

58784

T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
Radyodiagnostik Anabilim Dalı

DİZ PATOLOJİLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİNDE
MANYETİK REZONANS
GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMİ

(UZMANLIK TEZİ)

Dr. Yaşar BÜKTE

TEZ YÖNETİCİSİ
Prof. Dr. M. Masum ŞİMŞEK

DİYARBAKIR - 1997

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖNSÖZ	III
GİRİŞ ve AMAÇ	1
MRG YÖNTEMİ	3
Tarihçe	4
Temel Fizik	5-24
MRG Ünitesinin Enstrümantasyonu	24-27
MRG'nin Biyolojik etkileri ve kontrendikasyonları	27-31
ANATOMİ	32-35
Menisküs	36-44
Cruciate ligamentler (çapraz bağlar)	44-47
Kollateral ligamentler	48-49
Patellofemoral ve Ekstansör mekanizma	50-54
Artiküler kırıkdağ	45-56
Sinovial hastalıklar	56-58
Hemofilik Artropati	58-59
Kortikal ve Medüller kemik	59-65
Periartiküler kistler ve efüzyon	65-67
Menisküs ve ganglion kistleri	67
Popliteal arter anevrizması	67
Tümörler	68-70
GEREÇ ve YÖNTEM	71-73
BULGULAR	74-78
OLGU ÖRNEKLERİ	79-89
TARTIŞMA	90-97
SONUÇLAR	98
ÖZET	99-100
KAYNAKLAR	101-107

ÖNSÖZ

Devamlı gelişmekte olan teknolojiye paralel gelişmeler gösteren bir ihtisas dalı olan Radyolojide; ileriye görebilen, mükemmel ve çağdaş olanı yakalayabilme, uygun çalışma ortamı oluşturabilme garetleriyle dolu olan ve beni bu doğrultuda eğitmenliğinin yanısıra bir yol gösterici olarak yurt dışına çıkmamda teşvik etmiş, her zaman desteklemiş olan Radyodiagnostik Anabilim Dalı Başkanımız çok değerli hocam Sayın Prof.Dr.M.Masum ŞİMŞEK'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Giessen Justus-Liebig Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyodiagnostik Anabilim Dalı'nda İhtisasımın büyük bir kısmını yapmış olduğum süre içerisinde eğitmenliğinden faydalandığım, bana karşı olan nazik tavrını ve yardımlarını hiç unutamayacağım Anabilim Dalı Başkanı Saygıdeğer hocam Prof.Dr.W.S.RAU'ya, Sayın Prof.Dr.K.RAUBER'e, MRG birimi sorumlusu, eğiticiliğini ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç.Dr.G.BACHMAN'a, Dr.B.WEIMAR'a, ayrıca tez çalışmamda Ortopedi kliniğinden gerekli bilgileri aktarmadaki katkılarından dolayı Sayın Dr.Ahmet ANIL'a, birlikte çalıştığım diğer bütün asistan doktor arkadaşlarıma ve diğer klinik personeline en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Giessen Üniversitesi Dahiliye Anabilim Dalı doktorlarından, Türk-Alman Sağlık Vakfı Başkanı Sayın Doç.Dr.Yaşar BİLGİN'e, Dahiliye asistanı Dr.Ahmet AKINCI'ya ve diğer doktor arkadaşlara, dostluklarından ve yardımlarından dolayı en derin teşekkürlerimi sunarım.

Radyoloji dahilindeki rotasyonlarımı yurt dışında tamamlamakla birlikte bana yardımcı olan yurt dışındaki hocalarım adına, Dahili Tıp Bilimleri Başkanımız Sayın Prof.Dr.Kenan HASPOLAT'a, İç Hastalıkları Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof.Dr.Ekrem MÜFTÜOĞLU'na, değerli hocalarım Sayın Prof.Dr.Fikri CANORUÇ'a, Sayın Prof.Dr.Halil DEĞERTEKİN'e, Sayın Prof.Dr.Bünyamin İŞİKOĞLU'na, Sayın Doç.Dr.M.Emin YILMAZ'a, Sayın Doç.Dr.Vedat GÖRAL'a, Nükleer Tıp Anabilim Dalı Başkanı Sayın Doç.Dr.Halil KAYA'ya, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı Başkanı Yrd.Doç.Dr.Buhanettin ZİNCİRCİOĞLU'na ve diğer öğretim üyelerine en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca her zaman katkılarını ve yardımlarını esirgemeyen kliniğimiz öğretim üyelerinden Sayın Doç.Dr.Aşur UYAR'a, Sayın Doç.Dr.Aslan BİLİCİ'ye, Sayın Yrd.Doç.Dr.Mustafa ÖZATEŞ'e, Sayın Yrd.Doç.Dr.Hasan NAZAROĞLU'na, Araştırma görevlisi arkadaşlarıma ve kliniğimiz personelinin tümüne ve özellikle tezimin yazılmasındaki yardımlarından dolayı Sayın Abdullah OĞUZ'a candan teşekkür ederim.

Dr.Yaşar BÜKTE

Aralık - 1997

DIYARBAKIR



GİRİŞ ve AMAÇ

Diz eklemi insan vücudunda ekstremiteler arasında her yaşta çeşitli nedenlerle, en erken ve sıklıkla zedelenme ve yıpranmaya maruz kalan ekstremit eklemidir. Eklem arasında diz eklemde en önce ve en sık diz eklem kırıkdağında zedelenme ortaya çıkar, sporla ilgilenlerde en sık travmaya maruz kalan eklemidir. Yine dejeneratif eklem değışikliklerinin en erken ve sık olarak görüldüğü eklemidir.

Travmatik diz eklemi lezyonları en sık sporcularda ve spor çeşitlerinden de direkt travma nedeniyle, öncelikle topla oynanan sporlar ilk sırayı almaktadır, daha sonra kronik zorlamaya bağılı olarak uzun mesafe koşucularında, uzun atlama ve judo sporunda travmatik diz eklemi lezyonları görülmektedir.

Diz eklemi en sık travmaya maruz kalan ekstremit eklemi olması nedeniyle fraktürler, luksasyonlar, trafik ve spor kazaları gibi kazaları takiben diz eklemi iç yapılarının zedelenmesi sıklıkla kompleks travma sonucu olarak karşımıza çıkma ktadır.

Klinik olarak diz eklemi patolojisi düşünölen olgularda kullanılan tanısal amaçlı yöntemlerin (Direkt radyografi, artrografi, artroskopi, US, BT, BT artrografi, Nökleer Tıp) avantaj ve dezavantajı literatürlerde geniş olarak tartışılmıştır.

Son yıllarda klinik medikal görüntölemeye giren "Manyetik Rezonans Görüntöleme" (MRG) yöntemi sağladığı yüksek yumuşak doku kontrastı, multiplanar görüntöleme imkanları sağlaması nedeniyle patolojik diz eklemi ve eklem içi yapılarının değerlendirilmesinde gittikçe artan bir öneme sahip olduğı bildirilmektedir. Ayrıca MRG yöntemi sağladığı veri zenginliğı ve tanısal amaçlı kullanımda bilinen hiç bir yan etkisinin olmaması ile de dikkati çekmektedir.

Biz bu çalışmamızda Giessen Justus-Liebig Üniversitesi Tıp Faköltesi Radyodiagnostik Anabilim Dalında Aralık 1994 - Mayıs 1996 tarihleri arasında Üniversite Ortopedi ve Kaza Cerrahisi polikliniğinde veya serbest çalışan spor hekimleri, ortopedistler ya da aile hekimleri tarafından Üniversite Radyoloji kliniğine çeşitli nedenlerle (travmatik, dejeneratif, iltihabi ya da tümöral kökenli patolojiler) diz MRG'si istemiyle gönderilen 75 tanesi diagnostik ve terapötetik artroskopi karşılaştırmalı olarak 403 hastada, 416 dizi (13 vakada her iki diz) MRG yöntemiyle

inceledik. MR görüntüleri direkt radyografler göz önüne alınmadan spektroskopik olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmamızda, MRG yönteminin diz eklemi patolojisinde önemli bir yeri olması ve bu yöntemin iyi değerlendirilebilmesi ve anlaşılabilmesi açısından Fizik ve Teknik özelliklerinin iyi bilinmesi gerektiği kanaatiyle "temel bilgiler" bölümünü kapsamlı tutmayı yeğledik.



MRG YÖNTEMİ

20.yüzyılın Tıp dünyasına kazandırdığı en ileri tıbbi görüntüleme yöntemi hiç kuşkusuz Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) dir. 80'li yıllardan itibaren gelişmiş ülkelerde rutin klinik uygulamaya giren bu tetkik yöntemi hemen hemen aynı yıllarda ilk defa Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyodiagnostik Anabilim Dalı bünyesinde olmak üzere ülkemizde de hızla benimsenerek yaygınlaşmış, hekimlarımızın ve hastalarımızın bu çağdaş tanı ve tetkik yönteminden geniş bir şekilde yararlanmasını sağlamıştır.

Radyolojik görüntüleme yöntemlerinin çok hızla gelişmekte olduğu çağımızın bu son yıllarında MRG tüm dünyada üzerinde en çok çalışma ve araştırmaların yapıldığı, çok hızlı gelişme gösteren tıbbi görüntüleme yöntemi olarak yerini korunmaktadır.

Radyodiagnostik amaçlı kullanılan görüntüleme yöntemlerinin mukayesesinde üç temel özellik bulunmaktadır. Bunlar **rezolüsyon, sensitivite ve spesifisite**'dir.

MRG, yumuşak doku kontrastı en yüksek olan görüntüleme yöntemidir. Ancak uzaysal rezolüsyonda diğer tekniklere belirgin bir üstünlüğü yoktur (özellikle BT'den), MRG yönteminde ilk yıllarda 64x64 gibi düşük matriks değerleri kullanıldığında uzaysal rezolüsyonu BT'den daha yüksek değildi. Fakat daha sonraları rutin MRG incelemelerinde 256x256 ve 512x512 gibi yüksek matriks değerlerinin kullanılmasıyla uzaysal rezolüsyon belirgin olarak artmıştır. MRG'nin doku kontrastı en yüksek görüntüleme tekniği oluşu patolojik dokuların çok kolaylıkla tesbit edilebilirliğini yani yöntemin sensitivitesinin çok yüksek olduğunu gösterir. Ancak MRG'nin bu yüksek sensitivitesi yanında, spesifitesi bu derece yüksek değildir, bunun nedeni birçok patolojik dokunun sinyal özellikleri birbirlerine benzeyebilmektedir, bu nedenle dokudaki herhangi bir patolojinin kolay görülebilmesine karşın tanı koymada aynı derecede başarı sağlanamaz.

MRG'de diğer görüntüleme tekniklerinden farklı olarak "multiplanar görüntüleme" dediğimiz, hastada pozisyon değiştirmeden kesit planı değiştirebilme imkanı vardır. Bu yöntem sagittal, oblik, koronal planlarda kesit alınabilmesiyle lezyonun üç boyutlu lokalizasyonu hakkında değerli bilgiler vermektedir.

Görüntüleme yöntemi olarak iyonizan radyasyon kullanılmaması ve hiçbir biyolojik zararlı etkisinin bulunmaması açısından güvenilir ve tekrarlanabilir bir yöntemdir.

"MR Anjiografi" yani kontrast madde kullanmaksızın vasküler yapıları görüntüleyebilme imkanı vermektedir.

Diğer görüntüleme yöntemlerinde mevcut olan baz artefaktlar (Kemik/hava artefaktı gibi) MRG'de görülmez ve birçok anatomik bölge ve yapıların değerlendirilmesi mümkün olur (özellikle posterior fossa ve medulla spinalis incelemeleri).

Dokulardaki metabolik prosesleri izleyebilme ve biyokimyasal analizlerini mümkün kılabilen bir teknik olan spektroskopisi de MRG'nin diğer bir özelliğidir.

TARİHÇE

Biyolojik doku X-ışını gibi kısa dalga boylu radyasyona göreceli olarak ışın geçirgendir. Ultraviyole gözle görülür, infrared ışık ve mikrodalga gibi orta uzunluktaki dalga boylu radyasyonda opak hale gelirken, MRG'de kullanılan uzun dalga boylu radyasyona ışın geçirgen olması ilginçtir (1,2).

Düşük enerjili radyasyon kullanılması ve nükleer sinyalden şaşırtıcı düzeyde fazla bilgi elde edilebilirliği MRG'yi seçkin biomedikal görüntüleme yöntemi yapmaktadır.

Elektrik ve manyetizm konusunda bilimsel çalışmalar 18.yüzyılın sonlarına doğru başladı. Anatomik boyut ise atomun keşfinden sonra 20.yüzyılda incelemeye başlandı. NMR (Nükleik Manyetik Rezonans) fenomeninin esas bileşeni olan nükleer spinlerin varlığı, 1946 yılında Felix Bloch ve ark. ile Edward Purcell tarafından birbirinden bağımsız olarak yapılan çalışmalarla 1952 yılında Nobel Fizik ödülünü almalarıyla güncellik kazandı (3). Yöntem 50'li ve 60'lı yıllarda, moleküler yapıları değerlendirmede Fizik ve Kimya araştırma yöntemleri arasında yer alıyordu (2,4).

NMR fenomenine ilgi, isotopların manyetik momentlerinin ölçülmesiyle yoğunlaştı. Belirli bir nükleusun rezonans frekansının değişik kimyasal ortamlarda, küçük fakat spesifik bir değişikliği olarak tanımlanan kimyasal kayma ("chemical shift") olayının anlaşılmasıyla, NMR fenomeni, analitik kimya ve biyokimyada en güçlü nondestrüktif ve analitik yöntem olarak yerini aldı (1). NMR çalışmalarının insanlar üzerinde uygulanabileceği fikri, Jasper Jackson'un canlı bir hayvandan ilk defa MR sinyalini ürettiği 1967 yılına kadar uzanmaktadır (1). 1951 yılında Gabillard

tarafından, NMR ile uzaysal lokalizasyonun saptanabilirliğinin yayınlanmasına karşın, NMR yönteminin ilk medikal kullanımı 1971 yılında Raymond Damadian tarafından gerçekleştirildi. Damadian normal ve tümürlü sıçan dokuları arasında, NMR parametreleri açısından önemli parametreler olduğunu ortaya koydu (2). 1971 yılındaki bu NMR'ın ilk medikal amaçlı uygulamasını takiben, 1972 yılında Damadian MRG'de FONAR (field-focusing NMR) tekniği için ilk patent başvurusunu yaptı. 1973 yılında Paul Lauterbur, NMR yöntemi ile sıvı dolu kapiller tüpleri görüntüleyerek ilk NMR görüntüsünü elde etti. 1975 yılında ise, ilk defa aynı araştırmacı tarafından kesitsel hayvan görüntüleri yayınlandı (2).

1980'lerin ilk yarısında Kaufman, Crooks ve birçok diğer araştırmacı MR'da 2 boyutlu fourier-transformasyon (2-dimensionel fourier transformation) tekniklerine işlerlik kazandırdı (2). 1984 yılında ilk defa MRG'de kontrast madde (Gd-DTPA) kullanılmaya başlandı. 1986 yılında ise hızlı görüntüleme yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır (5,6).

TEMEL FİZİK (FİZİK PRENSİPLER)

Bilindiği gibi doğadaki tüm maddeler atomlardan meydana gelmektedir. Atomlar ise proton, nötron ve elektron dediğimiz partiküllerden oluşmaktadır ve bunlar bir nükleus ve çevresinde değişik yörüngelerde yer alan elektron bulutlarını oluştururlar. Atom nükleusu içinde (+) yüklü protonlar ve yüksüz nötronlar yer almaktadır. Protonlar gerçekte birer küçük gezegen gibi davranarak belli bir ekseninde kendi çevrelerinde dönmektedirler. Buna protonların "Spin" hareketi denilir. Fiziksel olarak nerede hareketle yönü değişen bir elektrik akımı varsa, o ortamda bir de "manyetik alan" oluşmaktadır.

Manyetik alan içerisinde bazı atom çekirdekleri, belirli frekanstaki radyo dalgaları ile uyarılırsa, absorbe ettikleri enerjinin bir bölümünü radyo sinyalleri şeklinde yayar. Benzer koşullarda, biyolojik dokuların yaptığı sinyaller (receiver coil) tarafından toplanır ve bilgisayar yardımı ile görüntü oluşturulur. Bu yöntemde Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) adını alır.

MRG'de kullanılan radyan enerji radyofrekans (RF) dalgalarıdır. RF dalgaları ve X-ışınları elektromanyetik spektrumun zıt uçlarında yer alır.

Atom nükleusundaki proton ve nötronların (nükleon) hareketleri ile ortaya çıkan nükleer manyetizma her atomda görülmez; atomun belli bazı özellikleri nükleer manyetizmanın oluşup oluşmayacağını belirler. Bugüne kadar elde edilen tecrübeler

göstermiştir ki; nükleer manyetizma kütle numarası tek sayıda olan ve tek sayıda proton ve tek sayıda nötronu olan atomlarda görülmektedir. Nükleusta bulunan proton ve nötronlar çiftler halinde bulunacak olurlarsa karşılık olarak birbirlerini nötrleştirmektedirler ve nükleer manyetizma oluşmamaktadır (Nükleer manyetizma momenti=0). Buna karşın proton veya nötronlar veya her ikisinin birlikte sayıları tek olursa, bu atomda nükleer manyetizma oluşmaktadır. Bu atomlar için "NMR aktif" denmektedir (1).

Biyolojik olarak önemli olan ve NMR aktif, yani nükleer manyetizma nedeni olan atomlar tablo halinde sunulmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. Tanısal olarak kullanılabilir bazı nükleusların manyetik rezonans özellikleri (1).

Nükleus	Göreceli yoğunluk (%)	Göreceli sensitivite* (%)	Manyetogyrik oran (mHz/T)
1 H	99.98	1	42.58
2 H	0.015	9.65×10^{-3}	6.53
13 C	1.11	0.016	10.71
19 F	100	0.830	40.05
23 Na	100	0.093	11.26
31 P	100	6.6×10^{-2}	17.23
39 K	93.1	5.08×10^{-4}	1.99

* Sabit alanda eşit sayıda nükleus için

Bununla birlikte; nükleustaki bu partiküllerin oluşturduğu manyetizma çok zayıf olduğundan dolayı, görüntü elde etmek için milyonlarca atoma ihtiyacımız vardır. Bu nedenle nükleusunda sadece bir proton olan, nötronu bulunmayan hidrojen izotopu (H1) insan vücudunda (özellikle su ve yağ dokusunda) çok miktarda bulunduğundan (tüm atomların %80'i) MRG için en uygun atomdur ve günümüzdeki MRG sistemlerinde görüntü oluşturmak için en sıklıkla kullanılan atom hidrojen atomudur (Hidrojen atomu sayısı olarak çok olmakla birlikte MRG için tercih edilmesinin bir diğer sebebi ise hidrojenin en yüksek MR sensitivitesine sahip olmasıdır).

Yüksek statik manyetik alanlı MR donanımlarıyla, başka çekirdeklerle de görüntü elde edilmeye başlanmıştır. Hidrojenle karşılaştırıldığında, dokudaki Na konsantrasyonu çok düşüktür. Ancak, intra ve ekstrasellüler kompartmandaki yoğunluk farkının çok büyük olması (ekstrasellüler sıvıda 10 kat daha fazla) görüntüleme için kullanılmasını sağlar. Hücre zarının geçirgenliği infarkt, tümör vs gibi nedenlerle bozulduğunda hücrenin sodyum içeriği belirgin biçimde artar. Bundan yola

çıkılarak, Na görüntüleri ile serebral infarktlar ve yine göz, Na içeriğinin fazla olması nedeniyle göz incelemeleri yapılabilir (1).

MRG yöntemi, Bilgisayarlı Tomografi Görüntüleme (BT) yönteminden daha yüksek sensitiviteye sahiptir. BT kısaca, vücut dokularının X-ışını absorpsiyon dağılımını kesitsel olarak gösteren bir yöntemdir. Dokular proton içeriği farkı açısından büyük farklılık gösterirken, X-ışını absorpsiyon değerleri çok farklı değildir (Tablo 2). Ayrıca BT tek bir parametre (X-ışını attenuation coefficienti) ile çalışırken, MRG çok sayıda parametre ile çalışmaktadır. Bu nedenle MRG daha sensitiv olup, daha iyi kontrastlı görüntüler verir (7).

Tablo 2. Biyolojik dokuların attenuasyon değerleri (7).

Doku	Attenuasyon katsayısı M (cm^{-1})
Kemik	0.400
Kan	0.215
Beyin dokusu	0.210
BOS	0.207
Su	0.203
Yağ	0.185
Hava	0.0002

MRG günümüzde geniş anlamda görüntüleme yöntemi olarak kullanılmakla beraber, bu sistemin daha önemli bir özelliği daha bulunmaktadır. Spektroskopi tekniği, bu teknikler kullanılarak dokunun kimyası ve fiziksel çevresi hakkında bilgi edinmekteyiz ve bundan sonraki gelişmelerde daha çok MR spektroskopi alanında beklenmektedir. MR spektroskopi MRG'den çok daha fazla ve önemli bilgiler verebilecek ve ileride tıpta çığır açacak niteliktedir. Aslında MR spektroskopinin fiziksel özellikleri yaklaşık 40 yıldır biliniyor ve çalışmalar yapıyordu; bundan hareketle nükleer manyetik momentlerden görüntü oluşturma fikri ortaya çıktı ve günümüzde kullanılmakta olan MRG gelişti.

Bu teknikte, öncede bahsettiğimiz protonlar arasındaki kimyasal shift (chemical shift) etkisi kullanılarak, protonların mikroskobik çevreleri hakkında bilgi elde

edilmektedir. Protonların çevrelerinde belli seviyelerde hareket halinde bulunan negatif yüklü elektronlar protonlar üzerine "shielding" (gölgelenme) etkisi göstermekte olup, magnetin proton üzerine olan etkisini kısmen değiştirmektedir (8). Kısaca suda ve yağ dokusunda bulunan protonlar farklı kimyasal ilişkiler gösterdiklerinden, farklı "shielding" etkiye maruz kalacaklar, bu da salınım frekanslarını farklı kılacaktır (bu kimyasal çift olarak bilinir). Sudaki proton, laktatda, yağ dokusunda ve diğer önemli biyolojik yapılarda protonların frekanslarını birbirlerinden ayırabilirsek protonların içinde buldukları kimyasal ilişkileri de birbirinden ayırabiliriz, bu da spektroskopi tekniğinin temelini oluşturur. Vücutta nükleer manyetik vektörü olan ve farklı kimyasal ilişkiler içinde bulunan birçok atom bulunur (H1, P31, F19, Na23, C13 gibi), bununla birlikte spektroskopi içinde kullanımı en uygun olan atom, hidrojenidir. Çünkü vücutta farklı kimyasal çevrelerde olmak üzere fazla miktarlarda bulunur ve en yüksek MR sensitivitesine sahiptir.

Tablo 3. Spektroskopide kullanılacak bazı element atomlarının net MR sensitivite (8).

Element	Net MR sensitivite
H1	1
C13	1.8×10^{-4}
N15	4×10^{-6}
F19	0.83
Na23	9.3×10^{-2}
P31	6.6×10^{-2}

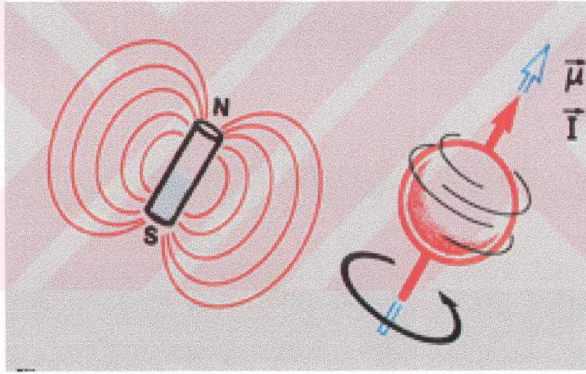
Günümüzde spektroskopik çalışmalar klinik kullanıma tam olarak girmekle dünyada pekçok merkezde "proton spektroskopi" haricinde bahsettiğimiz atomlar ile yapılan spektroskopi çalışmaları devam etmektedir. Bu teknik ile patolojik dokuların biyokimyasal analizlerinin yapılmasının yanısıra, normal dokularda mevcut biyokimyasal ilişkilerde araştırılmaktadır.

MRG süreci şu dört aşamada incelenebilir:

- 1) Hazırlayıcı Dizilim Fazı (Preparatory Alignment Phase)**
- 2) Uyarma Fazı (Excitation Phase)**
- 3) Sinyal saptama (Signal Detection)**
- 4) Görüntü oluşturma (Image Generation)**

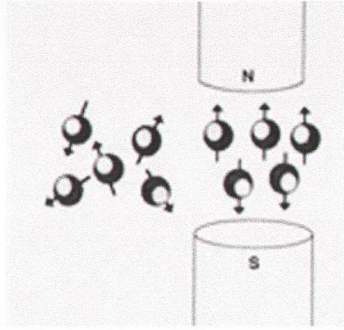
1-HAZIRLAYICI DİZİLİM FAZI

Hatırlanacağı gibi elektriksel olarak yüklü, spin hareket yapan nükleuslar, çevrelerinde manyetik alan oluşturmaktaydı. Bu nedenle bunları küçük bir "mıknatıs çubuğu" (dipol) gibi kabul edebiliriz (Şekil 1)

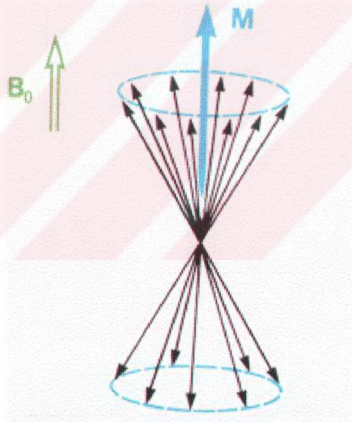


Şekil 1. Manyetik nükleuslar küçük mıknatıs çubukları gibi davranır ve çevrelerinde manyetik bir alan oluşturur (1).

Protonlar, belli bir ekseninde kendi çevrelerinde dönerek (spin hareketi yaparak) normalde dağınık bir şekilde bulunmaktadır. Eğer bu protonlar güçlü bir manyetik alan içine konulacak olurlarsa tümü bu manyetik alan ile etkileşime girerek manyetik alan yönüne paralel yada anti-paralel bir dizilim gösterirler (Şekil 2).



Şekil 2. Protonlar yüksek manyetik alan içinde paralel ve antiparalel dizilim gösterirler (9).



Şekil 3. Dizilim halindeki manyetik momentler eksternal manyetik alan boyunca paralel dizilim göstererek makroskobik bir manyetizasyon noktası meydana getirirler. Rastgele dizilim gösterdiklerinden bazı transvers spinler antiparalel konumdadır (1).

Gerçekte ise, manyetik alan yönünde paralel bir dizilim gösteren protonların miktarı antiparalel dizilim göstericilerden sayıca çok az bir farklılık gösterirler.

Örneğin, 1.5 Teslalık bir manyetik alanda, paralel konumdakiler sadece 1×10^{-5} adet daha fazladır (1). MRG'de iki enerji konumu arasındaki fark, eksternal manyetik alanın gücüne bağlıdır. Yani:

$$E_{1/2} - E_{-1/2} = \Delta E = \gamma \cdot h \cdot B_0$$

γ : Magnetogric sabit

h: Planck sabiti

B_0 : Eksternal manyetik alan gücü

Biz protona ΔE değerinde bir enerji uygularsak, rezonans fenomeni ortaya çıkabilir. Diğer bir önemli nokta, nükleer manyetik vektörlerin ana manyetik alanla aynı yöndeki dizilimi dışında, bu alanın yönü çevresinde salınım (precession) yapmasıdır. Presesyon hareketi, yeryüzü gravitasyonel çekim alanındaki bir topacın hareketine benzetilebilir. Protonların salınım frekansı "**Larmor**" formülü ile ifade edilir (1). Bu formül

$\omega_0 = \gamma \cdot B_0$ şeklindedir

ω_0 = Salınım frekansı (Precession frequency H2 veya Mhz)

B_0 = Dış manyetik alan gücünü (Tesla=T)

γ = Gyromanyetik sabite

Manyetik alan birimi "Gauss"tur. 1 Gauss: 5 amperlik akım geçirilen bir telin 1 cm ötesinde oluşan manyetik alan gücüdür (10).

1 Tesla (T)=10.000 Gauss=10 kilo Gauss olarak tanımlanır (10).

Dünyanın kendi çevresinde dönmesiyle oluşturduğu manyetik alan, ekvatorda 0.3G, kutupta 0.7G tur. Yani dünyanın manyetik alanında bir gradienti vardır ve biz bunun sayısal değerini bilirsek, dünyanın neresinde olduğumuzu da anlayabiliriz. Benzer biçimde MRG'de de doku içinde ve uzaysal (spatial) lokalizasyonu saptamada gradient manyetik alanlar kullanılır (10).

Eksternal manyetik alan çevresinde presesyon yapan manyetik vektörler transvers planda birbirlerinin etkilerini yok eder. Çünkü transvers planın bir yönünde olan vektör sayısı kadar, diğer yöndede mevcuttur. Sonuçta, transvers planda hiçbir net manyetizasyon vektörü ortaya çıkmaz. Ancak longitudinal planda, vektörler aynı yönde olduğu için, birbirlerine eklenir ve presesyon yapan vektörlerin toplamı kadar bir longitudinal net manyetizasyon elde edilir. Net manyetizasyon vektörü (M) tamamıyla net longitudinaldır. Bu anda sistem dinamik denge koşullarında olur

relaksedir. Vektörün transvers komponenti olmadığı için bu aşamada hiçbir sinyal saptanamaz. Manyetizasyon vektörünü denge koşullarından saptırmak, manyetizasyonun longitudinal plandan biraz transvers plana kaymasını sağlayacak ve böylece bir sinyal üretilmesi mümkün olacaktır.

Bu nedenle dış manyetik alan yönünde olmayan, örneğin, dış manyetik alan yönüne dik yani transvers düzlemdaki bir manyetik kuvveti algılayarak ölçüm alabiliriz. Bu durumda yapmamız gereken dış manyetik alan yönü ile paralel durumda bulunan hastadaki longitudinal manyetizasyon yönünü değiştirmek olacaktır. Bunuda "Radyo dalgaları" (Radio Frequency pulse: RF Pulse) kullanarak yapacağız. İşte bu aşama "Uyarma süreci" dediğimiz 2.basamaktan meydana gelmektedir.

2-UYARMA SÜRECİ (Excitation Process)

Rezonans ve RF Puls (resonance, RF pulse)

Güçlü manyetik alan (magnet) içine konan dokuda oluşan net manyetik vektör, yukarıda belirttiğimiz gibi B_0 vektörüne bağlıdır. Bu durumda dokunun net manyetik vektöründen faydalanarak dokudan sinyal elde edebilmemiz için "Radyo dalgası" kullanmamız gerekmektedir. Radyo dalgası kullandığımızda, salınım hareketi yapmakta olan bazı protonların radyo dalgasından enerjiyi absorbe edip konum değiştirmeleri ve bir süre sonra yine aynı protonların absorbe ettikleri enerjiyi ortama vererek eski konumlarına geri dönmelerine "**Rezonans**" denmektedir (11).

Radyo dalgası amplitütü ve frekansı olan elektromanyetik bir dalgadır. Elektromanyetik dalgada frekans artırılırsa dalga uzunluğu azalır, buna karşın enerjisi artar, dolayısıyla elektromanyetik dalganın enerjisini frekansını değiştirerek artırabilir veya azaltabiliriz (12). MRG'de radyo dalgası uygulaması devamlı olmayıp, belli sürede ve belli güçte demetler halinde uygulanmaktadır, bu nedenle uygulamaya "RF Puls" (RF Pulse) denmektedir.

Uyguladığımız radyo dalgasının önemli 2 etkisi vardır.

1-Protona enerji transferi olur; buna bağlı olarak düşük enerji seviyesindeki bazı protonlar yüksek enerji seviyesine ulaşır (bunun anlamı, bazı protonlar paralel konumdan antiparalel konuma yer değiştirirler).

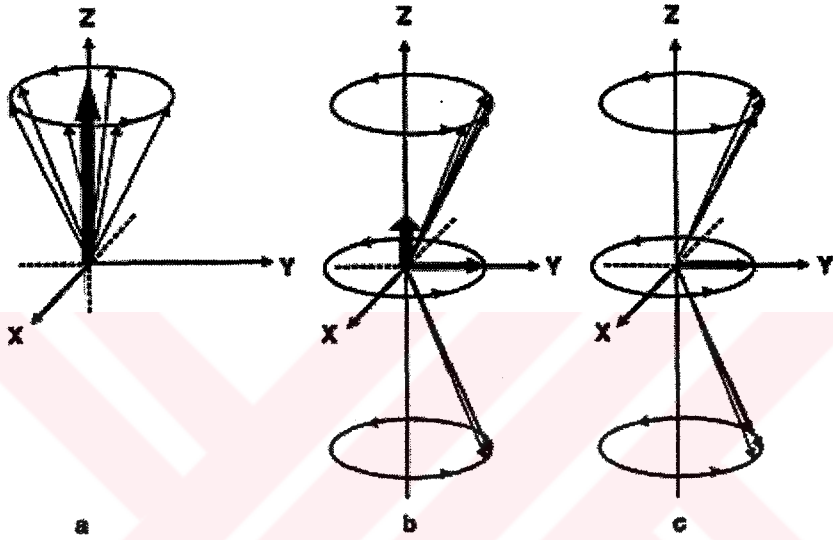
2-Aynı frekansta ancak düzensiz biçimde salınım hareketi (out of-Phase) yapan protonlar "IN-PHASE" konumuna ulaşırlar (bunun anlamı ise; protonların vektör uclarının aynı anda, salınım çemberinin aynı noktasında olmasıdır).

RF dalgaları elektromanyetik dalga spektrumu için, dalga boylarının büyük olması nedeniyle "noniyonizan" grupta yer alırlar. MR görüntüleme Radyo dalgalarını, tetkik süresinde sürekli değil, ancak belli bir süreçte kısa aralıklarla uygulamaktayız. Bu nedenle buna "RF Pulse" demekteyiz. RF pulse uygulamadaki amaç hastadaki longitudinal manyetizasyon yönünü değiştirmektir. RF pulse uygulaması, normalde dış manyetik alan yönünde kendi hallerinde "precession" hareketini sürdürmekte olan protonların, manyetik vektör yönünü değiştirmeyi amaçlamaktadır. Ancak her RF pulse bu işlemi yerine getiremez. Bunun gerçekleşebilmesi için RF dalgasının, proton ile enerji değişimine girmesi gerekmektedir. Bu enerji değişiminin olabilmesi içinde, göndereceğimiz radyo dalgasının frekansının ortamda bulunan protonların "precession frekansı" ile aynı değerde olması şarttır. Aksi halde herhangi bir enerji transferi gerçekleşemez. Radyo dalgasının frekansını ise "Larmor denklemi" sayesinde seçmekteyiz. Yani Larmor denklemi bize protonların precession frekansını belirleme imkanı verecektir ve buradan protonların precession frekansı ile eşdeğerde RF pulse kullanma şansını elde edebiliriz. Tetkik edilen bölgeye ortamdaki protonların precession frekansı ile aynı frekansta RF pulse uyguladığımızda, protonlar ile enerji değişimi gerçekleşecektir. Bu olaya "resonance" adı verilmekteydi, buna örnek olarak "diapozan titreşimleri" gösterilebilir.

MR cihazında tetkik edilmekte olan hastada bu durum nasıl oluşmaktadır. MR cihazında yatmakta olan ve mevcut dış manyetik alan yönüne paralel, longitudinal manyetizasyon oluşmuş hastamıza, protonların precession frekansı ile aynı frekansta bir RF pulse gönderelim. Bu gönderdiğimiz radyo dalgası, protonlarla etkileşime girecek ve bir kısmı ile enerji transferi oluşacaktır.

Bu durumda protonların bir kısmının enerji seviyesi yükselecek ve bunların manyetik vektörü dış manyetik alan yönündeki paralel konumlarda anti-paralel konuma geçecektir (Şekil 4b). Bu durumda hastalarda mevcut longitudinal manyetizasyon zayıflayacaktır (birbirine zıt vektörel kuvvetleri birbirini nötralize etmesi nedeniyle). Gönderilen radyo dalgasının burada ikinci bir etkisinde Z ekseninde precession göstermekte olan protonların bir araya toplanmasına neden olmasıdır (Şekil 4a). 6 proton longitudinal manyetizasyonu teşkil etmektedir 4 (b)'de RF gönderilmekte ve enerji transferi ile bunlardan 2'si (enerji seviyesi yükseldiği için) antiparalel konuma geçmektedir. Bu arada paralel konumdaki 4 proton ve anti-

paralel konumdaki 2 proton aynı zamanda bir araya gelmekte ve aynı fazda (in phase) precession hareketi göstermeye başlamaktadır. Bu durumda protonların vektörel manyetik momentleri Z ekseninde birbirlerini nötralize ederken, Y ekseninde birbiri üzerine eklenmektedir. Bu olay sonunda longitudinal manyetizasyon azalarak kaybolmakta ancak Z eksenine dik Y düzleminde yeni bir manyetik alan oluşturmaktadır. İşte Şekil 4 (c)'de gösterilen bu yeni manyetik alana da "transvers manyetizasyon" denmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Hastadaki longitudinal manyetizasyon (a), gönderilen RF pulse etkisi ile azalırken transvers düzlemde yeni bir manyetik alan oluşur (b), ve RF pulse'nin uygulama süresine bağlı olarak sonunda tamamen ortadan kaybolur ve transvers manyetizasyon oluşur (c).

Bu transvers manyetizasyon, precession hareketini göstermekte olan protonların çevresinde dönmektedir. Dışarıdan bakıldığında bu manyetik vektör bize doğru gelmekte tekrar geri dönerek uzaklaşmakta, yeniden gelmekte tekrar geri dönmekte ve bu böyle sürmektedir. Ritmik olarak bu değişimin olması bir elektrik akımı üretir ve bunlarda manyetik alan oluşturular. Bu elektriksel akım MR cihazında incelemekte olduğumuz hastadan aldığımız MR sinyalini ifade etmekte ve MR görüntüsü bu sinyaller ile oluşturulmaktadır (9).

MR Sinyalinin Özellikleri

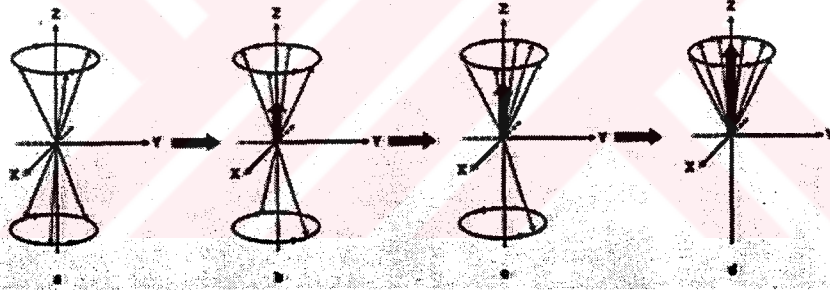
Longitudinal ve Transvers Relaxation Zamanı

MR cihazına tetkik için alınan hastaya RF pulse gönderdiğimiz anda longitudinal manyetizasyon azalarak kaybolmakta ve bu anda Y düzleminde transvers

manyetizasyon oluşmaktaydı. RF pulse uygulamasını kestiğimiz anda bu olay tersine döner. Çünkü, uyarılmış protonlar tekrar eski konumlarına dönerler. Ayrıca in phase konumundaki tüm protonlarda yine yavaş yavaş birbirlerinden açılarak ilk konumlarına geçerler. Bu duruma protonların "dephasing phenomenon"ı" adı verilir. Ve sonuçta; transvers manyetizasyon azalarak kaybolurki işte bu süreye "**transvers relaxation zamanı**" denir. Bu arada longitudinal manyetizasyon yeniden oluşmaya başlar. Longitudinal manyetizasyonunda ilk konumuna gelmesi için geçen zamana "**Longitudinal relaxation zamanı**" denir.

Longitudinal Relaxation Zamanı

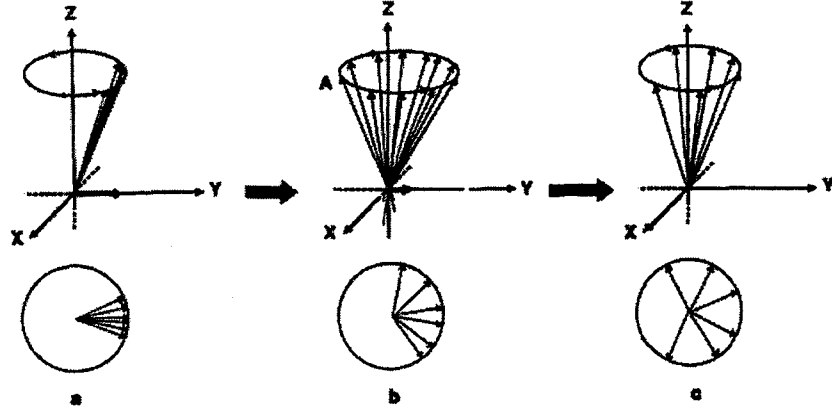
RF pulse ile enerji seviyesi yükseltilerek anti-paralel konuma gelen protonlar, şekil 5 (a) RF pulse kesildiğinde hepsi aynı anda eski konuma dönmezler. İncelenen vücut kesimindeki dokuların moleküler bağlanma özelliklerine bağlı olarak bazı protonlar daha hızlı, bazıları daha yavaş eski konumlarına dönerler. Ancak sonunda hepsi eski konumuna ulaşarak RF pulse verilmeden önceki longitudinal manyetizasyon kuvvetini oluştururlar (9). 5 (b) (c) (d).



Şekil 5. RF pulse kesildikten sonra, enerji seviyesi yükselmiş olan protonlar birer birer eski konumlarına döner ve longitudinal manyetizasyon yeniden oluşmaya başlar.

Transvers Relaxation Zamanı

Transvers manyetizasyon oluştuğundan sonra RF pulse uygulamasını kestiğimizde (şekil 6 (a)'da transvers manyetizasyonu görüyoruz). Şekil 6'da izlediğimiz gibi "in phase" durumundaki protonların bu konumu bozularak eski haline dönmeye başlar. Bu esnada transvers manyetizasyon kuvveti azalmaya başlayacaktır (9) Şekil 6 (c). Sonunda bu protonlar eski konumlarına dönerler ve transvers manyetizasyon tamamen ortadan kalkar. Bu işlem için geçen zamana "Transvers relaxation zamanı" denir (Şekil 6).



Şekil 6. RF pulse kesildikten sonra, in phase durumundaki protonların bu konumu bozulur ve yavaş yavaş eski konumlarına dönerler. Bu esnada transvers manyetizasyonda azalarak ortamdan kaybolmaya başlar (9).

Dokuların T1 ve T2 Relaxation Zamanları

T1 zamanı T2 zamanından daha uzundur. Klinik uygulamada T1 zamanı 300-2000 m sec., T2 zamanı 30-150 m sec arasında olmaktadır. T1 ve T2 zamanları gerçekte, incelenen dokunun karakteristik özelliklerini yansıtmaktadır (9).

Su yada su içeriği fazla olan dokuların T1 ve T2 relaxation zamanları uzundur. Patolojik yada hasta dokularda genellikle su içeriğinin arttığını görürüz. Bu nedenle bunları MR resimlerinde T1 ve T2 zamanları uzun alanlar olarak izleriz. Yağ dokusunun ise T1 zamanı kısa, T2 zamanı daha kısadır (suya oranla).

T1 zamanını etkileyen faktörler

Gerçekte T1, doğrudan doğruya dokunun yapısal bileşimine ve çevresindeki oluşumların özelliğine bağlıdır. Bir dokunun sıvı içeriği ne kadar az ise veya molekülleri ne kadar büyükse enerji transferi o oranda hızlı olacağından, uyarılmış protonlar longitudinal konumlarına hızla dönerler ve dolayısıyla katı maddelerin T1-zamanı kısadır. Yağ dokusunda T1-zamanı, yağ asidlerindeki hidrojen atomlarının protonlarının frekansı, Larmor frekansına çok yakındır ve etkili bir enerji transferi gerçekleşir. Bu nedenle T1-zamanı kısadır. T1 zamanı dokuların özellikleri dışında birde dış manyetik alan gücüne bağlıdır. Yani dış manyetik alan ne kadar büyükse T1-zamanıda o oranda uzamaktadır. Tabii ki bu uzama dokulardan alınan T1 sinyallerine'de belli bir oranda yansır. T1-ağırlıklı görüntülerde sıvılar düşük manyetik alan gücüne sahip MR sistemlerinde daha az "siyah", yüksek manyetik alan gücüne sahip sistemlerde ise daha çok "siyah" görünmektedir (9).

T2 zamanını etkileyen faktörler

Sıvı içeriği yüksek dokularda iç manyetik alan nisbeten daha homojendir. Yani kesitsel olarak büyük farklılıklar göstermez. Böyle bir durumda "in phase" konumundaki protonlar bu durumlarını uzun süre korurlar, yani "dephasing" süresi uzundur. Bu da T2 zamanının uzun olmasına neden olur. İşte sıvıların T2 zamanının uzun olmasının nedeni budur. Tersine ise, yani incelenen dokuda sıvı içeriği az ise, büyük moleküller mevcutsa bunların iç manyetik alanları arasında büyük moleküller bulunacaktır. Bu büyük moleküllerin hareketide daha yavaş olacağından, çevresinde oluşturacakları manyetik alanlar birbirlerini daha yavaş ve güç nötralize edecektir. Bu da dokunun iç manyetik alanında büyük farklılıkların gelişimine neden olur. Bu durumda protonlar "in phase" konumlarından hızla "dephase" konumlarına geçerler ve T2 zamanı kısalmış olur. Bu da gösterirki sıvı içeriği az olan dokuların T2-zamanları kısa olmaktadır (9).

3-SİNYAL SAPTAMA ve SİNYAL AZALMA SÜREÇLERİ

(Signal Detection and Signal Decay Processes)

Oluşturulan transvers manyetizasyonun miktarını, bir tel sarmal (bobin, receiver coil) aracılığıyla ölçebiliriz. Manyetizasyon vektörü presesyon yaptıkça tel sarmalda elektriksel sinyal ortaya çıkar. Saptanan sinyalin büyüklüğü, herhangi bir anda vektör ile sarmaldaki teller arasındaki açığa bağlıdır. Maksimum sinyal, sarmal (coil) ile vektör arasındaki 90° olduğunda ortaya çıkar ki; bu da transvers manyetizasyonun maksimum olduğu konumdur. Nükleuslar, termal çevre ağına enerjilerini aktararak denge koşullarına geri döner. Manyetik vektörün longitudinal plana geri dönüşü kademelidir. Dolayısıyla sinyalin azalması da kademelidir. Yani sinyal exponensiyal olarak azalır.

T1 relaksasyon zamanı longitudinal manyetizasyonun %63.2 oranında geri dönüşünün (recovery) sağlandığı süredir. Solid örneklerde moleküller birbirine çok yakındır ve T1 süresi sıvılara göre daha kısadır. Değişik biyolojik dokuların değişik T1 değerleri vardır.

Spin-spin etkileşimi sonucu, nükleuslar, enerjilerini birbirine aktarır. Nükleusların bir kısmı yavaşlar, bir kısmı hızlanır. Nükleuslar arası faz bağılılığı azalır. Longitudinal manyetizasyonun geri dönmesinden bağımsız olarak, gelişigüzel defaze olmuş nükleuslar birbirlerinin etkilerini yok eder ve MR sinyali sonunda 0 olur. Vektörlerin defaze olması ve sinyalin azalma oranı T2 relaksasyon zamanı adını

verdiğimiz bir başka zaman sabiti ile belirlenir. T2 sinyalin orijinal değerinin %36.8'ine kadar düşmesi için gereken süredir. Kabaca $T2=1/10 T1$ 'dir. T1 milisaniye cinsinden yüzlerle ifade edilirken, T2 onlarla ifade edilir. T2 incelenen maddenin yapısı ile ilgili sinyal kaybolma zamanıdır.

Yüksek ısıdaki sıvılarda T1 ve T2 hemen hemen birbirine eşittir. Bu süre saf suda yaklaşık 2 sn'dir. T2, T1'den daima daha kısadır. T2/T1 oranı bire yakınsa incelenen örnek sıvıya, çok küçükse katıya benzer yapıdadır. Biyolojik dokuların içindeki protonların T1 ve T2 relaksasyon zamanları, dokunun su içeriği çok yüksek olsa bile, suyun değerine göre çok daha kısadır. Serbest veya gevşek bağlı olan su, dokunun T1 relaksasyon zamanını, sıkı bağlı olan su fraksiyonu ise T2 zamanını etkiler. Dokuda bulunan çok küçük konsantrasyondaki paramanyetik çekirdekler her iki relaksasyon zamanını da belirgin şekilde kısaltır. Vücudun hidrasyon durumu, ısı, yaş relaksasyon zamanlarını etkileyen faktörlerdir. Ancak değişik dokulardaki farklı relaksasyon zamanlarının nedeni tümü ile anlayamamıştır.

Eksternal manyetik alanın inhomojenitesinden kaynaklanan T2* istenmeyen bir durumdur. Eksternal manyetik alanın inhomojenitesi, spin-spin etkileşimini hızlandırır. Spinlerde faz bağıllığı o kadar hızla kaybolur ki; tüm T1 ve T2 enformasyonu maskelenir. Bu süre T2* adını alır ve incelenen dokuya bağlı olmayıp, mıknatısın kalitesine ve alanın inhomojenitesine bağlıdır. Klinik yarar beklenen bir MR sürecinde bu etki yok edilmelidir.

MR sinyali daha önce de belirttiğimiz gibi sönümlüdür. Bu nedenle MR sinyaline Free Induction Decay (FID) adı verilir. FID en basit MR sinyalidir. Şiddeti ve süresi total manyetik vektörün, eksternal manyetik alan doğrultusundan sapma derecesi ve spin sayısına (spin density, proton density) bağlıdır (1).

MR görüntüsünün sinyal yoğunluğunu belirleyen faktörler dokuya veya sisteme ait olabilir: Sıralayacak olursak:

Dokuya Ait Parametreler

- 1-Proton yoğunluğu fazla ise sinyal şiddeti fazla.
- 2-T1 relaksasyon süresi uzun ise sinyal zayıf, kısa ise sinyal kuvvetli.
- 3-T2 relaksasyon süresi uzun ise sinyal kuvvetli, kısa ise sinyal zayıf.
- 4-Akım varsa sinyal alınmaz. Akım yavaşlamış veya durmuşsa sinyal alınır.
- 5-Kimyasal değişim.
- 6-Pulsasyon.

Sisteme Ait Parametreler

- 1-Manyetik alan gücü
- 2-Sarmalların (verici ve alıcı coillerin) özellikleri
- 3-Görüntüleme tipleri

MR sinyali elde etmek için seçeceğimiz sekanslar görüntünün tipini belirler. RF uyarıları arasındaki süre TR (Repetition time: tekrarlama zamanı), RF uyarısı ile sinyalin kaydı arasındaki süre TE (Time echo) adını alır. TR ve TE görüntüleme sekansları (sequences) olarak isimlendirilir.

Kısa TR/Kısa TE (200-1000 msec/20-25 msec) ile T1 ağırlıklı, Uzun TR/Uzun TE (2000-2500 msec/75 msec) ile T2 ağırlıklı görüntüler elde edilir. Uzun TR/Kısa TE görüntüler ise proton dansitesi görüntüleridir.

30 m sec'den kısa TE süresine "Kısa TE", 80 m sec'den uzun, 500 m sec'den kısa TR süresine "Kısa TR", 1500 m sec'den uzun TR süresine de "Uzun TR" denir.

T1 ve T2 ağırlıklı görüntüler kullanıldığında, bu özellik normal ve anormal doku karakterizasyonunu belirler. T1 ağırlıklı görüntüler kemik iliği ve subkutan yağ gibi yüksek yağ içerikli yapılardaki anormal dokuları belirlemeye yardım eder. En yüksek sinyal-görüntü oranını (SNR) saptadığı için, anatomik yapıları değerlendirmede optimal koşulları sağlar. Kısa T1 relaksasyon zamanlı yapılar (yüksek sinyal veren) yağ, lipid içeren maddeler ve proteinöz sıvıları kapsar. Uzun T1'li dokular (düşük sinyal yoğunluğu) normal vücut sıvıları (BOS-idrar), kalsiyum (kortikal kemik), tendon ve ligamanların çoğunu kapsar. Kaslar, tümörler, enfekte dokular dahil olmak üzere diğer yumuşak dokuların çoğu T1 ağırlıklı görüntülerde orta derecede sinyal verir (1).

T2 ağırlıklı görüntüler, normal dokuları anormal dokulardan ayırtetmeye yardım eder. Kısa T2 değerli dokular (düşük sinyal yoğunluğu); kalsiyum yüksek dokular, kortikal kemik, ligament ve tendonların çoğunu içerir. Uzun T2 değerli dokular neoplazm, inflamasyon ve sıvıların çoğunu kapsar. Normal kas düşük veya orta derecede sinyal verir. T2 değerlerindeki bu farklılık tümör sınırlarının ve yumuşak doku içindeki infeksiyonun tanımlanmasına olanak sağlar.

Tablo 4. Dokuların ve bazı patolojik değişikliklerin MR kesitlerinde görünüm özellikleri (9).

Doku	T1	T2
Yağ	Hiperintens	Hafif hiperintens
Kas	Hafif hiperintens	Hipointens
Sinir	Hafif hiperintens	Hafif hiperintens
Tendon	Hipointens	Hipointens
Kortikal kemik	Hipointens	Hipointens
Diğer yumuşak dokular	Hafif hipointens	Hafif hiperintens
İnflamasyon	Hipointens	Hiperintens
Kist	Hipointens	Hiperintens
Solid tümör	Hafif hipointens	Genellikle hiperintens
Fibrozis	Hipointens	Hipointens
Yağlı infiltrasyon	Hipointens	Hafif hiperintens
İnterstisyel hemoraji	Hiperintens	Hiperintens
Akut hematoma	Hiperintens	Hipointens
Subakut hematoma	Hafif hiperintens	Hafif hiperintens
Kronik hematoma	Hafif hipointens	Hiperintens

T1 ve T2 ağırlıklı görüntülerin dereceleri vardır ve bu da doku görünümleri için geniş bir spektrum sağlar. Hastadaki spesifik patolojiye göre uyarı sekansları (pulse sequences) seçilir.

Hızlı görüntüleme (Fast-Imaging) sekansları

MR görüntüleme tekniği olarak kesinlikle hareketsizliğe ihtiyaç gösterir. Görüntüler tek tek elde olunmayıp bir tetkik bölgesi bütünüyle incelendiğinden, hastanın en ufak hareketinde tüm imajlar bozuk gelmektedir. Bu nedenle çeşitli hızlı görüntüleme sekansları genel anlamda "**gradient echo**" sekansı olarak adlandırılır. **FLASH** (Fast low Angle Shot, **GRASS** (Gradient Recalled Acquisition at Steady state) gibi özel isimler alırlar. Gradient echo sekansının çalışma prensibini şöyle açıklayabiliriz. Spin echo sekansında echo almak için 180° RF pulse kullanıyorduk. Gradient echo sekansta ise 180° RF pulse yerine bir manyetik alan gradient oluştururuz. Yani mevcut manyetik alan üzerine bir manyetik alan daha ekleriz. Bu eklediğimiz manyetik alanı kısa bir süre için devreye soktuğumuzda, incelemekte olduğumuz kesitte daha büyük bir manyetik inhomojenite ortaya çıkar ve bunun sonuna RF pulse ile uyarılmış protonlar daha hızlı dephasing gösterir ve sonuçta transvers manyetizasyon daha hızlı kaybolur.

Bu anda gradient manyetik alanı devreden çıkarırsak manyetik inhomojenite azalacağından hızla dephasing'de bulunan protonlar yavaşlar ve kısmen rephasing gösterirler. Bu durumda sinyal kaydı artacaktır. Gradient echo sekanslarında (flip angle) RF pulsler göndeririz, genellikle hızlı görüntüleme sekanslarında 10-35° arası

flip angle seçilerek RF pulsler kullanılır. Gradient echo sekanslarında ne kadar büyük flip angle seçilirse elde edilen görüntü o kadar T1 ağırlıklı olur. Eğer uzun TE seçilirse T2 ağırlıklı imajlar elde edilir. Ayrıca gradient echo sekanslarında damarlardaki kandan yüksek sinyal kaydı gerçekleşir ve **MR anjiografi** yapılabilir ve yine tekniğin hızlı olmasına bağlı olarak 3 boyut (**3 Dimention=3D**) görüntüleri elde edilebilir.

En çok kullanılan MRG yöntemlerinden bir kaçını gözden geçirecek olursak:

SATURATION RECOVERY YÖNTEMİ

90°'lik RF uyarılarının uygulanıp, ekoların alınmasıyla elde edilir. İyi bir T1 kontrastı ve sinyal yoğunluğu elde etmek için TR seçimi uygun olmalıdır.

Sinyalin yoğunluğu;

$$S=N (1-\exp (-TR/T1))$$

eşitliği ile gösterilebilir (7).

TR yeterince uzun tutulursa, eşitlikten de anlaşılacağı gibi, görüntü proton ağırlıklı olur.

INVERSION RECOVERY

T1 ağırlıklı görüntüler elde edilir. 180° puls verilerek antiparalel konuma getirilen manyetizasyon vektörü, uyarın kesildiğinde defaze olmaya başlar. Belirli bir zaman aralığından sonra (TI: inversion time), 90°'lik RF pulsü uygulanarak ölçülebilir sinyal elde edilir. Üretilen sinyal TI'ye bağlıdır.

SPIN ECHO YÖNTEMİ

T2 ağırlıklı görüntüler elde edilir. Tekniğin temeli defaze olan spinlerin yeniden refaze edilmesidir. Bunun için 90° pulsünü takiben defaze olan spinler, 180° puls ile birbirleriyle refaze edilerek başlangıç noktasına göre simetrik pozisyona sokulur. Böylece T2 etkisi de çok azaltılır.

$$S=N \exp (-TE/T2) (1-\exp (-TR/T1))$$

eşitliği ile çeşitli parametrelerle sinyal yoğunluğu arasındaki ilişki anlaşılabilir. Spin echo görüntüleme zaman alıcıdır. Bu sorunu gidermek için Gradient Echo teknikleri geliştirilmiştir. Ancak her zaman spin echonun alternatifi olamaz (4).

MRG incelemesinin zaman alıcı olması önemli bir dezavantajdır. Tek bir kesit için gerekli süre; Tacquisition=matrix büyü x eksitasyon sayısı x TR formülü ile hesaplanabilir (1). MR'de tipik bir kesit 4-8 dakikada elde edilir. Bu sürenin büyük bir bölümü protonların relaksasyonları için harcanır. Ancak bu bekleme süresinde diğer

kesitlerin protonları eksite edilebilir. Böylece bu süre içinde 4 veya 8 kesit alınarak yapıların "multisection" görüntülenmesi ile tetkik süresi kısaltılabilir (1).

4-GÖRÜNTÜ OLUŞTURULMASI

Elde edilen MR sinyallerinde görüntü oluşturabilmek için, bu sinyaller uzaysal (spatial) olarak lokalize edilmelidir. Bunun gerçekleştirilmesi için, Lauterbur tarafından önerildiği gibi, ana manyetik alan içerisine ağırlıklı (gradient) manyetik alanlar yerleştirilir. Gradient alanlar, manyetik yoğunluğun, ana manyetik alanın karşılıklı noktaları arasındaki lineer varyasyonudur. Bu belirli bir yöndeki her bir noktanın değişik şiddette bir manyetik alana maruz kaldığı anlamına gelir. Böylece her bir noktanın Larmor frekansı ufak farklılıklar gösterir. Gradient varlığında, görüntünün her bir noktası, kendi özgün frekansında salınır. Bir gradient boyunca saptanan sinyaller mevcut frekansların toplamıdır.

Saptanan frekansları, gradient yönü boyunca her bir noktadan gelen sinyalin amplitüdünü çözümlenecek bir yöntem gerekir. Bunu yapabilecek matematiksel işlemin adı "**fourier transformasyonu**". Amplitüd tipi veriyi frekans tipi veriye dönüştürür ve böylece MRG'de anahtar rol oynar.

2-DFT (2-Dimensional Fourier Transformation) yöntemi Crookes (1983) ve Kumar tarafından önerilmiştir (7). İyi bir SNR (Signal to noise ratio) sağlaması, hareket artefaktları ve manyetik alan inhomojenitelerinin daha az problem yaratması nedeniyle, günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır.

2-DFT ile MR görüntüsü elde etmek için 3 adet gradient kullanılır.

1-KESİT SEÇME GRADİENTİ (Slice Selecting Gradient):

Kesit görüntünün konumunu ve kalınlığı belirler. Gz olarak simgelenir. Aktive edildiğinde spesifik bir aralıktaki RF frekans değişkenliğine (bandwidth: range of frequency) karşı gelen kesitteki spinler uyarılır. Bunu takiben gelen MR sinyali belirli bir dilimden gelmelidir. Gz transvers, koronal, sagittal veya herhangi bir planda görüntü alınmasını sağlayacak biçimde yerleştirilebilir.

2-FAZ KODLAYICI GRADİENT:

Bir dilimdeki spinler uyarıldıktan sonra, faz gradient (Gy) fazı her bir "Y" kolunu yönünde hafifçe değiştirir. Bu gradient çalıştırılmadığında spinler kendi özgün frekansında (Larmor) salınır. Sonuçta Y yönünde saptanan her bir pozisyon diğerinden hafif farklı bir faz açısına sahip olur.

Faz gradient matriks dizilimdeki herbir x için bir kez tekrarlanır. Örneğin 256x256 matriks için 256 kez tekrarlanmalıdır.

3-READOUT GRADIENT (Frekans Kodlayıcı Gradient)

Gz'den sonra Gy ile birlikte bir Gx uygulanır. Gx her bir Gy değeri için uygulanmalıdır. Kesitin tümünden gelen MR sinyalleri toplanana kadar, x ve y gradientleri ile belirlenen her nokta bu süreçte değerlendirilir.

Özetle, dilim seçici gradient vücutta incelenen kesiti belirler. Faz kodlayıcı bu dilimi şeritler, readout gradient bu şeritleri kübler halinde keser. Sonuçta vücut volüm elementleri veya voxeller denen ufak küblere ayrılır. Son iki gradient görüntünün spatial rezolüsyonunu belirler (10).

MRG esnasında, hastanın duyduğu tek gürültü, gradient sarmallardan geçen elektriki akımdan kaynaklanır. Bu gürültünün şiddeti eksternal manyetik alanın karesi ile orantılıdır (1).

Günümüzde 3-DFT (3-Dimensional Fourier Transformasyon) teknikleri de başarıyla kullanılmaktadır. Dilim seçici dar frekans aralığı yerine geniş bir frekans aralığı kullanılarak tüm volüm uyarılmaktadır. Sonra iki adet değişken faz kodlayıcı gradient aynı anda kullanılmakta verilen readout gradientten sonra toplanmaktadır. Üç tane Fourier transformasyon önce readout gradient sonra da diğer iki yön boyunca uygulanır. Bu verilen herhangi bir planda görüntü oluşturmak için reformatlanabilir. Üç boyutlu yaklaşımda SNR yüksektir. Çünkü veri büyük bir volümden toplanmaktadır (1).

MRG'de GÖRÜNTÜ KALİTESİ

Görüntü kalitesi; spatial rezolüsyon ve SNR arasındaki dengeye bağlıdır. Spatial rezolüsyon voxel boyutu küçültülerek artırılır. Voxel boyutu; FOV (Field of view), matriks boyutları ve dilim kalınlığı ile düzenlenir. Bunları seçmek uygulamacının insiyatifindedir (1).

SNR: Sinyal-gürültü oranı demektir. İnsan vücudu istediklerimizle birlikte gelişigüzel RF sinyalleri de yapar. Bu da pixel sinyal yoğunluğunda gelişigüzel değişikliğe veya görüntüde gürültüye (noise) sebep olur. Gürültü; düşük kontrastlı yapıların görülmesini zorlaştırır, görüntü ayrıntısına ve elde edilme süresine dolaylı etkileri görülür. Çoğu merkezde, SNR sinyal ölçüm sayısı artırılarak yükseltilir. Ancak zaman alıcıdır.

SNR'ye görüntülemelemedeki bazı süreçlerin etkileri şöyle özetlenebilir:

Voxel boyutu: Büyük voxel SNR'yi artırır. Ancak spatial rezolüsyonu azaltır.

TR: TR değeri T1 değerine yaklaştıkça SNR artar.

TE: TE değeri yükseldikçe sinyal yoğunluğu azalır. Bu nedenle T2 ağırlıklı görüntüler gürültülüdür.

Ölçüm sayısı (Averaging): Ölçüm sayısı arttıkça gürültü azalır (n =ölçüm) sayısı ise $SNR \propto \sqrt{n}$ ile orantılıdır). Ancak inceleme süresi uzar.

Manyetik Alan Gücü: Sinyal yoğunluğu manyetik alan gücünün karesi ile, gürültü ise lineer veya karekökü ile orantılıdır. SNR ile manyetik alan gücü arasında tüm görüntüleme sistemlerine uygulanabilir basit bir ilişki yoktur.

RF Sarmallar (Coils): Manyetik alanda vücudumuzdaki elektrolitlerin Brownian hareketleri elektriksel akım üretir. Bu sinyaller de toplanırsa gürültü ortaya çıkar. Bu süreç vücut ısısına bağlı olduğundan "thermal noise" olarak adlandırılır. Yüzey sarmalları vücut sarmallarından daha fazla sinyal daha az gürültü toplayarak iyi bir SNR elde edilmesini sağlar.

MRG ÜNİTESİNİN ENSTRÜMANTASYONU

Bir MRG ünitesi başlıca şu bölümlerden oluşur (11).

- a-Ana magnet
- b-Shim sargıları (Shim coil)
- c-Gradient sargıları (Gradient coil)
- d-RF sargıları (RF coil)
- e-Modulator-demodulator
- f-Image processor



Şekil 7. MR sisteminin yapısı (superkondüktiv) (11)

Genellikle rezistiv magnetler 0,15 ile 0,2 tesla arasında, permanent magnetler 0,08 ile 0,4 tesla arasında ve superkondüktiv magnetler 0,15 ile 2 tesla arasında çalışmaktadır (13) (bu, ABD'de çoğu MRG sistemlerinin niye superkondüktiv olduğunu açıklar). Oluşturulan güçlü manyetik alanın vektör yönlerinde de farklılıklar vardır; permanent magnetlerde vektör üst-alt aksisinde iken, diğer magnet tiplerinde bu hasta masasına paraleldir. Permanent magnetlerde manyetik güç sabit olup (bildiğimiz mıknatis gibi), manyetik güç oluşturmak için herhangi bir enerjiye gereksinim göstermezler. Buna karşın dezavantaj olarak çok ağırdırlar (0,3 tesla sistem 80-100 ton gibi) ve yüksek tesla değerlerine ulaşamazlar. Rezistiv ve superkondüktiv magnetlerde ise, manyetik güç oluşturmak için elektrik enerjisinden faydalanılır. Oluşturulan manyetik gücü, magneti oluşturan sarılı tellerin sayısı (bu magnetlerde manyetik gücü oluşturan, magneti çepeçevre saran tellerden geçen elektrik akımıdır ve oluşan güçlü manyetik alanın vektörü akıma diktir) ve bu tellerden geçen elektrik akım miktarı belirler. Örneğin, 0,5 tesla cihazda akım yaklaşık 100 amper iken, akım 300 ampere çıkarılırsa cihaz 1,5 tesla gücüne ulaşmaktadır (11,13); bununla birlikte magnet gücünü etkileyen başka faktörler de mevcuttur.

Superkondüktiv magnetler bugün için dünyada en yaygın olarak kullanılan magnetlerdir. Çünkü, superkondüktiv magnetler ile diğer magnet tiplerinden daha güçlü magnetik alan elde edilebilmektedir. Ancak, bu magnetlerin de bazı önemli problemleri vardır; superkondüktiv magnetlerin özelliği ancak sıvı helyum derecelerinde çalışabilmesidir (-473 degrees F.) (13). Ancak bu derecelerde superkondüktiv tellerde rezistans gelişmez (bu sayede tellerden yüksek elektrik akımları geçirilerek yüksek tesla değerleri elde edilir). Sisteme magnet, herkesin bildiği termos benzeri "Cryostat" denilen çok sayıda yapının iç içe geçmesi ile oluşmuş ve içinde helyum ve nitrojen gibi kriyojenleri barındıran yapı içinde bulunmaktadır. Sistemde bu kriyojenler zamanla eksilmektedir ve sistemin devamı için bunların tamamlanması gerekmektedir. Eğer sistemde sıcaklık artacak olursa, magneti oluşturan tellerde superkondüktivite kaybolur ve buna bağlı tellerde rezistans gelişeceğinden dolayı kriyojenlerin çok hızlı biçimde kaynaması ile sonuçlanır (11,14).

Shim sargıları (Shim coil) superkondüktiv, rezistiv veya hibrid magnetlerde, ana magnetin iç kısmında bulunmaktadır. Bu sargılar ana magnetin tam olmayan homojenitesini düzeltmek ve hastaya uygulanacak son manyetik kuvveti kompanse

etmek amacıyla kullanılırlar. Eğer hastaya uyguladığımız güçlü manyetik alan homojen olmaz ise kesitte uzaysal lokalizasyonlarda hatalar olacaktır.

Gradient sargılar (Gradient coil), (daha önce MRG'de görüntünün oluşturulması başlığı altında detaylı olarak anlatıldığı gibi) kesit-belirleme, faz-kodlama ve frekans-kodlama gradientlerinden oluşur. Bunların görüntü oluşturulurken çok hızlı biçimde defalarca açılıp kapatılması gerekmektedir (inceleme sırasında duyulan ses bu gradient sistemin açılıp kapatılması nedeniyledir). Gradient sargı çalıştırıldığında, gradientin bir ucu ile diğer ucu arasında değişen değerlerde manyetik kuvvet farklılıkları olacaktır, buna bağlı olarak gradient aksisi boyunca protonlar birbirlerinden çok az da olsa farklı salınım frekansları göstereceklerdir ve bu sayede elde edilen sinyalin lokalizasyonu yapılabilmektedir (konu daha önce detaylı olarak tartışılmıştır). Bu sistem ile, hastanın pozisyonu değiştirilmeden kesitler aksiyal, koronal, sagittal veya gradient sistem uygun biçimde düzenlenmiş oblik olarak elde edilebilmektedir.

RF sistemlerinin ilk amacı, dokudaki mevcut longitudinal manyetizasyon vektörlerini istediğimiz açıda (flip angle) saptırmak için hastaya uygun RF puls göndermektir (**RF Transmitter**). İstediğimiz kesit görüntüsü için RF puls frekansı uygun biçimde ayarlanmalıdır (sadece RF puls frekansı ile protonların salınım frekansları aynı olduğu zaman enerji transferi gerçekleşebilmektedir); bu amaçla RF puls'ın frekans bandını ve gücünü düzenleyen "RF modulator" kullanılmaktadır. RF sisteminin ikinci amacı ise, hastadan gelen sinyal saptamak ve kaydetmektir (**Alıcı sargı**) (**RF receiver, antenna**).

Sinyal buradan "modulator-demodulator"e gider ve bir takım işlemlerden geçtikten sonra ekrana görüntü olarak gelir. RF sargılarının yapısında, yapılacak olan incelemeye göre değişen bir takım farklılıklar vardır (head, body, ekstremiteler gibi) ve bunlardaki en önemli nokta, incelenecek dokuyu saran RF sargıların dokuyu homojen olarak etkilemesinin gerekliliğidir.

RF sargılarının sensitivitesi (kalitesi) "Q" veya "quality factor" (kalite faktörü) ile değerlendirilir; yüksek Q olarak değerlendirilen sargılar mükemmel transmitter ve alıcı (receiver) olarak çalışırlar. RF puls uygulaması sırasında kullanılan enerji, hastanın hacmine ve inceleme tipine göre değişmektedir (bu genellikle cihazlarda otomatik olarak ayarlanmaktadır). **Yüzey (surface) sargıları** incelemek istediğimiz (yüzeye yakın) bölgeye direkt olarak yerleştirilen, değişik şekil ve yapılarda olabilen

alıcı RF sargılarıdır (transmitter görevi görmezler). Bu yüzey sargılarının en büyük avantajı, sadece belli bir bölgeden sinyal topladığı için elde edilen sinyalde gürültünün (noise) düşük, buna bağlı olarak da SNR'ın yüksek olmasıdır. Spine, ekstremite MRG incelemeleri gibi, özellikle incelemek istediğimiz doku yüzeye yakın ise, bu yüzey sargıları rutin olarak kullanılmaktadır (Yüzey sargıların haricindeki, vücudun daha büyük bölümlerini incelemek için kullanılan, hem alıcı hem de transmitter olarak görev yapan RF sargılarına ise **Volüm sargıları** denmektedir.

Magnetin konulduğu ve MR incelemelerinin yapıldığı odanın özellikleri şunlardır.

MRG inceleme odası, radyo dalgalarına karşı geçirgen olmayacak şekilde düzenlenmektedir. Yine kontrol paneli önündeki inceleme odasının görülmesini sağlayan cam da radyo dalgalarına karşı dirençlidir. İnceleme odasının radyo dalgalarına karşı dirençli olması, bilgisayarlardan, TV istasyonlarından veya diğer hastane cihazlarından gelebilecek radyo dalga etkileşimini engeller. İnceleme odasının radyo dalgalarına karşı dirençli olma özelliğine karşın magnetin oluşturduğu manyetik alan sınırlanamaz.

İnceleme odasındaki magnet çevreyi belirgin derecede etkilemektedir, 1,5 tesla değerli magnette merkezdeki manyetik alan gücü 1,5 tesla (15.000 Gauss) olup bu dünyanın oluşturduğu manyetik alan gücünden 30.000 defa daha güçlüdür. Bu manyetik alanın gücü merkezden çevreye doğru gittikçe azalmaktadır.

Magnet çevresinde olan ve magnetten uzaklaştıkça azalan manyetik güç bizim için iki nedenle önemlidir.

1-Magnetin etki alanında bulunan pekçok cihaz bundan etkilenmektedir. Örneğin kardiak pacemaker'lar 5 Gauss'luk bir manyetik güçten etkilenebilmektedir.

2-Çevrede bulunan pekçok cihaz da MR sisteminin çalışmasını etkileyebilmektedir. Örneğin 3 Gauss'luk etki sınırında olan asansör, MR sistemini etkileyebilmektedir (12).

MRG'nin BİYOLOJİK ETKİLERİ ve KONTRENDİKASYONLARI (11)

MRG'nin büyük doku rezolüsyonu yanında, bu kadar kısa süre içinde bu derece yaygınlaşmasının bir nedeni tekniğin pacemaker'lar, ferromanyetik implantlar ve anevrizmatik klipler haricinde belirgin kontrendikasyonlarının olmaması, sistemde iyonize radyasyonun kullanılmaması ve bugüne kadar belirgin biyolojik zararının

saptanmamış olmasıdır. Ancak şunu söylemek gerekir ki; teknik çok yenidir ve uzun sürede ortaya çıkabilecek etkilerini bugün çok iyi bilmiyoruz.

MRG sistemlerinde biyolojik zarar olarak karşımıza çıkabilecek 3 kaynak vardır;

a-Sabit güçlü manyetik alan (magnet)

b-Hızla değişen manyetik alan (gradient sargılar)

c-RF enerji birikimi

Güçlü manyetik alanın neden olduğu belirgin bir biyolojik etki şu ana kadar bulunamamıştır; bununla birlikte düşük tesla değerli sistemlerde belirgin olmasa da, sistemin tesla değeri arttıkça belirginleşen, makromoleküllerin oryantasyonunda, kimyasal ilişkilerde veya membran permeabilitelerinde bozulmalar veya sinir iletimlerinde azalmalar muhtemeldir. Yüksek tesla değerli sistemlerde yapılan hayvan deneylerinde EKG değişiklikleri saptanabilmektedir. Fakat bu biyolojik etkiler 2 tesla'nın altındaki sistemlerde görülmez. Bu nedenle, klinikte kullanılacak maksimum tesla sınırlaması mevcuttur. Bu sınırlama ABD için 2 tesladır; İngiltere ise bunun için 2,5 tesla'yı tavsiye etmektedir (15). Ülkemizde ise böyle bir sınırlama halen mevcut değildir; bununla birlikte halen Türkiye'de kullanılan en yüksek tesla değeri 1,5 tesla'dır.

Daha önce görüntünün oluşturulması başlığı altında anlatıldığı gibi; sistemde hızlı biçimde açılıp kapanan, manyetik alanda aksisler boyunca değişmelere neden olan gradient sargı sistemleri mevcuttur. Bu manyetik alandaki hızlı değişimler sinirler, kan damarları ve kaslar gibi dokularda elektrik akımının oluşmasına neden olabilmektedir.

Bunun haricinde, hızlı biçimde devamlı uygulanan RF puls da vücutta elektrik akımına neden olabilmektedir. Uygulanan RF puls etkisinin enerji değişimi ile olduğunu biliyoruz; bunun sonucu olarak bu etki karşımıza ısı olarak çıkar (mikrodalga ısıtıcılara benzer şekilde). Bunun miktarları sistemin tesla değerlerine, RF puls frekansına, kullanılan sekansa vücudun yüzey alanına ve dokunun derinliğine bağlı olarak değişmektedir (yüzey dokular, derin dokulardan daha fazla etkilenmektedir). **SAR (The spesific absorption rate)** dokunun kilogram başına kaç watt enerji absorbe ettiğini tanımlamak için kullanılır. MRG için kabul edilen maksimum SAR 0,4 W/kg'dir (bunu yaklaşık olarak ısı şeklinde verirsek, vücut

sıcaklığı 1 dereceden fazla artmamalıdır) (3,15). (Ağır egzersiz sırasında bu 15 W/kg'a kadar çıkmaktadır).

MRG'nin bu biyolojik etkilerinin yanında bazı kontrendikasyonları vardır; bunlar kesin ve göreceli kontrendikasyonlar olarak iki bölümde incelenebilir.

Kesin kontrendikasyonlar

Bunlar; kardiak pacemaker'lar, serebral anevrizma klipsleri, şarapnel gibi metalik yabancı cisimler, vena kava filtreleri, IV stentlerdir. Aslında anevrizmatik klipslerin çoğu manyetik özelliklerde olmadığından dolayı, magnetin belirgin etkisi olmaz; bununla birlikte bazı metallere yapılmış klipslerde belirgin etki görülebilmektedir (MRG'nin yaygın olarak klinik kullanıma girmesinden sonra bu tür materyallerin nonferröz metalik alaşımlardan "beta-3titanium gibi" yapılmaya başlanması ile bu sorun büyük oranda giderilmiştir). Orbital metalik yabancı cisimler yine önemli bir kontrendikasyon oluşturur; böyle bir şüphe var ise önceden röntgen veya BT ile orbitada metalik cisim olup olmadığı tesbit edilmelidir (3,16).

Göreceli kontrendikasyonlar

Bunlar orta kulak protezleri, cerrahi implante (ortopedik) protezlerdir (cerrahi protezlerde mümkün ise metal, hasta magnet odasına girmeden test edilmelidir (3). Gebelik yine göreceli kontrendikasyon olarak kabul edilir.

Hastanın vücudunda bulunan metallerin yanında, hastanın üzerinde taşıyabileceği metalik cisimler, hastaya zarar verebilir ve magnet homojenitesini bozacaklarından görüntüde artefaktlara neden olabilmektedir (Ferromanyetik materyallere bağlı oluşan artefaktlardan daha önce bahsedildi). Bunlara ek olarak, bugün klinik kullanımdaki hemen tüm yardımcı tıbbi araçlar (oksijen tankları, sedyeler, tekerli sandalye, serum askısı gibi) metaldir ve bunlara bağlı olarak istenmeyen etkiler oluşabilmektedir. Bu nedenle magnet odasına sokulacak tıbbi araçlar bu sistem için özel olarak üretilmiş olmalıdır.

MR incelemelerinde, uzaysal rezolüsyon amacıyla kullandığımız gradient sistemlerin açılıp kapanması belli bir şiddette ses (gürültü) oluşturmaktadır. Bu ses oldukça şiddetli olabilir ve hastaya zarar verebilir (yaklaşık 65-95 dB). Yüksek tesla değerli sistemlerde bu ses daha şiddetli iken, tesla değeri düştükçe bu sesin amplitütü de düşmektedir (sesin amplitütü kullanılan sekans tipi ile de değişmektedir; örneğin FSE'de çok daha yüksektir); bu nedenle bu sesin neden olduğu rahatsızlık genellikle 1 teslanın üzerindeki sistemlerde görülmektedir. Buna en iyi çözüm sesin

daha iyi sınırlandırıldığı sistemler üretmektir; ancak bu şimdilik mümkün değildir. Bu nedenle bugün en çok kullanılan yöntem hastanın gürültüden rahatsız olmasını büyük oranda azaltan kulak tıkacıdır. Bunun yanında MRG sistemlerindeki bu gürültünün hastayı rahatsız etmesi ve buna bağlı olarak inceleme kalitesini bozmasını engellemek için magnet odalarında kullanılabilen müzik sistemleri uygulanmaya başlanmıştır (17).

Orta ve yüksek tesla değerli sistemlerde (Superkondüktiv) kullanılan kriyojenler (helyum, nitrojen) magnetin çalışması için gereklidir (sistemi belli bir ısının altında tutmak için). Bunların manipulasyonları sadece yetkili personel tarafından yapılmalıdır; direkt temaslarda soğuk yanıklarına (frostbite) neden olabilir. Sistemde diğer karşımıza çıkabilecek problem ise, kriyojenlerin konulduğu tanklardan sızmasıdır. Bu durumda gaz halindeki kriyojen ortamdaki oksijen ile yer değiştirmektedir, inceleme odasındaki hasta bu nedenle oksijensiz kalabilir. Bazı sistemlerde odanın oksijen oranını devamlı kontrol eden dedektörler kullanılmaktadır.

Daha önce kontrast maddeler başlığı altında anlatıldığı gibi, MRG'de kullanılan kontrast maddelerin istenmeyen bazı yan etkileri olabilir. Ancak kullanılan bu kontrast maddelerin neden olduğu yan etkiler, radyolojide kullanılmakta olan iyonik kontrast maddelere göre daha azdır.

Gebe kadınların MRG incelemeleri hala şüphe konusudur. Şu ana kadar belirgin bir yan etki saptanmamış olmasına rağmen, gebelerin özellikle ilk trimestirinde rutin MRG incelemeleri tavsiye edilmez (12,18). Bununla birlikte kesin gerekli olduğunda bu inceleme yapılmaktadır. Yine bunun gibi, MRG'de çalışan gebe personelin durumu belirsizdir.

HASTANIN TETKİKE HAZIRLANMASI

MRG güvenilir ve invaziv olmayan gelişmiş bir teknik olmakla birlikte, inceleme hasta açısından rahatsızlık duyulabilecek gürültülü bir ortamda yapılmaktadır. Bunun yanında incelemenin yukarıda bahsedilen kesin ve göreceli olmak üzere bazı kontrendikasyonları vardır. Bu nedenle inceleme öncesinde hasta çok iyi bilgilendirilmeli (genellikle bu amaçla MRG hastalarına tetkiki açıklayıcı küçük kitapçıklar verilmelidir) ve kendisi açısından risk taşıyabilecek ferromanyetik protez, pacemaker veya anevrizmatik klips taşıyıp taşımadığı kesinlikle sorgulanmalıdır. Hastadan magnet odasına girmeden önce her türlü saç tokaları, gözlük ve takılar gibi çeşitli eşyaların çıkarılması istenmelidir. Bunun yanında demir oksitli makyaj

boyalarının inceleme öncesinde temizlenmesi istenmelidir. Bu tür makyaj malzemeleri magnetin oluşturduğu manyetik alanı etkilemekte ve görüntü kalitesini bozabilmektedir (bu özellikle orbital incelemelerde görüntüde artefakta neden olmaktadır (16,19). Hastaların çıkarılabilen tüm protezlerin (diş, duyma cihazları, takma kol-bacak gibi) çıkarıldıktan sonra inceleme odasına alınmalarına dikkat edilmelidir.

MRG incelemelerinde klostrofobi önemli bir problemdir. Bu süperkondüktiv magnetlerde magnetin tipine bağlı olmak üzere diğer magnetlerden daha fazla oranlarda görülmektedir. Hastaların inceleme hakkında daha önceden bilgilendirilmelerinin klostrofobiyi belirgin derecede azalttığı görülmüştür. Bütün çabalara rağmen gerekli olan sedasyonun sağlanamadığı durumlarda oral veya parenteral yoldan sedatifler kullanılmaktadır. Yine bunun gibi, küçük çocuklarda inceleme öncesi premedikasyon ile sedasyonun sağlanması çoğunlukla gerekli olmaktadır. Sedatize edilen hastalarda aspirasyon riskini azaltmak için, 1 yaşından küçük bebeklerde oral sedasyon öncesi 3-4 saat, daha büyük bebeklerde IV sedasyon öncesi 6-8 saat aç kalması önerilmektedir (hastanın aç olmasının bir diğer avantajı da, abdominal incelemelerde gastrointestinal peristaltizmin az olmasıdır). Sedasyon yapılacak hastaların klinik olarak değerlendirilmesi, olabilecek yan etkiler yönünden önemlidir. Bugün oral olarak sıklıkla kullanılan sedatif ilaç oldukça güvenli olan chloral hydrate'dır; dozu incelemenin süresine ve tipine göre ayarlanır (50-100 mg/kg). Bu oral sedatif ilaç incelemeden 20-40 dakika önce verilir. Hastanın yaşı arttıkça oral sedatif ilacın (chloral hydrate) etkinliği düşmektedir. 18 aylıktan daha büyük bebeklerde genellikle IV sedatif ilaçlar kullanılmaktadır (pentobarbital sodium); bolus şeklinde 2-3 mg/kg'lık doz ile 5-10 dakika içinde etkili sedasyon sağlanabilmektedir (etki süresi yaklaşık 40-60 dakikadır). Sedasyon yeterli değil ise maksimum doz 9 mg/kg olmak üzere ilaç tekrarlanabilir (19). Sedasyonda olan tüm hastalar moniterize edilmelidir (direkt gözleme, EKG, solunum gibi).

İnceleme süresince hastanın mutlaka hareketsiz kalması gerektiğinden hasta inceleme masasına mümkün olan en rahat pozisyonda yatırılmalı, gerekli görülür ise hastanın yakınının veya sağlık personelinin inceleme süresince hasta ile beraber inceleme odasında kalması sağlanmalıdır. Yine pediatrik incelemelerde hasta anne, babasının inceleme odasında bebek ile kalması hasta anksiyetesini azaltmaktadır.

ANATOMİ

Diz ekleminin üç ana elemanı vardır.

- a) Femoral kondiller
- b) Tibia platosu
- c) Patellanın medial ve lateral eklem yüzleri

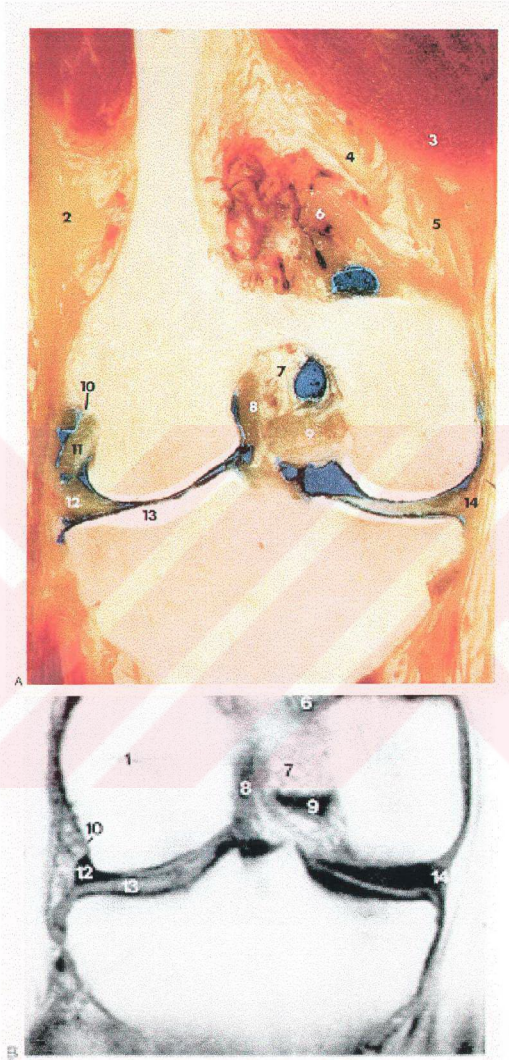
Femur distalinin tibial ve patellar eklem yüzleri vardır. Patellar bölümün lateral yarısı mediale göre daha büyük ve düzdür. Femur medial kondilinin lateral kondile göre laterolateral boyutu daha kısa ancak sagittal boyutu daha uzundur.

Tibia platosunda birbirinde ayrı iki eklem yüzü vardır. Birisi uzun boyutlu dorsoventral yönde olan daha konkav medial bölüm, diğeri de daha küçük ve yuvarlak olan lateral bölümdür. Bu iki yüzey eminentia intercondylaris ile birbirinden ayrılır.

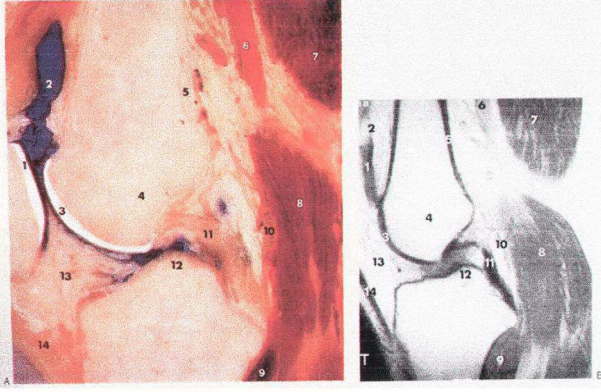
Eminentianın medial ve lateral olarak 2 çıkıntısı vardır. Varyatif olarak 3. veya hatta 4. çıkıntılar bulunabilir.

Eklem kırırdağının kalınlığı yetişkinde ortalama 3-4 mm'dir. Eklem kapsülü büyük ve ön bölümde düzdür. Kapsül öncelikle kendi içinde yer alan iç yan bağ ve Lig.obliquem ve arcuatum ile kuvvetlenir. Kapsül, femurda kondiller ve epikondiller arasında kırırdağ eklem yüzeyinin kenarına, tibiada ise eklem kırırdağının biraz distaline yapışır. Daha kısa olduğu arka yüzde semimembraneus kası tarafından tutulur. Lateral yan bağın kapsülle ilişkisi yoktur.

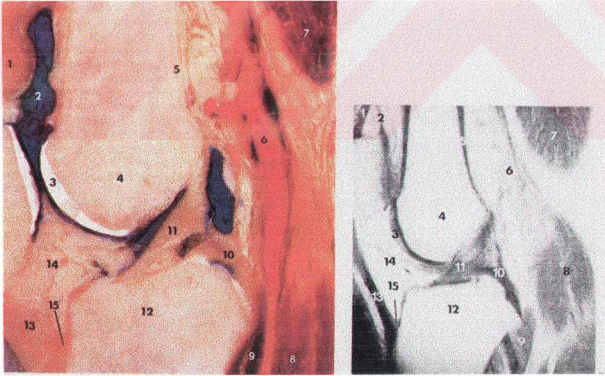
Tibia ve femurun eklem yüzlerinin uyumsuzluklarını arada bulunan menisküsler kompanse eder. Eklem medialine doğru kama biçimini alırlar. Menisküsler uyluk bölgesinin basıncını, tibia platolarının geniş yüzeyine dağıtan ve eklemin esnekliğini sağlayan hareketli cisimlerdir. Eklem bağlar ile birlikte fonksiyonel bir ünite oluşturur (20).



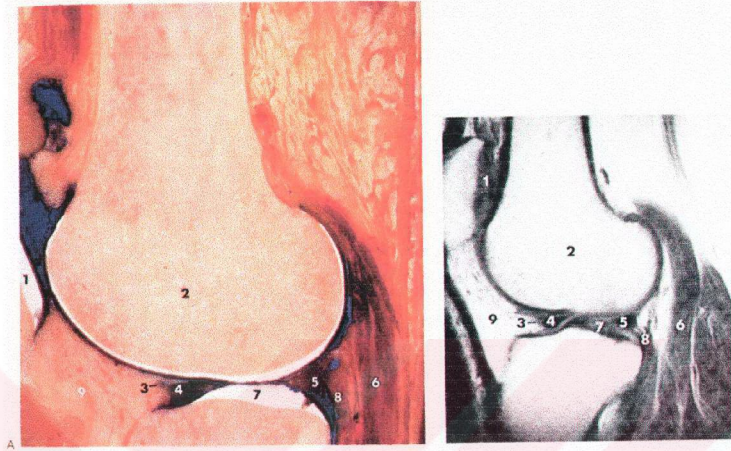
Resim 1. A.B. İnterkondiler arlığa paralel alınan kriyo ve MRI koronal kesitleri, 1)distal femoral fizis hattı kalıntısı, 2)vastus lateralis tendonu, 3) vastus medialis kası, 4)semitendinos tendon, 5)semimembranoz tendon, 6)M.Gastrokinemius medial başı orjini, 7)interkondiler yağ, 8)ant. çapraz bağ, 9)post. çapraz bağ, 10)popliteal hiatus, 11)popliteal tendon, 12)lateral menisküs arka boynuz ortası, 13)artiküler kartilaj 14)medial meniskokapsüler bileşke (20).



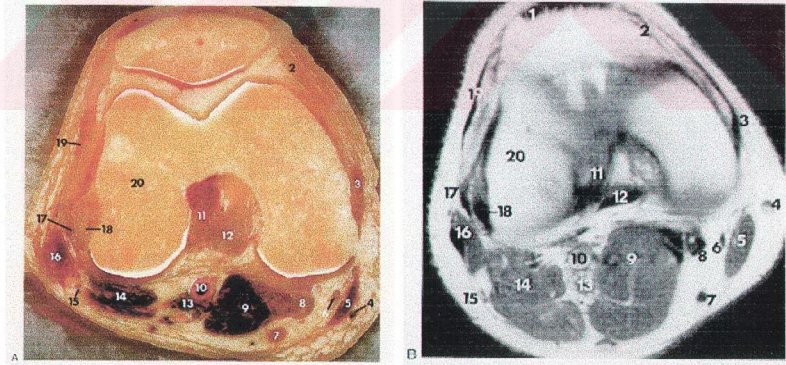
Resim 2. A,B. post. çapraz bağ seviyesinde interkondiler sagittal kesit 1) patellar artiküler kartilaj 2) suprapatellar bursa 3) femoral troklear artiküler kartilaj 4) distal femoral kemik iliği 5) kortikal kemik 6) poplital arter 7) semimembranöz kas 8) m.gastrokinemius medial başı 9) popliteus kası 10) post. eklem kapsülü 11) post. çapraz ligament 12) tibial spin 13) infrapatellar yağ yastığı 14) patellar tendon (20).



Resim 3. A,B. Ön çapraz bağ seviyesinde interkondiler sagittal keait.1) Quadriceps tendon 2) suprapatellar bursa 3) femoral troklear lateral kısmı artiküler kartilajı 4) distal femur kemik iliği 5) kortikal kemik 6) popliteal vaskülatur 7) semimembranöz kas 8) gastrokinemius kası medial başı 9) popliteal kas 10) arka çapraz bağın insersiyüsü 11) ön çapraz bağ 12) proksimal tibia ve kemik iliği 13) patellar tendon 14) infrapatellar yağ yastığı 15) infrapatellar bursa (20)



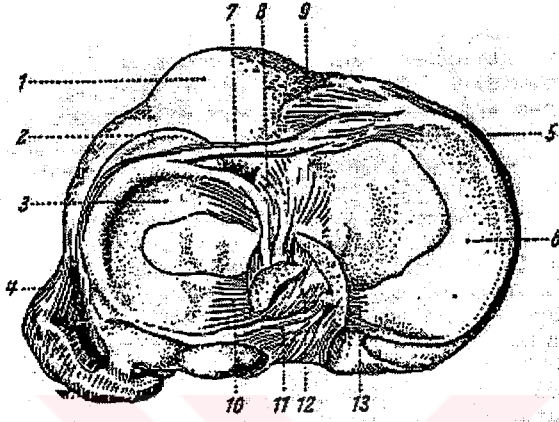
Resim 4. A,B. Lateral femur kondili seviyesinde sagittal kesit. 1) patellar artiküler kartilaj 2) lateral femur kondil 3) transvers genikulat ligament 4) lateral menisküs ön boynuzu 5) lateral menisküs arka boynuzu 6) gastrokinemius lateral başı 7) tibial artiküler kartilaj 8) popliteal tendon 9) infrapatellar yağ yastığı (20).



Resim.5. A,B. tibial platonun 2cm üstünden alınan aksiyal kesit. 1) patellar tendon 2) medial patellar retinakulum 3) medial kollateral ligament 4) büyük safen ven 5) sartorius kası 6) grasilis tendon 7) semitendinoz tendon 8) semimembranöz tendon 9) gastrokinemius başı 10) popliteal arter 11) ant. çapraz bağ 12) post. çapraz bağ 13) popliteal ven 14) gastrokinemius kası lateral başı 15) ana peroneal sinir 16) biceps femoris kası 17) fibular kollateral ligament 18) popliteal tendon insersiyüsü 19) iliotalibial band 20) lateral femoral kondil (20)

MENİSKÜS

Diz eklemi tek planda yüksek hareket edebilme yeteneğine karşın eklem yüzleri birbirleri ile uyumsuzluk gösterir. Femoral kondillerin yuvarlak yüzeyleri tibial platonun düzgün yüzeyine oturmaktadır. Bu uyumsuzluğu arada bulunan menisküsler tibial eklem yüzeylerini derinleştirip sığ bir yuva oluşturarak, femur kondilleri ile uyumunu ve stabilitesini sağlayarak kompanse ederler (20). (Resim 6)



Resim 6. Sol tibia artiküler yüzeyi ve birlikte menisküslerin yukarıdan görünümü ; 1, tüberositas tibia 2, lateral tibial platonun artiküler kısmının önden görünümü 3, lateral menisküs ant. boynuz 4, tibiofibular ligament 5, medial tibial plato 6, medial menisküs orta kısmı 7, transvers lig. 8, ant. çapraz bağ yapışma yeri 9, medial menisküs arka boynuzun tibia'ya ligamentöz yapışma yeri 10, lateral menisküs posterior yapışma yeri 11, lig. meniski fibularis 12, post. çapraz bağ 13, medial menisküs post. yapışma yeri (20).

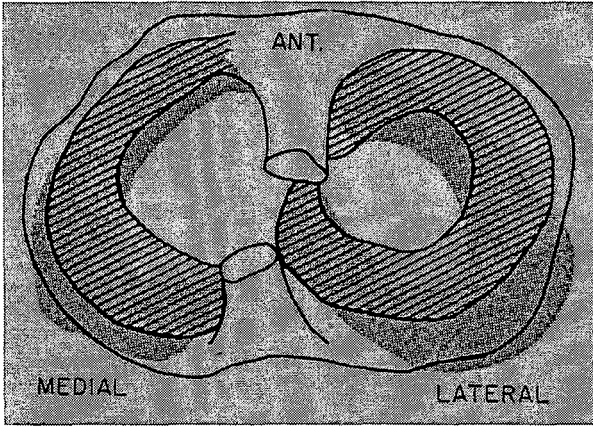
Menisküsler; torsiyonel ve kompresif güçleri eklem içine uygun bir şekilde dağıtır, lubrikasyon ve nütrisyonu sağlamak için sinovial sıvıyı eklem kıkırdağına eşit biçimde ulaştırır, şok absorbanı olarak çalışır, kompleks hareket oluşumunu sağlar, anormal hareketi engeller, fleksiyon-ekstansiyon sırasında sinovial ve kapsüler yapıların eklem içinde sıkışmasını önler.

Fleksiyon ve ekstansiyon femoral kondiller ve menisküsler arasında, rotasyonel hareketler menisküsler ve tibial platolar arasında olur.

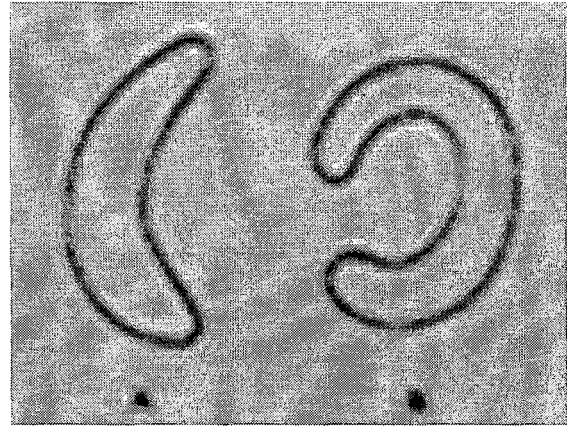
Medial ve lateral olmak üzere iki adet menisküs vardır. Menisküsler "C" şeklinde, fibrokartilajinöz yapıdadır. Medial menisküs semilunar görünümde iken lateral menisküs daha sirküler şeklindedir. Medial menisküsün çapı lateral menisküsten daha büyük olup tibia konturları boyunca izlenir. Menisküsün ön boynuz, korpus ve arka boynuz olmak üzere üç kısmı vardır (Resim 7,8).

Medial menisküs, ön ve arka boynuz uçlarından ligamantöz bağlar aracılığıyla sıkı bir şekilde eminensia interkondillarislere yapışıktır. Ayrıca ön boynuz tibia ön kenarına ve sıklıkla ön çapraz bağa da yapışıklık gösterir. Anteriorda lig. transversum ile lateral menisküse bağlanır. Yine, medial menisküs periferde, koronary ligamentlerle sıkı bir şekilde medial tibial plato ve medial kapsüler ligamentle

bağlantılıdır. Çevre yapılarla bu ilişkisi nedeniyle medial menisküsün hareket yeteneği kısıtlıdır.

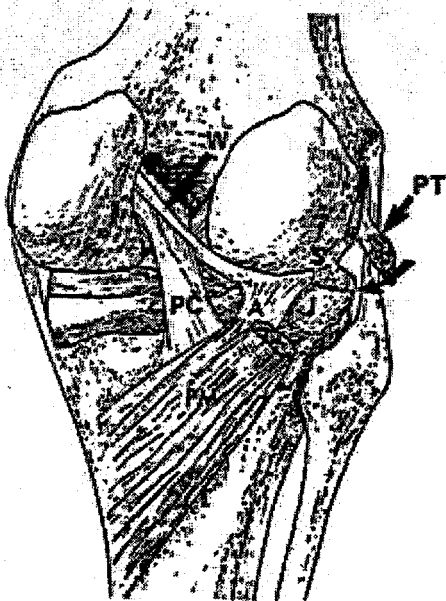


Res. 7. Menisküslerin pozisyonu; Diz tam ekstansiyon durumunda iken menisküslerin pozisyonunun yukarıdan şematik olarak görünüşü (diagonal çizgiler), fleksiyonda iken (noktalı tarama)



Res. 8. Menisküslerin şekilleri A) Normalde medial menisküs semilunar iken; B) Medial menisküs daha sirküler görünümde izlenmektedir.

Lateral menisküsün anterior ve posterior boynuz uçlarından eminensia interkondillarislere olan yapışıklığı daha gevşektir. Arka boynuz meniskofemoral ligamentlerle (Wrisberg ve Humprey ligamentleri) medial femoral kondil laterali ile bağlantılıdır. Bu meniskofemoral ligamentlerin ekstansiyonda ağırlık taşıyan kısımda lateral menisküsü stabilize ettiği ve bunun yokluğunda diskoid menisküsün edinsel formundan sorumlu olduğu düşünülmektedir. Lateral menisküs medial menisküsün aksine tibiaya daha gevşek tutunur ve bu da daha hareketli olmasını sağlar (Res. 9).



Res. 9. Wrisberg Ligamenti (W) popliteal kas aponörozu (A) yanında lateral menisk posterior boynuzundan femur medial kondili iç kısmına uzanır. Superior (S) ve Inferior (I) popliteal resesler ilişkilidir. (PM) Popliteal kas; (PT) Popliteal tendon; (PC) Arka çapraz bağ.

Popliteal kas tendonu ve kılıfı intrakapsüler seyreder ve meniskokapsüler bileşimi öyle penetre eder ki menisküsün kapsülle inferior ve superior lokalizasyonda iki yapışma yeri ortaya çıkar. Popliteal tendon diz tam ekstansiyonda iken tibiayı mediale, femuru laterale doğru çevirir. Dizin fleksiyon ve ekstansiyonunda lateral menisküsün anterior ve posterior hareketlerini de yönlendirir (21).

Menisküsler dış kısımlarda kalınken santrale doğru inceliyorlar. Sagittal MRG görüntüleme korpusdan geçen periferik kesitlerde menisküsler "papyon" şeklinde izlenirken interkondiler mesafeye yaklaşıncaya ön ve arka boynuzları apeksleri birbirine bakan iki üçgen şeklini alır (20).

Lateral menisküsün ön ve arka boynuz yükseklikleri hemen hemen aynı iken medial menisküs posterior boynuzu anteriorından %10-30 oranında daha yüksektir.

Menisküs lezyonları

- Menisküs yırtıkları ve dejenerasyonu
- Diskoid menisküs
- Meniskal kistler
- Menisküs kalsifikasyonu

Menisküs yırtıkları dizde ağrı yapan en sık nedendir. Önceleri menisküsün sinir içermediği, etkilenen çevre inerve dokular tarafından ağrı oluştuğu düşünülüyorsa da 1/3 periferik menisküsün vasküler yapılar eşliğinde gelen sinir lifleri tarafından inerve edildiği gösterilmiştir (22). Sinovial irritasyon da varsayılan ağrı nedenlerinden biridir (20).

Ağrı ile birlikte dizde kilitleme de menisküs yırtığı bulgusudur.

Menisküs yırtıklarına predispozisyon hazırlayan etkenler aşağıda sıralanmıştır (20).

- **Konstitusyonel**
 - Primer yumuşak doku yetersizliği
 - Gevşek ligamentler
 - Diskoid menisküs
- **Scraw home mekanizmasının bozulması**
 - Vastus medialis yetersizliği
 - Kalça hastalığı
 - Femoral ve tibial shaftın medial torsiyonu
 - Diz kırıkları
- **Dejeneratif değişikliklere predispozisyon**
 - Eklem kırırdağı hastalığı
 - Uzun süre çömelme
 - Uzun süre diz üstünde yürüme
 - Yaşlılık
 - Sporlar
- **Travma**
 - Sporlar
 - Kırıklar
 - Direkt menisk travması
- **Diğer**
 - Artrit
 - Enfeksiyonlar,

Patogenez açısından menisküs yırtıkları 2 tipe ayrılır. Birincisi akut travmatik yırtıklar olup genellikle spor yapan kişilerde, menisküsün femoral kondil ve tibial plato arasında komprese olmasına bağlıdır. İkincisi ise dejeneratif değişikliklere sekonder olan yırtıklardır. Dejenerasyonun multiple subakut travmatik süreçlerin kondrosit ölümüne sebep oluşu, müsinöz maddelerin birikimi ile fibrokartilajinöz menisküsün bütünlüğünün kaybına bağlı olduğu düşünülmektedir (20).

Menisküs yırtıklarının klinik tanısında anamnez ve fizik muayene bulguları önemlidir. Zedelenmenin meydana gelme mekanizması yırtık lokalizasyonu ve tiplendirmesi hakkında bilgi verebilir. Ancak bu şekilde menisküs yırtığı ya da kapsüler ligamentöz yapı patolojisi ayırımı her zaman yapılamaz. Hızla oluşan masif efüzyon izole menisküs yırtıklarında nadiren izlenir ki bu da ayırıcı tanıda önemlidir. Kova sapı yırtığında saptanan dizde kilitleme bulgusu aynı zamanda anterior çapraz bağ yırtıklarında da olabilir.

Fizik muayene bulguları ya yırtık lokalizasyonundaki palpasyonla olan hassasiyete ya da yırtık menisküsün femoral kondil ve tibial plato arasında sıkıştırılmasıyla oluşan ağrıya dayanır. Yırtık menisküsün kemik yapılara sürtünmesiyle oluşan duyulabilir ve palpable snab bulgusu sık kullanılan Mc Murray testidir.

Fizik muayenenin menisküs yırtıklarındaki doğruluk oranları çeşitli yayınlarda çelişkili rakamlar vermektedir. Bir çalışmada medial menisküs yırtığı için %91.4, lateral menisküs yırtığı için %56.4 oranları belirtilirken (23,24) diğer bir çalışma lateral menisküs için %97 oranını vermektedir (25). Netice olarak pratikte klinik inceleme tanı için önemlidir ancak yapılacak cerrahi prosedür için diğer artiküler yapıların durumu açısından yeterli olmamakta ve diagnostik yöntemler gerektirmektedir.

Artrografinin uzman ellerde medial menisküs yırtıkları için doğruluk oranları %99, lateral menisküs yırtıkları için %93 olarak bildirilmiştir (23).

Artroskopinin "gold standard" olarak kabul edilmesine rağmen, artrografide olduğu gibi deneyimli ellerde yapılması gerekmektedir. Öncelikle her iki menisküsün posterior boynuzlarının inferior yüzlerinin artroskopik olarak incelenmesi zor alanlar olduğu akılda tutulmalıdır.

Gelişen ultrasonografik tekniklerle beraber menisküslerin posterior boynuzlarının normal ve normal dışı durumları, kapsüler ligamentler ve artiküler kıkırdağın sonografik incelemeleri hakkında yayınlar mevcuttur (20,26). Ancak tüm

menisküslerin ve ağırlık taşıyan artiküler kartilajın incelenmesi sonografik olarak mümkün olmamaktadır.

SPECT'in meniskal yırtıklarda artrografi kadar sensitif olduğu ve artroskopi öncesi tarama testi olarak kullanılabileceği belirtilmişse de spesifisitenin ve rezolüsyonun düşük olduğu da akılda tutulmalıdır (20).

CT'nin meniskal lezyonlardaki doğruluk oranları, intraartiküler kontrast madde kullanmaksızın medial menisküs için %89.2, lateral menisküs için %96.1 olarak rapor edilmiştir. Ancak meniskopati haricinde CT'nin diğer eklem içi patolojilerdeki tanısal değeri kısıtlıdır (20). Intraartiküler kontrast madde ile yapılan çalışmaların özellikle popliteal tendon kılıfı lokalizasyonundaki meniskal morfoloji için önemli olduğu bildirilmektedir.

Menisküsler fibrokartilajinöz yapıdadır ve bütün sekanslarda internal sinyal içermeksizin homojen olarak siyah izlenirler. Menisküs yırtıklarında ve meniskal dejenerasyonda intrameniskal sinyal artıklılığı mevcuttur (23).

Çeşitli araştırmalarda gösterilmiş ki meniskal dejenerasyon meniskal yırtığa predispozisyon yaratmaktadır (27,28). İkinci dekattan itibaren ve yaşla artan meniskal dejenerasyon MRG incelemelerinde tesbit edilebilmektedir.

Menisküsdeki dejeneratif sinyal değişiklikleri başlıca mukoid dejenerasyona bağlıdır. Ayrıca eozinofilik dejenerasyon, fibrotik skar oluşumu, kondrosit proliferasyonu ve kalsifikasyonlarda eşlik eden patolojik değişikliklerdir (29,30).

%78-%93 oranlarında değişen doğruluk oranları veren diz MRG incelemelerini değerlendirmede; deneyim, teknik faktörler ve hasta seçimi önemlidir. Tanısal zorlukta en önemli neden mukoid dejenerasyon, menisküs içinde artiküler yüzeye ulaşmayan fibrokartilajinöz seperasyon ve komplet meniskal yırtığın benzer MRG görüntülerini vermesidir (31,32,33). Bu nedenle dejeneratif değişiklikleri artroskopik olarak yırtık saptanan lezyonlardan ayırmak için intrameniskal sinyalin morfolojik görünümü ve onun artiküler yüzeylerle ilişkisine göre Lotysch, Crues ve Mink tarafından geliştirilen evrelendirme sistemi oluşturulmuştur (31,34). Artiküler yüzeyler femur ve tibia eklem kıkırdaklarını karşılayan superior ve inferior meniskal sınırlardır.

Grade 1; superior ve inferior artiküler yüzeye ulaşmayan intramenisküler globüler ya da üçgen şeklinde sinyal artışıdır (Resim.11). Histolojik olarak hiposellüler alanlarda müsinoz, hyalin veya miksoid dejenerasyon mevcuttur. Makroskopik olarak fokal sarımsı alanlar şeklindedir. Asemptomatik şahıslarda sık

görülür. Menisküsün mekanik strese ve zemin maddedeki mukopolisakkarit artışına yanıtıdır (28).

Grade 2; artiküler yüzeye ulaşmayan lineer artmış sinyaldir. Sıklıkla meniskokapsüler bileşime uzanır (Resim.12).Histolojik olarak Grade 1'e göre daha fazla artmış müsinoz dejenerasyon ve kollajen fragmantasyonu'na uyar (20).

Grade 2, Grade 1'in devamıdır. Grade 2 MRG sinyalinde hastalar semptomatik olmayabilir. Ancak kollajen içeriğindeki azalma nedeniyle yırtık oluşmasına yatkındır (20).

Grade 3;de artmış lineer veya globüler sinyal en az bir tarafta artiküler yüzeye ulaşmıştır (Resim.13,15). Artroskopik olarak meniskal yırtığa karşılık gelir. Artmış sinyal lineer ise Grade 3 A, irregüler görünümde ise Grade 3 B olarak adlandırılır. Grade 3'ün histolojisinde fibrokartilajinöz seperasyon ve yırtık yüzeylerinde rejenerasyon gösteren kondrositler izlenir (20).

Kadavra çalışmalarında, MRG'de Grade 3 sinyal içeren menisküslerde makroskopik olarak yırtık saptanmamış ancak histolojik olarak yırtık ile uyumlu fibrokartilajinöz seperasyon izlenmiştir. Bu da kapalı "intrasubstance" menisküs yırtığı olarak bilinen, artrografik olarak tanı konamayan, artroskopik olarak ise özel maniplasyon gerektiren klinik antiteye uymaktadır (27). Grade 3 sinyal değişimindeki %6'lık yalancı pozitifliği açıklaması bakımından önemlidir.

Yaşlı hastaların dizlerinde yapılan incelemelerde Grade 3 sinyal değişikliklerinin ya da diffüz sinyal artımlarını yorumlarken yüksek olasılıkla yırtık içeren dejenerasyon olarak değerlendirilmesi gerektiği önerilmektedir (29). Ancak Grade 1 ve 2'nin yırtık olmadığını rahatlıkla söyleyebiliriz.

Meniskopati tanısında diğer bir kriter de menisküs morfolojisidir. Normalde menisküs santralde sivri uçlu üçgen şeklindedir. Eğer küntleşme mevcutsa, menisküsün bir parçasında yer değiştirme varsa, ya da menisküs beklenen yükseklikte değilse yırtık açısından değerlendirilmelidir (23).

Yırtığın morfolojisine göre menisküs yırtıkları isimlendirilebilir. Akut travmatik yırtıklar vertikal, dejeneratif yırtıklar transvers olmaya meyillidir. Yırtık menisküs boyunca ve ona paralel olursa longitudinal yırtık, menisküs kenarına dik olursa transvers yırtık adını alır. Serbest kenara göre belli bir açı ile seyredenler oblik yırtıklardır. Morfolojik tiplerden iki veya daha fazlasını içeriyorsa komplet yırtıklardır (20).

Özel bir yırtık tipi olan **kova sapı (Bucket-handle) yırtığı** vertikal longitüdünel yırtıktır ve iç fragman interkondiller aralığa deplasedir. Gençlerde ve medial menisküste sık görülen yırtık tipidir. Deplase fragmanın interkondiller mesafede izlenmesi ve kalan kısmın beklenmeden küçük olması ile tanıya gidilir (23). Medial menisküsteki kova sapı yırtığı için tipik olarak interkondiller aralığa deplase fragmanın sagittal ve koronal görüntülerde posterior çapraz bağa paralel hipointens bant şeklinde izlendiği belirtilmiştir (35).

Kuş gagası (parrot beak) yırtık tipi vertikal ve transvers bileşenleri olan yırtıktır. Tipik olarak lateral menisküs korpus ve posterior boynuz bileşiminde ortaya çıkar, sadece tek bir kesitte izlenebilir. Sagittal ve koronal kesitlerin birlikte kullanılması bu tip yırtıkların tanınmasında önemlidir (20).

Kapalı menisküs yırtıklarında (intrasubstance yırtık) menisküs yüksekliğinde azalma şeklinde görünüm olabilir.

Diskoid menisküs morfolojik olarak normal şeklini kaybetmiş, büyük, disk benzeri, displastik menisküsdür (Resim.19). Diskoid menisküs mediale göre lateralde daha fazladır. Büyük oluşu ve harekete izin vermeyişi yırtık oluşmasına yol açar. Çocukluk çağı ve adölesan dönemde lateral menisküs yırtığı genelde diskoid menisküse bağlıdır (20,23). Direkt grafide bulunduğu tarafta eklem aralığında genişleme, artrografide ise büyük menisküs izlenir. MRG'da ardısıra 3 tane 5 mm'lik sagittal kesitte ön ve arka boynuz arasında meniskal doku izlenmesi ile tanıya gidilir. Normalde 1-2 tane kesitte izlenir. Ayrıca periferden santrale yüksekliğinde azalma beklenen menisküsde 5 mm'lik iki adet sagittal kesitte menisküsün aynı ya da yakın yükseklikte olması, diskoid menisküs asimetric ise anormal büyük anterior veya posterior boynuz olması, koronal kesitlerde tüm planlarda bütün menisküsün görülmesi tanıda önemlidir (36).

Menisektomi spesimenlerinde %1 oranında izlenen **meniskal kistler** sıklıkla lateral menisküstedir (20). Transvers menisküs yırtığına eşlik ederler (17,18).Çeşitli etyolojik teorilerden en kabul göreni menisküs yırtığına meniskokapsüler bileşimde sinovial sıvının basınç yapması ile geliştiğidir. Meniskal yırtık onarılmadıkça tekrarlayıcıdır. Medial kollateral ligament posteriorundaki kistler büyük boyutta olmaya meyillidir ve popliteal kistler ile karışabilir. Lateraldeki kistler intrakapsüler kalmaya meyillidir (37). Meniskal kistlerin içeriği eklem sıvısına benzer. T1 ağırlıklı görüntülerde düşük, T2 ağırlıklı görüntülerde yüksek derecede sinyal verir. Ancak

serbest sıvı çevre dokular tarafından resorbe olacağından ve geriye jelatinöz karakterde materyal kalacağından T1 ağırlıklı görüntülerde sinyalin kas dokusu gibi orta derecede, T2 ağırlıklı görüntülerde ise heterojen olabileceği bildirilmektedir (38).

Meniskal kalsifikasyonlar; kalsiyum pirofosfat birikimi, hidroksiapatit depo hastalığı, hiperparatiroidizm, okronozis, hemakromatozis, gut, kollajen doku hastalıklarında izlenebileceği gibi idiopatik de olabilir. Sıklıkla direkt radyografilerde izlenir. MRG'da kalsiyum sinyal vermeyeceği için hipointens menisküs içinde tesbit edilemeyeceği fikri kabul görüyorsa da kadavralar üzerinde yapılan bir çalışmada kalsiyum birikimi olan 12 hastadan 11'inde yüksek sinyal bulunmuş ve bunun menisküsün kalsiyum birikimine karşı reaktif değişikliklere bağlı olduğu düşünülmüştür (20,29,38). Menisküs içinde kemik parçacık içeren olgularda bu fragmanlarda meduller kemik mevcut olduğundan T1 ağırlıklı görüntülerde yüksek sinyal izlenmektedir (38).

Çok sayıda anatomik yapı ve patolojik görünüm menisküs yırtığını taklit edebilir (39,40). Bunlar; meniskotibial bağlar, transvers ligament, Humprey ve Wrisberg ligamentleri, popliteal kas tendonu, kapalı yırtıklar, diffüz dejenerasyon ve lateral inferior geniculate arter'dir.

Menisküslerin anterior ve posterior boynuzları tibianın eminensialarına meniskotibial bağlar ile tutunur. Sıklıkla bu bağlar yağ planları içerir ve T1 ağırlıklı görüntülerde yırtığı taklit ederler.

Transvers ligament hastaların yaklaşık %30'unda izlenir. Değişik kalınlıkta olabilir. Menisküslerin ön boynuzu anterior sınırı boyunca uzanır ve aralarında ince bir yağ planı mevcuttur. Bu yağ planının sıklıkla lateral menisküs ön boynuzda yalancı yırtık görünümü oluşturduğu bilinmekle birlikte medial menisküs ön boynuzda da tanısal sorun yaratmaktadır (38,40). Meniskofemoral ligamentler lateral menisküs arka boynuzdan medial femoral kondil lateral yüzüne uzanırken posterior çapraz bağın ön (Humprey lig.) ve arka (Wrisberg lig.) komşuluğunda seyreder. Yaklaşık 1/3 oranında mevcuttur ve çok nadir aynı dizde beraber izlenirler. Bu ligamentlerin lateral menisküs posterior boynuzuna yapışma yerinde menisküsde sinyal artışı olabilir ki yırtık ile karışabilir (40).

Lateral menisküsün eklem kapsülü ve lateral kollateral ligament ile arasında popliteal kas tendonu ve onun bursası mevcuttur. Kapsül ile menisküsün ilişkisi

posterior boynuzda yırtık ya da meniskokapsüler seperasyon görünümünü taklit edebilir. Aynı yalancı görünüm artrografik çalışmalarda da belirtilmiştir (40,41).

Lateral inferior geniculate arter popliteal arterden orijin alır ve eklem seviyesinde lateralden anteriora doğru seyreder. Diğer geniculate arterlerden farklı olarak menisküsle yakın komşulukta, menisküs ve lateral kollateral ligament arasındaki periartiküler yağ planındadır. Lateral inferior geniculate arter ile lateral menisküs ön boynuzu arasındaki sınır yağ dokusu yalancı yırtık görünümünü verebilir (40).

Daha önce belirttiği gibi kapalı yırtık diye tanımlanan artiküler yüzeyin normal olduğu yırtık türünde artroskopi normal olabilir. Ancak menisküs inerve olan bir doku olduğu için hasta semptomatiktir. Yine dejenerasyona bağlı menisküs diffüz olarak sinyal artışı gösteriyorsa büyük olasılıkla yırtığın bu görünüme eşlik edeceğini ancak her zamanda olmayacağını akılda tutmak gerekir (38).

Menisküslerin periferinde meniskokapsüler bileşim lokalizasyonunda hafif bir konkavite mevcuttur, periartiküler yağ dokusu ve nörovasküler yapılar bu mesafede bulunur. Parsiyel hacim etkisine bağlı olarak periferel sagittal kesitlerde menisküsün düşük sinyal intensitesi içerisinde lineer transvers yüksek sinyal şeklinde görünüm verirler. Bu görünüm meniskokapsüler seperasyon ya da periferel meniskal yırtık ile karıştırılmamalıdır.

Menisküslerin bahsedilen anatomik yapılarla ilişkisini bilerek ve ardsıra kesitlerde bu ilişkiyi takip ederek yalancı ya da gerçek yırtık ayırımını yapmak gerekmektedir. Koronal plandaki görüntüler bu ayırımı yapmaya yardımcıdır.

Yapılan bir çalışmada 3 değilde 5 mm'lik kesit kalınlığında parsiyel hacim etkisinin azaldığını ancak bunun tanısız olarak dezavantaj da getirmediği bildirilmiştir (40).

CRUCIATE LİGAMENTLER (ÇAPRAZ BAĞLAR)

Cruciate ligamentler ekstrasinovial ve intrakapsüler lokalizasyondadır (42).

Anterior cruciate ligament (ACL); tibial insersiyonu olan eminensia intercondillaris anteriorundan posteriora, lateral femoral kondilin medial yüzeyine uzanım gösterir. İki ana lif demeti halindedir; daha büyük ve güçlü olan anteromedial bant ve daha küçük ve zayıf olan posterolateral banttır. Yaklaşık 4 cm uzunluğunda ve 1 cm genişliğindedir (Resim.22). Hiperekstansiyonu ve tibiofemoral rotasyonu

kısıtlayıcı fonksiyonu vardır. Ayrıca tibianın anterior translasyonunu kontrol eder (20,42).

Diz tam ekstansiyodayken gergin, yaklaşık 30-45 derece fleksiyonda iken gevşek görünümündedir.

Diz içinde en sık travmatik olan bağ ACL'dir (31). ACL zedelenmesi; diz hiperekstansiyonda iken eksternal rotasyon ve abdüksiyon zorlanması, tibianın direkt travmatik anteriora yer değişiminde ve tam hiperekstansiyonda iken internal rotasyonda gelişir (42). ACL yırtıkları sıklıkla ligamentin orta kesiminde meydana gelir veya femoral insersiyondan avulsiyon şeklinde olabilir (Resim.21). İzole ACL yırtığı nadirdir. Hemorajik efüzyon, menisküs yırtığı ve medial kollateral ligament zedelenmesi eşlik eden patolojilerdir. Klinik olarak anterior tibial translasyon ve 5 mm'den fazla subluksasyon mevcuttur.

Artografide ACL yırtığı ancak indirekt olarak hava ve kontrast maddenin ligamentin sinovial yüzeyde izlenmesiyle tanı alır (30,42).

MRG incelemesi, diz 10-20 derece eksternal rotasyonda, oblik sagittal planda kesitlerle yapılmalıdır (43,44). Bu şekilde ACL patolojileri %95 oranında doğru tanı alabilmektedir (33).

ACL yırtıklarının MRG görüntüleri lezyonun akut-kronik olmasına ve zedelenme derecesine bağlıdır. Travmadan sonra 6 ay veya fazla süre geçmişse kronik, daha önce ise akut bir olaydan bahsedebiliriz (45).

Eğer ACL normal lokalizasyonda, devamlılığı bozulmamış ve düşük sinyal intensiteli lineer bant şeklinde izleniyorsa normal olarak değerlendirilir. Hafif ondüle görünüm, diffüz veya fokal kalınlaşmalar da normal sınırlarda kabul edilir (45).

ACL yırtığı, ACL hiçbir sagittal kesitte boyu boyunca izlenmiyorsa bu ilk planda yırtığı düşündürmektedir. Ancak sinovitis, skar formasyonu, bifurkate ACL, intraartiküler serbest fragman mevcudiyeti ve yırtık olmaksızın ACL dejenerasyonunda ACL'nin tamamen vizualize edilemeyeceği akılda tutulmalıdır (46). Ligamentin fokal ya da diffüz olarak devamsızlık göstermesi yanında yumuşak doku ödemi mevcutsa ACL yırtığı tanısını koyabiliriz. Ödemi interkondiller aralıktaki efüzyondan ayırmalıyız. Proton dansite görüntülerde ödematöz dokular homojen ve düşük sinyal intensitesi gösterirken T2 ağırlıklı görüntülerde inhomojen ve hafif hiperintens, yağ sinyal intensitesine benzer karakterde izlenirler. Efüzyon ise T2 ağırlıklı görüntülerde belirgin hiperintensdir. Yırtılmış ligament fusiform veya irregüler yumuşak doku kitlesi

şeklinde karşımıza çıkar. Bu görünüm tarif edilen ödemli ve yer yer hemorajik dokuya aittir. Bazen ACL'nin femoral insersiyonu lokalizasyonunda parsiyel hacim etkisine bağlı olarak yanıltıcı yırtık görünümü olabilir ancak distal kısmının normal izlenmesi ve T2 ağırlıklı görüntülerde ödemle uyumlu görünüm olmaması nedeniyle ligamentin intakt olduğunu söyleyebiliriz (20).

Kronik ACL yırtığında ligament yine normal trasesinde izlenmez. Akut yırtıktan ayırımı yumuşak doku ödemi olmamasıdır. Değişik boyutlarda kalıntı ligament fragmanları ACL'nin beklenen lokalizasyonunda bulunabilir. Skarlaşmış fibrotik doku halinde izlenebilen yırtılmış ACL normal ACL gibi düşük sinyalli bantlar şeklinde izlenir ve yanıltıcı görünümü nedeniyle normal ligament olarak rapor edilebilir. Ancak bu fibröz skar bantlar fokal açılanma gösterir ki bu görünüm kronik ACL yırtığı tanısında tek bulgu olabilir (45).

Çeşitli çalışmalarda ACL yırtıklarında MRG'nin doğruluk oranı %95 civarında bildirilmiştir (33,45,47). Klinik testler olan anterior çekmece testinde %78, Lachman testinde %89 oranında spesifik olduğu belirtilmektedir (47). Önceleri %50 oranında belirtilen artrografinin doğruluk oranı çeşitli manevralar ve teknik detaylar eklenerek %87-95'lere çıktığı literatürde bildirilmektedir (30,48).

Posterior cruciate ligament (PCL); medial femoral kondilin lateral yüzünden orijin alıp ACL'yi çaprazlayarak tibial platonun posterioruna uzanır (20). ACL'ye göre daha kısa, daha kalın ve daha geniştir. Normalde çok düşük homojen sinyal intensitesinde izlenir (Resim.22). Diz nötral pozisyondayken konveksitesi posteriora bakan yayımsı görünümdeydir. PCL'nin anteriorunda Humprey ligamenti, posteriorunda Wrisberg ligamenti bulunur.

Bunlar, MRG inclemesinde %58.5 oranında izlenen aksesuar meniskofemoral ligamentlerdir (49). Lateral menisküsün posterior boynuzundan medial femoral kondilin lateral yüzüne uzanırlar. Dizin fleksiyonu esnasında lateral menisküsü anteriora çekip menisküsün femoral ve tibial kondiller arasında impaksiyonunu engellediği düşünülmektedir.

PCL tibianın posteriora deplasmanını kontrol eder, aşırı valgus ve valgusa karşı stabilizasyonu sağlar (42). ACL'ye göre 2 kat daha güçlü olduğu hesaplanmıştır (49).

PCL yırtığı sıklıkla ligamentin orta kesiminde ve tibial insersiyon lokalizasyonunda avulsiyon şeklindedir (Resim.23). Aşırı rotasyon veya

hiperekstansiyonda, dislokasyon durumlarında, diz fleksiyondayken direkt travma gelmesiyle yırtık meydana gelir. Beraberinde dizin belirgin instabilitesi mevcuttur. Tedavi olmazsa instabiliteye bağlı erken dejeneratif artrit neden olabilir. Ekstensör mekanizmayla birlikte çalıştığı için PCL yırtığında artmış stres nedeniyle patellar ligament ve quadriseps tendonunda inflamasyon, kondromalazia patella gelişimine yol açar (42,49).

PCL yırtığı dizin ligamentöz zedelenmeleri içinde %3.4-%20 oranları arasında değişen sıklıkla izlenir. İzole görünmesi nadirdir. Genelde menisküs, kollateral ligament ve ACL yırtıkları ile birlikte (23,49). Klinik test olarak posterior çekmece testi uygulanır. Bu test için %31 ile %85 oranları arasında doğruluk oranları bildirilmiştir (49). Literatürde PCL yırtığının artrografi ile gösterilmesinde bir doğruluk oranı belirtilmemiştir. Artrografide PCL yırtığı tanısı ligamentin vizualizasyonundaki zorluk nedeniyle indirekt olarak ACL'nin intakt olup olmadığını göstermekle konur (30).

PCL intraartiküler ve ekstrasinovial olduğu için yapılan rutin artroskopilerde ve PCL için uygun olmayan insizyonla açılan artrotomilerde PCL yırtığı gözden kaçabilir (49).

MRG, PCL yırtığı için şu an en geçerli diagnostik yöntemdir. %95 hastada tüm PCL en azından tek bir kesitte izlenir (20).

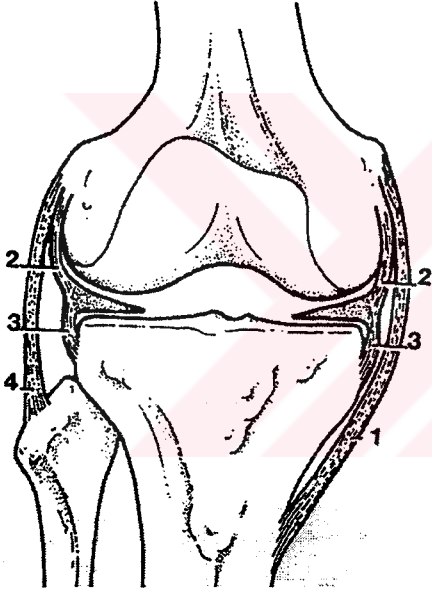
Akut yırtıklar en sık ligamentte T1 ve T2 ağırlıklı görüntülerde hiperintens düzensiz fokuslar şeklinde izlenir. Yırtık lokalizasyonunda hafif bir genişleme mevcutsa da hiçbir zaman ACL yırtığında olduğu gibi yumuşak doku kitlesi görünümü olmaz (23). Komplet yırtıkta ligament devamlılığı bozulmuştur. Tibial insersiyosunda avulsiyon mevcutsa medüller kemik içeren fragmanı deplase olmuş şekilde izleriz (20). Ödem, hemoraji ve diğer artiküler patolojilere ait görünümler eşlik eder.

Kronikleşmiş vakalarda fibröz skar gelişimi mevcuttur ve içerdiği düşük sinyal intensitesine bağlı normal ligament görünümünü taklit edebilir ya da ligament içinde artmış sinyaller olarak izlenir (23).

KOLLATERAL LİGAMENTLER

Kollateral ligamentler varus ve valgus streslerinde dizi stabilize eder (23).

Medial kollateral ligament derin ve yüzeyel olmak üzere 2 komponentten meydana gelmiştir. Yüzeyel komponent, **tibial kollateral ligament** medial femoral kondilden tibiofemoral eklem aralığının 5 cm inferioruna tibia medialine uzanır. Derin komponent, **medial kapsüler ligament** menisküse yapışıktır. Femura meniskofemoral ligament ve tibiaya meniskotibial ligament şeklinde uzanım gösterir. Derin ve yüzeyel komponentler arasında hareketi kolaylaştıran intraligamentöz bursa ve yağ dokusu mevcuttur (20) (Resim 10).



Resim 10. Kollateral Ligamentlerin normal anatomisi; Superfisial tibial ve fibular kollateral ligamentlerin hem kapsüler hemde menisküslerle olan yapışma yerlerinin şematik olarak gösterilmesi. 1)Tibial Kollateral Ligament. Meniskofemoral ligamentler 3)Meniskotibial ligamentler 4) Fibular kollateral Ligament (20).

Diz ekstansiyonda iken tibial kollateral ligament hiperekstansiyonu, fleksiyonda ise aşırı valgus pozisyonunu engeller. Genellikle medial kollateral ligament yırtığı fleksiyondaki dize aşırı valgus uygulanması ile olur. Önce kapsüler ligament sonra tibial kollateral ligament yırtığı meydana gelir. Beraberinde anterior cruciate ligament ve medial menisküs yırtığı da eşlik edebilir (42).

Parsiyel yırtıkda femoral yapışma yerindeki lifler etkilenir. Direkt grafilerde tibial kollateral ligament yırtığı medial eklem aralığının genişlemesi şeklinde indirekt olarak tanınabilir (20). Artrografinin tanısal değeri ise özellikle 48 saat sonra kontrast maddenin ekstrevasasyonu izlenmediği için sınırlıdır (20,30).

Fizik muayenede diz medialindeki meniskokapsüler ligament sistemi için "rotatör instabilite" testi uygulanır (20). Artroskopi esnasında indirekt bir bulgu olan medial menisküsün su içinde yüzmesi şeklinde görüntü mevcuttur. Artroskopi esnasında verilen suyun yırtık olan medial kapsüler ligamentten çevre yumuşak dokuya kaçıışı nörovasküler demette sıkışmaya neden olacağı belirtilerek kapsüler yırtığın artroskopi için relatif kontraendikasyon teşkil ettiği bildirilmektedir.

MRG'de koronal kesitlerde tibial kollateral ligament ince siyah bir bant şeklinde izlenir. Özellikle T2 ağırlıklı görüntülerde ligament ile eklem kapsülü ve menisküs arasındaki intraligamentöz bursa net bir şekilde izlenir.

Medial kollateral ligament parsiyel yırtıklarında ciltaltı doku ile kortikal kemik arasındaki mesafe artmıştır. T2 ağırlıklı görüntülerde düşük sinyal özellikli ve devamlılığını koruyan ligament çevresinde ödem ve hemorajiye bağlı yüksek sinyal izlenir (42).

Medial kollateral ligament yırtıklarında hem ekstraartiküler hemoraji hem de hemartroz eşlik eder. Komplet yırtıklarda çevre yumuşak doku ödem ve kan ile infiltredir. Tibial kollateral ligamentin devamlılığı kaybolmuştur. Özellikle T2 ağırlıklı görüntülerde yırtık lokalizasyonu saptanabilir (20).

Meniskokapsüler ayrılma da mevcutsa medial eklem aralığında genişleme ve periferik menisküs yırtığı da izlenir.

Yırtık kronikleşmişse medial kollateral ligament kalınlaşmış izlenir ancak yine düşük sinyal intensitesindedir. Unutulmaması gerekir ki aynı görünüm medial kompartmanı tutmuş osteoartritte de mevcuttur (20).

Akut yırtıklarda lateral eklem aralığındaki impaksiyona sekonder T1 ağırlıklı görüntülerde hipointens, T2 ağırlıklı görüntülerde hiperintens olarak izlenen kompresyon fraktürleri bulunabilir ve bu radyolojik olarak tesbit edilemeyebilir (42). Lateral kollateral ligament, diz eklemi lateralinde destek görevi yapan MRG ile incelenebilen 4 yapı vardır. **Fibular kollateral ligament**, lateral femoral epikondilden, hemen politeal kas orijosu üstünden orijin alır, inferiora oblik seyrederek, fibula başına biceps femoris kası tendonu ile birlikte yapışır. Fibular kollateral ligament ve biceps tendonu en iyi koronal kesitlerde izlenir (20), (Resim.24A).

Intrakapsüler seyreden **popliteal kas** lateral femoral kondilden orijine olduktan sonra mediale uzanır, lateral menisküsün posterior boynuzunu penetre ederek tibia posterior metafizine yapışır.

Distal fascia lata'nın uzantısı olan **iliotibial bant**, diğer yapılara göre daha anterior yerleşimlidir. Femura paralel uzanır ve lateral tibial metafizine yapışır. Yine koronal kesitlerde izlenir (43).

Lateral kapsüler ligament lateral kompleksin en derin tabakasıdır ve patelladan PCL'ye kadar uzanır.

Bu dört yapıya ek olarak; lateral patellar retinaculum, lateral kapsüler ligament, arcuate ligament ve fabella-fibular ligament de lateral kollateral ligament kompleksi içinde yer alır (20).

Komplet lateral ligament yırtılması nadirdir ve beraberinde dizin belirgin instabilitesi, hatta dislokasyonu ile birlikte dir. Diğer bütün ligamentöz yapılar gibi lateral kollateral ligament kompleksi de MRG'de sinyalsiz bantlar şeklinde izlenir. Bu yapıların normal konfigürasyonunu kaybetmesi, bütünlüğünün izlenmemesi, çevre dokularda lokalize sıvı görünümü lateral kollateral ligamentteki zedelenmeyi veya yırtığı düşündürmektedir (Resim.24B). Zedelenmeye neden olan varus stresinin yol açtığı medial kompartmanda kompresyon fraktürü de eşlik edebilir (20,43). Peroneal sinir harabiyeti, vasküler yırtılma ve basılar bulunabilir. Radyografik olarak lateral eklem aralığında genişleme, lateral kapsüler ligamentin tibial insersiyosunda avulsiyon, fibula başında fraktür olabilir.

Artrografik olarak ilk 48 saat içinde ve sadece 1/3 orta kısımda kapsüler ligamentte yırtık mevcutsa kontrast maddenin yumuşak doku içine kaçıışı izlenebilir (20,30).

PATELLOFEMORAL EKLEM ve EKSTANSÖR MEKANİZMA

Ekstansör mekanizma dize ekstansiyon yaptıran kas, kemik ve tendon kompleksine verilen isimdir. Quadriseps kası patella superioruna quadriseps tendonu olarak insersiyon yapar. Vastus medialis ve lateralis ayrıca patellar retinaculum adı verilen ve patellanın femoral oluktaki hareketini koordine eden fasia yapısındaki uzantıları verir. Quadriseps tendonunda bir kısım lif patella üzerinden geçip patellar tendonun oluşumunda rol oynar. Patellar tendon tibial tuberküle yapışır (20).

Lateral ve medial patellar fasetler oblik konumda olduğundan sagittal veya koronal planda değerlendirilmesi güçtür. Bu açıdan patellofemoral eklem incelenmesi için aksiyel planda görüntüler gerekmektedir. Klinik şüpheye göre patellar kartilaj ve retiküler bağlar aksiyel planda; quadriseps kası ve tendonu sagittal ve aksiyel planda; patellar tendon ise koronal, aksiyel ve sagittal planda

değerlendirilmelidir (43). Patella zedelenmeleri direkt ve indirekt travmaya sekonder olur. Direkt travmada patella kırığına ligament zedelenmesi de eşlik eder. Dizin fleksiyonu esnasında yapılan çok güçlü quadriseps kontraksiyonu indirekt travmaya örnektir ve yine patella kırığı olabilir ancak ön planda olan ligament zedelenmeleridir.

Dejeneratif ve metabolik değişiklikler, inflamasyon ve otoimmün prosesler predispozisyonunda ekstensör mekanizma tendonlarında yırtıklar meydana gelebilir. Patellar tendon yırtığı nadirdir ve özellikle sporcularda hemen patella inferiorunda oluşur. Klinik tanı ekstansör fonksiyonda tam kayıpla birlikte patella ve quadriseps tendonu lokalizasyonunda yumuşak dokudaki defektif görünüm ile konur. Yumuşak doku ödemi ve hemorajisi mevcuttur. Kronik vakalarda quadriseps artrofikdir.

Direkt grafide infrapatellar yağ alanlarında, patellar ve quadriseps tendonu lokalizasyonunda yumuşak dokuda genişleme, patellanın anormal lokalizasyonu, tibial tuberkülde ya da patellada avulsiyon kırığı, patellada kırık mevcutsa fragmanlar arasında ayrılmalar izlenebilir.

Artrografide suprapatellar bursa posteriorundan kontrast maddenin ekstrasavasasyonu mevcuttur (20). Eklem fonksiyonun korunması için kesin tanı ve acil müdahale gerekmektedir.

MR'da normal quadriseps kası orta derecede sinyal intensitesinde izlenir. Quadriseps ve patellar tendonlar bütün sekanslarda çevre yağ dokulardan kesin sınırla ayrılan homojen düşük sinyal özelliğinde izlenir (20).

Akut zedelenmede, quadriseps kasında ödem ve hemorajiye sekonder kas grubunda genişleme ve heterojen yüksek sinyal izlenir. Fokal hematoma alanları olabilir. Patella anteriorunda sıvı ile dolu prepatellar bursa izlenebilir. Sagittal kesitlerde tendonların devamlılığında bozulma ya da avulsiyon olabilir. Tendon çevresinde ödem ve hemoraji mevcuttur. Tendonlarda komplet yırtık olsun olmasın fokal sinyal artışları izlenir. Infrapatellar bursanın sıvı ve hemoraji ile dolmasına bağlı distal patellar tendon posteriorunda kitle görünümü olabilir.

Olay kronikleşince çevre yumuşak doku ödem ve hemorajisi rezorbe olur. Tendonlar gerginliklerini kaybetmiş, gevşek ve ondüle bir şekilde izlenir. Tendonların kalınlıkları artmış ve yer yer yüksek sinyalde izlenir. Quadriseps kasında atrofi ve özellikle T1 ağırlıklı görüntülerde hiperintens olarak saptanan yağlı dejenerasyon mevcuttur (43).

Histolojik olarak patellar ligamentte mikroyırtıklar, mukoid dejenerasyon, fibroid nekroz ve inflamasyonla karakterize patellar tendinitis ileri dönemlerde patellar tendonda yırtığa neden olabilir (50). Klinik olarak erken dönemde aktivite sonrasında ağrı olurken, geç dönemde ağrı sürekli karakter kazanır. Fizik muayenede patellar inferiorunda hassasiyet mevcuttur. Yine geç bulgu olarak quadriseps kası atrofiye gider.

Direkt grafi ancak çok ileri dönemde kemik dansitesinde azalma ve fragmentasyon, bazen patella inferiorunda elongasyon şeklinde görünüm verir.

Sintigrafik olarak patella inferiorunda aktivite tutulumu olabilir.

USG'de normal tendon hipoekoik düzgün sınırlı bant şeklinde izlenirken patellar tendinitisde genişlemiş ve düzensizdir.

CT'de patellar tendon düzgün sınırlı ve relatif yüksek dansitededir. Tendinit görünümü ise attenuasyonda azalma ve özellikle ligament inferiorunda ekspansiyon şeklindedir.

MRG'de ise tendonun ön-arka boyutu artmıştır, fokal yüksek sinyalli alanlar izlenir. Tendonun özellikle posteriorda çevre doku ile sınırları silikleşir.

MRG konservatif tedaviye yanıt vermeyen patellar tendinitis vakalarında cerrahi indikasyona karar vermede önemlidir.

Normalde patellar tendon ve patella hemen hemen aynı uzunluktadır (43).

Patella alta patellanın yüksekte yerleşmesidir ki burada patellar ligament beklenenden uzundur.

Patella baja ise patellanın aşağı lokalizasyonda olmasıdır, yani patellar ligament normalden kısadır.

Sagittal MR kesitlerinde patellar tendon anormallikleri rahatlıkla tesbit edilebilir.

Patellar alta ile birlikte subluksasyon, kondromalazi, Sinding-Larsen-Johansson sendromu, serebral palsy ve quadriseps atrofisi izlenebilir. Patellar baja ise, polio, akondroplazi ve juvenil romatoid artrit ile birlikte olabilir.

Kondromalazia patella'da patoloji patellar kartilajdaki dejenerasyondur. Adolösan ve genç erişkinde en sık diz ağrısı nedenidir. Özellikle fleksiyonda belirgin diz ağrısı ve krepitasyon mevcuttur. Osteoartritin bir komponenti olarak yaşlı hastalarda da benzer görünüm izlenebilir (20,25).

Medial patellar fasetin medial femoral kondil ile eklem yüzü patellar kırıkdağın ilk yumuşama ve fissürleşme eğilimi gösterdiği lokalizasyondur. Hastalık ilerledikçe

kıkırdak irregüler ancak ödeme bağı kalınlaşmış bir görünüm kazanır. Geç dönemde artiküler kıkırdakta yırtıklar oluşur ve alttaki subkondral kemikte de yumuşama eşlik eder.

Direkt radyografide kondromalazi patella lehine tek bulgu ileri dönemlerdeki patelladaki osteoporozdur. Artrografide kontrast madde patellar kıkırdak hakkında bilgi vermektedir ancak doğruluk oranı tartışmalıdır. CT ile birlikte uygulanan artrografi daha güvenilir sonuçlar vermektedir. SPECT patellofemoral eklem hastalığında duyarlılığı fazla olmasına rağmen aynı oranda nonspesifiktir (20).

Daha önce belirtildiği gibi patellar artiküler kıkırdak en iyi transvers MR görüntülerde değerlendirilebilmektedir. MR tanı kriterleri; artiküler kıkırdaktaki fokal sinyal ve kontur bozukluğudur. Özellikle T2 ağırlıklı görüntülerin sinyal değişikliklere duyarlılığı daha fazladır (51). Kıkırdak değişikliklerine eşlik eden patellar kemikte skleroz ve kistik görünüm, efüzyon diğer MR bulgularıdır.

Kadavra ve klinik çalışmalarda gösterilmiş ki artiküler kıkırdak değişikliklerini saptamada en duyarlı yöntem intraartiküler Gadolinium enjeksiyonu sonrasında elde edilen T1 ağırlıklı görüntülerdir (52,53). Ancak intraartiküler enjeksiyonun invaziv olması, MR merkezlerinde floroskopi eşliğinde olmaksızın uygulanması bu yöntemin kullanılabilirliğini kısıtlamaktadır (54).

Klinikte diz ağrısı ve eklem kilitlenmesi şeklinde çıkan, meniskopati ile karışabilen patellar subluksasyon, artiküler kıkırdak dejenerasyonuna yol açar. Yine patellar subluksiyon ve diskolasyona sekonder retiküler bağlarda yırtılma olabilir.(Resim. 31). Patella alta, lateral femoral kondil hipoplazisi, genu valgum ve patellar tendonun lateral insersiyonu patella subluksasyonuna neden olabilir (43).

Patellanın femoral oluktaki hareketi CT ve MR'de özellikle aksiyel kesitlerde değerlendirilebilir. 0° fleksiyondaki normal pozisyon patellanın subluksasyonunu ekarte ettirmez (54). Çünkü patella normal lokalizasyonuna dönebilir. 0°den 30°'ye kadar 5'er derecelik fleksiyonlarda alınan kesitlerin kinematik değerlendirilmesiyle patellanın dislokasyonu izlenebilir. Normalde fleksiyon esnasında patella femoral oluk içinde santralde seyreder. Mediale veya laterale deviasyonu normal dışıdır (38).

Retinaküler bağlar medial ve lateral vastus kaslarının patellaya uzantıları olup görevleri patellanın femoral oluk içindeki normal hareketini sağlamaktadır (43).

Anteriordan geçen koronal kesitlerde retinaküler bağlar medial ve lateral patellar fasetlere uzanan hipointens yapılar olarak izlenir. Ancak lateral

retinakulumun tek bant şeklinde, medial retinakulumun "Y" şeklinde görüntüleri en iyi patellofemoral eklemin aksiel kesitlerinde izlenir.

Patellar dislokasyon sonrasında medial retinakulum yırtılması sıklıkla olur. Aksiyel kesitlerde ödem ve hemoraji içinde yüzen patelladan ayrılmış kıkırdak fragman içerebilen retinaküler lifler izlenir.

Kalınlaşmış lateral retinakulumla bağlı dislokasyon olmadan patellanın laterale deviasyon gelişebilir. İleri dönemde oluşabilecek lateral faset dejenerasyonun önlenmesi için retinaküler bağın cerrahi olarak serbestleştirilmesi gerekebilir (43).

ARTİKÜLER KIKIRDAK

Dizdeki artiküler yüzeyler; hyalin kıkırdak ile kaplıdır (38). Esas görevi eklem yüzeylerini oluşturan femoral kondil, tibial plato ve patella posterioru arasındaki sürtünmeyi en aza indirmektir. Diz eklemindeki artiküler kıkırdaktaki zedelenme fonksiyonel kayıp ve eklem dejenerasyonunda önemli bir prognostik faktördür.

Sağlam bir artiküler kıkırdak normalin beş katı fazla basınca dayanabilir. Ancak artiküler kartilajdaki basınç artımının kondromalazinin önemli bir nedeni olduğu düşünülmektedir.

Artiküler kıkırdak, menisküsler gibi eklemdaki ağırlık taşıyan yüzeylerde basınç dağılımında rol oynar. Normalde femoral kondil ve tibial plato çok küçük bir alanda temastadır. Eklemin içindeki basınç dağılımının bozulması bu temas alanında genişlemeye neden olur. Artiküler kartilaj dejenerasyonu ve basınç dağılımında bozulma kısır döngü içindedir. Travma, fraktür, anormal patellar hareket, menisektomi, ligamentöz zedelenmeler gibi dizde basınç dağılımını bozan her durumda bu döngü daha da kötüleşir. Kondromalaziye yol açan nedenler tablo 2'de sıralanmıştır.

Tablo 2. Kondromalazi nedenleri (38)

- Anormal basınç dağılımı yapan nedenler;
 - Travma
 - Kırık
 - Menisektomi
 - Ligamentöz zedelenmeler
 - İmmobilizasyon
 - İdiopatik kondromalazi
- Diğer nedenler
 - Yaşlanma
 - Hemartroz
 - Kortikosteroid
 - Gut
 - Kondrokalsinozis
 - Okranozis
 - Cerrahi girişimler

MR'da, eklem kıkırdağın değerlendirilmesinde T1, T2 ağırlıklı, STIR ve Gradient eko (GE) görüntülerin kullanımı hakkında çok sayıda yayın mevcuttur (20,55,56,57). GE, üç boyutlu görüntüleme sayesinde ince ve hızlı kesit alabilme, yüksek geometrik rezolüsyon özellikleriyle artiküler kartilaj görüntülenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. GE'da normal morfolojideki düşük sinyalli alanlar erken dejenerasyonla uyumludur. Ancak gradient ekonun dezavantajı efüzyon mevcutsa, efüzyon ve artiküler kıkırdak aynı sinyal özelliğinde olduğu için ayırımın yapılamamasıdır. T2 ağırlıklı görüntülerde ise tamamen sinyalsiz izlenen kortikal kemik ile komşu orta derecede sinyalde izlenen artiküler kıkırdağın oluşturduğu kontrastın hiperekoik efüzyondan net olarak ayrılabilmesi önemlidir (38).

Spin eko ve gradient ekoda fokal hipointens alanlar artroskopik olarak erken kondromalazik alanlar ile uyumlu olarak değerlendirilmiştir. T2 ağırlıklı görüntülerde kalınlaşma olsun olmasın artiküler kartilajdaki yüksek sinyal intensitesi yırtık ile uyumludur. Aşağıdaki artroskopik evrelendirmeye göre yapılan çalışmalarda Grade 4 kıkırdak lezyonunda MR'ın %100 sensitif ve spesifik olduğu bildirilirken bu; Grade 2 ve 3'te %54 sensitivite %100 spesifite, Grade 1 kıkırdak dejenerasyonunda %12 sensitivite ve %100 spesifite hesaplanmıştır.

Tablo 3. Eklem kıkırdak değişikliklerinde artroskopik evrelendirme (38)

Grade 1: Minimum artiküler kıkırdak değişimi, lokalize yumuşama, artiküler kıkırdakta yırtık var ya yok.

Grade 2: İrregüler, kabalaşmış kıkırdak yüzeyi, fibrilasyon ve fissür mevcudiyeti.

Grade 3: Belirgin fibrilasyon ve subkondral alana uzanan fissür görünümü

Grade 4: Eburnasyon gösteren subkondral kemik ve artiküler kıkırdakta devamsızlık.

Artroskopinin doğruluk oranınının yüksek olmasına karşın Grade 1 ve 2 kondromalazide artroskopik tedavi yapılmadığından MR'ın tanısal değeri önemlidir.

Kadavrular üzerinde yapılan bir çalışmada, eklem kıkırdağının MR görüntüleri histolojik zonlar açısından incelenmiştir. Buna göre MR'da üç zon izlenebilmektedir.

-Artiküler yüzeyde düşük sinyal intensitesinde birinci zon

-Bunun komşuluğunda yüksek sinyal intensitesinde ikinci zon

-Derinde diğer hipointens zon

Birinci zon dens, tangansiyel kollajen liflerden oluşur. İkinci zon transiyonel zordur. Derindeki zon ise radyal, düzensiz kıkırdak ve kortikal kemik ile uyumludur.

Yüzeyel düşük sinyal intensiteli zon eklem kıkırdağının değerlendirilmesinde ön planda göz önüne alınması gereken zondur (58).

Normal artiküler kıkırdak spin-eko sekanslarında 2 mm kalınlığında homojen orta derecede sinyal intensitesinde izlenir. Patellar artiküler kıkırdak ise normalde yaklaşık 5 mm kalınlığa ulaşabilir. Gradient eko sekanslarında büyük "flip" açılar kullanıldığında eklem kıkırdağı yüksek sinyal verir (23). Artiküler kartilaj kontur ve kalınlığındaki değişiklikler çeşitli hastalıklarda karşımıza çıkar. Örneğin; travmadan sonra, osteokodral fraktürde, kondromalazi patellada, osteoartrozda, romatoid artritte. MR tüm bu değişiklikleri direkt grafiden çok daha önce teşhis edebilmektedir

SİNOVİAL HASTALIKLAR

Sinoviumda inflamasyon ve kalınlaşmaya neden olan geniş bir hastalık grubu vardır. Romatoid artrit, gut, kalsiyum pirofosfat dihidrat depolanması, pigmente villonodüler sinovit (PVS), hemofilik artropati, infeksiyon, sinovial kondromatozis, sinovial hemanjioma ve lipoma bunlar arasında sayılabilir. Sinovial hastalıkların primer lokalizasyonu nedeniyle radyografilerde ve artrografik incelemelerde direkt görüntülenmesi mümkün olmamaktadır (20).

MRG'nin bu hastalıkların tanı ve tedaviye yanıtını takip etmede vazgeçilmez üstünlüğü vardır. Sinovial kontur bozukluğu yanında, sinovium irritasyonunun düzensizlik şeklinde yansıtan infrapatellar yağ alanı değişiklikleri önemli tanısal kriterlerdir (42), (Resim.34). MRG bulguları tariflenen sinovium hastalıklarından bazıları şunlardır.

Romatoid Artrit ve Juvenil Romatoid Artrit, Romatoid artrit patolojisinde sinovial kalınlaşma, artiküler erozyonlar, subluksasyon, subkondral kistler, efüzyon, popliteal kistler ve osteoporoz vardır. Romatoid artritte eklem erozyonuna sekonder gelişen eklem aralığındaki daralma erken bir bulgu iken juvenil romatoid artritte geç dönemde izlenir. Metadiafiziel konstrüksiyon, femur distal ve tibia proksimal epifizlerinde genişleme gibi büyüme bozuklukları JRA'e eşlik eden bulgulardır (20). Yine; **osteoporoz**, femoral kondillerde düzleşme, interkondiller çentiklerde genişleme, marjinal veya santral kemik erozyonu JRA'in radyolojik bulgularıdır. Artroskopik bulgular nonspesifiktir. Bunlar; eklem boşluğunda genişleme sinovial

yüzeylerde nodüler düzensizlikler, subkondral kistler, intraartiküler dolum defektleri ve lenfatik doluş izlenmesidir (20).

Erken klinik dönemlerde radyografi tamamen normalken MRG'de eklem kıkırdağının intakt olmasına rağmen infrapatellar yağ alanlarında düzensizlik ve efüzyon erken tanıda önemli bulgulardır. Hastalığın ileri dönemlerinde direkt grafilere göre daha belirgin şekilde subartiküler kist, subkondral skleroz ve osteonekroz alanları MRG'de görüntülenebilir. JRA'de tesbit edilen osteonekroz alanları MRG'de görüntülenebilir. JRA'de tesbit edilen diğer bir bulgu da menisküslerin beklenenden küçük olmasıdır. Yine sıklıkla JRA'e eşlik eden popliteal kistler gastrokinemius-semimembranöz bursada T1 ağırlıklı görüntülerde hipointens, T2 ağırlıklı görüntülerde hiperintens olarak izlenir. Romatoid artrit ileri dönemlerinde hyalin artiküler kartilajın tamamen harabiyetiyle birlikte marjinal ve subkondral erozyone alanlar belirgin hale gelir (42).

Romatoid artrit, kartilaj ve eklem denstrüksiyonu patogeneğinde önemli rol oynayan sinovial proliferasyonlar T1 ağırlıklı görüntülerde hipointens izlenirken T2 ağırlıklı görüntülerde hipo, hiper veya inhomojen sinyal verebilir. Düşük sinyal intensitesi sinovial proliferasyondaki yüksek kollajen içeriğine ve hemosiderin depolanmasına bağlıdır. Yüksek sinyal intensitesi ise ödem ve sıvı kolleksiyonu ile giden aktif inflamasyonu gösterir. İntravenöz Gadolinium injeksiyonu sonrasında sinovial hipertrofinin sinyal intensitesinde artma saptanmaktadır (59). Sinovial proliferasyon 2 tipe ayrılmaktadır. Birincisi; hipervasküler veya aktif tip, bu tip intravenöz gadolinium enjeksiyonu sonrasında belirgin sinyal artışı gösterirken ikinci tip, kronik skarlaşma veya pannus olarak yorumlanmakta ve daha az kontrast tutulumu göstermektedir.

Romatoid artrit akut sinovial inflamasyon mevcudiyeti hastalığın aktivitesini göstermekte ve tedavi planlanmasında önemli olmaktadır. Ancak efüzyon mevcut ise benzer sinyal özellikleri nedeniyle sinovial proliferasyon ayırımını yapmak güç olmaktadır. Sinovial proliferasyonun intravenöz kontrast madde ile sinyal artışı göstermesi ve bunun inflamasyon aktivitesi ile uyumlu derecede olması önemli bir tanı kriteri oluşturmaktadır (60). Subkondral pannus formasyonu da benzer şekilde az miktarda da olsa kontrast tutulumu göstermesiyle subkondral sklerozdan ayrılabilir (61).

Pigmente Villonodüler Sinovitis (PVS)

PVS genç erişkinlerde izlenen, monoartiküler, sinovial proliferasyonla giden hastalıktır (20,42,62). %80 oranında dizi tutar. Diffüz veya nodüler olmak üzere iki formu vardır. Diffüz tipinde diz şişmiş, hassas ve ağrılıdır, hareket kısıtlılığı vardır. Nodüler tip daha az semptomatiktir ve meniskopati ile karışabilir. Her iki tipte de hemorajik efüzyon mevcuttur.

Patolojisinde fibröz sinovial proliferasyon, histiosit infiltrasyonu, multinükleer dev hücreler ve hemosiderin yüklü makrofajlar mevcuttur. Patogenezinde bilinmeyen bir ajana karşı benign inflamatuvar reaksiyon olduğu düşünülmektedir.

Direkt grafide nonkalsifiye sinovial yumuşak doku kitlesi, subkondral ve jukstaartiküler erozyon ve kistler izlenir. Kemik dansitesi ve eklem aralığı mesafesi normaldir. Diffüz formda artrografik olarak genişlemiş eklem kavitesi, irregüler-nodüler yapılar, villöz uzantılar izlenir ki birçok sinovial hastalıkta da benzer görünüşler mevcuttur. Nodüler formda ise infrapatellar alanda sınırları belirgin yumuşak doku kitlesi izlenir.

MRG'de hemosiderin içeriği olan kitle ve sinovial dokular T1 ve T2 ağırlıklı görüntülerde hipointens olarak izlenir. Eşlik eden efüzyon ise T2 ağırlıklı görüntülerde yüksek sinyal verir.

HEMOFİLİK ARTROPATİ

Hemofilide tekrarlayan hemartroz atakları ciddi eklem bozukluğuna yol açmaktadır. Artropati mekanizması tam açıklanmamakla birlikte neticede sinovial harabiyet ve subkondral kemik destrüksiyonu oluşmaktadır (42,63). Tekrarlayan hemartrozlarla sinovial membranda hemosiderin ve eritrosit ürünleri absorpsiyonu sonrasında hipertrofik, hipervasküler, hiperplastik ve inflamatuvar değişiklikler izlenmektedir. Intraosseoz hemorajilere sekonder gelişen subkondral kistler artiküler kartilaj altındaki kemik desteği bozduğundan kırıldak harabiyetine hatta tamamen kaybolmasına neden olmaktadır. Diğer önemli bir nokta da anormal sinovium tarafından salgılan proteolitik enzimlerin direkt artiküler kartilajda destrüksiyona neden olduğu belirtilmektedir.

Sinovektomi ile artropati progresyonu ve hemartroz tekrarlanması engellenebilir ancak burada önemli bir nokta artiküler kartilajın intakt olması gereğidir.

Radyografik görünümü JRS ile benzerlik gösterir (20). MRG'de kartilaj harabiyeti düzensiz inceltme ya da tamamen izlenmemesi şeklindedir. Sinovial hipertrofi T1 ve T2 ağırlıklı görüntülerde düşük sinyal alanları şeklindedir. Akut inflamasyona sekonder T2 ağırlıklı görüntülerde hiperintens odaklar izlenebilir.

Infrapatellar yağ alanı düzensiz görünümündedir. Kemik erozyonları ve subkondral kistler T1 ağırlıklı görüntülerde hipointens sinyal verir. Kanama zamanına göre hemartroz T1 ve T2 ağırlıklı görüntülerde değişik sinyal özellikleri izlenir.

Hemofili hastalarında sinovektomi planlanıyorsa artiküler kartilajın değerlendirilmesinde MRG önemli yöntemdir (63).

KORTİKAL ve MEDÜLLER KEMİK

MRG, diğer görüntüleme yöntemlerine oranla kemik iliğinin çok daha detaylı incelenmesine olanak sağlamıştır. Dolayısıyla kemik iliğini direkt ilgilendiren patolojik proseslerde, örneğin; tümör, infeksiyon, ödem, osteonekroz ve sessiz kırıklarda MRG'nin tanısal önemi artmıştır (64).

Kemik iliğinin MRG görüntüsü seçilen puls sekansına bağlıdır. Spin eko tekniği kemik iliği incelemesi için en sık kullanılandır. İlik başlıca yağ hücrelerinden oluştuğu için T1 ağırlıklı görüntülerde hiperintens izlenir. Tümör, infeksiyon ya da inflamasyon gibi patolojik durumlarda kemik iliğinin su içeriği arttığı için T1 ağırlıklı görüntülerde hipointens görünüm alınır. Bu da hiperintens normal ilik ile hipointens patolojik proses arasında belirgin kontrast oluşumuna neden olur. Başka bir puls sekansında, örneğin STIR'da kemik iliği spin ekoya göre tam ters sinyal özelliğindedir. STIR yönteminde yağ sinyali silinir ve ilik hipointens izlenir. Bu defa iliği invaze eden patoloji yüksek sinyal verir, ve normal anormal-doku ayırımı yine belirgindir (23).

Diz eklemi ve çevre kemik yapılar, lokalizasyonu ve ağırlık taşıma fonksiyonlarından dolayı sıklıkla travmaya maruz kalırlar. Akut ya da kronik tekrarlayan travmalardan sonra meniskal ve ligamentöz zedelenmeler kadar kemik yapıda da değişiklikler meydana gelir. Bunların çoğu radyografik olarak gözden kaçabilir. MRG'nin diğer görüntüleme yöntemlerine göre bir üstünlüğü de hem yumuşak doku hem de kemik yapıları yüksek geometrik ve kontrast rezolüsyonu ile görüntüleyebilmesidir (38).

Crues ve çalışma grubu diz eklemine ilgilendiren kemik yapılarıdaki morfolojik ve sinyal değişimlerine göre kemik lezyonlarını 3 ayrı gruba ayırmışlardır (38,65).

Tip 1 lezyonlarda T1 ağırlıklı görüntülerde hiperintens ilik görünümünü oblitere eden epifizial bölgeden metafize uzanım gösteren hipo-intermediate sinyaller mevcuttur. Bunun kemik trabeküllerinde zedelenmeye ait olduğu düşünülmektedir. Direkt grafi tamamen normaldir ve artiküler kartilaj intakt olduğundan artroskopik olarak da normaldir. Başka bir intraartiküler patoloji olmadığı saptanınca bu görünümün stres fraktürü olarak kabul edilip tedavi edilmesi önerilmektedir.

Tip 2 lezyonlarda T1 ağırlıklı görüntülerde kortikal kemik defektif görünümündedir. Tip 1 lezyon benzeri hipo-intermediate sinyaller bu görünüme eşlik eder. Tip 1'e göre daha büyük bir travma söz konusudur. Tip 2 lezyonların %75'i radyografik olarak, %66'sı artroskopik olarak normaldir (65). Tip 2 lezyonlar gerçek kortikal kemik fraktürü olarak kabul edilir. Tip 1 ve Tip 2 lezyonların T2 ağırlıklı görüntülerde hiperintens izlenmesi medüller hemoraji ve ödem ile uyumludur. Tip 1 ve Tip 2 lezyonlara anterior cruciate ligament ve medial kollateral ligament yırtığı eşlik edebilir. Suprapatellar bursada hemorajik efüzyon mevcuttur.

Bu kemik lezyonları sıklıkla lateral tibial plato posteriorunda izlenir.

Tip 3 lezyonları T1 ağırlıklı görüntülerde hemen kortikal kemik komşuluğunda hipointens alanlar şeklinde izlenir. Olay kroniktir, T2 ağırlıklı görüntülerde de hipointenstir. Artroskopide artiküler kırıkta kondromalazik görünüm mevcuttur. Bu nedenlerden dolayı Tip 3 lezyonlar dejeneratif natürde subkondral skleroz olarak değerlendirilir (38).

Medikal literatürde "Bone bruise" olarak karşımıza çıkan kemik iliğinde T1 ağırlıklı görüntülerde hipointens T2 ağırlıklı görüntülerde hiperintens alanlar şeklinde izlenen histolojik olarak ödem, hiperemi, hemoraji ve trabeküler mikrofraktürler ile uyumlu görünüm sıklıkla karşı taraf kollateral ligament yırtığında ya da medial menisküs ve anterior çapraz bağ yırtığında lateral femoral kondilde impaksiyona sekonder gelişir. Kemiğe direkt travma da aynı görünüme yol açar. Bir süre sonra kendiliğinde düzelir ve kontrol MR incelemesi normaldir. Bone bruise'un MRG görüntüsü stres kırığıyla karışabilir, ancak tek ve büyük bir travma anamnezi olması ve epifiz ile metafizi beraber tutması bone bruise lehinedir (66).

Proksimal tibianın özellikle medial ve posterioru, stres kırıklarının sık izlendiği lokalizasyonlardır, dolayısıyla diz ağrısı semptomuyla birlikte. Erken radyograflerin

normal olması tanıyı geciktirir. Geç grafilere lüseni ve lokalize periost reaksiyonu şeklinde izlenir. MRG'de T1 ağırlıklı görüntülerde lineer sinyal kaybı şeklindedir. T2 ağırlıklı görüntülerde ise artmış sinyal ödem alanları ile uyumludur (20).

Tibial plato kırıkları sıklıkla lateraldir ve abdüksiyon veya valgus zorlanmasında aksiyel kompresyon mevcutsa oluşur. Anterior çapraz bağ ve medial kollateral ligament yırtığı eşlik ediyorsa açık redüksiyon ve internal fiksasyon gerekmektedir. Artiküler yüzeyler arasında depresyon miktarı önemlidir. Geç komplikasyon olarak eklem instabilitesi, valgus deformitesi ve osteoartrit gelişir.

Direkt grafide tibial plato depresyon miktarı hakkında yeterli bilgi vermeyebilir, bu nedenle konvansiyonel veya bilgisayarlı tomografi ile incelenmesi önerilmektedir. MRG'de T1 ağırlıklı görüntülerde lineer ya da homojen alanlar şeklinde hipointensite mevcuttur. Akut ve subakut dönemde T2 ağırlıklı görüntüler hiperintens izlenirken kronik dönemlerde T1 ve T2 ağırlıklı görüntüler düşük sinyal verir.

MRG'nin üç planda görüntü vermesi yanında, artiküler kırık ve intraartiküler yapılar hakkında da bilgi vermesi CT'ye göre üstünlüğüdür (23).

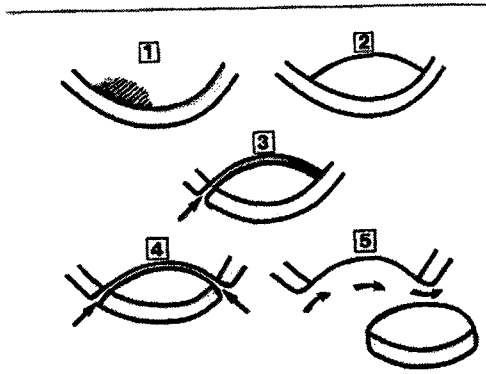
Osteokondral kırıklar sıklıkla medial patellar faset ve lateral femoral kondilde izlenir. Patellar dislokasyon esnasında patellanın lateral femoral kondile yaptığı impaksiyona sekonder gelişir. Osteokondral kırıklar; kondral, displase ve impakte olmak üzere üç alt grupta incelenebilir. Kondral fraktüre %40 oranında menisküs yırtığı eşlik eder. Kondral fraktür tanısı artografik veya artroskopik olarak konulmaktadır. MR'da T1 ağırlıklı görüntülerde hipointens, T2 ağırlıklı görüntülerde hiperintens izlenir. Artiküler kartilaj ve kemik fragmanları interkondiller boşluğa ya da suprapatellar poş içine deplase olabilir. Lezyonların büyüklüğü ile ilişkisiz medüller kemikte sinyal değişiklikleri izlenebilir. Özellikle incelenmediğinde kondral kırıklar kolaylıkla gözden kaçabilir (66,67,68).

İmpaksiyon kırıklarda artiküler osteokondral yüzeyde depresyon mevcuttur. Kortikal kemikte belirgin ayrılma izlenmeyebilir (67).

Osteokondritis Disekans, genelde erkeklerde, çocukluk çağı ve genç erişkin dönemde tek taraflı diz ağrısı şikayeti ile gelir. %50 oranında travma anamnezi mevcuttur. Fragman artiküler kırıkdağın ve komşu subkondral kemiğin parsiyel ya da komplet olarak ayrılmasıdır (20,69).

En sık medial femoral kondilin lateral yüzünde izlenir. Çoğunlukla eklem ağrılık taşımayan kısmındadır.

Fragmante kemik, ana kemiğe parsiyel olarak yapışık olabilir ya da gelişen fibröz doku ile sıkı bir yapışıklık gösterir. Eğer kemikten tamamen ayrılmışsa "loose body" şeklinde serbest olarak eklem içinde bulunur.



Şekil 8. Osteokondritis disekansta lezyon tiplerinin şekille gösterilmesi (94).

Direkt grafide erken dönemde ayrılma gösteren fragman nonopak ise hiçbir bulgu olmayabilir, geç dönemde subkondral kemikte fragmentasyon izlenir. Artrografi ve artrotomografi eklem kıkırdağının intakt olup olmadığını ve osteokondral fragmanın ayrılmasını göstermede önemlidir.

Tablo 4. Osteokondritis Disekansta MRG ve Artroskopik sınıflandırma (94)

Tip	MRG	Artroskopi/tomi
1	Subkondral hipointens alan	Normal
2	Sınırlanmış, subkondral hipointens alan	Normal
3	Eklem defekti, kısmi ayrılma (tek), kistler	Eklem defekti, kısmi ayrılma
4	Eklem defekti, komplet ayrılma (iki taraflı), kistler	Eklem defekti, komplet ayrılma
5	Loose body	Loose body

Osteokondritis disekansta saptanması yanısıra önemli olan komşu artiküler kartilajdaki defektin görüntülenmesi ve fragman ile kemik ilişkisinin ortaya konmasıdır. MRG'de lezyon T1 ağırlıklı görüntülerde hipointens alan şeklinde izlenir. T2 ağırlıklı görüntüler fragman ve kemik ilişkisini en iyi gösteren sekans olarak bildirilmektedir (70), (Resim.28A,B). T2 ağırlıklı görüntülerde yüksek sinyal intensitesi büyük bir olasılıkla ayrılma olduğunu göstermektedir. Fragman altındaki kistik görünüm sadece ayrılmış lezyonlarda mevcuttur (Resim.29A,B).

Osteonekroz

Femur ve humerus başlarından sonra femoral kondiller osteonekrozun sık rastlandığı lokalizasyonlardır.

Spontan osteonekroz yaşlı hastalarda, ağırlık taşıyan kısımlarda, örneğin medial kondilde izlenir. Klinik olarak ani başlayan, istirahatle geçmeyen eklem ağrısı mevcuttur. Dizdeki ayrı olacak spontan osteonekroz etyolojisi hakkında kesin bir görüş birliği olmamakla birlikte iki neden üzerinde durulmaktadır. Birincisi travmaya sekonder mikrofraktür ve eşlik eden osteonekroz formasyonu, ikincisi vasküler yetersizliktir. Ayrıca meniskal yırtık ile osteonekroz sıklıkla beraber izlenmektedir(71).

Osteonekrozda etkilenen alan küçükse ve ağırlık taşıma önlenirse spontan iyileşme olabilir. Ancak lezyon 5 cm'den büyük ya da kondil genişliğinin %40'ını geçiyorsa prognozu kötüdür. Progresyon göstererek artiküler kırıkta da fragmantasyon, subkondral kollaps ve osteoartrit gelişimine neden olur (20).

Radyografi osteonekrozun başlangıcından itibaren aylarca normal olabilir. İleri dönemlerde, medial femoral kondilin eklem yüzeyinde düzleşme ve subkondral lokalizasyonda sklerotik sınır gösteren lüsen alanlar şeklinde izlenir.

Erken tanıda sintigrafi kullanılmasına rağmen osteoartrit, stres kırıkları, meniskopati gibi durumlarda da sintigrafinin pozitif olması spesifitesini düşürmektedir.

Medial tibial platonun spontan osteonekrozu da aynı yaş grubunda ve benzer bulgularla birlikte izlenir.

Sekonder osteonekroz ise belli bir yaş grubunda olmasının bilateral ve birçok eklemden birlikte izlenir. Steroid tedavisi, SLE, orak hücreli anemi, renal transplantasyon sekonder osteonekroz nedenleri arasında sıralanabilir.

Osteonekrozun MRG bulguları etyolojik nedene bağlı kalmaksızın benzerdir ve lezyonun dönemine bağlıdır (23). T1 ağırlıklı görüntülerde lezyon hipointens izlenir. T2 ağırlıklı görüntülerde ise lezyon sinyal intensitesi değişir. Kronik olgularda T2 ağırlıklı görüntülerde hipointens iken akut lezyonlarda kemik iliği ödemeine bağlı yüksek sinyal mevcuttur (72), (Resim.32).

Osteonekrozda, T2 ağırlıklı görüntülerde santral hiperintens alanlar nekroz, periferik hiperintens alanlar ise reaktif granülasyon dokusu ile uyumludur. Osteonekroz üzerinde daha çok çalışma yapılmış kalça ekleminde bu görünüm

"double-line sign" olarak tariflenmekte ve osteonekroz için patogonomik olduğu düşünülmektedir (73).

Kemik enfarktları genelde metafiziel lokalizasyonda olmasına rağmen epifiz ve diafizde de olabilir. Kemik enfarktının MR görüntüsü karakteristiktir. Düzensiz hipointens konturu olan santrali yağlı iliğe bağlı hiperintens izlenen lezyonlardır. T2 ağırlıklı görüntülerde "chemical shift" artefaktına ait lezyon çevresinde hiperintens lineer görünüm olabilir (74). Kalsifiye kemik infarktlarında ise santralde de hipointens sinyal alınır.

Direkt grafilerde enfarkt alanında heterojen dansite, çevresinde relatif lüseni izlenirken sintigrafide enfarkt sınırlarında izotop tutulumu mevcuttur (20).

Medüller kemik infarktının nedenleri arasında orak hücreli anemi, gut, pankreatit, vaskülit ve steroid tedavisi sıralanabilir. Ayrıca tesadüfi olarak asemptomatik hastalarda da rastlanabilir (75).

MRG özellikle immünsupresif hastalarda kemik enfarktı ile osteomyelit veya reküren tümör ayırımı yapılması açısından yararlıdır. Klasik enfarkt görüntü paterninin izlenmesi hastaya biyopsi gibi invaziv işlemlerin yapılmamasını sağlar.

Osteokondrozis epifiz ve apofizlerde subkondral kemik fragmentasyonu ile giden hastalık grubunun genel adıdır (20). Diz eklemine ilgilendiren Blount hastalığı ve Osgood-Schlatter'dir. Blount hastalığı zenci ırkta izlenir. Tibia vara yada osteokondrozis deformans tibia olarak da bilinir. Infantil tipinde %60 bilateraldir, ağrısız varus deformitesi mevcuttur. Adolosan tipinde %90 tek taraflıdır. Ağrılıdır ve belirgin kemik kısalığı vardır. Radyografisinde tibia metafiz medialinde düzensizlik ve eklem kıkırdak hipertrofisine sekonder medial tibial platonun eklem yüzeyinde düzleşme izlenir. MR görüntüsü medial tibial epifizde depresyon, hyalin artiküler kartilajda hipertrofi ve proksimal tibial epifizi çaprazlayan hipointens fibröz bantlar mevcuttur.

Osgood-Schlatter hastalığı adolosan çağda özellikle erkeklerde izlenen, tibial tuberositözde şişlik ve ağrı ile karakterizedir. %25-50 oranında bilateraldir. Etyolojisinde herediter predispozisyon, rikets, endokrin bozukluk, avasküler nekroz düşünülmekle beraber en kabul edilen nedeni travmatik orijinli olmasıdır (76). Tibial tuberositöz yanında patellar tendon ve infrapatellar yağ alanları da etkilenir.

Radyografilerde tibial tuberositözde fragmentasyon mevcuttur. Ancak yorumlamak güçtür çünkü 9-14 yaş arasında tuberositözün kıkırdak kısmında

multiple osifikasyon merkezi izlenir. Yumuşak doku şişliği, patellar tendon kalınlaşması ve infrapatellar yağ alanındaki obliterasyon şeklindeki radyografik kriterler bu açıdan önemlidir (20).

CT'de patellar tendonda genişleme ve attenuasyonda azalma, kemik fragmanın mevcudiyeti izlenebilir. MR'da yine patellar tendonda genişleme ve sinyal artımı mevcuttur. Derin ve yüzeysel infrapatellar bursada distansiyon ve T2 ağırlıklı görüntülerde sinyal artımı izlenir. MR'da kemik fragmanın saptanması CT'ye göre daha zordur. T1 ağırlıklı görüntülerde hipointens, T2 ağırlıklı görüntülerde hiperintens şeklinde komşu kemik iliği sinyal değişiklikleri izlenebilir (76), (Resim.30).

PERİARTİKÜLER KİSTLER ve EFÜZYON

Periartiküler sıvı kolleksiyonu çok değişik ve geniş diz hastalıkları spektrumunda sık rastlanan bir görünümdür (20).

Fizyolojik miktarda intraartiküler sıvı T2 ağırlıklı görüntülerde, suprapatellar bursada ve eklem kapsülünde dependent kısımlarda hiperintens olarak izlenir. Anormal miktarda efüzyon mevcudiyeti hemen hemen tüm patolojik proseslerde izlenirken ani gelişen büyük hacimde bir kolleksiyon akla ilk olarak hemartrozu getirmelidir. Değişik hemoraji komponentlerinin seviyelenmesi de hemartroz tanısında önemlidir. Akut hemorajik sıvı T1 ağırlıklı görüntülerde orta derecede sinyal verirken T2 ağırlıklı görüntüsü hiperintendir. Hemorajinin ileri dönemlerinde hem T1 hem de T2 ağırlıklı görüntülerde hiperintens sinyal alınır.

Sinovial sıvının lokalizasyonu ve içeriği, neden olan patolojinin saptanmasında yardımcıdır. Örneğin sinovial sıvının içinde yağ mevcudiyeti akut bir kırık olduğunun işaretidir. MRG incelemesi esnasında hastanın supine pozisyonda olmasına bağlı yağ partikülleri, suprapatellar bursanın ön yüzünde T1 ağırlıklı görüntülerde belirgin hiperintens olarak izlenir.

Kadavrular üzerinde yapılan bir çalışmada intraartiküler enjekte edilen 1 ml sıvı femur kondilleri komşuluğunda görüntülenebilmektedir. 4 ml enjeksiyon sonrasında sagittal kesitlerde suprapatellar reses ön-arka çapı 4 mm ölçülmüştür ki bu miktar sıvının fizik muayenede ve direkt grafilere tesbit edilebilme sınırında olduğu bildirilmiştir (77).

Diz eklemi çevresinde çok sayıda bursa mevcuttur. Bursaların hareket esnasında kas ve tendonların birbirleri üzerinde temas yüzeylerini kayganlaştırma görevi vardır. Bursalar çok çeşitli nedenlerle inflamatuvar değişiklikler gösterebilir.

Bursal dokular kalınlaşır, sıvı içerikleri artar ve kistik koleksiyon görünümü alırlar. Etyolojik faktörler arasında enfeksiyonlar, kollajen doku hastalıkları, intraartiküler menisküs ve bağ lezyonları, osteoartrit ve travma sayılabilir. Çocuklarda idiopatik popliteal kistler izlenebilir (38).

Diz eklemi komşuluğunda en sık kistik görünüm alan bursa semitendinosus-semimembranosus bursadır ve **popliteal kist ya da Baker kisti olarak adlandırılır**.

Popliteal kistler şu lokalizasyonlarda olabilir (38).

- Pes anserinus kompleksi tendonları ile yüzeysel medial kollateral ligament arasında.
- Medial kollateral ligament ile semimembranosus kası insersiyosu arasında.
- Semimembranosus kası ile tibianın medial kondili arasında.
- Gastrocnemius kasının medial başı ve eklem kapsülünün posteromediali arasında (bu lokalizasyondaki kistler diz eklemi ile ilişki göstermektedir).
- Semimembranosus ve semitendinosus kasları arasında.

Gençlerde daha nadir olmasına rağmen yaşlılarda popliteal kistlerin %30-50 oranında diz eklemi ile ilişkili olması bunların posterior eklem kapsülünün travma ya da dejenerasyona sekonder zayıflamasıyla oluştuğu düşünülmektedir. Palpabl olsun olmasın kistlere kronik eklem efüzyonu eşlik eder.

Nadiren popliteal kistler rüptüre olur ve sinovial sıvı soleus ve gastrocnemius kas planları arasında yayılır. Kas planlarında inflamasyona yol açarak ağrı, kızarıklık ve şişliğe neden olur. Venöz tromboz ve selülit ile ayırıcı tanısı yapılmalıdır. MRG'de venöz akımın izlenmesi ve selülitte kas planlarının tutulmaksızın cilt altındaki inflamasyonun saptanmasıyla bu ayırım yapılabilmektedir. Popliteal kistin diğer bir komplikasyonu da direkt olarak popliteal vene basarak derin ven trombozuna neden olmasıdır.

Popliteal kistin ayırıcı tanısında lipomlar, popliteal arter anevrizmaları, malign tümörler ve kronik hematomlar sayılabilir.

Ultrasonografinin tanıda yeri olmasına rağmen küçük boyutta kistleri ve altta yatan artiküler patolojileri tesbit edememesi dezavantajıdır.

Artrografi USG'den daha duyarlıdır ancak eklem ile ilişkisi olmayan kistler atlanabilir. Artrografinin duyarlılığının %50 civarında olduğu bildirilmektedir. CT özellikle değişik lokalizasyonlardaki kistlerin tanısında artrografiye göre üstündür.

Basit bir popliteal kist T1 ağırlıklı görüntülerde düşük ya da orta derecede sinyal verirken T2 ağırlıklı görüntülerde hiperintens izlenirler. Eğer içine kanama mevcutsa heterojen sinyal özelliğindedir ve seviyelenme olabilir (Resim.26).

Pes anserinus bursiti sporcularda ve tekrarlayan travmalar sonucu izlenir. Pes anserinusun posteriorundadır ve derindedir. Tendonlarda yaylanmaya neden olur (38).

Infrapatellar bursitisinin etyolojisi tam bilinmemektedir. Görünümü infrapatellar bursada lokalize efüzyon şeklindedir. Patellar tendon yırtığı veya pigmente villonodüler synovitin infrapatellar bursit ile ayırımı MRG'de rahatlıkla yapılabilmektedir (20).

Prepatellar bursitis (Housemaid's knee) kronik tekrarlayan travmalar sonucu ciltaltı damarların rüptüre olmasıyla meydana gelir. MRG görüntüsü hemoraji karakteristiğindedir (38).

Menisküs ve Ganglion Kistleri

MRG'nin kist lokalizasyonunu, özellikle eklem kapsülü ile ilişkisini göstermesi cerrahi planlamada önemlidir (37). Çoğu ganglion ve meniskal kistler yüksek protein konsantrasyonlu jelatinöz madde içerirler. Meniskal kistler hemen her zaman horizontal meniskal yırtıklara eşlik ederken ganglion kistlerinin böyle bir özelliği yoktur. Ganglion kistleri eklem komşuluğunda olabileceği gibi atipik lokalizasyonlarda örneğin kas içinde de olabilir. Lobule ve düzensiz konturlu tek bir kist de olabilir veya ana kist ile ilişkili, fasial yüzeylerde, tendon kılıflarında ve kas demetleri arasında uzanım gösteren çok sayıda kapsüllü kistler şeklinde de olabilir (23).

Yüksek protein içeriği nedeniyle T1 ağırlıklı görüntülerde kas dokusu ile izointens olması ayırıcı tanıda güçlük yaratabilir ve sadece komşu dokulara bası etkisi izlenebilirken T2 ağırlıklı görüntülerde hiperintens sinyal vermesiyle tanıya gidilir. Bazı ganglion kistleri internal septa ve debris içerebilir (43), (Resim.17).

Popliteal Arter Anevrizması

Periferik arter anevrizmalarının %70'i popliteal arterdedir ve %63 vakada bilateraldir (78).

En sık nedeni aterosklerozdur, diğer nedenleri arasında travma, mikotik enfeksiyonlar ve sentetik graft komplikasyonu sayılabilir (20).

Nonpalpable popliteal kitle şeklinde gelir. Trombozis, ülserasyon, periferik iskemi ve distal embolizasyon komplikasyonlarıdır. %10-15 vakada popliteal ven

obstrüksiyonuna sebep olur. Popliteal ven trombozu olan hastaların üçte ikisinde pulmoner emboli gelişmesi nedeniyle dikkatle değerlendirilmesi gerekir.

Direkt grafilerde popliteal arter anevrizmasına ait kalsifiye rim izlenebilir. USG anevrizma ve mural trombus tanısında ağrısız ve ucuz bir yöntemdir. Anevrizma tanısında angiografinin üstünlüğü tartışmamakla beraber MRG bildirilen az sayıda olguda diagnostik açıdan önemli bulgular vermektedir. Yapılan çalışmalarda periferel vasküler hastalıkların tanısında MRG ve angiografi bulgularının korelasyon gösterdiği bildirilmiştir (79). Yine son zamanlarda MR angiografi vasküler patolojilerin tanısında, akım dinamiğini ve morfolojiyi göstermesi açısından yaygın kullanım alanı bulmaktadır. MRG'nin noninvaziv olması yanında ultrasonografik olarak zor ulaşabilen lokalizasyonları görüntüleyebilmesi avantaj sağlanmaktadır. MRG'nin popliteal arter anevrizmalarında anevrizma boyutu ve konfigürasyonu, mural trombus, arterial ve venöz akım mevcudiyeti hakkında ve ayrıca klinik olarak ayırıcı tanıda da detaylı bilgi vermektedir (20).

TÜMÖRLER

Diğer kas-iskelet sistemi lokalizasyonlarında olduğu gibi MRG, diz ekleminde ve komşuluğundaki kemik tümörlerinin tanısında ve yayılımının saptanmasında seçilmesi gereken diagnostik yöntemdir.

Medüller kemikte yağ sinyali intensitesinin infiltratif proses tarafından invazyonu MRG'de kolaylıkla tesbit edilebilen bir bulgudur. Kortikal kemikte oluşan destrüksiyon, periost reaksiyonu ve çevre yumuşak doku kalsifikasyonunu göstermede direkt grafi ve bilgisayarlı tomografinin üstünlüğü tartışılmamaktadır ancak MRG'de yumuşak doku rezolüsyonu ile tümör karakteri ve yayılımı hakkında detaylı bilgi alınabilmektedir (38,42).

İntramedüller patolojilerin incelenmesinde T1 ağırlıklı spin eko sekansı en yaygın kullanılan teknik olmakla birlikte STIR sekansının daha duyarlı olduğu bildirilmektedir. Gadolinium kullanımı özellikle tümör yayılımının saptanmasında önemlidir (80).

Primer kemik tümörlerinde klinik ve radyolojik incelemede amaç; tanı, doku karakterizasyonu ve evrelendirme şeklindedir. MRG, tanısal olarak en duyarlı yöntemdir ancak lipom gibi birkaç spesifik doku karakteristiğini veren tümörler haricinde MRG, kemik tümörlerinin histolojik tanımlanmasında yeterli bilgi

vermemektedir (81). MRG, özellikle tümör yayılımını göstermedeki üstünlüğü ile kemik tümörlü hastaların evaluasyonunda vazgeçilmez yöntem olmuştur.

Lösemi ve lenfomada olduğu gibi infiltratif tümörlerin kliniği intraartiküler patolojilerden ayrılmayacak şekilde diz ağrısı olabilir ve direkt grafinin ya da artrografinin tanısal değeri olmayabilir. Ancak kemik metafizlerdeki malign infiltrasyonun neden olduğu sinyal değişimleri ile bu durumlarda MRG belirgin tanısal önem taşır (38).

Özellikle orta yaş kadınlarda femur distal metafizinde normal hematopoetik aktivasyona sekonder kemik iliği heterojenitesi izlenebilir ki tanısal problem yaratabilir. Bu normal görünümün ayırıcı tanısında lenfoma veya myeloproliferatif malignensiler olduğu gibi kronik anemiler ve nonneoplastik infiltratif olaylara sekonder gelişen hematopoetik hiperplaziler de düşünülmelidir (82). Hastalığın hematolojik incelenmesi ve sistemik bulguları ayırmada önemlidir. MRG'de normal kemik iliğinin heterojen görünümüne göre infiltratif hastalıklar homojen, sınırları belirgin düşük sinyal alanları oluşturur. Normal hematopoetik aktivasyon metafiz ve diafizle sınırlıdır, epifize geçmez. Bu alanlar yüksek T2 ağırlıklı görüntülerde izointens izlenirler. İnfiltratif prosesler ise epifiz ve subkondral kemiğe kadar uzanırlar (42).

Metastatik ve primer kemik lezyonlarının ayırımı için kesin MRG bulgularının olmaması nedeniyle multipl lezyon mevcudiyeti ve hastanın anamnezi önem taşımaktadır. Tüm iskelet sisteminin taranması amacıyla sintigrafi tercih edilmelidir.

Kompakt kemik adacığı içerdığı kalsifiye lameller kemikten dolayı tüm sekanslarda sinyalsiz alanlar şeklindedir.

Osteoid osteoma ise T1 ağırlıklı görüntülerde keskin sınırlı düşük sinyalli alan santralinde yüksek sinyalli fokus şeklinde izlenir (38).

Intraosseoz lipom uzun kemikleri tutar ve T1 ağırlıklı görüntülerde hiperintens, T2 ağırlıklı görüntülerde ise orta derecede sinyal verir (42).

Dev hücreli tümör distal femur ve proksimal tibia lokalizasyonlarını sever, subkondral yerleşimlidir. MRG'da nekroz alanlarına uyan sinyal inhomojenitesi, kortikal erozyon ve eşlik eden efüzyon görünümü mevcuttur. Tümör T1'de düşük, T2'de yüksek sinyal verir. İntratümöral hemorajiye ait T1 ağırlıklı görüntülerde artkırnlığı izlenebilir.

Popliteal fossada desmoid tümör olabilir ve çevre kasları infiltre edebilir. Tümör kitlesi fibröz bantlar T1 ağırlıklı görüntülerde hipo-izo, T2 ağırlıklı görüntülerde hiperintens görünüm verir.

Femur distalindeki osteosarkomların lokal yayılımında cerrahi planlama için MRG kullanılmakla birlikte uzak metastaz için sintigrafi gerekmektedir. Osteosarkom genellikle metafiziel yerleşimlidir, kemik trabeküler yapıyı ve korteksi destrükte eder yumuşak doku invazyonu yapar. Tümör T1 ağırlıklı görüntülerde hipointens T2 ağırlıklı görüntülerde hiperintens izlenir (Resim. 35). Ancak içerdiği hücresel elemanlara göre (fibröz, kondroid, osteoblastik, telenjaktezik komponentler) sinyal özellikleri değişebilir.

Liposarkom sıklıkla uyluk ve popliteal lokalizasyondadır. T1 ağırlıklı görüntülerde hiperintens yağ dokusu yanında sarkomatöz değişime bağlı sinyal inhomojenitesi izlenir.

Sinovial sarkomların %10'u kadarı intraartiküler olmaya meyillidir. Tümör kitlesi ve eşlik eden yaygın çevre doku ödemi izlenir (42).

GEREÇ ve YÖNTEM

Aralık 1994 ile Mayıs 1996 tarihleri arasında Giessen Justus-Liebig Üniversitesi Tıp Fakültesi (Almanya) Radyodiagnostik Anabilim Dalı'nda, Üniversite Ortopedi ve Kaza Cerrahisi Polikliniğinde veya serbest çalışan ortopedistler, spor hekimleri ya da aile hekimleri tarafından Üniversitemiz Radyoloji kliniğine çeşitli nedenlerle (travmatik, dejeneratif, tümöral yada iltihabi kökenli) diz MRG'si istemiyle gönderilen (75 tanesi diagnostik ve terapötetik Artroskopi karşılaştırmalı) 403 hasta, 416 diz (13 vakada her iki diz) bu çalışmaya alındı. Hastaların 237'si erkek, 166'sı kadındı. Yaşları 3 ve 82 arasında değişmekte, yaş ortalaması 30.9 idi. 192 sağ diz, 224 sol diz bütün diz eklemi patolojileri açısından, geniş bir spektrumda MRG yöntemi ile incelendi. MRG görüntüleri değerlendirilirken direkt grafi bulguları göz önüne alınmadı. 196 olgu (tüm olguların %47.8'i) aktif olarak sporla ilgileniyordu, diğerleri belirgin mesleki özellik göstermiyordu.

Bütün MRG incelemeleri 1.5 tesla gücüne sahip magnetom "Siemens" cihazı ile yüzeysel diz koil'i ile yapıldı. Hastalar supin pozisyonunda, genel olarak diz nötral konumda, bazı vakalarda ACL'in optimal görüntülenebilmesi için bacak 15° dış rotasyonda incelendi. Rutin incelemede ve sagittal planda T1 ve T2 ağırlıklı görüntüler elde edildi. İlave olarak gerek görüldüğünde FISP-3D, FLASH-2D,3D, STIR, T1-yağ supresyonlu, T1+kontrast (Gd-DTPA) teknikleri kullanılarak değerlendirme yapıldı. İnceleme protokolü Tablo 5'de verilmiştir. 256x256, 256x512 Pixel'lik görüntü matrisleri 150-170 mm FOV kullanılmıştır. Toplam görüntü elde etme süresi kullanılan sekanslara bağımlı olarak 15-25 dk. arasında değişmektedir.

Tablo 5: İnceleme Protokolü

1-T1 ağırlıklı SE sekansı (TR/TE=600/15 ms, matris=256x512 Pixel, FOV=150-170 mm, kesit kalınlığı=3mm, koronal planda.

2-T2 ve proton ağırlıklı multi SE sekansı (TR/TE=2000/20/80 ms, matris=256x256 Pixel, FOV=150-170 mm, kesit kalınlığı=4mm, sagittal ve parasagittal planda.

3-FISP-3D sekansı (TR/TE/Flip-angle=42 ms/12 ms/40 Grad kesit kalınlığı=4 mm, sagittal planda.

4-T1 ağırlıklı FLASH-3D sekansı ve yağ supresyonu ile (TR/TE/Flip-angle 42 ms/10 ms/60°, kesit kalınlığı=1.5 mm

5-T1 ağırlıklı SE ve yağ supresyonu (TR/TE=600/15 ms, kesit kalınlığı=3 mm, sagittal ve koronal planda.

6-T1 ağırlıklı FLASH-2D (TR/TE/Flip-angle=400/12 ms/120°, kesit kalınlığı 3 mm, sagittal planda.

7-STIR (Inversion-Recovery-Sequenz-kısa Inversion zamanlı) TR/T1/TE=1800/160/20 ms, kesit kalınlığı 3 mm, koronal planda.

Tablo 6: MRG İncelemelerini Değerlendirme Kriterleri

1-Hastanın yaşı, cinsiyeti

2-Kemik yapıdaki değişiklikler

- Marjinal osteofit
- Eminensia interkondillarislerde sivrileşme
- Medüller kemikte sinyal değişiklikleri
- Kortikal kemikte düzensizlik
- Subkondral skleroz
- Subkondral kistler
- Osteonekroz
- Kollaps

3-Artiküler kartilaj

- Düzensizlik, incelme veya devamlılığın bozulması kriterleri

4-Effüzyon

- Effüzyon miktarı minimal veya belirgin olarak değerlendirilmiştir.
- Suprapatellar lokalizasyona ulaşanlar değerlendirilmiştir.
- Hemartroz veya lipid hemartroz olarak değerlendirme kapsamına alınmıştır.

5-Menisküsler

- Menisküsler, genel bilgiler kısmında detaylı şekilde anlatılan ve Lotysch, Crues, Mink tarafından geliştirilen evrelendirme kriterlerine göre değerlendirilmiştir.

6-Anterior ve Posterior Cruciate Ligamentler

- Normal, dejeneratif değişiklikler ve komplet veya inkomplet yırtık olarak değerlendirilmiştir.

7-Kollateral Ligamentler

- Normal, tam ya da parsiyel rüptür olarak değerlendirilmiştir.

8-Sinovium ve Periartriküler Bursalar

-Lokalize, sinovial hipertrofi ve bursitis ile uyumlu değişiklikler göz önüne alınmıştır.

9-Ekstönsör Mekanizma

-Patellar osteofit
-Patellar ligamentler, dejenerasyonu ve anomalileri
-Quadriseps tendonunda dejenerasyon

10-Periartriküler Kistler

-Sinovial kistler
-Ganglion ve menisküs kistleri

11-Diz eklemi ve oluşturan komşu kemiklerde görülen tümöral ve iltihabi patolojiler değerlendirilmiştir.

12-Osseöz ve kartilaginöz travmalar değerlendirilmiştir.

13-Kemik ve Artiküler kartilajı birlikte kapsayan osteokondritis dissekans ve sekonder değişiklikler evrelendirme kriterlerine göre değerlendirilmiştir.

BULGULAR

Bu çalışmada genel olarak diz ve ekleminde görülen bütün patolojiler çözümlenmeye çalışıldı. Çalışma kapsamına giren 403 hastada, 192 sağ, 224 sol diz olmak üzere 416 diz (3 olguda her 2 diz) MRG yöntemiyle incelendi.

374 olguda (%89.9) dizin çeşitli yapılarına ait patolojik görüntüler saptanırken, 42 olgu (%10.1) tamamen normal olarak değerlendirildi. İncelenen 192 adet sağ dizin 166'sında (%86.5), 224 sol dizin 208'inde (%92.8) patolojik görüntüler izlendi.

Elde ettiğimiz bulguları çözümlerken meniskal lezyonlar en sık görülen diz patolojisi olması nedeniyle değerlendirmemize menisk patolojilerin ilk sırayı larak başladık. Meniskal lezyonların MRG sonuçlarını analiz ederken literatürde genellikle kullanılan yöntem her dizin medial ve lateral olarak 2 menisküs kabul edilmesidir. Ancak bu çalışmamızda menisküsleri'de kendi içinde anterior ve posterior boynuz olarak ayırarak 4 meniskal kompartman şeklinde değerlendirdik, bu açıdan 416 olguda görüntülenen 832 menisk, anterior ve posterior boynuz olarak ayrıldığında 1664 meniskal birim söz konusudur.

416 olguda görüntülenen 832 menisk'in 144 tanesinde (%17.3) saptanan yırtığın 68'i (%47) sağ dizde, 75'i (%53) sol dizde izlendi. Medial menisk yırtık sayısı 89 olup tüm yırtıkların %62'sini, lateral menisk yırtık sayısı 55 olup tüm yırtıkların %38'ini oluşturmaktaydı. 89 medial menisk yırtığının 72 tanesi (%65) arka boynuz, 8 tanesi (%7) ön boynuz, 9 tanesi (%8) korpus (pars intermedia) yerleşimliyd. 55 lateral menisk yırtığının 33 tanesi (%60) arka boynuz, 18 tanesi (%33) ön boynuz, 4 tanesi (%7) korpus (pars intermedia) yerleşimliyd. Tüm yırtıkların 105 tanesi (%73) arka, 26 tanesi (%18) ön boynuz, 13 tanesi de (%9) korpus (pars intermedia) lokalizasyonunda izlendi.

Medial menisklerde dejeneratif değişikliklere ait saptanan 76 adet Grade 1-2 sinyalin 57'si arka boynuzda (%75), 19'u ön boynuzda (%25) izlendi.

Lateral menisklerde saptanan 68 adet Grade 1-2 sinyalin 34'ü arka boynuz (%50), 34'ü ön boynuz (%50) yerleşimliyd. Tüm grade 1-2 sinyallerin %62'i arka boynuz, %38'i ön boynuzda saptandı.

Diz eklemi patolojisi saptanan 374 olgudan 95'inde (%25.4) dizde orta ve ileri derecede efüzyon izlendi. Yine 22 olguda (%6) dizde eklem içi ve ligament çevresinde orta ve ileri derecede diz eklem içine hemorajik effüzyon izlendi.

118 olguda (%28) ön çapraz bağın (ACL) parsiyel veya total rüptürüyle uyumlu olabilecek MR görüntüleri izlendi. 63 olguda (%53) ön çapraz bağ lezyonuna menisk yırtığının eşlik ettiği gözlemlendi. Yine 35 olguda (%8.5) arka çapraz bağın (PCL) parsiyel veya total rüptürüyle uyumlu MR görüntüleri izlendi. 12 olguda (%34) arka çapraz bağ lezyonuna menisk yırtığının eşlik ettiği gözlemlendi. Tüm rüptürlere eklem içi ve ligament çevresinde effüzyon ve hemoraji eşlik etmekteydi.

24 olguda (%6) iç yan bağın (Medial kollateral ligament) parsiyel veya total rüptürüyle uyumlu MR görüntüleri izlendi. Bunlardan 15'ine (%62) meniskal yırtıklar, 16 tanesine de (%66) ön ve arka çapraz bağ yırtıkları eşlik etmekteydi.

5 olguda (%1.2) dış yan bağın (Lateral kollateral ligament) parsiyel ya da total rüptürüyle uyumlu MR görüntüleri izlendi. Yine bunlardan 4'üne (%80) meniskal yırtıklar, 3 tanesine de (%60) ön ve arka çapraz bağ yırtığı eşlik etmekteydi.

59 olguda (%14.2) osteokondritis disekans'la uyumlu MR görüntüleri izlendi. Bu olguların 19'u (%32) sağ diz, 40'ı (%68) sol dizde idi. Yine bu osteokondritis disekans olgularından 46'sı (%78) medial femur kondilinde, 13'ü (%22) lateral femur kondil'ünde bulunuyordu. Osteokondritis disekans lezyonlarının sınıflandırılmasına (Grade I,II,III,IV) göre her iki femoral kondil'de izlenen 59 lezyondan, 10 tanesi (%17) Grade I, 35 tanesi (%59) Grade II, 6 tanesi (%10) Grade III, 8 tanesi (%14) Grade IV olarak saptandı.

64 olguda (%15.4) Gonartroz'la uyumlu (eklem kıkırdağında incelleme düzensizlik, eklem aralığında daralma, osteofit formasyonu, eminensia interkondillarilerde sivrileşme, subkondral kist ve skleroz oluşumu, korteks düzensizliği v.s) MR görüntüleri saptandı.

25 olguda (%6) Kondromalasi patella ile uyumlu MR görüntüleri saptandı.

14 olguda (%3.4) patella luksasyonu ve subluksasyonu, 1 olguda patellar displazi izlendi.

4 olguda Osgood-Schlatter ile uyumlu MR görüntüleri saptandı.

14 olguda synovial plicae (supramedial ve infrapatellar) yırtığına ait MR görüntüleri saptandı.

5 olguda popliteal (Baker kisti) izlendi.

48 olguda (%11.5) retropatellar ve femorotibial ağırlıklı olmak üzere kondral defekt ile uyumlu MR görüntüleri izlendi.

49 olguda (%12) femur lateral kondil ve mediolateral tibiaplato ağırlıklı olmak üzere kontüzyon ile uyumlu MR görüntüleri izlendi.

35 olguda (%8.5) lateral ve medial femurkondillerinde daha fazla olmak üzere Bone-bruise ile uyumlu MR görüntüleri izlendi.

6 olguda lose-body ile uyumlu görüntüler izlendi.

11 olguda lateral femur kondili ve tibia platosu ağırlıklı olmak üzere fraktür izlendi.

15 olguda yine lateral ve medial femur kondillerde çoğunlukta olan kemik iliği ödemi izlendi.

17 olguda Synovitis ve Pigmente Villonodüler Synovitis (PSNS) ile uyumlu MR görüntüleri izlendi.

4 olguda osteomyelitis izlendi.

3 olguda artrit ve 2 olguda pannikulitis izlendi.

3 olguda medial ve lateral kondillerde belirgin osteoporozla uyumlu görüntüler izlendi.

1 olguda eklem kapsülü rüptürü izlendi.

6 olguda Ganglion kisti, 6 olguda parameniskal kistlerle uyumlu MR görüntüleri izlendi.

1 olguda musculus gastrokinemius'a ait kas lifi yırtığı saptandı.

4 olguda lipidhemartroz ile uyumlu görünüm izlendi.

3 olguda patellar medial retinakulum yırtığı saptandı.

4 olguda proksimal tibia ve distal femur metafizinde enkondrom izlendi.

1 olguda osteosarkom, 2 olguda parosseal osteosarkom, 1 olguda yumuşak doku sarkomu, 1 olguda osteokondrom, 1 olguda multiple nörinoma, 1 olguda Meme-Ca metastazı, 1 olguda CCL infiltrasyonu, 1 olgudada prepatellar subkutan aterom ile uyumlu MR görüntüleri saptandı.

4 olguda uygulanan kemik-kartilaj transplantasyonuna ait MR görüntüleri saptandı.

Yukarıda çözümlenmeye çalışılan 416 olgudan 75 tanesi aynı zamanda diagnostik ve terapötetik amaçlı uygulanan artroskopi bulguları ile karşılaştırıldı ve veriler ayrıca çözümlenmeye çalışıldı. Hem MRG hem de artroskopi uygulanmış olan bu 75 dizin 36'sı (%48) sağ diz, 39'u (%52) sol diz idi.

Diagnostik ve terapötetik amaçlı artroskopi uygulanan bu 75 dizden elde edilen veriler sadece menisküs yırtığı, ACL, PCL yırtığı, kollateral ligament yırtığı ve osteokondritis disekans gibi major patolojiler açısından çözümlenmeye çalışıldı. Buna göre 75 dizden 43 (%57) tanesinde menisk yırtığı saptandı, bu saptanan yırtıkların 39 tanesi (%91) MRG'de elde edilen sonuçlarla uyumluydu. 4 tanesi (%9) MRG'de Grade 2 sinyal olarak değerlendirilmiş yada hiç izlenmemişti.

Yine bu 75 olgudan 40'ında (%52) MRG'de izlenen parsiyel veya komplet ön çapraz bağ (ACL) rüptüründen 37 tanesiş (%92.5) artroskopide saptandı.

MRG'de izlenen 10 tane (6 komplet, 4 parsiyel) arka çapraz bağ (PCL) rüptüründen sadece 4 tanesi artroskopik olarak saptandı, artroskopik olarak saptanmayan 6 PCL rüptürü MRG'de 4'ü parsiyel, 2'si komplet rüptür olarak değerlendirilmişti. Ayrıca 1'i parsiyel, 1'i komplet PCL rüptürü olarak 2 PCL yırtığı MRG'de izlenmediği halde artroskopide saptandı.

MRG'de medial kollateral ligament yırtığı olarak değerlendirilen 7 olgudan 5'i artroskopik olarakta doğrulandı. Ayrıca artroskopik olarak tesbit edilen 2 medial kollateral ligament yırtığı MRG'de izlenmedi.

3 olgu MRG'de lateral kollateral ligament yırtığı olarak değerlendirildiği halde artroskopide saptanmadı. Artroskopide saptanan 1 lateral kollateral ligament yırtığı MRG'de izlenmedi.

MRG'de osteokondritis disekans olarak değerlendirilen 7 olgunun tamamı artroskopik olarakta saptandı.

Tablo 7: MRG'de saptanan menisk bulguları.

Lokalizasyon	Yırtık Sayısı	Grade 1,2 Sinyal Sayısı	Sinyalsiz Menisk Sayısı
Medial Menisk	89	76	251
Lateral Menisk	55	64	297

Tablo 8: MRG'de saptanan ACL ve PCL yırtığı bulguları.

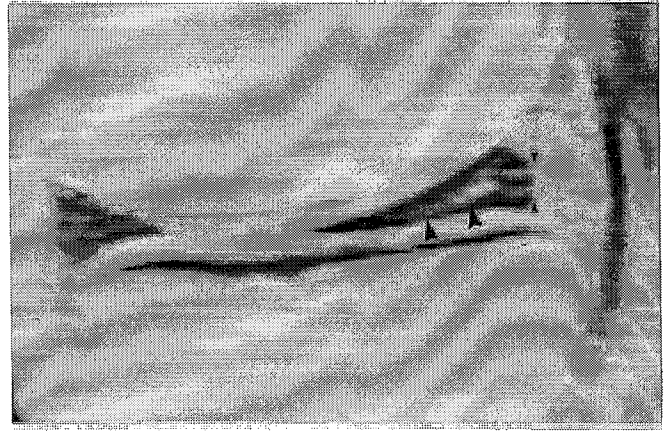
Lokalizasyon	Yırtık Sayısı	Normal
Ant. Çapraz.Lig. (ACL)	118	298
Post. Çapraz.Lig. (PCL)	63	346

Tablo 9: MRG'de saptanan diğer diz patolojileri.

Patoloji	Sayı
Intraartiküler Effüzyon	95
Hemorajik effüzyon	22
Medial Kollateral Lig. Ruptürü	24
Lateral Kollateral Lig. Ruptürü	5
Osteoartroz (Gonartroz)	64
Osteokondritis Dissekans	59
Kondromalazi Patella	25
Patella Luksasyonu ve Subluksasyonu	14
Osgood-Schlatter	4
Sinovial Plika yırtığı	14
Popliteal Kist (Baker Kisti)	5
Kondral defekt	48
Kontüzyon	49
Bone-bruise	35
Lose-body (serbest fragman)	6
Fraktür	11
Kemik iliği ödemi	15
Osteomyelitis	4
Osteoporoz	3
Artritis	3
Pannikulitis	2
Eklem kapsülü ruptürü	1
Ganglion kisti/Parameniskal kist	12
Kas lifi yırtığı (m.gastrokinemius)	1
Lipidhemartroz	4
Patella medial retinakulum yırtığı	3
Enkondrom	4
Osteosarkom/Parosseal osteosarkom	3
Osteokondrom	1
Yumuşak doku sarkomu	1
Multiple nörinoma	1
Meme Ca met/KML infiltrasyonu	1
Kemik-kartilaj transplantasyonu	1



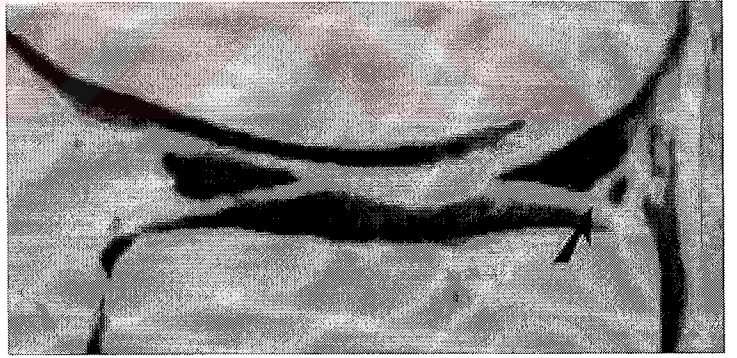
Resim. 11. Grade 1 intrameniskal sinyal. İrregüler, lineer olmayan intra meniskal sinyal, üst ve alt artiküler yüzeyle bağlantısı izlenmemektedir. (T-1 ağırlıklı sagittal kesit).



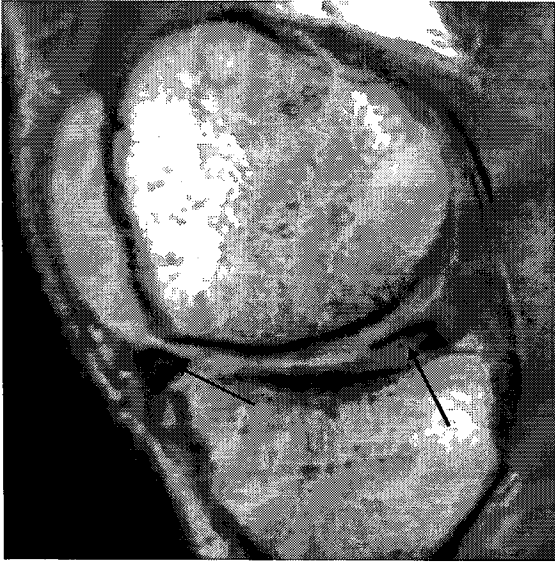
Resim. 12 . Grade 2 intrameniskal sinyal. Lineer sinyal artışı, artiküler meniskal yüzeylerle bağlantısı yok (ok başları), fakat menisko-kapsüler köşeyle bağlantısı görülmektedir (küçük ok başları), (T-1 ağırlıklı sagittal kesit)



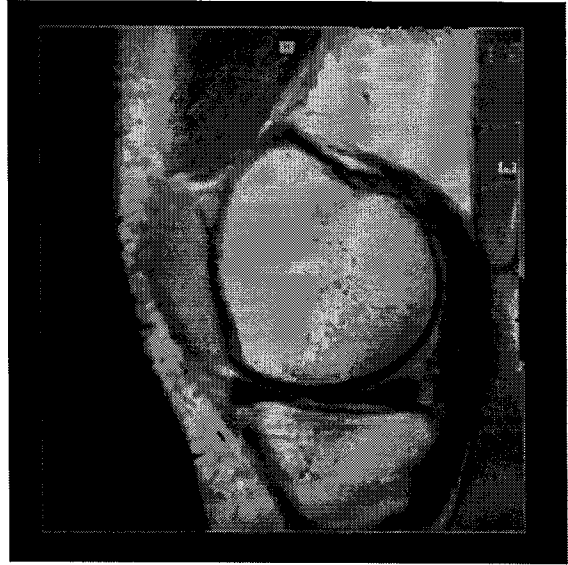
Resim. 13 . Grade 3 intrameniskal sinyal. Medial menisküs arka boynuzda intrameniskal horizontal yırtığa ait sinyal (ok), alt artiküler yüzeye ulaşmış (ok ucu) izlenmektedir. Proton ağırlıklı sagittal kesit.



Resim. 14 . Periferal meniskokapsüler seperasyon ve lateral menisküs arka boynuz köşe yırtığı (ok). T-1 ağırlıklı sagittal kesit.



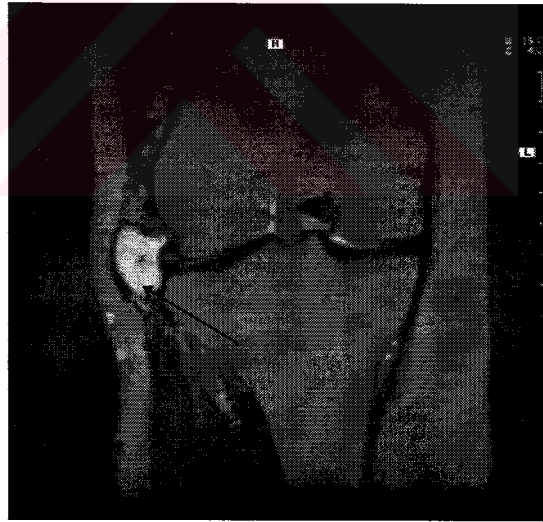
Resim. 15. Medial menisküs ön ve arka boynuzunda Grade 3B sinyal artışı, irregüler horizontal ön ve arka boynuz yırtığı, suprapatellar efüzyon. Proton ağırlıklı sagittal kesit.



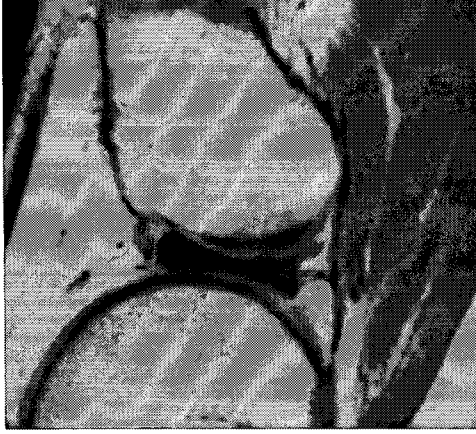
Resim. 16. Normal ant. ve post. medial menisküs, kesit ön ve arka boynuzdan geçmektedir ve apeksleri birbirine bakan iki üçgen şeklindedir. Sinyalsiz izlenmektedir. Proton ağırlıklı sagittal kesit.



Resim.17. Lateral parameniskal ganglion kisti ve horizontal menisküs yırtığı . T-1 ağırlıklı koronar kesit,parameniskal düzgün konturlu hipointens kistik lezyon izlenmektedir.



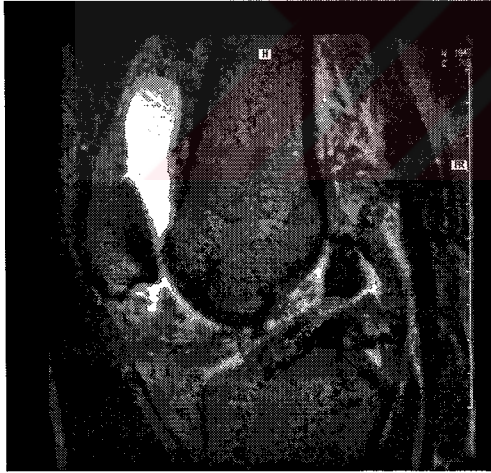
Resim.18. T-1 ağırlıklı + yağ baskılanmış koronar kesit, kistik lezyon hiperintens sinyal vermekte, yağ dokusu baskılandığından çevre dokulardan belirgin ayrılmaktadır.



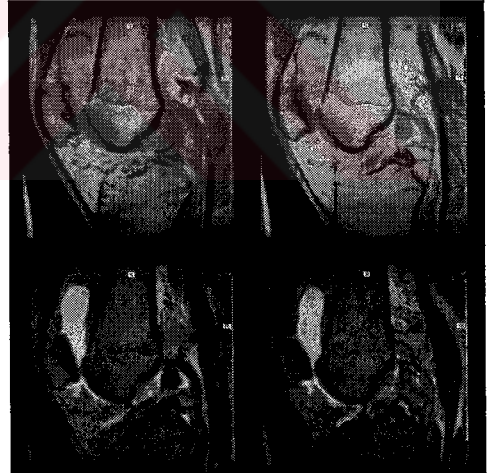
Resim.19. Diskoid Menisküs; disk şeklinde normal üçgen şeklini kaybetmiş internal sinyal içermeyen hipointens görünümdedir. T2 ağırlıklı sagittal kesit.



Resim. 20. Normal menisküs; ant.ve post. boynuz internal sinyal içermezler ve üçgen şeklinde izlenirler.

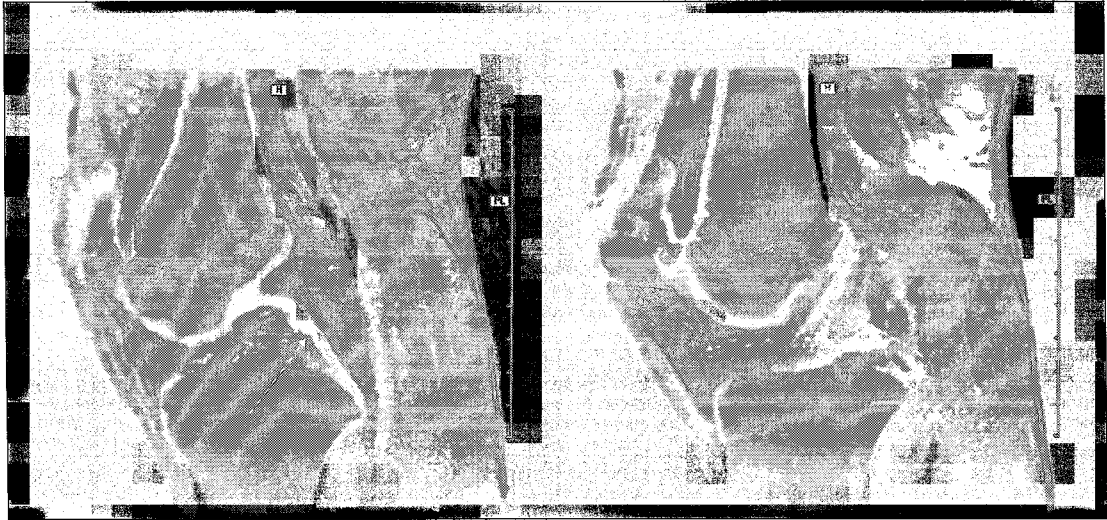


A



B

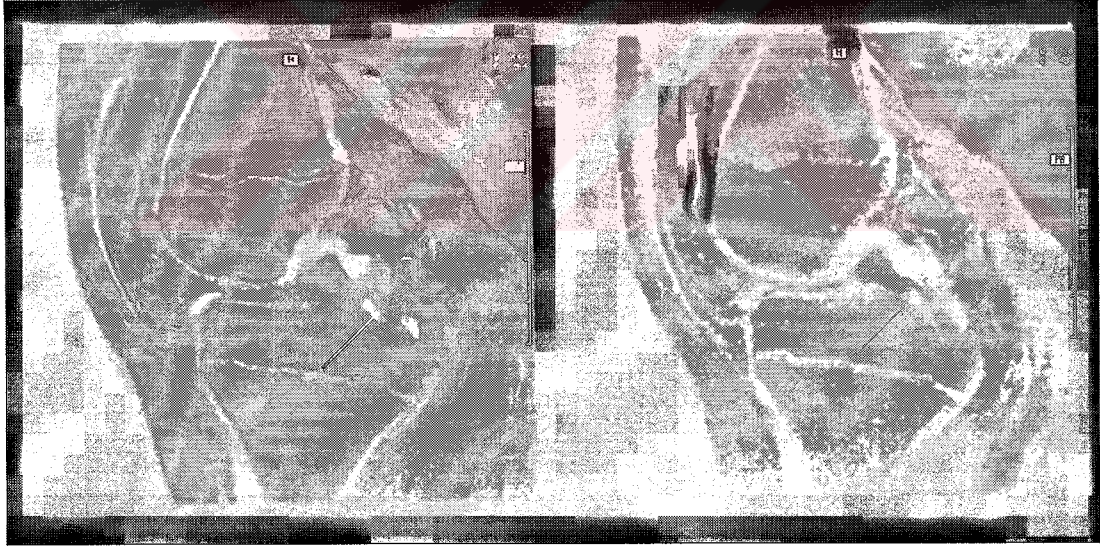
Resim. 21. Anterior çapraz bağ rüptürlü ve hemorajik efüzyon; ant. çapraz bağ normal trasesinde band şeklinde izlenemiyor, bağ trasesinde ve suprapatellar hiperintes hemorajik efüzyonla uyumlu yüksek sinyal ve periferik yumuşak doku ödemi izlenmektedir ,post. çapraz bağın femura bağlandığı bölgede sinyal artışı izlenmektedir (yırtık şüphesi) . A) T-2 ağırlıklı sagittal kesit. B) Üste proton , altta T-2 ağırlıklı kesitler.



A

B

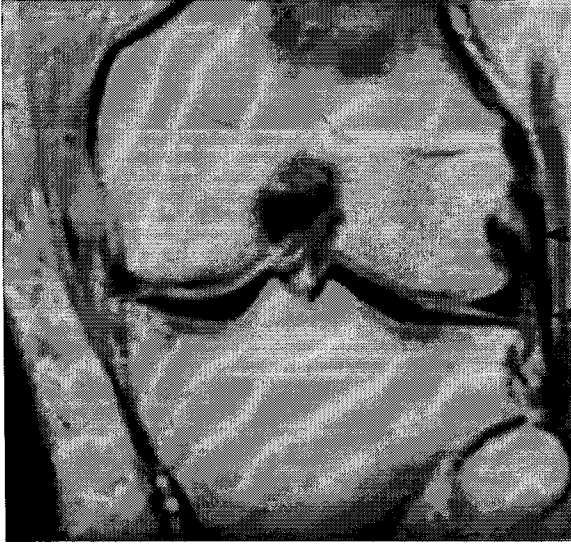
Resim. 22. A,B; Normal anterior ve posterior çapraz bağlar A) hipointens , sinyalsiz band şeklinde normal posterior çapraz bağ. B) yine ince band şeklinde anterior çapraz bağ izlenmektedir. T-2 ağırlıklı sagittal planda alınan kesitler (oklar)



A

B

Resim. 23. A,B. Posterior çapraz bağ yırtığı. A) posterior çapraz bağ orta ve distalinde (tibial belirgin intra, periligamenter ve patellofemoral eklem aralığında yumuşak doku ödemi, ayrıca hoffa alanında sinoviyal hipertrofi ve minimal suprapatellar efüzyon görünümü izlenmektedir. A; Proton ağırlıklı B; T-2 ağırlıklı sagittal planda alınan kesitler),(oklar)

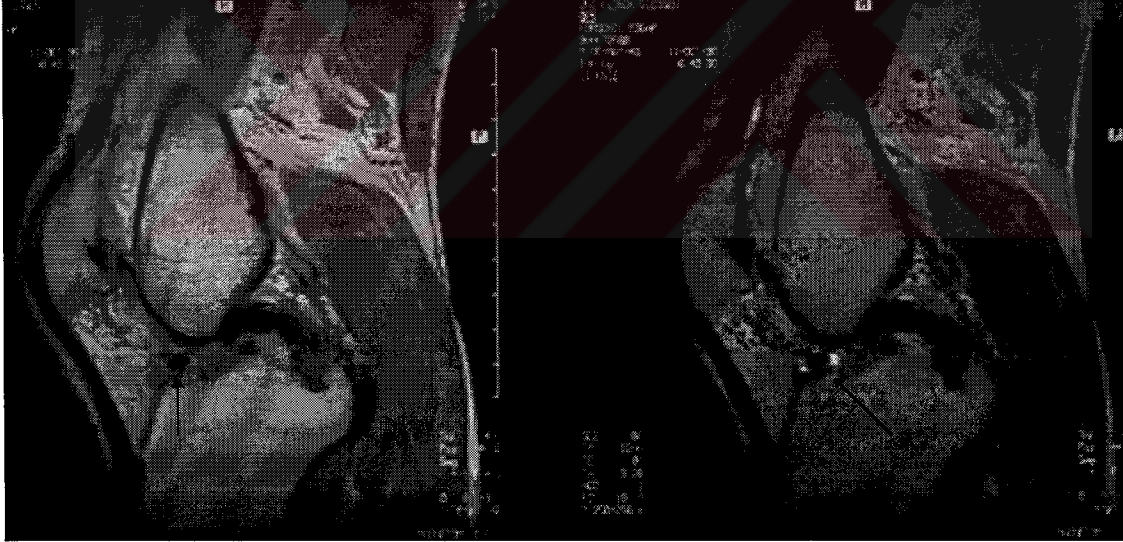


A



B

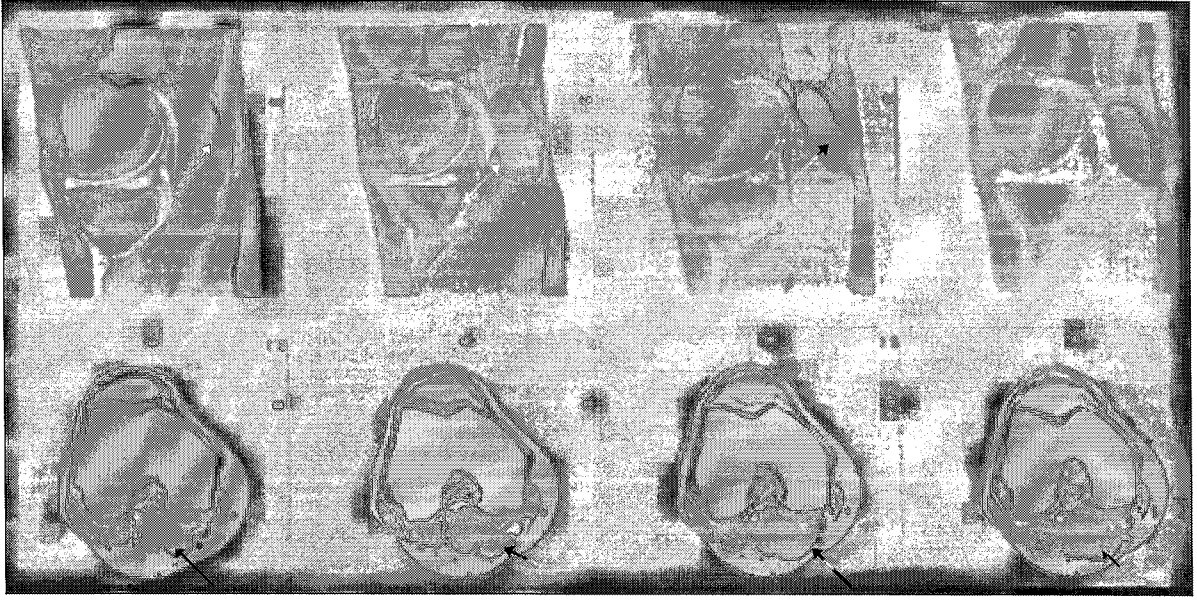
Resim. 24. A,B. A) Proton ağırlıklı koronal kesit, normal lateral kollateral ligament, hipointens, sinyalsiz band şeklinde izlenmektedir. B) T-2 ağırlıklı koronal kesit, meniskofemoral ve menisko-tibial rüptür görüntümü (oklar), distal medial kollateral ligament rüptürü (ok başı) periligamentöz, perimeniskal hiperintens görüntüm izlenmektedir. Medial menisküs eklem dışına displace görüntümde izlenmektedir.



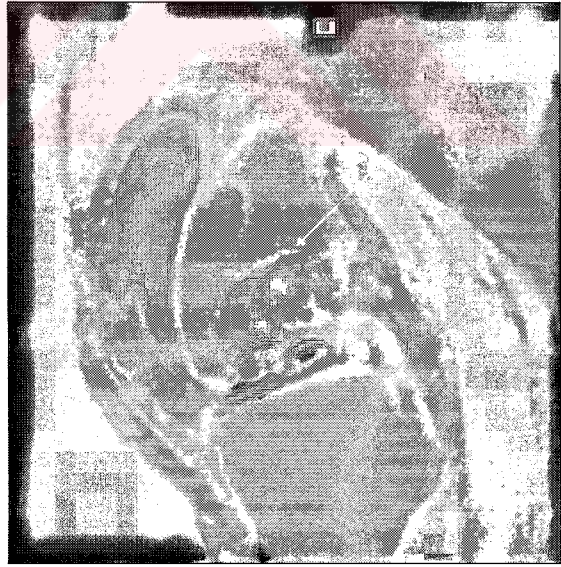
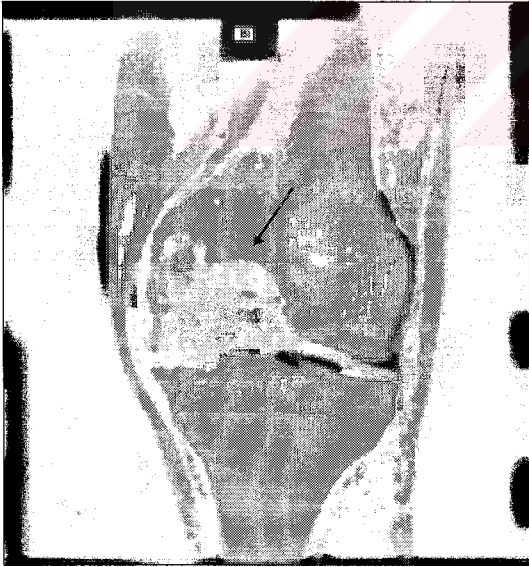
A

B

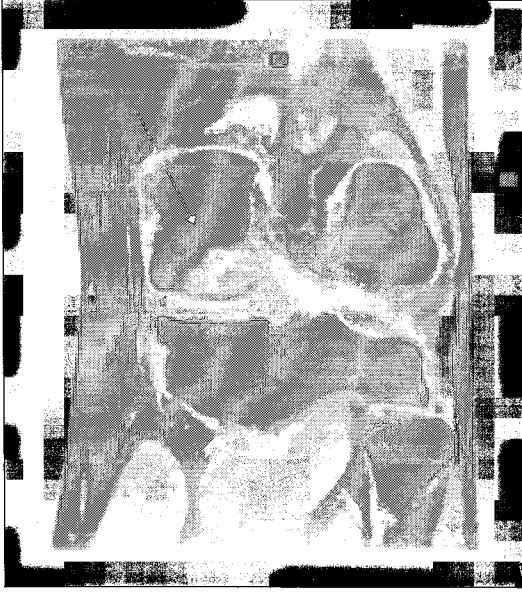
Resim. 25 . A,B. A) Proton ağırlıklı B) T-2 ağırlıklı sagittal MRI kesitleri, medial tibial platoda hipointens kontüzyon ödeme ve ileri derecede eklem kıkırdağı dejenerasyonuna ait düzensiz alanlar izlenmektedir ,ayrıca hoffa alanı ventralinde sinovial sıvı ile çeçrelenmiş serbest fragman (loose-body) görüntümü izlenmektedir (oklar), minimal retropatellar eklem kıkırdağı dejenerasyonu ve sinovial hipertrofi izlenmektedir.



Resim. 26. Popliteal kist (Baker kisti) ; üstte sagittal planda alınan kesitler sırasıyla 1,2 proton ağırlıklı, hafif hiperintens sinyal veren popliteal fossada oval, hafif lobüle konturlu görünüm, üstte 3,4 T-2 ağırlıklı ileri derecede hiperintens olarak izlenmektedir (oklar) , altta T-1 ağırlıklı aksiyal kesitlerde gastrokinemius kası arkasında düzgün yuvarlak , hipointens lezyon şeklinde görülmektedir.



Resim. 27. A,B. Medial femür kondilinde destrüktif kistik dejenerasyon. A) T-1 ağırlıklı koronal kesit, hipointens ,irregüler konturlu , medial tibia platosuna kadar uzanan eklem kıkırdağında destrükte eden destrüktif kistik dejenerasyon (oklar) , B) T-2 ağırlıklı sagittal kesit, aynı lezyon hiperintens izlenmekte, ayrıca suprapatellar ve eklem aralığında efüzyon , hoffa alanında ve eklem çevresinde yumuşak doku ödemi izlenmektedir.

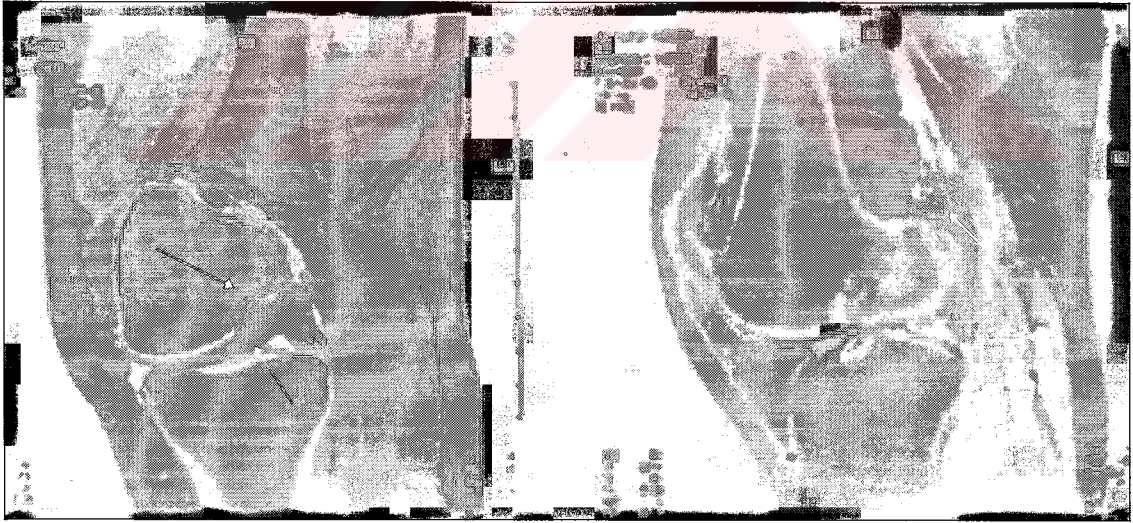


A



B

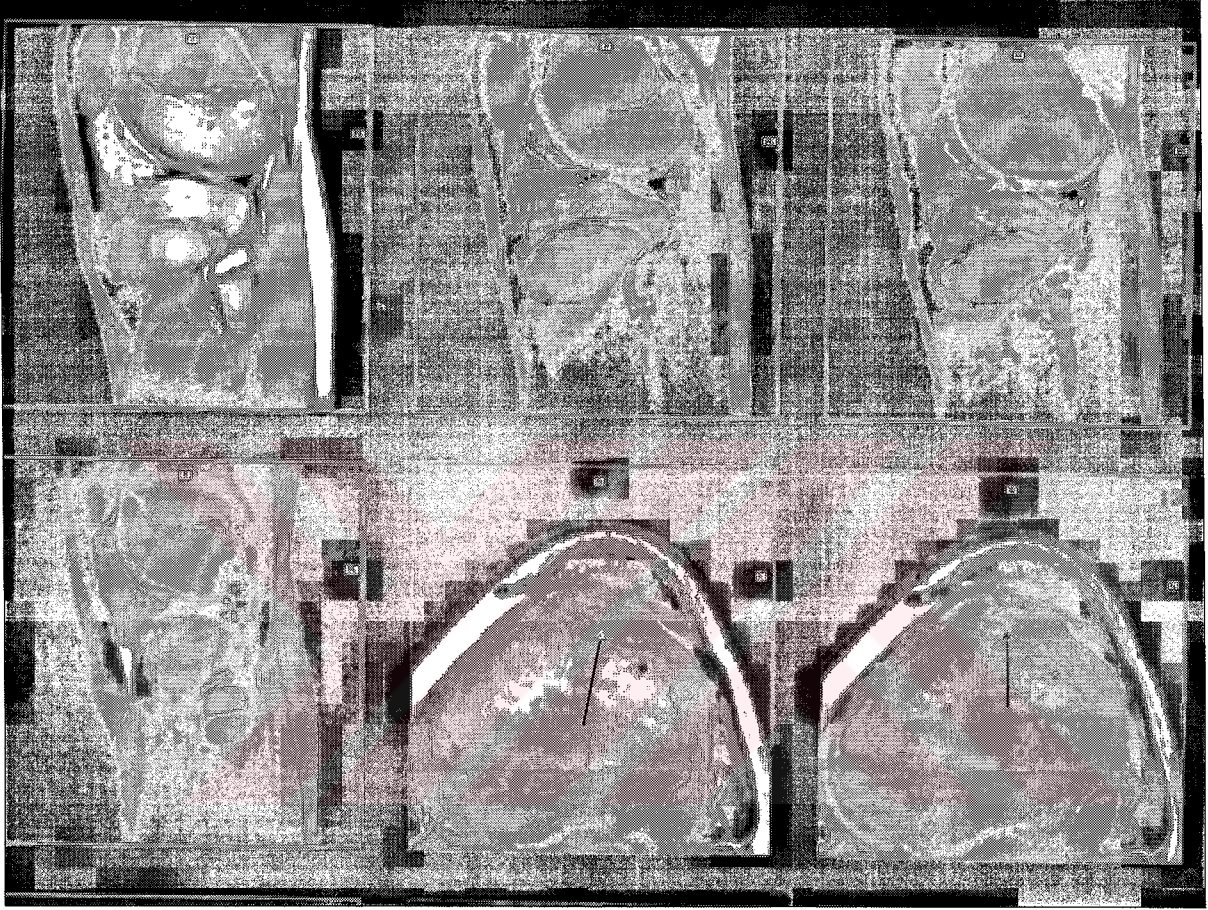
Resim : 28 . A,B. A) Osteokondritis disekans Grade 2. A) T-1 ağırlıklı koronal kesit, medial femur kondil postero medialinde subkondral hipointens düzensiz konturlu çökmüş kemik, eklem kıkırdağı düzensiz ve incelmış olarak bütünlüğünü korumakta (ok), B) T-2 ağırlıklı sagittal kesit, çökmüş kemik fragmanı etrafında ,perimeniskal ve periartiküler eflüzyon izlenmektedir (oklar).



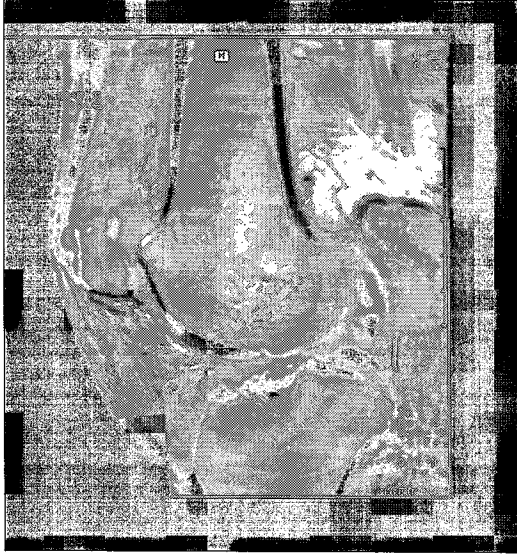
A

B

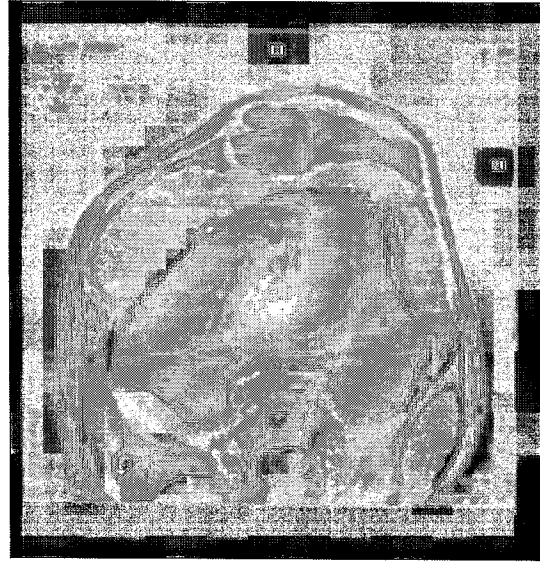
Resim : 29. A,B. Osteokondritis disekans Grade 4. A) Proton ağırlıklı sagittal kesit, medial femur kondil posteriorunda osteokondral defekt izlenmekte olup,eklem kıkırdağı ile birlikte ayrılmış olan osteokondral fragman yatağı tamamen sıvı ile doludur (oklar), B) T-2 ağırlıklı sagittal kesit, şüpheli fragman parçası medial kondil dorsalinde üst boşlukta etrafı minimal hiperintens sıvı ile çevrili olarak izlenmektedir (ok), minimal retropatellar, intraartiküler sıvı.



Resim : 30 . Osgood- schlatter; üstekiler ve alttaki ilk resim T-1 ağırlıklı sagittal kesitler, tüberositas tibiada patellar tendonun bağlandığı bölge irregüler aşınmış ve tendon kalınlaşmıştır, üçgen şeklinde minimal efüzyon, tüberositas tibia ve çevrede hiperintens ödem izlenmektedir, Hoffa yağ alanı infiltridir. Altta T-1 ağırlıklı aksiyal kesitler; tüberositas tibia hipointens izlenmektedir.

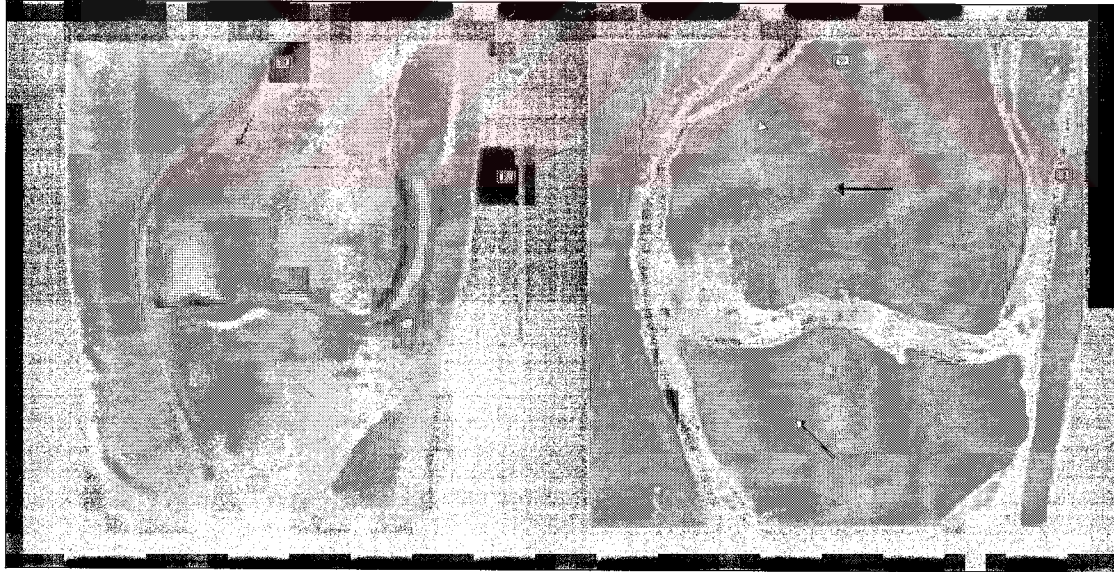


A



B

Resim : 31. Patella subluksasyonu ve ileri derecede artroz ; retinaküler ligamentlerde düzensizlik ve kalınlaşma,femoropatellar ve lateral femurkondilinde kıkırdak dejeneratif , incelmış,ayrıca osteofitik çıkıntılar izlenmektedir. T-1 ağırlıklı sagittal ve aksiyal kesitler.



A

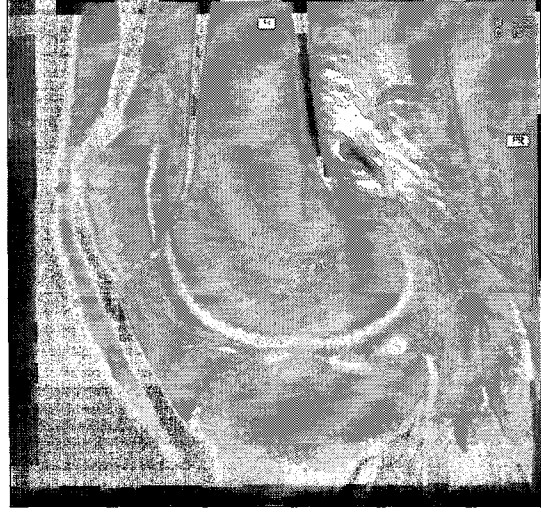
B

Resim. 32:Osteokondronekroz ; A) T1- ağırlıklı, yağ baskılanmış B) T-1 ağırlıklı koronal kesitler . Resim B'da medial femoral kondil ve lateral tibia platosunda hipointens kemik iliği ödemi (oklar) , Resim A'de aynı alanlar hiperintens izlenmekte , eklem kapsülünde ve intra artiküler efüzyon mevcuttur.



A

Resim.33. Gonartroz; lateral tibia plato ve lateral femur kondilde yaygın olmak üzere subkondral sklerotik hipointens alanlar, eklem kıkırdağı izlenmiyor. yaygın dejeneratif, osteofitik değişiklikler. T-1 ağırlıklı koronal kesit.

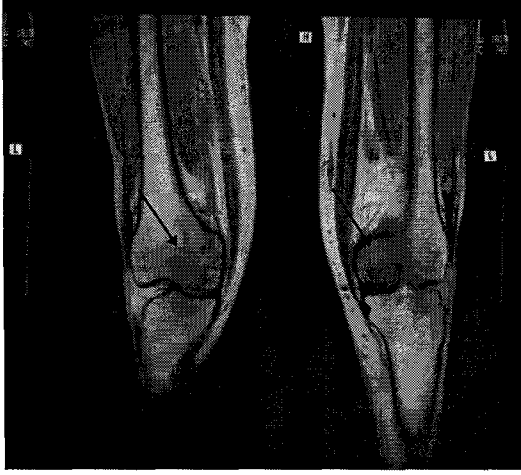


B

Resim. 34. Sinovitis; Periartiküler, Hoffa yağ alanında hafif hiperintens sinovial kalınlaşma, çevre yumuşak dokuda hiperintens ödem izlenmektedir. Proton ağırlıklı sagittal kesit.



Resim. 35. Parosseal Osteosarkom; T-1 ağırlıklı yağ supresyonlu ve kontrastlı sagittal kesit. Femur diafizinde ve femur metafizine uzanan çevre yumuşak dokuda lokalize hiperintens içerisinde hipointens litik alanlar bulunan kontrast tutan kitle lezyonu.



Resim. 36. Bölgesel Osteoporoz. T-1 ağırlıklı her iki diz koronal kesit görüntüsü, her iki medial femur kondilinde fokal hipointens alanlar şeklinde izlenmektedir (oklar)



Resim. 37. Gonartroz, Popliteal kist (kalın ok) Loose- body (ince ok) , Parsiyel ACL rüptürü, Tam PCL rüptürü, Proton ağırlıklı sagittal kesit.



A



B

Resim. 38. Enkondrom. A) Proton ağırlıklı koronal kesit, Distal femur metafizinde keskin sınırlı hipointens kitle B) T-2 ağırlıklı sagittal kesit görüntüsü, lezyon kenarında ve ortasında hiperintens alanlar bulunan keskin sınırlı inhomojen kitle olarak izlenmektedir.

TARTIŞMA

Diz ağrısını ve altta yatan patolojileri değerlendirmede fizik muayene ile birlikte bir çok tanısal prosedür kullanılmaktadır. Prosedürlerin çeşitli yetersizlikleri ve yan etkileri literatürde ve önceki konu başlıklarımızda belirtilmiştir.

Diz grafileri normal olan ve diz ağrısının klinik olarak açıklanamadığı durumlarda son 10 yıl içinde MRG ön plana çıktı. Artroskopi primer diagnostik yöntemi özelliğini kaybetti. Hatta MRG yöntemi intraosseöz mikrofraktür menşeyli postravmatik ağrı semptomatiğinin açıklanmasında ve lezyonun saptanmasında ön plana çıkmış oldu. Prensipte olarak direkt grafilerde saptanamayan, sintigrafik pozitif olan akut postravmatik ağrı nedeni olan bir lezyonu esas lokalizasyon, şekil ve sinyal açısından saptamada MRG yöntemi ilk sırada gelmektedir (83).

1985 yılında Reicher ve arkadaşlarının menisk patolojilerini saptamaya yönelik ilk MR yayınları diz değerlendirmesinde algoritmiyi değiştirerek ölçüde bir devrim başlatmıştır. Menisküs değerlendirmesi diz MR incelemesinin en sık endikasyonu haline gelmiştir (20). Günümüzde menisküs patolojilerinin araştırılmasında, hiç tartışmasız en geçerli görüntüleme yöntemi MRG incelemesi olmuştur. Artroskopinin "gold standart" olarak kabul edilmesine rağmen deneyimli ellerde yapılması gerektiği ve her iki menisküsün posterior boynuzlarının inferior yüzlerinin artroskopik olarak incelenmesi zor alanlar olduğu akılda tutulmalıdır (20). Diz MRG incelemelerinde meniskopati açısından çeşitli çalışmalarda %78 - %93 arasında doğruluk oranları verilmektedir (31,32,33,84). Mukoid dejenerasyon, menisküs içinde artiküler yüzeye ulaşmayan fibrokartilajinöz seperasyon ve komplet meniskal yırtığın benzer MR görüntülerini vermesi tanısal zorluk ortaya çıkartmaktadır.

Meniskal dejenerasyonun 2.dekaddan itibaren başladığı ve yaşla arttığı, dejenerasyondan yırtığa geçiş olduğu bildirilmektedir (27,28). Bu nedenle yaşlı hastalarda menisküs yırtığı tanısı koymakta güçlük çekilmektedir. Grade 3 sinyal değişikliği yırtık olsun olmasın dejenerasyonu gösterir (29). Bu görünümün en yerinde ifadesi diffüz dejenerasyon olup yüksek oranda yırtık olduğuna işaret ettiği şeklindedir. Bu çalışmamızda biz bu nedenle bütün Grade 3 sinyalleri yırtık olarak değerlendirdik.

Meniskler içindeki sinyal artışı T1 ağırlıklı spineko (SE) veya Gradienteko (GE) görüntülerde belirgin meniskal zedelenmeye işaret eder. Bununla birlikte gerçek menisküs yırtığı sinyal artışının yüksek derecede ve menisküs üst ve alt yüzeylerine ulaşmasıyla tanınır (84).

MRG ayrıca dejeneratif ve travmatik lezyonları'da ayırt etmekte olup medikal tedavi veya cerrahi girişime yol göstermektedir. Her menisküs lezyonu cerrahi girişim gerektirmez. Horizontal ve eğik seyreden yırtıklar sıklıkla medial menisküs arka boynuz alt yüzdedir ve pratik olarak dejeneratif kökenlidir ve daha ziyade tektir. Buna karşın vertikal yırtıklar ("Bucket-handle tear"), kural olarak medialde olur ve travmatik menşeylidir. Santral yırtık parçası fossa interkondilarise deplase olur. Periferik vertikal yırtıkların büyük olasılıkla dikilmesi gerekir. Yer değiştiren menisküs kısmı derhal cerrahi girişim gerektirmektedir. İşte bu açıdan MRG belirgin olarak meniskal yırtıkların menşeyini ve durumunu aydınlatıp cerrahiye ışık tutmaktadır (84).

Çalışmamızda (verifie olmuş + verifie olmamış olgular) toplam 144 olguda menisküs yırtığı saptandı. Saptanan yırtıkların 68'i (%47) sağ, 75'i (%53) sol dizdeydi. Medial meniskte saptadığımız yırtık sayısı (89, %62) lateral menisk yırtık sayısından (55, %38) daha fazladır. Medial menisk yırtıklarının lateralden daha fazla görüldüğü (3/1 oranında) klasik bilgiler ve bir çok literatürde bildirilmiştir (20,31,85,86). Bizim çalışmamızda ortaya çıkan oranlar'da literatürle uygunluk göstermektedir.

Medial menisküs longitudinal yırtıklarının'ın en sık görülen tip olduğu kabul edilmesine karşın, bazı yayınlarda lateral menisk posterior boynuzdaki horizontal yırtıkların daha sık görüldüğüne işaret edilmektedir (20,29). Bu yırtıklar 30 yaş ve üstü kişilerde daha sık görülmektedir. Çalışmamızdaki yaş ortalamasında 30.9 ve %48'i aktif olarak sporla uğraşmaktaydı. Saptadığımız tüm yırtıkların 105 tanesi %73'ü arka boynuz yerleşimli olup literatürle paralellik göstermektedir (20,31,84). Menisk yırtıklarının MRG bulguları ile artroskopi sonuçlarının kıyaslandığı serilerde doğruluk oranları %90-97 arasında değişmektedir (20,28,33,38). Sonuçlarımız literatürdeki bu sonuçlarla karşılaştırıldığında aynıdır. Çalışmamızda bu oran menisküs yırtıkları için %91 olarak bulunmuştur. Meniskal dejenerasyonun aşamaları olarak kabul edilen Grade 1 ve Grade 2 sinyal değişiklikleri medial menisklerde 57'si arka boynuz (%75), 19'u ön boynuz %25, lateral menisklerde 34'ü arka boynuz %50,

34'ü ön boynuz %50 oranlarında saptanmıştır. Bütün Grade 1-2 sinyallerin %62'si arka boynuz, %38'i ön boynuz lokalizasyonunda saptandı (20,23,38).

Grade 1 ve Grade 2 değişiklikler genelde asemptomatik olup özellikle Grade 2 dejenerasyon yırtık için predispozisyon teşkil etmektedir (20).

Osteoartrozda meniskal dejenerasyon çok yüksek oranda izlenmektedir. Meniskopati ile osteoartroz arasındaki sebep sonuç ilişkisini açıklamak güçtür. Yani osteoartroza sekonder mi menisküs dejenerasyona gider, yada dejenere menisküsler mi osteoartrite zemin hazırlar sorusu hala açık değildir. Fakat osteoartrit olsun olmasın yaşlı hastalarda meniskal dejenerasyon çok yaygın olarak izlendiği akılda tutulmalıdır (29).

Menisk operasyonları konusundaki yeni yaklaşımlar periferik 1/3'ü tutan yırtıkların özel bir grup olarak farklı değerlendirilmesini sağlamıştır. Bu yırtıklar iyileşmeye aday olup, vasküler dolaşım prognozu belirler. Bu yırtıkların MRG'de tanımlanabilmesi hastaları invaziv yöntemlerden korumaktadır (20,84,87). Zengin vasküler dolaşımı nedeniyle kırmızı bölge yırtıkları olarak adlandırılan periferik yırtıklar ve gerçek meniskopatiler seperasyonlar T1 ağırlıklı görüntülerde, bu bölgelere giren sıvının yüksek sinyal vermesiyle tanımlanabilmektedir. Eklem sıvısının T2 ağırlıklı görüntülerde yüksek sinyal vermesi, ondan kontrast madde gibi yararlandırılmasını sağlar. Bu özellik "artrogram efekt" adını alır (20,31). İncelemelerimizde bu etkiden meniskokapsüler seperasyonu değerlendirmede sıklıkla yararlandık. Medial menisk arka boynuzu ile tibial artiküler kartilaj arasındaki bütünlüğün 5 mm'den daha fazla ayrılması meniskokapsüler seperasyonun güçlü bir bulgusu olarak gösterilmektedir (20).

MRG ile yırtık tanısı Grade 3 sinyal alınmasına ilaveten meniskal morfolojinin yorumlanmasılıada konabilmektedir (20). Yırtık şüphesi uyandıran morfolojik değişiklikler menisk apeksinin künt görünümü, menisk parçasının eklem içine deplasmanı, arka boynuzun ön boynuzdan ufak olması olarak belirtilmektedir (20,86,88). MRG'de yırtık tipi ve sınırları yüksek doğruluk oranlarında saptanabilmektedir (20,84,87). Tedavi planlamasındaki yeri önemle vurgulandığında, artroskopinin artık bir tedavi silahı olarak değerlendirilmesi ve bu amaçla yapılması gerektiğine işaret edilmektedir (20,87).

Medial menisküs arka bynuzu MRG'nin en yüksek yanlış pozitif, artroskopinin ise yanlış negatif sonuç verdiği bölgedir (20,89,90). Yırtık kuşkusu uyandıran sinyalin,

eğri menisküs yüzeyi ile bağlı kapsül dokusu arasındaki parsiyel volüm etkisinden kaynaklanabileceği belirtilmektedir (90).

Yüzeye ulaşmaya yırtıklar (intrasubstans) artroskopi ve artrografide saptanamaz. Bu yırtıklar artrotomi ve artroskopide menisküslerin yoklanması, bütünlüğünün kaybının tanınması ve patolojik inceleme ile tanınabilir (20,90).

Çapraz bağlar (ACL, PCL) dizin stabilizatörüdürler, bu nedenle değerlendirilmesi özel bir anlam ifade etmektedir. Dizde en sık travmatize olan bağ anterior çapraz bağdır. Büyük travmalara sekonder gelişmekte, menisküs yırtıkları, efüzyon ve medial kollateral ligament yırtığı eşlik edebilmektedir (20). Ligamentin diffüz veya lokal devamsızlık göstermesine yumuşak doku ödemide eklenirse ACL yırtığı tanısı konulabilmektedir. ACL rüptürleri %90'ının üzerinde bir doğrulukla (inraligamentar, femoral ve tibial insersiyon bölgesindeki rüptürler) MRG'de saptanabilir (87).

Yırtılmış ligament yumuşak doku kitlesi görünümünde karşımıza çıkabilir (20,23). Ligamentin hiçbir kesitte izlenmemesi de ön planda yırtığı düşündürmekle birlikte; sinovitis, skar formasyonu, bifurkate ACL, intraartiküler serbest fragman mevcudiyeti ve yırtık olmaksızın ACL dejenerasyonunda da tüm trasesi boyunca izlenmeyebilir (46). Kronik vakalarda ise yumuşak doku ödemi olmaz, kalıntı fragmanlar skarlaşmış fibrotik doku halinde izlenebilir.

Parsiyel ACL rüptürleri intakt lifler vede artmış intra ve periligamentler ödem nedeniyle zor teşhis edilir ve bunlar cerrahi girişim gerektirmezler. Dizin belirgin instabilitesi ile birlikte giden posterior çapraz bağ (PCL) yırtığı, ACL yırtığına göre daha az izlenir ve büyük travmalara sekonder gelişir. Posterior çapraz bağ MRG'de dizde en kolay saptanan yapıdır (43). Sıklıkla birden fazla kesitte izlenir. Ligament devamlılığında bozulma, genişleme, artmış sinyal odağı ve normal posterior konveksitede bozulma MRG'de yırtık bulguları olarak değerlendirilir (20,43,47).

Çalışmamızda MRG'de diz patolojisi saptanan 374 olgudan 118'inde %28 ön çapraz bağ (ACL) parsiyel veya komplet rüptürü saptandı, bu oran 144 tane menisküs yırtığından sonra 2.sırada ACL yırtığının yer aldığına işaret etmektedir. 63 (%53) olguda ön çapraz bağ yırtığına menisküs yırtığının eşlik ettiği gözlemlendi. Literatürde benzer bulgular mevcuttur (20,33). Ön çapraz bağ lezyonu tanısında klinik testlerin (anterior drawer ve lahman) doğruluk değerleri sırasıyla %75-89, diğer bir çalışmada %78-95 olarak bildirilmiştir (91). Normal sinyal odağı arka çapraz bağın

bükülmesi, femur yapışma yerinde kitle (hemoraji+yırtık ligament) izlenmesi, kronik vakalarda ligamanın görülmesi MRG bulguları olarak sıralanmıştır (20,33). Çalışmamızda bu bulguların hepsiyle karşılaştık.

Çalışmamızda artroskopi karşılaştırmalı olarak değerlendirmeye aldığımız parsiyel ve komplet ön çapraz bağ (ACL) rüptürü saptanan 40 hastadan 37'sinde (%92.5) artroskopi ile aynı sonucu aldık. Mink ve arkadaşlarının bir çalışmasında T1 ağırlıklı görüntülerde sensitivite %85 iken T2 ağırlıklı görüntülerde %100'e ulaşmıştır. Bu da göstermektedirki T2 ağırlıklı seriler ligament patolojilerini saptamada değerlidir (33). Yine diğer çalışmalarda bu yüksek oranlara ulaşıldığı bildirilmiştir (92,93). Çalışmamızda %92.5 oranındaki doğruluk değeri literatürle uyum göstermektedir. Çalışmamızda 35 (%8.5) olguda arka çapraz bağ (PCL) parsiyel yada total rüptürüyle uyumlu MR görüntüleri saptadık.

PCL yırtığı dizin ligamentöz zedelenmeleri içinde %3.4-20 oranları arasında değişen sıklıkla izlenir. Genelde menisküs, kollateral ligament ve ACL yırtıkları ile birlikte (23,49). Bizim MRG'de saptadığımız değerler literatürle uyumluydu.

12 olguda PCL yırtığına menisk yırtığı eşlik etmekteydi. Bu olgulardan 10 tanesinde ayrıca artroskopide uygulanmıştı. Bunlardan ancak 4 tanesi artroskopik olarak doğrulandı. Artroskopik olarak teyid edilmeyen 6 olgudan 4'ü parsiyel 2'si tam rüptür olarak MRG'de saptanmıştı. Karşılaştırılan olgu sayısı az olduğu için bu sonuç tarafımızdan anlamlı olarak değerlendirilmedi. Ancak MRG, PCL yırtığı için şu an en geçerli diagnostik yöntemidir. %95 hastada tüm PCL en azından tek bir kesitte izlenir (20). PCL intraartiküler ve ekstrasinovial olduğu için yapılan rutin artroskopilerde ve PCL için uygun olmayan insizyonla açılan artrotomilerde PCL yırtığının gözden kaçabileceğine işaret edilmiştir (49). Bu nedenle MRG'nin, yani sonuçlarımızın daha doğru olduğu kanaatindeyiz.

Çalışmamızda 24 olguda (tüm olguların %6'sı) iç yan bağ "medial kollateral ligament" parsiyel-total rüptürü saptandı. 15'ine (%62) meniskal yırtıklar, 16'sına %66 ön ve arka çapraz bağ (ACL, PCL) eşlik etmekteydi. 5 olguda %1,2 dış yan bağ "Lateral kollateral ligament" parsiyel-total rüptürü saptandı. Yine bunların da 4'üne menisk, 3'üne ACL,PCL yırtığı eşlik etmekteydi. Medial ve lateral kollateral ligament yırtıkları nadirdir ve sıklıkla beraberinde ACL ve menisküs yırtıkları eşlik eder (42). Bizim çalışmamızdaki sonuçlarda bunu teyid etmektedir. Ligamenti hiçbir kesitte izleyemememiz ve lokalizasyonunda genişlemiş yumuşak doku görünümü

mevcudiyeti ile tanı konulmuştur. Çevre dokularda belirgin sıvı saptanması olayın kronikliğine işaret eder. İleri derecede intraartiküler efüzyon olan olgularımızda kollateral ligamentlerin efüzyon tarafından bombeleştirildiği saptanmıştır. Ligamentin düşük sinyal özelliğini koruması ve devamlılığında kesinti olmaması, normal değerlendirme kriteridir.

Yine çalışmamızda büyük bir grupta (59 olguda %14.2) osteokondritis diskans lezyonu izlendi. 46'sı, %78 medial femur kondilinde, 13'ü, %22 lateral femur kondilinde bulunuyordu (20,69,94). Osteokondritis diskans genelde erkeklerde çocukluk çağı ve genç erişkin dönemde tek taraflı diz ağrısı göstermekte olup %50 oranında travma anamnezi mevcuttur. Fragmente artiküler kırıkdağın ve komşu subkondral kemiğin parsiyel yada komplet ayrılmasıdır (20,69,94). En sık medial femoral kondilin lateral yüzünde izlenir ve sıklıkla Grade II, IV lezyonlar şeklinde görülür (94). Bizim çalışmamızda da ortaya çıkan sonuçlar paralellik göstermiştir. MRG, osteokondritis diskans lezyonlarında subkondral kemikler ve hyalin eklem kartilajı lezyonlarında özellikle kontrast madde (Gd-DTPA) uygulaması ve özel uygulanan tekniklerle doğruluk oranı en yüksek olan tek görüntüleme yöntemidir (20,94).

64 olguda saptanan osteoartroz bulguları ağırlıklı olarak yaşlılarda görülmüştür. Bütün olguların %15.4'ünü oluşturmaktadır. Diz osteoartrozunun radyolojik tanısında osteofit mevcudiyeti değerli bir bulgudur. Yapılan çalışmalarda tibiofemoral eklemden osteofitleri göstermede MRG ve BT, radyografiye göre daha duyarlıdır (95). Direkt grafilerde osteofitlerin kemik yapılarla süperpozisyonuna bağlı lokalizasyonunu saptamada yetersiz kaldığı bilinmektedir. Subkondral skleroz görünümü radyografilerde ve CT'de artmış dansite şeklindedir. MRG'de ise bu alanlar bütün sekanslarda düşük sinyalde izlenir. Subkondral kemikte hipointens izlendiğinden komşuluğundaki skleroz alanların tanısı MRG'de net olamamaktadır. Bu nedenle erken dönem subkondral skleroz tanısında MRG, CT ve direkt radyografiye nazaran daha az duyarlıdır. Ancak eklem yüzeyinden daha aşağı uzanan subkondral sklerozda yüksek kemik iliği sinyali silindiği için MRG'nin tanısal değeri artmaktadır. Patellofemoral kompartmanda ise subkondral sklerozu göstermede direkt grafi ve CT'nin tanısal değeri düşüktür. Eklem aralığına uzanan hipertrofik değişiklikler ve patella femur süperpozisyonu bu bölgenin radyografik değerlendirilmesini güçleştirmektedir (95). Subkondral kistler MRG'de T2 ağırlıklı

gradient eko sekanslarda düşük sinyalli kemik iliği içinde yüksek sinyalli alanlar şeklinde izlenmektedir. Çalışmamızda Gonartroz'la uyumlu eklem kıkırdağında incelme, düzensizlik, eklem aralığında daralma, osteofitozis, eminensla interkondilarislerde sivrileşme, subkondral kistler ve skleroz oluşumu, korteks düzensizliği şeklinde bütün bulgular MRG yöntemi ile belirlenmiş olup, ayrıca ayrıntılı olarak burada değerlendirme kapsamına alınmamıştır.

Çalışmamızda 25 olguda, %6 kondromalazi patella ile uyumlu MRG görüntüleri izlenmiştir. Patoloji, patellar kartilajdaki dejenerasyondur. Adolosan ve genç erişkinlerde en sık diz ağrısı nedenidir. Osteoartritin bir komponenti olarak yaşlı hastalardada benzer görünüm izlenebilmektedir (20,43). Patellar artiküler kıkırdak en iyi transvers MR görüntülerinde değerlendirilebilmekte olup MR tanı kriterleri artiküler kıkırdaktaki fokal sinyal ve kontur bozukluğudur. Özellikle T2 ağırlıklı görüntülerde daha iyi saptanmaktadır (51). Daha öncede bahsedildiği gibi artiküler kıkırdak değişikliklerini saptamada en duyarlı yöntem intraartiküler Gadolinium enjeksiyonu sonrası elde edilen T1 ağırlıklı MR görüntüleridir (52,53).

Klinik olarak diz ağrısı ve eklem klittenmesi olarak ortaya çıkan ve meniskopati ile karışabilen patellar subluksasyon, artiküler kıkırdak dejenerasyonuna yol açar (43).

Çalışmamızda 14 olguda patella luksasyonu ve subluksasyonu, 1 olgudada patellar displazi izlendi. 4 olguda Osgood-Schlatter ile uyumlu MR görüntüleri saptandı. Osgood-Schlatter, tibial tüberkül anteriorunde yumuşak doku şişmesi, patellar tendon düzensizliği, kalınlaşması ve tibial tüberkülde parçalanma ve düzensizlikle görülen bir hastalıktır. MRG'de distal patellar tendonun yapısal ve sinyal değişiklikleri vede birlikte tibial tüberkül bölgesinde değişiklikler ile tanınır (20,96). Patellar kartilaj ve retiküler bağlar, aksiyel planda, Quadriceps kası ve tendonu, sagittal ve aksiyel planda; patellar tendon ise koronal, sagittal ve aksiyel planda değerlendirilmelidir (43). Normalde Quadriceps ve patellar tendonlar bütün sekanslarda çevre dokulardan kesin sınırla ayrılan homojen düşük sinyalde izlenir (20).

Çalışmamızda 14 olguda infrapatellar yağ alanında daha fazla olmak üzere sinovial hipertrofik plika izlenmiştir. Genel bilgiler kısmında özetlendiği gibi sinovium irritasyona bağlı olarak her türlü patolojiye hipertrofi şeklinde reaksiyon göstermektedir (42).

Popliteal kistler T1 ağırlıklı görüntülerde hipointens, T2 ağırlıklı görüntülerde hiperintens izlenirler. Eğer kanama mevcutsa seviyelenme ve heterojen sinyal içerirler (20). MRG'de çok kolay tanınırlar. Çalışmamızda 5 hastada popliteal kist (Baker kisti) saptanmıştır.

Hyalin eklem kıkırdağının değerlendirilmesinde MRG'de pekçok yeni ilave teknikler geliştirilmesine rağmen, MRG ilk bakışta artroskopiye nazaran yetersiz görünmesine rağmen bu durum sadece erken ve minimal kıkırdak lezyonları için geçerlidir (97). Çalışmamızda 48 olguda %11.5 retropatellar ve femorotibial ağırlıklı olmak üzere eklem kıkırdağı defekti ile uyumlu MR görüntüleri izlenmiştir.

MRG, diğer görüntüleme yöntemlerine oranla kemik iliğinin çok daha detaylı incelenmesine imkan sağlamıştır. Dolayısıyla kemik iliğini direkt ilgilendiren patolojik proseslerde, örneğin; tümör, infeksiyon, ödem, osteonekroz ve sessiz kırıklarda MRG'nin tanısal önemi artmıştır (64).

Kemik iliğinin MR görüntüsü seçilen puls sekansına bağlıdır. Spin eko (SE) tekniği en sık kullanılan yöntemdir. Kemik iliği yağ hücreleri ağırlıklı olduğu için T1 ağırlıklı görüntülerde hiperintens izlenir. Tümör, infeksiyon gibi patolojilerde kemik iliğinin su içeriği arttığı için T1 ağırlıklı görüntülerde hipointens görünüm alır. Bu durum hiperintens normal ilik ile hipointens patolojik proses arasında belirgin kontrast oluşmasına neden olur. STIR'de ise kemik iliği SE'ya göre tam ters sinyal özelliğindedir. STIR yönteminde yağ sinyali baskılanır ve ilik hipointens görülür. Bu defa iliği invaze eden patoloji yüksek sinyal verir ve normal doku ayırımı ise yine belirgin olarak yapılır (23).

Bulgular kısmında sayısal değerlerle özetlemeye çalıştığımız diğer birçok diz eklemi patolojisi yine gereç ve yöntem başlığı altında sıraladığımız birçok puls sekanslarını içeren MRG teknikleriyle detaylı bir şekilde incelenmiş ve yüksek oranlarda doğruluk saptanmıştır.

Çalışmamızda saptadığımız sonuçlar bir seri olguda özellikle major patolojiler açısından artroskopi sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve literatürlerde belirtilen oranlar paralel oranlarda doğruluk yüzdelerine ulaşmıştır.

SONUÇLAR

Diz ağrısı ve diğer semptomları değerlendirmede fizik muayene ile birlikte birçok tanısal prosedür uygulanmaktadır. Günümüzde diz direkt grafileri normal olan ve diz ağrısının klinik olarak açıklanamadığı durumlarda son 10 yıl içinde MRG yöntemi ön plana çıkmış oldu. Artroskopi primer diagnostik yöntemi "**Gold-standart**" olma özelliğini artık yavaş yavaş kaybetmekte, invaziv bir yöntem olması, deneyimli ellerde yapılması gerektiği nedeniyle sadece diagnostik değil tedavi etme maksadı da taşırsa ön plana çıkabileceği artık günümüzde tartışılmaktadır. Genel bilgiler ve tartışma bölümünde bahsettiğimiz gibi artroskopi intrasubstans menisküs yırtıklarını, posterior çapraz bağ yırtıklarını saptamada yetersizdir. Buna karşın MRG başta menisk ve çapraz bağlar olmak üzere birçok diz eklemi patolojilerini saptamada yüksek doğruluk oranına sahiptir.

MRG yöntemi özellikle intraosseöz mikrofraktürlerden kaynaklanan ve diğer hiçbir yöntemle kolayca aydınlatılamayan posttravmatik ağrı semptomatiğinin anlaşılması ve tesbitinde ilk sırayı almaktadır. Kemiksel ve meniskal yapılara ait lezyonlarda olduğu gibi semptomların üst üste eklendiği hatta aynı semptomları verebildiği durumlarda MRG yöntemi lezyonları saptama ve ayırımında üstündür ve hatta lezyonların konservatif tedavisine yol gösterir ve artroskopi gibi her durumda gerekli olmayan bir girişimsel yönteminde önüne geçilmiş olur.

Prensip olarak direkt grafilerde gizli kalan, sintigrafik pozitif olan bir patolojiyi MRG yöntemi esas lokalizasyonu, sinyal durumu ve şekli açısından üstün bir şekilde aydınlatır.

MRG akut olgularda ve çocuklarda diz değerlendirmesinde hasta ve doktor tarafından ulaşılabilir olduğu takdirde maniplasyon gerektirmemesi, invaziv olmaması yüksek doğruluk oranı ve eklem bir çok yapısının değerlendirilebilmesi açısından güvenilir, risksiz, seçkin bir görüntüleme yöntemi olarak bütün görüntüleme yöntemleri arasında ilk sırada yerini almıştır.

ÖZET

Diz patolojilerinin değerlendirilmesinde fizik muayene ve iki yönlü direkt diz grafileri rutin kullanılmakta olan standart yöntemler olarak geçerliliklerini korumakla birlikte, açıklanamayan ve ileri tetkik gerektiren patolojilerde invaziv olmayan, tanı değeri yüksek görüntüleme yöntemlerinin rolü ön plana çıkmıştır.

Klinik uygulamalarda ve görüntüleme yöntemleri arasında 15 yıllık bir geçmişi olan MRG yöntemi, 1985 yılından beri diz görüntülemesinde başarıyla kullanılmaktadır. Dize yönelik MRG incelemelerinin en sık endikasyonu menisk ve ligament patolojileridir.

Her hastaya uygulanabilmesi, incelemenin gerekli görülen bütün planlarda "Multiplanar" yapılabilmesi,, ionizan radyasyon içermemesi, tanısal kullanımda bir yan etkisinin bulunmaması, dize ait bütün yapıları ayrıntılı bir şekilde değerlendirebilmesi MRG yönteminin önde gelen özellikleridir. İntrasubstans menisküs ve bazı ligament rüptürleri, mikrofraktürler gibi diğer tanı yöntemleriyle saptanamayan bazı diz eklemi patolojilerini ortaya çıkarması MRG yönteminin üstünlüğünü tartışmasız kılmaktadır.

Çalışmamızda Aralık 1994 - Mayıs 1996 tarihleri arasında Giessen Justus-Liebig Üniversitesi Tıp Fakültesi (Almanya) Radyodiagnostik Anabilim Dalı'nda Üniversite Ortopedi, Kaza Cerrahisi polikliniğinde ve Üniversite dışından ortopedistler veya spor hekimleri tarafından muayeneden geçirilen ve ileri tetkik için MRG istemiyle Üniversite Radyoloji kliniğine gönderilen 403 hastada, 416 diz bütün diz patolojileri açısından MRG yöntemiyle, birçok puls sekanslarını kapsayan tekniklerle geniş bir spektrumda incelendi. İlk olarak en sık görülen diz patolojileri olması nedeniyle menisküs patolojileri incelendi. Meniskler intrameniskal sinyalin karakteri ve artiküler yüzeye uzanımına göre, Grade 1-3 arasında sınıflandırmaya uyan patolojilere göre değerlendirildi. Grade 1-2 sinyal dejeneratif değişikliklerin aşamaları, Grade 3 sinyal yırtık olarak yorumlandı.

Yine 2.sıklıkla karşımıza çıkan diz eklemi patolojilerinden çapraz bağlar (ACL,PCL), dizin yan bağları "kollateral ligamentler" komplet ve parsiyel rüptürleri açısından MRG kriterlerine göre değerlendirildi.

Diğer dize ait bir patoloji ve öncelikle medial femur kondilinde olmak üzere her iki femur kondilinde osteokondral bir lezyon olan osteokondritis disekans lezyonları Grade 1-4 arasında karşı geldikleri patolojilere göre değerlendirildi.

Diz patolojileri içerisinde büyük grubu oluşturan bu patolojiler dışında osteoartroz, kondromalazi patella, Osgood-Schlatter, popliteal kistler ve pekçok travmatik kemik ve kıkırdak patolojileri, dejeneratif, iltihabi ve tümöral, diz kapsamına giren birçok patoloji MRG yöntemiyle incelenip değerlendirildi.

75 olguda MRG incelemesi sonrası çeşitli zamanlarda diagnostik ve terapötik amaçlı artroskopi uygulandı. Artroskopi sonuçları yukarıda belirttiğimiz major diz patolojileri açısından MRG sonuçlarıyla karşılaştırıldı. Bu patolojilerde MRG'nin doğruluk değeri çeşitli literatürlerde belirtilen değerlere uygun yüzdelerde saptandı.

Değerlendirilen diğer diz patolojileri konusunda istatistiksel bir sonuca varmadan, bulgular ayrı ayrı değerlendirilip literatür bilgileri ile karşılaştırıldı.

Sonuç olarak, MRG yöntemi diz patolojileri açısından non-invaziv olması, lezyonun "multiplanar" istenilen planda, yüksek kontrast rezolüsyonunda ve anatomik olarak ayrıntılı bir şekilde değerlendirebilme şansı vermesi ve yüksek doğruluk değerlerine ulaşması bakımından ulaşılabildiği takdirde en uygun görüntüleme yöntemi olarak tercih edilmesi gerektiği kanısındayız.

KAYNAKLAR

1. Stark D. David Magnetic Resonance Imaging by Mosby-Year Book Company. 1994: 2355-2423.
2. Bushong C. Stewart: Radiologic Science for Technologiss. 1984 by the C.V. Mosby Company.
3. Cristopher R.B. Merritt: Magnetic Resonance Imaging. A Clinical Perspective: Image Quality, Safety and Risk Management: Radiographic Vol 7 No 5; 1992.
4. Seeger L-Leanne M.D. Physical Principles of MRI. Clinical Orthopedics and Related Research. July 1989 p:7-16.
5. Huk, G.Godemann, G.Friedmann: Magnetic Resonance Imaging Central Nervous System Disease, physical principles and techniques of MRI imaging. Springer, Verlag Berlin Heidelberg, 1990.
6. Stephan Balter, Ph.D; An Introduction to the Physics of Magnetic Resonance Imaging, Radiographics Vol 7 (2) March 1987, pp 371-384.
7. Lee Howard SeungHo, Cranial Computed Tomograph and MRI 1987 by the Mc Graw-Hill Book Company.
8. Sanjay Saini, Richard B. Frankel, David D Stark, and Joseph T. Ferrucci. Magnetism: A Primer and Review, AJR 150:735-743 April 1988.
9. H.Bariş Diren: Manyetik Rezonans Görüntüleme: Temel İlkeler 2.baskı; Sevgi Basım-Yayın, 1994.
- 10.Friedman Borry R. Ph.D. Principles of MRI 1989 by Mc Graw-Hill Book Comp. Singapore.
- 11.Orhan Konez; Magnetik Rezonans Görüntüleme Temel bilgiler 1995.
- 12.Understanding MR, GE Medical Systems, 46-015607 Rev. 0 (1/92)
- 13.William Pavlicek, MR Instrumentation and Image Formation, Vol 7 (4) July 1987 (pp 809-815).
- 14.Textbook (Summer coverse on basis MR physics, University of Washington, 1993) seattle, 1993.
- 15.Ralph Blumhardt, Donald W. Chakeres, Melinda Vasila, and Petra Schmalbrock; Biologic Effects and Safety Issves of Magnetic Resonance; Fundamentals of Magnetic Resonance Imaging, Williams and Wilkins, 1992.

16. Barış Diren, Manyetik Rezonans Görüntüleme; Kranium 1, MRG tetkikine hastanın hazırlanması, sayfa 5-7 sevgi basım-yayın 1994.
17. Advance for administrators in Radiology, Merion Publication, Inc. Editor; Richard B. Lanute, May-July 1993.
18. Bradley WG, Newton TH, Crooks LE: Physical principles of nuclear magnetic resonance, in Newton TH, Potts DG (eds): Modern Neuroradiology Volume 2: Advanced Imaging Techniques. San Anselmo, Calif, Clavadel Pres, 1983, pp 15-61.
19. George S. Bisset, William S. Ball: Seminars in Ultrasound, CT and MRI; Preparation, Sedational Monitoring of the Ped. Patients in the Magnetic Resonance suite: 376-378; 1991; (1-467).
20. Mink HJ, Reicher MA, Crues JV, Andrew L.D. Magnetic Resonance Imaging of the knee. New York, Raven Press, 1993.
21. Harley JD: An anatomic arthrographic study of the relationships of the lateral meniscus and popliteus tendon. AJR 1977, 128:181-187.
22. Day B, Mackenzie WG, Shim SS, Levny G. The Vascular and nerve supply of the human meniscus. Arthroscopy. 1985; 1:58-62.
23. Longer JE, Meyer SJF, Dalinka MK. Imaging of the knee. Radiologic Clinics of North America- Vol 28, No 5, September 1990: 975-990.
24. Levinsohn EM, Baker BE, Prearthrotomy diagnostic evaluation of the knee: review of 100 cases diagnosed by arthrography and arthroscopy. AJR 1980; 134:107-111.
25. Grenier R, du Tranblay P. Clinical judgement versus arthrography for diagnosing knee lesions. Can. J. Surg 1980; 23:186-188.
26. Teitz CC. Ultrasonography in the knee. Radiologic Clinics of North America - Vol 26, No 1, January 1988:55-62.
27. Stoller DW, Martin C, Crues JW, Kaplan L, Mink J, MR Imaging-pathologic correlation of meniscal tears. Radiology 1987;163:731-735.
28. Kornick J, Trefelner E, Mc Carthy S, et al. Meniscal abnormalities in the asymptomatic population at MR Imaging, Radiology 1990;177:463-465.
29. Hodler J, Hadhighi P, Pathria MN, et al. Meniscal Changes in the elderly: Correlation of MR imaging and histologic findings. Radiology 1987; 159:221-225.

30. Glashow JL, Katz R, Schneider M, Scott WN. Diagnostic imaging of the knee. In Scott WN, eds. *Arthroscopy of the knee: diagnosis and treatment*. Philadelphia: W.B.Saunders Company, 1990:11-42.
31. Crues JV, Mink JH, Lotysch M, Stoller DW. Meniscal tears of the knee; accuracy of MR imaging. *Radiology* 1987;164:445-448.
32. Reicher MA, Hartzman S, Duckwiler GR, et al. Meniscal injuries: detection using MR imaging. *Radiology* 1986; 159:733-757.
33. Mink JH, Levy T, Crues JV. Tears of the anterior cruciate ligament and menisci of the knee: MR imaging evaluation. *Radiology* 1988; 167:769-774.
34. Lotysch M, Mink JH. Magnetic Resonance imaging in the detection of meniscal injuries. *Magn. Reson. Imag.* 1986; 167:769-774.
35. Singson RD, Feldman F, Staron R, Kiernan H. MR imaging of displaced bucket-handle tear of the medial meniscus. *AJR* 1991; 156:121-124.
36. Silverman JM, Mink JH, Deutsch AL. Diskoid menisci of the knee; MR Imaging appearance. *Radiology* 1989; 173:351-354.
37. Burk DL, Dalinka MK, Kanal E, et al. Meniscal and ganglion cysts of the knee: MR evaluation. *AJR* 1988; 150:331-336.
38. Crues JV, Ryu RKN. Knee. In: Stark DD, Bradley WG, eds. *Magnetic Resonance Imaging*, 3rd ed. St. Louis: Mosby Year Book, 1994:2355-2423.
39. Watanabe AT, Carrier BC, Teitelbaum GP, Seeger LL, Bradley WG. Normal variations in MR imaging of the knee: appearance and frequency. *AJR* 1989; 153:341-344.
40. Herman LJ, Beltran J. Pitfalls in MR imaging of the knee. *Radiology* 1988; 116:617-619.
41. Wicksrom KT, Spitzer RM, Olsson HE. Roentgen anatomy of the posterior horn of the lateral meniscus. *Radiology* 1975;116:617-619.
42. Stoller DW. The knee. In: Stoller DW, Genant HK, Helms CA, Goumas CG, eds. *Magnetic Resonance Imaging in orthopedics and rheumatology*. Philadelphia. J.B.Lippincott Company, 1989:97-214.
43. Deutsch AL, Mink JH, Articular disorders of the knee. *Top Magn. Reson. Imag.* 1989; 1(3): 43-46.
44. Kennth AB, Pennes RD. Anterior cruciate ligament: oblique sagittal MR imaging. *Radiology* 1990; 175:276-277.

45. Vahey TM, Broome DL, Kayes KJ, Shelbourne KD. Acute and chronic tears of the anterior cruciate ligament: differential features at MR imaging. *Radiology* 1991; 181:251-253.
46. Schweitzer ME, Cervilla V, Kursunoğlu-Brahme S, Resnick D. The PCL Line: an indirect sign of anterior cruciate ligament injury. *Clinical Imaging* 1992; 16:43-48.
47. Lee JK, Yao L, Phelps CT, et al. Anterior cruciate ligament tears: MR imaging compared with arthroscopy and clinical tests. *Radiology* 1988; 166:861-844.
48. Pavlov H, Freiberg RH. An easy method to demonstrate the cruciate ligaments by double contrast arthrography. *Radiology* 1978; 126:817-818.
49. Grover JS, Lawrence WB, Gross ML, et al. Posterior cruciate ligament: MR imaging. *Radiology* 1990; 174:527-530.
50. El-Khoury GY, Wira RL, Berbaum KS, et al. MR imaging of patellar tendinitis. *Radiology* 1992; 184:849-854.
51. McCauley TR, Kier R, Lynch KJ, Joki P. Chondromalacia patella diagnosis with MR imaging. *AJR* 1987; 148:1153-1157.
52. Gylys-Morin VM, Hajek PC, Sartoris DJ, Resnick D. Articular cartilage defects: detectability in cadaver knees with MR. *AJR* 1987; 148:1153-1157.
53. 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; 178:557-561.
54. Hodler J, Resnick D. Chondromalacia patella. *AJR* 1992; 178:106-107.
55. Yulish BS, Montanez J, Goodfellow DB, et al. Chondromalacia patella: assessment with MR imaging. *Radiology* 1987; 164:763-766.
56. König H, Sauter R, Deimling VM. Cartilage disorders: comparison of spin-echo, GRASS, and FLASH sequence MR images. *Radiology* 1987; 164:753-758.
57. Tyrrell RL, Gluckert K, Pathria M, Modic MT. Fast three-dimensional MR imaging of the knee: comparison with arthroscopy. *Radiology* 1988; 166:865-872.
58. Modl MJ, Sether LA, et al. Articular cartilage: correlation histologic zones with signal intensity at MR imaging. *Radiology* 1991; 181:853-855.
59. König H, Sieper J, Wolf KJ. Rheumatoid Arthritis: evaluation of hypervascular and fibrous pannus with dynamic MR imaging enhanced with Gd-DTPA. *Radiology* 1990; 176:473-477.

60. Björkengren AG, Gebarek P, Rydholm V, et al. MR imaging of the knee in acute Rheumatoid Arthritis: synovial uptake of Gadolinium-DTPA. *AJR* 1990; 155:329-332.
61. Adam G, Dammer M, Bahndorf K, et al. Rheumatoid Arthritis of the knee: value of Gadopentate dimeglumine enhanced MR imaging. *AJR* 1991; 156:125-129.
62. Kottal Ra, et al. Pigmented villonodular synovitis: report of MR imaging in two cases. *Radiology* 1987; 163:551-554.
63. Yulish BS, Lieberman JM, Strandgord SE, et al. Hemophilic arthropathy: assessment with MR imaging. *Radiology* 1987; 164:759-762.
64. Vagler JB, Murphey WA. Bone marrow imaging. *Radiology* 1988;168:679-693.
65. Lynch TCP, Crues JV, Morgan FW, et al. Bone abnormalities of the knee. *Radiology* 1989;171:761-766.
66. Mink JH, Deutsch AL. Occult cartilage and bone injuries of the knee: detection, classification and assessment with MR imaging. *Radiology* 1989;170:823-829.
67. Vellet AD, Marks PH, Powler PJ, Munro TG. Occult posttraumatic osteochondral lesions of the knee: prevalence, classification and short term sequelae evaluated with MR imaging. *Radiology* 1991;178:271-276.
68. Yao L, Lee KJ. Occult intraosseous fracture: detection with MR imaging. *Radiology* 1988;167:749-751.
69. Mesqarzadeh M, Sapega AA, Bonakdarpour A, et al. Osteochondritis dissecans; analysis of mechanical stability with radiography, scintigraphy and MR imaging. *Radiology* 1987;165:775-780.
70. De Smet AA, Fisher DR, Graf BK, Lange RH. Osteochondritis dissecans of the knee: value of MR imaging in determining lesions and presence of articular defects. *AJR* 1990;155:549-553.
71. Kurşunoğlu-Brahme S, Fox JM, Ferkel RD, et al. Osteonecrosis of the knee after arthroscopic surgery: diagnosis with MR imaging. *Radiology* 1991;178:851-853.
72. Björkengren AG, AlRowaih A, Lindstrand A, et al. Spontaneous osteonecrosis of the knee: value of MR imaging in determining prognosis. *AJR* 1990;154:331-336.
73. Mitchell DG, Rao VM, Dalinka MK, et al. Femoral head avascular necrosis: correlation of MR imaging, radiographic staging radionuclide imaging and clinical findings. *Radiology* 1987;162:709-713.

- 74.Hartzman S, Reicher MA, Bassett LW, et al. MR imaging of the knee, part 2. chronic disorders. *Radiology* 1987;162:553-557.
- 75.Munk PL, Helms CA. The knee. In: Higgins CB, Hricak H, Helms CA, eds. *Magnetic Resonance Imaging of the body*. New York: Raven Press, 1992:1097-1118.
- 76.Rosenberg ZS, Kawelblum M, Cheung Y, et al. Osgood-Schlatter lesions: fracture or tendinitis, scintigraphie, CT and MR imaging features. *Radiology* 1992;185:853-858.
- 77.Schweitzer ME, Folk A, et al. Knee effusion: normal distribution of fluid. *AJR* 1992;159:361-363.
- 78.Abrams HL. *Angiography; vascular and interventional radiology* 3th ed. Boston: Little Brown and Company, 1983:1857-1858.
- 79.Wesbey GE, Higgins CB, et al. Peripheral vascular disease: correlation of MR imaging and angiography. *Radiology* 1985;156:733-739.
- 80.Stimac GK, Parter BA, Olson DO, et al. Gadolinium DTPA enhanced MR imaging of spinal neoplasma: preliminary investigation and comparison with unenhanced spin-echo and STIR sequences. *AJR* 1988;151:1185-1192.
- 81.Tsai JC, Dalinka MK, Fallan DM, et al. Fluid-fluid level: a nonspecific finding in tumors of bone and soft tissue. *Radiology* 1990; 175:779-782.
- 82.Deutsch AI, Mink JH, et al. Incidental detection of hematopoietic hyperplasia on routine knee MR imaging. *AJR* 1989;152:333-336.
- 83.Cruess J.V: Meniscal tears: MR imaging and postoperative follow-up, in: Weissman,B. *Syllabus, Advanced imaging of joints: Theory and Practice*. RSNA 1993 (167-172).
- 84.Kornik J,E. Trefelner, S. Mc Carthy, R.Lange,K.Lynch,P.Joke: Meniscal abnormalities in the asymptomatic population at MR imaging. *Radiology* 177, 1990; 463-465.
- 85.Özateş M, Kapıkaya A, Necmioğlu S, Kemaneci A, Özkeçeci A, Karakaş F: Menisküs lezyonlarının gösterilmesinde Manyetik Rezonans Görüntüleme yönteminin yeri. *Dicle Tıp Dergisi* 1995; 22 (1/A): 97-103.
- 86.Dougbus H, Wnght Arthur A, De Smet Martha Norris: Bucket-Handle Tears of the medial and lateral menisci of the knee; Value of MR Imaging in Detecting Displaced Fragments. 1995, *AJR*, 165, (621-625).

- 87.K.Bohndorf, K.H.Kretschmer: MRI of the musculoskeletal system. Akt. Radiol. 6 1996, (136-143).
- 88.David A. Rubin, J. Bruce Kneeland, J. Listerud, Sharon J. Underberg-Davis, Murray K. Dalinka: MR diagnosis of meniscal tears of the knee. AJR, 1994, 162:1131-1135.
- 89.Arthur A. De Smet, Ben K. Graf: Meniscal tears missed on MR imaging. AJR, 1994; 162:905-911.
- 90.König H, Adressen R, Radmer S., Schandt, Wolf K-J: Conventional arthrography in Comparison with Magnetic Resonance Imaging and arthroscopy for the diagnosis of knee joint lesion-specific indications. Akt. Radiol. 5 1995, 97-100.
- 91.Wing P, Chan, Charles Peterfy, Russel C. Fritz, Harry K. Genant: MR diagnosis of complete tears of the ant. cruciate ligament of the knee: AJR, 1994; 162 (355-360).
- 92.Thomas R. Mc Cauley, M. Moses, R. Kier, J. Kevin Lynch, John W. Barton, Peter Joki. MR diagnosis of tears of ant. Cruciate ligament of the knee. AJR, 1994; 162 (115-119).
- 93.A.Dale Vellet et al. Donald H. Lee et al. Peter I. Munk et al. Anterior Cruciate ligament tear: Prospective evaluation of diagnosis Accuracy of middle and High field strength MRI imaging at 1,5 and 0,5 T. Radiology 1995, 197:826-830.
- 94.J.Kramer, A.Scheurecker, E.Mohr. Osteochondrosis dissecans MRG lasionen Radiology 1995; 35:109-116.
- 95.Chan WP, Lang P, Stevens MP, et al: Osteoarthritis of the knee: Comparison of radiography, CT, and MR imaging to assess extent and severity. AJR, 1991; 157:799-806.
- 96.Mink JH, Deutsch A. The knee: In: Mink J, Deutsch A eds. MRI of the musculoskeletal system: A teaching file. New York Raven Press, 1990.
- 97.Hayes, C.W: MR imaging of chondromalacia patella and cartilage in: Weissman, B. Syllabus: Advanced imaging of joints. RSNA 1993 (189-196).