

KASLAR

- KASLARIN YAPISI

İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ

Sağlık Bilimleri Yüksekokulu

Prof. Dr. Bilsen SİRMEN,Fzt

Kaslar

- Vücudumuzda 3 tip kas vardır:
- Düz kaslar: İç organların ve damarların duvarlarında bulunur.
- Kalp kası: Sadece kalpte bulunur.
- Çizgili, iskelet kası: İstemli kasılan, iskelet sisteminin hareketini sağlayan kaslardır.

Kasın iki ucu

- bağ dokusuna,
 - organa -deriye
 - kemik ya da kıkırdığa yapışır.
-
- Kas kasıldığında tutunma yerlerinden biri sabit kalır diğeri hareket eder.
 - Sabit kalan tutunma yeri kasın origosu, hareket eden tutunma yeri ise insersiodur.

- Sabit durabilmemiz, karşıt kuvvetlerin dengesiyle mümkün olmaktadır.
- Hareket ise tam tersi karşıt kuvvetlerin dengesizliği esnasında oluşur.
- Kaslar tarafından sağlanan kuvvetin ilk amacı sabit duruş ve hareket arasındaki karmaşık dengenin kontrolünü sağlamaktır.
- sabit duruş ve hareket iki yolla sağlanır:
- (1) kemiklerin sabitlenmesi
- (2) kemiklerin hareket ettirilmesi.

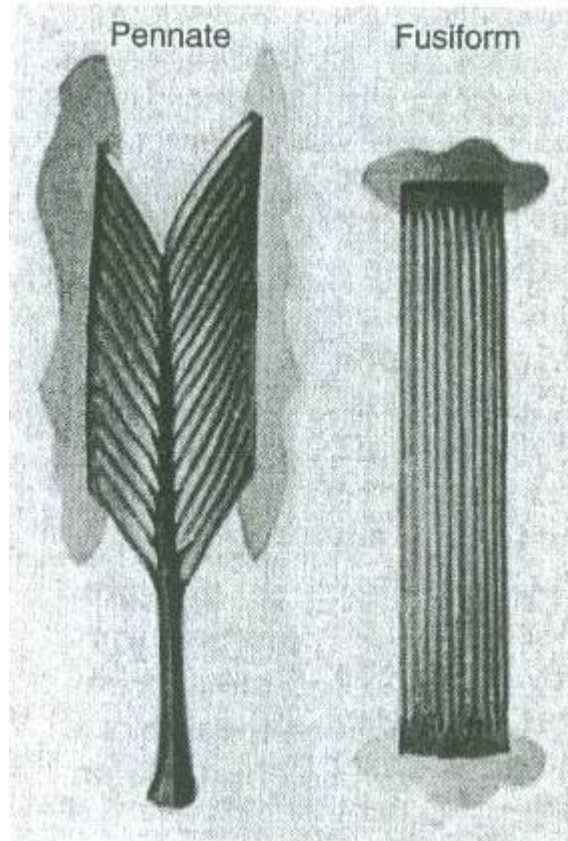
- Kemikler insan vücudunu çevresel faktörlerle olan etkileşimde desteklerler. İskelete bağlı olan ve vücudu destekleyen birçok doku bulunmasına rağmen
- sadece kas, vücudun sabitliğini bozabilecek hem uzun hem de kısa süreli kuvvetlere adapte olabilir

- Kas dokusu bu fonksiyon için ideal durumdadır;
- Kaslar, sinir sistemi sayesinde hem dış çevreyle hem de iç kontrol mekanizmalarıyla bağlantılıdır.

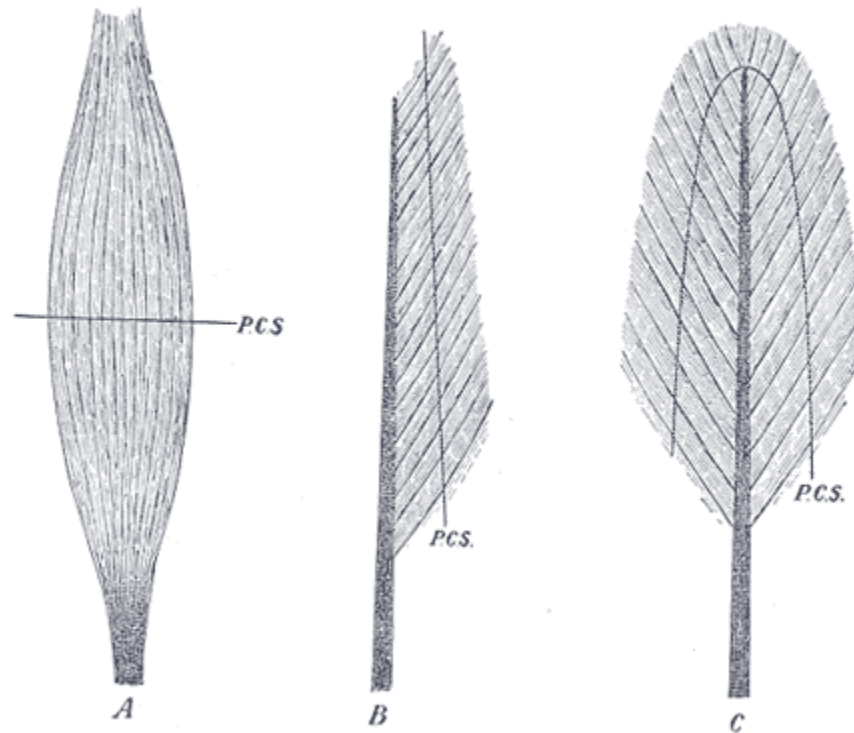
kas morfolojisi

- Kaslar birçok şekle sahiptir.
- Fusiform (iğ şeklinde) ve Pennate (Kaz tüyü).
- Fusiform kaslar, biceps brachii gibi, birbirlerine ve merkez tendona paralel giden liflerden oluşur
- Pennate kaslarda ise lifler merkez tendona oblik olarak bağlanırlar. Pennate kaslar ayrıca merkez tendona yapışan benzer açılı lif küme sayılarına bağlı olarak
- unipennate, bipennate , multipennate olabilir.
- **Deltoid kası, orta bölümünde 3–5 adet bipennat**
- **ön ve arka bölümlerindeki lifleri paralel dizilim gösterdiğinden multipennat bir kastır**
- **Pectoralis majör, multipennattır.**

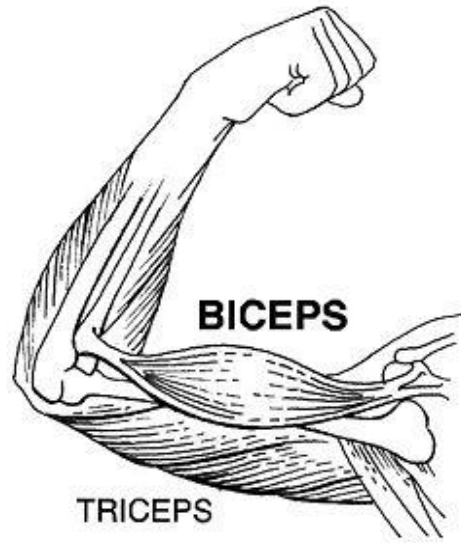
Kasın 2 genel şekli fusiform ve pennate



A) Fusiform B) Unipennate C) Bipennate

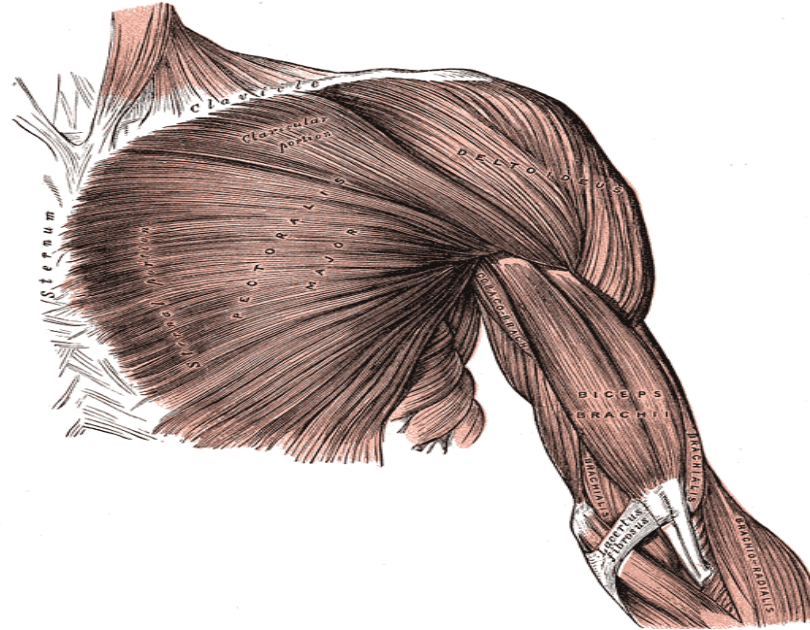


Fusiform Kas: Biceps.

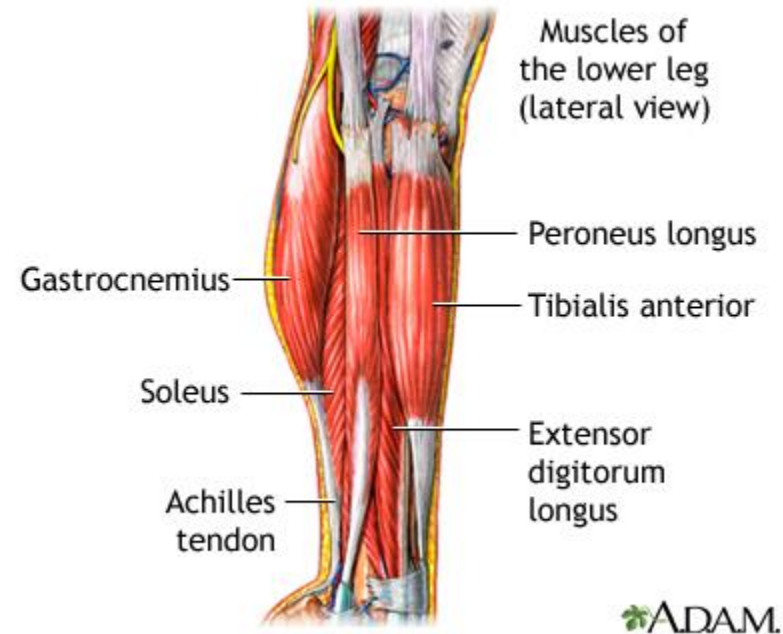
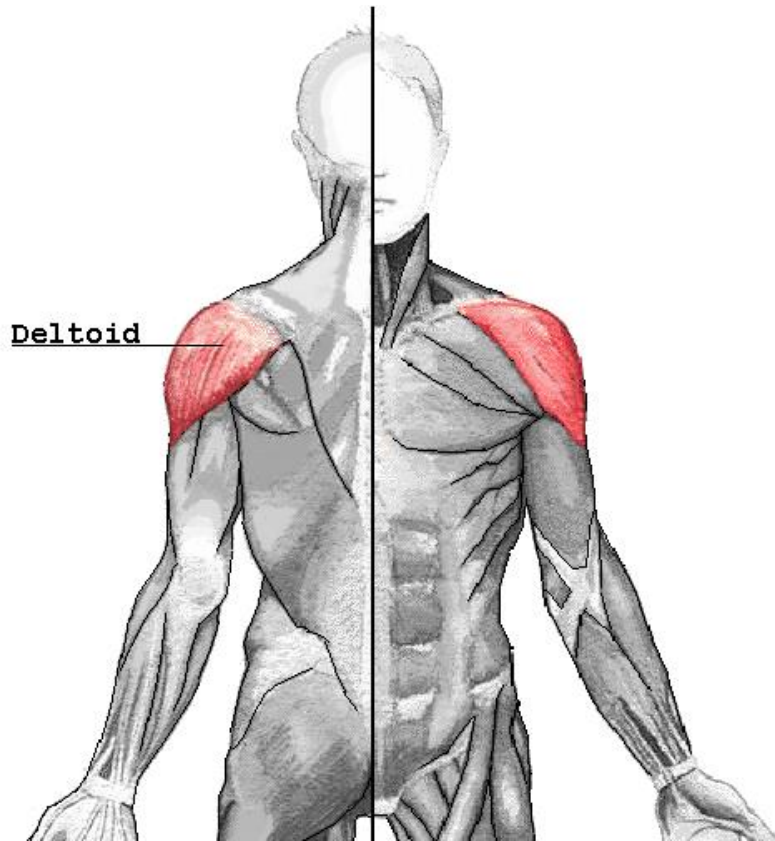


Multipennate ve fusiform

Deltoid, pectoralis majör ve biceps brachii.



Unipennat kas: Extensor digitorum longus



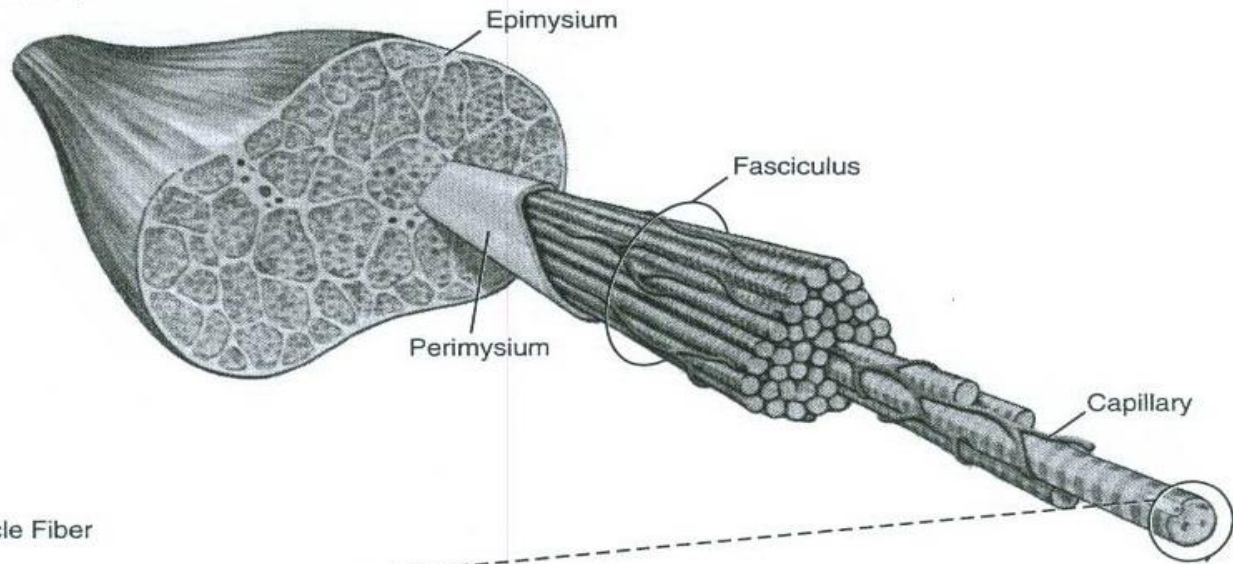
Kas lifi

- Kasın ana yapısını oluşturur.
- Kalınlığı 10–100 mikrometre, uzunluğu 1-50cm.arasında değişenlik gösterir.
- Her bir kas lifi çoklu çekirdeklerden oluşan bağımsız hücredir.
- Kası saran ve destekleyen bağ dokusunun birçok rolü vardır.
- Liflerin çoğunluğu kollajen, kalan kısmı da elastindir. Bu iki proteinin birleşimi kasa sağlamlık, yapısal destek ve elastikiyet sağlar.

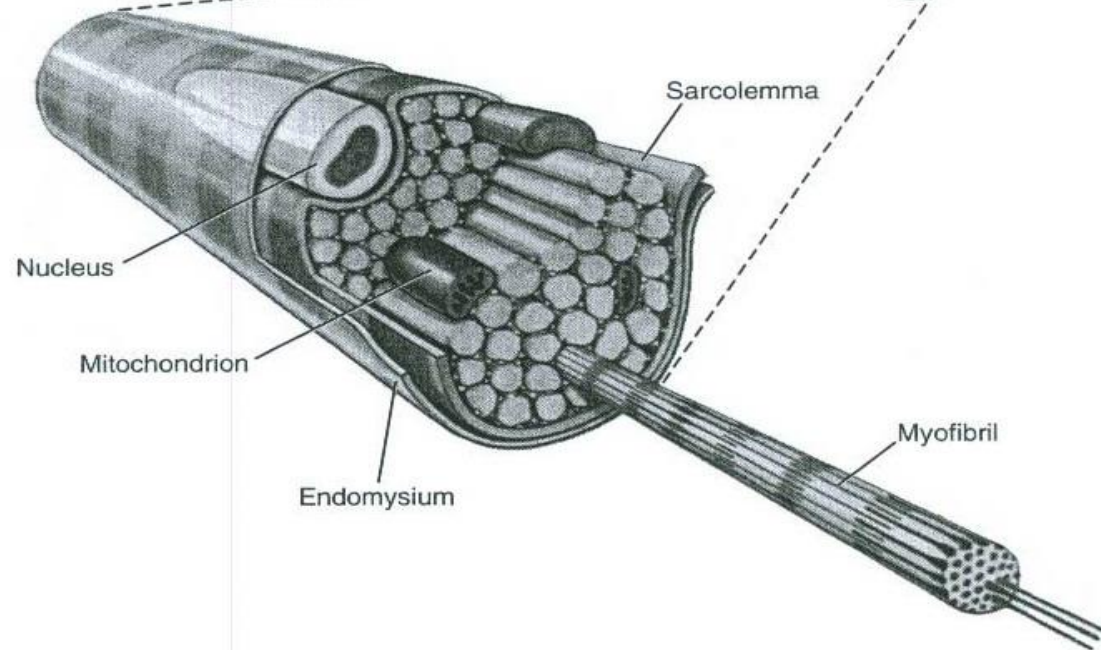
Kasta yapısal olarak bağlantılı olan 3 farklı bağ dokusu görülür Epimisyum, perimisyum ve endomisyum

- Epimisyum kasın tüm etli dokusunun yüzeyini saran ve onu diğer kaslardan ayıran sert bir yapıdır.
- Esas olarak epimisyum kasın etli dokusuna form verir.
- Epimisyum sıkıca birbirine örülmüş gerilmeye son derece dayanıklı kollajen lif destelerinden oluşur.
- Epimisyum kasın uç kısımlarına doğru incelik ve kas içi doku tabakalarıyla birleşerek tendon adı verilen kuvvetli bağ dokularını oluşturur.
- Perimisyum, epimisyumun altında bulunur ve kası kan damarları ve sinirler için bir kanal oluşturacak şekilde demetlere böler bu yüzden sinir ve damarlardan zengindir.
- Epimisyum gibi bu bağlayıcı doku da sert, kalın ve gerilime dayanıklı bir yapıdadır.

A Muscle Belly



B Muscle Fiber

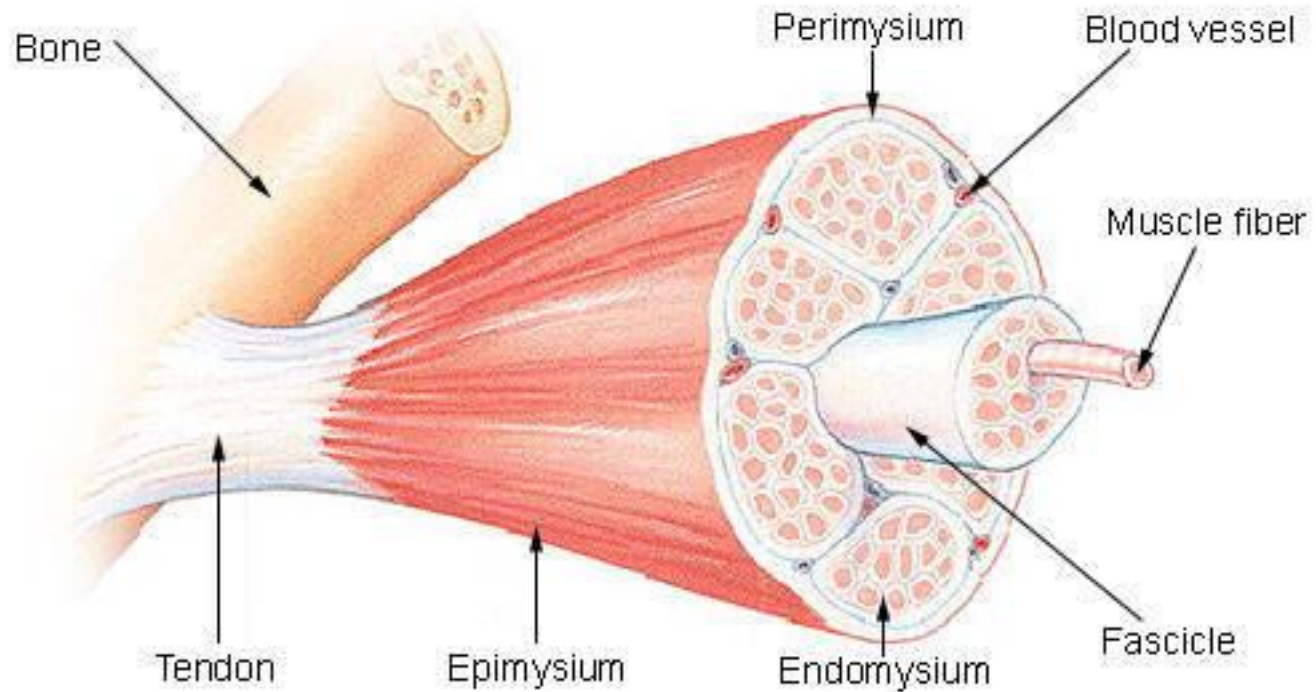


Endomisyum

- bağımsız kas liflerini çevreler.
- Perimisyum kısmen bağlı olan kollajen fibrillerinden oluşan bir örgüden meydana gelmektedir.
- Kas lifleri sarkolemma adı verilen şeffaf zarla çevrilidir.
- Endomisyum tendona uygulanan ve kasılmayı sağlayan kuvvetin bir kısmını lateral bağlantılardan kas liflerine doğru iletir.

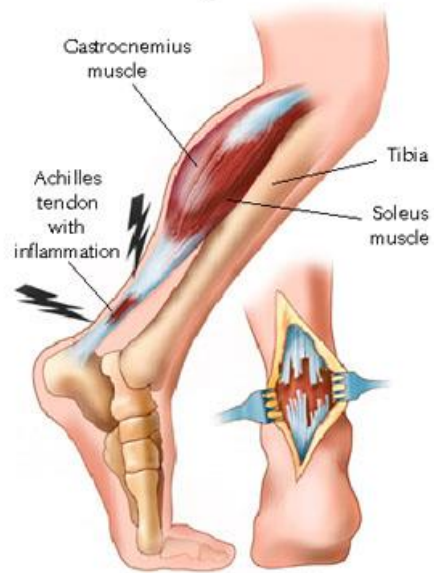
Tendon ve bağ dokuları

Structure of a Skeletal Muscle



Tendon ve bağ dokuları

Side view of lower leg



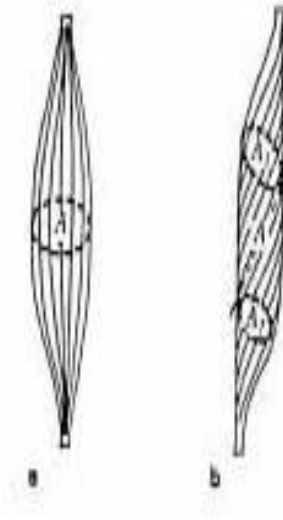
Surgical view of torn achilles tendon



ADAM.

Kas mimarisi

- Her kas ve ona ait tendon değişik yapıdadır, bu sebeple de farklı seviyelerde kuvvet üretebilmektedir. Kasın yapısını anlamak bahsedilen bir kasın iskelet yapılarının sabitlenmesi sırasındaki fonksiyonlarının tahmin edilebilmesini sağlar. Fizyolojik kesit yüzeyi alanı ve pennatasyon açısı kas tarafından üretilen ve yayılan kuvvetin ana belirteçleridir.



Bir kasın fizyolojik kesit yüzey alanı kuvvetin üretimi için gerekli kasılabilen protein miktarını yansıtır

- Fusiform kasın kesit yüzey alanı (cm^2), **kasın hacminin (cm^3) boyuna (cm) bölünmesiyle hesaplanır.** Birçok kalın liften oluşan bir fusiform kasın kesit yüzey alanı benzer uzunluk ve morfolojide olup daha az ve ince liflerden oluşan bir kasın alanından çok daha büyüktür.
- **Bir kasın maksimal kuvvet potansiyeli tüm liflerin kesit yüzey alanlarının toplamının oranına bağlıdır.**
- Normal koşullar altında, **kas ne kadar kalınsa potansiyel kuvvet de o kadar büyüktür.**
- Bir fusiform kasın kesit yüzey alanını hesaplamak bütün lifler paralel olduğundan daha basittir.

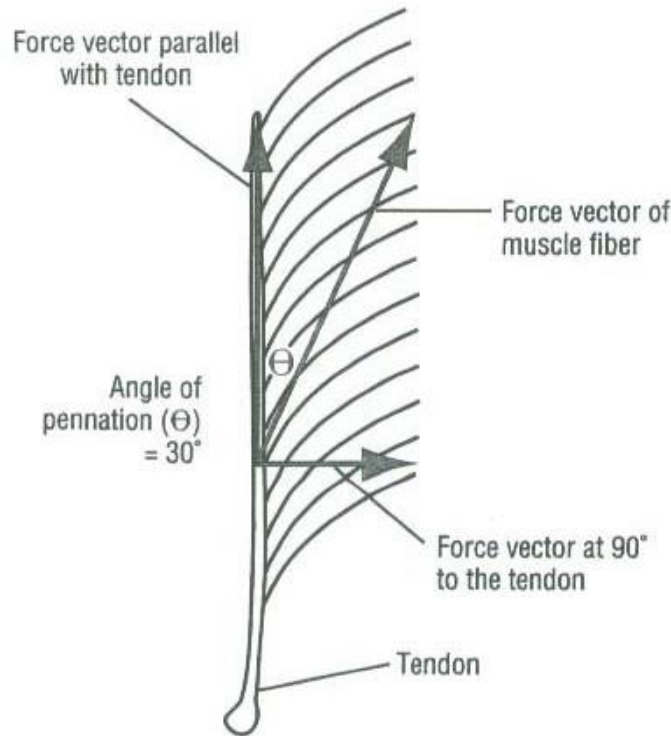
Pennate kasın fizyolojik kesit alanı -

- Lifleri orta tendona oblik olarak yönlendirildiği için bir pennate kas belirli uzunluktaki kasa çok daha fazla lif sığdırabilir.
- Bu alandan tasarruf sağlayan strateji pennate kaslara göreceli olarak daha geniş fizyolojik kesit yüzey alanı sağlar
- bu sebeple de göreceli olarak daha fazla kuvvet üretme kapasitesi sağlar.
- Artan pennatasyon açısından kaynaklanan pennate liften tendona transfer edilen kuvvetteki azalma, fizyolojik kesit yüzeyindeki artışla sağlanan yüksek kuvvet potansiyeli ile karşılaştırıldığında küçük kalmaktadır.
- 30 derecelik bir pennatasyon açısı hala liflere ürettikleri kuvvetin %86'sını tendon eksenini boyunca iletmelerine imkân vermektedir.
- Pennatasyon açısı kas lifleri ve tendonların yönlerinin oluşturduğu açıya bağlıdır.
- Eğer kas lifleri tendona paralel bağlanıyorsa pennatasyon açısı sıfır derece kabul edilir. Bu durumda esas olarak kas lifleri tarafından üretilen kuvvetin tamamı tendona iletilir ve bir eklemi geçer.
- Pennatasyon açısı sıfır dereceden büyükse kas tarafından üretilen kuvvetin daha az kısmı tendona iletilir.
- Teorik olarak pennatasyon açısı sıfır dereceye yakın olan bir kas tüm kuvveti tendona iletir,
- kasın pennatasyon açısı 30 dereceye yakın olursa kuvvetin %86 'sı tendona iletilir (30 derecenin kosinüsü 0.86 'dır.).

DİK ÜÇGENDE

- KOSİNÜS= YAN KENARIN HİPOTENÜSE ORANI
- SİNÜS= KARŞI KENARIN HİPOTENÜSE ORANI

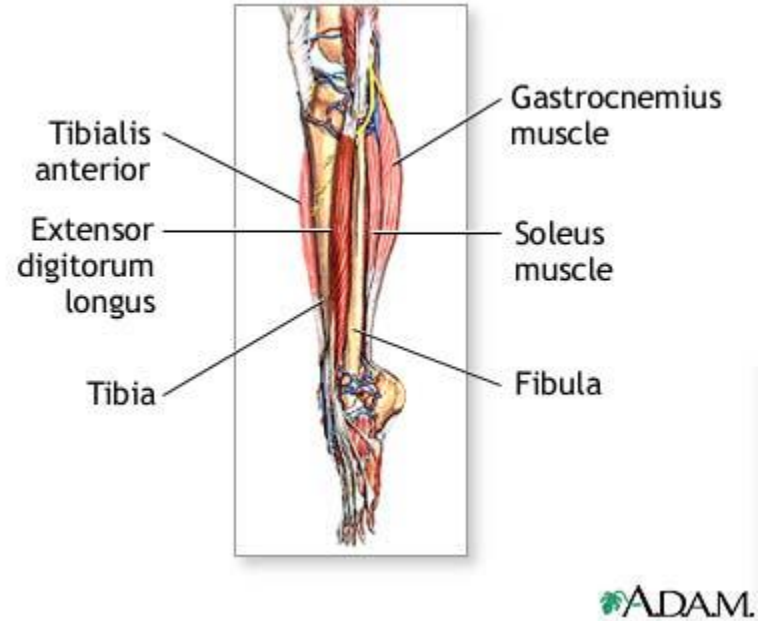
30 derecelik pennatasyon açılı unipennate kas



- Bir kasa kesit yüzey alanının cm^2 'si başına maksimum 50 Newton'luk kuvvet uygulanır.
- Örneğin bir fusiform kasın kesit yüzey alanı 15 cm^2 ise bu kas maksimum ($15 \times 50 : 750 \text{ N}$) 750 N'luk kuvvet uygulayabilir
- ($1 \text{ Newton} = 0,090712474 \text{ kg.}$)
- Eğer fusiform kasla aynı uzunluktaki bir unipennat kastan bahsediyorsak o zaman tüm liflerin kesit alanı toplanacağından pennat kasın daha fazla kuvvet uygulayabileceği hesaplanmış olur.

Fusiform kaslar

- Fusiform kaslar kısaldıklarında yani kasıldıklarında insersiyoları origolarına daha fazla yakınlaşır. Bu yüzden fusiform kaslar hareketin daha geniş olduğu pennate kaslar ise hareketlerin daha dar ama kuvvetin daha fazla gerektiği vücut bölgelerinde bulunurlar.
- Örneğin multipennate gastrocnemius, atlama sırasında ürettiği büyük miktardaki kuvveti bu yapısal özelliği sayesinde üretmektedir



Kas ve Tendon: Kuvvetin Üretilmesi

PASİF UZUN-GERİLİM EĞRİSİ

- Kasta epimisyum, perimisyum ve endomisyum olarak adlandırılan bağ dokularının oluşturduğu ağın içine karışmış **şekilde kasılma proteinleri** bulunur.
- Bağ dokuları hafif elastiktir ve bir lastik bant gibi uzatıldığında direnç kuvveti (gerilim) üretir.

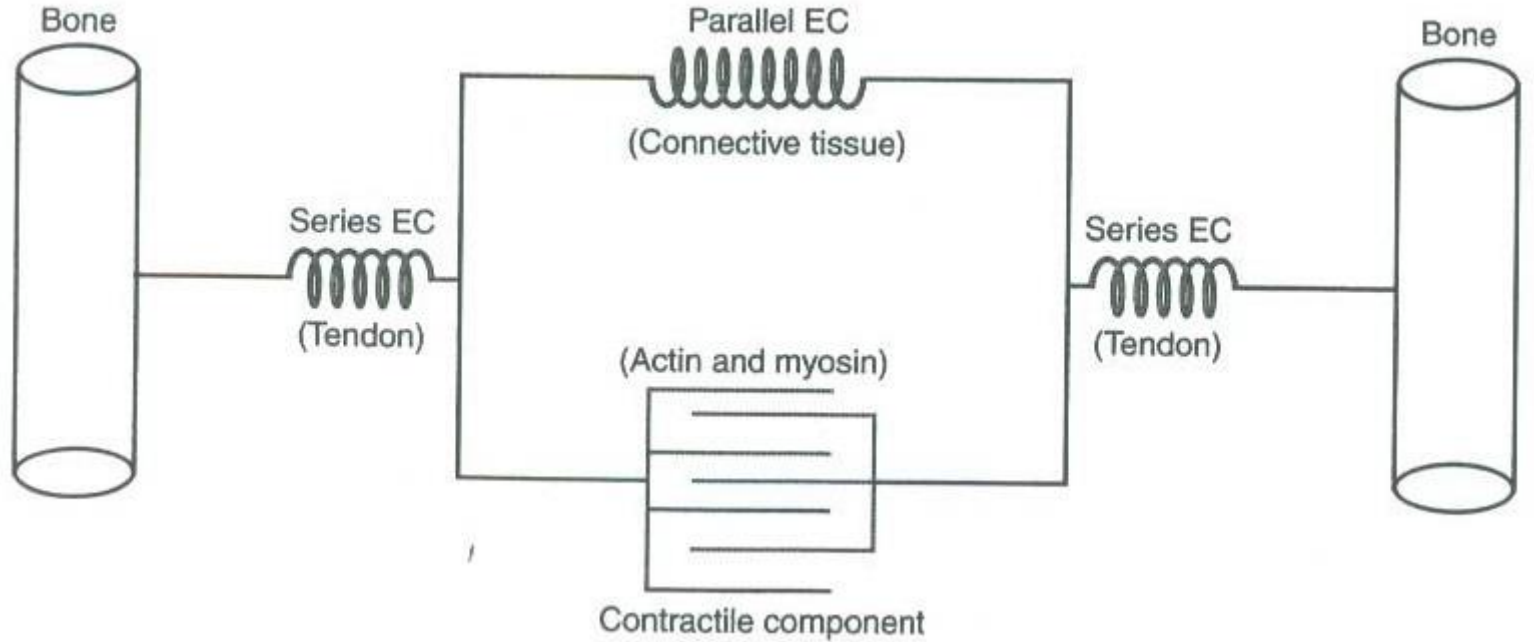
Bağ Dokusunun Fonksiyonları

- 1.Kasa bütüncül bir yapı sağlar.
- 2.Kan damarları ve sinirler için bir kanal oluşturur.
- 3.Streçe direnç göstererek pasif gerilim üretir.
- 4.Streç sonrası kasın eski şeklini kazanmasına yardım eder.
- 5.Kasılma kuvvetini tendona ve eklemin ötesine iletir.

Konnektif dokular

- Anatomik amaçlardan çok fonksiyonel amaçlı olarak kas ve tendon arasındaki konnektif dokuları paralel elastik bileşen ve seri elastik bileşen olarak tanımlanmıştır.
- Tüm kasın uzatılması veya gerilmesi bağ dokusu elementlerini uzatır .
- Paralel elastik bileşen kas kasılmasını sağlayan kasılma proteinlerini saran veya onlara paralel uzanan bağ dokularından faydalanır.
- Seri elastik bileşen ise tam tersi şekilde tendonlar arasındaki bağ dokularından faydalanır. Tendon kasılma proteini ile birlikte seriler şeklinde uzandığından bu proteinler tarafından üretilen aktif kuvvetler kemiğe ve ekleme direk olarak iletilirler..
- Eklemi uzatarak bir kasa streç yaptırmak hem paralel elastik bileşenleri hem de seri elastik bileşenleri uzatarak kasta yaya benzer bir direnç veya sertlik meydana getirir.
- Direnç pasif gerilim olarak değerlendirilir çünkü aktif veya istemli kasılmaya bağlı değildir.
- Paralel ve seri elastik bileşenlerin mantığı anatominin basitleştirilmiş bir tanımlamasıdır ancak streç yapılmış bir kas tarafından üretilen direncin seviyelerinin açıklanması faydalı olabilir

Kas dokusunda kuvvet üreten kasıcı ve elastik bileşenler (EC)/ Kasıcı bileşen aktin ve miyosin çapraz köprü yapılarını /Paralel elastik bileşen (kasıcı bileşene paralel) kas bağ dokusunu / Seri elastik bileşenler (tüm kasla seriler halindedir) tendonun arasındaki bağ dokusunu temsil eder



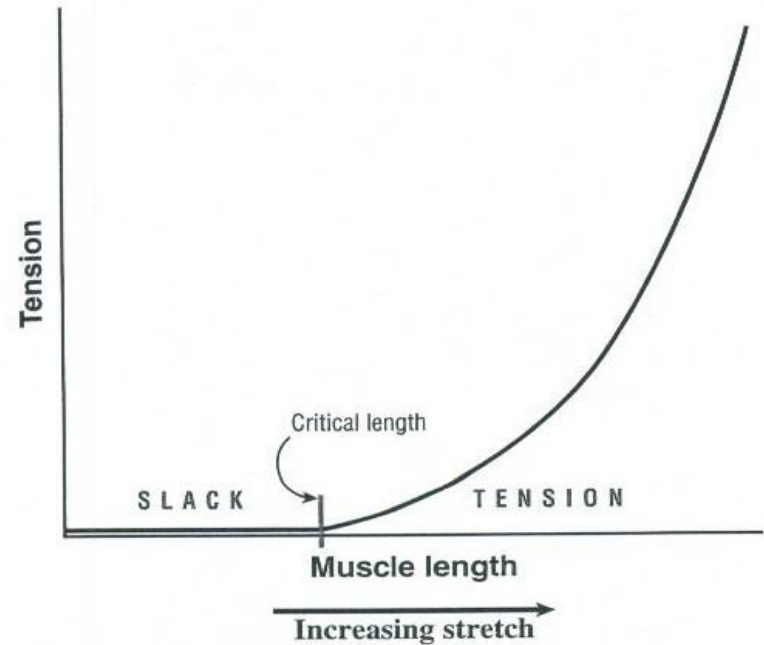
Tendonun mekanik özelliği

- Tendon kollajen liflerinin uzunlamasına konumu ve kalınlığı sayesinde normalde kas dokusuna zarar verebilecek büyüklükteki kuvvetlere bile direnç gösterebilir.
- Kas lifleri tendon dokusuyla harmanlandığında çapında %90 oranında azalma gösterir.
- Kesit yüzey alanı başına kas lifi üzerinden geçen kuvvet (stres) artar. Her kas lifinin sonunda onu saran ve aynı zamanda tendonun bağ dokusuyla kenetlenen / birbirine geçen plasmalemma (kas lifini sarmalayan zar) vardır. Bu zar büyük kuvvetlerin geniş bir alanda dağıtılmasını böylelikle kastaki stresin azaltılmasını garantiler.
- Paralel ve seri elastik bileşenler kasın arasında gerdirildikleri zaman genelleştirilmiş/yaygınlaştırılmış bir pasif uzun gerilim eğrisi üretilir. Elde edilen eğri bir lastik bandın gerdirilmesiyle elde edilene çok benzerdir.
- kasın içerisindeki pasif elementler kritik bir uzunluğa gelindiğinde ki bu nokta bütün gevşemiş dokuların ilk gerilmeye başladığı andır, pasif bir gerilim üretilmeye başlanır. Bu kritik uzunluk aşıldıktan sonra, gerilme aşırı sertleşme olana kadar artmaya devam eder.

- Aşırı gerilmelerde doku yırtılır. Bu basit uzatarak germe işlemi, kas ve bağ dokusunun zorlanma kapasitesini gösterir. Bu kapasite özellikle kas liflerinin aktif kuvvet üretme kapasitelerini kaybetmeye başladığı uzun kaslarda önem taşır.
- Pasif gerilim iskelet yapısını yerçekimine karşı güçlendirir ve maruz kalınan diğer yüklemelere ve dengesizliklere yanıt vermesini sağlar.
- Bisiklette pedal çevirme sırasında Achilles tendonunun pasif uzatılması kalça ve kas kuvvetinin yardımıyla bisikletin koluna doğru iletilmiş olur.
- Hızlıca değişen dış güce karşı dokunun yavaş adapte olması ve oluşan ilk uzama sebebiyle, bu kapasite limitlidir.

Genelleştirilmiş pasif uzun gerilim eğrisi

- Bir kas artan oranda gerdirilince, doku gerilim üretmeye başlayacağı kritik uzunluğa gelene kadar baştaki kısaltılmış boyutundan gevşektir. Bu kritik uzunluğun ötesinde gerilim üssel/üstel bir fonksiyon oluşturur.



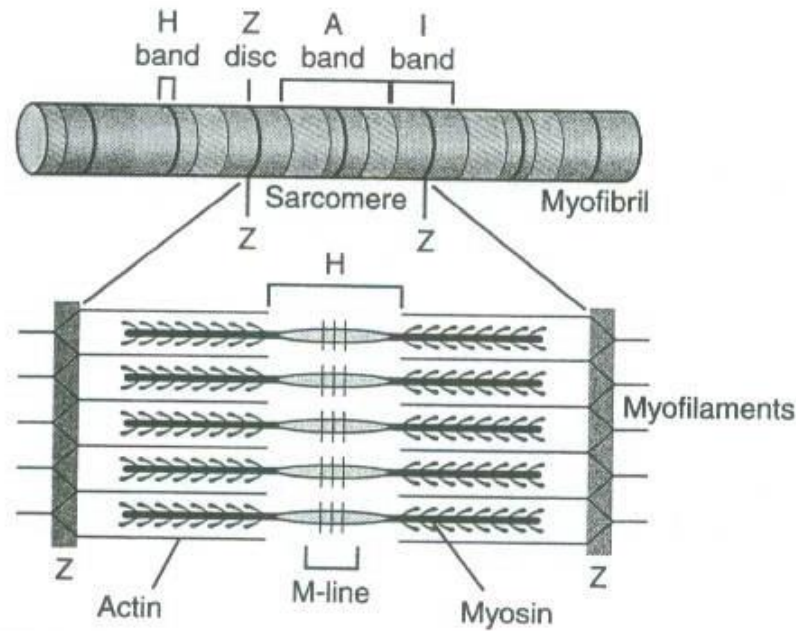
AKTİF UZUN-GERİLİM EĞRİSİ

Miyofibriller

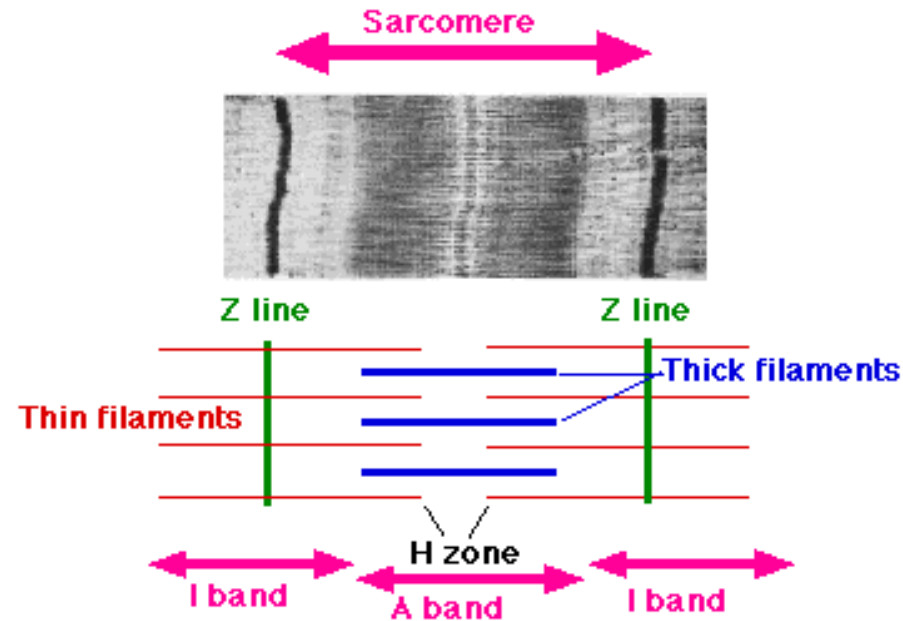
- Miyofibriller kas liflerinin kısılabilen elemanlarıdır Her miyofibril 1 veya 2 mikrometre çapındadır ve pek çok mioflamentlerden oluşur.
- Mioflamentlerin ana yapısı 2 tip protein içerir: Aktin ve miyosin.
- Düzenli bir şekilde organize olmuş mioflamentler, mikroskop altında görülebilen miyofibrillerin karakteristik görüntüsünü oluştururlar



Tek sarkomerin genişletilmiş görüntüsü aktin ve miyosin filamentlerin bantlı/çizgili organizasyona katılımı.

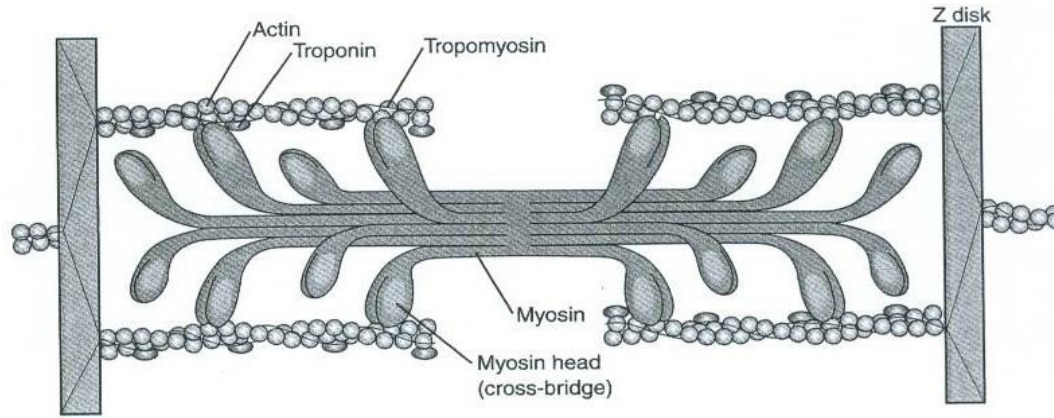


Gerçek kas dokusu üzerindeki sarkomer.



- Kas lifinin incelendiğinde, ince ve koyu bir şerit belirir . Koyu şerit, A-bant, miyosin-kalın filamentler varlığını gösterir. Miyosin ayrıca çapraz köprüler denilen ve çiftler halinde düzenlenmiş izdüşümler de içerir
- İnce şerit, I-bant, aktin denilen ince lifleri içerir .
- Dinlenmiş bir kas lifinde, aktin ve miyosin lifleri kısmen üst üste binmiştir.
- Bir elektron mikroskobu altında incelendiğinde, bu şeritler H bandı, M hatları / çizgileri ve Z diskleri içeren daha karmaşık bir yapı gösterirler.

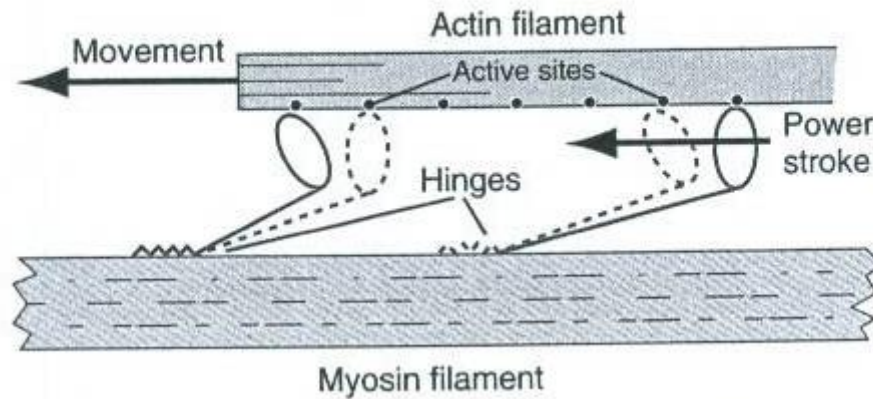
Miyosin başların ve onların aktin filamentlere bağlantılarının oluşturduğu çapraz köprü yapısını gösteren sarkomerin ileri detayları. Aktin filament aynı zamanda troponin ve tropomiyosin adlı proteinleri içerir.



Sarkomer

- Bir Z diskten diğer Z diske uzanan her bir bağımsız bant ünitesine sarkomer denir. Sarkomer kas lifinin aktif kuvvet üreticisi / jeneratörü olarak değerlendirilir.
- Sarkomerde meydana gelen aktif kasılma olaylarını anlayarak bir sarkomerden diğerine tekrarlanan bir süreç olan kas kasılma mekanizmasını de anlamak mümkündür.

Kayan Filamentler Teorisi



- aktin filamentler miyosin filamentlere doğru kayarlar ve Z disklere yakınlaşırken H bandı daraltırlar ve bu sayede aktif kuvvet üretilir.
- Bu şekilde aktin ve miyosin filamentler kademeli olarak üst üste geldiklerinden filamentlerin kendi boyları kısalmadığı halde sarkomerin boyu etkili şekilde kısalır
- Her çapraz köprü yakınındaki aktin filamente bağlanır bu yüzden kuvvet üretimi eş zamanlı çapraz köprü/aktin filament bağlantı sayısına bağlıdır.
- Çapraz köprü bağlantısı ne kadar çoksa sarkomerin içinde üretilen aktif kuvvet miktarı da o kadar çoktur.

KASLARIN YAPTIKLARI İŞLERE GÖRE İNCELENMESİ

- Kaslar statik ve dinamik olmak üzere iki tür iş yaparlar. Statik kasılmaya izometrik kasılma denir.
- Dinamik kasılma 2 çeşittir:
- Konsentrik ve eksentrik.