

# Koroner arter hastalığının tanısı ve prognoz belirlemede kardiyak manyetik rezonans görüntüleme

*Cardiac magnetic resonance imaging in evaluation of coronary artery disease*

Selen Bayraktaroğlu, Hüdaver Alper

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

## ÖZET

Kardiyovasküler manyetik rezonans (MR) görüntüleme teknolojisinde ulaşılan gelişmeler sonucunda, MR koroner arter hastalığının değerlendirilmesinde önemli bir noninvazif araç haline gelmiştir. Kardiyak MR miyokardiyal perfüzyon, canlılık ve miyokardın kontraktıl rezervi hakkında bilgi sağlar. Elde edilen bilgiler sadece tanısıl değil, prognostik öneme de sahiptir. Bu derlemede iskemik kalp hastalığının değerlendirmesinde kardiyak manyetik rezonans görüntülemeledeki son gelişmeler gözden geçirilmiştir. (*Anadolu Kardiyol Derg 2008; 8: Özel Sayı 1; 38-42*)

**Anahtar kelimeler:** Manyetik rezonans görüntüleme, miyokard enfarktüsü, miyokardiyal iskemi, kardiyak fonksiyon

## ABSTRACT

Considerable advances have been achieved in cardiovascular magnetic resonance imaging (MRI) technology, and MRI has become an important noninvasive imaging tool in the management of coronary artery disease. Cardiac MRI can provide information about myocardial perfusion, viability and contractile reserve. The information obtained not only provides diagnostic information but also has an important prognostic value. This article reviews the recent advances in cardiac MRI for evaluation of coronary artery disease. (*Anadolu Kardiyol Derg 2008; 8: Suppl 1; 38-42*)

**Key words:** Magnetic resonance imaging, myocardial infarction, myocardial ischemia, cardiac function

## Giriş

İskemik kalp hastalığı önemli bir morbidite ve mortalite nedenidir. Koroner arter hastalıklarının değerlendirmesinde noninvazif görüntüleme yöntemlerinin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Kardiyak manyetik rezonans görüntüleme, iskemik kalp hastalığının değerlendirmesinde, ventriküler fonksiyonun, kontraktıl rezervin ölçülmesi, miyokard iskemisinin varlığı ve yaygınlığının saptanması, miyokardiyal canlılığın değerlendirilmesi ve koroner arterlerdeki lüminal daralmaların görüntülenmesinde kullanılmaktadır. Kardiyak manyetik rezonans (MR) inceleme noninvazif bir görüntüleme yöntemi olması yanı sıra, iyonizan radyasyon içermemesi, yüksek uzaysal rezolüsyonu ve görüntü kontrastı nedeni ile iskemik kalp hastalıklarının değerlendirmesinde önemli bir görüntüleme yöntemidir.

## Kardiyak fonksiyon

Kalp fonksiyonunu değerlendirmek amacı ile SSFP (Steady State Free Precession) ya da "spoiled" gradiyent eko sekanslar kullanılarak sine MR görüntüleri elde olunur. Bu görüntüler global

ventrikül fonksiyonunu, kontraktilitesini ve kütesini saptamada oldukça güvenilirlerdir (1).

Duvar hareket bozukluğu, bölgesel miyokardiyal iskeminin bir göstergesidir. Stres altında iskemik miyokard tipik olarak anormal kontraktilite gösterir. Duvar hareket bozuklukları, yüksek dereceli koroner arter darlıklarında da görülebilir. Stres ajanı olarak kullanılan Dobutaminin yüksek dozlarında (40 µg/kg/dk) kalp hızı ve kontraktilitesindeki artış sonucunda miyokardın oksijen tüketimi artar ve dolayısıyla belirgin stenozu olan damarlarla beslenen bölgelerde iskemi ortaya çıkar (2). Strese bağlı gelişen bu duvar hareket anormalliklerini saptamada dobutamin stres ekokardiyografi (DSE) sık olarak kullanılmaktadır. Benzer inceleme MR ile de yapılabilmektedir. Nagel ve ark. (3), koroner anjiyografiyi altın standart kabul ederek, yüksek doz dobutamin stres MR ile DSEyi kıyasladıkları 208 hastalık çalışmada, dobutamin stres MR yönteminin miyokardiyal iskemiye saptamada DSE'ye göre daha duyarlı (MR: %86.2, DSE: %74.3) ve özgül (MR: %85.7, DSE: %69.8) olduğunu bildirmişlerdir. Bu farklılığın, MR'ın yüksek görüntü kalitesi ile endo- ve epikardiyal sınırları daha iyi tanımlanmasına bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Hundley ve ark.'nın (4) çalışmasında da

yüksek doz dobutamin stres MR'in anlamlı koroner arter hastalığını saptamadaki özgülük ve duyarlılığı sırası ile %83 ve %83 olarak bildirilmiştir (4). Dobutamin stres MR'in sadece tanısız bilgi değil aynı zamanda prognoza yönelik bilgi sağladığı yönünde çalışmalar da vardır. Kötü akustik pencereleri nedeni ile stres MR görüntülemesine yönlendirilen bir grup hastada (n=279), dobutamin MR ile saptanan miyokardiyal iskemi veya %40'dan düşük ejeksiyon fraksiyonu oranının gelecekte gelişebilecek miyokardiyal enfarktüs ya da ölüm açısından bağımsız belirteçler olduğu tanımlanmıştır (5).

Dobutamin stres sırasında izlenen diğer bir yanıt da doğrudan miyokardiyal canlılığın değerlendirilmesi ile ilgilidir. İstirahat sırasında, normal olarak kasılan doku canlıdır. Geçirilmiş ya da geçirilmekte olan iskemik olay sırasında istirahatte izlenen miyokardiyal disfonksiyon oldukça önemlidir. Çünkü fonksiyonu bozulmuş olan miyokard canlı olabilir. Hiberne miyokard, kronik azalmış kan akımına bağlı izlenen canlı miyokard dokusunun kontraktilete bozukluğudur. Koroner akım tekrar sağlandığında (revaskülarizasyon) kontraktilete hızla düzelir. Akut iskemik olay sonrasında da miyokarda hareket bozukluğu gelişebilir. Ancak bu doku, günler ya da haftalar içerisinde reperfüze olduğunda kontraktilesi düzelir. Miyokardın aslında canlı olduğu bu duruma "stunning" adı verilir. "Stunned" miyokard, inotropik stimülasyona yanıt verir ve miyokardın bu davranışı "stunning" ve enfarkt alanını ayırt etmede yardımcıdır. Düşük doz DSE (0-20 µg/kg/ dk) miyokardiyal canlılığın değerlendirmesinde kullanılan testtir. Düşük doz dobutamin MR yöntemi, inotropik stimülasyon fonksiyonel iyileşmeyi öngörmede uygulayıcı deneyiminden bağımsız olması ve tüm sol ventrikül duvarının uygun planlarda görüntülenmesini sağlaması nedeni ile daha uygun test olabilir (6). Dönüşür disfonksiyonu olan miyokard dokusunun belirlenmesi, prognoz ve agresif revaskülarizasyon tedavisinden yararlanacak yüksek riskli hastaların saptanabilmesi için önemlidir (7).

Kompleks miyokardiyal kontraktilete paternin değerlendirilebildiği diğer bir yöntem "myocardial tagging" uygulamasıdır. Bu yöntemde, miyokarda çapraz ya da paralel satürasyon bantları konur. Normal kasılan alanlarda bu bantlar benzer şekilde kasılır ve eşdeğer hareket ederler. Kasılmanın bozuk olduğu alanlarda ise, satürasyon bantlarında asimetri izlenir. "Tagging" yönteminde, görsel incelemenin yanı sıra özel bilgisayar yazılımları ile ölçümleri yapmak da mümkündür (7).

## Kardiyak perfüzyon

Miyokardiyal iskeminin ortaya çıkması sırasında gelişen olaylar zincirinde subendokardiyal perfüzyon defektleri ilk bulgu iken bunu transmural perfüzyon defektleri ve duvar hareket bozuklukları izler. Elektrokardiyografik değişiklikler ve anjina ise rölatif olarak daha geç gelişen bulgulardır (2). Perfüzyon anormalliklerini saptamada mevcut klinik yöntemlerden en sık kullanılanı miyokard perfüzyon tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi (SPECT)'dir. Bu yöntemin önemli bir avantajı, çok sayıda çok merkezli çalışmalar ile geçerliliği kanıtlanmış ve deneyim kazanılmış olmasıdır. Ancak, düşük temporal ve uzaysal rezolüsyonu, atenüasyon artefaktları ve iyonizan radyasyon içermesi önemli sınırlılıklarındandır. Altın standart kabul edilen, miyokardiyal kan akımının kantifikasyonunu sağlayan diğer bir görüntüleme yöntemi

pozitron emisyon tomografi (PET)'nin en önemli sınırlılıkları ise, subendokardiyal rezolüsyonunun düşük olması, PET cihazının ulaşılabilirliğinin sınırlı ve pahalı olması ve iyonizan radyasyon içermesidir. Ayrıca, görüntülerin analizi oldukça zaman alıcı ve komplikedir. Optimum kalitede görüntü eldesine olanak veren yüksek temporal ve uzaysal rezolüsyona sahip kardiyak MR çalışmalarının geliştirilmesi ile subendokardiyal perfüzyonun değerlendirilmesi mümkün olmuştur (8, 9). İskemik kalp hastalığının tanısında MR perfüzyon görüntülemenin duyarlılık ve özgülüğünün yüksek olduğu daha önceki çalışmalarda bildirilmiştir (2, 5, 9).

Kardiyak MR çalışmasında bolüs tarzında Gadolinium enjeksiyonundan sonra, normal koşullarda kontrast madde kalbe ulaştığı zaman tüm miyokarda kontrast tutulumu ve buna bağlı olarak artmış sinyal izlenir (**ilk geçiş perfüzyonu**). Anlamlı koroner arter stenozu ya da mikrovasküler obstrüksiyon sonucu yeterli kan akımının olmadığı alanlar ise, kontrast maddenin geçişindeki gecikmeye bağlı olarak, düşük sinyalli veya koyu izlenir. Mikrovasküler obstrüksiyonda ilk geçiş sonrasında, erken evre (1-3. dakikalarda) kontrastlı görüntülerde saptanır iken geç kontrastlı görüntülerde (10. dk'dan sonra) enfarktli alanda artmış sinyal varlığı şiddetli iskemik canlı dokudan ayırıcı tanıda önemli bulgudur (6, 8).

Kardiyak perfüzyon MR incelemesi istirahat ve farmakolojik stres altında yapılır. Stres testi için güçlü vazodilatör etki gösteren adenosin etki süresi çok kısa olduğu (yarılanma süresi 4-10 saniye) ve yan etkileri az olduğu için en sık kullanılan farmakolojik ajandır. İkinci sıklıkta kullanılan ajan ise dipiridamol'dür. Belirgin koroner arter hastalığı varlığında, bu vazodilatör stres ajanları çalma fenomeni yaratarak iskemik ve normal miyokardın perfüzyonunda belirgin farklılık oluştururlar (2, 10). Vazodilatör ajanlar ile stres testi için relatif kontrendikasyonlar ciddi kapak darlığı, obstrüktif akciğer hastalığı veya akut koroner sendromların varlığıdır. İlk geçiş perfüzyon MR çalışmaları için önerilen Gadolinium dozu 0,025-0,05 mmol/kg'dır (2). Miyokard perfüzyonunu incelemeye kullanılacak MR sekansında istenen özellikler ise; yüksek uzaysal ve temporal çözünürlük, yüksek kontrast/gürültü oranı, minimum artefakt ve tüm sol ventrikülün görüntüleme alanının içinde bulunmasıdır (2, 11). Perfüzyon çalışmalarında yaygın olarak kullanılan sekanslar, T1 ağırlıklı gradiyent eko (T1-GrE) sekans, ekoplanar görüntüleme (EPI) SSFP sekanslarıdır (11, 12). İstirahat ve stres sırasında alınan perfüzyon MR görüntülerinin değerlendirmesinde semikantitatif yöntemler (zaman- sinyal intensite eğrileri, ortalama geçiş zamanı, pik değere ulaşma zamanı) ve görsel analiz yöntemlerinden yararlanılır (11).

Yayınlanmış çalışmalar, farmakolojik stres ajanı ile yapılan ilk geçiş perfüzyon MR'in (first pass perfusion MR) hemodinamik olarak anlamlı koroner stenozunun saptanmasında yüksek tanısız doğruluk oranının bulunduğunu göstermektedir. Schwitter ve ark.'nın (9) anjiyografi ile %50'den fazla koroner stenoz saptanan olgularda stres kardiyak MR ve N-13 amonyum PET bulgularını kıyasladıkları çalışmalarında, PET'in duyarlılığı %87 ve özgülüğü %85; ilk geçiş perfüzyon MR'in duyarlılığı %91 ve özgülüğü %94 olarak bildirilmiştir. Bu çalışmada araştırmacılar, özellikle subendokardiyal alanda sınırlı perfüzyon anormalliklerinin saptanmasında kardiyak MR görüntüleme yönteminin yararlı olduğunu belirtmişlerdir. Nagel ve ark. (13) çalışmalarında, kardiyak perfüzyon MR'in miyokardiyal perfüzyon rezervini ve anlamlı koroner arter stenozunu saptamada kullanılabileceğini rapor etmişlerdir.

Koroner anjiyografi ile kıyasladıklarında, kardiyak perfüzyon MR'ın özgüllük ve duyarlılık oranlarını sırasıyla %90 ve %88 olarak bildirmişlerdir. Ishida ve ark. (14) ise, belirgin koroner stenozu (%70) olan olgularda, "first-pass contrast-enhanced stress" MR ile stres miyokard perfüzyon SPECT yöntemlerini kıyasladıkları çalışmalarında, "first-pass contrast-enhanced stress" MR yönteminin duyarlılığının (%94) stres perfüzyon SPECT'in duyarlılığına göre (%82) daha iyi olduğunu bildirmişlerdir. Schwitter ve ark.'nın (15) MR-IMPACT çalışması, perfüzyon kardiyak MR'ın koroner arter hastalığı (KAH) tanısında daha geniş kullanımını destekleyen yeni ve önemli bir çalışmadır. Bu çift kör randomize ve prospektif çalışmada, 5 farklı kontrast madde dozunun MR görüntü kalitesi ve tanıya katkısı yanı sıra en iyi kontrast dozu ile elde olunan perfüzyon MR ve perfüzyon SPECT'in koroner stenozu saptamadaki doğruluk oranları koroner anjiyografi referans test kabul edilerek kıyaslanmıştır. Koroner arter hastalığını saptamada perfüzyon MR'ın optimum kontrast dozunda, SPECT kadar başarılı olduğu vurgulanmıştır. On iki tek merkezli ve 2 çok merkezli çalışmanın özetlendiği bir meta-analizde ise, koroner arter hastalığını saptamada perfüzyon MR'ın duyarlılığı %91 (%95 Güven aralığı: 88-94), özgüllüğü ise %81 (%95 Güven aralığı: 77-85) olarak belirtilmiştir (16).

Akılda tutulması gereken diğer bir önemli nokta, perfüzyon defektleri ile büyük epikardiyal koroner arterlerin stenozlarının eş anlamlı olmadığıdır. İlk geçiş perfüzyon çalışmaları, miyokardiyal oksijen gereksiniminde artış ile bu bölgedeki kanlanma arasındaki uyumsuzluğu gösterir. Bu nedenle, bu teknik kateter anjiyografi ile izlenemeyen patolojileri de saptayabilir. Panting ve ark. (17), koroner anjiyografisi tamamen normal olan Sendrom X hastalarında adenozin stres MR ile ölçülen subendokardiyal perfüzyon indeksinin sağlıklı gönüllülere oranla azalmış olduğunu saptamışlardır. Bu bulgular da, bu hasta grubunda izlenen göğüs ağrısının transmural olmayan miyokardiyal iskemi ile ilişkili olabileceği görüşünü desteklemektedir. Diğer yandan, anjiyografik olarak stenoz saptanan damarların sulama alanlarında ilk geçiş perfüzyon görüntülerinde perfüzyon defekti izlenmeyebilir; çünkü miyokardiyal perfüzyon anjiyografik olarak saptanamayan kollateral arteracılığı ile sağlanıyor olabilir (18).

### Miyokardial canlılık (viabilite)

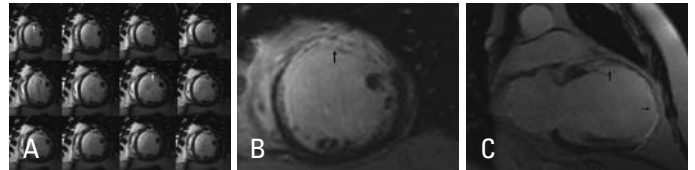
Koroner arter hastalığı ve sol ventrikül disfonksiyonu olan olgularda, geri dönüşümlü-dönüşümsüz miyokardiyal hasarın belirlenmesi önemlidir. Canlı miyokardın belirlenmesi, revaskülarizasyon işleminden yararlanacak hastaların seçimi için değerlidir (19, 20). Miyokardiyal canlılığın belirlenmesinde kullanılan noninvazif yöntemler PET, SPECT, DSE, dobutamin stres MR ve geç kontrastlı MR incelemesidir (6, 21).

Noninvazif görüntüleme yöntemlerinden geç kontrastlı MR görüntüleme, yüksek uzaysal rezolüsyonu yanı sıra LV duvarındaki enfarktli doku ile canlı miyokard arasındaki sınırı net olarak ayırt edebilmesi ve enfarkt alanının transmural yayılımını belirlemesi nedeni ile önem kazanmıştır. Hayvan çalışmasında, akut ve kronik miyokard enfarktüsünde geç kontrastlı MR ile kontrast tutulumu saptanan alanın TTC (triphenyl-tetrazolium chloride) boyama alanları ile korelasyon gösterdiği saptanmıştır (22).

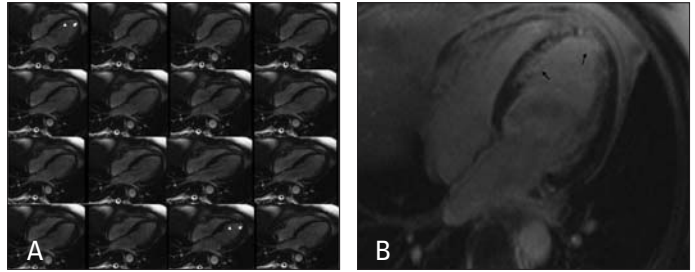
Intravenöz ekstrasellüler kontrast madde enjeksiyonundan (0.1-0.2 mmol/kg) 5-30 dakika sonra geç kontrastlı görüntüler elde olunur. Kontrast ajan verildikten sonra, enfarktli bölgedeki ekstrasellüler kompartmanın genişlediği ölü alana kontrast madde yayılımı ile birlikte "inversion recovery gradient echo" sekansında (IRGRE) miyokarddaki infarkt alanlarında sinyal artışı izlenir. Bu sekansda kullanılan enversiyon zamanı (TI= inversion time 200-300 ms) ile canlı miyokardın sinyali baskılanarak canlı doku ve enfarkte doku arasındaki kontrast farkı artırılır (2) (Şekil 1, Video 1. Video/hareketli görüntüler [www.anakarder.com](http://www.anakarder.com)'da izlenebilir). Inversion-recovery sekansının faza duyarlı rekonstrüksiyonları (Phase Sensitive Inversion Recovery) da miyokardiyal canlılığın ölçülmesinde kullanılabilen TI değerine daha az duyarlı sekanslardır (23).

Geç miyokardiyal boyanma enfarkt için özgül bulgu olmayıp miyokardit, sarkoidozis, hipertrofik kardiyomyopate de izlenebilir. Ancak, enfarktüs alanında izlenen kontrast tutulumunun endokardiyal yüzden başlaması ve bir damar sulama yatağına uyması ayırıcı tanıya yardımcıdır (2) (Şekil 2, Video 2. Video/hareketli görüntüler [www.anakarder.com](http://www.anakarder.com)'da izlenebilir).

Diğer görüntüleme yöntemleri ile kıyaslandığında, geç kontrastlı MR inceleme sonuçlarının viabilite değerlendirmesinde ve PET bulgularının birbirleri ile korelasyon gösterdiği saptanmıştır (24). Klein ve arkadaşları, miyokardiyal viabiliteyi değerlendirmede geç kontrastlı MR ve PET yöntemini 31 iskemik ve sol ventrikül disfonksiyonu olan olguda kıyaslamışlardır. Bu çalışmada MR'da miyokardiyal skarı gösteren geç kontrast tutulum alanları ile PET'de azalmış akım ve metabolizma saptanan alanların birbiri ile



**Şekil 1.** İskemik dilate kardiyomyopatisi olan olguda (A) Bir kardiyak sıklusa ait ardışık kısa aks SSFP MR görüntülerinde sol ventrikül anterior duvarı ve interventriküler septumun anterior kesiminde duvarın ince ve akinetik olduğu, diğer duvarlarda ise global hipokinezi olduğu izlenmektedir. Geç kontrastlı IR (B) Kısa aks, (C) Vertikal uzun aks görüntülerinde kalbin bazal kesimi dışında anterior duvar ve apekte canlı olmayan alanlara ait belirgin transmural kontrast tutulumu ve miyokardiyal inceleme görülmekte IR- "inversion recovery", MR- manyetik rezonans, SSFP- "steady state free precession"



**Şekil 2.** Akut miyokard enfarktüsü geçirmiş olguda bir kardiyak sıklusa ait (A) horizontal uzun aks diyastol sonu ve sistol sonu SSFP MR görüntülerde mid-apikal bölgede interventriküler septumda ve sol ventrikül apeksinde akinezi (B) Disfonksiyone segmentlere karşılık gelen sol anterior desendan arter sulama alanında geç kontrastlı IR görüntülerde kontrast tutulumu izlenmektedir

IR- "inversion recovery", MR- manyetik rezonans, SSFP- "steady state free precession"

uyumlu olduğunu bildirmişlerdir. Ancak, MR'da subendokardiyal kontrast tutulumu izlenen segmentlerin %55'i PET ile normal olarak değerlendirilmiştir. Bu bulgunun, PET sisteminin MR aletine göre uzaysal rezolüsyonun daha sınırlı olması ya da epikardiyal radyofarmasötik aktivitesinin küçük subendokardiyal defektleri maskeleyesi nedeni ile olabileceği belirtilmiştir (24). Manyetik rezonans görüntülemenin SPECT ile de iyi korelasyon gösterdiği daha önceki çalışmalarda rapor edilmiştir. Wagner ve ark.'nın, kontrast MR ile miyokard perfüzyon SPECT yöntemini kıyasladıkları çalışmalarında, 91 bilinen ya da şüphelenilen KAH olan hastada, kontrast MR ve miyokard perfüzyon SPECT bulguları enfarktın varlığı, yeri ve yaygınlığı açısından incelenmiş ve skorlanmıştır. Ayrıca, histokimyasal boyama altın standart kabul edilerek histopatolojik olarak miyokard enfarktüsü tanısı konan 12 köpek ve enfarktüs olmayan 3 köpeğin kontrastlı MR ve perfüzyon SPECT görüntüleri elde edilmiş, her iki yöntemle elde edilen görüntüler referans yöntem bulguları ile kıyaslanmıştır. Kontrast MR ve miyokard perfüzyon SPECT yöntemlerinin her ikisinin de hayvanlarda transmural enfarkt alanlarının tümünü saptadığı bildirilmiştir. Bu çalışmada, subendokardiyal enfarktüs 109 segmentten 100'ü kontrast MR (%92) ile saptanırken SPECT yalnız 31'ini (%28) saptamıştır. Sonuçta SPECT yönteminin özgüllüğü %97, kontrast MR'in özgüllüğü ise %98 olarak bildirilmiştir. Hasta grubunda ise, transmural enfarkt alanları her 2 yöntemle de saptanırken subendokardiyal enfarktüs 181 segmentten 85'i (%47'si) SPECT ile saptanamamıştır (25).

Kim ve ark. (26), KAH olan hastalarda bölgesel kontraktile bozukluğu olan ve revaskülarizasyondan fayda görece miyokardiyal alanların saptanmasında geç kontrastlı MR yönteminin kullanılabilirliğini belirtmişlerdir. Çalışmalarında, revaskülarizasyon öncesi kontraktil disfonksiyonu olan 50 olguyu incelemişler ve kontraktil disfonksiyonu olan ancak kontrast tutulumu olmayan segmentlerin %78'inde revaskülarizasyon sonrası iyileşme sağlanırken %75'den fazla transmural kontrast tutulumu olan segmentlerin sadece %2'sinde iyileşme sağlanabildiğini rapor etmişlerdir.

Choi ve ark (27) da ilk kez miyokard enfarktüsü ile başvuran 24 hastaya revaskülarizasyon uygulamış ve MI sonrası ilk haftada ve 8-12 hafta sonraki süreçte sine ve kontrastlı MR görüntüleri ile hastaları değerlendirmişlerdir. Kontraktil fonksiyonu düzelen miyokardiyal segmentlerin oranının, enfarktın transmural yayılımı arttıkça progresif olarak azaldığını saptamışlardır. Enfarkt olmayan segmentlerde %77 oranında fonksiyonel düzelleme izlenirken bu oran %1-25 transmural tutulum olan hastalarda %67; %26-50 transmural tutulum olan hastalarda %56; %51-70 transmural tutulum olan hastalarda %35 ve %76-100 transmural tutulum olan hastalarda %5 olarak bildirilmiştir.

İlk geçiş perfüzyon ya da 1-3. dakikalardaki kontrastlı görüntülerde akut MI sonrası enfarkt alanının santralinde izlenen azalmış kontrast tutulum alanları mikrovasküler obstrüksiyon alanlarıdır. Akut MI'nde mikrovasküler obstrüksiyonun varlığı ve miktarı da miyokardiyal "remodeling" ve dolayısıyla enfarktüs sonrası hasta prognozu açısından önemli diğer bir belirteçdir (10). Wu ve arkadaşları çalışmalarında, mikrovasküler obstrüksiyon olan olgularda enfarkt sonrası kardiyovasküler komplikasyon gelişme riskinin (reinfarkt, kronik kalp yetersizliği, ölüm vs.) yüksek olduğunu göstermişlerdir (28).

İskemik kalp hastalığına bağlı gelişen anevrizma oluşumu, valvüler regürjitasyon, perikardiyal efüzyon gibi komplikasyonların görüntülenmesinde de MR kullanılabilir. Özellikle transmural infarktlarda ve enfarkt sonrası gelişen anevrizmatik alanlarda yavaşlamış kan akımına bağlı olarak bu bölgelerde trombus oluşma riski yüksektir. Sol ventrikül apeksi ve endokardiyal trabekülasyonlar arasındaki trombusları saptamak transtorasik ekokardiografi ile her zaman kolay olmayabilir. Kontrastlı ve sine MR görüntüleri ile trombuslar kolaylıkla gösterilebilir ve yavaş akımdan ayırt edilebilir (29).

## Koroner MR anjiyografi (MRA)

Konvansiyonel koroner anjiyografi koroner arterlerin görüntülenmesinde halen altın standart kabul edilmektedir. Ancak, işlem sırasında radyasyona maruz kalınması ve işlemin invazif olması yanı sıra komplikasyon gelişme riski yöntemin en önemli dezavantajlarıdır. Son yıllarda koroner vasküler yapıların görüntülenmesi yolunda, koroner BT anjiyografi ve MR anjiyografi yöntemlerinde gelişmeler olmuştur. Koroner MRA'nın en önemli avantajı incelemenin radyasyon içermemesidir. Koroner MRA ile koroner arterlerin proksimal kesimlerini incelemek ve koroner arter anomalilerini saptamak mümkündür. Ancak, koroner MRA yöntemi koroner arterlerin dolambaçlı (tortuöz) seyri, kardiyak ve solunum hareketleri nedeni ile teknik olarak güçtür.

## Sonuç

Sonuç olarak, var olan teknolojik gelişmeler ile birlikte kardiyak MR günümüzde iskemik kalp hastalığının değerlendirmesinde önemli bir tanısal yöntem olmuştur. Miyokardiyal iskeminin değerlendirilmesinde, koroner arter hastalığı ve sol ventrikül disfonksiyonu olan olgularda miyokardiyal canlılığın saptanmasında MR ile elde edilen bulgular, klinik veriler eşliğinde tanısal ve prognostik bilgiler sağlamaktadır. Özellikle kardiyak MR'in yüksek uzaysal çözünürlüğü ve radyasyon içermemesi diğer noninvazif görüntüleme yöntemlerine üstünlüklerindedir.

## Kaynaklar

1. Grothues F, Smith GC, Moon JC, Bellenger NG, Collins P, Klein HU, et al. Comparison of interstudy reproducibility of cardiovascular magnetic resonance with two-dimensional echocardiography in normal subjects and in patients with heart failure or left ventricular hypertrophy. *Am J Cardiol* 2002; 90: 29-34.
2. Lee VS. Cardiovascular MRI: physical principles to practical protocols. 1st ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006.
3. Nagel E, Lehmkühl HB, Bocksch W, Klein C, Vogel U, Frantz E, et al. Noninvasive diagnosis of ischemia-induced wall motion abnormalities with the use of high-dose dobutamine stress MRI: comparison with dobutamine stress echocardiography. *Circulation* 1999; 99: 763-70.
4. Hundley WG, Hamilton CA, Thomas MS, Herrington DM, Salido TB, Kitzman DW, et al. Utility of fast cine magnetic resonance imaging and display for the detection of myocardial ischemia in patients not well suited for second harmonic stress echocardiography. *Circulation* 1999; 100: 1697-702.
5. Hundley WG, Morgan TM, Neagle CM, Hamilton CA, Rerkpattana-pat P, Link KM. Magnetic resonance imaging determination of cardiac prognosis. *Circulation* 2002, 106: 2328-33.

6. Sakuma H. Magnetic resonance imaging for ischemic heart disease. *J Magn Reson Imaging* 2007; 26: 3-13.
7. Reeder SB, Du YP, Lima JA, Bluemke DA. Advanced cardiac MR imaging of ischemic heart disease. *Radiographics* 2001; 21: 1047-74.
8. Prasad SK, Lyne J, Chai P, Gatehouse P. Role of cardiac magnetic resonance in assessment of myocardial perfusion. *Eur Radiol* 2005; 15 (Suppl 2): B42-7.
9. Schwitler J, Nanz D, Kneifel S, Bertschinger K, Büchi M, Knüsel PR, et al. Assessment of myocardial perfusion in coronary artery disease by magnetic resonance: a comparison with positron emission tomography and coronary angiography. *Circulation* 2001; 103: 2230-5.
10. Pennell DJ. Cardiovascular magnetic resonance and the role of adenosine pharmacologic stress. *Am J Cardiol* 2004; 94 (Suppl 2A): 26D-31D.
11. Kellman P, Arai AE. Imaging sequences for first pass perfusion - a review. *J Cardiovasc Magn Reson* 2007; 9: 525-37.
12. Gebker R, Schwitler J, Fleck E, Nagel E. How we perform myocardial perfusion with cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson* 2007; 9: 539-47.
13. Nagel E, Klein C, Paetsch I, Hettwer S, Schnackenburg B, Wegscheider K, et al. Magnetic resonance perfusion measurements for the noninvasive detection of coronary artery disease. *Circulation* 2003; 108: 432-7.
14. Ishida N, Sakuma H, Motoyasu M, Okinaka T, Isaka N, Nakano T, et al. Noninfarcted myocardium: correlation between dynamic first-pass contrast-enhanced myocardial MR imaging and quantitative coronary angiography. *Radiology* 2003; 229: 209-16.
15. Schwitler J, Wacker CM, van Rossum AC, Lombardi M, Al Saadi N, Ahlstrom H, et al. MR-IMPACT: comparison of perfusion-cardiac magnetic resonance with single-photon emission computed tomography for the detection of coronary artery disease in a multicentre, multivendor, randomized trial. *Eur Heart J* 2008; 29: 480-9.
16. Nandalur KR, Dwamena BA, Choudhri AF, Nandalur MR, Carlos RC. Diagnostic performance of stress cardiac magnetic resonance imaging in the detection of coronary artery disease: a meta-analysis. *J Am Coll Cardiol* 2007; 50: 1343-53.
17. Panting JR, Gatehouse PD, Yang GZ, Grothues F, Firmin DN, Collins P, et al. Abnormal subendocardial perfusion in cardiac syndrome X detected by cardiovascular magnetic resonance imaging. *N Engl J Med* 2002; 346: 1948-53.
18. Barkhausen J, Hunold P, Jochims M, Debatin JF. Imaging of myocardial perfusion with magnetic resonance. *J Magn Reson Imaging* 2004; 19: 750-7.
19. Pagley PR, Beller GA, Watson DD, Gimple LW, Ragosta M. Improved outcome after coronary bypass surgery in patients with ischemic cardiomyopathy and residual myocardial viability. *Circulation* 1997; 96: 793-800.
20. Di Carli MF, Maddahi J, Rokhsar S, Schelbert HR, Bianco-Batlles D, Brunken RC, et al. Long-term survival of patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction: implications for the role of myocardial viability assessment in management decisions. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998; 116: 997-1004.
21. Thomson LE, Kim RJ, Judd RM. Magnetic resonance imaging for the assessment of myocardial viability. *J Magn Reson Imaging* 2004; 19: 771-88.
22. Kim RJ, Fieno DS, Parrish TB, Harris K, Chen EL, Simonetti O, et al. Relationship of MRI delayed contrast enhancement to irreversible injury, infarct age, and contractile function. *Circulation* 1999; 100: 1992-2002.
23. Huber AM, Schoenberg SO, Hayes C, Spannagl B, Engelmann MG, Franz WM, et al. Phase-sensitive inversion-recovery MR imaging in the detection of myocardial infarction. *Radiology* 2005; 237: 854-60.
24. Klein C, Nekolla SG, Bengel FM, Momose M, Sammer A, Haas F, et al. Assessment of myocardial viability with contrast-enhanced magnetic resonance imaging: comparison with positron emission tomography. *Circulation* 2002; 105: 162-7.
25. Wagner A, Mahrholdt H, Holly TA, Elliott MD, Regenfus M, Parker M, et al. Contrast-enhanced MRI and routine single photon emission computed tomography (SPECT) perfusion imaging for detection of subendocardial myocardial infarcts: an imaging study. *Lancet* 2003; 361: 374-9.
26. Kim RJ, Wu E, Rafael A, Parker MA, Simonetti O, Klocke FJ, et al. The use of contrast enhanced magnetic resonance imaging to identify reversible myocardial dysfunction. *N Engl J Med* 2000; 343: 1445-53.
27. Choi KM, Kim RJ, Gubernikoff G, Vargas JD, Parker M, Judd RM. Transmural extent of acute myocardial infarction predicts long-term improvement in contractile function. *Circulation* 2001; 104: 1101-7.
28. Wu KC, Zerhouni EA, Judd RM, Lugo-Olivieri CH, Barouch LA, Schulman SP, et al. Prognostic significance of microvascular obstruction by magnetic resonance imaging in patients with acute myocardial infarction. *Circulation* 1998; 97: 765-72.
29. Mollet NR, Dymarkowski S, Volders W, Wathiong J, Herbots L, Rademakers FE, et al. Visualization of ventricular thrombi with contrast-enhanced magnetic resonance imaging in patients with ischemic heart disease. *Circulation* 2002; 106: 2873-6.