

Kas-iskelet Sistemi Hastalıklarının Tanısında MR Görüntülemenin Rolü

Emrah Özcan, Hatice Tuba Sanal

Öğrenim Hedefleri

- Manyetik rezonans (MR) görüntülemenin temel fiziği ve kas iskelet sisteminde uygulama alanlarını kavramak.
- MR görüntülemenin teknik olarak diğer modalitelere göre avantajlarını ve dezavantajlarını öğrenmek.
- Kas iskelet sisteminde MR görüntülemeye uygulanan temel sekansları, inceleme planlarını anlamak.
- MR görüntülemenin kemik iliğini değerlendirmede diğer radyolojik yöntemlere göre üstün olduğunu bilmek.
- MR görüntülemenin onkolojik görüntülemeye tanısall rolünün yanında temel olarak evrelemede kullanıldığını hatırlamak.
- MR görüntülemenin eklem hastalıklarında üstün yumuşak doku çözünürlüğü nedeniyle temel tanı yöntemi olduğunu öğrenmek.

Özet

Son iki dekatta manyetik rezonans (MR) görüntüleme kas-iskelet sistemi incelemelerinde direkt grafi ile birlikte temel görüntüleme yöntemleri arasında yer almıştır. İyonizan radyasyon içermemesi ve bu nedenle tekrarlayan incelemelerde, hamilelerde ve çocuk hastalarda bilinen zararlı etkilerinin bulunmayışı tekniğin belki de en önemli özelliğidir. Sunduğu mükemmel yumuşak doku çözünürlüğü ile, eklem görüntülemesinde ve tümör evrelemesinde temel inceleme yöntemi olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda yüzeyel sargılardaki teknolojik gelişmelerle dirsek ve el bileği gibi göreceli daha küçük eklemlerde de yüksek çözünürlükle kullanılmaktadır.

Direkt grafi ve bilgisayarlı tomografinin kemik iliği değişikliklerini gösteremediği travma olgularında, MR görüntüler sergilediği yumuşak doku çözünürlüğü ile mükemmeldir. MR görüntülemenin eklem içi bozuklukları ortaya koymada da yeri doldurulamaz. Bu bölümde kas iskelet sisteminin değerlendirilmesinde MR görüntülemenin bu ve diğer endikasyonları, kısaca yöntemin temel özelliklerine değinilerek tartışılacaktır.

Summary

The Role of Magnetic Resonance Imaging in the Evaluation of Musculoskeletal System

Last two decades, magnetic resonance (MR) imaging has placed among the main modalities in musculoskeletal imaging, together with direct graphies. Not covering ionizing radiation and so its usage safely to children and pregnant repeatedly without any known harmful effects is maybe the most important feature of this technique. With the excellent soft tissue resolution it display, MR imaging is being used as the primary modality in joint imaging and tumour staging. In the last years with the advances in coil technology, its usage is also increased in the relatively small joints such as elbow and wrist with high resolution.

In occult trauma cases where direct graphies and computerized tomography are incapable of showing the marrow changes, MR images are superb with the soft tissue resolution it display. MR imaging is also in replaceable in the evaluation of internal derangements of joints. In this section these and other indications for performance of MR imaging for the evaluation of musculoskeletal system, touching to the some basic features of the modality, will be discussed.

Manyetik rezonans (MR) görüntüleme klinik pratiğe girdiğinden beri kas-iskelet görüntülenmesinde önemli bir role sahip olmuştur. Özellikle yüksek yumuşak doku çözünürlüğü ve iyonizan radyasyon kullanılmaması nedeniyle kas iskelet sisteminde her zaman cazip bir görüntüleme yöntemidir.

MR Görüntüleme: Teknik Özellikler

Kısaca güçlü bir manyetik alan varlığında hastaya uygulanan uygun frekanstaki radyofrekans (RF) dalgalarının hücrelerde yer alan hidrojen protonuyla etkileşimi sonucu oluşan sinyallerin toplanması şeklinde özetlenebilir. MR cihazları manyetik alan gücüne göre sınıflandırılıp günümüzde günlük pratikte en çok 1.5 Tesla cihazlar kullanılmaktadır. 3 Tesla gücüne sahip cihazların klinik pratiğe girmesiyle, görüntülerde manyetik alan gücüyle doğru orantılı artan uzaysal ve yumuşak doku kontrast çözünürlüğündeki gelişme dikkat çekici olmuştur. Uygun frekansta RF dalgasını insan vücuduna göndermek ve protonla etkileşimi sonucu oluşan sinyali almak için sargılar (coil) kullanılmaktadır. Kas-iskelet görüntülemesinde daha küçük hacimli sargılar kullanılarak el ve ayak bileği gibi küçük hacimli yüzeyel bölgelerden daha yüksek görüntü kalitesinde görüntüler elde edilebilmektedir.

MR görüntülemenin tarihsel gelişim sürecine baktığımızda, temel fiziği 1920 li yıllarda Wolfgang Pauli'nin spin rezonansı tanımlamasıyla başlamıştır.⁽¹⁾ Ancak MR görüntülemenin klinik pratikte uygulanması için uzun süre beklenmiş olup ilk defa Paul Leuterburg tarafından 1970 yılında kullanılmıştır.⁽²⁾ Bu tarihten sonra hızlı bir gelişim sürecine giren MR görüntülemesinde sırasıyla 1977 yılında Fourier transformasyon tekniği, 1980 yılında çok planda gösterim özelliği ve 1984 yılında kontrast madde uygulanması gerçekleşmiştir.^(1,3) 1986 yılında Haase ve ark. inceleme süresini belirgin şekilde kısaltan hızlı sekansları tanımlamış olup bu görüntülemeyi klinik pratiğe uyarlamışlardır.^(3,4)

Kas iskelet sisteminde temel olarak spin eko (SE) ve gradient eko (GRE) sekansları kullanılmaktadır. Spin eko sekansları daha hızlı sekanslar olup değişik firmalarda fast spin eko (FSE) veya turbo spin eko (TSE) şeklinde de isimlendirilir. SE sekansları ile TR (time to recovery; RF dalgasının tekrarlanma süresi) ve TE (time to echo; RF dalgasının gönderilmesi ile sinyalin alınması arasındaki geçen süre) değerlerinin seçimine bağlı olarak T1,T2 veya Proton ağırlıklı görüntüler elde edilir.⁽⁵⁾ T1 ağırlıklı görüntülerde TE ve TR

değerleri düşük olup T2 ağırlıklı görüntülerde ise bu değerler yüksektir. Proton ağırlıklı görüntülerde ise TR değeri yüksek TE değeri ise düşüktür. T1 ağırlıklı görüntüler temel olarak anatomiye, T2 ve proton ağırlıklı görüntüler ise patolojik dokulardaki genelde (her zaman değil) artan sıvı içeriğine bağlı olarak patolojiyi yansıtmaktadır. Hızlı alınan sekansların bir sonucu olarak T2 ve proton ağırlıklı görüntülerde yağ ve sıvı yüksek parlaklıkta izlendiği için sıklıkla yağ baskılama tekniği kullanılarak kemik iliği gibi yağ içeren dokulardaki ödemi ortaya koymak mümkündür. T2 ve proton ağırlıklı sekansların yağ baskılı olarak elde edilen görüntüleri klinik pratikte sıklıkla *sıvıya duyarlı sekanslar* olarak isimlendirilir. Kontrast madde kullanımı sonrası görüntüler T1 ağırlıklı sekanslarda elde olunur. Özellikle kemik iliğinin değerlendirilmesinde yağ baskılama da sekansa eklenmelidir.

Kas iskelet sistemi görüntülenmesinde MR görüntüleme sıklıkla iki boyutlu hızlı SE sekanslarının birinden fazla planda uygulanması şeklinde kullanılmaktadır. Ancak bu sekanslarla elde edilen görüntüler kalın kesitli olup parsiyel volüm artefaktına neden olabilirler.⁽⁷⁾ 3 boyutlu ve yüksek çözünürlüğe sahip GRE sekanslarla elde edilen görüntüler ise daha ince kesitte olup parsiyel volüm etkisini engellemektedir.⁽⁷⁾ Bu görüntüler yüksek kaliteli çoklu plan özelliğinde olup eklemlere yönelik alınırsa kıkırdak görüntüleme için mükemmel uzaysal çözünürlükte incelemeye olanak sağlarlar.⁽⁷⁾

MR artrografi, eklem içerisine floroskopi veya bilgisayarlı tomografi (BT) eşliğinde ince bir enjektör yardımıyla verilen kontrast madde sonrasında MR görüntülerin alınmasıyla tekniğidir. Önceki yıllarda iyotlu kontrast maddeler veya hava kullanılmış olmakla birlikte günümüzde gadolinyum eriyikleri kullanılmaktadır. Direkt olarak eklem verilen kontrast madde sonrasında eklemde oluşan gerginlik ile eklem yapısı içerisinde yer alan bağ, kapsül ve eklem yüzeyleri konvansiyonel MR görüntülemeye göre daha iyi gösterilmektedir.⁽⁸⁾ MR kontrast maddesi olan gadolinyum eriyiği seyretildikten sonra eklem büyüklüğü ile paralel boyuttaki enjektör yardımıyla eklem içerisine sıklıkla floroskopi eşliğinde belirli lokalizasyonlardan enjekte edildikten sonra hasta MR cihazına alınır ve yüksek çözünürlükle T1 ve T2 ağırlıklı görüntüler elde edilir. Eklemde izlenen patolojilerin eklem yüzeyleri ile ilişkisi, bağ ve tendon hasarları ve kıkırdak patolojileri gerginleştirilmiş eklem içerisinde daha ayrıntılı olarak değerlendirilebilir. Bu yöntem invaziv olduğundan hasta seçimi

önemlidir. Komplikasyonlar sık olmamakla beraber kanama, enfeksiyon veya alerjik reaksiyon şeklinde özetlenebilir.

MR görüntülemenin kas iskelet sisteminde kullanılması en önemli nedeni mükemmel yumuşak doku kontrastı sağlamasıdır. Ayrıca çok planda görüntülemeye olanak sağlaması nedeniyle hastanın pozisyonunu değiştirmeden farklı düzlemde görüntüler alabilmesi özellikle ağrı şikayeti ön planda olabilen kas iskelet sistemi görüntülenmesinde önem taşır.⁽⁴⁾ Kemik iliği değerlendirilmesinde sintigrafi ile birlikte en önemli görüntüleme yöntemidir.⁽⁴⁾ MR görüntülemesinde kontrast madde olarak gadolinyum eriyikleri kullanılmakta olup BT’de kullanılan iyotlu kontrast maddelere göre hastalar tarafından daha rahat kaldırılır ve komplikasyon riski daha düşüktür.⁽⁶⁾

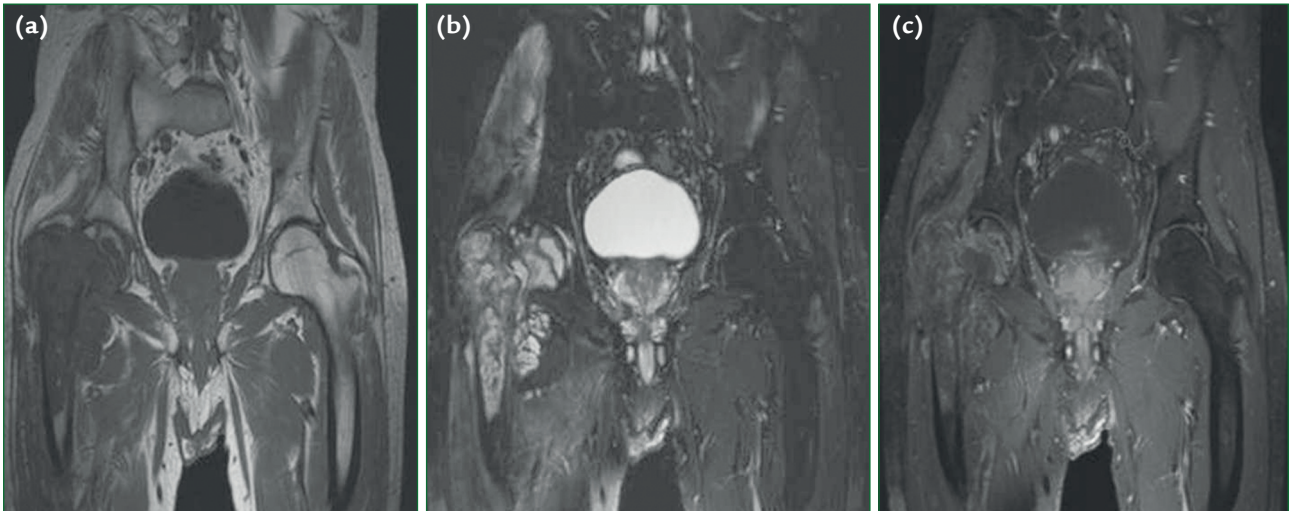
MR görüntülemenin dezavantajları arasında yüksek manyetik alan kullanımına bağlı hasta üzerinde bulunan kalp pili veya nörostimülatör gibi cihazların işlevlerinin bozulması yer almaktadır. Ayrıca uygulanan RF dalgalarına bağlı hastada yerleşik bulunan metal protezlerde ısınma veya yer değişiklikleri de olabilir.^(2,4) Kapalı alan fobisi olan hastalarda da MR görüntüleme uygun bir görüntüleme olmayabilir. Bu gibi hastalarda çok kesitli BT, artan dedektör sayısı ile birlikte elde edilen yüksek çözünürlüklü 3 boyutlu görüntüler ve çok planda reformat özelliği nedeniyle sıklıkla kullanılmaktadır.

Uygulama Alanları

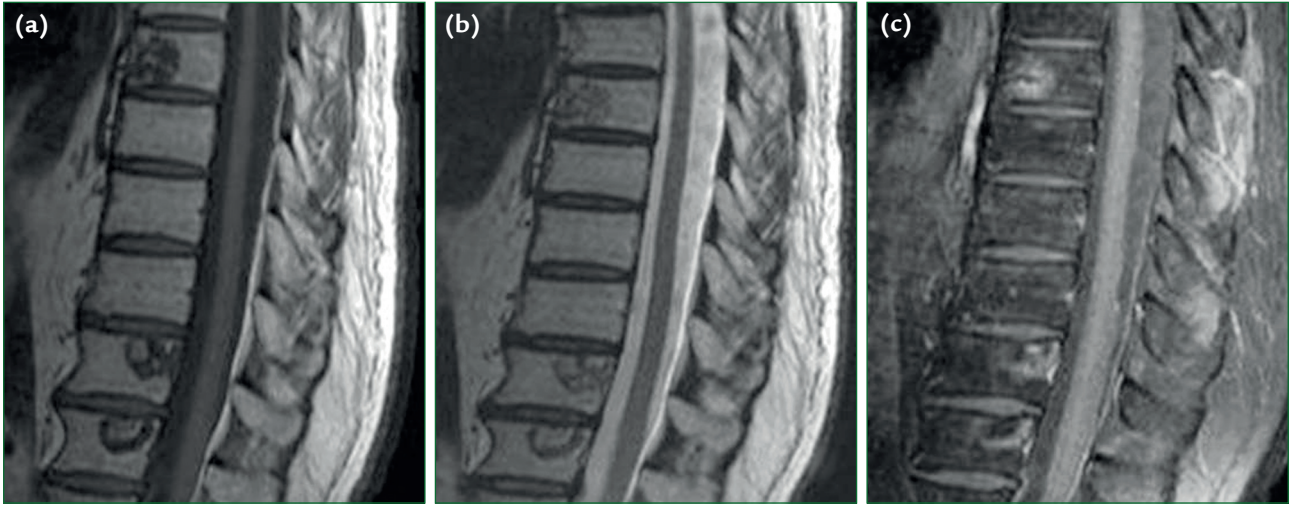
Tümör görüntüleme

MR ile elde edilen yüksek yumuşak doku çözünürlüğüne sahip görüntüler kas-iskelet sistem tümörlerinde oldukça bilgi sağlamaktadır. Temel olarak kas-iskelet sistemi tümörlerinin tanısında direk grafi ve hastanın klinik bulguları önemli role sahiptir. MR görüntüleme ise sıklıkla tümörün kaynağını (kortikal, juksta -kortikal, intramedüller veya yumuşak doku), uzanımını, kemik iliği tutulumunu ve varsa eşlik eden yumuşak doku eşlikçisi gibi özelliklerini göstermek için kullanılmaktadır (Resim 1).⁽⁹⁾ Kitle içerisinde yer alan nekroz, yağ, hematoma odakları belirli sinyal özellikleri ile gösterilebilir. Yağ dokusu T1 ağırlıklı görüntülerde yüksek sinyalde izlenmektedir. Kemik iliği içinde bulunan yağ da T1 ağırlıklı görüntülerde yüksek sinyalde izlenmekte olup bu sinyal kas dokusuna göre daha yüksektir. Kemik iliğini infiltrate eden tümöral lezyonlar T1 ağırlıklı görüntülerde izlenen yüksek intensiteli yağın yerine düşük intensiteleri ile dikkat çekmektedir (Resim 2).

Sagittal ve koronal görüntüler tümöral lezyonların kemik iliği tutulumunu boylu boyunca göstererek geniş bir bakış açısı sağlarken, aksiyel görüntüler tümörün nörovasküler yapılarla ve kompartmanlarla olan ilişkisi daha iyi gösterebilmektedir.



Resim 1. Sağ femur proksimal diyafiz, baş ve boyun kesimlerinde yerleşimli kondrosarkoma ait lezyonun T1 (a), T2 (b) ve kontrast sonrası T1 (c) ağırlıklı sekanslarda koronal düzlemde elde edilen görüntüleri. Femur boyun medyal ve kısmen lateral kesiminde lezyona eşlik eden yumuşak doku kitlesi ile gluteus kaslarında reaktif ödeme ait intensite değişiklikleri görülmektedir.



Resim 2. Dorsal ve proksimal lomber vertebral kolonun sagittal düzlemde elde edilmiş T1 (a) ve T2 (b) ve kontrast sonrası FST1 (c) ağırlıklı görüntülerinde, pek çok vertebrada yuvarlak, T1 ve T2 ağırlıklı görüntülerde vertebra medüllasındaki yağdan dolayı hipointens kenarları kolaylıkla seçilen, kontrast tutulumu da gösteren prostat kanseri olduğu bilinen olguda metastazlara ait lezyonlar izlenmektedir.

Kontrast madde kullanılması ile lezyon içindeki vaskülarite ve permeabilite değerlendirilir. Özellikle lezyon etrafında yer alan ödem ile canlı tümör dokusunun ayırımı için kontrast sonrası alınan yağ baskılamalı T1 ağırlıklı görüntüler kullanılmakta olup kontrast tutulumu canlı tümör dokusunu desteklemektedir. T2 ağırlıklı görüntülerde ödem, kistik lezyonlar ve tümör yüksek sinyalde izlenmektedir. Genelde kas iskelet sisteminde tümörler T1 ağırlıklı görüntülerde hipointens, T2 de ise hiperintens sinyalde izlenmektedir. Bununla birlikte tümörün histolojik yelpazesine bağlı olarak, örneğin yüksek kollajen içeriğe sahip fibröz tümörler T2 ağırlıklı görüntülerde düşük sinyalde olarak izlenirler. Konvansiyonel görüntüler yanında, spektroskopik değerlendirme ile tümörde bulunan metabolitlerden elde edilen kantitatif değerlerde malignite ile orantılı olarak kolin pikinde artış gözlenebilir.

Spesifitesi sensitivitesi kadar yüksek olmasa da bazı lezyonlar MR görüntülerde spesifik bulgular sergileyebilir. Örneğin osteokondromda izlenen kırıldak şapkanın kalınlığı ve bursa morfolojisi sıvıya duyarlı sekanslarda rahatlıkla gösterilebilir (Resim 3). Anevrizmal kemik kistinde izlenen sıvı-sıvı ve sıvı-kan seviyeleri, osteoid osteomda mevcut olan nidus çevresindeki skleroz ve ödem de MR görüntülerde ortaya konarak tanıya önemli oranda yardımcı olmaktadır.

MR ile yapılan dinamik kontrastlı inceleme günümüzde başlıca üç önemli sorunda kullanılmaktadır:

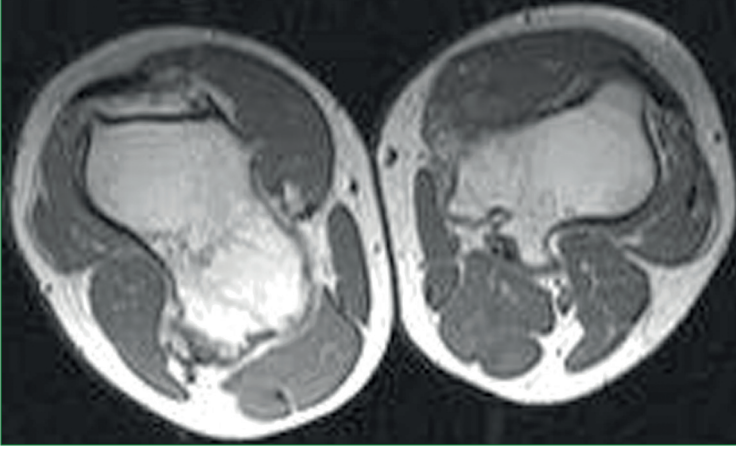
- i) biyopsi öncesi canlı tümör dokusunun belirlenip örnekleme için en uygun yolu ortaya koymak,
- ii) kemoterapi sonrası tümör boyutlarındaki değişimi göstermek, ve
- iii) cerrahi sonrası rezidü ve nüks tümörü ortaya koymak.

Osteojenik tümörlerde ve Ewing tümöründe komşu kemik iliği ve yumuşak doku MR ile BT'ye göre daha iyi gösterilir. Kemik iliği tutulumu özellikle T1 ağırlıklı görüntülerde daha iyi ortaya konulur. Ancak BT özellikle kalsifikasyonu ve kemik korteks yıkımı ile periost reaksiyonunu daha iyi göstermektedir.

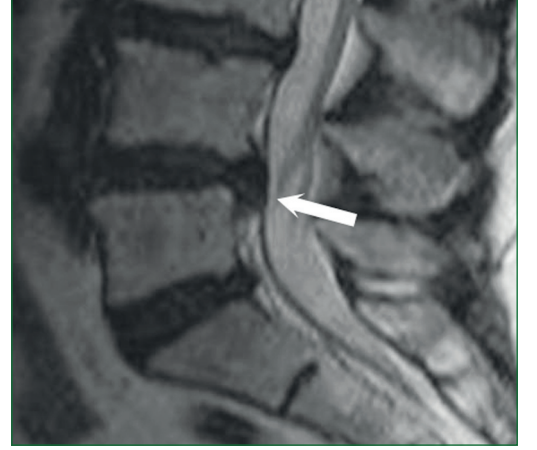
MR görüntüleme spinal bölgede izlenen tümörlerde özellikle lezyonun spinal kanal uzanımını, varsa paraspinal yumuşak dokuyu ve kemik invazyonunu ayrıntılı şekilde ortaya koyabilmektedir.

Omurganın görüntülenmesi

MR görüntülemenin en sık kullanım alanlarından biri disk patolojileridir. Disk dejenerasyonu, taşma ve protrüzyonlar mükemmel yumuşak doku kontrastı nedeniyle ayrıntılı olarak değerlendirilir. Özellikle protrüzyonların spinal kanala uzanımı ve spinal kord ile ilişkisi BT'ye göre daha ayrıntılı gösterilir (Resim 4).⁽¹⁰⁾ Disk patolojilerinde MR görüntülemenin duyarlılığı BT'ye göre daha fazla, spinal stenozda ise benzer düzeylerde dir.⁽¹¹⁾ Ayrıca disk protrüzyonu için yapılan



Resim 3. Her iki kruristen transverse düzlemde geçen T1 ağırlıklı görüntüde, korteks ve medüllası ana kemikle devamlılık gösteren tipik osteokondrom olgusuna ait görünüm. Her iki tarafta lezyonun popliteal damar yapılarına yaptığı bası da seçilebilmektedir.

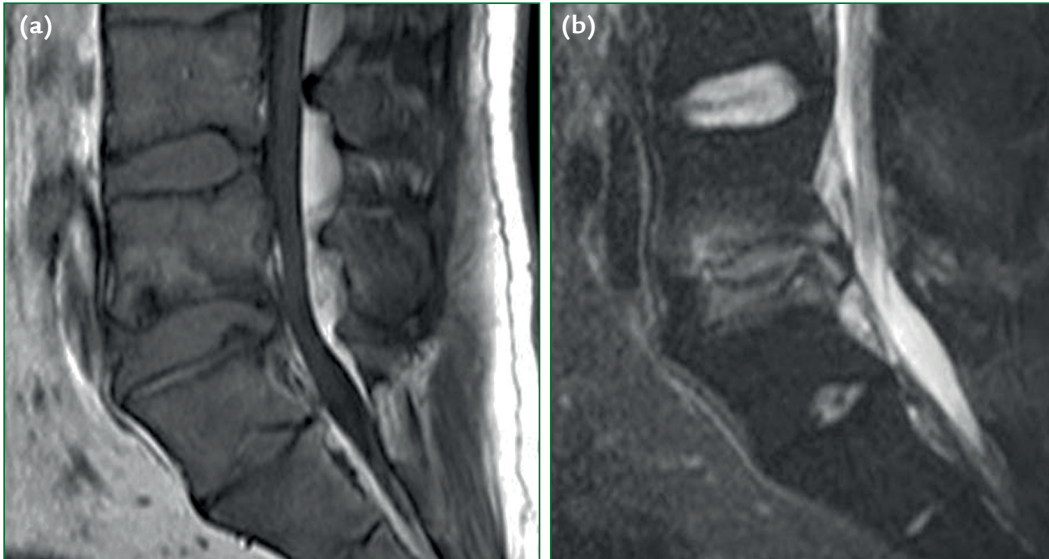


Resim 4. Sagittal T2 ağırlıklı görüntüde L4-5 diskinde aşağı yönelimli ekstrüzyon ile uyumlu görünüm izlenmektedir (ok).

ameliyat sonrası dönemde görüntülemeye kontrast sonrası alınan yağ baskılı T1 ağırlıklı sekanslarda granülasyon dokusu, nüks/rezidü disk hernisinin aksine kontrast tutulumu gösterdiği için ayırım yapmak kolay olmaktadır.⁽¹²⁾

MR myelografi ise herhangi girişimsel uygulama veya kontrast madde kullanılmadan T2 ağırlıklı

koronal sekanslar kullanılarak elde edilmekte olup spinal kanalı daraltan patolojileri invaziv olmayan biçimde ayrıntılı gösterebilmektedir. Spinal kordun tümörleri, spondilit-spondilodiskit ve bunlara eşlik edebilen apse oluşumları da MR görüntüleme ile özellikle kontrast sonrası görüntülerde ayrıntılı incelenebilir (Resim 5).⁽¹³⁾ Ülkemizde sık izlenen brusella



Resim 5. Distal lomber vertebral kolonun sagittal düzlemde elde edilmiş T1 (a) ve FST2 (b) ağırlıklı görüntülerinde, L4 ve L5 vertebraların birbirlerine bakan son plakalarında düzensizlik, FST2 ağırlıklı görüntüde bu kesimlerde ve bu aralığa uyan diskte diskit-vertebral osteomyelitle uyumlu intensite artışı olduğu görülmektedir.

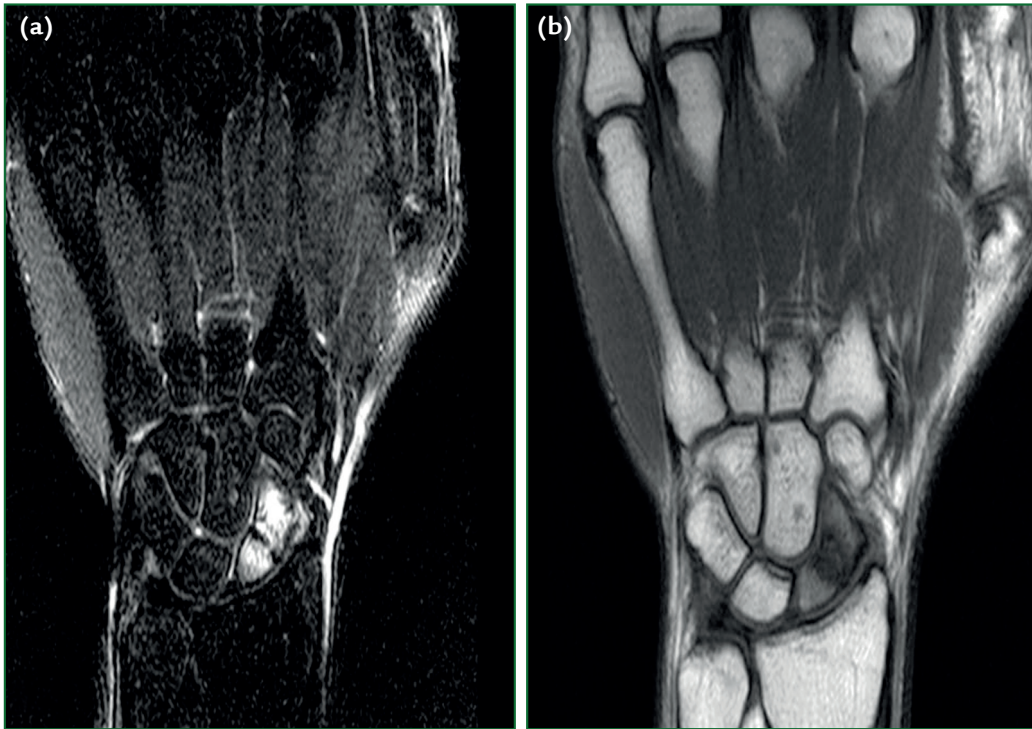
ve tüberküloz gibi enfeksiyonların spinal tutulumu ve eşlik eden apse varlığının epidural alana uzanımları da MR görüntülerde değerlendirilebilir. Ayrıca, özellikle osteoporozlu hastalarda sıklıkla izlenen vertebralardaki çökme kırıkları ve bu kırıkların spinal kanala uzanımı MR görüntülerde diğer yöntemlere göre daha ayrıntılı değerlendirilebilmektedir. Bu hastalarda özellikle difüzyon ağırlıklı görüntülerin kullanılması ile malign süreçlere bağlı çökme kırıkları difüzyon kısıtlanması gösterdiğinde konvansiyonel bulgulara katkıda bulunur.

Travmada görüntüleme

Kas iskelet sisteminde travma sonrası temel görüntüleme yöntemlerini direkt grafi ve gerekirse BT oluşturmaktadır. MR görüntüleme ise travmanın özellikle yumuşak doku etkilerini değerlendirilmek amacıyla istenebilmektedir. Travma sonrası sıklıkla kontüzyona ikincil kemik iliği ödemi izlenmektedir. Özellikle sıvıya duyarlı sekanslarda kemik iliği ödeminin yaygınlığı yüksek sinyal intensitesi ile ortaya konulabilir. Ayrıca radyolojik olarak gizli kırık hatları da MR görüntüler ile gösterilebilir. Kırığa eşlik eden kemik iliği ödemi yağ baskılı sekanslarda daha net olarak ortaya konulur. Bu

hastalarda T1 ağırlıklı görüntüler dikkati değerlendirilmeli çünkü hem kırık hattı hem de kemik iliği ödemi bu sekansda düşük sinyalde izlenecektir.⁽¹⁴⁾ Özellikle femur boynu ve skafoid kırıkları gibi tanının erken konulmasının önemli olduğu durumlarda MR görüntüleme tercih edilebilir (Resim 6). Bu olgularda sintigrafi gizli kırığı en iyi saptayan görüntüleme yöntemi olmasına rağmen MR görüntüleme yüksek anatomik ayrıntı ve radyasyon kullanmaması nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedir.⁽¹⁵⁾ Çok kesitli BT, özellikle hızlı çekim süresi ve üç boyutlu görüntüler elde edebilmesi ve travma hastalarında zamanın çok değerli olması nedeniyle önemli role sahiptir. MR görüntüleme ise travma sonrası eşlik eden yumuşak doku yaralanması ve eklem patolojilerini daha ayrıntılı şekilde ortaya koyar.

MR görüntülemenin yüksek yumuşak doku çözünürlüğü sayesinde travmanın yumuşak doku yaralanmaları daha ayrıntılı gösterilir. Komşu tendon ve bağlara olan etki, hangi kas kompartmanlarının tutulduğu ve eklem ile olan ilişkisi gösterilir. Aşıl tendon yaralanmalarında tendonun tam kat veya kısmen etkilenip etkilenmediği net olarak ortaya konulur. Kas travmalarında, hasarın derecelendirilmesi yapılarak prognoz hakkında fikir verebilir.



Resim 6. Skafoid kemik bel kesiminde kırık hattı ile komşuluğunda FST2 ağırlıklı (a) görüntüde hiperintens ve T1 ağırlıklı (b) hipointens görünümüyle, eşlik eden yaygın ödem izlenmektedir.

Eklemin görüntülenmesi

Temporomandibüler eklem

Ağız açık ve kapalı pozisyonlarda alınan sagittal-koronal MR görüntüler ile değerlendirme yapılır. Fibro-kıkırdak yapıdaki disk özellikle sagittal T1 ve T2 ağırlıklı görüntülerde düşük sinyal intensitesi ile papyon şeklinde izlenir. Hava ve kontrast madde ile yapılan çift kontrastlı MR artrografi ile eklem, disk ve komşu bağlar daha yüksek çözünürlükte gösterilebilir. Ağız açık pozisyonda diskin kondil-artiküler eminen ilişkisi ortaya konarak dislokasyonları değerlendirilebilir. Koronal görüntüler eklem yüzeylerini daha ayrıntılı gösterir ve varsa dejeneratif değişiklikleri ortaya koyabilir.⁽¹⁶⁾

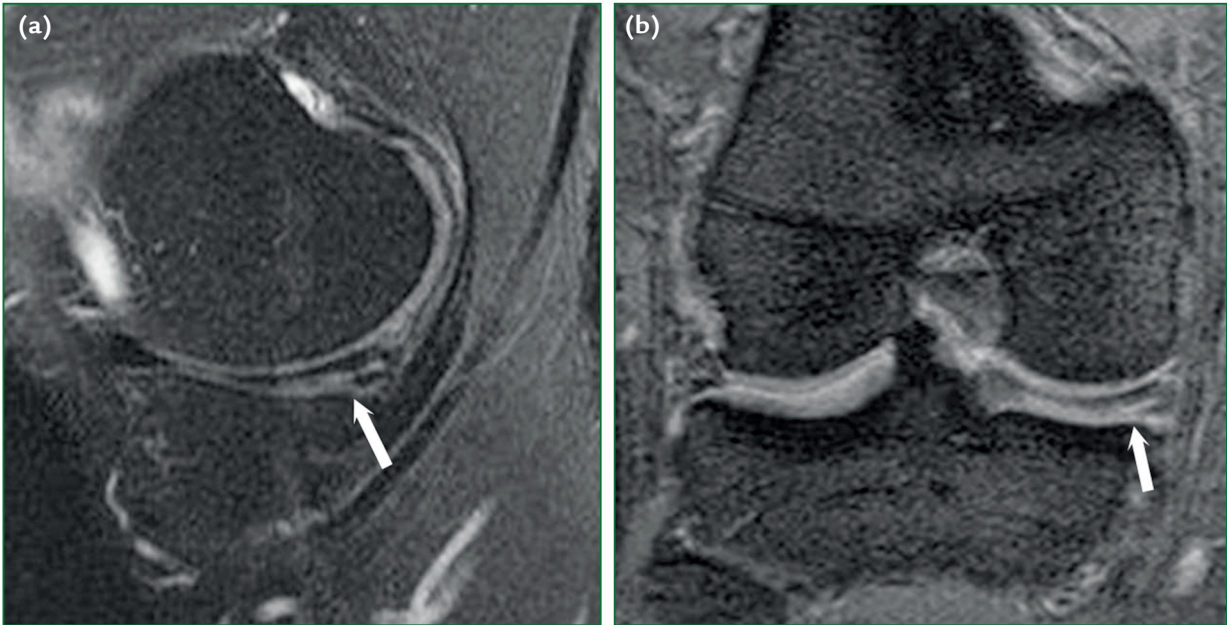
Diz eklemi

Diz eklemi görüntülenmesinde MR görüntülemenin rolü çok önemlidir. Eklem içerisinde yer alan menisküsler, çapraz ve yan bağlar, kıkırdak yüzeyler, patellar ligaman ve kemik yapılar mükemmel yumuşak doku çözünürlüğü ile ayrıntılı olarak değerlendirilir. Menisküslerde dejenerasyon, sıvıya duyarlı sekanslardaki eklem yüzeyine uzanmayan yüksek sinyaldeki değişiklikler şeklinde izlenir. Bu sinyal değişiklikleri eklem yüzeyine uzanıyorsa yırtık olarak adlandırılmakta olup sagittal ve koronal proton ağırlıklı

görüntülerde daha iyi ortaya konurlar (Resim 7). Ön ve arka çapraz bağlar ise özellikle sagittal görüntülerde, boylu boyunca düşük sinyalde olarak izlenmektedir. Bu bağların femoral ve tibial yapışma yerlerinde izlenmemesi ve normal devamlılığın kaybolması yırtığını düşündürmelidir (Resim 8). Kıkırdak görüntülenmesinde ise özellikle GRE sekansı önemli bilgiler vermektedir. Özellikle osteokondritis dissekans' da izlenen defektif görünüm, subkondral kemik iliği ödemi ve yaygınlığı sıvıya duyarlı sekanslarda gösterilebilir.⁽¹⁷⁾ Patellar ve kadriseps tendonları da sagittal T1 ve T2 ağırlıklı görüntülerde incelenmelidir. Tendonların bütünlüğü T1 ağırlıklı görüntülerde, dejenerasyon ve inflamasyon ise sıvıya duyarlı görüntülerde incelenmelidir. MR görüntüler ile tendondaki hasarın kısmen mi veya tam katı mı ilgilendirdiği net olarak ayrılabilir.

Omuz eklemi

Omuz eklemi MR ile görüntülenmesi özellikle döndürücü kılıf lezyonlarının değerlendirilmesi amacıyla sıklıkla istenmektedir. MR görüntüleme ile omuz ekleminde yer alan döndürücü kılıf, biceps tendonunun uzun başı, glenoid labrum, kıkırdak, akromiyo-klaviküler eklem, komşu kas ve kemik yapılar ayrıntılı incelenir. Döndürücü kılıf lezyonları için özellikle oblik-sagittal ve koronal yağ baskılı



Resim 7. Sagittal (a) ve koronal (b) FST2 ağırlıklı görüntüde medyal menisküs arka boynuzunda alt eklem yüzeyi ile ilişkili oblik yırtığa ait görünüm (ok) izlenmektedir.

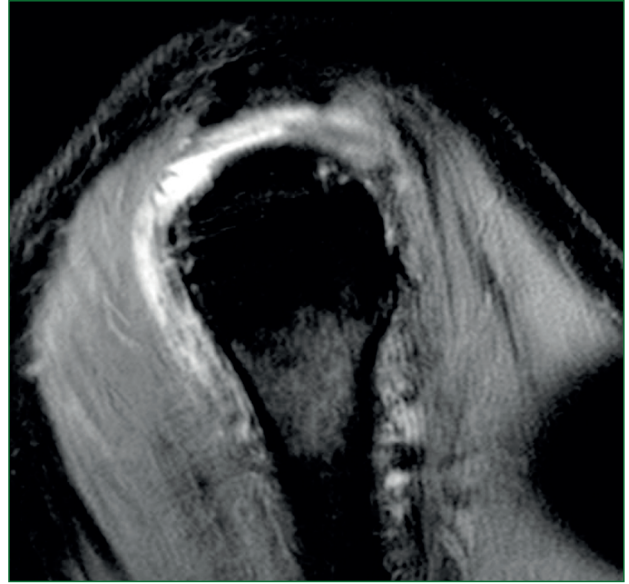


Resim 8. Ön çapraz bağ yırtığı olan olguda bağı normal intensite ve gerginliği ile seçilmemekte olup, bu yerleşimde bağın kalınlığı ve intensitesi artmış, dalgalı görünüm sergilemektedir.

sıvıya duyarlı sekanslar kullanılmakta olup tendon-da izlenen tam kat veya parsiyel hasar yüksek sinyal-de olduğu haliyle izlenir (Resim 9). Glenoid labrum-da izlenen yırtıklar ve SLAP lezyonları sıvı duyarlı sekanslarda daha iyi izlenmekle birlikte kesin gösterilmeleri için MR artrografi yapılmalıdır. Böylece glenohumeral eklem anatomisi ve patolojileri (bankart lezyonları) hakkında daha ayrıntılı bilgilere ulaşmak mümkün olur.⁽¹⁸⁾

El bileği eklemi

Özellikle üçgensel fibro-kıkırdak kompleks (ÜFKK), median sinir, kemik-kıkırdak yapılar ile diğer bağ ve tendonların görüntülenmesi amacı ile MR görüntüleme el bileğinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yapıların MR görüntüleme ile ortaya konulması ile fleksör retinakulum ve karpal tünel gösterilebilmekte olup olası karpal tünel sendromuna yol açan neden ortaya



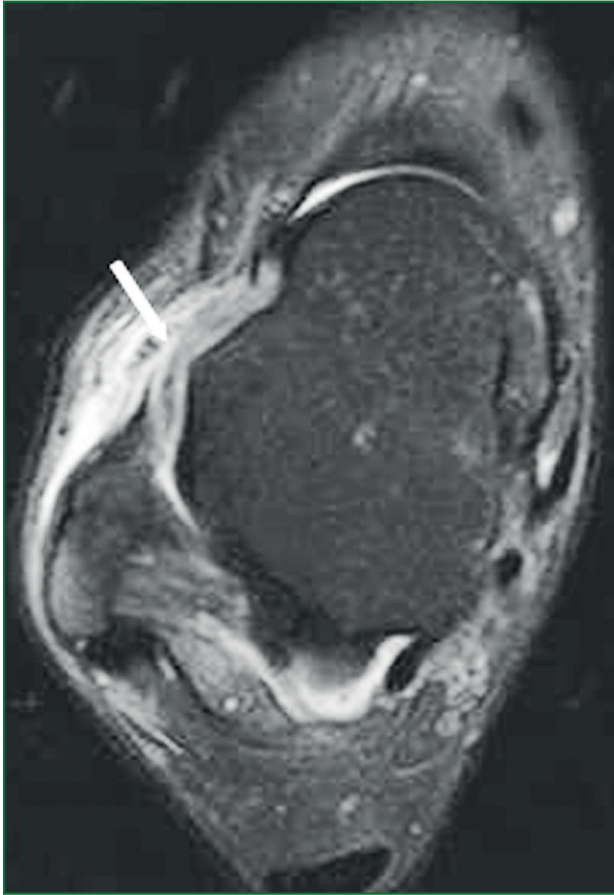
Resim 9. Sagittal PDFS görüntüsünde supraspinatus tendonundaki tam katı ilgilendiren rüptür ve buna ikincil humerusun yukarı göçüyle korakoakromial arktaki daralma izlenmektedir.

konabilir. Median sinir retinakulum içerisinde ovoid şekilde fleksör tendonlara göre ara sinyalde olduğu haliyle izlenebilmektedir. Kemik yapıların değerlendirilmesinde öncelikle direkt grafi ve gerekirse BT kullanılsa da özellikle avasküler nekroz riski bulunan skafoid kırıkları ile kemik kontüzyonu MR görüntüleme ile ayrıntılı olarak ortaya konabilir. Özellikle ÜFKK lezyonundan şüphelenilen hastalarda rutin uygulanan sekanslara ek olarak 3D T2* GRE sekansı da kullanılmalıdır.⁽¹⁹⁾ Böylece üç boyutlu ince kesitli görüntüler elde edilebilmekte olup bu yapılardaki parsiyel volüm etkisi de azaltılmaktadır.

Ayak bileği eklemi

Özellikle travma sonrası ayak bileğinin MR görüntüleme ile değerlendirilmesi önemlidir. Medial kompartman ve deltoid bağ, lateral kompartman, aşil tendonu, sindezmotik eklem ve bağları, kemik ve eklem yüzeyler MR görüntüleme ile ayrıntılı değerlendirilmelidir. Bağ yaralanmalarının diğer ayak bileği ağrı nedenleri olan kırıklar, tendon yaralanmaları ve osteokondral hasarlardan ayırt edilmesi önemlidir. Normalde bağlar T1 ağırlıklı serilerde düşük sinyalde, etrafında yağ dokusuna ait yüksek sinyal barındıran, komşu kemikler arasında uzanan lineer yapılar olarak izlenmektedir. Travma sonrası akut

hasarlarda bağda; kalınlaşma, devamlılık kaybı, sıvıya duyarlı sekanslarda sinyalinde artma veya konturunda dalgalanma izlenirken, kronik hasarlarında çoğu kez incelmenin eşlik ettiği ondülasyon görülmektedir (Resim 10). Ayrıca akut hasarlarda komşu kemik yapılarda sıvıya duyarlı sekanslarda izlenen ödem kronik zedelenmelerde beklenmez. En sık zayıf olduğu için ön talo-fibüler bağ hasarı izlenmekte olup özellikle aksiyal kesitlerde bu yapı daha net ortaya konabilmektedir. Ek olarak MR görüntüleme ile tendon patolojileri (tendinozis, peri-paratendinit, tenosinovit, rüptür, tuzaklanma), tarsal tünel sendromu, osteokondral hasar, morton nöroma, kemik kontüzyonları ve sinovyal patolojiler de yüksek yumuşak doku çözünürlüğü nedeniyle rahatlıkla ortaya konabilir.⁽²⁰⁾



Resim 10. Transverse düzlemde elde olunan FST2 ağırlıklı görüntüde ön talofibular bağın talusa yapışma kesiminde devamlılığın olmadığı (ok), yine bu yerleşimde kapsül ve ekstansör retinakulumu da ilgilendiren ödem ile uyumlu değişikliklerin olduğu görülmektedir.

Dirsek eklemi görüntüleme

MR görüntüleme ile dirsek ekleminde yer alan bağ, tendon ve sinir yapıların görüntülenmesi diğer eklemlere göre küçük hacim nedeniyle zordur. Ancak yüzeysel sargılardaki gelişmeler bu sorunu ortadan kaldırmaktadır. Rutin olarak T1, T2 ve proton ağırlıklı sekanslar kullanılmakta olup genel olarak T1 ağırlıklı görüntülerin anatomik detayı, T2 ağırlıklı ve proton sekansların ise patolojik süreçleri ortaya koyduğu söylenebilir. Eklemden yer alan medial (ulnar) -lateral kollateral ve anuler bağlar, medial-lateral epikondiller, biceps ve triceps tendonları ile median sinir özellikle 3B T2* GRE sekansların da rutin sekanslara ek olarak kullanılması ile incelenebilmekte ve patolojik süreçler ortaya konulmaktadır. Özellikle koronal yağ baskılı sıvıya duyarlı sekanslar epikondilit tanısında öneme sahip olup ekstansör veya fleksör tendonların yapışma yerlerinde izlenen sıvıya duyarlı sekanslardaki intensite artımı tanıyı destekler bulgulardır. Medial ve lateral kollateral bağ hasarları ise koronal görüntülerde bağdaki devamlılık kaybı ve özellikle sıvıya duyarlı sekanslarda izlenen yüksek sinyaller şeklinde ortaya çıkar. Kısmi hasarları ortaya koymak daha zor olup normal anatomik lokalizasyonda bağın bütünüyle takip edilememesi bunu düşündürmelidir. Ayrıca biceps ve triceps tendonlarında izlenebilen kısmi / tam yırtıklar da MR görüntüleme ile ortaya konabilir.⁽²¹⁾

Kalça eklemi görüntüleme

MR görüntüleme kalça eklemi için değişik patolojilerini göstermede diğer yöntemlere göre daha yüksek yumuşak doku çözünürlüğü nedeniyle sıklıkla kullanılmaktadır. Özellikle kalça eklemi için kıkırdak ve labrumun değerlendirilmesi amacıyla alınan GRE sekanslarının kullanılması, artrit ve sıkışma gibi patolojileri daha yüksek oranda gösterebilir. Koronal görüntüler özellikle kalça eklemi anatomisini aksiyal görüntüler ise komşu kas ve bağ yapıları göstermede başarılıdır. Oblik sagittal görüntüler ise femur boyununu ve özellikle kalça eklemi üst-dış kesimindeki labrum ve kıkırdak daha ayrıntılı göstermektedir. Özellikle kalça eklemi görüntülemesinde çocuk hastalarda mümkün olan en küçük sargı kullanılmalıdır. Gelişimsel kalça displazisini değerlendirmek için MR görüntüleme başlangıç yöntem olmamakla beraber özellikle geç klinik bulgu veren olgularda femur başı biçimi, yerleşimi, asetabulum ile ilişkisi ve varsa eşlik eden kemik iliği değişiklikleri rahatlıkla

gösterilebilir. Bunun dışında MR görüntüleme ile juvenil romatoid artritte izlenen erken sinovial değişiklikler gösterilebilir. Kronik sinovit T1 ve T2 de düşük sinyalde izlenirken akut alevlenmelerde ise T2 de yüksek sinyaller ve kontrast sonrası kontrastlanma dikkati çeker. Femur başının avasküler nekrozu T1 ve T2 ağırlıklı görüntülerde sırasıyla hipointens ve bu hipointensiteyi çevreleyen hiperintens dantelsi çizgiler şeklinde izlenmekte olup bu görünümüyle erken tanısı mümkün olmaktadır. İleri dönemlerde görülebilen femur başındaki fragmantasyon ve kollapsı da özellikle koronal düzlemde görüntülemek mümkündür.⁽²²⁾ Yine femur başını sıklıkla ilgilendiren geçici osteoporozun tipik intesite değişikliklerini tanımak ve takibini yapmak MR görüntüleme ile mümkündür (Resim 11).



Resim 11. Koronal FST2 ağırlıklı görüntüde sağ femur baş ve boynunu ilgilendiren geçici osteoporozun oluşturduğu yaygın, homojen intensite artışı izlenmektedir.

Kaynaklar

- Yeşilbaş A, Oyar O. Manyetik rezonans görüntüleme fiziği. Oyar O, Gülsoy UK, eds. Tıbbi Görüntüleme Fiziği. Tisamat Basım, Ankara, 2003; p.281-372.
- Oyar O. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG)'nin klinik uygulamaları ve endikasyonları. Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi 2008;5(2):31-40.
- Frahm J, Gyngell ML, Hanicke W. Rapid scan techniques. In: Stark DD, Bradley WG. eds. Magnetic Resonance Imaging. 2nd ed. St. Louis: Mosby Year Book; 1992. p.165-203.
- Edelman RR, Wielopolski PA. Fast MRI. In: Edelman RR, Hesselink JR. eds. Clinical Magnetic Resonance Imaging. 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders Company; 1996. p.302.
- William R, Christopher J. Magnetic Resonance Imaging: Part I Physical Principle. West J Med 1984;141(4):491-500.
- Dawson P. Gadolinium chelate MR contrast agents. Clinical Radiology 1994;49:439-42.
- Kijowski R, Garry E. Routine 3D magnetic resonance imaging of joints. Journal of Magnetic Resonance Imaging 2011;33(4):758-71.
- Blum A. MR-arthrography: general principles and applications. J Radiol 2003;84(6):639-57.
- Baweja S, Arora R, Singh S, Sharma A, Narang P, Ghuman S, Kapoor SK, Puri S. Evaluation of bone tumors with magnetic resonance imaging and correlation with surgical and gross pathological findings. Indian J Radiol Imaging 2008;16:611-8.
- Jensen MC, Brant-Zawadzki MN, Obuchowski N, Modic MT, Malkasian D, Ross JS. Magnetic resonance imaging of the lumbar spine in people without back pain. N Engl J Med 1994;331:69-73.
- Jarvik JG, Deyo RA. Diagnostic evaluation of low back pain with emphasis on imaging. Ann Intern Med 2002;137:586-97.
- Stadnik TW, Lee RR, Coen HL, Neirynck EC, Buisseret TS, Osteaux MJ. Annular tears and disk herniation: prevalence and contrast enhancement on MR images in the absence of low back pain or sciatica. Radiology 1998;206:49-55.
- Stone JA. MR myelography of the spine and MR peripheral nerve imaging. Magn Reson Imaging Clin N Am 2003;11:543-58.
- Grangier C, Garcia J, Howarth NR. Role of MRI in the diagnosis of insufficiency fractures of the sacrum and acetabular roof. Skeletal Radiol 1997;26:517-24.
- Fredericson M, Jennings F, Beaulieu C, Matheson GO. Stress fractures in athletes. Top Magn Reson Imaging 2006;17:309-25.
- Emshoff R, Brandlmaier I, Gerhard S, Strobl H, Bertram S, Rudisch A. Magnetic resonance imaging predictors of temporomandibular joint pain. J Am Dent Assoc. 2003;134:705-14.
- Hodler J, Resnick D. Current status of imaging of articular cartilage. Skeletal Radiol 1996;25:703-9.
- Beltran J, Rosenberg ZS, Chandnani VP, Cuomo F, Beltran S, Rokito A. Glenohumeral instability: evaluation with MR arthrography. Radiographics 1997;17:657-73.
- Hobby JL, Tom BD, Bearcroft PW, Dixon AK. Magnetic resonance imaging of the wrist: diagnostic performance statistics. Clin Radiol. 2001;56:50-7.
- Rosenberg ZS, Beltran J, Bencardino JT. Radiographics . From the RSNA refresher courses. Radiological Society of North America. MR imaging of the ankle and foot. Radiographics, 2000; Spec No:79-153
- Kijovsky J. Magnetic resonance imaging of the elbow. Part II: Abnormalities of the ligaments, tendons, and nerves. Skeletal Radiology January 2005;34:1-18
- Gabriel H. MR imaging of hip disorders. 1994;14:763-81.

Sorular

1. Aşağıdakilerden hangisi manyetik rezonans görüntülemenin kas iskelet sisteminde diğer modalitelere göre en önemli üstünlüğünü oluşturmaktadır?
 - a. Üstün kemik detayı.
 - b. Hızlı çekim süresi.
 - c. Üstün yumuşak doku rezolüsyonu.
 - d. Maliyetinin diğer modalitelere göre daha ucuz olması.
2. Aşağıdakilerden hangisi manyetik rezonans görüntüleme için yanlıştır?
 - a. T1 ağırlıklı görüntüler temel olarak anatomiği göstermektedir.
 - b. Gradient eko görüntüleme ile üç boyutlu ince kesit kalınlığında görüntüler elde edilebilir.
 - c. Kemik iliği patolojilerini değerlendirmek için yağ baskılı sıvıya duyarlı sekanslar kullanılmalıdır.
 - d. Metalik tespit materyallerin kontrolü için özellikle gradient eko sekanslar kullanılmalıdır.
3. Aşağıdakilerden hangi durumda manyetik rezonans görüntüleme endikasyonu yoktur?
 - a. Lösemili olguda kemik iliği metastazından şüphelenilmesi.
 - b. Döndürücü kılıf patolojilerinin değerlendirilmesi.
 - c. Travma sonrası kompleks kırıkların incelenmesi
 - d. Ön çapraz bağ rekonstruksiyon ameliyatı sonrası kontrol.
4. Kas iskelet sistemi tümörlerinde kontrastlı manyetik rezonans görüntüleme aşağıdaki hangi durumda kullanılmaz?
 - a. Periost reaksiyonunun gösterilmesi.
 - b. En uygun biyopsi lokalizasyonunu belirlemek.
 - c. Kemoterapi sonrası tedavi yanıtının değerlendirilmesi.
 - d. Cerrahi sonrası lokal nüks/rezidü tümörün ortaya konulması.
5. Aşağıdakilerden hangisi eklem görüntülemeye yanlıştır?
 - a. Eklem kıkırdağının değerlendirilmesi için üç boyutlu gradient eko sekanslar kullanılmalıdır.
 - b. Ayak bileğinde en sık arka talo-fibuler ligaman hasarlanır.
 - c. Diz ekleminde meniskal dejenerasyonlar eklem yüzeyine uzanmayan sinyal değişiklikleri şeklinde izlenir.
 - d. Kalça ekleminde izlenen avasküler nekroz tipik olarak T1 ağırlıklı görüntüde düşük sinyalde dantelsi yapılar şeklinde izlenir.