



## ARTIGO ORIGINAL

# Functional echocardiography training in the neonatal intensive care unit: comparing measurements and results with the pediatric cardiologist<sup>☆</sup>



Marina Maccagnano Zamith <sup>id a,\*</sup>, Simone de Araujo Negreiros Figueira <sup>id b</sup>, Allan Chiaratti de Oliveira <sup>id b</sup>, Cristiane Metolina <sup>id b</sup>, Junia Sampel de Castro <sup>id b</sup>, Cristina Nunes dos Santos <sup>id b</sup>, Ana Leticia de Oliveira Abrahão de Capo <sup>id b</sup> e Valdir Ambrósio Moisés <sup>id a</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), Departamento de Medicina, Divisão de Cardiologia, São Paulo, SP, Brasil

<sup>b</sup> Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), Departamento de Pediatria, Divisão de Neonatologia, São Paulo, SP, Brasil

Recebido em 29 de janeiro de 2019; aceito em 26 de abril de 2019

### KEYWORDS

Functional echocardiography;  
Neonatal intensive care unit;  
Neonatologists;  
Neonatal hemodynamic evaluation

### Abstract

**Objectives:** Functional echocardiography is a valuable tool in the neonatal intensive care unit, but training programs are not standardized. The aim was to report an functional echocardiography training program for neonatologists and to describe the agreement of their measurements with the pediatric cardiologist.

**Methods:** Functional echocardiography training lasted 32 h. After training program, the neonatologists performed functional echocardiography in the neonatal intensive care unit and were required to measure left cardiac chambers dimensions, left ventricle systolic function, right and left ventricular output, ductus arteriosus diameter, and flow pattern. Images were recorded by the equipment and reviewed offline by the pediatric cardiologist. The Bland–Altman test was used for quantitative variables and the kappa test, for qualitative variables.

**Results:** Twenty-two trained neonatologists performed 100 functional echocardiography exams. Ductus arteriosus identification and flow pattern had substantial agreement (kappa=0.91 and 0.88, respectively), as well as its diameter (mean difference=0.04 mm). The mean difference for the aortic root was –1.2 mm; left atrium, 0.60 mm; left ventricle diastolic diameter, –0.90 mm; left ventricle systolic diameter, –0.30 mm. Shortening fraction and ejection

DOI se refere ao artigo:

<https://doi.org/10.1016/j.jpmed.2019.04.006>

<sup>☆</sup> Como citar este artigo: Zamith MM, Figueira SA, Oliveira AC, Metolina C, Castro JS, Santos CN, et al. Functional echocardiography training in the neonatal intensive care unit comparing measurements and results with the pediatric cardiologist. J Pediatr (Rio J). 2020;96:614–20.

\* Autor para correspondência.

E-mail: [mzth27@icloud.com](mailto:mzth27@icloud.com) (M.M. Zamith).

**PALAVRAS-CHAVE**

Ecocardiografia funcional;  
Unidade de terapia intensiva neonatal;  
Neonatologistas;  
Avaliação hemodinâmica neonatal

fraction correlated well with broad limits of agreement,  $-2.96\%$  (14.88;  $-20.82\%$ ) and  $-3.43\%$  (15.54;  $-22.40\%$ ), respectively. Right and left ventricular output had broad limits of agreement, 16.69 mL/kg/min (222.76;  $-189.37$ ) and 23.57 mL/kg/min (157.88;  $-110$ ), respectively. There was good agreement between interpretations of normal or low cardiac output (76.7% for right ventricular output; 75.7% for left ventricular output).

**Conclusion:** This functional echocardiography training program enabled neonatologists to obtain adequate skills in performing the images, obtaining good agreement with the cardiologist in simple hemodynamic measurements and ductus arteriosus evaluation.

© 2019 Sociedade Brasileira de Pediatria. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

### Treinamento em ecocardiografia funcional na unidade de terapia intensiva neonatal: comparando as medidas e resultados com o cardiologista pediátrico

**Resumo**

**Objetivos:** A ecocardiografia funcional é uma ferramenta valiosa na unidade de terapia intensiva neonatal, mas os programas de treinamento não são padronizados. Nosso objetivo foi relatar um programa de treinamento em ecocardiografia funcional para neonatologistas e descrever a concordância de suas medidas com o cardiologista pediátrico.

**Métodos:** O treinamento em ecocardiografia funcional durou 32 horas. Após o programa de treinamento, os neonatologistas faziam ecocardiografia funcional na unidade de terapia intensiva neonatal e mediam as dimensões das câmaras cardíacas esquerdas, função sistólica do ventrículo esquerdo, débito cardíaco do ventrículo direito e débito cardíaco do ventrículo esquerdo, diâmetro do canal arterial e o padrão de fluxo. As imagens foram registradas no equipamento e revisadas *offline* pelo cardiologista pediátrico. O teste de Bland-Altman foi usado para variáveis quantitativas e o teste Kappa para variáveis qualitativas.

**Resultados:** Foram feitas por 22 neonatologistas treinados 100 ecocardiografias funcionais. A identificação do canal arterial e o padrão de fluxo apresentaram concordância substancial (Kappa = 0,91 e 0,88, respectivamente), bem como seu diâmetro (diferença média = 0,04 mm). A diferença média foi de -1,2 mm para a raiz da aorta, 0,60 mm para o átrio esquerdo, -0,90 mm para o diâmetro diastólico do ventrículo esquerdo e de -0,30 mm para o diâmetro sistólico do ventrículo esquerdo. A fração de encurtamento e a fração de ejeção apresentaram boas correlações, com amplos limites de concordância, respectivamente  $-2,96\%$  (14,88;  $-20,82\%$ ) e  $-3,43\%$  (15,54;  $-22,40\%$ ). Os débitos cardíacos do ventrículo direito e do ventrículo esquerdo apresentaram amplos limites de concordância, 16,69 mL/kg/min (222,76;  $-189,37$ ) e 23,57 mL/kg/min (157,88;  $-110$ ), respectivamente. Houve boa concordância entre a interpretação de débito cardíaco normal ou baixo (76,7% de débito ventricular direito; 75,7% de débito ventricular esquerdo).

**Conclusão:** Esse programa de treinamento em ecocardiografia funcional permitiu aos neonatologistas obter habilidades adequadas na realização das imagens, com boa concordância com o cardiologista em medidas hemodinâmicas simples e avaliação do canal arterial.

© 2019 Sociedade Brasileira de Pediatria. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

**Introdução**

A ecocardiografia na unidade de terapia intensiva neonatal (UTIN) tem sido usada há muitos anos apenas por ecocardiografistas para diagnosticar doenças cardíacas congênitas estruturais. No entanto, nos últimos anos também tem sido usada por neonatologistas para avaliação hemodinâmica em diversas situações clínicas.<sup>1-3</sup> Esse uso do ultrassom cardíaco por neonatologistas é denominado ecocardiografia funcional (EcoF). A EcoF permite avaliar a função cardíaca, o débito cardíaco e a pressão pulmonar de forma contínua, caso necessário, e detectar *shunts* intracardíacos e interarteriais.

As informações obtidas com esse procedimento, associadas aos achados clínicos e às técnicas convencionais de monitoramento cardíaco, parecem ajudar a orientar as decisões terapêuticas.<sup>4</sup> Além disso, a EcoF também é importante porque muitos centros não têm especialistas em ecocardiografia pediátrica facilmente disponíveis para a aplicação cotidiana e potencialmente extensiva da técnica para o diagnóstico e seguimento em UTIN.<sup>5</sup>

Entretanto, atualmente a EcoF está disponível em poucos centros. Um dos motivos é a falta de um programa de treinamento contínuo e eficiente para neonatologistas.<sup>6,7</sup> Para as avaliações hemodinâmicas dos neonatos pelo

ecocardiograma, são necessárias algumas medidas que requerem treinamento adequado para minimizar erros.<sup>8</sup> As sociedades internacionais sugerem treinamento básico em EcoF principalmente em um laboratório de ecocardiografia, com um mínimo de 150 exames na faixa etária pediátrica durante quatro a seis meses.<sup>9</sup> Essa proposta de treinamento básico não inclui o treinamento em ecocardiografia focalizado em estudos hemodinâmicos e aspectos específicos dos recém-nascidos em UTIN e, portanto, pode não refletir o principal cenário da rotina dos neonatologistas.<sup>10</sup>

Embora estudos recentes tenham relatado a necessidade de padronizar o treinamento de neonatologistas para a EcoF, foram poucos os que analisaram o nível de aprendizado, principalmente em relação aos parâmetros quantitativos. Portanto, este estudo teve como objetivo descrever a concordância das medidas feitas pelo neonatologista e o cardiologista pediátrico após um programa de treinamento teórico e prático.

## Métodos

Estudo analítico-prospectivo que consistiu em uma intervenção educacional seguida da avaliação da concordância das medidas ecocardiográficas feitas pelo neonatologista e pelo cardiologista.

Neonatologistas da Divisão Neonatal do Departamento de Pediatria da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), um centro de referência em graduação e pós-graduação na área médica, foram convidados a participar do treinamento em EcoF. Eles não haviam feito treinamento prévio em tecnologia de ultrassom. A participação foi voluntária e não envolveu despesa ou compensação monetária. Não houve seleção prévia para participação neste estudo. O curso foi feito de janeiro de 2011 a dezembro de 2012. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade.

O objetivo do estudo foi avaliar a concordância das medidas ecocardiográficas básicas entre neonatologistas e um cardiologista pediátrico experiente (MZ) após a intervenção educacional. Esse desfecho foi avaliado vários meses após a conclusão do curso, através da revisão dos exames feitos pelos neonatologistas da UTIN.

O programa de treinamento teve um módulo teórico de 12 lições teóricas e 20 lições práticas de treinamento feitas sob a supervisão de um cardiologista pediátrico experiente certificado pela Sociedade Nacional de Cardiologia e Ecocardiografia. Um neonatologista com dois anos de experiência em EcoF também auxiliou no treinamento prático. O sistema ecocardiográfico usado para o treinamento prático e feitura do exame foi o Siemens X300 pre-edition (Siemens Medical Solutions, Coreia) com um transdutor de 9-4 MHz e configurações predefinidas para uma resolução da imagem ótima.

Essas 20 sessões práticas foram feitas em unidades neonatais de baixo e médio risco durante 15 dias após aulas teóricas sobre o tópico em questão. Foram agendadas duas reuniões, com duração de duas horas cada, em duplas, de forma que pudessem examinar 20 neonatos e observar outros 20 exames do parceiro.

Essas sessões práticas foram desenvolvidas em um hospital universitário terciário, principalmente em neonatos normais (Nível 1).

Os neonatologistas foram treinados para obter todas as janelas ecocardiográficas, conforme descrito na [tabela 1](#), e fazer medidas ecocardiográficas nas dimensões das câmaras cardíacas esquerdas e da função sistólica do ventrículo esquerdo, com a técnica do modo M. As principais medidas foram o diâmetro da raiz da aorta (AO) na diástole, o diâmetro do átrio esquerdo (AE) na sístole e os diâmetros sistólico e diastólico do ventrículo esquerdo (DSVE, DDVE). A fração de encurtamento (FEn) do ventrículo esquerdo e a fração de ejeção (FE), calculada pela fórmula de Teichholz, foram usadas como parâmetros da função sistólica do ventrículo esquerdo. Para o cálculo do débito cardíaco dos ventrículos esquerdo e direito (DCVE, DCVD), foram medidos o diâmetro sistólico das vias de saída do VE e VD e integral da velocidade-tempo pelo Doppler pulsátil, com várias janelas ecocardiográficas (corte em eixo longo paraesternal e apical de cinco câmaras para DCVE e eixo longo paraesternal oblíquo para artéria pulmonar e eixo curto paraesternal para DCVD). Os neonatologistas também foram treinados para identificar e medir o diâmetro do canal arterial e classificar seu padrão de fluxo como esquerdo-direito, direito-esquerdo ou bidirecional.

Após o término do programa de treinamento, os neonatologistas foram incentivados a fazer a EcoF à beira do leito. Eles tinham disponibilidade completa de equipamentos de ecocardiografia na UTIN. Os neonatos com cardiopatia congênita foram excluídos.

Para cada exame, o neonatologista preencheu um formulário de papel com os seguintes dados: identificação do recém-nascido, dados antropométricos (peso e estatura), uso de ventilação mecânica ou drogas vasoativas e descrição das medidas ecocardiográficas. Por fim, eles deveriam relatar o tempo gasto para executar a EcoF. Essas EcoF não foram usadas para fazer recomendações à equipe médica da UTIN. Quando havia uma indicação clínica de avaliação ecocardiográfica, a equipe de cardiologia pediátrica do hospital, independentemente dos objetivos deste estudo, fazia o ecocardiograma.

Os neonatologistas gravaram e salvaram todos os vídeos e imagens estáticas de cada exame no equipamento de ultrassom com a identificação apropriada e, portanto, as medidas podiam ser repetidas *offline*. As medições feitas por neonatologistas não eram visíveis no equipamento. As imagens armazenadas e os vídeos de cada exame foram revisados pelo cardiologista pediátrico responsável pelo estudo quando se completaram 100 exames; assim, cada quadro e ciclo cardíaco considerados mais apropriados para a feitura das medidas diretamente no equipamento podiam ser escolhidos. Essa análise foi registrada em uma tabela com identificação apropriada. Depois de concluir todas as medições dos exames, as análises dos neonatologistas foram comparadas com as do cardiologista. A qualidade e a acurácia dos exames de EcoF feitos pelos neonatologistas foram avaliadas com a comparação de seus achados (imagens, medidas) com os achados do cardiologista (padrão-ouro).

O teste *t* de Student foi usado para comparar amostras numéricas independentes. A concordância entre as medidas do cardiologista e dos neonatologistas foi avaliada pelo método de Bland-Altman.<sup>11</sup> A concordância para variáveis categóricas foi analisada pelo teste Kappa. O programa Stata/SE 9.0 para Windows (Stata Corporation, College Station, Texas, EUA) foi usado para análise estatística. Para

**Tabela 1** Treinamento em ecocardiografia funcional (EcoF) para neonatologistas: conteúdo teórico e prático e carga de trabalho

	Módulo teórico 12 horas	Módulo prático 20 horas
Aula 1: Objetivos do curso e história da ecocardiografia funcional Revisão da circulação cardiovascular na fase de transição fetal para neonatal Anatomia cardíaca	1 hora	
Aula 2: Conceitos de manipulação de dispositivos Janelas e projeções ecocardiográficas	1 hora	1 hora
Aula 3: Corte paraesternal do eixo longo e corte oblíquo	45 minutos	2 horas
Aula 4: Corte paraesternal do eixo curto Modo M e medidas da AO-AE, contratilidade do VE	45 minutos	2 horas
Aula 5: Introdução ao Doppler espectral e a cores	45 minutos	2 horas
Aula 6: Corte apical de 4 câmaras e 5 câmaras	45 minutos	2 horas
Aula 7: Janela subcostal: identificação do situs, estudo da veia cava inferior, avaliação do forame oval	45 minutos	2 horas
Aula 8: Corte paraesternal alto e supraesternal	45 minutos	2 horas
Aula 9: Medidas do débito cardíaco sistêmico e do débito pulmonar	1 hora	2 horas
Aula 10: Avaliação da pressão pulmonar	1 hora	2 horas
Aula 11: Avaliação do canal arterial	1 hora	2 horas
Aula 12: Identificação de defeitos cardíacos	45 minutos	1 hora
Teste final e discussão	1 hora e 30 minutos	

todos os testes,  $p < 0,05$  foi considerado estatisticamente significativo.

## Resultados

Participaram dos treinamentos teóricos e práticos 22 neonatologistas. Os neonatologistas participantes tinham de um a sete anos de prática em neonatologia (mediana de 2,8 anos). Após o término do treinamento, os neonatologistas fizeram 100 EcoF na UTIN durante 18 meses. O número mediano de EcoF feita por cada neonatologista foi de 2 (intervalo interquartil: 1,25-5,25). Os recém-nascidos apresentaram média ( $\pm$  desvio-padrão) de idade gestacional de 31 ( $\pm$  4) semanas, peso ao nascer de 1.361g ( $\pm$  835) e idade cronológica de 12 ( $\pm$  11,8) dias; 65% dos recém-nascidos estavam sob ventilação mecânica e 43% estavam em tratamento com medicamentos vasoativos. O tempo médio requerido por cada neonatologista para fazer a EcoF foi de 29,6 ( $\pm$  9,5) minutos.

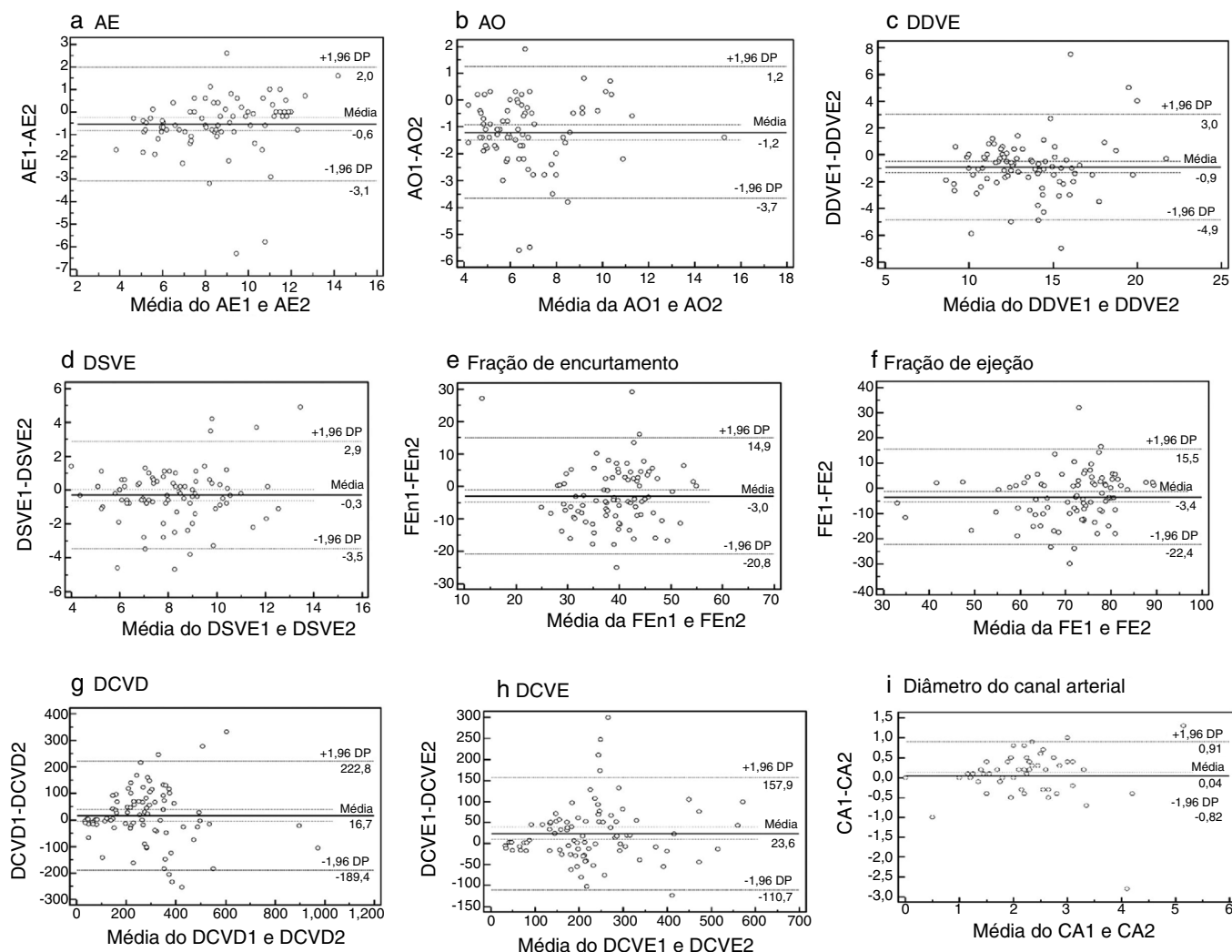
As análises de Bland-Altman (fig. 1) mostram a diferença média e os limites de concordância das medidas entre neonatologistas e o cardiologista pediátrico. As medidas de AE, AO, DDVE e DSVE foram adequadas, com limites estreitos de concordância. Medidas de FEn e FE mostraram boa concordância, mas com limites amplos de concordância. As medidas de DCVD e DCVE apresentaram limites amplos de concordância. Quando o débito cardíaco foi categorizado

como normal ou baixo, a concordância diagnóstica foi de 76,7% para DCVD e 75,7% para DCVE (tabela 2). A persistência do canal arterial foi identificada pelo cardiologista em 57 EcoF e em 55 EcoF feitas por neonatologistas. Para a identificação da persistência do canal arterial e padrão de fluxo, os valores de Kappa foram de 0,91 e 0,88, com concordância substancial entre os neonatologistas e o cardiologista (tabela 2). Para a medida do diâmetro do canal arterial, a diferença entre os neonatologistas e o cardiologista foi muito baixa, com limites estreitos de concordância (diferença média de 0,04 mm; limites de concordância de 95% de 0,91-0,82 mm; fig. 1).

## Discussão

Os resultados deste estudo mostraram que o programa de treinamento em EcoF permitiu aos neonatologistas obter imagens convencionais ecocardiográficas e fazer medidas simples para avaliação hemodinâmica. Os melhores resultados foram obtidos na detecção e mensuração do canal arterial. Esse é um achado importante, uma vez que a busca pela persistência do canal arterial não é apenas uma indicação frequente do exame, mas também pode ter implicações terapêuticas no cuidado diário de prematuros gravemente doentes.<sup>12-14</sup>

O exame cardíaco com ultrassonografia feito por não especialistas tem recebido grande atenção, mas existem



**Figura 1** Análise do gráfico de Bland-Altman: concordância entre as medidas dos neonatologistas (1) e do cardiologista (2): a. átrio esquerdo (AE), b. aorta (AO), c. diâmetro diastólico do ventrículo esquerdo (DDVE), d. diâmetro sistólico do ventrículo esquerdo (DSVE), e. fração de encurtamento (FEn), f. fração de ejeção (FE), g. débito cardíaco do ventrículo direito (DCVD), h. débito cardíaco do ventrículo esquerdo (DCVE), i. diâmetro do canal arterial (CA).

**Tabela 2** Concordância entre os exames feitos pelos neonatologistas e o cardiologista para análise qualitativa do diagnóstico de persistência do canal arterial (PCA), tipo de fluxo do canal arterial (CA), classificação do débito cardíaco normal ou anormal do ventrículo direito (DCVD) e débito cardíaco do ventrículo esquerdo (DCVE)

Variáveis	Concordância	Kappa	IC95%
PCA	95,96%	0,91	0,72–0,97
Fluxo do CA	91,84%	0,88	0,79–0,86
DCVD	76,77%	0,43	0,22–0,61
DCVE	75,76%	0,51	0,32–0,67

diferentes tipos de treinamento para neonatologistas. Em 2008, na Austrália, foi desenvolvido um programa de treinamento e certificação em EcoF.<sup>15</sup> Esse programa compreende um curso básico de dois dias em sala de aula, seguido por uma recomendação para feitura de 50 estudos cardíacos em recém-nascidos durante um período máximo de dois anos. Após esse período, deve ser feito um curso avançado de dois dias, seguido por mais 25 exames cardíacos em

recém-nascidos. Nesse programa, todos os exames tiveram de ser registrados em um livro de registros e revisados por um neonatologista experiente em EcoF. No Canadá, a EcoF foi introduzida em 2006 e a duração dos cursos de treinamento varia de menos de oito semanas (14%) a mais de 16 semanas (29%).<sup>6</sup> Os resultados reais desses treinamentos no nível de aprendizagem ainda não foram publicados. Diretrizes e recomendações de treinamento

em EcoF foram publicadas em um consenso entre a Sociedade Americana de Ecocardiografia (*American Society of Echocardiography*) e Associações Europeias de Cardiologia Pediátrica e Ecocardiografia (*European Associations of Pediatric Cardiology and Ecocardiography*).<sup>9</sup> Esse consenso recomenda um curso básico com duração de quatro a seis meses, após o qual todo estudante deve fazer 150 exames e interpretar outros 150. Esse consenso também recomenda um treinamento avançado com a mesma duração e número de exames que o curso básico e tem como objetivo capacitar os alunos a fazer e interpretar os exames ecocardiográficos funcionais de forma independente. Entretanto, o consenso mencionado recomenda treinamento em laboratório de ecocardiografia com pacientes e doenças que não representam necessariamente a realidade dos neonatologistas.<sup>10</sup>

O desenho desse programa de treinamento incluiu tópicos básicos de aquisição de imagem e avaliação hemodinâmica na EcoF, com cada aula teórica seguida de treinamento prático correspondente, o que pode ter contribuído para o nível de aprendizagem satisfatório observado nesse modelo de treinamento relativamente curto. Outros fatores que podem ter contribuído para esse melhor desempenho foram a disponibilidade plena do equipamento de ecocardiografia e o acesso total ao cardiologista. Esses pontos foram identificados como fatores limitantes à manutenção do aprendizado de EcoF em outros estudos.<sup>6,7</sup>

Em atividades pós-treinamento, a duração média do exame pelos neonatologistas foi de aproximadamente 30 minutos, o que foi satisfatório, considerando que a duração recomendada para um estudo com especialista em ecocardiografia é de 45 a 60 minutos.<sup>16</sup> O grupo de neonatos submetidos à EcoF era pré-termo: mais da metade estava sob ventilação mecânica e muitos recebiam medicamentos vasoativos. Esse tipo de paciente é mais difícil para obtenção de imagens e execução de medidas e, mesmo nesse grupo, os neonatologistas foram capazes de fazer imagens e medidas básicas em tempo satisfatório.

A obtenção de imagens digitais e medições *offline* foram fundamentais para a curta duração do exame. Os autores acreditam que é possível reduzir ainda mais a duração do exame, aumentar o número de exames feitos por neonatologista e melhorar suas habilidades na aquisição de imagens e manuseio de equipamentos.

A análise das medidas quantitativas feitas pelos neonatologistas e pelo experiente cardiologista pediátrico neste estudo, especialmente da função sistólica do ventrículo esquerdo, apresentou boa concordância. A EcoF é uma ferramenta importante no seguimento longitudinal do paciente, além das análises subjetivas, pode contribuir para a modificação terapêutica, principalmente considerando a função sistólica cardíaca.

As medidas de débito cardíaco ventricular direito e esquerdo demonstram limites amplos de concordância, respectivamente 16,69 mL/kg/min (222,76-189,37 mL/kg/min) e 23,57 mL/kg/min (157,88-110,0 mL/kg/min). No entanto, devemos observar que os valores normais também são amplos e considerados normais nessa faixa etária quando estão entre 150 e 450 mL/kg/min. Ao considerar a interpretação normal ou baixo débito cardíaco, encontramos uma concordância de 76,7% para o DCVD e 75,7% para o DCVE. A baixa acurácia na avaliação do débito cardíaco não invasivo é mencionada na literatura.<sup>17-19</sup> A principal fonte de

erro na estimativa do débito cardíaco é a medida do raio da via de saída ventricular, que é elevada ao quadrado: pequenas diferenças de medida podem causar grandes variações no cálculo e, conseqüentemente, na estimativa do débito cardíaco.

Com o intuito de melhorar a reprodutibilidade da medida hemodinâmica, particularmente em recém-nascidos pré-termo, sugere-se o uso de percentis de diâmetro ajustados para o peso, como proposto por de Waal et al.;<sup>20</sup> nessa proposta, a medida do raio é predeterminada. Atualmente, na UTIN onde o estudo foi feito, os neonatologistas são instruídos a fazer a medida da via de saída do ventrículo no primeiro exame e adotar a mesma medida nos exames subsequentes, no mesmo paciente, para melhorar a reprodutibilidade. Assim, apenas a medida da integral da velocidade-tempo na respectiva via de saída se torna necessária. Outros métodos têm sido propostos para avaliar o DCVE em neonatos, como a ressonância magnética (RM) com limites de concordância considerados aceitáveis entre -79,6 e +60,0 mL/kg/min,<sup>21</sup> os quais são inferiores aos valores encontrados neste estudo (-110,7 a +157,9 mL/kg/min), mas essa técnica não é viável na maioria dos centros e nem para sua aplicação diária.

## Limitações

O número de exames feitos por cada neonatologista após o treinamento foi variável e muitos deles fizeram poucos exames. É possível que os neonatologistas que fizeram mais exames tenham tido melhor desempenho, mas os autores optaram por não analisar esse subgrupo devido ao pequeno tamanho da amostra do estudo. Mesmo após programas de treinamento bem estabelecidos, apenas 27% dos neonatologistas treinados relataram ter incorporado a EcoF à sua prática clínica.<sup>6</sup>

## Implicações para prática e pesquisa

Após a conclusão deste estudo e apresentação dos resultados para a direção do hospital, essa intervenção educacional teórica e prática foi incorporada à formação de todos os pediatras especializados em neonatologia nessa instituição.

## Conclusão

Este programa de treinamento em EcoF permitiu aos neonatologistas obter habilidades adequadas na feitura de imagens, com boa concordância com o especialista em medidas hemodinâmicas simples e avaliação do canal arterial. Essas avaliações hemodinâmicas à beira do leito podem melhorar o delicado manejo de bebês prematuros gravemente doentes. Medidas hemodinâmicas avançadas, como o débito cardíaco, podem exigir um treinamento mais longo e um aprimoramento nas medidas para que sejam mais eficientes.

## Financiamento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## Referências

1. Waal K, Kluckow M. Functional echocardiography; from physiology to treatment. *Early Hum Dev.* 2010;86:149–54.
2. Kluckow M, Seri I, Evans N. Functional echocardiography: an emerging clinical tool for the neonatologist. *J Pediatr.* 2007;150:125–30.
3. El-Khuffash AF, McNamara PJ. Neonatologist performed functional echocardiography in the neonatal intensive care unit. *Semin Fetal Neonat M.* 2011;16:50–60.
4. Evans N, Gournay V, Cabanas F, Kluckow M, Leone T, Groves A, et al. Point-of-care ultrasound in the neonatal intensive care unit: international perspectives. *Semin Fetal Neonat M.* 2011;16:61–8.
5. Moss S, Kitchiner DJ, Yoxall CW, Subhedar NV. Echocardiography on the neonatal unit. *Arch Dis Child.* 2002;88:287–91.
6. Finan E, Sehgal A, Khuffash AE, McNamara PJ. Targeted neonatal echocardiography services. Need for standardized training and quality assurance. *J Ultr Med.* 2014;33:1833–41.
7. Sehgal A, Mehta S, Evans N, McNamara PJ. Cardiac sonography by the neonatologist: clinical usefulness and educational perspective. *J Ultr Med.* 2014;33:1401–6.
8. Lopez L, Colan SD, Frommelt PC, Ensing GJ, Kendall K, Younoszai AK, et al. Recommendations for quantification methods during the performance of a pediatric echocardiogram: a report from the pediatric measurements writing group of the American Society of Echocardiography Pediatric and Congenital Heart Disease Council. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23:465–95.
9. Mertens L, Seri I, Marek J, Arlettaz R, Barker P, McNamara P, et al. Targeted neonatal echocardiography in the neonatal intensive care unit: practice guidelines and recommendations for training. *J Am Soc Echocardiogr.* 2011;24:1057–78.
10. Evans N, Kluchow M. Neonatology concerns about the TNE Consensus Statement. Letter to editor *J Am Soc Echocardiogr.* 2011;25:242.
11. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;8:307–10.
12. El-Khuffash A, Herbozo C, Jain A, Lapointe A, McNamara PJ. Target neonatal echocardiography service in a Canadian neonatal intensive care unit: a 4 year-experience. *J Perinatol.* 2013;33:687–90.
13. Corredera A, Rodriguez MJ, Arévalo P, Llorente B, Moro M, Arruza L. Functional echocardiography in neonatal intensive care: 1-year experience in a unit in Spain. *An Pediatr (Barc).* 2014;81:167–73.
14. O'Rourke DJ, El-Khuffash A, Moody C, Walsh K, Molloy EJ. Patent ductus arteriosus evaluation by serial echocardiography in preterm infants. *Acta Paediatrica.* 2008;97:574–8.
15. Australasian Society for Ultrasound in Medicine. CCPU in neonatal ultra-sound. Available from: <https://www.asum.com.au/files/public/SoP/Current/Paediatrics.and.Neo-Natal/Proficiency-and-Appropriate-Use-Statement-for-Neonatal-Ultrasound-G1.pdf>. [cited 18.04.2019].
16. Lai WW, Geva T, Shirali GS, Frommelt PC, Humes RA, Brook MM, et al. Guidelines and standards for performance of a pediatric echocardiogram: a report from the task force of the Pediatric Council of the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echo.* 2006;19:1413–30.
17. Critchley LA, Critchley JA. A meta-analysis of studies using bias and precision statistics to compare cardiac output measurement techniques. *J Clin Monit Comput.* 1999;15:85–91.
18. Chew MS, Poelaert J. Accuracy and repeatability of pediatric cardiac output measurement using Doppler: 20-year review of the literature. *Intensive Care Med.* 2003;29:1889–94.
19. Clark SJ, Yoxall CW, Subhedar NV. Measurement of right ventricular volume in healthy term and preterm neonates. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2002;87:89–93.
20. de Waal K, Kluckow M, Evans N. Weight corrected percentiles for blood vessel diameters used in flow measurements in preterm infants. *Early Hum Dev.* 2013;89:939–42.
21. Ficial B, Finnemore AE, Cox DJ, Broadhouse KM, Price AN, Durighel G, et al. Validation study of the accuracy of echocardiographic measurements of systemic blood flow volume in newborn infants. *J Am Soc Echocardiogr.* 2013;26:1365–71.