Pesquisa Multidisciplinar em Saúde Edição VII

CAPÍTULO 22

REVOLUÇÃO NA SAÚDE OCULAR: INOVAÇÕES TERAPÊUTICAS IMPULSIONADAS PELA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

CAINÃ MATSUMOTO DE OLIVEIRA[1]
ÁLVARO FERNANDES FERREIRA[1]
ANA LUIZA PEREIRA TANIGUCHI[1]
DANIELA VIANELLO BRONDANI[1]
JOÃO FELIPE AZEVEDO ARRAES[1]
JOÃO HENRIQUE AFFIUNE DE FREITAS[1]
JÚLIA GROSSI SAMPAIO ROSA[1]
LARA LABRE CAVALCANTE[1]
LAURA CHAVES BARBOSA[1]
THIAGO ASSIS VENÂNCIO[1]
VICTORIA SERVIDONI DA SILVA[1]
JULIANA OLIVEIRA[2]

[1]Discente – Medicina da Pontifícia Universidade Católica de Goiás
[2]Discente – Residente em Oftalmologia pelo Hospital de Olhos do Tocantins

Palavras-chave: Oftalmolgia; Inteligência artificial; Tecnologia.

doi 10.59290/978-65-6029-087-7.22

INTRODUÇÃO

Na era contemporânea, os avanços tecnológicos têm transformado radicalmente a prática médica, impulsionando uma revolução notável na saúde ocular. Nesse cenário, a convergência de duas ferramentas, a Inteligência Artificial (IA) e a Realidade Aumentada (RA), emerge como protagonista na busca por inovações terapêuticas. A inteligência artificial, composta por algoritmos complexos e aprendizado de máquina, representa uma manifestação exponencial da capacidade humana de criar sistemas inteligentes capazes de realizar tarefas que anteriormente demandavam intervenção humana. Paralelamente, a realidade aumentada, ao sobrepor elementos virtuais ao mundo físico, proporciona uma experiência sensorial aprimorada e interativa (TAN *et al.*, 2023; HEINDL *et al*., 2023).

Este artigo explora a interseção entre a inteligência artificial, a realidade aumentada e a oftalmologia, destacando como essa convergência tecnológica pode redefinir os paradigmas no diagnóstico e interpretação de exames oftalmológicos. Ao introduzir a capacidade única da IA de processar vastas quantidades de dados em tempo real e a capacidade imersiva da RA, este estudo visa evidenciar as potenciais contribuições dessas tecnologias para a promoção da saúde ocular. A aplicação destas inovações transcende o âmbito da tecnologia, promovendo uma mudança paradigmática na abordagem clínica, proporcionando diagnósticos mais precisos e personalizados, e abrindo caminho para terapêuticas mais eficazes e acessíveis na oftalmologia (KUNDU *et al.*, 2023).

O objetivo deste estudo foi compreender como as novas tecnologias de Inteligência Artificial e Realidade Aumentada podem impactar e inovar na identificação e diagnóstico das doenças oftalmológicas.

MÉTODO

Trata-se de uma Revisão Sistemática, método científico que se baseia em análise de publicações científicas já feitas em relação a um problema de pesquisa que deve ser direto e claro. O problema deste estudo é: Quais os impactos das tecnologias de inteligência artificial na saúde ocular e suas inovações como alternativa terapêutica?

A revisão sistemática tem como como base critérios pré-estabelecidos para se chegar a uma resposta, sintetizando diversos recortes sobre determinado assunto para se chegar a uma conclusão que observa e compara todos os critérios encontrados nos outros estudos (MOHER *et al.*, 2009).

Na escala de evidências científicas uma revisão sistemática feita seguindo o rigor científico se encontra no topo da pirâmide, junto a metanálise. Constitui-se em um dos principais pilares da Prática Baseada em Evidências (PBE), pois não toma como verdade apenas um estudo científico, mas sim o conjunto desses estudos, verificando sua autenticidade e repercussão (MOHER *et al.*, 2009).

Os principais passos de uma revisão sistemática são a elaboração de uma pergunta de pesquisa, a busca nas bases de dados pré-definidas, a seleção dos artigos excluindo aqueles que não se relacionam com a temática ou que não obedecem aos critérios de inclusão e exclusão, analisar criticamente e avaliar todos os estudos incluídos e realizar um resumo crítico sintetizando as informações que foram observadas nos artigos incluídos. Essas etapas devem ser corretamente seguidas, de uma maneira que a pessoa que percorrer o mesmo caminho com os

mesmos critérios alcance o mesmo resultado (SAMPAIO & MANCINI, 2007).

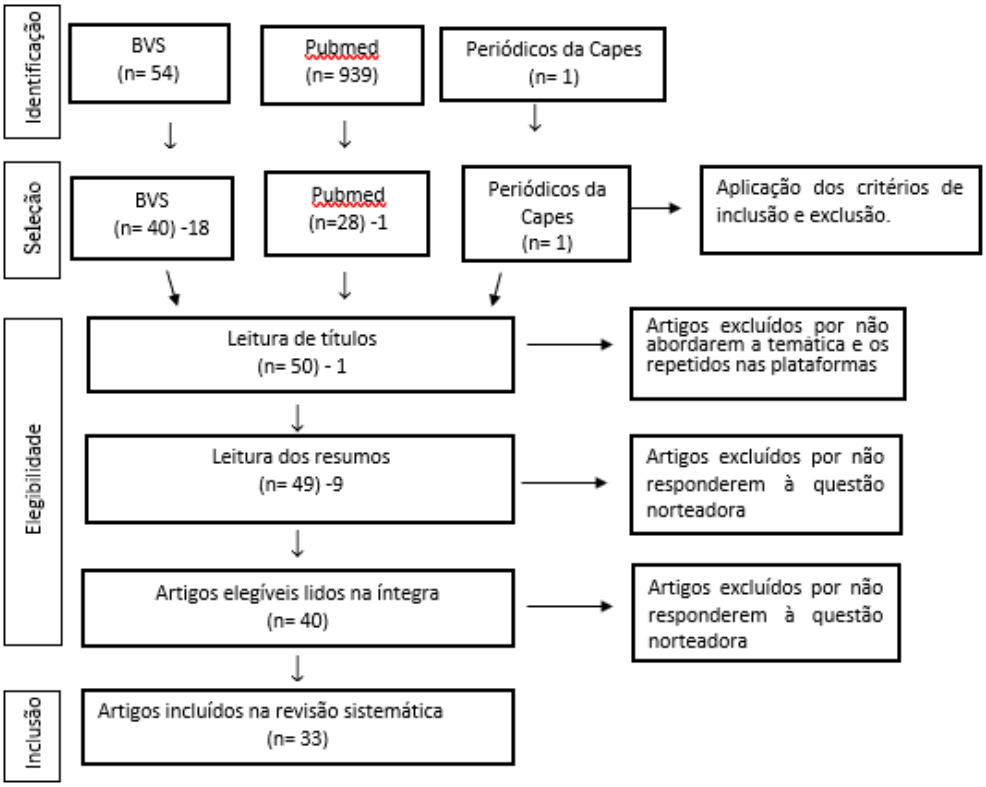
Os estudos científicos foram selecionados por meio das bases de dados: Biblioteca Virtual da Saúde (BVS), PubMed e Periódicos CAPES. Os estudos foram selecionados entre os anos de 2019 e 2023. Os descritores nos idiomas português e inglês foram "Inteligência artificial" e "Saúde ocular", "Artificial intelligence" e "Eye health", respectivamente.

A pesquisa dos artigos nas bases de dados seguiu o Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). O objetivo desse protocolo é auxiliar os pesquisadores a sistematizar e melhorar a organização e relatório dos dados a serem utilizados durante revisões sistemáticas e metanálises (MOHER *et al.*, 2009).

Ele surgiu da reformulação do protocolo QUOROM durante uma reunião da Agencies for Health Technology Assessment (INAHTA) e Guidelines International Network (GIN) que mantiveram no checklist apenas o importante e acrescentaram tópicos indispensáveis para a elaboração da metodologia da pesquisa, são elas: Identificação, Seleção, Elegibilidade e Inclusão (MOHER *et al.*, 2009).

A seleção dos artigos seguiu os seguintes critérios de inclusão: Redigidos em português, inglês ou espanhol, entre os anos de 2019 e 2023, que estejam dentro das normas éticas de pesquisa e que sejam de estudos de pesquisa de campo (**Figura 22.1**). Os critérios de exclusão foram artigos sem relação com a pergunta de pesquisa, sem relação com a oftalmologia, outras revisões, editoriais e artigos de opinião.

Figura 22.1 Fluxograma PRISMA com informação da pesquisa nas bases de dados



RESULTADOS E DISCUSSÃO

A revisão sistemática dos artigos proporcionou uma visão abrangente dos impactos das tecnologias de realidade virtual (RV) na saúde ocular, com ênfase nas inovações em inteligência artificial (IA) como alternativa terapêutica. Cada estudo contribuiu para a compreensão do papel crescente dessas tecnologias na oftalmologia.

No primeiro artigo analisado (KEENAN *et al*., 2020), a avaliação do desempenho de especialistas em retina na detecção de fluido retiniano revelou que algoritmos de IA superaram os especialistas, atingindo níveis mais elevados de precisão em exames de OCT de domínio espectral (SD-OCT) em olhos com degeneração macular relacionada à idade.

Outro estudo relevante destacou a criação de um banco de dados de imagens retinianas para telemedicina (ROSENBLATT *et al*., 2021), proporcionando uma base para estudos longitudinais da retinopatia da prematuridade (ROP). Essa iniciativa busca expandir o acesso dos pacientes a triagens precisas, utilizando abordagens de IA na classificação de imagens da retina.

Entretanto, o estudo da nova via multimodal de interpretação de imagens para detecção de reativação da diabetes macular e edema/retinopatia proliferativa mostrou que, apesar da sensibilidade do dispositivo, sua eficácia na identificação de retinopatia diabética proliferativa ativa foi inferior. Recomenda-se a realização de estudos mais específicos para otimizar seu desempenho (LOIS *et al*., 2021)

Um fluxo de trabalho semiautomático baseado em aprendizado de máquina para avaliar a zona elipsóide (EZ) em olhos com edema macular foi proposto em outro estudo (ETHERIDGE *et al*., 2020), evidenciando excelente concordância e confiabilidade em comparação com medições manuais. Isso sugere que essa abordagem pode ser aplicada a outras avaliações quantitativas. O desenvolvimento acelerado da saúde digital e aplicações de inteligência ressalta a acurácia diagnóstica dessas tecnologias em diversas condições oculares (TAN *et al.*, 2023). Além disso, a integração da realidade virtual imersiva e realidade aumentada na telemedicina oftalmológica foi apresentada como uma oportunidade promissora.

A importância da qualidade das imagens nos exames oftalmológicos assistidos por IA foi enfatizada em um estudo que destaca a necessidade de incorporar tecnologia com cuidado humanístico para avançar em direção a uma integração eficaz da IA na prática médica (HEINDL *et al.*, 2023). Um estudo prospectivo envolvendo pacientes com ceratocone, por exemplo, revelou o potencial da IA na avaliação de fatores de risco e progressão da doença (KUNDU *et al.*, 2023). O modelo IA construído apresentou resultados promissores, visando simplificar a tomada de decisões médicas.

Outra análise comparativa concluiu que o rastreio anual por telemedicina com IA é a estratégia mais rentável tanto em ambientes urbanos quanto rurais, apresentando-se como uma oportunidade única para promover a equidade na saúde ocular, com um índice de custo-efetividade (ICER) de 2.567 dólares (LIU *et al.*, 2023). O artigo "Telemedicine and delivery of ophthalmic care in rural and remote communities: Drawing from Australian experience", (KIBURG *et al.*, 2022) ressalta a promissora perspectiva da telemedicina em oftalmologia, indicando que a IA pode aumentar os encaminhamentos apropriados, reduzir o tempo de viagem dos pacientes e garantir uma triagem oportuna, especialmente

considerando a escassez de oftalmologistas qualificados. Analisando as vantagens e desafios, o artigo “Impact and Challenges of Integrating Artificial Intelligence and Telemedicine into Clinical Ophthalmology” (RAMESSUR *et al.*, 2021) discute o potencial transformador da IA e telemedicina na oftalmologia clínica, sublinhando a necessidade de abordagens colaborativas e multidisciplinares para uma integração segura e efetiva.

O artigo “Evaluation of pediatric ophthalmologists' perspectives of artificial intelligence in ophthalmology” (VALIKODATH *et al.*, 2021) oferece uma perspectiva dos oftalmologistas pediátricos sobre a IA na oftalmologia, revelando que a maioria compreende o conceito, acredita que a IA melhorará a prática oftalmológica e expressa disposição para incorporar a IA em sua prática clínica. No entanto, há preocupações com substituição de médicos, impacto na relação médico-paciente e precisão diagnóstica. Diante da escassez global de oftalmologistas, a integração da IA na triagem, tomada de decisão clínica e modelos de clínica virtual emerge como uma solução potencial para aumentar eficiência e acesso, especialmente em países com baixa densidade de profissionais (KOROT *et al.*, 2019).

Esses resultados coletivos reforçam a relevância crescente das tecnologias de RV e IA na transformação da prática oftalmológica, indicando avanços significativos na triagem, diagnóstico e tratamento de condições oculares.

A revolução tecnológica impulsionada pela Inteligência Artificial (IA) e Realidade Virtual (RV) tem transformado radicalmente a prática oftalmológica, proporcionando avanços significativos em diagnóstico, tratamento e cuidados personalizados. A combinação dessas tecnologias emergentes na área de saúde ocular abre perspectivas promissoras para a melhoria da qualidade de vida dos pacientes (KEENAN *et al.*, 2020; ROSENBLATT *et al.*, 2021; LOIS *et al.*, 2021)

Resultados e impactos na diagnóstico oftalmológico

A aplicação de algoritmos de IA na interpretação de imagens retinianas tem demonstrado vantagens significativas sobre a avaliação de especialistas humanos. Estudos como o de Keenan *et al.*, (2020) evidenciam que algoritmos de IA superaram especialistas na detecção de fluido retiniano, destacando a precisão alcançada em exames de OCT de domínio espectral (SD-OCT) em olhos com degeneração macular relacionada à idade. Esse resultado ressalta a capacidade da IA em proporcionar diagnósticos mais precisos e precoces em condições oftalmológicas complexas.

Além disso, iniciativas como a criação de bancos de dados de imagens retinianas para telemedicina (ROSENBLATT *et al.*, 2021) demonstram o potencial da IA em ampliar o acesso a triagens precisas, especialmente em contextos de retinopatia da prematuridade (ROP). Essa abordagem inovadora busca superar barreiras geográficas, proporcionando uma base para estudos longitudinais.

Contudo, é crucial destacar que, embora a sensibilidade de dispositivos multimodais para detecção de reativação da diabetes macular seja reconhecida, sua eficácia na identificação de retinopatia diabética proliferativa ativa pode ser aprimorada (LOIS *et al.*, 2021). Este resultado aponta para a necessidade contínua de otimização de desempenho e a realização de estudos mais específicos.

Contribuições na tomada de decisão e tratamento

Estudos como o de Etheridge *et al.,* (2020) propõem workflows semiautomáticos baseados em aprendizado de máquina para avaliações específicas, como a zona elipsóide (EZ) em olhos com edema macular. Essas abordagens não apenas apresentam concordância e confiabilidade comparáveis a medições manuais, mas também sugerem a aplicabilidade da IA em avaliações quantitativas mais amplas.

Outras pesquisas, como a de Kundu *et al.*, (2023), destacam o potencial da IA na avaliação de fatores de risco e progressão da ceratocone. A construção de modelos de IA nesse contexto apresenta resultados promissores, simplificando a tomada de decisões médicas e indicando avanços significativos na prática oftalmológica.

Impactos na telemedicina oftalmológica

A análise comparativa de Liu *et al.,* (2023) revela que o rastreio anual por telemedicina com IA é a estratégia mais rentável, promovendo a equidade na saúde ocular. A capacidade de aumentar encaminhamentos apropriados, reduzir o tempo de viagem dos pacientes e garantir triagens oportunas destaca a importância dessa abordagem, especialmente em regiões com escassez de oftalmologistas qualificados (KIBURG *et al.*, 2022; RAMESSUR *et al.*, 2021).

Perspectivas dos profissionais e desafios

A perspectiva dos oftalmologistas pediátricos, conforme explorado por Valikodath *et al.,* (2021), revela uma compreensão geral positiva da IA na oftalmologia, embora preocupações com substituição de médicos, impacto na relação médico-paciente e precisão diagnóstica sejam expressas. Essas preocupações destacam a necessidade de abordagens colaborativas e multidisciplinares para garantir uma integração segura e efetiva dessas tecnologias na prática clínica.

CONCLUSÃO

Com a evolução tecnológica das últimas décadas, o termo "saúde digital" tem ganhado destaque na comunidade médica global. Compreendendo diversas áreas, desde Inteligência Artificial (IA) até a Internet das Coisas, saúde eletrônica e telesaúde, popularmente conhecida como telemedicina.

Uma das áreas que vem crescendo significativamente com esses avanços é a oftalmologia, que se beneficia da aplicação da telemedicina com o auxílio de novas tecnologias, especialmente a IA. Essa abordagem tem sido estabelecida com sucesso para duas doenças oftálmicas específicas: Retinopatia diabética e retinopatia da prematuridade (ROP). Esse uso, especialmente para vigilância remota, demonstrou benefícios clínicos, de saúde pública e econômicos.

No entanto, apesar dos benefícios evidentes das novas tecnologias de IA na saúde, particularmente na saúde ocular, ainda existe uma adesão limitada desses métodos no ambiente clínico. Portanto, é crucial abordar não apenas a tecnologia em si, mas também integrar todos os componentes-chave dos cuidados clínicos. Isso inclui a estratégia global de cuidados de saúde, normas e interoperabilidade, infraestrutura, legislação, política, conformidade com diretrizes clínicas e a presença da força de trabalho apropriada.

A implementação efetiva desses elementos é fundamental para permitir que mais pacientes e profissionais de saúde se beneficiem dessas inovações tecnológicas na área da saúde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ETHERIDGE, T. *et al*. A semi-automated machine-learning based workflow for ellipsoid zone analysis in eyes with macular edema: SCORE2 pilot study. PLOS ONE, v. 15, n. 4, p. e0232494, 2020. doi: 10.1371/journal.pone.0232494.

HEINDL, L.M. *et al.* Artificial intelligence in ophthalmological practice: When ideal meets reality. BMJ Open Ophthalmology, v. 8, n. 1, p. e001129, 2023. doi: 10.1136/bmjophth-2022-001129.

KEENAN, T.D.L. *et al.* Retinal specialist versus artificial intelligence detection of retinal fluid from OCT. Ophthalmology, v. 128, n. 1, p. 100–109, 2020. doi: 10.1016/j.ophtha.2020.06.038.

KIBURG, K.V. *et al.* Telemedicine and delivery of ophthalmic care in rural and remote communities: Drawing from Australian experience. Clinical & Experimental Ophthalmology, v. 50, n. 7, p. 793–800, 2022. doi: 10.1111/ceo.14147.

KOROT, E. *et al.* A renaissance of teleophthalmology through artificial intelligence. Eye, v. 33, n. 6, p. 861–863, 2019. doi: 10.1038/s41433-018-0324-8.

KUNDU, G. *et al*. Artificial intelligence–based stratification of demographic, ocular surface high-risk factors in progression of keratoconus. Indian Journal of Ophthalmology, v. 71, n. 5, p. 1882–1888, 2023. doi: 10.4103/IJO.IJO_2651_22.

LIU, H. *et al.* Economic evaluation of combined population-based screening for multiple blindness-causing eye diseases in China: A cost-effectiveness analysis. The Lancet Global Health, v. 11, n. 3, p. e456–e465, 2023. doi: 10.1016/S2214-109X(22)00554-X.

LOIS, N. *et al.* Multimodal imaging interpreted by graders to detect re-activation of diabetic eye disease in previously treated patients: the EMERALD diagnostic accuracy study. Health Technology Assessment, v. 25, n. 32, p. 1–104, 2021. doi: 10.3310/hta25320.

MOHER, D. *et al*. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. PLoS Medicine, v. 6, n. 7, p. e1000097, 2009. doi: 10.1371/journal.pmed.1000097.

RAMESSUR, R. *et al.* Impact and challenges of integrating artificial intelligence and telemedicine into clinical ophthalmology. Asia-Pacific Journal of Ophthalmology, v. 10, n. 3, p. 317–327, 2021. doi: 10.1097/APO.0000000000000406.

ROSENBLATT, T.R. *et al.* Key factors in a rigorous longitudinal image-based assessment of retinopathy of prematurity. Scientific Reports, v. 11, n. 1, p. 5369, 2021. doi: 10.1038/s41598-021-84723-7.

SAMPAIO, R. & MANCINI, M. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. Revista Brasileira de Fisioterapia, v. 11, n. 1, p. 83–89, 2007. doi: 10.1590/S1413-35552007000100013.

TAN, T.F. *et al.* Artificial intelligence and digital health in global eye health: opportunities and challenges. The Lancet Global Health, v. 11, n. 9, p. e1432–e1443, 2023. doi: 10.1016/S2214-109X(23)00323-6.

VALIKODATH, N.G. *et al.* Evaluation of pediatric ophthalmologists' perspectives of artificial intelligence in ophthalmology. Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus, v. 25, n. 3, p. 164.e1-164.e5, 2021. doi: 10.1016/j.jaapos.2021.01.011.