

Avanços da inteligência artificial na medicina cardiológica: transformando diagnósticos e tratamentos

Artificial Intelligence Advances in Cardiology Medicine: Transforming Diagnosis and Treatment
Avances de la inteligencia artificial en medicina cardiológica: transformación del diagnóstico y el tratamiento

Inês Clara Martins de Souza¹, Amanda Moreira Lima², Filipe Marques Rodrigues³, Luiza Carvalho de Oliveira⁴ e Marina Oliveira Ferreira⁵

¹Graduada pela Faculdade da Saúde e Ecologia Humana, Vespasiano, Minas Gerais. ORCID: 0009-0008-8204-2197. E-mail: inesclarams@hotmail.com;

²Graduada pela Faculdade da Saúde e Ecologia Humana, Vespasiano, Minas Gerais. ORCID: 0000-0002-9991-478X. E-mail: amandamoreiralima22017@gmail.com;

³Graduado pela Faculdade da Saúde e Ecologia Humana, Vespasiano, Minas Gerais. ORCID: 0000-0003-2847-8340. E-mail: filipe.marques74@hotmail.com;

⁴Graduada pela Faculdade da Saúde e Ecologia Humana, Vespasiano, Minas Gerais. ORCID: 0000-0002-1077-1066. E-mail: luizacol@hotmail.com;

⁵Graduada pela Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais. ORCID: 0009-0001-4350-1935. E-mail: marinaoliveiraff10bh@gmail.com.

Resumo - A expressão “Tecnologia Médica” abrange ferramentas que melhoram a qualidade de vida dos pacientes por meio de diagnósticos precoces e tratamentos otimizados. Com o advento de smartphones e wearables alimentados por inteligência artificial, a medicina evoluiu para um modelo 5P, promovendo maior autonomia e monitoramento contínuo da saúde. Apesar dos avanços, como o uso de IA para diagnósticos cardiovasculares, poucas ferramentas foram efetivamente integradas na prática clínica devido à limitação de dados retrospectivos e à falta de tradução direta para a prática. Portanto, o objetivo deste artigo é explorar como a IA está revolucionando a cardiologia também será analisado como os avanços atuais e as perspectivas futuras da IA impactam a prática cardiológica. A pesquisa é uma revisão bibliográfica qualitativa e descritiva sobre o impacto das tecnologias de inteligência artificial na cardiologia, realizada em agosto de 2024. Utilizou-se busca nas bases SciELO e PubMed com os termos "Artificial Intelligence (AI)" AND "Cardiology". Foram selecionados artigos originais, gratuitos e em português dos últimos dez anos, excluindo materiais incompletos, repetidos ou não relevantes. A IA tem transformado a medicina cardiovascular, melhorando diagnósticos, tratamentos e personalização dos cuidados. Técnicas de aprendizado de máquina (ML) e redes neurais, como CNNs e RNNs, são eficazes na análise de imagens médicas e documentação clínica, enquanto a robótica assistida por IA aprimora a precisão das cirurgias. A IA permite uma detecção precoce e mais precisa de condições cardíacas, e sua integração com dados não estruturados promete diagnósticos e intervenções mais eficazes. Estudos futuros devem explorar a integração de dados genômicos e superar desafios éticos, com o objetivo de tornar a medicina cardiovascular mais precisa e personalizada.

Palavras-Chave: Inteligência Artificial (IA); Cardiologia; Aprendizado de Máquina (ML).

Abstract - The term “Medical Technology” encompasses tools that improve patients’ quality of life through early diagnosis and optimized treatments. With the advent of smartphones and wearables powered by artificial intelligence, medicine has evolved towards a 5P model, promoting greater autonomy and continuous health monitoring. Despite advances, such as the use of AI for cardiovascular diagnostics, few tools have been effectively integrated into clinical practice due to limited retrospective data and lack of direct translation into practice. Therefore, the aim of this article is to explore how AI is revolutionizing cardiology and to analyze how current advances and future perspectives of AI impact cardiology practice. The research is a qualitative and descriptive literature review on the impact of artificial intelligence technologies in cardiology, carried out in August 2024. A search was used in the SciELO and PubMed databases with the terms "Artificial Intelligence (AI)" AND "Cardiology". Original, free, and Portuguese-language articles from the last ten years were selected, excluding incomplete, duplicated, or irrelevant materials. AI has transformed cardiovascular medicine, improving diagnostics, treatments, and personalizing care. Machine learning (ML) techniques and neural networks, such as CNNs and RNNs, are effective in analyzing medical images and clinical documentation, while AI-assisted robotics improves the accuracy of surgeries. AI enables earlier and more accurate detection of cardiac conditions, and its integration with unstructured data promises more effective diagnostics and interventions. Future studies should explore the integration of genomic data and overcome ethical challenges, with the aim of making cardiovascular medicine more precise and personalized.



Key words: Artificial Intelligence (AI); Cardiology; Machine Learning (ML).

Resumen - El término “Tecnología Médica” engloba herramientas que mejoran la calidad de vida de los pacientes mediante un diagnóstico precoz y tratamientos optimizados. Con la llegada de los teléfonos inteligentes y los wearables impulsados por inteligencia artificial, la medicina ha evolucionado hacia un modelo 5P, promoviendo una mayor autonomía y un seguimiento continuo de la salud. A pesar de avances como el uso de la IA para el diagnóstico cardiovascular, pocas herramientas se han integrado eficazmente en la práctica clínica debido a los datos retrospectivos limitados y a la falta de traducción directa a la práctica. Por lo tanto, el objetivo de este artículo es explorar cómo la IA está revolucionando la cardiología. También analizará cómo los avances actuales y las perspectivas futuras de la IA impactan en la práctica de la cardiología. La investigación es una revisión bibliográfica cualitativa y descriptiva sobre el impacto de las tecnologías de inteligencia artificial en la cardiología, realizada en agosto de 2024. Se utilizó una búsqueda en las bases de datos SciELO y PubMed con los términos “Artificial Intelligence (AI)” AND “Cardiology”. Se seleccionaron artículos originales y gratuitos en portugués de los últimos diez años, excluyendo materiales incompletos, repetidos o no relevantes. La IA ha transformado la medicina cardiovascular, mejorando los diagnósticos, los tratamientos y la personalización de la atención. Las técnicas de aprendizaje automático (ML) y las redes neuronales como CNN y RNN son efectivas para analizar imágenes médicas y documentación clínica, mientras que la robótica asistida por IA mejora la precisión de las cirugías. La IA permite una detección más temprana y precisa de enfermedades cardíacas, y su integración con datos no estructurados promete diagnósticos e intervenciones más eficaces. Los estudios futuros deberían explorar la integración de datos genómicos y superar los desafíos éticos, con el objetivo de hacer que la medicina cardiovascular sea más precisa y personalizada.

Palabras-clave: Inteligencia Artificial (IA); Cardiología; Aprendizaje automático (ML).

1 INTRODUÇÃO

A expressão “Tecnologia Médica” é amplamente utilizada para abordar uma gama de ferramentas que podem permitir que os profissionais de saúde forneçam aos pacientes e à sociedade uma melhor qualidade de vida, realizando diagnósticos precoces, reduzindo complicações, otimizando o tratamento e/ou fornecendo opções menos invasivas e reduzindo o tempo de hospitalização. Embora, antes da era móvel, as tecnologias médicas fossem conhecidas principalmente como dispositivos médicos clássicos (por exemplo, próteses, stents, implantes), o surgimento de smartphones, wearables, sensores e sistemas de comunicação revolucionou a medicina com a capacidade de conter ferramentas alimentadas por inteligência artificial (IA) (como aplicativos) em tamanhos muito pequenos (Banerjee; Chakraborty; Rathi Sr, 2020; Kakhi et al., 2022).

As tecnologias médicas inteligentes, ou seja, alimentadas por IA foram recebidas com entusiasmo pela população em geral, em parte porque permitem um modelo de medicina 5P (Preditiva, Preventiva, Participativa, Personalizada e de Precisão) e, portanto, a autonomia do paciente, de maneiras que não seriam possíveis (Gardes et al., 2019); os smartphones estão se tornando, por exemplo, o item de referência para preencher e distribuir um registro eletrônico de saúde pessoal, monitorar funções vitais com biossensores e ajudar a atingir a conformidade terapêutica ideal (Kang et al., 2018; Madrid et al., 2018), portanto, essas tecnologias estão transformando a forma como os pacientes gerenciam sua saúde, oferecendo ferramentas que facilitam o monitoramento contínuo e a personalização dos cuidados. Isso não apenas aumenta a eficácia dos tratamentos, mas também promove um engajamento mais ativo dos indivíduos em sua própria saúde.

As doenças cardiovasculares são responsáveis por aproximadamente 17,9 milhões de mortes em todo o mundo anualmente, tornando-se a principal causa de mortalidade no mundo (WHO et al., 2022). As aplicações de IA usando aprendizagem de máquina e aprendizagem profunda, têm o

potencial de mudar consideravelmente o cenário cardiovascular. Desde os estudos iniciais que demonstraram que os algoritmos de IA poderiam diagnosticar doenças cardiovasculares com precisão comparável à de especialistas humanos (Jayachitra et al., 2023; Saikumar; Rajesh, 2024), o campo progrediu significativamente. A IA aprimorou os testes pré-existentes ao extrair novas informações de dados para realizar tarefas que os médicos normalmente não conseguem realizar, como diagnosticar diabetes usando um smartphone (Alam et al., 2020, 2024) ou cardiomiopatia usando um eletrocardiograma (Durga et al., 2024). Além disso, poucos estudos analisaram a integração direta desses algoritmos na prática clínica e confirmaram um impacto positivo nos resultados clínicos. Apesar desses avanços, a maioria das pesquisas recentes relacionadas à saúde envolvendo IA na área da saúde vem de conjuntos de dados retrospectivos de um único centro. Atualmente, muito poucas ferramentas de IA foram traduzidas para a prática clínica (Yao et al., 2021).

Portanto, o objetivo deste artigo é explorar como a IA está revolucionando a cardiologia, focando na melhoria da precisão diagnóstica e na personalização dos tratamentos e analisar como técnicas avançadas de aprendizado de máquina e análise de dados estão sendo aplicadas para identificar padrões sutis em exames e registros médicos. Também será analisado como os avanços atuais e as perspectivas futuras da IA impactam a prática cardiológica. Essa pesquisa se justifica pela necessidade de avaliar o impacto das tecnologias de IA na prática clínica da cardiologia, especialmente no contexto da melhoria da precisão diagnóstica e personalização dos tratamentos. Assim, investigar como as técnicas de aprendizado de máquina e análise de dados estão sendo aplicadas, e avaliar o impacto dessas inovações na prática cardiológica, é essencial para superar as barreiras existentes e potencializar o uso de IA para melhorar os resultados clínicos e a gestão da saúde cardiovascular.

Esta pesquisa consiste em uma revisão bibliográfica que adota uma abordagem qualitativa



exploratória e descritiva para investigar o impacto das tecnologias de inteligência artificial na prática clínica da cardiologia. A pesquisa de material foi conduzida nas bases de dados da Scientific Electronic Library Online (SciELO) e da National Library of Medicine (PubMed), utilizando os seguintes termos de busca (palavras-chave e operadores booleanos): “Artificial Intelligence (AI)” AND “Cardiology”.

A realização do estudo foi realizada em agosto de 2024, como critério de inclusão tem-se materiais que atenderam aos seguintes parâmetros: artigos originais, gratuitos, disponíveis nos idiomas português, dos últimos dez anos, conter informações necessárias para tema proposto. Sendo excluídos trabalhos incompletos e/ou repetidos nas bases de dados analisadas e aqueles que não estiverem de acordo com a proposta.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aplicações da Inteligência Artificial na Medicina: Termos e Definições Essenciais

A IA é um subtipo de tecnologia da informação que usa algoritmos para analisar, processar e interpretar informações médicas, além de realizar cálculos matemáticos complexos, simulando artificialmente o que ocorre na mente humana durante o aprendizado (Park; Han, 2018). Dentro deste campo, o Aprendizado de Máquina (ML) se destaca por permitir que sistemas computacionais aprendam automaticamente a partir de dados existentes e experiências passadas para identificar padrões e fazer previsões (Tyagi; Chahal, 2020).

O ML é um conhecido subtipo de IA e se divide em três categorias principais: aprendizado supervisionado, aprendizado não supervisionado e aprendizado por reforço (MORALES; ESCALANTE, 2022). No contexto médico, o ML pode integrar e gerenciar diversas fontes de dados, como observações clínicas e biológicas, dispositivos vestíveis e informações ambientais, para criar modelos que preveem e diagnosticam doenças, além de personalizar tratamentos e melhorar o sistema de saúde de forma geral (Friedrich et al., 2021; Rahmani et al., 2021).

Dentro do ML, o Aprendizado Profundo (DL) é um subtipo que se especializa em analisar grandes volumes de dados para oferecer maior precisão na criação de conceitos e na previsão de patologias. DL é amplamente utilizado em aplicações médicas, ao lado de algoritmos como máquinas de vetores de suporte (SVM) e redes neurais artificiais (ANN). O campo da Computação Cognitiva, por sua vez, envolve sistemas de IA que aprimoram as capacidades do cérebro humano ao combinar tecnologia virtual e processamento de linguagem natural (Johnson et al., 2018; Chander, 2022; Kufel et al., 2023).

O Aprendizado Supervisionado é um método de treinamento de algoritmos ML utilizando exemplos rotulados de entradas e saídas fornecidos por especialistas, e abrange técnicas como redes neurais artificiais, máquinas de vetores de suporte, árvores de decisão, florestas aleatórias, lógica fuzzy, Bayes ingênuo, vizinho mais próximo e regressão (Johnson et al., 2018; Itchhaporia et al., 2022). Em

contraste, o Aprendizado Não Supervisionado treina algoritmos ML para processar dados e realizar classificações sem informações prévias sobre categorias, incluindo algoritmos de agrupamento e regras de associação (Naem et al., 2022).

O Aprendizado por Reforço combina aspectos dos métodos supervisionado e não supervisionado para melhorar a precisão dos algoritmos, através de uma estratégia que recebe feedback sobre o desempenho, comparando recompensas obtidas com um critério específico (Saravanan; Sujatha, 2018). Entre as técnicas mais avançadas de DL, as Redes Neurais Convolucionais (CNNs) são utilizadas principalmente em processamento e classificação de imagens, inspiradas na forma como o córtex visual processa imagens. Em contraste, as Redes Neurais Recorrentes (RNNs) lidam com dados de tamanho variável e processam dados sequenciais em paralelo através de diferentes pesos, o que permite gerar múltiplas representações e separar eficazmente o espaço de características (Dhruv; Naskar, 2020).

As Redes Neurais Profundas (DNNs) são estruturas de DL que possuem múltiplas camadas entre as entradas e saídas, enquanto as Redes Neurais Artificiais (ANNs) processam informações em uma arquitetura de múltiplas camadas, onde cada conexão entre neurônios extrai parâmetros dos dados de treinamento. Máquinas de Vetores de Suporte (SVM) são modelos de aprendizado supervisionado que realizam classificações lineares e não lineares, mapeando entradas em espaços de alta dimensão (Adege et al., 2018; Fan et al., 2021).

Métodos como a Árvore de Decisão (DT) são visualizados como gráficos que representam escolhas e seus resultados, e a Árvore Aleatória (RT) é uma técnica de classificação que utiliza múltiplas árvores de decisão ajustadas em paralelo. Bayes Ingênuo (NB) é uma técnica que assume a independência entre preditores e utiliza a regra de Bayes para estimar probabilidades, enquanto a Lógica Fuzzy permite processar múltiplos valores de verdade para uma mesma variável (Mahesh, 2020; Sarker, 2021).

O Vizinho Mais Próximo (KNN) é um algoritmo que classifica novos pontos de dados com base em similaridades, sem construir um modelo geral (Sarker, 2021). A Regressão usa uma função logística para estimar probabilidades e é adequada para conjuntos de dados linearmente separáveis (Letzgus, 2021). Finalmente, os Algoritmos de Agrupamento e os Algoritmos de Regras de Associação são usados para extrair e encontrar relações contextuais em dados, com o primeiro focando na divisão de dados e o segundo na identificação de relações e correlações entre entidades (Tyagi; Chahal, 2020; Ezugwu et al., 2022).

Portanto, na cardiologia, a aplicação da IA e do ML tem transformado o diagnóstico e tratamento de doenças cardíacas. Ferramentas de ML analisam dados de exames como eletrocardiogramas (ECGs) e imagens cardíacas para identificar condições como arritmias e infartos com alta precisão. Além disso, a IA auxilia na personalização de tratamentos e no monitoramento contínuo da saúde cardiovascular por meio de dispositivos vestíveis, possibilitando intervenções precoces e melhorando os resultados clínicos.



IA na Personalização e Precisão Diagnóstica Cardiológica

A integração da IA na cardiologia tem se revelado uma força transformadora, oferecendo oportunidades sem precedentes para revolucionar o diagnóstico e tratamento de doenças cardiovasculares. A evolução das tecnologias de IA incluindo aprendizado de máquina, CNN, processamento de linguagem natural (PLN) e análise preditiva, está remodelando a prática clínica e os esforços de pesquisa na área cardiovascular (Tariq; Santos; Banerjee, 2022; Garcia, 2023).

Algoritmos de IA, especialmente as CNN, têm revolucionado a interpretação de imagens médicas, como ressonância magnética cardíaca (RMC), tomografias computadorizadas (TC) e ecocardiogramas, permitindo diagnósticos mais precisos e rápidos. A visão computacional, uma faceta da IA, auxilia na análise dessas imagens com uma precisão aprimorada, enquanto a computação cognitiva emula funções humanas para integrar vastos conjuntos de dados, ajudando no planejamento do tratamento e na previsão dos resultados dos pacientes (Haq; Haq; Xu, 2021; Argentiero et al., 2022). A computação afetiva também está emergindo, analisando emoções e comportamentos dos pacientes para oferecer intervenções mais personalizadas e melhorar a experiência geral do paciente (Assunção et al., 2022).

O PLN contribui significativamente para a eficiência na documentação médica. Algoritmos de PLN permitem a conversão de notas médicas faladas em registros eletrônicos de saúde, além de auxiliar na análise de dados dentro dos registros, revelando padrões e insights que melhoram a tomada de decisão clínica. Isso, aliado à robótica, que proporciona precisão em intervenções complexas como cirurgias assistidas por robô, promete uma abordagem mais eficiente e segura para o tratamento de doenças cardíacas (Hossain et al., 2023; Shastri; Shastri, 2023).

Os biomarcadores digitais baseados em IA, que permitem uma nova fronteira na estratificação de risco cardiovascular, estão se integrando a práticas de cuidados para otimizar os prognósticos de doenças. Com a evolução das ferramentas orientadas por IA, não só é possível identificar aqueles em risco, mas também definir a trajetória única da doença de uma pessoa, permitindo um entendimento mais profundo e personalizado dos riscos e resultados adversos. Isso representa um avanço significativo em relação aos esquemas tradicionais de estratificação de risco, que muitas vezes se baseavam em variáveis simplificadas e ignoravam a complexidade dos sistemas biológicos (Al-Maini et al., 2023; Singh et al., 2023; Singh et al., 2024).

As novas abordagens permitem que a IA utilize dados não estruturados, como ECGs, radiografias e ecocardiogramas, para prever eventos cardiovasculares e mortalidade, detectando anormalidades que podem não ser imediatamente evidentes. Além disso, a IA está capacitando práticas de cuidados de alto valor ao individualizar como as terapias podem afetar os resultados, por exemplo, orientando

decisões sobre o uso de dispositivos como cardioversores-desfibriladores implantáveis (CDI) e intervenções terapêuticas como a ablação de fibrilação atrial (Ismail et al., 2022; Kolk et al., 2024).

A integração da IA com tecnologias de genômica em "escala de petabytes" está permitindo avanços na medicina cardiovascular personalizada. A genômica já começou a influenciar o tratamento clínico, mas com o advento da IA multimodal, as oportunidades para otimizar terapias usando dados genômicos são vastas. Modelos de gêmeos digitais, por exemplo, estão sendo desenvolvidos para simular respostas a tratamentos com base em dados genômicos, melhorando a medicina de precisão e permitindo a estratificação de risco cardiovascular e intervenções terapêuticas mais eficazes e personalizadas (Manas; Senjige; Dixit, 2022).

Além disso, os ensaios clínicos adaptativos e o enriquecimento preditivo orientado por dados estão sendo impulsionados por abordagens de ML, maximizando a eficiência dos ensaios ao ajustar o design com base em sinais acumulados de benefício e dano (Oikonomou et al., 2023). As tecnologias de gêmeos digitais estão fornecendo alternativas eficientes aos métodos tradicionais de ensaios clínicos, permitindo simulações personalizadas de saúde e doença (CORRAL-ACERO et al., 2020). Essas inovações representam um avanço significativo no campo cardiovascular, oferecendo a perspectiva de tratamentos mais rápidos, eficientes e personalizados, moldando o futuro da medicina cardiovascular com o auxílio da IA.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As aplicações da IA na medicina, especialmente no campo cardiovascular, têm demonstrado grande potencial em transformar o diagnóstico, o tratamento e a personalização dos cuidados com os pacientes. O uso de ML e DL permitiu a análise de grandes volumes de dados médicos, proporcionando previsões mais precisas e diagnósticos mais rápidos. As técnicas como CNNs e RNNs têm se mostrado eficazes na interpretação de imagens médicas, enquanto o PLN tem melhorado a eficiência na documentação clínica. Além disso, os avanços em computação cognitiva e afetiva estão oferecendo novas maneiras de personalizar o atendimento e melhorar os resultados dos pacientes.

A integração de IA no diagnóstico e tratamento cardiovascular já trouxe significativas melhorias na prática clínica. Ferramentas de IA, como CNNs, revolucionaram a interpretação de exames de imagem, permitindo uma detecção mais precoce de condições cardíacas e facilitando intervenções mais precisas. O uso de PLN na análise de dados médicos está ajudando a revelar padrões que aprimoram a tomada de decisões clínicas. Além disso, a robótica assistida por IA tem proporcionado maior precisão em cirurgias, melhorando a segurança e a eficácia dos procedimentos. Esses avanços estão impulsionando uma nova era na cardiologia, onde a IA desempenha um papel central na melhora dos cuidados e na personalização dos tratamentos.

Do ponto de vista diagnóstico, a IA tem o potencial



de redefinir a maneira como as doenças cardiovasculares são detectadas e tratadas. A capacidade de analisar dados não estruturados, como eletrocardiogramas e radiografias, permite que a IA identifique anormalidades que podem passar despercebidas em análises convencionais. Isso abre caminho para diagnósticos mais precisos e intervenções mais eficazes. No futuro, a IA poderá ser ainda mais integrada ao sistema de saúde, permitindo um monitoramento contínuo e personalizado dos pacientes, prevenindo eventos adversos e ajustando os tratamentos em tempo real com base em dados individuais.

Estudos futuros devem focar na expansão das aplicações da IA na medicina cardiovascular, explorando novas formas de integrar dados genômicos, biomarcadores digitais e outras fontes de dados complexos. A pesquisa deve também se concentrar em superar desafios como a interpretabilidade dos modelos de IA e a ética no uso dessas tecnologias. Além disso, será essencial continuar o desenvolvimento de ensaios clínicos baseados em IA para garantir que as descobertas feitas em ambientes controlados possam ser aplicadas com sucesso em populações reais. A expectativa é que, com o avanço dessas tecnologias, a medicina cardiovascular se torne cada vez mais precisa, eficiente e personalizada, trazendo benefícios significativos para os pacientes e para o sistema de saúde como um todo.

REFERÊNCIAS

- ADEGE, Abebe Belay et al. An indoor and outdoor positioning using a hybrid of support vector machine and deep neural network algorithms. *Journal of sensors*, v. 2018, n. 1, p. 1253752, 2018.
- ALAM, Md Nuho Ul et al. DiabSense: early diagnosis of non-insulin-dependent diabetes mellitus using smartphone-based human activity recognition and diabetic retinopathy analysis with Graph Neural Network. *Journal of Big Data*, v. 11, n. 1, p. 103, 2024.
- AL-MAINI, Mustafa et al. Artificial intelligence-based preventive, personalized and precision medicine for cardiovascular disease/stroke risk assessment in rheumatoid arthritis patients: a narrative review. *Rheumatology International*, v. 43, n. 11, p. 1965-1982, 2023.
- ARGENTIERO, Adriana et al. The applications of artificial intelligence in cardiovascular magnetic resonance—a comprehensive review. *Journal of Clinical Medicine*, v. 11, n. 10, p. 2866, 2022.
- ASSUNÇÃO, Gustavo et al. An overview of emotion in artificial intelligence. *IEEE Transactions on Artificial Intelligence*, v. 3, n. 6, p. 867-886, 2022.
- BANERJEE, Amit; CHAKRABORTY, Chinmay; RATHI SR, Megha. Medical imaging, artificial intelligence, internet of things, wearable devices in terahertz healthcare technologies. In: *Terahertz biomedical and healthcare technologies*. Elsevier, p. 145-165, 2020.
- CHANDER, Bhanu. Artificial Neural Networks and Support Vector Machine for IoT. *Artificial Intelligence-based Internet of Things Systems*, p. 77-103, 2022.
- CORRAL-ACERO, Jorge et al. The ‘Digital Twin’ to enable the vision of precision cardiology. *European heart journal*, v. 41, n. 48, p. 4556-4564, 2020.
- DHRUV, Patel; NASKAR, Subham. Image classification using convolutional neural network (CNN) and recurrent neural network (RNN): A review. *Machine learning and information processing: proceedings of ICMLIP 2019*, p. 367-381, 2020.
- DURGA, S. et al. SmartCardio: Advancing cardiac risk prediction through Internet of things and edge cloud intelligence. *IET Wireless Sensor Systems*, 2024.
- EZUGWU, Absalom E. et al. A comprehensive survey of clustering algorithms: State-of-the-art machine learning applications, taxonomy, challenges, and future research prospects. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, v. 110, p. 104743, 2022.
- FAN, Junliang et al. Estimation of daily maize transpiration using support vector machines, extreme gradient boosting, artificial and deep neural networks models. *Agricultural Water Management*, v. 245, p. 106547, 2021.
- FRIEDRICH, Sarah et al. Applications of artificial intelligence/machine learning approaches in cardiovascular medicine: a systematic review with recommendations. *European Heart Journal-Digital Health*, v. 2, n. 3, p. 424-436, 2021.
- GARCIA, Ernest V. Integrating artificial intelligence and natural language processing for computer-assisted reporting and report understanding in nuclear cardiology. *Journal of Nuclear Cardiology*, v. 30, n. 3, p. 1180-1190, 2023.
- GARDES, Joël et al. Maxwell@: an unsupervised learning approach for 5P medicine. In: *MEDINFO 2019: Health and Wellbeing e-Networks for All*. IOS Press, 2019. p. 1464-1465.
- HAQ, Ikram-Ul; HAQ, Iqraa; XU, Bo. Artificial intelligence in personalized cardiovascular medicine and cardiovascular imaging. *Cardiovascular Diagnosis and Therapy*, v. 11, n. 3, p. 911, 2021.
- HOSSAIN, Elias et al. Natural language processing in electronic health records in relation to healthcare decision-making: a systematic review. *Computers in biology and medicine*, v. 155, p. 106649, 2023.
- ISMAIL, Tefvik F. et al. Cardiac MR: from theory to practice. *Frontiers in cardiovascular medicine*, v. 9, p. 826283, 2022.
- ITCHHAPORIA, Dipti. Artificial intelligence in cardiology.



Trends in cardiovascular medicine, v. 32, n. 1, p. 34-41, 2022.

JAYACHITRA, S. et al. AI enabled internet of medical things in smart healthcare. In: **AI models for blockchain-based intelligent networks in IoT systems: Concepts, methodologies, tools, and applications**. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 141-161.

JOHNSON, Kipp W. et al. Artificial intelligence in cardiology. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 71, n. 23, p. 2668-2679, 2018.

KAKHI, Kouros et al. The internet of medical things and artificial intelligence: trends, challenges, and opportunities. **Biocybernetics and Biomedical Engineering**, v. 42, n. 3, p. 749-771, 2022.

KANG, Minhee et al. Recent patient health monitoring platforms incorporating internet of things-enabled smart devices. **International neurology journal**, v. 22, n. Suppl 2, p. S76, 2018.

KOLK, M. Z. H. et al. Optimizing patient selection for primary prevention implantable cardioverter-defibrillator implantation: utilizing multimodal machine learning to assess risk of implantable cardioverter-defibrillator non-benefit. **Europace**, v. 25, n. 9, p. euad271, 2023.

KUFEL, Jakub et al. What is machine learning, artificial neural networks and deep learning?—Examples of practical applications in medicine. **Diagnostics**, v. 13, n. 15, p. 2582, 2023.

LETZGUS, Simon et al. Toward explainable artificial intelligence for regression models: A methodological perspective. **IEEE Signal Processing Magazine**, v. 39, n. 4, p. 40-58, 2022.

MADRID, Rossana E. et al. Smartphone-based biosensor devices for healthcare: technologies, trends, and adoption by end-users. **Bioengineering**, v. 9, n. 3, p. 101, 2022.

MAHESH, Batta. Machine learning algorithms-a review. **International Journal of Science and Research (IJSR)**. [Internet], v. 9, n. 1, p. 381-386, 2020.

MANAS, Andres; SENINGE, Lucas; DIXIT, Atray. DNAREcords: An extensible sparse format for petabyte scale genomics analysis. **bioRxiv**, p. 2022.08. 13.503863, 2022.

MORALES, Eduardo F.; ESCALANTE, Hugo Jair. A brief introduction to supervised, unsupervised, and reinforcement learning. In: **Biosignal processing and classification using computational learning and intelligence**. Academic Press, 2022. p. 111-129.

NAEEM, Samreen et al. An unsupervised machine learning algorithms: Comprehensive review. **International Journal of**

Computing and Digital Systems, 2023.

OIKONOMOU, Evangelos K. et al. An explainable machine learning-based phenomapping strategy for adaptive predictive enrichment in randomized clinical trials. **NPJ digital medicine**, v. 6, n. 1, p. 217, 2023.

PARK, Seong Ho; HAN, Kyunghwa. Methodologic guide for evaluating clinical performance and effect of artificial intelligence technology for medical diagnosis and prediction. **Radiology**, v. 286, n. 3, p. 800-809, 2018.

RAHMANI, Amir Masoud et al. Machine learning (ML) in medicine: Review, applications, and challenges. **Mathematics**, v. 9, n. 22, p. 2970, 2021.

SAIKUMAR, K.; RAJESH, V. A machine intelligence technique for predicting cardiovascular disease (CVD) using Radiology Dataset. **International Journal of System Assurance Engineering and Management**, v. 15, n. 1, p. 135-151, 2024.

SARAVANAN, Renuka; SUJATHA, Pothula. A state of art techniques on machine learning algorithms: a perspective of supervised learning approaches in data classification. In: **2018 Second international conference on intelligent computing and control systems (ICICCS)**. IEEE, 2018. p. 945-949.

SARKER, Iqbal H. Machine learning: Algorithms, real-world applications and research directions. **SN computer science**, v. 2, n. 3, p. 160, 2021.

SHASTRY, K. Aditya; SHASTRY, Aravind. An integrated deep learning and natural language processing approach for continuous remote monitoring in digital health. **Decision Analytics Journal**, v. 8, p. 100301, 2023.

SINGH, Manasvi et al. Artificial intelligence for cardiovascular disease risk assessment in personalised framework: a scoping review. **EClinicalMedicine**, v. 73, 2024.

SINGH, Manasvi et al. Personalized Medicine for Cardiovascular Disease Risk in Artificial Intelligence Framework. 2023.

TARIQ, Amara; SANTOS, Thiago; BANERJEE, Imon. Natural Language Processing for Cardiovascular Applications. In: **Artificial Intelligence in Cardiothoracic Imaging**. Cham: Springer International Publishing, 2022. p. 231-243.

TYAGI, Amit Kumar; CHAHAL, Poonam. Artificial intelligence and machine learning algorithms. In: **Challenges and applications for implementing machine learning in computer vision**. IGI Global, 2020. p. 188-219.

WHO. World Health Organization. Cardiovascular diseases. 12 fev. 2022. Disponível em: <https://www.who.int/health->



topics/cardiovascular-diseases#tab=tab_1. Acesso em: 10 ago. 2024.

YAO, Xiaoxi et al. Artificial intelligence-enabled electrocardiograms for identification of patients with low ejection fraction: a pragmatic, randomized clinical trial. **Nature Medicine**, v. 27, n. 5, p. 815-819, 2021.

