

Ekolojik, Ekonomik ve Sosyal Sürdürülebilirlik İçin

istanbul Gelişim Üniversitesi



Dersin Adı

FİZYOLOJİ

Dersin Haftası: **3. Hafta**

Dersin Öğr. Görevlisinin Adı: **Öğr. Gör. Nurcan ESİN**

E-Posta: nesin@gelisim.edu.tr

Amaç

Kasların fizyolojik özellikleri ile ilgili bilgilerin kazandırılması.

HAFTALIK AKIŞ

3. Hafta: Kas fizyolojisi

ÖĞRENİM HEDEFLERİ

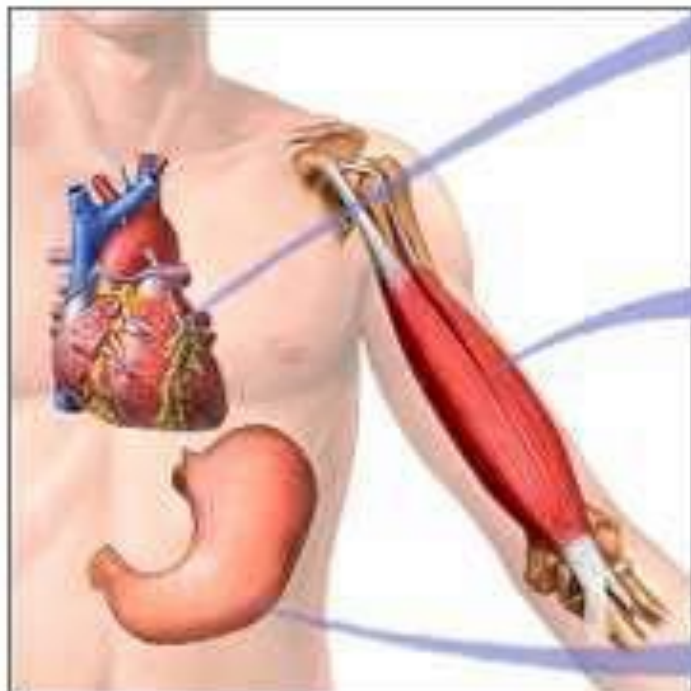
Kasların fizyolojisini bilir.

Kas Doku

Kaslar, vücut ağırlığının yarısını oluşturur. Üç tip kas vardır:

- 1. İskelet kası**
- 2. Düz Kas**
- 3. Kalp kası**





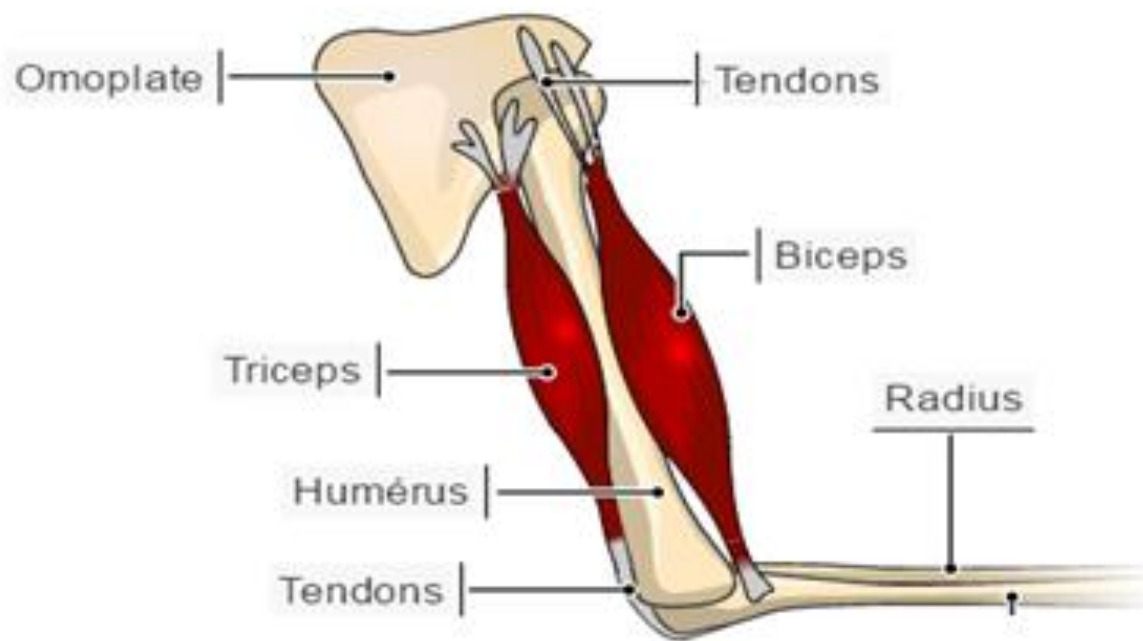
Cardiac muscle cell



Skeletal muscle cell



Smooth muscle cell



Kasın Biyokimyasal Yapısı

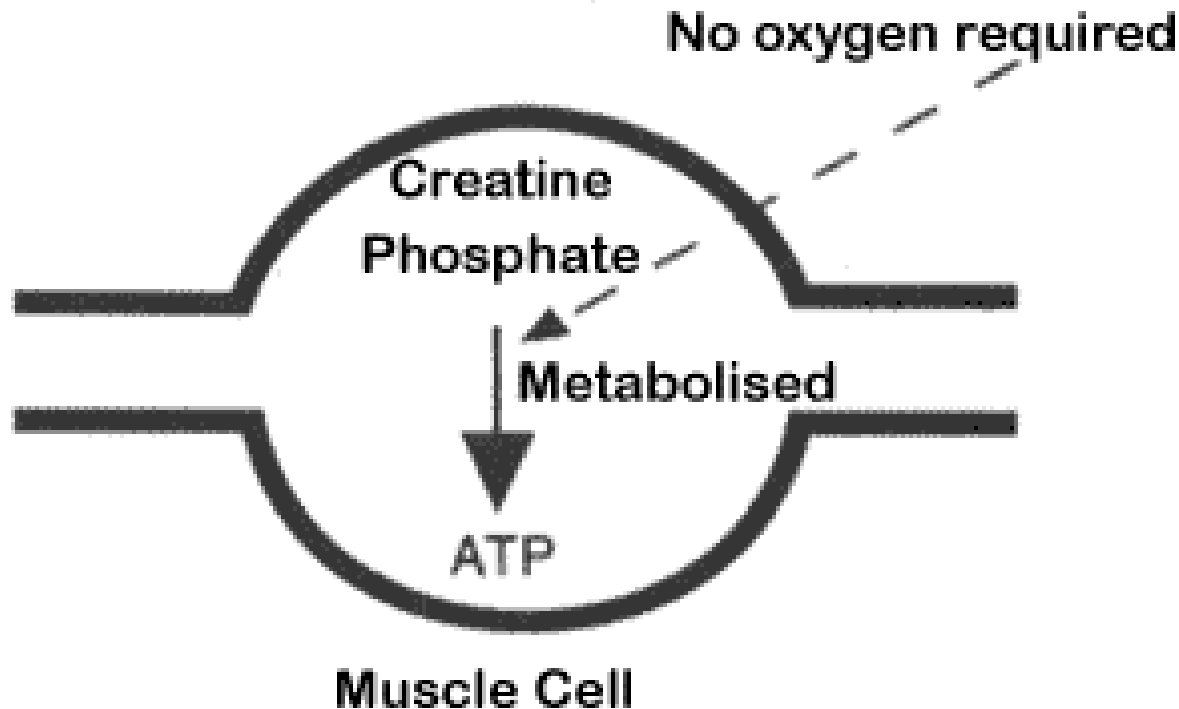
Kaslarda %72-78 oranında su bulunur ki bu, fizyolojik aktivite için esastır.

Kasların %3'ü lipid,
%1'i glikojen,
%19-20'i proteindir.

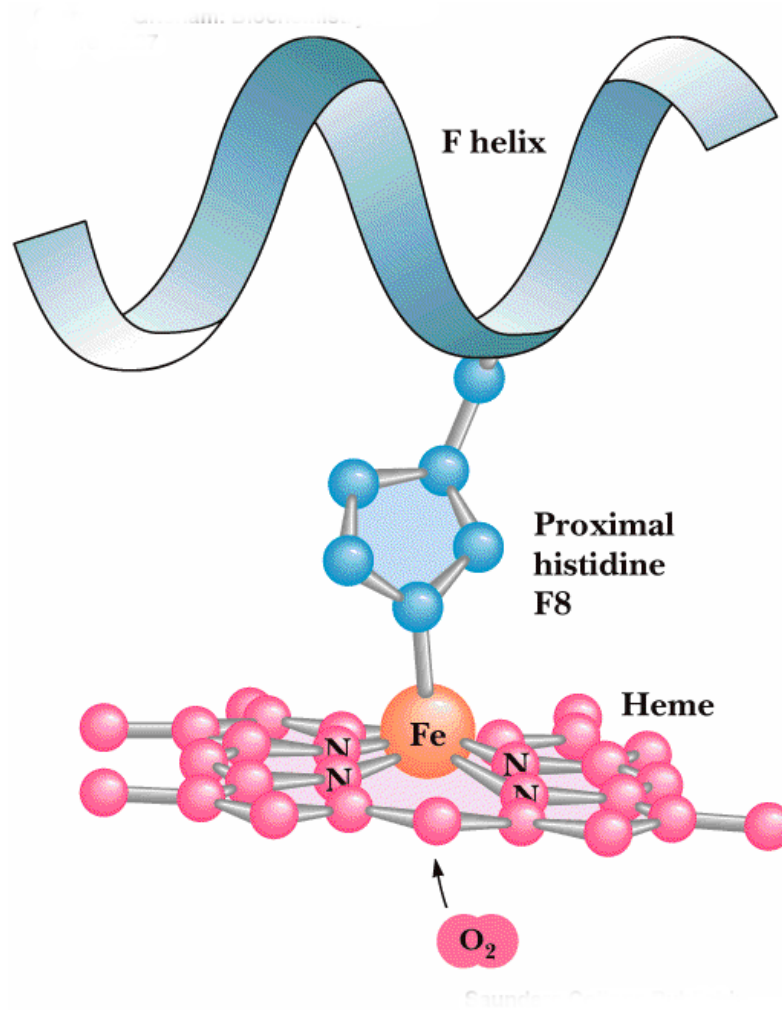


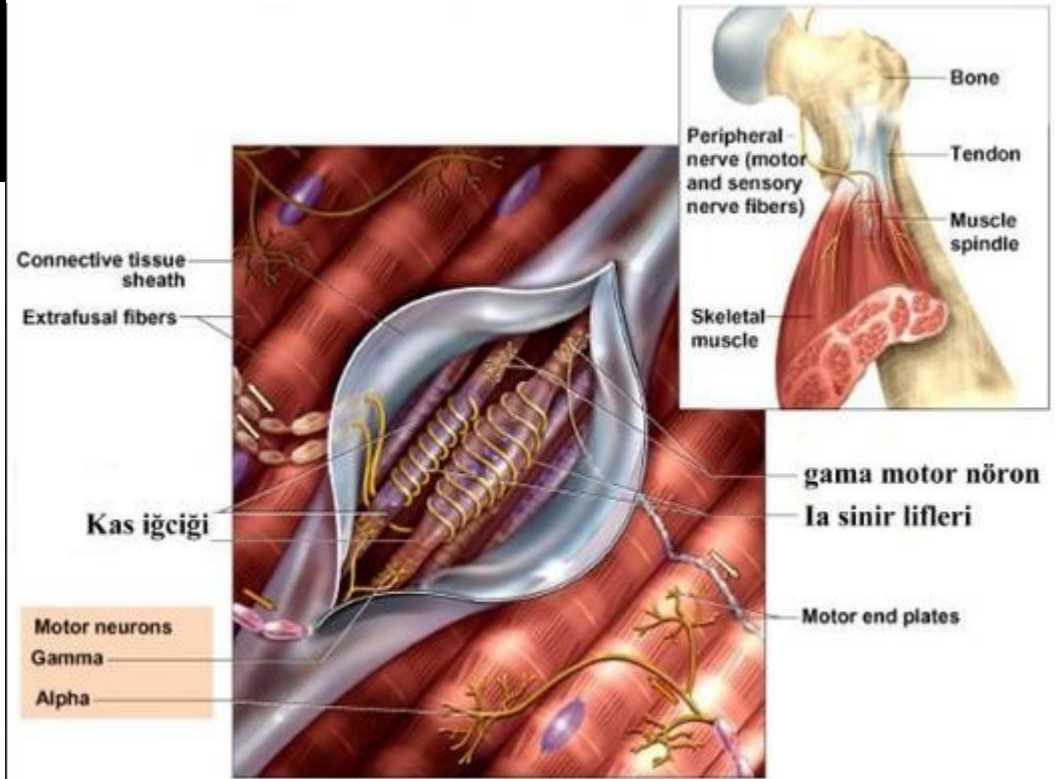
ATP, kasların çok önemli bir maddesidir.

Kaslarda çeşitli enzimler, hormonlar, vitaminler ve inorganik tuzlar da bulunur.

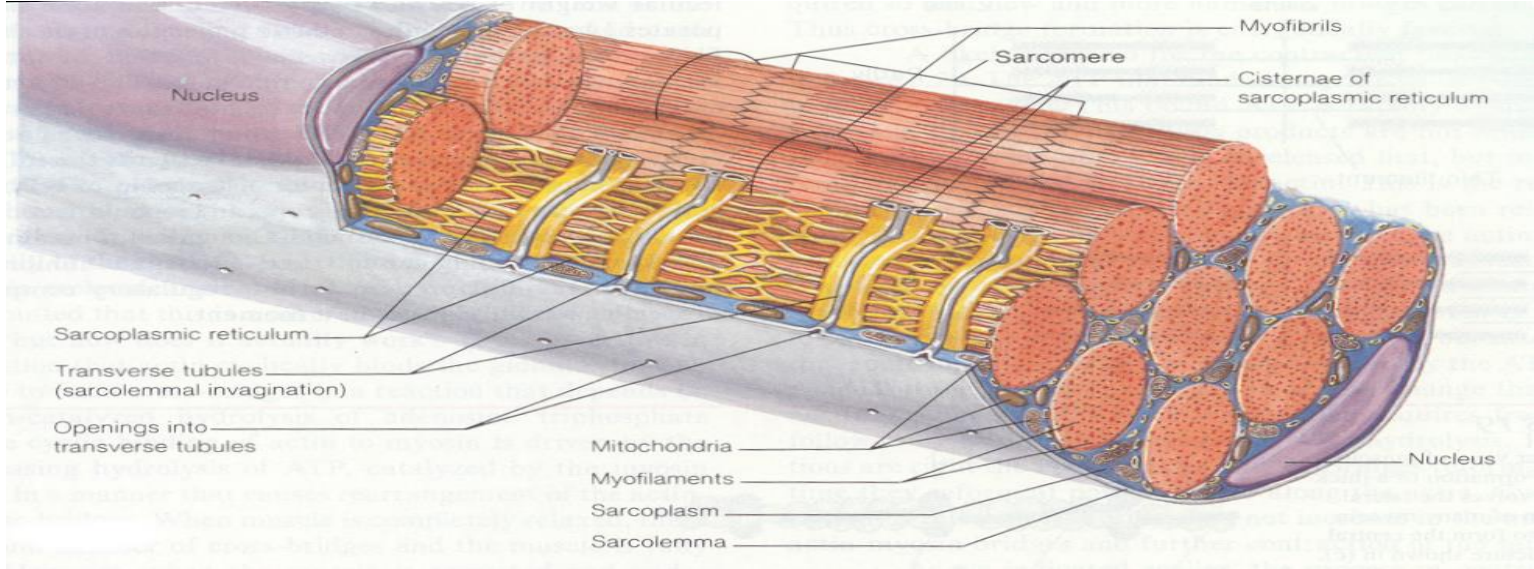


Miyoglobin, kasa kırmızı rengini veren bir bileşik proteindir. Miyoglobin molekülü 1 **hem** grubu içerir ve bununla O₂ depolayabilir.





İSKELET KASI (ÇİZGİLİ KASLAR)



- İstemli kaslardır
- Kas hücrelerine kas lifi denir.
- Birden fazla kas lifinin oluşturduğu demetlere fasikül denir.
- Herbir kas lifi çok sayıda çekirdek içerir.
- Herbir kas lifi çok sayıda ince miyofibriller (protein filament iplikcikleri) taşır.



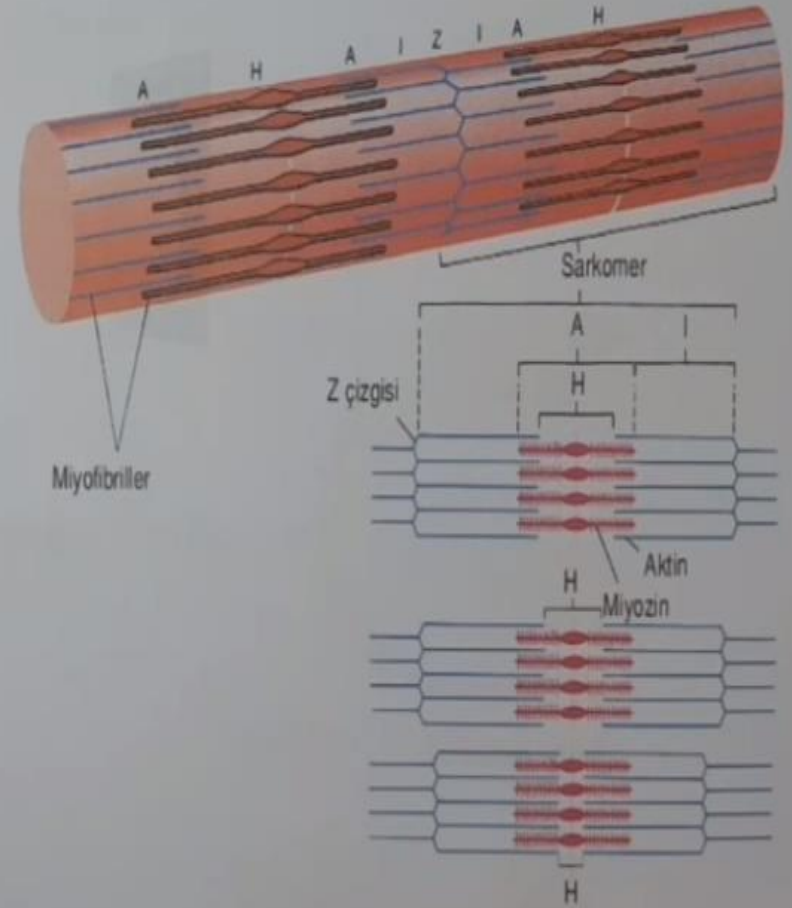
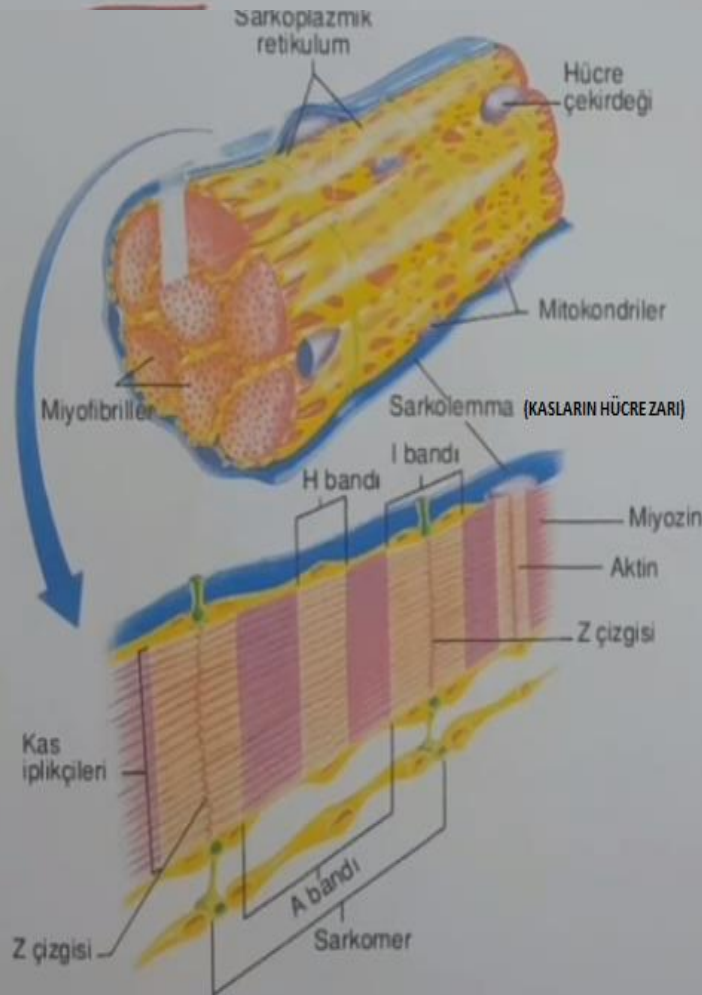
Düz kas



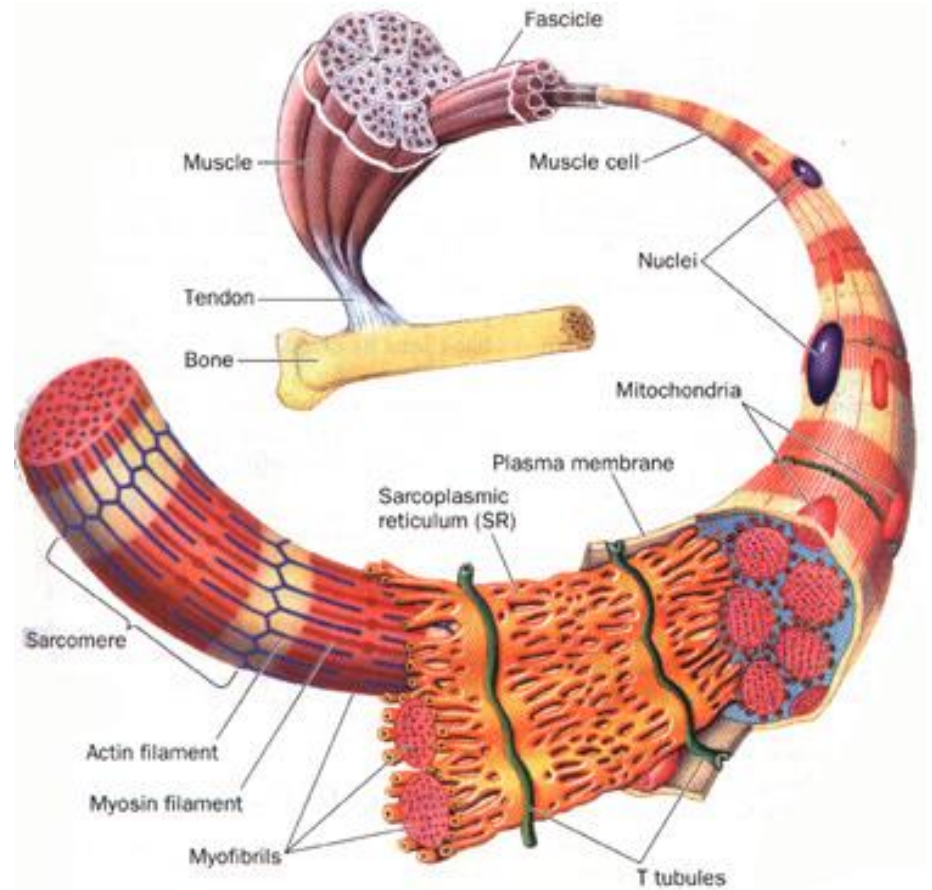
Çizgili kas

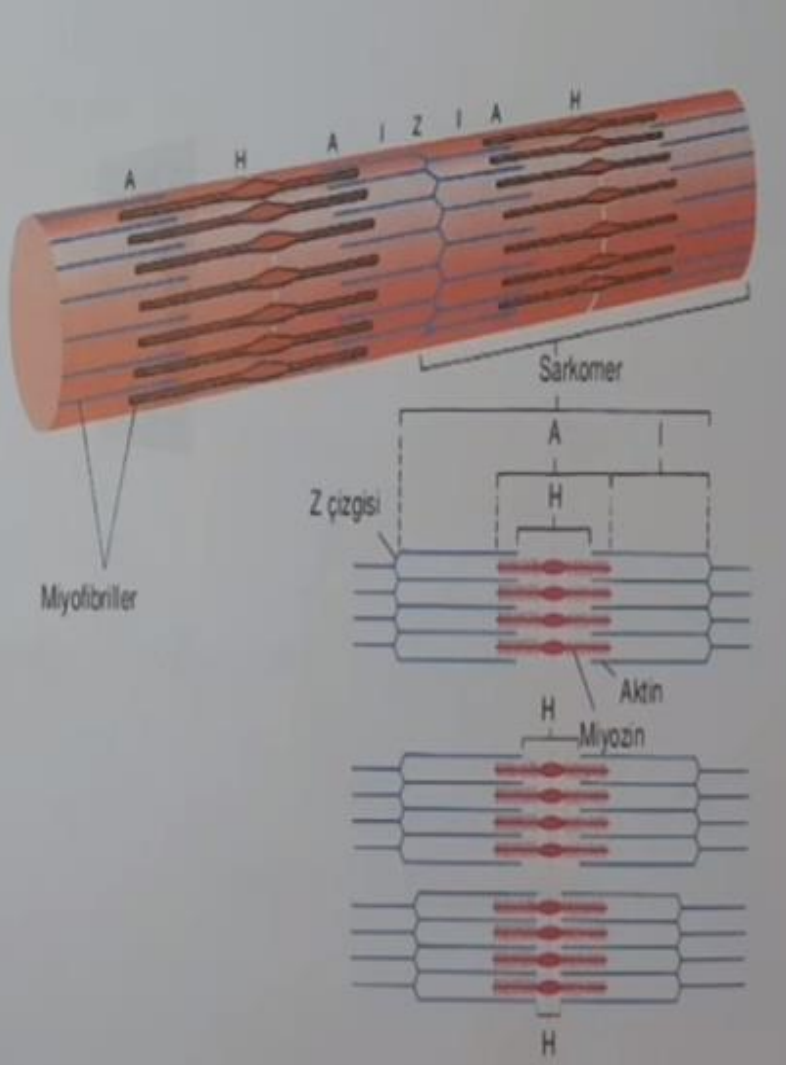


Kalp kası



Kas lifi zarına
Sarkolemma,
stoplazmasına ise
Sarkoplazma denir.
Kas liflerindeki
endoplazmik
retikulumu
sarkoplazmik
retikulum denir.



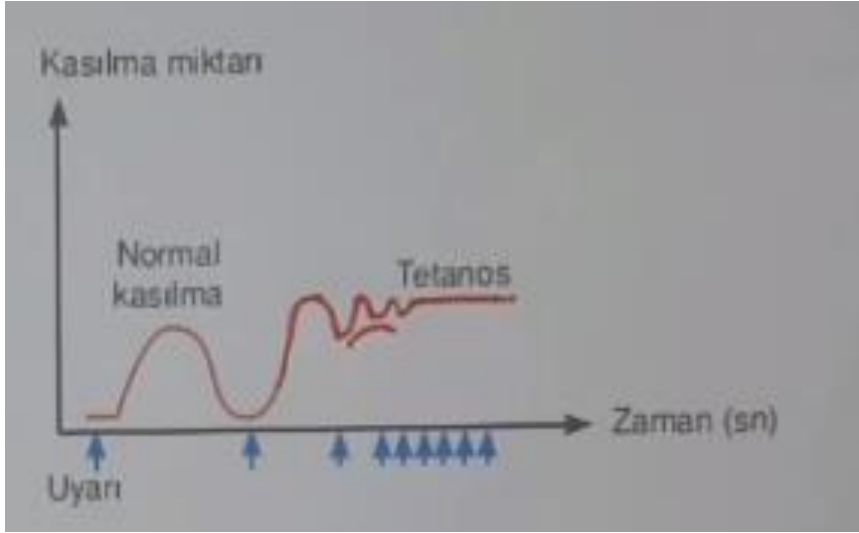


MYOZİNİN KAPLADIĞI ALANA **A** BANDI,

AKTİN'İN OLMADIĞI BOŞLUK YERE **H** BANDI

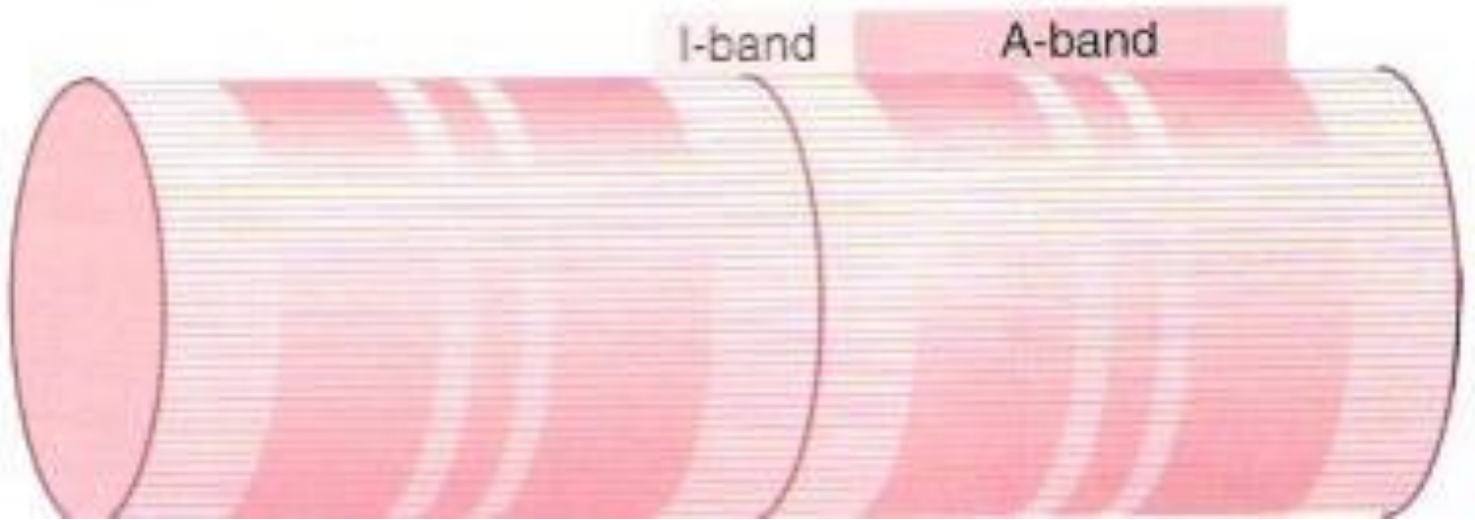
SADECE AKTİN'İN OLDUĞU, MYOZİNİN
OLMADIĞI BÖLGEYE DE **I** BANDI DENİR

KASIN KASILABİLMESİ İÇİN GEREKLİ OLAN
EN KÜÇÜK UYARI ŞİDDETİNE **EŞİK**
DEĞER DENİR. EŞİK DEĞERİN ALTINDAKİ
UYARILARA CEVAP VERMEZ,
ÜZERİNDEKİLERE İSE BÜTÜN GÜCÜYLE
CEVAP VERİR. BU KURALA "**YA HEP-YA HIÇ**
KURALI" DENİR.



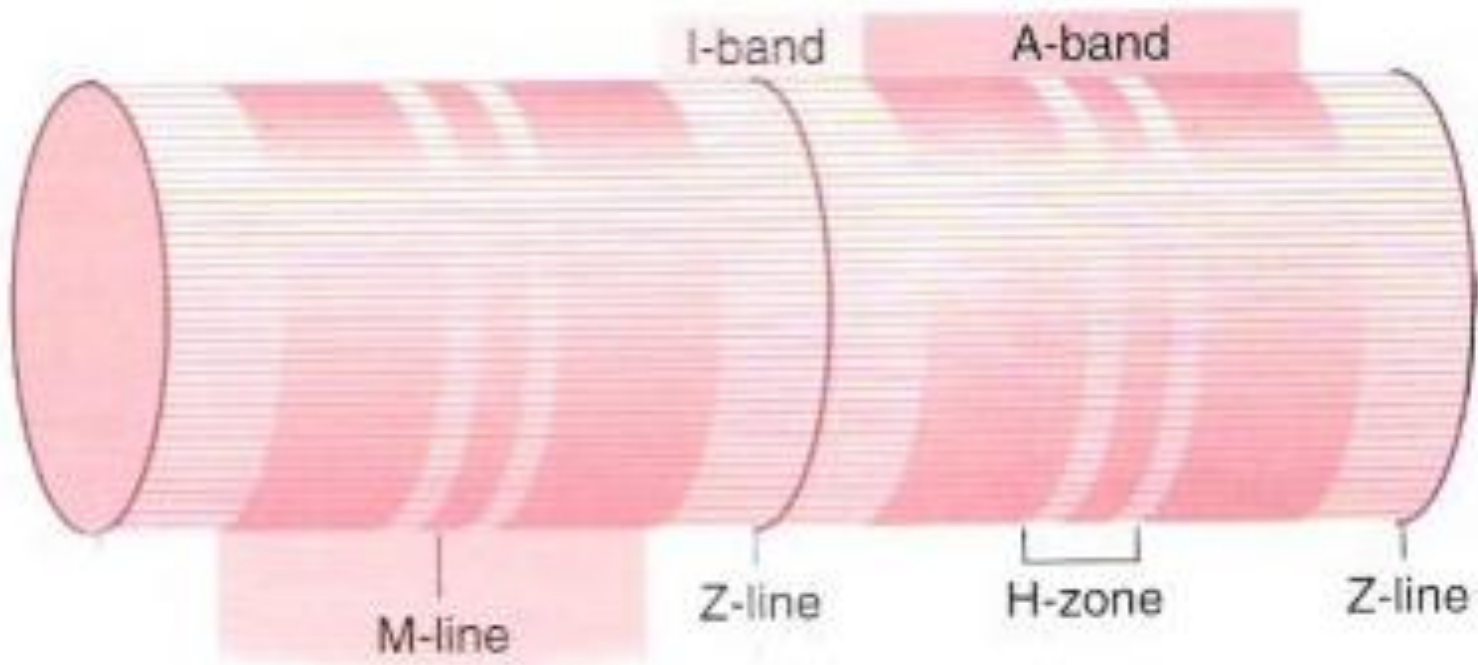
KASA VERİLEN UYARI SIKLIĞI ARTTIKÇA, KAS DİNLENME EVRESİNE GEÇEMEDEN KAS YENİDEN KASILIR, TEKRAR DİNLENME EVRESİNE GEÇMESİ GEREKİRKEN YENİDEN GELEN UYARI İLE TEKRAR KASILIR, BUNA “YARI TETANOZ” DENİR, DİNLENME EVRESİNE GEÇEMEYEN KAS KASILI OLARAK KALIRSA BUNA “TETANOS” DENİR.

Bir tek miyofibril elektron mikroskobu ile boyuna kesitte incelendiğinde birbiri ardına gelen koyu **A** ve açık **I** bandları gözlenir.

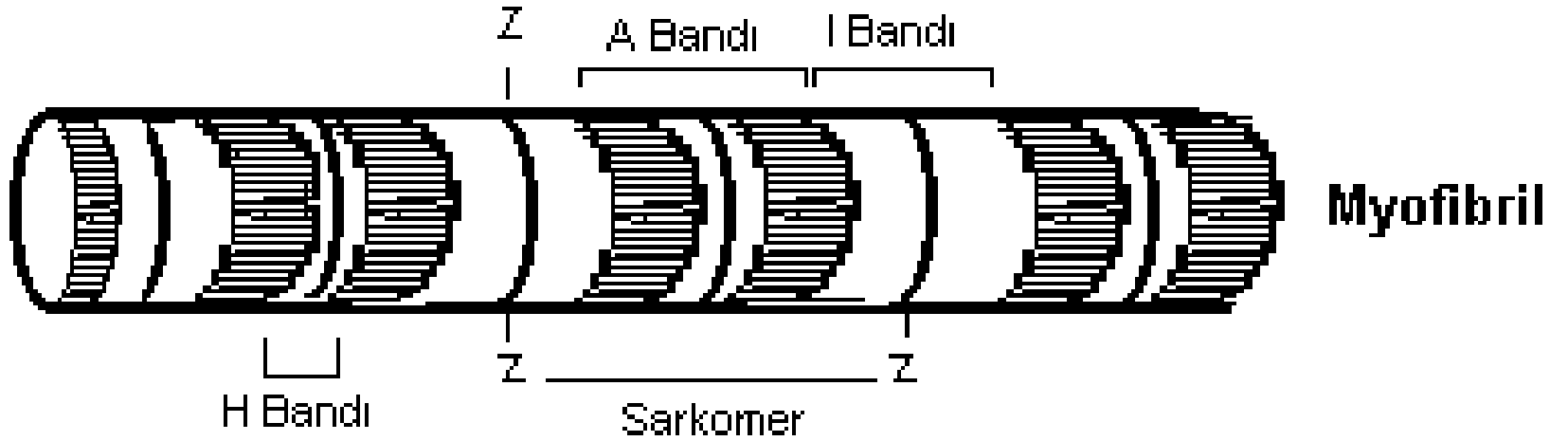


A bandının merkezi kısmı daha az yoğun gözükür ve **H bölgesi** olarak bilinir; bunun da ortasında bir **M çizgisi** tanımlanır.

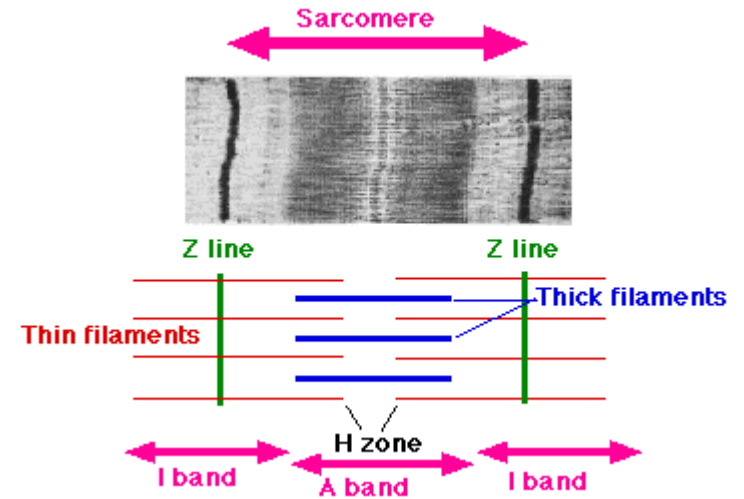
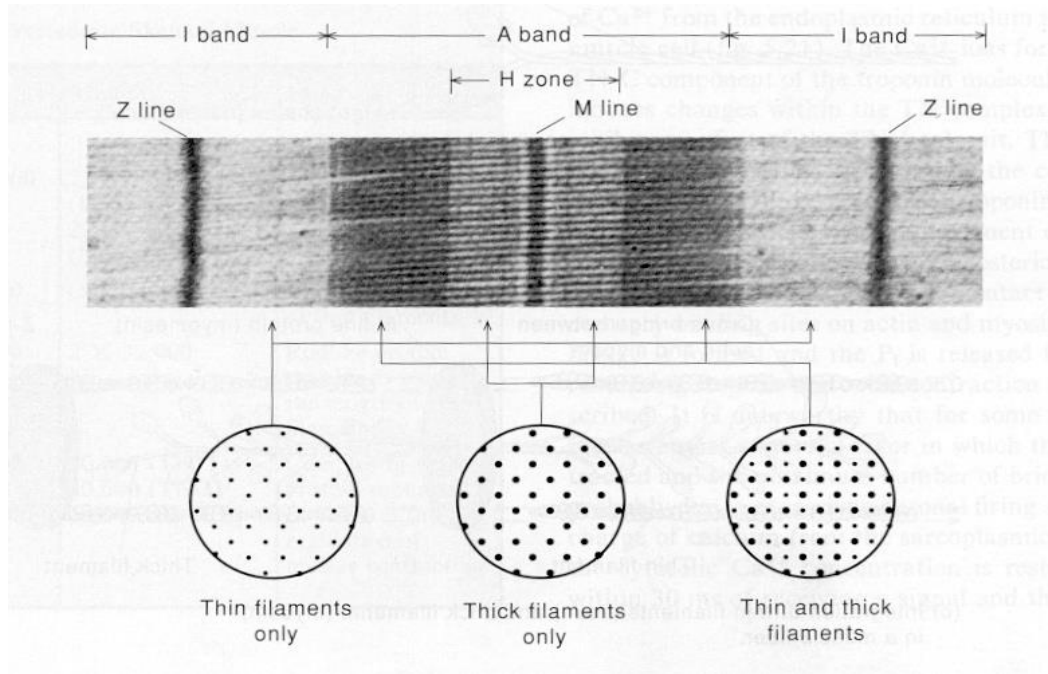
I bandının merkezi kısmında da daha çok yoğun gözükten **Z çizgisi** bulunur.



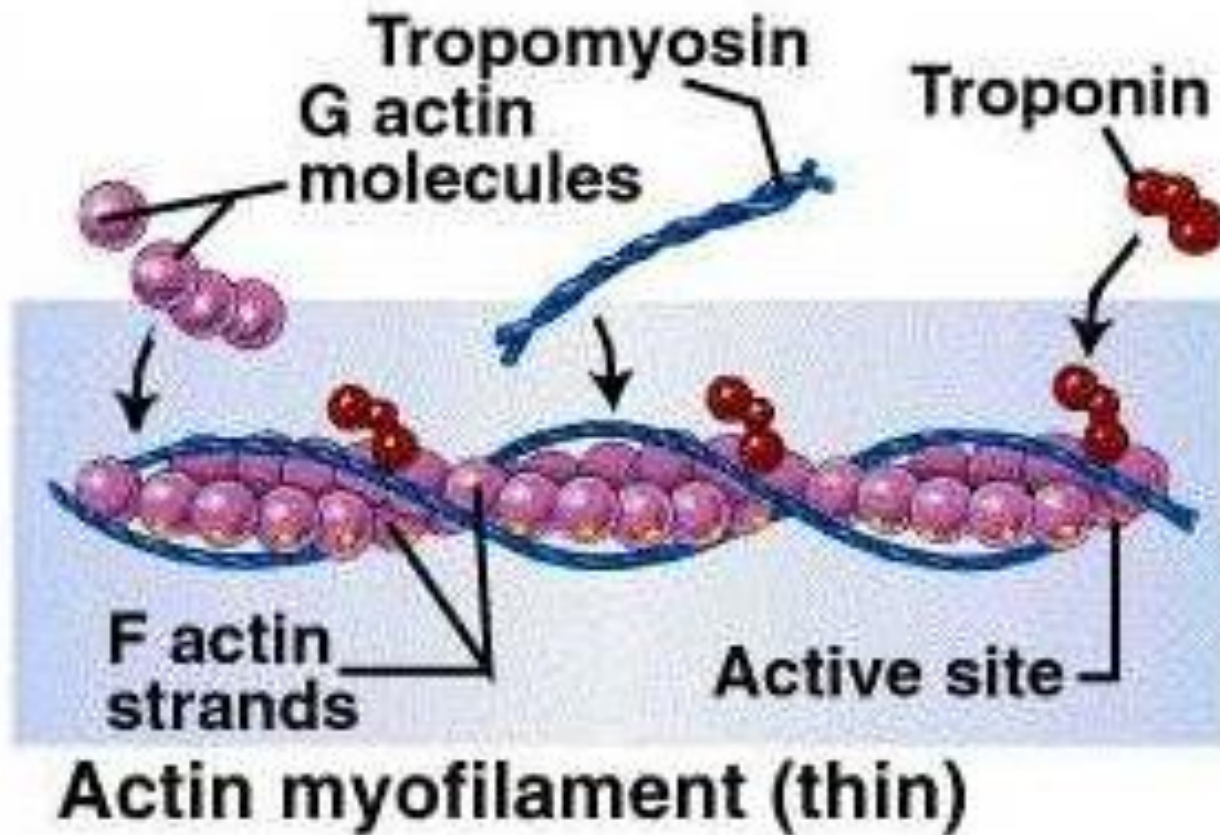
İki Z çizgisi arasında kalan kısma **sarkomer** denir.
Bir kasta işlev gören kısım sarkomerdir.



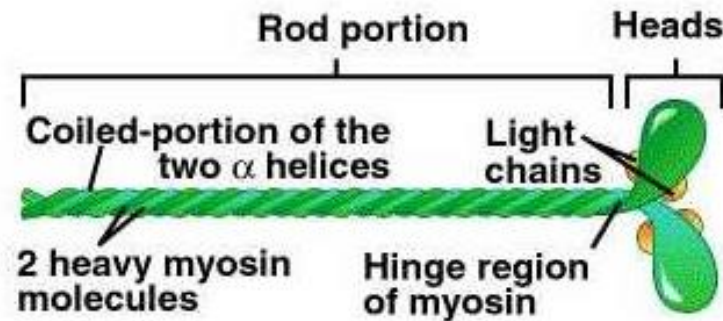
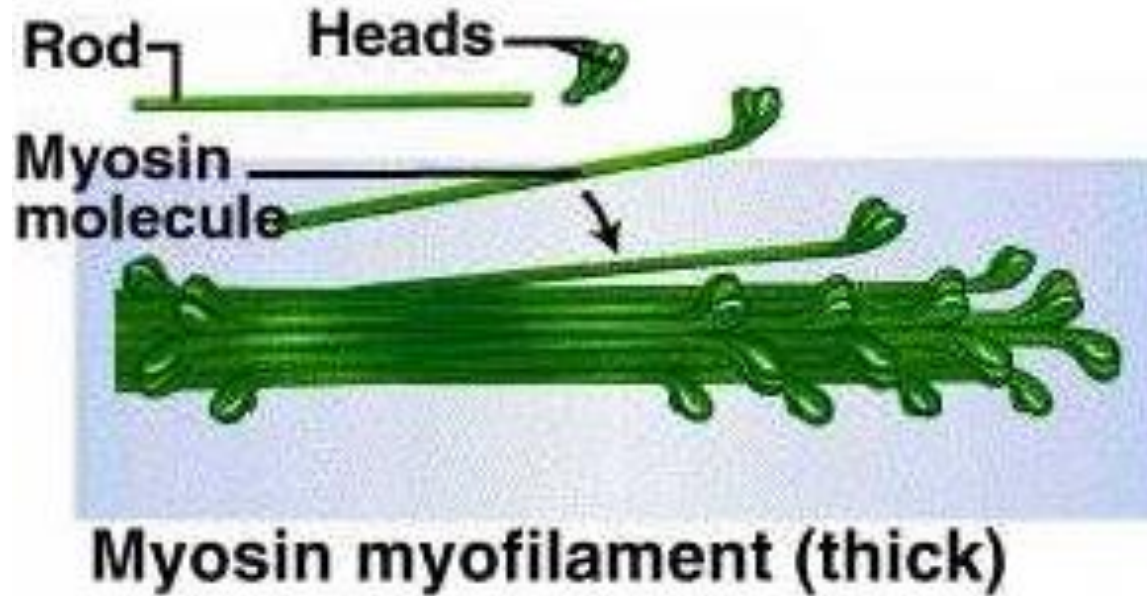
Her miyofibril uzunlamasına kalın filamentler (miyozin) ve ince filamentler (aktin, troponin ve tropomiyozin) olmak üzere iki tiptir.



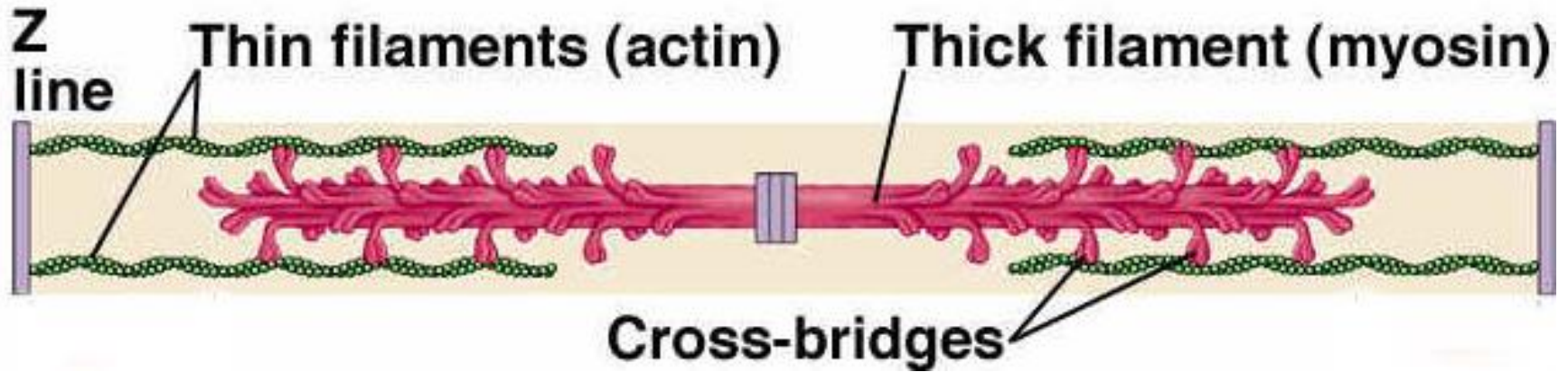
(ince filamentlerin yapısı) Aktin, tropomiyozin ve troponin proteinlerinin yapısı



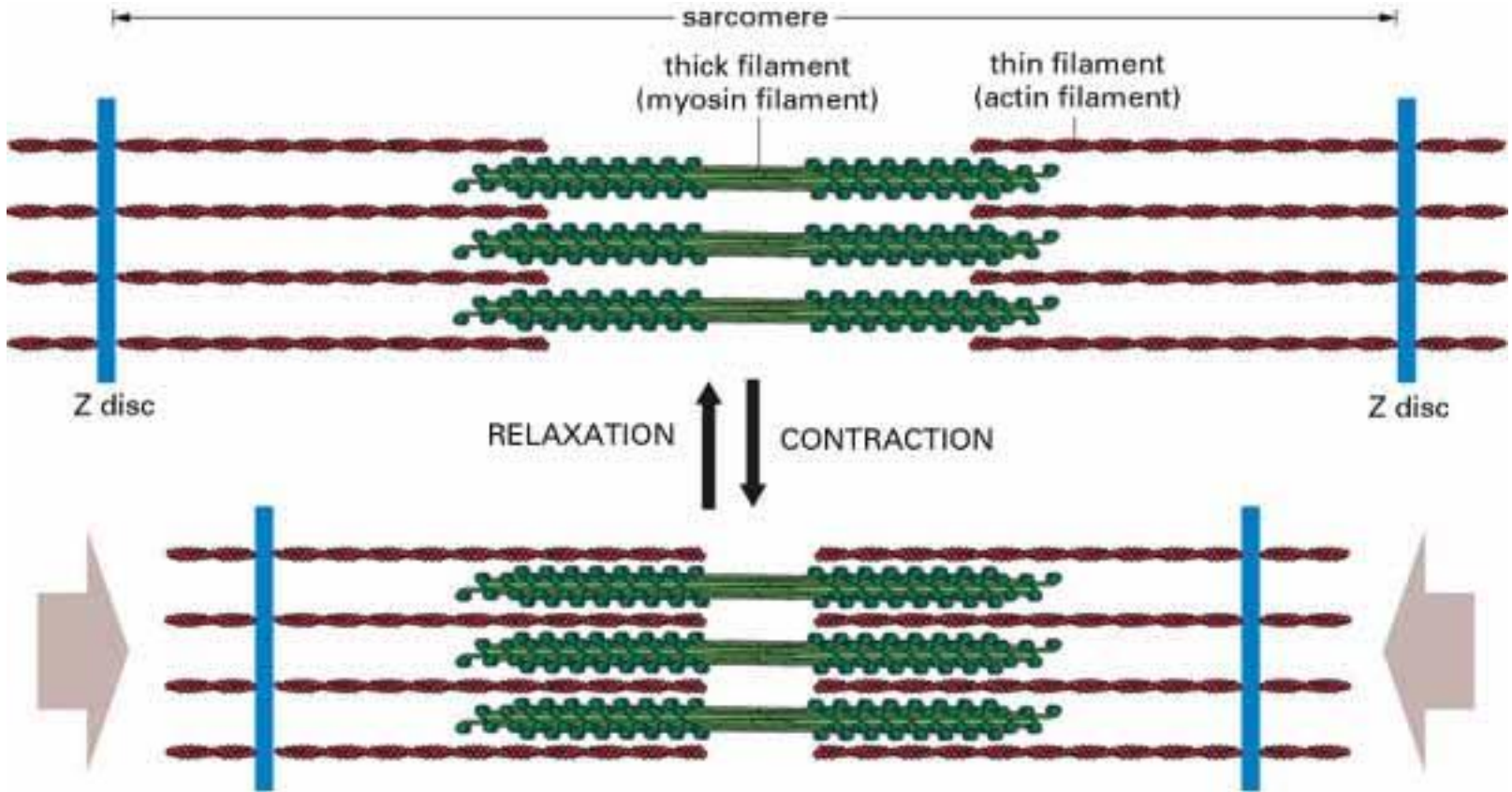
Miyozin proteininin yapısı (kalın filamentlerin yapısı)



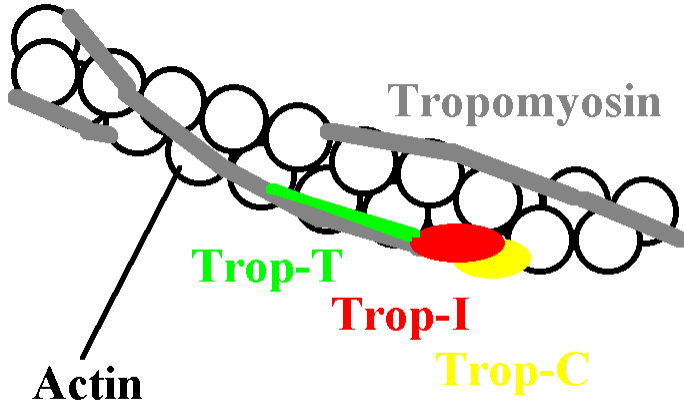
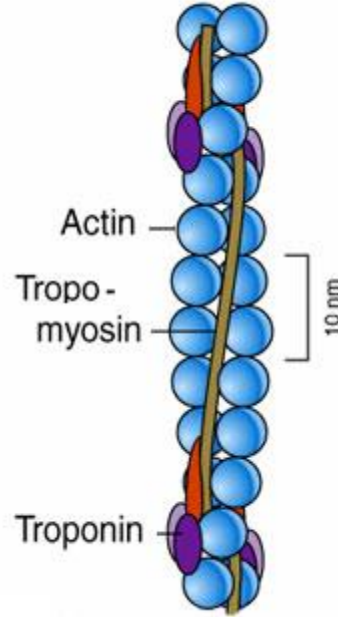
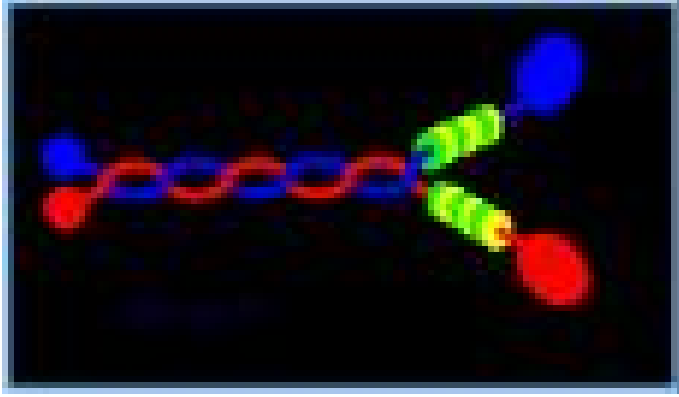
Kalın ve ince filamentler, kalın filamentler boyunca 14 nm aralıklarla çıkan apraz krler aracılığıyla birbiriyle etkileşirler.



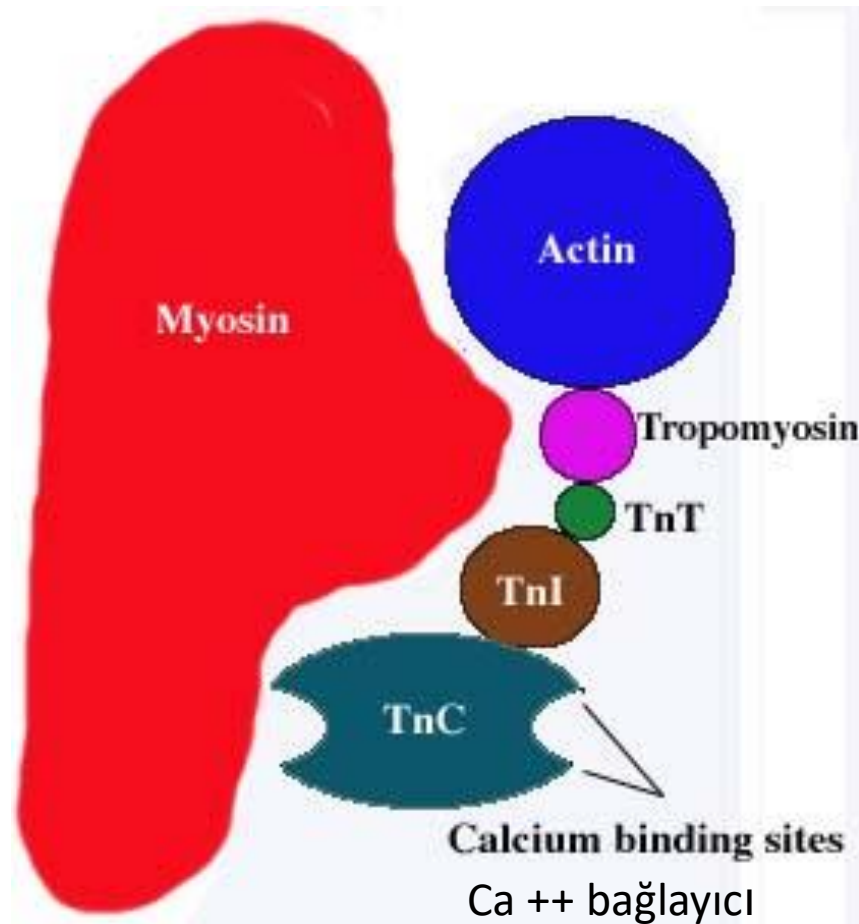
Kas kasıldığı zaman ince filamentlerin (aktin,troponin, tropomiyazin) ve kalın filamentlerin (myozin) boylarında bir değişiklik olmaz. Bunlar, birbirlerinin yanından kayarak birbiri içine girerken çaprazlanmalar gerginlik sağlar ve gerginliği sürdürürler



Troponin; Tro I, Tro T ve Tro C olmak üzere üç alt birimden oluşur.
Tropomiyozin, kasın ince filamentlerinde aktin çift sarmalının oluşunda F-aktine yapışan fibriler bir proteindir.

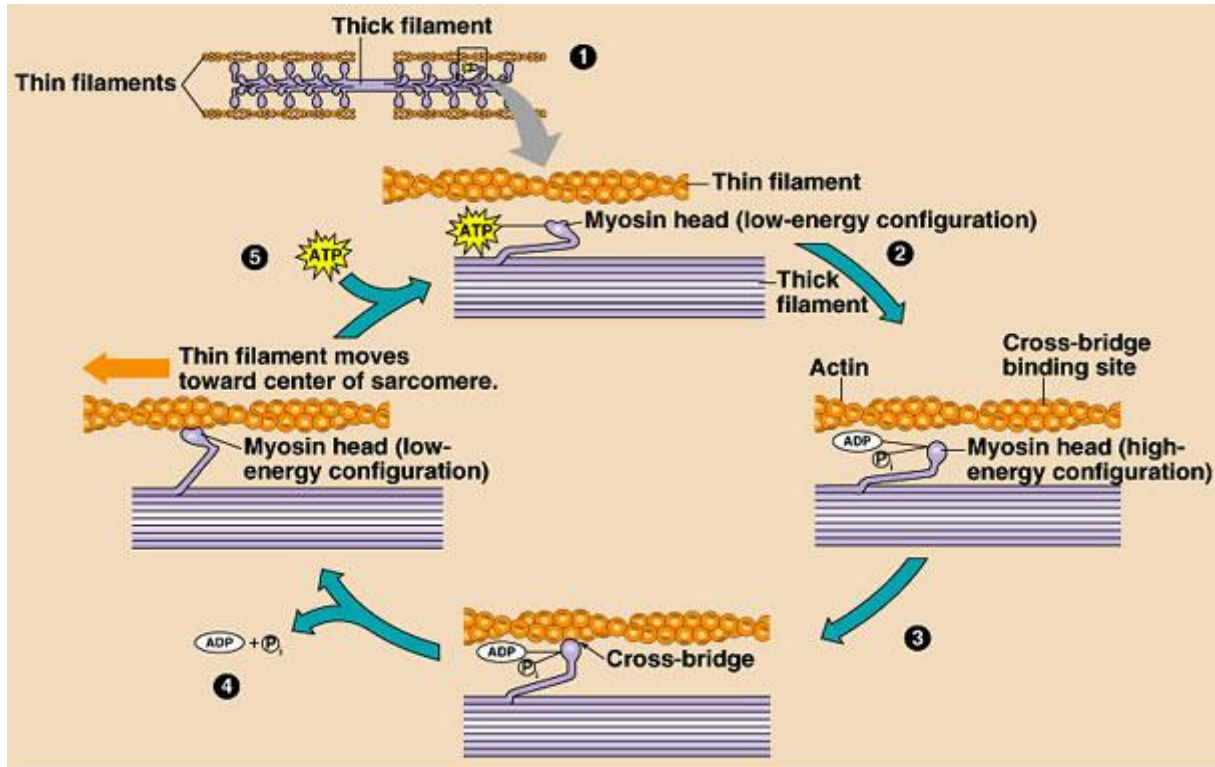


Troponin sistemi, çizgili kasların ince filamentine özgü, tropomiyozini bağlayıcı ***troponin T***, aktin-miyozin etkileşmesini inhibe edici ***troponin I*** ve kalsiyum bağlayıcı ***troponin C*** alt ünitelerinden oluşmuş proteindir



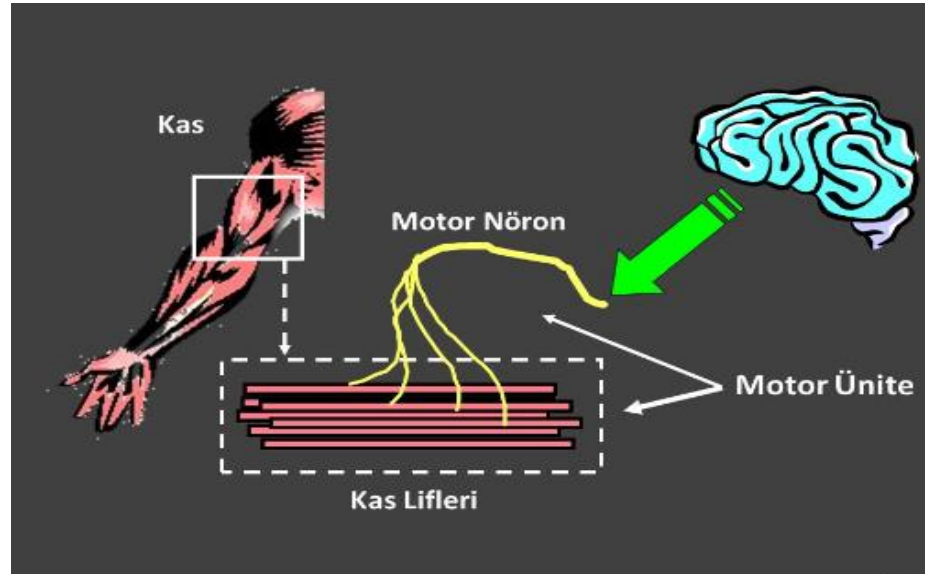
Kas kasılması ve gevşemesi

Kas kasılma-gevşemesi, miyozinin (kalın filamentlerin) globuler baş kısmının aktine (ince filamentte bulunan) yapışması ve ayrılması suretiyle gerçekleşir. ADP ve P_i içeren miyozin başı, aktine bağlanarak **aktin·miyozin·ADP· P_i** kompleksini oluşturur.

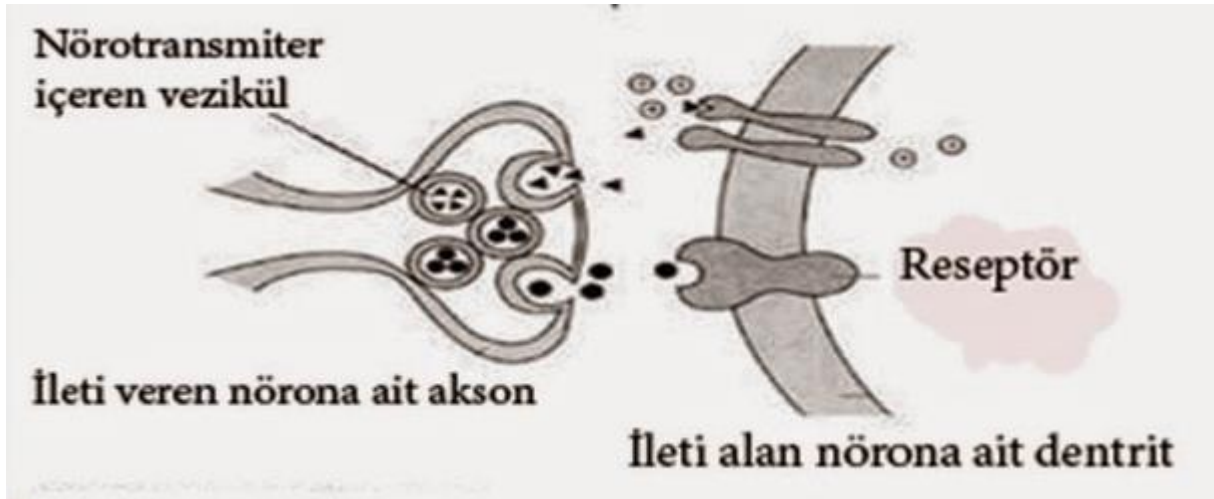


Çizgili iskelet kası ve kalp kasında kasılma ve gevşeme **aktine dayalı olarak** düzenlenir. Sırasıyla;

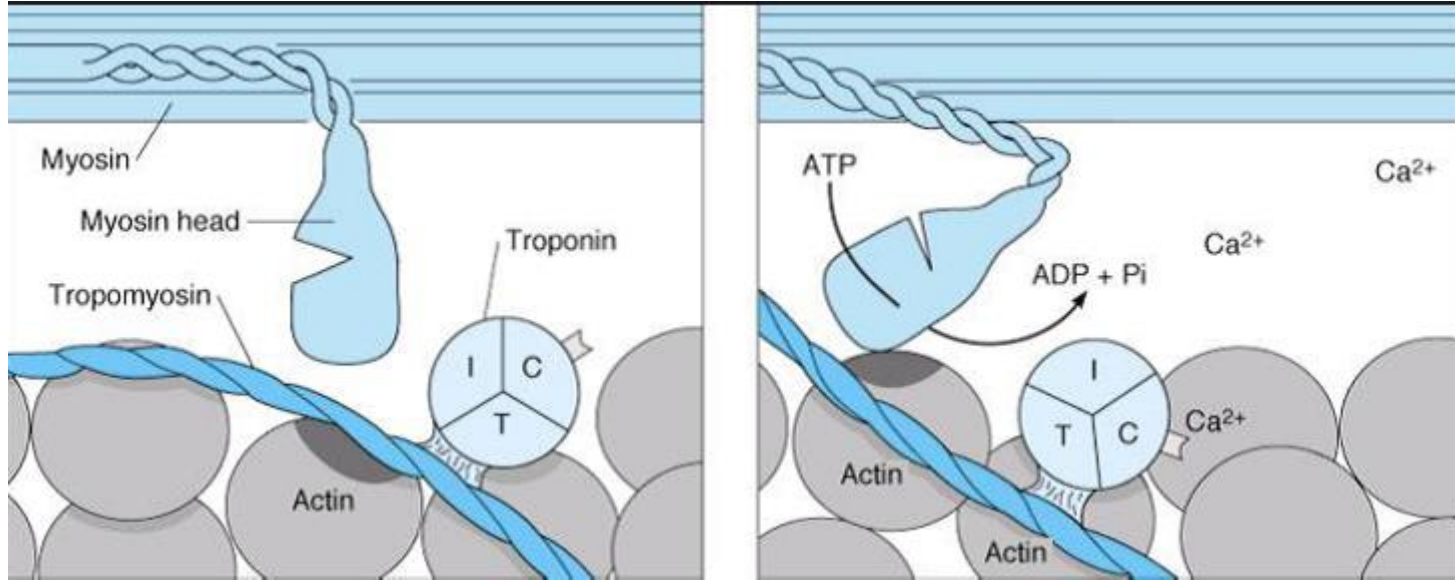
1-Her kas lifi bir motor sinir ile bağlantılıdır. Motor nöron asetilkolin denilen nörotransmitter (nörotransmitterler, beyin kimyasalları olup vücudun ürettiği hormonlardır. Nörotransmitterler, sinaps bölgesindeki boşluğa gelen iletinin, mesajın, bilginin daha kolay atlamasını, yani karşı tarafa geçmesini sağlar) salgılar.



Asetilkolin motor nöron ve kas lifleri arasındaki sinaptik yarık içine yayılır. Bu durum kas liflerinin membranında depolarizasyona (uyarılmaya) neden olur. Bu depolarizasyon dalgası T tübülleri ile yayılım gösterir. T tübüllerinin depolarizasyonu sarkoplazmik retikulum sisternalarından Ca^{2+} iyonlarının serbest kalmasına yol açar.

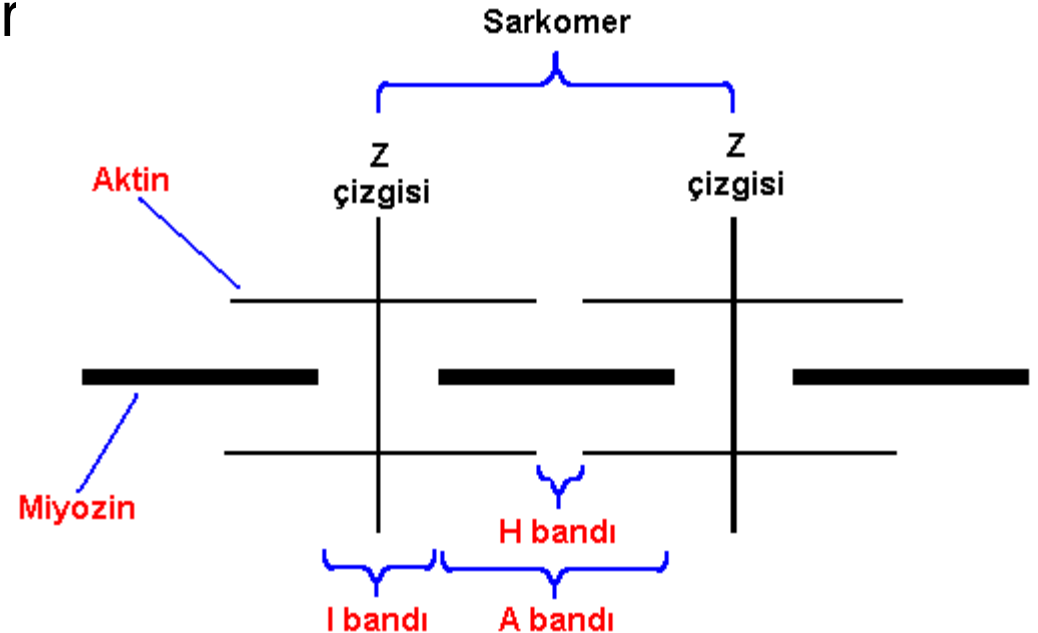


2- Ca^{2+} 'un Troponin C'ye bağlanması ile Troponin I'nın aktin ile olan bağlantısı gevşer, tropomiyozin aradan çekilir. aktin miyozin filamentleri arasında çapraz bağlar kurulur.



3) *Aktinin miyozin üzerinde kayması ile kas kasılması gerçekleşir. Gerekli enerji ATP'den sağlanır. Kas kasılırken;*

- Sarkomer kısalır
- A bandı değişmez
- I ve H bantları daralır
- Z çizgisi A bandının sonuna yaklaşır
- Filamentlerin (aktin, miyozin) boyu değişmez
- Kas liflerinin boyu kısalır



4) Kas kasılmasından sonra gevşemenin gerçekleşmesi çeşitli koşullara bağlıdır:

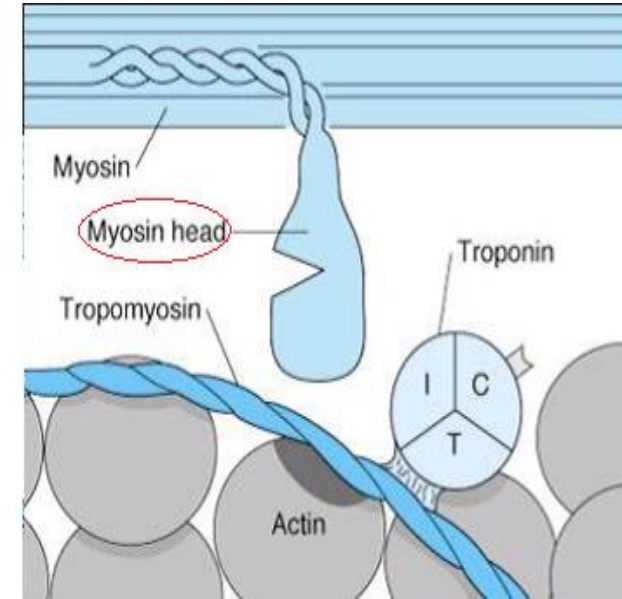
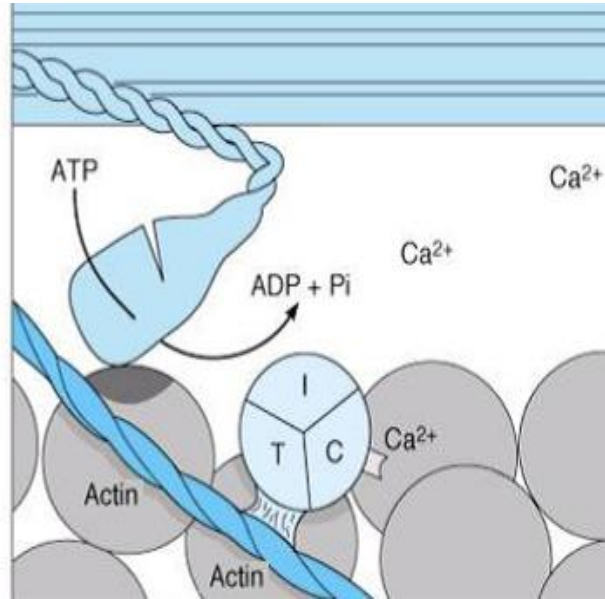
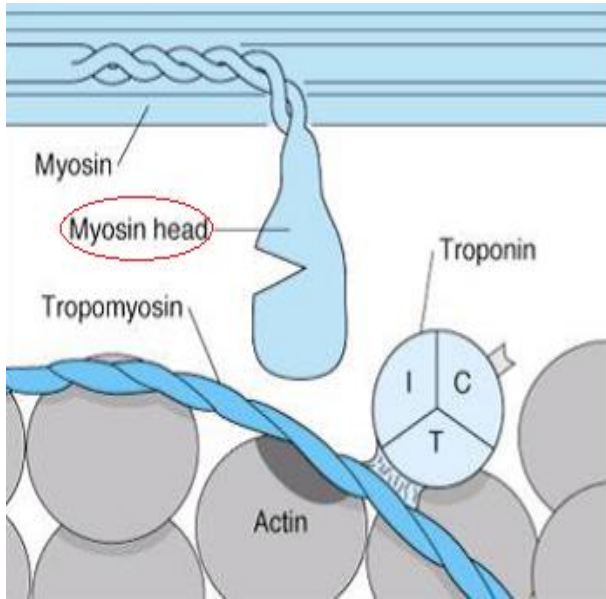
- Sarkoplazmadaki Ca^{2+} iyonlarının sarkoplazmik retikuluma aktif transport ile pompalanması gerekir.

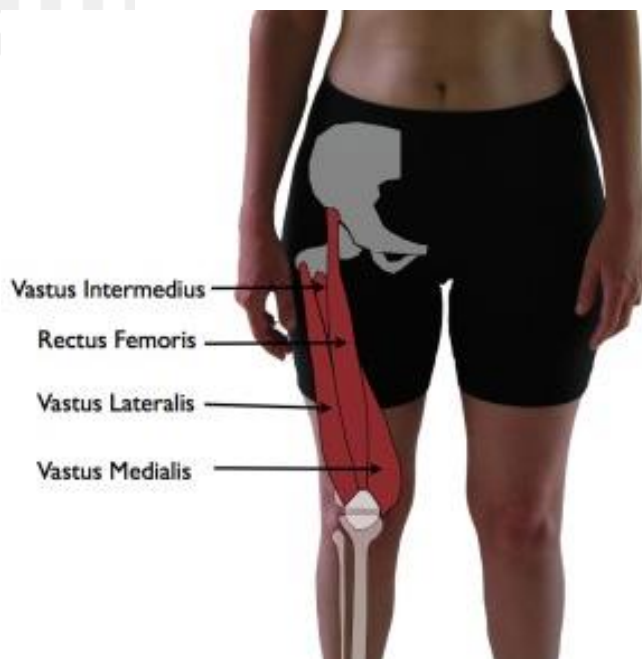
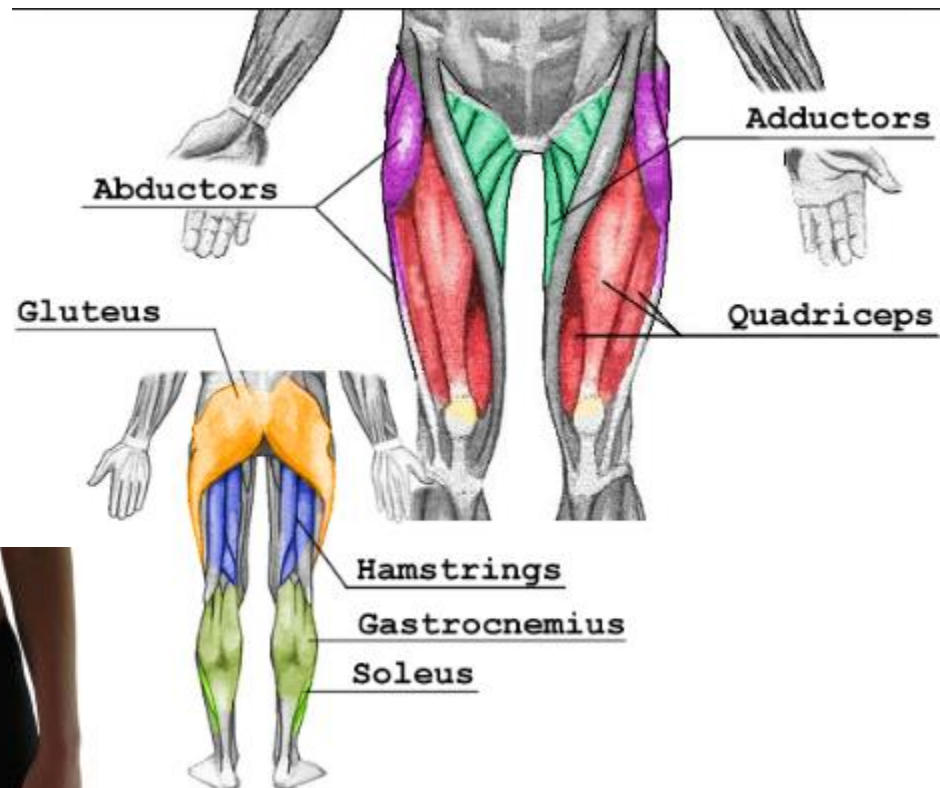
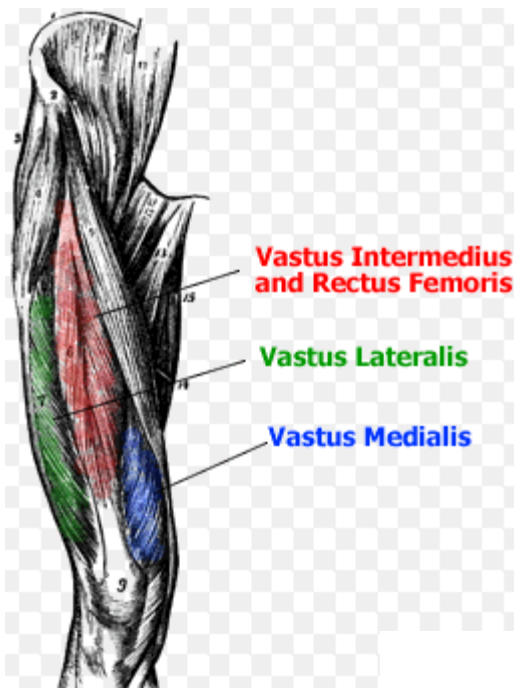
- Troponin C'ye bağlanan Ca^{2+} iyonları ayrılmalıdır.

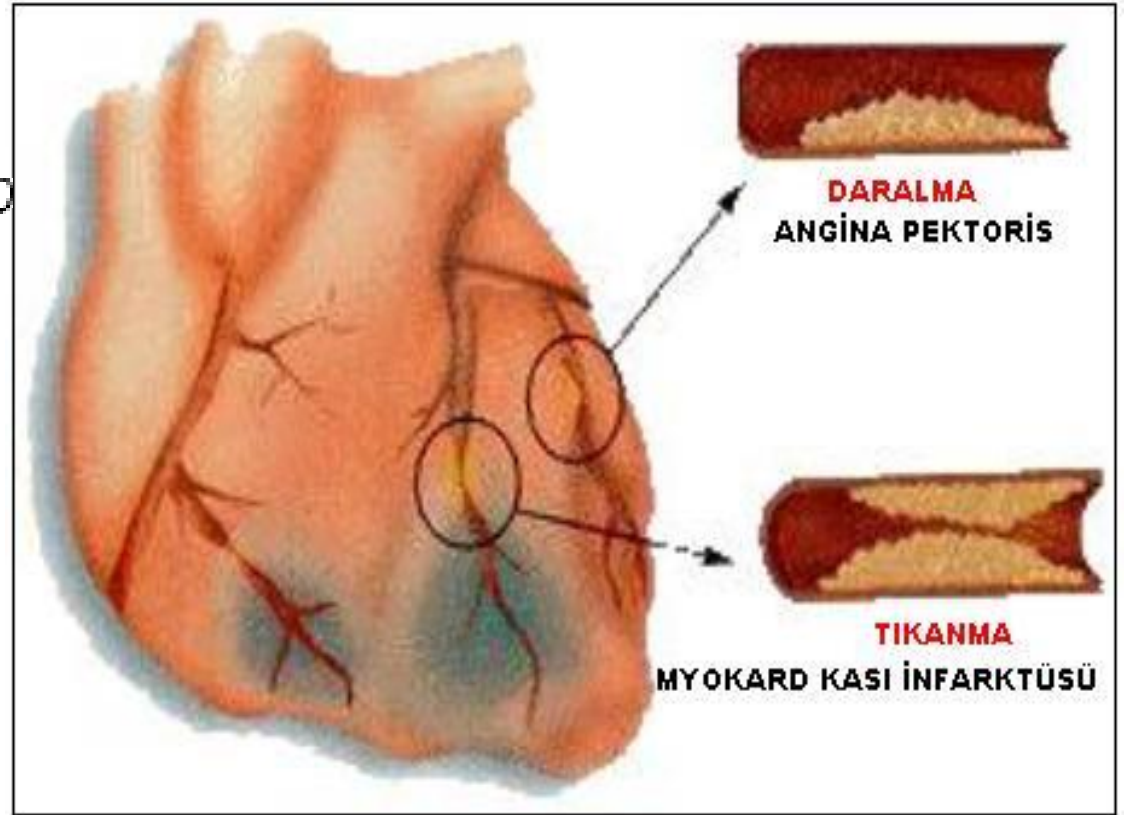
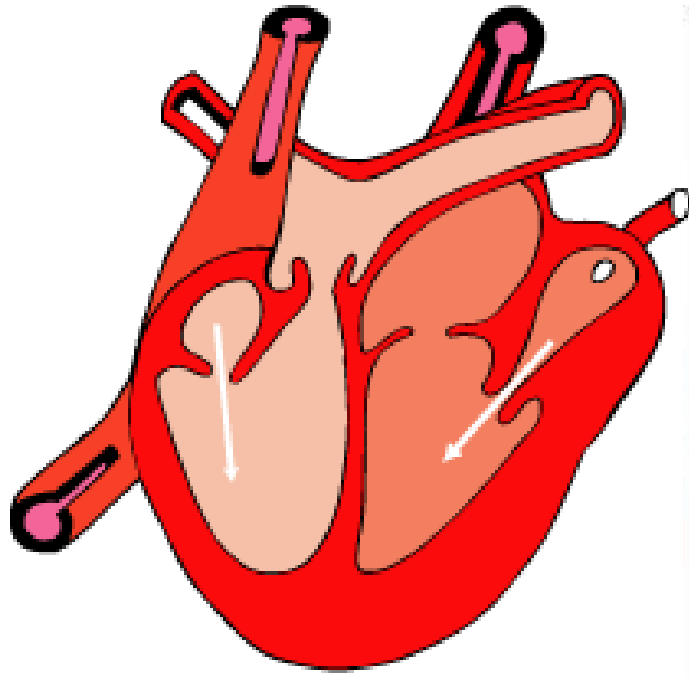
- Troponin-tropomiyozin etkileşimi yoluyla daha fazla miyozin başı aktin etkileşimi inhibe olmalıdır.

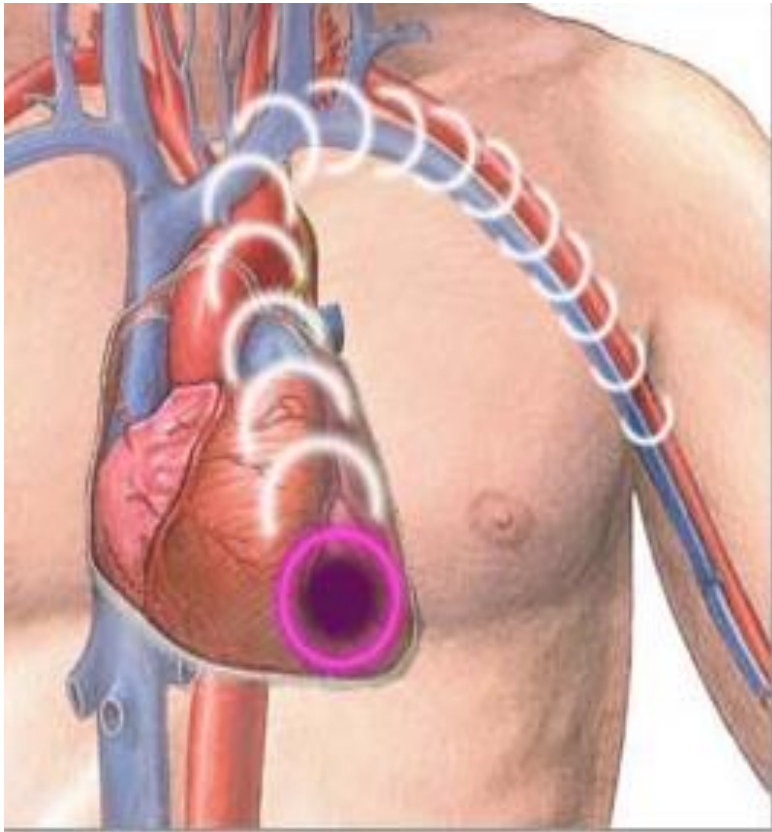
-

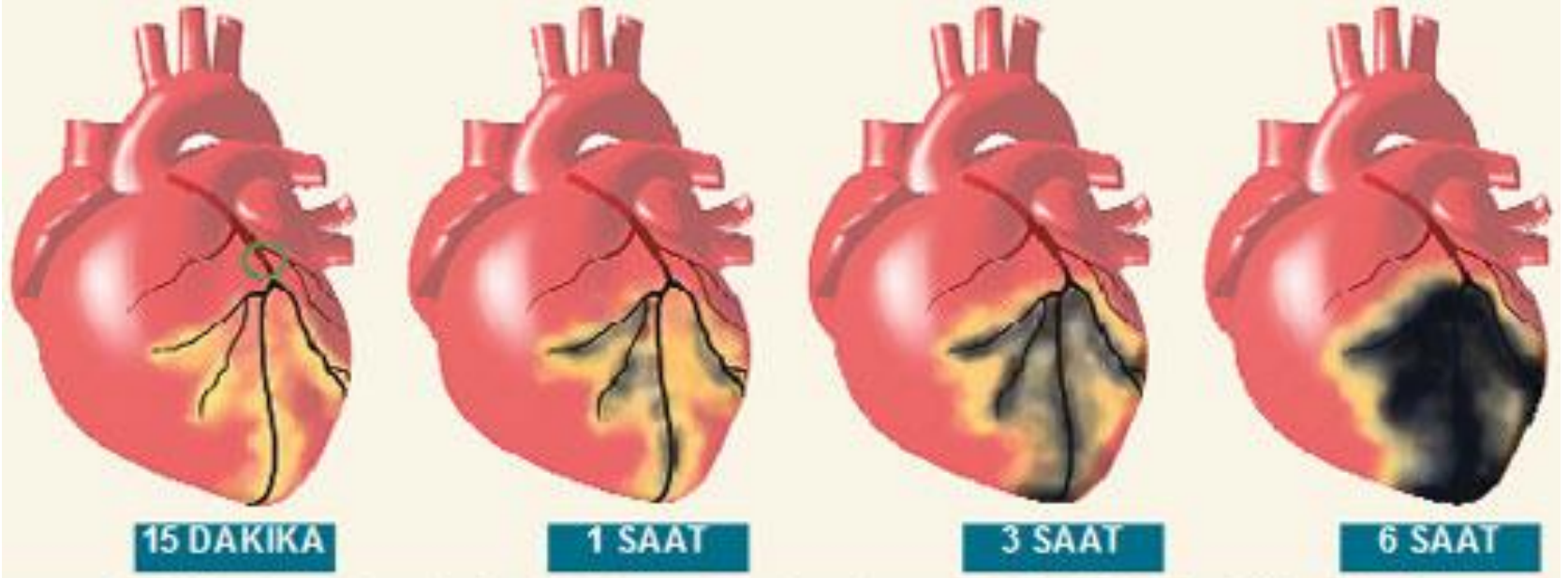
ATP varlığında miyozin başı, gevşeme oluşturmak üzere aktinden ayrılmalıdır. Sarkoplazmada yeterli ATP bulunmaması durumunda kas kasılı halde kalır (ölüm sertliği)











Kalbi besleyen damarlardan biri tıkanıp kan akımı durunca ilk 20- 30 dakika içinde hücreler oksijensizlikten zarar görseler de, canlı kalırlar. Bundan sonra hücreler ölmeye başlar. 3- 4 saat içinde damann beslediği kalp bölgesinin çoğu tahrip olur. 6 saatten sonra bu bölgede hemen hemen hiç canlı doku kalmaz.

- <http://faculty.ccri.edu/kamontgomery/physiology%20muscle%20outline.htm>
- http://highered.mcgraw-hill.com/sites/0072495855/student_view0/chapter10/
- <http://bcs.whfreeman.com/thelifewire/content/chp47/4702001.html>
- http://www.physioviva.com/movies/muscle_struct-func-human/index.html

DÜZ KASLAR

- İç organlar ve damar çeperlerinde bulunur.
- İstemsiz çalışırlar.
- İskelet kaslarındaki gibi aktin ve miyozin filamentleri arasındaki çizgili dizilenme gözlenmez.
- Düz kaslarda troponin bulunmaz. Bunun yerine calmodulin bağlayan **protein olan kaldesmon** bulunur.
- Düz kasta hücre dışından hücre içine Ca geçişi olur. Ca kalmoduline bağlanır ve aktin miyozin üzerinde kayarak kasılma meydana gelir.
- **Düz kaslar minimal enerji tüketimi ile yavaş ve uzun süre kasılır.** İnnervasyonları otonom sinirlerle sağlanır.

Düz kaslar multiunit ve visseral olmak üzere iki tiptir:

1. Multiunit düz kaslar:**Tek** tek kas hücrelerinin bir araya gelmesiyle oluşur. Her kas lifi diğerinden bağımsız kasılır. Bir sinir çok sayıda kas lifini uyarabilir. Gözün siliyar kasları

2. Visseral düz kaslar: İçi boş iç organların duvarında bulunur. Yüzlerce kas lifi tek bir ünite şeklinde kasılır.

KAS KASILMA-GEVŞEMESİ İÇİN ENERJİ KAYNAKLARI

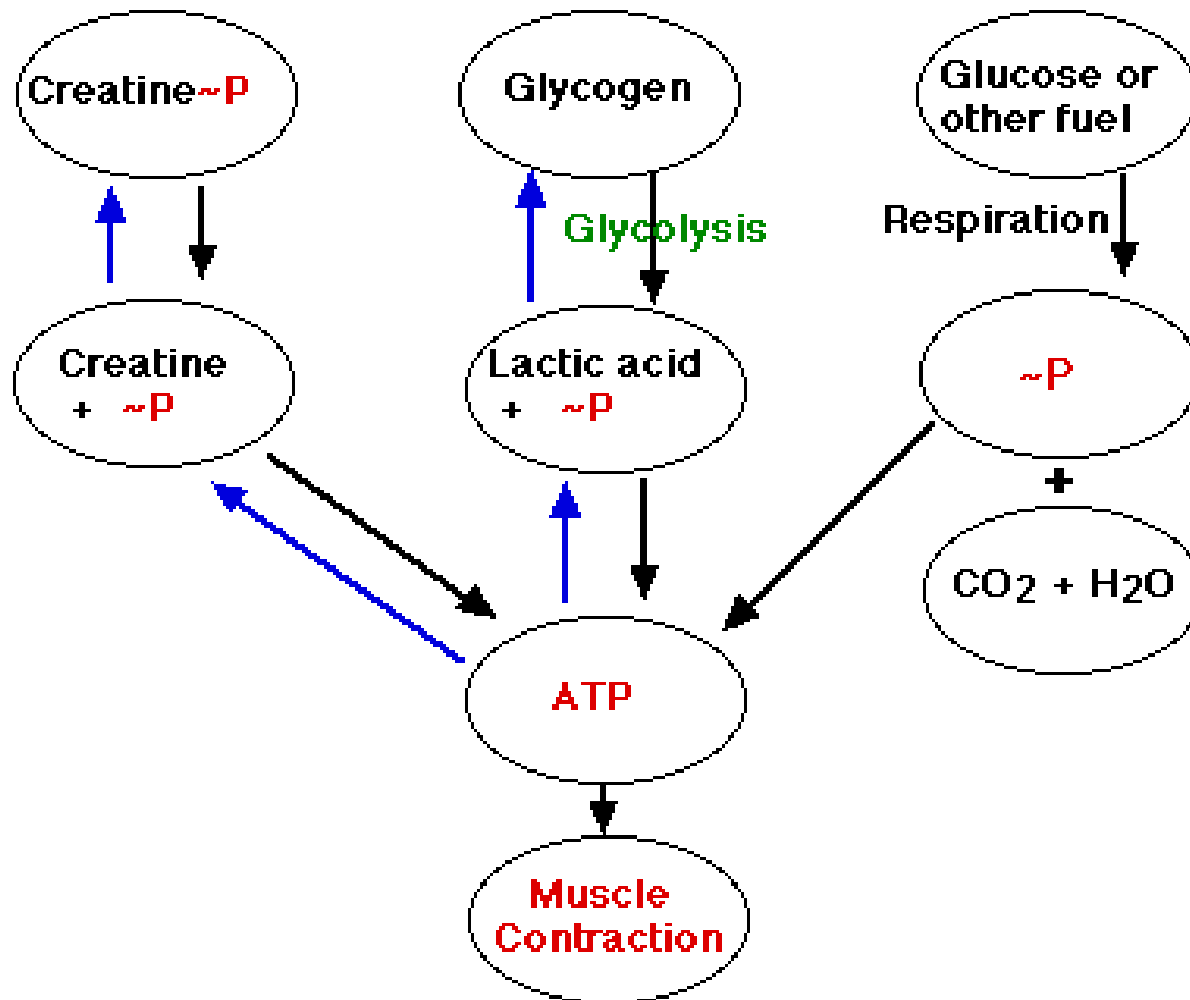
Kas kasılıp gevşemesi için kullanılan enerji ATP'dir. ATP değişik kaynaklardan elde edilebilir.

Yavaş kasılan iskelet kaslarında, miyogloblin vasıtasıyla bol miktarda oksijen depolanmıştır.

Kas dinlenme durumunda ve hafif egzersizlerde serbest yağ asitlerini enerji kaynağı olarak kullanır.

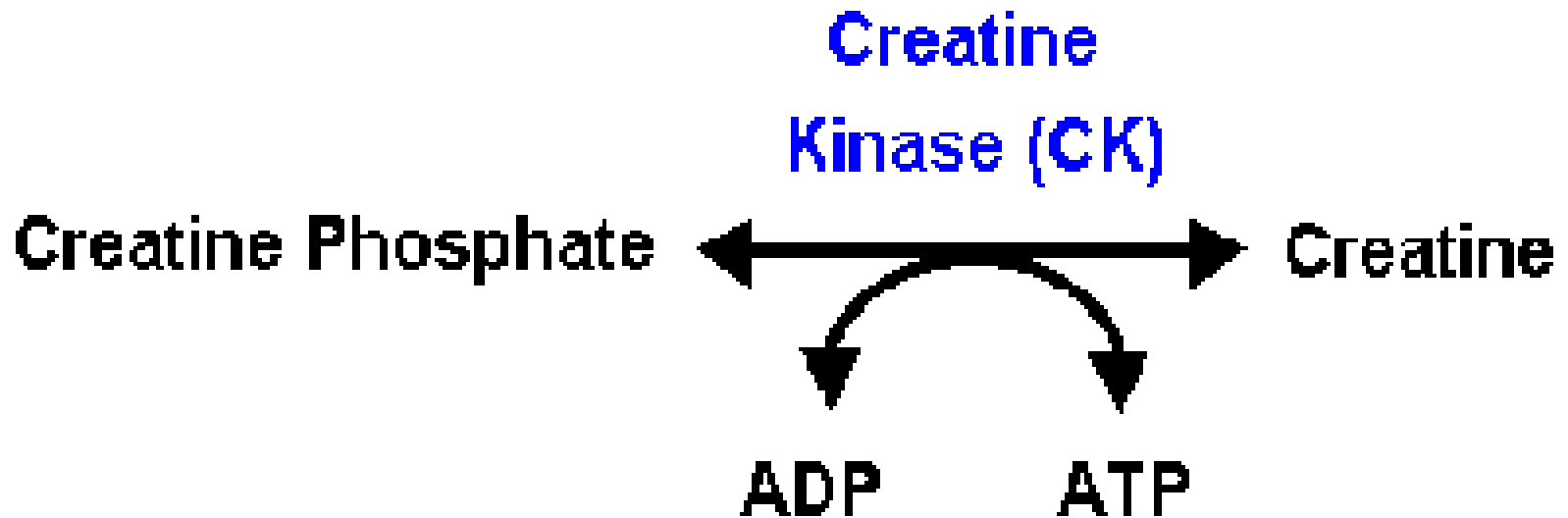
Egzersiz şiddeti artıkça tükenen yağ asitlerinin yerine karbonhidratlardan enerji sağlanır.

Kas kasılma-gevşeme döngüsü için gerekli ATP çeşitli yollardan sağlanır.



Şiddetli egzersiz sonucu kaslarda ATP çok çabuk tükenir. Kasta tükenen ATP'nin hemen yerine konulması gerekir. Bu yüzden kaslar kreatin fosfat denilen enerji depolarına sahiptir. Kreatin fosfattan bir fosfat ADP molekülüne eklendiğinde ATP elde edilir. Bu durum oksijenin yeterli olduğu durumlar için geçerlidir.

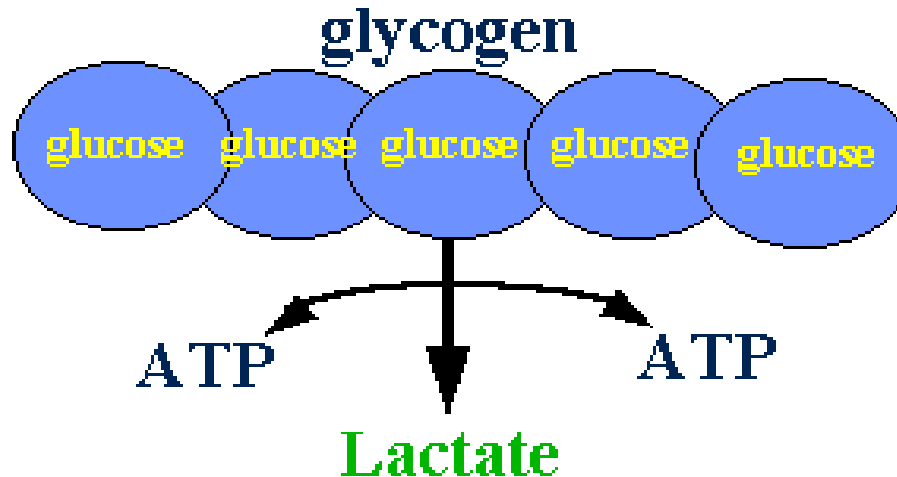
*Kasılma sırasında ATP'nin hızla eksilmesi, **kreatin kinaz** etkisiyle **kreatin fosfat** ve **ADP**'den ATP oluşturularak önlenir*



Şiddetli egzersizde, ortamdaki oksijen kas hücrelerinin ihtiyacını karşılayamadığı durumda ise kaslar kısa süre için enerji kaynaklarını yıkıma (glikoliz) uğratarak ATP üretir.

Ama bu yol çok fazla ATP üretmez ve laktik asit oluştuğu için kasta yorgunluk görülür. *İskelet kası sarkoplazmasında glikojen depo edilmiştir. Spesifik bir **kas glikojen fosforilazın** etkisiyle glikojenden glukoz serbestleştirilir ve glukoz glikoliz yolunda yıkılırken ATP oluşur.*

ANAEROBIC GLYCOLYSIS



Ölüm katılığı

- Ölümden hemen sonra ATP miktarının azalmasına bağlı olarak çapraz köprülerin aktinden ayrılmaması sonucu ‘rigor mortis (ölüm katılığı) denilen’ sertleşme görülür.

İskelet kasında temel yakıt deposu:

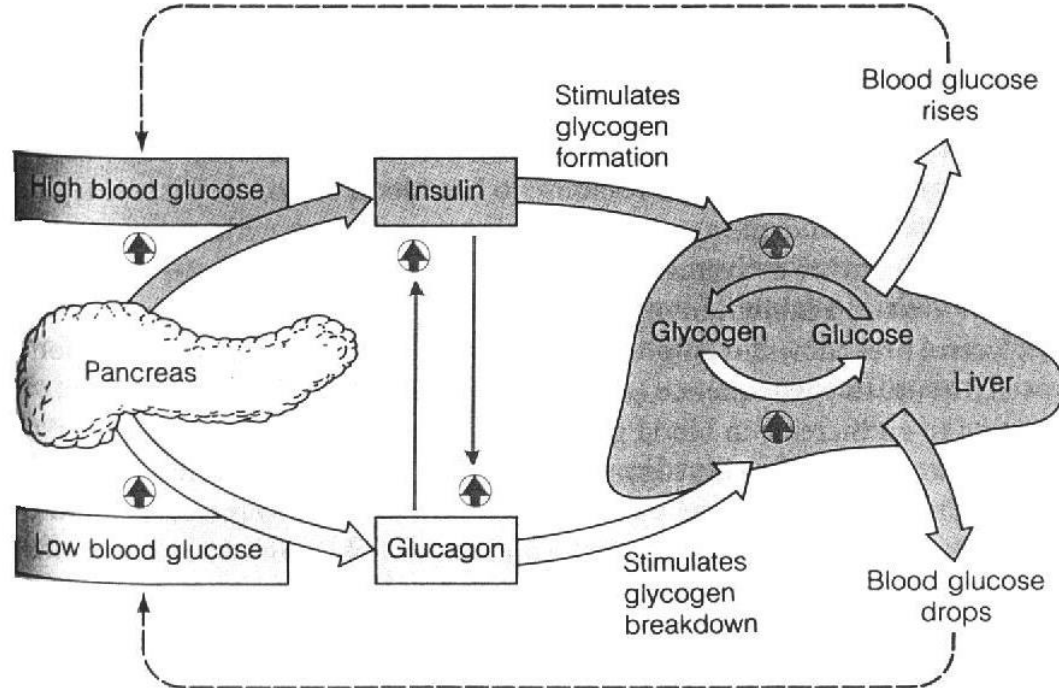
Hafif kas işinde enerjinin %60'ı ve daha fazlası yağ asitleriyle keton cisimlerinden sağlanır.

Ağır ve uzun kas işinde enerjinin %60'ı ve daha fazlası kas glikojeni ve kan glukozundan sağlanır.

Yemekten sonra kan glukoz düzeyi yüksektir.

İki yemek arasında ise kan glukoz düzeyi düşüktür; yağ asitleriyle keton cisimleri enerji kaynağı olarak kullanılırlar.

Uzun süren açlıkta yağ asitleri ve keton cisimlerine ek olarak proteinler de enerji kaynağı olarak kullanılırlar.



Kalp kasında temel yakıt deposu:

Dinlenme halinde iken kalp kasında genellikle aerobik yoldan yağ asitleri, keton cisimleri ve laktatın oksidasyonu ile ATP sağlanır; glukoz çok az kullanılır.

Ağır iş yükünde ve açlıkta kalp, glikojenden ayrılan glukozu yıkar ve ATP üretir.

Sağlıklı kalp kası hiçbir zaman laktat üretmez; ancak laktatı kullanır

Düz kasta temel yakıt deposu:

Düz kasta yavaş kasılmada;

yağ asitleri,

keton cisimleri ve

daha az olarak da glukozun glikolizle yıkılımı enerji kaynağı olarak kullanılır.

KASLARIN KULLANILMASI

- İskelet kasları kemikler üzerinde tendonları çekerek hareket oluşturur.
- Belli bir hareketi yaptıran kas birinci hareket ettirici yani **agonist** olarak adlandırılır.
- Ters hareketi yaptıran kas ise antagonisttir.

Kas Tonusu

- Hareket halinde olmadığımız zaman bile kaslarımız kas tonusu olarak bilinen kısmi bir kontraksiyon durumundadır. Kas lifleri sürekli bir şekilde sinir hücrelerinden uyarı alırlar, bundan dolayı bazı lifler herhangi bir hareket durumunda kasılmaktadır. Kas tonusu kasları harekete hazırlayan istem dışı bir fenomendir. Kas tonusu vücudun normal duruşunun devam ettirilmesinde de önemlidir. Kasın motor siniri kesildiğinde kas tonusunu kaybeder, kaslarda yumuşama ve zayıflama görülür.

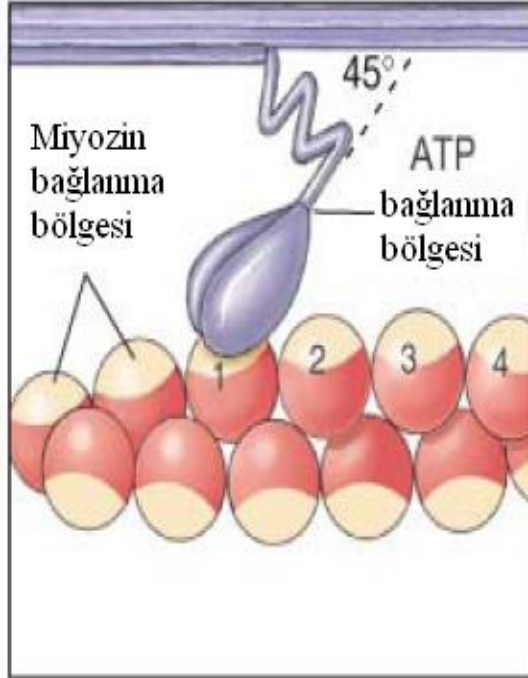
Kasılma Tipleri

- İki tiptir
 1. İzometrik kasılma: Bir masa yada duvara karşı itme hareketi sonucu kas boyunda değişme olmaz fakat gerimi (tonusu) artar.
 2. İzotonik kasılma: Ağır bir şey kaldırdığımızda veya dirseğimizi büktüğümüzde kaslar kısalıp kalınlaşır fakat gerimi (tonusu) değişmez.

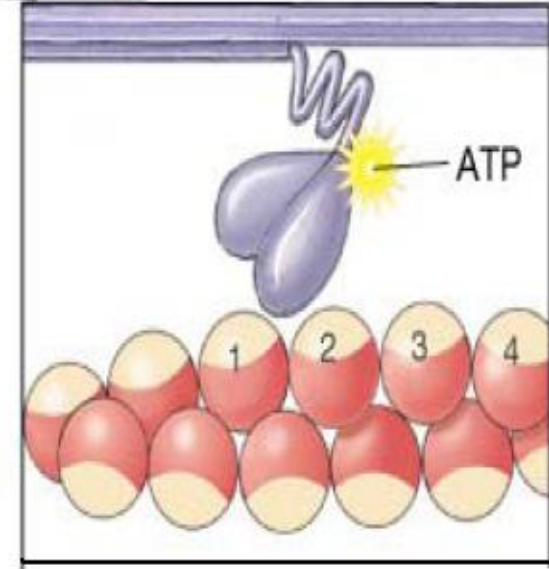
ÖZETLE

- KAS HAREKETLERİ AKTİN VE MYOZİNİN KAYMASI İLE OLUŞUR.

- 1 bağlanma sert durumda. Çapraz köprü filamentlere 45° açı ile duruyor.

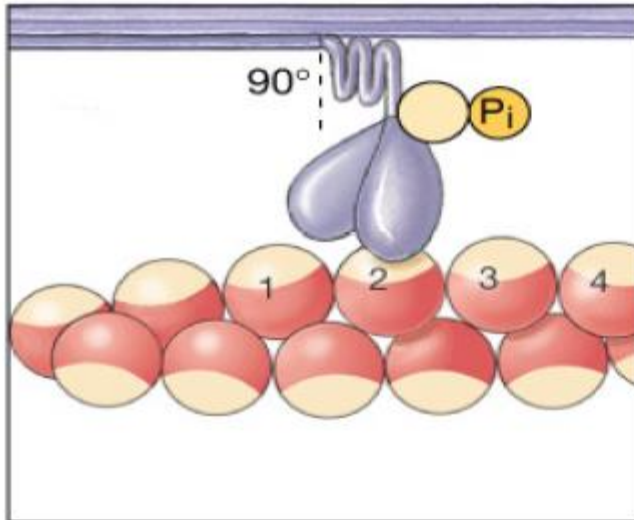
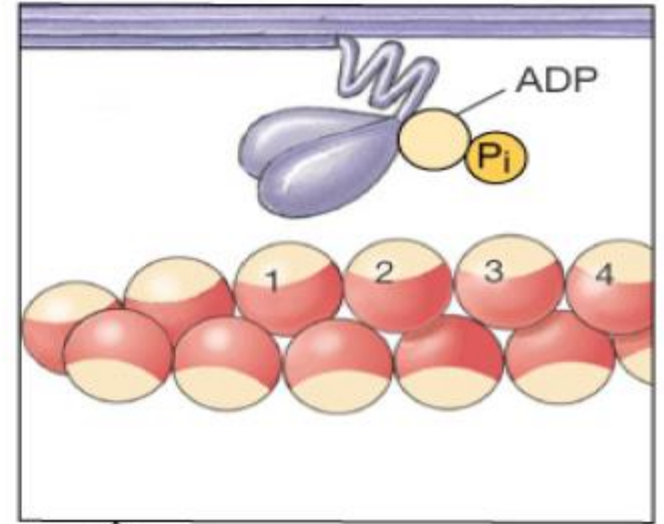


- 2 ATP bağlanma bölgesine bağlanır. Bu olay miyozin başının aktinden ayrılmasına neden olur.



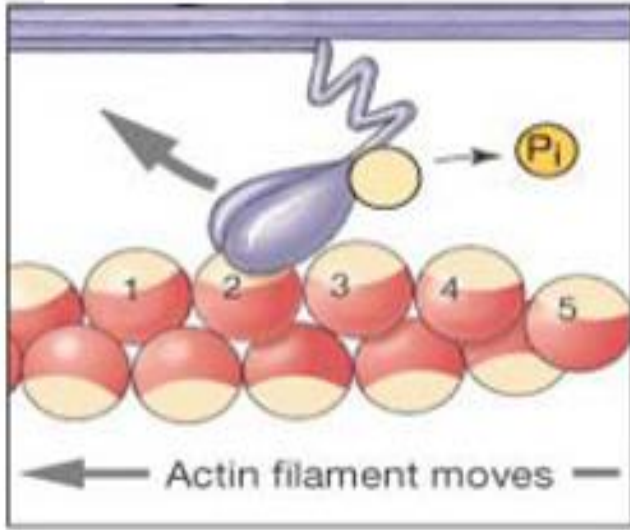
3

Miyozindeki ATPaz aktivitesi ATPyi hidroliz eder. ADP ve P miyozine bağı olarak kalır.

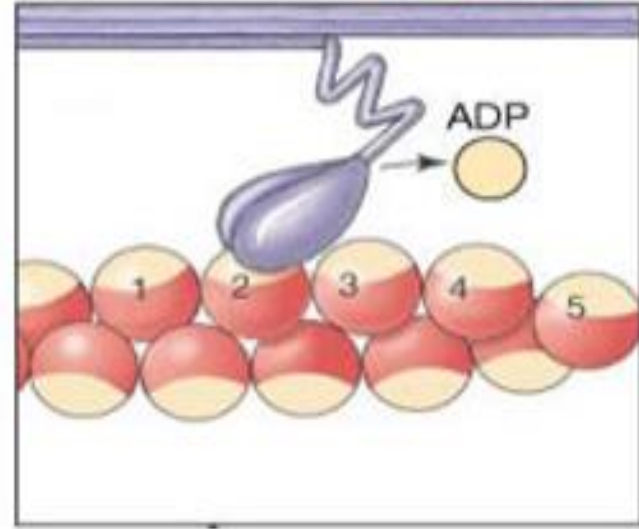


4

Miyozinin başı ileriye hareket eder ve yeni bir aktin molekülüne zayıfça bağlanır. Çapraz köprü şimdi filamentlere 90°lik açı yapmış durumdadır.

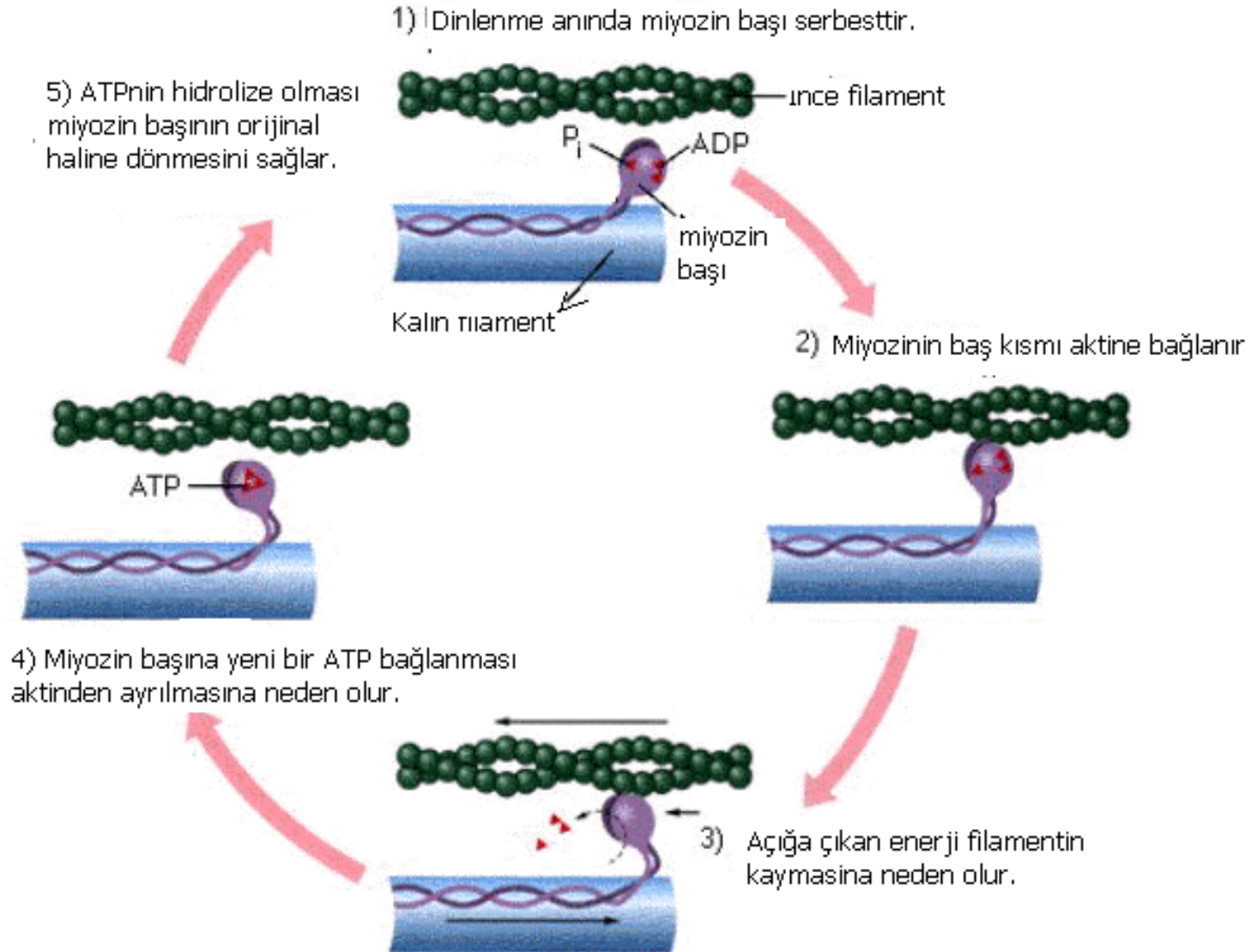


5 Enerji yüklü fosfat bağının ayrılması ile oluşan enerji ile miyozin başı dönerek hareket eder. Bu esnada aktini de birlikte hareket ettirir. Böylece ince filament kayar.

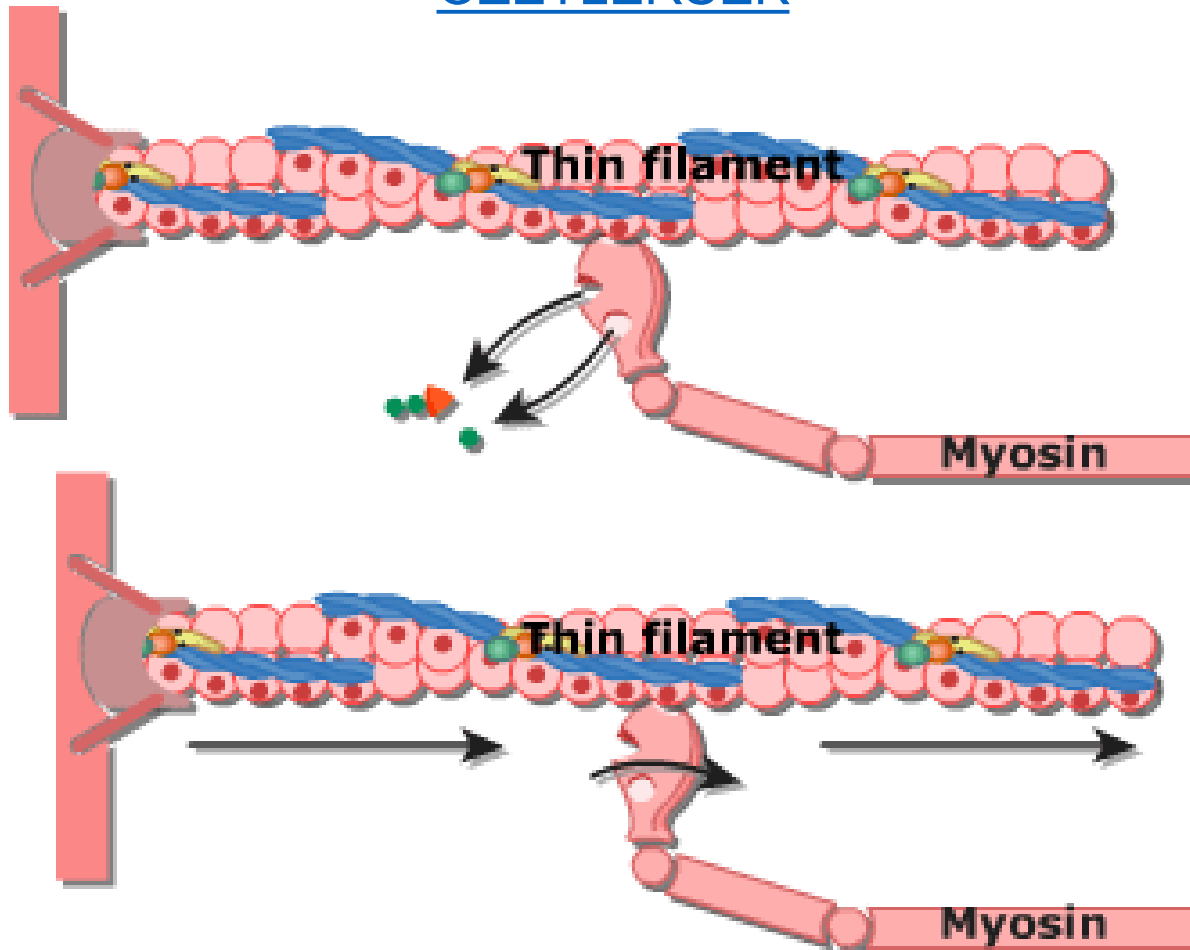


6 Enerji kullanımı sona erince miyozin başı ADP nin salınmasını da sağlar. Sonunda miyozin başı aktine bağlanmış olarak kalır.

ÇAPRAZ KÖPRÜ DÖNGÜSÜ



ÖZETLERSEK



Soru ve Öneriler

Kasların yapısı nasıldır?
Kaç çeşit kas vardır?
ATP'nin görevi nedir?

Önerilen Haftalık Çalışmalar

Haftalık konu tekrarı

Kaynaklar

- 1.Çeviri:Doç.Dr.Hande yapışlar: Bir bakışta fizyoloji-İstanbul Tıp Kitapevi
- 2.Temel Fizyoloji. Prof.Dr.Halis Köylü-İstanbul Tıp Kitapevi
- 3.Prof.Dr.Berrak Ç. Yeğen: Yüksekokullar İçin Fizyoloji
4. Vander: İnsan Fizyolojisi
5. Prof. Dr.Levent Ertuğrul: Fizyoloji
6. Guyton ve Hall: Klinik Fizyoloji

Bir Sonraki Ders

Kan fizyolojisi