

Serebral Anevrizmalarda Radyolojik Tanı

Serdar Arslan^{ID}, Emine Meltem Önal^{ID}

ÖĞRENME HEDEFLERİ

- Serebral anevrizmaların görüntüleme bulgularını öğrenmek.
- Serebral anevrizmaların değerlendirilmesinde tanısal zorlukların kavranması.
- Serebral anevrizmalarda yeni görüntüleme yöntemlerini anlamak.

Arslan S, Önal EM. Serebral anevrizmalarda radyolojik tanı. *Trd Sem* 2022;10(1):10-18.

GİRİŞ

İntrakraniyel anevrizma vasküler duvarın patolojik edinsel genişlemesinin genel tabiri olarak kullanılmaktadır. İntrakranial anevrizmalar arasında sakküler anevrizmalar en yaygın görülen anevrizma tipi olup travmatik olmayan subaraknoid kanamanın (SAK) en sık sebebinin oluşturmaktadır [1]. İntrakraniyel anevrizmalar en sık orta yaş popülasyonunda ortaya çıkmakta olup genel popülasyonun %3,2'sinde görülmektedir [2]. Genel olarak rüptüre olmamış anevrizmaların asemptomatik olduğu düşünülmeyle birlikte bu anevrizmalar baş ağrısı gibi spesifik olmayan semptomlar veya izole okülomotor sinir paralizi gibi bulgular ile ortaya çıkabilmektedir [3]. Bununla birlikte intrakraniyel anevrizmalar rüptür sonucu SAK gibi %35 ölüm oranına neden olan ciddi komplikasyonlara neden olabilmektedir. Hayatta kalan çoğu hastada ise engellilik haline

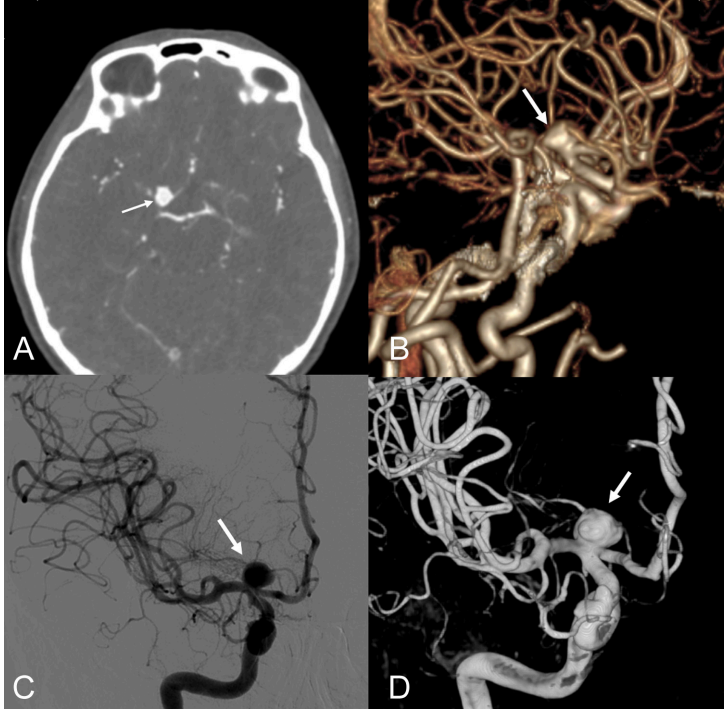
yol açan nörolojik defisitlere yol açabilir. Bu sebepler göz önüne alındığında intrakraniyel anevrizmaların rüptüre olmadan önce erken tanısı ve rüptür riski yüksek olan anevrizmaların önceden belirlenmesi oldukça önemlidir.

BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ ANJİYOĞRAFİ (BTA)

1990'larda kullanıma başlayan ve teknolojinin ilerlemesiyle günümüzde temel vasküler görüntüleme modalitelerinden biri haline gelen Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi (BTA) basitçe ince kesit kontrastlı BT görüntülerin çeşitli yazılımlar yardımıyla 3 boyutlu görüntüler olarak rekonstrükte edilmesi prensibi ile çalışmaktadır. Uzaysal çözünürlüğü 0,35 ve 0,7 mm arasında değişen BTA'nın intrakraniyel anevrizma tanısında sensitivitesi %84-100 arasında, spesifisitesi %77,2-100

İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Nöroradyoloji Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

✉ Serdar Arslan • arslanserdar10@gmail.com



Resim 1. 33 yaşında kadın hasta sağ internal karotid arter supraklinoid segment sakküler anevrizması. Kontrastlı BTA görüntülerde anevrizmaya ait doluş izlenmektedir (a). VRT ile edilen görüntülerde süperiora oryante anevrizma ve anevrizmadan çıkan vasküler yapılar izlenmektedir (b). DSA görüntülemeye orta serebral arter ve anterior serebral arter kesişim noktasında anevrizmaya ait doluş mevcuttur (c). Flat dedektör anjiyografi ile elde edilmiş VRT görüntülerde anevrizmanın lobülasyon gösterdiği izlenmektedir.

arasında değişmektedir [4-6]. **Anevrizma tanısı için yüksek sensitivite oranlarına sahip bir tetkik olan BTA anevrizma boyun/cidar kalsifikasyonu ile trombüs varlığı gibi önemli ayrıntıları gösterebilmekle birlikte 3D rekonstrüksiyon ile anevrizma boynu ve anevrizma bitişiğindeki küçük arteriyel dalların görüntülemesinde oldukça yardımcı bir görüntüleme yöntemidir (Resim 1).** Anevrizma boyutları ve anevrizmadan köken alan arter dallarının varlığı gibi tedaviyi etkileyebilecek diğer detayların görüntülenmesinde Dijital Çıkarmalı Anjiyografi (DSA) daha üstün bir görüntüleme yöntemidir. Bununla birlikte intrakraniyel anevrizma tanısında BTA %20,5 yanlış pozitif, %21,6 yanlış negatif sonuçlara yol açabilmektedir [7].

BTA'nın sensitivitesi anevrizma lokalizasyonu ve büyüklüğünden etkilenebilmektedir. 3 milimetreden küçük çaplı anevrizmalarda

sensitivite değerleri %61-77,8 aralığına geri-lerken internal karotid arter petröz, kavernöz ve intraosseöz segmentler ile orta serebral arter yerleşimli anevrizmalarda da sensitivite azalmaktadır [7,8]. Anterior komünikan arter ve baziler arter bifurkasyonunda ise BTA yanlış pozitif sonuçlara yol açabilmektedir [7].

DSA'ya nazaran hızlı, ucuz ve kolay ulaşılabilir bir tetkik olan BTA özellikle acil şartlarda oldukça kullanışlı olmakla birlikte kontrast kullanımının böbrek fonksiyon bozukluğu olan hastalarda olumsuz sonuçlara yol açabilmesi ve hastaların radyasyona maruz kalması şeklinde dezavantajları bulunmaktadır.

İntraosseöz ve kafa tabanı yerleşimli anevrizmalarda BTA'nın tanı değeri azalmaktadır. Bu sorun çıkarmalı BTA teknikleri ile giderilebilir [9]. Matched mask bone elimination (MMBE) ve dual energy BTA (DE-BTA) bu konuda öne çıkan BTA teknikleri arasındadır.

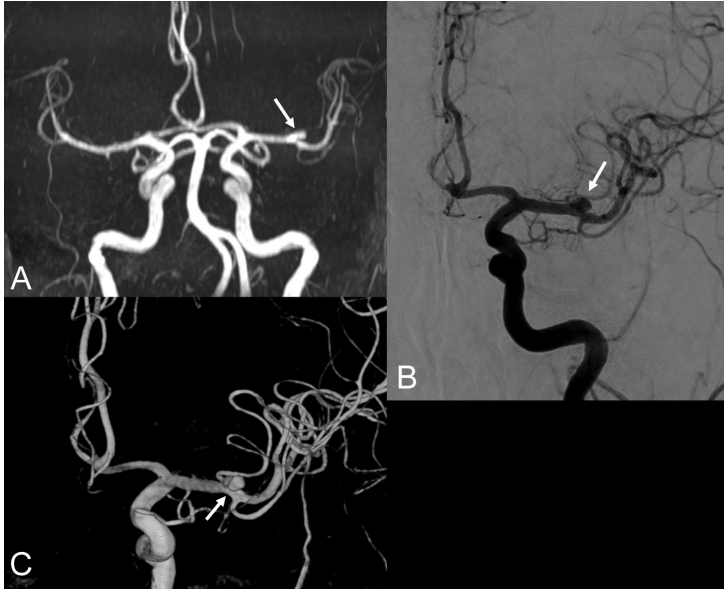
MMBE tekiğinde BTA'da vasküler yapıları ortaya koymak için kemik yapılar maske-
nirken kemik yapıların yakın komşuluğundaki
vasküler yapılar da kısmen maskelenebilmek
tedir. Daha yeni bir teknoloji olan multi-skala
MMBE tekniğinde ise kemik yapılara komşu
vasküler yapıların görüntüsü daha iyi koruna-
bilmektedir [10]. İki farklı enerji spektrumu
kullanılarak elde edilen ve birbirine yakın dan-
sitedeki materyallerin ayırt edilmesini sağlayan
Dual Enerjili BTA (DE-BTA) tekniği ise daha
az radyasyon maruziyeti ile DSA ile benzer
kalitede görüntüler elde edilebilmektedir [11].

MANYETİK REZONANS ANJİYOĞRAFI (MRA)

Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRA)
günümüzde en popüler vasküler görüntüleme
tekniklerinden biri olup anevrizma tarama
protokolleri arasında önemli bir yere sahiptir.
Anevrizma tanısında MRA'nın performansı
DSA ile kıyaslandığı intrakraniyel anevrizmaları
saptamada %95 sensitivite ve %89 spesifisite
oranlarına sahiptir [12]. Uzaysal çözünürlüğü

0,6 ile 1 mm civarında olan MRA'nın çözü-
nürlük derecesi BTA'ya kıyasla bir miktar az
olmakla birlikte tanısal performans açısından
MRA ile BTA karşılaştırıldığında MRA'nın
sensitivitesi daha düşük, spesifisitesi ise daha
yüksektir [13] (Resim 2). Hem MRA hem de
BTA anevrizma taramasında ve tedavi son-
rası takibinde American Heart Association
(AHA) tarafından önerilmektedir [12]. BTA'ya
göre MRA ile görüntüleme daha uzun sürede
elde edildiğinden kritik hastalarda tercih edil-
memektedir. Ayrıca ulaşılabilirlik ve maliyet
açısından MRA daha dezavantajlı bir görün-
tülleme yöntemidir. Ancak kontrast madde
gereksinimi ile radyasyon maruziyetinin olma-
ması nedeniyle anevrizma taraması ve takibi
gibi elektif endikasyonlarda MRA daha fazla
tercih edilebilir.

MRA'nın anevrizma saptama performansı
anevrizmanın boyutları ve konumundan etkilen-
mektedir [14]. Her ne kadar bazı çalışmalarda
3T MRA 5 mm'den küçük çaplı anevrizmaların
saptanmasında yüksek sensitivite ve spesifi-
sitye sahip olsa da bu boyutlarda yanlış negatif
ve yanlış pozitif sonuç olasılığı yükselmektedir
[15]. Anevrizma çapı 3 mm'nin altına indiğinde



Resim 2. 66 yaşında kadın hasta sol orta serebral arter sakküler anevrizması. TOF MRA tekniği ile elde olunmuş MIP imajlarda sol orta serebral arter M1 segmenti düzeyinde süperiora oryante anevrizma izlenmektedir (a). DSA ve Flat dedektör anjiyografi ile elde edilmiş VRT görüntülerde lobüle anevrizma ve anevrizma boynu düzeyinden çıkan vasküler yapı izlenmektedir (b,c).

ise MRA'nın tanısallık performansı ciddi oranda düşmektedir. **MRA ile internal karotid arter yerleşimli anevrizmalarda yanlış negatif sonuç oranı yükselirken, anterior ve posterior kommunikan arter yerleşimli anevrizmalarda yanlış pozitif sonuç oranı artmaktadır.** Posterior kommunikan arter infundibulumu düzeyi sıklıkla anevrizma ile karışabilmektedir ancak yüksek rezolüsyonlu 3D proton dansite ağırlıklı turbo spin eko MRI (PD-MRI) tekniği ile bu düzeydeki anevrizmaların tespiti daha iyi yapılabilir [16]. 7 Tesla MRA'nın diğer lokalizasyonlarda da infundibulum-anevrizma ayırımını daha iyi sağlayabildiği gösterilmiştir [17].

MRA ile anevrizma görüntülemesinde diğer bir problem ise Time of Flight (TOF) MRA gibi damar içi hareketli moleküllerin çevredeki sabit moleküllerden ayrıştırılmasına dayalı bir tekniğin yavaş veya türbülanslı akım kaynaklı artefaktlara duyarlı olmasıdır. Bu problem MRA'da kontrast kullanımı ile elde edilen contrast-enhanced MRA (CEMRA) tekniği ile çözülebilir. CEMRA anevrizma tanısında TOF MRA ile benzer tanısallık performansına sahip olmakla birlikte özellikle çapı 10 mm'den büyük anevrizmalarda; anevrizma morfolojisi, anevrizma boyun çapı ile yüksekliğinin oranı ve anevrizmadan köken alan arter dallarının varlığı gibi prognozu ve tedaviyi etkileyebilecek kritik bilgileri edinmede CEMRA'nın daha avantajlı olduğu gösterilmiştir [18].

7 Tesla MR cihazında TOF MRA ve magnetization-prepared rapid acquisition gradient echo (MPRAGE) ile gerçekleştirilen incelemelerde anevrizma morfolojisi çok yüksek kalitede elde edilebilir. Contrast-enhanced time-resolved MRA (CETR-MRA) görüntülemesinde ise daha az rezolüsyona sahip olmakla birlikte DSA gibi dinamik görüntüleme sağlayabilmektedir.

MRA kullanımını kısıtlayan en önemli faktörlerden olan zaman problemini aşmak için de çalışmalar yürütülmektedir. Compressed-sensing (CS) MRA ile konvansiyonel MRA teknolojilerine kıyasla daha kaliteli görüntüler %50 daha az zaman harcanarak elde edilebilmektedir [19]. Bunun yanı sıra spiral görüntüleme ile hızlandırılmış TOF MRA (TOF-spiral-short MRA) benzer bir tanısallık

performans ile CS MRA'dan yaklaşık 5 kat daha hızlı sonuç alınabilmektedir.

DİJİTAL ÇIKARMALI ANJİYOGRAFI (DSA)

Görüntüleme modaliteleri arasında uzaysal ve temporal çözünürlüğü en yüksek olan ve anevrizma tespitinde birçok çalışma tarafından en yüksek sensitiviteye sahip olduğu için referans olarak kullanılan görüntüleme yöntemidir. DSA rüptüre olmuş ve rüptüre olmamış anevrizmaların tanısında altın standart görüntüleme yöntemi olarak kabul edilmektedir. **Anevrizma geometrisinin yanı sıra anevrizmanın ana damarın ne kadarını kapsadığı, anevrizma ağzının genişliği ve anevrizmadan köken alan damarların varlığı gibi tedaviyi etkileyebilecek faktörlerin belirlenmesinde DSA en iyi sonuçları veren görüntüleme yöntemidir** [20]. Ancak DSA özellikle dev anevrizmalar için önemli olan tromboz, damar duvarı, kalsifikasyon ve çevre beyin dokusunun durumu gibi tedavi stratejisini etkileyebilecek diğer bileşenleri göstermekte yetersizdir. Distal onkotik ve mikotik anevrizmalar gibi non-invazif görüntüleme yöntemlerinin yetersiz kaldığı durumlarda DSA tanıda yüksek performansa sahiptir [21]. 3D-rotasyonel anjiyografi teknolojisi ile DSA tekniğinin uzaysal çözünürlüğü 0,2 mm'den 0,15 mm'ye yükseltilmiş olup tanısallık performansı daha da artırılmıştır.

DSA temel olarak invazif ve zaman isteyen bir modalite olması, hasta ve doktorun iyonizan radyasyona maruziyeti, kontrast madde kullanımına sekonder renal ve idiyosenkrazik kontrast madde reaksiyonları gibi sistemik komplikasyonlar, pahalılık ve zor ulaşılabilirlik gibi sebeplerle kısıtlanmaktadır. İnvazif bir işlem olduğu için femoral arter psödoanevrizması, inguinal hematoma, femoral bölgede apse, femoral arter oklüzyonu, retroperitoneal kanama ve internal karotid arter veya vertebral arter diseksiyonu gibi komplikasyonlar görülebilmektedir. Ancak DSA tekniklerinin tecrübeli nöroradyoloji uzmanları tarafından

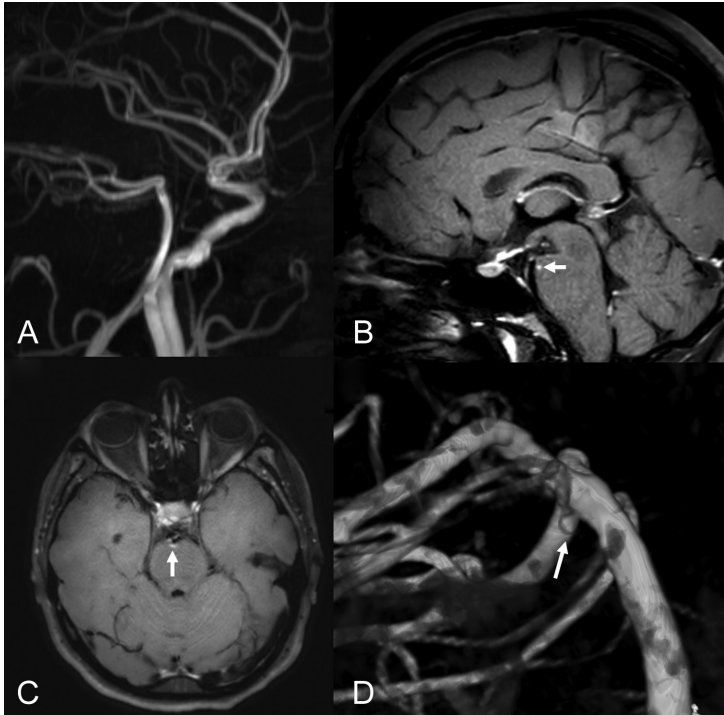
kullanılması komplikasyon riskini %0,3'ten bile daha düşük seviyelere geriletmediği görülmüştür [22].

İNTRAKRANİYEL ANEVİZMA GÖRÜNTÜLENMESİNDE DİĞER MRG TEKNOLOJİLERİ VE YENİLİKLER

İntrakraniyel anevrizmaların tanısı kadar büyüme ve rüptür riskinin belirlenmesi anevrizma takibi ve tedavisinde yol gösterici olmaktadır. Bu bağlamda sadece anevrizma lümeni ve şekli hakkında bilgi veren anjiyografi tekniklerine ek olarak damar duvarı görüntüleme yöntemleri anevrizma duvarı inflamasyonu gibi anevrizma stabilitesini bozabilecek durumların saptanması amacıyla kullanılan önemli araçlardan biri haline gelmiştir [23]. Kan ve BOS kaynaklı sinyallerin bastırılması esasıyla çalışmakta olan T1 black blood sekansları ile

anevrizma duvarında inflamasyon bağlı değişiklikler gösterilebilmektedir [24] (Resim 3). Sakküler ve blister tipi anevrizmalarda damar duvarında sinyal artışının anevrizma boyut artışı ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. Rüptüre olmuş anevrizmalarda mural sinyal artışı izlenmektedir. **Bu sebeple damar duvarı görüntülemeleri SAK olgularında kaynak belli değilse veya çoklu anevrizma mevcut ise kanamış anevrizmayı belirlemede faydalı olabilir [23].**

Son yıllarda anevrizma duvarındaki inflamasyonun saptanması açısından moleküler görüntüleme teknikleri de geliştirilmektedir [14]. Anevrizma büyümesi ve rüptürü ile sonuçlanan inflamatuvar süreçlerde baş aktörlerden biri olduğu hem hayvan modellerinde hem de klinik çalışmalarda gösterilmiş olan anevrizma duvarına infiltre olmuş makrofajlar moleküler görüntüleme teknikleri ile tespit edilebilmektedir [25]. Ferumoxytol adlı spesifik olarak makrofajlarda biriken bir nanopartikülün



Resim 3. 38 yaşında kadın hasta şiddetli baş ağrısı ve subaraknoid kanama şikayetleri ile başvuran hastanın TOF MRA görüntülmesinde anevrizma izlenmemektedir (a). Kontrastlı damar duvarı görüntülemesinde baziler arter posterior duvarında çepersel kontrastlanma mevcuttur (b,c). Flat dedektör anjiyografi ile elde edilmiş VRT görüntülerde baziler arter posteriorunda posteriora oryante sakküler anevrizma izlenmektedir (d).

kontrast madde olarak kullanımı temelinde gerçekleştirilen bir çalışmada anevrizma duvarında erken ferumoxytol birikiminin artmış rüptür riski ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. Anevrizma rüptürü ile ilişkili olabilecek diğer bir potansiyel inflamatuvar marker olan myeloperoksidase (MPO) enziminin spesifik kontrast maddeler kullanılarak MR incelemelerde görüntülenmesi yönünde hayvan çalışmaları da mevcuttur [26].

Tromboze anevrizmalarda ve kronik doli-koektatik anevrizmalarda mural ve trombüs içi neovaskülarizasyon anevrizmada büyüme ve instabilite ile ilişkili olup kontrastlı 7T MRG ile tromboze anevrizmalarda neovaskülarizasyon visualize edilebilmektedir [27]. Ayrıca, anevrizma rüptüründen günler önce gerçekleşen sentinel baş ağrılarının anevrizma duvarında izlenen mikrohemorajilerle ilişkili olduğu, bu yüzden de mikrohemoraji odaklarının anevrizma rüptür risk faktörleri arasında olabileceği düşünülmekte olup anevrizma duvarında bulunan mikrohemoraji odakları quantitative susceptibility mapping MRG (MRI QSM) yardımıyla görüntülenebilmektedir [28].

4D flow MR görüntüleme teknolojisi de anevrizmalar ve ilişkili vasküler yapılarda pik hız, akım vektörü ve duvar kayma gerilimi gibi önemli hemodinamik parametreleri gerçeğe yakın bir şekilde vizüalize etmektedir [29]. Anevrizma lümeninde kompleks akım paterni varlığının artmış rüptür riski ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. 4D flow MRG tekniğinin klinik pratikte kullanımı zaman ve rezolüsyon problemleri nedeniyle sınırlı olsa da son zamanlarda klinik pratik için uygun olabilecek biçimde daha kısa zamanda daha yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edilebilmektedir.

SONUÇ

İntrakraniyel anevrizmaların tanısının konulması ve rüptür risk faktörlerinin belirlenmesi tedavi stratejisinin geliştirilmesi açısından son derece önemlidir. Bu bağlamda radyolojik incelemeler santral rol oynamaktadır. Güncel

görüntüleme yöntemlerinin başlıca avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır ve endikasyonları da buna göre belirlenmektedir. Ancak teknolojik gelişmeler ile bu modalitelerinin temel dezavantajları adım adım giderilmektedir. Anevrizma patogenezi hakkında bilinenler arttıkça ve teknoloji geliştikçe intrakraniyel anevrizmaların non-invazif tetkikler yardımıyla daha yüksek sensitivite ve spesifite oranları ile tanı konulması ve mevcut anevrizmanın prognozunun daha iyi değerlendirilebilmesi mümkün hale gelecektir.

Kaynaklar

- [1]. Frösen J, Tulamo R, Paetau A et al. Saccular intracranial aneurysm: pathology and mechanisms. *Acta neuropathol.* 2012; 123(6):773-86. [\[CrossRef\]](#)
- [2]. Vlak MH, Algra A, Brandenburg R, Rinkel GJ. Prevalence of unruptured intracranial aneurysms, with emphasis on sex, age, comorbidity, country, and time period: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Neurol.* 2011; 10(7):626-36. [\[CrossRef\]](#)
- [3]. Cianfoni A, Pravata E, De Blasi R, Tschuor CS, Bonaldi G. Clinical presentation of cerebral aneurysms. *Eur J Radiol.* 2013; 82(10):1618-22. [\[CrossRef\]](#)
- [4]. Menke J, Larsen J, Kallenberg K. Diagnosing cerebral aneurysms by computed tomographic angiography: meta-analysis. *Ann Neurol.* 2011; 69(4):646-54. [\[CrossRef\]](#)
- [5]. Chappell ET, Moure FC, Good MC. Comparison of computed tomographic angiography with digital subtraction angiography in the diagnosis of cerebral aneurysms: a meta-analysis. *Neurosurgery.* 2003; 52(3):624-31. [\[CrossRef\]](#)
- [6]. Wintermark M, Uske A, Chalaron M et al. Multislice computerized tomography angiography in the evaluation of intracranial aneurysms: a comparison with intraarterial digital subtraction angiography. *J Neurosurg.* 2003; 98(4):828-36. [\[CrossRef\]](#)
- [7]. Pradilla G, Wicks RT, Hadelberg U et al. Accuracy of computed tomography angiography in the diagnosis of intracranial aneurysms. *World Neurosurg.* 2013; 80(6):845-52. [\[CrossRef\]](#)
- [8]. Yoon DY, Lim KJ, Choi CS, Cho BM, Oh SM, Chang SK. Detection and characterization of intracranial aneurysms with 16-channel multidetector row CT angiography: a prospective comparison of volume-rendered images and digital subtraction angiography. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2007; 28(1):60-7.
- [9]. Sakamoto S, Kiura Y, Shibukawa M, Ohba S, Arita K, Kurisu K. Subtracted 3D CT angiography for evaluation of internal carotid artery aneurysms:

- comparison with conventional digital subtraction angiography. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2006; 27(6):1332-7.
- [10]. Gratama van Andel HA, Venema HW, Streekstra GJ et al. Removal of bone in CT angiography by multiscale matched mask bone elimination. *Med Phys.* 2007; 34(10):3711-23. [\[CrossRef\]](#)
- [11]. Zhang LJ, Wu SY, Poon CS et al. Automatic bone removal dual-energy CT angiography for the evaluation of intracranial aneurysms. *J Comput Assist Tomogr.* 2010; 34(6):816-24. [\[CrossRef\]](#)
- [12]. Sailer AM, Wagemans BA, Nelemans PJ, de Graaf R, van Zwam WH. Diagnosing intracranial aneurysms with MR angiography: systematic review and meta-analysis. *Stroke.* 2014; 45(1):119-26. [\[CrossRef\]](#)
- [13]. Chen X, Liu Y, Tong H et al. Meta-analysis of computed tomography angiography versus magnetic resonance angiography for intracranial aneurysm. *Medicine.* 2018; 97(20):e10771. [\[CrossRef\]](#)
- [14]. Turan N, Heider RA, Roy AK et al. Current perspectives in imaging modalities for the assessment of unruptured intracranial aneurysms: a comparative analysis and review. *World Neurosurg.* 2018; 113:280-92. [\[CrossRef\]](#)
- [15]. Li MH, Li YD, Gu BX et al. Accurate diagnosis of small cerebral aneurysms ≤ 5 mm in diameter with 3.0-T MR angiography. *Radiology.* 2014; 271(2):553-60. [\[CrossRef\]](#)
- [16]. Kim S, Chung J, Cha J et al. Usefulness of high-resolution three-dimensional proton density-weighted turbo spin-echo MRI in distinguishing a junctional dilatation from an intracranial aneurysm of the posterior communicating artery: a pilot study. *J NeuroIntervent Surg.* 2020; 12(3):315-9. [\[CrossRef\]](#)
- [17]. Wermer MJ, van Walderveen MA, Garpebring A, van Osch MJ, Versluis MJ. 7Tesla MRA for the differentiation between intracranial aneurysms and infundibula. *Magn Reson Imaging.* 2017; 37:16-20. [\[CrossRef\]](#)
- [18]. Isoda H, Takehara Y, Isogai S et al. MRA of intracranial aneurysm models: a comparison of contrast-enhanced three-dimensional MRA with time-of-flight MRA. *J Comput Assist Tomogr.* 2000; 24(2):308-15. [\[CrossRef\]](#)
- [19]. Lin Z, Zhang X, Guo L et al. Clinical feasibility study of 3D intracranial magnetic resonance angiography using compressed sensing. *J Magn Reson Imaging.* 2019; 50(6):1843-51. [\[CrossRef\]](#)
- [20]. Howard BM, Hu R, Barrow JW, Barrow DL. Comprehensive review of imaging of intracranial aneurysms and angiographically negative subarachnoid hemorrhage. *Neurosurg Focus.* 2019; 47(6):E20. [\[CrossRef\]](#)
- [21]. Walkoff L, Brinjikji W, Rouchaud A, Caroff J, Kalimes DF. Comparing magnetic resonance angiography (MRA) and computed tomography angiography (CTA) with conventional angiography in the detection of distal territory cerebral mycotic and oncotic aneurysms. *Interv Neuroradiol.* 2016; 22(5):524-8. [\[CrossRef\]](#)
- [22]. Fifi JT, Meyers PM, Lavine SD et al. Complications of modern diagnostic cerebral angiography in an Academic Medical Center. *J Vasc Interv Radiol.* 2009; 20(4):442-7. [\[CrossRef\]](#)
- [23]. Matsushige T, Shimonaga K, Mizoue T et al. Lessons from vessel wall imaging of intracranial aneurysms: New Era of aneurysm evaluation beyond morphology. *Neurol Med Chir (Tokyo).* 2019; 59(11):407-14. [\[CrossRef\]](#)
- [24]. Lehman VT, Brinjikji W, Mossa-Basha M et al. Conventional and high-resolution vessel wall MRI of intracranial aneurysms: current concepts and new horizons. *J Neurosurg.* 2018; 128(4):969-81. [\[CrossRef\]](#)
- [25]. Hasan DM, Mahaney KB, Magnotta VA et al. Macrophage imaging within human cerebral aneurysms wall using ferumoxytol-enhanced MRI: a pilot study. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 2012; 32(4):1032-8. [\[CrossRef\]](#)
- [26]. Gounis MJ, Vedantham S, Weaver JP et al. Myeloperoxidase in human intracranial aneurysms: preliminary evidence. *Stroke.* 2014; 45(5):1474-7. [\[CrossRef\]](#)
- [27]. Sato T, Matsushige T, Chen B et al. Wall contrast enhancement of thrombosed intracranial aneurysms at 7T MRI. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2019; 40(7):1106-11. [\[CrossRef\]](#)
- [28]. Nakagawa D, Cushing C, Nagahama Y, Allan L, Hasan D. Quantitative susceptibility mapping as a possible tool to radiographically diagnose sentinel headache associated with intracranial aneurysm: case report. *World Neurosurg.* 2017; 103:954.e1-954.e4. [\[CrossRef\]](#)
- [29]. Youn SW, Lee J. From 2D to 4D phase-contrast MRI in the neurovascular system: will it be a quantum jump or a fancy decoration? *J Magn Reson Imaging.* 2022; 55(2):347-72. [\[CrossRef\]](#)

Serebral Anevrizmalarda Radyolojik Tanı

Serdar Arslan, Emine Meltem Önal

Sayfa 80

Anevrizma tanısı için yüksek sensitivite oranlarına sahip bir tetkik olan BTA anevrizma boyun/cidar kalsifikasyonu ile trombüs varlığı gibi önemli ayrıntıları gösterebilmekle birlikte 3D rekonstrüksiyon ile anevrizma boynu ve anevrizma bitişigindeki küçük arteriyel dalların görüntülemesinde oldukça yardımcı bir görüntüleme yöntemidir.

Sayfa 82

MRA ile internal karotid arter yerleşimli anevrizmalarda yanlış negatif sonuç oranı yükselirken, anterior ve posterior kommunikan arter yerleşimli anevrizmalarda yanlış pozitif sonuç oranı artmaktadır.

Sayfa 83

Anevrizma geometrisinin yanısıra anevrizmanın ana damarın ne kadarını kapsadığı, anevrizma ağzının genişliği ve anevrizmadan köken alan damarların varlığı gibi tedaviyi etkileyebilecek faktörlerin belirlenmesinde DSA en iyi sonuçları veren görüntüleme yöntemidir.

Sayfa 84

Bu sebeple damar duvarı görüntülemeleri SAK olgularında kaynak belli değilse veya çoklu anevrizma mevcut ise kanamış anevrizmayı belirlemede faydalı olabilir

Serebral Anevrizmalarda Radyolojik Tanı

Serdar Arslan, Emine Meltem Önal

1. Anevrizmaların görüntülemesinde aşağıdakilerden hangisi Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi (BTA)'nin duyarlılığını azaltmaktadır?
 - a. 3 mm çapından büyük boyutlu anevrizmalar
 - b. İnternal karotid arter supraklinoid segmentinde yerleşimli anevrizmalar
 - c. İnternal karotid arter kavernöz segmentinde yerleşimli anevrizmalar
 - d. İnternal karotid arter intraosseöz segmentinde yerleşimli anevrizmalar
 - e. İnternal karotid arter petröz segmentinde yerleşimli anevrizmalar
2. Aşağıdaki Manyetik Rezonans Anjiyografi (MRA) görüntüleme tekniklerinden hangisi ile daha hızlı görüntüleme yapılabilir?
 - a. Contrast-enhanced time-resolved MRA (CETR-MRA)
 - b. Time of Flight MRA (TOF)
 - c. Compressed-sensing (CS) MRA
 - d. 3D proton dansite ağırlıklı turbo spin eko MRI (PD-MRI)
 - e. Contrast-enhanced MRA (CEMRA)
3. Aşağıdaki görüntüleme yöntemlerinden hangisi distal onkotik ve mikotik anevrizmaların tespiti için diğer görüntüleme metodlarından daha etkilidir?
 - a. Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi (BTA)
 - b. Time of Flight (TOF) MRA
 - c. Damar Duvarı Görüntüleme
 - d. Contrast-enhanced MRA (CEMRA)
 - e. Dijital Çıkarmalı Anjiyografi (DSA)
4. Aşağıdaki görüntüleme yöntemlerinden hangisi anevrizma duvarındaki inflamasyonu göstererek anevrizmanın rüptüre olma ihtimali hakkında tahminde bulunmamıza yardımcı bir görüntüleme yöntemidir?
 - a. Dijital Çıkarmalı Anjiyografi (DSA)
 - b. Time of Flight (TOF) MRA
 - c. Damar Duvarı Görüntüleme
 - d. Contrast-enhanced MRA (CEMRA)
 - e. Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi (BTA)
5. Aşağıdaki görüntüleme yöntemlerinden hangisi anevrizma ile ilişkili pik hız, akım vektörü ve duvar kayma gerilimi gibi önemli hemodinamik parametreler hakkında bilgi sahibi olmamıza yardımcıdır?
 - a. 4D flow MRA
 - b. Time of Flight (TOF) MRA
 - c. Damar Duvarı Görüntüleme
 - d. Contrast-enhanced MRA (CEMRA)
 - e. Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi (BTA)