



PROGRESSÃO TECNOLÓGICA EM CIRURGIA OFTÁLMICA

CAROLINE APARECIDA GIARETTA FRANÇA; JULIA FERNANDES COIADO

RESUMO

A cirurgia ocular sempre progride da mesma forma que a ciência avança. Este apresenta como objetivo discutir alguns dos procedimentos cirúrgicos oftalmológicos a partir do uso de novas tecnologias. A pesquisa se classifica como descritiva e exploratória, baseada no estudo bibliográfico, a partir de publicações dos últimos cinco anos, nas bases de dados *Scientific Electronic Library Online* (Scielo) e Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Como resultados, entende-se que as tecnologias com potencial para as cirurgias em oftalmologia, são: nanotecnologia, biotecnologia, tecnologia da informação e comunicação, ciências cognitivas, robótica e inteligência artificial que foram lançadas como produtos inovadores que prometem melhorar a qualidade de vida e a visão de pacientes com comprometimento ocular. Considera-se, por fim, as novas tecnologias emergentes como a bioimpressão em 3D, desenvolvimentos e modelação matemática em prototipagem lab-on-a chip, implantes visuais, novos biopolímeros começaram a ser utilizados na enucleação ocular, detecção de biomarcadores oculares a nível celular, biossensores e novos testes diagnósticos devem ser considerados para melhorar a qualidade de vida dos pacientes após a cirurgia.

Palavras-chave: Avanços tecnológicos em oftalmologia; Inovação em procedimentos oftalmológicos; Medicina dos olhos; Oftalmologia contemporânea; Transformando as técnicas de oftalmologia

1 INTRODUÇÃO

A cirurgia ocular sempre se caracterizou pela inovação, pela introdução de novas técnicas cirúrgicas e também pela inclusão de tecnologia. Mas sendo tão especializada, esta informação não é prontamente divulgada aos pacientes-alvo que necessitam diretamente destes novos desenvolvimentos para restaurar a visão ou melhorar a qualidade de vida. A oftalmologia é uma área que hoje assiste à integração da robótica em seus procedimentos e intervenções cirúrgicas.

Destaca-se, assim, a importância para os estudantes de medicina e residentes em oftalmologia a visão geral desses novos desenvolvimentos para planejar o treinamento para essas novas técnicas e aplicá-lo aos pacientes que possuem essas exigências de acordo com os novos protocolos, critérios de inclusão e a tecnologia disponível na sala cirúrgica, afim de ampliar a prática clínica e treinamento para poder responder às necessidades dos pacientes.

Durante muitos anos, surgiram muitas inovações como implantes visuais, retinas artificiais de silicone, estimulação transretiniana supracoroidal e córneas artificiais, entre outras técnicas, que, graças aos avanços tecnológicos estão mudando e também ao desenvolvimento de novos biomateriais, novos microeletrodos e vários tipos de dispositivos neurais em todo o mundo. Agora, conforme Cho et al. (2024) os verdadeiros “olhos artificiais” não são apenas as

próteses craniofaciais, maxilofaciais, oculares e orbitais que substituem um olho ausente após uma enucleação, mas também são novos materiais como vidro criolítico, gel de celulose, vidro, silicone e polietileno poroso, grafeno, biopolímeros dentários entre outros que estão sendo implementados como materiais para implantes de coração, olhos e outros órgãos devido às suas características de melhorar a boa compatibilidade biológica, serem mais resistentes, reduzir alergias e melhorar a durabilidade. Esses implantes são utilizados para a substituição do conteúdo orbitário de cavidades anoftálmicas.

O conceito tradicional de próteses oculares (ocular, orbital, epítese e maxilofacial), implantes visuais (retina, nervo óptico, cortical, sub-retiniano, epirretiniano e cortical), e outros de engenharia e ciências biomédicas vêm mudando e devem ser revistos no futuro. No campo da farmacologia ocular, as moléculas nanotransportadoras para a liberação sustentada de medicamentos e outros dispositivos para vitrectomias são alguns dos avanços significativos na saúde visual nos últimos anos. Além disso, na área de lentes de contato e córneas artificiais, foram desenvolvidos biopolímeros para a detecção precoce de ceratocone ou doenças sistêmicas.

A nanotecnologia está a emergir como uma ciência aplicada à indústria visual e à medicina, envolvendo uma equipa multidisciplinar que exige novos rumos no papel e desempenho dos profissionais oculares em todo o mundo num futuro próximo. O manuseio de materiais e processos em nível nanoescala (um bilionésimo de metro), a instrumentalidade na detecção precisa e a intervenção de telerreabilitação usando robôs de implantes de retina bioelétricos nanolentes são apenas alguns dos desenvolvimentos promissores no campo dos cuidados oftalmológicos.

Com estas informações, o presente estudo apresenta como objetivo discutir alguns dos procedimentos cirúrgicos oftalmológicos a partir do uso de novas tecnologias.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Quanto ao método adotado, no que tange à natureza, predomina-se a forma qualitativa porque a interpretação de quem pesquisa é fundamental. Ademais, no que diz respeito aos objetivos, tem-se uma pesquisa de cunho exploratório, posto que visa esclarecer ideias, oferecendo uma percepção panorâmica. Ainda, a pesquisa se classifica como descritiva e exploratória, baseada no estudo bibliográfico. Servirão como os bancos de dados *Scientific Electronic Library Online* (Scielo) e Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), sendo processado pela leitura analítica das publicações dos últimos cinco anos, a qual, compreende: a leitura integral do texto, a identificação das ideias-chave, sua hierarquização e síntese.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Algumas diferentes técnicas cirúrgicas são descritas a seguir. Segundo Li et al. (2021) a cirurgia de transplante de córnea é útil na remoção e substituição de córneas danificadas, substituindo-as por uma córnea doadora transparente (enxerto de córnea) na sua totalidade (ceratoplastia penetrante) ou em parte (ceratoplastia lamelar). Outra técnica cirúrgica mencionada por Cho et al. (2024) é a ceratoplastia lamelar anterior profunda (remoção das camadas anteriores da córnea central) se a substituição incluir células posteriores: endotélio, estroma e células de Descemets ou Descemets/endotélio. São implantes colocados no estroma corneano para correção da presbiopia. O procedimento é feito sob anestesia tópica e o implante é feito monocularmente no olho não dominante como bolsa estromal ou sob os retalhos criados pelo microcerátomo ou pelo laser de femtosegundo.

Conforme González-Gonzalo et al. (2022), a impressão 3D, mais conhecida como bioimpressão, tem sido amplamente aceita na indústria da saúde. Este foi inicialmente desenvolvido para imprimir projetos de processos 3D na indústria gastronômica. Mais tarde,

tornou-se uma medicina alternativa para substituição de órgãos. A impressão de órgãos como coração, fígado, rim, ossos substitutos do quadril e traqueia maxilofacial tornou-se uma alternativa em associação com pesquisas com células-tronco para regeneração de tecidos.

Segundo Tan et al. (2022), ao nível dos olhos foram feitas para modelagem 3D e impressões futuras do globo ocular para fins cosméticos em pessoas que necessitam de próteses oculares transformaram o que antes era artesanal em um processo de enucleação subsequente mais preciso. Isto melhora o valor estético e diminui a probabilidade de infecção que ocorre nestes tecidos devido à falta de higiene, porque não há necessidade de removê-lo frequentemente para fins de limpeza.

A nanotecnologia emergiu como um divisor de águas na distribuição de medicamentos, oferecendo o potencial para liberação direcionada e controlada de agentes terapêuticos. No contexto da reparação cirúrgica ocular, Lee et al. (2021) referem que a nanotecnologia pode ser empregada para desenvolver nanocarreadores que distribuem medicamentos diretamente nas áreas afetadas, reduzindo os efeitos colaterais sistêmicos. Este sistema direcionado de administração de medicamentos aumenta a eficácia dos tratamentos pós-operatórios e acelera o processo de cicatrização, promovendo melhores resultados para pacientes em recuperação de cirurgias oculares.

Conforme Ayedh et al. (2022) foi realizado na França, um projeto em que outras tecnologias utilizam microchips de silício como “wafer” para criar um dispositivo biológico e eletrônico na forma de circuitos funcionais que interagem com células vivas e mostram uma promessa para as células presentes e futuras. Além disso, estes sistemas microeletromecânicos (MEMS) permitem testes em culturas celulares sem utilizar um tecido completo. Um lab-on-a-chip permite a replicação de amostras de tecido.

Já a Tomografia de Coerência Óptica (TCO) em cirurgia, revolucionou o manejo clínico das doenças oftalmológicas e promete ser de grande ajuda nas salas cirúrgicas. De acordo com Campbell et al. (2021), a imagem oftálmica prospectiva intraoperatória e perioperatória com tomografia de coerência óptica, um prospectivo multicirurgião de local único, está incorporando a TCO à sala cirúrgica devido à viabilidade, segurança e utilidade. Este estudo foi realizado pela *Cleveland Clinic*. Conforme Ong et al. (2022) as variáveis, incluindo história ocular pregressa, tipo de procedimento, diagnóstico pré-operatório, técnicas e número de sessões de imagem, são registradas um dia antes da cirurgia. O acompanhamento estruturado do estudo é feito após a cirurgia.

Outra técnica segundo Brar et al. (2024) terapia genética possui um enorme potencial para o tratamento de uma variedade de doenças oculares genéticas e adquiridas. No contexto da reparação cirúrgica ocular, a terapia genética pode ser empregada para abordar os fatores genéticos subjacentes que contribuem para as complicações. Para Sergouniotis (2019) ao introduzir genes corretivos ou modificar os já existentes, a terapia genética visa reverter os processos patológicos responsáveis pelos problemas pós-operatórios, abrindo caminho para soluções mais eficazes e duradouras na reparação de cirurgias oculares.

Ainda para Brar et al. (2024) a retina além da barreira hemato-retiniana é um local relativamente imunoprivilegiado e é adequada para procedimentos intraoculares para efetuar terapia genética. A terapia genética está emergindo como uma abordagem promissora para doenças hereditárias da retina (IRDs), com ensaios em andamento atingindo estágios avançados. No entanto, desafios como custos elevados, detecção precoce, aconselhamento genético e gestão das expectativas pós-terapia precisam de ser enfrentados.

A realidade aumentada (RA) tem o potencial de transformar a forma como os cirurgiões visualizam e interagem com os dados do paciente durante a cirurgia. Assim segundo Sergouniotis (2019) RA sobrepõe imagens geradas por computador no campo de visão do cirurgião, fornecendo informações em tempo real e melhorando a visualização das estruturas anatómicas. No contexto da reparação cirúrgica ocular, a RA pode ajudar os cirurgiões a

navegar em procedimentos cirúrgicos complexos com maior precisão e exatidão, levando a melhores resultados e redução dos riscos de complicações.

4 CONCLUSÃO

Nas argumentações apresentadas, entre os avanços mais significativos estão os implantes visuais, as córneas artificiais, os novos biopolímeros e a inclusão da nanotecnologia nas salas de cirurgia oftálmicas. O desafio da nova inovação visual inclui múltiplos campos que devem continuar a ser melhorados para estes novos desenvolvimentos globais em cirurgia refrativa, prótese ocular e implantes visuais. Alguns dos desafios que se apresentam na saúde ocular são o custo da transferência de tecnologia, mais treinamento de alto nível em procedimentos cirúrgicos e o estabelecimento de protocolos de acordo com os achados clínicos. Assim como a cirurgia oftalmológica tem sido pioneira no mundo entre muitos avanços tecnológicos, torna-se uma realidade possível num futuro próximo restaurar a visão para a reabilitação visual e proporcionar uma melhor qualidade de vida aos pacientes com deficiência visual. Da mesma forma, devido à interação das novas ciências, os oftalmologistas de todo o mundo deverão ter formação abrangente a partir de sua prática clínica em diversos ramos da medicina, engenharia biomédica e eletrônica, e nanotecnologia. Devem ser formados grupos de equipes com diferentes pontos de vista para atender às necessidades dos pacientes, como aplicar a ciência na clínica, estabelecer protocolos para prevenir erros e melhorar processos em cirurgia oftalmológica e, assim, otimizar custos, recursos humanos e eficácia para os pacientes.

REFERÊNCIAS

- AYEDH, H. M.; FÖRBOM, C. W.; HEINONEN, J.; RAUHA, I. T. S.; YLI-KOSKI, M.; VÄHÄNISS, V.; SAVIN, H. Fast Wafer-Level characterization of silicon photodetectors by photoluminescence imaging. **IEEE Transactions on Electron Devices**, v. 69, n. 5, p. 1-8, may., 2022.
- BRAR, A. S.; PARAMESWARAPPA, D. C.; TAKKAR, B.; NARAYANAN, R.; JALALI, S.; MANDAL, S.; FUJINAMI, K.; PADHY, S. K. Gene therapy for inherited retinal diseases: from the lab bench to the patient's bedside and beyond. **Ophthalmology and Therapy**, v. 13, p. 21-50, 2024.
- CAMPBELL, J. P.; MATHENGE, C.; CHERWEK, H.; BALASKAS, K.; PASQUALE, L. R.; KEANE, P. A.; CHIANG, M. Artificial Intelligence to Reduce Ocular Health Disparities: Moving From Concept to Implementation. **Translatinal Vision Science & Technology - TVST**, v. 10, n. 3, p. 1-10, mar., 2021.
- CHO, S. Y.; YOON, J. H.; KOO, M. A.; WHANG, W.J.; NA, K. S.; KIM, E. C.; KIM, H. S.; HWANG, H. S. Retrospective analysis of a new intrastromal dissection technique using the retinal reflex for deep anterior lamellar keratoplasty. **The Journal of Cornea and External Disease – CORNEA**, v. 1, n. 1, p. 1-28, jan., 2024,
- GONZÁLEZ-GONZALO, C.; YOU, E. F.; KLAVER, C. C. W.; LEE, A. Y.; SCHLINGEMANN, R. O.; TUFAIL, A.; VERBRAAK, F.; SÁNCHEZ, C. I. Trustworthy AI: closing the gap between the development and integration of AI systems in ophthalmology practice. **Progress in Retina and Eye Research**, v. 90, p. 1-37, sep., 2022.
- LEE, A. Y.; CAMPBELL, J. P.; HWANG, T. S.; LUM, F.; CHEW, E. Y. Recommendations for standardization of images in ophthalmology. **Ophthalmology**, v. 128, n. 7, p. 969-974,

jul., 2021.

LI, J-P. O.; LIU, H.; TING, D. J.S.; JEON, S.; CHAN, R. V. P.; KIM, J. E.; et al. Digital technology, telemedicine and artificial intelligence in ophthalmology: a global perspective. **Progress in Retinal Eye Research**, v. 82, p. 1-33, may, 2021.

ONG, J.; ZARNEGAR, A.; CORRADETTI, G.; SINGH, S. R.; CHHABLANI, J. Advances in optical coherence tomography imaging technology and techniques for choroidal and retinal disorders. **Journal Clinical Medicine**, v. 11, n. 5139, p. 1-20, aug., 2022.

SERGOUNIOTIS, P. I. Inherited Retinal Disorders: using evidence as drivers for implementation. **Ophthalmology**, v. 242, n. 4, p. 187–194, jul., 2019.

TAN, G.; IOANNOU, N.; MATHEW, E.; TAGALAKIS, A. D.; LAMPROU, D. A.; YU-WAI-MAN, C. 3D printing in ophthalmology: from medical implants to personalized medicine. **International Journal of Pharmaceuticals**, v. 625, p. 1-8, sep., 2022.