

Karotis Endarterektomi Esnâsında Gelişebilen Kraniyal ve Periferik Sinir Hasarının Araştırılması

Yrd. Doç. Dr. Suat Canbaz*, Yrd. Doç. Dr. Nilda Turgut**, Araş. Gör. Dr. Ümit Halıcı*, Uzman Dr. Kemal Balcı**, Prof. Dr. Enver Duran*

* Trakya Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Kalp Damar Cerrahisi Anabilim Dalı, Edirne

** Trakya Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Nöroloji Anabilim Dalı, Edirne

Yazışma Adresi: Yrd. Doç. Dr. Nilda Turgut, Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nöroloji Anabilim Dalı, 22030 Edirne

e-mail: nildaturgut@hotmail.com

Tel: (+90)284 235 76 41

Faks: (+90)284 235 76 52

ÖZET

Amaç: Karotis cerrahisi uygulanan hastalarda, zaman zaman vagus, hipoglossus ve fasiyal sinir gibi kraniyal ve periferik sinirlerin hasarı bildirilmektedir. Çalışmamızda, karotis endarterektomisi uyguladığımız hastalarımızda gelişebilecek sinir hasarlarının objektif bir yöntem olan elektrofizyolojik çalışma ile gösterilmesi amaçlandı.

Yöntem: Aynı standart yöntemle karotis endarterektomi + patch plâsti operasyonu yapılan toplam 18 hastanın, operasyondan ortalama 1 ay sonra iki taraflı kraniyal ve periferik sinir elektrofizyolojik çalışması yapıldı. Ayrıca vagus sinirinin değerlendirilmesi amacıyla, bu hastalara ve sağlıklı 20 kontrol bireye istirahat ve hiperventilasyon esnasında R-R interval değişkenliği ölçümü yapıldı.

Bulgular: On birinde (%61) sol karotis lezyonu olan hastaların 15'ine (%83) endarterektomi sonrası sentetik politetrafloroetilen, üçüne de (%17) safen ven ile patch plâsti işlemi uygulandı. Hastaların hiçbirinde perioperatif strok gibi majör bir komplikasyon veya mortalite gözlenmedi. Hastaların birinde preoperatif dönemde de düşünülen bilateral karpal tünel sendromu, elektrofizyolojik olarak doğrulandı. Preoperatif inme sekeli olan üç hasta dışındaki bir hastada (%5.5) fasiyal sinirin parsiyel lezyonu saptandı. Diğer hastalarda postoperatif dönemde kraniyal veya periferik sinir hasarı saptanmadı. Operasyon tarafı ve karşı tarafın ölçülen sinir ileti hızı ve amplitüdüleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmedi. Ayrıca, istirahat ve hiperventilasyonda alınan R-R interval değişkenliği ölçümlerinde, kontrol grubu ve karotis endarterektomili hastalar arasında da istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu.

Tartışma: Karotis endarterektomisi, genellikle inmenin önlemesi amacıyla yapılmakta fakat bâzen istenmeyen komplikasyonlara yol açabilmektedir. Fasiyal sinir dalları, vagus ve hipoglossus sinir yaralanmaları sıkça bildirilmektedir. Yapılan çalışmaların hemen tamamında lezyon, şüphelenilen hastaların incelenmesiyle ortaya konulmuştur. Hastaların tamamının elektrofizyolojik olarak incelendiği bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Vagus sinirini de içeren bazı kraniyal ve periferik sinirlerin elektrofizyolojik olarak incelendiği çalışmamızda bir hastada gelişen parsiyel fasiyal sinir lezyonu dışında başka bir sinir hasarına rastlamadık.

Sonuç: Dikkatli bir cerrahi diseksiyonla, karotis cerrahisinin herhangi bir komplikasyona yol açmadan başarılı bir şekilde yapılabileceğini düşünmekteyiz.

Anahtar Kelimeler: karotis endarterektomi, periferik sinir hasarı, vagus, fasiyal sinir, hipoglossus, elektrofizyolojik çalışma

ABSTRACT

Objective: Injuries of cranial nerves such as vagus, hypoglossus and facial and peripheral nerves are sometimes reported in carotid surgery patients. In this study, we aimed to demonstrate the peripheral and cranial nerves injuries during carotid artery surgery in our patients with electrophysiological study which is an objective method.

Method: In total of 18 patients, electrophysiological evaluation of bilateral cranial and peripheral nerves was performed with standard fashion one month after the carotid endarterectomy + patch plastic operation. Also, in these patients and in 20 healthy control subjects, R-R interval variability during quiet and deep breathing was measured for evaluation of vagal nerve.

Findings: There were left carotid lesions in eleven patients (61%) and patch-plasty had been performed with polytetrafluoroethylene in fifteen patients and saphenous vein graft in three patients following carotid endarterectomy. Any major complication such as perioperative stroke and mortality was not observed in all of the patients. Preoperatively suspected bilateral carpal tunnel syndrome was confirmed with electrophysiologically in one patient. In postoperative period, partial facial nerve injury was detected in one patient (5,5%). Except this one, cranial and peripheral nerve injuries were not detected in remained patients who contain three patients with preoperative stroke remnant. There were not statistically significant differences in comparison of nerve conduction velocities and amplitudes of operation side and opposite side. There was not a statistically significant difference between the control group and carotid endarterectomy group in measurement of R-R interval variability during quiet and hyperventilation.

Discussion: Carotid endarterectomy operation is usually performed for prevention of stroke, but it can sometimes cause some undesirable complications. Injury of the branches of facial nerve, vagal nerve and hypoglossus are frequently reported. In majority of the studies, nerve lesion is demonstrated with investigation of suspected patients with complaints. We were not found a study which all of the carotid endarterectomy patients were evaluated with electrophysiologically. In our study which contain of electrophysiological investigation of some cranial and peripheral nerves including the vagal nerve, we were observed only one partial facial nerve lesion.

Conclusion: In extracranial carotid artery lesions, carotid andarterectomy operation can successfully perform with carefully surgical dissection without any complication, although it can cause cranial and peripheral nerve complications which reported in literature.

Keywords: carotid endarterectomy, peripheral nerve injury, vagal nerve, facial nerve, hypoglossal nerve, electrophysiological study

AMAÇ

Sıklıkla karotis arter sisteminin ateroskleroza nedeniyle gelişen inme (stroke: nuzül), yüksek morbidite ve mortalitesi ile toplum yaşamında yıkıma neden olan, tedavisi uzun, masraflı ve yüz güldürücü olmayan bir hastalıktır. Şüphesiz, inme gelişimini önlemek, geliştikten sonra yapılan destekleyici tedaviden çok daha önemli olmalıdır. Karotis endarterektomi operasyonu, ekstrakraniyal serebral damar tıkanıklığı olan hastalarda uygulanan, inme gelişimini önleyici bir yöntemdir. Günümüzde tüm dünyada yaygın olarak uygulanan bu operasyon sıklıkla genel, bâzen de lokal anestezi altında yapılabilmektedir. İyi seçilmiş hastalarda, oldukça başarılı sonuçlar veren bu operasyonun, kanama, yalancı anevrizma gelişimi, fatal veya nonfatal inme, kraniyal veya periferik sinir yaralanması gibi istenmeyen komplikasyonlara yol açabildiği de bilinmektedir (Assadian ve ark. 2004, Abou Zamzam ve ark. 2002, Berguer ve ark. 1998, Forssell ve ark. 1995). Geniş hasta serilerinin retrospektif incelenmesiyle, başta fasiyal, hipoglossal sinirler olmak üzere, vagus, frenik, süperior ve rekürren laringeal, glossofaringeal, transvers servikal sinir gibi çeşitli kraniyal veya periferik, duyuşal veya motor sinirlerin, geçici veya kalıcı hasarı zaman zaman bildirilmektedir (Bartolucci ve ark. 2001, Maniglia ve Han 1990, Downs ve ark. 1987).

Kliniğimizde, karotis endarterektomi operasyonuna bağlı oluşabilen kraniyal veya periferik sinir hasarlarının araştırılması için, hastalarımıza elektrofizyolo-

jik çalışma uyguladık. Çalışmanın amacı, karotis endarterektomi operasyonu uygulanan hasta serimizdeki operatif komplikasyon, kraniyal ve periferik sinir hasarlarını objektif bir yöntemle ortaya koymaktır.

YÖNTEM

İzole karotis endarterektomi + patch plâsti operasyonu uygulanan ve diyabetik olmayan dördü kadın (%22), 14'ü erkek (%78), toplam 18 hasta çalışmaya alındı. Prospektif elektrofizyolojik çalışma için etik kurul onayı ve hastaların her birinden çalışmaya katılım onay belgesi alındı. Karotis arter hastası olmaları dolayısıyla, hastaların operasyon öncesine âit ayrıntılı nörolojik muayene notları mevcuttu.

Operasyonlarda, standart teknikle ve aynı cerrah tarafından, genel anestezi altında, sternokleidomastoid kasın anterior sınırı boyunca vertikal cilt ensizyonu ile platizma ayrıştırılmasını takiben, sternokleidomastoid kas ve juguler ven laterale deviye edilerek kommon karotis arter bifürkasyon düzeyinde eksplore edildi. Kommon karotis arter distali ve internal karotis arter proksimalini içeren endarterektomi yapıldı, takiben sentetik (politetrafloroetilen = PTFE) veya otojen yama ile patch plâsti işlemi uygulandı. Karotis eksplorasyonu esnasında yakın seyreden nervus vagusun, hipoglossusun ve fasiyal sinirin bâzı dallarının korunmasına çalışıldı.

Çalışmaya alınan toplam 18 hastanın, operasyondan ortalama 1 ay sonra iki taraflı kraniyal ve periferik sinir elektrofizyolojik çalışması yapıldı (aksesuar,

fasiyal ve frenik sinirler). Vagus sinirinin değerlendirilmesi amacıyla, bu hastalara ve sağlıklı 20 kontrol bireye istirahat ve hiperventilasyon esnasında R-R interval değişkenliği ölçümü yapıldı. Hastaların operasyon tarafından elde edilen sinir ileti hızı ve amplitüd değerleri karşı tarafın değerleri ile karşılaştırıldı. Ayrıca, hastalarda elde edilen istirahat ve hiperventilasyon sırasındaki R-R interval değişkenliği değerleri kontrol grubuna âit değerler ile karşılaştırıldı. Polinöropati varlığını dışlamak üzere hastaların ve kontrol olgularının median, ulnar, tibial, peroneal motor, median, ulnar, sural duyusal sinir iletileri çalışıldı.

Elektrofizyolojik Değerlendirme

Tüm hastalarda, ayrıntılı nörolojik muayeneyi takiben elektrofizyolojik çalışma Medelec Synergy EMG Cihazı (Medelec, İngiltere) ile yapıldı. Rutinde çalışılan median, ulnar, tibial, peroneal motor sinir ve median, ulnar, sural duyusal sinir ileti çalışmalarının yanı sıra iki yanlı aksesuar sinir, iki yanlı fasiyal sinir ve iki yanlı frenik sinir iletileri çalışıldı. Ayrıca karotis endarterektomi hastalarının preoperatif ve postoperatif R-R interval değişkenliği çalışılarak, çalışmaya gönüllü olarak katılan ve herhangi bir nörolojik hastalığı olmayan 20 sağlıklı bireyde ölçülen R-R interval değişkenliği (RRID) ile karşılaştırıldı (Oh 1993).

Aksesuar sinir ileti: Aktif kayıt elektrodu trapezius kasının gövdesine (boyun ve omuz bileşkesine) ve referans elektrod akromion komşuluğunda tendon üzerine yerleştirildi. Sternokleidomastoid kasın hemen arka komşuluğundan stimülasyon uygulandı (Oh 1993).

Fasiyal sinir ileti: kayıt elektrod orbikularis okuli ve oris kasları üzerine yerleştirildi. Referans elektrodlar sırasıyla alna ve çeneye, toprak elektrod alna yerleştirildi. Stimülasyon sırasıyla tragus önünden ve kulak memesinin altından uygulandı (Oh 1993).

Frenik sinir ileti: Kayıt elektrodu anterior aksiler hatta yedinci interkostal aralığa ve referans elektrod sekizinci interkostal aralığa yerleştirildi. Stimülasyon, supraklavikular fossada sternokleidomastoid kasın hemen arkasından uygulandı. Toprak elektrod ise göğüs duvarına yerleştirildi (Oh 1993).

R-R interval değişkenliği (RRID): İstirahat ve derin solunum sırasında uygulandı. Göğüs duvarı üzerine iki yüzey elektrod yerleştirildi. Süpürme hızı 100-200 msec/div, sensitivite 200-500 µV/div, frekans bandı 10-100 Hz olarak ayarlandı. Tetik sensitivitesi ve süpürme hızı ayarlanarak iki QRS kompleksi ekranda görülecek şekilde ayarlandı. Birinci QRS tetiklenerek, ikinci QRS kompleksindeki birinciye göre olan za-

mansal değişimi R-R interval değişkenliği olarak ölçüldü. Ardı ardına 20 trase kayıtları, süperempoze edildi. Dakikada altı derin solunum yaptırılarak derin solunum sırasında RRID kayıtları. RRID hesaplamak için şu formül kullanıldı (Stalberg 1989);

$$RRID = (R-R_{max} - R-R_{min}) \times 100 / R-R_{ortalama}$$

Sonuçların istatistiksel analizi, SPSS istatistik programı (SPSS INC, Chicago, IL, USA) ile yapıldı. Hastalara âit değişkenler ortalama±SD sapma şeklinde ifâde edildi.

BULGULAR

Hastaların yaş ortalaması 66.8±9.2 yıl, boy ortalaması 163.6±5.3 cm, vücut kitle indeksleri (BMI) ortalaması 30.1±5.9 idi. Hastaların dokuzu (%50) hipertansif, ikisi (%11) KOAH'lı olup, onunda (%56) sigara kullanma öyküsü vardı. Hastaların on birinde (%61) lezyon sol taraftaydı. Hastaların 15'ine (%83) endarterektomi sonrası sentetik PTFE ile, üçüne de (%17) safen ven ile patch plâsti işlemi uygulandı. Hastaların demografik ve operatif özellikleri Tablo 1'de verildi.

Tablo 1. Karotis cerrahisi uygulanan hastaların demografik ve operatif özellikleri (n:18)

Yaş, yıl	66.8±9.2
Erkek cinsiyet	14 / 18 (%78)
Boy, cm	163.6±5.3
BMI	30.1±5.9
Hipertansiyon	9 / 18 (%50)
KOAH	2 / 18 (%11)
Sigara	10 / 18 (%56)
Preoperatif inme sekeli	3 / 18 (%17)
Sol karotis lezyonu	11 / 18 (%61)
PTFE yama	15 / 18 (%83)

Kısaltmalar: BMI; body mass index (vücut kitle indeksi), KOAH; kronik obstrüktif akciğer hastalığı, PTFE; Politetrafloroetilen

Hastaların hiçbirinde perioperatif inme gibi majör bir komplikasyon veya mortalite gözlenmedi. Çalışmaya alınan iki hastada preoperatif dönemde sol üst ekstremitede güçsüzlük ve bir hastada dizatri vardı. Hastaların birinde preoperatif dönemde de düşünülen bilateral karpal tünel sendromu elektrofizyolojik olarak doğrulandı. Preoperatif inme sekeli, postoperatif dönemde de değişmeden devam eden üç hastanın dışındaki bir hastada (%5,5) fasiyal sinir parsiyel lezyonu saptandı. Diğer hastalarda postoperatif dönemde kraniyal veya periferik sinir hasarı saptanmadı. Operasyon tarafı ve karşı tarafın ölçülen sinir ileti hızı

Tablo 2. Karotis cerrahisi uygulanan hastaların postoperatif elektrofizyolojik çalışma sonuçları (n: 18)

Çalışılan Sinirler	Çalışma Sonucu	
Median motor	N	
Ulnar motor	N	
Tibial motor	N	
Peroneal motor	N	
Median duyuşal	N	
Ulnar duyuşal	N	
Sural duyuşal	N	
Aksesuar	N	
Fasiyal	1 hasta (%5.5) Parsiyel Lezyon	
Frenik	N	
R-R interval değişkenliği	Hasta Grubu (n:18)	Kontrol Grubu (n:20)
-istirahat %	11.2±6.5	%11.8±4.3*
-hiperventilasyon %	15.3±8.0	%19.1±4.0*

Kısaltmalar: N, normal; *, p>0.05

ve amplitüdlere birbirleriyle karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı gözlemlendi. Hastaların elektrofizyolojik çalışma sonuçları Tablo 2’de verildi.

Kontrol grubu olarak alınan sağlıklı 20 bireyin yaş ortalaması 56.1±7.0 yıl idi. R-R interval değişkenliği, kontrol grubunda istirahatte %11.8±4.3 ve hiperventilasyon sonrası %19.1±4.0 iken, karotis endarterektomili hastalarda, istirahatte %11.2±6.5 ve hiperventilasyon sonrası %15.3±8.0 bulundu ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu (P>0.05).

TARTIŞMA

Genellikle karotis endarterektomi operasyonu için inmenin önlenmesi açısından iyi sonuçlar bildirilmesine rağmen, periferik sinir hasarı gibi çeşitli komplikasyonlardan da söz edilmektedir. Bu tür komplikasyonlar, operasyon sonrası, şikâyet üzerine veya şüpheli fizik muayene ile hastanın ileri fizyolojik çalışmalarla değerlendirilmesiyle saptanmaktadır. Bu nedenle, çeşitli serilerde bazı periferik sinir yaralanmalarının gözden kaçmış olabileceğini düşünmekteyiz. Operasyon uygulanmış hastaların tamamına elektrofizyolojik araştırmanın uygulandığı bir çalışmaya ise literatürde rastlamadık.

Myrcha ve arkadaşları (2001) karotis cerrahisi uygulanan hastalarda yaptıkları bir çalışmada, hastala-

rın %60’ında transvers servikal sinir hasarı ve %0.4 hastada ise geçici frenik sinir felci bildirmişlerdir. Bartolucci ve arkadaşlarının bildirdikleri bir derlemede ise 1990 ilâ 2000 yılları arası 1616 karotid endarterektomi hastasında boyun ensizyonu ile ilgili tekniğin (vertikal veya transvers) servikal sinir hasarında istatistiksel olarak birbirlerinden anlamlı farklılık oluşturmadığı, buna karşın genel anestezi uygulamasının ve cerrahin tecrübesinin önemli olduğu vurgulanmakta, ayrıca tekrarlayan karotid endarterektominin hasarın derecesini ve sayısını arttırdığı bildirilmektedir (2001).

Nâdiren sol taraf karotid endarterektomilerde inferior laringeal sinirin anormal seyrinin, bu sinirin hasarlanmasına neden olabileceği olgu sunumu ile bildirilmiştir (Coady ve ark. 2000). Maniglia ve arkadaşları (1991) ise 336 karotis endarterektomi hastasından 8’inde (%2.4) fasiyal sinir parezisi bulmuşlardır. Downs ve arkadaşları da (1987) karotis endarterektomi yapılan hastalarda periferik sinir hasarının literatürde belirtilenden daha yaygın olduğunu, fakat genellikle önemsenmediğini bildirmişlerdir. Submandibular cilt ve kulak memesine ilişkin duyu kaybının en çok olduğu, en yaygın motor hasarın ise fasiyalis, vagus ve hipoglossus sinirlerde görüldünü bildirmişlerdir.

Yüksek hasta sayısı içeren serilerde çeşitli sinir hasarları bildirilmesine rağmen, çalışmamızda, fasiyal sinirin parsiyel lezyonu saptanan bir hasta dışında (%5.5), kranial veya periferik sinir hasarına âit elektrofizyolojik veri elde etmedik. Ayrıca hastalarımızda sinir ileti hız ve amplitüdlere hem operasyon tarafında, hem de karşı tarafta ölçülmüş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Her iki tarafın ileti hızları ve amplitüdlere arasında da istatistiksel olarak anlam oluşturan bir fark gözlenmemiştir.

Yakın komşulukları nedeniyle, literatürde sıklıkla fasiyal sinir, hipoglossus ve nervus vagusun yaralanabileceğinden bahsedilmektedir. Ayrıca, dikkatli bir cerrahi disseksiyon ile hasarın azaltılabileceği de ifade edilmektedir (Theodotou ve Mahaley 1985). Ayrıca yapılan bir diğer prospektif çalışmada %25 hastada geçici vokal kord felci, %5 hipoglossal sinir hasarı saptanmış ve büyük aurikular and transvers servikal sinir anestezisi sırasıyla %60 ve %69 oranında görülmüştür (Dehn ve Taylor 1983).

Çalışmamızda değerlendirilen diğer bir önemli parametre de nervus vagus fonksiyonunu gösteren R-R interval değişkenliğidir. Bilindiği gibi nervus vagus yakın komşuluğu nedeniyle karotis cerrahisi esnasında hasar görebilmektedir (Theodotou ve Mahaley 1985, Downs ve ark. 1987). R-R interval değişkenliği

analizi kalbin otonomik fonksiyonu hakkında bilgi veren bir testtir (Akselrod ve ark. 1981, Pomeranz ve ark. 1985). Vagus sinirini ilgilendiren lezyonlarda kalbin otonomik fonksiyonu bozulmakta ve R-R interval değişkenliği belirgin olarak azaltılmaktadır. Bu çalışmada R-R interval değişkenliği alternatif bir metodla, EMG cihazı kullanılarak değerlendirilmiştir. Karotis arter cerrahisi uygulanan hastalarımızda R-R interval değişkenliğinin, kontrol grubu olarak alınan sağlıklı bireylerin ölçümleriyle istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmadığını gözlemledik. Sonuçta, vagus sinirinin dallarını ilgilendiren, istirahat ve hiperventilasyonla alınan ölçümlerde önemli değişim saptanmasıyla, hastalarımızda vagus sinir yaralanması oluşmadığı ortaya konulmuş oldu.

Elektrofizyolojik çalışma yapılan karotis arter cerrahisi uygulanmış hasta sayısı, çalışmanın değerini kısıtlamaktadır. Çok daha geniş serilerde yapılacak ileri fizyolojik çalışmalarla daha değerli istatistiksel sonuçlar elde edilebileceğini düşünmekteyiz.

SONUÇ

Karotis arteriyel sistemin ekstrakraniyal aterosklerotik darlıklarında, karotis endarterektomi operasyonu literatürde belirtilen periferik sinir hasarlarına yol açabilmesine karşın, dikkatli bir cerrahî yöntemle, herhangi bir komplikasyona yol açmadan başarılı bir şekilde uygulanabilir.

KAYNAKLAR

Abou-Zamzam AM Jr, Moneta GL, Landry GJ, Yeager RA, Edwards JM, McConnell DB, et al (2002) Carotid surgery following previous carotid endarterectomy is safe and effective. *Vasc Endovascular Surg*; 36: 263–270.

Akselrod S, Gordon D, Ubel FA, Shannon DC, Barger AC, Cohen RJ (1981) Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science*; 213: 220–222.

Assadian A, Senekowitsch C, Pfaffelmeyer N, Assadian O, Ptakovsky H, Hagmuller GW (2004) Incidence of cranial nerve injuries after carotid eversion endarterectomy with a transverse skin incision under regional anaesthesia. *Eur J Vasc Endovasc Surg*; 28: 421–424.

Bartolucci R, D'Andrea V, Leo E, De Antoni E (2001) Cranial and neck nerve injuries following carotid endarterectomy intervention. Review of the literature. *Chir Ital*; 53: 73–80.

Berguer R, Morasch MD, Kline RA (1998) Transthoracic repair of innominate and common carotid artery disease: immediate and long-term outcome for 100 consecutive surgical reconstructions. *J Vasc Surg*; 27: 34–41.

Coady MA, Adler F, Davila JJ, Gahtan V (2000) Nonrecurrent laryngeal nerve during carotid artery surgery: case report and literature review. *J Vasc Surg*; 32: 192–196.

Dehn TC, Taylor GW (1983) Cranial and cervical nerve damage associated with carotid endarterectomy. *Br J Surg*; 70: 365–368.

Downs AR, Jessen M, Lye CR (1987) Peripheral nerve injuries during carotid endarterectomy. *Can J Surg*; 30(1):22–24.

Forssell C, Kitzing P, Bergqvist D (1995) Cranial nerve injuries after carotid artery surgery. A prospective study of 663 operations. *Eur J Vasc Endovasc Surg*; 10: 445–449.

Maniglia AJ, Han DP (1991) Cranial nerve injuries following carotid endarterectomy: an analysis of 336 procedures. *Head Neck*; 13: 121–124.

Myrcha P, Ciostek P, Szopinski P, Noszczyk W (2001) Damage to cranial and peripheral nerves following patency restoration of the internal carotid artery. *Neurol Neurochir Pol*; 35: 415–421.

Oh SJ (1993) Clinical electromyography – nerve conduction studies. Baltimore MD: Williams & Wilkins.

Pomeranz B, Macaulay RJB, Caudill MA, Kutz I, Adam D, Gordon D, et al (1985) Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. *Am J Physiol*; 248: 151–153.

Stalberg E, Nogues MA (1989) Autonomic analysis of heart rate variation: I. Method and reference values in healthy controls. *Muscle and Nerve*; 12: 993–1000.

Theodotou B, Mahaley MS Jr (1985) Injury of the peripheral cranial nerves during carotid endarterectomy. *Stroke*; 16: 894–895.