

## Serebral Arteriyel Fenestrasyonların Sıklığı ve Serebral Anevrizma ile İlişkinin BT Anjiyografi ile Değerlendirilmesi

Özgün Araştırma  
Research Article

### Evaluation the Frequency of Cerebral Arterial Fenestrations and Their Association with Cerebral Aneurysm by CT Angiography

Rıdvan Pekçevik<sup>®</sup>, Yeliz Pekçevik<sup>®</sup>

#### Öz

**Amaç:** Fenestrasyonlar ortak bir orijinden kaynaklanan, daha sonra iki paralel lümeneye ayrılan ve distalde tekrar birleşen vasküler varyasyonlardır. Biz çalışmamızda serebral arteriyel fenestrasyonların sıklığının ve serebral anevrizma ile ilişkisinin bilgisayarlı tomografi (BT) anjiyografi ile değerlendirilmesini amaçladık.

**Yöntem:** Ocak 2017- Aralık 2020 arasında hastanemizde serebral BT anjiyografi incelemesi yapılan, 18 yaş ve üzeri, bilinen vasküler bir hastalığı olmayan, daha önce cerrahi ya da girişimsel tedavi olmamış hastaların serebral BT anjiyografi incelemesi retrospektif olarak değerlendirilmiştir. Fenestrasyon lokalizasyonu ve anevrizmalar not edilmiştir.

**Bulgular:** BT anjiyografisi olan 887 (ortalama yaş 54.8 yıl, yaş aralığı 18-63; 405 kadın ve 482 erkek) hasta değerlendirildi. 152 hastada 164 fenestrasyon saptanmış olup fenestrasyon sıklığı %17.1 bulundu. Fenestrasyonların en sık görüldüğü lokalizasyon, anterior kommunikan arter olup (%51.2), bunu vertebrobaziler sistem fenestrasyonları (%28.7) takip etmekteydi. Çalışmamızda lokalizasyondan bağımsız olarak, fenestrasyon ile anevrizma arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır ( $p>0.05$ ). Ancak fenestrasyon ve anevrizma birlikteliğinde, bu ikisi aynı lokalizasyonda daha sık görülmektedir ( $p: 0.005$ ).

**Sonuç:** Fenestrasyon nadir olmayan bir varyasyondur. En sık anterior kommunikan arter ve vertebro-baziler sistemde görülmektedir. Serebral arter fenestrasyonları aynı lokalizasyonda yer alan anevrizma ile ilişkili olabilir. Fenestrasyon saptandığında eşlik eden anevrizma için vasküler görüntüleme dikkatle değerlendirilmelidir.

**Anahtar kelimeler:** Fenestrasyon, anevrizma, bilgisayarlı tomografi, anjiyografi, anatomik varyasyon

#### ABSTRACT

**Objective:** Fenestration is a vascular variation that begins with a common origin, then splits into two parallel luminal channels that rejoins distally. We aim to evaluate the frequency of cerebral arterial fenestrations and their association with cerebral aneurysm by computed tomography (CT) angiography.

**Methods:** We retrospectively analyzed cerebral CT angiography of patients obtained between January 2017 and December 2020. Patients older than 18 years-old, without known vascular disease and previous surgery or interventional treatment were included the study. The location of the fenestration and aneurysms were noted.

**Results:** CT angiographies of 887 patients (mean age 54.8 years, range 18-63 years; 405 women and 482 men) were evaluated. 164 fenestrations found in 152 patients for a detection rate of 17.1%. Anterior communicating artery fenestrations were the most common (51.2%), followed by vertebrobasilar system fenestration (28.7%). In our study, no significant relationship was found between fenestration and aneurysm, regardless of localization ( $p>0.05$ ). However, in the coexistence of fenestration and aneurysm, these are commonly located at the same localization ( $p: 0.005$ ).

**Conclusion:** Cerebral artery fenestration is an uncommon and mostly affects the anterior communicating artery and vertebrobasilar system. Cerebral artery fenestrations could be associated with aneurysms at the fenestration site. Further attention should be paid to the coexistence of aneurysm once intracranial artery fenestration has been found.

**Keywords:** Fenestration, aneurysm, computed tomography, angiography, anatomic variation

Received/Geliş: 17.04.2021  
Accepted/Kabul: 09.06.2021  
First Online: 28.09.2021

Rıdvan Pekçevik  
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi  
Atatürk Eğitim ve Araştırma  
Hastanesi  
İzmir - Türkiye  
✉ ridvanpekcevik@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-5706-5011

Y. Pekçevik 0000-0003-1421-3376  
İzmir Sağlık Bilimleri Üniversitesi  
Tepecik Eğitim ve Araştırma  
Hastanesi,  
İzmir - Türkiye

Cite as: Alkan F, Şen S, Çavdar E, Coşkun Ş. Serebral arteriyel fenestrasyonların sıklığının ve serebral anevrizma ile ilişkisinin BT anjiyografi ile değerlendirilmesi. Tepecik Eğit. ve Araşt. Hast. Dergisi. 2021;31(3):368-73.



© Telif hakkı T.C. Sağlık Bakanlığı İzmir Tepecik Eğit. ve Araşt. Hastanesi. Logos Tıp Yayıncılık tarafından yayınlanmaktadır. Bu dergide yayınlanan bütün makaleler Creative Commons Atıf-GayriTicari 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.

© Copyright Association of Publication of the T.C. Ministry of Health İzmir Tepecik Education and Research Hospital. This journal published by Logos Medical Publishing.

Licensed by Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)

## GİRİŞ

Serebral fenestrasyonlar, intrakranial arterlerin segmental duplikasyonları olup primitif embriyolojik damarların tam olmayan füzyonundan kaynaklanırlar<sup>(1)</sup>. Bu füzyon defekti, damarı segmental olarak birbirine paralel iki ayrı lümeneye ayırır. Bu lümenlerden her biri endotel, musküler tabaka ve/veya adventisya tabakasını içerir<sup>(2)</sup>.

Serebral fenestrasyonlar vertebro-baziler sistemde daha fazla olmak üzere, intrakranial arterlerin tüm dallarında görülebilirler<sup>(3-6)</sup>. Serebral fenestrasyonların serebral anevrizma, serebrovasküler hastalık ve arteriovenöz malformasyonlar ile birlikteliği tanımlanmasına karşın neden-sonuç ilişkisi hala net olarak ortaya konamamıştır<sup>(5,7,8)</sup>.

Serebral fenestrasyon görülme sıklığıyla ilgili veriler otopsi serileri, cerrahi operasyonlar, dijital subtraction angiography (DSA), bilgisayarlı tomografi (BT) anjiyografi ve manyetik rezonans (MR) anjiyografi inceleme sonuçlarıyla elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre serebral fenestrasyon görülme sıklığı %0.7 - %60 gibi oldukça geniş bir yelpazede yer almaktadır<sup>(6,8,9)</sup>. Görülme sıklıkları arasındaki farklılığın kullanılan yöntemlerden ve serebral fenestrasyonun yerleşim yerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Anjiyografi ile karşılaştırıldığında BT anjiyografi; hızlı, düşük maliyetli ve non-invaziv bir görüntüleme yöntemidir. Yüksek kalitede, multiplanar görüntüleme seçenekleri ve post-processing görüntüleme teknikleriyle, vasküler yapıları ayrıntılı olarak değerlendirmek mümkündür<sup>(1,7,10)</sup>. Bu çalışmada, BT Anjiyografi ile serebral fenestrasyonların görülme sıklığı ve fenestrasyon ile intrakranial anevrizma ilişkisini saptamayı amaçladık.

## GEREÇ ve YÖNTEM

### Hastalar

Çalışmanın yapıldığı hastane etik kurulundan onay alınmıştır.

Çalışmamızda Ocak 2017 - Aralık 2020 tarihleri arasında vasküler baş ağrısı, serobrovasküler olay ve subaraknoid kanama ön tanılarıyla hastanemizde serebral BT anjiyografi incelemesi yapılan hastalar retrospektif olarak değerlendirilmiştir. Bunlardan 18 yaş ve üzerinde, daha önce cerrahi ya da girişimsel tedavi olmamış, bilinen majör vasküler okluzyonu olmayan toplam 894 hasta değerlendirilmiştir. Yedi hastanın incelemesi suboptimal görüntüleme nedeniyle (hareket artefaklı görüntüler, yetersiz kontrastlanma) çalışma dışında bırakılmış ve toplam 887 hasta çalışmaya dahil edilmiştir.

### BT anjiyografi

Tüm incelemeler 128 dedektörlü BT (SOMATOM Definition AS, Siemens Heathineers) ile yapılmıştır. Görüntüleme parametreleri: 100 kVp, 200mAs, kesit kalınlığı 0.6 mm, pitch 0.55, 220 görüntüleme alanı ve 512x512 matriks olarak alınmıştır. Üst ekstremiteden (sağ kol, antekübital ven), otomatik enjektör ve 20-gauge kanül ile toplamda 80-85 ml kontrast madde (370-400 mg/ml) verilmiştir.

### Görüntü analizi

Tüm görüntüler iş istasyonuna (Aquarius workstation, teraRecon, San Mateo, CA, USA) gönderilerek multiplanar görüntüler, MIP (maksimum intensity projection) ve üç boyutlu (3D) VR (volüme rendering) görüntüler oluşturularak değerlendirilmiştir. Tüm görüntüler vasküler görüntülemeye dokuz ve 15 yıl deneyime sahip iki radyolog tarafından, farklı iş istasyonlarında, fenestrasyon ve anevrizma varlığı açısından değerlendirilmiştir. Fikir ayrılığı olan görüntüler birlikte değerlendirilerek görüş birliğine varılmış, herhangi bir ek incelemeye gerek duyulmamıştır.

### İstatistik

Hasta yaşı, cinsiyeti, klinik semptomlar, fenestrasyon ve anevrizma lokalizasyonları not edildi. Demografik veriler, ortalama ve standart sapma, yüzde değerleri ile değerlendirildi. Anevrizması olan ve olmayan hasta gruplarında, fenestrasyon olup olmadığına bakıldı. Bu hasta gruplarına ve cinsiyete bağlı değişkenler ki kare testiyle, yaşa bağlı değişkenler (ortalama yaş ve standart sapma) independent

sample-t testiyle değerlendirildi. p değerinin 0.05'ten küçük olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. İstatistiksel hesaplamalarda Microsoft 2020 Exel ve SPSS v.26.0 programları kullanıldı.

## BULGULAR

Vasküler baş ağrısı, serobrovasküler olay ve subaraknoid kanama ön tanılarıyla serebral BT anjiyografi incelemesi yapılan toplam 887 hasta çalışmaya dahil edildi. Hastalar 18-83 yaş aralığında, 405 (%45.7) kadın, 482 (%54.3) erkekten oluşmakta olup, ortalama hasta yaşı 54.8 olarak belirlenmiştir.

Cinsiyete göre; fenestrasyon olan ve olmayan gruplar arasında anlamlı farklılık izlenmemiştir ( $p>0.05$ ). Ancak anevrizması olan ve olmayan gruplar arasında, kadınlarda anevrizma sıklığında anlamlı artış izlenmiştir ( $p:0.001$ ). Yaş dağılımına göre; anevrizma veya fenestrasyonu olan/olmayan gruplar arasında anlamlı farklılık izlenmemiştir ( $p>0.05$ ). Bulgular Tablo 1'de özetlenmiştir.

Çalışmamızda 152 hastada toplam 164 serebral arter fenestrasyonu saptanmıştır. Fenestrasyon görülme sıklığı %17.1 olarak bulunmuştur. Çalışmamızda en

sık anterior komunikan arter ve vertebro-baziller sistemde fenestrasyon saptanmıştır. Daha az sıklıkta orta serebral arterde ve anterior serebral arterde fenestrasyon izlenmiştir. Posterior serebral arter, posterior inferior serebellar arter, süperior serebellar arter, anterior inferior serebellar arter ve posterior komunikan arter en az fenestrasyon görülen arterlerdir (Tablo 2).

Çalışmamızda fenestrasyon saptanan 152 hastanın 32'sinde (%21.1) fenestrasyonla birlikte serebral anevrizma da görülmüştür. Bunlardan 24 hastada (%15.8) anevrizma ve fenestrasyon aynı lokalizasyonda görülürken, 8'inde (%5.3) anevrizma ve fenestrasyon farklı lokalizasyonda yer almaktadır (Resim 1).

Çalışmamızda 231 hastada (57 hastada multipl) toplam 327 anevrizma saptanmış olup anevrizma görülme sıklığı %26 olarak bulunmuştur. Anevrizması olan 231 hastanın 32'sinde (%13.9) ve anevrizması olmayan 656 hastanın 120'sinde (%18.3) fenestrasyon görülmüştür. Ayrıca fenestrasyonu olan 152 hastanın 32'sinde (%21.1) ve fenestrasyonu olmayan 735 hastanın 199'ünde (%27.1) anevrizma görülmüştür. Anevrizmaların en sık görüldüğü lokalizasyonlar; orta serebral arter 115 (%35.2), anterior komunikan

Tablo 1. Cinsiyet ve ortalama yaşa göre fenestrasyon veya anevrizması olan/olmayan hasta gruplarının karşılaştırılması.

	Anevrizma		p değeri	Fenestrasyon		p değeri
	A+	A-		F+	F-	
Kadın/Erkek (n)	138/93	266/390	0.001	71/81	333/402	0.752
Ortalama yaş ± SD	55.13±12.92	55.15±17.18	0.580	52.26±17.34	55.15±17.18	0.163

A+: Anevrizması olan, A-: Anevrizması olmayan, F+: Fenestrasyonu olan, F-: Fenestrasyonu olmayan, SD: Stantard sapma

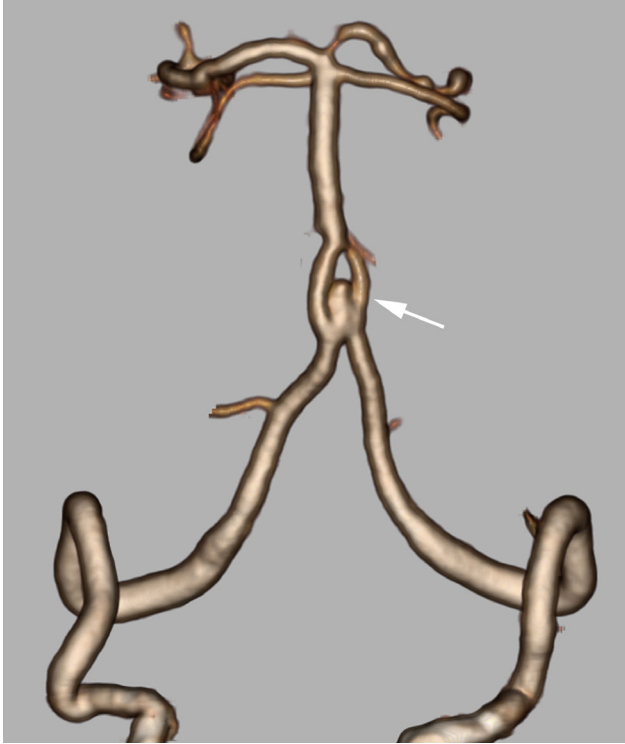
Tablo 2. Fenestrasyonların lokalizasyona göre dağılımı.

Lokalizasyon	Fenestrasyon sayısı (n)	Yüzde (%)
Anterior komunikan arter	84	51.2
Vertebro-baziller sistem	47	28.7
-Vertebral arter	6	3.7
-Baziler arter	41	25
Orta serebral arter	12	7.3
Anterior serebral arter	9	5.5
Posterior serebral arter	5	3.1
Posterior inferior serebellar arter	3	1.8
Süperior serebellar arter	2	1.2
Anterior inferior serebellar arter	1	0.6
Posterior komunikan arter	1	0.6
<b>TOPLAM</b>	<b>164</b>	<b>100</b>

Tablo 3. Fenestrasyon veya anevrizması olan/olmayan hasta gruplarının karşılaştırılması.

		Fenestrasyon		Toplam	
		F +	F -		
Anevrizma	A +	Sayı (n)	32	199	231
		Anevrizma sayısı içinde (%)	13,9	86,1	100
		Fenestrasyon sayısı içinde (%)	21,1	27,1	26
	A -	Sayı (n)	120	536	656
		Anevrizma sayısı içinde (%)	18,3	81,7	100
		Fenestrasyon sayısı içinde (%)	78,9	72,9	74
Toplam		152	735	887	

A+: Anevrizması olan, A-: Anevrizması olmayan, F+: Fenestrasyonu olan, F-: Fenestrasyonu olmayan



Resim 1. Beyin BT anjiyografi üç boyutlu (3D) görüntülemeye vertebro-baziler fenestrasyon ve fenestrasyon lokalizasyonunda anevrizma (ok) izleniyor.

arter 60 (%18.3), posterior kommunikan arter 53 (%16.2), internal karotid arter 51 (%15.6) olarak bulunmuştur

Yukarıda açıklanan tüm hasta gruplarının istatistiksel değerlendirmesinde; lokalizasyondan bağımsız olarak, fenestrasyon ile anevrizma arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır ( $p>0.05$ ). Bununla birlikte, fenestrasyon ve anevrizmanın birlikte görüldüğü grupta, fenestrasyon ve anevrizma aynı lokalizasyon-

da daha sık görülmüştür ( $p:0.005$ ). Bulgular Tablo 3'te özetlenmiştir.

## TARTIŞMA

Çalışmamızda fenestrasyon görülme sıklığı %17.1 olarak bulunmuş olup en sık anterior kommunikan arter ve vertebro-baziller sistemde saptanmıştır. Fenestrasyon ile anevrizma birlikte görüldüğünde, bu ikisi aynı lokalizasyonda olma eğilimindedir.

Dijital subtraksiyon anjiyografi (DSA), serebral vasküler varyasyon ve anevrizma saptanmasında altın standart kabul edilmesine karşın teknolojik gelişmeler ile multidedektör cihazlarda alınan beyin BT anjiyografi incelemesi, ince kesit MIP görüntüler ve 3D görüntüler ile fenestrasyon ve anevrizma saptanmasında başarılıdır<sup>(1,2,7)</sup>. Fenestrasyon sıklığı %0.7 – %60 gibi oldukça geniş bir yelpazede yer almaktadır<sup>(6,8,9)</sup>. Görülme sıklıkları arasındaki farklılığın, hasta popülasyonları arasındaki farklılıktan ve daha önemlisi fenestrasyon saptanmasında kullanılan farklı yöntemlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bizim çalışmamızda fenestrasyon sıklığı %17.1 bulunmuş olup Van Rooij ve ark.'nın<sup>(2)</sup> 3D rotasyonel anjiyografi ile saptadıkları %24'den düşüktür. Bunun başlıca nedeni, bu çalışmanın subaraknoid kanaması olan hastalarda anevrizma şüphesi ile yapılan DSA incelemesi ile yapılmasından kaynaklanabilir. Literatürde fenestrasyon varlığı vertebrobaziler sistemde daha sık tanımlanmaktadır<sup>(6,7)</sup>. Ancak bizim çalışmamızda en sık anterior kommunikan arterde (%51.2) fenestrasyon saptanmış olup literatürde anterior kommunikan

arterde benzer sıklıkta fenestrasyon tanımlayan çalışmalar bulunmaktadır <sup>(2,11)</sup>. Vertebro-baziler fenestrasyon sıklığı ise çalışmamızda %5.2 bulunmuş olup BT anjiografi ile Bharatha ve ark.'nın <sup>(1)</sup> yaptığı çalışmaya göre yüksek (%2.8), Bayrak ve ark.'nın <sup>(7)</sup> yaptığı çalışma ile benzer (%5.56) bulunmuştur.

Fenestrasyonların anevrizma ile ilişkisi literatürde çelişkili olarak bildirilmiştir <sup>(12-16)</sup>. Cooke ve ark. <sup>(6)</sup> DSA ile yaptıkları çalışmada en sık anterior kommunikan arter ve baziler arterde fenestrasyon saptamış olup fenestrasyon ile aynı lokalizasyonda anevrizma arasında anlamlı ilişki tanımlamamışlardır. Uchino ve ark. <sup>(4)</sup> MR anjiografi ile yaptıkları çalışmada, fenestrasyonu olan hastalarda anevrizma sıklığını artmış olarak bulmakla birlikte, fenestrasyon ile aynı lokalizasyonda anevrizma görülmesi arasında ilişki saptamamışlardır. Gao ve ark. <sup>(14)</sup> ile Tanaka ve ark. <sup>(15)</sup> baziler arter fenestrasyonları ile yaptıkları çalışmalarında fenestrasyon ile anevrizma görülme sıklığı arasında ilişki bulmuşlardır. Ancak saptadıkları tüm anevrizmalar fenestrasyondan farklı lokalizasyonda bulunmuştur. Bizim alışmamızda geniş hasta grubunda; lokalizasyondan bağımsız olarak, fenestrasyon ile anevrizma arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır ( $p>0.05$ ). Ancak diğer çalışmalardan farklı olarak, fenestrasyon ve anevrizma birlikteliğinde, bu ikisi aynı lokalizasyonda daha sık görülmektedir. Van Rooij ve ark.'nın <sup>(2)</sup> 3D rotasyonel anjiografi ile yaptıkları çalışmada bizim çalışmamıza benzer şekilde, fenestrasyonları en sık anterior kommunikan arter lokalizasyonunda saptamış olup 45 fenestrasyonun 14'de (%31) aynı lokalizasyonda anevrizma saptamışlardır.

Guo ve ark. <sup>(12)</sup> yaptıkları meta-analizde, fenestrasyonu olan hastalarda anevrizma sıklığının arttığını saptamışlardır. Anevrizma sıklığının artma mekanizması tam olarak bilinmemektedir. Bunun bir nedeni fenestrasyon lokalizasyonunda veya komşuluğunda oluşan türbülan akım olabilir. Diğer bir neden her ikisinin de konjenital nedenle ortaya çıkmış olabileceğidir <sup>(17)</sup>. Mekanizması ne olursa olsun böyle bir ilişkinin gösterilmiş olması fenestrasyon saptanan hastalarda olası intrakranial anevrizma açısından dikkatli değerlendirmeyi gerektirir.

Çalışmamızda bazı limitasyonlar bulunmaktadır. Serebral BT anjiografi yeni teknolojik gelişmelerle DSA'ya eř görüntüler sağlamakla birlikte, çok küçük anevrizmaların saptanmasında DSA kadar başarılı olmayabilir. Karşılaştırmak için hastalarımızın çoğunda DSA görüntüleri bulunmamaktadır. Çalışmamız retrospektif planlanmış olup tek merkeze başvuran hasta sonuçlarını yansıtılmaktadır. Mevcut çalışmada hasta sayımız düşük olmamakla birlikte prospektif ve çok merkezli çalışmalar ile fenestrasyon anevrizma ilişkisi araştırılabilir.

## SONUÇ

Fenestrasyon nadir görülmeyen bir varyasyondur. Çalışmamızda sıklığı %17.1 olarak bulunmuş olup en sık anterior kommunikan ve vertebro-baziller sistemde görülmektedir. Çalışmamızda lokalizasyondan bağımsız olarak, fenestrasyon ile anevrizma arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Ancak fenestrasyon ve anevrizma birlikteliğinde, bu ikisi aynı lokalizasyonda daha sık görülmektedir. Daha geniş hasta grubuyla çok merkezli çalışmalarla kanıtlanması gerekmele birlikte, mevcut bulgularla fenestrasyon saptanan hastaların vasküler incelemeleri, olası intrakranial anevrizma açısından dikkatli değerlendirilmelidir.

**Etik Kurul Onayı:** SBÜ Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan onay alınmıştır (12.12.2020/14-67).

**ıkar atışması:** Yoktur.

**Fuinsal Destek:** Yoktur.

**Hasta Onamı:** Alındı.

**Ethics Committee Approval:** Approval was obtained from the Clinical Research Ethics Committee of SBU Tepecik Training and Research Hospital (12.12.2020/14-67).

**Conflict of Interest:** None.

**Funding:** None.

**Informed Consent:** Receipt.

## KAYNAKLAR

1. Bharatha A, Aviv RI, White J, Fox AJ, Symons SP. Intracranial arterial fenestrations: Frequency on CT angiography and association with other vascular lesions. *Surg Radiol Anat.* 2008;30(5):397-401. [\[CrossRef\]](#)
2. Van Rooij SBT, Bechan RS, Peluso JP, Sluzewski M, Van Rooij WJ. Fenestrations of intracranial arteries. *Am J Neuroradiol.* 2015;36(6):1167-70. [\[CrossRef\]](#)
3. Zada G, Christian E, Liu CY, Giannotta SL. Fenestrated aneurysm clips in the surgical management of anterior communicating artery aneurysms: operative techniques and strategy. Clinical article. *Neurosurg Focus.* 2009;26(5):1-7. [\[CrossRef\]](#)
4. Uchino A, Saito N, Okada Y, Kozawa E, Nishi N, Mizukoshi W, et al. Fenestrations of the intracranial vertebrobasilar system diagnosed by MR angiography. *Neuroradiology.* 2012;54(5):445-50. [\[CrossRef\]](#)
5. Wu X, Chen X, Zhu J, Chen Q, Li Z, Lin A. Imaging detection of cerebral artery fenestrations and their clinical correlation with cerebrovascular diseases. *Clin Imaging.* Elsevier; 2020;62(April 2019):57-62. [\[CrossRef\]](#)
6. Cooke DL, Stout CE, Kim WT, Kansagra AP, Yu JP, Gu A, et al. Cerebral arterial fenestrations. *Interv Neuroradiol.* 2014;20(3):261-274. [\[CrossRef\]](#)
7. Bayrak AH, Senturk S, Akay HO, Ozmen CA, Bukte Y, Nazaroglu H. The frequency of intracranial arterial fenestrations: A study with 64-detector CT-angiography. *Eur J Radiol.* Elsevier Ireland Ltd; 2011;77(3):392-6. [\[CrossRef\]](#)
8. Bozek P, Pilch-Kowalczyk J, Kluczevska E, Zymon-Zagórska A. Detection of cerebral artery fenestrations by computed tomography angiography. *Neurol Neurochir Pol.* 2012;46(3):239-44. [\[CrossRef\]](#)
9. Zampakis P, Panagiotopoulos V, Petsas T, Kalogeropoulou C. Common and uncommon intracranial arterial anatomic variations in multi-detector computed tomography angiography (MDCTA). What radiologists should be aware of. *Insights Imaging.* 2015;6(1):33-42. [\[CrossRef\]](#)
10. Yang YJ, Gao LY, Guo X, Chen WJ, Zhang J, Li YX, et al. Intracranial arterial fenestrations associated with arteriovenous malformations diagnosed by CT angiography. *J Neuroimaging.* 2014;24(4):366-70. [\[CrossRef\]](#)
11. De Gast AN, Van Rooij WJ, Sluzewski M. Fenestrations of the anterior communicating artery: Incidence on 3D angiography and relationship to aneurysms. *Am J Neuroradiol.* 2008;29(2):296-8. [\[CrossRef\]](#)
12. Guo X, Gao L, Shi Z, et al. Intracranial Arterial Fenestration and Risk of Aneurysm: A Systematic Review and Meta-Analysis. *World Neurosurg.* Elsevier Inc; 2018;115:e592-e598. doi: 10.1016/j.wneu.2018.04.106. [\[CrossRef\]](#)
13. Hudák I, Lenzsér G, Lunenkova V, Dóczy T. Cerebral arterial fenestrations: a common phenomenon in unexplained subarachnoid haemorrhage. *Acta Neurochir.* 2013;155:217-22. [\[CrossRef\]](#)
14. Sun ZK, Li M, Li MH, Li YD, Sun WP, Zhu YQ. Fenestrations accompanied by intracranial aneurysms assessed with magnetic resonance angiography. *Neurol India.* 2012;60:45-9. [\[CrossRef\]](#)
15. Gao LY, Guo X, Zhou JJ, Zhang Q, Fu J, Chen WJ, et al. Basilar artery fenestration detected with CT angiography. *Eur Radiol.* 2013;23:2861-7. [\[CrossRef\]](#)
16. Tanaka M, Kikuchi Y, Ouchi T. Neuroradiological analysis of 23 cases of basilar artery fenestration based on 2280 cases of MR angiographies. *Interv Neuroradiol.* 2006;12:39-44. [\[CrossRef\]](#)
17. Ueda T, Goya T, Kinoshita K. Multiple anomalies of cerebral vessels. A case of multiple aneurysms associated with fenestration of the middle cerebral artery and persistent primitive trigeminal artery. *Neurol Surg.* 1984;12:531-6.