

# Şiddetli baş ağrısı nedeniyle başvuran hastalarda kranial BT anjiyografide anevrizma ve subaraknoid kanama saptanma oranı

## Detection rate of aneurysms and subarachnoid hemorrhage in patients who underwent cranial CT angiography due to severe headache

Emine ÇALIŞKAN<sup>1</sup>, Dilek ÖNCEL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul

<sup>2</sup>Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyoloji Kliniği, İzmir

### ÖZET

**Amaç:** Çalışmamızın amacı şiddetli baş ağrısı nedeniyle acil servise başvuran ve kranial BT anjiyografi (BTA) çekilen hastalarda anevrizma ve subaraknoid kanama (SAK) saptanma oranının ve bunların birbiriyle olan ilişkisinin değerlendirilmesidir.

**Yöntemler:** Bu çalışmada Ocak 2012-Ağustos 2014 tarihleri arasında şiddetli baş ağrısıyla acil servise başvuran, SAK ve anevrizma ön tamsıyla BTA çekilen 142'si erkek, 147'si kadın olmak üzere toplam 289 hasta retrospektif olarak değerlendirilmiştir (ortalama yaş: 51.8, yaş aralığı: 18-87). Önce kontrastsız seriler SAK varlığı açısından incelenmiştir. Daha sonra anjiyografi görüntüleri anevrizma varlığına yönelik olarak değerlendirilmiştir. Olgular anevrizma varlığına dayanarak sınıflanmıştır (anevrizma var/yok şeklinde). Anjiyografi görüntülerinin değerlendirilmesinde aksiyal kaynak görüntülere ek olarak maksimum intensite projeksiyon ve 3 boyutlu reformat imajlar kullanılmıştır.

Kontrastsız BT'nin SAK varlığına dayanarak anevrizma varlığını öngörmedeki duyarlılığı, özgüllüğü, pozitif öngörü değeri ve negatif öngörü değeri ki-kare testi kullanılarak hesaplanmıştır. Anevrizma varlığı ile SAK arasındaki korelasyonu saptamak için kappa analizi yapılmıştır.

**Bulgular:** Şiddetli baş ağrısı nedeniyle BTA çekilen 289 hastanın 132'sinde anevrizma saptanmış olup, geri kalan 157'sinde anevrizma izlenmemiştir. Kontrastsız seriler değerlendirildiğinde; 142 hastada SAK mevcut olup, bu hastaların 81'inde anevrizma izlenirken, 61'inde anevrizma saptanmamıştır. Buna karşın 147 hastada SAK mevcut olmayıp, bu hastaların da 51'inde anevrizma izlenirken, 96'sında anevrizma saptanmamıştır. Bu verilerle kontrastsız BT'nin SAK varlığına dayanarak anevrizma varlığını öngörmedeki duyarlılığı %61, özgüllüğü %61, pozitif öngörü değeri %57 ve negatif öngörü değeri %65 bulunmuştur. Ayrıca kappa testinde anevrizma varlığı ile SAK arasında zayıf korelasyon saptanmıştır.

**Sonuç:** Şiddetli baş ağrısı kliniği ile acil servise başvuran olgularda en çok kullanılan radyolojik tetkik kontrastsız BT incelemesidir. Ancak, kontrastsız serilerde SAK saptanmaması rüptüre anevrizma tanısından uzaklaşır da anevrizma varlığını dışlamamaktadır. Öte yandan BTA'nın her türlü nedenden kaynaklanabilecek hafif ve non-spesifik baş ağrısı durumlarında tarama tetkiki olarak kullanılması uygun değildir. Tamam algoritimde en doğru yaklaşım hastanın kliniğini en önemli unsur olarak kabul ederek uygun basamakları izlemektir.

**Anahtar kelimeler:** anevrizma, baş ağrısı, bilgisayarlı tomografi anjiyografi, subaraknoid kanama

### ABSTRACT

**Objective:** The purpose of our study is to evaluate rate of aneurysms and subarachnoid hemorrhage (SAH) detected in cranial computed tomography angiography (CTA) in patients who applied to the emergency service with severe headache and to determine relationship between SAH and aneurysm.

**Methods:** In this study total of 289 patients (142 male, 147 female, median age 51.8, range 18-87) who had undergone CTA due to headache were evaluated. Firstly, non-contrast series were evaluated for the presence of SAH. Later, angiographic images were evaluated for the presence of aneurysm. In the evaluation of angiograms, in addition to axial images, maximum intensity projection, and 3D reformat images were used. Sensitivity, specificity, positive and negative predictive values related to non-enhanced CT in order to estimate the presence of aneurysm depending on the presence of SAH were calculated with chi-square test. Additionally, with kappa analysis the correlation between the presence of SAH and aneurysm was evaluated.

**Results:** Among 289 patients who had undergone CTA due to severe headache, aneurysms were detected in 132 patients, while no aneurysm was found in 157 patients. Concerning the non-enhanced series, SAH was detected in 142 patients and in 81 patients among them, aneurysms were detected, while no aneurysm was found in the remaining 61 patients. On the other hand, among 147 patients without SAH, 51 patients had aneurysm, whereas in 96 of them no aneurysm was found. According to these findings, the sensitivity, specificity, positive and negative predictive values of CT to estimate presence of aneurysm depending on presence of SAH were calculated as 61%, 61%, 57% and 65%, respectively. Also, kappa analysis revealed weaker correlations between presence of SAH and aneurysm.

**Conclusion:** Absence of SAH in non-enhanced CT makes the diagnosis of ruptured aneurysm less probable, and it doesn't rule out presence of aneurysm. On the other hand, use of CTA for every kind of mild, and nonspecific headache which may originate from any cause, isn't appropriate. The best approach in diagnostic algorithm is to follow appropriate steps considering clinical symptoms of the patients as the most important determinative factor.

**Key words:** aneurysms, computed tomography angiography, headache, subarachnoid hemorrhage

**Alındığı tarih:** 18.06.2015

**Kabul tarihi:** 09.07.2015

**Yazışma adresi:** Uzm. Dr. Emine Çalışkan, İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, 34096-İstanbul  
**e-mail:** eminecaliskanrad@gmail.com

## GİRİŞ

Baş ağrısı hastaneye başvurma yakınmaları arasında ön sıralarda yer almaktadır. Baş ağrısı çoğunlukla kolay tedavi edilebilir olmasına karşın, özellikle şiddetli olduğunda anevrizma veya subaraknoid kanama (SAK) gibi ciddi bir durumun da habercisi olabilmektedir.

Serebrum, serebellum ve spinal kordda, subaraknoid mesafe içine genellikle arterial, ender olarak da venöz nedenlerle oluşan kanamaya SAK denilmektedir. Bilgisayarlı tomografi (BT) SAK tanısında kullanılan görüntüleme yöntemidir. Klinik olarak çoğu olguda tipik olarak şiddetli baş ağrısı olarak karşımıza çıkar. Diğer bulgular arasında kusma, konfüzyon, bilinç düzeyi değişikliği ve konvulziyon yer alır. Spontan olarak gelişebileceği gibi çoğunlukla nedeni anevrizma rüptürüdür. Ayrıca anevrizma rüptüre olmadan önce bazı hastalar, geçmişleri sorgulandığında, günler veya haftalar öncesinden başlayan hafif baş ağrısı tariflemektedirler. Baş ağrısını nedeni tam olarak açıklanamamıştır, ancak lokal meningeal inflamasyon veya tromboza bağlı olarak ortaya çıkabildiği savunulmaktadır <sup>(1,2)</sup>.

Bilgisayarlı tomografi anjiyografi (BTA) son yıllarda kraniyal vasküler patolojilerin gösterilmesinde sıklıkla uygulanan noninvaziv bir görüntüleme yöntemidir. İnvaziv bir yöntem olan Dijital Subtraksiyon Anjiyografi (DSA) ile karşılaştırıldığında, anevrizma saptama açısından yüksek sensitivite ve spesifite değerlerine sahiptir <sup>(3-5)</sup>. Daha az iyonizan radyasyon içermesi, kolay ulaşılabilir olması, noninvaziv olması, daha ucuz olması nedeniyle DSA yerine kullanımı sıklıkla kabul gören bir görüntüleme yöntemi hâline gelmiştir. Ancak, 2 mm'den küçük anevrizmaları saptamadaki başarısı nedeniyle DSA hâlâ altın standart teknik olarak kabul edilmektedir.

Çalışmamızda şiddetli baş ağrısı ile acil servise başvuran, SAK ve anevrizma kuşkusuyla kraniyal BTA çekilen hastalarda SAK ve anevrizma saptanma oranı araştırılmıştır. Kontrastsız serilerde SAK varlığı değerlendirilip, SAK ile anevrizma ilişkisi incelenmiştir. Bulunan bulgular ile literatür verileri kıyaslan-

mıştır. Buna dayanarak BTA endikasyonları ve radyolojik algoritm de tartışılmıştır.

## GEREÇ ve YÖNTEM

### Hasta gurubu

Bu çalışmada Ocak 2012-Ağustos 2014 tarihleri arasında acil servise başvuran ve şiddetli baş ağrısı olan, SAK veya anevrizma şüphesiyle BTA çekilen, yaş aralığı 18-87 arasında değişen 142 erkek, 147 kadın olmak üzere toplam 289 hasta (ortalama yaş: 51,8) retrospektif olarak değerlendirilmiştir. Yine baş ağrısına eşlik eden kusma, konfüzyon ve bilinç değişikliği, konvulziyon gibi bulguları olan, klinik olarak SAK kuşkusunu uyandıran olgular incelemeye alınmıştır.

### Görüntüleme Prosedürü

BTA incelemeleri 64 kesitli BT cihazı (Aquilion, Toshiba Medical Systems, Tokyo, Japan) kullanılarak gerçekleştirildi. Taramaya foramen magnumdan başlandı ve kaudokranial yönde inceleme yapılarak lateral ventriküllerin 1 cm üzerinde sonlandırıldı. Çekim parametreleri voltaj 120 kV, akım 250 mA, kolimasyon 64x0.5 mm, pitch faktörü 0,641, kesit kalınlığı 0,5 mm rekonstrüksiyon intervali 0,5 mm, tüp rotasyon hızı 0,5 sn, 18 cm FOV ve 512x512 matrix idi.

Bu parametrelerle aksiyel olarak önce kontrast madde verilmeden BT çekimi yapıldı. Daha sonra mililitre başına 350 mg iyot içeren noniyonik kontrast madde antekubital ven yoluyla otomatik enjektörle 4-6 ml/sn hızla verildi. Kontrast madde dozu hasta kilosu başına 2 ml olacak şekilde belirlendi. Otomatik bolus-tracking programı (Sure-start, Toshiba Medical Systems, Tokyo, Japan) kullanılarak karotid bifurkasyonda maksimum kontrast madde yoğunluğuna ulaşıldığında incelemeye başlandı. Hasta grubumuza dâhil edilen olguların hiçbirinde teknik hata veya komplikasyon olmadı. Görüntü kalitesi hasta hareketlerinden ya da venöz kontaminasyondan etkilenmedi. Çekim işlemlerinin ardından elde edilen BT verileri elektronik olarak iş istasyonuna (Aquarius Intuition Edition version 4.4) aktarıldı. Aksiyel plandaki görüntüler değerlendirildi ve mak-

simum intensite projeksiyon (MIP) ve volüm rendering (VR) teknikleri kullanılarak üç boyutlu (3D) görüntüler oluşturuldu.

### Radyolojik Değerlendirme

Kranial BTA görüntüleri iş istasyonuna transfer edildikten sonra retrospektif olarak iki bağımsız radyolog tarafından anevrizma varlığı açısından birlikte incelenmiştir. Değerlendirme ortak görüşe varılarak yapılmıştır. Önce kontrastsız BT kesitleri ve daha sonra anjiyografi görüntüleri (aksiyal kaynak görüntüleri ile maksimum intensite projeksiyon [MIP] ve 3 boyutlu reformat [3D] imajlar) değerlendirilmiştir. İlk planda kontrastsız seriler, sulkuslar arasında, bazal sisternalarda veya ventrikül içinde SAK varlığı açısından incelenmiştir. İntraparankimal hematoma saptanan olgular, çevresinde SAK gözlenmesi koşuluyla SAK açısından pozitif olarak kabul edilmiştir. Daha sonra anjiyografi görüntüleri incelenmiştir. Olgular anevrizma varlığına dayanarak sınıflanmıştır (anevrizma var/yok şeklinde).

### İstatistiksel Değerlendirme

İstatistiksel değerlendirmede, sonuçlar ortalama ve standart deviasyon ya da sayı, yüzde ve median, minimum, maksimum gibi tanımlayıcı istatistiksel veriler kullanılarak gösterildi.

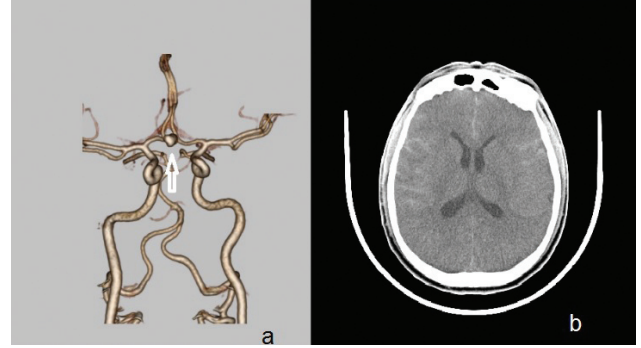
Kontrastsız BT'nin SAK varlığına dayanarak anevrizma varlığını öngörmedeki duyarlılığı, özgüllüğü, pozitif öngörü değeri ve negatif öngörü değeri ki-kare testi kullanılarak hesaplanmıştır. Ayrıca anevrizma varlığı ile SAK arasındaki korelasyonu saptamak için kappa analizi yapılmıştır. Veri analizleri SPSS istatistiksel yazılımı kullanılarak yapılmıştır (SPSS 13 for Windows; SPSS Inc, Chicago, IL, USA).

### BULGULAR

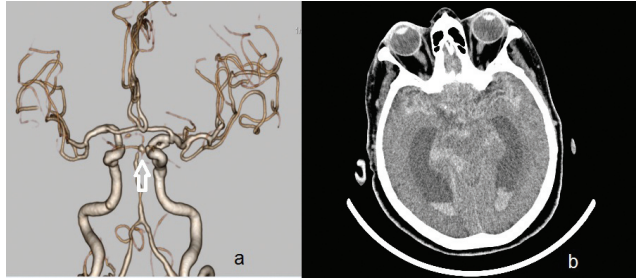
Baş ağrısı nedeniyle BTA çekilen 289 hastanın 132'sinde anevrizma saptanmış olup, geri kalan 157'sinde anevrizma izlenmemiştir. Anevrizma sıklığı %45,6 bulunmuştur.

Kontrastsız seriler değerlendirildiğinde 142 hasta-

da SAK mevcut olup, bu hastaların 81'inde (%57) anevrizma izlenirken, 61'inde (%43) anevrizma saptanmamıştır. Yüz kırk yedi hastada ise SAK mevcut olmayıp, bu hastaların da 51'inde (%34,6) anevrizma izlenirken, 96'sında (%65,4) anevrizma saptanmamıştır (Resim 1, Resim 2).



Resim 1. 33 yaşında erkek hastada anterior komunikan arter düzeyinde 10x5 mm boyutlu, 3 mm boynu olan rüptüre anevrizma (a) ve sulkuslar arasında subaraknoid kanama (b).



Resim 2. 86 yaşında kadın hastada sol posterior kominikan arter çıkışı düzeyinde 4x3.6 mm boyutlu anevrizma (a) ve sulkuslar arasında subaraknoid kanama. Lateral ventriküllerde seviye veren kanama ve kanamaya bağlı hidrosefali (b).

Baş ağrısı nedeniyle anevrizma saptanan hastalarda, kontrastsız BT incelemede SAK izlenme oranı %61,4 iken bu hastaların %38,6'sında kontrastsız serilerde SAK saptanmamıştır. SAK izlenmeyen hastaların %65,3'ünde anevrizma bulunmamış olup, %34,7'sinde anevrizma saptanmıştır.

Bu sonuçlara göre, kontrastsız BT'nin SAK varlığına dayanarak anevrizma varlığını öngörmedeki duyarlılığı %61, özgüllüğü %61, pozitif öngörü değeri %57 ve negatif öngörü değeri %65 bulunmuştur. Gerçek pozitif, yalancı negatif, yalancı pozitif ve gerçek negatif değerlerin sayısı sırasıyla 81, 51, 61, 96 bulunmuştur (Resim 3). Ayrıca bu bulgulara para-

lel olarak kappa testinde anevrizma varlığı ile SAK arasında zayıf korelasyon saptanmıştır ( $p>0,05$ ).

**Resim 3. Kontrastsız BT'nin SAK varlığına dayanarak anevrizma varlığını öngörmedeki etkinliği.**

	BT anjiyografi		Sensitivite	PPD	Spesifite	NPD	p değeri
	Pozitif	Negatif					
Subaraknoid kanama	81	61	61%	57%	61%	65%	0,224
	51	96					

Kappa Testi

## TARTIŞMA

İntrakraniyal anevrizmaların tanısında ve değerlendirilmesinde uzun süre DSA temel inceleme yöntemi olmuş ve altın standart olarak kabul edilmiştir. Ancak, tüm radyoloji departmanlarında anjiyografi ünitesi bulunmaması, işlemin pahalı olması, bu alanda eğitim almış doktor ve yardımcı personele gereksinim olması ve komplikasyon oranının fazla olması, diğer radyolojik görüntüleme yöntemlerinin de kullanımını gündeme getirmiştir. Son yıllarda gelişen teknolojiye paralel olarak özellikle non-invaziv görüntüleme yöntemleri konusunda yoğun çalışmalar yapılmaktadır.

Manyetik rezonans anjiyografi (MRA) iyonizan radyasyon içermemesi nedeniyle ilk tercih edilecek görüntüleme yöntemi olabilir. Ancak işlemin uzun sürmesi ve artefaktlardan yoğun olarak etkilenmesi tetkikin kullanımını kısıtlamaktadır. Literatürde MRA'nın DSA ile karşılaştırmasında, anevrizma saptamada yüksek değerlik ve doğrulukta olduğunu vurgulayan çalışmalar mevcuttur <sup>(6-8)</sup>.

BTA'nın DSA'ya göre ucuz, kolay ulaşılabilir, hızlı ve güvenli olması, acil şartlarda kolaylıkla uygulanabilmesi ve özellikle de non-invaziv olması nedeniyle, DSA yerine kullanımı kabul gören ve yaygın kullanılan bir teknik hâline gelmiştir. Literatürde BTA'nın yüksek değerlik ve doğrulukta olduğunu belirten çalışmalar mevcuttur <sup>(3-5,9)</sup>.

Baş ağrısı, hastaneye başvurma yakınmaları arasında ön sıralarda yer almaktadır. Her türlü baş ağrısında ileri radyolojik görüntüleme yöntemlerine baş-

vurulması günlük pratikte radyoloji ünitelerinde anlamlı bir iş yükü artışına ve maddi kayba neden olabilmektedir. Bu nedenle tetkik endikasyonlarının doğru konması, ön tanıyı destekleyecek yeterli klinik veri ile birlikte istem yapılması akılcı olacaktır. Baş ağrısı genellikle non-spesifik, benign ve kolay tedavi edilebilir olmasının yanında, organik veya anevrizma gibi vasküler kökenli, bazen invaziv veya operatif tedavi gerektiren ciddi bir hastalığın da habercisi olabilmektedir <sup>(1,2)</sup>. Bu nedenle klinik değerlendirme son derece önemlidir.

Bu nedenlerden dolayı intrakranial anevrizmalar ve anevrizmaların en sık komplikasyonu olan SAK, üzerinde önemle durulması gereken bir sağlık sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır. Yine SAK'ın en sık nedeninin anevrizma rüptürü olduğu ve baş ağrısıyla yakından ilişkisi düşünüldüğünde, mortalite ve morbiditeyi etkileyebilen bu hastalıklara doğru ve zamanında tanı konması, hastalıkların tedavi ve takip süreçlerinin titizlikle yapılması gerekmektedir <sup>(10,11)</sup>. Çalışmamızda acil servise başvuran ve şiddetli baş ağrısı bulunan toplam 289 hastada, BTA'nın anevrizma ve SAK'ya tanısal katkısını sorgulamak amacıyla retrospektif bir değerlendirme yapılmıştır. Hasta grubunda kontrastsız serilerde SAK insidansı incelenip, anevrizma ve SAK arasındaki ilişki değerlendirilmiştir.

Çalışmamızda kontrastsız serilerde SAK izlenmeyen olguların %34,7'sinde anevrizma saptanmış, tersine SAK izlenen olguların %57'sinde anevrizma bulunmamıştır. Dolayısıyla kontrastsız BT'nin SAK varlığına dayanarak anevrizma varlığını öngörmedeki etkinliği düşük bulunmuş ve anevrizma varlığı ile SAK arasında zayıf korelasyon saptanmıştır. Kontrastsız serilerde SAK saptanmaması rüptüre anevrizma tanısından uzaklaştırırsa da anevrizma varlığını dışlamamaktadır. Bu nedenle tanısal algorithmden doğru yaklaşım hastanın kliniğini en önemli unsur olarak kabul ederek uygun basamakları izlenmektir. Baş ağrısı ile başvuran ve kontrastsız BT ile SAK tanısı alan hastalarda kontrastlı BTA ile incelemeye devam edilerek anevrizma varlığı gösterilebilir ve SAK'nın etyolojisi aydınlatılabilir. Öte yandan kontrastsız serilerde SAK bulunmayan ancak baş ağrısı-



nın niteliği anevrizma kuşkusu uyandıran olgularda da BTA iyi bir seçimdir. Ancak, her türlü nedenden kaynaklanabilecek hafif ve non-spesifik baş ağrısı durumlarında diğer tanısıl basamakları atlayarak direkt BTA çekilmesi uygun değildir. Serimizde BTA yapılan toplam 289 hastanın yalnızca 132'sinde anevrizma saptanması (%45,6) BTA endikasyonlarının geniş tutulması ile açıklanabilir. BTA'nın tarama testi olarak kullanılması ise tartışmalıdır ve özellikle yüksek radyasyon nedeniyle dikkatli davranılması gerekmektedir.

Çalışmamızın sınırlılıklarına değinecek olursak, ilk ve en önemli sınırlılığımız BTA bulgularının altın standart teknik olan DSA bulguları ile doğrulanmaması sayılabilir. Bunun temel nedenleri DSA'nın invaziv olması, acil şartlarda kolaylıkla ulaşılamaması ve hastanın alacağı ek radyasyon dozudur. Ancak, her ne kadar BTA'nın DSA'nın yerine kullanılabilceğini savunan birçok literatür verisi bulunsa da, günlük pratikte 3 mm ve altındaki anevrizmaları saptama başarısı nedeniyle çoğunlukla DSA hâlâ altın standart olarak kabul edilmektedir. Ayrıca hasta sayısının daha fazla olması çalışmamızın değerini artırabilirdi. Bu konuda daha geniş seriler yapılabilir.

## SONUÇ

Şiddetli baş ağrısı ile acil servise başvuran olgularda kontrastsız serilerde SAK saptanmaması rüptüre anevrizma tanısından uzaklaştırırsa da anevrizma varlığını dışlamamaktadır. Kontrastsız BT ile SAK tanısı alan hastalarda kontrastlı BTA ile incelemeye devam edilerek anevrizma varlığı gösterilebilir ve SAK'nın etiolojisi aydınlatılabilir. Kontrastsız serilerde SAK bulunmayan ancak baş ağrısının niteliği anevrizma kuşkusu uyandıran olgularda da BTA iyi bir seçimdir. Ancak, her türlü nedenden kaynaklanabilecek hafif ve non-spesifik baş ağrısı durumlarında BTA'nın tarama tetkiki olarak kullanılması uygun değildir. Tanısal algoritimde en doğru yaklaşım hastanın kliniğini en önemli unsur olarak kabul ederek uygun basamakları izlemektir.

## KAYNAKLAR

1. Todd J Schwedt, Manjit S Matharub, David W Dodick. Thunderclap headache. *The Lancet* 2006;5:621-631. [http://dx.doi.org/10.1016/S1474-4422\(06\)70497-5](http://dx.doi.org/10.1016/S1474-4422(06)70497-5)
2. Raps EC, Rogers JD, Galetta SL, Solomon RA, Lennihan L, Klebanoff LM, et al. The Clinical Spectrum of Unruptured Intracranial Aneurysms. *Arch Neurol* 1993;50:265-268. <http://dx.doi.org/10.1001/archneur.1993.00540030031010>
3. Ramasundara S, Mitchell PJ, Dowling RJ. Bone subtraction CT angiography for the detection of intracranial aneurysms. *J Med Imaging Radiat Oncol* 2010;54:526-3. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1754-9485.2010.02211.x>
4. Prestigiacomo CJ, Sabit A, He W, Jethwa P, Gandhi C, Russin J. Three dimensional CT angiography versus digital subtraction angiography in the detection of intracranial aneurysms in subarachnoid hemorrhage. *J Neurointerv Surg* 2010;2:385-9. <http://dx.doi.org/10.1136/jnis.2010.002246>
5. Kumar A, Kato Y, Motoharu H, Sifang C, Junpei O, Takeya W, et al. An update on three-dimensional ct angiography in aneurysms: a useful modality for a neurosurgeon. *Turk Neurosurg* 2013;23:304-11. <http://dx.doi.org/10.5137/1019-5149.jtn.5958-12.0>
6. Anna M.H. Sailer, Bart A.J.M. Wagemans, Patricia J. Nelemans, et al. Diagnosing Intracranial Aneurysms With MR Angiography. *Stroke* 2014;45:119-126. <http://dx.doi.org/10.1161/STROKEAHA.113.003133>
7. Hui Li, Lei Yan, Ming-Hua Li, Yong-Dong Li, Hua-Qiao Tan, Bin-Xian Gu, et al. Evaluation of intracranial aneurysms with high-resolution MR angiography using single-artery highlighting technique: correlation with digital subtraction angiography. *La Radiologia Medica* 2013;8:1379-1387. <http://dx.doi.org/10.1007/s11547-012-0871-1>
8. J S Ross, T J Masaryk, M T Modic, P M Ruggieri, E M Haacke, W R Selman. Intracranial aneurysms: evaluation by MR angiography. *Neuroradiology* 2004;46:842-850.
9. Yoona DY, Lima KJ, Choia CS, Chob BM, Ohb SM, Changa 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;28:60-7.
10. Elias Olafsson, W. Allen Hauser, Gunnar Gudmundsson. A population-based study of prognosis of ruptured cerebral aneurysm. *Neurology* 1997;48:1191-1195. <http://dx.doi.org/10.1212/WNL.48.5.1191>
11. King, Jr, JT Berlin JA, Flamm ES. Morbidity and mortality from elective surgery for asymptomatic, unruptured, intracranial aneurysms: a meta-analysis. *Journal of Neurosurgery* 1994 ;81:837-842. <http://dx.doi.org/10.3171/jns.1994.81.6.0837>
12. Juvella S, Porras M, Heiskanen O. Natural history of unruptured intracranial aneurysms: a long-term follow-up study. *Journal of Neurosurgery* 1993;79:174-182. <http://dx.doi.org/10.3171/jns.1993.79.2.0174>