



ARAŞTIRMA / RESEARCH

## Balon ya da stent yardımcı intrakranial anevrizma tedavisi stabil oklüzyonunda koil paket dansitesinin rolü

The role of coil packing density in stable occlusion of intracranial aneurysms treated with balloon or stent-assistance

Yılmaz Önal<sup>1</sup>, Murat Veliöglü<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fatih Sultan Mehmet Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Turkey

*Cukurova Medical Journal 2020;45(2):408-413.*

### Abstract

**Purpose:** Many studies are showing that coil package density (CPD) is an important predictive factor in intracranial aneurysm recurrence. In this study, we aimed to show the role of CPD in aneurysm stable occlusion according to the endovascular technique used in the treatment.

**Materials and Methods:** Retrospective analysis of 31 intracranial aneurysms in 30 patients treated with the balloon or stent-assisted coil embolization was made between 2018-2019. After the treatment, Raymond-Roy classification was used for aneurysm occlusion assessment. AngioCalc cerebral and peripheral aneurysm calculator was used for the assess packing density of the treated aneurysms.

**Results:** Thirty-one intracerebral aneurysms in 30 patients were included in the study. The number of aneurysms with balloon-assisted coil embolization was 18, while the number of aneurysms with stent-assisted embolization was 13. Recanalization was detected in the control image of 38.8% of patients in the balloon group and 7.7% of patients in the stent group. In our study, mortality was not observed, and the morbidity rate was 3.3%.

**Conclusion:** CPD is a significant factor in providing Raymond-Roy Class 1 aneurysm occlusion. However, as the aneurysm volume increases in size, it becomes difficult to achieve high CPD, which increases the risk of recanalization. Studies with a larger patient group could show that the use of stents reduces the risk of recurrence in aneurysms treated with stent assistance.

**Keywords:** Intracranial aneurysm, coil, coil package density, embolization

### Öz

**Amaç:** Koil paket dansitesinin (KPD) intrakraniyal anevrizma nüksünde önemli bir prediktif faktör olduğu ile ilgili birçok çalışma vardır. Çalışmamızda KPD yoğunluğunun tedavide kullanılan endovasküler teknığe göre, anevrizma stabil oklüzyonundaki rolünü göstermeyi amaçladık.

**Gereç ve Yöntem:** 2018-2019 tarihleri arasında balon ya da stent yardımcı koil embolizasyon ile tedavi edilmiş anevrizmaların retrospektif analizi yapıldı. Tedavi sonrası anevrizma oklüzyon değerlendirilmesinde Raymond-Roy sınıflaması, anevrizmaların paketleme yoğunluğu için ise AngioCalc serebral ve periferik anevrizma hesaplayıcısı kullanıldı.

**Bulgular:** Çalışmaya 30 hastadaki 31 intraserebral anevrizma dahil edildi. Balon yardımcı koil embolizasyon yapılan anevrizma sayısı 18 iken, stent yardımcı embolizasyon yapılan anevrizma sayısı ise 13 idi. Yapılan kontrol görüntüleme balon yardımcı kullanılan hastaların %38.8'inde, stent yardımcı kullanılan hastaların ise %7.7'sinde rekanalizasyon saptandı. Çalışmamızda mortalite izlenmemiş olup, morbidite oranı %3.3 idi.

**Sonuç:** KPD yoğunluğu, Raymond-Roy Class 1 anevrizma oklüzyonu sağlamak için oldukça önemli bir faktördür. Bununla birlikte, anevrizma hacmi arttıkça, yüksek KPD sağlamak zorlaşmakta ve bu durum rekanalizasyon riskini arttırmaktadır. Daha büyük hasta grupları ve daha uzun süreli takipler ile yapılacak çalışmalar, stent yardımcı tedavi edilen anevrizmalarda, stent kullanımının da nüks riskini azalttığını gösterilebilir.

**Anahtar kelimeler:** İntrakranial anevrizma, koil, koil paket dansitesi, embolizasyon

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Dr. Yılmaz Önal, Fatih Sultan Mehmet Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Turkey E-mail: dronalymlz@gmail.com  
Geliş tarihi/Received: 16.02.2020 Kabul tarihi/Accepted: 06.03.2020 Çevrimiçi yayın/Published online: 17.05.2020

## GİRİŞ

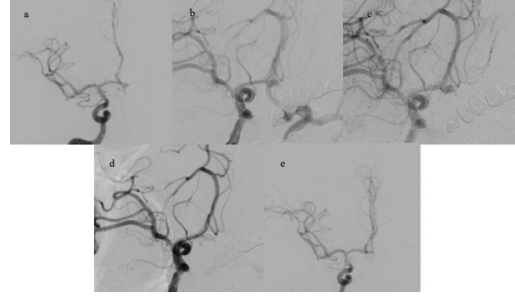
1990'lerden beri serebral anevrizmaların endovasküler tedavisinde belirgin ilerleme kaydedilmiştir. Kullanılan malzemelerdeki gelişmelerle kompleks yapıdaki birçok anevrizma dahi endovasküler yolla tedavi edilebilir hale gelmiştir. Yine de malzeme bazındaki teknolojik gelişmelere rağmen, büyük çaplı (> 10 mm) anevrizmalar, geniş boyunlu ve fusiform konfigürasyon terapötik zorluklara (nüks, morbidite-mortalite) neden olmaktadır<sup>1-2</sup>. Ayrıca rekanalizasyon endovasküler tedavinin en büyük problemlerinden biridir ve maalesef bu rekanalizasyon yeniden tedavi gerektirecek düzeyde olabilmektedir. Rekanalizasyon riskini arttıran etkenlerle ilgili yapılan birçok çalışmada anevrizmanın mümkün olduğu kadar koil ile doldurulmasının nüksü azaltan önemli bir faktör olduğu belirtilmiştir<sup>3-5</sup>. Koil embolizasyonunda yoğunluğu değerlendirmek için yararlı bir sayısal indeks, kullanılan koillerin hacminin yüzde olarak ifade edilen anevrizma hacmine bölünmesiyle hesaplanan koil dansite yoğunluğudur<sup>6-7</sup> (koil hacmi/anevrizma hacmi × 100 %). Biz çalışmamızda iki farklı teknikte (balon ya da stent yardımlı embolizasyon) tedavi ettiğimiz serebral anevrizma hastalarındaki rekanalizasyonda, KPD'nin tedavide kullanılan tekniğe göre etkisini göstermek istedik.

## GEREÇ VE YÖNTEM

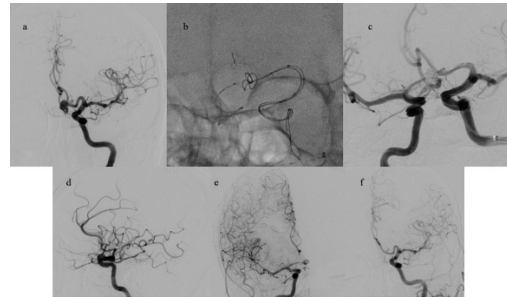
Çalışmamıza 2018-2019 tarihleri arasında, rüptüre olmamış intrakranial anevrizma nedeniyle başvurmuş ve endovasküler tedavi yapılmış 30 hasta dahil edildi. Çalışmanın etik onayı Fatih Sultan Mehmet Eğitim ve Araştırma Hastanesi Bilimsel Kurulundan 26.11.2019 tarihli toplantıda 17073117.050.06.E314 sayılı karar ile alınmıştır. Ayrıca tüm hastalardan aydınlatılmış onam belgesi alınmıştır.

Hastalara ait demografik özellikler ve risk faktörleri (hipertansiyon, komorbid hastalıklar, sigara, aile öyküsü) ile anevrizmalara ait özellikler (lokalizasyon, boyut, boyun özelliği, şekli, ana damarla ilişki) ve tedavi şekli (balon ya da stent yardımlı embolizasyon) hastanemiz arşiv sisteminden retrospektif toplandı. Hastaların peri-postoperatif komplikasyonları ile 6.ay kontrol anjiyo görüntüleri ve modified Rankin Scale (mRS) skorları not edildi. KPD, anevrizmanın şekli ve boyutu ile koillerin tipi ve boyutuna bağlı olarak AngioCalc uygulaması kullanılarak hesaplandı. Angiografik değerlendirmede, sonuçların daha

objektif olabilmesi açısından, digital subtraction angiography (DSA) kullanıldı. Postoperatif alınan ilk kontrol görüntüde de, kontrol 6.ay görüntüde de anevrizma oklüzyonu Raymond-Roy oklüzyon sınıflamasına göre sınıflandırıldı.



Şekil 1. 57 yaşında erkek hasta, Acom arter düzeyinde anevrizma izleniyor (a). İpsilateral ve kontralateral A1-A2 segmentler korunacak şekilde her iki ön serebral arterden (ACA) balon yerleştirilerek (b), ayrı bir mikrokateter ile anevrizma kateterize edildi (c). İşlem sonrası alınan son görüntüde anevrizmada Raymond-Roy Class 1 oklüzyon sağlandığını (d), 6.ay kontrol görüntüde ise stabil oklüzyonun devam ettiğini görüyoruz (e).



Şekil 2. 63 yaşında kadın hastada Acom arter düzeyinde geniş boyunlu kompleks yapıda anevrizma izleniyor (a). Her iki taraf ACA A2 segmentlerin korunması için sağ A1 segmentten A2 segmente doğru geçici olarak parsiyel Elvis junior stent, sol taraf içinse Leo baby stent tercih edildi (b). Anevrizmanın koillenmesi sonrası, sağ taraftan parsiyel açılan Elvis junior toplandı, soldan açılan Leo baby 2.5x25mm stent ise apozisyon tam olacak şekilde açıldı (c). İşlem sonrası alınan lateral görüntüde anevrizmaya ait dolum izlenmedi (d). 6. ay her iki ICA'dan alınan kontrol görüntülerde, anevrizma stabil oklüzyonunun devam ettiği, soldan implante edilen stentin de açık olduğunu görüyoruz (e, f).

## Endovasküler tedavi

Çalışmaya dahil edilen hastaların hepsinde anevrizmalar insidental olarak saptanmış olup, hiç birinde kanama öyküsü yoktu. 30 hastadaki 31 anevrizma endovasküler yolla, balon ya da stent yardımcı koil embolizasyonu ile tedavi edildi. Geniş boyunlu anevrizması bulunan ve stent yardımcı embolizasyon düşünülen tüm hastalara en az 1 hafta önceden 75mg Plavix ve 300mg Aspirin başlandı ve tedavi öncesi, klopidogrel direnç testi (VerifyNow P2Y12 assay; Accumetrics, San Diego, California) yapıldı. Tüm girişimler genel anestezi altında ve femoral yoldan yapıldı. Femoral arter ponksiyonu sonrası sistemik antikoagülasyona 5000IU heparin infüzyonu ile başlandı ve aPTT normalin 1.5-2 katı olacak şekilde saatlik heparin infüzyonuna devam edildi. Hastanın vasküler anatomisine göre, 7F guiding katater (Cordis Corporation, Hialeah, FL, USA) ya da destination sheath-distal akses kateter kombinasyonu (Terumo Corporation, Tokyo, Japan - Navien, Medtronic, Irvine, California, USA) internal karotis arterde konumlandırıldı.

### Balon yardımcı koil embolizasyon

Nispeten dar boyunlu anevrizmalarda tedavide tek lümenli (Hyperform; ev3, Irvine, USA) ya da çift lümenli balon (Sceptor Xc; MicroVention Terumo, Tustin, CA) yardımcı koil embolizasyon kullanıldı. Anevrizma ayrı bir mikrokateter ile koillenirken, ana damara herhangi bir sarkma olmadığını kontrol etmek için, her koil sonrası balon inilerek kontrol görüntü alındı. Tüm hastalarda 1 balon kullanıldı. Sadece ön kominikan (Acom) arter anevrizması bulunan bir hastada her iki dal da birer balon ile korunarak, çift balon yardımıyla, embolizasyon yapıldı (Şekil 1). İşlem sonrası hastalara ek bir medikasyon önerilmedi.

### Stent yardımcı koil embolizasyon

Tedavide kullanılan stentlerin hepsi düşük profilli örgülü stent idi. (Leo baby: Balt, Montmorency, France; Elvis junior: Microvention, Tustin, California, USA). Stent, hastaların bir kısmında 0.17inç mikrokateterden (Echelon; Medtronic, Inc., Minneapolis, MN, USA) bir kısmında ise çift lümenli balon (Sceptor Xc; MicroVention Terumo, Tustin, CA) içerisinden açıldı. Ayrı bir mikrokateter ile de anevrizma koil ile embolize edildi (Şekil 2). İşlem sonrası hastalara 6 ay çift antiplatelet, kontrol DSA'da belirgin intimal hiperplazi olmaması durumunda ise sadece aspirin ile tedavi devamı önerildi.

## İstatistiksel analiz

Çalışma hastalarına ait karakteristikler ve kategorik değişkenler oran, sürekliliği olan değişkenler ise ortalama ya da medyan olarak ifade edildi. Gruplar arasında değişkenlerin karşılaştırılmasında non-parametrik Mann-Whitney U-testi ya da parametrik independent samples t- test, kategorik verilerin karşılaştırılmasında ise Ki kare (chi-square) ve Fisher exact testi kullanıldı. Tüm istatistiksel analiz için, p değeri <0,05 anlamlı kabul edildi. Analiz için SPSS (versiyon 20.0; SPSS Inc, Chicago, IL) istatistik paketi kullanıldı.

## BULGULAR

Çalışmaya 30 hastadaki (18K/12E; ortalama yaş: 55.6 yıl, dağılım: 39-74 yıl) 31 anevrizma dahil edildi. Hastaların demografik özelliklerinin yanı sıra, anevrizmalara ait özellikler ile tedavi ve nüks durumları Tablo 1'de özetlenmiştir. Tedavi edilen anevrizmaların 4'ü internal karotis arter (ICA), 9'u orta serebral arter (MCA), 16'sı ön kominikan arter (Acom), 1'i baziler arter, 1'i ise arka serebral arter (PCA) yerleşimli idi. PCA yerleşimli disekan karakterdeki anevrizma hariç, anevrizmaların hepsi sakküler tarzdaydı. Anevrizmaların 18'inde balon, 13'ünde stent yardımıyla koil embolizasyon yapıldı. Balon yardımıyla tedavi edilen hastaların %38.8'inde, stent yardımıyla tedavi edilen hastaların ise %7.7'sinde rekanalizasyon saptandı. Rekanalizasyon saptanan hastalarda ortalama KPD 11,3±5,4 iken rekanalizasyon saptanmayan hastalarda ise 22,4±10,8 idi. Bulgularımız KPD'si yüksek olan grupta rekanalizasyon olmaması bakımından literatür ile uyumluydu. Sağ MCA bifurkasyon anevrizması nedeniyle stent yardımcı embolizasyon yaptığımız 1 hastada komplikasyon gelişti. Post-op 7. günde acil servise taraf bulguları ve dizartri ile başvuran hastanın yapılan görüntülemesinde, sağ hemisfer MCA sulama alanında akut difüzyon kısıtlılığı saptanması nedeniyle acil olarak DSA yapıldı. Alınan görüntülerde stentin olduğu trunkusun oklude olduğu, M1 segmentteki stent lümeni içerisinde de trombüs ile uyumlu dolmuş defektleri saptandı. Bunun üzerine stent proksimaline, Sofia 6F (Microvention, Tustin, California, USA) distal erişim katateri çıkarılarak aspirasyon yapıldı ve eş zamanlı hastaya iv tirobifan enjeksiyonu yapıldı. Ardından alınan kontrol görüntülerde, hem MCA trunkusunda hem de proksimaldeki stent lümeninde tam açıklığı sağlandığı izlendi.

**Tablo 1. Hastaların demografik özellikleri, anevrizmalara ait özellikler ve tedavi sonrası nüks durumları**

	Nüks (+) (n=8)	Nüks (-) (n=23)	p değeri
Yaş (yıl)	52±10,8	56,6±9,6	0.308
Cinsiyet (K/E)	4/4	14/9	0.592
Lokalizasyon			0.739
ACOM	4	12	
MCA	2	7	
ICA	2	2	
Baziller	0	1	
PCA	0	1	
Volüm (mm <sup>3</sup> )*	143,9	113,1	0.339
Packing (%)	11,3±5,4	22,4±10,8	<b>0.001</b>
Balon /Stent (n)	7/1	11/12	0.05

\*Medyan değer olarak ifade edildi.

## TARTIŞMA

Guglielmi kopabilen koillerin geliştirilmesinden sonra intrakranial anevrizmaların endovasküler tedavisinde ciddi mesafe katedilmiştir<sup>8-9</sup>. Koilleme, akım stazı oluşturarak, bunun sonucunda trombozu indükleyerek ve keseyi tıkayarak anevrizmayı serebral dolaşımdan devre dışı bırakır. Bununla birlikte koil embolizasyonlarında sürekli gelişebilecek rekanalizasyon riski, klip cerrahisine göre endovasküler tedavinin major dezavantajıdır. Öyle ki rüptüre anevrizmada rekanalizasyon bazen tekrar kanamaya dahi neden olabilir<sup>10</sup>. Rüptüre olmamış anevrizmalarda ise uzun süreli radyolojik takip gerektirir. Embolizasyon sonrası rekanalizasyonun, bağımsız prediktörleri olup olmadığını belirlemek için çeşitli klinik ve morfolojik risk faktörleri araştırılmıştır. Bununla birlikte, çok değişkenli analizlerin kullanılmasına rağmen, yapılan çalışmaların sonuçları farklılık göstermektedir. Yine de belirtilen önemli faktörler arasında büyük anevrizma boyutu, boyun genişliği, stent kullanılmaması, düşük KPD, arka sistem anevrizmaları ve daha uzun takip süreleri bulunmaktadır<sup>11-15</sup>.

Stent yardımcı koil embolizasyon, serebral anevrizma tedavisinde çok sık kullanılan endovasküler bir teknik olup, etkinliği ve güvenilirliği birçok çalışmada gösterilmiştir<sup>16-17</sup>. Stent teknolojisinin gösterdiği gelişme sayesinde, geniş boyunlu ve kompleks anevrizmalar dahi endovasküler yolla tedavi edilebilir hale gelmiştir. Ayrıca stent yardımcı koil embolizasyon yapılan anevrizmalarda, stentlerin akım düzenleme etkisinden dolayı, sadece koilleme yapılan anevrizmalara göre daha uzun süreli oklüzyon

sağlandığı bildirilmiştir<sup>18-19</sup>. Tosello ve arkadaşlarının<sup>20</sup> rüptüre olmamış 49 anevrizma ile stent yardımcı embolizasyon yaptığı çalışmada, hastaların %38.7'sinde işlem sonunda tam oklüzyon sağlanmış. İşlem sonunda tam oklüzyon sağlanamayan 30 anevrizmanın ise %80'inde takipte tam oklüzyon geliştiğini görmüşler ve stentlerle tedavi edilen geniş boyunlu anevrizmalarda tam oklüzyon için gerekli olan KPD'nin, stentsiz olanlardan daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Biz çalışmamızdaki 11 hastada stent yardımcı embolizasyon yaptık. Kullanılan stentlerin hepsi örgülü stent yapısındaydı. Örgülü stentlerin kısmı akım çevirici özelliği bulunmakta olup, aslında rekanalizasyonu kendi başına engellemede etkili olduğuyla ilgili birçok çalışma vardır<sup>21-22</sup>. Ancak çalışmamızda anevrizmalardaki rekanalizasyonun önlenmesinde stent kullanımı tek başına anlamlı çıkmadı (p=0.05). Bu durum stent kullanılan hasta sayısının azlığından kaynaklanıyor olabilir.

Sluzewski ve arkadaşları<sup>11</sup> 145 serebral anevrizma üzerinde yaptıkları çalışmada, anevrizmaları 3 gruba bölmüşler; hacmi 100 mm<sup>3</sup>'ten küçük, 100-600 mm<sup>3</sup> arasında ve 600 mm<sup>3</sup>'ten büyük olanlar. Hacmi > 600 mm<sup>3</sup> olan anevrizmalarda, KPD'yi düşük bulmuşlar (ortalama %16.7) ve sıklıkla koil kompaksiyonu görmüşler (> %80). % 24 veya daha fazla KPD'si olan büyük anevrizmalarda ise herhangi bir kompaksiyon izlenmemiş. Bu nedenle yaptıkları çalışmada büyük hacimli anevrizmalarda her ne kadar dens koilleme zor olsa da, kompaksiyonu önlemek için anevrizma hacmi ne kadar büyükse KPD'nin de o kadar yüksek olması gerektiğini göstermişlerdir. Bizim çalışmamızda 5 hastada anevrizma hacmi 600'un üzerindeydi ve ortalama KPD %6.41 idi.

Hastalarımızdaki düşük KPD'nin sebebi 3'ünde anevrizma hacminin 1000mm<sup>3</sup>'ün üzerinde olması olabilir. Bu 5 hastanın 4'ünde anevrizmanın kontrol görüntülemesinde rekanalizasyon izlenmiş olup, nüks olmayan hastadaki KPD oranı %13.25 idi ve bu hastada stent yardımcı (Leo baby 2.5x30mm) embolizasyon yapılmıştı.

Hidrojel kaplı koillerin, platinyum kaplı koillerle karşılaştırıldığı 24 merkezin dahil olduğu randomize kontrollü çalışmada<sup>23</sup>, 499 hasta çalışmaya dahil edilmiş ve 249 serebral anevrizmada hidrojel kaplı koil, 250 anevrizmada ise standart platinyum koil kullanılmış. Hidrojel koil kullanımının geç anevrizma rüptürünü azaltıp azaltmadığı veya uzun vadeli klinik sonuçları iyileştirip iyileştirmediği net olmasa da, kullanımlarının majör rekanalizasyonu önlediklerini belirtmişlerdir. Biz çalışmamızda kost-efektivite nedeniyle hidrojel koil hiç kullanamadık, tüm hastalarımızda standart platinyum koil kullanıldı.

Hasta sayımızın azlığı ve kontrollerimizin daha uzun dönemi içermemesi yazımızın en önemli limitasyonuydu. Balon yardımcı ya da stent yardımcı embolizasyon yapılan gruplar arasındaki okluzyon stabilitesinde sadece koil paket dansitesinin önemli olup, tedavi tekniğinin anlamlı farklılık yaratmaması yine hasta sayısının azlığından kaynaklanmış olabilir. Ayrıca daha uzun süreli takipler, rekanalizasyon açısından daha sağlıklı bilgiler verebilirdi. Kontrol DSA görüntü değerlendirmelerinin, tedaviyi yapan operatörler tarafından yapılması da yazımızın diğer limitasyonuydu.

Serebral anevrizmalarda tedavisi sonrası nüks multifaktöryeldir ve düşük KPD majör faktörlerden bir tanesidir<sup>5,24</sup>. Endovasküler tedavi sonrası rekanalizasyonlarda, KPD kadar önemli başka faktörler daha büyük hasta grupları ve daha uzun süreli takiplerle gösterilebilir.

**Yazar Katkıları:** Çalışma konsepti/Tasarımı: YÖ, MV; Veri toplama: YÖ; Veri analizi ve yorumlama: YÖ, MV; Yazı taslağı: YÖ; İçeriğin eleştirel incelenmesi: MV; Son onay ve sorumluluk: YÖ, MV; Teknik ve malzeme desteği: -; Süpervizyon: YÖ; Fon sağlama (mevcut ise): yok.

**Etik Onay:** Çalışmanın etik onayı Fatih Sultan Mehmet Eğitim ve Araştırma Hastanesi Bilimsel Kurulundan 26.11.2019 tarihli toplantıda 17073117.050.06.E314 sayılı karar ile alınmıştır.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemişlerdir.

**Finansal Destek:** Yazarlar finansal destek beyan etmemişlerdir.

**Author Contributions:** Concept/Design : YÖ, MV; Data acquisition: YÖ; Data analysis and interpretation: YÖ,MV; Drafting manuscript: YÖ; Critical revision of manuscript: MV; Final approval and accountability: YÖ, MV; Technical or material support: -; Supervision: YÖ; Securing funding (if available): n/a.

**Ethical Approval:** Our study was approved by the Scientific Board of Fatih Sultan Mehmet education and Research Hospital in the meeting dated 26.11.2019 with the decision no 17073117.050.06.E314.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Conflict of Interest:** Authors declared no conflict of interest.

**Financial Disclosure:** Authors declared no financial support

## KAYNAKLAR

- Dengler J, Maldaner N, Glasker S, Endres M, Wagner M, Malzahn U et al. Outcome of surgical or endovascular treatment of giant intracranial aneurysms, with emphasis on age, aneurysm location, and unruptured aneurysms—a systematic review and meta-analysis. *Cerebrovasc Dis.* 2016;41:187–98.
- Hauck EF, Welch BG, White JA, Replogle RE, Purdy PD, Pride LG et al. Stent/coil treatment of very large and giant unruptured ophthalmic and cavernous aneurysms. *Surg Neurol.* 2009;71:19–24.
- Cognard C, Weill A, Spelle L, Piotin M, Castaing L, Rey A et al. Long-term angiographic follow-up of 169 intracranial berry aneurysms occluded with detachable coils. *Radiology.* 1999; 212:348-56.
- Murayama Y, Nien YL, Duckwiler G, Gobin YP, Jahan R, Frazee J et al. Guglielmi detachable coil embolization of cerebral aneurysms: 11 years' experience. *J Neurosurg.* 2003;98:959–66.
- Raymond J, Guilbert F, Weill A, Georganos SA, Juravsky L, Lambert A et al. Long-term angiographic recurrences after selective endovascular treatment of aneurysms with detachable coils. *Stroke.* 2003;34:1398–403.
- Kai Y, Hamada J, Morioka M, Yano S, Kuratsu JI. Evaluation of the stability of small ruptured aneurysms with a small neck after embolization with Guglielmi detachable coils: correlation between coil packing ratio and coil compaction. *Neurosurgery.* 2005;56:785–92.
- Yagi K, Satoh K, Satomi J, Matsubara S, Nagahiro S. Evaluation of aneurysm stability after endovascular embolization with Guglielmi detachable coils: correlation between long-term stability and volume embolization ratio. *Neurol Med Chir (Tokyo).* 2005;45:561–65.
- Guglielmi G, Vinuela F, Sepetka I, Macellari V. Electrothrombosis of saccular aneurysms via endovascular approach. Part 1: electro- chemical basis, technique, and experimental results. *J Neurosurg.* 1991;75:1–7.
- Guglielmi G, Vinuela F, Dion J, Duckwiler G. Electrothrombosis of saccular aneurysms via endovascular approach. Part 2: preliminary clinical experience. *J Neurosurg.* 1991;75:8–14.
- Johnston SC, Dowd CF, Higashida RT, Lawton MT, Duckwiler GR, Gress DR. Predictors of rehemorrhage after treatment of ruptured intracranial aneurysms: the cerebral aneurysm rupture after treatment (CARAT) study. *Stroke.* 2008;39:120–25.
- Sluzewski M, van Rooij WJ, Slob MJ, Bescos JO, Slump CH, Wijndal D. Relation between aneurysm volume, packing, and compaction in 145 cerebral aneurysms treated with coils. *Radiology.* 2004;231:653–58.

12. Piotin M, Spelle L, Mounayer C, Salles-Rezende MT, Giansante-Abud D, Vanzin-Santos R et al. Intracranial aneurysms: treatment with bare platinum coils-aneurysm packing, complex coils, and angiographic recurrence. *Radiology*. 2007;243:500–08.
13. Grunwald IQ, Papanagiotou P, Struffert T, Politi M, Krick C, Gül G et al. Recanalization after endovascular treatment of intracerebral aneurysms. *Neuroradiology*. 2007;49:41–7.
14. Ries T, Siemonsen S, Thomalla G, Grzyska U, Zeumer H, Fiehler J. Long-term follow-up of cerebral aneurysms after endovascular therapy prediction and outcome of retreatment. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2007;28:1755–61.
15. Chalouhi N, Jabbour P, Singhal S, Drueding R, Starke RM, Dalyai RT et al. Stent-assisted coiling of intracranial aneurysms: predictors of complications, recanalization, and outcome in 508 cases. *Stroke*. 2013;44:1348–53.
16. Geyik S, Yavuz K, Yurttutan N, Saatci I, Cekirge HS. Stent-assisted coiling in endovascular treatment of 500 consecutive cerebral aneurysms with long-term follow-up. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2013;34:2157–62.
17. Johnson AK, Munich SA, Tan LA, Heiferman DM, Keigher KM, Lopes DK. Complication analysis in nitinol stent-assisted embolization of 486 intracranial aneurysms. *J Neurosurg*. 2015;123:453–59.
18. Lawson MF, Newman WC, Chi YY, Mocco JD, Hoh BL. Stent-associated flow remodeling causes further occlusion of incompletely coiled aneurysms. *Neurosurgery*. 2011;69:598–603.
19. Piotin M, Blanc R, Spelle L, Mounayer C, Piantino R, Schmidt PJ, Moret J. Stent-assisted coiling of intracranial aneurysms: clinical and angiographic results in 216 consecutive aneurysms. *Stroke*. 2010;41:110–15.
20. Tosello RT, Batista UC, Pereira BJA, Piske RL. Packing density necessary to reach a high complete occlusion rate in circumferential Unruptured intracranial aneurysms treated with stent-assisted coil embolization. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2017;38:1973–7.
21. Iosif C, Biondi A. Braided stents and their impact in intracranial aneurysm treatment for distal locations: from flow diverters to low profile stents. *Expert Rev Med Devices*. 2019;16:237–51.
22. Akmangit, I., Aydin K, Sencer S, Topcuoglu OM, Topcuoglu ED, Daglioglu E et al. Dual stenting using low-profile LEO baby stents for the endovascular management of challenging intracranial aneurysms. *American Journal of Neuroradiology*. 2015;36:323–29.
23. White PM, Lewis SC, Gholkar A, Sellar RJ, Nahser H, Cognard C et al. Hydrogel-coated coils versus bare platinum coils for the endovascular treatment of intracranial aneurysms (HELPS): a randomised controlled trial. *Lancet*. 2011;377:1655–62.
24. Sadato A, Adachi K, Hayakawa M, Kato Y, Hirose Y. Effects of anatomic characteristics of aneurysms on packing density in endovascular coil embolization: analysis of a single center's experience. *Neurosurg Rev*. 2016;39:109–14.