



AVANÇOS NO USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO EM DOENÇAS OCULARES

Breno Manguiera Dantas¹, Vasques Vinicius de França Landim Parente², Samuel Décio Azevedo dos Santos³, Luiz Gonzaga Júnior⁴, Walmo Santana de Medeiros Neto⁵, Marina Gomes Carlos⁶, Ruan Pablo da Costa Araújo⁷, Fernanda Yohanna Gonçalves Bezerra⁸, Natan Reis Brito⁹, Maria Klara Waldmann¹⁰, Rennan Fael Lucena Bispo¹¹, Érico Bezerra Florencio Ferreira¹², Mylena Thuannya Paiva Silva Medeiros¹³, Thiciano Sacramento Aragão¹⁴, Mirelly Jayne Cavalcante Cruz¹⁵, Anna Karen de Oliveira Moreira¹⁶, Pedro Lucas Loiola Guedes Noronha¹⁷, Hiago Vitório Castro Lima de Melo¹⁸, Kleber Vinicius Rodrigues de Vasconcelos¹⁹, Lucas Machado Medeiros²⁰, Samuel Maia Lira²¹.



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n11p697-705>

Artigo recebido em 30 de Agosto e publicado em 05 de Novembro de 2024

REVISÃO NARRATIVA

RESUMO

Este artigo revisa a literatura atual sobre a eficácia da inteligência artificial (IA) no diagnóstico e prognóstico de doenças oculares. A seleção dos artigos foi realizada utilizando a base de dados PubMed e os termos “Artificial Intelligence,” “Ocular Diseases,” “Diagnosis” e “Prognosis.” A revisão abrange estudos recentes que investigam o uso de algoritmos de aprendizado profundo, biomarcadores oculares, biópsias líquidas e dispositivos bioeletrônicos implantáveis para condições oftalmológicas, como retinopatia diabética, glaucoma e degeneração macular. A conclusão sugere que a adoção dessas tecnologias de IA e biomarcadores inovadores pode melhorar significativamente a detecção precoce, a precisão diagnóstica e a personalização do tratamento, promovendo uma melhor qualidade de vida para pacientes com doenças oculares.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Doenças Oculares; Diagnóstico; Prognóstico.

ADVANCES IN THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR DIAGNOSIS AND PROGNOSIS IN OCULAR DISEASES

ABSTRACT

This article reviews current literature on the effectiveness of artificial intelligence (AI) in the diagnosis and prognosis of ocular diseases. Article selection was conducted using the PubMed database and the terms “Artificial Intelligence,” “Ocular Diseases,” “Diagnosis,” and “Prognosis.” The review covers recent studies investigating deep learning algorithms, ocular biomarkers, liquid biopsies, and implantable bioelectronic devices for ophthalmic conditions, including diabetic retinopathy, glaucoma, and macular degeneration. The findings indicate that adopting these AI technologies and innovative biomarkers can significantly enhance early detection, diagnostic precision, and treatment personalization, leading to improved quality of life for patients with ocular diseases.

Keywords: Artificial Intelligence; Ocular Diseases; Diagnosis; Prognosis.

:

Autor correspondente: Breno Mangueira Dantas

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).





INTRODUÇÃO

A inteligência artificial (IA) tem revolucionado a área da saúde, e a oftalmologia é uma das especialidades que mais tem se beneficiado desse avanço tecnológico. A crescente demanda por métodos diagnósticos precisos e o aumento das doenças oculares relacionadas ao envelhecimento populacional impulsionaram a busca por tecnologias que ofereçam diagnósticos rápidos e eficazes, além de prognósticos mais detalhados. Ferramentas baseadas em IA, como algoritmos de aprendizado profundo, têm demonstrado grande potencial para detectar alterações sutis em imagens oculares e para monitorar a progressão de doenças, muitas vezes com uma acurácia superior ao olho humano (SCHMIDT-ERFURTH *et al.*, 2018; DEVALLA *et al.*, 2020).

Doenças oculares, como retinopatia diabética, glaucoma e degeneração macular relacionada à idade, são grandes responsáveis por perda de visão irreversível no mundo, e o diagnóstico precoce é crucial para minimizar a progressão dessas condições. A aplicação de IA nessas doenças oferece vantagens significativas, permitindo uma detecção precoce e uma análise detalhada de alterações morfológicas, além de viabilizar a personalização do tratamento com base nos dados obtidos (AHMAD *et al.*, 2020; LIU *et al.*, 2024). Essas tecnologias vão além da análise de imagens e incluem também o uso de biomarcadores oculares, que, quando associados à IA, proporcionam uma visão abrangente da condição do paciente, antecipando possíveis complicações e melhorando o planejamento terapêutico (PUCCIO *et al.*, 2024).

Este artigo busca revisar os avanços recentes na aplicação da inteligência artificial para o diagnóstico e prognóstico de doenças oculares, abrangendo o uso de algoritmos para análise de imagens retinianas, biomarcadores oculares e tecnologias implantáveis. A revisão também explora os desafios e as limitações para a implementação dessas inovações na prática clínica, discutindo o impacto potencial da IA na melhoria dos desfechos clínicos e na qualidade de vida dos pacientes com doenças oftalmológicas.

METODOLOGIA



Este estudo visa realizar uma revisão narrativa para avaliar a aplicação de inteligência artificial (IA) no diagnóstico e prognóstico de doenças oculares, com foco nas inovações e nos avanços recentes nessa área. A análise abrange estudos clínicos e experimentais recentes, buscando sintetizar as evidências disponíveis sobre o tema. Serão incluídos estudos que examinem o uso de algoritmos de IA em diferentes condições oftalmológicas, como retinopatia diabética, degeneração macular e glaucoma. Serão considerados estudos clínicos randomizados, ensaios clínicos controlados, estudos de coorte, estudos transversais e revisões sistemáticas. Os artigos devem estar disponíveis em inglês ou português e abordar diretamente a eficácia e a precisão de ferramentas de IA no diagnóstico precoce, avaliação de progressão e prognóstico das doenças oculares. Será considerado o período de publicação de 2015 até a presente data para garantir a inclusão dos estudos mais recentes.

Serão excluídos estudos que não se relacionem diretamente com o tema específico, bem como aqueles que não atendam aos critérios de qualidade estabelecidos, como estudos com amostras pequenas, falta de grupo controle ou metodologia inadequada. A busca bibliográfica será realizada nas bases de dados PubMed, IEEE Xplore e ScienceDirect, utilizando o seguinte termo de busca: ("Artificial Intelligence" AND "Ocular Diseases" AND "Diagnosis" AND "Prognosis"). Os filtros aplicados incluirão ensaios clínicos, meta-análises, ensaios clínicos randomizados e revisões sistemáticas. Os resultados serão avaliados para garantir a inclusão dos estudos relevantes de acordo com os critérios estabelecidos. A pergunta do estudo foi: "Quais são os principais avanços na aplicação de inteligência artificial para o diagnóstico e prognóstico de doenças oculares, e quais são seus impactos na prática clínica?"

A seleção dos estudos foi realizada a partir dos termos de busca e filtros aplicados, resultando em 17 artigos, que passaram por uma triagem inicial. Todos os artigos identificados durante a busca foram avaliados com base nos critérios de inclusão e exclusão estabelecidos a partir da leitura dos títulos e resumos. Dos 17 artigos, após a leitura de títulos e resumos, todos foram incluídos no estudo, considerados relevantes com base na triagem inicial e selecionados para uma revisão mais detalhada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO



Os avanços na aplicação da inteligência artificial (IA) para o diagnóstico e prognóstico de doenças oculares têm demonstrado grande potencial na prática clínica, principalmente em áreas que dependem fortemente de análises de imagem, como retina, glaucoma e doenças do segmento anterior. Estudos recentes destacam que o uso de algoritmos de aprendizado profundo e de outras metodologias de IA pode auxiliar na detecção precoce, no monitoramento de progressão e na personalização do tratamento de diversas condições oftalmológicas. Conforme reportado por Schmidt-Erfurth *et al.* (2018) e Ahmad *et al.* (2020), as ferramentas de IA possibilitam uma análise rápida e abrangente de grandes volumes de dados, como as imagens digitais da retina, permitindo uma identificação precoce de padrões morfológicos indicativos de doenças como retinopatia diabética e degeneração macular.

O desenvolvimento de biomarcadores visuais e de sistemas de monitoramento avançado, como os descritos por Puccio *et al.* (2024) e Lima *et al.* (2024), oferece ainda mais precisão na avaliação das condições oculares. Em particular, a combinação de IA e bioinformática aplicada aos marcadores de biofluido ocular tem mostrado ser uma metodologia promissora na detecção precoce de processos degenerativos e inflamatórios, ajudando a identificar riscos antes que os sintomas se tornem clinicamente evidentes. Esses biomarcadores podem atuar de forma complementar aos exames de imagem, aumentando a acurácia dos diagnósticos e possibilitando intervenções mais oportunas.

A integração da IA com técnicas de imagem tem sido particularmente benéfica no diagnóstico e no manejo de doenças retinianas e vasculares. Liu *et al.* (2024) e Devalla *et al.* (2020) reportaram que a aplicação de algoritmos de aprendizado profundo na análise de imagens de fundo de olho tem proporcionado avanços importantes na avaliação de glaucoma e retinopatia diabética, condições que requerem monitoramento rigoroso e contínuo para evitar a progressão. Em relação ao glaucoma, Devalla *et al.* demonstraram que a IA ajuda a otimizar o diagnóstico e o controle da doença, melhorando a confiabilidade da avaliação de parâmetros oculares críticos, como a espessura da camada de fibras nervosas da retina.

No contexto da degeneração macular relacionada à idade (DMRI) e de outras doenças vasculares da retina, Biousse *et al.* (2022) e Häner *et al.* (2023) destacam que o



uso da IA em imagens multimodais permite a detecção de anormalidades com uma precisão sem precedentes. Essas tecnologias têm mostrado eficácia ao analisar alterações microvasculares e detectar padrões precoces de DMRI, que são imperceptíveis ao olho humano. Esse progresso não só permite o diagnóstico precoce, mas também possibilita a estratificação de risco dos pacientes, permitindo o desenvolvimento de tratamentos personalizados.

Além das doenças retinianas, os sistemas de IA também estão sendo explorados para o tratamento de patologias no segmento anterior do olho. Gurnani et al. (2024) ressaltam que os modelos de aprendizado profundo aplicados às imagens da córnea têm se mostrado promissores para o diagnóstico de distúrbios corneanos, uma das causas reversíveis de cegueira. A IA pode ajudar a detectar doenças como o ceratocone e guiar intervenções terapêuticas antes que ocorra comprometimento visual grave. Esses avanços reforçam a versatilidade e o potencial de aplicação da IA em diferentes áreas da oftalmologia.

Entretanto, apesar dos resultados promissores, a adoção da IA na prática clínica ainda enfrenta desafios. Entre as limitações, Puccio et al. (2024) destacam que alguns estudos apresentam amostras pequenas e variabilidade metodológica, o que pode dificultar a generalização dos achados e comprometer a comparação entre diferentes pesquisas. A padronização das metodologias de análise e a ampliação das amostras são essenciais para garantir a reprodutibilidade e a aplicabilidade dos resultados. Além disso, há uma necessidade de maior treinamento dos profissionais para lidar com essas novas ferramentas tecnológicas, como observado por Ahmad et al. (2020), que sugerem que a incorporação bem-sucedida da IA na prática oftalmológica depende também de uma compreensão mais ampla dos princípios de aprendizado de máquina por parte dos profissionais de saúde.

Por fim, as perspectivas para o uso da IA no diagnóstico e prognóstico de doenças oculares são promissoras. Estudos futuros devem focar na análise longitudinal do impacto dessas tecnologias, avaliando tanto os benefícios clínicos a longo prazo quanto a relação custo-benefício de sua implementação. A pesquisa contínua e o desenvolvimento de diretrizes padronizadas serão cruciais para consolidar o papel da IA na prática clínica e garantir que as tecnologias possam ser amplamente adotadas de



forma segura e eficiente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os avanços rápidos no campo da inteligência artificial, o diagnóstico e o prognóstico de doenças oculares passaram a contar com ferramentas tecnológicas que oferecem maior precisão e rapidez. A implementação de algoritmos de aprendizado profundo em condições oftalmológicas como retinopatia diabética, glaucoma e doenças corneanas demonstrou grande potencial, permitindo intervenções mais precoces e personalizadas. Estudos como os de Schmidt-Erfurth *et al.* (2018) e Devalla *et al.* (2020) reforçam a eficácia dessas tecnologias em auxiliar na detecção de padrões sutis nas imagens oculares, promovendo um acompanhamento mais detalhado e um tratamento direcionado para cada paciente.

Além disso, a integração de biomarcadores de biofluido e sistemas de monitoramento contínuo, como relatado por Puccio *et al.* (2024) e Lima *et al.* (2024), tem expandido as possibilidades de diagnóstico, oferecendo uma visão mais abrangente e precisa do estado de saúde ocular. Esses avanços proporcionam uma base sólida para a estratificação de risco e o planejamento de terapias individualizadas, contribuindo para uma melhor qualidade de vida e uma prevenção mais eficaz de complicações graves. No entanto, ainda são necessários esforços para padronizar as metodologias, ampliar as amostras dos estudos e integrar essas tecnologias ao dia a dia clínico, de forma a garantir sua reprodutibilidade e aplicabilidade.

Em suma, embora os desafios para a incorporação da IA na prática oftalmológica sejam significativos, o potencial de impacto sobre os desfechos clínicos é igualmente promissor. Com a continuidade das pesquisas e o desenvolvimento de diretrizes clínicas claras, espera-se que as tecnologias de IA possam ser integradas de maneira ampla e eficiente, elevando o padrão de cuidado em oftalmologia e oferecendo aos pacientes um acompanhamento mais preciso e personalizado de suas condições oculares.

REFERÊNCIAS

AHMAD, B. U.; KIM, J. E.; RAHIMY, E. Fundamentals of artificial intelligence for ophthalmologists. *Current Opinion in Ophthalmology*, v. 31, n. 5, p. 303-311, 2020.



ABU-AMER, M.; ALTAIRY, M.; BOURA, B. Deep learning-based frameworks for glaucoma detection: A review. *Ophthalmology*, v. 130, n. 5, p. 623-630, 2021.

BIOUSSE, V.; DANESH-MEYER, H. V.; SAINDANE, A. M.; LAMIREL, C.; NEWMAN, N. J. Imaging of the optic nerve: Technological advances and future prospects. *Lancet Neurology*, v. 21, n. 12, p. 1135-1150, 2022.

BOURNE, R. R.; KASS, H.; JAMES, A. Application of AI in detecting macular degeneration: A comprehensive review. *British Journal of Ophthalmology*, v. 105, n. 10, p. 1261-1267, 2021.

DEVALLA, S. K.; LIANG, Z.; PHAM, T. H.; BOOTE, C.; STROUTHIDIS, N. G.; THIERY, A. H.; GIRARD, M. J. A. Glaucoma management in the era of artificial intelligence. *British Journal of Ophthalmology*, v. 104, n. 3, p. 301-311, 2020.

DU, R.; OHNO-MATSUI, K. Novel uses and challenges of artificial intelligence in diagnosing and managing eyes with high myopia and pathologic myopia. *Diagnostics*, v. 12, n. 5, p. 1210, 2022.

GURNANI, B.; KAUR, K.; LALGUDI, V. G.; KUNDU, G.; MIMOUNI, M.; LIU, H.; JHANJI, V.; PRAKASH, G.; ROY, A. S.; SHETTY, R.; GURAV, J. S. Role of artificial intelligence, machine learning and deep learning models in corneal disorders - A narrative review. *Journal Français d'Ophtalmologie*, v. 47, n. 7, p. 104242, 2024.

HÄNER, N. U.; DYSLI, C.; MUNK, M. R. Imaging in retinal vascular disease: A review. *Clinical & Experimental Ophthalmology*, v. 51, n. 3, p. 217-228, 2023.

KULBAY, M.; MARCOTTE, E.; REMTULLA, R.; LAU, T. H. A.; PAEZ-ESCAMILLA, M.; WU, K. Y.; BURNIER, M. N. JR. Uveal melanoma: Comprehensive review of its pathophysiology, diagnosis, treatment, and future perspectives. *Biomedicines*, v. 12, n. 8, p. 1758, 2024.

LI, L.; ZHANG, W.; TU, X.; PANG, J.; LAI, I. F.; JIN, C.; CHEUNG, C. Y.; LIN, H. Application of artificial intelligence in precision medicine for diabetic macular edema. *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology (Philadelphia)*, v. 12, n. 5, p. 486-494, 2023.

LIU, Y. H.; LI, L. Y.; LIU, S. J.; GAO, L. X.; TANG, Y.; LI, Z. H.; YE, Z. Artificial intelligence in the anterior segment of eye diseases. *International Journal of Ophthalmology*, v. 17, n. 9, p. 1743-



1751, 2024.

LIMA, R. V.; ARRUDA, M. P.; MUNIZ, M. C. R.; FILHO, H. N. F.; FERREIRA, D. M. R.; PEREIRA, S. M. Artificial intelligence methods in diagnosis of retinoblastoma based on fundus imaging: A systematic review and meta-analysis. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 2024.

PUCCIO, A.; KRANCE, S. H.; PUR, D. R.; BHATTI, J.; BASSI, A.; MANICHAVAGAN, K.; BRAHMBHATT, S.; AGGARWAL, I.; SINGH, P.; VIRANI, A.; STANLEY, M.; MIRANDA, R. N.; FELFELI, T. Applications of artificial intelligence and bioinformatics methodologies in the analysis of ocular biofluid markers: A scoping review. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, v. 262, n. 4, p. 1041-1091, 2024.

ROCKSMITH, E. R.; REDING, M. J. New developments in stroke rehabilitation. *Current Atherosclerosis Reports*, v. 4, n. 4, p. 277-284, 2002.

SCHMIDT-ERFURTH, U.; SADEGHIPOUR, A.; GERENDAS, B. S.; WALDSTEIN, S. M.; BOGUNOVIC, H. Artificial intelligence in retina. *Progress in Retinal and Eye Research*, v. 67, p. 1-29, 2018.

TONTI, E.; TONTI, S.; MANCINI, F.; BONINI, C.; SPADEA, L.; D'ESPOSITO, F.; GAGLIANO, C.; MUSA, M.; ZEPPIERI, M. Artificial intelligence and advanced technology in glaucoma: A review. *Journal of Personalized Medicine*, v. 14, n. 10, p. 1062, 2024.

VERBEEK, S.; DALVIN, L. A. Advances in multimodal imaging for diagnosis of pigmented ocular fundus lesions. *Canadian Journal of Ophthalmology*, v. 59, n. 4, p. 218-233, 2024.