

Ekolojik, Ekonomik ve Sosyal Sürdürülebilirlik İçin

istanbul Gelişim Üniversitesi



Bölüm Adı

FİZYOLOJİ II

Dersin Adı

KAS FİZYOLOJİSİ

- Hareket, yer deęiřtirme
- Vücutta madde taşınması: Kan basıncını ayarlar.
- Düz kas sindirim, boşaltım ve üreme sistemlerinin hareketini sağlar.
- İskelet kası lenf akımına yardımcı olur.
- Termojenez (ısı üretimi): Vücut ısısının yaklaşık %85'i kas kontraksiyonundan meydana gelir.

KAS DOKUSUNUN KARAKTERİSTİKLERİ

Kas dokusu, 5 önemli özelliğe sahiptir.

- | | |
|--------------------|-----------------------------|
| 1. Uyarılabilirlik | (Eksitabilite,irritabilite) |
| 2. İletkenlik | (Konduktivite) |
| 3. Kasılabilirlik | (Kontraktilite) |
| 4. Uzatılabilirlik | (Ekstensibilite) |
| 5. Esneyebilirlik | (Elastisite) |

Kas fizyolojisi kasların kasılma (kontraksiyon) ve gevşeme (relaksasyon) fizyolojisidir.

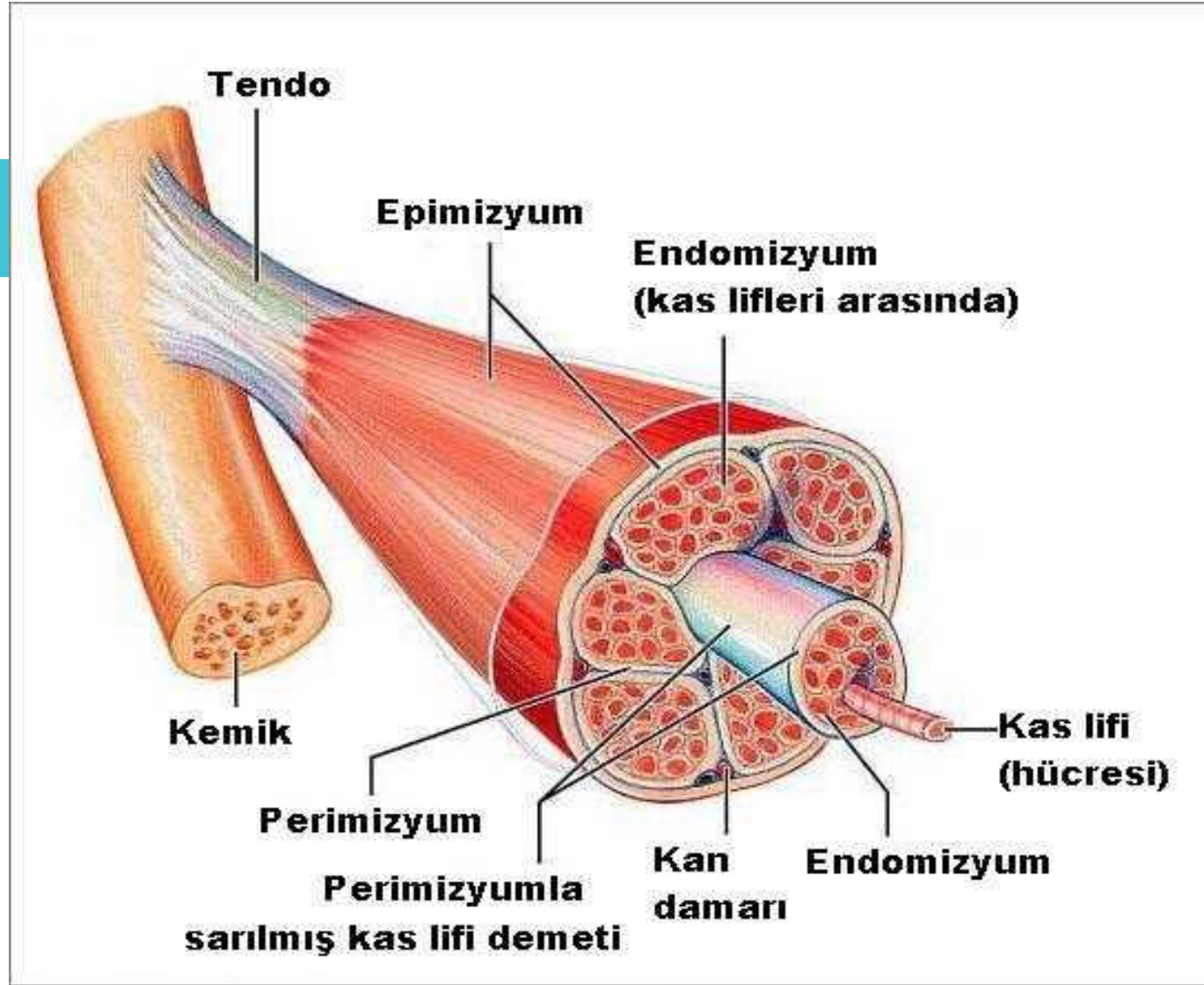
Kaslar yapı ve fonksiyonlarına göre 3 gruba ayrılır: İskelet kası, düz kas ve kalp kası.

İSKELET KASI	DÜZ KAS	KALP KASI
Enine çizgiler içerir	Enine çizgiler içermez	Çizgilidir
Spinal sinirlerle uyarılır	Otonom aktivite	Otonom
İstemli kasılma	İstemsiz kasılma	İstemsiz

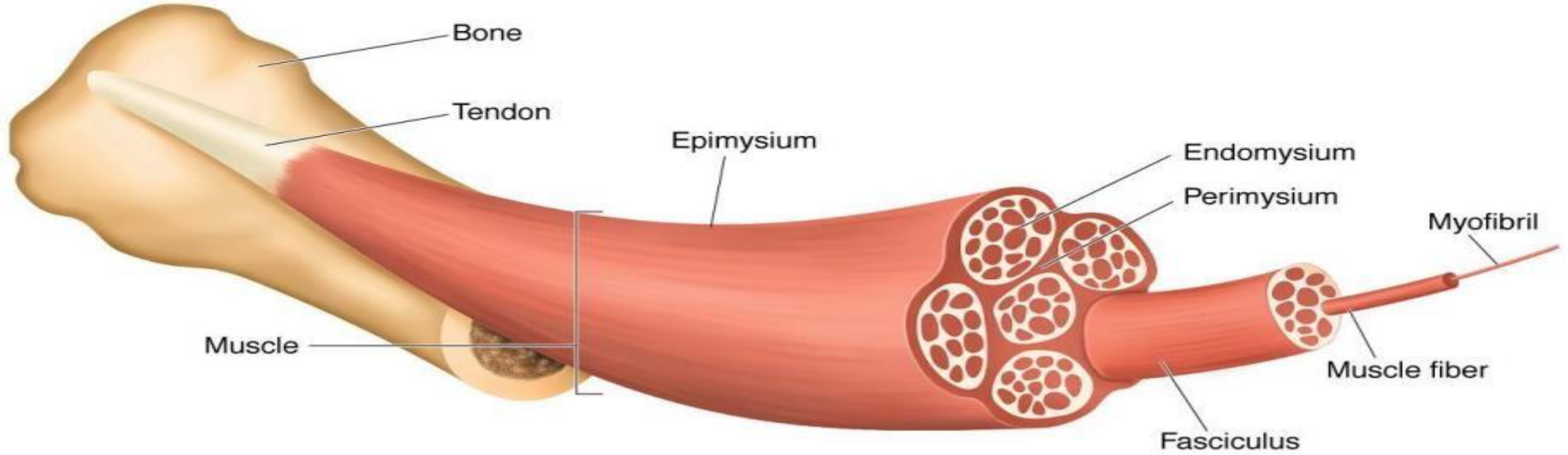
- Sinir sisteminin yapıtaşı nöron iskelet sisteminin yapıtaşı kas lifidir.
- Kas lifinin hücre membranına **sarkolemma**, hücre içi sıvıya **sarkoplazma** denir.
- Kas lifine **myofibril** denir.
- Çok sayıda kas lifi bir araya gelerek **fasikülü** oluşturur.
- Fasiküller bir araya gelerek **iskelet kasını** oluşturur.
- İskelet kasının kemiğe yakın kısmına **tendon** denir.
- İskelet kasları tendonlarda başlar tendonlarda biter.
- Bir kasın başlangıç yeri **ORİGO** sabittir tutunma yerine **İNSERSİYO** denir.

İSKELET KASININ YAPISI

- Kas, fasiküllerden oluşur.
- Epimisyum ile sarılıdır.
- Fasikül, kas fibrilleri (hücreleri) demetidir.
- Kas çok sayıda fasikülden meydana gelir. Her biri **Perimisyum** ile sarılıdır.
- Kas Fibrili, kasın gerçek hücreleridir. Her biri **Endomisyum** denilen fasya ile sarılıdır.



İskelet Kasında Kas fibrili ve Myofibrilin Görünümü



- Her kas lifi myofibrillerden oluşur.
- Miyofibriller miyofilamentlerden oluşur.
- Miyofilamentler iki tiptir:
 - Kalın filament: Miyozin
 - İnce filament: Aktin, Troponin, Tropomiyozin
 - (I bandı A bandı H bandı M çizgisi Z çizgisi)
- Miyofibrilde iki Z çizgisi arasındaki yapıya **SARKOMER** denir
- Sarkomer kasın fonksiyonel birimidir

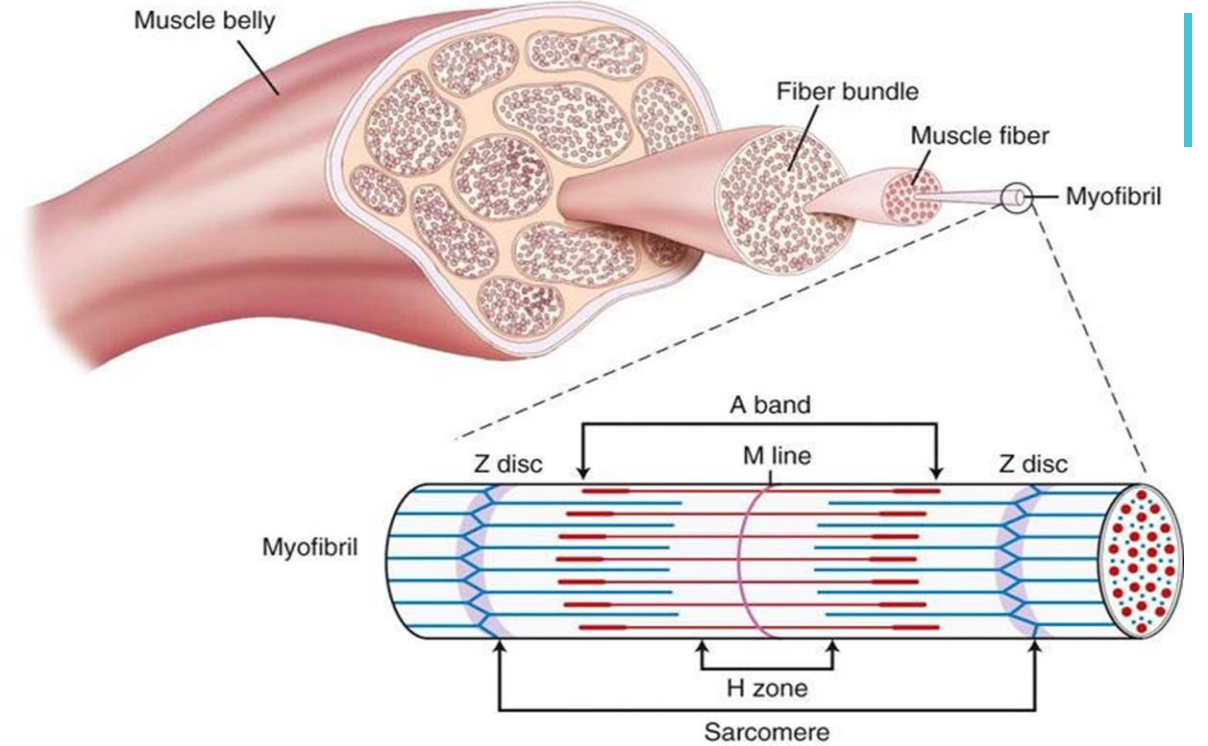
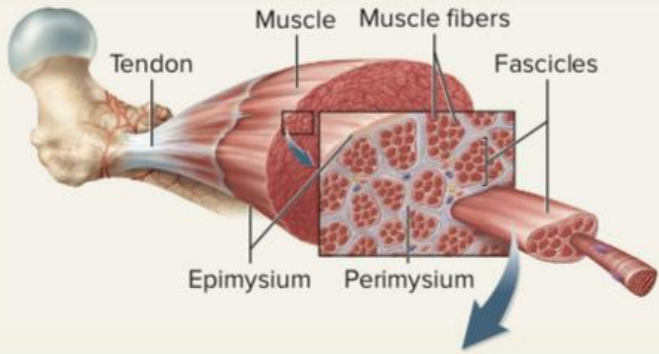
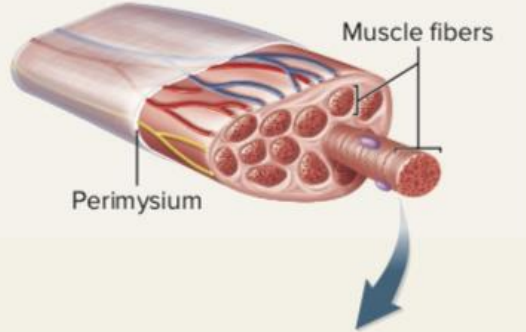
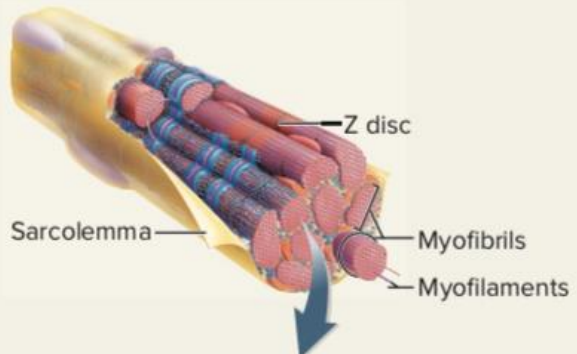
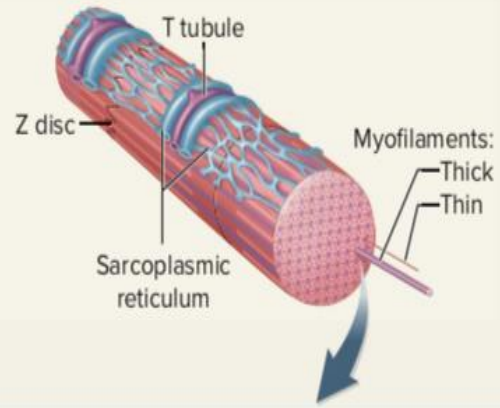


TABLE 11.1

The Structural Hierarchy of a Skeletal Muscle

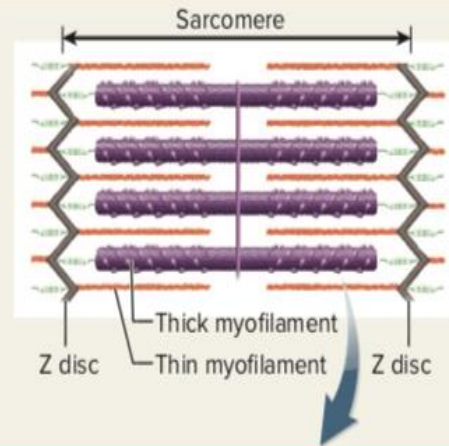
Structural Level	Description
Muscle 	A contractile organ, usually attached to bones by way of tendons. Composed of bundles (fascicles) of tightly packed, long, parallel cells (muscle fibers). Supplied with nerves and blood vessels and enclosed in a fibrous epimysium that separates it from neighboring muscles.
Fascicle 	A bundle of muscle fibers within a muscle. Supplied by nerves and blood vessels and enclosed in a fibrous perimysium that separates it from neighboring fascicles.
Muscle Fiber 	A single muscle cell. Slender, elongated, threadlike, enclosed in a specialized plasma membrane (sarcolemma). Contains densely packed bundles (myofibrils) of contractile protein myofilaments, multiple nuclei immediately beneath the sarcolemma, and an extensive network of specialized smooth endoplasmic reticulum (sarcoplasmic reticulum). Enclosed in a thin fibrous sleeve called endomysium.

Myofibril



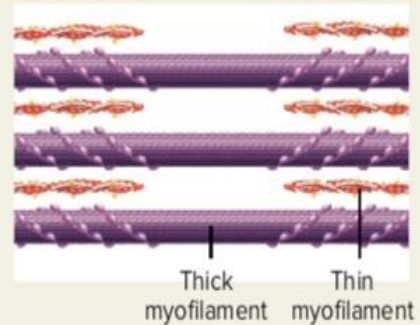
A bundle of protein myofilaments within a muscle fiber; myofibrils collectively fill most of the cytoplasm. Each surrounded by sarcoplasmic reticulum and mitochondria. Has a banded (striated) appearance due to orderly overlap of protein myofilaments.

Sarcomere



A segment of myofibril from one Z disc to the next in the fiber's striation pattern. Hundreds of sarcomeres end to end compose a myofibril. The functional, contractile unit of the muscle fiber.

Myofilaments



Fibrous protein strands that carry out the contraction process. Two types: thick myofilaments composed mainly of myosin, and thin myofilaments composed mainly of actin. Thick and thin myofilaments slide over each other to shorten each sarcomere. Shortening of end-to-end sarcomeres shortens the entire muscle.

Structure of Skeletal Muscle

MUSCLE (COVERED BY EPIMYSIUM)



FASCICLES (COVERED BY PERIMYSIUM)



MUSCLE FIBERS (COVERED BY ENDOMYSIUM)



MYOFIBRILS



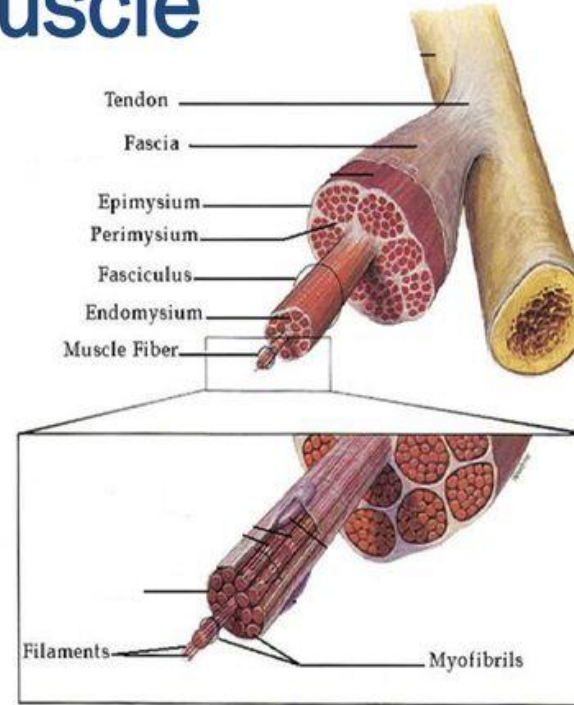
THICK AND THIN FILAMENTS

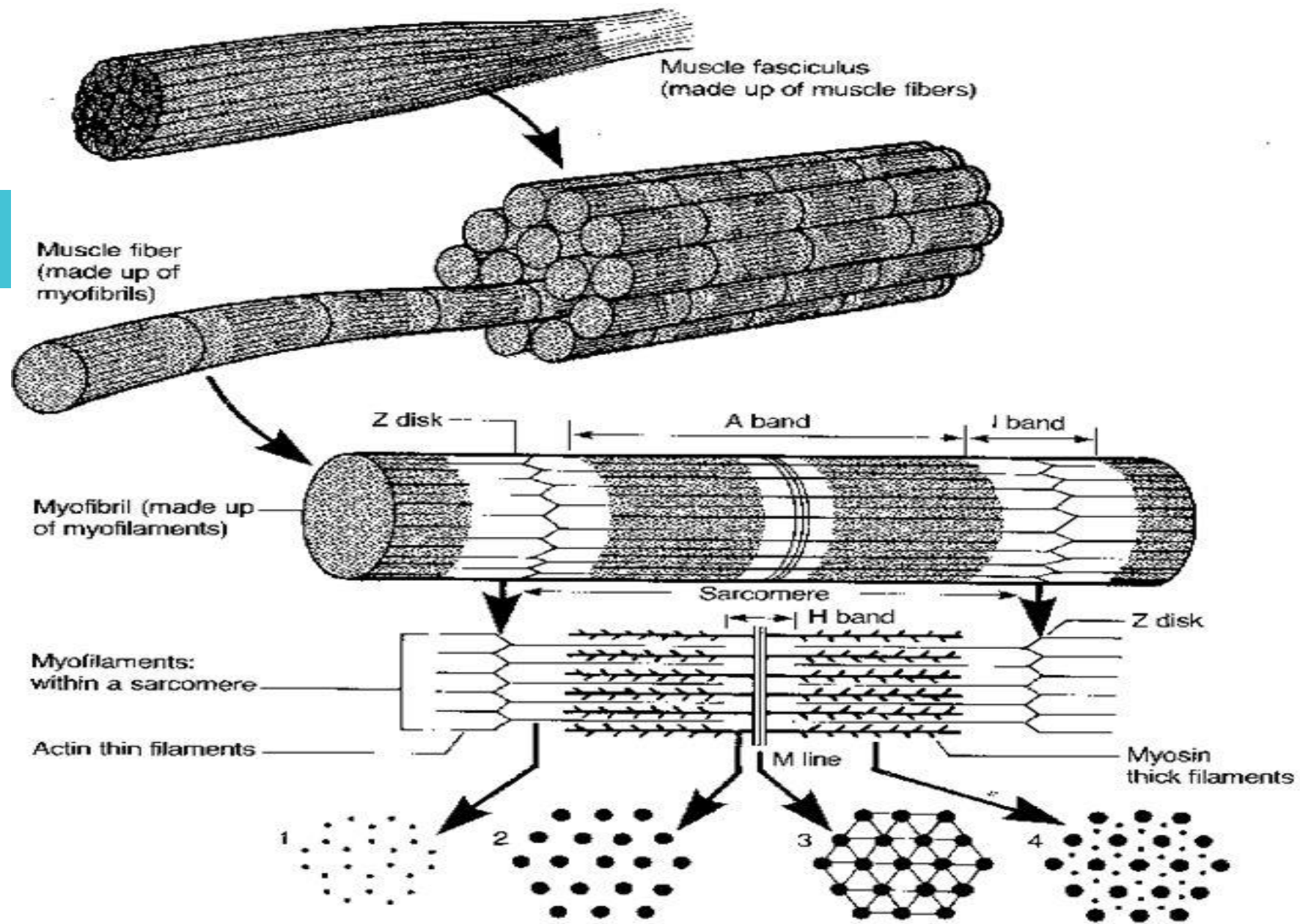
(MYOSIN)

(ACTIN)

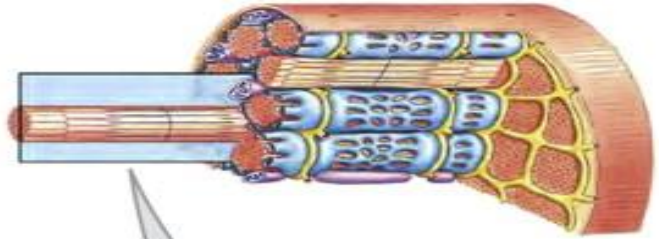
Fascia: layers of fibrous connective tissue that separates individual muscles and hold it in position; forms the tendon and attaches to bone's periosteum

(aponeuroses: broad sheets of connective tissue that may attach to bone or other muscles)

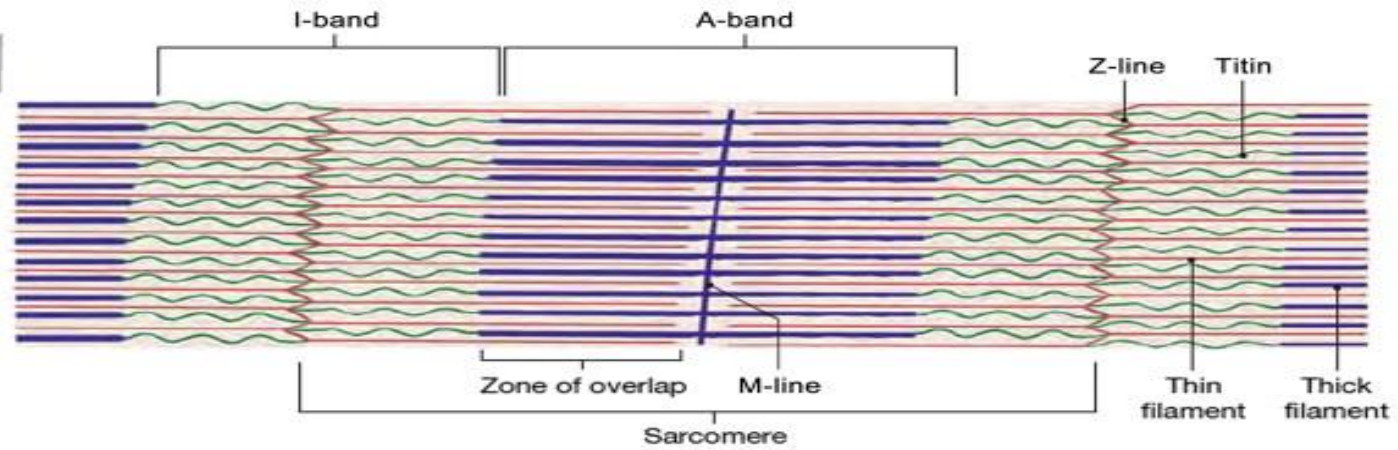




(a)

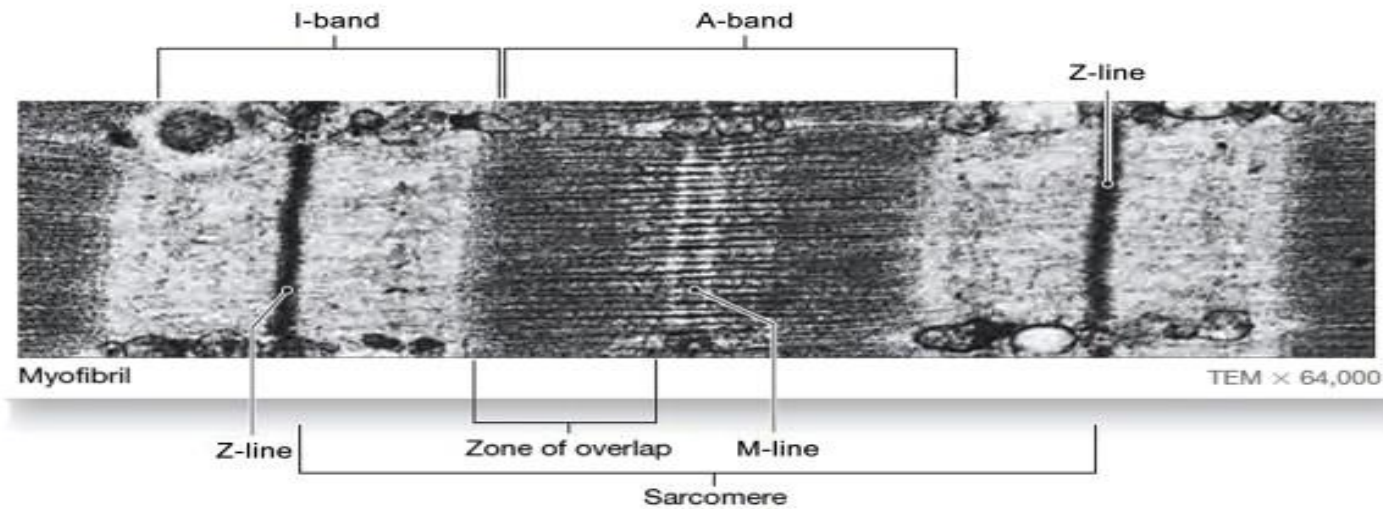


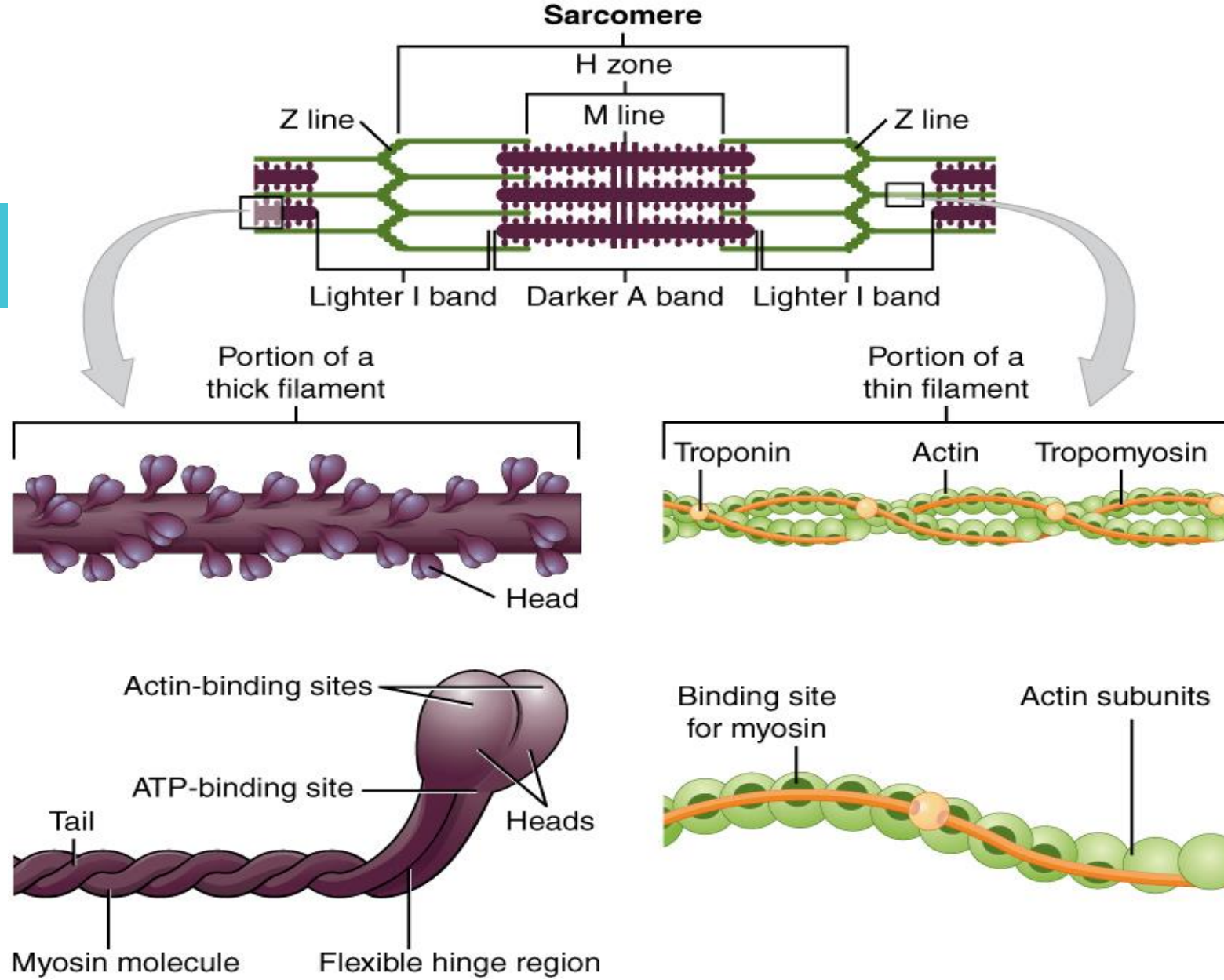
A longitudinal section of a sarcomere, showing bands

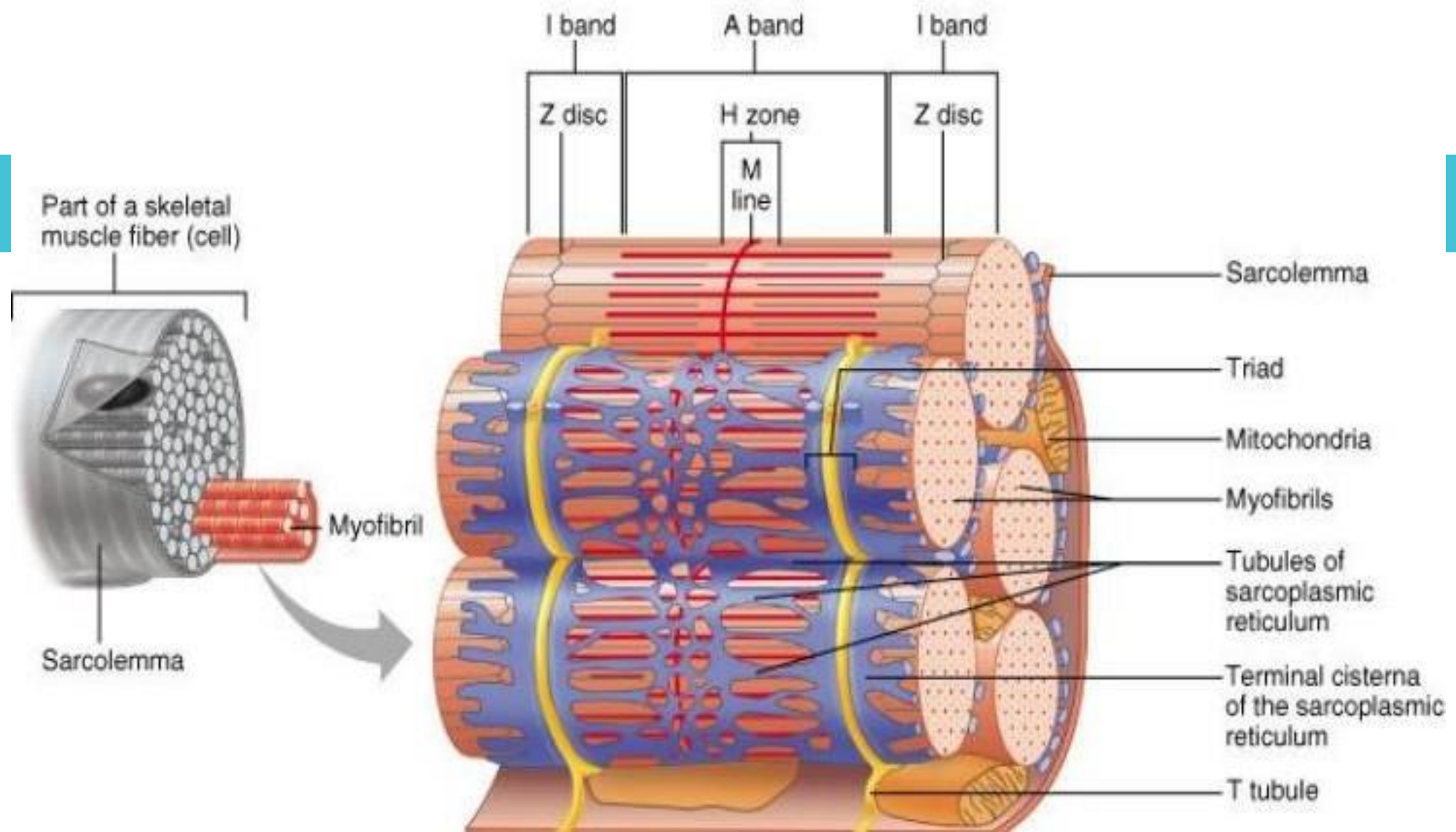


(b)

A corresponding view of a sarcomere in a myofibril from a muscle fiber in the gastrocnemius muscle of the calf

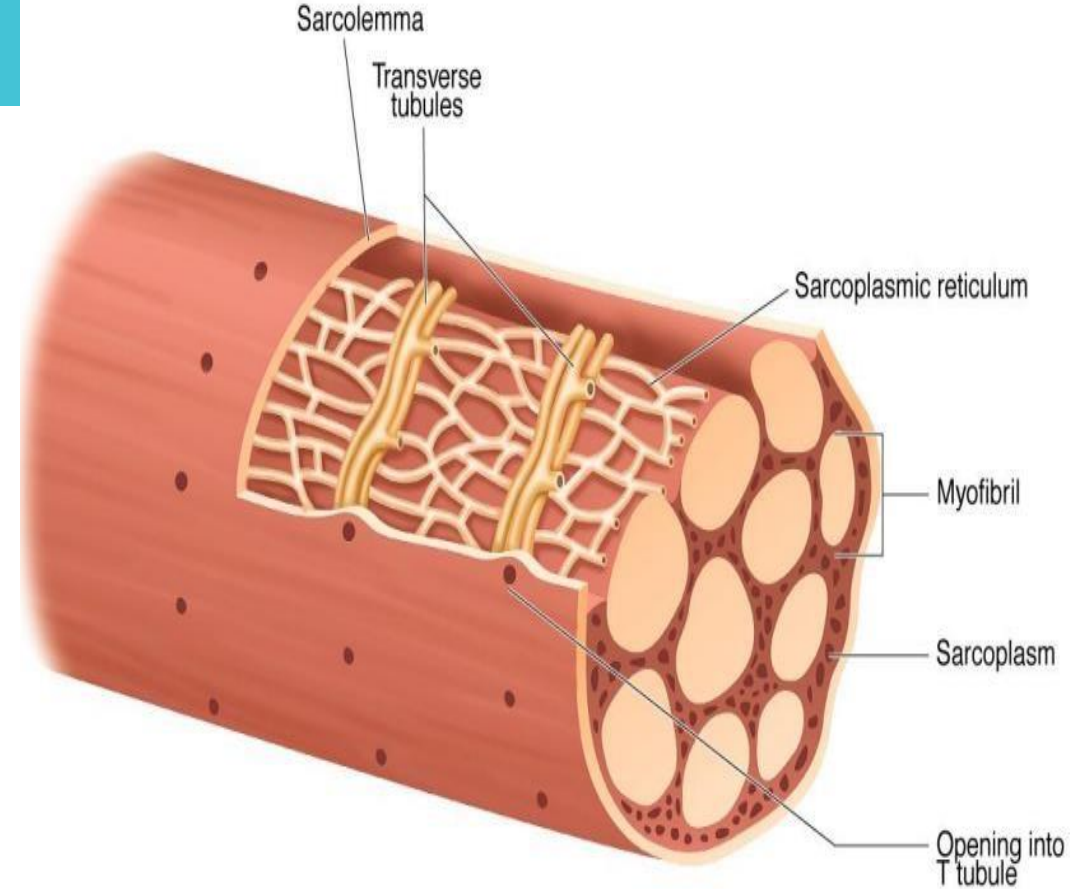






SARKOLEMMA

- Kas hücresi membranına sarkolemma denir.
- Sarkolemmanın Transvers tüpler (T tüpleri) denilen ve hücre içine uzanan periodik kanalları vardır.
- Sarkolemma ve T tüplerinin görevi sarkolemma da oluşan aksiyon potansiyelini hücre içine ileterek kasılmanın başlamasını sağlamaktır.





- Miyozin bir kuyruk iki baş kısmına sahiptir
- Miyozin moleküllerinin baş kısımları aktinle çapraz köprüler oluşturur ve baş kısmı ATP az içerir.
- Bu da ATP yi yıkar ve açığa çıkan enerji kasılma sırasında kullanılır.
- İnce filamentler iki aktin molekülü troponin ve tropomiyozinden oluşur. Aktin çift sarmalında her kol için bir tropomiyozin bulunur .
- Tropomiyozin uçlarında troponin yer alır.
- Troponin üç alt birimden oluşur

Troponin T

Troponin C

Troponin I

Tropomiyozin

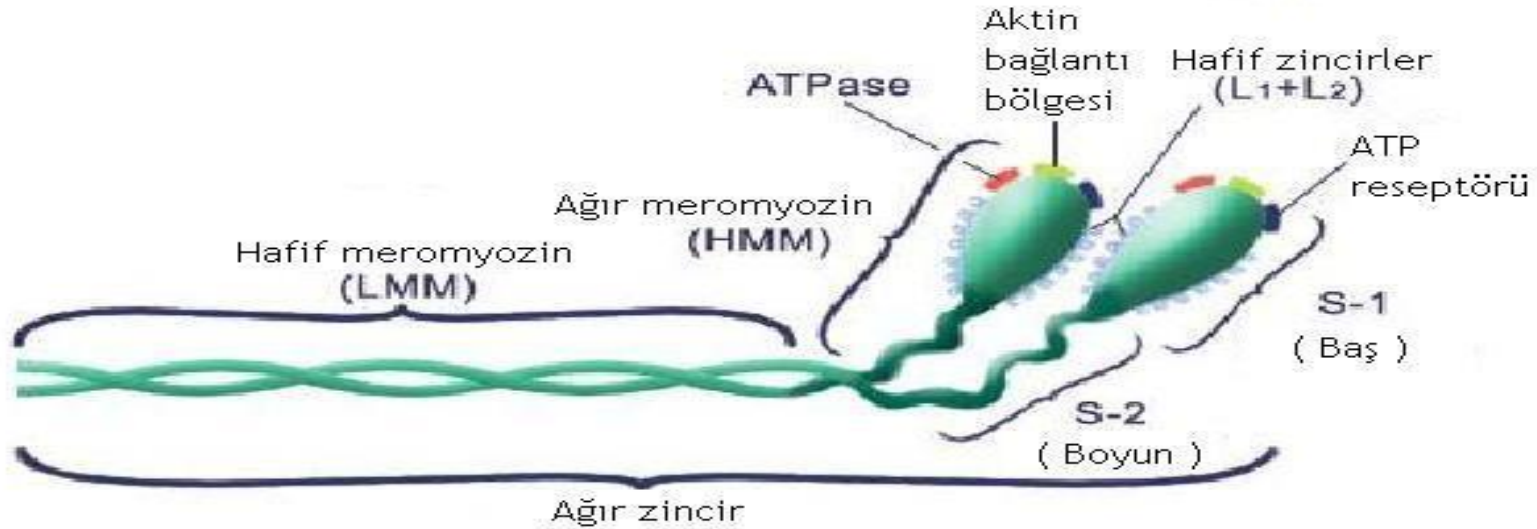
Kalsiyum bağlar

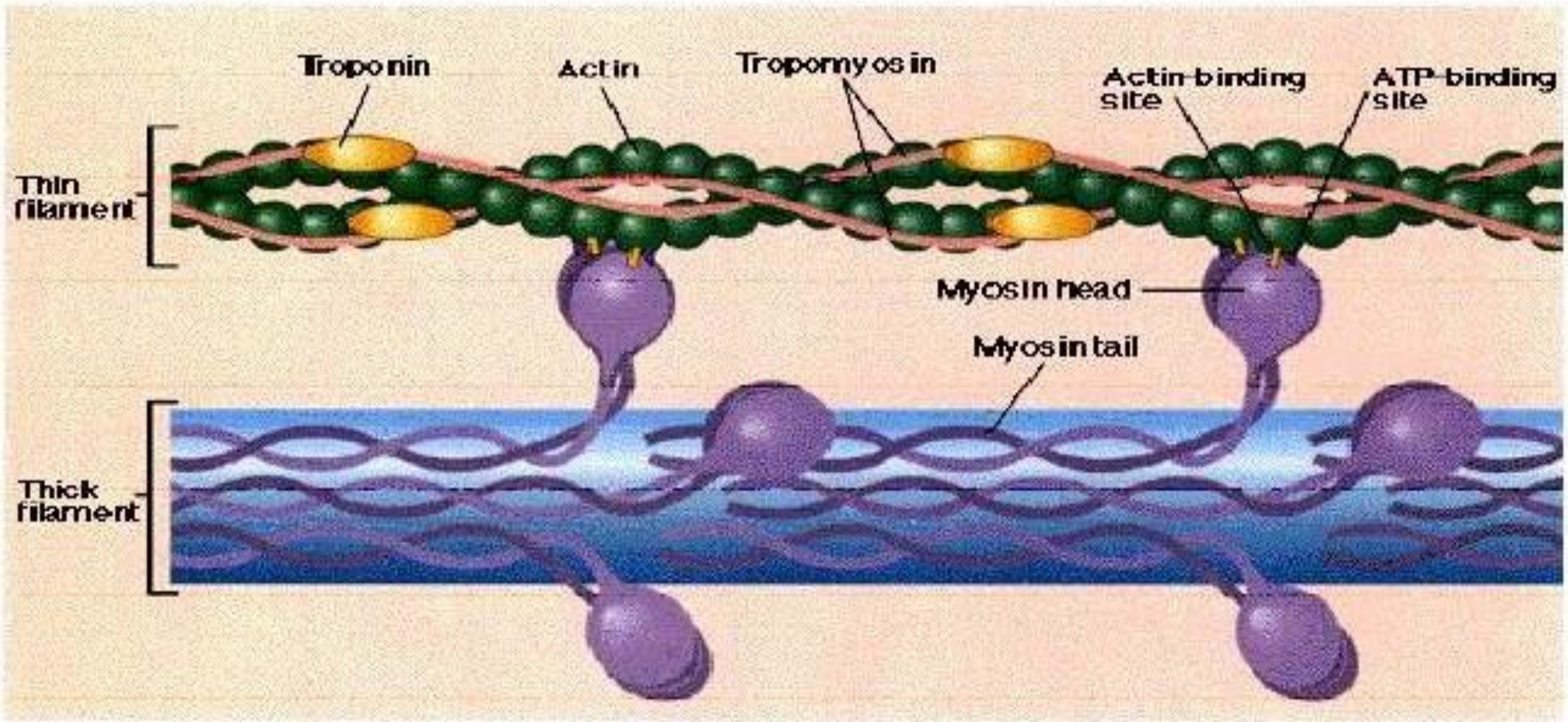
İnhibe edici alt birimdir

Miyozin. Baş, boyun ve kuyruk kısımları vardır.

Baş aktin ile bağlanan kısım ve ATP yi hidrolize eden kısımdan oluşur.

Aktin ile çapraz köprücükler kuracak şekilde konumlanmıştır.





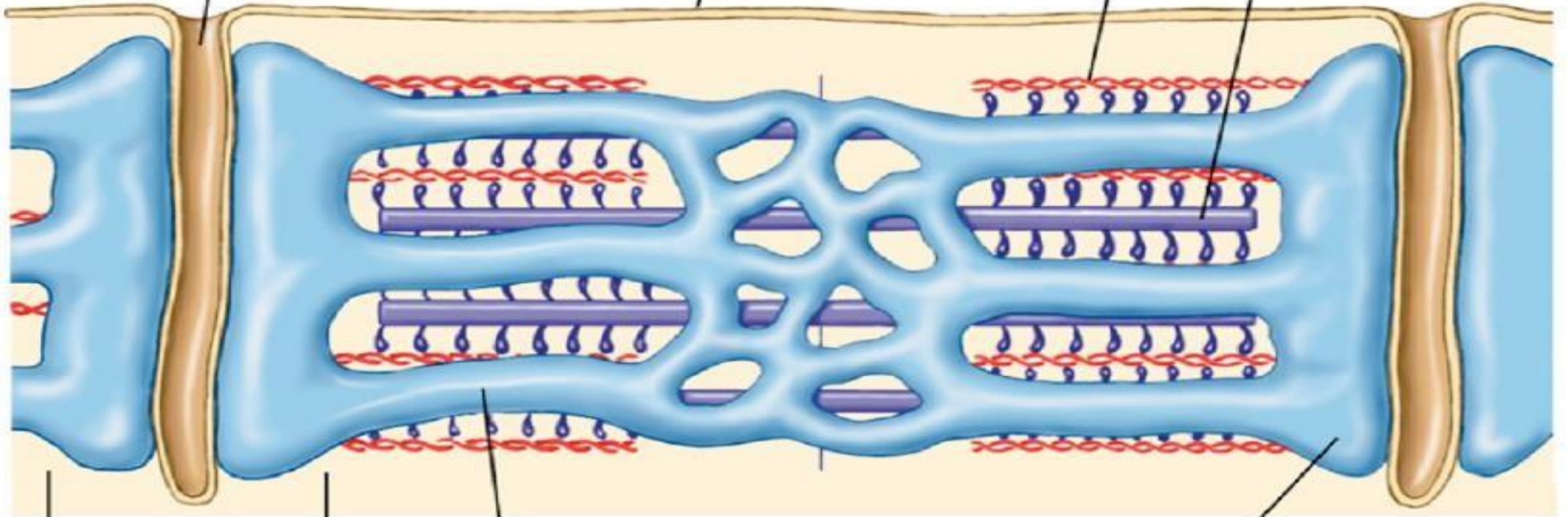
T-tübüller

aksiyon potansiyellerini
kas hücresinin iç kısımlarına
kadar iletirler

Sarkolemma

İnce filamentler

Kalın filamentler



Triad

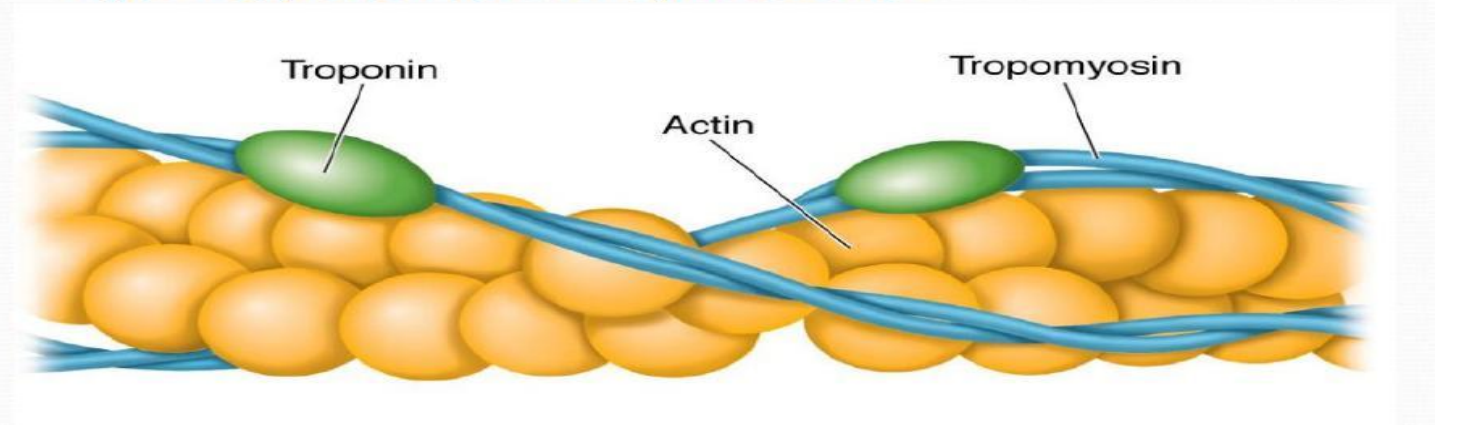
Sarkoplazmik retikulumda
kalsiyum iyonu depoları

Terminal
sisterna (sarnı lar)

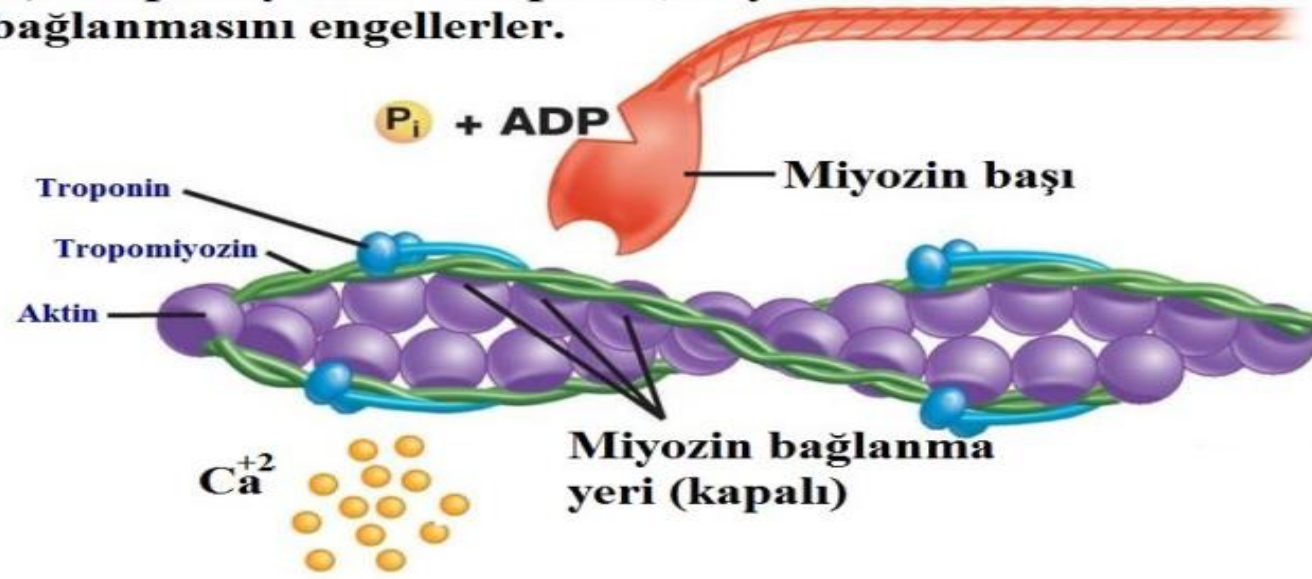
Peki, miyozinin aktinde hareketini başlatıp bitiren moleküller neler:

1. Tropomiyozin
2. Troponin

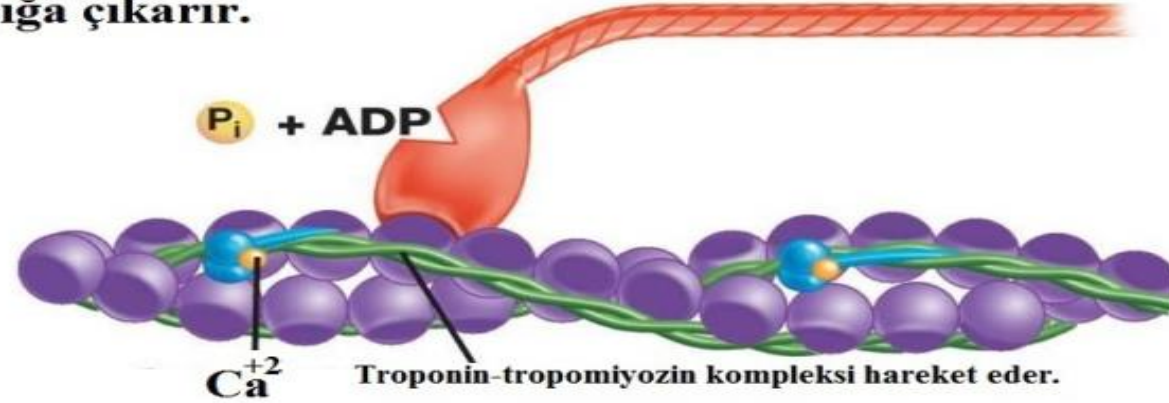
- Aktin miyofilamanı üzerinde uzanan **Tropomiyozin protein** molekülü G-Aktin aktif bölgesini örter.
- **Troponin** protein kompleksi **Tropomiyozine** bağlıdır ve üç alt birimi vardır;
- **Troponin-T** = Troponin'i Tropomiyozin ile bağlar,
- **Troponin-I** = İstirahatte Aktin ile miyozin arasında köprü kurulmasını önler,
- **Troponin-C** = Ca^{+2} bağlar
- Troponin-Tropomiyozin kompleksi G-aktinin aktif bölgeleri ile miyozin başı arasındaki etkileşimi düzenler.



a) Tropomiyozin ve troponin, miyozinin aktine bağlanmasını engellerler.

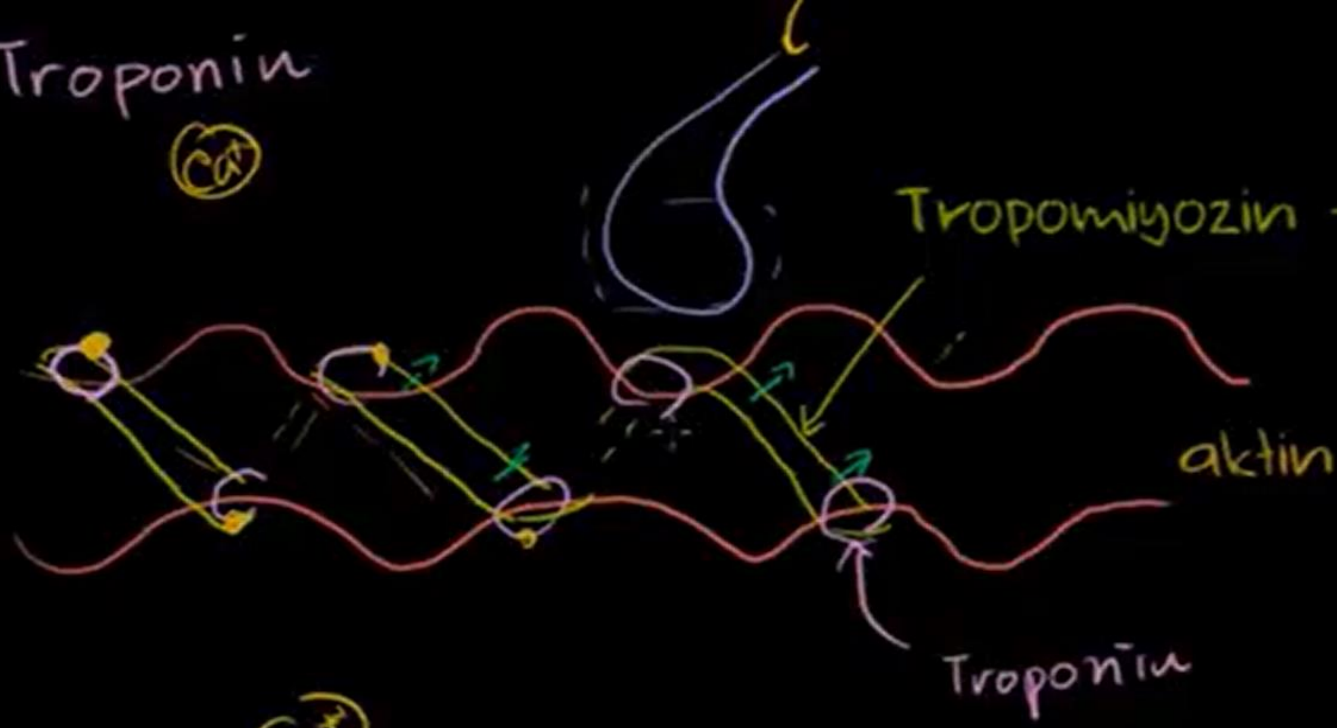


b) Kalsiyum troponine bağlandığı zaman tropomiyozin ve troponin kompleksi yerdeğiştirir ve miyozinin bağlanacağı yeri açığa çıkarır.



Şekil 3 :Kas lifi kasılmasında kalsiyum ve düzenleyici proteinlerin rolü

Troponin
(Ca^{++})



Tropomiyozin - Miyozin "başını" engeller

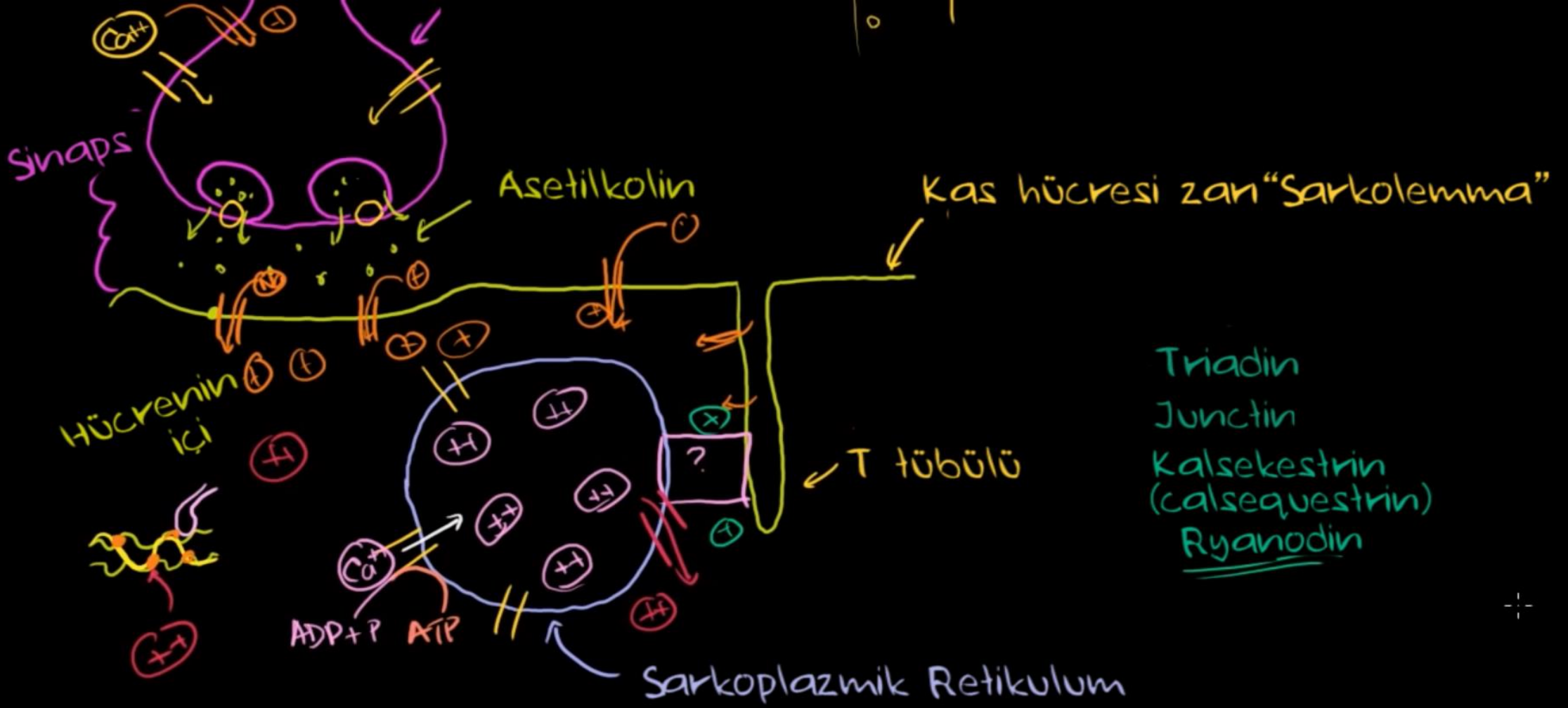
aktin

Troponin

(Ca^{++})

yüksek Ca^{++} → troponine bağlanır → tropomiyozini yoldan çeker

Düşük Ca^{++} → troponin standart şekline döner → tropomiyozinin engeller başını sağlar



KASIN ENERJİ KAYNAĞI

- Kasın kasılması için gerekli enerji **ATP nin hidrolizi** ile elde edilir.
- Bu enerji kasılmanın yanı sıra kasılma sonrası kalsiyumun SR ye pompalanması ve AP nin yayılmasını devam ettirmek amacıyla kas lifi membranında **sodyum potasyum pompası için** kullanılır .
- ATP, ADENİN RİBOZ VE ÜÇ FOSFATTAN OLUŞUR.
- ATP den bir P ayrıldığında ADP ve 7300 kalorilik enerji açığa çıkar.
- Bu enerji kas kasılmasında kullanılır. Ancak bu kas gücünü 3 sn sürdürebilecek ATP bulunur.
- ATP nin tekrar sentezi için ADP ye bir fosfat grubunun eklenmesi gereklidir .Bu olaya **fosforilasyon** denir.

ATP nin sürekli yenilenmesi için 3 sistem vardır

1. KREAATİN FOSFAT SİSTEMİ
2. GLİKOJEN LAKTİK ASİT SİSTEMİ(ANAEROBİK GLİKOLİZ)
3. AEROBİK GLİKOLİZ

1) KREATİN FOSFAT SİSTEMİ:

- ATP'yi yeniden oluşturmak için ilk enerji kaynağı kreatin fosfattır (fosfokreatin).
- Kas hücrelerinde kreatin fosfat konsantrasyonu ATP den fazladır .
- İstirahat halinde ATP fosfat gruplarını kreatine transfer ederek Kreatin fosfat oluşturur.
- Egzersiz halinde kreatin fosfat hidrolize olarak ADP'den ATP oluşumunu sağlar.
- Oluşan ATP de hidrolize olarak kasılmayı devam ettirir.

ATP ile birlikte kreatin fosfata fosfagen enerji sistemi adı verilir.

- Fosfagen enerji sistemi kas kasılmasını 8 sn. sürdürebilir.
- Fosfagen enerji sistemi kısa süreli patlayıcı kas gücü için kullanılır .Örnek 100 m koşucusu olan atlet
- Kreatin ve ATP arasında fosfat transferini sağlayan enzim: KREATİNFOSFOKİNAZ (CPK)
- Kreatinfosfokinaz (CPK) hangi durumlarda artar.
 - Miyokart infarktüsü (MI)
 - Muskuler distrofi (dejeneratif iskelet kası hastalığı)

- Fosfokreatin kasta depolu olan, **yüksek enerji bağı içeren başka bir kimyasal bileşiktir** ve ATP gibi parçalandığında önemli miktarda enerji açığa çıkar.
- **Yüksek enerjili fosfat bağının kreatinden ayrılması sonucu enerji açığa çıkar.** Gerçektende fosfokreatinin yüksek enerjili fosfat bağları, ATP'nin yüksek enerji bağlarının yenilenmesi için gerekli enerjiyi kolayca sağlayabilir.
- Dahası kasların çoğunda **ATP'nin iki üç katı kadar** PC bulunur. Ancak kas içinde depolu bulunan PC miktarı sınırlıdır.
- Çok yüksek şiddet ve çok kısa süreli egzersizlerde (10 sn'den kısa süren eforlarda) kas kasılması için gerekli olan enerjinin önemli bir kısmı bu yolla sağlanmaktadır.

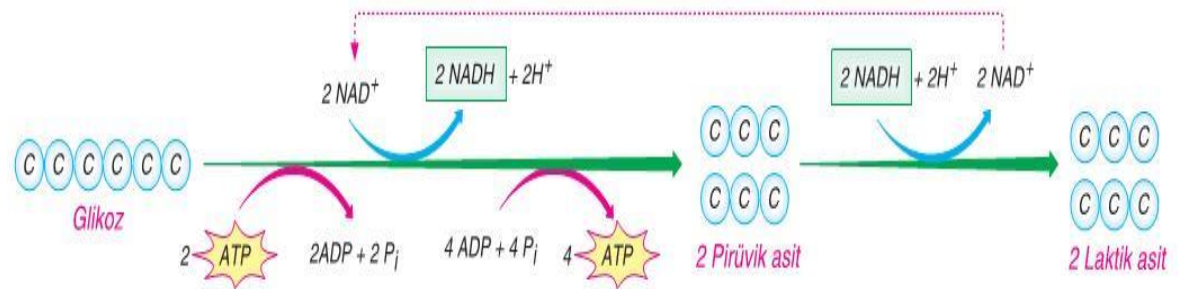
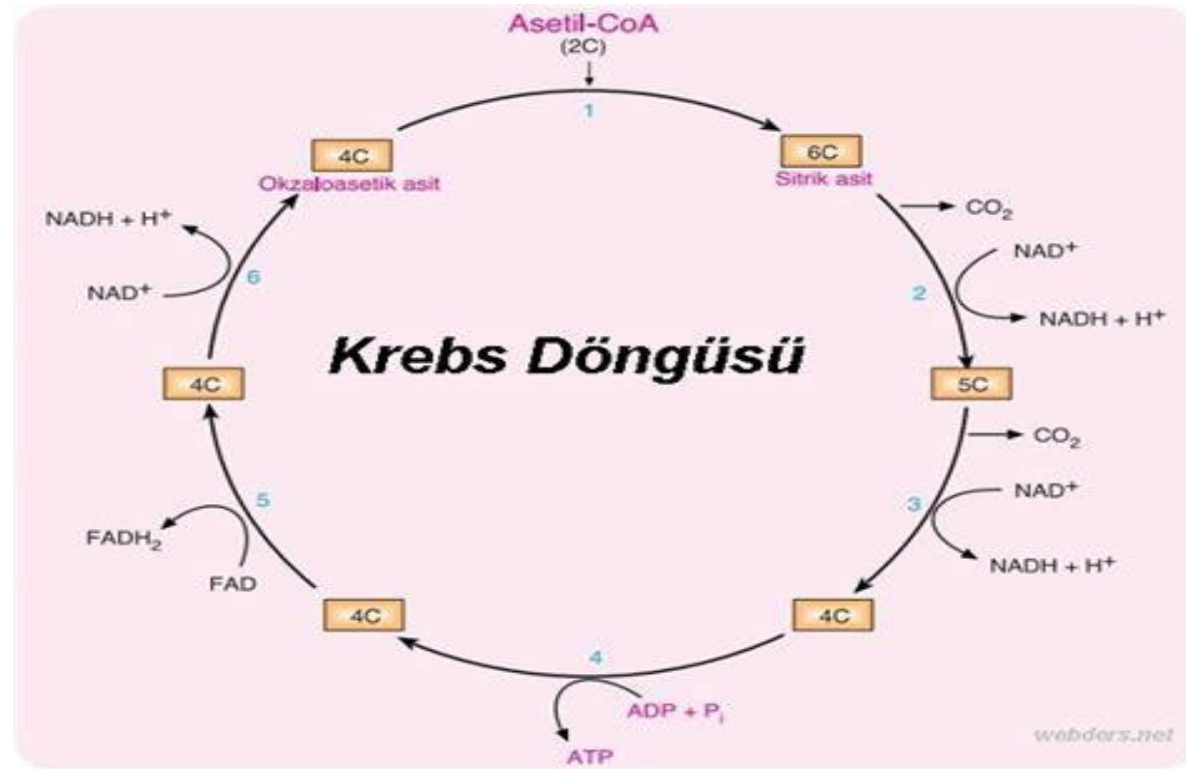
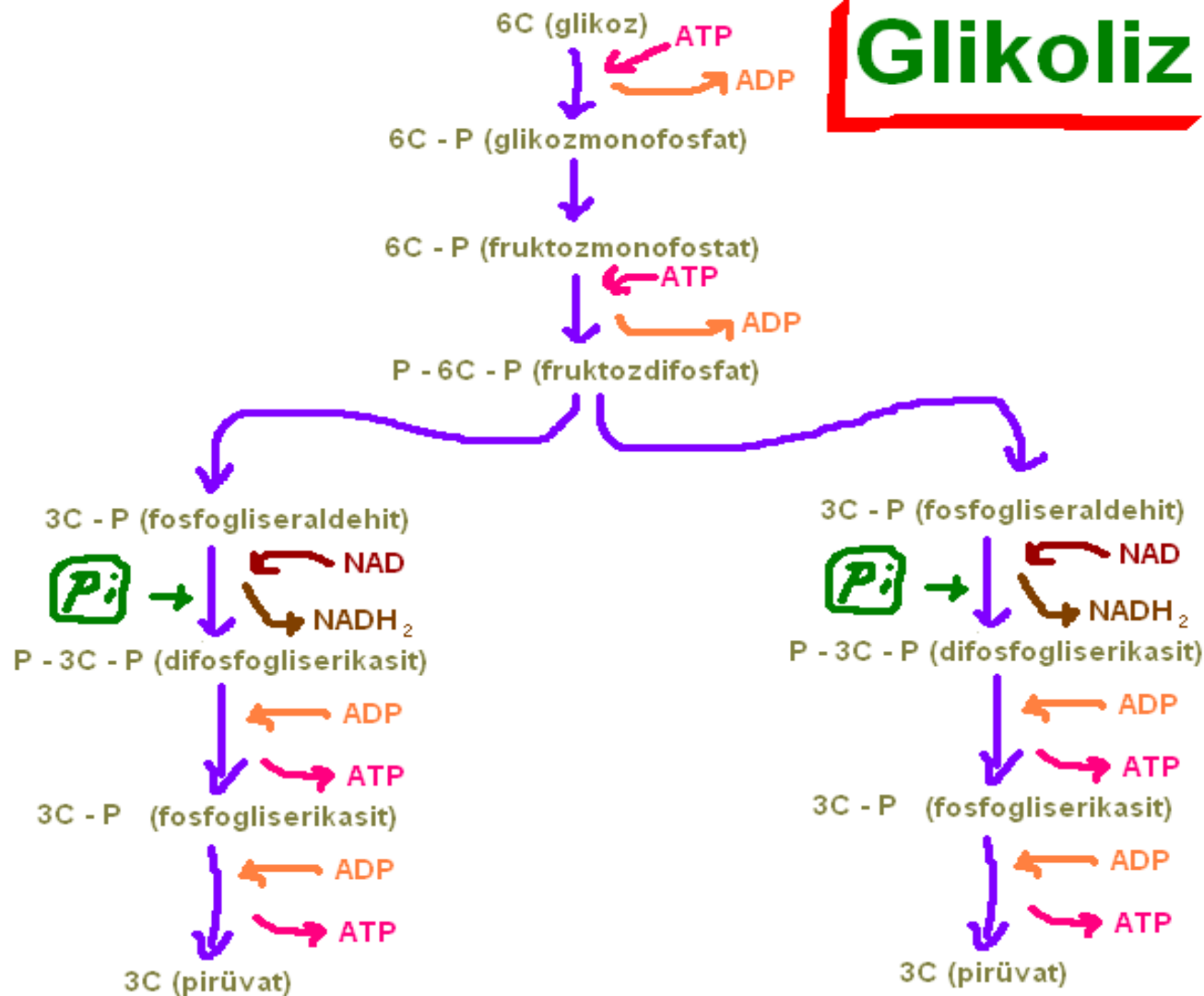
2)GLİKOJFEN LAKTİK ASİT SİSTEMİ:

- Kas hücrelerinde depo edilen glikojen glikoza parçalanabilir .
- Glikozun pirüvik asit (piruvat) ve laktik aside yıkılmasına glikoliz denir.
- Glikoliz sırasında bir glikoz önce 2 pirüvik aside ayrılır. Sonra her pirüvik asit iki yoldan birini izler.
 - a) Pirüvik asit kas hücresinin mitokondrilerine girerek oksijen varlığında **36 -38 ATP** sağlar (**AEROBİK GLİKOLİZ**)
 - b) Oksijen yetersizse pirüvik asit laktik aside çevrilir (laktik asit kas hücrelerinden intertisyel sıvıya ve oradan kana difüze olur). Laktik asit yorgunluğa neden olur. Oksijen kullanılmadığı için **ANEROBİK GLİKOLİZ : Embden Meyerhof yolu** denir.
Net 2 ATP oluşumu sağlanır.
- **Anerobik glikolizle kas kasılması 1- 2 dk sürer.**
- Anerobik glikolizin en önemli bir özelliği ATP oluşumu aerobik glikoliz e göre daha hızlıdır.
- Bu nedenle kısa ve orta süreli kas kasılmalarında bu fonksiyon iş görür.

3) AEOBİK SİSTEM:

- Ortamda yeterli oksijen bulunduğunda pirüvik asit mitokondride sitrik asit siklusuna (kreps siklusu –trikarboksilik asit siklusu) girerek CO₂ ve H₂O ya metabolize olur,
 - Sitrik asit siklusu sonucu net 30 -32 ATP yapımı sağlanır .
 - Uzun süreli kasılmalarda kullanılan enerjinin % 95 i bu yolla sağlanır.
 - Sistemler dayanıklılık yönünden karşılaştırıldığında
-
- Fosfogen sistem 8 saniye : Ani kas gücü gereken durumlar (100m koşucusu, ağırlık kaldırma)
 - Glikojen laktik asit sistemi 1-2 dakika : 200 -800 m koşanlarda
 - Aerobik sistem sınırsız enerji sağlar : Aerobik sistem maraton koşanlarda

Glikoliz



Olayda solunum enzimleri etkindir ve her aşamada kullanılırlar.

- 2 ATP harcadı	2 NAD indirgenir (ETS'de 3 x 2 = 6 ATP)	- Yeşil "pi"ler reaksiyonlara ortamdaki katılan fosforları gösterir.
- 4 ATP üretildi		
- NET: 2 atp		

SARSI EĞRİSİ

Tek bir aksiyon potansiyeli kısa süreli bir kasılma ve gevşemeye neden olur.

Bu olaya kas sarsısı grafiğine de sarsı eğrisi denir.

Yani bir kasın kasılıp gevşemesine sarsı denir.

Sarsı eğrisi latent dönem kasılma dönemi ve gevşeme döneminden oluşur

Latent Dönem: Uyarının kasa uygulanmasından kasta kasılmanın başlamasına kadar geçen zaman

Kasılma Dönemi: Latent dönemden sonra kasın boyca kısalması veya kuvvet geliştirilmesi

Gevşeme Dönemi: Kasın boyca uzaması normale dönmesi, **gevşeme dönemi kasılma döneminden saha uzun sürer.**

Latent dönem dahil kasılması ve normal duruma dönmesi için geçen zamana **sarsı süresi** denir

- Motor birim Bir motor nöron ve onun aksonları kolları tarafından inerve edilen kas liflerine **MOTOR BİRİM DENİR**
- Motor birimdeki hücre sayısı kasın yaptığı işin kaba ve ince oluşuna bağlı olarak değişir.

SUMASYON VE TETANUS

- Tek tek sarsıların birleşerek kasın kasılma şiddetinin arttırılmasına sumasyon (kas kasılmalarını birikmesi) denir.
- Multiple lif sumasyonu aynı anda kasılan motor birimlerin sayısının artması
- Uyarı şiddetine bağlı olarak uyarı şiddeti arttıkça daha büyük motor birimler uyarılır ve basamaklar halinde kasılma dereceli olarak artar.

- **Frekans sumasyonu:** Kasılma frekansının yani sayısının artması durumudur. Bu tetanus a sebep olabilir
- Uyarı aralığı sarsı süresinden daha kısa olursa bu uyarı ilk kasılmaya katılmayan diğer kasılma elemanlarının aktivasyonuna neden olarak kasılmanın artmasına neden olur.
- Kasta gevşeme oluşmadan kasılmalar birbiri üzerine eklenir
- Frekans artırılır, uyarılar sarsı süresinin yarısından daha kısa aralıklarla uygulanırsa kas gevşemeye fırsat bulamaz ve devamlı kasılma halinde kalır. Buna **tetanus** denir.
- Kasılma gücü maksimuma ulaştıktan sonra frekansın daha fazla artması kasılma gücünü artırmaz.

- Uyarılar arasında gevşemenin görülmediği kasılma cevabına **TAM TETANUS** herhangi bir gevşemenin görüldüğü kasılma cevabına **TAM OLMAYAN TETANUS** denir.

KASILMA TIPLERİ

- İZOMETRİK KASILMA :
- Kasın uzunluğu – boyu sabit kaldığı halde geriminin - kuvvetini (tonusu) artırıldığı kasılma şekline izometrik kasılma (izo =aynı , metrik ölçüm)
- Kasın kısalmadan kasılması denebilir.
- Kasın boyunda değişiklik olmaksızın tonusunda artış vardır.
- Kasın kasılması hareket oluşturmazsa izometrik kasılma denir.
- İzometrik kasılmada hareket oluşmadığı için bu kasılmaya Statik kasılmada denir .
- Ayakta durmak .bir ağırlığı belirli yükseklikte tutmak
- Fiziksel anlamda bir iş oluşmaz .

- **Tetanik kasılma (tetanus):** Uyarıların hızlı bir şekilde tekrar edilmesi sonucunda kasın **gevşemeden sürekli kasılması** durumudur.
- Herhangi bir gevşeme görülüp görülmemesine göre **tam** ve **tetanik kasılma** diye iki farklı tipi vardır.
- Spazm ve kramp iskelet kasındaki tetanik kasılmalara örnek olarak verilebilir.



İzotonik kasılma: Kas geriminin (tonus) sabit tutularak, uzunluğunun boyunun değişmesiyle (kısalma veya uzama) meydana gelen kasılma şekline denir. Kastaki gerim sabit tutularak kasılmadır.

- İzotonik kasılmada hareket vardır.
- Hareket sonucu iş oluştuğundan dinamik kasılma da denir **örnek bir ağırlığın yukarıya** kaldırılması
- Bir kasın kasılması hareket oluşturursa bu kasılma **tipi izotonik kasılmadır**.

DÜZ KASLAR Sindirim sistemi solunum sistemi üriner sistem damarlar (İçi boşluklu organlar)

deri ve göz de bulunur.

Özel bağlantı yapıları (**gap junction**) vardır. Çizgili kasta bu yoktur.

Düz kasta aktin miyozin tropomiyozin vardır . Troponin yoktur

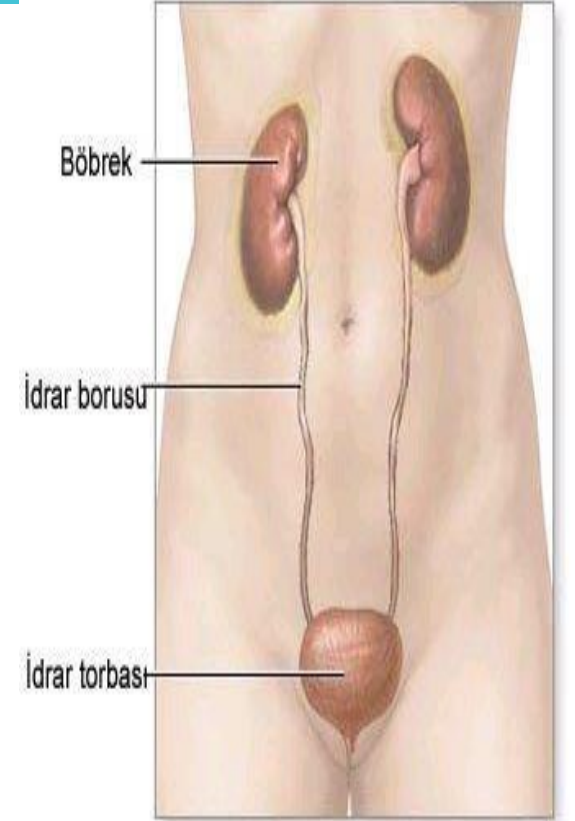
Troponin yerine kalsiyum bağlayan **Kalmodulin** bulunur.

İskelet kas kavşağındaki veziküllerde **Asetilkolin**

Düz kaslarda otonom sinir lifi sonlanmalarında bazı liflerde **asetilkolin** bazılarında **norepinefrin** bulunur.

Visseral düz kaslar uyarı olmadanda kendiliginden kasılabilirler

.Visseral düz kaslar Sempatik ve Parasempatik sinirler alır





Düz Kasta Kasılma

Düz kasta troponin yoktur Bu nedenle kalsiyum **kalmodule** bağlanır.

Kalmodulin miyozin hafif zincir kinazını aktive eder.

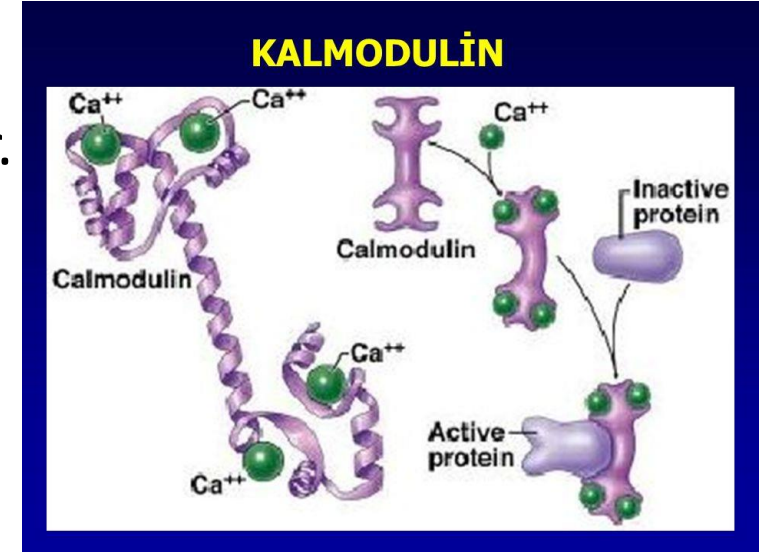
Kinaz miyozini fosforile eder.

ATP- az aktive edilir.

Kas membranı mekanik uyarıma da duyarlıdır.

Kasılma yavaştır fakat gücü zayıf değildir.

- İskelet kas kavşağındaki veziküllerde **Asetilkolin** vardır
- Düz kaslarda otonom sinir lifi sonlanmalarında bazı liflerde **asetilkolin** bazılarında **norepinefrin** bulunur.
- Visseral düz kaslar uyarı olmadan da kendiliğinden kasılabilirler.
- Visseral düz kaslar Sempatik ve Parasempatik sinirler alır.



Katılımınız İçin

Teşekkür Ederiz.

Ekolojik, Ekonomik ve Sosyal Sürdürülebilirlik İçin

İstanbul Gelişim Üniversitesi

