

03

Capítulo 03



10.71248/9786583818348-3

Integração Entre Inteligência Artificial E Cardiologia Clínica Na Predição De Desfechos Em Pacientes Com Insuficiência Cardíaca

Rafael Leituga de Carvalho Cavalcante¹

Benedita Neida da Silva Flexa²

Maria Eugênia Abílio Lima³

João Gabriel Siqueira Mendes⁴

Graduado em Medicina e Pós-graduado em Psiquiatria pelo Instituto Israelita de Ensino e Pesquisa Albert Einstein ¹

Graduanda em Medicina pela Universidade Federal do Amapá²

Graduada em Medicina pela FipMoc³

Graduado em Medicina pela Universidade Vila Velha – UVV⁴

Integração Entre Inteligência Artificial E Cardiologia Clínica Na Predição De Desfechos Em Pacientes Com Insuficiência Cardíaca

Introdução

A insuficiência cardíaca (IC) constitui uma síndrome clínica complexa caracterizada pela incapacidade do coração em suprir adequadamente as demandas metabólicas dos tecidos, sendo considerada uma das principais causas de morbimortalidade cardiovascular em escala mundial. Sua ocorrência está associada a alterações estruturais e funcionais cardíacas que comprometem o desempenho do sistema circulatório, resultando em importantes repercussões clínicas, sociais e econômicas. A elevada frequência de internações e a progressão contínua da doença contribuem para o aumento da demanda por serviços especializados e estratégias de acompanhamento mais eficientes (Shin *et al.*, 2020).

Atualmente, a IC afeta cerca de 64 milhões de pessoas em todo o mundo, configurando-se como um importante problema de saúde pública. O impacto da doença ultrapassa as consequências clínicas, alcançando dimensões econômicas expressivas em razão dos custos relacionados às hospitalizações, ao uso contínuo de medicamentos, aos exames complementares e ao acompanhamento multiprofissional (Abreu *et al.*, 2025).

Nos Estados Unidos, estima-se que aproximadamente 6 milhões de indivíduos convivam com insuficiência cardíaca, havendo projeção de crescimento de 46% na prevalência da doença até o ano de 2030. Esse aumento acompanha o envelhecimento populacional, a maior sobrevivência de indivíduos com doenças cardiovasculares e a ampliação dos fatores de risco associados, tornando ainda mais relevante o desenvolvimento de ferramentas capazes de auxiliar na gestão clínica dessa população (Hajishah *et al.*, 2025).

Além da elevada prevalência, essa condição permanece entre as principais causas de hospitalização em adultos, especialmente entre indivíduos idosos. As frequentes admissões hospitalares refletem a complexidade do quadro clínico e os desafios relacionados à identificação precoce de sinais de agravamento. Nesse contexto, a capacidade de antecipar possíveis desfechos clínicos representa um aspecto fundamental para o planejamento terapêutico e a organização dos serviços de saúde (Golas *et al.*, 2018).

O avanço das tecnologias digitais nas últimas décadas tem promovido transformações significativas na assistência à saúde. A crescente informatização dos serviços permitiu a

geração e o armazenamento de grandes volumes de informações clínicas, laboratoriais e administrativas, criando oportunidades para o desenvolvimento de novas ferramentas voltadas à análise e interpretação de dados em larga escala. Essas mudanças têm favorecido a incorporação de recursos tecnológicos capazes de apoiar a prática clínica baseada em evidências (Golas *et al.*, 2018).

Nesse cenário, a inteligência artificial (IA) tem se destacado como uma das principais inovações aplicadas à área da saúde. Seu desenvolvimento está relacionado à capacidade de processar grandes quantidades de informações e identificar padrões complexos em diferentes conjuntos de dados. A utilização dessas tecnologias tem sido ampliada em diversas especialidades médicas, contribuindo para o suporte diagnóstico, a avaliação de riscos e o acompanhamento longitudinal dos pacientes (Abreu *et al.*, 2025).

Na cardiologia, a aplicação da IA tem despertado crescente interesse devido à elevada disponibilidade de dados clínicos provenientes de exames laboratoriais, métodos de imagem, prontuários eletrônicos e dispositivos de monitoramento. A integração dessas informações possibilita a construção de modelos computacionais voltados à análise de características clínicas e funcionais dos pacientes, ampliando as perspectivas para o aprimoramento do cuidado cardiovascular (Adler *et al.*, 2020).

Paralelamente, o desenvolvimento dos sistemas de prontuário eletrônico favoreceu a consolidação de bases de dados robustas e continuamente atualizadas. Essas plataformas passaram a reunir informações demográficas, clínicas, laboratoriais e terapêuticas, permitindo uma visão mais abrangente do histórico dos pacientes. A utilização desses dados tem sido considerada um importante recurso para subsidiar processos de avaliação clínica e gestão assistencial em doenças crônicas complexas, como a insuficiência cardíaca (Golas *et al.*, 2018).

A crescente disponibilidade de dados em saúde também tem impulsionado o interesse científico pela utilização de métodos computacionais avançados capazes de lidar com informações heterogêneas e multidimensionais. Diferentemente das abordagens convencionais, essas ferramentas possibilitam a análise simultânea de múltiplas variáveis, favorecendo a identificação de relações complexas presentes nos diferentes perfis clínicos observados na prática assistencial (Shin *et al.*, 2020).

Diante desse contexto, emerge a problemática relacionada ao potencial da integração entre inteligência artificial e cardiologia clínica para aprimorar a predição de desfechos em pacientes com insuficiência cardíaca. Embora o desenvolvimento tecnológico tenha avançado

de forma expressiva nos últimos anos, ainda persistem questionamentos acerca das contribuições dessas ferramentas para o acompanhamento clínico, a estratificação de risco e o suporte à tomada de decisão em diferentes cenários assistenciais (Hajishah *et al.*, 2025).

A relevância da temática justifica-se pela elevada carga epidemiológica da insuficiência cardíaca e pelos impactos decorrentes das hospitalizações recorrentes, da progressão da doença e da mortalidade associada. Além disso, a expansão das tecnologias digitais na saúde tem ampliado o interesse por estratégias capazes de otimizar a utilização dos recursos disponíveis e fortalecer a qualidade da assistência prestada aos pacientes cardiovasculares (Abreu *et al.*, 2025). Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo analisar a integração entre inteligência artificial e cardiologia clínica na predição de desfechos em pacientes com insuficiência cardíaca.

Trata-se de uma revisão narrativa da literatura, elaborada com o propósito de reunir e discutir evidências científicas acerca da integração entre inteligência artificial e cardiologia clínica na predição de desfechos em pacientes com insuficiência cardíaca. Esse método possibilita a análise abrangente do conhecimento disponível sobre aplicações tecnológicas voltadas ao suporte diagnóstico, à estratificação de risco e ao acompanhamento clínico dessa população, permitindo a compreensão crítica dos avanços e desafios relacionados à incorporação dessas ferramentas na prática assistencial.

Foram incluídos 07 artigos diretamente relacionados à integração entre IA e cardiologia clínica na predição de desfechos em pacientes com insuficiência cardíaca, contemplando modelos aplicados a ecocardiograma, eletrocardiograma, prontuários eletrônicos, dados multidimensionais e revisão de estado da arte.

Durante a análise dos estudos, Akerman *et al.* (2025) identificou que a aplicação de um modelo de inteligência artificial baseado em ecocardiograma para identificação de insuficiência cardíaca com fração de ejeção preservada. A sua relevância está no fato de que a ICFEp costuma apresentar diagnóstico difícil, especialmente quando há sintomas inespecíficos, comorbidades e parâmetros ecocardiográficos incompletos. O modelo EchoGo Heart Failure v2 reduziu a proporção de classificações intermediárias em comparação aos escores clínicos tradicionais, favorecendo maior objetividade na triagem de pacientes complexos. Esse resultado aproxima a inteligência artificial da prática clínica por oferecer suporte em situações nas quais a interpretação isolada dos escores pode manter incerteza diagnóstica.

Akerman *et al.* (2025) ainda notou que os escores H2FPEF e HFA-PEFF mostra que a IA pode atuar como recurso complementar, não como substituta da cardiologia clínica. Enquanto os escores dependem de múltiplas variáveis clínicas, laboratoriais e ecocardiográficas, o algoritmo utiliza informação extraída de imagem ecocardiográfica, ampliando a leitura de padrões estruturais e funcionais. A vantagem observada não se limita à acurácia, pois também envolve a capacidade de reorganizar pacientes previamente classificados como intermediários. Desse modo, a IA fortalece a tomada de decisão ao reduzir zonas de indefinição que podem atrasar investigação e manejo terapêutico.

Guo *et al.* (2025) direcionaram a predição para a gravidade da insuficiência cardíaca após infarto agudo do miocárdio, utilizando a classificação Killip como desfecho clínico. O modelo TabNet apresentou melhor desempenho entre as abordagens testadas, alcançando AUROC de 0,827 na classificação em quatro classes e 0,831 na classificação binária. Esse resultado demonstra que dados obtidos durante a internação, como histórico clínico, parâmetros fisiológicos, exames laboratoriais, angiografia e ecocardiografia, podem ser integrados em uma ferramenta preditiva de maior precisão. A contribuição central desse estudo está na possibilidade de antecipar maior gravidade clínica em pacientes pós-infarto, fase em que a intervenção precoce pode modificar o prognóstico.

Essa proposta se diferencia pela preocupação com interpretabilidade, especialmente pelo uso do método SHAP para demonstrar a contribuição das variáveis no desempenho do modelo. Maiores valores de GRACE, TIMI, idade, NT-proBNP, creatinina, hs-CRP e IL-6 foram associados ao aumento do risco de insuficiência cardíaca após infarto, enquanto clearance de creatinina e fração de ejeção ventricular esquerda mais elevados se relacionaram a menor risco. Essa explicabilidade é relevante porque aproxima o algoritmo do raciocínio clínico, permitindo que o cardiologista compreenda quais fatores sustentam a predição. Assim, a IA deixa de funcionar apenas como classificação automática e passa a contribuir para avaliação individualizada (Guo *et al.*, 2025).

Cho *et al.* (2023) ampliaram essa discussão ao testar um biomarcador eletrocardiográfico baseado em IA em pacientes com insuficiência cardíaca aguda. O escore QCG-Critical foi maior entre os pacientes que evoluíram para morte cardíaca intra-hospitalar, mantendo associação independente mesmo após ajustes por idade, sexo, comorbidades, etiologia da IC, fibrilação atrial, alargamento do QRS, fração de ejeção e NT-proBNP. Esse achado reforça o valor do ECG como fonte acessível de informação prognóstica, sobretudo em

cenários de urgência. A IA aplicada ao eletrocardiograma permite extrair sinais de risco que não são plenamente captados pela interpretação convencional.

O desempenho do QCG-Critical em Cho *et al.* (2023) dialoga com a proposta de Dhingra *et al.* (2025) pois ambos exploram o ECG como ferramenta de estratificação de risco cardiovascular. Entretanto, Cho *et al.* (2023) avaliaram pacientes já internados com insuficiência cardíaca aguda, enquanto Dhingra *et al.* (2025) investigaram indivíduos sem IC basais acompanhados para hospitalização futura por insuficiência cardíaca. Essa diferença é importante, pois demonstra que o ECG com IA pode ser útil tanto na fase aguda da doença quanto na identificação de risco antes do desenvolvimento clínico da síndrome. Portanto, a aplicação do algoritmo não se restringe ao diagnóstico, alcançando também prognóstico e prevenção secundária.

Gandin *et al.* (2023) investigaram a predição de insuficiência cardíaca incidente em pacientes com diabetes tipo 2 por meio de prontuários eletrônicos. O modelo PHNN apresentou melhor desempenho que o modelo de Cox regularizado, com c-index de 0,768 contra 0,734 e melhor calibração em dois anos. O achado é clinicamente relevante porque pacientes diabéticos possuem risco elevado para desenvolvimento de IC, mas nem sempre são estratificados com precisão por ferramentas tradicionais. A incorporação de variáveis clínicas, laboratoriais, eletrocardiográficas, ecocardiográficas, terapêuticas e de comorbidades permitiu uma leitura mais ampla do risco individual.

Ao confrontar Gandin *et al.* (2023) com Guo *et al.* (2025) observa-se convergência no uso de dados multidimensionais, embora os cenários clínicos sejam distintos. Gandin *et al.* (2023) abordaram risco longitudinal em diabéticos sem diagnóstico prévio de IC, enquanto Guo *et al.* (2025) avaliaram gravidade de IC após infarto agudo do miocárdio. Em ambos, os modelos de IA superaram abordagens convencionais ou apresentaram maior refinamento preditivo ao integrar variáveis de diferentes domínios. Essa convergência reforça que a insuficiência cardíaca não pode ser prevista adequadamente por uma única medida isolada, pois sua evolução depende de interações metabólicas, hemodinâmicas, inflamatórias e estruturais.

A aplicação de modelos de inteligência artificial a eletrocardiogramas de 12 derivações demonstrou potencial para identificar indivíduos com maior probabilidade de desenvolver insuficiência cardíaca em diferentes populações internacionais. A consistência dos resultados em bases de dados dos Estados Unidos, Reino Unido e Brasil reforça a validade externa da ferramenta, evidenciando que indivíduos classificados como positivos pelo AI-ECG

apresentam risco significativamente mais elevado para ocorrência futura de insuficiência cardíaca, mesmo após o controle de fatores clínicos e do risco competitivo de morte. Esses achados reforçam a possibilidade de utilização do eletrocardiograma como estratégia de rastreamento populacional, considerando seu baixo custo, ampla disponibilidade e utilização rotineira nos serviços de saúde (Dhingra *et al.*, 2025).

Além disso, a combinação do AI-ECG com o escore clínico PCP-HF proporcionou melhora na capacidade preditiva em parte das coortes avaliadas, sugerindo que os algoritmos de inteligência artificial podem atuar de forma complementar às ferramentas tradicionais de estratificação de risco. Essa perspectiva converge com os resultados observados por Akerman *et al.* (2025), que também identificaram benefícios da integração entre recursos de IA e parâmetros clínicos na tomada de decisão em pacientes com insuficiência cardíaca com fração de ejeção preservada. Em conjunto, essas evidências indicam que a principal contribuição da inteligência artificial na cardiologia clínica reside na ampliação e refinamento das informações já disponíveis, favorecendo uma avaliação mais precisa do risco cardiovascular (Akerman *et al.*, 2025; Dhingra *et al.*, 2025).

A insuficiência cardíaca caracteriza-se pela produção contínua de informações provenientes de diferentes fontes, incluindo dados clínicos, exames laboratoriais, eletrocardiogramas, métodos de imagem, prontuários eletrônicos e sistemas de monitoramento remoto. Nesse contexto, a inteligência artificial destaca-se pela capacidade de integrar grandes volumes de dados e identificar relações complexas entre variáveis que dificilmente seriam reconhecidas por métodos convencionais. Essa capacidade de síntese e interpretação contribui para a construção de modelos preditivos mais robustos, particularmente em uma condição marcada por ampla heterogeneidade clínica, múltiplas comorbidades e evolução variável entre os pacientes (Yoon *et al.*, 2024).

A aplicação da IA na IC abrange diferentes etapas do cuidado cardiovascular, desde a identificação precoce da doença até a estratificação de risco, definição de fenótipos clínicos, previsão de desfechos e seleção de terapias mais adequadas. Essa abrangência demonstra que a tecnologia possui potencial para atuar de forma integrada ao longo da jornada assistencial, contribuindo para a organização de condutas em cenários clínicos complexos. Entretanto, a consolidação dessas ferramentas na prática clínica ainda depende de processos consistentes de validação externa, governança dos dados e incorporação segura aos sistemas de saúde (Khan *et al.*, 2023).

A heterogeneidade fisiopatológica da IC, especialmente nos casos com fração de ejeção preservada, representa um dos principais desafios diagnósticos da cardiologia contemporânea. Pacientes com diferentes mecanismos de doença frequentemente apresentam manifestações clínicas semelhantes, dificultando a diferenciação entre causas cardiovasculares e não cardiovasculares dos sintomas. Nesse cenário, algoritmos baseados em inteligência artificial aplicados à ecocardiografia podem auxiliar na identificação de padrões sutis não facilmente reconhecidos pela análise convencional, oferecendo suporte adicional ao raciocínio clínico (Khan *et al.*, 2023; Akerman *et al.*, 2025).

O eletrocardiograma processado por IA tem demonstrado potencial como biomarcador digital tanto para estimativa de prognóstico quanto para identificação precoce de indivíduos sob risco de desenvolver insuficiência cardíaca. A análise automatizada dos sinais elétricos cardíacos permite reconhecer informações relacionadas à disfunção ventricular, instabilidade hemodinâmica e vulnerabilidade cardiovascular que podem não ser evidentes na interpretação tradicional do exame. Dessa forma, o ECG associado à IA amplia as possibilidades de utilização clínica de um método amplamente disponível e de baixo custo (Cho *et al.*, 2023; Dhingra *et al.*, 2025).

A interpretabilidade dos modelos permanece como um requisito essencial para a incorporação da inteligência artificial à prática cardiológica. Estratégias de explicabilidade têm sido utilizadas para identificar quais variáveis exercem maior influência sobre as previsões realizadas pelos algoritmos, favorecendo maior transparência e compreensão dos resultados. Essa abordagem contribui para aumentar a confiança dos profissionais de saúde, uma vez que o desempenho preditivo isoladamente não é suficiente para justificar a adoção de ferramentas que não apresentem coerência com os fundamentos clínicos e fisiopatológicos conhecidos (Guo *et al.*, 2025; Gandin *et al.*, 2023).

As aplicações variam conforme o objetivo clínico proposto, abrangendo desde modelos voltados ao diagnóstico até sistemas destinados à predição de prognóstico e gravidade da doença. Enquanto algumas ferramentas concentram-se na identificação de fenótipos específicos da insuficiência cardíaca e suas repercussões clínicas, outras são direcionadas à estimativa de mortalidade, hospitalizações ou desenvolvimento futuro da síndrome. Essa diversidade evidencia que os algoritmos devem ser desenvolvidos e selecionados de acordo com as necessidades assistenciais específicas de cada contexto clínico (Akerman *et al.*, 2025; Gandin *et al.*, 2023).

A qualidade e a origem dos dados utilizados para treinamento e validação dos modelos exercem influência direta sobre sua aplicabilidade clínica. Informações provenientes de prontuários eletrônicos, exames de imagem, registros eletrocardiográficos e marcadores laboratoriais oferecem oportunidades distintas para construção de algoritmos preditivos, mas também apresentam limitações relacionadas à padronização, completude e representatividade populacional. Por essa razão, a validação em coortes independentes e populações diversas constitui etapa fundamental para garantir a generalização dos resultados obtidos (Khan *et al.*, 2023; Yoon *et al.*, 2024).

A utilidade prática da inteligência artificial depende não apenas de sua capacidade preditiva, mas também da possibilidade de transformar essas informações em suporte efetivo à tomada de decisão clínica. Ferramentas integradas a escores tradicionais e plataformas de apoio à decisão têm demonstrado potencial para melhorar a identificação de pacientes de maior risco e reduzir intervenções desnecessárias. Assim, a relevância clínica dos modelos está diretamente relacionada à clareza dos resultados apresentados e à facilidade de incorporação ao fluxo assistencial cotidiano (Akerman *et al.*, 2025; Guo *et al.*, 2025).

Embora os algoritmos apresentem desempenho crescente na predição de desfechos cardiovasculares, sua utilização não substitui a avaliação clínica individualizada. O maior benefício observado decorre da integração entre inteligência artificial, biomarcadores, métodos de imagem e julgamento médico especializado. Dessa forma, a tecnologia atua como ferramenta complementar para ampliar a capacidade de identificação de risco, sem substituir elementos fundamentais da prática clínica, como anamnese, exame físico e interpretação contextualizada dos exames complementares (Cho *et al.*, 2023; Dhingra *et al.*, 2025).

As diferentes aplicações descritas demonstram que a inteligência artificial apresenta maior potencial em cenários caracterizados por elevada complexidade clínica, incerteza diagnóstica e necessidade de antecipação de desfechos adversos. Sua utilização tem contribuído para aprimorar a estratificação de risco, a identificação precoce de pacientes vulneráveis e a organização do cuidado cardiovascular em distintos contextos assistenciais, fortalecendo a integração entre tecnologia e cardiologia clínica (Akerman *et al.*, 2025; Cho *et al.*, 2023; Dhingra *et al.*, 2025).

Considerações Finais

Com base no objetivo do estudo, verificou-se que a utilização de modelos baseados em inteligência artificial tem ampliado a capacidade de identificação precoce de riscos, estratificação prognóstica e apoio à tomada de decisão clínica. Os achados salientam que a inteligência artificial atua como recurso complementar ao julgamento clínico, contribuindo para reduzir incertezas diagnósticas, aprimorar a classificação de risco e auxiliar na organização do cuidado cardiovascular.

Entretanto, a incorporação dessas tecnologias na prática assistencial ainda enfrenta desafios relacionados à heterogeneidade dos modelos desenvolvidos, à necessidade de validação em diferentes populações e à dependência da qualidade dos dados utilizados em seu treinamento. Como limitação desta revisão, destaca-se a diversidade metodológica dos estudos incluídos, bem como a rápida evolução tecnológica da área, que pode tornar determinadas evidências suscetíveis a atualizações frequentes. Apesar dessas restrições, o estudo contribui para ampliar a compreensão sobre o papel da inteligência artificial na cardiologia contemporânea, especialmente no contexto da insuficiência cardíaca, condição marcada por elevada complexidade clínica e impacto epidemiológico significativo.

Recomenda-se que futuras investigações priorizem estudos prospectivos, validações multicêntricas e análises que explorem a integração dessas ferramentas aos fluxos assistenciais reais, considerando aspectos relacionados à interpretabilidade dos algoritmos, segurança dos dados e aplicabilidade clínica. O avanço dessas pesquisas poderá fortalecer a utilização responsável da inteligência artificial como suporte à prática cardiológica, favorecendo intervenções mais oportunas, personalizadas e alinhadas às necessidades dos pacientes.

REFERÊNCIAS

ADLER, Eric D *et al.* Improving risk prediction in heart failure using machine learning. **European Journal of Heart Failure**, Hoboken, v. 22, n. 1, p. 139-147, jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/ejhf.1628>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31721391/>

ABREU, João; SERINGA, Joana; MAGALHÃES, Teresa. Machine learning methods, applications and economic analysis to predict heart failure hospitalisation risk: a scoping review. **BMJ Open**, Londres, v. 15, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2024-093495>. Disponível em: <https://bmjopen.bmj.com/content/15/6/e093495>

AKERMAN, Ashley P. *et al.* External validation of artificial intelligence for detection of heart failure with preserved ejection fraction. **Nature Communications**, Londres, v. 16, art. 2915,

2025. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-025-58283-7>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40246975/>

CHO, Youngjin *et al.* Artificial intelligence-based electrocardiographic biomarker for outcome prediction in patients with acute heart failure: prospective cohort study. **Journal of Medical Internet Research**, Toronto, v. 26, e52139, 2024. DOI: <https://doi.org/10.2196/52139>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38959500/>

DHINGRA, Lovedeep S *et al.* Heart failure risk stratification using artificial intelligence applied to electrocardiogram images: a multinational study. **European Heart Journal**, Oxford, v. 46, p. 1044-1053, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae914>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40246975/>

GANDIN, Ilaria *et al.* Deep-learning-based prognostic modeling for incident heart failure in patients with diabetes using electronic health records: a retrospective cohort study. **PLoS One**, San Francisco, v. 18, n. 2, e0281878, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281878>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36809251/>

GOLAS, Sara Bersche *et al.* A machine learning model to predict the risk of 30-day readmissions in patients with heart failure: a retrospective analysis of electronic medical records data. **BMC Medical Informatics and Decision Making**, Londres, v. 18, n. 44, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12911-018-0620-z>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29929496/>

GUO, Chenglong *et al.* Interpretable artificial intelligence model for predicting heart failure severity after acute myocardial infarction. **BMC Cardiovascular Disorders**, Londres, v. 25, n. 362, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12872-025-04818-1>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40355836/>

HAJISHAH, Hamed *et al.* Evaluation of machine learning methods for prediction of heart failure mortality and readmission: meta-analysis. **BMC Cardiovascular Disorders**, Londres, v. 25, n. 264, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12872-025-04700-0>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40189534/>

KHAN, Muhammad Shahzeb *et al.* Artificial intelligence and heart failure: a state-of-the-art review. **European Journal of Heart Failure**, Hoboken, v. 25, n. 9, p. 1507-1525, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/ejhf.2994>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37560778/>

SHIN, Sheojung *et al.* Machine learning vs. conventional statistical models for predicting heart failure readmission and mortality. **ESC Heart Failure**, Hoboken, v. 8, n. 1, p. 106-115, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/ehf2.13073>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33205591/>

YOON, Minjae *et al.* Application and potential of artificial intelligence in heart failure: past, present, and future. **International Journal of Heart Failure**, Seul, v. 6, n. 1, p. 11-19, jan. 2024. DOI: <https://doi.org/10.36628/ijhf.2023.0050>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38303917/>