



## Revisión Bibliográfica

Facultad de Ciencias Médicas Dr. Faustino Pérez Hernández

### Neuromonitoreo en pacientes sometidos a cirugía cerebral.

### Neurological monitoring in patients subjected to brain surgery.

**Dra. Nancy Morales León<sup>1</sup>, Dr. Yumar Gómez Ramírez<sup>1</sup>, Dra. María de los Ángeles Agramante Rodríguez<sup>1</sup>, Dr. Braulio Domínguez Pérez<sup>2</sup>, Dra. Marelys Nieda Rojas<sup>3</sup>**

Especialista de 1<sup>er</sup> grado en Anestesiología y Reanimación. Profesor Instructor<sup>1</sup>  
Especialista de 1<sup>er</sup> grado en Anestesiología y Reanimación. Profesor Asistente<sup>2</sup>  
Médico Residente en Anestesiología y Reanimación<sup>3</sup>

## RESUMEN

El monitoreo neurofisiológico en pacientes sometidos a cirugía cerebral es de beneficio en la protección del tejido que se encuentra en riesgo de trauma o isquemia durante un procedimiento quirúrgico. Con el objetivo de describir las diferentes modalidades de este tipo de monitoreo se realizó la revisión de 25 referencias bibliográficas encontrándose dentro de las utilizadas la electroencefalografía, los potenciales evocados sensitivos, auditivos y visuales, y el monitoreo de los nervios craneales. Finalmente se concluyó que el neuromonitoreo fisiológico intraoperatorio debe ser utilizado por un equipo experimentado y el cirujano debe estar dispuesto a actuar de acuerdo con los hallazgos. Bajo estas circunstancias el mismo puede disminuir las complicaciones en casos seleccionados.

**DeCS:** Monitoreo Fisiológico

## SUMMARY

The neurophysiological monitoring in patients subjected to cerebral surgery is helpful to protect the tissue that is in risk of trauma or ischemia during a surgical procedure. With the objective of describing the different modalities of this type of monitoring, a review was made of 25 bibliographical references, among which electroencephalograph, sensitive, auditory and visual evoked potentials, and monitoring of cranial nerves are found. Finally, it was concluded that intraoperative neurophysiological monitoring must be used by an experienced team, and the surgeon should be willing to act according to the findings. Under these circumstances it can reduce complications in selected cases.

**MeSH:** Monitoring, Physiologic

## INTRODUCCIÓN

La monitorización instrumental de las funciones encefálicas ha experimentado un progreso importante en los últimos años, abriéndose además un futuro muy esperanzador, dado el acelerado desarrollo de nuevos equipos, algunos de ellos con nula o escasa invasividad. (1)

Conocida la vulnerabilidad del cerebro a la isquemia y a la singularidad de su vascularización no extraña el interés que despierta las técnicas encaminadas a conocer el flujo sanguíneo cerebral. Sin embargo, las técnicas de medición directa del FSC disponible en el mercado como el Xenón o el aclaramiento de óxido nitroso mediante el método de Kety Schmidt son caras, requiere de circuitos especiales, que solo se pueden realizar intermitentemente e interfieren en el tratamiento del paciente, y por ello no son ideales para la detección al pie de la cama, de los cambios bruscos del FSC que anteceden al deterioro neurológico clínico. (2, 3,4)

Actualmente se considera que las metas de la neuromonitorización son:

- Determinar los efectos, tanto del procedimiento quirúrgico como de la anestesia, sobre el sistema nervioso central (SNC).
- Usar la información para optimizar la fisiología cerebral y prevenir el daño cerebral.

La eficacia del monitoreo es controversial debido a que no se han hecho estudios prospectivos controlados adecuados del pronóstico con o sin monitoreo. Sin embargo, las evidencias sugieren que la pérdida espontánea de las ondas electroencefalográficas y de los potenciales evocados sensitivos, se correlacionan bien con la reducción crítica del flujo sanguíneo cerebral. (4,5)

La monitorización cerebral proporciona una información del bienestar de este órgano. Este bienestar, fisiológicamente hablando, está determinado en gran parte por la relación demanda-aporte de oxígeno. (6)

En nuestro medio, con el advenimiento de nuevas técnicas en la actividad neuroquirúrgica se hace necesario el dominio por los anestesiólogos de aquellos métodos que nos permiten una vigilancia y control adecuados de la función cerebral durante la cirugía, es por ello que con el objetivo de lograr una actualización del tema en este personal se realizó la siguiente revisión bibliográfica.

## DESARROLLO

En neuroanestesia todos los pacientes requieren un monitoreo básico como lo refiere el estándar de la escuela de medicina de Harvard: establecida en forma definitiva, pero en la práctica clínica se ha usado en forma segura hasta por 60 minutos: (a) frecuencia cardíaca y presión sanguínea, cada 5 minutos mediante toma directa o el uso del dinamap; (b) electrocardiograma, tomado en forma continua desde el momento de la inducción. (c) ventilación, ya sea por palpación y observación de la bolsa de anestesia, auscultación de ruidos respiratorios o de preferencia la capnografía; (d) circulación, por palpación del pulso, auscultación de ruidos cardíacos o el uso del dosímetro de pulso; (e) monitor de desconexión del ventilador, el ventilador debe tener una alarma de desconexión en algún componente del sistema que debe emitir una señal audible; (f) analizador de oxígeno, la concentración de oxígeno en el sistema respiratorio debe ser medido por un analizador de oxígeno con alarma de baja concentración; (g) medida de la temperatura. (7,8)

En forma general se pueden dividir a los monitores cerebrales en 2 categorías:

- Los que estiman el FSC y los que se relacionan con la función cerebral.

Los métodos electrofisiológicos se emplean cuando el paciente es incapaz de cooperar como consecuencia de un daño o agresión, o bien cuando se encuentra bajo anestesia general. (9)

La evaluación del paciente despierto es la monitorización básica de la suficiencia del FSC y la función neurológica. También se habla de que en el paciente despierto se pueden evaluar áreas que no se monitorizan con electroencefalograma (área del lenguaje) (3). Esta situación, además, es útil en ciertos tipos de cirugías (palidotomía en enfermedad de Parkinson) en la que los cambios de la función motora pueden ser detectados más oportunamente.

### ELECTROENCEFALOGRAMA (EEG)

El EEG es la medición de la actividad eléctrica espontánea del cerebro, la cual es el resultado de los potenciales inhibitorios excitatorios postsinápticos en la corteza superficial (10). La vigilancia del EEG transoperatorio permite la detección temprana de hipoxia isquémica. La PaO<sub>2</sub> o el FSC insuficientes se reflejan en el EEG en cuestión de segundos. Primero la hipoxia produce activación electroencefalográfica, seguida de disminución de frecuencia y silencio eléctrico al final, por eso se considera que el EEG puede detectar disfunción celular isquémica antes de que exista daño irreversible. (11,12)

Existen otros elementos que también afectan el EEG y alertan al anestesiólogo antes diversas situaciones como son (12,13):

- La PaCO<sub>2</sub>
  - La hipocapnia (PaCO<sub>2</sub> disminuida) hace más lento el EEG.
  - La hipercapnia ligera (PaCO<sub>2</sub> aumentada) aumenta la frecuencia y la grave reduce la frecuencia y la amplitud de las ondas.
- La temperatura
  - Cuando la temperatura corporal cae a menos de 35 grados C la hipotermia causa una disminución progresiva de la velocidad de la actividad.
  - El silencio eléctrico completo ocurre cuando la temperatura cae a 15-20 grados C.

### PRESION INTRACRANEAL (PIC)

La PIC es un reflejo de la "compliance" cerebral y permite calcular la presión de percusión cerebral (PPC). Por orden de frecuencia la PIC se monitoriza en los pacientes con lesiones cerebrales, seguidos de los que presentan tumores cerebrales de gran tamaño y aneurismas, intervenciones no neuroquirúrgicas prolongadas en las víctimas de politraumatismos con alto riesgo de desarrollar un hematoma intracraneal o un edema cerebral (14).

Los objetivos principales de la monitorización incluyen la optimización de la Presión de Perfusión Cerebral y la prevención de la herniación cerebral mediante el inicio inmediato del tratamiento de la hipertensión endocraneana (HTEC). Los métodos de monitorización más utilizados son: por cateter intraventricular (por ventriculostomía), por perno subaracnoideo, por cateter subaracnoideo, por transductor epidural, por perno y cateter subdural, por transductor epicraneal (no invasivo), por monitor intraparenquimatoso fibroscópico (monitor de camino). La PIC normal es de 0-10 mmHg, los pacientes con PIC mayor de 20 mmHg tienen significativamente peor pronóstico que aquellos que no alcanzan esa cifra. Valores superiores a 40 mmHg durante más de 15 minutos son considerados como HTEC severa. Las complicaciones del monitoreo de la PIC incluyen: infección, hemorragia, mal funcionamiento, mala posición y obstrucción ((14,15).

## DOPPLER TRANSCRANEAL (DTC)

El DTC, descubierto por Aaslid en 1982, mide las velocidades de flujo de las arterias cerebrales mayores mediante un flujómetro bidireccional que emite señales pulsadas de 2MHZ de frecuencia a través de un cristal piezoeléctrico. Este método resume la medición de la velocidad del FSC de forma no invasiva. (16)

Las señales de velocidad de la sangre recogidas se presentan como una onda pulsátil que denominamos sonograma. Para obtener la señal, la sonda se sitúa sobre las zonas de mayor somnolencia craneal o ventanas óseas y la escama temporal es la más empleada, ya que permite acceder a toda la circulación anterior del polígono de Willis y a los segmentos P1 y P2 de la posterior. Otras ventanas son el foramen magno para la circulación posterior y la órbita para examinar el sifón carotideo y la arteria oftálmica. (17)

La arteria cerebral media es la más comúnmente monitorizada por esta medio, se pueden monitorizar simultáneamente las 2 arterias cerebrales medias a través de lo cual se determina, por la comparación de la señal en ambas, la existencia de patología unilateral (17,18).

Los datos más significativos que ofrece el DTC son la estimación de las resistencias cerebro vascular y la cuantificación de las velocidades de flujo (18).

La señal normal obtenida del DTC es similar a la plestimografía de cualquier arteria. Cuando existen valores muy elevados estaremos frente a hiperemia, o vasoespasmo, ya que este produce una disminución en el FSC, pero un aumento en su velocidad. El patrón oscilante observado en el DTC ha sido asociado con FSC severamente deteriorado y con muerte cerebral. (19)

Con el DTC se pueden diagnosticar o detectar diversos estados patológicos como son: detección de aire o microembolos en la vasculatura cerebral (7) y diagnóstico fuera del quirófano de estados patológicos que afectan FSC tales como: enfermedad carotidea (8), vasoespasmo cerebral después de Hemorragia Subaracnoidea (9), vasoespasmo después de traumatismo craneoencefálico (10) y para determinar muerte cerebral (7). También ha sido útil para conocer los efectos de varios fármacos (8), incluyendo anestésicos sobre la vasculatura y autorregulación de los vasos cerebrales (11,12, 13).

## OXIMETRIA DEL BULBO YUGULAR (OBY)

A partir de la monitorización de la sangre venosa cerebral se puede obtener información valiosa para detectar estados cerebrales fisiopatológicos. En el bulbo yugular el FSC puede medirse por determinaciones de gases inertes (xenón, argon u óxido nitroso), lavados de las muestras yugulares, también se puede determinar la tasa metabólica cerebral de consumo de O<sub>2</sub> (TMCCO<sub>2</sub>) (14), la producción de radicales libres (15) y la de lactato cerebral (16).

La suficiencia de aporte de O<sub>2</sub> al cerebro puede ser determinada a través de la diferencia de contenido arterial y el contenido venoso.

$AVDO_2 = (Hb \times 1.34 \times SaO_2 + 0.003 \times PaO_2) - (Hb \times 1.34 \times SjVO_2 + 0.003 \times PjVO_2)$ . Normal =2.8mmol/l

La SjVO<sub>2</sub> normal (60-70 %) indica que el FSC global es adecuado, sin embargo, no excluye a una isquemia focal. Una SjVO<sub>2</sub> baja (< del 50%) manifiesta una extracción elevada de O<sub>2</sub> y que el FSC puede ser inadecuado o insuficiente, esto es sugestivo de hipoxia o de isquemia cerebral. Una SjVO<sub>2</sub> elevada (75%) es sugestiva de patrón hiperémico de circulación cerebral. Debe descontarse infarto cerebral, situación donde estaría contraindicada la hiperventilación (17).

Las complicaciones más frecuentemente referidas en su colocación son hematoma y punción carotídea, pero también se ha mencionado un aumento de la PIC. Existe amplia y confiable experiencia en el uso de oximetría del bulbo yugular en pacientes con TCE (14, 15, 20,21) y en hemorragia subaracnoidea (22). La desaturación del bulbo yugular se asocia a mal pronóstico después de trauma craneoencefálico (23).

#### OXIMETRIA CEREBRAL TRANSCRANEAL

A diferencia de la oximetría bulbar yugular que mide la saturación venosa, la oximetría cerebral es la medición no invasiva de la combinación de la saturación arterial y venosa cerebrales (2).

El sensor se coloca en la región frontal del paciente, este sensor emite luz infrarroja que viaja a través de los tejidos locales incluyendo al cerebro. La señal proveniente de la piel, músculo y hueso se promedia y el valor de la saturación cerebral de O<sub>2</sub> se obtiene a través de un algoritmo. En contraste con la saturación del bulbo yugular, la oximetría cerebral se puede ver afectada por cambios en la relación de flujo arterio-venoso, independientemente del FSC, lo que limita su aplicación como monitor de FSC, sin embargo, algunos autores la consideran coadyuvante en la medición de la oxigenación cerebral (24).

La oximetría cerebral se ha usado para valorar cambios del FSC de forma no invasiva durante: Endarterectomía carotídea, pudiendo detectar isquemia cerebral durante el complejo carotídeo y cuando el FSC es inadecuado sugiere necesidad de un shunt intraluminal y Bypass cardiopulmonar (25).

#### POTENCIALES EVOCADOS

Los potenciales evocados (PE) reflejan la integridad de elementos funcionales específicos del SNC, incluyendo nervios craneales y tractos medulares. En aquellos procedimientos en los que estas estructuras del SNC se encuentran en riesgo, los PE aportan información acerca de su estado fisiológico y por lo tanto del pronóstico de la función (20,21).

Los PE sensoriales (PES) valoran la integridad de circuitos neurales desde un nervio periférico (más comúnmente el mediano o tibial posterior) a la corteza sensitiva, los PE motores (PEM) monitorizan la acción de tractos descendentes desde la corteza motora, los PE visuales (PEV) valoran el eje o eje visual, es decir, la vía desde la corteza occipital hacia la retina, la respuesta evocada auditiva (REA) valora el tallo cerebral (y algunas zonas corticales) a través del nervio coclear y vías intrínsecas cocleares. (23)

Cuando se registran los PE deben controlarse los factores anestésicos, fisiológicos y ambientales capaces de producir este patrón alterado. (23,24)

Todos los anestésicos que se conocen influyen en los PE en cierta medida. La sensibilidad de los PE a los efectos farmacológicos varía con la modalidad que se vigile. Los PE somatosensoriales y los PEV son más vulnerables a las influencias anestésicas que los potenciales de tallo encefálico (PEATE) y los componentes subcorticales de los PESS. En general, para obtener registros transoperatorios satisfactorios de PES es importante mantener niveles constantes de anestésicos. En especial, deben evitarse la administración en bolo de agentes intravenosos y cambios acentuados de la concentración inspirada de los agentes inhalables sobre todo en momentos en los que podría ocurrir alguna lesión neurológica. De esto se deriva que cuando se registran los PE corticales (PESS o PEV) es preciso utilizar técnicas intravenosas y las concentraciones altas de los anestésicos volátiles eliminan los potenciales corticales (18,20).

Los factores fisiológicos como temperatura, presión sanguínea sistémica, PaO<sub>2</sub> y PaCO<sub>2</sub> pueden alterar los PES y deben controlarse durante el registro transoperatorio, además, la hipotermia como la hipertermia también afectan a todos los PES (16).

Además, se debe tener en cuenta la temperatura de los líquidos que se utilizan para irrigar el cerebro o la médula espinal, pues pueden causar cambios drásticos en los registros, a pesar de una cifra normal de la temperatura central. Por tanto, deben suministrarse soluciones para irrigación a temperatura corporal (14,15).

Durante la reparación para escoliosis, se observaron en algunos casos cambios en los PESS que se resolvieron con elevaciones de la presión sanguínea, esto sugiere que la manipulación de la médula espinal durante los niveles "seguros" de hipotensión puede causar isquemia significativa (15).

Existen varias indicaciones para la vigilancia de los PEM transoperatorios. Tienen utilidad especial para la conservación de la función motora durante los procedimientos en los que el daño inducido por la operación puede ser específico del sistema motor, por ejemplo, la extirpación quirúrgica de tumores intramedulares puede derivar un daño selectivo de los tractos corticoespinales y se utilizan los PEM para guiar la resección quirúrgica (15,16).

#### MONITOREO DE LA PROFUNDIDAD ANESTESICA

Tradicionalmente, los signos vitales y la constante vigilancia clínica del paciente han puesto de manifiesto la insuficiente analgesia o la presencia de movimientos durante la anestesia general, pero la presencia del dolor y la conservación de la memoria durante la anestesia son cuestiones que son de interés para el anesthesiólogo. Debido a estas preocupaciones han aparecido diversos métodos de vigilancia para poder determinar el grado o profundidad anestésica. Además de las variaciones en los signos vitales secundarias a las respuestas autonómicas la presencia de contracciones espontáneas en el tercio inferior del esófago, electromiograma facial espontáneo, EEG espontáneo, medición del poder espectral, índice biospectral (25) son métodos utilizados para determinar tan importante aspecto.

La medición del poder espectral consiste en cuantificar los cambios en frecuencia y en amplitud del EEG. La frecuencia media y los bordes espectrales son aquellos, por debajo de los cuales se encuentra el 50 % y el 95 % del poder del EEG respectivamente. (22)

El índice biospectral (IB) es el primer tipo de monitorización para la evaluación de los efectos hipnóticos de los fármacos, se deriva del análisis de regresión del EEG de individuos anestesiados de los que se conocían su EEG despiertos y dormidos fisiológicamente. La ecuación de regresión se transformó en una escala de 0 a 100 en donde 0 es isoelectrico y 100 es despierto. Es muy difícil encontrar respuesta a la voz cuando el IB es menor de 60. Se ha demostrado que el uso de IB para determinar el componente hipnótico de la anestesia reduce la dosis del anestésico, el tiempo del despertar y mejora las estadísticas de pronósticos en la unidad de cuidados intensivos (22,23).

#### MONITOREO DEL EMBOLISMO AEREO VENOSO (EVA)

En las intervenciones neuroquirúrgicas donde la cirugía es por encima del nivel del corazón puede ocurrir EVA. Este se asocia más frecuentemente en el paciente en posición semisentada o sentada que va para un procedimiento de fosa posterior debido a que se facilita la entrada de aire por una presión negativa a nivel de las venas no colapsables como las venas diploicas o los senos venosos. (14,20)

Las manifestaciones pulmonares del EVA incluyen hipertensión pulmonar, alteración en el intercambio gaseoso, hipoxemia, retención de dióxido de carbono, aumento en el espacio muerto y disminución del dióxido de carbono al final de la espiración. La disminución del retorno venoso lleva a la disminución del gasto cardiaco con disminución de la presión arterial sistémica. Puede haber isquemia miocárdica y cerebral como resultado de la hipoxemia y la hipotensión persistente. Dentro las manifestaciones cardiovasculares se producen bloqueo del tracto de salida del ventrículo derecho que lleva a la obstrucción venosa con disminución del gasto cardiaco, dilatación y fallo del ventrículo derecho con isquemia miocárdica y cerebral, arritmias y colapso cardiovascular. La incidencia de EVA esta entre un 6–16 % (16)

El doppler precordial es el más usado comúnmente y más sensible para la detección de aire en la aurícula derecha y debe ser usada en todos los pacientes en posición sentada. El monitor es capaz de detectar cantidades pequeñas de aire como 0.25 ml. El transductor se coloca a lo largo del borde paraesternal derecho, entre el tercero y el sexto espacio intercostal para aumentar al máximo las señales audibles de la aurícula derecha. La colocación correcta se corrobora con la inyección de 5-10 ml de SSF o 0.5 – 1ml de aire por el catéter venoso central. El flujo turbulento resultante cambia los sonidos del doppler a un ruido agudo similar al que produce el aire intravascular (16).

El catéter en la aurícula derecha constituye otro recurso a utilizar en la monitorización del EVA. Se usa para aspirar aire que está entrando a la aurícula derecha de forma terapéutica y además nos ayuda a confirmar el diagnóstico. El catéter en la arteria pulmonar puede detectar un aumento de la arteria pulmonar, siendo más sensible que la capnografía para detectar el EVA, pero tiene como desventaja con relación a esta que constituye un proceder invasivo (18,20).

El capnógrafo complementa las capacidades del doppler porque disminuye las embolias sin trascendencias hemodinámicas escuchadas por el doppler de las embolias importantes. Los sonidos del doppler sin reducción del EtCO<sub>2</sub> casi siempre indican grandes cantidades de aire (21).

La capnografía se considera un monitoreo de gran importancia en los procedimientos neuroquirúrgicos porque además de lo descrito anteriormente nos aporta información confiable sobre la PaCO<sub>2</sub>, desconexión accidental del tubo endotraqueal, intubación esofágica y metabolismo aéreo (21).

## **CONCLUSIONES**

Con la realización de esta revisión pudimos concluir que existen numerosas modalidades de neuromonitorización, descritos anteriormente, todas con escasa o nula invasividad, las cuales proporcionan una información de bienestar de la función cerebral.

## BIBLIOGRAFÍA

1. JAMES E. COTREL, DAIZID S. SMITH, neurophysiologic brain monitoring: Anesthesia and neurosurgery, St. Louis, 1999, 210-243.
2. Maybergs ts, Brahma js. Brain monitoring in neurosurgery. En problems in anesthesia. Controversias in neuroanesthesia. Fleischer LA, Praugh Ds, Eds. Philadelphia Lippincott-Raven, 2004, 9:87-98.
3. Sloan Tb, clinical monitoring of the brain and spinal cord. En anual refresher course lectures. Orlando, 1998, 245:1-7.
4. Cooper R, Ossenton JW, Show JC, EEG Technology. Butterworths, Boston 2002.
5. Paul G. Barash. Anestesia clínica. En anestesia para neurocirugía. VI. Tercera edición, 1998, 834-37.
6. Crutchfield SS, Norayan RK, Robertson CS et al. Evaluation of a fiberoptic intracranial pressure monitor. J Neurosurg. 2005, 72:482-7.
7. Newell DV. Transcranial Doppler ultrasonography. Neurosurg Clin north am 2002, S: 619-31.
8. Ringelstein EB, Van-Eyck S, Merten SI. Evaluation of cerebral vasomotor reactivity by various vasodilator stimulants: comparison of CO<sub>2</sub> to acetazolamide. J cereb blood flow metab 2001, 12:162-68.
9. Laumer R, Strenmenyer R, Gonder F et al. Cerebral hemodynamic and subarachnoid hemorrhage evaluate by transcranial doppler sonography. Part 1. Relevance of flow velocities in clinical management. Neurosurgery 2004, 33:1-8
10. Chan KH, Dearden NM, Millar JD et al: Transcranial doppler waveform differences in .
11. Mayberg TS, Lamm am, Eng CC, et al. The effect of alfentanil on cerebral blood flow velocity and intracranial pressure during isoflurane-nitrous oxide anesthesia in humans. Anesthesiology 2003, 78:288-94
12. Strebel S, Lamm am, Matta BE. Dynamic and static cerebral autoregulation during isoflurane, desflurane and propofol anesthesia. Anesthesiology. 2000, 83:66-76.
13. Mayberg TS, Lamm am, Matta BE et al. Ketamine does not increase cerebral blood flow velocity or intracranial pressure during isoflurane-nitrous oxide anesthesia in patients undergoing craniotomy. Anesth analg 1995, 81:84-9.
14. Wardlaw JM, Easton VJ, Statham P. Which CT features help predict outcome after head injury?. J neurol neurosurg psych. 2002; 17(2): 118-22.
15. Azkarate B, Morondo P, Mendia A, Marco P. Monitorización del Sistema Nervioso Central. Rev electrón med intensiv. 2001; 1(6): 825-31.
16. Nordström C.H. Assessment of Critical Thresholds for Cerebral Perfusion Pressure by Performing Bedside Monitoring of Cerebral Energy Metabolism. Neurosurg focus. 2003; 15(6)
17. Vespa P. What is the Optimal Threshold for Cerebral Perfusion Pressure Following Traumatic Brain Injury? Neurosurg focus 2003; 15(6).
18. Albuquerque FC, Han PP, Spetzler RF, Zambranski JM, Dougall M. Carotid dissection. Can J Neurol Sci 2002.
19. Fernández Concepción O, Verdecie Ferie O, Chávez Rodríguez L, Álvarez González MA, Fiallo Sánchez MC. Acontecimientos vitales e infarto cerebral. Rev Neurol. 2002; 34: 622-6.
20. Gutiérrez J. Análisis de señales en el neuromonitoreo. Rev Mex Ing Biomed. 2001; 22 (2): 67-77.
21. Lam JM, Smielewski P, Czosnyka M, Pickard JD, Kirkpatrick PJ. Predicting delayed ischemic deficits after aneurysmal subarachnoid hemorrhage using a transient hyperemic response test of cerebral autoregulation. Neurosurgery. 2000; 47(8):19-25
22. Sarrafzadeh A S, Sakowitz O W, Callen T A, Lanksch W R, Unterberg A W. Bedside microdialysis for early detection of cerebral hypoxia in traumatic brain injury. Neurosurg focus. 2000; 9(5).
23. Nordström C.H. Assessment of Critical Thresholds for Cerebral Perfusion Pressure by Performing Bedside Monitoring of Cerebral Energy Metabolism. Neurosurg focus. 2003; 15(6)



24. Domínguez Roldán JM, García Gonzalo RM. Neuromonitoreo. En: Sociedad Argentina de Terapia Intensiva. Terapia Intensiva. Tercera edición año2000: 195. 25. Hongo K. Watanabe N, Matsushima N, Kobayashi S. Contralateral pterional approach to a giant internal carotid-ophthalmic artery aneurysms. Neurosurgery 2001; 47:955-59.