

Torakoabdominal aorta patolojilerinin değerlendirilmesinde üç boyutlu kontrastlı MRA: pediatrik uygulamalar

Suat Fitoz, İlhan Erden, Çetin Atasoy, Tanzer Sancak, Ercan Tutar, Serdar Akyar, Semra Atalay

AMAÇ

Pediyatrik yaş grubunun torakoabdominal aorta patolojilerinde kontrastlı üç boyutlu manyetik rezonans anjiyografinin yerini araştırmak.

GEREÇ VE YÖNTEM

Yaşları 1 gün ile 14 yıl arasında değişen ve torakoabdominal aorta patolojisi tanısı ya da şüphesi bulunan 21 hastada rutin spin eko sekans görüntüleme sonrasında 3B SPGR sekansı ile kontrastlı manyetik rezonans anjiyografik inceleme gerçekleştirildi. Bulgular Doppler ultrasonografi, konvansiyonel anjiyografi ve operasyon sonuçları ile karşılaştırıldı.

BULGULAR

Kontrastlı üç boyutlu MRA ile hastaların tümünde vasküler anatomi ve patolojiler başarılı şekilde ortaya kondu. Patoloji ve anomaliler 12 hastada aort koarktasyonu, 5 hastada vasküler anomali ve 4 hastada pulmoner sekestrasyondan oluşmaktaydı. Koarktasyon hastalarında koarktasyon bölgesi ve uzunluğu ile eşlik eden arkus hipoplazisi ve restenozlar başarılı bir şekilde değerlendirilebilirken aorta değişik açılardan ve tüm seyri boyunca vizüalize edilebildi. Aberran besleyici arterin gösterilebildiği 4 sekestrasyon hastasının 3'ünde venöz drenaj da ortaya konuldu.

SONUÇ

Kontrastlı üç boyutlu manyetik rezonans anjiyografik vasküler yapıların kısa sürede değişik açılardan görüntülenmesine olanak tanımaktadır. Nefes tutturulmaksızın gerçekleştirilen görüntüler bile yeterli detayı sağlamakta ve teknik pediatrik yaş grubunda başarı ile uygulanabilmektedir. Küçük yaş grubunda kan dolaşımının hızlı olmasına bağlı olarak venöz sistem de erken dönemde opasifiye olmakta ve arteryel sistemle süperpoze olmaktadır. Ancak MIP rekonstrüksiyonlar ile farklı açılardan görüntüleme sayesinde venöz süperpozisyon arteryel sistemin değerlendirilmesinde önemli bir engel oluşturmamaktadır.

Kontrastlı üç boyutlu manyetik rezonans anjiyografinin (MRA) erişkin hastalarda torakoabdominal aorta ve dallarına yönelik uygulamaları iyi bilinmektedir (1-4). İncelemeler çoğunlukla nefes tutturularak gerçekleştirilmekte ve kısa sürede anjiyografi benzeri görüntüler elde edilebilmektedir. Ancak tekniğin pediatrik grupta, özellikle de yenidoğanlardaki uygulamaları son derece azdır (5-9). Sınırlı sayıda hasta içeren bu çalışmalarda arteryel ve venöz patolojiler ve vasküler anatomi nefes tutturulmaksızın gerçekleştirilen kontrastlı MRA incelemelerde başarıyla gösterilebilmiştir (6,8). Bu çalışmada torakoabdominal aortayı ilgilendiren vasküler anomalisi bulunan veya bu ön tanı ile gönderilen pediatrik hastalarda tekniğin yeri araştırılmıştır.

Gereç ve yöntem

Hasta popülasyonu

Yaşları 1 gün ile 14 yıl arasında değişen (ortalama yaş, 7) 15'i erkek toplam 21 hasta torakoabdominal aorta patolojisi açısından manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve MRA ile değerlendirildi. Oniki hasta aort koarktasyonu, 5 hasta arkus anomalisi ve 4 hasta pulmoner sekestrasyon nedeni ile incelenmişti.

MRA, koarktasyon grubunda yer alan 12 hastanın 4'ünde nativ koarktasyonun saptanması amacıyla, 8'inde ise operasyon ya da anjiyoplasti sonrası olası komplikasyonlara yönelik yapılmıştı. Bu 8 hastanın 3'ünde balon anjiyoplasti, 2'sinde uç-uca anastomoz, 2'sinde "patch" anjiyoplasti, distal arkus ve istmus hipoplazisinin eşlik ettiği 1 hastada ise subklavyan arter ile koarktasyon distali arası by-pass cerrahisi uygulanmıştı.

MR görüntüleme

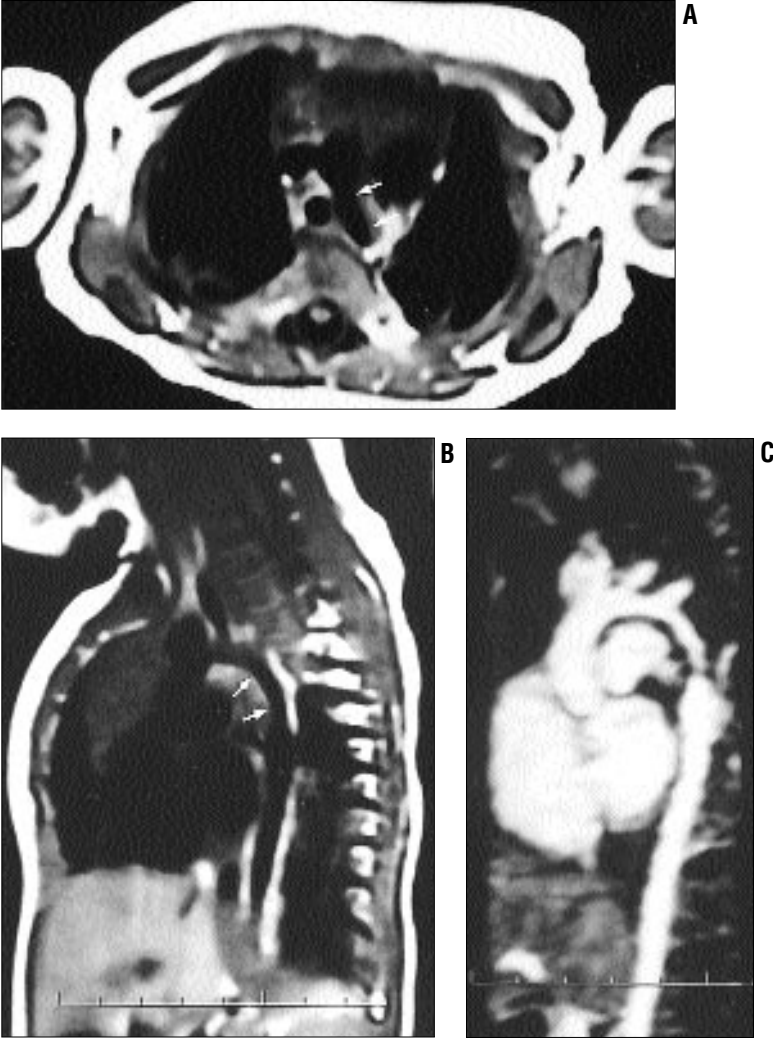
MR görüntüleme 1 Tesla süperiletken cihaz ile (Signa, Horizon, General Electric Medical Systems, Milwaukee, WI, USA) gerçekleştirildi. İncelemelerde hasta boyutu ve inceleme bölgesinin genişliğine göre ka-fa, diz veya faz dizilimli vücut sarmalları kullanıldı.

Sedasyon gereken 9 hastada 1 mg/kg intravenöz veya 5 mg/kg intramusküler ketamin kullanıldı. Rutin MRG incelemeleri patolojiye yönelik ortogonal planlar yanısıra koarktasyon hastalarında oblik koronal ve/veya sagittal görüntülerin de yer aldığı 3-4 mm'lik kesit kalınlığında-

S. Fitoz (E), I. Erden, Ç. Atasoy, T. Sancak, S. Akyar
Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyodiagnostik
Anabilim Dalı, Ankara

E. Tutar, S. Atalay
Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Pediatrik Kardiyoloji
Bilim Dalı, Ankara

Gelişi: 02.07.2001 / Kabulü: 19.02.2002



Resim 1. İnfantil tip koarktasyonu bulunan 40 günlük hastada aksiyal (A) ve sagittal (B) T1 ağırlıklı görüntülerde hipoplastik arkus ve istmus (*oklar*) ile distalindeki dilatasyon izlenmekte. Nefes tutturulmadan gerçekleştirilen kontrastlı üç boyutlu MRA (C) hipoplastik segmenti, koarktasyon bölgesini ve distalindeki dilatasyonu net olarak ortaya koymakta.

ki spin eko sekanslar ile gerçekleştirildi. Teknik nedenlerle kardiyak tetikleme kullanılmadığından görüntü kalitesini artırmak amacıyla spin eko sekanslarda, inceleme süresi de gözönünde bulundurularak, NEX değeri (number of excitation) yüksek tutuldu (2'nin üzeri). Spin eko görüntüleme her plan inceleme için inceleme süreleri 3 dakika ile 5.5 dakika arasında değişmekteydi.

Ortogonal veya oblik planda görüntüleme sonrası incelenecek bölge lokalize edildikten sonra ileri yaş çocuklarda 1-2 ml gadolinyum test dozu ile 2D SPGR (spoiled gradient recalled acquisition) sekansı kullanılarak gecikme zamanı hesaplandı. Küçük yaş çocuklarda ve yenidoğan döneminde

total dozun kısıtlı olması nedeniyle gecikme zamanı ampirik olarak literatürdekine (8) benzer şekilde yaklaşık 10 sn seçildi. Gadolinyumlu incelemelerde total doz 0.2 mmol/kg olarak belirlendi. 5 ml altındaki total dozlar enjeksiyon kolaylığı açısından serum fizyolojik ile yaklaşık 10 ml'ye tamamlandı.

Üç boyutlu kontrastlı MRA incelemeleri 3B SPGR sekansı ile koronal veya oblik koronal planda gerçekleştirildi. Sekans parametreleri şöyleydi: TR 4.8-6.3 msn, TE 1-1.9 msn, sapma açısı 20-30 derece, efektif kesit kalınlığı 2-3.4 mm, matris 256x160, NEX 0.5-1, FOV:30-44 cm. Tarama süresi faz kodlama yönünde parsiyel k-alanı örnekleme (0.6-1) kullanılarak kı-

saltılmaya çalışıldı. Buna göre tarama süreleri 13-21 sn arasında değişmekteydi. Kontrast maddenin tek seferde manüel olarak verilmesini takiben tarama ardarda 2-3 kez tekrarlandı. Uyum sağlayabilen 7 hastada incelemeler 7-8 sn'lik aralar ile nefes tutturularak gerçekleştirildi.

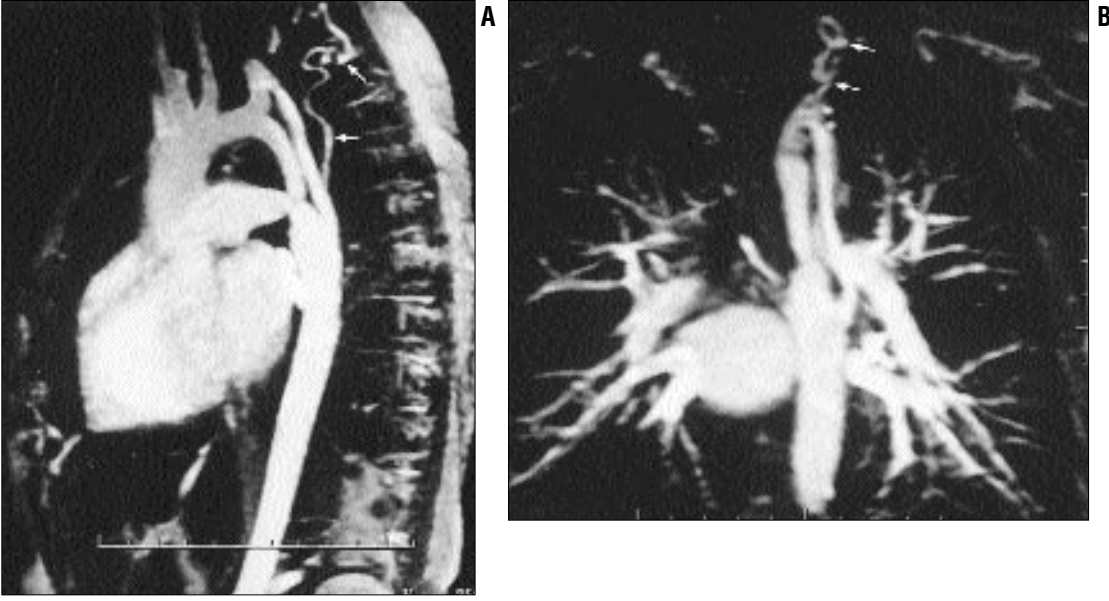
MR anjiyografi görüntülerinin oluşturulması ve değerlendirme

Kontrastlı ham görüntüler aynı anda "multiplanar reformat" (MPR) görüntülerin yer aldığı bilgisayar ortamında "maximum intensity projection" (MIP) yöntemi ile rekonstrükte edildi. MIP rekonstrüksiyonlarda kullanılan volüm kalınlığı ve aksı vasküler anomali oryantasyonuna göre belirlendi. MIP ile standart olarak aksiyal ve koronal planda 15'er derecelik açılarla ardışık görüntüler oluşturuldu. Kollateral gelişimleri ayrıca oblik planlarda da değerlendirildi.

Arkus anomalisi ve koarktasyon hastalarında aort ve ana dalları; seyri, şekli, angüstasyon olup olmaması ve duvar anormallikleri açısından incelendi. Koarktasyonlu hastalarda darlık bölgesi ve uzunluğu, poststenotik dilatasyon, kollateral varlığı, eşlik eden arkus hipoplazisi, anevrizma ve rekoarktasyonlar araştırıldı. Spin eko ve kontrastlı MRA görüntülerde lümen çapı ve darlık bölgesine yönelik ölçümler karşılaştırıldı. Darlık bölgesi 1 cm'nin altı ise kısa segment, 1 cm ve üzeri ise uzun segment olarak değerlendirildi (10). Transvers arkın inen aorta oranı 0.9'dan küçük olduğu durumlarda arkus hipoplazisi (10), aorta lümen çapında %50'den fazla daralmanın gözlemlendiği durumlarda koarktasyon ve rekoarktasyon tanısı (11) konuldu.

Sekestrasyonlu hastalar besleyici arter ve drenaj veninin lokalizasyonu ve seyri açısından araştırıldı.

Kontrastlı MRA bulguları rutin spin eko sekansları, Doppler ultrasonografi (US) incelemeleri ve/veya konvansiyonel anjiyografi ve operasyon sonuçları ile karşılaştırıldı. Doppler US incelemeleri nativ koarktasyon veya restenoz tanısında Bernoulli denkle-



Resim 2. A. Distal arkus ve istmusu ilgilendiren uzun segment koarktasyonlu hastada oblik sagittal MIP görüntüde "conduit" ve koarktasyon bölgesi net olarak izlenmekte. Aynı görüntüde genişlemiş posterior mediastinal kollateraller (*oklar*) de seçilebilmekte. **B.** Koronal MIP görüntüde subklavyan arter ile koarktasyon distali arasına yerleştirilmiş "conduit" ve dilate kollateraller (*oklar*) benzer şekilde net olarak izlenmekte.

mine göre saptanan basınç gradyent değişiklikleri ve akım formlarının değerlendirilmesi gözönünde bulunduruldu.

Bulgular

Rutin spin eko sekansları ve kontrastlı MRA ile elde edilen görüntülerin tümü ilgili patoloji ve vasküler anatominin değerlendirilmesi açısından yeterli kalitedeydi. Küçük çocuklarda dolaşımın hızlı olması nedeniyle kontrastlı incelemelerin ilk serisinde bile pulmoner venöz sistem ve sistemik venler opasifiye oldu, ancak MIP görüntülerde uygun açılarla arteriyel ve venöz sistemin süperpozisyonu giderildi.

Doppler US ile nativ koarktasyon tanısı konan 4 hastanın 2'sinde koarktasyon tanısı MRA ile desteklendi. MRA'da bu iki hastanın birinde transvers ark hipoplazisi izlenirken (infantil tip koarktasyon) (Resim 1), diğerinde belirgin daralmaya eşlik eden posterior interkostal kollateraller izlendi. Doppler US'nin teknik nedenlerle arkus distalini değerlendiremediği ve akım dinamisi normal olmakla birlikte patent duktus arteryozus saptanan ve morfolojik olarak koarktasyonu taklit eden diğer iki hastada ise

MRA inceleme normal bulundu.

Koarktasyon nedeniyle anjiyoplasti veya cerrahi uygulanan izlemdeki 8 hastanın 7'sinde Doppler US inceleme yapıldı. Doppler US'de basınç gradyentleri 18-65 mm Hg arasında değişmekteydi. Rutin SE sekanslar veya kontrastlı MRA incelemede Doppler US ile uyumlu olarak 8 hastanın 3'ünde rekoarktasyon saptandı. Balon anjiyoplastili bir hastada Doppler US incelemede basınç gradyenti

yüksek bulunurken MRA ile değerlendirmede anlamlı darlık saptanmadı. Doppler US ile by-pass greftin ve inen aort proksimalinin değerlendirilemediği bir hastada MRA hem hipoplazik arkusu hem de grefti aynı anda net olarak ortaya koydu (Resim 2). Özellikle balon anjiyoplasti ve cerrahi girişime bağlı arkus seyirinin değiştiği ve belirgin büküntü gösterdiği hasta grubunda MRA değişik açılarla vasküler yapı ve inen aortayı net olarak

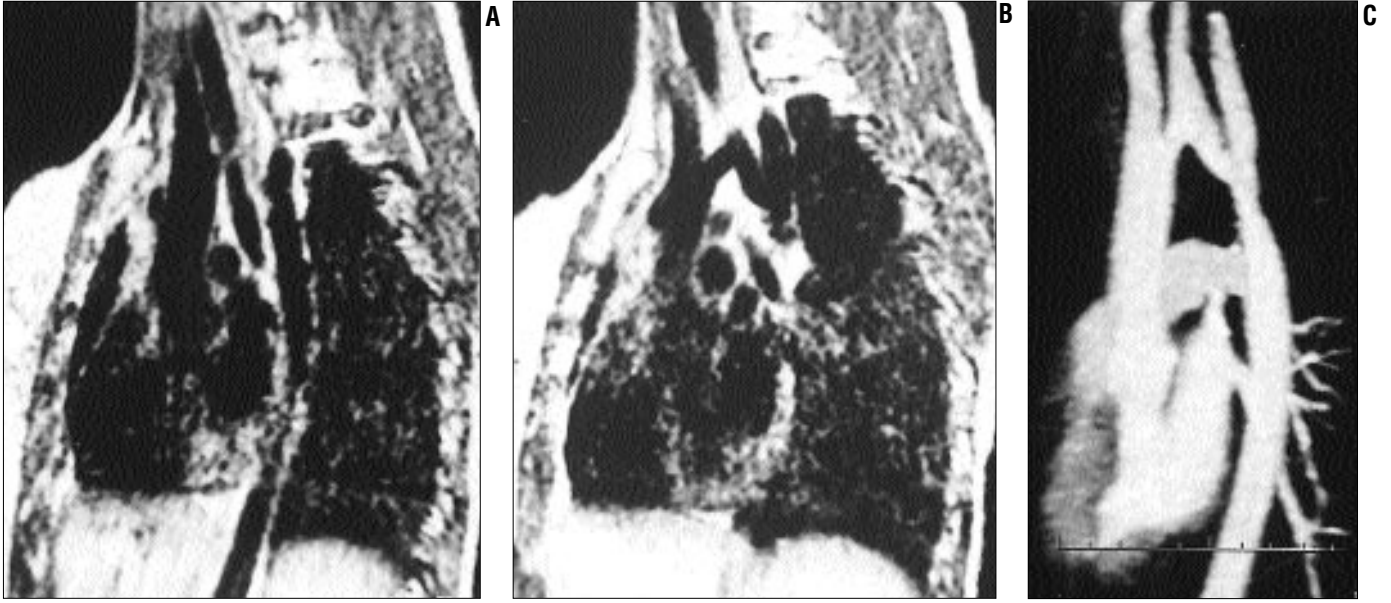
Tablo 1. Koarktasyon şüphesiyle MRG yapılan hastalarda ortalama aort lümen çapları (mm)

	Çıkan aorta		Arkus aorta		Koarktasyon bölgesi		İnen aorta	
	SE	k-MRA	SE	k-MRA	SE	k-MRA	SE	k-MRA
1	14,6	15	13	12,2	3	3,6	11	11
2	18	17,2	11,4	12	11,2	10,1	11,5	12
3	21	20	11,3	10,4	2,7	2,4	15	15
4	17	17	14	14	2,8	3,2	21	20
5	21	21,4	10,6	11	8	8,6	12,4	11
6	19,8	20,2	14	14	9,6	10,4	16,5	17
7	20,2	21	13,2	13	10	10,2	20	19
8	15,2	14,8	12	12,9	5,2	5	11,2	12,4
9	14,6	15	11,8	12	3	3	13	13
10	10	9,8	5	5	3	2,1	8	7,6
11*	9,7	9,4	9	8,9	8,2	8,4	8,7	8,5
12*	12	12	11,4	11,5	11,2	11,4	11	11

SE: spin eko

k-MRA: kontrastlı MRA

*Bu iki hastada MRG'de koarktasyon saptanmamış olup koarktasyon bölgesi ölçümleri aortik istmus düzeyinden yapılmıştır.



Resim 3. "Patch" anjiyoplastili hastada büküntülü aort segmenti T1-ağırlıklı ardışık sagittal kesitlerde (A,B) değerlendirilebilirken, kontrastlı MRA MIP görüntüde (C) aorta tüm seyri boyunca izlenebilmekte.

gösterdi (Resim 3). Koarktasyon şüphesi ile incelenen hastalarda eşleştirilmiş örneklerde t testi ile yapılan değerlendirmelerde çıkan aorta ($t=0.16$, $p=0.88$), arkus aorta ($t=-0.11$, $p=0.91$), koarktasyon bölgesi ($t=-0.25$, $p=0.81$) ve inen aorta ($t=0.71$, $p=0.71$) düzeyinden gerçekleştirilen lümen çap ölçümlerinde kontrastlı MRA ile spin eko sekansları arasında anlamlı farklılık saptanmadı (Tablo 1). Bu grupta arkus hipoplazisinin eşlik ettiği ve vasküler by-pass greft uygulanan istmik darlıklı iki hasta dışındaki koarktasyonlar kısa segment şeklindeydi.

Arkus anomalisi şüphesi bulunan 5 hastanın 1'inde sol pulmoner arter agenezisi ve sağ arkus, 1'inde sağ dominant çift arkus aorta, 1'inde sağda devamsızlığın (interruption) izlendiği çift arkus aorta saptandı. Bu gruptaki diğer 2 hastada ise primer kesitsel görüntüleme yöntemi MRG idi ve MRA sonucu normaldi. MRA sonucu normal olan bu 2 hastada ek incelemeye gereksinim duyulmadı. Sol akciğer hipoplazisinin eşlik ettiği DiGeorge sendromlu hastada sağ arkus aorta ve eşlik eden sol pulmoner arter agenezisi MRA ile net olarak gösterilebildi. Yirmisekiz günlük bu hastada rutin spin eko sekanslarda hiler bölge distalindeki vasküler yapılar net olarak se-

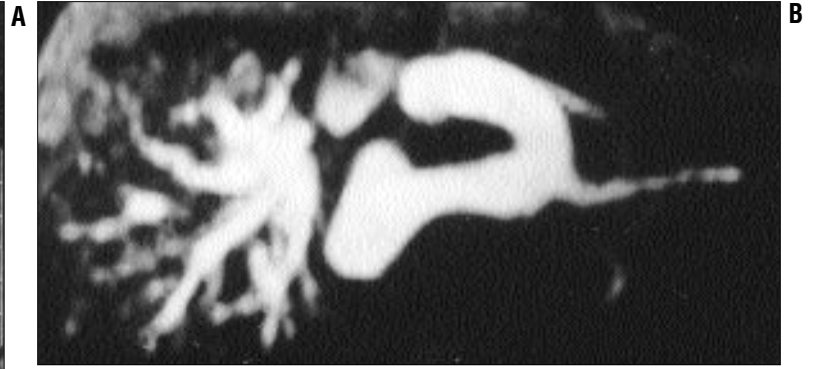
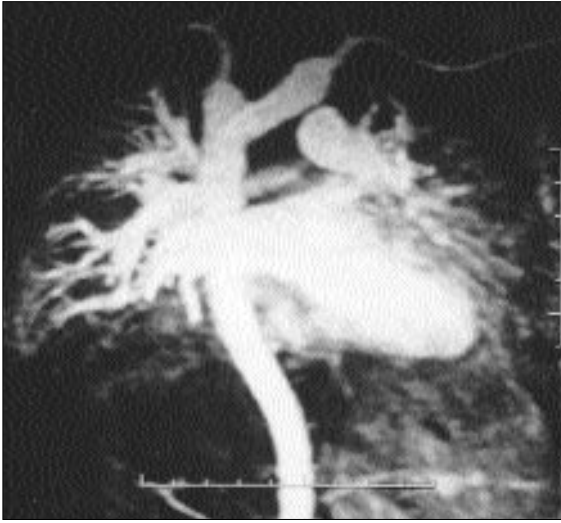
çilemedi ve kontrastlı MRA incelemede de ham görüntülerde sol pulmoner arter ayrı bir yapı olarak izlenemedi. Bu hastada solda akciğer dokusu bulunmayışı, kalbin bu kesimi doldurması ve süperpozisyon nedeniyle MIP görüntüler ham görüntüler kadar açıklayıcı değildi. Konvansiyonel anjiyografi MRA tanısını destekledi. Çift arkus aorta anomalisinin izlendiği iki hastada kontrastlı MRA inceleme vasküler anomaliyi net olarak ortaya koydu. Doppler US ile net olarak gösterilemeyen sağ arkustaki devamsızlık kontrastlı MRA incelemede izlenebildi (Resim 4). Bu hastada rutin spin eko sekans incelemeler parsiyel volüm etkisi ve vasküler yapı çapının küçük oluşu nedeniyle patolojiye oryantasyonda MRA'ya göre yetersizdi. Bu iki hastada cerrahi bulgular MRA bulgularını doğruladı.

Pulmoner sekestrasyonlu 4 hastanın 4'ünde de MRA ile besleyici arter başarılı şekilde gösterilebildi (Resim 5). Sekestrasyon iki hastada sağ, iki hastada sol taraftaydı ve hastaların tümünde intralobar tipte olup alt lobların posterior-medial bazal kesimlerine lokalizeydi. Dört hastada da besleyici arterler infradiyafragmatik aorta kökenliydi. Bilgisayarlı tomografi (BT) incelemesi mevcut olan 3 hastada, kontrastlı MRA koronal seyirli besle-

yici arterleri BT reformat görüntüleri kıyasla regüler olarak ve anjiyografi benzeri görüntü ile demonstre etti. Bu hastalarda spin eko sekanslarda özellikle ince çaplı aberran arteriyel yapının distal kesimi net olarak seçilemezken kontrastlı MRA'da milimetrik arteriyel yapılar bile tüm seyirleri boyunca görüntülenebildi. Kontrastlı MRA ile 3 hastada drenaj venleri de gösterilebildi. MIP volüm kalınlığının ince seçilmesi drenaj venlerinin gösterilmesinde daha başarılı oldu. Sekestre segment drenajı bir hastada sağ inferior pulmoner vene, birinde sağ superior pulmoner vene iken, birinde de sol inferior pulmoner veneydi. Akciğer enfeksiyonuna bağlı solunum sıkıntısı olan 4 yaşındaki erkek hastada ise respiratuar artefaktlar nedeniyle drenaj veni hakkında kesin yorum yapılamadı. Bu hastada operasyonda venöz drenajın sol inferior pulmoner vene olduğu saptandı. Sonuçlar, sekestrasyonlu hastaların 2'sinde anjiyografik, 2'sinde ise cerrahi olarak desteklendi.

Tartışma

Torakoabdominal vasküler yapıların gösterilmesinde ve patolojilerin değerlendirilmesinde yüksek yumuşak doku kontrastı ve multiplanar görüntüleme özelliği ile manyetik rezonans görüntüleme (MRG) önemli bir



Resim 4. A. Çift arkus aortali hastada koronal MIP görüntü sağ ve sol arkusları net olarak ortaya koymakta. **B.** Oblik aksiyal MIP görüntüde inferior bakışta sağda devamsızlık da izlenmekte.

role sahiptir (4,12). Konvansiyonel spin eko sekanslar ile vasküler yapılar akıma bağlı olarak sinyalsiz alanlar şeklinde veya TOF (time-of-flight) görüntüleme olduğu gibi ansatüre kan elemanlarından kaynaklanan parlak yapılar şeklinde görüntülenebilmektedir (4). Ancak, spin eko sekanslarda pulsatile ve akım artefaktları nedeniyle görüntü kalitesinde bozulma söz konusudur ve özellikle de kardiyak tetiklemeli incelemeler uzun zaman almaktadır. TOF MRA'da ise akıma bağlı sinyal kazanımını artırmak, satürasyon etkilerini azaltmak ve solunum artefaktlarını engellemek amacıyla incelemenin kardiyak tetiklemeli ve nefes tutturularak yapılması gerekmektedir (4).

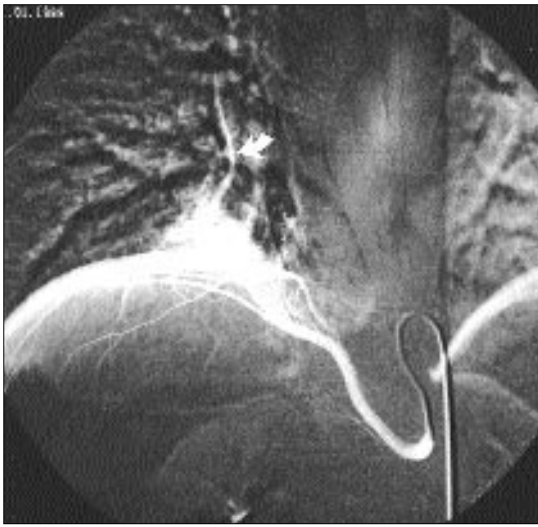
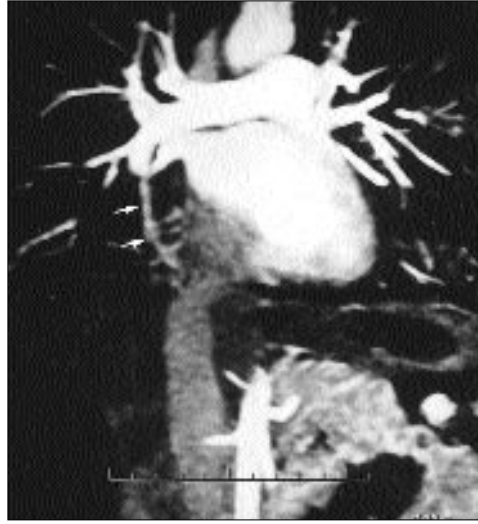
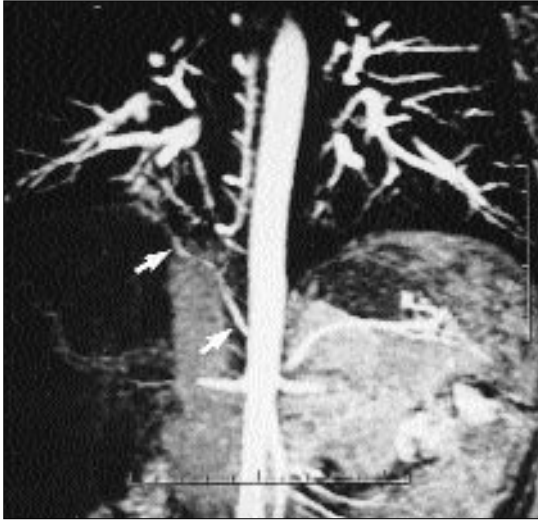
Torakoabdominal vasküler yapılaraya yönelik TOF MRA'da rezolüsyon düşük olup türbülant akım veya stenoza bağlı sinyal kaybı ve in-plane satürasyon etkileri gözlenir (4).

Son yıllarda yüksek performanslı ve hızlı gradyent sistemlerinin klinik kullanıma girmesi aralarında kontrastlı üç boyutlu incelemelerin de yer aldığı bir dizi MRA ve dinamik incelemelerin yapılmasına olanak tanımıştır (10). Kontrastlı üç boyutlu MRA ile kısa sürede, ince kesit kalınlıkları ile inceleme aksına paralel seyirli vasküler yapılar bile sinyal kaybı olmaksızın gösterilebilmektedir (4). Paramanyetik kontrast madde kullanımı ise yüksek sinyal/gürültü oranı ile görüntü kalitesini arttırmaktadır (4,10). Kont-

rastlı üç boyutlu MRA'nın erişkin hastalardaki torakoabdominal aortaya yönelik uygulamaları iyi bilinmektedir (1-4). Çoğunlukla nefes tutturularak gerçekleştirilen incelemelerde sonuçlar seçilmiş olgularda konvansiyonel anjiyografiye eşdeğerdir. Bununla birlikte pediatrik yaş grubuna yönelik uygulamalar son derece azdır ve sınırlı sayıda olgu içermektedir (5-8). Ancak nefes tutturulmaksızın yapılan incelemelerde bile sonuçlar tekniğin arteryel ve venöz vasküler anatomi ve patolojilerini başarılı şekilde gösterebileceği yönündedir (6,8,9). Pediatrik grupta incelemelerin yoğunlaştığı bölgelerden biri de torakoabdominal aortadır (6,8). Bu grupta en sık izlenen patolojiler arkus anomalileri ve aort koarktasyonudur. Özellikle koarktasyonlu hastalarda tedavi sonrası rekoarktasyon, diseksiyon, anevrizma gelişimi gibi yüksek komplikasyon oranları bu hastaların görüntülenmesinde noninvaziv ve doğruluğu yüksek alternatif yöntem arayışlarını gündeme getirmiştir (10,11). Bu konuda Doppler US'nin kısıtlamaları iyi bilinmektedir (8,12-14). Özellikle ileri yaş hastalarda gerekli akustik pencerenin bulunamayışı, proksimal inen aortun değerlendirilmesindeki zorluklar ve anjiyografi ile korele çalışmalarda kollateral akım varlığı veya akım dinamisindeki değişikliklere bağlı darlık derecesinin gereğinden yüksek ya da düşük olarak saptanması tekniğin bilinen en önemli eksiklik-

lerindedir. BT pediatrik vasküler yapı ve kardiyak anomalilerin görüntülenmesinde kullanılabilecek bir diğer yöntemdir (15). Bununla birlikte BT iyonizan radyasyon içerir ve aksiyal plandaki görüntülerin koronal reformat veya üç boyutlu rekonstrüksiyonu sırasında rezolüsyon kaybı söz konusudur. Konvansiyonel anjiyografi, vasküler yapıların görüntülenmesinde primer yöntem olmakla birlikte pediatrik hastalarda deneyim gerektirir, invazivdir, genel anestezieye ihtiyaç duyulabilir ve iyonizan radyasyon maruziyeti söz konusudur (6).

Çalışmamızda da gözlemlediğimiz gibi kontrastlı üç boyutlu MRA nefes tutturulmadan bile vasküler anatomi ve patolojiyi net olarak ortaya koyabilmektedir (5). Özellikle koarktasyonlu olgularda tek planda inceleme ile aort tüm seyri boyunca görüntülenebilmekte ve kollateral yapıların aort ile ilişkileri MIP ve aksiyal reformat görüntüler ile değerlendirilebilmektedir (2,10). Kontrastlı MRA'nın volüm bilgisi taşıması nedeniyle bir kez taramayla bile vasküler anatomi ortaya konabilmekte ve MIP ile değişik açılardan aortanın her segmenti görüntülenebilmektedir. Aort koarktasyonu onarımı yapılan hastalarda aorta büküntülü seyir ve koronal düzlemde açılanmalar (angüstasyon) gösterebilmektedir (10,16). Kontrastlı MRA ve MIP görüntüler ile başarılı bir şekilde değerlendirilebilen oblik seyirli ve büküntülü aortanın konvansiyonel spin



Resim 5. Pulmoner sekestrasyon. **A.** Kontrastlı üç boyutlu MRA'da frenik arter (*oklar*) devamlılığında ince kalibreli besleyici arter seçilmekte. Diyafragma kubbesi ve sekestrasyon bölgesinde anormal vasküler yapılar da dikkati çekmekte. **B.** Oblik koronal MIP görüntüde pulmoner vene açılan drenaj veni de izlenmekte (*oklar*). **C.** Selektif DSA görüntüsünde MRA'ya benzer şekilde besleyici arter ve drenaj veni (*ok*) gözlenmekte.

yon olgularında da nefes tutturulmaksızın uygulanabileceği belirtilmektedir (8,9). Araştırmacılar yazılarında kontrastlı MRA'nın nefes tutturmaya gerek kalmadan vasküler anatomi ve anormal arteryel yapıyı gösterdiğini belirtmektedirler (8,9). Ayrıca sekestrasyonlu hastalarda kontrastlı MRA ile drenaj venleri de gösterilebilmektedir (9,17). Bizim çalışmamızda da gerek ark anomalileri gerekse sekestrasyonlu hastalarda anormal besleyici arterler başarıyla gösterilebilmiştir. Ayrıca 4 hastanın 3'ünde drenaj venleri de ortaya konmuştur. Çalışmamızda drenaj venlerinin gösterilmesi ve anatomik oryantasyonun sağlanmasında ince volüm kalınlığındaki MIP ve reformat görüntülemenin önemli olduğunu gözlemledik. Aksi durumda derinlik bilgisi taşımayan MIP görüntülerde vasküler yapıların süperpozisyonu nedeniyle drenaj veni görüntülenemeyebilir veya hatalı tanı konulabilir.

Kontrastlı MRA tüm bu kolaylıklara rağmen bir takım dezavantajlara sahiptir. Yumuşak doku bilgisinin düşük olması nedeniyle komşu yapılar ve damar duvarı yeterince iyi görüntülenemez ve intramural hematoma, tromboze anevrizma gibi patolojik süreçler gözden kaçabilir (4,10). Özellikle vasküler yapıların özofagus ve trakea ile ilişkilerini belirlemenin önemli olduğu durumlarda aorta patolojilerini, yumuşak doku bilgisi düşük kontrastlı MRA yerine spin eko ve

eko sekanslarla değerlendirilmesi en az iki planda incelemeyi gerekli kılar ve bu da süreyi uzatır (10). Ancak bu hastalarda süperpozisyonlar nedeniyle rekoarktasyonların psödokoarktasyon ile karıştırılmaması açısından kontrastlı MRA'da MIP ile reformat görüntülerin birlikte değerlendirilmesi önerilmektedir (10). MIP ile aortanın tüm seyri boyunca gösterilebilmesi özellikle arkus hipoplazilerinin eşlik ettiği hastalarda inen aort ile korele değerlendirmeye izin verebilmektedir. Yine koarktasyon bölgesini saptamada kontrastlı MRA'nın spin eko sekanslara göre daha başarılı olduğu belirtilmektedir (10). Ancak bu araştırmacılar çalışmalarında spin eko sekanslar için aksiyal planda 5 mm, oblik planda 7 mm kesit kalınlığı, kontrastlı MRA'da ise yaklaşık 2 mm

efektif kesit kalınlığı kullanmışlardır. Bizim çalışmamızda spin eko sekanslarda da kesit kalınlığının ince seçilmesi nedeniyle stenotik bölgenin değerlendirilmesinde spin eko ve kontrastlı MRA sekansları arasında anlamlı farklılık saptanmamıştır. Ancak kesit kalınlığının düşürülmesinin sinyal/gürültü oranını azaltarak görüntü kalitesini olumsuz yönde etkilediği de bilinmektedir (12). Kontrastlı MRA'nın koarktasyonlu hastalardaki bir diğer avantajı istmus bölgesi ve dar segment uzunluğunun net olarak ortaya konabilmesidir. Bu ise girişimsel yöntemlerin tercih edileceği hastalarda uygun kateter ve balon seçimi ve komplikasyon riskini değerlendirme açısından avantaj sağlamaktadır (10).

Yakın dönemdeki yazılarda bu tekniğin aortik devamsızlık ve sekestras-

gradyent eko sekanslarıyla, kontrast maddeye gerek kalmaksızın görüntülemek de mümkündür. Yine koarktasyon hastalarının tedavi sonrası takibinde komplikasyonlar arasında yer alan diseksiyonlarda intimal flep MIP görüntülerde izlenmeyebilir. Ancak bu sınırlama reformat görüntülerin de birlikte değerlendirilmesiyle giderilebilir (10).

Tekniğin pediatrik uygulamalarındaki en önemli sorunlardan birisi de küçük yaş grubunda dolaşımın hızlı oluşu nedeniyle sistemik ve pulmoner venöz yapıların arterlerle aynı anda vizüalize oluşudur (8). Çalışmamızda da küçük yaş grubunda 13 saniyelik tarama zamanlarında bile arteryel sistemle birlikte sistemik ve pulmoner venöz sistem de opasifiye olmuştur. Yine, küçük çocuklarda total dozun düşük olması gerektiğinden gecikme zamanının test dozu kullanılmadan ampirik olarak hesaplanması arteryel yapılar ile birlikte venöz sistemin de opasifiye olması açısından dezavantaj oluşturabilmektedir. Ancak, çalışmamızda özellikle yenidoğan döneminde belirginleşen bu durum MIP incelemelerde uygun görüntüleme volümü ve açılarının seçimi ile önemli bir sorun oluşturmamıştır. İnceleme süresinin kısa tutulması da dezavantajın giderilmesinde fayda sağlayabilir (8).

Altın standart yöntem kabul edilen konvansiyonel anjiyografi ile her hastada karşılaştırma yapılamamış olması çalışmamızın bir sınırlaması gibi değerlendirilebilir. Ancak, özellikle

kontrastlı MRA'sı tamamen normal olan hastalara invazivliği ve bu yaş grubundaki riskleri de düşünülerek konvansiyonel anjiyografi uygulanmamıştır. Diğer taraftan, patolojisi bulunan bir dizi hastada da kontrastlı MRA ile yeterli preoperatif bilgi sağlanmıştır.

Sonuç olarak, kontrastlı MRA, pediatrik hastalarda torakoabdominal aorta ve patolojilerini göstermede oldukça başarılı bulunmuştur. Görüntü kalitesi, nefes tuturulmaksızın ger-

çekleştirilen incelemelerde bile yeterli düzeydedir. BT ve konvansiyonel anjiyografi ile karşılaştırıldığında; radyasyon maruziyetinin olmayışı ve paramanyetik kontrast maddelerin yan etkilerinin daha az olması yöntemin belirgin avantajları olarak göze çarpmaktadır. Rutin spin eko sekanslarla kıyaslandığında kısa inceleme süreleri, özellikle de instabil hastalarda, MRG ünitesinde geçirilen zamanı azaltması açısından önem taşımaktadır.

GADOLINIUM-ENHANCED THREE-DIMENSIONAL ANGIOGRAPHY IN THE ASSESSMENT OF THORACOABDOMINAL AORTIC PATHOLOGIES: PEDIATRIC APPLICATIONS

PURPOSE: To investigate the role of gadolinium-enhanced magnetic resonance angiography in the evaluation of pediatric thoracoabdominal aortic pathologies.

MATERIALS AND METHODS: Twentyone patients with known or suspected thoracoabdominal aortic pathologies were included in the study. Patients underwent routine spin-echo imaging, which was followed by gadolinium-enhanced magnetic resonance angiography. Magnetic resonance and magnetic resonance angiographic findings were compared with the results of Doppler ultrasonography, digital subtraction angiography and surgery.

RESULTS: Gadolinium-enhanced three-dimensional magnetic resonance angiography successfully showed the normal and abnormal vascular anatomy. The lesions included coarctation of the aorta in 12 patients, vascular abnormality in 5 patients, and pulmonary sequestration in 4 patients. The location and extent of the coarctated segment, arch hypoplasia and restenoses were shown successfully in patients with coarctation of the aorta. Magnetic resonance angiography demonstrated the aberrant artery in 4 patients with sequestration, while the draining veins were depicted in 3 of the 4 patients.

CONCLUSION: Gadolinium-enhanced three-dimensional magnetic resonance angiography can be performed within reasonably short scanning times and allows imaging of the vascular structures from any desired angle. Even the non-breath-hold images provide sufficient detail, and the technique can be utilized effectively in the pediatric age group. Although the venous system becomes opacified early in small children with rapid hemodynamic status, this does not preclude assessment of the arterial system owing to the use of MIP reconstruction and multi-angle viewing.

TURK J DIAGN INTERVENT RADIOL 2002; 8:291-298

Kaynaklar

1. Prince MR, Narasimham DL, Stanley JC, et al. Breath-hold gadolinium-enhanced MR angiography of the abdominal aorta and its major branches. *Radiology* 1995; 197:785-792.
2. Prince MR, Narasimham DL, Jacoby WT, et al. Three-dimensional gadolinium-enhanced MR angiography of the thoracic aorta. *AJR* 1996; 166: 1387-1397.
3. Krinsky GA, Reuss PM, Lee VS, Carbognin G, Rofsky NM. Thoracic aorta: comparison of single dose breath-hold and double dose non-breath-hold gadolinium-enhanced three-dimensional MR angiography. *AJR* 1999; 173:145-150.
4. Krinsky GA, Rofsky NM, DeCorato DR, et al. Thoracic aorta: comparison of gadolinium-enhanced three-dimensional MR angiography with conventional MR imaging. *Radiology* 1997; 202:183-193.
5. Haliloğlu M, Hoffer FA, Gronemeyer SA, Rao BH. Applications of 3D contrast-enhanced MR angiography in pediatric oncology. *Pediatr Radiol* 1999; 29:863-868.
6. Lam WW, Chan JHM, Hui Y, Chan F. Non-breath-hold gadolinium-enhanced MR angiography of the thoracoabdominal aorta: experience in 18 children. *AJR* 1998; 170:478-480.
7. Okuda S, Kikinis R, Geva T, Chung T, Dumanli H, Powell AJ. 3D-shaded surface rendering of gadolinium-enhanced MR angiography in congenital heart disease. *Pediatr Radiol* 2000; 30:540-545.
8. Roche KJ, Krinsky G, Lee VS, Rofsky N, Genieser NB. Interrupted aortic arch: diagnosis with gadolinium-enhanced 3D MRA. *J Comput Assist Tomogr* 1999; 23:197-202.
9. Kouchi K, Yoshida H, Matsunaga T, et al. Intralobar bronchopulmonary sequestration evaluated by contrast-enhanced three-dimensional MR angiography. *Pediatr Radiol* 2000; 30:774-775.
10. Bogaert J, Kuzo R, Dymarkowski S, et al. Follow-up of patients with previous treatment for coarctation of the thoracic aorta: comparison between contrast-enhanced MR angiography and fast spin-echo MR imaging. *Eur Radiol* 2000; 10: 1847-1854.
11. Greenberg SB, Marks LA, Eshaghpour EE. Evaluation of magnetic resonance imaging in coarctation of the aorta: the importance of multiple imaging planes. *Pediatr Cardiol* 1997; 18:345-349.

12. Bank ER, Aisen AM, Rocchini AP, Hernandez RJ. Coarctation of the aorta in children undergoing angioplasty: pretreatment and posttreatment MR imaging. *Radiology* 1987; 162:235-240.
13. Stern HC, Locher D, Wallnöfer K, et al. Noninvasive assessment of coarctation of the aorta: comparative measurements by two-dimensional echocardiography, magnetic resonance, and angiography. *Pediatr Cardiol* 1991; 12:1-5.
14. Mühler EG, Neuerburg JM, Rübén A. Evaluation of aortic coarctation after surgical repair: role of magnetic resonance imaging and Doppler ultrasound. *Br Heart J* 1993; 70:285-290.
15. Hopkins KL, Patrick LE, Simoneaux SF, Bank ER, Parks WJ, Smith SS. Pediatric great vessel anomalies: initial experience with spiral CT angiography. *Radiology* 1996; 200:811-815.
16. Nyman R, Hallberg M, Sunnegardh J, Thuren J, Henze A. Magnetic resonance imaging and angiography for the assessment of coarctation of the aorta. *Acta Radiol* 1989; 30:481-485.
17. Sancak T, Fitoz S, Bilgiç S, Sanlıdilek U. Pulmoner sekestrasyon: MRA bulguları. *Tımsal ve Girişimsel Radyoloji* 2000; 6:381-383.