

DESTEK ve HAREKET SİSTEMİ

-Destek ve hareket sistemi kıkırdak, kemik ve kas dokudan oluşur.

-İnsandaki iskelet yapıyı kemik ve kıkırdak doku oluşturur.

-İskelet; baş, gövde ve üyeler iskeleti olarak gruplandırılır.

-a. Baş iskeleti, beyni koruyan kafatası kemikleri ile yüzümüze şekil veren yüz kemiklerinden oluşur.

-b. Gövde iskeleti, Göğüs kemiği, omurga, omuz, kalça ve kaburga kemiklerinden oluşan iç organların korunması ve vücut desteğinin sağlanmasında önemli rol oynar.

-c. Üyeler iskeleti: Vücudun hareketinde görevli kol ve bacak kemikleri ile birlikte omuz ve kalça kemerlerinden oluşur.



İskelet Sisteminin Görevleri

- Kaslar ve eklemlerle birlikte vücudun hareketini sağlamak.
- Vücuda şekil vermek.
- İç organları korumak.
- İç organlara ve kaslara bağlanma yüzeyi oluşturmak
- Mineral depolamak.
- Kan yapımını sağlamak (Kırmızı kemik iliklerinde alyuvar, akuyuvar ve kan pulcukları üretilir.)

A. Kemik Doku ve Çeşitleri

-Kemik dokuyu oluşturan hücrelere **osteosit**, organik ve inorganik maddelerden oluşan ara maddeye de **osein** denir. (Osteoklast ise kemik yıkımını gerçekleştiren hücrelerdir.)

-Oseinin organik kısmı protein yapısındaki kollagen liflerden oluşur. İnorganik kısmı ise kalsiyum fosfat, kalsiyum karbonat, kalsiyum florür, potasyum ve magnezyumdan meydana gelir.

-Yaş ilerledikçe oseindeki organik madde azalır, inorganik madde artar. Bu nedenle yaşlandıkça kemikler sertleşir ve kırılabilirliği artar.

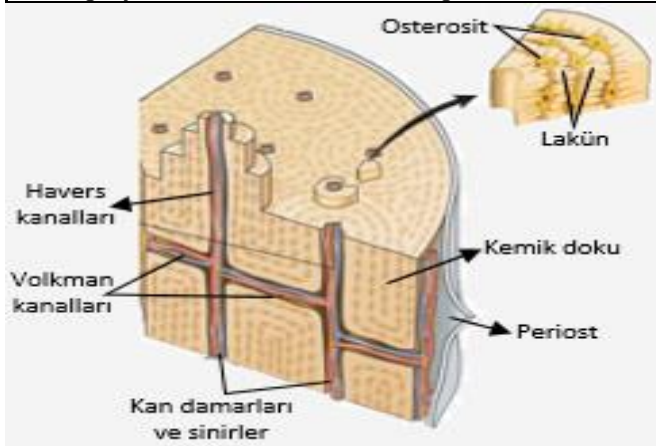
-Kemik hücreleri yıldız şeklinde olup kemik dokusunda **lakün** adı verilen boşluklarda yer alır.

-Bütün kemiklerin dışında **kemik zarı (periost)** bulunur.

-Periost, bağ dokudan yapılmış, bol miktarda sinir ve kan damarı içerir.

-Periostun görevleri:

- Yeni kemik hücreleri oluşturmak
- Kemiğin enine büyümesini sağlamak
- Kemiğin yenilenmesini ve onarımını sağlamak.



-Kemik dokusu yapısına göre sert (sıkı) kemik doku ve süngerimsi kemik doku olarak iki çeşittir

1. Sert (sıkı) kemik doku: Kemiklerin dış kısmında bulunan sert tabakadır. Ayrıca uzun kemiklerin gövde kısmında da bulunur. İçinde kan damarları ve sinirlerin bulunduğu boyuna uzanan **havers kanallarına** sahiptir. Havers kanallarını birbirine bağlayan enine kanallara ise **volkman kanalları** adı verilir.

2. Süngerimsi kemik doku: Uzun kemiklerin baş kısımlarında, diğer kemiklerin içinde bulunur. Gözenekli bir yapıya sahiptir ve bu gözeneklerin içinde kan hücrelerinin yapıldığı kırmızı kemik iliği bulunur. Havers ve volkman kanalı bulunmaz.

Şekillerine Göre Kemik Çeşitleri:

1. Uzun kemikler: Kol ve bacaklarda bulunan, uzunluğu kalınlığından fazla olan, silindirik şeklindeki kemiklerdir.

El ve ayak parmak kemikleri, Ön kol, dirsek, uyluk, kaval ve baldır kemikleri uzun kemiklerdir.

-Uç kısımlarındaki şişkin bölgelere baş, iki baş kısmı arasındaki bölgeye ise gövde adı verilir. Baş kısımlarının dışı sert kemik doku, içi süngerimsi kemik doku yapısındadır. Süngerimsi kemik dokunun içindeki boşluklarda kan hücrelerinin üretildiği kırmızı kemik iliği bulunur.

-Gövdede sert kemik doku bulunur. Gövdenin ortasındaki boşlukta ise sarı kemik iliği yer alır.

-Uzun kemiğin baş kısmında kemiğin boyuna uzamasını sağlayan kıkırdak doku yapısında **epifiz plağı** denilen büyüme bölgesi bulunur. Bu kıkırdak yapı 19-23 yaşından sonra kemikleşir ve kemiğin boyuna uzaması durur. İnsanlarda boydaki uzamanın sınırlı olmasının nedeni budur.



Şekil: Uzun kemiğin yapısı

2. Yassı kemikler: Yassı ve ince kemiklerdir. Kafatası, kaburga, kürek ve kalça kemikleri yassı kemiklere örnek verilebilir.

3. Kısa kemikler: Uzunluk, genişlik ve kalınlıkları birbirine yakın olan kemiklerdir. Örneğin el ve ayaklardaki bilek kemikleri kısa kemiklerdir.

4. Düzensiz şekilli kemikler: Belli bir şekli olmayan, baskılara karşı dayanıklı, sağlam kemiklerdir. Örneğin omurlar ve çene kemikleri düzensiz kemik çeşitleridir.

-Periost (kemik zarı), süngerimsi kemik doku, sert kemik doku, kırmızı kemik iliği, havers ve volkman kanalları tüm kemik çeşitlerinde bulunur.

-İlik kanalı ve sarı kemik iliği sadece uzun kemiklerde bulunur.

Sarı kemik iliğinin büyük ölçüde yağ hücrelerinden oluşur. Yağ hücrelerinin renginden ötürü bu ismi alır. Sarı kemik iliği, ağır kanamalar veya hipoksi (oksijen yetersizliği) durumunda, aktif olarak kan hücresi üretme yeteneği de olan kırmızı kemik iliğine dönüşebilir.

Kemik Gelişimini Etkileyen Faktörler

İnsanda kemik yapımı ve yıkımı sürekli devam eden bir süreçtir. Genç yaşlarda kemiklerde yapım olayları fazlayken yaşlanmaya bağlı olarak yıkım olayları yapım olaylarından daha fazla gerçekleşmeye başlar.

Kemik yapımında etkili olan faktörler şunlardır:

-Hormonlar: Kalsitonin, parathormon, büyüme hormonu ve eşeysel hormonlar.

- Kalsitonin, kandaki kalsiyumu kemik dokuya geçirir. Kemiyi sertleştirir.
- Parathormon kemikteki kalsiyumu kana geçirir. Kemik sertliğini azaltır.
- Büyüme hormonu (=STH), kıkırdak ve kemik doku büyümesini uyarır.
- Eşeysel hormonlar, kemik yıkımını önler.

-Mineraller: Kalsiyum, fosfor, magnezyum ve potasyum mineralleri kemiğin sertleşmesini sağlar.

-Vitaminler: A-C-D vitaminleri etkilidir.
-D vitamini kemiklerde kalsiyum ve fosfat birikmesini sağlar. D vitamini eksikliğinde kemiklerde yumuşama ve eğilmeler meydana gelir.

-A vitamini eksikliğinde kemiklerin büyümesi yavaşlar.

-C vitamini özellikle kemik yapısında bulunan kollajen liflerin üretiminde etkilidir.

-Güneş ışığı: Provitamin D'yi (pasif D = öncül D) deri altında aktif D vitaminine dönüştürür.

-Genetik özellikler: Kemiğin enine ve boyuna büyümesinde, kemiğin son şeklini almasında belirleyici faktördür.

-Dengeli ve yeterli beslenmenin yanı sıra hareket ve sporun da kemik gelişimi üzerinde önemli rolü vardır.

EKLEMLER

İskeleti meydana getiren kemiklerin birbiriyle bağlantı kurduğu yere **eklem** denir.

-Eklem hareket derecelerine göre üçe ayrılır:

1.Oynar eklem: Kol ve bacak kemikleri arasında bulunan ve vücudun hareketini kolaylaştıran eklemlerdir.Oynar eklemlerde eklem kapsülü ve kapsül içinde sinovial sıvı bulunur.Bu sıvı kaygan bir sıvıdır ve sürtünmeyi azaltır.

Ligament ile tendonu birbirine karıştırmamak lazım.

-Ligament: Eklem bölgelerindeki kemikleri, birbirine bağlayan bağlardır.

-Tendon (kas kirişi): Kasları kemiklere bağlayan bağlardır.



2. Yarı oynar eklem: Boyun ve omurlar arasındaki eklemler bu tür eklemlerdir.Bu eklemler arasında kıkırdak diskler vardır.

3. Oynamaz eklem: Kafatası kemikleri bu eklem çeşidi ile birbirine bağlanır.

KIKIRDAK DOKU

- Kıkırdak ve kemik, vücudumuzun iskelet çatısını oluşturan, özelleşmiş bağ dokusudur. Diğer bağ dokularında olduğu gibi embriyonik mezenşimden gelişirler.

Kıkırdak Dokunun İşlevleri

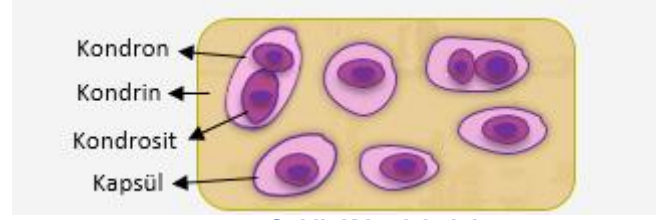
- Yumuşak dokulara yapısal destek
- Eklem için kaygan yüzey sağlamak
- Uzun kemiklerin boyuna büyümesinde aracı olur.
- Embriyonik dönemde iskeleti oluşturur.

-Kıkırdak dokuda kan damarları, sinir veya lenfatik damarlar bulunmaz. Bu özelliği ile epitel dokuya benzer. Hücrelerin beslenmesi bağ dokudan difüzyon ile sağlanır. Atık maddeler de aynı yolla uzaklaştırılır.

- Kıkırdak doku hücrelerine **kondrosit**, kondrositler arasında bulunan ara maddeye ise **kondrin** adı verilir.

- Kıkırdak hücreleri yuvarlak veya oval şekilli büyük çekirdekli hücrelerdir. Bu hücreler kapsülle çevrilidir.

-Kapsül içerisinde birden fazla kondrosit bulunuyorsa bu yapıya **kondron** (izogen grup) denir.



Şekil: Kıkırdak doku

Kıkırdak doku 3 çeşittir.

- a. Hiyalin kıkırdak,
- b. Elastik kıkırdak,
- c. Fibröz kıkırdak.

a. Hiyalin Kıkırdak

-Bulunduğu yerler:

-Embriyo döneminde iskelet, hiyalin kıkırdaktan yapılmıştır.

-Ergin bireylerin bronşlarında, soluk borusunda, burunda, kemiklerin eklem başlarında ve kaburga uçlarında hiyalin kıkırdak bulunur.

-Yapısında kollojen lifler vardır.

b. Elastik Kıkırdak

-Bulunduğu yerler:

-Kulak kepçesi, kulak yolu, östaki borusu ve epiglotis (gırtlak kapağı) elastik kıkırdaktan meydana gelmiştir.

-Yapısında elastik lifler vardır

c. Fibröz Kıkırdak

-Bulunduğu yerler:

-Omurlar arasındaki disklerde, diz kapağı ve köprücük kemiği gibi kemiklerin eklem yaptığı yerlerde fibröz kıkırdak bulunur.

-Yapısında çok miktarda kollojen lifler vardır.

KAS DOKUSU

-Vücudun kasılıp gevşeme özelliğine sahip hücrelerden oluşan kas doku, hareket, sindirim, dolaşım, solunum, boşaltım ve vücut sıcaklığını koruma gibi görevleri gerçekleştirmede etkilidir.

-Kaslarda hücreler arası madde bulunmaz.

-Kas hücresinin sitoplazmasına **sarkoplazma**, hücre zarına ise **sarkolemma** denir. Kas hücrelerinin endoplazmik retikulumuna da **sarkoplazmik retikulum** adı verilir. Kas hücreleri yüksek enerjiye ihtiyaç duyduklarından çok sayıda mitokondrileri vardır.

-Sarkoplazmada kasılmayı sağlayan miyofibril olarak adlandırılan telcikler vardır. Miyofibriller, aktomiyozin denilen **aktin** ve **miyozin** proteinlerinden oluşur.

Bütün kas çeşitlerinde aktin miyozin denilen protein yapılı kas telcikleri bulunur. Ancak düz kaslarda dağınık yer aldığından bantlaşma göstermezken çizgili ve kalp kaslarında bantlı bir yapı gösterir.

-Vücutta iskelet kası (çizgili kas), düz kas ve kalp kası olmak üzere üç çeşit kas dokusu vardır.

1. DÜZ KAS

-Hücreleri ince uzun mekik şeklindedir.

-Hücreleri tek çekirdekli. Hücrenin ortasında bulunur.

-Sarkoplazmik retikulum iyi gelişmemiştir.

- Hücreleri bantlı yapı göstermez.

Düz kaslardaki kasılma birimi, sarkomer değil hücrenin kendisidir. Çünkü düz kasta sarkomer yoktur.Düz kas, hız yerine güçlü korumak için özelleşmiş dokudur.

-Otonom sinir sisteminin kontrolünde çalışır. Bu nedenle isteğimiz dışında çalışan istemsiz kaslardır.

-Kasılmaları çizgili kaslara göre yavaş, düzenli ve uzun sürelidir, çabuk yorulmazlar.

-Düz kas hücrelerine genellikle biri sempatik diğeri para sempatik sinirden gelen iki sinir teli bağlanır.

-İç organların yapılarında (dolaşım, sindirim, solunum, boşaltım ve üreme sistemleri gibi) bulunur.

2. İSKELET KASLARI (ÇİZGİLİ KASLAR)

- Silindirik şeklinde uzun hücrelerden oluşur. Kas hücrelerine kas lifi denir.
- Hücreler arası zarları eridiğinden dolayı çizgili kas lifleri çok çekirdekli.
- Çekirdekler hücre zarının hemen altında kenarda bulunur.
- Miyofibriller, düzenli aralıklarla açık ve koyu olarak enine bantlaşmalar gösterir.
- Somatik sinir sistemi kontrolünde çalışır. Yani istemli çalışır.
- Düz kaslara göre daha hızlı çalışır, çabuk yorulur.
- Oksijen yetersizliğinde laktik asit fermentasyonu ile ATP üretirler.
- Çizgili kas hücreleri sitoplazmalarında oksijen depolayabilen ve demir içeren **miyogloblin pigmenti** taşıdıklarından kırmızı renkte görünürler.
- Miyogloblin yoğun kas faaliyetlerinde depo ettiği oksijeni mitokondriye aktarır.

Çizgili kasların hızlı kasılmasının nedeni nedir?

- Düz kas hücrelerinin çoğunda sadece hücrelerin bir kısmı sinir uçları ile bağlantılıdır. Diğer hücrelere uyarılar bu hücrelerden aktarılır. Buna karşılık çizgili kas hücrelerinin hepsi bir veya birkaç noktadan sinir uçları ile bağlantılıdır. Çizgili kasların düz kaslardan daha hızlı çalışmasının nedeni budur. Ayrıca çizgili kaslar miyelinli nöronlarla bağlantılı iken düz kaslar miyelinli nöronlarla bağlantılıdır.

- Miyogloblin çizgili ve kalp kasında oksijeni depo eder. Hemoglobin ise alyuvarlarda bulunur ve solunum gazlarını taşır.
- Suda yaşayan memelilerde (balina, yunus gibi) miyogloblin düzeyi oldukça yüksektir.

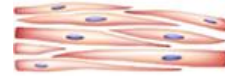
3. KALP KASI

- Yapısı çizgili kaslara, çalışması düz kaslara benzer.
- Otonom sinirler denetiminde istemsiz olarak çalışır.
- Kasılıp gevşeme hızı düz kaslardan daha hızlı, çizgili kaslardan daha yavaştır.
- Hücreleri silindirik ve dallanmalar gösterir.
- Hücreleri tek çekirdekli. Çekirdek hücrenin ortasında bulunur.
- Kas telcikleri çizgili kaslardaki gibi enine bantlaşma gösterir.
- Kalp kasi hücreleri, uç uca geldikleri bölgelerde hücreler arası disk adı verilen özelleşmiş yapılarla birleşerek dallanmıştır.
- Diskler, kalp atımı sırasında elektriksel uyarının yayılmasını sağlar. Böylece kalp kasının düzenli çalışması sağlanmış olur.

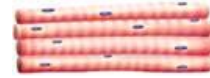
Ara diskler kalp kasına özgüdür. Diğer kas çeşitlerinde bulunmaz.

Kasları Ortak Özellikleri

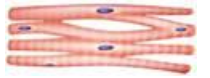
- Kasılıp gevşeme özelliğine sahip olması
- Kasılmayı sağlayan aktin ve miyozin bulunması
- Glikojen bulunması
- Kasılma için ATP ve Ca^{+2} iyonlarına gereksinim duyulması



Düz kas



Çizgili kas

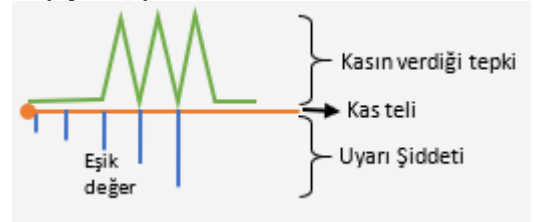


Kalp kası

KAS ÇEŞİTLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI		
DÜZ KAS	ÇİZGİLİ KAS	KALP KASI
Otonom sinirlerin kontrolünde çalışır.	Somatik sinirlerin kontrolünde çalışır.	Otonom sinirlerin kontrolünde çalışır.
İç organların yapısında bulunur.	Hareket organlarında bulunur.	Kalbin yapısını oluşturur.
İstemsiz çalışır.	İstemli çalışır.	İstemsiz çalışır.
Kasılma hızı en yavaş.	Kasılma hızı en fazla.	Kasılma hızı orta.
Ucu sivri mekik şeklindedir.	Ucu küt, uzun silindirik şeklindedir.	Silindirik şeklinde yan dallarla dallanmıştır.
Bantlaşma yok.	Bantlaşma var.	Bantlaşma var.
Sarkomer yok.	Sarkomer var.	Sarkomer var.
Her hücrede bir çekirdek bulunur.	Her lifte çok sayıda çekirdek bulunur.	Her lifte genellikle bir çekirdek bulunur.
Çekirdek ortada bulunur.	Çekirdekler kenarda bulunur.	Çekirdek ortada bulunur.
Miyogloblin yok.	Miyogloblin var.	Miyogloblin var.
Mitokondri sayısı az.	Mitokondri sayısı orta düzey.	Mitokondri sayısı en çok.
Mitoz görülür	Mitoz görülmez.	Normal durumda görülmez.

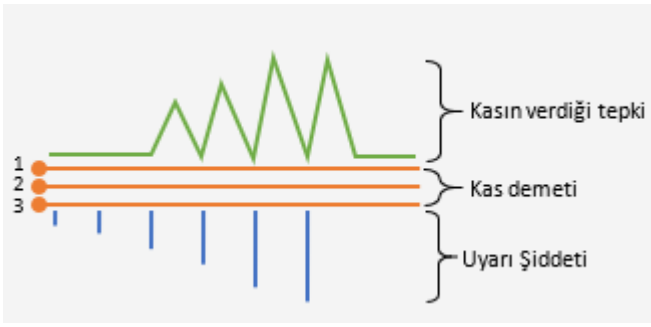
ÇİZGİKLİ KASLARIN KASILMA MEKANİZMASI

- Kasları kasılabilmesi için uyarılmaları gerekir.
- Kasların kasılmasını sağlayan en küçük uyarı şiddetine **eşik şiddeti** denir.
- Kas eşik şiddetin altındaki uyarılara tepki göstermez. Eşik şiddetin üzerindeki uyarılara ise hep aynı şiddette tepki gösterir. Buna **ya hep ya hiç prensibi** denir.



Şekil: Bir kas telinde ya hep ya hiç prensibi

Ya hep ya hiç kuralı tek bir kas teli için geçerlidir. Birçok kas telinin bir araya gelmesiyle oluşan kas demetlerinde merdiven etkisi görülür. Çünkü kas demetine verilen uyarı şiddeti arttığında, uyarılan kas teli sayısı da artacağından verilen tepki de artar.



Şekil: Bir kas demetinde merdiven etkisi.

1, 2 ve 3 ile verilen kas tellerinin uyarılma eşikleri farklıdır. Belli bir şiddetteki uyarı önce kolay uyarılabilen 1. kas telini uyarır. Uyarı şiddeti arttıkça sonra 2. kas teli sonra da 3. kas teli uyarılır. Uyarılacak kas teli kalmayınca verilen tepki değişmez.

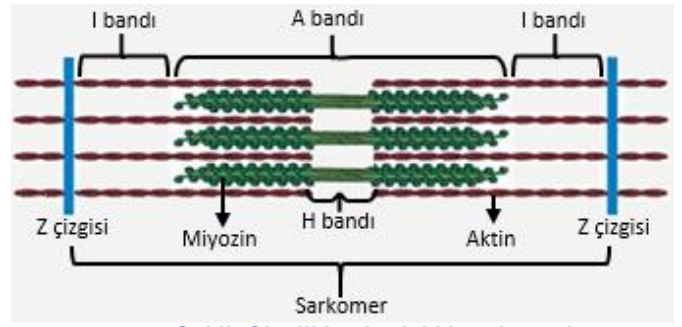
-Uyarılan bir kasın bir kez kasılıp gevşeyerek eski hâlini almasına **kas sarsı** ya da **kasıl sarsılma** denir.

-Kas sarsı üç aşamada gerçekleşir:

Gizli evre: Kasın uyarıldığı an ile kasılmaya başladığı an arasında geçen süredir.

Kasılma evresi: Kasılmanın başladığı an ile gevşemenin başladığı an arasında geçen süredir.

Gevşeme evresi: Kasın gevşeyerek eski hâline dönmesine kadar geçen süredir.



Şekil: Çizgili kaslardaki bantlı yapılaşma

Huxley'in kayan iplikler modeline göre çizgili kasların kasılma mekanizması

- Çizgili kasların kasılma mekanizması, İngiliz bilim insanı H.E. Huxley (Haksli) tarafından ileri sürülen model ile açıklanır.

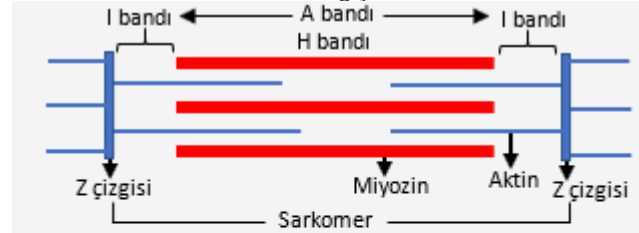
-Kasılma, kası oluşturan aktin ipliklerinin miyozin iplikler üzerinde kaymasıyla gerçekleşir.

-Kasılma sırasında gerçekleşen olaylar:

- Z çizgileri yaklaşır, sarkomerin boyu kısalır.
- I bandının boyu kısalır.
- Aktin ve miyozin ipliklerinin boyu değişmez.
- A bandının boyu değişmez,
- H bandı görülmez olur.
- Kasın boyu kısalır, genişliği artar.
- Kasın hacim ve kütlesinde değişme olmaz.

-Gevşeme sırasında gerçekleşen olaylar:

- Z çizgileri birbirinden uzaklaşır, sarkomerin boyu uzar.
- I bandının boyu uzar.
- Aktin ve miyozin ipliklerinin boyu değişmez.
- A bandının boyu değişmez,
- H bandı ortaya çıkar.
- Kasın boyu uzar, genişliği azalır.
- Kasın hacim ve kütlesinde değişme olmaz.



Şekil: Gevşemiş kas



Şekil: Kasılmış kas

a. Belli zaman aralıkları ile gönderilen uyarıların kasta yol açtığı normal kasılıp gevşemeleri gösterir.

b. Uyarı gönderme aralıkları kısaltıldığında, kasın gevşeyemeden tekrar kasılmasını (tam olmayan fizyolojik tetanos halini) gösterir.

c. Uyarı gönderme aralıkları kısaltıldığında, kasın kasılı durumda kalmasını (tam fizyolojik tetanos halini) gösterir.

Çizgili kaslardaki bantlaşma

- Çizgili kaslardaki bantlaşmaların sebebi, kasın yapısındaki aktin ve miyozin proteinlerinin düzenli bir şekilde dizilmiş olmalarıdır.

- Kas yapısında sadece aktin iplikçiklerin bulunduğu bölge ince yapıda olduğundan ışığı az kırar, açık renkli görünür. Bu bölgeye **I bandı** adı verilir. I bandı iki miyozin arasında kalan bölge şeklindedir tanımlanabilir

-Miyozin ve aktin iplikçiklerin bulunduğu bölge ise ışığı çok kırar ve koyu renkli görünür. Bu bölge **A bandı** adını alır. A bandı bir miyozin boyu kadar olan bölgedir.

-A bandının ortasında sadece miyozin iplikçiklerin bulunduğu açık renkli görünen şerit şeklindeki kısma **H bandı** denir. İki aktin arasında kalan bölge şeklindedir tanımlanabilir.

I bandının ortasında **Z çizgisi** bulunur.

İki Z çizgisi arasında kalan birim **sarkomer** olarak adlandırılır.

-Sarkomer, kasların en küçük kasılma birimidir. Bir kas lifinde çok sayıda bulunur.

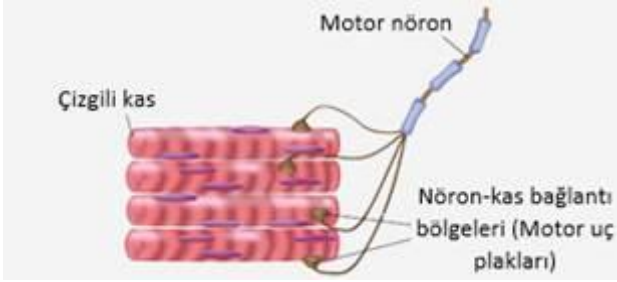
-Huxley'in kayan iplikler modeline göre çizgili kaslarda kasılma-gevşeme olayları sırasında gerçekleşen olayların karşılaştırılması	KASILMA	GEVŞEME
Z çizgileri	Yaklaşır	Uzaklaşır
Sarkomerin boyu	Kısalır	Uzar
I bandının boyu	Kısalır	Uzar
A bandının boyu	Değişmez	Değişmez
H bandı	Kaybolur	Ortaya çıkar
Aktin ve Miyozin ipliklerinin boyu	Değişmez	Değişmez
Kasın boyu	Kısalır	Uzar
Kasın genişliği (eni)	Artar	Azalır
Kasın hacim ve kütlesi	Değişmez	Değişmez

Düz kastaki kasılma birimi, sarkomer değil hücrenin kendisidir. Çünkü, düz kasta sarkomer bulunmaz.

İnsan kaslarının büyüklüğünü temelde kalıtım ve testosteron hormonu belirler. Erkeklerdeki testosteron hormonu, kasların kadınlara göre daha fazla gelişmesini sağlar. Ancak kaslar egzersizle %30-60 kadar daha hipertrofiye olabilir. Hipertrofi, kas liflerinin sayılarının artmasından daha çok, çaplarının artması sonucu oluşur.

Kas Kasılmasının Kimyasal Olarak Açıklanması

- Çizgili kasların kasılmaları beyin tarafından kontrol edilir.
- Çizgili kasın kasılmasını kontrol eden motor nöronların akson uçları çizgili kaslar ile sinaps yapar.
- Motor nöronların kas zarına bağlandığı kısma motor plak (sinir-kas sinapsı) denir.



Şekil: Çizgili kasın motor nöronları ile uyarılması

-Bir kasın uyarılarak kasılması sürecinde, sırası ile şu olaylar gerçekleşir.

1. motor uç plaklarındaki nörondan sinaptik boşluğa asetilkolin salgılanır.
2. Asetilkolin, kas hücreindeki reseptörlere bağlanır ve kas hücre zarının Na^+ geçirgenliğini artırır.
3. Kas hücre zarından içeri giren Na^+ iyonları, hücrede elektriksel bir değişime neden olur ve aksiyon potansiyelini başlatır.
4. Kas hücrelerinde oluşan depolarizasyon kas hücreleri zarı boyunca yayılır. Sarkoplazmik retikulumda depolanan Ca^{++} iyonları serbest kalarak aktin ve miyozin ipliklerinin arasına dağılır.
5. Ca^{++} iyonunun aktin filamentine bağlanmasıyla miyozinin aktine bağlanma bölgelerini açar.
6. Miyozin başının ATPaz aktivitesi ile ATP yıkılır. Enerji yüklenmiş miyozin başı aktin üzerinde açığa çıkmış olan bağlanma bölgesine bağlanır. Aktin iplikleri miyozin iplikleri tarafından çekilir.
7. Miyozin ile aktin filamentlerinin ATP kullanılarak birbiri üzerinde kayması ile kasılma gerçekleşir.
8. Ca^{++} iyonları endoplazmik retikulumların içine aktif taşıma ile tekrar taşınır ve gevşeme gerçekleşir.

Kasılmış kasta Ca^{++} , sarkoplazmadaki aktin-miyozin arasındadır. Gevşemiş kasta Ca^{++} , sarkoplazmik retikulum içindedir. -İskelet kası lifleri kendilerine sinirler aracılığı ile bir uyarı gelmediği sürece kasılmazlar. İskelet kasının kendi kendine, dışarıdan hiçbir uyarı olmadan kasılabilme yeteneği yoktur.

Kasılmanın enerji metabolizması

Kasların hem kasılması hem de gevşemesi sırasında enerji harcanır. Bu nedenle kas hücrelerinde mitokondri sayısı fazladır.

Bu enerji sırasıyla aşağıdaki şekilde elde edilir:

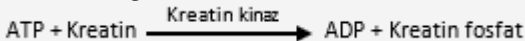
1. Enerji ilk olarak kas hücrelerinde hazır bulunan ATP molekülünden sağlanır.



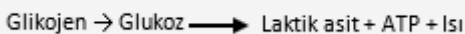
2. ATP hücrede depolanmadığından çok kısa bir sürede (0,5 sn) tüketilir. Bu durumda gerekli olan enerji ilk önce dinlenme hâlindeki kas hücrelerinde sentezlenen kreatin fosfattan karşılanır. Sadece kas hücrelerinde bulunan bir enerji kaynağı olan kreatin fosfat, yapısındaki fosfatı ADP'ye vererek ATP'nin sentezlenmesini sağlar.



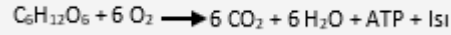
-Dinlenme sırasında kreatin, ATP'den bir fosfat alarak kreatin fosfat haline gelir.



3. Kas hücrelerinde depolanmış glikojen glukozla çevrilir. En kısa yoldan hızlı bir şekilde ATP üretebilmek için oluşan glukozdan laktik asit fermentasyonu ile ATP elde edilir. (Kısa bir süre)



4. Laktik asit fermentasyonu ile üretilen ATP yetersiz kalır. Ayrıca biriken laktik asitler oksijenli solunumu tetikler ve glukozlar oksijenli solunumda kullanılarak gerekli ATP üretilir.



5. Bütün bu kaynakların tükenmesi ile birlikte önce yağlar en son da proteinler enerji kaynağı olarak kullanılır.

-Sonuç olarak ağır bir egzersiz sırasında moleküllerin öncelikli kullanım sırası:

ATP- Kreatin fosfat- Glikojenden oluşan glukoz Yağ – Protein şeklindedir.

Kasılmada azalanlar

- ATP
- Kreatin fosfat
- Glikojen
- Glukoz + O_2

Kasılmada artanlar

- ADP + P_i
- Kreatin
- CO_2 + H_2O
- Isı
- Laktik asit

KREATİN

Kreatin tüm memelilerin vücudunda glisin, arginin ve metiyonin amino asitlerinden karaciğer, böbrekler ve pankreasta sentezlenen bir amino asit türevidir. Biyosentezden sonra iskelet kaslarına, kalbe, beyne ve diğer dokulara taşınır. Bu dokularda ani enerji ihtiyaçlarını karşılamak için ATP'nin yıkılmasına yardımcı olarak enerji depolayıcı form olan 'kreatin fosfat (fosfokreatin)'a dönüşür. Kreatin fosfat kasta ve diğer dokularda ADP'den ATP dönüşümünü sağlayan yüksek enerjili bir fosfat bileşiğidir.

Kas-İskelet ilişkisi

İskelet kasları kemiklere lifli bağ dokudan oluşan **kas kirişleri (tendon)** ile bağlanmıştır.

- İskelet kaslarının bir tarafı kemiğe bağlanırken diğer tarafı hareketli bir ekleme ya da deriye bağlanır. Kasın kemiğe bağlandığı yere **başlangıç noktası**, eklemeye bağlandığı yere de **sonlanış noktası** denir.
- İskelet kasları çoğunlukla çiftler hâlinde ve zıt yönlü çalışır.
- Çift kaslardan biri kasılırken diğeri gevşer.

Kasların çekme özelliği bulunmasına karşın; itme özelliği yoktur. Bu nedenle vücuttaki kasların çoğu çift olarak bulunur ve birbirinin aksi yönde (antagonist) çalışır.

-Birbirine zıt çalışan bu kaslara **antagonist kas** denir. Kol ve bacaklardaki kaslar antagonist kaslardır. Örneğin kolun hareketini sağlayan kaslardan biri bükücü kas, diğeri de açıcı kas olarak görev yapar. Kol dirsekten büküldüğünde bükücü kas kasılır, açıcı kas gevşer. Kol açılırken de bükücü kas gevşer, açıcı kas kasılır. Bu hareketler sırasında dirsek bir kaldıracın destek noktası gibi görev yapar.

-Aynı anda kasılıp aynı anda gevşeyen kaslara **sinerjist kaslar** denir. Karın ve sırt kasları bu gruba girer.

Ölüm katılığı (rigor mortis)

- Kasılmış kasın ATP yetersizliği sonucu gevşeyememesidir.

Çünkü ölümden sonra birkaç saat içinde mevcut ATP tükenmektedir. Bu durumda kalsiyum iyonları sarkoplazmik retikulumdan dışarıya sızmakta ve geriye pompalanıp gevşemenin olması için gerekli ATP olmadığından kaslar kasılı olarak kalmaktadır.

-Yaklaşık oda sıcaklığındaki bir insanda ölümden 3-4 saat sonra görülmeye başlar, 12 saat sonra doruk noktasına ulaşır ve 20 saat sonra ortadan kalkar. Bundan dolayı rigor mortis, adli tıpta yaklaşık ölüm saatini saptamak için kullanılmaktadır.

. Öldükten 15-20 saat sonra ise hücrelerdeki lizozomlar otoliz olayıyla kas proteinlerini parçaladığı için ölüm katılığı ortadan kalkar.

-Uzun süre kovalanan hayvan avlanırsa, eti katı ve laktik asitten dolayı lezzetsiz olur.

-Ben de derim ki boş verin avlamayı bırakın yaşasın hayvancağız.
Belki de bakması gereken yavruları vardır. Ne dersini