

Diz Eklemi: Kıkırdak

Nuran Sabir¹, Burak Tanrıverdi²

ÖĞRENME HEDEFLERİ

- Kıkırdak yapısı ve fonksiyonu
- Kıkırdak görüntüleme endikasyonları
- Normal kıkırdak MR görüntülemesi ve lezyonların tarif edilmesi
- Kıkırdak görüntülemeye standart ve yeni MR görüntüleme sekansları
- Manyetik alan gücünün görüntülemeye etkisi

Kıkırdak Yapısı ve Fonksiyonu

Eklem kıkırdığı net ağırlığının %4'ü kondrositlerden, geri kalan büyük kısmı ekstraselüler matriksten oluşur. Ekstraselüler mesafenin %65-85'ini su, çok az bir kısmını proteoglikan ve tip II kollajen oluşturur [1, 2]. Yüksek sıkıştırma kuvvetine dayanmayı sağlayan proteoglikan kıkırdak net ağırlığının %3-10'unu oluştururken, gerilme kuvvetinden sorumlu kollajen %15-20'sini yapar [1]. Eklem kıkırdığının lenfatiklerden, kan damarı ve sinirlerden yoksun olması iyileşme ve onarım potansiyelini kısıtlar [2]. Eklem kıkırdığının makromoleküler matris yapısının korunması eklem sağlığı için hayatidir. Tip II kollajenin kompleks üç boyutlu oryantasyonu doku anizotropisinden sorumludur [3]. Kıkırdığın eklem yüzeyi lamina splendis ile korunur; yoğun kollajen demetlerinin yüzeyindeki lubrisin adı verilen proteoglikan ve sinovyal sıvı kayganlık sağlar [4]. Kıkırdığın yüzeyel zonu kollajen lifleri ve eklem yüzeyine paralel elonge kondrositler-

den; orta zon yuvarlak kondrositler ile rastgele konumlanmış kollajen fiberlerinden; derin zon ise kemik yüzeye dik olarak yerleşmiş elonge kondrositlerden ve kalın kollajen demetlerinden oluşur. Derin zonda radyal uzanan kollajen fibrilleri subkondral kemiğe bağlanmak için kalsifiye zona uzanır [2].

Ayak bileği kıkırdak kalınlığı ortalama 1,1 mm iken; patella kıkırdığı farklı olarak 5 mm ve üzeri olabilir [5, 6]. Farklı eklemlerdeki farklı kıkırdak yapıları gelişen farklı tipte kıkırdak lezyonlarını da açıklar; örneğin idyopatik osteoartrit diz eklemi kıkırdığında daha sık iken osteokondral lezyonlar daha sık ayak bileğinde görülür [7].

Kıkırdak Görüntüleme Endikasyonları

Osteoartrit, kronik ve akut osteokondral zedelenme, kondromalazi patella, femur kondilinin spontan osteonekrozu (SONK veya Ahlbaeck's hastalığı), enflamatuvar artropatiler, invaziv kıkırdak onarımı ve konzervatif terapiler

¹Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Denizli, Türkiye

²Denizli Devlet Hastanesi, Radyoloji Bölümü, Denizli, Türkiye

✉ Nuran Sabir • nuransabir@hotmail.com

sonrası değerlendirme manyetik rezonans (MR) görüntüleme endikasyonlarıdır [7].

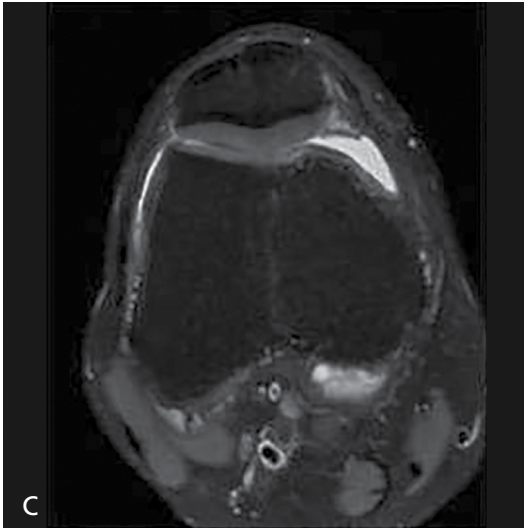
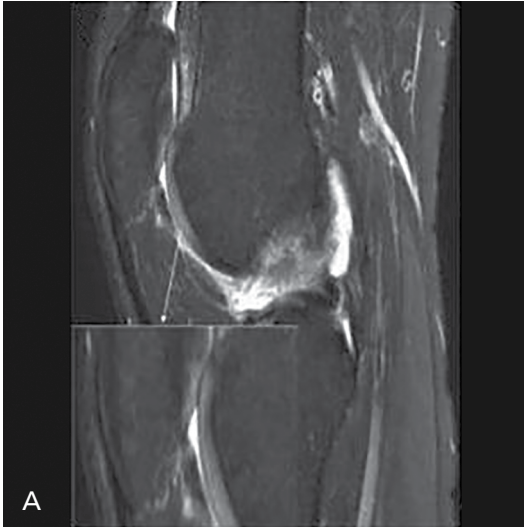
Diz Kıkırdağının Normal MR Görüntüsü

Hiyalin kıkırdağın, yüksek rezolüsyonlu MR görüntülerinde ve yüksek manyetik alanda daha belirgin olan, düşük sinyalli derin tabaka, kalın, homojen orta-yüksek sinyalli orta

tabaka ve ince düşük sinyalli yüzeyel tabaka olmak üzere üç katmanlı görüntüsü vardır (Resim 1A). Tüm sekanslarda düşük çözünürlük ve kısa TE zamanlarında derin ve yüzeyel katmanların seçilemediği homojen orta sinyalde, yağ baskılı sekanslarda ise nispeten hiperintens olduğu haliyle izlenir (Resim 1B, C). Yağ supresyonu ile derin düşük sinyalli tabakanın seçilebilirliği subkondral kemiğin benzer sinyalde olması nedeniyle azalır. Özellikle T2A görün-

EĞİTİCİ
NOKTA

EĞİTİCİ
NOKTA



Resim 1. A-D. Normal diz kıkırdağı (A) T2A SPAIR sekansta; düşük sinyalli derin tabaka, kalın homojen orta-yüksek sinyalli orta tabaka ve ince düşük sinyalli yüzeyel tabaka izleniyor. (B) Sagittal T1A TSE sekansta; patellofemoral eklem kıkırdağı derin ve yüzeyel katmanlarının seçilemediği homojen orta sinyalde izlenmektedir. (C) PDA SPAIR sekansında kıkırdak nispeten hiperintens olduğu haliyle görülmektedir. (D) Normal bir varyasyon olarak santral tibial plato kıkırdağı uzun bir bölgede derin düşük sinyalli izleniyor (beyaz ok).

tülerde daha belirgin olmak üzere kollajenlerin manyetik alana bağlı bölgesel varyasyonlar göstermesi nedeniyle kıkırdak sinyali değişiklik gösterebilir [8]. Santral tibial plato kıkırdağı, (Resim 1D) derin santral patellar kıkırdak ve yük taşıma bölgesi olan derin femoral kondil kıkırdağı normalde belirgin düşük sinyalde izlenir. Bu varyasyon alanlarının bilinmesi yanlış tanı konmaması için önemlidir. Kıkırdak içerisinde sıvı sinyalinde lineer bölgeler fissürü yansıtırken geniş alanlar kıkırdak kaybını gösterir. Küçük hasta serisi olan bir çalışmada fokal düşük T2 sinyalli lezyonların da sıklıkla fissür ile ilişkili olduğu gösterilmiştir [9]. Parsiyel volüm artefaktı kıkırdak görüntülemeye komşu yağ veya sıvı sinyali ile lezyonların ayırımında sorun yaratabilir. Bu sorun ince kesitli yüksek çözünürlüklü 2B sekanslarla veya izotropik yüksek çözünürlüklü 3B sekanslarla çözülebilir.

Kıkırdak Lezyonlarının Tarif Edilmesi

Diz kıkırdağının morfolojik değerlendirilmesi için MR görüntüleme tekniklerinin fissür, fokal veya yaygın, kısmi ya da tam kat kıkırdak kaybı hakkında doğru bilgi içermesi gerekmektedir. Klinik pratikte, dizde kıkırdak lezyonları sıklıkla modifiye Noyes, Outerbridge skalasıyla ya da ICRS (International Cartilage Repair Society) sınıflandırmasıyla derecelendirilir [10]. Klinik araştırmalarda özellikle diz osteoartrit çalışmalarında MR görüntüleme ile kıkırdağın morfolojik değerlendirmesinde; WOMS (Whole-Organ MR Imaging Score) [11] BLOKS (Boston-Leeds Osteoarthritis Knee Score) [12] ve KOSS (Knee Osteoarthritis Scoring System) [13] gibi yarı kantitatif skorum sistemi kullanılmaktadır. Bu skorum sistemlerinde, eklem kıkırdağının morfolojik özellikleri, diz etrafındaki diğer yapılar (örn; menisküsler, subkondral kemik, osteofitler ve sinovyum) ile birlikte değerlendirilir. Diz osteoartrit hastalarında ağrı ve hastalığın ilerlemesine neden olan morfolojik risk faktörleri saptanır.

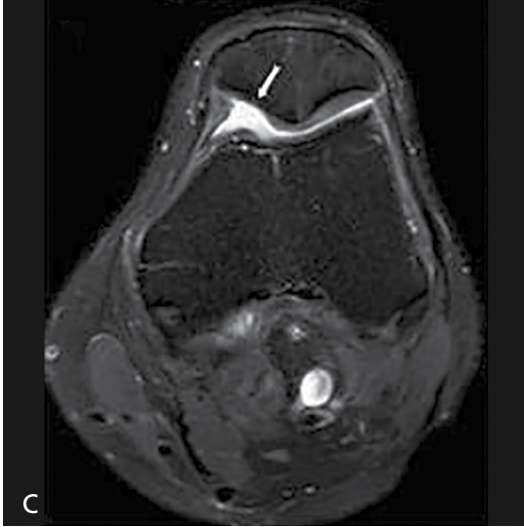
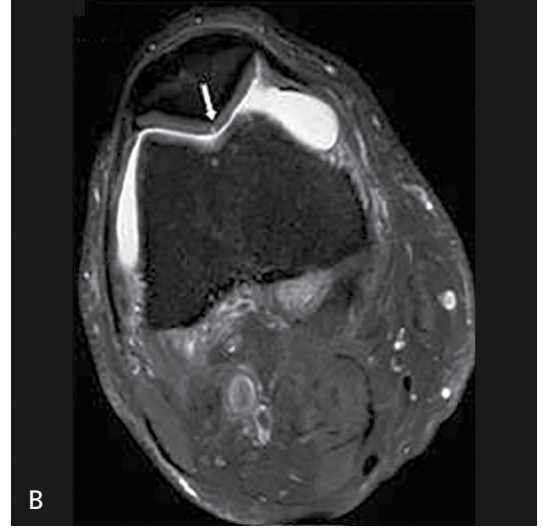
Kıkırdak anormallliği (kondrozis) pratik olarak difüz-generalize patoloji ve fokal lezyon

olarak ayrılır [14]. Difüz patoloji genellikle kronik ACL yırtığı veya kronik menisküs yırtığı gibi durumlarında çeşitli derecelerde inceme, fissür, kıkırdak yüzeyinde yıpranma ile karakterize marjinal osteofit formasyonları, subkondral ödem ve kistik değişiklikler ile birlikte görülür. Difüz ya da multikompartmantal patolojilerin tedavisi genelde konzervatif olarak nonsteroidal-antienflamatuar, eklem içi steroid enjeksiyonu veya en sonunda artroplastik operasyondur. Fokal kıkırdak lezyonlarında özellikle genç hastalarda otolog osteokondral veya kıkırdak transplantasyonu gibi lokalize tedaviler uygulanabilir. Bu nedenle raporda lezyonun tarifi klinik durum ve uygulanabilecek tedavi seçeneklerine yol gösterici olmalıdır [15].

Soliter Lezyonların Tarif Edilmesi

Lezyonun lokalizasyonu ICRS sistemine göre femoral kondil ve tibial plato için anterior, santral, posterior ve medial, santral-lateral olarak; patellar kıkırdak yüzeyi ise proksimal, santral-distal ve medyal, santral-lateral olarak segmentlere ayrılarak tarif edilebilir [16].

Lezyonun iki boyutta büyüklüğü, kenar boşluklarının keskin ya da yuvarlak kenarlı olup olmadığı, lezyon derinliğinin tam veya kısmi kalınlıkta olduğu (<%50 veya >%50), herhangi bir subkondral değişikliğin varlığı, lezyonu çevreleyen nativ kıkırdağın olup olmaması belirtilmelidir. Eklem periferinde olan lezyonlar daha basit iken patellofemoral eklem gibi santralde olma eğimli lezyonların prognozu daha kötüdür. Ayrıca lezyon kenarında kıkırdağın daha düzensiz, yuvarlak olması fibrilasyon ile birlikte olacağından görünenden daha ciddi bir tabloyu yansıtabilir. Daha çok akut lezyonları yansıtan keskin kenarlı lezyonların prognozu daha iyidir. **Kemik iliği ödemi genelde derin kıkırdak hasarı ile birlikte görülmekle birlikte her zaman eşlik etmeyebilir. MR görüntüleme ile tahmin edilen lezyon boyutu her zaman doğruyu yansıtmayabileceğinden, cerrahi sırasında tedavi seçenekleri değişebilir. Kıkırdağın altındaki sıvı, *unstabil* tam kat kıkırdak kaybını yansıtan delaminasyonu veya kondral flep ol-**

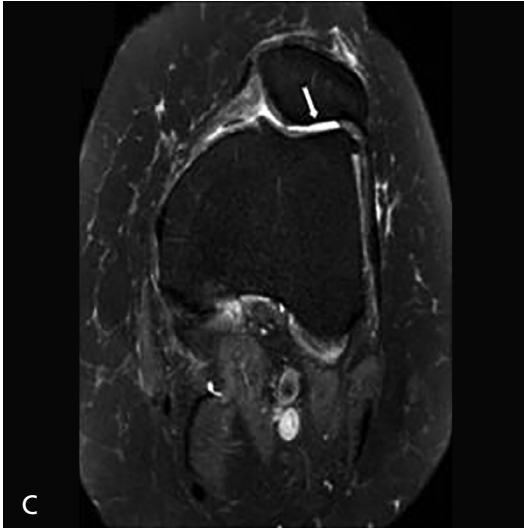
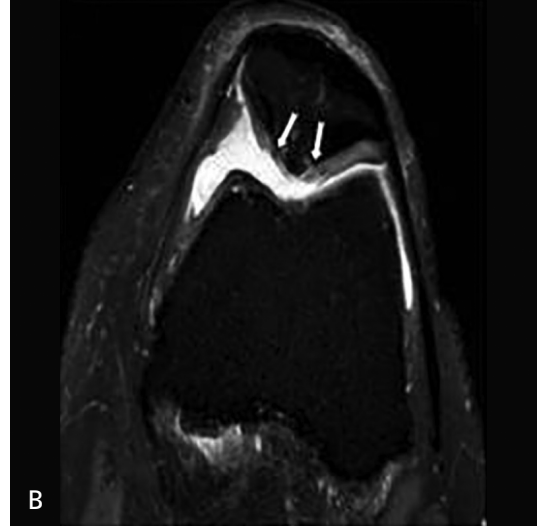


Resim 2. A-D. (A) PDA SPAIR sekansta patellanın lateral kıkırdığında sinyal artışı izleniyor (beyaz ok); Evre 1 lezyon (B) Patellanın santral kıkırdığında %50'den küçük parsiyel kalınlıkta fissür (beyaz ok); Evre 2 lezyon (C) Medyal kıkırdakta yağ baskılı PD sekansında tam kat kalınlıkta kıkırdak kaybı gibi izlenirken aynı hastanın (D) Aksiyal 3D WATS-c sekansında lezyonun tam kat olmadığı izleniyor; Evre 3 lezyon. Yağ baskılı PD sekansında sıvı sinyali kıkırdak lezyonunu abartılı göstermiştir.

duğunu gösterir. Delaminasyon artroskopi ile görülmeyeceğinden lokasyonu ve boyutu iyi tarif edilmelidir. Outerbridge derecelendirme sistemine göre evre I, kıkırdak şişmesi ve yumuşaması; evre II, < 1,5 cm çapta subkondral kemiğe ulaşmayan parsiyel kalınlıkta fissür (Resim 2A-D); evre III >1,5 cm çapta subkondral kemiğe ulaşan fissür; evre IV, subkondral kemik ile birlikte kıkırdak lezyonu'nu tarif eder (Resim 3A-D). Outerbridge evre II, III ve IV lezyonların tespit edilmesi evre I lezyonlara

göre kolay olmasına rağmen, bu sınıflar arasında doğru ayırım yapılması tamamen güvenilir değildir. ICRS evreleme sistemi MR görüntülemesinde kıkırdak lezyonu derinliğinin ölçülmesi için adapte edilmiş olarak kullanılmaktadır (Tablo 1) [17].

Patellar kondromalazi terimi tipik olarak genç hastalarda diz önü ağrısı sendromunu tanımlamada genel olarak kullanılan, erken evrede kıkırdakta yumuşama, kabarıklık ve ödem ile ortaya çıkan; iyileşebileceği gibi osteoart-



Resim 3. A-D. (A) PD SPAIR sekansı; patella santral kıkırdığındaki tam kat lezyona subkondral ödem ile kistler eşlik ediyor; Evre 4 lezyon. (B) Santral kıkırdakta tam kat kıkırdak kaybı, lezyon kenarları düzensiz, flep ve fissür ile birlikte; Evre 4 lezyon. (C) Lateral kıkırdakta düzgün kenarlı tam kat kalınlığındaki kıkırdak kaybı subkondral kemiğe dek ulaşmış; Evre 4 lezyon. (D) Femur medyal kondil santralinde tam kat kalınlıktaki kıkırdak lezyonuna subkondral ödemin eşlik ettiği izleniyor; Evre 4 lezyon.

rite kadar da ilerleyebilen bir hastalıktır [18]. Kıkırdak kaybı en sık olarak medyal fasette görülmekle birlikte altta yatan nedene bağlı patellar artiküler yüzün her yerinde olabilir. Evrelemesi diğer kıkırdak lezyonları ile aynıdır. MR görüntülemesinde kıkırdak harabiyetini gösteren iki bulgu, kıkırdakta incelme ve sinyal değişikliğidir. Travmada ve osteoartritin erken döneminde reaksiyonel bir kalınlaşma görülebilir ancak zamanla incelme ve harabiyet ge-

lişir. Eklem mesafesinde sıvı mevcutsa, yüzeysel kıkırdak hasarı daha iyi gözlenir. Troklear kıkırdakta yüzey fibrilasyonu ince olabilir ve genel olarak sıkışma tarafındadır. Sıklıkla troklear sulkus apeksinde ve sagittal görüntülerde komşu lateral trokleada da görülebilir [15].

Osteokondral lezyon ve osteokondritis dissekans terimleri bazen birbirinin yerine kullanılan artiküler kıkırdak ve kemiği kapsayan lezyonları açıklamak için kullanılmıştır.

Tablo 1: Kıkırdak lezyonlarında ICRS artroskopik ve adapte edilmiş MR görüntüleme evreleme sistemi

ICRS artroskopik evreleme	MR görüntüleme evreleme
1a: Orta yumuşama veya yüzeyde fibrilasyon	1: Anormal sinyal
1b: Süperfisyal fissür	
2: Lezyon derinliği <%50	Lezyon derinliği <%50
3a: Derinlik >%50, kalsifiye tabakaya ulaşmamış	Lezyon derinliği >%50
3b: Derinlik >%50, kalsifiye tabakaya ulaşmış	
3c: Derinlik >%50, subkondral kemiğe ulaşmış	
3d: Derinlik >%50, kemikte kabarma (blistering)	
4: Subkondral kemiğe uzanma	Osteokondral lezyonlar

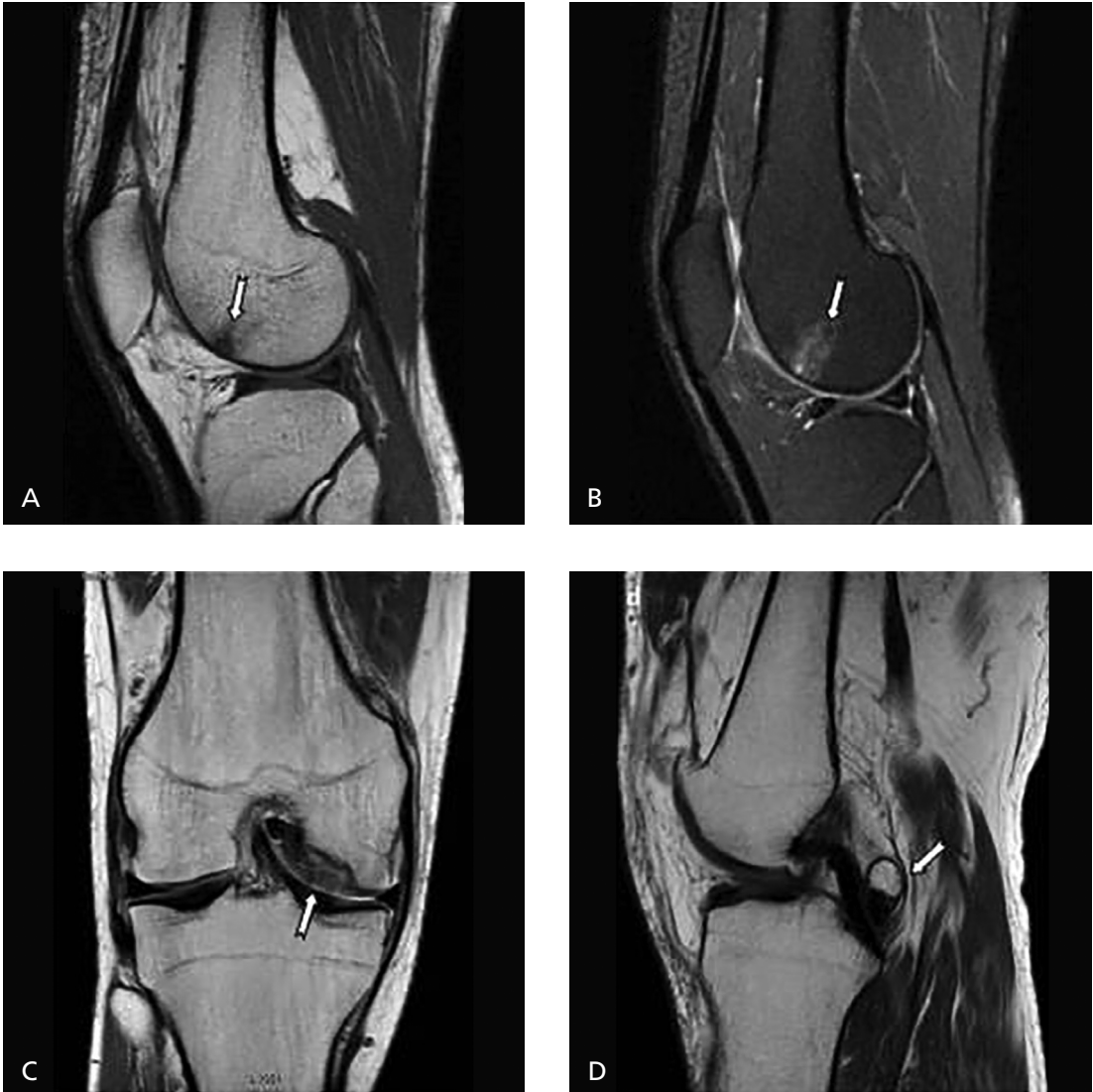
Osteokondritis dissekans için birçok olası etyolojik faktör öne sürülmüş ve çalışılmış olmasına rağmen multifaktöryel, kesin nedeni belirsiz bir durumdur [19, 20]. Karışıklığı önlemek için osteokondral lezyon teriminin kullanılması genel olarak tercih edilmektedir. Diz osteokondral lezyonlarının etiyolojisinde travma, tekrarlayan mikrotravmalar ve genetik yatkınlık olabileceği düşünülmektedir [19]. Travmatik lezyonlar dizde ayak bileğine göre daha sıktır. En sık semptomlar ağrı, kitlenme, klik sesi olup, muayenede hassasiyet, eklemde efüzyon ve hareket kısıtlılığı görülebilir [21]. Tüm osteokondral lezyonların %75'i dizde, % 4'ü ayak bileğinde meydana gelir, dizdeki lezyonlar erkeklerde daha sıktır [22]. Diz osteokondral lezyonları 11-13 ve 17-35 yaş arası olmak üzere bimodal yaş dağılımı göstermektedir. Bu lezyonlar sırasıyla çocuk ve yetişkin osteokondral formları olarak sınıflandırılır ve iskelet maturasyonundan ayırt edilir [23]. Yetişkin osteokondral lezyonlarının bir kısmı tanı almamış ya da yetersiz iyileşmiş çocuk osteokondral lezyonlarını temsil etmektedir [24].

Çoğunlukla eklem boşluklarında ganglion ve baker kisti içerisine de uzanabilen serbest eklem cisimciklerinin boyutu ve yeri raporda belirtilmelidir (Resim 4D). Osteokondral lezyon diz eklemine her yerde olabilmekle beraber vakaların %80-90'ı medyal femoral kondilde izlenir ve interkondiler resese uzanmaktadır [25]. Diğer kıkırdak anormalliklerindeki gibi çok sayıda sınıflama şeması vardır ve ICRS osteokondral lezyon sınıflandırmasına göre ev-

releme yapılabilir (Tablo 2) [26]. Osteokondral lezyonlar *stabil* ve *unstabil* olmak üzere ikiye ayrılır. Stabil lezyonda kıkırdak intakt olup bu subkondral kemiğin iyileşmesi için sıra gibi görev yapar. Unstabil lezyonda, fokal kıkırdak defekti, nekrozu yansıtan fokal hipointens T1 sinyali (Resim 4A, B), eklem yüzeyinde çökme, fragmente kemik etrafında veya kemik ile arasında sıvı olması (Resim 4C), flep yada ayrılmış fragman görülebilir (Resim 4D). Lezyonun stabil olmasına göre tedavi seçeneği değişir. **Bu nedenle diz osteokondral lezyonlarını raporlarken, stabilite ölçütlerine dayalı lezyonun tarifi, lezyon derinliği ve fragmente parçanın büyüklüğü vida veya pim ile ya da dolgu fiksasyonu ile doğrudan tespit edilmesine uygun olup olmadığını belirlemek için önemlidir.** Osteokondral fragman doğrudan tamir edilemez ise, kemik grefti gerekebilir. Grade 0 ve 1 hastalarda konzervatif tedavi yapılırken grade 2-5 hastalarda cerrahi tercih edilmektedir.

Kullanılan Tedavi Yöntemleri

Fokal kıkırdak lezyonlarını tedavi etmede kullanılan cerrahi teknikler; mozaikplasti, mikrofraktür, sondaj prosedürleri ve otolog kondrosit implantasyonudur [27]. Mozaikplasti, aynı zamanda osteokondral otogreft veya otolog osteokondral transplantasyon olarak adlandırılan, geliştirilmiş en umut verici tekniklerden biridir [28]. Mikrofraktür tekniğinde, kıkırdak defektinin debridmanı sonrası subkondral kemik plakasında küçük delikler oluş-



Resim 4. A-D. Aynı hastanın (A) Sagittal T1A TSE sekans ve (B) Sagittal PD SPAIR sekansında diz femur lateral kondilinde, kıkırdak kalınlığında azalma ve hipointens halka ile çevrelenmiş sklerotik lezyon ile komşu kemik iliğinde ödem benzeri sinyal değişikliği izleniyor (a ve b, beyaz oklar). Sklerotik kenar instabil lezyonu göstermektedir. (C) Koronal yağ baskısız PD TSE sekansında medyal femoral kondilde osteokondral fragman instabilitesinin işareti olarak lezyon etrafında hiperintens sıvı sinyali izleniyor (beyaz ok). Evre 3 osteokondral lezyon. Lezyon derinliği tedaviyi belirlediğinden raporda belirtilmelidir. (D) Sagittal T1A TSE sekansında arka çapraz bağ komşuluğunda düşük sinyalli sklerotik kenarlı ve yağ sinyalini kaybetmemiş serbest eklem cisimciği izleniyor (beyaz ok).

Tablo 2: Osteokondral lezyon ICRS artroskopik evreleme sistemi

I	Stabil, devamlı: Sağlam kıkırdakla kaplı yumuşamış alan
II	Kısmi bütünlük bozulması, prob ile muayenede stabil
III	Tam bütünlük bozulması, "yerinde ölmüş", yerinden oynamamış
IV	Yerinden oynamış fragman, yatağında gevşek ya da boş defekt
IVA	Lezyon derinliği 10 mm'den az
IVB	Lezyon derinliği 10 mm'den fazla

turulur. Osteokondritis dissekansta kıkırdak yüzeyi bozulmamış ve hasta iskeleti immatür ise drillleme prosedürleri uygulanır [29].

Kıkırdağı korumak veya kıkırdak hasarının tedavisi için bir dizi farmakolojik tedavi önerilmiştir. Bunlar enjekte edilebilir kortikosteroidler ve olumlu kısa vadeli etkisi olan uzun vadeli yapısal değişiklik sağlamayan viskosuplementasyon ve yavaş etki eden kondroitin ve glukozamin sülfat gibi ilaç tedavileridir [30]. Anti-enflamatuvar aktivite ve osteokondal koruyucu kondroitin sülfat kıkırdak yapısını şekillendirmeye ilişkili bulunmuştur [31].

Kıkırdak Görüntülemeye Standart MR Görüntüleme Sekansları

Kıkırdağın morfolojik durumunu değerlendirmek için en sık kullanılan MR görüntüleme teknikleri konvansiyonel spin eko (SE) ve gradient-recalled echo (GRE), fast spin eko (FSE) ve daha gelişmiş izotropik üç boyutlu (3D) SE ve GRE sekanslarıdır. T2 haritalama, gadolinyum kontrastlı kıkırdak MR görüntüleme (dGEMRIC), T1 rho(p) haritalama, sodyum (Na) görüntüleme ve difüzyon ağırlıklı görüntüleme (DWI) gibi yeni teknikler de kıkırdağı değerlendirmede fayda sağlamaktadır.

Kıkırdağın morfolojik değerlendirmesinde ve kondral patolojilerde en iyi sonuçlar proton dansite (PD), T2A FSE ve 3D spoiled gradient echo (SPGR) veya fast low-angle shot (FLASH) sekansları ile elde olunmuştur. Bu sekanslara yağ baskılamanın da eklenmesi kıkırdak patolojilerini değerlendirmede etkilidir.

İki Boyutlu (2D) SE ve FSE

Eklem kıkırdağının MR görüntüleme ile değerlendirilmesinde en sık kullanılan sekanslar yağ baskılı veya baskısız 2D veya çok kesitli T1A, PD ve T2A sekanslarıdır. T1A görüntüler hiyalin kıkırdak içi anatomik detayı gösterirken, kıkırdak yüzeyi ve eklem sıvısı ile iyi kontrast sağlamadığından kıkırdak defektinin değerlendirilmesinde kısıtlıdır (Resim 1B) [32]. Ayrıca meniskal yapılar ve ligaman gibi diz içindeki diğer yapıları değerlendirmede de

yetersizdir. T2A sekansı kıkırdağın internal sinyali pahasına, eklem sıvısı ve kıkırdak yüzeyi ile iyi kontrast sağlar, fokal kıkırdak defekti ve diğer lezyonları göstermede faydalıdır. Ancak kıkırdağın bazı kesimlerinde kısa T2 sinyali olması patolojik sinyal ile karışacağından yanıltıcı olabilir [33]. PD sekansı kıkırdağın internal sinyal anormalliğini iyi gösterebildiği gibi yüzeyindeki defektleri göstermede daha etkilidir. Çoğu merkez TE: 33-60 msn kullanılarak PD'nin kontrast avantajı ile birlikte T2A görüntüyü kullanmayı tercih etmektedir. Bu sekansla kıkırdak ve subkondral kemik ayrımı yapılarak T2A görüntülere göre kıkırdaktan daha iyi sinyal alınmasını sağlar. Buna ek olarak daha kısa TE ile çekilmiş PD görüntülere göre sihirli aç etkisine duyarlılığı azalır [7]. 2D FSE'de her sekans tekrarında standart SE sekanstan daha kısa zamanda multiple ekolar alınır böylece dokular arasında iyi kontrast ve SNR elde edilerek kıkırdak ile diz içi lezyonlar daha iyi görülebilir [34]. Bu teknik klinik kullanımda kıkırdak lezyonlarının değerlendirilmesi de dahil diz eklemi anormalliklerinin görüntülenmesi için çok sık kullanılmaktadır.

PD ve T2A FSE sekansları kıkırdağın morfolojik yapısıyla birlikte ligaman ve menisküs gibi yapıların cerrahi sonrası değerlendirilmesi için de faydalı bilgiler sağlar [35]. Ayrıca osteoartrit için yapılan çalışmalarda kıkırdağın morfolojik yapısının yanında zamanla hastalığın ilerlemesine neden olan potansiyel riskleri de gösterir [36]. FSE sekans ICRS için de kıkırdak onarımı değerlendirmesinde tavsiye edilen protokolün bir parçasıdır [37]. FSE sekansı mükemmel SNR ve kontrast sağlamasına rağmen, anizotropik voksel, kesit boşlukları ve parsiyel volumden etkilenebilir. Bu nedenle bu teknik için çok planda görüntü elde edilmesi gerekmektedir.

3D FSE ile Görüntüleme

Yüksek çözünürlüklü görüntüleme verilerini içeren 3D GRE sekansı, eklem kıkırdağı için MR görüntülemenin doğruluğunu artırmakla birlikte komşu subkondral kemik dokuyu değerlendirmek için ideal değildir [38]. Komşu

kemiğin değerlendirilmesi dejeneratif ve travmatik kıkırdak hasarının derecesini anlamak için gereklidir. 3D intermediate-weighted FSE sekans tekniği bulanıklığı azaltan flip angel (sapma açısı) modülasyonu ve acquisition zamanını kısaltan paralel görüntülemeye dayanır. Son çalışmalarda kıkırdağın morfolojik değerlendirmesi ve diğer diz içi yapıların tanısal performansında sonuçların benzer olduğu gösterilmiştir [35]. 3D GRE sekansı hariç 3D FSE sekansı subkondral kemik iliği anormalliğini iyi yansıtmaktadır. Şu anda 3D FSE sekansı rutin klinik kullanımda 2D FSE sekansının yerini almamış olsa da ileriki zamanlarda multiplanar reformatlama ile single-acquisition 3D FSE tekniği işlem süresini azaltarak standart 2D FSE tekniğinin yerini alabilir.

Spoiled Gradient Recalled Echo Imaging (SPGR)

Üç boyutlu SPGR görüntüleme 2D tekniğe göre daha yüksek duyarlılıkta olup kıkırdak defektini artroskopi ile karşılaştırılabilecek düzeyde iyi yansıtmaktadır. Bu nedenle kıkırdağın morfolojik değerlendirmesinde standart teknik olduğu düşünülmektedir [39]. Bu tetkikte T1A veya PD görüntülerdeki kontrasta benzer görünüm elde edilir. SPGR sekansı çoğu MR sistemlerinde mevcut olup kıkırdak görüntülemeye kullanışlıdır. SPGR görüntülemeye komşu dokular veya eklem sıvısı ile ilişkili olarak kıkırdak sinyali artırılmaktadır. Ayrıca bu teknik izotropik voksele yakın veri toplayıp parsiyel volüm artefaktından kaçınarak ideal yüksek çözünürlüklü 3D görüntüleme verisi sağlar ve kıkırdak kalınlığı ile hacminin değerlendirilmesine olanak tanır. Yağ baskılama veya suyun uyarılması tekniği ile birlikte uygulanabilmektedir. Ayrıca kıkırdak kaybının ilerlemesinde olası risk faktörlerinin gösterilmesinde de faydalıdır [40]. Bu tekniğin birkaç dezavantajından biri; bazı küçük fokal lezyonlar kıkırdak ve yüzey defektlerini kapatan sıvı arasındaki yetersiz kontrast yüzünden gözden kaçabilir. İkincisi, diz içindeki diğer yapıları değerlendirmede güvenilir değildir; sihirli aç fenomenini ligamanlarda ve menisküste yalancı

pozitif görüntülere yol açabilir ayrıca manyetik duyarlılıktan etkilendiği için kemik iliği patolojilerini gizler. Üçüncüsü, uzun görüntüleme zamanı hareket artefaktına ve doğru olmayan ölçümlere neden olabilir. Ancak her sekans tekrarından sonra uygulanan gradient ve radyofrekans spoiler puls artefaktlarını azaltabilir. Fast low-angle shot (FLASH) görüntüleme PD ağırlığı veya T1A kontrast çözünürlüğüne ulaşabilmek amacıyla steady state durumunu bozmak ve faz kayması oluşturmak için rastgele gradient pulslarının uygulandığı SPGR'nin bir alt tipidir. FLASH tekniğinin kıkırdak defektinin saptanmasındaki tanısal performansı 2D SE ve 3D GRE teknikleri ile benzer olup diz kıkırdağının morfolojik değerlendirmesinde kabul edilen görüntüleme tekniklerindendir [41]. Ancak bu tekniğin osteoartrit çalışmalarında zamanla oluşan kıkırdak incilmesi ve hacim kaybının değerlendirilmesinde kullanışsız olduğu gösterilmiştir [42]. Yağ baskılama ile veya su uyarılması ile birlikte kullanılabilir. FLASH tekniğinde normal kıkırdak yüksek sinyalli izlenir ve yüzeydeki lezyonların saptanabilirliği kolayken fissür gibi internal kıkırdak hasarlarının saptanması zorlaşabilir. FLASH tekniğinde yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edilebilirken uzun acquisition zamanı hareket artefaktına neden olabilir. Tekniğin manyetik duyarlılık artefaktına duyarlı olması nedeniyle cerrahi onarım işlemlerinden sonra değerlendirmede görüntü kalitesinin bozulması dezavantajdır. Yine de otolog kondrosit implantasyonu gibi kıkırdak onarım işlemlerinde kıkırdağın hacimsel değerlendirilmesinde kullanışlıdır [43]. 3D WATS-c (T1 fast field echo with water excitation for cartilage) ve 3D WATS-f (water selective fluid scan) sekansları yağ baskılama için suyun uyarılması yöntemini kullanan teknikler suyun uyarılması ile birlikte olan 3D FLASH sekansı ile benzerdir [44]. WATS tekniği yağ sinyallerini baskılamak için alternatif bir yöntem olarak geliştirilmiştir [45]. WATS tekniği manyetik alan inhomojenitesine daha az duyarlı olmasından dolayı presaturasyon tekniğine göre yağ sinyallerini daha iyi baskılar (Resim 5A, B) [46]. Yağ baskılı SPGR ile karşılaştırıldığında WATS tekniğinin tarama süre-

si daha kısadır [45]. Yağ baskılı FLASH veya yağ baskılı SPGR ile suyun uyarıldığı FLASH ya da WATS-c arasında sinyal ve kontrast gü-rültü oranı söz konusu olduğunda kondromala-zi evrelemesi açısından anlamlı fark olmadığı yapılan çalışmalarda gösterilmiştir [44]. **Son yapılan çalışmalara göre yağ baskılı FLASH (veya WATS-c) sekansının yağ baskılı FSE tekniğine göre kıkırdak patolojilerini göstermede duyarlılığının ve özgüllüğünün daha düşük olduğu gösterilmiştir [47]. Yüksek sinyalli WATS-c görüntüler internal kıkırdak anormalliklerini sıklıkla saklar ve kıkırdak ile sinovyal sıvı arasındaki düşük kontrast kıkırdak fissürü ya da fibrilasyonunun saptanmasını güçleştirir (Resim 5C, D) [47].** Bu nedenle, kondromala-zi tanısında WATS-c veya yağ baskılı SPGR görüntülerin klinik kullanılabilirliği hala sınırlıdır.

Kıkırdak Görüntülemeye Yeni Geliştirilen Teknikler

Driven Equilibrium Fourier Transform (DEFT) görüntüleme, her uyarı sonrası manyetizasyonun Z-eksenine geri dönüşü esasına dayanmaktadır. Kıkırdağın sinyali korunurken sinovyal sıvı sinyalinin güçlenmesiyle sıvı ve kıkırdak arasındaki kontrast artırılır. DEFT görüntülemesindeki kısa TE yüzünden sıvının sinyal intensitesi SPGR'den kıkırdağın sinyal intensitesi de T2A FSE sekanstan daha yüksektir [48]. Bu tekniğin kıkırdak patolojilerini saptamada tanılal performansı 2D FSE ve SPGR tekniği ile benzerdir [49]. Uzun görüntüleme zamanına bağlı hareket artefaktı, yetersiz yağ baskılama ve kemik iliği değişikliklerine duyarlı olmaması dezavantajlarından olup klinik kullanımı çok yaygın değildir.

Üç boyutlu dual-echo steady-state (DESS) görüntülemeye iki veya daha fazla gradient eko gereklidir. Her iki eko grubu yeniden fokuslayıcı puls ile ayrılır ve kıkırdak ile sıvı sinyalinin daha yüksek olması için tüm ekolardan alınan veriler T2* ağırlıkta görüntü için birleştirilir. Bu teknikteki parametrelere bağlı kıkırdak yüzeyi ve sıvı arasındaki kontrast arttırılarak küçük kıkırdak lezyonlarının saptaması kolaylaşır [50]. Suyun uyarılması veya yağ baskılama ile

birlikte kullanılabilir. Çalışmalar diz kıkırdağının morfolojik değerlendirmesi için 3D DESS ile görüntülemenin yararını ortaya koymuştur [51]. Kıkırdak lezyonlarının saptanmasında tanılal performans açısından 2D ve 3D GRE tekniği ile benzerdir [52]. 3D SPGR tekniğine göre daha kısa veri toplama zamanı nedeniyle hareket artefaktı duyarlılığı daha azdır. Tekniğin diğer avantajları ise yüksek sinyal-gürültü oranı, yüksek kıkırdak sıvı kontrastı ve parsiyel volüm etkisini azaltmaya yardımcı ince kesitli izotropik çözünürlüğe yakın görüntülerin elde edilmesidir. Bu teknikte kıkırdağın yüksek sinyalli olması içindeki sinyal anormalliklerini göstermede yetersiz kalır. Diz osteoartrit çalışmalarında, 3D DESS'in kıkırdak kalınlığı ve hacminin nicel değerlendirmesini doğruluk ve hassasiyet ile yaptığı gösterilmiştir [51]. Ancak tekniğin diğer diz içi yapıları değerlendirmede yetersiz olması tekniğin dezavantajlarındanır.

Üç boyutlu bSSFP görüntüleme true FISP (true fast imaging with steady-state precession), FIESTA (fast imaging employing steady-state acquisition) ve balanced FFE (fast field echo) görüntüleme), SPACE, VIPR görüntüleme diğer yeni geliştirilen teknikler olup klinik kullanımları henüz yaygınlaşmamıştır.

Kıkırdağın Bileşenine Yönelik Görüntüleme Teknikleri

Kıkırdağın yapısında daha önce de belirttiğimiz sıralı kollajen ağı ve içerisindeki su, manyetizasyon transferine ve sihirli aç artefaktına neden olur. Proteoglikanlardaki bol miktarda negatif yüklü karboksil ve sülfat yüklü kenar zincirlerine kovalent olarak bağlı olan glikozaminoglikanlar vardır. Proteoglikanlar önemli bir net negatif yüke sahip olduğundan, mobil yüklü sodyum (Na⁺) iyonları ve gadolinyum dietilentriaminpentaasetik asit (Gd-DTPA) gibi MR kontrast maddeler kıkırdak proteoglikan konsantrasyonuna bağlı olarak dağıtılır. Kollajen ve proteoglikanlar kıkırdağın fonksiyonel yapısını korumak için önemli olduğundan, kıkırdağın bileşenine yönelik MR görüntüleme teknikleri bu moleküler yapıya odaklanarak geliştirilmiştir [53].

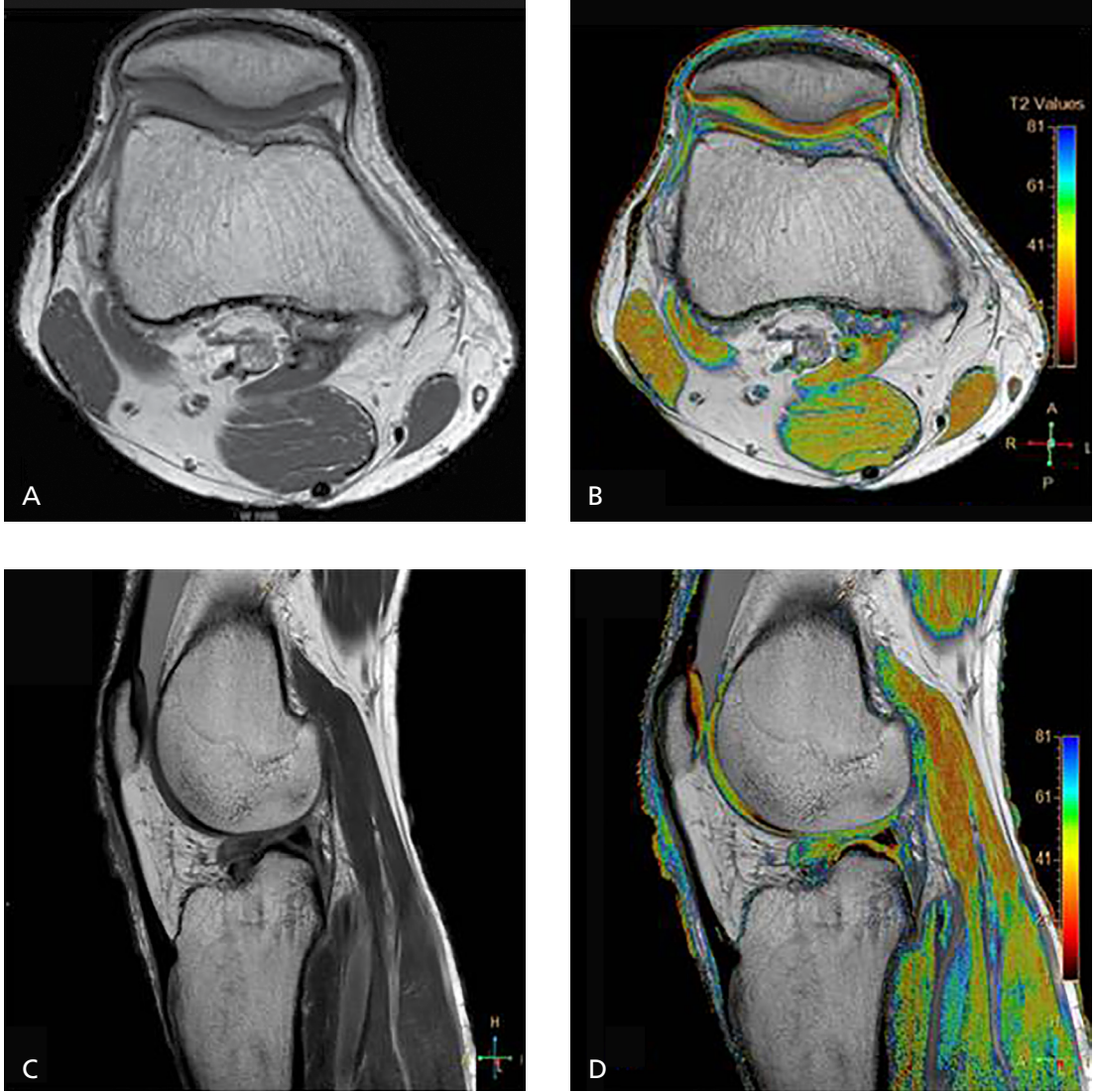


Resim 5. A-D. (A) Sagittal ve (B) aksiyal 3D WATS-c ile yağ sinyallerinin iyi baskılandığı homojen yüksek sinyalli normal kıkırdak izleniyor. Üç katmanlı kıkırdak sinyali WATS-c sekansında belirgin değil. (C) Aksiyal düzlemde patellofemoral eklem WATS-c sekansında santralde düşük sinyalli parsiyel fissür – evre 1 lezyon (beyaz ok) ve efüzyon (siyah ok) izleniyor. (D) Santral patellar kıkırdakta tam kat fissür ve subkondral kistik değişiklikler; evre 4 lezyon izleniyor. Yüksek sinyalli kıkırdak ile sinovyal sıvı arasındaki düşük kontrast nedeniyle kıkırdak fissürü ya da fibrilasyonunun ve subkondral kemik iliği değişikliklerinin saptanması zorlaşır.

T2 haritalama Tekniği

Hyalin eklem kıkırdağında T2 su moleküllerinin kendi arasında ve çevre makromoleküller ile olan etkileşimini yansıtır ve kollajen matrikste olan değişikliklere çok duyarlıdır. Kollajenin artmasıyla olduğu gibi su ve makromoleküller arasındaki etkileşimlerin artması T2 etkisinin azalmasına neden olur. Bu yüzden,

kıkırdaktaki fizyolojik ve patofizyolojik olayların sonucu olarak T2; hidrasyon değişikliklerine [54] ve ekstraselüler kıkırdak matriksteki kollajen fiberlerindeki anizotropiye oldukça hassastır [55]. Normal kıkırdakta, bölgesel ve zonal yoğunluk farklılıkları ve kollajen matriks organizasyonundaki farklılıklar T2 varyasyonları olarak görünür. T2 değerlerini hesaplamak için multi eko SE tekniği kullanılır. Rutin MR



Resim 6. A-D. (A) Normal yağ baskısız aksiyal ve (C) sagittal T2 TSE sekansı ile ilişkili aynı hastanın (B) aksiyal ve (D) sagittal T2 haritaları gösterilmiştir. (TR/TE; 2.0 s/13 ms, TR/TE 2.0 s/26 ms; flip açısı, 900, FOV; 160 mm) Renk skalasında kırmızıdan maviye doğru T2 relaksasyon zamanlarına göre haritalandırma yapılmakta. Normal kıkırdak T2 relaksasyon süreleri morfolojik anizotropi ve varyasyona bağlı değişiklik göstermekle birlikte relaksasyon süresi artmış olan yerler kıkırdak lezyonunu gösterir.

görüntüleme kıkırdak T2 değişikliklerinin öznel değerlendirmesine olanak sağlarken, T2 haritalama kıkırdak içinde relaksasyon zamanındaki farklılıkları temsil eden renkli veya gri skala haritası üreterek objektif veri sağlar (Resim 6). T2 haritalama tekniğinin, normal kıkırdağa göre T2 yüksek sinyalli erken evre dejenerasyon (kollajen matrikste erken bozulma) alanlarını tanımlamada kullanışlı olduğu hakkında iyi kanıtlar vardır [56]. Normal hiyalin kıkırdak T2 haritalaması ile karşılaştırıldığında

osteoartritik kıkırdak daha heterojendir. **Artan T2 relaksasyon süresi genellikle kıkırdak hasarı ile ilişkili olmak ile birlikte kıkırdak moleküler parçaları ile artan su etkileşimi nedeniyle bazı durumlarda düşük sinyal yoğunluğu olan lezyonlar görülebilir. T2 haritaları kıkırdaktaki normal alanları dejenerasyon alanlarından ayırt etmek için kullanılabilir olmasına rağmen, orta ve ciddi hastalığı ayırmada yardımcı olabilecek T2 harita ile osteoartrit arasında doğru orantılı bir ilişki yoktur [57].** Ayrıca fiziksel aktivite-

nin T2 değerlerini etkilediği de gösterilmiştir [58]. T2 haritalama tekniğinin kıkırdak onarımının zamanla takip edilmesinde kullanılabilir olduğu gösterilmiş olup çoğu klinik MR sisteminde kolayca uygulanabilir hal almıştır [59].

Manyetik Alan Gücünün Kıkırdak MR Görüntülemeye Etkisi

Kıkırdığın morfolojik değerlendirmesi için en az 1 Tesla (T) manyetik alan gücü önerilmektedir. Günümüzde klinik olarak 1.5 T daha yaygın olmak üzere bazı merkezlerde 3.0 T MR sistemleri mevcuttur. 3.0 T sistemleri diz kıkırdığının morfolojisi ve bileşenine yönelik görüntüleme metodlarını optimize etmek için umut verici sonuçlar göstermiştir [35, 51, 59]. Aynı veri elde etme süresinde 3.0 T da 1.5 T'ye göre sinyal-gürültü oranı kabaca iki kat fazla olduğundan görüntü kalitesi ve uzaysal çözünürlüğü çok iyidir. Tatmin edici kalitede görüntü elde etmek için gerekli sürenin kısa olması hareket artefaktlarını azaltacaktır. Bazı çalışmalarda da kıkırdığın morfolojik değerlendirmesinde daha iyi sonuçlar alındığı gösterilmiştir [34]. Diğer yandan manyetik duyarlılığın ve dokuda biriken enerji değerlerinin yaklaşık 4 kat artması, görüntülerdeki akım artefaktının belirginleşmesi, kimyasal kayma etkisinin de doğru orantılı artması dezavantajlarıdır.

Kaynaklar

- [1]. Venn M, Maroudas A. Chemical composition and swelling of normal and osteoarthrotic femoral head cartilage. I. Chemical composition. *Ann Rheum Dis* 1977; 36: 121-9. [\[CrossRef\]](#)
- [2]. Pearle AD, Warren RF, Rodeo SA. Basic science of articular cartilage and osteoarthritis. *Clin Sports Med* 2005; 24: 1-12. [\[CrossRef\]](#)
- [3]. Responde DJ, Natoli RM, Athanasiou KA. Collagens of articular cartilage: structure, function, and importance in tissue engineering. *Crit Rev Biomed Eng* 2007; 35: 363-411. [\[CrossRef\]](#)
- [4]. Clark JM. The organisation of collagen fibrils in the superficial zones of articular cartilage. *J Anat* 1990; 171: 117-30.
- [5]. Shepherd DE, Seedhom BB. Thickness of human articular cartilage in joints of the lower limb. *Ann Rheum Dis* 1999; 58: 27-34. [\[CrossRef\]](#)
- [6]. Elias I, Zoga AC, Morrison WB, Besser MP, Schweitzer ME, Raikin SM, et al. Osteochondral lesions of the talus: localization and morphologic data from 424 patients using a novel anatomical grid scheme. *Foot Ankle Int* 2007; 28: 154-61. [\[CrossRef\]](#)
- [7]. Link TM, Stahl R, Woertler K. Cartilage imaging: motivation, techniques, current and future significance. *Eur Radiol* 2007; 17: 1135-46. [\[CrossRef\]](#)
- [8]. Recht MP, Goodwin DW, Winalski CS, White LM. MRI of articular cartilage: revisiting current status and future directions. *AJR Am J Roentgenol* 2005; 185: 899-914. [\[CrossRef\]](#)
- [9]. Stephens T, Diduch DR, Balin JI. The cartilage black line sign: an unexpected MRI appearance of deep cartilage fissuring in three patients. *Skeletal Radiol* 2011; 40: 113-6. [\[CrossRef\]](#)
- [10]. Jungius KP, Schmid MR, Zanetti M, Hodler J, Koch P, Pfirrmann CW. Cartilaginous defects of the femorotibial joint: accuracy of coronal short inversion time inversion-recovery MR sequence. *Radiology* 2006; 240: 482-8. [\[CrossRef\]](#)
- [11]. Peterfy CG, Guermazi A, Zaim S, Tirman PF, Miaux Y, White D, et al. Whole-Organ Magnetic Resonance Imaging Score (WORMS) of the knee in osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage* 2004; 12: 177-90. [\[CrossRef\]](#)
- [12]. Hunter DJ, Lo GH, Gale D, Grainger AJ, Guermazi A, Conaghan PG. The reliability of a new scoring system for knee osteoarthritis MRI and the validity of bone marrow lesion assessment: BLOKS. *Ann Rheum Dis* 2008; 67: 206-11. [\[CrossRef\]](#)
- [13]. Kornaat PR, Ceulemans RY, Kroon HM, Riyazi N, Kloppenburg M, Carter WO, et al. MRI assessment of knee osteoarthritis: Knee Osteoarthritis Scoring System (KOSS) inter-observer and intra-observer reproducibility of a compartment-based scoring system. *Skeletal Radiol* 2005; 34: 95-102. [\[CrossRef\]](#)
- [14]. Goodwin DW. MR imaging of the articular cartilage of the knee. *Semin Musculoskelet Radiol* 2009; 13: 326-39. [\[CrossRef\]](#)
- [15]. Forney M, Subhas N, Donley B, Winalski CS. MR imaging of the articular cartilage of the knee and ankle. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2011; 19: 379-405. [\[CrossRef\]](#)
- [16]. The ICRS knee cartilage lesion mapping system. ICRS Cartilage Injury Evaluation Package from the International Cartilage Repair Society. Accessed March 12, 2011. Available at: www.cartilage.org.
- [17]. ICRS, International Cartilage Repair Society. Data from Brittberg M, Winalski CS. Evaluation of cartilage injuries and repair. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85(Suppl 2): 58-69. [\[CrossRef\]](#)
- [18]. Shahriaree H. Chondromalacia. *Contemp Orthop* 1985; 11: 27-39.
- [19]. Clanton TO, DeLee JC. Osteochondritis dissecans: history, pathophysiology, and current treatment

- concepts. *Clin Orthop Relat Res* 1982; 167: 50-64. [\[CrossRef\]](#)
- [20]. Hefti F, Beguiristain J, Krauspe R, Möller-Madsen B, Riccio V, Tschauer C, et al. Osteochondritis dissecans: a multicenter study of the European Pediatric Orthopedic Society. *J Pediatr Orthop B* 1999; 8: 231-45. [\[CrossRef\]](#)
- [21]. Schenck RC Jr, Goodnight JM. Osteochondritis dissecans. *J Bone Joint Surg Am* 1996; 78: 439-56. [\[CrossRef\]](#)
- [22]. Aichroth P. Osteochondritis dissecans of the knee. A clinical survey. *J Bone Joint Surg Br* 1971; 53: 440-7.
- [23]. Kijowski R, Blankenbaker DG, Shinki K, Fine JP, Graf BK, De Smet AA. Juvenile versus adult osteochondritis dissecans of the knee: appropriate MR imaging criteria for instability. *Radiology* 2008; 248: 571-8. [\[CrossRef\]](#)
- [24]. Garrett JC. Osteochondritis dissecans. *Clin Sports Med* 1991; 10: 569-93.
- [25]. Zbojniewicz AM, Laor T. Imaging of osteochondritis dissecans. *Clin Sports Med* 2014; 33: 221-50. [\[CrossRef\]](#)
- [26]. Sgaglione NA, Miniaci A, Gillogly SD, Carter TR. Update on advanced surgical techniques in the treatment of traumatic focal articular cartilage lesions in the knee. *Arthroscopy* 2002; 18: 9-32. [\[CrossRef\]](#)
- [27]. Bentley G, Biant LC, Carrington RW, Akmal M, Goldberg A, Williams AM, et al. A prospective, randomised comparison of autologous chondrocyte implantation versus mosaicplasty for osteochondral defects in the knee. *J Bone Joint Surg Br* 2003; 85: 223-30. [\[CrossRef\]](#)
- [28]. Link TM, Mischung J, Wortler K, Burkart A, Rummeny EJ, Imhoff AB. Normal and pathological MR findings in osteochondral autografts with longitudinal follow-up. *Eur Radiol* 2006; 16: 88-96. [\[CrossRef\]](#)
- [29]. Kawasaki K, Uchio Y, Adachi N, Iwasa J, Ochi M. Drilling from the intercondylar area for treatment of osteochondritis dissecans of the knee joint. *Knee* 2003; 10: 257-63. [\[CrossRef\]](#)
- [30]. Fajardo M, Di Cesare PE. Disease-modifying therapies for osteoarthritis: current status. *Drugs Aging* 2005; 22: 141-61. [\[CrossRef\]](#)
- [31]. Volpi N. The pathobiology of osteoarthritis and the rationale for using the chondroitin sulfate for its treatment. *Curr Drug Targets Immune Endocr Metabol Disord* 2004; 4: 119-27. [\[CrossRef\]](#)
- [32]. Valloton JA, Meuli RA, Leyvraz PF, Landry M. Comparison between magnetic resonance imaging and arthroscopy in the diagnosis of patellar cartilage lesions: a prospective study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1995; 3: 157-62. [\[CrossRef\]](#)
- [33]. Freeman DM, Bergman G, Glover G, Short TE. MR microscopy: accurate measurement and zonal differentiation of normal hyaline cartilage. *Magn Reson Med* 1997; 38: 72-81. [\[CrossRef\]](#)
- [34]. Kijowski R, Blankenbaker DG, Davis KW, Shinki K, Kaplan LD, De Smet AA. Comparison of 1.5- and 3.0-T MR imaging for evaluating the articular cartilage of the knee joint. *Radiology* 2009; 250: 839-48. [\[CrossRef\]](#)
- [35]. Kijowski R, Davis KW, Woods MA, Lindstrom MJ, De Smet AA, Gold GE, et al. Knee joint: comprehensive assessment with 3D isotropic resolution fast spin-echo MR imaging—diagnostic performance compared with that of conventional MR imaging at 3.0 T. *Radiology* 2009; 252: 486-95. [\[CrossRef\]](#)
- [36]. Roemer FW, Zhang Y, Niu J, Lynch JA, Crema MD, Marra MD, et al. Tibiofemoral joint osteoarthritis: risk factors for MR-depicted fast cartilage loss over a 30-month period in the multicenter osteoarthritis study. *Radiology* 2009; 252: 772-80. [\[CrossRef\]](#)
- [37]. Bobic V. ICRS articular cartilage imaging committee. ICRS MR imaging protocol for knee articular cartilage. Zollikon, Switzerland: International Cartilage Repair Society, 2000; 12
- [38]. Roemer FW, Hunter DJ, Guermazi A. MRI-based semiquantitative assessment of subchondral bone marrow lesions in osteoarthritis research. *Osteoarthritis Cartilage* 2009; 17: 414-5. [\[CrossRef\]](#)
- [39]. Disler DG, McCauley TR, Kelman CG, Fuchs MD, Ratner LM, Wirth CR, et al. Fatsuppressed 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. [\[CrossRef\]](#)
- [40]. Eckstein F, Guermazi A, Roemer FW. Quantitative MR imaging of cartilage and trabecular bone in osteoarthritis. *Radiol Clin North Am* 2009; 47: 655-73. [\[CrossRef\]](#)
- [41]. Duc SR, Pfirrmann CW, Schmid MR, Zanetti M, Koch PP, Kalberer F, et al. Articular cartilage defects detected with 3D water excitation true FISP: prospective comparison with sequences commonly used for knee imaging. *Radiology* 2007; 245: 216-23. [\[CrossRef\]](#)
- [42]. Wirth W, Nevitt M, Hellio Le Graverand MP, Benichou O, Dreher D, Davies RY, et al. Sensitivity to change of cartilage morphometry using coronal FLASH, sagittal DESS, and coronal MPR DESS protocols: comparative data from the Osteoarthritis Initiative (OAI). *Osteoarthritis Cartilage* 2010; 18: 547-54. [\[CrossRef\]](#)
- [43]. Glaser C, Tins BJ, Trumm CG, Richardson JB, Reiser MF, McCall IW. Quantitative 3D MR evaluation of autologous chondrocyte implantation in the knee: feasibility and initial results. *Osteoarthritis Cartilage* 2007; 15: 798-807. [\[CrossRef\]](#)
- [44]. Mohr A, Priebe M, Taouli B, Grimm J, Heller M, Brossmann J. Selective water excitation for faster MR imaging of articular cartilage defects: initial clinical results. *Eur Radiol* 2003; 13: 686-9.

- [45]. Hardy PA, Recht MP, Piraino DW. Fat suppressed MRI of articular cartilage with a spatial-spectral excitation pulse. *J Magn Reson Imaging* 1998; 8: 1279-87. [\[CrossRef\]](#)
- [46]. Zur Y. Design of improved spectral-spatial pulses for routine clinical use. *Magn Reson Med* 2000; 43: 410-20. [\[CrossRef\]](#)
- [47]. Yoshioka H, Stevens K, Hargreaves BA, Steines D, Genovese M, Dillingham MF, et al. Magnetic resonance imaging of articular cartilage of the knee: comparison between fat-suppressed three-dimensional SPGR imaging, fat-suppressed FSE imaging, and fat-suppressed three-dimensional DEFT imaging, and correlation with arthroscopy. *J Magn Reson Imaging* 2004; 20: 857-64. [\[CrossRef\]](#)
- [48]. Hargreaves BA, Gold GE, Lang PK, Conolly SM, Pauly JM, Bergman G, et al. MR imaging of articular cartilage using driven equilibrium. *Magn Reson Med* 1999; 42: 695-703. [\[CrossRef\]](#)
- [49]. Gold GE, Fuller SE, Hargreaves BA, Stevens KJ, Beaulieu CF. Driven equilibrium magnetic resonance imaging of articular cartilage: initial clinical experience. *J Magn Reson Imaging* 2005; 21: 476-81. [\[CrossRef\]](#)
- [50]. Moriya S, Miki Y, Yokobayashi T, Ishikawa M. Three-dimensional double-echo steady-state (3D-DESS) magnetic resonance imaging of the knee: contrast optimization by adjusting flip angle. *Acta Radiol* 2009; 50: 507-11. [\[CrossRef\]](#)
- [51]. Eckstein F, Hudelmaier M, Wirth W, Kiefer B, Jackson R, Yu J, et al. Double echo steady state magnetic resonance imaging of knee articular cartilage at 3 Tesla: a pilot study for the Osteoarthritis Initiative. *Ann Rheum Dis* 2006; 65: 433-41. [\[CrossRef\]](#)
- [52]. Duc SR, Pfirrmann CW, Schmid MR, Zanetti M, Koch PP, Kalberer F, et al. Articular cartilage defects detected with 3D water-excitation true FISP: prospective comparison with sequences commonly used for knee imaging. *Radiology* 2007; 245: 216-23. [\[CrossRef\]](#)
- [53]. Burstein D, Gray M, Mosher T, Dardzinski B. Measures of molecular composition and structure in osteoarthritis. *Radiol Clin North Am* 2009; 47: 675-86. [\[CrossRef\]](#)
- [54]. Liess C, Lüsse S, Karger N, Heller M, Glüer CC. Detection of changes in cartilage water content using MRI T2-mapping in vivo. *Osteoarthritis Cartilage* 2002; 10: 907-13. [\[CrossRef\]](#)
- [55]. Mosher TJ, Smith H, Dardzinski BJ, Schmithorst VJ, Smith MB. MR imaging and T2 mapping of femoral cartilage: in vivo determination of the magic angle effect. *AJR Am J Roentgenol* 2001; 177: 665-9. [\[CrossRef\]](#)
- [56]. Dunn TC, Lu Y, Jin H, Ries MD, Majumdar S. T2 relaxation time of cartilage at MR imaging: comparison with severity of knee osteoarthritis. *Radiology* 2004; 232: 592-8. [\[CrossRef\]](#)
- [57]. Koff MF, Amrami KK, Kaufman KR. Clinical evaluation of T2 values of patellar cartilage in patients with osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage* 2007; 15: 198-204. [\[CrossRef\]](#)
- [58]. Stehling C, Liebl H, Krug R, Lane NE, Nevitt MC, Lynch J, et al. Patellar cartilage: T2 values and morphologic abnormalities at 3.0-T MR imaging in relation to physical activity in asymptomatic subjects from the osteoarthritis initiative. *Radiology* 2010; 254: 509-20. [\[CrossRef\]](#)
- [59]. Welsch GH, Mamisch TC, Dörmayer SE, Dorotka R, Kutscha-Lissberg F, et al. Cartilage T2 assessment at 3-T MR imaging: in vivo differentiation of normal hyaline cartilage from reparative tissue after two cartilage repair procedures initial experience. *Radiology* 2008; 247: 154-61. [\[CrossRef\]](#)

Diz Eklemi: Kıkırdak

Nuran Sabir, Burak Tanrıverdi

Sayfa 474

Hiyalin kıkırdığın, yüksek rezolusyonlu MR görüntülerinde ve yüksek manyetik alanda daha belirgin olan, düşük sinyalli derin tabaka, kalın, homojen orta-yüksek sinyalli orta tabaka ve ince düşük sinyalli yüzeyel tabaka olmak üzere üç katmanlı görüntüsü vardır. Tüm sekanslarda düşük çözünürlük ve kısa TE zamanlarında derin ve yüzeyel katmanların seçilemediği homojen orta sinyalde, yağ baskılı sekanslarda ise nispeten hiperintens olduğu haliyle izlenir. Yağ supresyonu ile derin düşük sinyalli tabakanın seçilebilirliği subkondral kemiğin benzer sinyalde olması nedeniyle azalır. Özellikle T2A görüntülerde daha belirgin olmak üzere kollajenlerin manyetik alana bağlı bölgesel varyasyonlar göstermesi nedeniyle kıkırdak sinyali değişiklik gösterebilir.

Sayfa 475

Kemik iliği ödemi genelde derin kıkırdak hasarı ile birlikte görülmekle birlikte her zaman eşlik etmeyebilir. MR görüntüleme ile tahmin edilen lezyon boyutu her zaman doğruyu yansıtmayabileceğinden, cerrahi sırasında tedavi seçenekleri değişebilir. Kıkırdığın altındaki sıvı, unstabil tam kat kıkırdak kaybını yansıtan delaminasyonu veya kondral flep olduğunu gösterir. Delaminasyon artroskopi ile görülmeyeceğinden lokasyonu ve boyutu iyi tarif edilmelidir.

Sayfa 478

Bu nedenle diz osteokondral lezyonlarını raporlarken, stabilite ölçütlerine dayalı lezyonun tarifi, lezyon derinliği ve fragmanite parçanın büyüklüğü vida veya pim ile ya da dolgu fiksasyonu ile doğrudan tespit edilmesine uygun olup olmadığını belirlemek için önemlidir.

Sayfa 480

Eklem kıkırdığının MR görüntüleme ile değerlendirilmesinde en sık kullanılan sekanslar yağ baskılı veya baskısız 2D veya çok kesitli T1A, PD ve T2A sekanslarıdır. T1A görüntüler hiyalin kıkırdak içi anatomik detayı gösterirken, kıkırdak yüzeyi ve eklem sıvısı ile iyi kontrast sağlamadığından kıkırdak defektinin değerlendirilmesinde kısıtlıdır.

Sayfa 482

Son yapılan çalışmalara göre yağ baskılı FLASH (veya WATS-c) sekansının yağ baskılı FSE tekniğine göre kıkırdak patolojilerini göstermede duyarlılığının ve özgüllüğünün daha düşük olduğu gösterilmiştir. Yüksek sinyalli WATS-c görüntüler internal kıkırdak anormalliklerini sıklıkla saklar ve kıkırdak ile sinovyal sıvı arasındaki düşük kontrast kıkırdak fissürü ya da fibrilasyonunun saptanmasını güçleştirir.

Sayfa 484

Artan T2 relaksasyon süresi genellikle kıkırdak hasarı ile ilişkili olmakla birlikte kıkırdığın moleküler parçaları ile artan su etkileşimi nedeniyle bazı durumlarda düşük sinyal yoğunluğu olan lezyonlar görülebilir. T2 haritaları kıkırdaktaki normal alanları dejenerasyon alanlarından ayırt etmek için kullanılabilir olmasına rağmen, orta ve ciddi hastalığı ayırmada yardımcı olabilecek T2 harita ile osteoartrit arasında doğru orantılı bir ilişki yoktur.

Diz Eklemi: Kıkırdak

Nuran Sabir, Burak Tanrıverdi

1. Patellar kondromalazi ile ilgili hangisi yanlıştır?
 - a. Tipik olarak yaşlı hastalarda bulunmaktadır.
 - b. Erken evrede kıkırdakta yumuşama, kabarıklık ve ödem ile ortaya çıkar.
 - c. Diz ön ağrı sendromu olarak tanımlanır.
 - d. En sık medyal fasette görülür.
 - e. İyileşebileceği gibi osteoartrite kadar ilerleyebilir.
2. Diz MRG’de stabil olmayan osteokondral lezyon bulgusu aşağıdakilerden hangisidir?
 - a. Fokal kıkırdak defekti olarak izlenebilir.
 - b. T1 A sekansındaki fokal hipointensite nekrozu yansıtır.
 - c. Fragmente kemik etrafında veya kemik ile arasında sıvı olur.
 - d. Flep yada ayrılmış fragman görülebilir.
 - e. Hepsi doğru.
3. Eklem kıkırdağının MR görüntüleme ile değerlendirilmesinde en sık kullanılan sekanslar nedir?
 - a. Yağ baskılı T1A
 - b. Yağ baskısız 2D veya çok kesitli T1A
 - c. PD
 - d. T2A
 - e. Hepsi
4. Kıkırdak MR görüntülemeye aşağıdaki bilgilerden hangisi yanlıştır?
 - a. Kıkırdak morfolojik değerlendirmesi için en az 1Tesla manyetik alan gücü önerilmektedir.
 - b. T1A görüntüler hyalin kıkırdağın intrasubstans anatomik detayını gösterir.
 - c. PD ve T2A sekans kıkırdağın morfolojik yapısıyla birlikte ligaman ve menisküs değerlendirilmesinde faydalıdır.
 - d. T2 harita ile osteoartrit arasında doğru orantılı bir ilişki vardır.
 - e. T2 haritaları kıkırdaktaki normal alanları dejenerasyon alanlarından ayırt etmek için kullanılır.
5. Kıkırdak görüntülemeye 3T manyetik alan gücünün etkisi ile ilgili aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?
 - a. Kıkırdağın morfolojik değerlendirmesinde daha iyi sonuçlar göstermiştir.
 - b. Görüntü kalitesi ve uzaysal rezolusyon çok iyidir.
 - c. Kimyasal kayma etkisinin de doğru orantılı artması bir avantajıdır.
 - d. Duyarlılık arefaktı artar.
 - e. Sürenin kısa olması hareket arefaktlarını azaltır.