

Derleme

Serebral Anevrizmalarda Endovasküler Tedavi: Akım Yönlendirici Stent ve Koil Kullanımı

The Endovascular Treatment of Cerebral Aneurysm: Use of Flow Diverter Stent, Coil

Halil ULUTABANCA, Ali KURTSOY

Erciyes Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Kayseri, Türkiye

ÖZ

Anevrizma tedavisi Dandy'nin 1937'de ilk defa posterior komunikan arter anevrizmasını kliplemesiyle başlar. Yaklaşık altmış yıl mikrocerrahi klipleme anevrizma tedavisinde altın standart olarak kaldı. 1974 yılında Serbinenko ayrılabilir lateks balonla endovasküler anevrizma tedavisini gerçekleştirdi. 1990 yılında Guglielmi ayrılabilir koiller endovasküler alanda kullanıma girdi. Koiller endovasküler alanda yeni bir alan açmış oldu. Koillerin şekli, yumuşaklığı ve yapısı alanında yeni çalışmalar yapıldı. Koil teknolojisi ve koil teknolojisine ek olarak balon, stent akım yönlendirici ve akım bozucu cihazlar kullanıma girdi. Bugün anevrizma tedavisinde endovasküler tedavi birinci seçenek haline gelmiştir. Ancak tüm bu teknolojik gelişmelere ve klinik tecrübelerle rağmen büyük anevrizmalar, geniş boyunlu anevrizmalar dom/boyun oranı ikiden küçük olan anevrizmalar fuziform anevrizmalarda endovasküler tedavi sonuçları halen istenilen düzeyde değildir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Akım yönlendirici, Balon, Endovasküler tedavi, Koil, Stent

ABSTRACT

The neurosurgical treatment of intracranial aneurysms dates back to 1937, when Dandy described microsurgical obliteration of a posterior communicating artery aneurysm by microsurgical clipping. For approximately six decades, this technique remained the gold standard and foremost modality for treatment of cerebral aneurysms. In 1974, Serbinenko developed a series of balloon-mounted, flow-guided catheters and detachable balloons designed to occlude intracranial vascular lesions. Endovascular therapies emerged in the 1990s with the advent of the Guglielmi detachable coil system. This system established neurointervention as a new field, with multiple randomised clinical trials demonstrating the efficacy and safety of coil embolisation. The neuroendovascular space quickly experienced significant technological advancements aimed at improving the different properties of a coil, including coil lengths, shapes, softness and detachment zones. These developments have translated to improvements in clinical outcomes of cerebral aneurysms treated with coiling. Today, endovascular treatment has become the first choice in the treatment of aneurysms. New endovascular devices such as balloon, stent, flow diverter and WEB devices were developed for endovascular treatment. Despite these new technological advancements in endovascular treatment, aneurysms with large diameters, wide necks, a dome to neck ratio <2 , and fusiform configurations have a poor outcome.

KEYWORDS: Balloon, Coil, Endovascular treatment, Flow diverter, Stent



Yazışma adresi: Halil ULUTABANCA

E-posta: ulutabanca@gmail.com

■ GİRİŞ

Anevrizma tedavisi 1937 yılında Dandy'nin ilk kez posterior komunikan arter anevrizmasını kliplemesiyle başlar (12,18). 1970 yılında ilk kez Serbinenko ayrılabilir lateks balon ile endovasküler anevrizma tedavisini tarif etmiştir (44). 1990'da Guglielmi ayrılabilir koilleri anevrizma tedavisinde kullanılmaya başlanmış ve 1995 yılında da FDA onayını almıştır (14,15). 2011 yılında da internal karotid arterin petröz kısmından süperior hipofizeal kısmına kadar olan bölgede yerleşik geniş boyunlu anevrizmaları için FDA akım yönlendirici stentlere onay vermiştir (1). Endovasküler anevrizma tedavisinde halen coil, stent yardımcı coil, balon yardımcı coil, akım yönlendirici stent ve akım bozucu cihazlar kullanılmaktadır.

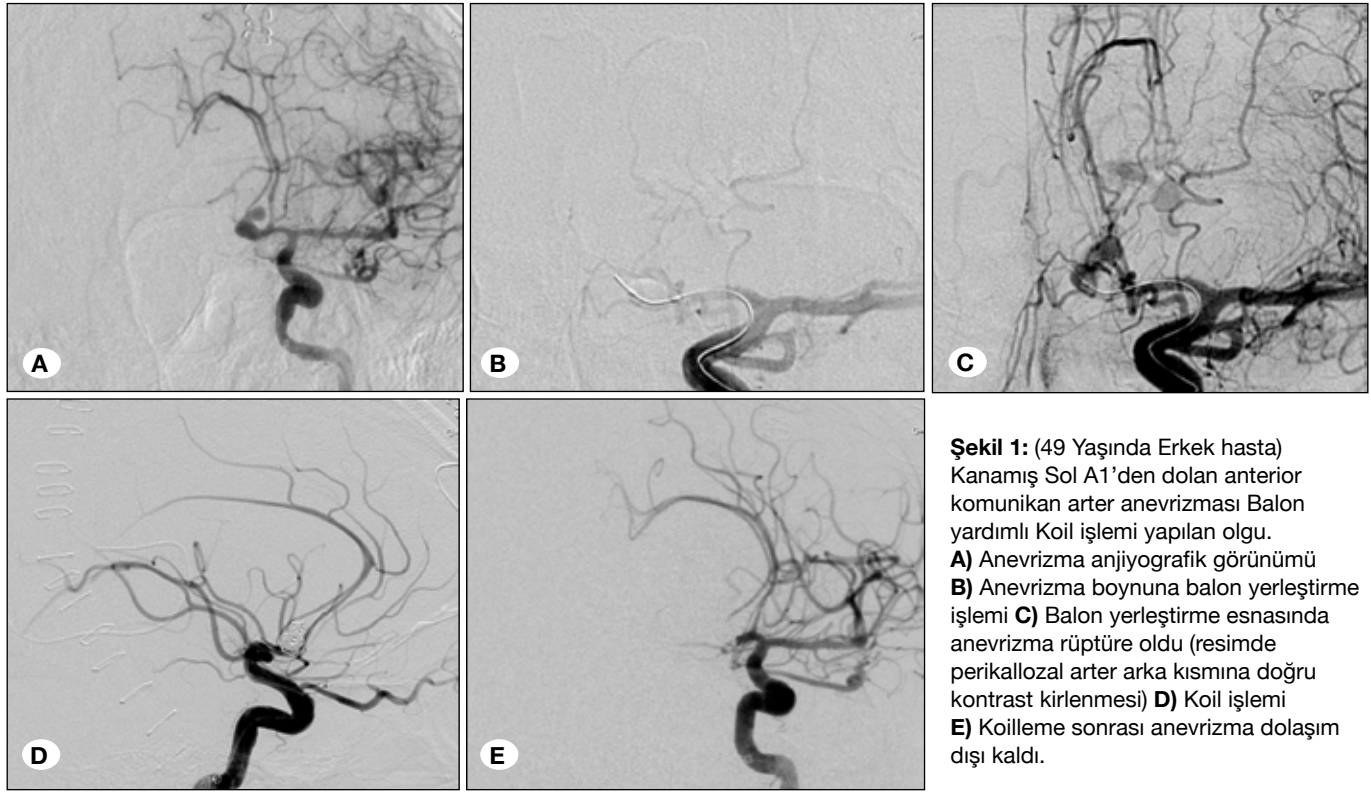
■ KOİL İLE ANEVİRİZMA TEDAVİSİ

Koil, anevrizmanın içini doldurmak için kullanılan ve genellikle platinden yapılmış bir çeşit teldir. Çapı 0,25–0,45 mm (0,010–0,018 inç) arasında değişmektedir. Koillerin uzunluğu 1 cm–40 cm arasında değişebilmektedir (17,30,42). Çıplak, platinium kaplı, ko-polimer kaplı, hidrojel kaplı koiller bulunmaktadır. Koillerin anevrizma içersinde aldığı şekle göre tek boyutlu helikal, iki boyutlu helikal, üç boyutlu ve kompleks yapıda olan çeşitleri mevcuttur (17,30). Koillerin tel yapısı sertliğine göre de standart, yumuşak ve çok yumuşak olmak üzere üç tipi mevcuttur (17,30,40). Koil taşıyıcı mikrokater (1,7–2,3 french) anevrizma içersine yerleştirildikten sonra bu kateter içersinden anevrizma içersine doldurulur. Koillerin itilebilir ve ayrılabilir olmak üzere iki formu vardır. İtilebilir koiller itici tel veya sıvı ile ilerletilmekte olup, ayrılabilir koiller elektrolizis ve mekanik olarak ayrılabilir (40). Serebral anevrizmalarda ayrılabilir koiller tercih edilmektedir (40). Küçük anevrizmalarda iki boyutlu koiller ile anevrizma tedavisi mümkün iken büyük ve dev anevrizmalarda üç boyutlu ve kompleks koiller gerekmektedir. Büyük anevrizmalarda koil ile embolizasyonun başarısında ilk koil ile yapılan anevrizma içi çatı veya çerçeve oluşumu çok önemlidir (2,30,42). Bu çerçeve devamında anevrizma içersine yerleştirilecek koillerin tutunumu ve anevrizma içersine olan akımın tam olarak kesilmesi için anahtar rol oynamaktadır. Çerçeve oluşumu için üç boyutlu veya kompleks koiller tercih edilir (17,30). Anevrizma içersine doldurulacak ilk koil çapının anevrizma çapı ile aynı olması tercih edilir (17,30). Daha sonraki doldurulacak koillerin çap ve uzunlukları giderek azaltılır (17,30). İşlem esnasındaki kontrol görüntülemelerinde anevrizma boyun ve domunda akım olmadığı görülünceye kadar anevrizma içersine koil doldurulur (17,30). Koillerin etki mekanizması anevrizma içi trombüsün matür fibroselüler skar dokusuna dönüşünü hızlandırarak anevrizma boyununun neo-endotelizasyonunu gerçekleştirmektedir (17,30). Genelde anevrizma içersine akımın kesilmesini sağlayan koil miktarı anevrizma hacminin %35–38'i kadardır (17,30). Koil kaplama tipleri ile anevrizmanın kalıcı tam kapanma oranları artırılmaya çalışılmaktadır (17,30). Bu amaçla geliştirilen hidrojel kaplı koiller anevrizma içersine yerleştirildiklerinde ve kan ile temas ettiklerinde beş kata kadar büyüyebilmektedir. Ancak yapılan meta-analiz çalışmalarında koil tipleri ile anevrizma kapanma oranları arasında etkinlik hakkında hâlâ birbirine zıt sonuçlar görülmektedir (21,39,43,49).

Koil ile anevrizma tedavisi esnasında tromboemboli ve intra-operatif anevrizma rüptürü ve koil sarkmasına bağlı komplikasyonlar görülebilir. Tromboemboli özellikle rüptüre olmamış anevrizma tedavisine (%2–7,3) göre rüptüre olmuş anevrizma tedavisinde (%3,7–%13,3) daha sık görülür (33,38). Rüptüre olmuş anevrizma tedavisinde operasyon esnasında heparin infüzyonu, aspirin ve antiagregan kullanım imkanı yok veya kısıtlıdır, bu da tromboemboli riskini artırmaktadır (38). Tromboemboli gelişen hastaların yaklaşık yarısında klinik bulgu gözlenmez. İşlem esnasında ortaya çıkan anevrizma rüptürü tromboemboliye göre daha kötü prognozlidir. İşlem esnasında anevrizma rüptüründe mortalite oranı %16,7 iken tromboembolide mortalite oranı %4,1 civarındadır (2,10,33,34,38). Koil sarkması özellikle geniş boyunlu ve anevrizma dom oranı küçük olan anevrizmalarda daha sık görülebilir. Anevrizma içersinden ana damara koil migrate olup damar distal ucunda emboliye de sebep olabilir. Bu komplikasyonları engellemek için ilk koil ile çerçeve yapı iyi oluşturulmalı ve koil stabilitesinin zayıf olacağı düşünülen düzensiz, büyük ve geniş boyunlu anevrizmalarda balon veya stent yardımcı koilleme işlemi yapılmalıdır (17,30,48). Koil ile tam oklüzyon oranı % 60–70, rekanalizasyon oranı yaklaşık %20 civarında olup rekürrens olan olguların yaklaşık yarısında da tekrarlayan tedaviler gereklidir (7,10,13,18,33,34,38,48).

■ BALON YARDIMLI KOİL UYGULAMA

Endovasküler anevrizma tedavisinde anevrizma içi koil stabilitesi hem komplikasyonların önlenmesi hem de anevrizmanın dolaşım dışında kalması için en önemli faktördür (17,30,40). Koil stabilitesi için anevrizma boyun çapının 4 mm'den küçük ve anevrizma dom/boyun oranında 2'den büyük olması gereklidir (17,30,40,48). Bu ölçülerin dışındaki anevrizmaların endovasküler tedavi imkanı yakın geleceğe kadar oldukça zordu. Ancak intrakranial damarlar için kullanımı uygun düşük basınçlı balonların (Hyperglide ve Hyperform) ve stentlerin (Neuroform, Enterprise, Wingspan Stent, Solitaire Stent vb.) kullanıma girmesi ile bu grup anevrizmaların da endovasküler yöntemle tedavi imkanı sağlanmıştır (11,17,20). Balon yardımcı koilleme bifurkasyon anevrizmalarında ve kanamış anevrizma tedavisinde ve tortioze stent yerleşimi için uygun olmayan ana arterlerde tercih edilmektedir (11,17). Kanamış anevrizmaların acil cerrahisinde stentlerin aksine balon yardımcı koillemede anti-agregan tedaviye gerek yoktur (11,17,38). Yine işlem sırasında ortaya çıkan anevrizma rüptürlerinde balon ile anevrizma boynu kapatılabileceği için subaraknoid alana kanama engellenerek ve koil yerleştirme işlemi güvenle yapılabilecektir. İşlem esnasında mikrokater ile anevrizma boynuna koil yerleştirilir. Sonrasında diğer mikrokater anevrizma içersine yerleştirildikten sonra koil anevrizma içersine doldurulurken balon geçici olarak şişirilerek koilin damar içersine sarkması engellenir ve anevrizma içersinde daha stabil bir sarmal oluşturması sağlanır (17,30,40) (Şekil 1A-E). Kanamış veya kanamamış anevrizma tedavisinde balon yardımcı koil ile sadece koil kullanımı karşılaştırıldığında tromboemboli ve mortalite, morbidite oranları da benzerdir (35,36).



Şekil 1: (49 Yaşında Erkek hasta) Kanamış Sol A1'den dolan anterior komunikan arter anevrizması Balon yardımcı Koil işlemi yapılan olgu. **A)** Anevrizma anjiyografik görünümü **B)** Anevrizma boynuna balon yerleştirme işlemi **C)** Balon yerleştirme esnasında anevrizma rüptüre oldu (resimde perikallosal arter arka kısmına doğru kontrast kirlenmesi) **D)** Koil işlemi **E)** Koilleme sonrası anevrizma dolaşım dışı kaldı.

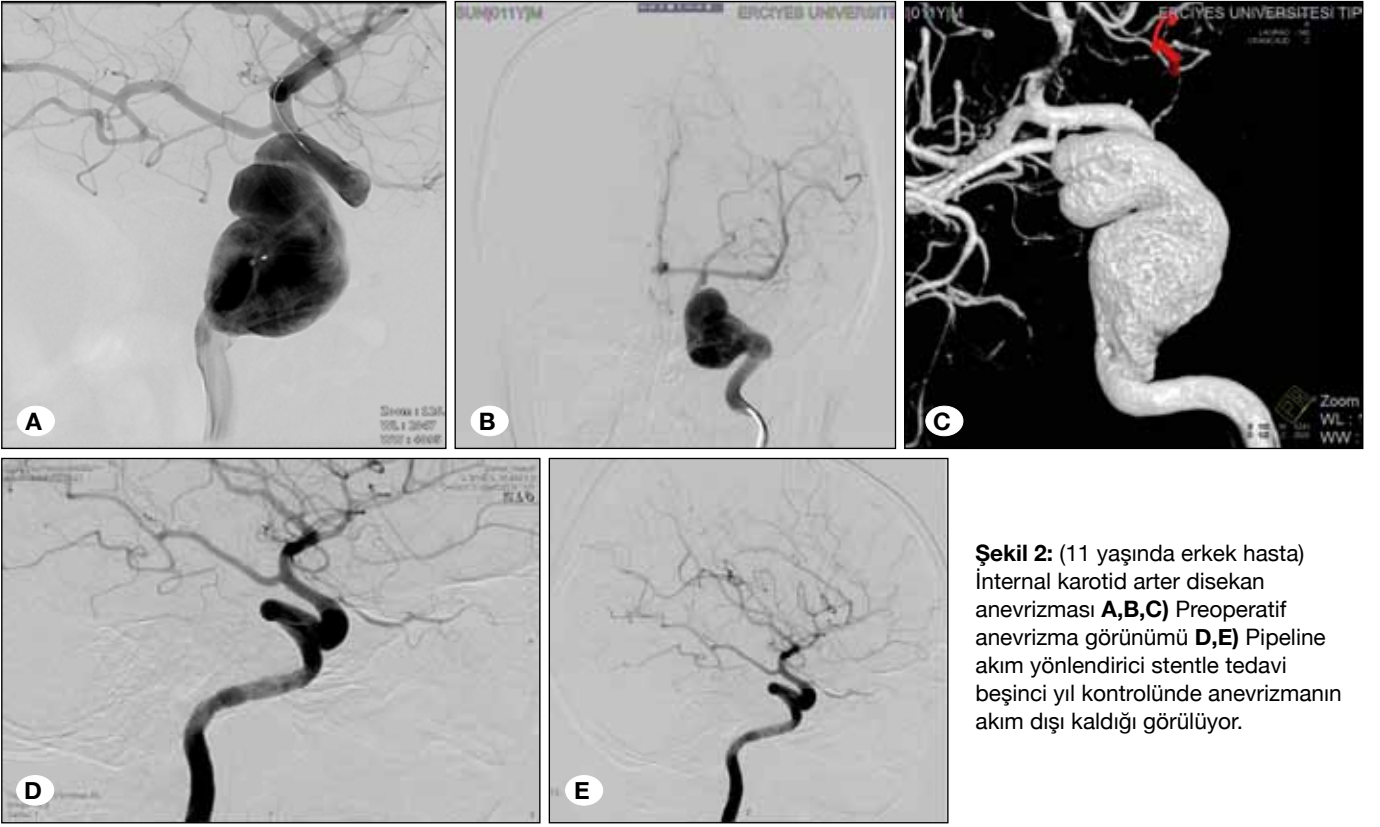
■ STEND YARDIMLI KOİL UYGULAMA

Balon ve stent karşılaştırılmasının yapıldığı meta-analiz çalışmalarında geniş boyunlu ve büyük anevrizmaların koillenmesinde stentler ile daha iyi sonuç alınmaktadır (16,20,40,45). Stent balona göre koilin ana damara sarkmasını daha yüksek oranda engeller ve anevrizma boynunun koil ile daha iyi örülmesine imkan sağlar (17,20,40,45). Bifurkasyon anevrizmalarında 'Y' stent konfigürasyonu sayesinde koil stabilitesini sağlar (8). Stentlerin kullanımındaki kısıtlama ise stent ile birlikte anti agregan tedavi kullanımı gerekliliğidir (4,5,19,32). Stent yardımcı koilleme tedavisinden en az üç gün öncesinde aspirin 100 mg/gün ve clopitogrel 75 mg/gün başlanmalıdır. Koil işlemi esnasında acil stent yerleştirme gerekliliği ortaya çıkarsa 450 mg (6 tablet) clopitogrel nazogastrik yolla hastaya verilir (4,5,19,32). Özellikle kanamış anevrizmalarda gerekli olabilecek ekstraventriküler drenaj veya kanama komplikasyonu olarak gelişebilecek hidrosefali durumunda yapılacak acil cerrahi için antiagregan tedavi intraserebral kanama riskini artıracaktır (5). Anti-agregan tedavinin kesilmesi durumunda ise stent tromboz riski ortaya çıkacaktır (5). Bu sebeptendir ki geniş boyunlu anevrizmaların tedavisinde anevrizmanın kanamış veya kanamamış olması, ana arterin anatomik yapısı, anevrizmanın lokalizasyonu ve büyüklüğü ile muhtemel komplikasyonlar dikkate alınarak kullanılacak yardımcı yöntemin seçilmesi gereklidir. Stent yardımcı koil tedavisi sonrası tromboemboli (~%10), intraserebral kanama (~%2), stent stenozu (%3-10), rekanalizasyon (%17-20) oranında görülebilir (25,29,38). Endovasküler tedavide koil desteği için sıklıkla kullanılan Neuroroom (Stryker) ve Enterprise (Codman) stentle-

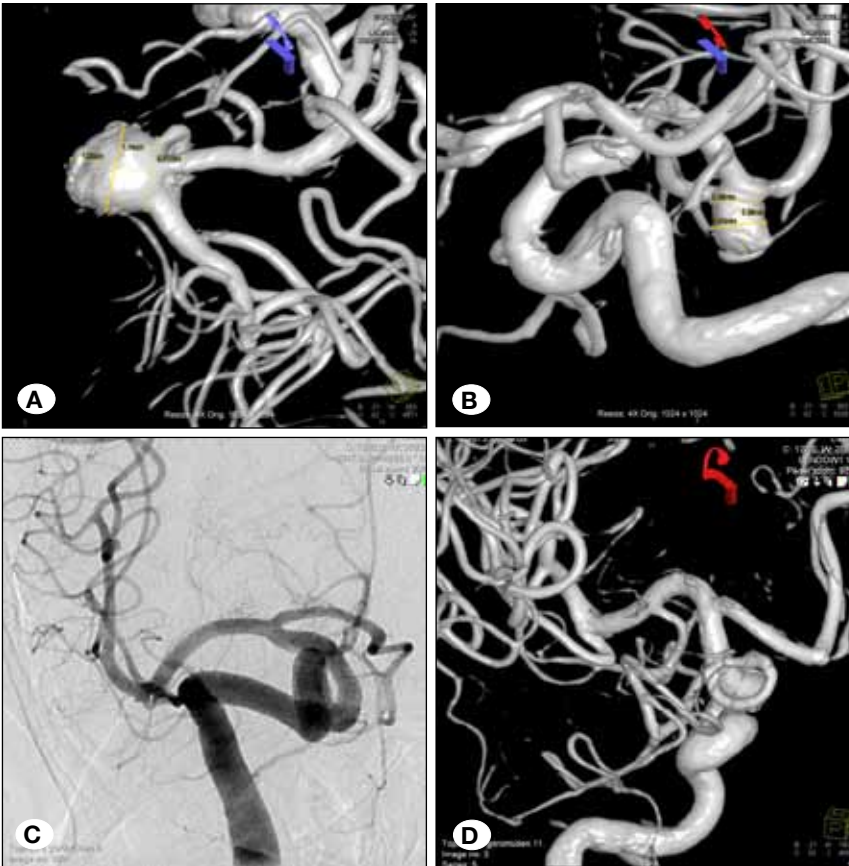
rin kullanım kolaylığı açısından farkları olsa da komplikasyon oranı ve etkinliğe açısından belirgin farklılıkları yoktur (19,26). Solatier (EV3) stentler de koil işlemlerinde kullanılmakla birlikte mekanik embolektomide de yaygın olarak kullanılmaktadır (23).

■ AKIM YÖNLENDİRİCİ STENT (AYS) İLE ANEVRİZMA TEDAVİSİ

Günümüzde akım yönlendirici olarak Pipeline (EV3-MTI, Irvine, CA, A.B.D), Suprass (Stryker Neurovascular, Fremont, California, A.B.D), silk (Balt, Montmorency, Fransa) marka stentler kullanılmaktadır (18,27,28,41,46,49). Pipeline stent 2011 yılında internal karotid arterin petroz kısmı ile süperior hipofizeal arter kısmındaki büyük ve dev anevrizmaların tedavisi için FDA onayı almıştır (18). Halen diğer akım yönlendirici stentlerin kullanımı ile ilgili FDA onayı bulunmamaktadır (18). Geçmişte kanamış anevrizmada, posterior sirkülasyon anevrizmalarında ve distal internal karotid arter anevrizmalarında AYS kullanımı ile ilgili çekinceler mevcut idi. Ancak klinik tecrübe ve bilginin artması sonrasında bu çekinceler ortadan kalkmıştır. Halen kompleks anevrizmalar, geniş boyunlu anevrizmalar, fuziform anevrizmalar ve rekanalize olmuş anevrizmaların tedavisinde sıklıkla kullanılmaktadır (9). AYS'ler kendinden açılabilen yapıda olup anevrizmanın köken aldığı ana artere anevrizma boynunun proksimal ve distal ucunu içine alacak şekilde yerleştirilir (9,18). Stent anevrizma içerisine ve kapladığı damar boyunca olan arterial dallara kan akımına engel olmaz. Ancak anevrizma içerisine dolan kan geri dolaşıma geçemediği için durağanlaşır ve anevrizma içerisnde trombüs oluşur. Bu saye-



Şekil 2: (11 yaşında erkek hasta) İnternal karotid arter disekan anevrizması **A,B,C)** Preoperatif anevrizma görünümü **D,E)** Pipeline akım yönlendirici stentle tedavi beşinci yıl kontrolünde anevrizmanın akım dışı kaldığı görülüyor.



Şekil 3: (41 yaşında bayan hasta) Kanamamış orta serebral arter anevrizması **A, B)** Preoperatif anevrizma görünümü **C,D)** Postoperatif birinci yıl kontrol anjiyografisinde anevrizmanın tam kapandığı görülüyor.

de anevrizma dolaşım dışı kalmış olur (18,38). Aynı zamanda arterin kollateral dolaşımı da engellenmemiş olduğundan periferik doku beslenmesi de korunmuş olur. Akım yönlendirici stentin bir diğer etkisi de anevrizma boynunda neoendotelizasyona neden olmasıdır (18,24,28).

AYS tedavisinden en az üç gün öncesinde aspirin 100 mg/gün ve clopitogrel 75 mg/gün başlanmalıdır (9). Aşırı tortioze damar lümenine stent oturmayaacağı için işlem öncesi damar anatomisi ayrıntılı incelenmelidir (17). Stent çapı arterin en geniş olduğu çap dikkate alınarak seçilir. AYS ile anevrizma tedavisinde total kapanma oranında %90'a kadar başarı elde edilmiştir (3,31,42). AYS kullanımına bağlı mortalite oranı (%0-4), morbidite oranı (%5-10), stent stenozu (%9,4) sonuçları diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında daha iyi görülmektedir (3,6,31,47). Ancak posterior sirkülasyon nonsakküler anevrizmaların akım yönlendiricilerle tedavisinde hâlâ mortalite oranları yüksek olarak tespit edilmiştir (Şekil 2A-E) (22).

■ AKIM BOZUCU STENT (WEB) İLE ANEVİRİZMA TEDAVİSİ

AYS'ye benzer yapıya sahip olmakla birlikte damar lümenine değil de anevrizma içerisine yerleştirilen stent benzeri cihazdır. Literatürde uzun dönem sonuçları ile ilgili fazlaca veri olmamakla birlikte klinik sonuçları olumlu görünmektedir (32,37).

■ SONUÇ

Endovasküler tedavi günümüzde anevrizma tedavisinde kabul görmüş ve hızla gelişen ve yenilenen bir tedavi yöntemidir. Anevrizmanın; kanamış olup olmaması, şekli, büyüklüğü, anatomik lokalizasyonu ve parent arterin anatomik yapısına göre malzeme seçimi yapılabilir. Kanamış anevrizmalarda endovasküler tedavi esnasında tromboembolik komplikasyonlar için antiagregan kullanımındaki kısıtlamalar, büyük ve dev anevrizmalarda daha sık olmak üzere rekanalizasyon oranlarının yüksekliği endovasküler tedavide çözülmesi gereken problemlerin başında gelmektedir (Şekil 3A-D).

■ TEŞEKKÜR

Endovasküler Cerrahi alanında beraber çalıştığımız Prof. Dr. Halil Dönmez hocamıza katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

■ KAYNAKLAR

1. Adeeb N, Griessenauer CJ, Foreman PM, Moore JM, Motie-Langroudi R, Chua MH, Gupta R, Patel AS, Harrigan MR, Alturki AY, Ogilvy CS, Thomas AJ: Comparison of stent-assisted coil embolization and the Pipeline Embolization Device for endovascular treatment of ophthalmic segment aneurysms: A multicenter cohort study. *World Neurosurg* 105: 206-212, 2017
2. Anxionnat R, Tonnelet R, Derelle AL, Liao L, Barbier C, Bracard S: Endovascular treatment of ruptured intracranial aneurysms: Indications, techniques and results. *Diagn Interv Imaging* 96(7-8): 667-675, 2015
3. Becske T, Kallmes DF, Saatci I, McDougall CG, Szikora I, Lanzino G, Moran CJ, Woo HH, Lopes DK, Berez AL, Cher

DJ, Siddiqui AH, Levy EI, Albuquerque FC, Fiorella DJ, Berentei Z, Marosfoi M, Cekirge SH, Nelson PK: Pipeline for uncoilable or failed aneurysms: Results from a multicenter clinical trial. *Radiology* 267(3): 858-868, 2013

4. Cai K, Zhang Y, Shen L, Ni Y, Ji Q: Comparison of stent-assisted coiling and balloon-assisted coiling in the treatment of ruptured wide-necked intracranial aneurysms in the acute period. *World Neurosurg* 96: 316-321, 2016
5. Cai K, Ji Q, Cao M, Shen L, Xu T, Zhang Y: Association of different stenting procedures with symptomatic thromboembolic complications in stent-assisted coiling of ruptured wide-necked intracranial aneurysms. *World Neurosurg* 104: 824-830, 2017
6. Cerejo R, Bain M, John S, Hardman J, Moore N, Hussain MS, Toth G: Flow diverter treatment of cerebral blister aneurysms. *Neuroradiology* 59(12):1285-1290, 2017
7. Choi DS, Kim MC, Lee SK, Willinsky RA, Terbrugge KG: Clinical and angiographic long-term follow-up of completely coiled aneurysms using endovascular technique. *J Neurosurg* 112: 575-581, 2010
8. Chow MM, Woo HH, Masaryk TJ, Rasmussen PA: A novel endovascular treatment of a wide-necked basilar apex aneurysm by using a Y-configuration, double-stent technique. *AJNR Am J Neuroradiol* 25(3): 509-512, 2004
9. Clarençon F, Di Maria F, Gabrieli J, Shotar E, Zeghal C, Nouet A, Chiras J, Sourour NA: Flow diverter stents for the treatment of anterior cerebral artery aneurysms: Safety and effectiveness. *Clin Neuroradiol* 27(1): 51-56, 2017
10. Cognard C, Pierot L, Anxionnat R, Ricolfi F: Results of embolization used as the first treatment choice in consecutive nonselected population of ruptured aneurysms: Clinical results of the Clarity GDC study. *Neurosurgery* 69: 837-841, 2011
11. Consoli A, Vignoli C, Renieri L, Rosi A, Chiarotti I, Nappini S, Limbucci N, Mangiafico S: Assisted coiling of saccular wide-necked unruptured intracranial aneurysms: Stent versus balloon. *J Neurointerv Surg* 8(1): 52-57, 2016
12. Dandy WE: Intracranial aneurysm of the internal carotid artery: Cured by operation. *Ann Surg* 107: 654-659, 1938
13. Ferns SP, Sprengers ME, van Rooij WJ, Rinkel GJ, van Rijn JC, Bipat S, Sluzewski M, Majoie CB: Coiling of intracranial aneurysms: A systematic review on initial occlusion and reopening and retreatment rates. *Stroke* 40: 523-529, 2009
14. Guglielmi G, Vinuela F, Sepetka I, Macellari V: Electrothrombosis of saccular aneurysms via endovascular approach Part 1: Electrochemical basis, technique, and experimental results. *J Neurosurg* 75: 1-7, 1991
15. Guglielmi G, Vinuela F, Dion J, Duckwiler G: Electro-thrombosis of saccular aneurysms via endovascular approach Part 2: preliminary clinical experience. *J Neurosurg* 75: 8-14, 1991
16. Hacein-Bey L, Varelas PN: Angioplasty and stenting for cerebrovascular disease: Current status. *Neurosurg Clin N Am* 19: 433-445, 2008
17. Harrigan MR, Deveikis JP, Ardelt AA: *Handbook of Cerebrovascular Disease and Neurointerventional Technique*, New York: Humana Pres, 2009: 143-176
18. Jiang B, Paff M, Colby GP, Coon AL, Lin LM: Cerebral aneurysm treatment: Modern neurovascular techniques. *Stroke Vasc Neurol* 25 (1): 93-100, 2016

19. Kadkhodayan Y, Rhodes N, Blackburn S, Derdeyn CP, Cross DT, Moran CJ: Comparison of enterprise with neuroform stent-assisted coiling of intracranial aneurysms. *AJR Am J Roentgenol* 200(4): 872-878, 2013
20. Kallmes DF, Ding YH, Dai D, Kadirvel R, Lewis DA, Cloft HJ: A new endoluminal, flow-disrupting device for treatment of saccular aneurysms. *Stroke* 38: 2346-2352, 2007
21. Khan SH, Nichols C, Depowell JJ, Abruzzo TA, Ringer AJ: Comparison of coil types in aneurysm recurrence. *Clin Neurol Neurosurg* 114(1): 12-16, 2012
22. Kiyofuji S, Graffeo CS, Perry A, Murad MH, Flemming KD, Lanzino G, Rangel-Castilla L, Brinjikji W: Meta-analysis of treatment outcomes of posterior circulation non-saccular aneurysms by flow diverters. *J Neurointerv Surg* doi: 10.1136/neurintsurg-2017-013312 (Epub ahead of print), 2017
23. Klisch J, Eger C, Sychra V, Strasilla C, Basche S, Weber J: Stent-assisted coil embolization of posterior circulation aneurysms using solitaire ab: Preliminary experience. *Neurosurgery* 65(2): 258-266, 2009
24. Krishna C, Sonig A, Natarajan SK, Siddiqui AH: The expanding realm of endovascular neurosurgery: Flow diversion for cerebral aneurysm management. *Methodist Debakey Cardiovasc J* 10(4): 214-219, 2014
25. Lee SJ, Cho YD, Kang HS, Kim JE, Han MH: Coil embolization using the self-expandable closed-cell stent for intracranial saccular aneurysm: A single-center experience of 289 consecutive aneurysms. *Clin Radiol* 68: 256-263, 2013
26. Linzey JR, Griaudez J, Guan Z, Bentley N, Gemmete JJ, Chaudhary N, Thompson BG, Pandey AS: Stent-assisted coiling of cerebrovascular aneurysms: Experience at a large tertiary care center with a focus on predictors of recurrence. *J Neurointerv Surg* 9(11): 1081-1085, 2017
27. Lubicz B, Van der Elst O, Collignon L, Mine B, Alghamdi F: Silk flow-diverter stent for the treatment of intracranial aneurysms: A series of 58 patients with emphasis on long-term results. *AJNR Am J Neuroradiol* 36(3): 542-546, 2015
28. Lylyk P, Miranda C, Ceratto R, Ferrario A, Scrivano E, Luna HR, Berez AL, Tran Q, Nelson PK, Fiorella D: Curative endovascular reconstruction of cerebral aneurysms with the pipeline embolization device: The Buenos Aires experience. *Neurosurgery* 64(4): 632-642, 2009
29. Ma J, You Z, Peach T, Byrne J, Rizkallah RR: A new flow diverter stent for direct treatment of intracranial aneurysm. *J Biomech* 48(16): 4206-4213, 2015
30. Morris P: *Practical neuroangiography*. Üçüncü baskı, Baltimore: Williams and Wilkins, 2013: 249-290
31. Nelson PK, Lylyk P, Szikora I, Wetzels SG, Wanke I, Fiorella D: The pipeline embolization device for the intracranial treatment of aneurysms trial. *AJNR Am J Neuroradiol* 32: 34-40, 2011
32. Papagiannaki C, Spelle L, Januel AC, Benaissa A, Gauvrit JY, Costalat V, Desal H, Turjman F, Velasco S, Barreau X, Courtheoux P, Cognard C, Herbreteau D, Moret J, Pierot L: WEB intrasaccular flow disruptor-prospective, multicenter experience in 83 patients with 85 aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol* 35(11): 2106-2111, 2014
33. Pierot L, Spelle L, Vitry F: Clinical outcome of patients harbouring unruptured intracranial aneurysms treated by endovascular approach: Results of the ATENA trial. *Stroke* 39: 2497-2504, 2008
34. Pierot L, Leclerc X, Bonafé A, Bracard S: Endovascular treatment of intracranial aneurysms with matrix detachable coils: midterm anatomic follow-up from a prospective multicenter registry. *AJNR Am J Neuroradiol* 29: 57-61, 2008
35. Pierot L, Spelle L, Leclerc X, Cognard C, Bonafé A, Moret J: Endovascular treatment of unruptured intracranial aneurysms: Comparison of safety of remodeling technique and standard treatment with coils. *Radiology* 251: 846-855, 2009
36. Pierot L, Cognard C, Anxionnat R, Ricolfi F, for the CLARITY group: The remodelling technique for endovascular treatment of ruptured intracranial aneurysms is more efficacious than standard coiling with a similar safety. *Radiology* 258: 546-553, 2011
37. Pierot L, Liebig T, Sychra V, Kadziolka K, Dorn F, Strasilla C: Intrasaccular flow disruption: A new endovascular approach for the treatment of intracranial aneurysms. Results of a preliminary clinical evaluation in a multicenter series. *AJNR Am J Neuroradiol* 33: 1232-1238, 2012
38. Pierot L, Wakhloo AK: Endovascular treatment of intracranial aneurysms. Current status. *Stroke* 44(7): 2046-2054, 2013
39. Rezek I, Mousan G, Wang Z, Murad MH, Kallmes DF: Coil type does not affect angiographic follow-up outcomes of cerebral aneurysm coiling: A systematic review and meta-analysis. *AJNR Am J Neuroradiol* 34(9): 1769-1773, 2013
40. Robert WH, Robert H: *Rosenwasser Interventional Neuroradiology*, Florence: CRC Press, 2008: 161-183
41. Sadasivan C, Cesar L, Seong J, Rakian A, Hao Q, Tio FO, Wakhloo AK, Lieber BB: An original flow diversion device for the treatment of intracranial aneurysms: Evaluation in the rabbit elastase-induced model. *Stroke* 40: 952-958, 2009
42. Schneider PA: *Endovascular Skills*, üçüncü baskı, New York: Informa Healthcare, 2008: 446-448
43. Serafin Z, Di Leo G, Patys A, Nowaczewska M, Beuth W, Sardanelli F: Follow-up of cerebral aneurysm embolization with hydrogel embolicsystem: Systematic review and meta-analysis. *Eur J Radiol* 84(10): 1954-1963, 2015
44. Serbinenko FA: Balloon catheterization and occlusion of major cerebral vessels 1974. *J Neurosurg* 107(3): 684-705, 2007
45. Shapiro M, Becske T, Sahlein D, Babb J, Nelson PK: Stent-supported aneurysm coiling: A literature survey of treatment and follow-up. *AJNR Am J Neuroradiol* 33: 159-163, 2012
46. Strauss I, Maimon S: Silk flow diverter in the treatment of complex intracranial aneurysms: A single-center experience with 60 patients. *Acta Neurochir (Wien)* 158: 247-254, 2016
47. Szikora I, Berentei Z, Kulcsar Z, Marosfoi M, Vajda ZS, Lee W, Berez A, Nelson PK: Treatment of intracranial aneurysms by functional reconstruction of the parent artery: The Budapest experience with the pipeline embolization device. *AJNR Am J Neuroradiol* 31: 1139-1147, 2010
48. Texakalidis P, Bekelis K, Atallah E, Tjoumakaris S, Rosenwasser RH, Jabbour P: Flow diversion with the pipeline embolization device for patients with intracranial aneurysms and antiplatelet therapy: A systematic literature review. *Clin Neurol Neurosurg* 161: 78-87, 2017
49. Wakhloo AK, Lylyk P, de Vries J, Taschner C, Lundquist J, Biondi A, Hartmann M, Szikora I, Pierot L, Sakai N, Imamura H, Sourour N, Rennie I, Skalej M, Beuing O, Bonafé A, Mery F, Turjman F, Brouwer P, Boccardi E, Valvassori L, Derakhshani S, Litzenberg MW, Gounis MJ, Surpass Study Group: Surpass flow diverter in the treatment of intracranial aneurysms: A prospective multicenter study. *AJNR Am J Neuroradiol* 36(1): 98-107, 2015