

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E MEDICINA DE PRECISÃO NA ESTRATIFICAÇÃO DO RISCO CARDIOVASCULAR EM MULHERES: PERSPECTIVAS PARA UMA CARDIOLOGIA MAIS EQUITATIVA

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND PRECISION MEDICINE IN CARDIOVASCULAR RISK STRATIFICATION IN WOMEN: PERSPECTIVES FOR MORE EQUITABLE CARDIOLOGY

Jonhson Lins Silva dos Santos¹; Luiz Pedro Bezerra Brandão¹; José Henrique Costa Tenório¹; Prof. Dr.
Victor Menezes Cardoso²

1. Acadêmico do curso de Medicina da Faculdade Afya - Centro Universitário de Maceió;
2. Professor do curso de Medicina da Faculdade Afya - Centro Universitário de Maceió.
jonhson.lins@hotmail.com.

Eixo Temático: Tecnologia e Inovação

RESUMO

As doenças cardiovasculares permanecem entre as principais causas de morbimortalidade entre mulheres, enquanto diferenças biológicas, hormonais, reprodutivas e socioculturais influenciam a apresentação clínica e a estratificação de risco. Modelos tradicionais podem apresentar limitações ao incorporar fatores específicos da saúde feminina, como complicações hipertensivas da gestação, diabetes gestacional, menopausa precoce, síndrome dos ovários policísticos e doenças autoimunes. Nesse contexto, a inteligência artificial (IA) emerge como ferramenta potencial para a medicina cardiovascular de precisão, permitindo integrar dados clínicos, laboratoriais, eletrocardiográficos e de imagem para identificação individualizada de padrões associados ao risco cardiovascular. O objetivo foi analisar evidências recentes sobre a utilização da IA e da medicina de precisão na estratificação do risco cardiovascular em mulheres. Foi realizada revisão bibliográfica narrativa de publicações disponíveis na base PubMed/MEDLINE, priorizando estudos publicados entre 2022 e 2026 relacionados à saúde cardiovascular da mulher, fatores de risco específicos, IA, aprendizado de máquina e medicina de precisão. As evidências indicam que algoritmos de IA podem ampliar a integração de variáveis clínicas e multimodais, favorecendo a individualização da avaliação cardiovascular. Entretanto, sua efetividade depende da qualidade e representatividade dos bancos de dados, da inclusão adequada de mulheres nos estudos, da validação externa e da transparência dos algoritmos. Conclui-se que a combinação entre fatores específicos da saúde feminina e tecnologias de IA apresenta potencial para aprimorar a estratificação cardiovascular, mas sua implementação clínica deve ocorrer de forma criteriosa, com validação em populações diversas e estratégias para redução de vieses.

Palavras-chave: Doenças Cardiovasculares. Saúde da Mulher. Inteligência Artificial. Medicina de Precisão. Estratificação de Risco.

ABSTRACT

Cardiovascular diseases remain among the leading causes of morbidity and mortality in women, while biological, hormonal, reproductive, and sociocultural differences influence clinical presentation and risk stratification. Traditional models may have limitations in incorporating female-specific health factors, such as hypertensive disorders of pregnancy, gestational diabetes, early menopause, polycystic ovary syndrome, and autoimmune diseases. In this context, artificial intelligence (AI) emerges as a potential tool for precision cardiovascular medicine, enabling the integration of clinical, laboratory, electrocardiographic, and imaging data to identify individualized patterns associated with cardiovascular risk. The objective was to analyze recent evidence on the use of AI and precision medicine in cardiovascular risk stratification in women. A narrative literature review was conducted using publications available in PubMed/MEDLINE, prioritizing studies published between 2022 and 2026 related to women's cardiovascular health, sex-specific risk factors, AI, machine learning, and precision medicine. Evidence indicates that AI algorithms can improve the integration of clinical and multimodal variables, supporting individualized cardiovascular assessment. However, their effectiveness depends on the quality and representativeness of datasets, adequate inclusion of women in studies, external validation, and algorithm transparency. It is concluded that combining female-specific health factors with AI technologies has potential to improve cardiovascular risk stratification, but clinical implementation should be conducted carefully, with validation in diverse populations and strategies to reduce bias.

Keywords: Cardiovascular Diseases. Women's Health. Artificial Intelligence. Precision Medicine. Risk Stratification.

INTRODUÇÃO

As doenças cardiovasculares constituem um importante problema de saúde pública e permanecem como uma das principais causas de morbimortalidade entre as mulheres¹. Entretanto, durante décadas, a investigação cardiovascular foi marcada pela menor representação feminina em estudos clínicos e pela utilização de modelos predominantemente desenvolvidos a partir de populações masculinas. Esse cenário contribuiu para diferenças no reconhecimento dos fatores de risco, no diagnóstico, na indicação de exames complementares e no tratamento das doenças cardiovasculares em mulheres².

A avaliação cardiovascular feminina apresenta particularidades que extrapolam os fatores de risco tradicionais. Além de hipertensão arterial, diabetes mellitus, dislipidemia, obesidade e tabagismo, mulheres podem apresentar fatores relacionados ao ciclo reprodutivo e à exposição hormonal, incluindo menopausa precoce, síndrome dos ovários policísticos, infertilidade e complicações da gestação, especialmente pré-eclâmpsia, diabetes gestacional e

parto prematuro³. Esses fatores podem representar marcadores precoces de maior risco cardiovascular ao longo da vida.

Outro aspecto relevante é a maior frequência de determinados fenótipos cardiovasculares em mulheres, como disfunção microvascular coronariana e síndromes de isquemia sem doença arterial coronariana obstrutiva significativa⁴. Essas condições podem dificultar o diagnóstico quando são utilizados paradigmas tradicionais centrados exclusivamente na identificação de obstruções coronarianas epicárdicas⁵.

Nesse cenário, a medicina de precisão propõe uma abordagem individualizada, integrando características clínicas, biológicas, genéticas, comportamentais e ambientais para aprimorar a prevenção, o diagnóstico e o tratamento⁶. A inteligência artificial, por sua capacidade de processar grandes conjuntos de dados e reconhecer relações não lineares, surge como uma das principais ferramentas tecnológicas para operacionalizar essa abordagem⁷.

Revisões recentes demonstram que aplicações de IA em cardiologia abrangem desde análise automatizada de eletrocardiogramas e exames de imagem até predição de eventos cardiovasculares, identificação de biomarcadores digitais e suporte à decisão clínica⁸. Especificamente na saúde cardiovascular feminina, a IA pode representar uma oportunidade para incorporar fatores específicos das mulheres aos modelos de risco, reduzindo possíveis lacunas decorrentes da utilização de ferramentas tradicionais⁹.

Dessa forma, discutir a aplicação da IA na estratificação cardiovascular feminina torna-se particularmente relevante em um momento de expansão da cardiologia digital e da medicina de precisão. Entretanto, a utilização dessas tecnologias também suscita questões relacionadas à representatividade dos dados, transparência, explicabilidade, segurança e reprodução de vieses já existentes no sistema de saúde¹⁰.

O objetivo deste estudo é analisar as evidências científicas recentes sobre a utilização da inteligência artificial e da medicina de precisão na estratificação do risco cardiovascular em mulheres, destacando seu potencial para aprimorar a prevenção, o diagnóstico precoce e a redução das desigualdades no cuidado cardiovascular feminino.

MÉTODO

Foi realizada uma revisão bibliográfica narrativa da literatura científica recente. A busca foi conduzida na base de dados PubMed/MEDLINE, utilizando combinações dos descritores “women”, “cardiovascular disease”, “artificial intelligence”, “machine learning”, “precision medicine”, “cardiovascular risk” e “sex-specific risk factors”.

Foram priorizadas publicações entre os anos de 2022 a 2026, com o objetivo de contemplar evidências dos últimos cinco anos. Ao todo, foram encontrados 10 artigos, entre eles, artigos de revisão, revisões sistemáticas, estudos de avaliação de risco e documentos científicos relacionados à aplicação de inteligência artificial, medicina de precisão ou estratificação de risco cardiovascular em mulheres.

Foram excluídos estudos sem relação direta com o objetivo da revisão, publicações duplicadas e trabalhos cujo conteúdo não permitisse estabelecer relação entre IA, medicina de precisão e saúde cardiovascular feminina.

Por se tratar de revisão bibliográfica baseada exclusivamente em dados disponíveis publicamente, sem coleta de informações individuais de seres humanos, não houve necessidade de submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa.

RESULTADOS

A avaliação do risco cardiovascular feminino deve considerar fatores específicos, como complicações gestacionais, menopausa precoce, síndrome dos ovários policísticos, infertilidade e doenças autoimunes. Eventos como pré-eclâmpsia, diabetes gestacional e parto prematuro podem indicar maior risco cardiovascular futuro, reforçando a importância de um acompanhamento individualizado.

Nesse contexto, a medicina de precisão e a inteligência artificial (IA) possibilitam integrar fatores de risco tradicionais e específicos do sexo feminino a dados clínicos, laboratoriais, eletrocardiográficos e de imagem, identificando padrões complexos e aprimorando a estratificação do risco. A IA já apresenta aplicações em rastreamento, diagnóstico, prognóstico, monitoramento e apoio à decisão clínica.

Entretanto, existem desafios, como vieses decorrentes da baixa representatividade feminina nos bancos de dados, diferenças entre populações e a dificuldade de interpretar modelos complexos. Estratégias como IA explicável, integração de biomarcadores e análise de imagens podem contribuir para superar essas limitações e melhorar a identificação de mulheres com maior risco cardiovascular.

Apesar do potencial, ainda são necessários estudos multicêntricos, validação externa e prospectiva e maior padronização metodológica. Assim, a IA deve atuar como ferramenta complementar ao raciocínio clínico, integrando fatores tradicionais, específicos do sexo

feminino e dados longitudinais. Para uma cardiologia de precisão mais segura e equitativa, é fundamental garantir maior representatividade feminina nos bancos de dados, ensaios clínicos e processos de validação.

CONCLUSÃO

A inteligência artificial apresenta potencial relevante para transformar a estratificação do risco cardiovascular em mulheres ao possibilitar a integração de múltiplas dimensões clínicas, biológicas e de imagem em modelos individualizados. A incorporação de fatores específicos da saúde feminina, como complicações gestacionais, menopausa precoce, síndrome dos ovários policísticos e condições cardiovasculares predominantemente femininas, pode ampliar a capacidade de identificação precoce de mulheres sob maior risco. Entretanto, a utilização dessas tecnologias deve ser acompanhada de rigor científico, validação externa, transparência e estratégias para minimizar vieses relacionados à representação insuficiente das mulheres nos bancos de dados.

A IA não deve reproduzir as desigualdades históricas da cardiologia, mas contribuir para superá-las. Dessa forma, a associação entre inteligência artificial e medicina de precisão pode representar um importante caminho para uma cardiologia feminina mais preventiva, individualizada e equitativa. Estudos futuros, especialmente multicêntricos e prospectivos, são necessários para determinar a efetividade desses modelos na prática clínica e seu impacto sobre desfechos cardiovasculares em diferentes populações de mulheres.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mehta PK, Gagnard S, Schwartz A, Manson JE. Traditional and emerging sex-specific risk factors for cardiovascular disease in women. **Rev Cardiovasc Med.** 2022;23(8):288. doi:10.31083/j.rcm2308288.
2. Nguyen HL, Hurwitz EL, Sullivan MC, Saad M, Kennedy KF, Sharma G. Update on sex specific risk factors in cardiovascular disease. **Curr Probl Cardiol.** 2024;49(5):102509. doi:10.1016/j.cpcardiol.2024.102509.
3. Theodorou A, Karagiannakis DS, Stefanaki K, Kassi E, Peppas M, Vryonidou A, et al. Female-specific risk factors for cardiovascular disease: an update. **Hormones (Athens).** 2024;23(4):637-653. doi:10.1007/s42000-024-00576-5.

4. Appelman Y, Gulati M, Roeters van Lennep JE, Shaw LJ, Bairey Merz CN. Cardiovascular disease in women: traditional and sex-specific risk factors. **Eur Heart J**. 2026 Jun 7;47(22):2750-2765. doi:10.1093/eurheartj/ehaf1001.
5. Sato Y, Kawakami R, Sakamoto A, Cornelissen A, Mori M, Kawai K, et al. Sex differences in coronary atherosclerosis. **Curr Atheroscler Rep**. 2022;24(1):23-32. doi:10.1007/s11883-022-00980-5.
6. Dakhil ZA, Gitti SA, Kaddoura R. Cardiovascular risk prediction in women: rethinking traditional approaches through precision medicine. **Front Glob Womens Health**. 2026;7:1659244. doi:10.3389/fgwh.2026.1659244.
7. Singh M, Kumar A, Khanna NN, Laird JR, Nicolaides A, Faa G, et al. Artificial intelligence for cardiovascular disease risk assessment in personalised framework: a scoping review. **EClinicalMedicine**. 2024;73:102660. doi:10.1016/j.eclinm.2024.102660.
8. Kolaszyńska O, Lorkowski J. Artificial intelligence in cardiology and atherosclerosis in the context of precision medicine: a scoping review. **Appl Bionics Biomech**. 2024;2024:2991243. doi:10.1155/2024/2991243.
9. Barzilai DH, Sudri K, Goshen G, Klang E, Zimlichman E, Barbash I, et al. Randomized controlled trials evaluating artificial intelligence in cardiovascular care: a systematic review. **JACC Adv**. 2025;4(11 Pt 1):102152. doi:10.1016/j.jacadv.2025.102152.
10. Aroundas AA, Narayan SM, Arnett DK, Spector-Bagdady K, Bennett DA, Celi LA, et al. Use of artificial intelligence in improving outcomes in heart disease: a scientific statement from the American Heart Association. **Circulation**. 2024;149(14):e1028-e1050. doi:10.1161/CIR.0000000000001201.