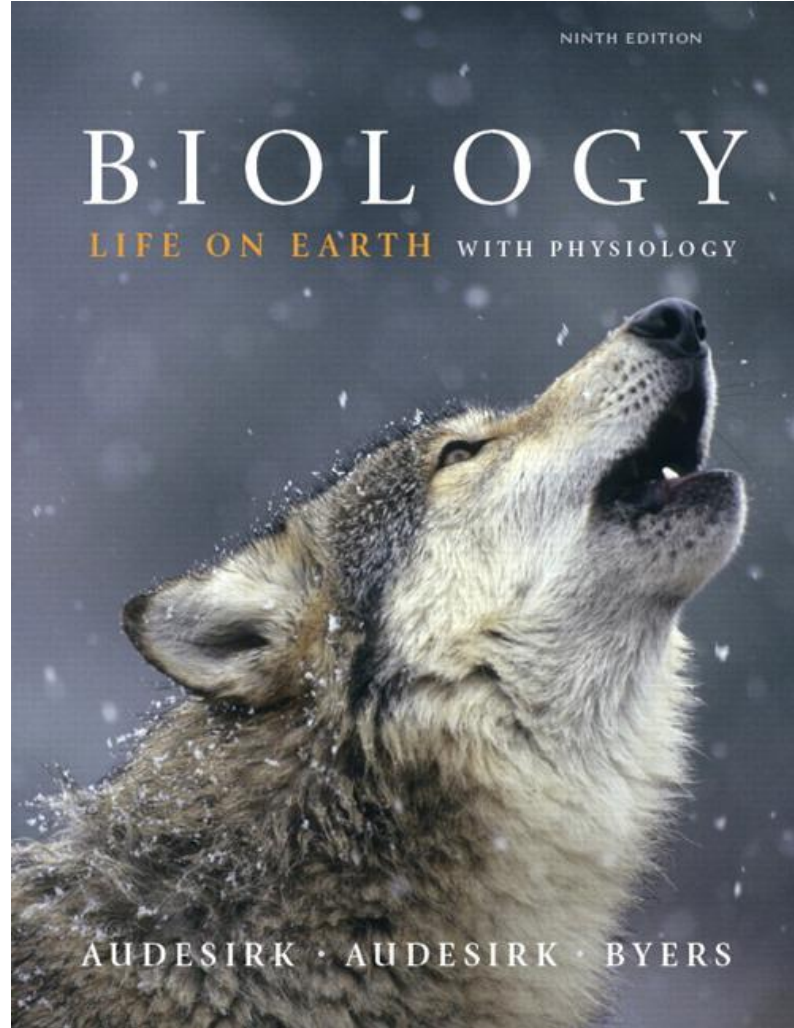


Bölüm 39

Hareket ve Destek: Kaslar ve İskelet



Ders Kitabı:

Audesirk, T., Audesirk, G., Byers, B.E. Biology: Life on Earth

Kas ve İskelet Sistemi

- **Kaslar:** kasılma yolu ile hareket üreten dokular
 - Kasılan hücrelerden oluşurlar
- **İskelet** hayvanlar için destekli bir ağ sağlar
 - Hayvanın şeklini belirler
 - hareket üretir

Kas Tipleri

- Kas işi alternatif olarak kasılan ve uzayan kaslara ihtiyaç duyar
- Üç tip kas vardır
 - İskelet
 - Kalp
 - Düz

Kas Tipleri

- **İskelet Kası**

- Kemiklere bağlıdır, iskeleti hareket ettirir
- Çizgili görünüştedir
- İstemli kontrol altındadır

Kas Tipleri

- **Kalp Kası**

- Kalpte lokalize olmuştur, kan pompalar
- İskelet kasından az olmasına rağmen, kalp kası da çizgilidir
- İstemsiz kontrol altındadır

Kas Tipleri

- **Düz Kas**
 - Çizgili değildir
 - Tüplü organlarda bulunur (mide, bağırsak)
 - İstemsiz kontrol altındadır

İskelet Kası Yapısı

- İskelet kasları **tendonlar** aracılığı ile iskelete bağlanırlar
 - Tendonlar, kollagen liflerinin güçlü kordonlarıdır
- Kas dokusu aşağıdakilerden yapılmıştır
 - **Kas lifleri**: Paralel şekilde düzenlenmiş uzun kas hücreleri
 - **Miyofibriller**: hücre içi kasılma üyeleri; silindirik protein demetleri

İskelet Kas Yapısı

- Miyofibril
 - **İnce iplikçikler** ve
 - **Kalın iplikçiklerden oluşur**

İskelet Kas Yapısı

- **Kalın iplikcikler miyosin** proteininden yapılmıştır
 - **Miyosin başları** miyosin proteininden dışarı doğru çıkmış uzantılardır
- **İnce iplikçikler aktin** proteininden yapılmışlardır.
 - ayrıca **troponin** ve **tropomiyosin** gibi yardımcı proteinler de içerir
- İnce ve kalın iplikçikler **sarkomer** ismi verilen tekrarlı üniteler şeklinde dizilmiştir.

İskelet Kası Yapısı

- **Sarkomerler**

- Kasın temel kasılma ünitesidir
- İnce aktin iplikçikleri kalın miyosin iplikçikleri ile üst üste gelir
- Aktin iplikçikleri sarkomere sınır **Z-çizgisine** bağlıdır

İskelet Kas Yapısı

- Diğer kas lifi yapıları
 - **Sarkoplasmik retikulum**: kalsiyum depolama bölgesidir; miyofibrilleri sarar
 - **T borucuğu**: kas lifini dışarıdan içeriye açan “tünel”; miyofibrille yakın geçer

Kas Kasılması

- İnce ve kalın iplikçiklerin birbirlerine doğru kayması sonucu oluşur, kas uzunluğunu kısaltır
 - *İplikçik kayma mekanizması* olarak bilinir

İplikçik kayma mekanizması

- İnce iplikçik çift **aktin** zincirinden oluşmuştur
 - Her aktin miyosin bağlanma bölgesine sahiptir
 - Her bağlanma bölgesi yardımcı proteinlerle engellenmiştir

İplikçik kayma mekanizması

- Kasılma sırasında
 - Yardımcı proteinler yana hareket eder ve miyosin bağlanma bölgesini açığa çıkarırlar
 - Daha sonra miyosin kafaları aktine bağlanır ve bükülür
 - İnce iplikçikler sarkomerin merkezine doğru çekilir, kalın iplikçiklerin üzerine doğru kayarlar

İplikçik kayma mekanizması

- ATP kullanarak, miyosin kafaları aralıksız olarak bükülür ve ince iplikçik üzerinde daha ilerideki bölgelere bağlanır
 - Sarkomer kısalır

Kasılmanın Kontrolü

- İskelet kas kasılması sinir sistemi tarafından kontrol edilir
- Sinir sistemi iskelet kasları ile **nöron-kas birleşim** yerlerinde iletişim kurar.
 - Motor nöronlar ile kas liflerinin “birleşme yerleri”; özelleşmiş sinapslardır

Nöron-Kas Birleşim Yerleri

- Motor nöronlar sinaptik boşluğa dağılacak nörotransmitterleri serbest bırakırlar
 - Nörotransmitterler kas lif zarı üzerindeki reseptörlere bağlanırlar
 - Aksiyon potansiyel kas lif zarı üzerinde oluşur
 - Nöron-kas birleşim yerleri sürekli uyarıya açık durumdadır

İskelet Kas Kasılması

- Motor nöronlar ve kas lifleri **motor birimler şeklinde düzenlenmiştir**
 - Dallonmuş bir motor nöron bir çok sayıda kas lifi ile sinaps oluşturur

Kalsiyum İyonları ve ATP

- Kas kasılması kalsiyum iyon ve ATP bulunmasına bağlıdır

Kalsiyum İyonları ve ATP

- Kas hücrelerindeki aksiyon potansiyel T-borucuğu içerisine yol alır
 - Sarkoplazmik retikulumun kalsiyum kanallarını açar, ve kalsiyum iyonlarının ince ve kalın iplikçiğin etrafını saran sitosol içine akmasını sağlar
 - Kalsiyum ince iplikçiğin *troponin*'ine bağlanır, ve şekil değişmesine sebep olarak *tropomyosin* proteinlerini miyosin bağlanma bölgesinden çeker

Kalsiyum İyonları ve ATP

- Bağlanma bölgesinin açık olması ve ATP'nin bulunmasına bağlı olarak miyosin kafaları sürekli olarak bağlanacak, bükülecek, serbest kalacak, ve yeniden bağlanacaktır, dolayısıyla kas liflerinin sürekli kasılmasını sağlayacaktır
- ATP kafanın hareketine g verir, ve miyosinin aktinden ayrılması serbest kalması için gereklidir

Kalsiyum İyonları ve ATP

- Aksiyon potansiyel bittiği zaman
 - Kalsiyum aktif taşıma ile sarkoplazmik retikuluma geri gelecektir.
 - Kalsiyum *troponin*'den ayrılır
 - Yardımcı proteinler dinlenme pozisyonuna döner
 - Miyosin bağlanma bölgelerini ve miyosin kafalarını engeller
 - Kas gevşer

Kalsiyum İyonları ve ATP

- Kas lifleri sürekli enerji kaynağı olarak ATP ihtiyaç duyarlar
 - Depolanmış ATP birkaç saniyelik aktivite sonrasında kullanılıp bitirilir
- Kreatin Fosfat
 - Kas dokusundaki moleküller hızlıca ADP'den yeniden ATP'yi sentezler
 - Bu işlem Birkaç saniye sürer

Sürekli Enerji Kaynağı

- Hücresel Solunum
 - ATP'yi oluşturmak için Glukoz ve yağ asitleri kullanılır
 - Etkili ATP oluşturulabilmesi için Oksijen kaynağına ihtiyaç duyulur
 - Eğer yeteri kadar oksijen yoksa, glikolisiz görevi devralır ve laktik asit üretilir
 - Kasların yorulmasına neden olur (muscle fatigue)
 - Laktik asitin çoğu karaciğerde glukozla dönüştürülür

Egzersiziz

- Egzersiz sonucunda kas lifi sayısı değişmez
 - Antreman ile kas liflerinin büyüklüğü değişebilir
 - Miyofibril sayısı artar, ve kas liflerinin kalınlığı artar
 - Kas liflerinin kalınlığının artması kas güçlülüğünün artmasına neden olur

Sportif Kabiliyet

- İki tip iskelet kası lifi vardır
 - Yavaş-kasılan lifler
 - hızlı-kasılan lifler

Sportif Kabiliyet

- Yavaş-kasılan lifler
 - Çok yavaş kasılırlar
 - Hücreesel solunum için mitokondri sayısı çok fazladır
 - Oksijen taşınması için çok fazla damarlanmıştır
 - Oksijen depolayan miyogloblin protein düzeyi yüksektir

Sportif Kabiliyet

- Hızlı-Kasılan lifler
 - Hızlı, güçlü kasılmalar
 - Az sayıda mitokondri, daha az kan kaynağı
 - Glikoliz yapmaya uyum sağlamış, hücresel solunumun tersine oksijen ve ATP kaynağına ihtiyaç duymamakta

Sportif Kabiliyet

- Yetişkinlerin çoğu eşit sayıda lif tipine sahiptir
- Şampiyon kısa mesafe koşucuları
 - ~ % 80 hızlı-kasılan liflere sahiptir
 - Çok kısa sürede inanılmaz hıza ulaşırlar
- Dünya-sınıfı maratoncular
 - ~ % 80 yavaş-kasılan liflere sahiptir
 - Hücresel solunum için sağlanan enerjiyi tüketmeden saatlerce kasılırlar

Gen Terapisi

- Yaşlanma ve hastalık örneğın adale erimesi (muscular dystrophy) kasların fonksiyonel kapasitesini azaltır
- *IGF-1 (insulin-like growth factor 1)* kodlayan suni genlerin fareye deneysel olarak aktarılması sonucu daha geniş ve daha sağlam kaslar oluşmuştur

Kalp Kası Kalbe Güç Verir

- Kalbin kas lifleri kardiyak lifleridir
- Aynı iskelet kas liflerinde olduğu gibi kasılma için iplikçik kayma mekanizmasını kullanır

Kalp Kası Kalbe Güç Verir

- İskelet kasının tersine, kasılmalar kendi kendine başlatılır
 - *Sinoatrial düğüm (SA düğüm)* kalbin atışını başlatan (pacemaker) yer olarak görev yapar
 - Boşluk birleşim noktaları (Gap junctions) senkronize hücre kasılmalarına izin verir
 - Aksiyon potansiyelin kas hücrelerinden kas hücrelerine geçmesine olanak sağlar

Düz Kas

- Kan damarlarının ve boşluklu organların (sidik torbası, rahim, mide ve bağırsak yolu) etrafını sarar
- Düz kas hücreleri düzenli sarkomer dizilimine sahip değildir
 - Çizgiler yoktur

Düz Kas

- Kasılmalar
 - Yavaş, devamlı
 - Çoğunlukla istemsiz
 - Esneme, hormonlar ve/veya sinir sistemi tarafından başlatılır

İskelet ne yapar?

- Vücudun çatısının desteğidir
- İskelet üç farklı şekildedir
 - Hidrostatik (su ile çalışan) iskelet
 - Dış iskelet (dış kabuk)
 - İç iskelet

İskelet Tipleri

- **Hidrostatik iskelet**
 - Kasların çevrelediği içi sıvı dolu boşluklardan yapılmıştır
 - Sıvı desteği sağlar: sıvının etrafındaki kaslar şekil değişikliğine ve harekete neden olur
 - Solucanlarda, yumuşakçalarda ve Cnidaria şubesine ait organizmalarda görülür

İskelet Tipleri

- **Dış iskelet**
 - Serbest eklemlere sahip dış sert kaplama
 - Destek, zırh koruması ve belirli hareket sağlar
 - Böcekler, kabuklularda ve örümcekler gibi eklem bacaklılarda (arthropods) bulunur
 - Belirli zamanda deri değiştirmesi zorunludur

İskelet Tipleri

- **İç iskelet**
 - Vücut içi iskeletidir
 - Destek ve kısmi koruma sağlar
 - Dış iskeletten çok daha kolay büyür ve daha fazla ağırlığa destek sağlayabilir
 - Derisi dikenliler (echinoderms) ve omurgalılarda (chordates) bulunur

İskelet Tipleri

- Hayvanlar **zıt (antagonistic) kasların** kasılmaları ile hareket ederler – hayvanların değişik iskeletleri ile desteklenen biri diğerine zıt çalışan kaslar

Omurgalı İskeleti

- Vücudu destekler ve iç organları korur
- Hareket için kaldıraç görevi görür
- Kan hücrelerini üretir
- Kalsiyum ve fosfor için depo yeridir
- Duyusal iletişime yardımcı olur

Omurgalı iskeleti

- Omurgalı iskeleti kemikleri iki kategoriye ayrılabilir
 - **Aksiyal iskelet:** vücudun temel eksenini oluşturur
 - **Eklemsel (appendicular) iskelet:** temel eksensel iskelete bağlanan eklem ve bunların bağlantılarını oluşturur

Omurgalı iskelet Dokuları

- Üç tip bağ doku
 - Bağlar
 - Kıkırdak
 - Kemikler

Bağlar

- Kollajen bağları birleşim yerlerinde kemiği kemiğe bağlarlar

Kıkırdak

- Kıkırdak esnek destek ve bağlantı sağlar
- Görevleri
 - Esnek destek sağlar: kulaklar, burun
 - Kemikleri bağlar: kaburgaları göğüs kemiğine bağlar
 - Şok emmeyi gerçekleştirir: dizler, omurgalar arasındaki diskler (**intervertebral discs**)
 - Gelişmiş omurgalı iskeleti için öncü

Kıkırdak

- Yapısı
 - **Kondrosit (Chondrocytes)**: olgun kıkırdak hücreleri; kollajen matrisi
 - **Kollajen matrisi**: esnek; protein liflerinin elastik matrisi
 - Kan damarlarından yoksun: yavaş iyileşme

Kemik

- Kemik vücut için güçlü ve sağlam (bükülmez) bir yapı çatısı sağlar
- Kıkırdağa benzer, fakat kemiğin kollajen lifleri *kalsiyum fosfat* birikimi ile sertleşmiştir

Kemik

- Kemik iki farklı şekilde oluşum gösterir
 - Yoğun kemik
 - Süngerimsi kemik

Kemik

- **Yoğun kemik:** sert, yoğun dış kaplama; süngerimsi kemiği korur
 - **Osteon** birimleri şeklinde düzenlenir: kılcal damarları içeren merkezi kanal etrafındaki eş merkezli osteosit çemberleri
- **Süngerimsi kemik:** hafiftir, kan damarları açısından zengindir, deliklidir (kemik iliği içerir)

Kemik

- Üç hücre tipinden oluşur
 - Osteoblast
 - Osteosit
 - Osteoklast

Kemik

- **Osteoblastlar:** kemik oluşturan hücreler
 - Sertleşmiş kollajen matrisi ve kalsiyum fosfat salgısı yaparlar
- **Osteositler:** ergin kemik hücreleri
 - Yakınlarındaki kılcallar ile beslenirler
 - Hücre uzantıları ile diğer osteositlere bağlanırlar
- **Osteoklastlar:** kemiğin yıkılmasını yokolmasını sağlarlar

Vücut nasıl hareket eder?

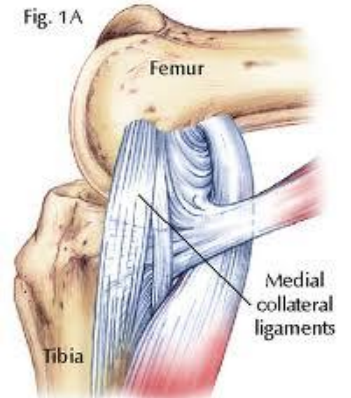
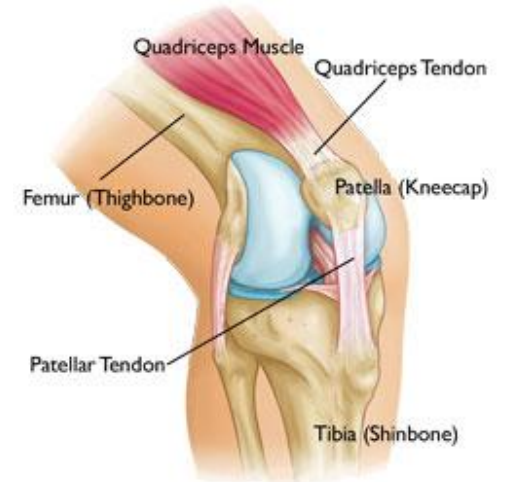
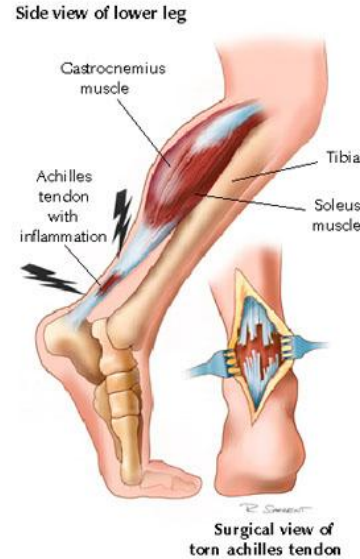
- İskelet hareketli yapı çatısından dolayı harekete izin verir, hareketi sağlar
- Kaslar iskeleti **birbirine zıt kas çiftlerinin** faaliyeti ile hareket ettirir
 - Bir kas bükülürken (kapanırken) diğeri eylemsiz bir şekilde uzar (açılır)

Esnek Bağlantılar

- Omurgalılarda, kaslar iskeleti esnek bağlantı noktaları çevresinde hareket ettirir
- **Bağlantılar (Joints)** iki kemiğin birleşme noktalarıdır

Esnek Bağlantılar

- Bağlantı anatomisi
 - **Tendon:** kasları kemiklere birleştiren bağ dokudur
 - **Lif (Ligament):** kemiği kemiğe birleştiren bağ dokudur



Esnek Bağlantılar

- Bağlantı anatomisi

- **Orijin:** bağlantının bir tarafında kasın hareketsiz kemiğe birleştiği yerdir

- **İnserion (Insertion):** bağlantının diğer tarafında kasın hareketli kemiğe birleştiği yerdir

