

Karotis endarterektomide plak morfolojisi ile ameliyat sonrası mikroemboli-serebrovasküler olay arasındaki ilişki

Relationship between plaque morphology and postoperative microembolus-cerebrovascular event on karotid endarterectomy

Zeki Kılıç, Kamil Hasan Tüzün, Kazım Beşirli, Caner Arslan, Deniz Göksedef, Berk Arapı

İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Kalp ve Damar Cerrahisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

ÖZ

Amaç: Bu çalışmada rutin karotis şantı kullanılan ve arteriyotomileri safen ven yama plastisi ile kapatılan karotis endarterektomi hastalarında yeni iskemi ve ameliyat sırası inmenin plak morfolojisi ile ilişkisi incelendi.

Çalışma planı: Çalışmaya %70 ve üzeri karotis darlığı bulunan ve izole karotis endarterektomi ameliyatı planlanan 25 hasta (21 erkek, 4 kadın; ort. yaş 69 ± 8.3 yıl; dağılım 47-84 yıl) dahil edildi. Hastaların üçü (%12) asemptomatik, 22'si (%88) semptomatik idi. Tüm hastalara ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası birinci günde difüzyon manyetik rezonans (MR) görüntüleme uygulandı. Ameliyatlar genel anestezi altında yapıldı. Rutin karotis şantı kullanıldı ve arteriyotomiler safen ven yama ile kapatıldı. Endarterektomi materyalleri patolojik olarak incelendi. Ameliyat öncesi ve sonrası difüzyon MR görüntüleri karşılaştırıldı, nörolojik patolojiler ve komplikasyonlar açısından değerlendirildi.

Bulgular: Altı hastada (%24) fibrosis, dokuz hastada (%36) kalsifikasyon, dört hastada (%16) ülserasyon ve altı hastada (%24) tromboz saptandı. Ameliyat öncesi difüzyon MR görüntüleme beş hastada (%20) aynı tarafta lezyon saptandı. Ameliyat sonrası birinci günde yapılan difüzyon MR görüntüleme beş hastada (%20) yeni iskemik lezyon saptandı. Beş hastada yeni iskemik lezyon saptanmış olsa da ameliyat sonrası nörolojik komplikasyon yoktu. Yeni iskemik lezyon saptanan hastaların üçünde kalsifikasyon, birinde ülserasyon ve birinde tromboze plak vardı.

Sonuç: Endarterektomi grubumuzda kalsifik plaklar, ameliyat sırası hipotansiyon ve yüksek kolesterol düzeyleri görülmesine rağmen, bunların arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki yoktu.

Anahtar sözcükler: Karotis arter plağı; karotis darlığı; difüzyon manyetik rezonans görüntüleme; endarterektomi.

ABSTRACT

Background: This study aims to review the relationship of new ischemia and perioperative stroke with plaque morphology in routine carotid shunt used and saphenous vein patch plasty applied carotid endarterectomy patients.

Methods: The study included 25 patients (21 males, 4 females; mean age 69 ± 8.3 years; range 47 to 84 years) who had 70% and higher carotid stenosis and were planned to undergo carotid endarterectomy. Of the patients, three (12%) were asymptomatic and 22 (88%) were symptomatic. All patients were administered diffusion magnetic resonance (MR) imaging perioperatively and at postoperative first day. Operations were performed under general anesthesia. Routine carotid shunt was used and arteriotomies were closed with saphenous vein patch. Endarterectomy materials were examined pathologically. Preoperative and postoperative diffusion MR images were compared and evaluated for neurologic pathologies and complications.

Results: Fibrosis was detected in six patients (24%), calcification in nine patients (36%), ulceration in four patients (16%), and thrombosis in six patients (24%). Preoperative diffusion MR imaging revealed ipsilateral lesion in five patients (20%). Diffusion MR imaging conducted at postoperative first day showed new ischemic lesion in five patients (20%). Although new ischemic lesions were detected in five patients, there was no postoperative neurologic complication. Of new ischemic lesion detected patients, three had calcification, one had ulceration, and one had thrombosed plaque.

Conclusion: Although calcific plaques, perioperative hypotension and high cholesterol levels were seen in our endarterectomy group, there was no statistically significant relationship between them.

Keywords: Carotid artery plaque; carotid stenosis; diffusion magnetic resonance imaging; endarterectomy.



İnme, dünya genelinde miyokard enfarktüsü ve kanser sonrası en sık üçüncü ölüm nedenidir.^[1,2] Ateroskleroz tüm inmelerin üçte birini oluşturmaktadır.^[3] Karotis endarterektomisi ciddi karotis darlığı olan, semptomatik veya asemptomatik hastaların tedavisinde sıkça kullanılan yöntemdir.^[4,5] Hastalarda şant kullanılması hipoperfüzyona bağlı inmeyi azaltırken uygulamanın doğru yapılamaması durumunda embolik inme riski artmaktadır.^[6] Beyin perfüzyonunu, karotis arter klempli olduğu süre boyunca değerlendirmek için; güdük basıncı, elektroensefalografi (EEG), somatosensöriyel uyarı potansiyelleri, uyanık hastada nörolojik monitörizasyon gibi pek çok yöntem kullanılmakta ve gerekli durumlarda selektif şant uygulanmaktadır.^[7-9]

Çalışmamızda ciddi karotis darlığı (%70 ve üzeri darlık) bulunan hastalarda difüzyon manyetik rezonans görüntüleme (MRG) incelemesi yapılarak, ameliyat öncesi ve sonrası bulgular karşılaştırıldı ve genel anestezi altında şant kullanılarak endarterektomi ameliyatı yaptığımız karotis arter hastalarında plak yapısı ile emboli ilişkisi tespit edilmeye çalışıldı.

HASTALAR VE YÖNTEMLER

Kasım 2011 - Haziran 2012 tarihleri arasında İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Kalp Damar Cerrahisi Anabilim Dalı'nda, %70 ve üzeri karotis darlığı nedeni ile izole karotis endarterektomi ameliyatı planlanan 25 hasta (21 erkek, 4 kadın; ort. yaş 69±8.3 yıl; dağılım 47-84 yıl) çalışmaya alındı. Çalışmaya alınan hastalar uygulanacak tedavi konusunda ayrıntılı olarak bilgilendirildi ve bilgilendirilmiş hasta onamları alındı.

Çalışma için İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Etik Değerlendirme Komisyonu'ndan etik kurul onayı alındı. Hastaların difüzyon MRG incelemeleri Radyoloji Anabilim Dalı tarafından, endarterektomi sonrası çıkarılan plakların incelemesi Patoloji Anabilim Dalı tarafından yapıldı ve plaklar fibrotik, kalsifik, ülsere ve tromboze olarak sınıflandırılarak, elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirmesi Biyoistatistik Anabilim Dalı tarafından yapıldı.

Hastaların üçü (%12) asemptomatik, 22'si (%88) semptomatik idi. Hastaların üçünde (%12) geçici iskemik atak (GİA), 10'unda (%40) geri dönüşümlü iskemik atak (RIND) ve altısında (%24) geçirilmiş felç vardı. Hastaların fizik muayenesinde; 11 hastada (%44) karotis bölgesinde üfürüm alınmazken 24 hastada (%96) karotis üfürümü vardı.

Risk faktörlerinden; sigara 15 hastada (%60), diyabet yedi hastada (%28), hipertansiyon 19 hastada (%76) ve hiperlipidemi 12 hastada (%48) tespit edildi.

Karotis darlığı dışında aterosklerotik tutulum incelendiğinde; 12 hastada (%48) koroner arter hastalığı, iki hastada (%8) periferik arter hastalığı vardı. İki hastada (%8) ise periferik ve koroner arter hastalığı birlikte bulunmaktaydı.

Hastaların 16'sı (%64) ameliyata sadece asetilsalisilik asit (ASA) tedavisi ile alınırken, üç hasta (%12) ASA + düşük molekül ağırlıklı heparin (DMAH), ikişer hasta (%8) sadece DMAH ve ASA + klopidogrel, birer hasta da (%4) sadece klopidogrel ve klopidogrel + DMAH tedavisi ile alındı.

Karotis sistem darlığının tespitinde hastaların %92'sinde Doppler ultrasonografi (USG) kullanıldı, Doppler USG kullanılmayan iki hastaya (%8) karotis arteriyografi, MRG anjiyografi ve bilgisayarlı tomografi (BT) anjiyografi yöntemleri ile cerrahi endikasyon konuldu. Hastaların rutin ameliyat öncesi hazırlıklarından hemogram, karaciğer fonksiyon testleri, böbrek fonksiyon testleri, elektrolit, kan kolesterol değerleri, seroloji, protrombin zamanı (PT), Uluslararası normalleştirilmiş oran (INR), Aktive parsiyel tromboplastin (aPTT), akciğer grafisi, elektrokardiyografi (EKG) incelemelerinin yanında ameliyat sonrası karşılaştırma yapabilmek amaçlı ameliyat öncesi difüzyon MRG incelemesi yapıldı.

Hastaların 17'sinde (%68) %70-79 darlık bulunurken, beş hastada (%20) %80-89 darlık, üç hastada (%12) %90'ın üzerinde darlık vardı. Beş hastada (%20) karşı karotis arterinde total tıkanma saptanırken, 12 hastada (%48) %70'in altında darlık vardı.

Hastaların 15'ine (%60) sol, sekizine (%32) sağ ve ikisine (%8) iki taraflı karotis endarterektomi ameliyatı yapıldı. Hastaların ortalama yatış süresi 13.2±5.8 gün idi.

Hastaların tümü genel anestezi altında, vertikal boyun insizyonu kullanılarak ameliyat edildi. Eksplorasyon işlemi mümkün olduğunca manipülasyondan kaçınıldı. Kliniğimizde standart olarak şant kullanımı tercih edildiği için çalışmamızdaki tüm hastalara da şant kullanıldı. Endarterektomi öncesinde sistemik 5000 IU damar içi heparin verildi. Arteriyotomi uyluk seviyesinden hazırlanan safen ven kullanılarak kapatıldı. Karotis arteri dolaşıma açılmadan önce; ana karotis arter (AKA)'den gelen akım ilk önce eksternal karotis arter (EKA)'e yönlendirilerek internal karotis arter (İKA)'e partikül veya hava kaçıışı önlenmeye çalışıldı. Çıkarılan endarterektomi materyali aynı gün içinde incelenmek üzere patoloji laboratuvarına gönderildi. Plagın tam çıkarılmadığı veya distale uzandığı durumlarda plak tespit edildi. Tüm hastalara insizyon kapatılmadan önce hemovak dren (Bıçakçılar

Tıbbi Cihazlar Sanayi ve Ticaret A.Ş., İstanbul, Türkiye) yerleştirildi. Ameliyat sonrası hastaların ameliyat öncesi kullandıkları antiagregan ve antikoagülan tedavilerine devam edildi. Hastalara ameliyat sonrası birinci günde difüzyon MRG incelemesi yapıldı ve ameliyat öncesi yapılan difüzyon MRG incelemesi ile karşılaştırıldı, sonuçlar nörolojik patolojiler ve komplikasyonlar açısından değerlendirildi.

Bu çalışmada genel anestezi altında, rutin karotis şanti kullanılarak arteriyotomileri safen ven ile kapatılan hastaların ameliyat öncesi ve sonrası difüzyon MRG incelemeleri karşılaştırıldı yeni iske mi varlığı ve bu iskemilerin aterosklerotik plak yapısı ile ilişkisi araştırıldı.

Elde edilen veriler Windows için SPSS 15.0 versiyon istatistik paket programı (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) kullanılarak hesaplandı. Normal dağılım gösteren nicel veriler Student t testi ile normal dağılım göstermeyen nicel verilerin kıyaslanmasında Mann-Whitney U testi kullanıldı. Nitel verilerin kıyaslanmasında Ki-kare testi kullanıldı. $P < 0.05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

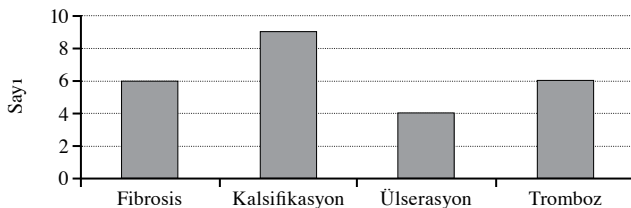
BULGULAR

Çalışmaya alınan hastaların karotis plak yapılarının patolojik incelemesinde altı hastada (%24) fibrosis, dokuz hastada (%36) kalsifikasyon, dört hastada (%16) ülserasyon ve altı hastada (%24) tromboz saptandı (Şekil 1).

Hastaların ameliyat öncesinde yapılan difüzyon MRG incelemelerinde beş hastada (%20) ameliyat tarafında iske mi saptandı. Ameliyat sonrası birinci günde yapılan difüzyon MRG incelemesinde de beş hastada (%20) yeni iske mi saptandı (Şekil 2). Ancak ameliyat öncesi iske mi ile ameliyat sonrası yeni iske mi arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunmadı ($p > 0.05$).

Ameliyat sırası yapılan değerlendirme sonucunda difüzyon MRG incelemesinde yeni iske mi saptanan hastaların plak yapılarına göre dağılımı; üç hastada kalsifikasyon, bir hastada ülserasyon ve bir hastada tromboz bulunan plak şeklindekiydi.

Mikroskopik ve makroskopik inceleme sonucundaki plak yapısı ile yeni iske mi karşılaştırıldığında kalsi-



Şekil 1. Hastalarda plak morfolojisinin dağılımı.

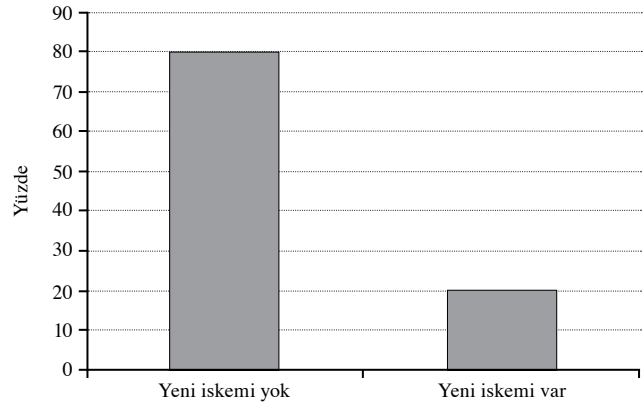
fik plak grubunda daha çok iske mi tespit edilse de bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p > 0.05$) (Şekil 3).

Beş hastada, radyolojik olarak sessiz iske mi olarak tanımlandığımız yeni iske mi saptanmış olsa da ameliyat sonrası nörolojik komplikasyon görülmedi. Ameliyat esnasında hipotansiyon ve bradikardi gelişen hasta sayısı 17 (%68) idi. Yeni iske mi tespit edilen hastaların tamamında ameliyat sırasında hipotansiyon ve bradikardi gelişti. Ancak serebrovasküler olay ile yeni iske mi arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunamadı ($p > 0.05$).

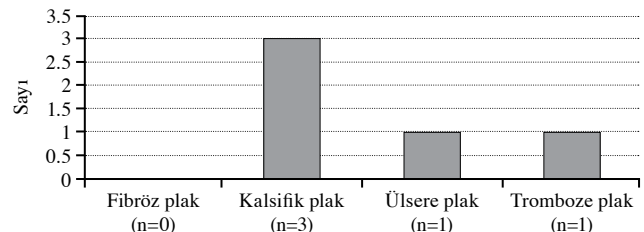
Difüzyon MRG'de yeni iske mi saptanmayan hastalarda ortalama ameliyat süresi 161.3 ± 20.6 dakika, yeni iske mi saptanan hastalarda ortalama ameliyat süresi 157.7 ± 26.4 dakikaydı ve ameliyat süresi ile serebrovasküler olay veya yeni iske mi arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunamadı ($p > 0.05$).

Hastalardaki total kolesterol düzeyi yeni iske mi saptananlarda 214.3 ± 82.3 mg/dL, yeni iske mi saptanmayanlarda ise 192.2 ± 69.4 mg/dL olarak hesaplandı. Yeni iske mi grubunda kolesterol düzeyi daha yüksek olmasına rağmen aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p > 0.05$).

Yeni iske mi saptanan hastaların difüzyon MRG'sinde karşı taraf karotis arterde bir hastada (%20) total



Şekil 2. Yeni iske mi varlığı.



Şekil 3. İske mi ile plak yapısının karşılaştırılması ($p > 0.05$).

tıkanma, üç hastada (%60) %70'den az darlık tespit edildi, diğer bir hastada ise (%20) herhangi bir sorun tespit edilmedi. İki taraflı karotis arterde %70'in üzerinde darlık olan iki hastada difüzyon MRG'lerinde iskemi saptanmadı ve karşı taraf karotis darlık derecesi ile yeni iskemi arasında istatistiksel anlamlı ilişki saptanmadı ($p>0.005$).

Ameliyat öncesi tedavilere göre yeni iskemi dağılımı; Yeni iskemi sadece ASA kullanan iki hastada, sadece klopidogrel kullanan bir hastada, ASA+klopidogrel kullanan bir hastada ve ASA+DMAH kullanan bir hastada belirlendi ancak bu dağılım istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p>0.05$).

TARTIŞMA

Karotis endarterektomi sonrası yeni iskemi semptomatik serebrovasküler olaylara göre daha sık görülmektedir.^[10] Difüzyon MRG, konvansiyonel MRG ve BT'nin tespit edemediği akut fokal iskemileri 30 dakika sonrasında %88-100 duyarlılık, %86-100 özgüllük ile tespit edebilmektedir.^[11] Difüzyon MRG'nin küçük asemptomatik iskemik odakları ortaya koyabilmedeki üstünlüğü bu çalışmada açıkça görülmektedir. Çalışmamızda da iskemiye daha iyi tespit edebildiği için, hastaların ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası dönem takipleri difüzyon MRG ile yapıldı. Hastalardaki intrakraniyal lezyonların varlığı da sonucu etkileyebilmektedir ve bunların tespiti için anjiyografik incelemeler uygulanabilirdi ancak çalışma rutin, izole karotis ameliyatı olan hastaları içeren bir çalışma olduğu için ayrıca inceleme yapılmadı.

Lacroix ve ark.nın^[12] çalışmasında, rutin şant kullanılmış ve arteriyotomiler perikardiyal yama ile kapatılmıştır. Cerrahi gruptaki 60 hastanın yedisinde (%11.6) difüzyon MRG'de yeni iskemi alanları saptanmış, ikisinde minör inme, birinde miyokard enfarktüsü, birinde vokal kord paralizisi gelişmiştir. Schnaudigel ve ark.nın^[13] yaptıkları literatür taramasında rutin şant uygulanan hastaların %16'sında yeni iskemi saptanırken, selektif şant kullanılan hastaların %6'sında yeni iskemi saptanmıştır. Araştırmacılar Karotis endarterektomi (KEA)'da ortalama yeni iskemik alan tespit etme oranını %10 olarak belirlerken, kombine mortalite ve inme oranını %2.1 olarak bulmuşlardır. İncelenen çalışmalarda difüzyon MRG'de yeni iskemi görülme oranı %0 ile %27 olarak tespit edilmiş ve bu geniş aralığın nedeninin hastalarda ameliyat sonrası görüntülemenin zamanlamasına bağlı olabileceği belirtilmiştir. Barth ve ark.nın^[14] 54 KEA hastasını dahil ettikleri bir çalışmada 12 hastada selektif şant kullanılmış ve iki hastada (%4.2) ameliyat sonrası yeni iskemi saptanmıştır. Yazarlar inme oranını %1.9, mortaliteyi %0 olarak bildirmişlerdir. Kliniğimizde karotis ameliyatlarında

rutin şant kullanılmaktadır ve çalışmaya alınan hastalara da şant kullanılarak endarterektomi uygulandı. Çalışmamızın sonucunda beş hastada (%20) yeni iskemi belirlendi. Çalışmamızda elde edilen sonuçlar diğer çalışmalardaki sonuçlara benzer ve yüksek olmasına rağmen hiçbir nörolojik komplikasyon görülmedi.

Spagnoli ve ark.^[15] 296 KEA hastasında plak yapısı ile hastaların kliniklerini karşılaştırmış, plakta bulunan mural trombüs ile inme geçirme arasında anlamlı ilişki saptamışlardır. Sitzer ve ark.nın^[16] çalışmasında mikroembolilerin plak ülserasyonu ve lümen trombüsü ile kuvvetli ilişkisinin olduğu gösterilmiştir. Bizim çalışmamızda ülsere plaklarda %25, tromboze plaklarda %16.6 oranında iskemi saptandı. Kalsifik plakta iskemi görülme oranı %33.3 olarak diğer çalışmalardakinin aksine ülsere ve tromboze plaklara göre daha fazla oranda tespit edildi. Bu sonuçlar diğer çalışmalara göre farklı olmakla birlikte bunun nedeninin hasta sayısının azlığına bağlı olduğunu düşünmekteyiz.

Yamada ve ark.^[17] MRG'de karotis plak sinyal yoğunluğunu yüksek buldukları (hemorajik, ülsere, tromboze plak) KEA hastalarında yeni iskemi oranını %13 olarak bulmuş ve semptomatik hastaları, stent girişimini ve yüksek sinyal yoğunluğunu yeni iskemi için bağımsız risk faktörü olarak belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızda hastaların %20'sinde yeni iskemik alanlar tespit edildi. Bu iskemilerin %60'ı kalsifik plağa sahip hastalarda ortaya çıktı. Çalışmaların aksine bizim çalışmamızda kalsifik plaklar yüksek oranda tespit edildi ancak plak dağılımı uniform olmasından dolayı istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı.

Çalışmamızda tam olarak netlik kazanmamış rutin şant kullanımının ve arteriyotomilerin safen ven ile kapatılmasının hastalardaki erken dönem ameliyat sonrası komplikasyonlara etkisi araştırıldı ve var ise bu komplikasyonların hastaların plak yapısı ile ilişkisi incelendi. Hastalardaki plak yapısına göre bakıldığında, fibrotik karotis arter plaklarının ameliyat sonrası embolik olaylara daha az neden olduğu, ameliyat sonrası dönemde radyolojik yöntemler ile tespit ettiğimiz yeni iskemilerin literatürde ulaştığımız verilere paralel olarak özellikle trombüslü, kalsifik ve ülsere plaklara sahip hastalarda görüldüğünü tespit ettik. Hastaların tanısında Doppler USG, MR anjiyografi veya konvansiyonel anjiyo gibi farklı görüntüleme yöntemleri kullanıldı. Hastaların birçoğu dış kliniklerde tanısı konulmuş olarak kliniğimize başvurduğu için her hastada standart radyolojik tanı aracı bulunmamaktadır. Çalışmada az sayıda iki taraflı KEA ameliyatı yapılan hasta vardı. Bu durum standardizasyonu bozsa da asıl amaç difüzyon MRG ile ameliyat öncesi ve ameliyat sonrası kontrolün yapılması olduğundan bu hastalar çalışmaya dahil

edildi. Hasta sayısı sınırlı olduğu için hiperkolesterolemi, hipertansiyon, diyabet gibi risk faktörü grupları oluşturulmadı.

Çıkar çakışması beyanı

Yazarlar bu yazının hazırlanması ve yayınlanması aşamasında herhangi bir çıkar çakışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Finansman

Yazarlar bu yazının araştırma ve yazarlık sürecinde herhangi bir finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

KAYNAKLAR

1. Bousser MG. Stroke prevention: an update. *Front Med* 2012;6:22-34.
2. Çekiç B, Barut AY, Özdemir H. İnme geçirmiş hastalarda plak morfolojisi ve stenoz sonrası akım hızlarında artış sonrasındaki ilişkisi. *İstanbul Med J* 2009;10:79-80.
3. Hıdıroğlu M, Çetin L, Kunt A, Karakişi O, Küçükler A, Şener E. Karotis arter hastalıklarında karotis endarterektomi erken sonuçları. *Türk Gogus Kalp Dama* 2010;18:190-5.
4. Verhoeven BA, de Vries JP, Pasterkamp G, Akerstaff RG, Schoneveld AH, Velema E, et al. Carotid atherosclerotic plaque characteristics are associated with microembolization during carotid endarterectomy and procedural outcome. *Stroke* 2005;36:1735-40.
5. Palombo D, Lucertini G, Mambrini S, Zettin M. Subtle cerebral damage after shunting vs non shunting during carotid endarterectomy. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2007;34:546-51.
6. Roseborough GS. Pro: Routine shunting is the optimal management of the patient undergoing carotid endarterectomy. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2004;18:375-80.
7. AbuRahma AF, Mousa AY, Stone PA, Hass SM, Dean LS, Keiffer T. Correlation of intraoperative collateral perfusion pressure during carotid endarterectomy and status of the contralateral carotid artery and collateral cerebral blood flow. *Ann Vasc Surg* 2011;25:830-6.
8. Moritz S, Schmidt C, Bucher M, Wiesenack C, Zimmermann M, Schebesch KM, et al. Neuromonitoring in carotid surgery: are the results obtained in awake patients transferable to patients under sevoflurane/fentanyl anesthesia? *J Neurosurg Anesthesiol* 2010;22:288-95.
9. Simon MV, Chiappa KH, Kilbride RD, Rordorf GA, Cambria RP, Ogilvy CS, et al. Predictors of clamp-induced electroencephalographic changes during carotid endarterectomies. *J Clin Neurophysiol* 2012;29:462-7.
10. Flach HZ, Ouhlous M, Hendriks JM, Van Sambeek MR, Veenland JF, Koudstaal PJ, et al. Cerebral ischemia after carotid intervention. *J Endovasc Ther* 2004;11:251-7.
11. Lövblad KO, Plüschke W, Remonda L, Gruber-Wiest D, Do DD, Barth A, et al. Diffusion-weighted MRI for monitoring neurovascular interventions. *Neuroradiology* 2000;42:134-8.
12. Lacroix V, Hammer F, Astarci P, Duprez T, Grandin C, Cosnard G, et al. Ischemic cerebral lesions after carotid surgery and carotid stenting. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2007;33:430-5.
13. Schnaudigel S, Gröschel K, Pilgram SM, Kastrup A. New brain lesions after carotid stenting versus carotid endarterectomy: a systematic review of the literature. *Stroke* 2008;39:1911-9.
14. Barth A, Remonda L, Lövblad KO, Schroth G, Seiler RW. Silent cerebral ischemia detected by diffusion-weighted MRI after carotid endarterectomy. *Stroke* 2000;31:1824-8.
15. Spagnoli LG, Mauriello A, Sangiorgi G, Fratoni S, Bonanno E, Schwartz RS, et al. Extracranial thrombotically active carotid plaque as a risk factor for ischemic stroke *JAMA* 2004;292:1845-52.
16. Sitzler M, Müller W, Siebler M, Hort W, Kniemeyer HW, Jäncke L, et al. Plaque ulceration and lumen thrombus are the main sources of cerebral microemboli in high-grade internal carotid artery stenosis. *Stroke* 1995;26:1231-3.
17. Yamada K, Yoshimura S, Kawasaki M, Enomoto Y, Asano T, Hara A, et al. Embolic complications after carotid artery stenting or carotid endarterectomy are associated with tissue characteristics of carotid plaques evaluated by magnetic resonance imaging. *Atherosclerosis* 2011;215:399-404.