

# Uso Direcionado da Ecocardiografia Como Ferramenta de Auxílio no Ensino da Anatomia e da Fisiologia Cardíacas para Estudantes de Medicina

*Use of Echocardiography as a Supplementary Tool in Teaching Cardiac Anatomy and Physiology to Medical Students*

Caroline de Oliveira Fischer Bacca,<sup>1,2</sup>  Silvia R. Froes Toniazzo,<sup>1</sup>  Franciani Rodrigues da Rocha,<sup>1</sup>  Luiz Fernando Matias,<sup>1</sup>  Thais Naiara Mees,<sup>1</sup>  Ana Luiza Nardelli Kuhl,<sup>1</sup>  Nicolas Ramos,<sup>1</sup>  Marcelo Vier Gambetta<sup>1</sup> 

NPCMed, Núcleo de Pesquisa em Ciências Médicas,<sup>1</sup> Rio do Sul, SC – Brasil

Hospital Regional Alto Vale, Cardiology,<sup>2</sup> Rio do Sul, SC – Brasil

## Resumo

**Fundamento:** A ultrassonografia vem sendo cada vez mais utilizada para o ensino da medicina básica. A observação simultânea da imagem ecocardiográfica e do eletrocardiograma (ECG) permite que o estudante compreenda o processo fisiológico do coração e sua função dentro do sistema cardiovascular.

**Objetivo:** Avaliar o ganho e a retenção de conhecimento do estudante de medicina no aprendizado da anatomia e da fisiologia cardíacas com uso da ecocardiografia.

**Métodos:** Trinta e quatro estudantes do terceiro semestre realizaram um pré-teste (avaliação 1) composto por 20 questões de múltipla escolha, sendo 15 relacionadas à anatomia e fisiologia cardíacas e 5 “questões de confusão”. O teste foi elaborado por um dos autores, sendo de forma cega para os demais. Após o encontro teórico, foi efetuada a avaliação 2 com as mesmas questões. Na semana seguinte, foi realizado o encontro prático de ecocardiografia direcionado para avaliação da anatomia e fisiologia. Um pós-teste (avaliação 3) foi realizado 30 dias após o primeiro encontro para avaliar a retenção do conhecimento. As variáveis foram analisadas pelos testes Kolmogorov-Smirnov, T de Student e Wilcoxon, com nível de significância estatística representando um valor de  $p < 0,05$ .

**Resultados:** A média de acertos na avaliação 1 foi de  $6,37 \pm 2,0$  (42,4%), na segunda avaliação de  $9,8 \pm 2,2$  (65,3%) e na avaliação 3 de  $10,3 \pm 2,5$  (68,6%). Houve diferença estatística entre a avaliação 1 e as demais avaliações ( $p = 0,01$ ).

**Conclusão:** O uso da ecocardiografia de maneira precoce dentro do curso de medicina auxilia de forma positiva o ensino da fisiologia e anatomia cardíacas, fixando o conhecimento teórico adquirido.

**Palavras-Chave:** Ecocardiografia; Educação Médica; Estudantes de Medicina; Fenômenos Fisiológicos Cardiovasculares.

## Abstract

**Background:** Ultrasonography has been increasingly used in teaching basic medicine. The simultaneous observation of the echocardiographic image and the electrocardiogram allows students to understand the physiological process of the heart and its function within the cardiovascular system.

**Objective:** Evaluate the acquisition and retention of knowledge among medical students during the study of cardiac anatomy and physiology through the use of echocardiography.

**Methods:** Thirty-four (34) students in the third semester took a pre-test (assessment 1) consisting of 20 multiple-choice questions, 15 of which were related to cardiac anatomy and physiology and 5 were “confusion-inducing questions.” The test was designed by one of the authors, blind to the others. After the theoretical meeting, assessment 2 was carried out with the same questions. The following week, a practical echocardiography meeting was held, aimed at evaluating anatomy and physiology. A post-test (assessment 3) was carried out 30 days after the first meeting to assess knowledge retention. The variables were analyzed by the Kolmogorov-Smirnov, Student's T, and Wilcoxon tests, with a statistical significance level of  $p < 0.05$ .

**Correspondência:** Caroline de Oliveira Fischer Bacca •

UNIDAVI, Medicine School. Rua Guilherme Gemballa, 13. CEP: 89160-932. Rio do Sul, SC – Brasil

E-mail: caroline.bacca@unidavi.edu.br

Artigo recebido em 09/11/2023; revisado em 13/11/2023; aceito em 14/11/2023.

Editor responsável pela revisão: Daniela do Carmo Rassi Frota

**DOI:** <https://doi.org/10.36660/abcimg.20230100>

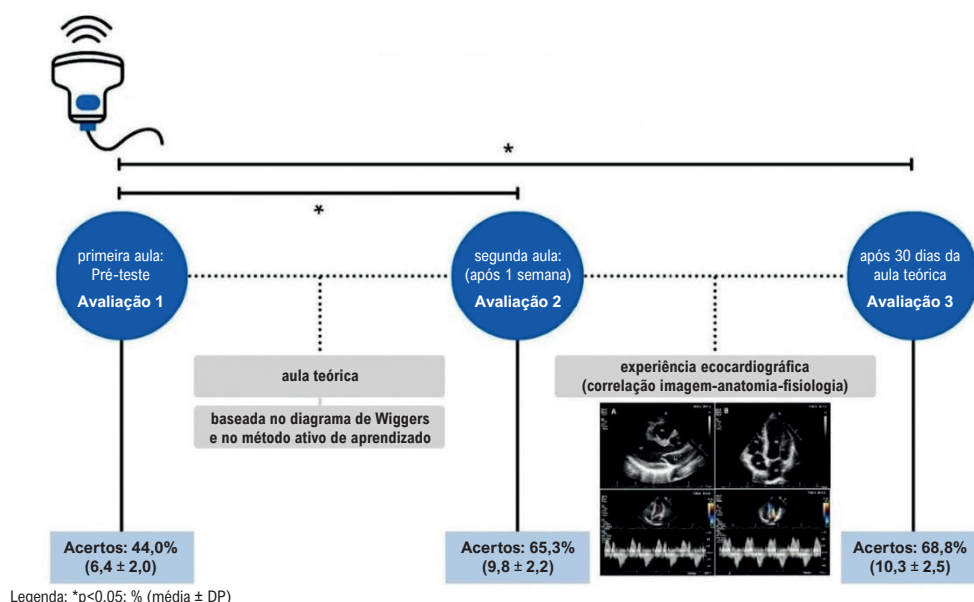
**Results:** The average number of correct answers in assessment 1 was  $6.37 \pm 2.0$  (42.4%),  $9.8 \pm 2.2$  (65.3%) in the second assessment, and  $10.3 \pm 2.5$  (68.6%) in assessment 3. There was a statistical difference between assessment 1 and the other assessments ( $p = 0.01$ ).

**Conclusion:** Early introduction of echocardiography in the medical curriculum proves beneficial for imparting knowledge in cardiac physiology and anatomy, reinforcing theoretical understanding.

**Keywords:** Echocardiography; Education, Medical; Students, Medical; Anatomy; Cardiovascular Physiological Phenomena.

Full texts in English - <https://www.abcimaging.org/>

**Figura Central:** Uso Direcionado da Ecocardiografia Como Ferramenta de Auxílio no Ensino da Anatomia e da Fisiologia Cardíacas para Estudantes de Medicina



Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2023;36(4):e20230100

## Introdução

O ensino da medicina mudou drasticamente nas últimas décadas. O avanço tecnológico permitiu que técnicas de ultrassonografia venham sendo cada vez mais utilizadas para o ensino da medicina, sobretudo na anatomia<sup>1</sup> e na fisiologia.<sup>2</sup> Estudos têm demonstrado que a percepção de estudantes sobre o uso do ultrassom no ensino da anatomia é positiva<sup>3,4</sup> e já foi demonstrado que o uso do ecocardiograma foi tão efetivo quanto a dissecação dos cadáveres no ensino da anatomia cardíaca.<sup>5</sup>

A ecocardiografia permite a visualização dos eventos do ciclo cardíaco e facilita a correlação entre as estruturas anatômicas e suas funções fisiológicas. A observação simultânea da imagem ultrassonográfica do coração, dos resultados do fonocardiograma e do eletrocardiograma (ECG) permite que o estudante compreenda o processo fisiológico do coração e sua função dentro do sistema cardiovascular,<sup>6</sup> melhorando a acurácia diagnóstica à beira do leito.<sup>7</sup> Artigos publicados evidenciam que o ensino da fisiologia cardíaca utilizando o método ultrassonográfico auxilia os estudantes

no aprendizado e na retenção de conhecimento dos eventos do ciclo cardíaco.<sup>4</sup>

Apesar de existirem programas de computador que simulam os mecanismos do ciclo cardíaco,<sup>8,9</sup> o ecocardiograma oferece a vantagem do ensino de um método de imagem amplamente utilizado no diagnóstico de várias patologias cardiovasculares simultaneamente à compreensão dos mecanismos fisiológicos e da circulação cardíaca.<sup>4</sup>

Desde 2016, a Universidade de Indiana, nos Estados Unidos, incorporou o ensino da ecocardiografia em seu currículo. A sua introdução é feita para alunos do ciclo pré-clínico do segundo ano, a fim de auxiliar no entendimento da prática e do ensino da cardiologia.<sup>10</sup>

De forma semelhante, em nossa universidade, a introdução à ecocardiografia é feita para alunos do terceiro semestre, como forma de auxiliar o ensino da fisiologia cardíaca e a compreensão da anatomia e das fases do ciclo cardíaco. Objetivamos verificar com este estudo o real ganho de conhecimento ao associar o método de ensino médico

## Artigo Original

atual (metodologias ativas e PBL – *Problem-Based Learning*) à prática da ecocardiografia.

## Materiais e métodos

### Desenho do estudo

Estudo prospectivo, de braço único, com 34 estudantes do terceiro período do curso de Medicina da UNIDAVI - Centro Universitário para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí, em Rio do Sul – SC.

Os alunos foram estimulados a responder um pré-teste (avaliação 1), com 20 minutos de duração, composto por 20 questões de múltipla escolha, sendo 15 relacionadas à anatomia e fisiologia e 05 questões denominadas “questões de confusão” (vide tópico seguinte). A avaliação foi elaborada pelo professor coordenador da fase, sendo de forma cega em relação à prática de ecocardiografia.

Num segundo momento, o grupo foi dividido em três turmas para a discussão teórica envolvendo o Diagrama de Wiggers (Figura 1).<sup>11</sup> Cada subturma teve 20 (vinte) minutos para pesquisar sobre as curvas de pressão atriais, ventriculares e arteriais, bem como o volume ventricular (VLV), ECG e fonocardiograma. Durante três horas, os estudantes discursaram sobre a parte teórica e foram indagados pelos professores, de acordo com a metodologia ativa do curso. Após a discussão teórica, foi realizada nova avaliação (avaliação 2), composta pelas mesmas questões do pré-teste e com o mesmo tempo para resolução.

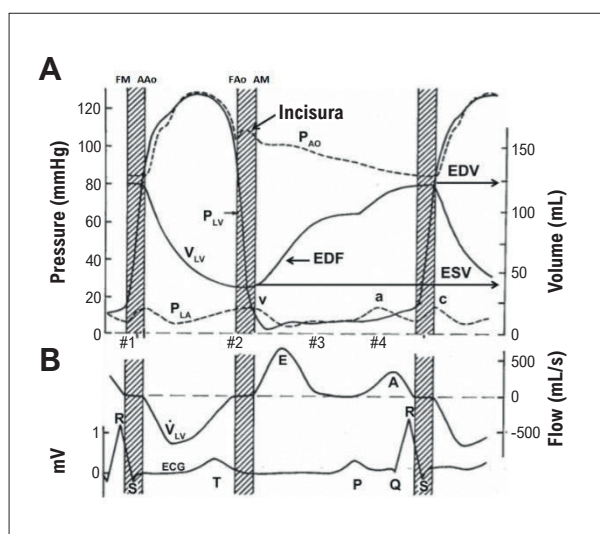
Após um intervalo de uma semana, os alunos foram ao laboratório de ecocardiografia. O encontro prático durou 60 minutos e foi realizado no aparelho Affinity 70® (Philips®). De início, foi abordada a formação de imagem ultrassônica e a forma de visualização das câmaras cardíacas no ecocardiograma transtorácico (ECO). Divididos em quatro grupos, foram estimulados a relacionar a anatomia cardíaca à imagem ecocardiográfica nos cortes paraesternal longitudinal e apical quatro câmaras (Figura 2).

Dentro da fisiologia cardíaca, foram discutidas as curvas de pressão e volume do átrio esquerdo (AE) e do ventrículo esquerdo (VE), utilizando o Doppler pulsado de via de entrada e via de saída do VE obtido nos cortes apical quatro e cinco câmaras, respectivamente. Foi estimulada a discussão sobre o tempo de diástole e de enchimento ventricular de acordo com a frequência cardíaca (Figura 3).

Por fim, no quinto momento e com um intervalo de 30 (trinta) dias, os estudantes realizaram o último teste (avaliação 3) de modo surpresa, com as mesmas questões dos testes anteriores e com o mesmo tempo para resposta.

### Avaliação

A avaliação foi elaborada pelo professor coordenador da fase dentro da plataforma Google Forms®, sendo realizada sempre de modo surpresa, em dispositivos eletrônicos com acesso restrito à internet, e com questões de forma cega em relação à professora das aulas práticas e do conteúdo abordado no laboratório de ecocardiografia. Foi composta por 20 (vinte) questões de múltipla escolha (apêndice 1), sendo



**Figura 1** – Diagrama de Wiggers. Legenda: A) Relação temporal entre a pressão ventricular (PLV), VLV, pressão atrial (PLA) e pressão aórtica (PAo). FM: fechamento da valva mitral; AM: abertura da valva mitral; AAO: abertura da valva aórtica; FAo: fechamento da valva aórtica; VDF: Volume diastólico final; VSF: Volume sistólico final. #1 - B1 (fechamento das valvas mitral e tricúspide). #2 - B2 (fechamento das valvas aórtica e pulmonar). #3 - B3 (terceira bulha). #4 - B4 (quarta bulha). B) Relação temporal entre o fluxo sanguíneo durante a ejeção sistólica ventricular (VLV) e as ondas de enchimento diastólico (ondas E e A do influxo mitral), com o impulso elétrico das ondas de despolarização atrial (onda P), despolarização ventricular (complexo QRS) e repolarização ventricular (onda T) do ECG. Adaptado de Mitchell et al.<sup>11</sup>

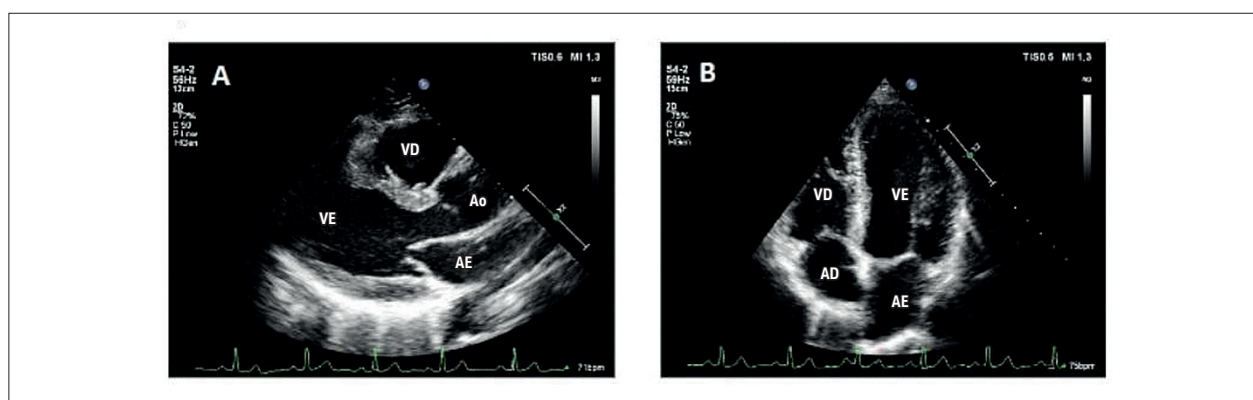
15 (quinze) perguntas relacionadas à anatomia e à fisiologia (denominadas “questões válidas”), e outras 5 (cinco) chamadas de “questões de confusão”, relacionadas à cardiologia, porém sem abordar os temas discutidos na teoria e na prática em questão.

As questões de confusão foram introduzidas na avaliação para prolongar o teste, confundir o acadêmico quanto ao tema abordado e servir como questões controle, uma vez que não exploram o assunto discutido na teoria e na prática. Se a avaliação 1 fosse somente sobre a anatomia e a fisiologia cardíacas, o estudante facilmente saberia o tema proposto e poderia realizar um estudo dirigido, o que melhoraria artificialmente seu desempenho nas avaliações posteriores. Portanto, essas questões de confusão demonstram a capacidade do estudante em melhorar seu conhecimento e estudo sem nenhuma intervenção didática.

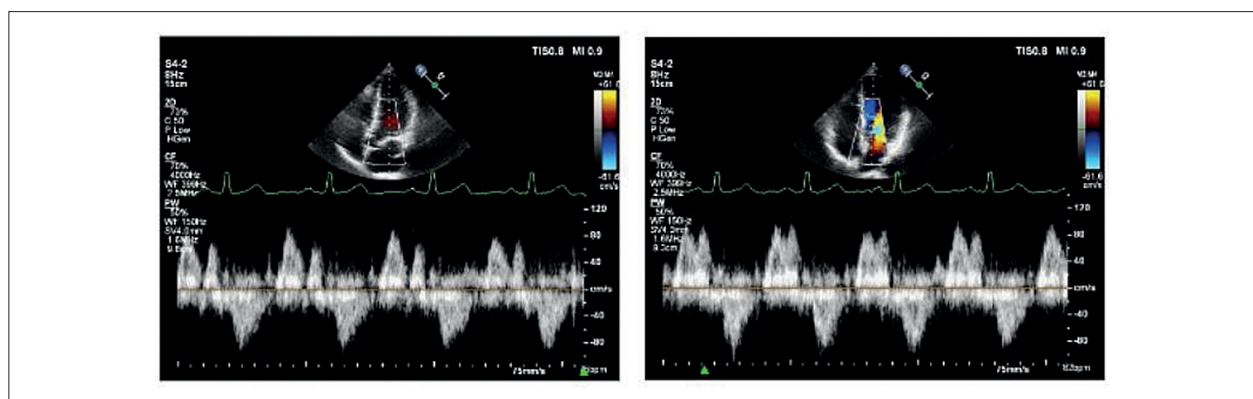
### Análise estatística

Os resultados das três avaliações foram computados no software SPSS® (*Statistical Package for the Social Sciences*) versão 26.0, utilizando-se do teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov.

Diante da distribuição da amostra, foi encontrada uma distribuição normal desses achados na primeira e na segunda avaliação, sendo utilizado o teste paramétrico t de Student para amostras emparelhadas. Para a análise da terceira avaliação, diante da distribuição não normal, foi utilizado o teste não-paramétrico t de Wilcoxon.



**Figura 2** – Imagens ecocardiográficas nos cortes: A) Paraesternal longitudinal e B) Apical 4 câmaras. Legenda: VE: ventrículo esquerdo; AE: átrio esquerdo; VD: ventrículo direito; AD: átrio direito.



**Figura 3** – Imagens ecocardiográficas no corte Apical 4 câmaras com Doppler pulsado de via de entrada e via de saída do ventrículo esquerdo.

Optou-se pela descrição dos resultados expressos em média e desvio-padrão (DP), sendo a análise considerada estatisticamente significativa quando o valor de  $p < 0,05$  ( $\alpha < 0,05$ ).

## Resultados

A amostra foi composta por 34 alunos do terceiro semestre (ciclo básico) do curso de medicina. Destes, 25 eram mulheres e 9 homens, com média de idade de 20,9 anos (DP  $\pm 3,5$  anos).

Na primeira avaliação, a média de acertos foi de 6,7 (DP  $\pm 2,0$ ) das questões válidas, correspondendo a 44,6%. A média das assertivas nos tópicos de confusão foi de 2,5. A questão com a menor percentagem de acertos foi “O valor da pressão diastólica (PAD) e sistólica (PAS) na aorta são observados em qual fase do ciclo cardíaco?”, com apenas cinco respostas corretas (14,3%).

Na segunda avaliação, a média das assertivas das questões válidas foi de 9,8 (DP  $\pm 2,2$ ), perfazendo 65,3%, enquanto nas de confusão foi de 2,6 acertos. Nesta avaliação, a questão com menor número de assertivas foi uma questão de confusão: “A definição de ritmo sinusal se dá pelos seguintes achados, EXCETO:”, com apenas oito respostas corretas (21,1%).

Na última avaliação, a média das respostas corretas foi de 10,3 (DP  $\pm 2,5$ ), sendo correlacionado com 68,8% do total, e nas questões de confusão foi de 2,45 acertos. Novamente, a questão correlacionada com menor número de respostas corretas foi uma questão de confusão: “Qual a alteração do ECG, na vigência de um infarto, que determina a necessidade de cineangiogramia (cateterismo cardíaco) emergencial?”, com apenas sete respostas corretas (20,6%).

Utilizando-se o teste paramétrico, observou-se relevância significativa entre as avaliações 1 e 2 ( $p < 0,001$ ). Também houve significância estatística utilizando o teste não-paramétrico para comparar as avaliações 1 e 3 ( $p < 0,001$ ). Não houve diferença entre as avaliações 2 e 3 ( $p = 0,14$ ) (Gráfico 1), bem como nas assertivas das questões de confusão ( $p > 0,3$ ).

Na análise comparativa dos acertos das questões válidas pelos estudantes nas três avaliações (Gráfico 2), observa-se a tendência de maiores acertos dos alunos após o encontro teórico (avaliação 2) e, principalmente, após o encontro prático (avaliação 3). Apesar de não haver significância estatística em relação às avaliações 2 e 3, o gráfico mostra a tendência de retenção de conhecimento do acadêmico, visto que a última avaliação foi realizada 30 (trinta) dias depois.

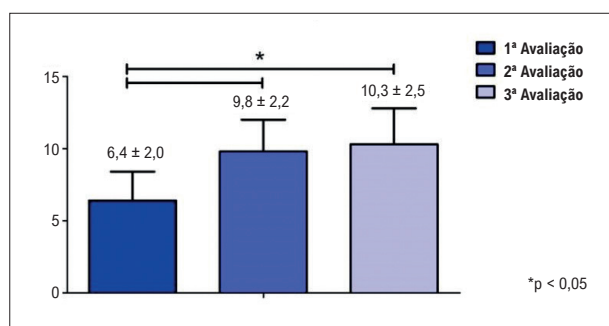


Gráfico 1 – Média de acertos nas avaliações e desvio-padrão.

## Discussão

O presente estudo avaliou o impacto do uso da ecocardiografia no aprendizado da cardiologia para estudantes do ciclo básico do curso de medicina. Com nosso estudo, foi possível demonstrar que a introdução precoce da ecocardiografia dentro do ensino médico é factível e traz ganho e retenção de conhecimento da anatomia e da fisiologia cardíacas ao estudante de medicina.

O uso da ecocardiografia conecta o básico à clínica, fazendo com que o acadêmico tenha mais interesse pelo estudo, uma vez que necessita de conhecimento fisiológico para realizar as aplicações clínicas do método.<sup>6</sup> O ensino de anatomia e fisiologia cardíacas utilizando-se a ultrassonografia é viável para estudantes de medicina, melhorando seu desempenho e trazendo mais motivação para ampliar seus conhecimentos.<sup>2</sup> Atividades de ensino que incorporam o uso da ecocardiografia são populares entre os alunos porque

trazem os processos fisiológicos do coração para um patamar mais tangível.<sup>12</sup>

Em alguns estudos, foram utilizados modelos anatômicos experimentais, simuladores de ecocardiografia, comparação com a prática anatômica e dissecação de cadáveres para verificar o ganho de conhecimento do estudante de medicina. No estudo desenvolvido por Torabi e colaboradores, utilizando um modelo de *software* para ensino, foi demonstrado que a introdução à ecocardiografia para estudantes de medicina durante o curso de cardiologia é positiva tanto subjetivamente pela avaliação dos estudantes, quanto objetivamente em testes práticos.<sup>10</sup> Já Griksaitis, Sawdon e Finn sugerem que tanto a dissecação anatômica de cadáveres quanto a ecocardiografia são métodos igualmente eficazes para o ensino da anatomia cardíaca, sem superioridade entre eles.<sup>5</sup> Fato este corroborado por Canty et al., que elaboraram uma sessão prática de três horas usando um simulador de ultrassom como complemento do aprendizado da anatomia cardíaca e verificaram que o ganho de conhecimento dos alunos foi similar ao adquirido com uso de modelos plásticos e dissecação de cadáveres.<sup>13</sup>

Atualmente, algumas universidades têm utilizado o ecocardiograma para ensinar anatomia, exame clínico e aquisição de imagens para o reconhecimento de algumas patologias cardíacas.<sup>14</sup> Em nosso estudo, houve ganho de conhecimento significativo entre as avaliação pré-teórica (avaliação 1) e após a prática de ecocardiografia (avaliação 3), com a porcentagem de acertos subindo de 44,6% para 68,6%. Resultado este inferior ao estudo realizado por Bell et al., no qual o escore médio de acertos dos estudantes foi de 53,3% na avaliação pré-teste para 81,7% na avaliação pós-teste<sup>4</sup> e no trabalho de Varadharaju e colaboradores,

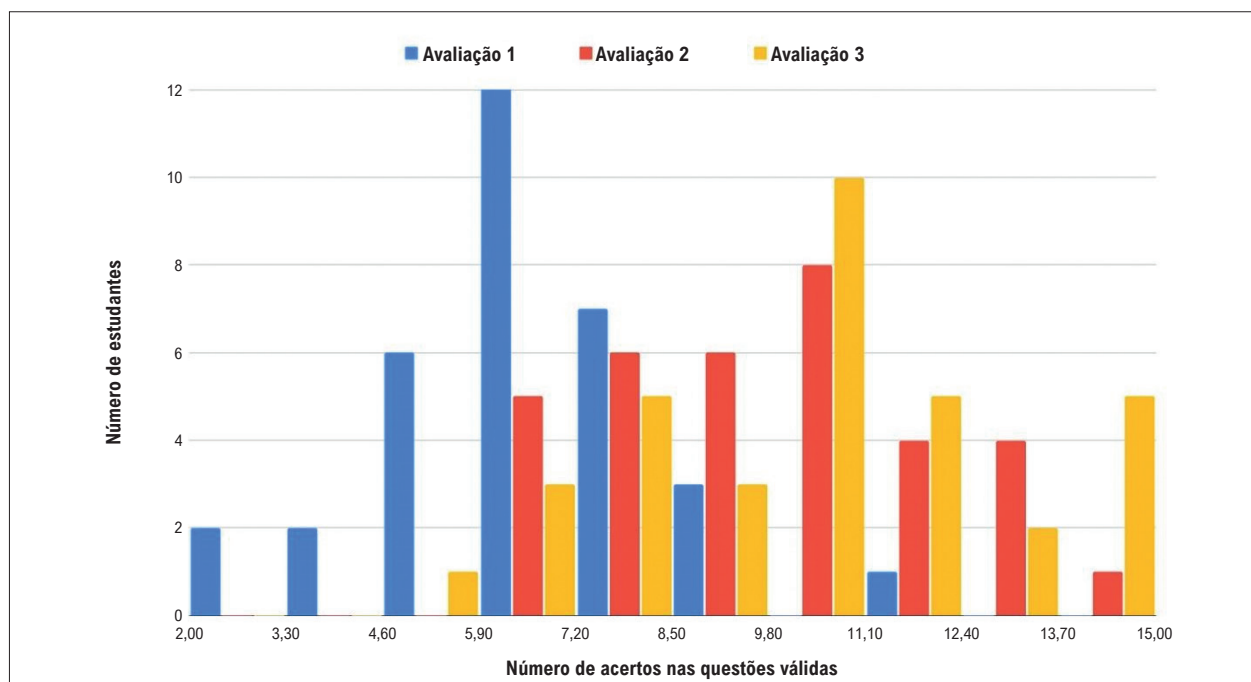


Gráfico 2 – Análise comparativa dos acertos dos estudantes de medicina nas avaliações.

no qual observou-se que 89,6% dos estudantes avaliados compreenderam melhor a anatomia e fisiologia cardíacas por meio do ecocardiograma em tempo real.<sup>15</sup> Ambos os trabalhos realizaram a avaliação pós-teste imediatamente após a aula prática e com participantes voluntários.

Quanto à retenção de conhecimento do estudante, observou-se em nosso estudo a manutenção e até superioridade nos acertos, correlacionando a avaliação 2, com 65,3% (após a teoria), e a avaliação 3, com 68,6% (30 dias após a prática). A literatura não traz muitos estudos demonstrando a retenção do ensino com o uso da ecocardiografia, mas o trabalho de Jujo e colaboradores evidenciou que, apesar de haver uma queda significativa na habilidade do estudante em adquirir as imagens do ultrassom POCUS (*Point of Care Ultrasound*) após oito semanas, a retenção de conhecimento nesse período se manteve, apresentando discreta redução em relação à avaliação realizada após as apresentações (23,1 pontos para 19,6 pontos) porém sem significância estatística.<sup>16</sup>

### Limitações e pontos fortes do estudo

Nosso trabalho conta com algumas limitações, como a não existência de um grupo controle para a comparação efetiva entre a teoria e a prática da ecocardiografia. Ao idealizar o protocolo do estudo, foi sugerido a realização de um grupo controle. Entretanto, a padronização curricular do ensino de ecocardiografia para alunos da graduação não estava disponível para a comparação, uma vez que não existe um currículo de ensino de ecocardiografia nas escolas médicas. Encorajamos futuros trabalhos comparativos utilizando nossa metodologia de ensino para que um currículo adequado seja confeccionado.

Apesar de ser o primeiro estudo desenvolvido no Brasil para avaliar se um laboratório de ecocardiografia poderia ser utilizado como uma plataforma eficaz no aprendizado da cardiologia, ele foi um trabalho desenvolvido em um único centro e utilizando uma metodologia criada pelos autores.

Foi investigada a retenção de conhecimento apenas quatro semanas após as atividades educacionais. Este fato ocorreu porque, dentro do currículo acadêmico, a disciplina Habilidades III é composta de encontros de cardiologia e pneumologia. Essas atividades sequenciais complementam o estudo de anatomia e fisiologia cardíacas e poderiam interferir nos resultados das avaliações. Estudos futuros devem ser realizados para que o conhecimento a mais longo prazo seja avaliado.

O número de participantes da pesquisa traz eficácia ao estudo, visto que os cálculos amostrais para intervenções educacionais sugerem a utilização de 25 ou mais participantes

nos estudos.<sup>17</sup> Por fim, a análise compulsória de todos os estudantes da fase, não utilizando voluntários para a análise, reduz a possibilidade do viés da superestimação na avaliação da educação médica, conforme determinado por Callahan, Hojat e Gonnella.<sup>18</sup>

### Conclusão

O uso da ecocardiografia transtorácica como sendo ferramenta de auxílio didático no ensino da cardiologia é exequível dentro do curso de medicina, agregando conhecimento da anatomia e da fisiologia cardíacas a estudantes do ciclo básico.

Além do ensino da aquisição da imagem ecocardiográfica direcionada que auxilia no diagnóstico de determinadas patologias cardíacas, a utilização do ecocardiograma nos cursos de medicina melhora a capacidade do aluno em avaliar a adequação do exame solicitado, bem como sua indicação e apropriada interpretação.

### Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa: Bacca COF, Toniazzo SRF, Matias LF, Kuhl ALN, Mees TN, Gambetta MV; obtenção de dados: Bacca COF, Kuhl ALN, Mees TN, Gambetta MV; análise e interpretação dos dados: Bacca COF, Rocha FR; análise estatística: Rocha FR; redação do manuscrito: Bacca COF, Toniazzo SRF, Rocha FR, Matias LF, Kuhl ALN, Mees TN, Ramos N, Gambetta MV; revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Bacca COF, Toniazzo SRF, Ramos N, Gambetta MV.

### 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.

### Referências

1. Tshibwabwa ET, Groves HM. Integration of Ultrasound in the Education Programme in Anatomy. *Med Educ*. 2005;39(11):1148. doi: 10.1111/j.1365-2929.2005.02288.x.
2. Hammoudi N, Arangalage D, Boubrit L, Renaud MC, Isnard R, Collet JP, et al. Ultrasound-Based Teaching of Cardiac Anatomy and Physiology to Undergraduate Medical Students. *Arch Cardiovasc Dis*. 2013;106(10):487-91. doi: 10.1016/j.acvd.2013.06.002.
3. Ivanusic J, Cowie B, Barrington M. Undergraduate Student Perceptions of the Use of Ultrasonography in the Study of "Living Anatomy". *Anat Sci Educ*. 2010;3(6):318-22. doi: 10.1002/ase.180.
4. Bell FE 3rd, Wilson LB, Hoppmann RA. Using Ultrasound to Teach Medical Students Cardiac Physiology. *Adv Physiol Educ*. 2015;39(4):392-6. doi: 10.1152/advan.00123.2015.

5. Griksaitis MJ, Sawdon MA, Finn GM. Ultrasound and Cadaveric Prosections as Methods for Teaching Cardiac Anatomy: a Comparative Study. *Anat Sci Educ*. 2012;5(1):20-6. doi: 10.1002/ase.259.
6. Brunner M, Moeslinger T, Spieckermann PG. Echocardiography for Teaching Cardiac Physiology in Practical Student Courses. *Am J Physiol*. 1995;268(6 Pt 3):S2-9. doi: 10.1152/advances.1995.268.6.S2.
7. Decara JM, Kirkpatrick JN, Spencer KT, Ward RP, Kasza K, Furlong K, et al. Use of Hand-Carried Ultrasound Devices to Augment the Accuracy of Medical Student Bedside Cardiac Diagnoses. *J Am Soc Echocardiogr*. 2005;18(3):257-63. doi: 10.1016/j.echo.2004.11.015.
8. Wittich CM, Montgomery SC, Neben MA, Palmer BA, Callahan MJ, Seward JB, et al. Teaching Cardiovascular Anatomy to Medical Students by Using a Handheld Ultrasound Device. *JAMA*. 2002;288(9):1062-3. doi: 10.1001/jama.288.9.1062.
9. Ribaric S, Kordas M. Teaching Cardiovascular Physiology with Equivalent Electronic Circuits in a Practically Oriented Teaching Module. *Adv Physiol Educ*. 2011;35(2):149-60. doi: 10.1152/advan.00072.2010.
10. Torabi AJ, Feigenbaum H, Bateman PV. Introducing Echocardiography to Medical Students: a Novel Echocardiography E-Learning Experience. *Echocardiography*. 2021;38(4):549-54. doi: 10.1111/echo.15013.
11. Mitchell JR, Wang JJ. Expanding Application of the Wiggers Diagram to Teach Cardiovascular Physiology. *Adv Physiol Educ*. 2014;38(2):170-5. doi: 10.1152/advan.00123.2013.
12. Johnson CD, Montgomery LE, Quinn JG, Roe SM, Stewart MT, Tansey EA. Ultrasound Imaging in Teaching Cardiac Physiology. *Adv Physiol Educ*. 2016;40(3):354-8. doi: 10.1152/advan.00011.2016.
13. Canty DJ, Hayes JA, Story DA, Royse CF. Ultrasound Simulator-Assisted Teaching of Cardiac Anatomy to Preclinical Anatomy Students: a Pilot Randomized Trial of a Three-Hour Learning Exposure. *Anat Sci Educ*. 2015;8(1):21-30. doi: 10.1002/ase.1452.
14. Johri AM, Durbin J, Newbigging J, Tanzola R, Chow R, De S, et al. Cardiac Point-of-Care Ultrasound: State-of-the-Art in Medical School Education. *J Am Soc Echocardiogr*. 2018;31(7):749-60. doi: 10.1016/j.echo.2018.01.014.
15. Varadharaju B, Hemakuma, Balachandran. Teaching Basic Cardiac Anatomy and Physiology to First Year Medical Students by Echocardiography. *Journal of Education Technology in Health Sciences*. 2021;8(1):33-7. doi: 10.18231/j.jeths.2021.007.
16. Jujo S, Sakka BI, Lee-Jayaram JJ, Kataoka A, Izumo M, Kusunose K, et al. Medical Student Medium-Term Skill Retention Following Cardiac Point-of-Care Ultrasound Training Based on the American Society of Echocardiography Curriculum Framework. *Cardiovasc Ultrasound*. 2022;20(1):26. doi: 10.1186/s12947-022-00296-z.
17. McConnell MM, Monteiro S, Bryson GL. Sample Size Calculations for Educational Interventions: Principles and Methods. *Can J Anaesth*. 2019;66(8):864-73. doi: 10.1007/s12630-019-01405-9.
18. Callahan CA, Hojat M, Connella JS. Volunteer Bias in Medical Education Research: an Empirical Study of Over Three Decades of Longitudinal Data. *Med Educ*. 2007;41(8):746-53. doi: 10.1111/j.1365-2923.2007.02803.x.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença de atribuição pelo Creative Commons