

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
CURSO DE TECNOLOGIA OFTÁLMICA
TRABALHO DE PRODUÇÃO INTELECTUAL**

PEDRO JOSÉ SARDINHA GONÇALVES

**TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA ÓPTICA DE SEGMENTO
ANTERIOR NA AVALIAÇÃO DOS IMPLANTES ANTI-
GLAUCOMATOSOS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

**SÃO PAULO
2022**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
CURSO DE TECNOLOGIA OFTÁLMICA**

PEDRO JOSÉ SARDINHA GONÇALVES

**TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA ÓPTICA DE SEGMENTO
ANTERIOR NA AVALIAÇÃO DOS IMPLANTES ANTI-
GLAUCOMATOSOS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Apresentação à Banca Examinadora na Unidade Curricular de Trabalho de Produção Intelectual para obtenção do título de Graduação em Tecnologia Oftálmica pela Universidade Federal de São Paulo.

Orientador (a):

Prof.^a Dr.^a Norma Allemann

Supervisor (a):

Dr.^a Alessandra Kusabara e

Tecnólogo Oftálmico Daniel Martins Rocha

Docente Responsável:

Prof.^a Dr.^a Norma Allemann

SÃO PAULO

2022

Gonçalves, Pedro José Sardinha

Tomografia de coerência óptica de segmento anterior na avaliação dos implantes antiglaucomatosos: revisão bibliográfica. / Pedro José Sardinha Gonçalves – São Paulo, 2022
32f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia Oftálmica) – Universidade Federal de São Paulo. Escola Paulista de Medicina.

1. Glaucoma. 2. Implantes de Drenagem. 3. Tomografia de Coerência Óptica. 4. Tomografia de Coerência Óptica de Segmento Anterior.

Agradecimentos

Aos meus ancestrais, sobretudo aos 4 avós que imigraram da Ilha da Madeira ao Brasil para buscarem dias melhores.

Aos meus pais (Dr. José Pedro Baptista Gonçalves e Maria Vieira Sardinha Gonçalves) por me propiciarem a vida através da combinação de seus genes e aos meus irmãos Rodrigo, Felipe e Virgínia por me ensinarem na prática o conceito de variabilidade genética e me fazerem mais plural e feliz.

A minha companheira Aline por ser e estar ao meu lado.

Aos amigos de curta e longa data pelos fraternos encontros e demonstrações de afeto.

Ao Pedrinho e à Madalena por ensinarem o amor aos animais não humanos.

A todas as minhas células por me manter, diuturnamente, apto a estudar assuntos de meu interesse.

A toda a sociedade brasileira por financiar os estudos de diversos alunos no país através do pagamento dos impostos.

À Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo, escola pública e de excelência por me permitir iniciar os estudos na área da Saúde.

Ao Prof. Dr. Filipe de Oliveira e à Prof. Dra. Nívea Ferraz pelo empenho na condução do curso de Tecnologia Oftálmica.

À Prof.^a Dr.^a Norma, ao Mestre Daniel Martins Rocha e a Mestranda Dra. Alessandra Kusabara pelo acompanhamento e supervisão realizados ao longo deste trabalho.

Aos médicos/as oftalmologistas, colegas de Ambulatório do Departamento de Ultrassonografia Ocular da UNIFESP (Prof.^a Dr.^a. Liliane Kanecadan, Dra. Beatriz Nakagome, Dr. Gustavo

Folegatti Lira, Dr. Caio Ferreira Candido de Paula e Dra. Maiara Kanematsu) pelo intercâmbio nos breves 4 meses de estágio no setor.

A todos os funcionários/as do Hospital São Paulo e em especial aos que diariamente trazem direta ou indiretamente acaento a todos aqueles necessitados de cuidados médicos oculares.

A todos os colegas de curso pelo seu empenho em estudar e desenvolver a ciência no Brasil e por propiciarem bons momentos para além da sala de aula e dos ambulatórios.

Aos pacientes do Hospital São Paulo por mesmo em momentos sensíveis de sua vida serem compreensíveis com os/as alunos/as.

A todas as pessoas que buscam um país com mais dignidade, saúde e direitos humanos para todos.

A todos vocês, e aos leitores que aqui chegaram, o meu muitíssimo obrigado!

“Se eu pudesse deixar algum presente a você, deixaria aceso o sentimento de amar a vida dos seres humanos”.

(Mahatma Gandhi)

Resumo

Introdução: Glaucoma é o nome dado à patologia na qual há perda de campo visual em virtude do acometimento do nervo óptico, muitas vezes decorrente do aumento da pressão intraocular. O impacto do glaucoma à saúde global é significativo sendo a principal causa de cegueira irreversível no mundo. Dentre os diversos tratamentos possíveis, a colocação de implantes de drenagem tem ganhado relevância como escolha cirúrgica para os casos em que o manejo clínico é insuficiente. **Métodos:** Esse estudo elaborou uma revisão de parte da bibliografia mundial sobre a capacidade avaliativa e diagnóstica da tomografia de coerência óptica de segmento anterior (OCT-SA) nesses casos, bem como no estudo de suas potenciais complicações. Para tal trabalho avaliativo foram analisadas 35 bibliografias encontradas no PubMed, através das palavras chave: *oct, anterior segment, tube, glaucoma shunt* entre os meses de setembro e dezembro de 2022. **Resultados:** a revisão da literatura, de distintos países e pesquisadores, comprovou a efetividade da OCT-SA como ferramenta avaliativa nos casos de tubos (posicionamento, oclusão, análise das bolhas/ampolas filtrantes) bem como no auxílio de análises secundárias como dos impactos dos tubos no endotélio corneano. **Conclusão:** a tecnologia se mostrou confiável no processo avaliativo dos tubos comprovando a confiabilidade da OCT-SA para o acompanhamento dos implantes de drenagem em distintos momentos, sendo incentivado por diversos autores maiores estudos e maior uso na prática clínica - e cirúrgica - de manejo dos diversos tipos de glaucoma.

Descritores: 1. Glaucoma. 2. Implantes de Drenagem. 3. Tomografia de Coerência Óptica. 4. Tomografia de Coerência Óptica de Segmento Anterior.

Abstract

Introduction: Glaucoma is the disease where loss of visual field may happen due to the damage of the optic nerve, often caused by raised intraocular pressure. The impact of glaucoma on global health is significant, being the main cause of irreversible blindness in the world. Among the various possible treatments, the placement of drainage implants has gained relevance as a surgical choice for cases in which clinical management is insufficient. **Methods:** This study carried out a review of worldwide literature on the evaluative and diagnostic capacity of anterior segment optical coherence tomography (OCT-AS) in these cases, as well as in the study of its potential complications. For this evaluative work, 35 bibliographies found in PubMed were analyzed, using the keywords: oct, anterior segment, tube, glaucoma shunt between the months of September and December 2022. **Results:** the literature's review, from different countries and researchers, proved the effectiveness of OCT-AS as an evaluative tool in cases of tubes (positioning, occlusion, analysis of filtering bubbles) as well as in the aid of secondary analyzes such as the impacts on the cornea. **Conclusion:** the technology proved to be reliable in the evaluation process of drainage implants in several studies around the world, proving the reliability of OCT-SA for the monitoring of drainage implants, being encouraged by several authors further studies and greater use in clinical practice - and surgical - management of the different types of glaucoma.

Descriptors: 1. Glaucoma. 2. Drainage Implants. 3. Optical Coherence Tomography. 4. Anterior Segment Optical Coherence Tomography.

Sumário

Agradecimentos	iii
Resumo	vi
Abstract.....	vii
Lista de figuras	ix
Lista de abreviaturas, siglas e símbolos.....	x
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Delimitação do tema	1
1.2 Delimitação do trabalho	1
1.3 Objetivo	2
2 IMPLANTES DE DRENAGEM (TUBOS)	3
3 OCT-SA.....	4
4 OCT-SA E IMPLANTES DE DRENAGEM (REVISÃO DA LITERATURA)	6
4.1 Implantes de Drenagem menos usuais e outras análises possíveis com a OCT-SA	11
5 CONCLUSÕES	18
6 REFERÊNCIAS	19

Lista de figuras

Figura 1: Estruturas do Segmento Anterior avaliadas pela OCT-SA;.....	4
Figura 2: Análise quantitativa de ângulo através da OCT-SA;	5
Figura 3: Análise serial proposta por Park et al (2012)	7

Lista de abreviaturas, siglas e símbolos

AGV	<i>Ahmed Glaucoma Valve (Válvula de Ahmed)</i>
BGI	<i>Baerveldt Glaucoma Implant (Implante Baerveldt)</i>
LASIK	<i>Laser-assisted in situ keratomileusis (Cirurgia ceratorrefrativa a laser)</i>
OCT-SA	<i>Optical Coherence Tomography (Tomografia de Coerência Óptica de Segmento Anterior)</i>
PIO	Pressão Intraocular
PS-OCT	<i>Polarisation-sensitive optical coherence tomography. (Tomografia de Coerência Óptica Sensível a Polarização)</i>
SS-OCT	<i>Swept Source-Optical Coherence Tomography (Tomografia de Coerência Óptica de Fonte de Varredura)</i>
TD-OCT	<i>Time Domain – Optical Coherence Tomography (Tomografia de Coerência Óptica de Domínio Temporal)</i>
UBM	Ultrassonografia biomicroscópica
µm	Micrômetro (1 x 10 ⁻⁶ m)

1 INTRODUÇÃO

Glaucoma é o nome dado à condição clínica na qual geralmente há perda de campo visual em virtude do acometimento do nervo óptico, muitas vezes decorrente do aumento da pressão intraocular de natureza multifatorial.¹ Dentre as muitas caracterizações possíveis ao glaucoma, destacam-se o glaucoma primário e o congênito, embora a doença apareça secundária em diversos casos. O estudo do glaucoma possui grandes impactos à saúde, sendo a doença uma das principais causas de cegueira irreversível no mundo e fonte de diversas investigações científicas.¹

Esse estudo, assim, se insere nesse contexto através da revisão da bibliografia mundial sobre o tema e em específico sobre o tratamento cirúrgico da inserção de implantes de drenagem (tubos), recomendável após o manejo clínico do glaucoma não ser suficiente, associada à avaliação diagnóstica da tomografia de coerência óptica de segmento anterior, doravante, OCT-SA, na contribuição terapêutica e avaliativa desses casos glaucomatosos.

1.1 Delimitação do tema

Com o aumento da realização de implantes de drenagem, o estudo dos tubos tem se tornado cada vez mais relevante e uma das maneiras mais eficazes de os estudar é através da tomografia de coerência óptica de segmento anterior (OCT-SA) e da ultrassonografia biomicroscópica (UBM), sendo este trabalho focado exclusivamente na primeira.

1.2 Delimitação do trabalho

Para tal empreitada avaliativa foram analisadas 35 bibliografias encontradas no PubMed, através das palavras chave: *oct, anterior segment, tube, glaucoma shunt* durante os meses de setembro a dezembro de 2022. Foi buscada uma análise focada na discussão qualitativa **acerca**

de bibliografia buscando a maior diversificação de localidades de conhecimento a fim de, indiretamente, também verificar a capilaridade mundial do assunto a ser estudado.

1.3 Objetivo

Revisar a bibliografia acerca da tomografia de coerência óptica de segmento anterior (OCT-SA) nos casos de implantes de drenagem antiglaucomatosos (tubos). Buscar dados para verificar como tem sido o uso da tomografia de coerência óptica de segmento anterior em diversas localidades do mundo, sobretudo associada aos implantes antiglaucomatosos e mais especificamente aos tubos.

2 IMPLANTES DE DRENAGEM (TUBOS)

A colocação de implantes de drenagem - doravante “tubos” - tem sido uma das principais terapêuticas cirúrgicas no manejo de glaucoma, sobretudo quando o tratamento clínico não é suficiente para reduzir a pressão interocular (PIO). Em geral, há certo consenso científico acerca da trabeculectomia como a primeira cirurgia a ser realizada para tal finalidade, porém algumas das bibliografias mais recentes consultadas revelam o crescimento dos procedimentos de colocação dos tubos com algumas chegando a creditar a colocação de tubos como primeira escolha de tratamento cirúrgico em detrimento da trabeculectomia^{1,2}, sendo ainda um assunto em discussão na comunidade científica. Embora não alvo deste estudo, há bibliografia bastante extensa e comparativa entre a escolha cirúrgica pela trabeculectomia e o tubo.

Segundo Alvarado e cols.¹, há 4 principais tubos no mercado dos Estados Unidos, descritos nesse trabalho pelos seus nomes comerciais; “Ahmed”, “Baerveldt”, “Molteno” e “Krupin”. Essas estruturas de drenagem em geral consistem em um tubo de silicone de 300µm inseridos majoritariamente na câmara anterior e conectados a um “prato” cuja função é a de controlar a drenagem daquele olho afetado reduzindo sua pressão intraocular.¹

Assim, o estudo dos tubos tem se tornado cada vez mais relevante e uma das maneiras mais eficazes de os estudar é através da tomografia de coerência óptica de segmento anterior (OCT-SA) e da ultrassonografia biomicroscópica (UBM), sendo este trabalho focado exclusivamente na primeira.

3 OCT-SA

Em linhas gerais, a OCT-SA usa interferometria de baixa coerência óptica para produzir imagens transversais, tridimensionais e de alta resolução, com resolução axial de 3 a 20 μm ³. A tecnologia da OCT foi introduzida em 1991 por Huang e cols., tendo sido adaptada, já em 1994, por Izatt e cols. para a documentação de segmento anterior. A disrupção de Izatt foi a utilização de luz de comprimentos de onda de 830 μm . Os usos passaram a se dar em diversos contextos patológicos e analíticos com Lubeck e seu grupo descrevendo imagens de lesões pós ceratoplastia em 1997 e Maldonado e cols. registrando imagens de flaps pós LASIK em 1998. Huang e Izatt, já em 2001, definem enfim a versão “moderna” da OCT-SA com comprimento de onda de 1310nm e velocidade de 4000 A-scans/segundo. Hoje, 2022, o desenvolvimento da tecnologia está atrelado ao Domínio Espectral cuja característica é a melhor qualidade da imagem e a aquisição mais rápida com geração de análises de tecidos oculares comparáveis com a histologia³.

Conforme figura 1, a OCT-SA tem a capacidade de analisar as estruturas da Câmara Anterior.

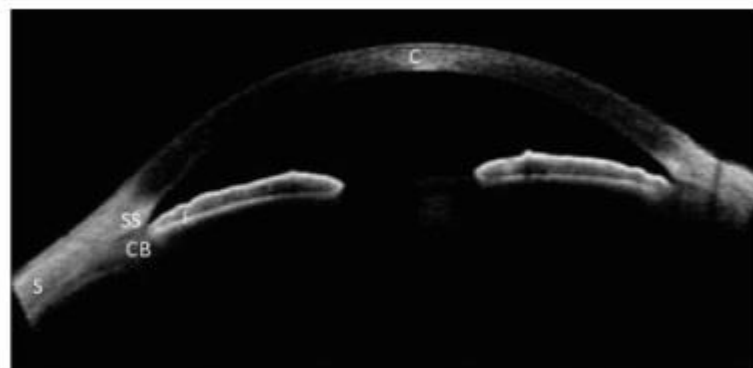


Figura 1: Estruturas do Segmento Anterior avaliadas pela OCT-SA;

C = córnea; I = íris; SS = scleral spur (esporão escleral); cb = ciliary body (corpo ciliar) e S = sclera (esclera). Fonte: Sharma et al (2014)³

A figura 2, a seguir revela a análise mais comum de ser realizada pelos parâmetros da OCT-SA para o caso glaucomatoso, isto é, a abertura entre a cornea e a íris (ângulo iridocorneano).

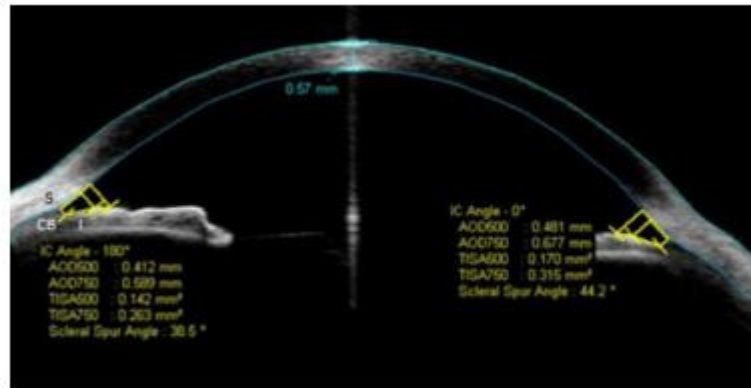


Figura 2: Análise quantitativa de ângulo através da OCT-SA;

sendo S = scleral spur (esporão escleral); CB = ciliary body (corpo ciliar); I = íris; AOD = Angle opening distance (distância da abertura do ângulo); IC = irido-ciliar; TISA = trabecular íris space area (área entre a íris e o trabeculado). Fonte: Sharma 2014³

Com relação aos equipamentos disponíveis para elaborarem a tomografia de coerência óptica de segmento anterior e fazerem essas análises destacam-se o OCT Visante®, SL-OCT® de domínio temporal (TD-OCT); OCT RTVue®, OCT iVue®, OCT Cirrus®, OCT Heidelberg® com lentes de adaptação para o segmento anterior e OCT Casia SS-1000®, no caso do domínio espectral (SS-OCT) e os equipamentos OCT Avanti®, OCT Triton®, OCT Cirrus 5000®, OCT Heidelberg® módulo catarata e refrativa, OCT Casia 2® os quais se utilizam da tecnologia combinada de domínio espectral e de fonte de varredura.⁴

4 OCT-SA E IMPLANTES DE DRENAGEM (REVISÃO DA LITERATURA)

As bibliografias consultadas nesta revisão são bastante profícuas na capacidade avaliativa dos aparelhos de OCT-SA. Maslin e colegas⁵ ainda que ressalvem a limitação de a OCT-SA de visualizar estruturas posteriores ao epitélio pigmentar da íris e das restrições avaliativas como nos casos de Síndrome de Íris em Platô ou nos casos de Glaucoma Facomórfico, evidenciam as diversas contribuições biométricas da OCT-SA. Com referência no esporão escleral, medidas como área e volume da íris, abertura do ângulo, distância entre trabeculado e processo ciliar, espessura da esclera bem como espessura da íris, profundidade e comprimento da câmara anterior, *lens vault*, isto é, a distância entre o polo posterior do cristalino e o plano horizontal dos esporões esclerais, entre outros dados são algumas das possibilidades de estudo obtidos partir da OCT-SA.³⁻⁵, destacando, assim, a sua importância e versatilidade como ferramenta de documentação e avaliativa.

Nesse âmbito, chama atenção de Maslin e colegas os avanços recentes da OCT-SA na qual há a possibilidade de avaliar o contato iridotrabecular através de um novo software, bastando para tal a localização manual do esporão escleral.⁵ A avaliação de todos esses parâmetros tem produzido novos entendimentos sobre os olhos glaucomatosos, sejam eles primários ou secundários. A OCT-SA se localiza assim como importante ferramenta auxiliar chegando a complementar análises que a gonioscopia, embora ainda seja padrão ouro nesta avaliação, não consegue atingir.⁵ Kiddee e Trope, por sua vez, trazem a indicação clássica da OCT-SA nos casos glaucomatosos, isto é, a capacidade de usá-la para avaliação em casos de opacidade de córnea. Tais autores recomendam a OCT-SA para avaliações de porções oculares anteriores à íris (quando posteriores deve se optar pelo UBM) e discutem sobre a relevância de tais avaliações nos casos de análise dos implantes de drenagem nos casos de glaucomas

refratários. Em tais casos, a OCT-SA é significativamente importante na avaliação do implante de drenagem e de sua funcionalidade e/ou obstrução.^{6,7}

Conhecendo a importância da avaliação posicional dos implantes de drenagem (tubos) no manejo clínico, Park e colegas propuseram a avaliação seriada do modelo AGV (*Ahmed Glaucoma Valve*) em 48 pessoas.⁸ A medida intracameral do tubo até a junção esclerolimbial e as medidas da extremidade do tubo à superfície anterior da íris (T-I) e o ângulo entre o tubo e a face posterior do endotélio corneano (T-C) foram medidos em 1 dia, 2 dias, 1 semana, 1 mês, 3 meses, 6 meses e 12 meses. Na figura 3 é possível perceber como a tomografia de coerência

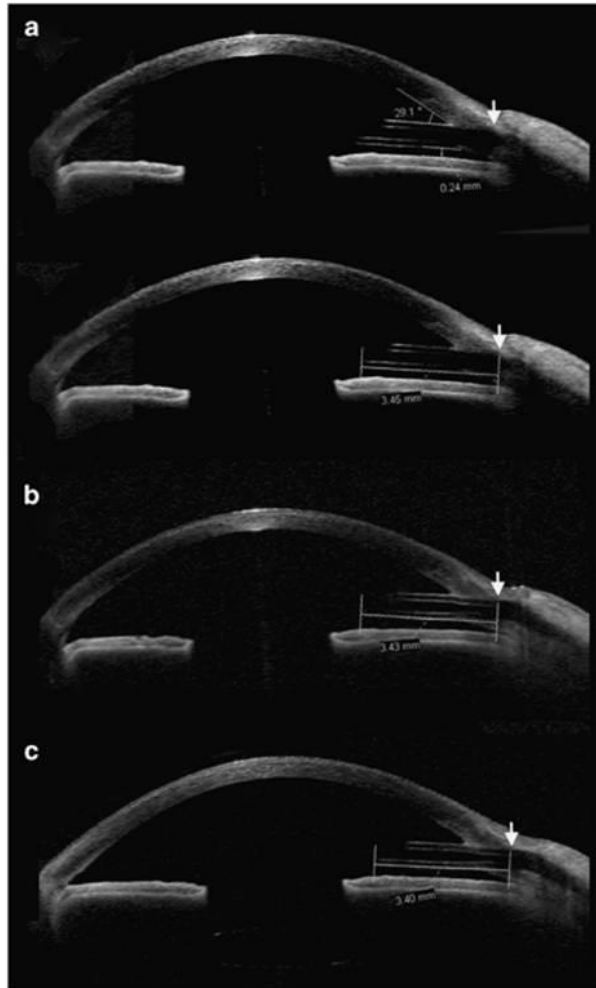


Figura 3: Análise serial proposta por Park et al (2012)

Copyright Royal College of Ophthalmologists

Fonte: Park (2012)⁸

óptica de segmento anterior consegue avaliar os implantes antiglaucomatosos. Na figura 3a as medidas T-I (tubo-íris), e T-C(tubo-superfície endotelial da córnea) foram feitas após 1 dia de

cirurgia. A medida intracameral do tubo foi medida a partir da junção esclerolimbal. A figura 3b foi elaborada 1 mês pós cirurgia e a figura 3c foi elaborada depois de 3 meses.

No estudo de Park⁸, fatores como idade, sexo, PIO, existência de trabeculectomia prévia entre outras não tiveram correlação significativa, sendo encontrado pelos autores significativa importância quando dividiram os glaucomas em subgrupos. Park e colegas encontraram correlação entre comprimento do tubo e distância T-I nos casos de glaucoma uveítico e de glaucoma associado à ceratoplastia penetrante (transplante de córnea).⁸ Chua e colegas em sua obra reportam um caso de glaucoma associado à ceratoplastia penetrante e reforçam a importância do OCT-SA nessa avaliação pós cirúrgica destacando como principal vantagem a ausência de toque corneano na realização do exame.⁹ Também no estudo pós transplante de córnea, Memarzedeh e colegas analisam 4 olhos de 4 pacientes pós ceratoplastia penetrante e reforçam a importância da OCT-SA sobretudo nos casos em que a opacidade de córnea impede a visualização anatômica pela lâmpada de fenda¹⁰, evidenciando uma vez mais a importância da OCT-SA como documentação de acompanhamento pós cirúrgico de glaucoma.

Os estudos envolvendo o glaucoma secundário pós ceratoplastia penetrante e sobretudo a avaliação advinda da OCT-SA são de extrema importância, pois permitem que novos *insights* e novas técnicas cirúrgicas se desenvolvam como a revelada no estudo de Law e equipe. Em seu trabalho os autores demonstram as vantagens de se realizar combinadamente a ceratoplastia penetrante e a inserção do implante de drenagem.¹¹ Na avaliação desses casos em que os olhos possuem uma longa trajetória clínica e cirúrgica e nos quais o contato é sobretudo prejudicial, reforça-se o maior diferencial da OCT-SA em efetuar tais acompanhamentos¹¹.

Para além de seu acompanhamento pós-cirúrgico, outras bibliografias discutem o uso da tomografia de coerência óptica de segmento anterior no próprio momento cirúrgico.¹² Ruland e equipe acompanharam uma paciente com glaucoma de ângulo aberto e com descompensação corneana secundária atrelada a tubo num *follow-up* de 3 meses pós

ceratoplastia penetrante. A avaliação clínica da paciente indicava uma membrana a ser investigada em que a OCT-SA pôde confirmar estar conectando a íris à córnea. A tomografia intraoperatória foi realizada e confirmou a presença da membrana e a paciente foi submetida a excisão e biópsia do material membranoso assistidos pela tecnologia¹².

A ampla maioria da bibliografia revisada discute os tipos de tubos e os consequentes “*follow-ups*”. Ideias otimistas com relação ao uso preponderante dos tubos como primeira escolha cirúrgica no futuro estão presentes com certa frequência.² De acordo com o Medicare dos Estados Unidos da América, entre 1995 e 2004, houve um aumento de 184% nos procedimentos desse tipo naquele serviço¹³. Budenz e colegas, nesse sentido, são alguns dos estudiosos que comparam os dois principais implantes de drenagem: AGV (“Ahmed FP7 Glaucoma Valve”) e BGI (“Baerveldt 101-350 Glaucoma Implant”) ¹³. Tal pesquisa refere algo presente na generalidade da bibliografia: há uma prevalência maior desses modelos, embora existam outros com importância terapêutica. O estudo, realizado nos EUA, assim se delimitou em realizar o “follow-up” desses dois modelos, pareados quantitativamente em seu espaço amostral. Ainda que existam variações quanto aos modelos - diferentes para além da marca entre si -, a bibliografia pôde estimar o controle da PIO e considerar algumas possíveis vantagens de um modelo em detrimento de outro, havendo nesse sentido a premissa de se buscar o clássico cálculo custo benefício em saúde para cada caso. Se por um lado o implante “BGI” controlou melhor a PIO daqueles pacientes, por outro lado houve mais riscos pós cirúrgicos associados com esse implante em relação ao “AGV” naquele estudo.¹³

Dentro do mesmo escopo de avaliar o impacto dos implantes de drenagem, Hau e pesquisadores associados recentemente estudaram a perda de células endoteliais após o implante BGI.¹⁴ Há em ênfase crescentes estudos acerca do tema, pois para os casos de glaucoma refratário tem se buscado novas alternativas cirúrgicas uma vez que as opções clínicas

e cirúrgicas clássicas não tem sido suficiente ¹⁵ A OCT-SA nesses casos é uma documentação essencial para avaliação da anatomia corneana. ¹⁵

Tan e colegas também se interessaram pela avaliação de segmento anterior nos casos glaucomatosos. Em suas obras, Tan e colegas reforçam o coro acadêmico do crescimento dos implantes de drenagem como terapêutica cirúrgica antiglaucoma, sobretudo nos casos em que a trabeculectomia falha e nos casos de glaucoma neovascular, uveítico ou refratário ^{16,17}. As bibliografias consultadas no presente trabalho são bastante coesas nessa avaliação havendo, contudo, certa discussão sobre a maior segurança dos procedimentos de inserção de tubos (considerados mais arriscados) em comparação a outras possibilidades cirúrgicas ^{16,17}. O artigo de Tan e cols. (2017)¹⁶, por exemplo, associa diretamente a perda das células endoteliais corneanas com os implantes de drenagem cuja inserção se realizou na câmara anterior e consciente das complicações mais comuns de tubos, como o toque corneano, estudou a mobilidade dos implantes, no caso do modelo de Baerveldt (BGI) ¹⁷. A ruptura deste trabalho foi em relação às avaliações fotópicas e escotópicas, isto é, se estudou como a variação de luz e a movimentação pupilar poderiam movimentar os implantes de drenagem e consequentes impactos clínicos dessa movimentação ¹⁷. Entre diversas análises, os autores conseguiram identificar que quanto menor era a distância T-C havia maior perda de células endoteliais localizando, enfim, melhores resultados quando a colocação do tubo se fazia via trans-iriana. ^{16,17}

Com relação ao posicionamento do tubo, ainda, Arikan e cols. num estudo do ano passado (2021) elencam as potencialidades da instalação do tubo Ahmed (AGV) via *pars plana* em pacientes afácicos e pseudofácicos, sobretudo nos casos em que se estima maior risco de descompensação corneana e ou toque corneano ¹⁸. Zhang e cols., na mesma linha de pesquisa, relacionam o implante AGV em relação aos olhos pseudofácicos avaliando através da OCT-SA o melhor posicionamento do tubo e as decorrências clínicas e terapêuticas. ¹⁹. Conforme

apresentam em seu trabalho a melhor maneira de prevenir a perda de células endoteliais em olhos pseudofácicos seria através da inserção do tubo via *pars plana*, embora mais estudos sejam incentivados para conclusões mais firmes¹⁹. Independentemente do posicionamento da porção final do tubo, desde que esteja implantado via *pars plana*, os autores sugerem que a íris aparentemente funciona como barreira na prevenção da perda de células endoteliais, sendo preferível, portanto, a inserção desse tubo via *pars plana* em vez de outras possibilidades na câmara anterior - discussão bastante atual na prática cirúrgica.¹⁹

Holló e Naghizadeh, em Budapeste, também se dedicam a estudar o acompanhamento de pacientes submetidos ao tratamento cirúrgico tubular com a tecnologia da tomografia de coerência óptica de segmento anterior. No caso destes estudiosos, o acompanhamento se deu em pacientes do implante Ahmed (AGV) e tiveram como ferramenta diagnóstica e de acompanhamento a CAM-L (câmera de menor magnificação) acoplada ao RTVue-OCT.

Destaca-se, nesse sentido, uma maior capacidade resolutiva das imagens em virtude de o aparelho utilizar o domínio espectral (*fourier*) na aquisição de imagens²⁰. Vale ressaltar que a ampla maioria das bibliografias se debruça sobre outros equipamentos, com ampla vantagem do equipamento OCT Visante®, da Zeiss, primeiro comercialmente disponível no mercado.

4.1 Implantes de Drenagem menos usuais e outras análises possíveis com a OCT-SA

Há, ainda, outros dispositivos que também aparecem na revisão bibliográfica. Detorakis e outros estudiosos gregos trazem a discussão sobre posicionamento tubular do modelo de implante (não valvulado) EX-PRESS® (Alcon Laboratories Inc., Fort Worth, TX, USA). Em seu estudo, os autores avaliam a capacidade de o UBM e da OCT-SA de avaliarem pacientes submetidos a cirurgia de inserção de implante de drenagem e defendem a plena aptidão de ambos exames à esta finalidade.²¹ Os autores, ainda, sugerem certa vantagem comparativa ao UBM em virtude de não ter o sombreamento que ocorre no OCT-SA em virtude da atenuação

do reflexo escleral através da zona filtrante, sendo, porém, ponto positivo desta tecnologia a melhor resolução da imagem e a vantagem, amplamente mencionado nas bibliografias, de ser uma técnica não invasiva ²¹.

Ibarz-Barberá e colegas, por sua vez, estudam a relação entre perda endotelial corneana e o microimplante “Preserflo”. De outra característica, o dispositivo “Preserflo MicroShunt” (Santen Inc., Miami, FL) é um microimplante de cerca de 8,5mm capaz de ligar a câmara anterior à região subconjuntival, abaixo da Capsula de Tenon cuja comparação se dá, na prática, com outras estruturas como o “XEN Stent” ²². A tomografia de coerência óptica, nesse estudo, serviu para medir as distâncias tubo-endotélio (T-E) de 46 olhos durante 12 meses. Os achados dessa pesquisa sugerem que a menor distância entre T-E implica em maior dano ao endotélio corneano. De acordo com os autores, e como é praxe na bibliografia do assunto, a perda do endotélio corneano é maior no começo e se manteve ao longo do tempo regressivamente também nessa pesquisa ^{14,22}. Menores em tamanho do que os clássicos tubos AGV e GBI, os achados dos estudiosos indicam perda celular próxima entre Preserflo (2,1%) e XEN Stent (2,3%) enquanto numa trabeculectomia a perda é próxima de 10%. ^{19,22}

Uma das possíveis complicações do tubo é a sua falência em virtude de obstrução de natureza multifatorial. Nesse sentido e também a fim de avaliar o implante como o “XEN Stent” (Xen45 Gel Stent), Tatti e colegas da academia italiana, se debruçaram sobre um caso de oclusão de tubo. ²³ A tomografia de coerência óptica de segmento anterior teve importante papel para análise não só da localidade do tubo, como de todas as estruturas pela qual ele passava, permitindo assim o correto diagnóstico não apenas da ampola filtrante (criada intencionalmente como meio de drenagem ocular) como de todo o percurso tubular. Após o tratamento da oclusão através da técnica cirúrgica adequada, a tomografia de coerência óptica foi capaz de fazer a reavaliação com a conseguinte recuperação, através de cirurgia, do fluxo tubular. ²³

Aprofundando tal capacidade analítica da OCT-SA, Rigo e colegas utilizaram da tomografia para avaliar a possibilidade de obstrução intraluminal em 46 casos. Localizaram ao exame 16 casos de material hiperrefletivo os quais serviram de base à avaliação²⁴. Nos casos estudados por eles, a OCT-SA foi capaz de trazer informações importantes e incapazes de serem visualizadas à lâmpada de fenda. Também por poder avaliar grande parte do caminho do tubo, em sua porção intraescleral e subconjuntival muitas vezes, a OCT-SA se mostrou significativamente importante para o melhor acompanhamento pós-cirúrgico de pacientes glaucomatosos²⁴. Vale destacar, nessa referida pesquisa, a capacidade da avaliação estrutural pela imagem associada à pesquisa, uma vez que a tomografia de coerência óptica foi utilizada para avaliar diversos planos e assim produzir documentação de maior riqueza de detalhes estruturais e, por conseguinte, de diagnóstico e de manejo terapêutico. Os autores, por fim, destacaram a tomografia de coerência óptica de segmento anterior como exame/documentação recomendável, sobretudo na avaliação pós-cirúrgica de tubos e de seus lumens²⁴.

Embora não tenham feito tal uso em sua pesquisa, Teixeira e colegas da academia portuguesa relataram um caso de oclusão em que houve uma combinação de “Xen Stent” e BGI resolvida por cateterismo, uma solução entendida barata e viável a ser mais estudada, valendo tal menção neste trabalho em virtude de evidenciar a capilaridade do estudo de glaucoma ao longo de diversas localidades do mundo e de novas possibilidades cirúrgicas²⁵.

Ainda no campo do estudo das oclusões dos tubos, Abdul-Rahman e Anthony Molteno, pesquisadores da Nova Zelândia, apresentam um caso de tubo Molteno implantado na *pars plana* ocluído em virtude de uma bolha/ampola filtrante secundária não intencional.²⁶ A OCT-SA foi utilizada na avaliação anatômica do segmento anterior e permitiu aos autores a melhor caracterização da “bolha inadvertida”.²⁶

Outra complicação possível aos casos de implantes de drenagem é a exposição do tubo, sendo comum localizar nas bibliografias maneiras de solucionar esta exposição. Um destes

procedimentos é o *Patch Graft* o qual pode ser feito com diferentes materiais.^{27,28,29}. Nesse âmbito, Sheha e colegas avaliam o uso de tecidos como a membrana amniótica do cordão umbilical e o pericárdio para cobrir a exposição dos tubos²⁷. A OCT-SA, neste trabalho, serve para avaliar a capacidade daqueles tecidos de, adequadamente, promoverem a cobertura tecidual do tubo e de analisarem sua estabilidade. Avaliam a melhor capacidade da membrana amniótica nesse sentido e defendem, como a maioria dos autores citados anteriormente, a eficiência da OCT-SA no acompanhamento pós-cirúrgico²⁷.

Outro material empregado para a realização do *patch grafting* é o *Ologen Collagen Matrix*.²⁸. Tanito e outros pesquisadores japoneses avaliam três casos de exposição de tubo - sendo 2 AGV e 1 BGI - submetidos ao tratamento com *Ologen Collagen Matrix*.²⁸. A avaliação seriada via OCT-SA permitiu aos autores a afirmação de confiabilidade deste material para a prevenção e para o tratamento de exposição de tubo, sendo incentivados maiores estudos de longo prazo²⁸. Outro estudo acerca dos materiais possíveis de serem empregados no *patch grafting* foi o realizado por De Luna e colegas²⁹. Nesse estudo avaliaram os *patch grafts* feitos com cornea estéril submetida à radiação gama avaliando sua espessura e funcionalidade ao longo do tempo, com o subsídio visual da tomografia de coerência óptica de segmento anterior²⁹. As imagens da OCT-SA foram capazes de serem analisadas com o software do próprio Visante AS-OCT 3.0, model 1000 (Carl Zeiss Meditec Inc) utilizado na pesquisa e serviram para medir o diâmetro externo do tubo (medida 1) e a distância da extremidade do tubo próxima à esclera até a junção do *graft* e a superfície interna da cápsula de Tenon e a conjuntiva (medida 2). A espessura do *graft*, enfim, seria a diferença entre a medida 2 e a medida 1. A análise dos autores acerca da espessura obtida para o material sugeria que este talvez não seja o melhor material para prevenir a exposição de tubo²⁹, porém no escopo dessa revisão tal trabalho se mostra revelador sobre mais uma das capacidades analíticas da tomografia de coerência óptica,

embora os autores ressalvem a necessidade de se localizar e obter manualmente algumas estruturas, limitando, assim, uma comparação mais efetiva.²⁹

Com relação ao manejo do glaucoma, é de extrema importância que se controle e acompanhe a eficiência da bolha, isto é, do espaço criado para ajudar no fluxo do humor aquoso e na redução da PIO. Nesse sentido, alguns estudos trazem importantes contribuições. Wagdy, no Egito, avaliou a morfologia interna das bolhas através da OCT-SA e os resultados cirúrgicos do tubo AGV com ressecção da cápsula de Tenon em comparação à cirurgia clássica de AGV nos casos de glaucoma refratário³⁰. A análise seriada (1 dia, 1 semana, 1 mês, 3 meses e 6 meses) do autor, no que tange a esta revisão bibliográfica, confirmou a boa capacidade avaliativa do OCT-SA também com relação às bolhas filtrantes, às suas paredes e aos limites anatômicos, servindo ainda de exame prognóstico à determinação da fase hipertensiva³⁰.

Jung e colegas, na Coreia do Sul, também juntaram esforços na análise das bolhas pós AGV discorrendo em seu artigo sobre as características da fase hipertensiva³¹. A fase hipertensiva, vale mencionar, é uma fase documentada ao longo das bibliografias na qual se verifica o aumento da PIO no período de 1 mês e tende a se estabilizar em 6 meses, com impactos significativos em pacientes com glaucoma avançado.³¹ Assim, com a mesma demarcação serial de Wagdy, Jung e colegas também verificam a OCT-SA como de extrema importância avaliativa chegando a contribuir diretamente na maior compreensão da fisiopatologia do segmento anterior e servindo, portanto, de base para se tecer algumas ideias que possivelmente auxiliam na elucidação das ainda desconhecidas causas da hipertensão pós cirurgia.^{30,31}

No âmbito ainda da avaliação não invasiva das ampolas filtrantes, Fukuda e demais pesquisadores acrescentam ao debate a utilização da tomografia de coerência óptica sensível à polarização PS-OCT, na terminologia em inglês. Este acréscimo é importante e sensível aos estudos da área pois o aumento do contraste torna capaz a avaliação da birrefringência dos

tecidos, podendo a partir disso verificar a fase de retardamento das bolhas filtrantes ³². O equipamento utilizado pelos pesquisadores se denominou “Jones Matrix OCT” em referência à matriz utilizada - a qual utiliza duas polarizações da luz para a recuperação da matriz. Fukuda e equipe obtiveram tal matriz através de um modulador eletro-óptico e assim puderam verificar a birrefringência dos tecidos ³². Como as alterações de tecidos fibrosos geram alterações de birrefringência, a PS-OCT foi capaz de tecer avaliações ultramicroscópicas acerca dos tecidos fibrosos.

O estudo, assim, avança disruptivamente com a investigação da fase de retardamento das bolhas e o seu funcionamento através da avaliação de PS-OCT³². Entre alguns achados de natureza mais pormenorizada, destacaram os autores a viabilidade de se realizarem estudos através dessa tecnologia a qual deve ser mais explorada e incentivada, embora também destaquem suas limitações ³². De Boer, em sua revisão bibliográfica sobre a PS-OCT, também descreveu a importância de tal tecnologia para a análise de segmento anterior ³³. No âmbito do glaucoma, escopo genérico deste trabalho, destaca-se a avaliação da bolha pós trabeculectomia e na avaliação da malha trabecular, corroborando a visão de Fukuda e colegas ^{32,33}.

Wang e Lin avaliaram não apenas a capacidade analítica do pós-cirúrgico de tubos, como ajudaram a trazer luz à importância da OCT-SA no manejo do glaucoma como um todo ³⁴. Embora também colocassem a gonioscopia como o padrão ouro para avaliação do ângulo da câmara anterior, os autores elencaram as dificuldades da realização do exame, que depende de boa experiência avaliativa, condições específicas e cooperação do paciente ³⁴. Conforme já mencionado nesta revisão bibliográfica, a OCT-SA tem suas limitações de visualização até a íris, porém para a maioria das outras estruturas da câmara anterior os autores creditam bastante qualidade na reprodutibilidade e eficiência, com alguns aparelhos disponíveis do mercado conseguindo em 1 scan a obtenção da medida ângulo a ângulo. Além disso, os autores valorizam outras estruturas que podem ser avaliadas com a OCT-SA como a medida do ângulo irido-

corneano, do trabeculado e do canal de Schlemm, evidenciando, uma vez mais, a importância dessa tecnologia no manejo clínico do glaucoma ³⁴.

Conforme investigado e revisto até agora, avaliações seriadas de 1, 5 e 10 anos com relação a “*follow-up*” de tubo são comuns como o estudo de Lopilly Park (2012) ⁸ em que há relação direta entre posicionamento do tubo e a condição clínica de pacientes. De acordo com a prática clínica e ambulatorial dos Setores de Glaucoma e de Ultrassonografia da UNIFESP, sobretudo em casos de falência de tubo, é de extrema importância a avaliação do OCT-SA, uma vez que a passagem do tempo pode propiciar alterações posicionais e, por conseguinte, afetar ou influir na capacidade de drenagem daquele olho estudado, conforme farta comprovação bibliográfica. Dentro desse campo, é importante destacar que nos casos de glaucoma congênito muitas vezes os implantes de drenagem falham e há a necessidade da inserção de 2 ou 3 tubos – ou até haja necessidade de reposicionamento durante o acompanhamento.

Cauduro e colegas, no Brasil, discutiram sobre o uso pediátrico da tomografia de coerência óptica de segmento anterior. Com relevância para estudar diversas doenças e condições anatômicas (sendo uma das dezenove a análise dos tubos), os estudiosos defenderam a utilização desse método investigativo em crianças. Destaca-se, nessa população, a vantagem de ser um exame sem contato e não invasivo, em detrimento do UBM o qual, apesar de ter maior poder investigativo com relação às estruturas e ao vencimento de opacidades, precisaria de um meio de contato para permitir a aquisição de imagens ³⁵. Também em relação ao glaucoma pediátrico, Al Haddad e equipe, no Líbano, elaboraram estudo retrospectivo a fim de avaliar o tratamento glaucomatoso por tubos Ahmed em crianças. Entre os achados dessa pesquisa, verificou-se 82% de eficiência na contenção satisfatória da PIO, dado que os próprios autores não esperavam localizar ³⁶. Ainda que estes verifiquem que a amostra era pequena para tecer maiores comentários ³⁶, também não foram encontradas fases hipertensivas posteriores, como foram encontradas em adultos ao longo desta revisão bibliográfica.

5 CONCLUSÕES

Valorizado e descrito por diversas das bibliografias consultadas, a OCT-SA se apresenta, enfim, como ferramenta avaliativa significativa para acompanhamento dos casos de tubos em virtude de sua capacidade de avaliar as estruturas da câmara anterior. Por ser uma ferramenta diagnóstica sem o contato com o olho e por permitir avaliar as diversas estruturas do segmento anterior, a tecnologia se mostrou confiável nesse processo como reforçam as bibliografias de diversos países revelando, portanto, a confiabilidade da ferramenta diagnóstica uma vez que os exames podem ser reproduzidos em diversas populações pelo mundo com confiabilidade. Vale reforçar, no sentido do presente estudo, a possibilidade de se permitir medidas intracamerais confiáveis nos casos de indicação clássica em que há opacidade de córnea e também naqueles casos em que a porção intraluminal do tubo é curta ou mesmo naqueles em que há obstrução ou se deseja investigar a ampola filtrante^{2,6,15}

A OCT-SA ainda que com limitações, como o acesso limitado às estruturas posteriores à íris, se mostrou ferramenta importante na análise das estruturas da câmara anterior aliada ao menor desconforto do paciente do que outras tecnologias. A revisão bibliografia pode assimilar o amplo espectro de avaliação da tomografia de coerência óptica, tanto nos casos associados aos tubos (posicionamento, oclusão, análise das bolhas filtrantes) como análises secundárias de córnea em virtude da movimentação tubular. Estudos recentes mostram, ainda, que a utilização da tecnologia vem se aprimorando e o seu uso não se restringe a ser apenas avaliativo pós-cirúrgico, como pode ter importante uso no momento cirúrgico. Em conclusão é possível perceber o amplo espectro de tecnologias e possibilidades analíticas advindas da tomografia de coerência óptica de segmento anterior, sendo incentivados por diversos autores maiores estudos e maior uso na prática clínica - e cirúrgica - de manejo dos glaucomas, quais sejam primários, secundários, refratários, congênitos ou pediátricos.

6 REFERÊNCIAS

1. Alvarado JA, Srivastava V, Sun Y. Intraluminal Deposits Found in Glaucoma Tube Shunts Via Anterior Segment Ocular Coherence Tomography. *J Glaucoma*. 2018 Mar;27(3):e68-e71. doi: 10.1097/IJG.0000000000000840. PMID: 29240598; PMCID: PMC5831525.
2. Mosaed S, Minckler DS. Aqueous shunts in the treatment of glaucoma. *Expert Rev Med Devices*. 2010 Sep;7(5):661-6. doi: 10.1586/erd.10.32. PMID: 20822388.
3. Sharma R, Sharma A, Arora T, Sharma S, Sobti A, Jha B, Chaturvedi N, Dada T. Application of anterior segment optical coherence tomography in glaucoma. *Surv Ophthalmol*. 2014 May-Jun;59(3):311-27. doi: 10.1016/j.survophthal.2013.06.005. Epub 2013 Oct 15. PMID: 24138894.
4. Allemann, N. Cap: 10 Imagens de Segmento Anterior no Glaucoma. In: Rolim, C. *Glaucoma na Infância*, 2019. Cultura Médica, RJ
5. Maslin JS, Barkana Y, Dorairaj SK. Anterior segment imaging in glaucoma: An updated review. *Indian J Ophthalmol*. 2015 Aug;63(8):630-40. doi: 10.4103/0301-4738.169787. PMID: 26576519; PMCID: PMC4687188.
6. Kiddee W, Trope GE. Glaucoma tube imaging using anterior segment optical coherence tomography in patients with opaque cornea. *J Glaucoma*. 2013 Dec;22(9):773-5. doi: 10.1097/IJG.0b013e31825afc6b. PMID: 22668979.
7. Sarodia U, Sharkawi E, Hau S, Barton K. Visualization of aqueous shunt position and patency using anterior segment optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol*. 2007 Jun;143(6):1054-1056. doi: 10.1016/j.ajo.2007.02.023. PMID: 17524780.
8. Lopilly Park HY, Jung KI, Park CK. Serial intracameral visualization of the Ahmed glaucoma valve tube by anterior segment optical coherence tomography. *Eye (Lond)*. 2012 Sep;26(9):1256-62. doi: 10.1038/eye.2012.131. Epub 2012 Jun 29. PMID: 22744388; PMCID: PMC3443837.19
9. Chua J, Mehta JS, Tan DT. Use of anterior segment optical coherence tomography to assess secondary glaucoma after penetrating keratoplasty. *Cornea*. 2009 Feb;28(2):243-5. doi: 10.1097/ICO.0b013e318188036d. PMID: 19158578.
10. Memarzadeh F, Li Y, Francis BA, Smith RE, Gutmark J, Huang D. Optical coherence tomography of the anterior segment in secondary glaucoma with corneal opacity after penetrating keratoplasty. *Br J Ophthalmol*. 2007 Feb;91(2):189-92. doi: 10.1136/bjo.2006.100099. Epub 2006 Sep 14. PMID: 16973665; PMCID: PMC1857632.23
11. Law SK, Huang JS, Nassiri N, Moghimi S, Nilforushan N, Parham A, Moossai J, Kim M, Caprioli J, Aldave AJ. Technique of combined glaucoma tube shunt and keratoprosthesis implantation. *J Glaucoma*. 2014 Oct-Nov;23(8):501-7. doi: 10.1097/IJG.0b013e31829d9c00. PMID: 25275831.
12. Ruland K, Bouldin TW, Davis RM, Fleischman D. Intraoperative optical coherence tomography-assisted retrocorneal fibrous membrane biopsy and excision. *Am J Ophthalmol Case Rep*. 2018 Jun 21;11:101-104. doi: 10.1016/j.ajoc.2018.06.020. PMID: 29998208; PMCID: PMC6038824.
13. Budenz DL, Barton K, Feuer WJ, Schiffman J, Costa VP, Godfrey DG, Buys YM; Ahmed Baerveldt Comparison Study Group. Treatment outcomes in the Ahmed Baerveldt Comparison Study after 1 year of follow-up. *Ophthalmology*. 2011 Mar;118(3):443-52. doi: 10.1016/j.ophtha.2010.07.016. Epub 2010 Oct 8. PMID: 20932583; PMCID: PMC3020266.

14. Hau S, Bunce C, Barton K. Corneal Endothelial Cell Loss after Baerveldt Glaucoma Implant Surgery. *Ophthalmol Glaucoma*. 2021 Jan-Feb;4(1):20-31. doi: 10.1016/j.ogla.2020.06.012. Epub 2020 Jul 4. PMID: 32830103.
15. Mendrinós, E., Dosso, A., Sommerhalder, J. *et al.* Coupling of HRT II and AS-OCT to evaluate corneal endothelial cell loss and *in vivo* visualization of the Ahmed glaucoma valve implant. *Eye* **23**, 1836–1844 (2009). <https://doi.org/10.1038/eye.2008.321>
16. Tan AN, Webers CA, Berendschot TT, de Brabander J, de Witte PM, Nuijts RM, Schouten JS, Beckers HJ. Corneal endothelial cell loss after Baerveldt glaucoma drainage device implantation in the anterior chamber. *Acta Ophthalmol*. 2017 Feb;95(1):91-96. doi: 10.1111/aos.13161. Epub 2016 Aug 6. PMID: 27495264; PMCID: PMC5298043.
17. Tan AN, De Witte PM, Webers CA, Berendschot TT, De Brabander J, Schouten JS, Beckers HJ. Baerveldt drainage tube motility in the anterior chamber. *Eur J Ophthalmol*. 2014 May-Jun;24(3):364-70. doi: 10.5301/ejo.5000379. Epub 2013 Oct 22. PMID: 24170514.
18. Arikan, G., Akbulut, B., Utine, C.A. *et al.* Ahmed glaucoma valve implantation with the tube placement in the ciliary sulcus: short-term results. *Int Ophthalmol* **42**, 969–980 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10792-021-02080-w>
19. Zhang Q, Liu Y, Thanapaisal S, Oatts J, Luo Y, Ying GS, Wang J, McLeod SD, Gedde SJ, Han Y. The Effect of Tube Location on Corneal Endothelial Cells in Patients with Ahmed Glaucoma Valve. *Ophthalmology*. 2021 Feb;128(2):218-226. doi: 10.1016/j.ophtha.2020.06.050. Epub 2020 Jun 27. PMID: 32603727; PMCID: PMC7765742.
20. Holló G, Naghizadeh F. Evaluation of the tightness of contact between ^[L]limbal sclera tunnel and tube following Ahmed ^[SEP]glaucoma valve implantation. *Eur J Ophthalmol*. 2013 Nov-Dec;23(6):905-8. doi: 10.5301/ejo.5000320. Epub 2013 May 27. PMID: 23722264.
21. Detorakis ET, Stojanovic N, Chalkia A, Pallikaris IG. EX-PRESS® Implant Position and Function: Comparative Evaluation with Ultrasound Biomicroscopy and Optical Coherence Tomography. *Middle East Afr J Ophthalmol*. 2016 Jan-Mar;23(1):110-4. doi: 10.4103/0974-9233.171774. PMID: 26957849; PMCID: PMC4759887.
22. Ibarz-Barberá M, Morales-Fernández L, Corroto-Cuadrado A, Martínez-Galdón F, Tañá-Rivero P, Gómez de Liaño R, Teus MA. Corneal Endothelial Cell Loss After PRESERFLO™ MicroShunt Implantation in the Anterior Chamber: Anterior Segment OCT Tube Location as a Risk Factor. *Ophthalmol Ther*. 2022 Feb;11(1):293-310. doi: 10.1007/s40123-021-00428-0. Epub 2021 Nov 26. PMID: 34837167; PMCID: PMC8770787.
23. Tatti F, Gentile P, Mangoni L, Demarinis G, Napoli P, Fossarello M. Xen45 gel stent ab interno trimming for ostium occlusion: case report. *BMC Ophthalmol*. 2021 Dec 27;21(1):446. doi: 10.1186/s12886-021-02207-8. PMID: 34961501; PMCID: PMC8711208.
24. Rigo J, Castany M, Banderas S, Pujol O, Amilburu M, Dou A. Possible Intraluminal Obstruction of the XEN45 Gel Stent Observed With Anterior Segment Optical Coherence Tomography. *J Glaucoma*. 2019 Dec;28(12):1095-1101. doi: 10.1097/IJG.0000000000001351. PMID: 31453896.
25. Teixeira F, Caiado F, Sens P, Abegão Pinto L. Baerveldt-XEN persistent proximal occlusion: solving new problems with old answers. *BMJ Case Rep*. 2018 Oct 21;2018:bcr2018226958. doi: 10.1136/bcr-2018-226958. PMID: 30344156; PMCID: PMC6203078.
26. Abdul-Rahman AM, Molteno A. Late-Onset Inadvertent Bleb Formation following Pars Plana M3 Molteno Implant Tube Obstruction. *Case Rep Ophthalmol*. 2017 Jan 31;8(1):73-80. doi: 10.1159/000456536. PMID: 28203200; PMCID: PMC5301095.21
27. Sheha H, Tello C, Al-Aswad LA, Sayed MS, Lee RK. Outcomes of the Shunt Tube Exposure Prevention Study: A Randomized Clinical Trial. *Ophthalmol Glaucoma*. 2019 Nov-Dec;2(6):392-

401. doi: 10.1016/j.ogla.2019.08.003. Epub 2019 Aug 16. PMID: 32672570; PMCID: PMC7368089.
28. Tanito M, Sano I, Ikeda Y, Fujihara E. Patch Grafting Using an Ologen Collagen Matrix to Manage Tubal Exposure in Glaucoma Tube Shunt Surgery. *Case Rep Ophthalmol*. 2018 Jan 5;9(1):9-16. doi: 10.1159/000485549. PMID: 29643776; PMCID: PMC5892321.30
29. de Luna RA, Moledina A, Wang J, Jampel HD. Measurement of Gamma-Irradiated Corneal Patch Graft Thickness After Aqueous Drainage Device Surgery. *JAMA Ophthalmol*. 2017 Sep 1;135(9):941-946. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2017.2628. PMID: 28772298; PMCID: PMC5710544.
30. Wagdy FM. Bleb Morphology Using Anterior-Segment Optical Coherence Tomography after Ahmed Glaucoma Valve Surgery with Tenon Capsule Resection. *J Ophthalmol*. 2020 Oct 22;2020:8386135. doi: 10.1155/2020/8386135. PMID: 33149944; PMCID: PMC7603617.
31. Jung KI, Park H, Jung Y, Park CK. Serial changes in the bleb wall after glaucoma drainage implant surgery: characteristics during the hypertensive phase. *Acta Ophthalmol*. 2015 Jun;93(4):e248-53. doi: 10.1111/aos.12571. Epub 2014 Nov 2. PMID: 25363490.16
32. Fukuda S, Beheregaray S, Kasaragod D, Hoshi S, Kishino G, Ishii K, Yasuno Y, Oshika T. Noninvasive evaluation of phase retardation in blebs after glaucoma surgery using anterior segment polarization-sensitive optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014 Jul 29;55(8):5200-6. doi: 10.1167/iovs.14-14474. PMID: 25074775.
33. de Boer JF, Hitzenberger CK, Yasuno Y. Polarization sensitive optical coherence tomography - a review [Invited]. *Biomed Opt Express*. 2017 Feb 24;8(3):1838-1873. doi: 10.1364/BOE.8.001838. PMID: 28663869; PMCID: PMC5480584.
34. Cauduro RS, Ferraz Cdo A, Morales MS, Garcia PN, Lopes YC, Souza PH, Allemann N. Application of anterior segment optical coherence tomography in pediatric ophthalmology. *J Ophthalmol*. 2012;2012:313120. doi: 10.1155/2012/313120. Epub 2012 Aug 9. PMID: 22934156; PMCID: PMC3425860.
35. Al-Haddad C, Al-Salem K, Ismail K, Noureddin B. Long-term outcomes of Ahmed tube implantation in pediatric glaucoma after multiple surgeries. *Int Ophthalmol*. 2018 Dec;38(6):2649-2652. doi: 10.1007/s10792-017-0743-8. Epub 2017 Oct 20. PMID: 29058244.