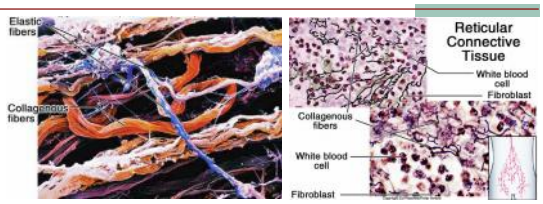
BAĞ DOKUSU

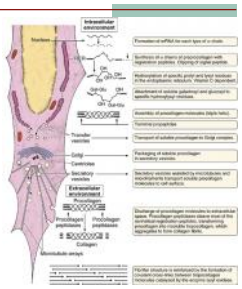
Bağ dokusunun fibrilleri



- Kollagen fibriller
- Elastik fibriller
- Retiküler fibriller

Kollagen fibriller

- Bağ dokusunun tüm çeşitlerinde değişik miktarlarda bulunur.
- En çok fibroblastlar tarafından sentezlenir.
- Bundan başka farklı dokularda aşağıdaki hücreler tarafından da sentezlenir.
  - Osteoblast
  - Odontoblast
  - Kondroblast
- Ayrıca düz kas hücresi, retiküler hücreler, schwann hücreleri, hepatositler, endotel ve epitel hücreleri de kollagen fibril sentezleyebilir.



Kollagen fibriller

- Asitli boyalar ile farklı şekillerde boyanırlar.
  - Eozin ile pembe
  - Mallory'nin trikromu ile mavi
  - Masson'un trikromu ile yeşil
  - Van Gieson ile kırmızı
- Doku içinde hafif dalgalı bir yapı göstererek her yöne dağılırlar.
- Kaynatılınca jelatine dönüşür (jelatin; tropokollajen süspansiyonudur).
- Kollajen ismi de buradan gelmektedir (kola= jelatin, jen= yapıcı).
- Asit ve alkali muamelesinde demetler tropokollajen molekülleri halinde parçalanır.

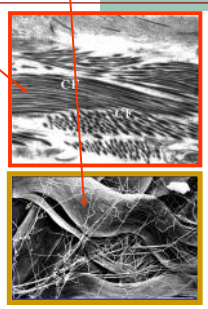
Kollagen fibriller





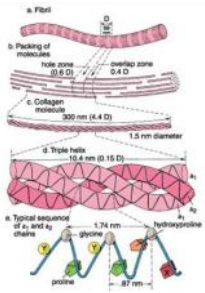
Kollagen fibriller ve lif demetleri

- Kollagen fibriller, kollagen proteininden oluşmuştur.
- Bu protein birbiri üzerine sarılmış üç alfa zincirinden meydana gelir.
- Kollagen fibrillerin günümüze kadar 19 değişik tipi tanımlanmıştır.
- Kollagen çeşitliliği moleküler yapıdaki farklılıktan kaynaklanmaktadır.
- Kollagen fibrillerin yapısında en çok bulunan aminoasitler:
  - Glisin (% 35.5)
  - Prolin (% 12)
  - Hidroksiprolin (% 10) ve
  - Lizin yer alır.

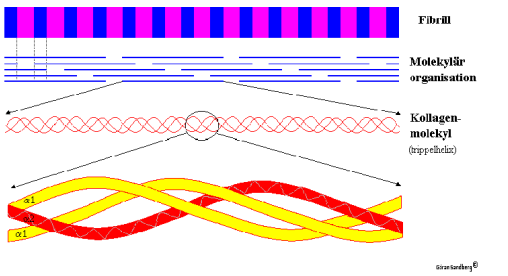


Kollagen fibriller

- IV ve XII. Tip kolagenlerde moleküller özel bir yerleşim göstermeden iplik düzeyindedir
- I-II-III te ise moleküllerin özel yerleşimleriyle mikro iplikçik düzeyinde yapı gösterir
- Bu özel tertiplenmeden dolayı enine bantlaşma gösterir
- Her bir tropokollgen molekülü 2 adet a_1 1 adet a_2 zincirleri adı verilen 3 adet iplik şekilli polipeptidten oluşur.

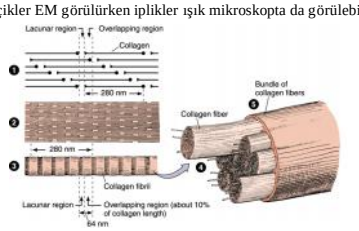


Kollagen fibriller



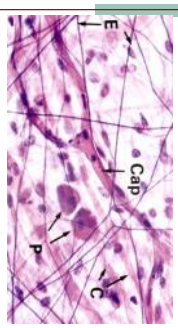
Kollagen fibriller

- Mikro iplikçikler sadece kollagen yapımı sırasında bir araya gelirler
- Mikroiplikçiklerde bir araya gelerek kollagen iplikleri oluşturur.
- I ve III tip kollagende kollagen iplikçikler bir araya gelerek demetleşme göstererek iplikleri oluştururken tip II kolagen iplikçik düzeyinde kalır.
- İplikçikler EM görülürken iplikler ışık mikroskopta da görülebilir.



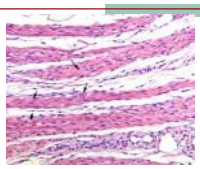
Kollagen fibriller

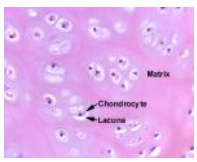
- Fibril oluşturan kollajenler:
  - Tip I, II, III, V ve XI
- Fibril bağlayıcı kollajenler:
  - Tip IX, XII
- Ağ oluşturan kollajen:
  - Tip IV
- Bağlayıcı / Tutturucu kollajen:
  - Tip VII



Tip I ve II kollagen

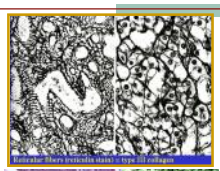
- Tip I (fibril-oluşturan): En bol ve en yaygın. Lif ve lif demetleri oluşturur. Gerilmeye dayanıklı.
  - Bulunduğu yerler: Tendon, ligament, dermis, kemik, dentin, fibröz kıkırdak, organ kapsülleri, gevşek bağ dokusu
  - Sentezleyen hücreler: Fibroblast, odontoblast, osteoblast, kondroblast.
- Tip II (fibril-oluşturan): Çok ince fibriller, aralıklı basınçlara dayanıklı.
  - Bulunduğu yerler: Erişkinlerde sadece hyalin ve elastik kıkırdak matriksinde, bazen embriyonik notokord'da bulunur.
  - Sentezleyen hücreler: Kondroblast

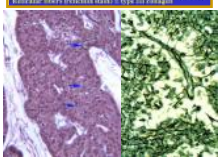




Tip III kollagen

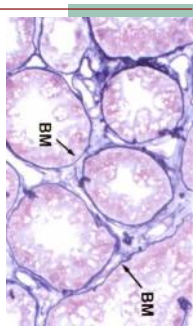
- Tip III (fibril-oluşturan) Retiküler lifler
- Tip I'e benzer, daha fazla glikolizasyona uğrar. İnce lif ağları oluşturur. PAS (+) boyanır, ayrıca gümüş tuzları ile [arjirofil] siyah boyanır (Tip I, gümüş ile boyanmaz). Yumuşak fleksibl doku / organları (adipositler, düz kas hücreleri, sinir lifleri gibi) kuşatarak yapısal destek sağlar.
- Bulunduğu yerler: Kemik iliği, dalak, karaciğer, akciğer, böbrek, kardiyovasküler sistem, uterus, bazal membranlardaki retiküler lamina.
- Sentezleyen hücreler:, Retiküler hücreler, düz kas hücreleri, fibroblast, Schwann hücreleri.





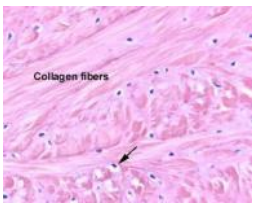
Tip IV kollagen

- Tip IV (ağ-oluşturan): Bazal laminadaki (lamina densa) majör kollajen tipidir. Fibril ve lif yapısında bulunmaz, prokollajen moleküllerinden oluşan örgümsü bir yapıdadır.
- Destek ve filtrasyon fonksiyonu vardır.
- Bulunduğu yerler: Bazal laminalarda lamina densa'da.
- Sentezleyen hücreler: Epitel hücreleri, endotel hücreleri, kas hücreleri, Schwann hücreleri.



Tip V ve VII kollagen

- Tip V (fibril-oluşturan): Çok ince fibrillerden oluşur. Genellikle Tip I ile birlikte bulunur.
- Fonksiyonu bilinmemektedir.
- Bulunduğu yerler: Dermis, tendon, ligament, fibröz kıkırdak, organ kapsülleri, kemik, sementum, plasental bazal membranlar ve kan damarları.
- Sentezleyen hücreler: Fibroblastlar, mezenkimal h.ler
- Tip VII (bağlayıcı/tutturucu): Lamina densa ve lamina retikülarisi alttaki bağ dokusuna bağlarlar.
- Bulunduğu yerler: Bazal membranlar
- Sentezleyen hücreler: Epitelyal hücreler



Tip IX ve X kollagen

- Tip IX (fibril-bağlayıcı): Fibrilleri lateral bağlar.
- Bulunduğu yerler: Hyalin kıkırdak
- Sentezleyen hücreler: Kondroblastlar
- Tip X: Büyüme plağı kıkırdağında daha sonra kemiğin gelişeceği alanlarda dejenere olan hipertrofik kondrositlerin çevresindeki kıkırdak matriksinde bulunur.

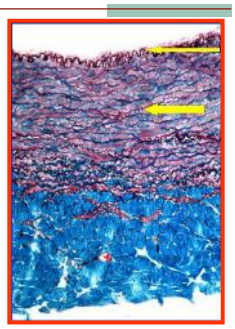
Tip 11 ve 12 kollagen

- Tip XI (fibril-oluşturan): Tip II kollajenin fonksiyonuna yardımcı olur.
- Bulunduğu yerler: Hyalin kıkırdak ve intervertebral diskler.
- Sentezleyen hücreler: Kondroblastlar

- Tip XII (fibril-bağlayıcı): Tendon ve ligamentlerde fibrilleri lateral bağlar.
- Bulunduğu yerler: Tendon ve ligamentler
- Sentezleyen hücreler: Fibroblastlar

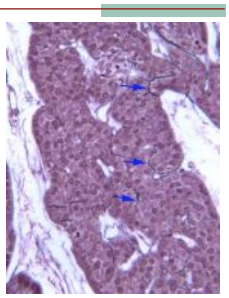
Elastik lifler

- Bağ dokularında fibroblastlar, kan damarlarında ise düz kas hücreleri tarafından sentezlenirler.
- Dallanmış, birbirine dik açı yapar tarzda bulundukları gibi, fenestralı konsantrik tabakalar (büyük kan damarlarının duvarlarında) ve kalın demetler (columna vertebralisin ligamentum flava'da) de oluştururlar.
- Glisin, Prolin, Desmozin ve İsodesmozin aminoasitlerinden yapılmışlardır.
- Desmozin ve İsodesmozin, sadece elastin'e özgüdür.



Retikulum iplikleri

- Elektron mikroskobunda yapılarındaki hem amorf elastin, hem mikrofibriller görülür. Kollajendeki enine çizgilenmeyi göstermezler.
- Kaynatma, asitler, alkaliler ve bilinen protezlara karşı dayanıklıdırlar. Sadece Pankreatik elastaz ile hidrolize olurlar.
- Bulunduğu yerler: Gerilip genişleyen ve sonra tekrar orijinal durumlarına dönmesi gereken doku ve organlarda; arteryal duvarlar, interalveolar septumlar, akciğerde bronş ve bronşiol duvarları, vokal ligamentler ve lig. flava'da.



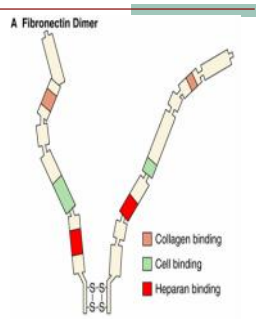
Retiküler iplikler

- Ara madde içerisinde proteoglikanlardan daha az bulunurlar.
- Proteoglikanların tersine yapılarında protein daha fazladır, karbonhidrat daha azdır.
- Dallanmış kısa oligosakkarit zincirlerinin kovalent olarak bağlandığı proteinlerdir.
- Erişkin ve embriyonik hücreler arasında interaksiyonu sağlarlar.
- Hücrelerin intersellüler matriks komponentlerine adhezyonunu sağlarlar.



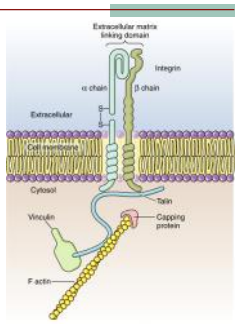
Fibronektin

- Hücrelerin ekstrasellüler matrikse bağlanmasını sağlar.
- Embriyonik hücreler için göç etme sürecinde yol göstericidir ve gelişim sürecinde olan organizmanın hücre migrasyonunda hücrelerin hedefeulaşmalarını sağlar.
- Fibroblastlar ve bazı epitel hücreleri tarafından salgılanır.



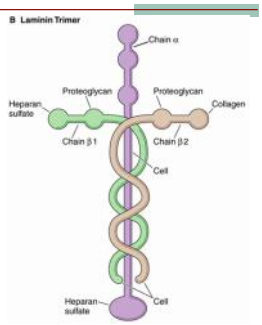
Fibronektin

- Bazal membranda da epitel hücreleri retikulum ipliklerine bağlamaktadırlar.
- Hücre membranındaki fibronektin reseptörlerine integrinler denilmektedir. Fibroblastlardan



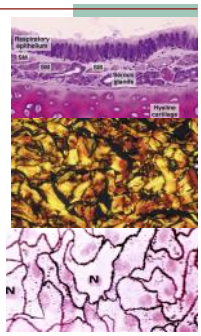
laminin

- Bazal laminanın (lamina lusida) bir komponentidir.
- Epitel hücrelerinin bazal laminaya bağlanmasını sağlar.

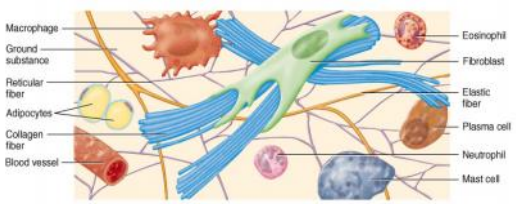


Diğer ipliksi proteinler

- **Kondronektin**
  - Kıkırdak matriksinin bir komponentidir.
  - Kondrositlerin (kıkırdak hücreleri) kıkırdak matriksine bağlanmasını sağlar.
  - kondroblastlardan yapılır.
- **Osteonektin**:
  - Kemik dokuda osteoblast ve osteositleri kollagen ipliklere bağlarlar.
  - Osteoblastlarca yapılır
- **Trombospondin**:
  - Kas, deri, kan damarlarında kollagen, heparin, fibronektin ve integrinleri bağlayabilir.
  - Fibroblastlar, düz kas hücreleri ve endotel hücrelerinden sentezlenir.
- **Entaktin**:
  - Bazal membranlarda, tip IV kollagen ve laminini bağlar.



Bağ dokusu tipleri

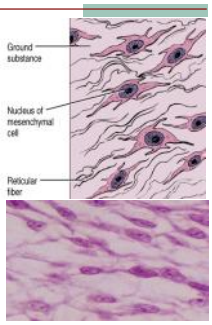


Bağ Dokusunun Sınıflandırılması

- **Bağ Dokusu Bileşenleri**
  - **Hücreler**
  - **Zemin Maddesi**
  - **Fibriller**
- Bağ dokusunun bileşenleri vücutta bir bölgeden diğerine değişiklik gösterir, az ya da çok olabilir.
- Ara formlar yoluyla çeşitli tipler birbirlerine dönüşebildiği gibi, koşulların değişmesiyle bir bağ dokusu tipi, diğer bir bağ dokusu tipine dönüşebilir.
- **Embriyonik bağ dokusu**
  - Mezensimal Bağ Dokusu
  - Müköz Bağ Dokusu
- **Erişkin bağ dokusu**
  - Genel Bağ Dokusu
    - Gevsek (areolar) bağ dokusu
    - Sıkı bağ dokusu
      - Düzenli sıkı bağ dokusu
      - Düzensiz sıkı bağ dokusu
  - Özel Bağ Dokusu
    - Elastik bağ dokusu
    - Retiküler bağ dokusu
    - Pigment dokusu
    - Yağ *(adipoz)* dokusu

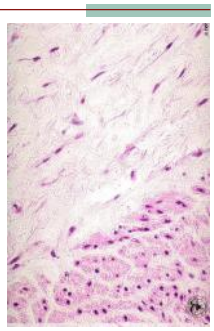
Embriyonik bağ dokusu

- Gelişmekte olan embriyoda görülen ilk bağ dokusudur. Bu bağ dokusuna **embriyonik** bağ **dokusu** ya da kısaca **mezenşim** denir.
- Birbirlerine benzeyen küçük, mekik ya da yıldız şeklinde mezenşimal hücrelerden oluşur.
- Hücreler, sahip oldukları ince sitoplazmik uzantılarıyla birbirleriyle iletişim kurarak, embriyoda üç boyutlu bir hücresel ağ oluştururlar.
- Neksuslar bu ilişkiyi sağlayan hücresel iletişim bölgeleridir.
- Hücreler, çok ince ve seyrek yerleşmiş kollajen fibril (retiküler fibril) içeren yapışkan zemin maddesi içinde bulunur.
- Mezenşimal hücreler hızlı bölünme ve güçlü farklılaşma potansiyeline sahiptir.
- Erişkinlerde bulunmaz.



Müköz bağ dokusu

- Mezensimal bağ dokusuna çok benzer.
- Müköz bağ dokusu, embriyoda göbek kordonunda bulunur.
- Hücrelerden çok zemin maddesi vardır.
- Göbek kordonunda bulunan jöle kıvamındaki zemin maddesine **wharton peltesi** adı verilir.
- Geniş yer kaplayan hücrelerarası alanda çok ince kollajen fibriller bulunur.
- Esas hücreleri fibroblastlardır.
- Müköz bağ dokusu ayrıca, dişin pulpasında, horoz ibiğinde ve maymunların eşey derisinin hipodermisinde sınırlı olarak bulunur.



Gevsek bağ dokusu

- Embriyonun diğer dokuları oluştuktan sonra kalan mezenşimden meydana gelir.
- Mezensimal hücreler fibroblastlara dönüşür.
- Fibroblast, bu dokuda en çok görülen hücredir. Bundan başka makrofajlar, mast hücreleri, yağ hücreleri ve plazma hücreleridir.
- Büzülüp açılan bir sünger gibi bu dokuda, normalde içleri az miktarda zemin maddesiyle dolu olan sınırsız sayıda boşluk vardır. Bu boşluklar zaman zaman içindeki sıvının miktarına bağlı olarak genişleyip daralabilir. Bundan dolayı bu dokuya areolar doku (areola = küçük boşluk) da denir.
- Hücrelerarası maddede kollajen, elastik ve retiküler fibriller vardır. Ancak, ilk iki fibril oldukça boldur.
- Bununla birlikte, gerilme ve çekmelere dayanıksızdır.

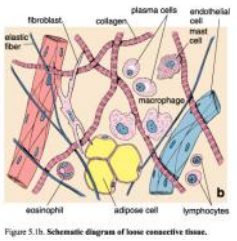
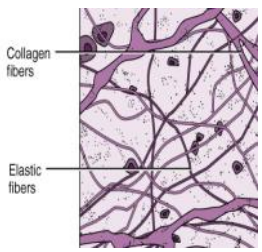


Figure 5.1b. **Schematic diagram of loose connective tissue.**

Gevşek Bağ Dokusu

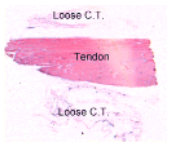


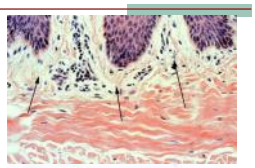


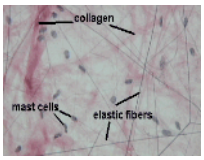
Gevşek bağ dokusunun fonksiyonları

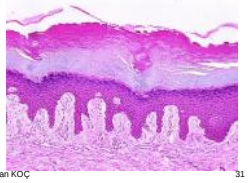
- Gevşek bağ dokusu öteki dokuların aralarını doldurur.
- Deriyi, altındaki organlara bağlar.
- Kasların aralarındaki boşlukları doldurur.
- Epitelyum tabakaların altında yer alarak, içerdiği kan damarlarıyla, onu besler.
- Yabancı maddelerin vücuda giriş yerleri olan solunum ve sindirim sisteminde müköz zarların yapısını *(lamina propria)* oluşturur.
  - Burada kandan bağ dokusuna göç eden çok sayıda savunma hücreleri bulunur.
- Periton, pleura ve perikart gibi seröz zarların yapısında yer alır.
- Damarlar ve sinirler boyunca yer alarak, bunların arasını doldurur.
- Genel olarak doku ve organlara desteklik yapıp, onların beslenme, onarım ve korunmasında görevlidir.
- İltihap ve yaralanma gibi durumlarda dokuların yenilenme ve onarımında önemli rol oynar. Bu yüzden, yangı ve immünolojik tepkimelerin gerçekleştiği bölge olarak işlev görür.

Gevşek bağ



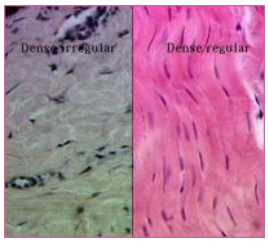






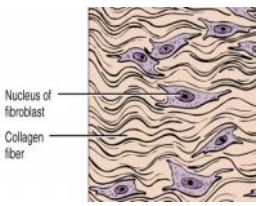
Sıkı Bağ Dokusu

- Sıkı bağ dokusu, içerdiği fibrillerin hücrelere ve zemin maddesine göre çok fazla olması dolayısıyla gevşek bağ dokusundan ayrılır.
- En çok bulunan hücre fibroblasttır. Serbest bağ dokusu hücreleri ya hiç yoktur ya da bazı yerlerde çok azdır.
- Eğer fibriller düzenli ve birbirine paralel demetler oluşturacak şekilde dağılım gösterirse bu tip dokuya **düzenli sıkı bağ dokusu,**
- Fibril dağılımı farklı yönlere doğru ve dağınık yerleşim gösterirse **düzensiz sıkı bağ dokusu** adı verilir.



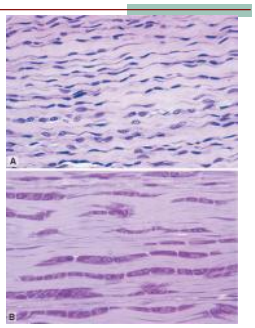
Düzenli sıkı bağ dokusu

- Kollajen fibril demetleri, dokuların mekanik gereksinimlerine yanıt verecek şekilde çok yoğun ve düzenlidir.
- Bulunduğu Yerler
  - Tendonlarda: Beyaz renkli tendonda en çok tip I kollajen bulunur. İnce elastik fibril ağları yer yer kollajen demetleri arasında yer alır. Burada bulunan tek hücre çeşidi bu fibrilleri sentezleyen tendinosit de denilen fibroblasttır.
  - Ligamentlerde:Ligamentlerin çoğunda esas fibril olarak kollajen bulunurken, omurları birbirine bağlayan *ligamenta flava* gibi bazı ligamentlerin yapısında kollajen fibrile oranla daha çok elastik fibril bulunur.



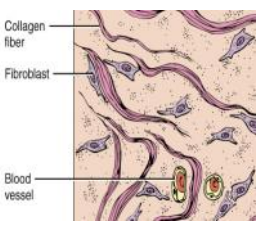
Düzenli sıkı bağ dokusu

- Fasiya (Kasların üstünü örten bağ dokusu kılıfı) ve aponörozlar (Kasları birbirine bağlayan yoğun kollagen tellerden oluşan bağ dokusu örtüsü) gibi düzenli sıkı bağ dokusu örneklerindeki kollagen tel ve fibroblastlar çok tabakalı veya lamelli yapı oluşturarak, düzenli yerleşim gösterirler. Teller bir tabakadan diğerine geçer.
- Periosteum (kemik zarı), sklera (gözakı) vb. dokular, daha az düzenli yerleşim gösteren düzenli sıkı bağ dokusu örneklerini oluşturur.



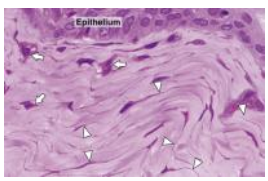
Düzensiz sıkı bağ dokusu

- Düzensiz sıkı bağ dokusu
  - Dermiste,
  - Birçok organın kapsülünde,
  - Sinirlerin etrafındaki kılıfta
  - İdrar yollarını döşeyen epitelyumin altında ve
  - Vücudun birçok bölgesinde bulunur.



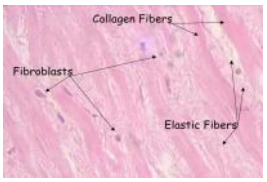
Düzensiz sıkı bağ dokusu

- Örnek olarak dermişin yapısına bakıldığında, gevşek bağ dokusunda bulunan hücre ve fibrillerin burada da bulunduğu görülür. Kalın demetler oluşturan kollajen fibriller çeşitli yönlere dağılır.
- Elastik fibriller de bir ağ yaparak bu yapıya destek verir. Dermişteki bu fibriller incelip dokunun derinliklerine iner ve gözden kaybolur.
- Zemin maddesi düzensiz sıkı bağ dokusunda daha azdır.
- Yoğun olarak birarada bulunan fibrillerin arasındaki hücreler, gevşek bağ dokusundan daha zor ayırt edilir.
- Makrofajlar vital boyalarla tanınabilir. Küçük kan damarları etrafında farklılaşmamış mezenşimal hücreler yer alır.



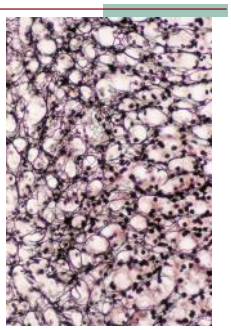
Elastik bağ dokusu

- Elastik bağ dokusunda, bol miktarda elastik fibril demetleri bulunur.
- Bu fibriller ya paralel düzenlenir ya da birbirleriyle ilişkili ağ şeklinde yapılar oluşturur.
- Fibriller arasındaki alanlarda fibroblastlar ve yer yer kollajen fibriller bulunur.
- Elastik bağ dokusu, omurgada omur kemikleri arasındaki bağlarda *(ligamenta flava)*, çeşitli içi boş organların *(mesane, mide bağırsak kanalı ve büyük damarlar)* duvarlarında, kalbin bazı bölgelerinde ve solunum yollarının bazı kısımlarında bulunur



Retiküler bağ dokusu

- Karaciğer sinuzoitlerinin etrafında, timus, lenf ve hemopoietik organların stromasında ve dalakta bulunan fibrillerin çoğu retiküler fibrillerden oluşur.
- Retiküler bağ dokusunun bulunduğu yukarıdaki örneklerde yer alan retiküler fibriller arasında bunları sentezleyen retikuler hücreler ve çok ince kollajen fibril ağları bulunur.
- Retiküler bağ dokusu, bulunduğu organlara destek verici işlev görür.

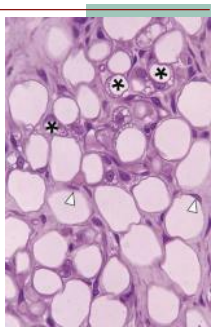


Pigment Dokusu

- Pigment hücrelerinin *(melanositler)* yoğun olarak bulunduğu yerlerdeki bağ dokusuna pigment dokusu denir.
- İnsan vücudunda belirli yerlerde yerleşim gösterir.
  - Gözün retina ve irisinde yoğun bir şekilde bulunurken,
  - Deri, ve MSS zarlarından pia materde daha seyrek yer alır.
- Soğukkanlı hayvanların derilerinde yer yer yoğun bir şekilde yerleşim gösterir.
- Ektodermal kökenli olan pigment dokusu bulunduğu yerdeki organları aşırı UV ışınlarına karşı koruma sağlar.

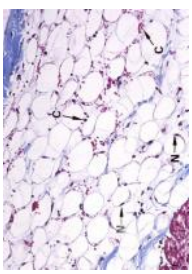
Yağ dokusu

- Isı kaybına karsı koruyucu bir tabaka oluşturan ve vücudun bazı bölgelerinde mekanik destek sağlayan bir dokudur.
- Hayvanların çoğu ara ara beslenir; ancak sürekli enerji tüketir. Enerji verecek bir madde depolaması gerekir. Yağ, karbonhidrat ve proteinden çok daha hafif ve bunlardan çok daha fazla enerji verir.
- Yağ dokusu vücudun en verimli enerji deposunu oluşturur.
- Normal ağırlıkta bir insanın toplam vücut ağırlığının yaklaşık % 10-15'i yağ olup, bu 40 günlük bir enerji stoğunu oluşturur. Aşırı şişmanlarda yağ oranı artar.

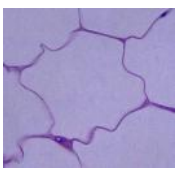


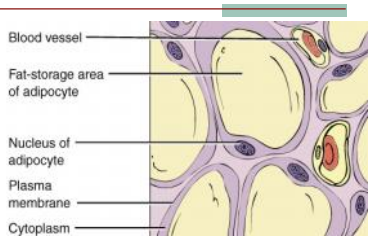
Yağ dokusu

- Yağ dokusu, kan damarlarıyla sıkı ilişkili yağ depolayan hücrelerden *(adiposit)* oluşur.
- Bu doku yağın trigiliserit şeklinde depolandığı özel bir bağ dokusudur.
- Yoğun besin alımı sırasında yağı biriktirme ve açlık sırasında yağ asitlerini bırakma işlevleriyle yağ dokusu, enerji için sürekli yakıt temin etmede çok önemli rol oynar.
- Hareket yeteneği olmayan yağ hücreleri aktif bir şekilde karbohidratlar-dan yağ sentezler, hormonlara ve sinirsel uyarılara iyi yanıt verir.



Yağ Dokusu

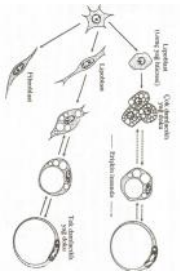




Memelilerin çoğunda birbirlerinden renk, dağılım, damarlanma ve metabolik etkinlik açısından farklılık gösteren iki farklı yağ dokusu vardır

Yağ Dokusunun Histogenezi

- Yağ dokusu Lipoblastlardan *(adipositler)* oluşur.
- Lipoblastlar da fötusun kılcal damar duvarlarının yanında bulunan farklılaşmamış mezenşimal hücrelerden köken alır.
- Oluşan genç lipoblastlarm bir kısmı fibroblastlara, bir kısmı ise kübik epitel hücrelerine benzer. Henüz bu evrede sitoplazmada yağ birikimi görülmez.
- Bu iki tip hücre önce etraflarına bazal lamina sentezler. Daha sonra beyaz yağ dokusu *(tekdamlalı yağ dokusu)* ve kahverengi yağ dokusu *(çokdamlalı yağ dokusu)* olarak adlandırılan, birbirinden değişik özellikte iki farklı yağ dokusunu oluşturmak üzere farklılaşmaya başlar.

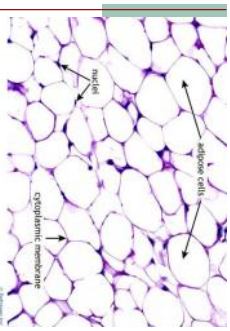


Yağ dokusunun histogenezi

- Fibroblastlara benzeyen genç lipoblastların sitoplazmasında lipoblastik farklılaşma *(DER ve Golgi gelişir, GER küçülür, düz yüzlü kesecikler artar)* sonucu küçük yağ damlacıkları birikmeye başlar.
- Hücrenin bir kutbunda birikmeye başlayan bu damlacıklar zamanla birbirleriyle birleşerek büyük, tek bir damla oluşturur. Sitoplazmayı tamamen dolduran yağ damlası, çekirdeği kenara iterek kendi etrafında çok ince bir sitoplazmik halka kalmasına yol açar. Bu özellikteki adipositlerin birikmesiyle beyaz yağ dokusu *(tekdamlalı yağ dokusu)* meydana gelir.
- Kübik epitel hücrelerini andıran diğer tip lipoblastın sitoplazmasında da yağ damlacıkları birikmeye başlar; ancak bu damlacıklar beyaz yağ dokusunda ol-duğu gibi birbirleriyle birleşmez. Sitoplazmasında çok sayıda yağ damlacığı ile karakterize olan adipositler kahverengi yag dokusunu *(çokdamlalı yağ dokusunu)* oluşturur.
- Uzun süren açlık durumlarında her iki tip yağ dokusundaki olgun lipolastlar genç lipoblast evresine geri döner. Birbirinden morfolojik, dağılma, damarlanma ve metabolik etkinlik bakımından değişiklik gösteren bu iki tip yağ dokusunun çeşitli canlılarda dağılımı da farklıdır.

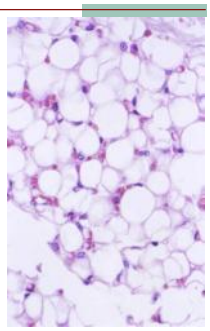
Beyaz yağ dokusu (Tekdamlalı yağ dokusu)

- Tekdamlalı yağ dokusu da denir. Çünkü, tek bir yağ damlası hücre hacminin büyük bir kısmını doldurur.
- Yağ hücreleri tek başlarına olduklarında küresel, bir arada bulunduklarında ise oval ya da polihedral görünür. Sitoplazmada yoğun yağ birikimi nedeniyle çekirdek yassılaşmış ve bir kenara itilmiş durumdadır. Bu yağ kitlesinin etrafında zar bulunmaz; ancak 100 Å ' luk ince filamentler bu damlacığı çevreler.
- Adipositlerin etrafı bu hücreler tarafından sentezlenen retiküler fibrillerle (tip III *kollajen)* çevrilidir.
- Genç bireylerde ve çocuklarda tüm vücudu saran devamlı bir yağ tabakası vardır. Derinin altında bulunan bu tabakaya **panniculus adiposus** ya da **hipodermis** denir. Erişkinlerde bu tabaka vücudun bazı bölgelerinde incelirken, bazı bölgelerinde kalınlaşır. Kalınlaşma bölgeleri iki eşeyde farklı yerlerdir.



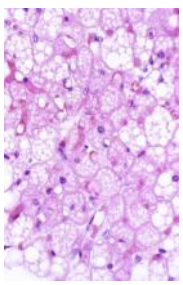
Beyaz yağ dokusu (Tekdamlalı yağ dokusu)

- Beyaz yağ dokusu vücudun iç organları çevresinde, mezenter ve omentumda birikir ve hemen enerjiye dönüşebilir. Ancak, avuçiçi, ayakaltı, perikartın altında, göz çukurunda ve eklem yerlerinde bulunan beyaz, yağ dokusu metabolizmaya karışmaz. Buralardaki yağ, mekanik destek sağlayarak yastik görevi görür. Çok uzun süren açlık durumunda miktarında çok az bir azalma olabilir.
- Beyaz yağ dokusu, leptin hormonu üretir. Bir peptit hormon olan leptin vücutta ne kadar yağ olduğunu hipotalamusa bildiren bir sinyal gibi iş görerek, enerji homeostazının düzenlenmesinde çok önemli rol oynar.
- Leptinin şişman bireylerdeki biyolojik etkileri, beşin alınmasını engellemek, ağırlık kaybına neden olmak ve metabolik hızı uyarmaktır. Zayıf bireylerde ise bunların tersi etki eder.



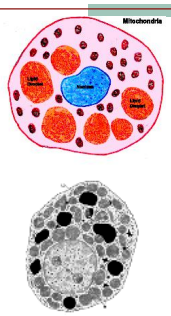
Kahverengi yağ dokusu (Çokdamlalı yağ dokusu)

- Bu dokunun rengi turuncudan kırmızımtırak kahverengiye kadar değişiklik gösterir. Dokunun kahverengi rengi içerdiği fazla kan damarlarından, çok fazla bulunan sitokromlardan ve mitokondrilerden ileri gelir.
- Hücreleri, beyaz yağ dokusu hücrelerine göre daha küçük olup kesitlerde poligonal görünür. Sitoplazma hacimce beyaz yağ dokusundaki yağ hücrelerinden daha fazla olup, çeşitli boyutlarda pek çok yağ damlası içerir. Çekirdek beyaz yağ dokusunda olduğu gibi yassılaşmamış olup, sitoplazmanın herhangi bir bölgesinde bulunabilir. Adipositlerde çok sayıda mitokondri, küçük bir Golgi, gelişmemiş GER ye DER bulunur. Mitokondrilerinde bol miktarda sitokrom oksidaz vardır. Kahverengi yağ dokusu kan damarı bakımından çok zengindir. Yağ hücrelerin arasında miyelinsiz sinir fibrilleri bulunur.
- Bu yag dokusu embriyonik yasamda ortaya çıkar ve doğumdan sonra yeniden meydana gelmez. Halbuki bağ dokusunda beyaz yağ hücreleri yeniden oluşabilir.



Kahverengi yağ dokusu (Çokdamlalı yağ dokusu)

- Kahverengi yağ dokusu en çok kışlayan hayvan türlerinde ve yeni doğan bireylerde bulunur. İnsan fetusunda 7.ayda oldukça iyi belirginleşen bu doku, yeni doğmuş bireyin vücut ağırlığının %2-5'ini kaplar.
- Yaşlılardaki yağın tümü beyaz yağ dokusudur. Ancak kronik zayıflama durumlarında yeni doğanlardakine benzer yağ kümeleri görülür. Kahverengi yağ dokusunun oksidatif kapasitesi sitokrom oksidaza bağlı olup kalp kasındakinden daha büyüktür.
- Kahverengi yağ dokusundaki yağ metabolizması sonucu ısı açığa çıkar. Bu ısı, yeni doğan memelilerde ve kış uykusundaki hayvanların uykudan uyanmalarında vücudun ısıtılmasında önemli rol oynar.



Yağ dokusunun histofizyolojisi

- Yağ depolarındaki yağ hareketsiz değildir, sürekli yakılıp yeniden depolanır. Depo yağının yarı ömrü sıçanlarda 8 gündür. Yağ asitlerinin % 10'u yağ dokusunda depolanır ve bunlar her gün yenileriyle yer değiştirir.
- Adipositlerde depo edilen yağ, bireyin kalori dengesine bağlı olarak sürekli yıkılır ve yeniden yapılır.
- Depo yağları aşağıdaki kaynaklardan beslenir,
  1. Besinlerden alınan yağlardan oluşan şilomikronlardan gelen yağ asitlerinden,
  2. Karaciğerde glukozdan sentezlenen ve serum lipoproteinleri şeklinde yağ dokusuna gönderilen yağ asitlerinden,
  3. Yağ hücresindeki karbohidratlardan sentezlenen trigliseritlerden.
- Yağın vücuttaki dengesi hormonal ve sinirsel kontrol altındadır.
- Kolesterol ve diğer lipitler, özel hedef bölgelere kan ve diğer vücut sıvılarında lipoprotein çeşitleri şeklinde taşınır.

Yağ dokusunun histofizyolojisi

- Plazma lipoproteinleri karaciğer ve bağırsak tarafından sentezlenir ve kana verilir.
- En büyük lipoprotein olarak şilomikronlar ince bağırsak epitel hücrelerinin düz endoplazmik retikulumunda sentezlenir. Sonra lenf sistemine girer. *subclavian ven* aracılığıyla kana karışır.
- Kalp kası, iskelet kası, meme bezi ve yağ dokusundaki kılcal damar endotel hücrelerindeki lipoprotein lipaz, buraya gelen şilomikronları yağ asitlerine dönüştürerek, kas, meme bezi ve yağ hücrelerine girmesini sağlar.
- Düz endolazmik retikulum, trigliseritlerin oluşumu için yağ asitlerinin yeniden esterleşmesini sağlayan temel organel olarak bu hücrelerde işlev görür.

Otonom SS ve hormonların yağ dokusuna etkisi

- Yağ dokusu özellikle kahverengi yağ dokusu içerdiği sinirler açısından oldukça zengindir. Sinir uçlarından salınan norepinefrin *(noradrenalin)*, yağ hücrelerinden yağ asitlerinin kana geçmesini kontrol eder. Norepinefrin, adipositlerdeki lipazı aktivite ederek, depo edilen yağın % 90'nından daha fazlasını meydana getiren trigliseritlerden (nötral yağlar) yağ asitlerinin oluşmasını sağlar Kana geçen yağ asitlerine serbest yag asitleri adı verilir.
- Maraton gibi uzun mesafe koşan bayan atlerlerde adet düzensizlikleri, *(çok az kanama "oligomenorhea" ve hiç adet görmeme "amenorhea")* görülebilir. Adet düzensizliği özellikle stres koşullarında gerçekleştirilen yoğun egzersiz programlarında daha artmaktadır. Bu etki vücuttan yağ dokusu kaybı ve bu dokularda adrenal androjenlerden sentezlenen estrojen seviyesindeki düşüşe bağlanmaktadır. Yağ asitlerinin yağ dokusundan^salınmasında birçok hormon etkili olur. Bunlar, hipofizden salınan adrejıokortikjjtrppik hormon *(ACTH)*, tiroit uyarıcı hormon(TSH), luteinize hormon *(LH)* insülin *(D* ve adrenal medulladan salınan epinefrindir *{adrenalin).*
- Bu hormonların her biri için yağ hücresi zarında özel reseptörler bulunur. Hormonun reseptörüyle birleşmesi, zarda bulunan adenil siklaz enzimini uyarır. Bunun etkisiyle ATP* den cAMP yapılır. Hücrede ikincil haberci olarak işlev gören cAMP, lipazı aktiye eder. Lipaz, depo trigliseritlerini yağ asitleri ve gliserole dönüştürerek kana geçmelerini sağlar. Ayrıca, insülin, glukokortikoitler ve prostaglandinler yağ metabolizmasının farklı aşamalarında etkin rol oynar. İnsulin glukozun yağ hücreleri tarafından alınmasını kontrol eden ve karbonhidratlardan yağın sentezini düzenleyen önemli bir hormondur.

Otonom SS ve hormonların yağ dokusuna etkisi

- Yağ dokusu özellikle kahverengi yağ dokusu içerdiği sinirler açısından oldukça zengindir. Sinir uçlarından salınan norepinefrin *(noradrenalin)*, yağ hücrelerinden yağ asitlerinin kana geçmesini kontrol eder. Norepinefrin, adipositlerdeki lipazı aktivite ederek, depo edilen yağın % 90'nından daha fazlasını meydana getiren trigliseritlerden (nötral yağlar) yağ asitlerinin oluşmasını sağlar Kana geçen yağ asitlerine serbest yag asitleri adı verilir.
- Maraton gibi uzun mesafe koşan bayan atlerlerde adet düzensizlikleri, *(çok az kanama "oligomenorhea" ve hiç adet görmeme "amenorhea")* görülebilir. Adet düzensizliği özellikle stres koşullarında gerçekleştirilen yoğun egzersiz programlarında daha artmaktadır. Bu etki vücuttan yağ dokusu kaybı ve bu dokularda adrenal androjenlerden sentezlenen estrojen seviyesindeki düşüşe bağlanmaktadır. Yağ asitlerinin yağ dokusundan^salınmasında birçok hormon etkili olur. Bunlar, hipofizden salınan adrejıokortikjjtrppik hormon *(ACTH)*, tiroit uyarıcı hormon(TSH), luteinize hormon *(LH)* insülin *(D* ve adrenal medulladan salınan epinefrindir *{adrenalin).*
- Bu hormonların her biri için yağ hücresi zarında özel reseptörler bulunur. Hormonun reseptörüyle birleşmesi, zarda bulunan adenil siklaz enzimini uyarır. Bunun etkisiyle ATP* den cAMP yapılır. Hücrede ikincil haberci olarak işlev gören cAMP, lipazı aktiye eder. Lipaz, depo trigliseritlerini yağ asitleri ve gliserole dönüştürerek kana geçmelerini sağlar. Ayrıca, insülin, glukokortikoitler ve prostaglandinler yağ metabolizmasının farklı aşamalarında etkin rol oynar. İnsulin glukozun yağ hücreleri tarafından alınmasını kontrol eden ve karbonhidratlardan yağın sentezini düzenleyen önemli bir hormondur.

Isı üreticisi olarak kahverengi yağ dokusu

- Endotermik hayvanlar vücut sıcaklıklarını nispeten dar sınırlar içersinde tutar. Çok soğuk koşullar altında kaldıklarında periferal kan akımlarını kısarak ısı kayıplarını azaltıp, daha fazla ısı üretmek için metabolizmalarını arttırırlar. Soğuk ortamda titremeyle de daha fazla ısı üretilebilir. Buna titremeyle ısı üretimi *(titremeyle termogenez)* denir. Bazı türler bunu titremeden yapabilir. İskelet kaslarının elektrik aktivitesinde artış olmaksızın ısı üretiminde artma sağlayabilirler.
- Bunu kahverengi yağ dokusu sayesinde gerçekleştirirler. Bir uyarı geldiğinde, kahverengi yağ dokusu herhangi bir organda kaydedilen en yüksek oksijen tüketimini gerçekleştirebilir. Aynı zamanda, bu dokuya giren kan hacminde dakikada yedi misli bir artış görülür.
- Kışlamakta olan bir hayvan uyanmaya başladığında, ısı üretiminde ve oksijen tüketiminde belirgin bir artış görülür. Bu sırada hayvan hiç titremez. Kahverengi yağ dokusuna sinir uçlarından sinirsel uyarılar ile norepinefrin salınır. Böylece yağ hücrelerindeki lipaz aktiye edilerek trigliseritlerin, yağ asiti ve gliserole dönüşmesine neden olur. Yağ asitlerinin oksidasyonu ve bir kısmının yeniden esterleşmesi sırasında oksijen kullanılır ve bir sıcaklık meydana gelir. Sonuçta yağ dokusunun içinden akan kan ısınır ye tüm vücuda yayılarak canlının vücut sıcaklığını yükseltir. Kasların ısıtılmasını takiben titreme başlar ve hayvan daha fazla ısı üretir.

Bağ dokusunun işlevleri

- Mekanik destek sağlar,
- Dokular ve kan arasında metabolit değişimi sağlar,
- Yağ dokusunda enerji depolar,
- Enfeksİyonlara karşı vücudu korur
- Yaralanmalardan sonra o bölgeyi onarır.

Bağ dokusunun işlevleri

- Bağ dokusu yangı olayında çok önemli rol oynar. Bağ dokusunun hastalıklara karşı vücudu savunmadaki tepkimeye **yangı** denir. Yangı olayı genellikle bağ dokusu içinde gelişir ve dolaşım sisteminin tüm elemanlarını içerir. Vücuda yaralı bir bölgeden bakteri veya yabancı bir kimyasal madde girdiğinde, koruyucu bir engel gibi görev yapan epitel tabakası da aşılıp bağ dokusuna ulaşıldığında burada bir dizi olaydan sonra kızarıklık, şişme, sıcaklık yükselmesi ve ağrı oluşur.
- Bu olaylar şöyle başlar: Dokudaki hasar sonucunda mast hücrelerinden histamin salınır. Bu, küçük damarları genişleterek, kan akış hızını arttırıp, o bölgenin kızarmasına ve bölgesel doku sıcaklığında artışa neden olur. Ayrıca damar geçirgenliğini arttırarak sıvı, fibrinojen ve immunoglobulinlerin damar dışına kaçmasına yol açar.
- Bunlar dokuda bir ödem oluşturur. Ödem, bölgesel sinir uçlarına baskı yaparak ağrı yapar. Kandan dokuya geçen sıvı kısa zamanda doku boşluklarını ve lenf damarlarını tıkayıp, bakterilerin vücuda yayılmasını, kimyasal maddelerin etkisini göstermesini engeller.
- Yangılı bölgeden salınan lökosit uyarıcı faktör ile bölgeye önce lökositler sonra da diğer kan hücreleri gelir. Yaklaşık bir gün sonra kandan dokuya göç eden monositler makrofajlara dönüşerek bakterileri fagosite edip, hücre içi sindirimle ortadan kaldırırlar. Sonuçta, kan hücreleri ve bakteriler arasındaki savaşın kalıntısı olan **irin** dokuda birikir. Doku sıvısı, bakteri, ölü veya ölmekte olan lökosit veya makrofajlardan oluşan irin ya vücut dışına ya da içine (müköz zarlar yoluyla sindirim sistemi) atılır.

Bağ dokusunun onarım işlevi

- Dokularda meydana gelen herhangi bir hasardan sonra, o bölge kısa zamanda fibroblasların onarma yeteneğiyle onarılır.
- Kalp kası, bir kalp krizinden sonra bağ dokusuyla onardır. Sinir hücrelerinin Ölümüyle boşalan bölgeyi, bağ dokusu hücreleri aramadde salgılayarak doldurur.
- İleri derecede farklılaşma gösteren kas ve sinir dokusu hücrelerinde, hücre ölümünden sonra yenilenme olmaz; ölen hücrelerin yeri bağ dokusu hücreleri ve bu hücrelerin sentezlediği fibril ve ara maddeyle doldurulur.
- Her ne kadar kollajen fibril oluşumuyla ilgili detaylı bilgiler öğrenilmişse de, kollajenin gerektiği zaman ortadan kaldırılması için mekanizmalar olduğu da unutulmamalıdır.
- Kemiğin yıkılması sırasında kollajen fibriller kollajenaz enzimi ile ortadan kaldırılır.

Hormonların etkisi

- Hipofız ön lobundan salınan
  - Adrenokortitropik hormon *(ACTH),* tiroit uyarıcı hormon (TSH) ve luteinize hormon (LH)
- Adrenal korteksten salınan
  - kortizon hormonu bağ dokusu matriksinin glikozaminoglikan içeriğini azaltma yönünde etkili olur. Ayrıca yangı tepkimelerinde işlev gören hücrelerin tepki düzeylerinde de azalmaya yol açar.
- Adrenal medülladan salınan
  - Epinefrin
- Bağ dokusunun eşey hormonlarına tepkisi çeşitli türlerde, farklı eşeylerde ve vücudun çeşitli bölgelerinde değişik olur.
  - Östrojen maymunlarda eşey derisi üzerindeki etkisi ile testosteronun horozlarda ibik üzerine etkisi ilginç örnekleri oluşturur. Östrojen söz konusu bölgede matriks glikozaminoglikanını arttırırken, testosteron horoz ibiğinde hiyyaluronik asit birikimini ve kallojen oluşumunu uyarır. Kadınlarda menstrual çevrimin bazı dönemlerinde dokularda su tutulması görülür.

Hormonların etkisi

- Bu hormonların her biri için yağ hücresi zarında özel reseptörler bulunur. Hormonun reseptörüyle birleşmesi, zarda bulunan adenil siklaz enzimini uyarır. Bunun etkisiyle ATP'den cAMP yapılır. Hücrede ikincil haberci olarak işlev gören cAMP, lipazı aktive eder. Lipaz, depo trigliseritlerini yağ asitleri ve gliserole dönüştürerek kana geçmelerini sağlar.
- İnsulin, yağ hücreleri tarafından glukozun alınmasını ve karbonhidratlardan yağın sentezini düzenleyen önemli bir hormondur. Kan şekeri insulin yokluğunda şeker hastalarındaki gibi yükselir. Ayrıca, esterleşmemiş yağ asitleri ve lipoprotein miktarı da artar.
- Enerji, normalde hücredeki karbohidratlardan sağlanır. Şeker hastalarında, insulin yokluğunda, istenilen enerji için kaynak olarak yağ kullanılır.