

Karotid Endarterektomi: Endikasyonları, Monitorizasyonu, Komplikasyonları ve Cerrahi Tekniği

Carotid Endarterectomy: Indications, Monitorisation, Complications and Surgical Technique

TÜRKER KILIÇ, İLHAN ELMACI, M. NECMETTİN PAMİR

Marmara Üniversitesi Nörolojik Bilimler Enstitüsü, İstanbul, Türkiye

Özet: Karotid endarterektomi (KE) komplikasyonlarının niteliği nedeni ile nöroşirürjiyenler tarafından uygulanması gerekli cerrahi bir yöntemdir. Stenotik karotid arter hastalığı tanısının nörolojik soruna yol açmadan önce konulabilmesi ve belirli hasta grubunda KE'nin koruyucu etkinliğinin ispatlanması tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de bu cerrahi yöntemin giderek daha sık uygulanmasına neden olmuştur. Dört ayrı kısımdan oluşan bu makalede KE hakkındaki güncel bilgi ve bu konuyla ilişkili Marmara Üniversitesi Nörolojik Bilimler Enstitüsü'nün protokolü sunulmuştur. Birinci bölümde KE endikasyonları, yapılmış önemli klinik deneme çalışmaları (=trial study) ışığı altında tartışılmıştır. Bu bölümde cerrahi aday hastada uygulanması önerilen preoperatif algoritma da sunulmuştur. İkinci bölüm ameliyat esnasında uygulanan monitorizasyon yöntemlerine ayrılmıştır. Üçüncü bölümde operasyon esnasında ve sonrasında karşılaşılabilecek komplikasyonlar özetlenmiş ve son bölümde ise sözü edilen komplikasyonları azaltmayı amaçlayan cerrahi teknik anlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Anjiyografi, karotid arter hastalığı, karotid endarterektomi, transkraniyal doppler ultrasonografi, magnetik rezonans

Abstract: Carotid Endarterectomy, after much controversy, has now a certain place in the management of carotid artery disease. This widely used neurosurgical procedure should be performed with updated technical maneuvers, peroperative monitorization and within the scope of a team approach. This article aims to review the current perspectives regarding carotid endarterectomy. In the first section the historical development of carotid endarterectomy in the management of carotid artery disease is reviewed. Second part is dedicated for peroperative monitorization techniques. Third section reviews the complications of carotid endarterectomy. The fourth and last part gives a summary for operative technique of this procedure.

Key Words: Angiography, carotid artery disease, carotid endarterectomy, transcranial doppler ultrasonography

I. KAROTİD ENDARTEREKTOMİ ENDİKASYONLARI VE İNCELEME YÖNTEMLERİ

a) Giriş ve Tanımlar [43,58,77]:

Tıkanıcı tipte damar hastalığına bağlı beyin harabiyetinin %20-25'ini karotid arterin

arteriosklerotik daralmasına bağlı sorunlar oluşturur. Hastalar çoğunlukla kliniğe geçici iskemik atak (TIA) ile başvururlar. TIA tanım olarak 24 saatten daha az süren nörolojik defisittir. Ancak olguların % 70'inde klinik bulgu 10 dakikadan, % 90'ında ise 4 saatten az sürer. Eğer iskemik nörolojik defisit 60 dakikanın üzerinde sürmüştür

yalnızca %14'ü TIA derecesinde kalır (yani 24 saatten az sürer). Dönüşümlü iskemik nörolojik harabiyet (RIND) bir gün ile bir hafta arasında süren klinik bulgudur. Serebrovasküler Olay (SVO=stroke) kalıcı tipte nörolojik defisiti işaret eder. RIND, olguların yaklaşık %2.5'unda saptanabilen, diğer ikisine göre daha az görülen bir klinik durumdur.

b) Karotid Arterin Aterosklerotik Hastalığı:

Aterosklerotik plak oluşumu karotid arterde yaşla ilerleyen patolojik bir süreci gerektirir. Aterom plağı tipik olarak "common carotid" arterin (CCA) arka duvarında başlar ve "internal carotid" artere (ICA) doğru ilerler. Aterom plağı endotelin zedelenmesi ile oluşmaya başlar ve intimada yer alır. Plak büyüdükçe ICA lumeni oblitere olur. SVO oluşma nedeni tıkanıklık sonucunda oluşan iskemiden çok plaktan serebral sirkulasyona giden embolilerdir. Emboli riskini arttıracak her etken SVO riskini de arttırır. Plakta ülserlerin oluşumu, pıhtılaşmayı arttıran hastalıklar, kan akışkanlığında azalma gibi ek faktörler emboli riskini arttırmalar. Tedavinin amacı emboli riskini azaltmaktır.

Karotid arter hastaları klinik prezantasyonlarına göre iki önemli alt grupta incelenirler. Semptomatik hastalar orta serebral yada retinal artere bağlı TIA, RIND yada SVO ile bulgu verirlerken, asemptomatik hastalar bu üç tanımlamaya girmeyen başağrısı, başdönmesi, bayılma gibi daha genel şikayetlerle başvururlar.

Yukarıdaki bulgularla genellikle bir nörolog tarafından görülen hasta tıkalı tipte damarsal beyin hastalığı ayırıcı tanısı yapıldıktan sonra karotid arter hastalığı açısından da değerlendirilir. Bu algoritma içerisinde karotid ultrasonografi (B-mode) veya karotid-Magnetik Resonans Anjyografisi (karotid-MRA) de yer alır. Girişimsel olmayan bu iki yöntemle karotid arter stenozunun anatomik tanısı konulduktan sonra hasta cerrahi açıdan nörolog, nöroşirürjiyen, nöroradyologdan ve girişimsel radyologdan oluşan multidisipliner ekip tarafından değerlendirilir. Karotid arter hastalığı, çoğunlukla koroner arter hastalığı ile birlikte görüldüğünden hasta hakkında verilen kararda kardiyologlara da sıklıkla danışılır.

Karotid arter hastalığında tedavi üç türdür:

- 1.İlaç Tedavisi [14,27,29,58,76]
- 2.Karotid Endarterektomi
- 3.Anjioplasti ve/veya stent konulması

Medikal tedavi için öneriler değişkenlik göstermekle birlikte aşağıdaki seçenekler çeşitli kombinasyonlar halinde nörologlar tarafından uygulanır:

Antiagregan tedavi: Çoğunlukla asetilsalisilik asit (ASA=aspirin) birinci seçenek olarak uygulanır (325 mg/gün). Bazı çalışmalarda ticlopidinin ASA'e göre daha etkin olduğu öne sürülmüş olsa bile, bu ilaç çoğunlukla aspirinin kullanılmadığı hastalarda ikinci seçenek olarak kullanılmaktadır.

Bu grup hastalarda hipertansiyon kontrol altına alınmalıdır. Hasta diabetikse, kan şekeri kontrol altına alınmalıdır. Tıkalı serebral damar hastalığının iki sebebi eşzamanlı bulunabilir, böyle bir durum atlanmamalı ve tedavisi yapılmalıdır. Antilipid tedavisi düşünülmelidir.

Anjioplasti ve/veya Stent Konulması [22,32, 35,38,75]: Endovasküler cerrahide son yıllarda görülen gelişmeler, endarterektomi standartlarının henüz belirlendiği 1990'li yıllarda, karotid stenoz için yeni bir tedavi seçeneği çıkartmıştır [13]. Ancak bu alandaki çalışmalar henüz retrospektif az sayılı seriler durumundadır ve bilimsel açıdan yalnızca "seçenek" belirtir durumdadırlar [79]. Nitekim CNS (Congress of Neurological Surgeons) ve AANS (American Association of Neurological Surgeons) cemiyetleri 1997 şubatında bu konudaki tartışmalara ışık tutan bir bildiri yayınlamışlardır[8]. Günümüzde karotid endarterektomi sınırları bilinen, etkinliği ispatlanmış bir tedavi yöntemidir, anjioplasti ve stent konulması gelecek vaadededen, ancak standartlarının belirlenmesi için prospektif randomize çalışmalara ihtiyaç gösteren yeni bir tedavi yöntemidir. Bu teknikler belli bazı merkezlerde sınılandıktan sonra standart tedavi protokollerine girmelidirler. İşlem esnasında emboli oluşumu ve rekürren stenoz (anjioplasti için) pratikteki en önemli sorunlar olarak gözükmemektedir. Karotid arter hastalığında endovasküler yöntemler KE'nin ek medikal sorunlar nedeni ile yapılamadığı seçilmiş hasta gruplarında endikedir.

c) Karotid Endarterektomi Endikasyonları

1980'li yılların ilk yarısında karotid endarterektominin endikasyonlarını belirleyebilmek amacıyla prospektif randomize çalışmaların yapılması gerekliliği ortaya çıkmış, 1990'li yıllarda çalışmaların sonuçları alınmış ve bu alanda yoğun klinik bilgi birikimi sağlanmıştır [54]. Bu derlemede üçü semptomatik hastalar için dördü de

asemptomatik hasta grubu için yapılmış toplam yedi önemli çalışma karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Semptomatik Karotid Arter Darlığında, Karotid Endarterektominin rolünü belirlemek için yapılmış prospektif randomize klinik çalışmalar:

- ECST [3](European Carotid Surgery Trial): Bu çalışma 2.7 senelik ortalama takip süresi 2200 hastalık serinin sonuçlarını içerir. Hastalar çalışmaya karotid arterdeki darlıklarına göre hafif (< %30), orta (%30-69) ve şiddetli (%70-99) olmak üzere üç ayrı grupta dahil edilmişlerdir. Bu çalışmada yüksek dereceli stenozlu hasta grubunda, ipsilateral SVO yada buna bağlı ölüm oranının, opere edilmiş grupta toplam %10.3 (%7.5 postoperatif ilk 30 günde) iken ilaç tedavisi uygulanan grupta %16.8 olduğu görülmüştür. Aradaki fark istatistiksel olarak ($P<0.0001$) anlamlı bulunmuştur. Ölüm yada ipsilateral SVO riskinin endarterektomi yapılmış grupta %11'den %6'ya düştüğü saptanmıştır. Hafif dereceli stenotik grup için iki ayrı alt küme arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

- NASCET [1] (North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial): Bu çalışma, %70'in üzerinde darlığı olan ve opere edilmiş hasta grubunda SVO riskinin, opere edilmemiş gruba göre çok belirgin azalma saptanması üzerine, planlanandan önce sonlandırılmıştır. 331'i cerrahi, 328'i medikal tedavi uygulanan toplam 659 hasta ortalama 24 ay süreyle izlenmişlerdir. Endarterektomi yapılmış olan grupta SVO oranı %9 iken, ilaç tedavisi uygulanan grupta bu oran %26 olarak saptanmıştır. Yapılan multivaryant analizi cerrahinin istatistiksel yararlılığının yaş, cinsiyet ya da SVO için risk faktörlerinden bağımsız olduğunu ortaya koymuştur.

- VASST [55] (Veterans Administration Symptomatic Stenosis Trial): Bu çalışma ilk verilerin NASCET çalışmasının sonuçları ile uyumlu olması nedeni ile 193 hasta ile sınırlı tutulmuştur. Çalışma %50'den daha fazla darlığı olan erkek hastalarda yapılmıştır. Karotid endarterektomi yapılan grupta SVO oranı %7.7 iken, medikal tedavi uygulanan grupta %19.4 olarak bulunmuştur.

Sonuç:

NASCET, ECST ve VASST çalışmaları değerlendirildiğinde şu genel sonuçlara varılabilir:

1. Endarterektomi, %70'in üzerinde darlığı olan

karotid stenozlu hastalarda tercih edilmesi gereken tedavi yöntemidir.

2. Yukarıdaki çalışmaların sonuçlarının herhangi bir klinik için rehber alınabilmesi için %6'nın altında postoperatif komplikasyon oranına erişilmiş olması gereklidir.

3. %30-70 darlığı saptanan semptomatik hastalarda endarterektomi kararı aterosklerotik plakların karakterine (ülseratif plaklarda emboli riski fazladır) ve hastanın cinsiyetine (erkek hastalarda endarterektomi medikal tedaviye göre daha üstün görülmektedir) göre verilmelidir. VASST çalışmasına göre %50'nin üzerinde darlığı olan hastalarda endarterektomi endikasyonu doğru olmalıdır. Semptomatik ve %50'nin altında darlığı olan, aterosklerotik plaklı ülseratif olmayan hasta grubunda ise NASCET çalışmasının devam etmekte olan alt çalışmaları yararlı olacaktır.

4. Bu bulgulara göre semptomatik hasta grubunda bir SVO'yu önlemek için beş endarterektomi gereklidir.

Aseptomatik Karotid Arter Darlığında, Karotid Endarterektominin rolünü belirlemek için yapılmış prospektif randomize klinik çalışmalar:

- MACE (Mayo Asymptomatic Carotid Endarterectomy) [78]: 1980'li yılların sonunda yapılan bu çalışma cerrahi gruptaki aspirin almayan hastalarda postoperatif dönemde görülen miyokard enfarktüsü sıklığı nedeniyle istatistiksel sonuçları alınmadan sona erdirilmiştir.

- CASANOVA (Carotid Artery Surgery Asymptomatic Narrowing Operation versus Aspirin) [2]: Bu çalışmada aseptomatik ve %50-90 darlık derecesindeki toplam 410 hasta 3 yıl süreyle incelenmişlerdir. Araştırmada hastalar "hemen karotid endarterektomi yapılanlar" ve yapılmayanlar olarak iki grupta incelenmişlerdir. Araştırmada iki grup arasında SVO riski açısından istatistiksel farklılık saptanmamıştır (%10.7 hemen endarterektomi yapılanlar, %11.3 diğer grup). Hemen endarterektomi yapılmayan gruptaki hastaların yaklaşık yarısına 3 yıl süresinde semptomatik hale gelmeleri yada stenoz derecesinde artış gözlenmesi vb nedenler ile karotid endarterektomi yapılmıştır. Bu araştırmadaki istatistiksel anlamlılık çalışmalarını kısıtlayan düzenleme, çalışmanın değerini azaltmaktadır.

• **VAAST** (Veterans Administration Asymptomatic Stenosis Trial)[33,74]: Bu çalışmada >%50 darlık derecesi olan ve endarterektomi yapılan 211 hasta opere edilmeyen 230 hastayla karşılaştırılmışlardır. Çalışma süresi 4 yıldır. TIA ve SVO incelendiğinde cerrahi grupta görülme sıklığı %8, medikal tedavi uygulanan grupta ise %20.6 olarak bulunmuştur. Yalnızca SVO ele alındığında rakamlar sırasıyla %4.7 ve %9.4 olarak saptanmıştır. Ancak cerrahi grupta %1.9 oranında görülen perioperatif mortalite yalnızca SVO ve/veya TIA bulguları ele alındığında görülen cerrahi lehine istatistiksel anlamlılığı ortadan kaldırır. Randomize prospektif bir çalışma için, bu araştırmada görülen olgu azlığı verilerin güvenilirliğini düşürmüştür.

• **ACAS** (Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study)[6]: Bu çalışmada 1662 hasta ortalama 2.7 yıl izlenmişlerdir. %60'ın üzerinde darlığı olan hastalar randomize edilmişler ve ipsilateral serebral hemisfer SVO oranı cerrahi grupta %5.1, medikal tedavi alan grupta ise %11 olarak saptanmıştır. SVO riskindeki azalmanın erkek hastalarda daha belirgin, ve stenoz derecesinden ve kontrolateral karotid stenozundan bağımsız olduğu belirlenmiştir. Cerrahi grupta görülen komplikasyonların %1.2'si anjiyografiye bağlı sorunlardır. İstatistiksel olarak cerrahi tedavinin üstünlüğü postoperatif 10. ayda başlamakta ve 3. yıldan itibaren anlamlılık derecesine ulaşmaktadır.

Sonuç:

1. Asemptomatik karotid arter stenozlu hastalarda günümüze kadar yapılan en güvenilir çalışma olan ACAS (VAAST ile birlikte) endarterektominin %50-60 darlıklı hastalarda yarar sağlayabileceğini göstermiştir.

2. Cerrahi morbiditenin %3'un altında olması, istatistiksel açıdan önşarttır.

3. Asemptomatik hasta grubunda, ACAS bulgularına göre bir SVO'yu önlemek için 19 endarterektomi gereklidir.

4. Kadın hastalarda endarterektominin yararı erkek hastalardaki kadar önemli anlamlılıkta ortaya konulamamıştır.

5. Angiografiye bağlı komplikasyonları ortadan kaldırmak özellikle asemptomatik hastalara yapılan endarterektomilerde önem kazanmaktadır.

Endarterektomi Endikasyonları

Günümüzde endarterektomi endikasyonları konusunda ulaşılmış fikir birliğinin ilkeleri aşağıda sunulmuştur [24]:

1. Internal karotid arterdeki darlığı %70'in (daha distaldeki normal segmente göre) üzerinde olan hastalarda şu durumlarda endarterektomi endikasyonu vardır:

- a) Stenoz semptomatik ise
- b) Aynı taraf internal karotid arterde, cerrahiye komplike hale getirecek sorun yoksa
- c) Tıbbi açıdan hasta stabil durumda ise
- d) Cerrahiye yapan merkezin komplikasyon oranı %6'dan az ise

2. %60'ın altında darlığı olan asemptomatik hastalar için cerrahi endikasyon yoktur.

3. %70'in altında darlığı olan semptomatik hastalar ve %60'ın üzerinde darlığı olan asemptomatik hastalar için karar her olgunun özel koşulları göz önüne alınarak verilmelidir. Dikkat edilmesi gerekli durumlar şunlardır:

a) Hastanın yaşı ve genel sağlık durumu

b) Aterom plağı karakteri: Zamanla artan darlık yada ülseratif görünüm belirlenmesi durumlarında cerrahi lehine düşünülmelidir.

c) Asemptomatik hastalar için endarterektomi yapılacak merkezlerde bu hasta grubu için perioperatif morbidite %3'ü geçmemelidir.

d) Endarterektomi Endikasyonunun Belirlenmesine Yardımcı Olan İnceleme Yöntemleri:

• **B-mode Karotid Doppler –Ultrasonografi (c-USG):**

Göreceli olarak ucuz ve kolay yapılabilirliği nedeni ile tıkanıcı tipte serebral vasküler hastalığı olan hastalarda karotid stenozunun tanısını koyabilmek için yada asemptomatik hastalarda tarama metodu olarak kullanılmaktadır [60]. VASST çalışmasında stenoz derecesi azaldıkça yanlış pozitif bulgu oranının arttığı ortaya konulmuştur. Ülserleşme olduğu düşünülen hastalarda c-USG'nin önemi daha da artar. Aterom plağındaki ülseri ve niteliğini anjiyografi ve MRA'dan daha iyi belirler [5,6,17,51-53,59,66,80].

• **Magnetik Rezonans Anjiyografi – MRA** [10,11,17,31]:

MRA incelemelerinde ICA'da signal-void görünümünün belirli bir aralıkta yokolup yeniden başlaması, o bölge için anjiyografik olarak %70-99 darlığa işaret etmektedir. ACAS çalışmasından sonra

özellikle asemptomatik hastaların cerrahisinde anjiyografiye bağlı komplikasyonların azaltılmaya çalışılması MRA ve USG'nin kombine kullanılmalarının önemini daha çok arttırmıştır. Günümüzde anjiyografi kullanmaksızın yalnızca preoperatif MRA ve c-USG ile operasyonu gerçekleştiren merkez sayısı giderek artmaktadır [11].

• *Anjiyografi [10,66,68] (Resim 1):*

Giderek daha az oranda yapılsa da anjiyografi karotid endarterektomi kararının verilmesinde referans inceleme yöntemidir.

Anjiyografinin karotid aterosklerozunda dört önemli işlevi vardır:

1. Darlığın yüzdesinin belirlenmesi: Darlıktan sonraki normal internal serebral arter referans alınarak ölçülür. c-USG ve MRA aynı amaçlı kullanılabilirler.

2. Ardışık olabilen stenotik lezyonların (fibromuskular hastalık gibi) saptanması:

3. Kollateral dolaşımın belirlenmesi: Anjiyografinin en önemli yapıma nedenidir.

4. Aterom plağındaki ülserleşmenin araştırılması: Bu açıdan klinik yararı c-USG'den daha azdır.

• *Preoperatif Transcranial Doppler Tetkiki [37]:*

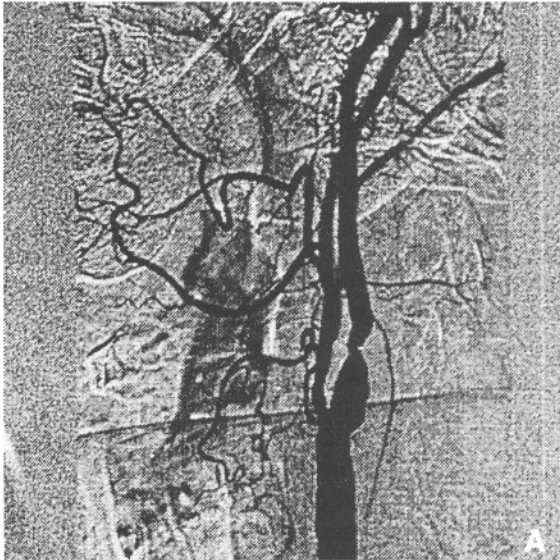
Preoperatif dönemde yapılan TCD incelemesi kollateral dolaşımın ve fizyolojik rezervin belirlenmesi aşamasında önem kazanmaktadır. Anjiyografinin yapılmak istenmediği durumlarda fizyolojik bilgi verebilmesi açısından önemlidir. Bununla birlikte TCD'nin karotid endarterektomideki esas önemli yeri peroperatif monitorizasyondadır.

• *Beyin Dokusunun Görüntülenmesi:*

Karotid endarterektomi beyin dokusunun korunması için yapılan bir operasyondur. Etkileri ve komplikasyonları beyin dokusunda görüldüğü için bu cerrahi yöntem, ilke olarak nöroşirürjinin alanında olmalıdır. Yine aynı nedenlerle preoperatif ve postoperatif dönemlerde beynin MRI incelemelerinin yapılması, olası komplikasyonların (ör: postiskemik hiperperfüzyon sendromu gibi) öngörülmesinde ve takibinde önem kazanmaktadır.

e) *Preoperatif Dönemde Risk Belirlenmesi- Modifiye Sundt Sınıflaması [69,70]:*

Sundt 1975 yılında 342 karotid endarterektomi operasyonunu değerlendirerek yaptığı preoperatif risk belirleme sınıflamasını [70] 1987 yılında 1935 endarterektomiye ulaşan serisinde yeniden değerlendirmiştir [69]. Bu sınıflamaya göre en önemli risk faktörünün hastanın stabil olmayan nörolojik faktörü olduğu ortaya çıkmıştır. Bu risk faktörünü stabil olmayan kardiovasküler durum izler, anjiyografik risk faktörleri sözü edilen risk durumlarının arkasından gelmektedir (Tablo 1).



Şekil 1: Karotid endarterektomi öncesinde (a) ICA'da $>70\%$ arteriosklerotik darlık gösteren hastanın, cerrahi sonrasında elde edilmiş (b) normal ICA görünümünü sergileyen karotid DSA bulguları görülmektedir.

Tablo 1: Modifiye Sundt Sınıflamasına Göre Endarterektomide Risk Faktörleri

Derece	Risk Faktörleri	1935 Endarterektomide Rastlanan Komplikasyonlar
I	Unilateral yada bilateral ülseratif yada stenotik karotid ateroskleroza	<%1 risk (5 RIND, 6 SVO)
II	*Anjiyografik Risk Faktörleri Mevcut (En sık ters taraf ICA oklüzyonu)	%1.8 risk (6 RIND, 7 SVO)
III	**Medikal Riskler Mevcut	%4 risk 9 ölümcül MI, 10 RIND, 10 SVO (biri fatal)
IV	***Nörolojik Risk Faktörleri Mevcut	%8.5 risk 27 SVO (8'i fatal) 14 RIND 2 fatal MI

* **Anjiyografik Risk Faktörleri:** Ters taraf ICA oklüzyonu, >3 cm ICA içine veya >5 cm CCA proksimaline uzamış ateroskleroz plakı, ülseratif lezyondan distale uzanmış taze trombus, şişman ve kısa boyun yapısı ile birlikte C2 düzeyinin üzerinde bifurkasyon.

** **Medikal Risk Faktörleri:** Anjina, MI (son 6 ayda), konjestif kalp yetmezliği, hipertansiyon (>180/110), >70 yaş, şiddetli şişmanlık, kronik obstruktif akciğer hastalığı

*** **Nörolojik Risk Faktörleri:** İlerleyici tipte nörodefisit, operasyondan önceki 24 saat içinde düzelmiş TIA yada RIND, generalize iskemik bulgular, operasyondan önceki 7 gün içerisinde oluşmuş nörodefisit, multipl SVO'lara bağlı defisitler, antikoagulanlarla kontrol edilemeyen TIA.

f) Hastanın Cerrahiye Hazırlanması [4,65,70]:

Karotid arterin iskemik hastalığı, etkileri, olası komplikasyonları, tanı ve tedavi metodlarındaki çeşitlilik ve bu hastalığın lokal değil sistemik bir vasküler hastalık olması nedeniyle multidisipliner yaklaşım gerektirir. Risk faktörlerinin belirlenmesi aşamasında her hasta kardiyovasküler açıdan değerlendirilmelidir, eforlu EKG testi ve ekokardiografi her hastada rutin olarak uygulanmalıdır.

Her hasta operasyondan en az 2 (tercihen 5) gün önceden itibaren ASA almaya başlamalıdır. ASA (325 mg/gün) erken postoperatif komplikasyonları artırma riski taşıya bile TIA ve MI gibi daha ciddi morbidite ve mortalite nedenlerini azalttığı için kullanılmalıdır.

Hastanın preoperatif MRI tetkiklerinde şiddetli iskemik bulgular saptanmışsa, operasyondan sonra tedricen kesilecek şekilde antiepileptik (DPH) başlamak uygundur.

II. PEROPERATİF MONİTORİZASYON [45]:

Karotid endarterektomi komplikasyonlarının önlenmesi hasta seçimine ve preoperatif dönemde

hastanın iyi değerlendirilip hazırlanmasına dayanır. Karotid endarterektominin nöroanestezisi ve peroperatif monitorizasyonu özellik taşıyor ve tecrübe gerektirir. Komplikasyon yüzdelerini kabul edilebilir sınırlarda tutmak için peroperatif monitorizasyonun ilkelerini bilmek ve uygulamak önemlidir. Peroperatif monitorizasyon iki amaçla yapılır: a) iskemik bulguları önlemek, b) emboli oluşumunu en aza indirmek.

Operasyona bağlı nörolojik defisit gelişiminin en önemli nedeni karotid darlığına bağlı olarak serebral iskemik gelişmesi değil, ateroskleroz plakından serebral damar ağına emboli gitmesidir [67]. Bu nedenle günümüzde emboliyi tespit eden monitorizasyon yöntemleri giderek daha çok önem kazanmaktadır.

Monitorizasyon yöntemleri iki ayrı kategoride incelenebilir:

a) **Elektrofizyolojik yöntemler:** Perop EEG, Somatosensorial Uyarılmış Potansiyallerin monitorizasyonu (SEP)

b) **Vasküler Yöntemler:** Stump basıncı ölçümü, intraoperatif rCBF ölçümü, intraoperatif anjiyografi, intraoperatif Doppler scanning ve transcranial

Doppler (TCD) yöntemi

Elektrofizyolojik Yöntemler:

• **Peroperatif EEG**, elektrofizyolojik yöntemlerden en fazla kullanılanıdır. Sundt'un 1981'de [71] koyduğu ilkelere göre EEG kaydındaki amplitud'un normalin %20'sine düşmesi ilgili bölgedeki kan akım miktarının 15-20ml/100gr/dk'nın altına düştüğünü işaret eder; %15'e düşüş kan debisinin 10-15ml/100gr/dk altına düştüğünü, %10'un altına düşmesi ise akım hızının 10ml/100gr/dk altına indigini belli eder. Operasyon esnasında oluşabilecek iskemiyi tesbitinde EEG kullanılır. Shunt koyma kararı genellikle peroperatif bulgularına göre verilir. 176 hastada yapılan bir çalışmada %22 hastada major EEG değişiklikleri saptanmış ve hastaların hiçbirinde shunt kullanılmamıştır. Major EEG değişikliği saptanan hasta grubunda 1/3 oranında postoperatif SVO belirlenmiştir [18].

Günümüzde kullanılan komputarize EEG cihazları cerrahı operasyon esnasında uyarmaktadır. Yine de operasyon esnasında EEG yorumunun yapılabilmesi için endarterektomi ekibindeki nörologun ameliyathanede olması monitorizasyonun kalitesini artırır [48].

• **SEP** [9,23,30,34,44,50,72]: Medyan sinirden yaratılan uyarıların sensoryal korteksten tespit edilmesine dayalı bir yöntemdir. Santral iletim zamanındaki uzama yada amplitüdündeki düşme iske mi bulgusu olarak kabul edilir. Tiberio[72] ve ark. çalışmasında SEP monitorizasyonu ile yapılan 264 endarterektominin %9'unda shunt takılma gerekliliği ortaya konmuş ve postoperatif hiçbir hastada SVO saptanmamıştır. Yine de SEP'in EEG'ye üstünlüğü saptanamadığından elektro fizyolojik yöntem olarak EEG'nin gölgesinde kalmıştır [39].

Vasküler Yöntemler:

• **Intraoperative Transcranial ve Direkt Doppler Kullanımı:** [15,36,48,63,64] : Endarterektomi monitorizasyonunda günümüzde en güvenilir yöntem intraoperatif TCD kullanımıdır [48]. Bunun sebebi TCD'nin EEG monitorizasyonunda olduğu gibi iskemik bulgular hakkında bilgi vermesi ve buna ek olarak serebral damarlardaki emboliler açısından da cerrahı uyabilmesidir. Postoperatif komplikasyonlar açısından embolinin, iskemiden daha önemli olduğu düşünülünce, TCD'nin önemi ortaya çıkar.

Halsey'in [28] 11 ayrı merkezde 1492 hasta değerlendirmesi ile oluşan verilere göre, TCD iskemik bulgular, dolayısıyla shunt kullanımı hakkında güvenilir bilgi verebilmektedir. Bu tetkikte orta serebral arterdeki (MCA) akım hızı referans olarak kullanılır. ICA'daki kan akımı operasyon esnasında kesildiği dönemde akım hızı, klempleme öncesindeki $<15'$ ine düşüyorsa şiddetli iske mi oluşabileceği düşünülür ve shunt endikasyonu konur. Bu serideki %7.2 hastada bu bulgu elde edilmiş ve shunt uygulamasının etkin olduğu görülmüştür. Benzer şekilde, oran klempleme öncesinin %16-40'ına düşerse orta dereceli iske mi lehine yorumlanır. %40'ın üzerindeki oranlar iskemik sınırın üzeri olarak kabul edilir.

TCD, MCA'daki embolik oluşumlar hakkında uyarır [42]. Emboli sinyallerini duyan cerrah ve anestezi uzmanı işlem sırasında, yeni emboli oluşumunu önleyecek önlemleri alabilme şansını elde eder.

TCD cihazına 16MHz'lik steril probe takılabilir. Bu Doppler alıcısının damarın üzerine direkt temas ettirilerek sağlanan bilgi ile işlem öncesinde aterom plağının sınırları, trombusun niteliği, işlem sonrasında ise arteriotomi alanında thrombus oluşup oluşmadığı, damarın patent olup olmadığı tetkik edilebilir [73].

• **Diğer vasküler izlem yöntemlerinden** olan intraoperative rCBF ancak belli bazı merkezlerde uygulanabilirliği olan bir yöntemdir [48,49,71]. Stump basıncının ölçülmesi yöntemi ise günümüzde güvenilirliğini yitirmiş bir yöntemdir [25,48]. Peroperatif anjiyografi kullanılması ise emboli riskini arttırdığı görüldüğü için yaygınlaşmamıştır [48].

Sonuç olarak peroperatif izlem yöntemleri şöyle özetlenebilir:

1. Karotid tromboendarterektomi işlemi iske mi gelişimi açısından (shunt kullanımını yönlendirir) ve emboli oluşumunu takip amacıyla monitorize edilmelidir.

2. TCD, günümüzde, hem iskemik, hem de embolik komplikasyonları azaltabildiği için öncelikle kullanılması gerekli izlem yöntemidir.

3. EEG, shunt endikasyonunun belirlenmesinde 1970'lerden beri kullanılan ve standardizasyonu olmuş bir izlem yöntemidir.

Karotid endarterektomide nöroanestezi,

komplikasyonların azaltılması açısından özellik gerektirmektedir. Yukarıda sözü edilen monitorizasyon yöntemlerinin özellikle TCD'nin kullanılabilmesinde [16], nöroanestezistin bu yöntemlerle ilgili tecrübesinin bulunması önem taşımaktadır. Lokal anestezinin karotid endarterektomide başarıyla kullanılabilirliğine yönelik yayınlar olsa da [41,81], kliniğimizde yukarıdaki monitorizasyon yöntemlerinin eşliğinde genel anestezi uygulanmaktadır. İki anestezi yöntemini karşılaştırmaya yönelik yapılmış tek prospektif kontrollü randomize çalışma iki yöntem arasında anlamlı fark bulamamıştır [26].

Karotid endarterektomi nöroanestezisinde temel ilkeler olarak normokapni ve preoperatif MAP (mean arterial pressure) değerinin %20 fazlası amaçlanmalıdır. EEG kontrolü altında yapılan thiopental uygulamasının önemi bazı yayınlarda vurgulanmaktadır [65].

III. KOMPLİKASYONLAR

Her cerrahi yöntemde olduğu gibi olası komplikasyonların niteliği cerrahi tekniği belirler. Bu nedenle komplikasyonlar cerrahi teknikten önce sunulmuştur.

- Karotid endarterektominin istatistiksel açıdan medikal tedaviye üstünlüğü, bu metod semptomatik hastalar için %6, asemptomatik hastalar için ise %3 morbidite ve mortalite oranlarında uygulandığında ortaya çıkar [7]. Morbidite kapsamı içerisinde RIND, SVO ve kardiovasküler olaylar ile tüm cerrahiye bağlı komplikasyonlar girer.

- Kapatılmış arteriotominin açılması, nadir olmasına rağmen postoperatif erken dönemde karşılaşılabilecek en önemli komplikasyondur. Asfiksi riskini ortadan kaldırmak için hasta acilen entübe edilmelidir. Trakeal deviasyon ve boyundaki hematoma bunu engelleyecek kadar fazla ise acilen cilt dikişlerini açmak gerekebilir. Arteriotomi alanının onarılması ameliyathanede yapılır.

Arteriotomi alanı ile ilişkili olarak geç dönemde ortaya çıkabilecek bir komplikasyon da pseudoanevrizma oluşumudur. Pulsatil boyun şişliği şeklinde kendini gösterir, oranı %0.33 olarak bildirilmiştir ve genellikle patch (yama) grefti kullanıldığında oluşur [19,56].

- SVO oluşumu intraoperatif yada postoperatif dönemde karşılaşılabilecek ve önlenmesi için her

türlü önlemin alınması gerekli komplikasyondur. 1980'lerin ikinci yarısında [20] %5 olan bu risk oranı, günümüzde %3'lere inmiştir [47,48].

- a) Emboli oluşumu intraoperatif ve postoperatif erken dönem TIA'ların en önemli sebebidir. Endarterektomi tekniği ile ilişkili bir bulgudur. Peroperatif TCD kullanımı bu riski azaltmaktadır.

- b) İntraserebral Kanama (Breakthrough bleeding), %0.6 oranında ve genellikle ileri derecede iskemik bulguları olan hastalarda görülür [61,62]. Postoperatif dönemde kan basıncı kontrol edilemeyen hastalarda genellikle operasyondan 2-3 hafta sonra, basal ganglionda kanama tarzında görülür. Şiddetli baş ağrısı kan basıncının kontrol edilmesine yönelik ilk bulgu olabilir.

- c) Postoperatif ICA tıkanması, asemptomatik olabileceği gibi ciddi SVO'ların en önemli sebebidir. Cerrahi teknik ile ilişkilidir ve primer kapatılmanın uygulandığı Sundt'un serisinde oran %4 olarak belirtilmiştir [69]. Cerrahiden sonraki ilk dört saat içinde endarterektomi alanının özellikle trombojenik olduğu belirtilmiş ve peroperatif verilen heparinin cerrahi tamamlandıktan sonra reverse edilmemesi önerilmiştir [46,65,69].

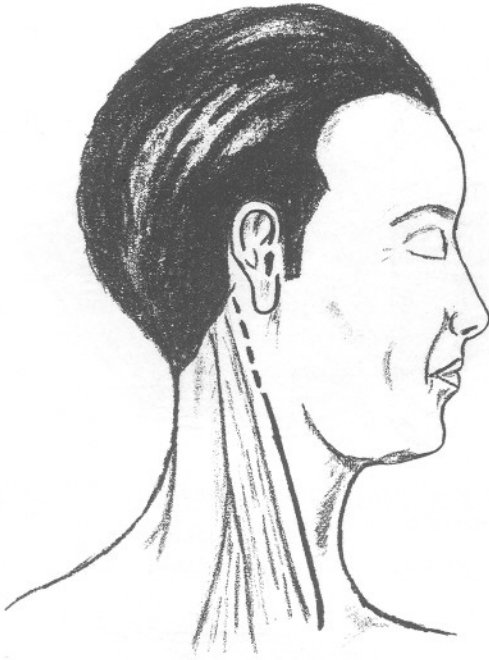
- Nöbet oluşumu riski %1'in altındadır ve iskemik bulguları yoğun olan hastalarda cerrahiden sonraki ilk bir ay içerisinde görülebilir [40,71]. Risk grubundaki hastalara bu süre içerisinde phenytoin başlanması düşünülebilir.

- Geç restenozun nedeni (<2 yıl) fibrozis gelişimi, ya da (>2 yıl) aterosklerozdur. Anjiyografik olarak stenoz saptanması oranı ilk beş yıl için %15-20'dir [12]. Bir çalışmada restenoz oluşan hastaların %3.6'sına yeniden cerrahi uygulamak gerekmiştir [21].

- Kranial sinir komplikasyonlarının en önemli nedeni diseksiyon yada ekartasyon sırasında oluşan zedelenmelerdir. Hipoglossal sinirin (<%1), vagus yada rekürren larengeal sinirin (%1, postoperatif ses kısıklığının en önemli sebebi larengeal ödemdir), ve fasiyal sinirin mandibular dalının zedelenmeleri görülebilir. Oluşan kranial sinir harabiyetleri çoğunlukla nöropraksi tarzındadır [48].

IV. CERRAHİ TEKNİK [47,48,65,69,70]

- Pozisyon ve İnsizyon (Resim 2): Sırtüstü yatar pozisyonunda, hastanın başı hafif ekstansiyonda

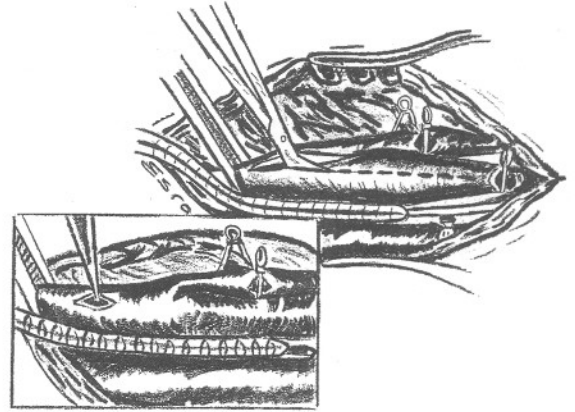


Şekil 2: Pozisyon ve İnsizyon: Sırtüstü yatar pozisyonda, hastanın başı hafif ekstansiyonda ve 30-40 derece karşı tarafa bakacak şekilde pozisyon verilir. İnsizyon sternokleidomastoid (SCM) kasının ön yüzünü takip edecek şekilde yapılır.

ve 30-40 derece karşı tarafa bakacak şekilde pozisyon verilir. Hastanın başının ve lezyon tarafındaki omzunun altına yastık konabilir. İnsizyon sternokleidomastoid (SCM) kasının ön yüzünü takip edecek şekilde yapılır. Cerrahi sırasında künt retraktörlerin kullanılması ve/veya retraksiyon planının platysmanın altına inmemesi gereklidir. Bu şekilde internal jugular venanın (IJV) ve özellikle trakea ve esophagus arasındaki rekurren larengeal sinirin zedelenmesi önlenir.

• **Diseksiyon (Resim 3):** Diseksiyonda anahtar yapı IJV'dır ve öncelikle tanınması gereklidir. Genellikle common fasiyal vena (CFV), karotid bifurkasyonun üzerinden geçer ve IJV'ya dökülür. ICA'nın üzerinde ansa cervicales seyrederek ve hipoglossal sinirin bulunmasında yardımcı olur. Hipoglossal sinir bifurkasyon ile mandibula arasındaki cerrahi sahada bulunabilir, sıklıkla CFV ile komşuluk gösterir.

Superior tiroid arter (STA), eksternal karotid arterden (ECA) çıkan ilk daldır ve ECA'nın, arkasında yeralan ICA'dan ayırt edilmesine yardım eder. Karotid bulb görüldüğünde, 2-3 ml %1 lidokain uygulanır. ICA plağın olduğu bölge boyunca ortaya konulmalıdır,

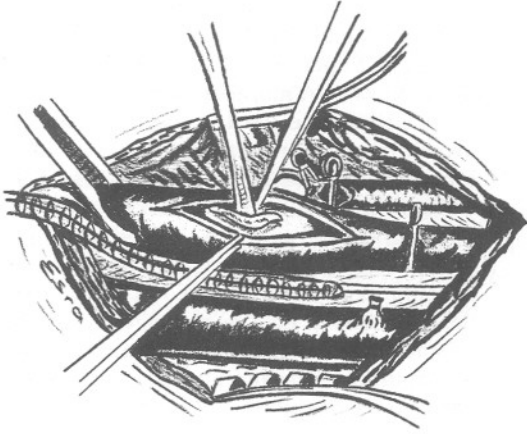


Şekil 3: Diseksiyon: Diseksiyonda anahtar yapı Internal Jugular Vena'dır ve öncelikle tanınması gereklidir. Superior tiroidal arter, ECA'den çıkan ilk daldır ve ECA'nın, arkasında yeralan ICA'dan ayırt edilmesine yardım eder. Okluzyon ve arteriotomi: Bir damar loop'u ECA'nın bifurkasyondan 2 cm sonrasına, diğeri ICA'ye yerleştirilir. CCA üzerine bifurkasyonun 2-3 cm altına umbilikal tape lokalize edilir. Superior tiroidal arter bir geçici anevrizma klipi ile kapatılır. Sonra sırasıyla, CCA DeBakey klempile, ikinci olarak ECA geçici anevrizma klipi ile, ve son olarak da ICA yine geçici anevrizma klipi ile kapatılır. Arteriotomiye 11 nolu bisturi ile başlanır ve insizyon Pott makası ile devam ettirilerek tamamlanır.

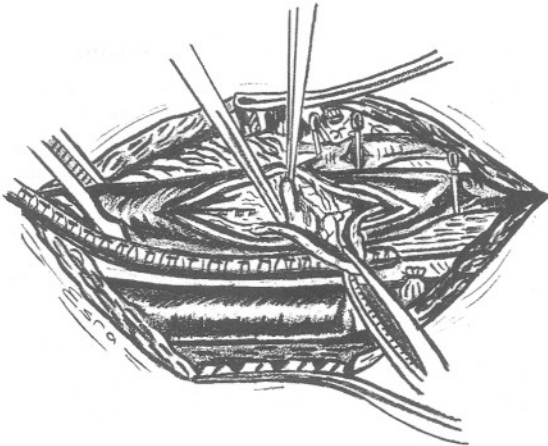
anjiyografik veriler bu amaçla kullanılabileceği gibi, arterdeki renk ve nitelik değişikliği de plağın sona erdiği yeri belirleyebilir. Peroperatif ultrason da (TCD cihazı ile) bu aşamada kullanılabilir. Cerrahi sahada CCA görüldüğü zaman anesteziste 5000 U heparin IV uygulaması için haber verilir.

• **Oklüzyon ve arteriotomi (Resim 3):** Bir damar loop'u ECA'nın bifurkasyondan 2 cm sonrasına, diğeri ICA'ye yerleştirilir. CCA üzerine bifurkasyonun 2-3 cm altına umbilikal tape lokalize edilir. Superior tiroidal arter bir geçici anevrizma klipi ile kapatılır. Sonra sırasıyla, CCA DeBakey klempile, ikinci olarak ECA geçici anevrizma klipi ile, ve son olarak da ICA yine geçici anevrizma klipi ile kapatılır. ICA'nın kliplenmesi esnasında hafif dereceli hipertansiyon gereklidir. Bu aşamada EEG ve TCD bulguları değerlendirilir ve gerekli endikasyonlar saptanırsa shunt uygulanır. Arteriotomiye 11 nolu bisturi ile başlanır ve insizyon Pott makası ile devam ettirilerek tamamlanır. Arteriotominin kapatılmasını kolaylaştırmak için orta hatta kalmak önemlidir.

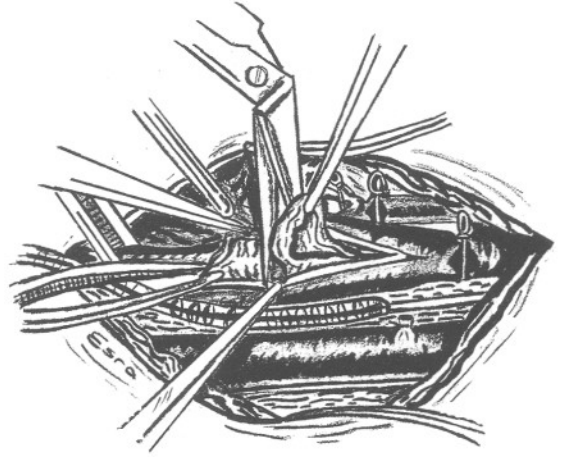
□ **Aterom plağının çıkarılması (Resim 4,5,6,7):** Plağın damar duvarından sıyrılmasına CCA tarafından başlanır ve mümkün olduğunca düzgün bir zemin bırakacak şekilde aterom plağı tunika mediadan ayrılır. Damar duvarının bütünlüğünün korunmasına özen gösterilerek plak tamamen çıkarılır. ICA'de plağın bittiği noktada intimal bir flap oluşturmamak önemlidir. Bu amaçla iki yada üç noktada intimayı, altındaki mediaya bağlayan dikişler atılabilir (Resim 7). Aterom plağı çıkarıldıktan sonra damar lumenine, trombus oluşumunu engel olabilmek amacı ile mikroskobik eksplorasyon yapılır.



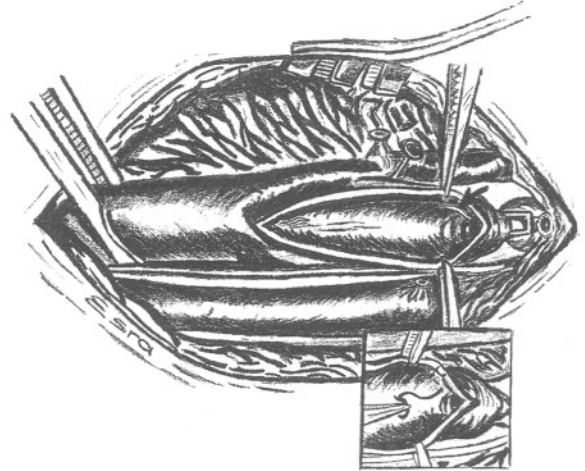
Şekil 4: Aterom plağının çıkarılması: Plağın damar duvarından sıyrılmasına CCA tarafından başlanır ve mümkün olduğunca düzgün bir zemin bırakacak şekilde aterom plağı tunika mediadan ayrılır.



Şekil 5: Damar duvarının bütünlüğünün korunmasına özen gösterilerek plak tamamen çıkarılır.



Şekil 6: ICA'de plağın bittiği noktada intimal bir flap oluşturmamak önemlidir.

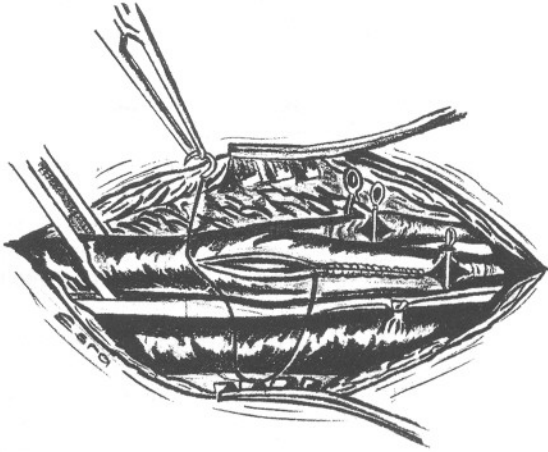


Şekil 7: İki yada üç noktada intimayı, altındaki mediaya bağlayan dikişler atılabilir.

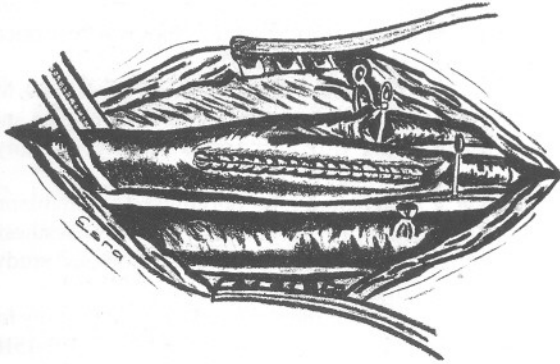
• **Arteriotominin kapatılması ve damarların serbest bırakılması (Resim 8,9,10):** Arteriotomi 6/0 prolene ile kilitlemeksizin, "devamlı" tarzda dikilir. Dikişler mümkün olduğunca sık atılmalıdır.

Önce ECA, ardından CCA serbestleştirilir. Böylelikle trombotik elemanların ECA sirkülasyonuna (ICA yerine) gitmeleri sağlanır. Bu işlemten sonra ICA serbestleştirilir. Resim 10'da emboli riskini azaltmayı amaçlayan damarların serbest bırakılması biçimi şematize edilmiştir. Arteriotomi alanında kanama noktaları varsa ek dikişler konabilir. Arteriotomi alanı perop Doppler ile kontrol edilir. TCD ile emboli oluşumu izlenir.

Gerekli hemostazın yapıldığından emin



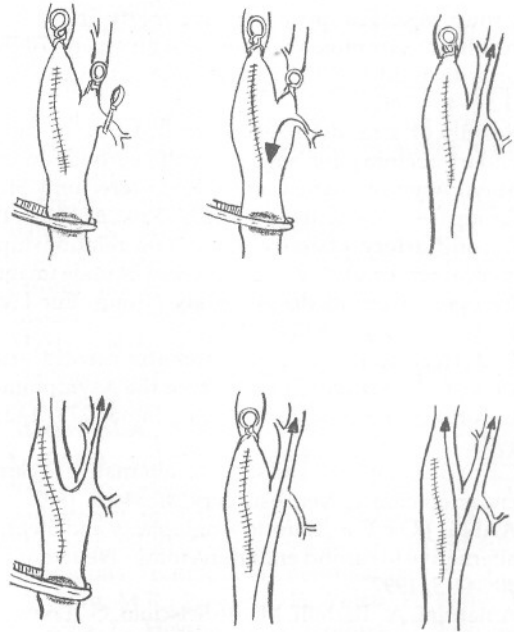
Şekil 8: Arteriotominin kapatılması ve damarların serbest bırakılması: Arteriotomi 6/0 prolen ile kilitlemeksizin, "devamlı" tarzda dikişle kapatılır.



Şekil 9: Dikişler mümkün olduğunca sık atılmalıdır. Kanama olan noktalara gerektiği kadar ek separe dikişler atılarak arteriotomi kapatılması tamamlanır.

olunduktan sonra ve EEG ve TCD ile son kontroller yapıp cerrahi saha kapatılır. Platysmanın altına mini-dren bırakılabilir.

Endarterektomide işlem süresinden daha çok anatomik diseksiyonun niteliği, aterom plağının mümkün olduğunca geride trombotik yapı bırakmayacak şekilde yapılması, monitorizasyon metodlarının (EEG ve TCD'nin kombine kullanılması başarıyı arttırabilir) bilinçli şekilde ve bir "ekip anlayışı ile" kullanılması, cerrahi ayrıntıya dikkat edilmesi önemlidir [47]. Çeşitli kliniklerden yapılan



Şekil 10: Önce ECA, ardından CCA serbestleştirilir. Böylelikle trombotik elemanların ECA sirkülasyonuna (ICA yerine) gitmeleri sağlanır. Bu işlemden sonra ICA serbestleştirilir. Resim 10'da emboli riskini azaltmayı amaçlayan damarların serbest bırakılması biçimi şematize edilmiştir.

yayınlarında toplam operasyon süresinin ortalama 2,5 saat, ICA'nın oklude kaldığı sürenin ise 30-40 dakika olduğu belirtilmektedir [47,57,65,69].

Yazışma Adresi: Dr Türker Kılıç
Marmara Üniversitesi Nörolojik
Bilimler Enstitüsü
Maltepe PK: 53
İstanbul, 81532 Türkiye
Faks: +216 327 52 49
+216 305 79 61
Tel: 0532 514 14 98
0 216 326 45 59
E-posta: turkilic@turk.net
tkilic@rics.bwh.harvard.edu

KAYNAKLAR

1. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high grade carotid stenosis. North American Symptomatic Carotid Artery Trial; New Engl J Med, 325:445-53, 1991
2. CASANOVA Study Group. Carotid surgery versus medical therapy in asymptomatic carotid stenosis, Stroke, 22 :1229-35, 1991

3. European Carotid Surgery Trialists' Collaborative Group: MRC European Carotid Surgery Trial: interim results for symptomatic patients with severe (70-99%) or with mild (0-29%) carotid stenosis., *Lancet*, 337 :1235-43, 1991
4. Results of a randomized controlled trial of carotid endarterectomy for asymptomatic carotid stenosis. Mayo Asymptomatic Carotid Endarterectomy Study Group (see comments), *Mayo Clin Proc*, 67:513-8, 1992
5. Carotid artery plaque composition-relationship to clinical presentation and ultrasound B-mode imaging. European Carotid Plaque Study Group, *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 10:23-30, 1995
6. Endarterectomy for asymptomatic carotid artery stenosis. Executive Committee for the Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study., *Jama*, 273 :1421-8, 1995.
7. Carotid angioplasty and stent: an alternative to carotid endarterectomy, *Neurosurgery*, 40:344-5, 1997
8. AANS., J.O.o.C.a., Carotid Angioplasty and Stent: An alternative to carotid endarterectomy., *Neurosurgery*, 40:344-5, 1997
9. Amantini, A., Bartelli, M., de Scisciolo, G., Lombardi, M., Macucci, M., Rossi, R., Pratesi, C. and Pinto, F., Monitoring of somatosensory evoked potentials during carotid endarterectomy, *J Neurol*, 239 :241-7, 1992
10. Anderson, C.M., Saloner, D., Lee, R.E., Griswold, V.J., Shapeero, L.G., Rapp, J.H., Nagarkar, S., Pan, X. and Gooding, G.A., Assessment of carotid artery stenosis by MR angiography: comparison with x-ray angiography and color-coded Doppler ultrasound, *AJNR Am J Neuroradiol*, 13:989-1003; discussion 1005-8, 1992
11. Anson, J.A., Heiserman, J.E., Drayer, B.P. and Spetzler, R.F., Surgical decisions on the basis of magnetic resonance angiography of the carotid arteries (see comments), *Neurosurgery*, 32 :335-43; discussion 343, 1993
12. Awad, I.A., Reoperation for carotid occlusive disease, *Techniques in neurosurgery*, 3 : 61-73, 1997
13. Beebe, H.G. and Kritpracha, B., Carotid stenting versus carotid endarterectomy: update on the controversy (In Process Citation), *Semin Vasc Surg*, 11: 46-51, 1998
14. Bellavance, A., Efficacy of ticlopidine and aspirin for prevention of reversible cerebrovascular ischemic events: The ticlopidine aspirin stroke study (TASS), *Stroke*, 24 : 1452-7, 1993
15. Benichou, H. and Bergeron, P., Carotid angioplasty and stenting: will periprocedural transcranial Doppler monitoring be important?, *J Endovasc Surg*, 3: 217-23, 1996
16. Bergeron, P., Benichou, H., Rudondy, P., Jausseran, J.M., Ferdani, M. and Coubier, R., Stroke prevention during carotid surgery in high risk patients (value of transcranial Doppler and local anesthesia), *J Cardiovasc Surg (Torino)*, 32: 713-9, 1991
17. Blakeley, D.D., Oddone, E.Z., Hasselblad, V., Simel, D.L. and Matchar, D.B., Noninvasive carotid artery testing. A meta-analytic review (see comments), *Ann Intern Med*, 122 : 360-7, 1995
18. Blume, W.T., Ferguson, G.G. and McNeill, D.K., Significance of EEG changes at endarterectomy., *Stroke*, 17: 891-897, 1986
19. Branch, C.L. and Davis, C.H., False aneurysm complicating carotid endarterectomy, *Neurosurgery*, 19: 421-5, 1986
20. Brott, T.G., Labutta, R.J. and Kempczinski, R.F., Changing patterns in the practice of carotid endarterectomy in a large metropolitan area, *JAMA*, 255: 2609-12, 1986
21. Callow, A.D., Recurrent stenosis after carotid endarterectomy, *Arch Surg*, 117: 1082-5, 1982
22. Culicchia, F., Spetzler, R.F. and Flom, R.A., Failure of transluminal angioplasty in the treatment of myointimal hyperplasia of the internal carotid artery: case report, *Neurosurgery*, 28 :148-51, 1991
23. De Vleeschauwer, P., Horsch, S. and Matamoros, R., Monitoring of somatosensory evoked potentials in carotid surgery: results, usefulness and limitations of the method, *Ann Vasc Surg*, 2 : 63-8, 1988
24. Findlay, J.M., Tucker, W.S., Ferguson, G.G., Holness, R.O., Wallace, M.C. and Wong, J.H., Guidelines for the use of carotid endarterectomy: current recommendations from the Canadian Neurosurgical Society, *Cmaj*, 157: 653-9, 1997
25. Finocchi, C., Gandolfo, C., Carissimi, T., Del Sette, M. and Bertoglio, C., Role of transcranial Doppler and stump pressure during carotid endarterectomy, *Stroke*, 28 : 2448-52, 1997
26. Forssell, C., Takolander, R., Bergqvist, D., Johansson, A. and Persson, N.H., Local versus general anaesthesia in carotid surgery. A prospective, randomised study, *Eur J Vasc Surg*, 3 : 503-9, 1989
27. Grotta, J.C., Current medical and surgical therapy for cerebrovascular disease, *N Engl J Med*, 317 :1505-1516, 1987
28. Halsey, J.H., Jr., Risks and benefits of shunting in carotid endarterectomy. The International Transcranial Doppler Collaborators (see comments), *Stroke*, 23: 1583-7, 1992
29. Hass, W.K., Easton, J.D. and Adams, H.P., A randomized trial comparing ticlopidine hydrochloridewith aspirin for the prevention of stroke in high-risk patients, *N Engl J Med*, 321 : 501-7, 1989
30. Haupt, W.F. and Horsch, S., Evoked potential monitoring in carotid surgery: a review of 994 cases, *Neurology*, 42 : 835-8, 1992
31. Heiserman, J.E., Zabramski, J.M., Drayer, B.P. and Keller, P.J., Clinical significance of the flow gap in carotid magnetic resonance angiography, *J Neurosurg*, 85 : 384-7, 1996
32. Higashida, R.T., Hieshima, G.B. and Tsai, F.Y., Transluminal angioplasty of the vertebral and the basilar artery, *AJNR*, 8 :745-9, 1987
33. Hobson, R.W.d., Weiss, D.G., Fields, W.S., Goldstone, J., Moore, W.S., Towne, J.B. and Wright, C.B., Efficacy of carotid endarterectomy for asymptomatic carotid

- stenosis. The Veterans Affairs Cooperative Study Group (see comments), *N Engl J Med*, 328 : 221-7, 1993
34. Horsch, S., De Vleeschauwer, P. and Ktenidis, K., Intraoperative assessment of cerebral ischemia during carotid surgery, *J Cardiovasc Surg (Torino)*, 31: 599-602, 1990
 35. Iyer, S.S., Roubin, G.S., Yadav, S., Vitek, J., Parks, J.A., Wadlington, V., Dodlar, D. and Jordan, W., Elective Carotid Stenting, *J Endovascular Surgery*, 3: 105-106, 1996
 36. Jorgensen, L.G. and Schroeder, T.V., Transcranial Doppler for detection of cerebral ischaemia during carotid endarterectomy, *Eur J Vasc Surg*, 6 :142-7, 1992
 37. Jorgensen, L.G. and Schroeder, T.V., Transcranial Doppler for carotid endarterectomy, *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 12 :1-2, 1996
 38. Kachel, R., Results of balloon angioplasty in the carotid arteries (see comments), *J Endovasc Surg*, 3 : 22-30, 1996
 39. Kearse, L.A., Jr., Brown, E.N. and McPeck, K., Somatosensory evoked potentials sensitivity relative to electroencephalography for cerebral ischemia during carotid endarterectomy, *Stroke*, 23 : 498-505, 1992
 40. Kieburz, K., Ricotta, J.J. and Moxley, R.T.d., Seizures following carotid endarterectomy (see comments), *Arch Neurol*, 47 :568-70, 1990
 41. Lee, K.S., Davis, C.H., Jr. and McWhorter, J.M., Low morbidity and mortality of carotid endarterectomy performed with regional anesthesia, *J Neurosurg*, 69: 483-7, 1988
 42. Levi, C.R., O'Malley, H.M., Fell, G., Roberts, A.K., Hoare, M.C., Royle, J.P., Chan, A., Beiles, B.C., Chambers, B.R., Bladin, C.F. and Donnan, G.A., Transcranial Doppler detected cerebral microembolism following carotid endarterectomy. High microembolic signal loads predict postoperative cerebral ischaemia, *Brain*, 120: 621-9, 1997
 43. Levy, D.E., How transient are transient ischemic attacks?, *Neurology*, 38: 674-7, 1988
 44. Linstedt, U., Maier, C. and Petry, A., Intraoperative monitoring with somatosensory evoked potentials in carotid artery surgery—less reliable in patients with preoperative neurologic deficiency? (In Process Citation), *Acta Anaesthesiol Scand*, 42: 13-6, 1998
 45. Loftus, C.M., Monitoring during extracranial carotid reconstruction. In C.M. Loftus and V.C. Traynelis (Eds.), *Intraoperative monitoring techniques in neurosurgery*, McGraw-Hill, New York: pp. 3-8, 1994
 46. Loftus, C.M., Technical aspects of carotid endarterectomy with Hemashield patch graft, *Neurol Med Chir (Tokyo)*, 37: 805-18, 1997
 47. Loftus, C.M., Technical fundamantals, monitoring, and shunt use during carotid endarterectomy, *Techniques in Neurosurgery*, 3: 16-24, 1997
 48. Loftus, C.M. and Quest, D.O., Technical issues in carotid artery surgery 1995 (see comments), *Neurosurgery*, 36: 629-47, 1995
 49. Loftus, C.M., Silvdi, J.A., Becker, J.A., Miller, B.V. and Bernstein, D.D., Correlation of experimental rCBF determinations in goats with flow measurements from a Doppler-modified carotid artery shunt, *J Ultrasound Med*, 8: 7-13, 1989
 50. Loftus, C.M., Silvdi, J.A., Bernstein, D.D., Hitchon, P.W. and Kosier, T., Effects of preexisting bypass graft on rCBF and SSEP's following acute stroke in dogs, *J Neurosurg*, 67: 421-7, 1987
 51. Mackey, A.E., Abrahamowicz, M., Langlois, Y., Battista, R., Simard, D., Bourque, F., Leclerc, J. and Cote, R., Outcome of asymptomatic patients with carotid disease. Asymptomatic Cervical Bruit Study Group, *Neurology*, 48: 896-903, 1997
 52. Martin, N.A., Hadley, M.N. and Spetzler, R.F., Management of asymptomatic carotid artery disease, *Neurosurgery*, 18: 505-12, 1986
 53. Mattos, M.A., Shamma, A.R., Rossi, N., Meng, R., Godersky, J., Loftus, C. and Corson, J.D., Is duplex follow-up cost-effective in the first year after carotid endarterectomy?, *Am J Surg*, 156: 91-5, 1988
 54. Mayberg, M.R., Current status of carotid surgical indications, *Techniques in neurosurgery*, 3: 7-15, 1997
 55. Mayberg, M.R., Wilson, S.E., Yatsu, F., Weiss, D.G., Messina, L., Hershey, L.A., Colling, C., Eskridge, J., Deykin, D. and Winn, H.R., Carotid endarterectomy and prevention of cerebral ischemia in symptomatic carotid stenosis. Veterans Affairs Cooperative Studies Program 309 Trialist Group (see comments), *Jama*, 266: 3289-94, 1991
 56. McCollum, C.H., Wheeler, W.G., Noon, G.P. and al, e., Aneurysms of the extracranial carotid artery, *Am J Surg*, 137: 196-200, 1979
 57. Meissner, I. and Meyer, F.B., Carotid stenosis and carotid endarterectomy, *Cerebrovasc Brain Metab Rev*, 6: 163-79, 1994
 58. Moneta, G.L. and Taylor, D.C., Operative versus nonoperative management of asymptomatic high-grade internal carotid artery stenosis., *Stroke*, 18: 1005-10, 1987
 59. Noritomi, T., Sigel, B., Swami, V., Justin, J., Gahtan, V., Chen, X., Feleppa, E.J., Roberts, A.B. and Shirouzu, K., Carotid plaque typing by multiple-parameter ultrasonic tissue characterization, *Ultrasound Med Biol*, 23: 643-50, 1997
 60. Nussbaum, E.S., Heros, R.C. and Erickson, D.L., Cost-effectiveness of carotid endarterectomy, *Neurosurgery*, 38: 237-44, 1996
 61. Piepgras, D.G., Morgan, M.K., Sundt, T.M., Jr., Yanagihara, T. and Mussman, L.M., Intracerebral hemorrhage after carotid endarterectomy, *J Neurosurg*, 68: 532-6, 1988
 62. Reigel, M.M., Hollier, L.H., Sundt, T.M. and al, e., Cerebral hyperperfusion syndrome: A cause of neurologic dysfunction after carotid endarterectomy, *J Vasc Surg*, 5: 628-34, 1987
 63. Smith, J.L., Evans, D.H., Gaunt, M.E., London, N.J., Bell, P.R. and Naylor, A.R., Experience with transcranial Doppler monitoring reduces the incidence of particulate embolization during carotid

- endarterectomy, Br J Surg, 85: 56-9, 1998
64. Spencer, M.P., Transcranial Doppler monitoring and causes of stroke from carotid endarterectomy (see comments), Stroke, 28: 685-91, 1997
65. Spetzler, R.F., Martin, N. and Hadley, M.N., Microsurgical endarterectomy under barbiturate protection, J. Neurosurg., 65: 63-73, 1986
66. Srinivasan, J., Mayberg, M.R., Weiss, D.G. and Eskridge, J., Duplex accuracy compared with angiography in the Veterans Affairs Cooperative Studies Trial for Symptomatic Carotid Stenosis, Neurosurgery, 36: 648-53; discussion 653-5, 1995
67. Steed, D.L., Peitzman, A.B., Grundy, B.L. and Webster, M.W., Cause of stroke in carotid endarterectomy., Surgery, 92: 634-641, 1982
68. Streifler, J.Y., Eliasziw, M., Fox, A.J., Benavente, O.R., Hachinski, V.C., Ferguson, G.G. and Barnett, H.J., Angiographic detection of carotid plaque ulceration. Comparison with surgical observations in a multicenter study. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial, Stroke, 25 (1994) 1130-2.
69. Sundt, T.M., Occlusive Cerebrovascular Disease, W. B. Saunders, Philadelphia: 226-30 pp, 1987
70. Sundt, T.M., Santok, M.A. and Whisnant, J.P., Carotid endarterectomy: Complications and preoperative assessment of risk, Mayo Clin Proc, 50: 301-6, 1975
71. Sundt, T.M., Sharbrough, F.W., Piepgras, D.G. and al, e., Correlation of cerebral blood flow and electroencephalographic changes during carotid endarterectomy, Mayo Clin Proc, 56: 533-43, 1981
72. Tiberio, G., Floriani, M., Giulini, S.M., Bonardelli, S., Portolani, N., Pulcini, G., Guarneri, B., De Maria, G., Antonini, L., Tomasoni, G. and et al., Monitoring of somatosensory evoked potentials during carotid endarterectomy: relationship with different haemodynamic parameters and clinical outcome, Eur J Vasc Surg, 5: 647-53, 1991
73. Tiberio, G., Guilini, S., Floriani, M. and Bonardelli, S., Intra-operative control of carotid thromboendarterectomy by Doppler spectrum analysis., J Cardiovasc Surg, 25: 361-364, 1984
74. Towne, J.B., Weiss, D.G. and Hobson, R.W.d., First phase report of cooperative Veterans Administration asymptomatic carotid stenosis study-operative morbidity and mortality, J Vasc Surg, 11: 252-8; discussion 258-9, 1990
75. Tsai, T.Y., Matovich, V., G, H. and al, e., Percutaneous transluminal angioplasty of the carotid artery, AJNR, 7: 349-58, 1986
76. Weksler, B.B., Pett, S.B., Alonso, D. and al, e., Differential inhibition by aspirin of vascular and platelet prostoglandin synthesis in atherosclerotic patients, N Engl J Med, 308: 800-5, 1983
77. Werdelin, L. and Juhler, M., The course of transient ischemic attacks, Neurology, 38: 677-80, 1988
78. Wiebers, C.M., Effectiveness of carotid endarterectomy for asymptomatic carotid stenosis: design of a clinical trial, Mayo Clin Proc, 64: 897-904, 1989
79. Wilkins, R.H., Science in Neurosurgery: The Importance of Scientific Method, Neurosurgery, 42: 687-691, 1998
80. Yin, D. and Carpenter, J.P., Cost-effectiveness of screening for asymptomatic carotid stenosis, J Vasc Surg, 27: 245-55, 1998
81. Zuccarello, M., Yeh, H.S. and Tew, J.M., Morbidity and mortality of carotid endarterectomy under local anesthesia: a retrospective study, Neurosurgery, 23 445-50.1988