

Torasik vasküler patolojilerde kontrastlı üç boyutlu MR anjiyografi

Yahya Paksoy, Kemal Ödev

Y. Paksoy (E)
Ultra Görüntüleme Merkezi, Konya
K. Ödev
Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyodiyagnostik Anabilim Dalı, Konya

Son yıllarda toraksa ait vasküler yapıların noninvazif bir şekilde manyetik rezonans anjiyografi (MRA) ile görüntülenmesi mümkün olabilmektedir. Sadece birkaç yıl öncesine kadar pulmoner MRA (PMRA) için kontrast madde kullanılmaksızın yapılan konvansiyonel time-of-flight (TOF) tekniği kullanılmakta idi. Ancak kalp ve solunum hareketlerinden kaynaklanan artefaktlar önemli bir problemdi. Son zamanlarda 20 mT/m'den büyük gradyent sistemlerin ve 3B (üç boyutlu) gradyent eko (GRE) sekanslarının kullanımı ile torasik vasküler yapılar tek nefes tutma süresinde görüntülenebilir hale geldi (1).

Yeni geliştirilen teknikler ile TR ve TE süreleri çok kısa tutularak ve intravenöz yolla kontrast madde verilerek torasik vasküler yapılarda mükemmel görüntüler alınabilmekte ve hacim taraması yapılabilmektedir.

Günümüzde kontrast madde verilerek yapılan MRA, başta pulmoner emboli olmak üzere diğer torasik vasküler patolojiler ve konjenital pulmoner vasküler anomalilerin teşhisinde de kullanılmaktadır.

MRA teknikleri

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) harekete ve akım etkilerine oldukça duyarlıdır. Hareket MRG'nin diyagnostik değerini azaltırken akım etkileri vasküler yapıları görüntülemeye avantaj sağlamaktadır. Bu etki de MRA olarak adlandırılmaktadır. MRA teknikleri 2 ana gruba ayrılmakta idi; TOF ve PC (phase contrast) anjiyografi. Son zamanlarda kontrast maddelerin ultrafast T1 ağırlıklı sekanslar ile kullanılması ile birlikte vasküler yapıların görüntülenmesinde yeni boyutlar ortaya çıkmıştır ve "kontrastlı 3B MRA" (3B CE-MRA) yaygın şekilde kullanılmaya başlamıştır (2).

A. Konvansiyonel TOF

1990'lı yılların başlarında TOF pulmoner arterlerin görüntülenmesinde kullanıldı (3). Bu teknik kabaca çekim alanındaki durağan dokuların baskılanması ve akan kandan farklı sinyal alma prensibine dayanmaktadır (1). TOF'ta durağan dokudan kesite giren (3B taramada tarama dilimine giren) dokunun T1 relaksasyon zamanından daha kısa TR değeri seçildiğinde parsiyel bir saturasyon oluşmaktadır. Vasküler yapı içindeki protonlar akımdan dolayı bu saturasyondan etkilenmemektedir. Kesite yeni giren bu protonlar kesite yeni girdiklerinden dolayı RF pulslarından etkilenmemektedir ve parlak sinyal vermektedirler. Bu du-

rum da “in flow enhancement”, “entry slice phenomenon” ya da “flow related enhancement” olarak adlandırılmaktadır (2). Akan kandan gelen parlak sinyal kan akım hızına ve akım profiline bağlıdır (1).

TOF, 2 veya 3 boyutlu yapılabilir. 2B’de işlem kesit kesit yapılırken 3B’de taranan doku hacmine aynı anda RF pulsuları gönderilmektedir. Her iki işlemin kendine göre avantaj ve dezavantajları vardır (2). Örneğin 3B TOF MRA’nın yavaş akıma az duyarlı olması, zeminin tam baskılanmaması ve distorsiyon artefaktları, harekete duyarlı olması, hacim fazla seçildiğinde saturasyon olması gibi dezavantajları vardır (1,2).

B. PC (phase contrast) MRA

PC anjiyografide kabaca akıma duyarlı ve akıma duyarlı olmayan veriler alınır ve işlem bittikten sonra veriler birbirinden çıkarılarak oluşan faz farkından dolayı vasküler yapılar belirgin hale getirilir (2). PC anjiyografinin torasik vasküler yapıların görüntülenmesinde fazla yeri olmadığından üzerinde fazla durmuyoruz.

C. Kontrastlı 3B MRA (3D CE-MRA)

Son zamanlarda 3B CE-MRA’nın avantajları yaygın şekilde belirtilmektedir.

CE-MRA’da paramanyetik kontrast maddeler kanın sinyalini artırmaktadır. Bu da kontrast maddenin intravenöz enjeksiyonunun kanın T1 relaksasyon zamanını kısaltmasına bağlıdır. TR değerleri çok kısa seçildiğinden zemin dokudan fazla sinyal gelmemekte ve kontrast maddeyi alan vasküler yapılar maksimum sinyali vermektedir ve MIP (maximum intensity projection) ile anjiyografik etki oluşmaktadır. Böylece temel prensip TOF’un aksine akım etkisine değil, kontrast maddenin T1 relaksasyon zamanını azaltıcı etkisine bağlıdır (1,2,4).

Görüntü kontrastını optimize edebilmek için her ekodan sonra rezidüel magnetizasyonu bozan gradyent eko sekanslar (spoiler GRE) kullanılmalıdır (5). Görüntü kontrastı 30-60 dere-

celik flip açısı aralığında değişmediğinden bu flip açısı aralığı kullanılmaktadır. Ancak daha uzun TR değerleri kullanılır ve hızlı enjeksiyon yapılırsa daha yüksek açılar seçilebilir. Tersi durumda daha kısa TR (<5 msn) seçilir ve yavaş enjeksiyon yapılırsa daha küçük flip açısı seçilebilir (6).

CE-MRA’da kontrast maddenin ilgili bölgeye varış süresinin belirlenmesi (travel time) önemlidir. Bu nedenle bu süre test dozu verilerek belirlenir. Venöz kirlenmenin önlenmesi için dolaşım zamanı kadar işlem zamanı (scan time) da önemlidir (2) Bunun içinde 1-2 cc test dozu ile kontrast dolaşım zamanı (travel time) tespit edilmekte ve kontrast maddenin ilgili alana kaç saniyede vardığı saptanmaktadır. Daha sonra da çekim sırasında gecikme zamanı kontrast maddeyi vermeye başlama ile çekimin başlangıcı arasındaki süre (yani scan delay time) gözönünde bulundurularak işleme başlanmaktadır.

Gecikme zamanı (scan delay time): SDT; kontrast dolaşım zamanı (travel time): TT; enjeksiyon zamanı: IT; işlem süresi (scan time): ST

$$SDT = TT + (IT/2) - (ST/2)$$

formülünden gecikme zamanı hesaplanabilmektedir. İnjektion zamanı, verilen kontrast miktarına göre saniyede 2-3 ml gidecek şekilde hesaplanarak belirlenebilir (1).

Kontrast enjeksiyonu için otomatik enjektörlerin kullanılması idealdir. Ancak elle de enjeksiyon yapılabilir. Enjektiondan sonra 10 ile 20 ml’lik serum fizyolojik enjeksiyonu gereklidir. Diğer bir yöntemde otomatik tetiklemedir. Kontrast enjeksiyonundan sonra kontrast madde ilgili alanda belli bir konsantrasyona ulaştıktan sonra işlem otomatik olarak başlayabilmektedir. Ancak bu özellik MRG cihazlarında opsiyonel olarak bulunabilmektedir. Bizim sistemimizde bu opsiyon ve otomatik enjektör olmadığından test dozu ile SDT hesaplanmış ve elle bolus tarzında enjeksiyon yapılmıştır.

Şu nedenlerle CE-MRA’nın geleceği parlak görülmektedir.

1) T1 relaksasyon zamanının kısal-

ması, CE-MRA’nın sinyal kaynağı olduğundan dolayı TOF ve PC MRA’daki akıma bağlı sinyal kayıpları olmaz, bu nedenle özellikle tortü-yöz vasküler yapılarda ve stenotik alanlarda faydalıdır.

2) Gadolinyum şelatlarının nefrotoksik etkisi yoktur.

3) İşlem sırası daha kısadır (2).

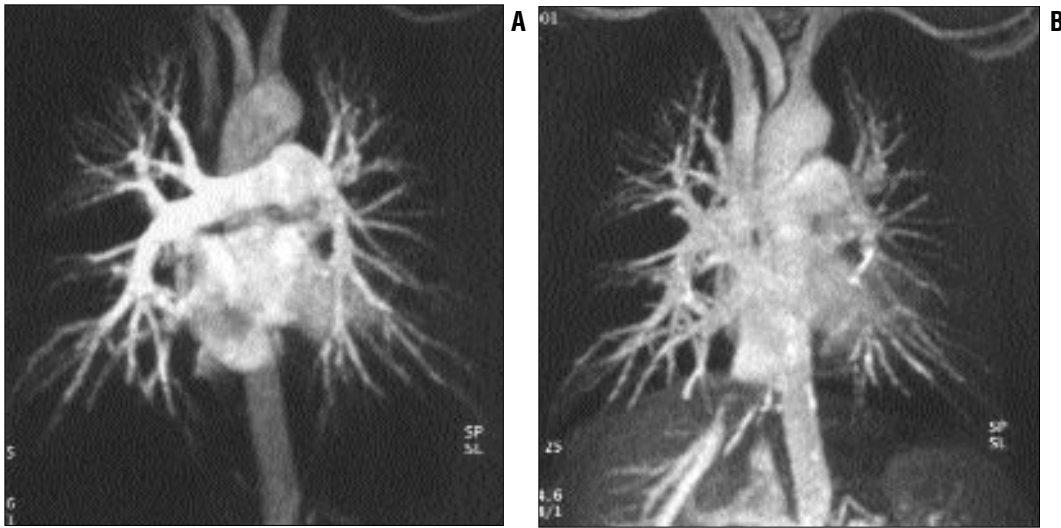
Yüksek performanslı gradyent sistemleri daha kısa TR ve TE süreleri ile veri toplamayı sağlayarak işlem zamanını önemli ölçüde kısaltmaktadır (1). Yeni geliştirilen gradyent sistemleri ile eko time (TE) 1.4-2.5 milisaniye arasında seçilebilmekte ve bu değerler de görüntü kalitesini artırmaktadır (7).

Paramanyetik kontrast maddeler oldukça güvenlidir. Günümüze kadar 60 ml’ye kadar (0,4 mmol/kg) yapılan bolus enjeksiyonlarında yan etkiler bildirilmemiştir. Bu kadar kontrast madde kullanılsa bile bu miktar yine de BT anjiyografide kullanılan iyotlu kontrast madde miktarından daha da azdır. Ayrıca genellikle 0.1-0.3 mmol/kg dozunda kullanılmaktadır. Gadobutrol (Gadovist, Schering, Almanya) gibi yüksek konsantrasyonlu kontrast maddelerin üretilmesi ile bu miktarın daha da azalacağı belirtilmektedir (4).

Faz dizilimli sarmalların kullanılması ile 3B CE-MRA’da görüntü kalitesi daha da artmaktadır. Ayrıca yeni jenerasyon kontrast maddeler araştırma aşamasında bulunmaktadır. Bu kontrast maddelerin gadolinyum şelatlarının aksine intravasküler yarılama süreleri daha fazladır ve dolaşım da daha uzun süre kalabilmektedirler. Bu nedenle blood pool MR kontrast ajanlar” olarak adlandırılmaktadır. “Blood pool” kontrast maddelerin geliştirilmesi ile 3B CE-MRA’nın etkinliği ve kullanımı daha da artacak gibi görülmektedir (1).

Kontrastlı 3B pulmoner MRA (3D CE-PMRA)

CE-PMRA, konvansiyonel TOF MRA’nın dezavantajlarının çoğundan uzaktır. CE-PMRA’da 0,1-0,2 mmol/kg konsantrasyonunda suda çö-



Resim 1. A. Normal bir olguda pulmoner arteriyel vaskülarizasyon izleniyor. Pulmoner arteriyel fazda pulmoner arterler daha belirgin, pulmoner venler ve aorta daha az belirgin izleniyor (TR/TE/FA°: 4.6/1.8/45°, normal vücut sarmalı, işlem süresi (TA) 30 sn) **B.** Geç evrede pulmoner arterler ve venler birlikte izleniyor (TR/TE/FA°: 4.6/1.8/25°, normal vücut sarmalı, TA 30 sn).

zünür kontrast maddeler kullanılmaktadır. 0,1 mmol/kg'lık doz ana pulmoner arterler için yeterli olabilirken segmenter arterler için 0,2 mmol/kg'lık doz gerekebilmektedir (5).

Pulmoner arterlerin görüntülenmesi için 3B görüntüleme tavsiye edilmektedir (9). 3B tekniği, 2B'den daha fazla sinyal gürültü oranına (S/N) sahiptir. 3B daha kısa TR değerine imkan verebilmekte ve S/N oranı yeterli kalmak şartı ile 20-40 sn'de 1 mm'lik kesit kalınlığında görüntüler alınabilmektedir (5). 3B görüntülemenin pulmoner segmenter arterleri görüntülemeye 2B'den daha üstün olduğu belirtilmektedir (10). 3B ile ardışık ince kesitler alınabilmekte ve bu da lobar ve segmenter arterlerin iyi seçilmesi için gerekli yüksek uzaysal rezolüsyonu sağlamaktadır (1). Matrisin periferik pulmoner arterler için 256x512 olması optimaldir.

Ultrafast MRA ile nefes tutma sırasında santral ve segmenter pulmoner arterler tamamen, subsegmenter arterler %81 oranında görüntülenebilmektedir.

PMRA sırasında hastanın nefesini tutması önemlidir. Pulmoner vasküler yapılar için görüntüleme süresi 20-30 sn olmakta ve bu zaman zarfında çoğu hasta nefesini tutabilmektedir. Hastanın gantriye girmeden önce eğitilmesi

ve oksijen desteği verilmesi önemlidir.

CE-PMRA'da bolus zamanlaması oldukça önemlidir. Kontrast maddenin pulmoner arterlerden ilk geçişi sırasında pulmoner venler fazla süperpoze olmadan yakalanması gereklidir. Çünkü CE-MRA sadece intravasküler kontrast maddenin verdiği sinyalden sinyal almakta ve akımla ilgili sinyal özelliği bulunmamaktadır (1).

PMRA sırasında kontrast madde 2-3 ml/sn hızında verilmelidir (1). Kontrast vermeden önce kontrastsız inceleme yapılır ve taranacak alan hakkında bilgi edinilebilir. Ayrıca bu görüntüler kontrast sonrası kesitlerden çıkarılarak daha net görüntüler elde edilebilir (Resim 1).

Field of view (FOV) seçiminden kaynaklanan katlama artefaktları için FOV 40-48 cm arasında seçilmelidir. Ellerin baş üzerinde kaldırılması da artefaktları azaltır. Faz dizilimli sarmallar da katlama artefaktlarını azaltmaktadır. Klasik olarak CE-PMRA'da görüntüler koronal planda alınır. Ancak hasta nefes tutamaz ve süre kısıtlamak istenirse diğer planlarda da denenebilir. Genellikle işlem sırasında kardiyak tetikleme gerek yoktur.

Koronal planda görüntüler alındıktan sonra MIP ve MPR (multiplanar reformatting) ile inceleme yapılabilir.

Tarama 3B yapıldığında inceleme MPR ile aksiyel, koronal, sagittal ve oblik planda yapılabilir.

PMRA'da genellikle gecikme zamanı (SDT) ortalama 5 sn olarak belirtilmektedir. Ancak bu hasta dolaşımına göre hastadan hastaya değişebilmektedir (4).

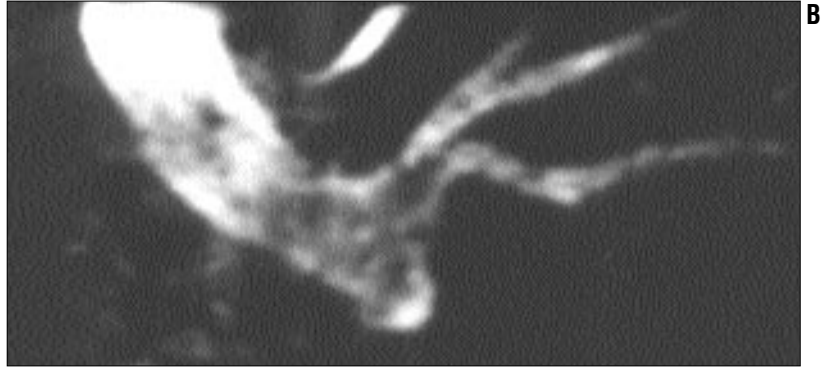
Görüntü kalitesi solunum artefaktlarının olup olmamasına bağlıdır. Nefes tutma ile segmenter arterler görüntülenebilir. Eğer hasta yüzeysel solunum yaparsa santral pulmoner arterler de bu yöntem ile değerlendirilebilmektedir (4).

Klinik Uygulamalar

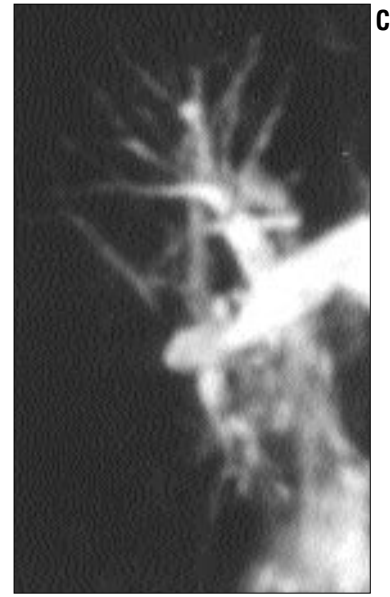
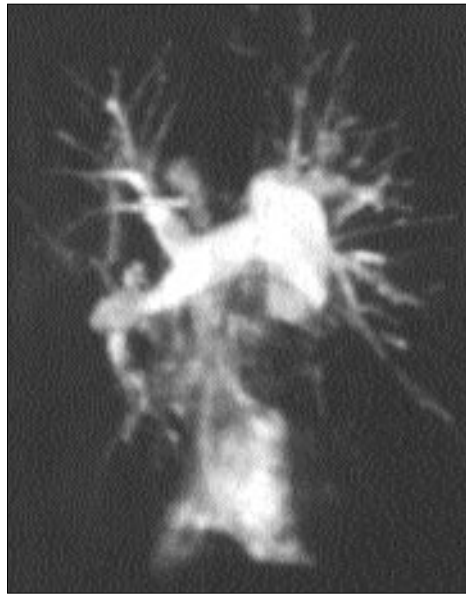
A. Pulmoner emboli

Pulmoner emboli teşhisinde konvansiyonel anjiyografi altın standarttır. Ancak MRA non-invazif olduğundan önemi artmaktadır (1). Nefes tutturularak yapılan CE-PMRA segmenter ve lobar arterlerdeki embolilerin tespitinde mükemmel sonuç vermektedir (Resim 2,3). Gupta ve arkadaşları yöntemin sensitivitesini segmenter ve lobar arterlerde %87, spesifitesini %100 olarak belirtmektedir (8). Ancak CE-PMRA'nın distal segmenter ve subsegmenter embolilerde etkinliği daha azdır (9).

Pulmoner arter embolilerinde MRA



Resim 2. Sağ ventriküldeki hidatik kist rüptürüne bağlı kronik evrede sağ alt lob pulmoner arterinde tam oklüzyon. (A) ön-arka, (B) yandan görünümü.



Resim 3. Sağ akciğer alt lob pulmoner arterinde tromboemboli. Olgunun anteroposterior (A), hafif oblik (B) ve yandan görünümü (C) (TR/TE/FA°: 4.6/1.8/30°, normal vücut sarmalı, TA 30 sn).



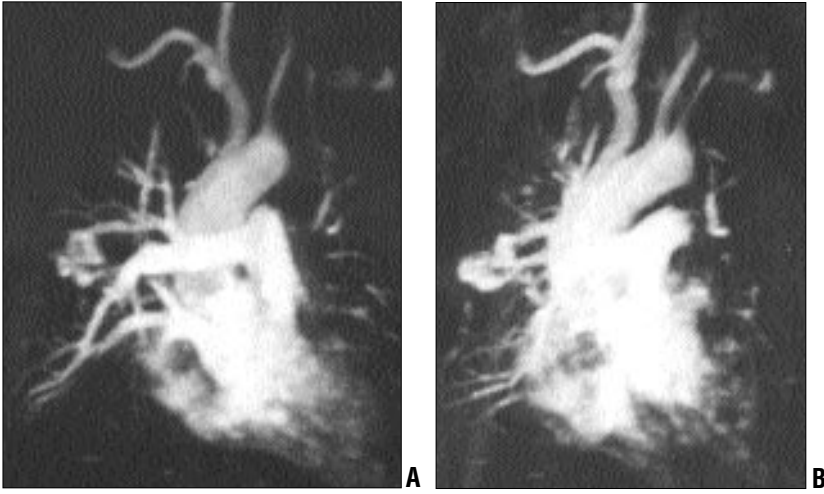
Resim 4. Behçet hastalığı olan olguda sağ atriyumda süperior vena kava girişinde trombüs izleniyor (TR/TE/FA°:4.6/1.8/30°, normal vücut sarmalı, TA 25 sn).

non-invazif bir tekniktir (10). Pulmoner emboli teşhisinde invazif pulmoner anjiyografi altın standart olmasına rağmen komplikasyonların %5 civarında olması daha az invazif yöntemlerin uygulanmasını gündeme getirmiştir. Sintigrafi, ekokardiyografi, spiral tomografi gibi yöntemler önceleri ümit verse de hiçbiri konvansiyonel anjiyografinin yerini tutamamıştır. Araştırmaların ilerlemesi ile MRA gündeme gelmiştir. Ultrafast gradientlerin kullanılması ile birlikte CE-MRA tekniği yaygın şekilde kullanılmaya başlamıştır (4).

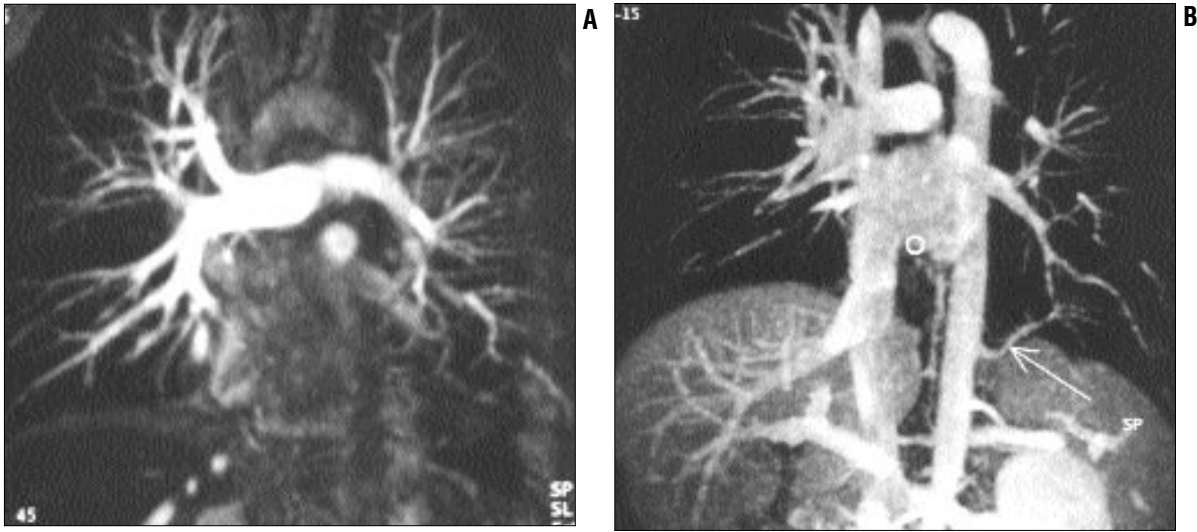
B. Pulmoner ven trombozu (PVT)

PVT akciğer kanseri, pulmoner lobektomi ve akciğer transplantasyonlarında görülebilmektedir. CE-PMRA ile pulmoner ven trombozu tespit edilebilmektedir. Trombüs alanında dolma defekti görülür ve ven çapı artar. Sol atriyal miksomalara, sol atriyum malign tümörleri pulmoner ven trombozunun nedeni olabilmektedir. Atriyal trombüsler CE-MRA ile saptanabilmektedir (Resim 4).

CE-PMRA konjenital vasküler anomalileri de saptayabilmektedir. Bu nedenle pediatrik hastalarda da kardiyak kateterizasyonun yerini alabileceği belirtilmektedir (1).



Resim 5. 63 yaşında hemoptizi şikayeti olan bayan olguda sağ akciğer üst lobda arteriyovenöz malformasyon izlenmektedir. (A) oblik, (B) yan görüntü. (TR/TE/FA°:4.6/1.8/45°, normal vücut sarmalı, TA 29 sn).



Resim 6. 30 yaşında semptomu olmayan erkek olguda intralober pulmoner sekestrasyon. A. Pulmoner arter fazında vasküler patoloji izlenmiyor. B. Aorta fazında sekestre akciğer dokusunun arteri torasik aortadan ayrılmakta (ok) ve venöz drenajı inferior pulmoner vene olmaktadır (TR/TE/FA°:4.6/1.8/45°, normal vücut sarmalı, TA 30 sn).

C. Pulmoner arteriyovenöz malformasyon (AVM)

Pulmoner AVM'ler arasındaki direkt bağlantılar genellikle periferik ve bazal akciğer alanlarında görülür. Bunlar konjenital veya edinsel olabilir. CE-PMRA bu olgularda arter ile ven arasındaki bağlantıyı gösterebilir. Çünkü besleyen arter ve drenaj veni genişlemiştir (Resim 5). MIP ile taranınca tüm alan optimal şekilde birleştirilebilir (1).

Pulmoner AVM'ler kapiller olmaksızın arter ve venler arasındaki direkt bağlantı olması ile karakterizedir. AVM'ler bilgisayarlı tomografi ve MRA ile teşhis edilebilir. Boyanmalarını tipik olarak sağ ventrikül boyanmasından sonra, sol ventrikül boyanmasından öncedir (10).

D. Pulmoner sekestrasyon

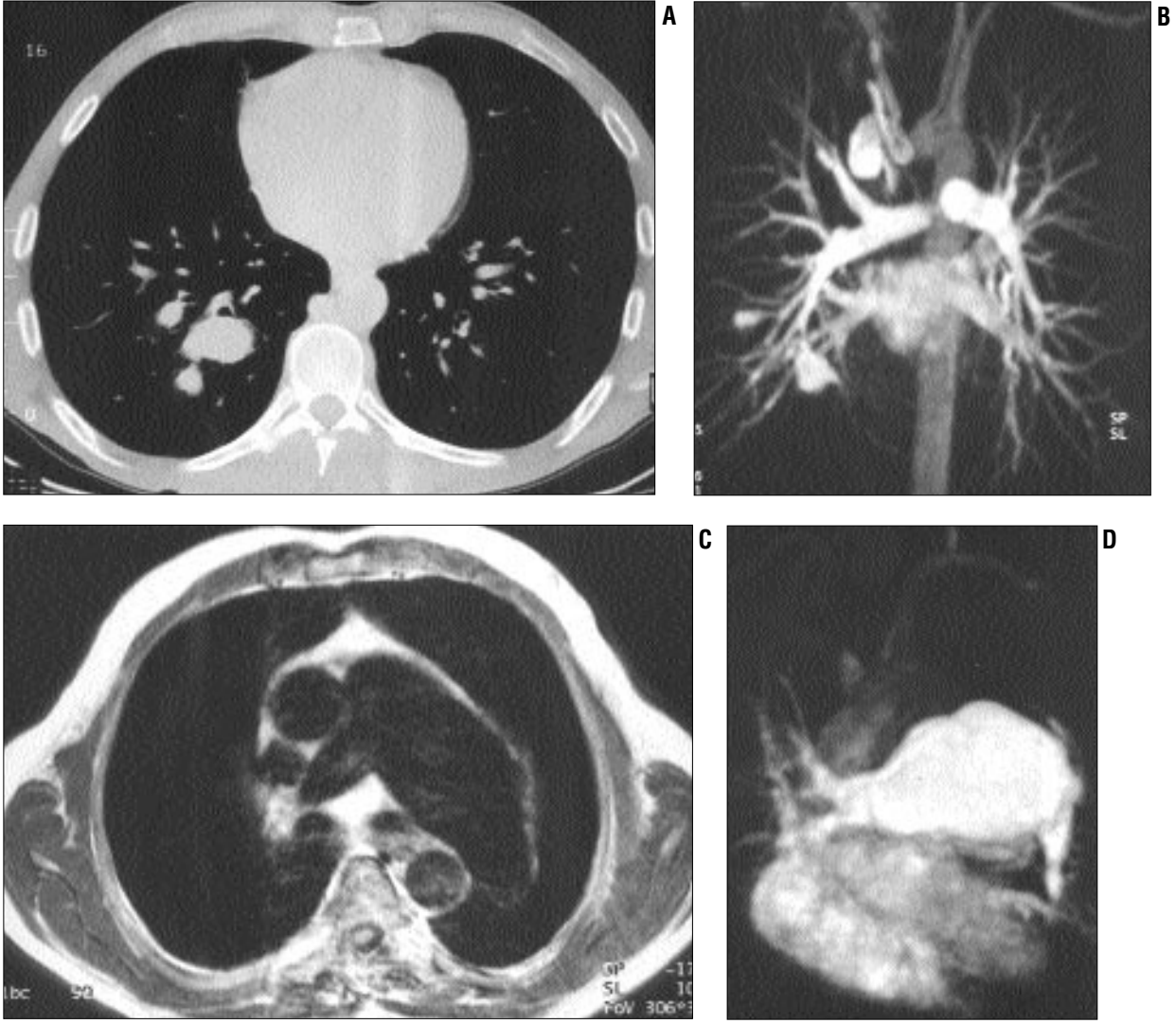
Sekestrasyonda, patolojik olarak sekestre akciğer dokusunun trakeo-bronşiyal yapılarla bağlantısı yoktur. Anormal bir arterle beslenir ve bu da genellikle aortadan olur (11,12). Pulmoner sekestrasyon ekstralober veya intralober olabilir.

a) *Ekstralober pulmoner sekestrasyon:* Ekstralober pulmoner sekestrasyonların kendi plevrası vardır ve akciğer dokusu havalanmaz. Çoğu hastada (%61) hayatın ilk altı ayında tespit edilirler. %10 olguda ise asemptomatik ve tesadüfen bulunurlar. Tipik olarak abdominal ya da torasik aortadan beslenirler. Venöz drenajları azygos, hemiazigos yoluyla ya da süperior vena kava yoluyla sağ atriyumadır (sistemik dolaşıma) (11,13).

b) *İntralober pulmoner sekestrasyon:* Akciğer dokusunun normal bronşiyal sistemle bağlantısı yoktur. Ana lob ile aynı plevrayı paylaşır (ayrı plevrası yoktur). Arteriyel kanı anormaldir. Drenaj veni pulmoner sistemdedir (11,12) (Resim 6).

İntralober pulmoner sekestrasyon bütün pulmoner sekestrasyon olgularının %75'ini oluşturur. İntralober pulmoner sekestrasyonlar hemen her zaman alt loblardadır ve sol alt lobda daha sık görülür (13).

Sekestrasyonlar genellikle alt loblardadır. CE-PMRA non-invazif bir şekilde drenaj venini ve besleyen arteri gösterebilir. Radyasyon riski de yoktur. Ayrıca teşhisi kesinleştirmek olası gereksiz cerrahi tedaviyi de önleyebilir (1).



Resim 7. A. 31 yaşında hemoptizi şikayeti olan olguda bilgisayarlı tomografide pulmoner nodülü andırın görüntü. **B.** CE-PMRA'da alt lobda iki adet, üst lobda bir adet anevrizmatik dilatasyon izleniyor (TR/TE/FA°: 4.6/1.8/25°, normal vücut sarmalı, TA 30 sn). **C.** Diğer bir olguda aksiyel T1 ağırlıklı kesitte sol pulmoner arterde anevrizmatik dilatasyon izleniyor **D.** Aynı olgunun CE-MRA görüntüsü (koronal MIP).

Tamamen normal olan akciğer parankimi anormal sistemik arter tarafından beslenebilir. Bazı yazarlar bu durumu pulmoner sekestrasyon içine dahil ederler. Venöz dönüşleri inferior pulmoner ven ile sol atriyumadır (13).

E. Pulmoner arter anevrizmaları

Pulmoner arter anevrizmaları nadir görülür. Sebepleri konjenital, enfeksiyon, travma, medial nekroz ve Behçet hastalığı olabilir. Hemoptizi en yaygın semptomdur. Pulmoner arter anevrizmalarının çoğu segmental yerleşimlidir, fakat bazen periferik yerleşimli de olabilirler ve pulmoner nodülü andırabilirler. Kesin teşhis CE-PMRA ile konabilmektedir (10) (Re-

sim 7 A, B). Ana pulmoner arterlerdeki anevrizmalar da CE-MRA ile görüntülenebilir (Resim 7 C, D).

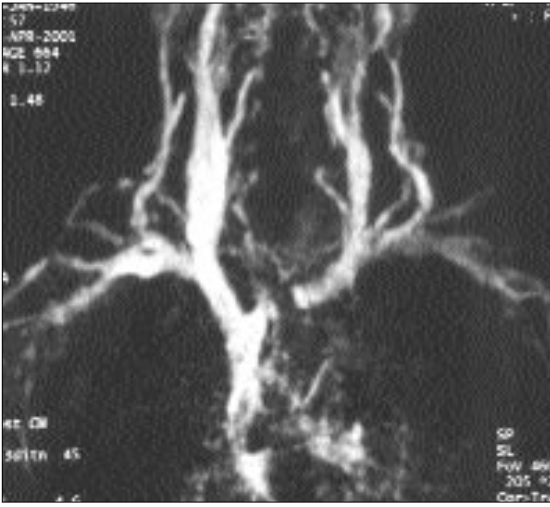
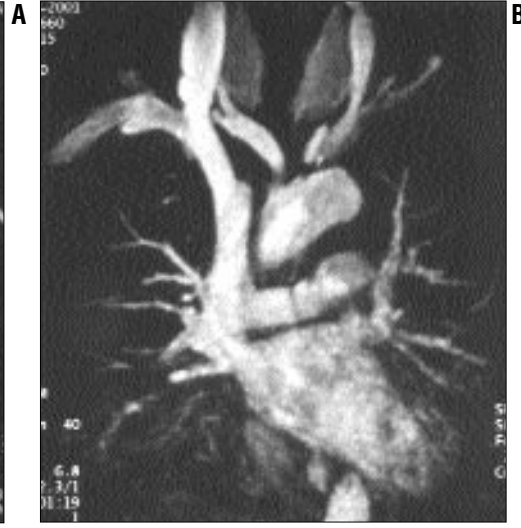
F. Süperior vena kava sendromu

CE-PMRA süperior vena kava ve diğer mediastinal vasküler yapılar hakkında da bilgi verebilir. PMRA şüpheli mediastinal venöz oklüzyonlarda non invazif bir görüntüleme yöntemidir. Venöz kollateraller çok iyi bir şekilde görüntülenebilmektedir (11) (Resim 8).

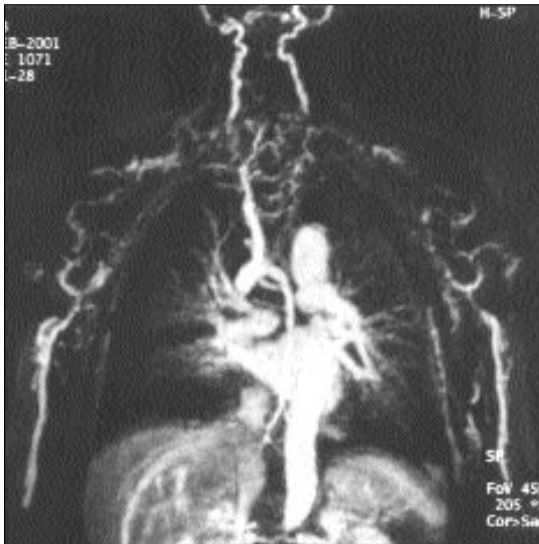
G. Hemodiyaliz vasküler erişim yolu komplikasyonları

Hemodiyaliz için subklavyan ve jugüler kateterizasyon oldukça popüler

bir yaklaşımdır. Çünkü akut komplikasyon oranı düşüktür ve kateter takılma işlemi kolaydır. Subklavyan kateter takılması ile ilgili akut komplikasyon %7 olarak bildirilmektedir. Subklavyan ve brakıyosefalik ven darlıkları geç komplikasyonlar olarak karşımıza çıkmakta ve bu oran da %40-50 gibi büyük bir yüzdeyi oluşturmaktadır. Bu durumlarda aynı kola kalıcı arteriyovenöz fistül açılması sonucu venöz dönüş artacağından oluşan darlık bu artışı tolere edemeyecek ve hastanın kolunda ağırlı ödem başlayacaktır (14). Cilt altında yoğun venöz kollateraller de oluşacaktır (Resim 10). Brakıyosefalik ven, distal subklavyan ven ve vena kava bölgesinde venöz yapı-



Resim 8. A. Subklavyan arterlere yönelik yapılan CE-MRA'nın geç evresinde juguler ve brakıyosefalik venler ve süperior vena kava izleniyor (olguda sağ subklavyan arter çıkışında stenoz, sol karotid çıkışında stenoz ve sol subklavyan çıkışında oklüzyon mevcut). **B.** Aynı olgunun subvolumetrik MIP'inde süperior vena kava daha net izleniyor (TR/TE/FA°:6.8/2.3/40°, normal vücut sarmalı 1 dk. 19 sn, nefesten bağımsız). **C.** Başka bir olguda erken faz görüntülerin geç fazdan çıkarıldıktan sonraki subvolumetrik MIP görüntülerinde sadece venler izleniyor (TR/TE/FA°:4.6/1.8/45°, normal vücut sarmalı, TA 33 sn).



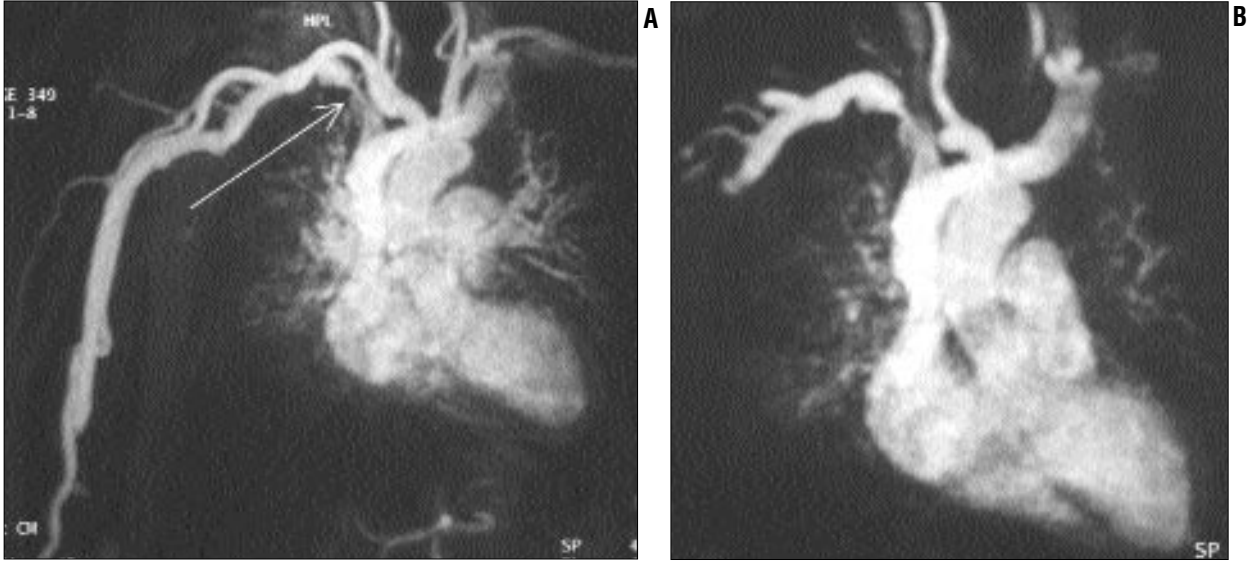
Resim 9. Rekanalize olan süperior vena kava trombozunda artmış venöz kollateraller izleniyor (TR/TE/FA°:4.6/1.8/30°, normal vücut sarmalı, TA 30 sn).

ların Doppler ile görüntülenmesi zor olabilir. Konvansiyonel anjiyografi de invazif bir tetkiktir. Bu nedenle bu olgularda CE-MRA mükemmel sonuçlar vermektedir. Merkezimizde bu ol-

gulara diyaliz günü sabahında işlem yapılmakta, diğer koldan antekübital ven yolu ile kontrast madde verilerek MRG tarama işlemi iki kez arka arka yapılarak hem arteriyel, hem de ve-

nöz evre görüntülenebilmektedir.

Sonuç olarak, son zamanlarda literatürde belirtilen CE-MRA periferik, abdominal, renal ve torasik vasküler patolojilerin tespitinde kullanılmakta-



Resim 10. A. Kolunda diyaliz fistülü ve ileri derecede kol ödemi bulunan olguda brakioyosefalik ve subklavyan vendeki darlık izleniyor (fistülden dolayı venöz dönüş hızlı olduğundan arter ve venler aynı anda izleniyor). **B.** Subvolümetrik MIP'te subklavyan arter görüntü alanından çıkarılınca darlık daha net bir şekilde görülebilmektedir (TR/TE/FA°:4.6/1.8/45°, normal vücut sarmalı, TA 33 sn).

dır. CE-MRA uygulaması kolay, non-invazif ve radyasyon riski taşımayan bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Buna ek olarak gadolinyum şelatlarının nefrotoksik özellikleri, allerjik ve diğer yan etkileri iyotlu kontrast maddele göre daha azdır.

Kaynaklar

- Hoffmann U, Schima W, Herold C. Pulmonary magnetic resonance angiography. *Eur Radiol* 1999; 9:1745-1754.
- Laub G, Gaa J, Drobnitzky M. Magnetic resonance angiography techniques. *Siemens Electro Medica* 1998; 66:68-75.
- MacFall JR, Sostman HD, Foo TKF. Thick section, single breath hold magnetic resonance angiography. *Invest Radiol* 1992; 27:318-322.
- Steiner P, McKinnon GC, Romanowski B, Goehde SC, Hany T, Debatin JF. Contrast enhanced, ultrafast 3D pulmonary MR angiography in a single breath-hold: initial assessment of imaging performance. *JMRI* 1997; 7:177-182.
- Prince MR, Grist TM, Debatin JF. 3D contrast MR angiography. Springer, Berlin, 1999.
- Alley MT, Shifrin RY, Pelc NJ, Herfkens RJ. Ultrafast contrast enhanced three-dimensional MR angiography: state of the art. *Radiographics* 1998; 18:273-285.
- Hatabu H, Gaa J, Kim D, Li W, Prasad PV, Edelman RR. Pulmonary perfusion and angiography: evaluation with breath hold enhanced three dimensional fast imaging steady state precession MR imaging with short TR and TE. *AJR* 1996; 167: 653-655.
- Gupta A, Frazer CK, Ferguson JM, Kumar AB, Davis SJ, Fallon MJ, Morris IT, Drury PJ, Cala LA. Acute pulmonary embolism: diagnosis with MR angiography. *Radiology* 1999; 210:353-359.
- Kauczor HU, Heussel CP, Thelen M. Update on diagnostic strategies of pulmonary embolism. *Eur Radiol* 1999; 9:262-275.
- Glazer HS, Semenkowich JW, Gutierrez FR. Mediastinum. In: Lee JKT, Sagel SS, Stanley RJ, Heiken JP, eds. *Computed body tomography with MRI correlation*. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1998; 261-349.
- Siegel MJ. Paediatric applications. In: Lee JKT, Sagel SS, Stanley RJ, Heiken JP, eds. *Computed body tomography with MRI correlation*. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1998; 1493-1560.
- Frazier AA, Rosado de Christenson ML, Stocker JT, Templeton PA. Intralobar sequestration: radiologic-pathologic correlation. *Radiographics* 1997; 17:725-745.
- Do KH, Goo JM, Im JG, Kim KW, Chung JW, Park JH. Systemic arterial supply to the lungs in adults: spiral CT findings. *Rdiographics* 2001; 21:387-402.
- Kitiş Ö, Oran İ, Parıldar M, Memiş A. Hemodiyaliz vasküler erişim yolu komplikasyonlarında girişimsel radyolojik yaklaşım. *TGR* 2001; 7:207-215.

CONTRAST ENHANCED 3D-MRA IN THORACIC VASCULAR PATHOLOGIES

Gadolinium enhanced breath-hold MR angiography (CE-MRA) is an accurate, minimally invasive method for the evaluation of thoracic vascular pathologies. Currently it is possible that thoracic vasculature can be shown in with adequate spatial resolution a single breath hold by CE-MRA. It has been shown that 3D-CE-MRA can demonstrate thoracic vascular pathologies such as pulmonary embolism, pulmonary artery aneurysm, pulmonary sequestration and mediastinal venous obstruction. CE-MRA, which is flow independent acquisition, represents a powerful and robust state-of-the-art imaging procedure. Its advantages will help radiologists and patients feel more comfortable when dealing with MRA and will lead to increased application in the clinical setting.

TURK J DIAGN INTERVENT RADIOL 2002; 8:63-70