

KAS DOKUSU

Genel Özellikleri

- Aktin ve miyozin miyofilamanları içeren ,kas lifi de denen uzun hücrelerden oluşur.
- Üç kas tipi vardır.
 - İskelet kası
 - Kalp kası
 - Düz kas
- Bu kas tiplerinin tümünde ATP hidrolizi ile açığa çıkan enerji mekanik enerjiye çevrilir.
- Düz kasta miyofilamanlar düzensiz dağılım gösterirken iskelet ve kalp kasında düzenlidir ve enine çizgilenme gösterir.
- Düz kas istemsiz çalışır (Otonom sistem kontrol eder)
- İskelet kası istemlidir. (Beyin omurilik tarafından kontrol edilir)
- Kalp kası atım sayısı ve gücü otonom sistemle kontrol edilir, devamlı çalışır.

TERMİNOLOJİ

- Kas hücre zarına SARKOLEMMA
- Kas hücre sitoplazmasına SARKOPLAZMA
- Kas hücre SER'na SARKOPLAZMA RETİKULUMU
- Kas hücre mitokondriyonuna SARKOZOM denir.

ÇİZGİLİ KAS

- İskelet Kasları: Kemiğe yapışarak pozisyon ve postür sağlar.
- Visseral Çizgili Kaslar: Dil, farinks, lumbal diyafram, özofagusun 1/3 üst kısmında bulunur. Konuşma, nefes alma, yutma işlevinde rol alır.
- Kalp kası: Kalp duvarı ve kalbe boşalan büyük venlerin duvarında bulunur.

DÜZ KAS

- Enine çizgilenme göstermezler. İç organlar , damar sistemi, derinin erektör pili kasları, gözün intrensek kasları gibi sınırlı alanda bulunur.

İSKELET KASLARI

- İskelet kaslarında her bir kas hücresi (kas lifi) çok hücreli bir sınısityum oluşturur. Gelişim sırasında bir kas lifi miyoblast olarak adlandırılan çok sayıda küçük hücrenin füzyonu ile oluşur.
- Uzunluğu alt ekstremitede (m. sartorius) metreyle , orta kulakta (m. strapedius) milimetreyle ifade edilir.
- Çekirdekler sitoplazmada, sarkolemanın altına yerleşiktir.
- İskelet kasının birim yapısı kas lifi de denen çok çekirdekli kas hücresidir.
- Paralel düzenli lifler(kas hücreleri) birleşerek fasikülleri oluşturur.
- Fasiküller de biraraya gelerek kasın bütünü oluştururlar

Hem bağımsız kas lifleri, hemde **kas lifi demetlerini çevreleyen bağ dokusu kılıflar** güç aktarımı için önemlidir. Kasların sonunda bağ dokusu kılıflar tendon şeklinde kası kemiğe tutundurur. Kas lifleriyle ilişkisine göre bağ dokusu kılıflar özel isim alır.

- **Endomisyum:** Bir tek kas lifini sarar,retikulum tellerinden ve az sayıda kollajen telden oluşur.Küçük çaplı kan damarları ve ince akson uzantıları bulunur.
- **Perimisyum:** Bir kas demetini (fasikülünü) sarar. Tip 1 ve tip 3 kollajen içerir. Kan damarları sinir dallanmaları içerir.
- **Epimisyum:** Kası dıştan saran sıkı bağ dokusu yapısında kılıftır. Ana damar ve sinirler epimisyumu çevreler.

İskelet Kası Lifleri

- Kırmızı kas lifleri
- Ara(intermediate) kas lifleri
- Beyaz kas lifleri

Tip I –Yavaş oksidatif (kırmızı) lifler:

- Çok sayıda mitokondriyon ve yüksek oranda miyoglobin, sitokrom kompleksleri içerir.
- Çapları diğer tiplere oranla daha küçüktür.
- Güçlü süksinik dehidrogenaz ve NADH-TR enzim reaksiyonu gösterir.
- Yavaş kasılan, yorgunluğa dirençli liflerdir.

- Miyozin-ATPaz reaksiyon hızı yavaştır.
- Sıklıkla bacak ve sırt kaslarında (yürüme-postürle ilgili olarak) bulunur.
- Maraton koşucularında iyi gelişmiştir.

Tip IIa-Hızlı oksidatif-glikolitik (ara-intermediate) lifler:

- Çok sayıda mitokondriyon ve yüksek miyoglobin içeriği yanında, çok sayıda glikojen içerir, anaerobik glikolizis yeteneği gösterir.
- Hızlı kasılan, yorgunluğa dirençli motor unitelerden oluşur.
- 400-800m gibi sprint koşucularında, orta mesafe yüzücülerinde iyi gelişir.

Tip IIb- Hızlı glikolitik (beyaz) lifler:

- Diğer lif tiplerine göre daha az miktarda miyoglobin ve daha az sayıda mitokondriyon içeren geniş çaplı liflerdir.
- Oksidatif enzim düzeyleri düşük, anaerobik enzim kapasiteleri yüksektir.
- Yüksek oranda glikojen depolar.
- Hızlı kasılır, çabuk yorulur.
- Miyozin-ATPaz aktivitesi (reaksiyon hızı) çok yüksektir.
- Laktik asit üretimine bağlı yorgunluk gelişir.
- Hızlı kasılır, ince hareketlere adapte olur. (parmaklar, gözün ekstraoküler kasları)
- Nöromusküler bileşkede Tip I liflere oranla daha çok bulunur
- Kısa mesafe sprinterleri, haltercilerde iyi gelişmiştir.

Miyofibriller ve Miyofilamanlar

- Miyofibriller miyofilaman demetlerinin düzenlenmesiyle oluşur.
- Miyofilamanlar; miyozin (kalın)ve aktin (ince) filamanları ile ilgili proteinlerden oluşur.
- Miyofibriller sarkoplazma retikulumu (SER) ile çevrelenmiş olup, mitokondriyonlar ve glikojen depoları miyofibrillerin arasına yerleşmiştir.
- Işık mikroskopunda liflerin enine kesitlerinde lifin içi, miyofibrillerin enine kesiti olan küçük, koyu boyanmış noktalarla dolu olarak gözlenir.
- Miyofibril kesitleri sitoplazmanın her yanına aynı şekilde dağılacağı gibi gruplaşmalar (**Cohnheim alanları**) da yapar. Enine kesitlerde kas lifi yuvarlağımsı veya birbirine basınç yapıyorlarsa hafif köşeli poligonal şekillidir.

- Sarkolemanın hemen altında bir veya daha fazla sayıda çekirdek enine kesiti olabileceği gibi çekirdek içermeyen enine kesitler de olabilir.

Enine çizgilenme

- Boyasız doku kesitlerinde (faz kontrast mikroskobu) birbirini izleyen koyu ve açık bantlar gözlenir.
- Boyalı kesitlerde koyu bantlar kuvvetli boyanırken açık segmentler zayıf boyanır. Koyu bantlar bazik, açık bantlar asit boyalarla boyanırlar.
- Çizgilenme özellikle polarizasyon mikroskobunda çok iyi gözlenir. Koyu boyanan bant **anizotrop** özellikte olduğundan ışığı çift kırar. **A bandı** denir. Açık boyanan bant ise **izotrop** (ışığı tek kırar) özellikte olduğundan **I bandı** olarak adlandırılır.

- Z çizgisi: I bandının ortasında görülen koyu çizgi
- H bandı: A bandının ortasında görülen daha açık bölge
- M çizgisi: H bandının ortasında bulunur. M çizgisinin esas bileşeni kreatin fosfokinazdır.
- SARKOMER: İki Z çizgisi arasında kalan kısımdır. Kasılma birimidir. Bir tam A bandı ve yarımşar I bandından oluşur.

Dinlenme konumunda 2-3µm dir. Kontraksiyonla 1µm'ye kadar kısalır.

- Sarkomerler uzunlamasına ardarda Z çizgilerinde birbirine bağlanarak **MİYOFİBRİLLERİ** oluşturur.
- Sarkoplazma içinde uzun, iplik şeklinde, kas lifinin uzunluğunca uzanan **miyofibrillerin** 1-2 mikrometre çapta olup elektron mikroskobunda yine uzunlamasına düzenlenmiş, ince miyofilamanlardan oluştuğu gözlenir.

Büyükük ve kimyasal yapısı farklı iki tip miyofilaman ayırdedilir.

İnce filamanlar:

- F- aktin
- Tropomiyozin
- **Troponin**

Kalın filamanlar:

- Miyozin II

içerir.

İnce filamanlar; aktin, tropomiyozin ve troponin proteinlerinden yapılmıştır.

- Aktin: Globuler aktin (G-aktin) molekülleri ardi ardına dizilerek fibriler aktini (F-aktin) oluştururlar. Her bir G-aktin miyozin için bağlanma noktasına sahiptir. İki fibriler aktin bir sarmal oluşturur.
- Tropomiyozin: İki polipeptid zincirinden oluşan çift heliks yapısındadır. Aktin filamanı sarmallarındaki oluklara yerleşir.
- Troponin kompleksi: Tropomiyozine bağlanmış olup üç subunitten oluşur
 - Troponin C(TnC): Ca⁺⁺ iyonlarına bağlanarak kontraksiyonu başlatır.
 - Troponin T(TnT): Troponin kompleksini tropomiyozine bağlar.
 - Troponin I(TnI): Aktine bağlanarak aktin-miyozin etkileşimini engeller.

Kalın Filamanlar

- Miyozin II:
- İki ağır, dört hafif zincirden oluşur.
- Her bir ağır zincir globüler bir baş kısmına sahiptir.
- Her bir başa iki farklı hafif zincir bağlanır.
 - Esas hafif zincir
 - Dzenleyici hafif zincir
- Baş kısmı iki bağlanma noktası içerir.
 - Aktin bağlayıcı bølge
 - ATP bağlayıcı bølge
- Miyozin molekülleri kuyruk kuyruğa yığınlar oluşturarak bi-polar kalın filamanları oluşturur.

Bağlayıcı (aksesuvar) proteinler; Kalın ve ince filamanların birbirine tutunmasını, belli bir hizada tutulmasını, aralarındaki optimum mesafenin korunmasını sağlar.

- Titin: Elastik bir proteindir. M-Z çizgisi arasında uzanarak kalın filamanları Z çizgisine bağlar. Kalın filamanların kasılma sonrası sarkomer merkezinde tutulmasını sağlar.
- α -aktinin: Aktin bağlayıcı proteindir. İnce filamanları Z çizgisine bağlar.
- Nebulin: İnce filamanlara paralel uzanır. α -aktininince filamanları Z çizgisine bağlamasına yardım eder.

- Tropomodulin: İnce filamanların serbest kısımlarına bağlanır. Aktin örtücü(capping) bir protein olarak sarkomerdeki aktin filamanlarının boyunu ayarlar.
- Desmin: Bir ara filaman olup, Z çizgisi hizasında sarkomer etrafında kafes oluşturur. Birbirlerine ve plazma membranına tutunur. Komşu miyofibriller arasında çapraz bağlar yapar.
- Myomesin: Miyozin bağlayıcı proteindir. M çizgisi hizasında kalın filamanları bir arada tutar.
- C protein: Miyozin bağlayıcı protein olup miyomesin gibi işlev yapar. . M çizgisinin iki yanında bulunur.
- Dystrofin: Kas hücrelerinin eksternal laminasında bulunan laminin'I aktin filamanlarına bağlar. Eksikliğinde X'e bağlı kalıtsal bir hastalık olan Duchenne'in müsküler distrofi hastalığı görülür.

Kontraksiyon sırasında sarkomer kısalır kalınlaşır,miyofilamanlar aynı uzunlukta kalır.

- Sarkomer kısalır.
- I bandı kısalır.
- A bandı aynı uzunlukta kalır.
- H bandı daralır.
- Kasılma sırasında A bandının uzunluğu değişmez.
- İ ve H bandının her ikisinin uzunluğu azalır.
- Z çizgisi A bandının sonuna yaklaşır.
- Aktin filamanları miyozin filamanları içinde daha derine girerek filamanların boyu değişmediği halde İ ve H bantlarını, buna bağlı olarak da sarkomerlerin boyunu kısaltmış olurlar. Bu da miyofibrillerin boyunun kısalması demektir.

Kontraksiyon Döngüsü

5 evreden oluşur.

Tutunma: Miyozin başı aktin molekülüne tutunur. ATP yoktur. Rigor konfigürasyonu olarak adlandırılır.

- Ölüm anında kas katıllığı ve sertliği ATP eksikliğinden kaynaklanmakta olup **Rigor mortis** adını almaktadır.

Serbestleşme (gevşeme):

- ATP miyozin başına bağlanır. Bu miyozin başında bulunan aktin bağlayıcı bölgede konformasyon değişikliği yapar.
- Miyozin başı aktinden ayrılır.

Bükülme

- ATP → ADP ve P⁺ molekülüne yıkılır.
- Bu yıkım; Miyozin başında ATP bağlayıcı bölgede konformasyon değişikliğine bu da miyozin başında bükülmeye yol açar.
- Bükülme ile miyozin başının yer değiştirmesi ince filaman üzerinde yaklaşık 5 nm'ye karşılık gelir.

Güç üretimi

- Miyozin başından P⁺ serbestleşir.
- Miyozin başı ile yeni tutunma yeri arasındaki bağlanma affinitesi artar.
- Miyozin başı orjinal (bükülme öncesi) pozisyona dönmek için güç üretir.
- Miyozin başı düzelirken bu kalın filaman boyunca ince filamanı harekete zorlar.
- Bu evrede miyozin başından ADP yitirilir.

Yeniden tutunma

TRİAD YAPISI

- Kasılmada gerekli olan ATP mitokondriyonlardan, Ca⁺⁺ ise sarkoplazma retikulumundan sağlanır.
- Sarkoplazma retikulumu , miyofibriller etrafında yerleşir. Bir sarkomer içinde A-I bileşkesinde uzanır. Bir sarkoplazma retikulumu ağı A bandını sararken, komşu sarkoplazma retikulumu ağı I bandını sarar. İki ağın karşılaştığı A ve I bantları arasındaki bileşkede retikulum genişleyerek terminal sisternaları oluşturur. Terminal sisternalar Ca⁺⁺ deposu olarak işlev yapar.
- A-I bileşkesinde plazma membranının tübüler invajinasyonu olan (transvers tübüler sistem) T tübül sistemi de bulunur.
- Terminal sisternalarda Ca⁺⁺ kanalları , T tübüllerde voltaj duyarlı kanallar bulunur.
- Ortada T tübül, iki yanında terminal sisterna yapısı Triad olarak adlandırılır.
- Triad sayesinde zarda oluşan depolarizasyon tüm hücreye yayılır.

MOTOR SON PLAK (NÖROMÜSKÜLER BAĞLANTI)

- Akson terminalinde mitokodriyonlar ve Asetilkolin (Ach) içeren veziküller bulunur.
- Akson terminali sinaptik yarık denilen kas lifindeki çukurları doldurur.
- Kas lifini çevreleyen eksternal lamina sinaptik yarık içinde uzanır.
- Eksternal lamina asetil kolin esteraz içerir.

- Schwann hücrelerini çevreleyen eksternal lamina kas hücrelerinin eksternal laminası ile uzanmaktadır.

KASILMA

- Sinir uyarımı nöromusküler bileşkeye ulaştınca kasılma başlar.
- İmpuls sinaptik yarık içine Ach salınımına yol açar. Ach Na^+ kanallarına bağlanarak sarkolemmada lokal depolarizasyona neden olur.
- Voltaj kapılı Na^+ kanalları açılır. , Na^+ hücre içine girer.
- Genel depolarizasyon plazma membranına yayılır, T tübüleri boyunca kas hücresinin derinliklerine ilerler.
- T tübül membranında voltaj duyarlı proteinlerin konfigürasyonu değişir.
- Terminal sisternalarda Ca^{++} salıcı kanallar aktive olur.
- Ca^{++} hızla sarkoplazma retikulumundan sarkoplazma içine salınır.
- Ca^{++} troponin kompleksin TnC kısmına bağlanır.
- Ca^{++} , Troponin C'ye bağlanınca Troponin I (aktin miyozin etkileşmesini önler) ayrılır.
- Troponin I'nın ayrılması ile aktin-miyozin bağlanır. Aktinler miyozin üzerinde kayar.
- Aktin ve miyozin hareketleri; tutunma, gevşeme, bükülme, güç üretimi ve yeniden tutunma aşamalarını takip eder.
- Depolarizasyon sona erince Ca^{++} sarkoplazma retikulumuna geri pompalanır.

KAS İĞCİĞİ VE GOLGİ TENDON ORGAN

- Kaslarda ve tendonlarda kapsüllü duyu reseptörleri (propriyoreseptör) kaslardaki tansiyon ve gerilim derecesiyle ilgili bilgi sağlar.
- Böylece SSS ;propriyoreseptör aracılığıyla vücudun pozisyonu ve hareketiyle ilgili bilgi edinir.
- İskelet kası, miyelinsiz sinirlerin kas lifini sarması şeklinde basit duyu sonlanmaları yanında, **kas iğcikleri (sinir-kas iğcikleri)** denen yüksek derecede organize duyu siniri sonlanmalarını fazla sayıda içerir.
- Kas iğciği birkaç ince, değişikliğe uğramış çizgili kas lifi ve bunları saran uzunca oval kapsülden ibarettir.
- İğcik içindeki kas liflerine **intrafüzal lifler** denir.
- Bu liflerin orta kısımlarında çizgilenme kaybolur ve büyük tip intrafüzal liflerde genişlemiş olan bu bölgede çekirdek kümesi bulunur. Daha fazla sayıda olan ince tip intrafüzal liflerde ise bu bölgede çekirdekler bir dizi oluşturur.

- Her intrafuzal lifin orta kısmında lifi spiraller şeklinde saran duyu siniri sonlanmaları vardır.
- Liflerin diğer kısımlarında çiçek dalı şeklinde küçük duyu siniri sonlanmaları ve küçük motor sonlanmalar vardır.
- Kas içcikleri gerilme reseptörleridir.
- Tendonlar kasların kemik dokusuna tutunmasını sağlayan yapılardır.
- Sıkıca yanyana dizilmiş kollajen lif bantlarından oluşur (düzenli sıkı bağ dokusu). Her bandı az miktarda gevşek bağ dokusu (endotendineum) çevreler.
- Değişebilen sayıdaki kollajen bantlar bir araya gelerek fasikülleri yaparlar. Fasikülleri saran kılıf peritendineumdur.
- Tendonun bütünü sarı kılıf ise epitendineumdur.
- Kas tendon birleşme bölgesinde kasın bağ dokusu kılıfları fibrözleşerek tendona karışır.
- Kas lifinin ucundaki bağ dokusu lifleri sarkolemmaya bitişik eksternal laminaya sıkıca tutunurlar. Kas hücrelerinin kollajen tellere en yakın terminal bölümünde Z çizgisi gözlenir. Bu Z çizgisinden çıkan aktin filamanları sarkolemmaya tutunurlar. Böylece kas lifinin kasılması sarkolemma ve eksternal laminaya ve ondan sonra bağ dokusu kılıfı yoluyla tendona geçer.
- **Golgi Tendon Organ;** Kas içciğine benzer kapsüllü reseptörler olup tendonda bulunur. Kasın artmış tansiyonuna cevap verir. Bunlar yalnızca duyu sinir lifleri (afferent Ib) içerir. Kas tansiyonunu optimal bir aralıkta izler.

KALP KASI

- İskelet kasına benzer tip ve düzenleme içeren kontraktıl filamanlara sahiptir.
- Enine çizgilenme gösterir.
- İnterkale diskler denen çapraz bantlar bulunur.
- İnterkale diskler komşu hücreleri birbirine bağlayan özelleşmiş tutunma bölgeleri içerir.
- Hücreler birbirine tutunarak değişik uzunlukta kalp kası lifleri oluşur.
- Kalp kası lifleri çok sayıda silindirik hücrenin uç uca eklenmesi ile oluşur. Kalp kası liflerinin dallanan yapı özelliği bulunur.

Kalp Kasının Yapısı

- Çekirdek hücrenin merkezine yerleşmiştir. Oval veya hafif köşeli biçimdedir. Genelde ökromatindir; çekirdekçik gözlenir.
- Miyofibriller nükleus etrafından geçerek ayrılır, böylece juksta nükleer alanlar oluşur.
- Bu alanlarda hücre organelleri yoğun izlenir. Mitokondriyonlar, Golgi kompleksi, lipofuskin granülleri ve glikojen tanecikleri bol bulunur.
- Kalbi atrium bölgesinde juksta nükleer sitoplazma içinde atriyal granüller gözlenir.
 - Atriyal Natriüretik Faktör(ANF)
 - Brain (Beyin) Natriüretik Faktör(BNF)
 - Her ikisi de diüretik etkilidir.
- Juksta nükleer mitokondriyonlara ek olarak miyofibriller arasında sarkomer uzunluğunca yerleşmiş mitokondriyonlar bulunur.
- Miyofibriller arasında bol glikojen tanecikleri de yerleşmiştir.

Diskus İnterkalarisler; Kalp kası hücreleri arasındaki birleşim yerleri olup TEM incelemelerinde transvers (*merdiven basamağının dik kısmına karşılık gelir*) ve lateral (*merdiven basamağının yatay kısmına karşılık gelir*) komponentlerden oluştuğu gözlenir. Burada yer alan bağlantı kompleksleri:

- **Facia Adherens tipi bağlantılar;** Transvers komponentte yer alır. Terminal sarkomerlerin aktin filamanlarını sarlolemaya tutundurur.
- **Macula Adherens (Desmozomlar);** Hem lateral hem transvers komponentte yer alır. Sabit kasılma sırasında kalp kası hücrelerini ayrılmayacak biçimde birbirine bağlar.
- **Gap Junctionlar;** Lateral komponentte yer alır. Komşu hücreler arasında iyon bütünlüğünü sağlar. Kasılma sinyalinin hücreden hücreye dalga halinde yayılmasını sağlar.

DİAD YAPISI

- SER sarkomer boyunca tek bir ağ oluşturur.
- SER İskelet kaslarındaki gibi iyi organize değildir.
- T tübülü Z çizgisi seviyesinde, SER sonlanmaları arasında miyofilaman demetleri içine penetre olur.
- SER'in terminal sisternaları Z çizgisi hizasında T tübülü ile diad yapısı oluşturur.
- T tübül lümeninin depolarizasyonu sonucu voltaj kapılı kanallar aktive olur.
- T tübül lümeninden Ca^{++} sarkoplazmaya geçer, kontraksiyon döngüsü başlar.

- Sarkoplazma retikulumunun T tübülüne komşu terminal keselerinde Ca^{++} kanalları açılır.
- Ca^{++} 'un tetiklediği Ca^{++} salıcı mekanizma ek Ca^{++} salınımına yol açar Kontraksiyon döngüsü başlar.
- Kalp ve iskelet kaslarının kontraksiyona başlamaları arasındaki farkı
 - Membran depolarizasyonunun uzun sürmesi
 - T tübül duvarındaki voltaj duyarlı Ca^{++} kanallarının aktivasyonu

kalp kası kontraksiyonunun başlamasındaki 200 mili saniyelik gecikme oluşturur.

- Kalp atımları özelleşmiş kalp kası hücrelerince başlatılır ve uyarının iletilmesi yine farklılaşmış hücrelerin oluşturduğu sistem ile sağlanır.
- Kalp kası, **uyartı oluşturup ileten** bu sistem sayesinde kendi kendine kasılma gücüne sahiptir.
- Uyarı oluşturup ileten kas dokusunun yapısı normal kalp kasından farklıdır. Bu liflerde miyofibriller azdır; genellikle sarkolemmaya yakın (periferik) yerleşimlidir. Glikojen çok bol miktardadır.
- Uyarı oluşturan sinoatriyal ve atriyoventriküler düğümlerde kas hücreleri kısa, mekik şeklinde ve çapları normal kas lifinin yarısı kadardır. İletimi sağlayan Purkinje liflerinde ise normal kas lifinden daha geniştir.
- Kalbin atım gücü ve sayısı otonom sinir sisteminin kontrolü altındadır.
- Düğümlerde hem parasempatik hem de sempatik sinir sonlanmaları vardır.
- Sempatik uyarım; kalbin impuls iletiminden sorumlu hücrelerinde impuls frekansını artırarak kalp atım hızını artırır.
- Parasempatik uyarım; impuls frekansını azaltarak kalp atım hızını yavaşlatır.
- Bu sinirler tarafından taşınan impulslar kontraksiyon başlatmaz, düğümleri etkileyerek kontraksiyon hızını değiştirirler.

DÜZ KAS

- Mekik biçimli hücrelerin oluşturduğu bant yada örtüler olarak izlenir.
- Hücrelerin boyu bulunduğu yere göre farklılık gösterir. Uzunluğu damar duvarında 0.02 mm ile en az, gebe uterusunda ise 0.5 mm ile en çoktur.
- Hücreler birbirleriyle gap- junctionlar aracılığı ile iltişim kurar.
- Özellikle içi boş olmak üzere bir çok organda bulunur.

- Sindirim kanalında yemek borusunun ortasından anüsün iç sfinkterine kadar olan bölümünde,
- Sindirim kanalına açılan bezlerin boşaltma yollarında,
- Solunum yollarında soluk borusundan duktus alveolarise kadarki bölümünde,
- Üriner boşaltma yollarında ve genital organlarda,
- Arter, ven ve lemf damarlarının duvarlarında tabakalar oluşturarak
- Deride, dalak ve prostatın stromasında gruplar halinde veya tek tek dağınık olarak bulunur.
- Boru şeklindeki organların duvarındaki kas tabakası kas hücrelerinin yönlenişine bağlı olarak birkaç katlı olabilir.
- Düz kas hücrelerinin orta kısmı daha geniştir, uçlara doğru giderek inceler; mekik biçimindedir.
- HE boyamalarında sitoplazma aktin-miyozin içeriğine bağlı pembe boyanır.
- Uzun-oval biçimli çekirdek geniş olan orta kısımdadır ve her hücrede tektir. Genelde ökromatinlidir. Birkaç çekirdekçik görülebilir. Kas hücresi kasıldığında çekirdek de kıvrıntılar yaparak kısalıp kalınlaşır.
- Işık mikroskobunda, özellikle boyuna kesitler sıkı bağ dokusuyla karıştırılabilir
- **Düz kas hücresi eksternal lamina ve retiküler lif ağıyla kuşatılmıştır.**
- Düz kas demet ve tabakaları dıştan gevşek bağ dokusuyla kuşatılmıştır. Kollajen ve retikulum lifleri, elastin lamelleri, fibroblast, histiyosit içerir. Kasa kan damarlarını ve sinirleri taşır.
- Bağ dokusu demetlerin içine de sokulur. Düz kas lifleri arasında retikulum lifleri yoğundur ve lifler çevresinde bir tabaka oluştururlar. **Sarkolemma dışındaysa eksternal lamina bulunur.**
- TEM incelemelerinde organellerin çoğu çekirdeğin iki ucundaki miyofilamansız bölgede bulunurlar.
- Küçük Golgi kompleksi
- Az sayıda granüllü endoplazma retikulumu kesecikleri ve granülsüz endoplazma retikulumu,
- Mitokondriyonlar, matriksi yoğundur.
- Serbest ribozomlar,
- Glikojen inklüzyonları ,

- Hücre yüzeyine yakın pinositoz vezikülleri bulunur.
- T tübülüsü yoktur

Düz Kasın Yapısı

Kontraktıl aparat:

- Aktin
- Miyozin

Hücre iskeleti:

- Düz kas hücrelerinde arafilaman desmin
- Vasküler düz kaslarda desmin+vimentin

Aktin filamanları sarkoplazma içinde **yoğun cisimciklere tutunur.**

- Yoğun cisimcikler sarkolemanın iç yüzünde ve sitoplazmada dağınık olarak bulunur; **çizgili kaslardaki Z çizgilerine** denktir.

İnce Filamanlar:

- **Aktin: Miyozin ile** etkileşir
- Tropomiyozin'in düz kas izoformu: Aktin üzerindeki pozisyonunu miyozin başının fosforillenmesi düzenler.
- Caldesmon
- Calponin

Caldesmon ve Calponin; Miyozin bağlanma bölgesini bloklayan aktin bağlayıcı proteinler olup Ca⁺⁺ bağımlıdır. Aktiviteleri miyozin başını fosforilasyonu ile kontrol edilir.

Kalın Filamanlar:

- Miyozin II: 2 ağır, 4 hafif zincir içerir. Ancak yapısı iskelet kasından farklıdır. Bipolar düzenlenme yerine miyozin başları karşıt yönde-tek bir doğrultuda düzenlenmiştir(side- polar). Çizgili kaslardaki gibi ortada miyozin başı içermeyen çıplak bölge yoktur. Uçlarda asimetrik olarak incelen çıplak kısımlar bulunur.

KONTRAKTİL APARATUSLA İLİŞKİLİ PROTEİNLER:

Miyozin hafif zincir kinaz (Myosin light chain kinase-MLCK):

- Ca^{++} -Calmodulin kompleks tarafından aktivasyonu sonrası kontraksiyon döngüsünü başlatır.
- Aktif MLCK; miyozin düzenleyici hafif zincirlerin birini fosforiller, bu aktin filamanı ile çapraz köprü oluşumunu sağlar.

Calmodulin:

- Ca^{++} bağlayıcı proteindir.
- İskelet kaslarındaki TnC ile ilişkilidir.
- Ca^{++} 'un hücre içi konsantrasyonunu düzenler.
- Ca^{++} -Calmodulin kompleks MLCK'ya bağlanarak bu enzimi aktive eder.
- Caldesmon ile fosforilasyonu düzenlenir ve F-aktinden ayrılır.

α -aktinin:

- Yoğun cisimciklerin yapısal komponentlerini oluşturur.
- Yoğun cisimcikler ince filamanlar ve ara filamanlar için tutunma yüzeyi sağlar.
- Hücre içinde üretilen kasılma gücünün hücre içinden hücre yüzeyine iletilmesini sağlar.
- Çizgili kaslardaki Z çizgilerinin hücre içi analoglarıdır.
- Sarkolemmadan hücre içine uzanırlar
- Düz kasta sarkomer bulunmaz.
- Düz kasların kontraksiyonunda çizgili iskelet kasındakine benzer şekilde bir kayan filamanlar mekanizması bulunur.
- Yoğun cisimcikler ve ara filamentler tarafından iletilen güç hücre boyunu kısaltır. Bu işlem, aktivasyonu için kalsiyum iyonlarına ihtiyaç duyar.
- T tübül sistemi olmadığından gerekli Ca^{++} sarkolemmanın invajinasyonu ile oluşan kaveolalarda depolanır.
- Düz kas hücreleri arasında gap junctionlar bulunur. Bunlar düz kasın senkronize kasılmasını sağlar.

Düz Kasta Kasılma

- Hücre içi Ca^{++} ; voltaj kapılı Ca^{++} kanalları ve ligant kapılı Ca^{++} kanalları ile hücre dışı alandan sağlanır.
- Ca^{++} calmoduline bağlanır.
- Ca^{++} - Calmodulin kompleksi kaldesmona bağlanır ve aktinin aktif kısmı açılır.

- MLCK aktive olur.
- MLCK; miyozin hafif zincirlerinden birini fosforiller. Diğer hafif zincir golf sopası şeklini alır.
- Fosforillenmiş hafif zincir, aktin ve miyozin etkileşimine izin verir.
- Düz kas dokusunun kasılması iskelet kasına oranla daha yavaş ve uzun sürelidir; daha az enerjiyle çalışır. Kasılmayı, aktin filamanlarının miyozin filamanları arasında kaymasıyla bağlı oldukları yoğun cisimcikleri birbirine yaklaştırarak sağladıkları düşünülmektedir.
- Düz kas otonom sinir sistemi tarafından kontrol edilir.
- Bütün hücrelerde **sinir sonlanması yoktur**. Gelen uyarı diğer hücrelere nekzus tipi bağlantılarla aktarılır.
- Düz kas hücrelerinin laminin, kollajen, elastin gibi maddeleri de sentezleyebildikleri belirlenmiştir.
- Bezlerin son bölümlerinde salgı hücreleriyle bazal lamina arasında yerleşik miyoepitelyal hücreler de düz kas hücrelerine benzer, sitoplazmalarında aktin ve miyozin filamanları içerirler. Kasılmalarıyla bezin son bölümlerinde yapılan salgıların ileriye doğru iletilmesini sağlarlar.

İskelet Kası Gelişimi ve Rejenerasyonu

- Embriyo diskinin dorsal yüzünde caudal tarafta epiblast hücrelerinin çoğalması ile primitif çizgi oluşur.
- Primitif çizginin çökmesi ile de primitif yarık oluşur.
- Bu yarıktaki epiblast hücrelerinin birikmesiyle oluşan primitif çukurdan invagine olan epiblast hücreleri , epiblast ve hipoblast (Ektoderm- Endoderm) arasında **İntraembriyoner mezodermi** yaparlar.
- İntraembriyoner mezodermin farklılaşması ile notokordun hemen yanından başlamak üzere üç ayrı yapı gelişir: Paraxial mezoderm, ara mezoderm, lateral mezoderm.
- Dördüncü haftanın sonunda, paraxial mezodermden somitler oluşur.
- Somitler, embriyo boyunca dizilmiş küpler olarak ifade edilirse (toplam 40-42 adettir)
- Somitlerin ventral ve medial yüzünden **SKLEROTOM**, dorsal yüzünün iç hücre kitlesinden **MYOTOM**, dış hücre kitlesinden ise **DERMATOM** gelişir.
- Ektoderm kaynaklı iris kasları dışında bütün kaslar mezodermden gelişir.

- Kas dokusu mezenşim hücrelerinden farklı olan **miyoblast** hücrelerinden gelişir.
- Somitlerin dorsal yüzünün iç hücre tabakasında (miyotom) yer alan mezenşimal hücreler sonuçtaki yerlerine göç ederken bir seri değişime uğrarlar ve miyoblastlar oluşur.

Erken embriyonik dönemde bu hücreler MyoD transkripsiyon faktörü eksprese eder. Diğer miyogenik regülatör faktörlerle birlikte MyoD transkripsiyon faktörü tüm iskelet kaslarının farklılaşmasında önemli role sahiptir.

İskelet kası gelişimindeki denge **myostatin** sentezine neden olan **miyostatin geninin** negatif regülatör ekspresyonu ile gerçekleşir. Myostatin kas büyüme ve farklılaşması üzerinde inhibe edici etki gösterir.

Gelişen kas 2 tip miyoblast içerir:

- **Erken miyoblastlar;** primer miyotüplerin gelişiminden sorumludur. Primer miyotüpler tendon ve gelişen kas arasında uzanan zincir benzeri yapılardır. Bunlar , erken miyoblastların yanyana füzyonuyla oluşurlar. IM gözlemlerinde primer miyotüplerin miyofilamanlarca sarıldığı ve çok sayıda zincir tarzında düzenlenmiş merkezi yerleşimli çekirdeğin bulunması dikkat çeker.
- **Geç miyoblastlar;** gelişen kasın sinir terminalleriyle direkt ilişki kurduğu zonda sekonder miyotüplerin oluşumuna neden olurlar. Sekonder miyotüpler, arda arda dizilen miyoblastların uzunluğu boyunca devam ederler. Sekonder miyotüpler; küçük çapları, geniş aralıklı nükleus dizilimleri ve miyofilamanlarındaki artışla karakterizedir.

Rejenerasyon:

- Yetişkinde iskelet kası lifleri, küçük ve tek çekirdekli **satellit hücreler** içerirler. Bunlar sarkolemma ile eksternal lamina arasına yerleşmişlerdir.
- Satellit hücreler iskelet kaslarının rejenerasyonundan sorumludur Ancak yetenekleri sınırlıdır.
- Yaralanma sonrası bazı satellit hücreleri aktive olur, yeniden hücre döngüsüne girer ve miyogenik regülatör faktörleri eksprese ederler. Bunlar çoğalarak yeni miyoblastlara dönüşür.
- Onarım için eksternal laminanın sağlamlığı önemlidir. Bozulma varsa yara fibroblastlarca onarılır. Skar dokusu kalır.

Düz kas gelişimi

- İntraembriyonik mezoderm gelişirken **lateral mezodermdeki** sölomlarda birleşerek onu iki yaprak halinde böler

- Üst yaprak somatik mezoderm olarak adlandırılır ve somatoplevra ile sarılıdır, alt parça ise splanik mezoderm olarak adlandırılır ve splanchnoplevra ile sarılıdır.
- Düz kaslar bu iki tabakadan gelişir. Örneğin endodermden gelişen organların düz kasları doğal olarak splanoplevranın mezenşim hücrelerinden, kan damarlarının ki ise somatik plevranın mezenşimal hücrelerinden gelişecektir.
- Mezenşim hücreleri miyoblastlara farklıdır. Miyoblastlar uzunlaşır, sitoplazmalarında kasılmayı sağlayan organeller gelişir ve düz kaslara farklılıklar.

Düz Kasın Rejenerasyonu:

- Zayıf bir rejenerasyon gücüne sahip olmakla birlikte mitozla yenilenebilen tek kas tipidir.

Kalp Kası Gelişimi

- **Kalp kası** primer kalp tüpünü oluşturan endotel çevresindeki **splanik mezodermden** gelişir.
- Miyoblastlar birbirleriyle birleşirler fakat iskelet kasındaki gibi birleşme bölgelerinde hücre zarları kaybolmaz ve burada interkalar disk denen bağlantı kompleksleri oluşur.
- Her hücrede bir çekirdek bulunur ve orta duruşludur. Sitoplazmada miyofibriller gelişir.
- Embriyonun geç dönemlerinde kalp kası içerisinde daha az miyofibril içeren ve kalp kası hücrelerinden daha geniş çaplı özel kalp kası hücreleri bantları gelişir. Bu atipik kalp kası hücreleri kalbin iletici sistemini (purkinje lifleri) oluştururlar
- Kalp kası hücreleri doğumdan sonra sayısal bir çoğalma göstermezler, yalnız 30 yaşına kadar uzunluk ve kalınlıkları artar.

Rejenerasyon

- Kalp kası tahrip edici etkenlere karşı diğer kas tiplerinden daha dirençlidir. Fakat tahribat sonucu çok az rejenerasyon gösterir. Tamirat fibröz bağ dokusu tarafından yapılır ve geriye skar dokusu kalır. Hasarlı bölgede kardiyak fonksiyonlar kaybolur. Geçmişte hasar gören kalp kası hücrelerinin yerini yeni kalp kası hücrelerinin alamadığı düşünülüyordu. Ancak son çalışmalarda transplante edilen kalpte çekideğin 0.01'in altında da olsa mitozla gittiği gözlemlenmiştir.