



# Temel anatomik prensipler-yumuşak dokunun fonksiyonu

## Basic anatomical principles-the function of soft tissue

Mahmut Kürşat Özşahin, Arın Celayir

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul

Yumuşak dokular, insan vücudunun karmaşık ve dinamik yapısının temel bileşenlerindedir. Bu dokular kaslar, tendonlar, bağlar, sinirler ve damarlar gibi yapıların işlevlerini ve organizasyonlarını kapsar. Yumuşak doku anatomisinin prensiplerinin bilinmesi, ortopedik problemlerin tanı ve tedavisinde kritik öneme sahiptir. Bu derleme, yumuşak dokuların biyomekanik özelliklerini, rejeneratif kapasitelerini ve fonksiyonel rollerini incelemektedir. Ayrıca, yumuşak doku yaralanmalarının iyileşme süreçleri ve bu süreçlere etki eden faktörler de ele alınmaktadır. Yumuşak dokunun fonksiyonunun anlaşılması, ortopedik cerrahi ve rehabilitasyon yaklaşımlarının optimize edilmesi ve hasta sonuçlarının iyileştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu derleme, yumuşak dokuların anatomik ve fonksiyonel özelliklerine dair güncel bilgileri sunarak, klinisyenler ve araştırmacılar için kaynak oluşturmayı amaçlamaktadır.

**Anahtar sözcükler:** kaslar; tendonlar; bağlar; sinirler; kan damarları

The soft tissues are the fundamental components of the human body's complex and dynamic structure. These tissues encompass the functions and organization of structures such as muscles, tendons, ligaments, nerves, and blood vessels. The anatomical principles of the soft tissues are critically important in diagnosing and treating orthopedic problems. We reviewed the biomechanical properties, regenerative capacities, and functional roles of soft tissues. Additionally, the healing processes of soft tissue injuries and the factors influencing these processes are addressed. Understanding the function of the soft tissues is crucial for optimizing orthopedic surgical and rehabilitation approaches and improving patient outcomes. This review aims to provide up-to-date information on the anatomical and functional characteristics of soft tissues, serving as a valuable resource for clinicians and researchers.

**Key words:** muscles; tendons; ligaments; nerves; blood vessels

**K**as-iskelet sistemi, hareketten sorumlu olan, birbirine bağlı kemik ve kas sistemidir. Histomorfolojik olarak deri, deri-altı doku, tendon-kas ve kemik-eklem olarak sınıflandırılabilir. İşlevsel olarak da deri, deri-altı; kemik-kas olarak sınıflandırılabilir.

### GENEL ANATOMİK BİLGİLER

Kemik-kas ünitesi biyomekanik özellikleri (stabilite, hareket, kuvvet aktarımı) açısından yoğun bir şekilde incelenmiştir. İki işlevsel alt birim (kemik ve kas) birbirine bağlıdır ve anatomik konumları fasya sistemi tarafından sağlanır.<sup>[1]</sup> Yumuşak doku ile ilgilenen cerrahlar için vasküler anatominin temellerinin bilinmesi bir ön koşuldur. Yumuşak doku ve kemikler dört başlık altında değerlendirilir. Bunlar; fasya sistemi, deri-deri altı dokusu, tendon-kas ve kemiktir.

### Fasya Sistemi

Fasya sistemi, kas-tendon ünitesini kompartmanlara ayırır. Subkutan dokunun retiküler dermisle birleşmeden önce yüzeysel ve derin bir katmana farklılaşmasından sorumlu üç boyutlu bir iskelet oluşturur.<sup>[2]</sup> Fasya sisteminin ana işlevi yapısal bütünlüğün sürdürülmesi, yani yumuşak doku örtüsünün desteklenmesi ve korunmasıdır. Doku onarımında önemli bir rol oynar, çünkü damar bakımından zengin olan bu sistem hızlı rejenerasyona izin veren iyi vaskülarize edilmiş bir doku matrisi sağlar.<sup>[3]</sup> Fasya sistemi ayrıca koruyucu bir bariyer işlevi görür, hareket eden dokular ve organlar arasında sürtünmeyi azaltır, bu da hasar ve aşınmayı önlemeye yardımcı olur. Kasların hareket sırasında kaymasına katkıda bulunur, pürüzsüz ve ağrısız hareketi teşvik eder. Tümör infiltrasyonu ve enfeksiyonlar için doğal bir bariyer oluşturur.<sup>[4]</sup> Ek olarak, fasya sistemi vücudun propriosepsiyon duyusunda görev alır, bu da denge ve

**İletişim / Contact:** Doç. Dr. Mahmut Kürşat Özşahin • **E-posta / E-mail:** mahmutkursat.ozsahin@iuc.edu.tr

**ORCID ID:** Mahmut Kürşat Özşahin, 0000-0002-5470-5618 • Arın Celayir, 0000-0001-6903-5584

**Geliş / Received:** 16 Kasım 2024 • **Revizyon / Revised:** 10 Aralık 2024 • **Kabul / Accepted:** 10 Aralık 2024

koordinasyon için çok önemlidir. Ayrıca, fasya vücut içindeki sıvı dinamiklerinde de rol oynar. Metabolik atıkların uzaklaştırılmasını kolaylaştırarak kan ve lenf dolaşımına yardımcı olur ve bağışıklık fonksiyonunu destekler.<sup>[5]</sup> Fasya sistemine entegre olan vasküler sistem şu şekilde farklılaşır;

1. Vasküler eksenler ve kaynak damarlar
2. Vasküler düzenleme
3. Vasküler pleksuslar
4. Mikrosirkülasyon
5. Venöz drenaj

### Vasküler eksenler ve kaynak damarlar

Kasık ve koltuk altı seviyesinden itibaren, ana arter ve venler dallanarak farklı bölgelerdeki dokulara kan sağlar. Ayrıca, belirli tıbbi durumlar için kullanılacak farklı fleplerin beslenmesi için gereken damarlar bu bölgelerden kullanılabilir.<sup>[6]</sup>

### Vasküler düzenleme

Anjiyozom, tek bir arter tarafından beslenen cilt, yumuşak doku ve kemiği içerebilen üç boyutlu bir doku bölgesi olarak tanımlanır.<sup>[7]</sup> Deriye kan akışı kutanöz vasküler sistem ve muskulokutanöz vasküler ağ ile sağlanır. Kutanöz vasküler sistem, fasya veya kas septaları gibi yapıların içinden geçer. Muskulokutanöz damar ağı üç tip damardan oluşur:

- **Segmental arterler:** Aortun uzantısıdır. Genellikle kasların altından geçerler ve tek bir büyük ven ve sıklıkla bir periferik sinir ile birlikte bulunurlar.
- **Perforan damarlar:** Septa veya kaslardan geçen perforan damarlar segmental damarlardan kutanöz dolaşıma bağlantı görevi görürler. Bu damarlar kasları kanla beslemek için dallanmalar oluşturur.
- **Kutanöz damarlar:** Deri yüzeyine dik uzanan muskulokutanöz arterler ve deriye paralel uzanan direkt kutanöz damarlardan oluşur. Fasya, subkutan ve kutanöz pleksusa ayrılabilir.

Lokal basınç değişikliklerine bağlı olarak, komşu anjiyozomlar arasındaki vasküler bağlantılar yoluyla çift yönlü perfüzyon meydana gelebilir.<sup>[8,9]</sup> Böylece, bir dalın tıkanması durumunda telafisi mümkündür.

### Vasküler pleksuslar

Yüzeysel yapıları derin yapılarla bağlar. Derin kas fasyası, pre ve subfasyal pleksus ile iyi vaskülarize olmuştur.<sup>[10,11]</sup> Buna karşılık, subkutan doku, yüzeysel fasya tabakası haricinde nispeten zayıf bir şekilde vaskülarize olmuştur.<sup>[12]</sup>

### Mikrosirkülasyon

Arterler ve venler arasındaki vasküler ağ, yani arteriyoller, kapillerler ve venüller; doku oksijenizasyonu, beslenmesi ve metabolit değişiminin çoğunun gerçekleştiği vasküler sistem bölgesini oluşturur. Yetersiz arteriyel giriş basıncı, travmaya bağlı venöz çıkış tıkanıklığı, vasküler yetersizlik, yetersiz cerrahi doku manipülasyonu, hematoma, seroma, pedikülün katlanması kaynak damarlardan en uzak bölgelerdeki mikrosirkülasyon doku perfüzyonunu tehlikeye atabilir.<sup>[13]</sup> İskemik doku hasarına yol açarak yara iyileşmesinin gecikmesine, yaranın açılmasına ve nekroza neden olabilir.

### Venöz drenaj

Perforan venlerin iki sistemi vardır. İletici ve eşlik eden venler olarak isimlendirilirler. İletici venler derin fasyayı delen ve yüzeysel venöz pleksusu derin venöz sisteme bağlayan büyük venlerdir. Eşlik eden venler küçük-tür, genellikle çifttir ve fasya sisteminde sıklıkla bulunan kutanöz arteriyel perforatörlere eşlik eder.<sup>[14]</sup>

### Deri ve Deri Altı Dokusu

Deri, daha önce bahsedilen fasya sistemi tarafından yerinde tutulur. Septal, periosteal veya kas fasyası bağlantıları gözle görülen olukların ve çukurlukların oluşmasını sağlar. Fasya sisteminin uzantıları retiküler dermisin kolajen fibrilleri ile karışır. Subkutan doku, fasya ağ içindeki lobüllere gömülü yağ hücreleri tarafından oluşturulur. Ekstremitelerin distal kısımlarında belirgin bir subkutanöz fasya yoktur, bunun yerine, tek bir subkutanöz yağ tabakasını altta yatan kas fasyasından ayıran, zor görülebilen, zayıflamış fibröz bir membran bulunabilir. Elin palmar bölgesinde ve ayağın plantar bölgesinde özelleşmiş dokular bulunur.<sup>[15]</sup>

Özellikle de makaslama kuvveti, burkulma ve sıkışmaya maruz kalan ayakta, deri ve deri altı dokusu, bir adaptasyon olarak belirli özellikler gösterir. Plantar yüzde *stratum corneum* 2-4 milimetre (mm) kalınlığındadır. Ayak plantarında pilosebace üniteler, apokrin ter bezleri yoktur ancak ektrin ter bezleri bol miktarda bulunur ve bu nedenle yürüyüşü tehlikeye atacak yağlı salgılar yoktur. Duyu reseptörü bakımından oldukça zengindir. Topuk yastığı, basıncın eşit dağılımını sağlamak ve ülser oluşumunu önlemek için kemik ile üstteki deri arasında bir tampon görevi görür. Yağ dokusu lokülleri kompresif kuvvetlerle deforme olsa da fibröz septalar ve çok sayıdaki elastik lifler orijinal şekillerine dönmelerini sağlar. Kontüzyon, morarma, geniş doku mobilizasyonu, travma ve ameliyat sonrası şişlik, hematoma veya seroma oluşumunun yanı sıra diabetes mellitus, arterioskleroz veya venöz tromboz gibi altta yatan hastalıklar dengeyi değiştirebilir ve iyileşme bozukluklarına neden olabilir.<sup>[15]</sup>

## Tendon ve Kas

Tendonlar kas dokuyu kemik dokuya bağlayan sert, gergin, oldukça güçlü bant yapısında sıkı fibröz bağ dokusudur. Tip I kolajenden oluşur (%70-80). Yapısında ayrıca proteoglikanlar, glikozaminoglikanlar ve glikoproteinler bulunur.<sup>[16]</sup> Tendonlar nispeten düşük bir metabolik hız ve iyi gelişmiş bir anaerobik toleransa sahiptir, bu da sürekli mekanik stres durumları için önemlidir. Buna bağlı olarak, zayıf bir şekilde damarlanırlar ve kötü bir iyileşme kapasitesine sahiptirler.<sup>[17]</sup> Tendonlar üç bölgeden oluşur. Bu bölgeler sırasıyla muskulotendinöz bileşke, osteotendinöz bileşke ve asıl tendon bölgesidir. Muskulotendinöz bileşke büyük mekanik strese maruz kalır ve tendon yırtıkları bu seviyede meydana gelme eğilimindedir.

Tendonlar, kas hasarını sınırlamak için dış kuvvetleri emerek bir tampon işlevi görür ve aynı zamanda kasın kontraktıl proteinleri tarafından üretilen kuvveti sert kemik koluna ileterek bu kuvveti yoğunlaştırır. Etil kas bağlantıları kemiğe yapısal değişiklikler yapmazken, tendinöz bağlantılar belirgin işaretler, örneğin tümsekler veya sırtlar oluşturur. Kuvvetlerin yönünü değiştirmek için tendonlar, retinaküler fibroz kılıflar tarafından yönlendirilir. Bu kılıflar, kemik çıkıntıları veya oluklar üzerinde kapak olarak işlev görür ve bu bölgeler fibrokartilaj ile kaplanabilir. Tendonlar farklı şekil ve boyutlarda olabilir; düz veya yuvarlak olabilirler ve bir kasın başlangıç veya eklenme noktalarında ya da tendinöz kesişimlerde bulunabilirler.<sup>[18]</sup>

Kaslar, tendonların aksine, yüksek bir metabolik döngüye sahiptir ve sonuç olarak kanla iyi perfüze edilirler. İskelet kasları, fasya sistemine sarılmış kas hücrelerinden oluşur.<sup>[19]</sup> Tüm kas grupları bölümlere ayrılmıştır. Kas dokusu hiper veya hipoperfüzyona ödem oluşumuyla tepki vererek hacim değişikliğine uğrar. Kas kompartmanlarını oluşturan fasya elastik olmadığından, bu durum kas kompartmanı içinde hızla basınç artışına (kompartment sendromu) neden olur.<sup>[20]</sup>

## Kemik

Kemik, insan vücudunun yapısal çerçevesini oluşturan, destek ve koruma sağlayan sert ve yoğun bir bağ dokusudur. Kas-iskelet sisteminin ana bileşeni olarak, kaslarla bağlantısı aracılığıyla hareketi sağlar ve kalsiyum, fosfor gibi minerallerin depolanmasında önemli bir rol oynar.<sup>[21]</sup> Kemik dokusu, sürekli olarak yeniden emilim ve oluşum süreçleriyle kendini yenileyen dinamik bir yapıdır, böylece yaşam boyu gücünü ve bütünlüğünü korur. Ayrıca, kemikler kan hücrelerinin üretimi için gerekli olan kemik iliğini barındırır. Dış 1/3'lük kısım periosteal dolaşım ile kanlanır.<sup>[22]</sup> Kalan kısmı endosteal dolaşım ile beslenir. Periosteal dolaşım ve endosteal dolaşım, kemiklerin

içindeki kan damarlarının sağladığı önemli beslenme ve metabolik destek sistemleridir. Periosteal dolaşım, kemiklerin dış yüzeyindeki periosteum adı verilen zar tabakasındaki kan damarları aracılığıyla gerçekleşir. Bu dolaşım, kemiklerin büyümesi, onarımı ve genel sağlığı için gerekli olan besinleri ve oksijeni sağlar. Endosteal dolaşım ise kemiklerin iç yüzeyindeki endosteum tabakasındaki kan damarlarıyla ilişkilidir.<sup>[23]</sup> Bu dolaşım sistemi, kemik iliğinin beslenmesini ve kan hücrelerinin üretimini destekler. Hem periosteal hem de endosteal dolaşım, kemiklerin metabolik aktivitelerini ve yapısal bütünlüğünü korumada önemli rol oynar.

Uzun tubüler kemiklerde, korteksin iç kısmı, besleyici arterler tarafından sağlanan iç vasküler sistemden kan alır. Bu besleyici arterler, uzun kemiklerin diyafizlerindeki belirli foraminallerden veya epifizlere yakın birçok küçük damar dalından girer. Sinir lifleri, besleyici arterlere eşlik eder ve intrakortikal kanal sistemine dallanmadan önce endosteuma ve kemik iliği boşluğuna ulaşır. Bu sinir liflerinin birçoğu, P maddesi ve kalsitonin geni ile ilgili peptid için immünoreaktiftir ve muhtemelen ağrı alımı ile ilgilidir.<sup>[18]</sup> Kemik iliğini besleyen arterler, insan vücudunun diğer bölgelerindeki arterler gibi vazoreaktif ajanlara benzer şekilde tepki gösterir.<sup>[18]</sup>

İskelet büyümesi ve gelişiminden kalan damarlar, genellikle epifizyal kemik bölgelerine vasküler beslenmeyi sağlar. Büyüme süresince, insan epifizyal vasküler sistemi, metafizyal vasküler sistemle transfizyal damarlar aracılığıyla sadece zayıf bir bağlantı kurar. Yaşamın ilerleyen dönemlerinde, epifizyal skar olarak bilinen trabeküler plak yeniden şekillendiğinde ve kemik plakasının gözenekliliği arttığında, epifizyal ve metafizyal iliği boşlukları arasındaki temas daha yakın hâle gelebilir. Ömür boyu devam eden epifizyal skarları olan kemiklerde, epifizyal kemik plakasının gözenekliliği değişebilir ve bu, metafizyal bölgeyi epifizyal bölgeden potansiyel olarak ayırabilir. Bir manyetik rezonans görüntüleme incelemesi, görünüşte kapalı epifizyal skarları olan hastalarda femur başının avasküler osteonekroz insidansının arttığını ortaya koymuştur. İnsanlarda nadir, kuşlarda daha yaygın olarak gözlemlenen transfizyal damarlar, metafizyal bölgelerden epifizyal bölgelere bakteri yayılımı ile ilişkilendirilmiş ve bu durum osteomyelite yol açmıştır.<sup>[18]</sup>

Sonuç olarak dokuların kanlanması anatomisinin ve fizyolojisinin bilinmesi; insizyon seçiminde, fleplerin nasıl mobilize edileceğinde, yaralanan dokunun nasıl restore edileceğinde doğru karar vermemizi sağlar. Bu sebeple özellikle yumuşak doku rekonstrüksiyonu ile ilgilenen cerrahların temel anatomik prensipleri bilmesi ve bu prensiplere göre hareket etmesi komplikasyon gelişme oranını azaltacaktır.

**KAYNAKLAR**

1. Fricke O, Schoenau E. The ‘functional muscle-bone unit’: Probing the relevance of mechanical signals for bone development in children and adolescents. *Growth Horm IGF Res* 2007;17(1):1-9. [Crossref](#)
2. Bordoni B, Mahabadi N, Varacallo M. *Anatomy, Fascia*. In: StatPearls; 2023.
3. Adstrum S, Hedley G, Schleip R, Stecco C, Yucesoy CA. Defining the fascial system. *J Bodyw Mov Ther* 2017;21(1):173-77. [Crossref](#)
4. Stecco C, Schleip R. A fascia and the fascial system. *J Bodyw Mov Ther* 2016;20(2):139-40. [Crossref](#)
5. Rehnke RD. Clinical implications of the fascial system: A commentary on one surgeon’s journey. *Life* 2024;14(1):89. [Crossref](#)
6. Taylor GI, Palmer JH. The vascular territories (angiosomes) of the body: Experimental study and clinical applications. *Br J Plast Surg* 1987;40(2):113-41. [Crossref](#)
7. Attinger CE, Evans KK, Bulan E, Blume P, Cooper P. Angiosomes of the foot and ankle and clinical implications for limb salvage: Reconstruction, incisions, and revascularization. *Plast Reconstr Surg* 2006;117(7 Suppl):261S-293S. [Crossref](#)
8. Houseman ND, Taylor GI, O A, Pan WR. The angiosomes of the head and neck: Anatomic study and clinical applications. *Plast Reconstr Surg* 2000;105(6):2287-313. [Crossref](#)
9. Pugsley MK, Tabrizchi R. The vascular system. *J Pharmacol Toxicol Methods* 2000;44(3):333-40. [Crossref](#)
10. Tennant M, McGeachie JK. Blood vessel structure and function: A brief update on recent advances. *Aust N Z J Surg* 1990;60(9):747-53. [Crossref](#)
11. Güven G, Hilty MP, İnce C. Microcirculation: Physiology, pathophysiology, and clinical application. *Blood Purif* 2020;49(2):143-50. [Crossref](#)
12. Pries AR. Physiologische Grundlagen der Mikrozirkulation: Vaskuläre Adaptation [Physiological basis of the microcirculation: Vascular adaptation]. *Klin Monbl Augenheilkd* 2015;232(2):127-32. [Crossref](#)
13. Lévy BI. Perfusion tissulaire et microcirculation: un rôle majeur dans l’hypertension artérielle [The importance of microcirculation and tissue perfusion in hypertension]. *Curr Med Res Opin* 2005;21 Suppl 5:S1-6. [Crossref](#)
14. Black CM. Anatomy and physiology of the lower-extremity deep and superficial veins. *Tech Vasc Interv Radiol* 2014;17(1):68-73. [Crossref](#)
15. Khansa I, Janis JE. Management of skin and subcutaneous tissue in complex open abdominal wall reconstruction. *Hernia* 2018;22(2):293-301. [Crossref](#)
16. Brumitt J, Cuddeford T. Current concepts of muscle and tendon adaptation to strength and conditioning. *Int J Sports Phys Ther* 2015;10(6):748-59.
17. Thorpe CT, Screen HR. Tendon structure and composition. *Adv Exp Med Biol* 2016;920:3-10. [Crossref](#)
18. Wettstein R, Erni D. Basic anatomical principles and functions of soft tissue and bone. In: *Manual of Soft Tissue Management in Orthopaedic Trauma* 2011:16-27.
19. Kirkendall DT, Garrett WE. Function and biomechanics of tendons. *Scand J Med Sci Sports* 1997;7(2):62-6. [Crossref](#)
20. Zajac FE. Muscle and tendon: Properties, models, scaling, and application to biomechanics and motor control. *Crit Rev Biomed Eng* 1989;17(4):359-411.
21. Clarke B. Normal bone anatomy and physiology. *Clin J Am Soc Nephrol* 2008;3 Suppl 3(Suppl 3):S131-9. [Crossref](#)
22. Sims NA, Gooi JH. Bone remodeling: Multiple cellular interactions required for coupling of bone formation and resorption. *Semin Cell Dev Biol* 2008;19(5):444-51. [Crossref](#)
23. Alford AI, Kozloff KM, Hankenson KD. Extracellular matrix networks in bone remodeling. *Int J Biochem Cell Biol* 2015;65:20-31. [Crossref](#)