

DERLEME

Serebral Anevrizma ve Vasküler Malformasyonların Değerlendirilmesinde Konvansiyonel ve Kontrastlı MR Anjiyografi Teknikleri

Conventional and Contrast-Enhanced MR Angiographic Techniques for the Interpretation of Cerebral Aneurysms and Vascular Malformations

Ercüment ÜNLÜ, Bilge ÇAKIR

Bu makalede, intrakranyal anevrizma ve arteriyovenöz malformasyon, kavernöz anjiyom ve venöz anomaliler gibi intrakranyal vasküler malformasyonların konvansiyonel ve kontrastlı manyetik rezonans anjiyografi teknikleriyle tanınması ve bu tekniklerin belirtilen durumlarda avantaj ve dezavantajları değerlendirildi.

Anahtar Sözcükler: Serebrovasküler hastalık/tanı; intrakranyal anevrizma/tanı/radyografi; intrakranyal arteriyovenöz malformasyon/tanı/radyografi; manyetik rezonans anjiyografi.

In this review, we evaluated identification of intracranial aneurysms and intracranial vascular malformations such as arteriovenous malformations and cavernous angiomas and venous anomalies by conventional and contrast magnetic resonance angiography, together with the merits and demerits of these techniques.

Key Words: Cerebrovascular disorders/diagnosis; intracranial aneurysm/diagnosis/radiography; intracranial arteriovenous malformations/diagnosis/radiography; magnetic resonance angiography.

Trakya Üniv Tıp Fak Derg 2005;22(3):154-162

Dijital subtraksiyonlu kateter anjiyografi (KA), özellikle serebral anevrizma ve arteriyovenöz malformasyonların (AVM) tanı ve ayrıntılı incelenmesinde halen altın standart olma özelliğini sürdürmektedir. İncelemenin en önemli avantajlarından biri 1024x1024 matriks kullanılarak yüksek çözünürlükte görüntüler elde edilmesidir. Bu da anevrizma ve vasküler malformasyonların saptanmasında yüksek bir duyarlılık ve özgünlük sağlamaktadır. Bununla birlikte; KA'nın invaziv bir işlem olması, yaklaşık %0.4-0.5 oranlarında kalıcı nörolojik komplikasyonlar oluşturabilmesi, %1 gibi düşük fakat anlamlı bir oranda arteriyel ponsiyon ve kateter

manüplasyonları ile ilgili komplikasyon riski bulunması sonucu özellikle son on yılda manyetik rezonans (MR) görüntüleme kapsamında invaziv olmayan anjiyografik yöntemlerde belirgin bir artış gözlenmiştir.^[1-12] Bu makalede amaç serebral anevrizma ve vasküler malformasyonlarda manyetik rezonans anjiyografi (MRA) incelemelerinin tanıya yaklaşımını sergilemektir.

ANEVRİZMALAR

Otopsi çalışmalarına göre rüptüre olmamış rastlantısal intrakraniyal anevrizmaların oranı %7-9 arasında değişmektedir. Ayrıca Birleşik

Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyodiagnostik Anabilim Dalı, (Ünlü, Yrd. Doç. Dr.; Çakır, Prof. Dr.).

İletişim adresi: Dr. Ercüment Ünlü, Kocasinan Mah., Muammer Aksoy Cad., Bora Apt., D Blok, No: 15, 22030 Edirne.

Tel: 0284 - 235 76 41 / 1075 Faks: 0284 - 235 27 30 e-posta: drercument@hotmail.com

Devletlerde her yıl anevrizma rüptürüne bağlı yaklaşık 28.000 subaraknoid kanama (SAK) olgusu kaydedilmektedir ve bunlardan sadece 1/3'ü herhangi bir sekel kalmaksızın yaşamını sürdürebilmektedir. Bu nedenlerden dolayı serebral anevrizmalar ve onların en sık komplikasyonu olan SAK, üzerinde önemle durulması gereken bir sağlık sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır.^[1,2]

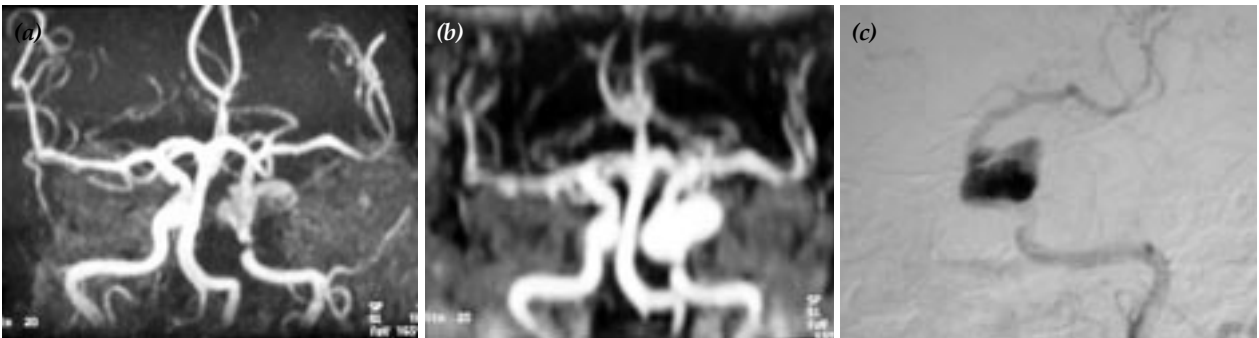
İntrakraniyal anevrizmaların tanısında ve ameliyat öncesi değerlendirmesinde klasik olarak dijital subtraksiyonlu KA uygulanmaktadır. Bu gibi vasküler patolojilerin değerlendirilmesinde KA'nın, diğer tüm görüntüleme teknikleri ile karşılaştırıldığında daha hassas ve yüksek doğruluk oranlarına ulaşan bir metot olduğu bilinmektedir ve "altın standart" olarak kabul edilmektedir. Kateter anjiyografinin tromboemboli, kontrast madde reaksiyonları, nefrotoksisite gibi riskler taşınması ve nispeten invaziv bir yöntem olması, ayrıca hastanın SAK sonrası sıklıkla durumunun kritik olması ve son yıllarda tıp alanındaki eğilimin tanı yöntemleri bağlamında minimal invaziv'den invaziv olmayana doğru kayması, gelişen teknolojiye paralel olarak alternatif tanı yöntemleri konusunda yapılan çalışmalarda yoğunlaşmaya yol açmıştır.^[1-8] Özellikle son 10 yıl içerisinde, yeni tasarlanmış MR sarmallarının kullanıma girmesi, yeni puls sekansları, MOTSA (multiple overlapping thin slab acquisition), TONE (tilted optimized non-saturating excitation) ve manyetizasyon transfer gibi ek teknikler MRA'nın serebral anevrizma tanısındaki duyarlılığını olumlu yönde etkilemiştir ve bu amaçla kullanımında belirgin artış olmuştur.^[2,7,9-12] Teorik olarak serebral anevrizma çalışmalarında hem faz kontrast (PC) hem de time-of-flight (TOF) tekniklerinin iki boyutlu (2D) ve üç boyutlu (3D) akuzisyonları kullanılmaktadır.^[2,12-16] İki boyutlu veya 3D-PC sekansı, ek bir görüntüleme yöntemi olarak yararlı olabilirse de, küçük anevrizmaları saptamada duyarlılığının 3D-TOF tekniğinden düşük olduğu unutulmamalıdır.^[2,12,14,16] Üç boyutlu TOF-MRA'nın serebral anevrizmaları saptamadaki duyarlılığı ve özgüllüğü oldukça yüksektir ve 2-3 mm çapındaki anevrizmaların ve 1 mm çapındaki küçük damarların görüntülenmesi-

nin mümkün olduğunu belirten yayınlar bulunmaktadır.^[3,9,17] Anevrizmaların başarı ile belirlenmesinin yanı sıra olguların çoğunda anevrizma boynu ve anevrizmaya komşu arter ile ilişkisi gösterilebilmektedir.^[1,17-19] İki boyutlu TOF tekniği, 3D-TOF akuzisyonu ile karşılaştırıldığında daha düşük bir uzaysal çözünürlüğe sahip olması ve kompleks akımlara daha duyarlı olması nedeni ile 10 mm'den küçük boyutta anevrizma varlığından şüphelenilen olgularda rutin olarak kullanılmamaktadır.^[2,16,19] Diğer taraftan bu teknik büyük (10-25 mm) veya dev (25 mm'den büyük) anevrizmalardaki yavaş akımı gösterebilme yeteneği yönünden yararlı olabilir.^[2,12,16,19] Üç boyutlu TOF-MRA tekniği genel olarak; kesin SAK tanısı konamayan olgularda, ilk anjiyografisinde herhangi bir patoloji saptanmayan hastalarda kontrol anjiyografisinin doğru zamanda yapılabilmesi amacı ile ve tedavi edilmiş veya edilmemiş anevrizmaların takibinde kullanılabilir.^[7,14,17,19] Ayrıca SAK öyküsü olmayan, ancak ailesel anevrizma öyküsü olan olgularda, Marfan sendromu veya otozomal dominant polikistik böbrek hastalığı olan olgularda, rutin MR ve bilgisayarlı tomografi (BT) incelemelerinde anevrizmadan şüphelenilen kişilerde tarama yöntemi olarak önerilmektedir.^[2,3,7,10,12] Time-of-flight MRA tekniği, geniş yelpazedeki kullanım endikasyonlarına, diğer yöntemlerle karşılaştırmalı çalışmalarda yüksek istatistiksel verilere ve KA'ya alternatif olarak gösterilmesine rağmen birtakım sınırlamaları da bünyesinde barındırmaktadır.^[6,14,20] Nispeten uzun olan akuzisyon zamanları (3-5 dakika) ve genellikle bilinç durumu bozuk SAK'lı olgular beraberinde hareket artefaktlarını getirmektedir.^[1,6,7,10,21] İntraanevrizmal trombus veya anevrizma çevresindeki hemorajiden kaynaklanan yüksek sinyal yanlılıkla damara ait bir akım sinyali olarak değerlendirilebilmektedir.^[6,8,12,20] Ayrıca yoğun lokalize veya masif SAK, özellikle subakut dönemde oluşan metemoglobine bağlı olarak, intravasküler alanda olduğu gibi yüksek sinyalde görülür ve bu bölgedeki anevrizmayı gizleyebilir ya da yanlılıkla akım sinyali ile karıştırılabilir.^[9,10,12,20] Üç boyutlu TOF MRA'da damar sinyalleri genel olarak akım hızına dayanır, özellikle dev anevriz-

malarda, yavaş ve türbülant akım örneklerinin birlikte bulunması nedeniyle faz kaymaları ve akım baskılanması etkisi ortaya çıkar.^[6,8-10,12,21,22] Vazospazmlı olgulardaki yavaş akım aynı nedenlerle tanınabilir kaliteyi olumsuz yönde etkilemektedir.^[6,10,20] Bunlara ek olarak TOF-MRA'da inceleme alanının sınırlı olması ve kesit volümünün periferinde kalan bölümlerdeki lezyonlara daha duyarlı olması tekniğin diğer bir dezavantajıdır.

Kontrastlı MRA ilk olarak 1990'lı yılların başlarında tanımlanmış ve hızlı görüntüleme tekniklerindeki gelişmelere paralel olarak olumlu yönde önemli değişimlere uğramıştır.^[23,24] Son yıllarda kontrast madde TOF-MRA'nın sorunlarından bir bölümünü çözmek amacıyla kontrastlı 3D-TOF-MRA ve dinamik kontrastlı subtraksiyonlu MRA şeklinde serebral damarlara uyarlanarak kullanılmaya başlanmıştır.^[1,9,13,25] Bu yöntemlerden birincisinde yaklaşık 20 sn içerisinde kanın T₁ değerinin 30-60 ms gibi değerlere düşürülerek kontrastın ilk pasajı sırasında görüntü akuzasyonu söz konusudur.^[4] Diğer yöntemde ise kontrast materyalin intakt kan-beyin bariyerinden geçmemesi ve böbreklerden yavaş eliminasyonu ilkesine dayanarak intra ve ekstrasvasküler alanda kontrast maddenin dağılımı süresince "steady state" görüntüleme yapılabilmektedir.^[26] Gadolinyum içerikli kontrast maddelerin i.v yoldan kullanılması ile yavaş akımdan kaynaklanan saturasyon etkisi büyük oranda engellenmektedir.^[4,12,14,27] T₁'in kısaltıcı etkisi ile intravasküler

kanın sinyal intensitesi ve damarların görülebilirliği artmakta ve yüksek sinyal/gürültü oranı elde edilmektedir.^[4,12,14,26-28] İntravasküler sinyal artışının yanı sıra dinamik kontrastlı fazların kontrast öncesi görüntülerden çıkarılması ile SAK'daki methemoglobin'in oluşturduğu T₁ kontaminasyon artefaktı da çıkarılmış olur.^[1,9,12,26] Dev anevrizmalar gerçek boyutlu olarak gösterilebilir (Şekil 1a-c). Kısa akuzasyon süreleri nedeniyle (1 dakika'dan kısa) kolay tolere edilir ve hareket artefaktları önemsiz düzeydedir.^[12,21,25,28] Koronal planda görüntüleme yapılabilmesi nedeniyle istenildiği takdirde karotis ve vertebral arterlerin servikal ve intrakraniyal segmentleri bir arada görüntülenebilir.^[4,8,22,28] Ayrıca son yıllarda yapılan bazı çalışmalar, endovasküler yol ile tedavi edilen anevrizmaların takibinde kontrastlı MRA'da TOF-MRA tekniğine oranla rezidüel anevrizmayı ve boyun remnantını göstermede daha başarılı sonuçlar alındığını göstermektedir.^[11,12] Kullanılan embolizan sarmalların kontrastlı teknikte belirgin artefakt oluşturmaması, daha kısa olan TE değerlerinin manyetik duyarlılık artefaktını azaltmasına bağlanmakta ve yöntemin diğer bir avantajı olarak sunulmaktadır (Şekil 2a-c).^[1,11,12,17,21,28] Bütün bu olumlu katkılara rağmen, kontrastlı MRA'da da bazı uygulama zorlukları ve tanıyı güçleştirecek ya da imkansız kılacak bazı potansiyel sorunlar söz konusudur. Kontrastlı MRA'da intrakraniyal arteriyel ve venöz fazlar kısa sürede tamamlandığından (ortalama 6 sn arteriyel, 6 sn venöz) optimum protokol oluşturulması zordur ve venöz yapıların arter-



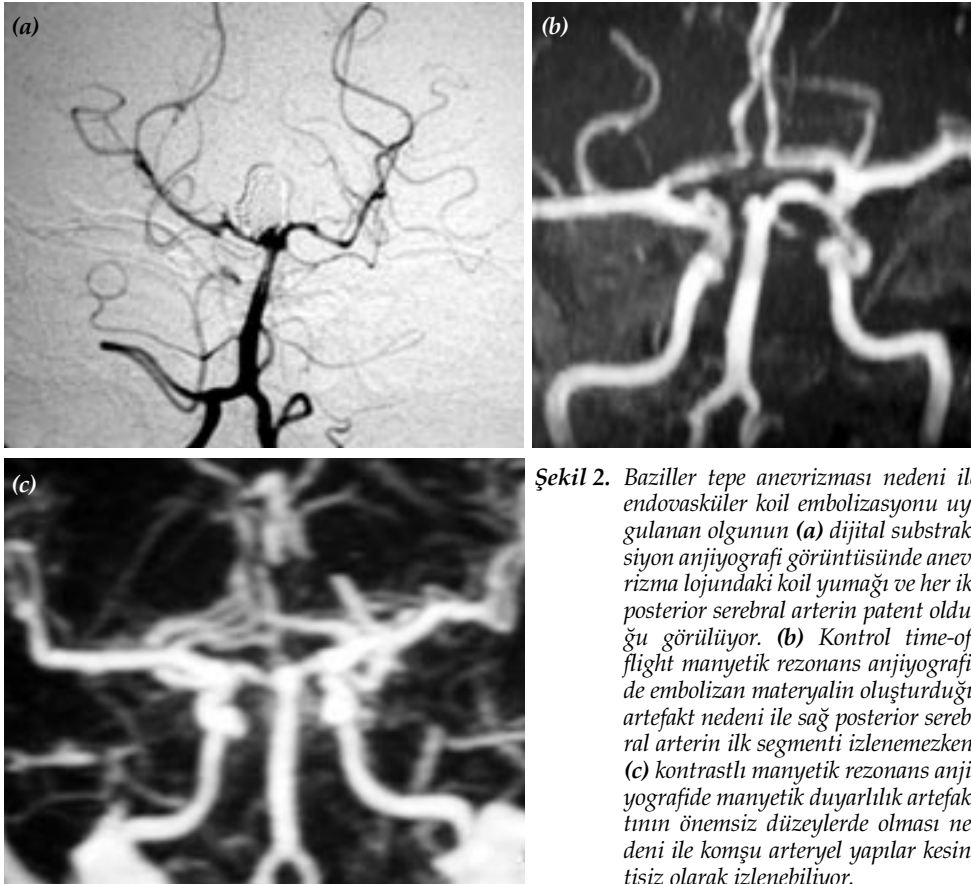
Şekil 1. (a) Time-of-flight manyetik rezonans anjiyografide sol internal karotis arter kavernöz segmentindeki dev anevrizma sınırları, türbülant ve yavaş akımın oluşturduğu faz kaymaları ve akım baskılanması nedeni ile net olarak seçilemiyor. (b) Kontrastlı manyetik rezonans anjiyografide anevrizma konturları ile birlikte, anevrizma proksimal ve distalindeki arter segmentleri (c) Dijital substraksiyon anjiyografi ile benzer şekilde görüntülenebiliyor.

yel oluşumların üzerine süperpoze olması temel sorundur. Kardiyak output ve diğer hemodinamik değişken faktörler özellikle dinamik incelemelerde standart bir teknik oluşturmayı zorlaştırır.^[1,4,8,9,13,27,28] Kontrastlı veya kontrastsız tüm MRA'lar "source" (kaynak) görüntülerden de incelenmelidir.^[13,20,29] Kontrastlı kaynak görüntüler intralüminal trombozu ve lümeni daha iyi gösterir.^[13,21,28] Kontrastlı dinamik MRA'ların göreceli bir dezavantajı da, kontrastlı 3D-TOF'a göre daha düşük uzaysal rezolüsyonda olmasıdır. Ancak yüksek performanslı gradientlerin geliştirilmesi ve yeni yazılımlar çözünürlüğü düzeltmektedir.^[1,8,9,13,27]

ARTERYOVENÖZ MALFORMASYONLAR (AVM)

İntraserebral AVM'ler; kanamaya eğilimli karmaşık, kıvrımlı anormal damarların eşlik ettiği doğuştan anomaliler olarak karşımıza çıkmaktadır. Arteriyovenöz malformasyonlu has-

talar genel olarak 20-40 yaşları arasında hemoraji, nöbet, baş ağrısı, nörolojik fonksiyon kayıpları ve bilinç bozuklukları gibi çeşitli semptomlar ile başvururlar.^[30] Her yıl için intraserebral hemoraji riski yaklaşık %4 oranındadır ve yıllık majör morbidite ve mortalite oranı %2.7 olarak bildirilmektedir.^[31] Malformasyonun boyutu, geometrisi, yerleşim bölgesi ve akım özellikleri tedavi seçenekleri ve sonucunda etkili olur. Arteriyovenöz malformasyonların cerrahi tedavisinde; nidusun büyük boyutlarda olması ve beyin parankiminde fonksiyonel açıdan kritik bir alanda bulunması morbidite ve mortaliteyi büyük oranda artırmaktadır. Arteriyovenöz malformasyonun radyocerrahi ablasyonunda etkin bir sonuç sağlamak ve radyasyona bağlı komplikasyonlardan kaçınabilmek için malformasyon nidusu ve yerleşimi iyi bir şekilde belirlenmeli ve hedefleme sadece bu alana yapılmalıdır.^[30,31] Endovasküler tedavi; cerrahi veya radyoterapi öncesi nöroradyolojik



Şekil 2. Baziller tepe anevrizması nedeni ile endovasküler coil embolizasyonu uygulanan olgunun (a) dijital substraksiyon anjiyografi görüntüsünde anevrizma lojundaki coil yumağı ve her iki posterior serebral arterin patent olduğu görülüyor. (b) Kontrol time-of-flight manyetik rezonans anjiyografide embolizan materyalin oluşturduğu artefakt nedeni ile sağ posterior serebral arterin ilk segmenti izlenemezken, (c) kontrastlı manyetik rezonans anjiyografide manyetik duyarlılık artefaktının önemsiz düzeylerde olması nedeni ile komşu arteryel yapılar kesintisiz olarak izlenebiliyor.

değerlendirmede lezyon, anatomik ve hemodinamik özellikleri yönünden ayrıntılı olarak irdelenmelidir. Morfolojik değerlendirme yapılırken tüm besleyici arterler ve drenaj venleri belirlenmeli, ayrıca nidusun damarsal yapısı ve formu (fistüloz, pleksiform ya da mikst), yüksek akıma bağlı anjiyopati olup olmadığı, drenaj venindeki stenoz, arteriyel besleyicideki veya intranidal anevrizma, eşlik edebilecek parankimal lezyonlar ile diğer rastlantısal ve klinik asemptomatik durumdaki serebral patolojiler araştırılmalıdır.^[13] Ayrıca değişik vasküler alanlardaki ve genel serebral sirkülasyondaki akım hız bilgileri detaylı bir şekilde incelenmelidir.^[2,30]

Kateter anjiyografi, günümüzde halen besleyici arterler, drenaj venleri ve nidusun yapısını değerlendirmede altın standart olma özelliğini korumaktadır. Endovasküler embolizasyon işlemi öncesi hemodinamik değerlendirmede KA mutlaka gereklidir.^[2,12,32] Arteryovenöz malformasyonlarda MRA teknikleri tanı ve tedavi öncesi değerlendirmede, KA'nın yerini almakla birlikte, yararlı olabilir ve rutin MR görüntüleri ile birlikte malformasyona komşu serebral parankim hakkında bilgi verir.^[12,16,31,32] Üç boyutlu görüntüleme, cerrahi ya da radyoterapi öncesi yönelim noktasının belirlenmesi bakımından önemlidir.^[31,32] Arteryovenöz malformasyonların konvansiyonel görüntülerle birlikte MRA'da volümetrik analizlerle takibi, boyut artışı ya da azalması yönünde bilgi sağlar.^[2,16,29,31] Küçük AVM'ler yüksek matrikste ve MOTSA (multiple overlapping thin slap acquisition) tekniği eklenmiş 3D-TOF yöntemi ile daha iyi değerlendirilebilmektedir. Nidus çevresindeki anatominin karmaşıklığı ve çok yönlü akım ile küçük ancak tedavi için kritik arteriyel ve venöz yapılarda yavaş akıma bağlı satürasyon etkisi, kullanımı sınırlandıran önemli etkenlerdir.^[2,31,32] Faz-kontrast anjiyografi, özellikle büyük boyuttaki AVM'lerin değerlendirilmesinde yarar sağlar. Bunun gibi yüksek akımlı geniş vasküler lezyonlar sıklıkla geometrik olarak karışık ve karmaşıktır, bu lezyonları çözmeye PC anjiyografi, 3D-TOF yöntemine göre bazı avantajlara sahiptir. Özellikle 3D-PC, dev ve kompleks lezyonları volüm içi baskılama riski

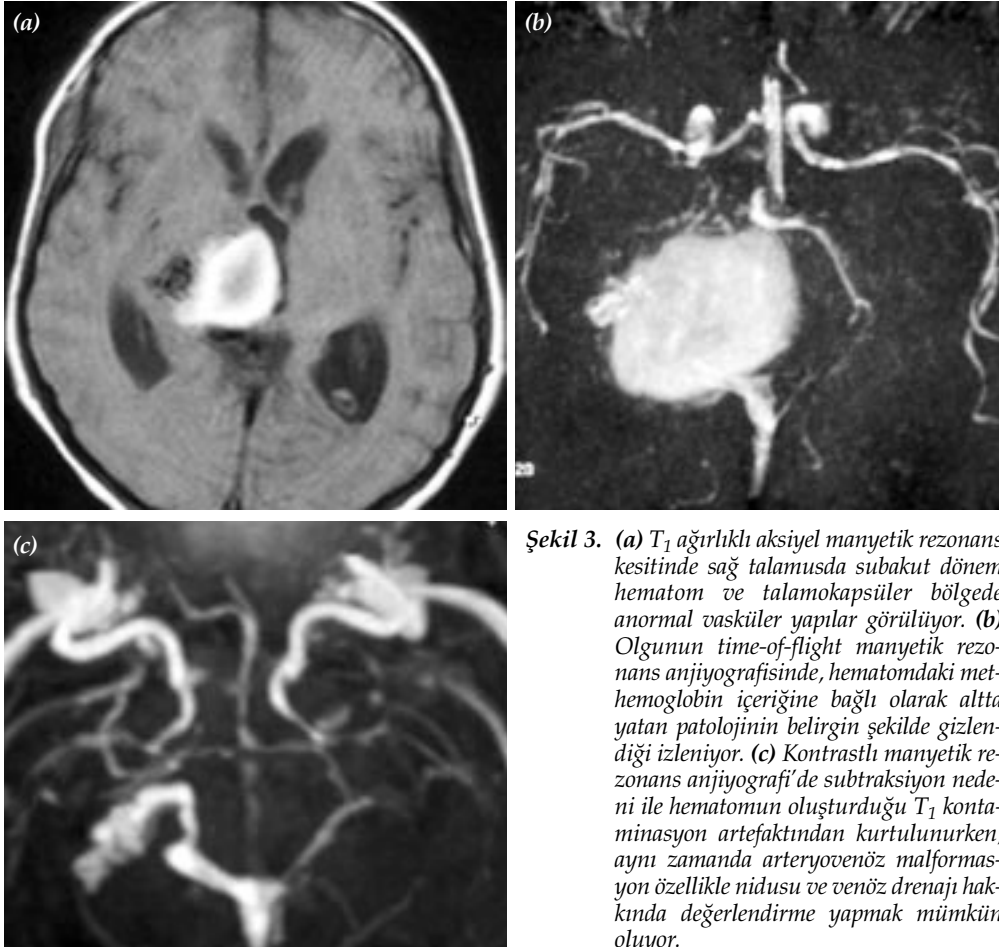
olmaksızın bir arada gösterebilmektedir.^[2,13,16,20] Bu tekniğin belirgin şekilde uzun sürmesi nedeniyle bazı durumlarda hızlı, kısmen sayısal hemodinamik değerlendirmeye olanak veren, 3-4 adet tek kesitlik görüntü ile seri akuzisyona olanak sağlayan ve her defasında farklı VENC (velocity encoding) değerlerinin uygulandığı 2D-PC yöntemi kullanılmaktadır. Arteriyel besleyici ve drenaj veninden akım hızı ve volümü için direkt ölçüm yapılabilir. Bu nedenle AVM'lerin tedavi sonrası izleminde 2D-PC yönteminin yeterli olduğunu savunan görüşler bulunmaktadır.^[2,16,20,30]

Yukarıda sayılan MR anjiyografik teknikler AVM'nin anatomik özellikleri konusunda yeterli bilgi verebilmekle birlikte malformasyona ait detaylar ve hemodinami konusunda birçok sınırlamaya sahiptir.^[12,31] Özellikle TOF-MRA tekniği ile yapılan çalışmalarda; bu tekniğin, besleyici arteri doğru olarak saptamada damar süperpozisyonları ve görüntüleme planına paralel akım nedeniyle yetersiz kaldığı, ayrıca küçük AVM niduslarının ortaya konulmasında yetersiz uzaysal rezolüsyon nedeni ile sorunlar yaşandığı görülmüştür.^[12,30,32] Kanamış AVM'lerin subakut döneminde görülen methemoglobin gibi kısa T₁ etkisi oluşturan ürünler, patolojik damarsal yapıları örterek değerlendirmeyi sınırlayıcı bir rol oynamaktadır.^[20,30,32] Yavaş akan kana duyarsız olması nedeni ile venöz drenajın doğru olarak tespit edilmesinin mümkün olmaması, TOF tekniğinin bir diğer dezavantajı olarak bildirilmiştir.^[12,20,30] Arteryovenöz malformasyonun venöz kompartmanının saptanması, ameliyat öncesi kanama riskinin tahmin edilmesinde ve radyocerrahi öncesi tedavi alanının drenaj venlerini içermemesi açısından kritik öneme sahiptir.^[30,31] Lezyonun akım bilgileri kanama riski hakkında fikir verebilmektedir ve tedavi sonrası etkinliğin ölçülmesinde akım değişikliklerinin saptanması önemlidir.

Son yıllarda bu potansiyel sorunları gidermeye yönelik olarak beyin AVM'lerinin değerlendirilmesinde çeşitli kontrastlı MRA tekniklerinin denendiği karşılaştırmalı çalışmalar göze çarpmaktadır.^[30,31] Çok kısa gradient eko sekansları kullanılarak elde edilen kontrastlı MRA'ların kaynak ve "maximum intensity pro-

jection" (MIP) görüntülerinin AVM'lerin kompartmanlarını göstermede, özellikle venöz drenaj paternini saptamada, TOF-MRA tekniğine belirgin üstünlük göstererek KA'ya yakın sonuçlar elde edebildiği belirtilmektedir.^[12,29,30,32] Görüntünün akan kanın hızına bağlı olmaması ve dolayısı ile küçük AVM'lerin saptanabilmesi, kısa süreli TR ve TE kullanımı ile belirgin arka plan baskılamasının yapılabilmesi, kontrastlı görüntülerin kontrastsız olanlardan çıkarılarak zemindeki hemoraji gibi değerlendirmeyi engelleyebilecek yapılardan kurtulabilmesi, kontrastlı MRA'nın TOF tekniğine olan belli başlı üstünlükleridir (Şekil 3a-c).^[12,30,32] Damar kontrastı, kontrast/gürültü oranı ve damar/arka plan kontrastı yönlerinden yapılan sayısal analizlerde kontrastlı MRA, TOF-MRA'ya göre üstün bulunmuştur.^[12,30,32] Bütün bu olumlu bulguların yanı sıra çalışmalarda, TOF-MRA'ya

oranla düşük bir uzaysal çözünürlüğe sahip olması, 9 sn gibi kısa akuzisyon zamanları kullanılsa bile bu sürenin serebral arteriyel ve venöz fazı ayırmak için uzun bir süre olması, bilgisayar ortamında görüntünün oluşturulabilmesi için 30-60 dakika gibi uzun sürelerle gereksinim göstermesi, kontrastlı MRA tekniğinin olumsuz yönleri olarak bildirilmiştir.^[12,30,32] Kontrastlı MRA'da bazı sorunların belli oranlarda aşılabilmesine rağmen, malformasyona ait görüntülerin hemodinami hakkında etkin veriler sağlamaması araştırmacıları dinamik kontrastlı, dijital subtraksiyonlu MRA tekniği üzerinde yoğunlaştırmıştır.^[18,26,31] Bu öncül çalışmalarda, nidus çapının saptanmasında, drenaj venlerinin doğru tespitinde ve lezyonun evrelemesinde KA ile yakın sonuçlar elde edilmiştir. Eşlik eden vasküler anomaliler yönünden ise belirgin bir uyum ya da üstünlük saptanmamıştır.



Şekil 3. (a) T₁ ağırlıklı aksiyel manyetik rezonans kesitinde sağ talamusta subakut dönem hematoma ve talamokapsüler bölgede anormal vasküler yapılar görülmüyor. (b) Olgunun time-of-flight manyetik rezonans anjiyografisinde, hematomdaki met-hemoglobin içeriğine bağlı olarak altta yatan patolojinin belirgin şekilde gizlendiği izleniyor. (c) Kontrastlı manyetik rezonans anjiyografi'de subtraksiyon nedeniyle hematoma oluşturduğu T₁ kontaminasyon artefaktından kurtulurken, aynı zamanda arteriyovenöz malformasyon özellikle nidusu ve venöz drenajı hakkında değerlendirme yapmak mümkün oluyor.

Bu tip çalışmalarda arteriyel ve venöz faz ayrımında belirgin bir ilerleme sağlanması, AVM hemodinamiklerinin belirlenmesinde ve nidus'un doğru olarak saptanmasında 3D-TOF tekniğine üstünlük olarak sunulmuştur.^[26,31] Ayrıca iyonizan ışın kullanılmayışı, gadolinyum içerikli kontrast maddelerin her hastada güvenle kullanılabilmesi ve her aşamada kolaylıkla tekrarlanabilir olması, MR dijital subtraksiyon anjiyografisinin, KA ile karşılaştırıldığında avantajlı noktaları olarak gösterilmiştir. Bu çalışmalarda sonuç olarak, tanımlanan yöntemlerin henüz KA'nın yerini alacak uzaysal çözünürlükte olmadığı ancak embolizasyon ya da radyocerrahi sonrası izlemde yararlı olabileceği vurgulanmıştır.^[26,31,32]

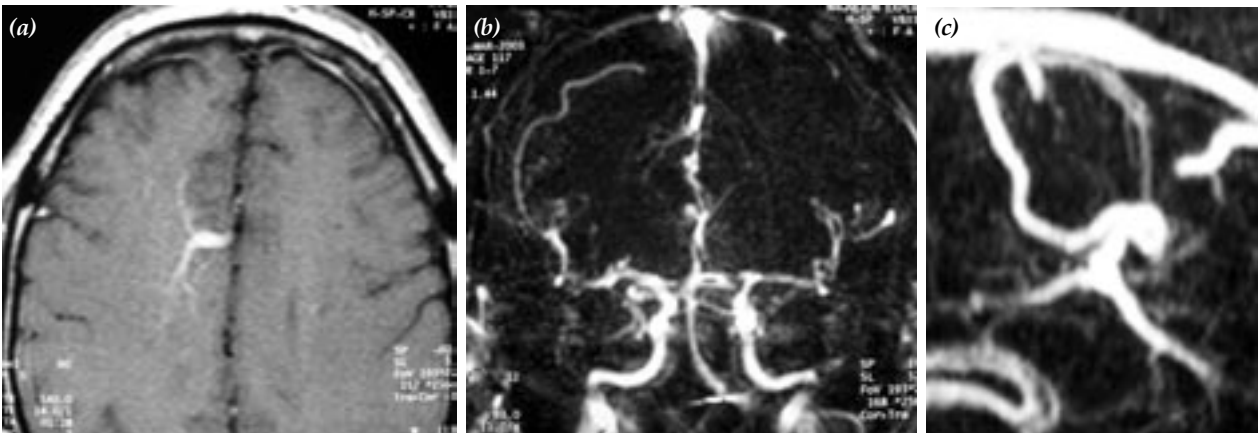
DİĞER VASKÜLER MALFORMASYONLAR

İnvaziv olmayan anjiyografik tekniklerin tanı ve tedavi sonrası izlemde etkinlikleri genel olarak anevrizmalar ve AVM'ler açısından değerlendirilmiş olsa da diğer bazı vasküler patolojilerde de konvansiyonel incelemelere ek incelemeler yapılabilir.^[2]

Kraniyal dural arteryovenöz fistüllerin tanısında konvansiyonel MR görüntüleri ya da MRA teknikleri KA'nın yerini alacak yeterliliğe sahip olmamakla birlikte tedavi sonrası izlemde gereksiz kateterizasyonu engellemesi bakımından yararlı olabilir.^[2]

Gelişimsel venöz anomaliler olan venöz anjiyomlar rutin spin eko MR görüntülerinde radyal oryantasyonlu küçük sinyalsiz yapılar ve bunları drene eden daha büyük bir venöz yapı şeklinde izlenir. Akıma bağlı parlaklaşma siktir ve bazen trombozdan ayırt edilemeyebilir. Venöz anjiyomların tanısında kontrastlı veya kontrastsız konvansiyonel MR görüntüleri genellikle yeterli olmaktadır, ancak kısmen veya tamamen tromboz düşünülen olgularda ve lezyonun çok büyük olduğu durumlarda diğer majör intrakraniyal venlerle ilişkisini göstermek amacı ile 2D-TOF, 3D-TOF ve PC teknikleri veya kontrastlı MRA uygulanabilir. Özellikle kontrastlı 3D-MRA ile drenaj veninin dural sinüse döküldüğü alan ve malformasyonda olası kanamaya neden olabilecek bu bölgeye ait darlık veya tıkanıklıklar net bir şekilde görülebilir (Şekil 4a-c).^[2,12,20]

Kavernöz anjiyomlar, rutin MR sekanslarında hemorajinin farklı evreleri nedeniyle düşük ve yüksek sinyal özelliğini bir arada barındırırlar. Lezyonun düşük sinyal özelliğindeki hemosiderin halkası ile çevrili olması kavernöz anjiyomlar için tipiktir. Gradyent eko sekanslarında bu düşük sinyal görünümü daha belirgin hale gelir. Kontrast enjeksiyonu sonrası bazen parlaklaşma görülebilir. Kavernöz anjiyomlar KA'da ve MRA'da görülemezler ancak kanama içeriği nedeniyle lezyon yüksek sinyal özelliğinde bir odak şeklinde 3D-TOF görüntülerine süperpoze olabilir.^[2,20]



Şekil 4. (a) Supraventriküler düzeyden geçen kontrastlı T₁ ağırlıklı aksiyel manyetik rezonans görüntüsünde, frontal lobda, sağ parafalksiyen yerleşimli venöz anjiyoma ait tipik "şemsiye" görünümünü izleniyor. (b) 2D faz kontrast manyetik rezonans anjiyografide lezyon tanımlanan lokalizasyonda silik smürlü olarak seçilebiliyor. (c) 3D kontrastlı manyetik rezonans anjiyografide venöz anjiyom, ana drenaj veni ve süperior sagittal sinüse döküldüğü alan net bir şekilde görülebiliyor.

KAYNAKLAR

1. Leclerc X, Navez JF, Gauvrit JY, Lejeune JP, Pruvo JP. Aneurysms of the anterior communicating artery treated with Guglielmi detachable coils: follow-up with contrast-enhanced MR angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 2002;23:1121-7.
2. Anzalone N, Scmazzone F, Strada L, Patay Z, Scotti G. Intracranial vascular malformations. *Eur Radiol* 1998;8:685-90.
3. Adams WM, Laitt RD, Jackson A. The role of MR angiography in the pretreatment assessment of intracranial aneurysms: a comparative study. *AJNR Am J Neuroradiol* 2000;21:1618-28.
4. Leclerc X, Gauvrit JY, Nicol L, Pruvo JP. Contrast-enhanced MR angiography of the craniocervical vessels: a review. *Neuroradiology* 1999;41:867-74.
5. Gonner F, Heid O, Remonda L, Nicoli G, Baumgartner RW, Godoy N, et al. MR angiography with ultrashort echo time in cerebral aneurysms treated with Guglielmi detachable coils. *AJNR Am J Neuroradiol* 1998;19:1324-8.
6. Castaño-Duque C.H, Guardia-Mas E, de Juan-Delago M, Ruscalleda-Nadal J. Pre-embolization study of ruptured cerebral aneurysm with rotational and 3D reconstruction angiography. *International Congress Series* 2002;1247:39-52.
7. White PM, Wardlaw JM, Easton V. Can noninvasive imaging accurately depict intracranial aneurysms? A systematic review. *Radiology* 2000;217:361-70.
8. White PM, Teasdale EM, Wardlaw JM, Easton V. Intracranial aneurysms: CT angiography and MR angiography for detection prospective blinded comparison in a large patient cohort. *Radiology* 2001;219:739-49.
9. Jager HR, Ellamushi H, Moore EA, Grieve JP, Kitchen ND, Taylor WJ, et al. Contrast-enhanced MR angiography of intracranial giant aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol* 2000;21:1900-7.
10. Ida M, Kurisu Y, Yamashita M. MR angiography of ruptured aneurysms in acute subarachnoid hemorrhage. *AJNR Am J Neuroradiol* 1997;18:1025-32.
11. Boulin A, Pierot L. Follow-up of intracranial aneurysms treated with detachable coils: comparison of gadolinium-enhanced 3D time-of-flight MR angiography and digital subtraction angiography. *Radiology* 2001;219:108-13.
12. Wilms G, Bosmans H, Demaerel P, Marchal G. Magnetic resonance angiography of the intracranial vessels. *Eur J Radiol* 2001;38:10-8.
13. Kocer N. MR anjiyografi: intrakranial anevrizmalar, arteryovenöz malformasyonlar. In: Erden I, editör. *Kraniyospinal manyetik rezonans*. 1st ed. Ankara: Pozitif Matbaacılık; 2003. s. 77-81.
14. Krings T, Hans FJ, Moller-Hartmann W, Thiex R, Brunn A, Scherer K, et al. Time-of-flight-, phase contrast and contrast enhanced magnetic resonance angiography for pre-interventional determination of aneurysm size, configuration, and neck morphology in an aneurysm model in rabbits. *Neurosci Lett* 2002;326:46-50.
15. Debatin JF, Hany TF. MR-based assessment of vascular morphology and function. *Eur Radiol* 1998;8:528-39.
16. Huston J 3rd, Rufenacht DA, Ehman RL, Wiebers DO. Intracranial aneurysms and vascular malformations: comparison of time-of-flight and phase-contrast MR angiography. *Radiology* 1991;181:721-30.
17. Derdeyn CP, Graves VB, Turski PA, Masaryk AM, Strother CM. MR angiography of saccular aneurysms after treatment with Guglielmi detachable coils: preliminary experience. *AJNR Am J Neuroradiol* 1997;18:279-86.
18. Tsuchiya K, Katase S, Yoshino A, Hachiya J. MR digital subtraction angiography of cerebral arteriovenous malformations. *AJNR Am J Neuroradiol* 2000;21:707-11.
19. Ross JS, Masaryk TJ, Modic MT, Ruggieri PM, Haacke EM, Selman WR, et al. Intracranial aneurysms: evaluation by MR angiography. *AJR Am J Roentgenol* 1990;155:159-65.
20. Wilms G, Demaerel P, Bosmans H, Marchal G. MRI of non-ischemic vascular disease: aneurysms and vascular malformations. *Eur Radiol* 1999;9:1055-60.
21. Suzuki M, Matsui O, Ueda F, Hattori Y, Minami T, Kobayashi K, et al. Contrast-enhanced MR angiography (enhanced 3-D fast gradient echo) for diagnosis of cerebral aneurysms. *Neuroradiology* 2002;44:17-20.
22. Okumura A, Araki Y, Nishimura Y, Iwama T, Kaku Y, Furuichi M, et al. The clinical utility of contrast-enhanced 3D MR angiography for cerebrovascular disease. *Neurol Res* 2001;23:767-71.
23. Marchal G, Michiels J, Bosmans H, Van Hecke P. Contrast-enhanced MRA of the brain. *J Comput Assist Tomogr* 1992;16:25-9.
24. Prince MR. Gadolinium-enhanced MR aortography. *Radiology* 1994;191:155-64.
25. Parker DL, Tsuruda JS, Goodrich KC, Alexander AL, Buswell HR. Contrast-enhanced magnetic resonance angiography of cerebral arteries. A review. *Invest Radiol* 1998;33:560-72.
26. Takano K, Utsunomiya H, Ono H, Okazaki M, Tanaka A. Dynamic contrast-enhanced subtraction MR angiography in intracranial vascular abnormalities. *Eur Radiol* 1999;9:1909-12.
27. Isoda H, Takehara Y, Isogai S, Takeda H, Tanaka T, Takahashi M, et al. Software-triggered contrast-enhanced three-dimensional MR angiography of the intracranial arteries. *AJR Am J Roentgenol* 2000;174:371-5.
28. Metens T, Rio F, Baleriaux D, Roger T, David P, Rodesch G. Intracranial aneurysms: detection with gadolinium-enhanced dynamic three-dimensional MR angiography-initial results. *Radiology* 2000;216:39-46.
29. Flasque N, Desvignes M, Constans JM, Revenu M. Acquisition, segmentation and tracking of the cerebral vascular tree on 3D magnetic resonance angiography images. *Med Image Anal* 2001;5:173-83.
30. Duran M, Schoenberg SO, Yuh WT, Knopp MV, van Kaick G, Essig M, et al. Cerebral arteriovenous mal-

- formations: morphologic evaluation by ultrashort 3D gadolinium-enhanced MR angiography. *Eur Radiol* 2002;12:2957-64.
31. Griffiths PD, Hoggard N, Warren DJ, Wilkinson ID, Anderson B, Romanowski CA, et al. Brain arteriovenous malformations: assessment with dynamic MR digital subtraction angiography. *AJNR Am J Neuroradiol* 2000;21:1892-9.
32. Suzuki M, Matsui O, Kobayashi K, Ueda F, Saitoh C, Katagiri A, et al. Contrast-enhanced MRA for investigation of cerebral arteriovenous malformations. *Neuroradiology* 2003;45:231-5.