



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE MEDICINA**



HOSPITAL DE LA MUJER DE PUEBLA

**“ VALORES DE SATURACIÓN DE OXÍGENO POR TAMIZAJE CARDÍACO EN
RECIÉN NACIDOS A MÁS DE 1500 MSNM”**

Presenta:

Nombre: Yesenia Hernández Torres

Residente de Neonatología

Asesor de Tesis:

Dra. Vanessa Cruz Rodríguez

Cardióloga Pediatra

Dr. Ary Pérez Jaramillo

Neonatólogo Pediatra

Asesor Metodológico:

Dra. Lorena Padilla Martínez

Maestra en Ciencias Médicas e Investigación



Puebla, Puebla, Enero 2024

AGRADECIMIENTOS

Gracias de corazón, a mis autores, a la Dra. Vanessa Rodriguez Cruz, a la Dra. Lorena Padilla Martínez, por su paciencia, dedicación y motivación, ya que sin ellas este trabajo no se hubiera logrado.

Agradezco a Dios y al Universo por darme la oportunidad de culminar otro logro más en esta vida, por todos los momentos difíciles que me los hicieron fáciles a superar.

Agradezco a mi madre, hermana y abuela que siempre están presentes y sobretodo siempre han creído en mi, me han dado el aliento para seguir adelante en mi trayecto profesional a cada momento, sin ellas y sin su apoyo no hubiera podido concluir este proyecto tan importante de mi vida.

SERVICIOS DE SALUD DEL ESTADO DE PUEBLA
HOSPITAL DE LA MUJER PUEBLA
JEFATURA DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN

AUTORIZACIÓN DE TESIS

Este trabajo fue realizado en el Hospital de la Mujer Puebla, bajo la dirección de la Dra. Vanessa Rodríguez Cruz y la Dra. Lorena Padilla Martínez con el título “ Valores de saturación de oxígeno por tamizaje cardíaco en recién nacidos a más de 1500 msnm”, éste estudio por sus características se considera descriptivo, observacional, transversal y prospectivo. Se llevó a cabo en el área de alojamiento conjunto del Hospital de la Mujer Puebla, de octubre 2022 a septiembre del 2023. Hecho por la Dra. Yesenia Hernández Torres. Hacemos constar que se ha revisado el contenido científico y la estructura metodológica por lo que autorizamos su impresión.

Dra. Vanessa Rodríguez Cruz
Asesor experto
Cardióloga Pediatra

Dra. Lorena Padilla Martínez
Asesor metodológico
Maestra en ciencias e
investigación

Dr. Ary Pérez Jaramillo
Bióloga
Asesor experto
Neonatólogo Pediatra

María de Lourdes Hurtado
Hernández
Bióloga
Coordinadora de
investigación
Hospital de la Mujer Puebla

ÍNDICE

RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES GENERALES	2
ANTECEDENTES ESPECÍFICOS.....	6
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
OBJETIVO GENERAL	16
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
MATERIAL Y MÉTODOS.....	17
RESULTADOS	19
DISCUSIÓN	30
CONCLUSIONES	33
ANEXOS	34
BIBLIOGRAFÍAS.....	35

RESUMEN

VALORES DE SATURACIÓN DE OXÍGENO POR TAMIZAJE CARDÍACO EN RECIÉN NACIDOS A MÁS DE 1500 MSNM

Hospital de la Mujer de Puebla

Hernández-Torres Yesenia. yzzy10_@hotmail.com

Rodríguez-Cruz Vanessa. Padilla-Martínez Lorena

INTRODUCCION: Actualmente, los recién nacidos con cardiopatías congénitas críticas son diagnosticados por diferentes métodos. En México, se recomienda realizar el Tamiz Cardíaco Neonatal a todos los recién nacidos sanos mayores a 36 semanas, que se encuentren en cunero fisiológico, posterior a las 24 horas de vida o antes del egreso. Los médicos continúan en constante controversia por determinar el valor normal de oxigenación, según la altitud de la población evaluada.

OBJETIVOS: Determinar los valores de saturación de oxígeno por tamizaje cardíaco en recién nacidos a más de 1500 msnm

MATERIAL Y METODOS: Fue un estudio descriptivo, observacional, transversal y prospectivo. Se llevó a cabo en el área de alojamiento conjunto del Hospital de la Mujer Puebla, de octubre 2022 a septiembre del 2023. Se incluyeron a recién nacidos pretérminos tardíos de 36 semanas de gestación en adelante, aparentemente sanos, que se encontraron en el área de cuneros fisiológicos, en sus primeras 24 a 48 horas de vida.

RESULTADOS: Se tamizaron a 445, con 92.3% resultados negativos y 7.6% positivos, de estos últimos el 67.6% eran aparentemente sano y el 32.3 tuvieron diagnóstico prenatal de cardiopatía congénita. Fueron 52.8% mujeres y 47.1 % hombres. El 89% se realizaron en el primer día de vida. El rango de edad gestacional fue entre 36 y 42.

CONCLUSIONES: Con este estudio se puede concluir que es seguro disminuir el punto de corte, ya que en el rango de saturación entre 92.9 y 94% no se detectaron cardiopatías críticas.

PALABRAS CLAVES: Tamiz cardíaco, saturación, altitud

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud en el año 2020, estima que por cada año alrededor de 303 mil recién nacidos mueren dentro de las primeras 4 semanas de vida por alguna anomalía congénita en el mundo; de éstas las más graves y frecuentes son las anomalías cardíacas. (1)

En México uno de cada 33 nacidos vivos presenta alguna malformación congénita y las cardiopatías congénitas son las más frecuentes. La incidencia de las cardiopatías congénitas es de 1% de los recién nacidos, esto se traduce en que son entre 18 000 a 20 000 al año, de los cuales el 25% serán cardiopatías neonatales críticas, en un total de entre 4 500 a 5 000 niños al año. Representan la primera causa de mortalidad neonatal precoz y la segunda causa de muerte infantil. (2) En el año 2011 el tamiz cardiológico fue avalado por los Institutos Nacionales de Estados Unidos de América, por la Academia Americana de Pediatría, junto con la Asociación Americana del Corazón y el Colegio Americano de Cardiología. En el 2012, se corrobora la especificidad de 99%, asociado a una tasa de falsos positivos de 0.14%, se sugiere se realicen entre las 24 y 48 horas de vida. (2)

En nuestro país son egresados a su domicilio en las primeras 24 a 48 horas de vida los recién nacidos en aparentes buenas condiciones, por lo que 1 de cada 3 recién nacidos con alguna malformación cardíaca será egresado sin diagnóstico. Por lo cual el objetivo de realizar el tamiz neonatal cardíaco es detectar anomalías previas a su egreso. (1,2)

Algunos recién nacidos con cardiopatías congénitas críticas son diagnosticados por diferentes métodos, entre ellos una exploración física exhaustiva, detección de taquicardia, taquipnea, cianosis, soplos, sin embargo, estos hallazgos del examen clínico no siempre se hacen evidentes. Un estudio reciente en EEUU sugiere que el 25% son egresados con cardiopatías congénitas críticas sin realizarle el diagnóstico oportuno, diagnosticadas 6 semanas después. La dificultad para su detección por medio del examen clínico exclusivamente se debe a la fisiología de la transición cardiopulmonar. (3)

ANTECEDENTES GENERALES

El Tamiz Cardiológico Neonatal consiste en una herramienta no invasiva que se basa en la oximetría de pulso midiendo la saturación de oxígeno como un reflejo de hipoxemia, eficaz para el diagnóstico oportuno de cardiopatías congénitas críticas que requieran intervención quirúrgica de inmediato. (3)

En el año 2009, esto posterior a diversas propuestas basadas en evidencia con la finalidad de implementar un cribado para la detección de Cardiopatías Congénitas Críticas, esto mediante la oximetría de pulso. La Asociación Americana de Pediatría (AAP) en conjunto con la Asociación Americana del Corazón (AHA) llegaron a la conclusión de recomendar su uso, al haber sustentado su utilidad por medio de un estudio Sueco, en el cual se incluyeron 39,821 recién nacidos valorados del año 2004 al 2007, además que se comparó la efectividad de la oximetría de pulso con el examen físico únicamente, realizado por neonatólogos capacitados para la detección de cardiopatías, con este estudio concluyeron que realizar la oximetría de pulso a todos los recién nacidos previo a su egreso mejora la tasa de detección de Cardiopatías Congénitas Críticas dependientes de conducto hasta en un 92%, así como la rentabilidad por su bajo costo al prevenir secuelas neurológicas y disminuir la estancia en cuidados intensivos neonatales prequirúrgicos. Calculando una especificidad del 99.9% y sensibilidad del 77.7% y un valor predictivo positivo 25.9% y predictivo negativo del 99.9%, con esto se reduce en un total de 33% la mortalidad en la etapa neonatal. (4)

Otro estudio que se llevó a cabo en China durante los años 2011 y 2012 en el que se evaluaron a un total de 122,738 recién nacidos comprobó que el tamiz realizado entre las 6 a 24 horas de vida extrauterina tenían una sensibilidad más alta de hasta el 10%, esto en comparación con los cribados que se realizaban a las 24 horas de nacimiento con lo que se observó una tasa más alta de falsos positivos por lo que se concluye que la recomendación es realizarla entre las 24 a 48 horas de vida. Ya que se estima una tasa de falsos negativos de 0.05% después de las 24 horas de vida. Es importante recalcar que lo anterior estima que habrán de 2 a 12 resultados falsos positivos por cada 10,000 recién nacidos tamizados. (5)

La importancia de la detección oportuna de las malformaciones cardiovasculares es realizar el manejo temprano; ya que la cirugía de las cardiopatías congénitas, junto con el cateterismo cardiaco han dado como resultado una importante mejoría en la supervivencia de pacientes con cardiopatías congénitas complejas, Sin embargo, estas intervenciones deben realizarse en las primeras semanas de vida para optimizar la hemodinamia del recién nacido y con esto prevenir lesiones a otros órganos asociados al diagnóstico tardío. (5)

Debido a que se ha comprobado que el reconocimiento temprano de las cardiopatías congénitas críticas mejoran el pronóstico quirúrgico de los recién nacidos, es de vital importancia implementar estrategias para la detección oportuna de cardiopatía asintomática en etapa neonatal, por lo anterior se considera la oximetría de pulso el método de elección para realizar el cribado, con la finalidad de la detección temprana de cardiopatías congénitas críticas en la edad neonatal. (6)

La oximetría de pulso puede detectar una hipoxemia leve, que es característica en las cardiopatías congénitas críticas, y puede pasar desapercibida en el examen clínico; tiene como objetivo la detección de las siguientes anomalías congénitas: (6)

Tiene como objetivo detectar siete cardiopatías críticas:

1. Síndrome de ventrículo único hipoplásico
2. Atresia pulmonar
3. Atresia tricúspidea
4. Tetralogía de Fallot
5. Conexión anómala total de venas pulmonares
6. Trasposición de grandes vasos
7. Tronco arterioso

En México se recomienda que el Tamiz Cardiaco Neonatal se lleve a cabo en todos los recién nacidos sanos mayores a 36 semanas de gestación, que se encuentre en cunero fisiológico, idealmente posterior a las 24 horas de vida, pero siempre antes del egreso hospitalario. La prueba consiste en realizar una medición de la oximetría de pulso preductal (extremidad superior derecha) y postductal (cualquier extremidad inferior). (7,8)

Para realizar el Tamiz Cardiológico Neonatal se miden determinaciones con sensores colocados en la mano derecha y uno de los pies (izquierdo o derecho), esta evaluación dura no más de 10 minutos y se debe utilizar un equipo con las siguientes características: (9,10)

- a) Debe ser tolerante al movimiento
- b) Debe reportar saturación de oxígeno funcional
- c) Debe ser validado en condiciones de baja perfusión
- d) Aprobado por la Food and Drug Administration
- e) Mantenerse calibrado siempre en las condiciones de la empresa que lo fabrica

Para fines de realizar este estudio, nos basaremos en el cribado de la Asociación Americana de Pediatría, que se interpreta de la siguiente manera: (9,10)

- a) Cualquier medida de saturación de $< 90\%$: **POSITIVO**
- b) Saturación de oxígeno $< 95\%$ en cualquiera de las 2 extremidades, en 3 mediciones diferentes con diferencia de 1 hora cada una o diferencial de $> 3\%$ en la saturación entre mano derecha y alguna de las extremidades inferiores: **POSITIVO**
- c) Resultado de una diferencia absoluta de $> 3\%$ en la saturación de oxígeno entre la mano derecha y cualquier extremidad inferior en 3 mediciones consecutivas realizadas con 1 hora de diferencia entre ellas: **POSITIVO**
- d) Cualquier medición con una saturación por arriba o igual de 95% en cualquiera de las extremidades con una diferencia menor o igual del 3% de saturación de oxígeno entre las extremidades superior e inferior: **NEGATIVA**

El algoritmo de tamizaje recomendado por la Academia Americana de Pediatría, en una altura menor a 1500 metros sobre el nivel del mar es el siguiente (11)

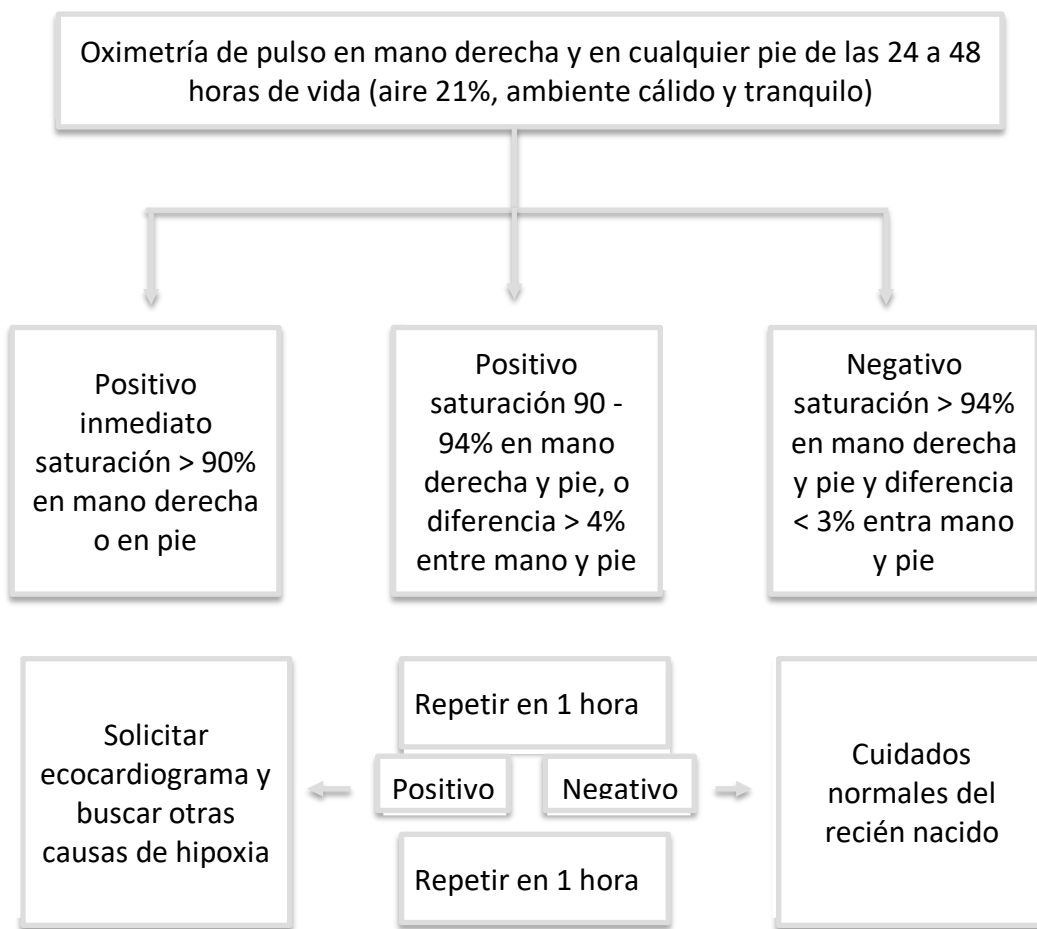


Imagen 1. Algoritmo de tamizaje para cardiopatías congénitas críticas. Academia Americana de Pediatría.

ANTECEDENTES ESPECÍFICOS

La Asociación Americana de Pediatría respalda la detección oportuna de cardiopatías congénitas críticas mediante la oximetría de pulso, sin embargo, se ha observado que la altitud puede afectar las tasas de falla, por lo que se pueden requerir algoritmos dirigidos a diferentes altitudes. (12)

En un estudio realizado por Erin Lueth, et al, en un período comprendido de diciembre del 2011 a julio del 2013, en el Memorial Hospital well-baby nursery en Colorado Springs, en donde la altitud es de 1890 msnm, esto previo a firma de consentimiento informado, se realizaron exámenes de detección de cardiopatías congénitas críticas posteriores a las 24 horas de nacimiento o lo más cerca al egreso hospitalario. El cribado se realizó a todos los recién nacidos de 35 semanas en adelante que no presentaron condiciones conocidas que predispusieran hipoxemia o que tuvieran diagnóstico prenatal de cardiopatías congénitas. Este cribado se realizó por el personal de enfermería previamente capacitado, quien colocó el oxímetro de pulso Nellcor N600x con tecnología Oximax™, con sensores de saturación de la misma empresa. (13)



Imagen 2. Oxímetro de pulso
Nellcor N600x

Se realizó la medición de mano o muñeca derecha (preductal) y de forma simultánea en alguna de las extremidades inferiores (postductal), de ser posible durante el sueño del recién nacido o posterior a la alimentación, se registraron datos como peso, vía de nacimiento, edad gestacional al momento de nacimiento y género. (12,13)

Dicho estudio se realizaba en primera instancia al aire ambiente, esto es en cunero fisiológico sin oxígeno adicional, los recién nacidos con saturaciones por arriba de 95% o

con diferencial del menos del 3% pasaban el examen y salieron del algoritmo, de lo contrario cualquier recién nacido con una determinación única y aislada del 85% no pasaba el examen se consideraban inmediatamente positivos por lo que salían del algoritmo y se enviaban para ecocardiograma. Los pacientes que saturaban entre 86 y 94% continuaban en el algoritmo, a estos paciente ya no se les realizaba el tamizaje al aire ambiente, a estos recién nacidos se les colocaban 20 minutos con una campana cefálica con fio2 al 26%, al término de este tiempo, se repetía la oximetría de pulso con la misma técnica previamente descrita y con el mismo equipo, si se encontraba por debajo de 90%, salía del algoritmo y se consideraba inmediatamente positivo, si se encontraba saturación entre 90 y 94% se repetía en 1 hora, si persistía la saturación entre 90 a 94%, o con diferencial mayor al 3% omsaturación por debajo de 90% se consideraba positivo y se enviaba para ecocardiograma. Al finalizar el estudio se tamizaron 1953 en 18 meses, de los cuales únicamente 6 no pasaron el examen (a 4 se les realizo el ecocardiograma y no se reportaron cardiopatías congénita críticas); con esta muestra observaron que usando su propio algoritmo de detección modificada tuvieron una tasa de fallo del 0.3%, que es similar a la tasa de la altitud sobre el nivel del mar, por otro lado, si se hubiera utilizado el protocolo de la AAP, la tasa de fallo hubiera incrementado a 0.8%. Se realizaron ecocardiogramas a los recién nacidos que fallaron el examen y no se encontraron cardiopatías congénitas críticas. Por lo que este estudio demostró que se puede implementar un algoritmo alternativo a una altitud moderada con una tasa de fallo reducida. (13)

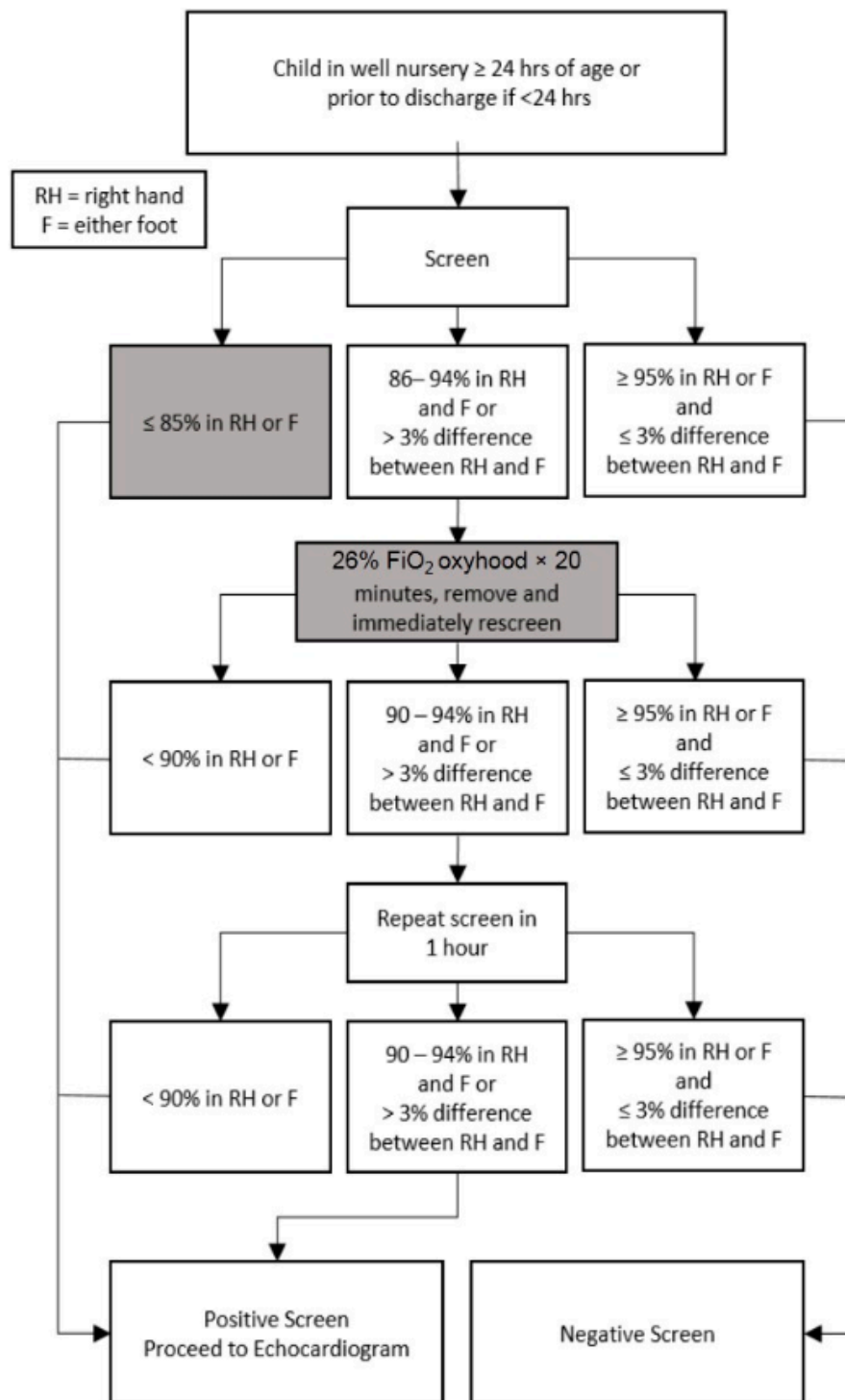


Imagen 3. Algoritmo propuesto por Erin Lueth. Memorial Hospital Well-baby nurse en Colorado.

Otro estudio se llevó a cabo por Dilek Dilli, et al, en el departamento de neonatología de Ankara, Turquía; se trató de un estudio prospectivo multicéntrico, se realizó en 4 centros hospitalarios con altitudes de 938 msnm, 100msnm, 670 msnm, 1900msnm, en un período comprendido de diciembre del 2015 a mayo del 2017. Se tamizaron a todos los recién nacidos mayores de 34 semanas de gestación en los primeros 5 días de vida, en no menos de 12 horas de vida, se excluyeron a los pacientes que contaban con diagnóstico prenatal de alguna cardiopatía congénita. El Tamizaje fue realizado por personal de enfermería de cuneros fisiológicos o por médicos residentes, utilizando el equipo certificado Masimo Radical-7.



Imagen 4. Oxímetro de pulso Masimo Radical-7

Las mediciones se realizaron colocando el sensor en mano derecha (preductal) y posteriormente cualquiera de las dos extremidades inferiores (postductal). Los resultados fueron evaluados según el algoritmo recomendado por la Asociación Americana de Pediatría. Cualquier saturación por arriba del 95%, con una diferencial de saturación entre extremidades menor al 3% se consideraba como si pasaba el examen, si la determinación era entre 90 y 94%, con diferencial mayor a 3% se repetía en una hora, si continuaba se consideraba positivo. Si la determinación era menor al 90% se consideraba positivo. Se tamizaron un total de 4920 recién nacidos durante el estudio, se excluyeron 32 bebés por que ingresaban con diagnóstico prenatal de cardiopatías. Como resultados se obtuvieron un porcentaje de positivos del 0.85% con un total de 42 pacientes, con falsos positivos en un 0.76%. comparando entre los centros de atención, el que obtuvo un incremento en

falsos positivos fue el centro con mayor altura, en un total de 3.2 %. De los tamices positivos, se diagnosticaron por ecocardiograma a 6 pacientes con cardiopatías congénitas críticas (estenosis de la pulmonar 1, transposición de grandes arterial 1, drenaje anómalo de la vena pulmonar 2, arco aórtico hipoplásico 1 y coartación de la aorta). Se reportó una sensibilidad del 83%, especificidad de 99.9%. Con esto el estudio concluye que el tamiz cardiológico es una herramienta indispensable, fácil de realizar, con importantes resultados sin embargo que la altitud es significativa, por lo que se podría considerar como una barrera para unificar criterios para el punto de corte y con ello disminuir los falsos positivos.

Otro estudio prospectivo observacional en el año 2012, que se realizó en Colorado, por Jason Wright, et al, con el objetivo de evaluar la factibilidad del tamiz cardiológico para la detección de cardiopatías congénitas críticas en la ciudad de Aurora, Colorado con una altitud de 1694 msnm. El cribado se llevó a cabo en recién nacidos pretérminos tardíos de 35 semanas en adelante, en la sala de cunero fisiológico se realizaba por personal de enfermería, en todos los pacientes que no presentaran diagnóstico prenatal de alguna cardiopatía congénita o algún factor de riesgo para hipoxia, se realizaba 24 horas posteriores al nacimiento. Los resultados se analizaron según el algoritmo de la Asociación Americana de Pediatría, por lo que si la saturación se reportaba de 90% en 3 determinaciones con una diferencia de 1 hora entre ellas o saturación en cualquiera determinación en una sola ocasión menor o igual a 85% (algoritmo modificado por estos autores) se enviaba para realizar ecocardiograma. Este último criterio fue modificado en base a la práctica estándar de saturación a esa altitud, a la recomendación nacional por diferentes saturaciones y por ser 2 DE más de la terminación previa de estudios realizados previamente. (14)

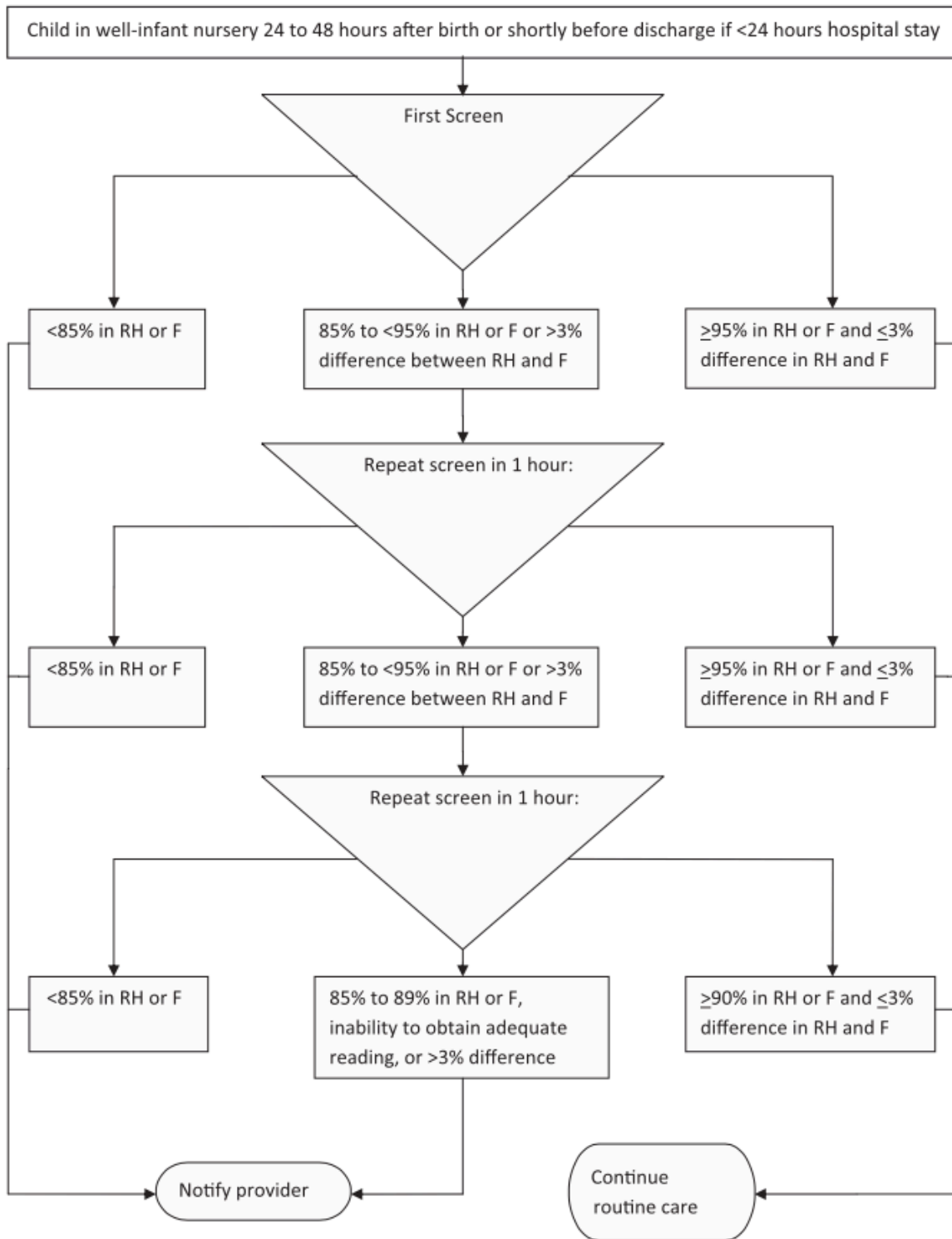


Imagen 5. Algoritmo propuesto por Jason Wright.

El tamizaje cardiaco en este estudio fue efectuado por personal de enfermería previamente capacitados, con un pulso oxímetro Rad-87 de la compañía Masimo. Las determinaciones se hacían primero en mano o muñeca derecha y con el mismo oxímetro se realizaba en una de las extremidades inferiores. (14)



Imagen 6. Oxímetro de pulso Rad-87

El estudio fue diseñado para realizar la primera medición entre las 24 a 48 horas de vida, o justo previo al egreso, si tenía menos de 24 horas de vida. A medida de lo posible se intentaba realizar con el recién nacido quieto, despierto, tranquilo o durante la alimentación. Todas las determinaciones se analizaron con los algoritmos previamente descritos, la finalidad de disminuir el punto de corte a 85% es para disminuir fallas durante el tamizaje. Durante el estudio fueron 1233 nacimientos, se enrolaron en el estudio 1003 y 988 completaron el protocolo. De los cuales 11 no pasaron el examen, 8 de esos 11 fallaron en la medición con determinaciones menores a 90%, 1 de 11 fallaron en las determinaciones entre 90 y 95%, 1 de los 11 por diferencial mayor al 3%. De estos 3 fueron inmediatamente positivos con determinación menor al 85%. Este estudio concluyó con un porcentaje de falla del 1.1% al llevar a cabo el protocolo de la AAP este en ciudades con altitud de 1694 msnm; por lo que de igual manera se concluye que es de importancia toman

en cuenta la altitud de la ciudad en donde se realice el protocolo de tamizaje cardiaco, esto con la finalidad de disminuir el riesgo de error. (15)

En México, el Comité de Tamiz Cardíaco recomienda se realice a todos los recién nacidos sanos por arriba de 36 semanas de gestación, estos siempre y cuando no se encuentren hospitalizados en alguna terapia neonatal, idealmente después de las 24 horas de vida y previo al egreso hospitalario; observaron que la gran mayoría de la población mexicana vive a altitudes por más de 1500 msnm, por lo que proponen un algoritmo con disminución de 3% el punto de corte. De resultar positivo, con 90% de saturación inmediatamente se realizara ecocardiograma, de tener una saturación entre 90 y 92.9% en ambas extremidades o diferencias mayor a 3% entre mano derecha y pie, se esperaran 15 minutos para repetir la prueba, si continua en estas cifras, se darán 15 minutos más, si persiste, se realizará ecocardiograma. Si la saturación está en 93 % o por arriba, con una diferencial por debajo de 3%, será un tamiz con resultado negativo. (16,17)

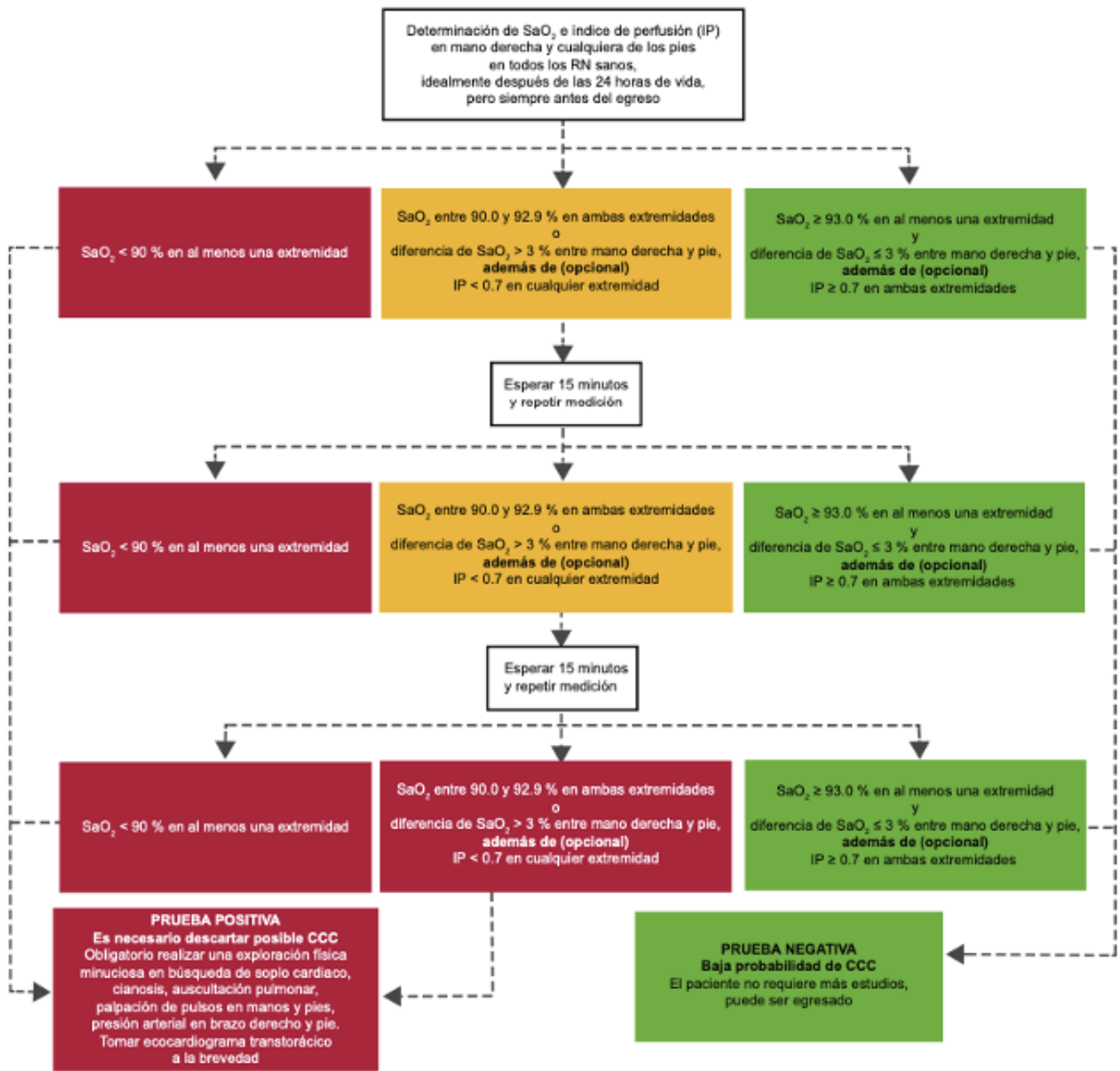


Imagen 7. Algoritmo propuesto por el Comité de Tamiz Cardíaco en México para altitud de > 1500 msnm

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El diagnóstico tardío de las cardiopatías congénitas críticas incrementa significativamente el riesgo de muerte y discapacidad en los recién nacidos, el solo realizar un examen físico previo a su egreso puede obviar alguna alteración cardiaca crítica.

El cribado para detectar cardiopatías congénitas críticas en el recién nacido es una herramienta indispensable que ayuda identificar problemas que se pueden beneficiar de un diagnóstico y tratamiento oportuno.

Los médicos continúan en constante controversia por determinar el valor normal de oxigenación. Datos antiguos obtenidos a la medición de la saturación en arterias umbilicales en pacientes nacidos a la altura sobre el nivel del mar han mostrado saturación en atrio derecho de 94% durante el primer día de vida; sin embargo, en estudios más recientes han demostrado que los recién nacidos tienen una variabilidad de oxigenación en relación a la altitud en donde se lleva a cabo el nacimiento, esto disminuyendo la saturación hasta 90%. Todo lo anterior nos lleva al siguiente cuestionamiento.

¿Cuáles son los valores de saturación de oxígeno por tamizaje cardiaco en recién nacidos a más de 1500 msnm?

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

1. Determinar los valores de saturación de oxígeno por tamizaje cardiaco en recién nacidos a más de 1500 msnm, en el Hospital de la Mujer de Puebla durante el periodo comprendido entre el mes de octubre del 2022 a el mes de septiembre 2023.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir las variables demográficas de los recién nacidos que ingresan al estudio: peso, semanas de gestación al nacimiento, sexo, días de vida.
2. Reportar la incidencia y prevalencia de cardiopatías diagnosticadas mediante el tamiz cardiaco durante el período de estudio.
3. Evaluar la propuesta de modificar los valores considerados normales en el tamiz cardiaco realizado en recién nacidos a más de 1500 msnm de acuerdo con lo recomendado por el Comité de Tamiz Cardiaco Neonatal en México.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio por sus características se considera descriptivo, observacional, transversal y prospectivo. Se llevó a cabo en el área de alojamiento conjunto del Hospital de la Mujer Puebla, de octubre 2022 a septiembre del 2023. Se incluyeron a recién nacidos pretérminos tardíos de 36 semanas de gestación en adelante, aparentemente sanos, que se encontraron en el área de cuneros fisiológicos, en sus primeras 24 a 48 horas de vida. Se excluyeron a los recién nacidos cuyos padres no autorizaron el tamiz cardiaco, aquellos que tuvieran algún factor de riesgo para hipoxemia y con enfermedad asociada. Se eliminaron a los recién nacidos que tuvieran diagnóstico prenatal de cardiopatía congénita y aquellos que no acudieron a su cita programada para realizarles el ecocardiograma. El tamizaje se realizó por médicos residentes de neonatología, previa capacitación, con un oxímetro de pulso de la marca Masimo modelo RAD 5 con sensor neonatal. Se colocó el sensor del oxímetro de pulso en mano o muñeca derecha (preductal) y posteriormente en alguna de las dos extremidades inferiores (postductal).



Imagen 8. Oxímetro de pulso Masimo modelo RAD 5

La información se recolectó en una base de datos con nombre del recién nacido (apellidos maternos), edad al momento de realizar el tamiz, edad gestacional y los valores de las mediciones, en esta hoja de recolección de datos viene impreso el algoritmo de la Academia Americana de Pediatría, y se interpreta de la siguiente manera:

- 1) Si la determinación es menor del 90% o con una diferencial de 3%, se considera **POSITIVA** y se envía a cardiología para realizar ecocardiograma.
- 2) Si la determinación es entre 90 y 94%, se harán dos repeticiones por hora, si continua en mismo rango se considera POSITIVA, se envía para ecocardiograma.
- 3) Si la medición es mayor a 94%, con una diferencial menor del 3% se reporta **NEGATIVA**.

Los datos se capturaron en hoja de Excel y posteriormente se analizaron en programa SPSS versión 25, se utilizó estadística descriptiva, se realizaron pruebas de normalidad, los datos no cumplieron con dichos criterios, se reportaron valores máximos, mínimos, promedios y DE, los resultados se reportaron en frecuencias sobre todo en variables nominales, los datos fueron presentados en cuadros y graficas.

El presente estudio de investigación siguió los lineamientos éticos establecidos por lo principios básicos de la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, informe Belmont, Ley General de salud en materia de investigación para la salud y el Reglamento para la investigación en seres humanos capítulo VI (artículo 59 y 60) . Durante el estudio, no se realizarán procedimientos extras a los necesarios al momento de permanecer en el servicio de alojamiento conjunto previo a su egreso hospitalario, por lo que no existe riesgo participar en el protocolo.

RESULTADOS

Se tamizaron a 445 recién nacidos, de los cuales 235 fueron del sexo femenino y 210 fueron del sexo masculino, correspondiendo al 52.8% y 47.1 % respectivamente. El 89.4% (398) de los tamices se realizaron en el primer día de vida. Las edades gestacionales oscilaron entre 36 y 42 semanas, la edad gestacional más frecuente fue de 39 semanas.

En cuanto al resultado del tamiz, el 92.3% (411) tuvieron reporte negativo y solo 7.6% (34) resultó positivo. De los positivos el 32.3% contaba con diagnóstico prenatal por lo que se eliminaron del estudio y el 67.6% eran recién nacidos aparentemente sanos.

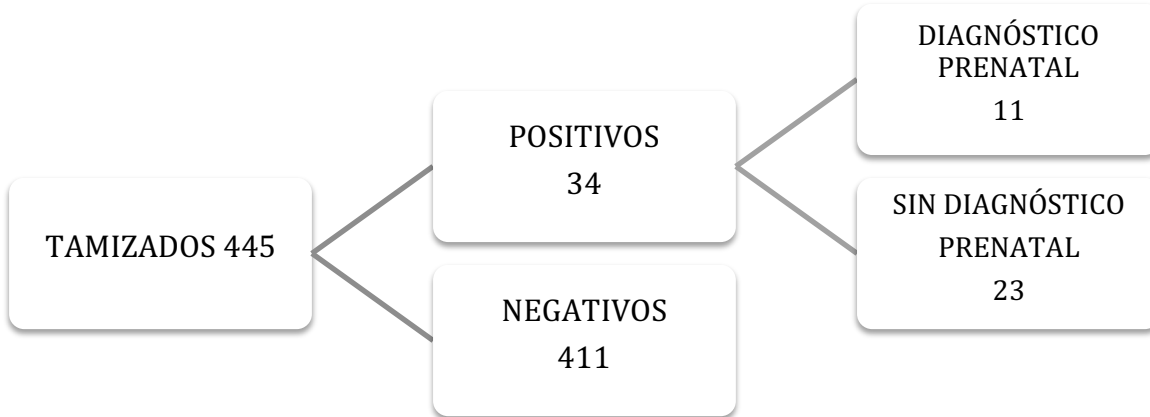


Imagen 9. Reporte de tamizados

A su vez, de los tamices positivos aparentemente sanos (23/34), el 34.7% se reportó por ecocardiograma con corazón sano (8/23), 34.7% con persistencia de conducto arterioso (8/23), 21.7% con hipertensión arterial pulmonar leve (5/23), 4.3% con insuficiencia tricúspidea (1/23) y 4.3 % con hipoplasia del arco aórtico (1/23). Ver tabla 1.

Se realizó un análisis de los 34 recién nacidos con tamiz positivo que tuvieron diagnóstico prenatal de cardiopatía, a los cuales se les realizó el ecocardiograma según marcaba el algoritmo. El 9% tuvo hipoplasia del arco aórtico (1), 27.7% atresia tricúspidea (3), 18% atresia pulmonar con ventrículo derecho hipoplásico, 9% canal atrio ventricular

(1), 9% coartación de la aorta (1), 18% con doble salida del ventrículo derecho (2), 9% tronco común (1). Ver tabla 2.

Tabla 1. TAMIZ POSITIVO SIN DIAGNÓSTICO PRENATAL

<i>corazón sano</i>	8
<i>Persistencia del conducto arterioso pequeño</i>	8
<i>Hipertensión arterial pulmonar leve</i>	5
<i>Insuficiencia tricúspidea</i>	1
<i>Hipoplasia de arco aórtico</i>	1

Tabla 2. TAMIZ POSITIVO CON DIAGNÓSTICO PRENATAL

<i>Conexión anómala total de venas pulmonares</i>	1
<i>Atresia tricúspidea</i>	3
<i>Atresia pulmonar con VD hipoplásico</i>	2
<i>Canal AV</i>	1
<i>Coartación de aorta con CIA y CIV</i>	1
<i>Doble salida del ventrículo derecho</i>	2
<i>Tronco arterioso común</i>	1

En la siguiente tabla se describe la saturación pre y postductal, así como la diferencial de los recién nacidos con tamiz positivo que fueron aparentemente sanos, es decir, que no contaban con diagnóstico prenatal (23/34). La saturación preductal mínima en este grupo fue de 92%, máxima de 94% y la saturación postductal mínima fue de 93% con máxima de 98%, la diferencial va de 0 a 4.

Tabla 3. TAMIZ POSITIVO SIN DIAGNÓSTICO PRENATAL

<i>Resultado de ecocardiografía</i>	Total	saturación preductal	saturación postductal	Diferencial
<i>Corazón sano</i>	8			
	Paciente 1	94	98	4
	Paciente 2	94	96	2
	Paciente 3	94	97	3
	Paciente 4	94	95	1
	Paciente 5	92	96	4
	Paciente 6	93	93	0
	Paciente 7	93	93	0
	Paciente 8	94	93	1

<i>Persistencia del conducto arterioso pequeño</i>	8			
	Paciente 1	93	98	5
	Paciente 2	93	94	1
	Paciente 3	92	92	0
	Paciente 4	94	96	2
	Paciente 5	92	94	2
	Paciente 6	93	91	2
	Paciente 7	88	90	2
	Paciente 8	94	94	0
<i>Hipertensión arterial pulmonar leve</i>	5			
	Paciente 1	88	92	4
	Paciente 2	88	92	4
	Paciente 3	92	90	2
	Paciente 4	94	90	4
	Paciente 5	90	92	2
<i>Insuficiencia tricúspidea</i>	1	92	91	1
<i>Hipoplasia de arco aórtico</i>	1	92	85	7

Ahora bien, en la tabla de abajo se describen al otro porcentaje de pacientes positivos, en este caso nos referimos a los que ya contaban con diagnóstico prenatal y que fueron eliminados del estudio, los cuales corresponden al 32.3%(11). A estos recién nacidos también se les realizó ecocardiograma como indicó el algoritmo. La saturación preductal mínima es de 70% máxima de 85%, con un amplio rango de diferencial el cual va de 2 a 12, además se agregó si lo recién nacidos tenían soplo a la exploración física. Se puede observar el diagnóstico por ecocardiograma, que corresponden a cardiopatías congénitas críticas, así también se describe la saturación preductal que se encuentra significativamente baja, así como la postductal y algunas con la diferencial amplia. También se anexa a la tabla que cardiopatías presentaron soplo durante la exploración física. Con esto podemos orientarnos a como se hubiera reportado el tamiz cardiológico, si estos pacientes no hubieran tenido diagnóstico prenatal.

Tabla 4. TAMIZ POSITIVO CON DIAGNÓSTICO PRENATAL

<i>Diagnóstico</i>	Total	Saturación preductal	Saturación postductal	Diferencial	Soplo
<i>Conexión anómala total de venas pulmonares</i>	1	74	72	2	SI
<i>Atresia tricúspidea</i>	3				
Paciente 1		85	80	5	NO
Paciente 2		82	76	6	NO
Paciente 3		85	83	2	NO

<i>Atresia Pulmonar con VD hipoplásico</i>	2				
	Paciente 1	70	62	12	NO
	Paciente 2	72	70	2	NO
<i>Canal AV</i>	1	85	75	10	SI
<i>Coartación de aorta con CIA y CIV</i>	1	92	92	0	SI
<i>Doble vía de salida de VD</i>	2				
	Paciente 1	92	92	0	SI
	Paciente 2	85	82	3	SI
<i>Tronco arterioso común</i>	1	80	78	2	SI

Durante este estudio describimos los rangos de saturación pre y postductal, esto se analizó después de eliminar a los pacientes con diagnóstico prenatal. La mínima saturación preductal de 88% con máxima de 100%, con una media de 95.9%, con desviación estándar de 1.5 y varianza de 2.3. La mínima saturación postductal 85% con máxima de 100%, con una media de 96.2%, con una desviación estándar de 1.6 y varianza de 2.6. Lo anterior se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 5. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

	<i>N</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Media</i>	<i>Desv. Estándar</i>	<i>Varianza</i>
<i>Saturación Preductal</i>	434	88	100	95.90	1.544	2.383
<i>Saturación Postductal</i>	434	85	100	96.27	1.624	2.638
<i>Total</i>	434					

Al analizar la saturación preductal, se encontró que el 65.6% de los recién nacidos tamizados obtuvo saturaciones entre 95 y 96%.

Tabla 6. SATURACIÓN PREDUCTAL

		<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>Valor</i>	88	3	.7
	89	0	.2
	90	2	.5
	92	6	1.4
	93	6	1.4
	94	6	1.4
	95	146	33.6
	96	139	32.0
	97	69	15.9
	98	41	9.4
	99	10	2.3
	100	5	1.2
<i>Total</i>		434	100.0

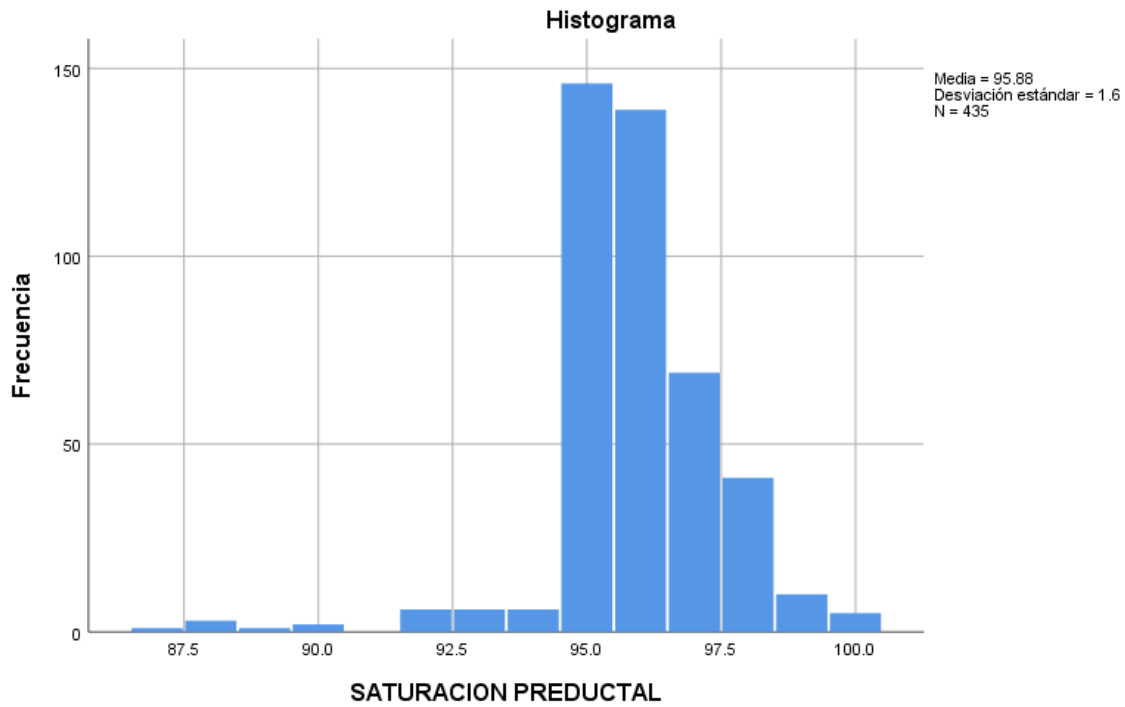


Imagen 10. Histograma de saturación productal

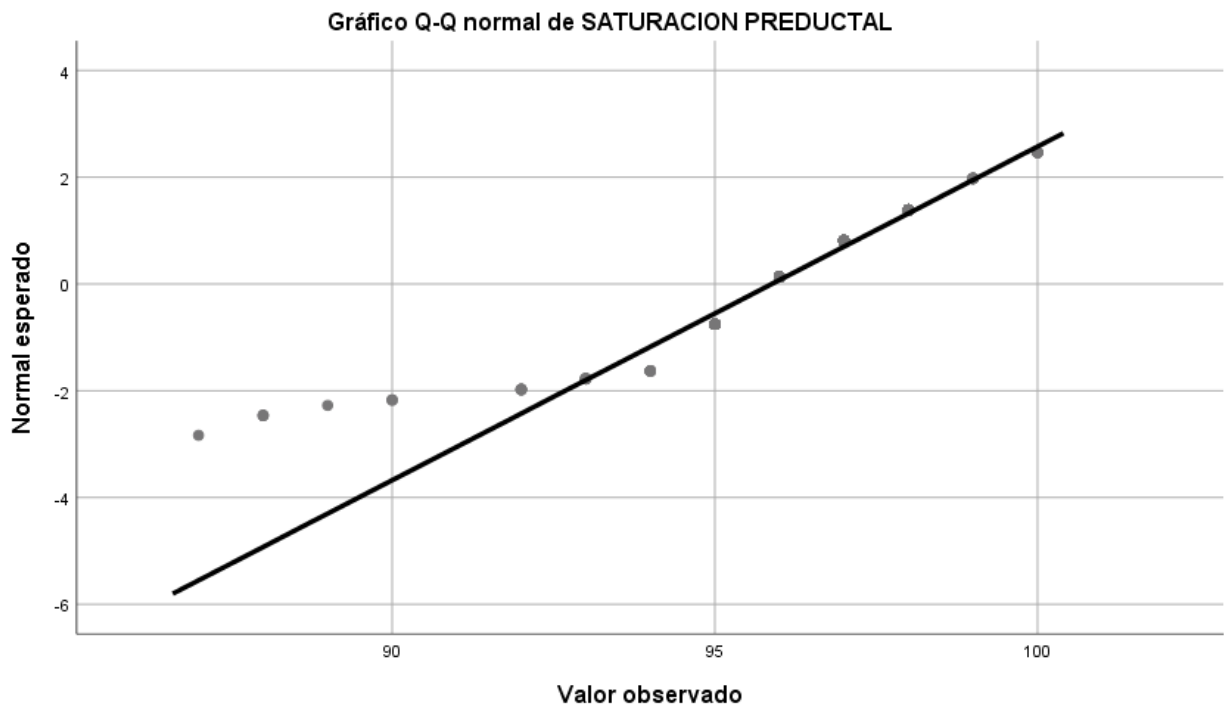


Imagen 11. Curva de normalidad de saturación productal

En lo que corresponde a la saturación postductal, se encontró que el 53.7% de nuestra población estudiada satura entre 95 y 96%.

Tabla 7. SATURACIÓN POSDUCTAL

	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>Valor</i>		
85	2	.5
90	1	.2
91	2	.5
92	7	1.6
93	3	.7
94	4	.9
95	98	22.6
96	135	31.1
97	88	20.3
98	75	17.3
99	14	3.2
100	5	1.2
<i>Total</i>	434	100.0

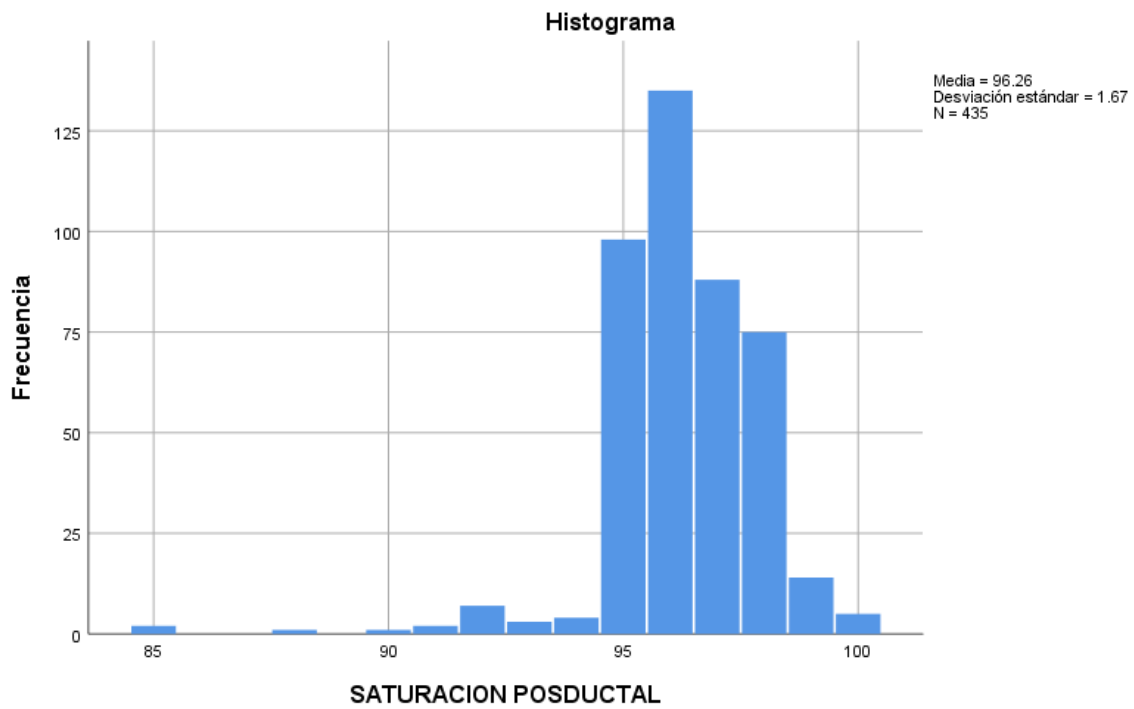


Imagen 12. Histograma de saturación posductal

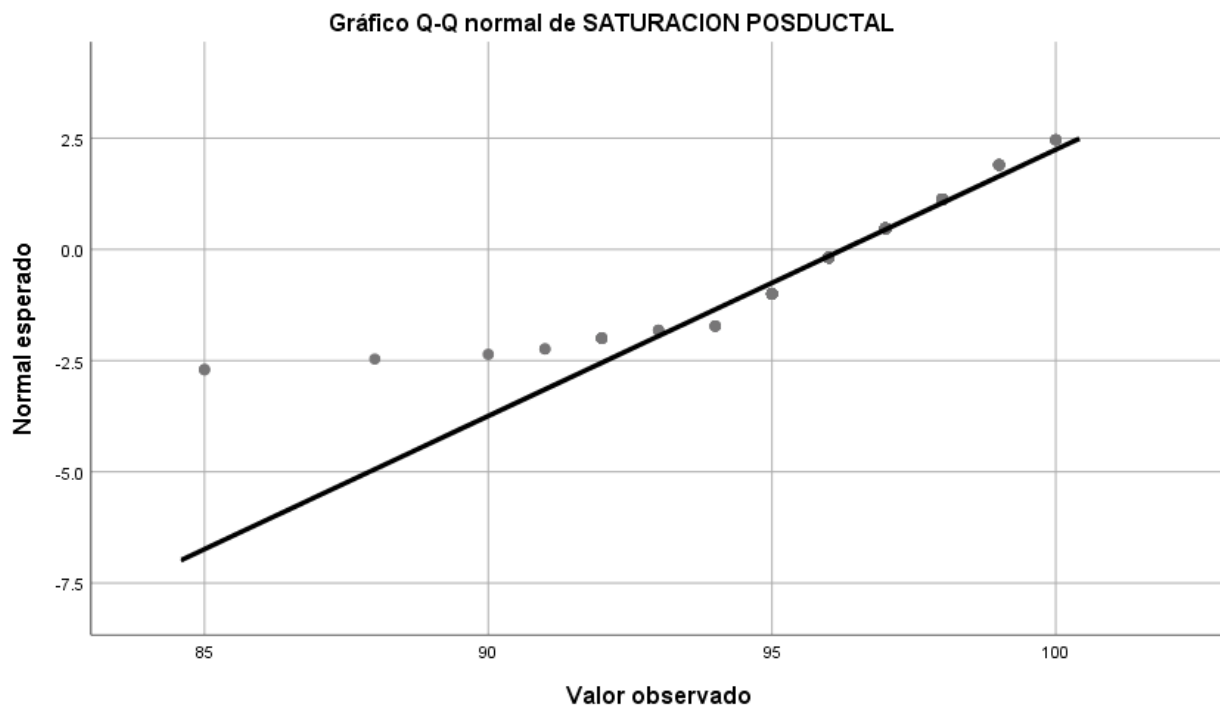


Imagen 13. Curva de normalidad de saturación posductal

DISCUSIÓN

La recomendación actual de la Academia Americana de Pediatría es realizar el Tamiz cardiaco neonatal a todo recién nacido sano mayor a 36 semanas de gestación, que se encuentre en cunero fisiológico, idealmente posterior a las 24 horas de vida y antes del egreso hospitalario, considerando que puede egresarse sin requerir más estudios si la saturación es mayor o igual a 95% y que debe repetirse en intervalos de 1 hora en 2 ocasiones si la saturación se encuentra entre 90 y 94% o hay una diferencia mayor de 3% entre la saturación preductal y postductal y hasta entonces descartar una cardiopatía compleja mediante la realización de un Ecocardiograma, así como en todos los recién nacidos que de manera inicial saturan menos de 90%. (25)

El Comité de Tamiz Cardiaco Neonatal en México ha propuesto modificar los valores considerados normales en la saturación de los recién nacidos que se encuentran en lugares por arriba de los 1500 msnm para disminuir los falsos positivos, ya que la altura es un factor determinante en la saturación arterial, proponiendo tomar como normal una saturación igual o mayor a 93% y por lo tanto considerando necesario repetir la medición con intervalos de 15 minutos en los pacientes que tengan una saturación entre 90 y 92.9% estando indicada la realización de un Ecocardiograma para descartar cardiopatías complejas así como en todos los bebés que saturan menos de 90% de forma inicial. (26)

En el Estado de México, Gustavo Gabriel Mendeta-Alcántara, en su estudio realizado en el año 2013, con la finalidad de describir la incidencia de cardiopatías congénitas y factores asociados con letalidad con niños nacidos en los hospitales del Estado de México, reporta que no hay incremento de prevalencia de cardiopatías según el sexo del paciente, mismos resultados que obtuvimos en este estudio, ya que no observamos relación con el género y el incremento de cardiopatías congénitas. (27)

En relación a los resultados de la detección de cardiopatías congénitas previo a su nacimiento, obtuvimos resultados similares al estudio de Pilar Prats, et al, quienes realizaron ecocardiogramas seriados a su población de embarazadas sin riesgo,

detectando al 37% de cardiopatías, en nuestra población tuvimos la detección de 32.3% de cardiopatías congénitas previas al nacimiento. (28)

Al igual que los resultados de Corinne Michelle Lozano-Dua, en su estudio realizado en el 2019, en donde describe la saturación pre y postductal en recién nacidos en la Ciudad de México, concluidos de la misma manera, que es sugerimos la aplicación de un nuevo algoritmo dirigido a la altitud de la población evaluada. (29)

En un estudio multicéntrico realizado en EE.UU, se evaluó el impacto de la altitud durante el cribado de cardiopatías congénitas críticas, por oximetría de pulso. Mismo estudio que se llevó a cabo en 34 hospitales de la región, que se localizaban a diferentes pies de altura, en donde concluyeron de forma similar con nuestro estudio, que la altitud juega un papel importante para la evaluación de saturación normal en estos pacientes. (30)

De acuerdo con los resultados encontrados en nuestro estudio consideramos que se pueden modificar de manera segura los valores de corte de la saturación considerada normal en los recién nacidos en ciudades por arriba de los 1500 msnm tal como propone el Comité de Tamiz Cardíaco Neonatal en México a un valor igual o mayor a 93% ya que ninguno de los pacientes que presentaron alguna cardiopatía compleja saturaron por arriba de estos valores. En los pacientes que de acuerdo a los valores considerados como positivos por la Academia Americana de Pediatría cuando se confirman en 2 mediciones (90-94%) se corroboraron cardiopatías complejas solo en los que saturaron igual o menos a 92%. En los pacientes con saturación entre 90 y 92.9% el 22% tuvo cardiopatías complejas. El 75% de los pacientes que saturaron menos de 90% tuvieron una cardiopatía compleja

Es importante mencionar que el retraso en el diagnóstico de pacientes con cardiopatías congénitas críticas está directamente relacionado con la oportunidad de llevar a cabo un diagnóstico temprano y certero para el inicio de su atención inmediata o referir este tipo de pacientes para su pronto manejo en unidades con personal y equipo idóneo para la atención de estos pacientes. Radicando ahí la importancia de establecer un protocolo de

tamizaje cardiaco óptimo para cada ciudad o determinación del mismo de acuerdo a la situación geográfica, lo cual impactaría en ofrecer de manera oportuna atención inmediata a esta clase de pacientes y a disminuir la cantidad de falsos positivos que incrementan el gasto en lo servicios de salud y de las familias en este tipo de situaciones.

Está demostrado que la atención oportuna reduce el riesgo de complicaciones asociadas a incremento en la morbilidad de estos pacientes e impacta de manera positiva en la mortalidad de los mismos.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten determinar las siguientes observaciones al protocolo actual propuesto para el tamizaje cardiaco global de recién nacidos:

- Este estudio suma a la propuesta de modificación de corte de acuerdo con la situación geográfica de cada entidad o ciudad en donde se practique.
- Consideramos segura la modificación del punto de corte de los valores normales en la determinación de la saturación realizada a recién nacidos en ciudades geográficamente ubicadas por arriba de los 1500 msnm a 93% o más al no detectar pacientes con cardiopatías complejas con saturaciones por arriba de este valor.
- Recomendamos necesario (considerar modificar el protocolo actual en torno al tiempo de medición entre corroboración de resultados) disminuyendo el tiempo de espera para repetir las mediciones en los pacientes con saturación entre 90 y 92.9% a 15 minutos ya que una cuarta parte de ellos puede tener una cardiopatía compleja y el tiempo para iniciar manejo es valioso y puede mejorar su pronóstico. El prolongar la evaluación subsecuente impacta negativamente en la respuesta al manejo en aquellas cardiopatías críticas dependientes de conducto arterioso.
- La indicación de realizar Ecocardiograma a los pacientes que saturan menos de 90% desde la primera medición continua vigente ya que en su mayoría tuvieron una cardiopatía compleja.
- El abordaje para pacientes con cardiopatías críticas puede ser iniciado con seguridad en aquellos pacientes con tamizajes positivos con saturaciones menores o iguales a 93%.
- Por otro lado, este estudio demostró que se puede implementar un algoritmo alternativo a una altitud moderada con una tasa de fallo reducida.

ANEXOS

Instrumento de recolección de datos

FECHA DE TAMIZ CARDIACO NEONATAL: _____

NOMBRE: _____ SEXO: _____

FN: _____ HN: _____

CAPURRO _____ EDAD: _____

VALOR PREDUCTAL: _____ VALOR POSTDUCTAL: _____

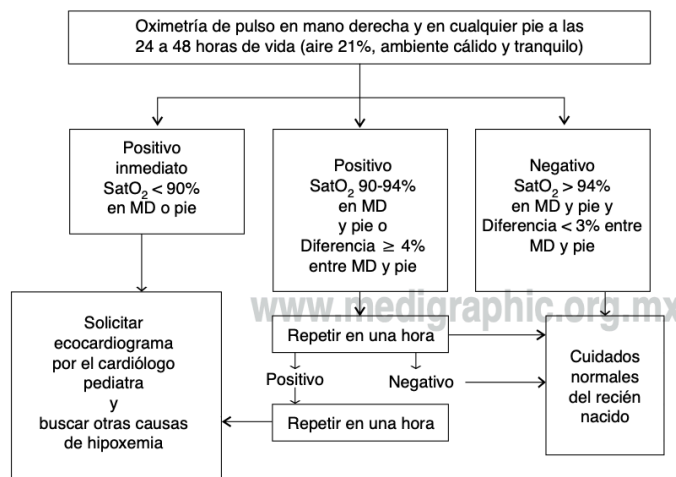


Figura 2.

Algoritmo de tamizaje para cardiopatías congénitas críticas recomendado por la Academia Americana de Pediatría.

ECOCARDIOGRAMA

FECHA: _____

BIBLIOGRAFÍAS

1. Craig A. Sable. Global, regional, and national burden of congenital heart disease, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet Child Adolesc Health*. 2020; 4: 185–200
DOI: [https://doi.org/10.1016/S2352-4642\(19\)30402-X](https://doi.org/10.1016/S2352-4642(19)30402-X)
2. Michael S. Paranka, Jeffrey M. Brown, et al. The impact of altitude on screening for critical congenital heart disease. *Journal of perinatology*. 2018; 38:530–536
DOI: <https://doi.org/10.1038/s41372-018-0043-9>
3. Elizabeth H. Thilo, Beverly Park-Moore, et al. Oxygen Saturation by Pulse Oximetry in Healthy Infants at an Altitude of 1610 msnm. *AJDC Vol 145* 1991; Vol 145:1137-1140
4. Macela Vela-Amieva, Jorge Espino-Vela. Tamiz Neonatal para detectar cardiopatías congénitas complejas. La nueva revolución en pediatría. *Acta Pediatrica de México*. 2013; 34:237-240
DOI: DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.192576
5. Maria Guadalupe Jimenez Carbajal, Didier Lopez Perez. Relevancia de detección de cardiopatías congénitas complejas mediante cribado de oximetría de pulso en recién nacidos aparentemente sanos en los establecimientos de salud. Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, publicado por Masson Doyma México S.A. 2018; 88(4): 298-305
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.acmx.2018.02.001>
6. Sin Weon Yun. Congenital heart disease in the newborn requiring early intervention. Department of Pediatrics, Chung-Ang University College of Medicine, Seoul, Korea. *Korean J Pediatr* 2011;54(5):183-191

DOI: DOI: 10.3345/kjp.2011.54.5.183

7. Frank Thomas Riede, Cornelia Worner, et al. Effectiveness of neonatal pulse oximetry screening for detection of critical congenital heart disease in daily clinical routine - result from a prospective multi center study. *Eur J Pediatr* (2010) 169:975-981
DOI: DOI 10.1007/s00431-010-1160-4

8. Anne de-Whal Granelli, Margareta Wennergren, et al. Impact of pulse oximetry screening on the detection of duct dependent congenital heart disease: a Swedish prospective screening study in 39 821 newborns
Department of Paediatric Cardiology, Queen Silvia Children's Hospital, S-416 85 Göteborg, Sweden. Cite this as: *BMJ* 2009;338:a3037
DOI: 10.1136/bmj.a3037

9. Jesus de Rubens-Figueroa, Moises Mier-Martinez. Neonatal cardiac screening in Mexico, a tool for critical heart disease early diagnosis. Comité de Tamiz Neonatal Cardíaco en México, Ciudad de México, México. *Gac Med Mex.* 2022;158:67-71
DOI: 10.24875/GMM.22000026

10. Erin Lueth, Leilani Russel, et al. A Novel Approach to Critical Congenital Heart Disease (CCHD) Screening at Moderate Altitude. Department of Pediatrics, Children's Hospital Colorado, 13123 E 16th Ave. *International Journal of Neonatal Screening*. 5 May 2016; Accepted: 13 July 2016; Published: 20 July 2016
DOI: doi:10.3390/ijns2030004

11. Dilek Dilli, Vehbi Dogan, et al. Should we start a nationwide screening program for critical congenital heart disease in Turkey? A pilot study on four centres with different altitudes. Associate Professor, Health Science University, Dr Sami Ulus

Research and Application Center, Ankara, Turkey. *Cardiology in the Young*, page 1 of 6, 2019.

12. Griebisch I, Knowles RL, Brown J, et al. Comparing the clinical and economic effects of clinical examination, pulse oximetry, and echocardiography in newborn screening for congenital heart defects: a probabilistic cost- effectiveness model and value of information analysis. *Int J Technol Assess Health Care* 23(2):192–204. 2007
13. Reich JD, Connolly B, Bradley G, et al. Reliability of a single pulse oximetry reading as a screening test for congenital heart disease in otherwise asymptomatic newborn infants: the importance of human factors. *Pediatr Cardiol* 29:371–376, 2008.
14. Wright J, Kohn M, Niermeyer S, Rausch CM. Feasibility of critical congenital heart disease newborn screening at moderate altitude. *Pediatrics*. 2014;133:e561-569.
15. Uygur O, Koroglu AO, Levent E, et al. The value of peripheral perfusion index measurements for early detection of critical cardiac defects. *Pediatr Neonatol*. 2019;60:68-73.
16. Thangaratinam S, Brown K, Zamora J, Khan SK, Ewer KA. Pulse oximetry screening for critical congenital heart defects in asymptomatic newborn babies: a systematic review and meta-analysis. *Lancet*. 2012;379:2459-2464.
17. Reeder RM, Kim J, Nance A, et al. Evaluating cost and resource use associated with pulse oximetry screening for critical congenital heart disease: empiric estimates and sources of variation. *Birth Defects Res A Clin Mol Teratol*. 2015;103:962-971.

18. Secretary's Advisory Committee on Heritable Disorders in Newborns and Children. HHS Secretary Adopts Recommendation to Add Critical Congenital Heart Disease to the Recommended Uniform Screening Panel; Department of Health and Human Services: Washington, DC, USA, 2011. Available online: <http://www.hrsa.gov/advisorycommittees/mchbadvisory/heritabledisorders/recommendations/correspondence/cyanoticheartsecre09212011.pdf> (accessed on 13 April 2016).
19. Garne E, Stoll C, Clementi M; Euroscan Group. Evaluation of prenatal diagnosis of congenital heart diseases by ultrasound: experience from 20 European registries. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2001;17(5):386–391
20. Mahle WT, Newburger JW, Matherne GP, et al; American Heart Association Congenital Heart Defects Committee of the Council on Cardiovascular Disease in the Young, Council on Cardiovascular Nursing, and Interdisciplinary Council on Quality of Care and Outcomes Research; American Academy of Pediatrics Section on Cardiology and Cardiac Surgery, and Committee on Fetus and Newborn. Role of pulse oximetry in examining newborns for congenital heart disease: a scientific statement from the American Heart Association and American Academy of Pediatrics. *Circulation.* 2009;120(5):447–458
21. Niermeyer S, Shaffer EM, et al. Arterial Oxygenation and pulmonary arterial pressure in healthy neonates and infants at high altitude
J Pediatr 1993;123(5):767-772
22. Kemper AR, Mahle WT, Martin GR, et al. Strategies for implementing screening for critical congenital heart disease. *Pediatrics.* 2011;128(5). Available at: www.pediatrics.org/cgi/content/full/128/5/e1259

23. Kuelling B, Arlettaz Mieth R, Bauersfeld U, Balmer C. Pulse oximetry screening for con- genital heart defects in Switzerland: most but not all maternity units screen their ne- onates. *Swiss Med Wkly*. 2009;139(47–48): 699 –704

24. Lloyd Puryear MA, Tonninges T, et al. Newborn Screening task force recommendations: how far have we come?. *Pediatrics*. 2006;117(5 pt2)S119-S211

25. Samuel, T.Y. Bromiker, R.; et al. Newborn oxygen saturation at mild altitude versus sea level: Implications for neonatal screening for critical congenital heart disease. *Acta Paediatr*. 2013, 102, 379–384.

26. Torres-Cosme JL, Rolón Porras C, Aguinaga RM et al. Mortality from congenital heart disease in Mexico: a problem on the rise. *PLoS One*. 2016; 11(3): 1-16

27. De Rubens J, Mier M, Jiménez M, García H. Tamizaje neonatal cardíaco en México, una herramienta para el diagnóstico temprano de cardiopatías críticas. *Gac Med Mex*. 2022; 158: 67-71.

28. . Orozco GA, Huerta NI, Marcelo S. El tamiz cardiológico en la Ciudad de México. ¿Tiene la misma validez que a nivel del mar *Rev Mex Pediatr*. 2014;81:96---9. 46. González Ramos LA, Hoyos Balderram

29. Riede FT, Wörner C, Dähnert I, et al. Effectiveness of neonatal pulse oximetry screening for detection of critical congenital heart disease in daily clinical routine—results from a prospective multicenter study. *Eur J Pediatr*. 2010;169:975---81. 13.

30. Mellander M, Sunnegardh J. Failure to diagnose critical heart malformations in newborns before discharge—an increasing problem? *Acta Paediatr*. 2006; 95: 407-413.