

Konjenital Kalp Hastalıklarında Manyetik Rezonans Görüntüleme ve Bilgisayarlı Tomografi

Magnetic Resonance Imaging and Computed Tomography in Congenital Heart Diseases

Zekeriya Küçükduymaz¹, Hekim Karapınar¹, Ömer Göktekin²

¹ Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kardiyoloji Anabilim Dalı, Sivas, Türkiye

¹ Department of Cardiology, Faculty of Medicine, Cumhuriyet University, Sivas, Turkey

² Bezmîâlem Vakıf Üniversitesi Hastanesi, Kardiyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

² Department of Cardiology, Faculty of Medicine, Bezmîâlem Vakıf University, İstanbul, Turkey

ÖZET

Konjenital kalp hastalıklarının anlaşılmasında, erken teşhisinde ve modern cerrahideki ilerlemeler ve başarılar, konjenital kalp hastalığı olan hastaların prognozlarında belirgin ilerlemelere yol açmıştır. Yaşam boyu düzenli takip, erişkin konjenital kalp hastalığı olan hastaların medikal hayatlarının değişmez bir parçasıdır. Kullanım kolaylığı ve taşınabilirliği nedeniyle hala birinci derecede tanınan ekokardiyografinin yetersiz olabildiği bu hastalarda, kardiyak manyetik rezonans ve bilgisayarlı tomografi ile kardiyak yapılar ve fonksiyonları hakkında daha net bilgiler elde edilebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Konjenital kalp kusurları; manyetik rezonans görüntüleme; çok kesitli bilgisayarlı tomografi.

Geliş Tarihi: 02.03.2012 • **Kabul Tarihi:** 25.04.2012

ABSTRACT

The successes of the diagnosis and the treatment of the grown up congenital heart disease improved the prognosis of these patients by further innovations. Lifelong regular follow up is necessary for these patients. Cardiac magnetic resonance imaging and the computed tomography give us more sufficient information about the morphology and the function when the first line diagnostic tool echocardiographic information is handicapped.

Key Words: Congenital heart defects; magnetic resonance imaging; multislice computed tomography.

Received: 02.03.2012 • **Accepted:** 25.04.2012

Yazışma Adresi/
Correspondence

Dr. Zekeriya Küçükduymaz

Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Kardiyoloji Anabilim Dalı
Sivas-Türkiye

e-posta
trimesgites@hotmail.com

Konjenital kalp hastalıklarının anlaşılmasında, erken teşhisinde ve modern cerrahideki ilerlemeler ve başarılar, konjenital kalp hastalığı olan hastaların prognozlarında belirgin ilerlemelere yol açmıştır ve bunun sonucunda toplum içerisinde konjenital kalp hastalıklı bireylerin oranı gittikçe artmaktadır^(1,2). Buna bağlı olarak gelişmiş ülkelerde, her 1000 canlı doğumda 4-6 kez görülen konjenital kalp hastalıklı bireylerin %85'inden daha fazlası erişkin yaşama ulaşabilmektedir⁽³⁾. Yaşam boyu düzenli takip, erişkin konjenital kalp hastalığı olan hastaların medikal hayatlarının değişmez bir parçasıdır. Bu, altta yatan anatominin herhangi bir uzun dönem etkisini araştırmak ve/veya tedavi etmek, postoperatif durum değerlendirmesi yapmak, rezidüel lezyonları ve komplikasyonları değerlendirmek açısından yapılmalıdır⁽⁴⁾. Bu amaçlara ulaşmak için ise artık günümüzde geleneksel birinci basamak yöntemlere (ekokardiyografi, kardiyak kateterizasyon) ek olarak yeni yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Kullanım kolaylığı ve taşınabilirliği nedeniyle hala birinci derecede tanınan ekokardiyografide olduğu gibi, kardiyak manyetik rezonans ve bilgisayarlı tomografiyle uygun bilgiler elde etmek için, teknik bilgilerin yanında yeterli derecede üç boyutlu kardiyak anatomi, kardiyak fizyoloji ve hemodinamiği, konjenital ve kazanılmış kalp hastalıkları bilgisine sahip olmak gereklidir. Ayrıca, başarılı bir tarama sonucuna ulaşmak için, hastanın özel ihtiyaçlarına da hakim olmak gereklidir.

MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME (MRG)

Kardiyovasküler MRG, vücudun güçlü bir manyetik alan içerisinde doku, özellikle su, kan ve yağ dokusundaki protonlar (¹H) ile radyo-enerji dalgaları arasındaki rezonans ilişkiden elde edilen görüntülerin, yeniden yayılan radyo sinyallerinin spektral analizlerinin hesaplanması, radyofrekans atımlarının (pulse) sırasına ve uygulanmış manyetik gradientlere göre değerlendirilmesiyle elde edilen görüntülerden oluşmaktadır⁽⁵⁾. İşlem yaklaşık 30-45 dakika sürmektedir. Hareket halindeki kalbi görüntülerken iyi görüntü kalitesi için, R dalgalarına göre hareket ederek, elektrokardiyografik ayırım (EKG-gating) gereklidir.

Endikasyonlar

Doğumsal veya operasyonlar nedeniyle edinsel olarak farklı göğüs duvarı ve kardiyovasküler yapıları olan hastalarda, anatomik ve fonksiyonel kardiyak görüntüleme MRG diğer görüntüleme tetkiklerinden çok daha üstün sonuç verebilmektedir⁽⁶⁾. İnvazif ve iyonizan olmaması ve genellikle hastalar tarafından iyi derecede tolere edilmesi nedeniyle periyodik takipler sırasında güvenle kullanılabilir. Tipik anteryor lokalizasyonundan ötürü ekokardiyografik

değerlendirmesi zor ve bazen de yetersiz olan sağ ventrikül açısından çok iyi kalitede görüntüleme sağlar. Çünkü, konjenital kalp hastalığı olan bireylerde sağ ventrikül ölçümleri en az sol kadar önem arz eder^(7,8). Sağ ventrikülün anatomik ve fonksiyonel değerlendirilmesi açısından yüksek derecede tekrar edilebilirlik sağlar⁽⁹⁾. Sonuçta sağ kalp açısından diğer herhangi bir görüntüleme tekniğinin çok ötesinde güvenilir bilgi sağlar.

Konjenital kalp hastalıkları için kabul edilen MRG endikasyonları şunlardır:

1. Kardiyak anomalilerin segmental tanımlanması,
2. Torasik aortik anomalilerin değerlendirilmesi,
3. Şantlar, stenozlar ve yetmezliklerin invazif olmayan bir şekilde belirlenmesi ve derecelendirilmesi,
4. Kompleks anatomi ve konotrunkal malformasyonların değerlendirilmesi,
5. Pulmoner ve sistemik venöz anomalilerin belirlenmesi,
6. Postoperatif çalışma ve değerlendirme^(6,10-12).

Güvenlik ve Kullanılabilirlik

Kardiyak MRG için en önemli şey hastanın güvenliğidir. Her ne kadar MRG invazif ve iyonizan olmayışı nedeniyle güvenli olsa da güçlü manyetik alanı dolayısıyla bazı şartlar altında tehlikeli olabilmektedir. Kalp pili olan hastalar magnete yaklaşmamalıdır. Göğüs içerisinde implante halde bulunan ve elektriksel cihazlarla ilişkisi olmayan cihaz ve kliplerin birçoğu güvenlidir. Genel olarak, cihazın yerinden oynama riski olabileceği için, implantasyon sonrası altıncı haftadan sonra MRG yapılması önerilmektedir ancak klinik endikasyon ve risk kıyası sonucunda karar verilmelidir^(13,14). Pil ve defibrilatör telleri ise, loop içerisinde oluşabilecek elektromanyetik akım ve bunların yol açabileceği iç ısınma nedeniyle hastayı tehlikeye atabilir⁽¹⁵⁾. Ferromagnetik implantlar görüntüler üzerinde lokal artefaktlar oluşturabilir ancak bu durum tekniğin kullanılabilirliğini kaybettirmez⁽¹⁶⁾. EKG-gated çekimleri etkilediği için aritmiler imaj kalitesini düşürür. 30-45 dakika boyunca sırt üstü ve kıvıdamadan magnetin içerisinde yatılması gerekliliği olduğundan ortopedik hastalar, gebe, kifoskolyotik ve klostrofobik hastalar bu uzun süreli çekimleri tolere edemeyebilirler (Tablo 1).

Temel Görüntüleme Teknikleri

Çoklu kesitsel görüntüleme (multislice imaging): Anatominin retrospektif değerlendirilmesinin yapılması ve takip eden nefes-tutumlu sine görüntüler için rehberlik yapımları açısından transaksial, koronal ve sagittal kesitler yapılmaktadır⁽⁴⁾.

Tablo 1. Manyetik rezonans görüntülemenin güvenlik ve kullanılabilirliğini etkileyen faktörler*

Güvensiz olanlar	Güvenli ama lokal görüntü artefaktı yapanlar
Kalp pili	Protez kalp kapakları
Pil teli (muhtemel)	Stentler
Elektrik akımı olan implantlar	Oklüzyon cihazları
İntrakraniyal anevrizma klipleri	İntratorasik ligasyon klipleri
Göz içerisindeki çelik parçalar	Sternal teller
	Implante spinal çiviler (Harrington çivisi)

* 5 no'lu kaynaktan alınmıştır.

Sine görüntüleme (cine imaging): Sine görüntüleme, akım etkilerinin görüntülenmesi sağlar ve kalbin hareketlerini gösterir. Sonuçta ventriküler fonksiyonlar, kitleler ve kapak hareketlerini değerlendirmede önemlidir⁽⁵⁾.

Faz hız haritalama (phase velocity mapping): Bu teknik, akım hızlarının belirlenmesinde kullanılır^(17,18). Doğru bir şekilde uygulandığında akım görüntülenmesi ve ölçümünde çok yönlü ve doğru bilgiler verir ve buna bağlı olarak hastalarda kardiyak fonksiyonel değerlendirmeye yadsınamaz katkıda bulunur^(19,20).

Üç boyutlu manyetik rezonans anjiyografi (three dimensional magnetic resonance angiography): Konjenital kalp hastalığı olan hastalarda bilhassa anormal pulmoner veya sistemik venöz dönüşün belirlenmesinde, aort koarktasyonu ve eşlik eden kollateralleri gibi aortik patolojilerin, büyük aorto-pulmoner kollateral arterler ve Blalock-Tausig, Glenn gibi cerrahi şantların değerlendirilmesi ve şematizasyonunda kullanılır^(4,21).

Geç gadolinyum artışı (late gadolinium enhancement) (doku karakterizasyonu): Paramanyetik bir kontrast ajan olan gadolinyum intravenöz enjeksiyonu sonrasında, 10-15 dakika sonra kandaki konsantrasyonu düşerken infarktlı miyokart dokusunda ekstraselüler boşlukta tutulumu mantığına dayanır ve parlak olan infarktlı bölgenin çevresinde sağlıklı miyokart daha koyu görüntülenir⁽²²⁾. Bilhassa beklenmedik bölgeler duvar hareket kusuru tespit edildiğinde tanı için ve fibrotik doku tanımlanması açısından yardımcı olur.

Spesifik Hastalıklarda MRG Uygulamaları

Aort koarktasyon, rekoarktasyon ve anevrizmaları:

Aort koarktasyonlu hastalarda aortun geometrisi, bilhassa değişik tamirler sonucunda, değişkendir. MRG tamir edilmiş (cerrahi tamir veya balon dilatasyon ve/veya stent uygulaması)/edilmemiş koarktasyona eşlik eden anevrizma veya yalancı anevrizmaların, aort arkusunun anatomisinin gösterilmesine ve jet hızının ölçümüne olanak verir. İstirahat zirve hızının en az 3 m/sn olması ve buna ileri akıma

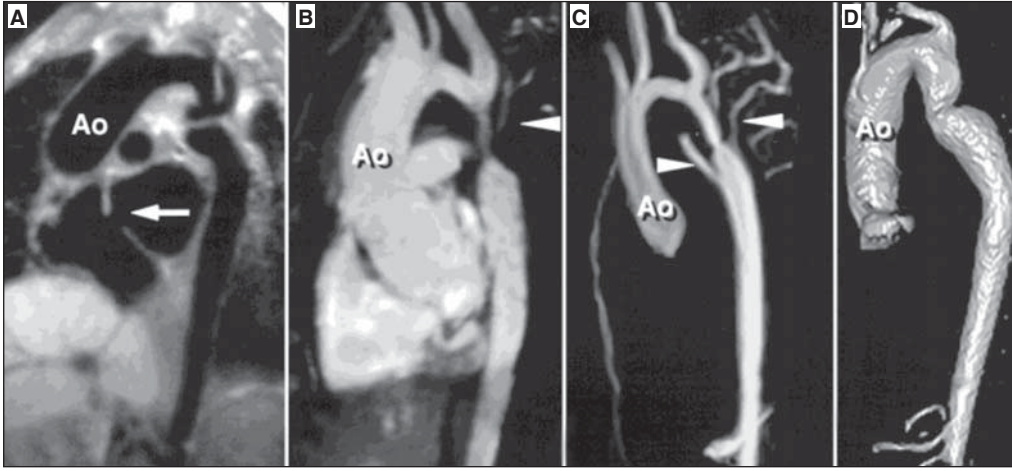
ait diyastolik bir uzamanın (diyastolik kuyruk) eşlik etmesi, koarktasyonun ciddi olduğunu gösteren önemli bir parametredir. Ayrıca, biküspit aortik kapak, subaortik obstrüksiyon, ventriküler septal defekt, mitral kapak hastalığı veya aberran ark damarları gibi ek patolojilerin varlık ve ciddiyeti hakkında da bilgi sahibi olmamıza olanak tanır. Kontrast tutulumlu MRA (contrast enhanced MRA, CE-MRA) dar, tortuoz segmentler veya kollaterallerin görüntülenmesine olanak tanırken, obstrüksiyonun ince bir membrana bağlı olduğu durumlarda yeterli değerlendirmenin yapılmasına olanak tanımaz. Bilhassa Dacron gibi kompliyans olmayan yamalarla tamir sonrası veya rezidüel hemodinamik lezyonlar (küçük anevrizmalar veya hafif rekoarktasyon) periyodik olarak takip edilmelidir. Ayrıca, tamir edilmiş hastalarda hemoptizi görülmesi akla hemen oluşmuş bir yalancı anevrizmadan dışarı kan sızması ve paraaortik hematomu getirmelidir; bu klinikte de MRG iyi derecede tanılabilir bilgi sağlamaktadır⁽⁵⁾ (Resim 1).

Sol ventrikül çıkım yolu darlıkları: Ciddi subaortik darlık durumunda bazen eşlik eden aort kapak hastalığını tanımak zor olabilmektedir. Uygun görüntülemeyle valvar veya subvalvar ayırımı, seviyesi ve ciddiyeti yapılabilmektedir⁽⁴⁾.

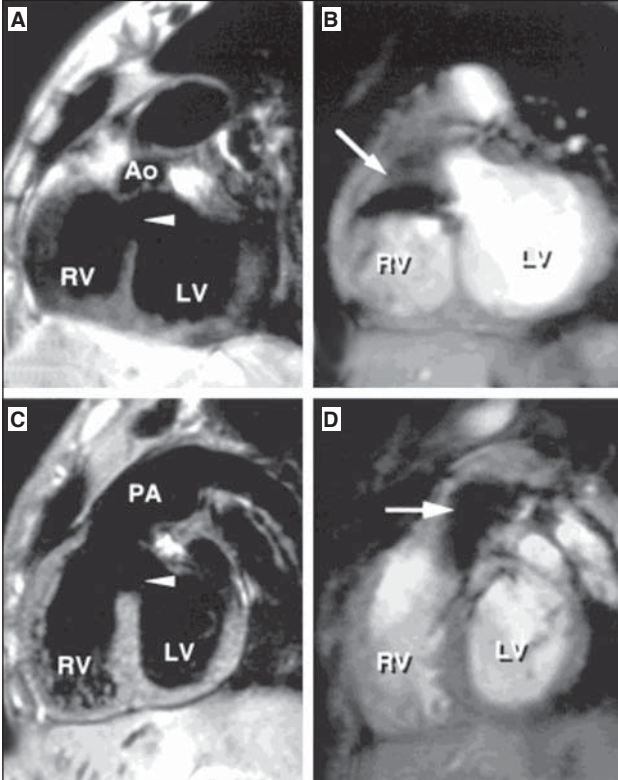
Şantlar; patent duktus arteriyozus, atriyal ve ventriküler septal defektler: Şanti hesaplayabilmek için hem aortik hem de pulmoner akımların ölçülmesi gereklidir. Aortik akım ölçümü en uygun olarak sinotübüler bileşke seviyesinden aort kökünün transeksiyonuyla yapılırken, pulmoner akım için uygun yer bifurkasyonun hemen öncesidir. PDA akımının aortadan pulmoner artere doğru olduğu durumlarda asendan aort akımı pulmoner arter akımından daha yüksek hesaplanır⁽⁵⁾.

Her ne kadar atriyal septal defekt (ASD) ve ventriküler septal defekt (VSD) ekokardiyografik olarak yeterli derecede görüntülenebilse de, zor olgularda kardiyak MRG çok açık değerlendirme sağlar (Resim 2).

Sağ ventrikül çıkış yolu ve konduit obstrüksiyonu: Sağ ventrikül çıkış yolu (RVOT) ve konduitlerini ekokardi-



Resim 1. Dört farklı hasta ve dört farklı morfolojik teknikle aort koarktasyonu (Ao). A: Bir yaşındaki bir erkek çocukta sagittal oblik spin-eko görüntüsü. Transvers arkus aortada tübüler hipoplazi ve sekundum ASD'nin eşlik ettiği istmus seviyesinde sıkı, segmental stenoz. B: Sagittal oblik sine-MIP (maximum intensity projection) görüntüsü proksimal desendan aortada, dilate sol subklavyen arterin altından başlayan, uzun segment darlığı göstermektedir. Kollateral dolaşım da görülmektedir. C: Arkus aortanın uzun segment hipoplazisi ve birçok kollateralinde görüldüğü ciddi koarktasyonu gösteren 3D gadolinyum MRG anjiyografisinin MIP rekonstrüksiyonu. D: Proksimal desendan aortanın post-stenotik dilatasyonunun eşlik ettiği orta dereceli koarktasyonu gösteren 3D MRG anjiyografi.



Resim 2. Perimembranöz (A, B) ve outlet (C, D) ventriküler septal defektin spin-eko ve sine sagittal oblik görüntüleri.

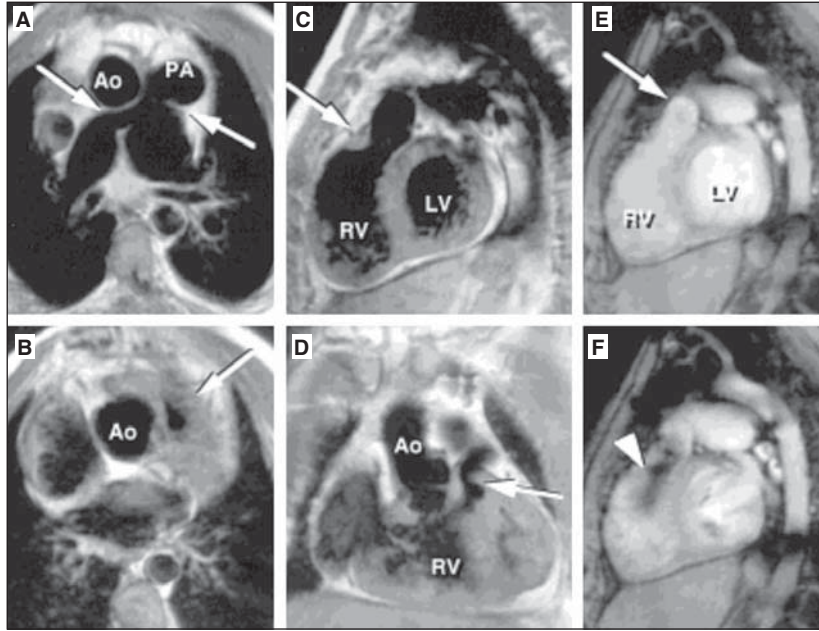
yografik olarak görüntülemek zordur. MRG bize bu bölge hakkında yeterli bilgi sağlamaktadır. Ayrıca, subpulmoner stenozun önemli varyantlarından birisi olan çift odacıklı sağ ventrikül tanısında da MRG'nin katkısı yadsınamaz derecededir⁽²³⁾.

Tamir edilmiş Fallot Tetralojisi: Fallot Tetralojisi'nde kardiyak MRG takibinde sağ ve sol ventrikül hacimleri, ejeksiyon fraksiyonları, miyokardiyal kütleleri, aort yetersizliği tespiti durumunda derecelendirilmesinde ve aort kökü ölçümü, sağ ventrikül çıkış yolu ve pulmoner yetersizlik fraksiyonu ve sol ve sağ pulmoner arterlerin değerlendirilmesine dikkat edilmelidir⁽²⁴⁾. Kardiyak MRG ile seri takipler sayesinde pulmoner yetersizlik ve sağ ventrikül hacim iyi derecede değerlendirilir ve bu da pulmoner kapak replasmanı için en uygun zamana karar vermeyi sağlar^(25,26).

Unutulmamalıdır ki erişkin konjenital kalp hastalıklarında kardiyak MRG, sağ ventrikül hacim, kütle ve fonksiyon değerlendirmesinde altın standarttır (Resim 3).

Ebstein anomalisi: Kardiyak MRG atriyumlar ve ventrikülleri açık bir şekilde visualize ederek triküspit kapağın yeri ve fonksiyonu, fonksiyonel sağ ventrikülün boyutu ve pulmoner arterlerin yeterliliği hakkında bilgi vererek operasyona uygunluk hakkında karar verilmesine olanak tanır.

Büyük arterlerin transpozisyonu: Çocukluk dönemlerinde Mustard ve Senning operasyonları uygulanmış olan hastaların değerlendirilmesinde, sistemik sağ ventrikülün fonksiyonunun yanında pulmoner venöz akım yolu ve sis-



Resim 3. Tamir sonrası Fallot Tetralojisi'nin transvers (A, B), sagittal (C, E, F) ve koronal (D) görüntüleri. Çıkım yolu, ana pulmoner arter ve sağ pulmoner arter orijini seviyelerindeki daralmalar ve post-stenotik dilatasyon izlenmektedir. Ayrıca sistol (E) ve diyastoldeki (F) sagittal sine (gadolinium ile) görüntüler ciddi pulmoner yetmezliği göstermektedir.

temik venöz akım yolunun süperiyor ve inferiyor vena kava ayaklarının görüntülenmesi önemlidir.

Fontan ve total kava-pulmoner bağlantı (TCPC): Bu radikal dolaşım değişimi sonrası sistemik venöz basınç artar ve bu da akciğerlere ve sonrasında sol atriyuma doğru akımı sağlar; ancak sistemik-pulmoner venöz yoldaki herhangi bir obstrüksiyon, sistemik venöz basıncın istenmeyen seviyelere ulaşmasına neden olur.

Öyleyse bu durumda değerlendirilmesi gereken en önemli nokta sistemik-pulmoner yolun açık olup olmadığıdır. Ayrıca, ventrikülün kontraktıl fonksiyonu, girim kapasitesinin yeterliliği, çıkım yolunun yeterliliği ve sağ atriyal ve pulmoner trombüs varlığı da değerlendirilmelidir.

Sonuç

Kardiyak MRG, doğumsal veya edinsel bir şekilde göğüs duvarı bozulmuş/bozulmamış hastalarda sağ ventrikül, büyük arterler ve cerrahi konduitler gibi diğer tekniklerle görüntülenmesi zor ve çoğu zaman da yetersiz olan yapılar hakkında net fikirlere sahip olmamızı sağlar. Bu nedenle konjenital kalp hastalıklarının tanısında ve hayat boyu takiplerinde önemli katkılar sağlar.

BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ (BT)

Her ne kadar kardiyak MRG ve ekokardiyografi hala ilk akla gelen teknikler olsa da, çok kesitli bilgisayarlı tomografi (ÇKBT), konjenital kalp hastalarında kardiyak anatomi hakkında, bilhassa aortik ark anomalileri, aort koarktasyonu,

pulmoner arterler ve pulmoner venöz akımlar gibi vasküler yapılar, cerrahi şantlar ve anastomozlar hakkında, çok kısa bir süre içerisinde (10 ± 2 sn) bilgi veren, invazif olmayan bir görüntüleme yöntemidir. Her ne kadar BT bu hastalarda, BT pulmoner anjiyografi gibi, kardiyak olmayan durumlar için uzun süredir kullanılıyor olsa da tekniğin gelişmesi ve ÇKBT'lerin ortaya çıkmasıyla, uzun süre gerektirdiği için ve kontrendikasyonları nedeniyle, kardiyak MRG yapılamayan veya yaptırmayan hastalar için bir alternatif olma yolunda ilerlemektedir^(27,28) (Tablo 2).

Kullanım Alanları

ÇKBT'nin güncel en önemli kullanım alanı invazif olmayan koroner anjiyografidir^(29,30) (Resim 4).

Her ne kadar akım bilgileri değerlendirilemese de kardiyak MRG'nin değerlendirebildiği çoğu şeyi ÇKBT ile de değerlendirebilmek kısmen de olsa mümkün olmaya başlamıştır. Örneğin; aortik kapak stenozu transtorasik ve transözefajiyal ekokardiyografik incelemelerle iyi derecede korelasyon göstermiştir, ki bu diğer kapaklar için de doğru olabilir^(27,31). Ayrıca, kardiyak ayırım (gating) sayesinde kapak yaprakçık mobilitesi ve kapak orifis boyutları da değerlendirilebilmektedir. Ayrıca, kardiyak ÇKBT sol ve sağ ventriküler fonksiyon değerlendirilmesinde de kullanılabilir^(32,33). Dataların rekonstrüksiyonuyla sol ve sağ ventriküllere ait sistol ve diyastol sonu hacimler, atım hacimleri, kardiyak output ve ejeksiyon fraksiyonları da hesaplanabilir. Ek olarak sol ventrikül duvar hareketleri ve kalınlığı

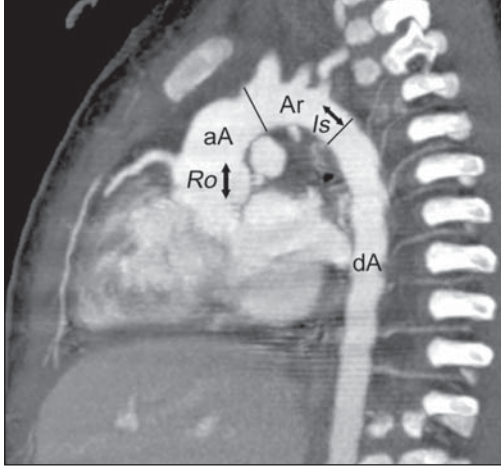
Tablo 2. Çok kesitli bilgisayarlı tomografi kontrendikasyonları ve kullanım kısıtlılıkları***Kesin kontrendikasyonlar**

- Renal yetersizlik (kreatinin > 3 mg/dL)
- İyotlu kontrast maddeye karşı aşırı duyarlılık
- Gebelik

Kısıtlılıklar

- Geniş atım-atım varyasyonlu kardiyak ritimler ve aritmiler

* 28 no'lu kaynaktan alınmıştır.

**Resim 4. Normal aort bilgisayarlı tomografi görüntüsü. Asendan aort (aA), arkus aorta (Ar) ve desendan aortu (dA) göstermektedir. Aort kökü (Ro) asendan aortanın proksimal kısmını, istmus (Is) ise arkus aortanın distal kısmını göstermektedir.**

da değerlendirilebilir⁽³⁴⁾. Literatüre baktığımızda ejeksiyon fraksiyonu açısından kardiyak MRG, kardiyak ÇKBT ve transtorasik ekokardiyografik inceleme arasında iyi bir korelasyon olduğunu görürüz, ancak aynı iyi derecede korelasyonu bölgesel hareket bozukluğu için söylemek şimdilik mümkün değildir^(32,34). Konjenital kalp hastalıkları takip ve değerlendirilmesinde önemli bir yer tutan sağ ventrikül fonksiyon değerlendirilmesi de kardiyak MRG ile iyi bir korelasyon göstermiştir^(33,35) (Tablo 3).

Bu hastaların birçoğunda yaşlandıkça göğüs ağrısı ortaya çıkmakta, ayrıca farklı nedenlerden ötürü de istirahat elektrokardiyografilerinde anormal bulgular saptanmaktadır ve bu nedenle etyoloji araştırması için invazif koroner anjiyografi yapılmaktadır⁽³⁶⁾. Ayrıca bu hastalarda aort kökü genişlemesi, koroner ostiumların yerlerinin farklılığı veya koroner anatomisinin bazen çok farklı olması invazif koroner anjiyografiyi zorlaştırarak başarı şansını düşürmekte ve hatta komplikasyon oranının artmasına yol açabilmektedir; bu teknik zorluklar halledilip işlem

Tablo 3. Konjenital kalp hastalıklarında bilgisayarlı tomografi avantaj ve dezavantajları***Avantajları**

- Kısa tetkik süresi
- Azalmış sedasyon gereksinimi
- Hava yolları ve akciğer parankiminin eş zamanlı değerlendirilebilmesi
- Yüksek kalitede uzaysal rezolüsyon

Dezavantajları

- İyonize radyasyon maruziyeti
- İyotlu kontrast madde kullanımı
- Fonksiyonel bilgi verememesi

* 37 no'lu kaynaktan alınmıştır.

**Resim 5. Çok kesitli bilgisayarlı tomografi ile aort koarktasyonu görüntülenmesi.**

başarıyla tamamlandığında ise koroner arterlerin sıklıkla normal olduğu görülmektedir ki bu nedenle bu hastalarda ÇKBT invazif koroner anjiyografi için bir alternatiftir⁽²⁷⁾ (Resim 5).

Sonuç

ÇKBT'nin yüksek dozda iyonize radyasyona maruz bırakması ve bu hastaların hayatları boyunca periyodik kontroller için görüntüleme tekniklerine ihtiyaç duyması nedeniyle, kardiyak MRG hala fonksiyonel yerini korumaktadır. Ancak uzun süre gerektirdiği için ve kontrendikasyonları nedeniyle, kardiyak MRG yapılamayan veya yaptırmayan hastalar için kısmi bir alternatif olan ÇKBT, koroner arter değerlendirilmesi için en uygun tetkik gibi görünmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Bildirilmemiştir.

KAYNAKLAR

1. Therrien J, Dore A, Gersony W, Iserin L, Liberthson R, Meijboom F, et al. Canadian Cardiovascular Society. CCS Consensus Conference 2001 update: recommendations for the management of adults with congenital heart disease. Part I. *Can J Cardiol* 2001;17:940-59.
2. American Heart Association. *Heart Disease and Stroke Statistics -2004 Update*. Dallas, Texas: American Heart Association, 2003. Available at www.americanheart.org
3. Perloff JK, Child JS. *Congenital Heart Disease in Adults*. 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders Company, 1998.
4. Babu-Narayan SV, Gatzoulis MA, Kilner PJ. Non-invasive imaging in adult congenital heart disease using cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)* 2007;8:23-9.
5. Gatzoulis MA, Webb GD, Daubenev P. *Diagnosis and Management of Adult Congenital Heart Disease*. New York: Churchill Livingstone, 2003.
6. Weinberg PM, Fogel MA. Cardiac MR imaging in congenital heart disease. *Cardiol Clin* 1998;16:315-48.
7. Lorenz CH, Walker ES, Morgan VL, Klein SS, Graham TP Jr. Normal human right and left ventricular mass, systolic function, and gender differences by cine magnetic resonance imaging. *J Cardiovasc Magn Reson* 1999;1:7-21.
8. Lorenz CH, Walker ES, Graham TP Jr, Powers TA. Right ventricular performance and mass by use of cine MRI late after atrial repair of transposition of the great arteries. *Circulation* 1995;92:233-9.
9. Grothues F, Moon JC, Bellenger NG, Smith GS, Klein HU, Pennell DJ. Interstudy reproducibility of right ventricular volumes, function, and mass with cardiovascular magnetic resonance. *Am Heart J* 2004;147:218-23.
10. Geva T, Sahn DJ, Powell AJ. Magnetic resonance imaging of congenital heart disease in adults. *Prog Pediatr Cardiol* 2003;17:21-39.
11. Didier D, Ratib O, Beghetti M, Oberhaensli I, Friedli B. Morphologic and functional evaluation of congenital heart disease by magnetic resonance imaging. *J Magn Reson Imaging* 1999;10:639-55.
12. Manning WJ, Pennell DJ (editors). *Cardiovascular Magnetic Resonance*. New York: Churchill Livingstone/Elsevier Science, 2002.
13. Odegard KC, DiNardo JA, Tsai-Goodman B, Powell AJ, Geva T, Laussen PC. Anesthesia considerations for cardiac MRI in infants and small children. *Pediatr Anesthes* 2004;14:471-6.
14. Shellock FG. Magnetic resonance safety update 2002: implants and devices. *J Magn Reson Imaging* 2002;16:485-96.
15. Hayes DL, Holmes DR Jr, Gray JE. Effect of 1.5 Tesla nuclear magnetic resonance imaging scanner on implanted permanent pacemaker. *J Am Coll Cardiol* 1987;10:782-6.
16. International MR Safety website. Accessible at www.mrsafety.com
17. Lotz J, Meier C, Leppert A, Galanski M. Cardiovascular flow measurement with phase-contrast MR imaging: basic facts and implementation. *Radiographics* 2002;22:651-71.
18. Varaprasathan GA, Araoz PA, Higgins CB, Reddy GP. Quantification of flow dynamics in congenital heart disease: applications of velocity-encoded cine MR imaging. *Radiographics* 2002;22:895-905.
19. Firmin DN, Nayler GL, Kilner PJ, Longmore DB. The application of phase shifts in NMR for flow measurement. *Magn Reson Med* 1990;14:230-41.
20. Kilner PJ, Manzara CC, Mohiaddin RH, Pennell DJ, Sutton MG, Firmin DN, et al. Magnetic resonance jet velocity mapping in mitral and aortic valve stenosis. *Circulation* 1993;87:1239-48.
21. Geva T, Greil GF, Marshall AC, Landzberg M, Powell AJ. Gadolinium-enhanced 3-dimensional magnetic resonance angiography of pulmonary blood supply in patients with complex pulmonary stenosis or atresia: comparison with X-ray angiography. *Circulation* 2002;106:473-8.
22. Wilke N, Jerosch-Herold M, Wang Y, Huang Y, Christensen BV, Stillman AE, et al. Myocardial perfusion reserve: assessment with multisection, quantitative first-pass MR imaging. *Radiology* 1997;204:373-84.
23. McElhinney DB, Chatterjee KM, Reddy VM. Double-chambered right ventricle presenting in adulthood. *Ann Thorac Surg* 2000;70:124-7.
24. Rebergen SA, Chin JGJ, Ottenkamp J, Vanderwall EE, de Roos A. Pulmonary regurgitation in the late postoperative follow-up of tetralogy of Fallot-volumetric quantitation by nuclear magnetic resonance velocity mapping. *Circulation* 1993;88:2257-66.
25. Therrien J, Provost Y, Merchant N, Williams W, Colman J, Webb G. Optimal timing for pulmonary valve replacement in adults after tetralogy of Fallot repair. *Am J Cardiol* 2005;95:779-82.
26. Vliegen HW, van Straten A, de Roos A, Roest AA, Schoof PH, Zwinderman AH, et al. Magnetic resonance imaging to assess the hemodynamic effects of pulmonary valve replacement in adults late after repair of tetralogy of Fallot. *Circulation* 2002;106:1703-7.
27. Nicol ED, Gatzoulis M, Padley SP, Rubens M. Assessment of adult congenital heart disease with multi-detector computed tomography: beyond coronary lumenography. *Clin Radiol* 2007;62:518-27.
28. Samyn MM. A review of the complementary information available with cardiac magnetic resonance imaging and multi-slice computed tomography (CT) during the study of congenital heart disease. *Int J Cardiovasc Imaging* 2004;20:569-78.
29. Leschka S, Alkhadi H, Plass A, Desbiolles L, Grünenfelder J, Marincek B, et al. Accuracy of MSCT coronary angiography with 64-slice technology: first experience. *Eur Heart J* 2005;26:1482-7.
30. Garcia MJ, Lessick J, Hoffman MHK. Accuracy of 16-row multi-detector computed tomography for the assessment of coronary artery stenosis. *JAMA* 2006;296:403-11.
31. Tanaka H, Shimada K, Yoshida K, Jissho S, Yoshikawa J, Yoshiyama M. The simultaneous assessment of aortic valve area and coronary artery stenosis using 16-slice multidetector-row computed tomography in patients with aortic stenosis comparison with echocardiography. *Circ J* 2007;71:1593-8.
32. Jeurgens KU, Gruge M, Maintz D, Fallenberg EM, Wichter T, Heindel W, et al. Multi-detector row CT of left ventricular function with dedicated analysis software versus MR imaging: initial experience. *Radiology* 2003;230:403-10.
33. Lembcke A, Dohmen PM, Dewey M, Klessen C, Elgeti T, Hermann KG, et al. Multislice computed tomography for preoperative evaluation of right ventricular volumes and function: comparison with magnetic resonance imaging. *Ann Thorac Surg* 2005;79:1344-51.
34. Dirksen MS, Bax JJ, de Roos A, Jukema JW, van der Geest RJ, Geleijns K, et al. Usefulness of dynamic multislice computed tomography of left ventricular function in angina pectoris and comparison with echocardiography. *Am J Cardiol* 2002;90:1157-60.
35. Dogan H, Kroft LJ, Bax JJ, Schuijff JD, van der Geest RJ, Doornbos J, et al. MDCT assessment of right ventricular systolic function. *AJR Am J Roentgenol* 2006;186:S366-70.
36. Giannakoulas G, Dimopoulos K, Engel R, Goktekin O, Kucukdurmaz Z, Vatankulu MA, et al. Burden of coronary artery disease in adults with congenital heart disease and its relation to congenital and traditional heart risk factors. *Am J Cardiol* 2009;103:1445-50.
37. Goo HW, Park IS, Ko JK, Kim YH, Seo DM, Yun TJ, et al. CT of congenital heart disease: normal anatomy and typical pathologic conditions. *Radiographics* 2003;23 Spec No:S147-65.