



ABORDAGENS INOVADORAS NO DIAGNÓSTICO PRECOCE DO GLAUCOMA

Lisa Mell Machado Russo¹, Bruno Raphael Tadeu Moraes Brandão², Aleff Henryck Martins Ferreira³, Ronilson Campos de Lima⁴, Lauren Lee Schuster Biallowons⁵, Salomon Schuster Biallowons⁶, Salete Martens Aurélio⁷, Fernanda Teixeira Emerick⁸, Tatiana Rocha da Silva de Freitas⁹, Genivaldo Pereira de Freitas¹⁰, Keit Maciel da Gama¹¹, David Nogueira dos Santos Pinto¹²

Revisão de Literatura

Resumo

Introdução: Na busca contínua por avanços na área oftalmológica, as abordagens inovadoras no diagnóstico precoce do glaucoma emergem como uma resposta crucial. A implementação de tecnologias avançadas de imagem e métodos de monitoramento oferece uma perspectiva promissora para identificar precocemente os sinais da doença, possibilitando intervenções mais eficazes. **Objetivos:** Explorar abordagens inovadoras para o diagnóstico precoce do glaucoma.

Metodologia: Foi realizada a leitura dos artigos encontrados, mediante a leitura, os artigos foram submetidos a critérios de inclusão e de exclusão, dentre os de inclusão foram considerados artigos originais, que abordassem o tema pesquisado e permitissem acesso integral ao conteúdo do estudo, publicados no período de 2015 a 2023, em português e em inglês, totalizando 19 artigos para o presente estudo. A pesquisa foi realizada através do acesso online nas bases de dados *National Library of Medicine* (PubMed MEDLINE), *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO), Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) no mês de março de 2024.

Resultados e Discussões: As abordagens inovadoras no diagnóstico precoce do glaucoma apresentam promissores avanços na detecção eficaz da doença. A aplicação de tecnologias avançadas de imagem, como a tomografia de coerência óptica (OCT), demonstrou uma sensibilidade notável na identificação de alterações estruturais precoces, proporcionando uma base sólida para intervenções tempestivas. A importância dessas abordagens no contexto clínico, ressaltando como a detecção precoce pode influenciar positivamente o curso da doença. Além disso, a personalização dos cuidados, viabilizada por essas tecnologias, emerge como um fator determinante na abordagem do glaucoma, adaptando-se às necessidades específicas de cada paciente.

Conclusão: Em síntese, os resultados apresentados reforçam o impacto positivo das abordagens inovadoras no diagnóstico precoce do glaucoma. A sensibilidade



aprimorada proporcionada por tecnologias avançadas de imagem destaca seu papel crucial na identificação precoce de alterações oculares. Esta conclusão ressalta a importância contínua da pesquisa e implementação dessas abordagens para melhorar a eficácia dos cuidados oftalmológicos, contribuindo, significativamente, para a preservação da visão e qualidade de vida dos pacientes afetados pelo glaucoma.

Palavras Chaves: Glaucoma; Diagnostico; Repercussões Clínicas; Inteligência artificial.

Innovative Approaches in The Early Diagnosis Of Glaucoma

Abstract

Introduction: In the continuous search for advances in the ophthalmological field, innovative approaches to the early diagnosis of glaucoma emerge as a crucial answer. The implementation of advanced imaging technologies and monitoring methods offers a promising prospect for identifying signs of the disease early, enabling more effective interventions. **Objectives:** Explore innovative approaches to early diagnosis of glaucoma. **Methodology:** The articles found were read, upon reading the articles were subjected to inclusion and exclusion criteria, within the inclusion criteria original articles were considered, which addressed the topic researched and allowed full access to the content of the study, published in the period of 2015 to 2023, in Portuguese and English, totaling 19 articles for the present study. The research was carried out through online access to the National Library of Medicine (PubMed MEDLINE), Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Latin American and Caribbean Literature in Health Sciences (LILACS) databases in March 2024. **Results and Discussions:** Innovative approaches to the early diagnosis of glaucoma present promising advances in effective detection of the disease. The application of advanced imaging technologies, such as optical coherence tomography (OCT), has demonstrated remarkable sensitivity in identifying early structural changes, providing a solid foundation for timely interventions. The importance of these approaches in the clinical context, highlighting how early detection can positively influence the course of the disease. Furthermore, the personalization of care, made possible by these technologies, emerges as a determining factor in the approach to glaucoma, adapting to the specific needs of each patient. **Conclusion:** In summary, the results presented reinforce the positive impact of innovative approaches in the early diagnosis of glaucoma. The enhanced sensitivity provided by advanced imaging technologies highlights their crucial role in early identification of ocular changes. This conclusion highlights the continued importance of research and implementation of these approaches to improve the effectiveness of ophthalmological care, contributing significantly to the preservation of vision and quality of life for patients affected by glaucoma.

Keywords: Glaucoma; Diagnosis; Clinical Repercussions; Artificial Intelligence



Abordagens Inovadoras no Diagnóstico Precoce do Glaucoma
Russo et al.

Instituição afiliada – Universidade Nilton Lins¹, Faculdade Metropolitana², Faculdade Metropolitana³, Faculdade Metropolitana⁴, Universidade de Santo Amaro⁵, Universidade Nilton Lins⁶, Universidade Nilton Lins⁷, Faculdade Metropolitana⁸, Faculdade Metropolitana⁹, Faculdade Metropolitana¹⁰, Universidade Nilton Lins¹¹, Faculdade Metropolitana¹²

Dados da publicação: Artigo recebido em 28 de Janeiro e publicado em 18 de Março de 2024.

DOI: <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n3p1548-1562>

Autor correspondente: Lisa Mell Machado Russo; E-mail: mellrusso@hotmail.com

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



INTRODUÇÃO

A origem do termo "glaucoma" remonta ao grego "glaukos", cujo significado na antiguidade não é completamente claro. Refere-se a um conjunto de condições oculares associadas à cegueira, possivelmente relacionado ao brilho ocular observado ou ao tamanho dos olhos, sem estar, especificamente, ligado a uma patologia específica. Na antiguidade, a falta de meios de observação dificultava a identificação do que agora entendemos como glaucoma, exceto no caso evidente de buftalmia, como registrado em uma placa de argila na antiga Mesopotâmia (Monteiro, 2014).

Hipócrates, em seus aforismos, menciona doenças oculares, e embora muitos casos se refiram a processos inflamatórios, há uma referência específica ao "glaucoma" como uma doença associada a pessoas idosas. No entanto, devido às incertezas terminológicas da época, não é claro se ele se referia à patologia moderna ou simplesmente à aparência ou coloração do globo ocular, que poderia resultar de várias condições, como catarata (Monteiro, 2014).

De maneira intrigante, em um aforismo, Hipócrates sugere tratamentos para a dor ocular, incluindo a ingestão de vinho forte, sangrias ou purgas, práticas que, embora fossem métodos usuais na época, hoje sabemos que podem levar à redução temporária da pressão ocular. Essa abordagem rudimentar pode ter sido uma tentativa inicial de lidar com o aumento agudo da pressão ocular (Costa *et al.*, 2009).

Durante a época de Hipócrates, na Escola de Alexandria e na Roma Antiga, existiam duas categorias de cegueira atribuídas a condições atrás da íris: glauco e hypochyma. Na glauco, a teoria humoral da época relacionava-se a uma mudança na cor do humor cristalino para glauco, resultando em perda total da visão, possivelmente associada ao que hoje entendemos como catarata, não glaucoma. Na hypochyma, ocorria coagulação de fluidos entre a córnea e o cristalino, levando a obstrução pupilar e perda visual parcial, também conhecida como gutta serena e gutta opaca (Monteiro, 2014).

Os sintomas do glaucoma podem ser sutis, dificultando o reconhecimento precoce. Os pacientes podem não sentir desconforto significativo no início e a progressão da doença muitas vezes só é percebida em estágios posteriores. Do ponto de vista epidemiológico, estima-se que o glaucoma afete mais de 70 milhões de pessoas em todo o mundo, sendo a maioria dos casos não diagnosticados (Tham *et al.*, 2014).

Por outro lado, as técnicas minimamente invasivas ganharam importância e representam uma importante mudança no paradigma do tratamento cirúrgico do

glaucoma. Procedimentos como a cirurgia do canal de Schlemm e a implantação de dispositivos de drenagem como o iStent surgiram como alternativas menos invasivas e eficazes que reduzem complicações (Samuelson *et al.*, 2019).

O glaucoma congênito é uma condição rara e séria que afeta crianças nos primeiros anos de vida em todo o mundo, ocorrendo em aproximadamente 1 a cada 10.000 crianças no primeiro ano, com maior incidência em meninos. Geralmente bilateral, pode afetar apenas um olho em 25% - 30% dos casos. Essa condição leva à atrofia do nervo óptico devido ao subdesenvolvimento da malha trabecular e do ângulo da câmara anterior, resultando no acúmulo de humor aquoso e aumento da pressão intraocular. A base genética é autossômica recessiva, associada a mutações no gene CYP1B1. O diagnóstico precoce é crucial para evitar a perda total da visão, que pode ocorrer, levando a uma baixa acuidade visual ou cegueira permanente (Miranda *et al.*, 2022).

Embora o glaucoma não tenha cura, existem tratamentos para controlar sua progressão e prevenir a perda de visão. Os sintomas geralmente se manifestam nos estágios avançados, destacando a importância da detecção precoce por meio de exames oftalmológicos regulares, como a Fundoscopia. Essa técnica, realizada com um retinógrafo, permite a visualização do nervo óptico, vasos retinianos e retina, sendo crucial para identificar alterações associadas ao glaucoma (Badawi *et al.*, 2019).

Além da Fundoscopia, exames confirmatórios como a tonometria e a gonioscopia também desempenham um papel crucial na avaliação do glaucoma, medindo a pressão ocular e determinando o ângulo da câmara anterior do olho, respectivamente. Embora a Fundoscopia seja a técnica preferida de triagem devido à sua simplicidade e custo mais baixo em comparação com outros métodos, sua análise é limitada pela subjetividade da visão humana, dependendo da expertise do especialista (Mocan *et al.*, 2019).

O Cup to Disk Ratio (CDR), que relaciona a área da escavação ao disco óptico, é considerado por alguns médicos como uma característica importante na avaliação do glaucoma. No entanto, a interpretação visual sem um cálculo preciso do CDR pode resultar em variações significativas, tornando essa característica menos confiável quando analisada individualmente por inspeção visual humana (Mocan *et al.*, 2019).

Dessa forma, o objetivo do estudo é explorar abordagens inovadoras para o diagnóstico precoce do glaucoma.

METODOLOGIA

Foi realizada a leitura dos artigos encontrados, mediante a leitura, os artigos foram submetidos a critérios de inclusão e de exclusão, dentro os de inclusão foram considerados artigos originais, que abordassem o tema pesquisado e permitissem acesso integral ao conteúdo do estudo, publicados no período de 2015 a 2023, em português e em inglês. O critério de exclusão foi imposto naqueles trabalhos que não estavam nesses idiomas, que não abordaram diretamente o assunto sobre e que não se relacionassem com o objetivo do estudo. Assim, totalizaram-se 19 artigos científicos para a revisão narrativa da literatura.

Além do que foram verificadas as referências dos artigos encontradas para examinar se havia outros artigos com relevância para o presente estudo, que não se constou na primeira pesquisa realizada. Sendo que, a partir da leitura das dos autores mencionados na referência foram incluídos outros artigos de revisão.

A pesquisa foi realizada através do acesso online nas bases de dados *National Library of Medicine* (PubMed MEDLINE), *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO), Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) no mês de fevereiro de 2024. Para a busca das obras foram utilizadas as palavras-chaves presentes nos descritores em Ciências da Saúde (DeCS): em português: “*Glaucoma*”, “*Diagnostico*”, “*Repercussões Clínicas*” e “*Inteligência artificial*”.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Classificação e Caracterização

O glaucoma é classificado em diferentes tipos, incluindo Glaucoma Primário de Ângulo Aberto (GPAA), Glaucoma Primário de Ângulo Fechado (GPAF), Glaucoma Secundário, Glaucoma Congênito e Glaucoma de Pressão Normal. O desenvolvimento da doença é caracterizado por lesões no nervo óptico, perda visual e envolvimento do campo visual. O diagnóstico precoce é crucial para um prognóstico favorável, pois o tratamento eficaz pode prevenir a progressão e a cegueira irreversível (Curado & Paiva, 2023).

Os glaucomas de ângulo aberto têm o ângulo da câmara anterior sempre aberto, permitindo o acesso do humor aquoso. Já nos glaucomas de ângulo fechado, a íris se apoia no trabeculado, bloqueando o acesso do aquoso às estruturas do ângulo. Os fatores de risco incluem pressão intraocular elevada, idade acima de 40 anos, histórico familiar, aumento da escavação do nervo óptico, etnia, diminuição da pressão de perfusão ocular,

diabetes mellitus e fatores genéticos (Curado & Paiva, 2023).

O GPAA, também conhecido como glaucoma simples crônico, é bilateral, incidindo na idade adulta, caracterizado por pressão intraocular elevada, lesões no nervo óptico, ângulo iridocorneano aberto e perda de campo visual progressiva. A detecção precoce é essencial, pois muitos pacientes podem ser assintomáticos por anos (Loureiro & Félix, 2020).

A pesquisa indica que no glaucoma primário de ângulo aberto, há uma dificuldade de escoamento do humor aquoso no trabeculado, mas as causas precisas ainda não foram totalmente esclarecidas. O GPAF pode ser agudo ou crônico, sendo o agudo caracterizado por um aumento abrupto da PIO devido a oclusão súbita pela íris, levando a sintomas como dor, náuseas e diminuição da acuidade visual. No tipo crônico, o ângulo se fecha gradualmente ao longo do tempo, podendo levar a lesões avançadas no campo visual sem sintomas evidentes até essa fase. A detecção precoce e o tratamento adequado são cruciais para o manejo eficaz do glaucoma (Loureiro & Félix, 2020).

O glaucoma secundário difere dos demais, resultando de outras condições como inflamações, traumas, hemorragias e tumores. Pode ser classificado em glaucoma secundário de ângulo aberto ou ângulo estreito. No ângulo aberto, há aumento da resistência na rede trabecular, destacando-se formas como o glaucoma pseudoexfoliativo, pigmentar, secundário a corticoides, inflamatório e facolítico. Já no ângulo fechado, o aumento da pressão intraocular ocorre devido ao bloqueio do local de drenagem, sendo influenciado pela revascularização da íris (Curado & Paiva, 2023).

O glaucoma de pressão normal desafia a ideia tradicional, uma vez que, ao contrário da maioria, não apresenta pressão intraocular elevada. É uma variante do GPAA, caracterizada por uma PIO consistente igual ou inferior a 21mmHg. Estudos, como o Collaborative Normal-Tension Glaucoma Study (CNTGS), destacam a importância da redução da PIO em 30% do valor basal para estabilizar a progressão da neuropatia. No entanto, o GPN pode progredir lentamente, não sendo totalmente dependente da PIO, e a redução padrão pode não ser suficiente para todos os pacientes (Curado & Paiva, 2023).

O glaucoma congênito surge de malformações no ângulo da câmara anterior, apresentando resistência à drenagem do humor aquoso. É dividido em verdadeiro (com elevação da PIO intrauterina), infantil (manifestação até o 3º ano) e juvenil (manifestação após o 3º aniversário, mas antes do 16º). O quadro clínico do glaucoma congênito difere significativamente do glaucoma adulto, apresentando sintomas como lacrimejamento,

fotofobia, blefaroespasmos, edema de córnea e aumento do diâmetro corneano. Essas características e formas de tratamento específicas distinguem os glaucomas congênitos de outros tipos de glaucoma (Tavares & Mello, 2005).

3.2 Fisiopatologia do Glaucoma

O humor aquoso, originado do plasma pelo epitélio ciliar da pars plicata do corpo ciliar, passa por um processo de ultrafiltração nos capilares fenestrados, resultando em um filtrado rico em proteínas. Esse filtrado atravessa o estroma dos processos ciliares, onde ocorre transporte ativo de solutos pela dupla camada do epitélio ciliar. O transporte ativo cria um gradiente osmótico, facilitando o fluxo de água para a câmara anterior por osmose (Browling, 2016).

O sistema nervoso simpático influencia esse processo de secreção, regulado pelos receptores beta-2 (aumento da secreção) e receptores alfa-2 (diminuição da secreção). A ação enzimática desempenha um papel crítico, com a anidrase carbônica sendo uma das enzimas chave na fisiologia ocular (Browling, 2016).

O humor aquoso drena da câmara posterior para a câmara anterior, saindo do olho por três vias: trabecular, uveoescleral e drenagem pela íris. A pressão intraocular (PIO) influencia o fluxo, sendo a via trabecular sensível à pressão. Lesões no nervo óptico podem ocorrer por vários fatores, independentes da PIO (Curado & Paiva, 2023).

O GPAA, também chamado de glaucoma crônico não complicado, geralmente é bilateral e ocorre na idade adulta. É caracterizada por pressão intraocular >21 mmHg em algum momento do desenvolvimento, lesão do nervo óptico, abertura do ângulo iridocorneano, perda do campo visual característico à medida que a doença progride e ausência de sinais físicos de doença secundária ou não do glaucoma. Embora a drenagem do humor aquoso seja difícil, a causa desta doença é desconhecida. A maioria dos pacientes permanece sem sintomas por muitos anos. No entanto, algumas pessoas relatam dores de cabeça ou ardor nos olhos. Quando os pacientes percebem a perda do campo visual, é possível que a doença já tenha atingido um estágio avançado. Não existe uma forma preventiva de prevenir o desenvolvimento do GPAA, pelo que a detecção precoce é crucial para o diagnóstico. (Teixeira, 2016).

A perda de axônios no nervo óptico pode estar ligada à susceptibilidade das células ganglionares, deficiência na microcirculação na cabeça do nervo óptico ou fatores relacionados à matriz extracelular. A variação na susceptibilidade do axônio pode

explicar a falta de correlação entre o estado da doença e a elevação da pressão intraocular (PIO) (Curado & Paiva, 2023).

No glaucoma primário de ângulo fechado, a lente ocular está posicionada mais à frente anatomicamente, ficando em contato com a íris. Isso resulta no bloqueio pupilar, onde o humor aquoso não consegue fluir normalmente através da pupila. A pressão aumenta atrás da íris em relação à câmara anterior, levando a uma curvatura da íris periférica para frente, cobrindo total ou parcialmente o ângulo da câmara anterior. Nesses casos, a elevação da PIO está associada à progressão da neuropatia óptica (Browling, 2016).

3.3 Desafios Atuais no Diagnóstico

O exame oftalmológico para diagnosticar o glaucoma congênito (GC) segue o protocolo de PCG, enfocando a anamnese e o exame físico para formular a hipótese diagnóstica. A tríade clássica do glaucoma inclui lacrimejamento, blefaroespasmos e fotofobia, resultantes do edema da córnea devido ao aumento da pressão intraocular (PIO). Além disso, sinais como diâmetro corneano, comprimento axial e biomicroscopia devem ser monitorados (Vieira *et al.*, 2016).

Para diagnosticar PCG, critérios como $PIO > 21$ mmHg, escavação aumentada do disco óptico, estrias de Haab, edema corneano ou aumento do diâmetro da córnea são considerados. Exames importantes incluem oftalmoscopia, tonometria, biomicroscopia, gonioscopia e paquimetria. A oftalmoscopia observa a retina, disco óptico e coróide, enquanto a biomicroscopia avalia estruturas do segmento anterior. A tonometria mede a PIO, sendo valores acima de 20 mmHg indicativos de glaucoma (Vieira *et al.*, 2016).

A campimetria automatizada acromática (branco no branco) é considerada o método mais preciso para avaliar o campo visual no glaucoma, focalizando a região central de cerca de 30 graus, onde ocorrem a maioria dos defeitos glaucomatosos. Esta técnica, no entanto, tende a identificar alterações apenas em estágios avançados da doença, quando já houve considerável perda de fibras nervosas do nervo óptico. Os danos glaucomatosos resultam da perda ou dano das fibras nervosas, geralmente iniciando com escotomas que se agrupam para formar um padrão arqueado, muitas vezes superior, conectado à mancha cega. À medida que a condição progride, surgem escotomas

inferiores, formando uma ilha central no campo de visão. No campo periférico, pode ocorrer uma depressão conhecida como degrau nasal de Ronne. Em estágios avançados, podem surgir ilhas de visão central e temporal, com a ilha temporal sendo a última a desaparecer, levando eventualmente à cegueira total, conhecida como glaucoma absoluto (Filho & Schimiti, 2018).

A gonioscopia é essencial para avaliar o ângulo da câmara anterior, crucial no diagnóstico e prognóstico. A paquimetria, usando ultrassom, identifica a espessura corneana, sendo reduzida em pacientes com maior probabilidade de glaucoma. O diagnóstico e tratamento do GC enfrentam desafios, incluindo a necessidade de visitas frequentes, múltiplas cirurgias para controlar a PIO e complicações como cicatrizes corneanas e neuropatia óptica glaucomatosa. O impacto negativo do glaucoma na qualidade de vida é evidente, afetando mobilidade, leitura e habilidades cognitivas (Miranda *et al.*, 2022).

3.4 O Papel da Inteligência Artificial no Diagnóstico

O diagnóstico do glaucoma, atualmente, envolve a combinação de diversos exames, como tonometria, retinografia, paquimetria, gonioscopia, campimetria computadorizada e tomografia de coerência óptica (OCT). A análise do disco óptico e da camada de fibras nervosas da retina é crucial nesse processo. No estágio inicial da doença, as alterações são sutis, dificultando a detecção e tornando o diagnóstico dependente do examinador, o que representa uma limitação técnica. A ausência de métodos de rastreamento populacional para o glaucoma reforça a responsabilidade do oftalmologista no diagnóstico precoce (Takahashi *et al.*, 2022).

Diante dessas limitações, há uma demanda crescente por sistemas automatizados baseados em inteligência artificial (IA) para analisar exames de imagem. A IA, que engloba aprendizado de máquina, aprendizagem profunda e processamento de linguagem natural, utiliza grandes conjuntos de dados clínicos e imagens para interpretar e analisar informações, possibilitando o diagnóstico de glaucoma. O progresso da IA, desde a era de softwares explicitamente programados até a aprendizagem profunda, proporcionou avanços significativos na capacidade da máquina de aprender e interpretar dados complexos, como imagens oftalmológicas (Takahashi *et al.*, 2022).

A aplicação da IA na oftalmologia, com ênfase na análise de imagens do disco

óptico e da camada de fibras nervosas, oferece uma abordagem mais sensível e precisa em comparação com a análise realizada apenas por médicos oftalmologistas. A avaliação da qualidade dos algoritmos da IA considera variáveis como sensibilidade, especificidade, acurácia, precisão, valor preditivo positivo, valor preditivo negativo e área abaixo da curva característica de operação do receptor (AUC). Essa abordagem automatizada surge como uma ferramenta valiosa para aprimorar a sensibilidade e a assertividade no diagnóstico do glaucoma (Mursch *et al.*, 2020).

O parâmetro AUC (área abaixo da curva) é utilizado para categorizar imagens em duas classes, como a presença ou ausência de glaucoma. Diversos estudos avaliaram a capacidade de detecção de glaucoma pela inteligência artificial (IA), utilizando critérios como sensibilidade, especificidade e AUC (Takahashi *et al.*, 2022).

Em um grupo de estudos, Ting & Li *et al.*, 2021, utilizaram fotografias fundoscópicas, obtendo resultados que superaram a acurácia de médicos oftalmologistas na detecção do glaucoma. Outro grupo de estudos, com Medeiros *et al.*, e Thompson *et al.*, incorporou dados da tomografia de coerência óptica (OCT) ao algoritmo, correlacionando alterações do disco óptico e déficits campimétricos. Essa abordagem foi eficaz, apresentando valores de AUC altos.

A IA não apenas supera a acurácia dos seres humanos na detecção do glaucoma, mas também mostra utilidade na interpretação da campimetria computadorizada, um exame crucial para avaliar o comprometimento funcional e sua progressão. Atualmente, os algoritmos baseados em aprendizagem profunda superam oftalmologistas na detecção de glaucoma a partir da análise da campimetria. Além disso, a IA está sendo explorada para a detecção do glaucoma pré-perimétrico, analisando retrospectivamente campos visuais de pacientes diagnosticados posteriormente, com base em achados no disco óptico e déficits campimétricos (Mursch *et al.*, 2020).

3.5 Tecnologias Avançadas de Imagem

A tecnologia avançada de imagem desempenha um papel crucial na revolução do diagnóstico e monitoramento do glaucoma. Métodos inovadores, como a tomografia de coerência óptica (OCT), proporcionam uma visualização detalhada das estruturas oculares, permitindo a identificação precoce de alterações características do glaucoma, como a perda de fibras nervosas na camada de fibras nervosas da retina (Ting *et al.*, 2017).

Essa precisão na análise anatômica é fundamental para avaliar a progressão da doença e personalizar estratégias de tratamento. Além disso, a angiografia por tomografia de coerência óptica (OCTA) possibilita a avaliação do fluxo sanguíneo retiniano, contribuindo para uma compreensão mais abrangente dos fatores vasculares envolvidos no glaucoma (Ting *et al.*, 2017).

O diagnóstico avançado de doenças oculares está em constante evolução na oftalmologia, impulsionado por avanços tecnológicos que aprimoram a detecção precoce e a precisão diagnóstica. Sendo os principais tipos de exames auxiliando em diversos meios de diagnóstico como (Pinto *et al.*, 2023): a) Tomografia de Coerência Óptica (OCT): Descrição das capacidades da OCT para visualização de alta resolução das camadas da retina e nervo óptico e Discussão sobre a aplicação da SD-OCT e SS-OCT no diagnóstico de glaucoma, DMRI e edema macular b) Angiografia de Retina: Explicação da angiografia de retina (fluoresceína e indocianina verde) na avaliação dos vasos sanguíneos e importância para detecção de doenças vasculares como retinopatia diabética e oclusões vasculares, c) Imagem de Ultrassom Ocular: Exploração da ultrassonografia ocular como método complementar em casos de opacidades ou limitações em outras técnicas. d) Automação e Inteligência Artificial: Discussão sobre o uso de inteligência artificial na análise de imagens e diagnóstico de doenças oculares. Exemplos de como essas tecnologias melhoram a eficiência diagnóstica e reduzem variabilidades na interpretação. e) Medicina de Precisão e Biomarcadores Oculares: Exploração da aplicação da medicina de precisão na oftalmologia, incluindo a identificação de biomarcadores para doenças oculares e Discussão sobre como os biomarcadores auxiliam na estratificação de pacientes e orientação de tratamento personalizado.

A aplicação dessas tecnologias não apenas eleva a sensibilidade e especificidade do diagnóstico, mas também oferece uma base objetiva para a avaliação da eficácia de intervenções terapêuticas. A constante evolução dessas ferramentas promete não apenas aprimorar a detecção precoce, mas também abrir novas perspectivas para o desenvolvimento de tratamentos mais direcionados e personalizados, marcando um avanço significativo na abordagem do glaucoma através da tecnologia de imagem avançada (Wong *et al.*, 2018).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS



Abordagens Inovadoras no Diagnóstico Precoce do Glaucoma Russo et al.

Em conclusão, as abordagens inovadoras no diagnóstico precoce do glaucoma desempenham um papel crucial na preservação da saúde ocular. A integração de tecnologias avançadas, como exames de imagem e monitoramento contínuo, proporciona uma detecção mais eficiente e, conseqüentemente, possibilita intervenções precoces. Essas estratégias promissoras não apenas melhoram a qualidade de vida dos pacientes, mas também contribuem para a redução do ônus global associado ao glaucoma.

Além disso, ao promoverem uma abordagem mais proativa, essas inovações ajudam a superar desafios tradicionais no diagnóstico tardio do glaucoma, que muitas vezes resulta em danos irreversíveis. A rápida evolução tecnológica nesse campo oferece não apenas ferramentas mais sensíveis e específicas, mas também oportunidades para personalizar os cuidados, adaptando-se às necessidades individuais dos pacientes.

Contudo, é essencial destacar a importância da disseminação e da acessibilidade dessas tecnologias, garantindo que benefícios significativos alcancem diversas comunidades ao redor do mundo. A contínua exploração e implementação dessas abordagens são, portanto, imperativas não apenas para aprimorar os resultados clínicos, mas também para estabelecer uma base sólida na luta contra o glaucoma em escala global.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BADAWI, A.H., et al. Primary congenital glaucoma: an updated review. **Saudi Journal Of Ophthalmology**, [S.L.], v. 33, n. 4: p. 382-388, out. 2019.

Browling, B. Oftalmologia Clínica: uma abordagem sistêmica, **Guanabara Koogan**; v.8, n. 2, p. 1-16, 2016.

Costa-Ferreira C. Lopes-Cardoso I, Guilherme-Monteiro J, Salgado-Borges J. Variação da biomecânica corneana com a idade e o sexo. **Oftalmologia Rev Soc Port Oftalmol**; v.33, p. 45-49, 2009.

CURADO, Sania Cristina Caixeto; PAIVA, Isabel Braga. Glaucoma: Uma revisão bibliográfica. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 12, n. 12, p. 1-16, 9 nov. 2023.

Filho, A., & Schimiti, R. Avaliação do campo visual no glaucoma. **Diretrizes da sociedade brasileira de glaucoma**, v. 15, n.4, p.1-16, 2018.

Gonçalves, M., Guedes, M., Chaves, M., Pereira, C., & Otton, R. Analysis of risk factors and epidemiology of blindness prevention campaign by glaucoma in João Pessoa, Paraíba. **Revista Brasileira de Oftalmologia**, v.72, n.6, p. 396-399, 2013.

Hruby K. Über eine wesentliche Vereinfachung der Untersuchungstechnik des hinteren



Augenabschnittes im Lichtbüschel der Spaltlampe. **Albrecht von Graefes Arch Ophthalmol**; v.143, n.2, p. 224-228, 1941.

Li JPO, Liu H, Ting DSJ, Jeon S, Chan RVP, Kim JE, et al. Digital technology, telemedicine and artificial intelligence in ophthalmology: A global perspective. **Prog retin eye res**; v.82, p. 100-200, 2021.

Loureiro, F., & Félix, K. Clinical and epidemiological profile of patients with glaucoma attended at a clinic in the interior of the Amazon. **Revista Brasileira de Oftalmologia**, v. 18, n.5 p. 12-20, 2020.

MIRANDA, Bruna Gabriel *et al.* Desafios do diagnóstico precoce do Glaucoma Congênito. **Brazilian Journal of Health Review**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 4660-4669, 21 mar. 2022.

MOCAN, M. C. et al. Update in Genetics and Surgical Management of Primary Congenital Glaucoma. **Turkish journal of ophthalmology**. v. 49, n. 6: p. 347-355, 2019.

MONTEIRO, José Guilherme. **História do Glaucoma**. 1. ed. rev. [S. l.]: Théa Portugal, p.90, v. 5, 2014.

Mursch-Edlmayr AS, Ng WS, Diniz-Filho A, Sousa DC, Arnould L, Schlenker MB, et al. Artificial intelligence algorithms to diagnose glaucoma and detect glaucoma progression: translation to clinical practice. **Transl Vis Sci Techno**; v.9, n.2, p55, 2020

PINTO, Rebeca Szilagy *et al.* AVANÇOS NA DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO DE DOENÇAS OCULARES: PERSPECTIVAS ATUAIS NA OFTALMOLOGIA. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 9, n. 7, p. 1215-1226, 7 jul. 2023.

TAKAHASHI, Isabela Matos *et al.* Inteligência artificial no glaucoma – uma revisão literária. **Rev Med Minas Gerais**, [S. l.], v. 32, n. 1, p. 31-34, 2 maio 2022.

Tavares, I., & Mello, P. A. Glaucoma de pressão normal. **Arquivo brasileiro de oftalmologia**, v.4, n.2, p. 565-575, 2005.

TEIXEIRA, A. L. (2016). Da hipertensão ocular ao glaucoma: fatores de risco, evolução e prevenção. **Dissertação - Artigo de Revisão Bibliográfica**.

Ting DSW, Cheung CY-L, Lim G, et al. Development and Validation of a Deep Learning System for Diabetic Retinopathy and Related Eye Diseases Using Retinal Images From Multiethnic Populations With Diabetes. **JAMA**; v.318, n.22, p.2211-2223, 2017.

VIEIRA, J. M. et al. Glaucoma congênito - Desafios do diagnóstico precoce, tratamento e acompanhamento. **Revista médica de Minas Gerais**. v. 28, n.7, p. 6-9, 2018.

Wong TY, Sun J, Kawasaki R, et al. Guidelines on Diabetic Eye Care: The International Council of Ophthalmology Recommendations for Screening, Follow-up, Referral, and Treatment Based on Resource Settings. **Ophthalmology** ;v.125, n.10, p.1608-1622, 2018.



Abordagens Inovadoras no Diagnóstico Precoce do Glaucoma
Russo et al.