

Sensibilidad y especificidad de la oximetría de pulso para detectar cardiopatías congénitas en recién nacidos

Sensitivity and specificity of pulse oximetry to detect congenital heart disease in newborns

Oscar Manuel Berlanga Bolado¹, Patricia Rivera Vázquez², Hadassa Yuef Martínez Padrón³

DOI: 10.19136/hs.a22n2.5182

Artículo Original

• Fecha de recibido: 1 de julio de 2022 • Fecha de aceptado: 9 de enero de 2023 • Fecha de publicación: 28 de abril de 2023

Autor de correspondencia

Hadassa Yuef Martínez Padrón. Dirección postal: Hospital Regional de Alta Especialidad de Ciudad Victoria "Bicentenario 2010". Libramiento Guadalupe Victoria S/N, Área de Pajaritos, C.P. 87087 Ciudad Victoria. Tamaulipas, México.
Correo electrónico: hadassayuef@gmail.com

Resumen

Objetivo: Determinar la sensibilidad y especificidad de la oximetría de pulso, para detectar cardiopatías congénitas en recién nacidos sanos en alojamiento conjunto.

Material y métodos: El estudio es de tipo multicéntrico, prospectivo y transversal, evaluando pacientes del Hospital Regional de Alta Especialidad "Bicentenario 2010" y el Hospital General "Dr. Norberto Treviño Zapata", en ciudad Victoria Tamaulipas, en un periodo que comprendió desde marzo del 2015 a marzo de 2017. Se determinó la oximetría de pulso a recién nacidos sanos antes del egreso hospitalario.

Resultados: Se estudiaron 511 recién nacidos. La sensibilidad detectada fue del 88.89 % y una especificidad del 99.80%.

Conclusión: Las cardiopatías congénitas en recién nacidos sanos en alojamiento conjunto, se pueden determinar mediante la oximetría de pulso pre y post-ductal.

Palabras clave: Oximetría de pulso; Cardiopatía; Recién nacido.

Abstract

Objective: To determine the sensitivity and specificity of pulse oximetry to detect congenital heart disease in healthy newborns in rooming-in.

Material and methods: The study is multicenter, prospective and cross-sectional, evaluating patients from the Regional Hospital of High Specialty "Bicentenario 2010" and the General Hospital "Dr. Norberto Treviño Zapata", in the city of Victoria Tamaulipas, in a period from march 2015 to March 2017. Pulse oximetry was determined in healthy newborns before hospital discharge.

Results: 511 newborns were studied. The sensitivity detected was 88.89% and a specificity of 99.80%.

Conclusion: Congenital heart disease in healthy newborns in rooming-in can be determined by pre- and post-ductal pulse oximetry.

Key words: Pulse oximetry; Cardiopathy; Newborn.

¹ Médico especialista en Neonatología del Hospital Regional de Alta Especialidad de Ciudad Victoria "Bicentenario 2010" Tamaulipas, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

² Doctora en Ciencias Administrativas, Jefatura de Enseñanza del Hospital Regional de Alta Especialidad de Ciudad Victoria "Bicentenario 2010", Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

³ Doctora en Ciencias. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Gestora de Proyectos de Investigación. Subdirección de Enseñanza e Investigación del Hospital Regional de Alta Especialidad de Ciudad Victoria "Bicentenario 2010", Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

Introducción

Las cardiopatías congénitas son las malformaciones más comunes que se presentan al nacer, con una prevalencia de 0.6 – 0.8 % en recién nacidos vivos en todo el mundo. Representan el 24% de las muertes y aproximadamente del 6–8% en menores de un año de edad¹. La mortalidad por cardiopatías congénitas ha disminuido considerablemente en los últimos años, debido en gran parte a los avances en el diagnóstico, en el manejo quirúrgico y los cuidados postoperatorios; sin embargo en las cardiopatías congénitas la morbilidad y mortalidad sigue siendo elevada; esto se hace más evidente en países de bajos ingresos que no cuenta con los avances tecnológicos y científicos adecuados para el diagnóstico y tratamiento^{1,2,3}. Autores reportan que en las enfermedades del recién nacido que cursan con hipoxemia, el hacer un diagnóstico temprano impacta de manera positiva en el pronóstico. Por ejemplo, en Inglaterra el 25% de las cardiopatías congénitas no se detectan al nacimiento y son diagnosticadas cuando el paciente regresa al hospital gravemente enfermo⁴. Por lo tanto, la demora en el diagnóstico puede incrementar la morbilidad y mortalidad de estos recién nacidos⁵.

A nivel internacional se han realizado estudios enfocados en evaluar la implementación de la oximetría de pulso en recién nacidos como método de diagnóstico de cardiopatías en recién nacidos, destacan los estudios realizados por Huang y colaboradores en el 2022 al evaluar la implementación clínica de oxímetro de pulso combinado y auscultación cardíaca como un dispositivo de detección rápida para enfermedades cardíacas congénitas, el estudio demostró que la adición de la oximetría de pulso a la auscultación cardíaca de rutina podría usarse como una prueba de detección precisa y factible para la detección temprana de cardiopatía coronaria en recién nacidos en la práctica clínica a gran escala⁵.

Por otra parte, Arvind y colaboradores en el 2022⁶, al comparar el rendimiento de la detección de oximetría de pulso en la detección de defectos cardíacos congénitos cianóticos no dependientes del conducto (CCHD), encontraron que se identificaron diez recién nacidos con CCHD no dependiente del conducto en el ecocardiograma, cinco de los cuales habían pasado la prueba de oximetría de pulso. Esto se tradujo en una sensibilidad del 50 % (intervalo de confianza [IC] del 95 %: 23.7%-76.3%) y un valor predictivo positivo de 0.08 (IC del 95 %: 0.03-0.2), los cuales fueron significativamente menores en comparación con los del ductus cardiopatía congénita dependiente⁶. Otros estudios documentaron que la tasa de detección de cardiopatías congénitas fue de 2.5 por 1000 nacidos vivos (con un intervalo de confianza [IC] del 95 % de 0.9 a 6.7 por 1000 nacidos vivos); con una tasa de falsos positivos de oximetría de pulso del 0.6%. Se encontró que siete bebés falsos positivos de cada 10 tenían otras afecciones

neonatales significativas, incluida la hipertensión pulmonar persistente del recién nacido, taquipnea transitoria y sepsis neonatal⁷.

En México se desconoce la prevalencia de las malformaciones cardíacas congénitas, así como de las repercusiones que éstas tienen a corto y largo plazo en la salud de los pacientes. La información disponible reporta que durante la década de los noventa fue la sexta causa de muerte en menores de un año, en el 2002 se situó en el cuarto lugar y desde el 2005 es el segundo lugar. Del año 2004 al 2007, el número total de muertes en menores de 10 años fue de 15,548 pacientes cardiopatas de los cuales el 83% correspondían a menores de un año^{8,9}.

La Academia Americana de Pediatría (AAP, por sus siglas en inglés: American Academy of Pediatrics) publicó en 2011, junto al Comité de Enfermedades Hereditarias en Neonatos y Niños (SACHDNC, por sus siglas en inglés: Secretary's Advisory Committee on Heritable Disorders in Newborns and Children) dan la recomendación de realizar tamizaje de cardiopatía congénita a todos los recién nacidos vivos, con el propósito de detectar oportunamente los defectos estructurales del corazón que se asocia a hipoxemia, estas recomendaciones se basaron en la evidencia del 2009, y las que aportaron dos importantes estudios que se llevaron a cabo en Alemania y Suecia^{8,9,10}.

A nivel nacional, Rubens-Figueroa y colaboradores¹⁰ apoyan estas recomendaciones al evaluar el costo beneficio de la prueba de oximetría de pulso, junto con el estudio de ecocardiografía en los casos positivos, tendría un costo de 29.3 \$MXN por cada recién nacido; en tanto, la detección tardía se asocia a 52 % más de ingresos hospitalarios, 18 % más de días-hospital y 35 % más de costos hospitalarios, aunada a una mayor morbilidad y mortalidad para los bebés con cardiopatías congénitas. Por lo cual, el tamiz cardiológico neonatal se suma a los tamices metabólico, auditivo y oftalmológico identificados por la Ley General de Salud en México y considerados en la Norma oficial mexicana NOM034-SSA2-2013.

La oximetría de pulso para detectar cardiopatías congénitas es considerada en la actualidad como una prueba útil, no invasiva, de fácil implementación y bajo costo se realiza entre las 24 horas y 48 horas de vida antes del egreso hospitalario y en alojamiento conjunto^{10,11} Esta investigación es la segunda fase de un trabajo publicado en el 2017 por Berlanga/Rivera y colaboradores¹². Por lo anterior, el objetivo planteado fue evaluar la oximetría de pulso pre y postductal en el diagnóstico de las cardiopatías congénitas.

Materiales y métodos

La presente investigación fue un estudio descriptivo, probabilístico, de corte transversal, observacional¹³. Se estudiaron 511 recién nacidos en alojamientos conjunto, de término, de ambos sexos, con edad de vida extrauterina de 24 h a 48 h, que nacieron en el Hospital Regional de Alta Especialidad de Cd. Victoria “Bicentenario 2010” y Hospital General “Dr. Norberto Treviño Zapata”, en Ciudad Victoria, Tamaulipas, México, en el período comprendido entre los meses de marzo 2015 hasta marzo 2017.

Se excluyeron del estudio a todos los recién nacidos con diagnóstico prenatal de cardiopatía congénita, más de tres días de vida extrauterina, con factores de riesgo: parto distócico, asfixia al nacer, problemas respiratorios, datos de infección, estar internado en la unidad de cuidados intensivos neonatales, ictericia, tener antecedentes perinatales de sufrimiento fetal, prueba de Apgar menor a 6 al minuto de nacido, ser considerado prematuro, con datos de hipertensión pulmonar por persistencia del patrón pulmonar fetal, recién nacidos con comorbilidad asociada (sepsis, neumonía, etc), malformaciones congénitas, que los padres o tutores no aceptaran participar en el estudio y recién nacido con expediente clínico incompleto.

Se capacitó para la toma de oximetría de pulso al personal que labora en el área de alojamiento conjunto, así como a una enfermera pediatra para la correcta implementación del estudio. Se estableció como candidato a todos los recién nacidos sanos que se encontraron con su madre en el cunero fisiológico. El equipo utilizado para la oximetría de pulso fue Nellcor N-65, con monitor portátil con tecnología Oxi Max, Jackson, con número de serie 38305 Tennessee, EE.UU. y para la ecocardiografía se usó un equipo: Marca Siemens. Sistema de ecocardiografía. Acuson Sequoia C512. Mountain View, CA 94043 U.S.A.

El Algoritmo de Tamizaje para la toma de oximetría de pulso fue el propuesto por Kemper y Mahle (2011)¹⁰. Este procedimiento fue realizado a las 24 h a 48 h de vida extrauterina, junto a su madre, en dos sitios: la medición postductal se realizó en los pies y la medición preductal en la mano derecha. Las mediciones se interpretaron de la siguiente manera (Tabla 1).

Las acciones que se tomaron de acuerdo con los resultados fueron; si era negativo, se continuó el manejo normal del recién nacido sano con su madre y egreso hospitalario. Si el resultado fue positivo inmediato o positivo, se tomó nuevamente el estudio hasta en dos ocasiones con separación de 1 h; si el resultado continuaba positivo, o positivo inmediato, se pidió interconsulta con cardiólogo pediatra para valoración y toma de ecocardiograma. Además, se les dio información a los padres o tutores por escrito y en forma oral de los resultados.

Se elaboró una base de datos de cada uno de pacientes para su seguimiento, hasta por un año, después del estudio. El estándar de oro fue la ecocardiografía.

El análisis estadístico consistió en realizar estudios de pruebas diagnósticas, donde se calcularon medidas de tendencia central, se utilizaron estadísticas inferenciales mediante tablas de contingencias, para determinar especificidad, sensibilidad, valor predictivo positivo y negativo, así como razón de verosimilitud positiva y negativa, con un intervalo de confianza al 95%. Para la sensibilidad y especificidad se utilizaron las curvas ROC (Receiver Operating Characteristics) y se determinó el valor de AUC (Area Under Curve) para evaluar el índice de precisión global. Y se utilizó la CEBM Statistics Calculator y Diagnostic Test Calculator (versión 20100421011) por Schwartz (2022)¹⁴. Se implementó una base de datos con el programa estadístico para ciencias sociales (SPSS 2022 por sus siglas en inglés: Statistical Package for the Social Sciences)¹⁵.

Resultados

Se estudiaron 511 recién nacidos sin factores de riesgo en alojamiento conjunto, de todos ellos, el 74.4% se obtuvo por operación cesárea. La media de peso fue de 3 328.01 g, y la oximetría de pulso se tomó con una media de edad en días de 34.5 ± 13.7 h (24 h a 48 h). Las saturaciones de oxígeno variaron entre 96.95 % (DE 2.7) para la preductal y 97.37 % (DE 2.7) para la postductal. Tabla 2.

Nueve pacientes (1.8%) fueron referidos a valoración por cardiólogo pediatra y toma de ecocardiograma por presentar saturaciones de oxígeno pre y postductales menor a 95%. En ocho recién nacidos se confirmó cardiopatía congénita. (Tabla 3).

En la tabla de contingencia se muestran los resultados obtenidos al confrontar la oximetría de pulso con el estándar de oro (ecocardiografía). (Tabla 4)

En el tabla 5 se presentan los resultados obtenidos de la sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y negativo, así como razón de verosimilitud positiva y negativa.

En la Figura 1 se aprecia la representación global de la exactitud de la oximetría de pulso mediante la curva ROC, las líneas indican el punto de corte que determina la sensibilidad y especificidad; a su vez se detectó el valor del área bajo la curva (AUC, por sus siglas en inglés: Area Under Curve) para la evaluación del índice de precisión de la prueba.

Los puntos indican el punto de corte que determina la sensibilidad y la especificidad. Además, se presenta el valor de AUC (Área bajo la curva).

Tabla 1. Interpretación de saturación de oxígeno en la medición posductal y preductal en pacientes pediátricos.

Saturación de oxígeno	Interpretación
saturación de oxígeno fue menor a 90 % en la mano derecha o alguno de los pies.	Positivo inmediato
si la saturación era entre 90 % y 94 % en la mano derecha y alguno de los pies y/o existía una diferencia de saturación mayor del 3 % en ambas.	Positivo
cundo la saturación fue igual o mayor al 95 % en las lecturas preductal y postuctal, y existía una diferencia menor al 3 % en ambas.	Negativo

Fuente: Kemper y Mahle, 2011¹⁰

Tabla 2. Características de 511 recién nacidos a término, evaluados por oximetría de pulso.

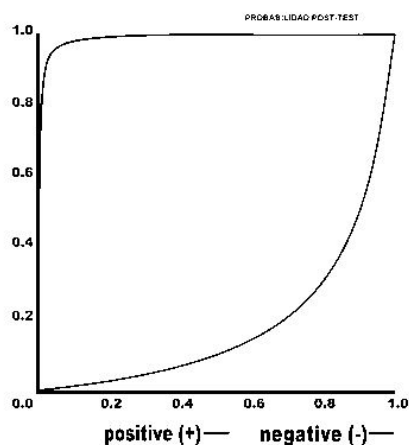
Variable	Parámetros
Sexo: femenino / masculino	257/254
Edad Gestacional: (semanas)	39.1 ± 1.1
Peso al Nacer (gramos)	3 328 ± 420.8
Edad Postnatal de oximetría (horas)	34.5 ± 13.7
Vía de Nacimiento:	Cesárea 380 (74.4 %)
	Parto 131 (25.7 %)
Saturación O ₂ (SPO ₂) Oximetría de Pulso	Preductal 96.95 ± 2.7
	Postductal 97.37 ± 2.7

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Tabla de contingencia, número de pacientes que resultaron con oximetría de pulso positiva o negativa.

Pulsoximetría	Ecocardiograma		Total de pacientes
	Cardiopatía	Sin cardiopatía	
Casos positivos	8	1	9
Casos negativos	1	501	502
Total	9	502	511

Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. Gráfico de características operativas de curva del receptor (ROC) para líneas de prueba y no discriminación.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Resultado del ecocardiograma en recién nacidos sin factores de riesgo.

Cardiopatía	Número Casos	%
Persistencia de conducto arterioso	4	0.78
Comunicación interventricular	2	0.39
Transposición de grandes vasos	1	0.20
Drenaje venoso pulmonar anómalo total	1	0.20
Ecocardiografía normal	1	0.20
Oximetría de pulso sin alteraciones	502	98.24
Total	511	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Precisión de la oximetría de pulso en 511 recién nacidos evaluados.

Estadísticas	Valor	IC 95 %
Sensibilidad	88.89 %	51.75 a 99.72
Especificidad	99.80 %	98.90 a 99.99
Razón de verosimilitud positiva (LR+)	446.22	62.13 a 3204.92
Razón de verosimilitud Negativa (LR-)	0.11	0.02 a 0.71
Valor predictivo positivo	88.89 %	52.69 a 98.29
Valor predictivo negativo	99.80 %	98.75 a 99.07

Fuente: Elaboración propia.

Discusión

Al término del estudio se pudo confirmar la utilidad de la oximetría de pulso para detectar cardiopatías congénitas en el recién nacido sin factores de riesgo en alojamiento conjunto. Aunque la sensibilidad y especificidad que se encontró expresan solamente el rendimiento de la oximetría pulso para detectar cardiopatías congénitas, ofrecer una base para calcular otros parámetros de mayor precisión, el clínico que aplica la prueba diagnóstica no solamente necesita conocer el rendimiento si no, la probabilidad de la presencia de cardiopatía congénita ante prueba positiva o negativa. Por lo tanto, los valores predictivos positivo y negativo pueden contestar esta pregunta, ya que se encontró en ambos resultados valores que confirma la utilidad de la oximetría de pulso, el problema es que cambian de acuerdo con la prevalencia, por lo que no necesariamente estos resultados son aplicables para clínico, porque la prevalencia de las cardiopatías congénitas en los pacientes atendidos en sus hospitales puede ser diferentes. Estudios realizados por Lozano

y colaboradores en el 2020¹¹, confirma que existen variaciones en las mediciones por la altitud del lugar donde se implementa la medición.

Por otra parte, Peña-Juárez y colaboradores en el 2021¹², mencionan que ante un paciente con choque cardiogénico en las primeras 72 horas de vida, siempre se debe sospechar la existencia de una CCC. Incluso si no se dispone de un estudio ecocardiográfico es esencial iniciar la administración de prostaglandinas. Aunado a estos hallazgos, Huang y colaboradores en el 2022 demostraron que la adición de la oximetría de pulso a la auscultación cardíaca de rutina podría usarse como una prueba de detección precisa y factible para la detección temprana de cardiopatía coronaria en recién nacidos en la práctica clínica a gran escala⁵.

Por lo que hay otros parámetros que son decisivos en los estudios de exactitud diagnóstica, como son la razón de verosimilitud positiva (likelihood ratios LR+) o negativo (LR-) que comparan dos probabilidades, ante esto, surgen las siguientes preguntas ¿Cuántas veces mayor es la probabilidad de verdadera positividad en comparación con la falsa positividad? Al tener un resultado como el nuestro significa que la probabilidad de la verdadera positividad es mayor que la falsa positividad al aplicar la oximetría de pulso, por lo tanto, es muy útil para hacer el diagnóstico de cardiopatía congénita en recién nacidos y la otra pregunta sería ¿cuántas veces menor es la probabilidad de falsa negatividad en comparación con la verdadera negatividad? Con los resultados obtenidos en este estudio se confirma la utilidad de la oximetría de pulso como prueba diagnóstica. si la aplicación de una prueba diagnóstica genera una diferencia importante en tener o no tener cardiopatía congénita podemos afirmar que la utilidad de la prueba diagnóstica es grande como lo pudimos demostrar¹⁶.

En este sentido, los reportes de algunos investigadores con poblaciones grandes observan un comportamiento especial de la oximetría de pulso, por ejemplo la especificidad y el valor predictivo negativo en todos sigue una tendencia ascendente más del 99%, parece ser que estos dos parámetros no se modifican en los resultados, esto confirma la seguridad de la oximetría de pulso para descartar cardiopatías congénita en el recién nacido sano con prueba negativo, en el presente estudio, el comportamiento de estos dos parámetros fue el mismo. El comportamiento de la sensibilidad también tiene un patrón especial, es variable y oscila entre 50 y 100%, parece ser afectado por el tiempo en que se realiza la oximetría de pulso, si se toma con menos de 24 horas de vida extrauterina, se observa una disminución de ésta con incremento de falsos positivos, lo cual pudimos constatar en el estudio, el tiempo en que se realiza la prueba es decisivo para el resultado de la sensibilidad; por otro lado la variabilidad de la saturación antes de las 24 horas de vida extrauterina también puede afectar los falsos positivos y la sensibilidad; otro comportamiento

observado fue el valor predictivo positivo de la prueba, entre más alta la tasa de falsos positivos el valor predictivo positivo disminuye, posiblemente influyen factores como el tipo de oxímetro ,si es de alta tecnología o no, capacitación adecuada a la persona , lecturas adecuada del resultado, valor de corte de la saturación, oximetría solamente en zonas postductales y la implementación de protocolos recomendados por la Academia Americana de Pediatría; reportamos un VPP más alto^{12,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29}.

Muchos autores proponen tomar la oximetría de pulso solamente en zonas postductal (pie) , aunque se ha podido comprobar que la saturación es ligeramente menor²⁸ en los recién nacidos de 24 horas de vida, debido a la derivación a nivel del conducto arterioso y por lo general la diferencia entre ambas saturaciones (mano y pie) es menor al 1%; sin embargo algunas pueden tener una diferencia mayor sobre todo en la coartación de aorta, estenosis aortica y síndrome de corazón izquierdo hipoplásico; aunque en el presente estudio no se encontraron diferencias mayores al 3%, es recomendable utilizar la mediciones de oximetría pre y postductales para poder detectar tempranamente este tipo de cardiopatías, y por otro lado poder incrementar la sensibilidad de la oximetría^{3,12,28,30}. Las limitaciones de nuestro estudio fueron las siguiente: tamaño de población pequeña, oxímetro de pulso de baja tecnología, posiblemente sesgo de verificación diagnóstica; para evitarla se le dio seguimiento hasta por año a todos los pacientes del estudio. Por lo anterior es necesario un examen clínico en la atención del recién nacido que debe de acompañar en todo momento a la valoración e interpretación de la oximetría de pulso.

La disponibilidad de especialistas en países de bajos ingresos económicos es limitada., sobre todo en nuestras comunidades, lejanas e incomunicadas, el traslado en las mejores condiciones a centros de alta especialidad se torna muy difícil, provocando incremento en la morbilidad y la mortalidad; por lo tanto, la oximetría de pulso es una herramienta de gran valor³¹.

Conclusiones

La evaluación temprana de todos los recién nacidos con pulsoximetría, pre y postductales, es un método complementario no invasivo de fácil implementación y de bajo costo, que se realiza antes del egreso hospitalario y se considera de suma utilidad. En México el 1 de junio de 2021, en el Diario Oficial de la Federación se publicó la reforma al artículo 61 de la Ley General de Salud, en la cual se establece la obligatoriedad en México de la realización del tamiz neonatal cardíaco (TNC) a todos los recién nacidos, a fin de diagnosticar en forma oportuna cardiopatías congénitas críticas (CCC) en las primeras horas del nacimiento, por medio de la oximetría de pulso.

Conflicto de intereses

Se declara no tener conflicto de interés.

Contribución de los autores

Conceptualización y diseño. OMBB, PRV, HYMP; Metodología, OMBB, PRV, HYMP; Adquisición de datos y Software, OMBB, PRV, HYMP; Análisis e interpretación de datos, OMBB, PRV, HYMP. Investigador Principal OMBB, PRV, HYMP, Investigación, OMBB, PRV, HYMP Redacción del manuscrito OMBB, PRV, HYMP; Preparación del borrador original OMBB, PRV, HYMP; Redacción revisión y edición del manuscrito OMBB, PRV, HYMP; Visualización, OMBB, PRV, HYMP; Supervisión, OMBB, PRV, HYMP.

Agradecimientos

Nuestro más sincero agradecimiento al Ingeniero Carlos Alejandro Zamarripa Medrano por su asesoría computacional.

Financiamiento

No se recibió apoyo financiero para llevar a cabo el proyecto de investigación

Responsabilidades éticas

Este estudio no representa ningún riesgo para la salud, al tratarse de un estudio retrospectivo. Por esto, no es necesario la obtención de consentimiento informado, como establece la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, Título Segundo, Capítulo I, Artículo 17, Categoría II.

Este proyecto de investigación fue aprobado por el comité de ética e investigación de ambos hospitales con los números de registro: HRAEV-IC- 005-15 y HG-CB- 0003-15.

Referencia

1. Jiménez-Carbajal M, López-Pérez D, y Fernández-Luna C. Relevancia de las detecciones cardiopatías congénitas complejas mediante cribado con oximetría de pulso en recién nacidos aparentemente sanos en los establecimientos de salud. *Arch Cardiol Mex.* [Internet]. 2018 [citado 05 de diciembre de 2022];88(4): 298-305. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.acmx.2018.02.001>

2. García-Benítez L, Granados-García, V, Agudelo-Botero M, Mier-Martínez M, Palacios-Macedo A, Durán-Arenas L. Análisis de costo efectividad de la oximetría de pulso como prueba de detección de las cardiopatías congénitas críticas en México. *Salud pública de México.* [Internet]. 2022 [citado 05 de noviembre de 2022]; 64(4, jul-ago), 377–384. Disponible en: <https://doi.org/10.21149/13553>

3. Hoffman J. It is time for routine neonatal screening by pulse oximetry. *Neonatology.* 2011, [Internet]. 2011 [citado 05 de diciembre de 2022]; 99: 1-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1159/000311216>

4. Van-der-Linde D, Konings EEM, Slage MA, Witsenbur M, Helbing WA, Takkenberg JJ, et al. Birth prevalence of congenital heart disease worldwide: A systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol.* [Internet]. 2011 [citado 05 de diciembre de 2022];53: 2241-2247. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2011.08.025>

5. Huang Y, Zhong S, Zhang X, Kong L, Wu W, Yue S, Tian N, Zhu G, Hu A, Xu J, Zhu H, Sun, A., Qin, F., Wang, Z, Wu S. Large scale application of pulse oximeter and auscultation in screening of neonatal congenital heart disease. *BMC pediatrics.* [Internet]. 2022 [citado 05 de noviembre de 2022]; 22(1), 483.

6. Arvind B, Saxena A, Ramakrishnan S. Utility of pulse-oximetry screening in newborns with nonductus-dependent cyanotic congenital heart defects: A reason to alarm? *Annals of pediatric cardiology.* [Internet]. 2022 [citado 05 de noviembre de 2022]; 15(1), 41–43. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35847403/>

7. Majani N, Chillo P, Sliker G, Sharau G, Mlawi V, Mongella S, Nkya D, Khuboja S, Kwesigabo G, Kamuhabwa A, Janabi M, & Grobbee D. Newborn Screening for Critical Congenital Heart Disease in a Low-Resource Setting; Research Protocol and Preliminary Results of the Tanzania Pulse Oximetry Study. *Global heart,* [Internet]. 2022 [citado 05 de diciembre de 2022]; 17(1), 32. Disponible en: <https://doi.org/10.5334/gh.1110>

8. Colmenero CJ, de-la-Llata M, Vizcaino A, Ramírez S y Bolio A. Atención médico- quirúrgica de cardiopatías congénitas: una visión panorámica de la realidad en México. *Encuesta 2009. Rev Invest Clin.* [Internet]. 2011 [citado 05 de diciembre de 2022];63(4): 344-352.

9. Cullen P, y Guzmán B. Tamiz de cardiopatías congénitas críticas. Recomendaciones actuales. *Acta Médica Grupo Ángeles.* [Internet]. 2014 [citado 05 de diciembre de 2022]12(1): 24-29.

10. Rubens-Figueroa Jesús De, Mier-Martínez Moisés, Jiménez-Carbajal María G., García-Aguilar Humberto. Tamizaje neonatal cardiaco en México, una herramienta para el diagnóstico temprano de cardiopatías críticas. *Gac. Méd. Méx* [Internet]. 2022 [citado 05 de noviembre de 2022]; 158(2): 67-71. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0016-38132022000200067&lng=es. <https://doi.org/10.24875/gmm.22000026>
11. Lozano-Duau C, Hernández-Benítez R, Iglesias-Leboreiro J, Bernárdez-Zapata I, Vidaña-Pérez D. Saturación pre y postductal en recién nacidos sanos de la Ciudad de México. *Acta méd. Grupo Ángeles* [Internet]. 2020 [citado 05 de noviembre de 2022]; 18(2): 146-150. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-72032020000200146&lng=es
12. Peña-Juárez R, Corona-Villalobos C, Medina-Andrade M, Garrido-García L, Gutierrez-Torpey C, Mier-Martínez M. Presentación y manejo de las cardiopatías congénitas en el primer año de edad. *Arch. Cardiol. Méx.* [Internet]. 2022 [citado 05 de diciembre de 2022]; 91(3): 337-346. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-99402021000300337&lng=es
13. Ailes E, Gilboa S, Honein M, Oster M. Estimated number of infants detected and missed by critical congenital heart defect screening. *Pediatrics*. [Internet]. 2015 [citado 05 de noviembre de 2022]; 135(6):1000-1008. Disponible en: <https://doi.org/10.1542/peds.2014-3662>
14. Berlanga O, Rivera P, Landin R, Treto E, Ortega L. Sensibilidad y especificidad de la oximetría de pulso pre y postductales para detectar cardiopatías congénitas en recién nacidos en alojamiento conjunto. *Hosp Med Clin Manag*; [Internet]. 2017 [citado 05 de noviembre de 2022]; 10:56-64.
15. Reding-Bernal A, Jiménez-Ponce F, García-García JA, López-Alvarenga J, Lino-Pérez L; Ramírez-Tapia Y. Metodología de la investigación bioestadística y bioinformática en ciencias médicas y de la salud (2ª Ed.). México, D.F.: McGraw Hill Education. 2014;67-261.
16. Schwartz A. Diagnostic test calculator. 2022; Copyright (c). [En línea]. Disponible en: <http://araw.mede.uic.edu/cgi-bin/testcalc.pl> Fecha de consulta: 05 de noviembre de 2022.
17. IBM SPSS, Statistical Package for the Social Sciences. IBM Corporation Software Group Route 100 Somers;© Copyright IBM Corporation 2022. [En línea]. Disponible en <https://www.ibm.com/analytics/spss-statistics-software> Fecha de consulta: 05 de noviembre de 2022.
18. Díaz-García L, Medina-Vera I, García-de la Puente S, González-Garay A, Murata A. Estudios de exactitud diagnóstica. Diagnostic accuracy research. *Acta Pediatr Mex.* [Internet]. 2019 [citado 05 de noviembre de 2022]; 40 (6): 342-357).
19. Narvey M, Wong KK, Fournier A. Pulse oximetry screening in newborns to enhance detection of critical congenital heart disease. *Paediatrics & Child Health*, 2017, 494–498. Disponible en: doi: 10.1093/pch/pxx136
20. Groisman B, Barbero P, Liascovich R, Brun P, Bidondo M. Detección de cardiopatías congénitas críticas en recién nacidos en Argentina a través del sistema nacional de vigilancia de anomalías congénitas (RENAC). *Arch. argent. Pediatr.* [Internet]. 2017 [citado 05 de noviembre de 2022]; 6-13.
21. Panta-Quezada K, Rivera-Segovia M, Díaz-Vélez C. Importancia de la pulsioximetría como herramienta para el tamizaje de cardiopatías congénitas críticas. *Rev. Colomb. Cardiol.* [Internet]. 2017 [citado 05 de noviembre de 2022]; 28(1): 102-103. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56332021000100102&lng=en. 2021
22. Oakley J, Soni N, Wilson D, Sen S. Effectiveness of pulse-oximetry in addition to routine neonatal examination in detection of congenital heart disease in asymptomatic newborns. *J Matern Fetal Neonatal Med.* [Internet]. 2015 [citado 05 de noviembre de 2022]; 28, 1736-1739. Disponible en: <https://doi.org/10.3109/14767058.2014.967674>
23. Mármol-Realpe K, García-Aguilar H, Benadón-Darszón E, Tietzsch-Escalante P, Benita A. Reparación de cardiopatía congénita crítica en el prematuro. *Acta méd. Grupo Ángeles* [Internet]. 2021 [citado 05 de noviembre de 2022]; 19(1): 123-125. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-72032021000100123&lng=es
24. Jiménez-Carbajal M, López-Pérez D, Fernández-Luna C. Relevancia de la detección de cardiopatías congénitas complejas mediante cribado con oximetría de pulso en recién nacidos aparentemente sanos en los establecimientos de salud. *Arch. Cardiol. Méx.* [Internet]. 2018 [citado 05 de noviembre de 2022]; 88(4): 298-305. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-99402018000400298&lng=es <https://doi.org/10.1016/j.acmx.2018.02.001>



25. Olsen J, Puri, K. Interpretation of oxygen saturation in congenital heart disease: Fact and fallacy. *Pediatrics in review*, [Internet]. 2022 [citado 05 de noviembre de 2022]; 43(8), 436–448. Disponible en: <https://doi.org/10.1542/pir.2020-005364>
26. Murni I, Wibowo T, Arafuri N, Oktaria V, Dinarti L, Panditawati D, Patmasari L, Noormanto, N, Nugroho S. Feasibility of screening for critical congenital heart disease using pulse oximetry in Indonesia. *BMC pediatrics*, [Internet]. 2022 [citado 05 de noviembre de 2022]; 22(1), 369. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12887-022-03404-0>
27. Arlettaz R, Bauschatz A, Mönk-hoff M, Essers B, Bauersfeld U. The contribution of pulse oximetry to the early detection of congenital heart disease in newborns. *Eur J Pediatr*. [Internet]. 2006 [citado 05 de noviembre de 2022]; 165: 94-98. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00431-005-0006-y>
28. Sandelbach M, Lai S, Jackson GJ, Fixler D, Stehel EK, Engle W. Pulse oximetry screening at 4 hours of Age to detect critical congenital heart disease. [Internet]. 2008 [citado 05 de noviembre de 2022]; 122: e815-e820. Disponible en: <https://doi.org/10.1542/peds.2008-0781>
29. Zhao Q, Ma X, Ge X, Liu F, Yan W, Wu L. Pulse oximetry with clinical assessment to screening for congenital heart disease in neonates in China: a prospective study. *Lancet* [Internet]. 2014 [citado 05 de noviembre de 2022]; 384: 747-754. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)60198-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60198-7)
30. Gómez-Rodríguez G, Quezada-Herrera A, Amador-Licona N, Carballo-Magdaleno, D, Rodríguez-Mejía E, Guízar-Mendoza J. Pulse oximetry as a screening test for critical congenital heart disease in term newborns. *Rev Inves Clin*, [Internet]. 2015 [citado 05 de noviembre de 2022]; 67: 130-134. PMID: 25938847
31. Hu X, Ma X, Zhao Q, Yan W, Ge X, Jia B. Pulse oximetry and auscultation for congenital heart disease detection. *Pediatrics*. [Internet]. 2017 [citado 05 de noviembre de 2022]; 140(4):e20171154. Disponible en: <https://doi.org/10.1542/peds.2017-1154>