



PERINATOLOGÍA Y REPRODUCCIÓN HUMANA

www.elsevier.es/rprh



REVISIÓN

Índice de perfusión periférica en la UCI neonatal: una respuesta a la monitorización no invasiva del recién nacido crítico



I. De La Peña Sanabria^{a,*}, M. Ochoa Martelo^b, H. Baquero Latorre^c y J. Acosta-Reyes^d

^a *Pediatría, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia*

^b *Universidad Rafael Núñez, Cartagena, Colombia*

^c *Neonatología, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia*

^d *Departamento de Salud Pública, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia*

Recibido el 27 de noviembre de 2016; aceptado el 16 de octubre de 2017

Disponible en Internet el 21 de noviembre de 2017

PALABRAS CLAVE

Oximetría;
Índice de perfusión;
Neonatos;
Hemodinamia;
Monitorización no
invasiva

Resumen La necesidad de abordar y monitorear a los pacientes de forma mínimamente invasiva pero de manera más exacta reduciendo así el número de complicaciones, es lo que permitió desarrollar a través de los años el concepto de índice de perfusión. El índice de perfusión refleja el tono vasomotor periférico, gracias a la relación de las ondas pulsátiles y no pulsátiles medidas a través de un oxímetro de pulso. El recién nacido, particularmente el pretérmino, goza de una serie de características que lo hacen más vulnerable ante ciertas situaciones clínicas, del mismo modo, la respuesta fisiológica difiere de la de otros grupos poblacionales. De ahí el principal interés en esta nueva herramienta, la cual ayudaría a entender la compleja fisiología cardiovascular neonatal y de esta forma interpretar mejor su respuesta, realizando intervenciones oportunas. El siguiente artículo desarrolla la historia y las bases fisiológicas que ayudaron a desarrollar el índice de perfusión, además describe los estudios más recientes en la población neonatal.

© 2017 Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes. Publicado por Masson Doyma México S.A. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

KEYWORDS

Oximetry;
Perfusion index;
Neonates;
Haemodynamics;
Non-invasive
monitoring

Peripheral perfusion index in the neonatal ICU: A response to non-invasive monitoring of the critical newborn

Abstract The need to address and monitor patients minimally invasively, but more accurately, and thereby reducing the number of complications, has led to developing the concept of perfusion index over the years. The perfusion index reflects the peripheral vasomotor tone, due to the relationship of pulsatile and non-pulsatile waves through a pulse oximeter. The newborn, especially pre-term, have a number of features that make them more vulnerable to certain

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: Delapenai@uninorte.edu.co (I. De La Peña Sanabria).

clinical situations, as such that the physiological response differs from that of other population groups. Hence, the main interest in this new tool, which would help in the understanding of the complex neonatal cardiovascular physiology and thus better interpret their response in order to make timely interventions. The following article presents the history and physiological basis that helped develop the perfusion index, as well as describing the most recent studies in the neonatal population.

© 2017 Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes. Published by Masson Doyma México S.A. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

La necesidad de abordar y monitorear a los pacientes de forma mínimamente invasiva pero de manera más exacta, reduciendo así el número de complicaciones es lo que permitió desarrollar a través de los años el concepto de índice de perfusión. Este es uno de los parámetros más utilizados en el análisis de flujo vascular, el cual evalúa la relación entre el funcionamiento cardíaco y la resistencia vascular periférica; en otras palabras, valora la fuerza pulsátil en un sitio específico de control y por lo tanto es una medida indirecta y no invasiva de perfusión periférica¹.

El trasfondo teórico para la evaluación no invasiva de la oxigenación de la sangre se estableció desde el año 1900 cuando se observó que los cambios espectrales de absorción de luz in vivo se relacionan con la perfusión tisular². Entre los años 1930 y 1940, fisiólogos alemanes, ingleses, y estadounidenses elaboraron oxímetros de oído con la luz roja e infrarroja. En 1942, se acuñó la palabra «oxímetro» para un dispositivo auditivo portátil que leía la absorción de energía en los espectros de luz roja e infrarroja. Sin embargo, los primeros oxímetros creados solo se basaban en la compresión y reperusión del lugar de medición o en vasodilatación capilar a través de la calefacción dando como resultado medidas inexactas y poco aplicables en la práctica clínica². El año 1974 fue en el que surgió el gran avance para la utilidad de los pulsioxímetros que hoy en día conocemos y empleamos, gracias al ingeniero eléctrico japonés Aoyagi, quien descubrió que los cambios pulsátiles podrían utilizarse para calcular la saturación en relación con las proporciones de los cambios de pulso en la luz roja e infrarroja y al equilibrarlos, hacer las medidas de la saturación de oxígeno. Sus ideas y ecuaciones condujeron al desarrollo y a la venta del primer oxímetro de pulso en el año 1975 por los ingenieros de la *Minolta Corporation* quienes descubrieron que la saturación de la hemoglobina podía medirse analizando la absorción pulsátil de la luz².

Desarrollos tecnológicos posteriores permitieron que desde los años 80 se elaboraran los pulsioxímetros que hoy en día conocemos y utilizamos de forma rutinaria. Más allá de la saturación de oxígeno, hoy en día los pulsioxímetros brindan una información crucial en la monitorización de cualquier paciente como es la frecuencia cardíaca, sin embargo, el desarrollo tecnológico actual nos ha brindado mayor información con respecto a variables hemodinámicas la cual puede ser utilizada por clínicos en la monitorización continua y segura de los pacientes.

Gracias al Dr. William New, anestesiólogo de la Universidad de Stanford, quien se encargó de desarrollar y comercializar el modelo Nellcor N100, se obtuvo por primera vez una utilidad clínica agregada al oxímetro de pulso en las salas de cirugía, evaluando la perfusión periférica de los pacientes. Fue de esta forma como inició el uso de la fotoplestimografía por impedanciometría como una opción viable para la monitorización no invasiva del estado hemodinámico en los pacientes críticos^{3,4}. Tal fue el interés que generó el desarrollo de esta intervención y el aumento en el número de estudios, que permitió que esta técnica fuese acogida por anestesiólogos y médicos de cuidado crítico adulto para emplearla en sus pacientes. Sin embargo, hasta ese momento, se habían realizado pocos estudios en la población pediátrica o neonatal. Siendo una técnica innovadora, mínimamente invasiva, de fácil acceso y con resultados prometedores, hubo una gran acogida por parte de los investigadores para determinar su utilidad en esta población, de especial interés en la etapa neonatal.

Es por eso que desde el año 2000, el avance tecnológico y el desarrollo de los pulsioxímetros ha permitido de forma más fiable y segura calcular el índice de perfusión (PI)⁴. Este se obtiene a partir de la relación entre la señal pulsátil de luz absorbida, dada por el flujo de entrada arterial pulsante y la señal no pulsátil. Gracias a esto, se han desarrollado múltiples investigaciones que han evidenciado cómo el índice de perfusión en comparación con otras formas no invasivas de monitorización continua han mostrado resultados significativos⁵.

Principios fisiológicos

Pulsioximetría e índice de perfusión

El desarrollo de la oximetría de pulso es, indiscutiblemente, el avance más importante en la vigilancia clínica en las últimas 3 décadas. Los oxímetros de pulso, que computan saturaciones de oxígeno en la sangre (SpO₂) usando fotoplestimografía con al menos 2 longitudes de onda de luz diferentes, muestran también la tendencia (fotoplestisograma o PPG) para ayudar a los médicos a distinguir entre mediciones fiables de SpO₂ y las mediciones no fiables¹. Sin embargo, los recientes avances en el procesamiento de señales digitales y el creciente interés en la investigación de la PPG han motivado a los investigadores a buscar una aplicabilidad clínica distinta. Para cumplir este objetivo se hace

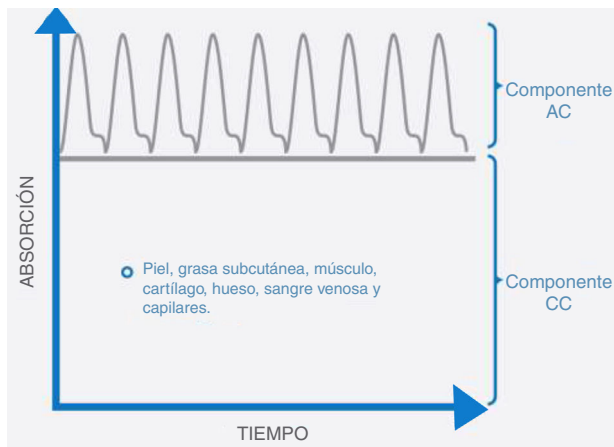


Figura 1 Se observa la relación entre la absorción de los diferentes tejidos de las ondas de luz roja e infrarroja en un tiempo determinado. Donde el componente CC o no pulsátil se mantiene constante durante todo el intervalo de tiempo y el componente AC o pulsátil varía según las ondas de pulso generadas por la sangre arterial al pasar por dicho tejido en este intervalo, la cual puede variar según la hemodinámica del paciente. Tomada de Sahni¹.

necesario entender las bases fisiológicas que han llevado al desarrollo actual de esta tecnología. Lo cual se describe a continuación¹.

Fotoplestimografía

La fotoplestimografía es una técnica óptica no invasiva que determina el seguimiento de las pulsaciones asociadas con los cambios en el volumen sanguíneo. La luz emitida a través de un transductor atraviesa los tejidos para ser posteriormente recibida por un fotodetector, el cual mide las variaciones que se supone están relacionadas con los cambios de volumen. Estas variaciones se amplifican y se registran como una señal, la cual se divide en 2 componentes (fig. 1):

1. Componente pulsátil o corriente alterna (AC) correspondiente al pulso o volumen de sangre arterial asociada directamente al rendimiento cardiaco.
2. Componente no pulsátil o corriente continua (CC), que corresponde a la tensión constante emitida en un punto específico. Su magnitud está determinada por la naturaleza del material a través del cual pasa la luz (piel, grasa subcutánea, músculos, cartílagos, huesos y sangre capilar y venosa).

Otro componente importante en el funcionamiento de los oxímetros de pulso se relaciona con la oxihemoglobina (O₂Hb) y hemoglobina reducida (Hb) en una onda pulsátil durante determinado intervalo de tiempo, las cuales tienen diferentes espectros de absorción. Actualmente los oxímetros disponibles utilizan sensores ubicados alrededor de una mano o pie con dos diodos emisores de luz que emiten luz roja e infrarroja, en longitudes de onda de 660 y 940 nm respectivamente (fig. 2). La luz es detectada en el otro lado usando un fotodiodo. Estas dos longitudes de onda se

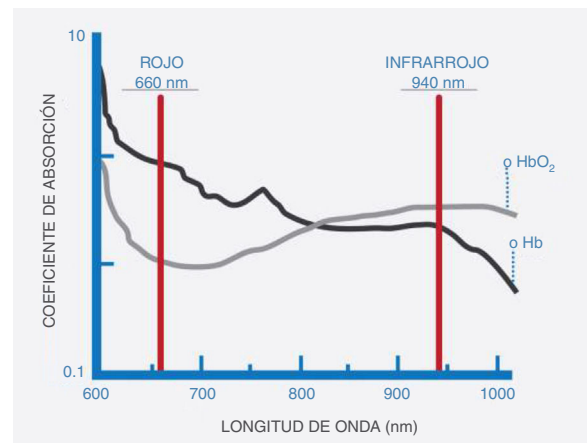


Figura 2 Relación entre la luz roja e infrarroja con respecto a la absorción por la hemoglobina saturada y desaturada. Tomada de Sahni¹.

utilizan porque O₂Hb y Hb tienen espectros de absorción diferente en estas longitudes de onda particulares. La luz roja, es mejor absorbida por O₂Hb que por la Hb, mientras ocurre lo contrario con la luz infrarroja. Por lo tanto, cualquier cambio en la absorción de la luz se debe atribuir a las variaciones del volumen de sangre arterial en relación con el ciclo cardiaco.

Esta teoría se encuentra basada en la ley de Beer Lambert de absorción de luz. La cual, conceptualmente nos ayuda para distinguir la forma de onda del oxímetro de pulso como una medida de cambio en el volumen de sanguíneo (más específicamente longitud de la trayectoria), durante un ciclo cardiaco, en la región que está siendo estudiada^{1,6}. El consenso general es que la forma de onda PPG viene desde el sitio de máxima pulsación dentro de los vasos arteriales donde la energía pulsátil se convierte en un flujo suave justo antes del nivel de los capilares. Para que la medida sea adecuada, el dispositivo debe ser ubicado de tal manera que el emisor y el detector estén exactamente uno frente al otro con 5 a 10 mm de tejido entre ellos.

Un microprocesador (del cual depende el rendimiento de cada dispositivo) resta la absorción por la piel, grasa subcutánea, músculos, cartílagos, huesos y sangre capilar y venosa (CC), comparándola con la luz absorbida por los componentes pulsátiles haciendo así una señal final altamente procesada y filtrada, que se muestra electrónicamente como una forma de onda pletismográfica¹. La SpO₂ representa las mediciones obtenidas durante los últimos 3 a 6 segundos, mientras que los datos se actualizan cada 0.5 a 1.0 segundos. De las 2 longitudes de onda medidas por el oxímetro de pulso, tradicionalmente solo se muestra la señal de infrarrojos, ya que es más estable en el tiempo y es menos susceptible a los cambios en la saturación de oxígeno¹.

Morfología y análisis de la onda fotoplestismográfica:

La forma de onda PPG es una señal muy compleja que contiene una gran cantidad de información cuando se analiza su forma y altura, pues es una representación del estado hemodinámico del paciente. La PPG mide los cambios en el volumen de sanguíneo en el lugar de medición^{1,6}. Cuanto mayor sea el volumen de sangre (vasodilatación), más luz es absorbida, y la corriente resultante generada por el

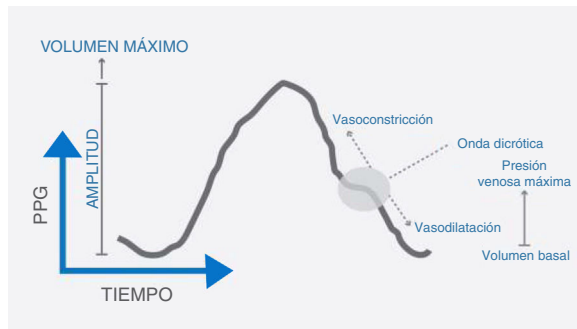


Figura 3 Forma de la onda fotopletismográfica y sus diferentes componentes relacionados con la fisiología cardiovascular del paciente.

Tomada de Sahni¹.

fotodetector es menor. Así, durante la sístole, la cantidad de luz transmitida a través del sitio es menor que durante la diástole, lo cual da una imagen en espejo de las ondas de presión sanguínea arterial. Sin embargo, para que sea más fácil su interpretación los dispositivos invierten la imagen en la pantalla¹. Otro de los ejemplos que se pueden describir con respecto a la PPG, es la muesca dicrotica (fig. 3) la cual representa el cierre de la válvula aórtica al final de la sístole, causando así un aumento momentáneo en el volumen de sangre arterial; la amplitud de la PPG varía con la potencia de la carga ventricular y el tono vasomotor. Todos estos cambios pueden ser utilizados para determinar el estado hemodinámico del paciente en cualquier punto de tiempo.

Los avances en la oximetría de pulso se centran en el análisis morfológico de la forma de onda PPG que han definido nuevas variables como el PI y el índice de variabilidad pletismográfica que son capaces de evaluar el estado hemodinámico.

Índice de perfusión

El PI es una evaluación de la fuerza pulsátil en un sitio específico de control (por ejemplo, la mano, el dedo o el pie), y como tal es una medida indirecta y no invasiva de la perfusión periférica. Se calcula mediante la relación del componente AC y el componente CC de la señal PPG¹:

$$\text{PI: } (\text{AC/DC}) \times 100\%$$

En términos generales, PI refleja el tono vasomotor periférico. Un bajo PI sugiere vasoconstricción periférica (o hipovolemia grave) y PI alto sugiere vasodilatación. El valor de PI varía según el área de monitorización y según las condiciones fisiológicas y patológicas que acompañen al paciente. En la pantalla PI varía de 0.02% (muy débil fuerza del pulso) a 20% (muy fuerte fuerza del pulso). La tecnología de extracción de señal Masimo (Masimo Corporation, Irvine, CA) utiliza 5 algoritmos de procesamiento de señal para entregar la sensibilidad de alta precisión y especificidad en la medición continua del parámetro de PI^{1,4}. La tendencia PI es fundamental ya que puede revelar cambios sutiles en la perfusión que se pierden en pantallas estáticas. Estos cambios proporcionan retroalimentación inmediata sobre el estado de la perfusión y /

o eficacia de las intervenciones terapéuticas, guiando así la gestión clínica¹.

El reconocimiento temprano del deterioro cardiocirculatorio es importante para evitar la hipoxia tisular que en última instancia podría conducir a una insuficiencia multiorgánica. Dentro de los signos de shock se identifican el gradiente de temperatura, palidez cutánea, piel moteada, llenado capilar prolongado, entre otras variables, incluyendo medidas objetivas como la alteración de frecuencia cardíaca y tensión arterial. Todos estos signos describen de forma indirecta la perfusión de los órganos periféricos, por lo tanto se han utilizado para identificar la perfusión inadecuada en pacientes críticamente enfermos. Otras medidas más objetivas, algunas veces invasivas y fiables, son utilizadas también en el contexto hospitalario. Sin embargo, la necesidad de un reconocimiento precoz, objetivo y continuo que permita tomar decisiones más rápidas le ha brindado un valor añadido al PI.

El índice de perfusión periférico: utilidad clínica en la práctica neonatal

Gracias a la disponibilidad cada vez mayor que tenemos del oxímetro de pulso, desde urgencias, salas de cirugía y unidades de cuidados intensivos, el IP se ha establecido como una nueva herramienta de monitorización clínica mínimamente invasiva y de fácil acceso.

El IP se estudió inicialmente en adultos, obteniendo resultados prometedores en pacientes críticamente enfermos y en salas de cirugía^{7,8}. Los buenos resultados iniciales, proporcionaron un punto de partida para iniciar el estudio en otras poblaciones incluyendo la neonatal. El recién nacido, particularmente el pretérmino, goza de una serie de características que lo hacen más vulnerable ante ciertas situaciones clínicas, del mismo modo, la respuesta fisiológica difiere de la de otros grupos poblacionales. De ahí el principal interés en esta nueva herramienta, la cual ayudaría a entender la compleja fisiología cardiovascular neonatal y de esta forma interpretar mejor su respuesta tomando medidas oportunas.

El valor promedio establecido del IP en varios estudios es de 0.7 (0.29-1.35), para recién nacidos pretérmino⁹, diferente de pacientes a término. En general los valores del índice de perfusión parecen llegar a un estado de equilibrio en el quinto día de vida después de la maduración fisiológica⁹. Esta condición podría ser debida a la maduración del sistema nervioso simpático, que desempeña un papel en la regulación de la perfusión periférica en recién nacidos prematuros. Se han reportado valores de PI de 0.9, 1.2 y 1.3 en los días 1, 3 y 7 de vida respectivamente en prematuros. Otros estudios muestran valores de PI significativamente más bajos (0.86 ± 0.26 vs. 2.02 ± 0.7) en neonatos a término con mala perfusión periférica. Varios autores han evidenciado que estos datos pueden cambiar debido a factores regionales y raciales, e incluso, podrían estabilizarse días previos o mantenerse iguales desde el primer día de vida (no diferencia significativa en la mediana de los valores al primer segundo y hasta el quinto día del IP)⁹⁻¹¹. La divergencia entre los valores reportados ha generado, que a pesar de sus beneficios, en la actualidad no se cuenta con parámetros (o valores de referencia) universalmente

establecidos que nos permitan utilizar esta valiosa herramienta en la práctica clínica diaria, y la principal razón es la falta de estudios con mayor peso estadístico.

Una de las primeras investigaciones, que además cuenta con un gran número de pacientes, reportó valores de referencia longitudinales de PI durante las primeras 72 h de vida en recién nacidos prematuros¹². Dentro de los resultados destacados se encuentran: reporte bajo de IP en las primeras 12-18 h de vida, relacionado con otras medidas de perfusión. Los autores lo atribuyen a cambios fisiológicos en la transición hemodinámica del recién nacido, el cual somete un ventrículo izquierdo inmaduro, a vencer una poscarga mayor, gracias al aumento en la resistencia vascular sistémica. En donde además, cambios relacionados con el pinzamiento del cordón umbilical marcan cambios fisiopatológicos importantes. Sin embargo otros estudios muestran tiempos de estabilización mucho más cortos, entre 3 y 5 min¹³. Estas diferencias se pueden deber a la edad gestacional del paciente, pretérmino vs. a término respectivamente, entre otras condiciones inherentes al prematuro que pueden asociarse a diferentes patologías. Estos puntos de discrepancia dejan claro que se necesitan estudios más amplios que nos ayuden a determinar valores fisiológicos y pautas de alerta durante la monitorización.

La medición de PI es independiente de otras variables fisiológicas tales como la variabilidad de la frecuencia cardíaca, saturación arterial de oxígeno, o consumo de oxígeno^{1,4,5}. Los cambios en PI pueden ocurrir como resultado de la vasoconstricción local (disminución de la PI) o vasodilatación (aumento de la PI) en el sitio de monitorización, la temperatura del lugar de medición, drogas vasoactivas exógenas, el tono del sistema nervioso simpático (dolor, ansiedad), el volumen sistólico e incluso cambios como movimientos de las extremidades¹. También puede ser influenciado por el ritmo circadiano, la alimentación, los tratamientos intravenosos y la ictericia⁹. Se ha descrito cómo la posición prona se asoció con un PI más alto que la posición supina⁷. Sin embargo otros estudios evaluaron la perfusión periférica después de la alimentación en la posición supina, mientras que todos los niños estaban despiertos, sin encontrar datos significativos⁹. Por esta misma razón muchos autores concluyen que la tendencia del índice de perfusión, más que valores puntuales aislados serían de mayor aplicabilidad clínica y reflejarían de forma más sensible el estado hemodinámico del paciente^{9,12}.

Dentro de las consideraciones fisiológicas y patológicas propias del recién nacido a tener en cuenta están las mediciones obtenidas pre- y posductal, las cuales han mostrado variabilidad¹⁴. El valor preductal era considerablemente mayor (hasta en un 50% en algunos casos) con respecto a los miembros inferiores. Este hallazgo es importante por varias razones, en primer lugar, en el entorno clínico, la posición del transductor de la saturación de oxígeno se mueve con frecuencia, especialmente en los neonatos más inmaduros para preservar la integridad de la piel. Si el PI se utiliza como un marcador indirecto de la perfusión, una reducción en el PI después de la aplicación a otra extremidad podría interpretarse como una reducción en el flujo¹⁴. Este hallazgo al parecer es constante en los primeros días de vida independiente de la presencia o no de ductus persistente hemodinámicamente significativo. En otros estudios, sin embargo, no encontraron diferencias entre las mediciones

de las extremidades superiores e inferiores, sin embargo, este estudio fue realizado en recién nacidos a término^{10,14}. La discrepancia incrementa si el recién nacido presenta ductus arterioso persistente hemodinámicamente significativo. Muchos estudios han concluido que el descenso de IP posductal en relación con el preductal tiene una relación directa con el diagnóstico de esta patología, lo cual se relaciona con la fisiopatología de la disminución de la circulación efectiva periférica secundario al robo sanguíneo a través del ductus. Cuando se controlan los sitios preductal y posductales para la perfusión, la diferencia entre ambos podría dar un indicio clínico del diagnóstico, muy importante en sitios donde el ecocardiograma no se encuentra disponible. Se han reportado diferencias con un punto de corte de 0.85% de diferencia con buena especificidad y valores predictivos con una razonable sensibilidad.

Conclusión

Los estudios que hasta el momento han evaluado la efectividad clínica del PI han dado aportes importantes con respecto a su aplicabilidad clínica, tal es el caso, su asociación con el diagnóstico de cardiopatías congénitas e incluso sepsis temprana en neonatos con factores de riesgo. Sin embargo la conclusión común es la falta de más estudios con mayor peso estadístico y un mayor número de pacientes para determinarlo como una medida universal a partir de la cual tomar referencias. En la actualidad, nuestro grupo se encuentra desarrollando un estudio que pretende determinar los valores de PI periférica en los recién nacidos pretérmino durante las primeras 72 h, lo cual ayude a marcar valores de referencia. El hecho de que el PI haya sido una medida altamente reproducible cuando se evaluó en un solo miembro en los bebés muy prematuros en los primeros días de vida brinda mayor confianza al momento de su aplicación¹⁴. Por este y los demás beneficios descritos, el conocimiento y divulgación de esta medida como herramienta de monitorización crítica se hace fundamental para la práctica clínica del pediatra, intensivistas y neonatólogos de hoy.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Sahni R. Noninvasive monitoring by photoplethysmography. *Clin Perinatol.* 2012;39:573–83.
2. Polin RA, Bateman DA, Sahni R. Pulse oximetry in very low birth weight infants. *Clin Perinatol.* 2014;41:1017–32.
3. Partridge BL. Use of pulse oximetry as a noninvasive indicator of intravascular volume status. *J Clin Monit.* 1987;3:263–8.
4. Goldman JM, Petterson MT, Kopotic RJ, Barker SJ. Masimo signal extraction pulse oximetry. *J Clin Monit Comput.* 2000;16:475–83.
5. Zaramella P, Freato F, Quaresima V, Ferrari M, Vianello A, Giongo D, et al. Foot pulse oximeter perfusion index correlates with calf muscle perfusion measured by near-infrared spectroscopy in healthy neonates. *J Perinatol.* 2005;25:417–22.
6. Weindling M, Paize F. Peripheral haemodynamics in newborns: best practice guidelines. *Early Hum Dev.* 2010;86:159–65.

7. Lima AP, Beelen P, Bakker J. Use of a peripheral perfusion index derived from the pulse oximetry signal as a noninvasive indicator of perfusion. *Crit Care Med.* 2002;30:1210–3.
8. Klodell CT, Lobato EB, Willert JL, Gravenstein N. Oximetry-derived perfusion index for intraoperative identification of successful thoracic sympathectomy. *Ann Thorac Surg.* 2005;80:467–70.
9. Hakan N, Dilli D, Zenciroglu A, Aydin M, Okumus N. Reference values of perfusion indices in hemodynamically stable newborns during the early neonatal period. *Eur J Pediatr.* 2014;173:597–602.
10. Cresi F, Pelle E, Calabrese R, Costa L, Farinasso D, Silvestro L. Perfusion index variations in clinically and hemodynamically stable preterm newborns in the first week of life. *Ital J Pediatr.* 2010;36:6.
11. De Felice C, Leoni L, Tommasini E, Tonni G, Toti P, del Vecchio A, et al. Maternal pulse oximetry perfusion index as a predictor of early adverse respiratory neonatal outcome after elective cesarean delivery. *Pediatr Crit Care Med.* 2008;9:203–8.
12. Alderliesten T, Lemmers PM, Baerts W, Groenendaal F, van Bel F. Perfusion index in preterm infants during the first 3 days of life: Reference values and relation with clinical variables. *Neonatology.* 2015;107:258–65.
13. Kroese JK, van Vonderen JJ, Narayan IC, Walther FJ, Hooper S, te Pas AB. The perfusion index of healthy term infants during transition at birth. *Eur J Pediatr.* 2016;175:475–9.
14. Kinoshita M, Hawkes CP, Ryan CA, Dempsey EM. Perfusion index in the very preterm infant. *Acta Paediatr.* 2013;102:e398–401.