

Karotis Arter Stenozunun Endovasküler Tedavisinde Kalp Damar Cerrahisi Kliniği Deneyimlerimiz

Experience of Cardiovascular Surgery
Department in the Endovascular Treatment of
Carotid Artery Stenosis

Gökhan ARSLAN,^a
Murat UĞUR,^a
İbrahim ALP,^a
Veyssel TEMİZKAN,^a
Ertürk YEDEKÇİ,^b
İsmail SELÇUK,^a
Alper UÇAK,^a
Ahmet Turan YILMAZ^a

^aKalp Damar Cerrahisi Kliniği,

^bAnesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği,
GATA Haydarpaşa Eğitim Hastanesi,
İstanbul

Geliş Tarihi/Received: 02.04.2013

Kabul Tarihi/Accepted: 20.05.2013

Yazışma Adresi/Correspondence:

Gökhan ARSLAN
GATA Haydarpaşa Eğitim Hastanesi,
Kalp Damar Cerrahisi Kliniği, İstanbul,
TÜRKİYE/TURKEY
drgokhanarslan@gmail.com

ÖZET Amaç: Karotis arter stenozlarının tedavisinde endovasküler stent implantasyonu, cerrahi açıdan yüksek riskli hastalarda ya da hasta tercihi nedeni ile uygulanabilmektedir. Biz bu makalede kalp damar cerrahisi kliniğine ait hibrid ameliyathanede uyguladığımız stent implantasyonu sonuçlarımızı bildiriyoruz. **Gereç ve Yöntemler:** Kliniğimizde Nisan 2009-Ağustos 2012 tarihleri arasında karotis arter stenozu nedeniyle 19 hastadaki 20 darlık, endovasküler olarak tedavi edildi. Hastaların %73,6 (n=14)'sı erkek olup, yaş ortalaması 68,7±8,2 yıl idi. Preoperatif hastaların 9'unda geçirilmiş serebrovasküler olay, 10'unda baş dönmesi, 1'inde amorazis fugaks semptomları mevcut olup, bir hasta ise asemptomatik idi. Hastalara lokal anestezi ile kendiliğinden genişleyen stent implantasyonu uygulandı. Bir hastada predilatasyon işlemi, üç hastada emboli önleyici filtre kullanıldı. Kontrol anjiyografi sonrası lezyonların %35 (n=7)'ine stent içi dilatasyon uygulandı. **Bulgular:** Prosedürün başarı oranı %100 olup, postoperatif dönemde bir hastaya akut stent oklüzyonu nedeniyle cerrahi olarak stent çıkarılması ve endarterektomi operasyonu, bir hastaya miyokard enfarktüsü nedeniyle sağ koroner artere stent implantasyonu uygulandı. Bir hastada sağ hemipleji, bir hastada yatış sürecinde regrese olan minör nörolojik olay gelişti. **Sonuç:** Karotis arter darlığının endovasküler tedavisi, uygun olgularda hibrid ameliyathanede uygulanabilir. Stent implantasyonu esnasında emboli önleyici filtre yerleştirilmesi ve predilatasyon uygulaması hasta segmentte manipülasyonu artırarak emboli riskini artırabilir. Stent implantasyonu ile plakları fiks ettikten sonra gerekli olgularda postdilatasyon uygulamasının nörolojik komplikasyon riskini azaltacağını düşünüyoruz.

Anahtar Kelimeler: Karotis arter darlığı; filtre; stent

ABSTRACT Objective: Endovascular procedures can be performed for the treatment of carotid artery stenosis when there is a high risk for surgery or due to patient choice. We present carotid artery stent implantation experience of the cardiovascular surgery department in the hybrid operating room. **Material and Methods:** In our department, 20 carotid artery stenosis of 19 patients were treated with endovascular procedures between April 2009 and August 2012. The mean age was 68.7±8.2 years and 73.6% (n=14) of the patients were males. Nine patients had history of cerebrovascular events. The symptoms were dizziness in ten patients and amaurosis fugax in one patient. All patients were treated using self expandable stents under local anesthesia. Predilatation was performed in one patient and embolic protection devices were used in three patients. Following control angiography, postdilatation was performed in 35% (n=7) of patients due to residual stenosis ≥ 30%. **Results:** All stenoses were successfully treated with the endovascular approach. One patient underwent operation due to acute stent occlusion. Stent implantation to the right coronary artery was done in one patient due to myocardial infarction. There were one minor neurological event and one right hemiplegia. **Conclusion:** Endovascular treatment of carotid artery may be performed in elective cases in the hybrid operating room. Usage of embolic protection devices and predilatation may increase neurological complication rates due to increased manipulation. We suppose that plaque fixation with stent implantation as the first step, and in-stent postdilatation after control angiography will decrease the neurological event rates of endovascular treatment of carotid stenosis.

Key Words: Carotid stenosis; filter; stent

doi: 10.9739/uvcd.2013-35545

Copyright © 2013 by
Ulusal Vasküler Cerrahi Derneği

Damar Cer Derg 2013;22(2):200-5

Karotis arter darlıklarının tedavisinde cerrahi endarterektomi ilk tercih olsa da, stent implantasyonu yüksek riskli hastalar için güvenilir bir alternatiftir. Uzun dönem sonuçları cerrahi tedaviye üstünlük sağlamamış olmasına rağmen, girişimsel laboratuvarların yaygınlaşması, minimal invaziv bir yöntem oluşu ve tedavi seçiminde hastanın da rol oynaması yüzünden, endovasküler uygulamaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır.^{1,2}

Stent implantasyonu sırasında embolik komplikasyon gelişme riskini azaltmak amacı ile emboli önleyici sistemler kullanılabilmektedir.³⁻⁶ Ciddi karotis arter darlıklarında manipülasyon kolaylığı açısından işlem öncesi predilatasyon uygulanabilir. Predilatasyon ve emboli önleyici sistemin yerleştirilmesi darlık olan segmentten emboli riskini arttıran prosedürlerdir. Filtre kullanılmadan mümkün olan en az manipülasyon ile stent implante edildiğinde işlemden kaynaklanan nörolojik komplikasyon riski azalır.⁷

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Kliniğimizde, Nisan 2009-Ağustos 2012 yılları arasında karotis arter stenozu nedeniyle 19 hastada 20 darlık endovasküler yöntem ile tedavi edildi. Hastaların %73,6 (n:14)'sı erkek olup, yaş ortalaması 68,7±8,2 idi (Tablo 1). Hastaların 9'unda geçirilmiş serebrovasküler olay, 10'unda baş dönmesi, birinde amorazis fugaks semptomları mevcuttu. Bir hasta asemptomatik olup koroner baypas operasyonu öncesi yapılan rutin değerlendirme ile tanı konulmuştu. Üç hastada eşlik eden koroner arter hastalığı, iki hastada periferik arter hastalığı mevcuttu.

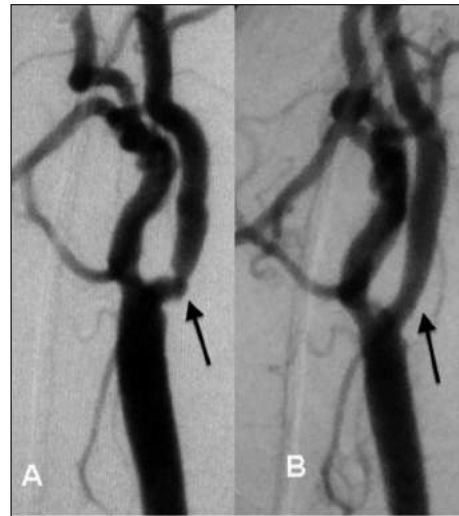
Bütün hastalara işlem öncesi manyetik rezonans (MR) anjiyografi ve Doppler ultrasonografi (USG) yapılarak lezyonun karakteri ve ciddiyeti belirlendi. Ülser lezyonlarda hastaya cerrahi tedavi önerilirken, düzgün yüzeyli lezyonlarda hastanın risk faktörleri göz önünde bulundurularak hastanın bilgilendirilmesini takiben endovasküler tedavi seçeneğine karar verildi. Son dönem böbrek yetmezliği tanısı ile takip edilen ve kreatinin değeri 1,3 mg/dl olan bir hastada, hastanın tercihi ile tek

seansta bilateral karotis artere stent implantasyonu uygulandı.

Bütün işlemler lokal anestezi ve sağ femoral arter kataterizasyonu ile uygulandı. Kılavuz tel ile karotis artere girildikten sonra selektif anjiyografi yapılarak işaretleme yapıldı. Darlık 0,014 tel ile geçildikten sonra ilk üç hastada emboli önleyici filtre yerleştirildi. Bu hastalardan birinde disartri gelişmesi sonrası, emboli önleyici filtre yerleştirmenin stenotik segmentte manipülasyon riskini arttırdığı düşüncesi ile filtre kullanılmadan vazgeçildi. Diğer hastalarda predilatasyon ve filtre uygulamadan direk olarak kendiliğinden genişleyen stent implantasyonu uygulandı (Resim 1) (Tablo 2). Yapılan kontrol anjiyografi sonrası hastaların %35'ine (n=7)

TABLO 1: Hastaların dağılımı.

Hasta sayısı	19
Müdahale edilen damar sayısı	20
Erkek	14 (%73,7)
Yaş ortalaması	68,7 ± 8,2
Filtre kullanımı	3 (%15)
Predilatasyon	1 (%5) (komplikasyon (-))
Postdilatasyon	7 (%35)



RESİM 1: Sol karotis arter anjiyografisi, (A) Endovasküler stent implantasyonu öncesi çekilen karotis anjiyografisinde sol internal karotis arterde darlık izlenmektedir (siyah ok). (B) Self-expandable nitinol stent implantasyonu sonrası çekilen anjiyografide internal karotis arterde tam açıklığın sağlandığı izlenmektedir (siyah ok).

TABLO 2: Lezyonların lokalizasyonu ve self-expandable stentler.

Lezyon	Stent markası	Stent Çapı
Sağ karotis arter stenozu	Cordis® Smart	8x30 mm
Sol karotis arter stenozu	Cordis® Smart	8x40 mm
Bilateral karotis stenozu	Sağ Cordis® Smart	6x30 mm
	Sol Cordis® Smart	6x40 mm
Sol karotis arter stenozu	Optimed® Sinus Carotid	6x30 mm
Sol karotis arter stenozu	Abbott® Xact	8-6x30 mm
Sağ karotis arter stenozu	Cordis® Smart	7x30 mm
Sağ karotis arter stenozu	Abbott® Xact	7x30 mm
Sol karotis arter stenozu	Abbott® Xact	8-6x40 mm
Sağ karotis arter stenozu	Abbott® Xact	9-7x30mm
Sağ karotis arter stenozu	Abbott® Xact	9-7x30 mm
Sağ karotis arter stenozu	Abbott® Xact	8x6x30 mm
Sağ karotis arter stenozu	Ev3® Protoge	8-7x40 mm
Sol karotis arter stenozu	Abbott® Xact	8-6x40 mm
Sol karotis arter stenozu	Abbott® Xact	8-6x30 mm
Sol karotis arter stenozu	Abbott® Xact	8-6x30 mm
Sağ karotis arter stenozu	Abbott® Xact	8-6x30 mm

%30'dan fazla rezidü darlık nedeni ile postdilatasyon uygulandı.

Preoperatif kullandıkları antiagregan tedavi kesilmeyen hastalara işlem öncesi 300 mg klopidogrel verildi. Stent implantasyonunu takiben 100 mg asetik salisilik asit verilen ve 6 saat süre ile heparin perfüzyonu uygulanan hastalara, heparin perfüzyonu bittikten sonra 3 gün süre ile düşük molekül ağırlıklı heparin tedavisi uygulandı. Postoperatif 1. günden itibaren klopidogrel ve asetil salisilik asit (100 mg) ile ikili antiagregan tedavi başlandı.

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Bu çalışmada sürekli değişkenler ortalama $\pm$ standart sapma olarak gösterildi. Kategorik değişkenler ise frekans ve yüzde şeklinde verildi. Tüm değişkenler Microsoft Excel "2010" programında değerlendirildi.

BULGULAR

Bir hastada işlemi takiben postoperatif birinci saatte ani gelişen disartri ve şuur kaybı nedeniyle yapılan klinik Doppler USG değerlendirmesinde akut

stent oklüzyonu tespit edilmesi üzerine stent cerrahi olarak çıkarılarak, endarterektomi operasyonu uygulandı. İşlem öncesi filtre uygulanan bir hastada hastane periyodunda regrese olan disartri gelişti. Filtre ve predilatasyon uygulanmayan fakat postdilatasyon uygulanan bir hastada sağ hemipleji gelişti. Bir hastada postoperatif birinci gün miyokard enfarktüsü (MI) tanısı ile yapılan koroner anjiyografi sonrası, sağ koroner artere stent implante edildi (Tablo 3). Böbrek yetmezliği tanısı olan ve bilateral karotis artere stent implantasyonu uygulanan; preoperatif kreatinin değeri 1,3 mg/dl, taburcu kreatinin değeri 0,9 mg/dl olan bir hastada ise postoperatif 6. ayda kısa süreli diyaliz gerektiren böbrek yetmezliği gelişti.

TARTIŞMA

Semptomatik karotis arter darlığında stent implantasyonu ile işlem sırasındaki inme ve ölüm riski %61 artmaktadır.⁸ Bu nedenle günümüzde karotis endarterektomi semptomatik ve yüksek dereceli karotis arter hastalığının tedavisinde altın standart olmakla birlikte, karotis stent implantasyonu cerrahi yönden riskli karotis darlıklarında, tecrübeli kişilerce düşük riskle uygulanabilir.^{8,9} Stent implantasyonu; cerrahi riski yüksek olan hastalarda daha az invaziv olması, sinir hasarı ve yara yeri komplikasyon riskinin azlığı nedeni ile tercih edilmektedir.^{2,10} Restenoz, kontralateral laringeal sinir hasarı, yüksek seviyeli ya da infraklavikular lezyon, stenozun radyasyon nedeni oluşması, radikal boyun diseksiyonu hikayesi, endarterektomi sonrası restenoz, kronik obstrüktif akciğer hastalığı, son bir ay içinde MI hikayesi, konjestif kalp yetmezliği, düşük ejeksiyon fraksiyonu bulunması durumunda stent implantasyonu öncelikli olarak uygulanabilir.⁸ Ciddi kalsifikasyon, ip işareti (strign sign) lez-

TABLO 3: Stent implantasyonu sonrası gelişen komplikasyonlar.

Mortalite	0
Akut miyokard infarktüsü1	
Akut stent içi tromboz	1
Major nörolojik olay	1
Minör nörolojik olay	1

yon, tip 3 arkus aorta, tortuoze yapıda karotis arter, ülser ve lümen içi trombüs varlığında ise stent implantasyonu kontrendikedir.¹¹ Asemptomatik hastalarda ise güncel medikal tedavi yöntemleri ile inme riski çok düşük olduğundan, girişimsel yöntemlere yönelik çalışmalar vaka sayısının azlığı nedeniyle bir öngöründe bulunmaya yeterli değildir.⁸ Restenoz riski endovasküler tedavide cerrahiye oranla daha yüksek olarak bulunmuştur.¹² Karotis arter darlığının tedavisinde erken dönemdeki minör inme riski ve yüksek restenoz nedeniyle, stent tedavisi cerrahinin yerine düşünülemez.¹³

Günümüzde tedavi stratejinin belirlenmesinde aktif rol alan hastalar sıklıkla minimal invaziv prosedürleri tercih etmektedir. Karotis arter darlığının tedavisinde de altın standart olan cerrahi yöntem yerine genel anesteziden kaçınmak için hastalar stent implantasyonunu tercih edebilmektedir. Randomize olmayan fakat hasta ve doktorun tedavi seçeneğine birlikte karar verdiği çalışmada, 30 günlük ve 4 yıllık takip periyodunda ölüm ve strok oranları her iki tedavi yönteminde benzer bulunmuştur.¹ İşlem sonrası ilk 30 günde 7 günden kısa süren minor inme stent uygulanan hastalarda daha fazla olmasına rağmen, majör inme ve mortalite açısından erken ve uzun dönemde cerrahi ve stent arasında fark saptanmamıştır.¹³ Bununla beraber son çalışmalarda 70 yaş üzerindeki semptomatik ve asemptomatik hastalarda stent implantasyonu artmış strok riski ile ilişkili olarak bildirilmiştir.^{1,2,8} Stent implantasyonu ile 70 yaş altında 30 günlük inme riski %5,3 iken, bu oran 70 yaş üzerinde %10,5'e kadar yükselmektedir. Bütün bu veriler ışığında stent implantasyonu 70 yaş altında yüksek riskli semptomatik hastalarda önerilmektedir.¹

Karotis arter stent implantasyonu sonrası emboli en korkulan komplikasyon olup, diseksiyon, embolik olmayan serebral iskemik, hiperperfüzyon ve giriş yerine bağlı komplikasyonlar da görülebilmektedir. Stent implantasyonu esnasında kılavuz telin arkus dallarına girmesi, kılavuz kataterin kommon karotis artere yerleştirilmesi, darlığın geçilme periyodu, balon dilatasyon ve stent implantasyon aşamaları embolik olay gelişmesi bakımından risk faktörleridir. Ciddi karotis darlıklarında filtrenin

ve stent taşıyıcı sisteminin hastalıklı segmetten geçmesi için predilatasyon uygulanabilir. Bu manevra sadece filtre ya da stent uygulamasına oranla daha yüksek inme riski taşır.¹¹ Aynı zamanda hipotansiyon ve bradikardi riski taşıyan predilatasyon işleminin uygulanmaması, işlem sırasındaki komplikasyon riskini azaltacaktır. Stent implantasyonu sonrası yapılan difüzyon MR incelemede stent replasmanı sonrası iskemik lezyon riski üç kat fazla bulunmuştur.¹⁴ Karotis stent implantasyonu sonrası çekilen difüzyon MR'da hastaların %70'inde serebral mikroemboli tesbit edilmesine rağmen, bu oran endarterektomi grubunda sıfır olarak bulunmuştur.

Karotis arter hastalığının endovasküler tedavisinde prosedür sırasındaki komplikasyon riskini azaltmak için distal oklüzyon, distal filtre ya da proksimal oklüzyon şeklinde emboli önleyici sistemler bildirilmiştir.⁵ Fakat emboli önleyici filtre uygulaması da nörolojik komplikasyon gelişme riskini cerrahiden daha alt seviyeye indirmemiştir.¹⁵ CREST çalışmasında distal koruyucu sistemlerin postoperatif strok riskini azalttığı bildirilmiş olsa da, SPACE çalışmasında ise emboli önleyici sistemin avantajı bulunamamıştır.^{1,2} 2011 yılında yapılan bir çalışmada koruyucu sistem kullanılarak stent implantasyonu uygulanan hastaların %6,8'inde semptomatik iskemik olay, %15,4'ünde difüzyon MR'da hemisferik lezyon tespit edilirken, filtre kullanılmayan hastalarda bu oran sırasıyla %2,9 ve %18,8 olarak bulunmuştur. Bu hastalarda serebral mikroembolilerin %36'sı bilateral iken, %16'sı kontralateral segmentte gelişmiştir.¹⁰ Başka bir çalışmada ise filtre kullanımı sonrası difüzyon MR'da mikroembolizasyon daha yüksek bulunmuşsa da (%29'a karşın %18) bu çalışmada sadece 30 hasta bulunduğu için, aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.⁸ Stent implantasyonu sonrası difüzyon MR'da değişiklik gözlenen olguların %45'inde kontralateral karotis veya vertebrobaziler sistemde (sıklıkla ipsilateral lezyona ilave olarak) değişiklik gözlenmesi, embolinin stent implantasyonu öncesi dönemde geliştiğini düşündürmektedir. Filtre yerleştirme esnasında özellikle tortuoze damarlarda ve geçilmesi zor olan darlıklarda endotel hasarına bağlı olarak tromboemboli gelişebil-

mektedir.¹⁴ Bu nedenle karotis arter stent işlemi sonrası gelişen nörolojik komplikasyonların öncelikli olarak kateter manipülasyonuna bağlı olduğu ve filtre uygulamasının öngörülen faydayı sağlamayacağı düşünülebilir. Ayrıca filtre kullanılan hastalarda açık filtrenin aşağı çekilmesi distal internal karotis arterin fragil lümeninde diseksiyon ve dirençli spazma neden olabilir, filtre stente temas ettiğinde stent distalinde ayrılmaya neden olabilmektedir.¹¹ Filtre koruyucu sistem kullanımı sonucu oluşan embolik olaylar alternatif yöntemleri akla getirmektedir. PROFI çalışmasında balon oklüzyonu yöntemi filtre uygulaması ile karşılaştırıldığında, 30 günlük takip sonucu hastalarda majör kardiyovasküler ve serebral olay görülme oranı sırasıyla %0 ve %3,2 olarak bulunmuştur.¹⁶ Harada ve ark. distal filtre koruyucu sistem kullandıkları hastalarla bu işleme ek olarak uyguladıkları aralıkli balon oklüzyonu ve aspirasyon yöntemini serebral iskemik lezyon oranları açısından difüzyon MR ile karşılaştırdıklarında, klasik filtre uygulamasında bu oranı %44, kombine yöntemde %12,9 olarak bulmuşlardır.¹⁷ Mansour ve ark. ise distal koruyucu sistem kullanmadan düşük komplikasyon oranları ile karotis stent implantasyonunu önermişlerdir.⁷ Karotis arterin endovasküler tedavisinde filtre uygulaması konusu halen tartışmalı bir durum olmakla birlikte, cerrahi ile karşılaştırdığında inme riski yüksek olan stent implantasyonunda gelişebilecek komplikasyon sonrası, hukuki sorunlardan kaçınmak amacı da filtre uygulama sıklığını arttırmaktadır. Filtre yerleştirilirken ilerletilen kılavuz tel ve bunun üzerinden filtrenin yerleştirilmesi hastalıklı bölgeye manipülasyon sayısını artırır. Bunlara ek olarak predilatasyon uygulanması, bozuk olan damar duvarından emboli riskini arttırabilmektedir. Oysa ilk aşamada stentin kılavuz tel üzerinden ilerletilerek implante edilmesi hastalıklı bölgedeki plakları fiks eder. Gerektiğinde yapılacak postdilatasyon, plakların fiksasyonu sonrası yapılacağından emboli riski azaltılmış olur. Kliniğimizde filtre ve predilatasyon uygulamadan karotis arter stent implantasyonu uyguladığımız bir hastada nörolojik komplikasyona rastladık. Bu hastaya işlem sonrası yeterli açıklık sağlanmaması nedeni ile postdilatasyon uygulanmıştı. Yine filtre kullandı-

ğımız üç hastamızın birinde nörolojik komplikasyon olarak disartri gelişti.

Karotis endarterektomi sonrasında ST elevasyonsuz MI ve kranial sinir hasarı daha yüksektir.¹³ Fakat üç yıllık takiplerde strok, MI ve ölüm oranı her iki tedavi yönteminde benzer bulunmuştur.^{1,2} Kliniğimizde stent implante ettiğimiz bir hastada postoperatif dönemde MI gelişmesi üzerine sağ koroner artere stent implante edildi.

Karotis arter darlığında altın standart cerrahi olmasına rağmen, stent implantasyon sıklığını arttıran bir faktör de hasta tercihidir. Rejyonel anestezi ile servikal blok uygulanması karotis cerrahisinde düşük kardiyak ve solunumsal komplikasyonları, serebral otoregülasyonun korunması ve nörolojik değişimin gözlemlenmesi avantajları ile tercih edilebilir.¹⁸ Lokal anestezi altında yapılacak endarterektomi, hastanın cerrahi prosedürü kabul etmesini kolaylaştırmasının yanısıra karotis arter klemlendiğinde gelişebilecek nörolojik komplikasyonu anında gözlemlene şansı verir. Karotis arter klemlendikten sonra sistemik kan basıncı artarak serebral sirkülasyonun devamı sağlanır. Operasyon sırasındaki ve postoperatif erken dönemdeki hastadaki klinik değişim anında gözlemlenebilir. Anestezi indüksiyonu ve uyanma periyodunun hemodinamik etkileri önlenir.¹⁸

SONUÇ

Karotis arter darlığının güncel tedavisinde altın standart yöntem cerrahi endarterektomi olmakla birlikte, riskli olgularda stent implantasyonu alternatif olarak düşünülmelidir. Karotis arter darlığının endovasküler tedavisi uygun olgularda, kalp ve damar cerrahları tarafından hibrid ameliyathanelerde rahatlıkla uygulanabilir. Stent implantasyonu esnasında ilk aşamada stent implantasyonu ile plâğın fiks edilmesi ve yapılan kontrol anjiyografisi sonrası gerekli görülürse postdilatasyon uygulamasının peroperatif emboli ve nörolojik komplikasyon riskini azaltacağını düşünmekteyiz.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması veya finansal destek bildirmemiştir.

KAYNAKLAR

1. Chung C, Shah TR, Han D, Marin ML, Faries PL. Carotid stenting trials: what have they taught us? *Perspect Vasc Surg Endovasc Ther* 2010;22(2):93-103.
2. Ricotta JJ 2nd, Piazza M. Carotid endarterectomy or carotid artery stenting? Matching the patient to the intervention. *Perspect Vasc Surg Endovasc Ther* 2010;22(2):124-36.
3. Kastrup A, Gröschel K, Krapf H, Brehm BR, Dichgans J, Schulz JB. Early outcome of carotid angioplasty and stenting with and without cerebral protection devices: A systematic review of the literature. *Stroke* 2003;34(3): 813-9.
4. Zahn R, Ischinger T, Mark B, Gass S, Zeymer U, Schmalz W, et al; Arbeitsgemeinschaft Leitende Kardiologische Krankenhausärzte (ALKK). Embolic protection devices for carotid artery stenting: is there a difference between filter and distal occlusive devices? *J Am Coll Cardiol* 2005;45(11):1769-74.
5. Eskandari MK. Cerebral embolic protection. *Semin Vasc Surg* 2005;18(2):95-100.
6. Mas JL, Chatellier G, Beyssen B; EVA-3S Investigators. Carotid angioplasty and stenting with and without cerebral protection: Clinical alert from the endarterectomy versus angioplasty in patients with symptomatic severe carotid stenosis (EVA-3S) trial. *Int J Cardiol*. 2007 Dec 15;123(1):e18-20.
7. Mansour OY, Weber J, Niesen W, Schumacher M, Berlis A. Carotid angioplasty and stenting without protection devices: Safety and efficacy concerns--single center experience. *Clin Neuroradiol* 2011;21(2):65-73.
8. Kakisis JD, Avgerinos ED, Antonopoulos CN, Giannakopoulos TG, Moulakakis K, Liapis CD. The European Society for Vascular Surgery guidelines for carotid intervention: An updated independent assessment and literature review. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2012;44(3): 238-43.
9. Dumont TM, Rughani AI. National trends in carotid artery revascularization surgery. *J Neurosurg* 2012;116(6):1251-7.
10. Tedesco MM, Lee JT, Dalman RL, Lane B, Loh C, Haukoos JS, et al. Postprocedural microembolic events following carotid surgery and carotid angioplasty and stenting. *J Vasc Surg* 2007;46(2):244-50.
11. Parodi FE, Schonholz C, Parodi JC. Minimizing complications of carotid stenting. *Perspect Vasc Surg Endovasc Ther* 2010;22(2): 117-22.
12. Bonati LH, Ederle J, McCabe DJ, Dobson J, Featherstone RL, Gaines PA, et al; CAVATAS Investigators. Long-term risk of carotid restenosis in patients randomly assigned to endovascular treatment or endarterectomy in the Carotid and Vertebral Artery Transluminal Angioplasty Study (CAVATAS): Long-term follow-up of a randomised trial. *Lancet Neurol* 2009;8(10):908-17.
13. Ederle J, Bonati LH, Dobson J, Featherstone RL, Gaines PA, Beard JD, et al; CAVATAS Investigators. Endovascular treatment with angioplasty or stenting versus endarterectomy in patients with carotid artery stenosis in the Carotid and Vertebral Artery Transluminal Angioplasty Study (CAVATAS): Long-term follow-up of a randomised trial. *Lancet Neurol* 2009;8(10):898-907.
14. Bonati LH, Jongen LM, Haller S, Flach HZ, Dobson J, Nederkorn PJ et al. New ischaemic brain lesions on MRI after stenting or endarterectomy for symptomatic carotid stenosis: a substudy of the International Carotid Stenting Study (ICSS). *Lancet Neurol* 2010;9(4):353-62.
15. Kastrup A, Schulz JB, Raygrotzki S, Gröschel K, Ernemann U. Comparison of angioplasty and stenting with cerebral protection versus endarterectomy for treatment of internal carotid artery stenosis in elderly patients. *J Vasc Surg* 2004;40(5):945-51.
16. Bijuklic K, Wandler A, Hazizi F, Schofer J. The PROFIL study (Prevention of Cerebral Embolization by Proximal Balloon Occlusion Compared to Filter Protection During Carotid Artery Stenting): a prospective randomized trial. *J Am Coll Cardiol* 2012;59(15):1383-9.
17. Harada K, Morioka J, Higa T, Saito T, Fukuyama K. Significance of combining distal filter protection and a guiding catheter with temporary balloon occlusion for carotid artery stenting: clinical results and evaluation of debris capture. *Ann Vasc Surg* 2012;26(7):929-36.
18. AbuRahma AF. Processes of care for carotid endarterectomy: Surgical and anesthesia considerations. *J Vasc Surg* 2009;50(4):921-33.