

Como a inteligência artificial, usando monitorização multimodal, pode prever acidente vascular encefálico e infarto agudo do miocárdio

How can artificial intelligence, using multimodal monitoring, predict stroke and acute myocardial infarction

Guilherme Nobre Nogueira^{1,2,3}, Lucas Lopes Penido de Mendonça³, Caetano Schmidt Gundlach Knop Máximo⁴, Rafaela Fernandes Gonçalves^{1,5}, Gustavo Rassier Isolan^{1,6}

RESUMO

Introdução: O aumento da longevidade populacional e a prevalência de doenças cardiovasculares e neurológicas exigem estratégias eficazes para a predição e prevenção de eventos críticos, como acidente vascular encefálico e infarto agudo do miocárdio (AVE, IAM) e crises convulsivas. A inteligência artificial (IA) tem se destacado como ferramenta promissora para a interpretação de grandes volumes de dados fisiológicos obtidos por sensores vestíveis e dispositivos de monitoramento remoto, permitindo detecção precoce e intervenção rápida.

Objetivo: Explorar a aplicabilidade da IA na análise de dados obtidos da monitorização multimodal, destacando seus impactos na predição de eventos críticos e na otimização do cuidado em saúde.

Método: Foram analisados artigos publicados no PubMed/Medline e Science Direct, utilizando descritores relacionados à inteligência artificial, monitorização multimodal e predição de eventos críticos. Foram incluídos estudos originais nos idiomas inglês e espanhol que abordassem a relação entre IA e monitoramento fisiológico para detecção de AVE, IAM e crises convulsivas.

Resultado: Após leitura e aplicação dos critérios de exclusão, 8 referências embasaram este artigo.

Conclusão: A aplicação da IA na monitorização multimodal oferece oportunidades significativas para a predição de eventos críticos e a personalização do cuidado médico. Contudo, para que sua implementação seja segura e eficaz, são necessárias melhorias nos algoritmos, maior validação clínica e estratégias para facilitar sua integração na prática médica.

PALAVRAS-CHAVE: Inteligência artificial. Monitorização multimodal. Previsão de eventos críticos. Acidente vascular encefálico. Infarto agudo do miocárdio. Convulsões. Tecnologias vestíveis. Telessaúde.

Mensagem Central

Inteligência artificial aplicada à monitorização multimodal tem o potencial de transformar a prática médica ao permitir a predição precoce de eventos críticos. No entanto, para sua implementação segura e eficaz, é fundamental superar barreiras relacionadas à acurácia dos algoritmos, aceitação clínica e integração com os fluxos de trabalho hospitalares.

Perspectiva

A inteligência artificial tem se consolidado como ferramenta promissora na área da saúde, especialmente na interpretação de dados fisiológicos obtidos por meio da monitorização multimodal. Com o avanço das tecnologias vestíveis e sistemas de monitoramento remoto ela surge como aliada essencial para a predição de eventos críticos, como acidente vascular encefálico, infarto agudo do miocárdio e crises convulsivas.

ABSTRACT

Introduction: The increase in population longevity and the prevalence of cardiovascular and neurological diseases require effective strategies for the prediction and prevention of critical events, such as stroke, and seizures. Artificial intelligence (AI) has emerged as a promising tool for the interpretation of large volumes of physiological data obtained by wearable sensors and remote monitoring devices, allowing early detection and rapid intervention.

Objective: This integrative review aims to explore the applicability of AI in the analysis of data obtained from multimodal monitoring, highlighting its impacts on the prediction of critical events and the optimization of health care.

Method: Articles published in databases such as PubMed/ Medline, and Science Direct were analyzed, using descriptors related to AI, multimodal monitoring, and prediction of critical events. Original studies in English and Spanish that addressed the relationship between AI and physiological monitoring for the detection of stroke, AML, and seizures were included.

Result: After reading and applying the exclusion criteria, 8 references supported this article.

Conclusion: The application of AI in multimodal monitoring offers significant opportunities for predicting critical events and personalizing medical care. However, for its implementation to be safe and effective, improvements in algorithms, greater clinical validation and strategies to facilitate its integration into medical practice are necessary.

KEYWORDS: Artificial intelligence. Multimodal monitoring. Critical event prediction stroke. Acute myocardial infarction. Seizures. Wearable technologies. Telehealth.

¹Centro Avançado de Neurologia e Neurocirurgia, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil

²Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil

³Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

⁴Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil

⁵Instituto Abuchaim, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil

⁶Cilla Tech Park, Guarapuava, Paraná, Brasil

Conflito de interesse: Nenhum | Financiamento: Nenhum | Recebido em: 10/05/2025 | Aceito em: 18/08/2025 | Data de publicação: 26/09/2025 | Correspondência: gisolan@yahoo.com.br | Editor Associado: Ronaldo Maíia Cuenca

Como citar:

Nogueira GN, de Mendonça LLP, Máximo CSGK, Gonçalves RF, Isolan GR. Como a inteligência artificial, usando monitorização multimodal, pode prever acidente vascular encefálico e infarto agudo do miocárdio. *BioSCIENCE*. 2025;83:e00023

INTRODUÇÃO

Enotável, atualmente, inversão da pirâmide etária em muitos países, caracterizada pelo estreitamento de sua base e alargamento de seu ápice, o que reflete o aumento da expectativa de vida e a redução da natalidade nesses países.¹ Diante desse panorama, destaca-se a importância de métodos que busquem aumentar a eficiência do cuidado médico e reduzir os custos desse cuidado gerados por longos períodos de internação hospitalar.² Uma ferramenta de grande potencial para ser empregada nesse cenário é a interpretação de dados fisiológicos obtidos de pacientes, a partir da monitorização multimodal, via inteligência artificial (IA) para prever eventos críticos, como acidente vascular encefálico (AVE), infarto agudo do miocárdio (IAM) e crises convulsivas.

Em meio à era digital, a tecnologia está cada vez mais presente no cotidiano da humanidade. A expansão da internet, somada à proliferação dos smartphones, das redes sociais e dos dispositivos vestíveis, é responsável por contribuir para a captação de grande quantidade de dados acerca de seus usuários diariamente, gerando estimativa de criação global de dados de 180 zetabytes até 2025.³

Neste contexto, a IA vem se estabelecendo como meio muito eficaz de obtenção e interpretação de grandes quantidades de dados. A biomedicina, por exemplo, destaca-se por ser a área com a maior projeção de aumento de análise de dados por meio de IA para 2025, principalmente dados genômicos, como banco de genes e genomas; dados biométricos, como frequência cardíaca e temperatura, que podem ser coletados por sensores corporais; e dados clínicos, como histórico médico e exames de imagem.⁴

IA é subcampo da ciência da computação baseado no desenvolvimento de algoritmos que reproduzem tarefas de raciocínio normalmente executadas por humanos. Os métodos que possibilitam às máquinas aprender e refinar tarefas como reconhecimento e previsão, constituintes básicos e valiosos da prática clínica, caracterizam o aprendizado de máquina, que é subcampo da IA.⁵ Apesar de muito promissoras para a prática clínica, cabe destacar que diversas tecnologias de IA, que afirmaram ser superiores à capacidade de análise dos especialistas médicos, obtiveram, na verdade, altas taxas de falsos positivos⁶, o que pode ser, em parte, reflexo da lacuna de comunicação entre médicos e desenvolvedores.⁷

O uso do aprendizado de máquina para solucionar problemas clínicos é chamado de tomada de decisão clínica revolucionária.⁸ Cabe destacar que, quando é abordada a questão da tomada de decisões por IA no setor da saúde, nem sempre se trata de diagnosticar ou prever doenças e complicações, mas também de como realizar pesquisas acerca de tratamentos médicos, de melhor atendimento ao paciente, melhor alocação de recursos, gerenciamento hospitalar, formulação de políticas de saúde e outros.⁹ Além do fato do aumento da longevidade a nível global, o recente início da pandemia de COVID-19 tornou claro que esses pontos mencionados acima precisam ser otimizados no tempo

mais curto possível, o que justifica a elevada demanda pela área de “aprendizado de máquina de emergência” no cenário atual.¹⁰

Ainda dentro do ambiente de emergência, repleto de agudizações de quadros crônicos e de eventos críticos agudos, convém considerar a IA como instrumento promissor em prever complicações e em possibilitar a atuação precoce dos profissionais de saúde, evitando o estabelecimento desses quadros e reduzindo seus impactos sobre o paciente. Nesse contexto, as doenças cardiovasculares são a principal causa de morbimortalidade no mundo¹¹ e sua previsão e identificação precoce, embora sejam fundamentais para melhorar os resultados dos cuidados em saúde, permanecem sendo um desafio.¹²

Esta revisão tem o objetivo de reunir e resumir o que há de mais atual e relevante na literatura acerca da aplicabilidade e importância da IA associada aos Wearables na interpretação precoce de dados preditores dos principais eventos críticos, o que é forma de evitá-los e de reduzir agravos. Dentro desse objetivo, também foi buscado elucidar os principais métodos de IA aplicados atualmente para a predição de eventos críticos, como AVE e IAM, a partir de dados obtidos com diversos dispositivos wearables, além da discussão acerca das limitações e desafios da associação entre IA e esses dispositivos no aprimoramento do cuidado em saúde e possíveis oportunidades de expansão dessas tecnologias.

MÉTODO

Este artigo é uma revisão integrativa da literatura, método de análise com rigor metodológico o qual reúne evidências para prática clínica, por meio da busca, avaliação e síntese das informações disponíveis sobre o tema específico a ser analisado. Para a realização do presente estudo, foram seguidas as seguintes etapas metodológicas: identificação da temática e questão norteadora da pesquisa; definição dos critérios de inclusão e exclusão; identificação das informações a serem extraídas dos artigos selecionados; análise e interpretação dos resultados e apresentação da revisão.

Em primeiro momento, estabeleceu-se o tema “Substitutos durais usados nas neurocirurgias”. Em sequência, definiu-se a questão norteadora “Qual o papel da IA na análise de dados obtidos da monitorização multimodal para antecipar eventos críticos como AVC e IAM?”.

Como estratégia de busca, utilizou-se os descritores em inglês registrados no Medical Subject Headings (MeSH): “Artificial intelligence” e “eeg monitoring”. Para embasamento científico, foram realizadas pesquisas nas bases de dados PubMed, Medline (BVS) e Science Direct, a partir da utilização do operador booleano “OR” para associação dos descritores na busca.

Os resultados foram selecionados a partir dos critérios de exclusão e inclusão que foram aplicados aos artigos disponibilizados na íntegra. Foram incluídos apenas os estudos originais relacionados à temática, os quais respondessem à questão norteadora, no idioma

inglês ou espanhol. Em paralelo, foram excluídos artigos duplicados, os de revisão e os que não se enquadraram no tema da presente revisão.

RESULTADO

Após leitura e aplicação dos critérios de exclusão, 8 referências 13-20 embasaram este artigo. A síntese delas está descrita através do QRCode ou link na Figura.



QRCode e link

FIGURA — QRCode e link para acessar a síntese dos artigos 13-20

DISCUSSÃO

IA aplicada à monitorização multimodal tem o potencial de transformar a prática médica ao permitir a predição precoce de eventos críticos. No entanto, para sua implementação segura e eficaz, é fundamental superar barreiras relacionadas à acurácia dos algoritmos, aceitação clínica e integração com os fluxos de trabalho hospitalares. Ela tem se consolidado como ferramenta promissora na área da saúde, especialmente na interpretação de dados fisiológicos obtidos por meio da monitorização multimodal. Com o avanço das tecnologias vestíveis e sistemas de monitoramento remoto, a IA surge como aliada essencial para a predição de eventos críticos, como AVE, IAM, e crises convulsivas.

A literatura revisada demonstra que algoritmos de IA aplicados à monitorização contínua de sinais fisiológicos podem identificar padrões sutis que antecedem eventos críticos. Modelos de aprendizado de máquina apresentam alta sensibilidade para a predição dessas condições, reduzindo o tempo de resposta médica. No entanto, desafios como falsos positivos, validação clínica insuficiente e dificuldade de integração com sistemas hospitalares ainda limitam a ampla adoção dessas tecnologias. O aumento da longevidade populacional e a prevalência de doenças cardiovasculares e neurológicas exigem estratégias eficazes para a predição e prevenção de eventos críticos, como AVE, IAM e crises convulsivas. IA tem se destacado como ferramenta promissora para a interpretação de grandes volumes de dados fisiológicos obtidos por sensores vestíveis e dispositivos de monitoramento remoto, permitindo detecção precoce e intervenção rápida. A aplicação dela na monitorização multimodal oferece oportunidades significativas para a predição de eventos críticos e a personalização do cuidado médico. Contudo, para que sua implementação seja segura e eficaz, são necessárias melhorias nos algoritmos, maior validação clínica e estratégias para facilitar sua integração na prática médica.

CONCLUSÕES

A expansiva da implementação do uso de dispositivos biomarcadores de apresentação, tanto *wearable* quanto de monitoramento remoto, quando aliados à IA por meio de análises contínuas de dados através de *machine learning* oferece benefícios significativos no contexto clínico, hospitalar, domiciliar e de unidades de tratamento intensivo. Essa interface possibilita monitorização precisa, detalhada, conveniente e privativa dos sinais fisiológicos e de padrões ou alterações de indicadores de movimentação corporal, permitindo aos profissionais de saúde melhor compreensão e resposta às necessidades dos seus pacientes. O desenvolvimento de tecnologias aplicáveis a contextos de saúde através de *eHealth*, *mHealth*, *TeleHealth* e Telemedicina tornaram-se instrumentos cruciais para os clínicos, proporcionando suporte decisivo no que diz respeito ao desenvolvimento de tratamentos médicos, atendimentos mais eficazes e personalizados, além de possibilitar aos gestores gestão otimizada dos recursos de saúde. No entanto, é crucial reconhecer que a implementação dessas tecnologias exige abordagem multidisciplinar e eficientemente comunicada entre médicos, equipe multiprofissional, *stakeholders* e desenvolvedores, a fim de mitigar as altas taxas de falsos positivos observadas nas tecnologias de IA e oferecer soluções para demandas, queixas ou críticas que os profissionais de saúde percebem ao longo do processo de implementação dessas tecnologias, garantindo que os benefícios promissores dessas inovações sejam plenamente realizados.

Contribuição dos autores

Conceituação: Rafaela Fernandes Gonçalves, Gustavo Rassier Isolan

Investigação: Todos os autores

Supervisão: Rafaela Fernandes Gonçalves, Gustavo Rassier Isolan

Redação (esboço original): Guilherme Nobre Nogueira, Adrielle Holler Pykocz, Nathália Brígida de Oliveira, Francisco Duque de Paiva Giudice Junior, Clarissa Valera Bonzato

Redação (revisão e edição): Todos os autores

REFERÊNCIAS

1. Diaz-del-Pino S, Trelles-Martínez R, González-Fernández FA, Guil N. Artificial intelligence to assist specialists in the detection of haematological diseases. *Heliyon*. 2023;9(5):e15940. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15940>
2. Zhang W, Kumar M, Yu J, Yang J. Medical long-distance monitoring system based on internet of things. *EURASIP J Wirel Commun Netw*. 2018;2018(1):176. <https://doi.org/10.1186/s13638-018-1178-2>
3. Petroc Taylor. Data created worldwide 2010–2025. Statista. Available from: <https://www.statista.com/statistics/871513/worldwide-data-created/>
4. Mallappallil M, Sabu J, Gruessner A, Salifu M. A review of big data and medical research. *SAGE Open Med*. 2020;8:2050312120934839. <https://doi.org/10.1177/2050312120934839>
5. Koçak B, Cuocolo R, dos Santos DP, Stanzione A, Ugga L. Must-have qualities of clinical research on artificial intelligence and machine learning. *Balkan Med J*. 2023;40(1):3–12. <https://doi.org/10.4274/balkanmedj.galenos.2022.2022-11-51>
6. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med*. 2019;25(1):44–56. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7>
7. Helman S, Terry MA, Pellathy T, Williams A, Dubrawski A, Clermont G, et al. Engaging clinicians early during the development of a graphical user display of an intelligent alerting system at the bedside. *Int J Med Inform*. 2021;159:104643. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2021.104643>
8. Jayatilake SMDA, Ganegoda GU. Involvement of machine learning tools in healthcare decision making. *J Healthc Eng*. 2021;2021:6679512. <https://doi.org/10.1155/2021/6679512>

9. Debnath S, Barnaby DP, Coppa K, Makhnevich A, Kim EJ, Chatterjee S, et al. Machine learning to assist clinical decision-making during the COVID-19 pandemic. *Bioelectron Med.* 2020;6(1):14. <https://doi.org/10.1186/s42234-020-00050-8>
10. Frederix I, Caiani EG, Dendale P, Anker S, Bax J, Böhm A, et al. ESC e-Cardiology Working Group Position Paper: overcoming challenges in digital health implementation in cardiovascular medicine. *Eur J Prev Cardiol.* 2019;26(11):1166–77. <https://doi.org/10.1177/2047487319832394>
11. Huang JD, Wang J, Ramsey E, Leavey G, Chico TJA, Condell J. Applying artificial intelligence to wearable sensor data to diagnose and predict cardiovascular disease: a review. *Sensors (Basel).* 2022;22(20):8002. <https://doi.org/10.3390/s22208002>
12. Bouzid Z, Al-Zaiti SS, Bond R, Sejdic E. Remote and wearable ECG devices with diagnostic abilities in adults: a state-of-the-science scoping review. *Heart Rhythm.* 2022;19(7):1192–1201. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2022.02.030>
13. Liang Q, Xu L, Bao N, Qi L, Shi J, Yang Y, et al. Research on Non-Contact Monitoring System for Human Physiological Signal and Body Movement. *Biosensors (Basel).* 2019;9(2):58. <https://doi.org/10.3390/bios9020058>
14. Jagadev P, Giri LI. Human respiration monitoring using infrared thermography and artificial intelligence. *Biomed Phys Eng Express.* 2020;6(3):035007. <https://doi.org/10.1088/2057-1976/ab7a54>
15. LaBuzetta JN, Kazer MR, Kamdar BB, Owens RL, Evans JH, Stone L, et al. Neurocheck Frequency: Determining Perceptions and Barriers to Implementation of Evidence-Based Practice. 2023;28(3):160-5. <https://doi.org/10.1097/nrl.0000000000000459>
16. Poncette AS, Mosch L, Spies C, Schmieding M, Schiefenhövel F, Krampe H, et al. Improvements in Patient Monitoring in the Intensive Care Unit: Survey Study. *J Med Internet Res.* 2020;22(6):e19091. <https://doi.org/10.2196/19091>
17. Aileni RM, Pasca S, Florescu A. EEG-Brain Activity Monitoring and Predictive Analysis of Signals Using Artificial Neural Networks. 2020;20(12):3346. <https://doi.org/10.3390/s20123346>
18. Rodrigues MJ, Postolache O, Cercas F. Physiological and Behavior Monitoring Systems for Smart Healthcare Environments: A Review. *Sensors (Basel).* 2020;20(8):2186. <https://doi.org/10.3390/s20082186>
19. Pap IA, Oniga S. A Review of Converging Technologies in eHealth Pertaining to Artificial Intelligence. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(18):11413. <https://doi.org/10.3390/ijerph191811413>
20. Roy S, Kiral I, Mirmomeni M, Mummert T, Braz A, Tsay J, et al. Evaluation of artificial intelligence systems for assisting neurologists with fast and accurate annotations of scalp electroencephalography data. *EBioMedicine.* 2021;66:103275. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2021.103275>