



Dizdeki travmatik veya dejeneratif kıkırdak lezyonlarının değerlendirilmesinde farklı MRG sekanslarının etkinliği

The effectiveness of different MRI sequences in the evaluation of traumatic or degenerative cartilage lesions of knee

Yılmaz Kiroğlu,¹ Nurzat Elmalı,² Metin Doğan,¹ İrfan Esenkaya,² Ahmet Harma,² M. Şükrü Şahin²

¹Muş Devlet Hastanesi Radyoloji Kliniği; ²İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı

Amaç: Dizdeki travmatik veya dejeneratif kıkırdak lezyonlarının değerlendirilmesinde farklı manyetik rezonans görüntüleme (MRG) sekanslarının etkinliği araştırıldı.

Hastalar ve yöntemler: Dizde travmatik veya dejeneratif kıkırdak lezyonu tanısıyla artroskopi planlanan 27 hastaya (16 erkek, 11 kadın; ort. yaş 44; dağılım 23-67) işlem öncesinde MRG yapıldı. Kıkırdak lezyonları proton hızlı spin eko (proton TSE), T₂ hızlı spin eko (T₂ TSE), manyetizasyon transfer kontrast (MTK) ve üçboyutlu yağ baskılayıcı gradiyent eko (3D SPIR) sekanslarıyla değerlendirildi. Her olgu için dört farklı sekanda sekiz ayrı kıkırdak bölgesi (toplam 216 bölge) iki radyolog tarafından ayrı ayrı yorumlandı. Artroskopi MRG incelemelerinden sonra üç hafta içinde uygulandı. Kıkırdak lezyonları Outerbridge sınıflamasına göre evrelendirildi.

Bulgular: Artroskopide, en sık medial femoral kondilde olmak üzere toplam 109 kıkırdak bölgesinde lezyon saptandı. Her bir MRG tekniği en yüksek duyarlılığı evre 4 lezyonlarda gösterdi. Tüm kıkırdak lezyonları değerlendirildiğinde duyarlılık ve özgüllük oranları sırasıyla proton TSE'de %91.7 ve %89.7, T₂ TSE'de %66.9 ve %91.5, 3D SPIR'de %75.2 ve %93.5 ve MTK'de %62.4 ve %94.3 bulundu. Proton TSE dışındaki teknikler ile artroskopi arasında anlamlı farklılık vardı. Sadece proton görüntülerde gözlemciler arasında gerçek uyum saptandı (kappa 0.68).

Sonuç: Proton TSE dışındaki tekniklerin, dizdeki kıkırdak lezyonlarının değerlendirilmesi ve evrelendirilmesinde tek başına kullanımının etkinliği düşük bulundu. Proton TSE tekniğine T₂ TSE tekniğinin eklenmesiyle hem kıkırdak lezyonları daha etkin saptanabilecek hem de eşlik eden diğer patolojiler daha iyi tanınabilecektir.

Anahtar sözcükler: Eklem kıkırdağı/patoloji; diz eklemi/patoloji/radyografi; manyetik rezonans görüntüleme/yöntem; diz osteoartriti/tanı.

Objectives: We investigated the effectiveness of different sequences of magnetic resonance imaging (MRI) in the evaluation of cartilage lesions of traumatic or knee osteoarthritis.

Patients and methods: A total of 27 patients (16 males, 11 females; mean age 44 years; range 23 to 67 years) with traumatic cartilage lesions or knee osteoarthritis were evaluated with MRI using proton turbo spin echo (proton TSE), T₂ turbo spin echo (T₂ TSE), magnetization transfer contrast (MTC), and three-dimensional selective pulse and inversion recovery fast field echo (3D SPIR) sequences. With these four sequences and for each patient, eight cartilage localizations were separately assessed by two radiologists, making up a total of 216 localizations. Arthroscopy was performed within three weeks after MRI examinations. Cartilage lesions were graded according to the Outerbridge system.

Results: Arthroscopy showed 109 lesions, the most frequent localization being the medial femoral condyle. The highest sensitivity rate was found for grade 4 lesions with each MRI technique. The overall sensitivity and specificity rates were 91.7% and 89.7% for proton TSE, 66.9% and 91.5% for T₂ TSE, 75.2% and 93.5% for 3D SPIR, and 62.4% and 94.3% for MTC sequences, respectively. Compared to arthroscopic detection and grading, all the sequences but proton TSE exhibited significantly different findings. A good interobserver agreement (kappa=0.68) was seen only for proton TSE.

Conclusion: Leaving the proton TSE sequence apart, the effectiveness of each sequence per se is low in the detection and grading of cartilage lesions. Incorporation of the proton TSE and T₂ TSE sequences into the MRI protocols may result in both higher detection of cartilage lesions and identification of associated knee pathologies.

Key words: Cartilage, articular/pathology; knee joint/pathology/radiography; magnetic resonance imaging/methods; osteoarthritis, knee/diagnosis.

• Geliş tarihi: 08.08.2004 Kabul tarihi: 24.02.2005

• İletişim adresi: Dr. Nurzat Elmalı, İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi, Turgut Özal Tıp Merkezi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, 44069 Malatya. Tel: 0422 - 341 06 60 / 5103 Faks: 0422 - 341 07 28 e-posta: nelmalı@hotmail.com

• (Kiroğlu, Doğan) Uzm. Dr.; (Elmalı, Esenkaya) Doç. Dr.; (Harma) Yrd. Doç. Dr.; (Şahin) Araş. Gör. Dr.

Diz ağrısının ve fonksiyon bozukluğunun yaygın nedeni olan dizdeki kıkırdak lezyonları travmatik veya dejeneratif nedenlere bağlı olarak gelişebilir. Osteoartritli hastalarda kıkırdak lezyonlarının özellikle erken evrede ve invaziv olmayan yöntemlerle saptanması tedavinin başarısı yönünden büyük önem taşımaktadır.

Konvansiyonel radyografik yöntemler, eklem kıkırdağı hakkında dolaylı bilgi vermesi, eklem kıkırdağındaki erken değişikliklerin değerlendirilmesindeki yetersizlik ve periartiküler yapıların iyi izlenememesi nedeniyle sınırlı bir değere sahiptir. Bilgisayarlı tomografi (BT) ve BT artrografi, diz eklem kıkırdağının değerlendirilmesinde radyografik incelemelere göre eklemlerin aksiyel görüntülenmesi ve trabeküler kemiğin değerlendirmesi gibi bazı küçük avantajlar dışında belirgin üstünlük sağlamaz. Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) eklem kıkırdak lezyonlarının yanında ligaman, kas ve kemik iliği gibi yumuşak dokuların birden çok düzlemde ve yüksek görüntüleme özelliklerine sahip olduğundan günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, eklem kıkırdağının değerlendirilmesine yönelik MRG sekans seçiminde araştırmacılar arasında tam bir fikir birliği yoktur.^[1-5] Günümüzde birçok merkezde diz eklemi internal patolojilerinin rutin değerlendirilmesinde T₂-ağırlıklı spin eko (T₂ TSE) görüntüleme teknikleri kullanılmaktadır. T₂ TSE görüntülerle eklem kıkırdağının incelenmesi, yüksek sinyal yoğunluğundaki eklem sıvısının oluşturduğu artrogram benzeri etki ve kıkırdak içindeki sinyal değişikliklerini belirleme yeteneği nedeniyle önem kazanmaktadır.^[6] Diğer bir yöntem olan manyetizasyon transfer kontrast (MTK), dokulardaki su protonları ile makromoleküller içindeki protonlar arasında manyetizasyon transfer oranlarındaki farklılıklardan doğan yumuşak doku kontrastını göstermektedir. T₁ MTK-ağırlıklı TSE görüntülerinde hiyalin eklem kıkırdağı, çevre eklem sıvısı ve yağlı dokulara göre göreceli olarak hiperintens sinyal özelliği göstermektedir.^[7] Proton ağırlıklı TSE görüntüler kıkırdak eklem sıvısına yakın orta derecede sinyal yoğunluğu göstermektedir. Üçboyutlu gradiyent eko (3D SPIR) görüntülerine yağ baskılayıcı tekniğin eklenmesiyle, kıkırdak yüzeyine komşu yağ dokusunda sinyal yoğunluğu azaltılır ve yağ dokusu komşuluğundaki hiyalin kıkırdak değerlendirmesini zorlaştıran kimyasal şift artefaktının ortadan kalkması sağlanır. 3D SPIR görüntülerde ek-

lem hiyalin kıkırdağı, kortikal kemik, yağ, eklem sıvısı ve kas gibi komşu dokulara göre göreceli olarak artmış sinyal yoğunluğunda izlenmektedir.^[8]

Bu çalışmada, travmatik kıkırdak lezyonlu veya osteoartritli hastaların kıkırdak görüntülemesinde, kıkırdak dokusu, eklem sıvısı ve çevre yumuşak dokularla en fazla kontrast farkını oluşturup en yüksek kontrast/gürültü oranına sahip olan MR sekansını belirlemeyi amaçladık. Travmatik veya dejeneratif kıkırdak lezyonu bulunan 27 olguya aksiyel ve sagittal planda, T₂ TSE, proton TSE, yağ baskılayıcı 3D SPIR ve T₁ MTK TSE sekanslarını içeren MR inceleme programı uygulandı.

HASTALAR VE YÖNTEMLER

On aylık bir dönemde, klinik olarak travmatik veya dejeneratif kıkırdak lezyonu olduğu düşünülen ve tedavi amaçlı artroskopi planlanan toplam 27 olguya (16 erkek, 11 kadın; ort. yaş 44; dağılım 23-67) artroskopi öncesinde MRG incelemesi yapıldı. Tanı dokuz olguda ön çapraz bağ veya menisküs yırtığı, 18'inde dejeneratif artrit idi.

MRG incelemeleri 1.5 tesla manyetik alan gücündeki bir sistemde (Gyrosan Intera-Master, Philips, Hollanda) ve alıcı-verici sarküler diz sarmalı ile yapıldı. Hastalara aksiyel ve sagittal planlarda T₂ TSE, proton TSE, yağ baskılayıcı 3D SPIR ve T₁ MTK TSE sekanslarını içeren MR görüntüleme teknikleri uygulandı.

T₂ TSE görüntüler, 4569 msn (TR), 90 msn (TE), 18 cm *field of view* (FOV), 512x512 matriks boyutu, 3 mm kesit kalınlığı, 0.3 mm kesit aralığı mesafesi ve 2.49 dk görüntüleme süresi parametreleri ile elde edildi.

Proton ağırlıklı TSE görüntülerde, 1275 msn (TR), 15 msn (TE), 18 cm (FOV), 512x512 matriks boyutu, 3 mm kesit kalınlığı, 0.3 mm kesit arası mesafesi ve 4.25 dk görüntüleme süresi parametreleri kullanıldı.

T₁ MTK TSE görüntüler, 730 msn (TR), 14 msn (TE), 23 cm (FOV), 256x256 matriks boyutu, 3 mm kesit kalınlığı, 0.3 mm kesit aralığı mesafesi ve 4.02 dk görüntüleme süresi parametreleri ile elde edildi.

3D SPIR (yağ baskılayıcı gradiyent eko) görüntüler ise 32 msn (TR), 5.6 msn (TE), 25 flip açısı, 16 cm (FOV), 256x256 matriks boyutu, 3 mm kesit kalınlığı, 0.3 mm kesit arası mesafesi ve 5.40 dk görüntüleme süresi parametreleri ile elde edildi.

Manyetik rezonans görüntüleri artroskopiden önce iki radyolog tarafından incelendi. Her olgu

için dört farklı sekansa sekiz ayrı kıkırdak bölgesi ayrı ayrı yorumlandı. Yirmi yedi olguda toplam 216 kıkırdak bölgesi her sekans için ayrı ayrı değerlendirildi. Bu bölgeler, medial femoral kondil (MFK), lateral femoral kondil (LFK), medial tibial plato (MTP), lateral tibial plato (LTP), medial troklea (MT), lateral troklea (LT), patellar artiküler faset (PAF) eklem ve troklear oluktan (TO) oluşmaktaydı. Görüntüler prospektif olarak değerlendirilip kıkırdak lezyonları derecelendirildi. Bir bölgede birden fazla bulunan kıkırdak lezyonlarından evresi en yüksek olan değerlendirmeye alındı. Artroskopik olarak lezyonun bulunması ve evrenmesini etkilememek amacıyla, lezyonun yeri ve evresi ortopedistlere bildirilmedi. Kıkırdak lezyonlarının artroskopik değerlendirmesi, gözlemciler arası farklılığı azaltmak üzere çalışmaya katılan iki cerrah tarafından birlikte yapıldı.

Artroskopi ve MR görüntüleri Outerbridge'in tarif ettiği modifiye sınıflama sistemiyle derecelendirildi.^[9] Artroskopide lezyonların derinliği ve boyutu 4 mm uzunluğunda olan el probu referans alınarak değerlendirildi. Manyetik rezonans değerlendirme, evre 0 (normal kıkırdak), evre 1 (fokal kıkırdak şişmesi ve kıkırdak içinde düşük sinyal yoğunluğundaki alanlar), evre 2 (yüzey düzensizlikleri ve kıkırdakta %50'den az yükseklik kaybı), evre 3 (derin ülserasyon ve %50'den fazla yükseklik kaybı), evre 4 (subkondral kemiğin görülmesi) şeklinde yapıldı.^[10]

Artroskopi ile MRG yöntemleri arasındaki tanısal farklılığı değerlendirmede McNemar istatistik yöntemi kullanıldı.^[11] Gözlemciler arası uyum ise Kappa istatistik yöntemi ile değerlendirildi. Bu teknikte kappa değeri <0.21 kötü uyumu, 0.21-0.40 hafif uyumu, 0.41-0.60 orta uyumu, 0.61-0.80 gerçek uyumu, 0.80-1.00 ise mükemmel uyumu göstermektedir.^[12]

BULGULAR

Yirmi yedi olguda, her olgu için sekiz ayrı kıkırdak bölgesi olmak üzere toplam 216 kıkırdak noktası MRG ile ve ardından artroskopik olarak değerlendirildi. Artroskopinin altın standart kabul edildiği değerlendirilmede, 109 kıkırdak bölgesinde lezyon saptanırken, 107 kıkırdak bölgesi normal bulundu. Lezyon saptanan kıkırdak bölgesi sayısı beş olguda bir, dört olguda iki, beş olguda üç, üç olguda dört, dört olguda beş, iki olguda altı, üç olguda yedi ve iki olguda ise sekiz idi. Kıkırdak lezyonlarının görülme yeri sıklık sırasına göre MFK (n=23; %21.1), PAF (19), LFK (18), MTP (16), LTP (15), LT (7), TO (6), MTF (5; %4.6) idi.

Artroskopide belirlenen kıkırdak lezyonları Outerbridge evreleme sistemine göre şu şekilde sınıflandırıldı: 20 lezyon evre 1, 48 lezyon evre 2, 20 lezyon evre 3, 21 lezyon evre 4 olarak sınıflandırıldı. Manyetik rezonans sekanslarının kıkırdak lezyonlarını doğru evreleme oranları Tablo I'de gösterildi.

T₂-ağırlıklı TSE görüntülerde eklem kıkırdağı orta derecede sinyal yoğunluğunda bir yapı olarak izlenmektedir (Şekil 1). T₂-ağırlıklı TSE görüntülerin kıkırdak lezyonlarının evrenmesindeki en yüksek duyarlılık evre 4 lezyonlar için bulundu (%76.2). T₂-ağırlıklı görüntülerin kıkırdak lezyonunu saptamada duyarlılık oranı %67.0 (73/109), özgüllük oranı %91.6 (98/107), pozitif prediktif değeri %89.0 (73/82), negatif prediktif değeri %73.1 (98/134) bulundu. Artroskopi ile T₂-ağırlıklı görüntüler arasında tanısal değer açısından anlamlı farklılık bulundu (p<0.05, Tablo II). Kıkırdak lezyonlarının değerlendirilmesinde kullanılan T₂-ağırlıklı TSE tekniğinin gözlemciler arası uyumu orta derecede bulundu (kappa=0.42).

Proton ağırlıklı TSE görüntülerde kıkırdak eklem sıvısına yakın, orta derecede sinyal yoğunluğu

TABLO I

Manyetik rezonans sekanslarının doğru evreleme oranları

Evre	T ₂		3D SPIR		Proton		MTK	
	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
0 (n=107)	98	91.6	100	93.5	96	89.8	101	94.4
1 (n=20)	4	20.0	9	45.0	12	60.0	5	25.0
2 (n=48)	10	20.8	11	22.9	33	68.8	12	25.0
3 (n=20)	8	40.0	8	40.0	10	50.0	5	25.0
4 (n=21)	16	76.2	14	66.7	16	76.2	12	57.2
Toplam (n=216)	136	63.0	142	65.7	167	77.3	135	62.5

3D SPIR: Üçboyutlu yağ baskılayıcı hızlı gradiyent eko; MTK: Manyetizasyon transfer kontrast.

TABLO 2

Manyetik rezonans sekanslarının kıkırdak lezyonlarının belirlenmesinde etkinliği
(artroskopi referans alınarak yapılan karşılaştırma)

	T ₂	3D SPIR	Proton	MTK
Duyarlılık (%)	66.9 (73/109)	75.2 (82/109)	91.7 (100/109)	62.4 (68/109)
Özgüllük (%)	91.5 (98/107)	93.5 (100/107)	89.7 (96/107)	94.4 (101/107)
Doğruluk (%)	79.2 (171/216)	84.3 (182/216)	90.7 (196/216)	78.2 (169/216)
Pozitif prediktif değer (%)	89.0 (73/82)	92.1 (82/89)	90.1 (100/111)	91.9 (68/74)
Negatif prediktif değer (%)	73.1 (98/134)	78.7 (100/127)	91.4 (96/105)	71.1 (101/142)
p değeri	<0.05	<0.05	>0.05	<0.05
k değeri	0.42	0.52	0.68	0.40

3D SPIR: Üçboyutlu yağ baskılayıcı hızlı gradiyent eko; MTK: Manyetizasyon transfer kontrast.

göstermektedir (Şekil 2). Proton ağırlıklı görüntülerde kıkırdak lezyonlarını doğru evrelemeye yönelik en yüksek duyarlılık oranı evre 4 lezyonlar için bulundu (%76.2). Proton ağırlıklı TSE görüntülerin kıkırdak lezyonunu saptamada duyarlılık oranı %91.7 (100/109), özgüllük oranı %89.7 (96/107), pozitif prediktif değeri %90.1 (100/111), negatif prediktif değeri %91.4 (96/105) bulundu. Artroskopi ile proton görüntüleme tekniği arasında tanısal değer açısından anlamlı farklılık bulunmadı ($p>0.05$, Tablo II). Kıkırdak lezyonlarının incelenmesinde kullanılan proton ağırlıklı TSE tekniğinin gözlemciler arası uyuma ait kappa değeri 0.68 (gerçek uyum) bulundu.

Yağ baskılayıcı 3D gradiyent eko görüntülerinde eklem hiyalin kıkırdağı, kortikal kemik, yağ, eklem sıvısı ve kas gibi komşu dokulara göre görece olarak artmış sinyal yoğunluğunda izlenmektedir (Şekil 3, 4, 5). Bu tekniğin kıkırdak lezyonlarını doğru evrelemeye yönelik en yüksek duyarlılık oranı evre 4 lezyonlarda bulundu (%66.7; Tablo I). Bu tekniğin kıkırdak lezyonunu saptamada duyarlılık oranı %75.2 (82/109), özgüllük oranı %93.5 (100/107), pozitif prediktif değeri %92.1 (82/89), negatif prediktif değeri %78.7 (100/127) bulundu. Artroskopi ile yağ baskılayıcı 3D gradiyent eko tekniği arasında tanısal değer açısından anlamlı farklılık bulundu ($p<0.05$, Tablo II). Bu teknik için



Şekil 1. Medial femoral kondilde T₂ TSE (TR: 4569, TE: 90 ms) görüntüsünde intrasinovyal sıvının neden olduğu artrogram benzeri görünüm izlenmektedir.



Şekil 2. Proton TSE görüntüde medial femoral kondil ve medial tibial platoda izlenen fokal evre 4 kıkırdak lezyonları.



Şekil 3. Üçboyutlu SPIR tekniği ile medial femoral kondildeki evre 3 lezyonda izlenen belirgin kıkırdak sinyal kaybı.

gözlemciler arası uyum orta derecede (kappa 5.25) bulundu.

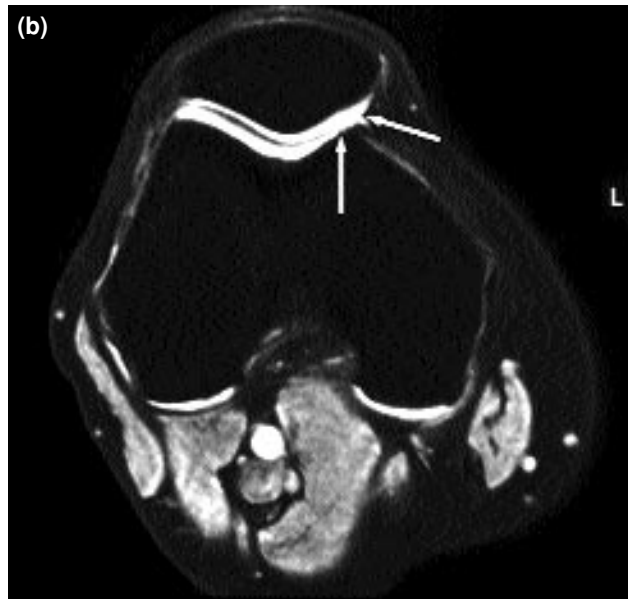
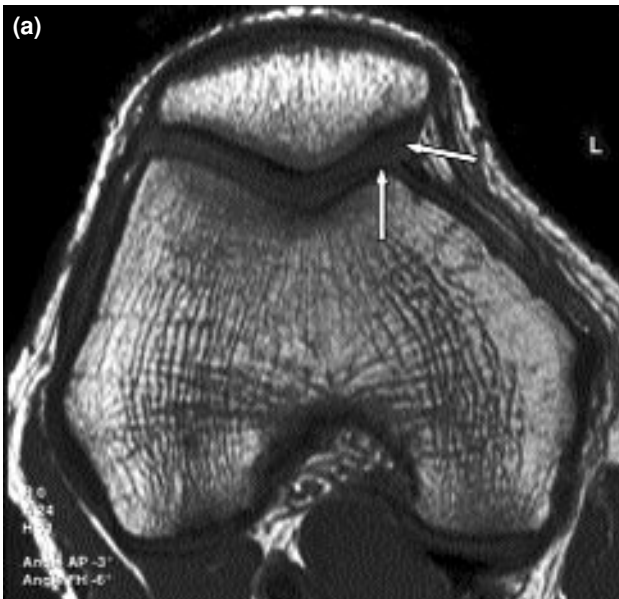
T₁ MTK TSE görüntülerinde hiyalin eklem kıkırdağı, çevre eklem sıvısı ve yağlı dokulara göre göreceli olarak hiperintens sinyal özelliği göstermektedir. Bu teknikle kıkırdak lezyonlarını doğru evrelemeye yönelik en yüksek duyarlılık oranı evre 4 lez-

yonlarda (%57.1) bulundu (Tablo I). Bu tekniğin kıkırdak lezyonunu saptamada duyarlılık oranı %62.4 (68/109), özgüllük oranı %94.4 (101/107), pozitif prediktif değeri %91.9 (68/74), negatif prediktif değeri %71.1 (101/142) bulundu. Artroskopi ile T₁ MTK TSE tekniği arasında tanasal değer açısından anlamlı farklılık bulundu ($p < 0.05$; Tablo II). Bu teknikte gözlemciler arası uyuma ait kappa değeri 0.40 (kötü uyum) bulundu.

TARTIŞMA

Hiyalin eklem kıkırdağının değerlendirilmesinde birçok değişik MR sekans teknikleri kullanılmasına rağmen hangisinin en iyi görüntüleme tekniği olduğu konusunda fikir birliği sağlanamamıştır. Hayes ve Conway^[4] eklem kıkırdağının doğru değerlendirilmesi için MR tekniğinin şu şartları taşıması gerektiğini bildirmişlerdir: (i) Küçük kıkırdak defektlerini değerlendirmeye yetecek kontrast/gürültü oranının sağlanması. (ii) Kıkırdaktaki sinyal yoğunluğu değişikliklerini gösterebilecek doku ve görüntü kontrastının sağlanması. (iii) Kıkırdak sınırlarını ve kalınlığını değerlendirmeye yetecek kıkırdak, eklem sıvısı ve subkondral kemik ara planlarının bulunması.

Eklem kıkırdağının görüntülenmesine yönelik MRG çalışmamızda T₂ ve proton TSE, yağ baskılayıcı 3D SPIR ve T₁ MTK TSE görüntüleme tekniklerini kullandık. Erken evre kıkırdak patolojileri-



Şekil 4. Medial patellofemoral bölgede artroskopiye normal olarak değerlendirilen kartilaj noktası. (a) Proton TSE görüntüsünde kıkırdak şişmesi ve kıkırdak içi sinyal azalması. (b) Üçboyutlu SPIR görüntüsünde kıkırdakta şişme bulunurken kartilaj içi sinyal azalması izlenmemekte.

nin belirlenmesinde kıkırdak içi sinyal değişikliği ve kontur düzensizliklerini birlikte değerlendirdik. Bu anormalliklerden herhangi birinin bulunması halinde lezyon Outerbridge^[9] sınıflamasına göre evre 1 olarak kabul edildi. Erken evre kıkırdak dejenerasyonunun, kıkırdak su kaybına bağlı kıkırdak içi sinyal azalması ve fokal kıkırdak şişmesi özelliklerinin en iyi proton ağırlıklı TSE ile görüntülediğini gözledik. Üçboyutlu yağ baskılayıcı görüntülerde ise lezyonlar daha çok kontur düzensizlikleri ve fokal şişme şeklinde izlendi; fokal sinyal değişiklikleri görülemedi. T₂-ağırlıklı görüntülerde bazal tabakanın subkondral kemikle aynı yoğunlukta olması nedeniyle, kıkırdak normalden ince görünümdeydi ve konturlarında lobülasyon izlendi. Bu nedenle, T₂-ağırlıklı TSE görüntülerde kontur düzensizlikleri değerlendirilememekle birlikte, erken evre lezyonlar genellikle kıkırdak içi artmış fokal sinyal anormallikleri şeklinde izlendi. T₁ MTK TSE görüntülerde ise, lezyonlar fokal şişmeler şeklinde izlenebilmesine karşın, kıkırdak içi sinyal değişiklikleri belirgin değildi. Artroskopi ile karşılaştırıldığında, evre 1 lezyonları en yüksek doğru tanıma oranı proton ağırlıklı TSE görüntülerde (%60), en düşük ise T₂ TSE görüntülerde (%20) bulundu.

McCauley ve ark.^[3] 52 hastanın diz eklemi üzerinde yaptıkları çalışmada, T₂-ağırlıklı TSE görüntülerde kıkırdak patolojilerini, kıkırdak içindeki fo-



Şekil 5. Patellar kıkırdakta üçboyutlu SPIR tekniği ile izlenen trilaminer yapı.

kal sinyal yoğunluğu değişiklikleri ve fokal kontur anormallikleri ile birlikte göstermişler; kıkırdak lezyonlarının belirlenmesinde sinyal yoğunluğundaki değişikliklerin konturdaki fokal defektlerden daha değerli olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bredella ve ark.^[6] klinikte rutin olarak kullandıkları T₂ TSE görüntülerle dizdeki hiyalin kıkırdak defektlerini tam olarak saptayabildiklerini bildirmişlerdir. Ancak, Hayes ve Conway^[4] patellar eklem lezyonlarının *in vitro* tarama ve evreleme çalışmasında kullandıkları T₂-ağırlıklı TSE görüntüleme tekniğiyle tatminkar görüntü elde edilebilecek kontrast/gürültü oranlarına ulaşamamışlardır. Çalışmamızda T₂ TSE görüntülerde Hayes ve Conway'ın^[4] bildirdiklerine paralel bulgular elde edildi. T₂-ağırlıklı TSE görüntülerimiz yeterli uzaysal çözünürlük elde edebilecek kontrast/gürültü oranı göstermiyordu. Olgularımızın büyük kısmında eklem mesafesinde bulunan sıvı yardımıyla artrogram benzeri görünüm izlenmesine karşın, T₂ TSE görüntüler fokal kıkırdak defektlerinin saptanmasında ve kıkırdak konturlarını değerlendirmede yetersiz kaldı. T₂ TSE tekniği ile artroskopi arasındaki tanısal farkın yüksek ($p < 0.05$) ve gözlemciler arası uyumun ($k = 0.42$) tatminkar olmaması nedeniyle, bu tekniğin kıkırdak lezyonlarında tek başına kullanımı yararlı bulunmadı.

Brown ve ark.^[7] dizdeki eklem kıkırdak defektlerini göstermede MTK tekniğinin en iyi görüntüleme tekniği olduğunu savunmuşlardır. Çalışmamızda, Brown ve ark.^[7] bildirdiklerinin aksine, T₁ MTK TSE görüntüleri kıkırdak incelemesi için yeterli uzaysal çözünürlüğe sahip bulunmadı. Ayrıca, kıkırdağa komşu yumuşak doku ve eklem sıvısı arasındaki kontrastı belirgin derecede düşüktü. Çalışmamızdaki T₁ MTK TSE sonuçları artroskopiyle karşılaştırıldığında en düşük duyarlılık ve doğruluk oranlarına sahipti. En yüksek yanlış negatiflik oranı bu teknikle elde edildi (%37.6). T₁ MTK TSE görüntülerinin, T₂-ağırlıklı görüntülere benzer şekilde, kıkırdak lezyonlarını düşük evreleme eğilimi vardı. Bu özellikler, belirgin derecede düşük sinyal/gürültü oranına ve buna bağlı elde edilen düşük uzaysal çözünürlük ile düşük doku kontrastına bağlı olabilir. Lesperance ve ark.^[13] MTK fenomeninin kollajen konsantrasyonuna bağlı olduğunu ve kollajen yapının azalmasıyla MTK etkisinin azaldığını dolaylı olarak göstermişlerdir. Özellikle dejeneratif kıkırdak dokusunda azalan kollajen miktarı ile MTK etkisinin de düşeceği,

bunun da düşük çözünürlüğe neden olacağı düşünülmektedir. T₁ MTK TSE görüntülerin, artroskopi ile arasındaki tanısal farkın yüksek (p<0.05) ve gözlemciler arası uyumun (k=0.40) kötü olması nedeniyle kırıkta lezyonlarının taranmasında uygun teknik olmadığı sonucuna vardık.

Çalışmamızda kullandığımız diğer teknik olan 3D SPIR görüntü sonuçları, T₂ TSE ve T₁ MTK sonuçlarına göre daha tatminkardı. Disler ve ark.^[8] yağ baskılayıcı 3D SPIR görüntülerinin hiyalin kırıkta defektlerinin saptanmasında standart MR görüntülerine göre önemli avantajlar gösterdiğini bildirmişlerdir. Recht ve ark.^[14] kadavra üzerinde yaptıkları çalışmada, 3D SPIR görüntülerle kırıkta lezyonlarının standart T₁, T₂, proton ağırlıklı ve yağ baskılayıcı olmayan SPIR görüntülerine göre daha kolay saptadıklarını bildirmişlerdir. Çalışmamızda, 3D SPIR görüntülerinin kırıkta yapısını belirgin olarak gösterip, komşu yumuşak doku ve yağlı kemik iliği ile belirgin kontrast oluşturmaya karşın, kırıkta çözünürlüğü proton ağırlıklı TSE tekniğinde elde edilen görüntülerden daha yüksek değildi. Yağ baskılayıcı 3D SPIR tekniğiyle artroskopi arasındaki tanısal farkın yüksek (p<0.05) ve gözlemciler arası uyumun (k=0.52) orta derecede olması nedeniyle kırıkta lezyonlarının taranmasında yararının sınırlı olduğuna inanıyoruz.

Kullandığımız diğer MR tekniği olan proton ağırlıklı görüntülerde en yüksek sinyal/gürültü oranı ve en yüksek uzaysal çözünürlük elde edildi. Geçmişte yapılan bazı çalışmalarda, proton ağırlıklı görüntülerin kırıkta anormalliklerinin değerlendirilmesinde yeterli olmadığı bildirilmiştir. Ahn ve ark.^[15] ise evre 3 lezyonlar için en duyarlı (%90) tekniğin proton ağırlıklı görüntüler olduğunu bildirmişlerdir. Kullandığımız dört tür sekans içinde kırıkta lezyonlarını en yüksek duyarlılıkla gösteren tekniğin proton TSE (%91.7) olduğu görüldü. Elde edilen tatminkar uzaysal çözünürlük sonucunda en düşük yanlış negatiflik oranı bu teknikte izlendi (%8.3). Diğer sekanslarda daha fazla izlenen aşağı evreleme eğilimi, bu teknikte en düşük oranda idi. Proton ağırlıklı görüntüler evre 0 sağlam kırıkta ile evre 4 lezyonlarda, diğer sekanslardakine benzer duyarlılık ve doğruluk değerleri gösterdi. Evre 1-2-3 lezyonlar için ise diğer MRG tekniklerine belirgin üstünlük sağlamaktaydı. Yapılan evrelemelerde, proton ağırlıklı TSE görüntüler tüm evreler için en yüksek doğruluk değerlerine sahipti (%77.3). Sadece proton ağırlıklı görüntü-

ler, artroskopi ile arasında anlamlı tanısal fark olmayan MRG tekniği idi (p>0.05). Gözlemciler arası uyumu gösteren kappa değeri (k=0.68) gerçek uyumu göstermekteydi. Tatminkar çözünürlükteki görüntüleri ile kırıkta lezyonlarının belirlenmesi ve doğru evrelenmesindeki istatistiksel başarısından dolayı, proton ağırlıklı görüntülerin kırıkta değerlendirilmesinde etkili MRG tekniği olduğu sonucuna vardık.

Sonuç olarak, kullandığımız dört farklı MRG tekniğinden T₁ MTK TSE tekniği dışındaki tüm teknikler, evre 3 ve 4 lezyonlarda benzer duyarlılık göstermelerine karşın, evre 1 ve 2 için belirgin farklılık göstermekteydi. Kullanılacak MRG tekniğinin, özellikle evre 1 ve 2 lezyonlarda duyarlılık ve özgüllüklerinin yüksek olması gerektiğini düşünüyoruz. Bu özellikleri en yüksek düzeyde taşıyan MRG tekniğinin proton TSE olduğu görülmektedir. Ancak, kırıkta ve eklem sıvısı arasındaki kontrastın yetersiz olması bu tekniğin en önemli dezavantajı olarak dikkat çekmektedir. T₂ TSE tekniği ise, kemik yapıları ve ligamanların yanında eklem içi ve bursal sıvıları da belirgin göstermesi ile proton ağırlıklı görüntüleri tamamlayıcı özelliktedir. Bu nedenle, kırıkta lezyonlarının incelemesine yönelik MRG protokolünde, proton ağırlıklı görüntüleri T₂-ağırlıklı görüntülerin eklenmesi kırıkta defektlerine yönelik duyarlılığı artıracak; ayrıca, dizdeki eşlik eden patolojilerin incelemesi açısından da yararlı olacaktır. Ulaştığımız sonuçlara dayanarak, kırıkta lezyonlarının incelenmesinde 3D SPIR GRE, T₁ MTK TSE ve T₂ TSE tekniklerinin tek başına kullanılmasının yararının sınırlı ve düşük olacağını söyleyebiliriz.

KAYNAKLAR

1. Waldschmidt JG, Braunstein EM, Buckwalter KA. Magnetic resonance imaging of osteoarthritis. *Rheum Dis Clin North Am* 1999;25:451-65.
2. Midia R, Aydınöz Ü. Patellar eklem kırıktağının MRG ile değerlendirilmesinde sekans optimizasyonu. *Tanısal ve Girişimsel Radyoloji* 1999;5:661-8.
3. McCauley TR, Kier R, Lynch KJ, Jokl P. Chondromalacia patellae: diagnosis with MR imaging. *AJR Am J Roentgenol* 1992;158:101-5.
4. Hayes CW, Conway WF. Evaluation of articular cartilage: radiographic and cross-sectional imaging techniques. *Radiographics* 1992;12:409-28.
5. Yulish BS, Montanez J, Goodfellow DB, Bryan PJ, Mulopulos GP, Modic MT. Chondromalacia patellae: assessment with MR imaging. *Radiology* 1987;164:763-6.
6. 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.
7. Wolff SD, Chesnick S, Frank JA, Lim KO, Balaban RS. Magnetization transfer contrast: MR imaging of the knee. *Radiology* 1991;179:623-8.
 8. 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.
 9. Cameron ML, Briggs KK, Steadman JR. Reproducibility and reliability of the Outerbridge classification for grading chondral lesions of the knee arthroscopically. *Am J Sports Med* 2003;31:83-6.
 10. 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.
 11. Dwyer AJ. Matchmaking and McNemar in the comparison of diagnostic modalities. *Radiology* 1991;178: 328-30.
 12. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977;33: 159-74.
 13. Lesperance LM, Gray ML, Burstein D. Effect of collagen concentration and structure on MT in hydrated collagen and cartilage [Abstract]. In: Book of abstracts: Society of Magnetic Resonance in Medicine 1993. Berkeley, CA: Society of Magnetic Resonance in Medicine; 1993. p. 1107.
 14. Recht MP, Kramer J, Marcelis S, Pathria MN, Trudell D, Haghighi P, et al. Abnormalities of articular cartilage in the knee: analysis of available MR techniques. *Radiology* 1993;187:473-8.
 15. Ahn JM, Kwak SM, Kang HS, Muhle C, Pedowitz RA, Frank LR, et al. Evaluation of patellar cartilage in cadavers with a low-field-strength extremity-only magnet: comparison of MR imaging sequences, with macroscopic findings as the standard. *Radiology* 1998; 208:57-62.