



Kıkırdak lezyonlarında görüntüleme

Imaging of articular cartilage

Remide ARKUN

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı

Eklem kıkırdağının görüntülenmesinde son yıllarda gelişen yeni yöntemler nedeniyle pek çok gelişme olmuştur. Kıkırdak görüntülemenin amacı kıkırdak yüzeyinin bütünlüğünü, kıkırdak matriksinin kalınlığını, volümünü ve subkondral kemikle ilişkilerini değerlendirmektir. İskelet sisteminin temel görüntüleme yöntemi olan direkt radyografi gibi, artrografi, bilgisayarlı tomografi ve bilgisayarlı tomografi ile birlikte uygulanan artrografi eklem kıkırdağını görüntülemeye yetersizdir. Ayrıca, eklem kıkırdağında oluşan biyomekanik değişiklikler bu yöntemlerle değerlendirilemez. Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) eklem patolojilerinin değerlendirilmesinde, dokular arasında üstün çözünüme gücü ve multiplanar görüntüleme yapabilme özelliği ile günümüzde birincil tanı yöntemi haline gelmiştir. Eklem kıkırdağının morfolojik özellikleri kıkırdak için özel MRG sekansları ile doğru bir şekilde değerlendirilebilir. Kıkırdak hasarının tipi, subkondral kemikte eşlik eden patolojinin varlığı ve derecesinin belirlenmesi için gereken MRG sekanslarının kullanılması tanı yanlışlarını azaltacaktır. Bu yazıda, kıkırdak görüntülemeye temel yöntem olan MRG'de kullanılan teknik, kıkırdak patolojilerinde ortaya çıkan bulgular ve gelecekte kıkırdak görüntüleme için beklentiler sunulmaktadır.

There have been many improvements in joint cartilage imaging in recent years with the development of new imaging methods. The purpose of cartilage imaging is to assess the integrity of the cartilage surface, the thickness and volume of the cartilage matrix and its relationship with the subchondral bone. Direct radiography, the conventional imaging method for the skeletal system, is not sufficient for assessing the joint cartilage, nor are arthrography, computed tomography, and arthrography together with computed tomography. Moreover, biomechanical changes in the joint cartilage cannot be assessed with these methods. Magnetic resonance imaging (MRI), with its superior contrast resolution and multiplanar imaging capability across tissues, has become the primary diagnostic method for assessment of joint pathologies. The morphological features of the joint cartilage can be assessed adequately with the use of MRI sequences specific to the cartilage. Appropriate use of MRI sequences to determine the type of cartilage damage, the presence and degree of accompanying pathologies in the subchondral bone will help minimize diagnostic errors. This article reviews cartilage imaging in the following aspects: the technique used in MRI for cartilage imaging, findings of cartilage pathology, and anticipation of future cartilage imaging.

Eklem kıkırdağının görüntülenmesinde direkt radyografiden en gelişmiş kesitsel tanı yöntemlerine kadar pek çok yöntem tarihsel süreç içinde tek başına veya kombine olarak kullanılmıştır. Son yıllarda kıkırdağın görüntülenmesi, kıkırdakta oluşan hasarlanmanın tedavisi ve tedavinin sonucunu izleme de önem kazanmıştır. Ameliyat öncesi ve sonrası dö-

nemde eklem kıkırdağının değerlendirilmesinde; kıkırdak patolojisinden kuşku edilen olgularda doğru tanının konulmasında; var olan lezyonların sayısının, lokalizasyonlarının ve boyutlarının saptanmasında direkt ve doğru bilgi verebilecek bir tanı yöntemine gereksinim vardır. Tarihsel süreçte direkt radyografi, konvansiyonel artrografi, bilgisayarlı to-

mografi (BT) ve BT-artrografi eklem kıkırdağını değerlendirme için kullanılmışsa da bu yöntemlerin hepsi kıkırdağı indirekt olarak görüntülemektedir. Ayrıca kıkırdakta oluşan fizyolojik değişiklikler bu yöntemlerle değerlendirilemez.

Eklem patolojilerinin değerlendirilmesinde manyetik rezonans görüntüleme (MRG) yüksek çözünürlükte, multiplanar değerlendirme olanağı sağlaması dolayısıyla ossöz, ligamantöz, ve menisküs veya benzer yapıların patolojileri için günümüz radyolojik yöntemleri içinde en güvenilir bilgileri sağlamaktadır. Eklem kıkırdağı bu yapılarla birlikte direkt olarak görüntülenmekle birlikte diz eklemi başta olmak üzere tüm eklemlerde kıkırdak yapısının ve patolojilerinin değerlendirilmesinde daha hızlı, daha yüksek çözünürlükte gücüne sahip kıkırdağa özgün sekanslara ve gradient gücü yüksek cihazlara gereksinim duyulmaktadır.

Manyetik rezonans görüntüleme yukarıda tanımlanan avantajlarıyla bugün kıkırdak görüntülemesinde temel inceleme yöntemidir.^[1-3]

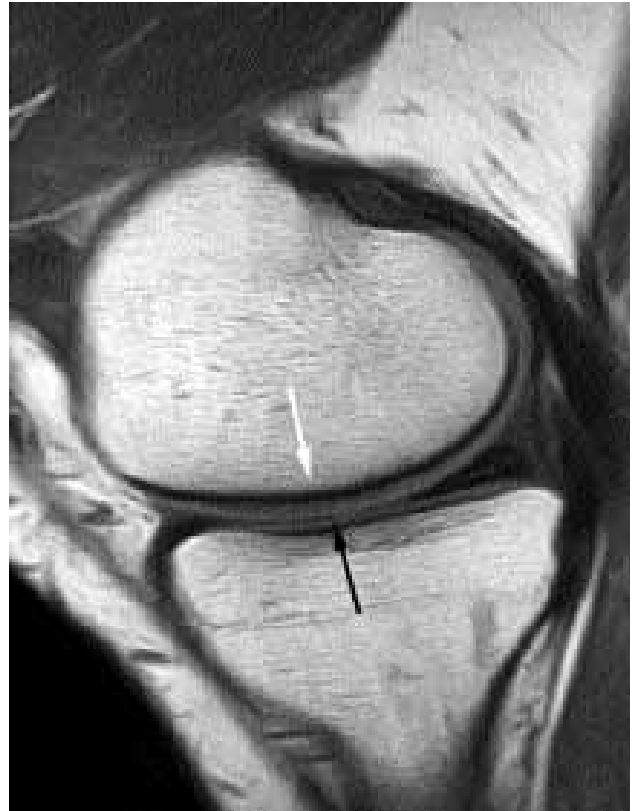
Normal kıkırdağın MRG özellikleri ve eklem kıkırdağını değerlendirmede kullanılan MRG sekansları

Kıkırdak görüntülemenin amacı kıkırdak yüzeyinin bütünlüğünü, kıkırdak matriksinin kalınlığını, volümünü ve subkondral kemikle ilişkilerini değerlendirmektir. Eklem yüzeyini kaplayan kıkırdak dokusu her ne kadar büyük bir alana sahip olsa da oldukça incedir. Diz eklemine en kalın kıkırdak patellada 6-7 mm, en ince kıkırdak ise tibia platosunun bazı alanlarında 2 mm kalınlıktadır.^[1-4]

Manyetik rezonans kullanılan temel sekans (inceleme parametresi) SE sekansı olmakla birlikte yapılan çalışmalar kıkırdağın değerlendirilmesinde T1 ve T2-ağırlıklı SE sekansının görüntülemeye yetersiz olduğunu göstermiştir. T1-ağırlıklı (T1-A) "spineko" (SE) görüntülemeye kıkırdak ve subkondral kemik arasındaki sınır ayırt edilebilir. Ancak kıkırdak ile eklem içi sıvı ve yağ dokuları arasında yeterli kıkırdak değerlendirmesi yapabilecek kontrast sağlamaz (Şekil 1).^[1] Konvansiyonel T2-A SE sekanslarda ise kıkırdak sinyalindeki düşüş eklem sıvısından çok daha hızlıdır. Bu uyumsuzluk kıkırdak-sıvı arasındaki kontrastı artırır, ancak sinyal-gürültü oranı genellikle uzaysal çözünürlüğü desteklemek için yetersizdir.^[5] Dahası uzun eko zamanları ile bir-

likte derin kıkırdak katmanlarında izlenen sinyal kaybı kıkırdak-subkondral kemik arasındaki ara yüzü bulanıklaştırır, böylece kıkırdak kalınlığının ve volümünün doğru ölçülmesi zorlaşır.^[2,6,7]

Eklem kıkırdağını değerlendirmede, SE sekansının daha hızlı bir şekli olan FSE (fast spin echo) (bazı cihazlar için TSE olarak kullanılmaktadır) PD-T2 sekansı ve volümetrik görüntüleme yapabilen 3D SPGR (Spoiled Gradient) sekansları yağ baskılama tekniği de eklenerek kullanıldığında en doğru bilgiyi veren ve rutin olarak kullanılabilen sekanslar olarak tanımlanmaktadır.^[2,8-12] FSE sekanslarında, yağ baskılama tekniği kullanılmazsa ağır T2 ve magnetizasyon transfer etkilerinin kombinasyonu ile kemik iliğinin yüksek sinyal özelliği rölatif olarak korunurken eklem kıkırdağı belirgin olarak düşük sinyalli, eklem sıvısı ve subkondral kemik yüksek sinyalli olarak izlenmektedir. Böylece kıkırdak, eklem sıvısı ve kemik iliği arasındaki kontrast farkı yüksektir.^[2,5,13] T2-A FSE sekansları, yalnızca kıkırdak ile eklem sıvısı arasında yüksek kontrast oluşturma sonucu yüzeysel kıkırdak defektlerini saptama kolaylı-



Şekil 1. Normal eklem kıkırdağı. Sagittal planda SE T1-A sekansında kortikal kemik sinyalsiz (siyah ok), eklem kıkırdağı hipointens (beyaz ok) izleniyor.



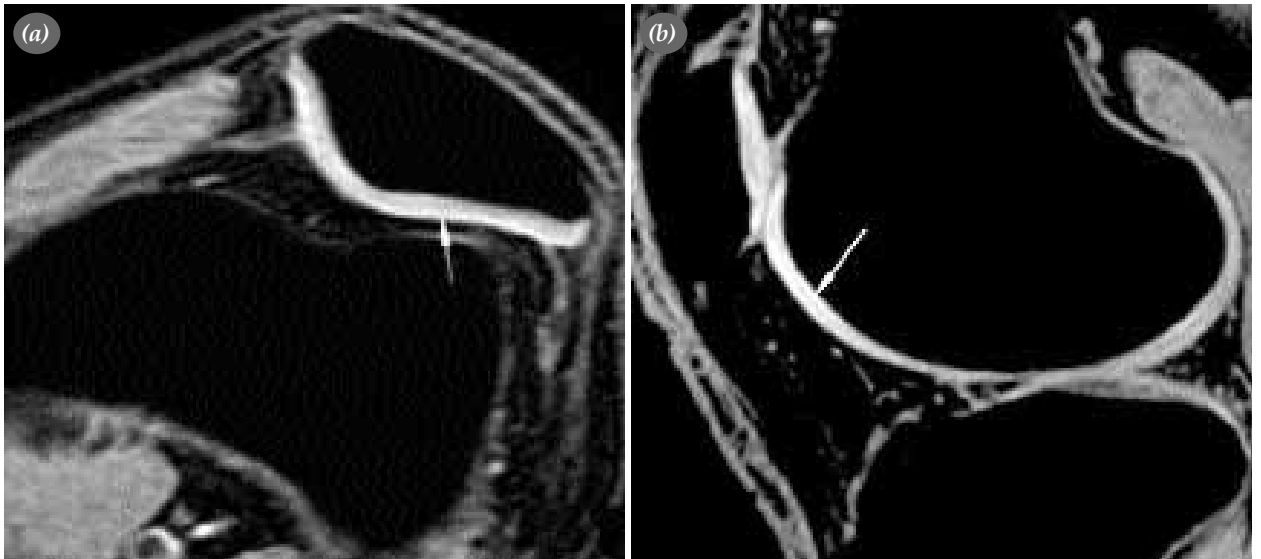
Şekil 2. Eklem kıkırdak defekti. Aksiyel planda FSE T2-A sekansda, hiperintens eklem sıvısı ile çevrilen lateral faset kıkırdağı (beyaz ok) hipointens ve keskin kenarlı izlenirken medial faset kıkırdağında bütünlük bozulmuş olup kıkırdağın içine doğru yer değiştiren eklem sıvısına ait hiperintensite (siyah ok) izleniyor (artrografi etkisi).

ğı sağlamalarıyla değil, aynı zamanda erken kıkırdak matriks hasarını saptamada da faydalıdır (Şekil 2). Böylece hasarlanma öncesi tedaviye de imkan sağlayabilirler.^[9] Ayrıca çoklu odaklı-“multiple refocusing” -180° radyofrekans (RF) pulse özelliğiyle T2-A FSE sekansı manyetik “susceptibility” artefak-



Şekil 3. Normal eklem kıkırdağı. Aksiyel planda FSE PD (yağ baskılamalı: yb) sekansda patella posterior kıkırdağı hipointens, eklem sıvısı hiperintens (ok) izleniyor.

tına duyarsızdır; bu özellik ligamentöz rekonstrüksiyon geçirmiş ya da artroskopi uygulanmış ekleminde metalik cisimler bulunan olgularda önemli olabilir. Böylece kıkırdak lezyonları ile birlikte meniskal ve ligamentöz patolojilerin saptanmasına olanak sağlar.^[5] Yağ baskılama tekniği eklendiğinde kemik iliğindeki yüksek sinyal artışı da engellenerek aynı zamanda subkondral kemiğin de optimum olarak değerlendirilebilmesi mümkün olmaktadır. Ayrıca yağ baskılama tekniğinin kullanılması kemik iliği-kortikal kemik-eklem kıkırdağı-eklem sıvısı arasındaki kontrast rezolüsyonunu da belirgin derecede artırmaktadır. Bu şekilde özellikle patella posterior kıkır-



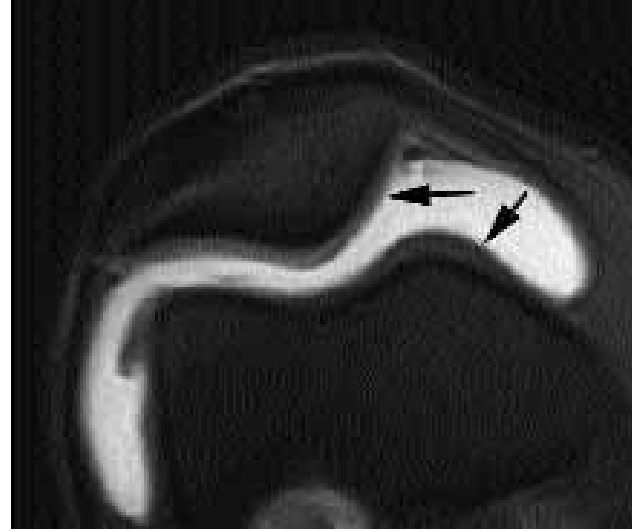
Şekil 4. Normal eklem kıkırdağı. 3D SPGR (yb) sekansda (a) aksiyel planda patella posterior kıkırdağında, (b) sagittal planda femur medial kondil ön yüz kıkırdağında hiperintens eklem kıkırdağı ve kıkırdağın içinde “trunkasyon artefaktı”na bağlı hipointens hat (beyaz ok) izleniyor.



Şekil 5. Normal eklem kıkırdağı. 3D SPGR (yb) sekansta aksiyel planda patella posterior kıkırdağında lateral fasette eklem yüzündeki netlik kaybı (beyaz ok) eklem içindeki artmış sıvıya bağlı yalancı görünüme aittir (bkz Şekil 3).

dağındaki lezyonları değerlendirmede %100 duyarlılığa ulaşılabileceği bildirilmektedir (Şekil 3). Ancak kavisli bir yapıya sahip troklear kıkırdakta “sihirli aç” fenomeni olarak da bilinen MR artefaktı nedeniyle duyarlılık düşmektedir.^[2] Bununla birlikte FSE sekansı iki boyutlu bir sekans olması özelliğiyle minimum 3 mm’lik kesit kullanımına izin verir.

Gradient eko (GE) tekniği daha hızlı sürede görüntüleme yapmaya elverişli bir MR tekniği olup, bu sekansın değişik parametreleri kıkırdak görüntülemeye çalışılmıştır. Bu tekniklerden frekans selektif yağ baskılama tekniği kullanılan 3D SPGR (spoiled



Şekil 6. Normal eklem kıkırdağı. Aksiyel planda MR-A SE T1-A (yb) sekansta femur kondil ön yüzünde ve patella posterior kıkırdağında eklem kıkırdağı hipointens (oklar) olarak izleniyor.

GR) sekansında kıkırdak-eklem sıvısı arasındaki ve kıkırdak ile subkondral kemik arasındaki kontrast-gürültü önemli oranda yüksektir, eklem kıkırdağı bu sekansta yüksek sinyalli bir bant şeklinde görülür. Yağın baskılanmasıyla eklem içinde kıkırdak dokusu tek yüksek sinyalli yapıdır, eklem sıvısı ve subkondral kemik daha düşük sinyal intensitesindedir.^[2,5]

3D SPGR sekansında normal kıkırdak homojen hiperintens görünümü kıkırdağın orta bölümünden geçen hipointens hat ile ikiye ayrılır. Bu hipointens



Şekil 7. Eklem kıkırdağında defekt. Sagittal planda (a) 3D SPGR (yb) sekansta patella posterior kıkırdağında kıkırdak yaralanmasına ait hipointens hat (beyaz ok), (b) FSE PD (yb) sekansta hiperintens (beyaz ok) izleniyor.



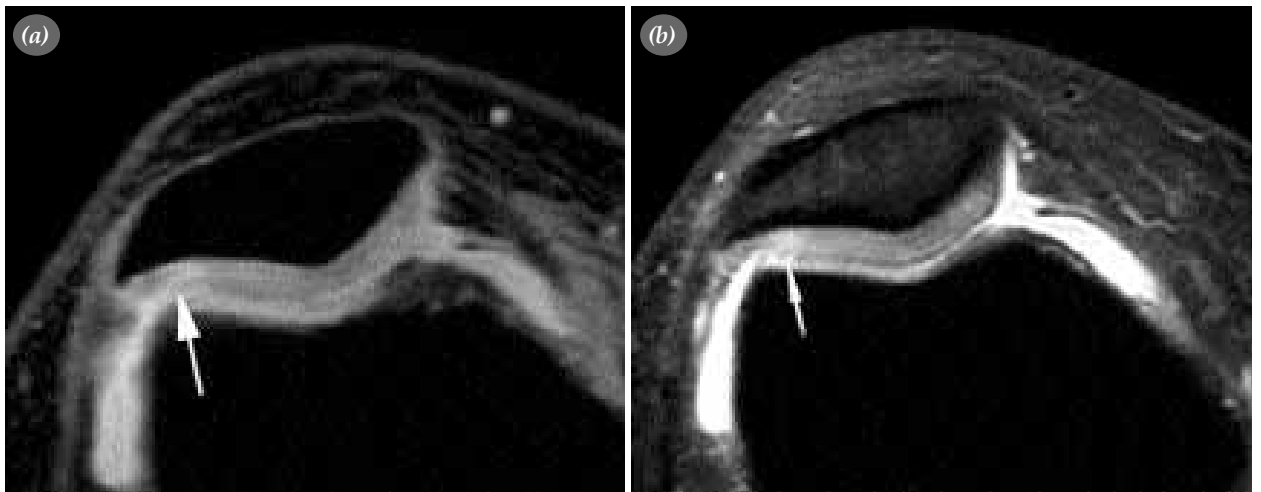
Şekil 8. Eklem kıkırdak lezyonu ve sekonder değişiklikler. Sagittal planda FSE PD (yb) sekansında femur kondilinde eklem kıkırdığında tama yakın kayıp (kapalı beyaz ok) ve subkondral kemikte ödeme bağlı (beyaz oklar) sinyal artışı izleniyor.

hat ile kıkırdak üç tabakalı bir yapı göstermesine karşın, bu görünüm “trunkasyon artefaktı” denilen MR tekniği ile ilgilidir ve kıkırdığın histolojik yapısı ile arada bir paralellik yoktur (Şekil 4).^[2,5,14] Yağ baskılamalı 3D SPGR sekansının avantajı eklem kıkırdığını çevreleyen dokuların düşük sinyalli olma-

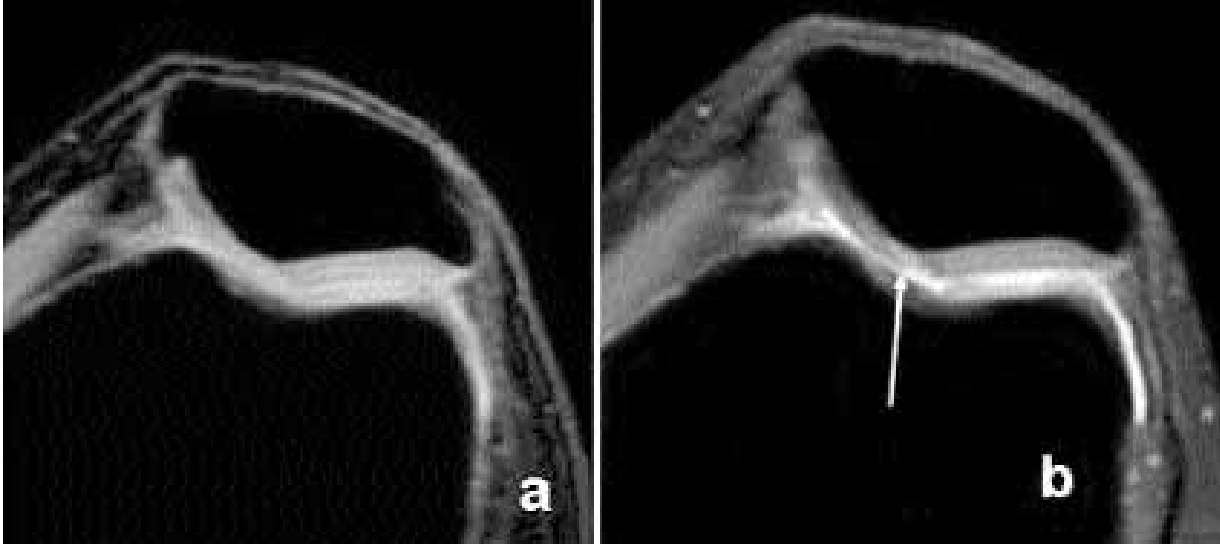
larına karşın eklem kıkırdığının yüksek sinyalli olmasıdır. Ayrıca üç boyutlu görüntüleme iki boyutlu görüntülemeye oranla daha yüksek rezolüsyon ve kontrast-gürültü oranı sağlar. Elde edilen ince kesitler sayesinde özellikle eklem yüzeylerinin kavis yaptığı, eklem yüzlerine dik yerleşen patellar ve troklear kıkırdak dokusunun değerlendirilmesi yüksek kalitede multiplanar rekonstrüksiyonlarla mümkün olmaktadır.^[7,15-18]

Yağ baskılamalı (FS) 3D SPGR sekansı uygulanması kolay, yaygın kabul görmüş ve magnetizasyon transfer görüntüleme gibi diğer kıkırdak görüntüleme yöntemlerinin aksine tetkik sonrası görüntü oluşumu için yeni verilere ihtiyaç duymayan ve cihazdan kaynaklanan hatalı kayıt olarak tanımlanan “misregistration” artefaktından da etkilenmeyen özelliklere sahiptir.^[5] Bu sekansda kıkırdığın sinyali yukarıda da tanımlandığı gibi uniformdur, kıkırdak patolojileri sinyal değişikliğinden daha çok kontur düzensizlikleri biçiminde görülür.^[15,16,19] Ancak bu sekansda her ikisi de yüksek sinyalli olan kıkırdak ve eklem içi sıvı arasında yeterli kontrast rezolüsyonu sağlanamadığı için duyarlılık düşüktür ve yüzeyel lezyonların tanınmasında yetersizdir (Şekil 5).^[19]

Literatürde FS 3D SPGR sekansı için doğruluk, duyarlılık, özgüllük oranları sırasıyla %91, %87, %97 olarak bildirilmektedir.^[16] Diğer kıkırdak görüntüleme sekanslarında olduğu gibi en yüksek doğruluk patello-femoral eklem kıkırdığı değerlendirilmesinde sağlanırken yüksek dereceli kıkırdak kayıplarında doğruluk oranı artmaktadır. Sekansın en bü-



Şekil 9. Evre 1 kıkırdak lezyonu. Aksiyel planda, (a) 3D SPGR (yb), (b) FSE PD (yb) sekanslarda patella posterior kıkırdığında lateral fasette kıkırdak içinde ödeme bağlı sinyal artışı (ok) mevcut olmakla birlikte kıkırdakta bütünlük korunmuş olarak izlenmektedir.



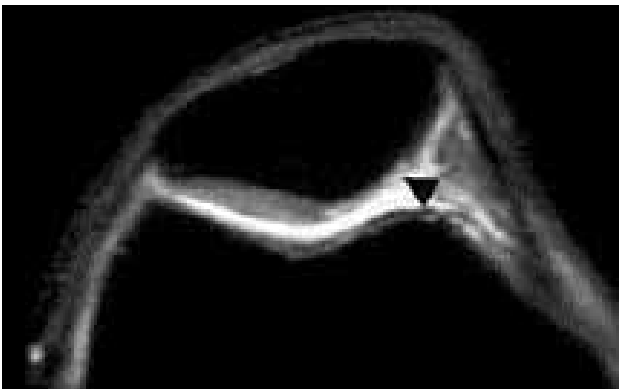
Şekil 10. Evre 2 kıkırdak lezyonu. Aksiyel planda, (a) 3D SPGR (yb), (b) FSE PD (yb) sekanslarda patella posterior kıkırdağında medial ve lateral faset bileşkesinde kıkırdakta yüzey düzensizliği ve kıkırdak içindeki defekte doğru uzanan eklem sıvısına ait hiperintens görünüm (ok) izleniyor.

yük dezavantajı 10-15 dakikaya ulaşabilen uzun tetkik süresidir ve bu dezavantajı, daha az klinik kullanımına neden olmaktadır. Tetkik süresini kısaltmak için daha yüksek hızlı ve daha güçlü gradient sistemler vardır. Ayrıca 3D FS SPGR sekansı kıkırdak volümünün ve üç boyutlu konfigürasyonunun değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.^[20-22]

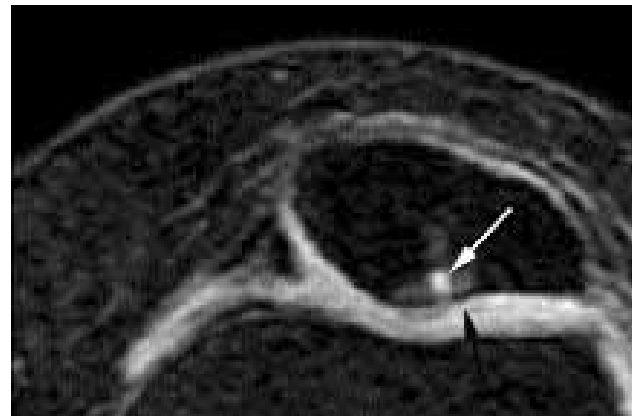
Kıkırdak lezyonlarını görüntülemeye MR-artrografi (MR-A) seçilmiş olgularda kullanılmaktadır. Paramanyetik özellikleri olan gadolinyum (Gd) bileşikleri eklem içine direkt olarak uygulanmakta ya da intravenöz yoldan indirekt olarak kullanılmaktadır. Direkt MR-artrografiye 2 mmol dilüe Gd, eklem içine floroskopi eşliğinde enjekte edilirse, kıkırdak ile ek-

lem içine verilen kontrast madde arasında belirgin bir kontrast oluşturulur (Şekil 6). Bu işlemde tetkik, eklem verilen kontrastın fazla dilüsyona uğramaması için 30-45 dakika içinde sonlandırılmalıdır.^[5,23] Ayrıca verilen kontrast, kıkırdak doku tarafından da difüzyonla alınabileceğinden, kıkırdak yüzeyinin değerlendirilmesi güçleşmektedir.^[23] Bu teknikte kıkırdağın görüntülenmesinde yağın baskılandığı SE sekansları kullanılır. Literatürde MR-A tekniğinde %100 özgüllük bildirilmektedir.^[24] Osteokondral lezyonların evrelenmesinde direkt MR-A en etkili yöntemdir ve cerrahi tedavi öncesi kullanılmalıdır.^[5]

İndirekt MR-A tekniğinde 5-15 ml 0.1 mmol Gd bileşiği intravenöz enjekte edilerek uygulanır. Ancak



Şekil 11. Evre 3 kıkırdak lezyonu. Aksiyel planda, FSE PD (yb) sekansında patella posterior kıkırdağında medial fasette defektin kıkırdak kalınlığının yarıdan fazlasını tuttuğu ve kıkırdak yüzeyinin düzensiz olduğu izleniyor.



Şekil 12. Evre 4 kıkırdak lezyonu. Aksiyel planda, 3D SPGR (yb) sekansında patella posterior kıkırdağında lateral fasette tam kayıp ve subkondral kemikte ödem izleniyor.

daha az kontrast içermesi, eklem kıkırdağı çevresindeki dokuların da kontrastlanması ve kapsüler ekspansiyonun sağlanamaması gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu dezavantajlar tekniğin yaygın kullanımını engellemiştir. İndirekt MR-A invaziv girişimin kontrendike olduğu veya direkt MR-A için teknik bilgi ve floroskopinin bulunmadığı durumlarda önerilmektedir.^[5]

Eklem kıkırdak patolojilerinin MRG bulguları

Eklem kıkırdağındaki defekt yağ baskılamalı 3D SPGR sekansında fokal sinyal azalması şeklinde seçilirken, yağ baskılamalı FSE (TSE) PD ağırlıklı sekansta fokal sinyal artışı şeklinde seçilir (Şekil 7). Ayrıca kıkırdaktaki lokal incelme alanları da MRG'de değerlendirilebilir. Bu her iki teknikle de eklem kıkırdağındaki incelmenin saptanmasında doğruluk değeri %90'ın üzerindedir. Kıkırdak kalınlığında tam kayıp var ise olguların %83'ünde tanımlanabilen subkondral kemikte oluşan ödem, yağ baskılamalı FSE (TSE) PD ağırlıklı sekansta değerlendirilebilir (Şekil 8).^[2] Subkondral kemikte oluşan ödem bu sekansta yüksek sinyal intensitesi şeklinde görülür ve bu olgularda %15 oranında intra-artiküler osteofit oluşumu söz konusudur.^[2]

Eklem kıkırdağının değerlendirilmesinde altın standart artroskopik incelemedir. Artroskopik incele-

mede kıkırdak defektinin sınıflamasında kullanılan Outerbridge'in artroskopi evreleme sistemini temel alan modifiye MRG evreleme sistemi kullanılmaktadır. Bu sınıflamada: Evre-0, normal kıkırdak; evre-1, kıkırdakta kontur düzensizliği olmaksızın "softening" ya da ödem; evre-2, kıkırdakta fragmentasyon, fissür oluşumu ya da %50'nin altında fokal defekt; evre-3, kıkırdakta %50 ve üzerinde fragmentasyon, fissür oluşumu veya defekt; evre-4, tam kat kıkırdak lezyonu olarak değerlendirilmektedir (Şekil 9-12).^[1,25]

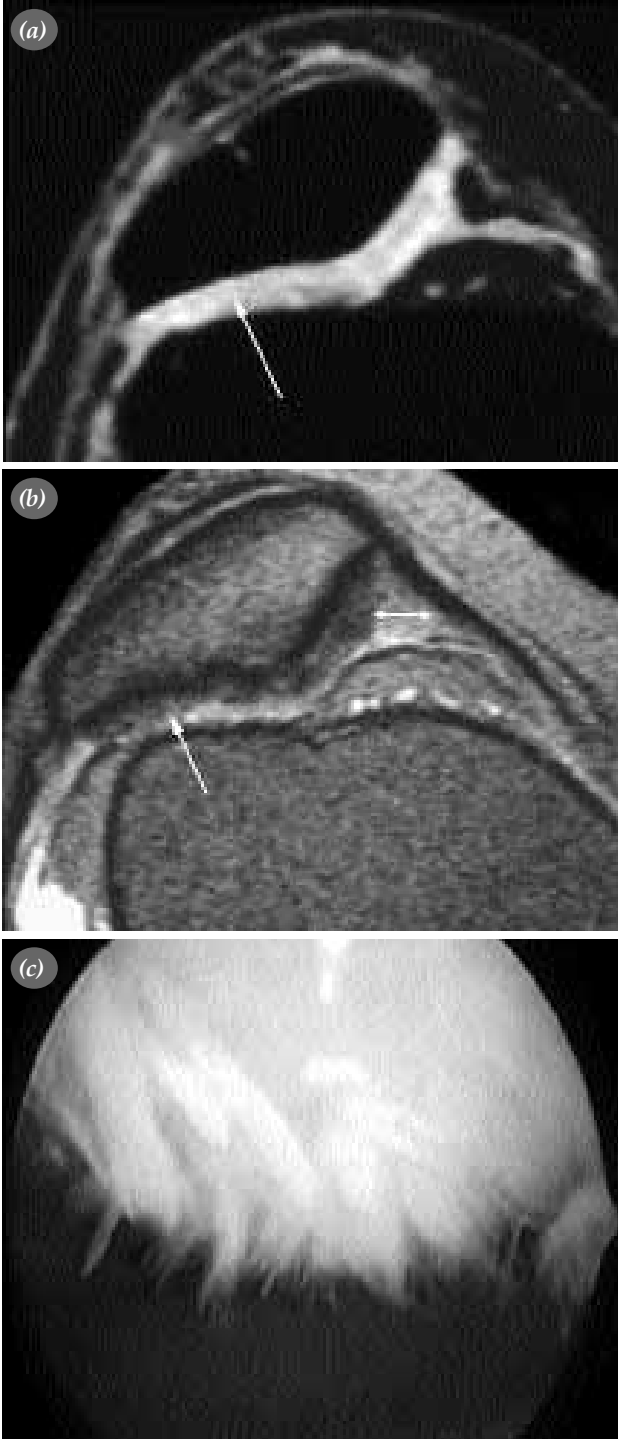
Eklem kıkırdağında travmatik ve dejeneratif olmak üzere iki tip hasarlanma söz konusudur. Travmatik yaralanmada eklem kıkırdağındaki cevap hasarlanmanın subkondral kemiğe ne kadar uzandığı ile direkt olarak ilişkilidir.^[2,26,27] Travmatik yaralanmada kıkırdak defekti tipik olarak büyük ve keskin sınırlıdır (Şekil 13). Genellikle travmatik kıkırdak lezyonları kıkırdağı tümüyle kat edip subkondral kemikte sinyal değişikliğine neden olur. Bu durumda subkondral kemikteki sinyal değişikliği yukarıda da tanımlandığı gibi kıkırdak lezyonu için uyarıcıdır.^[2,3] Osteoartritte lezyonların MRG bulguları daha farklıdır. Manyetik rezonans görüntüleme osteoartrit lezyonları genellikle çok sayıdadır ve diffüz kıkırdak incilmesiyle birlikte. Defektlerin boyutu ve derinliği değişkendir. Kıkırdak defektinin kenarı genellikle küt olup geniş açılanma gösterir (Şekil 14).^[2,3]



Şekil 13. Travmatik nedenli kıkırdak defekti. Dört yaşındaki çocuk hastada travma sonrası sagittal planda 3D SPGR (yb) sekansta femur medial kondilinde kıkırdağın tamamını kat eden keskin sınırlı kıkırdak defekti (ok) izleniyor.



Şekil 14. Osteoartrite bağlı kıkırdak defekti. Koronal planda FSE PD (yb) sekansta medial kondil kıkırdağının interkondiler çentiğe yakın bölümü normal kalınlıkta izlenirken (siyah ok) yüklenme yüzeyinde geniş açılı kıkırdak kaybı (beyaz ok) izleniyor.



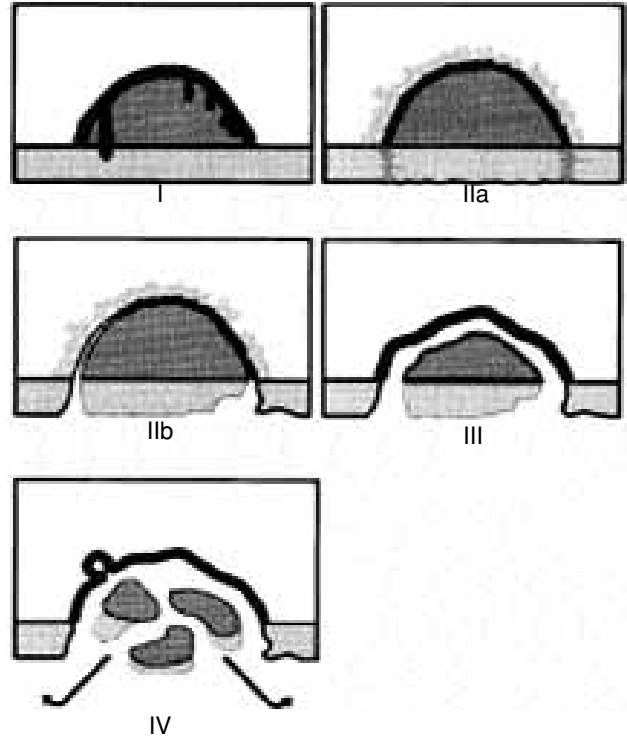
Şekil 15. Kıkırdak kaybı ve kıkırdakta fibrilasyon. Aksiyal planda, (a) 3D SPGR (yb) sekansta lateral faset kıkırdağında evre 2 kıkırdak lezyonuna ait diffüz incelme (yanlış negatif) izlenirken, (b) FSE PD (yb) sekansta medial faset kıkırdağı ile karşılaştırıldığında (kapalı ok) lateral faset kıkırdağında bazı alanlarda tama yakın kayıp ve yüzey düzensizli (açık ok) izleniyor (gerçek pozitif), (c) artroskopik görüntüde de kıkırdaktaki fibrilasyon görüntülenmiştir.

Manyetik rezonans görüntüleme eklem kıkırdağına ait değişikliklerin gösterilmesinde yüksek doğruluk değerine sahip olmakla birlikte, delaminasyon yaralanmalarında, flap şeklindeki yırtıklarda, kıkırdakta fibrilasyonun olduğu hallerde yanlış negatif sonuçlar elde edilmektedir (Şekil 15). Özellikle delaminasyon yırtıkları cerrahi tedavi gerektirdiği için dikkat edilmelidir.^[2]

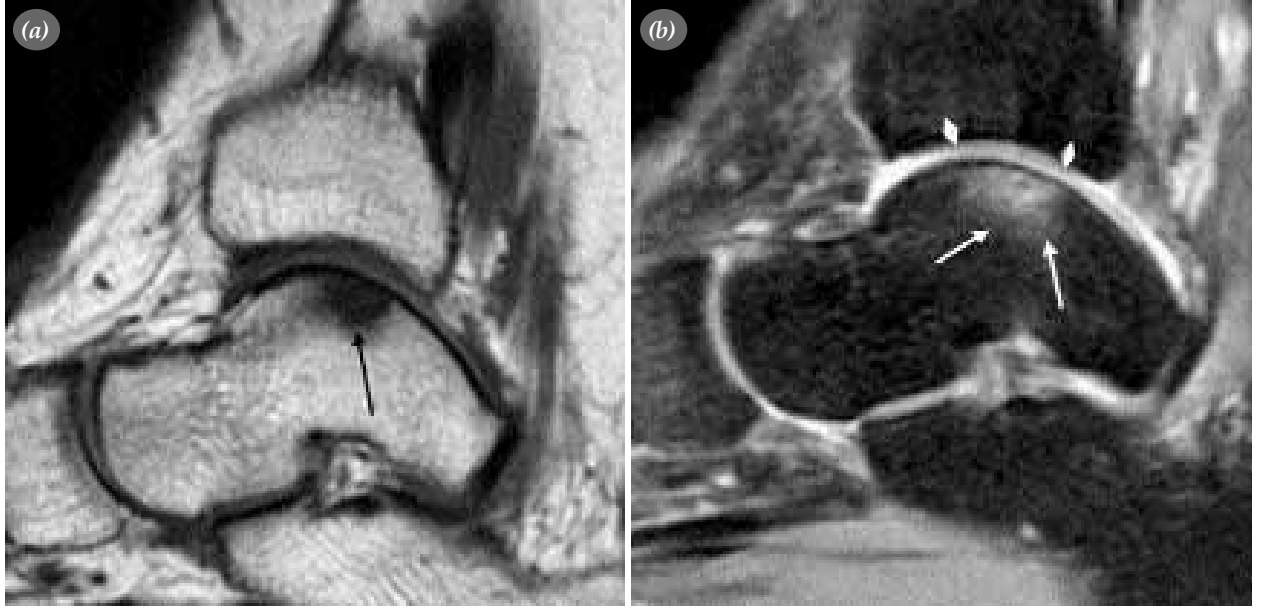
Osteokondral yaralanmalar

Osteokondral yaralanmalar travmatik veya dejeneratif kıkırdak defektlerinden farklı olarak eklem kıkırdağı ve subkondral kemiğin birlikte hasara uğradığı patolojilerdir. Bu grupta osteokondral kırık, impaksiyon yaralanmaları ve osteokondritis dissekans (OKD) bulunur.^[2,28,29]

Osteokondral kırık ve impaksiyon yaralanması akut travmayı takiben oluşur. Osteokondritis dissekans ise daha çok tekrarlayan travmaya sekonder oluşur ve fragmente kıkırdak avasküler subkondral kemikle birlikte sağlam kemikten kısmen veya tamamen ayrılır. Genç hastalarda eklem konveks yüzeyinde ve en sık femur medial kondil, talus kubbe radius kapitellumunda görülür. Direkt radyogramda OKD daha ileri yaş grubunda daha çok femur me-



Şekil 16. Osteokondritis dissekans gelişimi ve evrelendirilmesinin şematik görünümü.



Şekil 17. Evre 1 OKD. Ayak bileğinin sagittal (a) SE T1-A görüntüsünde talus kubbesinde subkondral kemikte yarım ay biçiminde izlenen hipointens alana (ok), (b) FSE T2-A görüntüde kemik iliğindeki ödeme bağlı hiperintens (beyaz ok) özellikle izlenirken eklem kıkırdağının bütünlüğünü koruduğu görülmektedir (kapalı beyaz oklar).

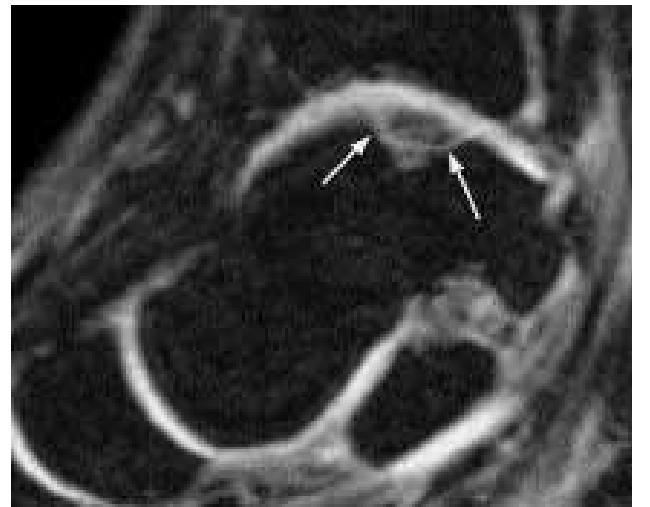
dial kondilinde görülen spontan osteonekroza benzerlik gösterse de bu iki patolojik süreç klinik olarak birbirinden farklıdır.^[2,28]

Klasik OKD T1-ağırlıklı görüntülerde subkondral kemikte yarım ay biçiminde hipointens alan şeklinde izlenirken yağ baskılamalı FSE (TSE) PD-T2-ağırlıklı görüntülerde lezyonun evresine göre hiper

veya hipointens özellikle izlenir. Bu alanın T2-ağırlıklı görüntülerde sinyal yapısı her zaman heterojen olup santralinde hipointens odak vardır. Avasküler kemiğin sağlam kemikle olan ilişkisi ve bu kemiğin üzerindeki kıkırdağın devamlılığı OKD evrelemede kullanılmaktadır (Şekil 16). Evre 1 lezyonda kıkırdağın bütünlüğü korunmakta ve subkondral kemik sağlam kemikle devamlılık göstermektedir. İntravenöz kontrast madde ile avasküler kemiği çevreleyen granülasyon dokusunda parlaklaşma meydana



Şekil 18. Evre 1 OKD. Sagittal planda diz ekleminin MR-A incelemesinde eklem kıkırdağı bütünlüğünü korumakta olup, subkondral kemikte erken evre değişikliklerine ait intermediate özellikte sinyal değişikliği izlenmektedir.



Şekil 19. Evre 3 OKD. Sagittal FSE T2-A görüntüde fragmente osteokondral lezyonu çevreleyen hiperintens özellikle eklem sıvısı (oklar) izleniyor.

gelir (Şekil 17, 18). Evre 2 lezyonda kıkırdakta fokal defektte birlikte avasküler kemikte kısmi bir ayrılma vardır. Eklem aralığında sıvı varsa T2-ağırlıklı görüntülerde fragman kemik ile sağlam kemik arasında eklem sıvısına ait sinyal artışı izlenebilir. Ancak eklem sıvısında artış söz konusu değilse avasküler kemiği çevreleyen granülasyon dokusu fragmantasyondan ayrılamaz. Evre 3 lezyonda avasküler kemik üzerindeki kıkırdak ile birlikte sağlam kemikten tamamen ayrılmıştır, ancak stabil özelliktedir (Şekil 19). Evre 4 lezyonda ise osteokondral fragman eklem içine doğru yer değiştirmiştir. Eklem içi sıvı artışı yoksa fragman stabilitesinin değerlendirilmesinde MR-A kullanılmalıdır.^[2,28,29]

Kıkırdak görüntülemeye yeni gelişmeler

Rutin olarak kullanılan MR sekansları ile kıkırdak lezyonlarının tanımlanmasında yüksek doğruluk değerleri elde edilmesine rağmen, halen yukarıda da tanımlanan bazı sınırlamalar bulunmaktadır. Bu nedenle inceleme parametrelerinde optimizasyonun geliştirilmesi gerekmektedir. 3 Tesla MRG ile özellikle GE sekanslarda daha yüksek sinyal/gürültü oranı ile kontrast rezolüsyonun arttığı idda edilmekle birlikte henüz yayınlanan geniş çalışmalar yoktur. Ayrıca İV Gd bileşiklerini kullanarak kıkırdaktaki proteoglikan kaybının morfolojik değişiklikler oluşmadan saptanabilmesi gelecekteki hedeflerden biridir. Ayrıca günümüzde eklem kıkırdağı tamirinden sonraki görüntüleme protokolleri üzerinde de pek çok araştırma devam etmektedir.

Sonuç olarak, manyetik rezonans görüntüleme eklem kıkırdağının görüntülenmesinde rutin olarak seçilebilecek doğruluk değeri yüksek bir tanı yöntemidir. 3D SPGR ve FSE (TSE) PD ağırlıklı sekanslar yağ baskılama tekniği ile kullanılırsa kıkırdak patolojileri hakkında çok değerli bilgiler elde etmek mümkün olacaktır. Her ne kadar artroskopik inceleme kıkırdak lezyonları için altın standart olsa da MRG ile, artroskopinin kör olduğu bazı alanlar, subkondral kemik ve eklem tım yapıları değerlendirilebilmekte ve tedavi programlamasına yol göstermektedir. Üç Tesla MR kullanımının yaygınlaşması, eklem kıkırdağının fizyolojik değişikliklerini göstermeye yönelik çalışmaların geliştirilmesi kıkırdağın hem morfolojik hem de fizyolojik değişikliklerini aynı anda gösterebilecektir.

Kaynaklar

1. Hayes CW, Conway WF. Evaluation of articular cartilage: radiographic and cross-sectional imaging techniques. *Radiographics* 1992;12:409-28.
2. McCauley TR, Recht MP, Disler DG. Clinical imaging of articular cartilage in the knee. *Semin Musculoskelet Radiol* 2001;5:293-304.
3. Disler DG, Recht MP, McCauley TR. MR imaging of articular cartilage. *Skeletal Radiol* 2000;29:367-77.
4. Suh JS, Lee SH, Jeong EK, Kim DJ. Magnetic resonance imaging of articular cartilage. *Eur Radio* 2001;11:2015-25.
5. Imhof H, Nobauer-Huhmann IM, Krestan C, Gahleitner A, Sulzbacher I, Marlovits S, et al. MRI of the cartilage. *Eur Radiol* 2002;12:2781-93.
6. McCauley TR, Kier R, Lynch KJ, Jokl P. Chondromalacia patellae: diagnosis with MR imaging. *AJR Am J Roentgenol* 1992;158:101-5.
7. Recht MP, Kramer J, Marcelis S, Pathria MN, Trudell D, Haghghi P, et al. Abnormalities of articular cartilage in the knee: analysis of available MR techniques. *Radiology* 1993; 187:473-8.
8. Yao L, Gentili A, Thomas A. Incidental magnetization transfer contrast in fast spin-echo imaging of cartilage. *J Magn Reson Imaging* 1996;6:180-4.
9. Potter HG, Linklater JM, Allen AA, Hannafin JA, Haas SB. Magnetic resonance imaging of articular cartilage in the knee. An evaluation with use of fast-spin-echo imaging. *J Bone Joint Surg [Am]* 1998;80:1276-84.
10. Sonin AH, Roychowdhury S, Fonner BT, Fitzgerald SW. Grading the articular cartilage of the patellofemoral joint with a double-echo spin-echo sequence pair [Abstract]. In: Fifth Scientific Meeting of the International Society of Magnetic Resonance in Medicine; 1997. p. 34.
11. Broderick LS, Turner DA, Renfrew DL, Schnitzer TJ, Huff JP, Harris C. Severity of articular cartilage abnormality in patients with osteoarthritis: evaluation with fast spin-echo MR vs arthroscopy. *AJR Am J Roentgenol* 1994;162:99-103.
12. Bredella MA, Tirman PF, Peterfy CG, Zarlingo M, Feller JF, Bost FW, et al. Accuracy of T2-weighted fast spin-echo MR imaging with fat saturation in detecting cartilage defects in the knee: comparison with arthroscopy in 130 patients. *AJR Am J Roentgenol* 1999;172:1073-80.
13. Constable RT, Anderson AW, Zhong J, Gore JC. Factors influencing contrast in fast spin-echo MR imaging. *Magn Reson Imaging* 1992;10:497-511.
14. Erickson SJ, Waldschmidt JG, Czervionke LF, Prost RW. Hyaline cartilage: truncation artifact as a cause of trilaminar appearance with fat-suppressed three-dimensional spoiled gradient-recalled sequences. *Radiology* 1996;201:260-4.
15. Recht MP, Piraino DW, Paletta GA, Schils JP, Belhobek GH. Accuracy of fat-suppressed three-dimensional spoiled gradient-echo FLASH MR imaging in the detection of patellofemoral articular cartilage abnormalities. *Radiology* 1996;198:209-12.
16. Disler DG, McCauley TR, Wirth CR, Fuchs MD. Detection of knee hyaline cartilage defects using fat-suppressed three-dimensional spoiled gradient-echo MR imaging: comparison with standard MR imaging and correlation with arthroscopy. *AJR Am J Roentgenol* 1995;165:377-82.
17. Sittek H, Eckstein F, Gavazzeni A, Milz S, Kiefer B, Schulte E, et al. Assessment of normal patellar cartilage volume and thickness using MRI: an analysis of currently available pulse sequences. *Skeletal Radiol* 1996;25:55-62.

18. Chandnani VP, Ho C, Chu P, Trudell D, Resnick D. Knee hyaline cartilage evaluated with MR imaging: a cadaveric study involving multiple imaging sequences and intraarticular injection of gadolinium and saline solution. *Radiology* 1991;178:557-61.
19. Disler DG, McCauley TR, Kelman CG, Fuchs MD, Ratner LM, Wirth CR, et al. Fat-suppressed three-dimensional spoiled gradient-echo MR imaging of hyaline cartilage defects in the knee: comparison with standard MR imaging and arthroscopy. *AJR Am J Roentgenol* 1996;167:127-32.
20. Marshall KW, Mikulis DJ, Guthrie BM. Quantitation of articular cartilage using magnetic resonance imaging and three-dimensional reconstruction. *J Orthop Res* 1995; 13:814-23.
21. Pilch L, Stewart C, Gordon D, Inman R, Parsons K, Pataki I, et al. Assessment of cartilage volume in the femorotibial joint with magnetic resonance imaging and 3D computer reconstruction. *J Rheumatol* 1994;21:2307-21.
22. Eckstein F, Sittek H, Gavazzeni A, Schulte E, Milz S, Kiefer B, et al. Magnetic resonance chondro-crassometry (MR CCM): a method for accurate determination of articular cartilage thickness? *Magn Reson Med* 1996;35:89-96.
23. Engel A. Magnetic resonance knee arthrography. Enhanced contrast by gadolinium complex in the rabbit and in humans. *Acta Orthop Scand Suppl* 1990;240:1-57.
24. Kramer J, Recht MP, Imhof H, Stiglbauer R, Engel A. Postcontrast MR arthrography in assessment of cartilage lesions. *J Comput Assist Tomogr* 1994;18:218-24.
25. Outerbridge RE. The etiology of chondromalacia patellae. *J Bone Joint Surg [Br]* 1961;43:752-7.
26. Buckwalter JA, Mankin HJ. Articular cartilage I tissue design and chondrocyte-matrix interactions. *J Bone Joint Surg [Am]* 1997;79:600-11.
27. Buckwalter JA, Mankin HJ. Articular cartilage II: Degeneration and osteoarthritis, repair, regeneration, and transplantation. *J Bone Joint Surg [Am]* 1997;79:612-32.
28. Jaber FM. Osteochondritis dissecans of the weight-bearing surface of the medial femoral condyle in adults. *Knee* 2002; 9:201-7.
29. Bohndorf K. Osteochondritis (osteochondrosis) dissecans: a review and new MRI classification. *Eur Radiol* 1998;8:103-12.