

DİYABETİK AYAKTA RADYOLOJİK GÖRÜNTÜLEME

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Gökhan Yavaş
Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi
Radyoloji Anabilim Dalı

Sunum Planı

- Diyabetik ayak nedir? Neden önemlidir?
- Diyabetik Ayak Komplikasyonları - En sık görülen patolojiler
- Görüntüleme Yöntemleri - Kullanılan teknikler ve avantajları
- Osteomyelit ve Nöropatik Osteoartropati - Tanı ve ayırıcı bulgular

Diyabetik Ayak

- Diyabetes mellitus → çoklu organ hastalığı.
- Ayak ve ayak bileğinde ciddi komplikasyonlar, yumuşak doku ve kemik enfeksiyonları
 - Diyabetik hastaların yaklaşık beşte birinde özellikle pedal enfeksiyonlar nedeniyle hastaneye yatış gereksinimi
- Travmaya bağlı olmayan amputasyonların en yaygın nedeni

Nedenleri

Vaskülopati

Nöropati

Zayıflamış
Bağışıklık
Sistemi

Multidisipliner Yaklaşım

Diyabetik ayakta radyoloğun görevi:

Eşlik eden patolojilerin ayırt edilmesi.

Klinisyene doğru tedavi yönteminin seçimi konusunda yardımcı olunması.



Amaç: Ayak deformitesi ve disfonksiyonunu en aza indirmek.

Hangi Görüntüleme Modaliteleri?

- Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) :
 - Hem yumuşak doku hem de kemiklerin, özellikle de kemik iliği değişikliklerinin değerlendirilmesi
- Altın Standart: Kemik biyopsisi.
- Diğer Görüntüleme Yöntemleri:
 - Direkt grafi (DG)
 - Sintigrafi
 - Bilgisayarlı tomografi (BT)

Diyabetik Ayakta MRG

Görüntüleme Planlaması:

- Ülser odaklı görüntüleme
- En az 2 plan

Koronal Plan:

- Ön ayak
- Ülserlerin kemiklerle olan ilişkisi

Sagittal Plan:

- Ayak bileği, başparmak ve ön ayak
- Orta ayağın nöropatik tutulumu, plantar yüz ve kalkaneusun posterioru

Aksiyel Plan:

- Metatarsal kemikler, tendonlar, kompartmanlar ve orta ayak
- Ayrıca malleoller ve çevresindeki tendonların değerlendirilmesinde

Diyabetik Ayakta MRG

Rutin → T1 spin eko (SE), STIR, T2 yağ baskılı sekanslar

T1 ağırlıklı sekanslar

- Normal ve anormal anatomi

T2 ağırlıklı yağ baskılı ve STIR sekanslar

- Kemik ve yumuşak dokuda ödem ve enflamatuvar değişiklikleri gösterir.

Diyabetik Ayakta MRG

- Kontrast madde rutin kullanımda şart değil
ANCAK
- Apse, sinus traktı ve enfeksiyonun uzanımını belirleme ve
- Kemik ve yumuşak dokuda canlı-ölü doku ayrımında gereklidir.
- Patolojinin kontrast tutmasından çok kontrastlanma paterni nöropatik değişiklikler-OM ayrımını sağlar.

Diyabetik Ayak Komplikasyonları:

- Kallus formasyonu
- Basınç noktalarında ülserasyon
- Selülit
- Apse formasyonu
- Ayak aks ve diziliminde bozulmalar
- Nöropatik osteoartropati (NO)
- Osteomyelit (OM)
- NO ve OM'nin ayırt edilmesi her zaman kolay değildir.
- Bulguların erken ve doğru tanımlanması durumunda:
 - Enfeksiyona bağlı morbidite azalır.
 - Hastanede yatış süresi kısalır.
 - Amputasyon insidansı düşer.

Kallus Formasyonu

- Kallus formasyonu ve ülserler, diyabetik ayağın en sık görülen komplikasyonlarıdır.
- Nedenleri:
 - Biyomekanik değişiklikler → Ayak üzerine binen basıncın artması ve basınç noktalarında değişim
 - Duyu nöropatisi.

Kallus: Lokalizasyon ve Görüntüleme Bulguları

Lokalizasyon:

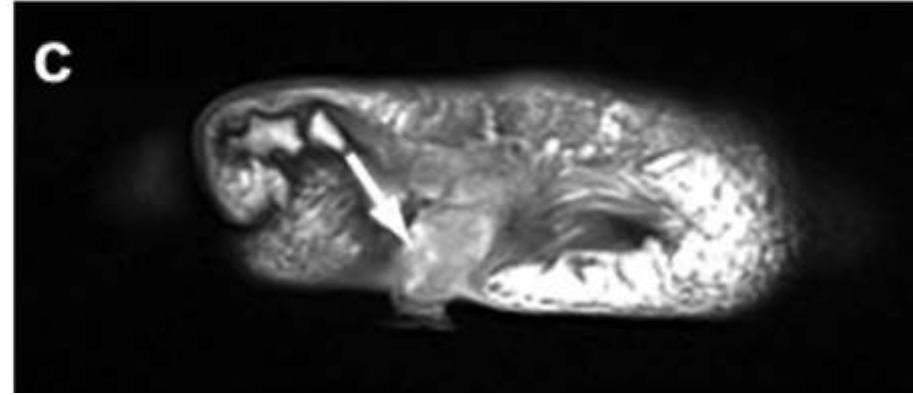
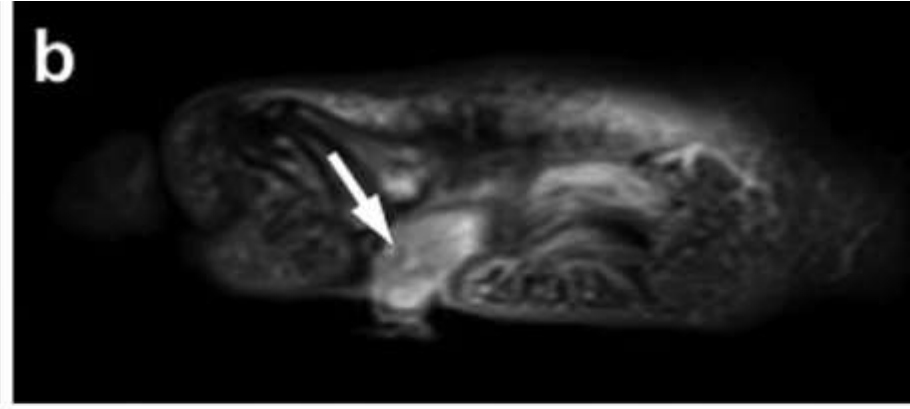
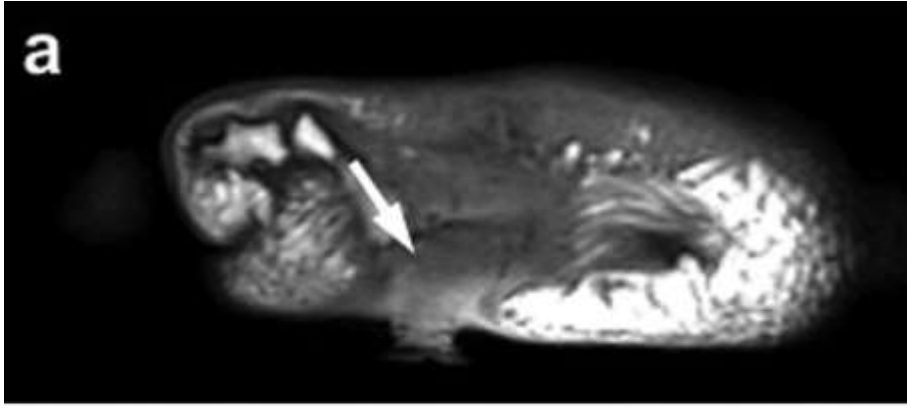
- Nöropatik olmayan ayak: Metatarsal kemik başlarının altı (özellikle ikinci).
- Nöropatik ayak: Küboid kemiğin altı.
- Birinci, ikinci ve beşinci MTF eklemler ve kalkaneus posteriorunun plantar yüzü.

MRG Bulguları:

- T1A: Düşük sinyal intensitesi.
- T2A: Vaskülarite ve granülasyon derecesine bağlı ara veya düşük sinyal intensitesi.
- Kontrast sonrası yoğun boyanma yumuşak doku enfeksiyonu ile karışabilir ancak lokalizasyon ve komşu doku anormalliği tanıda yardımcıdır.

Kallus ile İlişkili Durumlar

- Adventisyal Bursit:
 - Kallus üzerindeki kronik sürtünmeye bağlı gelişir.
 - İnce cilt altı sıvı birikimi ile karakterizedir
- Kallus üzerine yük binmesi ve mikrotravma, kallusta yıkımlara ve deri ülserlerine neden olur.



- 5. metatarsofalangeal eklem seviyesinde kallus formasyonu, Sırasıyla T1, STIR ve +C T1

Cilt Ülserleri

- Nedenleri:
 - Nöropati nedeniyle tekrarlayan ve fark edilmeyen mikrotravmalar.
 - Değişmiş biyomekanikler ve bozulan vaskülarite
→ Gecikmiş yara iyileşmesi.
- Sonuç:
 - Kallus dejenerasyonu ve enfeksiyona yatkınlık.
 - Kalınlaşmış, geniş cilt defektleri şeklinde ülserde kallus oluşumu.

Ülser Lokalizas yonu ve Görüntüle me

- İkinci ve üçüncü metatars başlarının plantar yüzleri.
- Başparmak dorsali, orta ayak, kalkaneus arka yüzü.
- MRG Bulguları:
 - T1A: Düşük sinyal.
 - T2A: Yüksek veya ara sinyal.
 - Kontrast sonrası: Ülser zemininde yoğun boyanma, sinüs traktı boyunca tren rayı şeklinde çevresel boyanma.

Ülser Komplikasyonları

- Ağır selülit
- Sinüs traktları
- Apse formasyonu
- Osteomyelit

Yaş: 060Y
Cinsiyet: Erkek
Doğum Tarihi: 01.03.1954

Exik: MR, AYAK BİLEĞİ (SOL)
Seri No: 4812203
Exik Id: 442996749
Tarih: 17.12.2014
Saat: 08:39:10

Protokol: PDW_SPAIR_Foot SENSE
Seri No: 701
Tarih: 17.12.2014
Saat: 08:56:22
Seri Pozisyonu: FFS
Modalite: MR

Exik No: 10

3.3
S 91.3566053490114112.41956885696172.6547588923299

352 x 352 px

WC: 162 WW: 280 | Z: 2.8 X



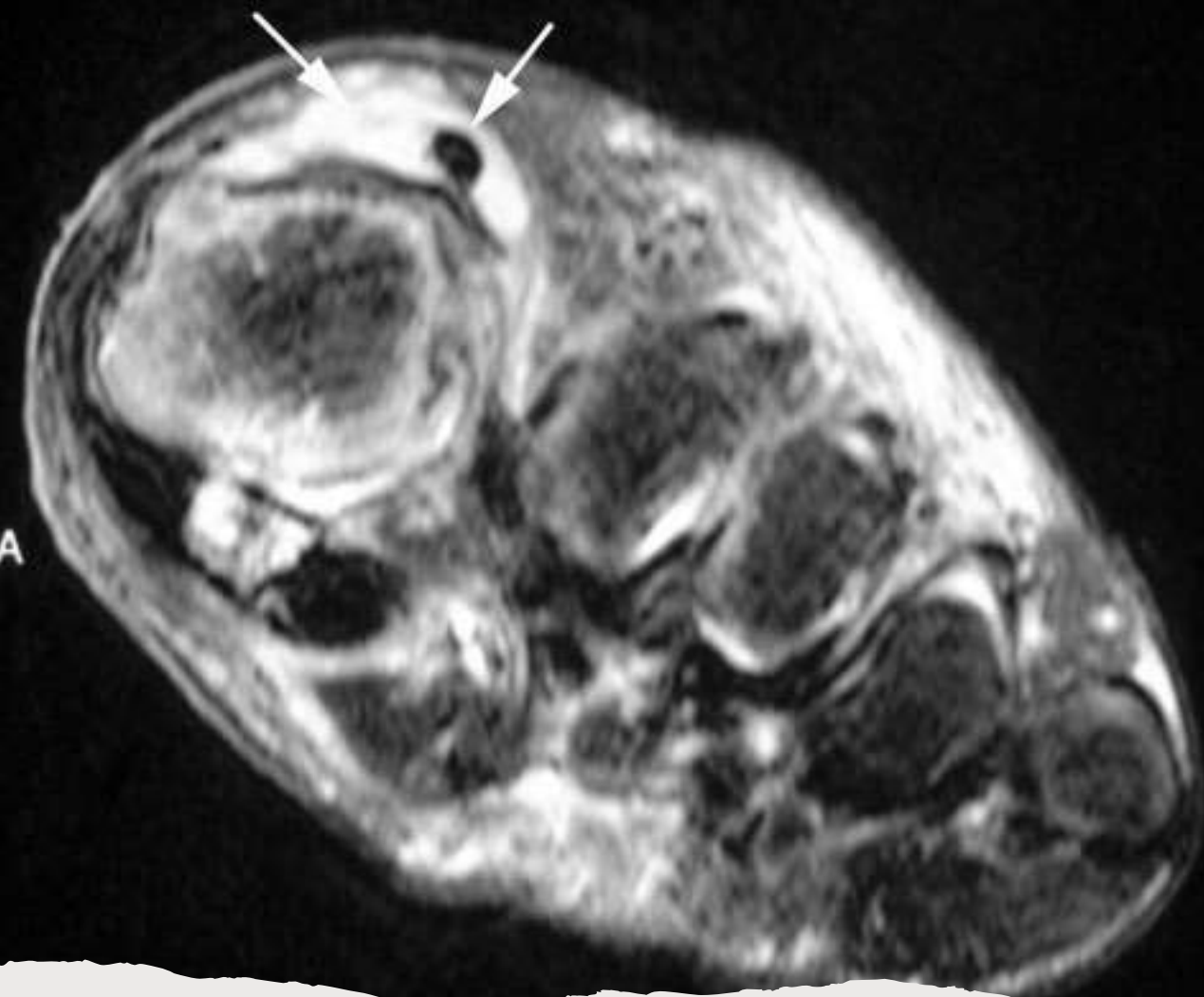
Yumuşak Doku Enfeksiyonları: Selülit

Fokal
veya
diffüz
selülit



MRG' de

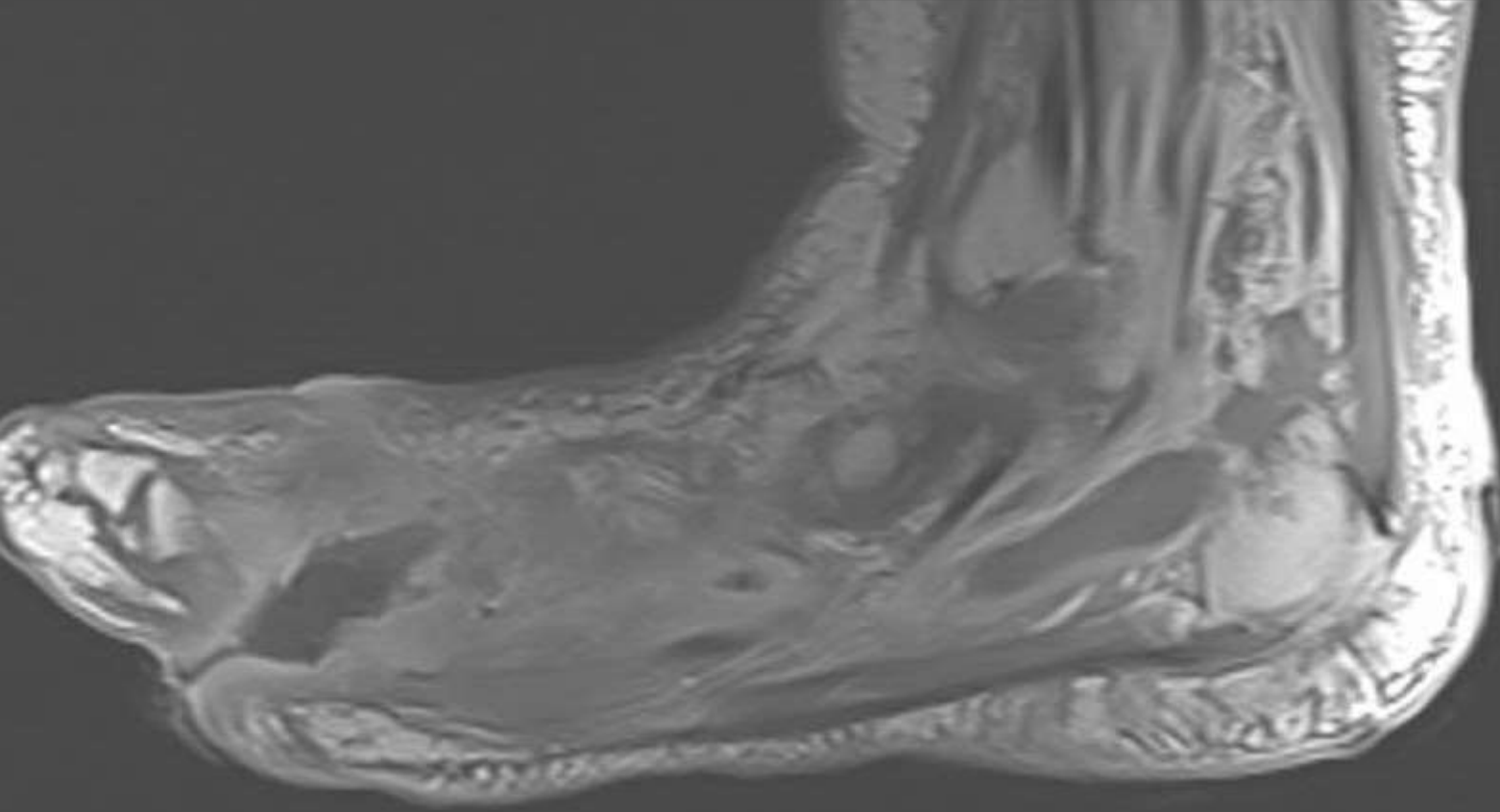
- Ciltte kalınlaşma.
- Cilt altı dokularda belirgin çizgilenme ve endürasyon.
- T1A: Yağa göre hipointens.
- Sıvıya hassas sekans: Kasa göre hiperintens.
- Yoğun kontrastlanma.
 - Selülit yumuşak doku ödeminden ayırt eder.



Selülit ve septik
tenosinovit

Yumuşak Doku Enfeksiyonları: Fokal Apse

- OM vakalarında %10-50 oranında apse eşlik eder.
- Çocuk yaşta daha sık ve genellikle intramuskuler.
- Çevresinde yoğun ödem ve çevresel yoğun boyanma izlenir.
- MRG'de
 - T1A: Düşük ve ara sinyal intensite
 - T2A: Hiperintens
 - Sıvıya hassas sekanslar: Sıvı ile izointens sinyal, kalın ve düzensiz duvar yapısı.
- Kontrast sonrası boyanmayan apseler, canlı olmayan dokuların saptanmasında önemlidir.



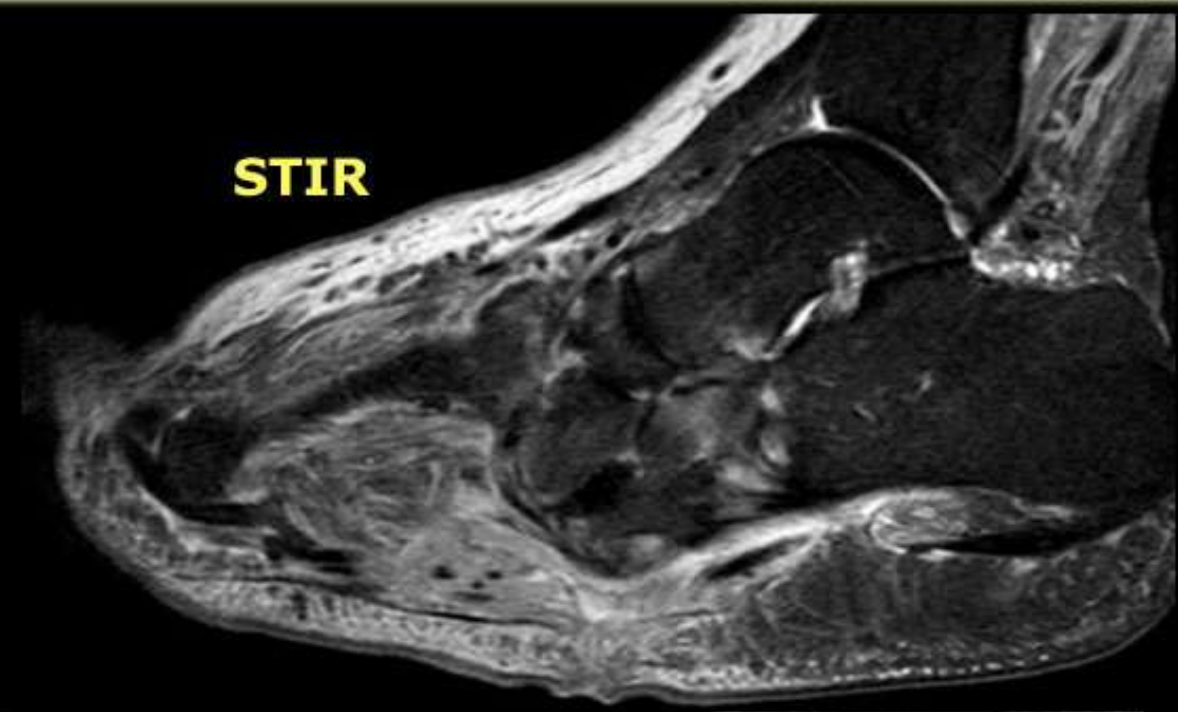
Yer yer cilde
fistulize
multipl apse
odakları

Yumuşak Doku Enfeksiyonları: Sinüs Traktı

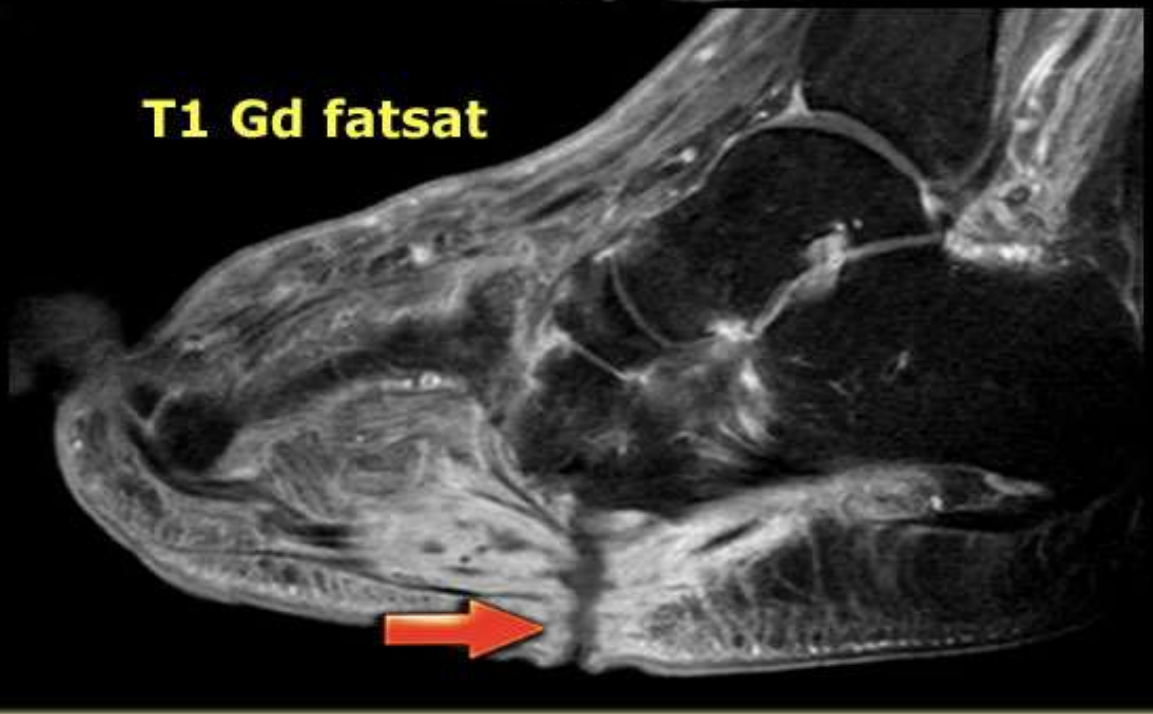
Genellikle cilt
ülserlerinden
kaynaklanır.

Daha derin
yerleşimli
enfeksiyonlarla
ilişkili
olabilir.

STIR



T1 Gd fatsat



Yumuşak Dokuda Hava

Canlı olmayan dokular içinde serbest hava görülebilir.

MRG'de sinyal kaybı alanları şeklinde izlenir.

Hava, hava üreten organizmalardan ziyade, canlı olmayan dokunun cilt ülseri ile ilişki kazanması sonucu izlenir.

Diyabetik Kas Atrofisi

- Mikrovasküler iskemik değişiklikler
 - Kas hücre ölümü.
- Kronik polinöropati:
 - Denervasyon → Kas atrofisi.
- Önce küçük kaslar etkilenir.
- Kas Dengesizliği:
 - Fleksör ve ekstensör kas grupları arasında dengesizlik.
 - Çekiç parmak deformitesi gelişir.
- Basınç Artışı:
 - Ayak üzerindeki basınç artar.
 - Klinik Sonuçlar:
 - Ülserasyon.
 - Kallus formasyonu.

Diyabetik Kas Atrofisi: MRG Bulguları

Akut Denervasyon:

- Ödem ve artmış hücre dışı sıvıya bağlı, sıvıya hassas sekanslarda yüksek sinyal intensite.

Kronik Denervasyon:

- Kas içindeki yağlanma → cilt altı yağ ile eş intensitede veya minimal hipointens sinyal.

- Ayak plantar yüzde kaslarda kronik atrofiyle uyumlu yağlanma artışı ve posteriorda kalkaneus düzeyinde osteomyelite ait olduğu düşünülen değişiklikler



Diyabetik Ayakta Osteomyelit (OM)

Diyabetik ayakta OM, deri ve yumuşak dokudan direkt yayılımla gelişir.

Ayak dışındaki OM'de sık görülen hematogen yayılım burada çok nadirdir.

Tanı Yaklaşımı:

- Ülser ve sinüs traktlarının değerlendirilmesi.
- Bu odaklara komşu kemiklerin incelenmesi.

OM – Erken Bulgular

Erken dönemde direkt grafi genellikle normal, bulgular geç dönemlerde ortaya çıkar

Erken Görülen Bulgular:

- Yumuşak doku şişliği.
- Kemik dansitesinde azalma.
- Korteks rezorpsiyonu ve periostit.
 - Kemik destrüksiyonu öncülleridir.

Kronik Evre:

- Kemik sklerozu ve nekrotik alanlar.
- Daha ileri evrelerde «kemik içinde kemik görünümü»
 - Sekestrum: Enfekte ve nekrotik kemik dokusu.
 - İnvolukrum: Nekrotik kemiği çevreleyen yeni kemik tabakası.

OM - MRG'nin Rolü

MRG'nin tanısal duyarlılığı ve özgüllüğü >%90'dır.

Ana Bulgular:

- T1A: Kemik iliğinde düşük sinyal.
- T2A/STIR: Kemik iliğinde yüksek sinyal.
- Kontrast sonrası:
 - Artmış anormal boyanma.
 - Kortikal kesinti

OM – MRG

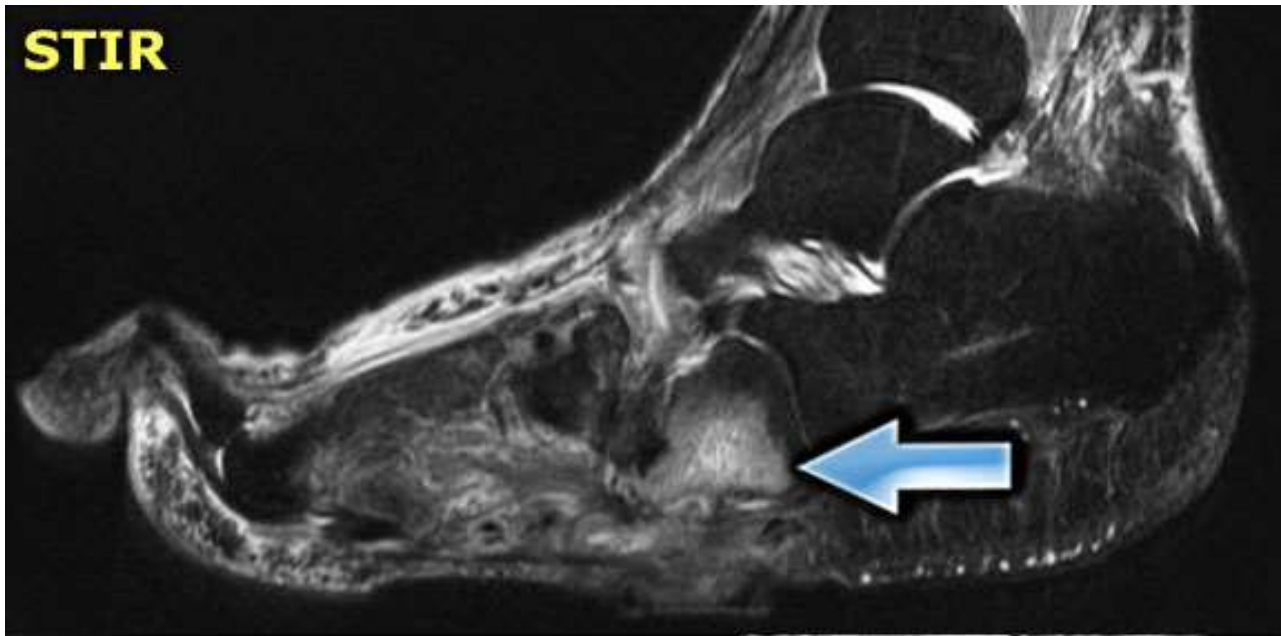
Akut Osteomyelit:

- T1A: Kemik iliğinde düşük sinyal.
- T2A/STIR: Kemik iliğinde yüksek sinyal.
- Kontrast sonrası aşırı boyanma.

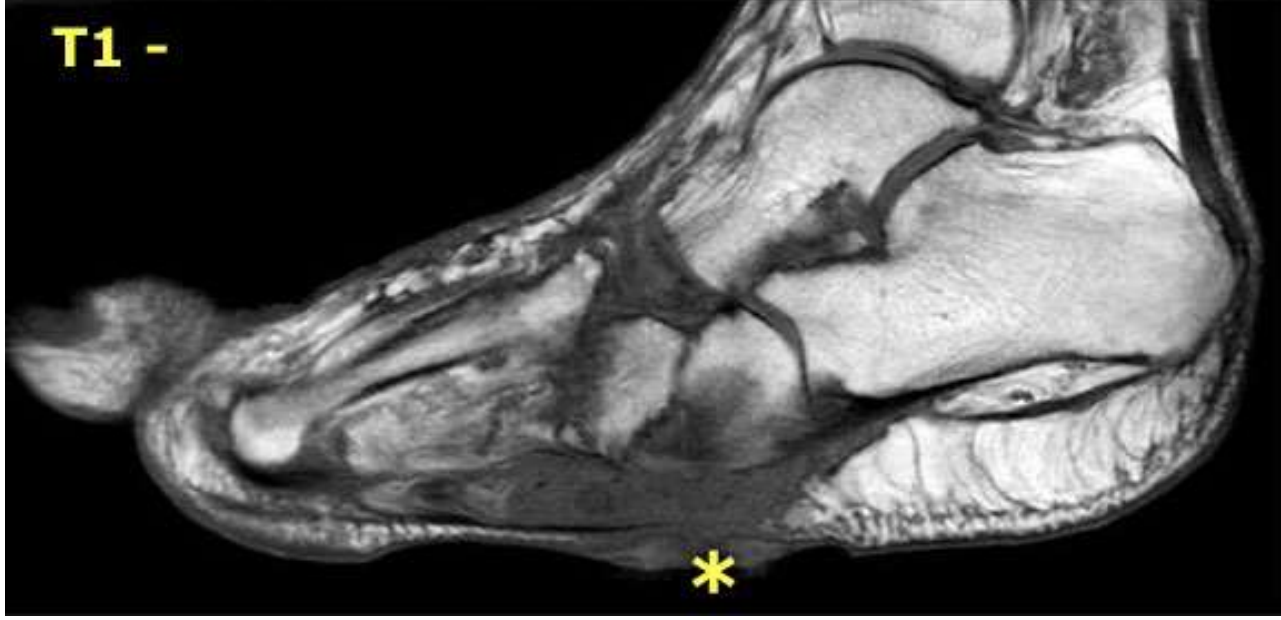
Kronik Osteomyelit:

- Skleroz alanları sağlıklı kemikten keskin sınırlarla ayrılır.
- T2A'da ara-yüksek sinyal değişiklikleri.
- Granülasyon dokusunun kontrast sonrası boyanması.

STIR



T1 -



OM – Sekonder Bulgular

- Ülser ve sinüs traktının kemikle ilişkisi.
- Komşu yumuşak doku enfeksiyonu (selülit, apse).
- Periost Reaksiyonu:
 - T2A'da periost çevresinde artmış sinyal.
 - Kontrast sonrası yoğun boyanma.

OM - Sinüs Traktı ve Ülser Değerlendirmesi

- Sinüs traktının kemikle bağlantısının T1A'da izlenmesi önemli.
- Ülser komşuluğunda kemik iliğinde düşük sinyal → OM varlığı.
- Kontrast sonrası boyanma yayılımının belirlenmesine yardımcı olur.



OM – Reaktif Kemik İliği Ödemi, Cerrahi Sonrası Değişiklikler

- Cerrahi sonrası değişiklikler, kırıklar, nöroartropati, avasküler nekroz, tümör.
- Rezidü hematopoetik ilik veya immobilizasyon kaynaklı değişiklikler.
- Ayırıcı Bulgular:
 - Kırık hattı → Çok planda net görülür, enfeksiyon dışlanır.
 - T1A hipointens değişiklikler OM'yi işaret eder.
 - İzole T2A hiperintensitesi genellikle reaktif ödemi işaret eder.
 - Genellikle zamanla düzelir.

• **KEMİK İLİĞİNDE HIPOİNTENS SİNYAL YOKSA OM DIŞLANABİLİR.**

Diyabetik Ayakta Septik Artrit

Diyabetik ayak enfeksiyonu olan hastaların %30'unda MRG'de septik artrit bulguları görülür.

- Kemik erozyonları, kemik iliği ödemi
- Eklem efüzyonu.
- Kıkırdak destrüksiyonu.
- Kalınlaşmış ve boyanan sinovyum.
- Sinovyum çevresinde yumuşak doku ödemi, defekt ya da ülser

MRG

- T2A: ödeme bağlı sinyal artışı
- Kontrastlı inceleme: Sinovyum ve çevresindeki boyanma.

Septik Artrit

- Eklem efüzyonu çoğu zaman sinüs traktı ile ilişkilidir.
- En Sık İF ve MTF eklemler etkilenir
 - Yüzeysel yerleşim ve ülserlere yakınlık nedeniyle en sık etkilenir.
 - Özellikle 1. MTF eklemden enfeksiyon belirgin olabilir.

Septik Artrit - Ayırıcı Tanı

Septik Artrit ve Reaktif Kemik İliği Ödemi:

- İki durumda da T2A'da ödem ve kontrastlı incelemede boyanma izlenir.
- Anormal T1A Sinyali: Reaktif ödemi gerçek enfeksiyondan ayırmada önemli.

Septik Artrit ve Osteomyelit:

- Her iki durumun yakın komşuluğu tanısal zorluk yaratabilir.
- Kemik erozyonu ve kırıldak hasarı, septik artrit için daha spesifik bulgulardır.

Nöropatik Osteoartro pati (NO)

Tanım

- Sinir hasarı nedeniyle gelişen kemik ve eklem deformitesi.

Charcot'un Tarifi:

- Otonom regülasyon kaybı → Artan kan akımı → Kemik rezorpsiyonu.

Nörotravmatik Teori (Volkman ve Virchow):

- Ağrı kaybı → tekrarlayan travma ve eklemlerde aşırı hareket alanı → deformasyon.

Yürüme Dinamiği ve Diyabetin Etkisi

Normal Dinamik:

- Aşil tendonu, plantar fasya ve MTF eklemleri topuktan başparmağa yük aktarır.

Diyabetin Etkisi:

- Tendonlar kısalır, elastikiyet kaybolur.
- Aşil-gastroknemius-soleus kompleksi kısalır → dorsifleksiyon kaybı

Sonuç:

- Yürüyüş bozuklukları orta ayak yükünü artırır → kırık ve çökmeler.



NO Gelişiminde Risk Faktörleri ve Mekanizmalar

- Risk Faktörleri:
 - Azalmış ağrı duyusu.
 - Diyabet ve vasküler hastalık.
- Mekanizmalar:
 - Tekrarlayan mikrotravmalar → kemik ve eklem hasarı.
 - Yetersiz iyileşme → deformiteler.

NO: Etkilenen Bölgeler

- Lisfrank eklemi.
 - Ayak bileği.
 - MTF eklemleri.
- Orta ayak > Ön ayak > Distal ayak.

NO: Klinik
Tipleri ve
Evreleri

- Atrofik Tip
 - Kemik destrüksiyonu baskındır.
- Hipertrofik Tip
 - Kemik üretimi baskındır.
- Mikst Tip
 - Hem destrüksiyon hem üretim görülür (diyabetik ayakta en sık).
- Akut Evre:
 - Diffüz yumuşak doku ödemi.
 - Minimal kemik rezorpsiyonu ve subluksasyon.
- Kronik Evre:
 - Eklem deformitesi, dislokasyon, fragmantasyon.
- Kronik Üzerinde Akut Alevlenme:
 - Difüz ödem, anormal kemik iliği sinyalleri.

Difüz ayak şişliği, eritem
(selülite benzer).



MRG Bulguları:

Yumuşak doku
ödemi (cilt
altı yağ
dokusu
sinyali
korunur).

- Selülitten
ayırıcı
özellik

Efüzyon,
subkondral
kemik iliği
ödemi.

Sinoviyumda
ince çevresel
boyanma.

Akut
Nöropatik
Osteoartrop
ati



Kronik Nöropatik Osteoartr opati

- 5D → **D**eformite, **D**islokasyon, **D**estruksiyon, **D**ebri, **D**ansitenin korunması.
- Deformite, skleroz, kemik fragmantasyonu.
- Kallus oluşumu ve hipovaskülarite → ülserasyon riski.
- **MRG Bulguları:**
 - Subkondral sinyal değişiklikleri (osteoskleroz).
 - Eklem subluksasyonu, dislokasyonu.
 - Kemik proliferasyonu ve fragmantasyon.





NO ve OM ayrımı

-
- Klinik ve radyolojik olarak ayırt edilmesi zordur.
 - Diyabetik ayakta OM tanısı diğer bölgelerdeki OM'ye göre daha zordur ancak doğruluk oranı yüksektir.
 - En doğru tanı yöntemi biyopsidir.
 - Ülser, selülit, apse veya sinüs traktı olmadan kemik iliği ödemi varsa, daha çok nöropatik osteoartropati düşünülmelidir.

NO'da Özgün Görüntüleme Bulguları

- Lisfrank Eklemінде Genişleme: Tipik bulgu.
- MRG Bulguları:
 - Subkondral kistler.
 - Eklem içi yabancı cisimler ve fragmantasyon.
 - Eklem dislokasyonları, efüzyon.

OM Tanısında MRG

Kemik iliği sinyal değişikliği (yüksek duyarlılık).

Kortikal bozulma ve periostit.

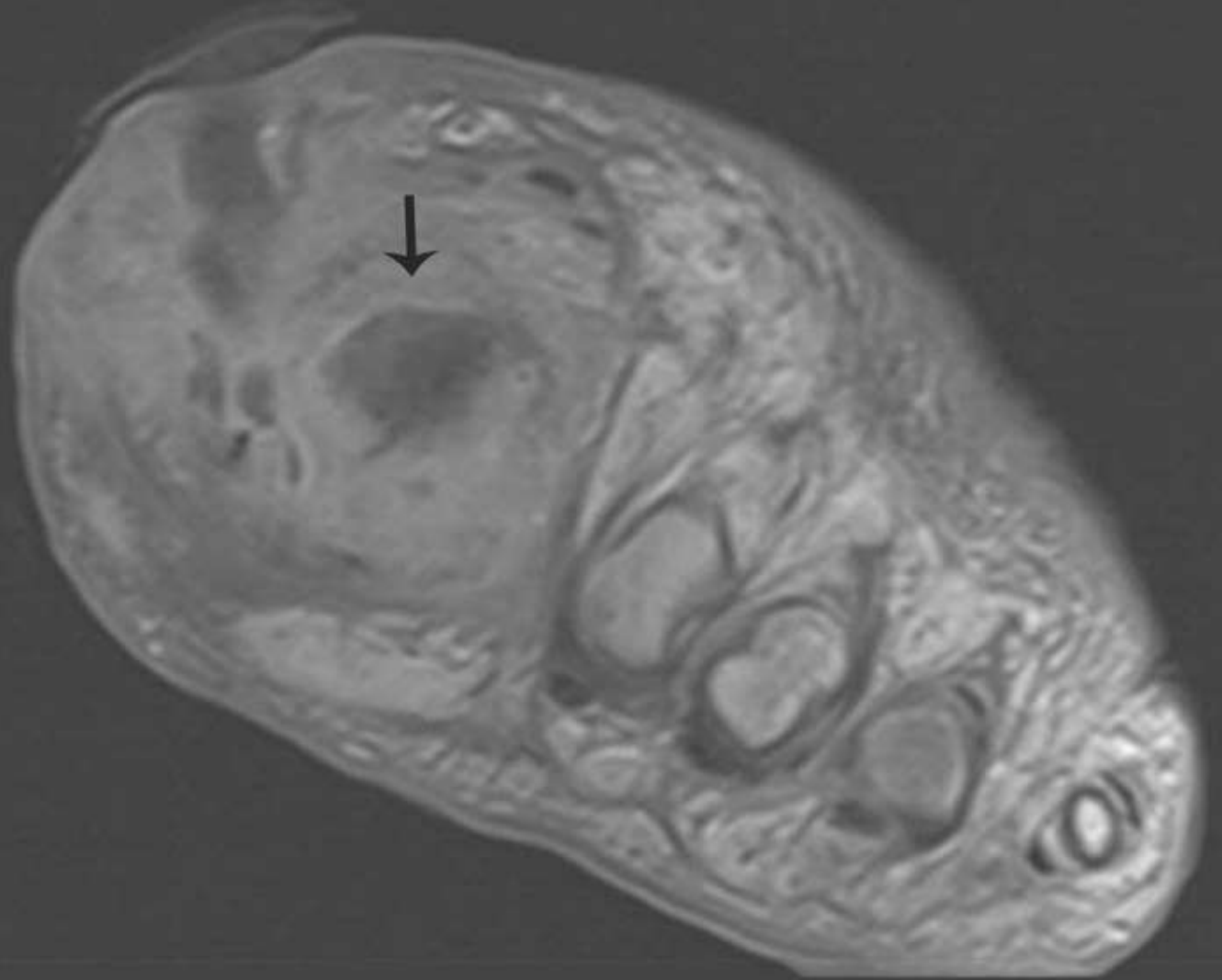
- Dış kortikal sınır boyunca ince lineer ödem ve boyanma.
- Metatarsal kemik dışında periostit enfeksiyonu düşündürür.

Kemik içi sıvı koleksiyonu → kemik içi apseyi düşündürür.

Penumbra İşareti:

- Subakut OM'de tipik.
- T1A'da santral apse kavitesi etrafında yüksek sinyalli zon ve kemik iliği ödemi.

Koronal +C
T1A kemik
içi apse ve
sinüs
traktı



NO ve OM' de Kemik İliği Sinyal Değişiklikleri

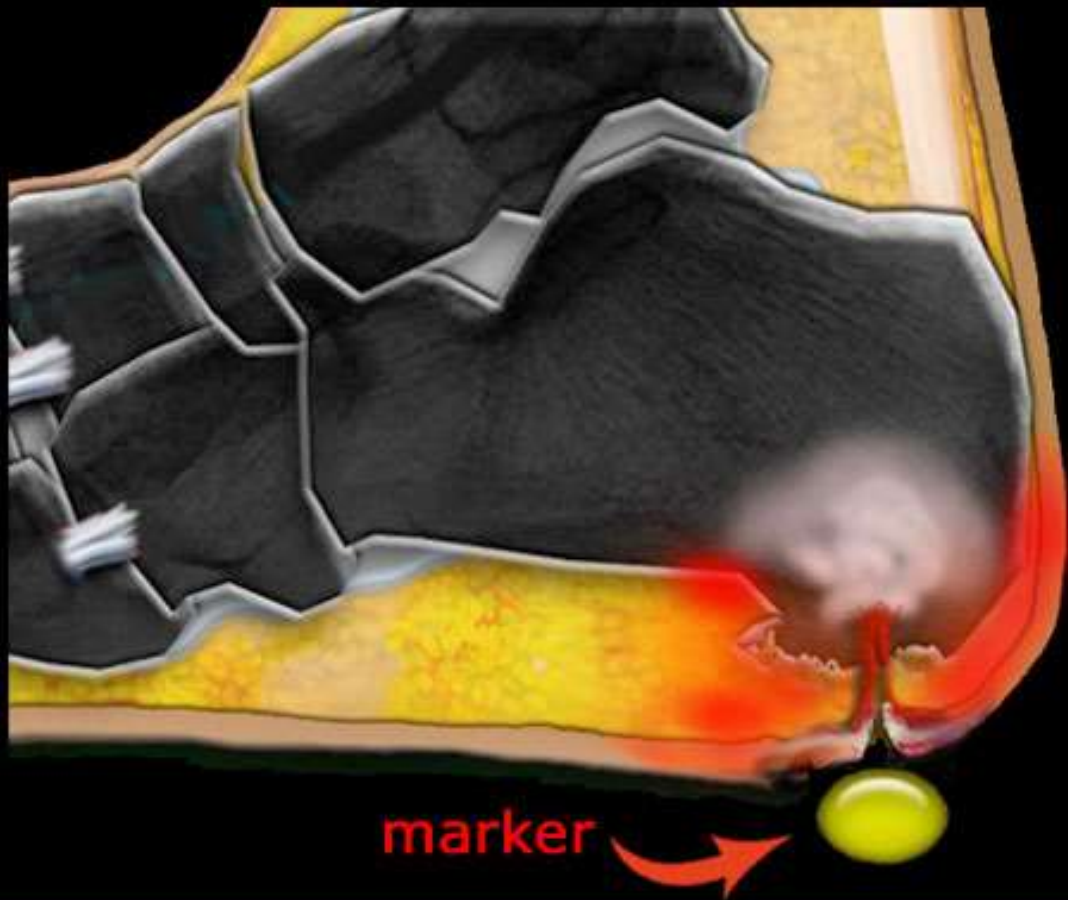
OM:

- Ülser komşuluğunda
 - Kalkaneus, malleoller, metatars başı, parmaklar
- Tek kemikte difüz kemik iliği tutulumu.
- Difüz sinyal değişikliği, T1A'da normal medulla sinvalinin verini

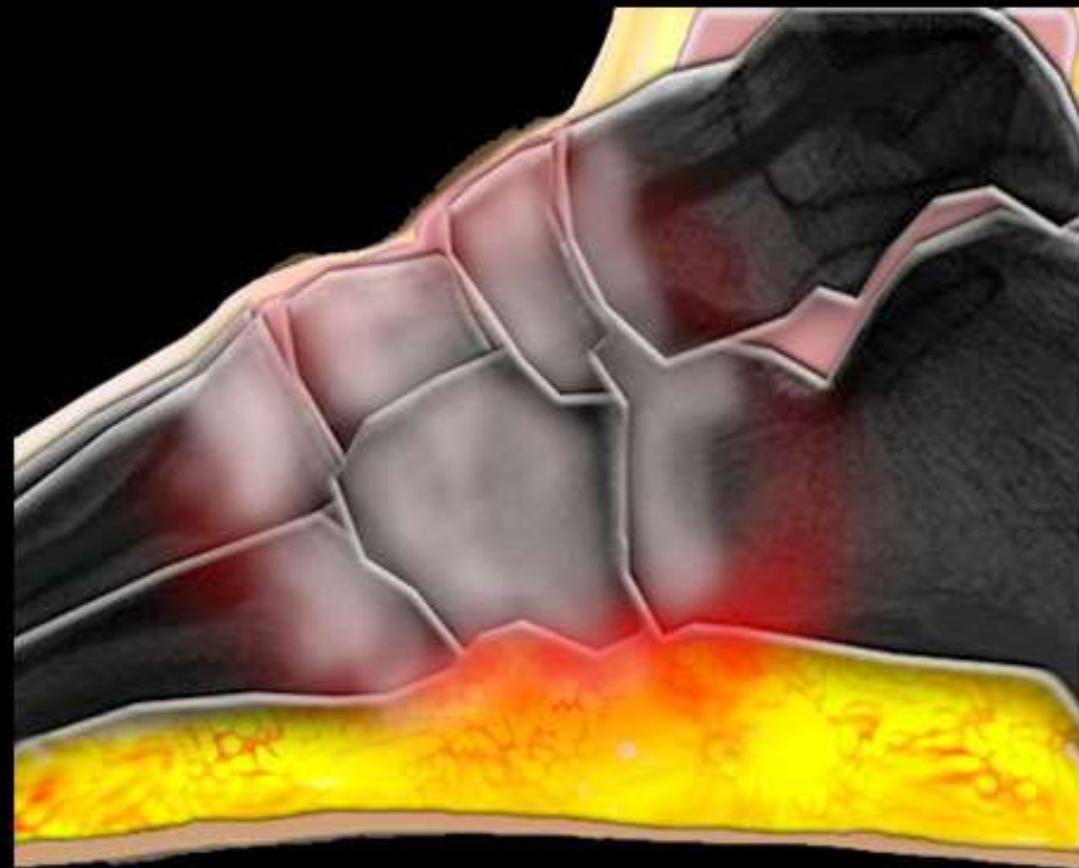
NO:

- Genellikle tarsometatarsal ve MTF eklem çevresinde görülür.
- Birden fazla kemikte periartiküler/subkondral alanda ödem vardır.

Osteomyelitis



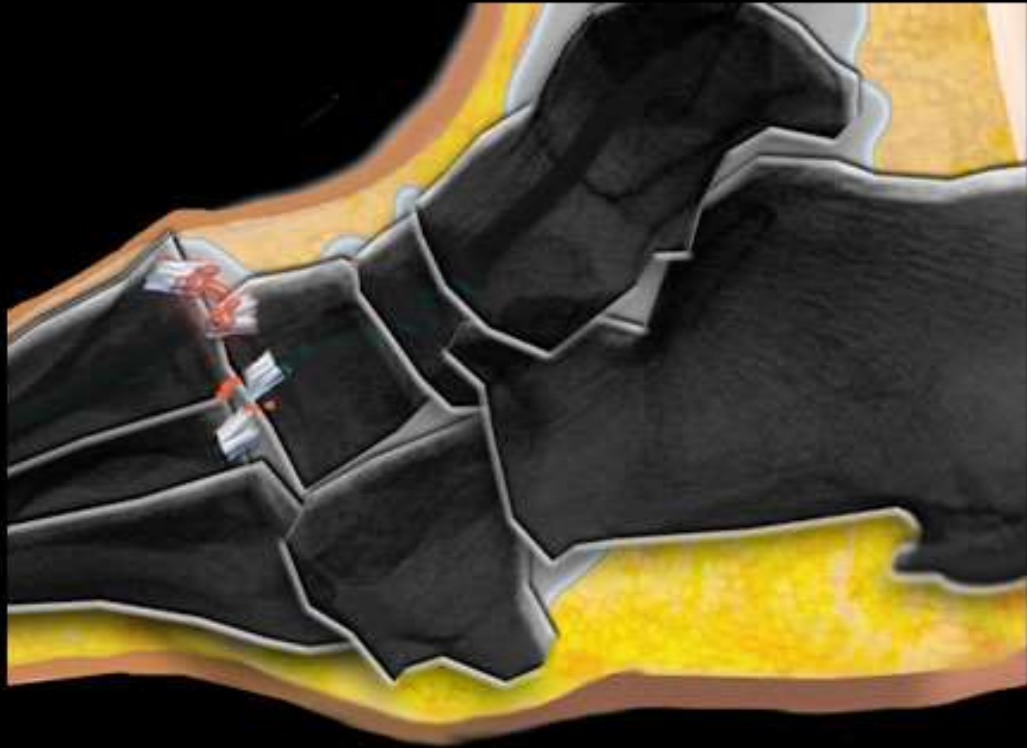
Active Charcot



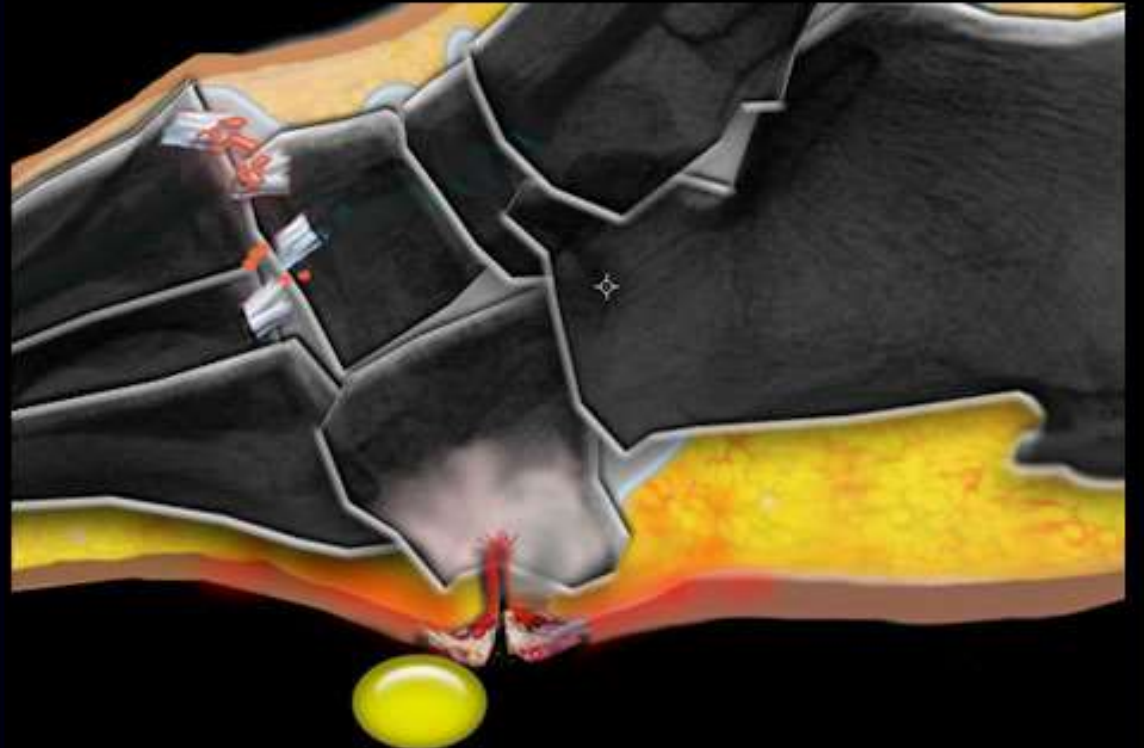
NO ve OM'nin Birlikte Görülmesi

- NO üzerine enfeksiyon eklenmesi → değerlendirme daha zor.
 - Komşu yumuşak dokuda ülser, sinüs traktı ve büyük sıvı koleksiyonları
 - Kemik erozyonunda artış.
 - Kemik iliği sinyalinde artan hiperintensite.
 - Kemik iliği ödemi periartiküler/subkondral alan dışında da görülür.
 - Takiplerde subkondral kistler ve eklem içi serbest fragmanların kaybolması
- Hayalet İşareti:
 - T1A'da belirsiz konturlar.
 - T2A ve kontrast sonrası keskin görünüm.

Chronic Charcot



Superimposed infection



Hasta Id: 514998

Yaş: 064Y

Doğum Tarihi: ..

Tetkik: AYAK BILEĞİ / SAG

Acc. No: 4480135

Tetkik Id: 28078

Tarih: 03.07.2014

Saat: 14:01:51

Seri: SAG T1 FSE

Seri No: 2

Tarih: 03.07.2014

Saat: 14:03:50

Hasta Pozisyonu: FFS

Modalite: MR

İmaj No: 9

A

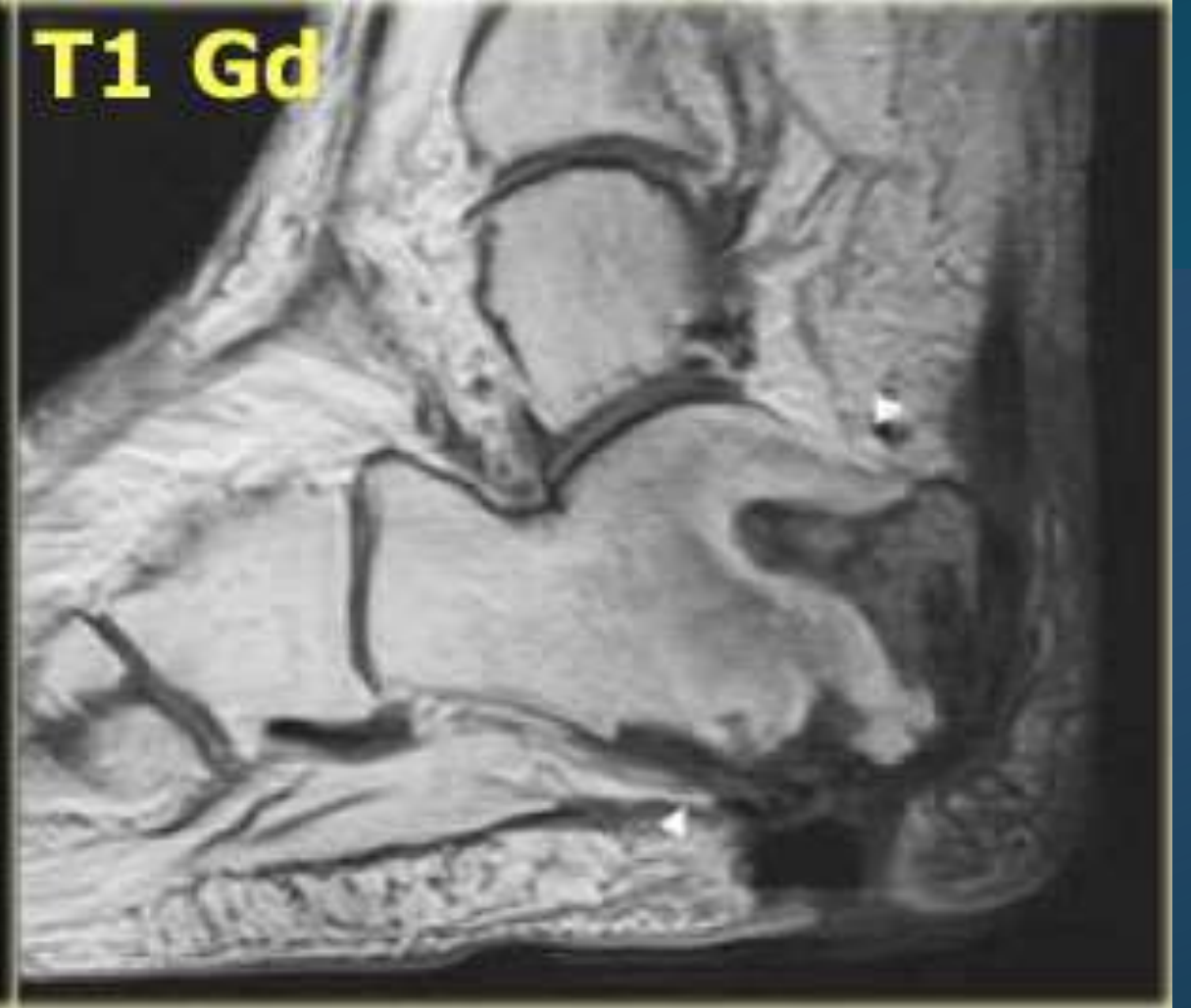
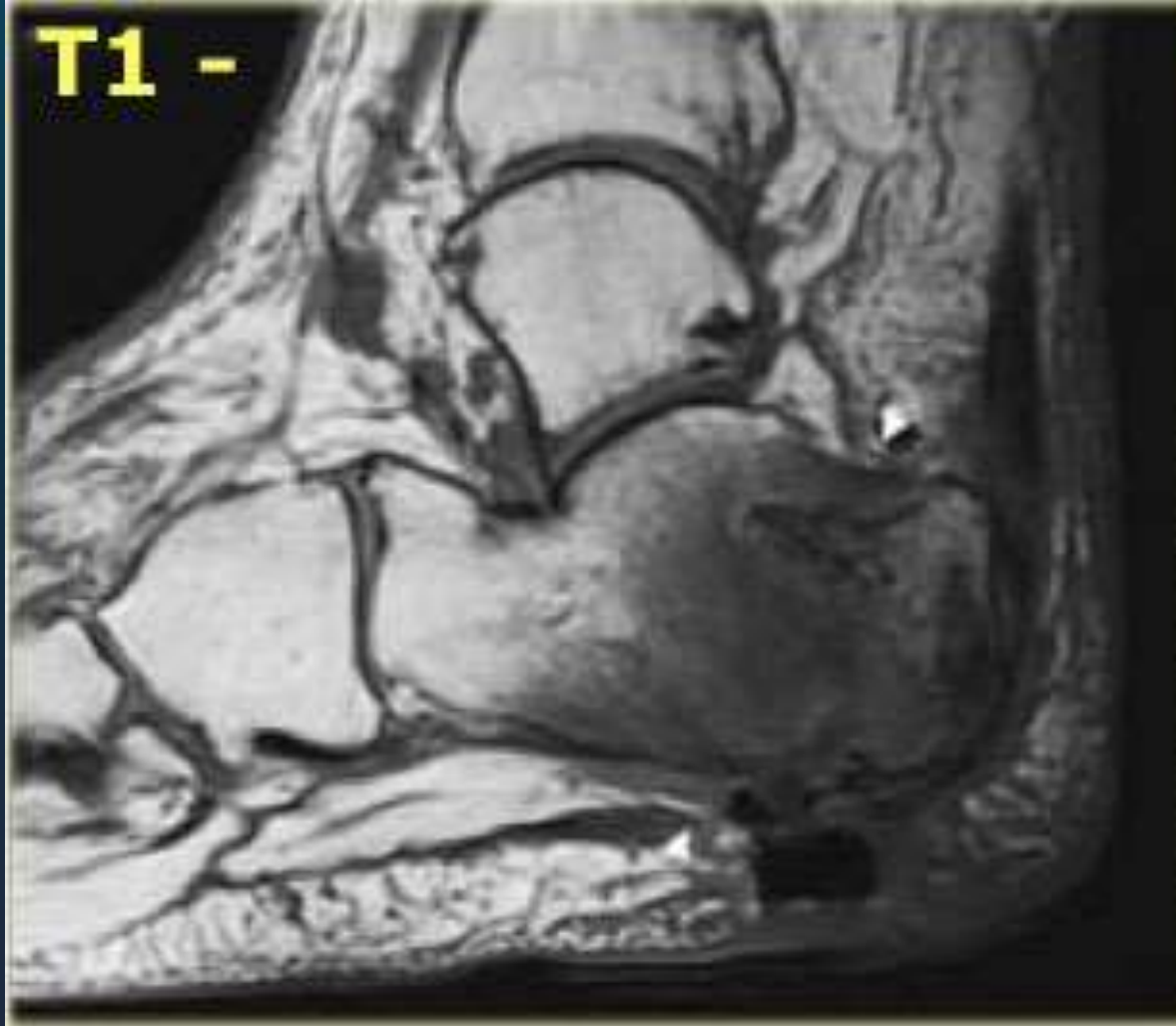
ST: 4

POS: -30.361\84.9\82.4718

512 x 512 px

WC: 899 WW: 1199 | Z: 2.0 X





HAYALET İŞARETİ

SONUÇ

- MRG, diyabetik ayakta osteomyelit ve yumuşak doku komplikasyonlarının değerlendirilmesinde en önemli görüntüleme yöntemidir.
- Farklı komplikasyonların benzer görüntüleme bulgularına sahip olması tanıyı zorlaştırabilir.
- MRG'nin teknik gerekliliklerine ve spesifik bulgularına hakimiyet, doğru tanı ve etkili hasta yönetimi açısından kritik öneme sahiptir.

Referanslar

- Maraş Özdemir, Z. (2023). *Diyabetik Ayak ve Osteomyelit*. Türk Radyoloji Seminerleri, 11(2), 170-179. doi: [10.4274/trs.2023.234104](https://doi.org/10.4274/trs.2023.234104) .
- Kerimoğlu, Ü. (2016). *Diyabetik Ayak*. Türk Radyoloji Seminerleri, 4, 505-515. doi: [10.5152/trs.2017.425](https://doi.org/10.5152/trs.2017.425) .
- Gold, R. H., Tong, D. J. E., Crim, J. R., & Seeger, L. L. (1995). *Imaging the Diabetic Foot*. Skeletal Radiology, 24, 563-571. doi: [10.1007/BF00204853](https://doi.org/10.1007/BF00204853) .
- Craig, J. C., Amin, M. B., Wu, K., Eyler, W. R., van Hoisbeeck, M. T., Bouffard, J. A., & Shirazi, K. (1997). *Osteomyelitis of the Diabetic Foot: MR Imaging-Pathologic Correlation*. Radiology, 203, 849-855. doi: [10.1148/radiology.203.3.849](https://doi.org/10.1148/radiology.203.3.849) .
- Daneshvar, K., & Anwander, H. (2022). *Diagnostic Imaging of Diabetic Foot Disorders*. Foot and Ankle Clinics, 27, 513-527. doi: [10.1016/j.facl.2022.01.002](https://doi.org/10.1016/j.facl.2022.01.002) .
- Lauri, C., Noriega-Álvarez, E., Chakravartty, R. M., Gheysens, O., Glaudemans, A. W. J. M., Slart, R. H. J. A., et al. (2024). *Diagnostic Imaging of the Diabetic Foot: An EANM Evidence-Based Guidance*. European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging, 51, 2229-2246. doi: [10.1007/s00259-024-06693-y](https://doi.org/10.1007/s00259-024-06693-y) .
- <https://radiologyassistant.nl/musculoskeletal/diabetic-foot/mri-examination>
- Schweitzer, M. E., & Morrison, W. B. (2004). *MR Imaging of the Diabetic Foot*. Radiologic Clinics of North America, 42, 61-71. doi: [10.1016/S0033-8389\(03\)00163-5](https://doi.org/10.1016/S0033-8389(03)00163-5) .
- Low, K. T. A., & Peh, W. C. G. (2015). *Magnetic Resonance Imaging of Diabetic Foot Complications*. Singapore Medical Journal, 56(1), 23-34. doi: [10.11622/smedj.2015006](https://doi.org/10.11622/smedj.2015006) .

TEŞEKKÜRLER