

İskelet Kasının Egzersize Yanıtı; Ağırlık çalışması ile sinir-kas sisteminde oluşan uyumlar

Prof.Dr.Mitat KOZ

İskelet Kasının Egzersize Yanıtı Nasıldır ?

- Kas kan akımındaki değişim
- Kas kuvveti ve dayanıklılığındaki değişimler
- Kas lifinin enine kesit alanındaki değişimler
 - Hipertrofi ve hiperplazi
- Yorgunluk

Kas kan akımı ve egzersiz

- Dinlenimde kasın metabolik aktivitesi düşüktür.
- Toplam vücut kitesinin % 30-40 oluşturmalarına karşın, total kanın % 15-20 si kaslara gider.
- 100 gr kasa dakikada 3-4 ml dir.
- Ağır bir egzersizde 30-40 kat artarak 80-90 ml ye çıkabilir, çünkü metabolik aktivite bu tür egzersizlerde 50 kat kadar artabilir.

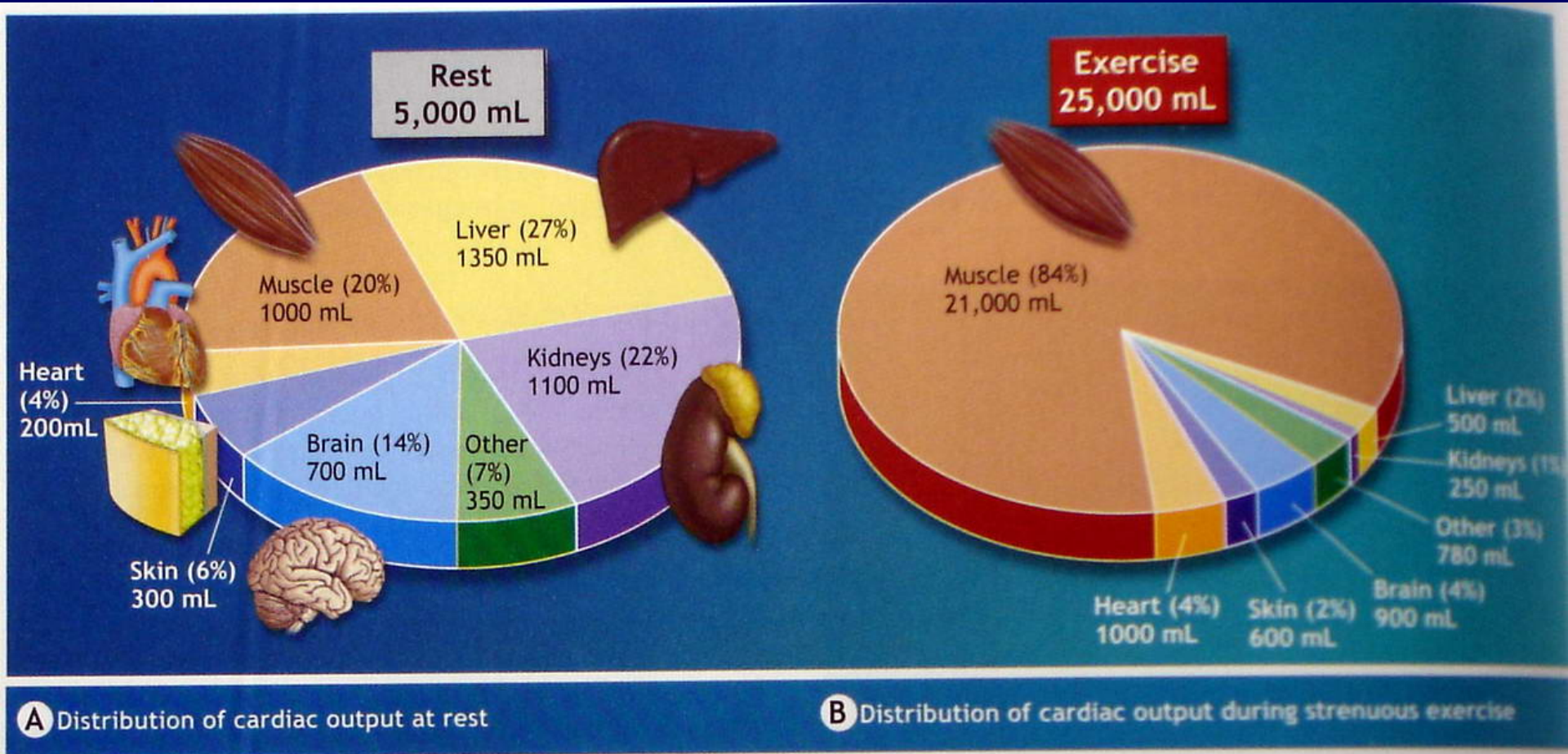
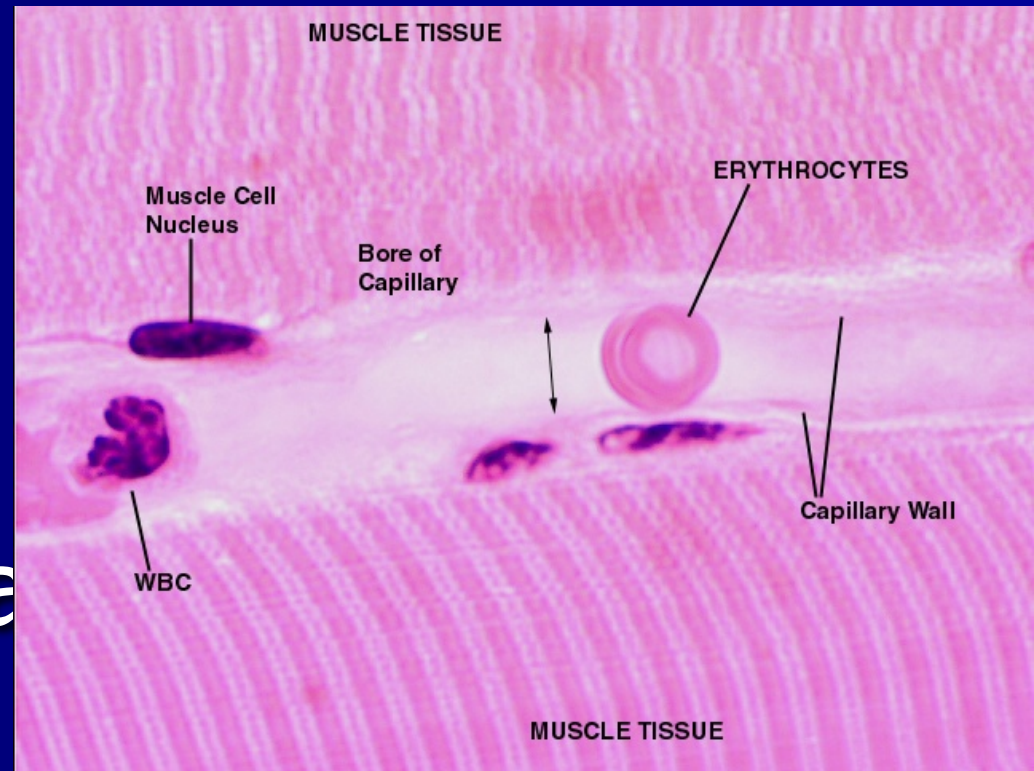


FIGURE 17.3 • Relative distribution of cardiac output during rest (**A**) and strenuous endurance exercise (**B**). The number in parentheses indicates percentage of the total cardiac output. Note that despite its large absolute mass, muscle tissue at rest receives about the same quantity of blood as the much smaller kidneys. In strenuous exercise, however, approximately 84% of the cardiac output diverts to the active muscles.

Kas kan akımı ve egzersiz

- Kas kan akımı lokal/ metabolik ve sinirsel yollarla düzenlenir.



Kas kan akımı ve egzersiz lokal-metabolik düzenleme

- Kas kan akımının artışı kasta vazodilatasyon (damarların genişlemesi) yaptıran maddelerin artışı ile sağlanır

Bunlar;

- Doku CO_2 sinin yükselmesi
- Doku O_2 sinin azalması
- Dokuda K^+ iyonlarının birikmesi
- Laktik asit birikmesi
- ADP birikmesi
- Isı artışı

Kas kan akımı ve egzersiz sinirsel düzenleme

- Sempatik vazodilatör sinirlerin uyarılması kas kan akımını artırır.
 - Bu sinirler prekapiller sfinkterleri gevşeterek kasa gelen kan akımını artırır.
- Genel sempatik deşarj ile kan inaktif dokulardan aktif dokulara (kaslara) yönlendirilir.
- Kalp debisi ve kan basıncının artışı da kaslara giden kan miktarını artırır.

İskelet Kasının Egzersize Yanıtı

- Kas kan akımındaki değişim
- Kas kuvveti ve dayanıklılığındaki değişimler
- Kas lifinin enine kesit alanındaki değişimler
 - Hipertrofi ve hiperplazi
- Yorgunluk

KUVVET OLUŞUMUNDA ETKİLİ FAKTÖRLER NELERDİR ?

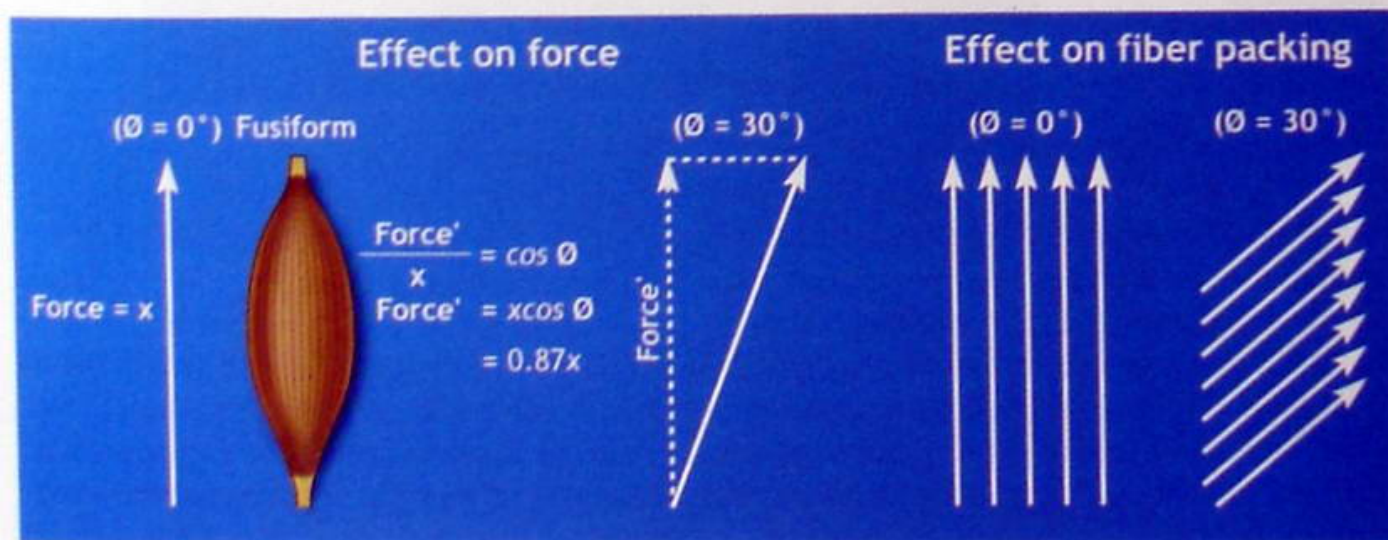
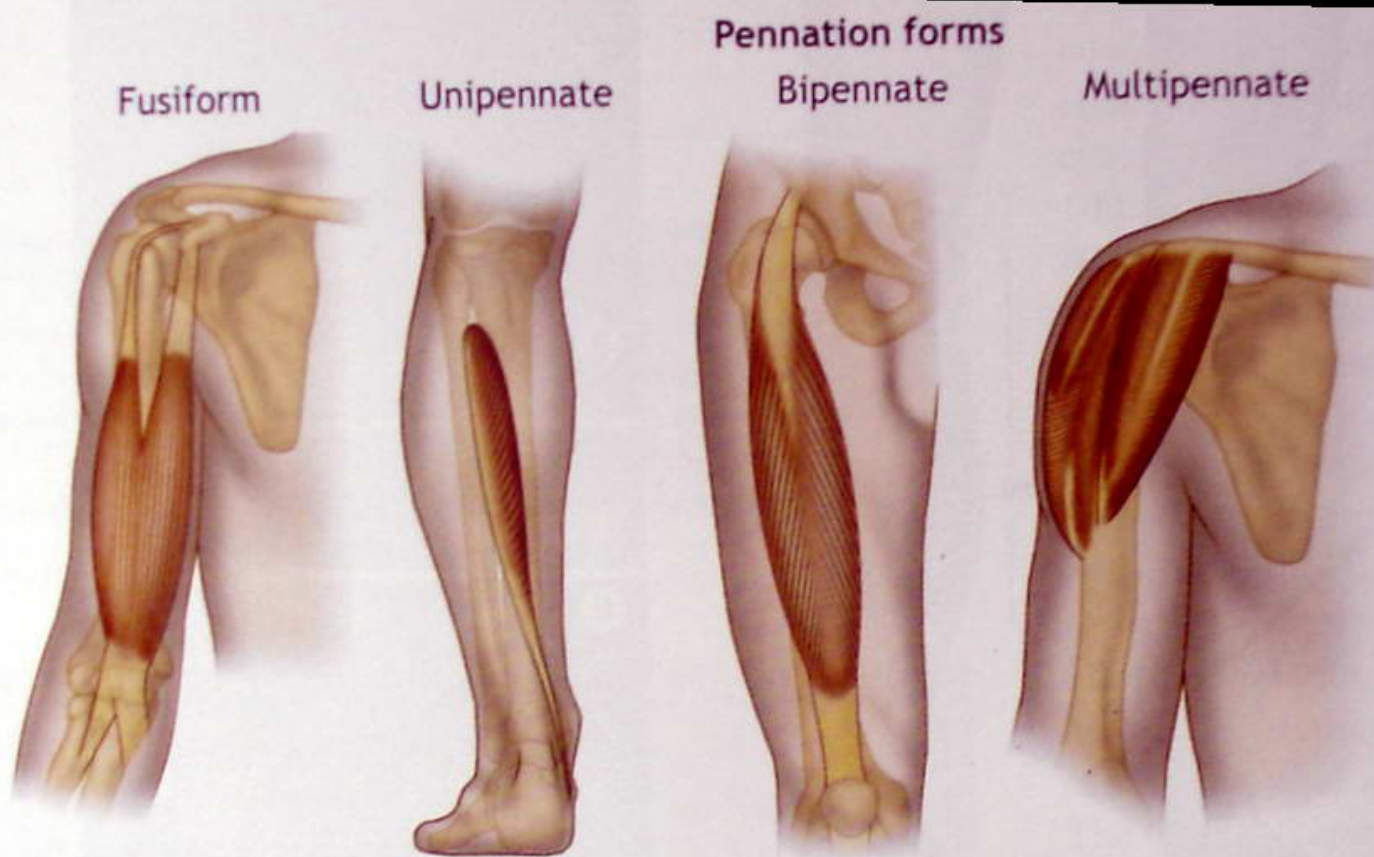
- Kas lif çapı
- Kas lifi sayısı
- Nöromusküler etkinlik
- Biomekanik faktörler
 - Tendonun kemiğe tutunma noktası
 - Kas uzunluğu-gerim ilişkisi
- Yaş
- Overtraining

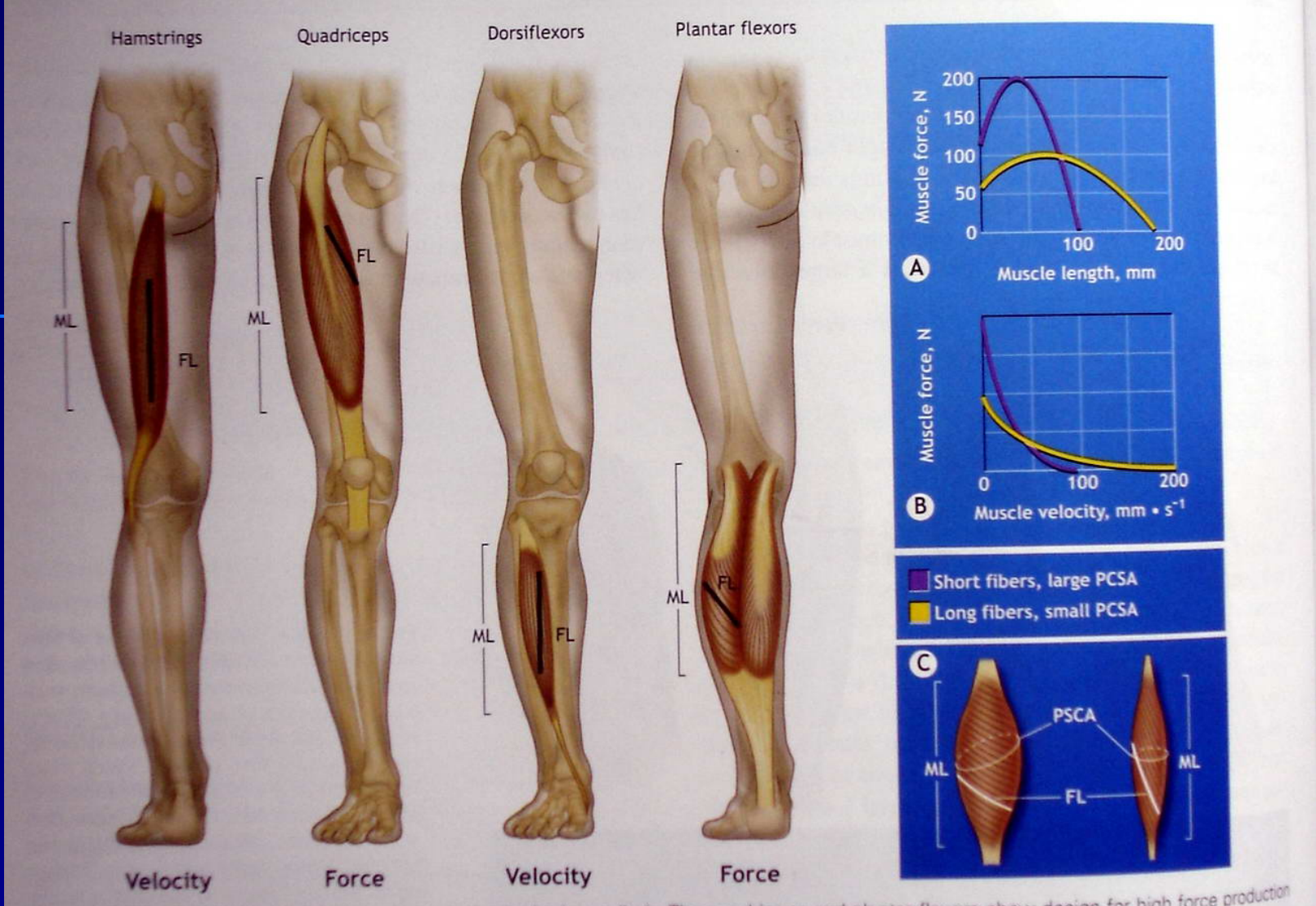
KUVVET OLUŞUMUNDA ETKİLİ FAKTÖRLER

- Kas lifi sayısı ve çapı
 - Kas kuvveti kas lifinin enine kesit yüzey alanı ile doğru orantılıdır.
 - Enine kesit yüzey (kas lifinin çapı) arttıkça oluşan kuvvette artar.
 - İnsan iskelet kası cinsiyete bakılmaksızın cm^2 si 1.6- 3 kg lık bir kuvvet üretir.
 - Ağırlık çalışması kas lifinin enine kesit yüzey alanını artırır: Hipertrofi, tersi atrofi

Kas kuvveti

- Lif sayısı da kuvvet oluşumunda etkilidir. Lif sayısı kalıtsal olarak belirlenir.
- Kalıtsal olarak çok sayıda kas lifine sahip olanlar daha büyük oranda hipertrofi potansiyeline sahiptirler.
- Ancak bu kuvvet üretimi vücutta kemiklerin kaldıracağı ilkelerini uygulayış biçimine ve kasın mimari yapısına göre değişir.





- Quadriceps ve Plantar fleksörler yüksek kuvvet çıktısı oluşturacak şekilde dizayn edilmiştir.
- lif uzunluğu/kas uzunluğu oranları düşüktür ve enine kesit alanı nisbeten daha büyüktür.
- Diğer yandan hamstring ve dorsifleksör kaslar hızlı kasılma için dizayn edilmiştir;
- nisbeten yüksek lif uzunluğu/kas uzunluğu oranları ve uzun lif uzunluğu.
- Teorik olarak aynı uzunluktaki pennat (kısa lifli) ve fusiform (uzun lifli) kaslar aynı kontraktil mekanizmalara sahiptir.

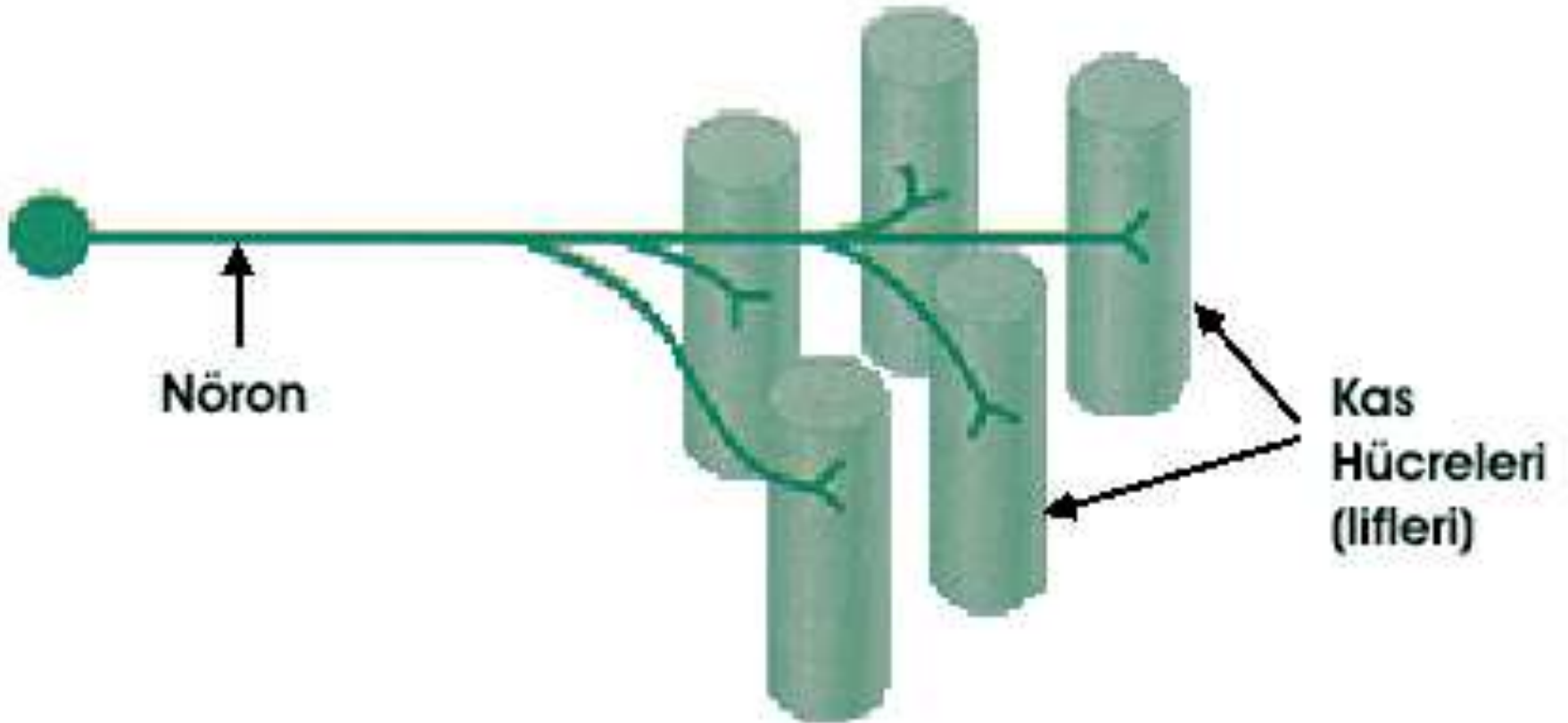
KUVVET OLUŞUMUNDA ETKİLİ FAKTÖRLER

- Nöromusküler sistemin ve motor ünitelerin etkinliği:
- Ağırlık çalışması ile nöromusküler etkinlik artar
- Kuvvetteki ilk 8-10 haftadaki artış nöromusküler etkinliğin artışına atfedilir.

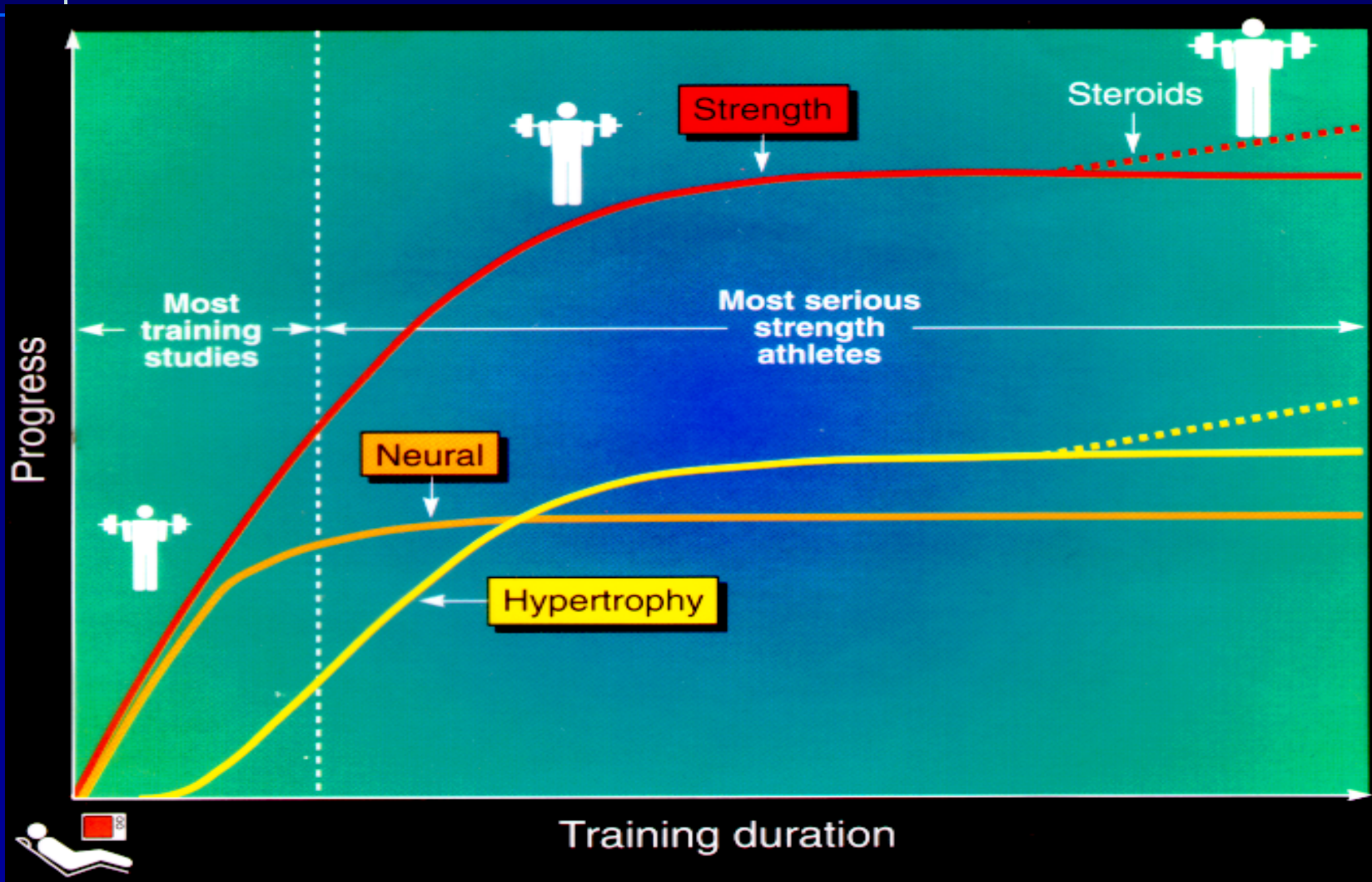
Nöral-sinirsel faktörler

- Motor ünite katılımında artış
- Her bir motor ünitenin ateşlenme hızında artış
- Motor ünitelerin senkronize çalışmasında artış
- Kas kasılmasındaki sinirsel mekanizmaların daha etkili kullanımı,
- Merkezi sinir sistemi aktivitesinin artması,
- Motor ünite senkronizasyonunun iyileşmesi,
- Sinirsel inhibe edici reflekslerin azaltılması veya
- Golgi tendon organlarının inhibe edilmesi

Motor Ünite



Kuvvet gelişimde etkili faktörler



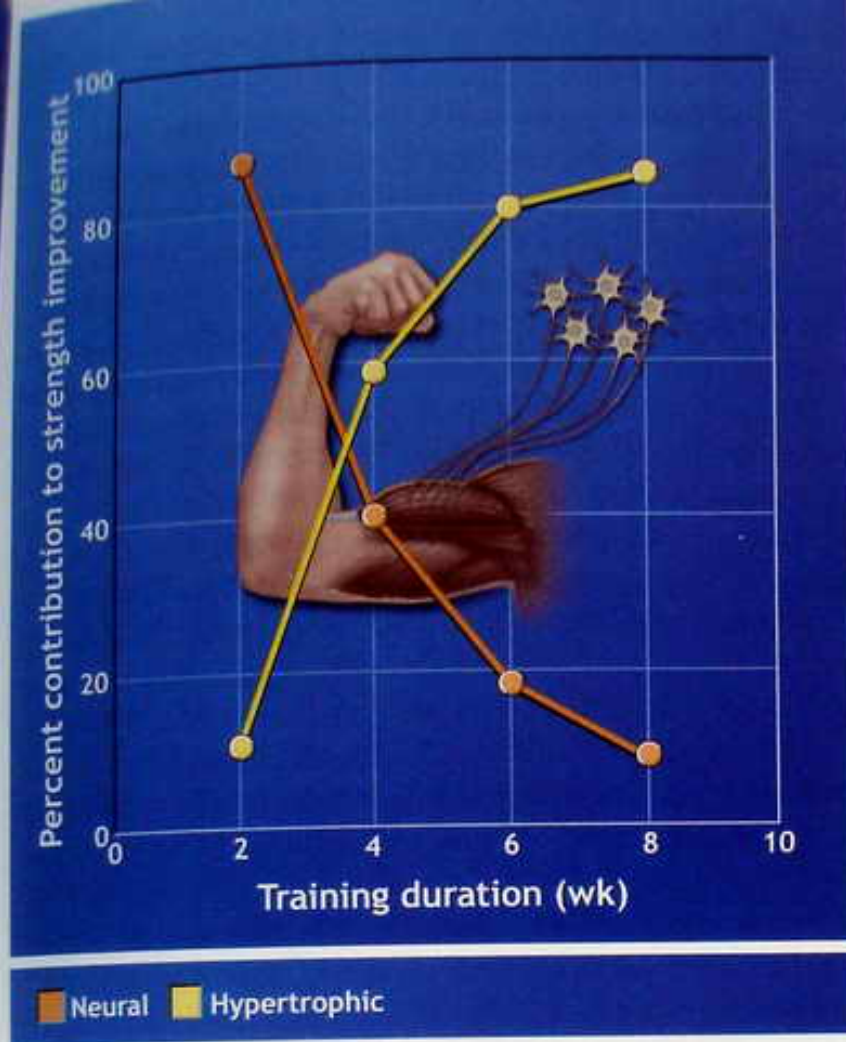


FIGURE 22.22 • Generalized response curve for showing gains in muscle strength with resistance training owing to neural (orange) versus muscular (yellow) factors. During a typical 8-week training period, approximately 90% of the strength gained over the first 2 weeks results from neural factors. In the subsequent 2 weeks, between 40 and 50% of the strength improvement still relates to nervous system adaptation. Thereafter, adaptations within the muscle fibers become progressively more important to strength improvement. Experiments of this type generally evaluate neural factors from integrated EMG recordings of the muscle groups trained.

TABLE 22.4 ► **PHYSIOLOGIC ADAPTATIONS
TO RESISTANCE TRAINING**

SYSTEM/VARIABLE	RESPONSE
Muscle fibers	
Number	Equivocal
Size	Increase
Type	Unknown
Strength	Increase
Capillary density	
In body builders	No change
In power lifters	Decrease
Mitochondria	
Volume	Decrease
Density	Decrease
Twitch contraction time	Decrease
Enzymes	
Creatine phosphokinase	Increase
Myokinase	Increase
Enzymes of glycolysis	
Phosphofructokinase	Increase
Lactate dehydrogenase	No change
Aerobic metabolism enzymes	
Carbohydrate	Increase
Triglyceride	Not known
Basal metabolism	Increase
Intramuscular fuel stores	
Adenosine triphosphate	Increase
Phosphocreatine	Increase
Glycogen	Increase
Triglycerides	Not known
$\dot{V}O_{2max}$	
Circuit resistance training	Increase
Heavy resistance training	No change
Connective tissue	
Ligament strength	Increase
Tendon strength	Increase
Collagen content of muscle	No change
Body composition	
% fat	Decrease
Lean body mass	Increase
Bone	
Mineral content and density	Increase
Cross-sectional area	No change

Modified from Fleck SJ, Kramer WJ. Resistance training: physiological responses and adaptations (part 2 of 4). Phys Sportsmed, 1988;16:108.

KUVVET OLUŞUMUNDA ETKİLİ FAKTÖRLER

- Yaş:
 - Her iki cinsten de 20-25 yaşlarında maksimum
 - 25 yaştan sonra ortalama yaklaşık % 1 
 - 65 yaşındaki bir kişi 25 yaşında sahip olduğu kuvvetin 60'ına ancak sahip olabilir.
 - Kas kuvvetindeki azalma bireyin fiziksel aktivite düzeyi ile yakından ilişkili.

KUVVET OLUŞUMUNDA ETKİLİ FAKTÖRLER

- Overtraining
- Kuvvet gelişiminde negatif etkilidir.
- Egzersiz ve toparlanma arasındaki bir dengesizliği gösterir, burada egzersiz programı vücudun fizyolojik ve psikolojik limitlerini aşar.
- Overtraining kas iskelet sistemi yaralanmaları, yorgunluk veya hastalıkları içine alan psikolojik veya fizyolojik bozukluklara yol açabilir.
- Uygun ve etkili ağırlık çalışması, uygun bir diyet uygulaması, yeterli dinlenmelerin verilmesi ile overtraining potansiyel etkileri en aza indirilebilir.

KUVVET GELİŞİMİNİN FİZYOLOJİSİ

- Kuvvet gelişiminin altında yatan neden Hipertrofidir.
- Hipertrofiye yol açan nedir ? Teoriler...
 1. Kas lif sayısında artış ? Deney hayvanlarında yapılmıştır.
 2. Oksijen ve besin yetersizliğinin neden olduğu kapiller sayısında artış-kapalı kapillerlerin açılması, kanla dolması(AKUT H.).
 3. Myoflamentlerin sayısı ve hacmi artar(KRONİK H.).

Reversibility- tersine çevrilebilirlik, geri dönebilirlik

- Kuvvet çalışması bırakılırsa veya devam edilmezse kas kitle ve kuvvet kaybıyla birlikte atrofiye olur.
- Çok kısa sürede 48 saat kadar kısa bir sürede değişiklikler başlayabilir.

Kuvvet çalışmasına diğer fizyolojik uyumlar

- Kasılma yeteneği olmayan yapıların - tendonların ve ligamentlerin gücü artar.
- Kemik mineral yoğunluğu artar.
- Az da olsa maksimal oksijen kullanma kapasitesi artar.
- Aerobik ve anaerobik metabolizmada önemli rolü olan pek çok enzimin sayısı artar.

İskelet Kasının Egzersize Yanıtı

- Kas kan akımındaki değişim
- Kas kuvveti ve dayanıklılığındaki değişimler
- Kas lifinin enine kesit alanındaki değişimler
 - Hipertrofi ve hiperplazi
- Yorgunluk

Kas lifinin enine kesit alanındaki değişmeler

Kas hipertrofisi

- Kasların enine kesit alanlarının artışına hipertrofi denir.
- Kaslar antrenmanlar ile % 30-60 kadar hipertrofiye olabilir.
- Hipertrofide büyük oranda liflerin çapı artar.
- Kuvvet sürat antrenmanları ile Tip II, dayanıklılık antrenmanları ile Tip I liflerde hipertrofi oluşur.

Kas hipertrofisi ile,

- Myofibrillerin çapı artar,
- Kasılabilir protein miktarı artar,
- Liflerin kapiller yoğunluğu artar,
- Fosfojen sistem gelişir-enzim aktivitesi artar
- Glikolitik kapasite artar
- Konnektif dokuların kuvveti artar.

TABLE 21.4 ► CHANGES IN RESTING CONCENTRATIONS OF PCr, CREATINE, ATP, AND GLYCOGEN FOLLOWING 5 MONTHS OF HEAVY-RESISTANCE TRAINING IN 9 MALE SUBJECTS

VARIABLE ^a	CONTROL	POSTTRAINING	PERCENT DIFFERENCE ^b
PCr	17.07	17.94	+5.1
Creatine	10.74	14.52	+35.2
ATP	5.07	5.97	+17.8
Glycogen	86.28	113.90	+32.0

^aAll values are averages expressed in mM per gram of wet muscle.

^bAll percentage differences are statistically significant.

From MacDougall JD, et al. Biochemical adaptation of human skeletal muscle to heavy resistance training and immobilization. J Appl Physiol, 1977; 43:700.

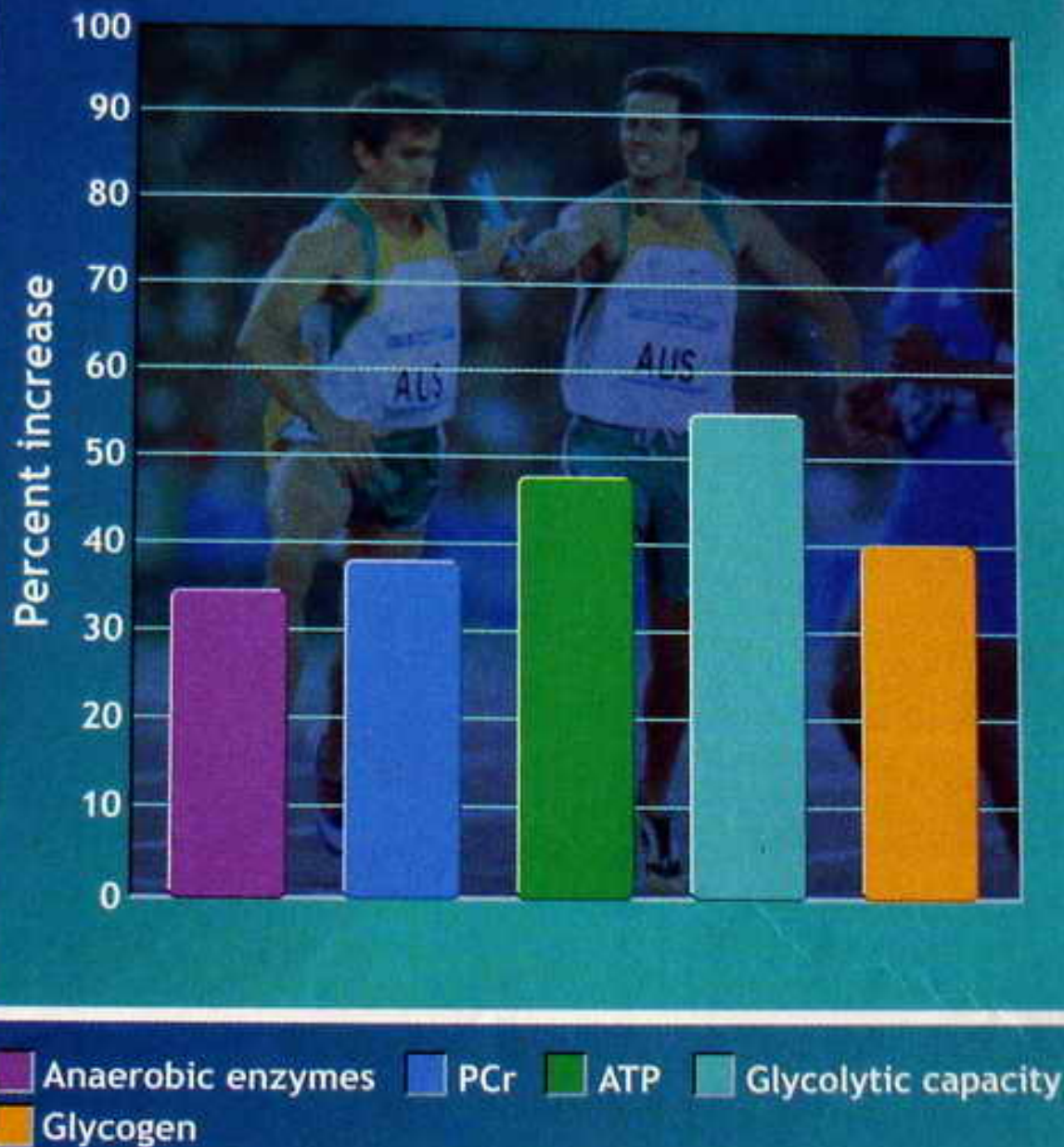
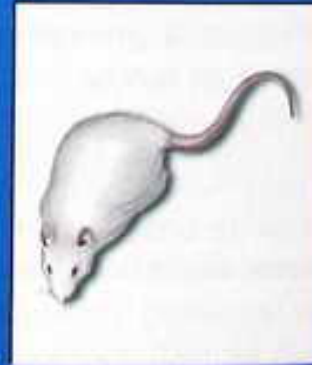
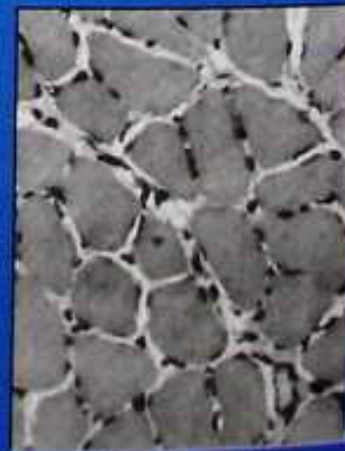
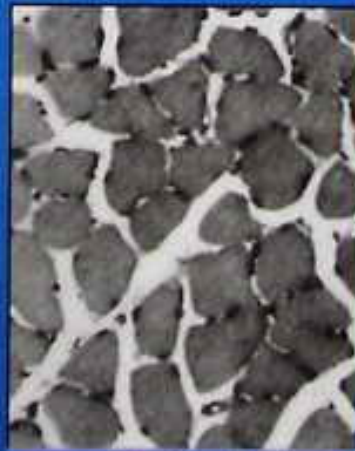


FIGURE 21.3 • Generalized potential for increases in anaerobic energy metabolism of skeletal muscle with heavy training.



A



B

Control

Hypertrophy

FIGURE 22.24 • A. Control (left) and hypertrophied (right) rat soleus muscle. **B.** Cross sections of control and hypertrophied muscles shown in A. The average diameter for 50 fibers of the hypertrophied muscle was 24 to 34% greater than that of controls; the average number of nuclei in the hypertrophied muscle was 40 to 52% greater than that of controls. (From Goldberg AL, et al. Mechanism of work-induced hypertrophy of skeletal muscle. *Med Sci Sports* 1975;3:185.)

Hipertrofi ve hiperplazi

- Lif sayısının artmasına hiperplazi denir.
- Var olan liflerin uç kısımlarının dallanması ya da henüz farkalanmamış satellite (uydu) hücrelerin kas hücrelerine dönüşmesi yoluyla yeni kas lifi oluşumuyla bir miktar hiperplazi olabileceği ileri sürülmektedir.

Kas atrofisi

- Kaslar kullanılmadıklarında hipertrofinin tersine liflerin enine kesit alanları küçülür, buna atrofi denir.

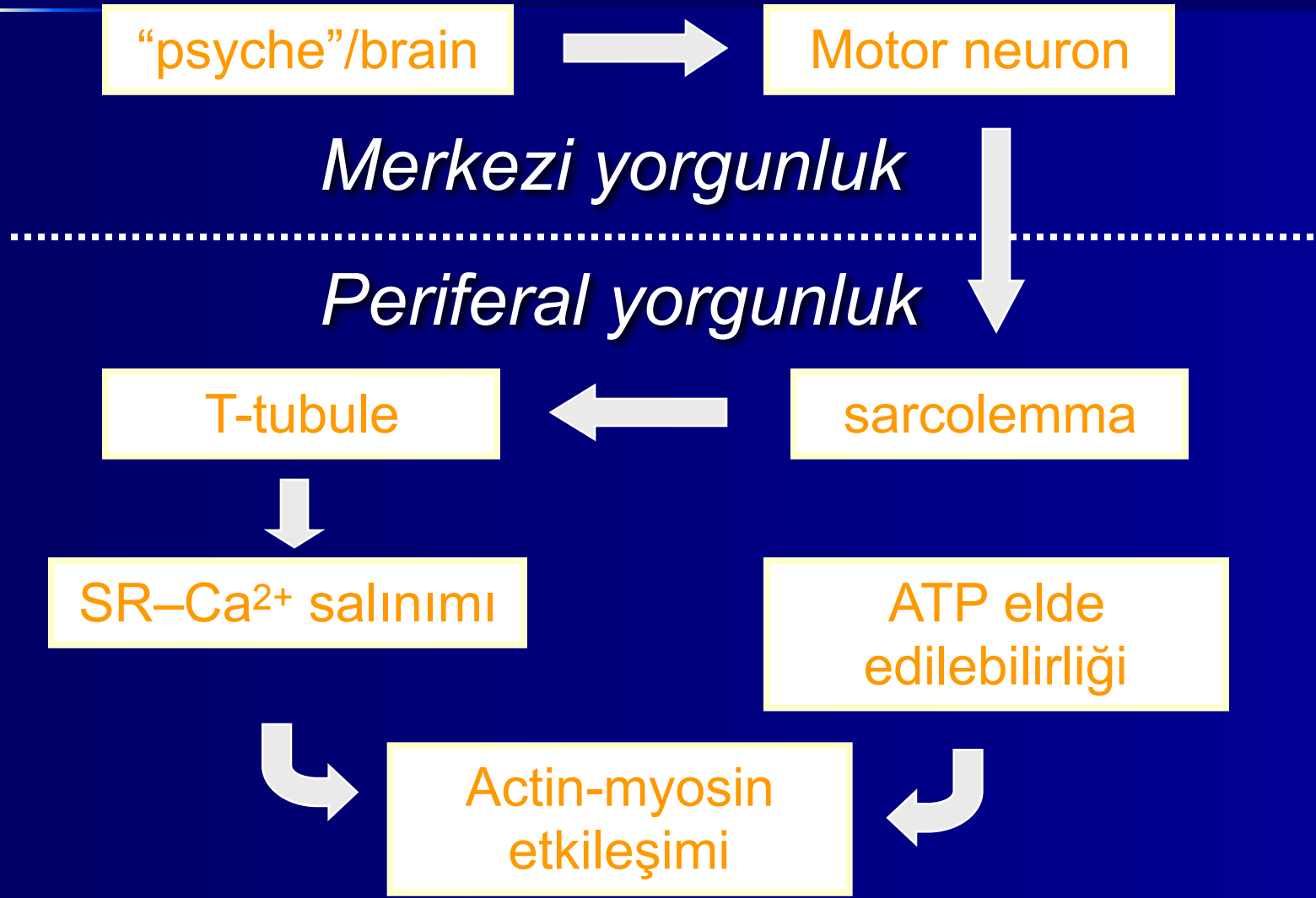
İskelet Kasının Egzersize Yanıtı

- Kas kan akımındaki değişim
- Kas kuvveti ve dayanıklılığındaki değişimler
- Kas lifinin enine kesit alanındaki değişimler
 - Hipertrofi ve hiperplazi
- Yorgunluk

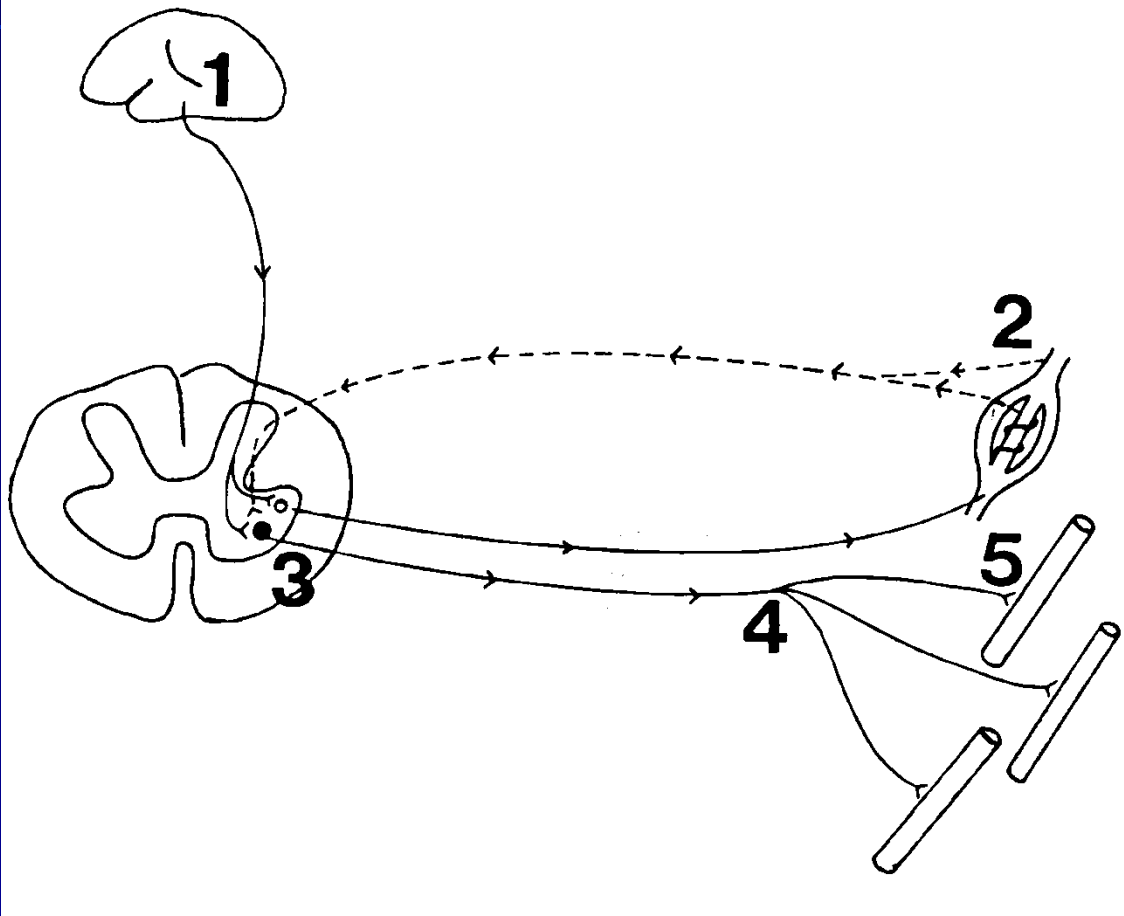
Kassal yorgunluk

- Kas kasılması yoluyla belirli bir kuvvetin üretilmesinde ya da sürdürülmesinde ortaya çıkan yetersizlik olarak tanımlanmaktadır.
- İki ye ayrılmaktadır.
 - Merkezi yorgunluk-sinirsel
 - Periferik yorgunluk-kassal
- Çok sayıda faktör yorgunluk oluşumunda etkilidir.

Potansiyel Yorgunluk bölgeleri



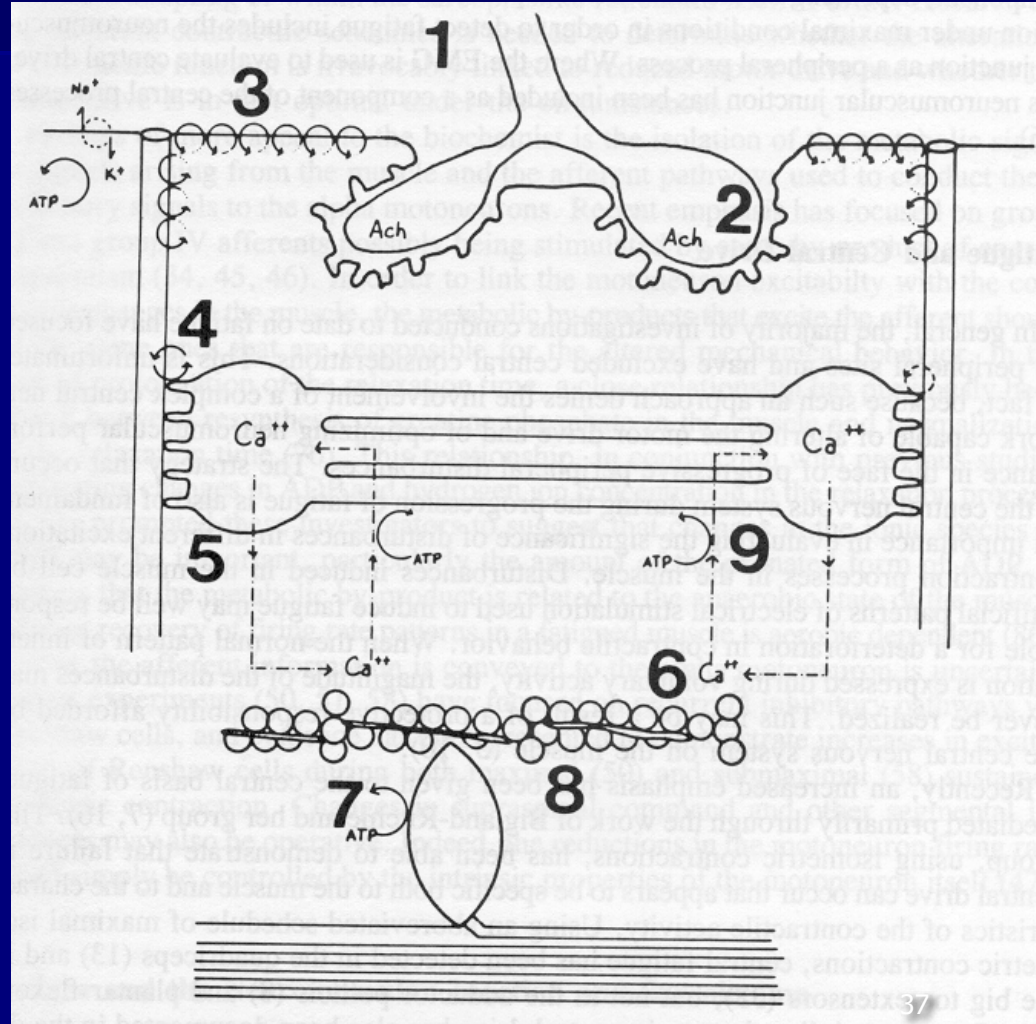
Potansiyel merkezi yorgunluk noktaları



1. Supraspinal yetersizlik
2. Afferent inhibition
3. Motor nöron aktivitesinin baskılanması
4. Dallanma nedeniyle uyarı kaybı
5. Presinaptik yetersizlik

Potansiyel periferik yorgunluk noktaları

1. Presynaptic yetersizlik
2. Aksiyon potansiyeli oluşturmada yetersizlik
3. Aksiyon potansiyelini devam ettirmede yetersizlik
4. Eşleşme yetersizliği
5. Ca^{2+} salınımının baskılanması
6. Ca^{2+} bağlanmasında azalma
7. Çapraz köprücük oluşumunda yetersizlik
8. Çapraz köprücük ayrışmasında gecikme
9. Ca^{2+} geri alımının baskılanması



Yorgunlukta kas lifindeki mekanik değişiklikler

- Kuvvet çıktısında azalma
- Kuvvet oluşumunda yavaşlama
- Gevşemede yavaşlama

Yorgunlukta kas lifindeki biokimyasal değişiklikler

↑ $[\text{Na}^+]$

↓ $[\text{K}^+]$

↑ $[\text{H}^+]$

↓ PCr

↓ ATP hydrolysis

↑ Pi

↑ ADP

↓ Ca^{2+} fluxes

↓ Ca^{2+} sensitivity

↑ background Ca^{2+}

Yorgunlukta kas lifindeki biyokimyasal değişiklikler

	<i>Rest</i>	<i>Fatigue</i>
<i>[ATP]</i>	25	17
<i>[ADP]</i>	3	4
<i>[PCr]</i>	85	5
<i>[Pi]</i>	5	90
<i>[H⁺]</i>	0.1 μM	1.0 μM

Values expressed as mmol•kg⁻¹ DW