

# Aspectos técnicos de la endarterectomía. Monitorización cerebral

A.C. Espinosa-Plaza, V.M. Sánchez-Salvador,  
X. Admetller-Castiglione, V. Martín-Paredero

## TECHNICAL ASPECTS OF AN ENDARTERECTOMY. BRAIN MONITORING

**Summary.** Introduction. Several methods have been developed with which to detect the appearance of a cerebrovascular accident (CVA) during carotid surgery. None of them has managed to become the gold standard as they all present false positives and negatives, and the most reliable method of warning of the appearance of a perioperative CVA has still to be found. Development. The following techniques were used. Electroencephalogram records the electrical activity of the brain but is greatly affected by artifacts due to anaesthesia, arterial pressure, normocapnia, normovolemia and body temperature; staff need to be trained to interpret it. It is not sensitive to small emboli and therefore has a low rate of specificity. Retrograde pressure measurement is used to indicate an endoluminal shunt and only reveals cerebral hyperperfusion. It does not detect embolic phenomena; it can be altered by the position of the patient, the type of anaesthesia and compression of the jugular vein. It is not suitable for identifying high-risk patients who can present a perioperative CVA. Cerebral oximetry detects blood oxygen saturation in the intracranial territory. It is a non-invasive method, requires no previous training, is capable of quickly detecting cerebral ischemia and can be useful in combination with other techniques. Transcranial Doppler ultrasonography is capable of detecting hypoperfusion and perioperative microemboli, although it is not really a clearly effective method for predicting perioperative CVA. Conclusions. Brain monitoring during carotid surgery remains an issue that has still not been completely settled and requires the perfection and validation of methods that improve on the clinical monitoring of conscious patients under locoregional anaesthetic. New methods of prediction and monitoring will have to be easy to apply, with high degrees of sensitivity and specificity and an important level of evidence. [ANGIOLOGÍA 2004; 56 (Supl 1): S169-79]

**Key words.** CVA. Electroencephalogram. Monitoring. Oximetry. Retrograde pressure. Transcranial Doppler ultrasonography.

Servicio de Angiología y Cirugía Vascular Hospital Universitari Joan XXIII. Tarragona, España.

Correspondencia:

Dr. Antonio C. Espinosa Plaza. Hospital Universitari Joan XXIII. Dr. Mallafré Guasch, 4. E-43007 Tarragona. E-mail: acfespinosa@hotmail.com

© 2004, ANGIOLOGÍA

## Introducción

La cirugía carotídea tiene como fin primordial evitar el riesgo de padecer un accidente vascular cerebral (AVC). En los últimos 30 años se han desarrollado una serie de métodos para poder prevenir y detectar la aparición de un AVC

durante la cirugía carotídea. Estos métodos no han conseguido realmente su objetivo y ninguno de ellos se ha podido constituir en el patrón oro de la monitorización, ya que tienen un porcentaje alto de falsos positivos y negativos, incluso cuando se combinan entre sí, y aún está por encontrar y desarrollar el

método más fiable y reproducible que prevenga y pueda avisar de la aparición de un AVC perioperatorio.

La incidencia de AVC después de una revascularización carotídea oscila entre el 2,6-5,6%, siendo la embolización y la trombosis carotídea las causas más frecuentes. La hipoperfusión cerebral no es la complicación más común (0,5-0,9%), pero sí una de las más a menudo estudiadas [1-3].

La causa más frecuente de AVC durante la cirugía es la embolización y se puede producir desde el inicio de la disección. Serán de mayor riesgo embólico las placas irregulares, ulceradas, con presencia de trombo o de contenido graso en su interior. Los pequeños fragmentos de íntima que pueden pasar desapercibidos después de la endarterectomía también pueden producir embolismos en el desclampaje. El clampaje distal en la carótida interna que preconizan algunos grupos, antes de proceder a la disección del bulbo carotídeo, y la cuidadosa ejecución de la técnica quirúrgica serán dos factores de prevención importantes a valorar.

La trombosis postoperatoria se relaciona con un error técnico y su pronóstico dependerá de la detección y cirugía precoces. Métodos como el eco-Doppler intraoperatorio y la arteriografía de comprobación postoperatoria pueden evidenciar precozmente defectos técnicos y evitar las consecuencias de esta complicación.

La hipoperfusión cerebral durante el clampaje será la responsable de menos del 20% de los ictus postoperatorios. Se debe corregir mediante la colocación del

*shunt* endoluminal. Existen diferentes métodos de monitorización perioperatoria que se enfocan a la detección de dicha hipoperfusión. La causa de la misma es la falta de compensación del polígono de Willis y de la microcirculación cerebral. La descoagulación sistémica durante el clampaje evita la trombosis intracraneal por hipoperfusión sobre vasos intracraneales previamente lesionados.

Vamos a describir las técnicas de monitorización que se han utilizado más frecuentemente y que podrían darnos, aisladas o combinadas entre sí, una expectativa de futuro, aunque en la actualidad todavía no se ha conseguido validar suficientemente ninguna de ellos para que sea el método ideal.

La fluometría con Xe-133 y los potenciales evocados somatosensoriales corticales (PESS) tienen un uso muy limitado por sus dificultades técnicas, su coste o su inexactitud. Los métodos más frecuentemente utilizados son el electroencefalograma, la medida de la presión de reflujo, el Doppler transcraneal (DTC) y la oximetría.

## Métodos de monitorización perioperatoria

### **Electroencefalograma (EEG)**

El EEG intenta detectar las alteraciones de la actividad eléctrica cerebral durante el clampaje. Se realiza un registro continuo con un EEG de 16 canales desde antes de la anestesia hasta que se despierta al paciente.

Existen cuatro tipos de frecuencias: ritmo alfa (entre 8 y 13 Hz), ritmo beta

(más de 13 Hz), ritmo delta o actividad de onda lenta, y ritmo theta, que es intermedio entre las zonas delta y alfa.

El EEG se enlentece cuando el metabolismo cerebral se reduce en un 30% y, a partir de aquí, el deterioro es rápido y si la anoxia se hace severa aparece un silencio cerebral. Nos alertará la aparición de isquemia cuando desaparecen las ondas rápidas (beta) y aparecen ondas lentas (delta). Se puede considerar que hay cambios electroencefalográficos significativos cuando se reduce más de un 50% la amplitud en las frecuencias altas, aumento persistente de la actividad delta o ambos [4]. Los cambios en el EEG pueden avisar de la necesidad de colocar el *shunt*, aunque si tras su implantación vemos que no se recuperan, deberá corresponder a un fenómeno embólico y no a hipoperfusión.

La profundidad de la anestesia debe mantenerse cuidadosamente, ya que puede producir artefactos. Estos artefactos se reconocen por las diferencias observadas entre los dos hemisferios, ya que los cambios producidos por anestésicos se dan en ambos.

Los cambios de la presión sistólica básica del paciente durante la cirugía también pueden alterar el EEG y por ello es importante mantenerla lo más estable posible. También es imprescindible para la adecuada interpretación del EEG el mantenimiento de la normocapnia, la normovolemia y una temperatura corporal normal.

Los cambios en el EEG no implican siempre que el paciente vaya a sufrir un AVC, sino que indican que existe un alto riesgo de que ello se produzca [5,6]. El

EEG puede ser una valiosa monitorización de la función cortical, pero no aporta una información útil de las alteraciones a nivel subcortical o en estructuras profundas tales como la cápsula interna.

Las desventajas del uso de EEG son la dificultad y necesidad de entrenamiento del personal para interpretar los datos. Se pueden usar sistemas computarizados de interpretación de estos datos que precisan estudios más amplios de los realizados para establecer realmente su utilidad.

Se han publicado series prologadas del uso del EEG para indicar o no la colocación del *shunt* tras el clampaje carotídeo, demostrando que en el grupo que se utilizó el EEG continuo, el 12,8% de los pacientes tuvieron cambios en el EEG que cedieron con la colocación del *shunt* o recuperación de la presión arterial de base del paciente. Sólo un paciente mantuvo los cambios electroencefalográficos. El número de AVC postoperatorios fue significativamente mayor en el grupo en el cual no se practicó ninguna monitorización [4].

De todas formas, la fiabilidad del EEG para la monitorización en la cirugía carotídea mostró en las primeras series una buena correlación con la clínica, pero en estudios posteriores los resultados no son tan optimistas. El EEG presenta cambios cuando hay grandes zonas del córtex cerebral que padecen isquemia después del clampaje carotídeo, pero los pequeños émbolos pueden dar una isquemia focal que pase desapercibida. Además, tras el clampaje pueden aparecer zonas de isquemia limi-

tada a una pequeña región por trombosis sobre una lesión intracerebral, la existencia de infartos previos o de zonas hipoperfundidas lejanas que producen los llamados ‘infartos frontera’. El EEG no es sensible a todos los episodios de isquemia cerebral focal que pueden aparecer durante la cirugía carotídea [7].

Existen autores que han comparado el EEG con la evaluación del estado mental durante la cirugía carotídea con anestesia locorregional. Aunque el EEG fue fiable con relación a la evaluación del estado mental en un 88,8%, existieron falsos positivos (6,7%) y falsos negativos (4,5%); por tanto, no es un método exacto para poder indicar el uso de *shunt* cuando se está operando bajo anestesia general [8].

Se ha publicado recientemente una serie de utilización del EEG como método de monitorización en 57 pacientes con oclusión de la carótida contralateral. En estos enfermos aparecieron cambios del EEG en un 39% y se tuvo que colocar el *shunt* en un 55%. No hubo aumento de la morbimortalidad en la serie. Concluyeron que la colocación del *shunt* en estos pacientes es innecesaria a menos que haya cambios en el EEG durante el clampaje o que hubieran tenido un AVC previo a la cirugía [9].

En resumen, podemos afirmar que el EEG tiene una alta sensibilidad para detectar los cambios isquémicos producidos en zonas amplias del cerebro, normalmente por hipoperfusión durante el clampaje. No es sensible a los pequeños émbolos producidos durante la disección o al desclampar después de la en-

darterectomía, que pueden tener una percusión clínica al afectar zonas subcorticales o de la cápsula interna. Por tanto, su especificidad en la detección de AVC perioperatorios es baja. Igualmente necesita personal especializado para la interpretación de los cambios. Se puede alterar con la medicación anestésica y con los cambios de presión arterial durante la cirugía. Dada la elevada sensibilidad del EEG, puede ser un método que, asociado a otros métodos de monitorización cerebral, principalmente el DTC, aumentaría su baja especificidad y ello podría reducir el requerimiento del *shunt*.

### **Medición de la presión retrógrada (PR)**

La medición de la presión de reflujo carotídeo es uno de los métodos más usados para la indicación de utilizar o no el *shunt* endoluminal.

La técnica consiste en colocar una cánula en la carótida interna, mientras se mantiene clampada la primitiva y la externa, conectando dicha cánula a un transductor de presión con el que se registra la presión de reflujo carotídeo en milímetros de mercurio (mmHg).

Existen discrepancias entre los autores sobre cuál sería la presión mínima que el cerebro puede tolerar, pero la mayoría colocan el mínimo entre 25 y 50 mmHg.

Es un método extremadamente sencillo, pero al igual que el EEG, sólo monitoriza la hipoperfusión cerebral, puede cambiar durante la cirugía y no detecta los fenómenos embólicos de la disección.

Un punto a discernir es si la medición de la PR en la carótida interna es un método fiable para predecir las posibilidades de desarrollo de un déficit neurológico postoperatorio. La relación entre la PR y la colateralidad cerebral no está clara y el nivel de PR crítico tampoco. En diferentes estudios se han intentado validar los niveles de PR para utilizarlos como criterio para la colocación de un *shunt* intraluminal.

Clásicamente, Hays et al [10] y Moore et al [11] afirmaron que la PR mínima para la implantación del *shunt* era de 50 y 25 mmHg, respectivamente. Sin embargo, un número de variables tales como la posición del paciente con respecto al nivel de referencia para la presión cero, el tipo de anestesia y la compresión de la vena yugular [12,13] pueden modificar los valores de la PR. Archie y Feldtman [12] hablan del concepto de ‘presión de perfusión cerebral’ y aseguran que si es menor de 18 mmHg será necesario la colocación de un *shunt*. Calculan dicha ‘presión de perfusión cerebral’ restando de la PR la presión en la vena yugular. Este método podría ser más exacto, aunque viendo que la presión en la vena yugular es normalmente de 6 mmHg, si lo sumamos a los 18 mmHg, darían los 25 mmHg que se utilizan como PR mínima aislada.

Igualmente, la PR durante la cirugía no está constante y estos cambios no se relacionan directamente con los que se producen en la presión arterial sistémica. Por ello podríamos decir que la PR no es un método totalmente adecuado para identificar los pacientes que necesitarán el uso del *shunt* o los pacientes de

riesgo que pueden presentar un AVC perioperatorio [14,15].

Se ha usado también la medición de la PR simultáneamente con el registro de la velocidad del flujo en la arteria cerebral media mediante DTC durante la cirugía carotídea y no se ha demostrado que exista una correlación directa entre ambos métodos [16].

### Oximetría

La oximetría cerebral consiste en la detección de la saturación de oxígeno sanguíneo en el territorio intracranial. Se han utilizado diferentes métodos, como son la determinación de la presión parcial de oxígeno en la vena yugular ipsilateral o la toma de la presión parcial de oxígeno conjuntival. En la actualidad, ambos se han abandonado [17,18].

La única técnica que hoy en día podría tener una aplicación clínica sería la NIRS (en inglés, *near-infrared spectroscopy*). Esta técnica se basa en la detección de la variación del porcentaje de saturación de hemoglobina oxigenada en el cerebro. No detecta perfusión intracranial ni flujo sanguíneo [19]. Consiste en colocar un emisor de luz cercana al infrarrojo (entre 730 y 810 nm de longitud de onda), que es el que tiene la máxima penetración tisular, y dos detectores separados entre 30 y 40 mm. Uno recoge la luz reflejada predominantemente de tejidos extracraneales y el otro mide la luz reflejada por los tejidos extra e intracraneales. La diferencia entre ambos corresponde sólo al tejido intracranial.

Los sensores deben colocarse antes de la inducción anestésica para poder tener un registro basal oximétrico mientras el

paciente está despierto. Deben colocarse lo más próximos al territorio de la arteria cerebral media, en la zona parietal o en la frente, cercanos a la línea de implantación del cabello, siempre en el hemisferio ipsilateral. Los sensores nunca deben situarse sobre la línea media para evitar el seno venoso longitudinal superior. Se fijan tras el rasurado del cabello y es preciso aislarlos de la luz ambiental [20-23].

Durante el clampaje carotídeo, el tejido cerebral lleva a cabo una autorregulación metabólica que inicialmente hace disminuir la hemoglobina oxigenada. Se considera que estos mecanismos de autorregulación se desarrollan entre 1 y 2 minutos después del clampaje [24]. La reducción de 10 puntos de saturación de oxígeno regional ( $rSO_2$ ) o de 10  $\mu\text{mol}$  de hemoglobina oxigenada ( $HbO_2$ ) de al menos 2 minutos de duración y 2 minutos después del clampaje de la carótida interna, se correlaciona con cambios de un 15-20% en el flujo de velocidad del DTC y establecería la indicación de *shunt*, todo ello con una sensibilidad del 80% y una especificidad del 94% [25].

De los distintos modelos oximétricos existentes actualmente, el que parece haber demostrado mayor eficacia es el INVOS 3100A (Somanetics Corp., Troy, MI) [19,24]. Es el único oxímetro cerebral aprobado por la FDA para uso clínico en EEUU. Existen otros oxímetros, como el NIRO-500 (Hamamatsu).

Esta técnica presenta diversas ventajas en relación a los otros métodos existentes para la detección de la tolerancia cerebral al clampaje carotídeo. Como hemos descrito, es un método no invasi-

vo, que no precisa formación técnica previa –imprescindible para el uso del DTC o el EEG–. La última ventaja, y de mayor importancia es la velocidad con la que detecta la posible isquemia cerebral [21]. La hipoxia cerebral produce una caída de la  $rSO_2$  que podemos detectar por este método en tan sólo 2 minutos, lo que puede indicar el *shunt* y evitar la lesión tisular. El mayor inconveniente que presenta es el de la contaminación extracraneal.

Es un método que puede ser útil, sobre todo, en combinación con otras técnicas de monitorización cerebral [19,23-25].

### **Doppler transcraneal (DTC)**

El DTC fue introducido por Aaslid en 1982. Como técnica basada en la aplicación mediante emisión de ultrasonidos del efecto Doppler, es una tecnología no invasiva que mide la velocidad del flujo sanguíneo cerebral (FSC) en las arterias mayores del cerebro y, por tanto, permite conocer las condiciones hemodinámicas de la compensación de la circulación intracraneal en el polígono de Willis mediante diversas maniobras sobre ejes extracraneales; permite, así mismo, el estudio de sus ramas principales. Las determinaciones del FSC se obtienen aplicando los referidos ultrasonidos a través de diversas ‘ventanas sónicas’ craneales o áreas de hueso de poco espesor.

Estas características y sus posibilidades técnicas han permitido su uso en la monitorización de la fisiología dinámica de los vasos intracraneales que se produce durante la cirugía carotídea abierta, cirugía carotídea endovascular y cirugía cardiaca con circulación extracorpórea.

*Principios físicos*

La técnica Doppler se basa en el cambio de frecuencia del eco de un ultrasonido emitido por una fuente de tipo piezoelectrónico y reflejado por una estructura de reflexión en movimiento (en este caso, los hematíes), que a su vez es captada por el mismo equipo piezoelectrónico. Al acercarse a un emisor/receptor y plasmarse sobre un gráfico se observa positividad sobre una línea de base, y al alejarse se aprecia negatividad bajo la línea de base. El incremento/decenso de la velocidad modifica la escala de frecuencia, que se puede traducir en kilohercios o en unidades decimales por segundo (habitualmente, cm/s), y será en este caso proporcional a la velocidad del FSC en el vaso explorado.

A partir de este principio, y teniendo en cuenta que el flujo intravascular es laminar, se desarrolla la tecnología de emisión/recepción mediante cálculo sumatorio de los ecos recibidos por las líneas de reflexión en movimiento, trazando una curva compuesta de una regresión numérica que se plasma en una curva formada por nubes de puntos y codificada en distintos colores –lo que se ha venido a llamar un ‘análisispectral’, principio de las valoraciones de los estudios realizados mediante tecnología Doppler.

Existen básicamente dos tipos de emisión/recepción Doppler: la continua y la pulsada. En el caso del DTC, y teniendo en cuenta que su aplicación se basa en la insonación de arterias protegidas tras la estructura ósea, precisaremos equipos con capacidad de emisión de ultrasonidos de mayor intensidad y mayor definición de la profundidad de campo, y

éstos son los que emiten con haces pulsados mediante un principio de cálculo computado. Conociendo la constante de penetración del tejido es posible saber la distancia del emisor hasta el reflexor y ajustar el volumen de muestra (zona o área de muestreo) variando los tiempos de emisión/recepción y la velocidad de repetición de los pulsos (PRF) para el análisis de la velocidad del vaso.

Del 5 a 18% de pacientes no se pueden atravesar las ventanas temporales con el ultrasonido. La hiperostosis produce ventanas acústicas deficientes en la escama temporal, siendo frecuente en mujeres mayores (7-12%). La exploración correcta de los vasos primarios del polígono de Willis a través de la ventana transtemporal [26] se conseguirá en el 80-84% de los pacientes.

*Técnica de exploración/monitorización*

Basándonos en que esta exploración ha de realizarse en el interior de un quirófano durante un acto quirúrgico se deberá tener en cuenta el respeto a varios principios de tipo logístico. La monitorización ideal deberá poder realizarse durante todo el tiempo preciso con respeto a un principio de continuidad. Deberá, así mismo, ser susceptible de rectificación de las mediciones en caso de pérdida de continuidad de la señal por desalineación del transductor, sin que esto perjudique o interfiera en la propia actividad quirúrgica. Deberá, independientemente de lo referido, ser poco o nada sensible a interferencias externas.

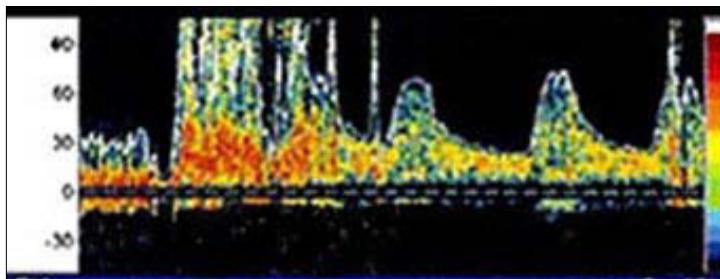
Tras haber repasado estos ítems básicos, proseguiremos metódicamente con la colocación del transductor de 2,0-2,5 MHz,

**Figura 1.** Aspecto del arnés de fijación.

bidireccional, con su accesorio apropiado para acoplarse a un arnés (Fig. 1), y se efectúa la búsqueda de la arteria cerebral media (ACM) a través de la ventana temporal homolateral (hueso temporal por encima del arco zigomático) a la carótida quirúrgica. La ACM (segmentos M1 y M2) se localiza por la escama temporal a unos 45-55 cm. Dará una curva de espectro positivo con velocidades medias aproximadas de  $60 \pm 12$  cm/s en edades de 21-49 años y de  $43 \pm 11$  cm/s en edades superiores a 69 años. El índice de pulsatilidad esperable es de 0,85-1,10, aunque varía con la edad, siendo un parámetro que de forma indirecta expresa el estado de la resistencia vascular o elasticidad arterial [27]. Puede ser interferido por múltiples variables, como las patologías vasculares proximales, el gasto cardíaco, la presión sistémica, etc.

El uso de las otras posibles ventanas de exploración, a saber, ventanas orbitarias o del foramen magno, no se utilizan para la cirugía carotídea.

Tras conseguir la señal óptima se fija el arnés y se colocan las tallas para la in-

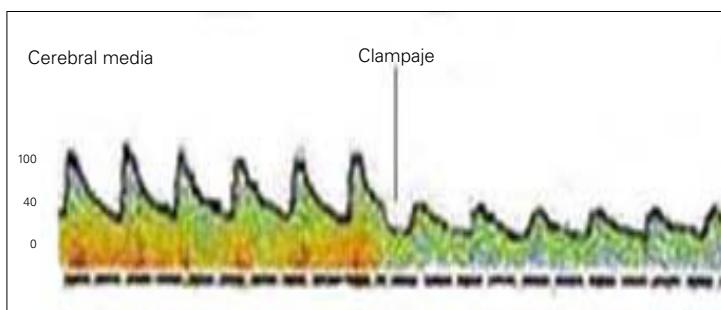
**Figura 2.** Visualización de HITS.

tervención que han de permitir la posibilidad de rectificar la posición de sonda.

El objetivo de la monitorización mediante esta técnica será básicamente la detección de períodos de hipoperfusión por clampaje y la detección de émbolos y microémbolos.

En cuanto a la detección de émbolos, el material embólico y los glóbulos rojos poseen una diferencia de impedancia que, traducida al análisispectral, genera una señal característica denominada HITS (en inglés, *high intensity transient signals*), de los cuales hay varios patrones, desde los HITS aislados a los denominados ‘ducha’ (más de 25 HITS/test) o ‘cortina’ (HITS incontables) (Fig. 2). Se visualizan como un patrón de interferencia. La significación clínica de estos episodios microembólicos no está bien definida y se discute como causa de ictus, aunque se postula que tienen relación con deterioros cognitivos.

Respecto a la detección de hipoperfusión, el momento del clampaje carotídeo representa cambios hemodinámicos en la perfusión cerebral, básicamente sobre su velocidad y dirección en casos de compensación contralateral que pueden analizarse con la monitorización por DTC (Fig. 3); ello permite evaluar la necesidad



**Figura 3.** Caída de velocidad en el momento del clampaje carotídeo.

de colocación de un *shunt* dependiendo de la tolerancia hemodinámica. Parece que el DTC, a pesar de no poseer una buena correlación con los parámetros neurofisiológicos y con el estado neurológico del paciente, mantiene en la actualidad cierto valor predictivo [28,29] frente a otras técnicas de monitorización cerebral y, naturalmente, después de la propia sintomatología clínica, que parece ser el patrón oro funcional, aunque sólo en pacientes que puedan operarse con métodos de anestesia locoregional o, actualmente, en los procedimientos endovasculares con sedación.

En conclusión, la monitorización del FSC mediante el uso de DTC es una técnica no invasiva de bajo coste. La sencillez de su ejecución contrasta con la ocasional facilidad de artefactar la exploración por desajustes del arnés o mo-

vimientos quirúrgicos no apropiados sobre la sonda. No obstante, sigue siendo una técnica útil para la predicción de necesidad de *shunt* durante la cirugía carotídea abierta bajo anestesia general y para la detección de fenómenos microembólicos, tanto en cirugía abierta como en cirugía endoluminal con cualquier tipo de anestesia.

### Conclusiones finales

Después de analizar los diferentes métodos y ver cuáles han sido los resultados de los diferentes trabajos que se han publicado al respecto, de su aplicación clínica y su grado de fiabilidad, podemos concluir que la monitorización cerebral durante la cirugía carotídea es todavía un tema sin resolver, que precisa de perfeccionamiento y validación de los métodos actuales o la aparición de nuevos métodos para hacerlos capaces de predecir eventos perioperatorios que hasta ahora sólo se evidencian con el paciente vigil durante la intervención bajo anestesia locoregional.

Estos métodos deben regirse por criterios de facilidad de aplicación, sensibilidad, especificidad y un alto grado de ‘nivel de evidencia’.

### Bibliografía

1. Imparato AM, Riles TS, Ramírez AA, Lamparello PJ, Mintzer R. Anesthetic management in carotid artery surgery. Aust N Z J 1985; 55: 315-9.
2. Spencer MP, Thomas GI, Nicholls SC, Sauvage LR. Detection of middle cerebral artery emboli during carotid endarterectomy using transcranial Doppler ultrasonography. Stroke 1990; 21: 415-23.
3. D'Addato M, Pedrini L, Vitacchiano G. Intraoperative cerebral monitoring in carotid surgery. Eur J Vasc Surg 1993; 7 (Suppl A): 16-20.
4. Pletis KA, Loubser P, Mizrahi EM, Kantis G, Jiang ZD, Howell JF. Continuous electroencephalographic monitoring and selective shunting reduces neurologic morbidity rates in carotid endarterectomy. J Vasc Surg 1997; 25: 620-8.

5. Chiapa KH, Burke SR, Joung RR. Results of electroencephalographic monitoring of 367 carotid endarterectomies. *Stroke* 1979; 10: 381-8.
6. Blume WT, Ferguson GG, McNeill DK. Significance of EEG changes at carotid endarterectomy. *Stroke* 1986; 17: 891-7.
7. Kresowik TF, Worsey MJ, Khouri MD, Krain LS, Shamma AR, Sharp WJ, et al. Limitations of electroencephalographic monitoring in the detection of cerebral ischemia accompanying carotid endarterectomy. *J Vasc Surg* 1991; 13: 439-43.
8. Stoughton J, Nath RL, Abbot WM. Comparison of simultaneous electroencephalographic and mental status monitoring during carotid endarterectomy with regional anesthesia. *J Vasc Surg* 1998; 28: 1014-23.
9. Schneider JR, Droste JS, Schinler N, Golan JF, Bernstein LP, Rosenberg RS. Carotid endarterectomy with routine electroencephalography and selective shunting: influence of contralateral internal carotid artery occlusion and utility in prevention of perioperative strokes. *J Vasc Surg* 2002; 35: 1114-22.
10. Hays RJ, Levinson SA, Wylie EJ. Intraoperative measurements of carotid back pressure as a guide to operative management for carotid endarterectomy. *Surgery* 1972; 72: 953-60.
11. Moore WS, Yee JM, Hall AD. Collateral cerebral blood pressure. An index of tolerance to temporary carotid occlusion. *Arch Surg* 1973; 106: 520-3.
12. Archie JP Jr, Feldtman RW. Determinants of cerebral perfusion pressure during carotid endarterectomy. *Arch Surg* 1982; 117: 319-22.
13. Archie JP Jr. Technique and clinical results of carotid stump back-pressure to determine selective shunting during carotid endarterectomy. *J Vasc Surg* 1991; 13: 319-27.
14. Beebe HG, Starr C, Slack D. Carotid artery stump pressure: its variability when measured serially. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 1989; 30: 419-23.
15. Boontje AH. Carotid endarterectomy without a temporary indwelling shunt: results and analysis of back pressure measurements. *Cardiovasc Surg* 1994; 2: 549-54.
16. Kalra M, Al-Khaffaf H, Farrel A, Wallbank WA, Worth DC. Comparison of measurement of stump pressure and transcranial measurement of flow velocity in the middle cerebral artery in carotid surgery. *Ann Vasc Surg* 1994; 8: 225-31.
17. Toyota K, Sato N, Ozasa H, Uchida H. Anesthetic experience for carotid endarterectomy in a patient with dilated cardiomyopathy under jugular venous oxygen saturation monitoring. *Masui* 2002; 51: 1010-2.
18. Thiel A, Ritzka M. Cerebral monitoring in carotid surgery. Results of a questionnaire in the Federal Republic of Germany. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2001; 36: 693-7.
19. Cho H, Nemoto EM, Yonas H, Balzer J, Sclabassi RJ. Cerebral monitoring by means of oximetry and somatosensory evoked potentials during carotid endarterectomy. *J Neurosurg* 1998; 89: 533-8.
20. Beese U, Langer H, Lang W, Dinkel M. Comparison of near-infrared spectroscopy and somatosensory evoked potentials for the detection of cerebral ischemia during carotid endarterectomy. *Stroke* 1998; 29: 2032-7.
21. Takeda N, Fujita K, Katayama S, Tamaki N. Cerebral oximetry for the detection of cerebral ischemia during temporary carotid artery occlusion. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2000; 40: 557-63.
22. Lang W, Dinkel M. Cerebral ischemia during carotid clamping: diagnosis and prevention. *Zentralbl Chir* 2000; 125: 243-50.
23. Shmigelskii AV, Lubnin ALU, Sazonova OB. Cerebral oximetry in neurosurgical patients with cerebrovascular diseases. I. Analysis of causes of intraoperative changes in rSO<sub>2</sub> values and its prognostic significance. *Anesteziol Reanimatol* 2000; Jul-Aug: 11-9.
24. Samra SK, Stanley JC, Zelenock GB, Dorje P. An assessment of contributions made by extracranial tissues during cerebral oximetry. *J Neurosurg Anesthesiol* 1999; 11: 1-5.
25. Michel A, Weigand MA, Eckstein HH, Martin E, Bardenheuer HJ. Measurement of local oxygen parameters for detection of cerebral ischemia. The significance of cerebral near-infrared spectroscopy and transconjunctival oxygen partial pressure in carotid surgery. *Anaesthetist* 2000; 49: 392-401.
26. Luptein AR, Davis DA, Beckman I, Dash N. Transcranial Doppler sonography. Part I: Principles, techniques and normal appearances. *Radiographics* 1995; 15: 179-91.
27. Baumgarther RW, Mattle HP, Aaslid R. Transcranial color-coded duplex sonography, magnetic resonance angiography, and computed tomography angiography: methods, applications, advantages, limitations. *J Clin Ultrasound* 1995; 23: 89-111.
28. Amantini A. Selective shunting based on somatosensory evoked potential monitoring carotid endarterectomy. *Int Angiol* 1987; 6: 387-90.
29. Moore WS, Yee JM. Carotid artery back pressure: a test of cerebral tolerance to temporary clip occlusion. *Arch Surg* 1969; 99: 702-10.

**ASPECTOS TÉCNICOS  
DE LA ENDARTERECTOMÍA.  
MONITORIZACIÓN CEREBRAL**

**Resumen.** Introducción. Se han desarrollado diversos métodos para detectar la aparición de un accidente vascular cerebral (AVC) durante la cirugía carotídea. Ninguno ha conseguido convertirse en el patrón oro al presentarse falsos positivos y negativos, y aún debe encontrarse el método más fiable que avise de la aparición de un AVC perioperatorio. Desarrollo. Se han utilizado diferentes técnicas. El electroencefalograma registra la actividad eléctrica cerebral; está artefactado por la anestesia, la presión arterial, la normocapnia, la normovolemia y la temperatura corporal, y necesita entrenamiento del personal para interpretarlo. No es sensible a pequeños émbolos, por lo que tiene una especificidad baja. La medición de presión retrógrada se utiliza para indicar el shunt endoluminal, sólo demuestra hipoperfusión cerebral y no detecta fenómenos embólicos; puede alterarse por la posición del paciente, el tipo de anestesia y la compresión de la vena yugular. No es adecuado para identificar a pacientes de riesgo que pueden presentar un AVC perioperatorio. La oximetría cerebral detecta la saturación de oxígeno sanguíneo en el territorio intracraneal, es un método no invasivo, no necesita formación técnica previa, detecta con gran velocidad la isquemia cerebral y puede ser útil en combinación con otras técnicas. El Doppler transcraneal puede detectar hipoperfusión y microémbolos perioperatorios, aunque tampoco es claramente un método de predicción de AVC perioperatorio. Conclusión. La monitorización cerebral durante la cirugía carotídea es todavía un tema sin resolver; y precisa perfeccionamiento y validación de métodos que superen la propia monitorización clínica del paciente vigil con anestesia locorregional. Los nuevos métodos de predicción y monitorización deberán ser sencillos de aplicar y con alta sensibilidad, especificidad y ‘nivel de evidencia’. [ANGIOLOGÍA 2004; 56 (Supl 1): S169-79]

**Palabras clave.** AVC. Doppler transcraneal. Electroencefalograma. Monitorización. Oximetría. Presión retrógrada.

**ASPECTOS TÉCNICOS  
DA ENDARTERECTOMIA.  
MONITORIZAÇÃO CEREBRAL**

**Resumo.** Introdução. Foram desenvolvidos diversos métodos para detectar o aparecimento de um acidente vascular cerebral (AVC) durante a cirurgia carotídea. Nenhum conseguiu tornar-se no padrão ideal, apresentando falsos positivos e negativos, e ainda se deve encontrar o método mais fiável que alerte para o aparecimento de um AVC perioperatório. Desenvolvimento. Foram experimentadas diversas técnicas. Electroencefalograma regista a actividade eléctrica cerebral, é influenciado pela anestesia, pressão arterial, normocapnia, normovolemia e temperatura corpórea; necessita de treino do pessoal para a interpretação dos resultados. Não é sensível a pequenos êmbolos, portanto tem uma baixa especificidade. Medição da pressão retrógrada é utilizada para indicar o shunt endoluminal, apenas demonstra hipoperfusão cerebral e não detecta fenómenos embólicos; pode ser alterada pela posição do doente, pelo tipo de anestesia e pela compressão da veia jugular. Não é adequado para identificar os doentes de risco que podem apresentar um AVC perioperatório. Oximetria cerebral detecta a saturação de oxigénio sanguíneo no território intra-craniano, é um método não invasivo, não necessita de formação técnica prévia, detecta rapidamente a isquemia cerebral e pode ser útil em combinação com outras técnicas. Doppler transcraniano pode detectar hipoperfusão e micro-êmbolos perioperatórios, embora também não seja claramente um método de predição de AVC perioperatório. Conclusão. A monitorização cerebral durante a cirurgia carotídea permanece um tema não resolvido, precisando de aperfeiçoamento e validação de métodos que ultrapassem a própria monitorização clínica do doente deserto com anestesia loco-regional. Os novos métodos de predição e monitorização deverão ser simples de aplicar, ter alta sensibilidade, especificidade e ‘nível de evidência’. [ANGIOLOGÍA 2004; 56 (Supl 1): S169-79]

**Palavras chave.** AVC. Doppler transcraniano. Electroencefalograma. Monitorização. Oximetria. Pressão retrógrada.