

Como Avalio a Função Sistólica do Ventrículo Esquerdo

How I Assess Left Ventricular Systolic Function

Ana Clara Tude Rodrigues^{1,2} 

INRAD – Instituto de Radiologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP),¹ São Paulo, SP – Brasil
Hospital Israelita Albert Einstein,² São Paulo, SP – Brasil

Resumo

A avaliação da função sistólica do ventrículo esquerdo pelo ecocardiograma é essencial na prática clínica e na pesquisa cardiovascular. Embora a fração de ejeção do ventrículo esquerdo continue sendo o parâmetro mais utilizado, os avanços nas técnicas ecocardiográficas ampliaram a avaliação diagnóstica. Esta revisão resume os principais métodos para a avaliação da função sistólica, desde medidas lineares tradicionais até abordagens volumétricas bidimensionais e tridimensionais mais modernas. São discutidos os papéis e as limitações do método de Simpson, da ecocardiografia com contraste, imagem tridimensional, análise da deformação miocárdica e das ferramentas de inteligência artificial, enfatizando a importância de uma abordagem integrada e individualizada.

Avaliação Ecocardiográfica da Função Sistólica do Ventrículo Esquerdo: Uma Abordagem Prática

A avaliação da função sistólica do Ventrículo Esquerdo (VE) é um dos pilares do ecocardiograma transtorácico, essencial na prática clínica e na pesquisa em cardiologia. A Fração de Ejeção do Ventrículo Esquerdo (FEVE) é amplamente utilizada na estratificação de risco, no diagnóstico e no acompanhamento de condições como insuficiência cardíaca, cardiopatias valvares, miocardiopatias e cardiotoxicidade por quimioterápicos.¹⁻³ Embora a ressonância magnética cardíaca seja padrão-ouro para quantificação volumétrica, a ecocardiografia é mais disponível, não invasiva, de baixo custo e aplicável em diversos cenários. Avanços tecnológicos e algoritmos de IA aumentaram a acurácia, a reprodutibilidade e a detecção precoce de alterações funcionais,⁴ consolidando a ecocardiografia como exame de primeira linha. Revisaremos aqui os principais métodos ecocardiográficos para análise da função sistólica do VE, com foco em aplicações práticas e limitações. Historicamente, a fórmula de Teichholz, descrita nos anos 70, estima volumes ventriculares a partir de diâmetros obtidos no modo-M ou

bidimensional (2D). Apesar de ter sido um marco, baseia-se em pressupostos geométricos rígidos, sendo válida apenas para corações normais e quando não é necessário grande precisão. Os diâmetros são medidos na janela paraesternal longitudinal, ao nível das cordoalhas tendíneas, no final da diástole (DDVE) e no final da sístole (DSVE), seguindo recomendações.⁵ Pequenas inclinações do feixe de ultrassom podem gerar erros, o que torna a sua padronização fundamental. Hoje não é mais usada rotineiramente nos Estados Unidos e Europa, mas ainda é usada em serviços no Brasil, especialmente em locais com grande volume e para pacientes sem cardiopatia. A partir da década de 1990, o método de Simpson biplanar, conhecido como método de discos modificado, tornou-se a técnica de referência para a quantificação dos volumes ventriculares e FEVE.⁵ Este método baseia-se na reconstrução geométrica da cavidade ventricular com imagens obtidas a partir dos planos apicais de quatro e duas câmaras, com adequada definição endocárdica. No final da diástole (maior cavidade, identificada no início do complexo QRS) e no final da sístole (menor cavidade), realizamos o traçado manual ou semiautomático do contorno endocárdico, excluindo músculos papilares e trabeculações, considerados parte da cavidade. O software divide o ventrículo em múltiplos discos cilíndricos de pequena espessura, calculando os volumes diastólico final e sistólico final, a partir dos quais a FEVE é automaticamente derivada (Figura 1). A principal exigência técnica é evitar o encurtamento do VE, garantindo cortes apicais verdadeiramente ortogonais, para que os volumes não sejam subestimados. Usamos esse método rotineiramente para pacientes com comprometimento segmentar, disfunção ventricular esquerda e aqueles cujas decisões clínicas dependam da quantificação precisa da FEVE, como na insuficiência cardíaca, miocardiopatias, valvopatias e estratificação para terapia de ressincronização cardíaca.⁶ Para pacientes que necessitem maior acurácia na quantificação da função sistólica, mesmo na presença de corações aparentemente normais, como aqueles pré ou em uso de quimioterapia, este também é o método de escolha. Nesta situação, inclusive, quando disponível, a Ecocardiografia Tridimensional (3D) é preferida, pois reduz a variabilidade na estimativa dos volumes e da FE, fundamental em situações que exigem monitorização rigorosa.⁷ Algumas limitações, entretanto, devem ser reconhecidas para o método biplanar: primeiramente, a sua acurácia é dependente da qualidade da janela acústica; desta forma, em casos com janela limitada, utilizamos os Agentes de Realce Ultrassonográfico (ARU), constituídos por microbolhas de gás estabilizadas por uma cápsula lipídica, proteica ou polimérica, injetadas por via endovenosa.⁸ Essas microbolhas funcionam como potentes dispersores do feixe ultrassônico, aumentando a intensidade do sinal e proporcionando melhor delineamento das bordas endocárdicas, o que possibilita mensurações mais acuradas de volumes e da FEVE (Figura 2). É importante ressaltar que os ARUs devem ser reservados para

Palavras-chave

Ecocardiografia; Função Ventricular Esquerda; Frequência Cardíaca

Correspondência: Ana Clara Tude Rodrigues •

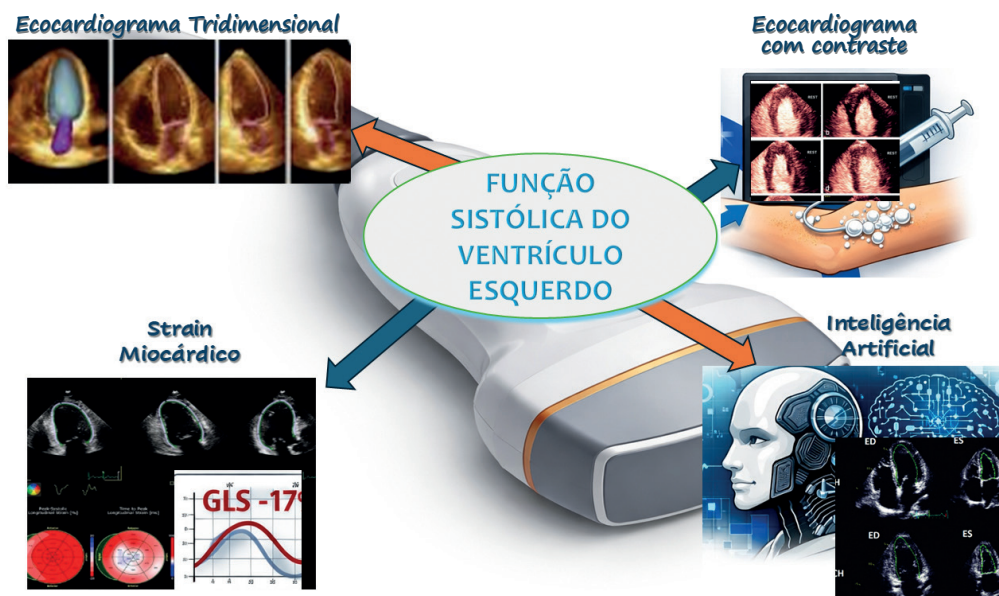
Instituto de Radiologia (INRAD) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP), Setor de Ecocardiografia. Rua particular, SN. CEP: 05403-010, São Paulo, SP – Brasil
E-mail: anaclaratuderodrigues3@gmail.com

Artigo recebido em 12/11/2025; revisado em 12/11/2025;
aceito em 12/11/2025

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250078>

Figura Central: Como Avaliar a Função Sistólica do Ventrículo Esquerdo



Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2025;38(4):e20250078

casos em que haja necessidade inequívoca de melhor definição endocárdica ou quantificação volumétrica, considerando-se seus custos adicionais e potenciais efeitos adversos. Nas situações nas quais o método de Simpson não pode ser aplicado em função da janela limitada e o ARU não está disponível, a FEVE pode ser estimada visualmente, combinando janelas apicais e paraesternais. A estimativa visual é amplamente utilizada na prática clínica e, inclusive, em grandes ensaios clínicos nos quais não foi possível realizar a quantificação volumétrica.⁹ Outra limitação do método de Simpson são as alterações de contratilidade localizadas nas paredes anteroseptal ou inferolateral. Nesses casos, o ecocardiograma 3D, quando viável, deve ser priorizado. Essa técnica permite a aquisição volumétrica completa do VE a partir de múltiplos planos, eliminando pressupostos geométricos e oferecendo reconstruções precisas da cavidade (Figura 3). A qualidade da imagem ainda pode limitar a obtenção de volumes adequados, especialmente em pacientes com janela acústica subótima, embora os avanços recentes em software e aquisição de imagens tenham tornado o processamento mais rápido e confiável. Além disso, a técnica reduz a variabilidade interobservador e melhora a acurácia na avaliação de volumes e FE, sendo particularmente útil em pacientes com remodelamento ventricular acentuado.¹⁰ Embora a variabilidade inter e intraobservador do método biplanar seja menor do que nas medidas lineares, ela ainda pode ocorrer, especialmente em exames de qualidade técnica restrita. Finalmente, comparado à ressonância magnética cardíaca o método de Simpson tende a subestimar valores absolutos de volumes, embora mantenha boa correlação para a FEVE, sendo desta forma também mais adequada a utilização do eco 3D para esta estimativa mais precisa.¹¹ Em relação ao estudo da deformação miocárdica por

speckle-tracking bidimensional, em minha prática, incorporo esta análise sempre que há suspeita de comprometimento do VE que não esteja inteiramente caracterizado pela ecocardiografia 2D convencional (Figura 4). Isso inclui situações como aumento inexplicado da espessura miocárdica, uso de fármacos cardiotoxicos¹² ou sinais duvidosos de disfunção ventricular. Para isso, usamos as imagens apicais de duas, três e quatro câmaras desde que apresentem adequada definição endocárdica, traçando manual ou semiautomaticamente o contorno endocárdico ao final da diástole e da sístole, para o cálculo do *Strain* Global Longitudinal (GLS) pelo software, procurando adquirir pelo menos dois ciclos consecutivos para reduzir a variabilidade. Apesar das limitações relacionadas principalmente à qualidade da imagem, o GLS se mostra altamente sensível e reproduzível, principalmente com a utilização de novos softwares automatizados, complementando de forma confiável a avaliação da função sistólica do VE [1,2]; a necessidade de treinamento técnico tem sido de menor importância em função do avanço tecnológico. Finalmente, mais recentemente, recursos de inteligência artificial (IA) têm sido incorporados à prática ecocardiográfica, com algoritmos capazes de automatizar análises 2D, 3D e de deformação miocárdica. Esses sistemas promovem maior padronização, reduzem o tempo de análise e permitem a detecção de padrões sutis não identificáveis pelas técnicas convencionais, aumentando a eficiência e a reprodutibilidade dos exames. Tenho utilizado esses softwares para a mensuração de diâmetros cardíacos e para obtenção de volumes pelo 2D e 3D e avaliação de *strain*;^{13,14} contudo, ainda é necessário realizar edições para garantir a acurácia das medidas. Com o contínuo aprimoramento das técnicas, grande parte das tarefas repetitivas do ecocardiograma poderá ser automatizada, reduzindo o

Artigo de Revisão

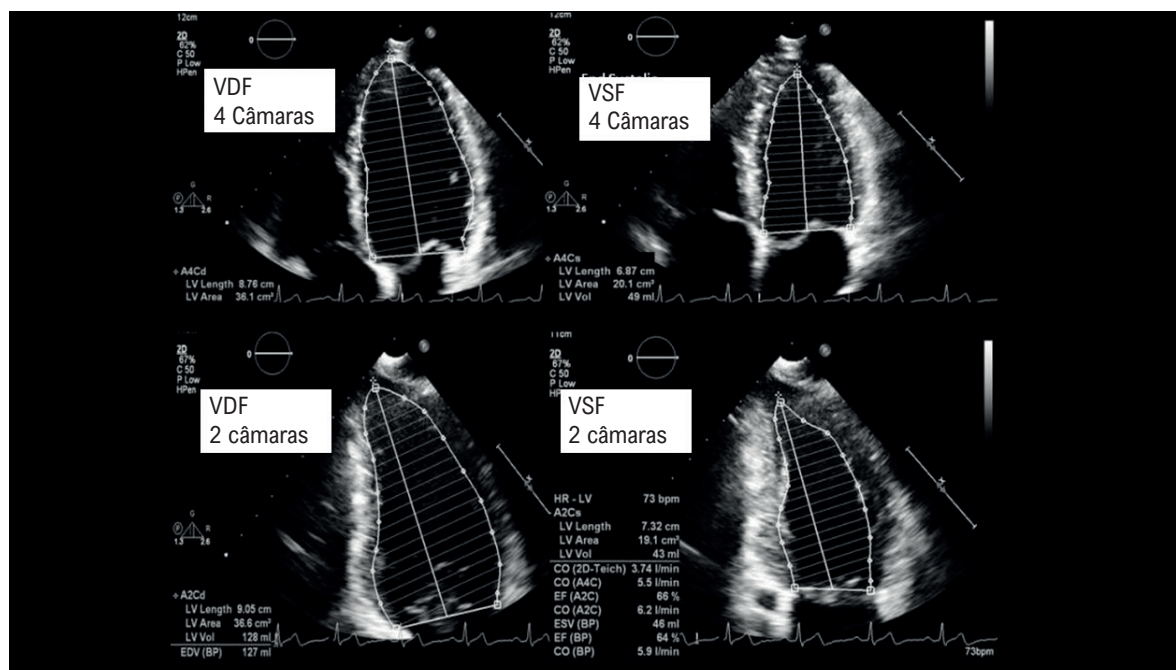


Figura 1 – Imagens apicais de duas e quatro câmaras utilizadas para obtenção dos volumes e da fração de ejeção pelo método de Simpson biplanar.

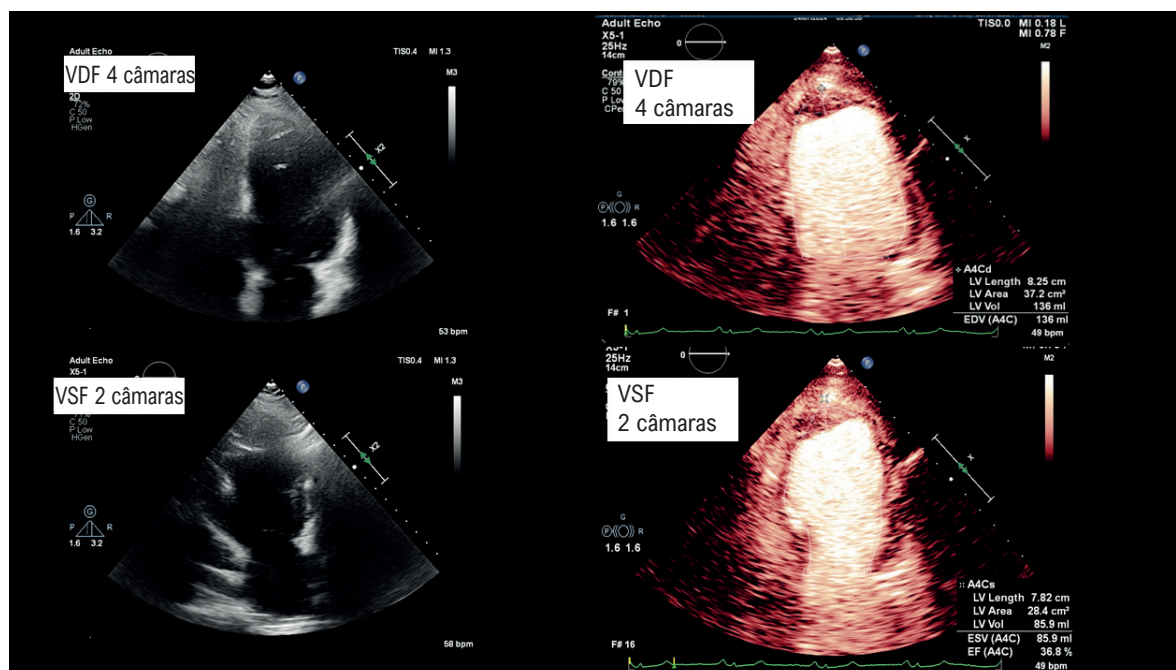


Figura 2 – Imagens bidimensionais apicais de quatro e duas câmaras com qualidade limitada. Após o uso de agente de realce ultrassonográfico, observa-se melhor definição das bordas endocárdicas, permitindo delineamento adequado e medidas confiáveis pelo método biplanar. Nota-se ainda trombo mural em ápice.

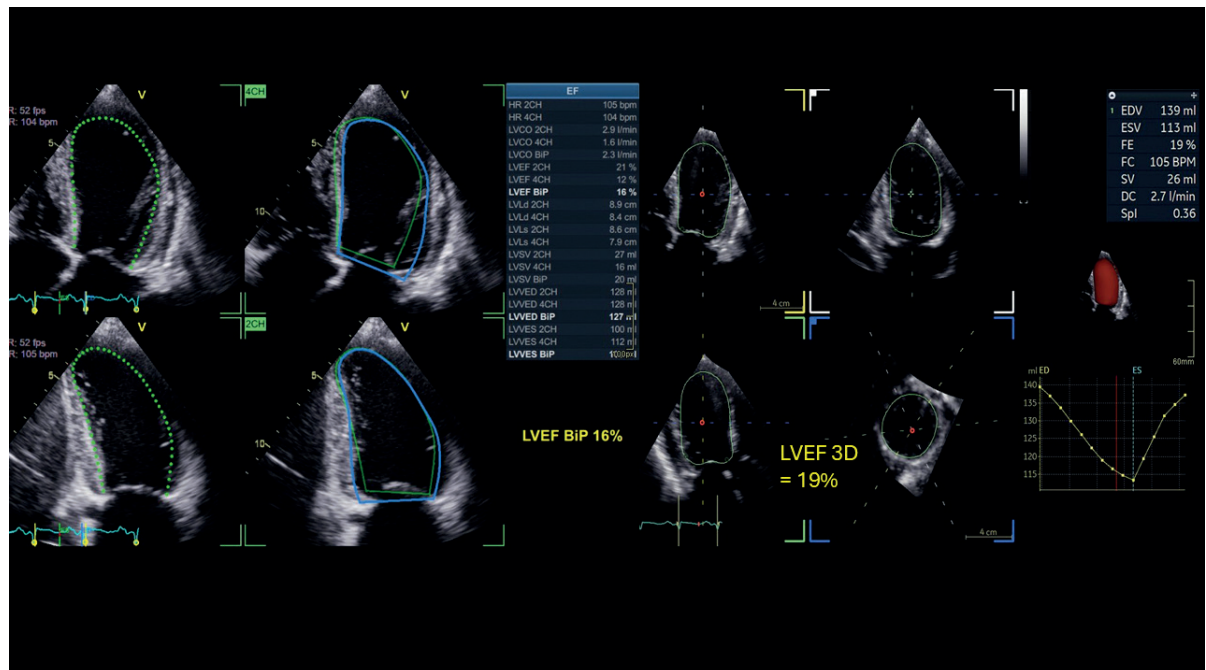


Figura 3 – Imagens bidimensionais e tridimensionais com medidas da fração de ejeção em paciente com cardiomiopatia periparto e disfunção sistólica importante. As medidas foram obtidas de forma semiautomática.

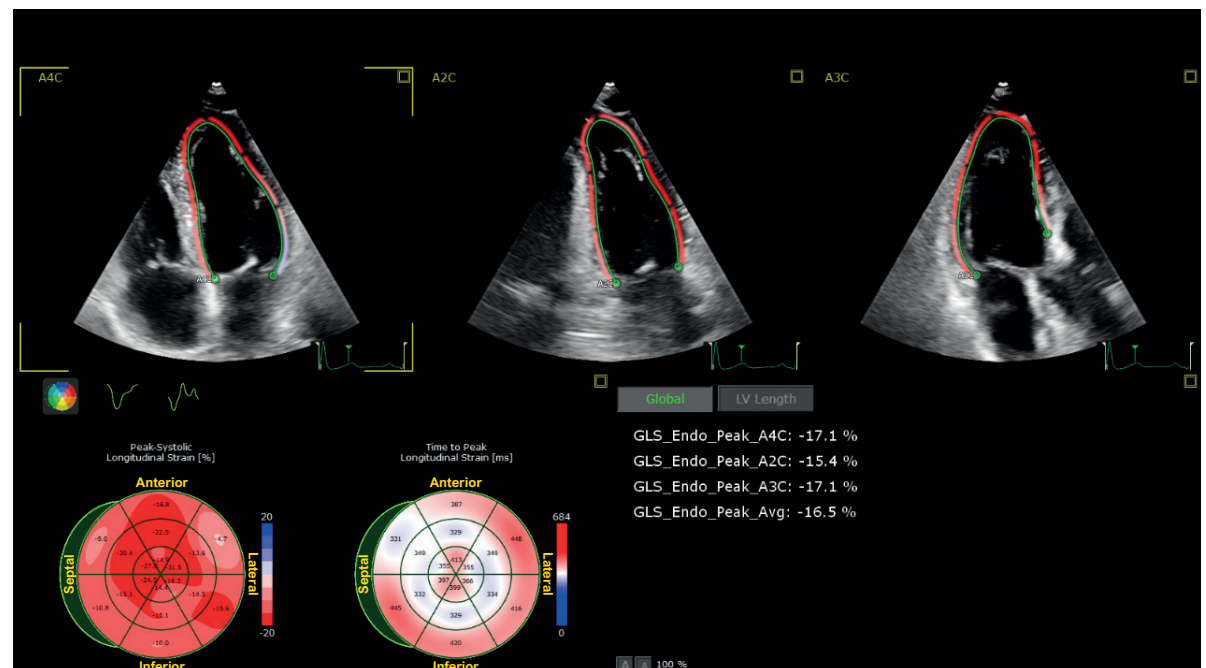


Figura 4 – Análise de strain bidimensional por speckle-tracking em paciente com suspeita de hemocromatose. A fração de ejeção estava preservada, mas observa-se redução do strain global longitudinal (GLS), principalmente em segmentos basais do ventrículo esquerdo.

Artigo de Revisão

esforço manual.¹⁵ Dessa forma, a avaliação da função sistólica do VE como eu faço atualmente, combina métodos tradicionais e tecnologias avançadas, aplicadas de maneira crítica e individualizada conforme o contexto clínico de cada paciente.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa: Rodrigues ACT. Redação do manuscrito: Rodrigues ACT. Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Rodrigues ACT.

Potencial Conflito de Interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Referências

1. McDonagh TA, Metra M, Adamo M, Gardner RS, Baumbach A, Böhm M, et al. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: Developed by the Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) With the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Rev Esp Cardiol*. 2022;75(6):523. doi: 10.1016/j.rec.2022.05.005.
2. Perry AS, Li S. Optimal Threshold of Left Ventricular Ejection Fraction for Aortic Valve Replacement in Asymptomatic Severe Aortic Stenosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Heart Assoc*. 2021;10(7):e020252. doi: 10.1161/JAHA.120.020252.
3. Kirkpatrick JN, Vannan MA, Narula J, Lang RM. Echocardiography in Heart Failure: Applications, Utility, and New Horizons. *J Am Coll Cardiol*. 2007;50(5):381-96. doi: 10.1016/j.jacc.2007.03.048.
4. Elias P, Jain SS, Poterucha T, Randazzo M, Jimenez FL, Khera R, et al. Artificial Intelligence for Cardiovascular Care-Part 1: Advances: JACC Review Topic of the Week. *J Am Coll Cardiol*. 2024;83(24):2472-86. doi: 10.1016/j.jacc.2024.03.400.
5. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afila J, Armstrong A, Ernande L, et al. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015;28(1):1-39.e14. doi: 10.1016/j.echo.2014.10.003.
6. Gottdiener JS, Bednarz J, Devereux R, Gardin J, Klein A, Manning WJ, et al. American Society of Echocardiography Recommendations for Use of Echocardiography in Clinical Trials. *J Am Soc Echocardiogr*. 2004;17(10):1086-119. doi: 10.1016/j.echo.2004.07.013.
7. Thavendiranathan P, Grant AD, Negishi T, Plana JC, Popović ZB, Marwick TH. Reproducibility of Echocardiographic Techniques for Sequential Assessment of Left Ventricular Ejection Fraction and Volumes: Application to Patients Undergoing Cancer Chemotherapy. *J Am Coll Cardiol*. 2013;61(1):77-84. doi: 10.1016/j.jacc.2012.09.035.
8. Senior R, Becher H, Monaghan M, Agati L, Zamorano J, Vanoverschelde JL, et al. Clinical Practice of Contrast Echocardiography: Recommendation by the European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) 2017. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2017;18(11):1205-1205af. doi: 10.1093/ehjci/jex182.
9. Pellikka PA, She L, Holly TA, Lin G, Varadarajan P, Pai RG, et al. Variability in Ejection Fraction Measured By Echocardiography, Gated Single-Photon Emission Computed Tomography, and Cardiac Magnetic Resonance in Patients with Coronary Artery Disease and Left Ventricular Dysfunction. *JAMA Netw Open*. 2018;1(4):e181456. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2018.1456.
10. Sheikh M, Fallah SA, Moradi M, Jalali A, Vakili-Basir A, Sahebjam M, et al. Comparing HeartModelAI and Cardiac Magnetic Resonance Imaging for Left Ventricular Volume and Function Evaluation in Patients with Dilated Cardiomyopathy. *BMC Cardiovasc Disord*. 2024;24(1):670. doi: 10.1186/s12872-024-04355-3.
11. Benameur N, Arous Y, Ben Abdallah N, Kraiem T. Comparison between 3D Echocardiography and Cardiac Magnetic Resonance Imaging (CMRI) in the Measurement of Left Ventricular Volumes and Ejection Fraction. *Curr Med Imaging Rev*. 2019;15(7):654-60. doi: 10.2174/1573405614666180815115756.
12. Oikonomou EK, Kokkinidis DG, Kampaktsis PN, Amir EA, Marwick TH, Gupta D, et al. Assessment of Prognostic Value of Left Ventricular Global Longitudinal Strain for Early Prediction of Chemotherapy-Induced Cardiotoxicity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JAMA Cardiol*. 2019;4(10):1007-18. doi: 10.1001/jamacardio.2019.2952.
13. Salte IM, Østvik A, Smistad E, Melichova D, Nguyen TM, Karlsen S, et al. Artificial Intelligence for Automatic Measurement of Left Ventricular Strain in Echocardiography. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2021;14(10):1918-28. doi: 10.1016/j.jcmg.2021.04.018.
14. Zhang Z, Zhu Y, Liu M, Zhang Z, Zhao Y, Yang X, et al. Artificial Intelligence-Enhanced Echocardiography for Systolic Function Assessment. *J Clin Med*. 2022;11(10):2893. doi: 10.3390/jcm11102893.
15. Zhang J, Gajjala S, Agrawal P, Tison GH, Hallock LA, Beussink-Nelson L, et al. Fully Automated Echocardiogram Interpretation in Clinical Practice. *Circulation*. 2018;138(16):1623-35. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.034338.

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.

Uso de Inteligência Artificial

Os autores não utilizaram ferramentas de inteligência artificial no desenvolvimento deste trabalho.

Disponibilidade de Dados

Os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos no manuscrito.



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