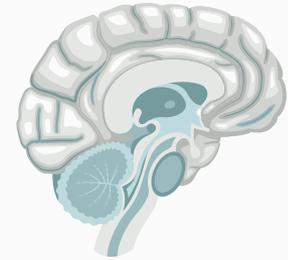
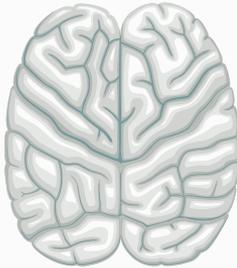




NIRS DURANTE LA HIPOTERMIA TERAPÉUTICA EN NEONATOS CON ENCEFALOPATÍA HIPÓXICO- ISQUÉMICA



UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Dra. Julia Silva O.
Pediatra Neonatólogo
Neo HPM 2025.

Contenido



01

Introducción y objetivos
del estudio

02

Métodos

03

Criterios de inclusión y
exclusión

04

Principios del NIRS

05

Resultados

06

Conclusiones y
recomendaciones.

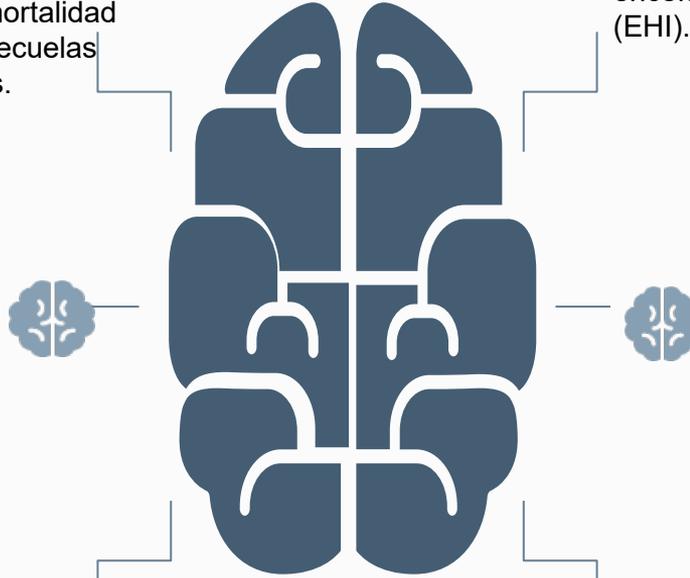


Introducción



La asfixia perinatal, una de las principales causas de mortalidad neonatal y secuelas neurológicas.

Requiere la detección temprana, dados los cambios fisiopatológicos durante la encefalopatía hipóxico-isquémica (EHI).

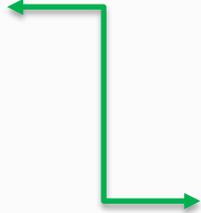


El tratamiento actual para neonatos con asfixia moderada a grave es la hipotermia terapéutica.

Iniciada en las primeras seis horas de vida para reducir la mortalidad, la morbilidad y la gravedad de secuelas neurológicas.

Objetivo

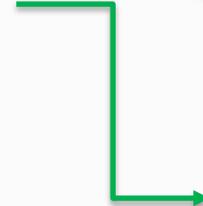
- Revisar los datos publicados sobre la monitorización de la cRSO₂ durante el tratamiento con hipotermia en neonatos con asfixia perinatal y predecir lesiones neurológicas a corto y largo plazo.



- Realizar la detección temprana de alteraciones fisiopatológicas durante la encefalopatía hipóxico-isquémica, antes y durante el tratamiento.



- Predecir el daño cerebral, que permita instaurar intervenciones terapéuticas en las etapas iniciales de la enfermedad.



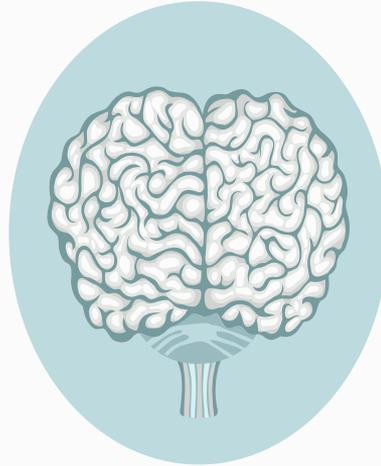
- Establecer un seguimiento antes del alta en las unidades en programas neurológicos de alto riesgo.
- Profundizar en el conocimiento de los mecanismos de la lesión neurológica en las fases de asfixia.

Método



-Se realizó una revisión sistemática utilizando las directrices: PRISMA (Ítem De Informe Preferidos para Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis).

-El protocolo del estudio fue registrado en PROSPERO (Registro Prospectivo Internacional de Revisiones Sistemáticas)
[*Código CRD 42023395438.](#)



-La identificación de estudios se realizó mediante una búsqueda entre noviembre y diciembre de 2021. Recibido: 05 de febrero de 2024 - Aceptado en marzo de 2024.

• DOI: [10.34763/jmotherandchild.20242801.d-24-00010](https://doi.org/10.34763/jmotherandchild.20242801.d-24-00010) • JMC 2024;28(1):33-42

- Bases de datos electrónicas: PubMed, Embase, Lilacs, Scopus, Web of Science y el Registro Cochrane Central de Ensayos Controlados (CENTRAL).

Método



Se recopilaron 380 artículos de bases de datos en la búsqueda inicial.



-181 artículos se eliminaron por duplicado al ingresarlos en la herramienta web Rayyan®.



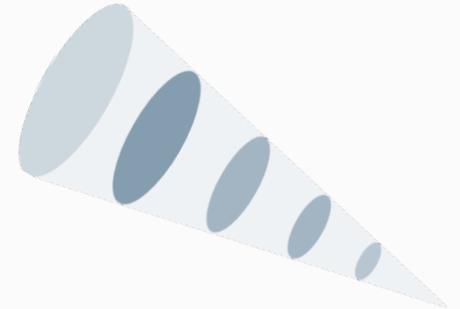
Lo que resultó en un total de 199 artículos discriminados por título y resumen.



De este proceso, 27 artículos cumplieron los criterios de inclusión para la lectura de texto completo.



Finalmente, se seleccionaron 15 artículos para la extracción y el análisis de la información.



Criterios

Criterios de inclusión

RNT (EG \geq 37 semanas al nacer) y/o casi a término (\geq 35 semanas)

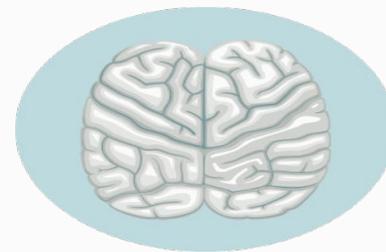
Dx: Asfixia moderada a severa.
Encefalopatía hipóxico-isquémica moderada a severa que hayan recibido tratamiento con hipotermia terapéutica en las primeras seis horas de vida.

Neuromonitorización de cRS02 por NIRS durante el tratamiento con hipotermia y/o recalentamiento.

Criterios de exclusión.

Artículos secundarios.
Informes de casos.

Resúmenes de artículos, posters y/o presentaciones en conferencias.



● Técnica óptica

- Medición continua.
- Tiempo real.
- No invasiva.
- Balance DO_2/VO_2 .



MASIMO

La medición de NIRS es diferente a la saturación pulsátil (SO_2), porque esta nos está reflejando como se oxigenó la Hb en el pulmón.

Características

- Principios similares a la oximetría de pulso.
- No requiere flujo pulsátil.
- Monitoreo de un tejido específico.
- Sin riesgo asociado.

♥ Diferencias con SO_2

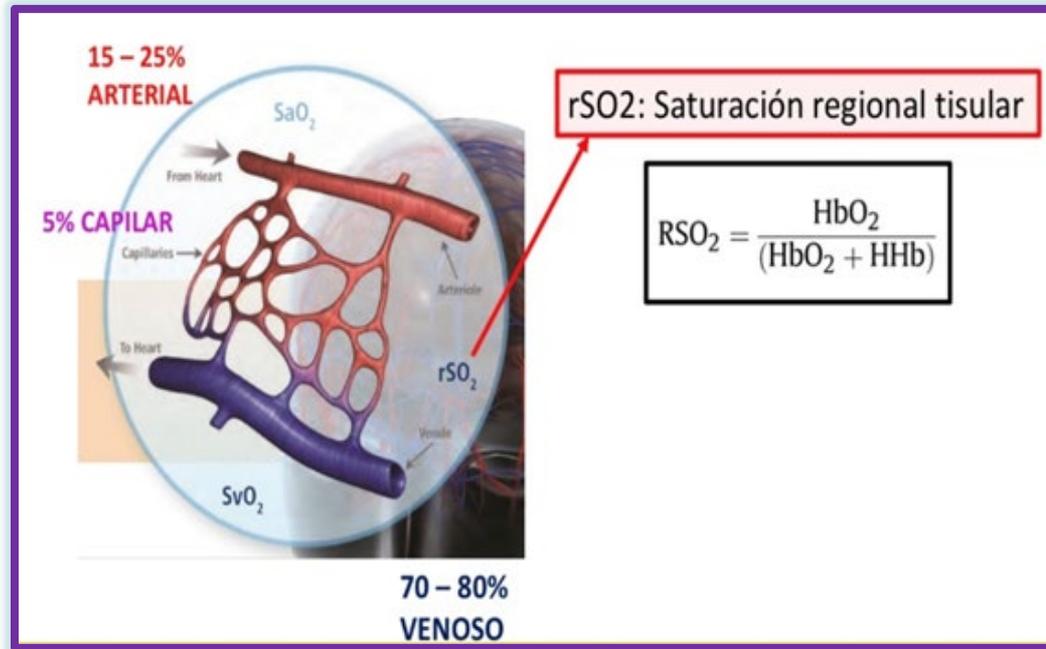
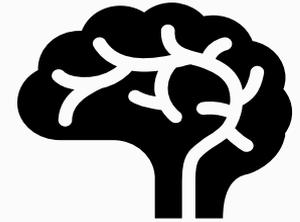
- SO_2 → oxigenación en pulmón.
- NIRS → uso de O_2 en tejido

NIRS

Near infrared spectroscopy

- Nos indica cómo está llegando y como se está utilizando el oxígeno en el tejido.
- Utiliza la absorción variable de la luz en sangre arterial, capilar y venosa (75-80%).

Near infrared spectroscopy



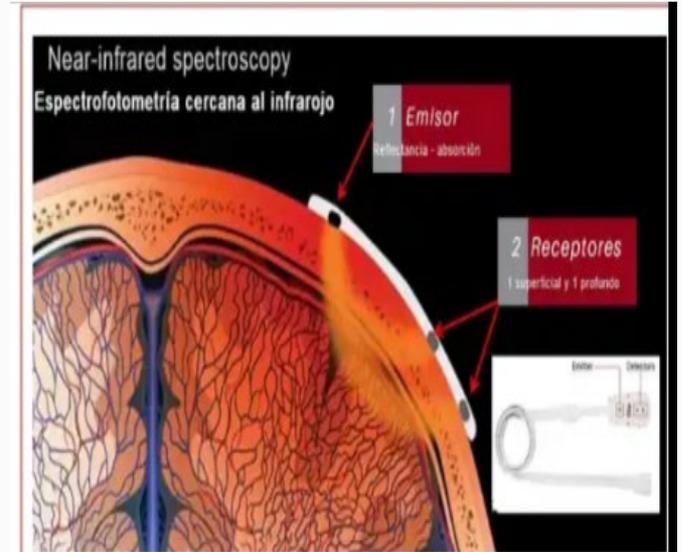
El equipo promedia las mediciones.

Se tiene la información de cómo está ocurriendo el consumo de oxígeno en el tejido.

Near infrared spectroscopy

Todos los espectrómetros están compuestos por:

- -Emisor de luz (que libera una luz a una intensidad y longitud d onda conocidas).
- -Un receptor (que mide la intensidad de luz absorbida en los tejidos).
- -Un ordenador que convierte los cambios de luz en información clínicamente útil.



Valores de referencia

Zona segura: existe un valor de oxigenación cerebral seguro que oscila entre 55-85%. (recibe y utiliza un adecuado flujo de oxígeno)

Zona de estudio: cuando los valores se encuentran entre 55-45%.

Zona de peligro: si el estadio anterior se prolonga en el tiempo ocasionará daño cerebral: <45% .

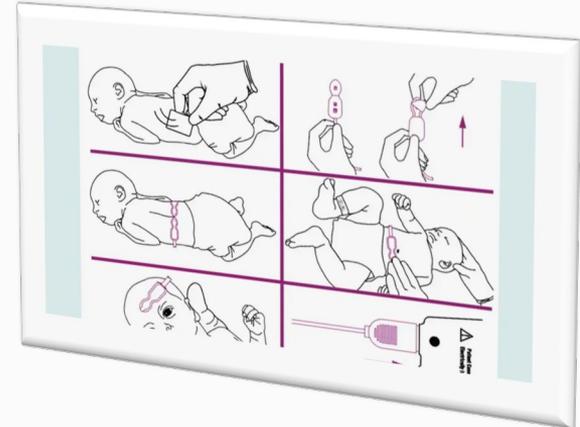


*

*Se considera
55% límite bajo y
85% límite alto.

Variaciones >20% en un paciente que se encontraba estable refleja una alteración de la oxigenación y/o perfusión y requiere revisión de diversos parámetros.

Near infrared spectroscopy



La FTOE (fraction of tissue oxygen extraction)

Permite una estimación de la cantidad de oxígeno extraída por el tejido.



Y por lo tanto describe el balance entre el aporte (DO₂) y consumo de oxígeno a un tejido (VO₂).

$$\text{NIRS FTOE} = \text{SO}_2 - \text{RSO}_2 / \text{SO}_2.$$



Rango: 0.15 a 0.35

Ejemplo valores NIRS



cRSO₂: 79%
rRSO₂: 73%
SO₂: 92% 92-79/92: 0.14

Resultados



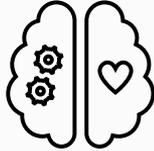
El resultado principal a corto plazo se definió como lesión neurológica antes del alta de la unidad neonatal:

- a) Alteración en la resonancia magnética cerebral compatible con secuelas de asfixia perinatal.
- b) Alteración en el EEG compatible con secuelas de asfixia perinatal.
- c) Presencia de convulsiones antes del alta y/o alteración del examen neurológico.



Resultados a corto plazo

La lesión cerebral mediante resonancia magnética fue el principal resultado definido a corto plazo.



RMN cerebral se realizó, en promedio, entre el cuarto y el séptimo día de vida posnatal. La mayoría de los estudios clasificaron la lesión cerebral como leve, moderada o grave según la localización anatómica.

Las características de los hallazgos y su espectro de gravedad se han definido en algunos patrones de lesión comunes como:

- Lesiones de sustancia gris profunda.
- Lesiones de la cápsula interna posterior.
- Infarto cortical.
- Hiperintensidad de sustancia blanca.
- Lesiones puntiformes en sustancia blanca.

Resultados a corto plazo

La investigación demuestra que los neonatos con lesiones de sustancia gris en la RM se correlacionaron con valores más altos de cRS02 en el segundo día de hipotermia.

(Szakmar E. et al. [22]).

NIRS de >90% a las 48 horas se asocia con lesión cerebral grave o anormal en RM y/o muerte.

Niezen C. et al. [14]).

La monitorización con NIRS sistémica con valores anormales, también se asoció con resultados neurológicos desfavorables.

La variabilidad sistémica de RS02 fue el mejor predictor individual de los puntajes de resultados a corto plazo.

En Shellhaas R. et al.





Resultados a corto plazo - aEEG



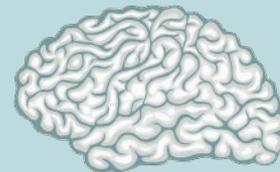
El aEEG se utilizó para evaluar los resultados neurológicos relacionados con los cambios dinámicos en el metabolismo cerebral, utilizando la relación [oxCCO] (citocromo c oxidasa) y diferencia de Hb ($HbD = HbO_2 - HHb$).

Encontraron una diferencia significativa entre los grupos con aEEG normal vs. anormal, lo que confirma lesión mitocondrial y metabolismo oxidativo alterado en el grupo anormal.

[\(Mitra S. et al. \(2020\)\)](#)



Resultados a largo plazo



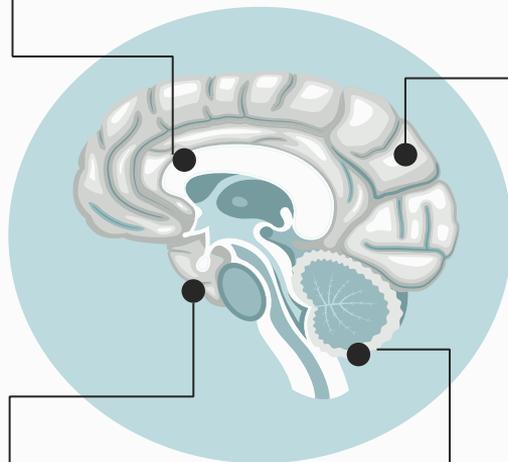
Para la identificación de resultados a largo plazo, (neurodesarrollo) se evaluó utilizando escalas:

- BSID III (Bailey Scales of Infant Development /Escalas de Bailey de desarrollo infantil Version 3) en cuatro estudios.
- GMDS (Griffiths Mental Development Scales / Escalas de desarrollo mental de Griffiths) en cuatro estudios.
- Capute y Mullen 1 estudio. (La Escala Mullen de Aprendizaje Temprano evalúa el desarrollo cognitivo, motor y lingüístico de niños desde el nacimiento hasta los 68 meses.
- La Escala de Capute, también conocida como la Escala de Desarrollo Motor de Alberta (AIMS), se enfoca en la evaluación del desarrollo motor en bebés.

Resultados a largo plazo

-En grupos con discapacidad moderada y grave: se registraron valores de cRS02 del 83,5 % Vs grupo con Neurodesarrollo normal y cRS02 en rangos normales.

-También se detectaron diferencias significativas tras la hipotermia entre los grupos con discapacidad grave y neurodesarrollo normal, con un valor de cRS02 del 66 %).

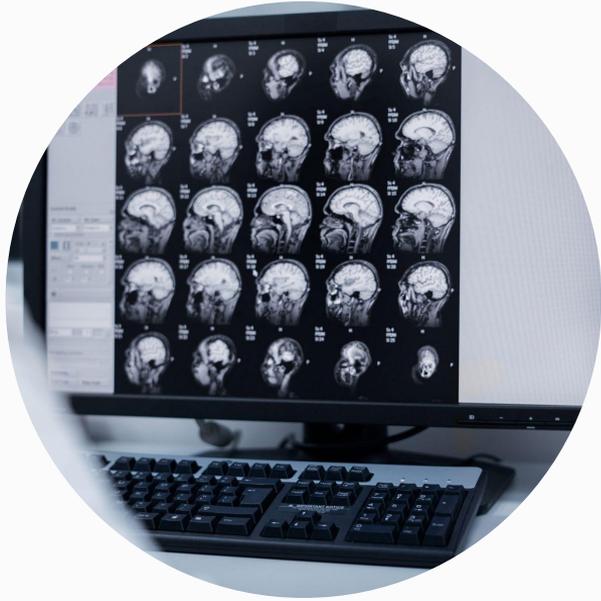


En estos grupos hubo una variabilidad del $\geq 20\%$ según el valor basal.

En Jain S. et al. (2017), Pereira C. et al. (2021).

Realizando la comparación del neurodesarrollo entre los diferentes grupos hubo diferencias estadísticamente significativas a las 48 horas de vida en la cRS02.

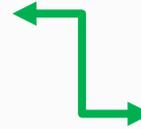
Valor de cRSO2 por NIRS



En cuanto al valor de la cRSO2 mediante NIRS como predictor de lesión cerebral, se observó una discrepancia significativa entre los diferentes artículos revisados...

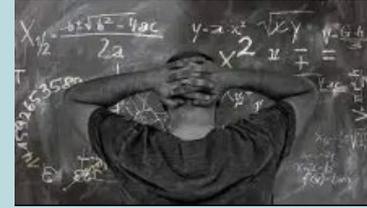


Sin embargo, se considera un promedio ponderado entre el 75% y el 90 % como predictor de lesión cerebral en neonatos a término con encefalopatía hipóxico-isquémica de moderada a grave.

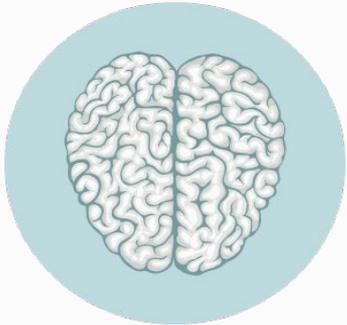


En cuanto al momento de la medición mediante NIRS, todos los estudios recopilaron datos durante la hipotermia, recalentamiento y después del recalentamiento; es decir, **en promedio, la monitorización mediante NIRS se realizó entre cuatro y seis días.**

Otros índices utilizados



En otros tres estudios, se evaluó FTOE (fracción de extracción tisular oxígeno) señalando que la $cRSO_2$ aumentó con el tiempo y de forma paralela disminuyó la FTOE a partir de las 24 horas.



El desenlace adverso fue significativamente menor en comparación con aquellos con un desenlace favorable, en cuyos casos se tomaron acciones inmediatas, lo que deja en evidencia la confiabilidad y efectividad de su aplicación.

[Goeral et al. \(2017\)](#), [Toet M. et al.](#)



Conclusiones

La síntesis de esta información muestra que una variabilidad del flujo sanguíneo cerebral entre 24 y 48 horas se relaciona con un aumento en la probabilidad de lesiones neurológicas a corto y largo plazo.

- El resultado principal fue la lesión neurológica a corto plazo (cambios en la resonancia magnética cerebral) y a largo plazo (neurodesarrollo).
- La resonancia magnética es actualmente una herramienta ampliamente recomendada con datos estandarizados para determinar el patrón y la gravedad del daño cerebral, así como el pronóstico del neonato con EHI.
- Tiene un alto valor predictivo de alteraciones del neurodesarrollo y secuelas neurológicas a mediano y largo plazo.
- Sin embargo, sus hallazgos son tardíos por lo que cuando se detecta la alteración en las imágenes, ya existe una lesión neurológica establecida.



Conclusiones

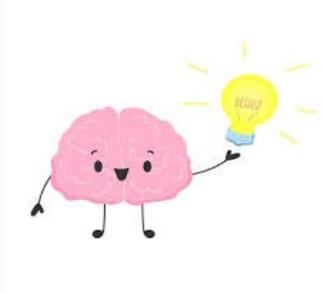


- La medición de NIRS antes, durante y después de la hipotermia terapéutica se propone como un biomarcador predictivo temprano de resultados neurológicos en comparación con la resonancia magnética.
- En los últimos años la neuromonitorización se había centrado en la electroencefalografía (EEG), la electroencefalografía de amplitud integrada (aEEG), y la videotelemetría.
- Estas pruebas electrofisiológicas han demostrado ser útiles para la intervención temprana, definir el pronóstico y la presencia de lesión cerebral en las primeras seis horas de tratamiento.
- Sin embargo, un trazado anormal después de seis horas, especialmente en las primeras 24 a 36 horas, tiene un bajo valor predictivo.



PEROO... “la combinación de herramientas de neuro monitorización dentro de la unidad neonatal, permite evaluar diferentes variables fisiológicas en el curso de la enfermedad y será mejor que el uso aislado de cada una, en términos de predicción neurológica y toma de decisiones”.

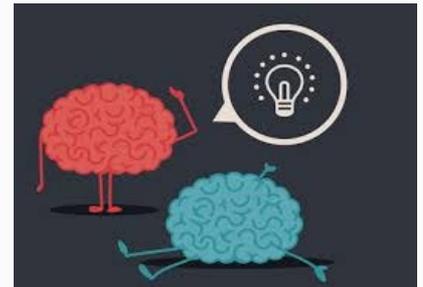




Conclusiones

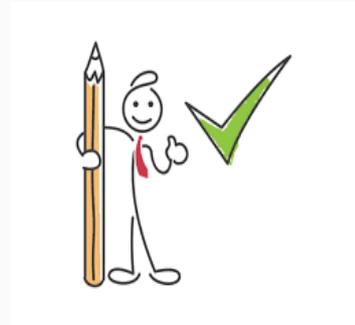
Las alteraciones en los valores NIRS cerebral pueden estar relacionadas con el retraso del neurodesarrollo, pero los valores NIRS normales no descartan la coexistencia de algún grado de compromiso.

Proporciona información en tiempo real para un seguimiento oportuno y precoz, así como para intervenciones terapéuticas en la unidad de cuidados neonatales.



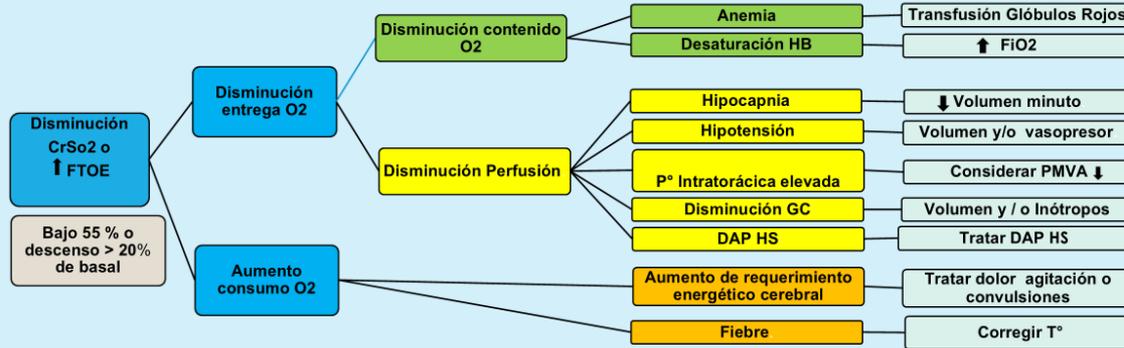
Recomendaciones

Integrar diferentes pruebas en la monitorización de las funciones cerebrales, desde la perspectiva electrofisiológica, metabólica y la oxigenación adecuada. Lo que permitiría la identificación óptima y oportuna del riesgo de lesiones y alteraciones neurológicas en el neonato.



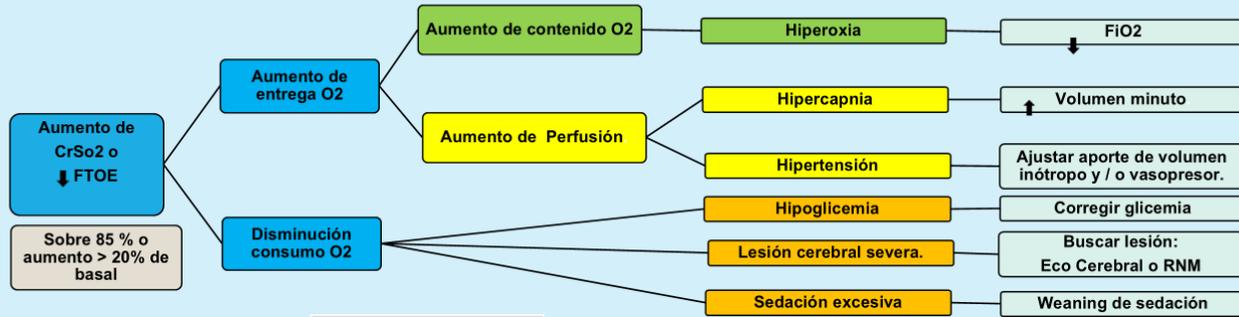
Por lo tanto, se recomienda trabajar en la estandarización, elaboración de protocolos y diagramas de manejo NIRS para mejorar la interpretación del resultado y su impacto en la atención al paciente.

NIRS ESPECTROSCOPIA CERCANA AL INFRARROJO.



"Meta: mantener la RS02: 55-85 %".

- Si está fuera del rango, efectúe una o más de las intervenciones que figuran a continuación.
- Evalúe nuevamente después de 30 minutos.



Valores de referencia.

Zona segura : valores entre 55-85% (recibe y utiliza un adecuado flujo de oxígeno).

Zona de estudio: valores entre 55-45%.

Zona de peligro: <45% si el estado anterior se prolonga en el tiempo ocasionará daño cerebral.

- Se considera 55% limite bajo y 85% limite alto.

$$\text{NIRS FTOE} = \text{SO}_2 - \text{RSO}_2/\text{SO}_2.$$

Rango: 0.15 a 0.35

FTOE: fracción de extracción tisular de oxígeno.

Variaciones >20% en un paciente que se encontraba estable es un reflejo del cambio en la oxigenación y/o perfusión y requiere revisión de diversos parámetros.



CEREBRAL rScO₂ MEASURED BY NEAR-INFRARED SPECTROSCOPY (NIRS) DURING THERAPEUTIC HYPOTHERMIA IN NEONATES WITH HYPOXIC-ISCHEMIC ENCEPHALOPATHY: A SYSTEMATIC REVIEW

Sergio Agudelo-Pérez^{1*}, Gloria Troncoso², Alejandra Roa³, Ana Gabriela Ariza⁴, Georgina Doumat⁵, Natalia M. Reinos⁶, Daniel Botero-Rosas⁷

¹PhD, Health Sciences, Pediatric Neonatologist, Associate professor, Department of Pediatrics, School of Medicine, Universidad de La Sabana, Campus Puente del Común, Km 7, Autopista Norte de Bogotá, Chia, Cundinamarca, Colombia

²Pediatric Neonatologist, Head Neonatal Unit, Fundación Cardioinfantil - Instituto de Cardiología, Bogotá, Colombia

³Medical student, School of Medicine, Universidad de La Sabana, Chia, Cundinamarca, Colombia

⁴Biomedical engineering, MSc, Biomedical engineering, Associate professor, Department of Bioscience, School of Medicine, Universidad de La Sabana, Chia, Cundinamarca, Colombia

Abstract

Introduction: Perinatal asphyxia, a leading cause of neonatal mortality and neurological sequelae, necessitates early detection of pathophysiological neurologic changes during hypoxic-ischaemic encephalopathy (HIE). This study aimed to review published data on rScO₂ monitoring during hypothermia treatment in neonates with perinatal asphyxia to predict short- and long-term neurological injury.

Methods: A systematic review was performed using the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA) guidelines. Study identification was performed through a search between November and December 2021 in the electronic databases PubMed, Embase, Liliacs, Scopus, Web of Science, and Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL). The main outcome was short-term (Changes in brain magnetic resonating imaging) and long-term (In neurodevelopment) neurological injury. The study protocol was registered in PROSPERO (International Prospective Register of Systematic Reviews) with CRD42023395438.

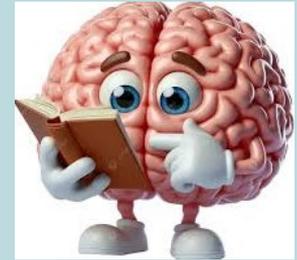
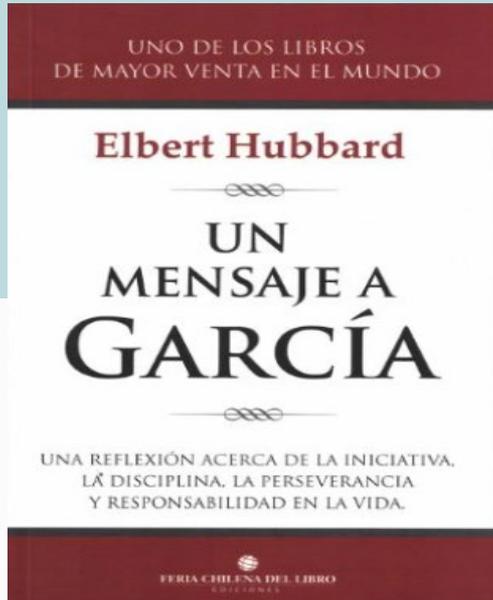
Results: 380 articles were collected from databases in the initial search. Finally, 15 articles were selected for extraction and analysis of the information. An increase in rScO₂ measured by NIRS (Near-infrared spectroscopy) at different moments of treatment predicts neurological injury. However, there exists a wide variability in the methods and outcomes of the studies.

Conclusion: High rScO₂ values were found to predict negative outcomes, with substantial discord among studies. NIRS is proposed as a real-time bedside tool for predicting brain injury in neonates with moderate to severe HIE.

Keywords

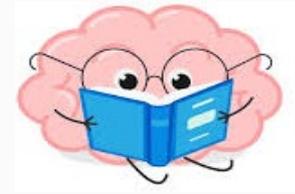
Newborn, Hypoxic-ischemic encephalopathy, Asphyxia, Hypothermia Therapeutic, Spectroscopy Near-Infrared





“La suma de la sabiduría consiste en que el tiempo empleado en trabajo y el estudio nunca se pierde”

Ralph Waldo Emerson



Gracias !

