

Magnetik Rezonans Görüntüleme (Mrg)'Nin Klinik Uygulamaları Ve Endikasyonları

Orhan OYAR

Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyodiagnostik Anabilim Dalı ISPARTA

Özet

Magnetik rezonans görüntüleme (MRG) insan vücudunun yüksek kontrast çözünürlükte görüntülenmesine olanak sağlayan bir görüntüleme tekniğidir. İlk kez 1973 yılında Paul Lauterbur tarafından gösterilmiştir. MRG güçlü bir magnet ve radyo dalgaları ile X-ışını veya diğer radyasyonları kullanmadan vücudun organ ve yapılarını detaylı görüntülenmesini sağlayan güvenli bir tanısal uygulamadır. İnsan vücudunun yaklaşık %63'ünde yer alan hidrojen atom çekirdekleri MR sinyalinin kaynağını oluşturur.

MRG, özellikle santral sinir sistemi, kas-iskelet sistemi, baş-boyun, batin ve pelvis olmak üzere insan vücudunun hemen her yerinde görüntüleme ve patolojik durumların teşhisi için yaygın olarak kullanılmaktadır. MR aynı zamanda vasküler (MR-Anjiyografi), pankreatiko-biliyer (MR-Kolanjiopankreatikografi) ve üriner (MR-Ürografi) sistemlerin incelenmesinde hızlı ve noninvaziv bir tanısal cihaz olarak sık sık tercih edilmektedir. MRG; spektroskopi, difüzyon, perfüzyon görüntüleriyle pek çok organın yapısal durumu yanında fonksiyonunun da değerlendirilmesinde hekimlere yardım edebilir.

Bu derlemede, MRG'nin klinik uygulamaları, endikasyonları ve radyolojik algoritmalar, vakalarımızdan örneklerle sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Magnetik rezonans görüntüleme, beyin, omurilik, batin, fonksiyonel görüntüleme

Clinical Applications and Indications of Magnetic Resonance Imaging (MRI)

Summary

Magnetic resonance imaging (MRI) is an imaging technique to produce high resolution tissue contrast images of the human body. It was first demonstrated by Paul Lauterbur in 1973. MRI is a safe diagnostic procedure that uses a powerful magnet and radio waves to produce detailed images of the body's organs and structures, without the use of X-rays or other radiation. Hydrogen atom nuclei which make the human body approximately 63% have a source MR signal.

MRI is widely used to imagine and diagnose pathologic conditions in all over the human body, especially central nervous system, musculoskeletal system, head and neck, abdomen and pelvis. MRI is often preferred as a fast and noninvasive diagnostic modality for examination of the vascular (MR-Angiography), pancreatico-biliary (MR-Cholangiopancreatography), and urinary systems (MR-Urography). MRI can be also helping physicians evaluate the function as well as the structure of many organs with spectroscopy, diffusion, perfusion images.

In this review; clinical application and indications of MRI and the radiologic algorithms have been presented with our sample cases.

Key words: Magnetic resonance imaging, brain, spine, abdomen, functional imaging

Magnetik Rezonans Görüntüleme (MRG) Nedir?

Vücudumuz primer olarak yağ ve sudan oluşmakta ve bu oluşumların moleküler yapısında ağırlıklı olarak hidrojen atomları yer almaktadır. MRG; su ve yağın, dolayısı ile de vücudumuzun büyük bir bölümünün yapısında mevcut bulunan (%63) hidrojen atomlarının, güçlü bir manyetik alan içerisinde, kendilerini rezonansa uğratacak bir radyofrekans (RF) dalgası ile uyarılıp titreştirilmesinden elde olunan sinyallerin görüntüye dönüştürüldüğü doku kontrast rezolüsyonu en yüksek ileri radyolojik görüntüleme tekniğidir (1-3).

Tarihsel Gelişimi

MRG'nin temelleri 1923 yılında Wolfgang Pauli'nin, çekirdeklerdeki spin rezonans fenomenini keşfi ile atılmış, MR fenomeninin tanımlanması 1946 yılında Felix Bloch ve Edward Mills Purcell adlı iki araştırmacı tarafından yapılmıştır. MR fenomeninin tanımlanması, İkinci Dünya Savaşının hemen sonrasında yapılmakla birlikte MR'ın insan vücuduna uyarlanması epey zaman almış, ilk kez 1973 yılında Paul C. Lauterbur tarafından gerçekleştirilmiştir. MRG, insan vücuduna uyarlanmasının ardından hızlı bir gelişme göstermiş, 1975 yılında Richard Ernst tarafından

Fourier Transform tekniğini tanımlanmış, 1977 yılında Raymond Damadian tarafında tüm vücut MR görüntülenmesi sağlanmıştır. 1980 yılında Hawkes tarafından MRG'nin multiplanar özelliği tanımlanarak bu yöntemle ilk lezyon gösterilmiştir. 1984 yılında Schörner ve arkadaşları tarafından MRG'de ilk kontrast madde uygulaması gerçekleştirilmiştir (1-3). 1986 yılında Haase ve arkadaşları, hızlı görüntüleme sekanslarını geliştirerek o zamana kadar kullanılan klasik inceleme sekansları nedeniyle önemli bir dezavantaj yaratan tetkik süresi süresinin uzunluğuna bir çözüm bulmuşlardır (2, 4, 5). 1987 yılında Charles Dumoulin tarafından geliştirilen MR-Anjiyografi (MRA) teknikleri ve 1993 yılında kullanılmaya başlanan fonksiyonel MR uygulamaları MRG'nin kullanım alanını genişletmiş, MRG'yi sadece bir anatomik görüntüleme yöntemi olmaktan çıkararak fonksiyonel bir inceleme yöntemi şekline dönüştürmüştür (1-3).

Neden MRG

MRG'nin kullanımını için başlıca gereklilik onun yumuşak doku kontrast çözümüleme gücü en yüksek görüntüleme yöntemi olmasından kaynaklanmaktadır. Vücutun büyük bölümünü oluşturan yumuşak dokuların yüksek kontrast çözünürlüğü altında birbirinden ayrıştırılması, iç yapılarının daha iyi bir şekilde ortaya konması kolaylaşmaktadır. MRG ile hastanın pozisyonunu değiştirmeden çok düzlemden görüntüler elde edilebilir. İyonizan radyasyon riski olmadığından çocukluk yaş grubunda, hamilelerde kullanılabilir; aynı hastada defalarca tekrarlanabilir. Yukarıda da bahsedildiği gibi MRG ile sadece anatomik detaylar verilmekle kalmaz aynı zamanda fonksiyonel görüntülemeler (MR-Spektroskopi, Difüzyon-Perfüzyon görüntüleme, kortikal aktivasyon gibi)* yapılabilir (6-14).

MRG ile kontrast madde kullanmadan ve girişimde bulunmadan bazı özel incelemeler (MR-Anjiyografi, MR-Kolanjiyografi, MR-Ürografi, MR-Myelografi, MR-Sisternografi gibi) gerçekleştirilebilir (15-24). Kompakt kemiğin, zayıf hidrojen içeriği bakımında sinyalsiz görüldüğü MRG, kortikal kemiğin incelenmesinde dezavantaj gibi görünmesine karşın kompakt kemik yapıların artefakt oluşturabileceği parankimal bölgelerin değerlendirilmesinde başarılıdır (25). Ayrıca

kemik iliğinin değerlendirilmesinde sintigrafik incelemelerle birlikte en üstün görüntüleme yöntemi olarak kabul edilmektedir (6).

MRG'de kontrast madde uygulaması yapılabilmektedir. Bu amaçla rutin uygulamalarda Gadolinium içerikli şelatlar kullanılmaktadır (26). Kullanılan bu tür kontrast maddelerin yan etki riski çok düşük olup diğer görüntüleme yöntemlerinde (İntravenöz ürografi, bilgisayarlı tomografi gibi) uygulanan iyodlu kontrastlara göre daha rahat tolere edilir (26).

*Bu tür incelemeler genellikle yüksek Tesla (T) güçlü MR cihazlarınca gerçekleştirilebilen birer software uygulamasıdır.

Dezavantajları

MRG'nin dezavantajları, başlıca incelemenin yapıldığı cihazın manyetik alan gücü ve tekniğin yarattığı etkenlere bağlıdır. Bunların başında da üzerinde kalp pili, nörostimülatör, infüzyon pompası gibi aygıtları taşıyan hastalar üzerinedir. Bu cihazlar manyetik alandan etkilenerek işlev göremez hale gelecek ve hastanın hayatını tehlikeye sokabileceklerdir. Aynı şekilde ana manyetik alan ve RF dalgalarından etkilenerek ısınan, yerinden oynayabilen ve yumuşak dokularda yanıklara yol açabilecek sabit metal protezli, anevrizma klipli olgularda da MRG kontrendikedir (1-3, 6).

MRG'de temel olarak sinyaller, proton yoğunluğuna bağlı olduğundan, bazı doku ya da oluşumlardan yeterli sinyal alınamaz ve bu dokuların değerlendirilmesi zorlaşır. Kortikal kemik, kalsifikasyon, akciğer dokuları buna örnek olarak verilebilir (1-3, 6).

Dar ve kapalı bir yerde kalma korkusu (klostrofobi) taşıyan hastaların, %2-3 gibi bir sıklıkta kapalı sistem MRG cihazlarında incelemeye alınamadıkları belirtilmektedir (1, 3, 6).

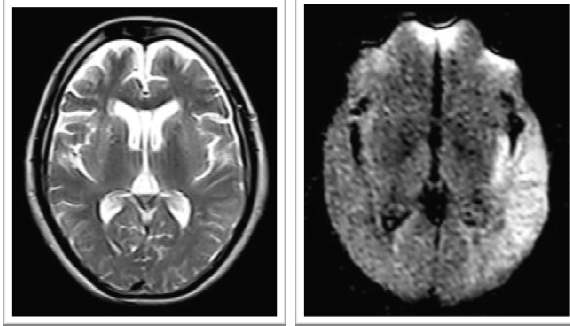
Nerelerde Kullanılmaktadır?

Günlük pratikte MR çekimlerinin %60-80'lik bölümünü santral sinir sistemi (Beyin, beyin sapı, beyincik, omurga-omurilik-disk hastalıkları) incelemeleri oluşturmaktadır. Geri kalan yaklaşık %15-20'lik bir bölümünü kas-iskelet sistemi (Diz, kalça, omuz, el-ayak bileği, dirsek), geri kalanını ise abdomen (Karaciğer), pelvik, baş-boyun ve toraks incelemeleri oluşturmaktadır (1, 3, 6).

Santral Sinir Sistemi

Beyin

MRG'nin beyindeki kullanım alanları arasında serebral iskemik ve infarktların, beyin tümörlerinin saptanması ve değerlendirilmesi gelmektedir. Bu amaçla klasik inceleme sekansları ve çok planlı görüntülerle lezyonlar alınabilir. Beynin gri beyaz cevher sinyalleri netlikle ayrılabilirdiği gibi



lezyonlar daha net ortaya konabilir.

Erken iskemik durumların aydınlatılmasında konvansiyonel T2 ağırlıklı MR incelemeler yetersiz kalabilmektedir. Bu durumda difüzyon ağırlıklı MRG (D-MRG) iskemik alanın tespitinde çok yararlıdır (Şekil 1).

Şekil 1. Akut infarkt. İlk 6 saat içinde T2 ağırlıklı MRG'de (solda) herhangi bir sinyal değişikliği yokken aynı dönemde difüzyon ağırlıklı MR incelemede (sağda) solda infarkt alanını gösteren hiperintensite gözlenmektedir

D-MRG dokulardaki su moleküllerindeki mikroskopik hareketlerinin (difüzyon) ölçümü esasına dayanır. Su moleküllerindeki artmış veya kısıtlanmış difüzyonel hareketlere göre sinyal değişikliği oluşur. D-MRG'nin en yaygın kullanım alanı erken dönem serebral infarktların saptanması olmakla birlikte intrakranial kistik kitlelerin ayırıcı tanısında, enfeksiyonlar ve travmalarda, demyelizan ve dismyelinizan hastalıklarda, vertebral ödemin tespitinde, hidropnefrozun ayırımında ve pediatrik olgularda beyin myelinizasyonun takibinde de kullanılabilir (7, 9, 11).

Serebral infarktlerde önemli bir konu da erken dönemde saptanan iskemik penumbranın tespiti ve tedavisinin acilen yapılmasıdır. Beslenmesi bozulmuş ancak canlılığını yitirmemiş nöronal sahayı tanımlayan iskemik penumbranın saptanması D-MRG ile birlikte perfüzyon MRG (p-MRG) incelemesinin yapılmasını gerektirir. p-MRG bolus tarzında enjekte edilen İV kontrast maddenin beyinden ilk geçişinin dinamik olarak görüntülenmesi esasına dayanır. Veriler her doku için zaman-intensite ve zaman-konsantrasyon eğrisine dönüştürülür. p-MRG'de; serebral kan volumü, geçiş zamanı, kan akımı rölatif olarak ölçülür. Bölgesel kan volüm haritası çıkarılır. İskemik ve tümöral olaylardaki perfüzyon değişiklikleri gösterilir. İskemik alan erken ve

gerçek boyutlarında gösterilir. Difüzyon defekti sahasından perfüzyon defekti sahası çıkarıldığında arada kalan bölge trombo-embolik tedavi ile kurtarılacak iskemik penumbrayı gösterir (9, 14).

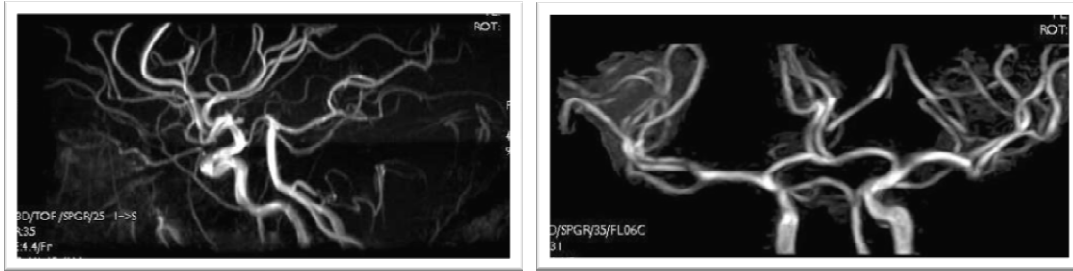
Beyin tümörlerinde dokular arasındaki kontrast ayırımı en iyi şekilde gösteren değişik inceleme sekansları ve çok düzlemden alınan kesitlerle MRG gerek lezyonların ayırıcı tanısına gerekse lezyon sınırlarının ve komşuluk ilişkilerinin daha iyi belirlenmesi ile evlendirmeye büyük katkı sağlar. Tanıda arada kalınan vakalarda, dokuların biyokimyasal yapısını ve karakterini spektral olarak gösteren MR-Spektroskopi (MRS) tekniği kullanılabilir. MRS'de protonların "kimyasal shift" adı verilen su, laktat, yağ gibi farklı ortamlarda, farklı salınım frekansları göstermesi prensibinden yararlanılarak elde edilmektedir. Elde edilen her spektral pik, kimyasal metabolit miktarı ile orantılı olup hangi kimyasal metabolitin ne oranda bulunduğunu gösterir. Bu piklerin en önemlileri n-asetil aspartat (NAA), kolin (Co), kreatin (Cr), laktat (Lac) ve glutamindir (Glu). Bu piklerdeki değişiklik lezyonun etyolojisini, genellikle de tümör olup olmadığının aydınlatılmasında kullanılır. Örneğin tümöral olaylarda kolin piki yükselir, enfeksiyon ve hepatik ansefalopatide azalır. Birçok beyin hasarında NAA azalır (8, 10, 13).

Gerek travma gerekse tümöral olaylarda etkilenen beyin bölgesindeki nöronal traktüslerin durumunu görmek amacıyla difüzyon tensör görüntüleme (DTG) faydalanılarak MR-traktografi incelemesi gerçekleştirilebilir. DTG birbirine dik yönlerdeki difüzyon miktarının eşit olmadığı ve bu yüzden serbest su moleküllerinin yaptığı difüzyonun tüm özelliklerinin tek bir difüzyon haritası üzerinde gösterilemediği (anizotropik) dokularda (Kalp kası, iskelet kası, prostat bezi beyaz cevher gibi) kullanılmaktadır. Tensör karmaşık fiziksel bir fenomenin özelliklerini tanımlayan matematiksel bir işlemdir ve en az 3 elemana dayanarak tanımlanabilen vektör niceliği şeklinde gösterilir. DTG, genellikle tümör rezeksiyonu öncesi cerrahi planlama için yapılır (27).

MRG'deki son gelişmeler kortikal aktivasyonların belirlenmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Beynin fonksiyon açısından gizemli bölgeleri bu yöntemle tek tek ortaya çıkarılırken özellikle tümör varlığında, kitlenin bu bölgelere ne kadar yakın yer aldığı ve olası bir operasyonda hangi alanların korunması gerekliliği vurgulanması açısından Blood-Oxygen-Level-Dependent (BOLD) görüntüleme faydalanılmaktadır. BOLD incelemelerde serebral aktivitedeki değişiklikleri anatomik bir görüntü üzerinde

gösterilir. Tetkik, nöronal aktivitenin artışı ile ilgili alanda kan akımının artması temeline dayanır. Hastaya bazı görsel ve/veya motor aktiviteler yaptırılarak ilgili kortikal alanda oksihemoglobin/deoksihemoglobin oranı artırılır (12). Echoplanar imaging (EPI) gibi çok hızlı sekanslar kullanılarak kan akımındaki bu değişiklikler ilgili kortikal bölgelerde sinyal artışı şeklinde gösterilirler (28). Fonksiyonel MRG'nin en önemli ve güncel kullanım alanı duysal-motor ve konuşma merkezlerine yakın kitle lezyonlarında cerrahi öncesi fonksiyonel haritalandırmanın yapılabilmesine imkan tanınmasıdır. Lezyonların bütünüyle çıkarılması sırasında oluşabilecek risk değerlendirilerek operasyon buna göre planlanır. Olası nörolojik kayıp en aza indirilebilir (3, 12).

Anevrizma ve vasküler malformasyonlar MRG ile saptanabilirler. Özellikle anevrizmaların tespitinde klasik görüntüleme sekansları dışında MRA) tekniğinden yararlanılır. Time of flight (TOF) ve phase contrast (PC) adı verilen 2 veya 3 boyutlu MRA uygulamaları sayesinde intravasküler kontrast uygulamasına gerek duyulmadan ve girişimde bulunulmadan intraserebral ana arterler ve venler gösterilebilir (Şekil 2) (15, 16).



Şekil 2. Sagittal (soldaki) ve koronal (sağdaki) planda 3D TOF tekniği ile elde edilmiş intrakraniyal ana arteriyel damarların MRA görüntüleri.

Son zamanlarda damarları arteriyel ve venöz fazlarda görüntülemeye yönelik intravenöz (İV) MR kontrast madde uygulaması ile kontrastlı MRA incelemeleri de gerçekleştirilebilmektedir (29).

MRG'nin yüksek yumuşak doku ve kontrast çözünürlüğü nedeniyle beyin gri-beyaz cevher sinyallerinin birbirinden ayrılması ve özellikle beyaz cevher lezyonlarının belirlenmesi mümkün

olmuş, demyelinizan ve dismyelinizan hastaların teşhisinde önemli mesafeler katedilmiştir. Özellikle multipl skleroz (MS)'da beyaz cevher içerisindeki plaklar T2 ağırlıklı incelemelerle ve beyin-omurilik sıvısı baskılanarak patolojik sıvı ve lezyonları parlatan FLAIR (FSEIR) sekanslı görüntülemelerle kolaylıkla belirlenebilir. Aktif MS plaklarının saptanmasında ise İV kontrastlı T1 ağırlıklı incelemeler kullanılmaktadır. Normal

beyaz cevher sinyalleri baskılanarak (%30-35) demyelinize patolojik lezyonların ve kontrast tutulumlarının görülebilirliğini artırur magnetization transfer (MT) tekniği de MS plaklarının görülebilirliğini kolaylaştırmaktadır (6).

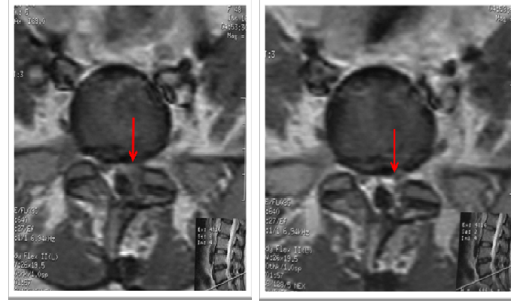
MRG'nin beyinde kullanımını gerektiren diğer durumlar epilepsi etyolojisinin araştırılması, gelişimsel bozuklukların değerlendirilmesi, hipofiz bezi ve paraseller bölge hastalıklarının görüntülenmesi, beyin sapı ve posterior fossa oluşumları ile birlikte kranial sinirlerin değerlendirilmesi, infeksiyöz ve inflamatuvar ve hastalıkların belirlenmesi, post-operatif olguların değerlendirilmesi olarak belirtilebilir.

Omurga ve Omurilik

MRG'nin rutin uygulamalarda omurga ve omurilik için en başta gelen endikasyonunu disk patolojilerinin değerlendirilmesi oluşturmaktadır. Disklerdeki dejenerasyonlar, bombeleşme ve herniyasyonlar ve bu herniyasyonların spinal ve nöral kanal içi oluşumlar üzerindeki etkileri değişik düzlemlerden ve özellikle de sagittal plandan alınan kesitlerle kolaylıkla ortaya konabilmektedir (Şekil 3). Post-operatif olgularda rekürrent disk veya fibrozis ayırıcı tanısında da kontrastlı T1 ağırlıklı MRG incelemelerin büyük yararlılığı vardır (Şekil 4).



Şekil 3. T1 (soldaki) ve T2 (sağdaki) ağırlıklı MRG'de L3-4 disk aralığında ekstrüde disk hernisinin görünümü.



Şekil 4. Post-op fibrozisin tanısı. Prekontrast T1 (soldaki) ağırlıklı incelemede okla gösterilen sol epidural ve S1 radiksi çevresindeki hipointens alanın post-kontrast T1 (sağdaki) ağırlıklı MRG'de parlaklaştığı görülmektedir.

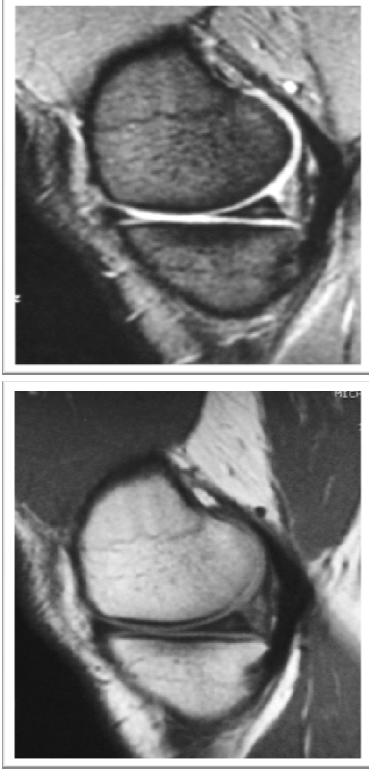
Disk patolojileri dışında omurilik tümörlerinin tespiti ve tanısında, spinal enfeksiyonların (Spondilit-Spondilodiskit) belirlenmesi, komplikasyonlarının (Abse gibi), spinal kanal içine olan uzanımlarının ve tedaviye olan cevabın değerlendirilmesinde MRG'den yararlanılmaktadır. Bu türden incelemelerde kontrast madde verilmesi lezyonların belirlenmesi ve yaygınlığının ortaya konmasında önem taşır (6).

Konjenital veya travmatik olaylara bağlı vertebral değişiklikler ve bu değişikliklerin omurilik ve spinal sinirlerde yarattığı etkilenimler; ödem, kemik iliği tutulumları MRG ile belirlenebilir.

MRG'nin bu alandaki bir diğer uygulaması MR-Myelografidir. MRM yöntemi, yüksek T2 ağırlıklı sekanslarla, intratekal kontrast madde vermeden, herhangi bir girişimsel işlem uygulamadan yaklaşık 1dk sürede konvansiyonel myelografi incelemesine eşdeğer görüntüler oluşturmakta, subaraknoid mesafenin non-invazif bir şekilde değerlendirilmesine olanak yaratmaktadır (19-20).

Kas-İskelet Sistemi

MRG'nin kas-iskelet sisteminde başta diz olmak üzere sıklıkla eklem patolojilerinde kullanılmaktadır. Diz eklemi dışında omuz, kalça, ayak bileği, dirsek, el bileği ve temporomandibuler eklemler MRG'nin endikasyonları arasına girmektedir. Özellikle sporcularda menisküsler, kıkırdak zedelenmeleri, bağ yırtıkları, eklem içi efüzyonlar MRG ile kolaylıkla tespit edilebilir. Menisküs yırtıkları (Şekil 5), kas içi hematomlar görüntülenebilir.



Şekil 5. Sagittal planda T2 (soldaki) ve T1 (sağdaki) ağırlıklı diz MRG’de medial menisküs arka boynuzundaki transvers yırtık hattı izlenmektedir.

Kalçada avasküler nekrozun erken tanınması, kemik yapılar da röntgen incelemelerinde belirlenemeyen gizli kırıkların saptanması olasıdır. Kemik iliği tutulumlarının erken tanısı da sintigrafik incelemelerle eşdeğer duyarlılıkta konulabilmektedir (6).

Kemik ve yumuşak doku tümörlerinin ve inflamasyonlarının yaygınlık derecesi, tutulan yumuşak doku ve kemik yapıların belirlenmesi, İV kontrastlı kesitlerle güçlendirilmiş MR incelemelerle mümkündür (6).

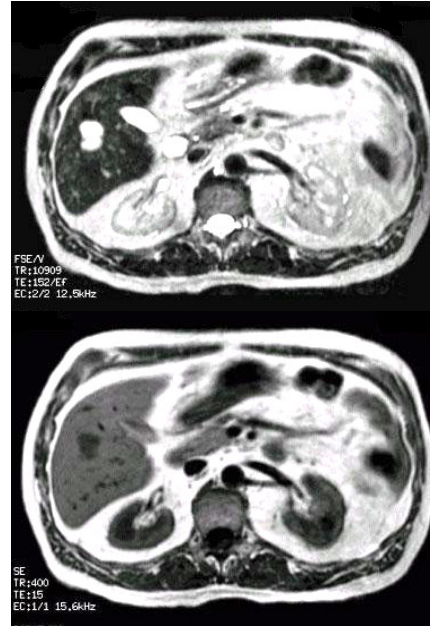
Baş-Boyun

MRG’nin baş-boyunda uygulanımı orbital ve intraoküler patolojiler, kafa tabanı ve bu bölgedeki sinirlerin değerlendirilmesi, paranasal sinüs ve nazal kavite tümörlerinin yayılımının saptanması, nazofarinks ve derin baş-boyun kompartmanlarının değerlendirilmesi, tükürük bezlerinin incelenmesi, baş-boyun kitleleri ve lenf bezlerinin saptanması ve tiroid-parotiroid bezlerin değerlendirilmesi konularında yoğunlaşmaktadır. Boyundaki karotis arterler ve juguler venler

kontrastsız veya İV kontrastlı dinamik MRA ile değerlendirilebilir (6).

Abdomen-Pelvis

MRG’nin batın uygulamaları, tetkikin uzun sürmesi, solunum hareketleri, intestinal motilite ve damarlardaki pulsasyonlara bağlı artefaktlar nedeniyle bilgisayarlı tomografi (BT)’nin gerisinde kalmıştır. Ancak geliştirilen hızlı görüntüleme sekansları, artefaktları önleyici programlar ve intestinal kontrast madde uygulamalarının geliştirilmesi ile uygulanma sıklığı giderek artmaktadır (25). Günümüzde rutin abdomen çekimleri daha çok karaciğer üzerinde yoğunlaşmaktadır (Şekil 6) (30).



Şekil 6. Hemanjiom. Aksiyal planlı T1 (soldaki) ve T2 ağırlıklı (sağdaki) üst batın MRG’de karaciğerde T1’de hipointens, T2’de ise oldukça hiperintens karakterde nodüler lezyon şeklindedir.

Özellikle karaciğere spesifik MR kontrast maddelerin uygulanmaya başlanmasından sonra (31-33), kombine kontrast madde uygulamaları (34) ile MRG karaciğer metastazlarının gösterilmesinde duyarlılığı en yüksek görüntüleme yöntemlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Karaciğere spesifik MR kontrast maddelerin kullanımı aynı zamanda karaciğer tümörlerinin ayırımına da ışık tutmuştur (35). Karaciğer dışında dalak, böbrekler, pankreas,

sürrenal bezlerdeki kitlesel lezyonlar belirebilir. In faz- out-of-faz görüntüleme sekansları ile sürrenal kitlelerde adenom-karsinom ayrımı yapılabilmektedir (3).

MRG'nin batında, hepato-pankreatiko-biliyer sistem için özel bir uygulaması olan MR-Kolanjiopankreatikografi (MRKP)'de, kontrast madde vermeden, girişimde bulunulmadan, yüksek T2 ağırlıklı sekanslar kullanılarak, tek bir nefes tutumu süresinde, inceleme alanındaki durağan sıvılardan parlak görüntüler alınır. Safra kesesi, safra kanalları, pankreatik kanal görüntülenir (17-18). Bu uygulamanın üriner sisteme yönelik şekline ise MR-Ürografi (MRÜ) adı verilmektedir. MRÜ'de, MRKP de olduğu gibi girişimde bulunulmadan, kontrast madde uygulamasına gerek duyulmadan üriner traktüs ve mesane görüntülenebilir. Bu uygulama özellikle intravenöz ürografi (İVÜ)'nin kontrendike olduğu gebelerde ve iyodlu kontrast maddelerin yan etki riskinin bulunduğu olgularda İVÜ'nin bir alternatifidir (22-24).

Kadın ve erkek pelvisinde MRG başta mesane olmak üzere iç genital organların değerlendirilmesinde önemli yere sahiptir. Erkeklerde prostat bezi, özel bir transrektal koil ile incelenebilirken kadın genital sistemde serviks ve uterus kanserlerinin değişik düzlemlerden elde olunan T1 ve T2 ağırlıklı görüntülerle değerlendirilmesi ve evrenmesi mümkündür.

Batında aorta ve ondan çıkan büyük arteriyel dalları, inferior vena kava MRA yöntemi ile görüntülenebilir (6).

Toraks ve Kardiyovasküler Sistem

Toraks ve kardiyovasküler sistemin değerlendirilmesinde de MRG'den faydalanılmaktadır. Toraksta akciğer parankiminin incelenmesinden çok mediastinal yapıların görüntülenmesi ve mediastenin tümör invazyonları bakımından değerlendirilmesi amaçlanır. Mediastinal vasküler yapılar incelenebilir. Bu konuda MRA sekanslarından yararlanılabilir. Konjenital kalp hastalıkları, kalp kasının değerlendirilmesi, koroner arterlerin değerlendirilmesi MRG'nin kardiyak görüntüleme paketi sayesinde yapılabilmektedir (6).

Meme

Memenin temel inceleme ve tarama yöntemi mamografi olmakla birlikte meme kanseri şüphesinin varlığında MRG, kontrastlı incelemeler ve spektroskopik çalışmalarla mamografik görüntülerin doğrulanması veya dışlanmasında biyopsi öncesi önemli katkılar sağlayabilir (6).

Sonuçlar

Yeni teknolojilerden MRG, radyolojik yöntemler içinde en son geliştirilene olmakla birlikte her derde deva bir inceleme değildir. İncelenecek olan sistem ve araştırılacak olan patolojiye göre mevcut radyolojik yöntemler arasında tercih yapılması ve bu konuda da radyologlardan görüş alınması akılcı bir yaklaşımdır. Böyle bir algoritmik yaklaşım tablo1'de sunulmuştur. Buna göre:

Tablo 1. Organ ve sistemlere yönelik uygulanabilecek radyolojik algoritma			
Organ -Sistemler	Radyolojik Yöntemler		
Santral Sinir Sistemi	MRG/BT	BT/MRG	
Kemikler	Röntgen	RG	BT/MRG
Eklemler	Röntgen	MRG	BT
Yumuşak Dokular	US/MRG		
Meme	Mamografi	US	MRG
Akciğer	Röntgen	BT	RG/MRG/US
Mediasten	MRG-BT		
Kalp	US	RG	Anjio/MRG
Damarlar	Doppler US	Anjio	MRG
Sindirim Borusu	Baryumlu Gr.	BT/US	
HepatoBiliyer Sistem	US	BT	MRG
Üriner Sistem	Ürografi	US	BT/MRG
Genital Sistem	US	MRG/BT	

Santral sinir sisteminde akut kanama, kalsifikasyon araştırılıyorsa veya kemik yapılar incelenmek isteniyorsa BT yapılmalıdır. Beyin, beyin sapı, beyincik, omurilik gibi oluşumların görüntülenmesinde, gerek morfolojik gerekse fonksiyonel bilgi verebilmesi nedeniyle önce MRG yapılmalıdır (Tablo 2) (36). Çocuklarda fontanel yolu ile ultrason (US) inceleme gerçekleştirilebilir.

Kas-İskelet sisteminde hedef kemiğin değerlendirilmesi ise direkt grafiler (Röntgen) temel inceleme yöntemi olmalıdır. İskelette bir lezyon araştırılacaksa sintigrafi, kemikte saptanan veya bilinen bir lezyonun yaygınlık derecesi ve evrelendirilmesi isteniyorsa BT ve MRG yapılabilir. Kemik iliği lezyonlarının belirlenmesinde MRG, sintigrafi ile rekabet edebilecek kadar duyarlıdır. Yumuşak doku oluşumlarının değerlendirilmesinde MRG ile birlikte US kullanılabilir. Eklem kıkırdığı, menisküs ve disk patolojilerinde MRG ön plandadır (36).

Abdomende, sindirim borusunun temel inceleme yöntemi baryumlu çalışmalardır. Sindirim borusu duvar tutulumu ve çevre invazyonlarının değerlendirilmesinde BT ve endoskopik US yapılmalıdır. Hepato-pankreatiko-biliyer sistemin incelenmesinde ilk başvurulacak yöntemler US ve BT olmalıdır.

Tablo 2. Santral sinir sistemi için BT ve MRG'nin endikasyonları

Kafa travması	
-Akut	BT
-Subakut	MRG
Serebrovasküler Hastalıklar	
-Akut inme	MRG (difüzyon)
-Subakut	MRG
-SAK	BT
Tümörler	
-Eksraserebral	BT/MRG
-İntraserebral	MRG/BT
Konvülsif hastalıklar	
Baş ağrısı	MRG
MS şüphesi	MRG

Dejeneratif hastalıklar	MRG
Posterior fossa lezyonu	MRG
Kraniovertebral bileşke	MRG
Sakküler anevrizma şüphesi	MRA
AVM şüphesi	MRG/BT
Omurilik	
-Spinal kord	MRG
-Spinal travma	BT-MRG
Acil	
-Progresif paraparezi	MRG

Karaciğer lezyonlarında duyarlılığı en yüksek yöntem MRG dir (6, 34). Üriner sistem'in incelenmesinde ilk başvurulacak yöntemler İVÜ ve US dir. Tespit edilen lezyonların yapısı, komşuluk ilişkileri ve kontrastlanma patternleri için BT ve MRG, üriner sistemde taş araştırmak için, taş protokollü BT kullanılmaktadır (37-38). Hidronefrozu olgularda İV kontrast madde verilmesine gerek olmadan gerçekleştirilebilen, gebe ve kontrast alerjisi olan olgularda MRÜ, İVÜ ye alternatif olabilir (22-24).

Pelvik bölgede genital sistemin incelenmesinde ilk ve temel yöntem US dir. Jinekolojik lezyonların yapısı, komşuluk ilişkileri için MRG kullanılır (36).

Toraksta MRG nin en yararlı olduğu alanlar mediasten ve toraks duvarı tutulumlarının değerlendirilmesidir. Göğüs duvarına dayanmış lezyonlarda US de kullanılabilir. Akciğerlerin temel inceleme yöntemi direkt grafiler ve BT dir. Tromboembolik hastalıkların tanısında radyonüklid görüntüleme (RG) ve BT kullanılmalıdır. Kalbin non-invaziv inceleme yöntemleri US ve RG dir. Kalpte koroner arterlerin değerlendirilmesinde Anjiyografi hala "gold standard" tır. Ancak bu konuda multidetektör BT ve MRG büyük gelecek vaad etmektedir. Damarların incelenmesinde non-invaziv bir yöntem olan Doppler US ilk ve temel yöntem durumundadır (36).

Meme'nin temel inceleme yöntemi mamografidir. Kırk yaş öncesinde, sklerotik meme patterni varlığında yardımcı görüntüleme yöntemi US, ileri değerlendirme, meme kanseri tanısında MRG kullanılır (36).

MRG de dahil olmak üzere tüm radyolojik incelemelerde klinik endikasyonların doğru konabilmesi, tetkiklerin usulüne uygun

seçilebilmesi ve doğru tanı konabilmesi için aşağıda belirtilen altın kurallara uyulmalıdır.

- ✓ Bir tetkikin gerekliliği veya hangi tetkikin en iyisi olduğu konusunda şüphe duyuluyorsa mutlaka bir radyolog ile görüşülmelidir.
- ✓ Birlikte hareket edilebilmenin sağlanması için düzenli kliniko-radyolojik toplantılar veya vizitler yapılmalıdır.
- ✓ İstek belgeleri, yanlış değerlendirmeleri önlemek için titizlikle ve okunaklı olarak doldurulmalı, ayrıntılı klinik bilgi verilmelidir.
- ✓ Her şeyden önemlisi klinisyenler ile radyologlar arasında yakın işbirliği tesis edilmelidir.

Kaynaklar

- 1.Oyar O. Radyolojide Temel Fizik Kavramlar. Nobel Tıp Kitapevleri, İstanbul, 1998: 151-210.
- 2.Bushong SC. Radiologic Science for Technologists. Physics, Biology, and Protection. Third edition, C.V. Mosby Company, St Luis, 1984: 387-412.
- 3.Yeşildağ A, Oyar O. Manyetik rezonans görüntüleme fiziği. Oyar O, Gülsoy UK ed. Tıbbi Görüntüleme Fiziği. Tisamat Basım, Ankara, 2003: 281-372
- 4.Oyar O, Yünten N. Hızlı görüntüleme MR teknikleri ve klinik uygulamaları. Bilgisayarlı Tomografi Bülteni 1994; 3(2): 169-173.
- 5.Frahm J, Gyngell ML, Hanicke W. Rapid scan techniques. In: Magnetic Resonance Imaging. Stark DD, Bradley WG. eds. Second ed. Mosby year book St. Louis 1992: 165-203.
- 6.Edelman RR, Wielopolski PA. Fast MRI. In: Edelman RR, Hesselink JR. eds. Clinical Magnetic Resonance Imaging. Second ed. W.B Saunders Company, Philadelphia 1996: 302.
- 7.Bammer R. Basic principles of diffusion-weighted imaging. Eur J Radiol 2003; 45(3): 169-184.
- 8.Bachus R. Developing trends in MR imaging and spectroscopy. Electro-medica 1989; 57: 8-19.
- 9.Buxton RB, Frank LR, Prasad PV. Principles of diffusion and perfusion MRI. In: Edelman RR, Hesselink JR. eds. Clinical Magnetic Resonance Imaging. Second ed. W.B Saunders Company, Philadelphia 1996: 233.
- 10.Kwock L, Smith JK, Castillo M, Ewend MG, Cush S, Hensing T, Varia M, Morris D, Bouldin

TW. Clinical Applications of Proton MR Spectroscopy in Oncology. Technol Cancer Res Treat 2002; 1(1): 17-28.

- 11.Mehdizade A, Somon T, Wetzel S, et al. Diffusion weighted MR imaging on a low-field open magnet. J Neuroradiol 2003; 30(1): 25-30.
- 12.Parrish T. Functional MR imaging. MRI Clin North Am 1999;7: 765-782.
- 13.Shigeno K, Igawa M. MRI and proton MR spectroscopy. Nippon Rinsho 2002; 60 Suppl 11: 128-132.
- 14.Zhu M, Dai J, Li S. Cerebral angiography and MR perfusion images in patients with ischemic cerebral vascular disease. Chin Med J (Engl) 2002; 115(11): 1687-1691.
- 15.Wilms G, Bosmans H, Demaerel P, Marchal G. Magnetic resonance angiography of the intracranial vessels. Eur J Radiol 2001; 38(1): 10-18.
- 16.Oyar O, Öztürk M, Yünten N. Manyetik rezonans anjiyografi (MRA). Nörolojik Bilimler Dergisi 1993; 10(3-4): 283-289.
- 17.Boraschi P, Giloni R, Braccini G, et al. Detection of common bile duct stones before laparoscopic cholecystectomy. Evaluation with MR cholangiography. Acta Radiol 2002; 43(6): 593-8.
- 18.Adamek HE, Weitz M, Breer H, et al. Value of magnetic-resonance cholangio-pancreatography (MRCP) after unsuccessful endoscopic-retrograde cholangio-pancreatography (ERCP). Endoscopy 1997; 29(8):71-74.
- 19.Stone JA. MR myelography of the spine and MR peripheral nevre imaging. Magn Reson Imaging Clin N Am 2003; 11(4): 543-558.
- 20.O'Connell MJ, Ryan M, Powell T, Eustace S. The value of routine MR myelography at MRI of the lumbar spine. Acta Radiol 2003; 44(6): 665-672.
- 21.Garcia-Valtuille R, Garcia-Valtuille AI, Abascal F, Cerezal L, Argüello MC. Magnetic resonance urography: a pictorial overview. Br J Radiol 2006; 79(943): 614-626.
- 22.Grattan-Smith JD, Jones RA. MR urography in children. Pediatr Radiol 2006; 36(11): 1119-1132.
- 23.Memarsadeghi M, Riccabona M, Heinz-Peer G. MR urography: principles, examination techniques, indications. Radiologe 2005; 45(10): 915-923.
- 24.Nolte-Ernsting CC, Adam GB, Günther RW. MR urography: examination techniques and

clinical applications. Eur Radiol 2001; 11(3): 355-372.

25.Fuchs T, Kachelriess M, Kalender WA. Technical advances in multi-slice spiral CT. Eur J Radiol 2000; 36(2): 69-73. Henkelman MR. Image artefacts. In: Stark DD, Bradley WG. eds. Magnetic Resonance Imaging. Second ed. Mosby year book, St. Louis 1992: 233-251.

26.Dawson P. Gadolinium chelate mr contrast agents. Clinical Radiology 1994; 49: 439-442.

27.Miller JH, McKinstry RC, Philip JV, et al. Diffusion-tensor MR imaging of normal brain maturation: a guide to structural development and myelination. AJR 2003; 180(3): 851-859.

28.Bradley WG, Chen DY, Atkinson DJ, Edelman RR. Fast Spin-Echo and Echo-Planar Imaging. In: Stark DD, Bradley WG. eds. Magnetic Resonance Imaging. Third ed. Mosby, St Louis, 1999, 125-157.

29.Loewe C, Schoder M, Rand T, et al. Peripheral vascular occlusive disease: evaluation with contrast-enhanced moving-bed MR angiography versus digital subtraction angiography in 106 patients. Am J Roentgenol 2002; 179: 1013-1021.

30.Semelka RC, Martin DR, Balci NC. Magnetic resonance imaging of the liver: how I do it. J Gastroenterol Hepatol 2006; 21(4): 632-637.

31.Oyar O, Elmas N. Abdominal manyetik rezonans görüntüleme oral kontrast madde kullanımı. Bilgisayarlı Tomografi Bülteni 1995; 3 (3): 57-60.

32.Stroszczyński C, Gaffke G, Gnauck M, et al. Current status of MRI diagnostics with liver-specific contrast agents. Gd-EOB-DTPA and Gd-BOPTA. Radiologie 2004; 44(12):1185-1191.

33.Alger JR, Harreld JH, Chen S, Mintorovitch J, Lu DS. Time-to-echo optimization for spin echo magnetic resonance imaging of liver metastasis using superparamagnetic iron oxide particles. J Magn Reson Imaging 2001; 14: 586-594.

34.Ward J, Robinson PJ. Combined use of MR contrast agents for evaluating liver disease. Magn Reson Imaging Clin N Am 2001; 9: 767-802.

35.Pauleit D, Textor J, Bachmann R, et al. Hepatocellular carcinoma: detection with gadolinium-and ferumoxides-enhanced MR imaging of the liver. Radiology 2002; 222: 73-80.

36. Tuncel E. Klinik Radyoloji. Birinci Baskı. Güneş&Nobel Kitapevi, Bursa, 1994:103-110.

37.Rydberg J, Buckwalter KA, Caldemeyer KS, et.al. Multisection CT: scanning techniques and

clinical applications.Radiographics. 2000; 20(6): 1787-1806.

38.Laissy J, Coutin F, Pavier J, et al. Multislice helical CT: principles, applications. J Radiol 2001; 82(5): 541-545.

İletişim Adresi:

Prof. Dr. Orhan OYAR

SDÜ Tıp Fakültesi Radyodiagnostik ABD. 32260-Çünür-İSPARTA

Tel: 0-246-2112614

E-Posta: Orhan@med.sdu.edu.tr