

Como eu Faço Ecocardiograma Focado em Unidade de Terapia Intensiva Neonatal – Fundamental?

My Approach to Targeted Echocardiography in the Neonatal Intensive Care Unit – Is It Fundamental?

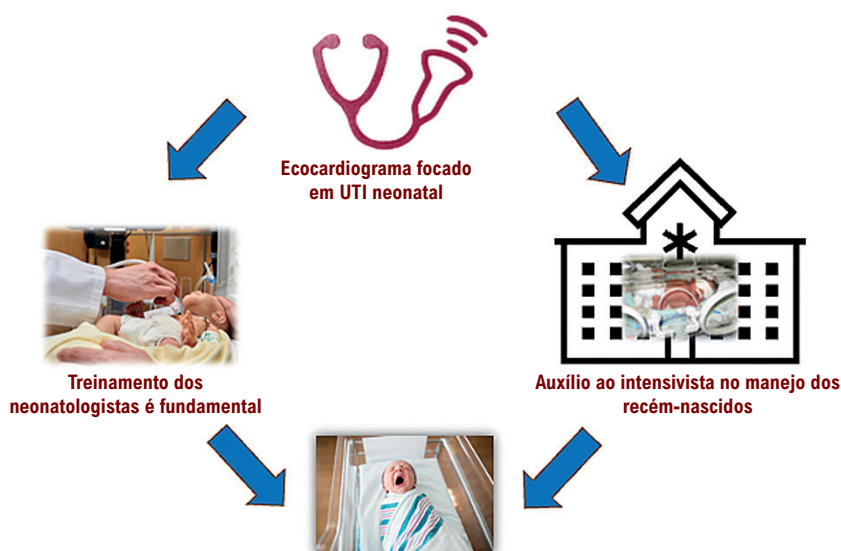
Alessandro Cavalcanti Lianza,^{1,2,3} Samira Saady Morhy²

Universidade de São Paulo, Instituto da Criança,¹ São Paulo, SP – Brasil

Hospital Israelita Albert Einstein,² São Paulo, SP – Brasil

Hospital do Coração,³ São Paulo, SP – Brasil

Figura Central: Como eu Faço Ecocardiograma Focado em Unidade de Terapia Intensiva Neonatal – Fundamental?



Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2024;37(3):e20240039

Resumo

Com o avanço tecnológico, o exame físico não é mais suficiente para uma avaliação mais assertiva de pacientes criticamente enfermos, principalmente em recém-nascidos prematuros onde os sinais clínicos podem não ser interpretados de forma objetiva. Desta forma, há um grande interesse no

treinamento de médicos neonatologistas para sua realização, determinando que os grandes centros mundiais já o façam de forma permanente nos seus programas de residência e educação médica continuada. O presente artigo de revisão trata da nossa experiência no ensino do ecocardiograma focado institucional.

Palavras-chave

Ecocardiograma; Unidades de Terapia Intensiva Neonatal; Recém-Nascido.

Correspondência: Samira Saady Morhy •

Hospital Israelita Albert Einstein. Av. Albert Einstein, 627. CEP: 05651-901.

São Paulo, SP – Brasil

E-mail: samira.morhy@einstein.br

Artigo recebido em 31/05/2024; revisado em 03/06/2024;

aceito em 03/06/2024

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20240039>

A clínica é soberana!

Desde acadêmicos de medicina escutamos esta frase que, de certa forma, é verdade: a clínica é essencial para indicar e interpretar os resultados dos exames, bem como para a condução terapêutica dos nossos pacientes. Contudo, em um cenário de aumento de recém-nascidos prematuros e criticamente doentes, o exame físico não é mais suficiente para conduzi-los de forma assertiva, principalmente na avaliação hemodinâmica, como as repercussões de canal arterial ou mesmo da hipertensão pulmonar. Desta forma, o ecocardiograma se tornou uma ferramenta essencial na condução clínica dos recém-nascidos.^{1,2}

O ecocardiograma focado (EcoF) pode causar mudança de conduta clínica em até 80% dos casos críticos.^{3,4} Desta forma, é importante o treinamento de neonatologistas para realização do EcoF, já que eles estão na linha de frente do manejo dos recém-nascidos, assim como a aquisição de aparelhos portáteis de ecocardiograma para as unidades de terapia intensiva neonatais, uma vez que a presença diária de cardiologistas pediátricos não é comum em grande parte dos serviços.

Os treinamentos de EcoF já estão disponíveis em várias residências de neonatologia no Brasil,⁵ apesar de não haver uma normatização em relação ao currículo e duração do curso, nem como avaliar a capacitação e retenção destes médicos na realização do EcoF.

O termo EcoF compreende uma vasta gama de procedimentos, que vai desde a avaliação isolada da função cardíaca, de forma qualitativa, até as formas mais avançadas de avaliação quantitativa de função cardíaca e dos fluxos ao Doppler.

Em relação à avaliação básica, acredita-se ser necessário pelo menos 25 avaliações de função cardíaca para capacitar o neonatologista à sua realização, conforme sugerido no último consenso de EcoF publicado.⁶ Para realização de avaliação avançada, a recomendação ainda não foi definida, variando de 50 exames como sugerido pela Sociedade Australiana de Ultrassom⁷ até cerca de 200 exames realizados entre 12 e 18 meses de treinamento pela Sociedade Europeia de Pediatria.⁸ Nos EUA, ainda não há definição sobre o tema.

Entendemos que o EcoF nas unidades de terapia intensiva neonatais seja realizado pelo neonatologista e não por outras especialidades pediátricas, uma vez que apenas o profissional especializado consegue unir a interpretação dos dados obtidos com a conduta clínica de recém-nascidos prematuros, que é completamente diferente de outras faixas etárias pediátricas. Contudo, é importante que o neonatologista tenha conhecimento das limitações de cada treinamento, e solicite o ecocardiograma realizado por ecocardiografistas pediátricos sempre no primeiro exame do paciente, assim que possível, ou sempre que houver dúvidas em relação à presença de cardiopatias congênitas.

A seguir, descrevemos nossa visão sobre capacitação dos neonatologistas.

Capacitação dos neonatologistas

O treinamento dos neonatologistas pode ser dividido em básico e avançado, baseando-se no tempo de duração e conteúdo do curso.

Curso básico

O objetivo principal deste curso consiste em realizar um exame rápido, à beira do leito, para responder dúvidas clínicas específicas, em situações críticas como choque, por exemplo. Na nossa experiência, o conteúdo é ensinado através de aulas teóricas e práticas. Nas aulas teóricas, são abordados os seguintes temas: como ajustar e utilizar o aparelho de ecocardiograma; conceitos básicos da análise ao Doppler; aquisição dos planos ecocardiográficos com identificação das estruturas cardíacas correspondentes; avaliação de

função cardíaca de forma qualitativa ou através da fração de encurtamento do ventrículo esquerdo; identificação e interpretação dos shunts intra e extracardíacos; volemia cardíaca através da avaliação do tamanho e variação respiratória da veia cava inferior; identificação de sinais de hipertensão pulmonar e cálculo da pressão pulmonar através da insuficiência tricúspide; e avaliação do pericárdio identificando se há derrame pericárdico com eventuais sinais de tamponamento cardíaco (Tabela 1).⁵

Nas aulas práticas, com duração de 8 horas no total, os alunos exercitam a aquisição dos planos ecocardiográficos em pacientes reais, como ajustar o aparelho para obtenção das melhores imagens de forma a reconhecer as estruturas anatômicas normais de cada plano, capacitando-os a reconhecer padrões anormais como os que ocorrem em cardiopatia congênita, disfunção cardíaca ou derrame pericárdico.

Cada aluno deverá realizar pelo menos oito exames completos sob supervisão (Figura 1).

Ao término do curso, o aluno passa por uma avaliação teórica e prática, onde os alunos realizam 2 ecocardiogramas sem supervisão, e respondem a um questionário para cada exame, com perguntas gerais sobre os exames, como: se há ou não shunts intra e extracardíacos e se houver, quais; se a função cardíaca está normal ou não; se há derrame pericárdico ou não; se há insuficiência valvar ou não e se é possível estimar pressão pulmonar; se encontrou alguma outra informação adicional e sua interpretação final do exame. Este questionário e as imagens são avaliados pelo instrutor do curso que dará uma nota para aptidão ou não do aluno.

Após 6 meses, o aluno deverá realizar mais 2 exames completos sem supervisão e enviar as imagens para o instrutor, junto com as repostas ao questionário previamente enviado.

Curso avançado

Para realização deste curso, o aluno deverá ter conhecimento prévio básico do ecocardiograma e das características próprias da fase de transição da circulação neonatal, englobando persistências de padrão fetal ou hipertensão pulmonar, repercussão de shunts intra/extracardíacos e a suspeita de cardiopatias graves como drenagens anômalas totais das veias pulmonares, obstrução crítica da via de saída do ventrículo direito ou esquerdo ou coarctação de aorta crítica. Nesta fase, os alunos são capazes de indicar ou contraindicar o início

Tabela 1 – Programa teórico do curso básico do ecocardiograma funcional

Aula 1: Princípios do ultrassom

Aula 2: Anatomia cardíaca básica

Aula 3: Função sistólica do ventrículo esquerdo e ventrículo direito

Aula 4: Avaliação de fluido responsividade

Aula 5: Avaliação Doppler: fluxos valvares e hipertensão pulmonar

Aula 6: Avaliação do pericárdio

Aula 7: Circulação transicional do recém-nascido e shunts cardíacos

Aulas Práticas do Curso Básico

4 horas em modelo (ator)
4 exames completos
para cada aluno, sob
supervisão



4 horas em recém-nascido
4 exames completos
para cada aluno, sob
supervisão



2 exames completos
para cada aluno, sem
supervisão

Figura 1 – Desenho esquemático ilustrando o programa prático do curso básico.

de prostaglandina E1 para manutenção da permeabilidade do canal arterial.

Avaliação ventricular esquerda

Os alunos aprendem a quantificar a função sistólica através da estimativa da fração de encurtamento ou da fração de ejeção do ventrículo esquerdo, podendo ser obtida pelo modo M (no plano paraesternal eixo curto ao nível dos músculos papilares) ou bidimensional (no plano paraesternal longitudinal ao nível das cordoalhas da valva mitral). Nós acreditamos que a fração de ejeção estimada pelo método de Simpson biplanar deve ser realizada apenas em casos específicos, por demandar maior tempo e experiência para sua realização. Na ausência de shunts significativos, podemos, ainda, calcular o débito cardíaco.⁶ Os valores normais estão dispostos na Tabela 2. Em toda avaliação, os alunos são estimulados a interpretação crítica dos valores encontrados de acordo com sua avaliação subjetiva, para minimizar subestimação de função cardíaca.

A avaliação da função diastólica é mais complexa devido às altas frequências cardíacas encontradas nos recém-nascidos. De forma simplificada, encontramos habitualmente ondas E < A ao Doppler mitral dos recém-nascidos prematuros; nestes pacientes a onda E > A pode corresponder a um aumento do retorno venoso pulmonar como no caso de hiperfluxo pulmonar pelo canal arterial de grande calibre. Já nos recém-nascidos maduros observa-se onda E > A. Podemos utilizar, ainda, o tempo de relaxamento isovolumétrico (TRIV), apesar de ser tecnicamente difícil devido a taquicardia habitual. Canal arterial com repercussão hemodinâmica tende a causar onda E > A na valva mitral e encurtamento do TRIV.

Avaliação ventricular direita

A quantificação da função pode ser realizada pela fração de encurtamento de área (FAC) através do tracejamento da cavidade ventricular direita na diástole e na sístole, que nos recém-nascidos pode ser obtido no apical 4-câmaras ou no plano 3-câmaras onde é incluída sua via de saída,⁹ através da fórmula: $FAC = \frac{\text{área diastólica final} - \text{área sistólica final}}{\text{área diastólica final}}$. Enfatizamos a importância do tracejamento correto da borda endocárdica de forma que as trabeculações sejam incluídas na cavidade. Os valores de normalidade são maiores ou iguais a 35%, contudo, em recém-nascidos prematuros (antes de 32 semanas de idade gestacional corrigida), podemos encontrar valores em torno de

26 ± 4%.¹⁰ Outro parâmetro que ensinamos é a realização da excursão sistólica do anel valvar tricúspide durante a sístole (TAPSE), posicionando o cursor do modo M entre o anel tricúspide lateral e o ápice cardíaco no plano quatro câmaras, refletindo a contração longitudinal da câmara. Os valores normais de TAPSE variam de acordo com a idade gestacional,¹¹ podendo utilizar a parametrização com o Z score disponível na internet. Contudo, há estudos demonstrando que valores de TAPSE menores que 4 mm estão relacionados à necessidade de circulação extracorpórea e a maior mortalidade em recém-nascidos com hipertensão pulmonar.¹² O débito cardíaco do ventrículo direito também pode ser calculado. A função diastólica do ventrículo direito não é ensinada no curso devido à sua limitação por falta de dados literários de referência.

Avaliação de hipertensão pulmonar

Os alunos são estimulados a verificar sinais indiretos de hipertensão pulmonar, tais como dilatação de câmaras direitas, disfunção sistólica ventricular direita e inversão de shunts intra e extracardíacos. Adicionalmente, no curso avançado, recomendamos realizar as seguintes quantificações:

Avaliação da pressão sistólica da artéria pulmonar (PSAP) através da insuficiência tricúspide, quando presente, por meio da fórmula: $PSAP = 4 \times \text{velocidade máxima do jato regurgitante tricúspideo}^2 + \text{pressão do átrio direito}$; considerando a pressão diastólica final em torno de 5 mmHg. Enfatizamos a necessidade de obter um jato adequado do refluxo tricúspide para melhor acurácia. É importante considerar que nem sempre valores abaixo de 35 mmHg são indicativos de pressão pulmonar normal visto que os pacientes podem apresentar pressão sistólica sistêmica muito baixas como em condições de choque cardiogênico, o que também reduziria a pressão sistólica pulmonar. Se houver insuficiência pulmonar, a pressão média da artéria pulmonar (PMAP) também pode ser mensurada através da fórmula: $PMAP = 4 \times \text{velocidade diastólica máxima do refluxo pulmonar}^2 + \text{pressão do átrio direito}$. Contudo, a presença de canal arterial hemodinamicamente significativo pode dificultar a avaliação.

Na ausência de insuficiências tricúspide e/ou pulmonar significativas, podemos usar o índice entre o tempo de ejeção dividido pelo tempo de aceleração do fluxo pulmonar, considerando valores normais < 4 (Figura 2).

Tabela 2 – Parâmetros de avaliação da função cardíaco ensinados com valores de referência da normalidade

Ferramenta	Técnica	Valores de referência
Fração de encurtamento	Modo M: Posicionar cursos entre os músculos papilares no plano paraesternal eixo curto	30-45%
	Modo B: Medir diâmetros das cavidades nas bordas internas ao nível das cordoalhas da valva mitral no plano paraesternal longitudinal	
Fração de ejeção (Teicholz)	Modo M: Posicionar cursos entre os músculos papilares no plano paraesternal eixo curto	55-70%
	Modo B: Medir diâmetros das cavidades nas bordas internas ao nível das cordoalhas da valva mitral no plano paraesternal longitudinal	
Fração de encurtamento de área (FAC)	Realizar tracejamento do ventrículo direito no plano apical 4-câmaras ou no plano intermediário com anteriorização mais acentuada a partir do plano apical 4-câmaras com visibilização da via de saída do ventrículo direito, ao final da diástole e na sístole. Fórmula: FAC= área diastólica final – área sistólica final / área diastólica final.	Maior ou igual a 35%
Excursão sistólica do anel tricúspide durante a sístole (TAPSE)	No plano apical 4 câmaras, posicionando o cursor englobando o anel lateral tricúspide e o ápice do ventrículo direito	Valores variam com a idade gestacional Valores menores que 4 mm indicam pior prognóstico em hipertensão pulmonar do RN
Débito cardíaco do VE DCVE	Posicionar cursor do Doppler pulsado ao nível da valva aórtica no plano apical 5-câmaras e tracejar a área obtida para o aparelho calcular a VTI	150-300 ml/kg/min
	Medir diâmetro do anel aórtico de borda interna a borda interna no plano paraesternal longitudinal no maior diâmetro, com valva aberta, na telessístole.	
	Estimar a frequência cardíaca de acordo com o monitor ou através do próprio Doppler pulsado	
	DCVE = Frequência cardíaca (FC) X volume sistólico (VTI aórtico x área da via de saída do VE calculada pelo aparelho após mensuração do anel aórtico)	
Débito cardíaco do ventrículo direito (DCVD)	Plano paraesternal eixo curto da via de saída do VD:	150-300 ml/kg/min
	VTI pulmonar: colocar cursor do Doppler pulsado ao nível do anel valvar pulmonar e tracejar a área obtida	
	Medir diâmetro do anel valvar pulmonar na abertura máxima da valva (telessístole)	
	Utilizar mesma fórmula do DCVE	

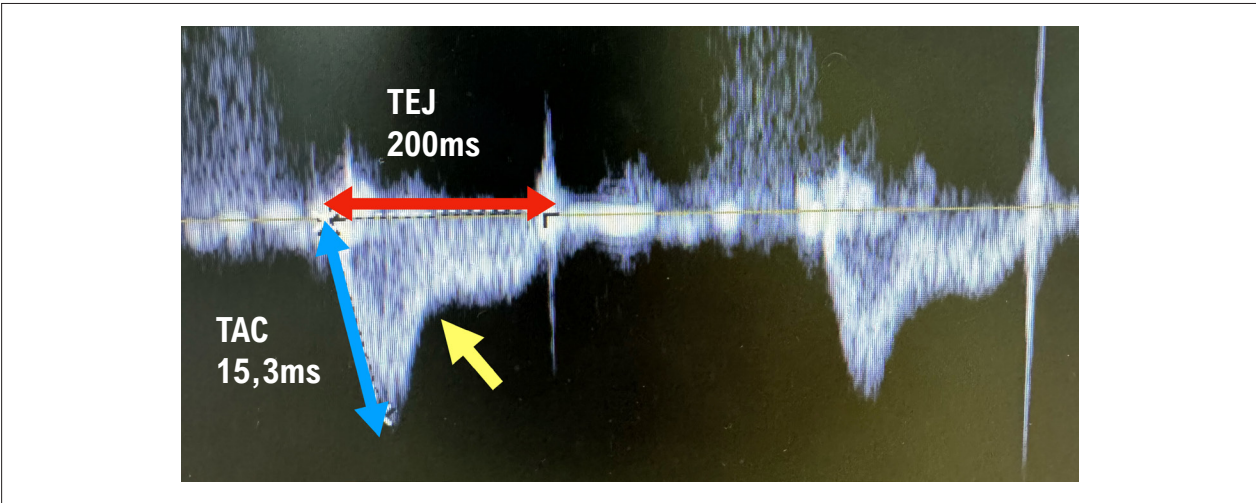


Figura 2 – Doppler espectral do fluxo pulmonar em recém-nascido com hipertensão pulmonar. Observe a presença do entalhe mesossistólico (seta amarela). O índice entre o tempo de ejeção (TEJ; seta vermelha) de 200 ms dividido pelo tempo de aceleração (TAC; seta azul) de 15,3 ms foi de 13.

Contudo, é importante salientar as limitações técnicas relacionadas à avaliação ao Doppler em condições de alta frequência cardíaca e até mesmo em ventilação mecânica de alta frequência ou com pressões mais elevadas. Recomendamos realizar as medidas dos intervalos de tempo com velocidade de varredura máxima do Doppler espectral, para minimizar tais erros. Consideramos, ainda, a presença do entalhe mesossistólico do fluxo pulmonar ao Doppler como um marcador de aumento significativo da pressão pulmonar.

Em caso de impossibilidade de medidas objetivas diretas, os alunos podem avaliar outros achados comuns em hipertensão pulmonar do recém-nascido como retificação do septo interventricular durante a sístole e o índice de excentricidade que é calculado no eixo curto dos ventrículos, ao nível do músculo papilar da valva mitral, dividindo o diâmetro do eixo horizontal pelo vertical do ventrículo conforme a Figura 3. Valores menores que 1,3 são considerados alterados.¹³

Observação: Em pacientes com hipertensão pulmonar significativa e naqueles com displasia broncopulmonar, recomendamos avaliação das velocidades do fluxo das veias pulmonares para descartar possíveis estenoses. Recém-nascidos prematuros menores que 29 semanas de gestação devem ter uma avaliação completa da hemodinâmica do fluxo pulmonar com 8 semanas pós-natal ou 36 semanas de idade gestacional corrigida.⁶

Avaliação da repercussão de canal arterial

A persistência do canal arterial é um achado comum em recém-nascidos com alta incidência nos prematuros e um dos temas mais perguntados pelos neonatologistas nos cursos.

O ponto inicial que deve ser enfatizado é o local exato da medida do diâmetro do canal arterial, já que dependendo da angulação que seja utilizada na aquisição da imagem bidimensional, pode haver superestimação do tamanho. A medida deve ser realizada no ponto mais estreito (que é o limitador real do fluxo) no plano paraesternal alto (corte do canal) ou no supraesternal com angulação para esquerda, sendo classificados em pequenos ($< 1,5$ mm), moderados

(entre 1,5 e 3 mm) e grandes (> 3 mm).¹³

Os neonatologistas avaliam os seguintes achados ecocardiográficos nos canais com significância hemodinâmica:

Relação do tamanho do canal arterial com a artéria pulmonar esquerda utilizando preferencialmente o plano paraesternal alto.¹⁴ Relação $< 0,5$ indica um shunt de pequena magnitude e > 1 de grande magnitude;

Padrões de fluxo do canal arterial ao Doppler (Figura 4):

- Fluxo com velocidade diastólica final < 2 m/s indica ausência de restrição e apresenta padrão pulsátil. Este tipo de fluxo costuma apresentar bastante repercussão e o canal é grande habitualmente.
- Fluxo com velocidade diastólica final > 2 m/s (velocidade diastólica próxima da sistólica ou velocidade diastólica de pelo menos 50% da sistólica) indica fluxo restritivo.
- Fluxo “em crescimento” são aqueles que tem um pequeno componente de fluxo da artéria pulmonar para a aorta (em geral menor que 30% do ciclo cardíaco) e são encontrados no período transicional da circulação pulmonar. Este padrão indica queda da pressão pulmonar e possibilidade de repercussão hemodinâmica futura caso o canal não diminua de tamanho ou feche espontaneamente.
- Fluxo direita-esquerda exclusivo ou padrão bidirecional (fluxo direita-esquerda maior que 30% do ciclo cardíaco) é o padrão encontrado na hipertensão pulmonar.

Sinais de hiperfluxo pulmonar:

- Aumento do débito cardíaco do ventrículo esquerdo (grande repercussão com valores acima de 300 ml/kg/min);
- Dilatação das câmaras esquerdas com relação entre a aorta e o átrio esquerdo maior que 1,5 (considerar presença de comunicações interatrial como limitação);
- Velocidade diastólica final aumentada na artéria pulmonar esquerda ($> 0,25$ m/s);
- Fluxo mitral com $E > A$ nos prematuros e $E > A$ nos termos ou presença de insuficiência mitral;
- Aumento da velocidade do retorno venoso pela veia pulmonar (onda D $> 0,5$ m/s).

Sinais de hipofluxo pulmonar:

- Ausência de fluxo diastólico anterógrado na aorta descendente ao Doppler pulsátil;
- Presença de fluxo diastólico reverso na aorta descendente (indicativo de grande “roubo” de fluxo sistêmico);
- Ausência de fluxo diastólico anterógrado em artéria mesentérica;
- Presença de fluxo diastólico reverso em artéria mesentérica; (indicativo de grande “roubo” de fluxo sistêmico).

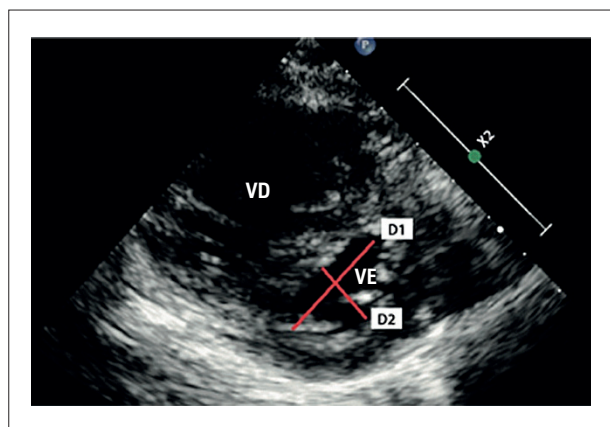


Figura 3 – Imagem bidimensional demonstrando o cálculo do índice de excentricidade: no plano paraesternal eixo-curto dividindo o diâmetro 1 (D1) pelo D2, valores menores que 1,3 são indicativos de hipertensão pulmonar significativa VD: ventrículo direito; VE: ventrículo esquerdo.

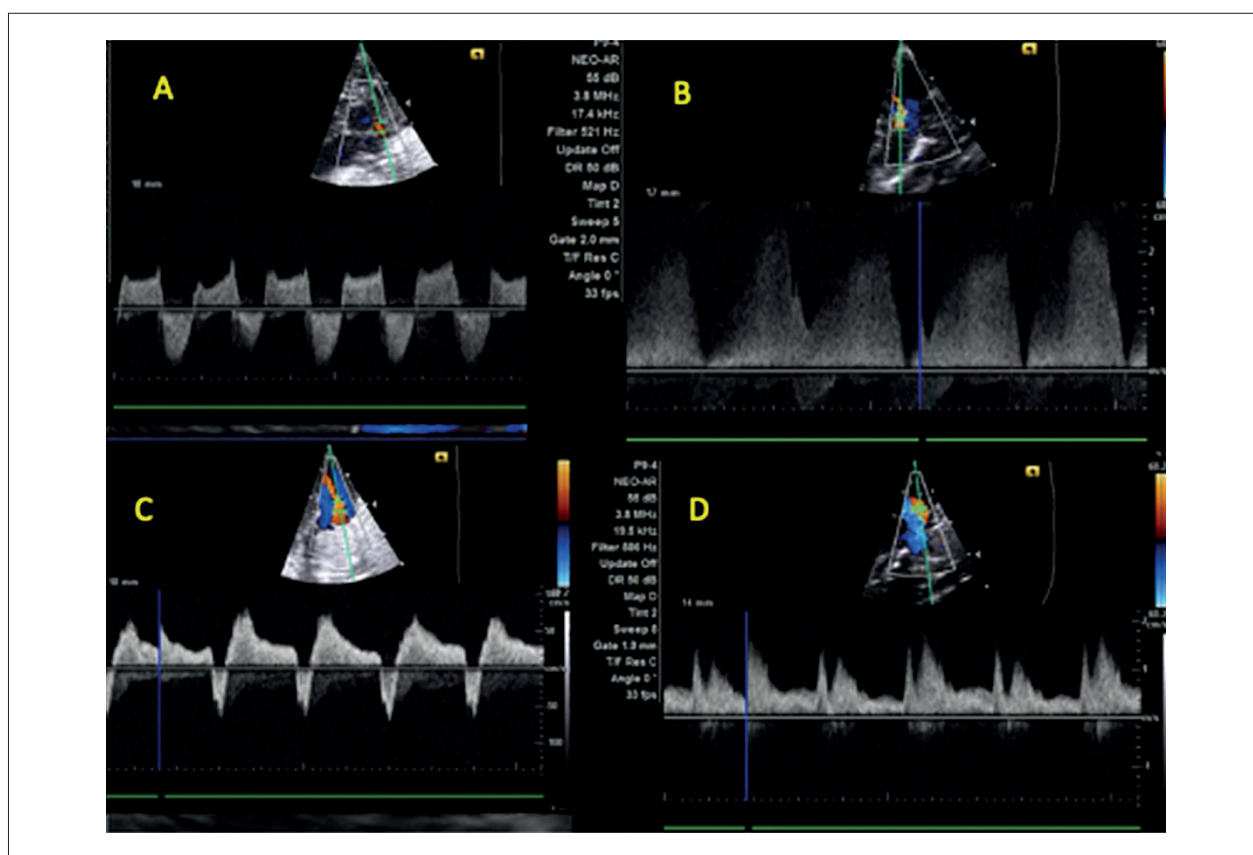


Figura 4 – Doppler espectral demonstrando diferentes padrões de fluxo do canal arterial. A: padrão bidirecional. B: Padrão contínuo, restritivo. C: Padrão em crescimento. D: Fluxo pulsátil, não restritivo, da aorta para a artéria pulmonar.

Conclusão

Desta forma, acreditamos que a realização do EcoF é fundamental para a excelência da qualidade no manejo dos recém-nascidos críticos, principalmente nos prematuros. Devemos manter empenho em treinar os neonatologistas para sua realização e, também, para reconhecer as limitações do método. Programas de ensino para áreas remotas onde existem poucas especialidades médicas são necessárias (Figura Central).

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa, obtenção de dados, análise e interpretação dos dados, análise estatística, obtenção de financiamento, redação do manuscrito e revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Lianza AC, Morhy SS.

Referências

1. Giesinger RE, Stanford AH, Rios DR, Bhombal S, Fraga MV, Levy VY, et al. Targeted Neonatal Echocardiography in the United States of America: The Contemporary Perspective and Challenges to Implementation. *Pediatr Res*. 2019;85(7):919-21. doi: 10.1038/s41390-019-0338-3.
2. Corsini I, Ficial B, Fiochi S, Schena F, Capolupo I, Cerbo RM, et al. Neonatologist Performed Echocardiography (NPE) in Italian Neonatal Intensive Care Units: A National Survey. *Ital J Pediatr*. 2019;45(1):131. doi: 10.1186/s13052-019-0721-z.
3. El-Khuffash A, Herbozo C, Jain A, Lapointe A, McNamara PJ. Targeted Neonatal Echocardiography (TnECHO) Service in a Canadian Neonatal Intensive Care Unit: A 4-year Experience. *J Perinatol*. 2013;33(9):687-90. doi: 10.1038/jp.2013.42.

Potencial Conflito de Interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação Acadêmica

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Aprovação Ética e Consentimento Informado

Este artigo não contém estudos com humanos ou animais realizados por nenhum dos autores.

4. Figueira SAN, Oliveira AC, Zamith MM, Metolina C, Miyoshi MH, Sanudo A, et al. Echocardiography Performed by the Neonatologist: The Impact on the Clinical Management. *Pediatr Res.* 2023;94(2):724-9. doi: 10.1038/s41390-023-02526-0.
5. Gaspar HA, Morhy SS, Lianza AC, Carvalho WB, Andrade JL, Prado RR, et al. Focused Cardiac Ultrasound: A Training Course for Pediatric Intensivists and Emergency Physicians. *BMC Med Educ.* 2014;14:25. doi: 10.1186/1472-6920-14-25.
6. McNamara PJ, Jain A, El-Khuffash A, Giesinger R, Weisz D, Freud L, et al. Guidelines and Recommendations for Targeted Neonatal Echocardiography and Cardiac Point-of-Care Ultrasound in the Neonatal Intensive Care Unit: An Update from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2024;37(2):171-215. doi: 10.1016/j.echo.2023.11.016.
7. Australasian Society for Ultrasound in Medicine. Certificate in Clinician Performed Ultrasound - CCPU Neonatal Ultrasound Modality Proficiency and Appropriate Use State - Ment. Canberra: Crows Nest; 2009.
8. Singh Y, Roehr CC, Tissot C, Rogerson S, Gupta S, Bohlin K, et al. Education, Training, and Accreditation of Neonatologist Performed Echocardiography in Europe-framework for Practice. *Pediatr Res.* 2018;84(Suppl 1):13-7. doi: 10.1038/s41390-018-0078-9.
9. Jain A, Mohamed A, El-Khuffash A, Connelly KA, Dallaire F, Jankov RP, et al. A Comprehensive Echocardiographic Protocol for Assessing Neonatal Right Ventricular Dimensions and Function in the Transitional Period: Normative Data and z Scores. *J Am Soc Echocardiogr.* 2014;27(12):1293-304. doi: 10.1016/j.echo.2014.08.018.
10. Levy PT, Dioneda B, Holland MR, Sekarski TJ, Lee CK, Mathur A, et al. Right Ventricular Function in Preterm and Term Neonates: Reference Values for Right Ventricle Areas and Fractional Area of Change. *J Am Soc Echocardiogr.* 2015;28(5):559-69. doi: 10.1016/j.echo.2015.01.024.
11. Kaul S, Tei C, Hopkins JM, Shah PM. Assessment of Right Ventricular Function Using Two-dimensional Echocardiography. *Am Heart J.* 1984;107(3):526-31. doi: 10.1016/0002-8703(84)90095-4.
12. Malowitz JR, Forsha DE, Smith PB, Cotten CM, Barker PC, Tatum GH. Right Ventricular Echocardiographic Indices Predict Poor Outcomes in Infants with Persistent Pulmonary Hypertension of the Newborn. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2015;16(11):1224-31. doi: 10.1093/ehjci/jev071.
13. Smith A, Purna JR, Castaldo MP, Ibarra-Rios D, Giesinger RE, Rios DR, et al. Accuracy and Reliability of Qualitative Echocardiography Assessment of Right Ventricular Size and Function in Neonates. *Echocardiography.* 2019;36(7):1346-52. doi: 10.1111/echo.14409.
14. van Laere D, van Overmeire B, Gupta S, El-Khuffash A, Savoia M, McNamara PJ, Schwarz CE, de Boode WP; European Special Interest Group 'Neonatologist Performed Echocardiography' (NPE). Application of NPE in the Assessment of a Patent Ductus Arteriosus. *Pediatr Res.* 2018;84(Suppl 1):46-56. doi: 10.1038/s41390-018-0077-x.

