

# **EGZERSİZ FİZYOLOJİSİ II**

## **GİRİŞ**

**Prof.Dr.Mitat KOZ**

# Fizyoloji ?

## Egzersiz Fizyolojisi ?

### Spor fizyolojisi ?

#### ■Fizyoloji:

- Canlı organizmalardaki tüm yaşamsal işlevleri inceleyen bir bilim dalıdır.
- Yaşayan organizmaların hücre, organ ve sistem düzeyinde nasıl çalıştığının incelenmesidir.

#### ■Egzersiz Fizyolojisi;

- Akut ve kronik egzersize maruz kaldıklarında vücudumuzdaki yapılar ve onların fonksiyonlarının nasıl etkilendiğinin incelendiği çalışma alanı.

#### ■Spor Fizyolojisi;

- Egzersiz fizyolojisinde oluşan konseptlerin sporcuların antrenmanlarında ve sportif performansın artırılması amacıyla uygulanmasıdır.
- Bu nedenle spor fizyolojisi egzersiz fizyolojisinden türemiştir.

# Egzersiz Fizyolojisi Nedir?

1. Egzersiz ve Spor Bilimleri alanında bir ders ve çalışma alanı:

Egzersiz ve fiziksel aktivite insan vücudunun yapı ve fonksiyonunu nasıl değiştirir ?

2. Bir meslek-Egzersiz Fizyoloğu:

# Fizyoloji

- Fizyoloji, iki latince sözcükten; **physus** ve **logostan** kaynak alır.
- **Physus** yaşam;
- **Logos** ise bilim anlamına gelir.
- Fizyoloji sözcüğü, geniş anlamda canlı organizmalardaki tüm yaşamsal işlevleri inceleyen bir bilim dalını tanımlamaktadır.



# Neden-Nasıl ?

- Organizma tarafından dış uyaranların
  - nasıl algılandığı,
  - nasıl işlenip cevaplandırıldığı,
  - solunum, dolaşım, sindirim, boşaltım, üreme fonksiyonlarının nasıl gerçekleştiği,
  - vücudumuzdaki kasların nasıl kasıldığı,
  - ışık enerjisinin sinir sisteminde nasıl görüntüye dönüştüğü ve
  - bilincin nasıl oluştuğu,
  - sistemler arasındaki koordinasyonun nasıl sağlandığı gibi tüm fonksiyonel işlevler fizyolojinin inceleme kapsamındadır.

# Homeostazis:

- Hücrelerin yaşamlarının devamlılığının sağlanması için iç ortamın sabit ya da değişmez koşullarda tutulması gereklidir.
- Yaşayan organizmaların bir takım fiziksel ve kimyasal özellikleri (ısı, pH, önemli moleküllerin kimyasal konsantrasyonları gibi) her zaman sabit, değişmez kalmak zorundadır.
- Fizyologlar bunu homeostazis-denge olarak tanımlarlar.

# Homeostatik mekanizma

- Dingin durumu korumak için tasarlanmış mekanizma, homeostatik mekanizma olarak adlandırılır .
- Zorlayıcı bir uyarı, homeostazis'i bozan bir uyarandır ve vücutta strese (zorlanma, baskı) yol açar.
  - János Hugo Bruno "Hans" Selye
- Homeostatik mekanizma stresi dengeleyemediği ve eski durumuna getiremediği zaman, stres, hastalığa ya da ölüme bile neden olan kusurlu bir işleyişe yol açar.



# Homeostatik Dengeyi Bozan Stres Örnekleri...

- Açlık
- Yüksek ısı
- Soğuk ısı
- Aşırı yemek yeme
- Egzersiz-spor
- Yüksek ışık
- Yüksek irtifa
- Yüksek nem
- Kirli hava
- Kaygı-korku-ders-sınavlar-ayrılıklar.....

# Egzersiz fizyolojisi ile ilgili çeşitli kavramlar ve kısa tarihçe

# Development of Exercise Physiology

Beginnings ..... ? - 1960

Era of Sports and Athletics..... 1960 - 1980

Era of Medical Awakening ..... 1970 - present

Present Status of Exercise Physiology

Research and Knowledge ..... 1990 - present

# Egzersiz Fizyolojisinin doğuğu

- Egzersiz fizyolojisi fizyoloji ve anatomiye göre nisbeten daha yenidir.
- 19. yüzyıla kadar fizyologlar daha çok klinik durumlarla ilgilenmişler, vücudun egzersize verdiği cevap pek fazla dikkate alınmamıştır.
- Bütün bunlara rağmen Antik Yunandan günümüze kadar egzersiz fizyolojisi ile ilişkilendirilebilecek bazı çalışmalar da olmuştur.

# İlk Egzersiz Fizyolojisi Deneyi

- 1789 da Lavosier ve Sequinin, Fransa;  
“genç bir adamın dinlenimde, yemek sonrası ve egzersiz esnasında oksijen alımını ölçme denemesi”
- 1847 von Helmholtz, Almanya  
“Enerjinin dönüşümü ile ilgili yasayı açıklamıştır.”
- 1850-1890 Altın çağ, Almanya  
“çeşitli aktivitelerin enerji maliyeti üzerine çalışmalar”
- 1894 Rubner, Almanya  
“köpeklerde enerji metabolizmasını ölçmek için kalorimetre kullanmıştır”



# İlk denemeler...

Genç bir adamın dinlenimde ve egzersiz anındaki oksijen tüketimini ölçme denemelerinin olduğu **Seguin ve Lavoisier tarafından 1793** yılında yayımlanmış bir makale olmasına karşın egzersiz fizyolojisi tıp, fizik, kimya, biyoloji gibi diğer bilim alanları ile karşılaştırıldığında nisbeten yenidir.

# Bisiklet Ergometresinin Dizaynı

- 1883 yılında Dr. Speck in bisiklet ergometresini dizayn etmesiyle egzersiz fizyolojisindeki çalışmalar ivme kazanmıştır ve Dr. Speck bugünkü anlamda egzersiz fizyolojisinin kurucusu olarak anılmaktadır.

# İlk denemeler...

- 1800 lü yıllar boyunca solunum ve dolaşımı anlamaya yönelik pek çok çalışma olmasına karşın fiziksel aktivitenin veya egzersizin fizyolojisine odaklanan çalışma çok azdır.

# İlk Laboratuvar

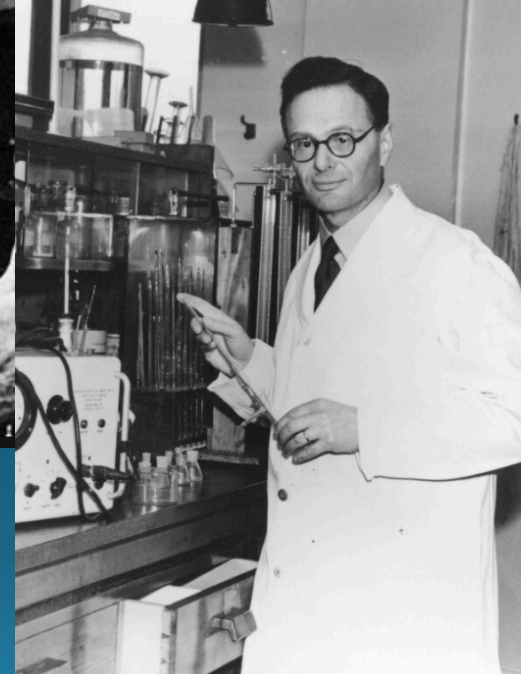
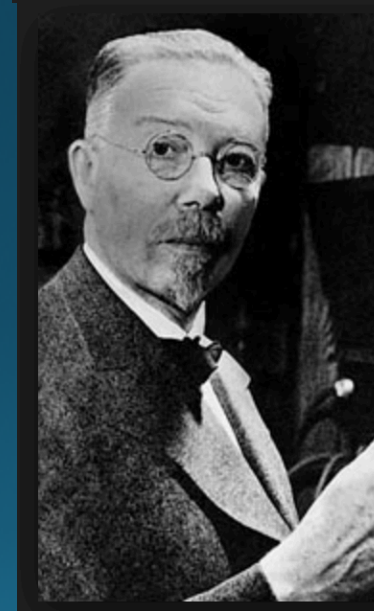
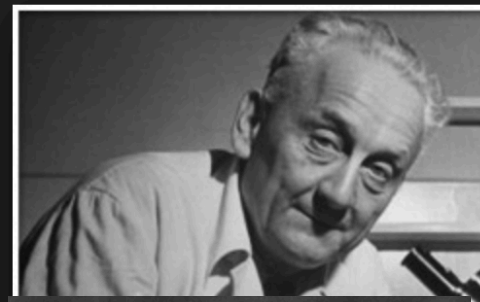
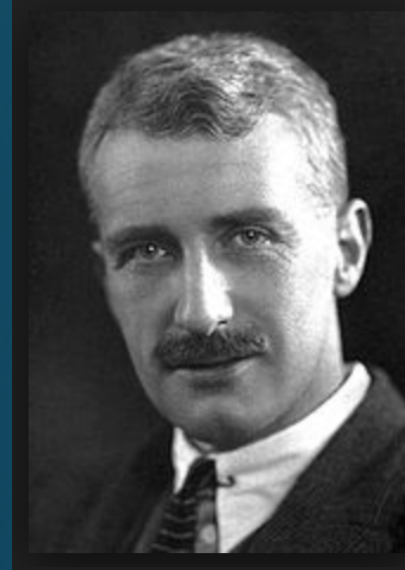
- İlk egzersiz fizyolojisi laboratuvarı 1892 yılında Harvard Üniversitesinde Lawrence Bilim Okulunda yeni kurulan anatomi, fizyoloji ve beden eğitimi bölümlerinin ev sahipliğinde kurulmuştur.
- Başlangıçta tıp eğitimi fizyologlar bugün bizim egzersiz fizyolojisi dersi altında verdiğimiz konularda önemli bilimsel buluşlar yapmışlar ve egzersiz fizyolojisine katkıda bulunmuşlardır.

# Bu bilim adamları...

- · oksijen metabolizması,
- · kas yapısı ve fonksiyonu,
- · gaz taşınması ve değişimi,
- · dolaşımsal dinamiklerin mekanizması,
- · istemli ve istemsiz hareketlerin sinirsel kontrolü alanlarında çalışmışlardır.

# Nobel ödülü...

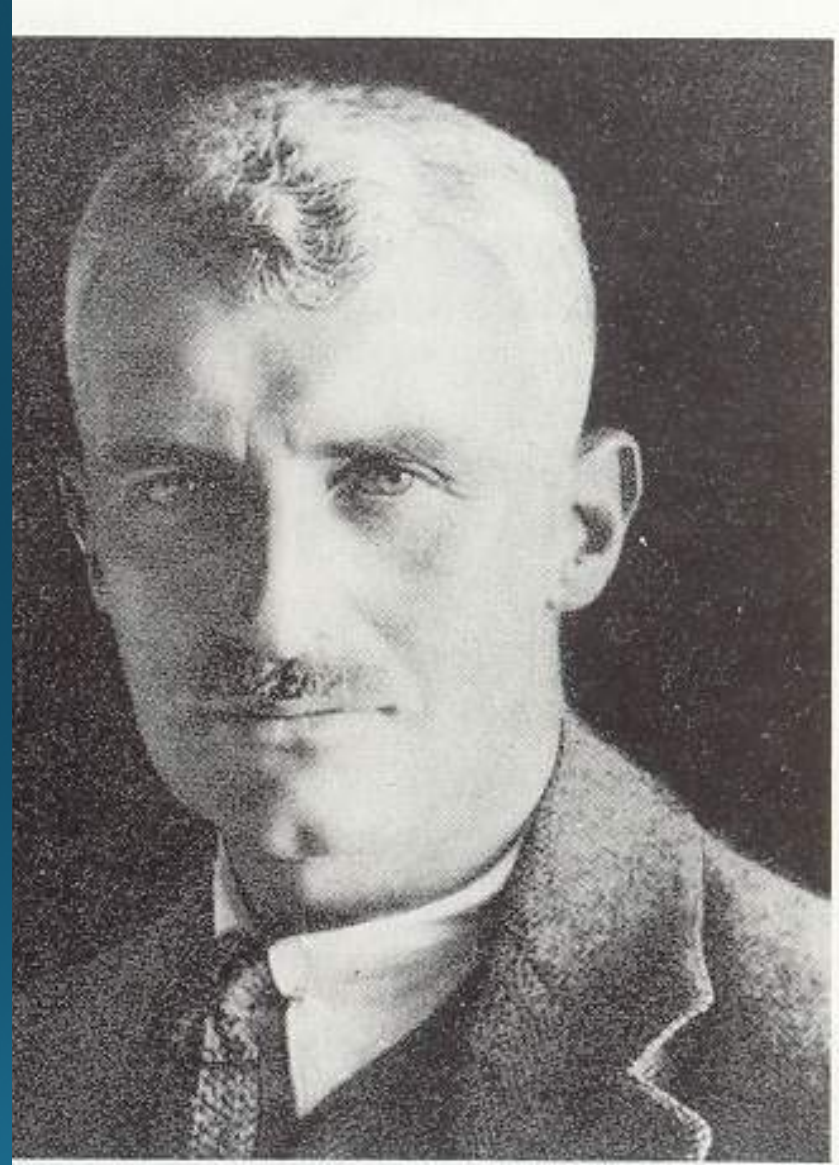
- 1921 'de A.V. Hill, enerji metabolizması üzerine yaptığı çalışma bulgularıyla Nobel Ödülüne layık görüldü.
- Albert Szent Gorgyi, Otto Meyerhof, August Krogh ve Hans Krebs gibi diğer Nobel ödüllü bilim insanlarının araştırma çabaları ,
- Hill'in araştırmalarının çoğunu izole edilmiş kurbağa kası ile yürütmesine rağmen, koşucular ile ilgili ilk fizyolojik çalışmalardan bazılarını da o gerçekleştirdi.
- Bu tür çalışmalar, egzersiz sırasında oksijen kullanımını ölçmek için gerekli olan yöntem ve ekipmanı geliştiren John S. Haldane'in (John Burdon Sanderson Haldane )teknik katkılarıyla mümkün olmuştur.





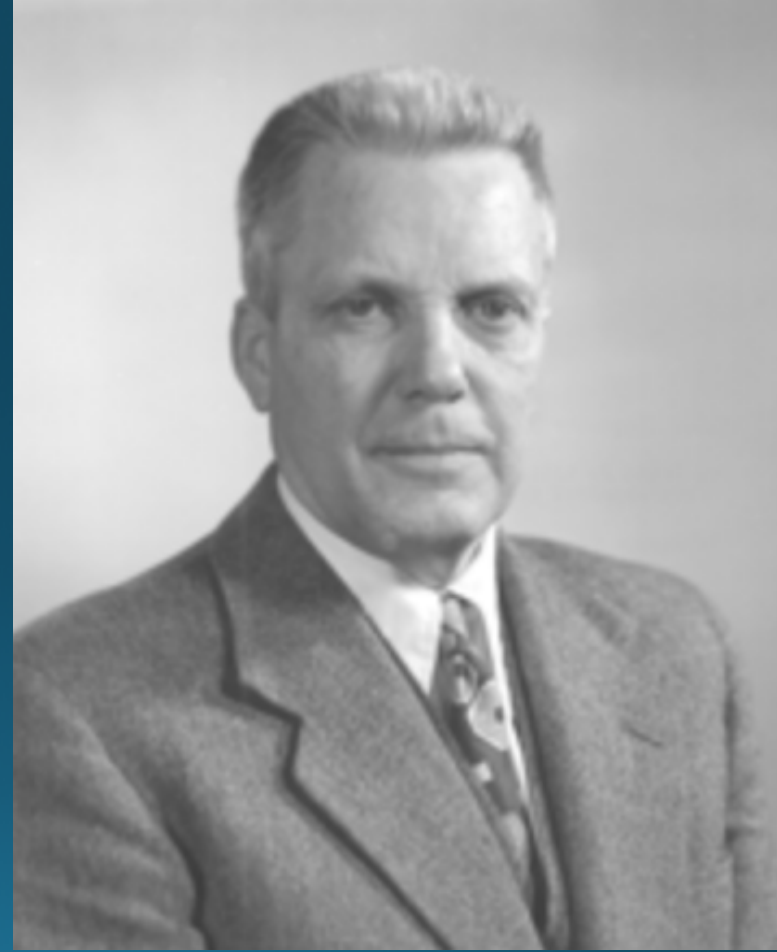
# VO2 max kavramının ortaya çıkışı

- Ayrıca 1925'te Nobel ödüllü A.V. Hill atletik rekorların fizyolojik temelleri üzerine bir yazı yayınladı ve bir kişinin aerobik olarak karşılanabilecek en yüksek enerji talebinin bir indeksi olarak maksimum oksijen tüketimini (VO2max) tanımlayan ilk kişidir.
- Hill, bir bireyin VO2max'ının kardiyo-respiratuvar performansının tek en iyi ölçüm yöntemi olduğunu ve bir çok organ sisteminin fiziksel aktiviteye veya hareketsizliğe adaptasyonunu nicelleştirmek için kullanılabileceğini ileri sürdü.

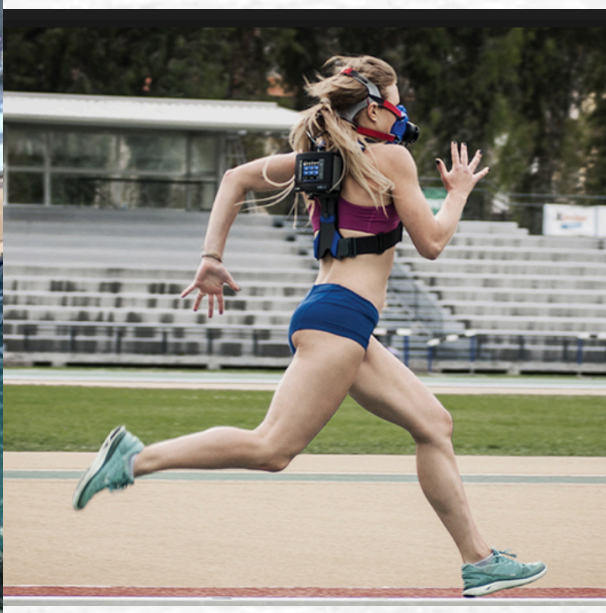
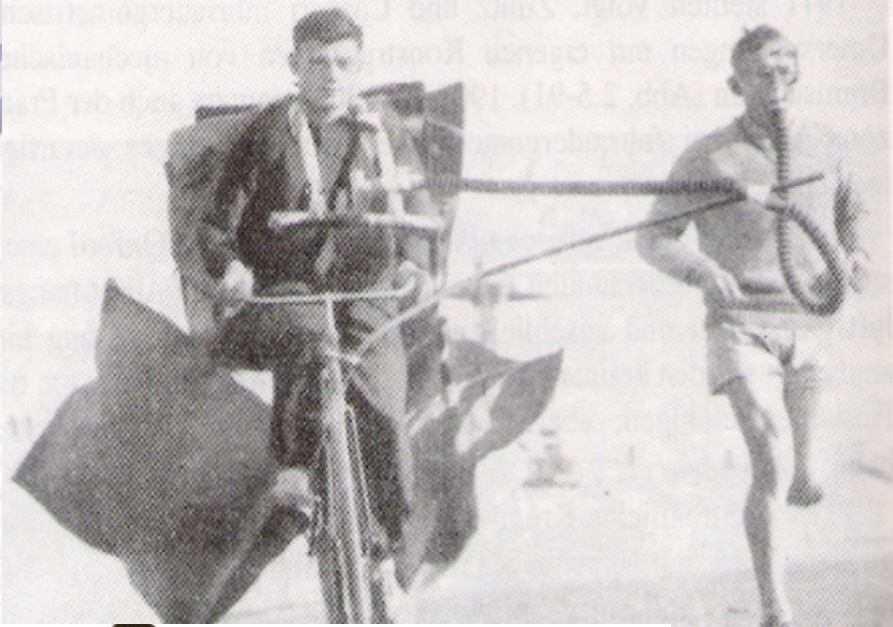


# Harvard Yorgunluk Laboratuvarı

- 1800'lü yılların sonlarında kurulan işbirlikleri üzerine kurulmuş laboratuvarların ve bilim insanlarının etkileşimleri teşvik edildi ve Uluslararası Fizyolojik Bilimler Birliği gibi uluslararası toplantılar, özgür bilimsel değişim, tartışma ve görüşme ortamı yarattı.
- Bu dönemde yaratılan araştırma laboratuvarları ve işbirlikleri, 20. yüzyılın en önemli egzersiz fizyolojisi araştırmalarından bazılarını yapmaya devam ettiler.
- Bu dönemde kurulan Harvard Yorgunluk Laboratuvarından egzersiz fizyolojisi alanına çok fazla etkisi olmuştur.
- Laboratuvar 1927 de kurulmuş ve 1947 ye kadar hizmet vermiştir.







# İskandinav katkısı

- Danimarka ve İsveçli bilim adamlarının da beden eğitiminde önemli katkıları olmuştur.
- Danimarka okulda beden eğitimini gerekli gören ilk avrupa ülkesidir.
- Danimarkada çalışmalar Kopenhag üniversitesinde başlamıştır(Johannes Lindhard, August Krogh)
  - Jimnastik ve kas fizyolojisi
  - Kılcal damar çalışması, nobel tıp ödülü

# İskandinav katkısı-2

- Modern egzersiz fizyolojisine isveç katkısı  
Per Henrik Ling (1776-1839) tarafından başlatılmıştır. Ling bugün isveç cimnastiği olarak bilinen egzersizlerin temelini atmıştır.



# İskandinav katkısı-3

- Günümüzde beden eğitimi alanında en önemli isveçli bilim adamı **Per-Olof Astrand**'dır.
- Finlandiyalı **Matti Karvonen** de egzersiz fizyolojisinde “karvonen formülü” ile önemli yer almıştır.
- Günümüzde de hala bu ülkelerdeki önemli araştırma merkezlerinde egzersiz fizyolojisi ve beden eğitimi konularında çok önemli araştırmalar yapılmaktadır.



**Per-Olof Åstrand**  
**1922-2015**

# Savaşların Etkisi

## (1.Dünya Savaşı, 1914-1918)

- Fiziksel uygunluğun ölçümü ve askeri personelin muharebeye hazırlama yolları,
- Yaralı askerlerin rehabilitasyonu,
- Yapılan işlerin enerji maliyeti,
- Isı toleransı,
- Diyet modifikasyonları,
- Çevresel faktörler ile ilgili araştırmalar,

# Savaşların Etkisi

## (2.Dünya Savaşı, 1941-1945)

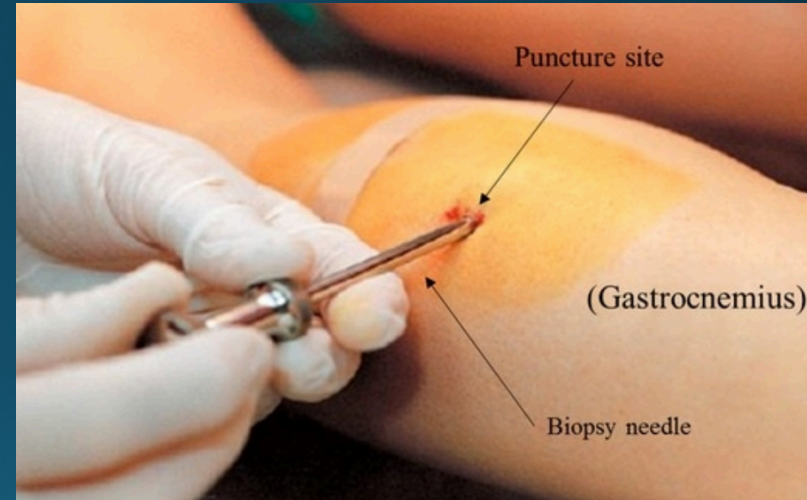
- Muharebe için fiziksel uygunluk ve kuvvet gelişimi konularına ilgi yeniden artmıştır.
- Bununla ilgili olarak ta okullardaki beden eğitimi derslerinde driller ve kalistenik egzersizler vurgulanmıştır.

Biyokimyanın gelişimi;  
1960'ların ortalarında, egzersiz fizyolojisi alanında büyük etkisi olan üç biyokimyacı ortaya çıktı.

- Washington Üniversitesi (St. Louis) **John Holloszy**,
- Iowa Üniversitesi'ndeki **Charles "Tip" Tipton**
- Washington Eyalet Üniversitesi'ndeki **Phil Gollnick** ilk olarak kas metabolizmasını ve yorgunluk ile ilgili faktörleri incelemek için sıçanları ve fareleri kullandılar.

# Biyopsi tekniklerinin ve histokimyasal boyama tekniklerinin gelişimi

- 1970'lerin başında, bir takım egzersiz fizyologları, kas biyopsisi yöntemini, histolojik boyama ve ışık mikroskopunu kullanarak insan kas lifi türünü belirlemek için kullandılar.
- **Beng Saltin** daha sonra biyopsi prosedürü hakkındaki bilgilerini Gollnick'in biyokimyasal yetenekleri ile birleştirdi.
- Bu araştırmacılar, egzersiz sırasında insan kas lifi özellikleri ve kullanımı ile ilgili birçok ilk araştırmanın mimarıdır.





# Era of Sports and Athletics. 1960 - 1980

Research progressed to applied questions that concerned exercise.

- Diet, exercise and **muscle glycogen**
- **Metabolic demands** of differing exercise intensities
- **Determinants** of exercise performance
- Effects of **training** on function and performance
- Exercise in various **environmental** conditions
- What strategies delay fatigue?



# Atletlerle alışma...

- Sporcular ile ilgili ilk fizyolojik çalışma 1871'de gerçekleşti.
- Austin Flint, o dönemin en ünlü atletlerinden dayanıklılık sporcusu (koşucu-yürüyüşçü) biri olan Edward Payson Weston üzerinde çalışma yapmıştır.
- Weston'un 5 gün içinde 400 mil (644 km) yürümeye çalışması sırasında enerji dengesini, yani besin alımını ve enerji harcamasını ölçmek) içeriyordu.
- Egzersiz fizyolojisinden türetilen bilgiler doğrultusunda rekor performansını n görmek, istisnai bir potansiyele sahip sporcuları belirlemek veya eğitim vermek amacıyla bazı girişimlerde bulunulmuştur.
- Kişilerdeki şampiyon olabilmek için gerekli tüm özellikleri doğru bir şekilde değerlendirebilecek laboratuvar veya herhangi bir alan testi yoktur.

# 1980's

Physicians hooked on exercise: **Kenneth Cooper & George Sheehan**

**Covert Bailey:** “If exercise could be packaged into a pill, it would be the most prescribed medication in all of history”.

The benefits of exercise training on the following was recognized:

- Health Promotion & Quality of Life
- Blood lipids
- Heart Function in Diseased Populations
- Disease Prevention & Rehabilitation

**CHD, PVD, COPD, Hypertension, Diabetes, Obesity, Cancers, Depression/Mood States, ..**

## **Sağlık-Egzersiz İlişkisi:**

Optimal sağlığı korumak için düzenli fiziksel aktivite ihtiyacı konusunda 1800'lü yılların ortalarında bazı farkındalıklar olsa da, bu fikir 1960'lara kadar popüler bir kabul görmedi.

1980 li yıllardan sonra ivme kazandı.

- Sonraki araştırmalar,
- yaşlanmayla ilişkili fiziksel düşüşü yavaşlatmak,
- kronik hastalıklarla ilişkili sorunları önlemek veya hafifletmek ve
- yaralanmaların rehabilitasyonunda egzersizin önemini desteklemeye devam etmiştir.

# Araştırmacılar genellikle;

- (1) egzersizin hücresele ve sistem düzeyinde (pozitif veya negatif) etki mekanizmaları,
- (2) farklı klinik popölasyonlarda egzersiz ile sonuç almak için optimal egzersiz dozu,
- (3) bireysel ve grup düzeyinde kişilerin egzersiz yanıtlarını değerlendirmenin en iyi yolunun ne olduğu
- (4) mevcut hastalık tedavi stratejilerine egzersiz terapisi eklemenin faydalarını belirlemek için deneysel modeller dizayn etmektedirler.

# Diğer Araçların ve Tekniklerin Gelişimi

- Kas fizyologları son 30 yılda kasların enerjiyi nasıl ürettiklerini ve antrenmana nasıl adapte olduklarını anlamak için çeşitli kimyasal prosedürler kullandılar.
- Kas proteinlerini (enzimleri) ölçmek ve kas lifinin oksijen kullanma kapasitesini belirlemek için kas biyopsi örnekleri içeren in vitro denemeler geliştirilmiştir.
- Yeni bir bilim olmamasına rağmen, **moleküler biyoloji**, metabolizmanın hücresel düzenlenişine ve egzersiz stresine adaptasyonlara derinlemesine inmek isteyen egzersiz fizyologları için yararlı bir araç haline geldi.



# Genetik kodların çözümü tüm sorulara beklenen cevabı vermedi

- 2001'de insan genomunun diziliminin çözümlendi.
- Hastalıkları önceden tahmin edebilmek için büyük bir beklenti oluştu.
- Genetik çalışmalar çok büyük miktarda veri üretti, ancak insan hastalıklarının öngörüsü ve tedavisine ilişkin ilk beklentiler henüz tam olarak yerine getirilemedi.
- Klasik risk puanlamasına göre yapılan tahminler daha iyi sonuç verdi.
  - Tip II diyabet örneğinde olduğu gibi

---

# Present Status of Exercise Research and Knowledge ..... 1990 - present

- Role of exercise in supporting body functions in **microgravity**
- Exercise in **special populations**: disabled, elderly, children, pregnant women, etc.
- Development of **new equipment, technologies and techniques**: stable isotopes (substrate use and cellular metabolism); magnetic resonance imaging and spectroscopy (muscle metabolism and blood flow)



# Günümüz ve Gelecek 40 Yıl...

- Son 40 yıl içerisinde moleküler biyoloji tekniklerinin egzersiz fiziyojisi alanına uyarlanması ile egzersize akut ve kronik uyumlar ile ilgili çok sayıda moleküler mekanizma aydınlatılmıştır.
- Egzersizin sayısız hücresel, moleküler ve biyokimyasal yolları aktive ettiğine ilişkin bilgilerdeki büyük gelişmelere tanık olmakla birlikte, bu etkileri spesifik sağlık sonuçlarıyla ve
- üst düzey performansa sahip bireyler ile ilişkilendiren doğrudan kanıtlar yetersizdir.
- Ayrıca bu etkilerin farklı popülasyonlarda nasıl faydalı olduklarını anlamak hala zordur.

J Pharmacol Sci **125**, 125 – 131 (2014)

*Journal of Pharmacological Sciences*  
© The Japanese Pharmacological Society

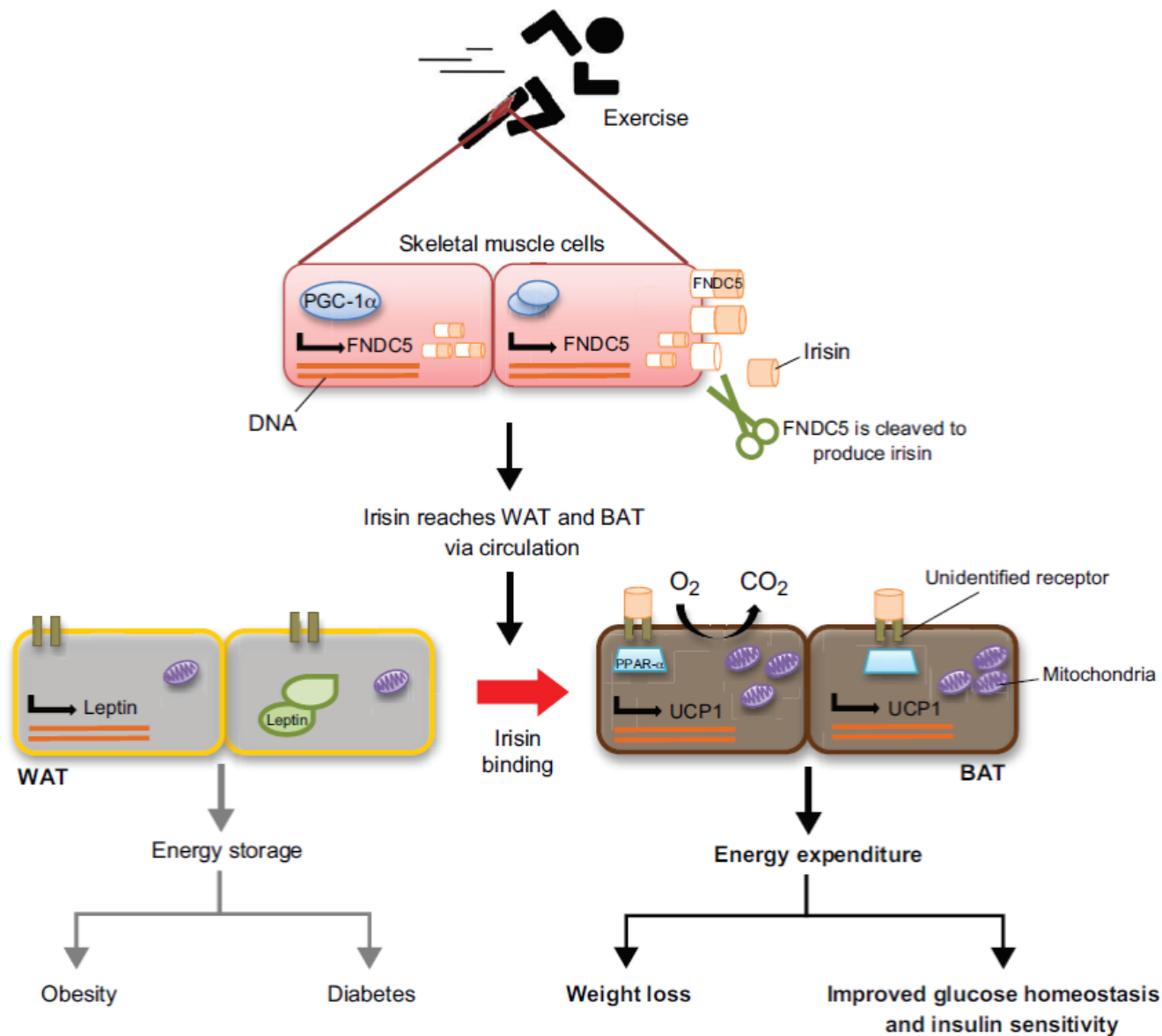
## *Current Perspective*

---

# **Skeletal Muscle Is an Endocrine Organ**

Kenji Iizuka<sup>1,\*</sup>, Takuji Machida<sup>1</sup>, and Masahiko Hirafuji<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Department of Pharmacological Sciences, School of Pharmaceutical Sciences, Health Sciences University of Hokkaido, Ishikari-Tobetsu, Hokkaido 061-0293, Japan*

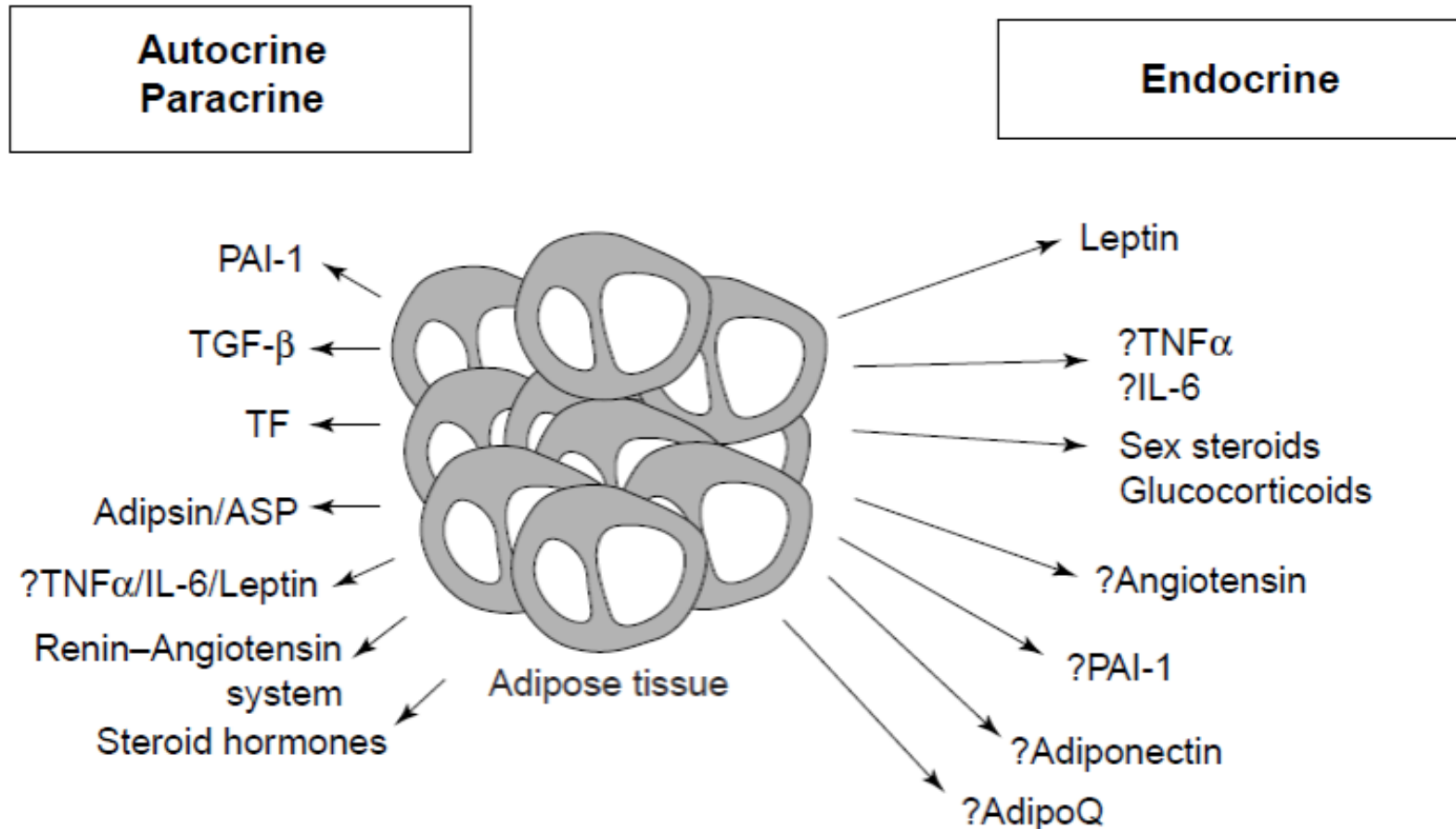


**Fig. 1. Exercise-induced adipose tissue browning through PGC-1 $\alpha$  and irisin.** Exercise increases the expression levels of PGC-1 $\alpha$  in the muscle. This, in turn, upregulates the expression of FNDC5, a type I membrane protein, which is C-terminally cleaved and secreted as irisin into the circulation. Binding of irisin to an unknown receptor on the surface of adipocytes in WAT changes their genetic profile. In particular, irisin induces the expression of PPAR- $\alpha$ , which is thought to be an intermediate downstream effector that increases the expression of UCP1 (highly expressed in BAT and a marker of browning). The browning of WAT is associated with augmented mitochondrial density and oxygen consumption. Browning is accompanied by an increase in the energy expenditure profile, leading to favourable effects on metabolism.

# Adipose Tissue as an Endocrine Organ

Rexford S. Ahima and Jeffery S. Flier

TEM Vol. 11, No. 8, 2000



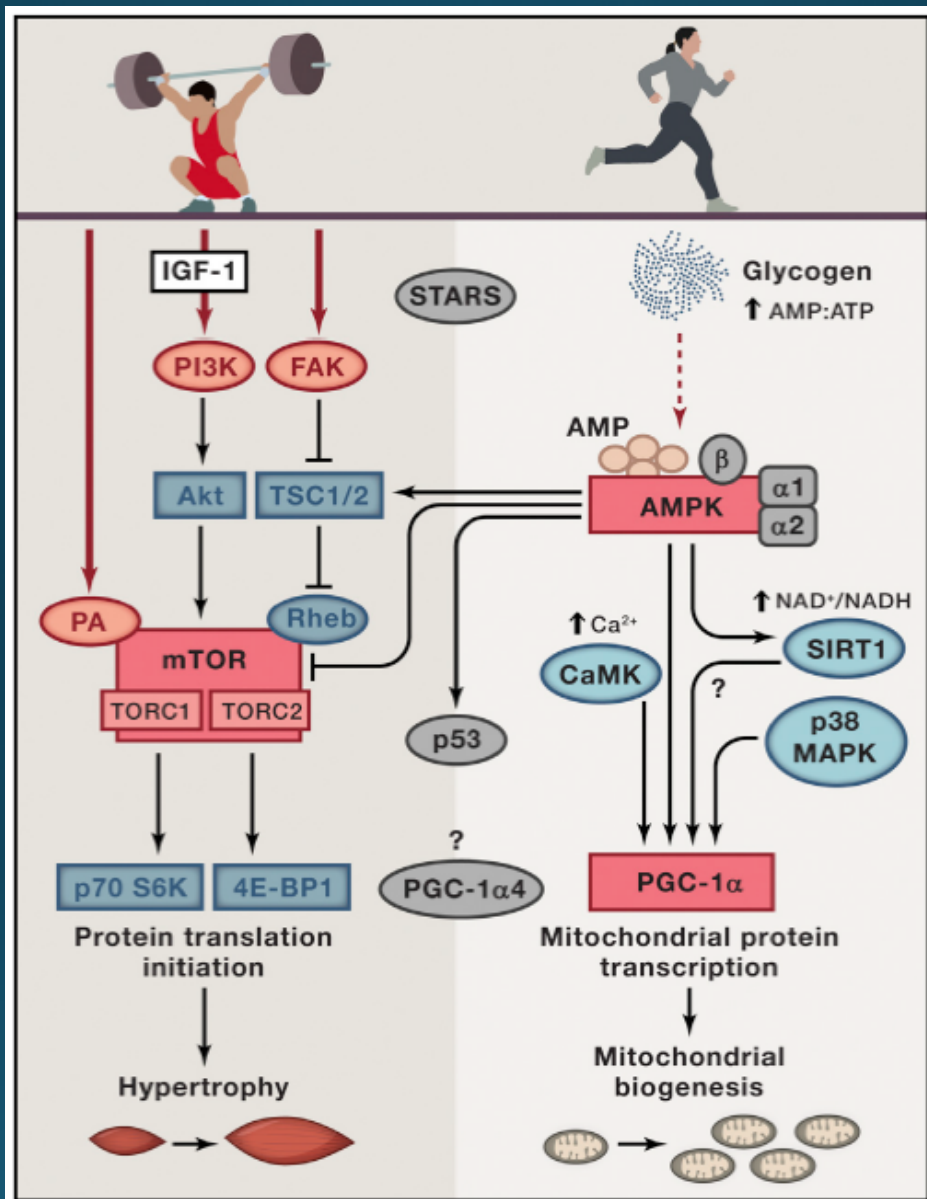


Figure 4. Schematic of the Major Signaling Pathways Involved in the Control of Skeletal Muscle Hypertrophy and Mitochondrial Biogenesis

# Çalışma Şekilleri

## Akut Eti-Kronik Etki

### ■ Akut cevaplar

- Tek bir seferlik egzersiz peryoduna verilen cevaplar akut cevap olarak tanımlanır.

### ■ Kronik cevaplar

- Tekrarlayan egzersiz peryotları ile organizmada gelişen uyumlar kronik cevap olarak tanımlanır.
- Örneğin 6 haftalık koşu antrenmanları ile organizmada oluşan değişiklikler.

# Egzersizde oluşan akut cevaplar nasıl belirlenir ?

- Bazı fizyolojik değişkenler ölçülebilir
  - Kalp aktivitesi-kalp hızı, kan basıncı
  - Kan kimyası değişimleri
  - Solunum hızı
  - Vücut ısı
  - Kas aktivitesi



# Egzersizde oluşan fizyolojik cevapları etkileyen faktörler

- Araştırma veya ölçümü yapılan birey ile ilgili durumlar dinlenimde ve egzersiz anında dikkatli bir şekilde kontrol edilmelidir.
- Isı, nem, yükselti, zemin ve gürültü gibi çevresel faktörler temel fizyolojik sistemlerde oluşan cevapların şiddetini etkileyebilir.
- Ayrıca diürinal değişimler, açlık/tokluk durumu ve kadınlarda da siklus durumu mutlaka dikkate alınmalıdır.

# Çevresel faktörlerin etkileri

## Variations in Heart Rate Response to Running at 14 km/h on a Treadmill With Environmental Alterations

Environmental factor	Heart rate, beats/min	
	Rest	Exercise
<b>Temperature (50% humidity)</b>		
21 °C (70 °F)	60	165
35 °C (95 °F)	70	190
<b>Humidity (21 °C)</b>		
50%	60	165
90%	65	175
<b>Noise level (21 °C, 50% humidity)</b>		
Low	60	165
High	70	165
<b>Food intake (21 °C, 50% humidity)</b>		
Small meal 3 h before exercising	60	165
Large meal 30 min before exercising	70	175

# Diürinal değişimler

TABLE 0.2

An Example of Diurnal Variations in Heart Rate at Rest and During Exercise

Condition	Time of day					
	2 A.M.	6 A.M.	10 A.M.	2 P.M.	6 P.M.	10 P.M.
Resting	65	69	73	74	72	69
Light exercise	100	103	109	109	105	104
Moderate exercise	130	131	138	139	135	134
Maximal exercise	179	179	183	184	181	181
Recovery, 3 min	118	122	129	128	128	125

Data from Reilly and Brooks (1990).

# Ergometrelerin kullanımı

- Egzersize verilen fizyolojik cevaplar laboratuvar koşullarında yapıldığında katılımcının ortaya koyduğu çaba sabit ve bilinen iş hızında (ayarlanabilir iş hızı) yapılması sağlanmalıdır.
- Bu genellikle ergometreler kullanılarak sağlanır.



# Ergometre (ergo=iş, metre=ölçüm)

- Ergometre kişinin ortaya koyduğu-sergilediği fiziksel çabanın hızının ve miktarının kontrol edildiği ve ölçüldüğü bir egzersiz aletidir.

# Bisiklet ergometreleri

- Vücut ağırlığı farklı kişilerde antrenman öncesi ve sonrası submaksimal fizyolojik fonksiyonlardaki değişimleri değerlendirmedeki en uygun cihazlardır
- Ergometrede oluşan direnç vücut ağırlığından bağımsızdır, ama koşu bandında direnç doğrudan vücut ağırlığı ile ilişkilidir.

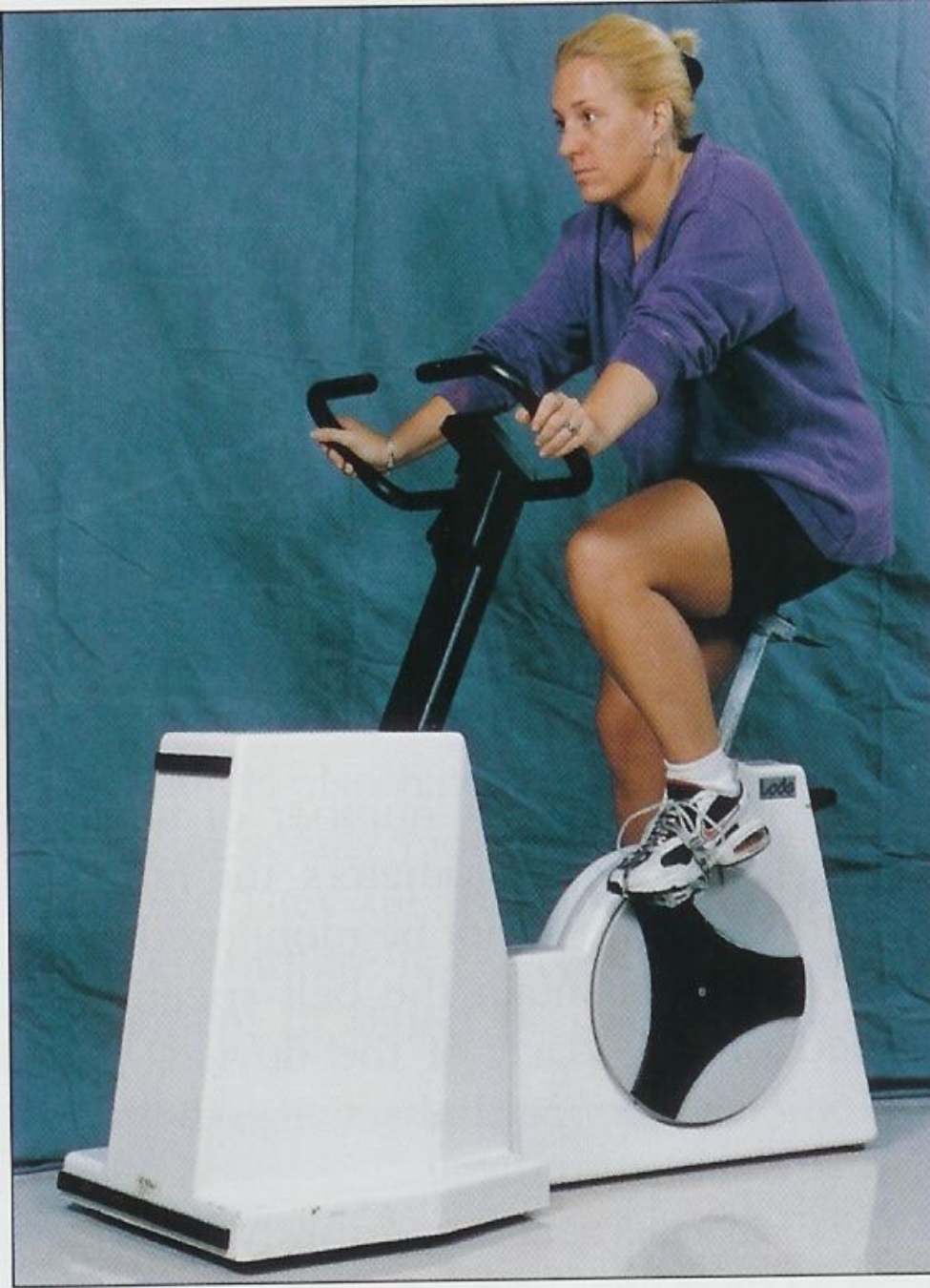
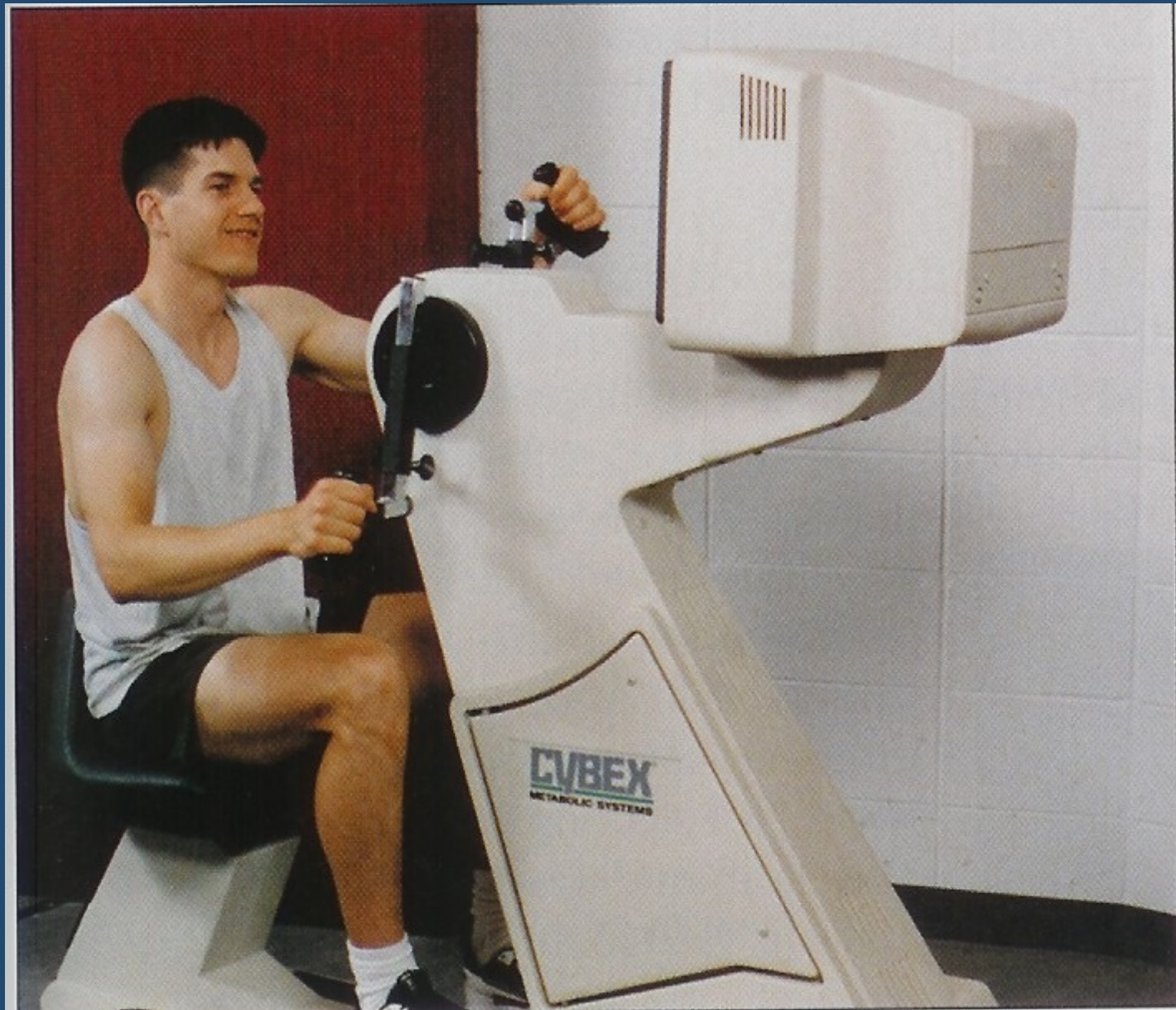


Figure 0.9 An electrical resistance cycle ergometer.



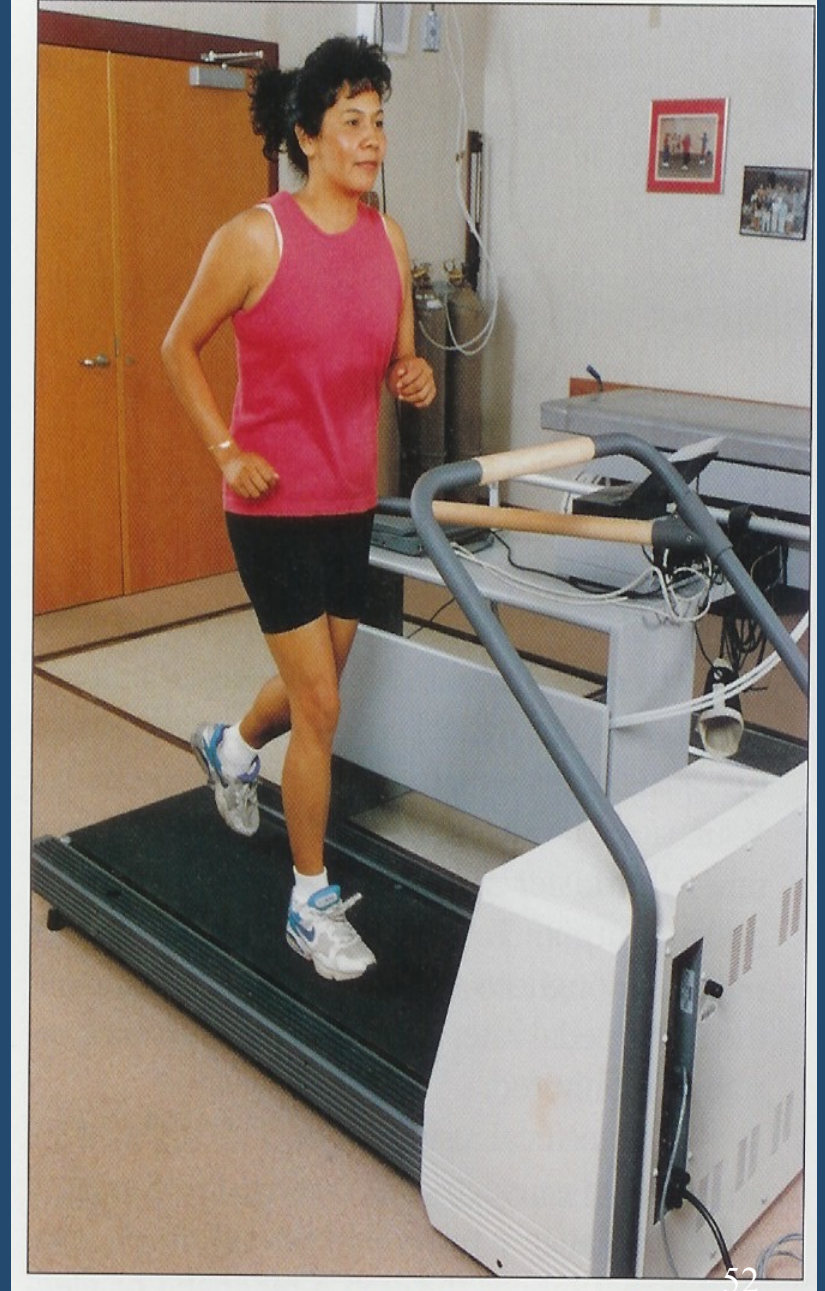
Figure 0.10 An air-braked cycle ergometer. 50





# Koşu bantları

- Egzersiz direnci ya da iş yükü kişinin vücut ağırlığı ile doğrudan ilişkilidir.
- Koşu bantları ile yapılan ölçümlerde kalp hızı, solunum ve oksijen alımı gibi hemen hemen bütün fizyolojik değişkenler diğer ergometre cihazlarından daha yüksek değerlere ulaşmaktadır



# Diğer ergometreler

- Yüzme tankları
- Kayak ergometreleri
- Kürek ergometreleri





# Egzersiz Fizyolojisinde Çalışma Dizaynları

- İki tipte olabilir
- Cross-sectional-kesitsel
- Longitudinal-boylamsal

# Cross-sectional-kesitsel

- Kesitsel araştırma tasarımıyla, ilgilenilen popülasyonun kesiti (yani temsili bir örnek) belirli bir zamanda test edilir,
- Alt gruplar arasındaki farklar karşılaştırılır

## **Longitudinal-boylamsal**

- Boylamsal bir araştırma tasarımında, aynı araştırma konuları, zaman içinde araştırılan parametrelerdeki değişiklikleri ölçmek için ilk testten sonra periyodik olarak tekrar test edilir.



# Örnek

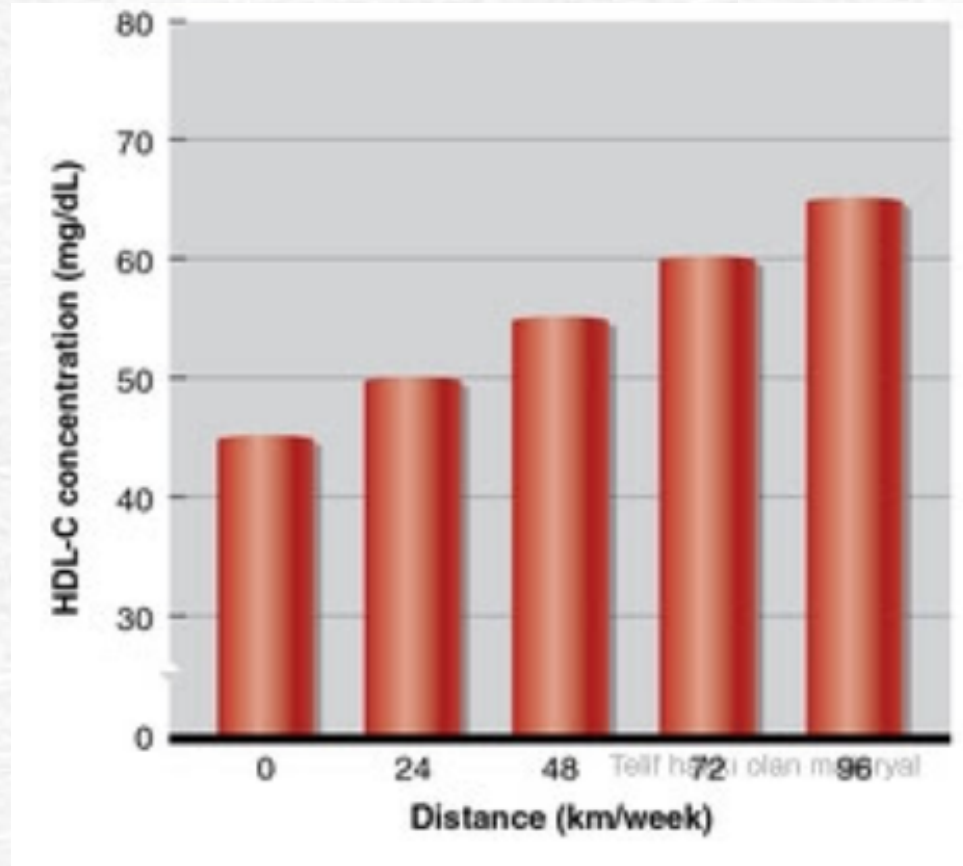
- Bir araştırmanın amacı, düzenli bir koşu programının kandaki kardiyoprotektif yüksek yoğunluklu lipoprotein kolesterol (HDL-C) konsantrasyonunu arttırıp arttırmadığını belirlemek olsun.
- Yüksek yoğunluklu lipoprotein kolesterol, istenen kolesterol şeklidir; artan konsantrasyonlar, kalp hastalığı için düşük risk ile ilişkilidir.

# **Kesitsel yaklaşıımı kullıldığında, Beş kategoriye ayrılmış çok sayıda insan test edebilir:**

- Eğitim yapmayan bir grup (kontrol grubu)
- Haftada 24 km koşan bir grup
- Haftada 48 km koşan bir grup
- Haftada 72 km koşan bir grup
- Haftada 96 km koşan bir grup

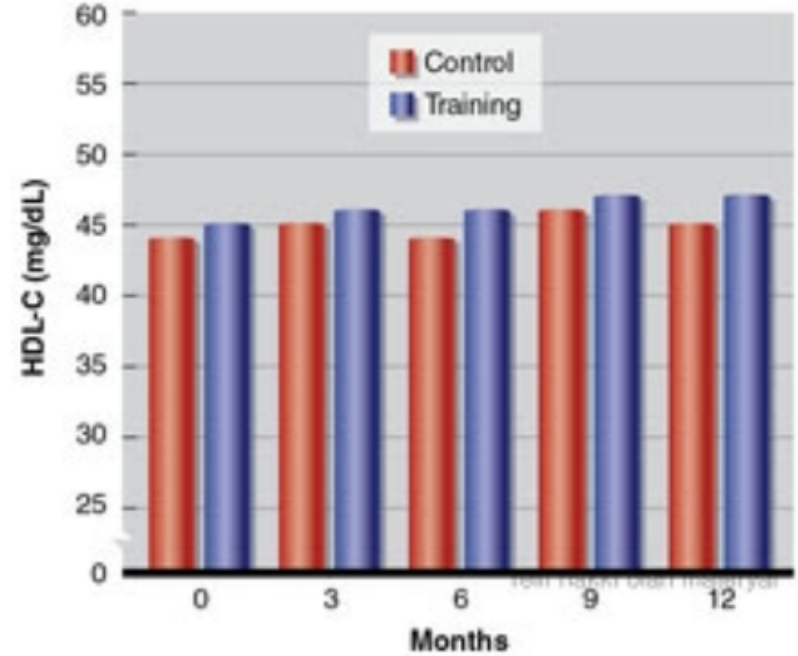
# Cross-sectional study

- Bu yaklaşımı kullanarak, egzersiz bilimcileri haftalık koşu süresinin yüksek HDL-C seviyeleri ile ilişkili olduğunu ve koşu mesafesine bağlı olarak olumlu bir sağlık yararı olduğunu söyleyebilir.
- Ayrıca, bu değişkenler arasında doz-cevap ilişkisi vardı.
- Egzersiz eğitiminin “dozu” ne kadar yüksek olursa, HDL-C konsantrasyonu da o kadar yüksek olur.



# Longitudinal çalışma

- Antrenmansız 40 kişilik bir grup 12 aylık bir çalışmaya dahil edilir.
- 20 kişi rastgele koşu grubu
- Diğer 20 kişi de kontrol grubu olarak belirlenir.
- Her iki grupta 12 ay takip edilir.



Koşu grubunun HDL-C de sadece küçük miktarlarda artışlar gözlemlenir.