



INVOS

Informacion General

Oximetría Cerebral No Invasiva - INVOS™

Introducción

En cirugía cardíaca y vascular fundamentalmente, aunque también en otros tipos de cirugía o en determinados grupos de pacientes, existe un riesgo potencial de que se produzcan lesiones neurológicas transitorias o definitivas. Los fenómenos embólicos pueden contribuir, pero no son la única etiología; otra causa sería el desequilibrio entre el aporte y el consumo de oxígeno cerebral.

La oximetría cerebral (rSO₂) nos permite monitorizar esta relación de forma no invasiva. INVOS utiliza la tecnología NIRS (“near infrared spectroscopy”) para medir la saturación de oxígeno en una pequeña región de los vasos cerebrales corticales. Aunque esta técnica se describió hace más de 25 años, su uso cada vez más extendido tanto en cantidad como en indicaciones es un fenómeno reciente.

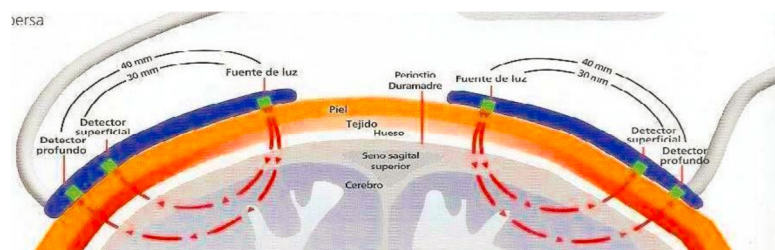
Principios

La oximetría cerebral es una técnica no invasiva para monitorizar cambios en el metabolismo cerebral de oxígeno.

El método se basa en la tecnología NIRS (“near infrared spectroscopy”). Se emiten fotones de luz cercanos al infrarrojo (“NIR”) en la piel de la frente del paciente. Después de dispersarse por el interior del cuero cabelludo, cráneo y cerebro, parte de estos fotones vuelven a la piel por reflectancia. Al medir la cantidad de fotones que regresa se puede inferir la absorción espectral del tejido subyacente y extraer conclusiones sobre su oxigenación media.

Al dispersarse por los tejidos estos fotones son absorbidos en parte, y dependiendo de su longitud de onda, por los materiales coloreados (cromóforos) allí presentes, produciendo unas señales características en el espectro de luz emergente. El cromóforo con mayor absorción de luz en el tejido corporal es la hemoglobina, cuyo espectro de absorción varía según su estado de oxigenación.

La medición selectiva del tejido cerebral puede hacerse por el principio de resolución espacial. La profundidad a la que penetran los fotones emitidos desde la piel depende de la distancia a la que se encuentre el detector. Se utilizan dos detectores situados a dos distancias diferentes del punto emisor: el más cercano recibe la señal del haz superficial, que corresponde a piel, tejido celular subcutáneo y cráneo; el más alejado recibe la señal de estos tejidos más la del tejido cerebral subyacente. La resta de las dos señales permite obtener la correspondiente a la corteza cerebral situada debajo de los sensores.



Se utilizan dos sensores, que se colocan a ambos lados de la línea media. En cada sensor hay un punto emisor de luz y dos puntos de detección de la señal, situados a 3 cm y a 4 cm del punto emisor.

La fuente de luz emite dos haces de luz en el rango próximo al infrarrojo (730 y 810 nm) e ilumina el tejido. La intensidad de la luz que recibe cada detector se convierte en una señal eléctrica que se procesa y digitaliza, y en pantalla aparecen los valores de rSO₂ de los dos hemisferios cerebrales actualizados cada 4 segundos. En la parte izquierda de la pantalla aparecen las tendencias. Estas se encuentran representadas a través de valores porcentuales denominados rSO₂ o Saturación Regional de Oxígeno.

El lecho vascular cerebral está formado principalmente por vasos para el intercambio de gases, especialmente vénulas. A pesar de las variaciones interindividuales se asume que el 25% son vasos arteriales y el 75% venosos, aunque cambios en esta relación 25:75 influyen poco en la interpretación clínica de la rSO₂. Por tanto, los valores obtenidos de rSO₂ representan fundamentalmente el estado de oxigenación de los cromóforos del lecho vascular cerebral del compartimento venoso. Los cambios en la oximetría cerebral dependen del balance entre aporte y consumo de oxígeno. Los factores que afectan pueden observarse en la siguiente tabla:

| Factores que afectan el aporte de O₂ | Factores que afectan el consumo de O₂ |
|--|---|
| SaO ₂ | Profundidad anestésica |
| Hemoglobina | Agente anestésica |
| Presión Arterial Media | Temperatura |
| Gasto Cardíaco | Desajuste flujo - metabolismo |
| PaCO ₂ | |
| Factores Mecánicos | |

Dónde se monitoriza

Los sensores se colocan en la frente del paciente, a ambos la línea media, intentando evitar el seno sagital superior. La zona que se monitoriza es la región perfundida por las arterias cerebrales media y anterior. La anatomía vascular cerebral en estas regiones las hace particularmente vulnerables a las deficiencias de aporte de oxígeno.

Valores normales

La variación interindividual de los valores normales de la rSO₂ es muy amplia.

En un estudio con voluntarios sanos (n = 44) de entre 20 y 36 años los valores obtenidos fueron 71% +/- 6 % (rango 58 – 82).

En otro estudio en pacientes que iban a ser intervenidos de cirugía cardíaca (n = 1.000, edad 21 – 91 años) los valores obtenidos fueron 67% +/- 10% (rango 47 – 83).

Debido a estas variaciones se recomienda utilizarlo como un monitor de tendencias. La saturación basal es el valor inicial de rSO₂ y sobre él se compararán los siguientes valores. El valor basal se obtiene con el paciente tumbado y en reposo, antes de ser anestesiado.

También hay que tener en cuenta la simetría de los valores. Se considera anormal una asimetría basal de más de 10 puntos. Si existe, hay que buscar la posible causa (estenosis carotídea o intracraneal, infarto antiguo, lesiones intra o extracraneales, etc.)

Umbral a partir del cual se ha de intervenir

No existe un umbral establecido claramente a partir del cual se tenga que intervenir. En la práctica se utilizan dos criterios derivados de diversos estudios:

- Disminución de un 20% de la rSO₂ respecto a los valores basales
- Valor absoluto de rSO₂ de 50% o menor.

Indicaciones

La utilización de la oximetría cerebral en la práctica clínica estaría indicada en aquellas situaciones en las que exista un riesgo potencial de alteración de la oxigenación cerebral.

Las publicaciones referentes a su utilización clínica van aumentando:

- Monitorización intraoperatoria
- Endarterectomía carotídea
- Procedimientos neuroendovasculares
- Cirugía cardíaca
- Cirugía del arco aórtico
- Identificación temprana de hematomas intracraneales
- Detección de episodios de desaturación in pacientes con TCE severo
- Monitorización de cambios hemodinámicos intracraneales
- Manejo de la hemorragia subaracnoidea
- Evaluación de la reactividad cerebrovascular al CO₂.
- Apnea del sueño
- Epilepsia

Actualmente, se está desarrollando con gran auge la utilización de la medición de rSO₂ en los pacientes de Neonatología, que se encuentran transcurriendo una Cardiopatía Congénita, Prematurez, Complicaciones Respiratorias como Asfixia, entre otras patologías. Mediante la monitorización con INVOS, se ha logrado una mejora considerable en los resultados finales de estos pacientes.

Interpretación de los datos

Aparición de asimetría en los valores de rSO₂

Es importante comprobar que no existe asimetría en los valores basales, para poder detectar inmediatamente cualquier causa que pueda provocarla, como la rotación de la cabeza para la colocación de un catéter de arteria pulmonar o la posición final del paciente para la intervención. La rotación axial de la cabeza puede provocar una compresión de la arteria carótida interna contralateral por atlas antes de su entrada en la base del cráneo, con la consiguiente disminución del flujo sanguíneo.

La oximetría cerebral también puede detectar desaturaciones asociadas a la torsión de los grandes vasos durante la manipulación del corazón. En estos casos, la causa de la desaturación suele ser la dificultad del retorno venoso.

Durante la cirugía de reparación de la disección aórtica tipo A, la oximetría cerebral puede ser útil para detectar precozmente problemas en la perfusión cerebral. Una ventaja de esta monitorización en este tipo de cirugía es que se puede seguir utilizando incluso en hipotermia profunda.

La oximetría cerebral también se ha empleado durante la utilización de la membrana de oxigenación extracorpórea, con el objetivo de identificar un compromiso regional en la oxigenación cerebral asociado a la canulación de la carótida.

Reacción de la rSO₂ al CO₂

La hipercapnia produce vasodilatación cerebral. Varios autores han demostrado un aumento de la rSO₂ asociado a la hipercapnia.

Manejo del equilibrio ácido-base en cirugía cardíaca

Todavía existen controversias sobre cuál es la mejor estrategia para el manejo del equilibrio ácido base. La técnica más utilizada en estos momentos es la alpha-stat, pero en pacientes pediátricos que requieren un periodo prolongado de hipotermia profunda, la técnica ph-stat podría favorecer la aparición de menos complicaciones neurológicas porque se trabaja con niveles más altos de PaCO₂.

Hemoglobina y volumen sanguíneo

Dos determinantes muy importantes de la oxigenación tisular son la Hb y el volumen sanguíneo.

Valores bajos de rSO₂ pueden indicar que el nivel de Hb es inadecuado. Varios investigadores han propuesto el uso de la rSO₂ como *trigger* para realizar una transfusión. Sin embargo, la administración de hematíes no siempre aumenta la rSO₂, hecho que se ha atribuido a los potenciales efectos negativos del almacenamiento sobre la capacidad de los hematíes para aportar oxígeno.

Una rSO₂ baja también puede indicar que el volumen sanguíneo es insuficiente para mantener un adecuado intercambio gaseoso en la microcirculación.

Perfusión

Según el principio de autorregulación cerebral, en un amplio rango de presión arterial media (PAM), entre 50 y 150 mmHg, el flujo sanguíneo cerebral se mantiene constante independientemente de la presión de perfusión. Muchos estudios han concluido que la autorregulación cerebral también se mantiene intacta durante la circulación extracorpórea.

Aunque esto puede ser cierto en grandes grupos de pacientes, puede no serlo en algún paciente concreto.

La oximetría cerebral es un método sencillo para identificar el límite inferior de la autorregulación, el punto por debajo del cual el flujo sanguíneo cerebral y la oxigenación tisular se hacen dependientes de la presión.

En pacientes intervenidos de cirugía cardíaca, el límite inferior de autorregulación varía mucho de unos pacientes a otros, desde valores de PAM de 40 mmHg hasta de más de 100 mmHg. Además hay pacientes que no mantienen la autorregulación durante toda la intervención. Por todo lo anterior se recomienda la monitorización continua de la adecuación de la perfusión cerebral en cirugía cardiovascular.

La fuerza que empuja a la hemoglobina a través de la microcirculación no es la presión arterial, sino la diferencia entre la presión arterial y la venosa, por lo que sería más correcto relacionar la rSO_2 con la presión de perfusión cerebral (presión arterial media – presión venosa central).

Temperatura

En teoría, durante la circulación extracorpórea, la reducción de la temperatura asociada a un manejo alpha-stat del equilibrio ácido-base produce una disminución lineal del flujo sanguíneo cerebral y una disminución exponencial del metabolismo, por lo que en estas condiciones estaría asegurada una correcta oxigenación cerebral. Pero en hipotermia profunda hay otros factores que influyen en la oxigenación tisular y en esta fase se produce una disminución de la rSO_2 .

Esta desaturación es menor en niños que en adultos, probablemente por una mayor facilidad del cerebro infantil para enfriarse de forma más homogénea o por diferencias en la utilización cerebral del oxígeno.

La hipotermia profunda también puede alterar la reactividad vascular y este efecto puede persistir durante horas. Si en la fase de recalentamiento no se produce un aumento del flujo sanguíneo cerebral a la vez que aumenta el metabolismo cerebral, el resultado será una disminución de la rSO_2 .

Utilización de la rSO_2 como guía para la perfusión cerebral suplementaria

En la cirugía de reconstrucción del arco aórtico en adultos, la utilización de una perfusión cerebral retrógrada guiada por NIRS prolonga el “tiempo de seguridad”.

Cuando se inicia la perfusión cerebral retrógrada no se produce un aumento brusco de la rSO_2 , sino que hay un aumento gradual por el aporte de oxígeno, pero también puede observarse una disminución gradual por el bajo flujo.

La oximetría cerebral también parece ser útil como guía para el manejo de la perfusión cerebral anterógrada de bajo flujo en neonatos en este mismo tipo de cirugía.

Nivel de anestesia

La inducción anestésica disminuye más el metabolismo cerebral que el flujo sanguíneo cerebral, por lo que inmediatamente después se observa un aumento de la rSO_2 .

Un nivel inadecuado de hipnosis puede provocar un aumento en el consumo de oxígeno por encima del aporte, con la consiguiente disminución de la rSO_2 . La monitorización concomitante

del nivel de hipnosis puede facilitar la identificación y corrección precoz de la causa de la desaturación.

El Equipo y sus Consumibles

El equipo para la medición de la rSO₂, se compone de un monitor de tendencias, al que se conectan dos pre amplificadores cada uno de los cuales aceptan dos canales de conexión. Esto da un total de 4 localizaciones de sensores posibles.

En el caso de pacientes adultos, los sensores se usan en general a nivel Cerebral, pero en el caso de pacientes pediátricos y neonatales, pueden situarse a nivel somático (ejemplo hepático o renal).



Tipos de Sensores

DESCRIPCION DE SENSORES SAFB/INTL PARA EQUIPO INVOS



Sensor Adulto para pacientes de más de 40kg. Libre de Látex y PVC.

El sensor presenta dos diodos emisores de luz, que emiten haces a 780 nm y 810 nm; en el espectro del infrarrojo cercano. Además presenta 2 detectores, uno Proximal localizado a 3cm del emisor y uno Distal localizado a 4 cm del emisor.

A continuación de los diodos emisores y de los detectores se encuentra una cubierta adhesiva, que facilita la adherencia a la piel del paciente.

El sensor se conecta a través del conector azul al cable paciente del equipo, que se continúa en los preamplificadores.

El sensor es de uso para un único paciente. No reusable.

Se presenta en envoltura con las indicaciones de localización, en packaging cerrado y limpio.

En el paciente adulto estos sensores se localizan de la siguiente manera:



DESCRIPCION DE SENSORES SPFB/INTL PARA EQUIPO INVOS (NIRS)



Sensor Pediátrico para pacientes de menos de 40kg. Libre de Látex y PVC.

El sensor presenta dos diodos emisores de luz, que emiten haces a 780 nm y 810 nm; en el espectro del infrarrojo cercano. Además presenta 2 detectores, uno Proximal localizado a 3cm del emisor y uno Distal localizado a 4 cm del emisor.

A continuación de los diodos emisores y de los detectores se encuentra una cubierta adhesiva, que facilita la adherencia a la piel del paciente.

El sensor se conecta a través del conector azul al cable paciente del equipo, que se continúa en los preamplificadores.

El sensor es de uso para un único paciente. No reusable.

Se presenta en envoltura con las indicaciones de localización, en packaging cerrado y limpio.

El equipo acepta hasta 4 conexiones de sensores, y estos pueden localizarse a nivel cerebral o somático, de acuerdo a la patología del paciente.

Estos sensores pueden localizarse de la siguiente manera:



DESCRIPCION DE SENSORES CNN/SNN PARA EQUIPO INVOS (NIRS)



Sensor Neonatal para pacientes de menos de 5kg. Libre de Látex y PVC.

El sensor presenta dos diodos emisores de luz, que emiten haces a 780 nm y 810 nm; en el espectro del infrarrojo cercano. Además presenta 2 detectores, uno Proximal localizado a 3cm del emisor y uno Distal localizado a 4 cm del emisor.

A continuación de los diodos emisores y de los detectores se encuentra una cubierta de Hidrocoloides adhesiva, cuya finalidad es la de proteger la piel del prematuro.

El sensor se continúa con un cable paciente de 2 metros de longitud que se conecta directamente a los preamplificadores del equipo, para evitar contaminación dentro del habitáculo de la incubadora o servocuna. El cable termina en un conector compatible solo con los preamplificadores INVOS.

El sensor es de uso para un único paciente.

Se presenta en envoltura con las indicaciones de localización, en packaging cerrado y limpio.

El equipo acepta hasta 4 conexiones de sensores, y estos pueden localizarse a nivel cerebral o somático, de acuerdo a la patología del paciente.

Estos sensores pueden localizarse de la siguiente manera:



Bibliografía

- Watzman HM, Kurth CD, Montenegro LM, Rome J, Steven JM, Nicolson SC. Arterial and venous contributions to near-infrared cerebral oximetry. *Anesthesiology* 2000;93:947-953.
- Kurth CD, Steven JM, Swedlow D: New frontiers in oximetry. *Am J Anesthesiol* 1996;23:169-175.
- Kim MB, Wards DS, Cartwright CR, Kolano J, Chlebowski S, Henson LC. Estimation of jugular venous O₂ saturation from cerebral oximetry or arterial O₂ saturation during isocapnic hypoxia. *J Clin Monit Comput* 2000;16:191-199.
- Edmonds HL., Ganzel BL, Austin EH. Cerebral oximetry for cardiac and vascular surgery. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth* 2004;8:147-166.
- Samra SK, Dy EA, Welch K, Dorje P, Zelenock GB, Stanley JC. Evaluation of a cerebral oximeter as a monitor of cerebral ischemia during carotid endarterectomy. *Anesthesiology* 2000;93:964-70.
- Yao FSF, Tseng CC, Trifiletti RR. Low preoperative cerebral oxygen saturation is associated with postoperative frontal lobe and cognitive dysfunction and prolonged UCI and hospital stays. *Anesth Analg* 2000;90:SCA30.
- Akça O, Liem E, Suleman MI, Doufas AG, Galandiuk S, Sessler DI. Effect of intra-operative end-tidal carbon dioxide partial pressure on tissue oxygenation. *Anaesthesia*. 2003;58:536-42.
- Du Plessis AJ, Jonas RA, Wypij D, Hickey PR, Riviello J, Wessel DL, et al. Perioperative effects of alpha-stat versus pH-stat strategies for deep hypothermic cardiopulmonary bypass in infants. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1997;114:991-1001.
- Torella F, Haynes SL, McCollum CN. Cerebral and peripheral near-infrared spectroscopy: an alternative transfusion trigger? *Vox Sang* 2002;83:254-257.
- Torella F, Haynes SL, McCollum CN. Cerebral and peripheral oxygen saturation during red cell transfusion. *J Surg Res* 2003;110:217-21.
- Daubeney PE, Smith DC, Pilkington SN, Lamb RK, Monro JL, Tsang VT, et al. Cerebral oxygenation during paediatric cardiac surgery: identification of vulnerable periods using near infrared spectroscopy. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1998;13(4):370-7.
- Deeb GM, Jenkins E, Bolling SF, Brunsting LA, Williams DM, Quint LE, et al. Retrograde cerebral perfusion during hypothermic.