

Técnicas avanzadas de neuromonitoreo.

HOSPITAL PROVINCIAL DOCENTE CLÍNICO-QUIRÚRGICO" JOSÉ RAMÓN .LÓPEZ
TABRANES."

Técnicas avanzadas de neuromonitoreo.
Outpost techniques of Neuromonitor

AUTORES:

Dr. Ernesto Lima Guerra(1)
Dra. Letyer Pérez Ortiz (2)
Dra. Dulvis Primelles Cruz (3)
Dra. Eglis Rodríguez Ramos (2)

(1) Especialista de 1er Grado en Medicina General Integral. Verticalizado en Cuidados Intensivos
(2) Especialista de 1er Grado en Neurocirugía.
(3) Especialista de 1er Grado en Medicina Interna. Verticalizado en Cuidados Intensivos.

RESUMEN

Se realizó una revisión acerca de las técnicas más avanzadas de neuromonitoreo en la actualidad, las cuales han presentado un notable desarrollo en los últimos años lo que ha conllevado a un mejor conocimiento de la fisiopatología del daño cerebral, que a su vez nos permite un diagnóstico y tratamiento más acorde con cada caso. Se exponen los diferentes métodos de monitorización cerebral utilizados en la actualidad con sus indicaciones fundamentales, ventajas e inconvenientes.

DESCRIPTORES(DeCS):

PRESIÓN INTRACRANEAL
MONITOREO FISIOLÓGICO/métodos
SISTEMA NERVIOSO
HUMANO
ADULTO

INTRODUCCIÓN

La monitorización del Sistema Nervioso Central(SNC) ha presentado un importante desarrollo en los últimos 40 años. Todo ello conlleva a un mejor conocimiento de la fisiopatología del daño cerebral, que a su vez nos permite un diagnóstico y tratamiento más acorde con cada caso. Los diferentes métodos de monitorización cerebral tiene como objetivo común la detección de isquemia cerebral. La monitorización del flujo sanguíneo y del metabolismo cerebral nos permite instaurar un tratamiento individualizado. No debemos utilizar la monitorización multiparamétrica de forma irracional, siendo necesaria la definición de un protocolo de monitorización óptima para los diferentes tipos de lesiones. Vamos a exponer a continuación los diferentes métodos de monitorización cerebral más avanzados utilizados en la actualidad con sus indicaciones fundamentales, ventajas e inconvenientes. (1)

Haciendo un breve recuento, recordemos que fue en 1960, cuando Lundberg publicó su trabajo sobre monitoreo continuo de la Presión Intracraneal (PIC), que en los años 70, la Tomografía Axial Computarizada (TAC) revolucionó la especialidad y que en los 80 se pusieron en práctica, la Ecografía Doppler Transcraneal y la oximetría del bulbo de la yugular, pero ya a inicios de este nuevo milenio contamos con métodos más sofisticados para medir el Flujo Sanguíneo Cerebral (FSC), como es la TAC-Xe, la Tomografía Computada con Emisión Simple de Positrones (SPECT) y la Tomografía con Emisión de Positrones (PET), nos pueden brindar un mapa metabólico del cerebro lesionado y que ya podemos monitorizar localmente el oxígeno cerebral a través de técnicas como la Espectroscopía con rayos cercano al infrarrojo (NIRS) y la Presión Tisular de Oxígeno (PTIO₂), o monitorizar productos del metabolismo cerebral mediante la Microdiálisis, todo lo cual hace que las perspectivas futuras del manejo del paciente neurológico crítico sean halagüeñas. Desafortunadamente, no todas estas técnicas, están a nuestra disposición y muchas, aún están limitadas a centros muy especializados o de investigación.(2)

Por último, queremos recordar que, aunque cuando se habla de la palabra neuromonitoreo, todos pensamos en técnicas de medición de FSC, PIC, metabolismo o función cerebral, no debemos olvidarnos, que se hace neuromonitoreo, desde la misma fase pre-hospitalaria, cuando chequeamos los signos vitales del paciente, realizamos el examen neurológico y lo evaluamos, según la escala de coma de Glasgow, aspectos estos, que deben continuarse en el departamento de emergencia y en la propia Unidad de Terapia Intensiva(UTI), unido a la evaluación de la oxigenación, ventilación y temperatura; esta monitorización general y sistémica, es imprescindible, en los cuidados del paciente neurocrítico y en la prevención de la lesión isquémica secundaria.

DISCUSIÓN

TAC. Papel de la Neuroimagen en la Monitorización del SNC.

La TAC cerebral es la exploración radiológica de elección en el diagnóstico inicial de la mayoría de las entidades causantes de injuria cerebral aguda. Se trata de una exploración rápida y sensible que permite además el diagnóstico y seguimiento secuencial de las lesiones. Según los hallazgos de la TAC, en relación a los Traumatismos Craneoencefálicos(TCE), graves, podemos diferenciar entre lesiones focales (contusiones cerebrales, laceraciones o hematomas) y lesiones difusas (alteraciones axonales y/o vasculares difusas, lesiones cerebrales hipóxicas y "swelling" cerebral postraumático. Aunque esta simple clasificación nos permite orientar la actitud terapéutica inicial, tiene como principal inconveniente su reducido valor pronóstico. Recientemente, y a partir de los resultados del Banco de Datos de Coma Traumático (TCDB), se ha propuesto una nueva clasificación de las lesiones, fundamentada en la presencia o ausencia de parámetros radiológicos capaces de predecir no sólo los aumentos de la PIC sino también la mortalidad. La clasificación del TCDB, aunque presenta algunos problemas y limitaciones, ha alcanzado una gran difusión y es en la actualidad, la más utilizada y difundida.(3) Los objetivos fundamentales de esta nueva clasificación se centraron en la identificación de pacientes de "alto riesgo": riesgo de hipertensión intracraneal durante el curso evolutivo del enfermo, lesiones de elevada mortalidad y casos aparentemente de bajo riesgo que presentaban sin embargo parámetros radiológicos de mal pronóstico(4). De este modo, en función del *estado de las cisternas mesencefálicas*, *el grado de desviación de la línea media* y *la presencia o ausencia de lesiones > 25 cc*, el TCDB distingue entre cuatro tipos de lesiones difusas y dos tipos de lesiones:

- Lesión difusa tipo I : Ausencia de patología craneal visible en la TAC cerebral.

- Lesión difusa tipo II : En este grupo, las cisternas mesencefálicas están presentes y la línea media centrada o moderadamente desviada (≤ 5 mm). En esta categoría aunque pueden existir lesiones focales (hiperdensas o de densidad mixta), su volumen debe ser igual o inferior a 25 cc. También es aceptable encontrar cuerpos extraños o fragmentos óseos.
- Lesión difusa tipo III ("swelling") : En esta categoría se incluyen aquellos pacientes en los cuales las cisternas están comprimidas o ausentes, pero en los que la línea media está centrada o presenta una desviación igual o inferior a 5 mm . Para incluir a un paciente en este grupo, no deben existir lesiones hiperdensas o mixtas con volúmenes superiores a los 25 cc.
- Lesión difusa tipo IV ("línea media desviada") : Existe una desviación de la línea media superior a los 5 mm , pero en ausencia de lesiones focales hiperdensas o mixtas de más de 25 cc de volumen.
- Lesión focal evacuada : Cuando existe cualquier lesión evacuada quirúrgicamente.
- Lesión focal no evacuada: Cuando existe una lesión hiperdensa o mixta de volumen superior a los 25 cc, que no haya sido evacuada

En el contexto de los TCE, la principal ventaja de esta clasificación es que es de fácil aplicación y simplifica la valoración radiológica del enfermo. No obstante, debe tenerse en cuenta que las lesiones neurotraumáticas son procesos dinámicos y que en las TAC de control podemos detectar nuevas lesiones, o modificaciones de los parámetros radiológicos, que nos obliguen a cambiar la codificación del tipo de lesión(5,6).

TAC con Xenón estable:

En esta técnica el paciente debe inhalar una mezcla de xenón al 26- 33 %. El xenón es rápidamente tomado por la sangre , transportado al cerebro y captado por éste. Se evalúa en forma continua el xenón espirado, asumiendo que tiene el mismo valor que el xenón arterial. El xenón es radiopaco por lo que los cambios de la densidad del tejido cerebral en la TAC se utilizan para calcular los flujos regionales en el cerebro. Es excelente para calcular áreas de bajo flujo , no está disponible para monitoreo continuo y requiere transporte. La técnica ha sido criticada por los efectos farmacológicos del xenón que aumentarían el flujo sanguíneo cerebral. (7) Tomografía de Emisión de Positrones (PET) y Tomografía Computarizada de Emisión de Fotón Unico.(SPECT).

Aunque se dispone de algunas técnicas para medir el FSC y la oxigenación tisular a la cabecera del enfermo, el PET y el SPECT son las únicas técnicas que pueden brindar una información relativa a la demanda, es decir, a la actividad metabólica del tejido neural. Los estudios con PET han provisto una primera idea de la utilización de la glucosa del cerebro y han demostrado la alta incidencia de hiperglucólisis en el cerebro lesionado en general y alrededor de áreas regionales de lesión luego del TCE. La medición de la oxigenación cerebral regional con PET no puede ser realizada a la cabecera del paciente, el procedimiento requiere colocar la cabeza más baja de lo deseable en un paciente con hipertensión endocraneana, es un procedimiento de larga duración, tiene un costo elevado y un test repetido crea situaciones no solo operativas sino también de relación costo / beneficio. La SPECT se realiza administrando un trazador radiactivo, que se distribuye a través del cerebro en proporción al flujo. Una vez en el órgano, permanece allí durante varias horas. El trazador puede ser inyectado en la UTI durante un evento

agudo y adquirir la señal de FSC varias horas después, luego de transportar al paciente al departamento de medicina nuclear. Este método no puede ser repetido fácilmente para evaluar los efectos de las intervenciones terapéuticas.(8)

Ecografía Doppler Transcraneal.(DTC)

El DTC fue introducido en la práctica clínica por Aaslid en 1982, es una técnica no invasiva que ha realizado importantes aportes al neuromonitoreo del paciente crítico, y tiene entre sus ventajas la de obtener información indirecta, sobre la hemodinamia cerebral a la cabecera del paciente de una forma rápida y continua. (9)

El DTC mide la velocidad de flujo de las arterias cerebrales mayores, mediante un flujometro bidireccional que emite señales pulsadas de 2 MHz de frecuencia a través de un cristal piezo eléctrico. Las señales de velocidad de la sangre recogidas, se presentan como una onda pulsátil que se denomina sonograma(10). Es directamente proporcional al flujo sanguíneo cerebral (FSC), e inversamente proporcional al radio del vaso.

Ventajas DTC :

- Se exploran diversos territorios en ambos hemisferios.
- Es una técnica repetible cuantas veces se quiera, en la cabecera del enfermo.
- Útil en el diagnóstico de muerte cerebral.
- Brinda información indirecta de la hemodinamia cerebral.

Inconvenientes:

- Requiere cierta experiencia en su manejo por parte del explorador.
- En ocasiones los resultados no son valorables por mala ventana del paciente.
- Cambios en el diámetro del vaso se pueden interpretar como cambios en el FSC.
- No es útil en hipotensión ni en estenosis carotídea.
- No obtenemos información de vasos más distales.
- Requiere personal experto, para interpretar adecuadamente la información
- Existen variantes anatómicas e interhemisféricas, difíciles de diferenciar de verdaderos hallazgos patológicos.
- El valor absoluto de la velocidad de flujo, puede variar según la edad, sexo, hematocrito, PCO₂, actividad metabólica cerebral, gasto cardíaco y otras variables
- No ofrece información directa sobre la microcirculación
- El diagnóstico entre hiperemia y vasoespasmos no puede establecerse a partir de la simple lectura de los valores absolutos de la velocidad.
- En un porcentaje de individuos (10-15 %) el grosor de la escama del temporal impide el paso de los ultrasonidos(2,10).

Microdiálisis cerebral:

Esta técnica fue introducida hace más de 25 años para el monitoreo cerebral en animales. Los primeros estudios en cerebros de humanos fueron publicados hace alrededor de 10 años, convirtiéndose en un proceder estándar en los estudios de neurociencias con más de 8000 publicaciones reportadas. En 1995 Microdialysis Stockholm Sweden introdujo los instrumentos de microdiálisis para el uso clínico:

Catéteres para tejido periférico y cerebral, bomba de microdiálisis y analizador químico junto al paciente .(11)

Se colocan uno o más catéteres en el espacio extracelular del parénquima encefálico (Anexo 1). Se contrasta la información con un catéter, colocado en el tejido subcutáneo sistémico. Los catéteres tienen una membrana semipermeable a través de la que se intercambian solutos a favor de un gradiente de concentración, entre la solución infundida y el líquido contenido en el espacio extracelular. Cada catéter lleva incorporada una bomba de infusión continua que infunde volumen de solución a 0.3 microlitros/min. Se intercambian los solutos a través de la membrana semipermeable en la punta del catéter. Un equipo analizador informatizado, analiza los cambios que se dan en la composición de la solución inicial.(12)

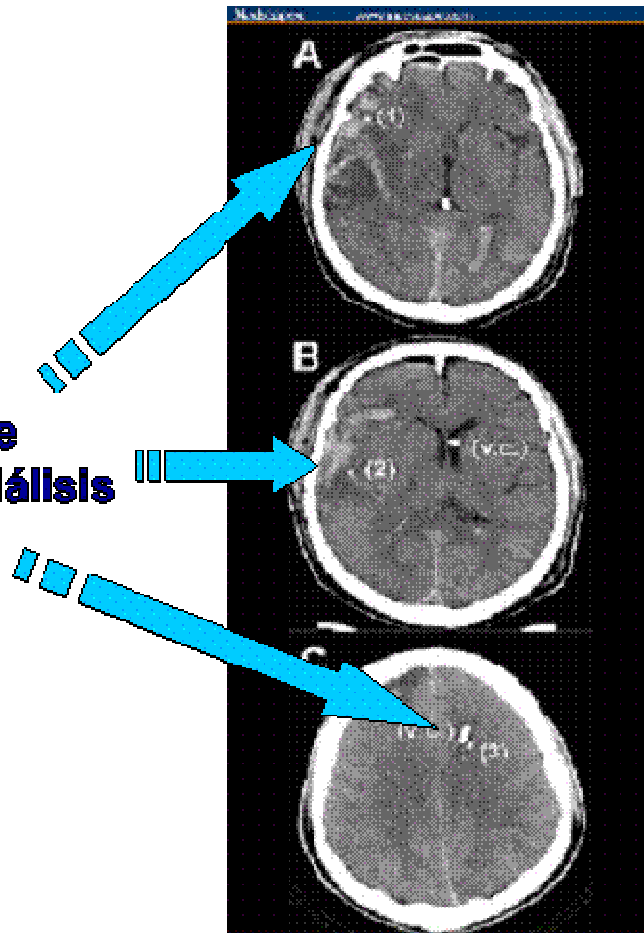
Las variables químicas de particular interés durante los cuidados críticos son las relacionadas con la glicólisis (glucosa, piruvato y lactato). Degradación de las membranas celulares (glicerol) y niveles excesivos de aminoácidos. A través de este método podemos analizar los cambios en metabolitos energéticos (glucosa, lactato, piruvato), en la liberación de neurotransmisores y neuromoduladores (GABA, glutamato, aspartato) o en productos de degradación tisular (glicerol).

Su limitación más importante es que nos da una monitorización muy localizada, aparte de que es una técnica compleja y de un costo elevado, su utilidad en la práctica está por demostrar y solo puede emplearse en centros dedicados a la investigación de las alteraciones metabólicas del paciente neurocrítico.(1, 11)

Presión Tisular de Oxígeno (PtiO₂):

Esta técnica nos brinda la posibilidad de monitorear mediante un microelectrodo de Clark en el extremo de un catéter, que se introduce en el tejido cerebral, de forma directa la presión parcial de oxígeno tisular y con ello la oxigenación cerebral. El catéter electrodo se coloca en el tejido cerebral a una profundidad entre 22 y 27 mm por debajo de la duramadre, en la sustancia blanca (también puede colocarse en la sustancia gris). Aunque no hay unanimidad acerca de que región es la que se debe monitorear, existe mayor consenso en la colocación del electrodo en una zona frontal, para obviar una región elocuente que pueda generar una posible iatrogenia, en caso de patología difusa y que en caso de patología local el médico elija la región, que considere más relevante según la patología o la más comprometida en lo que se refiere a hipoxia. Los valores descritos como normales en la sustancia gris cortical oscilan entre 24 –45 mm de Hg, en la sustancia blanca frontal, se consideran valores isquémicos los inferiores a 10 mm de Hg.(12, 13) Valores de PtiO₂ > 20mmhg en los TCE se relacionan con buen pronóstico. La PtiO₂ es directamente proporcional al FSC e inversamente proporcional al CMRO₂. Nos proporciona información del mínimo valor de PPC que se necesita para mantener una oxigenación cerebral adecuada.

Colocación de Catéter de Microdialísis



Anexo 1

TAC DE CRANEO QUE MUESTRA LA COLOCACIÓN DE CATETER PARA MICRODIALISIS

Aplicaciones:

- Control de la terapia con barbitúricos.
- Control de la terapia hipotérmica.
- Control de tratamientos hiperoncóticos.
- Monitorización neuroquirúrgica.
- Irradiación tumoral.
- Control de la terapia "triple H" en la fase aguda de vasoespasma.
- Tiene un carácter local, que permite detectar isquemia regional, si está colocado en la zona afectada (zona penumbra) y que no se detecta mediante la medición de oxigenación cerebral global (SjO₂).

Limitaciones:

- Carácter local de la medición, aunque se han demostrado que las de medidas son mínimas. En las lesiones difusas los resultados pueden ser extrapolables. Si la lesión es unilateral, deben hacerse las mediciones en el hemisferio lesionado, siendo los resultados claramente inferiores a los del hemisferio normal.

- Los valores de PTiO₂ en las lesiones de tronco y ganglios de la base pueden ser normales.
- Se necesita un tiempo de equilibrio entre la PO₂ cerebral y la de la solución electrolítica, que oscila entre 80-120', siendo también el intervalo de tiempo tras un TCE con mayor riesgo de descenso del FSC.
- Los cambios de la temperatura producen cambios a su vez en la PTiO₂. Esto se intenta solventar incorporando la monitorización simultánea de la temperatura cerebral.
- Para su colocación se debe realizar un trépano, por lo que se corre riesgo de hematomas iatrogénicos(2,12- 13)

Monitorización de la saturación regional transcutánea por infrarrojos SRO₂

La luz infrarroja entre 650-1100 nm penetra fácilmente en tejidos como cuero cabelludo, huesos y cerebro aproximadamente hasta unos 4 cm de profundidad. Esta luz es absorbida por la oxihemoglobina y la desoxihemoglobina. Se colocan dos parches cutáneos con sensor y emisor en la superficie frontal respetando la línea media teórica. A la hora de interpretar los resultados debemos asumir que la sangre se distribuye en el cerebro 75% como sangre venosa, 20% arterial y 5% capilar. Los valores e indicaciones para su colocación son similares a los de la SJO 2. (2, 14)

Ventajas:

- Es una técnica no cruenta.
- Nos permite una medición bilateral.
- Es continua.
- Detecta isquemia contralateral.

Problemas:

- Estudia una zona muy limitada (4cm de profundidad).
- Cualquier superposición tipo hematoma subdural o higroma, impide su utilización. En caso de contusión frontal la medida tampoco es fiable.
- Escasa bibliografía para correlacionar con la SJO 2.
- Requiere una limpieza de la zona y colocación muy minuciosa.
- No nos informa si la autorregulación está conservada o no.

Potenciales Evocados Sensoriales (PES):

Son las respuestas electrofisiológicas del organismo ya sea a la estimulación sensorial o a la estimulación eléctrica de un nervio sensitivo o mixto. Los PES se desencadenan habitualmente por la estimulación somatosensorial, auditiva o visual.(15)

Potenciales evocados somatosensoriales: Son generados por un estímulo eléctrico en un nervio periférico (tales como el mediano el tibial posterior o el peroneo) Detecta anormalidades en la vía de conducción desde los nervios periféricos, plexos, raíz nerviosa, hasta dorsales de la médula, la vía lemniscal hasta el tálamo y con corteza sensitiva. Pueden ser tan sensibles como el EEG a la disminución en el flujo sanguíneo cerebral. Los PESS son abolidos cuando el flujo sanguíneo cerebral disminuye por debajo de 12 ml /100g/ min.

Potenciales Evocados Auditivos del Tronco Encefálico . Se utilizan durante la resección del neurinoma del acústico y durante la descompresión microvascular. Tienen valor pronóstico luego del trauma craneoencefálico.
Potenciales Evocados Motores. Habitualmente son producidos por la aplicación

directa de una corriente eléctrica o por la aplicación de campos magnéticos en el sistema motor. Los potenciales evocados motores transcraneales pueden ser útiles para evaluar la continuidad de las vías motoras entre la corteza y la periferia.

Electroencefalograma (EEG).

Es un trazado de voltaje expresado en función del tiempo. La interpretación del EEG requiere de un médico bien entrenado, es tedioso y requiere tiempo. El EEG es generado por las células piramidales en la caspa granular de la corteza cerebral. El enlentecimiento del EEG se correlaciona con una disminución del FSC por debajo del valor umbral de 18 ml/100g/ min. La isquemia cerebral produce un enlentecimiento del EEG y una disminución de la amplitud. El EEG nos permite valorar el sufrimiento cortical, crisis comiciales, nivel de coma barbitúrico y muerte cerebral. Puede ser afectado por drogas sedantes y anestésicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Caballero López A. Terapia Intensiva. 2da ed. La Habana: MINSAP; 1999.
2. Azkarate B, Morondo P, Mendia A, Marco P. Monitorización del Sistema Nervioso Central. Rev electrón med intensiv 2001; 1(6): 825-31
3. Sahuquillo J, Poca MA, Munar F, Rubio E. Avances en el tratamiento de los Traumatismos Craneoencefálicos Graves. Neurocirugía 1999; 10(3): 185-209.
4. Wardlaw JM, Easton VJ, Statham P. Which CT features help predict outcome after head injury?. J neurol neurosurg psych 2002; 17(2): 118-22.
5. Servadei F. Traumatic subarachnoid hemorrhage: demographic and clinical study of 750 patients from the European Brain Injury Consortium Survey of Head Injuries. Neurosurgery 2002; 50: 261-7
6. Thorsteinn Gunnarsson M.Sc., Jan Hillman. Clinical Usefulness of Bedside Intracranial Morphological Monitoring: Mobile Computerized Tomography in the Neurosurgery Intensive Care Unit Neurosurg Focus. Am assoc neurolog surg 2000; 9(5)
7. Anderson RE. Cerebral blood flow xenon-133. Neurosurg clin north am 1996; 12(7): 33-8.
8. Lovesio C. Medicina Intensiva. 5ta ed. La Habana: MINSAP; 2000.
9. Charbel FT, González-Portillo G, Hoffman WE. Quantitative assessment of vessel flow integrity for aneurysm surgery. Technical note. J neurosurg 1999; 19(1): 1050-4.
10. Spencer MP. Transcranial doppler monitoring and causes of stroke from carotid endarterectomy. Stroke 1997; 28(5): 685-91.
11. Nordström C.H. Assessment of Critical Thresholds for Cerebral Perfusion Pressure by Performing Bedside Monitoring of Cerebral Energy Metabolism. Neurosurg focus 2003; 15(6)
12. Vespa P. What is the Optimal Threshold for Cerebral Perfusion Pressure Following Traumatic Brain Injury? Neurosurg focus 2003; 15(6).
13. Sarrafzadeh A S, Sakowitz O W, Callsen 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)
14. Smielewski P, Czosnyka M, Kirkpatrick P, Pickard JD. Evaluation of the transient hyperemic response test in head injury patients. J neurosurg 1997; 18(5): 773-8
15. 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

SUMMARY

A review was done about the most advanced techniques of Neuromonitor right now, which have presented a huge development in recent years. This has carried out a better knowledge of physiology in the brain, and at the same time it allows us a diagnosis and a treatment according to the cases. It is shown the different methods of brain monitorization used at this moment with its main advantages and disadvantages.