

Saturación regional de oxígeno mesentérica durante la transfusión sanguínea en neonatos prematuros

Regional mesenteric oxygen saturation during blood transfusion in premature neonates

Alma Patricia González^{1a}, Miriam Anaya-Solorzano^{1b}, Luis Enrique Hernández-Díaz^{2c}, Estefanía Calderón-Ambríz^{2d}, Víctor Darío López-Flores^{1e}, Gloria Patricia Sosa-Bustamante^{1f}, Carlos Paque-Bautista^{1g}

Resumen

Introducción: la anemia neonatal en recién nacidos prematuros (RNPT) es frecuente y la transfusión es uno de los tratamientos de elección; sin embargo, se ha asociado al desarrollo de enterocolitis necrotizante (ECN).

Objetivo: comparar la saturación regional de oxígeno (rSO₂) y la fracción excretada de oxígeno tisular (FTOE) basal, durante y al final de la transfusión en RNPT con anemia.

Material y métodos: estudio prospectivo, observacional, longitudinal y analítico. Se incluyeron RNPT de 28-36 semanas de edad gestacional (SEG) que ingresaron a una unidad de cuidados intensivos neonatales (UCIN) con base en los criterios de transfusión de los *Canadian Blood Services*. Se midió la rSO₂, una hora antes, durante y hasta una hora después de la transfusión.

Resultados: se analizaron 20 RNPT, 3 (15%) niñas y 17 (85%) niños, de 33 SEG (RIC 28-36), edad postnatal de 31 días (RIC 15-50) y peso de 1815 g (RIC 1385-2520). Se analizaron los valores de rSO₂ antes, durante y después de la transfusión de eritrocitos 45.5% (RIC 38.25-60.25), 53.3% (RIC 44.25-64) y 53.5% (RIC 50.0-64.25), respectivamente, $F = 5.76$, $p = 0.006$, $power = 0.83$, $gl = 2$; los valores de FTOE mostraron 0.50 (RIC 0.31-0.56), 0.42 (RIC 0.30-0.50) y 0.39 (RIC 0.27-0.45), respectivamente, $F = 3.53$, $p = 0.03$, $power = 0.62$, $gl = 2$.

Conclusión: las mediciones mesentéricas de rSO₂ incrementaron y las de FTOE disminuyeron paulatinamente, previo, durante y después de la transfusión de eritrocitos, sin mostrar correlación con la hemoglobina previa a la transfusión.

Abstract

Background: Neonatal anemia (NA) in premature newborns (PTNB) is common and transfusion is one of the treatments of choice; however, it has been associated with the development of necrotizing enterocolitis (NEC).

Objective: To compare regional oxygen saturation (rSO₂) and fraction of tissue oxygen excretion (FTOE) at baseline, during and at the end of transfusion in PTNBs with anemia.

Material and methods: Prospective, observational, longitudinal, and analytical study. PTNBs of 28-36 weeks of gestational age (WGA) admitted to a Neonatal Intensive Care Unit (NICU) and with transfusion criteria of Canadian Blood Services were included. rSO₂ was measured one hour before, during and up to one hour after transfusion.

Results: 20 PTNBs were analyzed, 3 (15%) girls and 17 (85%) boys, aged 33 WGA (IQR 28-36), postnatal age 31 days (IQR 15-50), and weight of 1815 g (IQR 1385-2520). The rSO₂ values before, during and after erythrocyte transfusion were 45.5% (IQR 38.25-60.25), 53.3% (IQR 44.25-64.0) and 53.5% (IQR 50.0-64.25), respectively, $F = 5.76$, $p = 0.006$, $power = 0.83$, $DF = 2$; FTOE values were 0.50 (IQR 0.31-0.56), 0.42 (IQR 0.30-0.50), and 0.39 (IQR 0.27-0.45), respectively, $F = 3.53$, $p = 0.03$, $power = 0.62$, $DF = 2$.

Conclusion: Mesenteric rSO₂ measurements increased and FTOE decreased gradually before, during and after erythrocyte transfusion, without showing correlation with pretransfusion hemoglobin.

¹Instituto Mexicano del Seguro Social, Centro Médico Nacional del Bajío, Hospital de Gineco Pediatría No. 48. Dirección de Educación e Investigación en Salud. León, Guanajuato, México

²Universidad de Guanajuato, División de Ciencias de la Salud, Departamento de Medicina y Nutrición. León, Guanajuato, México

ORCID: 0000-0002-3401-7519^a, 0009-0008-2807-7508^b, 0009-0006-8317-0030^c, 0009-0002-9942-7110^d, 0000-0002-5590-8070^e, 0000-0002-8460-4965^f, 0000-0002-2658-0491^g

Palabras clave
Anemia
Neonatos Prematuros
Transfusión de Eritrocitos

Keywords
Anemia
Premature Infants
Erythrocyte Transfusion

Fecha de recibido: 09/11/2024

Fecha de aceptado: 20/03/2025

Comunicación con:

Carlos Paque Bautista

paque5b@hotmail.com

477 717 4800, extensión 31804

Cómo citar este artículo: González AP, Anaya-Solorzano M, Hernández-Díaz LE, *et al.* Saturación regional de oxígeno mesentérica durante la transfusión sanguínea en neonatos prematuros. Rev Med Inst Mex Seguro Soc. 2025;63(3):e6640. doi: 10.5281/zenodo.15178476

Introducción

La anemia neonatal es una afección frecuente en recién nacidos prematuros (RNPT) menores de 32-34 semanas de edad gestacional (SEG) que ingresan a la unidad de cuidados intensivos neonatales (UCIN). En el desarrollo de la anemia intervienen múltiples factores endógenos y exógenos, entre ellos, disminución de los depósitos de hierro, niveles bajos de eritropoyetina, infecciones y pérdida de volumen sanguíneo por flebotomía.¹ Frecuentemente se trata de una anemia normocítica, normocrómica e hiporregenerativa causada por el rápido aumento de la tensión de oxígeno tras el parto, lo cual inhibe la secreción de eritropoyetina (EPO).²

Los RNPT enfrentan mayores riesgos debido a su estado inmaduro y su propensión a sufrir problemas de salud más graves, lo que requiere análisis de laboratorio frecuentes y la consiguiente pérdida de sangre, aunada a la disminución marcada de la EPO, la cual contribuye al descenso más rápido de la hemoglobina (Hb), con secreción de EPO con valores de Hb hasta de 7-9 g/dL.^{2,3}

La anemia se vuelve clínicamente relevante cuando hay un desequilibrio entre la capacidad de transporte de oxígeno y la demanda de su consumo por los tejidos. Aunque se pueden utilizar agentes estimulantes de la eritropoyesis, como la eritropoyetina recombinante humana (rHu-EPO),⁴ el tratamiento de elección continúa siendo la transfusión de glóbulos rojos, y de los bebés que nacen extremadamente prematuros, aproximadamente el 80% puede requerir una o más transfusiones.⁵

La transfusión de eritrocitos aumenta inmediatamente el suministro de oxígeno a los órganos; sin embargo, aún existe controversia sobre la asociación entre las transfusiones de glóbulos rojos y el desarrollo de enterocolitis necrotizante (ECN).^{6,7}

La espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS) se ha empleado en la ECN porque esta técnica proporciona la saturación de oxígeno tisular regional (rSO_2 , por sus siglas en inglés) por medio de un método no invasivo, así como el equilibrio entre la demanda y el suministro de oxígeno en los tejidos, por lo que puede usarse para indicar oxigenación y perfusión inapropiadas.⁸

Los sensores NIRS miden la absorbancia de la luz y se basan en los diferentes espectros de absorción de la desoxihemoglobina y la oxihemoglobina. Sus concentraciones relativas se calculan utilizando la ley de Lambert-Beer modificada, que calcula la saturación regional de oxígeno como $rSO_2 = \text{oxihemoglobina} / (\text{desoxihemoglobina} + \text{oxihemoglobina})$.⁹

Hay una información limitada sobre los valores de rSO_2 y la fracción excretada de oxígeno tisular (FTOE, por sus siglas en inglés) durante la transfusión de glóbulos rojos en RNPT; por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar los valores de rSO_2 y FTOE mesentérico en RNPT de 28-36 SEG, una hora antes, durante y una hora después de la transfusión de eritrocitos, y analizar la correlación con la Hb previa a la transfusión.

Material y métodos

Diseño del estudio y participantes

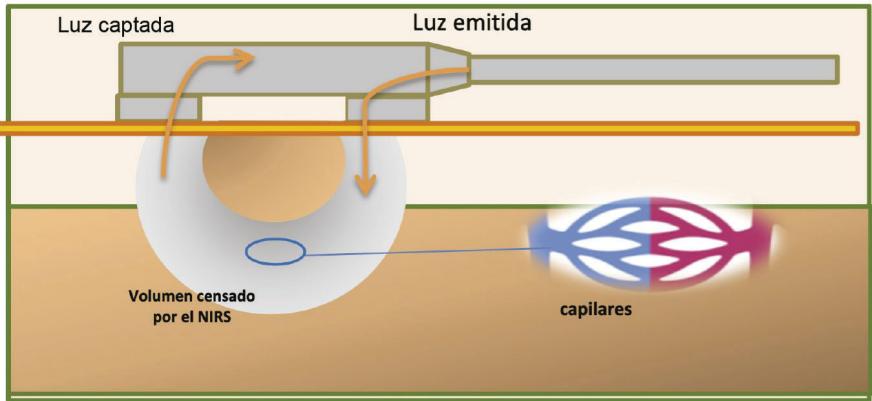
Estudio prospectivo, observacional, longitudinal y analítico en la UCIN de la Unidad Médica de Alta Especialidad, Hospital de Gineco Pediatría No. 48 del Centro Médico Nacional del Bajío, ubicada en León, Guanajuato, México, y perteneciente al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). El estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación y el Comité Local de Investigación en Salud de la unidad, con número de registro R-2021-1002-009. Los padres o tutores de los RNPT firmaron la carta de consentimiento informado. Se incluyeron RNPT de 28 a 36 SEG que requirieron de ingreso a UCIN y que cumplieron con los criterios de transfusión de los *Canadian Blood Services*. Estos criterios indican que los lactantes deben ser transfundidos en los siguientes casos, I) pérdida de más del 10% de su volemia; II) Hb por debajo de 8 g/dL en paciente estable con síntomas de anemia (apnea, bradicardia, taquicardia, escasa ganancia de peso), y III) si la Hb fue inferior a 12 g/dL en un recién nacido con dificultad respiratoria o cardiopatía congénita.⁶ No se incluyeron prematuros con signos clínicos o radiológicos de ECN, antecedente de haber cursado con ECN durante la hospitalización, diagnóstico de sepsis neonatal al momento del estudio, antecedente de haber recibido una transfusión sanguínea o que hubieran requerido cirugía en las 72 horas previas a la transfusión inicial del estudio.

Siguiendo las directrices del hospital, todos los RNPT del estudio se encontraban en ayuno durante la transfusión. La rSO_2 mesentérica se midió por NIRS con el equipo *INVOS 5100, Somanetics, Medtronic, Minneapolis* (Estados Unidos [EEUU]). En todos los casos, el sensor se colocó en la región paraumbilical izquierda (figura 1) y la FTOE se calculó de la siguiente manera:

FTOE = saturación arterial de oxígeno – rSO_2 / saturación arterial de oxígeno

Estas mediciones se tomaron una hora antes de la transfusión, durante las 2 horas del procedimiento y finalmente una hora después de este. En cada RNPT, una vez

Figura 1 Esquema de funcionamiento de la NIRS



estabilizada la curva del monitor, se tomaron medidas en tres puntos de tiempo: antes, durante y después de la transfusión. Los sensores se retiraron después de la última medición y se inspeccionó la integridad de la piel.

Variables de desenlace. Valor de rSO₂ y FTOE

Se trató de un muestreo no probabilístico de casos consecutivos. Para calcular el tamaño de la muestra se utilizó el coeficiente de correlación ($r = 0.70$) entre la rSO₂ y la Hb previa a la transfusión en el cálculo reportado por McNeill *et al.*¹⁰ Para una potencia del 95%, con alfa bilateral 0.05, se requirió un tamaño de muestra de 20 RNPT.

Análisis estadístico

Se reportó estadística descriptiva, frecuencias y porcentajes de todas las variables. Se utilizó prueba de chi cuadrada para comparar las variables nominales. Como prueba de normalidad, se utilizó la prueba Shapiro y las variables mostraron distribución libre, por lo que las diferencias en la medianas de rSO₂ y FTOE y la variabilidad entre los grupos de edad gestacional (29-30 y 32-33 SEG) se evaluaron con U de Mann-Whitney para muestras independientes. Se utilizó la prueba de Friedman para medidas repetidas para comparar los 3 puntos de tiempo y la prueba de correlación de Spearman para la correlación de Hb con rSO₂ y con FTOE. Se consideró significación estadística con un valor de $p < 0.05$. Los datos se analizaron con el paquete estadístico NCSS® versión 2022.

Resultados

Se estudiaron un total de 20 RNPT en etapa de creci-

miento y desarrollo que ameritaron transfusión y que cumplieron los criterios de selección: 3 niñas (15%) y 17 niños (85%), de 33 SEG (RIC 28-36), con edad posnatal de 31 días (RIC 15-50) y peso de 1815 g (RIC 1385-2520). El resto de los datos demográficos se muestra en el cuadro I.

En el cuadro II se muestran las variables hematológicas previas a la transfusión de eritrocitos.

Se analizó la correlación de los valores de Hb antes de la transfusión con las mediciones de rSO₂ y FTOE en los 3 momentos, como se muestra en el cuadro III.

Los valores de las mediciones de rSO₂ mesentérico antes, durante y después de la tranfusión se muestran en

Cuadro I Características sociodemográficas de los pacientes del estudio

Variables	n = 20
Edad gestacional (semanas)*	33 (28-36)
Semanas de gestación n (%)	
≤ 30	6 (30)
31-36	14 (70)
Edad postnatal (días)*	31 (15-50.5)
Peso (g)*	1815 (1385-2520)
Alimentación n (%)	
Leche materna exclusiva	3 (15)
Sucedáneos de leche materna	1 (5)
Alimentación mixta	16 (80)
Edad materna (años)*	29 (23-36)
Número de gestaciones de la madre n (%)	
1	6 (30)
2	4 (20)
3 o más	10 (50)
Abortos previos n (%)	8 (40)
Comorbilidades maternas n (%)	6 (30)

*Datos expresados en mediana y rangos intercuartílicos

Cuadro II Variables hematológicas previas a la transfusión de eritrocitos

Variables hematológicas	n = 20
	Mediana (RIC)
Hemoglobina (mg/dL)	8.05 (7.52-8.67)
Hematocrito (%)	23 (21.5-25.15)
Plaquetas x 10 ³ cel/mm ³	269.00 (170-377.5)
Leucocitos (cel/mm ³)	8210 (7182-13200)
Linfocitos (cel/mm ³)	4470 (2187-4880)
Neutrófilos (cel/mm ³)	3225 (1517-5237)
Proteína C reactiva (µg/dL)	0.8 (0.7-2.4)

RIC: rangos intercuartílicos

Cuadro III Correlación entre hemoglobina del paciente al momento de la transfusión y rSO₂ mesentérica, y hemoglobina y FTOE durante el estudio

Variables	Spearman	p
Correlación entre hemoglobina y rSO ₂		
rSO ₂ 1 hora antes de la transfusión	0.26	0.33
rSO ₂ durante la transfusión	0.13	0.82
rSO ₂ 1 hora posterior a la transfusión	0.07	0.76
Correlación entre hemoglobina y FTOE		
FTOE 1 hora antes de la transfusión	-0.14	0.91
FTOE durante la transfusión	-0.05	0.99
FTOE 1 hora posterior a la transfusión	-0.06	0.56

rSO₂: saturación regional de oxígeno mesentérico; FTOE: extracción tisular de oxígeno fraccional

Se hizo la comparación de los 3 momentos de rSO₂ y FTOE

el cuadro IV. Se midió el promedio de la diferencia inicial y final de rSO₂ mesentérica en los bebés y se encontró que incrementó en 12.9%.

También se estratificaron los RNPT de acuerdo con la edad gestacional, de 28-30 y de 31 a 36 SDG para evaluar la comparación en el tiempo entre los dos grupos de rSO₂ y FTOE, sin observar diferencia significativa, como se observa en la figura 2 y en la figura 3. Se monitorizaron las reacciones adversas asociadas a la transfusión y las deri-

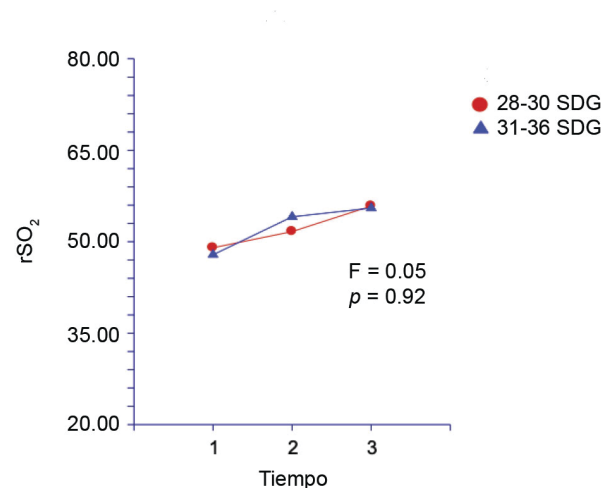
vadas de la colocación del sensor de medición NIRS y no se observó ninguna.

Discusión

Este estudio demostró que los niveles de rSO₂ mesentérico se incrementaron paulatinamente y, por ende, la FTOE disminuyó desde la medición basal, durante y después de la transfusión de eritrocitos en RNPT menores de 36 SEG con anemia.

La medición continua de la oxigenación tisular esplácica por NIRS refleja el estado de perfusión y oxigenación mesentéricas en tiempo real, con buena correlación entre rSO₂ y el flujo sanguíneo arterial mesentérico medido por Doppler,¹¹ lo que confirma que las transfusiones de glóbulos rojos mejoraron la rSO₂ mesentérica y además en este estudio se encontró que hubo incremento significativo y progresivo al valor previo a la transfusión hasta en 12.9%, lo

Figura 2 Comparación de las mediciones rSO₂ en los 3 momentos por grupo de edad gestacional



1) 1 hora antes de la transfusión; 2) durante la transfusión;
3) 1 hora después de la transfusión
SDG: semanas de edad gestacional

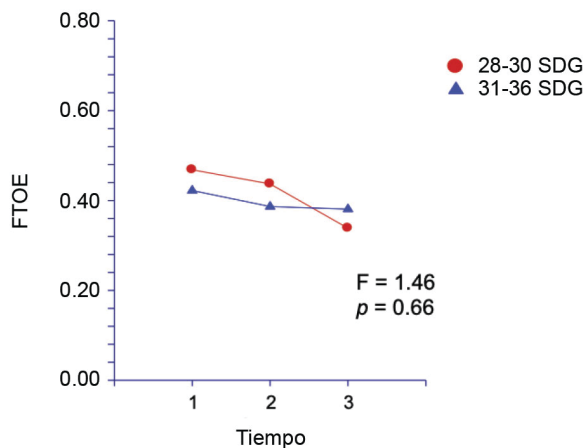
Cuadro IV Comparación de los valores de rSO₂ y FTOE entre los 3 momentos del estudio

Variables	1 hora antes de la transfusión	Durante la transfusión	1 hora después de la transfusión	F	Potencia	p*	p†
	Mediana (RIC)	Mediana (RIC)	Mediana (RIC)				
rSO ₂ (%)	45.5 (38.25-60.25)	53.3 (44.25-64.0)	53.5 (50.0-64.25)	5.76	0.83	0.006	0.004
FTOE	0.50 (0.31-0.56)	0.42 (0.30-0.50)	0.39 (0.27-0.45)	3.53	0.62	0.03	0.03

RIC: rangos intercuartílicos

Valor de p determinado con prueba Friedman para comparar las tres mediciones en el tiempo y p† con U de Mann Whitney entre el valor inicial y final

Figura 3 Comparación de las mediciones FTOE en los 3 momentos por grupo de edad gestacional



1) 1h previo a transfusión. 2) Durante la transfusión.
3) 1h posterior a la transfusión

cual es menor que lo reportado por Banerjee *et al.*,¹² quienes reportaron aumento de 40-50%, pero similar a lo que establecen Li *et al.*,¹³ quienes documentaron un aumento de alrededor del 10 al 15% en RNPT con anemia moderada y severa.

Los resultados de la presente investigación sugieren que durante la transfusión no hubo signos indicativos de aumento del consumo de oxígeno, ya que se esperaría una disminución del rSO_2 en asociación al aumento de los índices de resistencia (índice de pulsatilidad e índice sístole/diástole), como lo reportaron Cáceres *et al.* en un modelo animal de isquemia-reperusión.¹⁴ En cambio, se observó un aumento gradual de rSO_2 durante el estudio y hasta una hora después de la misma.

La FTOE es otro parámetro de NIRS que se ha estudiado en la medicina transfusional neonatal. El equilibrio entre el suministro (DO_2) y el consumo de oxígeno (VO_2) se refleja mejor mediante la FTOE,¹⁵ la cual es un valor derivado que se calcula en función del valor de rSO_2 y del valor de la saturación de oxígeno (SaO_2), evalúa la relación entre DO_2/VO_2 , y aumenta cuando el VO_2 está desproporcionado con el DO_2 (suministro inadecuado de oxígeno, aumento del consumo de oxígeno o ambos), dado por factores como la oxigenación sistémica deficiente, el gasto cardíaco comprometido y la anemia, mismos que pueden provocar un suministro inadecuado de oxígeno al cerebro y a los intestinos.¹⁶

En este estudio, se observó que los niveles de FTOE mesentérico fueron más altos antes de la transfusión, cuando los RNPT presentaban anemia y disminuyeron gradualmente hasta la última medición, similar a lo reportado

por Dani *et al.*¹⁷ y van Hoften *et al.*¹⁸ Al respecto, Balegar *et al.*¹⁶ y Neunhoeffer *et al.*¹⁹ propusieron utilizar un FTOE elevado como una evaluación de la necesidad de transfusión; sin embargo, hay una limitación en los reportes ante la falta de valores normales en los puntos de corte que reflejen el umbral de daño hipóxico,^{20,21} por lo que se sugiere evaluar las tendencias que se pueden observar en las mediciones durante la monitorización del RNPT.

La transfusión se llevó a cabo en 2 horas y se administró un volumen de 20 mL por kg de peso y todos los RNPT se encontraban en ayuno. Este estudio muestra que durante el tiempo de transfusión de eritrocitos, los cambios en ambos parámetros mostraron mejoría de la perfusión mesentérica con aumento paulatino de la rSO_2 y disminución de la FTOE, sin diferencia al compararlos entre grupos de edad gestacional (28-30 frente a 31-36 SEG), aunque la muestra fue reducida.

En los estudios sobre transfusión de eritrocitos en bebés prematuros con anemia, hay discordancia en los resultados de la correlación entre Hb y rSO_2 o entre Hb y FTOE; Bailey *et al.* no mostraron correlación,²⁰ pero McNeill *et al.* reportaron una correlación fuerte.¹⁰ Y Chock *et al.* reportaron la interacción del nivel de umbral de Hb, el número de transfusiones y la edad posnatal.²² En la presente investigación no se encontró correlación entre Hb y rSO_2 , ni tampoco con FTOE mesentérica en los 3 puntos de tiempo, lo cual puede deberse a múltiples factores que pueden determinar los niveles de rSO_2 mesentérica, como los cortocircuitos vasculares, la inmadurez vasomotora, el tamaño del paciente y la edad posnatal, entre otras variables.¹⁰ Por lo tanto, estos resultados podrían proponer que la Hb previa a la transfusión podría no reflejar con precisión el desequilibrio entre el aporte y el consumo de oxígeno mesentérico, a diferencia de la medición de rSO_2 y FTOE que puede dar en tiempo real la presencia de alteraciones en DO_2 y VO_2 , de tal forma que estas mediciones mediante NIRS podrían ser una herramienta útil al momento de decidir la transfusión de eritrocitos en RNPT.

Existe el debate sobre la necesidad de suspender la alimentación en el momento de la transfusión como una medida para reducir el riesgo de ECN en los bebés prematuros. Goldstein *et al.*²³ reportaron en su estudio realizado en bebés menores de 35 SEG, con peso al nacer menor que 1500 g, que recibieron transfusiones de glóbulos rojos y midieron los niveles de rSO_2 mesentérica una hora antes de la transfusión y hasta 24 horas después de esta y encontraron que si bien la alimentación enteral se asoció con una disminución de rSO_2 mesentérica y con incremento en FTOE mesentérica hasta 24 horas después de la transfusión, la alimentación enteral o la anemia no tuvieron un impacto significativo en la oxigenación tisular regional

mesentérica después de la transfusión de glóbulos rojos.

Una revisión no sistemática sobre la mejor práctica basada en evidencia con respecto a suspender o no la alimentación durante las transfusiones de glóbulos rojos como medida de prevención del desarrollo de ECN no mostró resultados concluyentes, ya que no pudieron confirmar el beneficio de suspender la alimentación durante la transfusión para reducir el riesgo de ECN debido a que los estudios fueron insuficientes para el análisis.²⁴

Un ensayo clínico reciente en RNPT a quienes se les suspendió la alimentación comparados con el grupo que continuó con la alimentación durante la transfusión de glóbulos rojos no encontró diferencia en el riesgo de isquemia mesentérica y ECN relacionada con la transfusión.²⁵ Otro estudio con análisis secundario *post hoc* de 1690 bebés de muy bajo peso al nacer que sobrevivieron hasta el día 10, e inscritos en el ensayo multicéntrico aleatorizado *Transfusion of Prematures* (TOP), mostró que las transfusiones de glóbulos rojos no estuvieron asociadas con mayor riesgo de ECN, durante el periodo de inicio y hasta 72 horas después de la transfusión.²⁶

Un punto importante que hay que destacar es que en la mayoría de los centros de atención a RNPT se toma en cuenta el nivel de Hb que motiva la transfusión de eritrocitos. Un estudio en modelos murinos de ECN causada por anemia y transfusiones de glóbulos rojos mostró que los ratones con anemia que fueron transfundidos desarrollaron daño intestinal entre 18 y 28 horas después de la transfusión, pero no hubo daño en aquellos que tenían valores normales de hematocrito,²⁷ por lo que se ha llegado a suponer que más que la transfusión por sí misma, puede ser el nivel crítico bajo de Hb con la cual se decide transfundir, sobre todo en RNPT extremos, lo que puede resultar en daño a las células intestinales, el cual puede preceder al desarrollo de ECN.²⁸

Por otro lado, la consideración de la utilidad de la Hb como medida de resultados adversos en RNPT sigue siendo incierta. Al respecto, un estudio en 179 RNPT, de 22 a 28 SEG y con peso al nacer menor que 1000 g, con asignación aleatoria a umbrales de Hb más altos o más bajos para la transfusión de acuerdo con la edad gestacional y las semanas de vida posnatal, mostró que la transfusión se asoció con un aumento significativo de la rSO₂ mesentérica media en 6.7%, con nivel de Hb más bajo frente a 5.6%, pero la FTOE disminuyó en ambos grupos en un grado similar.²⁹

Otro ensayo clínico realizado por Kirpalani *et al.* en más de 1800 RNPT reportó que los bebés con peso extremadamente bajo al nacer, un umbral de Hb más alto para la transfusión de glóbulos rojos, determinado con la edad pos-

natal (más alto en la primera semana de vida, más bajo en cada una de las 2 semanas sucesivas y estable a partir de entonces) y de acuerdo con el uso de soporte respiratorio (un umbral más alto cuando el soporte respiratorio estaba justificado), no encontró efectos adversos, incluida la ECN en etapa II o III.³⁰

De modo que los diferentes estudios y la presente investigación sugieren que durante la transfusión es recomendable mantener la monitorización mesentérica en tiempo real de forma continua, no invasiva y a la cabecera del RNPT, por medio del NIRS, con la evaluación de las tendencias en las mediciones de rSO₂ y FTOE, lo que puede permitir reconocer la presencia de un desequilibrio entre DO₂ y VO₂, con la identificación temprana de complicaciones gastrointestinales como la ECN.

Por lo tanto, la realización de estudios que utilicen la monitorización no invasiva y en tiempo real como el NIRS, alrededor de la transfusión (antes, durante y después), lograrán acercarse a responder la pregunta sobre continuar o suspender temporalmente la alimentación enteral durante la transfusión en los bebés prematuros, y hasta entonces se sugiere ser cautos y evaluar de forma individual y continua a los RNPT durante la transfusión.

Entre las limitaciones del estudio se identificó la falta de seguimiento a largo plazo para definir si los RNPT presentaron como desenlace ECN, por lo que se sugiere hacer más estudios y con seguimiento al menos durante las 2 semanas posteriores a la transfusión para establecer esta asociación.

La fortaleza principal del estudio fue que se demostró que la rSO₂ mesentérica se incrementó y la FTOE disminuyó con la transfusión de eritrocitos; sin embargo, son necesarios más ensayos clínicos controlados, multicéntricos y a gran escala que confirmen estos resultados.

Conclusiones

Los valores mesentéricos de rSO₂ incrementaron en RNPT de 28-36 SEG durante los 3 momentos evaluados, antes, durante y después de la transfusión de glóbulos rojos, y los valores de FTOE disminuyeron después de la transfusión; no hubo correlación de la Hb con la rSO₂ ni con la FTOE. La utilización de NIRS no es invasiva y es más precisa al evaluar cualquier desequilibrio entre DO₂ y VO₂ durante la transfusión.

Declaración de conflicto de interés: los autores han completado y enviado la forma traducida al español de la declaración de conflictos potenciales de interés del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, y no fue reportado alguno relacionado con este artículo.

Referencias

- Colombatti R, Sainati L, Trevisanuto D. Anemia and transfusion in the neonate. *Semin Fetal Neonatal Med.* 2016;21(1):2-9. doi: 10.1016/j.siny.2015.12.001
- German KR, Juul SE. Neonatal Anemia. *Curr Pediatr Rev.* 2023;19(4):388-94. doi: 10.2174/1573396319666221121140627
- Boix H, Sánchez-Redondo MD, Cernada M, et al; en representación del Comité de Estándares. Sociedad Española de Neonatología. Recommendations for transfusion of blood products in neonatology. *An Pediatr (Engl Ed).* 2022;97(1):60.e1-60.e8. doi: 10.1016/j.anpede.2022.05.003
- López-Catzín JF, Bolado-García PB, Gamboa-López GJ, et al. Disminución de transfusiones en prematuros con anemia tratados con eritropoyetina. *Rev Med Inst Mex Seg Soc.* 2016;54(5):576-80.
- Bell EF. Red cell transfusion thresholds for preterm infants: finally some answers. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2022;107(2):126-30. doi: 10.1136/archdischild-2020-320495
- Lau W. Neonatal and Pediatric Transfusion: Clinical guide to transfusion. Ontario: Canadian Blood Services; 2017. Disponible en: <https://professionaleducation.blood.ca/en/transfusion/clinical-guide/neonatal-and-pediatric-transfusion>.
- Dang D, Gu X, Jiang S, et al. RBC transfusion and necrotizing enterocolitis in very preterm infants: a multicenter observational study. *Sci Rep.* 2024;14(1):14345. doi: 10.1038/s41598-024-64923-7
- Mishra V, Mathur AA, Mohamed S, et al. Role of Near-infrared Spectroscopy in the Diagnosis and Assessment of Necrotizing Enterocolitis. *Newborn (Clarksville).* 2022;1(1):177-81. doi: 10.5005/jp-journals-11002-0001
- Vesoulis ZA, Mintzer JP, Chock VY. Neonatal NIRS monitoring: recommendations for data capture and review of analytics. *J Perinatol.* 2021;41(4):675-88. doi: 10.1038/s41372-021-00946-6
- McNeill S, Gatenby JC, McElroy S, et al. Normal cerebral, renal and abdominal regional oxygen saturations using near-infrared spectroscopy in preterm infants. *J Perinatol.* 2011;31(1):51-7. doi: 10.1038/jp.2010.71
- Arman D, Sancak S, Gürsoy T, et al. The association between NIRS and Doppler ultrasonography in preterm infants with patent ductus arteriosus. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2020;33(7):1245-52. doi: 10.1080/14767058.2019.163966
- Banerjee J, Leung TS, Aladangady N. Blood transfusion in preterm infants improves intestinal tissue oxygenation without alteration in blood flow. *Vox Sang.* 2016;111(4):399-408. doi: 10.1111/vox.12436
- Li L, Wu R, Kog X, et al. Effect of anemia and blood transfusion on tissue oxygen. *Int J Clin Exp Med.* 2017;10(2):2974-9.
- Cáceres F, Castañón M, Lerena J, et al. Flujo mesentérico en un modelo experimental de enterocolitis necrotizante por isquemia - reperusión en ratas. *Anales de Pediatría.* 2014;80(3):151-8. doi: 10.1016/j.anpedi.2013.05.022
- Gumulak R, Lucanova LC, Zibolen M. Use of near-infrared spectroscopy (NIRS) in cerebral tissue oxygenation monitoring in neonates. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub.* 2017;161(2):128-33. doi: 10.5507/bp.2017.012
- Balegar V KK, Low GK, Nanan RK. Regional tissue oxygenation and conventional indicators of red blood cell transfusion in anaemic preterm infants. *EClinicalMedicine.* 2022;4:46:101365. doi: 10.1016/j.eclinm.2022
- Dani C, Pratesi S, Fontanelli G, et al. Blood transfusions increase cerebral, splanchnic, and renal oxygenation in anemic preterm infants. *Transfusion.* 2010;50(6):1220-6. doi: 10.1111/j.1537-2995.2009.02575.x
- Van Hoften JC, Verhagen EA, Keating P et al. Cerebral tissue oxygen saturation and extraction in preterm infants before and after blood transfusion. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2010;95(5):F352-8. doi: 10.1136/adc.2009.163592
- Neunhoeffer F, Hofbeck M, Schuhmann MU, et al., Cerebral Oxygen Metabolism Before and After RBC Transfusion in Infants Following Major Surgical Procedures. *Pediatr Crit Care Med.* 2018;19(4):318-27. doi: 10.1097/PCC.0000000000001483
- Bailey SM, Hendricks-Muñoz KD, Wells JT, et al. Packed red blood cell transfusion increases regional cerebral and splanchnic tissue oxygen saturation in anemic symptomatic preterm infants. *Am J Perinatol.* 2010;27(6):445-53.
- Bruckner M, Wolfsberger CH, Dempsey EM, et al. Normal regional tissue oxygen saturation in neonates: a systematic qualitative review. *Pediatr Res.* 2021;20. doi: 10.1038/s41390-021-01786-y
- Chock V, Smith E, Tan S, et al. Early Brain and Abdominal Oxygenation in Extremely Low Birth Weight Infants. *Pediatr Res.* 2022;92(4):1034-41. doi: 10.1038/s41390-022-02082-z
- Goldstein GP, Rao A, Ling AY, et al. Influence of enteral feeding and anemia on tissue oxygen extraction after red blood cell transfusion in preterm infants. *Transfusion.* 2020;60(3):466-72. doi: 10.1111/trf.15680
- Killion E. Feeding Practices and Effects on Transfusion-Associated Necrotizing Enterocolitis in Premature Neonates. *Adv Neonatal Care.* 2021;21(5):356-64. doi: 10.1097/ANC.0000000000000872
- He J, Sun X, Xu X, et al. Effects of the feeding protocol during blood transfusion on splanchnic tissue oxygenation and complications in very premature infants. *Front Nutr.* 2024;11:1408717. doi: 10.3389/fnut.2024.1408717
- Salas AA, Gunn E, Carlo WA, et al. Eunice Kennedy Shriver National Institute of Child Health and Human Development (NICHD) Neonatal Research Network. Timing of Red Blood Cell Transfusions and Occurrence of Necrotizing Enterocolitis: A Secondary Analysis of a Randomized Clinical Trial. *JAMA Netw Open.* 2024;7(5):e249643. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2024.9643
- MohanKumar K, Namachivayam K, Song T, et al. A murine neonatal model of necrotizing enterocolitis caused by anemia and red blood cell transfusions. *Nat Commun.* 2019 Aug 2;10(1):3494. doi: 10.1038/s41467-019-11199-5
- Kalteren WS, Bos AF, van Oeveren W, et al. Neonatal anemia relates to intestinal injury in preterm infants. *Pediatr Res.* 2022 May;91(6):1452-8. doi: 10.1038/s41390-021-01903-x
- Chock VY, Kirpalani H, Bell EF. Tissue Oxygenation Changes After Transfusion and Outcomes in Preterm Infants: A Secondary Near-Infrared Spectroscopy Study of the Transfusion of Prematures Randomized Clinical Trial (TOP NIRS). *JAMA Netw Open.* 2023;6(9):e2334889. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2023.34889
- Kirpalani H, Bell EF, Hintz SR, et al. Higher or Lower Hemoglobin Transfusion Thresholds for Preterm Infants. *N Engl J Med.* 2020;383(27):2639-2651. doi: 10.1056/NEJMoa2020248