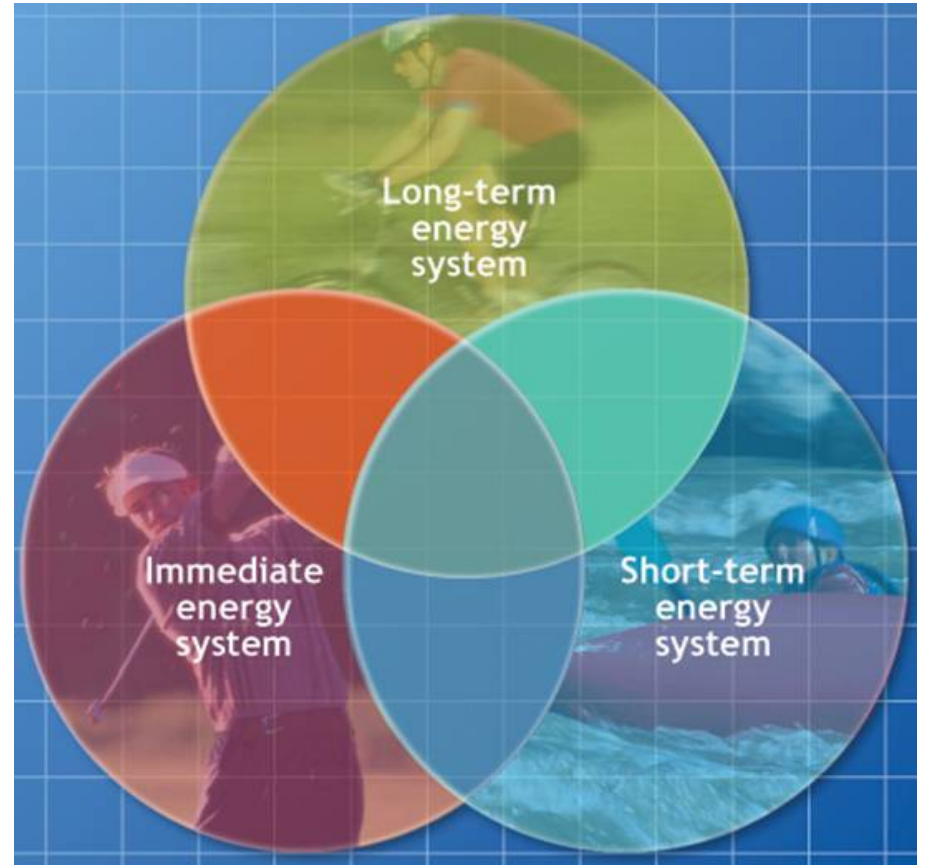


EGZERSİZ ENERJİ KAYNAKLARI

PROF.DR.MİTAT KOZ

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

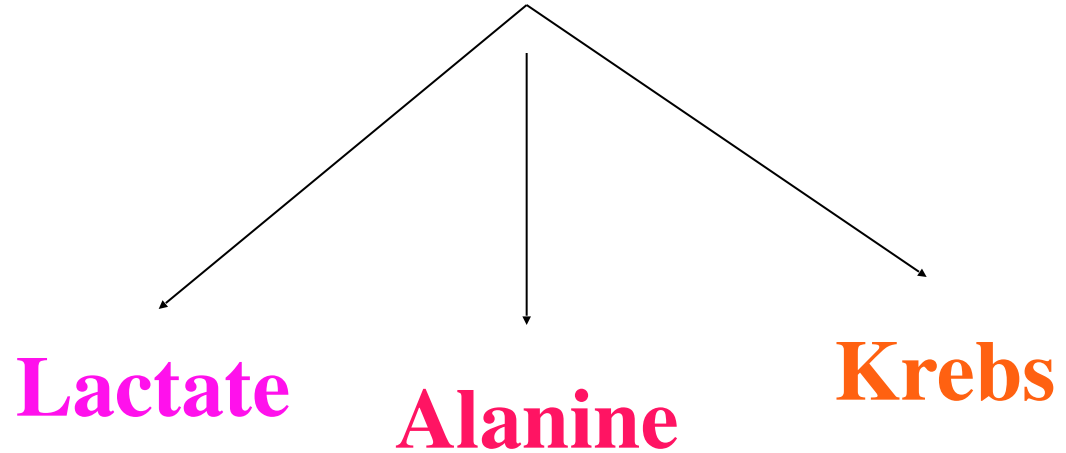
ADP + ADP -----> ATP + AMP

-P

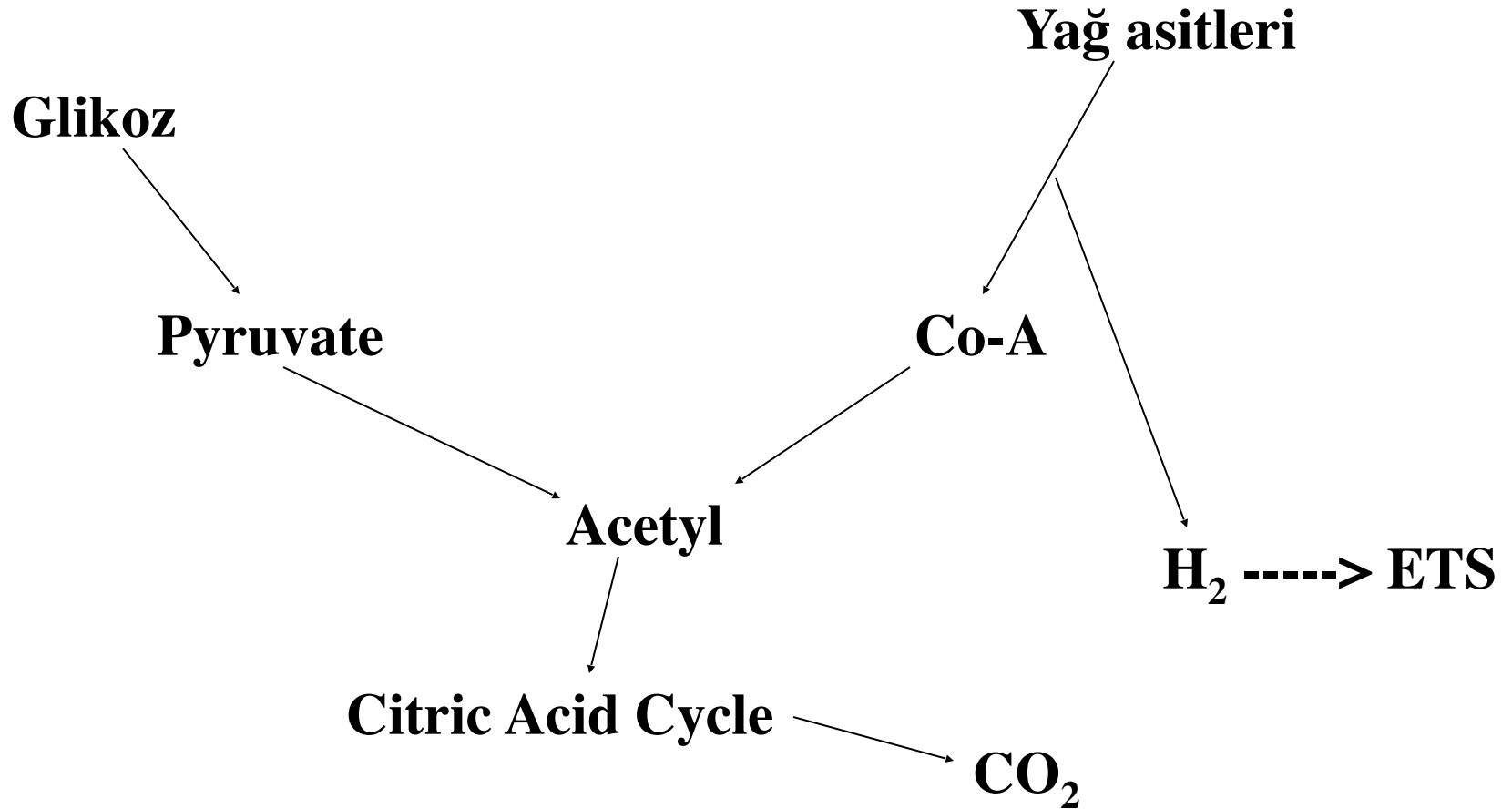
AK

Kısa süreli enerji

Gluc-6-Phosphate ----> 2 Pürivik asit + 2 ATP



Uzun süreli enerji



Percent capacity of energy systems

100%

10
s

30
s

2
min

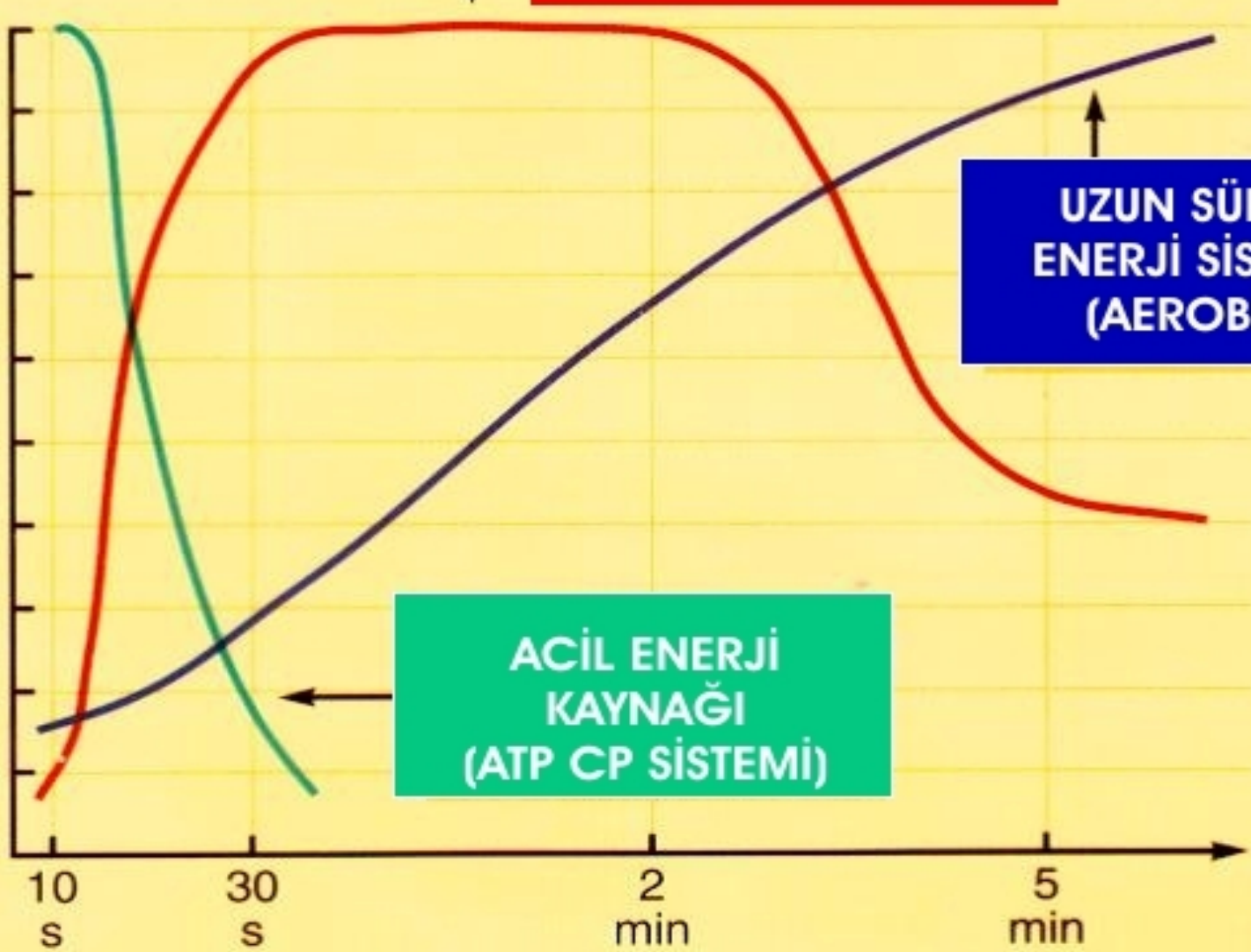
5
min

EGZERSİZ SÜRESİ

KISA SÜRELİ
ENERJİ SİSTEMİ
(ANAEROBİK GLİKOLİZ)

UZUN SÜRELİ
ENERJİ SİSTEMİ
(AEROBİK)

ACİL ENERJİ
KAYNAĞI
(ATP CP SİSTEMİ)

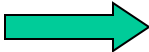


Enerji sistemleri

- Anaerobik Sistem/Yol/Oksijensiz Sistem

- ATP-Kreatin fosfat sistemi=Fosfojen sistem

- ATP  ADP + Enerji

- ADP+Kreatin fosfat  ATP+Kreatin

- Glikolitik sistem=Laktik asit sistemi

- Glikojen  Laktik asit + ATP

- Aerobik Sistem/Yol/Oksijenli sistem

- Aerobik glikoliz

- Glikoz(karbonhidrat)+Yağ+Protein+O₂  ATP

Enerji sistemlerinin karşılaştırılması

Sistem	Enerji Kaynağı	O2 İhtiyacı	Enr.Üret. Hızı	ATP Üretimi
ATP-CP (acil)	Kreatin fosfat	-	Çok hızlı	Sınırlı
Glikoliz (kısa s.)	Glikoz+ Glikojen	-	Hızlı	Sınırlı
O2 sistemi (uzun s.)	Glikojen+ Yağ+ Protein	+	Yavaş	Sınırsız

Enerji sistemlerinin karşılaştırılması

Sistem	Maksimal Güç (1 dk. Üretilen ATP)(mol)	Kapasite (Maksimal ATP üretim kapasitesi) (mol)
ATP-CP (acil)	3,6	0,7
Glikoliz (kısa s.)	1,6	1,2
O ₂ sistemi (uzun s.)	1	90

Dinlenme ve egzersiz sırasında aerobik ve anaerobik enerji kaynaklarının kullanımı neye bağlıdır ?

- Dinlenimde karbonhidrat, yağ ve protein enerji kaynağı olarak kullanılır.
- Egzersizde enerji kaynaklarının kullanımı egzersizin
 - şiddeti,
 - süresi
 - tipi v.b.faktörlere bağlı olarak gerçekleşir.
- Dinlenimde ve egzersizde aerobik ve anaerobik mekanizmaların belirlenmesi 3 faktöre bağlıdır:
 - Egzersizde kullanılan enerji kaynakları
 - Her sistemin egzersizdeki oransal rolü ve düzeyi
 - Egzersizde kanda laktik asit varlığı ve birikmesi

Dinlenimde enerji metabolizması

- $\frac{2}{3}$ yağlardan $\frac{1}{3}$ ise glikozdan elde edilir.
- Proteinin katkısı önemsenmeyecek kadar azdır.
- Sadece aerobik sistem

Sadece aerobik sistem olmasına karşın kanda azda olsa
laktik asit bulunur
Neden.....

- 100 ml kanda yaklaşık 10 mg bulunur.
- Bunun nedeni LDH (laktik dehidrogenaz) enziminin etkisidir.
- LDH her zaman bir miktar pürivik asiti laktik asite çevirir.
- Ancak laktik asit birikmez ve bu bize anaerobik sistemin anlamlı düzeyde çalışmadığını gösterir.

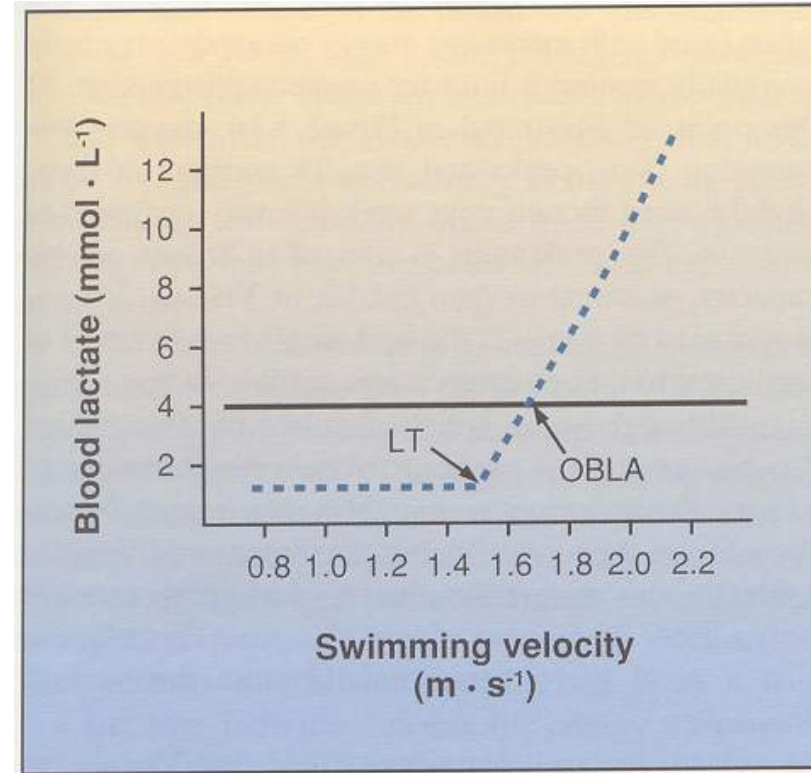
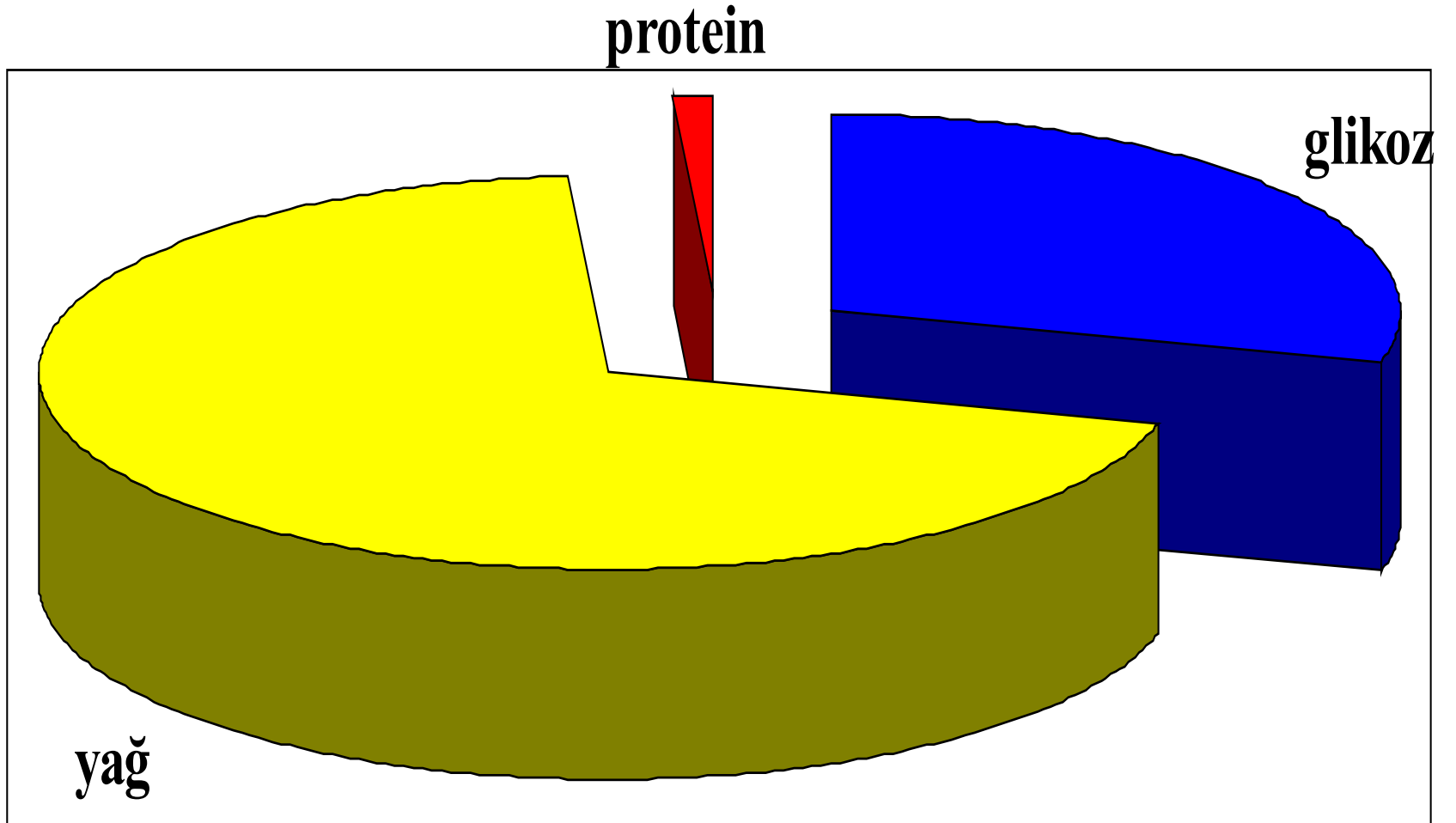


Figure 5.13 The relationship between exercise intensity (swimming velocity) and blood lactate accumulation.

DİNLENİMDE ENERJİ METABOLİZMASI



Egzersizde enerji metabolizması

- Aerobik ve anaerobik yollar kullanılır.

Aerobik-anaerobik

Hangi sistem kullanılır ?

- Yapılan egzersizin süresi, tipi ve şiddeti
- Antrenman düzeyi
- Beslenme şekli

Yapılan egzersizin katkısı..

Pek çok tipteki egzersiz 2 ana kategoride incelenir.

- Kısa süre devam eden, maksimal yada maksimale yakın yüklenme şiddetiyle uygulanan egzersizler.
- Uzun süre devam eden ve daha az yüklenme şiddetiyle yapılan egzersizler.

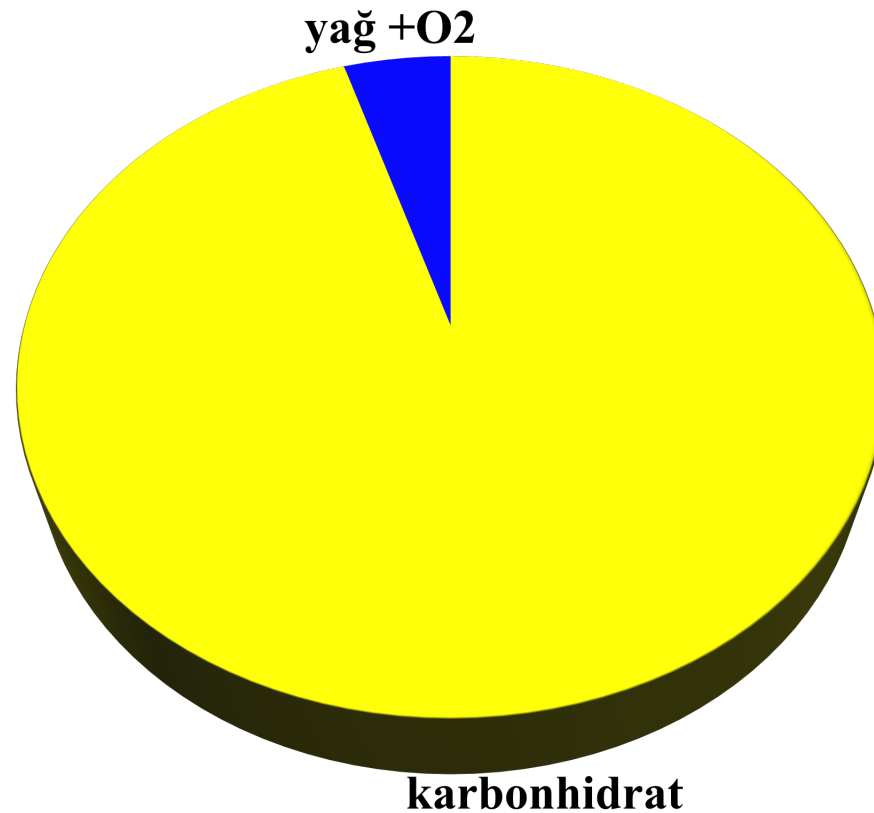
Kısa süreli egzersizde enerji metabolizması

- 100, 200, 400 metre sürat koşusu,
- 800 m koşu ve
- Sadece 2-3 dakika yüksek şiddette devam eden egzersizler.

Kısa süreli egzersizde enerji metabolizması

- En önemli kaynak glikoz
- Yağların önemi daha az
- Proteinlerin katkısı önemsiz
- **Anaerobik sistem daha baskındır**
- ATP nin büyük çoğunluğu anaerobik yoldan yani ATP-PC (fosfojen sistem) ve laktik asit sistemlerinden sağlanır.

KISA SÜRELİ EGZERSİZDE ENERJİ METABOLİZMASI



Neden aerobik sistem kullanılmaz ?

Herhangi bir egzersiz sırasında aerobik sistem 2 sebepten dolayı yeterli miktarda ATP sağlayamaz.

1. Herkesin aerobik kapasitesinin veya oksijen kullanımının bir sınırı vardır,
2. Oksijen kullanımının daha yüksek yeni seviyeye ulaşması 2-3 dakikalık bir zaman alır.

Oksijen açığı-yetersizliği

- Kullanılan O₂ seviyesi, ihtiyaç duyulandan düşük ise buna O₂ açığı denir.
- Şiddetli egzersizin başlangıcında O₂ açığı oluşur.
- Bu O₂ yetersizliği sırasında gerekli enerjinin çoğu ATP-CP ve laktik asit sistemi tarafından sağlanır.
- Bu tür egzersizlerde O₂ açığı devamlı oluşur.
- Uzun süreli/düşük şiddetli egzersizlerde ise O₂ açığı egzersizin başında oluşur ve daha sonra kararlı dengeye (steady state) ulaşılır

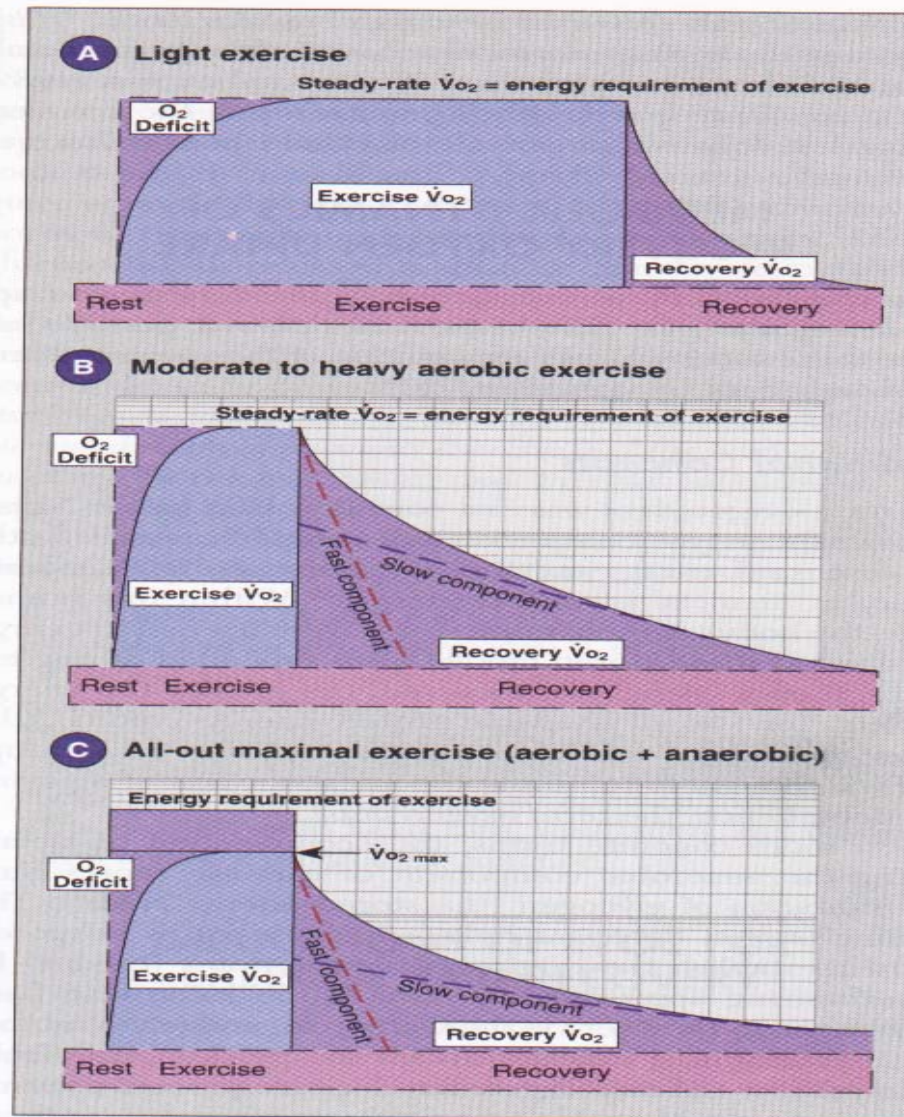


FIGURE 7.9

Oxygen uptake during exercise and in recovery from (A) light steady-rate exercise, (B) moderate to heavy steady-rate exercise, and (C) exhaustive exercise where a steady rate of aerobic metabolism cannot be attained. The first phase of recovery occurs rapidly; the second phase is much slower and may take considerable time to return to the pre-exercise level. Note that during exhaustive exercise, the oxygen requirement of the exercise is greater than the actual exercise oxygen uptake.

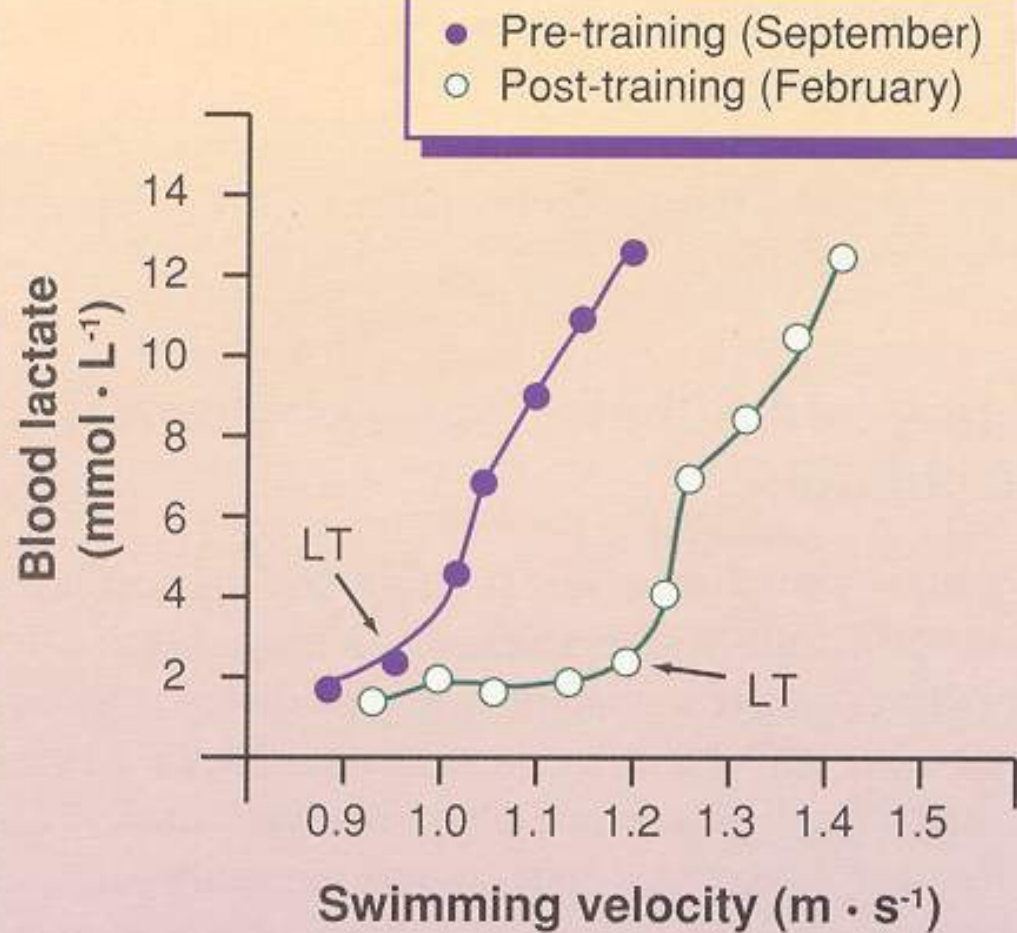


Figure 10.8 The relationship between lactate threshold (LT) and swimming velocity before and after 5 months of training. After training, lactate threshold occurs at a higher rate of work (velocity).

Laktik asit birikmesi

- Anaerobik yoldan enerji elde edilmesine devam edildiği sürece laktik asit oluşumu ve kan-kasta birikmesi devam eder.
- Laktik asit birikmesi kas kasılmasını engeller, glikojenin yıkım hızı yavaşlar ve ortam asitleşir.
- Sonuç olarak yorgunluk oluşur veya egzersiz bırakılır yada şiddeti düşürülür.

Uzun süreli egzersizlerde enerji metabolizması

- Uzun süreli egzersizlerde 10 dakika veya daha uzun temel enerji kaynağı karbonhidratlar ve yağlardır.
- Enerjinin büyük çoğunluğu aerobik sistem ile sağlanır.
- 20 dakikaya kadar olan egzersizlerde (örneğin koşu) karbonhidratlar baskın enerji kaynağıdır, yağların rolü azdır ama destekleyici rol oynarlar.
- Laktik asit yükselir, ancak maksimal değildir

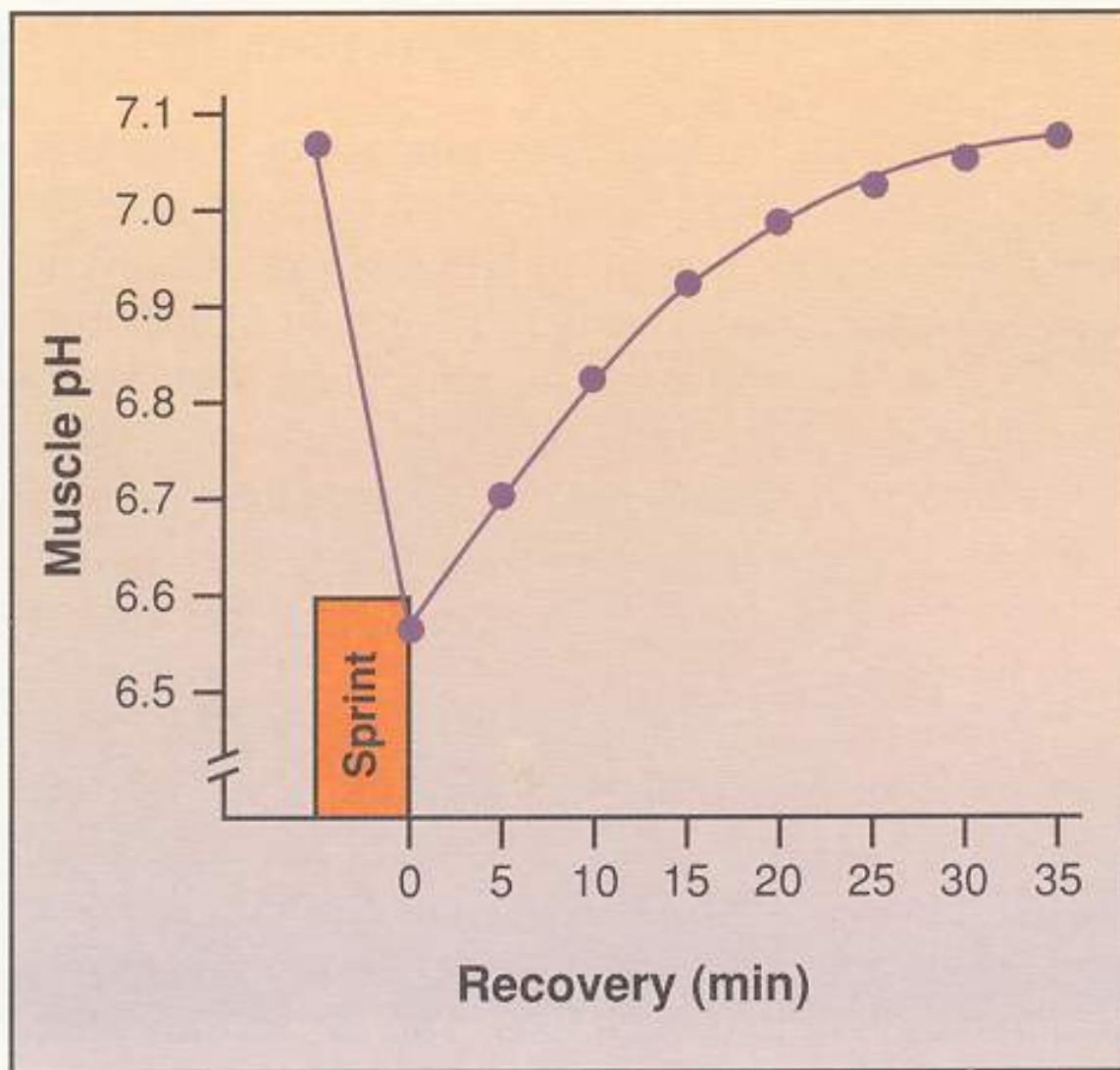


Figure 5.21 Changes in muscle pH during sprint exercise and recovery.

Uzun süreli egzersizlerde enerji metabolizması

- 1 saati geçen egzersizlerde glikojen depoları tükenir ve yağlar önemli bir kaynak olur
- Glikojen ve yağ kullanımı;
 - Antrenman düzeyi,
 - kas lif tipi ve
 - başlangıç depo glikojen düzeyine göre değişir.

Uzun süreli egzersizlerde enerji metabolizması

- Uzun süreli egzersizlerde O₂ kullanımı egzersizde ihtiyaç duyulan enerjiyi sağlamak için yeterlidir, bu nedenle LA biraz yükselir ancak birikmez.
- LA oksijen açığının olduğu dönemde oluşur ancak birikmez, egzersiz bitene kadar aynı düzeyde kalır.

Aerobik metabolizma- aerobik kapasite

- Uzun süreli egzersizlerde maksimal aerobik metabolizma ve aerobik kapasite önemlidir.
- Maksimal aerobik kapasite(güç) O₂ kullanımının maksimal seviyesi olarak tanımlanır.
- VO₂ max. ile ifade edilir.

Egzersizde aerobik ve anaerobik enerji
kaynakları arasındaki ilişki

TABLE 7.1 ► ESTIMATE OF THE PERCENTAGE CONTRIBUTION OF DIFFERENT FUELS TO ATP GENERATION IN VARIOUS RUNNING EVENTS

EVENT	PERCENTAGE CONTRIBUTION TO ATP GENERATION				
	PHOSPHOCREATINE	GLYCOGEN		BLOOD GLUCOSE (LIVER GLYCOGEN)	TRIGLYCERIDE (FATTY ACIDS)
		ANAEROBIC	AEROBIC		
100 m	50	50	—	—	—
200 m	25	65	10	—	—
400 m	12.5	62.5	25	—	—
800 m	6	50	44	—	—
1,500 m	<i>a</i>	25	75	—	—
5,000 m	<i>a</i>	12.5	87.5	—	—
10,000 m	<i>a</i>	3	97	—	—
Marathon	—	—	75	5	20
Ultramarathon (80 km)	—	—	35	5	60
24-h race	—	—	10	2	88
Soccer game	10	70	20	—	—

*a*In such events phosphocreatine will be used for the first few seconds and, if it has been resynthesized during the race, in the sprint to the finish.
From Newsholme EA, et al. Physical and mental fatigue: metabolic mechanisms and importance of plasma amino acids. Brit Med Bull 1992;48:477.

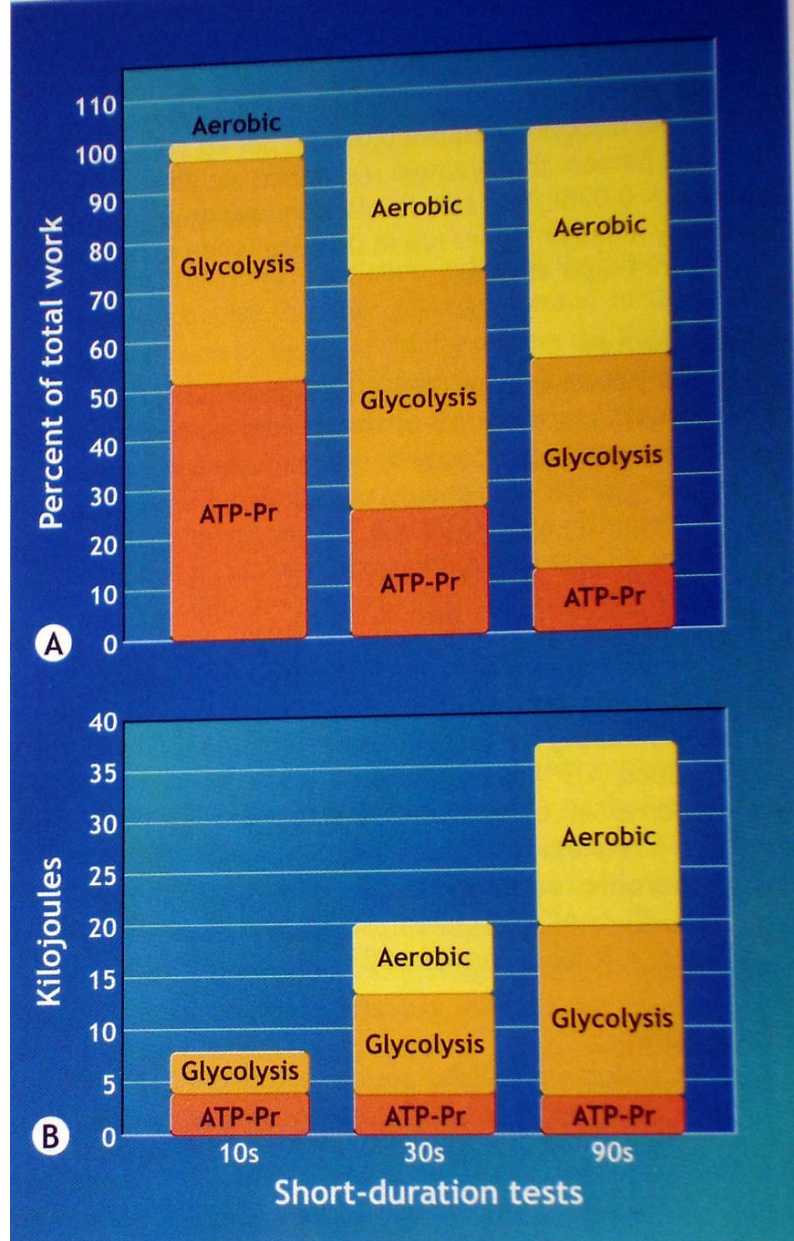


FIGURE 11.5 • Relative contribution of each of the energy systems to total work accomplished in three short-duration exercise tests. **A.** Percentage of total work output. **B.** Total kilojoules of energy. Test results based on Katch test protocol (see page 226). (Data from Applied Physiology Laboratory, University of Michigan, Ann Arbor).

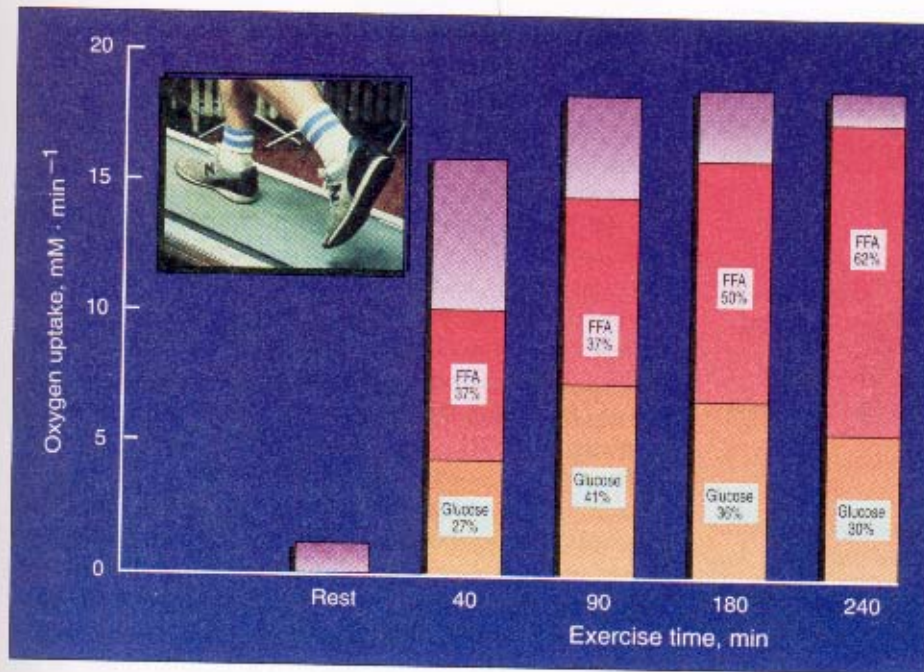


FIGURE 1.11

Uptake of oxygen and nutrients by the legs during prolonged exercise. (Red and orange areas represent the proportion of the total oxygen uptake caused by the oxidation of free fatty acids (FFA) and blood glucose. Purple areas indicate the oxidation of non-blood-borne fuels (muscle glycogen and intramuscular lipids and proteins). (From Ahlborg, G., et al.: Substrate turnover during prolonged exercise in man. *J. Clin. Invest.*, 53: 1080, 1974.)

- Proliferation of capillaries in trained muscle as reflected by both a greater total number and greater density of these microvessels.

Improvement in the aerobic production of ATP from lipids with aerobic training may aid in maintaining cellular integrity and a high level of function that would contribute to enhanced endurance independent of glycogen reserves. More is said on this important topic in Chapters 6 and 7, which deal with energy transfer and exercise metabolism.

■ SUMMARY ■

1. Like carbohydrates, lipids contain carbon, hydrogen, and oxygen atoms, but the ratio of hydrogen to oxygen is much higher. For example, the lipid stearin has the formula $C_{57}H_{110}O_6$. Lipid molecules are composed of

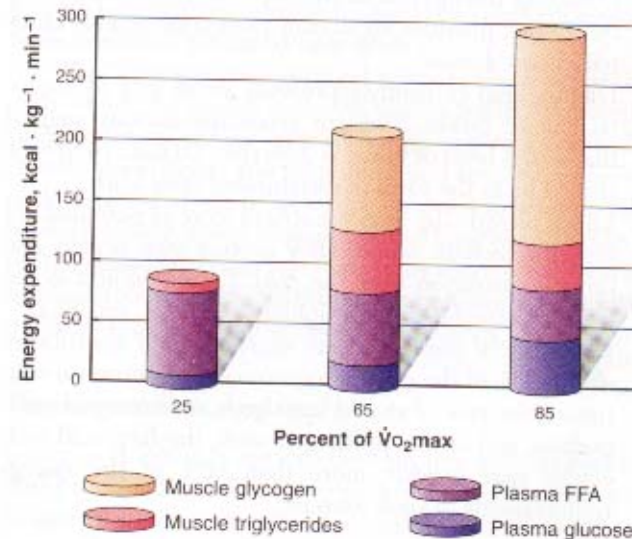
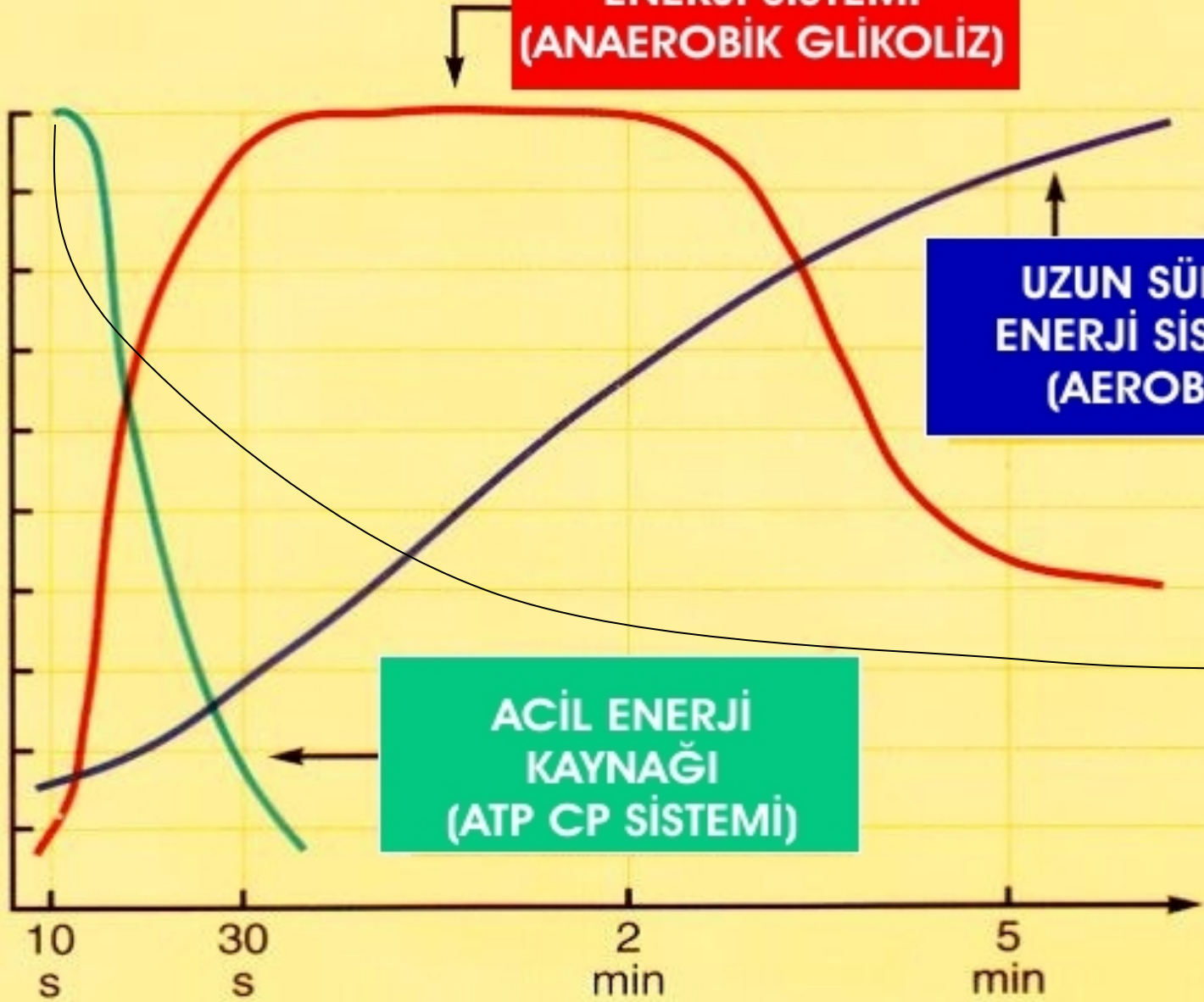


FIGURE 1.12

Percent capacity of energy systems

100%



KISA SÜRELİ
ENERJİ SİSTEMİ
(ANAEROBİK GLİKOLİZ)

UZUN SÜRELİ
ENERJİ SİSTEMİ
(AEROBİK)

ACİL ENERJİ
KAYNAĞI
(ATP CP SİSTEMİ)

EGZERSİZ SÜRESİ