

KAS FİZYOLOJİSİ-1

Doç.Dr. Mitat KOZ

Kas dokusunun genel özellikleri

- Hareket
- Postürün sağlanması
- Isı üretimi

Kasların ortak özellikleri...

- Kontraktilite-kasılabilme
- Eksitabilite-uyarılabilme
- Estensibilite-uzayabilme-gerilebilme
- Elastisite-normal boyuna dönebilme

Hepsi hareket ile ilişkili...

Kas Tipleri

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

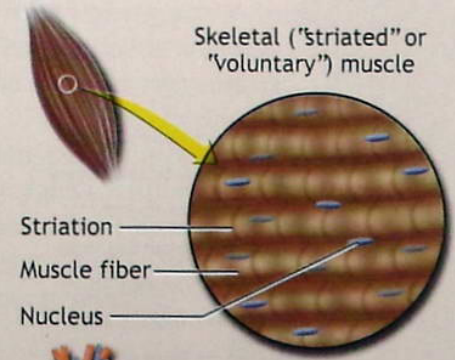
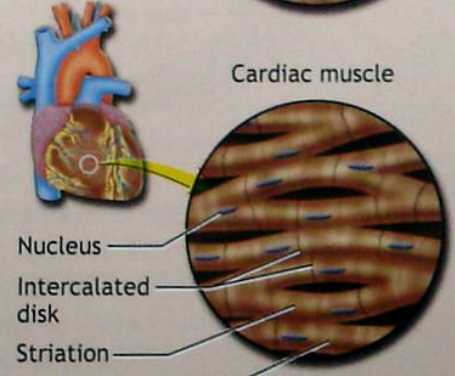
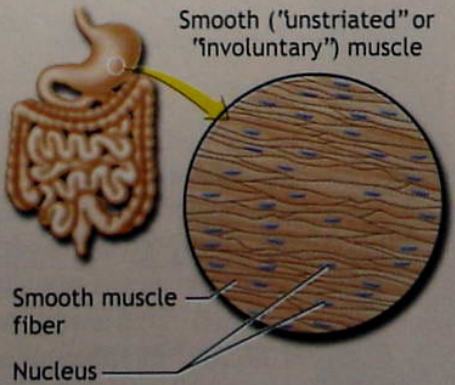
Muscle type	Location	Appearance	Type of activity	Stimulation
 <p>Skeletal ("striated" or "voluntary") muscle</p> <p>Striation</p> <p>Muscle fiber</p> <p>Nucleus</p>	Named muscle (e.g., the biceps of the arm) attached to the skeleton and fascia of limbs, body wall, and head/neck	Large, long, unbranched, 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
 <p>Cardiac muscle</p> <p>Nucleus</p> <p>Intercalated disk</p> <p>Striation</p> <p>Muscle fiber</p>	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
 <p>Smooth ("unstriated" or "involuntary") muscle</p> <p>Smooth muscle fiber</p> <p>Nucleus</p>	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.)

Kas tipleri

Kas tipi	Bulunduğu yer	Kasılma şekli	Hücre-lif tipi	Çizgilenme şekli	görevi
İskelet	•İskelete yapışan kaslar	İstemli	Uzun silindirik	Belirgin enine çizgilenme	•İskeletin hareketi •Postürün sağlanması •Isı üretimi
Düz	•Sindirim, solunum, üreme ve üriner sistemin içi boş organlarının duvarları •Kan damarları	İstemsiz	İğcik şeklinde	Çizgilenme yok	•İç organlarda ve damarlarda harekete yol açar
Kalp	•Kalp	istemsiz	Kısa dallanmış	Çizgilenmiş	•Kalbin kan pompalamasını sağlar.

İskelet Kası

- İskelete tutunurlar-iskelet kası.
- Mikroskopta açık ve koyu görünen bölgeleri vardır-enine çizgilenme.
- İstemli çalışırlar-istemli kaslar.

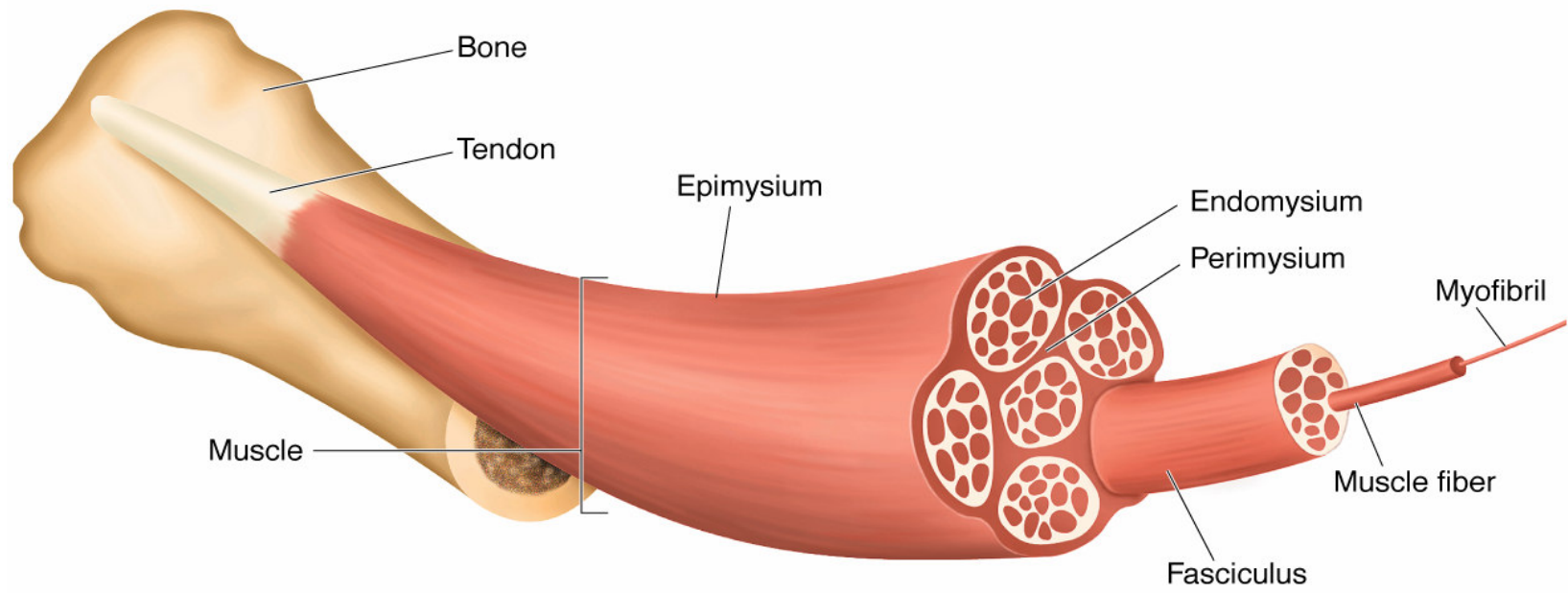
Kas tonusu

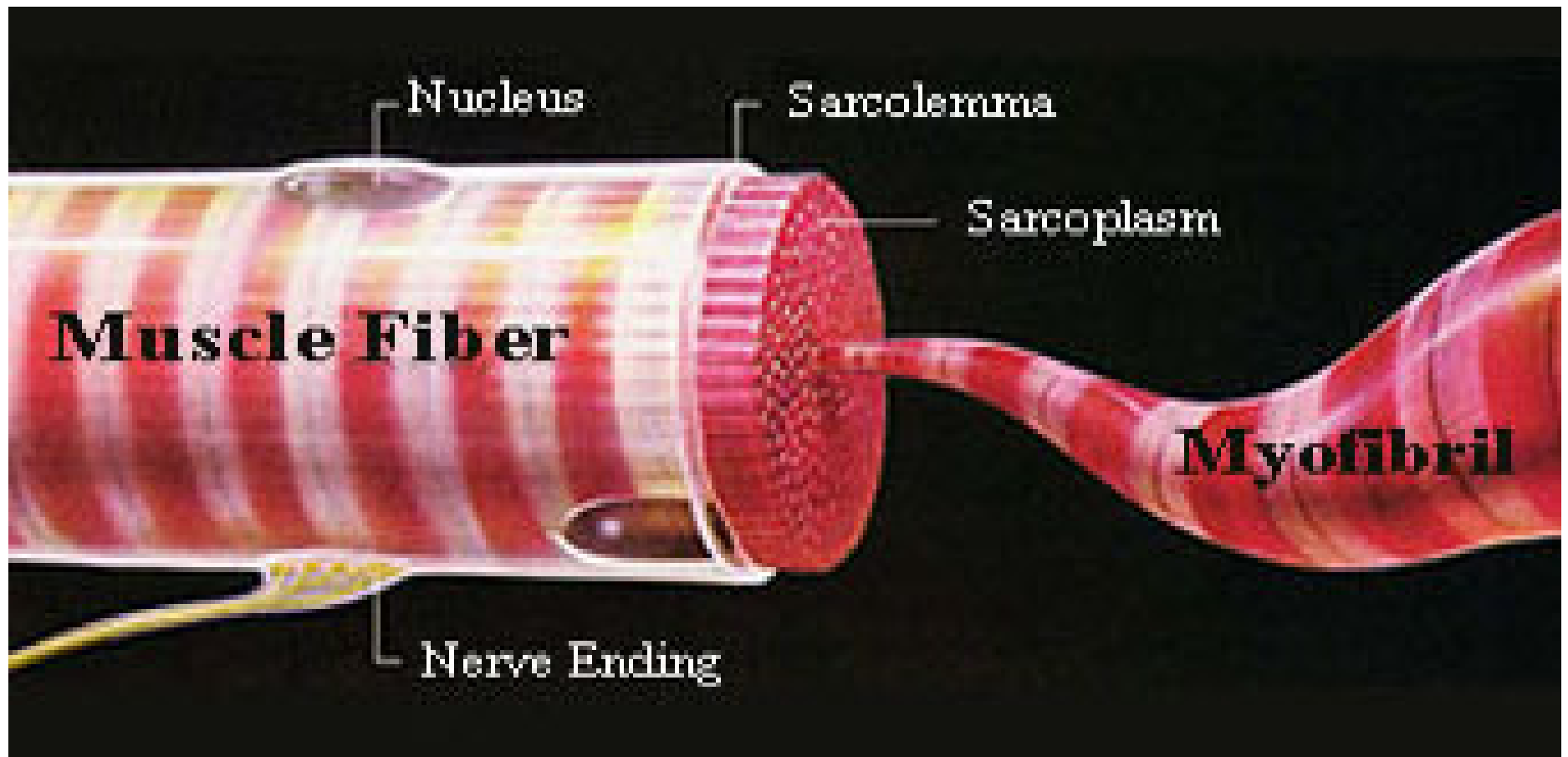
- Kas kasılması ile oluşan gerim.
- Kaslar dinlenim halinde kısmen kasılı durumdadırlar, bu kası kasılmaya hazır tutmak içindir.

İskelet kasının hücresele organizasyonu ve yapısı

kas lifi

- Kas hücresi= kas lifi
- Uzun, silindirik ve birden fazla çekirdek
- Kas hücresi uzunluğu; ortalama 3 cm fakat 30 cm-0.1 cm kadar değişebilir.





İskelet kasının hücresel organizasyonu ve yapısı

myofibril-myoflament

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

İskelet kasının hücresel organizasyonu ve yapısı

myoflament

- Myoflamentler kasılabilir proteinlerden oluşmuştur.

Bunlar;

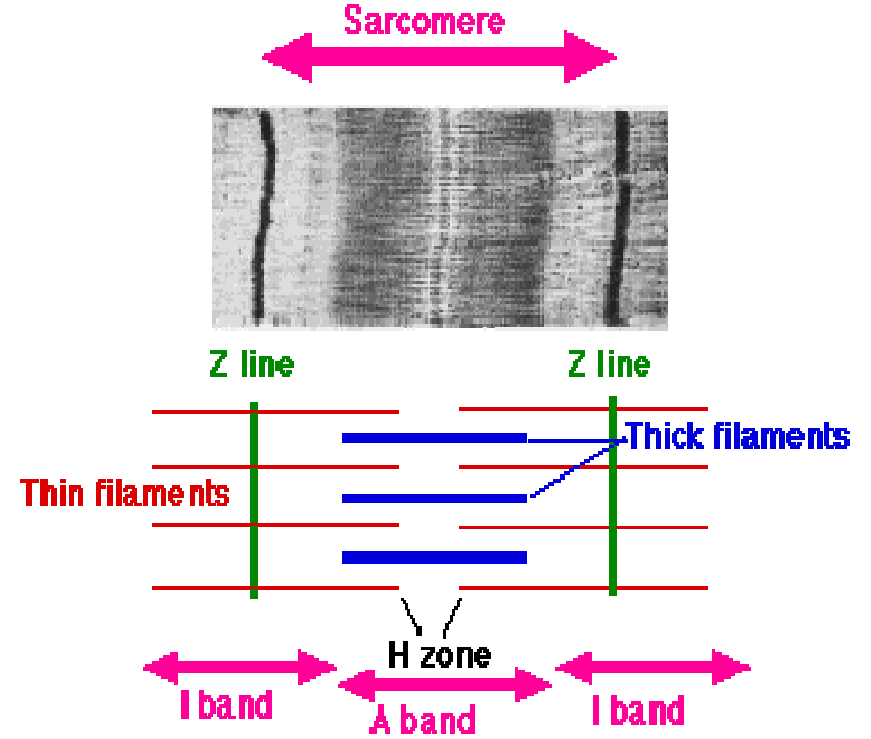
- Myozin,
- Aktin,
- Tropomyozin
- Troponin: Troponin I, Troponin T, Troponin C

Çizgili görünüm

- Kas lifinin değişik kısımlarının ışığı kırma indeksleri farklıdır, mikroskopla bakıldığında bu kasa çizgili bir görünüm kazandırır.
- Bu çizgilenmeler çeşitli harflerle isimlendirilir.

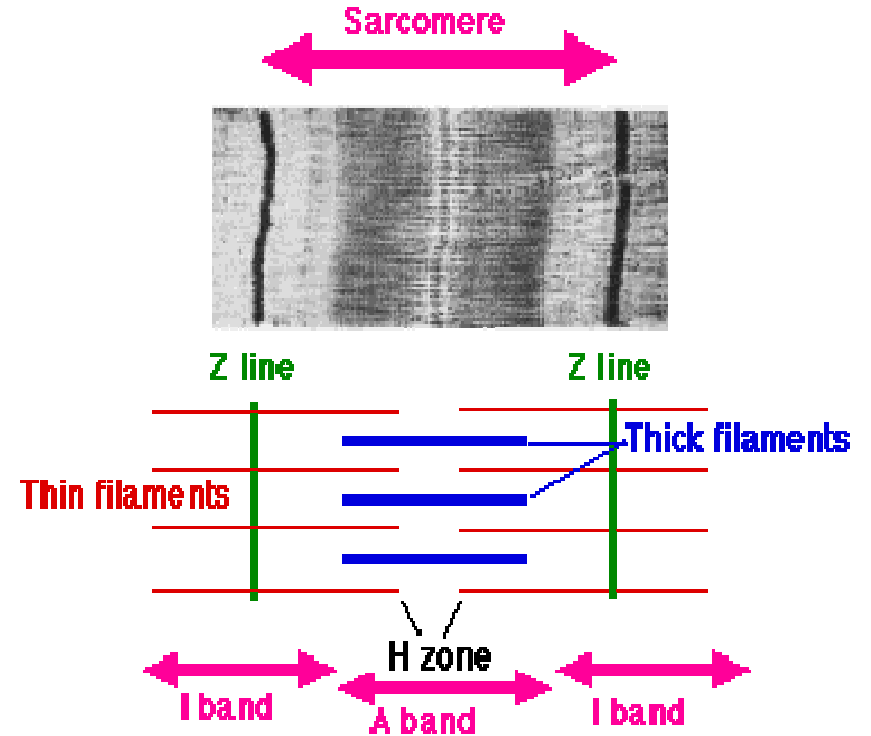
I ,A ve H bantları

- I bandı açık renklidir ve ince filamentlerden oluşmuştur. İnce filamentler aktin, troponin ve tropomyozin kompleksinden oluşur.
- A bandı daha koyu görünür ve kalın filamentlerden oluşmuştur. Kalın filamentler myozin den oluşmuştur.
- H bandı A bandının ortasındadır.



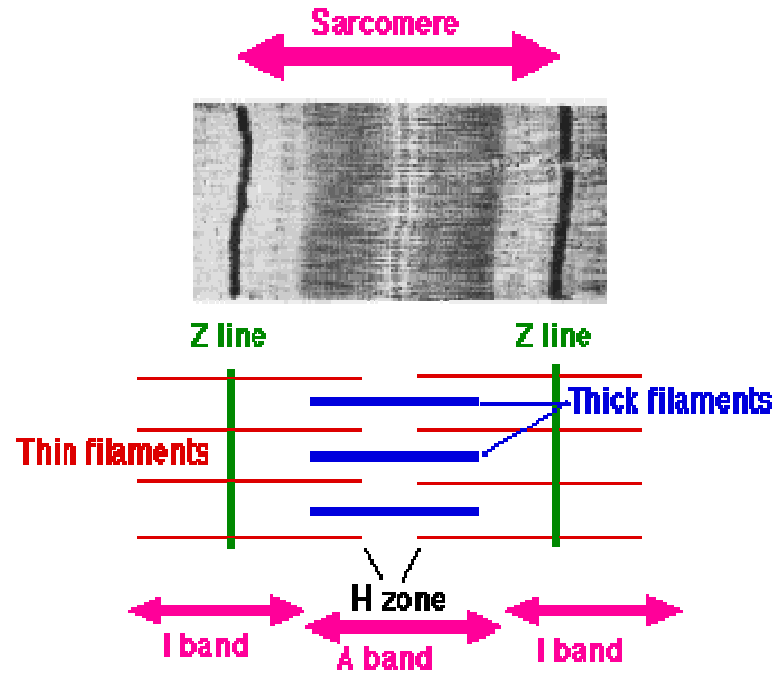
Z ve M çizgileri

- I bandı Z çizgisi ile ikiye bölünmüştür.
- A bandı ise M çizgisi ile ikiye bölünmüştür.

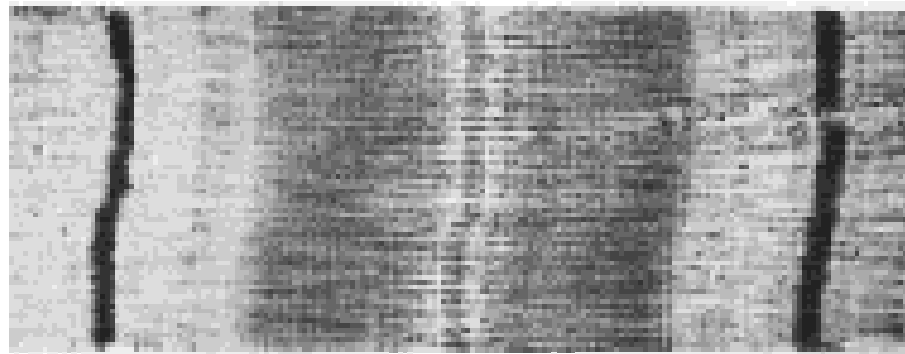


Sarkomer

- İki Z çizgisi arasında kalan bölüme sarkomer denir.
- Sarkomer kastaki en küçük kasılma birimidir.



Sarcomere



Z line

Z line

Thin filaments

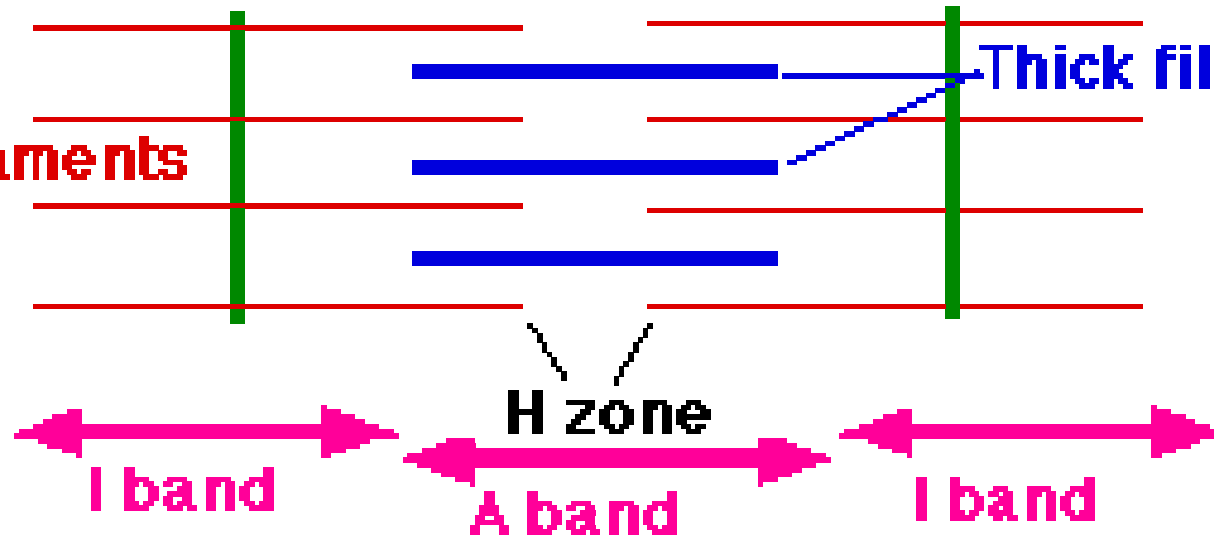
Thick filaments

H zone

I band

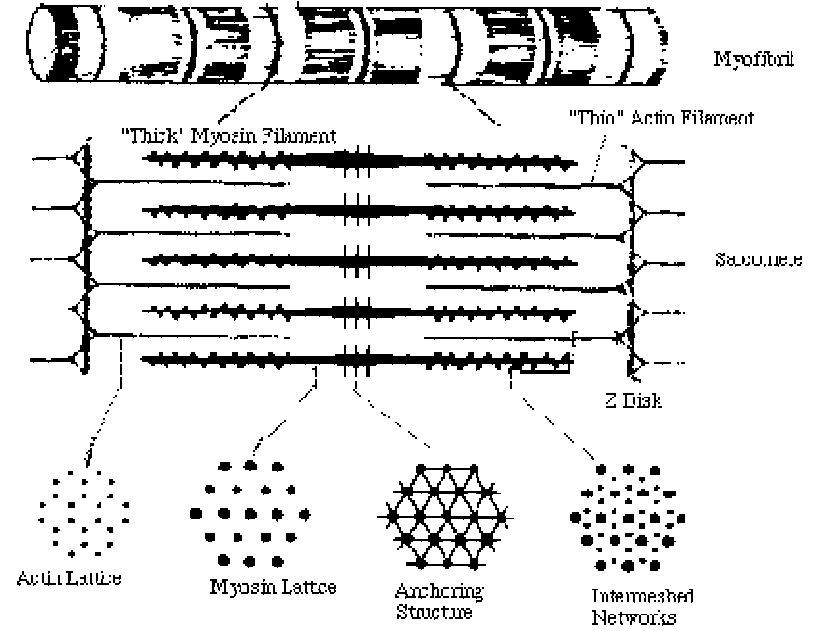
A band

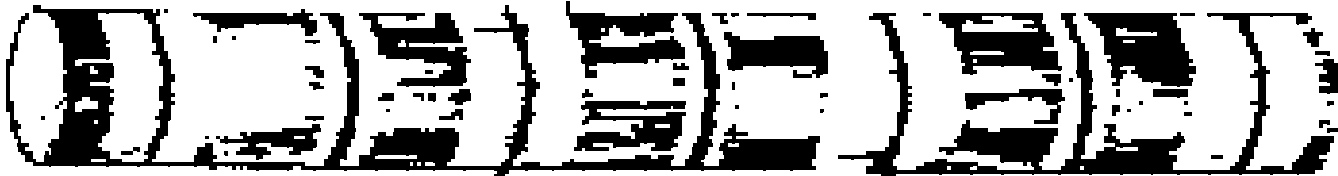
I band



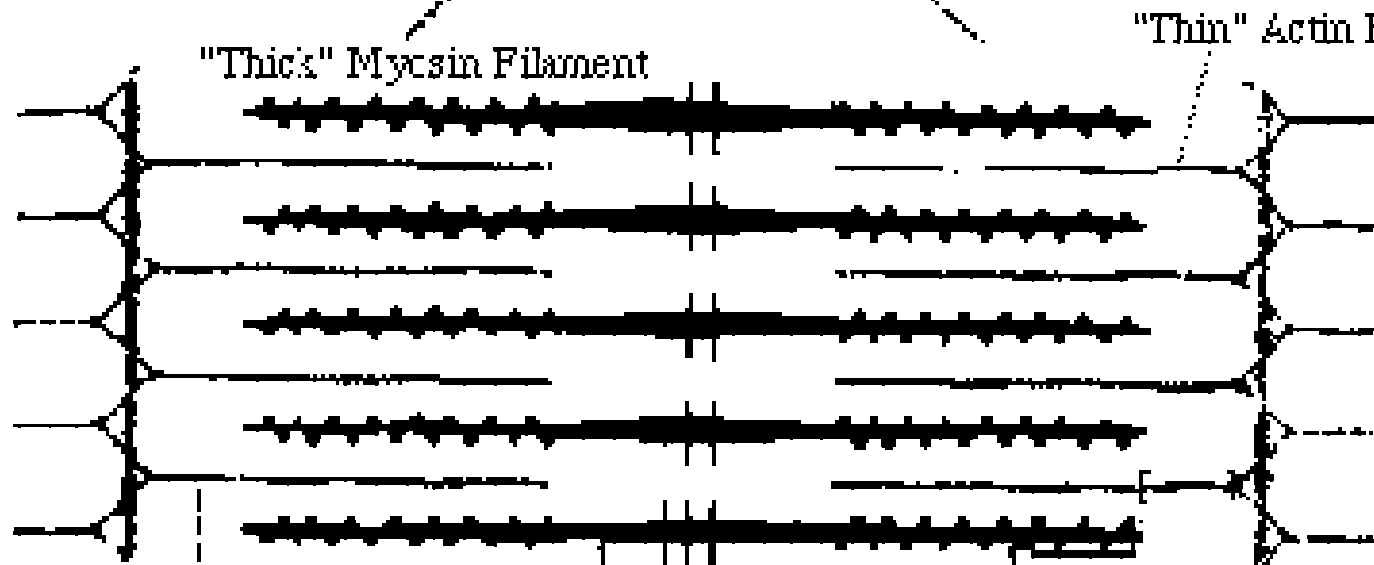
Hegzegonal yerleşim

- Her kalın filament düzenli ve hegzegonal bir şekilde 6 ince filament tarafından sarılmıştır.





Myofibril

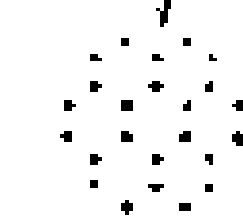


"Thick" Myosin Filament

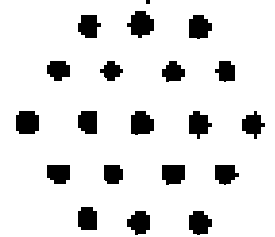
"Thin" Actin Filament

Sarcomere

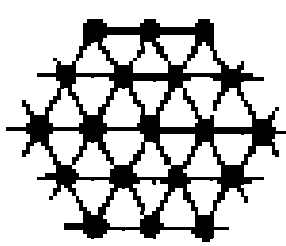
Z Disk



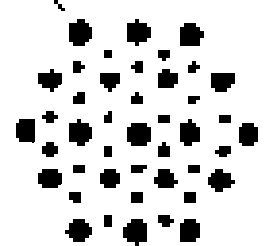
Actin Lattice



Myosin Lattice



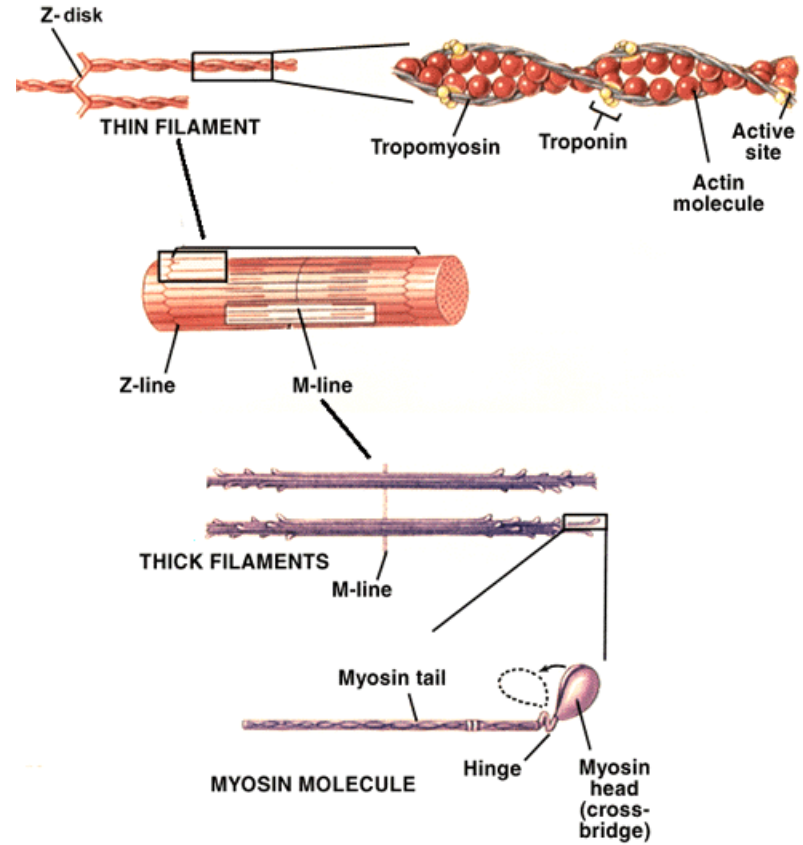
Anchoring Structure



Intermeshed Networks

Kalın Flamentler-Myozin

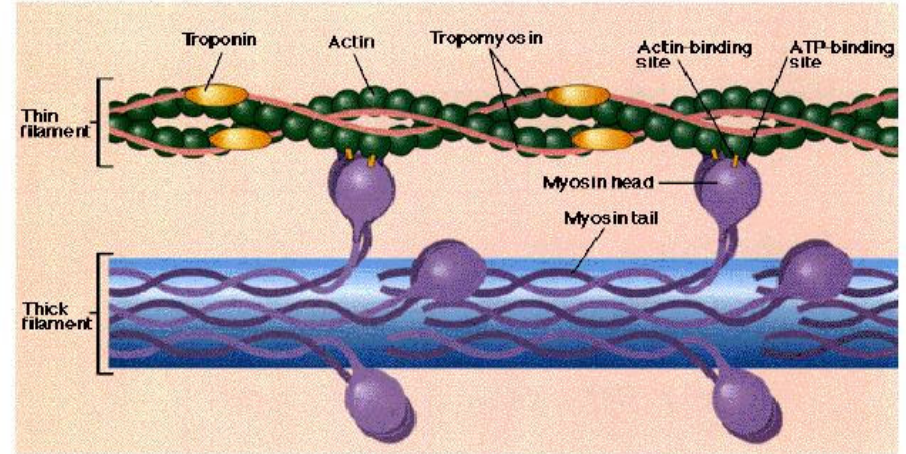
- Myozin aktin bağlayan kompleks bir proteindir.
- Baş ve kuyruk kısımlarından oluşur, kuyruk uzundur ve tektir, baş ise iki tanedir.
- Baş aktin ile bağlanan kısım ve ATP yi hidrolize eden katalitik kısımdan oluşur.



Kalın Flamentler-Myozin

- Myozin başı ince flamentler(aktin) ile çapraz köprücükler kuracak şekilde konumlanmıştır.
- Myozin sarkomerin ortasında her iki yöne doğru simetrik bir şekilde dizilirler.

Myosin & the Thick Filament

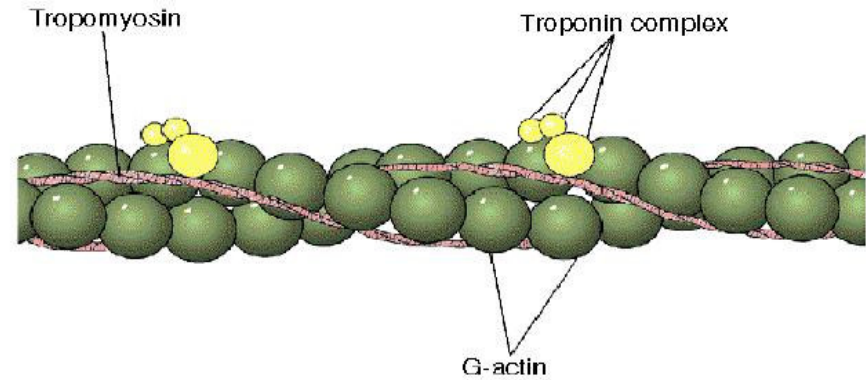


İnce Flamentler

(aktin, tropomyozin, troponin)

- Uzun ve çift sarmal oluşturan iki glogüler aktin zincirinden oluşur.
- Tropomyozin molekülleri aktin molekülünün iki zincirinin arasında bulunan uzun flamentlerdir.
- Troponin molekülleri ise tropomyozin molekülleri arasında bulunan ve belli aralıklarla yerleşmiş olan küçük globüler yapılardır.

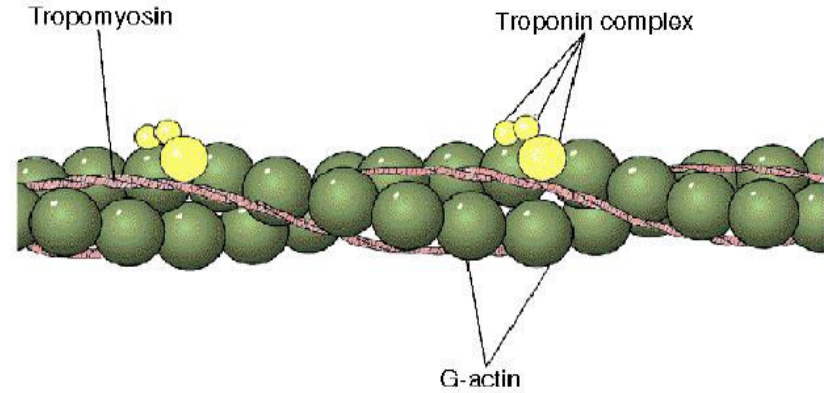
Thin Filament Structure



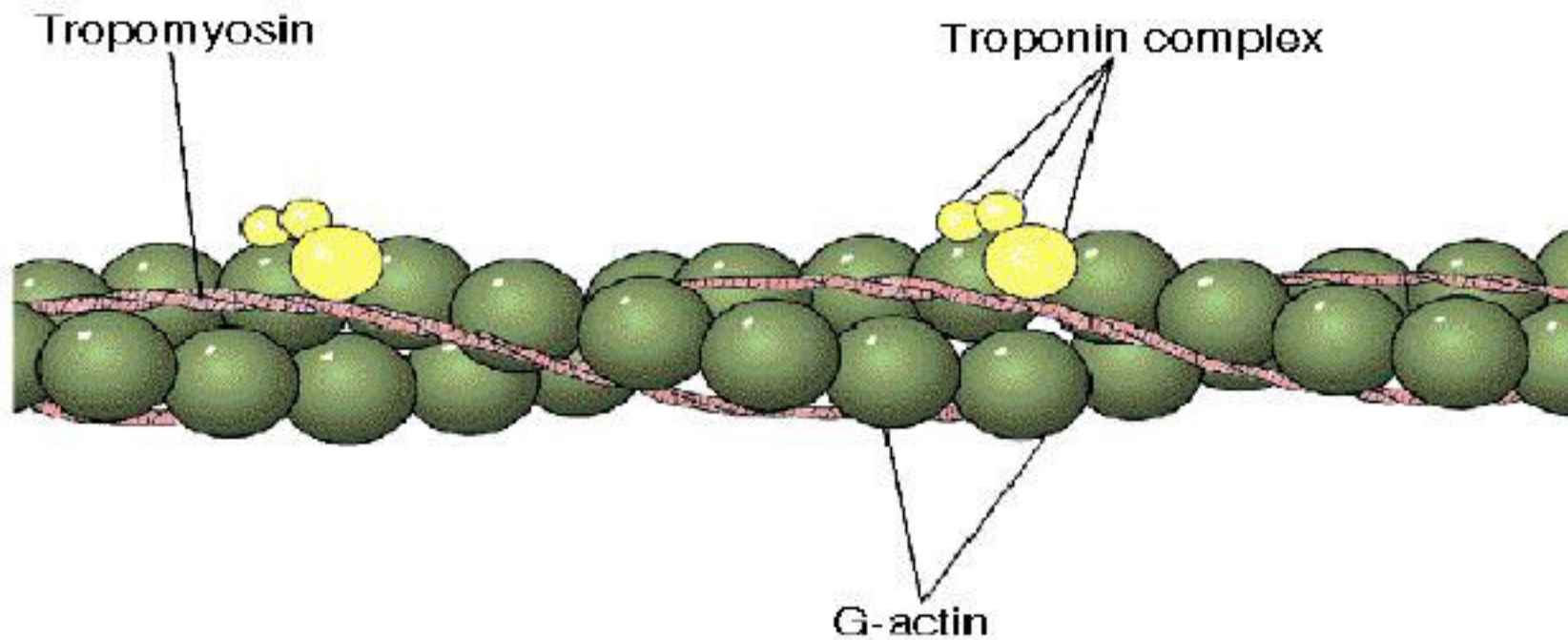
İnce Flamentler (aktin, tropomyozin, troponin)

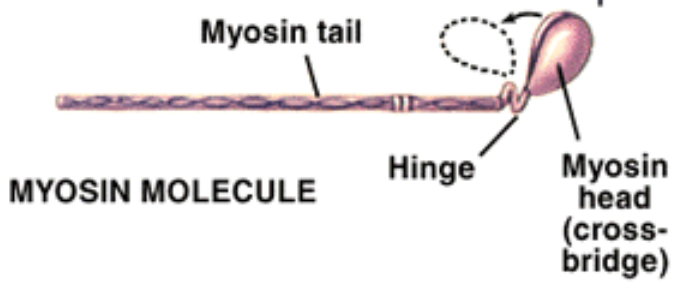
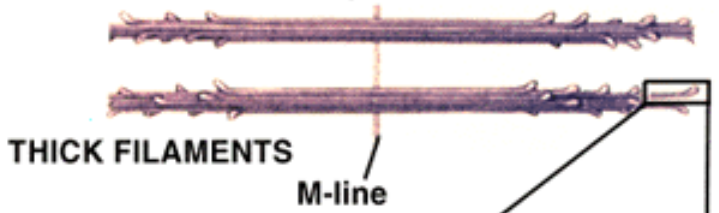
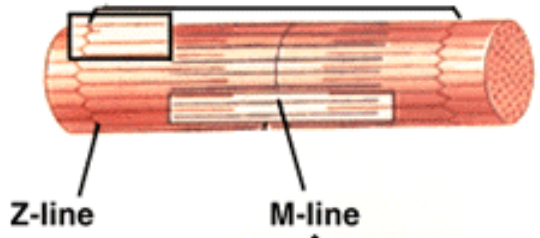
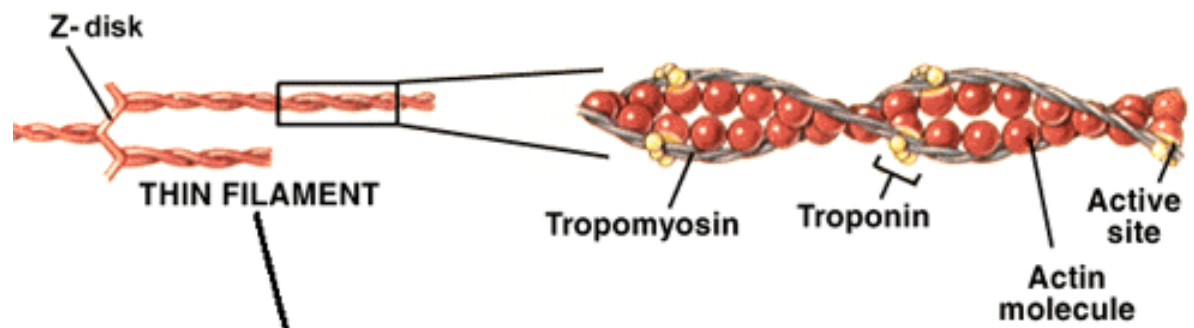
- Her bir ince flament 300-400 tane aktin molekülü ile 40-60 tane tropomyozin molekülü içerir.
- Troponinin 3 alt grubu vardır;
- Troponin T troponini tropomyozine bağlar,
- Troponin I myozin ile aktinin etkileşimini inhibe eder.
- Troponin C kasılmayı başlatan iyon olan kalsiyum bağlar.

Thin Filament Structure

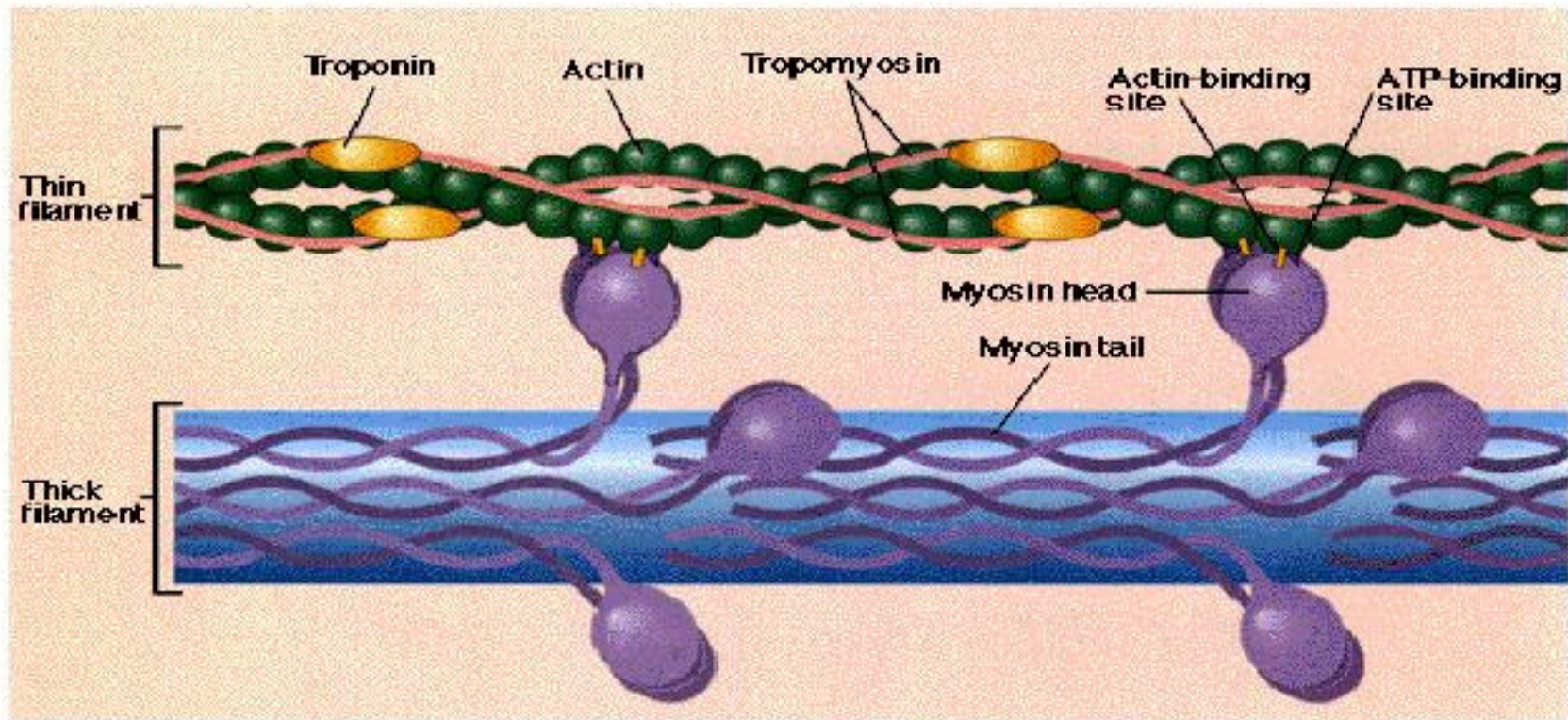


Thin Filament Structure





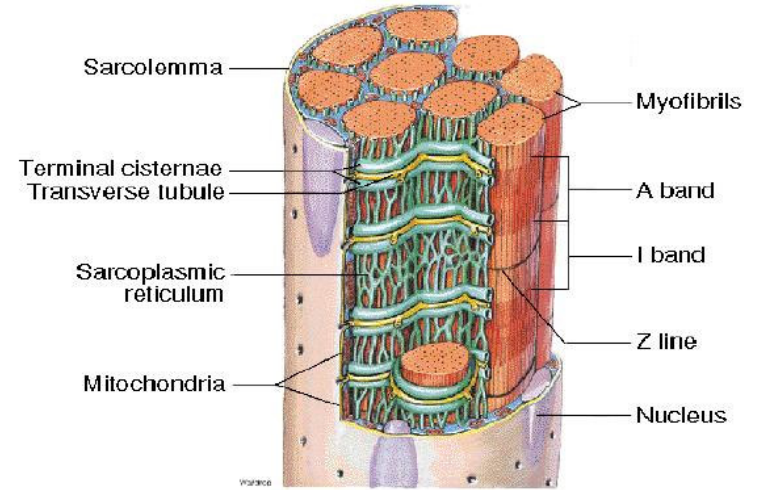
Myosin & the Thick Filament



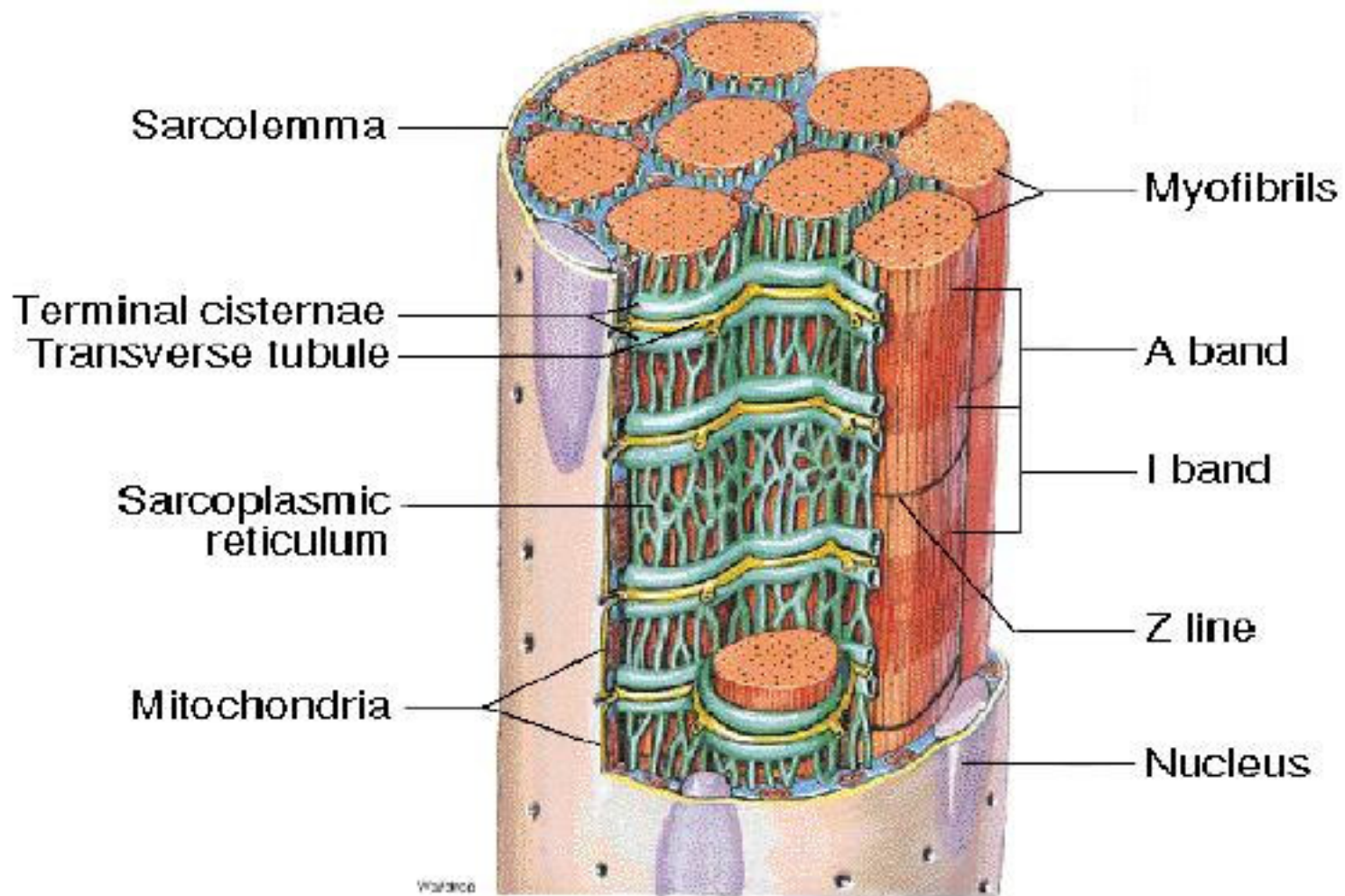
Sarkotübüler Sistem

- Kas lifinin çevresi vezikül ve tübüleri andıran membranöz yapılar ile sarılmıştır. Buna sarkotübüler sistem denir.
- Sarkoplazmik retikulum Transvers tüpler(T tüpleri) ile sarkoplazmik retikulumdan oluşmuştur.

Sarcoplasmic Reticulum



Sarcoplasmic Reticulum



Transvers Tübüller

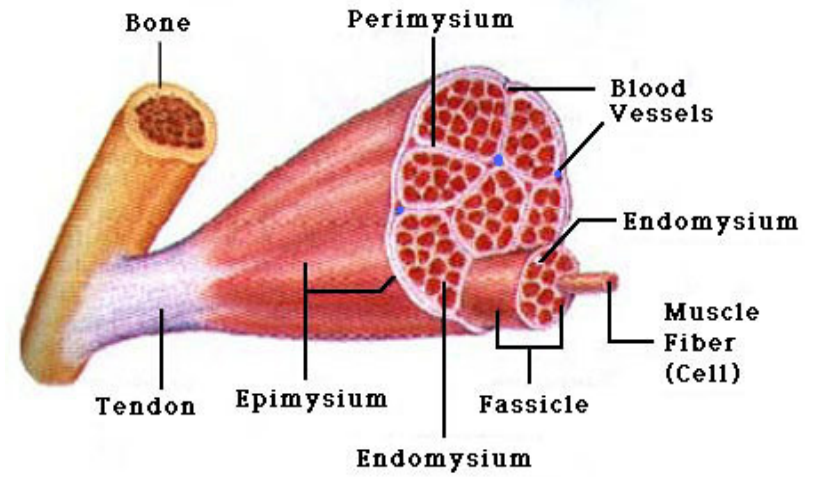
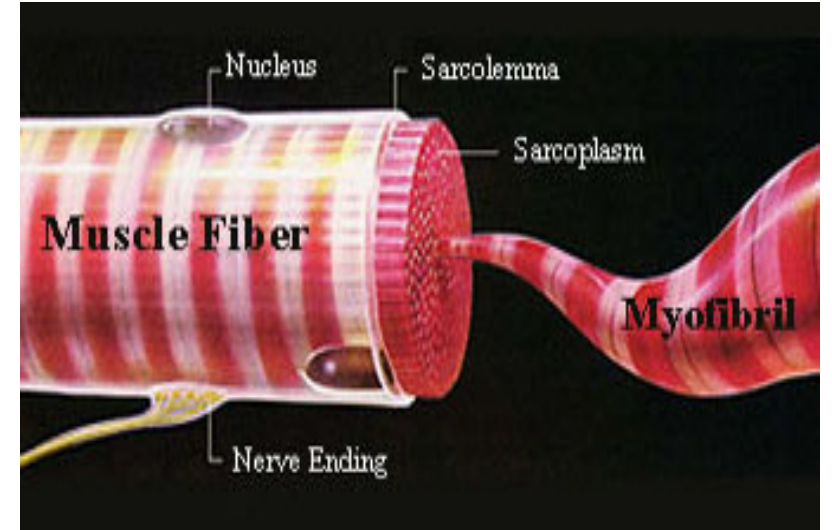
- Kas lifi zarının hücre içine uzantısıdır.
- Kas hücre zarına sarkolemma denir.
- Transvers tübüller kas hücrelerine gelen uyarıları (aksiyon potansiyelleri) hücre içindeki bütün myofibrillere hızlı bir şekilde iletilmesini sağlar.

Sarkoplazmik retikulum ve terminal sisternalar

- Sarkoplazmik retikulum myofibrillerin çevresini sararken bazı bölgelerde genişleyerek terminal sisternalar adı verilen yapıları oluşturur.
- Terminal sisterneler A ve I bantları arasındaki birleşme yerlerinde tübüler sistem ile yakın ilişki halindedir ve bu yapı triad olarak isimlendirilir.
- Sarkoplazmik retikulum kas kasılmasında gerekli olan Ca iyonlarının depolanıp salınmasında önemli rol oynar.

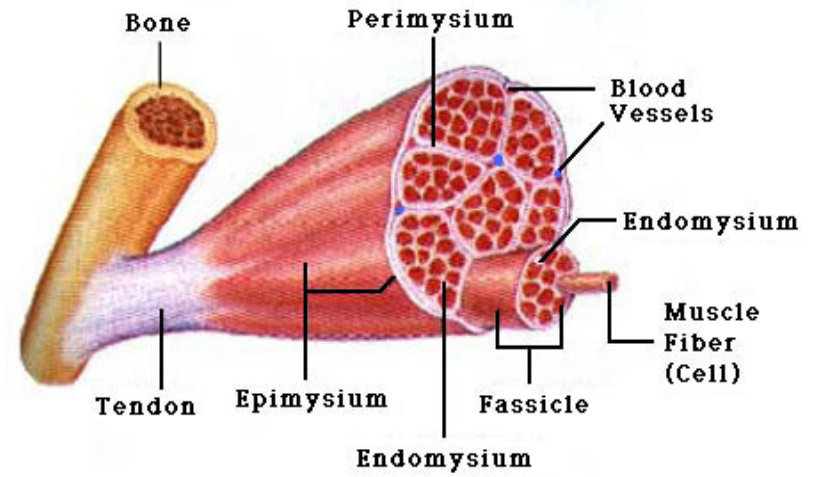
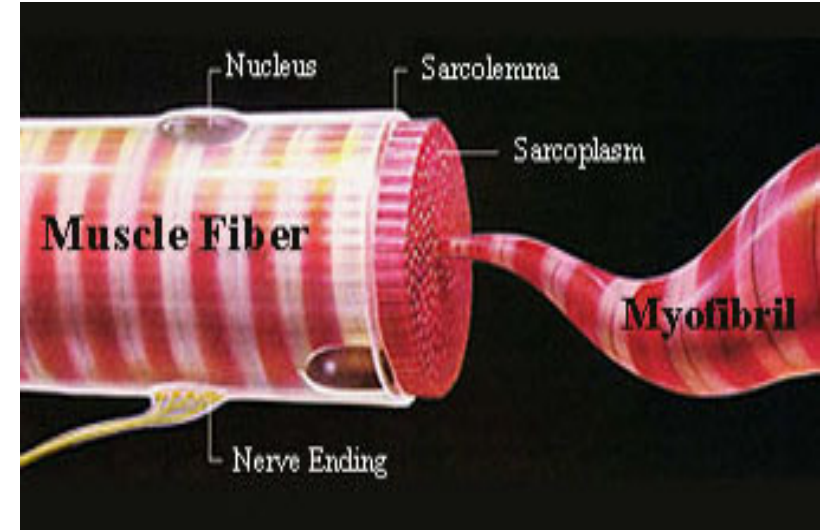
Bir bütün olarak kasın oluşumu

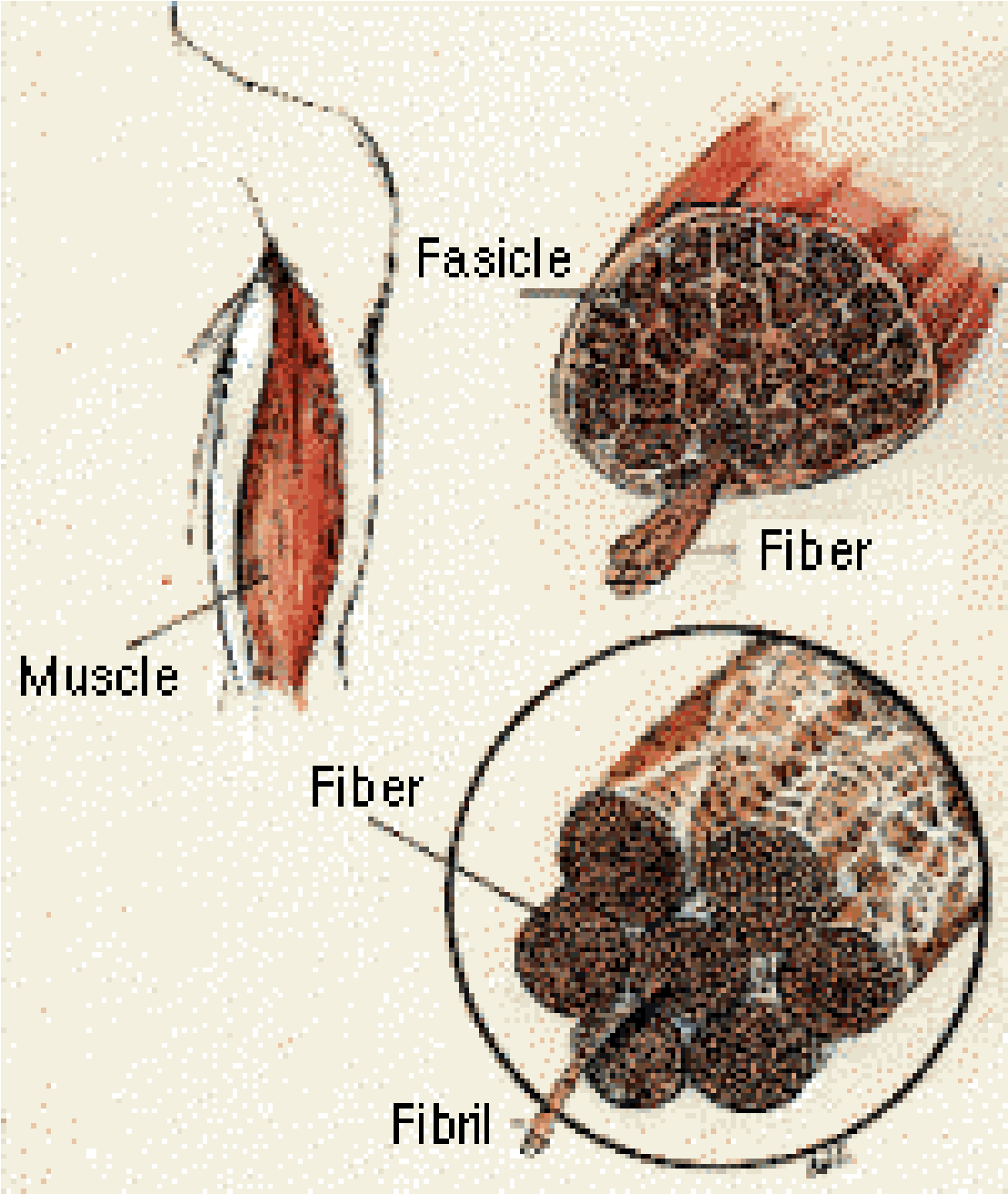
- Myofibriller birleşerek fibrili (kas lifini) oluşturur.
- Her bir kas lifi sarkolemmanın üzerindeki konnektif doku katmanı (endomisyum) ile sarılıdır.



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.





İskelet kasının elektriksel özellikleri

- İskelet kasının istirahat membran potansiyeli -90 mV tur.
- Aksiyon potansiyeli 2-4 msn sürer ve kas lifi boyunca 5 m/sn hızla yayılır.
- İyonların dağılımı sinir hücresindekine benzerdir.
- Aksiyon potansiyelinin depolarizasyon evresi hücre içine Na girişi, repolarizasyon ise hücre içinden K çıkışı ile karakterizedir.

Sinir kas bağlantısı

motor ünite

- Her bir kas lifi bir motor sinir ucu ile bağlantılı olmak zorundadır.
- Bir motor nöron ve onun innerve ettiği kas lifleri beraberce motor ünite olarak isimlendirilir.
- Bir motor sinir lifi aynı anda çok sayıda kas lifini uyarabilir.
- İnsanlarda bir motor ünite 6-30 kas lifinden oluştuğu gibi (göz kasları), 1000 den fazla kas lifinden de oluşur (güçlü bacak kasları).

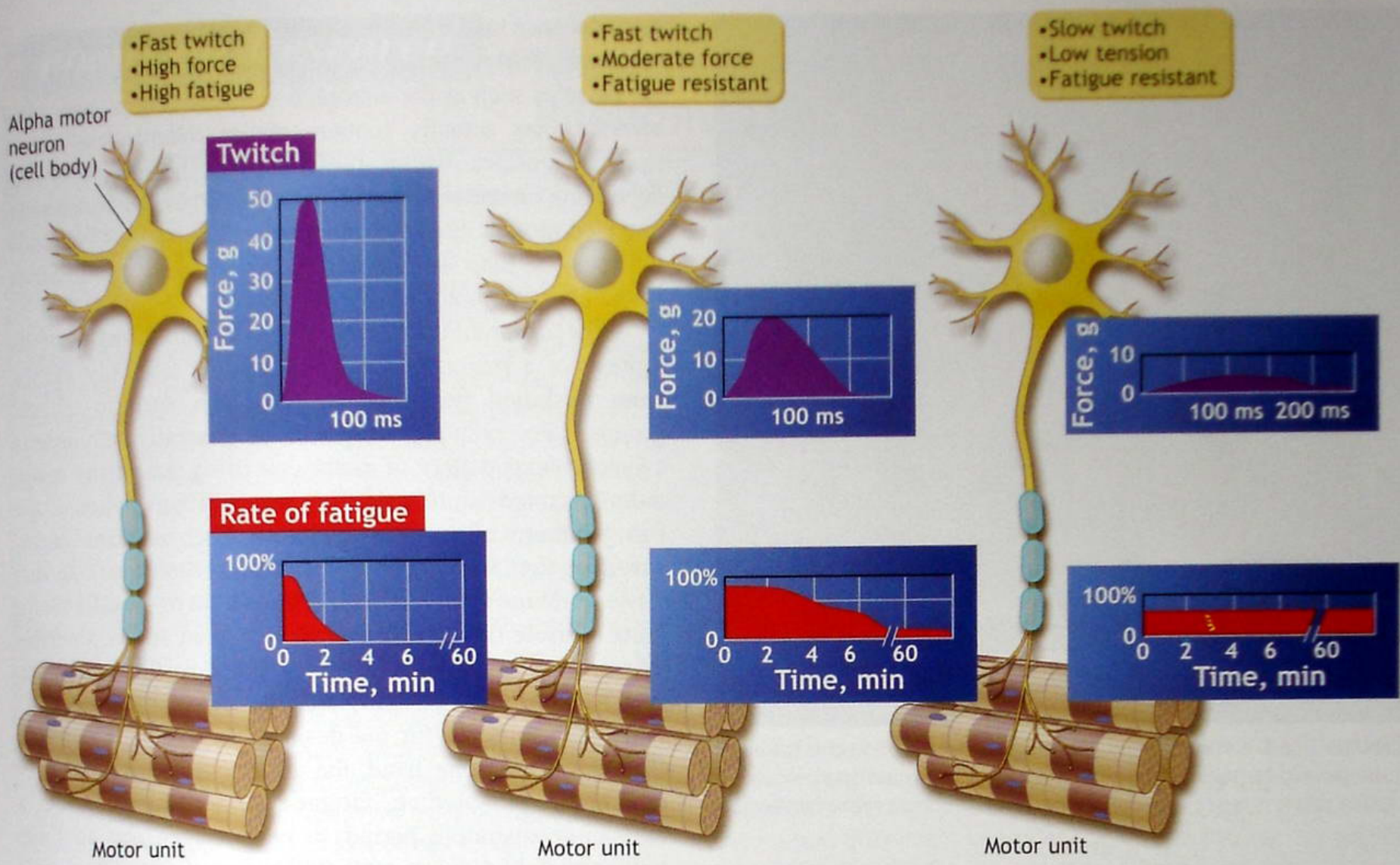
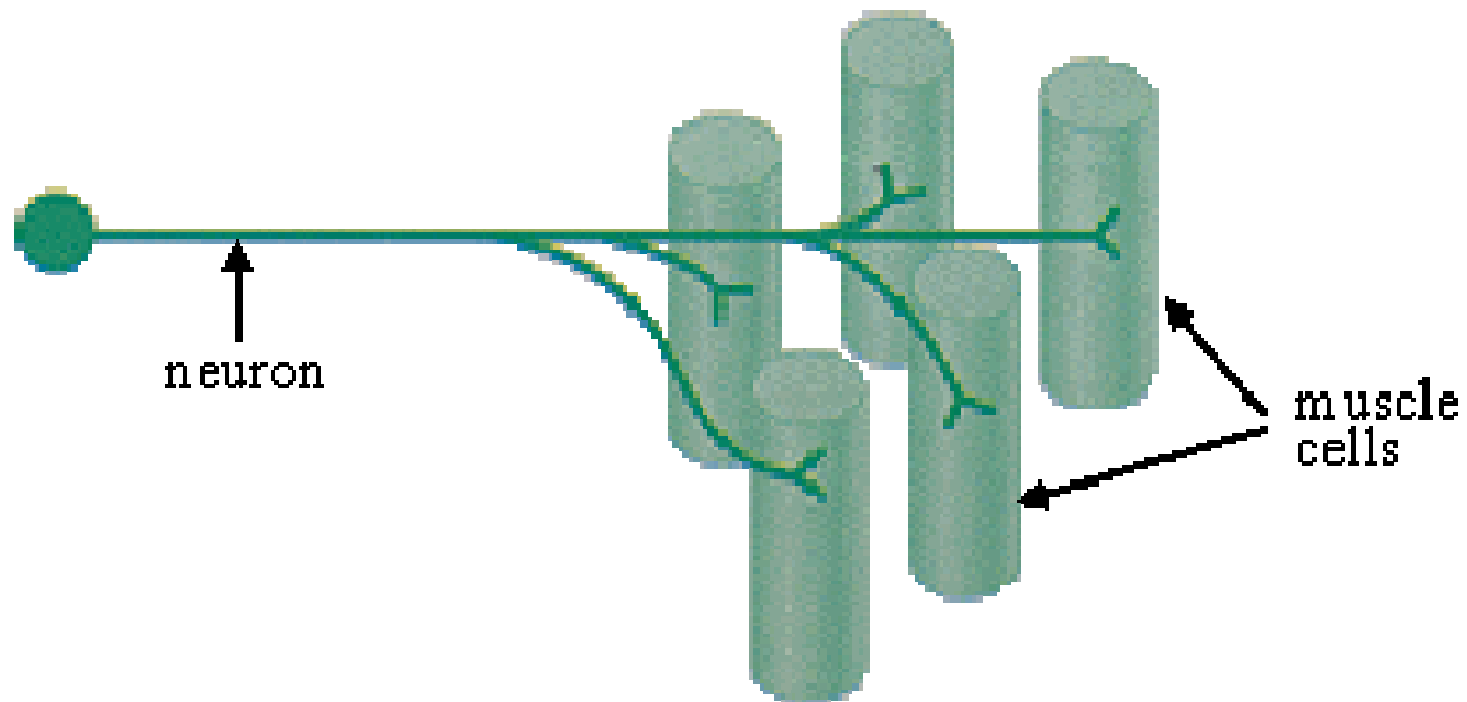


FIGURE 19.13 • Speed, force, and fatigue characteristics of motor units. "Phasic" motor neurons fire rapidly with short bursts; "tonic" motor neurons fire slowly but continuously.

MOTOR UNITS

The combination of the motor nerve cell (neuron) and all the muscle cells it innervates is known as a motor unit



When an electrical impulse travels down the axon, all muscle cells attached to the motor unit contract simultaneously

Sinir-kas bağlantısı

- Kasa gelen akson myelin kılıfını kaybederek terminal dallara ayrılır.
- Terminal dallarda sinirden kasa uyarı iletimini sağlayan transmitter olan asetil kolin vezikülleri bulunur.
- Çıplak sinir uçları kas hücre zarında bulunan ve motor son plak adı verilen kalınlaşmış bölüme yerleşir.
- Bir bütün olarak bu yapıya nöromusküler bağlantı, veya sinir kas bağlantısı denir.

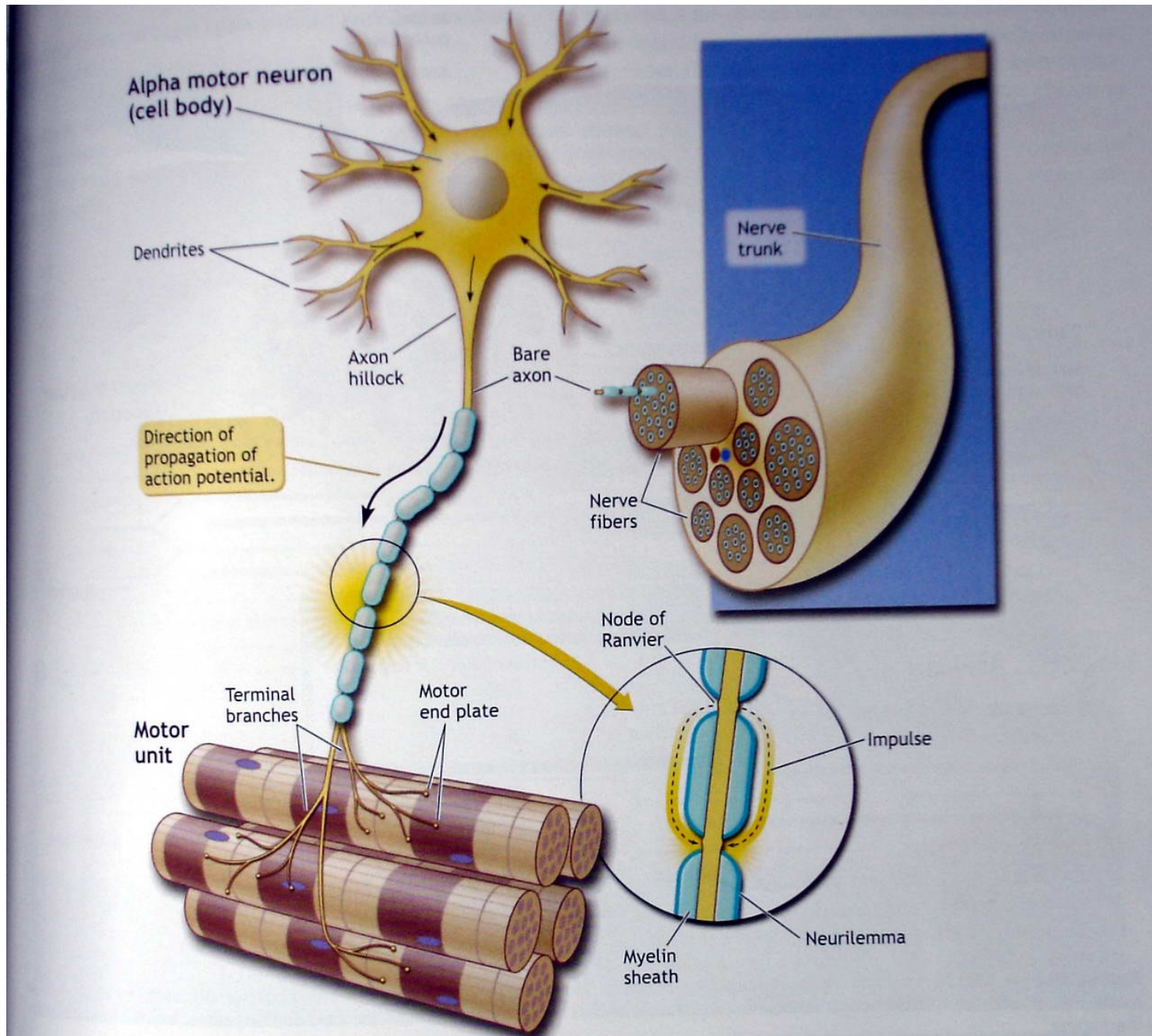


FIGURE 19.10 • The anterior (α) motor neuron consists of a cell body, axon, and dendrites. *Top inset* shows a nerve trunk containing numerous individual nerve fibers, including a bare axon. *Bottom inset* shows a node of Ranvier on the bare axon, which permits impulses to jump from one node to another as the electrical current travels toward the terminal branches at the motor endplate.

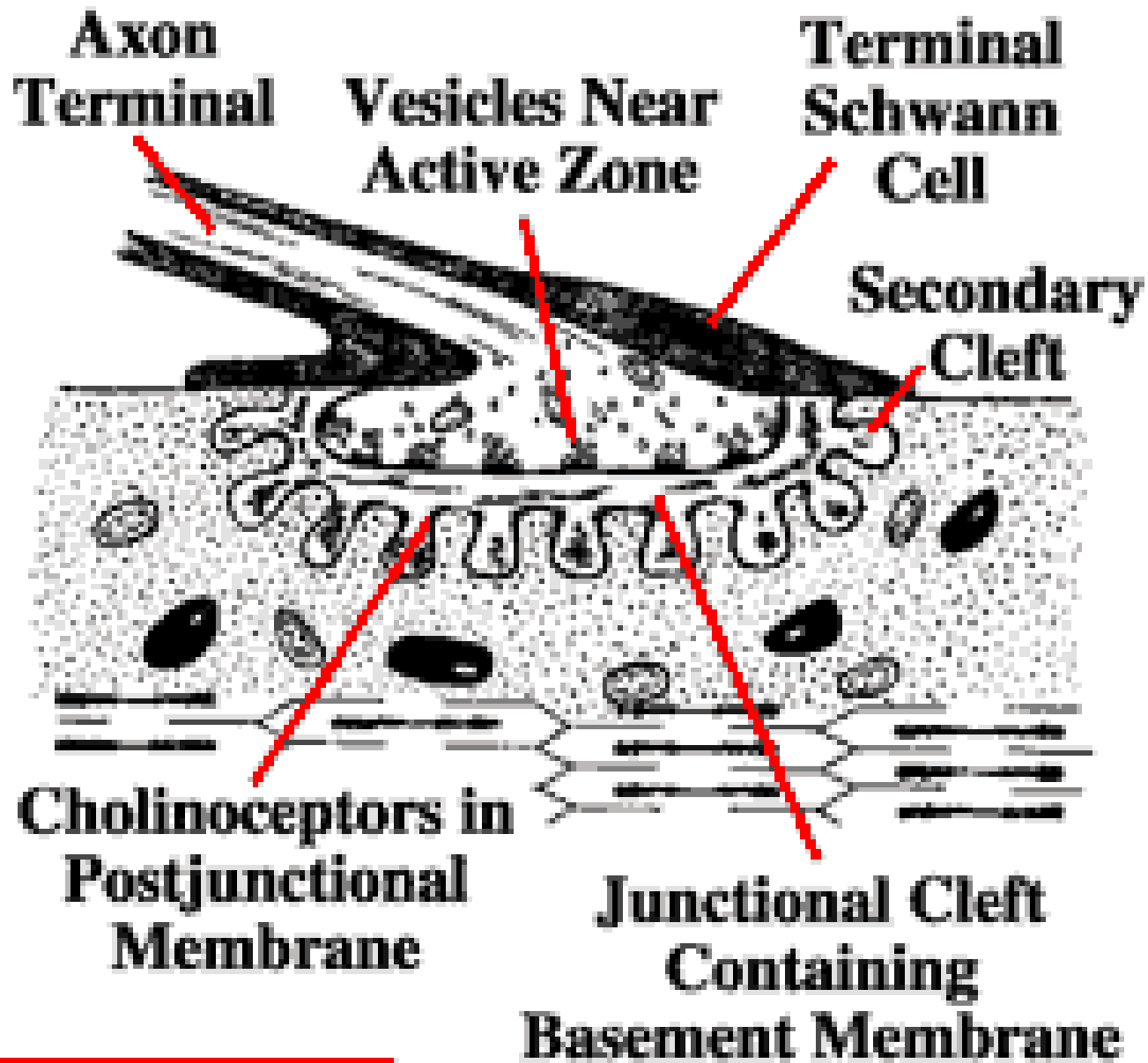
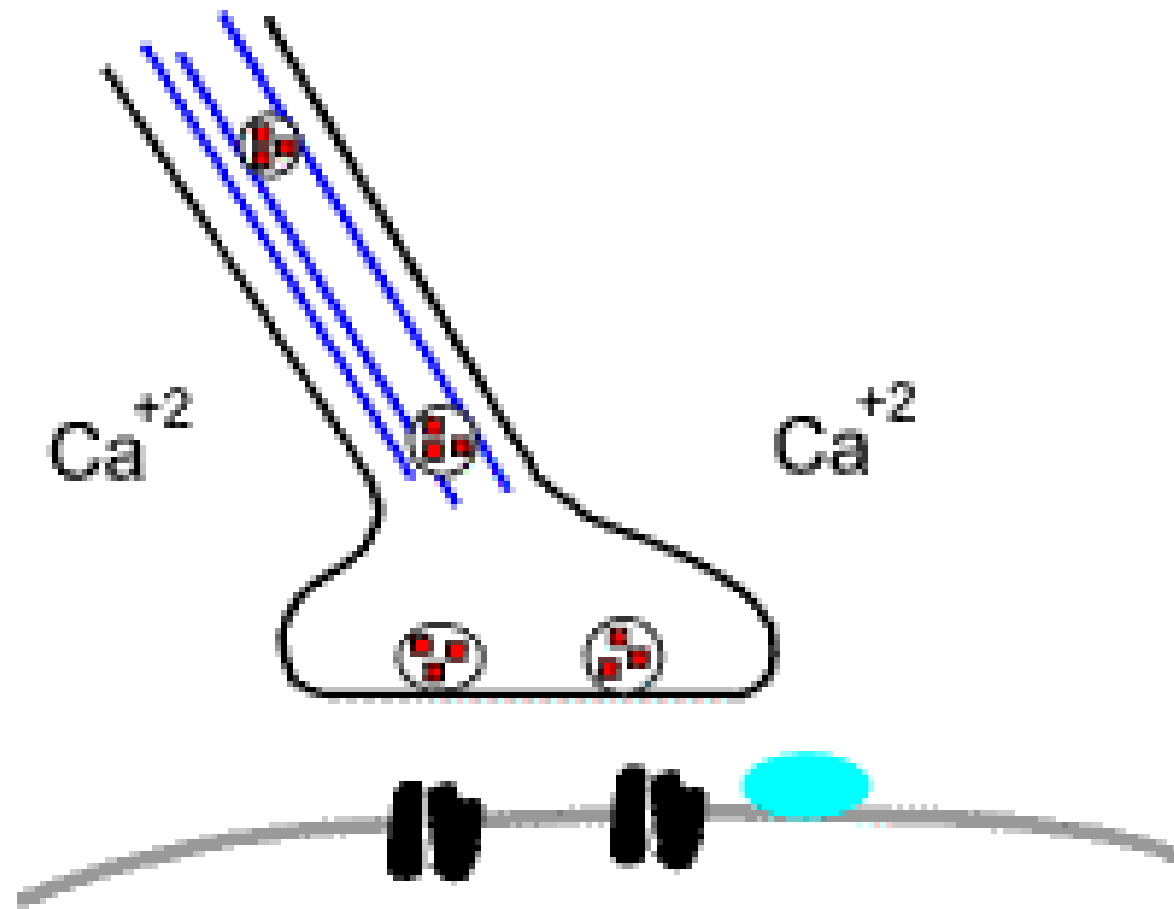
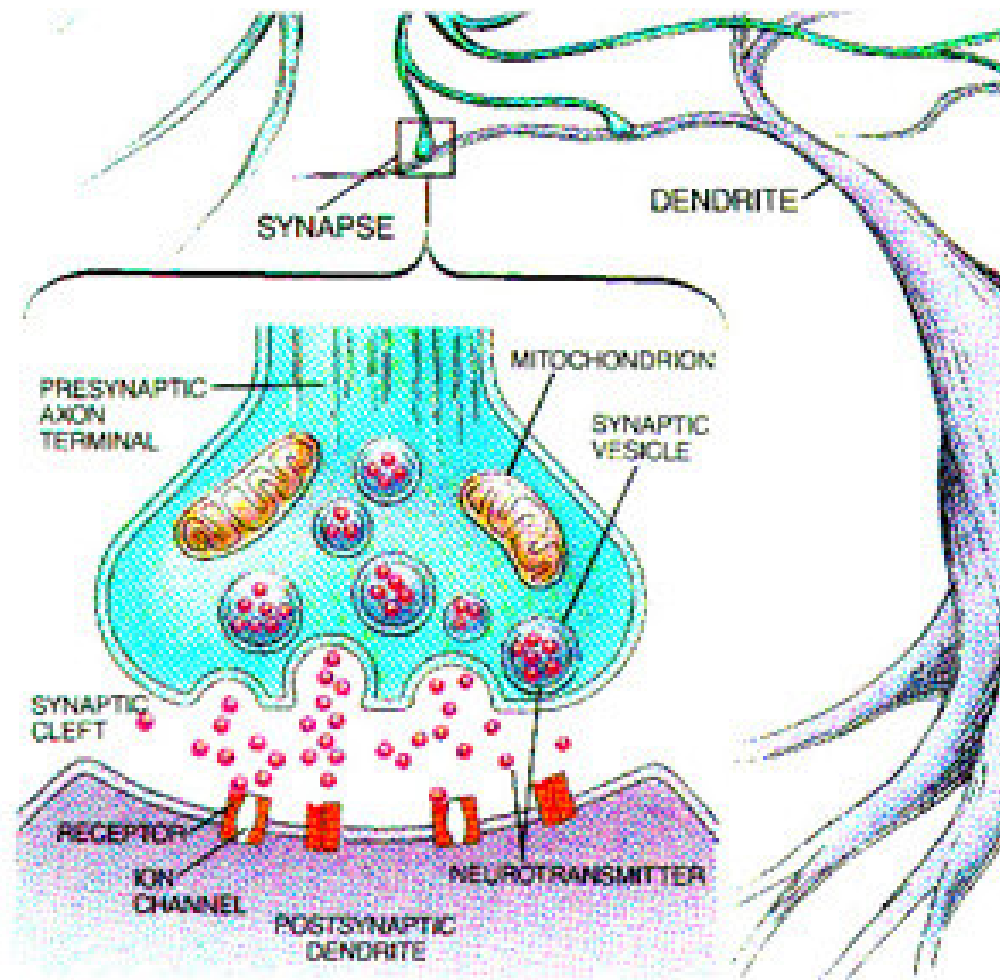


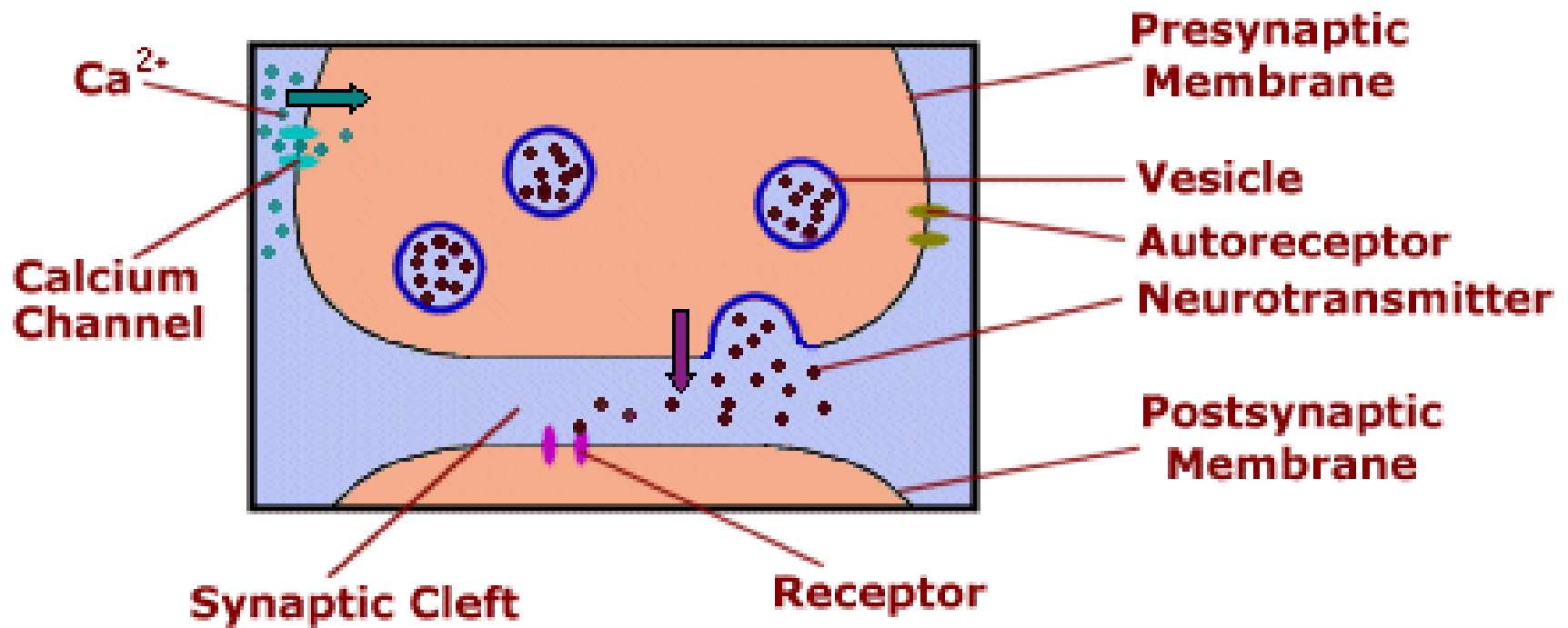
Figure 1

Sinirden kasa uyarı iletimi, olaylar dizisi

- Motor sinirin ucuna gelen uyarı bu ucun kalsiyuma geçirgenliğini artırır ve kalsiyumun sinir hücresi içine girmesine neden olur.
- Hücre içindeki kalsiyum miktarının artması asetil kolin veziküllerinin ekzositozunu artırır.
- Asetil kolin sinir kas bağlantısındaki boşluğu geçerek motor son plaktaki asetil kolin resptörüne bağlanır.
- Asetil kolinin resptörüne bağlanması zarın Na ve K geçirgenliğini değiştirir ve bunun sonucunda Na hücre içine girer, motor son plak potansiyeli meydana gelir.
- Bu lokal potansiyel komşu hücre zarını depolrize eder ve aksiyon potansiyeli başlar.
- Oluşan aksiyon potansiyeli her iki yönde kas hücre zarı boyunca iletilir ve kas kasılması ile ilgili süreçler başlar.







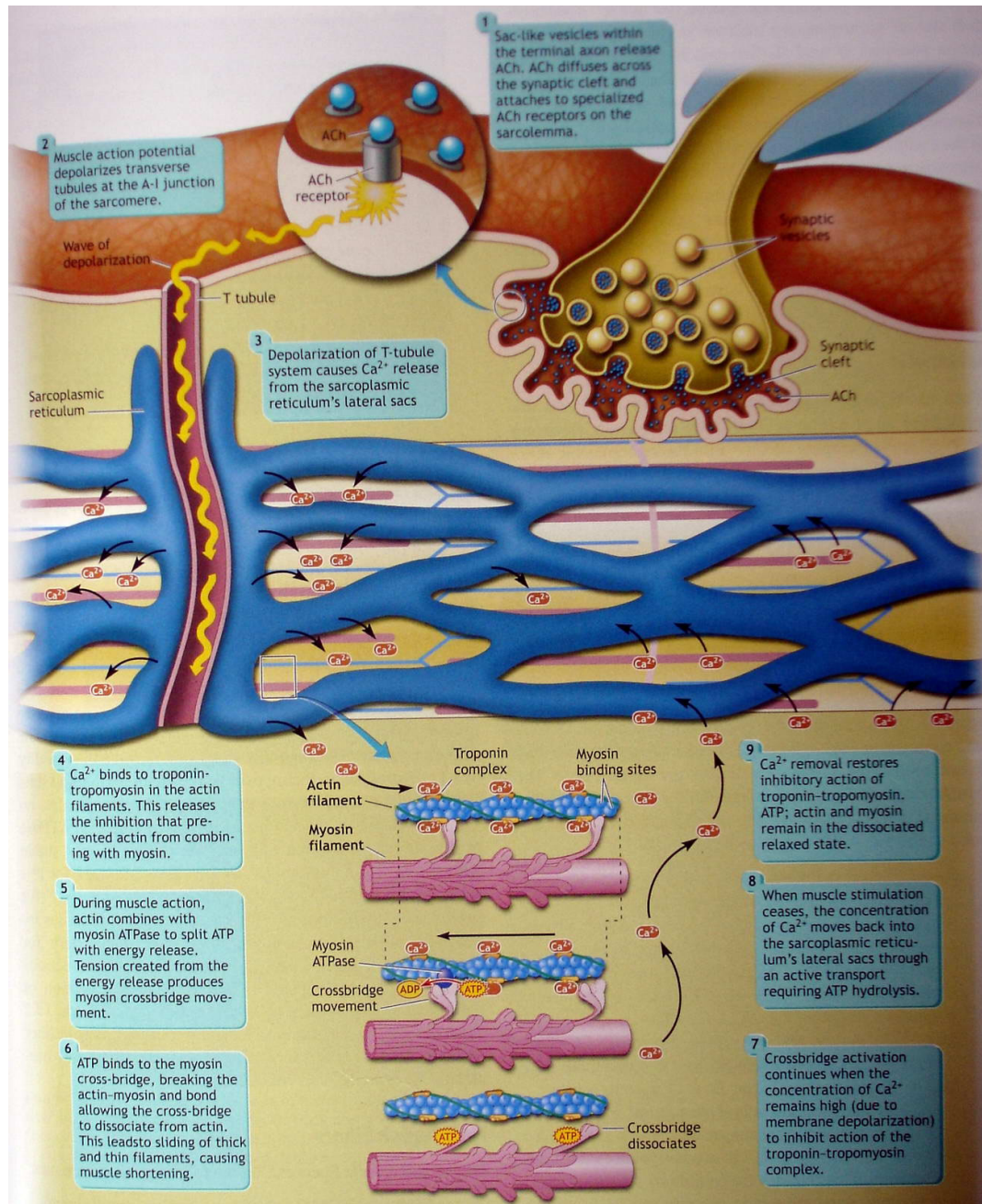


FIGURE 18.14 • Schematic view of the main events in muscle contraction and relaxation. The numbers correspond to the sequence of nine steps outlined in the text. The neurotransmitter acetylcholine (ACh), released from saclike vesicles within the terminal axon, facilitates nerve transmission at the myoneural junction. Here, the electrochemical signal “jumps” across the $0.05\text{-}\mu\text{m}$ cleft between neuron and muscle fiber. The electrical impulse, traveling at a velocity of $1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ or more, spreads through the fiber's tubule system to the inner contractile “machinery” of the myofibrils.

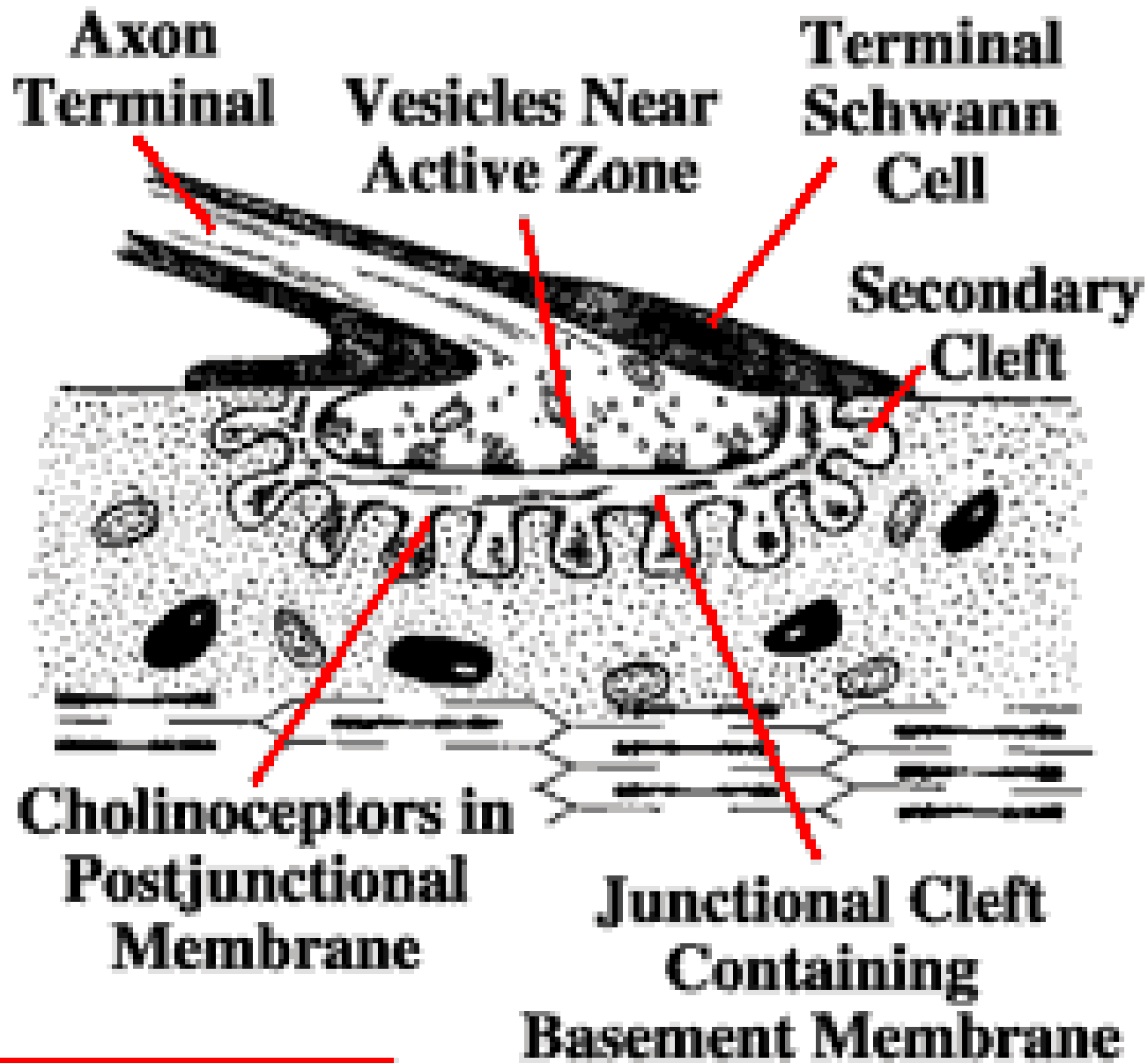


Figure 1

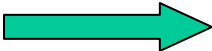
Kas kasılması

- Kas kasılmasında aktin ile myozin filamentlerinin etkileşimi ile aktin filamentleri ortaya doğru çekilir ve kasın boyu kısalır.
- Aktin ile myozin arasında aktomyozin köprücükleri kurulur.

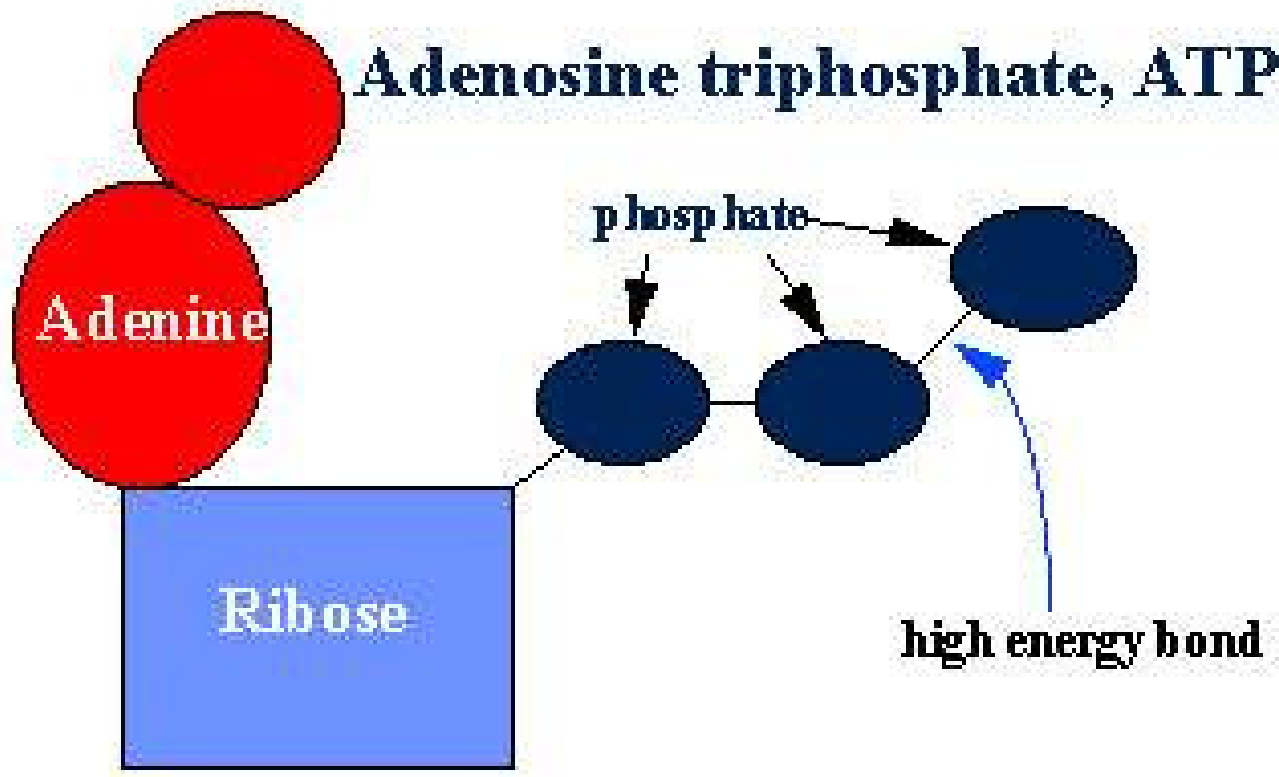
Kayan filamentler teorisi

- Kas kasılması I bandının A abandı arasında diğer bir deyişle ince filamentlerin kalın filamentler arasın girerek/kayarak olduğu açıklanır.
- Buna kas kasılmasında kayan filamentler teorisi denir.

Kasılma için enerji.....

- Flamentlerin kayması için enerji gerekir.
- Bu enerji ATP nin ATP az enzimi ile parçalanması ile sağlanır.
 - ATP  ADP+ P(enerji)
- ATP az enzimi myozin başında bulunur.

Adenosine triphosphate, ATP

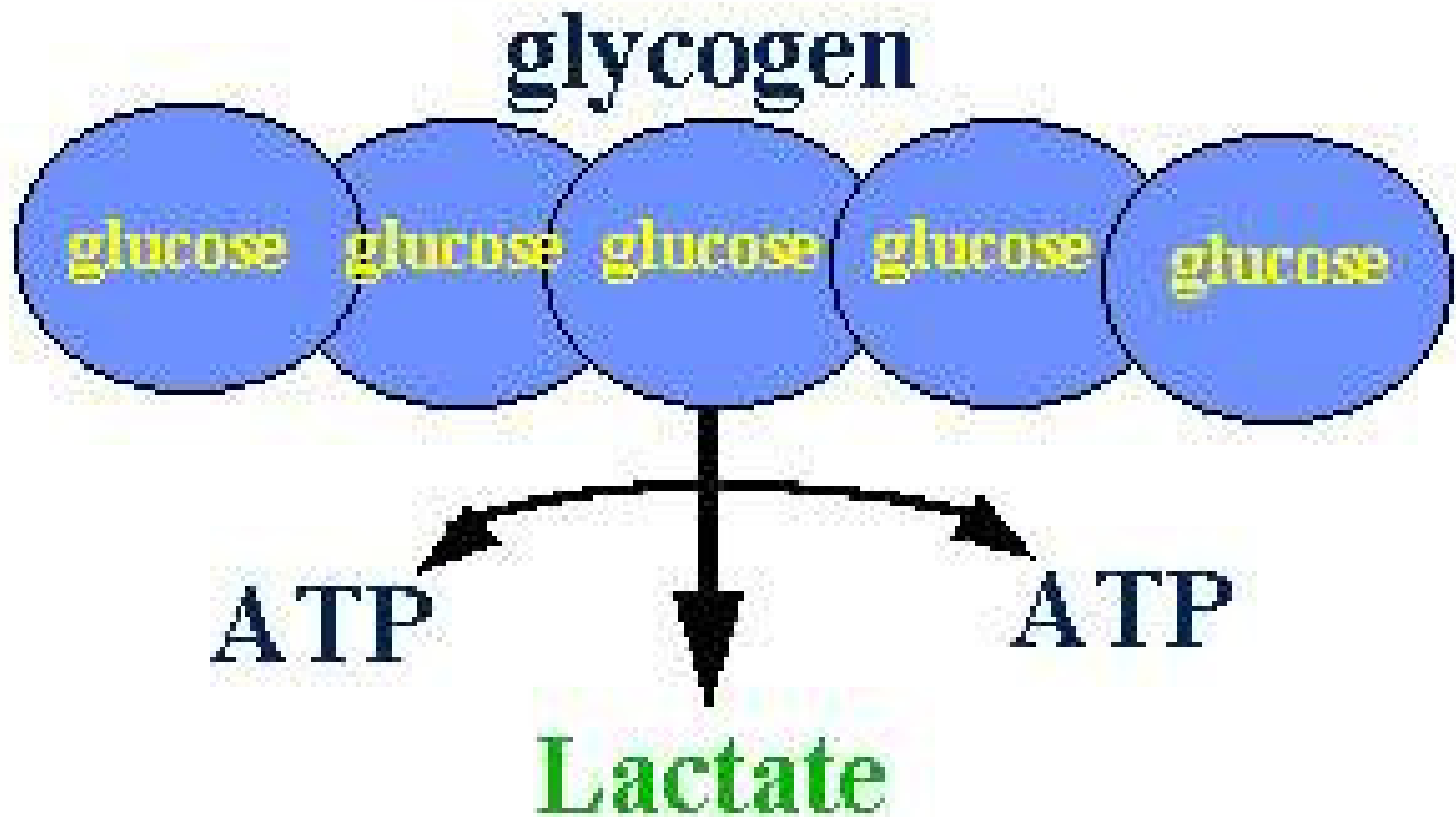


CREATINE PHOSPHATE (CP)

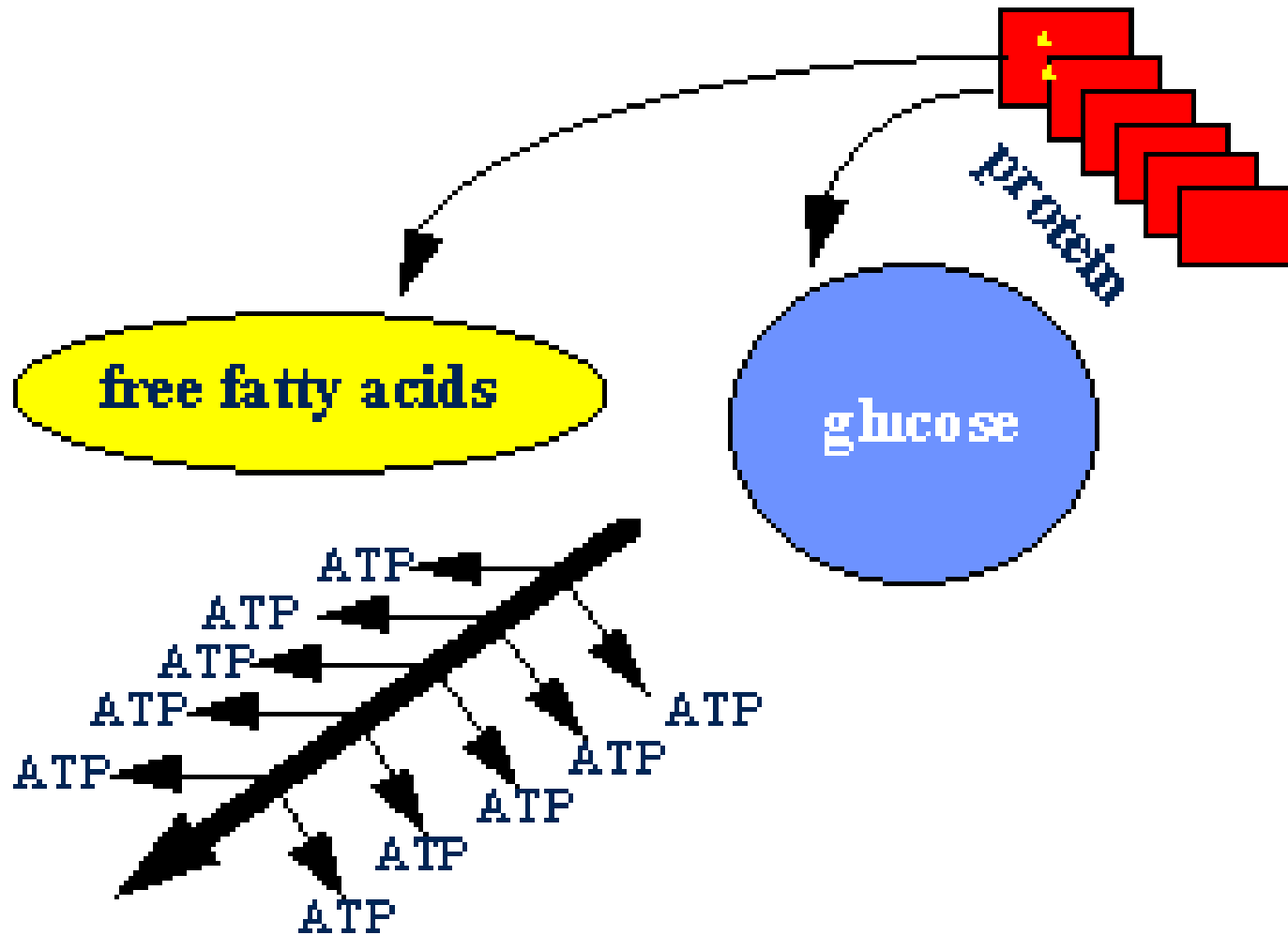
for short term,
high rates of
energy production



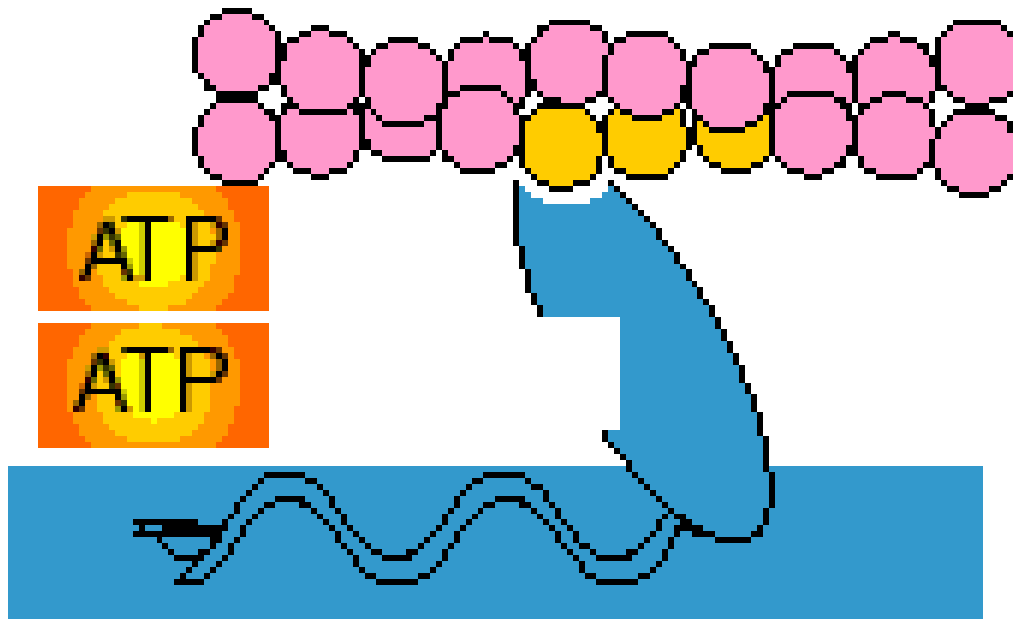
ANAEROBIC GLYCOLYSIS



OXIDATIVE PHOSPHORYLATION



Water + Carbon dioxide



Kayan filamentler teorisi

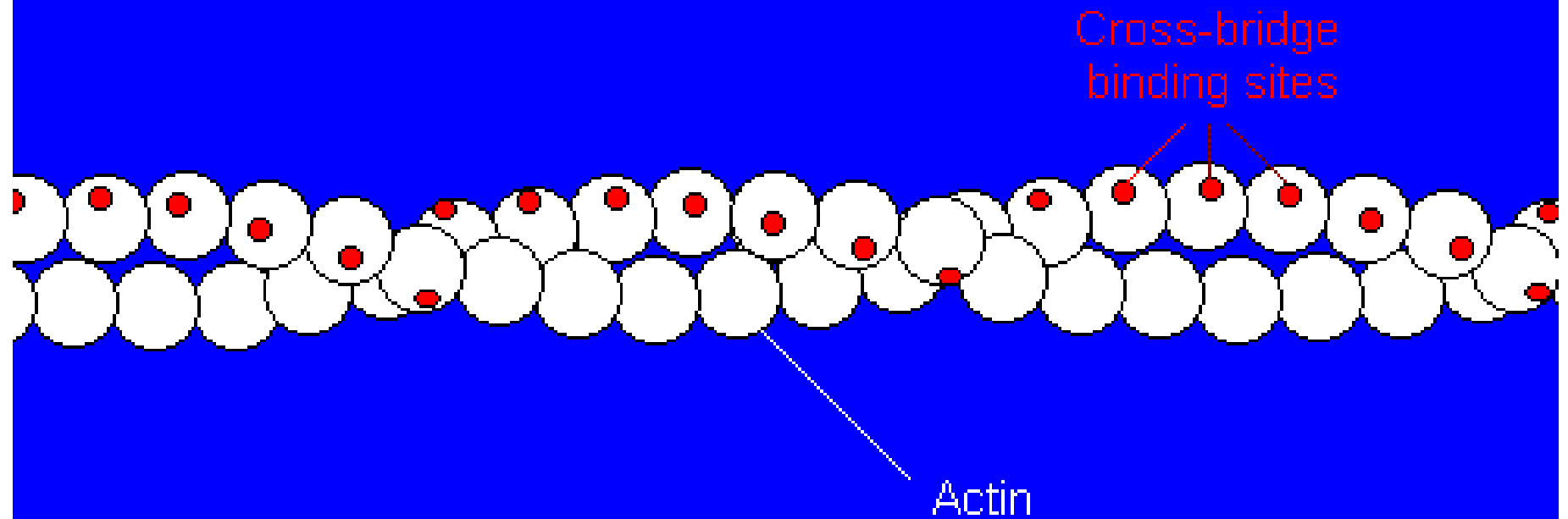
- Dinlenimde myozin ile aktin arasında herhangi bir etkileşim yoktur.
- Kasa uyarı gelmesiyle hücre içine kalsiyum girişi artar.
- Kalsiyum troponin C ile birleşir ve aktin üzerinde troponin tropomyozin kompleksinin kapattığı etkin noktalar açılır.
- Myozin başları aktine bağlanır, akto-myozin çapraz köprüleri kurulur.

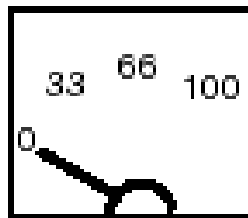
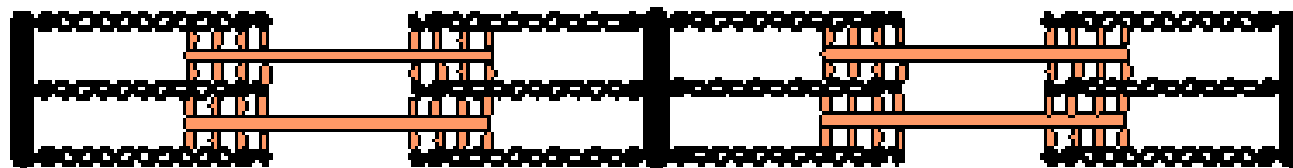
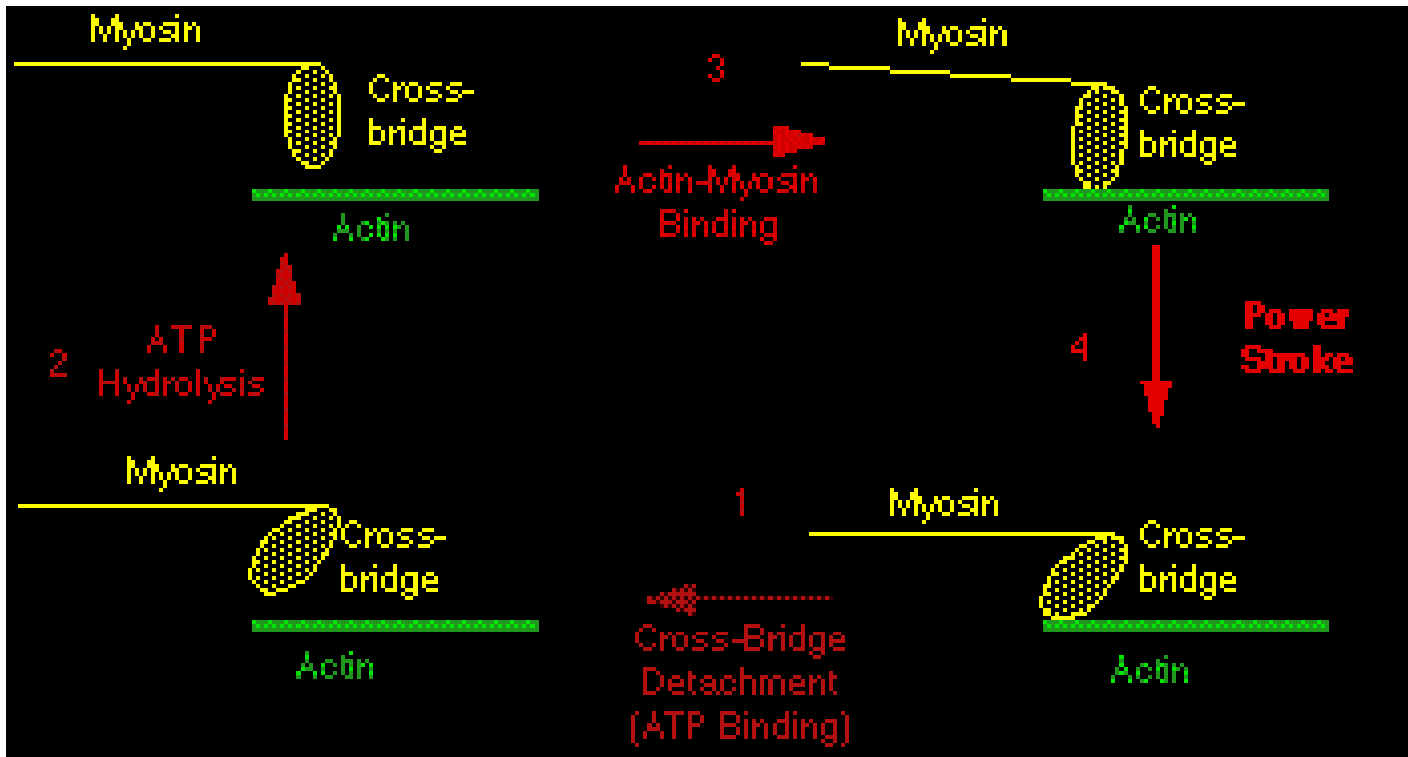
Kayan filamentler teorisi

- 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.
- Gevşemede sürecinde ise, hücre içindeki kalsiyum aktif transport ile sarkoplazmik retikuluma 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, çağraz köprücükler çözülür ve kas gevşer.

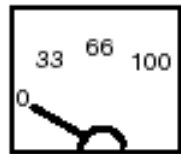
- Her bir bağlanma, kırılma ayrılma olayı sırasında kasın boyu % 1 oranında kısalır.
- Her bir kalın filament yaklaşık 500 adet myozin başı içerir.
- Hızlı bir kasılmada myozin başları saniyede yaklaşık beş kez aynı süreci tekrarlamaktadır.

Cross Bridge Cycle - the Components





% Tension Developed



% Tension Developed

Kas kasılma çeşitleri

- İzometrik kasılma
- İzotonik kasılma
- İzokinetik kasılma
- Eksentrik kasılma

İzometrik kasılma

- Statik kasılma
- Kasın boyu sabittir gerimi/tonusu artar
- Örnek; ayakta dik durmamızı sağlayan kasların kasılması.

İzotonik kasılma

- Dinamik bir kasılma şeklidir,
- Kasın gerimi sabittir, boyu kısalır
 - (iso=aynı, tonus=tonus/gerim)
- Mekanik bir iş yapılır.

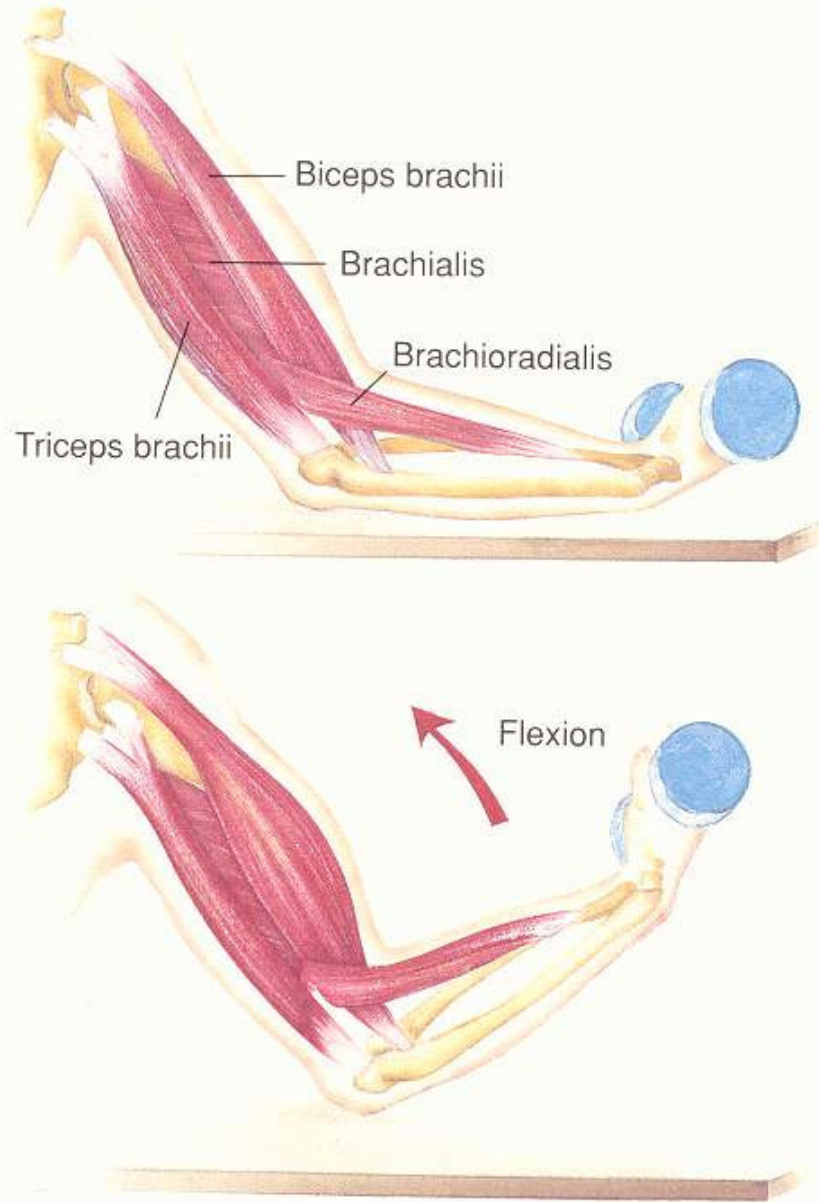
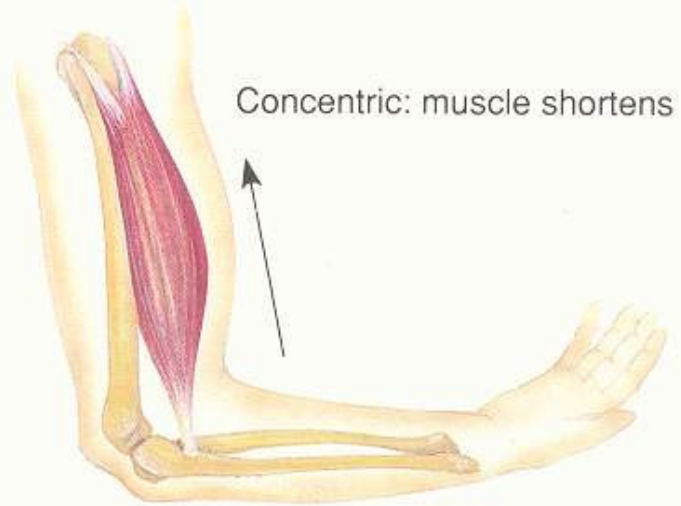


Figure 2.12 The actions of agonistic, antagonistic, and synergistic muscles during elbow flexion.

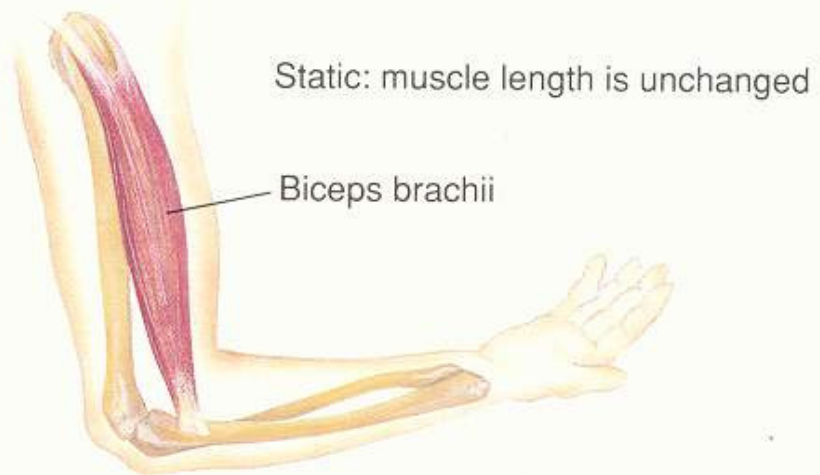
İzokinetik kasılma

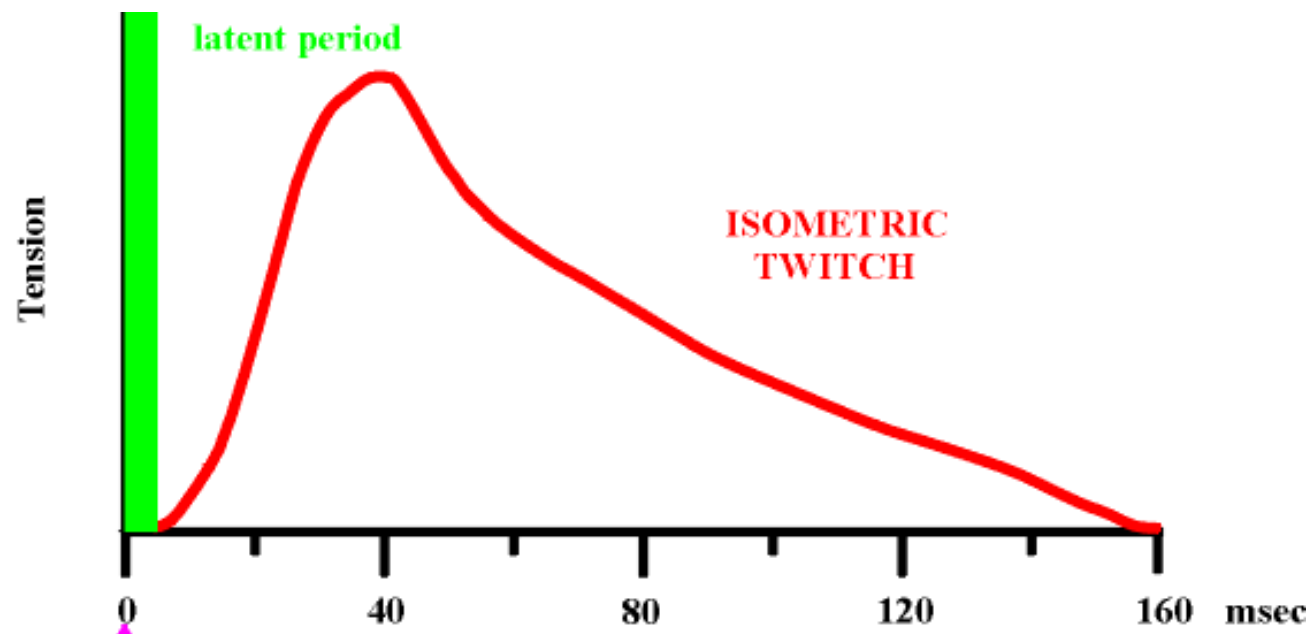
- Dinamik bir kasılma şeklidir.
- Kasılma hızı sabittir, ancak oluşan direnç değişkendir.
- Eklem farklı hareket açılarında farklı kasılma kuvvetleri oluşur.
- Örneğin; yüzmede yapılan suyun içinde kulaçlama hareketi.

a.

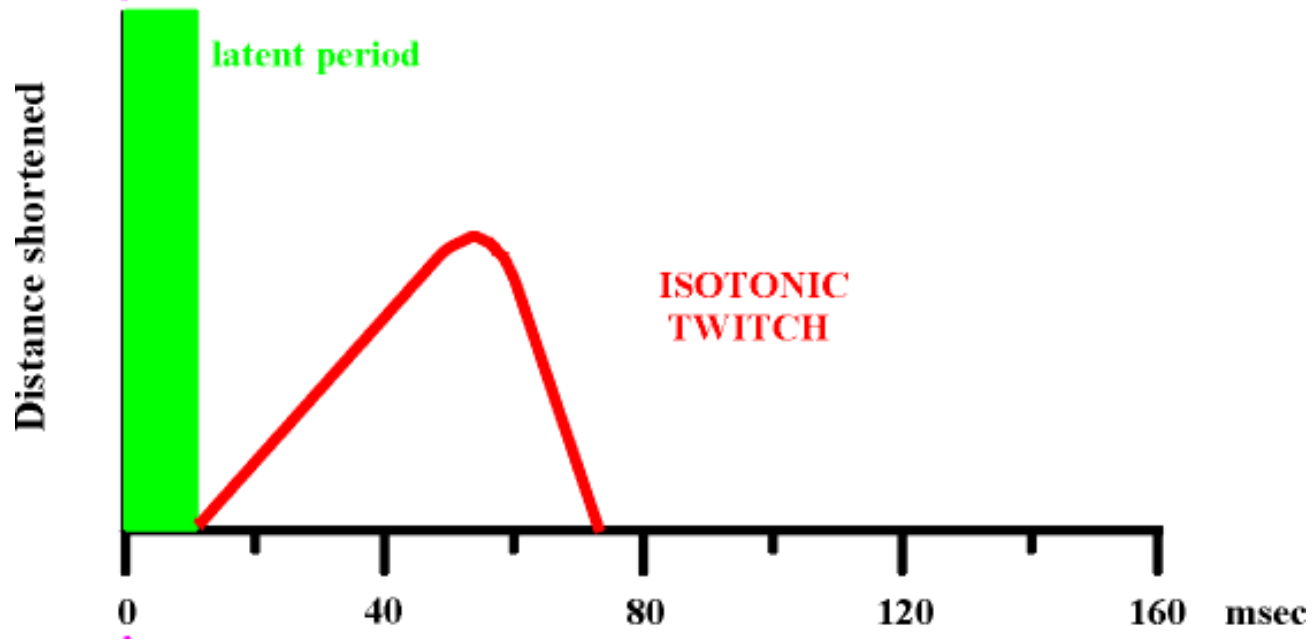


b.





↑stimulus



↑stimulus

Eksentrik kasılma

- Kasın erimi sabittir, ancak izotonik kasılmanın tersine kasın boyunun uzadığı kasılma şeklidir.
- Bu kasılma şeklinde negatif bir iş yapılır.

c.

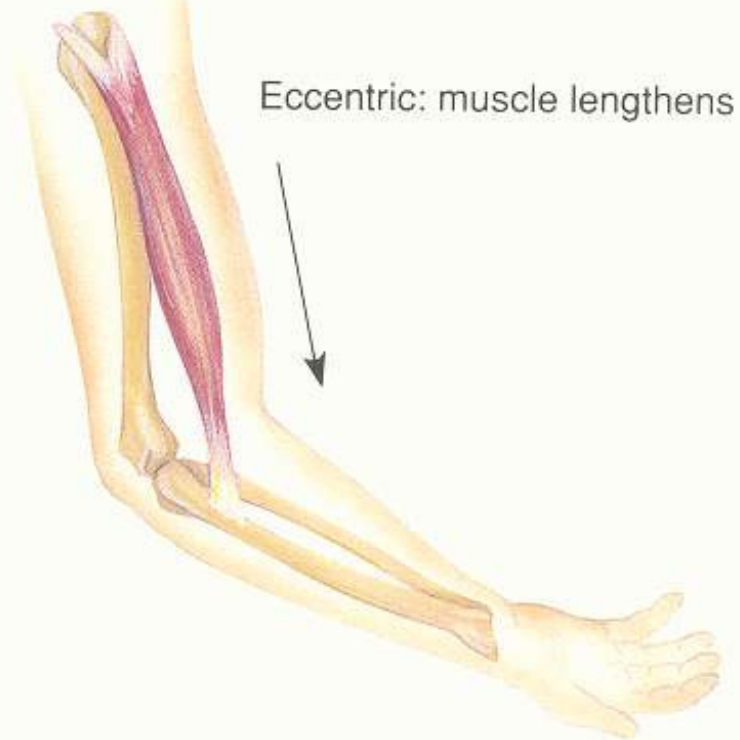


Figure 2.13 (a) During concentric muscle actions, the actin (thin) filaments are pulled closer together, increasing their overlap with myosin (thick) filaments. (b) During static muscle actions, myosin cross-bridges form and recycle, but the force is too great for the actin filaments to be moved. (c) During eccentric muscle actions the actin filaments move farther apart.

Kas lif tipleri

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

Kas lif tipleri

- Bu nedenle;
- Aerobik metaboklik özelliği yüksek liflere Tip I, kırmızı yada yavaş kasılan kas lifleri,
- Anaerobik metabolik özellikleri yüksek olan liflere de Tip II, beyaz yada hızlı kasılan kas lifleri denir.
- Tip II kendi içerisinde Tip II a ve Tip II b olarak iki gruba ayrılmaktadır.

Kas liflerinin yapısal ve fonksiyonel özellikleri

Özellik	Tip I	Tip II a	Tip II b
Motor nöron hacmi	küçük	büyük	Büyük
Motor nöron uyarı eşiği	düşük	yüksek	Yüksek
Sinir ileti hızı	Yavaş	hızlı	Hızlı
Kas lif çapı	küçük	büyük	Büyük
SR gelişmişliği	az	çok	Çok
Mitokondri yoğunluğu	yüksek	yüksek	Az
Kapiller yoğunlu	yüksek	orta	Az
Myoglobin sayısı	yüksek	Orta	Az

Kas liflerinin yapısal ve fonksiyonel özellikleri

Özellik	Tip I	Tip II a	Tip II b
Kreatin fosfat deposu	az	Çok	Çok
Glikojen deposu	az	Çok	Çok
Tyrigliserit deposu	Çok	Orta	Az
Myozin ATP az aktiv.	Düşük	Yüksek	Yüksek
Glikolitik enzim aktiv.	Düşük	Yüksek	Yüksek
Oksidatif enzim aktiv.	Yüksek	Yüksek	Düşük
Kasılma süresi	Yavaş	Hızlı	Hızlı
Gevşeme süresi	Yavaş	Hızlı	Hızlı
Kuvvet üretimi	Düşük	Yüksek	Yüksek
Enerji verimi	Yüksek	Az	Az
Yorgunluk direnci	Yüksek	Az	Az

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.

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

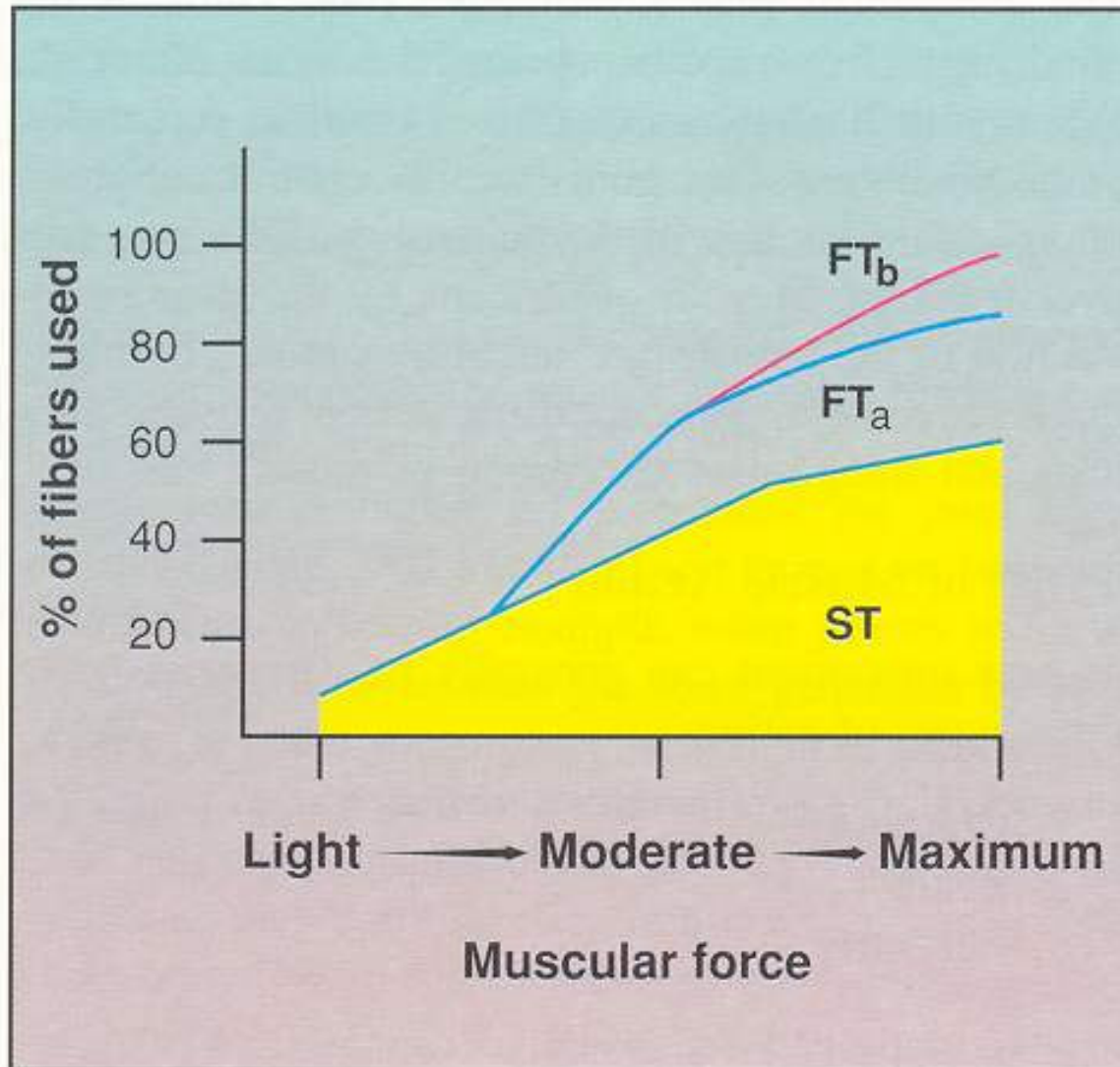


Figure 2.11 The ramplike recruitment of slow-twitch and fast-twitch muscle fibers.

Antrenmanlarla liflerin oranı değişir mi ?

- Liflerin oranları artmaz, yapılan antrenmana göre kapasiteleri artırılır.
- Liflerin oranı doğuştan genetik olarak belirlenir.

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.

Kasın mekanik özellikleri

Kasın;

- % 50 fibril,
- % 30-35 mitokondri
- % 5 sarkoplazmik retikulum
- % 10-15 bağ dokusu:sarkolemma ve fasya
 - Bağ dokusu kas liflerine göre paralel ve seri olarak düzenlenmiştir.

Kasın mekanik özellikleri

Kas kasılmasında 3 komponentin işbirliği gereklidir;

- Myofibriller
- Paralel elastik komponent: kas dinlenimde gerildiğinde filamentler dirençsiz olarak gerilir, paralel elastik komponent ise bu gerilmeye karşı koyar ve kasta bir direnç ortaya çıkar
- Seri elastik komponent: kas kasıldığında myofibriller kasılır, ancak seri elastik komponent kasılmaz ve gerilir.

Kas uzunluğu ile gerilimi arasındaki ilişki

- Total gerilim= aktif gerilim(kasılma ile oluşan gerilim) + istirahat gerilim.
- Aktif gerim sarkomerin kasılmaya başlangıç uzunluğuna bağlıdır.
- En yüksek aktif gerimi iskelet kası istirahat uzunluđunda üretir.
- İstirahat uzunluğundan daha uzun olması filamentleri birbirinden ayırarak, daha kısa olması ise filamentlerin üst üste gelmesine neden olarak çağraz köprücük sayını sonuçta da aktif gerimi azaltır.

Kas kan akımı ve egzersiz

- Dinlenimde kasın metabolik aktivitesi düşüktür.
- Toplam vücut kitleisinin % 30-40 oluşturmalarına karşın, total kanın % 15 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.

Kas kan akımı ve egzersiz

- Dinlenimde kastaki kapillerlerin % 20-25 i açıktır, 1 mm de açık kapiller sayısı 5 iken egzersizde bu sayı 190 a kadar çıkabilir.

Kas kan akımı ve egzersiz

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

Kas kan akımı ve egzersiz *lokal düzenleme*

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

Bunalar;

- 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 debidi ve kan basıncının artışı da kaslara giden kan miktarını artırır.

Myoglobin

- Myoglobin kasta oksijen bağlayarak onu depo eden bir moleküldür.
- Kasın oksijen deposudur.
- Oksijen gerektiğinde oksijeni mitokondriye götürerek ATP sentesi için kullanılmasını sağlar.

Düz kaslar

- Aktin ve mtozin filamentleri düzgün bir şekilde bir araya gelmedikleri için çizgilenme göstermeyen kaslara düz kaslar denir.
- Trponin yoktur, onun yerine kalsiyum kalmoduline bağlanır.
- Çalışmaları istem dışıdır.

Düz kaslar.....

- Vıseral ve
- Multi ünit olamak üzere ikiye ayrılır.
- Vıseral düz kaslar içi boş organlarda bulunur (mide, bağırsak, üreterler gibi).
- Multi ünit düz kaslar ise büyük damarların duvarlarında ve gözde irisde bulunur.

Kas hipertrofisi

- Kasların enine kesit alanlarınının 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,

- Myofibril sayısı artar,
- Mitokondri sayısı ve hacmi artar,
- Fosfojen sistem gelişir
- Glikolitik kapasite artar
- Aerobik kapasite artar.

Kas atrofisi

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

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 feedback cevaplar eğer gerekiyorsa motor hareketlerin düzenlenmesi için kullanılır.

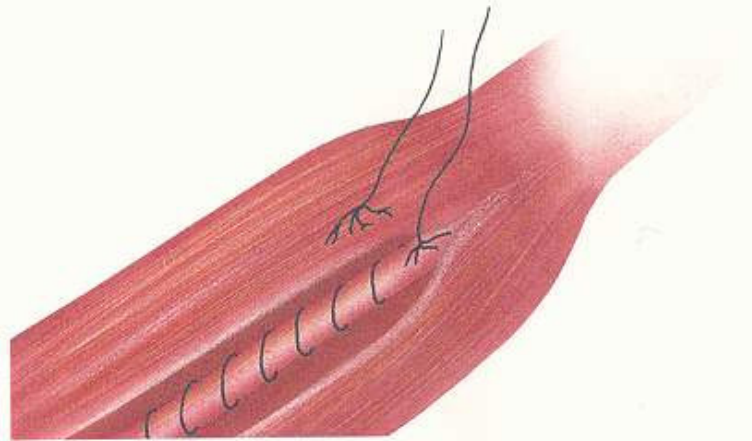
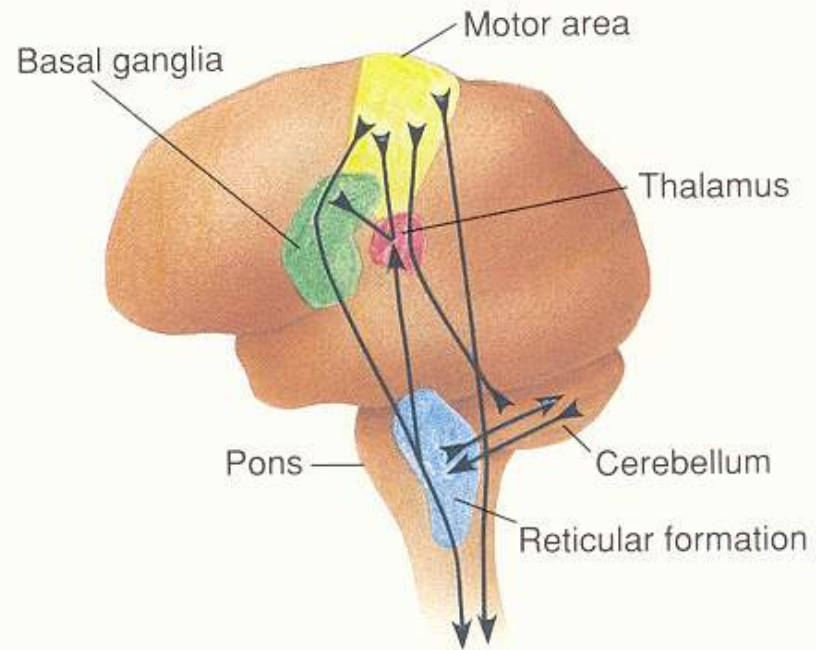


Figure 3.12 Motor pathways of the nervous system.

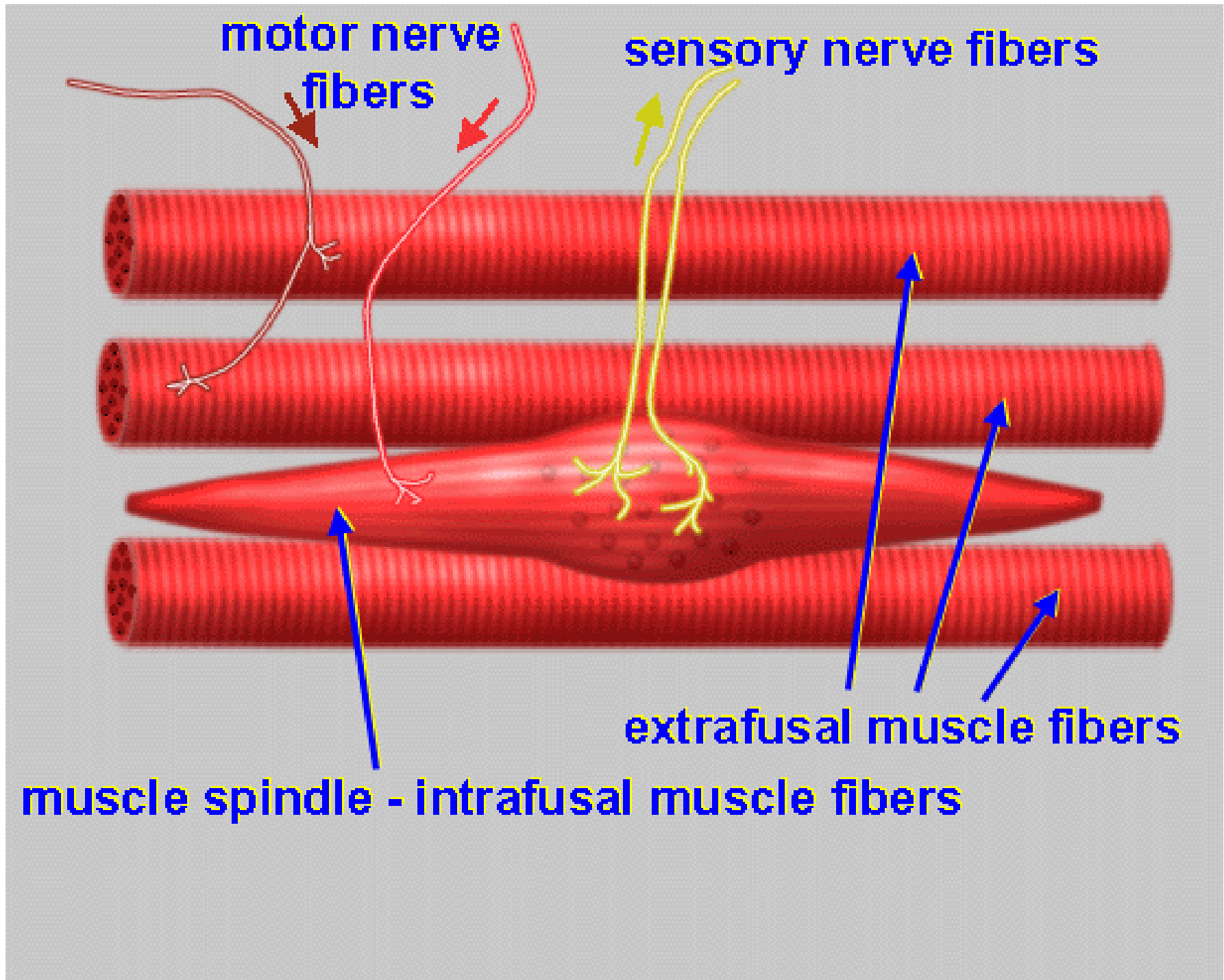
Kas kasılmalarının kontrolü

kas reseptörleri

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

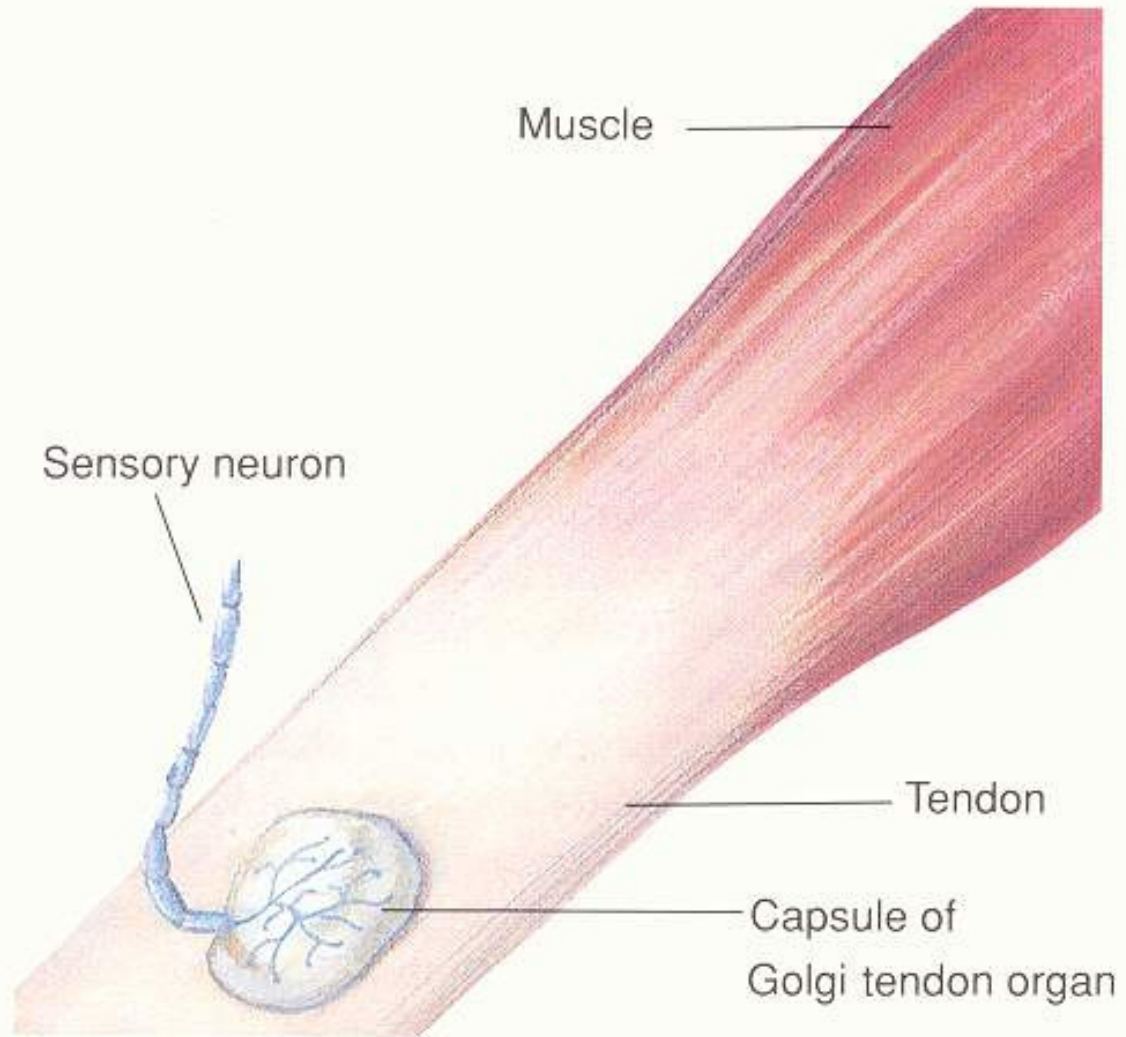


Figure 3.14 A Golgi tendon organ.

Refleks deęerlendirme

- Kas iğciği ve golgi tendon organından gelen bilgiler öncelikle medulla spinalisteki refleks merkezlerinde deęerlendirmeye tabi tutulurlar.
- Bu deęerlendirmeye en güzel örnek patellar reflektir.

Patellar refleks

- Quadriseps kasının tendonuna vurulması ile kasın boyu aniden hızlı bir şekilde uzatılır.
- Kas iğcikleri aktive olur ve quadriseps kasının medulla spinalisteki motor sinirini aktive eder.
- Quadriseps kası kasılır ve kasın boyunun uzaması önlenir.

