



ORIGINAL

Monitorización no invasiva transcutánea de la concentración de hemoglobina en pacientes críticos pediátricos con riesgo de sangrado



P. García-Soler*, J.M. Camacho Alonso, J.M. González-Gómez y G. Milano-Manso

Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos, Hospital Regional Universitario, Málaga, España

Recibido el 10 de febrero de 2016; aceptado el 28 de junio de 2016

Disponible en Internet el 27 de diciembre de 2016

PALABRAS CLAVE

Hemoglobina;
Anemia;
Oximetría;
Cuidados intensivos
pediátricos;
Monitorización
fisiológica

Resumen

Objetivo: Determinar la validez y precisión de un método de medición continua transcutánea de la concentración de hemoglobina (Hb) en pacientes críticos con riesgo de sangrado.

Diseño: Estudio observacional prospectivo comparando el estándar de referencia con la determinación transcutánea de hemoglobina (SpHb).

Ámbito: Unidad de cuidados intensivos pediátricos de un hospital universitario de tercer nivel.

Pacientes: Muestra consecutiva de pacientes con peso > 3 kg y riesgo de sangrado.

Intervenciones: Medición de SpHb mediante el cooxímetro de pulso Radical7 (Masimo Corp., Irvine, CA) en cada extracción sanguínea con determinación de Hb analizada con estándar de referencia (Siemens ADVIA 2120i).

Variables: Variables epidemiológicas, índice de perfusión (IP), índice de variabilidad pletismográfica, frecuencia cardíaca, SaO₂, temperatura rectal, baja calidad de señal, así como otros factores que pueden afectar a la medición.

Resultados: Se realizaron 284 mediciones (80 pacientes). La media de Hb por el analizador central fue de $11,7 \pm 2,05$ g/dl. La media de SpHb fue de $12,32 \pm 2$ g/dl (Pearson 0,72, R² 0,52). El índice de correlación intraclase fue de 0,69 (IC 95%: 0,55-0,78), $p < 0,001$. El diagrama de Bland-Altman mostró una diferencia media entre ambos métodos de $0,66 \pm 1,46$ g/dl. Un menor IP y una mayor temperatura rectal incrementaron de forma independiente el riesgo de baja calidad de la señal (OR 0,531 [IC 95%: 0,32-0,88] y 0,529 [IC 95%: 0,33-0,85], respectivamente). **Conclusiones:** La SpHb presenta buena correlación con la obtenida por el analizador central, aunque los límites de concordancia son amplios. Su principal ventaja es la posibilidad de monitorización continua en pacientes con riesgo de sangrado. La fiabilidad de este método es limitada en casos de mala perfusión periférica.

© 2016 Elsevier España, S.L.U. y SEMICYUC. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: patricia.garcia.soler.sspa@juntadeandalucia.es (P. García-Soler).

KEYWORDS

Hemoglobin;
Anemia;
Oximetry;
Pediatric intensive
care;
Physiological
monitoring

Noninvasive hemoglobin monitoring in critically ill pediatric patients at risk of bleeding**Abstract**

Objective: To determine the accuracy and usefulness of noninvasive continuous hemoglobin (Hb) monitoring in critically ill patients at risk of bleeding.

Design: An observational prospective study was made, comparing core laboratory Hb measurement (LabHb) as the gold standard versus transcutaneous hemoglobin monitoring (SpHb).

Setting: Pediatric Intensive Care Unit of a tertiary University Hospital.

Patients: Patients weighing >3 kg at risk of bleeding.

Interventions: SpHb was measured using the Radical7 pulse co-oximeter (Masimo Corp., Irvine, CA, USA) each time a blood sample was drawn for core laboratory analysis (Siemens ADVIA 2120i).

Variables: Sociodemographic characteristics, perfusion index (PI), pleth variability index, heart rate, SaO₂, rectal temperature, low signal quality and other events that can interfere with measurement.

Results: A total of 284 measurements were made (80 patients). Mean LabHb was 11.7 ± 2.05 g/dl. Mean SpHb was 12.32 ± 2 g/dl (Pearson 0.72, R² 0.52). The intra-class correlation coefficient was 0.69 (95% CI 0.55-0.78) (p < 0.001). Bland-Altman analysis showed a mean difference of 0.07 ± 1.46 g/dl. A lower PI and higher temperature independently increased the risk of low signal quality (OR 0.531 [95% CI 0.32-0.88] and 0.529 [95% CI 0.33-0.85], respectively).

Conclusions: SpHb shows a good overall correlation to LabHb, though with wide limits of agreement. Its main advantage is continuous monitoring of patients at risk of bleeding. The reliability of the method is limited in cases with poor peripheral perfusion.

© 2016 Elsevier España, S.L.U. y SEMICYUC. All rights reserved.

Introducción

La anemia es una complicación frecuente en unidades de cuidados intensivos pediátricos (UCIP), encontrándose hasta en el 74% de los pacientes ingresados¹. La anemia en pacientes críticos ocurre como consecuencia de pérdidas sanguíneas por hemorragia traumática aguda, en el periodo postoperatorio, especialmente de cirugía cardiovascular o traumatológica, extracciones sanguíneas repetidas, trastornos crónicos, ferropenia y otros trastornos carenciales, disfunción hepática o coagulación intravascular diseminada, entre otros. Bateman et al.¹, en un estudio observacional prospectivo multicéntrico realizado en niños ingresados en UCIP, encontraron que al 96% de estos pacientes se les realizaron analíticas sanguíneas, y estas supusieron el 74% de las pérdidas hemáticas diarias. Los pacientes que presentaron anemia tuvieron estancias más prolongadas y un mayor número de días en ventilación mecánica. De los niños con anemia, el 41% la desarrollaron durante su estancia, mientras que en solo el 33% estaba presente al ingreso. La realización de análisis de sangre repetidamente puede producir anemia iatrogénica, presente hasta en el 90% de los pacientes el tercer día de ingreso en UCI de adultos^{2,3}. Este hecho es más importante en los pacientes de menor edad, ya que el volumen de sangre necesario para la extracción es independiente del peso del niño, suponiendo por tanto un mayor volumen en relación con la volemia del paciente⁴. La pérdida hemática por extracción sanguínea es además superior cuanto mayor es la gravedad del paciente³.

Sin embargo, el diagnóstico de anemia no puede ser validado clínicamente, requiriendo confirmación mediante análisis sanguíneo. La determinación de la concentración sanguínea de hemoglobina mediante métodos convencionales presenta además como desventaja que la obtención de resultados de laboratorio puede conllevar un retraso en el tratamiento.

La capacidad de determinar rápidamente y de forma precisa la concentración de hemoglobina de un paciente puede ser útil y crítica en varios escenarios clínicos, especialmente en medicina intensiva, y ello ha resultado en el desarrollo de dispositivos denominados como «en el punto de cuidado» o «punto de atención» (*point-of-care* [POC]), es decir, con disponibilidad a pie de cama del paciente, sin necesidad de transportar la muestra al laboratorio central. Sin embargo, la exactitud de estos métodos ha sido cuestionada en algunos estudios⁵⁻⁹.

En la actualidad, las técnicas no invasivas incluyen pulsicoximetría (Pulse CO-Oximetry™; Masimo Corp., Irvine, CA, EE. UU.), la espectroscopia por oclusión (OrSense™, Ness Ziona, Israel) y la espectroscopia de reflexión transcutánea (Haemospect, MBR Optical Systems, Herdecke, Alemania)¹⁰.

La pulsicoximetría es una tecnología basada en la pulsioximetría que permite la monitorización continua no invasiva de la concentración de hemoglobina. Este método discierne entre las diferentes características de la absorción de luz de los distintos subtipos de hemoglobina y, aplicando algoritmos propios, es capaz de determinar la concentración de hemoglobina total¹¹. Teóricamente, un dispositivo

que mida de forma continua la concentración de hemoglobina disminuiría el tiempo de obtención de los resultados y alertaría al clínico del descenso de la misma en caso de hemorragia oculta, además de las ventajas que supone la medición de forma no invasiva.

Existen algunos estudios realizados con población pediátrica, la mayoría de ellos en el escenario quirúrgico y con pacientes estables hemodinámicamente¹²⁻¹⁴. Es por ello que planteamos un estudio para determinar la validez y exactitud de este método de monitorización en relación con la determinación realizada por el laboratorio central en pacientes con riesgo de sangrado ingresados en una UCIP.

Material y métodos

Objetivo

Determinar la validez y exactitud de un método de medición continua transcutánea de la concentración de hemoglobina (Hb) en pacientes críticos con riesgo de sangrado.

Diseño

Estudio observacional prospectivo.

Ámbito del estudio

UCIP de un hospital universitario de tercer nivel.

Población de estudio

Se incluyeron pacientes ingresados en la UCIP con riesgo de sangrado (postoperados de cirugía cardiovascular o traumológica, politraumatizados y coagulopatía grave en el contexto de síndrome de respuesta inflamatoria sistémica) y peso > 3 kg, durante un periodo de 12 meses.

Protocolo de estudio

Se comparó en el momento de cada extracción analítica la concentración de Hb del laboratorio central (Siemens ADVIA 2120i) con los mostrados por el cooxímetro de pulso Radical/7.8.0.1 (Masimo Corp., Irvine, CA). Se registraron variables epidemiológicas (sexo, edad en meses, peso, raza), motivo de ingreso, junto a los siguientes parámetros: índice de perfusión (IP), índice de variabilidad pletismográfica (IVP), frecuencia cardíaca (FC), SaO₂, temperatura rectal (Tr), escala *Richmond Agitation Sedation Scale* (RASS), baja calidad de señal detectada por el monitor, así como las situaciones que pueden afectar a la medición (*Vasoactive-Inotropic Score* [VIS score], ventilación mecánica).

El IP se define como la razón de flujo sanguíneo pulsátil en relación con el flujo no pulsátil o estático en tejidos periféricos y representa una medida no invasiva de la perfusión periférica. El IVP es una medida de los cambios dinámicos en el IP que ocurren durante el ciclo respiratorio, expresado en porcentaje y calculado por el dispositivo a partir de la fórmula [(IP máximo-IP mínimo)·100]/IP máximo.

De acuerdo con las especificaciones del fabricante, los dedos de la mano (generalmente el anular, el corazón y el índice de la mano no dominante) y el primer dedo de los pies fueron las localizaciones utilizadas, evitando las extremidades con lesión reciente, cirugía o catéteres vasculares, fundamentalmente arteriales. El esfigmomanómetro se colocó siempre en un miembro diferente al del sensor. Tras su colocación se cubrió la zona explorada con una bolsa opaca proporcionada por el fabricante para evitar la contaminación y la posible interferencia lumínica. Si tras al menos 2 intentos no se obtuvo medición estable, se realizó una prueba en otra localización antes de registrar el caso como no detectable. Asimismo se registró la alarma de baja calidad de la señal que, de acuerdo con especificaciones del fabricante, aparece en situaciones de contaminación lumínica ambiental excesiva, efecto shunt entre el fotoemisor y fotodetector, por mala colocación del sensor, movimiento del paciente o entre el sitio de colocación y el sensor.

Se empleó el sensor R1 20L para pacientes de peso comprendido entre los 3 y 10 kg. Para sujetos de peso superior a 10 kg se utilizó el sensor R2 20.

Análisis estadístico

En el análisis descriptivo, los datos se muestran como media y desviación estándar para las variables que siguen una distribución normal y como mediana y rango intercuartílico (RIQ) para aquellas que no cumplen las condiciones de normalidad. Las variables categóricas se describen como frecuencia absoluta y porcentaje.

Se realizó el análisis de correlación lineal de Pearson, coeficiente de correlación intraclase (ICC) calculado mediante un modelo alfa de 2 factores, efectos aleatorios y acuerdo absoluto con un intervalo de confianza del 95% y el diagrama de Bland-Altman para comparar los valores de hemoglobina del cooxímetro de pulso (SpHb) con los valores ofrecidos por el analizador del laboratorio central (tHb). El límite de tolerancia se estableció en diferencias de ± 1 g/dl. En el cálculo de la diferencia entre los 2 métodos se empleó en primer lugar la diferencia absoluta, incluyendo tanto los valores negativos como los positivos. En el análisis de Bland-Altman, tanto los números positivos como los negativos se utilizaron para conocer estas diferencias.

Se analizó mediante regresión lineal multivariante la influencia de las variables independientes recogidas sobre la diferencia absoluta entre ambos métodos. Se estudió mediante regresión logística multivariante la relación entre la baja calidad de la señal (sí/no) con las distintas variables potencialmente asociadas. Se consideró un nivel de significación estadística del 5%. Para la selección del modelo multivariante final en ambos casos se realizó un procedimiento de pasos hacia atrás (estadístico de Wald), incluyendo inicialmente todas las variables que pudieran tener relación con las variables dependientes así como las que mostraron significación estadística en el análisis bivariante. El criterio de información Akaike (CIA) fue usado para comprobar la bondad del ajuste del modelo.

Para el análisis estadístico se empleó el programa IBM® SPSS® Statistics 20.0 para Macintosh®. El diagrama de Bland-Altman se construyó con el software R versión 3.2.2.

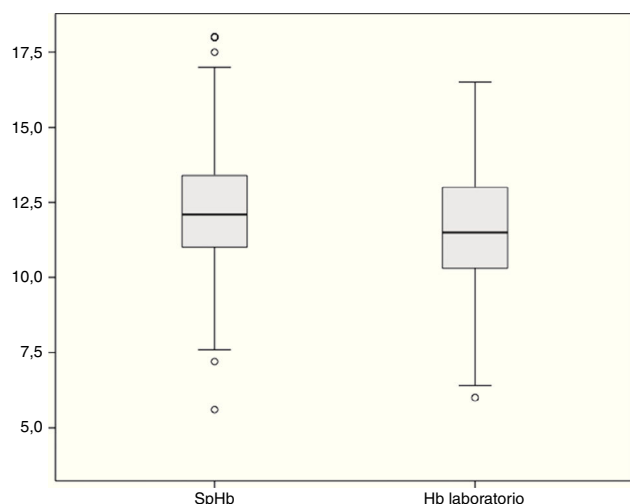


Figura 1 Diagrama de cajas comparando los valores obtenidos mediante medición transcutánea (SpHb) y mediante el analizador del laboratorio central.

Aspectos éticos

El presente estudio ha sido aprobado por el Comité de Ética e Investigación regional. La participación en el estudio ha sido voluntaria. A los responsables legales de los pacientes se les informó verbalmente y se les hizo entrega de una copia del consentimiento informado por escrito. Los autores del estudio aseguran que se han cumplido las normas de buena práctica clínica y los principios de la declaración de Helsinki.

Resultados

Se recogieron 284 mediciones en 80 pacientes, con mediana de edad de 14,5 meses (rango 3 a 60 meses) y peso 8,5 kg (rango 4,35-18,5 kg). En 15 determinaciones (5,2%) no pudo registrarse la SpHb debido a mala captación por hipoperfusión periférica y en 36 determinaciones (12,7%) hubo mala calidad de la señal notificada por el monitor Radical7.

La SaO₂ fue del 98% (RIQ 96-100%), FC de 123 ± 24 lpm, Tr de 36 ± 2 °C, IP de 1,5 (RIQ 0,93-3,32) e IVP de 17 (RIQ 11-27,25).

La mayoría de los pacientes incluidos eran postoperatorios de cirugía cardiovascular (76,4%), un 14,8% eran politraumatizados y el 8,8% ingresaron en la unidad por otros motivos, como sangrado postadenoidectomía (4), hemorragia digestiva alta (2) o shock séptico (1). El 63% (22 casos) de las mediciones se realizaron en ventilación mecánica, todas ellas bajo sedación continua, con una mediana de puntuación en la escala RASS de -3 (RIQ -2,8 a -4,1). Cinco pacientes (6,25%) recibieron tratamiento con fármacos vasoactivos α -adrenérgicos. La mediana de VIS fue de 8 (RIQ 0-10).

La media de Hb por el analizador de laboratorio fue de 11,7 ± 2,05 g/dl (mediana 11,5, RIQ 10,27-13). La media de Hb por el oxímetro de pulso fue de 12,32 ± 2 g/dl (mediana 12,1 g/dl, RIQ 11-13,4) (fig. 1). El coeficiente de correlación de Pearson fue de 0,72 ($p < 0,001$) y el coeficiente de determinación R² de 0,52 (fig. 2). El ICC global fue de 0,69 (IC 95%: 0,55-0,78), $p < 0,001$. El ICC en las

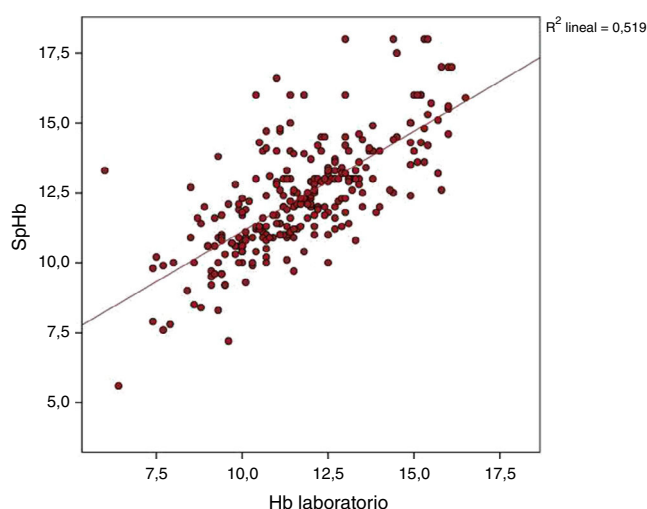


Figura 2 Diagrama de dispersión entre valores de Hb del analizador central y del cooxímetro de pulso (SpHb).

determinaciones con IP > 1,5 fue de 0,70 (IC 95%: 0,6-0,78), mientras que cuando el IP fue $\leq 1,5$ el ICC fue de 0,68 (IC 95%: 0,43-0,81), ambos valores estadísticamente significativos ($p < 0,001$). La concordancia fue mayor en los sujetos de edad > 6 meses (0,7, IC 95%: 0,59-0,78) respecto a los menores de 6 meses (0,59, IC 95%: 0,36-0,74). Cuando el monitor notificó baja calidad de la señal (12,7% de los casos) el ICC fue de 0,45 (IC 95%: 0,06-0,71), mientras que en el resto de casos el ICC fue de 0,74 (IC 95%: 0,62-0,81).

La media de las diferencias entre los valores de laboratorio y los del cooxímetro fue de 0,66 ± 1,46 g/dl, con una mediana de 0,5 g/dl (RIQ -0,2 a 1,4). La mediana de las diferencias en valores absolutos fue de 0,8 g/dl (RIQ 0,4 a 1,7). La mediana de las diferencias entre ambos métodos fue superior en los pacientes postoperados de cirugía cardiovascular (0,8 g/dl, RIQ 0,4 a 1,8) que en los pacientes politraumatizados (0,6 g/dl, RIQ 0,3 a 1), y el resto de los pacientes (0,45 g/dl, RIQ 0,3 a 1,57), aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas mediante el test de Kruskal-Wallis ($p = 0,065$) (fig. 3).

El diagrama de Bland-Altman (fig. 4) muestra que la mayoría de las diferencias se encuentran dentro de los límites de concordancia, siendo el límite superior (+2DE) de 3,59 g/dl y el límite inferior (-2DE) de -2,26 g/dl. Como puede apreciarse en la tabla 1, el 60,9% de las mediciones por cooximetría no invasiva presentaban una diferencia ≤ -1 g/dl respecto al valor del analizador del laboratorio central.

Mediante regresión lineal se exploró la relación entre la diferencia absoluta entre ambas mediciones y los valores reales de Hb, encontrando una asociación estadísticamente significativa ($p = 0,007$), con un coeficiente β de -0,09 y R² de 0,027.

En el análisis de regresión lineal multivariante, tomando como variable dependiente la diferencia absoluta entre ambos métodos, se incluyeron las variables que en la matriz de correlaciones obtuvieron asociación estadísticamente significativa, así como la raza, el motivo de ingreso y la necesidad de ventilación mecánica invasiva. Mediante un proceso de pasos hacia atrás se construyó el modelo multivariante,

Tabla 1 Diferencias absolutas entre SpHb y Hb del laboratorio central expresadas en intervalos

	Frecuencia absoluta	%	Frecuencia acumulada	% acumulado
≤ 1 g/dl	173	60,9	173	60,9
1-2 g/dl	47	16,5	220	77,4
2-3 g/dl	28	9,9	248	83,3
≥ 3 g/dl	21	7,4	269	94,7
No captación	15	5,3	284	5,3

Tabla 2 Regresión lineal multivariante. Variable dependiente: diferencia absoluta entre SpHb y Hb de laboratorio

Modelo	Coeficientes no estandarizados		t	p	IC 95% para B	
	B	Error típico			Límite inferior	Límite superior
(Constante)	4,884	1,706	2,863	0,005	1,525	8,244
Hb laboratorio (g/dl)	-0,180	0,036	-4,979	0,000	-0,251	-0,109
Edad (meses)	-0,003	0,002	-1,741	0,083	-0,006	0,000
FC (lpm)	0,009	0,003	2,747	0,006	0,003	0,016
Tr (°C)	-0,074	0,045	-1,636	0,103	-0,164	0,015
Hb fetal (g/dl)	0,064	0,032	1,989	0,048	0,001	0,127

FC: frecuencia cardiaca; Hb: hemoglobina; Tr: temperatura rectal.

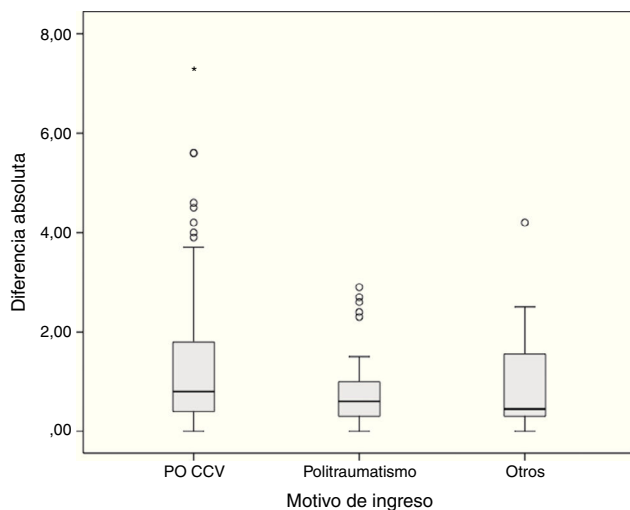


Figura 3 Diagrama de cajas que muestra las diferencias absolutas entre los métodos de medición de la concentración de hemoglobina en función del motivo de ingreso. PO CCV: postoperatorio de cirugía cardiovascular.

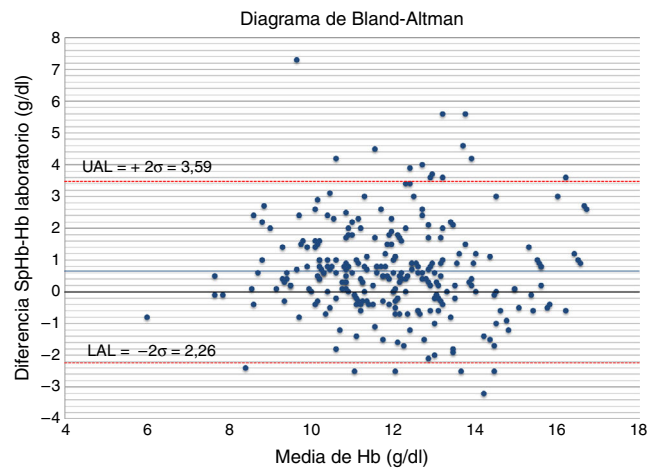


Figura 4 Diagrama de Bland-Altman. La línea azul continua representa la diferencia de medias entre ambos métodos. Las líneas rojas discontinuas indican los valores de los límites superior (UAL) e inferior (LAL) de concordancia.

conservando las variables que resultan significativas y las que aumentan la validez del modelo, que queda reflejado en la [tabla 2](#). Según este modelo, a menor cifra de Hb, mayor FC y mayor cifra de Hb fetal; la diferencia entre ambos métodos de medición aumenta de forma estadísticamente significativa.

Se realizó un análisis de regresión logística multivariante ([tabla 3](#)) para determinar las variables que pudieran estar asociadas a un mayor riesgo de ofrecer baja señal en el monitor y, por tanto, menor correlación entre el valor real y el mostrado por el dispositivo Radical7, encontrando que a menor IP y temperatura rectal, mayor el riesgo de

obtener baja calidad de la señal (OR 0,531 [IC 95%: 0,32-0,88] y 0,529 [IC 95%: 0,33-0,85], respectivamente).

Discusión

El presente estudio demuestra que el grado de concordancia entre la SpHb y el valor de hemoglobina obtenido mediante el analizador central en pacientes ingresados en UCIP con riesgo de sangrado es bueno y acorde con las especificaciones técnicas del fabricante. Sin embargo, hemos encontrado unos límites de concordancia amplios. Existen pocos estudios pediátricos que analicen la exactitud y la concordancia de este innovador método de medición transcutánea, y la mayor parte de ellos han sido realizados en

Tabla 3 Regresión logística multivariante. Variable dependiente: baja calidad de la señal

	p	β	OR	IC 95% para OR	
				Inferior	Superior
Edad (meses)	0,388	0,005	1,005	0,944	1,016
SpO ₂	0,105	-0,058	0,943	0,879	1,012
FC (lpm)	0,101	0,019	1,019	0,996	1,043
Hb laboratorio (g/dl)	0,412	-0,091	0,913	0,734	1,135
IP	0,015	-0,632	0,531	0,320	0,884
Tr (°C)	0,009	-0,637	0,529	0,327	0,855

FC: frecuencia cardiaca; Hb: hemoglobina; IP: índice de perfusión; OR: odds ratio; Tr: temperatura rectal.

Chi cuadrado de la prueba de Hosmer-Lemeshow = 7,37 para 8 grados de libertad (p = 0,497).

AIC = 160,15.

pacientes hemodinámicamente estables o con bajo riesgo de sangrado¹²⁻¹⁴. La mayoría de los trabajos publicados corresponden a pacientes adultos^{5,16,17}, en quienes la tecnología basada en el análisis de absorción de múltiples longitudes de onda obtiene mejores resultados probablemente por las características de la zona de exploración, la menor frecuencia cardiaca y el mayor volumen sistólico respecto a los niños.

Phillips et al.¹⁸ publicaron recientemente los resultados de un estudio prospectivo, similar al presente trabajo, realizado en niños ingresados en UCIP en el que encuentran una media de diferencias entre ambos métodos inferior a la de nuestra serie (0,07 g/dl); sin embargo, los límites de concordancia son más amplios que los hallados en el presente trabajo (-5,11 a +5,25 g/dl) y el coeficiente de correlación de Pearson fue asimismo menor (r=0,55). Esta diferencia puede deberse parcialmente al menor tamaño muestral (53 pacientes, 83 mediciones), dado que, por otra parte, comunican un porcentaje similar al nuestro de diferencias ≤ 1 g/dl (67% frente a 61% en nuestra serie).

Entre los factores que pueden afectar a la precisión de la monitorización transcutánea encontramos que la concentración total de Hb, la FC y la concentración de Hb fetal aumentan la diferencia respecto a la determinación por laboratorio. Por otro lado, la menor temperatura y valores inferiores de IP hacen más probable la obtención de baja calidad de la señal del Radical7. En la ficha técnica del fabricante se describen las hemoglobinopatías como causa potencial de errores en la lectura de la concentración de hemoglobina¹¹, lo cual puede explicar la influencia de la Hb fetal en la diferencia respecto al valor de laboratorio central. Aunque la anemia no es específicamente mencionada, otros autores también han encontrado peor correlación ante valores extremos de Hb^{18,19}. La mayor parte de estudios pediátricos publicados hasta la fecha están realizados en pacientes sanos o estables hemodinámicamente, por lo que el efecto de bajos valores de Hb, FC elevadas o la hipoperfusión periférica no ha sido estudiado en profundidad^{12,13,20,21}.

La proporción de casos en los que no se obtuvo medición pese a al menos 3 intentos (5,2%) es similar a la encontrada en la literatura^{22,23}, donde se comunican porcentajes que oscilan entre el 2,6 y el 12,3%. Es posible que la no obtención de medidas de la SpHb sea debida a errores técnicos, puesto que, a pesar de la formación de todo el personal de

UCIP en la correcta colocación de los sensores y utilización del dispositivo, no hubo un único facultativo responsable de todas las mediciones. Pese a ello, en nuestra opinión los resultados del presente estudio reflejan mejor la utilidad de este dispositivo en la práctica clínica diaria.

El grado de concordancia entre la SpHb y la concentración de Hb del analizador central demuestra la utilidad clínica de este dispositivo, aunque su papel exacto no está bien definido. Dos recientes metaanálisis, basados mayormente en estudios realizados en pacientes adultos, comunican que esta tecnología no muestra suficiente precisión como para ser utilizada como único indicador de transfusión^{24,25}. Sin embargo, en los estudios que evalúan este método en pacientes quirúrgicos, este dispositivo parece ser de utilidad para monitorizar la tendencia de los valores de Hb, optimizar el momento para realizar análisis sanguíneos y evitar así venopunciones innecesarias^{12,13,15}. A este respecto, sería interesante contar con estudios de coste-efectividad para valorar desde este punto de vista la utilidad de este método no invasivo.

Conclusiones

La estimación de la concentración de Hb por cooximetría no invasiva presenta buena correlación global con la obtenida por el laboratorio central, aunque los límites de concordancia son amplios. La ventaja fundamental en nuestro medio es la posibilidad de monitorización continua y no invasiva de la tendencia en pacientes con riesgo de sangrado. La fiabilidad de este método es limitada en casos de mala perfusión periférica.

Financiación

El presente trabajo no ha recibido ningún tipo de financiación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

Los autores del presente estudio agradecen la colaboración del equipo de enfermería y médicos de la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos, sin quienes este trabajo no podría haberse desarrollado.

Bibliografía

- Bateman ST, Lacroix J, Boven K, Forbes P, Barton R, Thomas NJ, et al. Anemia, blood loss, and blood transfusions in North American children in the intensive care unit. *Am J Respir Crit Care Med.* 2008;178:26–33.
- Andrews T, Waterman H, Hillier V. Blood gas analysis: A study of blood loss in intensive care. *J Advance Nurs.* 1999;30:851–7.
- Vincent JL, Baron JF, Reinhart K, Gattinoni L, Thijs L, Webb A, et al. Anemia and blood transfusion in critically ill patients. *JAMA.* 2002;288:1499–507.
- Valentine SL, Bateman ST. Identifying factors to minimize phlebotomy-induced blood loss in the pediatric intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med.* 2012;13:22–7.
- Seguin P, Kleiber A, Chanavaz C, Morcet J, Mallédant Y. Determination of capillary hemoglobin levels using the HemoCue system in intensive care patients. *J Crit Care.* 2011;26:423–7.
- Van de Louw A, Lasserre N, Drouhin F, Thierry S, Lecuyer L, Caen D, et al. Reliability of HemoCue in patients with gastrointestinal bleeding. *Intensive Care Med.* 2007;33:355–8.
- Bond MM, Richards-Kortum RR. Drop-to-drop variation in the cellular components of fingerprick blood. *Am J Clin Pathol.* 2015;144:885–94.
- Mimoz O, Frasca D, Médard A, Soubiron L, Debaene B, Dahyot-Fizelier C. Reliability of the Hemo-Cue® hemoglobinometer in critically ill patients: A prospective observational study. *Minerva Anesthesiol.* 2011;77:979–85.
- Adam I, Ahmed S, Mahmoud MH, Yassin MI. Comparison of HemoCue® hemoglobin-meter and automated hematology analyzer in measurement of hemoglobin levels in pregnant women at Khartoum hospital, Sudan. *Diagn Pathol.* 2012;7:30–5.
- Hiscock R, Kumar D, Simmons SW. Systematic review and meta-analysis of method comparison studies of Masimo pulse co-oximeters (Radical-7™ or Pronto-7™) and HemoCue® absorption spectrometers (B-Hemoglobin or 201+) with laboratory haemoglobin estimation. *Anaesth Intensive Care.* 2015;43:341–50.
- Radical7®. Operator's manual. USA: Masimo Corporation; 2012. p. 1–3.
- Park YH, Lee JH, Song HG, Byon HJ, Kim HS, Kim JT. The accuracy of noninvasive hemoglobin monitoring using the Radical-7 Pulse CO-oximeter in children undergoing neurosurgery. *Anesth Analg.* 2012;115:1302–7.
- Patino F, Schultz L, Hossain M, Moeller J, Mahmoud M, Gunter J, et al. Trending and accuracy of noninvasive hemoglobin monitoring in pediatric perioperative patients. *Anesth Analg.* 2014;119:920–5.
- Dewhurst E, Naguib A, Winch P, Rice J, Galantowicz M, McConnell P, et al. Accuracy of noninvasive and continuous hemoglobin measurement by pulse co-oximetry during preoperative phlebotomy. *J Intensive Care Med.* 2014;29:238–42.
- Berkow L, Rotolo S, Mirski E. Continuous noninvasive hemoglobin monitoring during complex spine surgery. *Anesth Analg.* 2011;113:1396–402.
- Moore LJ, Wade CE, Vincent L, Podbielski J, Camp E, del Junco D, et al. Evaluation of noninvasive hemoglobin monitoring in trauma patients. *Am J Surg.* 2013;206:1041–7.
- Frasca D, Dahyot-Fizelier C, Catherine K, Levrat Q, Debaene B, Mimoz O. Accuracy of a continuous noninvasive hemoglobin monitor in intensive care unit patients. *Crit Care Med.* 2011;39:2277–82.
- Phillips MR, Khoury AL, Bortsov AV, Marzinsky A, Short KA, Cairns BA, et al. A noninvasive hemoglobin monitor in the pediatric intensive care unit. *J Surg Res.* 2015;195:257–62.
- Jung Y, Lee J, Kim H, Shin S, Sohn J, Kim E, et al. The efficiency of noninvasive hemoglobin measurement by pulse co-oximetry in neonates. *Pediatr Crit Care Med.* 2013;14:70–3.
- Amano I, Murakami A. Use of non-invasive total hemoglobin measurement as a screening tool for anaemia in children. *Pediatr Int.* 2013;55:803–5.
- Wittenmeier E, Bellosevich S, Mauff S, Schmidtman I, Eli M, Pestel G, et al. Comparison of the gold standard of hemoglobin measurement with the clinical standard (BGA) and noninvasive hemoglobin measurement (SpHb) in small children: A prospective diagnostic observational study. *Paediatr Anaesth.* 2015;25:1046–53.
- Raikhel M. Accuracy of noninvasive and invasive point-of-care total blood hemoglobin measurement in a outpatient setting. *Postgrad Med.* 2012:124–250.
- Joseph B, Aziz H, Pandit V, Kulvatunyou N, Wynne J, Tang A, et al. Evaluation of the noninvasive spot check for hemoglobin in the trauma intensive care unit. *Crit Care Med.* 2012;40:231.
- Rice MJ, Gravestien N, Morey TE. Noninvasive hemoglobin monitoring: How accurate is enough? *Anesth Analg.* 2013;117:902.
- Kim SH, Lilot M, Murphy L, Sidhu KS, Yu Z, Rinehart J, et al. Accuracy of continuous noninvasive haemoglobin monitoring: A systematic review and meta-analysis. *Anesth Analg.* 2014;119:332–46.