

**İskelet kasının fonksiyonel
özellikleri, kas lif tipleri.
Kas duyu organları ve
hareketin kontrolü.**

Prof.Dr. Mitat KOZ

Kas Tipleri

- Düz kas
- Kalp kası
- İskelet kası-istemli kas-çizgili kas

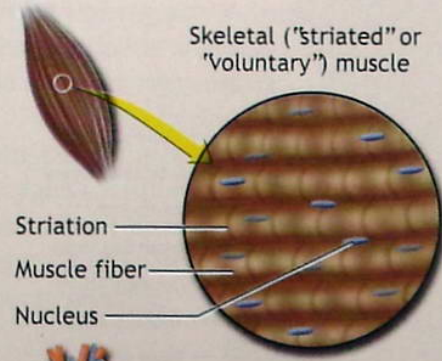
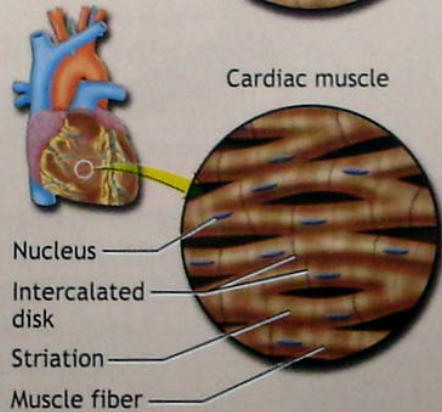
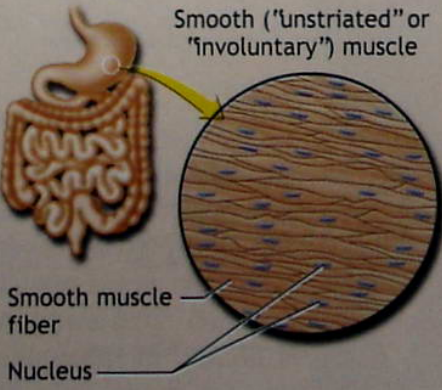
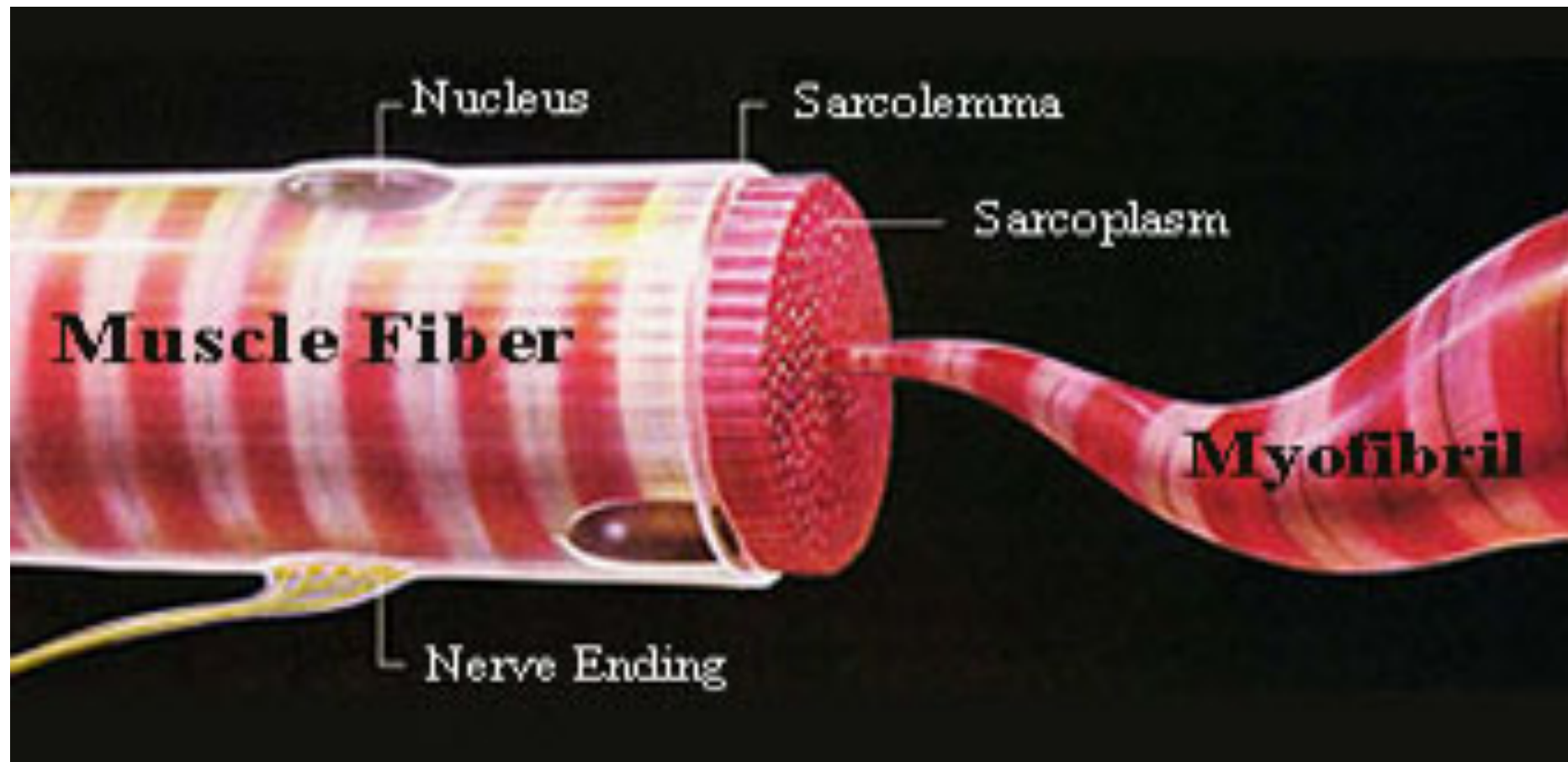
Muscle type	Location	Appearance	Type of activity	Stimulation
 Skeletal ("striated" or "voluntary") muscle Striation Muscle fiber Nucleus	Named muscle (e.g., the biceps of the arm) attached to the skeleton and fascia of limbs, body wall, and head/neck	Large, long, unbranched, cylindrical fibers with transverse striations (stripes) arranged in parallel bundles; multiple, peripherally located nuclei	Strong, quick intermittent (phasic) contraction above a baseline tonus; acts primarily to produce movement or resist gravity	Voluntary (or reflexive) by the somatic nervous system
 Cardiac muscle Nucleus Intercalated disk Striation Muscle fiber	Muscle of heart (myocardium) and adjacent portions of the great vessels (aorta, vena cava)	Branching and anastomosing shorter fibers with transverse striations (stripes) running parallel and connected end-to-end by complex junctions (intercalated disks); single, central nucleus	Strong, quick continuous rhythmic contraction; pumps blood from the heart	Involuntary; intrinsically (myogenically) stimulated and propagated; rate and strength of contraction modified by the autonomic nervous system
 Smooth ("unstriated" or "involuntary") muscle Smooth muscle fiber Nucleus	Walls of hollow viscera and blood vessels, iris, and ciliary body of eye; attached to hair follicles of skin (arrector muscle of hair)	Single or agglomerated small, spindle-shaped fibers without striations; single, central nucleus	Weak, slow, rhythmic, or sustained tonic contraction; acts mainly to propel substances (peristalsis) and to restrict flow (vasoconstriction and sphincteric activity)	Involuntary by autonomic nervous system

FIGURE 15.2 • Functional and structural characteristics and mode of activation of skeletal, cardiac, and smooth muscle. (From Moore KL, Dalley AF. Clinically oriented anatomy. 4th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 1999.)



İskelet kasının hücresel organizasyonu ve yapısı

myofibril-myoflament

- Kas lifleri myofibril adı verilen daha küçük lifler içerir,
- Myofibrillerde myoflament adı verilen ince ve kalın uzantılardan oluşur.

İskelet kasının hücresel organizasyonu ve yapısı

myoflament

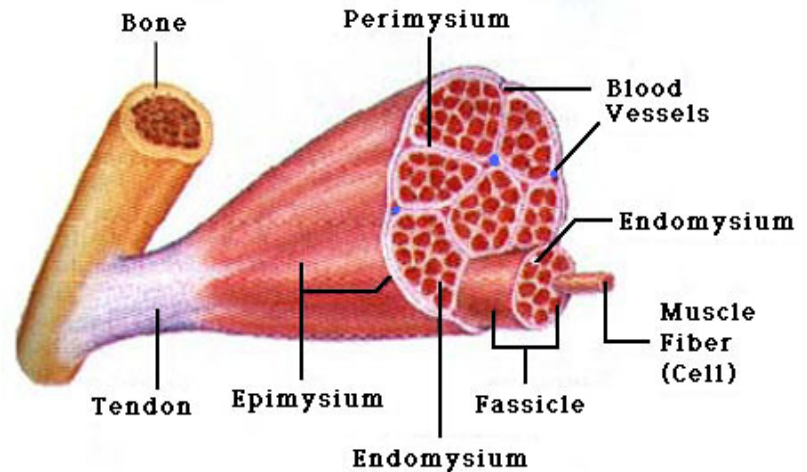
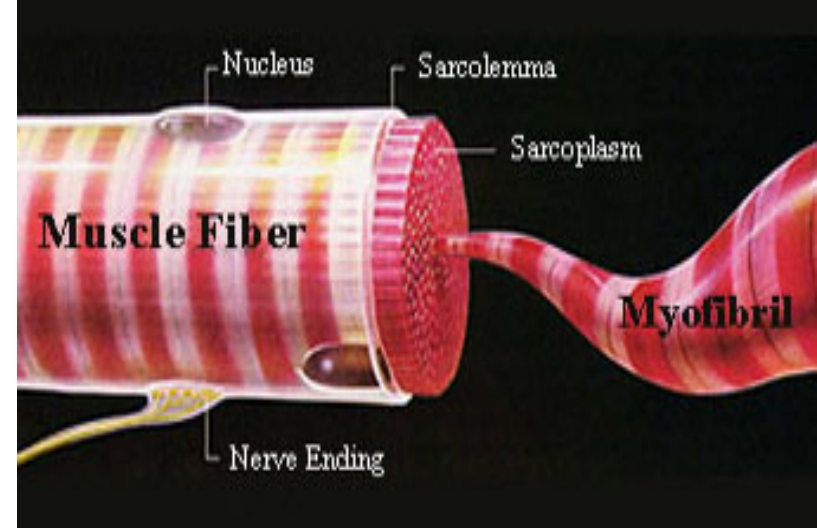
- Myoflamentler kasılabilir proteinlerden oluşmuştur.

Bunlar;

- Myozin,
- Aktin,
- Tropomyozin
- Troponin: Troponin I, Troponin T, Troponin C

Bir bütün olarak kasın oluşumu

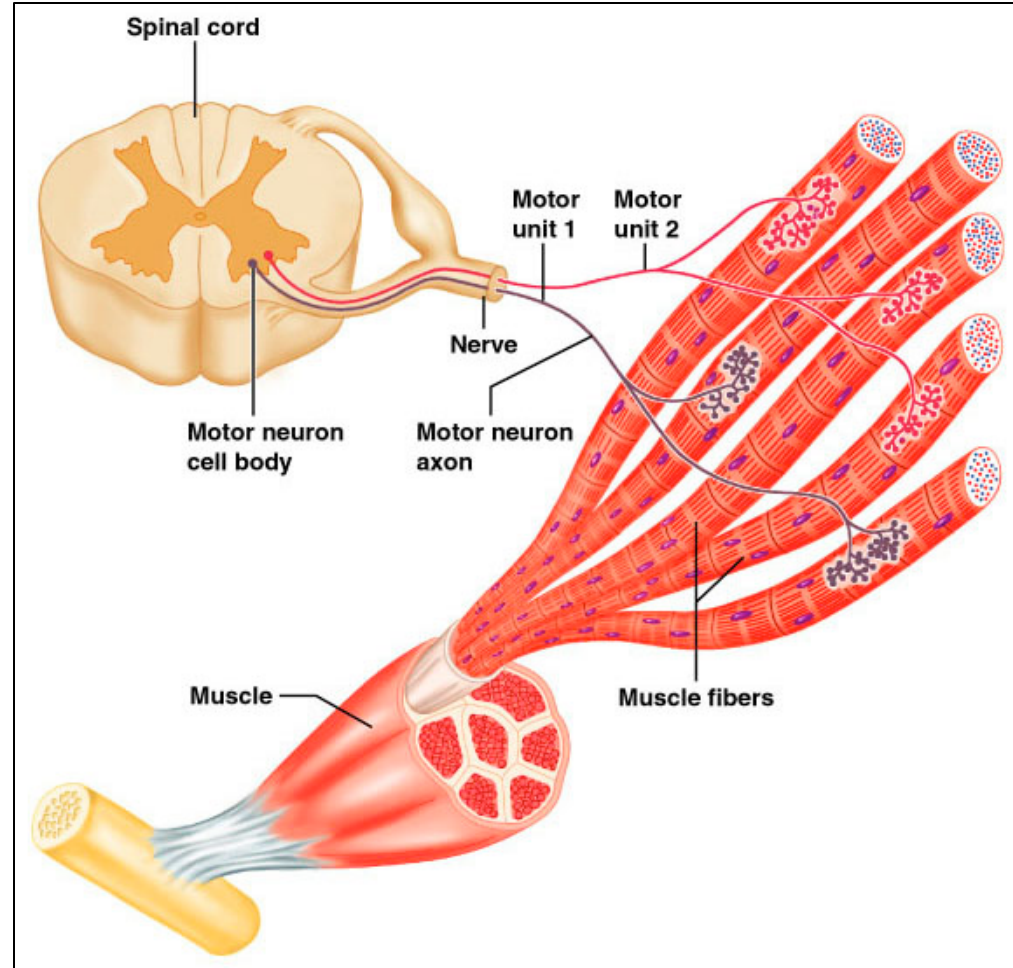
- Kas lifleri bir araya gelerek fasikülleri oluşturur.
- Fasiküller perimisyum olarak adlandırılan konnektif doku katmanı ile sarılıdır.
- Fasiküller bir araya gelerek kasın tamamını oluştururlar.
- Tüm kas epimisyum olarak adlandırılan konnektif doku katmanı ile sarılıdır ki buna fascia denir.



motor ünite

- Her kasın en az bir tane motor siniri vardır.
- Bu motor sinirin son ucundaki akson dallanmaları yüzlerce olabilir.
- Aksonlar son uçlarında akson terminali denilen dallanmalar yaparlar ve bu terminaller tek bir kas hücresi (kas lifi) ile birleşerek sinir-kas kavşağını oluştururlar.

Bir motor nöron ve bunun innerve ettiği tüm kas liflerinin hepsine birden **motor ünite** denir.



Motor Ünite

Bir motor ünitedeki kas liflerinin sayısı değişkendir, bir kaç tane olabildiği gibi bir kaç yüz tane de olabilir.

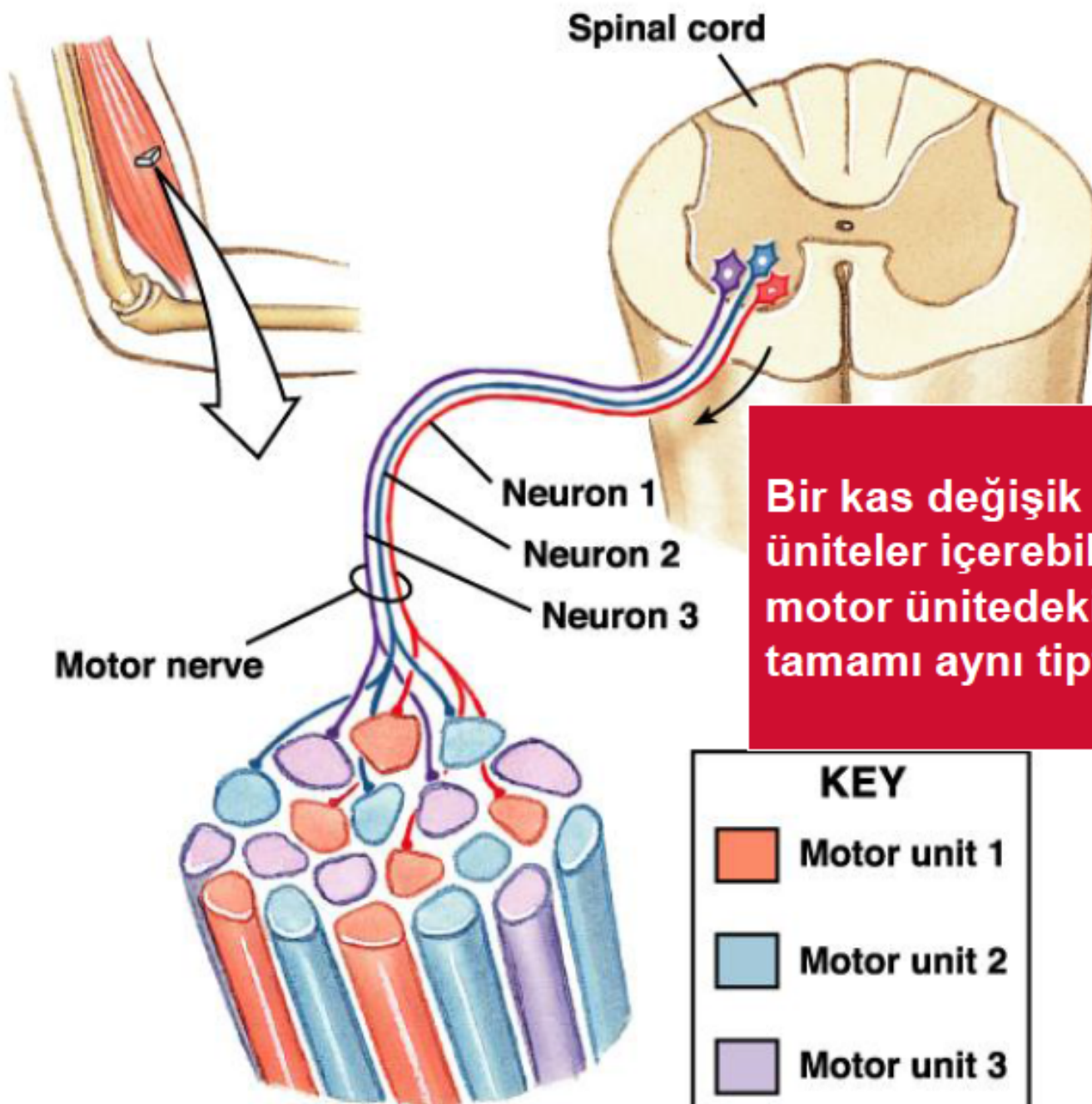
İnce hareketleri kontrol eden kaslar (parmak kasları) küçük motor üniteye sahiptir.

Büyük ağırlık taşıyan kaslar (kalça ve uyluk kasları) büyük üniteye sahiptir.

Kasta çok sayıda kas lifi vardır. Dolayısıyla tek bir motor ünitenin uyarılması kasta zayıf bir kasılmaya neden olur.

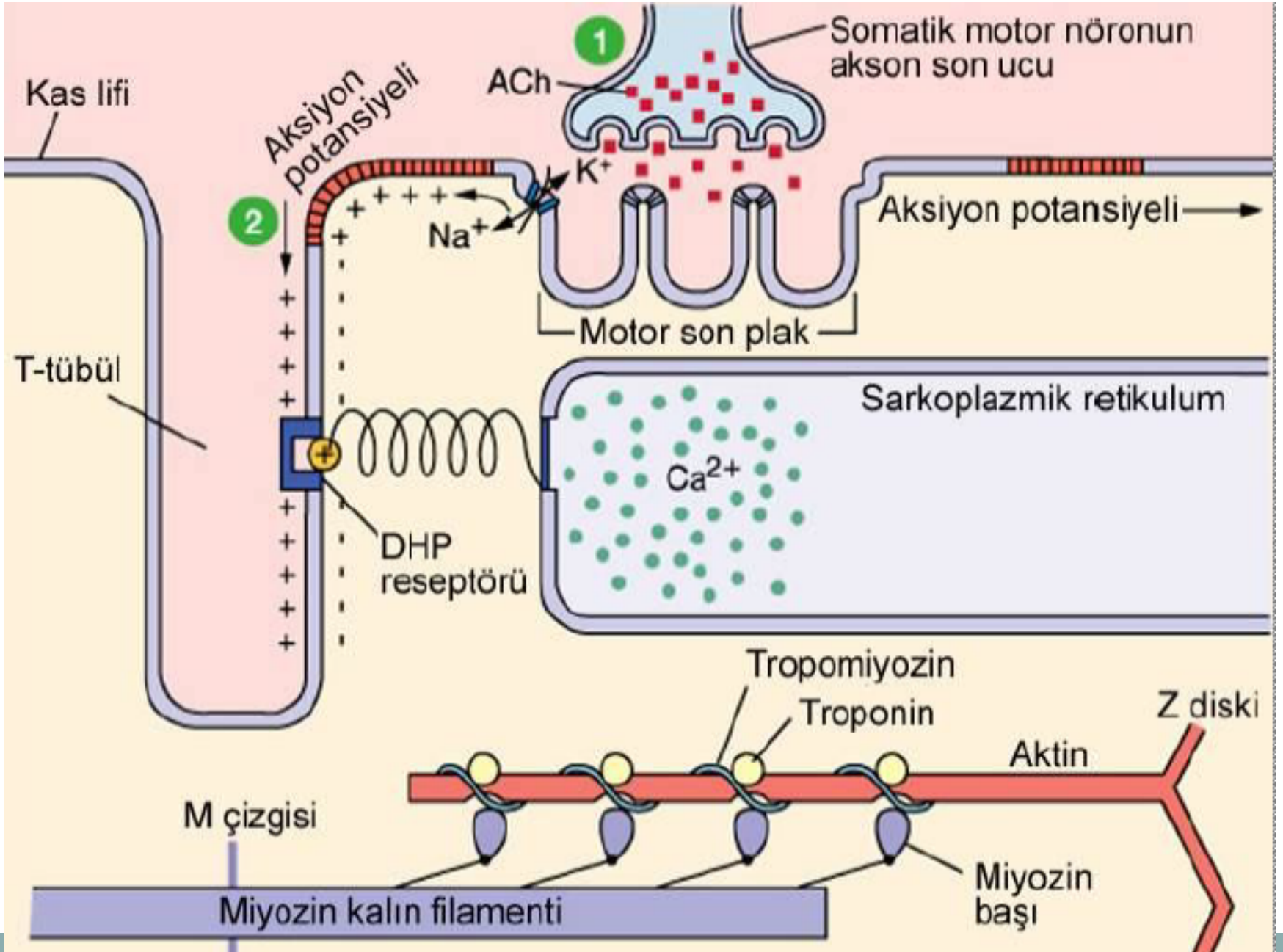
TABLE 4.1 Comparison of the Average Values of the Contractile and Electrical Properties of S, FR, and FF Motor Units of the Medial Gastrocnemius Muscle in Two Species of Experimental Animals and Human Subjects

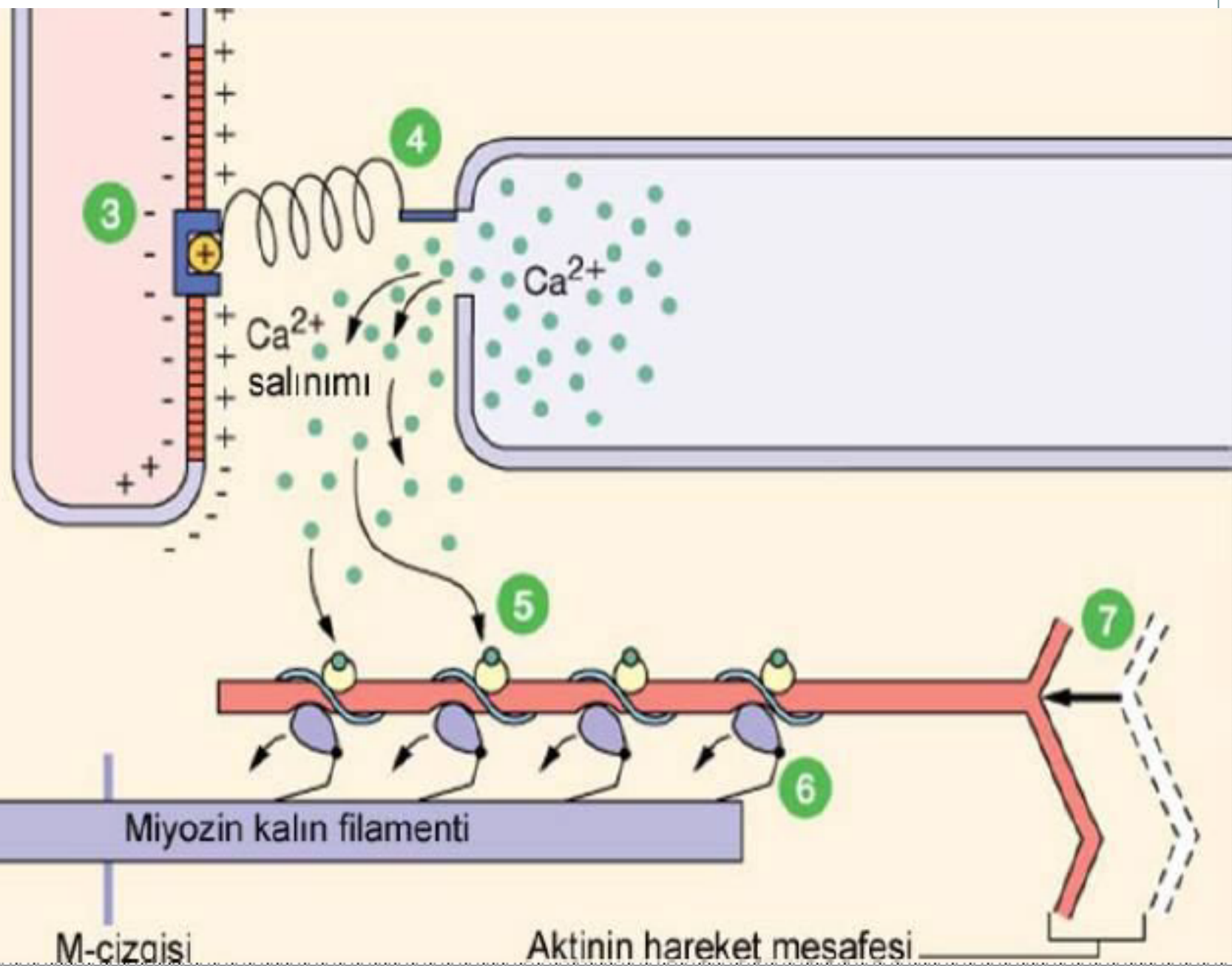
Contractile Properties	S	FR	FF	Species	Source
Contraction time (ms)	22.3	13.5	11.8	Rat	Krutki et al. (2006)
	56.6	32.5	26.1	Cat	Krutki et al. (2006)
	~ 105	54.5	69.6	Human	Garnett et al. (1979)
Sag	No	Yes	Yes	Rat	Grottel and Celichowski (1990)
	No	Yes	Yes	Cat	Burke et al. (1973)
Twitch force (mN)	4.5	12.1	33.6	Rat	Krutki et al. (2006)
	9.1	83.8	231.8	Cat	Krutki et al. (2006)
	115	138	463	Human	Garnett et al. (1979)
Innervation ratio	66	154	271	Rat	Kanda and Hashizume (1992)
	78	440	758	Cat	Burke and Tsairis (1973)
Fatigue index	0.99	0.85	0.22	Rat	Krutki et al. (2006)
	0.91	0.83	0.28	Cat	Krutki et al. (2006)
	0.84	> 0.82	< 0.62	Human	Garnett et al. (1979)
Force change in response to time change between stimuli (% of the maximum force/1 ms):				Rat	Celichowski and Grottel (2001)
Force decrease (time prolongation)	1.31	3.65	4.10		
Force increase (time shortening)	0.74	2.26	2.40		
Action Potential Properties					
Amplitude (mV)	0.18	0.24	0.70	Rat	Krutki et al. (2008a)
	0.30	0.28	0.68	Cat	Krutki et al. (2008a)
Duration (ms)	3.1	2.9	3.4	Rat	Krutki et al. (2008a)
	7.0	6.5	7.0	Cat	Krutki et al. (2008a)



Bir kas değişik tipte motor üniteler içerebilir. Fakat bir motor ünitedeki fibrillerin tamamı aynı tiptedir.

Kas kasılması





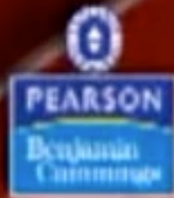
Kayan filamentler teorisi

- Myozin başındaki ATP az enzimi ATP yi parçalar, açığa çıkan enerji myozin başlarında bükülmeye yol açar (power stroke) ve ince filamentler ortaya çekilir.
- ATP yeniden sentezlenir ve myozin başı yeni bir etkin noktaya bağlanır ve kıvrılır.
- Gevşeme sürecinde ise, hücre içindeki kalsiyum aktif transport ile sarkoplazmik retikulumu geri pompalanır, Ca-Mg ATP az enzimi bu olayı düzenler (ATP harcanır).
- Ca SR dan terminal sisternalara difüze olur ve bir sonraki aksiyon potansiyeline kadar orada depolanır.
- Etkin noktalar kapanır, çapraz köprücükler çözülür ve kas gevşer.

A&P Flix

Muscle Contraction

Part 3: The Cross Bridge Cycle

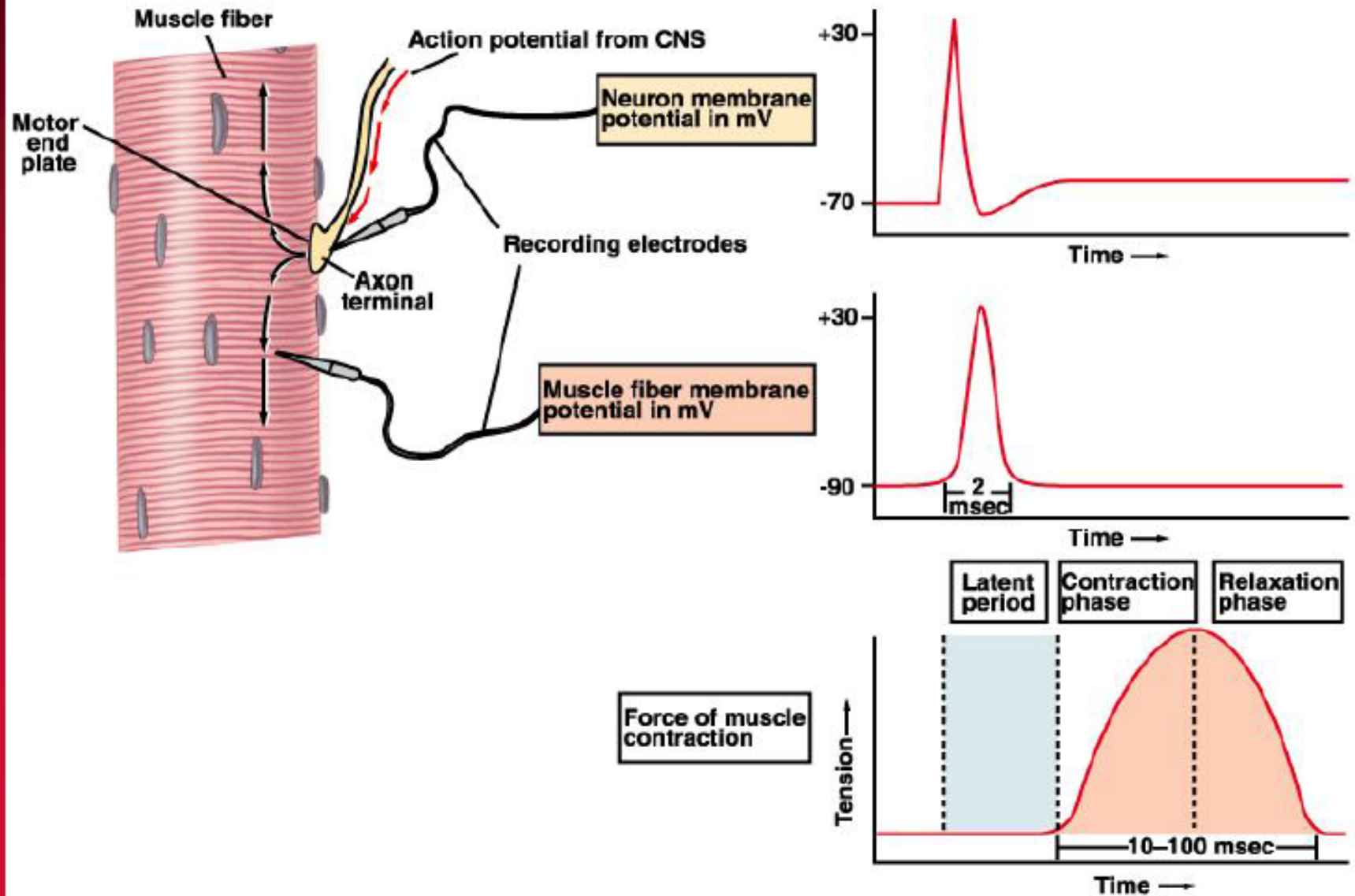


© 2009 Pearson Education, Inc.

Kasılma kuvvetinin tedrici artışı..

- Kas kasılması ile oluşan kuvvetin artışı kasılmaya katılan motor ünite sayısına ve gelen uyarıların sıklığına bağlıdır.
 - Motor ünite sumasyonu
 - Dalga sumasyonu
- Kas kasılması sırasında motor ünite sumasyonu ve dalga sumasyonu birlikte oluşur.

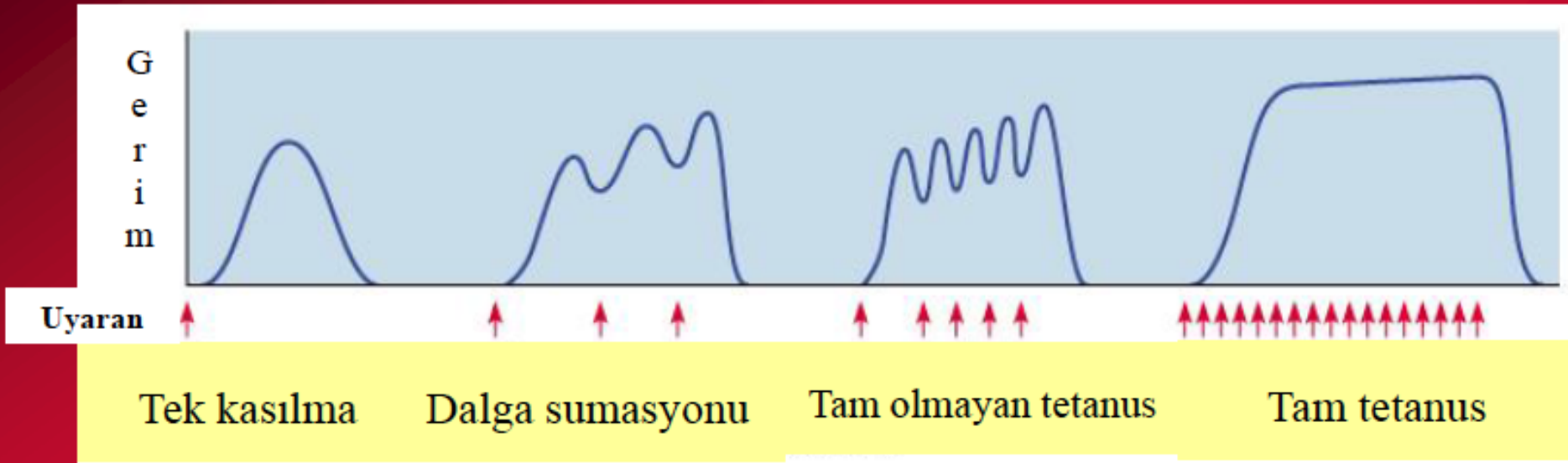
Bir Kas Sarsısı tek bir kasılma/gevşeme döngüsüdür



Latent Periyot + Kas Sarsısı Süresi + Gevşeme Süreleri

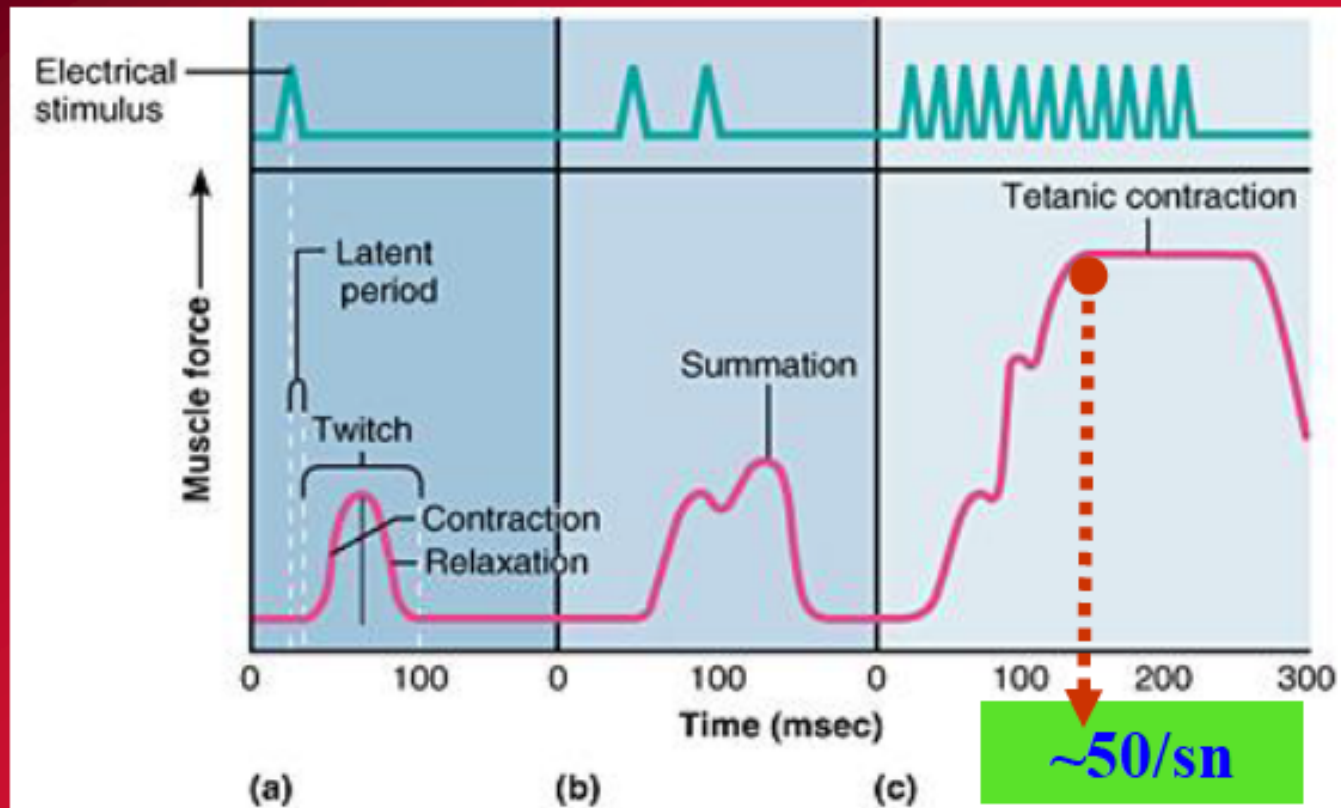
- Motor nöronun uyarılması ile kas sarsısının başlamasına kadar geçen süreye **Latent Periyot** denir. Bu, izometrik kasılma sırasında ~1-2 ms sürerken, konsantrik kasılmada yük hafifse 1-2 ms, orta düzeydeyse ~3-4 ms, ağırsa ~5-6 ms sürer.
- **Kas sarsısının süresi** ise hızlı kasılan fibrillerde (FT veya Tip II) 7,5 ms kadar kısa olabilirken yavaş kasılan fibrillerde (ST veya Tip I) 100 ms'ye kadar uzayabilir.
- **Gevşeme periyodu 10-100 ms'dir.** (Ca^{++} 'un SR'ye geri dönüşü)
 - Tip I'lerde SR ağı Tip II'lerdeki kadar gelişkin olmadığından Ca^{++} salınımı ve Ca^{++} pompaları ile geri alınımı o kadar etkin değildir. Bu nedenle kasılma ve gevşeme Tip II'ye göre daha uzun sürer.

Tam ve Tam olmayan Tetanus: Uyarılar arasında hiçbir gevşeme görülmezse, bu duruma “**tam tetanus**” denilir. Kasılma cevapları arasında herhangi bir gevşeme görülmesi halinde ise meydana gelen kasılma “**tam olmayan tetanus**” olarak adlandırılır.



- Bir motor ünitenin ürettiği kuvvet uyarı frekansının artımıyla, kademeli olarak artar. Çünkü, sarkoplazmadaki Ca^{++} miktarı gittikçe artar.
- Bir motor ünitenin Kasılma kuvvetindeki değişim:
 - Uyaran frekansının değişimi ile GERÇEKLEŞİR (**DALGA SUMASYONU**)

Tetanik Kasılma



Kramp: Uyarı frekansı saniyede 60-120 arasındaysa bir süre sonra büyük ihtimalle kramp gerçekleşir (Örn: haltercilerde görülen Gastrocnemius krampları)

Kontrollü ve Daha Güçlü Kasılmalar için Gerekli Uyarı frekansı

- Akıcı, kontrollü bir hareket için kas fibrilinin saniyede en az 7-10 kez uyarılarak, hamle vurumu yapması gerekir. Böylece gevşeme tamamlanmadan bir dalga sumasyonu oluşur.
- Uyarı frekansı arttıkça daha güçlü kasılma gerçekleşir.
- Uyarı frekansı 10/saniyeden 50/saniyeye çıktığında kasılma gücü 10 kat artar.
- Maksimal kuvvet üretimi sırasında uyarı frekansı Tip I fibrillerde en fazla 40 /saniye civarındayken, Tip II fibrillerde 80-100/saniye civarında olabilir.
- Uyarı frekansı 100 / saniyeye çıkarılsa bile genellikle 50-60/saniye frekans civarında tam tetanus oluşur ve bu noktadan sonra kuvvette artış miktarı daha az olur.

Kassal Aktivite Sırasında Motor Ünite Katılım Sırası

- Her motor nöron aksiyon potansiyelini başlatacak kendisine has bir eşik uyaran düzeyine sahiptir.
- Küçük motor ünitelerin genellikle uyarı eşiği düşüktür ve düşük şiddetli bir uyaranla aksiyon potansiyelini başlatırlar. Bundan dolayı kuvvet üretiminde ilk devreye girenler küçük motor ünitelerdir.
- Dış direncin büyüklüğüne göre, daha fazla kuvvet gerektikçe, uyarı eşiği daha yüksek olan, daha büyük motor üniteler devreye girerler (Hanneman'ın “Size” yani “Boyut” prensibi).
- Eksantrik ve izometrik kasılmalarda bu direnç yenilemez.

Maksimal Kuvvet Üretimi Sırasında Motor Ünite Katılım Sırası ve Kuvvet Gelişiminde Kullanılması Gereken Yük

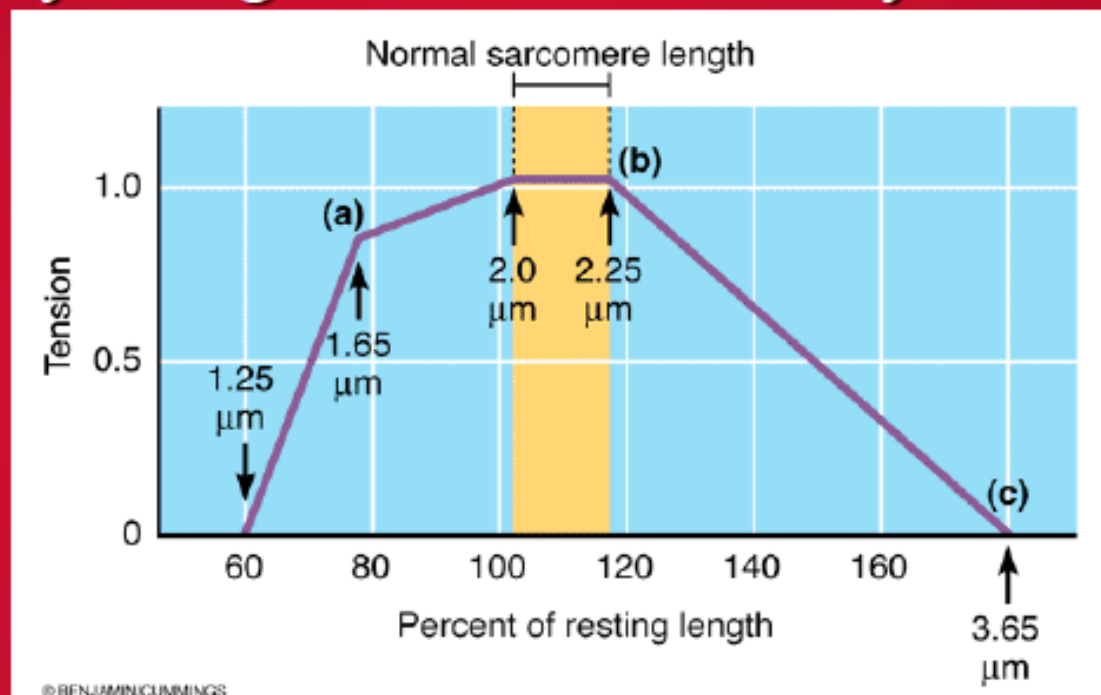
- Maksimal kuvvetin (Maksimal İstemli Kasılma: MİK) $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{3}$ üne kadar sadece Tip I'ler (ST) aktive olur. Ancak daha fazla kuvvet gerektiren işler için Tip II fibriller devreye girmeye başlar. % 35 MİK altındaki dirençler Tip II'leri çalıştırmaz.
- Kaslarımız günlük yaşam aktiviteleri sırasında % 60 MİK'ya kadar dirençlerle karşılaştığından, bu yüklere zaten adapte olmuştur. Bu sebeple, kuvvet geliştirmeye yönelik antrenmanlarda günlük aktivitelerde hiç devreye giremeyen büyük Tip II motor ünitelerin senkronizasyonu sağlanmaya çalışılır.
- Bu sebeple Maksimal Kuvveti geliştirici antrenmanlarda yük en az % 60 MİK olmalıdır.

Kuvvet Gelişiminde Kullanılması Gereken Yük

- Sadece kassal dayanıklılığı geliştirmek amacıyla çok tekrarlı % 40-60 arasında yükler kullanarak sezona başlayabiliriz. Ancak, kassal dayanıklılığı geliştirirken maksimal kuvveti de geliştirmek istiyorsak % 60 MİK civarı yüklerle başlanmalıdır. Daha sonra yük, gelişen yeni maksimal kuvvet değerleri de göz önüne alınarak, daha yüksek şiddetlere çıkarılmalıdır.
- Submaksimal yüklerle intermusküler koordinasyonu (kas gruplarının senkronizasyonunu) mükemmelleştirecek etkili bir uyaran yoktur. Bu yüzden maksimal kuvveti doğrudan geliştirmede maksimale çok yakın yükler kullanılır (%85+).

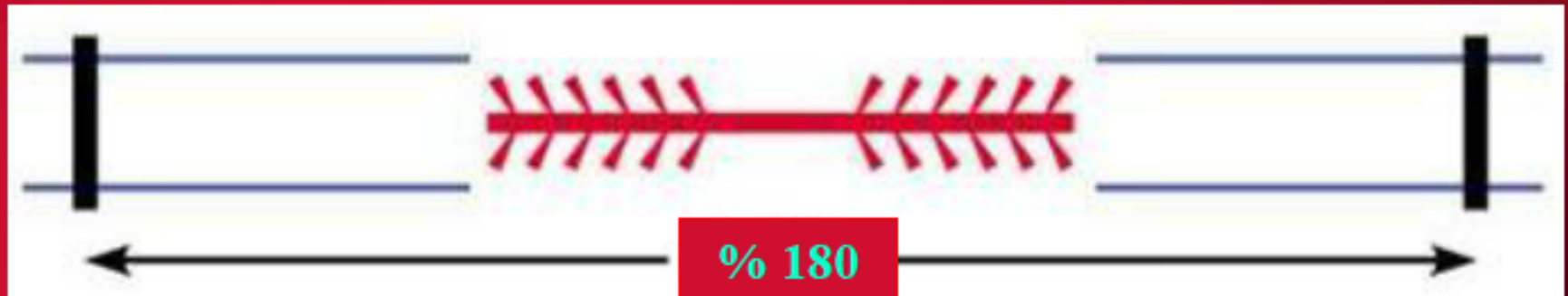
Kas Fibrili Uzunluğu ve Kuvvet Üretimi

- Sarkomerlerin boyu, dolayısıyla da kas fibrilinin boyu istirahat uzunluğunun $\sim$ % 80-120 (özellikle % 100-120) arasındayken aktin ve miyozin filamanları arasındaki etkileşim maksimum düzeyde olduğundan, kuvvet üretebilme yeteneği de maksimum seviyededir.



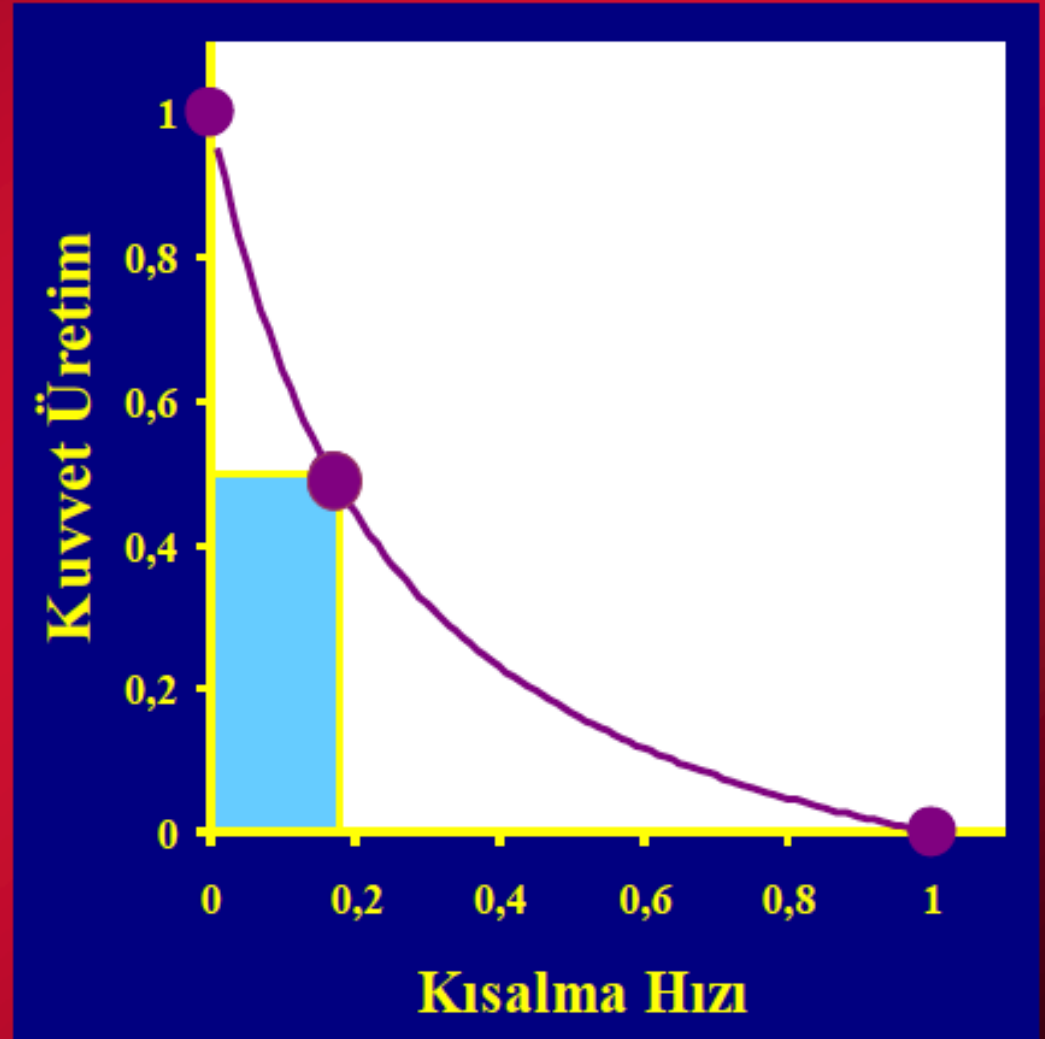
Kas Fibrili Uzunluğu ve Kuvvet Üretimi

- Sarkomer boyu istirahat uzunluğuna göre arttıkça kuvvet üretme yeteneği azalır. ~ % 180 ve daha fazlası civarına uzatıldığında, aktin filamanları Z diskleri tarafından o kadar çekilmiştir ki, sarkomerin ortasında kalan miyozin filamanlarının aktin ile çapraz köprü oluşturması mümkün değildir. Bundan dolayı bu uznluklarda sarkomer/kas fibrili kasılma yeteneğini kaybetmiş ve kuvvet üretimi sıfıra düşmüştür.



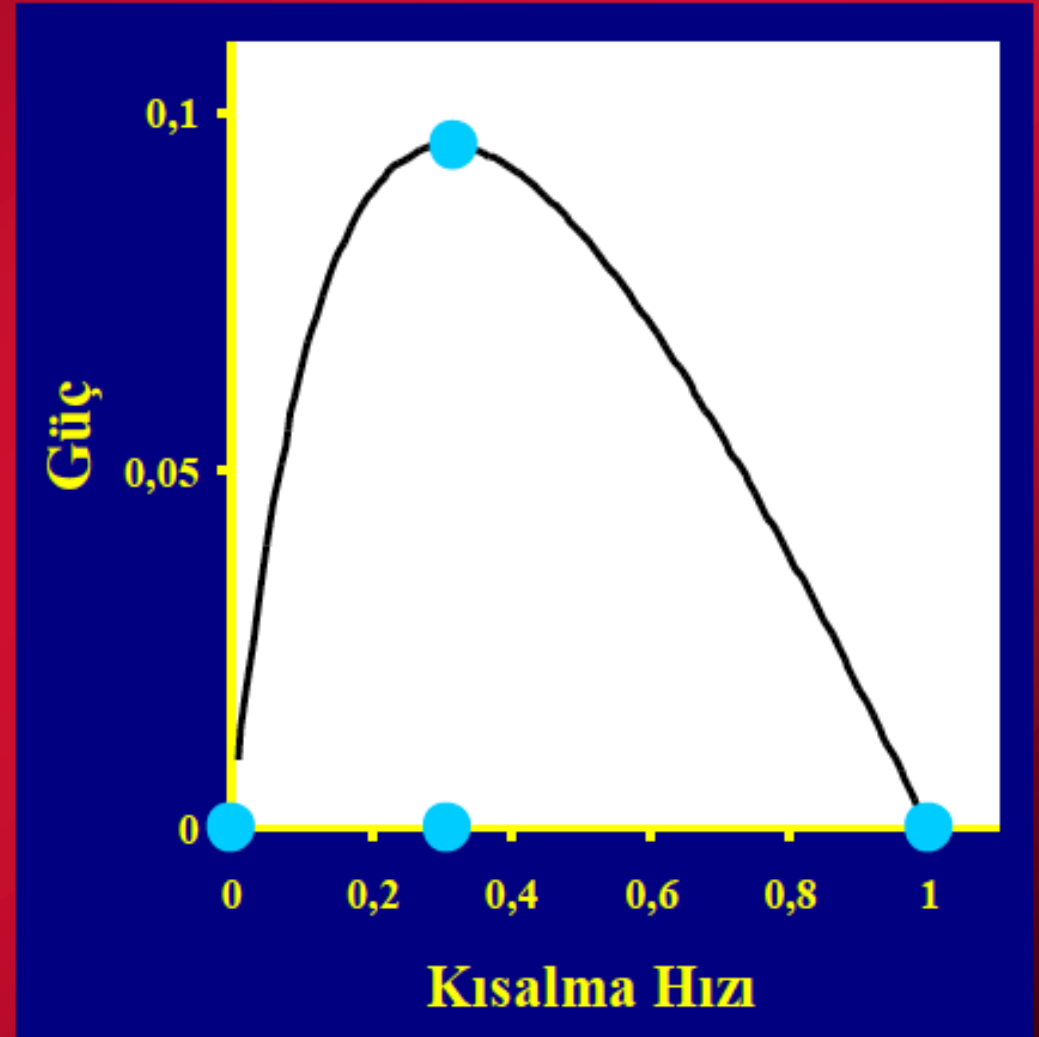
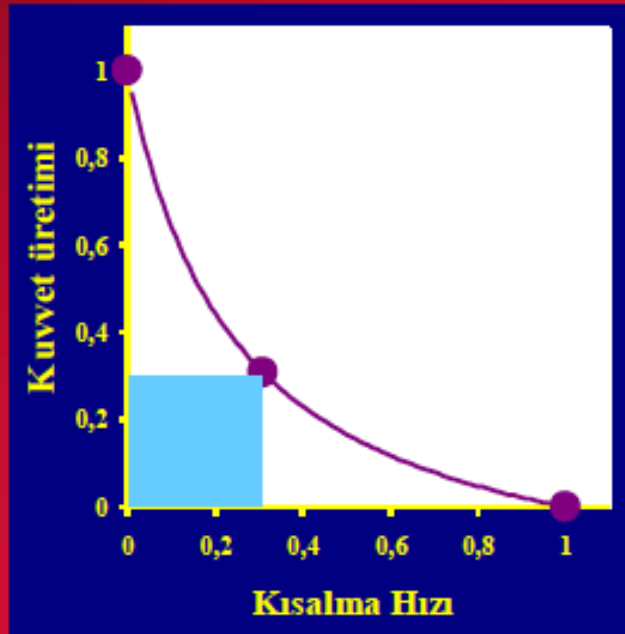
Güç, Kuvvet ve Hız İlişkisi

- Kas daha hızlı kısaldıkça daha az kuvvet üretir.
- $\text{Güç} = \text{Kuvvet (F)} \times \text{Hız}$
- “Güç” grafikte mavi dikdörtgen alanla gösterilmiştir.



Gücün bir maksimum seviyesi vardır.

- Maksimum güç, maksimum hızın yaklaşık $1/3$ 'ünde oluşur.



İskelet Kası Kontraksiyon Türleri

Kas kasılmasıyla bir nesne üzerine uygulanan güce kas gerimi denir, bu güce karşı koyan güce yada hareket ettirilen nesnenin ağırlığına ise yük denir.

3 tür kas kontraksiyonu vardır:

Kas gerimi oluşur, ancak yük hareket etmezse (kas kısalmaz) bu tür kontraksiyona izometrik kontraksiyon denir.

Eğer kas gerimi yükü hareket ettirir ve kas kısalırsa buna da izotonik kontraksiyon denir.

İzometrik Kontraksiyon

Kasda gerim gittikçe artar, ancak kas ne kısalır ne de uzar.

Yük, kasın oluşturabileceği gerimden daha büyük olduğu zaman gerçekleşir.

Çapraz-köprüler güç oluşturur ancak ince filamentleri kasın boyunu kısaltacak ölçüde hareket ettiremez.

Çünkü kasta:

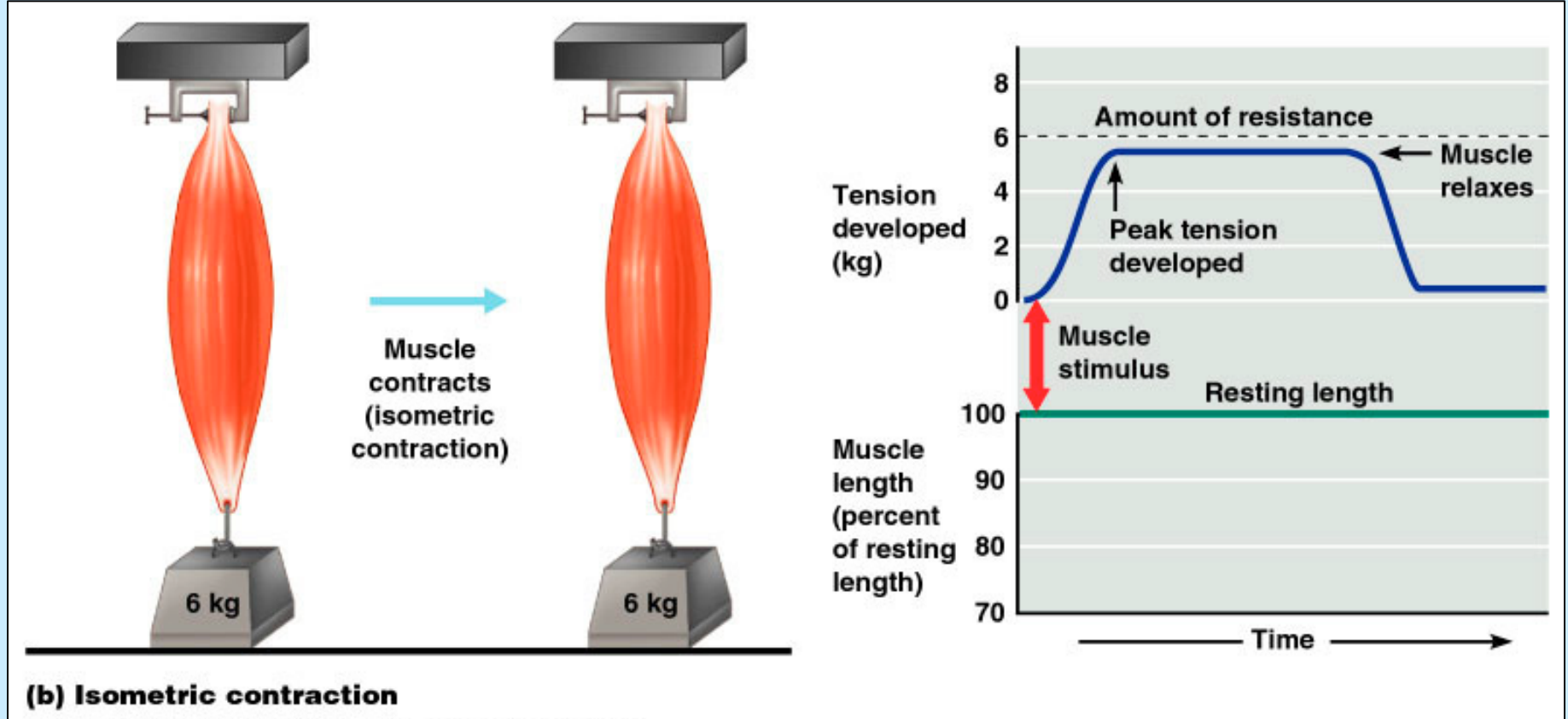
1-kontraktil elemanlar(aktin ve myozin filamentleri)

2-elastik elemanlar(fasya, tendon ve nonkontraktil proteinler) bulunur

Kasılmada kontraktil elemanlar normal kasılır ve sarkomerin boyu kısalır, ancak elastiki elemanlar gerilerek uzarlar ve kasın boyunu sabit tutarlar, olası kasılmayı kompanse ederler
 $\text{kuvvet} = \text{sarkomer kısalması} + \text{elastik elemanların gerilmesi}$

İzometrik Kontraksiyon

Kas uzunluğunda bir değişiklik olmaz.



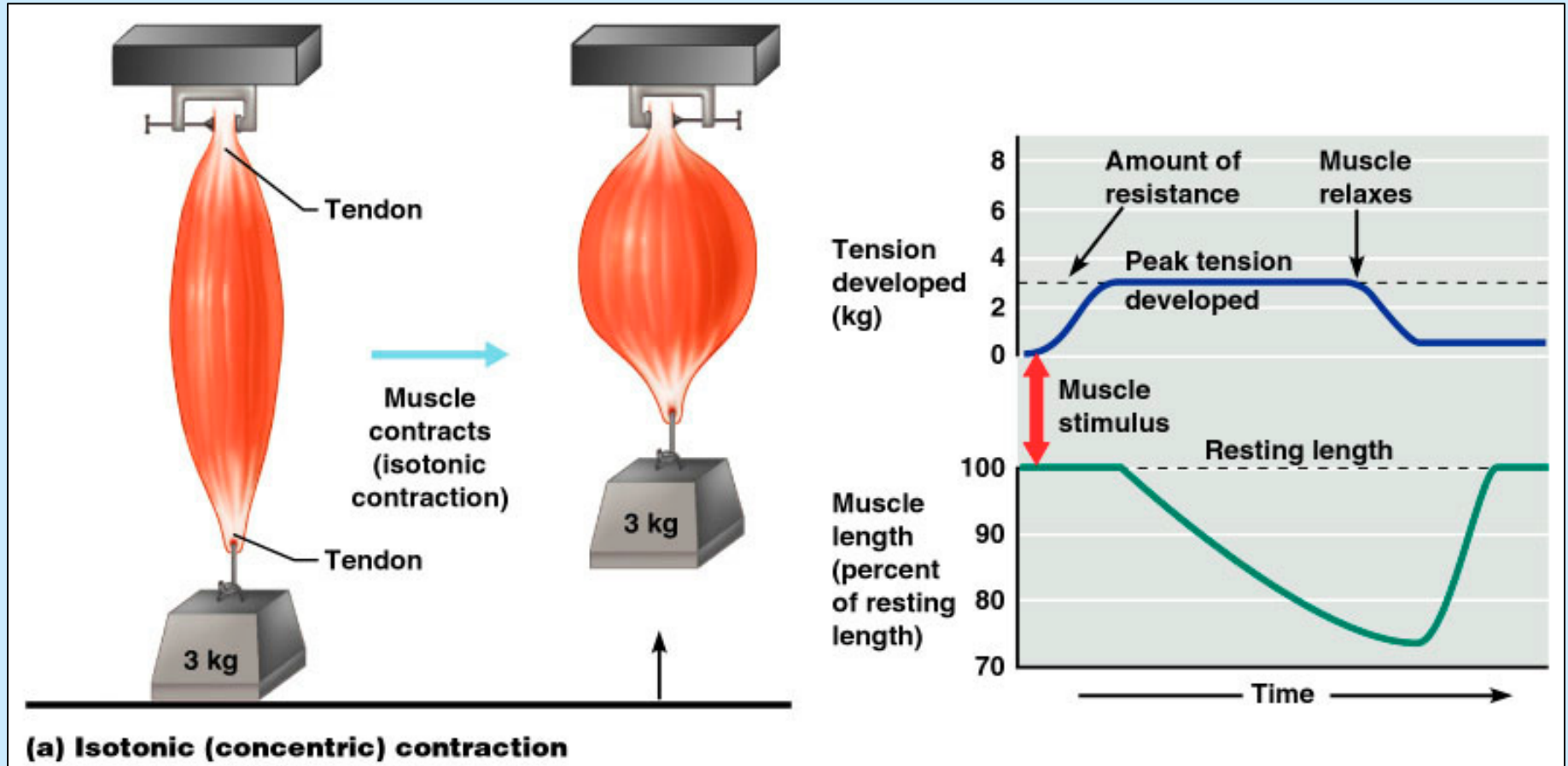
İzometrik kontrasyonda ölçülen şey artan kas gerimidir.

İzotonik Kontraksiyon

- İzotonik kontraksiyonda, kas, uzunluğunu değiştirir ve yükü hareket ettirir. Yükü hareket ettirmek için gerekli gerim oluştuktan sonra, kontraktıl peryodun geri kalan kısmında, kas gerimi (nispeten) sabit kalır.
 - Kas kısalır ve iş yapar.
 - Bu tür kontraksiyona konsantrik kontraksiyon da denir.

İzotonik Kontraksiyon

Konsentrik izotonik kontraksiyon



Kas lif tipleri

- İskelet kasları farklı metabolik ve fonksiyonel özelliklere sahip kas liflerinin bir araya gelmesiyle oluşmuştur.
- Kasların hepsi aerobik ve anaerobik metabolizma özelliklerine sahip olsalar da bazı kas lifleri ve o liflerin bulunduğu kaslarda metabolik özelliklerin birisi daha gelişmiştir (aerobik yada anaerobik).

- Şu anda kas lifleri 3 farklı yöntem kullanılarak tiplendirilebilmektedir:
- miyozin ATPaz histokimyasal boyama,
- miyozin ağır zincir izoformu tanımlanması
- metabolik enzimlerin biyokimyasal tanımlanması.

Fiber Type Classification

mATPase

myosin heavy chain

biochemical

I ↔ MHCI ↔ SO

IC

IIC

IIAC

IIA ↔ MHCIa ? ↔ ? FOG

IIAB

IIB ↔ MHCIx/d(IIb) ? ↔ ? FG

İskelet Kası Fibril Tipleri

- Fibril tipi dağılımı yaşamın ilk yıllarında belirlenir.
- Kasılma hızınlarına (**yavaş kasılan** veya **hızlı kasılan**) ve ATP oluşturma yollarına göre (başlıca aerobik kaynakları kullanan = **Oksidatif**; veya başlıca anaerobik kaynakları kullanan = **Glikolitik**) olarak adlandırılırlar.
- İnsan kasında bütün fibril tipleri karışık olarak bulunur. Tüm kaslar değişik fibril tiplerinin bileşiminden oluşur.
 - Kasta bulunan başlıca fibril tipi, kasın hangi özel amaçlarla kullanıldığına da bağlıdır (postür vb.)
- Bir kasın performans özelliği kendisinde bulunan fibril tipinin biyokimyasal ve morfolojik özelliklerine bağlıdır. Daha önce de değindiğimiz gibi, temel olarak kas fibrillerinin biyokimyasal yapısı, kendisini innerve eden motor nöronun özelliğine bağlıdır.
- Fibril tipi dağılımı (oranı) kişiden kişiye değişir.

Yavaş kasılan (Slow Twitch-ST) fibriller = yavaş oksidatif fibril (Slow Oxidative: SO) = kırmızı fibriller = Tip I fibriller

- ❑ Motor nöronları incedir ve 10 ile 180 fibril uyarır.
- ❑ Maksimal kuvvet üretimi sırasında uyarı frekansı Tip I fibrillerde en fazla 40 / saniye civarındadır. Maksimal kuvvet oluşumu sırasında MİK'nın 1/3–1/4'üne kadar sadece ST'ler devreye girer. FT'ler ancak daha fazla kuvvet gerektiren kasılmalarda aktive olur. Aşağıdaki özelliklerin çoğu sürekli bu düşük uyarı frekansı ile uyarılma/kasılmadan kaynaklanır (Tip II fibrillerde 80-100/saniye civarında olabilir)
- ❑ Hücre çapları hızlı kasılan (FT) fibrillerin yarısı kadardır.
- ❑ Kapillarizasyon daha fazladır, dolayısıyla kanlanmaları fazladır. Böylece kas ve kan arasında daha iyi bir oksijen karbondioksit alışverişi ve daha etkin bir enerji kaynağı (karbonhidrat ve yağ asidi) alımı gerçekleşir. *Kırmızı görünmelerinin nedeni kanlanmanın daha fazla olmasıdır.*
- ❑ Yüksek miktarda miyogloblin (oksijeni kas hücresi membranından mitokondri'ye taşıyan madde), bol miktarda mitokondri içerirler. Oksidatif enzim aktiviteleri yüksektir (Yağları ve karbonhidratları okside etme kapasiteleri daha fazladır). Trigliserit içeriği daha fazladır. *Bu sebeplerle oksidatif (aerobik) kapasiteleri yüksektir.*

ST fibriller = SO fibriller = kırmızı fibriller = Tip I fibriller (devam)

- Miyozin ATPaz enzim aktivitesi düşüktür. Bu durum yavaş çapraz köprü oluşumu ve yavaş hamle vurumuna neden olur. Yavaş kasılmasının bir nedeni de budur.
- Glikojen içerikleri Tip II (FT) fibril tipleriyle aynıdır. Glikolitik enzimleri azdır (örneğin glikolizin anahtar enzimi olan PFK: fosfofruktokinaz aktivitesi FT fibrillere göre oldukça düşüktür. ATP ve CP (kreatin fosfat) yıkımını sağlayan enzimlerin aktiviteleri ise FT'lerin yaklaşık 1/3'ü kadardır. Bu sebeplerle Glikolitik (anaerobik) kapasiteleri düşüktür.
- Yorgunluğa dayanıklıdırlar.
- Fazla güç üretemezler. (Uyarı frekansı düşüklüğünden ve buna bağlı olarak hücre içi özelliklerin uygun olmamasından dolayı)
- Postür için önemlidirler.
- Maraton koşucularının ST oranı % 50-95 civarı ve ortalaması da % 80'dir.

Hızlı kasılan (Fast Twitch-FT) fibriller = hızlı glikolitik fibriller = beyaz fibriller = Tip II fibriller

- ❑ Motor nöronları kalındır ve 300 – 800 fibril uyarır.
- ❑ Maksimal kuvvet üretimi sırasında uyarı frekansı Tip II fibrillerde 80-100 /saniye civarına kadar çıkabilir. Maksimal kuvvet oluşumu sırasında MİK'nın $1/3-1/4$ 'ünden sonra işe katılırlar. Aşağıdaki özelliklerin çoğu sürekli yüksek uyarı frekansı ile uyarılma/kasılmadan kaynaklanır.
- ❑ Kapillarizasyon Tip I'e göre daha azdır, dolayısıyla kanlanmaları daha azdır. Bu sebeple, oksijen ve enerjetik maddelerin hücreye alımı ve atıkların uzaklaştırılması çok iyi olmaz. *Beyaz görünmelerinin nedeni kanlanmanın daha fazla olmasıdır.*
- ❑ Sarkoplazmik retikulum ağı daha gelişkindir.
- ❑ Düşük miktarda miyogloblin, mitokondri içerirler ve oksidatif enzim aktiviteleri düşüktür. *Bu sebeplerle oksidatif (aerobik) kapasiteleri düşüktür.*
- ❑ Miyozin ATPaz enzim aktivitesi yüksektir. Bu hızlı çapraz köprü oluşumu ve hamle vurumu yaratır. Hızlı kasılmaya yardımcı olan unsurlardan biri de budur.

Hızlı kasılan (Fast Twitch-FT) fibriller = hızlı glikolitik fibriller = beyaz fibriller = Tip II fibriller (devam)

- ❑ Glikojen içerikleri Tip I (ST) fibril tipleriyle aynıdır. Glikolitik enzimleri daha fazladır (PFK aktivitesi ST fibrillere göre oldukça yüksektir. ATP ve CP (kreatin fosfat) yıkımını sağlayan enzimlerin aktiviteleri ise ST'lerin yaklaşık 3 katı kadardır. Bu sebeplerle Glikolitik (anaerobik) kapasiteleri yüksektir.
- ❑ ST'lerin iki katı kadar hızlı kasılma ve güç üretirler. (Yüksek uyarı frekansından ve buna bağlı olarak gelişmiş olan hücre içi özelliklerinden dolayı). ST'lere göre 2 – 3 kat büyük kuvvet üretirler.
- ❑ Hücre çapları ST fibrillerin yaklaşık iki katı kadardır.
- ❑ Çabuk yorulurlar.
- ❑ Sprint, tenis, halter vb. gibi yüksek güç ve kuvvet üretimi gerektiren aktivitelerde kullanılırlar.
- ❑ Sprinterlerin FT % 50-80 civarı ve ortalaması da % 65'dir.

FT (Tip II) fibrillerin İki Fraksiyonu Vardır:

Tip IIa, Tip IIb (Tip IIx) ve Tip IIc

- Tip IIa (FTa veya Fast Oxidative-Glycolitic: FOG) = Hızlı kasılan yüksek oksidatif, glikolitik fibriller. Daha çok orta mesafe koşularında (800 - 1500 m veya 3000 m engel) yani 2 – 10 dakika arası süren maksimal aktivitelerde önemli rol oynarlar.
- Tip IIb (FTb veya Fast Glycolitic: FG): Hızlı kasılan yüksek glikolitik, düşük oksidatif fibriller. Daha çok sprint, sıçrama, ani yön değiştirme, halter, cirit atma gibi kolla atma-fırlatma-vurma aksiyonlarında önemli rol oynarlar.
- Tip IIc: Tip I ve Tip II'ler arasında özelliklere sahip fibriller.

Quadriseps kasındaki Tip I ve Tip II lif oranları

	Tip II	Tip I
Maratoncular	18	82
Yüzücüler	26	74
Ortalama birey	55	45
Halterciler	55	45
Sürat koşucuları	63	37
Atlayıcılar	63	37

Lif tipleri ve performans

- Tip I liflerin oranının artması oksijen kullanım kapasitesini diğer bir deyişle aerobik güç ve dayanıklılığı artırır.
- Tip II liflerinin oranının artması ile anaerobik güç ve dayanıklılığı artırır.
- Güç ve sürat gerektiren sporlarda Tip II liflerin fazlalığı, dayanıklılık gerektiren sporlarda ise Tip I liflerinin fazlalığı avantajdır.

FİBRİLLERİN EGZERSİZE UYUMU

Temel fibril tipi motor nöronun uyarı ileti özellikleriyle belirlenir.

Dayanıklılık antrenmanı:

- ❑ Miyoglobin, mitokondri sayısı, mitokodri içi enzim (aerobik enzim) miktarı, trigliserid ve lipoprotein lipaz içeriği, kasın kanlanması, gibi konularda artım sağlayarak özellikle SO ve birazda (kullanılan egzersizlerin şiddetine bağlı olarak devreye girebilirlerse) FOG fibrillerde oksidatif kapasite ve yağların kullanım kapasitesi artar.
- ❑ Yağların kullanımındaki artış glikolizi azaltarak yorgunluğun gecikmesine, dolayısıyla dayanıklılık performansının artmasına katkıda bulunur.
- ❑ Dayanıklılık antrenmanı ile daha gelişmiş bir mitokondrial ağ (mitokondri sayısının artmasının ve hacminin artması) ve mitokondrilerdeki crista alanının artması ile daha fazla oksidatif enzim depolaması sağlanır fakat patlayıcılık azalır.

FİBRİLLERİN EGZERSİZE UYUMU

Kuvvet antrenmanı: MİK'nın % 60'ından sonrası kullanılacağı için daha çok FT (Tip II) fibrillerin özelliklerinde gelişme olur. ST'ler gün içinde daha fazla aktive olurlar.

- ❑ Sarkoplazmik retikulum ağı gelişerek sarkoplazmaya daha etkili bir Ca^{+2} çıkışı sağlar. Bu da daha fazla hamle vurumu ile daha fazla güç / kuvvet üretilir.
- ❑ Myozin ATPaz enzim aktivitesi ve diğer alaktasid anaerobik ve glikolitik enzimler artar. Bunun yanı sıra, Kreatin Fosfat ve ATP miktarında da artma görülür. Böylece daha güçlü kasılmalar için gerekli yüksek enerji hızla sağlanabilir.
- ❑ Kontraktıl ve kollojen (bağ) proteinlerde artış görülür. Miyozin proteinlerinde kalınlaşma olabilir. Sarkomer sayısında artış meydana gelir. Bu sayede, her bir sarkomerin kasılma gücü / kuvveti ve tüm sarkomerlerin ürettiği toplam güç artar. Diğer taraftan kasın sakatlanmalara karşı direnci de artar.
- ❑ Kuvvet antrenmanı ile ise FT'lerdeki sarkoplazmik retikulum daha çok gelişerek güç üretimi esnasında daha etkin ve hızlı bir kalsiyum transportu sağlanır. Maksimal kasılma esnasında hem ST hem de FT motor üniteler en yüksek oranda işe katılırlar bile, maksimal kuvvet gelişimine gereksinim duyulan sporlarla ilgili sporcular için daha yüksek oranda FT fibrillere ve özellikle de FT (b) fibrillere sahip olmak önemli bir avantaj sağlar.

Fibril Tipi Dağılımı ve Antrenmanlarla Değişimi

- Tip IIB ve tip IIA arasındaki lif dönüşümleri en yaygın olanıdır, fakat şiddetli detraining veya omurilik yaralanması vakalarında tip I - tip II dönüşümleri mümkündür.
- Tip II'nin tip I liflerine antrenman veya rehabilitasyon ile dönüştürülmesi için daha az kanıt vardır, çünkü sadece elektriksel uyarımla kronik olarak aktive edilen denerve kas kullanan çalışmalar, bu tür bir dönüşümün mümkün olduğunu göstermiştir.

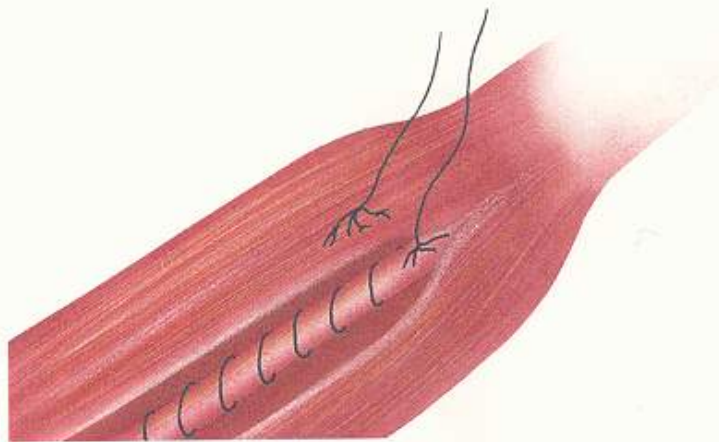
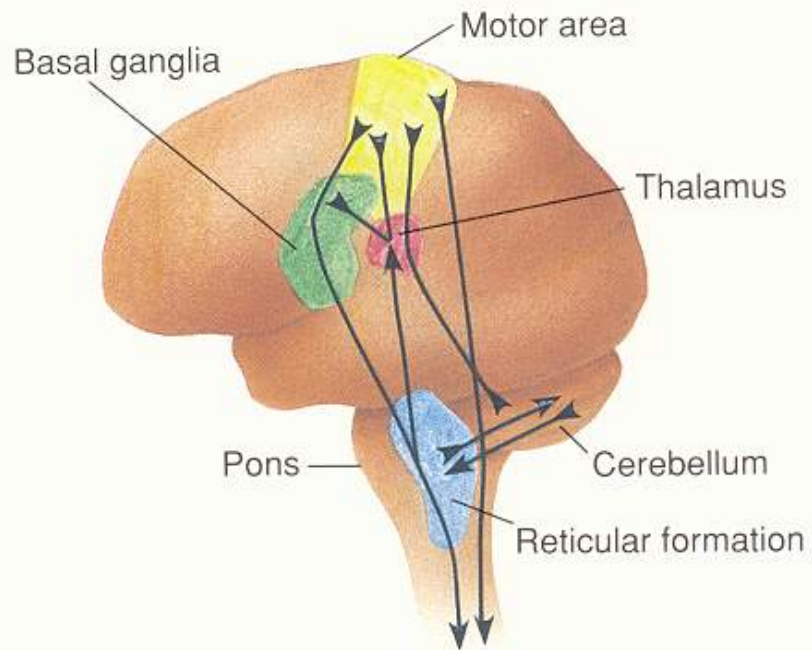
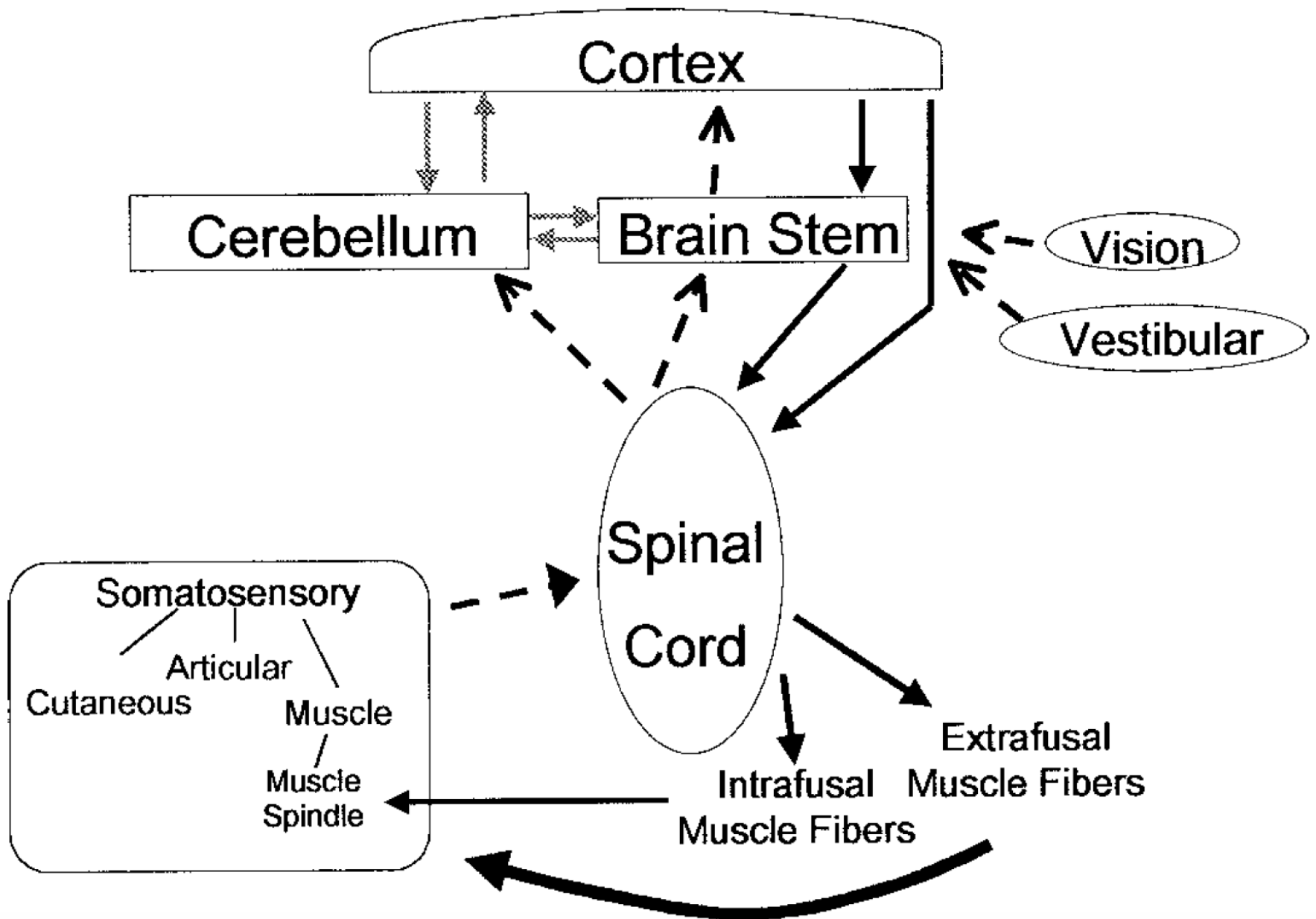


Figure 3.12 Motor pathways of the nervous system.



İstemli kas kasılmalarının oluşması-1

- İstemli kas kasılmalarının oluşması ile ilgili ilk aktivite beyindeki motor korteks denilen bölgede başlar.
- Burada oluşan istemli hareket sinyalleri kortekse yardımcı beyin bölgelerine gönderilir, buralarda hareketin kaba taslak şekli oluşur.
- Hareket planları ile ilgili kabataslak bilgi serebellum ve bazal ganglionlara gönderilir ve oralarda iyice şekillendirilir, zamansal ve uzaysal kesinlik kazandırılır.

İstemli kas kasılmalarının oluşması-2

- Serebellum ve bazal ganglionlardan gelen kesin ve programlanmış bilgi tekrar motor kortekse gönderilir.
- Motor korteks hareket planına son şeklini verir.
- Hareket emri korteksten spinal ayar için spinal nöronlara ve son olarak ta iskelet aksına ulaştırılır.
- Kas reseptörlerinden gelen fidbek cevaplar eğer gerekiyorsa motor hareketlerin düzenlenmesi için kullanılır.

Kas kasılmalarının kontrolü

kas reseptörleri

- Kasın motor fonksiyonları kas içciği ve golgi tendon organı aracılığı ile refleks olarak düzenlenir.
- Kas içciği ve golgi tendon organı kas resptörleridir.

Kas iğcikleri

- Kas lifleri arasında bulunurlar,
- Kas liflerine paralel bağlantılı konumda bulunurlar,
- Kasın boyu ve boyundaki değişmelerin hızı hakkında sinir sistemine bilgi gönderirler.
- Kasın boyunun ani ve hızlı bir şekilde uzamasına karşı duyarlıdırlar.
- Çalıştıklarında kası kasılmaya sevkederler.

Golgi tendon organları

- Kas tendonları içine yerleşmişlerdir,
- Kasın gerimi ve gerimindeki değişimin hızı hakkında sinir sistemine bilgi taşırlar.
- Uyarıldıklarında kasın çalışmasını inhibe ederek aşırı kas kasılmasını önlerler.