



Tamiz neonatal cardíaco: beneficios de su implementación en México

Neonatal cardiac screening: benefits of its implementation in Mexico

Comité Mexicano para el Tamiz Neonatal Cardíaco

RESUMEN

El tamiz neonatal cardíaco es una prueba sencilla, no invasiva, indolora y costo-efectiva, con el cual se pueden detectar oportunamente las cardiopatías congénitas críticas, enfermedades que pueden ocasionar secuelas graves o la muerte de los recién nacidos, de no ser diagnosticadas a tiempo. Estas malformaciones requieren algún tipo de procedimiento invasivo durante el primer mes de vida. De acuerdo con los algoritmos publicados a partir del año 2011, se realiza mediante el registro de la oximetría de pulso en la mano derecha y cualquiera de los dos pies de los neonatos, con mediciones secuenciales y puntos de corte establecidos. En México, en apego a la normativa nacional e internacional, el tamiz se ha implementado en algunos estados de la república, con su adición como prueba de cribado en la Ley General de Salud en el año 2021, lo que la hace un estudio obligatorio en el territorio mexicano. En este documento se exponen antecedentes globales, aspectos científicos, técnicos, operativos, normativos y económicos para la realización apropiada del tamizaje, proponiendo además modificaciones al algoritmo y dando a conocer los análisis realizados sobre los costos y beneficios del tamiz neonatal cardíaco. El objetivo de realizar ajustes en el algoritmo es adaptarlo a las condiciones demográficas de la población mexicana, de tal forma que se pueda reducir el número de falsos positivos y falsos negativos relacionados con la altitud geográfica y con la medición del índice de perfusión.

Palabras clave: algoritmos, altitud, costo-efectividad, índice de perfusión, tamiz neonatal cardíaco, tecnología de extracción de señal.

ABSTRACT

The neonatal cardiac screen is a simple, non-invasive, painless and cost-effective test, with which critical congenital heart disease can be detected in a timely manner. Diseases that can cause serious sequelae or death of newborns, if not diagnosed in time. These malformations require some type of invasive procedure during the first month of life. According to the algorithms published as of 2011, it is performed by measuring pulse oximetry in the right hand and either of the two feet of neonates, with sequential measurements and established cut-off points. In Mexico, in compliance with national and international regulations, the screening has been implemented in some States of the Republic, with its addition as a screening test in the general health law in 2021, which makes it a mandatory study in the Mexican territory. In this document, global background, scientific, technical, operational, regulatory and economic aspects for the proper performance of screening are exposed, also proposing modifications to the algorithm and making known the analysis carried out on the costs and benefits of the Neonatal Cardiac Screen. The objective of making adjustments to the algorithm is to adapt to the demographic conditions of the Mexican population, in such a way that the number of false positives and false negatives related to geographic altitude and the measurement of the perfusion index can be reduced.

Keywords: algorithms, altitude, cost-effectiveness, perfusion index, cardiac neonatal screen, signal extraction technology.

Correspondencia: María Guadalupe Jiménez Carbajal. Calle Durango 50-bis cons. 200, Colonia Roma Norte, C.P. 06700, Alcaldía Cuauhtémoc, Ciudad de México. E-mail: mgjcmcd@yahoo.com.mx

Citar como: Comité Mexicano para el Tamiz Neonatal Cardíaco. Tamiz neonatal cardíaco: beneficios de su implementación en México. Rev Mex Pediatr. 2022; 89(Supl. 1): s7-s37. <https://dx.doi.org/10.35366/108178>



INTRODUCCIÓN

El tamiz neonatal cardíaco (TNC) ha sido recomendado desde hace más de una década por países europeos y en 2011 fue implementado en Estados Unidos,¹ donde se han suscitado diversos avances y observaciones sobre su realización, utilidad, costo-efectividad y operatividad, inclusive como parte del plan de contingencia de tamizaje neonatal.² Se trata de una prueba sencilla, no invasiva, indolora, que cumple con los preceptos necesarios para toda prueba de tamizaje. Su realización deriva en la detección oportuna de cardiopatías congénitas críticas (CCC), malformaciones cardiovasculares que requerirán algún tipo de procedimiento quirúrgico o intervencionista durante el primer mes de vida, que podrían causar secuelas graves o la muerte a los recién nacidos, de no ser diagnosticadas a tiempo. Se han publicado algoritmos como el difundido por Kemper en 2011,¹ entre otros, de acuerdo con los cuales, el tamizaje se realiza mediante el registro de la oximetría de pulso (OP) en la mano derecha y cualquiera de los dos pies de los neonatos, con mediciones secuenciales preferentemente después de las 24 horas de vida y con puntos de corte establecidos y generalizados que se han usado en las diversas poblaciones, aun con sus particularidades geográficas, demográficas y genéticas. En México, en apego a la normativa nacional e internacional y de acuerdo con lineamientos establecidos por Secretarías de Salud Estatales, el tamiz se ha implementado en algunas entidades federativas como Baja California Sur, Sonora, Hidalgo, entre otras, logrando su adición como prueba de cribado en la Ley General de Salud,³ en el año 2021; modificación publicada en el Diario Oficial de la Federación, lo que la hace un estudio obligatorio en el territorio mexicano, de forma sustantiva, en espera actualmente de la publicación del documento que brinde la guía operativa nacional para tales efectos como es una norma oficial mexicana. En un intento de difundir y generalizar este método de tamizaje, se realiza el presente documento, dando a conocer los detalles de índole científico, operativo, económico y normativo que justifican su realización global, así como propuestas relevantes sobre modificaciones en el algoritmo que coadyuvan en la adaptación de la prueba a la población mexicana y sobre la implementación del TNC.

DEFINICIÓN Y EPIDEMIOLOGÍA DE LAS CARDIOPATÍAS CONGÉNITAS

Las cardiopatías congénitas (CC), definidas como “anomalías estructurales evidentes del corazón o de

los grandes vasos intratorácicos con una repercusión real o potencial”, a consecuencia de errores durante la embriogénesis, especialmente entre las semanas 3 y 10 de gestación,^{4,5} constituyen las malformaciones más frecuentes, representando alrededor de 28% de todas las anomalías congénitas mayores,⁶⁻⁸ con una incidencia aproximada de 6 a 8/1,000 recién nacidos (RN) vivos, según los diversos autores consultados, aunque se estima que sea mayor en mortinatos (27/1,000), por lo que actualmente se han considerado un problema de salud global.⁹⁻¹¹

Las malformaciones cardiovasculares pueden clasificarse en CC simples y CCC, éstas últimas se definen como aquellas lesiones cardíacas (algunas de ellas dependientes del conducto arterioso) potencialmente mortales, por las cuales los RN mueren o requieren algún tipo de procedimiento invasivo como cirugía o cateterismo cardíaco durante los primeros 28 días de vida.⁷

De acuerdo con algunos estudios poblacionales, ocurren a nivel mundial, aproximadamente 1.35 millones de nacimientos de niños con malformaciones cardíacas;⁸ en Europa, de acuerdo con la base de datos EUROCAT (16 países) que abarcó temporalmente del año 2000 al 2005, se encontró una prevalencia de CC de 8/1,000, estimándose que en toda la Unión Europea cada año nacen alrededor de 36,000 pacientes con anomalías cardíacas congénitas.¹²

Se calcula que sólo en Estados Unidos de América, viven alrededor de 2.4 millones de personas con alguna malformación cardíaca.^{13,14}

Hablando de algunas regiones latinoamericanas, en Honduras, las CC tienen una incidencia aproximada de 9%. En Chile, 9% de los RN vivos cursa con alguna CC, de los cuales, aproximadamente 25% requerirá algún tipo de tratamiento quirúrgico durante el primer año de vida, pero en su mayoría deberá ser durante las primeras semanas de edad.¹⁵ En Sudamérica se encontró una frecuencia de CC de 9%.¹⁶ En Colombia se reportó, entre 2001 y 2005, una incidencia de 1.2%.¹⁷ En Cuba las cardiopatías congénitas representan 65% de todas las malformaciones detectadas.¹⁵ De acuerdo con las cifras de natalidad expuestas para 2019, se calcula que en Perú nacieron aproximadamente 1,698 niños con CCC en dicho año.¹⁸

En México se calcula que cada año nacen entre 12,000 y 16,000 niños con CC. En el año 2021, según los datos publicados por la Dirección General de Información en Salud, dependiente de la Secretaría de Salud, nacieron 1'252,505 individuos. Si se considera que nacen anualmente 8/1,000 RN con CC, se estima que para ese

año nacieron alrededor de 10,020 pacientes con estas malformaciones y si se toma en cuenta la incidencia de CCC de 3/1,000, entonces se estima que nacieron aproximadamente 3,757.5 niños con esas afecciones.¹⁹

En América Latina se desconoce la incidencia exacta de las CC; sin embargo, de acuerdo con los datos internacionales, se han realizado estimaciones de cifras que nos dan un panorama general al respecto, datos con los que ahora se asume que las CC en esta región tienen una incidencia de entre el 9 y 11% en RN vivos.^{15,20}

Las anomalías cardíacas son las causantes de una alta morbimortalidad, en particular en países en vías de desarrollo, las cuales aumentan cuando hay un retraso en el diagnóstico y en la derivación oportuna a un centro terciario con experiencia en el tratamiento de estos pacientes.²¹⁻²³

Las CC originan entre 6 y 10% de todas las muertes infantiles y de entre 20 y 40% de las secundarias a algún tipo de malformación.^{7,24}

En el análisis 1990-2017, sobre la carga global de mortalidad, se pudo observar que en el año 2017 fallecieron más de 260,000 personas a causa de alguna enfermedad cardíaca congénita, de las cuales más de 180,000 ocurrieron en pacientes menores de un año de edad.¹⁴

La mortalidad por CC ha disminuido a últimas fechas en países como Canadá, Estados Unidos de América y según los datos publicados en el registro EUROCAT, especialmente en individuos menores de un año de edad. Estas variaciones se pueden explicar con base en los avances tecnológicos en el diagnóstico pre y postnatal, así como en el tratamiento y los cuidados postquirúrgicos de este tipo de pacientes. Es de destacar que en el registro EUROCAT se contabilizaron, 3,000 muertes por CC que incluyeron las interrupciones del embarazo por anomalías fetales, las muertes fetales a partir de las 20 semanas de gestación y las muertes neonatales tempranas.^{11,25}

En contraste, en países como China se ha observado un incremento de la mortalidad por CC de 62% entre el año 2003 y 2010.²⁶

En un registro de las 10 principales causas de muerte, las CC pasaron del cuarto al segundo lugar, en lactantes menores de 12 meses de edad, habitantes de regiones con índice sociodemográfico medio. Estas variaciones se pueden considerar multifactoriales abarcando argumentos tan válidos como el reflejo de la mejora en los sistemas de salud global, mejor cobertura en vacunación, mayor acceso al agua potable, progresos en las acciones de salud materna, disminución de las enfermedades asociadas a la pobreza (enfermedades

diarreicas), así como el incremento en el diagnóstico de pacientes con CC registrados al nacer y mayores tasas de necropsias en los casos de muerte perinatal, y no propiamente un incremento en la prevalencia de las CC.^{14,27,28}

Cerca de 90% de los niños que padecen algún tipo de CC, nacen en regiones con acceso limitado o nulo a la atención médica, donde la mortalidad sigue siendo elevada.¹⁴

En América Latina, las CC representan la tercera causa de mortalidad en recién nacidos, ocasionando una de cada 40 muertes en menores de un año. Cerca de 14% de pacientes que nacen con CCC mueren durante el primer mes de edad, si no son sometidos a algún tipo de tratamiento de forma oportuna y 30% morirán durante el primer año de vida.

En México, según el estudio de Torres-Cosme que comprendió el periodo de 1998 a 2013, la mortalidad infantil por CC aumentó 24.8% (114.4/100,000 a 146.4/100,000 RN vivos). Sólo en el año 2013 se registraron 3,593 fallecimientos por CC, de los cuales 1,049 (29,2%) ocurrieron durante la primera semana de vida.^{15,28} Los factores de riesgo asociados fueron los nacimientos fuera de algún establecimiento hospitalario, haber nacido en zonas rurales, nacimientos en hospitales públicos y el sexo masculino.²⁸

En el estudio de Sánchez-Barriga, en el periodo comprendido entre el año 2000 y 2015, se contabilizaron 70,741 fallecimientos de niños y adultos con CC. La tasa de mortalidad ajustada por edad incrementó de 3.3/100,000 a 4/100,000 RN vivos y en menores de un año, el incremento calculado de mortalidad fue de 143.9 a 217.3/100,000 RN vivos.¹¹

IMPORTANCIA DE LA DETECCIÓN TEMPRANA DE LAS CCC

Se estima que aproximadamente 25% de las CC corresponde al grupo de CCC, quienes requerirán algún tipo de intervención quirúrgica o por cateterismo en el primer año de vida.²⁹

Resulta de suma importancia detectar las CCC desde las primeras horas de vida, debido a que existen cambios funcionales y anatómicos una vez que el niño nace y que pueden llevar a una descompensación severa por defecto de oxigenación de la sangre y distribución de ésta a todos los órganos vitales, ocasionando incluso la muerte dentro de las primeras horas de vida u originando estados graves de salud, con peor evolución posterior a algún evento quirúrgico, si estas anomalías no son encontradas de forma oportuna.^{7,30}

Lo anterior se explica bajo el conocimiento de los cambios fisiológicos perinatales. En la vida fetal, la mayoría de CCC suelen ser bien toleradas; sin embargo, cuando se interrumpe la circulación placentaria, al funcionar de forma independiente el sistema cardiopulmonar del RN, se ponen en evidencia las alteraciones anatómicas y, en consecuencia, las fisiológicas que de ello derivan. Posterior al cierre del ductus venoso y con la expansión de los pulmones, incrementa la circulación vascular pulmonar, con la caída de las resistencias vasculares pulmonares, disminuyendo el flujo a través del conducto arterioso; habrá un incremento del retorno venoso pulmonar, aumentan las resistencias vasculares sistémicas y sube la presión auricular izquierda, llevando al cierre del foramen oval, cambios que, a su vez, conducirán a alteraciones hemodinámicas que se manifestarán, inclusive con choque cardiogénico, desde las primeras horas de vida.¹⁰

Aunque muchos RN con cardiopatías congénitas son sintomáticos e identificados poco después del nacimiento, otros no se diagnostican, sino hasta después del alta de la hospitalización, lo que puede llegar a ensombrecer su pronóstico.^{7,31-33}

¿QUÉ ES UN TAMIZ?

Se cuenta, en general, con dos tipos de pruebas diagnósticas usadas para detectar a los pacientes que cursan con una enfermedad y a aquellas personas que no la tienen, como son las evaluaciones clínicas exhaustivas haciendo uso de estudios de laboratorio y gabinete que aunados al estudio clínico, apoyarán en el diagnóstico exacto de tal o cual padecimiento (que requerirán una elevada inversión económica). Por otro lado, se cuenta con las pruebas de tamizaje que aunque menos específicas, son rápidas, fáciles de llevar a cabo por personal médico y paramédico calificado, reducidas en costo con respecto a las primeras y estandarizadas.³⁴

El término *tamizaje* se origina de la palabra francesa *tamice*, derivada del latín *tamisium*, que hace referencia a un instrumento rústico agrícola, construido por una maya fina o red que se utilizaba para separar materiales de diferente grosor (se usa el término anglosajón *screening*).³⁵

En el año 1988, la Asociación Internacional de Epidemiología definió la medicina preventiva como la rama de la medicina encargada de prevenir el desarrollo de enfermedades, empleando métodos para promover y mantener la salud y el bienestar, con lo que se evitaría

el comienzo de una enfermedad, la incapacidad y la muerte prematura.³⁶

Se han descrito cuatro niveles de prevención:^{37,38} primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria. Cuando se ejerce la prevención primaria, se evita que aparezca un problema de salud, su impulso es una responsabilidad de la Administración Pública y sus acciones son implementadas por el gobierno, el personal sanitario, las comunidades, los individuos y sus familias. Por su parte, cuando se lleva a cabo la prevención secundaria, se realiza el diagnóstico precoz, basado fundamentalmente en cribados poblacionales con el propósito de contar con una detección y tratamiento oportunos de la enfermedad en estudio, antes de que se manifieste, dando mayor probabilidad de éxito con costos asistenciales menores. El TNC es un buen ejemplo de prevención secundaria.

Un tamiz por lo tanto, es una prueba diagnóstica sencilla que se aplica en una población saludable, para identificar a aquellos pacientes que tienen tal o cual patología, pero que aún no presentan algún síntoma de la misma, para la cual se requerirá alguna intervención.³⁹

Las pruebas de tamiz neonatal sirven para detectar a RN portadores de alguna patología antes de que la enfermedad se manifieste y poder prevenir de ser posible, las incapacidades físicas, mentales o fallecimientos que puedan ocurrir.⁴⁰

La elaboración de un programa de tamizaje exige conocer a fondo la evolución natural del problema de salud que se quiere diagnosticar tempranamente.

Se deben considerar dos componentes éticos importantes a los que se enfrentan los emprendimientos de tamizaje: se realizan en personas aparentemente sanas y aquellos pacientes con resultados positivos o sospechosos deberán someterse a evaluaciones y eventualmente, a tratamientos posteriores,⁴¹ por lo que se han establecido algunos principios que deben cumplirse en la implementación de los programas de tamiz poblacional por los países, entre los que se encuentra la adecuación del programa a la mejor evidencia científica disponible, tomar en cuenta tanto los riesgos como los beneficios, la aceptabilidad de la prueba por parte de la población, la cobertura de los costos y recursos necesarios para garantizar el acceso universal, equitativo y gratuito, así como la intervención posterior.^{39,42}

OXIMETRÍA DE PULSO (OP)

Los métodos de diagnóstico de enfermedades como las CC han avanzado y aumentado la supervivencia de los RN afectados, con la realización de exámenes ecocar-

diográficos especializados desde la etapa fetal⁴³ o el tamizaje directo con ecocardiograma al nacimiento;⁴⁴ sin embargo, pueden ser poco accesibles para un buen porcentaje de la población por lo que, luego de la realización de diversos estudios multicéntricos en muestras representativas de RN, se estableció el TNC mediante la OP: estimación no invasiva de la saturación de oxígeno (SatO₂) en neonatos aparentemente sanos, entre las 24 y 48 horas de vida o previo a su egreso hospitalario, cuya finalidad es identificar de manera temprana a los RN con CCC asociadas a hipoxemia, mismos que no tuvieron un diagnóstico prenatal o durante la evaluación clínica habitual.^{1,45}

La OP, cuyo avance ha mostrado su mayor impacto durante las últimas cuatro décadas como importante apoyo clínico, es una técnica con la que se calcula la SatO₂ en la sangre usando la fotopleletismografía de al menos dos diferentes longitudes de onda de luz, que frecuentemente se visualizan en la pantalla de los oxímetros, como un registro de fotopleletismograma, con el cual se pueden diferenciar registros “limpios” con respecto a aquellos más inestables o con más “ruido”, usándose hasta la actualidad como un apoyo cualitativo en la interpretación de la señal de pulso del lecho vascular periférico.⁴⁶ Su medición ha sido propuesta por algunos autores como el quinto signo vital.⁴⁷

Las bases teóricas de la oximetría datan de 1860 con el invento del espectrómetro por Bunsen y Kirchhoff.⁴⁸ En 1932 en Alemania, Nicolai registró con métodos de óptica, el consumo de oxígeno *in vivo* de una mano después de oclusión circulatoria. Posteriormente, Kramer en 1934, demostró que la Ley de Lambert-Beer (relación entre la absorción de la luz y las propiedades del material atravesado), se aplicaba a las soluciones de hemoglobina y a la sangre entera, y midió la saturación mediante la transmisión de luz roja a través de arterias sin solución de continuidad. Matthes, en 1935, construyó el primer dispositivo para medir continuamente la saturación de sangre humana *in vivo* mediante transiluminación de la oreja u otro tejido, basado en los estudios previos de Nicolai.^{48,49} En 1942, Millikan introdujo la denominación de “oxímetro”, a un dispositivo portátil que leía la absorción de energía en espectros de luz roja e infrarroja, en rojo y espectros de luz infrarroja; sin embargo, con limitada aplicación clínica por emitir mediciones inexactas.⁵⁰

Fue para el año 1974 cuando se inventó el oxímetro de pulso por el ingeniero eléctrico japonés Takuo Aoyagi, equilibrando las señales rojas e infrarrojas para cancelar el ruido del pulso; descubrió que los cambios de SatO₂ anulaban la cancelación del ruido, lo que podría

usarse para calcular el porcentaje de SatO₂, de acuerdo con los cambios de las señales roja e infrarroja, siendo posible la evaluación de las diferentes absorciones de los espectros de luz, como la de hemoglobina oxigenada y la de hemoglobina desoxigenada. La relación de absorbancia de luz en estas dos longitudes de onda se correlaciona con la saturación de hemoglobina en los capilares.^{51,52}

Como parte de los elementos funcionales del oxímetro de pulso, es preciso conocer las bases de la fotopleletismografía, previamente mencionada. Se trata de una técnica óptica no invasiva que establece un registro de las pulsaciones, en asociación con las modificaciones del volumen de sangre que pasa por el sitio corporal que se encuentra censando. La luz, una vez que pasa a través de los tejidos, se recibe por un fotodetector, que a su vez realiza una amplificación de la señal, la cual consta de un componente pulsátil o corriente alterna que representa el pulso o volumen de sangre arterial y un componente no pulsátil, también llamado corriente continua, que representa la tensión constante emitida en un punto. La magnitud de la señal depende de las características del material que atraviesa el haz de luz como piel, grasa, hueso, sangre, etcétera, tal como lo dicta la ley o relación de Lambert-Beer.^{48,53}

ACCIONES INTERNACIONALES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL TNC

La detección de CCC en RN se ha realizado desde la década de 1950 con la combinación de técnicas como exploración física previo al egreso a su domicilio, posterior al nacimiento o en las consultas neonatales subsiguientes, usando métodos diagnósticos de apoyo como el electrocardiograma, radiografía de tórax, OP y, en las últimas décadas, con el uso además del ecocardiograma en casos dirigidos; no obstante, si estas valoraciones se tornan poco viables o costosas, se subdiagnostica un número importante de pacientes cardiopatas.⁵²

Se ha observado que el uso del examen físico y herramientas clínicas habituales, no siempre lleva al diagnóstico preciso de una CCC, especialmente en establecimientos de salud donde los pacientes son evaluados por personal de primer contacto, quienes no están habituados a la realización de una evaluación cardiovascular sistemática, profunda y dirigida. Por tal motivo, es necesario mencionar que los estados de hipoxemia pueden ser difíciles de identificar en RN, cuya fisiología cardiopulmonar se encuentra en etapa transicional, es posible pasar por alto la ausencia de pulsos femorales, dato que se enmascara porque el

conducto arterioso permanece abierto. Es importante recalcar que el común denominador de las CCC es la hipoxemia. Por otro lado, un dato erróneamente considerado como obligado de las cardiopatías es el soplo cardíaco, cuya prevalencia en RN se reporta entre 0.6 y el 4.2%,⁵⁴ y suelen escucharse cuando caen las resistencias vasculares pulmonares (después del egreso hospitalario). La cianosis sólo será visible con SatO₂ menores a 80%, siendo difícil de identificarla a simple vista con cifras mayores a 80% y en pacientes con tonos de piel oscura.^{55,56}

Independientemente de los argumentos expuestos, siempre se debe tener presente que la OP no sustituye a la exploración física, la complementa.

A inicios de la década del 2000, se evaluó y estableció la viabilidad del uso de la OP como una prueba de tamizaje para detección de CCC, con base en análisis en centros hospitalarios pequeños, por lo que la baja prevalencia de CCC reportada arrojó evidencias insuficientes para su recomendación.^{57,58}

Suiza, Irlanda y Polonia fueron los primeros países en recomendar el TNC de rutina.⁵⁸

En 2005, se propuso la implementación de la OP como tamizaje para CCC, por la Legislatura de Misipi.⁵⁹ En el año 2009, la Dra. Granelli (Suecia) publicó un estudio en el cual se tamizó a 39,821 RN, en un periodo entre 2004 y 2007. En él se comparó la efectividad de la OP con el examen físico realizado por neonatólogos calificados. La combinación del examen físico con la detección con OP tuvo una sensibilidad de 82.8% y detectó a 100% de los bebés con circulación pulmonar dependiente de los conductos. Se perdieron cinco casos (8%, todos con obstrucción del arco aórtico). En este estudio se concluyó que la implementación del tamizaje por OP antes del alta mejoró la tasa de detección total de alteraciones cardíacas ductodependientes hasta en 92%. La hipótesis de su rentabilidad a largo plazo radicó en la probabilidad de prevenir la morbilidad neurológica y la reducción de la necesidad de cuidados intensivos neonatales.⁶⁰ Para el mismo año, Suiza habría tamizado aproximadamente a 85% de RN.⁶¹

En el año 2010, el Dr. Riede (Alemania) publicó un estudio prospectivo donde se realizó el TNC en 41,445 de 34 instituciones. Se reportaron sólo 14 falsos positivos; sensibilidad de 77.7%, especificidad de 99.9%, valor predictivo positivo de 25.93% y negativo de 99.99%.⁶²

La incorporación de la OP como prueba de tamizaje se llevó a cabo a partir del año 2011, después de la recomendación emitida por la Academia Americana de Pediatría. En septiembre de ese año, la Coalición Newborn logró su primera prioridad política con la

recomendación formal del Departamento de Salud y Servicios Humanos: los cuatro millones de RN anuales en los Estados Unidos de América serían tamizados mediante OP. Fue entonces cuando se estableció el primer estudio piloto multicéntrico realizado (colaboración de *Newborn Foundation* con un departamento de salud estatal) del cual emergió el panorama inicial para presentación de datos representativos ante el Comité Asesor del Secretario sobre Trastornos Hereditarios en Recién Nacidos y Niños.⁶³⁻⁶⁵

Thangaratnam en el año 2012 publicó una revisión sistemática de 13 estudios donde se incluyeron 229,421 RN a los cuales se realizó OP para la detección de CCC. La tasa de falsos positivos fue de 0.14%, la cual fue baja cuando el cribado se realizó después de las 24 horas después del nacimiento. Se evidenció una sensibilidad de 76.5% y una especificidad de 99.9%, condiciones propicias para que la prueba se considerase un tamizaje universal.⁶⁶

En China, se publicó un estudio multicéntrico en el año 2014 (Zhao), en el que se evaluó la viabilidad y confiabilidad de la OP adicional a la evaluación clínica para la detección de CCC en 122,738 RN. Se encontró una tasa de falsos positivos sólo para la OP de 0.3% y de 2.7% para la evaluación clínica, por lo que concluyen la importancia de la combinación de ambas en la detección oportuna de las CCC.⁶⁷

Para el año 2014, la implementación del cribado por OP tenía una cobertura cercana a 100% en países nórdicos como Finlandia (97%), Suecia (91%) y Noruega (90%).⁶⁸

En la última década, diversos países del mundo como Emiratos Árabes Unidos (2013), Irlanda, Sri Lanka, Polonia, Canadá (2017) y España (2017) han recomendado el tamizaje mediante OP rutinariamente en todos los RN sanos para mejorar la detección de las CCC.⁶⁹⁻⁷¹

En el año 2016 se publicó el consenso de la Sociedad Iberoamericana de Neonatología,⁷² en el cual se recomendó la implementación del TNC en Latinoamérica. Participaron 37 profesionales de la salud neonatal (neonatólogos y enfermeros) de 12 países de Latinoamérica. Los expertos de opinión fueron el Dr. Augusto Sola y el Dr. Andrew Ewer. El consenso incluye secciones de justificación científica, algoritmo de implementación del tamizaje, tipo de monitores, rol del equipo de salud y comunicación con la familia. La *Screening Implementation Efforts in Latin American Countries by the Ibero American Society of Neonatology* (SIBEN) considera una obligación y responsabilidad de los centros neonatales mejorar los cuidados neonatales

cada vez que sea posible a través de un abordaje activo de la pulsioximetría, con la meta de lograr una mejora significativa en la calidad y seguridad de la asistencia sanitaria; asimismo, señala la importancia de evitar falsos positivos, para lo cual la calidad de la señal es fundamental para una correcta lectura y que la misma no sea afectada por movimientos ni baja perfusión. Bajo esta premisa, recomienda el uso de monitores con tecnología de extracción de señal. El proceso de tamizaje debe, en todos los casos, incluir la activación de procesos diagnósticos y la comunicación a la familia.⁷²

En el año 2017 se publicó un consenso en el que se recomendó la adopción, implementación y estandarización del tamiz con OP para la detección oportuna de CCC en toda Europa, en el que participaron representantes de diversas sociedades pediátricas de la región (Croacia, Francia, Alemania, Italia, Países Bajos, Rusia, España, Suiza, Suecia y Reino Unido).⁷³

En el año 2018, Kluckow (Australia) sugirió la medición rutinaria de la SatO_2 en todos los RN, de acuerdo con una perspectiva distinta, basada en que sería más sencilla la implementación si dicha variable era considerada como un signo vital y no como una prueba de cribado específica. Gentles argumentó que debía emitirse una recomendación estructurada para asegurar la equidad en las distintas poblaciones en la ejecución del cribado; sin embargo, la respuesta de Kluckow al respecto destacó la lentitud y dificultades administrativas en el establecimiento de las recomendaciones nacionales, omitiendo diagnósticos oportunos mientras se llevaban a cabo los trámites correspondientes.⁷⁴⁻⁷⁶

En la publicación *CCHD Screening Implementation Efforts in Latin American Countries by the Ibero American Society of Neonatology (SIBEN)* de Augusto Sola, Susana Rodriguez, Alejandro Young y colaboradores se presenta una revisión sobre la situación de la implementación del tamizaje en 13 países de Latinoamérica. El estudio revela que, a pesar de grandes disparidades entre países y dentro de cada uno de ellos, existen progresos en la inclusión del tamizaje dentro de la práctica clínica. Su implementación universal es compleja, pero cuando se realiza existe beneficio no sólo en el diagnóstico de CCC, sino también en otras condiciones hipoxémicas del recién nacido.¹⁵

Desde las épocas precedentes descritas y hasta la actualidad se ha reconocido la utilización del TNC en Europa y países de Asia, para la detección oportuna de CCC, con alta especificidad, alto valor predictivo negativo, moderada sensibilidad y un rango razonable de falsos positivos, además de los beneficios adicionales de la medición de la SatO_2 en los RN con la detección de

estados mórbidos como sepsis, infecciones respiratorias u otras afecciones pulmonares.⁷⁷

ACCIONES NACIONALES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL TNC

En México, la detección oportuna de CCC por medio de pulsioximetría, ahora conocido como TNC, ha avanzado de una forma gradual y constante. Médicos y personal de salud, convencidos de la gran utilidad e impacto de este procedimiento en la salud de los RN, han logrado adoptarlo como un programa permanente.

En el año 2015 se publicó un estudio transversal realizado en el Instituto Mexicano del Seguro Social en Guanajuato, bajo la dirección de la Dra. Gómez Rodríguez, en 1,037 RN de término entre julio de 2010 y abril de 2011. La OP se determinó antes del alta hospitalaria (entre las 6 y 12 horas de vida). En aquellos RN con saturación postductal de oxígeno < 95%, se realizó un ecocardiograma. La prevalencia general reportada de CC fue de 11.5 por 1,000 RN vivos, y la prevalencia de CCC fue de 3.9 por 1,000 RN vivos. Para los RN con enfermedad crítica, la OP tuvo sensibilidad de 100%, especificidad de 98.8% y un valor predictivo negativo de 100%.⁷⁸

En el año 2014 Orozco y su grupo llevaron a cabo un estudio en un hospital privado de la Ciudad de México (2,240 m de altitud), en el que fueron tamizados 150 neonatos de acuerdo con el protocolo de Kemper. En este trabajo los autores informan un porcentaje mayor de falsos positivos (4%), con respecto a lo reportado en la literatura internacional, probablemente ocasionado por la altitud geográfica y la reanimación neonatal al aire ambiente, poniendo de manifiesto la necesidad de evaluaciones en poblaciones mayores, que sustenten los cambios de acuerdo con la altitud, como un punto de corte en la saturación normal en dichas poblaciones.⁷⁹

En el año 2015 se dio a conocer por la Academia Mexicana de Pediatría, la prueba piloto liderada por las doctoras Robledo Galván y Lima Rogel (San Luis Potosí), donde se tamizaron 1,011 neonatos, en 14 de los cuales se realizó el diagnóstico de alteración cardiovascular mediante ecocardiograma (persistencia del conducto arterioso, coartación aórtica, ventrículo izquierdo hipoplásico, transposición de grandes arterias, comunicación interventricular y canal aurículo-ventricular).⁸⁰

En el año 2014 se realizó el proyecto de decreto único para reformar el Artículo 60 de la Ley General de Salud para el Estado de Baja California Sur, donde se incluye de forma obligatoria el tamizaje cardioló-

gico neonatal; la reforma fue publicada en el Boletín Oficial del Gobierno del Estado de Baja California Sur el 1° de septiembre de 2015, siendo el primer estado de la república en establecer el tamiz cardíaco de forma obligatoria con base en la legislación local,^{81,82} seguido del estado de Sonora, el cual estableció su obligatoriedad con base en la reforma a la fracción II del artículo 50 de la Ley de Salud para el Estado de Sonora, publicado en el Boletín Oficial del Gobierno del Estado en mayo de 2017, donde además desde el año 2016 se han tamizado 22,000 RN.⁸³ Actualmente existen en Sonora cinco hospitales donde se realiza de forma permanente el TNC.

En el Estado de Hidalgo en el año 2015, como parte de un proyecto estratégico de salud, se implementó el tamizaje mediante OP para la detección oportuna de CCC en tan sólo dos unidades hospitalarias, el Hospital General de Pachuca y el Hospital Obstétrico, ambos situados en la capital del estado, realizando las pruebas a RN en área de alojamiento conjunto entre las primeras 24 y 72 horas de vida.

En el año 2020 se publicó el estudio piloto realizado de marzo a septiembre de 2015, por parte de los Servicios de Salud del Estado de Hidalgo, en el cual, bajo la dirección del Dr. Luciano Mendiola, Dr. Atitlan-Gil y otros colaboradores, se estudiaron 1,748 RN, 27 de los cuales resultaron positivos 13.8% de ellos con algún tipo de CCC. Se estimó para el TNC una sensibilidad de 100%, especificidad de 99.3% y tasa de falsos positivos de 0.7%.⁸⁴

En el mes de febrero de 2016 se turnó a las Comisiones Unidas de Salud y Estudios Legislativos, por parte de la Sen. Lorena Cuéllar Cisneros, la iniciativa con proyecto de decreto por el que se adicionaría la fracción IV bis al artículo 61 de la Ley General de Salud, sobre la aplicación del tamiz neonatal para la detección de cardiopatías congénitas complejas.⁸⁵

En septiembre del año 2017 se presentó, por parte del Dip. Armando Luna Canales, la iniciativa que reformaría el artículo 61 de la Ley General de Salud, para establecer que a todo RN, deberá aplicarse la prueba del tamiz cardiológico para la detección de cardiopatías congénitas graves.

Para el año 2019 se habían tamizado 26,000 bebés en el Estado de Hidalgo, con diagnóstico de CC en 70 RN, que se trataron en hospitales de segundo y tercer nivel.^{86,87} Derivado del apoyo del Gobierno del Estado, la red se fue ampliando hasta llegar el día de hoy a realizarse en todas las unidades hospitalarias de los Servicios de Salud de Hidalgo y en más de 10 centros de salud de cabeceras municipales. Mediante esta política

pública se han alcanzado hasta el primer trimestre del 2021, más de 37,000 pacientes tamizados, logrando detectar 555 casos positivos, mismos que fueron referidos de manera inmediata para su valoración al servicio de cardiología pediátrica y realización de ecocardiografía, en el Hospital Niño DIF y General de Pachuca, de los cuales 162 fueron detectados con alguna cardiopatía ameritando seguimiento y tratamiento y que, de no haber realizado el TNC, probablemente no hubieran sido diagnosticados o hubieran sido detectados tardíamente con las complicaciones propias de las patologías cardíacas.

Liderado por el Dr. Moisés Mier, se realizó un estudio transversal entre julio de 2018 y junio de 2019, de 4,281 RN sanos, mediante OP en seis hospitales de la República Mexicana, incluyendo la Ciudad de México, los estados de Yucatán, Jalisco, Tamaulipas y Sonora. La característica más relevante era la diferencia en altitud geográfica entre cada uno, que iba desde menos de 250 m.s.n.m. (sobre el nivel del mar), 1,500 m.s.n.m., hasta 2,300 m.s.n.m.

El tamiz resultó positivo en 80 casos, de los cuales, 44 tuvieron algún tipo de malformación cardíaca, 14 de ellos con CCC. Se encontró 0.11% de falsos positivos en hospitales a altitudes < 500 m.s.n.m. y 3.78 % en aquellos que estaban a > 1,500 m.s.n.m.

Asimismo, se observó una diferencia estadísticamente significativa entre la SatO₂ de los pacientes que se encontraban a 250 m.s.n.m., con respecto a aquellos que se encontraban a 1.500 m.s.n.m., con una disminución del 1.01 puntos porcentuales.

Se calculó un número de pacientes diagnosticados de CCC gracias al TNC 10 a 250 veces mayor al reportado en la literatura mundial, explicado por el bajo diagnóstico prenatal de dichas malformaciones en nuestro país.^{88,89}

¿A QUIÉNES SE DEBE REALIZAR EL TNC?

El TNC es un procedimiento dirigido a dos grandes grupos: el primero de ellos abarca a todos los RN sanos, mayores de 36 semanas de gestación, que se encuentren en cunero fisiológico o alojamiento conjunto (RN aparentemente sanos).

Es importante recalcar que el paciente no debe abandonar el hospital sin haberse realizado esta prueba, independientemente de las horas o días de vida.

Idealmente, el TNC se debe realizar posterior a las 24 horas de vida y en el caso de ser dado de alta del hospital antes de las 24 horas, el tamiz deber ser llevado a cabo lo más cerca al momento del egreso como

sea posible, pero sin olvidar, que su realización deber ser siempre antes del egreso hospitalario.

Plana y colaboradores publicaron una revisión sistemática en la base Cochrane en el año 2018, donde encontraron que el momento ideal para realizar el TNC es después de las 24 horas de vida y antes del alta hospitalaria del RN. De esta forma se disminuye el número de falsos positivos.⁹⁰

El segundo grupo corresponde a todos los RN que hayan estado en cuneros patológicos, Unidad de Cuidados Intermedios o Intensivos Neonatales. En este caso, se deber realizar la medición, de acuerdo con la consideración del médico tratante, un día antes del egreso, independientemente de la edad del paciente. Éste debe estar libre de la administración de oxígeno suplementario al menos 24 horas antes de su egreso y no requerirlo en su domicilio, además de que durante su estancia hospitalaria no debe haberse realizado un ecocardiograma, ya que se dará por entendido que de existir una patología, debió haber sido diagnosticada mediante este método en algún momento de la hospitalización.

Es muy importante mencionar que para que todo lo descrito se lleve a cabo, debe existir una estrecha colaboración entre el equipo multidisciplinario de salud, tanto en los aspectos de organización, como en la parte asistencial y en la académica a través de las diversas capacitaciones al personal encargado de la realización del estudio y a los padres del RN al informar de manera clara sobre los beneficios del procedimiento, favoreciendo así un ambiente de confianza y calidez, incidiendo de forma sustancial en el manejo adecuado y oportuno de los pacientes, cualquiera que sea su condición de salud, especialmente en aquellos quienes cuentan con alteraciones que potencialmente pudieran poner en riesgo su vida.

CARDIOPATÍAS POTENCIALMENTE DETECTABLES CON EL TNC

Las cardiopatías consideradas como objetivo del tamizaje neonatal son aquellas cuyo común denominador es la hipoxemia y de las cuales se ha hecho referencia desde hace más de una década. Así, en el año 2009, en una publicación a cargo de la Academia Americana de Pediatría y de la Academia Americana del Corazón, se tomaron en cuenta 13 defectos cardíacos (tetralogía de *Fallot*, D-transposición de grandes arterias, doble vía de salida de ventrículo derecho, tronco arterioso, conexión anómala total de venas pulmonares, anomalía de Ebstein, atresia tricuspídea, atresia pulmonar, estenosis pulmonar crítica, corazón izquierdo hipoplásico,

coartación aórtica, atresia/ hipoplasia del arco aórtico, estenosis valvular aórtica crítica), con un rubro extra denominado “otros defectos cardíacos importantes”.⁵² Esta lista de padecimientos surgió a partir de los datos arrojados por el Programa Metropolitano de Vigilancia de Defectos Congénitos al Nacimiento en Atlanta, siendo esas condiciones cardíacas las más frecuentes.⁵⁴

Posteriormente, se consideraron siete padecimientos cardíacos congénitos por el Comité Asesor sobre Trastornos Hereditarios en Recién Nacidos, por tratarse de los más frecuentes relacionados con hipoxemia en los neonatos, a saber: síndrome del corazón izquierdo hipoplásico, atresia pulmonar, tetralogía de *Fallot*, conexión anómala total de venas pulmonares, transposición de grandes arterias, atresia tricuspídea y tronco arterioso. Adicionales a ellos y siempre bajo la conciencia de la heterogeneidad de las malformaciones, los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC) agregó cinco defectos a la lista, para un total de 12 (coartación aórtica, doble vía de salida de ventrículo derecho, anomalía de Ebstein, interrupción del arco aórtico y ventrículo único).^{29,64,91}

BENEFICIOS ADICIONALES DE LA OP EN RECIÉN NACIDOS

El bebé debe ser visto en forma integral, por lo tanto, además de detectar a tiempo una CCC, también es obligatorio evaluarlo en todas sus áreas.

Los RN con cianosis requieren una valoración rápida y lógica. Aunque las entidades como la policitemia y metahemoglobinemia deben ser consideradas, los diagnósticos que deben ser abordados con más urgencia son la enfermedad respiratoria primaria (síndrome de dificultad respiratoria, taquipneas transitorias del RN, síndrome de aspiración de meconio, neumonía, hernia diafragmática, enfermedades congénitas pulmonares, etc.) y la hipertensión pulmonar persistente del recién nacido (HPPRN). La esencia de la HPPRN radica en el fracaso de la arteria pulmonar, donde la presión disminuye después del nacimiento. Aunque la presión arterial pulmonar depende de varios factores, la resistencia vascular pulmonar juega el papel más importante en la hipertensión pulmonar del RN, ya que su persistencia conduce a la falta de síntesis perinatal de óxido nítrico y/o prostaglandina, además de aumento de la producción de la fosfodiesterasa-3 o -5 y endotelina-1.⁹²

Pacientes que no responden, ya sea con CCC o HPPRN, son hiperventilados posteriormente. La disminución de la PaCO₂ (presión parcial de dióxido de carbono) y la alcalosis dilatan los vasos pulmonares

en la HPPRN, resultando en una mayor PaO₂ (presión parcial de oxígeno), que no sería el caso de las CCC. En la actualidad, la ecocardiografía ha suplantado la realización de la prueba de la hiperoxia, la cual ya no se recomienda. En el mismo sentido, el uso de toma de muestras de sangre para el estudio de los gases arteriales está limitado por la dificultad técnica para su obtención mediante punción arterial; una PaO₂ falsamente baja puede resultar cuando el llanto de un bebé aumenta el cortocircuito de derecha a izquierda por las maniobras efectuadas. En consecuencia, la introducción de rutina de la OP en el cuidado de los RN ha tenido un impacto significativo.

El RN, particularmente el pretérmino, goza de una serie de características que lo hacen más vulnerable ante ciertas situaciones clínicas y sabemos que su respuesta fisiológica difiere con la de otros grupos poblacionales. De ahí que exista especial interés en el uso del índice de perfusión (IP). Los estudios que hasta el momento han evaluado la efectividad clínica de este parámetro, han dado aportes importantes con respecto a su aplicabilidad clínica, tal es el caso de su asociación con el diagnóstico de CCC e incluso como un factor predictor de sepsis temprana en neonatos con factores de riesgo, al corroborar una baja perfusión. El hecho de que el IP haya sido una medida altamente reproducible cuando se evaluó en un solo miembro en los bebés muy prematuros en los primeros días de vida, brinda mayor confianza al momento de su aplicación. Por éste y los demás beneficios descritos, el conocimiento y divulgación de esta medida como herramienta de monitorización crítica se hace fundamental hoy en día para la práctica clínica del pediatra, intensivistas y neonatólogos.⁵³ Actualmente, cuando nace un bebé, al realizar las maniobras de reanimación neonatal desde el primer instante, es obligatorio medir la SatO₂ en todos los recién nacidos, la cual debe estar dentro de los rangos de 85 a 95% a los 10 minutos de vida, sobre todo si es prematuro, para evitar la toxicidad por la SatO₂ en sangre.⁹³

En los últimos años, los programas internacionales de reanimación neonatal, en las recomendaciones de la Academia Americana de Pediatría, en los programas europeos y en los nacionales, hacen énfasis en la medición de la SatO₂ desde los primeros minutos de vida, porque no sólo interesa salvar la vida del neonato, sino también evitar complicaciones por procedimientos que repercutirán en su calidad de vida en el futuro. De ahí que de acuerdo con los lineamientos extendidos en talleres de reanimación neonatal se exhorte a tener a la vista en las salas de tococirugía de todos los hospitales

la tabla con la SatO₂ que el bebé debe tener desde el primer minuto de vida y medirse cada minuto hasta los 5 minutos y después a los 10 minutos de ocurrido el nacimiento (*Tabla 1*).⁹⁴

Una SatO₂ menor de 85% debe hacer sospechar que el bebé presente alguna patología como las CCC y por otro lado, se debe evitar la saturación mayor a 95% cuando recibe aporte de oxígeno, situación que debe mantenerse con el apoyo de la monitorización continua.

Posteriormente, a partir de la hora de vida y una vez estabilizado el RN, no debe tener menos de 90% de SatO₂, pero durante la hospitalización, tampoco debe tener más de 95% de saturación, cuando se encuentra bajo apoyo con oxígeno, porque puede dañar la vasculatura de la retina tan vulnerable y sensible en este grupo de pacientes y presentar lo que se conoce como retinopatía del prematuro.⁹⁵

En la última década se han creado programas para evitar dicha patología, principal causa de ceguera en México;⁹⁶ asimismo se ha demostrado que es posible optimizar los recursos al poder utilizar el equipo de monitorización de oximetría para la realización del TNC y además para el reforzamiento al Programa para evitar la Retinopatía del Prematuro, con las evaluaciones necesarias de aquellos RN con riesgo de dicha alteración.^{97,98} Estas evaluaciones deben realizarse con equipos de alta tecnología y sensibilidad, y al mismo tiempo ser ligero y de fácil manejo que pueda ser utilizado tanto en sala de tococirugía, en cuneros fisiológicos (donde se realiza el TNC), así como en Terapia Intensiva Neonatal.⁹⁷

ALGORITMOS PROPUESTOS PARA LOS NIÑOS MEXICANOS

Un algoritmo es una herramienta que está diseñada para sistematizar un proceso y que pueda generalizarse

Tabla 1: Saturación de oxígeno esperada en los recién nacidos después del nacimiento.

Minutos de vida	Saturación, %
1	60-65
2	65-70
3	70-75
4	75-80
5	80-85
10	85-95

Modificado de: Kattwinkel J et al.⁹⁴

su aplicación. El algoritmo para el tamiz se creó para detectar CCC que ponen en riesgo la vida de los RN. Se basa en que los pacientes con estas malformaciones cardíacas presentan un mayor porcentaje de sangre desoxigenada, lo cual puede detectarse mediante la medición de la SatO_2 con un pulsioxímetro. El algoritmo aprobado por la Academia Americana de Pediatría fue publicado en el año 2011 en la revista *Pediatrics* por el autor Kemper y colaboradores;¹ fue diseñado para una población de RN asintomáticos mayores de 36 semanas de gestación, a quienes se les midió la SatO_2 antes de su egreso hospitalario. Es muy importante destacar que el algoritmo fue validado en población establecida geográficamente a nivel del mar. El algoritmo determina puntos de corte específicos de la SatO_2 para distinguir lo que es normal de lo que no. El TNC se realiza midiendo la SatO_2 en la mano derecha y (además) en cualquiera de los dos pies. Una saturación menor a 90% se considera anormal y existe riesgo de que el RN presente una CCC, por lo que se requiere de la realización de un ecocardiograma. Cuando la saturación se encuentra entre 90% y menos de 95% o existe una diferencia mayor a 3% entre la mano derecha y el pie, medida en tres diferentes ocasiones, también se considera anormal.

En México se conformó un comité científico para analizar la información publicada y adecuar un algoritmo específico para la población mexicana. Durante las reuniones del comité se formularon las siguientes preguntas:

¿Se puede utilizar el mismo algoritmo en todos los hospitales en México o deben ajustarse los valores de oxigenación para el punto de corte?

¿Es igual la SatO_2 a diferentes altitudes?

¿Cuál es el momento ideal para realizar el tamiz cardíaco?

Para justificar los cambios propuestos al algoritmo de Kemper, con la finalidad de ser adaptados a la población de este país, se evaluaron referencias acerca del tamizaje realizado a diferentes altitudes geográficas y sobre la adición de una variable más que coadyuvará en la disminución de pacientes con resultados falsos negativos como lo es el IP.

Altitud

Una variable importante que se ha distinguido como un factor que puede modificar las mediciones de OP es la altitud geográfica en la cual se encuentra el individuo en el momento del nacimiento, ya que tiene una relación inversa con la SatO_2 y una relación directa con la presión de la arteria pulmonar.⁹⁹

Paranka y colaboradores, en el año 2018, realizaron un estudio prospectivo para evaluar el impacto de la altitud en el TNC. Ellos mostraron que la SatO_2 medida por pulsioximetría es más baja en RN que nacen en lugares con mayor altitud y, así mismo, el número de falsos positivos aumentan (es decir, RN que no tienen cardiopatía, pero presentan un estudio de tamiz cardíaco alterado). Una de las conclusiones a las que llegaron fue que disminuir el punto de corte para considerar un tamiz cardíaco como anormal podría ser útil en lugares con moderada altitud.¹⁰⁰

En un estudio peruano publicado en 1971, se encontraron valores de presión arterial pulmonar media (PAP) de 60 mmHg en los recién nacidos a gran altitud, con cifras similares en aquellos nacidos a nivel del mar, sin embargo, éstos últimos presentaban un descenso rápido de la PAP, con respecto a los nacidos en grandes altitudes, la cual disminuyó lentamente e inclusive permanecieron con cifras correspondientes a hipertensión pulmonar leve a moderada hasta la edad adulta a alturas de hasta 4,540 m.s.n.m. con resistencias vasculares pulmonares (RVP) hasta CINCO veces mayores en nativos de grandes alturas con respecto a aquellos a nivel del mar.¹⁰¹⁻¹⁰³

Estos cambios fisiológicos se explican por la remodelación posnatal tardía de las arteriolas pulmonares distales en los nativos de grandes alturas con incremento en sus células musculares lisas e hipertrofia ventricular derecha, aunado a la adaptación genética obtenida de generación en generación, factor que pone de manifiesto una PAP más alta en las poblaciones que se encuentran a gran altura sobre el nivel del mar; por ejemplo, la relativamente nueva de Leadville, Colorado, con respecto a la PAP normal de algunos nativos tibetanos (ascendencia de altitud más antigua del mundo).⁹⁹

En países como Bolivia (3,600 m.s.n.m.), se han encontrado cifras elevadas de mortalidad infantil, mortinatos, restricción del crecimiento intrauterino, sufrimiento fetal, distress respiratorio y bajo peso al nacimiento, alteraciones que se han relacionado con el incremento de casos de preeclampsia e hipertensión arterial inducida por el embarazo, en aquellas pacientes nativas de ciudades por arriba de los 2,500 m.s.n.m., en comparación con otros países sudamericanos.¹⁰⁴

Debido a lo anterior, fue muy importante considerar el punto de corte que se utilizará como anormal en diferentes lugares de México, ya que las variaciones en la altitud son significativas en diferentes regiones del país. Una sexta parte de la población mexicana vive en el área metropolitana, la cual se encuentra a más

de 2,250 m s.n.m, lo cual, sin duda, influye en el rango de SatO₂ que presentan los RN.

Índice de perfusión

Un parámetro que los autores consideran de utilidad clínica para ser tomado en cuenta, de forma adjunta a la OP durante la realización del TNC es el IP, mismo que a pesar de su potencial importancia, ha sido hasta el momento infraestimado, probablemente por las observaciones existentes de su alta variabilidad en un corto periodo de tiempo, llevando a resultados falsos positivos, problema que podría ser subsanado con la realización de mediciones repetidas.^{105,106}

Se trata de la estimación indirecta y no invasiva de la perfusión periférica (indicativo de la fuerza de la señal del pulso arterial), a través de la fuerza pulsátil de un sitio corporal específico de estudio, como una mano o un dedo, por ejemplo, calculada mediante la relación del componente corriente alterna y corriente continua de la fotopleletismografía.^{46,53}

De acuerdo con el estudio de Wren y colaboradores en Reino Unido, alrededor de 30% de pacientes con CCC fueron diagnosticados posterior al alta hospitalaria. Los diagnósticos de estos RN correspondieron con coartación aórtica en 54%, interrupción del arco aórtico en 44% y estenosis valvular aórtica en 40%, lesiones obstructivas izquierdas que no necesariamente cursan con hipoxemia, pero sí con alteraciones en la perfusión periférica.⁷

En el estudio de Granelli se sugiere tomar como punto de corte de IP el valor de 0.7, complementando la medición de la SatO₂, con la finalidad de aumentar la tasa de detección de lesiones obstructivas izquierdas.¹⁰⁷

Por su parte, Jegatheesan en su estudio retrospectivo entre los años 2013 y 2015, observó que el valor IP que se encontraba en la percentila uno, era de 0.5 y en la percentila cinco, el valor correspondía a 0.7, reforzando la aseveración emitida por Granelli, pudiendo considerar los valores bajos de dicho parámetro como marcadores de hipoperfusión en casos de CCC no cianógenas (obstructivas izquierdas), existiendo aún cierto camino por recorrer, en vías de demostrar la sensibilidad y especificidad para la detección de este tipo de anomalías congénitas.¹⁰⁵

Aun bajo estas premisas, los autores del presente documento consideran la utilidad del IP, tomando en cuenta la distribución geográfica de los establecimientos de salud con respecto a los tres niveles de atención en la República Mexicana, bajo el argumento del estudio de Federico Schena, de 42,169 recién nacidos

asintomáticos en 16 hospitales de maternidad de Italia (10 terciarios y 6 no terciarios). El tamizaje se llevó a cabo previo al alta, mediante la medición de OP y del IP. Se observaron beneficios en unidades no terciarias, donde la tasa de reconocimiento clínico solía ser baja (por la pobre sospecha clínica), identificando casos de coartación aórtica, que hubieran sido subdiagnosticados sólo con la medición de SatO₂, con un incremento de la tasa de detección de CCC de 28 a 71%.¹⁰⁸

Cabe mencionar que el diagnóstico tardío de la coartación aórtica (prevalencia reportada en alrededor de 4/10,000 RN vivos)¹⁰⁹ y de otras alteraciones obstructivas izquierdas, siguen representando un problema por las implicaciones en aspectos de morbimortalidad de quienes las padecen.¹⁰⁶

En 2018, Uygur, en Taiwán, dio a conocer su estudio prospectivo en 3,175 RN. Se midió la OP, el IP y se realizó un examen físico dirigido. Todos los RN con CCC fueron diagnosticados, incluyendo tres pacientes sin diagnóstico prenatal y con OP negativa. Concluyeron que la medición del IP puede beneficiar en la detección oportuna de las malformaciones cardíacas obstructivas izquierdas, donde el cribado con OP pudiera tener una efectividad hasta cierto punto limitada.¹¹⁰

Hay suficiente evidencia científica que demuestra que la SatO₂ de un RN sano desciende conforme aumenta la altitud sobre el nivel del mar. El descenso en la saturación puede afectar el número de casos falsos positivos obtenidos con el tamiz; es decir, el número de pacientes que siendo sanos, el tamiz los detecte como posiblemente enfermos podría incrementar sensiblemente conforme aumente la altitud, lo que impactaría negativamente, con un importante aumento en la ansiedad de los padres ante la sospecha de que su hijo tenga una cardiopatía, en el tiempo de estancia hospitalaria, en el número de estudios o valoraciones médicas necesarias para confirmar o descartar la presencia de la enfermedad, derivando en el incremento de la carga de trabajo en las unidades médicas y de los gastos en su atención.

Bajo el conocimiento de que México es un país geográficamente diverso, con comunidades muy heterogéneas con respecto a la altitud, sería inviable establecer un algoritmo para todas y cada una de las altitudes, por lo tanto, en el grupo de trabajo se consideró adecuado recomendar en México un único algoritmo de tamizaje, pero con puntos de corte diferentes para analizar y calificar a los recién nacidos en comunidades con altitud menor a los 1,500 m.s.n.m. y aquellos que se encuentren situados a una altitud igual o mayor a los 1,500 m.s.n.m.

Este es el primer algoritmo que se propone por los autores para una altitud menor a 1,500 m.s.n.m. (Figura 1), lo primero que se sugiere llevar a cabo en aquellas comunidades con altitud menor a los 1,500 m.s.n.m. es la determinación de la SatO_2 en la mano derecha y cualquiera de los pies y de forma opcional, dependiendo de cada centro hospitalario, de acuerdo con la disponibilidad del recurso, tomar el IP en la mano derecha y cualquiera de los pies.

Una vez teniendo esta determinación de la SatO_2 , los resultados pueden ser tres, mismos que se clasificarán con base en un código de colores, como si se tratara de un semáforo. El semáforo verde indicará adelante, se puede continuar con el protocolo del RN sano; el semáforo rojo indicará algo completamente opuesto, alto total o alerta, ya que algo está ocurriendo anormal; finalmente, un semáforo amarillo indicará alerta, y será necesario poner atención en las evaluaciones subsecuentes.

Por lo tanto, si se mide la SatO_2 en la mano derecha y cualquiera de los pies, con el resultado en esos sitios anatómicos, mayor o igual a 95%, con una diferencia entre ambas menor o igual a 3.0% y de forma opcional, de acuerdo con el centro hospitalario, que el IP en mano derecha y en cualquiera de los pies sea mayor o igual a 0.7, entonces se interpretará la prueba en semáforo verde, lo que indicará que el TNC es negativo, con baja probabilidad de tener una CCC, y no será necesario realizar más estudios para descartar su presencia.

Sin embargo, si al tomar la SatO_2 en la mano derecha y cualquiera de los pies, el resultado en cualquiera de las extremidades es menor a 90%, el resultado se interpretará en semáforo rojo, siendo el TNC positivo, por lo cual será necesaria la valoración por un cardiólogo pediatra con la realización de un ecocardiograma a la brevedad posible para descartar la presencia de alguna CCC.

En el caso intermedio, que la SatO_2 en la mano derecha y cualquiera de los pies se encuentre entre 90 y 94.9%, o bien, que la diferencia entre ambos sitios anatómicos sea mayor a 3%, o que el IP, en el caso de haber sido medido, ya sea en la mano derecha o cualquiera de los pies sea menor a 0.7, el color del semáforo será amarillo, que significará que el paciente no podrá irse a casa. En este caso no se ameritará una valoración cardiológica, pero las mediciones deberán de repetirse 15 minutos después del primer cotejo.

A partir de esta segunda determinación de la SatO_2 , 15 minutos posteriores a la previa, habrá tres posibles resultados, catalogados bajo la misma premisa del código de colores del semáforo: verde, amarillo o rojo.

Se considerará semáforo verde si la SatO_2 en la mano derecha y cualquiera de los pies, es mayor o igual a 95%, que la diferencia de SatO_2 entre mano derecha y cualquiera de los pies sea menor o igual a 3.0%, y además que el IP, en caso de haber sido medido, en la mano derecha y en cualquiera de los pies sea mayor o igual a 0.7, lo que indicará que el TNC es negativo, con baja probabilidad de tener una CCC y no habrá necesidad de realizar más estudios especializados para descartarla.

Si, por el contrario, en esta segunda determinación, la SatO_2 en la mano derecha o cualquiera de los pies es menor a 90%, se interpreta el resultado como semáforo rojo, siendo el TNC inmediatamente positivo y necesitando por ello la valoración por un cardiólogo pediatra y la realización de un ecocardiograma tan pronto como sea posible, para descartar CCC.

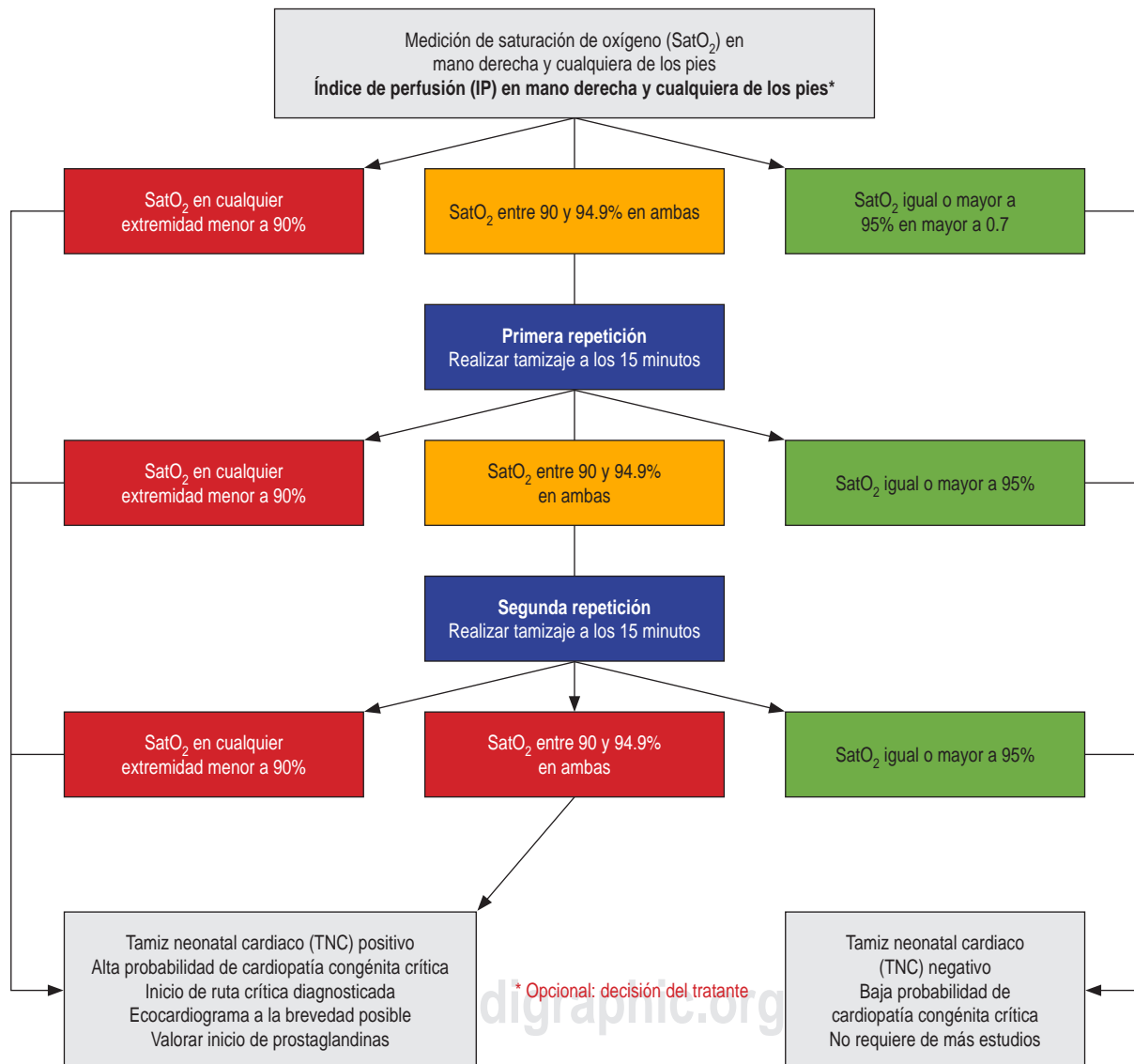
Si en esta segunda determinación, la SatO_2 en la mano derecha y cualquiera de los pies se encuentra entre 90 y 94.9%, o bien, que la diferencia entre ambas sea mayor a 3%, o de forma opcional, que el IP ya sea en la mano derecha o cualquiera de los pies resulte menor a 0.7, el color del semáforo será nuevamente amarillo, lo que significará que el paciente continuará sin poder irse a casa y la medición tendrá que ser repetida de nuevo tras la espera de 15 minutos.

En la tercera medición se podrán obtener tres resultados posibles: que la SatO_2 en la mano derecha o en cualquiera de los pies sea mayor o igual a 95.0%, y además que la diferencia de saturación entre la mano y el pie sea menor o igual a 3%, aunado a que, de forma opcional, el IP en la mano derecha y cualquiera de los pies sea mayor o igual a 0.7, el TNC será considerado negativo, con baja probabilidad de CCC y no será necesario realizar más determinaciones o estudios especializados.

Si en este tercer intento, la SatO_2 en la mano derecha o cualquiera de los pies es menor a 90% se considerará tamiz positivo, por lo que será necesaria la valoración completa por un cardiólogo pediatra y la realización de un ecocardiograma a la brevedad para descartar una CCC.

Si por tercera vez, el resultado de la medición de la SatO_2 en mano derecha y cualquiera de los pies, se encuentra entre 90 y 94.9%, o bien, la diferencia de saturación entre mano derecha y cualquiera de los pies es mayor de 3%, o que el IP, en caso de haber sido medido, en la mano derecha o cualquiera de los pies sea menor a 0.7, se considerará un tamiz positivo, y deberá ser evaluado por un cardiólogo pediatra con la realización de un ecocardiograma en cuanto sea posible para descartar una CCC.

Propuesta de Consenso



* Opcional: decisión del tratante

Diseño Laboratorio AGPHI UAQ / NYU



Figura 1: Algoritmo para tamiz neonatal cardíaco (TNC). Altitud menor a 1,500 m sobre el nivel del mar.

Como se puede notar, con el algoritmo de tamizaje que se propone por los autores, el paciente tiene tres oportunidades para pasar el tamiz: una determinación inicial y un máximo de dos repeticiones o intentos posteriores con intervalos de 15 minutos entre una y otra medición.

Como resumen de este algoritmo, los autores refieren que los criterios para pasar el tamiz son:

1. SatO₂ en la mano derecha y cualquiera de los pies (al menos una extremidad) mayor o igual a 95%.
2. Además de una diferencia de saturación entre la mano derecha y cualquiera de los pies menor o igual a 3%.
3. Y, de forma opcional, que el IP tanto en mano derecha como en cualquiera de los pies sea mayor o igual a 0.7.

De manera contraria, los criterios para no pasar el tamiz (TNC positivo) son:

1. SatO₂ en mano derecha o cualquiera de los pies (al menos una extremidad) menor a 90%.
2. De forma persistente, posterior a tres determinaciones, la SatO₂ en mano derecha y cualquiera de los pies entre 90 y 94.9%.
3. O de forma opcional, persistentemente posterior a tres determinaciones, el IP en mano derecha o cualquiera de los pies sea menor a 0.7.0

El algoritmo propuesto ahora, en contraparte, en aquellas comunidades situadas a una altitud mayor o igual a los 1,500 m.s.n.m. (*Figura 2*) es exactamente el mismo, con respecto a la metodología, que el propuesto para las comunidades que se encuentran a menor altitud, el cambio radica en el punto de corte. Para aquellas comunidades situadas a una altitud mayor o igual a los 1,500 m.s.n.m., se propone disminuir el punto de corte en 2% (dos puntos porcentuales) y considerar de esta forma, como tamiz negativo, con baja probabilidad de CCC a aquellos pacientes con SatO₂ en mano derecha o cualquiera de los pies, mayor o igual a 93% y una diferencia de saturación entre la mano derecha y cualquiera de los pies menor o igual a 3% y que de forma opcional, el IP tanto en la mano derecha como en cualquiera de los pies sea mayor igual a 0.7.

En la determinación intermedia, semáforo amarillo, también se propone bajar el punto de corte 2% (dos puntos porcentuales) y se sugiere repetir el tamizaje cuando la SatO₂ en la mano derecha y cualquiera de los pies se encuentre entre 90 y 92.9%.

Sin embargo, para el semáforo rojo, los autores consideran que no es necesario ningún cambio o ajuste, se seguirá tomando en cuenta el criterio para no pasar el tamiz de forma inmediata, cualquier saturación menor a 90%.

Como se aprecia, los dos algoritmos previamente descritos y propuestos para su aplicación en México, tienen tres rasgos distintivos en comparación con algunos algoritmos propuestos en otras partes del mundo:

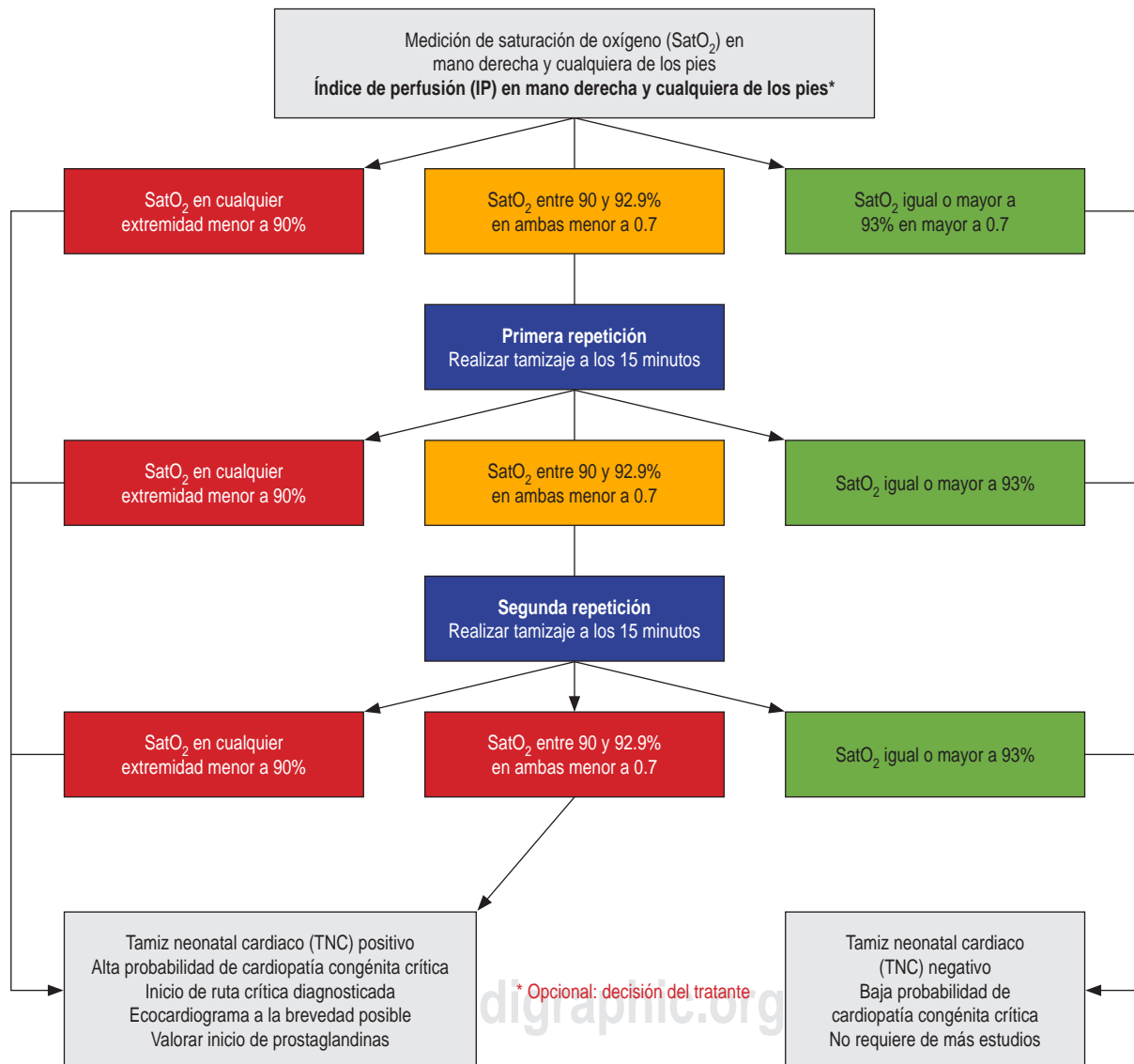
El primer rasgo distintivo es la **secuencia rápida en las repeticiones**, es decir, esperar sólo 15 minutos entre una y otra repetición, que contrasta con la mayoría de los algoritmos usados en el resto de mundo que sugieren esperar una hora y un máximo de dos repeticiones posterior a la determinación inicial. Repetir las mediciones tiene la finalidad de eliminar el “error humano”, por lo que se propone dar al paciente un máximo de dos repeticiones (tres intentos en total), lo que brindará al paciente más opciones u oportunidades para pasar el tamiz y ayudará a disminuir el número de casos falsos positivos. La secuencia rápida entre repeticiones permitirá concluir mucho más rápido el cribado y saber, en un máximo de 30 minutos y no dos horas como otros algoritmos lo proponen, si el tamiz es positivo o negativo, lo que dará el beneficio de no retrasar el alta hospitalaria en caso de que el resultado del TNC sea negativo, o por otro lado, evitar el retraso entre la sospecha inicial y la confirmación e inicio del tratamiento si el paciente cuenta con un tamiz positivo, sin dar lugar de esta forma a que el RN se deteriore en el caso de la espera de dos horas para concluir el tamizaje.

El segundo rasgo distintivo es pedir **al menos una extremidad** con SatO₂ mayor o igual a 95 o 93% para aquellas comunidades con baja o mediana altitud, respectivamente, versus las dos extremidades con estas saturaciones como lo piden algunos otros algoritmos.

Se considera que el hacerlo de esta forma, hará más flexible la interpretación y dará una menor proporción de casos falsos positivos.

El tercer rasgo distintivo, y quizás el más importante en México, es establecer puntos de corte diferentes dependiendo de la altitud geográfica. Se interpretará como TNC negativo aquel cuya medición de SatO₂ sea mayor o igual a 95% en comunidades con altitud menor a los 1,500 m.s.n.m. y 93% para aquellas comunidades con altitud mayor o igual a los 1,500 m.s.n.m. Los autores estiman que el efectuar esta precisión es particularmente relevante en la República Mexicana, en donde poco más de la mitad de la población del país (53% o 67'202,082 mexicanos)

Propuesta de Consenso



Diseño Laboratorio AGPHI UAQ / NYU



Figura 2: Algoritmo para tamiz neonatal cardíaco (TNC). Altitud igual o mayor a 1,500 m sobre el nivel del mar.

viven actualmente en comunidades con altitud mayor a los 1,500 m.s.n.m.

México es un país geográficamente heterogéneo, en el que se considera apropiado hacer este tipo de adecuaciones en el algoritmo, para evitar así un número exagerado de casos falsos positivos.

CÉDULA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Cada uno de los estados y establecimientos de salud en la República Mexicana donde se ha implementado el TNC cuenta con un registro de información. Esta recolección de datos se refiere al enfoque sistemático de reunir y medir la información, de una manera estandarizada, que nos permitirá responder preguntas relevantes como sería el número de pacientes positivos, evaluar los resultados de esta política de salud y prever escenarios futuros para ajustar el programa, de acuerdo con las necesidades de las poblaciones. Se puede llevar en formatos de hoja e idealmente de manera electrónica para evitar errores de captura.

Los datos son un valioso activo para toda organización e institución, su finalidad es almacenar, medir y analizar información importante. La medición nos conduce a crear un vínculo entre el mundo real y el conceptual que eventualmente llevará a una toma de decisiones efectivas tanto a nivel individual, institucional y local con una importante contribución al progreso de las ciencias de la salud, así como a nivel de Políticas Públicas.¹¹¹

Analizando los diversos instrumentos de recolección de datos disponibles, se han conjuntado las variables más representativas para ser registradas en cinco secciones, conformando un solo formato de recolección de la información arrojada por todos y cada uno de los tamizajes que se realicen en los RN (*Figura 3 A-E*).

En la primera sección se incluyen los datos demográficos como el nombre del paciente, sexo, número de expediente o registro institucional, fecha de nacimiento en el formato día-mes-año, hora de nacimiento, nombre del hospital donde ocurrió el nacimiento con su Clave Única de Establecimientos de Salud (CLUES).¹¹²

En la segunda sección que corresponde a los datos obtenidos en el primer intento de tamizaje se obtendrá el nombre del examinador, fecha y horario del tamizaje, SatO_2 en la mano derecha reflejada en porcentaje, la SatO_2 en cualquier pie, la diferencia de saturación entre la mano derecha y cualquier pie y de manera opcional el IP en la mano derecha y cualquier pie. En el formato se encuentra reflejada la guía sobre los resultados; si se considera un tamiz neonatal cardíaco

negativo, será el fin del tamiz; si es necesario repetir la medición, el examinador se dirigirá a la sección 3 del formato; si es un tamiz cardíaco positivo, es necesario realizar un ecocardiograma a la brevedad y se pasará a la sección 5.

La sección 3 corresponde al segundo intento de tamizaje, debiendo plasmar los datos mencionados en la sección 2 y de acuerdo con el algoritmo, si resulta un tamiz negativo, será el fin de la prueba; si los resultados coinciden con el recuadro amarillo, será necesario repetir la medición y el examinador deberá dirigirse a la sección 4 del formato; si el resultado es positivo, el examinador se deberá dirigir a la sección 5 y realizar la evaluación pertinente, según el algoritmo propuesto.

La sección 4 corresponde al tercer intento de tamizaje con las indicaciones previamente citadas de acuerdo con el semáforo ahí plasmado.

La sección 5 deberá ser llenada por el personal del área de cardiología pediátrica donde se evalúe al recién nacido con un tamizaje positivo. Los datos a recolectar son el nombre del hospital donde se realiza el ecocardiograma con su CLUES, el nombre del cardiólogo que realiza el ecocardiograma, la fecha del estudio y el resultado que podría corresponder a cualquiera de las siguientes opciones:

1. Cardiopatía congénita crítica.
2. Cardiopatía congénita no crítica.
3. Sin ninguna cardiopatía congénita o circulación transicional (foramen oval o conducto arterioso permeable).

Además, se podrán reportar observaciones o información adicional relevante, condiciones médicas asociadas del recién nacido, la edad gestacional al nacimiento y antecedentes de patología materna, datos que coadyuvarán en el diagnóstico y tratamiento integral de los recién nacidos.

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO RECOMENDADO PARA EL TNC

Como se mencionó previamente, la OP es una técnica no invasiva que mide la SatO_2 como un signo de hipoxemia e hipoperfusión. La SatO_2 es la relación porcentual entre la concentración de hemoglobina oxigenada y la hemoglobina reducida. Este parámetro denota la cantidad de oxígeno que pasa desde los alveolos a la sangre y se disuelve en los tejidos. En los últimos años se han desarrollado nuevos equipos con tecnología de extracción de señal. Cuentan con algoritmos y sensores

A Instrucciones. Llene cada uno de los siguientes rubros:

Sección 1 Datos del paciente y unidad hospitalaria

Nombre: _____
 Sexo: Femenino/Masculino _____
 Expediente o registro institucional: _____
 Fecha de nacimiento: D ____ D ____ / M ____ M ____ / A ____ A ____
 Hora de nacimiento (formato a 24 horas): H ____ H ____ / M ____ M ____
 Nombre del hospital: _____
 CLUES: _____

Sección 2 Datos de primer intento de tamizaje

Nombre del examinador: _____
 Fecha de tamizaje: D ____ D ____ / M ____ M ____ / A ____ A ____
 Hora de tamizaje (formato a 24 horas): H ____ H ____ / M ____ M ____
 Saturación de oxígeno en mano derecha: _____ % Saturación de oxígeno en cualquier pie: _____ %
 Diferencia de saturación entre mano derecha y cualquier pie: _____
 Índice de perfusión en mano derecha (opcional): _____ Índice de perfusión en cualquier pie (opcional): _____
 Resultado del tamiz: _____

SaO ₂ menor de 90.0% en mano derecha o cualquiera de los pies Tamiz neonatal cardíaco positivo Es necesario descartar cardiopatía congénita crítica Es necesario realizar un ecocardiograma a la brevedad Pase a la sección 5	SaO ₂ entre 90-94.9% en mano derecha o cualquiera de los pies o Diferencia de SaO ₂ mayor o igual de 3.1% entre mano derecha y cualquiera de los pies u (opcional) IP menor a 0.7 en cualquiera de las extremidades Es necesario repetir la medición Pase a la sección 3	SaO ₂ mayor o igual a 95.0% en mano derecha o cualquiera de los pies y Diferencia de SaO ₂ menor o igual de 3% entre mano derecha y cualquiera de los pies además de (opcional) IP mayor o igual a 0.7 en cualquiera de las extremidades Tamiz neonatal cardíaco negativo Baja probabilidad de CCC No requiere de más estudios Fin del tamiz
--	--	--

Sección 3 Datos del segundo intento de tamizaje

Nombre del examinador (en caso de ser diferente al examinador del primer intento): _____
 Saturación de oxígeno en mano derecha: _____ %
 Saturación de oxígeno en cualquier pie: _____ %
 Diferencia de saturación entre mano derecha y cualquier pie: _____
 Índice de perfusión en mano derecha (opcional): _____ Índice de perfusión en cualquier pie (opcional): _____
 Resultado del tamiz: _____

SaO ₂ menor de 90% en mano derecha o cualquiera de los pies Tamiz neonatal cardíaco positivo Es necesario descartar cardiopatía congénita crítica Es necesario realizar un ecocardiograma a la brevedad Pase a la sección 5	SaO ₂ entre 90.0-94.9% en mano derecha o cualquiera de los pies o Diferencia de SaO ₂ mayor o igual de 3.1% entre mano derecha y cualquiera de los pies u (opcional) IP menor a 0.7 en cualquiera de las extremidades Es necesario repetir la medición Pase a la sección 4	SaO ₂ mayor o igual a 95% en mano derecha o cualquiera de los pies y Diferencia de SaO ₂ menor o igual de 3.0% entre mano derecha y cualquiera de los pies Además de (opcional) IP mayor o igual a 0.7 en cualquiera de las extremidades Tamiz neonatal cardíaco negativo Baja probabilidad de CCC No requiere de más estudios Fin del tamiz
--	--	--

Sección 4 Datos del tercer intento de tamizaje

Nombre del examinador (en caso de ser diferente al examinador del primer y/o segundo intento): _____
 Saturación de oxígeno en mano derecha: _____ %
 Saturación de oxígeno en cualquier pie: _____ %
 Diferencia de saturación entre mano derecha y cualquier pie: _____
 Índice de perfusión en mano derecha (opcional): _____ Índice de perfusión en cualquier pie (opcional): _____
 Resultado del tamiz: _____

SaO ₂ menor de 90.0% en mano derecha o cualquiera de los pies Tamiz neonatal cardíaco positivo Es necesario descartar cardiopatía congénita crítica Es necesario realizar un ecocardiograma a la brevedad Pase a la sección 5	SaO ₂ entre 90-94.9% en mano derecha o cualquiera de los pies o Diferencia de SaO ₂ mayor o igual de 3.1% entre mano derecha y cualquiera de los pies u (opcional) IP menor a 0.7 en cualquiera de las extremidades Tamiz neonatal cardíaco positivo Es necesario descartar cardiopatía congénita crítica Es necesario realizar un ecocardiograma a la brevedad Pase a la sección 5	SaO ₂ mayor o igual a 95% en mano derecha o cualquiera de los pies y Diferencia de SaO ₂ menor o igual de 3.0% entre mano derecha y cualquiera de los pies Además de (opcional) IP mayor o igual a 0.7 en cualquiera de las extremidades Tamiz neonatal cardíaco negativo Baja probabilidad de CCC No requiere de más estudios Fin del tamiz
--	---	--

Sección 5 Para ser llenado por área de cardiología pediátrica

Hospital donde se realiza el ecocardiograma: _____
 CLUES (obligatorio): _____
 Nombre del cardiólogo que realiza el ecocardiograma: _____
 Fecha del ecocardiograma: D ____ D ____ / M ____ M ____ / A ____ A ____
 Resultado del ecocardiograma:
 A) Cardiopatía congénita crítica B) Cardiopatía congénita no crítica C) Sin ninguna cardiopatía congénita o circulación transicional (foramen oval o conducto arterioso permeable)

Observaciones o información adicional que considere relevante: _____
 Condiciones médicas asociadas del recién nacido: _____
 Edad gestacional: _____
 Patología materna: _____

Figura 3: Formato de recolección de datos propuesto para las instituciones mexicanas (A-E).

que permiten mantener un monitoreo más exacto en estados de hipoperfusión y durante el movimiento, lo que disminuye el número de errores en la medición y el número de falsas alarmas en comparación con los oxímetros de pulso convencionales.

El principio de funcionamiento se caracteriza por medir la SatO_2 mediante dos sensores con diodos emisores de luz, uno para luz infrarroja (910-940 nm) y otro para la luz roja (640-660 nm), además de un fotodiodo detector. Para medir el oxígeno, los diodos emisores de luz y el fotodiodo detector deben ponerse en puntos opuestos dejando en medio el tejido translúcido como el dedo.¹¹³

En los pulsioxímetros convencionales se asume que la sangre arterial es la única en movimiento en el lugar donde se toma la medición y en ocasiones se confunde con la sangre venosa cuando el paciente se mueve, dando valores bajos.

Los oxímetros de pulso constan de monitor con pantalla en la que se reflejan los valores medidos (SatO_2 reflejada en porcentaje, la frecuencia del pulso, IP y onda pletismográfica), el cable-paciente y el sensor.

El algoritmo de procesamiento de la señal de los oxímetros de pulso con tecnología de extracción de señal identifica el ruido de manera fiable, lo aísla y lo cancela utilizando filtros adaptativos, indicando la verdadera SatO_2 mediante la incorporación y aprovechamiento de diferentes longitudes de onda. Estos equipos han incorporado la medición del IP, lo que aumenta la sensibilidad en la detección de lesiones obstructivas cardíacas izquierdas, mejora la evaluación del RN con otra morbilidad y es un predictor de entidades severas como la sepsis.^{93,114}

SUSTENTO NORMATIVO INTERNACIONAL DEL TNC

Desde el punto de vista legal y normativo, existe sustento y justificación exhaustiva y suficiente que respalda la implementación en tiempo y forma del tamizaje para la detección oportuna de las CCC, no sólo en la República Mexicana, sino a nivel global.

En el marco de la 70ª sesión del comité regional de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en septiembre de 2018, se presentó el plan de acción para la salud de la mujer, el niño, la niña y adolescentes 2018-2030, basado en la estrategia mundial para la salud de la mujer, el niño y el adolescente 2016-2030, donde se enfatizó el compromiso con la implementación de la estrategia mundial para la salud de la mujer, el niño y el adolescente para las américas, por los estados miembros, de los cuales México forma parte, y la

cual persigue los objetivos de sobrevivir, eliminar las muertes de causa evitable, prosperar, lograr la salud física, mental y el bienestar, así como transformar y ampliar los entornos propicios. Durante la sesión se hizo mención específicamente de la problemática generada por las alteraciones perinatales y los defectos congénitos, como causas principales de muertes en la región de las américas. Cabe destacar que la estrategia mundial previamente citada, insta a los estados miembros, en una de sus líneas estratégicas de acción, al fortalecimiento de los sistemas de información en vías de mejorar la recolección, disponibilidad, accesibilidad, calidad y difusión de información estratégica en apoyo a la accesibilidad y equidad en salud.^{115,116}

Es importante resaltar que desde el año 2010, la OMS, durante la 63ª Asamblea Mundial de la Salud, exhortó a los países a trabajar en la prevención (en la medida de lo posible) de los defectos congénitos, mediante la implementación de programas de detección, con atención continua a los pacientes y a sus familias, lo cual se lograría con el desarrollo de sistemas de registro y vigilancia, fortalecimiento de la investigación y la cooperación internacional.^{117,118}

El impacto que las condiciones previamente mencionadas pueden tener si se implementa el TNC y los cuidados oportunos en forma temprana, desde la perspectiva económica, es importante dado el valor costo-efectivo de esta intervención, pero además hay que hacer énfasis en su impacto desde la perspectiva de derechos, equidad y curso de vida. Los defectos congénitos, y particularmente los cardíacos, afectan sustantivamente la salud y el capital social de las poblaciones, lo que requiere respuestas desde el sector de salud, social y económico.

Es posible también sustentar la implementación global del TNC desde la perspectiva de derechos humanos: Declaración Universal de Derechos Humanos (Artículo 3: “Todo individuo tiene derecho a la vida, a la libertad y a la seguridad de su persona”. Artículo 25, fracción 1: “1. Toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial la alimentación, el vestido, la vivienda, la asistencia médica.” 2: “La maternidad y la infancia tienen derecho a cuidados y asistencia especiales.”).¹¹⁹

Pacto internacional de los derechos económicos, sociales y culturales (Artículo 12: Los Estados Partes reconocen el derecho de los individuos al más alto nivel posible de salud, para lo cual deben adoptar medidas necesarias para la reducción de la mortalidad infantil, sano desarrollo de los niños, mejoramiento de la higiene

del trabajo y medio ambiente, prevención y tratamiento de enfermedades epidémicas, endémicas, profesionales, entre otras, así como la creación de condiciones de aseguramiento de asistencia y servicios médicos a toda la población).¹²⁰

Declaración americana de los derechos y deberes del hombre (Artículo I: derecho a la vida; artículo XI: derecho a la preservación de la salud).¹²¹

Protocolo adicional a la Convención Americana sobre Derechos Humanos en Materia de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, ratificado en la República Mexicana en 1998 (Artículo 10. Derecho a la salud: “Toda persona tiene derecho a la salud; compromiso de los estados partes a reconocer la salud como un bien público y a tomar medidas para garantizar el derecho; poner la atención primaria a la salud al alcance de todos los individuos sujetos a jurisdicción del Estado; inmunización total contra las principales enfermedades infecciosas; prevención y tratamiento de las enfermedades endémicas, profesionales y de otra índole; educación a la población sobre prevención de enfermedades y la atención de las necesidades de salud de los grupos vulnerables”.

Artículo 16. “Todo niño sea cual fuere su filiación, tiene derecho a las medidas de protección que su condición de menor requieren por parte de su familia, de la sociedad y del Estado”.¹²²

Convención sobre los Derechos del Niño, en vigor desde septiembre de 1990 (Artículo 24: “Los Estados Partes reconocen el derecho del niño al disfrute del más alto nivel posible de salud y a servicios para el tratamiento de las enfermedades y la rehabilitación de la salud”. Se esforzarán por asegurar que ningún niño sea privado de su derecho a esos servicios sanitarios y su plena aplicación adoptando medidas para reducir la mortalidad infantil y en la niñez; asegurar la prestación de la asistencia médica y sanitaria necesarias con énfasis en el desarrollo de la atención primaria de salud, dando a conocer a la población los principios básicos de salud, higiene, prevención de accidentes, planificación familiar y nutrición para el combate de enfermedades y la malnutrición; asegurar la adecuada atención prenatal y postnatal).¹²³

Por último, en este apartado se citarán las observaciones finales sobre los informes periódicos cuarto y quinto combinados de México, de la Convención de los Derechos del Niño, publicadas en julio de 2015 (Numeral 14. El comité de los derechos del niño recomienda la evaluación del presupuesto necesario para la aplicación de la ley general de los derechos de niñas, niños y adolescentes y se vele por que los recursos económicos,

humanos y tecnológicos se destinen a su cumplimiento. Se recomendó también la intensificación de sus actividades en la valoración integral de las necesidades de los niños en materia de presupuestos, destinando los recursos necesarios para el cumplimiento de sus derechos, particularmente considerar incrementos en materia de educación, salud, protección y participación cuando se formulen los presupuestos federales, estatales y municipales, así como que se vele por el interés superior de los menores, intensificando la lucha contra la corrupción en cuanto a la destinación de recursos para este fin).¹²⁴

SUSTENTO NORMATIVO NACIONAL DEL TNC

Las acciones encaminadas a garantizar la protección de la salud de los niños, de las cuales el TNC forma parte como elemento de prevención secundaria, se encuentran avaladas en documentos constitucionales, leyes y documentos normativos locales, generales y federales como se verá a continuación, cuyo cumplimiento deberá ser garantizado por las autoridades sanitarias del país (Presidente de la República, Consejo de Salubridad General, Secretaría de Salud y gobiernos de las entidades federativas).³

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos como marco normativo nacional, dirige al Estado al reconocimiento en las leyes mexicanas, de aquellos tratados internacionales de los cuales México es firmante, estableciendo los principios de igualdad y equidad, el derecho a la protección de la salud y el principio de interés superior de la niñez (Artículo 4º en el que se garantiza para todas las personas el derecho a la protección de la salud, las modalidades para el acceso a este derecho se llevarán a cabo de acuerdo a lo establecido en el artículo 73 constitucional acerca de la actuación de la autoridad sanitaria en el país.

En este artículo también se hace mención de la obligación del estado de velar y cumplir a cabalidad con el principio del interés superior de la niñez, incluyendo el derecho a la preservación de la salud, para lo cual, inclusive deberá otorgar todas las facilidades a particulares con el fin de coadyuvar en su cumplimiento.

Artículo 2º, apartado B, fracción III: para asegurar el acceso efectivo de los pueblos indígenas, a los servicios de salud a través de la ampliación de la cobertura del sistema nacional).¹²⁵

Ley General de Salud

La Ley General de Salud, en su título tercero, “prestación de los servicios de salud”, capítulo V, denominado “Atención materno-infantil” define la atención materno-infantil como materia de salubridad general. Dispone en su artículo 61, fracción II, la obligatoriedad de la atención integral en el embarazo, parto y puerperio, como este primer elemento fundamental para poder contribuir a la prevención de la discapacidad de las complicaciones al nacimiento y de la identificación oportuna de las mismas, mediante las estrategias de detección desde la etapa prenatal y aquellas que están involucradas en los primeros días de vida y en la primera infancia, reconociendo, además, su carácter prioritario para la atención de la persona recién nacida, vigilancia del crecimiento y desarrollo, así como para los procesos de tamizaje que incluyen el tamiz metabólico, auditivo, oftalmológico y de manera reciente el cardíaco, cuya adición al artículo en cuestión, fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1º de junio de 2021.³

Ley general de los derechos de niñas, niños y adolescentes

En esta ley se reconoce que los niños y adolescentes son sujetos de derechos y se funda el compromiso por parte del estado de su cabal cumplimiento, siguiendo principios rectores de políticas públicas, con las cuales se establece la responsabilidad de los sistemas nacional y estatales de salud de garantizar el cumplimiento del derecho a la protección de la salud, señalándose como prioridad el interés superior de la niñez, la igualdad y la no discriminación. En el artículo 50 de esta ley se establece el derecho que tiene los niños, niñas y adolescentes a la protección de la salud y seguridad social, de donde se desprenden el numeral I, acerca de la reducción de la mortalidad y el numeral II relativo a asegurar la asistencia médica y sanitaria necesaria con enfoque principal en la atención primaria.¹²⁶

Normas Oficiales Mexicanas

Las Normas Oficiales Mexicanas que por ahora se encuentran publicadas (y que deberán ser revisadas por lo menos cada cinco años, posterior a su publicación en el Diario Oficial de la Federación o cinco años después de su última actualización, de acuerdo con la ley de infraestructura de la calidad),¹²⁷ han sido la guía operacional para establecer la obligatoriedad de la pres-

tación de servicios para el sector salud en los ámbitos públicos, privados y sociales con lo que se asegura su disponibilidad, accesibilidad, aceptabilidad y calidad, como ejes fundamentales del derecho a la protección de la salud. A continuación, se citan las dos normas oficiales que atienden tópicos relacionados con la salud perinatal y de los RN, donde se hace referencia a los defectos cardíacos congénitos y los tamices a realizar en este grupo de edad (aún no se cuenta con la NOM propia del TNC o modificaciones a ese respecto de las ya existentes): NOM-007-SSA2-2016. Para la atención de la mujer durante el embarazo, parto y puerperio y del recién nacido. Es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional, para todos los establecimientos integrantes del sistema nacional de salud.¹²⁸

NOM-034-SSA2-2013. Para la prevención y control de los defectos al nacimiento. Si bien reconoce las cardiopatías, como las anomalías congénitas prioritarias, en las acciones de detección, no incluye como tal el tamiz cardiológico.¹²⁹

Programas gubernamentales sexenales

En el plan nacional de desarrollo 2019-2024 se cita en el apartado 2 de política social, la “salud para toda la población”, de donde deriva el programa sectorial de salud 2020-2024, en el que se trazan diversos objetivos, entre los cuales y en apego a los propósitos del presente documento, se consideran: el objetivo 5 de atención a la salud y bienestar, enfocado en obras que permitan detectar oportunamente aquellas condiciones que puedan causar discapacidad o rezago en el desarrollo, procurando todos los elementos de atención primaria a la salud, desde el diagnóstico, la referencia, tratamiento y rehabilitación. Derivado de este objetivo, emergen diversas acciones puntuales como la del numeral 5.4.1, donde se menciona la implementación de los mecanismos para la detección oportuna de discapacidad o rezagos en el desarrollo de niños y adolescentes, procurando su oportuna referencia, tratamiento y rehabilitación y evitando la estigmatización o discriminación. Así como la del numeral 5.4.4, donde se promueve garantizar que todos los niños cuenten con los servicios de atención primaria en salud, encaminados a la prevención, detección y atención oportuna de los padecimientos que pudieran incidir sobre su desarrollo.^{130,131}

También, derivado del plan nacional de desarrollo, emerge el programa de acción específico de salud sexual y reproductiva 2020-2024, documento en el que aterrizarán aquellas acciones de la Secretaría de Salud que son atribuciones del Centro Nacional de Equidad

de Género y Salud Reproductiva, en el que se erige un programa de acción específico de salud materna y perinatal en donde se integran acciones en un proceso de atención continua, favoreciendo el acceso universal y destacando sus objetivos prioritarios, relacionados con la salud materna, donde se busca la atención oportuna e integral desde la etapa pregestacional hasta el puerperio. Asimismo, existe también el enfoque en la salud perinatal y buscando contribuir al bienestar de la población infantil mediante acciones de prevención, detección y atención en la etapa prenatal y con énfasis en la persona recién nacida hasta los 28 días de vida, para después establecer la coordinación con las unidades administrativas correspondientes. En este programa también se ponen sobre la mesa acciones puntuales a realizar, como las derivadas de la estrategia prioritaria 4.2 sobre el fortalecimiento de la capacidad de respuesta del sector salud para la atención integral de los recién nacidos. Así la acción puntual 4.2.1 habla del favorecimiento de la atención inmediata de los recién nacidos por personal capacitado en la identificación oportuna de riesgos para referencia en tiempo y forma. La acción 4.3.2 que versa sobre el fortalecimiento de los mecanismos para asegurar los insumos para el acceso oportuno de los RN a las pruebas de tamiz neonatal y la acción 4.3.3, que se enfoca en garantizar el análisis de la mortalidad perinatal.¹³²

Para materializar este camino que se ha planteado como primer paso en la Ley General de Salud, es necesario seguir un proceso donde se deberá resaltar la importancia de la identificación de necesidades y brechas de desigualdad entre las distintas regiones del país, la necesidad de capacitación masiva para echar a andar tal o cual programa en salud, así como la necesidad de seguimiento y monitorización de las acciones para dicho programa con el objetivo de su sostenibilidad a largo plazo. Por lo anterior, es importante contar con la perspectiva de los costos, tanto para emitir una norma oficial, como para la actualización de las ya existentes mediante análisis de costo-beneficio, en el que se tomen en consideración además los costos operativos que conduzcan a la adecuada planeación sobre la erogación de los recursos que se asignen en el presupuesto de egresos de la federación.¹³³

ESTUDIO DE COSTO-BENEFICIO DEL TNC

Los análisis de costos realizados en los países de altos ingresos para la aplicación del TNC son diversos, desde estimaciones del costo de la OP, hasta análisis de costo-efectividad entre diferentes alternativas.¹³⁴ Estos

análisis son preponderantes a la hora de legislar y/o al momento de incorporar una nueva tecnología en los servicios de salud, como lo es el TNC.

El costo estimado de la aplicación de la OP en los países de altos ingresos oscila entre 5 y 25 dólares,^{135,136} para dichas estimaciones fueron considerados los siguientes costos: monitor, cable, sensor y recurso humano. Las variaciones en la estimación del costo de la aplicación de la OP dependen principalmente del tipo de sensor que se utiliza para el tamizaje, y en menor medida del costo del personal de salud que aplica la prueba.

Según estudios económicos realizados en Europa y Estados Unidos, la razón de costo-efectividad incremental (RCEI), es decir, el costo incremental que implica la detección de un caso adicional de CCC de forma temprana, se estima entre 20,000 a 160,000 dólares.^{45,137}

Además de la RCEI, algunos trabajos reportan el costo estimado por cada año de vida ajustada por calidad (AVAC), que varía entre 15,000 y 300,000 dólares.^{45,138,139}

El costo incremental por cada caso adicional detectado de CCC puede ser mucho más elevado en ambientes extrahospitalarios,¹³⁷ o regiones de muy bajos ingresos.¹³⁹

En cambio, una de las primeras evidencias en Latinoamérica ha reportado un costo incremental muy por debajo del promedio,¹⁴⁰ aunque en este caso el análisis no se basó en estudios clínicos locales.

Como parte de la fase de investigación para los consensos que se plasman en este documento, un subgrupo (integrante del comité Mexicano para el TNC), conformado por especialistas que han realizado estudios o han aplicado el tamiz a nivel local o estatal y liderados por el Dr. Luis Antonio García Benítez, realizó una estimación de los costos de la prueba de OP y los posibles beneficios de la implementación del TNC. El costo de la oximetría de pulso fue calculado a partir de los datos proporcionados por los integrantes del subcomité mencionado. El consenso se llevó a cabo de forma virtual de agosto a noviembre de 2021. Para calcular este costo se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Los cálculos se basaron en una población de 1'575,000 recién nacidos aparentemente sanos. Se consideró un total de nacidos vivos a nivel nacional de 2.1 millones,¹⁴¹ de éstos, se excluyeron los nacidos en medios privados y los recién nacidos patológicos (~25%).
2. Se consideró un total de 1,594 monitores para equipar a todas las unidades de salud que prestan

atención a RN a nivel federal, con un costo promedio por monitor de \$40,000 pesos mexicanos (MXN), incluyendo cable y un sensor reutilizable.

3. El costo del recurso humano se calculó con base en el salario de una enfermera general, estipulado en el tabulador de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.¹⁴² Se consideró un tiempo hora-hombre de cinco minutos por recién nacido.
4. Para calcular el costo del estudio de ecocardiograma (ECO), \$646 pesos mexicanos, se consultaron los tabuladores de seis hospitales públicos de referencia (precio para nivel 6).
5. Se estimó la necesidad de realizar 7,560 ECO al año (falsos positivos: 2,678 + verdaderos positivos: 4,883), secundario a la aplicación del TNC a nivel nacional.
6. Se aplicó una tasa de descuento anual basado en la tasa de inflación del país.

Por otro lado, para estimar el beneficio monetario de la detección oportuna de una CCC, fueron utilizados dos casos hipotéticos basados en la experiencia clínica. Tal estimación se realizó bajo los siguientes criterios:

1. Para el caso de una detección oportuna, se consideró el costo del TNC (\$100 MXN), el costo del ECO (\$600 MXN), el costo del uso de prostaglandinas por tres días (\$5,000 MXN por día), y el costo de la atención en terapia intensiva por siete días (\$44,150 por día, según el Diario Oficial de la Federación).¹⁴³
2. En el caso de una detección tardía, se estimó un retraso promedio de 45 días hasta la llegada al servicio de alta especialidad, y se consideraron los siguientes costos: ECO (\$600 MXN), una consulta de especialidad para el diagnóstico (\$1,100 MXN), el costo del uso de prostaglandinas por siete días (\$5,000 MXN por día), y el costo de la atención en terapia intensiva de catorce días.
3. Para estimar el número de niños con CCC que actualmente son detectados de forma tardía, se consultó el promedio de cirugías realizadas anualmente (4,000 cirugías).¹⁴⁴ Posteriormente, se calculó el porcentaje de CCC (40%), por último, la proporción de detecciones tardías (60%). Para calcular estas dos proporciones fue consultada la base de datos de la división de cirugía cardiovascular del Instituto Nacional de Pediatría.¹⁴⁵

El costo estimado de la aplicación de la prueba de OP, junto con el costo del estudio del ECO, fue de \$29.3

MXN por cada RN. Siendo el costo del equipamiento (Monitor + Cable + Sensor reutilizable) de \$15.3 MXN, el costo del recurso humano de \$10.7 MXN y el costo del estudio de ECO de \$3.2 MXN (*Tabla 2*).

La inversión promedio por año fue calculada en \$46'216,686.65 MXN, este cálculo se realizó para los primeros cinco años (vida media útil del monitor), con un total de inversión en este periodo de \$231'083,433.23 MXN. Siendo mayor la inversión en el primer año (\$84'561,750.00 MXN), debido a la adquisición de los monitores, y una menor inversión a partir del segundo año (alrededor de 35 millones de pesos por año) (*Tabla 2*).

Por cada caso de detección oportuna de CCC se estima un ahorro de \$2'583,700.00 MXN. La detección oportuna es definida como aquellos diagnósticos realizados al momento del nacimiento o de manera prenatal. El costo total estimado por la atención de un paciente con CCC detectado oportunamente es de \$716,300.00 MXN, mientras que el costo total por la atención de un paciente con detección tardía es de \$3'300,000.00 MXN (*Figura 4*).

Actualmente, se estimó en este análisis que cada año 960 casos de CCC son detectados tardíamente. Si estos casos se logran detectar al momento del nacimiento (4,800 casos en cinco años), se podría hablar de un ahorro hasta antes del tratamiento correctivo de aproximadamente 12 mil millones de pesos en el periodo de cinco años.

Si el ahorro por cada detección oportuna con el TNC es de 2.5 millones de pesos, sólo sería necesaria la detección de 90 casos para cubrir el total de inversión durante los cinco años de análisis (\$231'083,433.23 MXN).

SUGERENCIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL TAMIZ NEONATAL CARDÍACO

La NOM-034-SSA2-2013¹²⁹ establece que los defectos al nacimiento deben buscarse intencionadamente durante la exploración de los RN mediante estudio clínico y en caso de sospecha, se estabilizan y refieren para diagnóstico, tratamiento y seguimiento. También establece que la cardiopatía fetal se debe diagnosticar por ultrasonido a partir de la semana 18 de gestación, siendo de las malformaciones más difíciles de diagnosticar antes del nacimiento, por lo que hay una proporción significativa de RN afectados sin diagnóstico,^{7,146} situación que se agrava por tendencias al alta temprana.¹⁴⁷ Tradicionalmente para las unidades hospitalarias y de primer nivel de atención de los servicios públicos de salud en el estado de Hidalgo, no había sido factible el tratar este tipo de padecimientos por no contar con la infraestructura y recursos específicos, y más complicado

aún el traslado de estos pacientes a los centros de alta especialidad en la CDMX.¹⁴¹

Con base en la experiencia obtenida en el estado de Hidalgo, para la implementación del TNC mediante la OP, se propone utilizar un modelo de gestión del conocimiento para la generación de competencias clínicas, metodológicas y de gestión de recursos.

Hasta antes del estudio piloto de implementación de OP realizado en RN de dos hospitales públicos de Hidalgo,⁸⁴ el examen clínico era el único método para identificar la enfermedad cardíaca antes del alta del RN, en tanto que la literatura refiere que particularmente en presencia de un soplo se agudiza la posibilidad de establecer un diagnóstico;^{54,148} sin embargo, la presencia de soplos cardíacos en los recién nacidos en la primera semana de vida varía, pueden estar ausentes o ser engañosos, además su detección puede depender de la experiencia del examinador.^{78,149} El estado de Hidalgo no cuenta con un centro de cirugía cardiovascular pediátrica como muchos estados de nuestro país, por lo que la detección oportuna mediante OP y exploración física intencionada permitirá una ventana de tiempo que dará la oportunidad para la atención adecuada de estos pacientes.

Para fortalecer las competencias clínicas y administrativas en personal de los servicios de salud, y analizar las necesidades de implementación en todos los hospitales y unidades de primer nivel de atención en que se requiera, se sugiere iniciar con una prueba piloto en uno o dos hospitales y una o dos unidades de primer contacto de la entidad, con la finalidad de analizar los cambios necesarios en los procedimientos de rutina de médicos y enfermeras en los servicios de pediatría y/o neonatología. Un pilotaje rápido permitirá ajustar aspectos como la estancia del binomio madre-hijo, según lo establecido por la NOM-007-SSA2-2016,¹²⁸ y según las necesidades de

los hospitales y centros de primer contacto, para poder realizar la OP lo más apegada posible al algoritmo sugerido en este documento.

Con la experiencia obtenida durante la prueba piloto, que no debe durar más de tres meses, se pueden diseñar flujogramas que faciliten la pronta atención en todos los casos, siendo prioritario el manejo farmacológico de las cardiopatías ducto-dependientes hasta que sean aceptadas en hospitales donde se puedan realizar los procedimientos quirúrgicos correspondientes. Así mismo, para el seguimiento prospectivo de los RN intervenidos quirúrgicamente, se propone diseñar algoritmos que agilicen el tratamiento en los lugares de procedencia de los RN intervenidos. El análisis de necesidades para la implementación mediante un pilotaje permitirá establecer diagnósticos específicos de cardiopatías congénitas, la priorización para la atención de cardiopatías congénitas complejas y los algoritmos necesarios para su traslado a unidades de tercer nivel de atención.

Una vez realizado el pilotaje, para extender la utilización de la OP en el TNC a todos los hospitales y las unidades de primer nivel de atención de los servicios públicos de salud, será necesario sensibilizar y concientizar al personal mediante comunidades de práctica creando un área de oportunidad para lograr el trabajo colaborativo y establecerlo en forma rutinaria como examen postnatal. Se debe establecer un programa que permita desarrollar las competencias necesarias para realizar la OP, aquellos procedimientos necesarios para el diagnóstico mediante ecocardiografía y el desarrollo de un sistema de vigilancia epidemiológica en los Servicios de Salud de la entidad, además de establecer la vinculación específica para los procedimientos de referencia y contrarreferencia para el tratamiento en unidades médicas especializadas y el manejo inicial de estas patologías.

Tabla 2: Estimación del costo de la prueba de oximetría de pulso (expresada en pesos mexicanos).

Año	Sensor	Monitor	Recursos humanos	ECO	Total por año
1º	—	40.47	10.12	3.10	84'561,750.00
2º	4.31	4.31	10.42	3.19	35'022,645.00
3º	4.44	4.44	10.74	3.29	36'073,324.35
4º	4.57	4.57	11.06	3.39	37'155,524.08
5º	4.71	4.71	11.39	3.49	38'270,189.80
Total de inversión en 5 años	—	—	—	—	231'083,433.23
Promedio de inversión por año	—	—	—	—	46'216,686.65
Costo por recién nacido	3.61	11.70	10.75	3.29	29.35

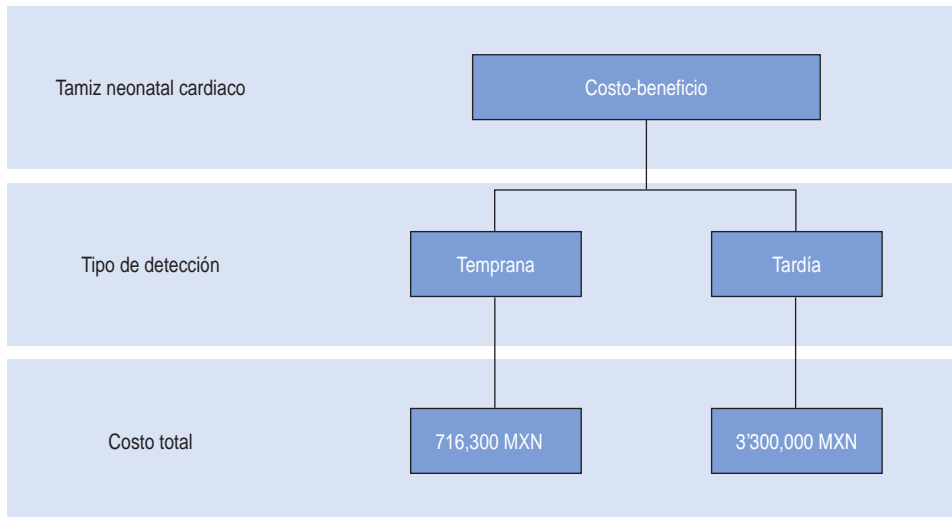


Figura 4:

Estimación del ahorro con la detección oportuna.

Para el registro de las cardiopatías congénitas se sugiere seguir los procedimientos descritos en este documento, además de analizar la posibilidad de llevar a cabo un estudio epidemiológico de caso de defectos cardiovasculares, validado por el área estatal de Epidemiología de los Servicios de Salud de la entidad. Se sugiere considerar los documentos ya utilizados en los Servicios Públicos, como el Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica (SUIVE), en el cual, en el apartado de “otras enfermedades de interés local o regional”, se puede registrar información sobre la morbilidad de estas malformaciones al nacimiento.

La implementación del TNC debe planificar todos los componentes, empezando por la educación de los padres, la capacitación del personal de salud que realice la prueba y contar con un sistema eficiente de referencia hacia los centros hospitalarios especializados para establecer el tratamiento adecuado.

Para mayores referencias puede consultar el artículo publicado en el año 2020 sobre la implementación del TNC en los Servicios de Salud del Estado de Hidalgo, disponible de manera gratuita y en línea.⁸⁴

RETOS Y PERSPECTIVAS: REGISTRO NACIONAL DE CC

Actualmente, no se tienen fundamentos veraces (en el caso de existir son lentos y poco fiables) para solicitar apoyos, redirigir recursos, elaborar políticas internas y/o nacionales, modificar conductas, valorar resultados, realizar comparaciones internas y con el exterior, enmendar errores y exaltar virtudes.

Con base en las inquietudes y justificaciones mencionadas, se formó un grupo de trabajo para el proyecto de Regionalización de la Cirugía de las Cardiopatías Congénitas, en el cual se intentó regionalizar la atención de los pacientes con este tipo de patologías, del cual emergieron diversas publicaciones como el artículo de opinión: *Problemática de las cardiopatías congénitas en México. Propuesta de regionalización.*¹⁵⁰

En el año 2009 se creó un registro de cirugías cardíacas en el Departamento de Cirugía Cardíaca Pediátrica y Cardiopatías Congénitas del Instituto Nacional de Cardiología “Ignacio Chávez” (INCICH), con recursos propios y basados en la nomenclatura mundial con respecto a diagnósticos, procedimientos y complicaciones. El registro, que se encontraba alojado en un sitio *web* y contaba con acceso restringido por contraseñas, fue diseñado para introducir información, procesada de forma inmediata, tanto en forma prospectiva como retrospectiva, al cual se le han realizado ajustes de diseño y programación a lo largo del tiempo.

Hasta el 2011 no existía una base de datos sobre la situación real del país, en el contexto de la atención de los pacientes con cardiopatías congénitas, fue entonces que se propuso la creación del Registro Nacional de Cirugía Cardíaca Pediátrica (RENACCAPE), que funcionaría como base de datos nacional, tomando como plataforma el sistema de recolección de información creado previamente en el INCICH, se propuso como órgano rector a la Asociación Mexicana de Especialistas en Cardiopatías Congénitas para el manejo de los pacientes con CC y como órgano coordinador a la Comisión Coordinadora de Institutos Nacionales de Salud y Hospitales de Alta Especialidad.¹⁵¹

Se logró la aceptación inicial de 23 centros para participar, sin embargo la mayoría de los centros no continuó aportando información, situación que se puede atribuir a factores como aspectos culturales, ausencia de obligatoriedad por parte de autoridades sanitarias, sensación de vigilancia de resultados, falta de recursos humanos dedicados específicamente al llenado de la base de datos o falta de entendimiento de la importancia de contar con estadísticas reales y confiables.

Al tener datos fidedignos en primer lugar, se conocerá la situación real del país, será posible la comparación con otros centros del mundo, y en consecuencia se cambiará la percepción de la labor local, se contribuirá a la mejora de los centros hospitalarios donde se tratan este tipo de patologías y se generará información importante con la cual se puedan establecer políticas públicas.

Existe una gran perspectiva sobre las características que debería cumplir un registro nacional de CC como uniformidad, aceptación y compromiso por parte de las instituciones, tanto de la aportación de información como de recibir auditorías que garanticen el pleno cumplimiento de los objetivos, contar con una persona encargada y responsable de la realización de las tareas correspondientes para el registro de información, la cual será confidencial de acuerdo con la legislación vigente, deberá ser abierta a las instituciones participantes y la información ahí vertida podrá ser usada para la mejora en cuanto a políticas internas de aquellos hospitales que formen parte del programa.

Se debe trabajar bajo la plena conciencia de que se requieren recursos económicos, trabajo coordinado, participación voluntaria y disposición de los distintos centros interesados, perspectivas que se ven justificadas con base en lo expuesto a lo largo del presente trabajo.

CONCLUSIONES

En México, la mayor parte de los RN son egresados de los cuñeros en las primeras 24 o 48 horas en aparente buen estado de salud, por lo que si la manifestación de cardiopatía congénita es posterior, no se realizará un diagnóstico oportuno, situación que los pondrá en riesgo de alguna discapacidad o incluso la muerte.

La implementación del TNC es un programa necesario debido a la alta frecuencia de las malformaciones cardíacas congénitas, por lo que es imprescindible su realización a los RN preferentemente antes de su egreso hospitalario, dado que la detección oportuna de dichas anomalías dará lugar a los profesionales de la salud de ofrecer alternativas del tratamiento médico y/o quirúr-

gico temprano, disminuyendo riesgos de mortalidad, partiendo de que se considera a la prevención como uno de los pilares del enfoque de atención primaria de la salud de los programas gubernamentales en el grupo de edad en cuestión.

Es un hecho que el paso que se está dando con la implementación del TNC, representa un aporte importante al esfuerzo de modernización del sistema de salud mexicano, haciéndolo más eficiente, equitativo, universal, persiguiendo hacer efectivo el derecho a la protección de la salud.

El liderazgo que México plantea ante la región en incorporar como norma nacional el tamiz neonatal, para lograr que sea una realidad y el resultado sea visible, es necesario que concorra la legislación que normatice y haga accesible a toda la población el acceso al tamiz neonatal, contar con políticas y planes que desarrollen en el ámbito operativo la implementación de estas prácticas con guías, protocolos, recursos para que puedan ser efectivamente implementados y con la participación de la sociedad civil. Esto representa un gran desafío, pero contando con una norma que regule los procesos, seguramente el camino será más fácilmente alcanzado.

Las técnicas intervencionistas y quirúrgicas para rescatar a un niño detectado oportunamente en la etapa neonatal y la adecuada planificación de su solución intervencionista o su solución quirúrgica, alcanza un elevado porcentaje, si no se hace así, estos niños están engrosando las cifras de mortalidad neonatal e infantil. Es pues una prioridad de cada país contar con un tamizaje en la etapa neonatal para poder encontrar estos pacientes y darles la oportunidad de vida que merecen.

Toda institución de salud debe estar involucrada con el proceso de tamizaje: director del hospital, jefe de servicio de pediatría y/o neonatología, pediatras y neonatólogos adscritos al servicio, residentes y médicos de pregrado, enfermeras y trabajo social. Es importante considerar que para el manejo de estos equipos es necesario que los involucrados estén capacitados; una capacitación sencilla que puede llevarse a cabo en tiempos cortos para aprender a manejar los oxímetros, así como saber la importancia de su realización en un lugar limpio y silencioso para que el tamiz se practique de manera óptima. El algoritmo de referencia para aquellos pacientes que presentan alguna cardiopatía es la siguiente: primero lo detecta el responsable del tamiz, posteriormente lo reporta al jefe de servicio de pediatría, éste manda los estudios positivos al cardiólogo pediatra, mismo que se encarga de canalizarlos a un hospital de tercer nivel.

Indudablemente una estrategia efectiva para reducir la morbilidad y mortalidad en los RN con cardiopatías es contar con pulsioxímetros de alta tecnología, tolerantes al movimiento, útiles en situaciones de baja perfusión, basados en un algoritmo a partir de la exploración y que el personal involucrado esté capacitado para llevar a cabo adecuadamente el tamiz, implementando protocolos de seguimiento y en los casos positivos contar siempre con la evaluación de un cardiólogo pediatra a través de un ecocardiograma.

Junto con el tamizaje a través de la medición con oximetría de pulso de acuerdo con la metodología descrita previamente, vale la pena considerar y recalcar los siguientes aspectos adicionales importantes: la realización de un examen clínico exhaustivo del recién nacido, considerando el estrato geográfico en el que es recibido el neonato, así como la atención que merece el diagnóstico oportuno de las CCC de carácter obstructivo izquierdo como la coartación aórtica crítica. De ahí las adaptaciones propuestas dada la heterogeneidad de las regiones del país, en el presente documento.

AGRADECIMIENTO

El CMTNC agradece a la Sociedad Mexicana de Pediatría por su apoyo para la publicación de este documento.

REFERENCIAS

- Kemper AR, Mahle WT, Martin GR, Cooley WC, Kumar P, Morrow WR et al. Strategies for implementing screening for critical congenital heart disease. *Pediatrics*. 2011; 128(5): e1259-e1267.
- Department of Health and Human Services, Newborn Screening Contingency Plan Version 2, 2017. Available in: https://www.cdc.gov/newbornscreening/contingency_plan.html
- Ley General de Salud. México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Secretaría General. Secretaría de Servicios Parlamentarios [7 de febrero de 1984, última reforma publicada DOF 22-11-2021]. Disponible en: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf_mov/Ley_General_de_Salud.pdf
- Mitchell SC, Korones SB, Berendes HW. Congenital heart disease in 56,109 births. Incidence and natural history. *Circulation*. 1971; 43(3): 323-332. doi: 10.1161/01.cir.43.3.323.
- López Baños L, Fernández Pérez Z, García Guevara C. Factores de riesgo prenatales relacionados con la aparición de las cardiopatías congénitas. *Rev Cubana Obstet Ginecol*. 2012; 38(3): 313-321.
- Tennant PW, Pearce MS, Bythell M, Rankin J. 20-year survival of children born with congenital anomalies: a population-based study. *Lancet*. 2010; 375(9715): 649-656.
- Wren C, Reinhardt Z, Khawaja K. Twenty-year trends in diagnosis of life-threatening neonatal cardiovascular malformations. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2008; 93(1): F33-F35.
- Van der Linde D, Konings EE, Slager MA, Witsenburg M, Helbing WA, Takkenberg JJ et al. Birth prevalence of congenital heart disease worldwide: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2011; 58(21): 2241-2247.
- Sadowski SL. Congenital cardiac disease in the newborn infant: past, present, and future. *Crit Care Nurs Clin North Am*. 2009; 21(1): 37-48.
- Valentín Rodríguez A. Cardiopatías congénitas en edad pediátrica, aspectos clínicos y epidemiológicos. *Rev Med Electrón* [Internet]. 2018; 40(4): 1083-1099. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242018000400015&lng=es
- Sánchez-Barriga JJ. Mortality trends from congenital malformations of the heart and the great vessels in children and adults in the seven socioeconomic regions of Mexico, 2000-2015. *Congenit Heart Dis*. 2018; 13(5): 690-699.
- Dolk H, Loane M, Garne E, European Surveillance of Congenital Anomalies (EUROCAT) Working Group. Congenital heart defects in Europe: prevalence and perinatal mortality, 2000 to 2005. *Circulation*. 2011; 123(8): 841-849.
- Centers for Disease Control and Prevention. Congenital heart defects. Nov 12, 2019 [accessed Jan 10, 2020]. Available in: <https://www.cdc.gov/ncbddd/heartdefects/data.html>
- GBD 2017 Congenital Heart Disease Collaborators. 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(3): 185-200.
- Sola A, Rodríguez S, Young A, Lemus Varela L, Villamayor RM, Cardetti M et al. CCHD Screening Implementation Efforts in Latin American Countries by the Ibero American Society of Neonatology (SIBEN). *Int J Neonatal Screen*. 2020; 6(1): 21.
- Pedra CA, Haddad J, Pedra SF, Peirone A, Pilla CB, Marin-Neto JA. Paediatric and congenital heart disease in South America: an overview. *Heart*. 2009; 95(17): 1385-1392.
- Baltaxe E, Zarante I. Prevalencia de malformaciones cardíacas congénitas en 44,985 nacimientos en Colombia. *Arch Cardiol Méx* [Internet]. 2006; 76(3): 263-268. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S14059940200600030003&lng=es
- Perú - Natalidad 2019 | datosmacro.com (expansion.com)
- Gobierno de México. Secretaría de Salud. Dirección General de Información en Salud (s.f.). Nacimientos por año. Disponible en: <http://sinaiscap.salud.gob.mx:8080/DGIS/>
- Bernier PL, Stefanescu A, Samoukovic G, Tchervenkov CI. The challenge of congenital heart disease worldwide: epidemiologic and demographic facts. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu*. 2010; 13(1): 26-34.
- Murni IK, Wirawan MT, Patmasari L, Sativa ER, Arafuri N, Nugroho S et al. Delayed diagnosis in children with congenital heart disease: a mixed-method study. *BMC Pediatr*. 2021; 21(1): 191.
- Kuehl KS, Loffredo CA, Ferencz C. Failure to diagnose congenital heart disease in infancy. *Pediatrics*. 1999; 103(4 Pt 1): 743-747.
- Eckersley L, Sadler L, Parry E, Finucane K, Gentles TL. Timing of diagnosis affects mortality in critical congenital heart disease. *Arch Dis Child*. 2016; 101(6): 516-520.
- Abu-Harb M, Hey E, Wren C. Death in infancy from unrecognised congenital heart disease. *Arch Dis Child*. 1994; 71(1): 3-7.
- Surveillance of Congenital Anomalies (EUROCAT) Working Group. Congenital heart defects in Europe: prevalence and perinatal mortality, 2000 to 2005. *Circulation*. 2011; 123(8): 841-849.
- Hu Z, Yuan X, Rao K, Zheng Z, Hu S. National trend in congenital heart disease mortality in China during 2003 to 2010: a population-based study. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014; 148(2): 596-602.e1.
- Hom LA, Martin GR. Newborn Critical Congenital Heart Disease Screening Using Pulse Oximetry: value and unique challenges in developing regions. *Int J Neonatal Screen*. 2020; 6(3): 74.

28. Torres-Cosme JL, Rolón-Porras C, Aguinaga-Ríos M, Acosta-Granado PM, Reyes-Muñoz E, Murguía-Peniche T. Mortality from congenital heart disease in Mexico: a problem on the rise. *PLoS One*. 2016; 11(3): e0150422.
29. Oster ME, Lee KA, Honein MA, Riehle-Colarusso T, Shin M, Correa A. Temporal trends in survival among infants with critical congenital heart defects. *Pediatrics*. 2013; 131(5): e1502-e1508.
30. Brown KL, Ridout DA, Hoskote A, Verhulst L, Ricci M, Bull C. Delayed diagnosis of congenital heart disease worsens preoperative condition and outcome of surgery in neonates. *Heart*. 2006; 92(9): 1298-1302.
31. Gregory J, Emslie A, Wyllie J, Wren C. Examination for cardiac malformations at six weeks of age. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 1999; 80(1): F46-F48.
32. Samánek M, Slavík Z, Zborilová B, Hrobonová V, Vorísková M, Skovráněk J. Prevalence, treatment, and outcome of heart disease in live-born children: a prospective analysis of 91,823 live-born children. *Pediatr Cardiol*. 1989; 10(4): 205-211.
33. Peterson C, Ailes E, Riehle-Colarusso T, Oster ME, Olney RS, Cassell CH et al. Late detection of critical congenital heart disease among US infants: estimation of the potential impact of proposed universal screening using pulse oximetry. *JAMA Pediatr*. 2014; 168(4): 361-370.
34. Galván B.J.L. Pruebas de tamizaje. Red de Comunicación e Integración Biomédica [Internet]. 2009. Disponible en: <http://www3.uacj.mx/ICB/redcib/MaterialesDidacticos/Monografas/Pruebas%20de%20Tamiz.pdf>
35. Segura BA. Cribado de enfermedades y factores de riesgo en personas sanas. *Humanitas, Humanidades Médicas*. 2008; 31: 1-24.
36. Universidad Internacional de Valencia. Medicina preventiva: definición y salidas laborales. www.universidadviu.com. 2018 [recuperado 30 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.universidadviu.com/es/actualidad/nuestros-expertos/medicina-preventiva-definicion-y-salidas-laborales>
37. Vignolo J, Vacarezza M, Álvarez C, Sosa A. Niveles de atención, de prevención y atención primaria de la salud. *Arch Med Int* [Internet]. 2011; 33(1): 7-11. Disponible en: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-423X2011000100003&Ing=es&tIng=es
38. Almenas M, Cordero E, Andrés C, Muñoz E, Rojas ML, Salvatierra E et al. Prevención cuaternaria: como hacer, como enseñar. *Rev Bras Med Fam Comunidade*. 2018; 13(S1): 69-83.
39. Wilson JMG, Jungner G. Principles and practice of screening for disease. WHO papers No 34. 1968. Available in: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/37650>
40. Barba EJR. Tamiz neonatal: una estrategia en la medicina preventiva. *Rev Mex Patol Clin Med Lab*. 2004; 51(3): 130-144.
41. Losilla Domínguez M, Altisent Trota R. Ética de la prevención: ¿es mejor prevenir que curar? *AMF*. 2010; 6(9): 498-504.
42. World Health Organization. (s. f.). Screening and early detection. World Health Organization. Regional Office for Europe. [Retrieved November 30, 2021]. Available in: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/noncommunicable-diseases/cancer/policy/screening-and-early-detection>
43. Hunter LE, Simpson JM. Prenatal screening for structural congenital heart disease. *Nat Rev Cardiol*. 2014; 11(6): 323-334. doi: 10.1038/nrcardio.2014.34.
44. González Ramos LA, Hoyos Balderrama BM, Frías Mendivil M, De la Re MN. Tamiz cardíaco directo en el recién nacido clínicamente sano. *Bol Clin Hosp Infant Edo Son*. 2017; 34: 6-13.
45. Peterson C, Dawson A, Grosse SD, Riehle-Colarusso T, Olney RS, Tanner JP et al. Hospitalizations, costs, and mortality among infants with critical congenital heart disease: how important is timely detection? *Birth Defects Res A Clin Mol Teratol*. 2013; 97(10): 664-672.
46. Sahni R. Noninvasive monitoring by photoplethysmography. *Clin Perinatol*. 2012; 39(3): 573-583.
47. Polin RA, Bateman DA, Sahni R. Pulse oximetry in very low birth weight infants. *Clin Perinatol*. 2014; 41(4): 1017-1032.
48. Severinghaus JW, Astrup PB. History of blood gas analysis. VI. Oximetry. *J Clin Monit*. 1986; 2(4): 270-288.
49. Matthes K. Untersuchungen über die Sauerstoffsättigungen des menschlichen Arterienblutes. *Arch Exp Pathol Pharmacol*. 1935; 179: 698-711.
50. Millikan GA. The oximeter, an instrument for measuring continuously the oxygen saturation of arterial blood in man. *Rev Sci Instrum*. 1942; 13: 434-444.
51. Aoyagi T. Pulse oximetry: its invention, theory, and future. *J Anesth*. 2003; 17(4): 259-266.
52. Mahle WT, Newburger JW, Matherne GP, Smith FC, Hoke TR, Koppel R et al. Role of pulse oximetry in examining newborns for congenital heart disease: a scientific statement from the AHA and AAP. *Pediatrics*. 2009; 124(2): 823-836.
53. De la Peña S, Ochoa Martelo M, Baquero Latorre H, Acosta Reyes J. Índice de perfusión periférica en la UCI neonatal: una respuesta a la monitorización no invasiva del recién nacido crítico. *Perinatol Reprod Hum*. 2017; 31(2): 85-90.
54. Ainsworth S, Wyllie JP, Wren C. Prevalence and clinical significance of cardiac murmurs in neonates. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 1999; 80: F43-F45.
55. Reich JD, Miller S, Brogdon B, Casatelli J, Gompf TC, Huhta JC et al. The use of pulse oximetry to detect congenital heart disease. *J Pediatr*. 2003; 142: 268-272.
56. Lees MH. Cyanosis of the newborn infant: recognition and clinical evaluation. *J Pediatr*. 1970; 77: 484-498.
57. Thangaratinam S, Daniels J, Ewer AK, Zamora J, Khan KS. Accuracy of pulse oximetry in screening for congenital heart disease in asymptomatic newborns: a systematic review. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2007; 92(3): F176-F180.
58. Ewer AK. Pulse oximetry screening for critical congenital heart defects: a life-saving test for all newborn babies. *Int J Neonatal Screen*. 2019; 5(1): 14.
59. Mississippi 2005 Regular Session, House Bill 1052. 2005.
60. De-Wahl Granelli A, Wennergren M, Sandberg K, Mellander M, Bejlum C, Inganas L 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. *BMJ*. 2009; 338: a3037.
61. Kuelling B, Arlettaz Mieth R, Bauersfeld U, Balmer C. Pulse oximetry screening for congenital heart defects in Switzerland: most but not all maternity units screen their neonates. *Swiss Med Wkly*. 2009; 139(47-48): 699-704.
62. Riede FT, Womer C, Dahnert I, Mockel A, Kostelka M, Schneider P. 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(8): 975-981.
63. Mahle WT, Martin GR, Beekman RH 3rd, Morrow WR, Section on Cardiology and Cardiac Surgery Executive Committee. Endorsement of Health and Human Services recommendation for pulse oximetry screening for critical congenital heart disease. *Pediatrics*. 2012; 129(1): 190-192.
64. Oster ME, Aucott SW, Glidewell J, Hackell J, Kochilas L, Martin GR et al. Lessons learned from newborn screening for critical congenital heart defects. *Pediatrics*. 2016; 137(5): e20154573.
65. Newborn Foundation [Internet]. United States of America: Newborn Foundation [Access Jan 22, 2022]. Available in: <http://www.newbornfoundation.org>
66. Thangaratinam S, Brown K, Zamora J, Khan KS, Ewer AK. Pulse oximetry screening for critical congenital heart defects in

- asymptomatic newborn babies: a systematic review and meta-analysis. *Lancet*. 2012; 379(9835): 2459-2464.
67. Zhao QM, Ma XJ, Ge XL, Liu F, Yan WL, Wu L et al. Pulse oximetry with clinical assessment to screen for congenital heart disease in neonates in China: a prospective study. *Lancet*. 2014; 384(9945): 747-754.
 68. De-Wahl Granelli A, Meberg A, Ojala T, Steensberg J, Oskarsson G, Mellander M. Nordic pulse oximetry screening—implementation status and proposal for uniform guidelines. *Acta Paediatr*. 2014; 103(11): 1136-1142.
 69. Al Mazrouei SK, Moore J, Ahmed F, Mikula EB, Martin GR. Regional implementation of newborn screening for critical congenital heart disease screening in Abu Dhabi. *Pediatr Cardiol*. 2013; 34(6): 1299-1306.
 70. Wong KK, Fournier A, Fruitman DS, Graves L, Human DG, Narvey M et al. Canadian cardiovascular society/canadian pediatric cardiology association position statement on pulse oximetry screening in newborns to enhance detection of critical congenital heart disease. *Can J Cardiol*. 2017; 33(2): 199-208.
 71. Sánchez Luna M, Pérez Muñozuri A, Sanz López E, Leante Castellanos JL, Benavente Fernández I, Ruiz Campillo CW et al. Cribado de cardiopatías congénitas críticas en el periodo neonatal. Recomendación de la Sociedad Española de Neonatología. *An Pediatr (Engl Ed)*. 2018; 88(2): 112.e1-112.e6.
 72. Sola A, Fariña D, Mir R, Garrido D, Pereira A, Montes Bueno MT et al. Detección precoz de enfermedades que cursan con hipoxemia neonatal mediante el uso de pulsioximetría. Asunción, Paraguay: EDISIBEN; 2016.
 73. Manzoni P, Martin GR, Sanchez Luna M, Mestrovic J, Simeoni U, Zimmermann L et al. Pulse oximetry screening for critical congenital heart defects: a European consensus statement. *Lancet Child Adolesc Health*. 2017; 1(2): 88-90.
 74. Kluckow M. Barriers to the implementation of newborn pulse oximetry screening: a different perspective. *Int J Neonatal Screen*. 2018; 4(1): 4.
 75. Gentles TL, Cloete E, Mellander M. Comment on Kluckow M. Barriers to the implementation of newborn pulse oximetry screening: a different perspective. *Int J Neonatal Screen*. 2018; 4(1): 4. *Int J Neonatal Screen*. 2018; 4(2): 13.
 76. Kluckow M. A Reply to Comment on Kluckow M. Barriers to the implementation of newborn pulse oximetry screening: a different perspective. *Int J Neonatal Screen*. 2018; 4(1), 4. *Int J Neonatal Screen*. 2018; 4(2): 14.
 77. Gopalakrishnan S, Karmani S, Pandey A, Singh N, Ratheesh Kumar J, Praveen R et al. Pulse oximetry screening to detect critical congenital heart diseases in asymptomatic neonates. *Med J Armed Forces India*. 2021; 77(2): 214-219.
 78. Gómez-Rodríguez G, Quezada-Herrera A, Amador-Licona N, Carballo-Magdaleno D, Rodríguez-Mejía EJ, Guízar-Mendoza JM. Pulse oximetry as a screening test for critical congenital heart disease in term newborns. *Rev Invest Clin*. 2015; 67(2): 130-134.
 79. Orozco GA, Huerta NRI, Marcelo OS. El tamiz cardiológico en la Ciudad de México. ¿Tiene la misma validez que a nivel del mar? *Rev Mex Pediatr*. 2014; 81(3): 96-99.
 80. Hernández-Martínez LI. Tamizaje por saturometría u oximetría de pulso en neonatos recién nacidos en alojamiento conjunto al ingreso y a su alta. Prueba piloto [Tesis de Neonatología] Biblioteca del Hospital Central Dr. Ignacio Morones Prieto; 2015.
 81. Poder Legislativo de Baja California Sur XIII Legislatura. Proyecto de Decreto que Reforma el Artículo 60 de la Ley de Salud para el Estado de Baja California Sur. Baja California Sur: 2014. [Consultado 22 de enero de 2022] Disponible en: <https://www.cbcs.gob.mx/SESIONES/PORDINARIO42XIII/09-DICIEMBRE-2014/HIIPUNTO.pdf>
 82. Boletín Oficial del Gobierno del Estado de Baja California Sur. Baja California Sur: Secretaría General de Gobierno; 2015. [Consultado 22 de enero de 2022] Disponible en: http://secfin.bcs.gob.mx/fnz/wp-content/themes/fnz_bcs/assets/images/boletines/2015/49.pdf
 83. Boletín Oficial del Gobierno del Estado de Sonora. Sonora: Secretaría de Gobierno; 2017. [Consultado 22 de enero de 2022] Disponible en: <http://www.boletinoficial.sonora.gob.mx/boletin/images/boletinesPdf/2017/mayo/2017CXCIX38III.pdf>
 84. Atitlán-Gil A, Mendiola-Figueroa LR, Morales-Argüelles VH, Salomón-Ganado A, Medécigo-Castelán E, Erdmenger-Orellana J. Implementation of diagnostic screening for congenital heart disease in Hidalgo, Mexico. *Arch Cardiol Mex*. 2020; 90(1): 39-46.
 85. LXIII legislatura. Iniciativa con proyecto de decreto por el que se adiciona la Fracción IV Bis al Artículo 61 de la Ley General de Salud, a cargo de la Senadora Lorena Cuéllar Cisneros, del grupo parlamentario del PRD. *Gaceta del Senado*. 2016; ISPO-90/60900.
 86. Cámara de Diputados. LXIII legislatura. Que reforma el Artículo 61 de la Ley General de Salud, a cargo del diputado Armando Luna Canales, del grupo parlamentario del PRI [internet]. Gaceta Parlamentaria. Gaceta Parlamentaria, año XX, número 4866-III, jueves 14 de septiembre de 2017. [Consultado 22 Ene 2022] Disponible en: <http://gaceta.diputados.gob.mx/Gaceta/63/2017/sep/20170914-III.html#Iniciativa4>
 87. Hidalgo.gob.mx. Reconocen a Hidalgo por la implementación de la plataforma tecnológica para el tamiz cardíaco neonatal [Internet]. 2019 [citado 23 enero 2022]. Disponible en: <https://comunicacion-a.hidalgo.gob.mx/detalles/1570470083476>.
 88. Mier MM, García BL, Santiago VV, Jiménez CM, Johnson HJ, Méndez SJ et al. Tamiz cardiológico neonatal a diferentes altitudes en México. Estudio multicéntrico. Poster presentado en: 38º Congreso Nacional de Pediatría; 2021 julio 27-30; virtual, México.
 89. Mier MM, García BL, Santiago VV, Jiménez CM, Johnson HJ, Méndez SJ et al. Saturación arterial de oxígeno en recién nacidos mexicanos a diferentes altitudes sobre el nivel del mar. Poster presentado en: 38º Congreso Nacional de Pediatría; 2021 julio 27-30; virtual, México.
 90. Plana MN, Zamora J, Suresh G, Fernandez-Pineda L, Thangaratinam S, Ewer AK. Pulse oximetry screening for critical congenital heart defects. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018; 3(3): CD011912.
 91. Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. Información sobre los defectos cardíacos de nacimiento graves. [30 de noviembre del 2020] Disponible en: <https://www.cdc.gov/ncbddd/spanish/heartdefects/cchd-facts.html>
 92. Golombek S, Sola A, Lemus L. Recomendaciones del VI Consenso Clínico de SIBEN para la hipertensión pulmonar persistente del recién nacido. *NeoReviews*. 2017; 18(5): e327-e344.
 93. Salas G, Satragno D, Bellani P, Quiroga A, Pérez G, Erpen N et al. Consenso sobre la monitorización del recién nacido internado. Parte 1: Monitorización no invasiva del recién nacido. *Arch Argent Pediatr*. 2013; 111(4): 353-359.
 94. Kattwinkel J, Perlman JM, Aziz K, Colby C, Fairchild K, Gallagher J et al. Part 15: neonatal resuscitation: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation*. 2010; 122(18 Suppl 3): S909-S919.
 95. American Academy of Ophthalmology (AAO). Retinopathy of Prematurity - Latin America. Webpage. 2013. Available in: <https://www.aao.org/topic-detail/retinopathy-of-prematurity---latin-america>
 96. Orozco-Gómez LP. Plan nacional de detección y tratamiento de la retinopatía del prematuro. *Rev Mex Oftalmol* [Internet]. 2019; 93(6): 295-302. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo>.

- php?script=sci_arttext&pid=S2604-12272019000600295&lng=es
97. Sola A, Chow L, Rogido M. Retinopatía de la prematuridad y oxigenoterapia: una relación cambiante. *An Pediatr (Barc)*. 2005; 62(1): 48-63.
 98. Organización Panamericana de la Salud. Guía de práctica clínica para el manejo de la retinopatía de la prematuridad. Washington, D.C.: OPS; 2018. Disponible en: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/34948/9789275320020_spa.pdf?sequence=6
 99. Peñaloza D, Arias-Stella J. The heart and pulmonary circulation at high altitudes: healthy highlanders and chronic mountain sickness. *Circulation*. 2007; 115(9): 1132-1146.
 100. Paranka MS, Brown JM, White RD, Park MV, Kelleher AS, Clark RH. The impact of altitude on screening for critical congenital heart disease. *J Perinatol*. 2018; 38(5): 530-536.
 101. Gamboa R, Marticorena E. Presión arterial pulmonar en el recién nacido en las grandes alturas. *Arch Inst Biol*. 1971; 4: 55-66.
 102. Niermeyer S. Cardiopulmonary transition in the high-altitude infant. *High Alt Med Biol*. 2003; 4(2): 225-239.
 103. Ru-Yan M, Hai-Ying Q, Peng Y, Kun S, Ri-Li G. Comparative study of pulmonary arterial pressure in healthy children at different altitude by Doppler echocardiography. *High Alt Med Biol*. 2004; 5: 259. Abstract 197.
 104. Keyes LE, Armaza JF, Niermeyer S, Vargas E, Young DA, Moore LG. Intrauterine growth restriction, preeclampsia, and intrauterine mortality at high altitude in Bolivia. *Pediatr Res*. 2003; 54(1): 20-25.
 105. Jegatheesan P, Nudelman M, Goel K, Song D, Govindaswami B. Perfusion index in healthy newborns during critical congenital heart disease screening at 24 hours: retrospective observational study from the USA. *BMJ Open*. 2017; 7(12): e017580.
 106. Lannering K, Elfvin A, Mellander M. Low false-positive rate of perfusion index as a screening tool for neonatal aortic coarctation. *Acta Paediatr*. 2021; 110(6): 1788-1794.
 107. Granelli AW, Ostman-Smith I. Noninvasive peripheral perfusion index as a possible tool for screening for critical left heart obstruction. *Acta Paediatr*. 2007; 96(10): 1455-1459. doi: 10.1111/j.1651-2227.2007.00439.x.
 108. Schena F, Piccioli I, Agosti M, Zuppa AA, Zuccotti G, Parola L et al. Perfusion index and pulse oximetry screening for congenital heart defects. *J Pediatr*. 2017; 183:74-79.e1.
 109. Hoffman JL, Kaplan S. The incidence of congenital heart disease. *J Am Coll Cardiol*. 2002; 39(12): 1890-1900.
 110. Uygur O, Koroglu OA, Levent E, Tosyali M, Akisu M, Yalaz M et al. The value of peripheral perfusion index measurements for early detection of critical cardiac defects. *Pediatr Neonatol*. 2019; 60(1): 68-73.
 111. Plazzotta F, Luna D, González BQF. Sistemas de Información en Salud: Integrando datos clínicos en diferentes escenarios y usuarios. *Rev Perú Med Exp Salud Pública*. 2015; 32(2): 343-351.
 112. Secretaría de Salud. Dirección General de información en Salud. Catálogo CLUES. [Última actualización 17 de enero de 2022] Disponible en: http://www.dgis.salud.gob.mx/contenidos/intercambio/clues_gobmx.html
 113. Mejía Salas H, Mejía Suárez M. Oximetría de pulso. *Rev Bol Ped*. 2012; 51(2): 149-155.
 114. Motta-Amézquita LG, Barrera-Fuentes M, Peña-Pérez CA, Tamariz-Cruz O, Ramírez-Segura EH, Cabrera-Galindo F. Monitorización de oxigenación tisular. *Rev Mex Anest*. 2017; 40(Suppl: 1): 350-364.
 115. Organización Mundial de la Salud. Organización Panamericana de la Salud. 56º Consejo Directivo. 70ª Sesión del Comité Regional de la OMS para las Américas [Internet]. Washington, D.C., EUA: 2018 [citado 24 de enero de 2022]. Disponible en: https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&view=download&alias=46460-cd56-8-s-pda-mna&category_slug=56-directing-council-spanish-9965&Itemid=270&lang=es
 116. Todas las mujeres, todos los niños. Estrategia mundial para la salud de la mujer, el niño y el adolescente (2016-2030) [Internet]. Nueva York: Todas las mujeres, todos los niños; 2015 [consultado el 24 de enero del 2022]. Disponible en: https://www.everywomaneverychild.org/images/EWEC_GS_BROCHURE_ES_WEB.pdf
 117. Organización Mundial de la Salud. Defectos congénitos: informe de la Secretaría. 63ª Asamblea Mundial de la Salud. Ginebra: 2010. [Consultado el 24 de enero de 2022] Disponible en https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/4849/A63_10-sp.pdf?sequence=1&isAllowed=y
 118. Organización Panamericana de la Salud y Banco Mundial. Presente y futuro de la vigilancia de defectos congénitos en las Américas. Washington, D.C.: OPS, Banco Mundial; 2020.
 119. Naciones Unidas. La Declaración Universal de Derechos Humanos [Internet]. NU; 2022 [citado 25 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.un.org/es/about-us/universal-declaration-of-human-rights>
 120. Naciones Unidas. Derechos Humanos. Oficina del alto comisionado. Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, 3 de enero de 1976, ACNUDH; 1996-2021 [citado 25 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.ohchr.org/sp/professionalinterest/pages/cescr.aspx>
 121. Organización de Estados Americanos. Comisión Interamericana de Derechos Humanos. Declaración Americana de los Derechos y Deberes del Hombre [Internet]. Washington, DC, USA: OEA; 2022 [citado 25 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.oas.org/es/cidh/mandato/basicos/declaracion.asp>
 122. Protocolo Adicional a la Convención Americana Sobre Derechos Humanos en Materia de Derechos Económicos, Sociales y Culturales "Protocolo de San Salvador" (Diario Oficial de la Federación 1º de septiembre de 1998). Disponible en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/TratInt/Derechos%20Humanos/PI2.pdf>
 123. Naciones Unidas. Derechos Humanos. Oficina del alto comisionado. Convención sobre los Derechos del Niño, ACNUDH; 20 noviembre 1989 [citado 25 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.ohchr.org/es/instruments-mechanisms/instruments/convention-rights-child>
 124. ONU: Comité de los Derechos del Niño (CRC), Observaciones finales sobre los informes periódicos cuarto y quinto combinados de México, 3 Julio 2015, CRC/C/MEX/CO/4-5 [Citado 28 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.refworld.org/es/docid/566fc4e04.html>
 125. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación; [5 de febrero de 2017, última reforma publicada DOF 28-05-2021]. Disponible en: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>
 126. Ley General de los Derechos de Niñas, Niños y Adolescentes. Diario Oficial de la Federación, 04/12/2014, última reforma publicada DOF 11/01/2021. Disponible en: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGDNNA.pdf>
 127. Ley de Infraestructura de la Calidad. México: Secretaría de Gobernación [1 de julio de 2020]. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5596009&fecha=01/07/2020
 128. Norma Oficial Mexicana NOM-007-SSA2-2016, Para la atención de la mujer durante el embarazo, parto y puerperio, y de la persona recién nacida. Diario Oficial de la Federación, 07/04/2016. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5432289&fecha=07/04/2016

129. Norma Oficial Mexicana NOM-034-SSA2-2013, Para la prevención y control de los defectos al nacimiento. Diario Oficial de la Federación, 24/06/2014. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5432289&fecha=07/04/2016
130. Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Diario Oficial de la Federación, 12/07/2019. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019
131. Programa Sectorial Derivado del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. Diario Oficial de la Federación, 17/08/2020. Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5598474&fecha=17/08/2020
132. Programa de Acción Específico Salud Sexual y Reproductiva 2020-2024. Secretaría de Salud, 07/06/2021. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/documentos/programa-de-accion-especifico>
133. Presupuesto de Egresos de la Federación Para el Ejercicio Fiscal 2022. Diario Oficial de la Federación, 29/11/2021. Disponible en: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/PEF_2022.pdf
134. Griebisch I, Knowles RL, Brown J, Bull C, Wren C, Dezateux CA. 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*. 2007; 23(2): 192-204.
135. Kochilas LK, Lohr JL, Bruhn E, Borman-Shoap E, Gams BL, Pylipow M et al. Implementation of critical congenital heart disease screening in Minnesota. *Pediatrics*. 2013; 132(3): e587-e594.
136. Reeder MR, Kim J, Nance A, Krikov S, Feldkamp ML, Randall H 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(11): 962-971.
137. Narayan IC, Te Pas AB, Blom NA, van den Akker-van Marle ME. Cost-effectiveness analysis of pulse oximetry screening for critical congenital heart defects following homebirth and early discharge. *Eur J Pediatr*. 2019; 178(1): 97-103.
138. Tobe RG, Martin GR, Li F, Moriichi A, Wu B, Mori R. Cost-effectiveness analysis of neonatal screening of critical congenital heart defects in China. *Medicine*. 2017; 96(46): e8683.
139. Tobe RG, Martin GR, Li F, Mori R. Should postnatal oximetry screening be implemented nationwide in China? A cost-effectiveness analysis in three regions with different socioeconomic status. *Int J Cardiol*. 2016; 204: 45-47.
140. Londoño Trujillo D, Sandoval Reyes NF, Taborda Restrepo A, Chamorro Velasquez CL, Dominguez Torres MT et al. Cost-effectiveness analysis of newborn pulse oximetry screening to detect critical congenital heart disease in Colombia. *Cost Eff Resour Alloc*. 2019; 17: 11.
141. Secretaría de Salud. Dirección General de Información en Salud. DGIS 2016. [Consultado el 12 de enero de 2022] Disponible en: http://www.dgis.salud.gob.mx/contenidos/basesdedatos/BD_Cubos_gobmx.html
142. Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Catálogo de puestos y tabulador de sueldos y salarios para el personal de las ramas médica, paramédica y grupos afines. 2020.
143. Diario Oficial de la Federación. Costos Unitarios por Nivel de Atención Médica. Ciudad de México, México; 2021.
144. Calderón-Colmenero J, De-la-Llata M, Vizcaíno A, Ramírez S, Bolio A, Alva C et al. Atención médico-quirúrgica de las cardiopatías congénitas: Una visión panorámica de la realidad en México. Encuesta 2009. *Rev Invest Clin*. 2011; 63(4): 344-352.
145. Palacios-Macedo A, Mery CM, Cabrera AG, Bastero P, Tamariz-Cruz O, Diliz-Nava H et al. A novel private-public hybrid model for treatment of congenital heart disease in Mexico. *World J Pediatr Congenit Heart Surg*. 2019; 10(2): 206-213.
146. Chang RK, Rodriguez S, Klitzner TS. Screening newborns for congenital heart disease with pulse oximetry: survey of pediatric cardiologists. *Pediatr Cardiol*. 2009; 30(1): 20-25.
147. Mellander M, Sunnegardh J. Failure to diagnose critical heart malformations in newborns before discharge—an increasing problem? *Acta Paediatr*. 2006; 95: 407-413.
148. Wren C, Richmond S, Donaldson L. Presentation of congenital heart disease in infancy: implications for routine examination. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 1999; 80(1): F49-F53.
149. Attenhofer Jost CH. Heart murmur-auscultation or echocardiography in the diagnostic assessment of congenital or valvular heart disease? *Ther Umsch*. 2006; 63: 463-470.
150. Calderón-Colmenero J, Cervantes-Salazar JL, Curi-Curi PJ, Ramírez-Marroquín S. Problemática de las cardiopatías congénitas en México. Propuesta de regionalización. *Arch Cardiol Mex*. 2010; 80(2): 133-140.
151. Cervantes-Salazar J, Calderón-Colmenero J, Ramírez-Marroquín S, Palacios-Macedo A, Bolio CA, Vizcaíno AA et al. El Registro Mexicano de Cirugía Cardíaca Pediátrica. Primer informe. *Evid Med Invest Salud*. 2014; 7(2): 56-62.