



## Diyabetik ayakta görüntüleme

### Imaging of the diabetic foot

Z. Gamze Kılıçoğlu<sup>1</sup>, Önder İ. Kılıçoğlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Haydarpaşa Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyoloji Kliniği, İstanbul

<sup>2</sup>İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, İstanbul

Diyabetik ayakta görüntüleme yöntemleri, anatomik deformasyonun evrelemesini, düzeyini ve enfeksiyon varlığını araştırmaya yönelik olarak kullanılır. Direkt grafiler, temel ve en yaygın inceleme yöntemidir; ancak, yumuşak doku çözünürlüğünün yüksekliği ve anatomik ayrıntıları göstermedeki becerisi nedeniyle, manyetik rezonans görüntüleme (MR) giderek daha sık kullanılmaktadır.

Görüntülemedeki en önemli amaç, nöroartropati ve enfeksiyonun ayırımıdır. Nöroartropati, öncelikle kemikte sinyal ve şekil değişiklikleri, periartiküler değişiklikler ve deformite ile seyrederken; enfeksiyon, genellikle bir kallus veya ülser ile ilişkili olarak eklem ve yumuşak doku ağırlıklı tutulumuna neden olur. MR görüntüleme ile, ayrıca nekrotik kemik fragmanları ile abse ve fistül traktuslarının saptanması da önemlidir. Kemik ve eklem değişiklikleri yanında cilt ve kas dokusundaki sinyal değişiklikleri de diyabetin nadir komplikasyonlarına ait bulguları gösterebilir.

**Anahtar sözcükler:** diyabetik ayak; osteomyelit; görüntüleme; Charcot ayağı; MR

Imaging of the diabetic foot aims primarily to define and grade the anatomical deformity, and to rule out infection. Direct radiographs are the basis of preliminary imaging; however, magnetic resonance imaging (MRI) has proved to be a better modality due to its high resolution for soft-tissues.

Main purpose of imaging is to differentiate neuropathic arthropathy from infection. Neuropathic arthropathy causes MRI signal changes and deformities initially in bony structures, and progress with periarticular inflammation; while infection requires the presence of a callus or ulcer that causes loss of skin integrity. MRI may also demonstrate necrotic bony fragments as well as abscesses and fistulous tracts. Changes in signal intensity of muscular tissue may occur secondary to rare complications like myositis and ischaemia.

**Key words:** diabetic foot; osteomyelitis; imaging; Charcot foot; MRI

**D**iyabetik ayak, diyabetin neden olduğu birçok organ patolojisinin bir parçası olarak ayakta ortaya çıkan, bir seri, birbiriyle hem ilişkili hem de etkileşimli problemi ifade eden, ortak bir terimdir. Diyabetin en sık görülen komplikasyonları olan vasküler, nörolojik ve enfektif süreçlerin ayakta bulgularına ek olarak, kemik rezorpsiyonlarından kas atrofilerine dek değişik bir patoloji spektrumu da ayakta ortaya çıkabilmektedir. Bu yazıda, görüntüleme yöntemleri ve patolojilerden bahsedilecek, ancak vasküler görüntüleme ve patolojiler başka bir bölümde ele alınacağından, bunlara değinilmeyecektir.

### GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİ

Diyabetik hastaların ayaklarında çeşitli patolojiler görülebilir; ancak klinikte temel amaç, enfeksiyon

ile nöropatiye sekonder değişikliklerin birbirinden ayırt edilebilmesi ve dolayısıyla da, gecikmiş osteomyelitte sekonder amputasyonların engellenmesidir. Görüntüleme yöntemlerinin uzun zamandan beri üzerinde yoğunlaştığı ve çözmeye çalıştığı konu da, bu iki patolojinin ayırımıdır.

### Direkt Grafiler

Direkt grafi, en yaygın kullanılan görüntüleme yöntemidir. Amerikan Radyoloji Koleji'nin Uygunluk Kriterleri<sup>[1]</sup> listesine göre de, yumuşak doku şişliği, nöropati ve ülserden oluşan bulguların farklı bileşimlerinin tümünde, en uygun yöntem olarak anılmaktadır. Radyasyon içermesi nedeniyle bazı kaygılar yaratsa da, iyonizan radyasyon içeren görüntüleme yöntemleri arasında, en düşük relatif radyasyon düzeyine sahiptir.<sup>[2]</sup>



**Şekil 1.** Lateral ayak grafisinde, ayak tabanındaki abse içinde hava kabarcıkları.



**Şekil 2.** İkinci metatars başında, kalem ucu tarzında kemik rezorpsiyonu ve eşlik eden sublüksasyon.

Standart bir incelemede, ayağın basarak AP, basarak lateral ve oblik pozisyonlarda grafisi çekilmelidir. Buna ek olarak, oblik ve lateral grafiler ile, subtalar eklemlere, sesamoid kemiklere, ayak önü veya topuğa odaklanmış spesifik pozisyonlar aranan patolojiye yönelik olarak, daha iyi değerlendirme yapılması sağlanabilir.

Direkt grafiler, kemik yapıların dansitesi, korteks-medulla ilişkisi, periost reaksiyonu, eklem ile ilişkili değişiklikler yanında; yumuşak dokuya ait hava (Şekil 1), kalsifikasyon gibi lezyonların değerlendirilmesini sağlar. Ayrıca, diyabetik hastalarda sık görülen ancak genellikle farkına varılmayan, travmaya ait eski fraktürler ile yabancı cisimlerin de saptanması mümkündür.

Literatürde diyabete bağlı olarak ortaya çıkan değişiklikler, önceleri “osteopati” olarak isimlendirilmiş, bu lezyonların primer olarak kemik kaynaklı olduğu ve eklem sekonder olarak etkilendiği düşünülmüştür.<sup>[3]</sup> Tutulan kemikler, genellikle ayağın distal kısmındadır ve komşuluklarında veya yakınlarında, ciltte şişlik ve kızarıklık yanında, derin, krater tarzında ülserler ile nöropatiye bağlı his kaybı gözlenmiştir.<sup>[4]</sup> Bu bulgulardan önce, travma ile ilişkili olmayan, eklem yakın bölgede

yerleşimli bir “kırık” veya “kemik fragmentasyonunun” eşlik ettiği de tarif edilmiştir.<sup>[5,6]</sup> Diyabetik hastaların ayak kemiklerinde, biri iskemik diğeri noniskemik karakterde iki tür yumuşak doku nekrozu görüldüğü ve bunların, klinik özellikleri ile direkt grafi bulgularındaki farklılıklar sayesinde ayırt edilebileceği bildirilmiştir.<sup>[5]</sup> Direkt grafide kemik rezorpsiyonu veya “kalem ucu” tarzında incelenen sonlanan bir metatars varlığı (Şekil 2), noniskemik karakterde, yani nöropatik özellikte kemik patolojisi olarak değerlendirilmiş ve minimal yara bakımı ile nekrotik alanın iyileşebileceği, ancak damar kalsifikasyonları ile kendini belli eden aterosklerotik değişikliklerin (Şekil 3), kemikte rezorpsiyona neden olmayacak kadar düşük kan akımının bir göstergesi olduğu kabul edilmiştir.<sup>[5]</sup> Kemik rezorpsiyonu ile noniskemik patoloji arasındaki ilişki, 1948 yılında Phemister tarafından yayımlanan çalışmaya dayandırılmıştır.<sup>[7]</sup>

### Ultrasonografi ve Renkli Doppler Ultrasonografi

Radyasyon içermeyen görüntüleme yöntemlerinden olan ultrasonografi, yumuşak dokularda, özellikle kistik karakterdeki lezyonların değerlendirilmesinde,



**Şekil 3.** Ayak bileği çevresindeki yumuşak dokularda, aterosklerotik damar cidar kalsifikasyonları.

yüksek çözünürlüğe sahiptir. Yaygın olarak erişilebilir olmasına karşılık, kas-iskelet sistemindeki uygulamalarının uzmanlık ve deneyim gerektirmesi, yaygın kullanımını sınırlandırmaktadır. Ayak tabanında, yağ yastığının kalınlığı nedeniyle görüntü kalitesi daha düşüktür; ancak, özellikle tendon patolojilerinde ve tenosinovit tanısında oldukça başarılıdır. Loküle kolleksiyonları saptaması ve örnekleme için kılavuzluk yapması da diğer avantajlarıdır.

Ultrasonografi görüntüsü üzerinde seçilmiş bir alandaki akım bilgisini renk ve spektrum şeklinde kodlayan renkli Doppler ultrasonografi, vasküler sistemin temel noninvaziv görüntüleme yöntemidir. Özellikle yüzeysel yerleşimli ekstremitelerde damarlarındaki kullanımı etkindir, ancak ekstremitelerde distale doğru gidildikçe damar çaplarının azalması, duyarlılığını kısmen düşürmektedir. Damar duvarındaki kalsifikasyonlar veya damara komşu yumuşak dokulardaki ilave patolojiler, damarın değerlendirilmesini güçleştirebilir.

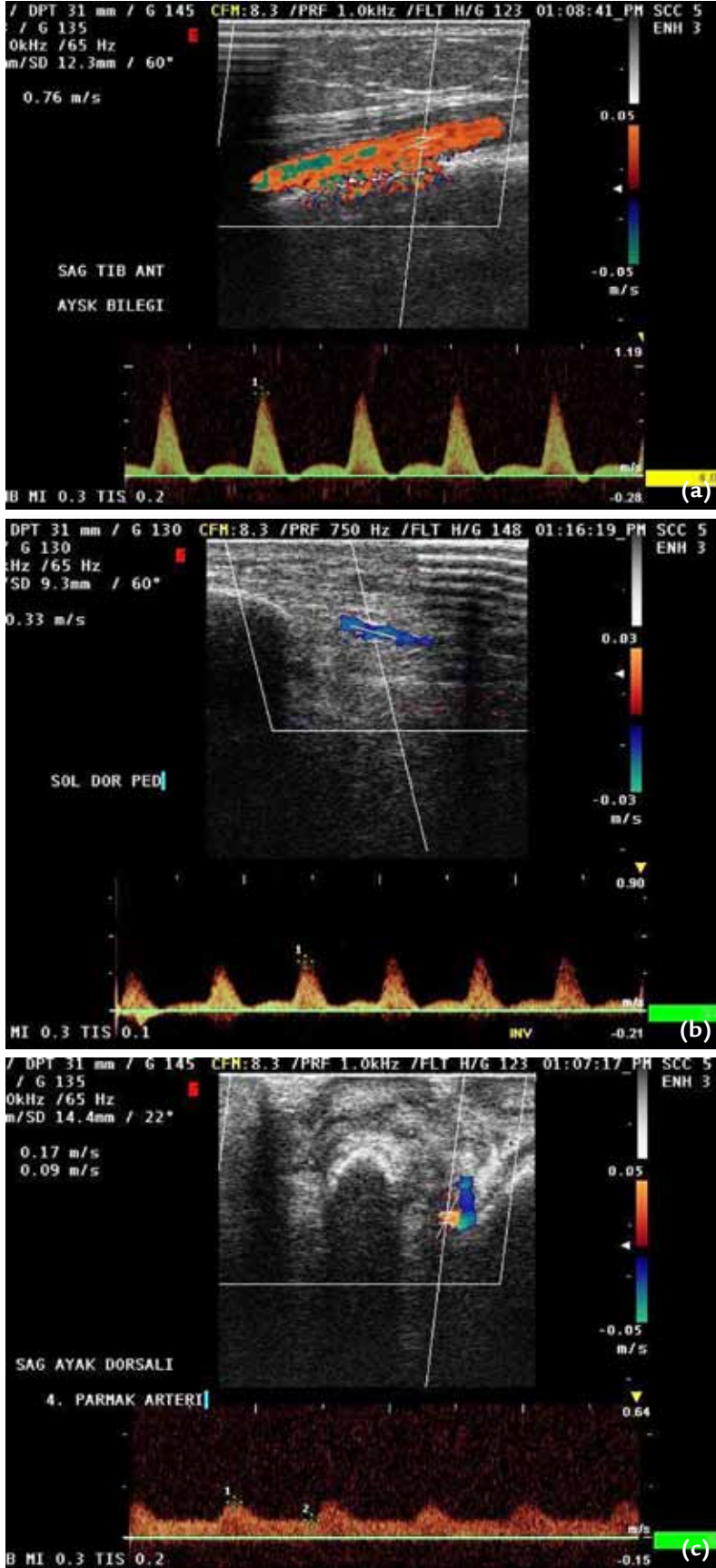
İnceleme sırasında, hem damar lümeni içindeki akımın renk kodlaması hem de spektral akım formu değerlendirilir. Buna göre, standart sağlıklı bir

arterdeki akım formu trifazik özelliktedir, yani sistolik ileri, diastolik geri ve daha küçük bir ileri hareket gösterir. Damar duvarında hem diyabetik hem de diyabetik olmayan hastalarda gelişen aterosklerotik değişikliklere bağlı olarak, öncelikle ikinci ileri akım kaybolur. Daha ileri değişikliklerde, diastolik geri akım kaybolur ve düşük bir ileri akım formu kazanır; giderek, lümendeki daralmalar ile sistolik akım önce hızlanır, sonra giderek yavaşlar ve sonunda tam tıkanma ile uyumlu olarak kaybolur (Şekil 4).

Diyabetik ve diyabetik olmayan hastalarda benzer değişiklikler görülür, ancak diyabetiklerde damar kalsifikasyonları daha belirgindir.<sup>[8]</sup> Tanısal anjiyografi ile karşılaştırıldığında, renkli Doppler incelemenin duyarlılığı ve özgüllüğü oldukça yüksektir. Nadiren de olsa, anjiyografi ile tam tıkanma saptanan distal arterlerde, renkli Doppler ile çok düşük akımlar saptanabilmektedir.<sup>[9]</sup>

### Bilgisayarlı Tomografi (BT)

İyonizan radyasyon kullanan yöntemlerden bilgisayarlı tomografi, birden fazla planda, anatomik



**Şekil 4. a-c.** Renkli Doppler incelemede; trifazik (a), B) bifazik (b) ve monofazik (c) akım formları. Akımlar, diyabetik bir hastanın alt ekstremitte arterlerinden, sırasıyla, tibialis anterior, dorsalis pedis ve 4. parmağa giden dijital arterine aittir ve akım formu distale doğru bozulmaktadır.



**Şekil 5.** BT incelemede, farklı planlarda rekonstrüksiyon yapılarak eklem ilişkilerinin değerlendirilmesi yanında, kemik anatomisinin ayrıntılı incelenmesi de mümkün olmaktadır.

ayrıntıları oldukça yüksek çözünürlükle gösterebilen, ince kesitlerin alınmasını sağlayan algoritmalar sayesinde daha fazla kullanılmaya başlanan bir yöntemdir. Yumuşak doku çözünürlüğünün düşük olmasına karşın eklem ilişkileri ve kemik yapılarıdaki yüksek çözünürlüğü (Şekil 5) kullanımını arttırmaktadır. Ayak gibi karmaşık eklem ilişkileri bulunan bir alanda şüpheli subluksasyonları saptamada ve yumuşak doku enfeksiyonunda ortaya çıkan gazları belirlemede çok başarılıdır.

### Manyetik Rezonans (MR)

Klinik kullanıma girdiği 1980'li yıllardan beri özellikle nöroradyoloji ve kas-iskelet sistemi görüntülemesinde çığır açar bir yöntem olan MR, iyonizan radyasyon kullanmaz ve diğer tüm yöntemlerden daha üstün olan yumuşak doku rezolüsyonu ile birçok hastalıkta kesin tanı sağlar. Diyabetik ayakta saptanan patolojilerde duyarlılık ve özgüllük oranı, diğer yöntemlere oranla oldukça yüksektir: sırasıyla, %90 ve %83.<sup>[1,10]</sup>

Diyabetik ayakta, nöropatik artropatiye ait değişiklikler ile enfeksiyona ait değişiklikler benzer sinyal özellikleri taşımaktadır; ancak, lezyonların dağılımı, eşlik

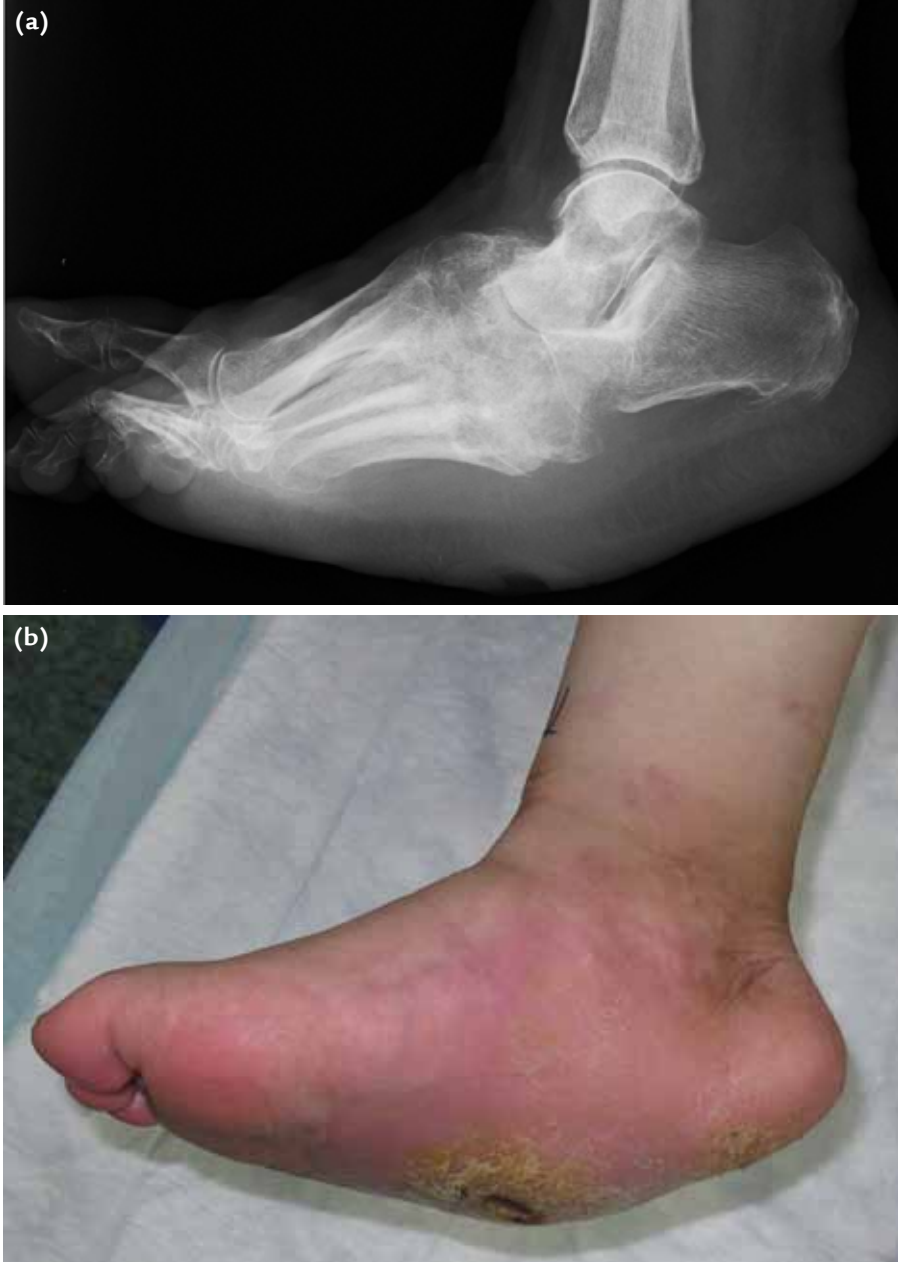
eden diğer bulgular ve kontrast uygulaması sonrasındaki görünüm ile, bunlar arasındaki ayırım kısmen de olsa yapılabilmektedir.

Standart teknikte; aksiyal, sagittal ve koronal planlarda yüksek rezolüsyonlu sekanslar kullanılarak inceleme yapılmalı, kontrast uygulaması sonrasında yine aynı şekilde, üç standart plan sekansları tekrarlanmalıdır. Sekanslar arasında, morfoloji ve anatomiyi gösteren T1 ağırlıklı sekanslar yanında, ödem, enfeksiyon veya inflamasyonu gösterecek T2 ağırlıklı sekanslar (yağ baskılı ve yağ baskısız) bulunmalıdır. Kontrast sonrasındaki tutulumun değerlendirildiği sekanslar da yine, yağ baskılı olarak alınmalıdır.

### DİYABETİN AYAKTAKİ KOMPLİKASYONLARI

#### Cilt Ülserleri, Kallus ve Yüzeyel Enfeksiyonlar

Sinir sistemi hasarı, diyabetik hastaların büyük bir kısmında görülür. Motor ve duysal nöropatiye bağlı propriyosepsiyon bozuklukları ile otonom nöropatiye bağlı anhidrozis, cildin bütünlüğünde bozulmaya, çatlama ve kallus oluşumuna neden olur.<sup>[11]</sup> Bu değişiklikler,



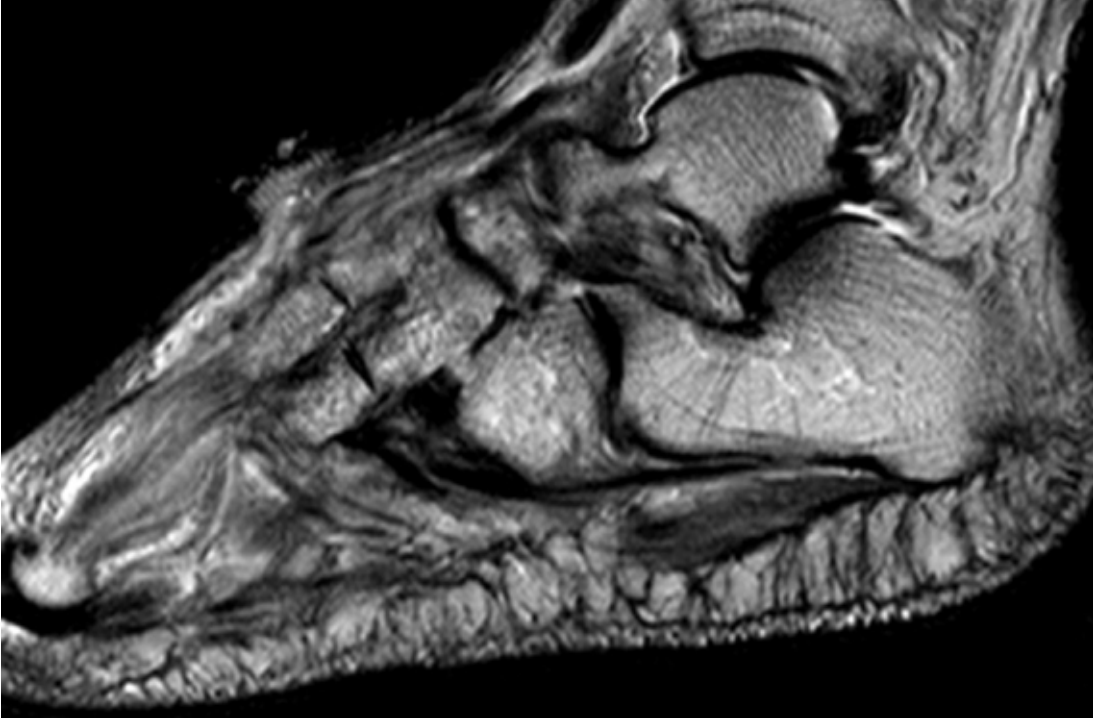
**Şekil 6. a, b.** Ayak tabanında kallusu bulunan hastanın ayak lateral grafisinde, ayak tabanındaki yumuşak doku planlarında silinme, kallus lokalizasyonunda ciltte defekt ve talus-1. metatars başındaki değişiklik izleniyor (a). Hastanın klinik görünümü (b).

hareket halindeyken, ayaktaki en yüksek basınç noktalarında görülür, en sık birinci ve beşinci metatars başları ile topukta, plantar yüzlerde ortaya çıkar.<sup>[12]</sup> Orta ayakta kallus ve ülser görülmesi, genellikle orta ayak eklemlerindeki Charcot nöropatisine ve plantar arkta ortaya çıkan deformiteye bağlıdır.<sup>[11,13]</sup> Ayakta çekilen direkt grafilerde, lateral pozisyonda, talus ile birinci metatars arasındaki açıda  $-27^\circ$  derece üzerindeki değerlerin,

ayak ortasında kallus ve ülser gelişimi açısından risk faktörü olduğu saptanmıştır (Şekil 6).<sup>[14]</sup>

Direkt grafilerde, ülserler, yumuşak doku dansitesinde defekt veya yağ planlarında silinme şeklinde izlenir (Şekil 6). Bu alanlarda, cilt altı yağlı doku kalınlığı yalancı olarak artmış izlenimi verebilir. Ayrıca, yumuşak dokuda gangren ile uyumlu hava kabarcıkları da ayırt edilebilir. Ancak, kemikte belirgin



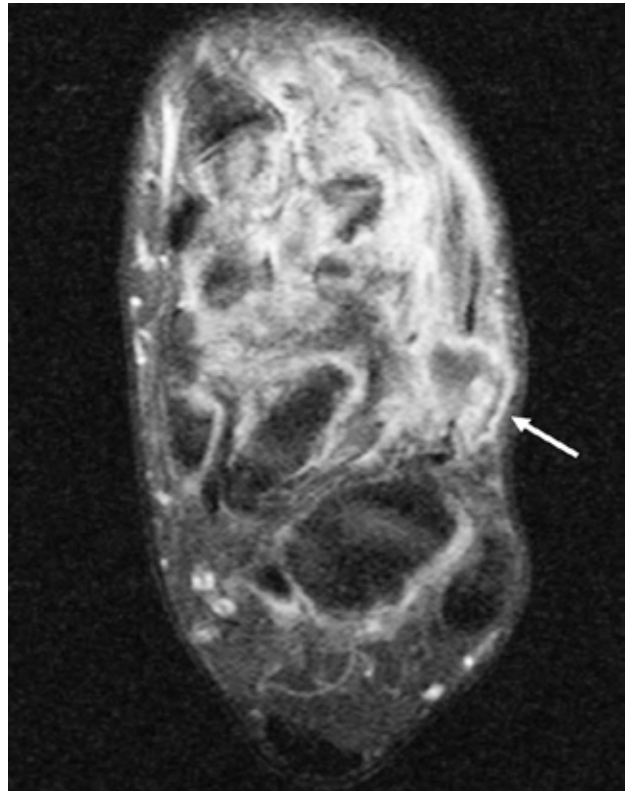


**Şekil 7.** Sagittal T2 ağırlıklı MR incelemesinde, ayak dorsalinde fistül ağzının yarattığı ciltte kabarıklık görünüm.

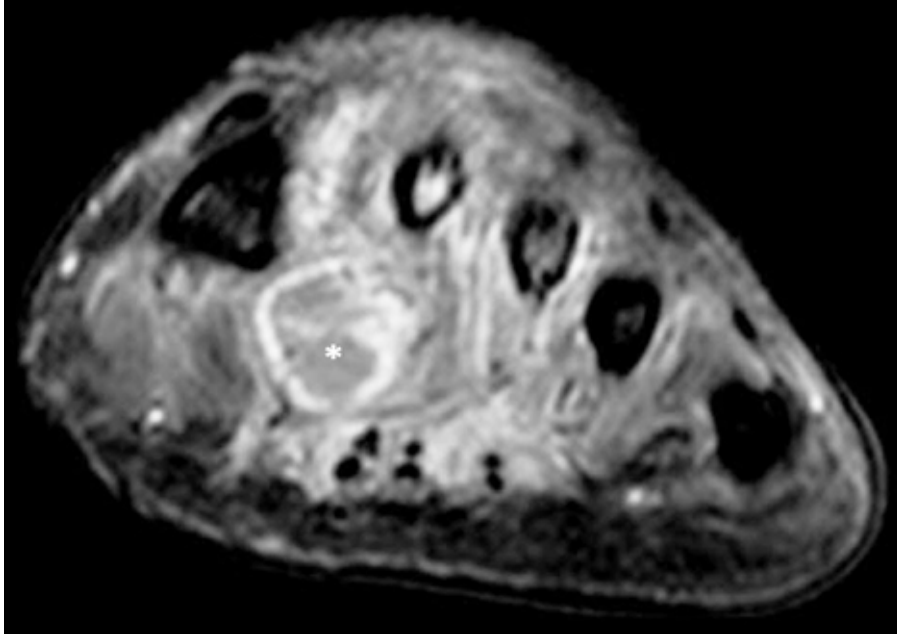
değişiklikler olmaksızın ülserin yayılımı hakkında net bir bilgi edinilemez.

Ülser varlığında, ikinci görüntüleme yöntemi MR olmalıdır. Hem ayak arkasını hem de ayak önündeki küçük eklemleri değerlendirmek amacıyla, tüm ayak inceleme alanına dahil edilmelidir. Kallus, baskı bölgeleri olarak tarif edilen alanlarda cilt ve cilt altı yağlı dokuda lokalize, T1 serilerde düşük, T2 serilerde orta-düşük sinyal özelliğine sahip alanlar şeklinde izlenir.<sup>[15]</sup> Ülser ise, öncesinde kallus oluşumu olsun veya olmasın, cilt ve cilt altı yağlı dokuda bütünlük kaybıdır. MR incelemede cilt altı yağlı dokuda kenarları kabarıklık karakterde bir defekt ile sinyal kaybı izlenmesi, bu alan etrafındaki cilt altı yağlı dokuda, T2 ağırlıklı görüntülerde, ödem ile uyumlu sinyal artışı bulunması beklenir (Şekil 7).<sup>[15]</sup>

Ülser komşuluğunda, genellikle daha derin dokulara uzanan bir traktus vardır. Traktus da periferik kontrastlanma gösterdiğinden, “tren yolu” manzarasına sahiptir (Şekil 8).<sup>[15]</sup> Lezyon derinindeki yumuşak dokularda IV kontrast uygulaması sonrasında periferik karakterde kontrastlanma gösteren kolleksiyon alanları varsa, bu durum abse lehinedir (Şekil 9). Ancak, bir kolleksiyon olmaksızın, kontrastlanma gösteren alanlar içinde kalan hipointens bölgeler, nekroz lehine değerlendirilmelidir.<sup>[16]</sup>



**Şekil 8.** Ayak dorsalinde, lateral yüzdeki cilt altı dokuda ‘tren rayı’ görünümü veren fistül traktusu (ok).



**Şekil 9.** Ayak plantar yüzde, 2. metatars komşuluğundaki derin kompartman içinde, periferik kontrastlanma gösteren abse (yıldız).

### Septik Artrit

Metatarsofalangeal ve interfalangeal eklemler komşuluğundaki yüzeysel ayak enfeksiyonlarının en sık komplikasyonu, septik artritir.<sup>[12]</sup> Ciltteki ülser alanı ile doğrudan komşuluk gösteren eklemlerde, özellikle de kapsül bütünlüğü bozulmuşsa, septik artrit düşünülmelidir.<sup>[12,15]</sup> Eklem içinde effüzyon, sinoviyal kalınlaşma ve sinoviyal kontrastlanma, hem enfektif hem de enflamatuvar artritlerde görülebilen ortak bulgular olduğundan, nonspesifiktir. İnterfalangeal eklemler gibi küçük eklemlerde, effüzyon seçilemeyebilir.<sup>[12]</sup>

Ayak ortasında, nöropatik artrit ile septik artrit ayırt edilmesi oldukça güçtür. Ancak, nöropati üzerine gelişen enfeksiyonun saptanmasında yardımcı bulgulardan biri, daha önceden bilinen subkondral kistler ile intraartiküler serbest fragmanların daha sonra kaybolmasıdır.<sup>[15]</sup>

### Nöroartropati

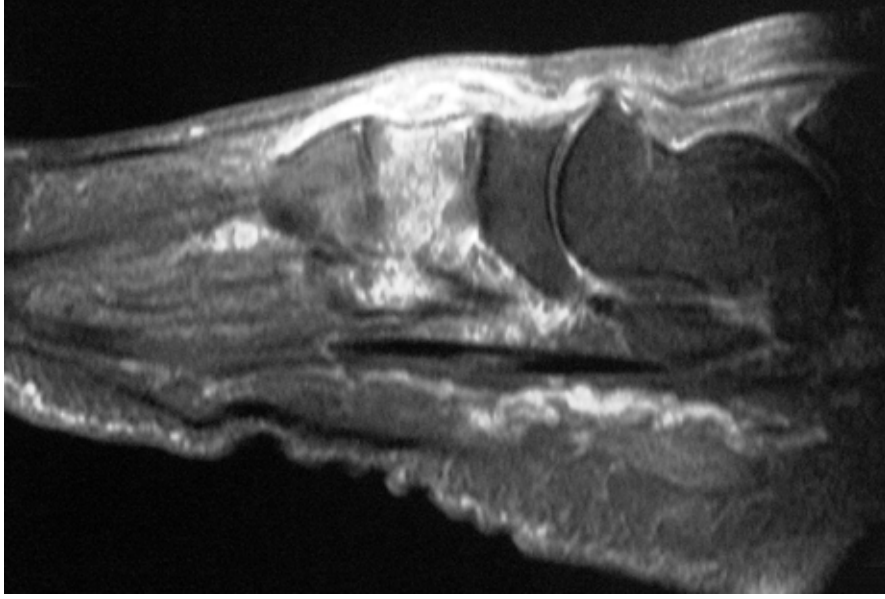
Diyabetik nöroartropatinin gelişimi tam olarak açıklanamasa da, bundan, duyu kaybı olan eklemlerdeki tekrarlayıcı travmalar ile otonom nöropatiye sekonder kan akımı değişikliklerinin neden olduğu hiperemi, kemik rezorpsiyonu ve subkondral kemikte zayıflama sorumlu tutulmaktadır.<sup>[11]</sup> Lokalize enflamasyon

sonucunda kemik destrüksiyonu, eklemlerde subluksasyon veya dislokasyon ile deformite ortaya çıkar.

Direkt grafiler, erken dönemde normaldir. Ayakta izlenen kızamıklık, ağrı ve şişlik bulgularının radyografik karşılığı, fokal demineralizasyondur.<sup>[17]</sup> En sık, tarsal ve proksimal metatarsal kemikler tutulur.<sup>[18]</sup> Bu erken dönemdeki MR incelemelerde; yumuşak dokularda, daha çok periartiküler alanlarda belirgin olmak üzere, T1 ve T2 ağırlıklı serilerde sinyal değişiklikleri ile seyreden subkondral ve medüller ödem dikkati çeker.<sup>[11]</sup> Kontrast tutulumu yine periartiküler alandadır (Şekil 10).<sup>[11]</sup>

Subakut dönemde, kemikte rezorpsiyon başlar (Şekil 11, 12). Kronik dönemde ise bu değişikliklerin tamamı geriler ve geride deformite kalır.<sup>[19]</sup> Eklem komşuluğundaki kemiklerde skleroz ön plandadır, dolayısıyla T1 ve T2 ağırlıklı MR serilerinde hipointens görünümündedir.<sup>[11]</sup> Subkondral kistler, debris, intraartiküler serbest cisimler ve ankiloz görülebilir. Daha ileri dönemlerde de, eklemlerde kollaps ve deformite ortaya çıkar (Şekil 13).<sup>[11]</sup> Dolayısıyla, kronik dönem “6D bulgusu” olarak özetlenebilir: eklemlerde Distansiyon, Destrüksiyon, Dislokasyon, Disorganizasyon, Debris ve kemikte Dansite artışı.<sup>[17,20]</sup> Eklem etrafında, eklem aralığı ile ilişkili az miktarda sıvı bulunabilir ve bunlar poş oluşumu şeklindedir. Ancak, komşuluğundaki cilt altı yağlı dokunun sinyal özellikleri normal karakterdedir ve cilt bütünlüğü korunmuştur, dolayısıyla enfeksiyonu düşündürmez.<sup>[12]</sup>





**Şekil 10.** Sagittal T2 ağırlıklı MR incelemesinde, erken dönem nöroartropatide, mediyal kuneiform kemikte ödem ve komşuluğunda, periartiküler yerleşimli enflamatuvar sinyal değişiklikleri. Eklem aralıkları ile kemik konturları korunmuştur.



**Şekil 11.** Subakut dönemde, nöroartropatiye bağlı fokal kemik rezorpsiyonu.

### Osteomyelit

Diyabetik hastalarda osteomyelit, hemen her zaman, bir ülser ile devamlılığı olacak şekilde, komşuluk yoluyla ortaya çıkar.<sup>[11,12,15]</sup> Osteomyelit tanısında altın standart yöntem, kemik biyopsisidir.<sup>[11]</sup> Bir meta-analizde, ülser boyutlarının 2 cm<sup>2</sup>'den daha büyük ve eritrosit sedimentasyon hızının 70 mm/saat üzerinde olmasının, osteomyelit olasılığını artırdığı

belirtilmiştir.<sup>[21]</sup> Ancak, belirsizliğin yüksek olması nedeniyle, görüntüleme yöntemlerine başvurulması gereklidir.<sup>[11]</sup>

Enfekte bir ülser komşuluğundaki kemikte, öncelikle periost etkilenir ve periostit ortaya çıkar; bunu sırasıyla, kortikal kemiğin etkilenmesiyle osteitis ve medullanın da etkilenmesiyle osteomyelitis izler.<sup>[22]</sup> Dolayısıyla, direkt grafilerde kemik enfeksiyonunun bulguları; periost



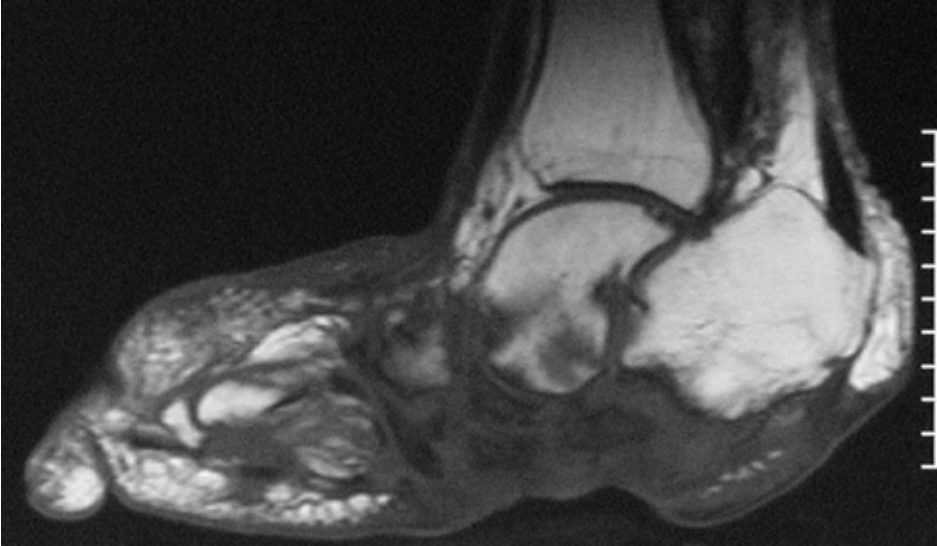
**Şekil 12. a, b.** Orta ayakta, subakut dönemde, nöroartropati hastanın direkt grafisi (a) ile koronal planda T2 ağırlıklı MR incelemesinde (b), kemik dansite ve intensite değişiklikleri, subluksasyon, kemik yıkımı bulguları ve eşlik eden yumuşak doku inflamasyonu.



**Şekil 13.** Kronik deformite döneminde nöroartropati.



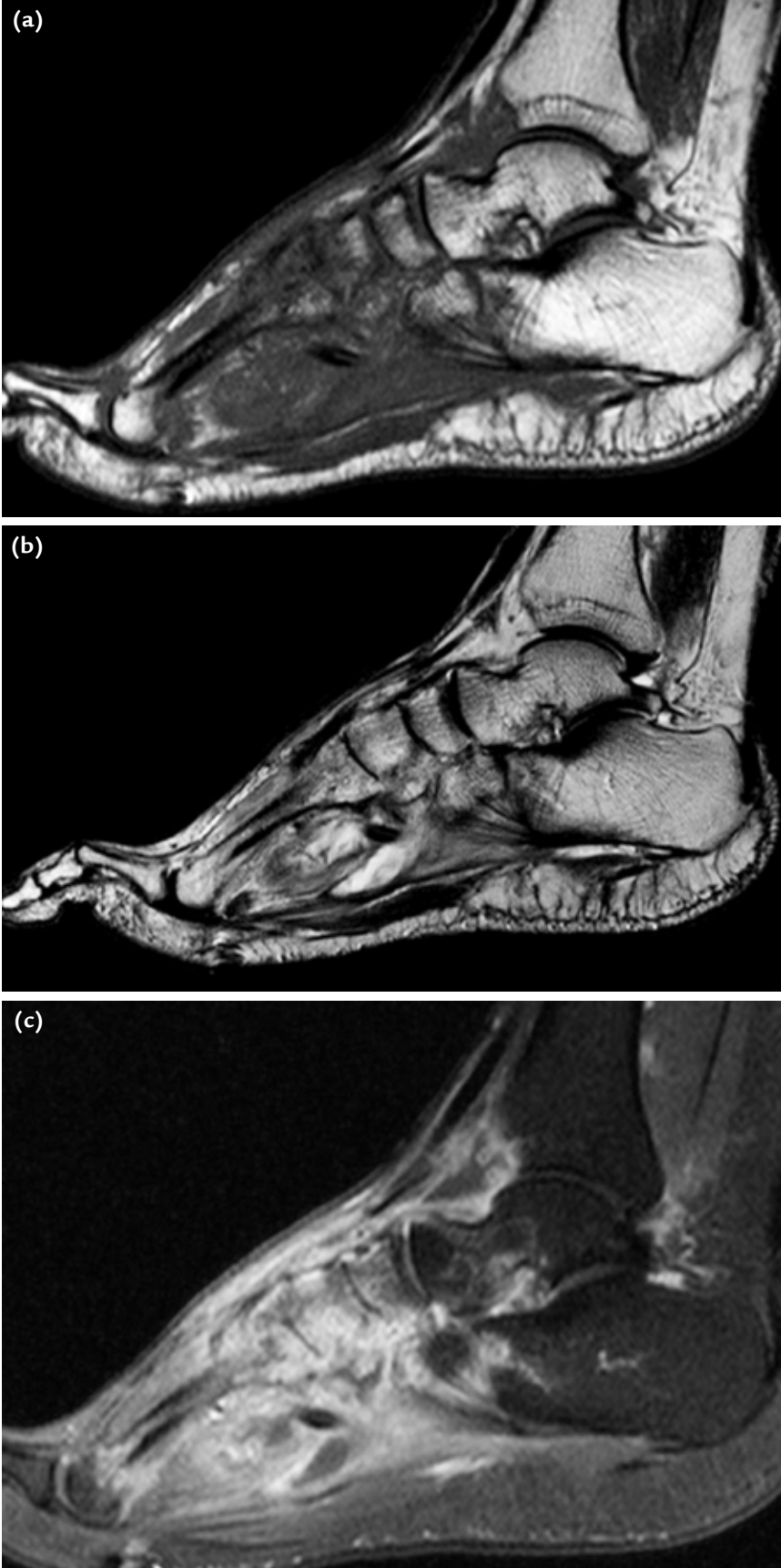
**Şekil 14.** Birinci metatars başında, kronik osteomyelite sekonder osseöz destrüksiyon, yumuşak dokularda eşlik eden kalınlaşma ve mediyalde ciltte izlenen ülser ile uyumlu defekt.



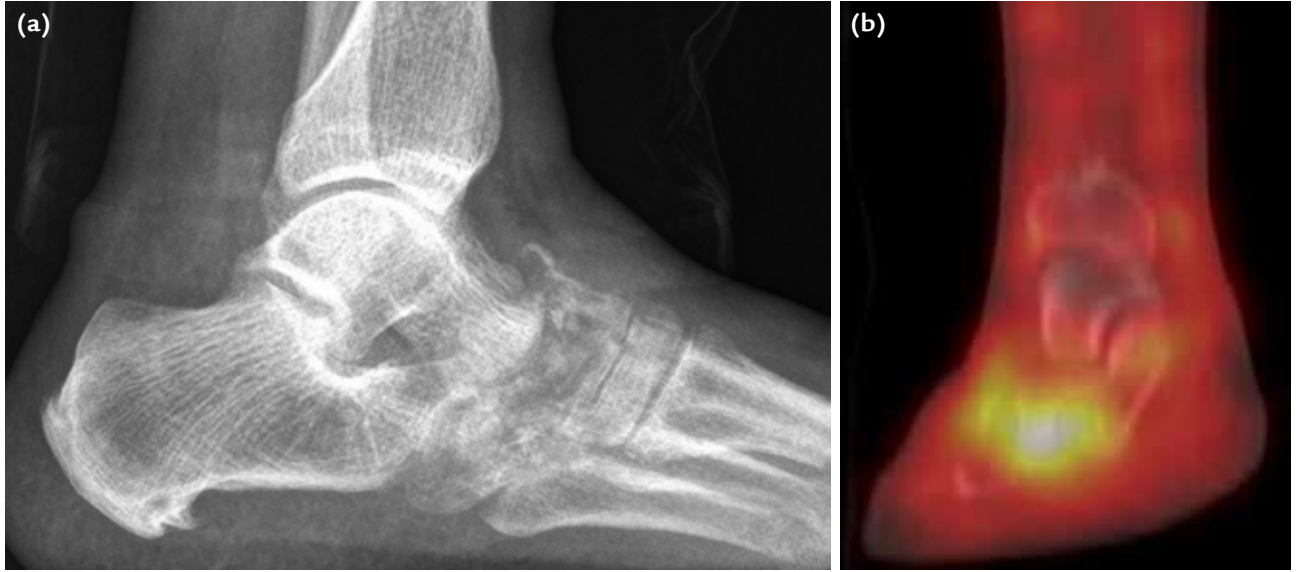
**Şekil 15.** Sagittal T1 ağırlıklı MR incelemesinde, kronik osteomyelit sekelli hastada, orta ayakta ciddi deformite, ciltte ve cilt altı dokularda fibrotik değişiklikler ile birlikte, düşük sinyal intensitesi gösteren nekrotik ve sklerotik kemik fragmanları.

reaksiyonu ile, kortikal ve medüller kemikte destrüksiyondur (Şekil 14).<sup>[22]</sup> Periost reaksiyonu, tarsal kemiklerde nadir izlenmekle birlikte, metatarslarda seçilebilir.<sup>[22]</sup> Direkt grafilerde ayrıca, ülser ve ilişkili traktusu aracılığıyla, yürüme sırasındaki basınç artışına bağlı olarak, dokular arasına doğru “pompalanan” hava kabarcıkları ile nekrotizan bir enfeksiyona sekonder hava görünümüleri de izlenebilir.<sup>[22]</sup> Kronik osteomyelitte ise; ayak kemiklerinde oluşan nekrotik kemik dokusu (sekestrum), uzun kemiklerdeki gibi bir involukrum içinde yerleşmek yerine, yumuşak dokulara veya komşu ülserler içine itilen sklerotik kemik fragmanları şeklindedir (Şekil 15).<sup>[22]</sup>

MR, ayaktaki patolojik sürecin anatomik dağılımını en iyi gösterecek yöntemdir. MR incelemelerde osteomyelit tanısı, temel olarak, kemik iliği sinyalindeki değişiklikler üzerine dayandırılmaktadır.<sup>[12]</sup> Normal kemik iliği sinyali, T1 ağırlıklı serilerde hiperintens karakterde izlenirken, yağ baskılı ve T2 ağırlıklı serilerde hipointensdir. Kemik iliğinde ödem, T1 ağırlıklı serilerde sinyal değişikliğine neden olmazken, T2 serilerde hiperintens sinyale neden olur. Osteomyelitte, hem T1 hem de T2 ağırlıklı serilerde patolojik sinyal değişikliği görülür ve buna, IV kontrast uygulaması sonrasındaki tutulum eşlik eder (Şekil 16).<sup>[23]</sup> Ancak, travma, nöropati, nekroz ve enflamasyon



**Şekil 16. a-c.** Osteomyelitin MR bulguları: Orta ayakta T1 ağırlıklı serilerde düşük (a), T2 ağırlıklı serilerde yüksek sinyal özellikleri izlenen kemiklerde (b), kontrast uygulaması sonrasında belirgin tutulum (c).



**Şekil 17. a, b.** Orta ayakta, lateral grafide, birden fazla kemikte rezorpsiyon ve deforme ile seyreden değişikliklerin (a) işaretli lökosit sintigrafisinde yoğun tutulum göstermesi, osteomyelit tanısını doğruluyor (b).

da benzer sinyal değişiklikleri gösterir. Enfeksiyon açısından ayırım, sinyal paternlerindeki değişiklik yanında, anatomik lokalizasyon ve ciltteki ülser alanıyla ilişki ile sağlanabilir.<sup>[24]</sup> Örneğin; nöropatik artropatideki değişiklikler daha çok periartiküler yerleşimli olarak izlenirken, osteomyelit, ülser, ülser traktusu ve yumuşak doku değişiklikleri komşuluğundadır.<sup>[12]</sup> Ayırıcı tanıda, lökosit işaretli sintigrafi de, enfeksiyon lokalizasyonunda belirgin aktivite artışı göstererek yardımcı olabilir (Şekil 17).

### Kas Patolojileri

Diyabetik hastalarda, özellikle de uzun süreli, iyi glikemik kontrolü sağlanamamış, nöropati, nefropati ve retinopati gibi komplikasyonları bulunanlarda daha fazla olmak üzere, kas değişiklikleri de görülebilir. Bunlar arasında; diyabetik kas iskemisi, enfeksiyöz ve enflamatuvar miyozit, kompartman sendromu ve kas denervasyonu sayılabilir.<sup>[11]</sup> Diyabetik kas iskemisi, uyluk ve kruris bölgesinde ani başlayan şiddetli ağrı ile ortaya çıkan, birden fazla kompartmanda ve iki taraflı olarak farklı kasları tutan ödem ile karakterizedir ve kası besleyen vasküler yapılarıdaki fibrinöz tıkanmaya bağlanmıştır.<sup>[25]</sup>

Enfektif ve enflamatuvar miyozit, sedimentasyon hızı ve lökosit sayısında değişiklik olmaksızın görülen iskemiyeye<sup>[25]</sup> karşılık, bu parametrelerde artış ile<sup>[11]</sup> seyreder. Kontrastlı incelemelerde, kas planlarının periferik kontrastlanma gösterdiği ve yer yer kas içinde abse formasyonları olduğu izlenebilir.<sup>[26]</sup> Daha çok uyluk ve kruris kaslarında izlenmekle birlikte, ayaktaki intermetatarsal kas planlarında da izlenebilir.

Kas denervasyonu, diyabetik hastalarda periferik nöropatiye bağlı olarak ortaya çıkar. Akut-subakut denervasyonda ödem olduğundan, T2 ağırlıklı serilerde hiperintens izlenen kas yapısı, T1 ağırlıklı serilerde normal görünümünü korur.<sup>[27]</sup> Ancak, kronik dönemdeki denervasyonlarda, kasta atrofi ortaya çıkar; bu bulgu en iyi T1 ağırlıklı serilerde saptanır.<sup>[11]</sup>

### SONUÇ

Diabetin, kemik, kas ve yumuşak dokular ve cildi ilgilendiren yaygın komplikasyonları, diyabetik ayak adı altında, en çok ayak ve ayak bileğinde izlenir. Görüntüleme yöntemlerinin tamamı bu bölgede kullanılabilir, ancak klinik duruma göre en çok tercih edilenler, direkt grafiler ve yumuşak doku çözünürlüğündeki belirgin üstünlüğü nedeniyle, MR görüntülemesidir.

Görüntüleme temeli amaç, nöropati ve enfeksiyon arasındaki ayırımı yaparak, gecikmiş osteomyelite bağlı amputasyonları engellemektir. Nöropatik artropatide değişiklikler, öncelikle kemik dokudan başlayarak, deformasyon ile sonuçlanırken; enfeksiyon, öncelikle ciltte ortaya çıkan kallus ve ülser gibi defektler aracılığıyla ortaya çıkar. Ayırıcı tanıda, kemik yapıdaki değişikliklerin anatomik ayrıntıları, cilt bütünlüğünün korunması ve kontrastlanma paterni önemlidir. Klinik ve görüntüleme bulguları ile ayırım yapılamadığında, işaretli lökosit sintigrafisi yardımcı olabilir.

**KAYNAKLAR**

1. Schweitzer ME, Daffner RH, Weissman BN, Bennett DL, Blebea JS, Jacobson JA, Morrison WB, Resnik CS, Roberts CC, Rubin DA, Seeger LL, Taljanovic M, Wise JN, Payne WK. ACR Appropriateness Criteria on suspected osteomyelitis in patients with diabetes mellitus. *J Am Coll Radiol* 2008;5(8):881-6. [CrossRef](#)
2. Cody DD, Brateman LF, Favinger J, Geise RA, Jordan DW, Kritzman ML, Rosen MP, Rybicki FJ, Strauss KJ. ACR Appropriateness Criteria Radiation Dose Assessment Introduction, 2015. <http://www.acr.org/~media/a27a29133302408bb86888eafd460a1f.pdf>
3. Pogonowska MJ, Collins LC, Dobson HL. Diabetic Osteopathy. *Radiology* 1967;89:265-71.
4. Gondos B. Roentgen observations in diabetic osteopathy. *Radiology* 1968;91(1):6-13.
5. Meltzer AD, Skversky N, Ostrum BJ. Radiographic evaluation of soft-tissue necrosis in diabetics. *Radiology* 1968;90:300-5.
6. El-Khoury GY, Kathol MH. Neuropathic fractures in patients with diabetes mellitus. *Radiology* 1980;134(2):313-6.
7. Phemister DB. Lesions of bones and joints arising from interruption of the circulation. *J Mt Sinai Hosp N Y* 1948;15(2):55-63.
8. Lingegowda D, Moorthy S, Sreekumar K, Kannan R. Imaging in diabetic ischemic foot. *International Journal of Diabetes in Developing Countries* 2010;30(4):179-84.
9. Cossman DV, Ellison JE, Wagner WH, Carroll RM, Treiman RL, Foran RF, Levin PM, Cohen JL. Comparison of contrast arteriography to arterial mapping with color-flow duplex imaging in the lower extremities. *J Vasc Surg* 1989;10(5):522-8.
10. Kapoor A, Page S, Lavalley M, Gale DR, Felson DT. Magnetic resonance imaging for diagnosing foot osteomyelitis: a meta-analysis. *Arch Intern Med* 2007;167(2):125-32.
11. Baker JC, Demertzis JL, Rhodes NG, Wessell DE, Rubin DA. Diabetic musculoskeletal complications and their imaging mimics. *Radiographics* 2012;32(7):1959-74. [CrossRef](#)
12. Ledermann HP, Morrison WB, Schweitzer ME. MR image analysis of pedal osteomyelitis: distribution, patterns of spread, and frequency of associated ulceration and septic arthritis. *Radiology* 2002;223(3):747-55.
13. Mueller MJ, Minor SD, Diamond JE, Blair VP 3rd. Relationship of foot deformity to ulcer location in patients with diabetes mellitus. *Phys Ther* 1990;70(6):356-62.
14. Bevan WP, Tomlinson MP. Radiographic measures as a predictor of ulcer formation in diabetic charcot midfoot. *Foot Ankle Int* 2008;29(6):568-73. [CrossRef](#)
15. Donovan A, Schweitzer ME. Use of MR imaging in diagnosing diabetes-related pedal osteomyelitis. *Radiographics* 2010;30(3):723-36. [CrossRef](#)
16. Ledermann HP, Schweitzer ME, Morrison WB. Nonenhancing tissue on MR imaging of pedal infection: characterization of necrotic tissue and associated limitations for diagnosis of osteomyelitis and abscess. *AJR Am J Roentgenol* 2002;178(1):215-22.
17. Ergen FB, Sanverdi SE, Oznu A. Charcot foot in diabetes and an update on imaging. *Diabetic Foot Ankle* 2013;4. [CrossRef](#)
18. Loredó R, Rahal A, García G, Metter D. Imaging of the diabetic foot diagnostic dilemmas. *Foot Ankle Spec* 2010;3(5):249-64. [CrossRef](#)
19. Brower AC, Allman RM. Pathogenesis of the neurotrophic joint: neurotraumatic vs. neurovascular. *Radiology* 1981;139(2):349-54.
20. Ledermann HP, Morrison WB. Differential diagnosis of pedal osteomyelitis and diabetic neuroarthropathy: MR imaging. *Semin Musculoskelet Radiol* 2005;9(3):272-83.
21. Butalia S, Palda VA, Sargeant RJ, Detsky AS, Mourad O. Does this patient with diabetes have osteomyelitis of the lower extremity? *JAMA* 2008;299(7):806-13. [CrossRef](#)
22. Whitehouse RW. Radiology and magnetic resonance imaging of the diabetic foot. In: Boulton AJM, Cavanagh PR, Rayman G, editors. *The foot in diabetes*, 4th ed. London: John Wiley and Sons Ltd.;2006. p.222-37.
23. Morrison WB, Schweitzer ME, Bock GW, Mitchell DG, Hume EL, Pathria MN, Resnick D. Diagnosis of osteomyelitis: utility of fat-suppressed contrast-enhanced MR imaging. *Radiology* 1993;189(1):251-7.
24. Morrison WB, Schweitzer ME, Batte WG, Radack DP, Russel KM. Osteomyelitis of the foot: relative importance of primary and secondary MR imaging signs. *Radiology* 1998;207(3):625-32.
25. Jelinek JS, Murphey MD, Aboualfia AJ, Dussault RG, Kaplan PA, Snearly WN. Muscle infarction in patients with diabetes mellitus: MR imaging findings. *Radiology* 1999;211(1):241-7.
26. Kattapuram TM, Suri R, Rosol MS, Rosenberg AE, Kattapuram SV. Idiopathic and diabetic skeletal muscle necrosis: evaluation by magnetic resonance imaging. *Skeletal Radiol* 2005;34(4):203-9.
27. Kamath S, Venkatanarasimha N, Walsh MA, Hughes PM. MRI appearance of muscle denervation. *Skeletal Radiol* 2008;37(5):397-404. [CrossRef](#)