

Yumuşak Dokuların Yapısı

Structure of Soft Tissues

Ümüt GÜZELKÜÇÜK^{a,b}
Arif Kenan TAN^{a,b}

^aFiziksel Tıp ve Rehabilitasyon AD,
GATA,
^bTSK Rehabilitasyon ve Bakım Merkezi,
Ankara

Yazışma Adresi/Correspondence:
Ümüt GÜZELKÜÇÜK
TSK Rehabilitasyon ve Bakım Merkezi,
Ankara, TÜRKİYE
uguzelkucuk@gata.edu.tr

ÖZET Yumuşak doku tendon, ligament, kas, fasya, kas, fibröz doku, cilt, adipoz doku, sinoviyal membran, sinir ve kan damarlarını içerir. Hücre ve ekstrasellüler matriksten oluşur. Diğer dokular esas olarak hücrelerden oluşurken, konnektif doku büyük ölçüde canlı olmayan ekstrasellüler matriks içerir. Ekstrasellüler matriks protein fiber ve amorf matriks içerir. Tendonların temel görevi kasların doğurduğu gücün veya gerilimin kemiğe aktarılması iken ligamentler bir kemiği diğerine bağlar. Çizgili kas kemiğe yapışır ve vücut kısımlarının hareketini sağlar. Eklem kavitesi, bursa ve tendon kılıflarını örten yumuşak doku sinoviyum olarak isimlendirilir.

Anahtar Kelimeler: Bağ doku; tendonlar; ligamentler; kas, çizgili; sinoviyal membran

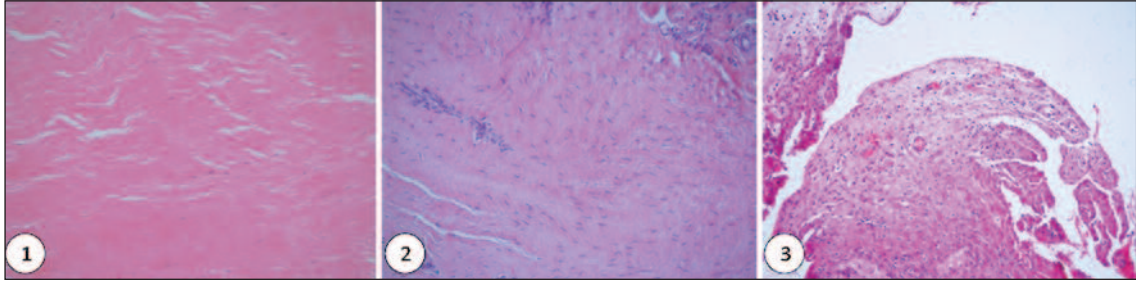
ABSTRACT Soft tissue includes tendon, ligament, fascia, muscle, fibrous tissue, skin, adipose tissue, synovial membrane, nerve and blood vessels. It is composed of cells and extracellular matrix. While all other tissues are mainly made up of living cells, connective tissue is largely composed of the non-living extracellular matrix. The extracellular matrix has two components: protein fiber and amorphous matrix. Tendons serve primarily to transfer the pull of muscles to bone while ligaments connect one bone to another. Striated muscle is attached to the bone and produces all the movements of body parts. Synovium is the name given to the soft tissue lining the cavities of joints, bursae and tendon sheaths.

Key Words: Connective tissue; tendons; ligaments; muscle, striated; synovial membrane

Türkiye Klinikleri J PM&R-Special Topics 2014;7(1):1-6

Yumuşak doku epidermis ve parankimal organlar arasında, değişik anatomik yapıları kuşatan, koruyan ve destek olan iskelet dışı konnektif dokudur.¹ Yapı, içerik ve fonksiyonu farklı dokularda oldukça değişkenlik gösteren ekstrasellüler matriks ve yine, tipi dokuya göre değişen hücrelerden oluşur.² Yumuşak dokular; tendon, ligament, kas, fasya, cilt, fibröz doku, adipoz doku, sinoviyal membran, vasküler yapı ve sinirleri içerir (Resim 1).¹ Kas, tendon gibi yapılar hareket sistemine ait yapılar iken, adipoz, fibröz ve sinoviyal doku destek dokulardır.

Vücudun değişik bölgelerinde özellikle kas, tendon, ligament, fasya ve sinoviyal membran gibi yapıların inflamatuvar olarak veya günlük yaşam aktiviteleri esnasında strese maruz kalarak mekanik zorlanması ile ortaya çıkan patolojileri fizik tedavi pratiğinin önemli bir kısmını teşkil eder. Yumuşak doku patolojileri; tendon, ligament, fasya, bursa ve eklem kapsülü gibi yapıların lezyonlarında sıklıkla lokal ağrı şeklinde bulgu verirken, fibromiyalji sendromunda olduğu gibi yaygın ağrı şeklinde de klinik bulgu verebilir.



RESİM 1: Tendon (1), konnektif doku (2) ve sinoviyanın (3) histolojik görüntüsü.

(Renkli hali için Bkz. <http://www.turkiyeklinikleri.com/journal/fiziksel-tip-ve-rehabilitasyon-ozel-dergisi/1308-0962/>)

KONNEKTİF DOKU

Konnektif veya fibröz doku, nispeten az sayıda hücrenin ekstrasellüler matriks denen bir ortam içine dağılmasıyla oluşmuş dokulardır.² Fetal yaşamın erken döneminde konnektif dokunun temel yapısı büyük ölçüde makromolekül ve proteoglikan şeklinde iki yapıdan şekillenir.³ Diğer vücut dokuları esas olarak hücrelerden oluşurken, konnektif doku büyük oranda (%80) ekstrasellüler matriksten oluşur. Ekstrasellüler matriksin su, proteoglikan ve diğer glikoproteinlerden oluşan amorf matriks ve protein fibriller şeklinde iki ana komponenti vardır. Fibroblastlar tarafından sentezlenen fibrillerin kollajen, elastik ve retiküler olmak üzere başlıca 3 türü vardır.² %20'lik kısmı oluşturan hücreler fibroblast, makrofaj, plazma, mast, yağ ve pigment hücreleridir. Kollajen demetler arasındaki fibroblastlar, ekstrasellüler matriks ve kollajen üreterek dokudaki dinamik döngüden büyük oranda sorumludur.⁴ Konnektif dokunun başlıca görevi, diğer dokulara destek olmaktır ki, bu görevini ekstrasellüler matrikste yer alan proteoglikanlar ve kollajen, elastin gibi fibriller proteinlerle sağlar. Konnektif doku sadece destek görevi yapmaz, bunun yanında savunma, bağışıklık, rejenerasyon ve onarımda da rol oynar.

Yukarıda sayılan tendon, ligament ve cilt gibi yumuşak dokuların yanısıra kemik ve kırıkta da konnektif dokunun elemanlarıdır. Konnektif dokuların morfoloji ve işlevlerindeki farklılıklar kısmen içerdikleri makromoleküllere, kısmen de bu makromoleküllerin ekstrasellüler alandaki dizilişine bağlıdır. Örneğin tendon ve ligamentler yüksek oranda tip-1 kollajen içerirken, kırıkta tip-2 kollajen içerir; tendondaki tip-1 kollajen paralel dizilim gösterirken, ciltte bu gelişigüzdür.⁵ Konnektif doku gevşek ve düzenli/düzensiz sıkı fibröz doku olarak tiplere ayrılır. Sıkı konnektif dokuda hücreler arası maddede kollajen hakimiyeti belirgindir.⁶ Tendon, ligament ve fasya gibi sıkı fibroz doku içeren yapılarda fibriller birbirleri ile düzenli bir yerleşim gösterir.^{1,4}

Konnektif dokunun temel komponenti kollajendir ve memeli dokularda 25 tip kollajen tanımlanmıştır.^{1,3} Tip-1, 2 ve 3 vücutta en çok bulunan kollajenlerdir.⁵ Asidofilik bir protein olan kollajen tüm proteinlerin %25'ini oluşturur. Kollajen lifler birbirine çapraz kovalent bağlarla bağlı polipeptid zincirinden oluşan üçlü heliks yapısındadır. Kollajenin yapısındaki aminoasitlerin yaklaşık %33'i glisin, %15'i prolin ve %15'i hidroksiprolindir.¹ Kollajen zinciri içinde hidroksiprolin ve hidroksilizinler üçlü sarmal yapının (tropokollajen) sağlamlığı için çok önemlidir. Kollajen fibrilleri bükülebilir, ancak elastikiyeti çok az olduğu için çekince uzamazlar.⁶ Kollajenin üçlü heliksindeki α zincirlerinin sıkıca sarılması, kollajene eşit boyuttaki bir çelik telden daha fazla gerilme kuvveti sağlar. Bu şekilde kollajen, bulunduğu dokulara dayanıklılık ve gerilme direnci sağlar, doku şeklini korur.^{2,7} Çeşitli kollajen tiplerinin veya sentez yolundaki ara ürünlerin oluşmasındaki kusurlar osteogenezis imperfekta, Ehler-Danlos sendromu gibi çeşitli kalıtsal hastalıklara neden olabilir.⁴

Cilt, büyük damar ve ligament gibi yapıların esnekliği konnektif dokunun diğer bir proteini olan elastin ile sağlanır.^{2,5,8} Kollajenden daha incedir ve düzensiz bir ağ yapısı oluşturur. Elastinin heliks kısmı, kollajen heliksinden farklıdır; germe kuvveti uygulandığında birkaç katına kadar uzayabilir, kuvvet ortadan kaldırıldığında ise gerçek boyuna geri döner. Dayanıklılığı bileşimindeki nonpolar peptidler arası hidrofobik bağlar ile sağlanır. Glisin kollajende olduğu gibi total aminoasitlerin %33'ünü oluşturur, ancak prolin ve hidroksiprolin içerikleri kollajene göre çok düşüktür. Elastin oranları dokulara göre değişkenlik gösterir. Örneğin aşıl tendonunda kollajen yoğun iken, nokal ligament kollajene göre beş kat daha fazla elastin içerir.^{1,4}

Konnektif dokunun ana maddesi, hiyalüronik asit ve kondroitin sülfat başta olmak üzere büyük ölçüde glikozaminoglikan (mukopolisakkarit) içerir. Glikozaminoglikanlar, suda eriyen birçok maddenin bağ dokusu içine

diffüzyonunu sağlar. Glikozaminoglikanlar proteinler ile birleşerek yüksek hidrofilik özelliğe sahip proteoglikanları oluşturur.³ Ekstrasellüler proteoglikanlar ile kollajen ve elastin gibi fibröz proteinler bir çapraz bağ yapısında örülürler. Proteoglikanlar konnektif dokunun %3'ten daha az kısmını oluşturmalarına rağmen ekstrasellüler matrisin yapısal bütünlüğüne önemli katkı sağlarlar.^{2,9}

TENDON

Tendonlar, miyojenik hücrelerden köken alan kaslardan farklı olarak mezodermal dokudan gelişir.⁴ Temel olarak longitudinal yerleşimli yoğun kollajen demetlerinden oluşur. Fibroblastlar da kollajen liflerinden ayrı olarak birbirine paralel bir dizilim gösterir. Kollajen, kuru ağırlığın %70-80'ini oluşturur (%95 tip-1, %5 tip-3). Elastin oranı ligamentlerde ¼ iken, bu oran tendonlarda 1/50 kadardır. Tendonlardaki bu kollajen elastin oranı sabit olmayıp değişkenlik gösterir.^{4,7,10} Yaşın ilerlemesi ile kollajen lifleri arasında çapraz bağlarda artış ile hücresel değişiklikler olur. Bunun sonucu olarak da kollajen lifleri küçülür, tendon donuklaşır ve tendonun normal fonksiyonları güçleşir.¹¹

Tendonun en küçük birimi elektron mikroskopta görülebilen kollajen fibrillerdir. Fibriller birleşerek fiberleri, fiberlerde birleşerek kan, lenfatik damarlar ve sinirleri de içeren fasikülleri oluşturur. Fibril ve fiberleri içeren fasikül gevşek konnektif doku olan endotenon ile, fasiküller ise bir araya gelerek epitenon ile sarılır. En dışta ise tendondan oldukça ayrı yalancı tendon kılıfı paratenon bulunur. Paratenon, epitenondan sürtünmeyi azaltarak tendon hareketine izin veren ince bir sıvı tabaka ile ayrılır. Paratenon tendonların serbestçe hareketini sağlayan elastik bir eldiven şeklindedir ve el, ayak gibi dar alanlarda sinoviyal zara benzer mezenkimal hücreler içeren bir kılıfla (tenosinoviyum) kaplıdır. Bu mezenkimal hücreler hiyalüronik asit salgılayarak kayganlığı sağlarlar.^{7,10}

Tendonlar kasla birlikte bir ünite olmakla birlikte pronator kuadratus kası gibi tendonu olmayan kaslar da mevcuttur. Şekil olarak yuvarlak (fleksör digitorum profundus) ve düz (rotator); anatomik olarak sinoviyal (parmak fleksörleri) ve paratenon örtülü (elin ekstansörleri), yerleşim olarak ise eklem içi (popliteus) ve eklem dışı (aşıl) olarak sınıflandırılabilir.¹²

Kas ile kemik arası halkayı tamamlayan hareket sisteminin önemli dokularından biri olan tendonların temel görevi; kasların doğurduğu gücün veya gerilimin kemiğe iletilmesidir.^{7,9} Tendonun gerici kuvvetlere karşı ilk cevabı liflerinin düzleşmesidir. Bu durum temel olarak kollajenin elastik özelliğine bağlıdır. Tendonlar bir

kasın gücünü birden fazla noktaya dağıtma (tibialis posterior) veya tam tersi birden fazla kasın gücünü tek tendonda birleştirme (aşıl) işlevi görebilir. Eklem çevresi stabiliteye statik katkı yanı sıra, propriosepsiyon yolu ile dinamik stabiliteye de katkı sağlar.^{1,12,13}

Tendon patolojileri dejenerasyon (tendinozis), kısmi ve tam yırtık, tenosinovit ve peritendinit, tendonun yer değiştirmesi ve tendon tümörleridir. Tendonlar oldukça dayanıklı yapılardır. Viskoelastik yapıları ile şoku absorbe ederek, kasın olası hasarını önler veya sınırlar. Yalnızca belirgin direkt travma sonucu yırtılabilirler. Önceki tendinozis veya tekrarlayan mikrotravma tendonun yırtılma olasılığını artırır. Tendon iyileşmesi yaklaşık 6-8 hafta sürer; inflamatuvar (1-5 gün), proliferatif (6-16 gün) ve remodeling (yeniden şekillenme) (17. günden sonra) olmak üzere üç evre içerir.

LİGAMENT

Vücutta değişik kalınlık ve düzende yüzlerce ligament mevcuttur. Paralel lifli, yoğun, kollajen içerikli yapılar. Kollajen, kuru ağırlığın %80'ini (%90 tip-1) oluşturur.¹ Eklem kapsülüne çok sıkı yapışırlar. Kapsülde fokal kalınlaşma veya tamamen kapsülden ayrı bir yapı olarak görülürler.

Ligament, tendon ve eklem kapsülünün kemiğe yapışma noktaları entezis olarak isimlendirilir. Yapışma noktasında fibrokartilajın varlığı ve yokluğuna göre iki tip entezis mevcuttur: fibrokartilajinöz (kondral/direkt) ve fibröz (periostal/indirekt). Tipik olarak tendon ve ligamentler epifizlere fibrokartilajinöz, metafiz ve diafizlere fibröz olarak yapışır. Fibröz bileşkede tendon lifleri kemiği çevreleyen periosta karışır. Periost kemiğe "Sharpey lifleri" aracılığıyla tutunur (pes anserinus). Fibrokırdak bileşke ise yoğun konnektif doku, kalsifiye olmamış fibrokırdak, kalsifiye olmuş fibrokırdak ve kemik şeklinde dört ayrı bölge içerir (rotator manşet). Bu bölgeler, aşırı kullanım yaralanmalarının yaygın izlendiği bölgeler olması, spondilartropatiler başta olmak üzere romatizmal hastalıkların hedef noktası olması ve tendon, ligament cerrahisi açısından klinik öneme sahiptir.^{7,12,14}

Tendon gibi ligamentlerde vücutta gerim kuvvetlerine en çok dayanabilen anatomik ve biyolojik olarak çeşitlilik gösteren dinamik, kompleks yapılardır. Eklem kapsülü ve tendonlarla birlikte sinoviyal eklemlerin eklemleşmesinde önemlidir.⁹ Eklem stabilizasyonuna katkı sağlar, kemiklerin normal olmayan yer değişimlerine engel olur. Dizde krusiat ligamentte olduğu gibi iki epifizin artiküler yüzeylerini birleştirir.^{1,4,7,13}

Ligament ve tendonlar gerim güçlerini değiştirerek egzersiz ve immobilizasyona cevap verme yeteneğine sahiptir. Bu dinamik davranış, mekanik yükteki değişikliğin algılanması ve ekstrasellüler matriks kompozisyonunun değiştirilmesi ile düzenlenir.⁷

Ligamentler özellikle ayak bileği ve dizde travma ile zedelenebilir. Yara iyileşmesi tendonda olduğu gibi inflamatuvar, proliferatif ve remodeling safhalarını içerir. Tendon ve ligamentler hiposellüler (%5) ve yoğun konnektif doku olması nedeni ile diğer konnektif dokulara göre daha yavaş iyileşir. Ekstrasellüler matriksi etkileyen birçok genetik hastalık olmakla birlikte, spesifik olarak ligament veya tendonu etkileyen hastalık yoktur. Tendon ve ligament defektleri kemik, cilt, kornea, kas veya vasküler yapı gibi benzer matriks komponentlerini içeren diğer konnektif dokuların defektleri ile ilişkilidir.⁴

KAS

İskelet kası (çizgili-istemli), kalp kası (çizgili-istemsiz) ve düz kas (çizgisiz-istemsiz) olmak üzere vücudumuzda 3 tip kas vardır. Bu bölümde sadece çizgili kastan bahsedilecektir. Her bir çizgili kas, elektriksel olarak uyarılabilen bir membran olan sarkolemma ile çevrili, kontraksiyon yapabilme ve uzama yeteneğine sahip, çok nükleuslu silindirik bir şekle sahip kas lifi hücrelerinden oluşmuştur. Kas hücrelerinin boylarının uzun olması nedeni ile sıklıkla kas lifi olarak tanımlanmaktadır.¹⁵ Mezodermden gelişmiş olan yaklaşık 660 kas vücudu destekler ve hareket ettirir. Vücut ağırlığının %40-45'ini oluşturur.^{16,17} Her bir kas veya yanyana birkaç kastan oluşan kas grubu fasya adı verilen ince bir bağ dokusu örtüsü ile sarılmıştır.

Bir tek kas lifi hücresi birbirine paralel olarak yerleşmiş birçok miyofibril içerir. Bir tek miyofibril ışık mikroskobu ile incelendiğinde ise boyuna kesitte birbiri ardına gelen koyu A ve açık I bandları izlenir. Her bir I bandı Z çizgisi adı verilen bir hatla ikiye bölünmüştür. 2-3 µm kalınlığındaki miyofibrilin iki Z çizgisi arasında kalan bir A bandı ve iki yarım I bandından oluşan segmentine sarkomer adı verilir. Sarkomer sadece yapısal bir bölüm olmayıp, aynı zamanda fonksiyonel yani kontraktil üniteyi oluşturur.^{6,16}

Her miyofibril uzunlamasına kalın ve ince olmak üzere iki tip filamentten oluşur. Filamentler, kas hücresi sitoplazmasının büyük kısmını işgal eder. Miyofibrilin kalın filamentleri, 16 nm çapındaki miyozin adlı proteinden yapılmışlardır. Miyofibrilin ince filamentleri ise, 6 nm çapında olup aktin, tropomiyozin ve troponin içerir. Aktin ve miyozin kasın toplam proteininin %55'ini oluşturur.¹⁵

Kas dokusu üç ana yapıdan oluşur: kas lifi, zengin kapiller ağı ve fibroblast, kollajen ve elastik liflerin yer aldığı konnektif doku.¹⁶ Kaslarda %75 oranında su bulunur ki bu, fizyolojik aktivite için esastır. Kasların %3 kadarı lipid, %1 kadarı glikojen, %20 kadarı ise proteindir. Miyoglobinin kasın rengini veren pigment olup aynı zamanda oksijen deposudur. Bu molekül hemoglobine çok benzer ki bu nedenle kas hemoglobini olarak da isimlendirilir, ancak hemoglobinden farklı olarak tek bir oksijen atomu taşır. Kas lifleri mekanik görevlerinden dolayı zengin kapiller ağına gereksinim duyar. Bu şekilde kasın oksijen ihtiyacı sağlanıp, toksik ve artık maddeler uzaklaştırılmış olur. Vasküler yapılar konnektif doku içerisinde seyrederek, bu doku aynı zamanda kas liflerini birbirlerine bağlar ve kasılma için gerekli ortamı sağlar. Sinir lifleri de bu doku içerisinde seyretmektedir. Kasta kas içiği, golgi tendon organı ve serbest sinir uçları olmak üzere üç tip reseptör organ vardır.

Bol damarlı ve sinirli bir yapıya sahip iskelet kası, demetler halinde ve bir kılıfla sarılmış olarak bulunur. Kaslar, çıplak gözle beyaz renkte olan epimisyum denen kalın ve güçlü bir bağ dokusu tabakası ile örtülmüştür. İçerisinde kas lifleri fasikül ya da band şeklinde düzenlenmiştir. Her bir fasikül perimisyum denen daha ince bağ dokusu tabakası ile sarılıdır. Bu iki yapı kontraksiyon esnasında yırtılma riskine karşı kası korur.¹⁵ Bir fasikül içerisindeki her bir kas lifi ise endomisyum denen çok ince bağ dokusu tabakası ile çevrilmiştir. Bağ dokusundan yapılmış her üç tabaka da kollajen ve elastik liflerden zengindir ve içerisinde çeşitli bağ dokusu hücreleri (fibroblast, makrofaj, yağ hücreleri) bulunur.^{6,16}

Temel enerji kaynağı olan ATP gereksinimi kas kasılması sırasında 20-200 kat artar. İskelet kası hücrelerinin kasılması için gerekli enerji kreatin fosfat ve ATP şeklinde hücrede depolanır. ATP'nin kaynağı çizgili kas hücresinde çok miktarda bulunan mitokondrilerdeki oksidatif fosforilasyondur. Yağ asitleri, kasın uzun ve devamlı kasılmasını gerektiren durumlarda enerji kaynağı olarak kullanılırken, kısa süreli kasılmalar için glikojene gereksinim vardır.

Kasılma esnasında kas lifleri kısalır ve kalınlaşır. Bir kas lifinin kasılıp gevşemesi esnasında kontraktil elemanların yani aktin ve miyozinin boylarında herhangi bir değişim olmaz. Kayan filamentler mekanizması adı verilen kas kasılmasının temeli, aktin ve miyozin filamentlerinin birbiriyle olan pozisyonlarındaki değişikliğe dayanır. Kasılma sırasında aktin filamentleri A bandının derinlerine kadar girerek Z çizgilerini birbirlerine yaklaştırmakta ve fonksiyonel birim olan sarkomerin boyunu kısaltmaktadır.⁶

Yapısal görünimleri ve kasılma hızlarına bağlı olarak iki farklı kas lifi ayırt edilir. Yavaş veya kırmızı kas lifi (Tip I lifler/yavaş oksidatif lifler); miyoglobin ve kapiller ağdan zengindir. Nispeten yavaş fakat uzun süre güçlü kasılma özelliğine sahiptir. Yavaş tip lifler ince ve uzundur, enerjilerini esas olarak oksidatif fosforilasyondan sağlarlar. Hızlı veya beyaz kas lifi (Tip IIb lifleri/hızlı glikolitik lifler); miyofibrillerden daha zengindir ve çapları daha fazladır. Kısa süreli ani kasılma özelliğine sahiptir. Mitokondri sayısı daha azdır ve enerjilerini esas olarak anaerobik yoldan sağlar. Laktik asit üretimi nedeniyle yorulma kırmızı kas lifine oranla daha çabuk görülür. Kısa mesafe koşucuları ve halterciler yüksek oranda Tip IIb liflerine sahiptir.^{15,16}

Kaslar hareketi sağlarken aynı zamanda eklem stabilizasyonuna katkı sağlar. Bu nedenle hareket yeteneği fazla eklemlerin çevresinde daha fazla kas kitlesi vardır.¹⁰ Kas kuvveti kas liflerinin uzunluğuna değil kas içerisindeki liflerin toplam sayısına bağlıdır. Egzersiz veya sportif aktivite ile kasın gelişmesi her bir kas lifinin hacminin artmasına (hipertrofi) bağlı olup, kas liflerinin sayısının artmasına (hiperplazi) bağlı değildir.

SİNOVİYAL MEMBRAN

Sinoviyal eklemlerin iç yüzlerini örten yumuşak dokudur.¹⁸ Tendon kılıfları ve bursalar da histolojik olarak sinoviyumdan ayırt edilemeyen ince bir tabaka ile sınırlanırlar ve bir miktar da sinoviyal karakterde ince bir film sıvı içerirler.¹¹

Arada kesin bir demarkasyon hattının olmadığı intimal ve subintimal tabakadan oluşur. İntimal tabaka sinovisitleri içerir ancak vasküler yapı bulunmaz. Subintimal tabaka ise rölatif olarak aselüler olup vasküler yapı, yağ hücresi, fibroblast ve az sayıda lenfosit veya

makrofaj içerir.^{18,19} Sinoviyal membranda elektron mikroskopta makrofaj benzeri ve fibroblast benzeri olmak üzere iki tip intimal hücre tanımlanmıştır. Makrofaj benzeri hücreler fagositoz, fibroblast benzeri hücreler ise eklem lubrikasyonunda önemli olan hiyalüronik asit ile birlikte kollajen, fibronektin ve diğer ekstrasellüler matris proteinlerini sentezler.¹⁸⁻²¹

Sağlıklı bireylerde intimal tabaka yaklaşık 1-4 hücre kalınlığında iken, inflamatuvar patolojilerde hızlı bir şekilde gelişen hiperplazi ve hipertrofi ile bu görüntü değişebilir.^{20,21} Sinoviyal membran, moleküllerin eklem aralığına geçişi ve çıkışı esnasında yarı geçirgen membran olarak işlev görür. Bu özellik sinoviyal sıvı kompozisyonunun sürdürülmesi ve eklem kıkırdığının fizyolojik yapısının korunması için önemlidir. Normal koşullarda küçük moleküller sinoviyal membrandan kolayca diffüze olabilirken, hiyalüronik asit ve lubrisin gibi yüksek molekül ağırlıklı moleküllerin geçişine izin vermez. İnflamasyon ve hiperplazi varlığında sinoviyal membranın geçirgenliği değişir ki, bu durum hiyalüronik asit ve lubrisinin sinoviyal sıvı konsantrasyonunda azalma ile sonuçlanır.²²

İntakt ve yapışkan olmayan doku yüzeyi sağlaması, kartilaj lubrikasyonu, sinoviyal sıvı volümünün kontrolü ve kondrositlerin beslenmesi diğer fonksiyonlarıdır. Damar ve sinirden zengin, yüksek rejenerasyon yeteneği olan sinoviyal membran sinoviyal sıvıyı salgılar ve gerektiğinde rezorbe eder. Sinoviyanın geniş arteriyel, venöz ve lenfatik sistemi eklem kapsülü, ligament, tendon, periost ve komşu kemiklerdeki aynı yapılarla geniş anatomozlu ilişki içerisinde.²³

Teşekkür

Histolojik görüntüler için Prof.Dr. Ömer GÜNHAN'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Holzappel GA. Biomechanics of soft tissue. Biomech Preprint Series; 2000. p.1-12.
- Natali RN, Pavan PG, Camiel EL, Dario P, Izzo I. Characterization of soft tissue mechanics with aging. IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine 2008;2(74):15-22.
- Staheli LT. Fundamentals of pediatric orthopedics. 4th ed. Philadelphia: Lippincott, Williams&Wilkins; 2008. p.3-5.
- Tozer S, Duprez D. Tendon and ligament: development, repair and disease. Birth Defects Res C Embryo Today 2005;75(3):226-36.
- Ala-Kokko L, Prockop DJ. Kollajen ve elastin. In: Harris ED, ed. Arasıl T, (çev. ed.). Kelley Romatoloji. İstanbul: Güneş Kitabevi; 2006. p.35-47.
- Kıralp MZ. Adele ve bağ dokusunun yapı ve fonksiyonları. In: Göksoy T, ed. Romatizmal hastalıkların tanı ve tedavisi. 2002. s.16-24.
- Benjamin M, Ralphs JR. Fibrocartilage in tendons and ligaments-an adaptation to compressive load. J Anat 1998;193(Pt 4):481-94.
- Daamen WF, Nillesen ST, Wismans RG, Reinhardt DP, Hafmans T, Veerkamp JH et al. A biomaterial composed of collagen and solubilized elastin enhances angiogenesis and elastic fiber formation without calcification. Tissue Eng Part A 2008;14(3):349-60.
- Ilic MZ, Martinac B, Samiric T, Handley CJ. Effects of glucosamine on proteoglycan loss by tendon, ligament and joint capsule explant cultures. Osteoarthritis Cartilage 2008;16(12):1501-8.
- Dursun H. Eklem yapısı ve biomekanikliği. In: Kalyon TA, ed. Fiziksel tıp ve rehabilitasyon. GATA Basımevi; 2005. s.1-10.

11. Taşkınatan MA. Yumuşak doku romatizmaları. In: Kalyon TA, ed. Fiziksel tıp ve rehabilitasyon. Ankara: GATA Basımevi; 2005. s.247-55.
12. Frank BC, Shrive NG, Lo IK, Hart DA. Form and function tendon and ligament. In: Einhorn Tai O'Keefe RJ, Buckwalter JA, eds. 3rd ed. Orthopaedic Basic Science; 2007. p.191-222.
13. Hyman J, Rodeo SA. Injury and repair of tendons and ligaments. Phys Med Rehabil Clin N Am 2000;11(2):267-88.
14. Benjamin M, McGonagle D. Entheses: tendon and ligament attachment sites. Scand J Med Sci Sports 2009;19(4):520-7.
15. Dikmenöğlu N. İskelet kası fizyolojisi. In: Beyazova M, Kutsal YG, eds. Fiziksel tıp ve rehabilitasyon. 1. baskı. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri; 2011. s.139-56.
16. Goldman YE, Dantzig JA. Kas: Anatomi, fizyoloji ve biyokimya. In: Harris ED, ed. Arasıl T, (çev. ed.). Kelley Romatoloji. Ankara: Güneş Kitabevi; 2006. s.82-94.
17. Frontera WR, Lexell J. Assessment of human muscle function. In: Delisa JA, Gans BM, Walsh NE, eds. Physical medicine and rehabilitation principles and practice. 4th ed. Lippincott Williams&Wilkins, a Wolters Kluwer Company; 2005. p.139-54.
18. Smith MD. The normal synovium. Open Rheumatol J 2011;5:100-6.
19. Smith MD, Walker JG. The synovium. In: Hochberg M, Silman A, Smolen J, Weinblatt M, Weisman M, eds. 5th ed. Rheumatology; 2011. p.51-6.
20. Wooley PH, Grimm MJ, Radin EL. The structure and function of Joints. In: Koopman WJ, Moreland LW, eds. Arthritis and allied conditions. A textbook of rheumatology. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins; 2005. p.149-73.
21. Siebuhr AS, Wang J, Karsdal M, Bay-Jensen AC, Y J, Q Z. Matrix metalloproteinase-dependent turnover of cartilage, synovial membrane, and connective tissue is elevated in rats with collagen induced arthritis. J Transl Med 2012;10:195.
22. Scanzello CR, Goldring SR. The role of synovitis in osteoarthritis pathogenesis. Bone 2012;51(2):249-57.
23. Özgöl A. Eklem enjeksiyonları. In: Kalyon TA, ed. Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon. Ankara: GATA Basımevi; 2005. s.311-9.