

TRIAGEM NEONATAL PARA DOENÇA CARDÍACA CONGÊNITA CRÍTICA USANDO OXIMETRIA DE PULSO

Ilana Taisa Barbosa Bezerra Almeida¹, Thiago Franceschini Fliegner², Allan Mascarenhas de Cerqueira Lima³, André de França Dias⁴.



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n9p2869-2877>

Artigo recebido em 30 de Julho e publicado em 02 de Outubro de 2024

ARTIGO DE REVISÃO

RESUMO

Introdução: A doença cardíaca congênita (DCC) é o distúrbio congênito mais comum em recém-nascidos. DCC crítica, definida como exigindo cirurgia ou intervenção baseada em cateter no primeiro ano de vida, representa aproximadamente 25% de toda a CHD. Embora muitos recém-nascidos com DCC crítica sejam sintomáticos e identificados logo após o nascimento, outros não são diagnosticados até após a alta da hospitalização do parto. Em bebês com lesões cardíacas críticas, o risco de morbidade e mortalidade aumenta quando há um atraso no diagnóstico e encaminhamento oportuno para um centro terciário com experiência no tratamento desses pacientes. **Objetivos:** discutir a triagem neonatal para hipoxemia e seus benefícios. **Metodologia:** Revisão de literatura integrativa a partir de bases científicas de dados da Scielo, da PubMed e da BVS, no período de janeiro a abril de 2024, com os descritores "Newborn Screening", "Critical Congenital Heart Disease" AND "Pulse Oximetry". Incluíram-se artigos de 2019-2024 (total 73), com exclusão de outros critérios e escolha de 05 artigos na íntegra. **Resultados e Discussão:** A CHD crítica é responsável por aproximadamente 25% de toda a DCC. A maioria dos recém-nascidos com DCC crítica é diagnosticada no pré-natal ou após exame clínico durante a hospitalização do parto. No entanto, até 30% dos recém-nascidos com DCC crítica parecem saudáveis no exame de rotina, e sinais de CHD crítica podem não ser aparentes nos primeiros dias de vida. A cianose pode não ser clinicamente aparente em pacientes com dessaturação leve (>80% de saturação) ou anemia. Em recém-nascidos com pigmentação de pele escura, a cianose pode ser especialmente difícil de apreciar. O momento da apresentação varia com a lesão subjacente e sua dependência de um ducto arterioso patente (PDA). Em pacientes com lesões dependentes de ductais, o fechamento do PDA nos primeiros dias de vida pode precipitar uma rápida deterioração clínica com consequências potencialmente fatais (ou seja, acidose metabólica grave, convulsões, choque cardiogênico, parada cardíaca ou lesão no órgão final). Outros pacientes podem ter lesões que não dependem da patência do PDA (por exemplo, retorno venoso pulmonar anômalo total, tronco arterial), mas o diagnóstico tardio pode igualmente levar a resultados ruins. Para bebês com DCC crítica que não são diagnosticadas durante a hospitalização do parto, o risco de mortalidade é de 30%. O principal benefício da oximetria de pulso neonatal (POS) para DCC crítica é a identificação oportuna de recém-nascidos com DCC crítica antes da alta da hospitalização do parto, minimizando assim a morbidade e a mortalidade associadas ao diagnóstico tardio. O POS universal para recém-nascidos melhora a detecção de CHD crítica em comparação com o exame físico sozinho. Além disso, nenhuma criança morreu de uma lesão dependente do duto na região utilizando POS de rotina versus cinco mortes em regiões sem triagem de rotina. Um benefício secundário do POS neonatal é que ele identifica outras condições neonatais graves associadas à hipoxemia. Causas não cardíacas comuns de hipoxemia que são identificadas através de POS de recém-nascidos incluem: Sepsis; pneumonia; taquipneia transitória do recém-nascido; Síndrome do desconforto respiratório; Hipertensão pulmonar persistente do recém-nascido; Síndrome de aspiração de mecônio; Pneumotórax. A triagem é realizada em >24 horas após o nascimento ou o mais tarde possível se a alta precoce for planejada. A saturação de oxigênio (SpO₂) deve ser medida na mão direita (preductal) e em qualquer um dos pés (pós-ductal). Recém-nascidos com resultados positivos de triagem devem ser submetidos a avaliação para identificar a causa da hipoxemia. Se a DCC crítica for identificada na ecocardiografia, é garantida uma consulta urgente com um cardiologista pediátrico e/ou transferência para uma instalação médica com experiência em cardiologia pediátrica.

Conclusão: Em bebês com lesões cardíacas críticas, o risco de morbidade e mortalidade aumenta quando há um atraso no diagnóstico e encaminhamento oportuno para um centro terciário com experiência no tratamento desses pacientes.

Palavras-chave: "Triagem Neonatal"; "Doença Cardíaca Congênita Crítica"; "Oximetria de Pulso".



NEWBORN SCREENING FOR CRITICAL CONGENITAL HEART DISEASE USING PULSE OXIMETRY

ABSTRACT

Introduction: Congenital heart disease (CHD) is the most common congenital disorder in newborns. Critical CHD, defined as requiring surgery or catheter-based intervention within the first year of life, represents approximately 25% of all CHD. Although many newborns with critical CHD are symptomatic and identified shortly after birth, others are not diagnosed until after discharge from birth hospitalization. In infants with critical cardiac injuries, the risk of morbidity and mortality increases when there is a delay in diagnosis and timely referral to a tertiary center experienced in treating these patients. **Objectives:** discuss neonatal screening for hypoxemia and its benefits. **Methodology:** Integrative literature review based on scientific databases from Scielo, PubMed and VHL, from January to April 2024, with the descriptors "Newborn Screening", "Critical Congenital Heart Disease" AND "Pulse Oximetry". Articles from 2019-2024 (total 73) were included, excluding other criteria and choosing 5 full articles. **Results and Discussion:** Critical CHD accounts for approximately 25% of all CHD. Most newborns with critical CHD are diagnosed prenatally or after clinical examination during hospitalization at birth. However, up to 30% of newborns with critical CHD appear healthy on routine examination, and signs of critical CHD may not be apparent in the first few days of life. Cyanosis may not be clinically apparent in patients with mild desaturation (>80% saturation) or anemia. In newborns with dark skin pigmentation, cyanosis can be especially difficult to appreciate. The timing of presentation varies with the underlying lesion and its dependence on a patent ductus arteriosus (PDA). In patients with ductal-dependent lesions, PDA closure within the first few days of life can precipitate rapid clinical deterioration with potentially fatal consequences (i.e., severe metabolic acidosis, seizures, cardiogenic shock, cardiac arrest, or end-organ damage). Other patients may have lesions that are not dependent on PDA patency (e.g., total anomalous pulmonary venous return, truncus arteriosus), but late diagnosis may equally lead to poor outcomes. For babies with critical CHD who are not diagnosed during hospitalization at birth, the risk of mortality is 30%. The primary benefit of neonatal pulse oximetry (POS) for critical CHD is the timely identification of newborns with critical CHD prior to discharge from birth hospitalization, thereby minimizing morbidity and mortality associated with late diagnosis. Universal POS for newborns improves detection of critical CHD compared with physical examination alone. Furthermore, no children died from a duct-dependent injury in the region using routine POS versus five deaths in regions without routine screening. A secondary benefit of neonatal POS is that it identifies other serious neonatal conditions associated with hypoxemia. Common non-cardiac causes of hypoxemia that are identified through newborn POS include: Sepsis; pneumonia; transient tachypnea of the newborn; Respiratory distress syndrome; Persistent pulmonary hypertension of the newborn; Meconium aspiration syndrome; Pneumothorax. Screening is performed >24 hours after birth or as late as possible if early discharge is planned. Oxygen saturation (SpO₂) should be measured on the right hand (preductal) and on either foot (post-ductal). Newborns with positive screening results should undergo evaluation to identify the cause of hypoxemia. If critical CHD is identified on echocardiography, urgent consultation with a pediatric cardiologist and/or transfer to a medical facility with expertise in pediatric cardiology is warranted. **Conclusion:** In infants with critical cardiac injuries, the risk of morbidity and mortality increases when there is a delay in diagnosis and timely referral to a tertiary center with experience in treating these patients.

Keywords: "Newborn Screening"; "Critical Congenital Heart Disease"; "Pulse Oximetry".

Instituição afiliada –1 -Médica, Universidad Sudamericana-PJC ; 2 -Médico, UCEBOL - Universidad Cristiana de Bolívia; 3- Médico, Universidad de Aquino Bolívia -UDABOL; 4- Médico, Universidade de Cuiabá.

Autor correspondente: Ilana Taisa Barbosa Bezerra Almeida - cmaganhinmed@gmail.com

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



INTRODUÇÃO

A doença cardíaca congênita (DCC) é o distúrbio congênito mais comum em recém-nascidos [1-3]. A DCC crítica, definida como a necessidade de cirurgia ou intervenção baseada em cateter no primeiro ano de vida (tabela 1), é responsável por aproximadamente 25 por cento de todas as DCC [4]. Embora muitos recém-nascidos com DCC crítica sejam sintomáticos e identificados logo após o nascimento, outros não são diagnosticados até a alta da hospitalização do parto [5-8]. Em bebês com lesões cardíacas críticas, o risco de morbidade e mortalidade aumenta quando há atraso no diagnóstico e encaminhamento oportuno para um centro terciário com experiência no tratamento desses pacientes [9-11].

CHD crítica refere-se a lesões que requerem cirurgia ou intervenção baseada em cateter no primeiro ano de vida. Esta categoria inclui lesões dependentes de ductos e cianóticas, bem como formas menos graves de CHD que não são dependentes do ducto arterioso patente (PDA). CHD crítica é responsável por aproximadamente 25 por cento de todas as CHD. Lesões de CHD direcionadas pela triagem de oximetria de pulso (POS) incluem defeitos que tipicamente: (A) requerem intervenção no primeiro ano de vida, e (B) apresentam hipoxemia algumas ou na maioria das vezes [12-14]. Isso inclui, mas não está limitado aos seguintes defeitos. Enquanto a POS melhora a identificação precoce de bebês com esses defeitos, alguns recém-nascidos afetados (particularmente aqueles com coarctação da aorta) podem passar na POS.

A cardiopatia congênita é o distúrbio congênito mais comum em recém-nascidos, com uma prevalência de nascimento de aproximadamente 1 a 2 por cento [1-3]. Até 25 por cento dos bebês com cardiopatia congênita têm um defeito "crítico". Vários fatores familiares, maternos e relacionados à gravidez foram relatados como associados a um risco aumentado de cardiopatia congênita. Além disso, a cardiopatia congênita é um achado comum em várias síndromes genéticas.

A maioria dos recém-nascidos com CHD crítica é diagnosticada no pré-natal ou por exame clínico durante a hospitalização do parto. No entanto, até 30 por cento dos recém-nascidos com CHD crítica parecem saudáveis em exames de rotina, e os sinais de CHD crítica podem não ser aparentes nos primeiros dias de vida [16,17]. A cianose pode não ser clinicamente aparente em pacientes com dessaturação leve (> 80 por cento de saturação) ou anemia [18]. Em recém-nascidos com pigmentação escura da pele, a cianose pode ser especialmente difícil de avaliar.

O momento da apresentação varia com a lesão subjacente e sua dependência de um canal arterial patente (PCA). Em pacientes com lesões dependentes do canal (tabela 1), o fechamento do PCA nos primeiros dias de vida pode precipitar rápida deterioração clínica com consequências potencialmente fatais (ou seja, acidose metabólica grave, convulsões, choque cardiogênico, parada cardíaca ou lesão de órgão terminal) [19]. Outros pacientes podem ter lesões que não dependem da permeabilidade do PCA (por exemplo, retorno venoso pulmonar anômalo total, truncus arteriosus), mas o diagnóstico tardio pode levar a resultados ruins. Para bebês com cardiopatia congênita crítica que não são diagnosticados durante a hospitalização do parto, o risco de mortalidade é tão alto quanto 30 por cento [9,11,20].

Ressalta-se o objetivo em discutir a triagem neonatal para hipoxemia e seus benefícios.

METODOLOGIA

O presente artigo trata-se de uma revisão de literatura integrativa sobre a triagem neonatal para hipoxemia com os descritores: "Newborn Screening", "Critical Congenital Heart Disease" AND "Pulse Oximetry", com foco no levantamento bibliográfico de produções científicas atuais e conceituadas na comunidade acadêmica, com base nas melhores evidências. Há de se construir uma nova perspectiva e linha de pensamento sobre a pediatria, com referências teóricas na cirurgia com caminhos conceituais e desmistificação de terminologias.



Foi realizada uma profunda pesquisa de artigos de revisão a partir de bases científicas da Scielo, da PubMed e da BVS, no período de janeiro a março de 2024, com descritores em inglês "Newborn Screening", "Critical Congenital Heart Disease" AND "Pulse Oximetry" e correspondentes em português. Incluíram-se artigos de 2019 a 2024, com total de 71 estudos. Após exclusão de artigos que abordavam outros critérios, foram eleitos 05 artigos para leitura na íntegra.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A doença cardíaca congênita (DCC) é o distúrbio congênito mais comum em recém-nascidos. A DCC crítica, definida como a necessidade de cirurgia ou intervenção baseada em cateter no primeiro ano de vida, é responsável por aproximadamente 25 por cento de todas as DCC. Em bebês com lesões cardíacas críticas, o risco de morbidade e mortalidade aumenta quando há atraso no diagnóstico e encaminhamento oportuno para um centro terciário com experiência no tratamento desses pacientes.

O principal benefício da triagem por oximetria de pulso (POS) neonatal para cardiopatia congênita crítica é a identificação oportuna de recém-nascidos com cardiopatia congênita crítica antes da alta hospitalar, minimizando assim a morbidade e a mortalidade associadas ao diagnóstico tardio.

O objetivo da triagem de CHD crítica em recém-nascidos é reduzir a mortalidade e a morbidade associadas ao diagnóstico tardio, identificando recém-nascidos com CHD crítica em tempo hábil. Há evidências de que a triagem universal de oximetria de pulso (POS) neonatal melhora a identificação de pacientes com CHD crítica em comparação com o exame físico sozinho e pode levar à diminuição da morbidade e mortalidade infantil por CHD crítica. As lesões de CHD direcionadas pela POS incluem defeitos que tipicamente (A) requerem intervenção no primeiro ano de vida e (B) apresentam hipoxemia algumas ou na maioria das vezes.

O principal benefício da triagem por oximetria de pulso (POS) neonatal para cardiopatia congênita crítica é a identificação oportuna de recém-nascidos com cardiopatia congênita crítica antes da alta hospitalar, minimizando assim a morbidade e a mortalidade associadas ao diagnóstico tardio.

A POS universal para recém-nascidos melhora a detecção de CHD crítica em comparação com o exame físico isolado [10,15,22]. Em um grande estudo prospectivo, houve uma menor taxa de diagnósticos perdidos de CHD crítica para recém-nascidos nascidos na região que realizou POS rotineiramente em comparação com aqueles nascidos em regiões onde os recém-nascidos não foram rotineiramente examinados (8 versus 28 por cento) [10]. Além disso, nenhuma criança morreu de uma lesão dependente do ductal na região que utilizou POS de rotina versus cinco mortes em regiões sem triagem de rotina. Para todos os recém-nascidos, sugerimos POS de rotina para detectar CHD crítica.

A triagem é realizada em >24 horas após o nascimento ou o mais tarde possível se a alta precoce for planejada. A saturação de oxigênio (SpO₂) deve ser medida na mão direita (pré-ductal) e em qualquer pé (pós-ductal) (algoritmo 1A-B). Os critérios para uma triagem positiva usando o algoritmo de 2011 e o algoritmo modificado de 2018 são geralmente semelhantes. A principal diferença entre os dois algoritmos é que para recém-nascidos que não passam nem falham na triagem inicial, o algoritmo modificado requer apenas uma triagem repetida, enquanto o algoritmo original de 2011 exigia duas triagens repetidas. Uma triagem positiva é indicada por qualquer um dos seguintes:

-SpO₂ <90 por cento em qualquer extremidade

-SpO₂ 90 a 94 por cento na mão direita e na extremidade inferior em duas a três medições, cada uma separada por uma hora



- Diferença de SpO₂ ≥ 4 por cento entre as extremidades superior e inferior em duas a três medições, cada uma separada por uma hora

O procedimento de triagem pode exigir modificações em certos cenários, como altitudes elevadas, partos fora do hospital (ou seja, partos domiciliares e centros de parto) e bebês internados em unidades de terapia intensiva neonatal (UTIN).

Avaliação de recém-nascidos com resultados positivos de triagem

Um recém-nascido com hipoxemia não deve receber alta do hospital sem excluir condições potencialmente fatais. Recém-nascidos com resultados positivos de exames devem ser submetidos a avaliação para identificar a causa da hipoxemia.

Se uma causa não cardíaca da hipoxemia não puder ser identificada, então a avaliação de CHD crítica como causa deve incluir ecocardiografia de alta qualidade, com interpretação por um clínico com experiência no diagnóstico de CHD. Os pacientes devem ter acesso a esses serviços de diagnóstico no centro de parto, via telemedicina ou por transporte de curta distância. Cada instituição de parto deve estabelecer um protocolo para garantir uma avaliação oportuna para recém-nascidos com um teste de triagem positivo. No entanto, a avaliação do bebê com baixa SpO₂ usando outros meios (por exemplo, radiografia de tórax, exames de sangue) não deve ser adiada enquanto se aguarda um ecocardiograma.

Em recém-nascidos nos quais uma causa alternativa (diferente de cardiopatia congênita crítica) é identificada e tratada, um ecocardiograma pode não ser necessário se a hipoxemia for resolvida.

Se CHD crítica for identificada na ecocardiografia, é necessária uma consulta urgente com um cardiologista pediátrico e/ou transferência para uma unidade médica com experiência em cardiologia pediátrica. Recém-nascidos com lesões dependentes do ducto apresentam risco aumentado de morte e morbidade significativa, a menos que intervenções sejam iniciadas para manter a permeabilidade do ducto arterioso, garantir a mistura adequada de sangue desoxigenado e oxigenado e/ou aliviar o fluxo sanguíneo obstruído.

Avaliação de recém-nascidos com resultados negativos de triagem

Recém-nascidos com resultados negativos de triagem (ou seja, aqueles que "passam" no teste) que estão clinicamente bem sem sinais relativos a possível CHD (por exemplo, sopros cardíaco, pulsos femorais fracos) não requerem avaliação adicional. No entanto, é importante reconhecer que bebês com triagem negativa ainda podem ter CHD crítica porque a hipoxemia pode não estar presente o tempo todo em algumas lesões de CHD.

Estima-se que a POS universal para recém-nascidos pode deixar passar tantos casos de cardiopatia congênita crítica quantos detecta [15,17]. A POS não pode "descartar" a presença de cardiopatia congênita crítica [46]. Além disso, a POS não detectará lesões de cardiopatia congênita não críticas que, no entanto, sejam clinicamente significativas (por exemplo, estenose aórtica, grandes defeitos atriais ou ventriculares) [27]. Se houver suspeita clínica de cardiopatia congênita, uma avaliação adicional deve ser buscada mesmo no cenário de um resultado de oximetria de pulso normal

Custo-Eficácia

O custo de um programa universal de triagem de CHD crítica inclui os custos diretos da oximetria de pulso (equipamento, treinamento de pessoal, tempo de equipe necessário para triagem) e os custos de avaliação adicional e possível transferência de pacientes que falham no teste de oximetria de triagem inicial [32]. O custo e a qualidade do acompanhamento variam dependendo da acessibilidade e do custo do atendimento de subespecialidade cardíaca



pediátrica e da necessidade de transferência. Nos Estados Unidos, o custo adicional para triagem universal de oximetria de pulso foi estimado em cerca de US\$ 5 a US\$ 6 por recém-nascido [63,64].

A triagem de CHD crítica pode resultar na redução dos custos associados ao diagnóstico tardio de CHD crítica. Conforme mencionado acima, em um estudo observacional populacional de 3603 bebês com CHD crítica, houve um maior número de admissões, mais dias de hospitalização e maiores custos de internação entre bebês com CHD detectada tardiamente (n = 825) em comparação com aqueles que foram diagnosticados pré-natalmente ou durante a hospitalização do parto. Os autores sugerem que a triagem pode levar à redução de custos, mas mais estudos prospectivos são necessários para confirmar isso.

Em estudos sobre a relação custo-eficácia da POS neonatal, o custo incremental da oximetria de pulso mais exame clínico em comparação com o exame isolado foi estimado em US\$ 20.000 a US\$ 35.000 por diagnóstico oportuno [64,65]. O custo por ano de vida ganho é estimado em aproximadamente US\$ 12.000 a US\$ 40.000 [64,66]. A maior variação nos custos entre os centros está no uso do equipamento, com o uso de sondas reutilizáveis levando a uma economia considerável de custos em comparação com sondas descartáveis [67].

Implementação

A triagem neonatal universal para CHD crítica é endossada pela Academia Americana de Pediatria (AAP), Associação Americana do Coração (AHA) e Colégio Americano de Cardiologia (ACC) [31,32]. A triagem foi adicionada ao Painel de Triagem Uniforme Recomendado dos Estados Unidos em 2011. Desde então, todos os 50 estados e o Distrito de Columbia implementaram políticas que exigem que a triagem de CHD crítica seja realizada ou oferecida [68]. No entanto, nem todos os estados têm sistemas de dados em vigor para rastrear os resultados e desfechos da triagem. Programas de triagem também estão em vigor em alguns países europeus e outras partes do mundo [69-73]. Os clínicos devem consultar as diretrizes de sua área de prática para determinar o algoritmo e os protocolos apropriados a serem usados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A doença cardíaca congênita (DCC) é o distúrbio congênito mais comum em recém-nascidos. A DCC crítica, definida como a necessidade de cirurgia ou intervenção baseada em cateter no primeiro ano de vida é responsável por aproximadamente 25 por cento de todas as DCC. Em bebês com lesões cardíacas críticas, o risco de morbidade e mortalidade aumenta quando há atraso no diagnóstico e encaminhamento oportuno para um centro terciário com experiência no tratamento desses pacientes.

A Oximetria de Pulso (OP) visa a identificação e diagnóstico presuntivo para cardiopatias congênitas críticas. Todos os recém-nascidos devem ser submetidos à oximetria de pulso entre 24 e 48 horas de vida, antes da alta hospitalar. Segundo a cardiopediatra da Maternidade Escola Januário Cicco (MEJC-UFRN-Ebserh), Melina Lima, o diagnóstico pode ser feito ainda durante a gestação, por meio do ecocardiograma fetal, único exame capaz de detectar uma cardiopatia congênita enquanto o bebê ainda está na barriga da mãe, feito entre 21 e 28 semanas de gestação.

Dependendo da cardiopatia congênita, ela pode ser detectada ainda no útero materno, durante as ultrassonografias, e, nos casos graves, os médicos já planejam intervenções logo após o parto. Em bebês com lesões cardíacas críticas, o risco de morbidade e mortalidade aumenta quando há um atraso no diagnóstico e encaminhamento oportuno para um centro terciário com experiência no tratamento desses pacientes.



REFERÊNCIAS

1. Tennant PW, Pearce MS, Bythell M, Rankin J. Sobrevivência de 20 anos de crianças nascidas com anomalias congênitas: um estudo de base populacional. *Lancet* 2010; 375:649.
2. Bird TM, Hobbs CA, Cleves MA, et al. Taxas nacionais de defeitos congênitos entre recém-nascidos hospitalizados. *Birth Defects Res A Clin Mol Teratol* 2006; 76:762.
3. Canfield MA, Honein MA, Yuskiv N, et al. Estimativas nacionais e variação específica de raça/etnia de defeitos congênitos selecionados nos Estados Unidos, 1999-2001. *Birth Defects Res A Clin Mol Teratol* 2006; 76:747.
4. Oster ME, Lee KA, Honein MA, et al. Tendências temporais na sobrevivência entre bebês com defeitos cardíacos congênitos críticos. *Pediatrics* 2013; 131:e1502.
5. Wren C, Reinhardt Z, Khawaja K. Tendências de vinte anos no diagnóstico de malformações cardiovasculares neonatais com risco de vida. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2008; 93:F33.
6. Gregory J, Emslie A, Wyllie J, Wren C. Exame para malformações cardíacas em seis semanas de idade. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 1999; 80:F46.
7. Samánek M, Slavík Z, Zborilová B, et al. Prevalência, tratamento e resultado de doença cardíaca em crianças nascidas vivas: uma análise prospectiva de 91.823 crianças nascidas vivas. *Pediatr Cardiol* 1989; 10:205.
8. Peterson C, Ailes E, Riehle-Colarusso T, et al. Detecção tardia de cardiopatia congênita crítica entre bebês dos EUA: estimativa do impacto potencial da triagem universal proposta usando oximetria de pulso. *JAMA Pediatr* 2014; 168:361.
9. Kuehl KS, Loffredo CA, Ferencz C. Falha no diagnóstico de cardiopatia congênita na infância. *Pediatrics* 1999; 103:743.
10. de-Wahl Granelli A, Wennergren M, Sandberg K, et al. Impacto da triagem por oximetria de pulso na detecção de cardiopatia congênita dependente de ducto: um estudo sueco de triagem prospectiva em 39.821 recém-nascidos. *BMJ* 2009; 338:a3037.
11. Eckersley L, Sadler L, Parry E, et al. O momento do diagnóstico afeta a mortalidade em cardiopatia congênita crítica. *Arch Dis Child* 2016; 101:516.
12. Talner CN. Relatório do Programa Cardíaco Infantil Regional da Nova Inglaterra, por Donald C. Fyler, MD, *Pediatrics*, 1980;65(supl):375-461. *Pediatrics* 1998; 102:258.
13. Mahle WT, Newburger JW, Matherne GP, et al. Papel da oximetria de pulso no exame de recém-nascidos para doença cardíaca congênita: uma declaração científica da AHA e AAP. *Pediatrics* 2009; 124:823.
14. Oster ME, Aucott SW, Glidewell J, et al. Lições aprendidas com triagem neonatal para defeitos cardíacos congênitos críticos. *Pediatrics* 2016; 137.
15. Lannering K, Kazamia K, Bergman G, et al. Triagem para defeitos cardíacos congênitos críticos na Suécia. *Pediatrics* 2023; 152.
16. Khoshnood B, Lelong N, Houyel L, et al. Prevalência, momento do diagnóstico e mortalidade de recém-nascidos com defeitos cardíacos congênitos: um estudo de base populacional. *Heart* 2012; 98:1667.
17. Ailes EC, Gilboa SM, Honein MA, Oster ME. Número estimado de bebês detectados e perdidos pela triagem de defeitos cardíacos congênitos críticos. *Pediatrics* 2015; 135:1000.
18. Lees MH. Cianose do recém-nascido. Reconhecimento e avaliação clínica. *J Pediatr* 1970; 77:484.
19. Schultz AH, Localio AR, Clark BJ, et al. Características epidemiológicas da apresentação de cardiopatia congênita crítica: implicações para triagem. *Pediatrics* 2008; 121:751.
20. Chang RK, Gurvitz M, Rodriguez S. Diagnóstico perdido de doença cardíaca congênita crítica. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2008; 162:969.
21. Peterson C, Dawson A, Grosse SD, et al. Hospitalizações, custos e mortalidade entre bebês com cardiopatia congênita crítica: quão importante é a detecção oportuna? *Birth Defects Res A Clin Mol Teratol* 2013; 97:664.
22. Zhao QM, Ma XJ, Ge XL, et al. Oximetria de pulso com avaliação clínica para triagem de cardiopatia congênita em neonatos na China: um estudo prospectivo. *Lancet* 2014; 384:747.



23. Garg LF, Van Naarden Braun K, Knapp MM, et al. Resultados do programa de triagem de defeitos cardíacos congênitos críticos em todo o estado de Nova Jersey. *Pediatrics* 2013; 132:e314.
24. Abuk R, Grosse SD, Ailes EC, Oster ME. Associação de Implementação Estadual dos EUA de Políticas de Triagem Neonatal para Doença Cardíaca Congênita Crítica com Mortes Cardíacas Precoces em Bebês. *JAMA* 2017; 318:2111.
25. Sakai-Bizmark R, Kumamaru H, Marr EH, et al. Triagem de oximetria de pulso: Associação de mandatos estaduais com hospitalizações de emergência. *Pediatr Cardiol* 2023; 44:67.
26. Ewer AK, Middleton LJ, Furmston AT, et al. Triagem de oximetria de pulso para defeitos cardíacos congênitos em recém-nascidos (PulseOx): um estudo de precisão de teste. *Lancet* 2011; 378:785.
27. Singh Y, Chen SE. Impacto da triagem de oximetria de pulso para detectar defeitos cardíacos congênitos: experiência de 5 anos em uma unidade neonatal regional do Reino Unido. *Eur J Pediatr* 2022; 181:813.
28. Henderson A, Aguirre D, Singh A, Ewer AK. Tendências temporais na triagem de oximetria de pulso de rotina pré-alta: experiência de 6 anos em uma unidade neonatal regional do Reino Unido. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2022; 107:256.
29. Plana MN, Zamora J, Suresh G, et al. Triagem de oximetria de pulso para defeitos cardíacos congênitos críticos. *Cochrane Database Syst Rev* 2018; 3:CD011912.
30. Powell R, Pattison HM, Bhojar A, et al. Triagem de oximetria de pulso para defeitos cardíacos congênitos em recém-nascidos: uma avaliação da aceitabilidade para as mães. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2013; 98:F59.
31. Mahle WT, Martin GR, Beekman RH 3rd, et al. Endosso da recomendação de Saúde e Serviços Humanos para triagem de oximetria de pulso para doença cardíaca congênita crítica. *Pediatrics* 2012; 129:190.
32. Kemper AR, Mahle WT, Martin GR, et al. Estratégias para implementar triagem para doença cardíaca congênita crítica. *Pediatrics* 2011; 128:e1259.
33. Martin GR, Ewer AK, Gaviglio A, et al. Estratégias atualizadas para triagem de oximetria de pulso para doença cardíaca congênita crítica. *Pediatrics* 2020; 146.
34. Mouledoux J, Guerra S, Ballweg J, et al. Uma nova abordagem mais eficiente e em estágios para triagem de cardiopatia congênita crítica. *J Perinatol* 2017; 37:288.
35. Diller CL, Kelleman MS, Kupke KG, et al. Um algoritmo modificado para triagem de doença cardíaca congênita crítica usando oximetria de pulso. *Pediatrics* 2018; 141.
36. Valmari P. A oximetria de pulso deve ser usada para rastrear doença cardíaca congênita? *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2007; 92:F219.
37. Richmond S, Reay G, Abu Harb M. Oximetria de pulso de rotina no recém-nascido assintomático. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2002; 87:F83.
38. Koppel RI, Druschel CM, Carter T, et al. Eficácia da triagem de oximetria de pulso para doença cardíaca congênita em recém-nascidos assintomáticos. *Pediatrics* 2003; 111:451.
39. Thangaratinam S, Daniels J, Ewer AK, et al. Precisão da oximetria de pulso na triagem de cardiopatia congênita em recém-nascidos assintomáticos: uma revisão sistemática. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2007; 92:F176.
40. Reich JD, Connolly B, Bradley G, et al. Confiabilidade de uma única leitura de oximetria de pulso como um teste de triagem para doença cardíaca congênita em recém-nascidos assintomáticos: a importância dos fatores humanos. *Pediatr Cardiol* 2008; 29:371.
41. Poets CF, Stebbens VA. Detecção de artefato de movimento em saturação de oxímetro de pulso registrada. *Eur J Pediatr* 1997; 156:808.
42. Fouzas S, Priftis KN, Anthracopoulos MB. Oximetria de pulso na prática pediátrica. *Pediatrics* 2011; 128:740.
43. Thangaratinam S, Brown K, Zamora J, et al. Triagem de oximetria de pulso para defeitos cardíacos congênitos críticos em recém-nascidos assintomáticos: uma revisão sistemática e meta-análise. *Lancet* 2012; 379:2459.



44. Kochilas LK, Menk JS, Saarinen A, et al. Uma comparação de taxas de reteste usando algoritmos de teste alternativos na implementação piloto de triagem de cardiopatia congênita crítica em Minnesota. *Pediatr Cardiol* 2015; 36:550.
45. Hoke TR, Donohue PK, Bawa PK, et al. Saturação de oxigênio como um teste de triagem para doença cardíaca congênita crítica: um estudo preliminar. *Pediatr Cardiol* 2002; 23:403.
46. Oster ME, Colarusso T, Glidewell J. Triagem para cardiopatia congênita crítica: uma questão de sensibilidade. *Pediatr Cardiol* 2013; 34:203.
47. Wright J, Kohn M, Niermeyer S, Rausch CM. Viabilidade da triagem neonatal de cardiopatia congênita crítica em altitude moderada. *Pediatrics* 2014; 133:e561.
48. Paranka MS, Brown JM, White RD, et al. O impacto da altitude na triagem de cardiopatia congênita crítica. *J Perinatol* 2018; 38:530.
49. Han LM, Klewer SE, Blank KM, et al. Viabilidade da triagem de oximetria de pulso para doença cardíaca congênita crítica a uma elevação de 2643 pés. *Pediatr Cardiol* 2013; 34:1803.
50. Samuel TY, Bromiker R, Mimouni FB, et al. Saturação de oxigênio em recém-nascidos em altitude moderada versus nível do mar: implicações para triagem neonatal de cardiopatia congênita crítica. *Acta Paediatr* 2013; 102:379.
51. Hoffman JI. A oximetria de pulso é útil para triagem de neonatos para doença cardíaca congênita crítica em altitudes elevadas? *Pediatr Cardiol* 2016; 37:812.
52. Lueth E, Russell L, Duster M, et al. Uma nova abordagem para triagem de doença cardíaca congênita crítica (CCHD) em altitude moderada. *Int J Neonatal Screen* 2016; 2:4.
53. Evers PD, Vernon MM, Schultz AH. Práticas críticas de triagem de cardiopatia congênita entre parteiras licenciadas no estado de Washington. *J Midwifery Womens Health* 2015; 60:206.
54. Lhost JJ, Goetz EM, Belling JD, et al. Triagem de oximetria de pulso para doença cardíaca congênita crítica em partos planejados fora do hospital. *J Pediatr* 2014; 165:485.
55. Cawsey MJ, Noble S, Cross-Sudworth F, Ewer AK. Viabilidade da triagem de oximetria de pulso para defeitos cardíacos congênitos críticos em partos domiciliares. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2016; 101:F349.
56. Narayen IC, Blom NA, Bourgonje MS, et al. Triagem de oximetria de pulso para doença cardíaca congênita crítica após parto domiciliar e alta precoce. *J Pediatr* 2016; 170:188.
57. Narayen IC, Blom NA, Verhart MS, et al. Protocolo adaptado para triagem de oximetria de pulso para defeitos cardíacos congênitos em um país com partos domiciliares. *Eur J Pediatr* 2015; 174:129.
58. Miller KK, Vig KS, Goetz EM, et al. Triagem de oximetria de pulso para doença cardíaca congênita crítica em partos planejados fora do hospital e a incidência de doença cardíaca congênita crítica na comunidade Plain. *J Perinatol* 2016; 36:1088.
59. Manja V, Mathew B, Carrion V, Lakshminrusimha S. Triagem de cardiopatia congênita crítica por oximetria de pulso em uma unidade de terapia intensiva neonatal. *J Perinatol* 2015; 35:67.
60. Murphy D, Pak Y, Cleary JP. Oximetria de pulso superestima a oxihemoglobina em neonatos com doença cardíaca congênita crítica. *Neonatology* 2016; 109:213.
61. Van Naarden Braun K, Grazel R, Koppel R, et al. Avaliação da triagem de defeitos cardíacos congênitos críticos usando oximetria de pulso na unidade de terapia intensiva neonatal. *J Perinatol* 2017; 37:1117.
62. Goetz EM, Magnuson KM, Eickhoff JC, et al. Triagem de oximetria de pulso para doença cardíaca congênita crítica na unidade de terapia intensiva neonatal. *J Perinatol* 2016; 36:52.
63. Kochilas LK, Lohr JL, Bruhn E, et al. Implementação de triagem de cardiopatia congênita crítica em Minnesota. *Pediatrics* 2013; 132:e587.
64. Peterson C, Grosse SD, Oster ME, et al. Custo-efetividade da triagem de rotina para cardiopatia congênita crítica em recém-nascidos nos EUA. *Pediatrics* 2013; 132:e595.
65. Roberts TE, Barton PM, Auguste PE, et al. Oximetria de pulso como teste de triagem para defeitos cardíacos congênitos em recém-nascidos: uma análise de custo-efetividade. *Arch Dis Child* 2012; 97:221.



66. Grosse SD, Peterson C, Abouk R, et al. Avaliações de custo e custo-efetividade da triagem neonatal para doença cardíaca congênita crítica usando oximetria de pulso: uma revisão. *Int J Neonatal Screen* 2017; 3:34.
67. Reeder MR, Kim J, Nance A, et al. Avaliação de custo e uso de recursos associados à triagem de oximetria de pulso para doença cardíaca congênita crítica: Estimativas empíricas e fontes de variação. *Birth Defects Res A Clin Mol Teratol* 2015; 103:962.
68. Glidewell J, Grosse SD, Riehle-Colarusso T, et al. Ações em apoio à triagem neonatal para doença cardíaca congênita crítica - Estados Unidos, 2011-2018. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2019; 68:107.
69. Manzoni P, Martin GR, Sanchez Luna M, et al. Triagem de oximetria de pulso para defeitos cardíacos congênitos críticos: uma declaração de consenso europeu. *Lancet Child Adolesc Health* 2017; 1:88.
70. Narayan IC, Blom NA, Ewer AK, et al. Aspectos da triagem de oximetria de pulso para defeitos cardíacos congênitos críticos: quando, como e por quê? *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2016; 101:F162.
71. de-Wahl Granelli A, Meberg A, Ojala T, et al. Triagem nórdica de oximetria de pulso--status de implementação e proposta para diretrizes uniformes. *Acta Paediatr* 2014; 103:1136.
72. Al Mazrouei SK, Moore J, Ahmed F, et al. Implementação regional de triagem neonatal para triagem de cardiopatia congênita crítica em Abu Dhabi. *Pediatr Cardiol* 2013; 34:1299.
73. Martin GR, Beekman RH 3rd, Mikula EB, et al. Implementando triagem recomendada para doença cardíaca congênita crítica. *Pediatrics* 2013; 132:e185.