

Inteligência Artificial em Ecocardiografia: O Futuro do Diagnóstico de Precisão

Artificial Intelligence in Echocardiography: The Future of Precision Diagnosis

Maria Estefânia Bosco Otto^{1,2} 

Instituto de Cardiologia do Distrito Federal (ICDF),¹ Brasília, DF – Brasil
DF Star,² Brasília, DF – Brasil

A integração da inteligência artificial (IA) à ecocardiografia inaugura uma era transformadora na imagem cardiovascular, oferecendo maior precisão diagnóstica, eficiência no fluxo de trabalho e integração de dados. O surgimento de tecnologias baseadas em IA nas diversas áreas da imagem cardiovascular está redefinindo, não somente nossa área de atuação, mas também a interação entre a medicina diagnóstica e a prática clínica. Este editorial tem como objetivo trazer definições básicas sobre termos utilizados na IA resumidos na Tabela 1¹ e explorar o papel crescente da IA na ecocardiografia, com ênfase em suas aplicações na função sistólica e diastólica, nas valvulopatias mitral e aórtica e no crescente uso do ultrassom de *point-of-care* (POCUS). Ademais, faz uma reflexão final das vantagens e desvantagens do uso da IA na medicina diagnóstica.

IA e a Função Sistólica

A fração de ejeção (FE) é um parâmetro essencial para a avaliação da função sistólica. No entanto, sabe-se que historicamente está sujeita à variabilidade interobservador e ao nível de experiência do examinador.² Algoritmos baseados em IA apresentam soluções para FE, fornecendo cálculos automatizados e reprodutíveis.³⁻⁵ Um estudo pioneiro publicado por He et al.,⁶ avaliou um sistema de aprendizado profundo (AP) composto por redes neurais convolucionais (RNC), denominado **EchoNet-Dynamic flow** e comparou as avaliações da FE feitas por IA com medidas realizadas por sonógrafo. Os cardiologistas de referência que checaram estes resultados, não conseguiram diferenciar entre sonógrafo e IA. Mais que isso, os resultados demonstraram que a avaliação pela IA não foi inferior às realizadas por especialistas, com uma diferença menor de 5% na variabilidade. Outras vantagens desse sistema foram a rapidez na execução das medidas e a possibilidade de realizar média de até cinco batimentos cardíacos, melhorando a acurácia do resultado na fibrilação atrial.

Palavras-chave

Inteligência Artificial; Ecocardiografia; Diagnóstico.

Correspondência: Maria Estefânia Otto •

Instituto de Cardiologia do Distrito Federal (ICDF). SQSW 301, Bloco F, Apto 508. CEP: 70673-106. Brasília, DF – Brasil.
E-mail: mariaestefaniaotto@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20240095>

Outro parâmetro amplamente utilizado para avaliar a função sistólica na ecocardiografia é a análise do Strain Global Longitudinal (SGL),⁷ que não apenas auxilia no diagnóstico da função cardíaca, mas também revela padrões característicos de certas doenças, como a amiloidose.⁷ A própria técnica do SGL exige dos equipamentos um treinamento de aprendizado de máquina (AM) para identificação das incidências de janela acústica e delineamento de bordos. No entanto, técnicas de AP por RNC foram capazes de avaliar o SGL mais rapidamente e com menor variabilidade em relação a uma estação de trabalho estabelecida no mercado e utilizada nos laboratórios de ecocardiografia.⁸ Recentemente, Kwan et al.⁹ avaliaram um sistema de RNC para avaliação do SGL com imagens de equipamentos de duas empresas distintas, concluindo que, além de ter menor variabilidade e boa reprodutibilidade, esse sistema próprio foi capaz de identificar padrões de SGL e diferenciar entre hipertrofia de atleta, amiloidose e miocardiopatia hipertrófica. No entanto, deve-se considerar que a qualidade da obtenção das imagens tanto para avaliação do SGL como para FE deve ser boa, fator que ainda não pode ser realizado pela IA.

IA e a Função Diastólica

A avaliação da função diastólica do ventrículo esquerdo desempenha um papel essencial no diagnóstico e prognóstico de diversas doenças cardíacas, principalmente da insuficiência cardíaca com FE preservada. No entanto, os múltiplos algoritmos e a complexidade dos parâmetros ecocardiográficos de avaliação da função diastólica dificultam a classificação adequada em aproximadamente 20% dos pacientes, mesmo com a análise de profissionais experientes.¹⁰ Nesse grupo, classificado como função diastólica indeterminada, não é possível definir a presença ou ausência da elevação das pressões de enchimento, parâmetro essencial para determinação de prognóstico e auxílio no tratamento.¹¹

Nesse cenário, dados do eletrocardiograma (ECG), perceptíveis somente pelo AP da IA surgem como uma solução promissora para detectar pacientes com aumento das pressões de enchimento. Lee et al.,¹² analisaram mais de 90 mil ECG por IA em pacientes que avaliaram a função diastólica com uma diferença máxima de 14 dias. Ao incorporar o ECG aos dados de ecocardiograma, a acurácia para detecção de pressão de enchimento elevada foi de 91%, rivalizando com as avaliações ecocardiográficas tradicionais. Dessa forma, o uso do ECG avaliado por IA pode complementar os dados do ecocardiograma, especialmente em situações em que o número de parâmetros é muito grande e há falta de dicotomização. A capacidade

Tabela 1 – Definição de termos associados a IA

Termo	Abreviação	Conceito
Inteligência Artificial	IA	Tecnologia que permite aos sistemas computacionais, a imitação de funções cognitivas humanas como aprendizado, raciocínio e resolução de problemas.
Rede Neural Convolucional	RNC	Arquitetura especializada para analisar imagens visuais, dentro da categoria de redes neurais profundas, utilizando camadas de convolução para capturar padrões espaciais.
Aprendizado Profundo (deep learning)	AP	Subcampo do AM que usa redes neurais com multicamadas para aprender com grandes conjuntos de dados, eficaz para tarefas complexas, como reconhecimento de imagens.
Rede Neural Profunda	RNP	Estrutura de AP projetada para analisar padrões de dados complexos, utilizando várias camadas de processamento para melhorar a precisão de previsões.
Modelo de Linguagem Grande (large language model)	MLG	Modelos avançados de aprendizado profundo, como o GPT (exatamente o modelo do chat GPT), treinados em grandes volumes de dados textuais, eficazes no processamento e produção de linguagem natural.
Aprendizado de Máquina (machine learning)	AM	Ramo da IA que desenvolve algoritmos para treinar computadores a analisar dados e fazer previsões, permitindo aprendizado autônomo a partir de grandes volumes de dados como reconhecer uma incidência de ecocardiograma.
Processamento de Linguagem Natural	PLN	Campo da IA que capacita máquinas a compreender e interpretar a linguagem humana, crucial para aplicações como tradução de idiomas e análise de sentimentos.

Adaptado de Lüscher et al.¹

de prever disfunção diastólica e pressões de enchimento elevadas a partir de um simples ECG sublinha o papel da IA em expandir a capacidade diagnóstica em ambientes com recursos limitados e atualmente foi incorporada ao laudo de ecocardiograma dos autores do artigo.

IA na Doença Valvar Mitral

A regurgitação mitral (RM) é altamente prevalente na população e está associada a uma significativa redução na qualidade de vida. O ecocardiograma transtorácico (ETT) desempenha um papel essencial para detecção da presença e quantificação da RM. No entanto, está sujeito a variabilidade interobservador significativa, no que tange às medidas de volume e orifício regurgitante. A avaliação de RM pela IA é desafiadora, pois somente algumas imagens obtidas durante o exame contém os dados que definem a gravidade. Mais recentemente, Long et al.¹³ descreveram um modelo de AP capaz de interpretar dados em vídeo de ETT e classificar automaticamente a gravidade da RM. Esse modelo integra a imagem em vídeo do Doppler colorido, oferecendo uma graduação precisa da RM em uma escala que vai de discreta a acentuada com acurácia em torno de 80%.

Além disso, o poder preditivo da IA é destacado pelo desenvolvimento de ferramentas de estratificação de risco, como o escore **EuroSMR**,¹⁴ projetado para prever desfechos em pacientes submetidos à reparação transcaterter borda a borda para RM secundária. Essa ferramenta derivada da IA demonstrou desempenho robusto na predição de mortalidade, auxiliando os clínicos na tomada de decisões junto ao *Heart Team*. Esse escore pode ser consultado online em www.eurosmr.com.

IA na Doença Valvar Aórtica

A estenose aórtica (EA) é uma valvopatia muito prevalente e letal, especialmente em pacientes idosos. Novamente,

o método de escolha para avaliação da EA é o ETT com a integração de parâmetros de Doppler e a análise da via de saída do ventrículo esquerdo. No entanto, há necessidade de inúmeras variáveis, que além de consumirem tempo para análise, estão sujeitas à variabilidade intra e interobservador. Sistemas de IA totalmente automatizados foram desenvolvidos para enfrentar esses desafios. No estudo de Krishna et al.,⁵ aplicaram-se algoritmos de AP com RNC a uma coorte de pacientes com diferentes graus de EA. O resultado foi uma excelente correlação com as medidas feitas por cardiologistas experientes, ainda com a vantagem de redução substancial do tempo de análise.

O papel da IA na avaliação da EA não se limita à melhoria da precisão das medidas, mas também se estende à identificação de marcadores precoces da doença. Essas tecnologias são especialmente promissoras em programas de triagem, em que a avaliação rápida e precisa da função valvular é fundamental.

IA no POCUS

A introdução da IA no POCUS abriu novas possibilidades para avaliações diagnósticas em tempo real, especialmente em ambientes com poucos recursos. Dispositivos de POCUS aprimorados por IA são projetados para auxiliar operadores não especializados, automatizando a aquisição e interpretação de imagens. Por exemplo, a IA pode guiar o operador na obtenção das janelas acústicas corretas, reduzindo significativamente a curva de aprendizado no POCUS.¹⁵

As aplicações de IA no POCUS são particularmente benéficas em cenários de emergência, em que a tomada de decisão rápida é essencial. O uso da IA pode facilitar a ultrassonografia pulmonar para detecção de congestão e derrame pleural de forma consistente. Ademais, em áreas rurais e remotas, onde o acesso à interpretação especializada é limitado, a IA pode fornecer suporte diagnóstico em tempo real, democratizando o acesso a tecnologias avançadas.¹⁶

Reflexões sobre a IA na imagem cardiovascular

A IA agiliza e simplifica a avaliação das imagens, otimizando o fluxo de trabalho nos laboratórios de ecocardiografia. No entanto, a aquisição das imagens ainda é realizada manualmente, e, para que a análise por RNC seja precisa, é fundamental que as imagens sejam de alta qualidade, tornando o componente humano indispensável. Além disso, outra limitação da IA é a necessidade de um volume significativo de imagens para treinar adequadamente o modelo de RNC.

Podemos refletir sobre dois pontos de vista opostos. Segundo Yuval Harari, a IA não é uma tecnologia passiva, mas sim um sistema que aprende de forma autônoma, o que pode levar à diminuição do empoderamento humano, conforme descrito em seu livro *Nexus: A Brief History of Information Networks* (2024). Em contrapartida, Kai Fu Lee, um dos principais estudiosos da IA desde o seu início e autor de

diversas obras sobre o tema, defende que 'a IA não substituirá os humanos, mas sim humanos que utilizam IA substituirão aqueles que não a utilizam.

Conclusão

A IA está prestes a assumir um papel central no futuro da ecocardiografia, elevando a precisão diagnóstica, aumentando a eficiência e otimizando o fluxo de trabalho nos laboratórios de ecocardiograma. No entanto, esses avanços trazem consigo desafios, como a necessidade de validação robusta em populações diversificadas e uma supervisão regulatória rigorosa. À medida que o campo avança, a colaboração entre desenvolvedores de IA, especialistas em imagem cardiovascular e órgãos reguladores será crucial para garantir a integração segura e eficaz da IA à prática médica.

Referências

1. Lüscher TF, Wenzl FA, D'Ascenzo F, Friedman PA, Antoniadou C. Artificial Intelligence in Cardiovascular Medicine: Clinical Applications. *Eur Heart J*. 2024;45(40):4291-304. doi: 10.1093/eurheartj/ehae465.
2. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afzal 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.
3. Ouyang D. EchoNet-RCT: Blinded, Randomized Controlled Trial of Sonographer vs. Artificial Intelligence Assessment of Cardiac Function. Barcelona: ESC Congress; 2022.
4. Ouyang D, He B, Ghorbani A, Yuan N, Ebinger J, Langlotz CP, et al. Video-based AI for Beat-to-beat Assessment of Cardiac Function. *Nature*. 2020;580(7802):252-6. doi: 10.1038/s41586-020-2145-8.
5. Krishna H, Desai K, Slostad B, Bhayani S, Arnold JH, Ouwerkerk W, et al. Fully Automated Artificial Intelligence Assessment of Aortic Stenosis by Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2023;36(7):769-77. doi: 10.1016/j.echo.2023.03.008.
6. He B, Kwan AC, Cho JH, Yuan N, Pollick C, Shiota T, et al. Blinded, Randomized Trial of Sonographer versus AI Cardiac Function Assessment. *Nature*. 2023;616(7957):520-4. doi: 10.1038/s41586-023-05947-3.
7. Almeida ALC, Melo MDT, Bihan DCSL, Vieira MLC, Pena JLB, Del Castillo JM, et al. Position Statement on the Use of Myocardial Strain in Cardiology Routines by the Brazilian Society of Cardiology's Department Of Cardiovascular Imaging - 2023. *Arq Bras Cardiol*. 2023;120(12):e20230646. doi: 10.36660/abc.20230646.
8. 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.
9. Kwan AC, Chang EW, Jain I, Theurer J, Tang X, Francisco N, et al. Deep Learning-derived Myocardial Strain. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2024;17(7):715-25. doi: 10.1016/j.jcmg.2024.01.011.
10. Almeida JG, Fontes-Carvalho R, Sampaio F, Ribeiro J, Bettencourt P, Flachskampf FA, et al. Impact of the 2016 ASE/EACVI Recommendations on the Prevalence of Diastolic Dysfunction in the General Population. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2018;19(4):380-6. doi: 10.1093/ehjci/jex252.
11. Robinson S, Ring L, Oxenburgh D, Harkness A, Bennett S, Rana B, et al. The Assessment of Left Ventricular Diastolic Function: Guidance and Recommendations from the British Society of Echocardiography. *Echo Res Pract*. 2024;11(1):16. doi: 10.1186/s44156-024-00051-2.
12. Lee E, Ito S, Miranda WR, Lopez-Jimenez F, Kane GC, Asirvatham SJ, et al. Artificial intelligence-enabled ECG for Left Ventricular Diastolic Function and Filling Pressure. *NPJ Digit Med*. 2024;7(1):4. doi: 10.1038/s41746-023-00993-7.
13. Long A, Haggerty CM, Finer J, Hartzel D, Jing L, Keivani A, et al. Deep Learning for Echo Analysis, Tracking, and Evaluation of Mitral Regurgitation (DELINEATE-MR). *Circulation*. 2024;150(12):911-22. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.124.068996.
14. Hausleiter J, Lachmann M, Stolz L, Bedogni F, Rubbio AP, Estévez-Loureiro R, et al. Artificial Intelligence-derived Risk Score for Mortality in Secondary Mitral Regurgitation Treated by Transcatheter Edge-to-edge Repair: The EuroSMR Risk Score. *Eur Heart J*. 2024;45(11):922-36. doi: 10.1093/eurheartj/ehad871.
15. Naser JA, Lee E, Pislaru SV, Tsaban G, Malins JG, Jackson JI, et al. Artificial Intelligence-based Classification of Echocardiographic Views. *Eur Heart J Digit Health*. 2024;5(3):260-9. doi: 10.1093/ehjdh/ztae015.
16. Kim S, Fischetti C, Guy M, Hsu E, Fox J, Young SD. Artificial Intelligence (AI) Applications for Point of Care Ultrasound (POCUS) in Low-resource Settings: A Scoping Review. *Diagnostics*. 2024;14(15):1669. doi: 10.3390/diagnostics14151669.



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