

## La Preservazione Della Funzione Cerebrale in Corso di Chirurgia Carotidea

PAOLO MINGAZZINI\*, LIVIO BRESSAN<sup>o</sup>, GAETANO DELEO\*, CLAUDIA PIAZZONI\*,  
MARIA GRAZIA ALBIZZATI<sup>o</sup>, GIORGIO MARIA BIASI\*

Università degli Studi di Milano – Bicocca  
Azienda Ospedaliera San Gerardo  
Ospedale E. Bassini

\* UO Chirurgia Vascolare  
<sup>o</sup> UO Neurologia

### Riassunto

L'intervento chirurgico di Endoarteriectomia Carotidea ha il fine di prevenire lo stroke. L'interruzione del flusso sanguigno durante il clampaggio della carotide può però determinare una sofferenza ischemica encefalica.

Scopo di questo lavoro è quello di considerare pro e contro dei diversi metodi di sorveglianza della funzione cerebrale durante l'intervento, per attuare per tempo le manovre di protezione che possano prevenire la sofferenza ischemica. Vengono così motivate le scelte operate dal nostro Gruppo ed i notevoli risultati ottenuti con questa chirurgia.

PAROLE CHIAVE: Monitoraggio Cerebrale, Chirurgia Carotidea, Protezione Cerebrale  
KEY WORDS: Cerebral Monitoring, Carotid Surgery, Cerebral Protection

### Summary

#### **Cerebral Protection During Carotid Surgery**

*The prevention of stroke is the first aim of Carotid Endarterectomy surgical procedure. Carotid clamping and consequent blood flow interruption may cause cerebral ischemia.*

*The aim of this study is to analyze pros and cons of different intraoperative cerebral monitoring and cerebral protection methods, in order to prevent ischemic damage.*

*The procedures adopted by our team, as well as the surgical results achieved are briefly described.*

di protezione del cervello durante il clampaggio, dall'altro lato metodiche di monitoraggio cerebrale, al fine di evidenziare un'eventuale sofferenza e poter mettere in atto le misure protettive più adatte.

Scopo di questo lavoro è quello di passare brevemente in rassegna sia le metodiche di monitoraggio, che le manovre di protezione cerebrale e di motivare le scelte operate dal nostro gruppo nella condotta clinica abituale.

#### **L'Ischemia da Clampaggio Carotideo**

Il rischio di sofferenza ischemica cerebrale durante la fase di clampaggio ha stimolato numerosi studi sull'argomento, che hanno accompagnato l'evoluzione storica dell'intervento d'endoarteriectomia carotidea [1].

I dati più recenti hanno ridimensionato l'importanza di questa complicanza, stimandone un'incidenza dallo 0,2 a meno del 2% [2], mentre hanno confermato che l'ischemia cerebrale intraoperatoria ha per la massima parte origine embolica (54%), soprattutto nelle delicate fasi di isolamento, clampaggio e declampaggio [3]; altra non rara complicanza cerebrovascolare postoperatoria è la sindrome da iperflusso cerebrale dopo CEA (29%).

### Introduzione e Scopo del Lavoro

La sospensione del flusso arterioso nell'arteria carotidea per la durata del clampaggio, nel corso d'intervento d'endoarteriectomia carotidea (CEA), ha rappresentato uno dei problemi centrali di questa chirurgia.

Per un trattamento chirurgico che ha come scopo principale la prevenzione dell'ischemia cerebrale, infatti, la preservazione della funzione encefalica, evitandone una sofferenza da clampaggio, costituisce una necessità primaria.

Per questo sono state messe a punto da un lato proce-

Le numerose ricerche effettuate hanno aiutato a comprendere la fisiopatologia della circolazione cerebrale, dimostrando come la maggior parte dei soggetti tollera senza problemi il clampaggio carotideo, per l'attivazione dei cosiddetti *meccanismi di compenso*. Perciò è importante, in vista di un intervento chirurgico, accertarsi dell'integrità di tali meccanismi di compenso: prima di tutto la normalità del Circolo di Willis e dei vasi cerebrali, utilizzando uno studio arteriografico con tempi endocranici.

E' stato inoltre dimostrato come la presenza di stenosi od occlusione della carotide controlaterale, insieme a pregressi stroke evidenziati alla TC, aumenti notevolmente il rischio di ischemia da clampaggio [4, 5, 6].

La tolleranza al clampaggio può essere più precisamente testata con la misurazione della *riserva cerebrale vasomotoria*, mediante doppler transcranico (TCD) ed ipercapnia indotta con apnea od acetazolamide [7].

E' proprio la vasodilatazione cerebrale, provocata dall'aumento della pCO<sub>2</sub> in fase di clampaggio, che consente di aumentare il flusso ematico così da tollerare il clampaggio stesso, la cosiddetta riserva cerebrale.

#### **Manovre di Protezione Cerebrale**

Le manovre di protezione cerebrale sono quelle misure che vengono messe in atto per proteggere il cervello dall'ischemia, qualora il monitoraggio intraoperatorio riveli una sofferenza ischemica.

La stessa **condotta anestesiológica** è un metodo di protezione importante: utilizza un'anestesia sufficientemente superficiale, a concentrazioni ridotte di isofluorano, buona ossigenazione e ventilazione polmonare in normocapnia o lieve ipocapnia, mantenendo costante la pressione arteriosa.

L'**ipertensione controllata** è il metodo più utilizzato di protezione, poiché migliora la circolazione collaterale. La riduzione del flusso ematico cerebrale al di sotto di 15 ml / 100 gr / min. e del consumo di ossigeno al di sotto di 1,5 ml / 100 gr / min. determina, infatti, dapprima una paralisi neuronale e quindi un danno irreversibile del tessuto cerebrale [8].

I **barbiturici**, a boli successivi di tiopental sodico, riducono il consumo d'ossigeno del tessuto cerebrale, aumentando di conseguenza la tolleranza all'ipossia [9].

La miglior neuroprotezione sembra dunque attuarsi con l'intervento in anestesia generale, mediante il quale i parametri respiratori e cardiocircolatori del paziente, oltre allo stesso consumo di ossigeno cerebrale, possono più facilmente essere controllati [10].

L'inserimento di uno **shunt** tra la carotide comune e l'interna consente la perfusione ematica durante tutta la procedura chirurgica, costituisce perciò il metodo migliore di protezione cerebrale.

L'uso sistematico dello shunt, suggerito per questo da alcuni Autori [11], consentirebbe di fare a meno del monitoraggio cerebrale, ma non è scevro da complicanze, quali lesioni intimali, dissecazione e trombotosi, embolie corpuscolate o gassose, con un'incidenza dell' 1-3% [11, 12].

Sono inoltre riferite complicanze cerebrovascolari dopo CEA, nonostante l'inserzione routinaria di shunt, in percentuale non trascurabile [13].

Sembra dunque che l'atteggiamento più razionale sia l'**uso selettivo dello shunt**, sulla base di un monitoraggio intraoperatorio che evidenzi la comparsa di sofferenza cerebrale ischemica.

#### **Il Monitoraggio Cerebrale Intraoperatorio**

Come già detto, il monitoraggio cerebrale durante CEA ha lo scopo di rilevare un'ipoperfusione del tessuto cerebrale che dovesse verificarsi nel corso dell'intervento e di prevenire la sofferenza ischemica attraverso le manovre di protezione cerebrale sopra descritte.

Una prevenzione può essere attuata solo per l'ischemia da ipoperfusione, giacché quando si verifica un'embolia durante l'isolamento dei vasi, da clampaggio o declampaggio, da frammenti parietali o trombotosi su flap intinale, i suoi effetti non possono essere prevenuti.

Esistono metodi di monitoraggio che valutano direttamente la funzione cerebrale (esame clinico, EEG, SEP) e metodi indiretti, che valutano il circolo di compenso (pressione residua) dopo clampaggio, o il flusso cerebrale (TCD, Xenon, PET) od ancora il consumo di ossigeno da parte del tessuto encefalico (ossimetria del bulbo giugulare: SVJO<sub>2</sub>, near infrared spectroscopy: NIRS).

Riteniamo utile passare brevemente in rassegna tali metodiche, evidenziandone vantaggi ed inconvenienti.

#### **Anestesia Loco-Regionale**

Con questo tipo di anestesia l'interrogazione diretta del paziente e la verifica della motilità volontaria sono possibili a soggetto sveglio e collaborante e possono essere eseguite dall'anestesista o dal chirurgo, senza necessità dello specialista neurologo [13].

I tempi operatori sono complessivamente ridotti, mancando la fase del risveglio ed è possibile un risparmio in termini di costi, al quale siamo sempre più sollecitati dalle nostre amministrazioni.

Tuttavia numerosi vantaggi ci fanno preferire routinariamente l'anestesia generale: il già citato migliore

controllo anestesiológico dei parametri respiratori e cardiocircolatori, la riduzione del metabolismo cerebrale sotto anestetici ed il relativo miglioramento del flusso e dell'ossigenazione ematica ed il conseguente aumento della tolleranza all'ischemia [10].

L'anestesia locale può essere infine controindicata per l'ansietà del paziente, e può rendere disagiata l'inserzione dello shunt.

Per tutti questi motivi, in tutto il mondo, per la chirurgia carotidea è preferita l'anestesia generale alla locale.

#### Pressione Reflua

La pressione residua (PR) nella carotide interna, dopo clampaggio della comune e dell'esterna, è proporzionale alla perfusione cerebrale dell'emisfero pertinente, garantita dal circolo collaterale [14].

Isolati i vasi carotidei, dopo eparinizzazione sistemica, si punge la carotide alla biforcazione dopo il clampaggio di comune ed esterna, attraverso un trasduttore si ottiene la pressione reflua in carotide interna.

Tuttavia non esiste un accordo sui valori di pressione reflua che consentono una perfusione sufficiente, evitando lo shunt (generalmente da 25 a 50 mmHg), anche se Archie riporta complicanze neurologiche minime (0,3%) utilizzando lo shunt per PR < 18 mmHg [14].

La principale obiezione alla PR è che essa rappresenta una misurazione istantanea, ad inizio procedura, e non un monitoraggio del flusso durante tutto l'intervento.

#### Doppler Trans Cranico (TCD)

Come la PR, anche il TCD è un metodo di monitoraggio indiretto, misura cioè il flusso ematico, non la funzione cerebrale.

Attraverso la finestra temporale (anatomicamente, però, assente nel 10-15% dei casi) il doppler pulsato con sonda da 2MHz registra la velocità di flusso nell'arteria cerebrale media omolaterale al clampaggio. L'inserzione dello shunt è indicata per un decremento della velocità del 70% o più [15].

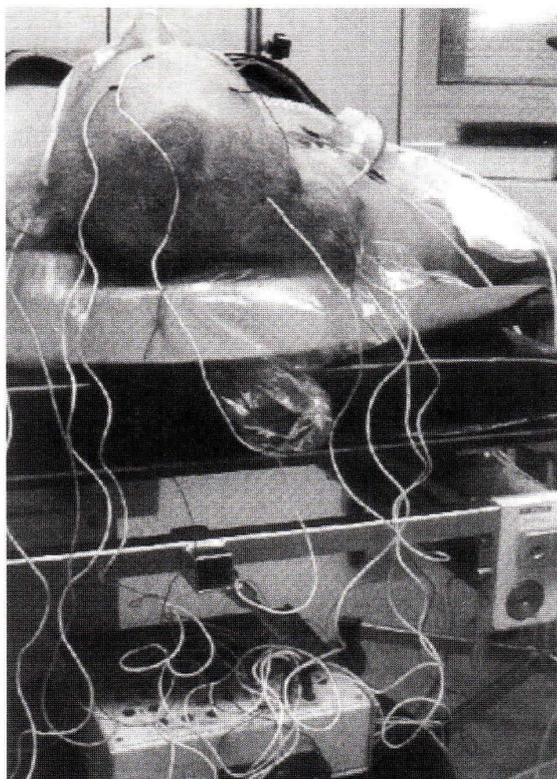
Il TCD è una metodica valida sia per la valutazione preoperatoria della riserva cerebrale [7], sia per il monitoraggio intraoperatorio del compenso e del buon funzionamento dello shunt [15], ed anche infine per valutare i segnali ad alta intensità e breve durata (HITS) indici d'embolia, il cui significato clinico deve però essere ancora definito [16].

Svantaggi del TCD sono la dipendenza da un operatore esperto e la difficoltà di mantenere il corretto posizionamento intraoperatorio della sonda, i cui minimi spostamenti possono invalidare l'esame.

#### Elettro Encefalo Grafia

L'EEG valuta direttamente l'attività del tessuto cerebrale attraverso il potenziale elettrico e permette un monitoraggio continuo per tutta la durata dell'intervento. (Fig. 1)

**Figura 1:**  
Monitoraggio elettroencefalografico intraoperatorio.



Gli studi che hanno messo a confronto l'EEG con il flusso cerebrale durante il clampaggio e con lo stato neurologico postoperatorio hanno confermato l'affidabilità e la sensibilità istantanea del tracciato EEG nel valutare la sofferenza cerebrale [17, 18, 19].

Lo svantaggio dell'EEG risiede nella difficile interpretazione del tracciato, che richiede personale dedicato.

Il *Mappaggio Cerebrale*, attraverso l'analisi quantitativa computerizzata dell'EEG, fornendo un'immagine in codice colore dell'attività corticale nei due emisferi, può ovviare a tale inconveniente offrendo un'interpretazione più semplice, a scapito però di una minor specificità [18].

#### Potenziali Evocati

I potenziali somato-sensoriali evocati (SEP) misurano la risposta cerebrale ad uno stimolo periferico (nervo mediano c.l.); essi valutano soprattutto il tempo di conduzione centrale (latenza tra risposta evocata e risposta precoce corticale).

I SEP rappresentano una metodica affidabile e di più facile interpretazione rispetto all'EEG [20].

Svantaggio dei SEP, rispetto all'EEG è la non immediatezza, poiché l'elaborazione del tracciato richiede il confronto sulle variazioni di risposta ad un certo numero di stimoli [19].

### *Spettroscopia a raggi infrarossi*

La near infrared spectroscopy (NIRS) studia il consumo di ossigeno del tessuto cerebrale, utilizzando due sonde posizionate in sede frontale dai due lati, che emettono raggi infrarossi e registrano il grado di saturazione dell'emoglobina attraverso la luce riflessa dai tessuti sottostanti.

La spettroscopia sembra una metodica promettente per il monitoraggio cerebrale in corso di CEA, l'esperienza personale è di altissima sensibilità dell'esame, che necessita però di ulteriori studi clinici.

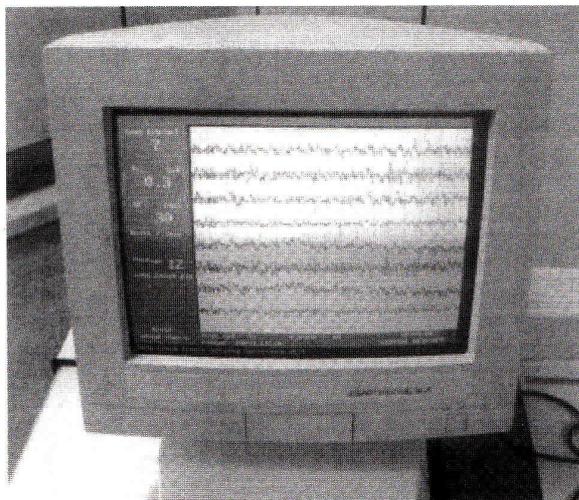
### *Esperienza Personale*

Il monitoraggio intraoperatorio in chirurgia carotidea è stato personalmente organizzato nell'ambito del Modulo di Patologia dei Tronchi Sovraortici in collaborazione con i colleghi Neurologi, che hanno sviluppato una specifica competenza elettrofisiologica, per il difficile riconoscimento delle alterazioni EEG, mascherate dai farmaci anestetici.

Utilizziamo un tracciato a 8-16 canali con elettrodi ad ago onde evitare spostamenti durante l'intervento. Il tracciato preoperatorio viene comparato con quello di base all'intervento, dopo induzione dell'anestesia, per riconoscere gli effetti degli anestetici inalatori ed iniettivi. La registrazione viene valutata quindi in continuo per le variazioni in frequenza ed ampiezza delle onde cerebrali. L'allestimento di un collegamento a fibre ottiche tra la sala operatoria ed il laboratorio EEG, con possibilità di mappaggio cerebrale computerizzato, attuato nel nostro Presidio, consente agevolmente l'assistenza continua dello specialista neurologo in tutte le fasi dell'intervento, con elaborazione del tracciato in tempo reale. (Fig. 2)

### **Figura 2**

Visualizzazione del tracciato EEG dalla sala operatoria, in collegamento con il laboratorio neurologico.

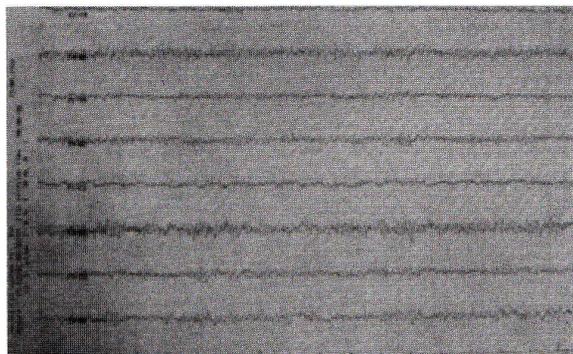


Sono stati considerati 700 pazienti da noi trattati con intervento chirurgico d'endoarteriectomia carotidea in anestesia generale e monitoraggio EEG continuo, l'età media era di 69 anni (53-89a.), in prevalenza di sesso maschile (73%); abbiamo inserito selettivamente lo shunt in 45 casi (6,5%) sulla guida dell'EEG. (Fig. 3)

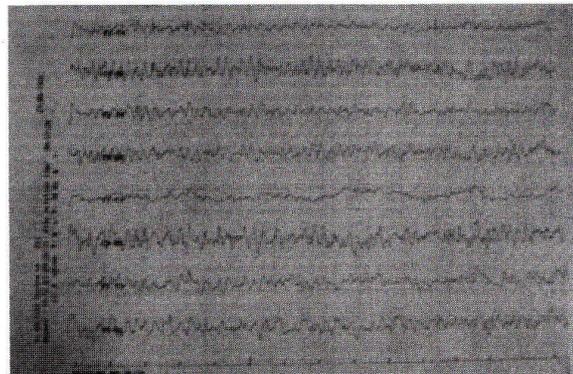
### **Figura 3**

Modificazioni EEG in corso di intervento

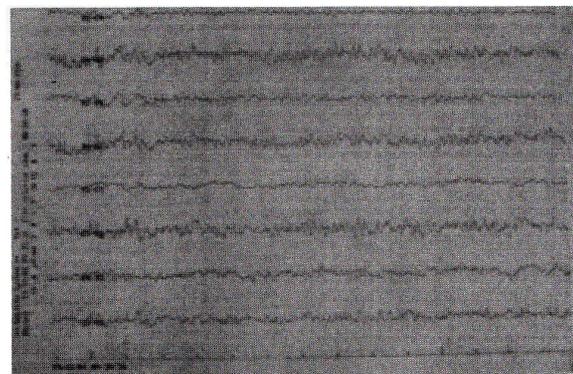
A) Tracciato di base (normale)



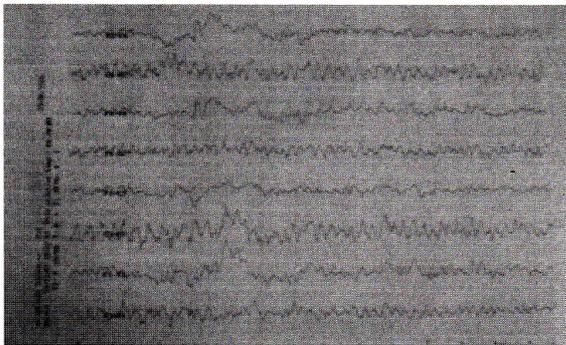
B) Dopo clampaggio: attività lenta diffusa a fronte rapido, con aspetto irritativo.



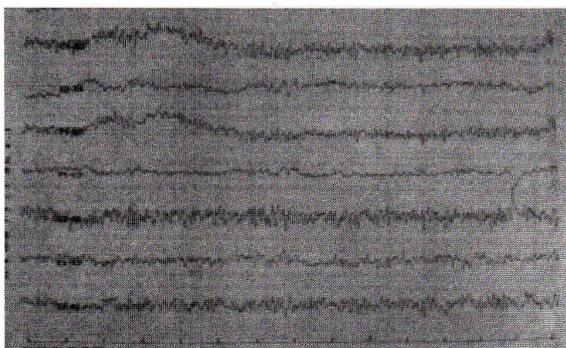
C) Dopo inserzione di shunt: regressione dell'attività lenta



D) Rimozione dello shunt per la sutura arteriosa: ricomparsa dell'attività lenta



E) Dopo declampaggio: normalizzazione del tracciato



Abbiamo utilizzato lo shunt di Pruitt, con fissaggio mediante palloncini coassiali da insufflare in carotide comune ed esterna. Preferiamo il tipo extraluminale per il miglior accesso per perfezionare l'endoarteriectomia a shunt inserito.

Le complicanze neurologiche sono state: TIA in 26 casi (3,7%) a rapida risoluzione, 13 stroke (1,8%) e 5 decessi (0,7%), dati che si confrontano favorevolmente con quelli riportati dalla letteratura medica.

### Conclusioni

Il monitoraggio cerebrale durante la chirurgia della carotide ha il fine di rilevare prontamente la sofferenza ischemica cerebrale durante il clampaggio arterioso; vengono quindi messe in atto le misure di protezione (ipertensione, barbiturici, shunt) in modo da preservare la funzione cerebrale.

Vi è un monitoraggio indiretto, che valuta il flusso ematico cerebrale (PR, TCD) ed un monitoraggio diretto, che valuta la funzione cerebrale (Anestesia Locale, EEG, SEP).

La scelta del tipo di monitoraggio dipende dalle attrezzature e competenze a disposizione.

Abbiamo personalmente ottenuto ottimi risultati utilizzando anestesia generale e selettivamente lo shunt, su indicazione del monitoraggio EEG.

### Bibliografia

- <sup>1</sup> **Imparato AM, Ramirez A, Riles T, Mintzer R**  
*Cerebral Protection in Carotid Surgery.*  
Arch Surg 1982; 117: 1073-78
- <sup>2</sup> **Riles TS, Imparato AM, Jacobowitz GR, Lamparello PJ, Giangola G, Adelman MA, Landis R**  
*The cause of perioperative stroke after carotid endarterectomy.*  
J Vasc Surg 1994; 19: 206-16
- <sup>3</sup> **Spencer MP**  
*Transcranial doppler monitoring and causes of stroke from carotid endarterectomy*  
Stroke 1997; 28: 685-91
- <sup>4</sup> **Hafner CD, Evans WE**  
*Carotid endarterectomy with local anaesthesia: results and advantages*  
J Vasc Surg 1984; 19: 732-38
- <sup>5</sup> **Pistolesse GR, Ippoliti A, Crispo E, Ronchey S, Ascoli Marchetti A**  
*Is the use of shunts in carotid endarterectomy still a problem?*  
Eur J Vasc Surg 1993; 7: 604-09
- <sup>6</sup> **Rosenthal D, Zeichner WD, Lamis PA, Stanton PE**  
*Neurologic deficit after carotid endarterectomy: pathogenesis and management*  
Surgery 1983; 94(5): 776-80
- <sup>7</sup> **Webster MW, Makaroun MS, Steed DL, Smith HA, Johnson DW, Yonas H**  
*Compromised cerebral blood flow reactivity is a predictor of stroke in patients with symptomatic carotid artery occlusive disease*  
Vasc Surg 1995; 21: 338-45
- <sup>8</sup> **Baron JC, Rougeimont D, Bousser MC, Lebrun GP, Ibazizen MT, Chiras J**  
*Local CBF, oxygen extraction fraction and CMRO: prognostic value in recent supratentorial infarction in humans*  
Cereb Blood Flow Metab 1983; 3(1): S1-2
- <sup>9</sup> **Frawley JE, Hichs RG, Horton DA, Gray LJ, Nieshe JW, Matheson JM**  
*Thiopental sodium cerebral protection during carotid endarterectomy: perioperative disease and death*  
J Vasc Surg 1994; 19: 732-38
- <sup>10</sup> **Cheng MA, Theard MA, Tempelhoff R**  
*Anesthesia for carotid endarterectomy, a survey*  
J Neurosurg Anesthesiol 1997; 9: 211-16
- <sup>11</sup> **Halsey JH**  
*Risks and benefits of shunting in carotid endarterectomy*  
Stroke 1992; 23(11): 1583-87
- <sup>12</sup> **Salvian AJ, Taylor DC, Hsiang YN, Litherland HK, Humer ME, Teal PA, Mc Donald DB**  
*Selective shunting with EEG monitoring is safer than routine shunting for carotid endarterectomy*  
Cardiovasc Surg 1997; 5: 481-85
- <sup>13</sup> **McCarthy WJ, Park AE, Koushanpour E**  
*Carotid endarterectomy, lesson from intraoperative monitoring - A decade of experience*  
Ann Surg 1996; 224(3): 297-307

- 14 **Sbarigia E, Dariovizza C, Antonini M, Speziale F, Maritti M, Fiorani B, Fedele F, Fiorani P**  
*Loco-regional versus general anaesthesia in carotid surgery*  
J Vasc Surg 1999; 30(1): 131-8
- 15 **Archie JP**  
*Technique and clinical results of carotid stump back pressure to determine selective shunting during carotid endarterectomy*  
J Vasc Surg 1991; 13: 319-327
- 16 **Naylor AR, Wildsmith JA, Mc Clure J**  
*Transcranial doppler monitoring during carotid endarterectomy*  
Ann R Coll Surg Engl 1998; 80(6): 377-87
- 17 **Consensus Committee 9th International Cerebral Hemodynamics Symposium:**  
*Basic identification criteria of doppler microembolic signals*  
Stroke 1995; 26: 1123
- 18 **Weleman BJ, Loftus CM, Kresowik TF, Todd M, Granner MA**  
*The differences in EEG changes in patients undergoing carotid endarterectomies while under local versus general anaesthesia*  
Neurosurgery 1998; 43(4): 769-73
- 19 **Ahn SS, Concepcion B**  
*Intraoperative monitoring during carotid endarterectomy*  
Semin Vasc Surg 1995; 8(1): 29-37
- 20 **Lam AM, Mannicu PH, Ferguson GG, Nantau W**  
*Monitoring electrophysiologic function during carotid endarterectomy: a comparison of somatosensory evoked potentials and conventional electroencephalogram*  
Anesthesiology 1991; 75: 15-21
- 21 **Carlin ER, Mc Graw DJ, Calimlin JR**  
*The use of near infrared cerebral oximetry in awake carotid endarterectomy*  
J Clin Anaesth 1998; 10: 109-13