

O Papel da Inteligência Artificial e da Impressão 3D no Avanço do Diagnóstico e Tratamento de Cardiomiopatias

The Role of Artificial Intelligence and 3D Printing in Advancing the Diagnosis and Treatment of Cardiomyopathies

Claudio Tinoco Mesquita,^{1,2}  Giovane Leal de Azevedo Junior,^{1,2}  Clara Gomes Macedo,^{2,3}  Érito Marques de Souza Filho⁴ 

Faculdade de Medicina, Universidade Federal Fluminense (UFF),¹ Niterói, RJ – Brasil

Ciência da Saúde & Laboratório de Educação – Hospital Universitário Antônio Pedro – EBSEH – UFF,² Niterói, RJ – Brasil

Curso de Desenho Industrial – Universidade Federal Fluminense,³ Niterói, RJ – Brasil

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,⁴ Seropédica, RJ – Brasil

Figura Central: O Papel da Inteligência Artificial e da Impressão 3D no Avanço do Diagnóstico e Tratamento de Cardiomiopatias



ABC Heart Failure & Cardiomyopathy



ABC Heart Fail Cardiomyop. 2023; 3(1):e20230031

Ilustração demonstrando as principais aplicações da inteligência artificial em cardiologia.

“Não é o mais forte da espécie que sobrevive, nem o mais inteligente, mas o que melhor responde às mudanças.”

Charles Darwin

Palavras-chave

Inteligência Artificial; Impressão 3D; Aprendizado de Máquina; Cardiomiopatia

Correspondência: Claudio Tinoco Mesquita • Laboratório de Saúde, Ciência e Educação, Departamento de Radiologia, Hospital Universitário Antônio Pedro, Universidade Federal Fluminense – Rua Marquês do Paraná, 303. CEP 24220-900, Niterói, RJ – Brasil
E-mail: claudiotinocomesquita@id.uff.br
Artigo recebido em 17/04/2023, revisado em 22/04/2023, aceito em 22/04/2023

DOI: <https://doi.org/10.36660/abchf.20230031>

A cardiologia tem presenciado uma verdadeira revolução com avanços significativos nos últimos anos, destacando-se as tecnologias de ponta como a Inteligência Artificial (IA) e a impressão 3D. Essas tecnologias têm o potencial de tornar o diagnóstico e o tratamento das cardiomiopatias mais precisos, oferecendo soluções inovadoras e personalizadas para pacientes com essas doenças.^{1,2} A IA é um produto da combinação de modelos matemáticos sofisticados e computação, essencial para o desenvolvimento de algoritmos complexos capazes de simular atividades de inteligência humana.³ No campo da saúde, vale ressaltar que há múltiplos processos envolvidos e, na prática, esses modelos permitem tarefas como aprendizagem, racionalização, compreensão e entendimento de conceitos abstratos cujos efeitos culminam na crítica.⁴ Uma consequência prática desse panorama é uma nova visão de que ferramentas tradicionais como eletrocardiogramas e ecocardiogramas ganham uma dimensão ampliada, pois podem trazer “pérolas

clínicas” escondidas de grande valor, embora invisíveis a olho nu. Isso pode permitir uma ampliação das capacidades de avaliação diagnóstica e prognóstica, bem como promover intervenção e tratamento precoces.

O uso da IA tem o potencial de revolucionar a cardiologia ao fornecer novas ferramentas e possibilidades aos médicos, como a capacidade de processar uma grande quantidade de informações do paciente para aumentar a previsibilidade dos riscos associados às cardiomiopatias, contribuindo para diagnósticos mais precisos e personalizados. Os modelos de IA utilizados para esses fins precisarão receber diversos tipos de informações, como imagens 2D e 3D, vídeos, dados de séries temporais, dados numéricos, laudos e prontuários médicos, melhorando assim a tomada de decisões e o prognóstico.⁴⁻⁶ Além disso, a IA também pode reduzir o número de atividades transacionais realizadas pelos médicos, aumentando sua disponibilidade para atividades mais relevantes e valiosas para os pacientes. Entre as potenciais aplicações desse tipo, estão os assistentes de IA que podem fazer anotações durante uma consulta, gravar a conversa e criar o prontuário, e até intervir no processo sugerindo perguntas importantes a serem feitas com base nas principais hipóteses diagnósticas.⁷ A ilustração central mostra algumas aplicações potenciais da IA na prática da cardiologia clínica, incluindo a promessa de tratar a insuficiência cardíaca por meio do transplante de um patch cardíaco específico do paciente bioimpresso em 3D para o miocárdio.⁸

É muito importante destacar o valor que os dados gerados por dispositivos vestíveis podem agregar ao monitoramento de condições crônicas, fornecendo informações que podem contribuir para o gerenciamento e monitoramento de riscos. A utilização de modelos de IA nesses casos pode contribuir de diversas formas, tanto individualmente para o paciente quanto para a população de risco, inclusive notificando o paciente sobre a necessidade e urgência de procurar atendimento, notificando a equipe de saúde que acompanha o caso sobre possíveis complicações, construção de histórias personalizadas com avaliação da evolução de uma condição específica, vigilância epidemiológica e melhor gestão de recursos em saúde pública.

Nesse cenário futuro, é importante considerar como as informações médicas devem ser disponibilizadas para esses aplicativos de IA em um ambiente com regulamentações cada vez mais restritivas em relação à proteção de dados. Os dados devem pertencer inteiramente aos pacientes, com qualquer decisão sobre disponibilidade e gerenciamento de acesso cabendo a eles. Integrar dados de forma padronizada, segura e criptografada é um caminho potencial para a escalabilidade dos modelos de IA sendo necessário também o desenvolvimento de ecossistemas inovadores que fomentem o desenvolvimento dessas soluções. Uma tecnologia com potencial para resolver alguns desses problemas é a tecnologia blockchain devido à sua capacidade de gerar registros seguros, criptografados e imutáveis, bem como a possibilidade de ser usada com uma arquitetura de consenso descentralizada, o que eliminaria a necessidade de grandes, instituições centralizadas para possuir esses dados.⁹

Lee et al. desenvolveram um modelo de aprendizado profundo para a triagem diagnóstica de pacientes com

cardiomiopatia periparto.¹⁰ Eles usaram imagens de eletrocardiograma e ecocardiograma transtorácico de 122.733 pacientes, incluindo 58.530 mulheres, para treinar o modelo e fazer a validação interna - obtidas em dois hospitais gerais. Lee et al. realizaram validação externa usando dados de 271 pacientes de um terceiro hospital. Os resultados mostraram uma área sob a curva característica de operação do receptor (AUROC) de 0,877, uma sensibilidade de 0,877 e um valor preditivo negativo de 0,975. Por outro lado, Siontis et al. usaram dados eletrocardiográficos para treinar uma rede neural convolucional para triagem de cardiomiopatia hipertrófica em crianças e adolescentes (300 com a doença e 18.439 controles). Os resultados foram impressionantes (AUROC: 0,98; sensibilidade: 92% e especificidade 95%).¹¹ Vale ressaltar a importância de validar os resultados em diferentes contextos clínicos, a relevância de ampliar o banco de dados e garantir que seja de boa qualidade (saúdavel).

Por outro lado, também é possível usar modelos de IA para análise integrada de grandes quantidades de dados de imagem, como ressonância magnética cardíaca e ecocardiogramas, eletrocardiogramas, dados clínico-laboratoriais de consultas, dados vestíveis, dados ômicos etc., também identificar padrões que podem não ser discerníveis à avaliação humana. Também pode auxiliar no diagnóstico e tratamento precoce e preciso de cardiomiopatias, mesmo em fases subclínicas. Como resultado, podemos esperar melhorar a qualidade de vida dos pacientes e reduzir os custos de saúde.³

A IA tem se mostrado promissora no desenvolvimento de modelos avançados de simulação cardíaca, permitindo modelos computacionais detalhados da anatomia e função cardíaca de um paciente específico. Esses modelos podem ser usados para simular o comportamento do coração em diferentes condições, como cardiomiopatias, e testar a eficácia de diferentes abordagens de tratamento antes de aplicá-las aos pacientes. Pode reduzir o risco e o custo de procedimentos invasivos, como cirurgias cardíacas, e otimizar o tratamento de cada paciente. Além disso, a impressão 3D permite a criação de modelos 3D precisos e personalizados do coração de um paciente com base em exames de imagem, como a tomografia computadorizada. Esses modelos podem ser usados para planejar e praticar procedimentos complexos, como substituição de válvula cardíaca - resultando em uma abordagem mais precisa e minimamente invasiva. Também é útil para criar próteses cardíacas personalizadas e dispositivos de suporte circulatório, permitindo soluções inovadoras e personalizadas para pacientes com cardiomiopatias. Kim et al., por exemplo, descreveram um novo método de criação de um modelo miocárdico ressecável para simular miectomia usando uma abordagem híbrida de impressão 3D e moldagem de silicone. O estudo envolveu a geração de modelos 3D de três pacientes com cardiomiopatia hipertrófica apical (ApHCM) e a comparação da espessura do miocárdio e da massa miocárdica do ventrículo esquerdo (VE) e dos volumes da cavidade entre as imagens do modelo e as imagens de TC cardíaca. Durante a cirurgia simulada, o cirurgião pode determinar um local ideal para a incisão e a extensão ideal da ressecção miocárdica. Os resultados mostraram que o modelo 3D ajudaria a analisar a extensão da cirurgia e planejar a cirurgia guiada por uma plataforma de ensaio para ApHCM.¹² Zhang et al. apresentaram

um caso de tecnologia de impressão 3D combinada com cirurgia robótica Da Vinci assistida no tratamento cirúrgico para cardiomiopatia hipertrófica obstrutiva. Eles a consideraram uma opção cirúrgica segura e relativamente eficaz para pacientes com a doença. Eles destacaram vários avanços que foram alcançados, como invasão mínima, ressecção completa da lesão, estabilidade do procedimento e pré-avaliação precisa. Porém, o processo demanda experiência, habilidades cirúrgicas maduras e curva de aprendizado mais longa.¹³

Em outra aplicação, Layoun et al. apresentaram um relato de caso de um paciente do sexo masculino de 24 anos com cardiomiopatia não isquêmica de etiologia desconhecida, insuficiência mitral secundária e aneurisma apical. Eles criaram um modelo tridimensional derivado de tomografia computadorizada do coração do paciente. Foi fundamental para direcionar a abordagem cirúrgica a fim de alcançar o resultado ideal.¹⁴ A IA e a impressão 3D juntas, portanto, poderiam revolucionar o campo da cardiologia, oferecendo novas possibilidades de diagnóstico, tratamento e cuidados para pacientes no contexto de cardiomiopatias. No entanto, devemos superar desafios significativos. Regulamentação, ética e privacidade de dados são exemplos cruciais deles.

Referências

1. Souza EM Filho, Fernandes FA, Soares CLA, Seixas FL, Santos AASMD, Gismondi RA, et al. Artificial Intelligence in Cardiology: Concepts, Tools and Challenges - "The Horse is the One Who Runs, You Must Be the Jockey". *Arq Bras Cardiol.* 2020;114(4):718-25. doi: 10.36660/abc.20180431.
2. Lee P, Pubeck S, Petro J. Benefits, Limits, and Risks of GPT-4 as an AI Chatbot for Medicine. *N Engl J Med.* 2023;388(13):1233-39. doi: 10.1056/NEJMs2214184.
3. Yasmin F, Shah SMI, Naeem A, Shujauddin SM, Jabeen A, Kazmi S, et al. Artificial Intelligence in the Diagnosis and Detection of Heart Failure: The Past, Present, and Future. *Rev Cardiovasc Med.* 2021;22(4):1095-13. doi: 10.31083/j.rcm2204121.
4. Valverde I. Three-dimensional Printed Cardiac Models: Applications in the Field of Medical Education, Cardiovascular Surgery, and Structural Heart Interventions. *Rev Esp Cardiol.* 2017;70(4):282-91. doi: 10.1016/j.rec.2017.01.012.
5. Farooqi KM, Saeed O, Zaidi A, Sanz J, Nielsen JC, Hsu DT, et al. 3D Printing to Guide Ventricular Assist Device Placement in Adults with Congenital Heart Disease and Heart Failure. *JACC Heart Fail.* 2016;4(4):301-11. doi: 10.1016/j.jchf.2016.01.012.
6. Hermsen JL, Burke TM, Seslar SP, Owens DS, Ripley BA, Mokadam NA, et al. Scan, Plan, Print, Practice, Perform: Development and Use of a Patient-Specific 3-Dimensional Printed Model in Adult Cardiac Surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2017;153(1):132-40. doi: 10.1016/j.jtcvs.2016.08.007.
7. Cucciniello M, Lapsley I, Nasi C, Pagliari C. Understanding Key Factors Affecting Electronic Medical Record Implementation: A Sociotechnical Approach. *BMC Health Serv Res.* 2015;15:268. doi: 10.1186/s12913-015-0928-7.
8. Hu JB, Tomov ML, Buikema JW, Chen C, Mahmoudi M, Wu SM, et al. Cardiovascular Tissue Bioprinting: Physical and Chemical Processes. *Appl Phys Rev.* 2018;5(4):041106. doi: 10.1063/1.5048807.
9. Selvarajan S, Srivastava G, Khadidos AO, Khadidos AO, Baza M, Alshehri A, et al. An Artificial Intelligence Lightweight Blockchain Security Model for Security and Privacy in IIoT Systems. *J Cloud Comput.* 2023;12(1):38. doi: 10.1186/s13677-023-00412-y.
10. Lee Y, Choi B, Lee MS, Jin U, Yoon S, Jo YY, et al. An Artificial Intelligence Electrocardiogram Analysis for Detecting Cardiomyopathy in the Peripartum Period. *Int J Cardiol.* 2022;352:72-77. doi: 10.1016/j.ijcard.2022.01.064.
11. Siontis KC, Liu K, Bos JM, Attia ZI, Cohen-Shelly M, Arruda-Olson AM, et al. Detection of Hypertrophic Cardiomyopathy By an Artificial Intelligence Electrocardiogram in Children and Adolescents. *Int J Cardiol.* 2021;340:42-7. doi: 10.1016/j.ijcard.2021.08.026.
12. Kim W, Lim M, Jang YJ, Koo HJ, Kang JW, Jung SH, Yang DH (2021). Novel resectable myocardial model using hybrid three-dimensional printing and silicone molding for mock myectomy for apical hypertrophic cardiomyopathy. *Korean Journal of Radiology: Official Journal of the Korean Radiological Society*, 22(7), 1054. <https://doi.org/10.3348/kjr.2020.1164>
13. Zhang S, Liu Z, Liu H, Zhang C. (2023). Assisted Da Vinci robotic surgery combined with 3D printing technology applied in septal myectomy. *European Journal of Medical Research*, 28(1). <https://doi.org/10.1186/s40001-023-00985-z>
14. Layoun H, Akintoye E, Guler E, O'Sullivan K, Krywanczyk A, Tong MZY, Harb SC. (2022). Incremental utility of 3D printing to guide the surgical management of apical aneurysm. *JACC. Case Reports*, 4(16), 1056–1059. <https://doi.org/10.1016/j.jaccas.2022.06.019>

Contribuição dos autores

Redação do manuscrito e Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Mesquita CT, Azevedo Junior GL, Macedo CG, Souza Filho EM.

Potencial conflito de interesse

Não há conflito com o presente artigo

Fontes de financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação acadêmica

Este artigo é parte de tese de doutorado de Erito Marques de Souza Filho pela Universidade Federal Fluminense.

Aprovação ética e consentimento informado

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



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