

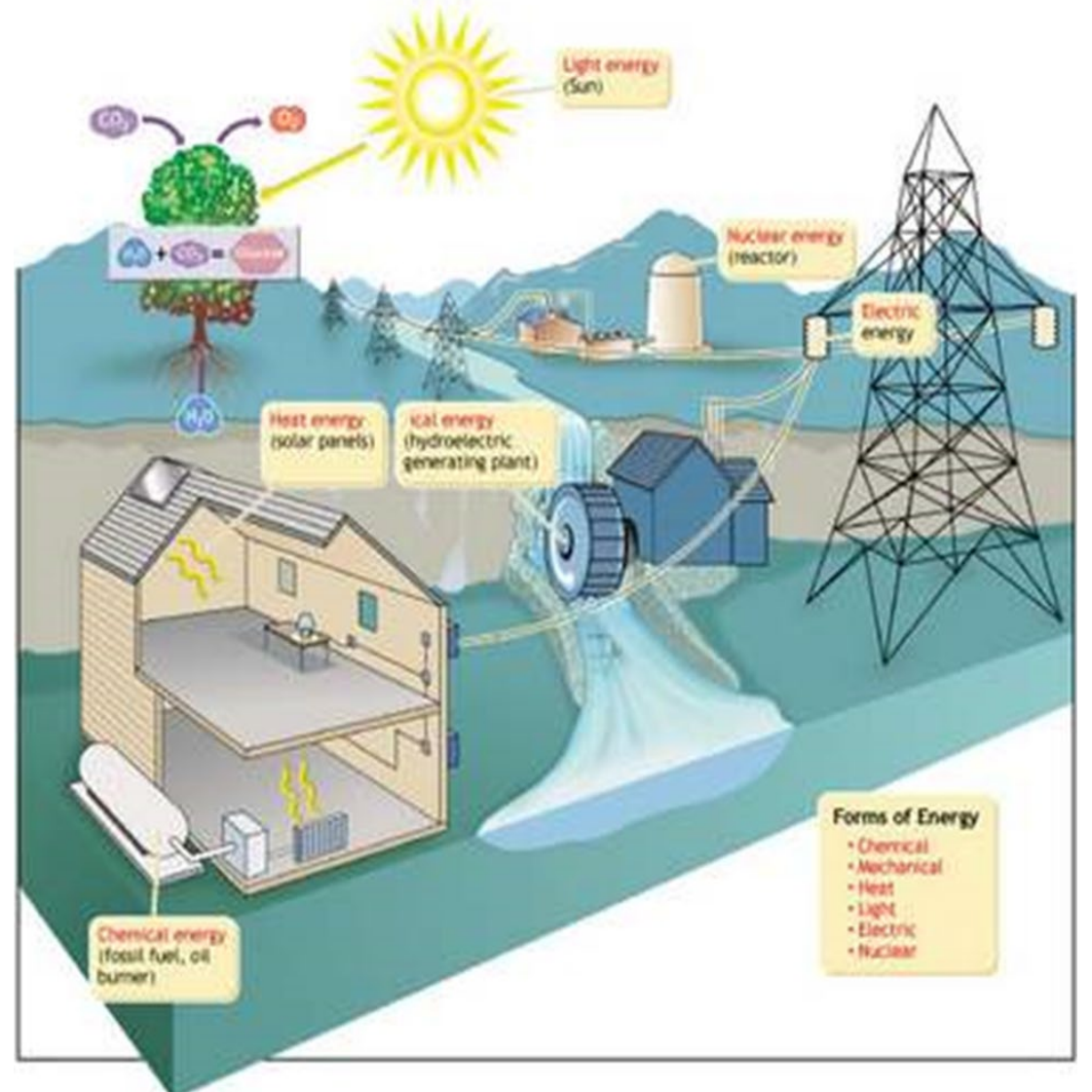


# Triatletlerde Laktat Ölçümü (Uygulama)



# ENERJİ

- Enerji iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanır.
- **Termodinamiğin ilk yasası:** Vücut enerjisi üretmez, tüketmez, başka bir biçime dönüştürür (enerjinin korunumu).
- Makro besinlerin yapısındaki bağlarda depolanan kimyasal enerjiyi hareket enerjisine çevirir.



# Adenozin Trifosfat (Atp)

- Besinlerdeki enerji biyolojik iş yapması için hücrelere doğrudan aktarılamaz.
- Besinlerden elde edilen enerji ATP'de depolanır.
- Fosfatlar arasındaki bağlara yüksek enerjili fosfat bağları denir.

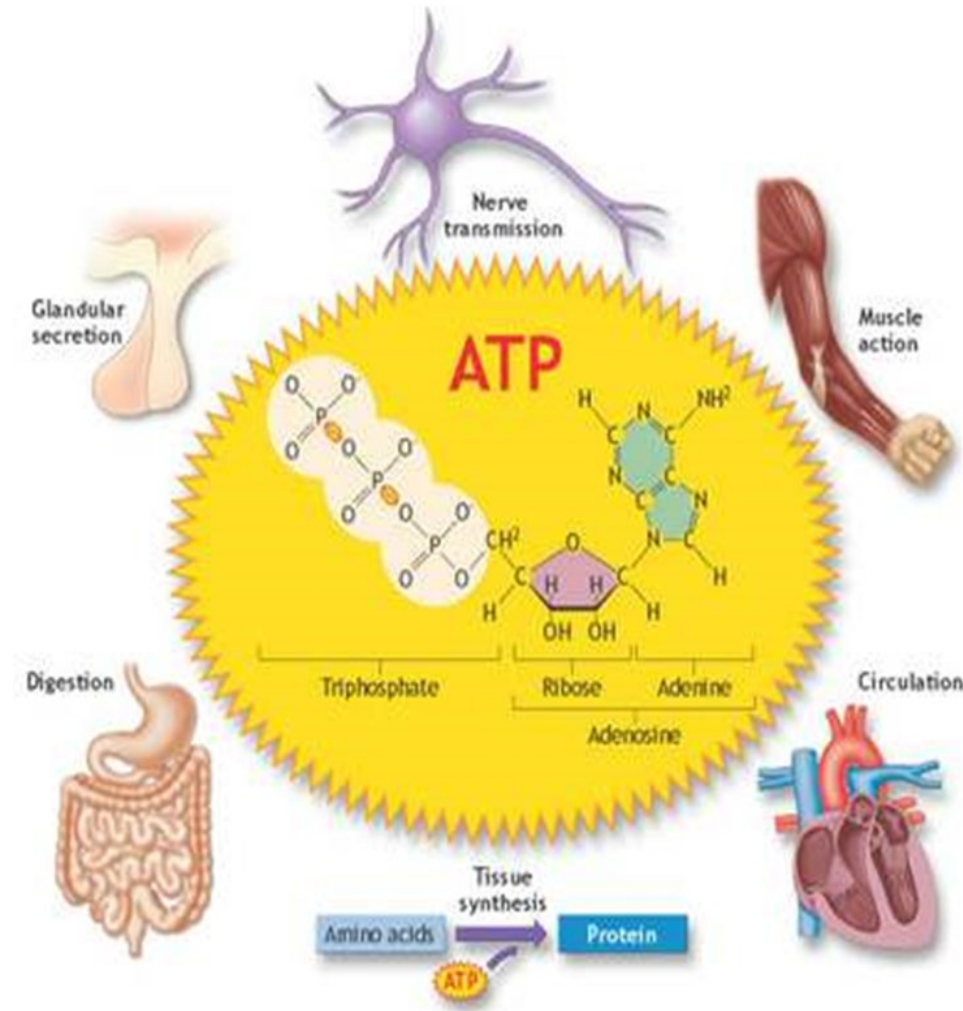
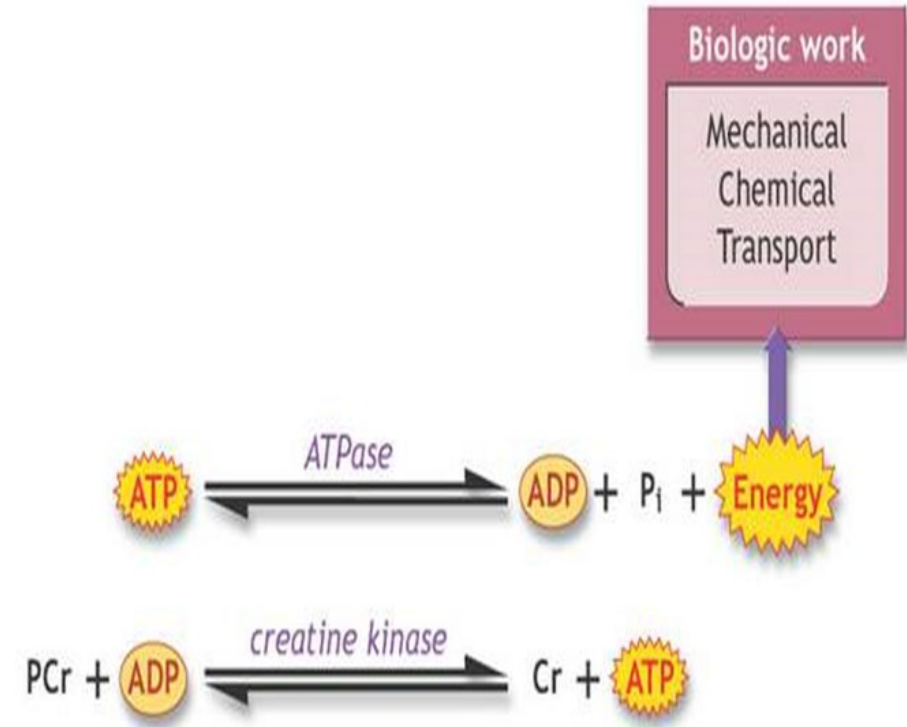


Figure 6.2. Structure of ATP, the energy currency that powers all forms of biologic work. The symbol ~ represents high-energy bonds.

Copyright © 2001 Lippincott Williams & Wilkins

# Fosfokreatin=pcr (KRETİN FOSFAT=CP)

- Fosfokreatin molekülündeki yüksek enerjili fosfat bağı parçalandığında (oksijene gereksinim yok) açığa çıkan enerji ADP'den ATP elde edilmesinde kullanılır.
- Şiddetli egzersizin başlaması PCr'den ATP elde edilmesini başlatır.
- Şiddetli egzersizde ATP ve PCr 5-8 saniye yetecek kadar enerji sağlar.



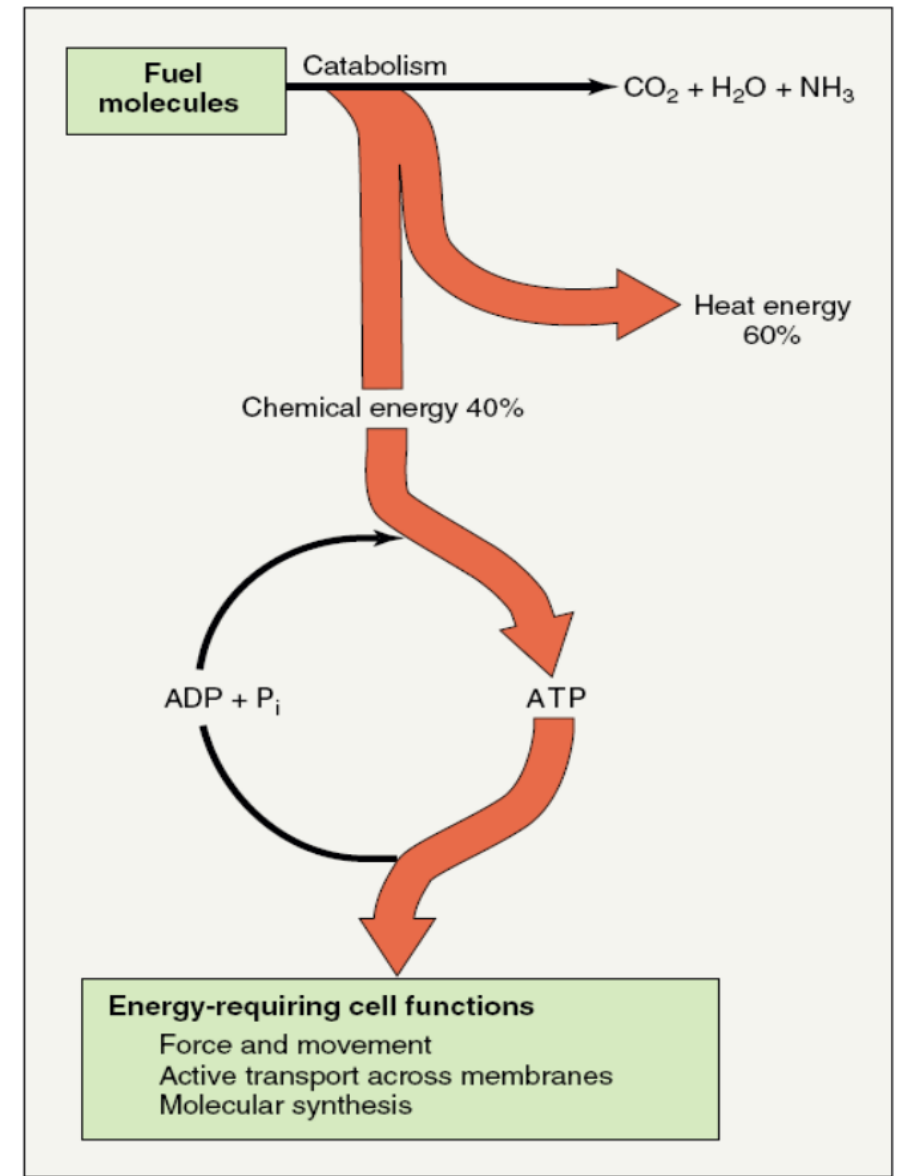
**Figure 6.5.** ATP and PCr provide anaerobic sources of phosphate-bond energy. The energy liberated from hydrolysis (splitting) of PCr rebonds ADP and  $P_i$  to form ATP.

Copyright © 2001 Lippincott Williams & Wilkins



# Metabolizma Sırasında Isı Açığa Çıkması

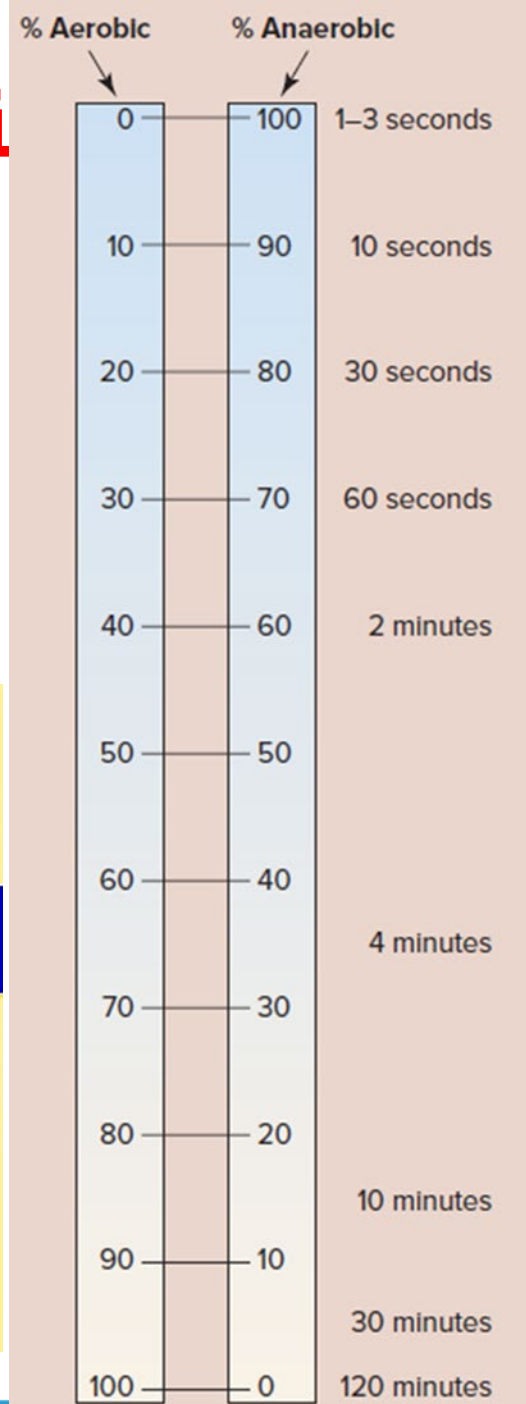
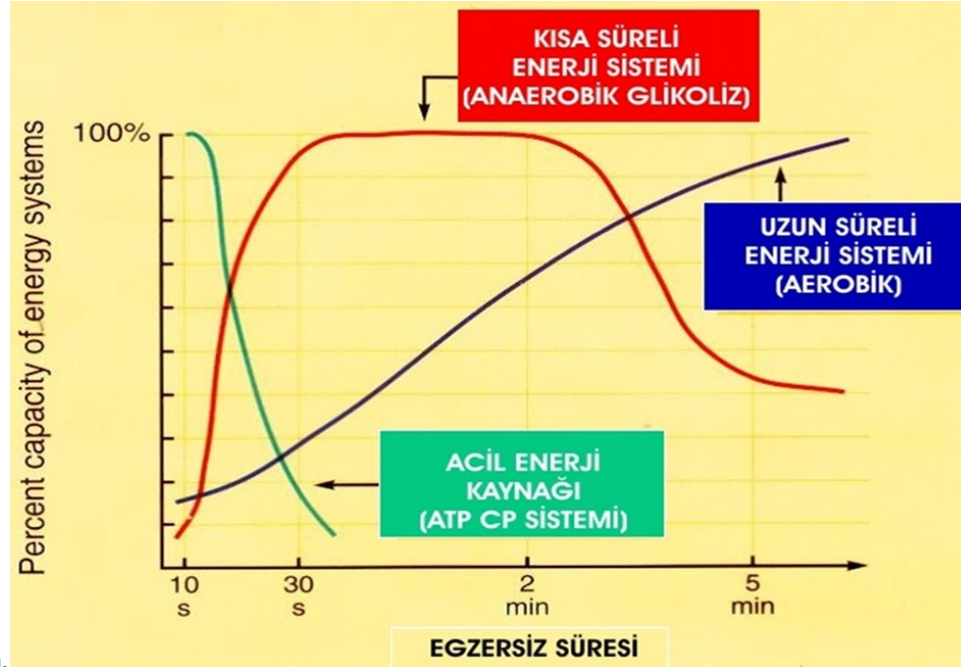
- Bedendeki toplam ATP miktarı dinlenim durumundaki bir kişiye 90 saniye yetecek kadardır. ATP sürekli olarak üretilir.
- **Besinlerdeki enerjinin % 40'ı ATP'ye aktarılırken % 60'ı ısıya dönüşür.**
- Bu nedenle metabolik aktivite arttığında beden sıcaklığı da artar.



# Egzersize Bağlı Enerji Üretimi

ATP üretiminin 3 yolu da, hücre içi **proton (H<sup>+</sup>)** dengesini etkiler.

- Fosfojen sistem,
- Anaerobik glikoliz sistemi
- Aerobik Sistem  
(Mitokondriyal Solunum )

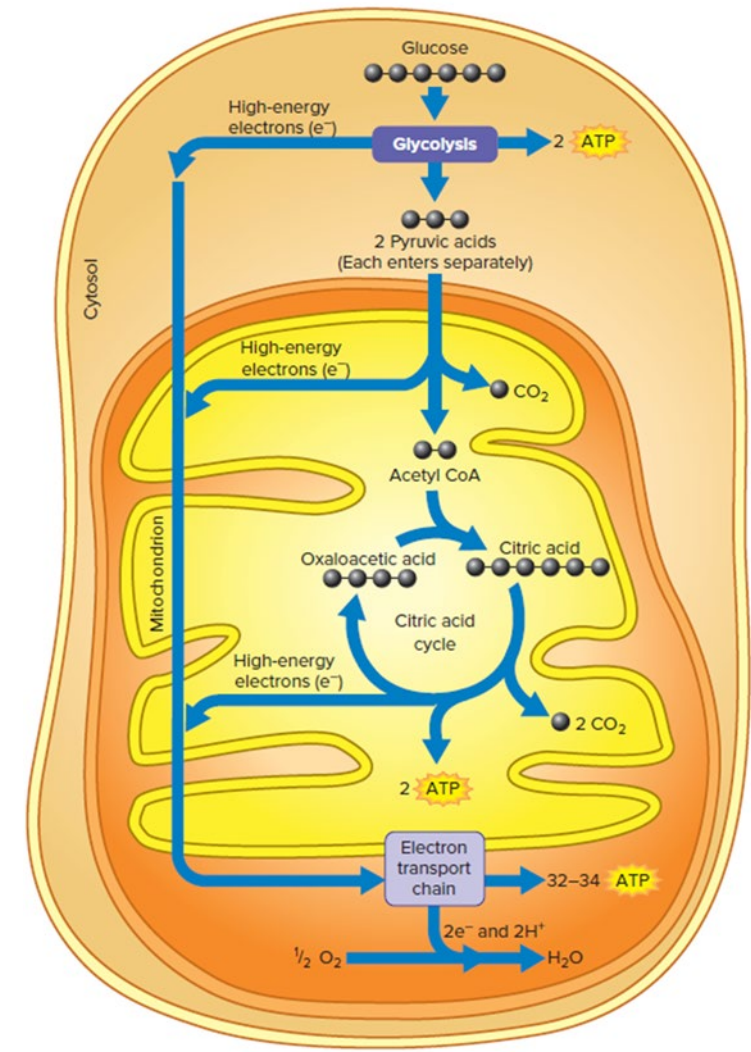


# Glikoliz

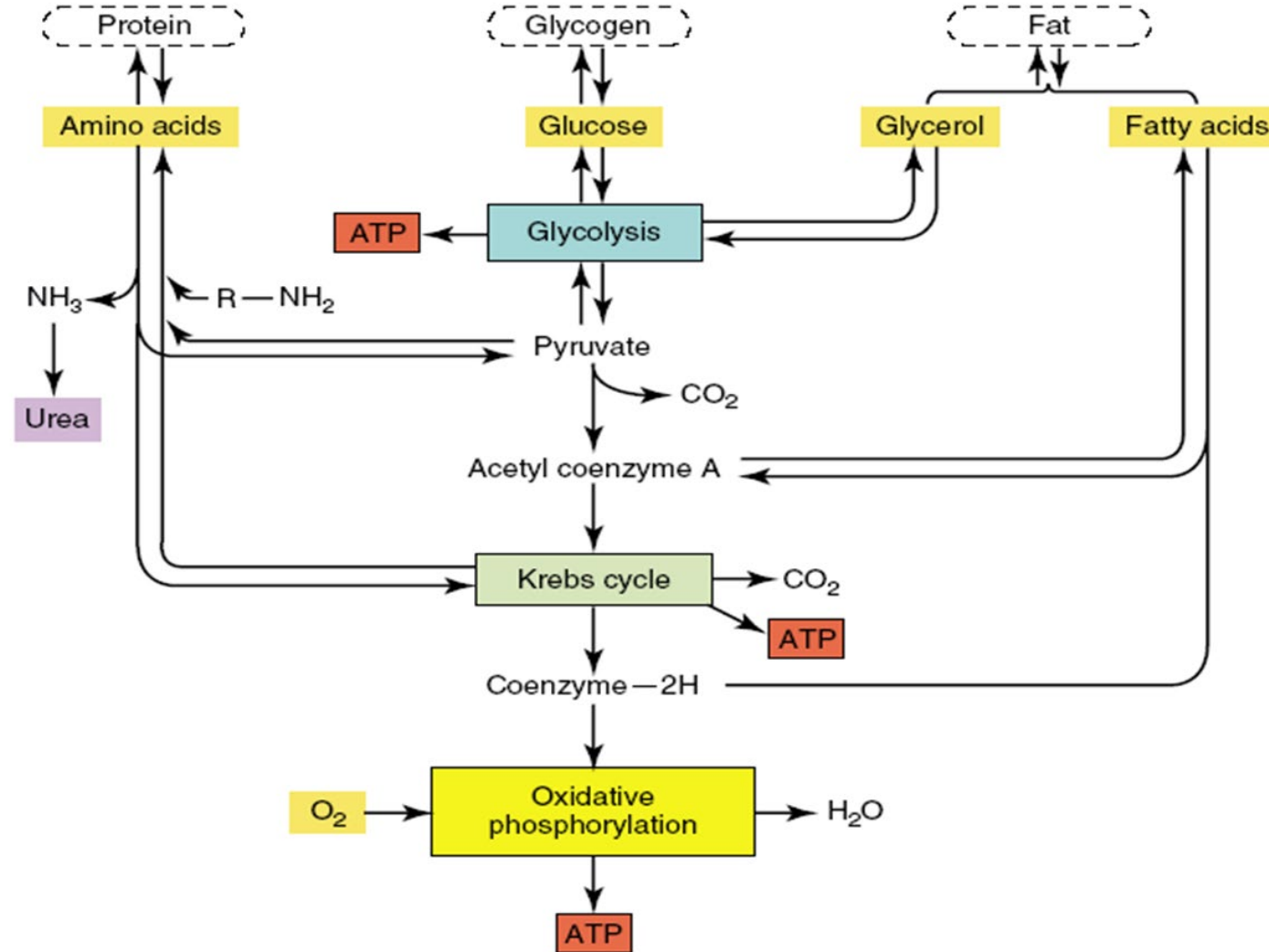
6 karbonlu şeker glikozu, sitoplazmada net 2 ATP kazancı ve yüksek enerjili elektron salınımı ile iki 3-karbonlu pirüvat molekülüne ayrılır.

## Pirüvat:

Aerobik ortamda Krebs döngüsüne girer.  
Anaerobik ortamda laktata indirgenir.



# Metabolizmanın Özeti





**Aerobik metabolizma, egzersiz durumunda ATP üretimi için baskın yoldur.**

Aerobik metabolizmanın ATP taleplerini karşılayamadığı durumlarda anaerobik yoldan ATP üretimi ihtiyacı destekler .

### **Bu durumlar**

**1)** Dinlenmeden egzersize ve bir güç çıkışından daha yüksek bir güç çıkışı gereken geçişler,

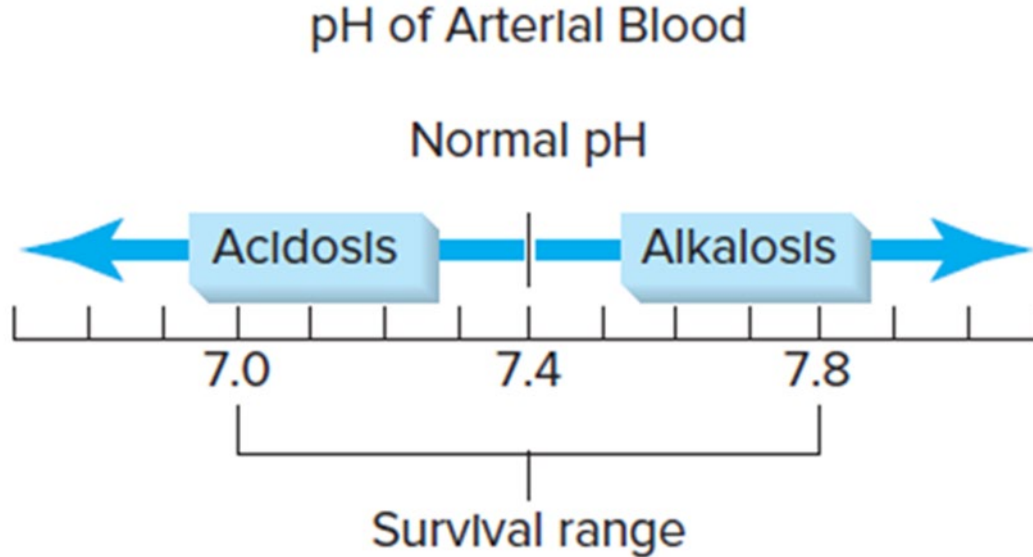
**2)** Aerobik olarak sağlanabilenin üzerinde ATP gerektiren yüksek yoğunluklu egzersizler

**3)** Yetersiz oksijen kaynağı durumlarında (irtifa) yapılan egzersizler.

# pH

Bir çözeltinin asitlik ya da bazlık derecesini belirten ölçü birimidir.

Açılımı “Power of Hydrogen”dir.



Madde	pH
Hidroklorik asit	-2.0 - -0.5
Gastrik asit	1.5 - 2.0
Kola	2.5
Sirke	2.9
Portakal	3.5
Bira	4.5
Asit yağmuru	5.0
Kahve	5.0
Çay	5.5
Süt	6.5
Su	7.0
İnsan tükürüğü	6.5 - 7.4
<b>Kan</b>	<b>7.34 - 7.45</b>
İdrar (alınan besine bağlı olarak)	5.0 - 8.0
Safra sıvısı	7.0 - 8.0
Gözyaşı	7.4
Pankreas özsuğu	7.8 - 8.0
Beyin omurilik sıvısı	7.4
Deniz Suyu	8.0
El Sabunu	9.0 - 10.0
Amonyak (NH <sub>3</sub> )	11.5
Çamaşır Suyu	12.5
Sodyum Hidroksit	13.5
Kostik Soda	13.9

# Hidrojen

- **Enzim aktivitesini bozar.**

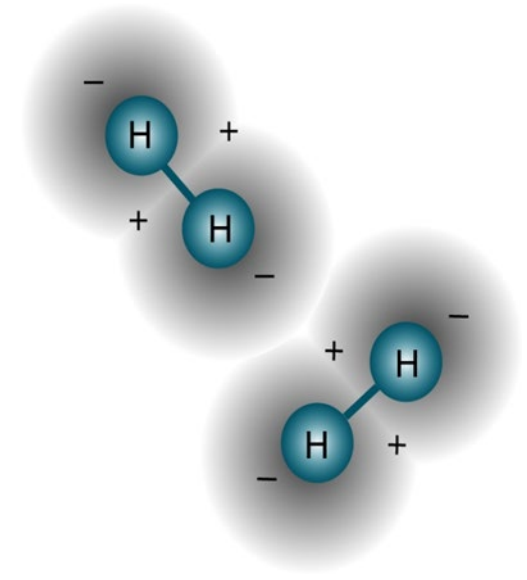
Miyofibril ATPaz enzim aktivitesini bozar.

Glikolitik hızı azaltır.

Sarkoplazmik ATPaz enzim aktivitesini bozarak kalsiyumun geri alınmasını inhibe eder.

- **Kas kasılmasına olumsuz etkisi vardır.**

Çapraz köprü etkileşimini bozar.



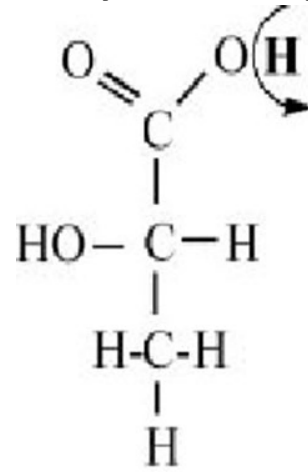
# Kas pH'sındaki değişiklikler egzersiz performansını nasıl etkileyebilir?

- Kas içi hidrojen iyonu artışı, egzersiz performansını en az iki şekilde bozabilir.
- İlk olarak, hidrojen iyonu artışı, hem anaerobik (glikoliz) hem de aerobik ATP üretiminde yer alan anahtar **enzimleri inhibe ederek** kas hücrelerinin ATP üretme yeteneğini azaltır.
- İkinci olarak, hidrojen iyonları troponin üzerindeki bağlanma bölgeleri için kalsiyum iyonlarıyla rekabet eder ve böylece **kasılma sürecini engeller**.
- ATP üretiminden sorumlu metabolik yolları inhibe ederek veya çalışan kastaki kasılma sürecine müdahale ederek **performansı bozar**.

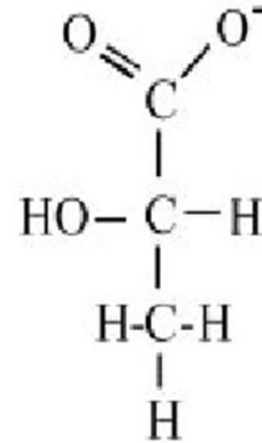


# Laktat: Çok İşlevli Bir Sinyal Molekölü

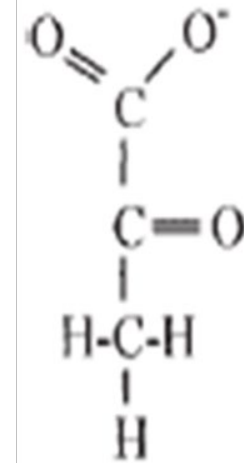
- Laktat 1780'deki keşfedilmesinden bu yana, anaerobik glikolizin zararlı etkiye sahip atık bir yan ürünü olarak, uzun süredir yanlış anlaşılmıştır.
- 1980'lerin başında laktat mekik kavramı sayesinde artan kanıtlar, laktatın tüm vücut metabolizmasının bir koordinatörü olduğunu göstermektedir.
- Laktat, sadece vücutta dolaşan bir yakıt değil, aynı zamanda hücreler ve hücreler arasında (glikoliz ve oksidatif fosforilasyon) köprü kuran bir metabolik tampondur.



LAKTİK ASİT



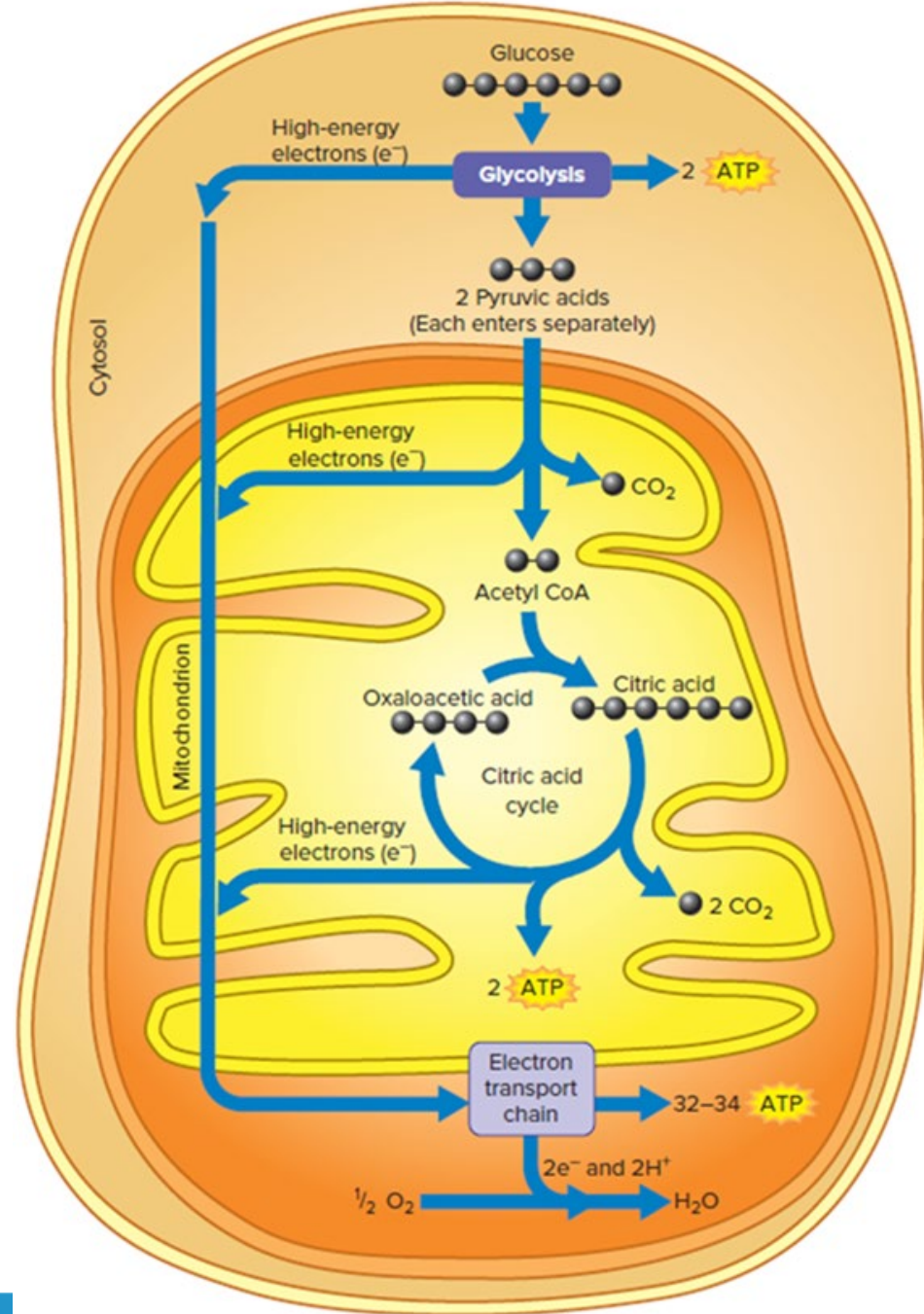
LAKTAT



PİRUVAT

# Laktat Oluşumu

- Piruvat, laktat dehidrogenaz enzimi aracılığıyla 2 H<sup>+</sup> eklenerek laktata çevrilir.
- Böylece 2 H<sup>+</sup> tamponlanarak asidoz geciktirilir.
- Laktat, monokarboksilat taşıyıcı ile hücre dışına çıkar ve dolaşıma katılır.
- Laktat pek çok dokuda (örn; diğer kas hücreleri, beyin, kalp, böbrek vs.) enerji kaynağı olarak kullanılır.

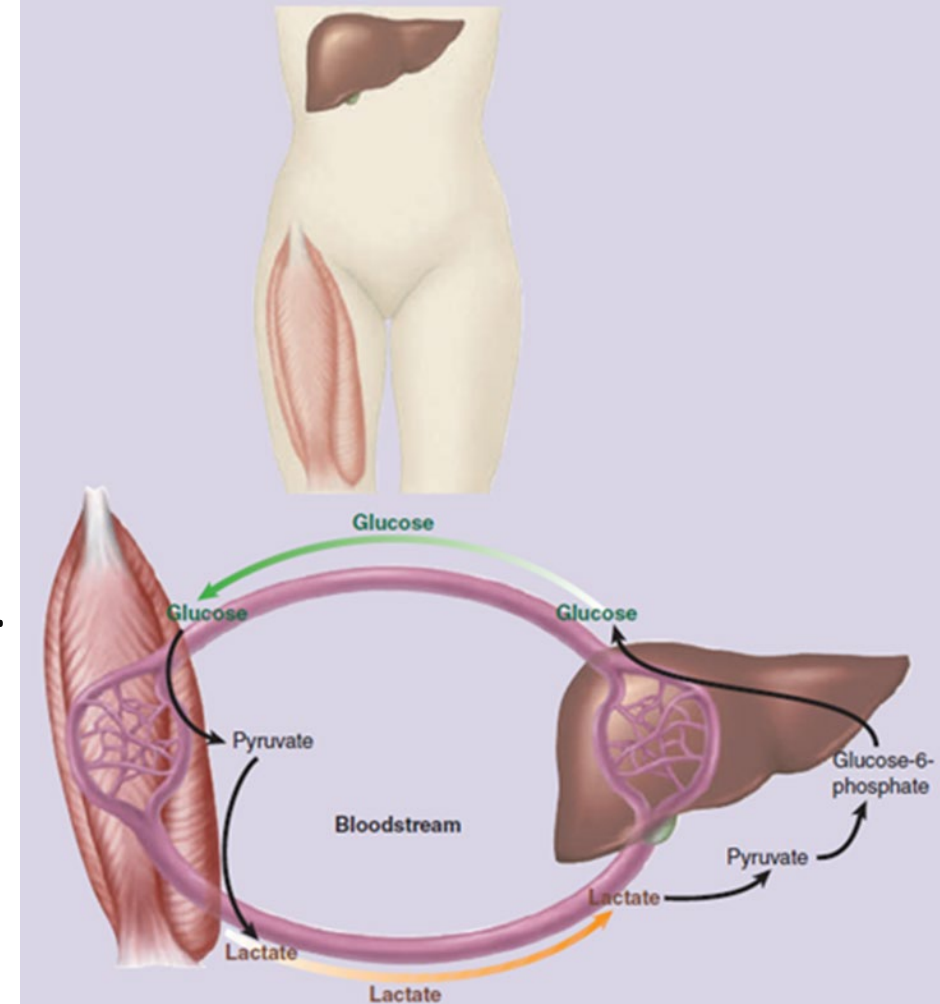


# Cori Döngüsü

- Laktat, istirahatte 1.15 mM/L'nin biraz üzerinde, yoğun bir egzersizden sonra 15-22 mM/L ve bazı kanser dokularında 30 mM/L arasında değişebilir. Dinlenme halinde laktat üretimi yaklaşık 20 mmol / kg / gün.

- **Cori Döngüsü**

- Kaslarda oluşan laktat kan dolaşımıyla karaciğere taşınıp glikoza çevrilir.
- Sentezlenmiş olan glikoz moleküllerinin yeniden kan dolaşımına verilerek kaslar tarafından alınıp kullanılır.



# Asit-Baz Tampon Sistemleri

- Vücut sıvılarındaki hidrojen iyonu konsantrasyonlarını düzenlemenin en önemli yollarından biri tamponların yardımudur.
- Bir tampon, hidrojen iyonu konsantrasyonu arttığında hidrojen iyonlarını uzaklaştırarak ve hidrojen iyonu konsantrasyonu düştüğünde hidrojen iyonlarını serbest bırakarak pH değişimine karşı koyar.
- **Hücre İçi Tamponlar** : (kas lifi) (1) bikarbonat, (2) fosfatlar, (3) hücresel proteinler ve (4) histidin-dipeptitler (özellikle karnozin). (NHE) ve (**MCT'ler**)
- **Hücre Dışı Tamponlar** : (kan) (1) proteinler, (2) hemoglobin ve (3) **bikarbonat**.



# Asit-Baz Tampon Sistemleri

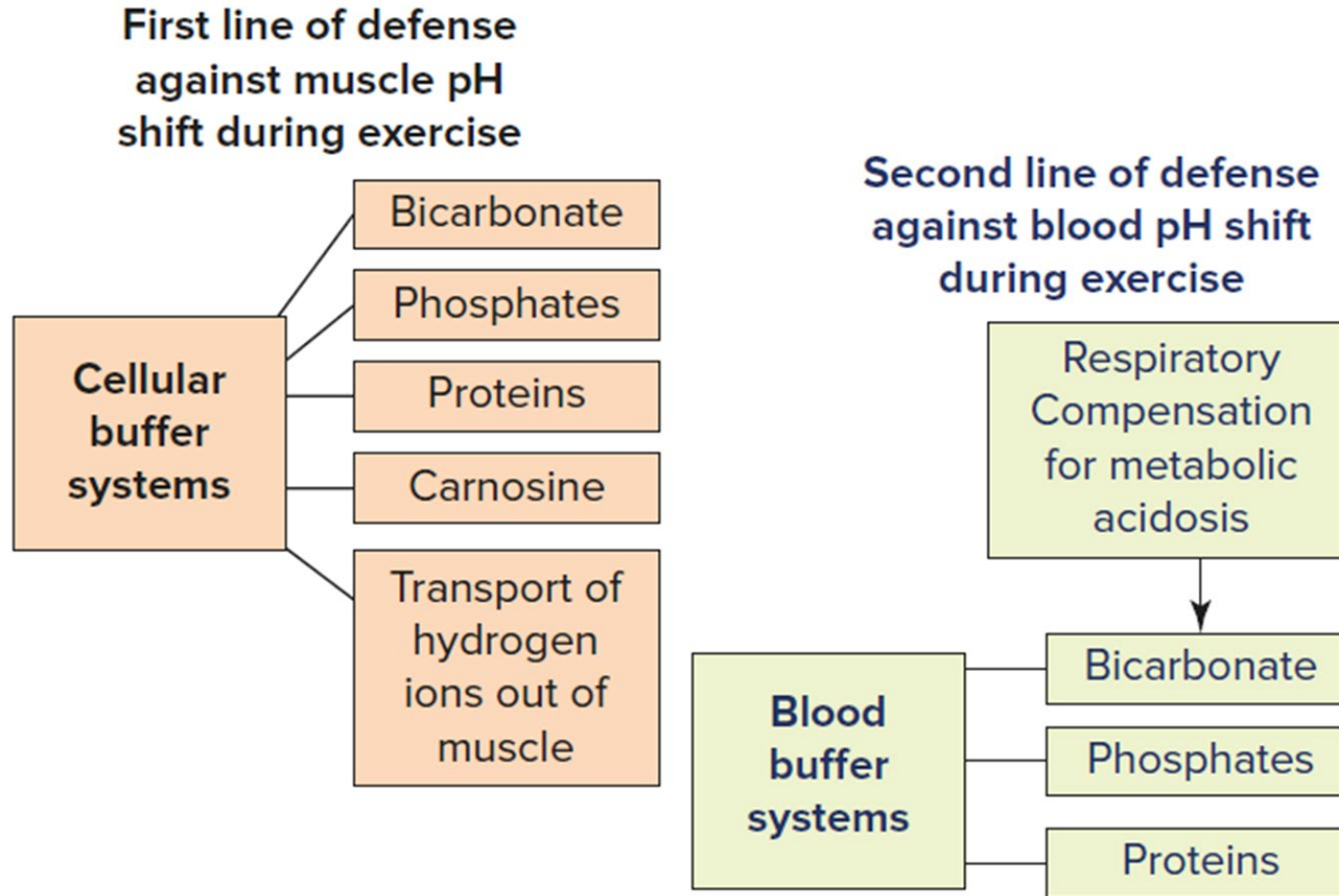


Figure 11.7 The two major lines of defense against pH change during intense exercise.

# ÖZETLE

- Kas içinde üretilen hidrojen iyonlarına karşı ilk savunma hattı kas lifinin içinde bulunur. Egzersiz sırasında, kas tampon sistemleri hidrojen iyonlarını tamponlamak ve kas pH'ında önemli bir düşüşü önlemek için hızla harekete geçer.
- Egzersize bağlı asidoza karşı ikinci savunma hattı, bikarbonat, fosfat ve protein tamponlarını içeren kan tampon sistemleridir.
- Yoğun egzersiz sırasında artan pulmoner ventilasyon karbondioksiti “üfleyerek” karbonik asidi ortadan kaldırır. Bu süreç “metabolik asidoz için solunum kompanzasyonu” olarak adlandırılır ve egzersize bağlı asidoza karşı ikinci savunma hattında önemli bir rol oynar.

**Laktat ve laktik asit**, genelde aynı şey gibi düşünülse de aslında kimyasal ve fizyolojik açıdan bazı farklara sahiptir.

## 1. Kimyasal Fark

- **Laktik Asit:** Asidik bir moleküldür ( $C_3H_6O_3$ ). Sulu bir çözeltide, kararsızdır ve hızla proton ( $H^+$ ) kaybeder. Bu kayıpla laktata dönüşür.
- **Laktat:** Laktik asidin proton ( $H^+$ ) kaybetmiş halidir. Vücutta dolaşan formudur ve bu nedenle **laktik asit** yerine genelde **laktat** kelimesi kullanılır.
- Egzersiz sırasında kanda ve kaslarda dolaşan esas madde **laktattır**.

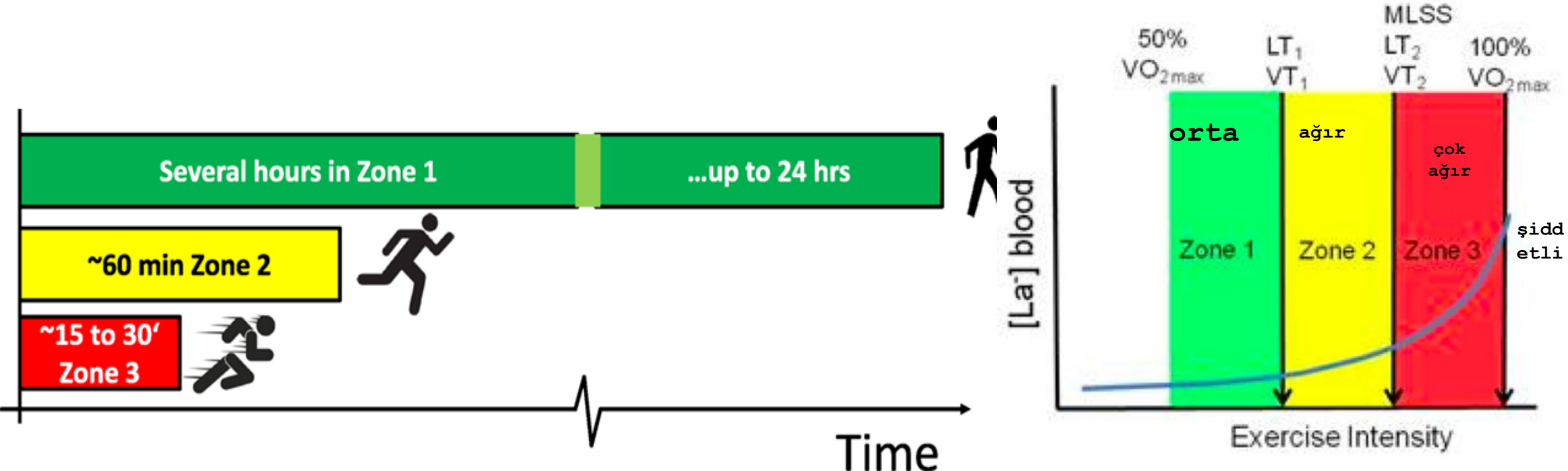
**Laktat ve laktik asit**, genelde aynı şey gibi düşünülse de aslında kimyasal ve fizyolojik açıdan bazı farklılıklara sahiptir.

## 2. Fizyolojik Etki

- Laktat genelde "kas ağrısının" veya "yorulmanın" suçlusu olarak görülse de bu doğru değildir. **Laktat**, enerji ihtiyacı için tekrar kullanılabilir ve hatta önemli bir yakıttır.
- Egzersiz sırasında yorgunluk hissine neden olan şey, laktik asidin dönüşümü sırasında açığa çıkan **protonlar (H<sup>+</sup>)** ve artan asitliktir (pH düşmesi).



- **Antrenman Yoğunluk Dağılımı:** (Training Intensity Distribution TID), bir sporcunun antrenmanının üç farklı yoğunluk bölgesinde harcadığı süre anlamına gelen terimdir.
- **Bölge 1**, ilk solunum eşliğinde veya altında ( $<VT_1$ ); **Düşük** ( $HR_{max} \%70$ )
- **Bölge 2**, birinci ve ikinci solunum eşliği ( $VT_1$   $VT_2$ ) arasındaki; **Orta** ( $HR_{max} \%80$ )
- **Bölge 3**, ikinci solunumsal eşik üzeri ( $>VT_2$ ) olarak tanımlanmıştır. **Yüksek** ( $HR_{max} \%90-100$ )



## Training Zone

Physiological Area		HR	Limit time	RPE	Work Training Time (with out rest time)
Z1	<VT1	60-65%		2	6h(†) a 1h
Z2	VT1	70%	6h	3-4	4,5h(†) a 1h
Z3	VT1 – VT2	80%		5-6	3h(†) a 1h
Z4	VT2	90%	60'	7	60' a 30'
Z5	>VT2	95%		8-9	35' a 15'
Z6	VO2max	Max HR	6'	10	15' a 6'

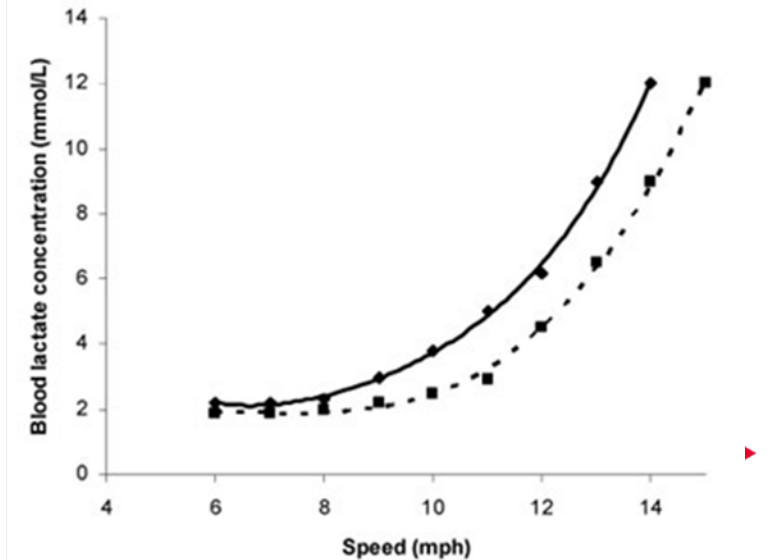
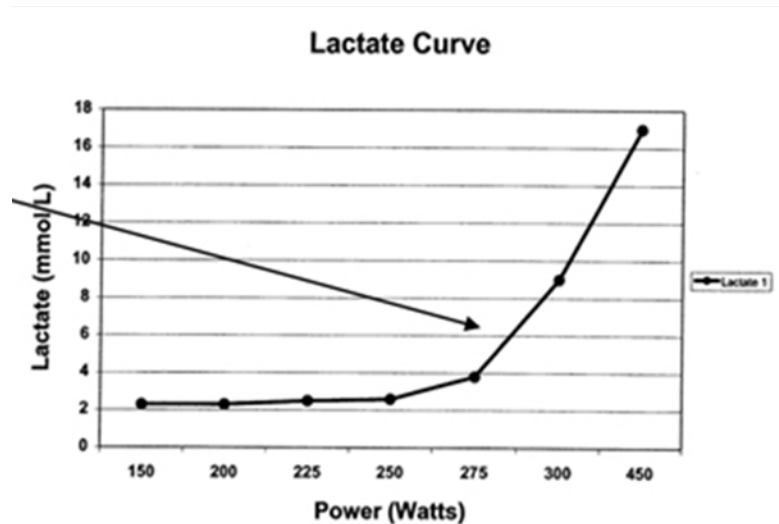
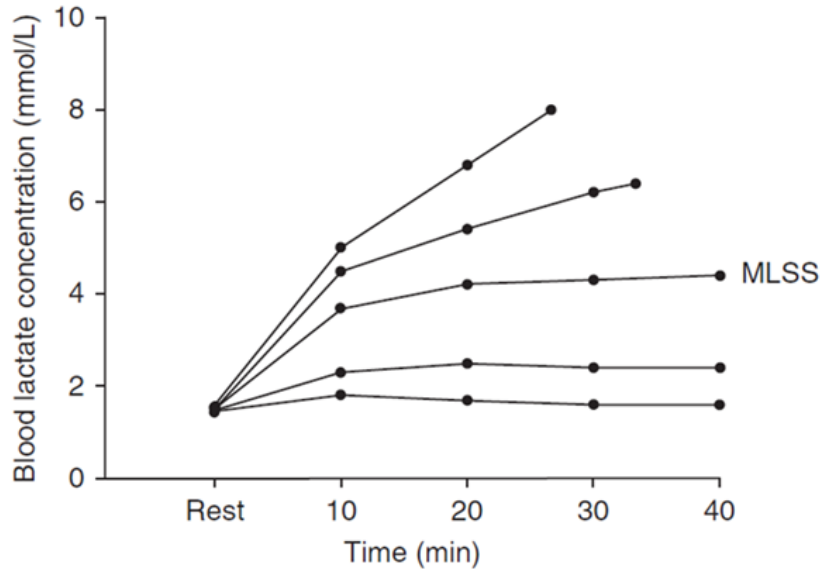
# Anaerobik Eşik Nedir?

- **Anaerobik Eşik**, laktatın kanda birikmeye başladığı, anaerobik metabolizmanın hızlandığı yani gerekli total enerjide anaerobik işlemlerin oranının belirgin bir şekilde artmaya başladığı efor düzeyidir.
- **ATP talep oranı mitokondrinin aerobik olarak ATP üretme kapasitesini aştığından, ATP sentezine daha fazla anaerobik katkı gerekir.**
- Egzersiz için gereken enerjinin aerobik yollardan değil anaerobik yollardan elde edilmeye başlandığı seviye **anaerobik eşik (AE)** adı verilir.



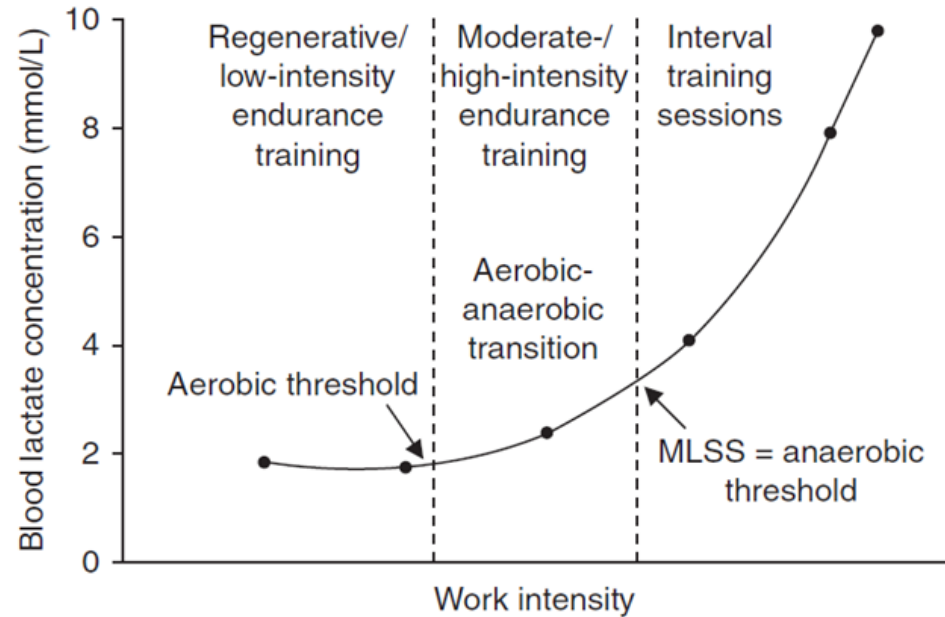
# Anaerobik Eşik Nedir?

- Aerobik enerji sisteminin gereken enerjinin tamamını sağlayabildiği en yüksek egzersiz şiddetidir.
- Laktat üretiminin sabit kaldığı son iş yüküdür.
- Genellikle şiddeti basamaklı artan (*incremental, graded*) bir egzersizde (aerobik dayanıklılık performansı ölçülürken) **kan laktatında (*exponential*) gittikçe artan bir artış gözlenir.**
- Laktat eğrisinin sağa doğru kayması dayanıklılık kapasitesi artışının göstergesi olarak kabul edilir.



# Literatürde 25'den fazla LT kavramı/metodu var.

- Laktat Birikiminin Başlangıç Noktası ( Onset of Blood Lactate Accumulation – OBLA )
- Bireysel Anaerobik Eşik (Individual Anaerobic Threshold – IAT)



**Fig. 1.** A typical lactate-workload plot including the aerobic-anaerobic transition as a framework to derive endurance training intensities for different intensity zones. **MLSS**=maximal lactate steady state.

- **OBLA (Onset of Blood Lactate Accumulation) 1981** Sjödin, Jacobs
- Lactate excess Williams 1967
- Aerobic/Anaerobic threshold Kinderman 1979
- **Maximum Lactate Steady State** Beneke 1995
- Lactate Minimum Speed Tegbtur 1993
- Lactate turning point Davis 1983
- Lactate threshold Ivy 1980
- Aerobic Threshold/Anaerobic Threshold 1980 Skinner, McLellan
- **Individual Anaerobic Threshold** Stegmann1981
- Anaerobic Threshold Wasserman1973
- Ventilatory Threshold Powers 1983
- Deflection Velocity Conconi 1982



## MLSS:

- Tüm kavramlar içinde ideale en yakın görünen test, MLSS'e yakın egzersiz şiddetini belirleyebilenidir. (Svedahl, MacIntosh 2009 Sports Med, Billot 2003)
- Laktat üretimi ve temizlenmesinin hala dengede olabildiği en yüksek iş yüküne MLSS denir. LaFontaine 1981, Beneke 1995, Billat 2003
- Sabit yük denemeleri sırasında 10 ila 30 dakika arasında bLa'da 1 mmol / L'den fazla olmayan bir artış, MLSS belirlemede kullanılan yöntem

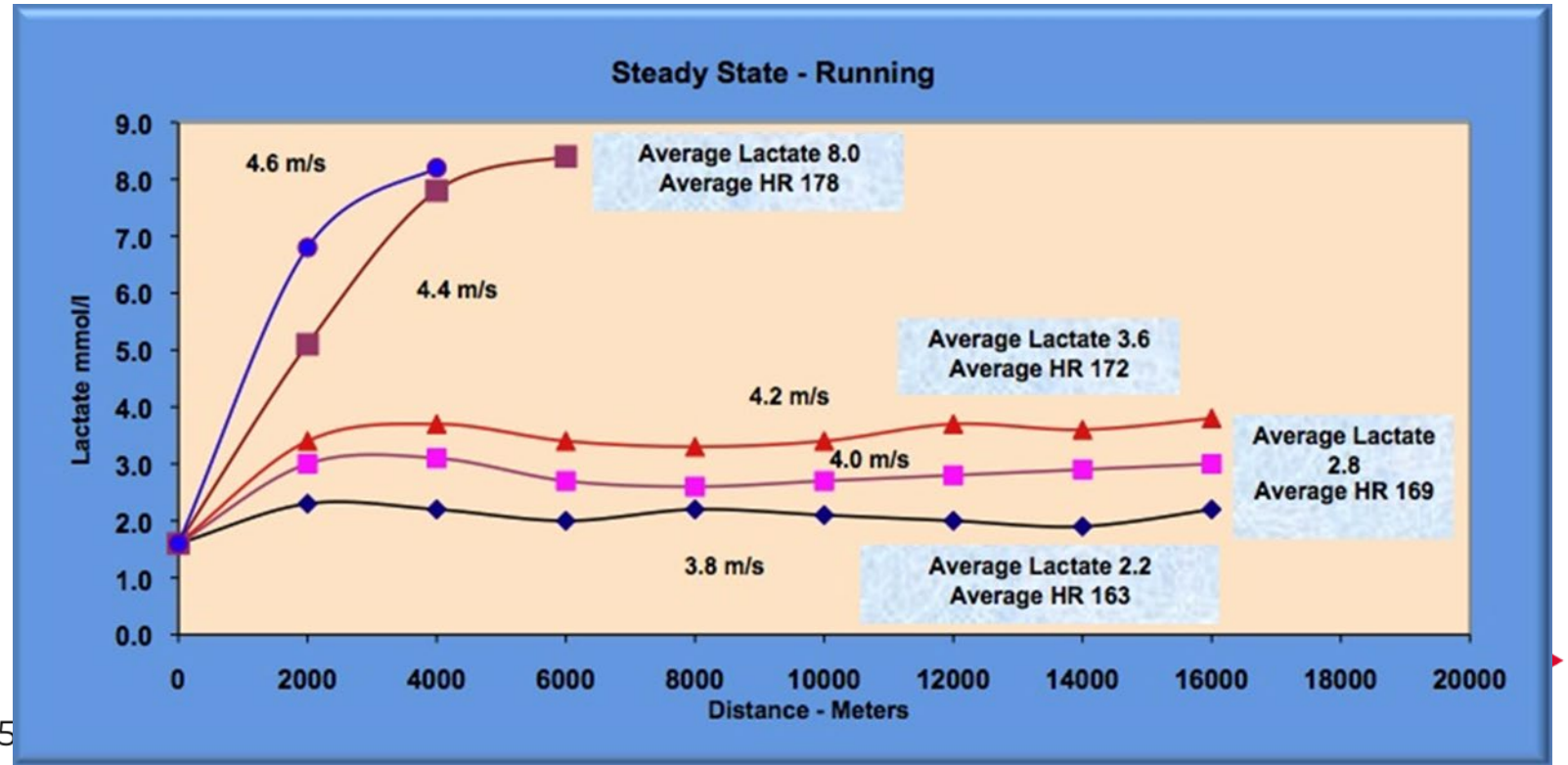
17 km/s

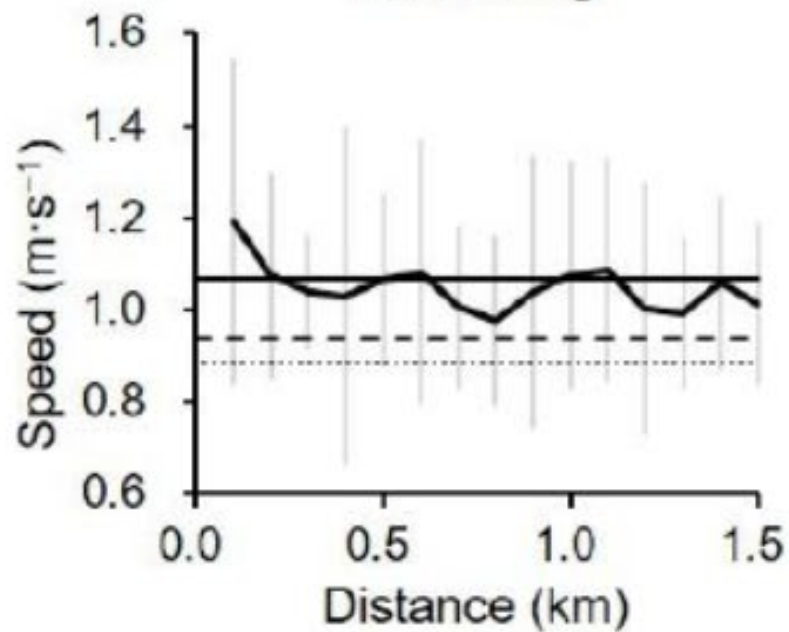
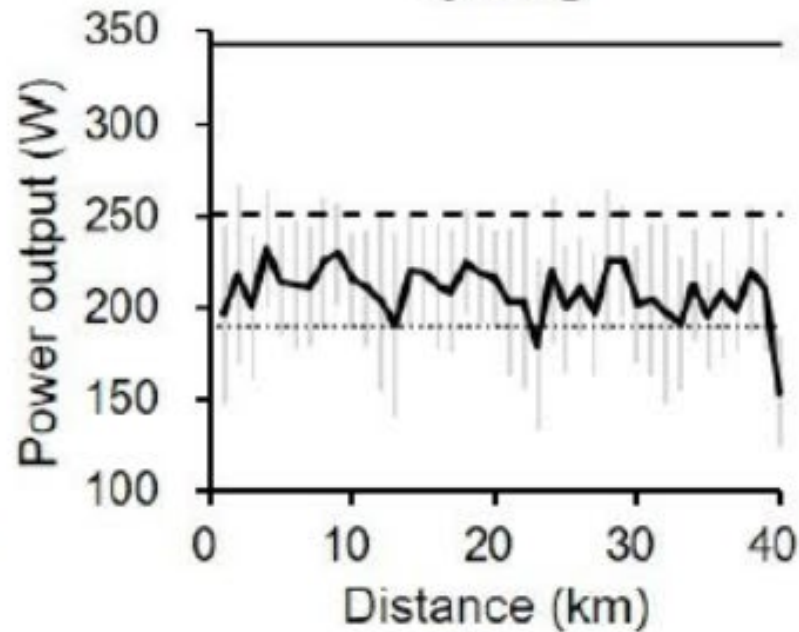
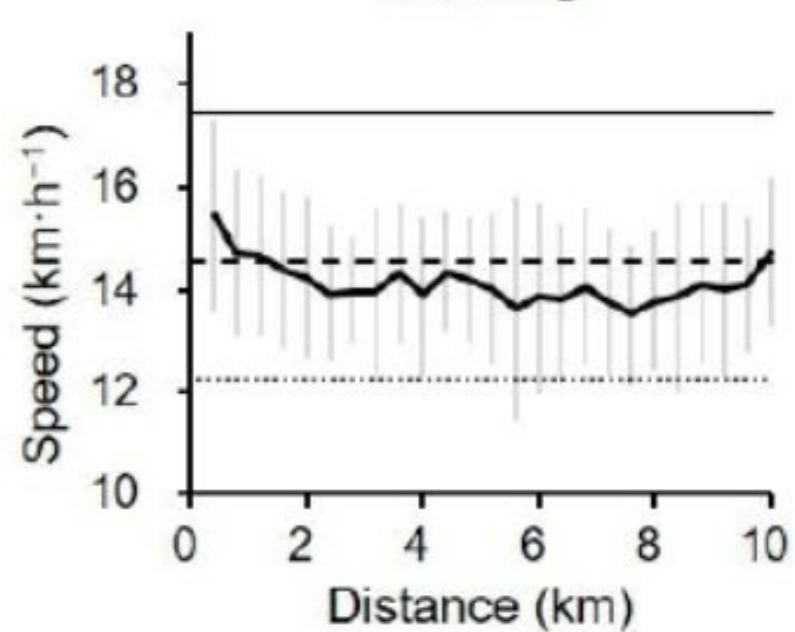
16 km/s

15 km/s (mlss)

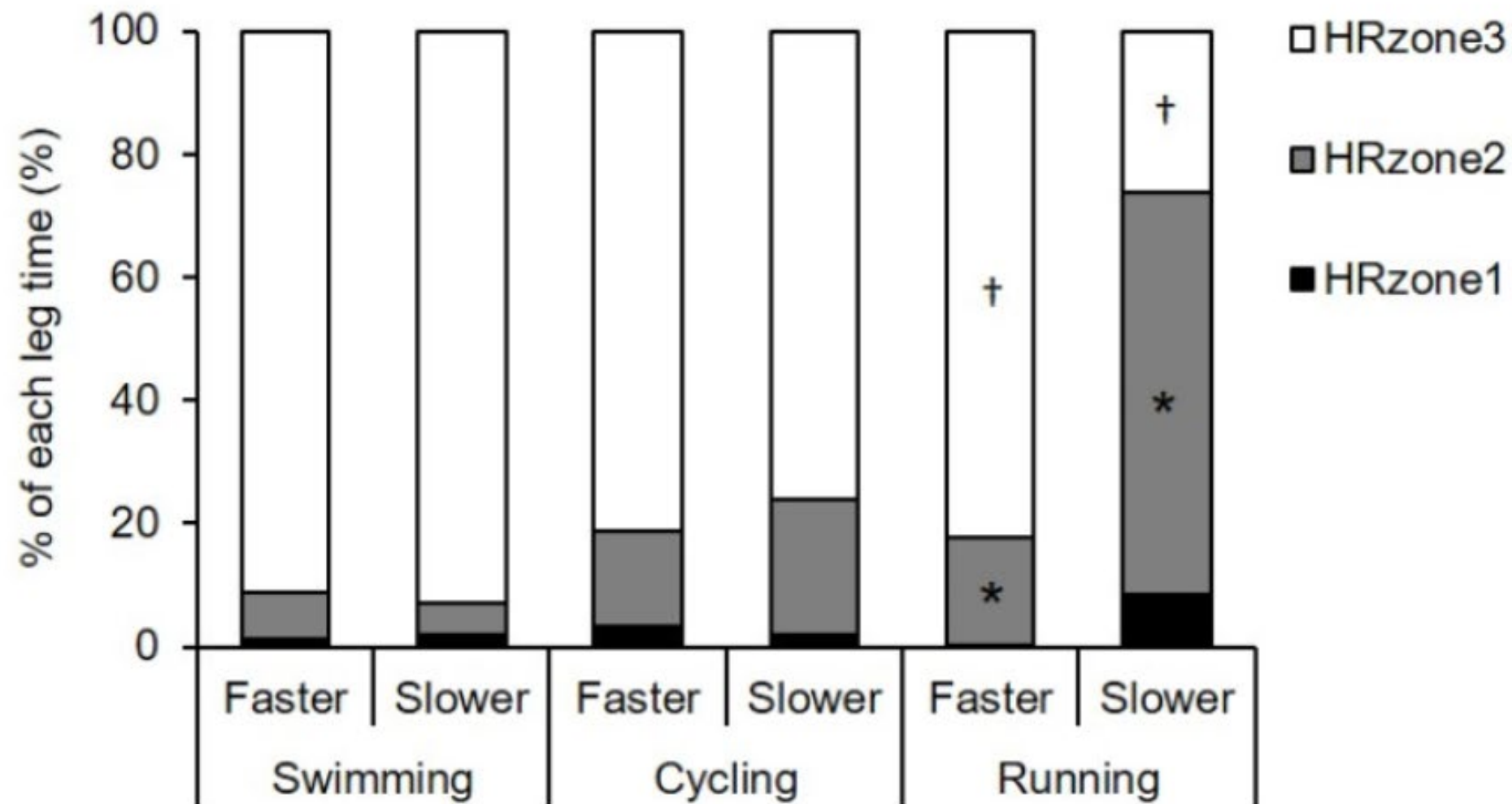
14 km/s

13 km/s



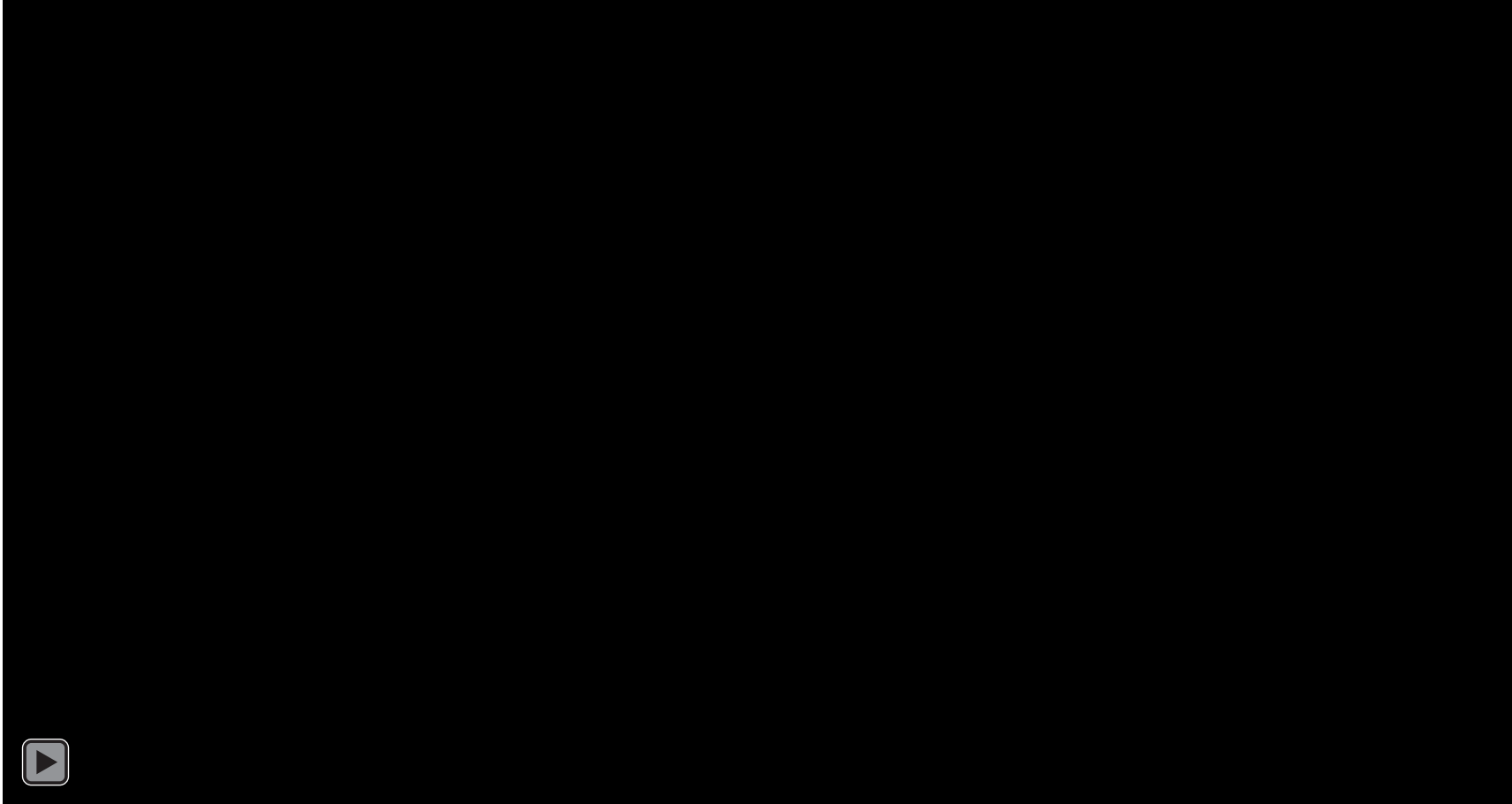
**Swimming****Cycling****Running**

..... AeT    - - - AnT    ——— Maximal



**Figure 2.** Time percentage in three intensity zones based on heart rate (HR) in each leg during Olympic-distance races in the faster ( $n = 9$ ) and slower ( $n = 8$ ) groups. \*  $p < 0.05$  in HR<sub>zone2</sub> in running leg. †  $p < 0.05$  in HR<sub>zone3</sub> in running leg. Standard deviations have been eliminated to improve clarity. See text for explanations of HR<sub>zone1</sub>, 2, and 3.

# IAT Yöntemlerinde Örnek Koşu Hızları



Koşu Hızı

8.0 km/s

9.2 km/s

10.4 km/s

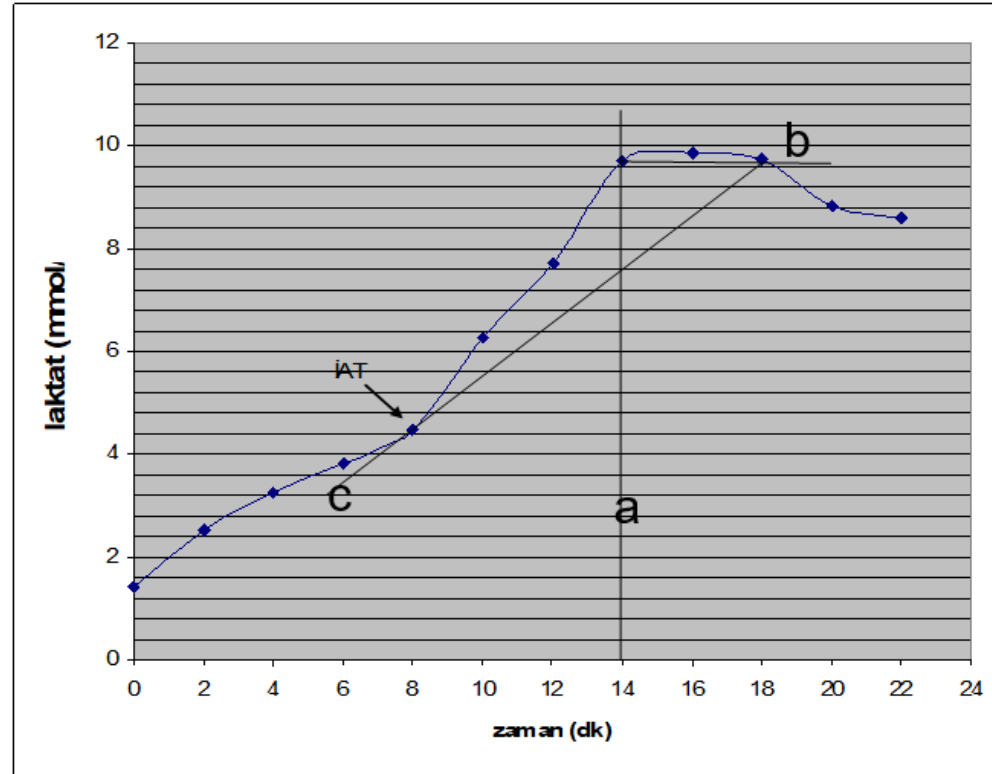
11.6 km/s

12.8 km/s

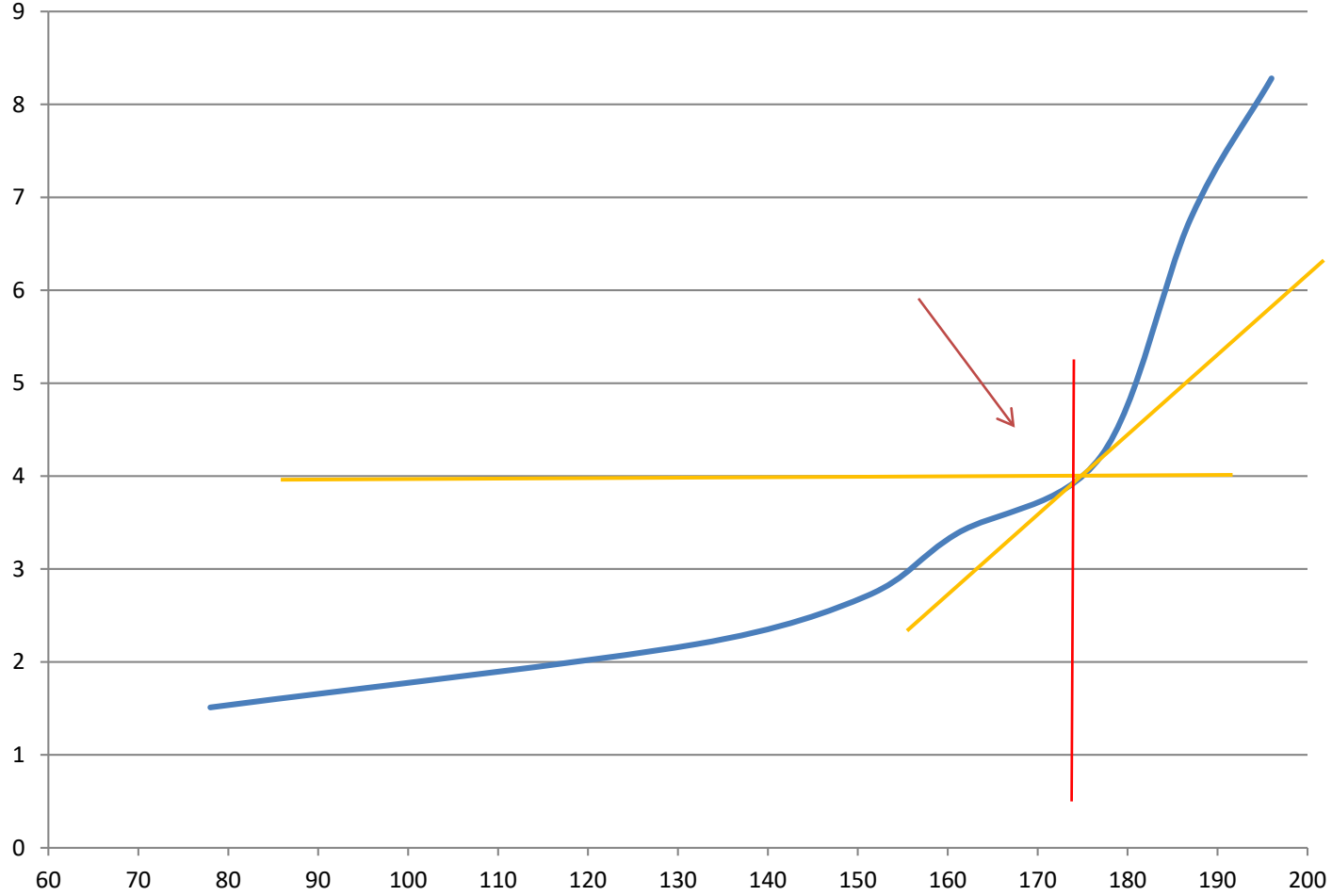
14 km/s

# Bireysel Anaerobik Eşik (Individual Anaerobic Threshold – IAT)

- Laktat değerlerinin zamana karşı çizilen grafiğinde testin sonlandırıldığı andaki laktat noktasından X eksenine bir dikme inilir (a).
- Daha sonra yine bu noktadan toparlanma sırasında laktatın düşüş gösterdiği noktaya bir doğru çizilir (b).
- Bu düşüş noktasından çizilen teğetin laktat eğrisini kestiği nokta bireysel anaerobik eşiği gösterir (c).



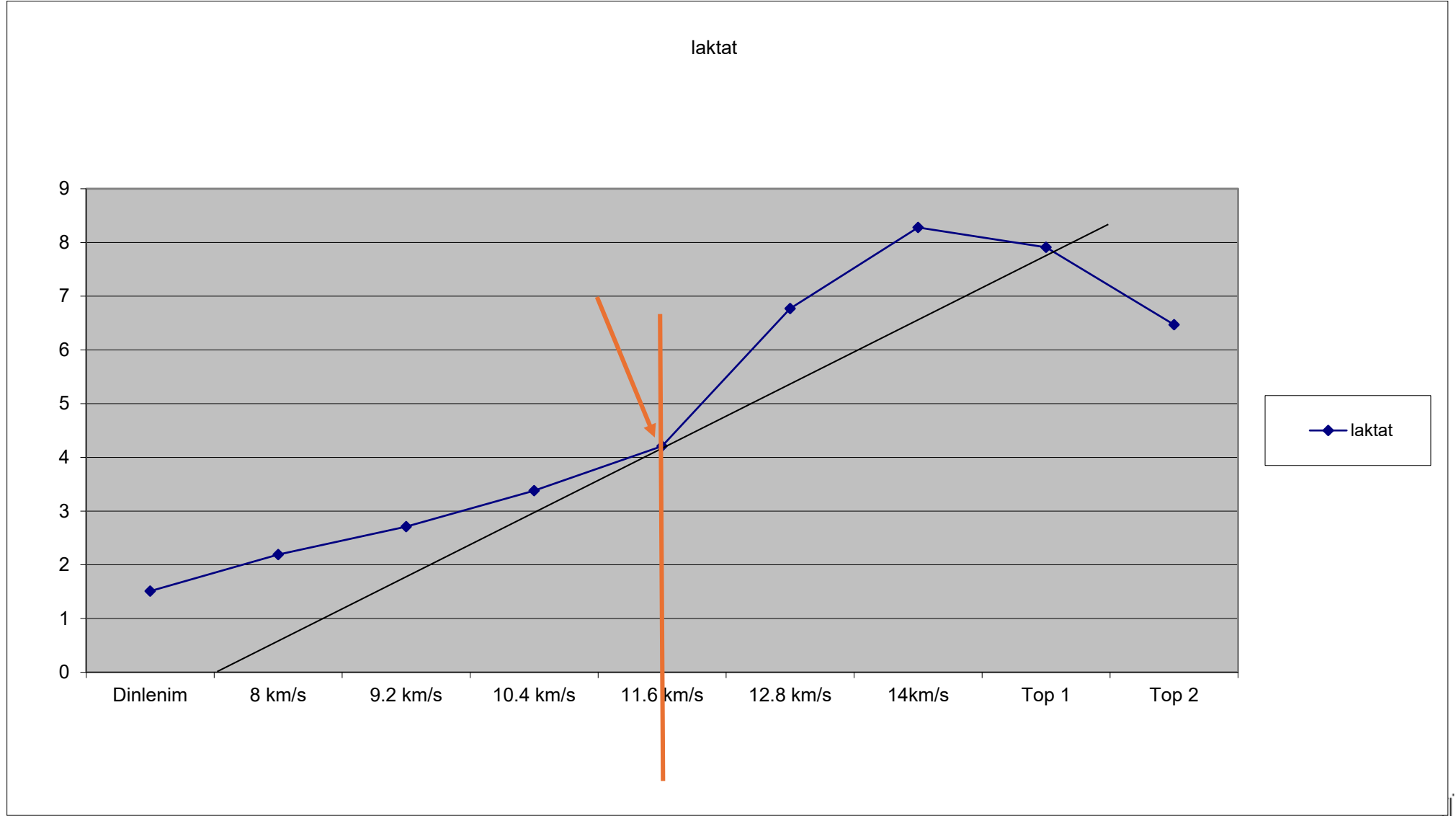
La



Speed	Hearth Rate	Lactate
0km/s	78	1,51
8km/s	132	2,19
9,2 km/s	151	2,71
10,4km/s	161	3,38
11,6 km/s	177	4,21
12,8km/s	187	6,77
14km/s	196	8,28

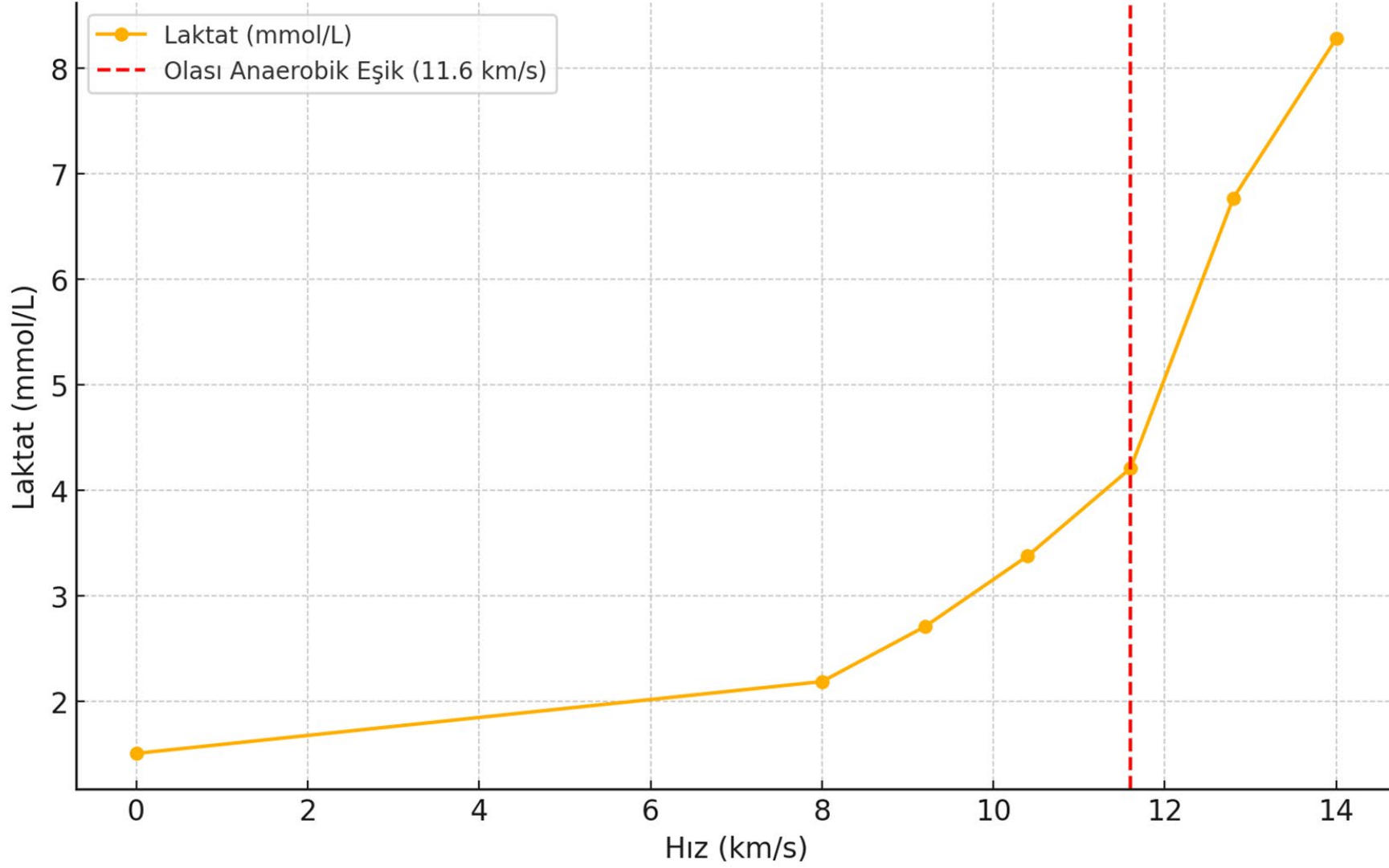


# Elle Excel Çizimi



# Chat GPT çizimi

## Hız ile Laktat Arasındaki İlişki

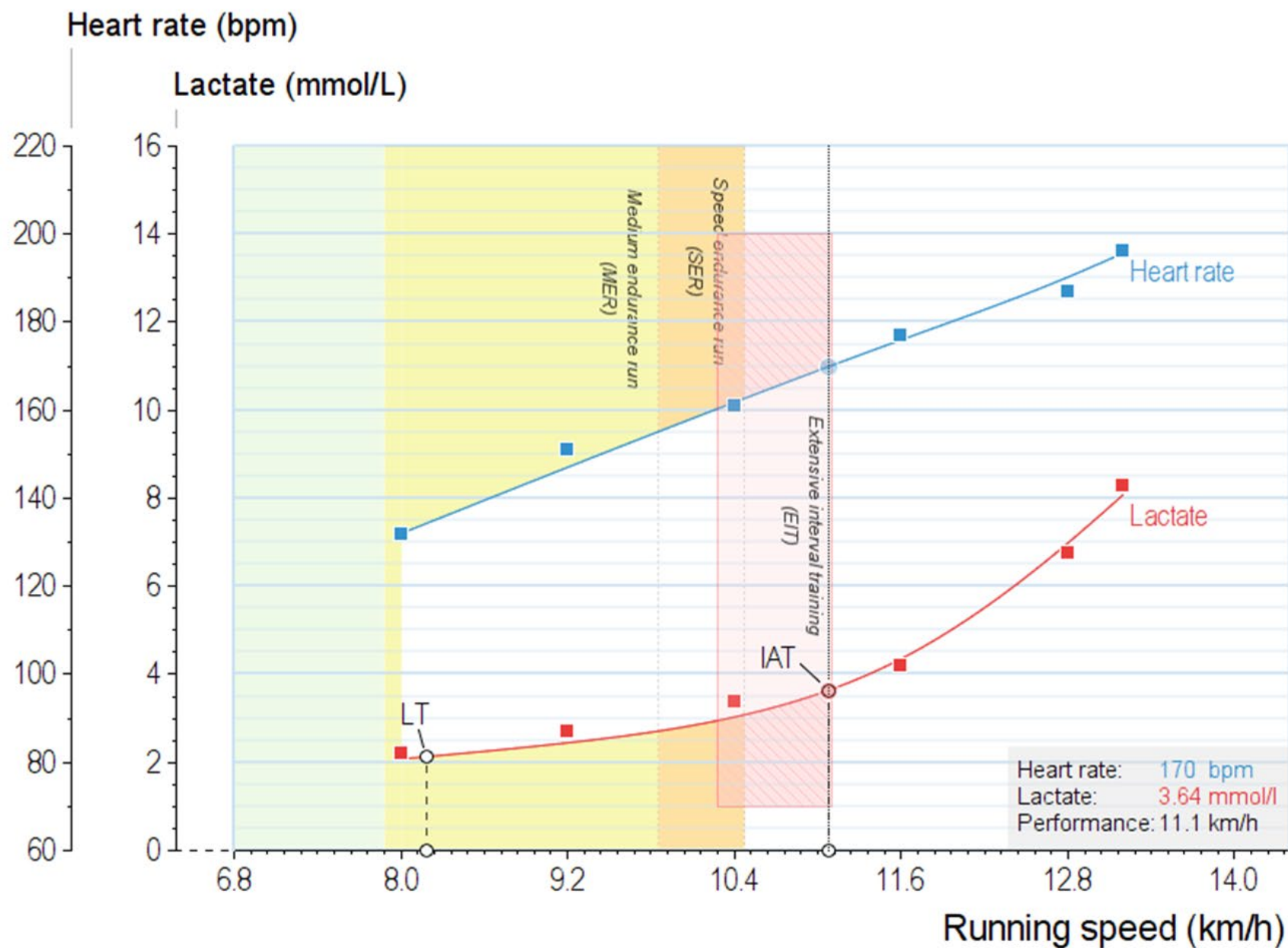


## Yorumu...

- Grafikte laktat değerlerinin hıza göre deęiřimi gösterilmektedir.
- Laktat eğrisinde belirgin bir artış, 11.6 km/s hızında görülmektedir.
- Bu hız, bireysel anaerobik eşik (IAT) olarak kabul edilebilir.
- Anaerobik eşik noktasında, kalp atım hızı yaklaşık **177 bpm** (kalp atımı/dakika) ve laktat seviyesi **4.21 mmol/L** olarak hesaplanmıştır.
- Bu veriler, bireyin aerobik kapasitesinin üst limitini ve anaerobik enerji üretimine geętięi noktayı gösterir.

# Lactate-to-performance-curve, Running (treadmill)

# Ergonizer



## Test results

### Lactate concentration

#### Lactate Threshold (LT)

Performance	8.2 km/h (2.27 m/s)
per 1,000 m	7:19 min
Heart rate	134/min

#### Individual anaerobic threshold (IAT)

Performance	11.1 km/h (3.08 m/s)
	245 Watt
per 1,000 m	5:25 min
Heart rate	170/min

### Recommended training loads

Extensive interval training (EIT)	10.3 km/h - 11.1 km/h
	2.85 m/s - 3.08 m/s
per 1,000 m	5:50 min - 5:24 min
Heart rate	160 bpm - 169 bpm
Speed endurance run (SER)	9.9 km/h - 10.5 km/h
	2.74 m/s - 2.91 m/s
per 1,000 m	6:05 min - 5:43 min
Heart rate	155 bpm - 162 bpm
Medium endurance run (MER)	7.9 km/h - 9.9 km/h
	2.19 m/s - 2.74 m/s
per 1,000 m	7:36 min - 6:05 min
Heart rate	132 bpm - 154 bpm
Reg. and Long Jog (LSD/RER)	below 7.9 km/h
	unter 2.19 m/s
per 1,000 m	above 7:36 min
Heart rate	below 131 bpm

### P(Dmax)

Performance	11.1 km/h (3.08 m/s)
per 1,000 m	5:24 min
Heart rate	170/min

### P(Dmax)mod

#### at 2.0 mmol/L blood lactate

Performance	2.0 mmol/l were exceed from the beginning
per 1,000 m	2.0 mmol/l were exceed from the beginning
Heart rate	2.0 mmol/l were exceed from the beginning

#### at 4.0 mmol/L blood lactate

Performance	11.4 km/h
per 1,000 m	5:16 min
Heart rate	173/min

### Maximum values

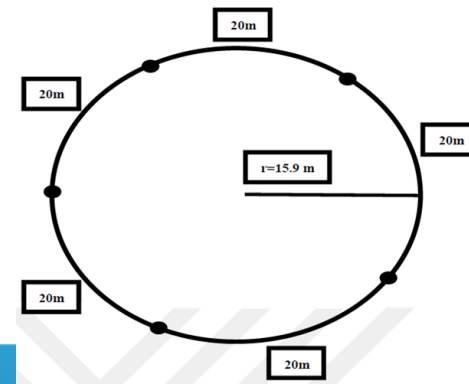
Maximum Performance	13.20 km/h (for 60 s)
	3.67 m/s (for 60 s)
	4:32 min per 1,000 m
Maximum Heart Rate	196/min
VO2 (max), abs.	3510 ml/min
VO2 (max), rel.	41.8 ml/min/kg
Maximum lactate concentration	8.28 mmol/L
Max. glycol. Power (VLaMax)	0.28 mmol/l/s

### Percentile (p(IAT))

General population	56.9 %
Game sports	41.1 %
Competitive endurance athletes	6.3 %

# Conconi Testi (saha-koşu bandı-bisiklet)

- iş yükü ve kalp atım hızı arasındaki ilişkiden anaerobik eşiği bulmak için kullanılan noninvaziv bir testtir.
- Test sırasında kalp atım hızını takip ve kaydetmek için göğüs bandı kullanılır.
- Test için 15,9 metre yarıçapında bir daire, 20 metre aralıklarla işaretlenir.
- Koşu hızını ayarlamak için verilen sinyaller her 20 metrelik alanlara denk gelecek şekilde ayarlanır.
- Sporculardan uyarı seslerinde işaretli alanda olmaları istenir.
- Test 10km/s hız ile başlar ve her 200 metrede (2 tur) 0,5 km/s artar.





# Conconi Testi (saha-koşu bandı-bisiklet)

## Gerekli Malzemeler

- Kalp Atış Hızı Monitörü (HRmax)
- 400 metrelik pist veya Koşu Bandı
- Kronometre
- Yardımcı

## Test Nasıl Gerçekleştirilir

- Sporcu 10 dakika süreyle ısınır
- Sporcu HRM saatini başlatarak testi başlatır ve asistan kronometreyi başlatır
- Her 200 metrede bir kalp atımını ve zamanı kaydeder
- Sporcu her 200 metrede bir hızını artırır
- Sporcu devam edemeyecek durumda olduğunda kronometre durdurulur ve zamanı kaydedilir- sporcu HRM saatinin kaydını durdurur.

# Conconi Testi (saha-koşu bandı-bisiklet)

Test anında katılımcıların kalp atım hızları göğüs bandı ile kaydedilir. Sonrasında kalp atım hızları alınarak Excel dosyasına aktarılır. İş yükü ve kalp atım hızı değerlerinden bir grafik elde edilerek, bu grafik üzerinde doğrusal bir çizgi çizilir. **İş yükü ile kalp atım hızı arasında oluşan bu çizgide doğrusallığın bozulduğu nokta —anaerobik eşik olarak kabul edilir.** Bu noktaya denk gelen kalp atım hızı Anaerobik Eşik Kalp Atım Hızı (KAHAnE), koşu hızı ise Anaerobik Eşik Koşu Hızı (HIZAnE) olarak belirlenir.

Sürekli, şiddeti artan egzersiz sırasında, kalp atış hızı belirli bir noktaya kadar (sapma noktası) doğrusal bir oranda artar. Kalp atış hızının doğrusallıktan saptığı nokta, laktat anaerobik eşiği ile ilişkili olduğu gösterilen sapma noktası olarak adlandırılır.

Bu yöntem koşu, bisiklet branşlarında kullanılır.

## Conconi Yöntemi ile Laboratuvarda Yapılan VT2 Ölçümü Karşılaştırması

Table 1. Means (M)  $\pm$  standard deviation (SD), and correlation coefficient (r) for anaerobic threshold heart rate (AT HR and anaerobic threshold velocity (AT VEL)

	AT HR		AT VEL	
	M $\pm$ SD (b $\cdot$ min <sup>-1</sup> )	r	M $\pm$ SD (b $\cdot$ min <sup>-1</sup> )	r
Conconi method	175.64 $\pm$ 8.11	0.937	14.60 $\pm$ 1.35	0.967
Ventilatory method	168.52 $\pm$ 8.53		14.05 $\pm$ 1.39	

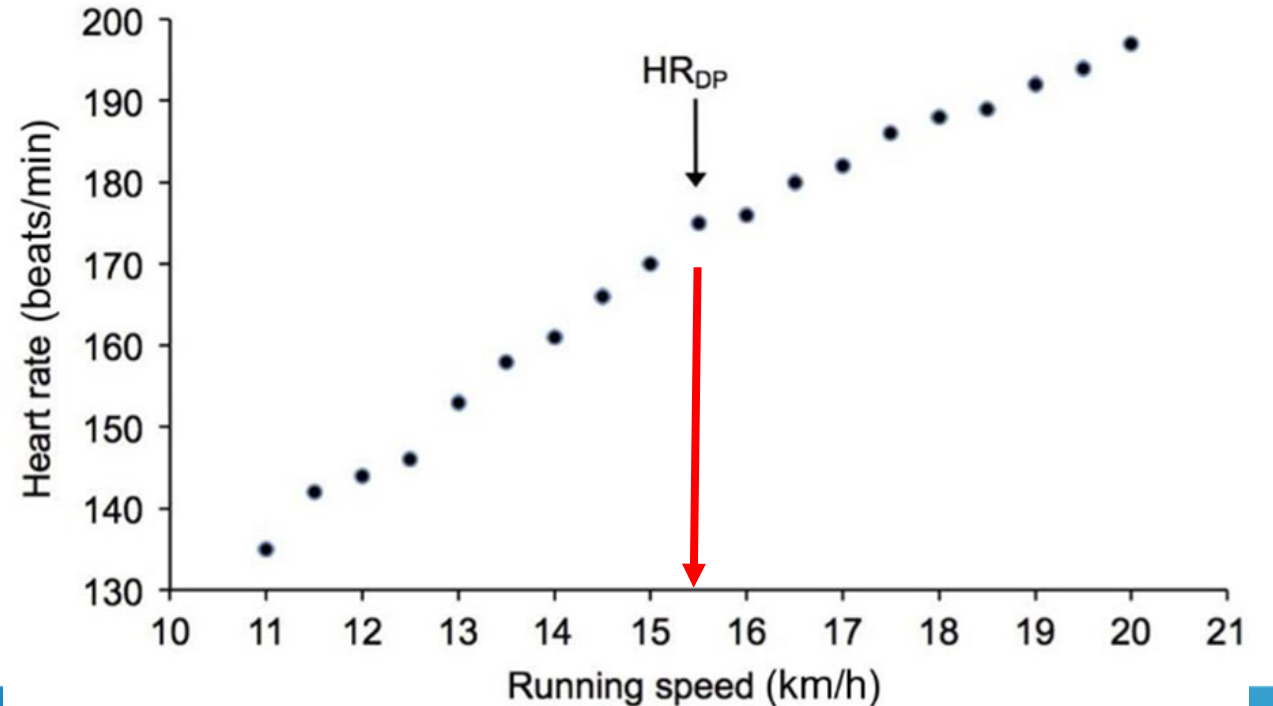
# Başlangıç Hızları ve Dikkat Edilecekler

**8 km/s (Antrenmansız) 10 km/s (Antrenmanlı) 12 km/s (İyi antrenmanlı)**

- Anaerobik Eşik belirlenmesi için en az 8 tur en fazla 20 tur.
- Anaerobik Eşikten sonra en az 3 tur gidilmesi gerek.
- Turlar arasında Kalp Atış Hızındaki maksimum artış  $\leq 8$  dk atım olmalıdır.

## Conconi Testi

**Yorulmadan Devam Ettirilebilecek En Hızlı Koşu Temposunu Belirleyen Dolaylı Bir Saha Testidir.**



**Zaman Ayırdığınız İçin Teşekkür Ederim.**

**Sakatlıksız, Başarılı Bir Sezon Dilerim..**



caner.cetinkaya@deu.edu.tr