



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

SECRETARÍA DE SALUD  
HOSPITAL DE LA MUJER

ÍNDICE DE PERFUSIÓN PERIFÉRICA EN RECIÉN NACIDOS SANOS DEL  
HOSPITAL DE LA MUJER

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE  
ESPECIALISTA EN NEONATOLOGÍA

PRESENTA:

ROSELIA CUEVAS MARTINEZ

ASESORA

DRA VERONICA SANTIAGO VÁZQUEZ

CIUDAD DE MEXICO, 2021



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



---

DR MANUEL CASILLAS BARRERA  
DIRECTOR DEL HOSPITAL DE LA MUJER

---

DR. MAURICIO PICHARDO CUEVAS  
JEFE DE DIVISIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN

---

DR. ROBERTO ARIZMENDI VILLANUEVA  
PROFESOR TITULAR DE LA ESPECIALIDAD DE NEONATOLOGÍA

---

DRA VERONICA SANTIAGO VAZQUEZ  
ASESORA DE TESIS

**DEDICATORIA:**

A Dios por darme la fuerza necesaria para seguir adelante día con día.

A mis padres por su apoyo, consejos, enseñanza y ejemplo.

A mi hermana que me apoyó en todas las etapas de mi vida, siempre con cariño.

A mis médicos adscritos del Hospital de la Mujer que fueron grandes maestros en mi vida, y piezas fundamentales para mi formación como neonatóloga y como persona.

Al Hospital de la Mujer por darme la oportunidad de cumplir el sueño de convertirme en neonatóloga.

A la Dra. Verónica Santiago por su gran apoyo para la realización de este trabajo.

## ÍNDICE

<b>Resumen</b>	<b>6</b>
<b>Marco teórico</b>	<b>7</b>
<b>Definición de índice de perfusión</b>	<b>7</b>
<b>Fotopletismografía</b>	<b>8</b>
<b>Monitorización hemodinámica</b>	<b>10</b>
<b>Cambios fisiológicos en el recién nacido</b>	<b>11</b>
<b>Valores del índice de perfusión</b>	<b>12</b>
<b>Planteamiento del problema</b>	<b>20</b>
<b>Justificación</b>	<b>21</b>
<b>Objetivos</b>	<b>22</b>
<b>Material y métodos</b>	<b>22</b>
<b>Variables</b>	<b>24</b>
<b>Recolección de datos</b>	<b>25</b>
<b>Aspectos éticos</b>	<b>28</b>
<b>Análisis estadístico</b>	<b>29</b>
<b>Resultados</b>	<b>30</b>
<b>Discusión</b>	<b>39</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>41</b>
<b>Cronograma de actividades</b>	<b>42</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>43</b>

## RESUMEN

La monitorización hemodinámica en la población neonatal es un rubro especialmente complejo. La evidencia acumulada sugiere que la monitorización de la presión arterial puede no ser suficiente para asegurar la perfusión tisular adecuada en recién nacidos.

El índice de perfusión es un valor numérico que resulta de la relación entre la señal pulsátil determinada por el flujo sanguíneo arterial y la señal no pulsátil determinada por la piel, tejido subcutáneo, flujo sanguíneo venoso y otros tejidos locales.

**Objetivo:** establecer el valor promedio del índice de perfusión (IP) en recién nacidos de término sanos. **Material y métodos:** estudio retrospectivo, transversal y descriptivo realizado en el Hospital de la Mujer, mediante la medición del índice de perfusión preductal y posductal durante el periodo comprendido entre mayo 2018 y abril 2019. **Resultados:** se obtuvo una muestra total de 260 casos correspondiendo el 54% a hombres y 46% a mujeres con una media de IP preductal de 2.94 y posductal de 2.45. La edad gestacional promedio fue de 38 semanas y la media del peso al nacimiento (gramos) fue de 3083. Encontramos valores de índice de perfusión periférica mayores que los encontrados en la literatura mundial. **Conclusión:** en este trabajo se lograron establecer valores percentilares del índice de perfusión periférica en una población de recién nacidos sanos. La importancia de haber determinado valores promedio del IP es que sirven para ser tomados como referencia en recién nacidos sanos. Se necesitan estudios adicionales para apoyar el monitoreo de rutina del IP como parámetro para detectar choque inminente y mejorar los resultados clínicos.

Palabras clave: índice de perfusión periférica (IPP), monitorización, preductal, posductal.

## MARCO TEÓRICO

### *Antecedentes históricos*

En 1942, se acuñó la palabra «oxímetro» para un dispositivo portátil que leía la absorción de energía en los espectros de luz roja e infrarroja. Fue hasta 1974 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 *Minolta Corporation* quienes descubrieron que la saturación de la hemoglobina podía medirse analizando la absorción pulsátil de la luz.

Desarrollos tecnológicos posteriores permitieron que desde los años 80 se elaboraran los pulsioxímetros que hoy en día conocemos y utilizamos de forma rutinaria.

### *Definición índice de perfusión*

“El índice de perfusión (IP) es una evaluación relativa de la fuerza del pulso en un sitio específico de monitoreo; traduce variaciones en tiempo real de la señal de oximetría de pulso en la circulación periférica”<sup>1</sup>

“Es un valor numérico que resulta de la relación entre la señal pulsátil determinado por el flujo sanguíneo arterial y la señal no pulsátil determinada por la piel, tejido subcutáneo, flujo sanguíneo venoso y otros tejidos locales”<sup>1</sup>

El índice de perfusión ha surgido como un parámetro aplicable, no invasivo y continuo que refleja cambios en el gasto cardíaco y tono vasomotor.

Se calcula mediante la relación del componente AC y el componente CC de la señal de la pletismografía :

$$\text{IP: } (\text{AC/CC}) \times 100\%$$

### *Fotoplestimografía*

El índice de perfusión periférica (IP) es un indicador confiable para evaluar la intensidad de la señal pletismográfica fotoeléctrica de un pulsioxímetro de pulso.

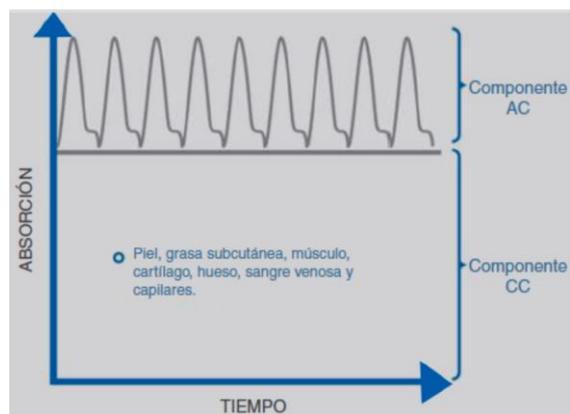
La fotoplestimografía es una técnica óptica no invasiva que determina el seguimiento de las pulsaciones asociadas con los cambios en el volumen sanguíneo. La luz emitida a través de un transductor atraviesa los tejidos para ser posteriormente recibida por un fotodetector, el cual mide las variaciones 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:

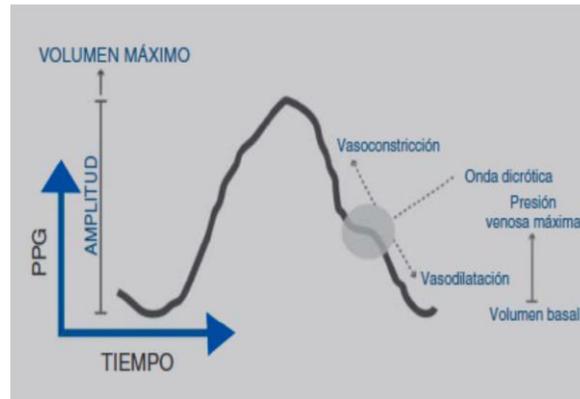
1. Componente pulsátil o corriente alterna (CA) correspondiente al pulso o volumen de sangre arterial asociada directamente al rendimiento cardiaco.
2. Componente no pulsátil o corriente continua (CC), que corresponde a la tensión constante emitida en un punto específico. Su magnitud está determinada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

La fotoplestimografía mide los cambios en el volumen de sanguíneo en el lugar de medición. Cuanto mayor sea el volumen de sangre (vasodilatación), más luz es absorbida, y la corriente resultante generada por el fotodetector es menor.

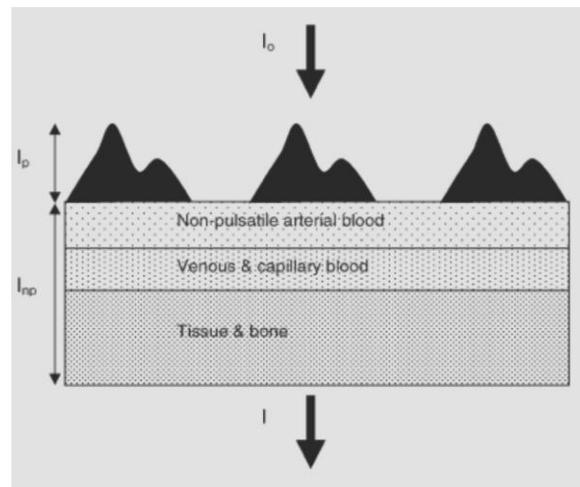
**Figura 1** Fotoplestimografía



**Figura 2** Forma de la onda pletismográfica



**Figura 3** Índice de perfusión. Relación entre el componente pulsátil arterial y el componente no pulsátil ( $I^{\circ}$ ) Intensidad de luz de la fuente, ( $I$ ) Intensidad de luz en el detector.



El IP se puede encontrar en unos pocos monitores de saturación de oxígeno, pero no es lo mismo que la monitorización de saturación de oxígeno. La mayoría de los estudios sobre IP han utilizado Tecnología de extracción de señal Masimo (SET), y sólo dos estudios con otros monitores (Phillips IntelliVue MD70) que tiene la capacidad para informar IP de una manera ligeramente diferente. Aunque aún no se han realizado estudios comparando ambos dispositivos, los resultados de estudios recientes en recién nacidos prematuros sugieren resultados similares.

**Figura 4** Pulsioxímetro Masimo



El IP se ve afectado por la perfusión y esto es diferente a la saturación de oxígeno, que no se ve afectada por la baja perfusión.

#### *Monitorización hemodinámica*

En la práctica clínica, perfusión y oxigenación tisular generalmente se evalúa mediante métodos no invasivos técnicas esencialmente basadas en parámetros macrocirculatorios, como la presión arterial sistémica (PA), frecuencia cardíaca (FC), saturación de oxígeno (SpO<sub>2</sub>) y ecocardiografía funcional. Sin embargo, se sugiere que estos métodos son deficientes representantes del funcionamiento de la microcirculación.

Durante la insuficiencia circulatoria, el mecanismo clásico de vasoconstricción periférica desvía sangre de los tejidos menos importantes a los órganos esenciales.

Esto llama la atención por el hecho de que, particularmente en recién nacidos, técnicas de seguimiento de la microcirculación en tejidos menos vitales podría permitir identificar tempranamente la hipoperfusión de tejidos vitales, antes de la instalación del estado de choque descompensado a la insuficiencia orgánica. Es importante tener en cuenta que medidas indirectas realmente utilizadas para la evaluación de la microcirculación, como la producción de orina, el tiempo de llenado capilar y los niveles séricos de lactato, son considerados marcadores insensibles de perfusión tisular, especialmente en los primeros días de vida, cuando ocurre la adaptación a la vida extrauterino. Ante esto, métodos nuevos de monitorización hemodinámica como el índice de perfusión (IP), han sido estudiados traduciendo variaciones en tiempo real de la señal de oximetría de pulso en la circulación periférica, ha surgido como un parámetro aplicable,

no invasivo y continuo que refleja cambios en el gasto cardíaco y tono vasomotor. El IP es un valor numérico que resulta de la relación entre la señal pulsátil, determinado por el flujo sanguíneo arterial, y no pulsátil señal, determinada por piel, tejido subcutáneo, flujo sanguíneo venoso y otros tejidos locales.

El valor se basa en señales derivadas de la cantidad de luz infrarroja absorbida por cada componente en cualquier momento específico y está relacionado con la fuerza de pulso. Cuando ocurre hipoperfusión, vasoconstricción local implica que la señal pulsátil ha disminuido y, debido a que ninguna señal pulsátil mantiene igual a una cantidad constante de luz absorbida, el valor de PI disminuye, reflejando perfusión periférica inferior. Globalmente, los cambios en el valor de PI pueden asociarse con cambios en el gasto cardíaco y tono vasomotor.

Por lo general, los valores de PI preductal son más altos que posductales debido a la derivación de la sangre a través el conducto arterioso persistente, que es estrictamente dependiente de las resistencias vasculares pulmonares, y estos eventos son más marcados en los recién nacidos prematuros.

La disminución significativa del valor de IP durante el choque neonatal debe tomarse como una referencia basada en el valor normal de los individuos para el tratamiento de recuperación de líquidos.

En un estudio realizado por Zhao et al.<sup>17</sup> se intentó resucitar a un prematuro de 2 días de edad de 34 SDG con un valor de IP de 0,28 en choque severo. Cuando el valor de IP aumentó gradualmente a 1,9; se interrumpió la vasodilatación con solución salina. El recién nacido desarrolló una hemorragia pulmonar. Por tanto, es necesario explorar los valores del IP para diferentes recién nacidos durante la reanimación con líquidos para mejorar el pronóstico de los pacientes con choque.

### *Cambios fisiológicos en el recién nacido*

El primer día después del nacimiento a menudo se caracteriza por alteraciones hemodinámicas a medida que la transición tiene lugar desde una circulación con alta poscarga del ventrículo derecho a una circulación con alta poscarga del ventrículo izquierdo.

Todos los recién nacidos, experimentan una serie de cambios hemodinámicos durante el período de transición después del nacimiento, incluidos los cambios intrauterinos a extrauterinos, disminución de la presión arterial, derivación del flujo sanguíneo de la circulación sistémica a la

circulación pulmonar, cierre de conducto arterioso y aumento del volumen de la circulación sistémica.

Después del nacimiento, la resistencia vascular sistémica aumenta y la presión arterial en el recién nacido se encuentra afectada por la edad gestacional, edad posnatal, hormonas prenatales, conducto arterioso persistente, temperatura.

Hasta ahora, no hay una unificación de hipotensión, debilitando su credibilidad como indicador de evaluación. Por lo tanto, el flujo de sangre (índice de perfusión) tal vez sea mejor indicador de perfusión que la presión arterial.

Un aumento reflejo del gasto cardiaco tiende a ocurrir durante las primeras 48 a 72 hrs de vida de los recién nacidos y depende de la edad gestacional, por lo que medir el índice de perfusión en recién nacidos sanos puede ser una herramienta útil como reflejo del gasto cardiaco.

#### *Valores de índice de perfusión periférica*

La aplicación del índice de perfusión ha sido explorada en varios entornos específicos, por ejemplo; en estados de respuesta inflamatoria sistémica, en la detección subclínica de corioamnioitis, en el cribado o detección temprana de inestabilidad hemodinámica asociado con cardiopatías congénitas, conducto arterioso persistente, flujo bajo de la vena cava superior y en respuesta a la restitución de volumen

Los cambios en el valor del IP pueden estar asociados con cambios en el gasto cardiaco y en el tono vasomotor así como a múltiples factores que pueden contribuir a la variabilidad en los valores reportados.

Un bajo IP sugiere vasoconstricción periférica (o hipovolemia grave) y un IP alto sugiere vasodilatación. El valor de IP varía según el área de monitorización y según las condiciones fisiológicas y patológicas que acompañen al paciente oscilando entre 0.02% (fuerza del pulso muy débil) a 20% (fuerza del pulso muy fuerte) en la pantalla.

Por lo general los valores de IP preductal son más altos que los posductales debido a la derivación de sangre a través del conducto arterioso que es estrictamente dependiente de las resistencias vasculares pulmonares, y estos eventos son más marcados en los recién nacidos prematuros; debido a esto la monitorización del índice de perfusión posductal es una medida confiable de la respuesta de la microcirculación sistémica a la hipoperfusión y permite una comparación más precisa entre recién nacidos.

### *Índice de perfusión según ubicación del oxímetro*

También se ha demostrado que el IP varía, especialmente en recién nacidos muy prematuros, dependiendo de la ubicación del oxímetro de pulso, siendo más alto en las extremidades superiores (miembro superior derecho = 0.92% vs miembro inferior = 0.69%, diferencia media = 0.24%  $p < 0.001$ ), hecho probablemente relacionado con la circulación en transición en esta población donde la persistencia del conducto arterioso es frecuente y la posición del recién nacido con bajo peso al nacer, presentando un mayor IP en prono para dormir (valor de IP medio 0.9% frente a IP 0.7%).

### *Índice de perfusión y días de vida extrauterina*

Varios autores han evidenciado que los valores de IP pueden cambiar debido a factores regionales y raciales, e incluso, podrían estabilizarse días previos o mantenerse iguales desde el primer día de vida es decir que no existe diferencia significativa en la mediana de los valores desde el primer y hasta el quinto día de vida extrauterina<sup>3</sup>. 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 fisiológica.

Según diversos autores existe divergencia entre los valores reportados; Hakan et al<sup>8</sup>. reportaron que los valores de PI alcanzaron un estado estable al quinto día de vida y Hawkes et al. también describió una alta variabilidad de los valores de PI en el período de transición. Ambos grupos de autores concluyeron que este periodo está marcado por una alta variabilidad del IP.

Según Zhao et al<sup>18</sup>. en un estudio realizado en Shanxi provincia de China en recién nacidos pretérmino moderado los valores medios de IP de los recién nacidos moderadamente prematuros dentro de los 8 días posteriores al nacimiento fueron (1,1 ± 0,5) el día 1, (1,1 ± 0,5) el día 2, (1,3 ± 0,5) el día 3, (1,3 ± 0,5) el día 4, (1,4 ± 0,6) el día 5, (1,4 ± 0,5) el día 6, (1,5 ± 0,6) el día 7 y (1,5 ± 0,5) el día 8. El IP desde el día 6 al 8 después del nacimiento fueron más altas que las del Día 1 a 3 ( $P < 0,05$ ). El IP aumentó significativamente en los días 7 y 8 en comparación con los del día 4 y 5 ( $P < 0,05$ ). El IP del día 3 al 8 fue significativamente más alta que el del día 1 ( $P < 0,05$ ), y el IP del día 4 al 8 fueron más altos que en el día 2. Hubo una correlación positiva débil entre los valores de IP y edad gestacional edad (EGA) ( $r = 0.097$ ), PR ( $r = 0.067$ ) y Time (día) ( $r = 0.284$ ), y una correlación negativa con SpO<sub>2</sub> ( $r = -0,113$ ) ( $P < 0,01$ ).

### *Índice de perfusión en enfermedades críticas*

El autor De Felice et al.<sup>11</sup>; estableció que un IP igual o inferior a 1.24 es un predictor preciso de la gravedad de enfermedad en recién nacidos. En general se han tomado como referencia los siguientes valores: pacientes críticamente enfermos, el IP menor de 1.4 es un marcador de hipoperfusión; menor a 0.6 es un factor independiente para la mortalidad a 30 días. En pacientes con shock séptico el IP menor de 0.3 predice la terapia vasopresora y menor de 0.2 predice mortalidad.

### *Índice de perfusión en cardiopatías congénitas críticas*

Un gran estudio realizado en Suecia por Granelli et al.<sup>2</sup> prospectivo para evaluar la utilidad del índice de perfusión como herramienta de detección de cardiopatías con obstrucción crítica del ventrículo izquierdo. Para comparar valores de IP en recién nacidos sanos con aquellos con aquella patología, 10000 bebés sanos y nueve con enfermedad cardíaca obstructiva izquierda (LHOD) se midió el IP de la mano derecha (preductal) y pie (postductal). Los resultados mostraron que todos los recién nacidos con obstrucción enfermedad cardíaca obstructiva izquierda (LOHD) tenían IP pre o posductales por debajo del rango intercuartílico, el 56% de ellos tenían un valor de IP por debajo del quinto percentil con un valor de corte del 0.7%.

### *Índice de perfusión en conducto arterioso persistente*

En un estudio en recién nacidos pretérmino con conducto arterioso persistente hemodinámicamente importante, establecieron diferentes valores de IP en función de la edad del recién nacido que no fueron influenciados por el flujo ductal, con una mediana del valor de IP de 0.7% en el primer día de vida (0.5–1.05%) y 1.5% (1.0–2.0%) en el séptimo ( $p < 0.01$ ).

### *Índice de perfusión en corioamnioitis*

De Felice et al demostró que el IP bajo temprano puede ser asociado con corioamnioitis histológica (corioamnioitis histológica frente a controles, 1er minuto 1.74 VS 4.50 y quinto minuto 2.18 VS 4.52) siendo un factor de riesgo importante para la morbilidad neonatal.

Un IP más bajo en recién nacidos se ha correlacionado con flujo bajo de la vena cava superior y muestra ser un predictor de la gravedad de la enfermedad y corioamnionitis subclínica.

### *Índice de perfusión según edad gestacional*

En un estudio sueco realizado por Granelli et al.<sup>2</sup> de 10000 recién nacidos a término sanos, con un tiempo de medición de la primera hora a las 120 horas de vida extrauterina, la mediana del índice de perfusión fue 1.7% con un rango intercuartílico de 1.18 - 2.50% siendo el percentil 5 0.7% y el percentil 95 4.5%.

El valor promedio establecido del IP en varios estudios es de 0.7 (0.29-1.35)<sup>18</sup>, para recién nacidos pretérmino, diferente de pacientes a término. 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 IP de 0.9, 1.2 y 1.3 en los días 1, 3 y 7 de vida respectivamente en recién nacidos pretérmino<sup>18</sup>.

**Figura 5** Valores de IP reportados en recién nacidos según Piasek et al.<sup>2</sup>

Clinical setting	PI value	Number of patients	Gestational age	Reference
Term infants				
Healthy newborns	Median value 1.7% IQR*: 1.18–2.5% 5 <sup>th</sup> percentile: 0.7% 95 <sup>th</sup> percentile: 4.5%	10 000		Granelli et al. (15)
Congenital heart malformations	Cut-off: <0.7%	9		Granelli et al. (15)
Illness severity	Cut-off: ≤1.24%	101		De Felice et al. (20)
Subclinical chorioamnionitis	Minute 1: ≤1.74% Minute 5: ≤2.18%	329		De Felice et al. (21)
Early adverse neonatal respiratory outcome	Maternal PI ≤1.9%	44		De Felice et al. (22)
Preterm infants				
Haemodynamically stable	1 <sup>st</sup> day of life: 0.9% IQR: 0.62–1.04% 3 <sup>rd</sup> day of life: 1.2% IQR: 0.97–1.47% 7 <sup>th</sup> day of life: 1.3% IQR: 1.04–1.68%	30	28–36 weeks	Cresi et al. (16)
With patent ductus arteriosus	1 <sup>st</sup> day of life: 0.7% IQR: 0.5–1.05% 7 <sup>th</sup> day of life: 1.5% IQR: 1.00–2.00%	45	25–28 weeks	Vidal et al. (9)
Very preterm infants	0.7% IQR: 0.29–1.35%	30	<32 weeks	Kinoshita et al. (7)
Low superior vena cava flow in very low weight neonates	<0.44%	24	22–32 weeks	Takahashi et al. (19)

\*IQR = Interquartile range

**Figura 6** Valores de IP reportados en recién nacidos según Hakan et al.<sup>8</sup>

**Table 1** Perfusion index (PI), oxygen saturation (SpO<sub>2</sub>) and heart rate (HR), blood pressure (BP) median (interquartile range [IQR]) values of all babies

Variables	6th hour	First day	Second day	Third day	Fifth day	<i>p</i> value
PI						
Productal	1.34 (0.97–1.95)	1.25 (0.90–1.84)	1.31 (0.97–1.81)	1.42 (0.98–1.92)	1.36 (1.01–1.79)	>0.05
Postductal	0.90 (0.65–1.24)	0.84 (0.60–1.17)	0.88 (0.59–1.32)	0.81(0.64–1.23)	0.88 (0.60–1.17)	>0.05
SpO <sub>2</sub>						
Productal	95 (92–97)	94 (92–97)	94 (92–96)	94 (92–97)	94 (92–97)	>0.05
Postductal	97 (95–99)	96 (94–98)	96 (94–98)	96(94–98)	96 (94–98)	>0.05
HR	128 (120–143)	128 (120–138)	128 (118–138)	128 (117–139)	128 (120–142)	>0.05
Systolic BP	68 (60–75)	69 (61–77)	69 (60–78)	70 (62–78)	71(63–79)	>0.05
Diastolic BP	34 (29–42)	35 (30–42)	36 (31–43)	37 (32–44)	38 (33–45)	>0.05

*p* value for Friedman test: no differences were found among the variables studied at each time point (*p*>0.05)

Recientemente un estudio realizado en la Ciudad de Shanghai publicado en el año 2020 por Xiaojing Hu et al.<sup>6</sup>, en el cual se obtuvo una muestra de 3952 recién nacidos de 35 a 41 semanas de gestación, de los cuales 3814 fueron elegibles y reclutados. La mediana de edad en la medición fue de 37.00 horas de vida (RIC: 28.75 h – 44.00 h). El valor medio de IP preductal fue de 2.10 (IQR: 1.60-3.30) y el valor de IP postductal fue de 2.30 (IQR: 1.70–3.40) (*Z* = - 5.24, *P* < 0,05). La edad gestacional media fue (39.07 ± 1.21) semanas. Se obtuvieron las siguientes percentiles:

**Tabla 1** Percentiles de índice de perfusión preductal por edad gestacional (Modificado de *Percentiles de índice de perfusión periférica de recién nacidos sanos por edad gestacional y sexo en China*<sup>6</sup>)

SDG	n	L	M	S	Percentiles						
					P 3	P 10	P 25	P 50	P 75	P 90	P 97
35	40	0.13	1.99	0.48	0.80	1.07	1.45	1.99	2.76	3.90	5.59
36	41	-0.09	2.02	0.49	0.79	1.07	1.46	2.02	2.81	3.96	5.63
37	41	-0.09	2.36	0.51	0.73	1.12	1.65	2.36	3.26	4.40	5.82
38	855	-0.04	2.19	0.49	0.83	1.15	1.58	2.19	3.06	4.28	6.01
39	1219	-0.02	2.20	0.50	0.82	1.14	1.58	2.20	3.06	4.29	6.02
40	62	0.01	2.30	0.51	0.81	1.15	1.63	2.30	3.23	4.55	6.38
41	456	0.05	2.38	0.54	0.79	1.15	1.66	2.38	3.39	4.81	6.78

**Tabla 2** Percentiles de índice de perfusión posductal por edad gestacional (Modificado de *Percentiles de índice de perfusión periférica de recién nacidos sanos por edad gestacional y sexo en China* <sup>6)</sup>)

SDG	n	L	M	S	Percentiles						
					P 3	P 10	P 25	P 50	P 75	P 90	P 97
35	40	0.31	1.99	0.53	0.55	0.89	1.37	1.99	2.78	3.76	4.97
36	41	0.29	2.13	0.52	0.62	0.98	1.48	2.13	2.96	4.01	5.29
37	241	0.25	2.36	0.51	0.73	1.12	1.65	2.36	3.26	4.40	5.82
38	855	0.21	2.38	0.49	0.79	1.17	1.69	2.38	3.28	4.42	5.85
39	1219	0.20	2.36	0.48	0.81	1.19	1.70	2.36	3.23	4.32	5.70
40	962	0.19	2.48	0.48	0.86	1.26	1.78	2.48	3.38	4.52	5.97
41	456	0.16	2.46	0.48	0.86	1.25	1.77	2.46	3.37	4.53	6.02

**Tabla 3** Percentiles de índice de perfusión preductal por edad gestacional en hombres (Modificado de *Percentiles de índice de perfusión periférica de recién nacidos sanos por edad gestacional y sexo en China* <sup>6)</sup>)

SDG	N	L	M	S	Percentiles						
					P3	P10	P25	P50	P75	P90	P 97
35	22	0.22	2.00	0.49	0.83	1.09	1.46	2.00	2.80	4.02	5.97
36	20	-0.16	2.03	0.50	0.81	1.08	1.47	2.03	2.84	4.07	5.95
37	144	0.10	2.12	0.50	0.81	1.11	1.53	2.12	2.98	4.25	6.13
38	496	-0.06	2.15	0.50	0.81	1.11	1.54	2.15	3.02	4.27	6.08
39	648	-0.02	2.22	0.51	0.81	1.13	1.58	2.22	3.11	4.37	6.15
40	502	0.05	2.26	0.52	0.78	1.12	1.60	2.26	3.18	4.45	6.19
41	24	0.12	2.30	0.53	0.73	1.09	1.60	2.30	3.25	4.53	6.24

**Tabla 4** Percentiles de índice de perfusión posductal por edad gestacional en hombres (Modificado de *Percentiles de índice de perfusión periférica de recién nacidos sanos por edad gestacional y sexo en China, Zhao* <sup>6</sup>)

SDG	n	L	M	S	Percentiles						
					P3	P10	P25	P 50	P75	P90	P 97
35	22	0.27	2.00	0.60	0.47	0.81	1.31	2.00	2.92	4.11	5.62
36	20	0.27	2.10	0.57	0.54	0.90	1.41	2.10	3.01	4.18	5.65
37	144	0.25	2.30	0.54	0.66	1.05	1.58	2.30	3.25	4.46	5.98
38	96	0.23	2.35	0.51	0.74	1.12	1.65	2.35	3.26	4.43	5.89
39	648	0.23	2.39	0.49	0.79	1.18	1.70	2.39	3.27	4.38	5.76
40	502	0.22	2.47	0.47	0.86	1.26	1.78	2.47	3.35	4.46	5.84
41	224	0.16	2.38	0.47	0.87	1.24	1.73	2.38	3.23	4.31	5.68

**Tabla 5** Percentiles de índice de perfusión preductal por edad gestacional en mujeres (Modificado de *Percentiles de índice de perfusión periférica de recién nacidos sanos por edad gestacional y sexo en China* <sup>6</sup>)

SDG	N	L	M	S	Percentiles						
					P3	P10	P25	P50	P75	P90	P 97
36	1	-0.01	2.02	0.48	0.77	1.07	1.47	2.02	2.78	3.84	5.30
37	97	-0.01	2.18	0.48	0.84	1.15	1.59	2.18	3.00	4.14	5.71
38	359	-0.02	2.26	0.48	0.88	1.20	1.64	2.26	3.11	4.28	5.92
39	571	-0.04	2.17	0.49	0.83	1.14	1.57	2.17	3.01	4.19	5.85
40	460	-0.04	2.33	0.51	0.85	1.19	1.66	2.33	3.28	4.63	6.58
41	232	-0.04	2.46	0.54	0.85	1.21	1.72	2.46	3.53	5.09	7.39

**Tabla 6** Percentiles de índice de perfusión preductal por edad gestacional en mujeres (Modificado de *Percentiles de índice de perfusión periférica de recién nacidos sanos por edad gestacional y sexo en China* <sup>6)</sup>)

SDG	N	L	M	S	Percentiles						
					P3	P10	P25	P50	P75	P90	P97
36	1	-0.01	2.02	0.48	0.77	1.07	1.47	2.02	2.78	3.84	5.30
37	97	-0.01	2.18	0.48	0.84	1.15	1.59	2.18	3.00	4.14	5.71
38	359	-0.02	2.26	0.48	0.88	1.20	1.64	2.26	3.11	4.28	5.92
39	571	-0.04	2.17	0.49	0.83	1.14	1.57	2.17	3.01	4.19	5.85
40	460	-0.04	2.33	0.51	0.85	1.19	1.66	2.33	3.28	4.63	6.58
41	232	0.04	2.46	0.54	0.85	1.21	1.72	2.46	3.53	5.09	7.39

**Tabla 7** Percentiles de índice de perfusión posductal por edad gestacional en mujeres (Modificado de *Percentiles de índice de perfusión periférica de recién nacidos sanos por edad gestacional y sexo en China* <sup>6)</sup>)

SDG	N	L	M	S	Percentiles						
					P3	P10	P 25	P50	P75	P 90	P97
36	21	0.37	2.17	0.44	0.75	1.12	1.59	2.17	2.87	3.70	4.66
37	97	0.27	2.43	0.46	0.84	1.24	1.76	2.43	3.26	4.28	5.53
38	359	0.19	2.43	0.47	0.86	1.25	1.76	2.43	3.30	4.40	5.77
39	71	0.16	2.34	0.47	0.84	1.21	1.70	2.34	3.19	4.27	5.64
40	460	0.16	2.48	0.48	0.87	1.26	1.78	2.48	3.40	4.58	6.09
41	32	0.17	2.54	0.50	0.86	1.26	1.81	2.54	3.51	4.76	6.36

Existen algunas limitaciones en este estudio ya que la población de estudio se encontraba principalmente en Shanghai, por lo que se necesitan estudios multicéntricos en diferentes regiones para investigar los factores económicos, geográficos y de otro tipo de población.

Un estudio en 2014<sup>15</sup> para establecer los valores normales del índice de perfusión en recién nacidos Portugueses; se estableció la mediana de IP preductal de 1.6 con rango intercuartílico de 1.2-2.3 y mediana postductal de 1,4 con rango intercuartílico de 1-2.

En el estudio realizado en la India por Ashok 2017 <sup>12</sup> se midió el índice de variabilidad pletismográfica (IVP) denominada la medida de cambios dinámicos en el IP, calculado midiendo cambios en IP durante un intervalo de tiempo de uno o más ciclos respiratorios.

$$PVI = (PI \text{ Max} - PI \text{ Min}) / PI \text{ Max} \times 100.$$

La mediana del índice de perfusión fue de 1.4 rango intercuartílico (1.0, 2.0) y el índice de variabilidad pletismográfica es 19.0, rango intercuartílico (15.0, 25.0). Los valores de los percentiles 5 y 95 para el índice de perfusión fueron 0.6 y 3.9 y para IVP es 10.4% y 95% respectivamente. Establecieron rangos de referencia del índice de perfusión y del índice de variabilidad pletismográfica en recién nacidos de término sanos de origen indio en los primeros 10 días de vida.

**Tabla 8** Valores de IP y PVI en neonatos de término en los primeros 10 días de vida

Percentil	5	10	25	50	75	90	95
PI	0.6	0.7	1	1.4	2	3.1	3.9
PVI	10.4	12	15	19	25	30	33

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La monitorización hemodinámica en la población neonatal es un rubro especialmente complejo. La evidencia acumulada sugiere que la monitorización de la presión arterial puede no ser suficiente para asegurar la perfusión tisular adecuada en recién nacidos.

El reconocimiento temprano de la perfusión subóptima de órganos es de suma importancia para evitar resultados cognitivos y motores adversos a largo plazo en recién nacidos. Aunque herramientas como el ecocardiograma han demostrado ser valiosas en la evaluación de la

hemodinamia neonatal; se requiere una habilidad considerable para realizar e interpretar este examen, por lo que se considera a la monitorización del IP fácilmente realizable, ya que se encuentra disponible básicamente para cualquier persona.

Aunque múltiples estudios han descrito IP en recién nacidos prematuros con diversas afecciones del recién nacido, pocos han descrito la distribución de IP en recién nacidos asintomáticos a término.

El índice de perfusión parece ser un método predictor simple pero poderoso sin embargo, su uso es limitado en pacientes con hipotermia, embolia o vasoespasmo local.

Se necesitan estudios adicionales para apoyar el monitoreo de rutina como parámetro para detectar choque inminente y mejorar los resultados clínicos.

Los autores sugirieron en general que se debe considerar la edad posnatal al usar el IP para la evaluación clínica.

### **JUSTIFICACIÓN**

El Índice de Perfusión se considera cada vez más como una medida objetiva simple y no invasiva para mejorar la sensibilidad de detección de importantes complicaciones neonatales.

La divergencia entre los valores de IP reportados por diversos autores, ha generado, que a pesar de sus beneficios, en la actualidad no se cuente con parámetros (o valores de referencia) universalmente aceptados. Por lo tanto para utilizar eficazmente el IP como marcador de salud neonatal, se debe establecer su rango de referencia.

En este sentido en el Hospital de la Mujer y en México no hay datos sobre los valores promedio del índice de perfusión; contar con esta información nos podría ayudar a establecer rangos de referencia así como a estandarizar la aplicación de esta herramienta como marcador clínico de enfermedad en este grupo de edad.

## **OBJETIVO GENERAL**

Establecer el valor promedio del índice de perfusión en recién nacidos de término sanos.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Establecer el valor promedio de IP preductal en recién nacidos de término sanos en Hospital de la mujer
2. Establecer el valor promedio de IP postductal en recién nacidos de término sanos en Hospital de la mujer.
3. Identificar correlación entre el índice de perfusión y la edad gestacional así como los días de vida extrauterina.
4. Establecer valores de corte del índice de perfusión que sean de utilidad en recién nacidos sanos.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

- Tipo de estudio: esta investigación fue realizada mediante un estudio de tipo descriptivo transversal retrospectivo observacional que incluye aspectos cuantitativos en el periodo comprendido entre mayo de 2018 y abril 2019.

Se realizó la medición del índice de perfusión colocando sondas en la palma o muñeca derecha para la toma del índice de perfusión preductal y en cualquier pie para la toma del índice de perfusión postductal. Se registró cuando la oximetría de pulso mostró formas de onda estables y la frecuencia cardíaca se registraba de forma continua.

La medición se repitió si la saturación preductal y las saturaciones postductales tuvieron una diferencia > 3% entre los dos valores.

Los datos se consideraron válidos para el análisis si el IP, la frecuencia cardíaca y la saturación de oxígeno estaban presentes simultáneamente en un momento determinado y la onda de pulso de la pletismografía estaba libre de artefactos.

A través de una hoja de recolección de datos se registraron las mediciones antes mencionadas.

- Lugar de realización: Hospital de la mujer, Secretaría de salud, servicio de neonatología.
- Población estudiada: el universo de estudio lo constituyen recién nacidos de término sanos que cursan sus primeras 72 horas de vida extrauterina y que ingresen al servicio de alojamiento conjunto en el Hospital de la mujer.
- Selección de participantes: Se incluirán a los pacientes recién nacidos que ingresen al servicio de alojamiento conjunto, en el periodo comprendido entre mayo de 2018 y abril 2019 en el Hospital de la Mujer de la Ciudad de México.

- Criterios de inclusión:

Recién nacidos sanos en el hospital de la mujer nacidos en el periodo comprendido entre mayo 2018 a abril 2019.

Recién nacidos con edad gestacional entre las 36 y 41.6 semanas.

Recién nacidos que no necesiten fracción inspirada de oxígeno mayor a 21%

- Criterios de exclusión:

Recién nacidos con cualquier tipo de infección

Recién nacidos con enfermedades cardíacas congénitas

Recién nacidos cuya saturación preductal y posductal tuvieron una diferencia de más del 3%

## VARIABLES

Variable	Definición	Tipo de variable	Escala de medición	Definición operacional
Sexo	Género biológico del paciente	Cualitativa nominal dicotómica	- Masculino - Femenino	Fenotipo del paciente
Edad gestacional	Tiempo transcurrido a partir de la fecundación al nacimiento de un individuo	Cuantitativa continua	Semanas y días de gestación	Edad del producto al momento del alumbramiento
Índice de perfusión	Es la proporción entre el flujo de sangre no pulsátil y el pulsátil a través del lecho capilar periférico	Cuantitativa continua	Números enteros y decimales	Estado de perfusión periférica del recién nacido
Saturación preductal	Oximetría tomada en la extremidad superior derecha	Cuantitativa	Porcentaje	Prueba para diagnosticar la saturación de oxígeno en sangre periférica
Saturación posductal	Oximetría tomada en extremidades inferiores o mano izquierda	Cuantitativa	Porcentaje	Prueba para diagnosticar la saturación de oxígeno en sangre periférica
Peso	El peso obtenido al nacer	Cuantitativa continua	Gramos	Prueba que se realiza a través de una báscula





**Anexo 2 Consentimiento Informado**



COMISIÓN COORDINADORA DE LOS INSTITUTOS  
NACIONALES DE SALUD Y HOSPITALES DE ALTA  
ESPECIALIDAD



DIRECCIÓN GENERAL DE COORDINACIÓN DE LOS HOSPITALES FEDERALES  
DE REFERENCIA

HOSPITAL DE LA MUJER  
DIVISIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN UN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN CON  
SERES HUMANOS

México, DF; a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ 2018

C. \_\_\_\_\_

*(NOMBRE COMPLETO DE LA PERSONA INVITADA A PARTICIPAR EN EL ESTUDIO)*

Con base a los fundamentos legales antes descritos, se le invita a usted a participar en este estudio de investigación. Antes de decidir si participa o no, debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados. Siéntase con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto.

Una vez que haya comprendido el estudio y si usted desea participar, entonces se le pedirá que firme esta forma de consentimiento, de la cual se le entregará una copia firmada y fechada.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, \_\_\_\_\_ he leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera completa, clara y satisfactoria. He sido informada(o) y entiendo que los datos obtenidos en el estudio

pueden ser publicados o difundidos con fines científicos.

Acepto que la información, pruebas diagnósticas, terapéuticas recabados sean utilizadas para éste y otros estudios y únicamente para fines de investigación.

Una vez especificado lo anterior, convengo en participar en este estudio de investigación. Recibo también una copia de este documento.

## ASPECTOS ÉTICOS

- Clasificación: Investigación sin riesgo.
- De acuerdo con los Artículos 16, 17 y 23 del CAPÍTULO I, TÍTULO SEGUNDO: De los Aspectos Éticos de la Investigación en Seres Humanos, del REGLAMENTO de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud.
- El presente proyecto es retrospectivo, documental sin riesgo, que estrictamente no amerita del Consentimiento Informado.
- Los investigadores confirmamos que la revisión de los antecedentes científicos del proyecto justifica su realización. Nos comprometemos a mantener un estándar científico elevado que permita obtener información útil para la sociedad y a salvaguardar la confidencialidad de los datos personales de los participantes en el estudio.
- Pondremos el bienestar y la seguridad de los pacientes sujetos de investigación por encima de cualquier otro objetivo, y nos conduciremos de acuerdo con los estándares éticos aceptados nacional e internacionalmente según lo establecido por la Ley General de Salud, Las Pautas Éticas Internacionales Para la Investigación y Experimentación Biomédica en Seres Humanos de la OMS, así como la Declaración de Helsinki.

### *Recursos, financiamiento y factibilidad*

El recurso utilizado en este protocolo de investigación es el oxímetro de pulso Masimo®, el cuál es obtenido y facilitado por el hospital de la mujer.

Recursos financieros: sustentados por el investigador.

**Bioseguridad.** No aplica.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó la base de datos en Excel en la cual se registraron las mediciones del índice de perfusión en recién nacidos del servicio de alojamiento conjunto del Hospital de la mujer en el periodo de estudio descrito previamente.

Primero, se hicieron análisis descriptivos básicos y comparaciones entre grupos para mostrar la naturaleza de los datos obtenidos. Previo a la comparación entre los grupos descritos en la Tabla , se llevaron a cabo pruebas de normalidad usando el método gráfico Q-Q. En aquellos casos en que las variables no siguieron una distribución normal, se utilizó la transformación  $\log_{10}$  para aproximarlos a una distribución normal. Cuando no fue posible aproximar los datos a una distribución normal, se utilizó la prueba de rangos signados de Wilcoxon; cuando los datos siguieron una distribución normal, se utilizó la prueba de  $t$  de Student para muestras independientes.

Segundo, para investigar la relación entre los Índices de Perfusión Periférica Preductal y Posductal, y las variables género, edad gestacional, saturación preductal, saturación postductal, vía de nacimiento, y peso al nacer, se llevaron a cabo análisis univariados y multivariados lineales.

Finalmente, se estimaron y presentaron los percentiles de la distribución de los valores de los Índices de Perfusión Periférica para cada incremento de una semana en la edad gestacional, de las 36 a las 42 semanas, por sexo. Además, se trazaron curvas de incremento para los percentiles 3, 10, 25, 50, 75, 90 y 97, usando el método de Lambda-Mu-Sigma (LMS).

El método LMS estima inicialmente tres parámetros de la transformación Box-Cox de la distribución de una variable. Lambda (L) determina la transformación no lineal de los valores del Índice de Perfusión Periférica, misma que es necesaria para aproximar la variable a una distribución normal. Mu (M) es la media de dicha distribución normal, y Sigma (S) se refiere al coeficiente de variación. Los tres parámetros cambian con la covariable utilizada (comúnmente, la edad). En estos análisis se siguió la recomendación de Cole & Green (1992) de utilizar el método de máxima verosimilitud penalizada, que calcula estimados ajustados de las curvas de L, M y S directamente, sin la necesidad de dividir los datos previo al análisis. En este caso en particular, el método no requiere de dividir y calcular las curvas para cada grupo de edad por separado, sino

que la actual implementación permite el cálculo de L, M y S de manera simultánea para todos los datos, enfocándose en la función de ajuste para los siete percentiles.

Todos los análisis estadísticos fueron hechos con el software R (R Core Team, 2020; ver. 4.0.3, “Bunny-Wunnies Freak Out” para Apple Macintosh). El cálculo de las curvas del método LMS, así como las gráficas asociadas a dichos análisis fueron hechas con el paquete *gamlss* (Rigby & Stasinopoulos, 2005) del software R.

## RESULTADOS.

En el caso de los análisis univariados, se llevó a cabo una serie de regresiones lineales simples, y en el caso de los análisis multivariados, se construyeron dos modelos generales lineales, que incluyeron como efectos principales a todas las variables mencionadas. La finalidad de analizar los datos mediante regresiones lineales independientes fue la de investigar las asociaciones entre las variables sin el efecto de variables añadidas, mientras que los análisis multivariados permiten considerar los efectos de todas las variables añadidas a un modelo.

En la **Tabla 9** podemos observar que tuvimos una muestra total de 260 casos correspondiendo el 54% a hombres y 46% de mujeres con una media de IPP preductal de 2.94 y postductal de 2.45. La edad gestacional promedio fue de 38 semanas y la media del peso al nacimiento (gramos) fue de 3083. Los varones se caracterizaron por tener pesos más altos al nacer que las mujeres.

**Tabla 9.** Estadística descriptiva (porcentajes, medias y desviaciones estándar) de los datos utilizados en este estudio. Los asteriscos denotan diferencias estadísticamente significativas a nivel  $*P < 0.030$  y  $**P < 0.020$ , mismas que fueron obtenidas utilizando pruebas de los rangos con signo de Wilcoxon, o  $t$  de Student, dependiendo de la distribución de probabilidad de los datos.

Variables	No. de casos (%)	Media del IPP preductal (d.e.)	Media del IPP postductal (d.e.)	Edad gestacional (semanas) (d.e.)	Media del peso al nacer (g) (d.e.)
Total de nacimientos elegibles	260 (100)	2.94 (1.82)	2.45 (1.55)	38.98 (1.33)	3083 (374.19)
<b>Sexo</b>					
Hombre	141 (54.23)	2.99 (1.59)	2.52 (1.51)	39.01 (1.38)	3132 (397.74)**
Mujer	119 (45.77)	2.87 (2.06)	2.37 (1.59)	38.96 (1.27)	3024 (336.69)**
<b>Saturación preductal &lt;97%</b>					
Si	160 (61.54)	2.97 (1.89)	2.34 (1.44)	39.15 (1.30)**	3130 (365.57)**
No	100 (38.46)	2.88 (1.69)	2.63 (1.69)	38.74 (1.33)**	3007 (377.36)**
<b>Saturación postductal &lt;97%</b>					
Si	115 (44.23)	2.93 (1.92)	2.38 (1.43)	39.16 (1.40)	3131 (361.20)
No	145 (55.77)	2.94 (1.73)	2.51 (1.64)	38.84 (1.25)	3044 (381.13)

Las **Tabla 9 y 10** muestran los resultados de los análisis lineales univariados y multivariados entre los Índices de Perfusión Periférica Preductal y Postductal (respectivamente), y posibles variables explicativas. Los análisis del Índice de Perfusión Periférica Preductal (**Tabla 10**) sugieren una asociación marginalmente no significativa entre esta variable, y el peso al nacer. Por otra parte, los análisis del Índice de Perfusión Periférica Postductal (**Tabla 11**) sugieren una asociación lineal positiva entre esta variable y la saturación preductal.

**Tabla 10.** Análisis univariado y multivariado del Índice de Perfusión Periférica Preductal en niños recién nacidos. Se muestran pendientes ( $\beta$ ), intervalos de confianza alrededor de  $\beta$  al 95%, y valores de  $P$  obtenidos. Los números resaltados en negritas e itálicas denotan asociaciones lineales marginalmente no significativas.

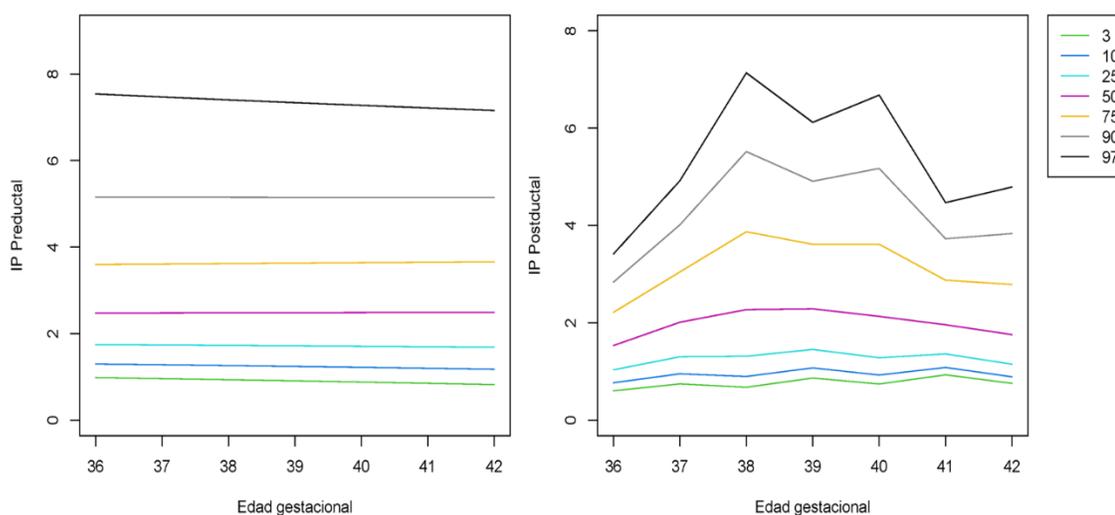
Variables	Análisis univariado			Análisis multivariado		
	$\beta$	IC 95%	$P$	$\beta$	IC 95%	$P$
Sexo	0.043	-0.015, 0.102	0.150	0.039	-0.020, 0.098	0.199
Edad gestacional	-0.002	-0.024, 0.019	0.826	-0.014	-0.038, 0.010	0.267
Saturación preductal	-1.673	-4.567, 1.222	0.256	-2.603	-6.114, 0.907	0.145
Saturación postductal	0.258	-2.866, 3.383	0.871	1.934	-1.807, 5.674	0.309
Peso al nacer	0.001	-8.313, 0.001	<b>0.079</b>	0.001	-0.001, 0.001	<b>0.061</b>

**Tabla 11.** Análisis univariado y multivariado del Índice de Perfusión Periférica Postductal en niños recién nacidos. Se muestran pendientes ( $\beta$ ), intervalos de confianza alrededor de  $\beta$  al 95%, y valores de  $P$  obtenidos. Los números resaltados en negritas denotan asociaciones lineales estadísticamente significativas.

Variables	Análisis univariado			Análisis multivariado		
	$\beta$	IC 95%	$P$	$\beta$	IC 95%	$P$
Sexo	0.040	-0.022, 0.104	0.207	0.033	-0.030, 0.097	0.307
Edad gestacional	0.006	-0.017, 0.031	0.582	0.001	-0.026, 0.027	0.997
Saturación preductal	3.361	0.265, 6.456	<b>0.034</b>	4.128	0.374, 7.880	<b>0.031</b>
Saturación postductal	1.062	-2.298, 4.422	0.534	-1.213	-5.211, 2.787	0.551
Peso al nacer	0.001	-0.001, 0.001	0.167	0.001	-0.001, 0.001	0.103

Las curvas de referencia ajustadas para los valores de Índices de Perfusión Periférica Pre- y Posductal en función de la edad gestacional y el sexo de los niños, para los percentiles 3, 10, 25, 50, 75, 90 y 97 se muestran en las **Figuras 7**. Los parámetros de LMS de dichas curvas se presentan en las **Tablas 12-17**, respectivamente.

**Figura 7.** Curvas percentiles de los Índices de Perfusión Periférica Preductal (izquierda) y Posductal (derecha) en función de la edad gestacional (semanas) para todos los recién nacidos (sin considerar sexo). Se muestra una guía de colores (extrema derecha) para identificar los percentiles.



**Tabla 12.** Percentiles de los valores del Índice de Perfusión Periférica Preductal por grupo de edad en todos los recién nacidos.

Edad gestacional	<i>n</i>	Percentiles						
		3%	10%	25%	50%	75%	90%	97%
36	11	1.020	1.300	1.450	2.000	3.500	3.700	6.500
37	27	1.160	1.360	1.900	2.300	3.100	4.600	7.120
38	75	0.844	1.440	1.850	2.600	3.700	4.800	7.050
39	54	0.959	1.230	1.700	2.300	4.270	5.390	7.100
40	65	0.992	1.340	1.700	2.300	3.700	4.820	7.210
41	25	0.994	1.100	1.700	2.400	3.400	4.440	5.240
42	11	1.640	1.740	1.950	2.300	3.650	4.460	4.840

Estimados generales del modelo:

Lambda: 1.499

Mu: estimado  $\pm$  error estándar;  $0.001 \pm 0.003$ ,  $P = 0.964$

Sigma:  $0.001 \pm 0.003$ ,  $P = 0.715$

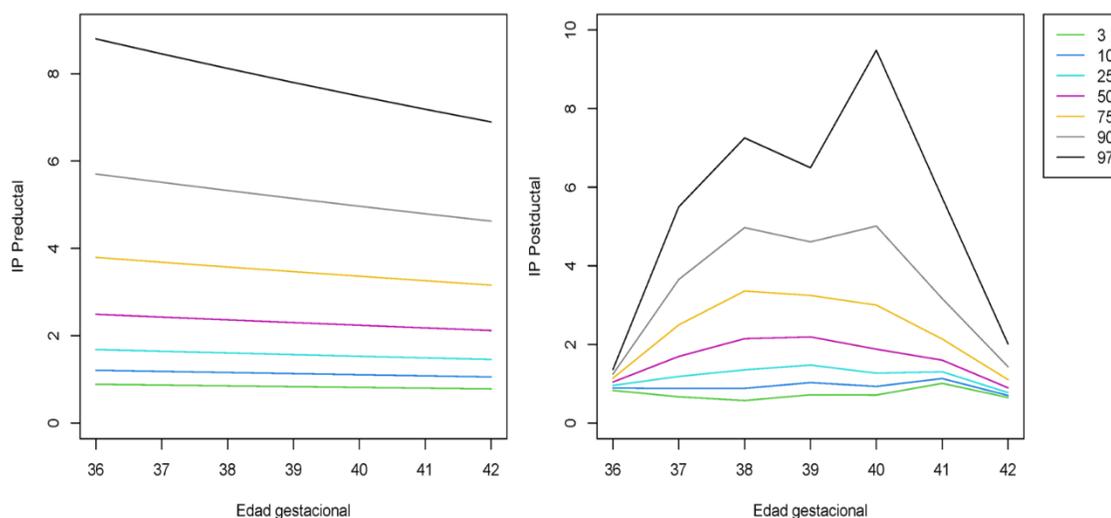
**Tabla 13.** Percentiles de los valores del Índice de Perfusión Periférica Postductal por grupo de edad en todos los recién nacidos.

Lambda: 0.001

Edad gestacional	N	Percentiles						
		3%	10%	25%	50%	75%	90%	97%
36	11	0.620	0.900	0.950	1.200	2.000	2.400	2.540
37	27	1.000	1.000	1.350	2.100	3.450	4.540	5.220
38	75	0.722	0.900	1.250	2.000	2.900	5.520	6.710
39	54	0.900	1.200	1.800	2.400	3.980	5.240	6.520
40	65	0.700	0.940	1.200	1.900	2.500	4.520	6.460
41	25	1.040	1.200	1.500	2.100	3.300	4.160	4.380
42	11	0.848	0.960	1.200	1.600	1.650	1.680	1.690

Mu: -3385.9 ± 646.1, P = 0.001

Sigma: 10868.2 ± 710.4, P = 0.001



**Figura 8.** Curvas percentiles de los Índices de Perfusión Periférica Preductal (izquierda) y Posductal (derecha) en función de la edad gestacional (semanas) para mujeres recién nacidas. Se muestra una guía de colores (extrema derecha) para identificar los percentiles.

**Tabla 14.** Percentiles de los valores del Índice de Perfusión Periférica Preductal por grupo de edad en mujeres recién nacidas.

Edad gestacional	n	Percentiles						
		3%	10%	25%	50%	75%	90%	97%
36	5	0.948	1.060	1.300	1.400	2.000	5.420	7.020
37	12	1.070	1.220	1.550	2.500	3.250	3.940	6.080
38	34	0.998	1.430	2.000	2.600	3.680	5.160	6.510
39	29	0.868	1.180	1.700	2.100	3.400	5.000	8.200
40	29	0.836	1.200	1.600	2.200	3.400	5.040	7.700
41	9	1.020	1.080	1.200	1.900	2.800	3.960	4.410
42	1	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600

Lambda: 1.499

Mu:  $-0.003 \pm 0.005$ ,  $P = 0.559$

Sigma:  $-0.001 \pm 0.005$ ,  $P = 0.876$

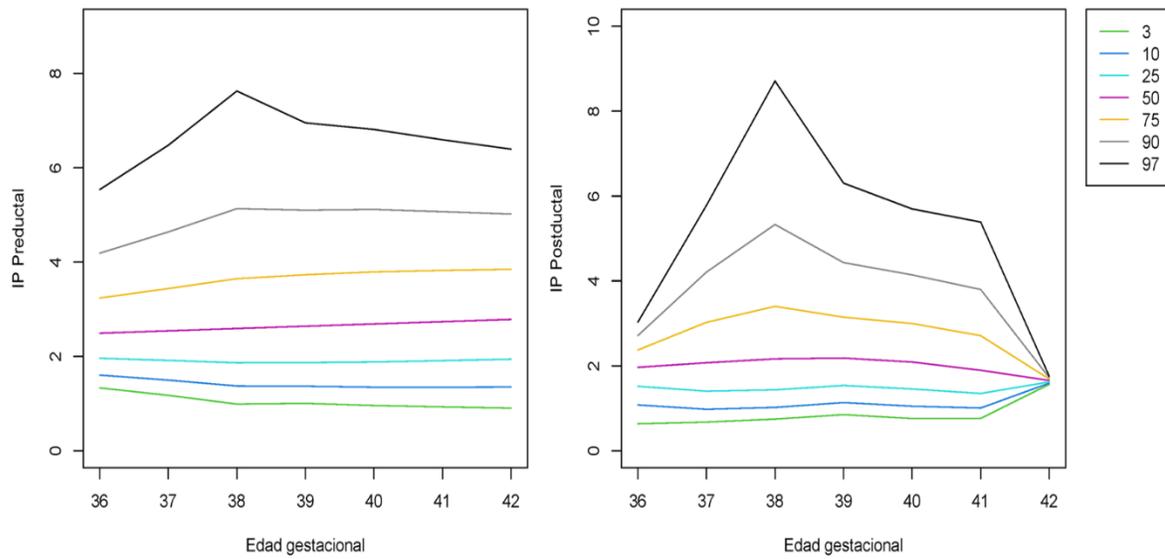
**Tabla 15.** Percentiles de los valores del Índice de Perfusión Periférica Postductal por grupo de edad en mujeres recién nacidas.

Edad gestacional	N	Percentiles						
		3%	10%	25%	50%	75%	90%	97%
36	6	0.90	0.90	0.90	1.00	1.20	1.20	1.20
37	12	1.00	1.04	1.48	2.40	3.25	4.30	4.97
38	34	0.50	0.83	1.22	1.75	2.75	4.60	5.62
39	29	0.90	1.16	1.80	2.50	4.00	5.40	6.46
40	29	0.70	0.86	1.10	1.50	2.20	4.60	7.20
41	9	1.12	1.18	1.40	1.50	2.80	3.24	3.35

Lambda: 0.001

Mu:  $27737 \pm 11979$ ,  $P = 0.022$

Sigma:  $63571 \pm 33381$ ,  $P = 0.059$



**Figura 9.** Curvas percentiles de los Índices de Perfusión Periférica Preductal (izquierda) y Postductal (derecha) en función de la edad gestacional (semanas) para varones recién nacidos. Se muestra una guía de colores (extrema derecha) para identificar los percentiles.

**Tabla 16.** Percentiles de los valores del Índice de Perfusión Periférica Preductal por grupo de edad en varones recién nacidos.

Edad gestacional	n	Percentiles						
		3%	10%	25%	50%	75%	90%	97%
36	6	1.580	1.750	2.020	2.750	3.550	3.650	3.680
37	15	1.470	1.780	1.950	2.300	2.850	4.540	6.490
38	41	0.800	1.500	1.700	2.500	3.700	4.800	6.740
39	25	1.140	1.340	1.700	2.300	4.600	5.320	6.540
40	36	1.110	1.500	1.870	2.700	4.150	4.800	6.740
41	16	0.935	1.350	1.780	2.550	3.520	4.650	5.370
42	2	2.380	2.570	2.970	3.650	4.320	4.730	4.920

Lambda: 1.499

Mu: 12260 ± 18482,  $P = 0.508$

Sigma: 34006 ± 29306,  $P = 0.248$

**Tabla 17.** Percentiles de los valores del Índice de Perfusión Periférica Postductal por grupo de edad en varones recién nacidos.

Edad gestacional	n	Percentiles						
		3%	10%	25%	50%	75%	90%	97%
36	6	0.650	1.000	1.580	2.000	2.350	2.500	2.570
37	15	1.000	1.080	1.250	2.000	3.650	4.360	5.010
38	41	0.820	0.900	1.300	2.100	3.000	5.800	6.720
39	25	1.090	1.240	1.700	2.200	3.700	4.940	5.690
40	36	0.800	1.100	1.480	2.000	2.900	4.150	5.180
41	16	1.030	1.200	1.580	2.200	3.500	4.250	4.460
42	2	1.600	1.610	1.650	1.670	1.690	1.690	1.700

Lambda: 0.001

Mu: -18607 ± 8715,  $P = 0.035$

Sigma: -44178 ± 28486,  $P = 0.123$

## DISCUSIÓN

La perfusión periférica de los pacientes recién nacidos se relaciona con la redistribución de la gasto cardíaco marginal y suministro de oxígeno al cerebro, corazón y glándulas suprarrenales. Por lo tanto, la monitorización de la perfusión de estos tejidos menos importantes (piel, tejido subcutáneo, músculo, y tracto gastrointestinal) podría ser un marcador temprano de hipoperfusión del tejido vital. El temprano reconocimiento de la perfusión de órganos alterada es importante para evitar la hipoxia tisular que, en última instancia, podría conducir a la insuficiencia orgánica.

La principal ventaja de la monitorización del IP es que se realiza fácilmente ya que se encuentra disponible básicamente para cualquier persona que utilice pulsioximetría.

Aunque son necesarios más estudios para evaluar su utilidad como indicador hemodinámico, la combinación con otras herramientas de seguimiento como EEG y NIRS parecen atractivos. Se ha demostrado que el IP se correlaciona con la perfusión periférica, gasto cardíaco y volumen sistólico. Además, en recién nacidos, se ha demostrado que el IP se correlaciona con el flujo de la vena cava y se ha asociado con la capacidad de respuesta al volumen.

En particular, se han mostrado valores de IP bajos ( $\leq 1.24$ ) son un predictor preciso para evaluar la gravedad de la neonatal enfermedad. Además, el monitoreo temprano de IP se ha observado que es útil para identificar a los recién nacidos prematuros y a término nacido de madres con corioamnionitis.

El IP se caracteriza por una alta variabilidad interindividual; por lo tanto, es más útil en el seguimiento de tendencias en lugar que ser utilizado como una medida aislada.

Nuestro estudio en general se correlacionó adecuadamente con los estudios a nivel mundial sobre este tema. A pesar de que el PI es un método simple y no invasivo con potencial de medición objetiva, ha sido infrautilizado. Esta puede deberse en parte a la variabilidad inherente en PI que se ve durante un breve periodo de seguimiento por lo que son necesarios periodos de seguimiento para crear tendencias.

En ésta investigación los supuestos de homoscedasticidad de los residuos de todos los análisis lineales fueron investigados mediante la inspección gráfica de la normalidad de los residuos (método gráfico Q-Q). En ningún caso se detectó heteroscedasticidad en los residuos, lo que sugiere un buen ajuste para todos los análisis, y por ende, confiabilidad en los resultados.

En nuestra investigación el promedio del índice de perfusión preductal fue de 2.94 así como del índice de perfusión posductal fue de 2.45 siendo más alto en comparación al estudio Sueco realizado por Granelli et al <sup>2</sup> en el cuál el promedio de IP fue de 1.7. Sin embargo existe coincidencia en cuánto al percentil 3 en nuestro estudio con un IP entre 0.6 y 1, siendo un IP 0.7 el percentil 5 en el estudio de Granelli.

Nuestros datos son consistentes con el estudio realizado por estudio de Zhao<sup>6</sup> en cuánto al índice de perfusión preductal (Tabla 1)(Percentil 50 IP 2-2.6) en comparación con el índice de perfusión preductal en nuestro estudio como se muestra en la Tabla 12; existe similitud en los valores del percentil 50 con cifras de índice de perfusión entre 1.99 y 2.38. En nuestro estudio el límite inferior (percentil 3 IP 0.8) en nuestro estudio consistente con Granelli el cuál reporta 0.7.

En cuánto al índice de perfusión posductal en el estudio de Xiao-jing Hu et al.<sup>6</sup> (Tabla 2) (percentil 50 IP 1.2 -2.4) en comparación con el índice de perfusión posductal en nuestro estudio como se muestra en la Tabla 13 existe similitud en el percentil 50 con índice de perfusión entre 1.99 y 2.38. En nuestro estudio siendo el percentil 3 un IP de 0.6 coincide con el estudio que se realizó en la India por Ashok 2017 <sup>12</sup>

Así mismo, encontramos que pacientes con un mayor peso al nacimiento tuvieron índices preductales mayores esto relacionado probablemente a la edad gestacional.

No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre índice de perfusión preductal y posductal probablemente relacionado a que el estudio se realizó únicamente en pacientes de término, así mismo no hubo un incremento de los valores del índice de perfusión con la edad gestacional probablemente debido a que todos los pacientes son de término.

Así mismo no hubo diferencia en cuánto a los días de vida extrauterina ya que el periodo de tiempo en el que se realizó fue corto, dentro de las primeras 72 horas, para evidenciar un cambio en la tendencia de incremento del índice de perfusión es necesario un mayor seguimiento.

En nuestro estudio el percentil 3 del índice de perfusión fue IP de 0.6 coincidente con la investigación de De Felice et al.<sup>11</sup>; en la cuál se han tomado como referencia los siguientes valores: pacientes críticamente enfermos, el IP menor de 1.4 es un marcador de hipoperfusión; menor a 0.6 es un factor para la mortalidad a 30 días, sin embargo en nuestro estudio únicamente el valor de 0.6 no se relacionó con mortalidad ni con datos de hipoperfusión.

Es importante resaltar que en nuestro estudio encontramos un índice de perfusión mayor que el encontrado en la literatura mundial lo cual se puede asociar a que nuestro estudio estuvo

conformado por recién nacidos de término lo cuál según la literatura, influye significativamente en los valores del índice de perfusión.

### **CONCLUSIONES**

- Se ha demostrado que el IP se correlaciona con la perfusión periférica, gasto cardíaco y volumen sistólico. Además, en recién nacidos, se ha demostrado que el IP se correlaciona con el flujo de la vena cava y se ha asociado con la capacidad de respuesta al volumen.
- En este trabajo se lograron establecer valores promedio del índice de perfusión periférica en recién nacidos sanos a través de curvas percentilares.
- La importancia de haber determinado valores promedio del IP es que sirven para ser tomados como referencia en recién nacidos sanos.
- El IP se caracteriza por una alta variabilidad interindividual; por lo tanto, es más útil en el seguimiento de tendencias en lugar que ser utilizado como una medida aislada.
- Se necesitan estudios adicionales para apoyar el monitoreo de rutina del IP como parámetro para detectar choque inminente y mejorar los resultados clínicos.

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.**

Actividad	Diciembre 2020	Enero 2021- Marzo 2021	Abril 2021	Mayo- Junio 2021	Julio- Agosto 2021
Selección de protocolo					
Investigación bibliográfica					
Diseño de protocolo					
Evaluación por comités					
Recabar resultados de base de datos					
Análisis estadístico					
Conclusión tesis					

## BIBLIOGRAFÍA

1. Costa Monteiro S, Correia-Costa L, Proença E. Perfusion index in preterm newborns during the first week of life and association with neonatal morbimortality: a prospective observational study. *J Pediatr Neonat Individual Med.* 2017;6(2):e060212.
2. Piasek, C., Van Bel, F., & Sola, A. (2014). Perfusion index in newborn infants: a noninvasive tool for neonatal monitoring. *Acta Paediatrica*, 103(5), 468-473.
3. De La Peña Sanabria, I., Ochoa Martelo, M., Baquero Latorre, H., & Acosta-Reyes, J. (2017). Índice de perfusión periférica en la UCI neonatal: una respuesta a la monitorización no invasiva del recién nacido crítico. *Perinatología Y Reproducción Humana*, 31(2), 85-90. doi: 10.1016/j.rprh.2017.10.015
4. Jegatheesan P, Nudelman M, Goel K, et al. Perfusion index in healthy newborns during critical congenital heart disease screening at 24 hours: retrospective observational study from the USA. *BMJ Open* 2017
5. Falotico JM, Shinozaki K, Saeki K and Becker LB (2020) Advances in the Approaches Using Peripheral Perfusion for Monitoring Hemodynamic Status.
6. Xiao-jing Hu et al.: Peripheral perfusion index percentiles for healthy newborns by gestational age and sex in China. *Scientific reports* (2020) 10:4213
7. Salas Gisela et al.: Consenso sobre la monitorización del recién nacido internado. Parte 1. Sociedad Argentina de Pediatría; Subcomisiones, Comités y Grupos de Trabajo. 2013;111(4):353-359.
8. Nilay Hakan et al.: Reference values of perfusion indices in hemodynamically stable newborns during the early neonatal period. *Eur J Pediatr* (2014) 173:597–602.
9. Cresi et al.: Perfusion index variations in clinically and hemodynamically stable preterm newborns in the first week of life. *Italian Journal of Pediatrics* 2010; 36:6
10. Zaramella et al.: Foot Pulse Oximeter Perfusion Index Correlates with Calf Muscle Perfusion Measured by Near-Infrared Spectroscopy in Healthy Neonates. *Journal of Perinatology* (2005) 25, 417–422.
11. De Felice, C., Latini, G., Vacca, P. *et al.* El índice de perfusión del oxímetro de pulso como predictor de alta gravedad de la enfermedad en recién nacidos. *Eur J Pediatr* 161, 561–562 (2002)
12. Ashok Raja J, Balasankar S, Mathiarasan K. Perfusion index and Plethysmographic variability index values in spontaneously breathing clinically stable term neonates in room air in the first 10 days of life
13. Alderliesten, T., Lemmers, P., Baerts, W., Groenendaal, F., & van Bel, F. (2015). Perfusion Index in Preterm Infants during the First 3 Days of Life: Reference Values and Relation with Clinical Variables. *Neonatology*, 107(4), 258-265.
14. Latini, G., Dipaola, L., & De Felice, C. (2012). First Day of Life Reference Values for Pleth Variability Index in Spontaneously Breathing Term Newborns. *Neonatology*, 101(3), 179-182.
15. Jardim, J. (2013). Peripheral perfusion index-reference range in healthy Portuguese term newborns. *Journal Of Pediatric And Neonatal Individualized Medicine*, 3(1).

16. Lima, A., & Bakker, J. (2005). Noninvasive monitoring of peripheral perfusion. *Intensive Care Medicine*, 31(10), 1316-1326. doi: 10.1007/s00134-005-2790-2
17. Zhao, Y., Yang, G., Niu, S., Zhang, M., Gao, F., & Liu, K. (2020). Evaluation of Tissue Perfusion Status in Moderately Preterm Infants. doi: 10.21203/rs.3.rs-27941/v1
18. Cole, TJ & Green, PJ. 1992. Smoothing reference centile curves: the LMS method and penalized likelihood. *Statistics in Medicine*, 11: 1305-1319.