

¿Es útil el NIRS en anestesia? ¿A quién y por qué?

Dr. David Alejandro Rea-Olivar*

* Anestesiólogo Cardiovascular. Instituto Nacional de Cardiología «Ignacio Chávez».

La espectroscopía cercana al infrarrojo (NIRS) es una técnica no invasiva que ofrece la ventaja de monitorizar la oxigenación cerebral, dándonos un panorama del estado metabólico y hemodinámico de múltiples regiones⁽¹⁾.

El principio detrás de la determinación de la saturación de oxígeno de la hemoglobina regional es el cambio de las propiedades ópticas de la misma cuando se une al oxígeno y el patrón de absorción para longitudes ondas de luz específicas. Un análogo de la oximetría basada en NIRS es la oximetría de pulso. Se han propuesto varios sitios de medición para la aplicación de NIRS (Figura 1)⁽²⁾. Entre ellos, la frente se utiliza como un sitio para evaluar la oxigenación cerebral. Además, la eminencia tenar, el antebrazo, el músculo pectoral, deltoides y la región paravertebral se han utilizado para monitorizar sitios en diversos entornos clínicos y experimentales de distrés circulatorio e hipovolemia o trauma. En neonatos y bebés, la medición NIRS de órganos más profundos como el riñón o los intestinos es factible debido a su ubicación superficial⁽³⁾.

Con la introducción del NIRS para la evaluación intraoperatoria de la oxigenación regional cerebral (O₂rC), el enfoque en el mantenimiento del flujo sanguíneo cerebral (FSC) ha llevado a la creación de algoritmos de intervención para mantener el volumen sistólico cardíaco, la saturación venosa de oxígeno central, además de la presión arterial media (PAM), la saturación de O₂ arterial y la presión arterial de dióxido de carbono.

La mayoría de los dispositivos comercializados usan dos diodos receptores que están colocados ipsilateralmente al transmisor y parten del hecho de que los fotones transmitidos viajan con una trayectoria elíptica.

Los fotones del NIRS cerebral deben penetrar varios tejidos: la piel, el cráneo, la duramadre y el tejido cerebral, los cuales contienen diversas concentraciones de sangre y cromóforos. Los modelos experimentales han demostrado que una distribución elíptica de los fotones se da mediante la separación de los receptores, por lo que incrementando la distancia entre el receptor/transmisor aumentamos la penetración del tejido y minimizamos el efecto del tejido extracerebral,

una separación de 5 cm parece ser la adecuada, dándonos una profundidad de 1.7 cm (Figura 2)⁽¹⁾.

Varios dispositivos comerciales proporcionan una evaluación de oximetría cerebral de la O₂rC que refleja los cambios en FSC. Su uso en cirugía cardíaca está establecido en múltiples artículos; sin embargo, no existe una recomendación estándar para el uso de NIRS en procedimientos no cardíacos. En la cirugía no cardíaca, la hipotensión y una disminución en la O₂rC puede presentarse cuando la pérdida de sangre afecta el volumen sanguíneo circulante o cuando se ve comprometida durante la flexión de la cabeza que se usa tanto para la cirugía abdominal como para la cirugía ortopédica⁽⁴⁾.

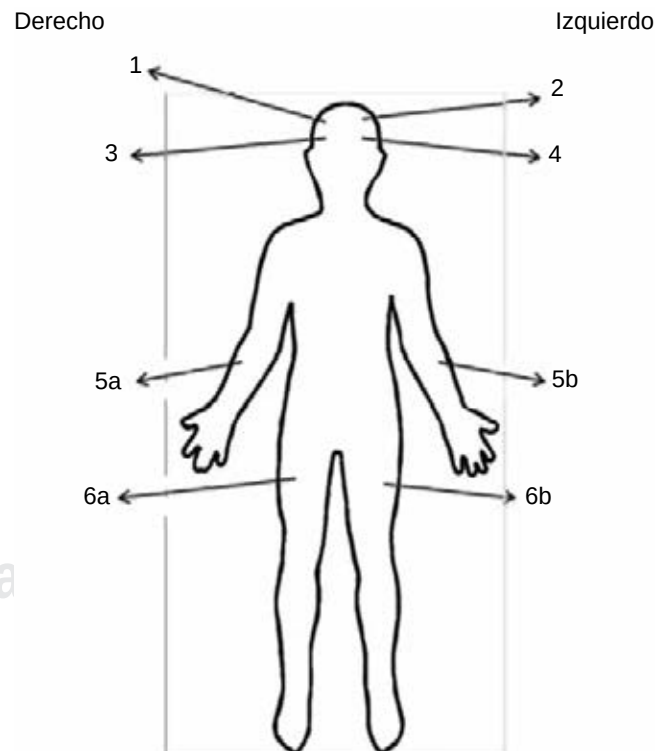


Figura 1. Sitios de medición del NIRS⁽⁵⁾.

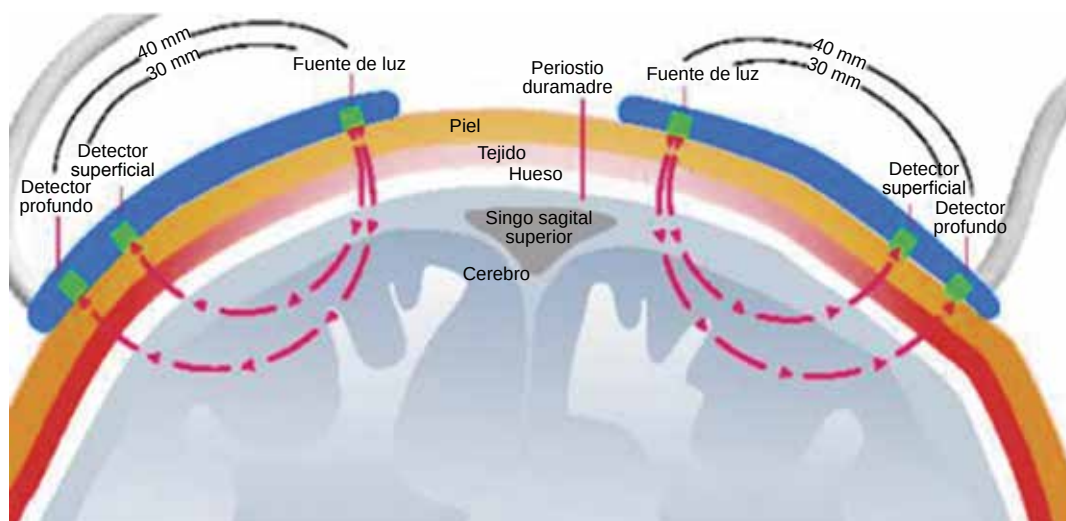


Figura 2.

Fotones de NIRS muestran la separación y la trayectoria elíptica de las ondas.

Los datos sobre el efecto de la anestesia espinal en la oxigenación cerebral provienen de pacientes ancianos. Los pacientes de edad avanzada sometidos a resección transuretral de la próstata bajo anestesia espinal pueden presentar oxigenación cerebral deteriorada, según se evalúa por la disminución de la presión de perfusión cerebral y la saturación de oxígeno en el bulbo yugular, el NIRS nos podría ayudar a evaluar estos cambios en la oxigenación cerebral de una forma no invasiva⁽⁶⁾.

USO DEL NIRS EN DISTINTAS ESPECIALIDADES

Neurocirugía

Durante los procedimientos neurovasculares, la O₂rC y la concentración de hemoglobina oxigenada (HbO₂) determinada por NIRS disminuyen, la O₂rC refleja el éxito de la resección quirúrgica de una malformación arteriovenosa cerebral. Si bien la inducción de la anestesia no cambia la oxigenación cerebral, la intubación traqueal aumenta la HbO₂. En contraste, la posición en Fowler provoca una disminución en la O₂rC y también la reducción de la HbO₂ determinada por el NIRS⁽⁴⁾.

La longitud de onda (LO) es un factor importante en la espectrofotometría y está influenciada por muchos factores. En primer lugar, la profundidad de penetración del NIRS depende de la distancia entre la fuente de luz y el receptor. En segundo lugar, la LO depende de las propiedades de absorción y dispersión del tejido subyacente, está influenciada por los límites de los tejidos que, en la cabeza, incluyen interfaces entre el cuero cabelludo, el cráneo, el líquido cefalorraquídeo y el cerebro. Esto puede alterar la trayectoria de la luz dependiendo de si se dispersa o se absorbe,

lo que afecta las mediciones de la O₂rC. Otro factor que confunde la medición de O₂rC es que los valores reflejan la saturación de oxígeno combinada de la sangre en la piel, el cuero cabelludo, el cráneo y el cerebro. La contribución extracerebral a los valores de O₂rC puede convertirse en una variable de confusión en entornos neuroquirúrgicos, como cuando hay presencia de un hematoma o cuando se levanta un colgajo del cuero cabelludo como en una craneotomía.

Todas estas limitaciones físicas pueden hacer que la aplicación del NIRS en escenarios neuroquirúrgicos sea problemática. Ajayan, et al. concluyen en su estudio que después de la craneotomía, las condiciones de los límites del tejido cambian y el perfil de sensibilidad espacial de las ondas se vuelve inadecuado para monitorear la oxigenación cerebral. Esto da como resultado valores erróneos de O₂rC, dificultando el monitoreo intraoperatorio de la oxigenación cerebral⁽⁷⁾.

Cirugía maxilofacial y cirugía de mama

Se observa una reducción en la O₂rC inmediatamente después del bloqueo peribulbar para cirugía ocular y con una presión arterial menor a 60 mmHg, durante la cirugía ortognática la O₂rC disminuye un 5%. Tales cambios no provocan disfunción cognitiva postoperatoria (DCPO) según lo determinado por una disminución en la puntuación del examen mínimo del estado mental (MMSE).

En pacientes programados para mastectomía, la inducción de anestesia con hipotensión subsiguiente disminuye la O₂rC (de 67 a 72%) para mantenerse estable durante la cirugía. Si bien la efedrina conserva la O₂rC, se reporta que la fenilefrina lo disminuye hasta un 14%⁽⁴⁾.

Cirugía torácica

Durante la toracotomía abierta o la toracoscopía, aproximadamente la mitad de los pacientes presentan al menos un valor de O₂rC menor al 80% del valor basal y durante la cirugía con ventilación unipulmonar, hasta el 75% de los pacientes presenta una disminución de más del 20% en la O₂rC. Los factores de riesgo para una reducción en la O₂rC son la edad, el sobrepeso y el ASA III, el valor mínimo de O₂rC predice complicaciones postoperatorias según lo evaluado por las escalas de puntuación de Clavien y SOFA. El tiempo de exposición a valores de O₂rC inferiores al 65% del basal se correlaciona con la aparición de DCPO⁽⁴⁾.

Cirugía de hombro

Durante la cirugía de artroscopia de hombro en decúbito lateral, se mantiene la O₂rC, pero cuando el paciente se coloca en posición de silla de playa (PSP) la O₂rC puede disminuir con un porcentaje de desaturación variable (0-27%). El tiempo de desaturación puede durar de un minuto hasta una hora o más. Los bajos niveles de O₂rC coinciden con reducción de la presión arterial media (< 70 mmHg), y la elevación de la misma mejoran los niveles de O₂rC. El índice de masa corporal elevado fue asociado con una reducción en la O₂rC⁽⁴⁾.

Murphy, et al. compararon la PSP versus la posición en decúbito lateral (PDL) mediante el monitoreo con NIRS mediante un protocolo para optimizar la presión de perfusión cerebral. Encontraron eventos de desaturación cerebral (EDC) en el 80.3% de los pacientes en PSP y ninguno en la PDL. Hicieron un análisis de poder para validar el número de pacientes requeridos en cada grupo; definieron un EDC como una caída en los valores basales de O₂rC de 20% o más o un O₂rC absoluto de 55% o menos. A pesar de la frecuencia de EDC, no informaron secuelas neurológicas en ninguno de sus pacientes; sin embargo, no realizaron ninguna prueba neurocognitiva postoperatoria, que pudo haber identificado cambios cognitivos sutiles. Murphy, et al. también reportaron una asociación entre EDC y náusea y vómito postoperatorios⁽⁸⁾.

Urología

En pacientes sometidos a prostatectomía asistida por robot en posición de Trendelenburg, se reporta que la O₂rC aumenta. Sin embargo, el paciente anciano puede mostrar una desaturación intraoperatoria profunda (hasta 20% o más por debajo del valor basal). También la hemodilución puede disminuir la O₂rC y una reducción en O₂rC se correlaciona con el desarrollo de hipotensión. El uso de fenilefrina para preservar la PAM reduce la O₂rC y este efecto se intensifica con la hipocapnia y se atenúa con la hipercapnia⁽⁴⁾.

Cirugía gastroabdominal

La colecistectomía laparoscópica en posición de semi-Fowler puede disminuir la HbO₂ incluso cuando la PAM se mantiene por encima de los 80 mmHg y hasta una quinta parte de los pacientes presenta al menos un valor de O₂rC de menos del 80% del basal.

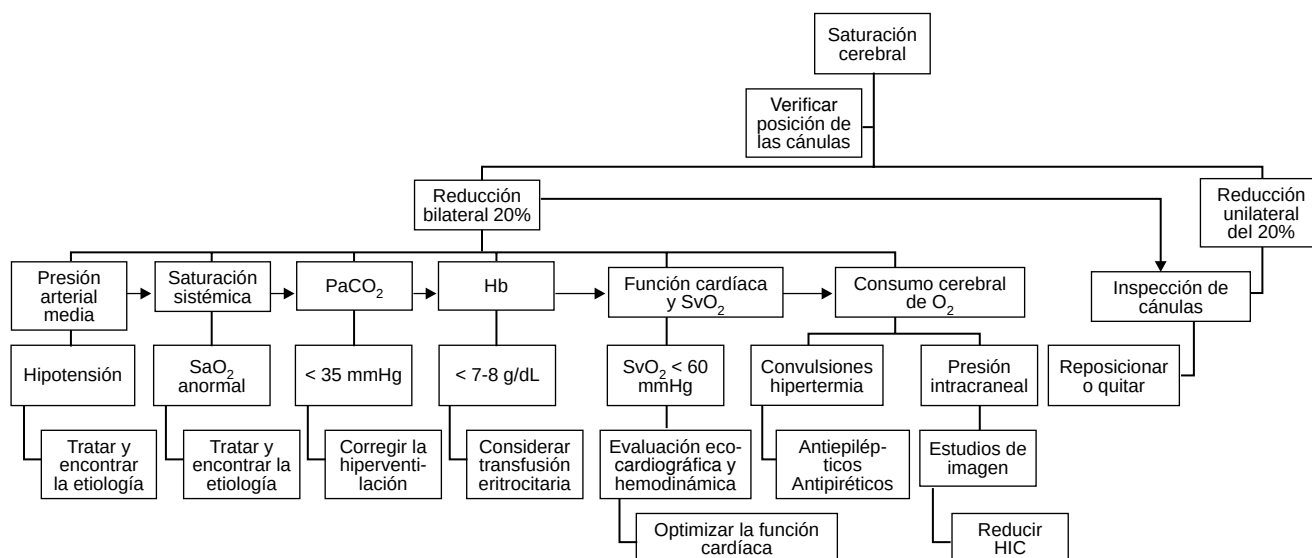
Incluso en la posición supina, la O₂rC tiende a reducirse, mientras que en Trendelenburg se mantiene. En pacientes hepatópatas los valores altos de bilirrubinas interfieren con las medidas del NIRS. En los pacientes sometidos a trasplante renal es de utilidad el NIRS para la vigilancia de la autorregulación cerebral⁽⁴⁾.

Procedimientos obstétricos y ginecológicos

Durante los procedimientos laparoscópicos en ginecología la O₂rC disminuye un 66 a 75% cuando se coloca a la paciente en posición Trendelenburg, con PAM de 80 mmHg. El bloqueo regional reduce la O₂rC (5%), esto asociado con los eventos de hipotensión. El uso de bupivacaína hiperbárica en comparación con la bupivacaína isobárica disminuye la HbO₂, debido a que la hipotensión es más severa. Pacientes con disminución intraoperatoria de O₂rC del 50%, tienen mayor riesgo de presentar cefalea postoperatoria y otros síntomas secundarios a la disminución del O₂rC⁽⁴⁾. Sin embargo, se ha estimado que la isquemia intestinal y la liberación de sustancias en respuesta a la hipotensión también son responsables de los síntomas adversos, especialmente de las náuseas y vómitos. Además, los datos recopilados utilizando NIRS simplemente reflejan cambios circulatorios en los tejidos regionales del lóbulo frontal; por lo tanto, es posible que los datos no siempre correspondan con los cambios reales en las regiones del cerebro responsables de la aparición de síntomas adversos, como en la médula⁽⁹⁾.

CIRUGÍA CARDÍACA

Es el tipo de cirugía donde se encuentran más estudios demostrando su utilidad durante el *bypass* cardiopulmonar. Los eventos intraoperatorios de carácter agudo, como colapso cardiovascular, hemorragia, infarto de miocardio intraoperatorio e hipoxemia son ejemplos de situaciones en las que pueden verse afectados los valores de oximetría cerebral. La perturbación mecánica de cualquier tipo que afecte el flujo arterial o el flujo venoso, como la oclusión o la compresión, los eventos embólicos y la formación de hematoma agudo pueden afectar los valores. Las alteraciones que afectan a los valores de O₂rC en la cirugía cardiovascular pueden incluir pinzamiento o disección iatrogénicos y la mala posición de la cánula de perfusión arterial o del balón de contrapulsación intraaórtico. El consumo de oxígeno cerebral está relacionado



SaO2= Saturación arterial de oxígeno; PaO2= Presión arterial de oxígeno; Hb = Hemoglobina; SvO2= Saturación venosa de oxígeno; HIC = Hipertensión intracraneal.

Figura 3. Algoritmo para el uso del NIRS.

con el metabolismo cerebral y la temperatura cerebral, variables que se alteran significativamente en el curso de una cirugía cardíaca. El estado ácido-base y la PaCO_2 afectan no sólo la saturación de hemoglobina para una PO_2 dada, sino también el flujo sanguíneo cerebral.

Los valores normales de O_2rC , antes de la inducción, varían de 60 a 80%. Además de la oxigenación cerebral, los valores basales de oximetría cerebral reflejan la función cardiopulmonar general del paciente y las necesidades sistémicas de oxígeno⁽²⁾. Se pueden presentar valores anormalmente bajos como en la insuficiencia cardíaca o en enfermedad vascular intracraneal silente. Un valor elevado puede significar infartos previos, ya que el daño o muerte neuronal conlleva a poco consumo de oxígeno; una asimetría en valores de oxigenación ($> 10\%$) puede deberse a una enfermedad carotídea o intracraneal silente, masa ocupativa, infarto antiguo, origen extracraneal como hemangiomas o deberse a artefactos, por lo

que en todo momento se debe valorar la adecuada colocación de los parches.

Denault y cols. desarrollaron un algoritmo para el uso intraoperatorio del NIRS (Figura 3)⁽¹⁰⁾, el cual se debe aplicar si se obtiene un valor bajo o alterado para mejorar los valores de saturación cerebral.

CONCLUSIONES

El NIRS es una herramienta que se puede utilizar en distintas áreas quirúrgicas para la monitorización de la oxigenación cerebral regional, si bien tiene sus limitantes en ciertas áreas, y aún nos hacen falta más estudios para poder validar su uso en escenarios específicos, nos ofrece un panorama de la saturación cerebral y los sitios donde se tomen las mediciones, para poder realizar intervenciones que nos mejoren las condiciones del paciente durante el transoperatorio.

REFERENCIAS

1. Guillén RR. Estado actual del NIRS en cirugía cardíaca. *Rev Mex Anest.* 2014;37: .
2. Serraino GF, Murphy GJ. Effects of cerebral near-infrared spectroscopy on the outcome of patients undergoing cardiac surgery: a systematic review of randomised trials *BMJ Open* 2017;7:e016613. doi: 10.1136/bmjopen-2017-016613
3. Vretzakis G, Georgopoulou S, Stamoulis K, Stamatiou G, Tsakiridis K, et al. Cerebral oximetry in cardiac anesthesia. *J Thorac Dis.* 2014;6:S60-69.
4. Nielsen HB. Systematic review of near-infrared spectroscopy determined cerebral oxygenation during non-cardiac surgery. *Front Physiol.* 2014;5:93. doi: 10.3389/fphys.2014.00093.
5. Mailhot T, Cosset S, Lambert J, Denault A. Cerebral oximetry as a biomarker of postoperative delirium in cardiac surgery patients. *J Crit Care.* 2016;34:17-23.
6. Fassoulaki, et al. Cesarean delivery under spinal anesthesia is associated with decreases in cerebral oxygen saturation as assessed by NIRS: an observational study. *Curr Med Res Opin.* 2014;30:331-337. doi: 10.1185/03007995.2013.852526.
7. Ajayan N, Thakkar K, Lionel KR, et al. *J Clin Monit Comput.* 2018; <https://doi.org/10.1007/s10877-018-0209-1>.
8. Pant S, et al. Cerebral oxygenation using near-infrared spectroscopy in the beach-chair position during shoulder arthroscopy under general anesthesia. *Arthroscopy.* 30:1520-1527.
9. Hirose N, Kondo Y, Maeda T et al. *J Anesth.* 2016;30:603. <https://doi.org/10.1007/s00540-016-2165-6>.
10. Denault A, Alain D, Murkin JM. A proposed algorithm for the intraoperative use of cerebral near-infrared spectroscopy. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth.* 2007;11:274-281. doi:10.1177/1089253207311685.