

Kalp ve Damar Hastalıklarında MR Görüntüleme Tekniği

Prof. Dr. H. Barış DİREN, Y. Doç. Dr. Ümit BELET

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Samsun

Özet

Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG), 80'li yılların başlarında geliştirilmiş ileri bir tıbbi görüntüleme yöntemidir. Bilinen klasik görüntüleme yöntemlerinden (X-ışınları ve ultrases gibi) farklı olarak organların gerçek görünümünü, fizyolojik parametreleri kullanarak görüntüler. MRG, ortaya koyduğu veriler bakımından insan vücudunun tüm organlarının görüntülenmesinde kullanılabilme gibi bir ayrıcalığa da sahiptir. MRG tetkik yöntemi günümüzde kalp damar hastalıklarının tanısında non-invazif bir görüntüleme yöntemi olarak giderek artan oranlarda geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Konjenital kardiyak anomalilerin değerlendirilmesinde, kalp kompartmanlarının anatomik görüntülenmesi yanında atriyovenriküler morfolojik değerlendirmesinin yapılması ve ana damar yapılarının ilişkileri, seyirleri ve yapısal özellikleri ayrıntılı olarak incelenebilir. Bu grup hastalıklarda ekokardiyografi bulgularını tamamlayan noninvazif bir inceleme yöntemi olarak gittikçe artan bir önem kazanmaktadır. Kardiyak MR incelemeleri özellikle son yıllarda geliştirilen yazılım ve donanımdaki teknolojik buluşlar ile kardiyak iskeminin de değerlendirilmesinde önem kazanmaktadır. Akut miyokardiyal iskeminin diffüzyon ve perfüzyon görüntüleme yöntemleri ile değerlendirilebilmesi, kronik infarktta skar dokusunu tanımlayabilmesi, canlı miyokard hakkında somut veriler ortaya koyarak değerlendirme olanağı vermesi bu tetkik yönteminin önemli özellikleri arasındadır. MRG'nin akışkanlığa olan duyarlılığı çerçevesinde elde edilebilen anjiyografik görüntüler ile koroner damarların da görüntülenmesi, tek bir tetkik yöntemi ile morfolojik, fizyolojik, histolojik ve dinamik fonksiyonel değerlendirmelerin yapılabilmesini sağlamakta ve rutin klinik uygulamada en sık karşılaşılan hastalıkların başında görülen kardiyak patolojilerin tam ve ayırıcı tanısında gittikçe artan bir önem kazanmaktadır. Bu derlemede, günümüzde MR teknolojisinin ulaştığı son aşamaların ışığında kalp damar hastalıklarının tanısında sağlayabileceği katkılar gözden geçirilmiştir. (Türk Kardiyol Dern Arş 2004; 32: 38-43)

Anahtar kelimeler: Kardiyak manyetik rezonans görüntüleme, kalp damar hastalıkları, manyetik rezonans görüntüleme

Summary

MR Imaging Technique in Cardiovascular Diseases

Magnetic resonance imaging (MRI) is an advanced medical imaging method developed in the 1980s. In variance from the known classical imaging methods (such as X-rays and ultrasound) MRI renders real images of organs by using physiological parameters. MRI is privileged of being used in imaging all organs of human body because of the data it offers. MRI has been widely used in the diagnosis of cardiovascular diseases as a non-invasive imaging method in an increasing manner. The anatomy of all cardiac chambers, atrio-ventricular morphology, great vessels and their relations with the cardiac chambers can be evaluated in detail with MRI in congenital cardiac pathologies. MRI, with its increasing use parallel to the recent technologic advances both in software and hardware, has also been used to evaluate myocardial ischemia. Diffusion- and perfusion-weighted MRI applications are effective to evaluate acute myocardial ischemia and differentiate it from myocardial necrosis and scar tissue in the chronic stage. MR-angiography is another advantage of this technique and can also show the flow in vessels noninvasively and coronary arteries can thus be evaluated morphologically. The use of MRI in the evaluation of cardiovascular diseases provides the chance of evaluating morphology, physiology and histology of this organ with a single and non-invasive method getting an increasing importance in this field. The contributions that MRI may provide in the diagnosis of cardiovascular diseases were herein reviewed in the light of recent advances MR technology reached. (Türk Kardiyol Dern Arş 2004; 32: 38-43)

Key words: Cardiac magnetic resonance imaging, cardiovascular diseases, magnetic resonance imaging

Kardiyak MR tetkiki yüksek tesla gücüne sahip (1 veya 1,5 Tesla) MR cihazlarında özel donanım ve yazılım programları ile yapılabilmektedir. Bu cihazlarda da bir kardiyak inceleme serisinde görüntü kalitesini doğrudan etkileyen özel bobinler (body coil, cardiac coil gibi) bulunmalıdır. Kardiyak incelemelerde görüntüler sine kayıtlar şeklinde elde olunmalıdır. Bu nedenle cihaz, EKG tetikleme tekniği ile radyofrekans (RF) darbelerini hastanın kalp vuru- ları ile uyumlu bir şekilde verebilecek özel donanımına sahip olmalıdır. Yine inceleme serileri hızlı görüntüleme yapabilecek (*turbo gradient eko*, *turbo spin eko* gibi) serilere hatta özel kardiyak görüntüleme yazılımlarına sahip olmalıdır. Yine bu serilerle elde olunan görüntülerin tetkik sonrası analizlerini yaparak kardiyak hemodinami verilerini elde etmeye yönelik özel işlem sonrası yazılım programlarına (*postprocessing softwares: ARGUS* gibi) gereksinim göstermektedir. Bu nedenlerle, kardiyak MR incelemesi özel donanım ve yazılım programlarına sahip cihazlarda, bu alanda deneyimli uzman radyologlar tarafından yapılmalı ve değerlendirilmelidir (1,2).

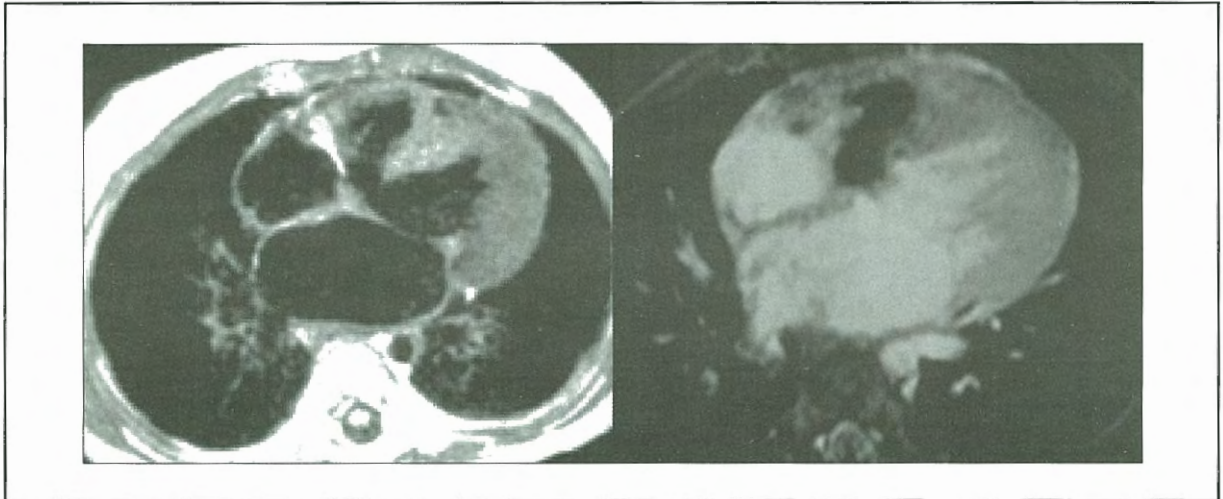
MR inceleme protokolleri aranan patolojiye yönelik olmak üzere oluşturulmaktadır. Konjenital kalp hastalıklarına yönelik incelemelerde, turbo

spin eko T1 ve T2 ağırlıklı seriler elde edilmeli ve görüntüleme planı kalbin 4 odacığını incelemeye olanak tanıyacak şekilde sol ventrikül uzun aksına paralel olarak seçilmelidir ("uzun aks" görüntüleri). Bu planda elde edilen görüntüler septum anatomisini değerlendirme yanında büyük damarların kalp kompartmanları ile ilişkilerini ortaya koymada son derece etkindirler (3) (Şekil 1).

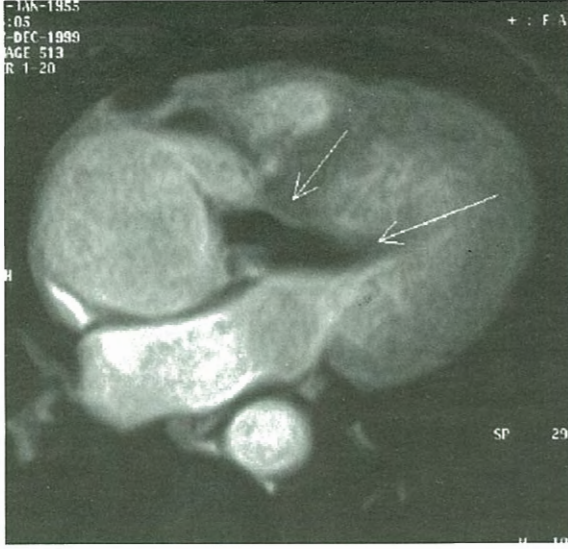
Sol ventrikül fonksiyonları, kapak ve ana damar patolojilerini değerlendirmek için sine kayıtlı gradient eko T2 ağırlıklı seriler elde olunmalıdır. Bu serilerle elde edilen görüntülerde kalp kompartmanları içinde hareket etmekte olan kanın yönü ve şiddeti hakkında bilgiler sağlanabilir ve patolojik süreçler son derece net olarak görüntülenebilir (4) (Şekil 2).

EKG tetiklemeli sine kayıtlı MR serileri ayrıca büyük damarların konjenital anomalilerinin değerlendirilmesinde son derece yararlı olmaktadır. Büyük damarların transpozisyonu'nda kalp kompartmanları ile damar ilişkisi yanında eşlik edebilecek farklı patolojilerin de irdelenmesine olanak tanımaktadır (Şekil 3).

EKG tetiklemeli sine gradient eko serileri ile elde edilen incelemeler ile özellikle *aort koarktasyonu'nun* incelenmesi günümüzde pek çok



Şekil 1. Ventriküler septal defekt. (A) EKG tetiklemeli spin eko transvers MR kesitinde interventriküler septumdaki defekt izleniyor. (B) Aynı düzlemden elde olunan EKG tetiklemeli sine gradient eko serisinde defekttan sağ ventriküle kaçan kanın oluşturduğu jet akıma bağlı sinyalsizlik görülüyor.

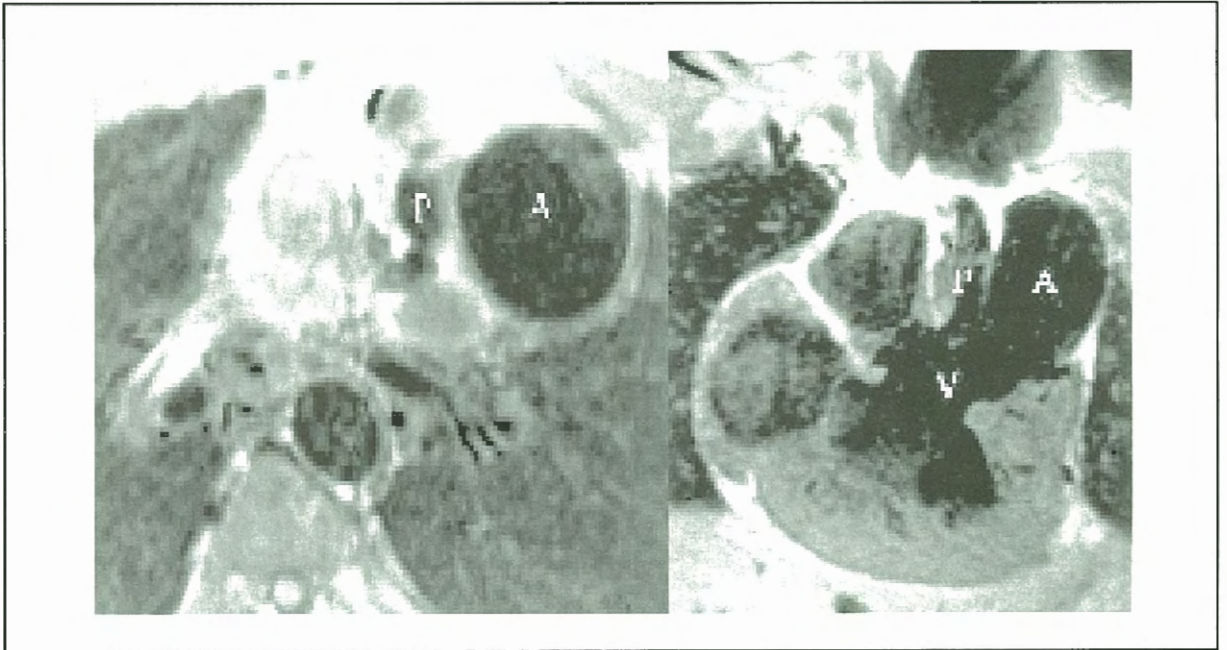


Şekil 2. Aort kapak yetersizliği EKG tetiklemeli sine gradient eko uzun aks MR serisinde aort kapağından sol ventrikül içine gelişen geri akım sinyalsiz bir hat şeklinde izleniyor (oklar).

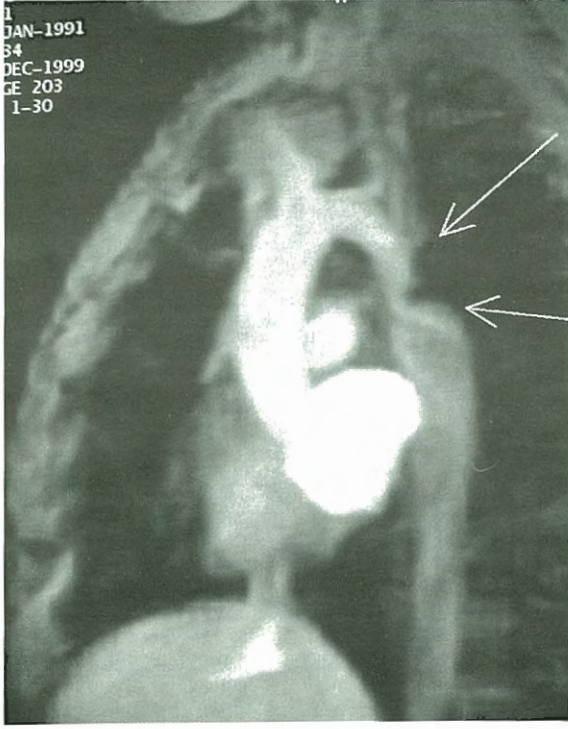
merkezde rutin bir yöntem olarak yerini almış bulunmaktadır. Bu inceleme serisinde aortadaki dar segmentin gerçek anatomik lokalizasyonu yanında akım şiddetine bağlı oluşan sinyalsizlik fenomeninin boyutuna bakarak darlığın şiddeti

hakkında yorum yapmak mümkün olabilmektedir. Ayrıca, paramanyetik kontrast ajanların intravenöz enjeksiyonunu takiben elde olunacak kontrastlı MR-anjiyografi serileri ile dar segmentin görüntülenmesi konvansiyonel anjiyografik teknikleri aratmayacak mükemmellikte görüntüler sunabilmektedir (5,6) (Şekil 4).

MRG ile vasküler yapıların non-invasif görüntülenmesi, tıbbi açıdan en yaygın görülen ve en yüksek ölüm nedenlerinin başında gelen *koroner arter darlıkları ve tıkanıklıkları'nın* bu yöntemle incelenmesine de yoğun ilgi çekmiştir. Özellikle 90'lı yıllarda MR teknolojisinde katedilen yeni gelişmeler sonucunda EKG tetiklemeli 2D ve 3D segmented k-space gradient eko serileri ile mükemmel görüntülere ulaşılmasını sağlamış bulunmaktadır. Bu alanda literatürde pek çok çalışma yayınlanmıştır ve halen yoğun klinik çalışmalara devam edilmektedir (7-9). **Koroner MRA** görüntülerinin elde edilmesinde pek çok MR görüntüleme serisi denenmiş olup halen bu alanda araştırmalar devam etmektedir. Günümüzde bu amaçla kullanılan MR serileri koroner damarların net bir şekilde görün-



Şekil 3. Büyük damarların transpozisyonu. (A) Transvers düzlemde elde olunmuş EKG tetiklemeli spin eko T1-ağırlıklı görüntüde hipoplastik pulmoner arterin (P) solunda yer alan aorta görülüyor. (B) Aynı teknikte elde olunmuş koronal kesitte geniş VSD (V) ve sol tarafta yerleşen aorta (A) izleniyor.



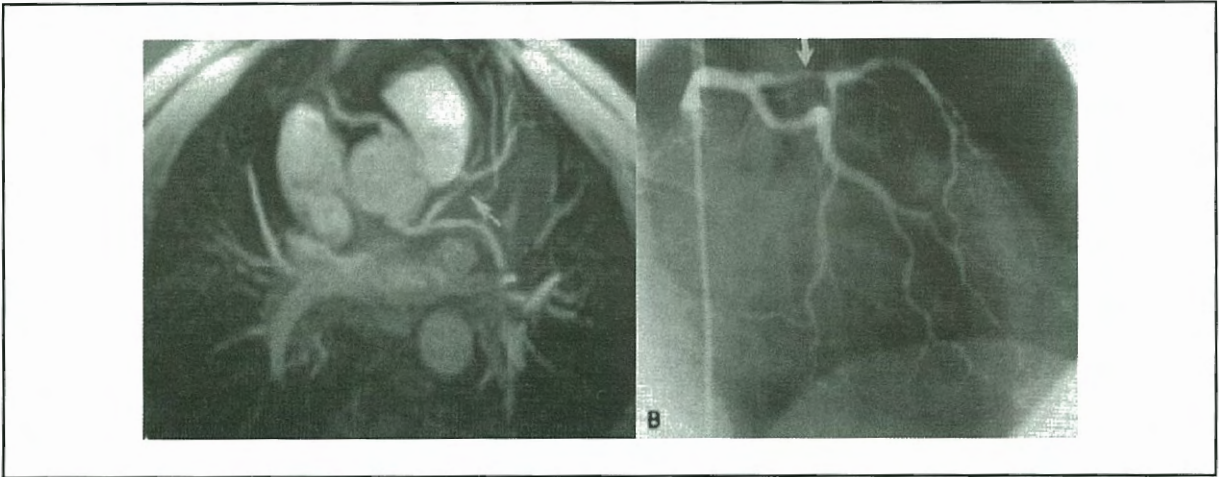
Şekil 4. Aort koarktasyonu. Kontrastlı MR-anjiyografi serisinde aorttaki dar segmentin görüntülenmesi (oklar).

tülenebilmesi amacıyla farklı teknikler kullanılmaktadır. Bu alanda tüm MR cihazları ile yapılabilecek bir uygulama; **konvansiyonel spin eko serileri**'nin yağ baskılamalı, EKG tetiklemeli ve nefes hareketlerinin baskılanmasına yönelik uygulamaları içeren serilerin kullanıldığı

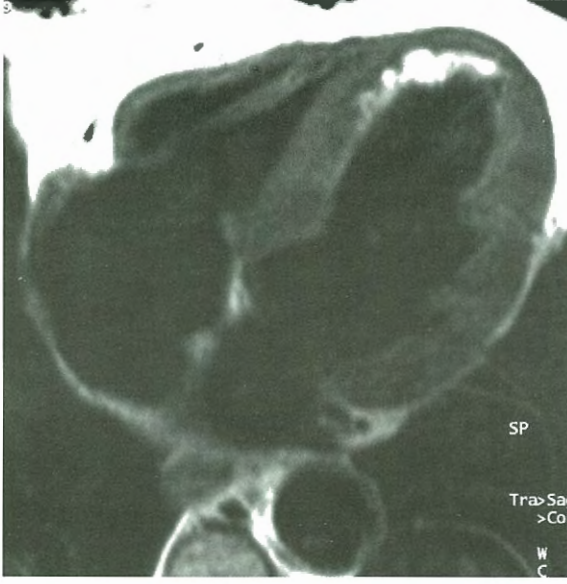
tekniklerdir⁽¹⁰⁾. Bu tekniklerde koroner arterler (sinyalsizlik fenomeni nedeniyle) koyu renkli izlenirler. Ancak, bu serilerin tanısal etkinliği oldukça düşük bulunmuştur.

MR cihazlarının gradient güçlerinin artırılması, koil teknolojisinin gelişmesi ve hareket artefaktlarını önleyen daha ileri tekniklerin geliştirilmesi sonucunda *2D ve 3D segmented k-space gradient eko koroner MRA serileri*'nin geliştirilmesine yol açmıştır. Bu tekniklerle elde edilen görüntülerde koroner damarlar yüksek sinyalli alanlar şeklinde görüntülenmektedir. Koroner MRA incelemelerinde günümüzde daha ileri teknikler geliştirilmiş bulunmaktadır. *Spiral koroner MRA, Balanced FFE MRA, Dual inversion FSE koroner MRA, SMASH ve SENSE* adları ile tanımlanan özel paralel görüntüleme teknikleri gibi son yayınlarda karşılaşılabileceğimiz koroner MRA uygulamaları, özel yapısal donanım ve özgün yazılım serilerine sahip MR cihazlarında yapılabilmektedir⁽¹¹⁻¹⁴⁾ (Şekil 5).

Miyokardiyal iskemi'nin incelenmesinde ise yine bu amaca yönelik özel MR serileri kullanılır. Miyokardiyal ödem, akut miyokardiyal nekrozun sonucunda gelişen ilk histopatolojik değişimdir. T2 ağırlıklı spin-eko görüntülerde, art-



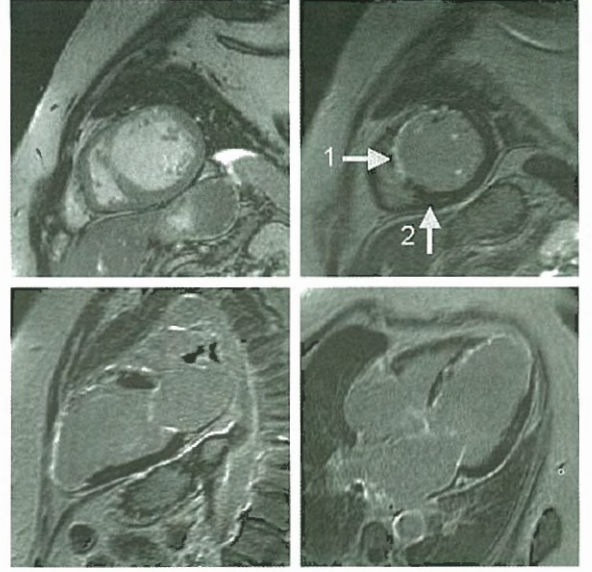
Şekil 5. Koroner MR-anjiyografi. (A) 3D koroner MR-anjiyografi. Koroner damardaki dar segment MIP tekniği ile elde edilen kontrastlı MR-anjiyografi görüntüsünde net olarak ortaya konabilmektedir (ok). (B) Aynı olgunun koroner anjiyografi incelemesinde stenotik segment izleniyor (ok). (C) Yeni geliştirilen paralel görüntüleme tekniği ile elde edilmiş incelemede koroner arterler son derece net olarak görüntülenebilmektedir (Kaynak: Kim WY et al. N Engl J Med 2001;345:1863)



Şekil 6. Akut miyokardiyal iskemide EKG tetiklemeli HASTE serisi ile elde olunan transvers düzlemlili MR görüntüsünde sol ventrikül apeksinden interventriküler septuma devamlı gelişmiş subendokardiyal nekroza bağlı ödem alanı hiperintens görünümle net olarak tanımlanabilmektedir.

mış su içeriği yüksek sinyalli alanlar olarak mükemmel bir şekilde görüntülenebilmektedir. Hayvan modellerinde, su içeriği ile T2 relaksasyon zamanı veya T2-ağırlıklı sinyal intensitesi arasında doğru orantılı bir korelasyon tanımlanmıştır. Ayrıca, yapılan araştırmalar MR ile görüntülenen alanın, patolojik spesimenlerle de korelasyon gösterdiğini ortaya koymaktadır (15) (Şekil 6).

Miyokardiyal infarkt alanının görüntülenmesinde yaygın olarak kullanılan bir diğer MR görüntüleme tekniği de "**perfüzyon MR**" incelemeleridir. T1 ağırlıklı hızlı spin eko görüntüleme serileri kullanılarak i.v. Gd-DTPA enjeksiyonunu takiben elde olunan serilerde akut miyokard infarktüsü net olarak ortaya konulabilmektedir. De Roos ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmalarda miyokard infarktüsünden 2 ile 17 gün sonra i.v. 0.1 mmol/kg Gd-DTPA verilmeden önce ve verildikten sonra yapılan araştırmada infarkt alanında geç kontrast tutulumu doğrulanmıştır (16). Geç tutulumun ortaya konması için enjeksiyonu takiben 30 dakika sonra sağlanan görüntüler önerilmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Miyokardiyal iskemide perfüzyon MRG. Kontrast madde tatbikinden önce elde olunan hızlı gradient eko serileri ile elde olunan (A) kısa aks görüntüde ventriküller izleniyor. (B) Aynı yerden geçen ventravenöz paramanyetik kontrast madde enjeksiyonunu takiben elde olunan kesitte sol ventrikül apeks-ön duvarda interventriküler septuma devamlı izlenen miyokardiyal kontrast tutulumu izleniyor (oklar). (C) Aynı olguda elde olunan uzun aks ve (D) oblik transvers kesitlerde miyokardiyal kontrastlanma ve infarkt alanı izleniyor (Kaynak: de Roos A. Et al. AJR 1988; 150:531).

Kardiyak MR incelemelerinde standart bir protokolden söz etmek mümkün olmamakla beraber, rutin bir inceleme serisinin asgari olarak, turbo spin eko T1 ve T2 uzun aks görüntülerini, sine-gradient eko T2 kardiyak uzun aks ve mediastinal ana damar yapılarını içeren kesitlerden oluşan serileri içermesi koşul olarak kabul edilmektedir (17). Bu serilere ek olarak yapılacak tüm özel incelemeler ve uygulamalar, hastada aranan patolojiye yönelik olarak seçilir ve inceleme protokolüne eklenir.

MR tetkiki, görüntü elde etme özellikleri nedeniyle insan vücudu için zararlı olabilecek bir etkileşim oluşturmaz. Bu nedenle intrauterin dönemden başlayarak fetus dahil tüm yaş gruplarında emniyetle uygulanabilmektedir. Sadece, embriyogenez üzerindeki etkileri ayrıntılı olarak incelenemediğinden dolayı bir önlem olarak mutlak endikasyon oluşmadıkça gebeliğin ilk 3 ayı içinde yapılmasından kaçınılması öneril-

mektedir. Bunun dışında MR cihazının dev bir mıknatıs olması nedeniyle, manyetik etkileşime girecek sabit protez ya da tıbbi materyaller (çelik anevrizma klipsleri, kokhlear implantlar, kardiyak pacemaker, çelik kalp kapakları) taşıyan hastalara bu tetkikin yapılması mümkün olmamaktadır (18). Yine inceleme yapılan MR cihazının, fizik prensipler nedeniyle kapalı bir ortam olmasından dolayı klinik olarak yakın ve yoğun girişim altında bulunan hastalar (entübe, ajite, disorente, monitorize hastalar) ile klostrofobik olgular incelemeye alınmamaktadırlar.

Bütün bu bilgiler ışığında MR görüntüleme tekniği, günümüzde kardiyak patolojilerin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan başta ekokardiyografi olmak üzere, sintigrafik ve anjiyografik incelemelerle elde olunan bir çok bilgiyi tek bir inceleme serisinde sunabilme özelliğini taşımaktadır. MR görüntüleme bu gün için yukarıda anılan tetkik yöntemlerinin bir alternatifi olarak algılanmamalıdır. Halen teknik sınırlamalar nedeniyle klinik uygulamada diğer tetkik yöntemlerinin yerini alma aşamasında değildir. Ancak, bu tetkik yönteminde katedilmekte olan gelişmeler, gelecekte kardiyak patolojilerin non invazif, hızlı ve objektif veriler ışığında doğru tanısında ciddi katkılar sağlayabileceğine işaret etmektedir. Bu sürecin kısaltması, kardiyoloji uzmanları ile radyoloji uzmanlarının daha yakın işbirliği içinde gerçekleştirecekleri klinik çalışmalara bağlıdır.

KAYNAKLAR

1. Ehman RL, Juksrud PR: Magnetic resonance imaging of the heart: current status. Mayo Clin Proc 1989; 64:1134-46
2. Dinsmore RE: Clinical cardiac MRI: the state of the art. Diagn Imaging 1990;12:88-95
3. Suzuki J, Usui M, Takenaka K, et al: Cardiac magnetic resonance imaging in evaluation of anatomical structure and function of the ventricles. Jpn Circ J 1990; 54:283-7

4. Pettigrew RI, Oshinski JN, Chatzimavroudis G, Dixon WT: MRI techniques for cardiovascular imaging. J Magn Reson Imaging 1999;10:590-601
5. Prince MR, Narasimham DL, Jacoby WT, et al: Three-dimensional gadolinium-enhanced MR angiography of the thoracic aorta. AJR, 1996;166:1387-97
6. Mohiaddin RH, Kilner PJ, Rees S, Longmore DB: Magnetic resonance volume flow and jet velocity mapping in aortic coarctation. J Am Coll Cardiol 1993;22:1515-21
7. Jung BA, Hennig J, Scheffler K: Single-breathhold 3D-truFISP cine cardiac imaging. Magn Reson Med 2002;48:921-5
8. Earls JP, Ho VB, Foo TK, Castillo E, Flamm SD: Cardiac MRI: recent progress and continued challenges. J Magn Reson Imaging 2002;16:111-27
9. Steenbeck J, Pruessmann K: Technical developments in cardiac MRI: 2000 update. Rays 2001;26:15-34
10. Kim WY, Danias PG, Stuber M, et al: Coronary magnetic resonance angiography for the detection of coronary stenoses. N Engl J Med 2001;345:1863-9
11. Wang WJ, Hu BS, Macovski A, et al: Coronary angiography using fast selective inversion recovery. Magn Reson Med 1991; 18:417-23
12. Sodickson DK, Manning WJ: Simultaneous acquisition of spatial harmonics (SMASH): Fast imaging with radiofrequency coil arrays. Magn Reson Med 1997; 38:591-603
13. Pruessmann KP, Weiger M, Scheidegger MB, Boesiger P: SENSE: Sensitivity encoding for fast MRI. Magn Reson Med 1999; 42:952-62
14. Sardanelli F, Molinari G, Zandrino F, Balbi M: Three-dimensional navigator-echo MR coronary angiography in detecting stenosis of the major epicardial vessels, with conventional coronary angiography as the standard of reference. Radiology 2000; 214:808-14
15. Garcia DD, Oliveras J, Gili J, et al: Analysis of myocardial oedema by magnetic resonance imaging early after coronary artery occlusion with or without reperfusion. Cardiovasc Res 1993; 27:1462-73
16. de Roos A, Doornbos J, van der Wall EE, van Voorthuisen AE: MR imaging of acute myocardial infarction: Value of Gd-DTPA. AJR 1988; 150:531-4
17. Duerinckx AJ: Cardiac MRI for clinicians: an overview. Int J Cardiovasc Imag 2001;17:437-43
18. Diren HB: Manyetik Rezonans Görüntüleme: Temel Fizik (2. baskı). Mine Ofset Basımevi, Ankara, 1994