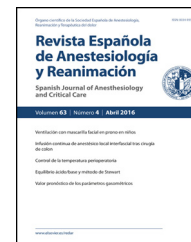




Revista Española de Anestesiología y Reanimación

www.elsevier.es/redar



CASO CLÍNICO

Importancia de la monitorización bilateral de la oxigenación cerebral: caso clínico de asimetría durante el bypass cardiopulmonar secundaria a infarto cerebral previo

S. Matcan*, P. Sanabria Carretero, M. Gómez Rojo, L. Castro Parga y F. Reinoso-Barbero

Departamento de Anestesiología, Reanimación y Cuidados Críticos, Hospital Universitario Infantil La Paz, Madrid, España

Recibido el 31 de agosto de 2016; aceptado el 22 de junio de 2017

PALABRAS CLAVE

Espectroscopia de infrarrojo cercano;
Asimetría;
Índice bispectral;
Infarto cerebral;
Neuromonitorización multimodal

Resumen La oximetría cerebral «near infrared spectroscopy»(NIRS) determina la oxigenación tisular cerebral. Describimos el caso clínico de un niño de 12 meses de edad con hemiparesia derecha secundaria a infarto de arteria cerebral media izquierda hacía 8 meses. El niño fue sometido a una ampliación del tracto de salida del ventrículo derecho por estenosis pulmonar mediante bypass cardiopulmonar. En periodos del bypass cardiopulmonar se detectan asimetrías NIRS entre ambos hemisferios cerebrales con descensos críticos en hemisferio derecho lo que indica estados de perfusión y consumo de oxígeno diferentes entre los 2 hemisferios. La utilización de neuromonitorización multimodal NIRS-BIS permitió actuar sobre la presión de perfusión y profundidad anestésica para equilibrar la balanza entre el aporte y el consumo de oxígeno cerebral. No se detectó daño neurológico sobreañadido en el postoperatorio.

Consideramos necesaria la monitorización NIRS bilateral para detectar asimetrías entre los 2 hemisferios, que aunque no se manifiesten en el registro basal, pueden surgir en el periodo intraoperatorio, permitiendo detectar y tratar la isquemia-hipoxia cerebral en el hemisferio sano, que provocaría un daño neurológico sobreañadido.

© 2017 Sociedad Española de Anestesiología, Reanimación y Terapéutica del Dolor. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Near infrared spectroscopy (NIRS);
Asymmetry;
Bispectral index (BIS);

The importance of bilateral monitoring of cerebral oxygenation (NIRS): Clinical case of asymmetry during cardiopulmonary bypass secondary to previous cerebral infarction

Abstract Cerebral oximetry based on near infrared spectroscopy (NIRS) technology is used to determine cerebral tissue oxygenation. We hereby present the clinical case of a 12-month old child with right hemiparesis secondary to prior left middle cerebral artery stroke

* Autora para correspondencia.

Correo electrónico: snejana86@yahoo.com (S. Matcan).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.redar.2017.06.008>

0034-9356/© 2017 Sociedad Española de Anestesiología, Reanimación y Terapéutica del Dolor. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Cerebral infarction;
Multimodal
neuromonitoring

8 months ago. The child underwent surgical enlargement of the right ventricular outflow tract (RVOT) with cardiopulmonary bypass. During cardiopulmonary bypass, asymmetric NIRS results were detected between both hemispheres. The utilization of multimodal neuromonitoring (NIRS-BIS) allowed acting on both perfusion pressure and anesthetic depth to balance out the supply and demand of cerebral oxygen consumption. No new neurological sequelae were observed postoperatively. We consider bilateral NIRS monitoring necessary in order to detect asymmetries between cerebral hemispheres. Although asymmetries were not present at baseline, they can arise intraoperatively and its monitoring thus allows the detection and treatment of cerebral ischemia-hypoxia in the healthy hemisphere, which if undetected and untreated would lead to additional neurological damage.

© 2017 Sociedad Española de Anestesiología, Reanimación y Terapéutica del Dolor. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

La oximetría cerebral «near infrared spectroscopy» (NIRS) determina la oxigenación tisular cerebral regional (SrO_2) en ausencia de perfusión pulsátil, y analiza la relación entre el aporte y el consumo de oxígeno cerebral. Puede detectar la hipoperfusión cerebral, hipoxemia, hipocapnia, bajo hematocrito, y otras situaciones conducentes al descenso de la saturación de oxígeno cerebral. La monitorización bilateral de la región frontal, perfundida por las arterias cerebrales anterior y media¹, analiza 1 cm³ del córtex en cada hemisferio. El valor de SrO_2 es principalmente simétrico (las diferencias de alrededor del 10% se consideran fisiológicas). Sin embargo, las asimetrías son resultado de la diferente perfusión-oxigenación en cada hemisferio, que puede deberse a variedades anatómicas en el círculo de Willis, embolismo cerebral, exceso de lateralización de la cabeza durante la cirugía, mala posición de la cánula, perfusión cerebral selectiva, pinzamiento quirúrgico de la arteria carótida o síndrome de hiperperfusión tras la revascularización de la carótida¹⁻³. La monitorización NIRS se utiliza de forma generalizada en cirugía cardíaca con bypass cardiopulmonar (CPB)¹⁻⁷. La evidencia científica establece la relación entre el descenso de la oxigenación cerebral y los trastornos neurológicos^{4,6,8,9} y entre la rapidez en la gestión de las causas potenciales y la mejora del resultado de morbilidad^{8,9}. Las reducciones superiores al 20% del registro basal, o las saturaciones inferiores al 50% se han propuesto como valores umbral en relación con las complicaciones neurológicas¹⁻⁹.

Describimos el primer caso reportado de asimetría cerebral NIRS durante un CPB en un niño con historia de infarto, que no presentó asimetría alguna en el registro basal. Esto refleja el diferente comportamiento de los hemisferios cerebrales en cuanto a consumo de oxígeno en situaciones en las que el transporte de oxígeno puede estar comprometido. Creemos que este caso respalda la interpretación de los registros NIRS, y contribuye a la evidencia disponible sobre esta cuestión.

Caso clínico

Niño de 12 meses de edad, con peso de 9 kg, e historia de deficiencia de proteína c y estenosis de la válvula

pulmonar severa con foramen óvalo permeable. El niño había sido previamente tratado, a la edad de 2 y 4 meses, mediante valvuloplastia percutánea. En el segundo procedimiento, se detectó embolismo cerebral paradójico con infarto de arteria cerebral media izquierda (fig. 1), originando hemiparesia derecha y epilepsia focal, que se trataron con anticonvulsivos (levetiracetam) y anticoagulantes (acenocumarol). Actualmente presentaba mejoría de hemiparesia de leve a severa, estenosis de la válvula pulmonar severa, regurgitación tricúspide moderada y foramen óvalo permeable. Fue sometido a cirugía cardíaca con CPB para ampliación del tracto de salida del ventrículo derecho, oclusión del óvalo foramen y valvuloplastia tricúspide. Se monitorizaron la presión venosa central femoral, la presión de la arteria femoral, pulsioximetría, capnografía, ECG de 5 electrodos, análisis del segmento ST, temperatura nasofaríngea y vesical, análisis de gases, iones, equilibrio ácido-base, hematocrito, glucosa y diuresis.

La neuromonitorización multimodal consistió en oximetría cerebral transcraneal bihemisférica NIRS (Invos, Covidien-Medtronic) e índice biespectral (BIS). Tras la canulación aórtica se inició CPB cebándose el circuito con sangre para lograr un 30% de hematocrito, a un flujo inicial de 120 ml/kg/min, hasta alcanzar una hipotermia de 30 °C. Se registraron los siguientes cambios NIRS en las diferentes fases de la intervención (fig. 2).

- Al inicio de la cirugía la presión arterial media (PAM) osciló entre 55 y 65 mmHg, detectándose normotermia y no observándose asimetrías en cuanto a SrO_2 en ambos hemisferios.
- La primera lectura asimétrica tuvo lugar tras la canulación de la vena cava superior y la aorta, y el inicio del CPB. El mayor descenso se registró en el hemisferio derecho (hemisferio sano, ipsilateral a hemiparesia), con un descenso inicial al 55% tras la canulación (31% de descenso desde el registro basal), descendiendo posteriormente al 50% (37% de incremento desde el registro basal) al iniciarse el CPB. La SrO_2 en el lado izquierdo descendió solo en un 20% en este punto. Tras descartar el mal posicionamiento de la cánula, la inadecuación del flujo, o FiO_2 , se atribuyó la asimetría a una baja presión sanguínea y a hemodilución aguda. Como el hemisferio derecho ya presentaba criterios de hipoxia, se administraron fenilefrina

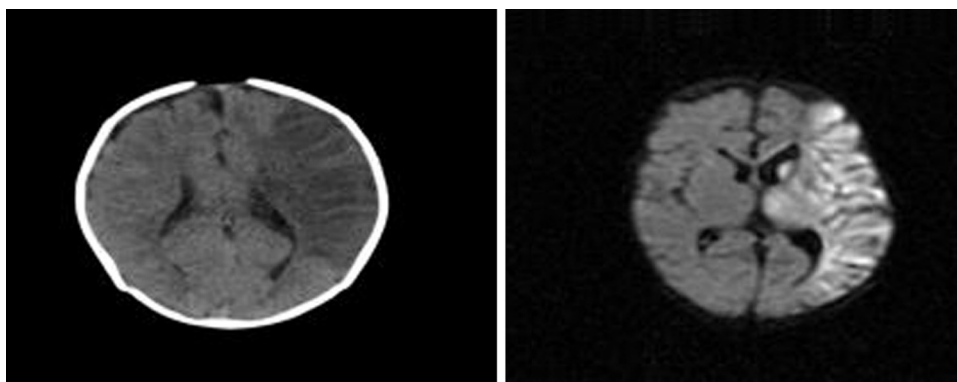


Figura 1 TAC craneal (izquierda) y RM craneal (derecha) donde se aprecian señales compatibles de infarto agudo en la arteria cerebral izquierda media.

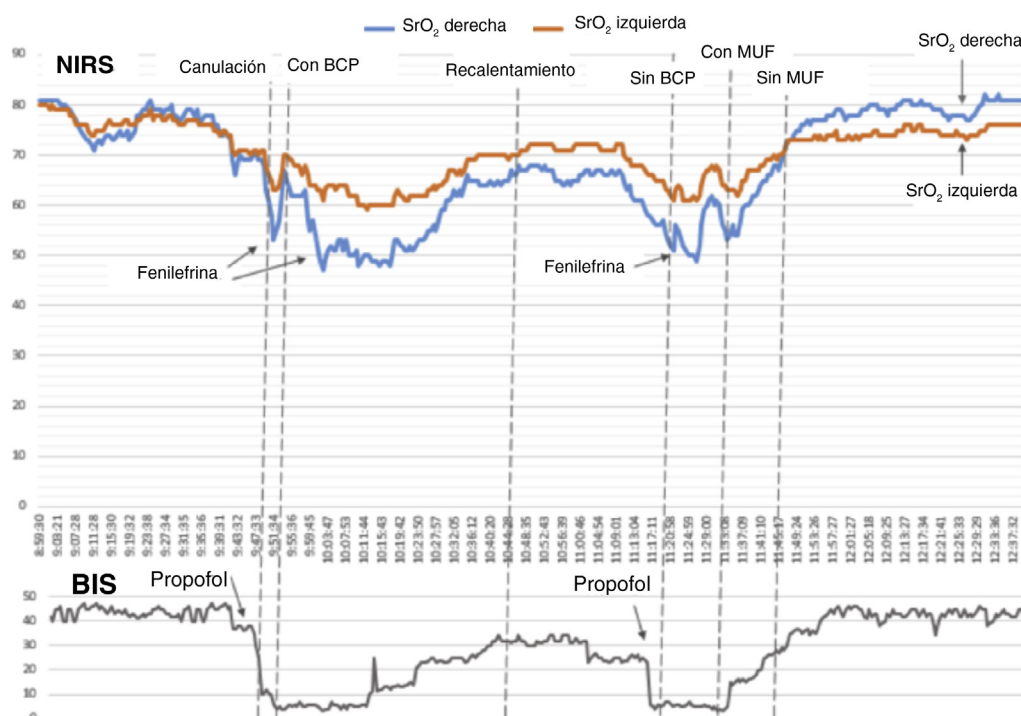


Figura 2 Neuromonitorización multimodal NIRS-BIS. NIRS durante CPB refleja cierta asimetría entre ambos hemisferios cerebrales (elevado consumo de oxígeno en el hemisferio derecho).

CPB: bypass cardiopulmonar; MUF: ultrafiltración modificada; SrO_2 : oxigenación tisular cerebral regional.

50 mcg y propofol 30 mg para estabilizar el descenso de SrO_2 . En este punto la PAM era de 50 mmHg y el hematocrito del 27%. Se observó el efecto del propofol sobre la profundidad anestésica en el registro BIS (BIS inferior a 10 con aumento de la tasa de brote-supresión).

- Durante el resto del CPB, la hipotermia alcanzó 30 °C, desapareciendo prácticamente la asimetría (diferencias inferiores al 10%).
- Durante el periodo de recalentamiento, tras el periodo de retirada del CPB, se volvió a presentar de nuevo la asimetría del 12%, con una reducción de hasta el 37% en el hemisferio derecho y un 20% de consumo superior de oxígeno cerebral en el lado izquierdo asociado al

incremento de la temperatura. El descenso se estabilizó con la administración de fenilefrina 50,2mcg y propofol 20 mg para reducir el metabolismo cerebral (descendiendo por tanto el BIS por debajo de 10).

- Al iniciar la ultrafiltración modificada (MUF) se observaron asimetrías adicionales, secundarias a apropiación de volemia directa de la cánula aórtica (situada en el arco aórtico) al hemofiltro, que a continuación se reintrodujo en la vena cava superior. Esta diversión del flujo puede producir una hipoperfusión cerebral transitoria. Se corrigió mediante el efecto hemoconcentrado propio de MUF (incremento de hematocrito al 40%).

- Al finalizar la MUF, SrO_2 alcanzó el punto basal del 80% en el lado derecho, y del 75% en el lado izquierdo, con una asimetría mínima del 5%.

El paciente fue trasladado a continuación a la unidad de cuidados intensivos postoperatorios. Se le retiró la ventilación mecánica a las 4 h de su llegada. Se iniciaron de inmediato terapias anticonvulsiva (levetiracetam) y anticoagulante (enoxaparina), siendo satisfactorio el curso postoperatorio. No se observaron daños neurológicos sobreañadidos en los días siguientes.

Discusión

Los avances en el campo de la cirugía cardíaca pediátrica han mejorado mucho la morbilidad en los últimos años. No obstante, este tipo de cirugía implica un elevado riesgo de desarrollar complicaciones neurológicas, que a veces no se detectan hasta que transcurren años desde la intervención. La mayoría de ellos originan trastornos conductuales y problemas de aprendizaje^{1,2,7,9,10}.

Sin embargo, el principal riesgo neurológico se asocia a la enfermedad cardíaca subyacente y a la inmadurez de la autorregulación cerebral en niños pequeños. Por otro lado, el periodo intraoperatorio conlleva un riesgo sobreañadido, debido a la duración prolongada del bypass, la respuesta inflamatoria, los fenómenos de embolismo, la hemodilución, la anticoagulación y los cambios en la relación entre el consumo y el aporte de oxígeno cerebral durante el CPB^{1,2,10,11}. Durante la cirugía los puntos críticos son la disección quirúrgica, la canulación a causa de la manipulación del corazón y los grandes vasos, la iniciación del CPB secundario a la reducción de la PAM y la hemodilución aguda, el uso de bajos flujos de paro circulatorio, el periodo de recalentamiento, la retirada del CPB y la iniciación de MUF.

Los límites de la autorregulación cerebral se definen mejor en los adultos. Sin embargo, para niños pequeños (menores de 2 años) los límites vienen determinados por la edad y la enfermedad cardíaca subyacente. El mantenimiento de la autorregulación cerebral durante el CPB contribuye al flujo sanguíneo cerebral constante que previene las complicaciones neurológicas¹¹. La monitorización NIRS puede ayudar a identificar las situaciones de desequilibrio entre el aporte y el consumo de oxígeno cerebral, incluso en ausencia de actividad pulsátil como en el CPB, y a corregir la causa subyacente, aplicando algoritmos que han demostrado el descenso de la incidencia de lesiones neurológicas asociadas al periodo intraoperatorio^{6,9}.

En el caso que presentamos aquí, la asimetría anormal (superior al 10%) se observó en el hemisferio derecho, sobrepasando el umbral de isquemia cerebral e hipoxia tisular (superior al 20% del registro basal). Los episodios de asimetría se detectaron durante los puntos críticos de la intervención (canulación e iniciación del CPB, recalentamiento, retirada del CPB e iniciación de MUF), según lo descrito por otros autores^{1,2}. La monitorización NIRS bilateral reflejó que durante los periodos de desequilibrio entre el aporte y el consumo de oxígeno cerebral (estrés cerebral) ambos hemisferios tuvieron un comportamiento diferente con relación al consumo de oxígeno. El hemisferio derecho (hemisferio sano) reflejó mayor densidad de tejido cerebral

activo al incrementarse el consumo de oxígeno y, por tanto, una mayor vulnerabilidad en situaciones de isquemia, mientras que el hemisferio izquierdo había sufrido un infarto 8 meses antes, originando hemiparesia severa que es leve en la actualidad (fig. 1).

La asimetría es mínima tras el cese del CPB y la restauración de la circulación pulsátil, respaldado por el efecto hemoconcentrador de MUF (incremento de hematocrito, aumento de presión de perfusión cerebral, incremento de PAM y descenso de la presión venosa central).

En pacientes que han sufrido infarto y presentan hemiparesia persistente moderada en la fase crónica (transcurridos 3 meses del episodio), se han descrito patrones de activación neuronal cortical con incremento de la actividad metabólica en el hemisferio, lo cual implica recuperación motora funcional tras la lesión³. En nuestro caso, la hemiparesia es una recuperación funcional. El hemisferio contralateral (hemisferio derecho) puede por tanto tener una activación mayor para asumir las funciones del hemisferio lesionado y, por ello, es más vulnerable a los periodos de estrés cerebral en puntos críticos de la cirugía.

El caso clínico muestra la importancia de la monitorización NIRS bilateral, puesto que el hemisferio con lesión previa consume menos oxígeno, obteniéndose mayores registros. Con la monitorización NIRS unilateral, las situaciones isquémicas críticas pueden no detectarse. El NIRS-BIS multimodal puede ayudar a identificar los umbrales de hipoperfusión con relación a las alteraciones de la función cerebral, pudiendo también respaldar la mejora del resultado neurológico^{7,11}. Aunque BIS no ha sido probado en niños menores de 2 años, al utilizarse conjuntamente con NIRS para medir la actividad cerebral funcional permite introducir estrategias para reducir el consumo de oxígeno cuando se produce la hipoperfusión cerebral, incrementando de ser necesario la profundidad anestésica, o evitando la sobredosificación cuando dicha profundidad es óptima⁷. En nuestro caso, incrementamos la profundidad anestésica administrando propofol (según se muestra en el registro BIS), y reduciendo por tanto el consumo de oxígeno cerebral y estabilizando la hipoxia tisular hasta lograr la hipotermia perseguida (fig. 2).

Concluimos por tanto que este caso respalda la importancia de la neuromonitorización multimodal (NIRS-BIS) para introducir estrategias terapéuticas que apoyan el equilibrio de la relación entre el aporte y el consumo de oxígeno cerebral. Consideramos también que la monitorización NIRS bilateral es esencial, debido a los diferentes comportamientos en cuanto a consumo de oxígeno en ambos hemisferios. Aunque dichas diferencias pueden no presentarse en el punto basal, pueden surgir en diferentes escenarios clínicos durante el periodo intraoperatorio. En este caso, en un paciente con infarto previo, nos permitió detectar y tratar la isquemia-hipoxia cerebral en el hemisferio sano, que podría haber originado una lesión neurológica sobreañadida.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana res-

ponsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Vretzakis G, Georgopoulou S, Stamoulis K, Stamatiou G, Tsakiris K, Zarogoulidis P, et al. Cerebral oximetry in cardiac anesthesia. *J Thorac Dis.* 2014;6 Suppl 1:S60–9, <http://dx.doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2013.10.22>.
2. Sanabria Carretero P. Casos clínicos. Oximetría cerebral transcutánea. *CERSA Madrid.* 2010;5:20–30.
3. Takeda K, Gomi Y, Kato H. Near-infrared spectroscopy and motor lateralization after stroke: A case series study. *Int J Phys Med Rehabil.* 2014;2:192.
4. La Monaca M, David A, Gaeta R, Lentini S. Near infrared spectroscopy for cerebral monitoring during cardiovascular surgery. *Clin Ter.* 2010;161:549–53.
5. Zacharias D, Lilly K, Shaw CL, Pirundini P, Rizzo RJ, Body SC, et al. Survey of the clinical assessment and utility of near-infrared cerebral oximetry in cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2014;28:308–16.
6. Murkin JM. Cerebral oximetry: Monitoring the brain as the index organ. *Anesthesiology.* 2011;114:12–3.
7. Fedorow C, Grocott HP. Cerebral monitoring to optimize outcomes after cardiac surgery. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2010;23:89–94.
8. Slater JP, Guarino T, Stack J, Vinod K, Bustami RT, Brown JM 3rd, et al. Cerebral oxygen desaturation predicts cognitive decline and longer hospital stay after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg.* 2009;87:36–44.
9. Denault A, Deschamps A, Murkin JM. A proposed algorithm for the intraoperative use of cerebral near-infrared spectroscopy. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth.* 2007;11:274–81.
10. Miller SP, McQuillen PS, Hamrick S, Xu D, Glidden DV, Charlton N, et al. Abnormal brain development in newborns with congenital heart disease. *N Engl J Med.* 2007;357:1928–38.
11. Hayashida M, Kin N, Tomioka T, Orii R, Sekiyama H, Usui H, et al. Cerebral ischaemia during cardiac surgery in children detected by combined monitoring of BIS and near-infrared spectroscopy. *Br J Anaesth.* 2004;92:662–9.