



Aşil tendonu'nun fonksiyonel anatomisi ve biyomekanik özellikleri

Functional anatomy and biomechanical aspects of the Achilles tendon

Nihal Apaydın,¹ Serhan Ünlü,² Murat Bozkurt,³ Mahmut Nedim Doral⁴

¹Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Ankara

²Yıldırım Beyazıt Eğitim ve Araştırma Hastanesi, 3. Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Ankara

³Etilik İhtisas Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Ankara

⁴Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Ankara

Aşil tendonu (AT) insan vücudundaki en sağlam ve en kalın tendondur ve alt ekstremitenin biyomekanikliğinde çok önemli bir role sahiptir. Yaklaşık olarak 1 ton çekme gücündeki kuvvete dayanıklı olduğu bilinmesine rağmen, en sık rüptüre olan tendonlardan biri olduğu bildirilmektedir. Aşil tendonu'nun lifleri tam olarak vertikal değildir ve bir miktar spiralleşme gösterir. Bu yapı, tendonu hem daha sağlam kılar hem de lifler arasındaki sürtünmenin daha az olmasını sağlar. Kager yağ yastığı, Kager üçgenini dolduran ve bazen de soleus kasına kadar uzanan bir yağ dokusudur. Bu yağ yastığı retrokalkaneal bursa ile de yakın ilişkilidir ve önemli biyomekanik rolü vardır. Haglund deformitesi, retrokalkaneal bursit, rüptürler ve entezopatiler Aşil tendonu'nun sık rastlanan patolojilerindedir. Bu patolojilerin uygun tanı ve tedavisi için etyolojilerinin ve Aşil tendonu'nun anatomisinin iyi şekilde bilinmesi gerekmektedir. Aşil tendonu'nu asıl besleyen damar posterior tibial arterin reküren bir dalından gelmektedir, damarlanmanın en az olduğu yer ise Aşil tendonu'nun orta 1/3'lük kısmıdır.

Anahtar sözcükler: Aşil tendonu; fonksiyonel anatomi; retrokalkaneal bursa; sural sinir.

Achilles tendon is the strongest and the thickest tendon in the human body and plays a major role in the biomechanics of lower extremities. Although it is known to resist a tractive force of 1 ton, it is reported to be one of most common tendons to rupture. The fibers of the Achilles tendon are not aligned strictly vertically and they display a variable degree of spiralization. This structure provides both a stronger tendon and less inter-fiber friction. Kager's fat pad is an adipose tissue, which occupies the Kager's triangle and sometimes extends up to the soleus muscle. This fat pad is also in close relationship with retrocalcaneal bursa and has important biomechanical roles. Haglund's deformity, retrocalcaneal bursitis, ruptures and enthesopathies are most common encountered pathologies of the Achilles tendon. Proper diagnosis and management of these pathologies requires a precise knowledge of their etiologies and the anatomy of the Achilles tendon. The main blood supply of the Achilles tendon comes from a recurrent branch of the posterior tibial artery and the least vascularized part of the Achilles tendon is mid one-third.

Key words: Achilles tendon; functional anatomy; retrocalcaneal bursa; sural nerve.

Aşil tendonu ve çevresindeki yapılar klinik açıdan büyük öneme sahiptir. Aşil tendonu'nu ilgilendiren patolojik durumlar (tendon rüptürleri ve tendinopatiler, retrokalkaneal bursit ve Haglund deformitesi vb.) çok çeşitlidir ve bu patolojik durumların tanı ve tedavisinde süregelen sorunlar Aşil tendonu'nun fonksiyonel anatomisinin detaylı bir şekilde bilinmesi gerektiğini işaret etmektedir.

Aşil tendonu'nun çevre nörovasküler yapılar ile ilişkisini bilmek ise özellikle bu tendonun cerrahi teda-

vileri sırasında iyatrojenik yaralanma riskini azaltmak açısından önemlidir. Aşil tendonu'nun tamirine yönelik yapılan açık cerrahilerin yanı sıra perkütan cerrahi tedavilerinde bile -ultrason eşliğinde yapılmış olsa dahi- hala sural sinir (n. suralis) hasarı bildirilen olgular bulunmaktadır.^[1-3]

Aşil tendonu'na yönelik yapılan klinik anatomik çalışmalarda; özellikle Aşil tendonu'nun kalkaneusda tutunduğu yer detaylı bir şekilde incelenmiş,^[4,5] retrokalkaneal bursanın anatomik yapısı vurgulanmış,^[6-8]

Kager'in yağ dokusunun biyomekanik açıdan önemi belirtilmiş,^[9-11] sural sinir ile Aşil tendonu ilişkisi açığa çıkartılmış,^[12] Aşil tendonu'nun beslenmesi tanımlanmış,^[13,14] tendonu ilgilendiren patolojik durumlar açıklanmış^[15,16] ve bu patolojilere yönelik cerrahi tedaviler araştırılmıştır.^[1,2,17-19] Bu derlemede Aşil tendonu'nun ilgilendiren bu çalışmalar gözden geçirilerek fonksiyonel anatomi açısından önemli yerleri vurgulanacaktır.

MİTOLOJİ

Aşil (Grekçe; Achilles, Fransızca; Achille), eski Yunan şairlerinden Homeros'un, Truva Savaşı'nı anlatan İlyada adlı eserinde (yaklaşık olarak M.Ö. 800) yazıldığı üzere, ölümlü bir baba olan Peleus ile bir tanrıça olan Thetis'in oğlu olan yarı tanrı bir karakterdir. Annesi Thetis oğlunu ölümsüzlük nehri olarak bilinen Styx'de yıkarken elini suya deydirmemesi öğütlediği için, onu sol topuğundan tutup suya batırmıştır. Aşil'in yıkanırken topukları suya değmediği için yalnızca oradan vurulursa öleceğine inanılmaktadır. Pek çok farklı efsane anlatılsa da, en çok söylenene göre Aşil, Truva savaşında Truvalı prens Paris tarafından sol topuğundan zehirli okla vurularak öldürülmüştür. Bu yüzden ayak topuğunda yer alan tendona "Aşil tendonu" adı verilir.^[20]

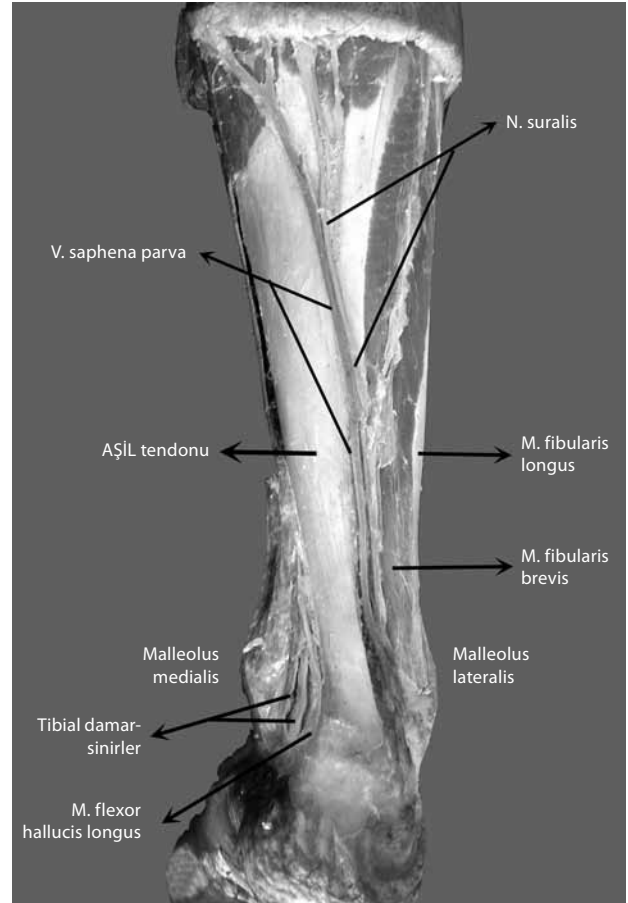
GENEL ANATOMİ

Aşil tendonu vücuttaki en kalın ve en sağlam tendondur ve alt ekstremitenin biyomekaniğinde çok önemli role sahiptir. Yaklaşık olarak 1 ton çekme gücündeki kuvvete dayanıklıdır. Bu kadar güçlü olduğu bilinmesine rağmen, literatürde en sık hasarlanan tendon olarak bildirilmiştir. Gelişmiş ülkelerde, 1970'li yıllarda tüm tendon hasarlarının %50'sinin Aşil tendonu'nu kapsadığı bildirilmiştir.^[21,22] Bu hasarlar sıklıkla spor yaralanmalarını içermektedir ve ilk sırada, futbol ve atletizm yer almaktadır.^[16]

Aşil tendonu, bacağın orta mesafelerinde, proksimalde gastrocnemius kası'na (m. gastrocnemius) yapışık bir şekilde başlar. Başlangıç yeri geniş ve yassıdır. Tendonu'nun kalkaneus'da (calcaneus) sonlandığı yerin yaklaşık 12-15 cm proksimalinde gastrocnemius kasının her iki başı soleus kası (m. soleus) ile kaynaşır ve Aşil tendonu alt ucuna kadar soleus kasından ilave lifler alır. Gastrocnemius kasının lateral ve medial başından kaynaklanan sağ ve sol yarısı her zaman aynı mesafeden başlamayabilir, dolayısıyla bu yarılar nadiren simetrikdir. Kalkaneusun yaklaşık olarak 5-6 cm proksimalinde her iki kastan (m. gastrocnemius ve m. soleus) kaynaklanan tendonlar kaynaşır ve tek bir tendon haline gelir.^[23]

Aşil tendonu'nun ortalama uzunluğu 15 cm'dir ve 11-26 cm arasında değişir. Uzunluğu kişinin boyuyla

doğru orantılıdır. Aşil tendonu'nun kalınlığı tüm uzunluğu boyunca farklıdır. Kalınlığı, başlangıç hizasında ortalama 6.8 cm (dağılım 4.5-8.6 cm) iken, orta mesafelerinde giderek azalır ve burada ortalama 1.8 cm'ye (dağılım 1.2-2.6 cm) kadar düşer. Orta mesafesine kadar yassı olan tendon alt ucuna doğru giderek yuvarlaklaşır ve kalkaneusda insersiyon yerine 4 cm mesafe kala tamamen yuvarlak bir tendon şeklini alır. Daha sonra tekrar bir miktar genişleyerek ve yassılaşıp bir delta şeklinde kalkaneusda sonlanır.^[23,24] Kalkaneusun arka yüzeyinde makroskopik olarak üç farklı yüzey ayırt edilebilir. Bu yüzeylerin sınırları ve boyutları kişiden kişiye farklılık gösterse de Aşil tendonu büyük oranda orta yüzeyde sonlanır. Orta ve alt yüzeyin sınırlarını ayırt eden keskin kenar da Aşil tendonu'nun en distalde sonlandığı yerin sınırını belirler. Hem orta, hem de alt yüzeyin Aşil tendonu'nun tutunduğu yerler olarak belirten kaynaklar bulunmaktadır.^[8] Aşil tendonu'nun kalkaneusun posterior yüzeyinin orta noktalarında sonlandığı yerdeki kalınlığı ise ortalama 3.4 cm (dağılım 2.0-4.8 cm) olarak belirtilmiştir (Şekil 1).^[12,23]



Şekil 1. Aşil tendonun genel görünüşü. Değişken kalınlığına, damar (v. saphena parva), sinir (n. suralis) ve kas tendonları ile ilişkisine dikkat ediniz.

Kalkaneusun arka yüzü tipik olarak konvektir. Aşil tendonu'nun insersiyonunu gösteren çoğu anatomi kitabı ve atlasında Aşil tendonu'nun sadece posterordan, mediyalden veya lateralden görünüşüne yer verilmiştir.^[23,24] Bu şekillerden tendonu'nun şeklinin insersiyon boyunca değişmediği yorumu yapılabilir. Ancak, transvers kesitlerde Aşil tendonu'nun insersiyonunun hilal şeklinde olduğu ve olguların çoğunda tendon liflerinin uzantılarının kalkaneusun medialinde laterale göre daha belirgin olduğu bildirilmiştir.^[5]

Aşil tendonu'nun tutunma yerinin bir "enthesis" organı olarak önemine dikkat çeken çalışmalar bulunmaktadır. Aşil tendonu ile kalkaneus arasında bulunan sesamoid ve periosteal fibro kırık, retrokalkaneal bursa ve Kager'in yağ dokusu, kemik ve yumuşak doku arasındaki stresi azaltır bu nedenle "enthesis organının" birer bileşeni olarak sayılır.^[11] Bu yapılar sonraki bölümlerde daha detaylı olarak gözden geçirilecektir.

Plantaris kası (m. plantaris), Aşil tendonu'nun yapısına katılmaz ancak her iki tendon da kalkaneus üzerinde ortak bir noktada sonlanırlar. Plantaris kasının tendonu kalkaneusun üzerinde dört farklı şekilde sonlanabilir. En sık görülen tip I'de (%47), Aşil tendonu'nun tutunduğu yerin medial kenarında yelpaze şeklinde genişleyerek sonlanır. Tip II, Aşil tendonu'nun medial kenarının 0.5-2.5 cm anteriorunda; tip III, Aşil tendonu'nun dorsal ve medial yüzeyi boyunca geniş bir alanda; tip IV ise Aşil tendonu'nun medial kenarında onunla ortak sonlandığı tiptir. Kişilerin yaklaşık %7-10'unda plantaris kası ve dolayısıyla tendonu bulunmaz.^[25]

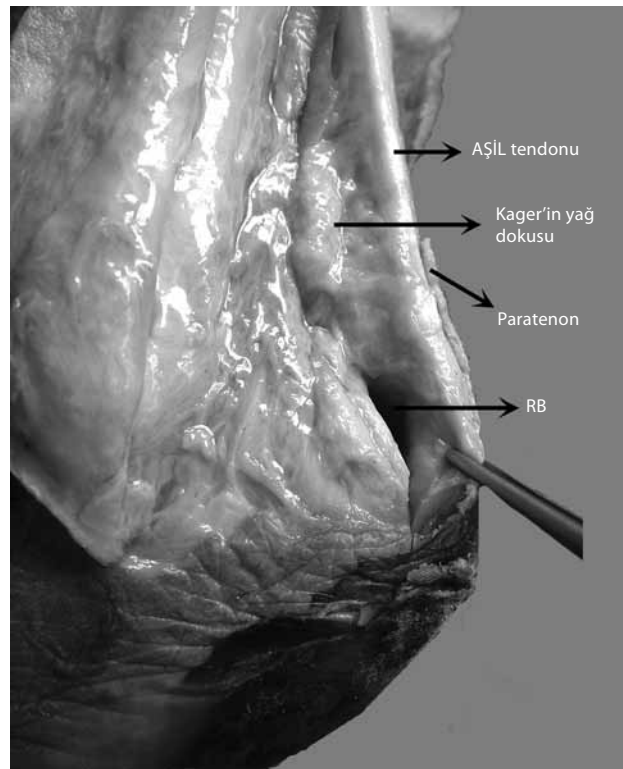
AŞİL TENDONU'NUN MAKROSKOPİK VE MİKROSKOPİK YAPISI

Aşil tendonu her biri endotenon ile sarılmış olan kollajen lif demetlerinden oluşmaktadır. Sağlıklı kişilerde Aşil tendonu'nu meydana getiren kollajen liflerin %95'i tip I kollajendir. Bu yapı sayesinde tendon orijinal uzunluğunun %4'ü kadar esneyip uzayabilir. Ancak uzunluğunun %8'inden fazla gerilecek olursa kopabilir. Tendon dejenere oldukça tip III kollajen daha baskın hale gelir. Yaşın ilerlemesiyle birlikte tip I kollajen doğal olarak azalır ve tendonun çapı ile radyografik yoğunluğu da düşer. Tip I kollajenin azalması, tendonun elastikiyetinin azalması ve rüptüre daha yatkın olması anlamına gelmektedir. Hasar sonrası yeniden sentezlenen kollajen, tip III'dür ve tip I kadar esnek değildir.^[26]

Endotenon ile sarılı her bir kollajen lifi demetler şeklinde bir araya gelerek epitenon ile sarılır. Aşil tendonunu oluşturan bütün bu demetler en sonunda

paratenon olarak bilinen ince gevşek (areolar) bir bağ dokusu ile çevrelenmiştir (Şekil 2). Paratenon, Aşil tendonu'na daha fazla koruma ve dayanıklılık sağlar ancak sinovyası olmadığı için gerçek bir tendon kılıfı yapısında değildir. Tendonun en vasküler kısmıdır ve inflame olduğunda genişleme kapasitesine sahiptir.^[7,27,28]

Aşil tendonu'nun lifleri tamamen vertikal olarak sıralanmamıştır ve değişken derecelerde spiralleşme göstermektedir. Kas liflerinden orijin aldığı yer ile kemiğe tutunduğu yer arasındaki mesafe yaklaşık 90 dereceye kadar spiral şeklinde bir yapılanma gösterir. Spiralleşmeye hem gastrocnemius kasından hem de soleus kasından katılan lifler katkıda bulunurlar ve bu yapı en çok kalkaneusun 5-6 cm proksimalinde belirgindir. Gastrocnemius kasından başlayan tendinöz lifler, kalkaneusun posterolateral kenarına yapışırken, soleus kasından gelenler posteromedial kenarına tutunurlar. Bu rotasyon ve spiralleşmenin derecesi, her iki kasın birbirine kaynaştığı pozisyon tarafından belirlenir. Eğer bu iki kasın kaynaştığı yer daha distalde yer alıyorsa, rotasyon derecesi daha fazladır.^[15,24] Spiralleşme aynı zamanda vasküler yapıların bir miktar daralmasına neden olsa da mekanik açıdan



Şekil 2. Taze kadavra üzerinde Aşil tendonu'nu saran paratenon ve retrokalkaneal bursa görülmektedir. Kager üçgeni içerisinde Kager'in yağ dokusu da dikkat çekmektedir. RB: Retrokalkaneal bursa.

bazı avantajları vardır. Bu spiralleşme tendon gevşek bir pozisyondayken tendonun daha az bükülmesine, gergin durumdayken de daha az deforme olmasına neden olur. Bu yapı, tendonu hem daha sağlam kılar, hem de lifler arasındaki sürtünmenin daha az olmasını sağlar.^[15]

AŞİL TENDONU'NUN BİYOMEKANİK ÖZELLİKLERİ

Aşil tendonu'nun biyomekanik özelliklerini anlamak için öncelikle yürümenin biyomekaniğini kısaca gözden geçirmek gerekir. Yürüme basitçe iki safhadan oluşmaktadır: Duruş (stance) ve sallanma (swing). Duruş safhası boyunca ayak yere tam temas halindedir. Sallanma safhasında ise ayak yerden kalkar ve öne doğru yaylanır. Sallanma safhası üç aşamada incelenebilir: temas (supinasyon), orta-duruş (mid-stance) ve ileriye sürükleme (propulsion). Temasta öncelikle topuk yere temas eder ve ayağın geri kalanının yere değmesi ile bu aşama tamamlanır. Orta-duruş ise ayağın tamamının yere temas etmesiyle başlar. İleriye sürükleme aşaması da topuğun yerden kalkmasıyla başlar ve parmakların yerden kalkmasıyla sona erer. Bu son iki aşama özellikle ayak bileğinin esas plantar fleksörleri olan gastrocnemius kası ve soleus kası tarafından kontrol edilmektedir.^[26,29]

Duruş safhasının sonunda, Aşil tendonu'ndaki kas geriliminin vücut ağırlığının yaklaşık %250'si kadar olduğu belirtilmektedir. Koşma sırasında bu yük, 6-8 kat kadar daha artmaktadır. Bu, neredeyse tendonun kaldıracabileceği tüm güç kadardır.^[30] Ayağın hiperpronasyonu tendonun rüptür riskini artırır, çünkü tendonun lif yapısındaki rotasyon bozulacağı için şok absorbe edici etkisi azalır. Dolayısıyla hiperpronasyon, insersiyonel olmayan Aşil tendinozisinde olası etmenler arasında yer almaktadır.^[31]

Orta-duruş safhasında ayak pronasyondadır. Bu pronasyon, tibia üzerinde bir internal rotasyona neden olur. Böylece triceps surae kası (m. triceps surae) aktifleşir. Kasın aktifleşmesi gerici bir güç oluşturur ve ayak plantar fleksiyona ve inversiyona geçer. Ayak pronasyonda ve diz ekstansiyondayken yapılan inversiyon Aşil tendonu'ndaki gerimi artırır ve bu gerim kalkaneusda sonlandığı yere kadar yayılır. Bu durum insersiyonel Aşil tendinopatilerin oluşum mekanizmasını açıklayabilir.^[32]

AŞİL TENDONU ÇEVRESİNDEKİ BURSALAR VE BURSİT OLUŞUM MEKANİZMALARI

Aşil tendonu'nun etrafında iki adet bursa bulunmaktadır. Bu bursalardan en sık bulunanı ve en çok önem verilen retrokalkaneal bursa (bursa tendinis

calcanei) (Şekil 2, 3). Diğer bursa da Aşil tendonu'nun yüzeyinde yer almaktadır (retrotendinöz bursa). Topuk bölgesinde bir adet daha bursa bulunmaktadır ki, bu bursa kalkaneus ile plantar aponevroz arasında bulunduğundan Aşil tendonu ile pek ilişkili değildir. Ancak Aşil tendonu ile plantar aponevroz arasındaki ilişkiye dikkat etmek gerekir. Özellikle yenidoğanlarda Aşil tendonu'nun bazı liflerinin plantar fasya'ya (fascia) kaynaşarak devam ettiği gösterilmiştir. Bu devamlılık yaşla beraber giderek azalır, erişkinlerde Aşil tendonu'nun insersiyonu ile plantar aponevroz arasında periosteum tarafından yapılan net bir ayırım bulunur.^[11,33]

Retrokalkaneal bursa, Aşil tendonu ile kalkaneusun arasında yerleşim gösterir. Kalkaneusun postero-superior yüzeyi ile Aşil tendonu'nun lateral genişlemeleri arasında bir eğer gibi yerleşmiştir.^[4,24] Heterojen bir yapısı vardır. Ön duvarı fibro kıkırdaktan yapılmıştır ve daha kalındır, kalkaneusun periotumunun değişmesiyle oluşur.^[34] Arka duvarı ise incedir, sesamoid fibro kıkırdak yapısındadır ve Aşil tendonu'nun paratenonu ile kaynaşarak tendonun tutunduğu yere kadar uzanır.^[4] İçinde hiyalüronik asit açısından zengin ve oldukça visköz bir miktar sıvı bulunur.^[7] Bu sıvı miktarının 1.0-1.5 ml olduğu belirtilmektedir.^[4] Ancak sağlıklı kişilerde her zaman ölçülebilen veya manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ile tespit edilebilecek miktarda bir sıvı bulunmayabilir. Özellikle MRG incelemelerinde anteroposterior yönde 1 mm, transvers yönde 11 mm, kranioyokaudal yönde 7 mm'den daha büyük bir bursa anormal olarak değerlendirilmelidir.^[6,35]

Retrokalkaneal bursanın histolojik incelemelerinde bursanın superior ve posterior duvarının iç yüzeyinin tek tabakalı sinoviyal bir membran ile kaplı olduğu gösterilmiştir. İç yüzü döşeyen sinoviyal villuslar farklı şekle ve boyuta sahiptir. Üst yüzünde iskelet kası hücreleri görülürken, alt yüzü 200-500 µm kalınlığında fibröz kıkırdak ile çevrelenmiştir. Burası aynı zamanda Aşil tendonu'nun da tutunduğu yerdir.^[8]

Retrokalkaneal bursit, diğer enflamatuvar artropatilerle veya tek başına ya da Aşil tendonu ilgilendiren herhangi bir başka patolojiyle görülebilir. Bu enflamatuvar süreçte bursa hipertrofi olur ve üzerini örten tendona yapışık hale gelir. Bu patolojik sürecin kalkaneusun posterosuperior açısında artış veya normalden daha çıkıntılı olduğu durumlarda görüldüğüne dair araştırmalar bulunmaktadır. Her ne kadar hiperkonkav bir kalkaneusun bursit ile ilişkili olduğu gösterilmişse de, kalkaneusda herhangi bir deformitesi olmayan koşucularda da retrokalkaneal bursit görülmesi nadir bir durum değildir. Ayak bileği

her dorsifleksiyona getirildiğinde, bursa, kalkaneus ve Aşil tendonu arasında sıkışır. Bu sıkışma özellikle eğim yukarı koşarken daha da belirgin hale gelir.^[35,36] Bursit iki taraflı olduğu zaman mutlaka sistemik bir enflamatuvar hastalık akla getirilmelidir. Romatoid artriti olan hastaların %10'unda retrokalkaneal bursit bildirilmiştir. Diğer nedenler arasında tekrarlayan travma ve subkütan nodüller sayılabilir.^[37]

Haglund deformitesi de retrokalkaneal bursite neden olan etmenler arasındadır. Haglund deformitesi, Aşil tendonu'nun kalkaneusda sonlandığı yerin superolateralinde bulunan belirgin bir çıkıntıdır. Bazı olgularda şekli uygun olmayan ayakkabılar da (özellikle topuklu ayakkabılar) bu çıkıntının gelişmesine neden olabilir. Bu çıkıntı retrokalkaneal bursanın sıkışmasına neden olabilir. Aşil tendonu'nu da etkileyecek olursa tendinit oluşumuna yol açabilir. Semptomlar dorsifleksiyonda daha belirgindir. Çünkü bu hareket sırasında bursa içerisindeki basınç artar ve tendonun daha fazla sıkışmasına neden olur. Haglund deformitesine retrokalkaneal bursit ve Aşil tendinozisi eşlik ederse bu duruma Haglund üçlemesi (Haglund's triad) adı verilir.^[4,8,35,38] Radyolojik olarak tanınması kolaydır.^[35]

Aşil tendonu içinde oluşan entezofitler (bony spur) radyografide, kemikten tendonun içine doğru farklı boyutlarda düzensiz büyüme görülmesiyle tespit edilebilir. Dejeneratif, enflamatuvar (ankilozan spondilit, psöriazis, Reiter sendromu) ve metabolik (akromegali) nedenlerle oluşabilir. En sık oluşma nedeni Aşil tendonu'nun kalkaneusa yapışma yerinde oluşan mikro-yırtıklardır. Bu yırtıklar fibroblastların artmasına neden olur, granülasyon dokusu oluşur ve kemikleşme ile sonuçlanır.^[39]

KAGER'İN YAĞ DOKUSU

Kager'in yağ dokusu, Kager üçgenini [posterior- da Aşil tendonu, anterior- da flexor hallucis longus kası (m. flexor hallucis longus), inferior- da kalkaneus ile çevrili üçgen alan] dolduran ve bazen de soleus kasına kadar uzanan bir yağ dokusudur (Şekil 2, 3).^[9,11] Biyomekanik fonksiyonları tartışmalı olmasına rağmen, son yıllarda dinamik ultrason ve yüzey elektromiyogram ile yapılan çalışmalar bu yağ dokusunun önemli biyomekanik rollerinin olduğunu göstermektedir.^[10,40] Bu yağ dokusu sinoviyal bir membran ile kaplı olup üç kısımdan oluşmuştur. İlk kısım Aşil tendonu'na tutunmuştur ve paratenon ile çevrelenmiştir. İkinci kısım daha derinde yer almaktadır ve Aşil tendonu ile flexor hallucis longus kası arasında yer alır. Üçüncü kısım ise retrokalkaneal bursaya kadar yayılım gösteren bir çıkıntı şeklindedir. Bu çıkıntı

plantar fleksiyon sırasında Aşil tendonu ile kalkaneusun arasında girerek tendonun kaldıraç kolunu artırır ve dokular arası gerilimi azaltır.^[7,40] Bu mekanik etkiyi açıklamak için çeşitli açıklamalar yapılmış olsa da üç temel mekanizma üzerinde durulmaktadır. Bu mekanizmalar yağ dokusunun bu hareketini kalkaneusun superiora doğru yer değiştirmesiyle, retrokalkaneal bursanın içindeki basınç değişimine bağlı olarak yağ dokusunun bursaya doğru çekilmesiyle ve plantar fleksiyon sırasında flexor hallucis longus kasının kontraktıl gücünün etkisiyle açıklamaktadır.^[10] Ayrıca bu yağ dokusu Aşil tendonu'nun subtendinöz alanda lubrikasyonuna yardımcı olmakta ve retrokalkaneal bursadaki artık yapıları (debris) da temizlemektedir. Ghazzawi ve ark.^[40] yaptıkları bir çalışmada sağlıklı gönüllülerde bu yağ dokusu çıkıntısının plantar fleksiyon sırasında yaklaşık olarak %60'ının retrokalkaneal bursaya doğru kayarak ilerlediğini göstermişlerdir. Kayma mesafesi Aşil tendonu'nun insersiyon açısına bağlıdır.

AŞİL TENDONU'NUN SURAL SINİR İLE OLAN İLİŞKİSİ

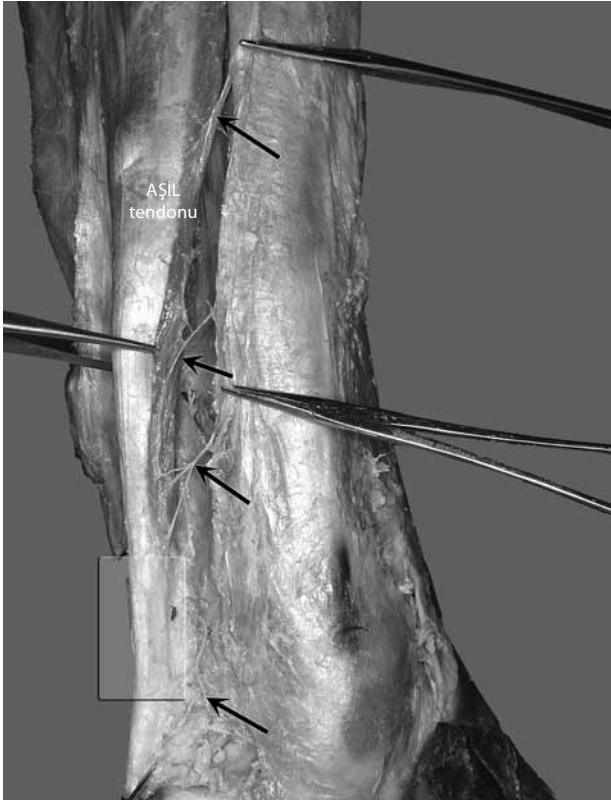
Aşil tendonu yüzeysel bir yapı olduğu için sadece yüzeysel sinirlerle ilişkisi vardır. Yüzeysel bir sinir olan sural sinir, bacağın arka kısmının ve ayak sırtının lateralinin duysal innervasyonundan sorumludur. Aşil tendonu'nun arkasında ilerler ve sıklıkla küçük



Şekil 3. Taze kadavada Aşil tendonu kesilip aşağı doğru ekarte edildikten sonra retrokalkaneal bursa'nın sınırları (asterisk) ve Kager'in yağ dokusu gösterilmiştir.

safen ven (v. saphena parva) tarafından eşlik edilir (Şekil 1).^[24] Her ne kadar sural sinirin seyri bilinse de Aşil tendonu'nun cerrahi tedavi sırasında iyatrojenik yaralanma riski çok yüksektir.^[2,18]

Sural sinir ile Aşil tendonu'nun ilişkisini araştırmaya yönelik yaptığımız bir çalışmada, sinirin proksimale ilerledikçe orta hatta yaklaştığı ve Aşil tendonu'nun yaklaşık yarı uzunluğunda (uzunluğunun %55'lik kısmında) Aşil tendonu'nun lateral kenarı ile kesiştiğini belirledik.^[12] Bu kesişim noktası ile lateral malleol arası mesafe ortalama olarak 10.4 cm (dağılım 5.7-15.5 cm) olarak ölçülmüştür. Bu seviyeden sonra sural sinirin, Aşil tendonu'nun lateralinde ilerlemeye devam etmekte olduğu ve tendon uzunluğunun %90'lık kısmında terminal dallarına ayrılmakta olduğu belirlenmiştir. Bu nokta ile lateral malleol arası mesafe de 3.8 cm (dağılım 0-9.6 cm) olarak ölçülmüştür. Ancak, incelenen kadavraların ikisinde (%4.5), sural sinirin tüm seyri boyunca Aşil tendonu'nun lateralinde olduğu gözlemlenmiştir.^[12] Sural sinirin farklı seyirleri ve varyasyonları özellikle sinir hasarını önlemeye yönelik minimal invazif cerrahiler sırasında dikkat edilmelidir.



Şekil 4. Aşil tendonunu besleyen damarlar (oklar) gösterilmektedir. Dikdörtgenle işaretlenmiş olan alan tendonun vaskülaritesinin nispeten zayıf olduğu alandır. Şekilde gösterilen damarlar posterior tibial arterin dallarıdır.

AŞİL TENDONU'NUN KANLANMASI

Aşil tendonu her ne kadar vücuttaki en kalın ve en sağlam yapıdaki tendon olsa da kanlanması nispeten kısıtlı kaynaklardan olmaktadır. Bu özellik, Aşil tendonu'nun enflamatuvar patolojilere ve rüptürlere yatkın bir hale getirmektedir. Yaşın ilerlemesi ile beslenmesi daha da bozulan Aşil tendonu'nun ileri yaşlarda patolojik olaylardan daha çok etkilenmektedir. Her ne kadar Aşil tendonu'nun ultrastrüktürel lif yapısı ve paratendonun histolojik yapısı daha detaylı araştırmaları gerektirse de günümüze kadar yapılan çalışmalar, Aşil tendonu'nun beslenmesini sağlayan damarların asil olarak paratendonu beslediğini göstermektedir.^[28]

Aşil tendonu'nu asil besleyen damar posterior tibial arterin (a. tibialis posterior) reküren bir dalıdır. Bu dal daha çok peritendinöz yapıları besler. Fibuler arter'in (a. fibularis) distal dalları da, posterior tibial arter ile anastomoz yaparak Aşil tendonu'nun beslenmesinde az da olsa katkıda bulunur. Anterior tibial arterden (a. tibialis anterior) gelen bir damar ise gösterilmemiştir. Aşil tendonu'nun en vasküler yerinin onu çevreleyen paratendon olduğu bilinmektedir ancak yine de damarların tendonun tüm uzunluğu boyunca eşit bir şekilde uzanmadığını belirten çalışmalar bulunmaktadır. Tendonun orta 1/3'lük bölümünün vaskülaritesinin daha zayıf, buna



Şekil 5. Aşil tendonu rüptürü (ok başı), manyetik rezonans görüntüsü.

karşılık insersiyonuna yakın yerlerinin kanlanması daha iyi olduğunu belirten çalışmalar bulunmaktadır. Tendonun proksimal $1/3$ 'ü kas lifleri arasından endotenona sokulan küçük damarlarca beslenmektedir. Ancak bu beslenme şeklinin çok belirgin olmadığını belirten çalışmalar bulunmaktadır. Tendonun distal $1/3$ 'ü daha önceden belirtildiği gibi posterior tibial arter ve fibuler arter tarafından beslenmektedir. Bu damarlar rekürren tarzda insersiyon çizgisinin kenarında başlar ve 2 cm kadar proksimale doğru çıkarak endotenon içerisinde uzanır (Şekil 4).^[22]

Özetle, Aşil tendonu beslenmesi açısından üç bölgeye ayrılabilir. Proksimal ve distal $1/3$ 'ü esas olarak posterior tibial arterin dallarından beslenirken, orta $1/3$ 'ü fibuler arter tarafından beslenir. Literatürde farklı açıklamalar bulunmakla beraber, tendonun relatif olarak daha az kanlanan orta $1/3$ 'lük bölümü patolojilerin daha çok olduğu bölümdür. Bu da distal yapılaşma yerinin yaklaşık 3-5 cm proksimaline denk gelmektedir. Aşil tendon rüptürleri de daha çok bu bölgede görülür (Şekil 5).^[13,28]

KAYNAKLAR

- Citak M, Knobloch K, Albrecht K, Krettek C, Hufner T. Anatomy of the sural nerve in a computer-assisted model: implications for surgical minimal-invasive Achilles tendon repair. *Br J Sports Med* 2007;41:456-8.
- Cretnik A, Kosanovic M, Smrkolj V. Percutaneous versus open repair of the ruptured Achilles tendon: a comparative study. *Am J Sports Med* 2005;33:1369-79.
- Klein W, Lang DM, Saleh M. The use of the Ma-Griffith technique for percutaneous repair of fresh ruptured tendo Achillis. *Chir Organi Mov* 1991;76:223-8. [Abstract]
- Kachlik D, Baca V, Cepelik M, Hajek P, Mandys V, Musil V. Clinical anatomy of the calcaneal tuberosity. *Ann Anat* 2008;190:284-91.
- Lohrer H, Arentz S, Nauck T, Dorn-Lange NV, Konerding MA. The Achilles tendon insertion is crescent-shaped: an in vitro anatomic investigation. *Clin Orthop Relat Res* 2008;466:2230-7.
- Bottger BA, Schweitzer ME, El-Noueam KI, Desai M. MR imaging of the normal and abnormal retrocalcaneal bursae. *AJR Am J Roentgenol* 1998;170:1239-41.
- Canoso JJ, Liu N, Traill MR, Runge VM. Physiology of the retrocalcaneal bursa. *Ann Rheum Dis* 1988;47:910-2.
- Kachlik D, Baca V, Cepelik M, Hajek P, Mandys V, Musil V, et al. Clinical anatomy of the retrocalcaneal bursa. *Surg Radiol Anat* 2008;30:347-53.
- Ly JQ, Bui-Mansfield LT. Anatomy of and abnormalities associated with Kager's fat Pad. *AJR Am J Roentgenol* 2004;182:147-54.
- Theobald P, Bydder G, Dent C, Nokes L, Pugh N, Benjamin M. The functional anatomy of Kager's fat pad in relation to retrocalcaneal problems and other hindfoot disorders. *J Anat* 2006;208:91-7.
- Shaw HM, Vázquez OT, McGonagle D, Bydder G, Santer RM, Benjamin M. Development of the human Achilles tendon enthesis organ. *J Anat* 2008;213:718-24.
- Apaydin N, Bozkurt M, Loukas M, Vefali H, Tubbs RS, Esmer AF. Relationships of the sural nerve with the calcaneal tendon: an anatomical study with surgical and clinical implications. *Surg Radiol Anat* 2009 May 29. [Epub ahead of print]
- Chen TM, Rozen WM, Pan WR, Ashton MW, Richardson MD, Taylor GI. The arterial anatomy of the Achilles tendon: anatomical study and clinical implications. *Clin Anat* 2009;22:377-85.
- Möller A, Astron M, Westlin N. Increasing incidence of Achilles tendon rupture. *Acta Orthop Scand* 1996;67:479-81.
- Jozsa LG, Kannus P. Human tendons: anatomy, physiology and pathology. Illinois: Human kinetics; 1997.
- Józsa L, Kvist M, Bálint BJ, Reffy A, Järvinen M, Lehto M, et al. The role of recreational sport activity in Achilles tendon rupture. A clinical, pathoanatomical, and sociological study of 292 cases. *Am J Sports Med* 1989;17:338-43.
- Doral MN, Bozkurt M, Turhan E, Ayvaz M, Atay OA, Uzümcügil A, et al. Percutaneous suturing of the ruptured Achilles tendon with endoscopic control. *Arch Orthop Trauma Surg* 2009;129:1093-101.
- Hockenbury RT, Johns JC. A biomechanical in vitro comparison of open versus percutaneous repair of tendon Achilles. *Foot Ankle* 1990;11:67-72.
- Maffulli N. Rupture of the Achilles tendon. *J Bone Joint Surg [Am]* 1999;81:1019-36.
- Kachlik D, Musil V, Vasko S, Klaue K, Stingl J, Baca V. Calcaneus, calcaneal tendon and retrocalcaneal bursa. Historical overview and plea for an accurate terminology. *Acta Chir Belg* 2010;110:255-60.
- Schweitzer ME, Karasick D. MR imaging of disorders of the Achilles tendon. *AJR Am J Roentgenol* 2000;175:613-25.
- Morel M, Boutry N, Demondion X, Legroux-Gerot I, Cotten H, Cotten A. Normal anatomy of the heel entheses: anatomical and ultrasonographic study of their blood supply. *Surg Radiol Anat* 2005;27:176-83.
- Agur AM, Dalley 2nd AF. Lower limb. In: Agur AM, Dalley 2nd AF, editors. Grant's atlas of anatomy. 12th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2009. p. 353-475.
- Williams A. Pelvic girdle and lower limb. In: Standring S, editor. Gray's anatomy. 40th ed. Philadelphia: Churchill Livingstone; 2009. p. 1503-5.
- Cummins EJ, Anson BJ, Carr WB, Wright RR, Houser DWE. The structure of the calcaneal tendon (of Achilles) in relation to orthopedic surgery, with additional observations on the plantaris muscle. *Surg Gynecol Obstet* 1946; 83:107-16.
- Whittaker P, Canham PB. Demonstration of quantitative fabric analysis of tendon collagen using two-dimensional polarized light microscopy. *Matrix* 1991;11:56-62.
- Aström M, Westlin N. Blood flow in the human Achilles tendon assessed by laser Doppler flowmetry. *J Orthop Res* 1994;12:246-52.
- Carr AJ, Norris SH. The blood supply of the calcaneal tendon. *J Bone Joint Surg [Br]* 1989;71:100-1.
- Komi PV, Fukashiro S, Järvinen M. Biomechanical loading of Achilles tendon during normal locomotion. *Clin Sports Med* 1992;11:521-31.
- Perry J. Anatomy and biomechanics of the hindfoot. *Clin Orthop Relat Res* 1983;177:9-15.
- Alfredson H, Pietilä T, Ohberg L, Lorentzon R. Achilles tendinosis and calf muscle strength. The effect of short-term

- immobilization after surgical treatment. *Am J Sports Med* 1998;26:166-71.
32. Arndt A, Brüggemann GP, Koebke J, Segesser B. Asymmetrical loading of the human triceps surae: II. Differences in calcaneal moments. *Foot Ankle Int* 1999; 20:450-5.
 33. Snow SW, Bohne WH, DiCarlo E, Chang VK. Anatomy of the Achilles tendon and plantar fascia in relation to the calcaneus in various age groups. *Foot Ankle Int* 1995; 16:418-21.
 34. Rufai A, Ralphs JR, Benjamin M. Structure and histopathology of the insertional region of the human Achilles tendon. *J Orthop Res* 1995;13:585-93.
 35. Pierre-Jerome C, Moncayo V, Terk MR. MRI of the Achilles tendon: a comprehensive review of the anatomy, biomechanics, and imaging of overuse tendinopathies. *Acta Radiol* 2010;51:438-54.
 36. Schepesis AA, Jones H, Haas AL. Achilles tendon disorders in athletes. *Am J Sports Med* 2002;30:287-305.
 37. Turlik MA. Seronegative arthritis as a cause of heel pain. *Clin Podiatr Med Surg* 1990;7:369-75.
 38. Sofka CM, Adler RS, Positano R, Pavlov H, Luchs JS. Haglund's syndrome: diagnosis and treatment using sonography. *HSS J* 2006;2:27-9.
 39. Benjamin M, Rufai A, Ralphs JR. The mechanism of formation of bony spurs (enthesophytes) in the achilles tendon. *Arthritis Rheum* 2000;43:576-83.
 40. Ghazzawi A, Theobald P, Pugh N, Byrne C, Nokes L. Quantifying the motion of Kager's fat pad. *J Orthop Res* 2009;27:1457-60.