



OXIMETRÍA DE PULSO Y SU UTILIDAD EN EL SCREENING NEONATAL DE CARDIOPATIAS CONGÉNITAS CRÍTICAS.

Integrantes:

Cecilia Acosta
Micaela Caporale
Josefina Gazzano
Gonzalo Lamarca -

Tutores:

Marcos Cerrudo.
Renzo Terza.
Grupo 78.

15 de octubre de 2016, Paysandú.

ÍNDICE

| | |
|------------------------|----|
| • Resumen..... | 3 |
| • Marco teórico..... | 4 |
| • Justificación..... | 9 |
| • Objetivos: | |
| - General..... | 10 |
| - Específicos..... | 10 |
| • Resultados..... | 11 |
| • Conclusiones..... | 19 |
| • Agradecimientos..... | 19 |
| • Bibliografía..... | 20 |

RESUMEN.

La enfermedad cardíaca congénita crítica (CCHD) se define como un defecto congénito del corazón que requiere cirugía u otro tipo de intervención dentro del primer año de vida. Representan el 25% de las cardiopatías congénitas, las cuales tienen una incidencia de 8 cada 1000 recién nacidos vivos (RNV) en Uruguay.

La oximetría de pulso permite medir la saturación de oxígeno en la sangre y detecta la hipoxia antes de que se presenten los síntomas en el recién nacido, por lo que puede ser utilizado como método de screening para las CCHD.

Actualmente en el servicio de Neonatología y Pediatría del Hospital de Paysandú, se está implementando desde el año 2015 la oximetría de pulso con este fin.

Objetivos: Evaluar la utilidad y la aplicabilidad de la oximetría de pulso como método de screening para la detección de cardiopatías congénitas críticas en recién nacidos.

Resultados: Existen evidencias que demuestran la utilidad de realizar la oximetría de pulso a todos los recién nacidos y la necesidad de capacitar al personal de salud para llevar esto a cabo. Con respecto al tiempo óptimo para realizar dicho método, aplicarlo en recién nacidos con más de 24 horas de vida, disminuye la tasa de falsos positivos. Hay consenso que los sensores deben utilizarse en la mano derecha y en uno de los pies y que de realizar esta práctica junto al examen físico se aumentaría notablemente la sensibilidad y especificidad. Dentro de los diferentes protocolos existentes el de la Asociación Americana de Pediatría es el más aceptado.

Conclusiones: Este método altamente específico, de fácil realización y económicamente accesible, permite una detección precoz de las CCHD, disminuyendo la morbi-mortalidad.

La capacitación del personal de salud y la realización del examen físico son elementos que conducen a resultados más acertados al momento de implementar la técnica.

PALABRAS CLAVES.

Cardiopatía congénita; Oximetría de pulso; Screening neonatal.

MARCO TEÓRICO.

Las cardiopatías congénitas se definen como una anomalía en la estructura y/o función del corazón, que están presentes en el momento del nacimiento y son secundarias a alteraciones en la organogénesis, desconociéndose en la gran mayoría de los casos los factores causales.

Constituyen el tipo más común de malformación congénita, con una incidencia a nivel mundial de aproximadamente 1% (8 a 11 de cada 1,000 RNV) y causan del 6-8% de las muertes infantiles en menores de un año. Cerca de la mitad se diagnostican en la primera semana de vida. Las cardiopatías más comunes son: persistencia del conducto arterioso, transposición de grandes vasos, síndrome de ventrículo izquierdo hipoplásico, Tetralogía de Fallot y atresia pulmonar(1). En Uruguay, su incidencia es de 8 cada 1000 RNV(2).

La enfermedad cardíaca congénita crítica se define como un defecto congénito del corazón que requiere cirugía u otro tipo de intervención dentro del primer año de vida, o aquellas que puedan causar morbilidad y mortalidad significativa en las primeras semanas de vida, representando un 25% de las cardiopatías congénitas(3).

Las malformaciones cardíacas ductus dependientes forman parte de las cardiopatías congénitas críticas. El conducto arterioso (ductus) es una estructura vascular, indispensable en la etapa fetal que se cierra de 24 a 96 horas luego del nacimiento, por éste motivo no se evidencian manifestaciones clínicas durante los primeros días de vida y con frecuencia no son detectadas fácilmente durante la internación(4). En nuestro país, las cardiopatías ductus dependientes corresponden a un 30-40% de todas las cardiopatías congénitas.

En la actualidad, algunas cardiopatías congénitas se detectan en forma prenatal con ecografía o mediante la exploración física neonatal completa(5); sin embargo, muchos recién nacidos son dados de alta sin diagnóstico, poniendo en riesgo su vida.

Por estos motivos, se considera de gran importancia evaluar nuevos métodos de tamizaje que nos permitan detectar de forma precoz este tipo de patologías, realizando intervenciones oportunas que reduzcan la morbi-mortalidad.

La oximetría de pulso, se considera actualmente el quinto signo vital, es un parámetro invaluable de la monitorización de los recién nacidos. Permite medir la saturación de oxígeno como un parámetro de la oxigenación y disminuye la utilización de controles invasivos. Es un método no invasivo, económico, de rápida respuesta y complementario a otras técnicas de control.

La oximetría de pulso calcula la saturación de oxígeno arterial a través de la medición de la absorción de la luz de 2 longitudes de onda, aproximadamente 660nm (luz roja) y 940nm (luz

infrarroja) en el tejido humano. Al pasar la luz a través del tejido es absorbida en diversos grados. La medición de los cambios en la absorción de la luz permite la estimación de la frecuencia cardíaca y la saturación de oxígeno arterial. Los monitores han evolucionado y los considerados de última generación permiten que la señal de lectura extraiga las interferencias. Esta tecnología identifica el ruido de manera fidedigna, lo aísla y, por medio de filtros adaptativos lo cancela, indicando la verdadera saturación en la pantalla(6).

Para realizar esta técnica, el sensor debe ser colocado en una parte del cuerpo que sea relativamente translúcida y tenga un buen flujo sanguíneo; en el caso de los recién nacidos se utiliza el dorso de la mano o el pie. El saturómetro a utilizar debe ser tolerante al movimiento y reportar saturación de oxígeno funcional, además debe estar avalado para su uso por la Food and Drug Administration (FDA). Se requiere una precisión de 2% de la media de raíz cuadrada y además, se recomienda una calibración de forma regular cada 90 días(1).

Existen ciertos factores que pueden llegar a influenciar los resultados de la medición, entre ellos se encuentran: la cantidad de desoxihemoglobina, anemia, hipoperfusión, el movimiento, sitio de colocación del sensor, interferencias, otras hemoglobinas (carboxihemoglobina y metahemoglobina), anestesia residual y altitud del lugar geográfico donde se realice. Con respecto a la desoxihemoglobina, se sabe que para detectar clínicamente cianosis se necesitan 5 mg/dL, en pacientes con una hemoglobina normal ello corresponde a una saturación de oxígeno arterial de 80% aproximadamente; por lo que la oximetría de pulso ha permitido detectar la desaturación de forma precoz. En pacientes con niveles bajos de hemoglobina (5 mg/dL) la saturación de oxígeno puede ser del 97%, representando una sobreestimación de la oxigenación por parte de la oximetría de pulso. La baja en la perfusión sanguínea se manifiesta con un descenso del pulso y como consecuencia de la curva y dígito de la oximetría de pulso. La pérdida de la señal de oximetría se da cuando las condiciones hemodinámicas son extremas, y las resistencias vasculares sistémicas se han abolido. Las crisis de desaturación en la saturación de oxígeno, menor de 85% durante más de 30 segundos son más frecuentes en lactantes y neonatos, por lo que cualquier movimiento en estos niños son causa frecuente de lecturas inadecuadas. El tiempo de colocación del sensor para detectar la saturación de oxígeno es diferente según el sitio; en la oreja 10 segundos, en el dedo de la mano 30 segundos y posiblemente tarde más en los dedos de los pies. Con respecto a las interferencias, los oxímetros tienen una exactitud de $\pm 3\%$ cuando la saturación de oxígeno supera el 70%. Por lo tanto, los oxímetros pueden sobreestimar la saturación de oxígeno, o puede ocurrir el caso contrario; por lo tanto, la exactitud disminuye por factores de la enfermedad, como las cardiopatías congénitas cianógenas. En el caso de elevarse la carboxihemoglobina (pacientes quemados o que sufren intoxicación por monóxido de carbono), se verán sobreestimadas las lecturas, ya que posee la

misma absorbancia que la oxihemoglobina. La presencia de metahemoglobina en sangre (fracción no funcional de la hemoglobina) produce una disminución de la saturación de oxígeno a menos del 85%, dado que su absorbancia es de 660 a 960 nm, y puede interferir en el rojo e infrarrojo del saturómetro. Algunos tranquilizantes mayores, relajantes musculares, la parálisis farmacológica residual o mala anatomía de la vía aérea, pueden aparecer con datos clínicos de hipoxemia sutil(7). Por último, en altitudes moderadas-altas la saturación de oxígeno es aproximadamente 0,4% menor en comparación con el nivel del mar(8).

El método de screening se puede definir como la aplicación de procedimientos de selección a poblaciones de individuos aparentemente sanos con el objetivo de identificar, en la fase de latencia, a aquellos que puedan estar enfermos o que presentan un riesgo incrementado de padecer una determinada enfermedad(9). Los criterios de Frame y Carlson se utilizan para validar dichos métodos y consideran los siguientes aspectos: que exista una causa común de morbimortalidad (enfermedad prevalente), debe ser detectable en etapa presintomática, las pruebas diagnósticas deben ser efectivas y eficaces, el tratamiento temprano debe ser mejor que en la etapa sintomática y el daño potencial de la intervención debe ser menor que en el tratamiento no precoz.

Debido a los avances en la atención preoperatoria y en la técnica quirúrgica, la mayoría de los defectos congénitos del corazón pueden ser reparados o paleados, disminuyendo así su mortalidad. Para los recién nacidos con cardiopatías congénitas críticas, la intervención se realiza con frecuencia en las primeras semanas de vidas. El retraso en el diagnóstico puede generar en el niño deterioro hemodinámico debido a la hipoxia, acidosis y shock. Un mal estado preoperatorio se correlaciona con un resultado quirúrgico desfavorable. Además, el retraso diagnóstico se asocia con hipoperfusión, lo que puede generar daño en los órganos, incluyendo la lesión cerebral isquémica-hipóxica. Se pretende establecer estrategias para el diagnóstico precoz de las cardiopatías congénitas críticas, ya que el reconocimiento oportuno de dichas cardiopatías mejora el pronóstico. Debido a que la hipoxemia subclínica es común en varias enfermedades del corazón, la oximetría de pulso se ha propuesto y estudiado para su uso rutinario en la revisión de recién nacidos(10).

En el año 2009 la revista Pediatrics publicó un dictamen científico en conjunto con la Asociación Americana del Corazón y la Academia Americana de Pediatría, sobre el rol de la oximetría de pulso para examinar al recién nacido con cardiopatía congénita. A partir de ese momento se comenzó a implementar a nivel mundial, en varios países, la oximetría de pulso con el objetivo de detectar de manera temprana las cardiopatías congénitas críticas(1).

El método de tamizaje para cardiopatías tiene como objetivo primario la detección de siete cardiopatías congénitas críticas:

- Síndrome de corazón izquierdo hipoplásico.

Se trata de una malformación caracterizada por un infra-desarrollo de todo el lado izquierdo del corazón. El lado derecho del mismo se encuentra dilatado e hipertrofiado y como mecanismo compensatorio, soporta la circulación pulmonar y sistémica a través del conducto arterioso permeable. Las anomalías anatómicas específicas comprenden el desarrollo deficiente de la aurícula y el ventrículo izquierdo, la estenosis o la atresia de los orificios aórtico o mitral, y la hipoplasia de la aorta ascendente. Con mayor frecuencia, coexisten las atresias aórtica y mitral, y la cavidad ventricular izquierda es diminuta o está completamente cerrada.

- Atresia de la válvula pulmonar.

Es una forma de cardiopatía en la cual la válvula pulmonar no se forma de manera apropiada, siendo sustituida por una capa sólida de tejido, por lo que dicha válvula permanece cerrada. Debido a este defecto, la sangre del lado derecho del corazón no puede pasar hacia los pulmones para ser oxigenada.

- Atresia de la válvula tricúspide.

Se caracteriza por la ausencia de la válvula tricúspide, responsable de prevenir el flujo de sangre desde la aurícula derecha al ventrículo derecho. Como resultado, el ventrículo derecho es pequeño y no se ha desarrollado completamente. La supervivencia del niño depende de la existencia de una abertura en la pared entre las aurículas (defecto del tabique auricular) y por lo general de una abertura en la pared que separa los dos ventrículos (defecto del tabique ventricular). Por este motivo, la sangre pobre en oxígeno que fluye desde las venas del cuerpo a la aurícula derecha pasa a través del defecto del tabique auricular a la aurícula izquierda, donde se mezcla con la sangre oxigenada de los pulmones. La mayor parte de esta sangre parcialmente oxigenada va desde el ventrículo izquierdo a la aorta y después al cuerpo. Una cantidad más pequeña de lo normal de sangre fluye a través de la comunicación interventricular hacia el ventrículo derecho pequeño, a través de la arteria pulmonar, y de nuevo a los pulmones. Debido a esta circulación anormal, el niño puede presentarse con cianosis.

- Tetralogía de Fallot.

Es una combinación de cuatro defectos cardíacos: un orificio en la pared que separa los ventrículos (comunicación interventricular), estrechamiento del canal de salida de sangre del corazón hacia los pulmones (estenosis pulmonar), la aorta nace en los dos ventrículos, en lugar de solo el ventrículo izquierdo, y engrosamiento de la pared muscular del ventrículo derecho (hipertrofia del ventrículo derecho). Esto puede ocasionar que en algunos momentos, la sangre transporte una cantidad insuficiente de oxígeno, por lo que los niños a menudo tienen una piel de tono azulado o morado. Es posible que los recién nacidos no presenten ésta coloración, pero

en un futuro pueden tener episodios cianóticos repentinos (crisis de hipoxia) en los que la piel se torna azulada cuando lloran o comen.

- Conexión anómala total de las venas pulmonares.

Es una anomalía congénita en la cual una o más de las venas pulmonares están conectadas a una vena sistémica, a la aurícula derecha o al seno coronario. Normalmente, en la fase embrionaria, el plexo venoso pulmonar se conecta a las venas cardinales anterior o posterior por varias vías, algunas de las cuales desaparecen. Cuando éstas persisten, se pueden presentar múltiples variaciones de conexión anómala parcial. La conexión anómala más frecuente se establece con la vena cava superior, seguida de la conexión a la aurícula derecha. También puede presentarse de las venas pulmonares izquierdas al tronco venoso braquiocefálico o de las venas derechas a la vena cava inferior.

- Transposición completa de las grandes arterias.

Es una anomalía cardíaca congénita en la que la aorta sale enteramente o en su mayor parte del ventrículo derecho y la arteria pulmonar sale enteramente o en su mayor parte del ventrículo izquierdo (discordancia ventrículo-arterial).

- Tronco arterioso.

Es una malformación congénita en la cual una sola arteria nace del corazón, cabalgando sobre el septum interventricular y dando origen a las arterias coronarias, a las arterias pulmonares y a la aorta ascendente. Después del nacimiento se produce la caída de las resistencias pulmonares, dando lugar a una severa insuficiencia cardíaca congestiva.

Con respecto a las cardiopatías mencionadas anteriormente, es importante señalar que los RN con pruebas anormales de saturación de oxígeno, no necesariamente presentan alguna de ellas, ya que hay otras patologías que también pueden cursar con hipoxemia. Por otro lado, es importante destacar que una prueba de saturación normal, no descarta la presencia de otras cardiopatías congénitas que no cursan con hipoxemia(5). El objetivo secundario es el hallazgo de otras patologías que también son significativas e incluyen: hipertensión pulmonar, otras cardiopatías, infecciones y patologías pulmonares.

Este método de screening se realiza en Uruguay desde el año 2010 en el Centro Hospitalario Pereira Rossell (CHPR). El tamizaje que se utiliza, consta de la medida de saturación preductal en mano derecha y postductal en uno de los pies a partir de las 24 horas de vida, asociado al examen clínico de rutina en todos los recién nacidos previo al alta. Si la medida de saturación es menor a 95% o si la diferencia entre ambas es mayor al 3%, se considerará al recién nacido con

sospecha de cardiopatía congénita y se repetirá la medición en tres oportunidades; de mantenerse incambiada se realizará ecocardiograma con doppler en el mismo día(2).

Actualmente en el servicio de Neonatología y Pediatría del Hospital Escuela del Litoral “Galán y Rocha”, se ésta implementando desde el año 2015 la oximetría de pulso como gesto semiológico para una detección precoz de las cardiopatías congénitas, complementario al examen físico de rutina. El protocolo utilizado se basa en la colocación del sensor del oxímetro de pulso en la mano derecha y en un pie, entre las 6 y 24 horas de vida. Si la lectura es menor a 95% o si la diferencia entre ambas es mayor al 3%, se repetirá la prueba a la brevedad una o dos veces; de continuar con valores por debajo de los mencionados se solicitará un ecocardiograma y valoración por cardiólogo.

No está definido un protocolo único de implementación, dado que en cada centro o región utilizan diferentes criterios teniendo en cuenta horas de vida, colocación del sensor, puntos de corte de la saturación y la repetición de la prueba ante un resultado alterado.

JUSTIFICACIÓN.

Considerando lo mencionado anteriormente, ante la incidencia de cardiopatías congénitas que en fases tempranas pueden ser asintomáticas y por lo tanto, muchas veces dadas de alta sin diagnóstico, es correcto afirmar que la oximetría de pulso podría llegar a ser una herramienta útil para implementarse en otros centros de salud y por tales características nos motiva a hacer una Revisión Sistemática sobre su utilización como método de screening.

OBJETIVO GENERAL.

- Evaluar la utilidad y la aplicabilidad de la oximetría de pulso como método de screening para la detección de cardiopatías congénitas críticas en recién nacidos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Definir cuál debería ser el momento óptimo para la realización del tamizaje de acuerdo a las horas de vida del niño.
- Establecer la sensibilidad y especificidad de la técnica aislada y en asociación con el examen físico.
- Describir los diferentes protocolos que se aplican al neonato.
- Evaluar la necesidad de capacitar al personal para llevar a cabo la oximetría de pulso.

RESULTADOS.

Respecto a la utilidad de la oximetría de pulso como método de screening de cardiopatías congénitas críticas en el recién nacido, un gran número de los artículos revisados demuestran la factibilidad y aplicación de esta técnica.

Se realizó un estudio observacional de cohorte a 5750 recién nacidos, donde se concluye que hay buenas condiciones para tener en cuenta y considerar a la oximetría de pulso como screening para diagnóstico precoz de cardiopatías congénitas críticas, ya que es un método de bajo costo y todas las unidades de cuidados neonatales están equipadas con oxímetro de pulso utilizados para otros fines, por lo tanto los médicos y enfermeros que trabajan en Neonatología ya están capacitados para su uso; destacándose también por ser un método no invasivo, rápido y de fácil ejecución(11).

En un estudio realizado en Duke Clinical Research Institute and Department of Pediatrics, la evidencia sugiere que la detección temprana de las cardiopatías congénitas críticas a través del monitoreo de oximetría de pulso, es una estrategia efectiva para reducir las tasas de morbilidad y mortalidad en los recién nacidos(12).

Un programa de cribado de cardiopatías congénitas críticas con oximetría de pulso es sostenible en el tiempo y puede implementarse como rutina de recién nacidos, según lo publicado en el artículo “Quality Improvement Measures in Pulse-Oximetry Newborn Heart Screening: A Time Series Analysis”(13).

En el trabajo “Combining pulse oximetry and Clinical examination in screening for congenital heart Disease, donde se evaluaron 5211 casos, se considera que este método de cribado debería convertirse en parte del plan de alta de cada recién nacido(14).

Por el contrario, en el artículo “Prenatal and Newborn Screening for Critical Congenital Heart Disease: Findings From a Nursery”, realizado en el Brigham and Women’s Hospital de la ciudad de Boston durante el año 2013, se afirma que la oximetría de pulso no es un método efectivo para implementar en centros de tercer nivel de atención, que cuenten con un índice elevado de diagnóstico mediante ecografía prenatal y personal altamente capacitado para su realización(15).

Un estudio descriptivo realizado en Suiza por medio de un cuestionario estandarizado que fue enviado a 136 unidades de maternidad, menciona que las razones más comunes para no llevar a cabo la proyección de oximetría de pulso son los factores financieros y la creencia de que los signos clínicos son suficientes para detectar las enfermedades cardíacas. A su vez, un tercio de las unidades de maternidad que no lo realizan afirman que no poseen el equipo necesario y/o que no pueden permitirse uno(16).

El tiempo oportuno para realizar la oximetría de pulso como método de screening es un factor muy importante. En el artículo “Pulse oximetry screening for critical congenital heart disease: bringing evidence into practice” los autores describen que, si bien existen varios protocolos, todos ellos coinciden en que la medición debe ser realizada antes de las 72 horas de vida. Lo principal a destacar con respecto al tiempo de evaluación es que los recién nacidos que se tamizan de forma precoz (antes de las 24 horas de vida) presentan un mayor número de resultados falsos positivos; esto se debe a los cambios circulatorios que se producen en el recién nacido con el cierre del conducto arterioso durante las primeras horas luego del nacimiento. Por otro lado, al realizarlo de forma tardía (luego de las 24 horas de vida), si bien disminuye el número de resultados falsos positivos también disminuye la captación precoz de cardiopatías congénitas críticas, condicionando el pronóstico y la posibilidad de realizar un tratamiento oportuno(17).

Se realizó un estudio en el cual se midió la saturación de oxígeno a un grupo de neonatos sanos nacidos por parto vaginal a los 2 minutos de vida; demostrando que se tarda aproximadamente entre 12-14 minutos en alcanzar una saturación de oxígeno del 95%, y en algunos casos incluso hasta 55 minutos(18). Dicha publicación respalda el trabajo “Should pulse oximetry be used to screen for congenital heart disease?”, que plantea que durante la primera hora de vida no es adecuado realizar el screening con oximetría de pulso debido al gran número de falsos positivos encontrados; obteniéndose resultados más confiables luego de las 2 horas de nacido. Una de las ventajas de realizarlo durante el primer día de vida es la capacidad de detectar la enfermedad previo a que los síntomas se manifiesten. Un diagnóstico precoz afecta favorablemente el pronóstico, la oportunidad quirúrgica y la sobrevivida, ya que en las primeras 24 horas de vida puede producirse un rápido deterioro del neonato. Para excluir los niños con un cierre tardío del ductus arterial la medición debe repetirse, esto no es necesario en los casos en que se realiza de forma tardía(19).

En el estudio “Routine pulse oximetry in the asymptomatic newborn”, realizado en 1999 a todos los recién nacidos en el Hospital Royal Sunderland, el método de screening se practicó a los niños con más de 2 horas de vida extrauterina y antes del alta hospitalaria. Los datos obtenidos permitieron concluir que la proporción de falsos positivos es mayor si las mediciones se toman antes de las 24 horas de vidas en comparación con las que se miden más tarde(20).

El protocolo establecido por la Asociación Americana de Pediatría (AAP) y la Asociación Americana del Corazón (AHA) recomienda realizar el screening para la detección de cardiopatías congénitas críticas en recién nacidos asintomáticos dentro de las 24-48 horas de vida o antes de las 24 horas si es dado de alta precozmente(21).

En cuanto a la técnica utilizada para realizar una correcta medición, todos los artículos revisados concuerdan en que la colocación del sensor del oxímetro de pulso debe llevarse a cabo en el miembro superior derecho (preductal) y en los miembros inferiores (postductal), a izquierda o derecha según se prefiera.

Con respecto a la especificidad y sensibilidad de la técnica, el parámetro que muestra mayor variación es este último. En el artículo “Indications and limitations for a neonatal pulse oximetry screening of critical congenital heart disease”, realizado a 5292 niños durante el periodo comprendido entre el 1 de mayo del 2000 y el 30 de noviembre del 2004, se obtuvo una sensibilidad del 66,7% y una especificidad del 100%(22).

En el estudio “Impact of pulse oximetry screening on the detection of duct dependent congenital heart disease: a Swedish prospective screening study in 39821 newborns”, detectaron 28 neonatos con circulación ductus-dependiente, de los cuales 18 tuvieron resultados positivos en la oximetría de pulso; lo que correspondería a una sensibilidad de 64%(23).

Richmond et al. describen el uso de la oximetría de pulso como screening a partir de las 24 horas de vida en un estudio de cohorte realizado en el noreste de Inglaterra, donde se obtuvo una sensibilidad de 88,9% y una especificidad de 99% para detectar cardiopatías congénitas críticas. A su vez, se realizaron 12 estudios de cohorte y casos controles que fueron incluidos en el meta-análisis de 229421 niños, confirmando una sensibilidad de 76,5% y una especificidad de 99,9%. Por último, Zhao et al. condujeron un amplio estudio sobre oximetría de pulso, en el cual se incluyeron 122738 recién nacidos, obteniendo una sensibilidad variable desde 77,4% a 93,2% (24).

En el trabajo “Combining pulse oximetry and clinical examination in screening for congenital heart disease”, se obtuvo que la sensibilidad solo para la oximetría de pulso fue de 31%, mientras que la especificidad fue de aproximadamente 100% (14).

Una sensibilidad de 77,78% y una especificidad de 99,30% fueron descritas en el artículo “Effectiveness of neonatal pulse oximetry screening for detection of critical congenital heart disease in daily clinical routine – Results from a prospective multicenter study(25).

Los resultados falsos positivos comprenden otro punto de interés, donde otras patologías que se presentan con hipoxia pueden ser interpretadas por la oximetría de pulso como resultados positivos, como por ejemplo ciertos trastornos respiratorios. En el artículo “Pulse oximetry as a screening test for congenital heart defects in newborn infants: a test accuracy study with evaluation of acceptability and cost-effectiveness”, menciona que de 119 neonatos 1 se presentó con un resultado falso positivo (0,84%)(26).

Por otro lado, Thangaratinam et al. describen en su publicación “Accuracy of pulse oximetry in screening for congenital heart disease in asymptomatic newborns: a systematic review” que se encontró que la oximetría de pulso es una herramienta específica con bajas tasas de falsos positivos para detectar la enfermedad cardíaca congénita(27).

Los resultados falsos negativos se observan en su mayoría en patologías obstructivas de corazón izquierdo, como la coartación de aorta. Esto representa un grave problema en los casos en que el diagnóstico es retrasado, ya que constituye la más común de las cardiopatías congénitas críticas con alto índice de morbi-mortalidad. En el estudio “Critical congenital heart disease screening by pulse oximetry in a neonatal intensive care unit”, se concluyó que las tasas para la detección de la coartación de aorta son menores al 60% en el cribado de cardiopatías congénitas críticas, generando un aumento en los resultados falsos negativos(3).

En la publicación “Clinical examination and pulse oximetry as screening for congenital heart disease in low-risk newborn”, en donde 5750 recién nacidos fueron evaluados con saturometría de pulso, solo un falso negativo fue notificado; que de acuerdo con los datos, se correspondió con una coartación de aorta. Por lo tanto, una estrategia con el objetivo de mejorar la eficacia del cribado neonatal de las cardiopatías congénitas críticas debe ser dirigida a identificar a este grupo en particular(11).

Respecto a los diversos protocolos utilizados, todos concuerdan en que un resultado mayor a 95% o con una diferencia pre y postductal \leq a 3% corresponden a un resultado negativo. A su vez, todo resultado menor a 90% es considerado positivo.

En los casos en que la saturación de oxígeno se encuentra entre 90-95% o la diferencia entre miembro superior e inferior es \geq 3%, se considera un resultado alterado con sospecha de cardiopatía congénita crítica, donde se realizan diferentes intervenciones.

Se realizó un estudio en el que se evaluó a 18363 recién nacidos mediante la oximetría de pulso. El mismo duró 6 años, en donde a partir de febrero del 2008 a mayo del 2012 se evaluaron 10335 niños con un protocolo propio, mientras que desde mayo del 2012 a enero del 2014 se estudiaron 7828 recién nacidos utilizando el protocolo establecido por la AAP. El primer protocolo se llevó a cabo realizando una repetición inmediata del screening en el caso de obtener una saturación menor a 95%; mientras que el algoritmo aprobado por la AAP requiere el cálculo de la diferencia entre el miembro superior derecho y el miembro inferior, la cual debe ser \geq 3%, permitiendo hasta 3 repeticiones en intervalos de 1 hora. Tras la aplicación del protocolo de la AAP la tasa de falsos positivos disminuyó drásticamente(13).

En el artículo “Pulse oximetry with clinical assessment to screen congenital heart disease in neonates in China: a prospective study”, se realizó un estudio prospectivo y multicéntrico en

tres hospitales de Shangai donde se evaluaron 6785 recién nacidos, el cribado se consideró positivo si se obtiene una saturación de oxígeno inferior al 95% tanto en la mano derecha y uno de ambos pies en dos medidas, separadas por 4 horas; una diferencia entre los dos extremos mayor al 3% en dos medidas, separadas por 4 horas, o cualquier medida que fuera menor al 90%. Los bebés recién nacidos que dieron positivo para la enfermedad cardíaca congénita fueron remitidos para ecocardiografía dentro de las 24 horas de detección(28).

Se llevó a cabo un estudio entre abril de 2013 y enero de 2014, en el cual realizaron screening con oximetría de pulso a 9500 neonatos, donde la saturación se consideró alterada si las medidas correspondían a valores inferiores a 90% o una diferencia pre y postductal mayor al 3%. Todos los niños que presentaban resultados alterados fueron reevaluados en tres oportunidades, separadas por 1 hora, siendo considerada la persistencia de estos valores como resultado positivo; posteriormente se realizó ecocardiograma a todos éstos niños(29).

En el artículo “Development of a newborn screening program for critical congenital heart Disease (CCHD) in Taipei”, en el que se tamizaron 6296 recién nacidos, si la saturación de oxígeno era mayor a 95% o una diferencia absoluta menor a 3% entre la mano derecha y el pie se consideraba negativo; mientras que si la saturación era menor a 95% o presentaba una diferencia mayor a 3%, en tres ocasiones distintas, cada una separada por 30 minutos, o el primer resultado fue menor a 90% corresponden a un resultado positivo. Si el recién nacido no pasa el screening se requiere del pediatra de guardia para efectuar el examen clínico e indicar un ecocardiograma de urgencia. El intervalo más corto entre las mediciones (30 minutos) parece mejorar la probabilidad de detectar los casos verdaderos positivos, consiguiendo un cuidado apropiado y conveniente(30).

En la publicación “Feasibility of critical congenital heart disease. Newborn screening at moderate altitude”, donde se evaluó la oximetría de pulso en recién nacidos a altitudes moderadas (mayores a 1694 metros), se estableció un protocolo alternativo al de AAP adaptado para dicha altitud. En el mismo se determinó que saturaciones mayores a 95% y una diferencia pre y postductal menor al 3% o una saturación menor a 85%, fueron asignados como positivo y negativo respectivamente. En caso de presentar valores comprendidos entre 85-94% o una diferencia de 3%, deberá repetirse el test en la hora siguiente. Aquellos niños que alcancen una saturación $\geq 85\%$ en la segunda prueba, deberá repetirse nuevamente en 1 hora, hasta un total de 3 repeticiones. Si persiste con valores menores a 95% o una diferencia mayor a 3% luego de la tercera prueba, o presenta una saturación menor a 90% en cualquiera de ellas, se considera como resultado positivo(31).

El protocolo descrito en la Guía Argentina “Detección de cardiopatía congénita por oximetría de pulso en recién nacidos asintomáticos” establece que si los valores de saturación son $\geq 95\%$

y la diferencia entre la mano derecha y el pie es de 3 puntos o menos, la prueba se considera negativa y el recién nacido puede ser dado de alta luego de completar la rutina de egreso habitual de cada institución. Si la saturación es $\leq 89\%$ la prueba se considera positiva, debiendo comunicarse esta situación al médico tratante. En el caso de valores de saturación entre 90-94% o bien con una diferencia entre la mano derecha y el pie ≥ 4 puntos se deberá repetir la prueba después de una hora; los pacientes que requieran una segunda lectura seguirán los criterios iniciales. Si la segunda lectura resultara alterada, se recomienda realizar una tercera lectura 1 hora después; si la misma continua con valores entre 90-94% o con una diferencia ≥ 4 puntos se considera positiva, por lo que se derivará al cardiólogo pediátrico(4).

Respecto a la asociación de la oximetría de pulso con el examen físico del recién nacido, el artículo “Pulsioximetría para cribado de cardiopatía neonatal: ¿Válida y factible también para países en desarrollo?”, en el cual se buscó evaluar la validez y factibilidad de la oximetría de pulso en combinación con el examen clínico neonatal para el cribado de cardiopatías congénitas críticas realizado en China, se concluye que en neonatos asintomáticos, la práctica de medir la saturación de oxígeno junto al examen físico elevó la sensibilidad para la detección de cardiopatías congénitas críticas del 77,4% al 93,2%; por lo que la combinación de ambos métodos cumple con condiciones de validez y factibilidad apropiados para realizar dichos métodos de forma rutinaria. La combinación de la saturación de oxígeno y examen físico permite detectar un 93% de las cardiopatías congénitas críticas (frente al 77% solo con examen físico) y un 90% de las cardiopatías congénitas (frente al 81% solo con examen físico). En caso de no haber realizado el cribado combinado de saturación y examen clínico, y haber realizado exclusivamente este último, habrían quedado 23 niños con cardiopatías congénitas críticas sin diagnosticar(32).

Se evaluó la sensibilidad y especificidad de la exploración física cardiovascular y de la oximetría de pulso para la detección de enfermedades congénitas del corazón. Todos los recién nacidos fueron sometidos a los siguientes procedimientos: se realizó el examen físico cardiovascular dentro de las 24 horas de vida y nuevamente entre las 48 y 72 horas de vida y determinación de la saturación arterial de oxígeno por oximetría de pulso en ese mismo periodo. El examen físico comprendió la palpación del precordio, auscultación para identificar soplos, presencia de pulsos braquiales y femorales (en caso de asimetría, detección de la presión arterial en las cuatro extremidades), evaluación visual del recién nacido (coloración de la piel, frecuencia respiratoria y estado clínico general) y la evaluación de los signos respiratorios utilizando la puntuación de Silverman (aleteo nasal, quejido espiratorio, tiraje intercostal, retracción esternal y disociación tóraco-abdominal). Finalmente concluyeron que el examen

físico demuestra ser muy sensible (89,2%), pero no específico (40%). Esta baja especificidad se puede atribuir a la alta frecuencia de los cambios de transición del foramen oval permeable y el conducto arterioso persistente durante las primeras horas de vida, que implican un alto número de falsos positivos. La asociación de un examen físico adecuado y la detección de oximetría de pulso pueden aumentar en gran medida la precisión diagnóstica(11).

El estudio “Prevalence and clinical significance of cardiac murmurs in neonates” comprendió 7204 recién nacidos en un hospital desde el 1 de enero de 1995 al 31 de diciembre de 1996, donde se buscó determinar la prevalencia y la importancia clínica de los murmullos detectados durante el examen neonatal de rutina. La detección de un soplo en una exploración rutinaria puede ser un indicio de la presencia de enfermedades del corazón y ofrece la posibilidad de un diagnóstico precoz presintomático. En conclusión, el examen neonatal detecta solo el 44% de las malformaciones cardíacas; si no se oye un murmullo hay una posibilidad de 54% de la existencia de una malformación cardíaca subyacente, por lo tanto un examen neonatal normal no excluye una malformación cardíaca clínicamente significativa(33).

En el artículo “Pulse oximetry with clinical assessment to screen for congenital heart disease in neonates in China: a prospective study”, se concluyó que en la oximetría de pulso combinada con el examen físico se detectaron 284 de 315 (90%) casos de enfermedad cardíaca congénita crítica. Por lo tanto, se concluye que la oximetría de pulso sola no tuvo la suficiente sensibilidad y especificidad para la detección de enfermedad cardíaca congénita crítica(28).

Algunos de los artículos revisados consideran que la capacitación del personal encargado de realizar la oximetría de pulso como método de tamizaje de cardiopatías congénitas críticas en el recién nacido, es un aspecto de vital importancia al momento de incorporar éste programa en los centros de salud.

La implementación de un programa de cribado piloto demostró aumento mínimo en la carga de trabajo de enfermería, pero identificó problema con la interpretación del algoritmo y datos de los informes. Éste proyecto piloto sugiere la necesidad de simplificación del algoritmo, el entrenamiento adicional de los proveedores de atención de salud y el desarrollo de un mecanismo de información centralizado(34).

Según describen Amsbaugh et al., en su publicación “Pulse oximetry screening for critical congenital heart disease: bringing evidence into practice” la oximetría de pulso para el cribado de todos los recién nacidos asintomáticos puede ser una oportunidad para que las enfermeras participen y así disminuir la tasa de cardiopatías congénitas críticas sin diagnosticar. La inclusión del servicio de enfermería, será de gran importancia en el programa ya que luego de su capacitación individual no se requerirá personal adicional; por lo tanto para que el programa sea

exitoso y sostenible es necesario esfuerzo de colaboración, necesitando la participación de un equipo multidisciplinario. Esto permitirá desarrollar un sistema bien organizado de referencia para la realización de ecocardiogramas y evaluación cardíaca después de un resultado anormal. También se requerirá apoyo institucional para asegurar los recursos y la financiación, ya que siempre habrá costos adicionales asociados con nuevos programas innovadores(17).

Cuatro semanas antes del estudio “Quality improvement measures in pulse oximetry newborn heart screening: a time series analysis”, el personal encargado de realizar el mismo (70 médicos del Centro Pediátrico del Corazón) fue capacitado por la empresa que fabricó los oxímetros de pulso(13).

En el trabajo “Routine pulse oximetry in non-symptomatic newborn”, realizado en el año 1999 en el cual se tomaron mediciones de oximetría de pulso a 5626 neonatos, las parteras encargadas de realizar el tamizaje, manifestaron que la medición de la saturación postductal requiere en promedio 5 minutos adicionales por niño respecto a su valoración de rutina(20).

Para finalizar, la exploración debe basarse en el algoritmo de detección recomendado y llevado a cabo por un personal calificado (enfermeras o técnicos en salud) que han sido educados en el uso del algoritmo y capacitados en el monitoreo de la oximetría de pulso en el recién nacido(12).

CONCLUSIONES.

La oximetría de pulso como método de screening neonatal para cardiopatías congénitas críticas no está implementado de rutina en todos los centros de salud, aunque hay varios artículos que recomiendan y promueven su incorporación al sistema de tamizaje del recién nacido, ya que reduce la morbi-mortalidad de los neonatos.

Éste método es altamente específico (98-100%), de fácil realización, económicamente accesible y con baja tasa de falsos positivos si se realiza luego de las 24 horas del nacimiento del niño. La sensibilidad fue el factor que presentó mayor variabilidad, encontrándose valores de 31-88,9%. También es importante destacar que no se requiere personal extra, siempre y cuando se capacite al equipo perteneciente del centro de salud, donde se va a realizar el tamizaje.

En cuanto a las horas de vida necesarias para realizar el screening, está demostrado que realizarlo luego de las 24 horas reduce la tasa de falsos positivos; aún así se considera que implementarlo de forma precoz contribuye a un diagnóstico oportuno.

Existen numerosas publicaciones que afirman que la asociación de la oximetría de pulso con el examen físico neonatal, incrementan notablemente la sensibilidad y especificidad para detectar las cardiopatías congénitas críticas.

Aunque hay numerosas publicaciones que demuestran la factibilidad y utilidad de este tamizaje, todavía hacen falta estudios que demuestren su aplicabilidad y confiabilidad en ciertas circunstancias, como por ejemplo poblaciones especiales (neonatos prematuros), centros ubicados a cierta altura sobre el nivel del mar, existencia de otras enfermedades asociadas en el recién nacido y la condición socioeconómica de los hospitales donde se realiza el screening.

En nuestro país, el Ministerio de Salud Pública (MSP) busca avanzar en el diseño de un programa que permita abordar las cardiopatías congénitas en niños y favorecer la detección precoz de ésta patología. Si bien ya existe la ecografía estructural fetal de forma obligatoria y gratuita para todas las embarazadas como método de detección precoz; sería una buena estrategia implementar la oximetría de pulso como método de screening en todos los centros del país bajo un protocolo único.

AGRADECIMIENTOS.

Agradecemos al Servicio de Pediatría y Neonatología del Hospital Escuela del Litoral y al personal de la Biblioteca del Centro Universitario de Paysandú por asesorarnos y brindarnos información acerca del tema.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Juan P, Benítez C, Cisneros BG. Tamiz de cardiopatías congénitas críticas. Recomendaciones actuales. 2014;(1):24–9.
2. Centro Hospitalario Pereira Rossell. Indicación de la oximetría de pulso en maternidades como método de tamizaje para la detección precoz de cardiopatías ductus dependientes en recién nacidos asintomáticos. [Internet]. 2014. Available from: [http://www.sunpi.org/descargas/jornadas_neonatologia_chpr/Pauta OXIMETRÍA DE PULSO.pdf](http://www.sunpi.org/descargas/jornadas_neonatologia_chpr/Pauta_OXIMETRÍA_DE_PULSO.pdf)
3. Manja V, Mathew B, Carrion V, Lakshminrusimha S. Critical congenital heart disease screening by pulse oximetry in a neonatal intensive care unit. 2015;(April 2014):67–71.
4. Nacional D. recién nacidos asintomáticos Cardiopatías Congénitas por Oximetría de Pulso en.
5. Vela-amieva M, Espino-vela J. Nuevo estudio de tamiz neonatal Tamiz neonatal para detectar cardiopatías congénitas complejas. La nueva revolución en pediatría. 2013;237–40.
6. Aires B. Consenso sobre la monitorización del recién nacido internado : Parte 1 : Monitorización no invasiva del recién nacido Parte 1 : Monitorización no invasiva del recién. 2013;(September 2016).
7. Rojas-pérez EM. Factores que afectan la oximetría de pulso. 2006;29.
8. Samuel TY, Bromiker R, Mimouni FB, Picard E, Lahav S, Mandel D, et al. Newborn oxygen saturation at mild altitude versus sea level: Implications for neonatal screening for critical congenital heart disease. Acta Paediatr Int J Paediatr. 2013;102(4):379–84.
9. Calderón López MG, Parrilla FJ, Martínez AL. Screening neonatal. Protoc Diagnostico Ter la AEP NEonatoogia [Internet]. 2008;(44):11. Available from: [file:///C:/Users/Fernando/Documents/INVESTIGACION 2016/documentos para temas/tamiz neonatal/screening neonatal.pdf](file:///C:/Users/Fernando/Documents/INVESTIGACION_2016/documentos_para_temas/tamiz_neonatal/screening_neonatal.pdf)
10. Walsh WF. NIH Public Access. 2014;34(7):1680–6.
11. Zuppa AA, Riccardi R, Catenazzi P, Andrea VD, Cavani M, Antuono AD, et al. Clinical

- examination and pulse oximetry as screening for congenital heart disease in low-risk newborn. 2015;7058(1):7–11.
12. Kemper AAR, William T. Strategies for Implementing Screening for Critical Congenital Heart Disease. 2011;128(5).
 13. Mangel B, Amoroso PJ, Zook D, Welke KF, Reedy A. Quality Improvement Measures in Pulse-Oximetry Newborn Heart Screening : A Time Series Analysis. 2015;135(2).
 14. Bakr AF HH. Combining pulse oximetry and clinical examination in screening for congenital heart disease. *Pediatr Cardiol* [Internet]. 2005;26(6):832–5. Available from: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00246-005-0981-9>
 15. Johnson LC, Lieberman E, O’Leary E, Geggel RL. Prenatal and newborn screening for critical congenital heart disease: findings from a nursery. *Pediatrics* [Internet]. 2014;134(5):916–22. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25287457>
 16. Kuelling B, R AM, Bauersfeld U, Balmer C. Pulse oximetry screening for congenital heart defects in Switzerland : Most but not all maternity units screen their neonates. 2005;9:699–704.
 17. Practice I, Bscn SA, Scott SD, Foss K. Pulse Oximetry Screening for Critical Congenital Heart Disease : Bringing Evidence. *J Pediatr Nurs* [Internet]. 2015;30(4):591–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pedn.2014.10.013>
 18. Toth B, Becker A S-GB. Oxygen saturation in healthy newborn infants immediately after birth measured by pulse oximetry. *Arch Gynecol Obs* [Internet]. 2002;266(2):105–7. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12049291>
 19. Valmari P. Should pulse oximetry be used to screen for congenital heart disease? *Arch Dis Child - Fetal Neonatal Ed* [Internet]. 2007;92(3):F219–24. Available from: <http://fn.bmj.com/cgi/doi/10.1136/adc.2005.090282>
 20. Article O. Routine pulse oximetry in the asymptomatic newborn. 2002;83–9.
 21. Mahle WT, Newburger JW, Matherne GP, Smith FC, Hoke TR, Koppel R, et al. AHA / AAP Scientific Statement Role of Pulse Oximetry in Examining Newborns for Congenital Heart Disease A Scientific Statement From the American Heart Association and American Academy of Pediatrics. 2009;

22. Rosati E, Chitano G, Dipaola L, De Felice C, Latini G. Indications and limitations for a neonatal pulse oximetry screening of critical congenital heart disease. *J Perinat Med*. 2005;33(5):455–7.
23. Mellander M, Bejlum C. Impact of pulse oximetry screening on the detection of duct screening study in 39 821 newborns.
24. Tin W, Lal M. Principles of pulse oximetry and its clinical application in neonatal medicine. *Semin Fetal Neonatal Med* [Internet]. 2015;20(3):192–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.siny.2015.01.006>
25. Riede FT, Wörner C, Dähnert I, Möckel 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):975–81.
26. Roberts TE, Barton PM, Auguste PE, Middleton LJ, Furnston a. T, Ewer a. K. Pulse oximetry as a screening test for congenital heart defects in newborn infants: a cost-effectiveness analysis. *Arch Dis Child*. 2012;97(3):221–6.
27. 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* [Internet]. 2007;92(3):F176-80. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17344253> \n <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC2675324>
28. Zhao Q, Ma X, Ge X, Liu F, Yan W, Wu L, et al. Pulse oximetry with clinical assessment to screen for congenital heart disease in neonates in China : *Lancet* [Internet]. 384(9945):747–54. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)60198-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60198-7)
29. Mathur NB, Gupta A, Kurien S. Pulse oximetry screening to detect cyanotic congenital heart disease in sick neonates in a neonatal intensive care unit. *Indian Pediatr*. 2015;52(9):769–72.
30. Tsao P, Shiao Y, Chiang S, Ho H, Liu Y. Development of a Newborn Screening Program for Critical Congenital Heart Disease (CCHD) in Taipei. 2016;1–12.
31. Wright J, Kohn M, Niermeyer S, Rausch CM. Feasibility of critical congenital heart

- disease newborn screening at moderate altitude. *Pediatrics* [Internet]. 2014;133(3):e561-9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24567022>
32. N DLG, A BS. Artículos Valorados Críticamente Pulsioximetría para cribado de cardiopatía neonatal : ¿ válida y factible también en países en desarrollo ? Pulsioximetría para cribado de cardiopatía neonatal : ¿ válida y factible también en países en desarrollo ? 2015;2-5.
 33. Ainsworth SB, Wyllie JP, Wren C. Prevalence and clinical significance of cardiac murmurs in neonates. 1999;43-6.
 34. 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* [Internet]. 2013;132(3):e587-94. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23958775>
 35. Suárez-ayala D V, Morcillo-bastidas KL, Madrid-pinilla AJ. Conocimiento y aplicación del tamizaje neonatal de cardiopatías congénitas críticas mediante el uso de oximetría de pulso. *Rev Colomb Cardiol* [Internet]. 2016;(xx). Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rccar.2016.01.019>
 36. Donia AE-S, Tolba OA. Use of early pulse oximetry in the detection of cardiac lesions among asymptomatic term newborns. *Egypt Pediatr Assoc Gaz* [Internet]. 2016;64(1):1-5. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1110663815300148>
 37. Bhola K, Kluckow M, Evans N. Post-implementation review of pulse oximetry screening of well newborns in an Australian tertiary maternity hospital. *J Paediatr Child Health*. 2014;50:920-5.
 38. Good RJ, Canale SK, Goodman RL, Yeager SB. Identification of Critical Congenital Heart Disease in Vermont : The Role of Universal Pulse Oximetry Screening in a Rural State. 2016;
 39. Morais S, Mimoso G. Oximetria de pulso no diagnóstico de cardiopatía congénita. Sugestões para a implementação de uma estratégia de rastreio. *Acta Pediátrica Port* [Internet]. 2014;44(6). Available from: <http://actapediatrica.spp.pt/article/view/2717>
 40. Ma XJ, Huang GY. Neonatal pulse oximetry screening improves detecting of critical congenital heart disease. *Chin Med J (Engl)*. 2013;126(14):2736-40.

41. Boelke KL, Hokanson JS. Blood Pressure Screening for Critical Congenital Heart Disease in Neonates. *Pediatr Cardiol*. 2014;35(8):1349–55.
42. Jawin V, Ang H, Omar A, Thong M. Beyond Critical Congenital Heart Disease : Newborn Screening Using Pulse Oximetry for Neonatal Sepsis and Respiratory Diseases in a Middle-Income Country. 2015;1–13.
43. Olney RS, Ailes EC, Sontag MK, Disabilities D. HHS Public Access. 2016;39(3):230–7.
44. Report MW. Newborn Screening for Critical Congenital Heart Disease : Potential Roles of Birth Defects Surveillance Programs — United States , 2010 – 2011. 2012;61(42):2010–1.
45. Ewer AK. How to develop a business case to establish a neonatal pulse oximetry programme for screening of congenital heart defects.
46. Oakley, Juliette Soni, Nahamaral Wilson, Dirk Sen S. Effectiveness of pulse-oximetry in addition to routine neonatal examination in detection of congenital heart disease in asymptomatic newborns. 2014;1736–9.
47. Bradshaw, EA Martin G. Screening for critical congenital heart disease: advancing detection in the newborn. *Curr Opin Pediatr*. 2012;24(5):603–8.
48. Narayen IC, Blom NA, Bourgonje MS, Haak MC, Smit M, Posthumus F, et al. Pulse Oximetry Screening for Critical Congenital Heart Disease after Home Birth and Early Discharge. *J Pediatr* [Internet]. 2016;170:188–192.e1. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2015.12.004>
49. Peterson C, Grosse SD, Oster ME, Olney RS, Cassell CH. Cost-effectiveness of routine screening for critical congenital heart disease in US newborns. *Pediatrics* [Internet]. 2013;132(3):e595-603. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=4470475&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
50. Wren C, Richmond S, Donaldson L, Royal S. Presentation of congenital heart disease in infancy : implications for routine examination. 1999;14(21).
51. Glidewell J, Olney RS, Hinton C, Pawelski J, Sontag M, Wood T, et al. State Legislation, Regulations, and Hospital Guidelines for Newborn Screening for Critical

- Congenital Heart Defects - United States, 2011-2014. MMWR Morb Mortal Wkly Rep [Internet]. 2015;64(23):625–30. Available from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26086632>
52. Lannering K, Bartos M, Mellander M. Late Diagnosis of Coarctation Despite Prenatal Ultrasound and Postnatal Pulse Oximetry. Pediatrics [Internet]. 2015;136(2):e406-12. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26169432>
 53. R. K, I. G, C. D, J. B, C. B, C. W. Newborn screening for congenital heart defects: a systematic review and cost-effectiveness analysis. Health Technol Assess [Internet]. 2005;9(44):1–iv. Available from:
<http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=emed7&NEWS=N&AN=16297355>
 54. Brosco JP, Grosse SD, Ross LF. Universal State Newborn Screening Programs Can Reduce Health Disparities. JAMA Pediatr [Internet]. 2015;169(1):7–8. Available from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4528613/pdf/nihms-702683.pdf>
 55. Engel MS, Kochilas LK. Pulse oximetry screening : a review of diagnosing critical congenital heart disease in newborns. 2016;199–203.
 56. Jegatheesan P, Song D, Angell C, Devarajan K, Govindaswami B. Oxygen Saturation Nomogram in Newborns Screened for Critical Congenital Heart Disease. Pediatrics [Internet]. 2013;131(6):e1803–10. Available from:
<http://pediatrics.aappublications.org/cgi/doi/10.1542/peds.2012-3320>
 57. Martin GR, Beekman RH, Mikula EB, Fasules J, Garg LF, Kemper AR, et al. Implementing recommended screening for critical congenital heart disease. Pediatrics [Internet]. 2013;132(1):e185-92. Available from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23776113>
 58. Report MW. Motor Vehicle Traffic - Related Pedestrian Deaths — United States , 2001 – 2010. 2013;62(15):2001–10.
 59. Pulse T, Project O. Screening for Critical Congenital Heart Disease in the Apparently Healthy Newborn.
 60. 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* [Internet]. 2012;379(9835):2459–64. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60107-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60107-X)
61. Hospital Guidelines for Implementing Pulse Oximetry Screening for Critical Congenital Heart Disease. 2012;(March).
 62. Advances HA, Care N. Detección de cardiopatías congénitas en neonatos asintomáticos : algoritmo para enfermería Neonatal. *Enfermería Neonatal*. 12(3):33–4.
 63. Oximetría de pulso como tamizaje de cardiopatías congénitas en neonatos. 2014;
 64. Brien LMO, Stebbens VA, Poets CF, Heycock EG, Southall DP. Oxygen saturation during the first 24 hours of life. 2000;35–9.
 65. Salyer JW, Faarc MBAR. Neonatal and Pediatric Pulse Oximetry. 2003;386–98.
 66. Hoffman JIE. It is time for routine neonatal screening by pulse oximetry. *Neonatology*. 2010;99(1):1–9.
 67. Lee TW, Skelton RE, Skene C. Routine neonatal examination: effectiveness of trainee paediatrician compared with advanced neonatal nurse practitioner. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2001;85(2):F100-4.
 68. Blom, Nico A Verhart, M Smit, M Posthumus, F van den Broek, A Havers, H Haak, M Pas A. Adapted protocol for pulse oximetry screening for congenital heart defects in a country with homebirths. *Eur J Pediatr*. 2015;174.
 69. Farner, R Livingston, J Rubio, Suwann Gutierrez, M Gong A. The Nurse Champion Model for Advancing Newborn Screening of Critical Congenital Heart Disease.
 70. Lhost, J Goetz, E Belling, J van Roojen, W Spicer, G Hokanson J. Pulse Oximetry Screening for Critical Congenital Heart Disease in Planned Out-of-Hospital Births. 2014;
 71. Ailes EC, Gilboa SM, Honein MA, Oster ME. Estimated Number of Infants Detected and Missed by Critical Congenital Heart Defect Screening. 2015;135(6).
 72. Pulse oximetry as screening tool for detecting major congenital heart defects in Indian newborns. *Arch Dis Child - Fetal Neonatal Ed*. 2015;100(5):16–21.
 73. Voluntary Implementation of Critical Congenital Heart Disease Screening in

Washington Hospitals. :193–202.

74. Evers P, Vernon M, Schults A. Critical congenital heart disease screening practices among licensed midwives in Washington state. *J Midwifery Womens Heal.* 2015;60(2):206–10.
75. Dobbenga-Rhodes Y. Critical congenital heart disease screening tools may reduce neonatal deaths. *AORN J.* 2014;100(5):7–8.
76. Kochilas LK, Menk J, Saarinen A, Gaviglio A, Lohr JL. A Comparison of Retesting Rates Using Alternative Testing Algorithms in the Pilot Implementation of Critical Congenital Heart Disease Screening in Minnesota. *Pediatr Cardiol.* 2015;36(3):550–4.
77. Ewer AK. Evidence for CCHD screening and its practical application using pulse oximetry. *Early Hum Dev.* 2014;90(2):19–21.
78. Narayen IC, Blom NA, Ewer AK, Vento M, Manzoni P, te Pas A. Aspects of pulse oximetry screening for critical congenital heart defects: when, how and why? *Arch Dis Child - Fetal Neonatal Ed.* 2016;101(2):162–7.
79. Reeder M, Kim J, Nance A, Krikov S, Feldkamp M, 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. *Birh Defects Res A Clin Mol Teratol.* 2015;103(11):962–71.
80. Tin W, Lal M. Principles of pulse oximetry and its clinical application in neonatal medicine. *Semin Fetal Neonatal Med.* 2015;20(3):192–7.
81. Hoffman JIE, Kaplan S. The Incidence of Congenital Heart Disease. *J Am Coll Cardiol* [Internet]. 2002;39(12):1890–900. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0735-1097\(02\)01886-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0735-1097(02)01886-7)
82. Arlettaz R, Bauschatz AS, Mönkhoff M, Essers B BU. The contribution of pulse oximetry to the early detection of congenital heart disease in newborns. *Eur J Pediatr* [Internet]. 2006;165(2):94–8. Available from: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00431-005-0006-y>
83. Griebisch I, Knowles R, Brown J, Bull C, Wren C, Dezateux C. 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 Heal Care*. 2007;23(2):192–204.
84. Fouzas S, Priftis K, Anthracopoulos M. Pulse oximetry in pediatric practice. *Pediatrics*. 2011;128(4):740–52.
85. Statement P. Endorsement of Health and Human Services Recommendation for Pulse Oximetry Screening for Critical Congenital Heart Disease abstract.
86. Chang RK, Rodriguez S KT. Screening newborns for congenital heart disease with pulse oximetry: survey of pediatric cardiologists. *Pediatr Cardiol* [Internet]. 2009;30(1):20–5. Available from: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00246-008-9270-8>