

MONOTEMÁTICO SOBRE TRAUMA CRANEOENCEFÁLICO



Monitorización del metabolismo cerebral en pacientes neurocríticos

Brain metabolic monitoring in neurocritical patients

Anselmo A. Abdo-Cuza^{1*}
Roberto Castellanos-Gutiérrez¹
Juliette M. Suárez-López²
Juan A. Gutiérrez-Martínez¹
Rafael E. Machado-Martínez¹
Jonathan Pi-Avila¹
Francisco Gómez-Peire¹
Juan C. López-González¹
Daniel González-González¹
Yalina Benítez-Quevedo¹

¹ Unidad de Cuidados Intensivos. Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas. La Habana, Cuba.

² Unidad de Cirugía Cardiovascular. Hospital Hermanos Ameijeiras. La Habana, Cuba.

* *E-mail* para la correspondencia: aaabdo@infomed.sld.cu

PUNTOS CLAVE

- El cerebro humano representa 2 % del peso corporal, sin embargo, dado su necesidad energética, utiliza 15 % del gasto cardíaco, 25 % de la glucosa y 20 % del consumo de O₂ de todo el organismo.
- El acoplamiento flujo sanguíneo cerebral – metabolismo (autorregulación metabólica), que ocurre en condiciones fisiológicas puede ser monitorizado en la clínica y brindarnos información de interés para decidir conductas en pacientes neurocríticos.
- Las variables más importantes para una evaluación metabólica – hemodinámica, a través de la cateterización del golfo yugular son la saturación yugular y el coeficiente de extracción de oxígeno.
- El análisis de las variables aportadas por los métodos propuestos debe ser interpretado con juicio clínico.
- La monitorización metabólica cerebral debe ser integrada al monitoreo multiparamétrico en pacientes neurocríticos.

Recibido: 24/06/2018

Aprobado: 13/07/2018

INTRODUCCIÓN

El cerebro humano representa 2 % del peso corporal, sin embargo, dado su necesidad energética, utiliza 15 % del gasto cardiaco, 25 % de la glucosa y 20 % del consumo de O₂ de todo el organismo. Aproximadamente 50 % del oxígeno y 10 % de la glucosa de la sangre arterial que llega a través de un flujo sanguíneo cerebral (FSC) de 50 ml/100 g/min es utilizado por su metabolismo.

La energía es utilizada en la actividad de transmisión sináptica (50 - 60 %) y en el metabolismo basal (40 - 50 %).

La necesidad de mantener un FSC adecuado y constante, aun ante cambios de la presión de perfusión cerebral (PPC), hace necesario disponer de mecanismos compensadores como la autorregulación cerebral.

El acoplamiento FSC - metabolismo (autorregulación metabólica), que ocurre en condiciones fisiológicas puede ser monitorizado en la clínica y brinda información de interés para decidir conductas en pacientes neurocríticos.

Algunos pacientes pueden presentar una alteración de los mecanismos reguladores del FSC pudiendo encontrarse disminuido, normal o elevado, independientemente de la reducción del consumo cerebral de oxígeno (CMCO₂). En este contexto, la relación entre CMCO₂ y FSC puede variar y los valores de la diferencia arterio - yugular de oxígeno (AVDO₂) constituyen una estimación indirecta del FSC, ($FSC = CMCO_2 / AVDO_2$).

Gibbs et al en 1942 propusieron el análisis comparativo de sangre arterial periférica y de sangre venosa tomada en el golfo yugular con el objetivo de cuantificar la relación transporte - extracción - consumo de elementos como oxígeno, glucosa y lactato

para así estimar patrones de metabolismo y flujo cerebral.

En 1945, Kety y Schimdt, aplicaron el principio de Fick al encéfalo y cuantificaron el FSC a partir de las diferencias arterio-yugulares de oxígeno.

En la actualidad existen nuevos métodos de monitorización del metabolismo cerebral, como la oximetría cerebral (espectroscopia cercana al infrarrojo), medición de la presión tisular de oxígeno y la microdiálisis cerebral, pero la monitorización metabólica a través de las variables de oximetría cerebral, obtenidas del catéter colocado en el bulbo yugular y su análisis simultáneo con sangre arterial es un método vigente sobre todo en países en desarrollo. Por tales motivos es a esta técnica que se refieren los autores en el artículo.

FUNDAMENTACIÓN Y VARIABLES A MONITORIZAR

En pacientes con daño cerebral, el acoplamiento entre CMCO₂ y FSC puede variar y los valores de las AVDO₂ constituyen una estimación indirecta del FSC. En general se acepta que AVDO₂ normal sugiere un correcto acoplamiento entre FSC y CMCO₂ (normoperfusión), AVDO₂ disminuida indica que el FSC es excesivo respecto a los requerimientos metabólicos cerebrales (hiperemia) y AVDO₂ elevada sugiere una disminución del FSC (hipoperfusión), y mayor extracción de O₂ con objetivo compensatorio.

A partir de estudios clínicos, Cruz et al sugieren una nueva variable que suplió limitantes de la AVDO₂ y por demás con facilidad de cálculo: el coeficiente de extracción de oxígeno (CEO₂), diferencia entre la saturación arterial y yugular de oxígeno ($CEO_2 = SaO_2 - SyO_2$).

La relación entre el FSC y el CEO_2 se establece de forma inversa: cuando el FSC aumenta, el CEO_2 se reduce y cuando el FSC disminuye, el CEO_2 aumenta. El rango de normalidad para este parámetro se ha establecido también a partir de los estudios de Gibbs et al, situándose entre 24 – 40 %. Valores comprendidos dentro de este rango indican un correcto acoplamiento entre metabolismo y FSC. Valores inferiores a 24 % sugieren una hiperperfusión cerebral global con respecto al consumo metabólico de oxígeno (hiperemia o perfusión de lujo). Valores superiores a 40 % reflejan una situación de hipoperfusión cerebral global relativa al $CMCO_2$ (hipoxia cerebral oligoémica).

LIMITANTES PARA LA INTERPRETACIÓN

En situación de alcalosis respiratoria la SyO_2 puede hallarse falsamente elevada, ya que la curva de disociación de la oxihemoglobina se desplaza hacia la izquierda (efecto Bohr). En estas condiciones tanto las $AVDO_2$ como el CEO_2 y la SyO_2 podrían indicar un estado de hiperemia, cuando en realidad existe un compromiso en la liberación de O_2 . Esta misma situación podría ocurrir en casos de hipotermia severa o de otras situaciones que incrementen la afinidad entre la hemoglobina y el oxígeno.

El flujo sanguíneo de la fosa posterior contribuye de forma insignificante en la sangre venosa que drena a través del bulbo de la yugular. Por ello, en las mediciones de la extracción global de oxígeno no se recibe una información adecuada sobre el flujo sanguíneo del cerebelo ni del tronco del encéfalo.

Un incremento en la SyO_2 por encima de 75 % puede reflejar un aumento en el FSC, pero también puede ser resultado de una disminución no acoplada del $CMCO_2$. Por este motivo, el valor aislado de la SyO_2 no

permite diferenciar entre situaciones opuestas como son la hiperemia o el infarto tisular extenso.

METODOLOGÍA

De forma tradicional el catéter yugular ha sido colocado con la técnica de referentes anatómicos: con el paciente en posición supina o posición de Trendelenburg, si no hay trastornos de la presión intracraneal que lo contraindique, debe rotarse la cabeza hacia el lado contralateral o mantener en posición neutral si existe sospecha de lesión espinal cervical. El punto de entrada de la aguja es el vértice del triángulo formado por los fascículos esternal y clavicular del músculo esternocleidomastoideo con la clavícula. Se introduce la aguja en dirección cefálica hacia el proceso mastoideo ipsilateral hasta que se aspire sangre. La posición del catéter se comprueba mediante radiografía cervical lateral. La punta del mismo debe ubicarse justo por delante de la apófisis mastoides, o por encima del espacio intervertebral C1-C2, Figura 1.

En relación al lado de colocación del catéter para el monitoreo metabólico cerebral existe consenso en colocarlo ipsilateral a la lesión en pacientes con lesiones focales, o en la vena yugular interna (VYI) dominante para aquellos pacientes con patología difusa del sistema nervioso central. Para determinar la VYI dominante en pacientes con monitorización de presión intracraneal (PIC), se ha sugerido que se comprima secuencialmente las dos yugulares internas para seleccionar el lado en que haya un aumento mayor de la PIC como expresión de drenaje dominante. Metz et al identificaron el mayor foramen yugular por tomografía axial computarizada (TAC) asumiendo que identifica la yugular dominante. Cormio et al en 2001 describieron la utilidad de la ultrasonografía para evaluar la VYI dominante al seleccionar el lado a

cateterizar en pacientes con lesiones cerebrales difusas. Los autores demostraron concordancia entre el lado de mayor diámetro de VYI por ecografía y la VYI domi-

nante de acuerdo a TAC en 94 % y concordancia con la maniobra de compresión yugular y aumento de PIC en 82 % de los pacientes estudiados.



Figura 1. Catéter colocado en vena yugular interna para toma de muestras a nivel del golfo yugular para neuromonitoreo. Radiografía cervical lateral para visualizar localización de punta del catéter.

Las principales complicaciones relacionadas con el proceder son punción arterial, hematoma y lesión de nervios. Algunos estudios han demostrado mayores tasas de complicaciones en las cateterizaciones retrógradas de la vena yugular interna que en las anterógradas.

En la actualidad la cateterización de la VYI guiada por ecografía en sus dos variantes, estática y en tiempo real, es la técnica de elección para el proceder. Se minimiza el tiempo de cateterización y disminuyen las complicaciones mecánicas relacionadas con el mismo. Estudios ultrasonográficos donde se evaluó la anatomía de la región

cervical en relación con la disposición VYI - arteria carótida interna (ACI), han demostrado lo disímil de esa relación, lo que hace que la técnica convencional de cateterización de VYI tanto anterógrada como retrógrada sea una técnica a ciegas con diversas complicaciones. En 1993, Segal J describió en una publicación la utilización de un transductor Doppler, solo con posibilidad de señal sonora para determinar el sitio de punción y evitar complicaciones, incluidas las relacionadas con el posicionamiento sugerido para el proceder.

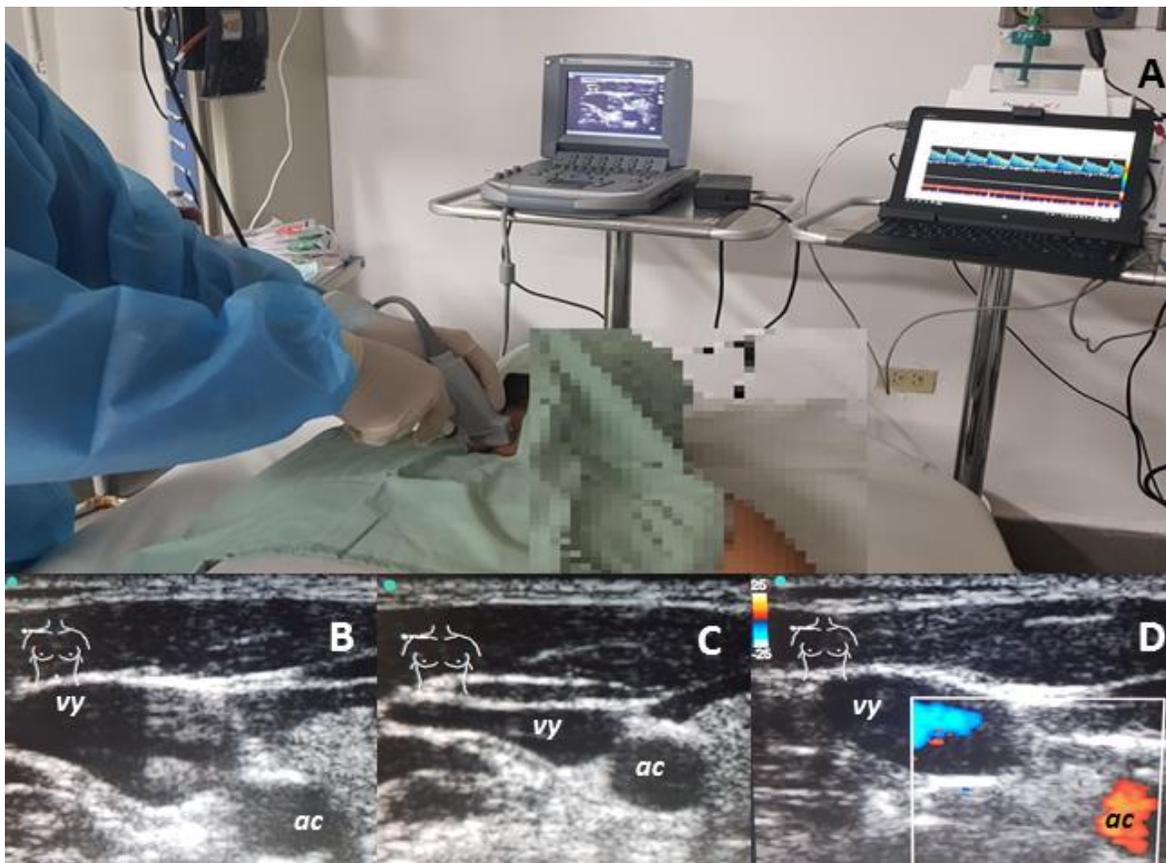


Figura 2. A. Colocación de catéter en golfo yugular con uso de ecografía en tiempo real [simulación], B. Identificación de arteria carótida (ac) por su forma redondeada, presencia de latido y no colapso a la presión con transductor y vena yugular interna (vy) de forma elipsoide, sin latido y colapso a la presión del transductor [C], D. Señal color para identificación de vasos.

Es en fecha relativamente reciente, que se describe la realización de la técnica guiada por ecografía en tiempo real, Figura 2, técnica que facilita el proceder y minimiza las complicaciones. Las determinaciones sanguíneas de arteria periférica y sangre yugular deben realizarse al menos una vez al día y ante cambios en el estado del paciente. Las variables más importantes para una evaluación metabólica – hemodinámica, son: SyO_2 y SaO_2 para calcular el CEO_2 .

El análisis de estas variables permite clasificar la situación hemodinámica y metabólica cerebral (relación FSC – metabolismo cerebral) en tres grupos: hipoperfusión cerebral (caracterizado por FSC que no supe

los requerimientos del metabolismo); normal (adecuado acoplamiento FSC – metabolismo) e hiperémico (caracterizado por FSC por encima de los requerimientos del metabolismo). La monitorización tiene objetivos de diagnóstico y orientación terapéutica, Tabla 1.

En la actualidad el grupo de trabajo del servicio de medicina intensiva del Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas lleva a cabo un protocolo de monitorización multiparamétrica en pacientes neurocríticos siendo uno de los objetivos de estudio evaluar la utilidad pronóstica de una clasificación por patrones hemodinámico – metabólicos, Figura 3, basados en el acoplamiento FSC (estimado mediante ecografía

Doppler transcraneal, velocidad media de arteria cerebral media [VmACM]) y CEO₂. En cuadros verdes se presentan las relaciones, flujo – metabolismo con acoplamiento adecuado, sin embargo, las relaciones ubicadas en cuadros amarillos requieren de

precaución y vigilancia ante posibles variaciones de flujo o metabolismo que desequilibren la relación. En cuadros rojos las distintas posibilidades teóricas de desequilibrio flujo - metabolismo.

Tabla 1. Patrones convencionales de metabolismo cerebral, causas más frecuentes y aspectos de prevención y conducta.

Variables / Patrones	Hipoperfusión	Normal	Hiperemia
SyO ₂	< 55 %	55 – 75 %	> 75 %
CEO ²	> 40 %	24 – 40 %	< 24 %
Causas	Hipotensión arterial, hipoperfusión, presión intracraneal aumentada e hipocapnia		Patrón hiperdinámico, sepsis, hipercapnia, hipermetabolismo.
Vigilancia / Conducta	Hb, PaO ₂ , PaCO ₂ , PIC, PAM, Disminuir demandas metabólicas, Normoventilar		Sepsis, foco infeccioso Normoventilar, normotermia, depuración citocinas
Precaución / Evitar	Fiebre, Convulsiones		Lesiones isquémicas extensas, alta afinidad de la Hb por O ₂ y contaminación extracraneal en muerte encefálica

SyO₂: saturación yugular de oxígeno, CEO₂ : coeficiente extracción de oxígeno, Hb: hemoglobina, PaO₂: presión arterial oxígeno, PaCO₂: presión arterial dióxido carbono, PIC: presión intracraneal, PAM: presión arterial media.

CEO ₂	Patrones hemodinámico – metabólicos			Interpretación
	42	52	VmACM (cm/s)	
40 %	FSC disminuido CEO ₂ aumentado	FSC normal CEO ₂ aumentado	FSC aumentado CEO ₂ aumentado	Flujo disminuido en relación al metabolismo
	FSC disminuido CEO ₂ normal	FSC normal CEO ₂ normal	FSC aumentado CEO ₂ normal	Acoplamiento adecuado flujo - metabolismo
24 %	FSC disminuido CEO ₂ disminuido	FSC normal CEO ₂ disminuido	FSC aumentado CEO ₂ disminuido	Flujo aumentado en relación al metabolismo

Figura 3. Clasificación por patrones hemodinámico – metabólicos, basados en el acoplamiento FSC (estimado mediante ecografía Doppler transcraneal [VmACM]) y CEO₂. FSC: flujo sanguíneo cerebral, VmACM: velocidad media arteria cerebral media, CEO₂: coeficiente extracción oxígeno.

Resultados preliminares de este grupo de trabajo, señalan la situación flujo aumentado en relación al metabolismo (aun con valores absolutos de VmACM normal o disminuida) como el hallazgo más frecuente en pacientes neurocríticos en cuidados intensivos. Los autores del presente artículo enfatizan en la necesidad de acciones terapéuticas individualizadas acorde a la situación particular y cambiante en cada momento de la evolución del paciente, por sobre conductas escalonadas y generalizadas

que han caracterizado la atención neurointensiva contemporánea.

En resumen, la integración de la monitorización metabólica cerebral al monitoreo multiparamétrico en pacientes neurocríticos, por medio de la canulación del golfo yugular para determinaciones de SyO_2 y CEO_2 es un método al alcance de países en desarrollo y con utilidad práctica en objetivos pronóstico y en decisiones diagnóstico-terapéutica.

LECTURAS RECOMENDADAS

- Abdo A, Castellanos R, Benítez Y, Suarez-López J, Machado RE, Gutiérrez JA, et al. Cateterización del golfo yugular guiada por ecografía en tiempo real. Rev Cub Med Int Emerg [revista en la Internet]. 2017 [citado 2018 Mayo 26]; Vol.16;(2). Disponible en: http://www.revmie.sld.cu/index.php/mie/article/view/217/html_90
- Cormio M, Robertson CS. Ultrasound is a reliable method for determining jugular bulb dominance. J Neurosurg Anesthesiol. 2001 Jul;13(3):250-4.
- Cruz J. Expensive cerebral blood flow measurements alone are useless and misinformative in comatose patients: a comprehensive alternative. Arq Neuropsiquiatr. 2003 Jun;61(2A):309-12.
- Dietrich CF, Horn R, Morf S, Chiorean L, Dong Y, Cui XW, et al. Ultrasound-guided central vascular interventions, comments on the European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology guidelines on interventional ultrasound. J Thorac Dis. 2016 Sep;8(9):E851-E868
- Gibbs, EL, Lennox, WG, Nims, LF, Gibbs, FA. Arterial and cerebral venous blood: arterial-venous differences in man. J Biol Chem. 1942; 144:325-332.
- Gok F, Kilicaslan A, Yosunkaya A. Ultrasound-guided jugular bulb catheterisation in the intensive care unit. Anaesth Intensive Care. 2014 Jul;42(4):523-4
- Griffiths H, Goyal MS, Pineda JA. Brain metabolism and severe pediatric traumatic brain injury. Childs Nerv Syst. 2017 Oct;33(10):1719-1726.
- Hutchinson PJ, Jalloh I, Helmy A, Carpenter KL, Rostami E, Bellander BM, et al. Consensus statement from the 2014 International Microdialysis Forum. Intensive Care Med. 2015 Sep;41(9):1517-28.
- Lazaridis C, Robertson CS. The Role of Multimodal Invasive Monitoring in Acute Traumatic Brain Injury. Neurosurg Clin N Am. 2016 Oct;27(4):509-17
- Merino MA, Sahuquillo J, Borrull A, Poca MA, Riveiro M, Expósito L. Is lactate a good indicator of brain tissue hypoxia in the acute phase of traumatic brain injury? Results of a pilot study in 21 patients. Neurocirugia (Astur). 2010 Aug;21(4):289-301.

Abdo-Cuza AA, Castellanos-Gutiérrez R, Suárez-López JM, Gutiérrez-Martínez JA, Machado-Martínez RE, Pi-Avila J, Gómez-Peire F, et al. Monitorización del metabolismo cerebral en pacientes neurocríticos. Vol. 17, Suplemento 2 (2018). Pág. 25-32

Poca MA, Sahuquillo J, Mena MP, Vilalta A, Riveiro M. Recent advances in regional cerebral monitoring in the neurocritical patient: brain tissue oxygen pressure monitoring, cerebral microdialysis and near-infrared spectroscopy. Neurocirugia (Astur). 2005 Oct;16(5):385-410.

Poca MA, Sahuquillo J, Monforte R, Vilalta A. Global systems for monitoring cerebral hemodynamics in the neurocritical patient: basic concepts, controversies and recent advances in measuring jugular bulb oxygenation. Neurocirugia (Astur). 2005 Aug;16(4):301-22.

Scalise LG, Camputaro LA. Evidencias en la utilidad de la saturación yugular de oxígeno como método de neuromonitoreo y guía de tratamiento. Rev Argent Neuroc. 2014 28, (1) : 1-8.

Senapathi TGA, Wiryana M, Sinardja K, Nada KW, Sutawan IBKJ, Ryalino C, et al. Jugular bulb oxygen saturation correlates with Full Outline of Responsiveness score in severe traumatic brain injury patients. Open Access Emerg Med. 2017 Aug 28;9:69-72.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

El contenido de los artículos publicados, son responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la opinión del Comité Editorial de Revista Cubana de Medicina Intensiva y Emergencias.

Copyright. Revista Cubana de Medicina Intensiva y Emergencias. Revista Electrónica. Sus artículos están bajo una **licencia de Creative Commons Reconocimiento – No Comercial**, los lectores pueden realizar copias y distribución de los contenidos por cualquier medio, siempre que se mantenga el reconocimiento de sus autores, no se haga uso comercial de las obras, ni se realice modificación de sus contenidos.
