



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE

JORDANA SANDES BARBOSA SOARES

**ANÁLISE DA EFICÁCIA E DA SEGURANÇA DO IMPLANTE DE
ANEL INTRAESTROMAL DE 320 °DE ARCO EM PACIENTES COM
CERATOCONE AVANÇADO EM ESTÁGIO IV E K MÁX > 60 D**

GOIÂNIA

2021

JORDANA SANDES BARBOSA SOARES

**ANÁLISE DA EFICÁCIA E DA SEGURANÇA DO IMPLANTE DE
ANEL INTRAESTROMAL DE 320° DE ARCO EM PACIENTES COM
CERATOCONE AVANÇADO EM ESTÁGIO IV E K MÁX > 60 D**

Tese de Doutorado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Ciências
da Saúde da Universidade Federal de Goiás
para obtenção do título de doutora em
Ciências da Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Leopoldo Magacho dos
Santos Silva

Coorientador: Prof. Dr. Leonardo Torquetti

GOIÂNIA

2021

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E
DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS (TEDE) NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: ☐ Dissertação ☒ Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Autor (a):	Jordana Sandes Barbosa Soares				
E-mail:	jordana.oftalmo@gmail.com				
Seu e-mail pode ser disponibilizado na página? ☒ Sim ☐ Não					
Vínculo empregatício do autor					
Agência de fomento:	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior			Sigla:	CAPES
País:	Brasil	UF:	GO	CNPJ:	
Título:	Análise da eficácia e segurança do implante de anel intraestromal de 320° de arco em pacientes com ceratocone estágio IV				
Palavras-chave:	Ceratocone, anel intraestromal, ectasia córnea				
Título em outra língua:	Efficacy and safety analysis of the 320° intrastromal corneal ring arc implantation in stage IV keratoconus patients with Kmax > 60D.				
Palavras-chave em outra língua:	keratoconus; intrastromal corneal ring; corneal ectasia,				
Área de concentração:					
Data defesa:					
Programa de Pós-Graduação:	Ciências da Saúde, Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Goiás				
Orientador (a):	Prof. Leopoldo Magacho dos Santos Silva				
E-mail:	lmagacho@hotmail.com				
Coorientador (a):	Prof. Dr. Leonardo Torquetti				
E-mail:	leotorquetti@gmail.com				

3.

Informações de acesso ao documento:

Liberação para disponibilização?¹ ☒ total ☐ parcial

Em caso de disponibilização parcial, assinale as permissões:

☐ Capítulos. Especifique: _____

☐ Outras restrições: _____

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF ou DOC da tese ou dissertação. O Sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.

Data: ____ / ____ / ____

¹ Em caso de restrição, esta poderá ser mantida por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Todo resumo e metadados ficarão sempre disponibilizados.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA CENTRAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS - UFG
(anexar no verso da folha II)

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO NA SAÚDE
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS DA FACULDADE DE MEDICINA
DOUTORADO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE**

BANCA EXAMINADORA DE TESE DE DOUTORADO

Orientanda: Jordana Sandes Barbosa Soares

Orientador: Prof. Dr. Leopoldo Magacho dos Santos Silva

Membros:

1. Prof. Dr. Leopoldo Magacho

2. Prof. Dr. Leonardo Torquetti

3. Prof. Dr. Paulo Ferrara

4. Prof. Dr. David Leonardo Cruvinel Isaac

5. Prof. Dr. Frederico Bicalho Dias da Silva

6. Profa. Dra. Belquiz Rodrigues de Amaral Nassaralla

7. Profa. Dr. Sergio Kwitko

Data: 14/09/2021

Horas: 19:30

Local: Zoom

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me acompanha e me guia sempre, permitindo-me completar mais este projeto.

Ao corpo docente da Faculdade de Medicina e especialmente do CEROF, pelos inúmeros ensinamentos na área médica e pessoal, que me ajudaram a formar a minha base profissional.

Ao Prof. Dr. Leopoldo Magacho, que me concedeu o privilégio e a honra de ser sua orientanda, sempre me guiando neste importante caminho, desde o mestrado e agora no doutorado e sendo um espelho de ética, dedicação e respeito por meio do seu exemplo. Eterna gratidão por todas as orientações e ensinamentos!

À Dra. Marcia Toledo, que foi a primeira a me orientar nos passos das cirurgias de catarata, que me inspirou a seguir o seu caminho, mostrando-me o fantástico mundo da córnea, no qual me sinto tão realizada hoje. Obrigada pela amizade, por sempre me abrir as portas, por todo o ensinamento nestes últimos 10 anos de convívio. Agradeço por fim a sua ajuda, o seu apoio e a viabilização deste projeto.

Ao Dr. Paulo Ferrara, que, pelas bênçãos de Deus, cruzou o meu caminho há 10 anos, abrindo-me as portas para o conhecimento dos anéis e possibilitando com que se tornasse hoje minha principal área de atuação. Serei eternamente grata por toda a ajuda no mestrado e no doutorado, por todos os ensinamentos ao longo destes anos que acabaram por nos tornar grandes amigos! Será sempre um orgulho ter a supervisão do mestre dos anéis!

Ao Dr. Leonardo Torquetti, que me guiou nos primeiros passos da pesquisa científica, me acompanhou no mestrado e no doutorado e, para mim, é um exemplo de dedicação, competência, ética e sabedoria. Sem você,

o caminho teria sido muito mais árduo, sempre serei muito grata por toda a sua ajuda nesta longa estrada!

À minha família, especialmente a minha mãe, que sempre me estimulou a seguir o caminho da docência, que sempre foi para mim um exemplo de ética e sensatez e que guiou muito bem meus passos para esta realização. Os últimos anos não foram fáceis, mas sigo na esperança de que tudo vai passar e você poderá comemorar comigo esta vitória!

Ao meu pai (in memorian), meu exemplo de vida, de determinação, de força e de resiliência. As lágrimas correm de saudades por falar de você, mas sinto que a sua presença espiritual é muito evidente em todos os momentos da minha vida. Hoje você é o meu anjo, que me guia em todas as minhas decisões e que sempre ilumina meu caminho nos momentos de escuridão.

Aos meus irmãos Ana Elisa e Guilherme, por me apoiarem incondicionalmente e por serem meu esteio nestes últimos anos.

Ao meu marido, pela compreensão e pelo apoio nesta árdua jornada, e à minha filha, por ser minha inspiração para todo o meu esforço. Amor infinito!

SUMÁRIO

SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS	x
FIGURAS, TABELAS E GRÁFICOS	xi
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEORICO	4
2.1 CERATOCONE	4
2.1.1 Definição	4
2.1.2 Etiologia	4
2.1.3 Aspectos clínicos e diagnóstico	5
2.1.4 Terminologia e estadiamento	6
2.1.5 Exames de imagem	8
2.1.5.1 Pentacam	9
2.1.5.2 <i>Display</i> dos quatro mapas refrativos	10
2.1.5.3 Mapa de curvatura axial anterior	10
2.1.5.4 Mapa Paquimétrico	11
2.1.5.5 Mapas de elevação	12
2.1.5.6 <i>Display</i> Belin/ Ambrosio Ectasia Reforçada- BAD	14
2.1.5.7 <i>Display</i> para implante de anéis corneanos	15
2.1.6 Tratamento	17
2.1.6.1 Tratamento clínico	17

2.1.6.2 Tratamento cirúrgico	18
2.1.6.2.1 Anel intraestromal no ceratocone	21
2.2 NOMOGRAMA ATUAL ANEL DE FERRARA	26
2.3 ANEL INTRA ESTROMAL PARA CERATOCONE EM ESTÁGIO AVANÇADO	34
3 OBJETIVOS	40
3.1 OBJETIVO GERAL	40
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	40
4 MÉTODOS	41
4.1 TIPO DE ESTUDO	41
4.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO/EXCLUSÃO	41
4.2.1. Critérios de inclusão	41
4.2.2. Critérios de exclusão	43
4.3 COLETA DE DADOS E OPERACIONALIZAÇÃO DA PESQUISA	44
4.4 AVALIAÇÃO PRÉ E PÓS-OPERATÓRIA	44
4.5 TÉCNICA CIRÚRGICA DO IMPLANTE DE ANEL INTRAESTROMAL DE 320 GRAUS COM <i>LASER</i> DE FEMTOSSEGUNDO	47
4.6 SEGUIMENTO DOS PACIENTES NO PÓS-OPERATÓRIO	48
4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	49
4.7.1 Cálculo do tamanho amostral	50
4.7.2 Análise vetorial do astigmatismo	51
4.7.3 Segurança e eficácia do tratamento proposto	51
4.8 ASPECTOS ÉTICOS E LEGAIS	52
5 RESULTADOS	53
5.1 ACUIDADE VISUAL	54
5.2 VALORES CERATOMÉTRICOS	55

5.2.1 Ceratometria mais plana (K1)	55
5.2.2. Ceratometria mais curva (K2)	56
5.2.3 Ceratometria média (K méd):	57
5.2.4 Ceratometria máxima (K máx):	57
5.3 ASFERICIDADE (Q)	58
5.4 COMPONENTE ESFÉRICO	58
5.5 ASTIGMATISMO VETORIAL	59
5.5.1 Astigmatismo vetorial tomográfico	59
5.5.2 Astigmatismo vetorial refracional	60
5.6 SEGURANÇA, FALHA NO TRATAMENTO E COMPLICAÇÕES	62
5.7 EFICÁCIA DO TRATAMENTO	63
6 DISCUSSÃO	66
7 CONCLUSÃO	76
REFERÊNCIAS	78
ANEXOS	88
Anexo 1 - Parecer Consubstanciado do CEP	89
Anexo 2 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)	92
Anexo 3 - Normas de publicação do <i>Journal of Refractive Surgery</i>	94

SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

ABCD	A (raio de curvatura anterior), B (raio de curvatura posterior), C (paquimetria) e D (melhor acuidade visual com correção)
AST	Grau de astigmatismo corneano regular
AV	Acuidade visual
AVCC	Acuidade visual com correção
AVSC	Acuidade visual sem correção
BAD	Belim Ambrósio Display
BFS	<i>Best Fit Sphere</i>
CYL	Grau cilíndrico (astigmatismo)
D	Dioptrias
DALK	Ceratoplastia lamelar anterior profunda
I – S	Diferença dióptrica entre a curvatura para central inferior e a superior
ICRS	<i>Intrastromal corneal ring segment</i>
K	Ceratometria central
K1	Ceratometria mínima (<i>minimal keratometry</i>)
K2	Ceratometria máxima (<i>maximum keratometry</i>)
Km	Ceratometria média (<i>average keratometry</i>)
KPI	<i>Keratoconus Prediction Index</i> (Índice de previsibilidade de ceratocone)
mm	Milímetros
PMMA	Polimetilmetacrilato
Q	Asfericidade
SAIC	Segmento de anel intraestromal corneano
SD	<i>Standard deviation</i> (desvio-padrão)
SK	Severe keratoconus
SPSS	<i>Statistical Package for Social Science</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre Esclarecido
UV	Luz ultravioleta

FIGURAS, TABELAS E GRÁFICOS

Figura 1. Ceratocone. Sinal de Munson (à esquerda), linhas de Vogt (à direita)	..6
Figura 2. <i>Display</i> Quatro mapas refrativos Pentacam	10
Figura 3. Localização do ponto mais fino em relação ao ápice	12
Figura 4. Curvatura corneana de acordo com a esfera de referência, mostrando o eixo mais plano acima da esfera de referência e o eixo mais curvo abaixo da esfera de referência	13
Figura 5. O mapa de elevação de um paciente com ceratocone mostra uma ilha central, correspondendo à localização do cone. O nível de elevação depende da severidade da doença. Neste mapa, foi considerada uma zona óptica de 8 mm	13
Figura 6. <i>Display</i> Belin/Ambrosio Ectasia Reforçada- BAD	14
Figura 7. Belin ABCD Progression Display	15
Figura 8. <i>Display</i> Anéis corneanos	16
Figura 9. Superfície oblada	26
Figura 10. Figura ilustrativa da superfície oblada e prolada	27
Figura 11. Relação das modificações da asfericidade (Q), ceratometria (k) e astigmatismo (cyl) de acordo com o tamanho de segmento de arco implantado	28
Figura 12. Mapa de elevação de ceratocone classificado com <i>nipple</i>	29
Figura 13. Ceratocone oval	30
Figura 14. Ceratocone astigmático com suas características tomográficas..	31
Figura 15. Pelúcida LIKE com suas características tomográficas	32
Figura 16. Mapa dos anéis corneanos do Pentacam	43
Tabela 1. Sistema ABCD de classificação/ estadiamento do Ceratocone	7
Tabela 2. Nomograma anel de Ferrara – primeira geração	24
Tabela 3. Resultado da comparação dos parâmetros no pré-operatório até 12 meses após a operação (média $\pm$ desvio-padrão)	54
Tabela 4. Resultado da análise Posthoc pelo método Pairwise com correção de Bonferroni	54

Gráfico 1. Correlação do segmento ou par de segmento a ser implantado com a asfericidade a ser corrigida	26
Gráfico 2. Variação da acuidade visual sem correção (AVSC) ao longo do seguimento	54
Gráfico 3. Variação da acuidade visual com correção (AVCC) ao longo do seguimento	55
Gráfico 4. Evolução do aplanamento do K1, com a cirurgia de implante de anel de 320 graus de arco em olhos com ceratocone avançado	56
Gráfico 5. Evolução do aplanamento do K2, com a cirurgia de implante de anel intraestromal de 320 graus de arco em olhos com ceratocone avançado	56
Gráfico 6. Evolução do aplanamento do K méd (K médio) com a cirurgia de implante do anel intraestromal de 320 graus de arco em olhos com ceratocone avançado	57
Gráfico 7. Evolução do aplanamento do K máx com a cirurgia de implante do anel intraestromal de 320 graus de arco em olhos com ceratocone avançado	57
Gráfico 8. Evolução da asfericidade (Q) nos 30 graus com a cirurgia do implante do anel intraestromal de 320 graus de arco em olhos com ceratocone avançado	58
Gráfico 9. Redução do componente esférico refracional do pré-operatório até o 12º mês de pós-operatório após implante do anel intraestromal de 320 graus de arco em olhos com ceratocone avançado	59
Gráfico 10. Astigmatismo tomográfico vetorial alvo <i>versus</i> astigmatismo tomográfico vetorial induzido cirurgicamente com implante de anel intraestromal de 320 graus de arco em olhos com ceratocone avançado	60
Gráfico 11. Astigmatismo refracional vetorial alvo <i>versus</i> astigmatismo refracional induzido cirurgicamente com implante de anel intraestromal de 320 graus de arco em olhos com ceratocone avançado	61
Gráfico 12. Distribuição do astigmatismo refracional manifesto antes e depois do implante de anel intraestromal de 320 graus de arco	62

Gráfico 13. Gráfico de segurança ilustra as mudanças nas linhas de Snellen de acordo com a acuidade visual com correção após 12 meses de pós-operatório	63
Gráfico 14. Eficácia da cirurgia de implante de anel intraestromal ilustrando a distribuição da acuidade visual sem correção (AVSC) pós-operatória e a acuidade visual com correção (AVCC) pré-operatória	64
Gráfico 15. Avaliação da AV com lente escleral 12 meses após a cirurgia do implante do anel intraestromal de 320 graus de arco	65
Gráfico 16. Distribuição da acuidade visual com óculos (AVCC) pré e pós-operatória	65

RESUMO

O presente estudo teve o objetivo de analisar a segurança e a eficácia da cirurgia de implante do segmento de anel intraestromal corneano de 320 graus de arco em pacientes com ceratocone em estágio IV, segundo a classificação ABCD Keratoconus Staging do Pentacam® (Oculus, Wetzlar, Alemanha), com curvatura máxima (K máx) acima de 60 dioptrias. Trata-se de um estudo prospectivo, longitudinal de pacientes submetidos à cirurgia de implante de anel intraestromal de 320 graus de arco com o auxílio do *laser* de femtossegundo VisuMax®, realizada no Hospital VER no mês de outubro de 2019. Os critérios de inclusão foram os seguintes: pacientes com ceratocone em grau IV, K máx maior que 60 D, com BAV com óculos, intolerantes a lentes de contato e com indicação de transplante de córnea. Os parâmetros examinados foram obtidos no pré-operatório, e no pós-operatório de sete dias, um mês, três meses, seis meses e 12 meses, a saber: acuidade visual sem correção AVSC, acuidade visual com correção AVCC (óculos), valores ceratométricos (médio – K méd, plano – K1 e curvo – K2), ceratometria máxima (K máx), astigmatismo tomográfico, astigmatismo refracional e asfericidade (Q). Um mesmo avaliador experiente fez todas as avaliações e as medidas tomográficas realizadas com o Pentacam. Foram incluídos 25 olhos de 19 pacientes com ceratocone avançado, sendo 13 pacientes do sexo masculino e seis pacientes do sexo feminino, com média de idade de $22,8 \pm 7,9$ anos. Nos 12 meses de pós-operatório, os dados mostraram que a AVSC melhorou de $1,03 \pm 0,28$ Log MAR para $0,54 \pm 0,21$ Log MAR ($p < 0,001$), a AVCC (com óculos) melhorou de $0,63 \pm 0,29$ Log MAR para $0,31 \pm 0,16$ Log Mar ($p = 0,004$), o K1 reduziu de $54,41 \pm 4,46$ D para $49,36 \pm 4,11$ D ($p < 0,001$), o K2 reduziu de $61,15 \pm 4,37$ D para $53,715 \pm 4,05$ D, ($p < 0,001$), o K méd reduziu de $57,55 \pm 4,17$ D para $51,44 \pm 3,94$ D ($p < 0,001$), o K máx reduziu de $69,80 \pm 8,20$ D para $63,43 \pm 6,31$ D ($p < 0,001$) e a asfericidade (Q) alterou de $-1,57 \pm 0,35$ para $-0,77 \pm 0,56$ ($p < 0,001$). Ao final, os resultados revelaram que em relação a AVCC (com óculos), 4,5% dos pacientes perderam duas linhas de visão e 5%, uma linha de visão. Por outro lado, 68% dos pacientes ganharam três ou mais linhas de visão e 9% ganharam duas ou mais linhas de visão. Todos os pacientes eram intolerantes a lente de contato no pré operatório e no pós operatório 80,9% dos pacientes atingiram uma AV com lente escleral melhor ou igual a 0,2 LogMAR, relatando conforto com o uso das lentes. Um paciente evoluiu com infecção após sete dias de pós-operatório, sendo necessário explantar o anel. O implante de anel intraestromal de 320 graus de arco para tratamento de ceratocone avançado se mostrou um procedimento eficaz e seguro, apresentando-se como alternativa cirúrgica para postergar ou mesmo evitar o transplante de córnea, uma vez que foi capaz de reestabelecer a visão da maioria dos pacientes, principalmente quando complementado com as lentes de contato, que passaram a ser viabilizadas em pacientes que antes da cirurgia eram intolerantes ao uso das mesmas. **KEYWORD:** Ceratocone Avançado, Anel intraestromal 320 graus de arco, eficácia terapêutica, segurança terapêutica.

ABSTRACT

The present study aims to analyze the safety and efficacy of implantation surgery of the 320° arc segment of the corneal intrastromal ring in patients with stage IV keratoconus according to the ABCD Keratoconus Staging classification of the Pentacam® (Oculus, Wetzlar, Germany) with maximum curvature above 60 D. This is a prospective study of patients with advanced keratoconus who underwent 320° arc intrastromal ring implantation surgery with the aid of the VisuMax® femtosecond laser at VER Hospital in October 2019. The inclusion criteria, were: patients with keratoconus grade IV, K max greater than 60 D, low visual acuity with glasses, contact lens intolerant, who had corneal transplantation as the only alternative. The parameters examined were obtained preoperatively, 7 days, 1 month, 3 months, 6 months and 12 months postoperatively, namely: corrected distance visual acuity (CDVA), uncorrected distance visual acuity (UDVA), keratometric values (mean, flatter and steepest), maximum keratometry (K máx) tomographic astigmatism, refractive astigmatism and asphericity (Q). A single experienced evaluator performed all evaluations and tomographic measurements performed with Pentacam. Twenty-five eyes of 19 patients with advanced keratoconus were included, 13 male patients and 6 female patients with a mean age of 22.8 ± 7.9 years. At 12 months postoperatively, CDVA (glasses) improved from 0.63 ± 0.29 Log MAR to 0.31 ± 0.16 Log MAR ($p=0.004$), UDVA improved from 1.03 ± 0.28 Log MAR to 0.54 ± 0.21 Log MAR ($p<0.001$), K1 reduced from 54.41 ± 4.46 D to 49.36 ± 4.11 D ($p<0.001$), K2 reduced from 61.15 ± 4.37 D to 53.75 ± 4.05 D, ($p<0.001$), the K méd reduced from 57.55 ± 4.17 D to 51.44 ± 3.94 D ($p<0.001$), K max reduced from 69.80 ± 8.20 D to 63.43 ± 6.31 D ($p<0.001$), and asphericity (Q) changed from -1.57 ± 0.35 to -0.77 ± 0.56 ($p<0.001$). All patients were contact lens intolerant preoperatively and postoperatively 80.9% of patients achieved a scleral lens visual acuity better than or equal to 0.2 LogMAR. At the end, about BCVA with glass, 4.5% of the patients lost 2 lines of sight and 5% one line of sight. On the other hand, 68% of patients gained 3 or more lines of sight and 9% gained 2 or more lines of sight. One patient developed an infection after 7 days postoperatively and we had to explant the ring. The 320 degrees of arc intra stromal ring implantation for the treatment of advanced keratoconus proved to be an effective and safe procedure, proving to be a surgical alternative to postpone or even avoid corneal transplantation, since it was able to reestablish vision in most patients, especially when complemented with contact lenses, which became feasible in patients who were intolerant to the use of these before the surgery.

KEYWORD: Advanced Keratoconus, Intrastromal Corneal ring 320 arc length degree, efficacy, therapeutic safety.

INTRODUÇÃO

O ceratocone é uma doença corneana de caráter crônico, progressivo, bilateral, não inflamatória, tipicamente assimétrica, com encurvamento progressivo, protrusão e afinamento do estroma da córnea e iniciado, geralmente, na segunda década de vida (RABINOWITZ, 1998). Manifesta-se clinicamente com astigmatismo irregular progressivo, miopia, aberrações de alta ordem, cicatrizes e opacidades associadas à hidropsia e tem como principal consequência a baixa acuidade visual (JADIDI *et al.*, 2015, TORQUETTI *et al.*, 2018, EL-SAADANY; IBRAHIM; ESAA, 2018, KAPITÁNOVÁ; NIKEL, 2018, ROCHA *et al.*, 2020).

A abordagem do seu tratamento vem evoluindo muito nas últimas décadas. Desde 1940, vários pesquisadores se empenham na busca de métodos que promovem a estabilização das ectasias, com o intuito de evitar o transplante de córnea (SILVA, 2012, MAIER; REINHARD; KOHLHAAS, 2019).

Em 1986, foi desenvolvido um anel corneano intraestromal, conhecido como “anel de Ferrara” (NOSÉ; FERRARA, 1999, SIGANOS *et al.*, 2002). Durante quatro anos, experimentos em coelhos foram feitos com esses anéis a fim de definir qual diâmetro, forma, espessura e profundidade produziram os melhores resultados em olhos míopes. Desde então, ótimos resultados têm sido obtidos com o implante desse anel (KWITKO; SEVERO, 2004, TARDIN; BASTOS; BORGES, 2013). Atualmente, os anéis intraestromais estão indicados para pacientes com ceratocone, com baixa visão com óculos, intolerantes às lentes de contato e/ou como forma de adiar ou evitar o transplante de córnea.

As principais vantagens dos segmentos intraestromais são a reversibilidade, a estabilidade e a segurança, por tratar-se de um procedimento aditivo, intracorneano, não necessitando de manobras intraoculares, em que se acrescenta “tecido” à córnea (PIÑERO *et al.*, 2009). O implante do anel intraestromal pode ser associado a outros tratamentos, entre os quais, lentes de contato, lentes intraoculares fáticas ou pseudofáticas e *crosslinking* do colágeno corneano (ROSA *et al.*, 2017).

O implante do anel intraestromal pode promover a redução do astigmatismo corneano, bem como a melhora da irregularidade e da assimetria corneana, melhora da asfericidade, da acuidade visual sem correção (AVSC) e com correção (AVCC) (JADIDI *et al.*, 2015, TORQUETTI *et al.*, 2018, YOUSIF; SAID, 2018, ELAZIZ *et al.*, 2018, ROCHA *et al.*, 2020, TZELIKIS *et al.*, 2020). A cirurgia pode ser realizada por meio de tunelização, com a técnica manual, ou por meio do *laser* de femtossegundo. As duas técnicas podem ser utilizadas, todavia o uso de *laser* tem se mostrado mais seguro no tocante à profundidade e ao posicionamento do túnel, em comparação com a técnica manual, e com menor incidência de complicações (KAPITÁNOVÁ; NIKEL, 2018, MONTEIRO *et al.*, 2019).

Recentemente, foi criado um novo segmento de anel de Ferrara com 320 graus de arco (AJL, Vitoria, Espanha), que possui diâmetro interno de 4,4 mm e diâmetro externo de 5.6 mm, cuja espessura varia de 150 a 300 micra, visto que a média de variação da espessura corneana é de 300 a 600 micra, produzido em polimetilmetacrilato (PMMA) de formato triangular. Por ser um anel de arco longo, promove aplanamento mais significativo que os segmentos menores. Assim, é possível que esses anéis sejam uma opção de tratamento para ceratocone mais avançado. (TORQUETTI *et al.*, 2018, ROCHA *et al.*, 2020).

Inicialmente os anéis corneanos foram liberados para serem implantados em olho com ceratocone moderado a avançado, mas com o passar dos anos seu uso em olhos com K máx > 60 D passou a ser desencorajado, na medida em que curvaturas maiores poderiam estar associadas a piores resultados visuais e maiores complicações, como extrusão (ALFONSO *et al.*, 2011a).

Com o advento do laser de femtossegundo e o surgimento de novos desenhos de anéis, este cenário vem se modificando, já que o procedimento vem se mostrando mais seguro, entretanto, não existem na literatura estudos sobre o uso do anel intraestromal de 320 graus de arco para o ceratocone avançado. Por conseguinte, a hipótese formulada para o presente estudo é que, em casos avançados de ceratocone, o implante de anel intraestromal com 320 graus de arco pode representar uma alternativa

eficaz e segura ao transplante de córnea, com melhora dos parâmetros visuais e tomográficos, mesmo em ceratocones com K máx acima de 60 D.

2 REFERENCIAL TEORICO

2.1 CERATOCONE

2.1.1 Definição

O ceratocone e outras doenças ectásicas não inflamatórias da córnea (ceratoglobos, degeneração marginal pelúcida e ceratocone posterior) se caracterizam por afinamento corneano progressivo, acompanhado de protusão apical, astigmatismo irregular e normalmente alta miopia, com eventual formação de cicatrizes e importante comprometimento visual. A doença é bilateral, mas frequentemente um olho é mais afetado (assimetria). Tem início, comumente, na puberdade e progride até a terceira e quarta década de vida, quando normalmente se estabiliza (KRACHMER; FEDER; BELIN, 1984).

2.1.2 Etiologia

A etiologia proposta para o ceratocone inclui mudanças físicas, bioquímicas e moleculares no tecido corneano, todavia nenhuma teoria explica completamente os achados clínicos e as associações oculares e não oculares relacionadas a essa doença. Um dos fatores etiológicos sugeridos e mais importante na gênese do ceratocone é a frequente fricção dos olhos (LOPES; PINTO; SOUSA, 2015).

Postula-se que pequenos traumas externos, como o resultante do hábito de coçar os olhos, assim como lentes de contato mal adaptadas e alergias oculares possam liberar citocinas do epitélio, capazes de estimular apoptose dos ceratócitos, que habitualmente é a primeira resposta estromal observável a um dano epitelial (TORQUETTI *et al.*, 2018).

Estudo genéticos progrediram nos últimos anos, sem chegar, entretanto, a um gene específico, causador da doença. Sabe-se que pais portadores de ceratocone podem ter 14% de descendentes acometidos, o

que corresponde a uma chance 15 vezes maior que a população geral (RABINOWITZ; DONG; WISTOW, 2005).

2.1.3 Aspectos clínicos e diagnóstico

O ceratocone é uma doença que habitualmente evolui com astigmatismo irregular e assimétrico acompanhado de miopia, que resulta em baixa acuidade visual progressiva. No início da doença, pode não haver sinais ou sintomas e o oftalmologista pode suspeitar da doença apenas pelo fato de o paciente não atingir boa acuidade visual com óculos. Geralmente, pacientes com ceratocone relatam necessidade de frequentes mudanças na correção dos óculos ou intolerância ao uso de lentes de contato (GASSET; HINSON; FRIAS, 1978).

Os primeiros sinais podem ser detectados em alguns exames, que incluem a retinoscopia, que mostra aparência de reflexo em tesoura, sugerindo a presença de astigmatismo irregular, a ceratometria e a fotoceratoscopia ou disco de plácido, que mostra irregularidade dos contornos do anel refletido (KANSKI, 2012).

Com a progressão da doença, os sinais e os sintomas se tornam mais evidentes, caracterizando-se por diminuição da visão, astigmatismo e miopia progressivos, fotofobia, astenopia (fadiga visual) por forçar os olhos durante a leitura, prurido, irritação e desconforto ocular. Alguns podem relatar diplopia, poliopia monocular (percepção de várias imagens de um mesmo objeto), além de rastros de luz e distorção de reflexos em volta das fontes de luz (*glare*) (PINTO, 2010).

Na biomicroscopia com lâmpada de fenda, alguns sinais podem ser observados em estágios moderados da doença, como afinamento do estroma, mais comum em região temporal inferior da córnea, acompanhado de protusão apical (EDMUND, 1987). Outro sinal comumente observado na lâmpada de fenda é o anel de Fleisher, que se constitui por depósitos de hemossiderina nas camadas mais profundas do epitélio. Essa linha significa a presença de mudanças expressivas da curvatura corneana, induzidas pela doença (SIGANOS *et al.*, 2003).

Em ceratocones muito avançados, pode ocorrer a indentação da margem palpebral inferior, quando o olho está em infradução, ou seja, olhando para baixo, o que é chamado de sinal de Munson (KRACHMER; FEDER; BELIN, 1984) (Figura 1). Em ceratocones extremos pode ocorrer ruptura da membrana de Descemet e posterior infiltração do estroma da córnea por humor aquoso, conhecido como hidropsia ou ceratocone agudo. A hidropsia é mais comum em pacientes com atopia e em crianças com síndrome de Down. Após a cicatrização, o leucoma pode ser observado sobretudo na região mais apical do cone (PIERSE; EUSTACE, 1971).



Figura 1. Ceratocone. Sinal de Munson (à esquerda), linhas de Vogt (à direita)

Fonte: KANSKI, 2000, p.133

2.1.4 Terminologia e estadiamento

Existem várias formas de classificação do ceratocone. Algumas delas incluem apenas uma variável como a ceratometria, a morfologia ou a paquimetria. Entretanto, as mais aceitas mundialmente são aquelas que incluem mais de uma variável, como a classificação de Amsler-Krumeich ou Alió-Shabayek, que graduam o ceratocone em quatro estágios, baseando-se na refração, na ceratometria central, na presença ou ausência de cicatrizes corneanas e na espessura corneana central (AMSLER, 1946).

Na escala de Amsler encontramos dois obstáculos que se interpõem no caminho de sua universalidade e aceitação. Primeiramente considera-se uma escala desatualizada porque se baseia em índices relativamente antigos (inclinação da córnea, mudança refrativa, presença de cicatrizes), enquanto as classificações mais recentes utilizam uma variedade de métricas detalhadas da estrutura da córnea fornecidas pela tomografia de

coerência óptica e o Pentacam. Segundo que a classificação de Amsler nem sempre se correlaciona diretamente com o impacto da doença. Não é raro olhos com pontuações baixas na classificação indicando doença branda desenvolver intolerância ao uso de lentes de contato, resultando em visão funcional deficiente. Por outro lado olhos com altas pontuações indicando doenças graves podem no entanto permanecer tolerantes à lente de contato desfrutando de um funcionamento relativamente bom (SAHEBJADA *et al.*, 2014).

Para fins práticos, entretanto, o termo ceratocone avançado pode se aplicar corretamente a qualquer caso de pobreza inaceitável da visão à distância mesmo com o uso do óculos, somada a intolerância ao uso de lentes de contato, referindo portanto à olhos que requerem cirurgia independentemente de seus parâmetros topográficos medidos. As vantagens desta definição são, principalmente, que é razoável e útil, não depende de qualquer dispositivo de imagem especializado e nem requer nenhuma graduação particular (PARKER; VAN DIJK; MELLES, 2015).

Nenhum dos sistemas comumente utilizados para classificação do ceratocone incorpora a análise da elevação posterior e a análise do mapa paquimétrico por inteiro (KHACHIKIAN; BELIN; CIOLINO, 2008). Mais recentemente, foi proposto por Belin um novo sistema de classificação de ceratocone. Nele, a doença é classificada em um dos estágios de 0 a IV, com base nos seguintes parâmetros: raio de curvatura anterior e posterior (ARC, PCR), paquimetria no ponto mais fino, melhor acuidade visual com correção e um modificador para presença ou ausência de cicatriz na córnea. Este sistema é relativamente simples de usar e tem a vantagem de classificar cada componente de forma independente, reconhecendo doenças subclínicas e adicionando um estágio 0 para refletir melhor a ausência de doenças prováveis. Abaixo, na Tabela 1, segue a classificação de Belin (ABCD keratoconus grading system), utilizada como parâmetro para classificar os pacientes deste estudo (BELIN; DUNCAN, 2016) (Tabela 1).

Tabela 1. Sistema ABCD de classificação/estadiamento do Ceratocone.

Table 4 Proposed ABCD keratoconus grading system. Stages (0 to IV) are based on anterior and posterior radius of curvature (ARC, PRC), thinnest pachymetry, best corrected distance visual acuity (BDVA) and a modifier for the presence of corneal scarring.

ABCD criteria	A	B	C	D	
	ARC (3 mm Zone)	PRC (3 mm Zone)	Thinnest pach μm	BDVA	Scarring
Stage 0	> 7.25 mm ($< 46.5\text{ D}$)	> 5.90 mm	> 490 μm	$\geq 20/20$ (≥ 1.0)	–
Stage I	> 7.05 mm ($< 48.0\text{ D}$)	> 5.70 mm	> 450 μm	< 20/20 (< 1.0)	–, +, ++
Stage II	> 6.35 mm ($< 53.0\text{ D}$)	> 5.15 mm	> 400 μm	< 20/40 (< 0.5)	–, +, ++
Stage III	> 6.15 mm ($< 55.0\text{ D}$)	> 4.95 mm	> 300 μm	< 20/100 (< 0.2)	–, +, ++
Stage IV	< 6.15 mm ($> 55.0\text{ D}$)	< 4.95 mm	$\leq 300\text{ }\mu\text{m}$	< 20/400 (< 0.05)	–, +, ++

Scarring – clear, no scarring (–), scarring, iris details visible (+), scarring, iris obscured (++); Diopters also shown for anterior radius of curvature

Fonte: BELIN; DUNCAN, 2016.

Esse novo sistema de classificação incorpora dados anatômicos e funcionais não contemplados na classificação Amsler-Krumeich. Ele considera parâmetros relacionados a superfícies corneanas anteriores e posteriores, está centrado no ponto mais fino, que é tipicamente a região do cone, e acrescenta uma medida de acuidade visual, assim como uma indicação de presença ou não de cicatrização no ápice da córnea.

2.1.5 Exames de imagem

A criação do ceratômetro e do ceratoscópio permitiu avaliar o poder dióptrico da superfície da córnea. Esses instrumentos permaneceram como únicas opções para diagnóstico até o final da década de 1980. Os ceratômetros medem a distância entre dois pontos, vertical e horizontal, refletidos na superfície corneal, e convertem essa medida ou raio de curvatura em milímetros ou dioptrias (IMBORNONI; MCGHEE; BELIN, 2018).

Por muito tempo, o exame que apresentava a melhor sensibilidade para diagnóstico do ceratocone foi a topografia computadorizada, capaz de detectar astigmatismos irregulares discretos, geralmente na parte inferior da córnea, antes de qualquer outro sinal sugestivo se tornar evidente na biomicroscopia. Quando a topografia de córnea apresenta sinais sugestivos, sem achados biomicroscópicos ou queixas clínicas, o ceratocone é classificado como subclínico ou forma frustra (AMBRÓSIO JUNIOR *et al.*, 2000).

Esse exame surgiu na década de 1980, permitindo uma avaliação qualitativa e quantitativa da córnea. Com o desenvolvimento da topografia, foram criados índices para auxílio no diagnóstico do ceratocone. Os índices de Rabinowitz são os mais utilizados e consideram valores sugestivos de ceratocone K central maior que 47,2 D e “I-S value” maior que 1,4 dioptrias. Os valores que confirmam diagnóstico de ceratocone são estes: K central maior que 48,2 D e “I-S value” maior que 1,6, sendo K o índice que quantifica o aumento da curvatura central e o “I-S value” o que quantifica a diferença dióptrica de curvatura paracentral inferior menos a superior da córnea (AMBRÓSIO JUNIOR *et al.*, 2000).

Recentemente surgiram os tomógrafos da córnea, que, pelo método de varredura rotatória com iluminação em fenda utilizando o princípio de Scheimpflug, aumentam significativamente a sensibilidade de detecção precoce da doença, uma vez que permitem análises adicionais aos já conhecidos mapas baseados no reflexo da córnea. Os equipamentos que utilizam o sistema Scheimpflug apresentam a vantagem de fornecer diversos mapas de poderes, paquimétricos e de elevação da córnea por meios de programas específicos (Figura 4). Entre estes, destacam-se o Orbscan II, Pentacam e o Galilei (AMBRÓSIO JUNIOR *et al.*, 2000).

2.1.5.1 Pentacam

O Pentacam (Oculus, Wetzlar, Germany) utiliza uma câmara rotatória dotada do princípio de Scheimpflug, que obtém múltiplas fotos e constrói imagens tridimensionais do olho, além de calcular diversas medidas do seu segmento anterior (AMBRÓSIO JUNIOR *et al.*, 2000). Com o uso do Pentacam, podem ser obtidos diversos dados de análise: imagens detalhadas da superfície anterior da córnea até a face posterior do cristalino; medidas do ângulo, do volume e da profundidade da câmara anterior; mapa paquimétrico e dados densitométricos de opacidades da córnea e do cristalino, que podem ser exibidos gráfica ou quantitativamente; mapas topográficos de elevação da superfície anterior e posterior da córnea, com os mapas refrativos, características corneanas como excentricidade, astigmatismo e raio de curvatura central (AMBRÓSIO JUNIOR *et al.*, 2000).

2.1.5.2 Display dos quatro mapas refrativos

No Pentacam, há vários *displays*; um deles é o dos quatro mapas refrativos, que, como indica o seu nome, é composto pelos quatro mapas refrativos: mapa de curvatura sagital anterior, mapa de elevação anterior, mapa de elevação posterior e mapa paquimétrico (Figura 2).

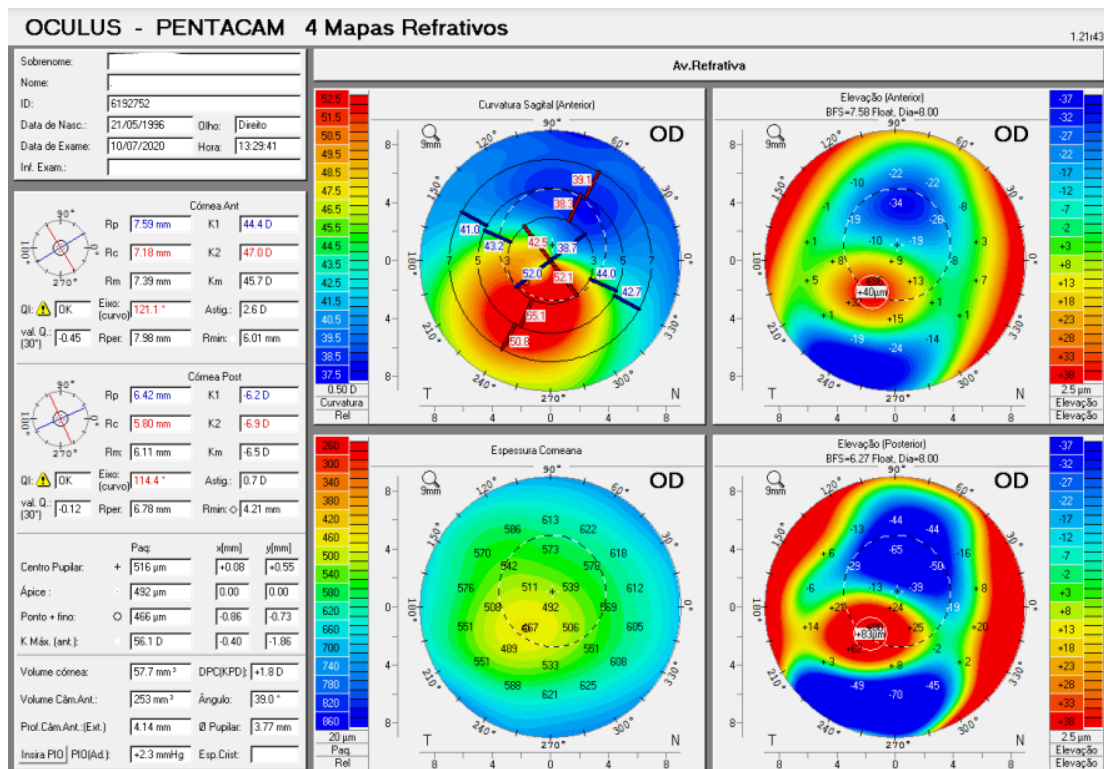


Figura 2. *Display* 4 mapas refrativos Pentacam

Fonte: Próprio autor

2.1.5.3 Mapa de curvatura axial anterior

Diferentes combinações de cores e diferentes escalas podem ser usadas nos mapas, aumentando ou diminuindo a sensibilidade para detectar desvios da normalidade. Para *screening* de cirurgia refrativa, a escala sugerida é de 0.5 D, devido à maior sensibilidade propiciada para observar as assimetrias, facilitando a detecção de ectasias subclínicas. Em ceratocone moderados e avançados, a escala recomendada é de 1 D ou 1,5 D, haja vista que essa escala facilita na identificação do ápice do cone e do tipo do ceratocone, informação útil para programação de cirurgias de anéis intraestromais.

Ao analisar o mapa de curvatura anterior, o médico deve se atentar aos parâmetros topográficos, para correta identificação do meridiano mais curvo, e deve observar se existe uma quebra de eixo indicando irregularidade, característica comum de pacientes com ceratocone. O aumento do astigmatismo tomográfico e o aumento dos valores ceratométricos (K1 e K2 – sendo K1 a curvatura mais plana nos 3 mm centrais e K2 a curvatura mais curva nos 3 mm centrais) também são muito importantes, na medida em que estão associados a diagnóstico e à progressão da doença. Valores ceratométricos superiores a 47 D devem ser considerados suspeitos (VIEIRA, 2017).

Outra característica importante a ser observada no gráfico, na análise de córneas suspeitas ou com ectasia já estabelecida, é o encurvamento localizado associado à assimetria inferior, normalmente no quadrante temporal inferior, podendo se estender para região central e para central da córnea. A análise da asfericidade corneana (Q) também fornece informações concernentes ao formato da córnea, sinalizando ao médico se essa córnea é mais prolada na região central em relação à periferia. Tal informação é útil para alertar frente a uma suspeita de ectasia, visto que os valores de Q menores que -0,5, normalmente são indicativos de córneas mais proladas e, portanto, mais suspeitas de ceratocone (VIEIRA, 2017).

2.1.5.4 Mapa Paquimétrico

Na análise do mapa paquimétrico, a identificação do ponto mais fino e a localização do mesmo ao ápice da córnea são pontos importantes para detectar córneas com suspeita de ectasia (Figura 3). Quando a paquimetria no ponto mais fino é inferior a 480 micra, diz-se que está fora da distribuição gaussiana na população. Se o ponto mais fino for muito distante do ápice, existe uma suspeita de anormalidade. Isso se deve porque, normalmente, a localização do ponto mais fino em córneas normais se encontra ífero temporal ao ápice. Esta distância é usualmente descrita em coordenadas x (horizontal) e y (vertical), passando pelo ápice. Distâncias maiores que 0,5 em qualquer das direções são consideradas suspeitas Figura 3 (MIRANDA; RADHAKRISHNAN; O'DONNELL, 2009).

	Paq:	x[mm]	y[mm]
Centro Pupilar:	+ 516 μm	+0.08	+0.55
Ápice :	• 492 μm	0.00	0.00
Ponto + fino:	○ 466 μm	-0.86	-0.73
K Máx. (ant.):	◆ 56.1 D	-0.40	-1.86

Figura 3. Localização do ponto mais fino em relação ao ápice.
Fonte: Próprio autor

2.1.5.5 Mapas de elevação

A interpretação dos mapas de elevação tende a ser feita por meio da comparação da superfície anterior e posterior da córnea com esferas de referência. No *display* dos quatro mapas refrativos, a esfera de referência utilizada é a BFS (Best Fit Sphere), que se constitui como a melhor esfera que pode ser encaixada na córnea analisada. Ao analisar córneas tóricas normais com astigmatismo regular, os mapas de elevação mostram um padrão clássico no qual o meridiano mais plano está acima da esfera de referência BFS e o meridiano mais curvo está abaixo da esfera de referência (Figura 4). Nas córneas com meridianos não ortogonais e assimetria inicial, geralmente, o mapa BFS pode mostrar um desvio do centro do istmo ou, às vezes, um padrão inicial de "ilha" no qual essa área específica é muito mais elevada quando comparada com o resto da córnea. A magnitude (altura) da ilha corresponde ao grau de elevação e se correlaciona com a área de protrusão da córnea ou com a localização do cone (Figura 5). Nas córneas normais, os valores para a elevação anterior comumente são inferiores a 5-6 μm . Na superfície posterior, os valores da elevação acima de 12 são geralmente suspeitos (CORREIA *et al.*, 2012).

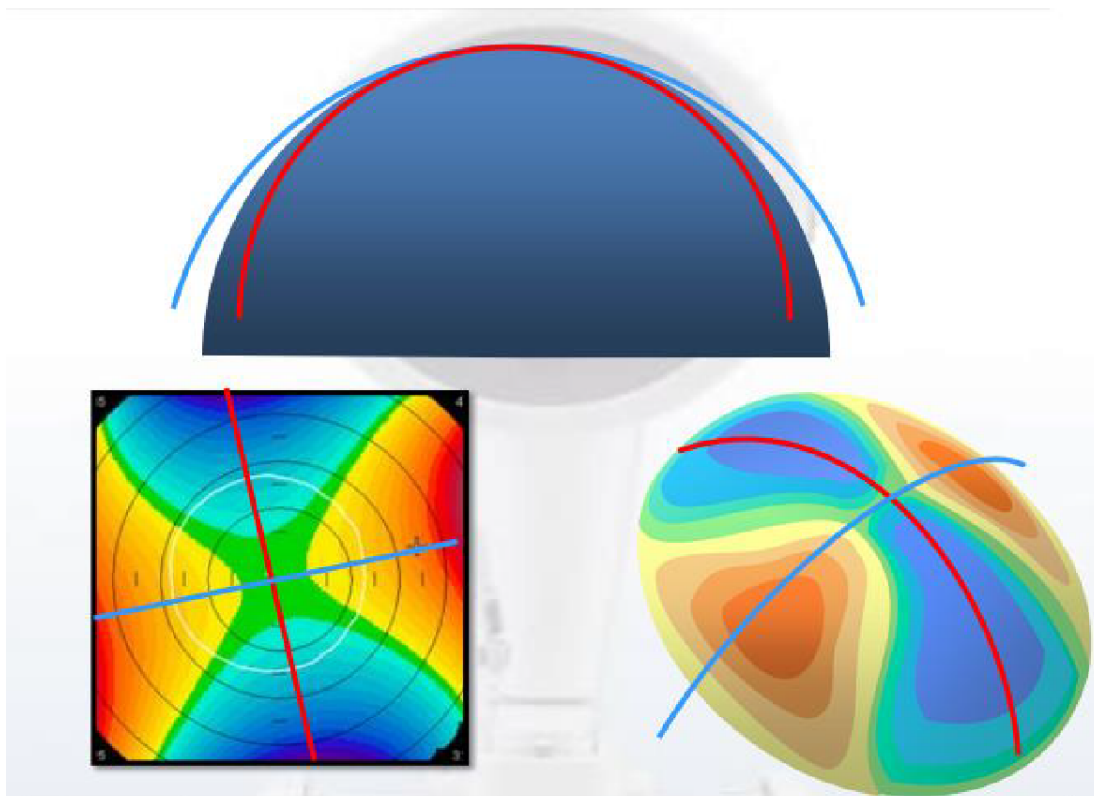
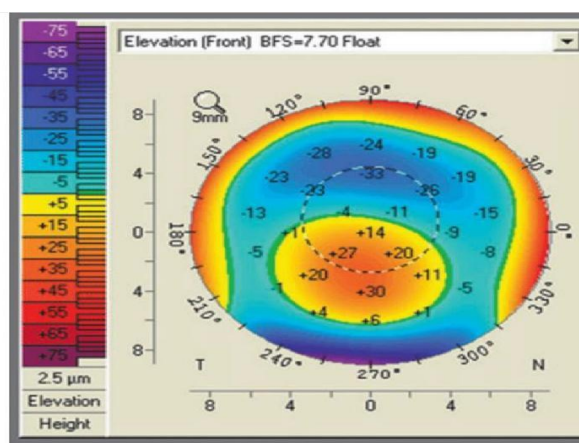


Figura 4. Curvatura corneana de acordo com a esfera de referência, mostrando o eixo mais plano acima da esfera de referência e o eixo mais curvo abaixo da esfera de referência.

Fonte: Oculus Pentacam.



Anterior elevation subtraction map of a patient with keratoconus. The central island of elevation is clearly visible, and it corresponds to the location of the cone. The degree of elevation off the best-fit-sphere corresponds to the severity of the disease when compared with a standardized reference surface (e.g. sphere based on central 8-mm zone) (Oculus Pentacam).

Figura 5. O mapa de elevação de um paciente com ceratocone mostra uma ilha central, correspondendo à localização do cone. O nível de elevação depende da severidade da doença. Neste mapa, foi considerada uma zona óptica de 8 mm.

Fonte: Oculus Pentacam.

2.1.5.6 Display Belin/ Ambrosio Ectasia Reforçada- BAD

Na Classificação ABCD, o A corresponde ao raio de curvatura anterior; o B, ao raio de curvatura posterior; o C, à paquimetria e o D, a melhor acuidade visual com correção. O sinal (-) significa ausência de opacidades, o sinal (+) indica opacidade que não dificulta a visualização da íris e o sinal (++) corresponde à presença de opacidade que dificulta a visualização da íris. Esses valores podem ser visualizados no gráfico em barras, de acordo com a figura abaixo (Figura 6):

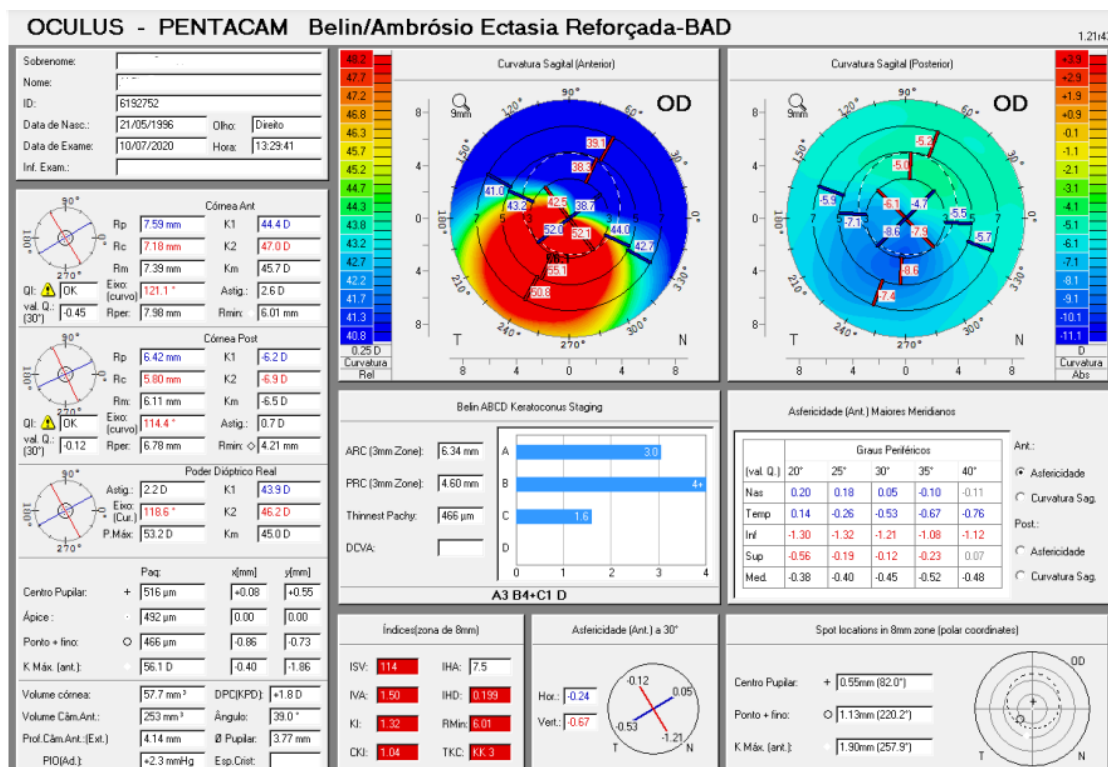


Figura 6. Display Belin/Ambrosio Ectasia Reforçada- BAD.

Fonte: Próprio autor.

Belin e colaboradores também desenvolveram um *display* que utiliza a nova classificação para o estadiamento do ceratocone e acrescenta um *display* de progressão. Nessa tela, é possível comparar até oito exames, considerando a classificação ABCD. Para cada parâmetro A, B, C ou D, há uma barra horizontal que corresponde separadamente a cada exame em cores diferentes. Ao observar essas barras horizontais, é possível determinar se há progressão da doença ao longo do tempo. Foram utilizadas uma população normal (linhas verdes) e uma população KC avançada

(linhas vermelhas) para definir um banco de dados e permitir uma comparação com o paciente a ser analisado. Uma marca de intervalo de confiança de 80% e 95% é usada para ajudar o médico a determinar se o paciente progrediu. Também é possível editar a tela e adicionar informações do dia em que o *crosslinking* foi realizado, permitindo ao examinador observar se, ao longo do tempo, a progressão foi interrompida (MOHAMMADPOUR; HEIDARI, 2021) (Figura 7).

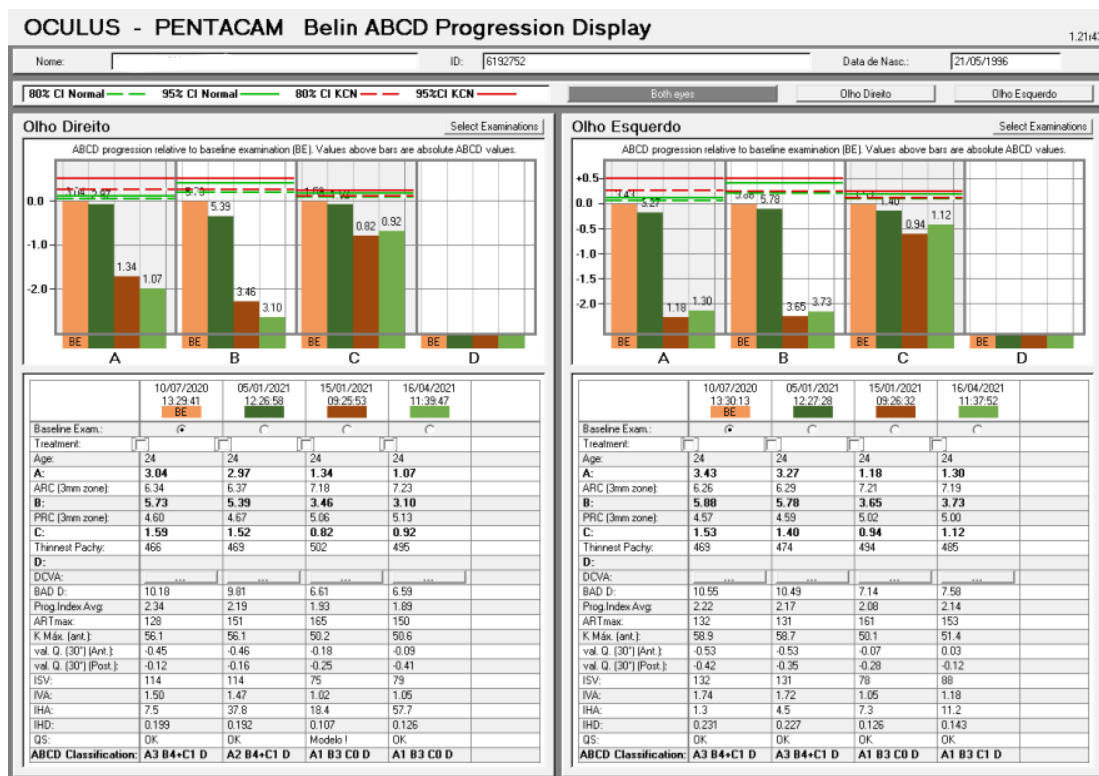


Figura 7. Belin ABCD Progression Display.
Fonte: Próprio autor.

2.1.5.7 Display para implante de anéis corneanos

O visor do anel corneal mostra informações para implante de anel corneal intraestromal. Os mapas apresentados são o de curvatura axial anterior, o de paquimetria e os de elevações posterior e anterior. Traz também informações do túnel intraestromal para ambas as técnicas – dissecação manual ou femtossegundo assistido por *laser*. Esse *display* contém uma tabela que mostra, de acordo com cada zona óptica, a espessura mínima da córnea no trajeto do anel. Esse valor é importante para

que seja decidida a espessura do anel a ser implantado com segurança, a fim de evitar uma extrusão. Normalmente, busca-se seguir a lei da paquimetria, segundo a qual, a espessura do anel não pode ultrapassar o dobro da espessura mais fina da córnea no trajeto do anel. Essa mesma tabela mostra a paquimetria no local da incisão, de modo que, com a técnica manual, considera-se 80% da espessura corneana no local da incisão e, na técnica com femtossegundo, considera-se 70% da espessura corneana no trajeto do anel, indicando também o posicionamento dessa incisão a ser realizada no eixo mais curvo (Figura 8).

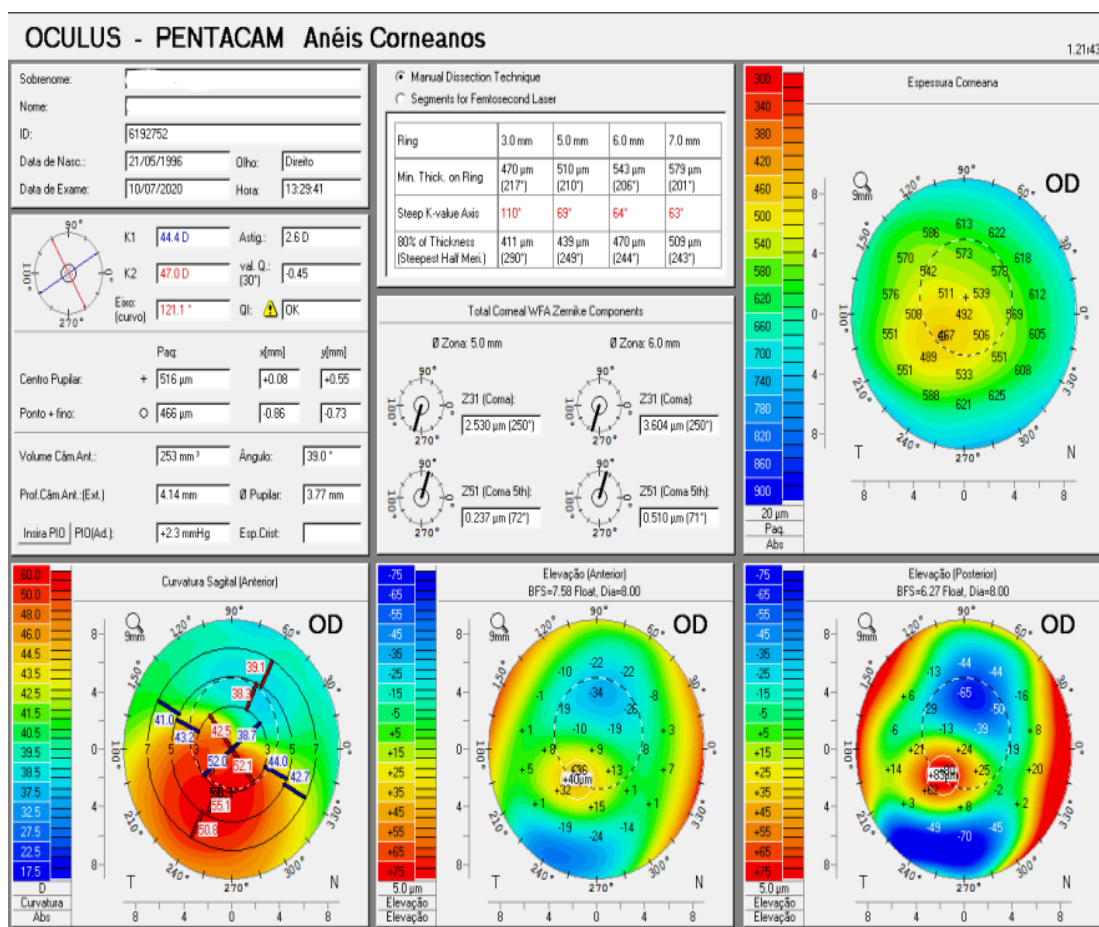


Figura 8. *Display* Anéis Corneanos.
 Fonte: Próprio autor.

Nessa tela, é possível encontrar uma informação específica sobre aberrações na frente de onda da córnea, tendo em vista que alguns nomogramas dependem disso para classificar com precisão o ceratocone antes da decisão do anel. A quantidade e o eixo da terceira e da quinta

ordem de coma da pirâmide Zernike para a zona de 5 e 6 mm é exibida (MOHAMMADPOUR; HEIDARI, 2021).

2.1.7 Tratamento

2.1.6.1 Tratamento clínico

Existem dois pilares no tratamento do ceratocone: a reabilitação visual e a estabilização da doença. Em se falando de melhora visual, quando a acuidade visual com óculos não é mais satisfatória, o uso de lentes de contato se faz necessário. Essa é a terapêutica utilizada em 65% a 95% dos pacientes com ceratocone (RABINOWITZ, 1998).

As lentes de contato rígidas são capazes de promover melhora visual muito importante nos casos de ceratocone. Em comparação com as lentes gelatinosas, elas se apresentam de forma mais eficaz, uma vez que substituem a superfície irregular da córnea e neutralizam as aberrações ópticas e as distorções da superfície corneana anterior, favorecendo melhora importante da acuidade visual, mesmo nos casos de ceratocones mais avançados (SCHIRMBECK *et al.*, 2005).

Habitualmente, as lentes gelatinosas oferecem maior ganho visual nos pacientes portadores de ceratocone de grande diâmetro do que naqueles com ceratocone central de pequeno diâmetro. As lentes gelatinosas tóricas são mais bem adaptadas nos cones centrais, possivelmente por ter a córnea, com este tipo de cone, uma configuração mais semelhante ao desenho padrão da lente de contato, facilitando o posicionamento e a estabilidade do eixo (KOLIOPOULOS; TRAGAKIS, 1981).

Com a evolução da doença, a protusão apical da córnea se torna mais acentuada e, conseqüentemente, a adaptação e a tolerância às lentes de contato diminuem. Diante desse quadro, é possível recorrer ao sistema *piggy back*, que consiste em adaptar uma lente de contato gelatinosa abaixo da lente rígida, possibilitando uma melhor adaptação (KOLIOPOULOS; TRAGAKIS, 1981, TSUBOTA *et al.*, 1994).

As lentes de contato esclerais, inicialmente, eram confeccionadas com polimetilmetacrilato (PMMA). A principal limitação do uso destas lentes era a hipóxia da córnea, entretanto, recentemente, ao se modificar o material

dessas lentes, elas voltaram a ser utilizadas com sucesso, visto que a hipóxia induzida por elas reduziu significativamente. Essas lentes, além de serem muito mais confortáveis que as lentes rígidas, vêm possibilitando a melhora da acuidade visual, mesmo em cones muito avançados, lançando-se como alternativa não cirúrgica para alguns pacientes que tem como única opção o transplante de córnea (LIPENER; LEAL, 2004).

Devemos pontuar que as lentes de contato não interferem na progressão da doença, apenas auxiliam no reestabelecimento visual do paciente, podendo até mascarar uma possível evolução, já que com o uso das mesmas o paciente não percebe a piora visual normalmente associada à progressão. Portanto usuários de lente de contato devem ser acompanhados com tomografias periódicas para que se caso faça necessário o tratamento complementar para estabilização seja indicado (ROCHA *et al.*, 2021).

2.1.6.2 Tratamento cirúrgico

Na maioria dos casos, a cirurgia para tratamento de ceratocone é indicada quando o tratamento clínico (óculos e lentes de contato) não é mais satisfatório para melhora da acuidade visual. Adicionalmente, a cirurgia pode ser indicada para evitar a progressão da doença (LOPES; PINTO; SOUSA, 2015).

o Crosslinking de colágeno é utilizado com o objetivo de retardar ou parar a progressão do ceratocone (WITTIG-SILVA *et al.*, 2014). O procedimento consiste na irradiação da córnea com luz ultravioleta (UVA) após remoção do epitélio e aplicação tópica de riboflavina (vitamina B2) com o intuito de aumentar a rigidez do estroma corneano (WOLLENSAK; SPOERL; SEILER, 2003).

Em situações em que há documentada progressão do ceratocone e se deseja reduzir a irregularidade corneana o implante de anel intraestromal pode ser uma opção. O anel tem o poder de aplanar a córnea central, reduzindo o astigmatismo e regularizando a córnea, com consequente melhora da acuidade visual. Estudos de acompanhamento a longo prazo com pacientes intolerantes ao uso de lentes de contato têm demonstrado

estabilização do ceratocone após o implante do anel. (KWITKO; SEVERO, 2004; KYMIONIS *et al.*, 2007).

A modificação das forças de estresse corneano provocadas pelo implante de anel, somadas ao fato do paciente ter sido submetido a um procedimento cirúrgico, que possivelmente o inibem a friccionar os olhos, são possivelmente os principais motivos de muitos pacientes não progredirem mais pós implante de anel intraestromal (ARAUJO, 2018).

Estudo realizado recentemente que avaliou a progressão do ceratocone pós implante de anel, analisou 34 olhos de pacientes entre 9 e 30 anos acompanhados durante 5 anos, o estudo mostrou que a idade pode ser um fator importante quando se considera o implante de anel intraestromal em paciente com história desconhecida de progressão da doença. Em pacientes mais jovens com formas mais agressivas da doença, houve tendência que a ectasia evoluísse após o procedimento, no entanto, em pacientes mais velhos, acima de 21 anos, foi observado que não houve progressão após a cirurgia (ARAUJO, 2018).

O transplante de córnea foi, no passado, o único procedimento cirúrgico para tratamento do ceratocone e continua sendo a melhor opção em casos de cicatrizes corneanas pós-hidropsia (LOPES; PINTO; SOUSA, 2015).

A indicação mais comum de ceratoplastia penetrante é o ceratocone, responsável por 25% de todas as indicações. O índice de transparência do botão após o transplante penetrante é de 90%, porém o astigmatismo gerado pela intervenção pode limitar o prognóstico visual final (COSAR *et al.*, 2002; MARCOMINI *et al.*, 2011).

O transplante penetrante envolve alguns riscos. Entre os principais, podem ser citados os seguintes: rejeição do enxerto, danos intraoculares (íris e cristalino), astigmatismo pós-operatório e recidiva do ceratocone no botão transplantado. No entanto, essas complicações têm sido reduzidas significativamente nos últimos anos em decorrência da melhoria das técnicas (MASCARO *et al.*, 2007).

O transplante lamelar profundo vem sendo uma alternativa para diminuir o risco de falência do transplante penetrante devido à rejeição

endotelial, pois o endotélio transplantado é o maior alvo de reação imunológica. Entretanto, o transplante lamelar tem como principais desvantagens as dificuldades técnicas e uma possível opacidade de interface quando o estroma residual (do receptor) tem espessura maior que 100 micra (FRANCESCONI *et al.*, 2001). As principais complicações relacionadas ao ato cirúrgico são perfuração da córnea no intraoperatório, pseudocâmara anterior e proliferação na interface (FERNÁNDEZ; ALBERTAZZI, 2010).

Na década de 1980, um tratamento para afacia e ceratocone com epiceratoplastia prosperou em decorrência de suas características simples, eficazes e reversíveis. Este procedimento era realizado a partir de lenticulas obtidas de córneas do Banco de Olhos cortadas com uso de câmara artificial e o conjunto Barraquer-Krueich-Swinger. A lenticula era posteriormente suturada com sutura de torque duplo (KRUMEICH; DANIEL; KNÜLLE, 1998). O objetivo principal da epiceratoplastia é fornecer a córnea ectásica um suporte mecânico permanente. Relatos na literatura nos mostram melhora satisfatória na acuidade visual destes pacientes somado a redução do astigmatismo e equivalente esférico, permitindo melhor adaptação às lentes de contato (DING; YU, 2018). Resultados animadores foram descritos em pacientes que fizeram epiceratoplastia com taxa de sucesso do procedimento de 93%, com melhora da acuidade visual não corrigida de todos os pacientes e 83% dos pacientes com acuidade visual pós operatória de 20/40 ou melhor após 12 meses de cirurgia (UUSITALO; LEHTOSALO; KLYCE, 1989).

Com o advento do laser de fentose segundo o implante de lenticula corneana se tornou mais seguro e previsível, mostrando muitas outras vantagens como: pequenas incisões, excelente acurácia, melhores resultados refrativos, menos astigmatismo induzido e baixo risco de infecção, tornando uma possibilidade alternativa para casos de pacientes jovens com córnea muito fina no trajeto do anel, sem opacidades que tinham como única opção o transplante de córnea (ALMODIN *et al.*, 2018).

Mais recentemente, o transplante da camada de *Bowman* vem sendo introduzido como uma opção para tratamento de ceratocones

avançados, com o objetivo de permitir a readaptação com lentes de contato em pacientes que já eram intolerantes evitando a necessidade do transplante de córnea. Estudo realizado em olhos submetidos ao procedimento que apresentavam evolução documentada da doença, $K_{\text{máx}} > 67D$ e $AVCC < 20/60$, mostrou que a técnica é eficaz e segura já que após a cirurgia a adaptação das lentes de contato se mostrou viável em todos os pacientes, que passaram a ter uma AVCC melhor com o uso das lentes associada a uma estabilização da doença, com a vantagem de não envolver riscos de rejeição já que o tecido transplantado é acelular (APARKER; VAN DIJK; MELLES, 2015).

Até a última década do século XX, o transplante de córnea era a única alternativa para tratamento do ceratocone. No início do século XXI, o implante do anel intraestromal foi introduzido como uma alternativa para tratar a doença. A partir daí, inúmeros artigos vêm sendo publicados reportando-se aos benefícios do implante do anel intraestromal para tratamento do ceratocone e de doenças ectásicas.

2.1.6.2.1 Anel intraestromal no ceratocone

Os implantes intracorneanos surgiram na década de 1950 e foram idealizados por Barraquer com o objetivo de evitar os inconvenientes da cicatrização e da elasticidade da córnea, principais obstáculos à previsibilidade e à estabilidade dos procedimentos refrativos. Embora os resultados fossem satisfatórios, as órteses eram frequentemente extruídas. Na época, Barraquer descreveu a "Lei da Espessura Barraquer", que determinava o comportamento da córnea quando submetida à cirurgia refrativa. Seu postulado diz que, quando o tecido é adicionado à periferia da córnea ou removido de seu centro, ocorre o aplanamento da córnea. Por outro lado, quando o tecido é adicionado ao centro da córnea ou removido de sua periferia, ele se encurva. A primeira citação de implantes de anéis corneanos na literatura é referida ao livro publicado por Barraquer em 1989 (MONER *et al.*, 1989).

Em 1966, Blavatskaya realizou várias experiências em coelhos para estudar os efeitos refrativos induzidos pelos implantes corneanos. Na época,

foi demonstrado que a correção obtida mediante a implantação dos anéis estava diretamente relacionada à sua espessura e inversamente relacionada ao seu diâmetro. Logo, os anéis de menor diâmetro e de maior espessura produzem maior correção (MONER *et al.*, 1989).

Em 1986, iniciaram-se, no Brasil, os estudos com implante de anel intraestromal, atualmente conhecido como Anel de Ferrara. O oftalmologista brasileiro Paulo Ferrara de Almeida Cunha realizou estudos em animais com anéis de PMMA de diâmetro reduzido com o objetivo de utilizá-los na correção da alta miopia. Após a fase experimental em animais, passou a implantá-los em olhos humanos cegos. Em 1991, o primeiro anel Ferrara foi implantado em um paciente amblíope, utilizando a técnica de ceratectomia parcial com um microcerátomo. Os resultados desse estudo foram apresentados, em 1994, no Congresso Internacional, realizado em São Paulo, Brasil (FLEMING; LOVISOLO, 2000).

A fim de evitar a manipulação da zona óptica, foi desenvolvida, em 1994, a técnica do túnel estromal para implante de anel, que é extremamente segura, eficaz e reprodutível. Nessa época, o anel passou por sua primeira modificação, tornando-se um arco de 355 graus de comprimento. Em 1995, foi implantado o primeiro segmento de anel Ferrara utilizado em um paciente com transplante de córnea após ceratotomia radial. O paciente tinha sido indicado para um novo transplante de córnea para corrigir o astigmatismo irregular. Um anel foi, então, implantado, produzindo resultados satisfatórios, proporcionando correção de ametropia e mostrando perfeita tolerância corneana ao implante. Com os encorajadores resultados da implantação do anel de Ferrara e ante a tolerabilidade da córnea ao implante, o procedimento passou a ter a segurança necessária para ser aplicado em pacientes com ceratocone. Por conseguinte, em 1996, Dr. Paulo Ferrara decidiu dar início ao implante de anel de Ferrara em pacientes com ceratocone intolerantes a lentes de contato, que estavam aguardando para serem submetidos ao transplante da córnea (CUNHA, 1995).

Tradicionalmente, a cirurgia de anel intraestromal é indicada para postergar ou até mesmo evitar um transplante de córnea em casos nos quais a reabilitação visual não é mais possível pelos métodos tradicionais

(óculos e lentes de contato). Atualmente, as evidências científicas permitem caracterizar o anel intraestromal como uma solução eficaz aos pacientes cuja última alternativa é o transplante de córnea (BENIZ *et al.*, 2016).

As principais indicações do implante de anéis intracorneanos são em pacientes com ceratocone que apresentem evidências clínicas e topográficas de progressão da doença, como piora progressiva da acuidade visual e aumento da curvatura corneana, ou em pacientes com baixa acuidade visual com óculos e intolerantes ao uso de lentes de contato. Outras indicações são alto astigmatismo após transplante de córnea (COSCARELLI *et al.*, 2012), ectasia após excimer *laser* (STIVAL *et al.*, 2015) e degeneração marginal pelúcida (SOARES, 2016).

Entre as contraindicações, citam-se pacientes com opacidades corneanas, hidropsia, pacientes com atopia severa, os quais devem ser tratados antes da cirurgia, pacientes com qualquer processo infeccioso local ou sistêmico e pacientes com córnea muito fina no trajeto do anel (FERRARA; TORQUETTI, 2009).

Complicações foram observadas na primeira geração do segmento do anel intraestromal de Ferrara (ICRS), com segmentos de 355 graus de arco, visto que a proximidade das pontas no segmento à incisão impedia a cicatrização, resultando na extrusão do segmento em muitos casos. Esses problemas levaram ao desenvolvimento da segunda geração dos segmentos de anéis de Ferrara, com segmentos menores, que poderiam ser implantados isoladamente ou em pares. Tais segmentos foram implantados a partir da criação de duas incisões opostas uma à outra. A implantação simétrica do anel intraestromal mostrou que, além de aplanar a córnea, reduziu o astigmatismo corneano e refracional. Embora o implante do anel de Ferrara tenha se apresentado com pouca previsibilidade, os resultados foram estáveis, e os pacientes operados apresentaram bom desempenho visual. A terceira geração da Ferrara (ICRS) apresentou alguma melhora, como uma superfície polida e a inclusão de um orifício no final do segmento (CUNHA, 1995).

Após experimentos com uma gama de formas e diâmetros anulares, foi encontrada a melhor prótese a ser utilizada atualmente, ou seja, um anel

de PMMA de 5,0 mm de diâmetro, com comprimento de arco variando de 90 a 320 graus e espessura entre 150 e 300 micra (μm). Diferentes modelos e comprimentos de arco do segmento de anel intraestromal corneano estão disponíveis atualmente.

O aperfeiçoamento da técnica cirúrgica e o conhecimento sobre o mecanismo de ação da ICRS permitiram o desenvolvimento de nomogramas baseados em análises estatísticas. No primeiro nomograma de anel Ferrara (1997–2002), somente o estágio do ceratocone foi considerado para a escolha do anel, conforme tabela abaixo (Tabela 2), entretanto a reprodutibilidade era baixa e, em muitos casos, obtinham-se hiper ou hipocorreções. Alguns casos de extrusão foram observados em pacientes com ceratocone grau IV, uma vez que, nessas ocorrências, as córneas eram mais finas e segmentos mais espessos tendiam a extrair, devido à quantidade insuficiente de estroma anterior ao anel (MOREIRA *et al.*, 2002).

Tabela 2. Nomograma anel de Ferrara primeira geração.

Quadro 1. Nomograma para escolha da espessura do anel	
Espessura do anel (em micra)	Grau evolutivo do ceratocone
200	I - até 45 D
250	II - de 45 a 52 D
300	III - de 52 a 60D
350	IV - acima de 60D

Fonte: MOREIRA *et al.*, 2002.

O nomograma de segunda geração (2002–2006) levou em conta a distribuição da área ectásica e o equivalente esférico para a escolha do anel. Por conseguinte, os implantes de segmentos mais grossos foram indicados para pacientes com altos valores de equivalentes esféricos. Contudo, em vários casos de ceratocone, a miopia e o astigmatismo podem não ser causados especificamente pela ectasia, mas sim por um aumento do comprimento axial do olho (miopia axial). Em tais casos, observou-se que implantes de segmentos grossos resultaram em hipercorreção, quando segmentos mais finos teriam sido idealmente adequados em seu lugar.

Na terceira geração do nomograma do anel de Ferrara (2006–2009), a seleção do anel depende da espessura da córnea, do astigmatismo topográfico e da distribuição da ectasia corneana. A cirurgia passa a ser considerada um procedimento ortopédico, e a refração não desempenha um papel importante nesse nomograma. Para padrões simétricos de ectasia, dois segmentos iguais são indicados; para padrões assimétricos, é indicado um único segmento, ou dois com espessuras diferentes. É importante destacar que a espessura do segmento não pode exceder 50% da espessura da córnea ao longo do percurso da ICRS (TORQUETTI; BERBEL; FERRARA, 2009).

Ao ser utilizado esse nomograma de terceira geração, verificou-se frequentemente a ocorrência de aplanamento significativo da córnea em alguns pacientes com acuidade visual com e sem correção não satisfatórias. Nesses casos, observou-se que a córnea estava oblada (valores Q positivos) no período pós-operatório, o que poderia explicar a significativa "falta de melhora" em alguns casos (KOLLER *et al.*, 2006; TORQUETTI; FERRARA, 2010).

Essas descobertas encorajaram o estudo do valor que era modificado na asfericidade (Q) de acordo com cada espessura de anel implantado (seja em segmentos simples ou pareados). Surpreendentemente, foi observada uma correlação bastante direta entre a espessura do anel e a alteração do valor Q, ou, mais precisamente dito, quanto mais espesso era o anel implantado, mais expressivo era o aumento do Q (TORQUETTI; FERRARA, 2010).

A partir desse achado, surgiu a quarta geração do nomograma do anel de Ferrara (2009–2018), na qual a seleção do anel é realizada de acordo com três fatores: 1) tipo de ectasia, 2) asfericidade corneana e 3) paquimetria corneana no local da incisão e no trajeto do anel. O procedimento visa aproximar o mais possível a asfericidade corneana de seu valor normal ($-0,23 \pm 0,0817$) (TORQUETTI; FERRARA, 2010). Para determinar o valor de Q resultante de acordo com a espessura do segmento implantado, foi utilizada a seguinte equação: $Q \text{ Pré-operatório} - Q \text{ induzido pelo segmento implantado} = -0,23$ (gráfico 1).

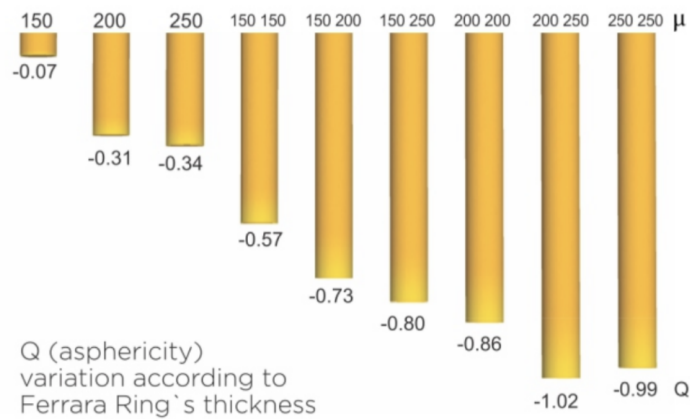


Gráfico 1. Correlação do segmento ou par de segmento a ser implantado com a asfericidade a ser corrigida.
Fonte: Ferrara Ophthalmics.

Em 2018, começou-se a utilizar o mapa de elevação posterior no Pentacam®, para auxiliar na classificação morfológica do ceratocone. Esse nomograma é o utilizado atualmente.

2.2 NOMOGRAMA ATUAL ANEL DE FERRARA

Normalmente, a curvatura central da córnea é maior que a periférica. A forma habitual da córnea é uma elipse prolada (Figura 09), que consiste em uma curvatura maior no centro com aplanamento progressivo na periferia. No perfil inverso, quando a córnea é mais plana no centro e vai se tornando mais curva na periferia, tem-se um perfil oblado (Figura 10). (COLIN *et al.*, 2000).

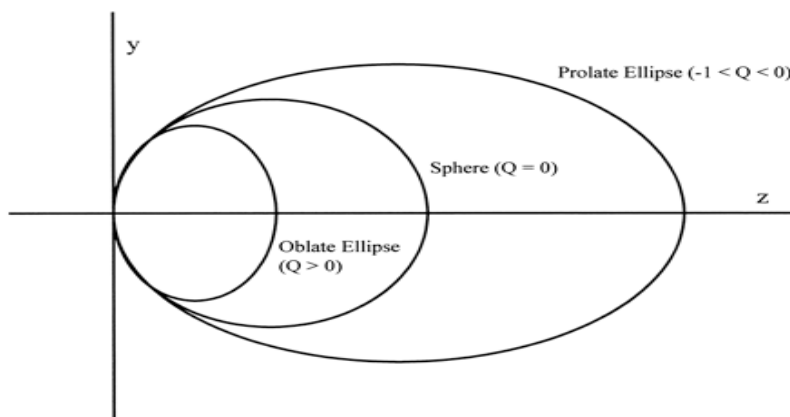


Figura 09. Figura ilustrativa da superfície oblada e prolada.
Fonte: Ferrara Ophthalmics

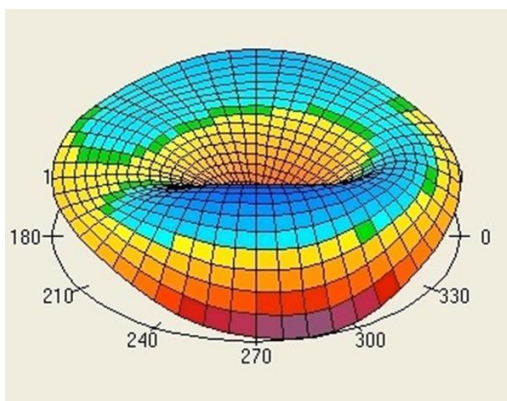


Figura 10. Superfície oblada.
Fonte: Ferrara Ophthalmics

A maioria dos estudos mostra que a asfericidade normal da córnea humana tem uma variação de -0,01 a -0,80, mas o valor mais comumente aceito em adultos jovens é de -0,23. Estudo realizado mostrou que existe uma correlação positiva entre a asfericidade próxima a normal com a qualidade de visão. Como o implante do anel resulta em um aplanamento corneano, a cirurgia é capaz de modificar o formato da córnea e, por conseguinte, a asfericidade, proporcionando melhor qualidade visual ao paciente (TORQUETTI; FERRARA, 2010).

O estudo supracitado foi muito importante para a criação do novo nomograma baseado na asfericidade, tendo em vista que estabeleceu uma média de valores de variação da asfericidade corneana (Q), após o implante de cada espessura de anel. Esses dados podem ser usados para indicar uma previsão da asfericidade final após implante de cada segmento. O plano cirúrgico consiste, então, em implantar um ou dois segmentos que possam modificar a asfericidade para valor próximo do normal de -0,23. Esse estudo mostrou haver uma relação direta entre a modificação da asfericidade e a espessura do anel implantado (TORQUETTI; FERRARA, 2010).

O anel de Ferrara apresenta as seguintes características: diâmetro interno de 4.4 mm e externo de 5.6 mm; formato triangular de base plana; principais espessuras de 150, 200 e 250 micra e principais comprimentos de arco de 140, 160, 210 e 320 graus. Os segmentos podem ser implantados isoladamente ou em pares, de acordo com o indicado pelo nomograma

(SIGANOS *et al.*, 2002). Quanto menor o comprimento de arco do segmento, maior será a redução do astigmatismo e menor será a modificação da asfericidade; quanto maior for o comprimento de arco, maior será o aplanamento corneano, conseqüentemente, maior será a correção da asfericidade, porém com mínima alteração astigmática (FERRARA; TORQUETTI, 2009) (Figura 11).

	Q	K	Cyl
140° (arc)	↑	↓	↓↓↓
160° (arc)	↑↑	↓↓	↓↓
210° (arc)	↑↑↑	↓↓↓	↓
320° (arc)	↑↑↑	↓↓↓	↓↓

Figura 11. Relação das modificações da asfericidade (Q), ceratometria (k) e astigmatismo (cyl), de acordo com o tamanho de segmento de arco implantado.

Fonte: Ferrara Ophtalmics.

Mais recentemente, o conceito de elevação posterior foi introduzido no nomograma da asfericidade para auxiliar na diferenciação dos tipos de ceratocone e, conseqüentemente, auxiliar na escolha do anel a ser implantado.

No estudo publicado sobre os resultados do anel de 320 graus, verificou-se que esse segmento diverge um pouco da regra, no sentido da correção astigmática, visto que foi observado que, apesar de ser um segmento de arco maior, ele corrige mais astigmatismo que o segmento de 210 graus de arco (TORQUETTI *et al.*, 2018).

Relativamente à escolha do segmento a ser implantado baseado na asfericidade, astigmatismo e elevação posterior, mencionam-se:

1. Ceratocone tipo *Nipple*

Os cones tipo *Nipple* são aqueles localizados na região central da córnea, que habitualmente apresentam alta ceratometria, asfericidade bastante negativa e baixo astigmatismo. No mapa de elevação posterior

desse tipo de ceratocone, visível na figura abaixo, pode-se observar a imagem em “lago” (Figura 12). O anel mais indicado nesses casos é o de 210 graus de arco ou o de 320 graus de arco. A escolha da espessura do segmento é feita de acordo com a asfericidade a ser corrigida, levando também em consideração o astigmatismo a ser corrigido, a fim de se definir entre o anel de 210 graus e o anel de 320 graus de arco. (TORQUETTI; BERBEL; FERRARA, 2009). Atualmente, utiliza-se, com maior frequência, o implante do anel de 320 graus, em vez do segmento de 210 graus de arco, nos casos de ceratocone do tipo *nipple*, em três situações: quando se almeja corrigir um maior componente esférico; quando a asfericidade é mais negativa que $-1,1$; ou quando o astigmatismo é maior que $3,00$ D.

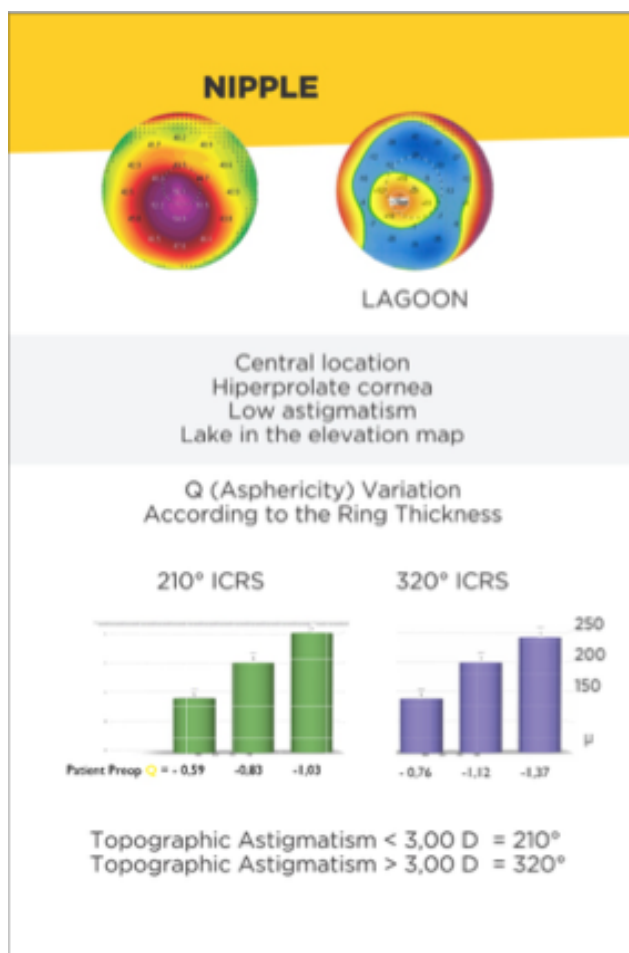


Figura 12. Mapa de elevação de ceratocone classificado com Nipple.
Fonte: Ferrara Ophtalmics.

2. Ceratocone Oval

Os ceratocones ovais são os mais comuns, podendo ser assimétricos, localizados mais comumente na região temporal da córnea, ou simétricos (tipo *bow-tie*) (Figura 13). Esses tipos de cones cursam com valores moderados de ceratometria, astigmatismo e asfericidade. Nesses casos, o segmento de escolha é o de 160 graus, por corrigir moderadamente os valores de asfericidade, ceratometria e astigmatismo. Nos cones ovais, a escolha da espessura e da quantidade de segmentos a serem implantados é feita de acordo com a asfericidade a ser corrigida (BONNEL *et al.*, 2013). Nos casos de ceratocones muito avançados, em que a asfericidade corneana é mais negativa que -1,3, o segmento mais indicado é o de 320 graus de arco, vez que, nesse caso, dois segmentos de 160 graus hipocorrigiriam a asfericidade.

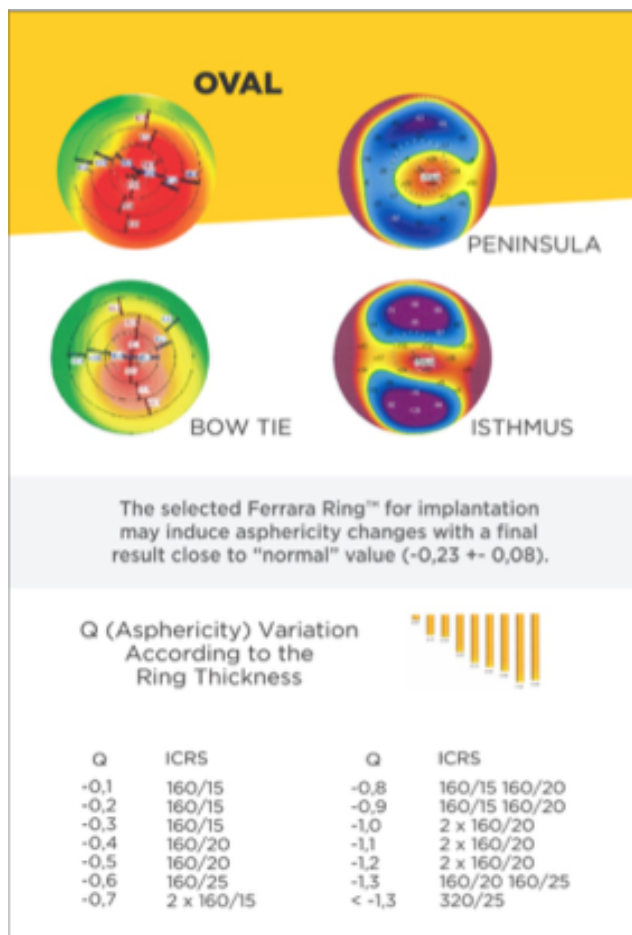


Figura 13. Ceratocone Oval
Fonte: Ferrara Ophtalmics.

3. Ceratocone tipo astigmático

Mais recentemente, Fernandez e Albertazzi classificaram como cones astigmáticos aqueles cones centrais, que se assemelham aos cones do tipo *nipple*, uma vez que cursam com alta ceratometria e asfericidade bem negativa, diferenciando-se por cursarem com alto astigmatismo (ALBERTAZZI, 2010). Como esse tipo de ceratocone cursa com alto astigmatismo, a escolha do anel é realizada de acordo com o astigmatismo a ser corrigido. Excelentes resultados são obtidos com o implante de dois segmentos de anéis de 140 graus de arco (Figura 14) (SOARES, 2016). Nas ocorrências de cone astigmático em que se observa astigmatismo menor que 6.0 D, é recomendado priorizar a correção da asfericidade. Nessas situações, o implante de um segmento de 320 graus de arco seria mais recomendado. Casos em que o astigmatismo é maior que 6,00 D devem ser analisados de maneira individualizada. Quando o principal objetivo é o aplanamento ou a correção do componente miópico, o melhor é priorizar o anel de 320 graus de arco. Quando o propósito é a diminuição do astigmatismo, deve-se priorizar o implante de dois segmentos de 140 graus de arco. A análise do olho contralateral se torna muito importante, com a finalidade de evitar casos de anisometropia importante, inviabilizando, por exemplo, o uso dos óculos.

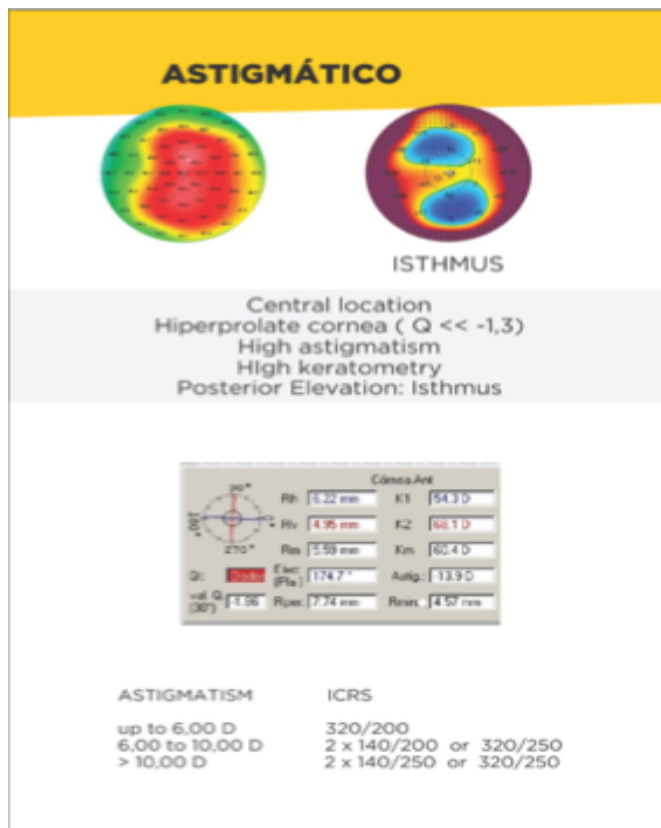


Figura 14. Ceratocone astigmático com suas características tomográficas.
Fonte: Ferrara Ophtalmics.

4. Ceratocone tipo Degeneração Marginal Pelúcida LIKE

Em casos de degeneração marginal pelúcida (Figura 15), que cursam com alto astigmatismo, ceratometria baixa e asfericidade próxima a zero ou até positiva, os segmentos de tamanhos de arco menores são mais indicados, na medida em que corrigem de maneira mais incisiva o astigmatismo e pouco alteram a asfericidade e a ceratometria (RUCKHOFER *et al.*, 2003; SOARES, 2016).

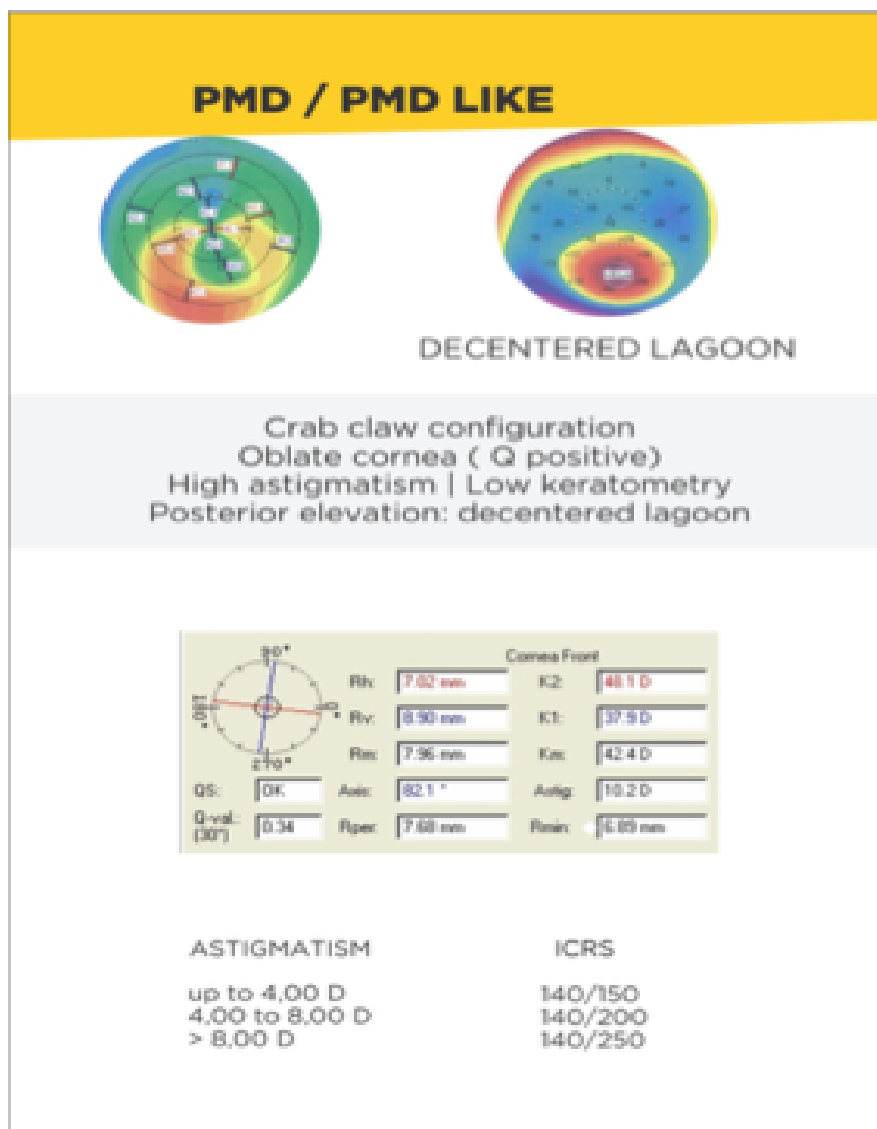


Figura 15. Pelúcida LIKE com suas características tomográficas.
 Fonte: Ferrara Ophtalmics.

Atualmente estão disponíveis, comercialmente, vários modelos de segmentos de anéis corneanos, com diferentes características. Em trabalho recente, Vega-Estrada revisou os principais modelos de anel corneano, a saber (VEGA-ESTRADA; ALIO, 2016):

INTACS®: seu modelo tradicional apresenta o maior diâmetro interno entre todos os modelos (6,77 mm de diâmetro interno e 8,10 de diâmetro externo). Foi desenvolvido inicialmente visando à correção de baixa miopia (de 1 a 4 D). Para correção do ceratocone, foi desenvolvido o modelo SK (*severe keratoconus*), com diâmetro interno menor (6 mm). Tem formato hexagonal e espessura variável de 0,25 a 0,35 mm;

CornealRing®: apresenta secção transversal arredondada, com o objetivo de causar menor lesão ao estroma adjacente. Sua base é inclinada, para promover melhor adaptação entre as lamelas estromais, as quais também apresentam uma inclinação no local de implante do anel;

Keraring®: modelo com 5 mm de zona óptica que apresenta secção transversal aproximadamente triangular. Tem base plana em todos os modelos e possui diâmetro interno de 5 mm e diâmetro externo de 6 mm;

Anel de Ferrara®: modelo com 5 mm de zona óptica que apresenta base plana e secção triangular. Apresenta o diâmetro interno de 4.4 mm e o diâmetro externo de 5.6 mm.

Com o intuito de viabilizar maior segurança, foi introduzido o anel de 320 graus de arco (320-ICRS; AJL Ophthalmics, Vitoria, Spain). O objetivo da criação foi manter os excelentes resultados registrados com os anéis de arco longo, em relação ao aplanamento, além de garantir uma maior segurança, minimizando consideravelmente as complicações, em especial aquelas relacionadas à proximidade do anel da incisão. Por ser um anel de arco longo, com um diâmetro menor, implantado na zona óptica de 5 mm, ele promove um aplanamento mais significativo que os segmentos menores. De acordo com estudo multicêntrico publicado, mostrou-se muito eficaz nas situações em que o objetivo é promover um maior aplanamento corneano, como nos casos de ceratocones avançados, com curvaturas mais acentuadas, principalmente quando se trata de ectasias localizadas na região central da córnea (TORQUETTI *et al.*, 2018; ROCHA *et al.*, 2020).

2.3 ANEL INTRA ESTROMAL PARA CERATOCONE EM ESTÁGIO AVANÇADO

Quando o ceratocone atinge um estágio no qual a correção com óculos não é mais possível, o paciente não mais tolera o uso de lentes de contato e a acuidade visual reduz para níveis inaceitáveis, conclui-se que este paciente tem um ceratocone avançado independentemente da classificação a ser considerada. O recurso tradicional para esses casos era

o de proceder com transplante lamelar (DALK) ou penetrante (PK). Todavia, diante de potenciais complicações relacionadas ao procedimento, o transplante tem sido reservado como último recurso para tratamento da doença (PARKER; VAN-DIJK; MELLES, 2015).

O implante de anel intraestromal tem como principais indicações casos de piora documentada da ectasia, melhora da performance visual do paciente com visão não satisfatória, apesar dos métodos de correção tipicamente utilizados, como óculos e lentes de contato, ou quando o paciente, mesmo atingindo uma boa acuidade visual com as lentes de contato, passa a não mais tolerá-las, o que é comumente observado nos casos de ceratocone com curvaturas corneanas muito acentuadas (AMBRÓSIO JÚNIOR *et al.*, 2019).

Com a cirurgia de implante de anel, pacientes com ceratocone que já não toleravam mais as lentes de contato rígidas poderiam passar a tolerar; pacientes que já tinham uma acuidade visual não satisfatória com as lentes rígidas ou esclerais poderiam apresentar, com esse tratamento adicional, uma melhora – além da possibilidade de associar-se a outras técnicas, como o CXL, em caso de progressão, se mostrando uma opção real para postergar ou evitar a necessidade de um transplante de córnea (BENIZ *et al.*, 2016).

A cirurgia de implante de anel intraestromal inicialmente era indicada para casos de ceratocone com curvatura muito acentuada que tinham como única opção o transplante de córnea. Muitas complicações relacionadas a curva de aprendizado e as dificuldades da técnica, que frequentemente resultavam em uma implantação superficial do anel intraestromal, somada ao fato de utilizarem segmentos muito espessos para córneas muito finas desencorajaram o seu uso em casos mais avançados (MOREIRA *et al.*, 2002).

Com avançar da técnica, a utilização do implante de anel intraestromal para casos moderados, passou a ser realizada trazendo ótimos resultados e baixos índices de complicações desencorajando o implante em olhos com valores de K máx > 60 D, dado que curvaturas maiores poderiam

estar associadas a piores resultados visuais e maiores complicações, como extrusão (ALFONSO *et al.*, 2011b).

É possível encontrar na literatura muitos estudos mostrando os resultados do implante de anel em casos avançados de ceratocone, mas todos limitando a indicação para pacientes com curvaturas abaixo de 60D (ALFONSO *et al.*, 2011b; KHAN; INJARIE; MUHTASEB, 2012; ABD *et al.*, 2018). Com advento do laser de fentosegundo, a técnica para implante de anel tem se tornado mais segura e mais previsível, diminuindo consideravelmente o índice de complicações. (COIMBRA *et al.*, 2012)

Estudo com o anel Keraring de 355 graus de arco em 30 olhos com ceratocone avançado (grau III na escala de Amsler e K2 < 62 D), mostrou significativa redução da curvatura corneana, melhora da irregularidade e da AVCC e AVSC. A redução do K1 foi de 7,6D, do K2 de 11 D e do K máx de 8,6D. O implante foi realizado com laser VISUMAX e foram observados 3 casos de extrusão (ABD *et al.*, 2018).

Outro estudo com anel de 355 graus implantados em ceratocones centrais tipo nipple, mostrou que todos os pacientes ficaram satisfeitos com o resultado proporcionado pela cirurgia e todos concordaram em fazer a cirurgia no outro olho. Apesar de neste estudo nenhuma complicação tenha sido relatada mostrando ser um procedimento eficiente e minimamente invasivo para melhora da acuidade visual em pacientes com ceratocone tipo *nipple* (JADIDI *et al.*, 2015), complicações relacionadas a extrusão e vascularização, assim como infecção em decorrência da proximidade das extremidades do anel de 355 graus à incisão, passaram a ser relatadas levando a necessidade de explantar o anel. Em decorrência disso foi desenhado um segmento de 340 graus de arco que diminuiu notavelmente as complicações (VALENZUELA *et al.*, 2016).

Estudo realizado com implante de anel intraestromal tipo INTACS em 31 olhos com ceratocone moderado a avançado em que foram incluídos pacientes com K médio < 53D, mostrou aplanamento de mais de 12 D em alguns casos, com uma diminuição do K méd de 52 D para 46 D, melhora significativa da AVCC e da AVSC. Todos os pacientes passaram a tolerar lente de contato no pós-operatório. Não houve complicações

intraoperatórias, porém seis pacientes tiveram o anel extruído no pós-operatório. É preciso considerar que as cirurgias foram realizadas com a técnica manual (KHAN; INJARIE; MUHTASEB, 2012).

Em outro estudo com 14 olhos submetidos a implante de INTACS em olhos com ceratocone avançado, em que foram incluídos pacientes com K méd < 53D, observou-se melhora significativa na AVCC e na AVSC, diminuição significativa da ceratometria média, redução do K méd de 53 D para 49 D. O estudo mostrou 100% de segurança, já que não houve complicações. Nenhum paciente teve extrusão do anel e mais de 60% passaram a tolerar lentes de contato, mostrando-se uma boa alternativa para casos de ceratocone avançado (SHETTY *et al.*, 2008).

É preciso pontuar algumas limitações que precisam ser consideradas para a indicação do implante do anel intraestromal em ceratocone com curvaturas mais acentuadas. Entre elas, a córnea fina no trajeto do anel < 300 micra. Córneas com afinamento severo no trajeto do anel são inelegíveis, uma vez que parecem experimentar piores resultados e mais complicações, especialmente se o afinamento estiver situado inferiormente coocidindo com o trajeto do anel. Nesses casos, existe uma maior tendência de um posicionamento superficial do anel, com maior probabilidade de ruptura epitelial, ceratite infecciosa e extrusão. Por esse motivo, os pacientes com ceratocone avançado que teriam melhor indicação para implante de anel seriam aqueles com ceratocone mais central, que apresentam maior afinamento no centro fora do trajeto do anel (PARKER; VAN-DIJK; MELLES, 2015).

Em se tratando de eficácia do implante de anel intraestromal, é muito importante que se evidencie a diferença entre uma cirurgia refrativa e uma cirurgia terapêutica. O objetivo da correção visual refrativa eletiva é reduzir a dependência de óculos ou lentes de contato, sendo a ametropia residual e a acuidade visual sem correção as métricas mais importantes para o sucesso, juntamente com a satisfação do paciente (MANNIS; SEGAL; DARLINGTON, 2001).

Por outro lado, os procedimentos terapêuticos não devem visar primariamente à visão sem correção. Enquanto esses resultados são

desejáveis, deve ser considerado sucesso o reestabelecimento da visão funcional corrigida com óculos ou lentes de contato. Dessa forma, um resultado considerado como de sucesso para um procedimento terapêutico pode revelar-se com um péssimo resultado ou mesmo um verdadeiro desastre em um paciente que se apresentou originalmente para cirurgia refrativa eletiva.

A insatisfação com a visão pode ser muito variável entre os pacientes. Sendo assim, a abordagem individualizada de cada caso e as orientações aos familiares e aos pacientes ganham uma enorme relevância. Com a educação adequada, é possível a tomada de decisões de forma consciente, com maior adesão ou aderência ao tratamento (*compliance*), além de propiciar expectativas mais realistas com relação ao tratamento proposto (AMBRÓSIO JÚNIOR *et al.*, 2019). Frente ao que foi exposto, uma cirurgia de implante de anel intraestromal com intuito terapêutico em ceratocones avançados deve ser considerada eficiente quando permite alcançar o objetivo de reestabelecer a acuidade e a qualidade visual do paciente com óculos, lentes de contato, ou mesmo associando outras técnicas cirúrgicas.

Existem estudos que comparam os resultados visuais e refracionais em olhos com ceratocone avançado submetidos a ceratoplastia lamelar anterior profunda (DALK) com aqueles submetidos a implante de anel intraestromal. Os resultados mostram melhora visual estatisticamente significativa nos dois grupos, com um ganho maior de visão no grupo do DALK. Esses dados permitem concluir que, diante da facilidade da técnica do implante de anel associada a uma rápida recuperação pós-operatória e diante dos baixos índices de envolvimento de complicações em comparação com o transplante, o implante do anel pode ser um tratamento alternativo com resultados satisfatórios (OZERTÜRK *et al.*, 2012).

Em trabalho recentemente publicado sobre as diferentes abordagens terapêuticas para ceratocones avançados, em que foram comparados os resultados visuais e tomográficos dos pacientes submetidos a DALK com os dos pacientes submetidos a implante de anel, registrou-se uma melhora visual de 70% nos pacientes submetidos a DALK e de 57% em

pacientes submetidos a implante de anel intraestromal, porém, ao ser comparada a AVCC entre os dois grupos, não houve diferença significativa. Em se falando em resultados tomográficos, o K méd melhorou em 30,45% nos pacientes submetidos a DALK e 5,90% nos grupos do implante de anel; o K máx teve uma redução de 31,5% no grupo do DALK e de 6,7% no grupo do anel. Em ambos os grupos, foi necessário tratamento complementar para melhora da qualidade visual. Após DALK, 42,85% dos pacientes necessitaram de tratamento complementar, 32% com lentes de contato escleral, 7,14% com implante de anel pós transplante e 3,57% fizeram ceratectomia fotorefrativa (PRK). Após implante de anel intraestromal 53,85% dos pacientes complementaram o tratamento com lentes esclerais. Pacientes submetidos ao DALK com lentes esclerais melhoraram a visão em 85% e pacientes submetidos ao implante de anel e lentes esclerais tiveram uma melhora visual de 72% (ROCHA *et al.*, 2021).

Apesar de, em alguns quesitos, o DALK mostrar resultados mais satisfatórios que o implante de anel intraestromal, deve-se ponderar que os pacientes precisam passar por cada etapa do tratamento, respeitando as corretas indicações e considerando potenciais complicações inerentes a cada procedimento. No estudo citado acima, 14,28% dos pacientes submetidos a DALK apresentaram complicações no pós-operatório e 17,86% não conseguiram se adaptar a lentes de contato para complementar a melhora visual. Em contrapartida, não foi relatada nenhuma complicação no grupo que implantou anel intraestromal (ROCHA *et al.*, 2021). Ferrara *et al.* mostraram 3,82% de complicações em um grupo de 1.073 pacientes submetidos a implante de anel intraestromal com a técnica manual, sendo que 2,51% correspondiam a complicações relacionadas a hipocorreções e apenas 0,56% das complicações foram atribuídas a extrusão (FERRARA *et al.*, 2012).

Diante de todas as considerações realizadas, surgem alguns questionamentos: O implante de anel intra estromal em olhos com ceratocone avançado seria um procedimento seguro? Está relacionado a maiores índices de complicações como extrusão? Quais seriam as

limitações? Quando valeria a pena tentar o anel intra estromal antes do transplante? A ceratometria deve ser considerada um fator limitante?

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficácia e a segurança do implante do anel intraestromal de 320 graus em pacientes com ceratocone avançado em estágio IV, segundo a classificação ABCD Keratoconus Staging do Pentacam® (Oculus, Wetzlar, Alemanha) (BELIN; DUNCAN, 2016).

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar os resultados tomográficos do implante de anel intraestromal de 320 graus em pacientes com ceratocone avançado.
- Avaliar a acuidade visual sem e com correção após o implante do anel intraestromal de 320 graus em pacientes com ceratocone avançado.
- Avaliar a acuidade visual com lentes de contato esclerais após o implante do anel de 320 graus em pacientes com ceratocone avançado.
- Avaliar o astigmatismo tomográfico vetorial com o implante do anel intraestromal de 320 graus em pacientes com ceratocone avançado e a relação entre eles e o astigmatismo alvo.

4.1 TIPO DE ESTUDO

Foi realizado um estudo prospectivo, longitudinal, através da inclusão de pacientes com ceratocone avançado em grau IV de acordo com a classificação de Belin ABCD Keratoconus Staging (BELIN; DUNCAN, 2016) com K máx maior ou igual a 60D, selecionados durante o ano de 2019, de acordo com a disponibilidade. Todas as cirurgias foram realizadas pelo mesmo cirurgião no Hospital VER (Goiânia, Goiás, Brasil), utilizando o *laser* de femtossegundo com a tecnologia VisuMax® (Carl Zeiss Meditec AG, Oberkochen, Alemanha) para confecção dos túneis em uma profundidade calculada a 70% da espessura do ponto mais fino no trajeto do anel. O diâmetro interno do túnel criado foi de 4,6 mm e o diâmetro externo de 5,8 mm, e a energia usada para criação do túnel e da incisão foi de 1,3 mJ. O tempo de aplicação do *laser* foi de 15 segundos e, imediatamente, os anéis foram implantados (FERRARA; TORQUETTI, 2011).

4.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO/EXCLUSÃO

4.2.1. Critérios de inclusão

Foram incluídos um ou ambos os olhos de pacientes de qualquer idade ou sexo e portadores de ceratocone em estágio IV, segundo a classificação ABCD Keratoconus Staging do Pentacam® (Oculus, Wetzlar, Alemanha), com curvatura máxima acima de 60 D.

Para serem incluídos no estudo era observado o display ABCD do Pentacam® e obrigatoriamente os pacientes deveriam ter na classificação ABCD, estágio A4, B4, K máx > 60D, acuidade visual com correção com óculos não satisfatória (menor ou igual a 20/40 ou 0,3 logMAR), intolerantes ao uso de lentes de contato e com indicação prévia de transplante de

córnea. Os pacientes selecionados poderiam ter três tipos de ceratocones: *nipple*, oval ou astigmático. Os pacientes classificados com ceratocone *nipple* deveriam apresentar ceratocone central com imagem no mapa de elevação posterior em formato de lago com ilha central, com asfericidade nos 30 graus centrais mais negativa que -1,1D, e/ou astigmatismo maior que 3,00D (TORQUETTI; BERBEL; FERRARA, 2009). Os pacientes classificados com ceratocone oval deveriam apresentar ceratocone tipo *bow tie*, simétrico, localizado na região central, com imagem no mapa de elevação posterior em formato de península, com asfericidade nos 30 graus centrais mais negativo que -1,3D (BONNEL *et al.*, 2013). Os pacientes classificados com ceratocone do tipo astigmático deveriam apresentar ceratocone central, com imagem no mapa de elevação posterior em formato de istmo e astigmatismo alto, normalmente acima de 6D, com asfericidade nos 30 graus mais negativa que -1,3D (ALBERTAZZI, 2010).

Todos os pacientes deveriam ter BAV com óculos, menor ou igual a 0,3 logMAR (20/40), deveriam ser intolerantes ao uso de lente de contato rígida ou escleral; ou que, mesmo com o uso de lente rígida ou escleral, não atingissem acuidade visual melhor ou igual a 0,3 LogMar; ou eram intolerantes ao uso de lente de contato rígida e não tinham condições econômicas de adquirir as lentes de contato esclerais. Considerou-se que o paciente era intolerante a lente de contato quando apresentava distúrbios visuais como *glare*, halos, diplopia, hiperemia, associados ou não a dor, desconforto, lacrimejamento ou sinais de erosão recorrente com o uso das lentes.

Também foram incluídos no estudo pacientes que, apesar de apresentarem uma acuidade visual satisfatória com as lentes rígidas (melhor que 0,3 LogMar ou 20/40), eram intolerantes ao uso das mesmas. Todos os pacientes, caso não fossem submetidos a implante de anel intraestromal, tinham como única opção o transplante de córnea.

Para ser incluído no estudo, o olho em questão deveria ter, necessariamente, uma espessura no trajeto do anel superior a 400 micra. Esse valor era conferido no módulo de anel do Pentacam (Figura 16). Nos olhos que tinham espessura no trajeto do anel entre 400 a 500 micra, foi

implantado anel de 320 graus com 200 micra de espessura. Nos olhos que tinham espessura no trajeto do anel superior a 500 micra, foi implantado o anel de 320 graus com 250 micra de espessura.

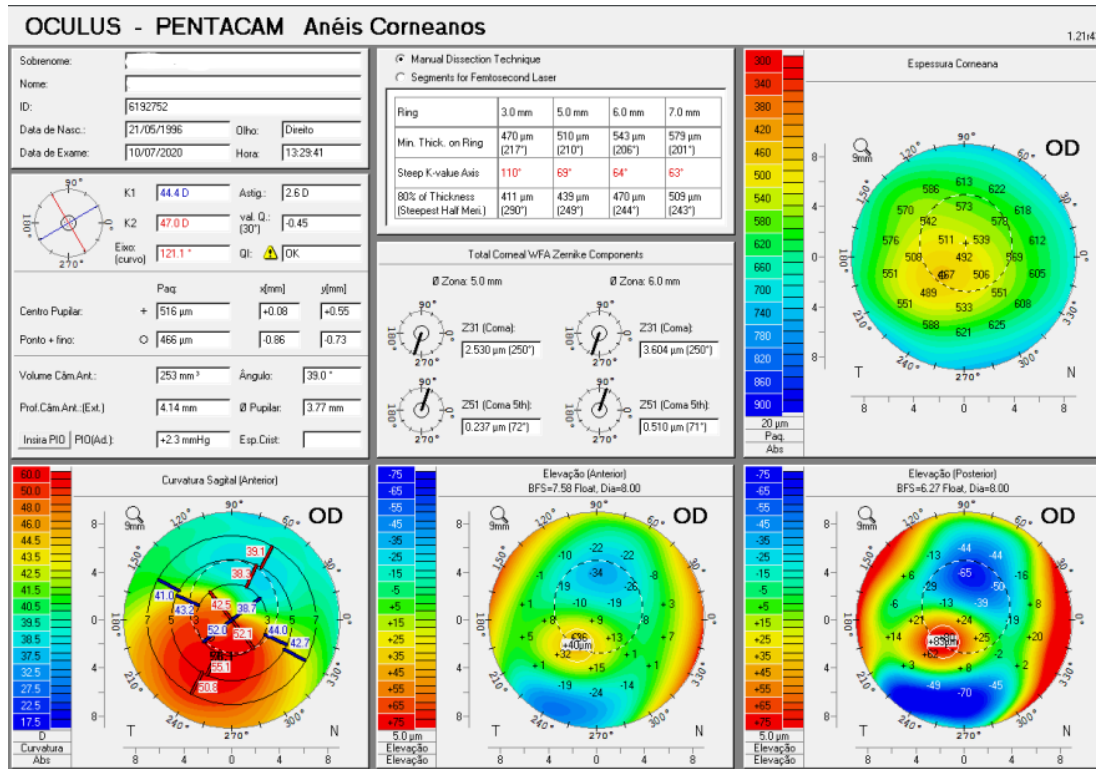


Figura 16. Mapa dos anéis corneanos do Pentacam.
Fonte: Próprio autor.

4.2.2. Critérios de exclusão

No processo de seleção dos pacientes aptos, foram excluídos aqueles que tinham quaisquer afecções que pudessem interferir nos resultados, como: catarata, indivíduos que já tiveram hidropsia e ficaram com cicatriz corneana, história de qualquer cirurgia ocular prévia, incluindo *crosslinking* corneano, pacientes com doença sistêmica autoimune, olho seco severo, definido como aqueles que apresentavam erosões superficiais puntiformes, filamentos corneanos, placas mucosas e defeitos epiteliais na córnea (ALVES, 2010). Foram também excluídos pacientes com conjuntivite atópica com sinais agudos, caracterizados por apresentação de papilas gigantes, nódulo de trantas, hiperplasia da conjuntiva limbar, hiperemia ocular acompanhada de alterações epiteliais (MARBACK *et al.*, 2007),

retinopatia diabética ou qualquer outra alteração à fundoscopia que pudesse interferir na acuidade visual. Excluíram-se, ainda, pacientes gestantes ou em aleitamento, pacientes portadores com qualquer grau de deficiência mental, pacientes com síndrome de Down, pacientes com glaucoma avançado com relação escavação de nervo óptico > que 0,7 (vertical e horizontal) e/ou glaucoma refratário ao tratamento, pacientes com degenerações retinianas e pacientes amblíopes – um fenômeno essencialmente cerebral, que resulta de uma experiência visual anormal durante o período de desenvolvimento visual, caracterizado pela diminuição da acuidade visual normal para a idade ou por uma diferença de duas linhas de acuidade entre o olho bom e o olho amblíope (MAGALHAES, 2016), desde que essa diferença não pudesse ser explicada pelo próprio ceratocone em razão de sua diferença de severidade entre os olhos.

4.3 COLETA DE DADOS E OPERACIONALIZAÇÃO DA PESQUISA

As avaliações foram feitas de forma a seguir um protocolo-padrão, foram realizadas pelo mesmo oftalmologista no pré-operatório e ocorreram após sete dias, um mês, três meses, seis meses e 12 meses do implante do anel intraestromal de 320 graus de arco.

4.4 AVALIAÇÃO PRÉ E PÓS-OPERATÓRIA

As avaliações em todas as consultas consistiam nas seguintes observações e procedimentos:

- Acuidade visual sem correção (AVSC): a AVSC foi feita com o paciente posicionado a uma distância de seis metros da tabela de Snellen e sem o uso de qualquer correção óptica e foi avaliado primeiramente o olho direito, com o olho esquerdo ocluído, e depois o contrário;
- Acuidade visual com correção (AVCC): a AVCC foi medida com o paciente também a seis metros da tabela de Snellen, com a

melhor correção óptica obtida após minucioso exame de refração. Foi realizada a refração dinâmica primeiramente do olho direito isolado, com o olho esquerdo a seguir;

- Exame de refração: o exame de refração dos pacientes foi realizado sem cicloplegia. O exame de autorrefração foi realizado com o autorrefrator Topcon kr 8000, para estimar o grau esférico. No paciente que não conseguia ler a maior linha de visão, foi acrescentado grau esférico negativo de acordo com a resposta deste, até que ele conseguisse ler. Depois, partia-se para a avaliação do cilindro e retomava-se, no final, para avaliação do grau esférico. Nos pacientes que conseguiam ler sem correção a maior linha de visão, a correção do cilindro era realizada primeiramente. Era colocado um cilindro de -2,00 D no eixo indicado pelo autorrefrator Topcon kr 8000, para iniciar o exame. Era solicitado que o paciente encontrasse o eixo, girando manualmente o dispositivo de cilindro do *greens* (técnica de Donders) (LEBENSOHN, 1960), até conseguir uma melhor qualidade visual e verificava-se se a visão realmente estava melhor ao diminuir as letras. Comumente, o eixo indicado pelo autorrefrator não era o preferido pelo paciente. Após essa etapa, era modificado o valor do cilindro até que o paciente atingisse a melhor visão possível. Após ser encontrado o valor do cilindro, partia-se para avaliação do grau esférico. Como o paciente não estava sob cicloplegia, tentava-se encontrar o menor valor esférico possível, capaz de permitir-lhe atingir sua melhor visão;
- Biomicroscopia: o exame de biomicroscopia foi cuidadosamente realizado por meio de iluminação focal e magnificação da imagem através de lâmpada de fenda Topcon SL-D4. Foi examinado o canal lacrimal, cílios e feita a eversão palpebral para inspeção da conjuntiva bulbar, palpebral e fórnices. A córnea foi avaliada com iluminação em fenda, em busca de opacidades, estrias de Vogt e com iluminação difusa para avaliação de anel de Fleishner. Foram feitos exame com corante

de fluoresceína e iluminação com filtro azul de cobalto, para avaliação da superfície corneana, e o exame de BUT (*break up time*), para checagem do filme lacrimal e análise de olho seco. Foi observado o cristalino após midríase para avaliação de eventuais opacidades;

- Tonometria de aplanção: foi realizada instilação de uma gota de anestésico tópico com proparacaína a 0,5%, e outra de colírio de fluoresceína e, com o uso da luz de cobalto e tonômetro de aplanção de Goldmann, foi realizada a aferição da pressão intraocular;
- Fundoscopia: a fundoscopia foi centrada no polo posterior e realizada utilizando uma lente portátil de 78 D em conjunto com a lâmpada de fenda. Para a realização da fundoscopia, foi instilada uma gota de fenilefrina a 2,5%, repetida em 10 minutos para a dilatação da pupila. Foi observada a razão entre escavação/disco do nervo óptico e toda a área do disco óptico e também a mácula, depressão foveal e retina até média periferia;
- Exame de motilidade ocular: o exame de motilidade ocular foi realizado com o intuito de analisar eventuais limitações dos músculos oculares e diagnosticar um possível estrabismo. Foi solicitado que o paciente seguisse com os olhos o objeto movimentado em todas as direções do olhar, para ver se os dois olhos acompanhavam o movimento. Foi realizado o teste de *cover* e *uncover*, para detectar se existia algum desvio ocular. Esse teste foi efetuado ocluindo um olho, avaliando-se o olho contralateral. Após, trocou-se o olho ocluído, observando as tropias. Nos casos em que alguma anormalidade foi observada, diante da possibilidade de ambliopia provocada pelo estrabismo com perfil para, eventualmente, interferir no resultado, o paciente era excluído.

O Pentacam (Oculus, Wetzlar, Germany) foi realizado em todas as visitas e configurou-se como um exame complementar. Nele, eram analisados os seguintes *displays*:

- *Display* dos quatro mapas refrativos;
- *Display* para implante de anéis corneanos;
- Belin ABCD Keratoconus Staging and Progression Display.

Os seguintes dados tabulados eram extraídos do Pentacam: CYL (astigmatismo tomográfico); K1 (ceratometria mais plana nos 3 mm centrais); K2 (ceratometria mais curva nos 3 mm centrais); K méd (ceratometria média nos 3 mm centrais); K máx (ceratometria máxima); asfericidade (Q); e os valores de A, B, C, D do Keratoconus Display, em que o A corresponde ao raio de curvatura anterior, o B, ao raio de curvatura posterior, o C corresponde a paquimetria e o D à melhor acuidade visual com correção, que pode ser inserido no exame pelo operador. No pré-operatório, foi extraída do *display* de anéis corneanos a paquimetria, para a realização da incisão e do túnel intraestromal na profundidade de 70% da espessura mínima no trajeto do anel indicado na zona óptica de 4,0–6,0 mm. Foi verificada neste *display* a espessura mínima no trajeto do anel. Em caso de espessura entre 400 a 499 micra foi implantado o anel (AJL Ophthalmics, Vitoria, Spain) de 320 graus de arco e 200 micra de espessura. Quando a espessura mínima no trajeto do anel era superior a 500 micra, foi implantado o anel (AJL Ophthalmics, Vitoria, Spain) de 320 graus de arco e 250 micra de espessura.

4.5 TÉCNICA CIRÚRGICA DO IMPLANTE DE ANEL INTRAESTROMAL DE 320 GRAUS COM LASER DE FEMTOSSEGUNDO

Após instilação de colírio anestésico de proparacaína a 0,5%, uma gota a cada três minutos, totalizando três gotas, procedia-se a assepsia e antissepsia com iodo povidine e gases estéreis, seguidas da colocação de campos estéreis sob o olho do paciente e do blefarostato. O reflexo de Purkinge era marcado, solicitando que o paciente centralizasse o olho na mira da luz, era pintada a ponta do *sinsky* com caneta estéril roxa e, posteriormente, realizada a marcação do reflexo com ele. Em seguida, o *laser* de femtossegundo VisuMax® (Carl Zeiss Meditec, Oberkochen,

Germany) era centralizado no reflexo de Purkinge marcado previamente e, assim, aplicado para a criação do túnel e a confecção da incisão.

Para aplicação do *laser*, o copo de sucção utilizado foi o de tamanho médio, conectado à máquina com a centralização obtida, solicitando ao paciente que mantivesse o foco na luz verde emanada pelo aparelho. A seguir, a sucção era aplicada quando a mira da luz estava localizada na marcação feita previamente no reflexo de Purkinge. O tempo de aplicação do *laser* foi de 15 segundos e, imediatamente, o anel de 320 graus de arco era implantado.

A profundidade calculada para realização do túnel foi de 70% da espessura do ponto mais fino no trajeto do anel, valor obtido no módulo de anel do Pentacam da zona óptica de 4,0–6,0 mm, após seleção da técnica com *laser* de femtossegundo. A incisão foi realizada em todos os casos no eixo de 90 graus, conforme programado no *laser*. O diâmetro interno do túnel criado foi de 4,6 mm e o diâmetro externo, de 5,8 mm, utilizando-se energia de 1,3 mJ, tanto para a criação do túnel quanto para a realização da incisão.

Os colírios prescritos no pós-operatório foram estes: uma gota do colírio Vigadexa (Alcon), cloridrato de moxifloxacino + fosfato dissódico de dexametasona, de quatro em quatro horas, durante 10 dias; e uma gota de Hyabak (Genom), hialuronato de sódio, Solução oftálmica estéril 0,15%, seis vezes por dia ou conforme a necessidade.

4.6 SEGUIMENTO DOS PACIENTES NO PÓS-OPERATÓRIO

Os pacientes retornaram no primeiro e no sétimo dia de pós-operatório e, posteriormente, houve mais cinco retornos obrigatórios: após um, três, seis, nove e 12 meses da operação. Visitas adicionais poderiam ser necessárias se houvesse alguma intercorrência, mas não entrariam para análise. No sétimo dia de cirurgia, foi realizado apenas o exame de biomicroscopia a fim de avaliar se a córnea estava completamente epitelizada, se as condições de cicatrização estavam dentro da normalidade e se o anel intraestromal estava bem posicionado.

A partir do retorno de um mês de pós-operatório, os seguintes exames foram realizados: AVCC e AVSC, refração, biomicroscopia, tonometria, fundoscopia e Pentacam.

No sexto mês de pós-operatório, foi realizado o teste com lente escleral Zenlens™ (Solótica) em todos os pacientes. O teste foi iniciado com a lente Z3 em todos os pacientes. Em caso de toque central, observado por meio do exame em lâmpada de fenda com luz de cobalto e fluoresceína, foi feita a tentativa com a lente subsequente da caixa. Nos casos em que o toque central não foi observado, foi realizado o exame na lâmpada de fenda para avaliação do SAG (altura sagital da lente). Quando este estava acima de 150 micra, foi realizado o teste com a lente Z2. Depois de encontrada a lente adequada, os ajustes necessários na zona limbar e escleral foram realizados. Posteriormente, a sob refração com a lente e a aferição da acuidade visual foram feitas com o paciente posicionado a uma distância de seis metros da tabela de Snellen, examinando um olho de cada vez. Nos pacientes que tiveram os dois olhos operados, o teste de lentes foi realizado em ambos os olhos; naqueles cuja operação foi somente um olho, o teste foi realizado olho operado, de forma individual.

Todos os testes de lentes esclerais foram realizados pelo mesmo médico. Alguns pacientes passaram a fazer o uso das lentes a partir do sexto mês de pós-operatório, mas outros não, devido à inviabilidade financeira. Nos pacientes que passaram a utilizar as lentes de contato, foi solicitado que não a utilizassem nos 21 dias que antecederiam os exames subsequentes (retorno de nove e 12 meses de pós-operatório), para que não houvesse interferência nas medidas do Pentacam e nas medidas refracionais.

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do pacote estatístico SPSS, versão 26.0 (SPSS Inc, Chicago, IL) e VECTrAK (versão 2.4.6; ASSORT Pty. Ltd., Cheltenham, Australia). A caracterização do perfil da amostra foi realizada por meio de frequência absoluta (n); frequência

relativa (%) para as variáveis categóricas, além de média e desvio-padrão para as variáveis contínuas.

A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk. A comparação dos parâmetros avaliados entre o pré-operatório até o 12º mês após a cirurgia foi realizada aplicando-se o teste ANOVA de Friedman. Na análise de múltiplas comparações, são testadas todas as combinações possíveis entre os diferentes momentos avaliados, conforme demonstrado na tabela 3. O teste realizado foi o de Wilcoxon pelo método Pairwise, aplicando-se a correção de Bonferroni. Em todas as análises, foi adotado um nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

4.7.1 Cálculo do tamanho amostral

O tamanho amostral foi calculado para cada variável avaliada utilizando-se o programa G.Power® 3.1 (Franz Faul, Universitat Kiel, Germany). Foi verificada uma estimativa mínima de 19 olhos (IC 95%: 11 a 26) a um nível de significância de 5%, intervalo de confiança de 95% e poder amostral de 99% para se detectarem diferenças estatisticamente significativas.

O parâmetro utilizado no cálculo amostral foi a diferença média de todos os parâmetros apresentados na tabela 3, utilizando o mesmo método G.Power® 3.1. Dessa forma, foi obtido um 'n' para cada parâmetro. A partir dos cálculos simples do intervalo de confiança desses 'n' amostrais, foi obtida a estimativa mínima com o limite inferior e superior. Por conseguinte, foi possível demonstrar que, em todos os parâmetros, a estimativa do 'n' amostral foi adequada.

Com base nisso, verificaram-se a diferença média e desvio-padrão do pré e pós-operatório, e a diferença média de todos os outros parâmetros analisados, que foram utilizados em conjunto para fazer o cálculo amostral. A partir de todos esses parâmetros, quanto mais significativa fosse essa diferença entre o pré e o pós-operatório, menor seria o "n" necessário para se obter o poder amostral de 99%. Como o valor de "p" foi altamente significativo entre a análise pré e a pós-operatória, o "n" necessário para se

obter um poder amostral de 95%, dado este nível de significância de 5% e intervalo de confiança de 99%, foi de 19 olhos.

4.7.2 Análise vetorial do astigmatismo

Todos os cálculos vetoriais foram realizados utilizando o software VECTrAK (versão 2.4.6; ASSORT Pty. Ltd., Cheltenham, Australia). Os seguintes vetores foram determinados e avaliados: astigmatismo-alvo induzido, que é vetor da mudança proposta no cilindro com o tratamento, ou seja, o quanto se deseja corrigir com a cirurgia; e o astigmatismo induzido cirurgicamente, ou seja, a mudança real alcançada com a cirurgia.

Foi realizada a análise do astigmatismo vetorial tomográfico e refracional obtido com o implante de anel intraestromal de 320 graus de arco em olhos com ceratocone avançado e, à vista disso, gráficos representativos foram gerados. Nesse processo analítico, quanto mais próximos os pontos se encontram da linha azul, maior a proximidade do alvo. Os pontos que estão acima da linha azul representam os olhos com hipercorreção do astigmatismo; e os pontos abaixo da linha azul, os olhos com hipocorreção do astigmatismo. A linha preta representa a linha de tendência: quanto mais inclinada, maior a correlação entre o astigmatismo vetorial induzido e o astigmatismo vetorial alvo. As linhas verdes correspondem ao primeiro desvio-padrão; e as linhas rosa, ao segundo desvio-padrão.

4.7.3 Segurança e eficácia do tratamento proposto

Um dos critérios para avaliar a segurança do tratamento se deu com base na verificação da perda de mais de uma linha de visão na acuidade visual corrigida ao final do seguimento. O procedimento seria considerado seguro se menos de 10% dos pacientes perdessem mais de uma linha de visão. Outro critério de segurança considerado foi o índice de complicações: se houvesse menos de 10% de complicações inerentes à cirurgia – por exemplo: extrusão, infecção, superficialização, perfuração –, o procedimento seria considerado seguro.

Um dos critérios estabelecidos como eficácia do tratamento foi a média da AVCC (com óculos) pós operatória maior que a média da AVCC (com óculos) pré operatória. Foi levada em consideração a distribuição da acuidade visual com correção, comparando pré e pós-operatório – nesse caso, visão corrigida com óculos, como um parâmetro de eficácia do tratamento. A cirurgia seria considerada eficaz nesse quesito se a maioria dos pacientes atingisse uma acuidade visual com correção de óculos melhor ou igual a 20/40.

Outro parâmetro analisado para avaliar a eficácia do tratamento foi a quantidade de pacientes que tiveram a AV reestabelecida com o uso de lentes de contato esclerais com conforto após a cirurgia de implante de anel intraestromal. O procedimento seria considerado eficaz se a maioria atingisse um AV com lentes melhor ou igual a 20/30 com boa tolerância ao uso.

4.8 ASPECTOS ÉTICOS E LEGAIS

Quanto aos aspectos éticos, destaca-se que a pesquisa foi fundamentada de acordo com a Resolução CNS nº 466/2012. Destarte, visou-se assegurar os direitos dos envolvidos e o início se deu apenas após a aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa, sob Parecer CAAE número 31320920.8.0000.8058 (Anexo 1), e após a aprovação da direção do Hospital VER. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 2) foi entregue aos pacientes após orientação exhaustiva sobre o procedimento. E as cirurgias somente ocorreram após a assinatura do termo. No caso dos pacientes menores de 18 anos, coube ao representante legal a assinatura.

5 RESULTADOS

Foram incluídos 25 olhos de 19 pacientes, sendo 13 do sexo masculino e seis do sexo feminino, com uma média de idade de $22,8 \pm 7,9$ anos (variando de 15 a 31 anos). Em 19 olhos, foi implantado o anel de 320/200 e, em seis olhos, foi implantado o anel de 320/250. Como um dos pacientes teve o anel extruído no sétimo dia de pós-operatório, ele foi excluído da análise, totalizando 24 olhos.

A tabela abaixo demonstra os valores pré e pós-operatórios das principais variáveis analisadas, mostrando a evolução do pré-operatório aos 12 meses de pós-operatório (Tabela 3).

Tabela 3. Resultado da comparação dos parâmetros no pré-operatório até 12 meses após a operação (média $\pm$ desvio-padrão)

	Pré-operatório	Tempo após a cirurgia (meses)				z	p*
		1	3	6	12		
AV C/ correção (log MAR)	0,63 $\pm$ 0,29	0,45 $\pm$ 0,18	0,36 $\pm$ 0,24	0,33 $\pm$ 0,19	0,31 $\pm$ 0,16	14,93	0,004
AV S/ correção (log MAR)	1,03 $\pm$ 0,28	0,75 $\pm$ 0,32	0,63 $\pm$ 0,28	0,64 $\pm$ 0,24	0,54 $\pm$ 0,21	28,50	<0,001
Spheric (D)	-9,52 $\pm$ 4,62	-6,60 $\pm$ 4,27	-5,49 $\pm$ 4,28	-5,05 $\pm$ 3,66	-5,13 $\pm$ 3,53	12,51	0,018
K1 (D)	54,41 $\pm$ 4,46	49,93 $\pm$ 3,93	48,90 $\pm$ 3,97	48,89 $\pm$ 4,13	49,36 $\pm$ 4,11	43,88	<0,001
K2 (D)	61,15 $\pm$ 4,37	54,92 $\pm$ 3,66	53,88 $\pm$ 3,49	54,09 $\pm$ 4,20	53,75 $\pm$ 4,05	39,04	<0,001
Km (D)	57,55 $\pm$ 4,17	52,27 $\pm$ 3,57	51,24 $\pm$ 3,55	51,40 $\pm$ 3,80	51,44 $\pm$ 3,94	44,09	<0,001
K Máx (D)	69,80 $\pm$ 8,20	66,48 $\pm$ 7,03	64,77 $\pm$ 5,21	63,90 $\pm$ 6,48	63,43 $\pm$ 6,31	22,58	<0,001
Q	-1,57 $\pm$ 0,35	-0,78 $\pm$ 0,44	-0,92 $\pm$ 0,47	-0,80 $\pm$ 0,52	-0,77 $\pm$ 0,56	31,67	<0,001
A (mm)	3,97 $\pm$ 0,16	3,22 $\pm$ 0,89	2,97 $\pm$ 0,91	3,03 $\pm$ 1,06	2,85 $\pm$ 1,19	30,47	<0,001
B (mm)	3,98 $\pm$ 0,12	3,93 $\pm$ 0,24	3,88 $\pm$ 0,27	3,88 $\pm$ 0,35	3,88 $\pm$ 0,35	6,93	0,131
C (mm)	2,87 $\pm$ 0,58	2,73 $\pm$ 0,64	2,72 $\pm$ 0,66	2,81 $\pm$ 0,63	2,79 $\pm$ 0,72	27,98	<0,001

*Teste ANOVA de Friedman

* AVCC: Acuidade visual com correção com óculos

A Tabela 4 mostra os valores de “p” entre os meses avaliados para as variáveis da Tabela 3.

Tabela 4. Resultado da análise Posthoc pelo método Pairwise com correção de Bonferroni.

Pares	AV C/ correção	AV S/ correção	Spheric	K1	K2	Km	K. Max	Q	A	C
12 ^a mês vs 3 ^a mês	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.089
12 ^a mês vs 6 ^a mês	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
12 ^a mês vs 1 ^a mês	0.025*	0.070	0.941	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.200
12 ^a mês vs Pré	0.000*	0.000*	0.010*	0.000*	0.000*	0.000*	0.002*	0.000*	0.001*	1.000
3 ^a mês vs 6 ^a mês	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
3 ^a mês vs 1 ^a mês	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
3 ^a mês vs Pré	0.000*	0.007*	0.178	0.000*	0.000*	0.000*	0.118	0.001*	0.023*	0.089
6 ^a mês vs 1 ^a mês	0.162	1.000	0.734	0.468	1.000	0.525	1.000	1.000	1.000	1.000
6 ^a mês vs Pré	0.000*	0.015*	0.007*	0.000*	0.000*	0.000*	0.002*	0.000*	0.001*	1.000
1 ^a mês vs Pré	0.498	0.650	1.000	0.002*	0.000*	0.003*	0.417	0.000*	0.043*	0.200

*Valores estatisticamente significativos

5.1 ACUIDADE VISUAL

A variação da acuidade visual sem correção (AVSC) pode ser observada no gráfico abaixo desde o pré-operatório até o 12º mês de pós-operatório. A média da AVSC do pré-operatório variou de $1,03 \pm 0,28$, logMAR para $0,54 \pm 0,21$ logMAR após 12 meses de cirurgia ($p < 0,001$) (Gráfico 2).

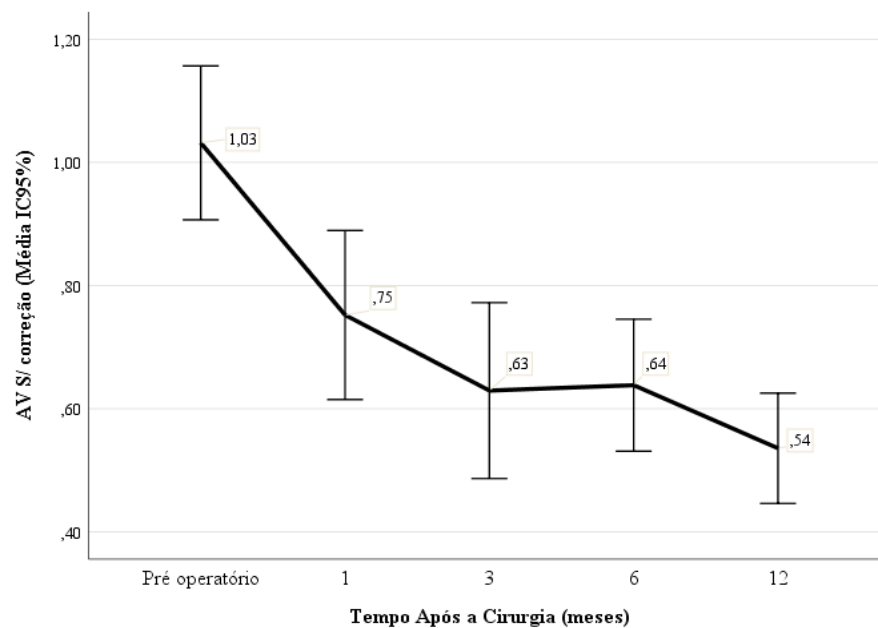


Gráfico 2. Variação da acuidade visual sem correção (AVSC) ao longo do seguimento

O Gráfico 3 ilustra a variação da AVCC (com óculos) desde o pré-operatório até o 12º mês de pós-operatório. A média da AVCC (com óculos) variou de $0,63 \pm 0,29$ logMAR no pré-operatório para $0,31 \pm 0,16$ logMAR aos 12 meses de cirurgia ($p=0,004$) (Gráfico 3).

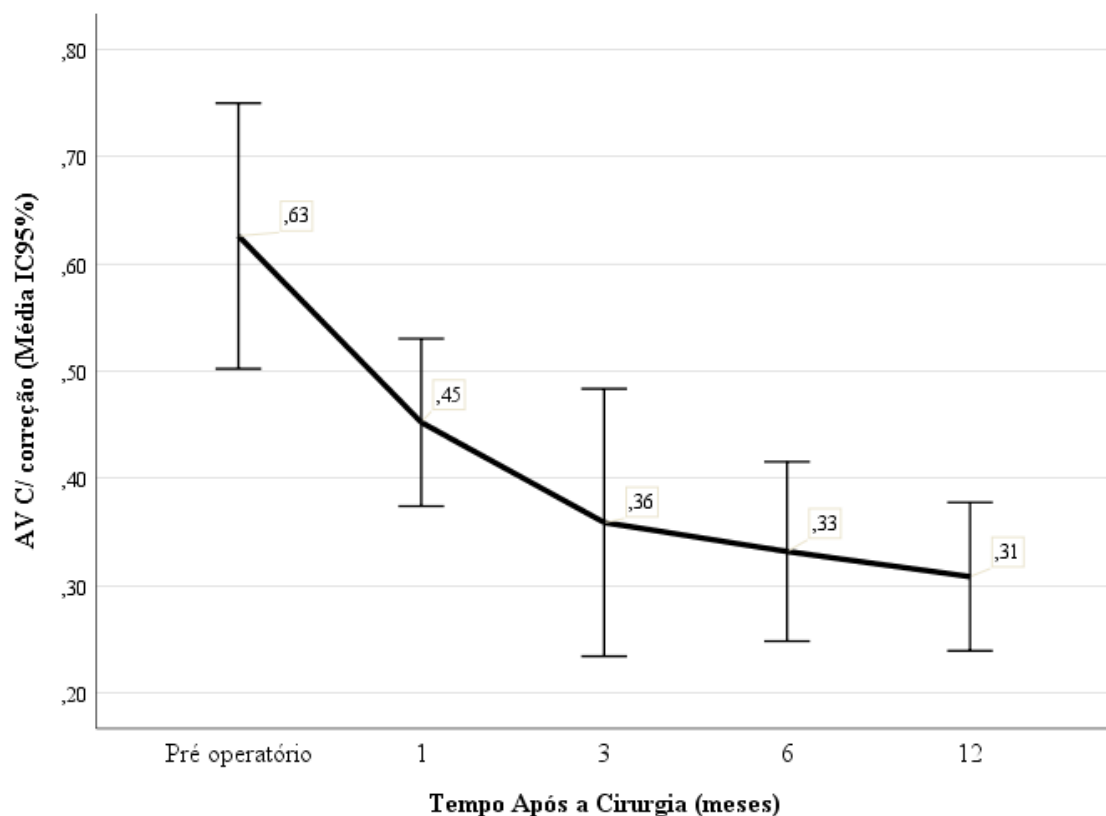


Gráfico 3. Variação da acuidade visual com correção (AVCC) ao longo do seguimento.

5.2 VALORES CERATOMÉTRICOS

5.2.1 Ceratometria mais plana (K1)

O Gráfico 4 ilustra o aplanamento do K1 após o implante do anel 320 graus de arco. Observou-se que o K1 reduziu de $54,41 \pm 4,46$ D no pré-operatório para $49,36 \pm 4,11$ D no 12º mês de pós-operatório ($p < 0,001$).

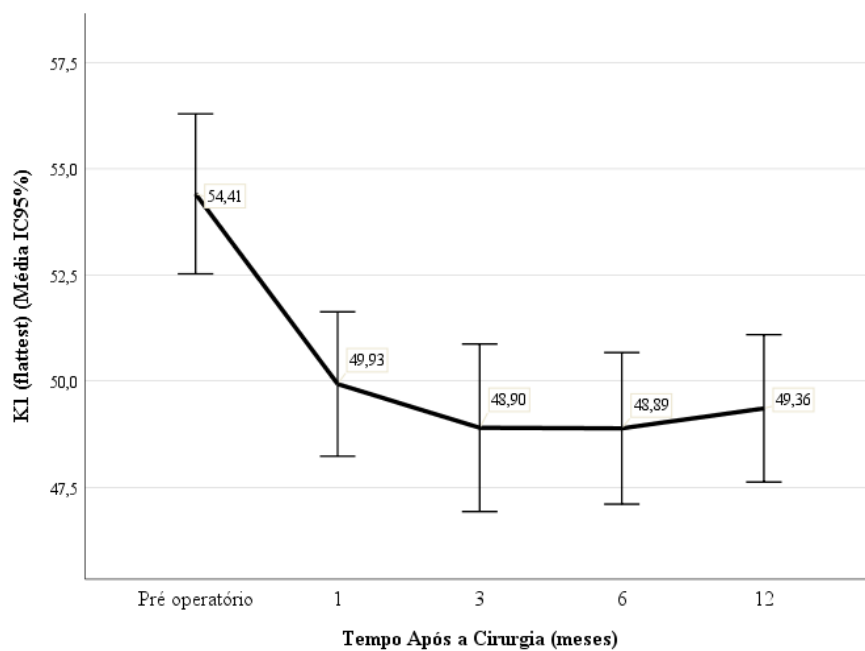


Gráfico 4. Evolução do aplanamento do K1, com a cirurgia de implante de anel de 320 graus de arco em olhos com ceratocone avançado.

5.2.2. Ceratometria mais curva (K2)

O Gráfico 5 ilustra a evolução do K2 após implante do anel intraestromal de 320 graus de arco. No pré-operatório, o K2 médio era $61,15 \pm 4,37$ D e, após a cirurgia, reduziu para $53,75 \pm 4,05$ D ($p < 0,001$).

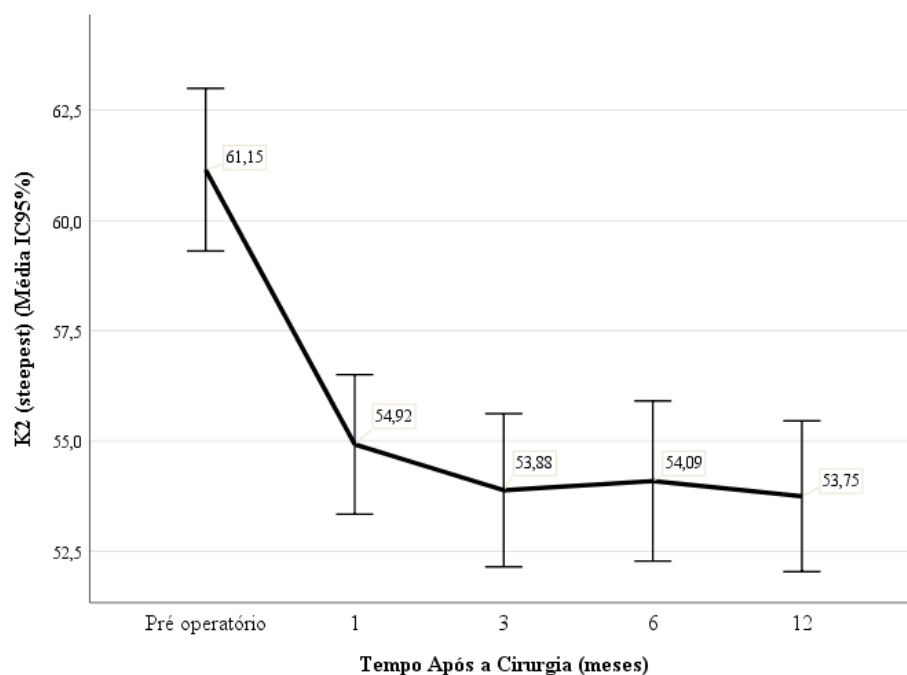


Gráfico 5. Evolução do aplanamento do K2, com a cirurgia de implante de anel intraestromal de 320 graus de arco em olhos com ceratocone avançado.

5.2.3 Ceratometria média (K méd):

O Gráfico 6 ilustra o aplanamento do K méd após implante do anel intraestromal de 320 graus de arco, com redução de $57,55 \pm 4,17$ D para $51,44 \pm 3,94$ D ($p < 0,001$).

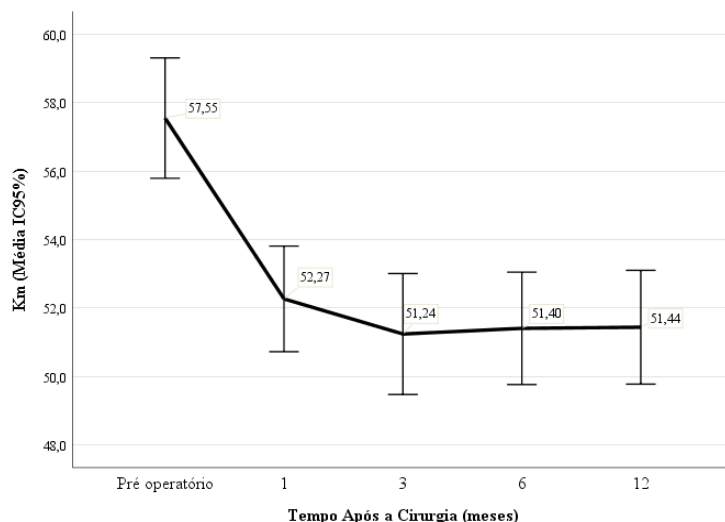


Gráfico 6. Evolução do aplanamento do K méd (K médio) com a cirurgia de implante do anel intraestromal de 320 graus de arco em olhos com ceratocone avançado.

5.2.4 Ceratometria máxima (K máx):

O Gráfico 7 ilustra o aplanamento do K máx após implante do anel intraestromal de 320 graus de arco. Houve redução do K máx de $69,80 \pm 8,20$ D para $63,43 \pm 6,31$ D ($p < 0,001$).

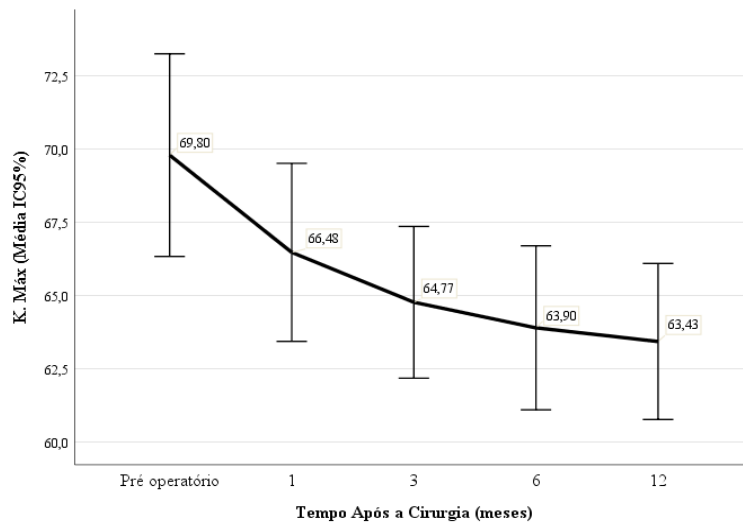


Gráfico 7. Evolução do aplanamento do K máx com a cirurgia de implante do anel intraestromal de 320 graus de arco em olhos com ceratocone avançado.

5.3 ASFERICIDADE (Q)

O Gráfico 8 ilustra a modificação nos valores da asfericidade (Q) nos 30 graus com o implante de anel intraestromal de 320 graus de arco em ceratocones avançados. Houve modificação de Q de $-1,57 \pm 0,35$ para $-0,77 \pm 0,56$ ($p < 0,001$).

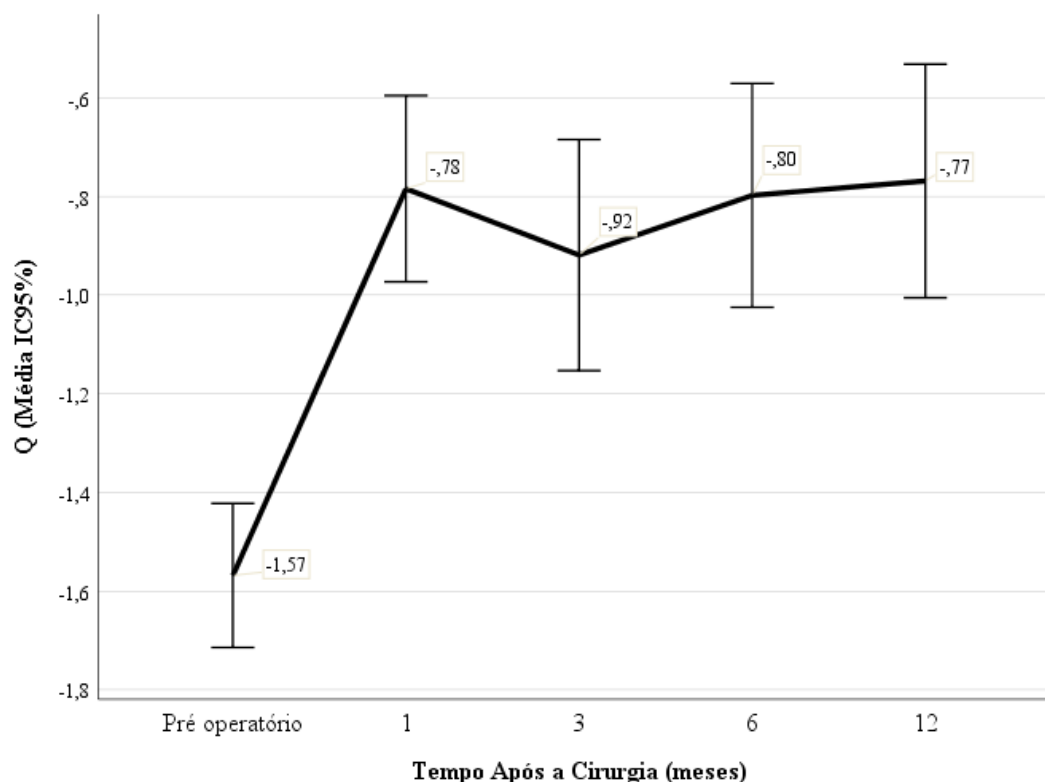


Gráfico 8. Evolução da asfericidade (Q) nos 30 graus com a cirurgia do implante do anel intraestromal de 320 graus de arco em olhos com ceratocone avançado.

5.4 COMPONENTE ESFÉRICO

Foi realizada a refração dinâmica de todos os pacientes em cada retorno. O Gráfico 9 ilustra a redução do componente esférico refracional. Observou-se que a média do componente esférico no pré-operatório era de $-9,52 \pm 4,62$ D, reduzindo para $-5,13 \pm 3,53$ D ($p = 0,01$) após 12 meses de pós-operatório.

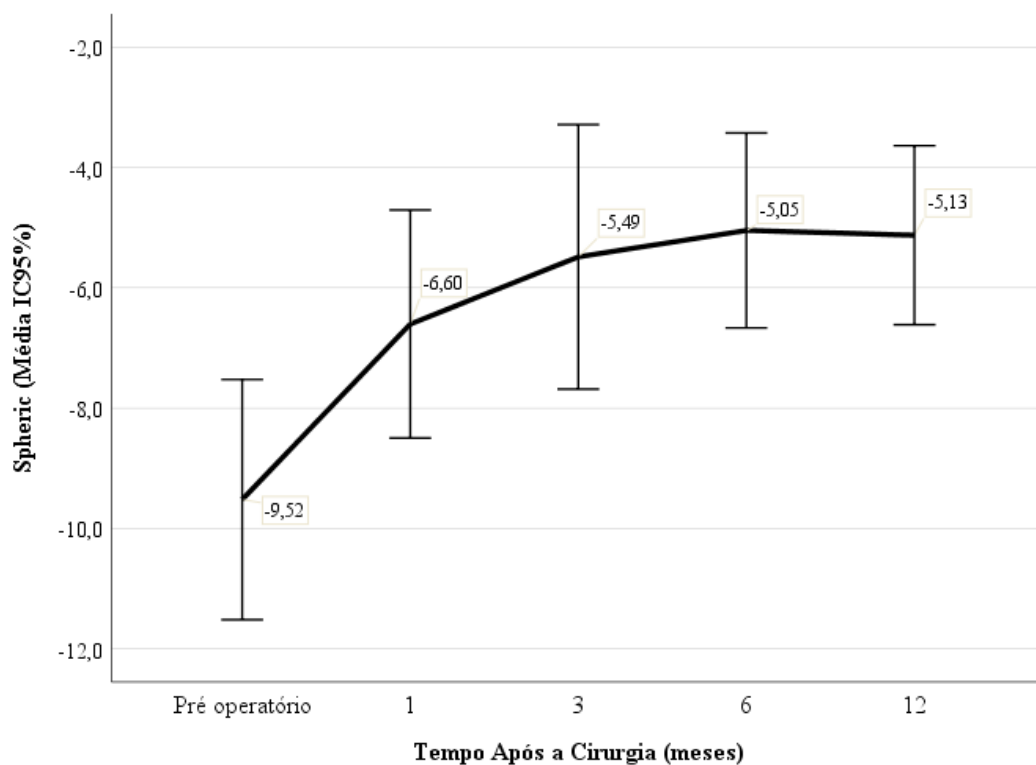
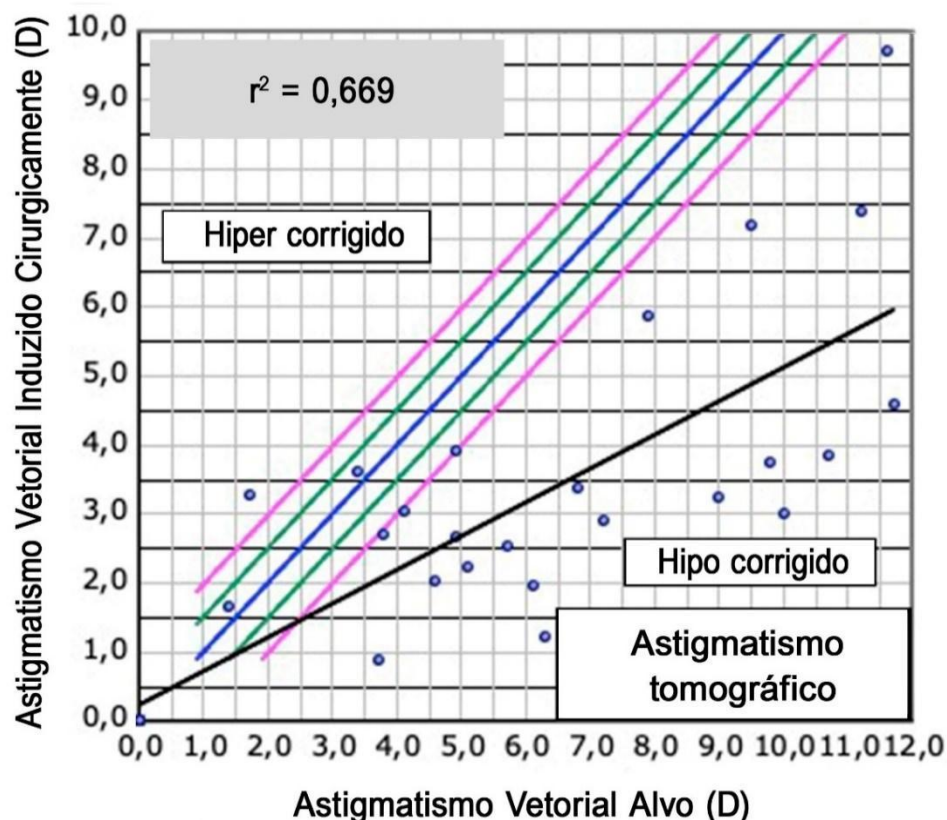


Gráfico 9. Redução do componente esférico refracional do pré-operatório até o 12º mês de pós-operatório após implante do anel intraestromal de 320 graus de arco em olhos com ceratocone avançado.

5.5 ASTIGMATISMO VETORIAL

5.5.1 Astigmatismo vetorial tomográfico

O Gráfico 10 ilustra a relação do astigmatismo tomográfico vetorial alvo com o astigmatismo tomográfico induzido cirurgicamente com implante do anel intraestromal de 320 graus de arco em olhos com ceratocone avançado. Os pontos localizados sobre a linha azul apontam que o astigmatismo tomográfico vetorial alvo foi coincidente com o astigmatismo tomográfico vetorial induzido cirurgicamente. Os pontos localizados acima da linha azul apontam que o astigmatismo tomográfico vetorial induzido cirurgicamente foi maior que o astigmatismo tomográfico vetorial alvo, indicando uma hipercorreção. E os pontos localizados abaixo da linha azul apontam que o astigmatismo tomográfico vetorial induzido cirurgicamente foi menor que o astigmatismo tomográfico vetorial alvo, indicando uma hipocorreção.



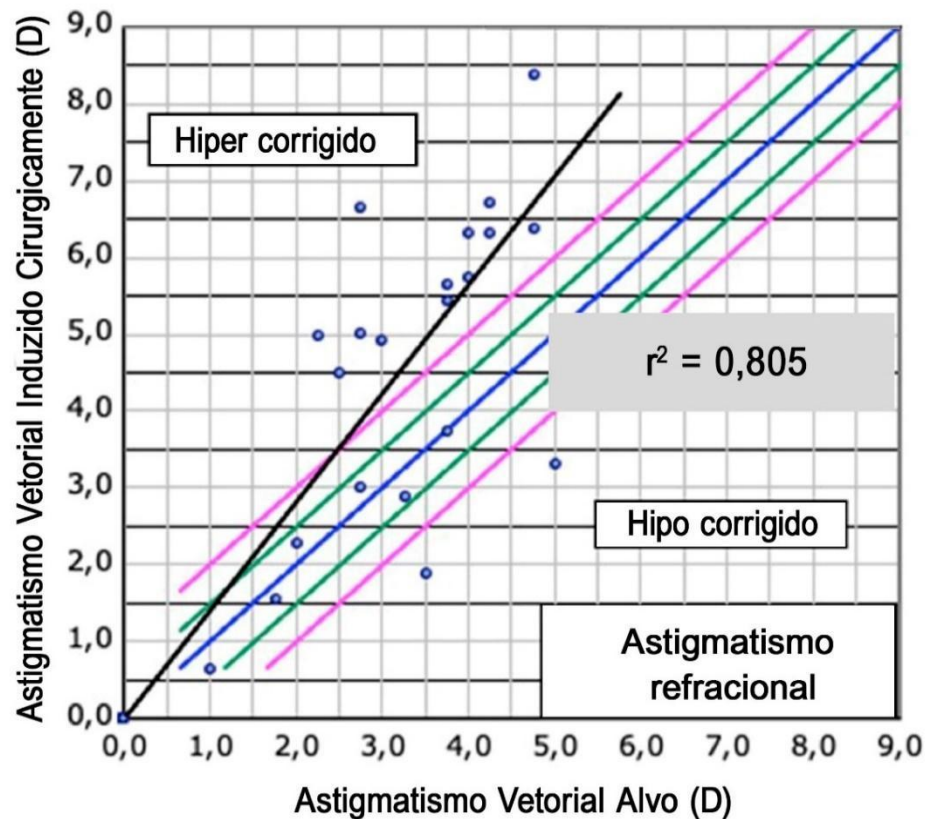
- * Linhas verdes: primeiro desvio-padrão de +1
- * Linhas rosa: segundo desvio-padrão de + 2.
- * Linha preta: linha de tendência.

Gráfico 10. Astigmatismo tomográfico vetorial alvo *versus* astigmatismo tomográfico vetorial induzido cirurgicamente com implante de anel intraestromal de 320 graus de arco em olhos com ceratocone avançado.

5.5.2 Astigmatismo vetorial refracional

O Gráfico 11 ilustra a relação do astigmatismo refracional vetorial alvo com o astigmatismo refracional vetorial induzido cirurgicamente com o implante do anel intraestromal de 320 graus de arco em olhos com ceratocone avançado. Os pontos localizados sobre a linha azul apontam que o astigmatismo refracional vetorial alvo foi coincidente com o astigmatismo refracional vetorial induzido cirurgicamente. Os pontos localizados acima da linha azul apontam que o astigmatismo refracional vetorial induzido cirurgicamente foi maior que o astigmatismo refracional vetorial alvo, indicando uma hipercorreção. E os pontos localizados abaixo da linha azul apontam que o astigmatismo refracional vetorial induzido cirurgicamente foi

menor que o astigmatismo refracional vetorial alvo, indicando uma hipocorreção.



* Linhas verdes: primeiro desvio-padrão de +1

* Linhas rosa: segundo desvio-padrão de + 2.

* Linha preta: linha de tendência.

Gráfico 11. Astigmatismo refracional vetorial alvo *versus* astigmatismo refracional induzido cirurgicamente com implante de anel intraestromal de 320 graus de arco em olhos com ceratocone avançado.

O Gráfico 12 demonstra a distribuição do astigmatismo vetorial refracional manifesto antes e depois do implante do anel intraestromal de 320 graus de arco em olhos com ceratocone avançado. O astigmatismo refracional menor que 2,00 D estava presente em 14% dos pacientes antes da cirurgia. Após a cirurgia, 23% dos pacientes passaram a apresentar astigmatismo refracional menor que 2,00 D ($P < 0,05$). Antes do procedimento, 73 % dos olhos avaliados apresentavam astigmatismo refracional menor que 4,00 D. Após o procedimento, 86% dos olhos passaram a apresentar astigmatismo refracional menor que 4,00 D ($P < 0,005$).

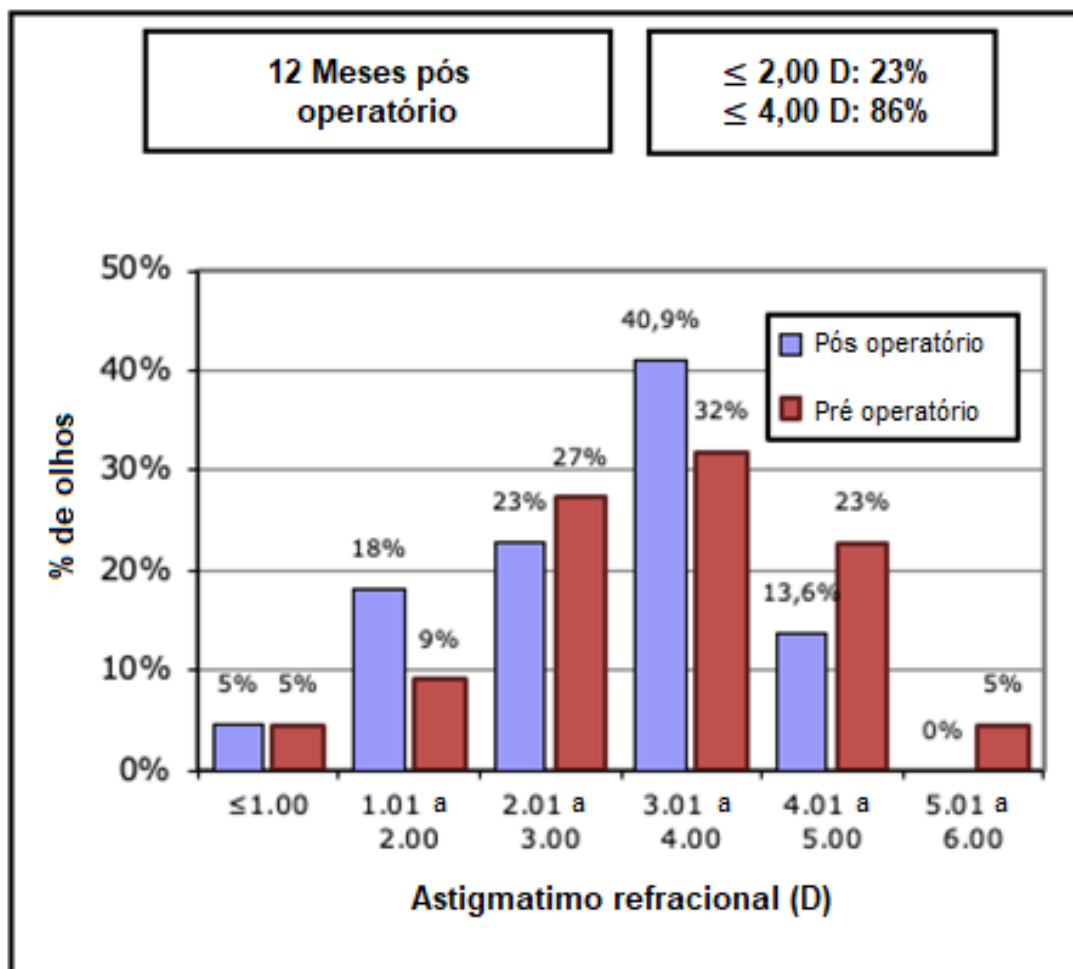


Gráfico 12. Distribuição do astigmatismo refracional manifesto antes e depois do implante de anel intraestromal de 320 graus de arco.

5.6 SEGURANÇA, FALHA NO TRATAMENTO E COMPLICAÇÕES

Dentre os 25 olhos avaliados, em relação a AVCC com óculos, um (1) olho perdeu duas linhas de visão (4,5%), um (1) olho perdeu uma linha de visão (5%), três (3) olhos mantiveram a mesma acuidade visual (14%), dois (2) olhos ganharam duas linhas de visão (9%) e 18 olhos ganharam três (3) ou mais linhas de visão (68%).

O procedimento foi considerado seguro, na medida em que 9,5% dos pacientes perderam uma ou mais linhas de visão (< 10% que era a referência) e apenas 4%(<10% que era a referência) dos pacientes submetidos a implante de anel de 320 graus de arco (um único paciente) tiveram complicação inerente ao procedimento (Gráfico 13). Nenhuma

complicação no intraoperatório foi observada. Um olho de um paciente evoluiu com infiltrado estromal infeccioso no trajeto do anel no sétimo dia do pós-operatório, sendo prescrito colírio antibiótico Vigamox a cada duas horas. Entretanto, como o paciente não obteve melhora, foi alterada a terapia para colírio de antibiótico fortificado (ceftazidima e gentamicina) e, como também não houve melhora do quadro, foi necessário explante do anel. Não houve sequela para o caso. Não foi observado nenhum caso de extrusão, perfuração ou migração de anel.

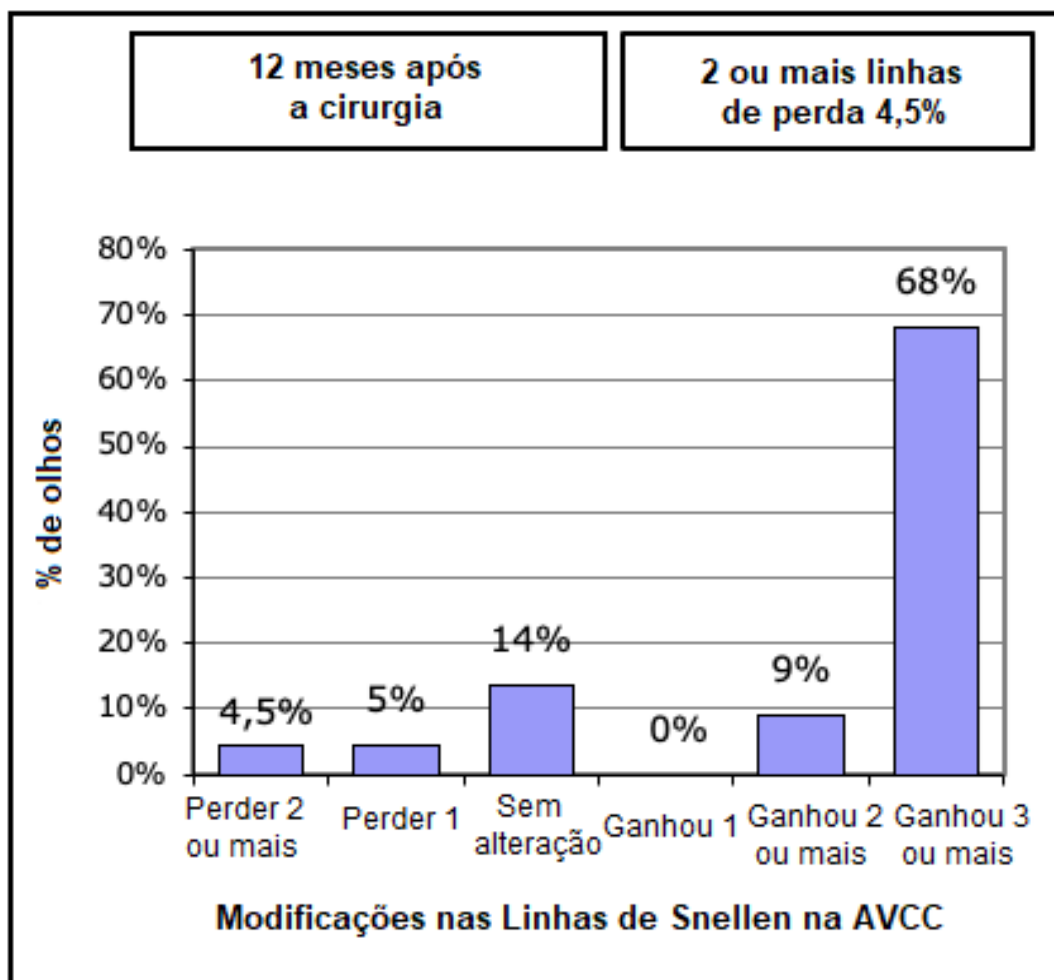


Gráfico 13. Gráfico de segurança ilustra as mudanças nas linhas de Snellen de acordo com a acuidade visual com correção após 12 meses de pós-operatório.

5.7 EFICÁCIA DO TRATAMENTO

Um dos critérios de eficácia seria a média da AVCC pós operatória maior que a média da AVCC no pré operatório. A média da AVCC (com

óculos) no pós operatório foi de 20/40 ($0,31 \pm 0,16$ LogMAR), maior que a média da AVCC no pré operatório (20/80 ou $0,63 \pm 0,29$ LogMAR).

O Gráfico 14 ilustra a distribuição da porcentagem de pacientes com a acuidade visual com correção no pré-operatório e a acuidade visual sem correção no pós-operatório. No pós-operatório, 70% dos pacientes apresentaram acuidade visual com correção com óculos melhor ou igual a 20/40 (Gráfico 16). Todos os pacientes se submeteram ao teste de lentes de contato escleral, após seis meses de cirurgia. O Gráfico 15 mostra que 80,9% dos pacientes que antes da cirurgia eram intolerantes ao uso de lentes de contato, apresentaram acuidade visual melhor ou igual a 20/25 após 12 meses de cirurgia com lente de contato escleral com conforto. A média da AVSC no pós operatório foi de 20/60 ($0,54 \pm 0,21$ LogMAR), maior que a média da AVCC no pré operatório que foi de 20/80 ($0,63 \pm 0,29$ LogMAR). Todos esses pontos confirmam a eficácia do tratamento proposto.

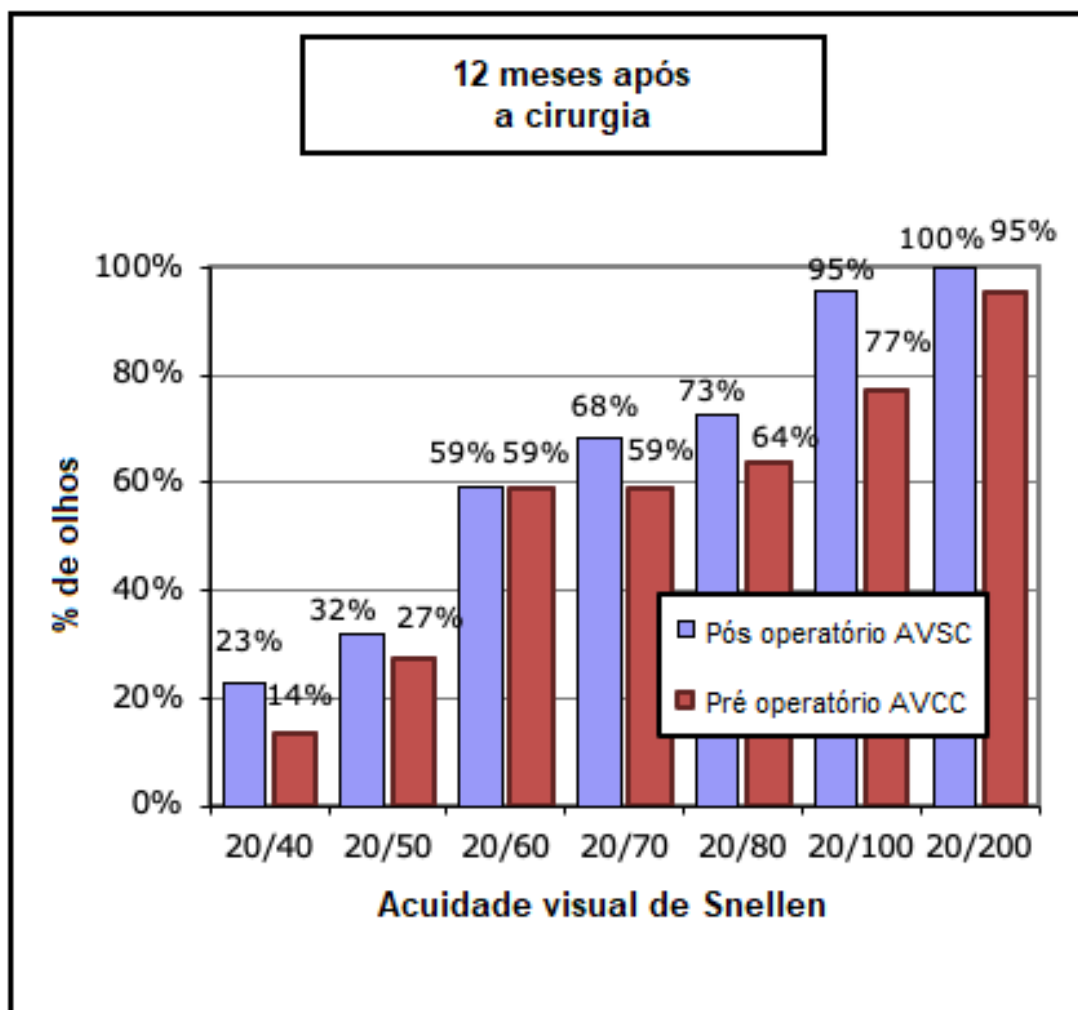


Gráfico 14. Eficácia da cirurgia de implante de anel intraestromal ilustrando a distribuição da acuidade visual sem correção (AVSC) pós-operatória e a acuidade visual com correção (AVCC) com óculos pré-operatória.

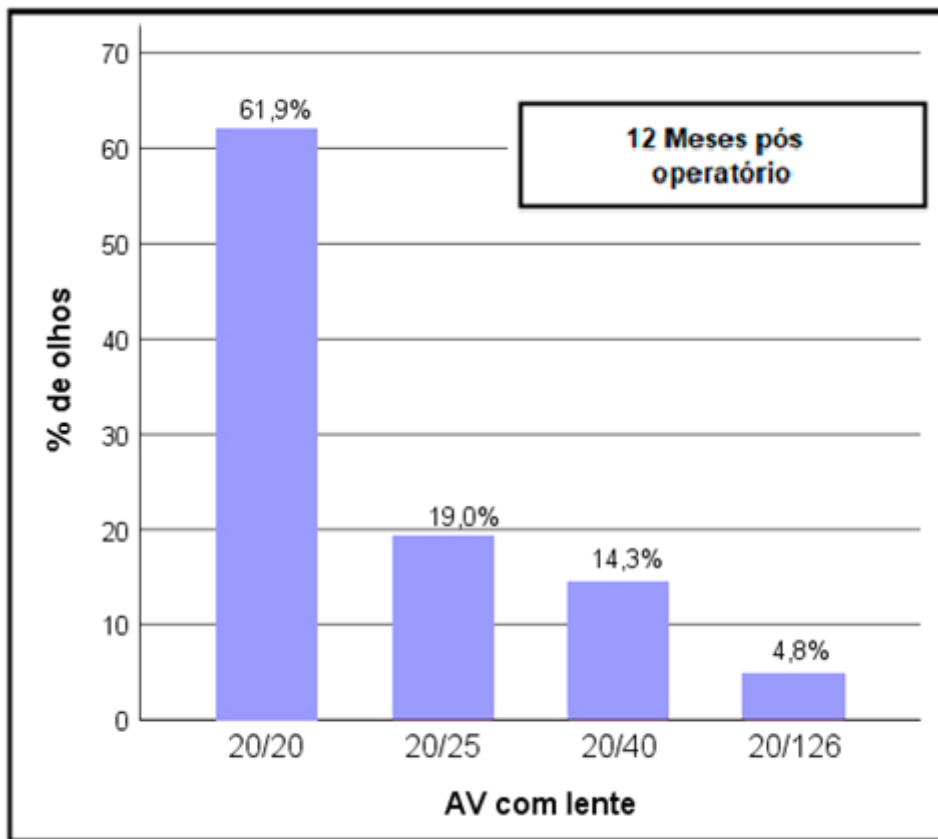


Gráfico 15: Avaliação da AV com lente escleral 12 meses após a cirurgia do implante do anel intraestromal de 320 graus de arco.

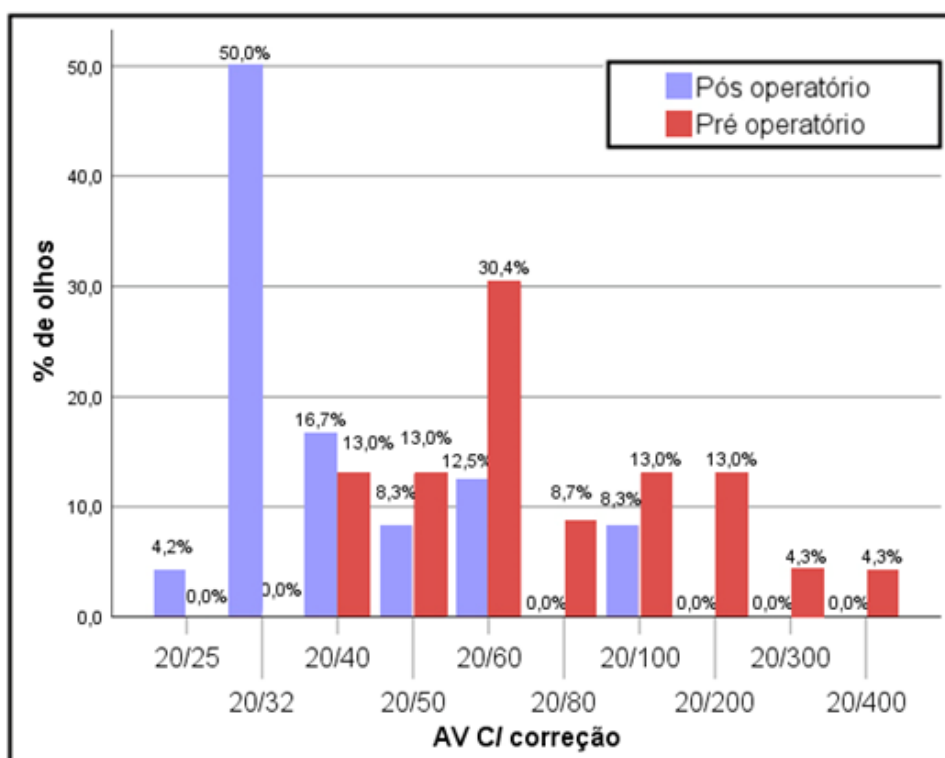


Gráfico 16. Distribuição da acuidade visual com óculos (AVCC) pré e pós-operatória.

O objetivo do presente estudo foi avaliar os resultados do implante de anel intraestromal de 320 graus em olhos com ceratocone avançado e sua viabilidade como uma alternativa terapêutica para os pacientes envolvidos, que tinham como única opção o transplante de córnea.

O transplante de córnea era considerado como a melhor opção de tratamento para reabilitação visual em pacientes com ceratocone avançado (AKOVA *et al.*, 2000; AKDEMIR *et al.*, 2012). Estudo recente mostrou que 12% de 1.065 indivíduos com ceratocone acompanhados durante oito anos precisaram ser submetidos a transplante de córnea (ROMERO-JIMÉNEZ; SANTODOMINGO-RUBIDO; WOLFFSOHN, 2010). Em outro estudo, com 2.363 pacientes com ceratocone acompanhados durante sete anos, 21,6% precisaram ser submetidos a transplante (KEANE *et al.*, 2014). Contudo, a reabilitação visual em pacientes transplantados pode ser lenta e insatisfatória, especialmente devido ao alto astigmatismo pós-transplante, irregularidade corneana, anisometropia e risco de rejeição (ANWAR; TEICHMANN, 2002).

Muitos estudos apresentaram, como critérios de exclusão para implante de anel intraestromal, pacientes com curvaturas corneanas maiores que 60D, mostrando baixa efetividade para tratamento de casos mais avançados da doença (ALIÓ *et al.*, 2006; ALFONSO *et al.*, 2011; LEVINGER; POKROY, 2005). Outros estudos demonstraram alto índice de complicações, como defeitos epiteliais persistentes, perfurações corneanas anteriores e posteriores, extensão da incisão ao eixo visual, superficialização e extrusão do anel (KANNELLOPOULOS; PE; PERRY, 2006; BAUTISTA-LLAMAS *et al.*, 2019).

Com a evolução da cirurgia do implante do anel intraestromal em decorrência do advento do *laser* de femtossegundo, esse cenário vem mudando consideravelmente, tornando a cirurgia segura e eficiente, mesmo nos casos muito severos da doença. Outro fator que vem contribuindo para esse novo panorama é o advento de novos desenhos de segmentos de

anéis corneanos, como os anéis de arco longo com zonas óptica menores, que são capazes de aplanar a córnea de uma forma muito mais significativa (MONTEIRO *et al.*, 2018).

Estudo realizado que avaliou o implante de anel intraestromal com técnica manual em 31 olhos com ceratocone moderado a avançado (K méd < 53D), relatou extrusão em seis (6) casos (19,35%) (KHAN; INJARIE; MUHTASEB, 2012). Em outro estudo com implante de anel intraestromal utilizando *laser* de femtossegundo em 14 olhos de pacientes com ceratocone avançado (K méd < 53D), não foi relatado qualquer caso de extrusão de anel (SHETTY *et al.*, 2008). No presente estudo, no qual os anéis também foram implantados com o auxílio do *laser* de femtossegundo, não houve extrusão, corroborando as descrições de que o implante do anel intraestromal com o *laser* de femtossegundo é mais previsível e seguro.

Estudo realizado com implante de INTACS em ceratocones avançados, mostrou aplanamento de mais de 12 D em alguns casos, com diminuição do K méd de 52 D para 46 D e melhora significativa da AVCC e AVSC (KHAN; INJARIE; MUHTASEB, 2012). Considerando que, quanto menor a zona óptica em que o anel é implantado, maior é o efeito de aplanamento e que o anel utilizado no estudo citado foi um anel em zona óptica de 6 mm, espera-se, teoricamente, um maior aplanamento com os anéis implantados na zona óptica de 5 mm. No presente estudo, em que foi implantado anel de arco longo e na zona óptica de 5 mm, houve redução do K méd de uma média de $57,55 \pm 4,17$ D para $51,44 \pm 3,94$ D ($p < 0,001$) e do K máx de $69,80 \pm 8,20$ D para $63,43 \pm 6,31$ D ($p < 0,001$), com aplanamentos de até 15 D nos casos mais avançados.

Em estudo realizado com anel intraestromal de 355° de arco na zona óptica de 5 mm, em olhos com ceratocone central, foi observada significativa redução da curvatura corneana. Notou-se redução do K méd de 48 D para 43 D, com melhora significativa da AVCC e AVSC e da irregularidade corneana e ausência de relatos de complicação (JADIDI *et al.*, 2015). O presente estudo, apresentou resultados semelhantes, dado que foi observada uma redução do K méd de $57,55 \pm 4,17$ D para $51,44 \pm 3,94$ D ($p < 0,001$) com melhora significativa da AVCC(óculos) e AVSC, 70% dos

olhos incluídos apresentaram AVCC melhor ou igual a 0,3 logMAR (20/40) após 12 meses de pós-operatório e houve apenas uma complicação descrita (infecção), solucionada após explante do anel, mostrando a eficácia e a segurança da cirurgia.

Estudos anteriores sobre o implante de anel intraestromal em ceratocones avançados não incluíam olhos com ceratometria maior que 65 D (SHETTY *et al.*, 2008; SANSANAYUDH *et al.*, 2010; KHAN; INJARIE; MUHTASEB, 2012; OZERTÜRK *et al.*, 2012). Trata-se de importante diferencial no presente estudo, haja vista que um dos critérios de inclusão foi o K máx maior que 60 D (variando entre 60 D a 87,4 D). Assim, o comportamento do anel intraestromal em olhos com ceratometria tão avançada pôde ser avaliado pela primeira vez.

Mesmo diante de ceratometrias mais elevadas, o índice de complicações foi baixo (apenas um caso) e não foi observado qualquer caso de extrusão ou superficialização do anel, preocupação frequente em casos como estes. Esses dados sugerem que, mesmo em ceratocones com curvaturas muito acentuadas, o implante de anel intraestromal, quando feito com o *laser* de femtossegundo em olhos com indicação prévia bem definida, é um procedimento seguro. Deve-se considerar, portanto, que a ceratometria não é um fator limitante para a indicação do procedimento, pois, mesmo em córneas com ceratometria máxima acima de 60D, principalmente em se tratando de ceratocones centrais, o afinamento maior se localiza no centro, fora do trajeto do anel, o que pode viabilizar o implante com segurança.

Teoricamente, olhos com ceratocone avançado, com espessura mínima no trajeto menor que 300 micra seriam inelegíveis para implante de anel intraestromal. Ainda que sejam considerados elegíveis, parecem apresentar resultados inferiores e com maior índice de complicações, especialmente se a área de maior afinamento estiver situada em uma posição inferior, coecidindo com o trajeto do anel. Isso decorre do fato de que seriam mais propensos a complicações, como superficialização do anel com posterior extrusão, visto que o estresse mecânico do segmento do anel é suportado por uma camada mais fina de estroma sobreposto (LAI *et al.*, 2006). No presente estudo foi possível observarmos córnea com curvatura

máxima de 86D com paquimetria mínima no trajeto do anel maior que 400 micra. A paquimetria no trajeto do anel deve ser um dos principais pontos a serem analisados para avaliar a viabilidade da realização da cirurgia de implante de anel intraestromal em ceratocones com curvaturas elevadas, acima de 60D.

Estudo anterior comparou os resultados visuais e de refração em olhos com ceratocone avançado submetidos a ceratoplastia lamelar anterior profunda (DALK) com aqueles submetidos a implante de anel intraestromal e os resultados mostraram melhora visual estatisticamente significativa nos dois grupos, com um ganho maior de visão no grupo do DALK. Entretanto, ainda que o DALK envolva menores riscos de rejeição em comparação com o transplante penetrante, a cirurgia de anel intraestromal foi sugerida como um tratamento alternativo, com resultados satisfatórios, em razão da maior facilidade da técnica do implante de anel, associada a uma rápida recuperação pós-operatória e aos baixos índices de complicações envolvidos, quando comparado ao transplante (OZERTÜRK *et al.*, 2012).

Em estudo que comparou as técnicas de anel intraestromal e DALK, os pacientes do grupo do anel tinham obrigatoriamente K máx < 65 D e o anel implantado foi de 160 graus de arco, aos pares ou não, sempre de acordo com o nomograma do fabricante. Nesse trabalho, 70% dos pacientes que implantaram o anel obtiveram ganho de uma ou mais linhas de visão, 20% mantiveram acuidade visual com correção e 10% dos pacientes perderam mais de uma linha de visão (KHAN; INJARIE; MUHTASEB, 2012).

No presente estudo, considerando que os pacientes submetidos ao implante de anel tinham ceratometria máxima maior que 60 D (variando entre 60 D a 87,4 D), era possível supor que os resultados visuais pudessem ser inferiores aos do estudo acima, no qual o grupo de estudo era composto de pacientes com curvaturas corneanas menos acentuadas. Entretanto, os resultados foram muito semelhantes, na medida em que 77% dos pacientes ganharam duas ou mais linhas de visão, 14% mantiveram a acuidade visual e 9,5% perderam mais de uma linha de visão. Uma possível explicação plausível para este resultado remete ao desenho do anel que, por ser de arco longo, implantado em uma zona óptica de 5 mm, aplanava mais a córnea

que os anéis com segmento de arco menor, sendo, portanto, mais adequados para casos mais avançados (TORQUETTI *et al.*, 2018).

Estudo recente comparando as diferentes abordagens de tratamento para ceratocone avançado também pondera que, apesar de, em alguns quesitos, o DALK mostrar resultados mais satisfatórios que o implante de anel intraestromal, os pacientes deveriam passar por cada estágio de tratamento, respeitando as corretas indicações e observando potenciais complicações inerentes a cada procedimento. Segundo Rocha *et al.*, 14,28% dos pacientes submetidos a DALK apresentaram complicações no pós-operatório e 17,86% não conseguiram adaptar-se com lentes de contato para complementar a melhora visual. Por outro lado, não foi observada nenhuma complicação no grupo que implantou anel (ROCHA *et al.*, 2021). No presente estudo, apenas um caso de complicação foi observado; 70% dos pacientes obtiveram uma acuidade visual com correção melhor ou igual a 20/40 (0.3 logMAR) e 80% dos pacientes atingiram acuidade visual melhor ou igual a 20/25 (0,1 logMAR) com o uso de lente de contato esclerais, relatando conforto com o uso. Sendo assim, mesmo diante de resultados visuais melhores com o DALK, deve ser ponderada a indicação, principalmente em se tratando de pacientes muito jovens.

No estudo citado acima, que aborda as possibilidades no tratamento de pacientes com ceratocone com altas curvaturas, os pacientes que adaptaram somente a lente de contato escleral tiveram uma melhora visual de 77%, os que implantaram anel tiveram uma melhora de 57% e os que foram submetidos a DALK, tiveram uma melhora de 70% da acuidade visual (ROCHA *et al.*, 2021). Devemos considerar que os tratamentos podem ser associados para melhores resultados e um não inviabiliza o outro. Este mesmo estudo mostrou que 42,85% dos pacientes submetidos a DALK, e 53,85% dos pacientes submetidos a anel necessitaram de tratamento complementar, sendo que após este tratamento 85% destes pacientes do grupo do DALK e 72% dos pacientes do grupo do anel atingiram AV de 20/25 após o procedimento (ROCHA *et al.*, 2021). Vale lembrar que a lente de contato não atua na evolução da doença e em pacientes com a doença

em progressão, mesmo alcançando boa acuidade visual com as lentes, necessitam de tratamento complementar para estabilização da doença.

A AVSC normalmente obtida após transplante penetrante em pacientes com ceratocone avançado oscila, na maioria dos casos, entre 0,4 logMAR (20/50) e 0,7 logMAR (20/100) e a AVCC, entre 0,2 logMAR (20/30) e 0,3 logMAR (20/40), visão que tende a diminuir com o tempo (BUZARD; FUNDINGSLAND, 1997; CHENG *et al.*, 2011; FONTANA *et al.*, 2011). No presente estudo, a média da AVSC aos 12 meses de pós-operatório com implante de anel de 320 graus de arco foi de 0,5 logMAR (20/60) e a média da AVCC (com óculos), de 0,3 logMAR (20/40), se assemelhando, pois, aos resultados visuais obtidos com transplante de córnea. Contudo, como o acompanhamento se deu até os 12 meses de pós-operatório, o seguimento desses pacientes ao longo do tempo é imperativo para se avaliar sua evolução no longo prazo, informação não disponível na literatura até o presente momento.

Em um estudo não randomizado envolvendo 17 pacientes com ceratocone em ambos os olhos, no qual em um olho foi realizado implante de anel intraestromal e no outro olho, transplante de córnea penetrante, verificou-se que, no grupo de pacientes em que foi implantado anel, nenhuma complicação foi relatada; já no grupo do transplante, as seguintes complicações foram relatadas: catarata, rejeição do enxerto, aumento da pressão intraocular. Esse resultado demonstra que o anel é um procedimento seguro e que pode retardar ou mesmo evitar a necessidade de um transplante de córnea (RODRÍGUEZ *et al.*, 2007).

Outro estudo comparativo em pacientes com ceratocone avançado no qual um grupo de 36 olhos foi submetido a DALK e o outro grupo de 30 olhos foi submetido a implante de anel intraestromal mostrou que, no grupo do DALK, todos os pacientes tiveram uma melhora da AVCC e da AVSC (com ganho médio de uma a oito linhas de visão), em um acompanhamento de 24 meses. A AVSC, no grupo do DALK, mostrou-se melhor ou igual a 20/40 em 16 pacientes (44,44%) e a AVCC (óculos) mostrou-se melhor que 20/40 em 31 pacientes (86,1%). No grupo do anel, 24 olhos ganharam de

uma a sete linhas de visão (80%), três (3) olhos (10%) não obtiveram melhora visual e três (3) olhos perderam uma ou duas linhas de visão (10%). No grupo do anel, a AVSC revelou-se melhor que 20/40 em 33,3% dos olhos e a AVCC (óculos) revelou-se melhor que 20/40 em 40% dos casos (OZERTÜRK *et al.*, 2012). O resultado do grupo do anel corroborou o resultado do presente estudo, no qual 78% dos pacientes ganharam de uma ou mais linhas de visão e apenas 9,5% perderam uma ou duas linhas de visão.

Praminik *et al.* relataram que, 15 anos após o transplante penetrante para ceratocone avançado, a AVCC (óculos) de 18,9 % dos pacientes havia caído para 1,00 logMAR (< 20/200) (PRAMANIK *et al.*, 2006). Sendo assim, uma análise mais fidedigna deveria comparar o implante de anel intraestromal com DALK com um follow up extenso de mais de 20 anos, já que em um primeiro momento o DALK pode até mostrar resultados visuais mais satisfatórios, mas a tendência é a mesma não se manter ao longo dos anos, diferente do que observamos em pacientes que implantam anel intraestromal, que normalmente adquirem uma estabilidade visual e refracional ao longo dos anos (KYMIONIS *et al.*, 2007).

Outro estudo mostrou que 19,2% dos pacientes submetidos a transplante penetrante desenvolveram catarata 10 anos após o transplante (ZHANG; WU; YAO, 2013). Estudo mostrando *follow up* de cinco anos pós-cirurgia de anel intraestromal aponta que apenas 5% dos pacientes tiveram de ser submetidos a transplante lamelar ou penetrante devido à progressão da doença após o anel ou devido ao fato de não apresentarem resultado visual satisfatório após a cirurgia. Esses pacientes, usualmente, implantaram anel em uma fase muito avançada da doença (TORQUETTI; BERBEL; FERRARA, 2009).

Outro estudo mostrando *follow up* de cinco anos pós-implante de anel intraestromal verificou estabilidade refracional em todo o período de acompanhamento, sem evidências de complicações tempo dependentes (KYMIONIS *et al.*, 2007). Outro estudo realizado com um *follow up* de 15 anos pós-implante de anel intraestromal constatou importante aplanamento com implante de anel a persistir durante o tempo de segmento na maioria

dos casos, exceto naqueles em que o anel foi implantado em ceratocone em pacientes muito jovens, que naturalmente apresentam maior risco de progressão. O estudo pondera que o anel pode ser uma alternativa segura para postergar ou evitar a necessidade do transplante e, nos casos em que a doença continua evoluindo após o anel ou nos casos em que o paciente não teve a visão reestabelecida com ele, não inviabiliza a realização do transplante de córnea e de outros procedimentos complementares como o crosslink (TORQUETTI *et al.*, 2014).

Deve-se pontuar que o implante de anel intraestromal, principalmente em se tratando de casos avançados, não é um procedimento refrativo, visto que o objetivo principal não é atingir a melhor acuidade visual sem correção, mas sim reestabelecer a visão do paciente com correção, seja com óculos, seja com lentes de contato (SMIDDY *et al.*, 1988).

Estudo que avaliou os resultados do INTACS em ceratocones avançados definiu o procedimento como sendo eficaz quando a maioria dos pacientes atingissem uma AVCC melhor ou igual a 20/40 (0,3 logMAR). Um outro parâmetro utilizado para aferir a eficiência do implante do anel intraestromal de 320 graus é observar o número de pacientes que obtiveram, com o tratamento realizado, uma melhora da acuidade visual sem correção no pós-operatório, quando comparada com a acuidade visual com correção no pré-operatório. Nesse parâmetro, considerou-se o procedimento eficaz quando a acuidade visual atingida sem correção no pós-operatório fosse melhor que a acuidade visual com correção no pré-operatório (SHETTY *et al.*, 2008). No presente estudo, a maioria dos pacientes (70%) atingiu AVCC com óculos melhor ou igual a 20/40. Considerando que o anel intraestromal não é um procedimento refrativo e que o objetivo não é conseguir uma melhora visual sem correção e sim com correção, o procedimento se mostrou eficaz neste quesito.

Em relação à avaliação do astigmatismo tomográfico vetorial, observou-se que, na maioria dos casos, ele ficou hipocorrigido, dado que o astigmatismo vetorial induzido cirurgicamente (ou corrigido com a cirurgia) foi menor, na maioria dos pacientes, que o astigmatismo vetorial alvo (que

deveria ser corrigido, ou seja, o astigmatismo total que o paciente apresentava no pré-operatório).

No tocante ao astigmatismo vetorial refracional, observou-se uma hipercorreção na maioria dos casos, levando em consideração que o astigmatismo induzido cirurgicamente (ou corrigido com a cirurgia) foi maior, na maioria dos olhos operados, que o astigmatismo alvo (astigmatismo que deveria ser corrigido), ou seja, corrigiu-se mais astigmatismo do que aquele que o paciente apresentava no pré-operatório, invertendo seu eixo. Este contrassenso possivelmente se deve à dificuldade de se fazer refração em pacientes com ceratocone avançado, o que torna o astigmatismo refracional um tanto quanto subjetivo e não confiável, tendo em vista que a informação do paciente no exame de refração muitas vezes não é confiável.

A prescrição de óculos em pacientes com ceratocone é um desafio para refratometria, devido à presença de astigmatismo elevado e não regular. A presença de grandes irregularidades ópticas (HOA - high order aberrations) pode determinar que a correção esfero-cilíndrica com óculos tradicionais seja insatisfatória, dificultando, com isso, a informação emitida pelo paciente no momento do exame. Em decorrência dessa dificuldade, já foi realizado estudo com uso de aberrometria ocular total, a fim de verificar se os dados objetivos do exame poderiam proporcionar melhor acuidade visual corrigida com óculos. A conclusão do estudo foi que a aberrometria facilitou a refratometria, determinando melhora significativa da acuidade visual corrigida com as lentes esfero-cilíndricas de pacientes com ceratocone intolerantes ao uso de lentes de contato (AMBRÓSIO JUNIOR *et al.*, 2010).

Observando-se os gráficos 3 de AVCC (com óculos) e gráfico 2 de AVSC, houve uma melhora significativa no pós-operatório e uma melhora visual progressiva do pós-operatório até o 12º mês de cirurgia. A AVCC (com óculos) e a AVSC só se mostram relativamente estáveis após três meses de cirurgia, podendo modificar até o 12º mês. Mesmo padrão de melhora e progressão da melhora no decorrer dos meses foi observado nos gráficos 4 do K1, gráfico 5 do K2, gráfico 6 do K méd, gráfico 7 do K máx e gráfico 8 da asfericidade (Q). Portanto, o ideal é que a prescrição da correção visual,

tanto com óculos quanto com lentes de contato, seja feita, no mínimo, após o terceiro mês de cirurgia, sabendo que variações posteriores podem também ser encontradas.

Como os pacientes incluídos no estudo eram intolerantes ao uso de lentes de contato, não foi realizado o teste com lentes esclerais no pré operatório para comparar a acuidade visual pós anel associado a lente escleral, já que o uso de lentes não era considerado uma opção viável para os pacientes no pré operatório.

Uma das limitações do presente estudo foi a ausência de um grupo controle de pacientes submetidos a transplante de córnea, tanto lamelar quanto penetrante, tratamento tradicionalmente indicado para casos de ceratocone avançado, a fim de possibilitar uma comparação com os resultados do implante de anel intraestromal de 320 graus de arco para ceratocone avançado. Uma outra limitação foi a não realização da análise da aberrometria e teste de sensibilidade ao contraste para complementar as informações sobre acuidade visual de Sneelen com correção (óculos), informação que pode ser muito superficialista, considerando que o conceito de quantidade visual deve ser complementado com qualidade visual. Estudos com amostras maiores e maior tempo de *follow up* serão necessários para evidenciar os resultados mostrados no presente estudo ao longo dos anos.

7 CONCLUSÃO

- De modo geral, este estudo mostrou que pacientes com ceratocone em estágios avançados da doença podem se beneficiar com o implante de anel intraestromal, que se apresenta como uma técnica eficaz e segura, com baixos riscos de complicações. Por conseguinte, diante da viabilidade, deve ser um procedimento a ser considerado antes da indicação do transplante de córnea.
- A partir dos resultados tomográficos do implante do anel de 320 graus em ceratocones avançados evidenciados neste estudo, conclui-se que valores ceratométricos mais altos, anunciados como preditores de resultados insatisfatórios, não são isoladamente fatores limitante para a indicação do implante de anel intraestromal. Pacientes com ceratocones com altas ceratometrias podem obter resultados satisfatórios e visão reestabelecida com tal tratamento, principalmente, porque pode ser associado à adaptação de lentes de contato e *crosslinking* em caso de progressão, postergando ou evitando a necessidade de um transplante de córnea.
- Conclui-se que a maior parte dos pacientes apresentou melhora da AVCC e da AVSC com a cirurgia proposta e que a maioria daqueles que antes eram intolerantes a lentes de contato tiveram a visão reestabelecida confortavelmente com o uso das lentes.
- O astigmatismo vetorial tomográfico teve uma redução significativa, o que impacta no resultado visual final da cirurgia.
- Considerando as várias desvantagens do transplante, como tempo de recuperação, risco de rejeição e possibilidade de alto astigmatismo irregular, deve ser considerada a tentativa de implante de anel intraestromal nos casos avançados de ceratocone com espessura suficiente no trajeto e ausência de opacidades no eixo visual, deixando o transplante como última opção de tratamento para o ceratocone.

- Estudos futuros com amostras maiores e seguimento ainda mais longo poderão mostrar a perpetuação destes resultados.

Mensagem final:

Se o paciente tem ceratocone avançado, principalmente se for jovem, sem opacidades no eixo visual e com paquimetria no trajeto do anel >300 micra, o implante de anel intra estromal deve ser considerado, já que não inviabiliza a realização do transplante de córnea caso seja necessário.

ABD ELAZIZ, M. S; SARHAN, A. R. E. S; IBRAHIM, A. M; HAGGAG, H. A. E. Anterior segment changes after femtosecond laser-assisted implantation of a 355-degree intrastromal corneal ring segment in advanced keratoconus. **Cornea**, 37, n. 11, p. 1438-1443, 2018.

AKDEMIR, M. O; KANDEMIR, B; SAYMAN, I. B; SELVI, C. *et al.* Comparison of contrast sensitivity and visual acuity between deep anterior lamellar keratoplasty and penetrating keratoplasty in patients with keratoconus. **International journal of ophthalmology**, 5, n. 6, p. 737, 2012.

AKOVA, Y. A; DABIL, H; KAVALCIOGLU, O; DUMAN, S. Clinical features and keratoplasty results in keratoconus complicated by acute hydrops. **Ocular immunology and inflammation**, 8, n. 2, p. 101-109, 2000.

ALBERTAZZI, R. Queratocono: pautas para su diagnóstico y tratamiento. **Buenos Aires: Ediciones Científicas Argentinas**, 6, p. 123-135, 2010.

ALFONSO, J. F; LISA, C; FERNÁNDEZ-VEGA, L; MADRID-COSTA, D. *et al.* Intrastromal corneal ring segment implantation in 219 keratoconic eyes at different stages. **Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology**, 249, n. 11, p. 1705, 2011a.

ALFONSO, J. F; LISA, C; FERNÁNDEZ-VEGA, L; MADRID-COSTA, D. *et al.* Intrastromal corneal ring segment implantation in 219 keratoconic eyes at different stages. **Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology**, 249, n. 11, p. 1705-1712, 2011b.

ALIÓ, J. L; SHABAYEK, M. H; BELDA, J. I; CORREAS, P. *et al.* Analysis of results related to good and bad outcomes of Intacs implantation for keratoconus correction. **Journal of Cataract & Refractive Surgery**, 32, n. 5, p. 756-761, 2006.

ALMODIN, E. M; FERRARA, P; CAMIN, F. M. A; COLALLILO, J. M. A. Femtosecond laser-assisted intrastromal corneal lenticule implantation for treatment of advanced keratoconus in a child's eye. **JCRS Online Case Reports**, 6, n. 2, p. 25-29, 2018.

ALVES, J. D. S. **Olho seco: uma abordagem didática**. São Paulo: Editora E-papers, 2010.

AMBRÓSIO JÚNIOR, R; BORGES, J. S; COSTA-FERREIRA, C; COELHO, V. *et al.* Intrastromal corneal ring segments for keratoconus: results and correlation with preoperative corneal biomechanics. **Revista Brasileira de Oftalmologia**, 71, n. 2, p. 89-99, 2012.

AMBRÓSIO JUNIOR, R; CALDAS, D. L; SILVA, R. S. D; PIMENTEL, L. N. *et al.* Impacto da análise do "wavefront" na refratometria de pacientes com ceratocone. **Revista Brasileira de Oftalmologia**, 69, n. 5, p. 294-300, 2010.

AMBRÓSIO JUNIOR, R; CHALITA, M. R; SCHOR, P; NETTO, M. V. *et al.* **Wavefront & Topografia, Tomografia E Biomecânica Da Córnea: Propedêutica Complementar Em Cirurgia Refrativa**. 2 ed. São Paulo: Grupo Gen-Guanabara Koogan, 2000. (Princípios básicos para diagnóstico em Córnea e indicações fundamentais da propedêutica.

AMBRÓSIO JÚNIOR, R; LOPES, B; AMARAL, J; CORREIA, F. F. *et al.* Ceratocone: Quebra de paradigmas e contradições de uma nova subespecialidade. **Revista Brasileira de Oftalmologia**, 78, n. 2, p. 81-85, 2019.

AMSLER, M. Keratocone classique et keratocone fruste; arguments unitaires. **Ophthalmologica**, 111, n. 2-3, p. 96-101, 1946.

ANWAR, M; TEICHMANN, K. D. Big-bubble technique to bare Descemet's membrane in anterior lamellar keratoplasty. **Journal of Cataract & Refractive Surgery**, 28, n. 3, p. 398-403, 2002.

ARAUJO, B. S. D. **Progressão do ceratocone após implante de anel corneano intraestromal**. 2018.

BAUTISTA-LLAMAS, M.J; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, M. C; LÓPEZ-IZQUIERDO, I; LÓPEZ-MUÑOZ, A. *et al.* Complications and explantation reasons in intracorneal ring segments (ICRS) implantation: a systematic review. **Journal of Refractive Surgery**, 35, n. 11, p. 740-747, 2019.

BELIN, M; DUNCAN, J. Keratoconus: the ABCD grading system. **Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde**, 233, n. 06, p. 701-707, 2016.

BENIZ, L. A. F; QUEIROZ, G. H; QUEIROZ, C. F; LOPES, W. L. *et al.* Segmentos de anéis intracorneanos protelam o transplante de córnea em pacientes com ceratocone. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, 79, n. 1, p. 30-32, 2016.

BONNEL, S; LUSSATO, M; FENOLLAND, J; SAIB, N. *et al.* Ferrara ring's effects on corneal asphericity in keratoconus treatment. **Acta Ophthalmologica**, 91, 2013.

BUZARD, K. A; FUNDINGSLAND, B. R. Corneal transplant for keratoconus: results in early and late disease. **Journal of Cataract & Refractive Surgery**, 23, n. 3, p. 398-406, 1997.

CHENG, Y. Y; VISSER, N; SCHOUTEN, J. S; WIJDH, R.J. *et al.* Endothelial cell loss and visual outcome of deep anterior lamellar keratoplasty versus

penetrating keratoplasty: a randomized multicenter clinical trial. **Ophthalmology**, 118, n. 2, p. 302-309, 2011.

COIMBRA, C. C; GOMES, M. T; CAMPOS, M; FIGUEIROA JUNIOR, E. S. d. et al. Avaliação dos resultados do implante do anel intraestromal com laser de femtosegundo no tratamento de ectasias corneanas. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, 75, p. 126-130, 2012.

COLIN, J; COCHENER, B; SAVARY, G; MALET, F. Correcting keratoconus with intracorneal rings. **Journal of Cataract & Refractive Surgery**, 26, n. 8, p. 1117-1122, 2000.

CORREIA, F. F; RAMOS, I; LOPES, B; SALOMÃO, M. Q. et al. Topometric and tomographic indices for the diagnosis of keratoconus. **Int J Kerat Ect Cor Dis**, 1, n. 2, p. 92-99, 2012.

COSAR, C. B; SRIDHAR, M. S; COHEN, E. J; HELD, E. L. et al. Indications for penetrating keratoplasty and associated procedures, 1996-2000. **Cornea**, 21, n. 2, p. 148-151, Mar 2002.

COSCARELLI, S; FERRARA, G; ALFONSO, J. F; FERRARA, P. et al. Intrastromal corneal ring segment implantation to correct astigmatism after penetrating keratoplasty. **J Cataract Refract Surg**, 38, n. 6, p. 1006-1013, Jun 2012.

CUNHA, P. F. D. A. Técnica cirúrgica para correção de miopia. Anel corneano intra-estromal. **Rev. bras. oftalmol**, p. 578-588, 1995.

DING, X; YU, Z. Development of keratophakia and new research advances in lenticule transplantation. [Zhonghua yan ke za zhi] **Chinese journal of ophthalmology**, 54, n. 10, p. 792-796, 2018.

EDMUND, C. Corneal apex in keratoconic patients. **American journal of optometry and physiological optics**, 64, n. 12, p. 905-908, 1987.

ELAZIZ, M. S. A; SARHAN, A. R. E. S; IBRAHIM, A. M; HAGGAG, H. A. E. Anterior segment changes after femtosecond laser-assisted implantation of a 355-degree intrastromal corneal ring segment in advanced keratoconus. **Cornea**, 37, n. 11, p. 1438-1443, 2018.

EL-SAADANY, A; IBRAHIM, A; ESAA, S. Evaluation of intrastromal corneal rings (two segments vs. keraring 355) in central keratoconus using femtosecond laser. **The Egyptian Journal of Cataract and Refractive Surgery**, 24, n. 1, p. 18, 2018.

FERNÁNDEZ, M; ALBERTAZZI, R. Epidemiología del queratocono. **Queratocono: pautas para su diagnóstico y tratamiento. Buenos Aires: Ediciones Científicas Argentinas para la Keratoconus Society**, p. 11-16, 2010.

FERRARA, G; TORQUETTI, L; FERRARA, P; MERAYO-LLOVES, J. Intrastromal corneal ring segments: visual outcomes from a large case series. **Clinical & Experimental Ophthalmology**, 40, n. 5, p. 433-439, 2012.

FERRARA, P; TORQUETTI, L. Clinical outcomes after implantation of a new intrastromal corneal ring with a 210-degree arc length. **Journal of Cataract & Refractive Surgery**, 35, n. 9, p. 1604-1608, 2009.

FERRARA, P; TORQUETTI, L. Ferrara ring. **Textbook on Keratoconus: New Insights**, p. 163, 2011.

FLEMING, J. F; LOVISOLO, C. F. Intrastromal corneal ring segments in a patient with previous laser in situ keratomileusis. **Journal of Refractive Surgery**, 16, n. 3, p. 365-367, 2000.

FONTANA, L; PARENTE, G; SINCICH, A; TASSINARI, G. Influence of graft-host interface on the quality of vision after deep anterior lamellar keratoplasty in patients with keratoconus. **Cornea**, 30, n. 5, p. 497-502, 2011.

FRANCESCONI, C. M; FORSETO, A. S; NOSÉ, R. M; NOSÉ, W. Ceratoplastia lamelar profunda com viscodissecção da membrana de Descemet. **Arq Bras Oftalmol**, 64, n. 5, p. 385-388, 2001.

GASSET, A. R; HINSON, W. A; FRIAS, J. L. Keratoconus and atopic diseases. **Ann Ophthalmol**, 10, n. 8, p. 991-994, Aug 1978.

IMBORNONI, L. M; MCGHEE, C. N. J; BELIN, M. W. Evolution of keratoconus: from diagnosis to therapeutics. **Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde**, 235, n. 06, p. 680-688, 2018.

JADIDI, K; MOSAVI, S. A; NEJAT, F; NADERI, M. *et al*. Intrastromal corneal ring segment implantation (keraring 355) in patients with central keratoconus: 6-month follow-up. **Journal of Ophthalmology**, 2015, 2015.

KANNELLOPOULOS, A; PE, L; PERRY, H. Modified intracorneal ring segment implantation (Intacs) for the management of moderate to advanced keratoconus: efficacy and complications. **Cornea**, 25, p. 29-33, 2006.

KANSKI, J. J. **Oftalmología clínica**. Elsevier Brasil, 2012. 8535245553.

KAPITÁNOVÁ, K; NIKEL, J. Femtosecond Laser-assisted intrastromal corneal segment implantation-our experience. **Ceska a slovenska oftalmologie: casopis Ceske oftalmologicke spolecnosti a Slovenske oftalmologicke spolecnosti**, 74, n. 1, p. 31-36, 2018.

KEANE, M; COSTER, D; ZIAEI, M; WILLIAMS, K. Deep anterior lamellar keratoplasty versus penetrating keratoplasty for treating keratoconus. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, n. 7, 2014.

KHACHIKIAN, S. S; BELIN, M. W; CIOLINO, J. B. Intrastromal corneal thickness asymmetry. **Journal of Refractive Surgery**, 24, n. 6, p. 606-609, 2008.

KHAN, M. I; INJARIE, A; MUHTASEB, M. Intrastromal corneal ring segments for advanced keratoconus and cases with high keratometric asymmetry. **Journal of Cataract & Refractive Surgery**, 38, n. 1, p. 129-136, 2012.

KOLIOPOULOS, J; TRAGAKIS, M. Visual correction of keratoconus with soft contact lenses. **Annals of ophthalmology**, 13, n. 7, p. 835-837, 1981.

KOLLER, T; ISELI, H. P; HAFEZI, F; MROCHEN, M. *et al.* Q-factor customized ablation profile for the correction of myopic astigmatism. **Journal of Cataract & Refractive Surgery**, 32, n. 4, p. 584-589, 2006.

KRACHMER, J. H; FEDER, R. S; BELIN, M. W. Keratoconus and related noninflammatory corneal thinning disorders. **Survey of ophthalmology**, 28, n. 4, p. 293-322, 1984.

KRUMEICH, J. H; DANIEL, J; KNÜLLE, A. Live-epikeratophakia for keratoconus. **Journal of Cataract & Refractive Surgery**, 24, n. 4, p. 456-463, 1998.

KYMIONIS, G. D; SIGANOS, C. S; TSIKLIS, N. S; ANASTASAKIS, A. *et al.* Long-term follow-up of Intacs in keratoconus. **American journal of ophthalmology**, 143, n. 2, p. 236-244. e231, 2007.

LAI, M. M; TANG, M; ANDRADE, E. M; LI, Y. *et al.* Optical coherence tomography to assess intrastromal corneal ring segment depth in keratoconic eyes. **Journal of Cataract & Refractive Surgery**, 32, n. 11, p. 1860-1865, 2006.

LEBENSOHN, J. E. Donders and astigmatism. **American journal of ophthalmology**, 49, n. 5, p. 1053-1056, 1960.

LEVINGER, S; POKROY, R. Keratoconus managed with Intacs: one-year results. **Archives of ophthalmology**, 123, n. 10, p. 1308-1314, 2005.

LIPENER, C; LEAL, F. Lentes de contato esclerais: experiência inicial no Setor de Lentes de Contato da Universidade Federal de São Paulo/Escola Paulista de Medicina. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, 67, n. 6, p. 935-938, 2004.

LOPES, A. C. N; PINTO, A. C. T; SOUSA, B. A. Ceratocone: uma revisão. **Revista de Medicina e Saúde de Brasília**, 4, n. 2, 2015.

MAGALHAES, A. A Ambliopia: Um problema de saúde pública. **Revista Sociedade Portuguesa de Oftalmologia**, 40, n. 2, 2016.

MAIER, P; REINHARD, T; KOHLHAAS, M. Corneal collagen cross-linking in the stabilization of keratoconus. **Deutsches Ärzteblatt International**, 116, n. 11, p. 184, 2019.

MANNIS, M. J; SEGAL, W. A; DARLINGTON, J. K. **Making sense of refractive surgery in 2001: why, when, for whom, and by whom?** Elsevier. 823-829m 2001.

MARBACK, P. M. F; FREITAS, D. D; PARANHOS JUNIOR, A; BELFORT JUNIOR, R. Aspectos clínicos e epidemiológicos da conjuntivite alérgica em serviço de referência. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, 70, n. 2, p. 312-316, 2007.

MARCOMINI, L. A. G; SOBRAL, R. M. G. R; SEIXAS, G. O; SOUSA, S. J. F. Corneal selection for transplants. **Revista Brasileira de Oftalmologia**, 70, n. 6, p. 430-436, 2011.

MASCARO, V. L. D. M; SCARPI, M. J; HOFLING-LIMA, A. L; SOUSA, L. B. D. Transplante de córnea em ceratocone: avaliação dos resultados e complicações obtidos por cirurgias experientes e em treinamento. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, 70, n. 3, p. 395-405, 2007.

MIRANDA, M. A; RADHAKRISHNAN, H; O'DONNELL, C. Repeatability of corneal thickness measured using an Oculus Pentacam. **Optometry and Vision Science**, 86, n. 3, p. 266-272, 2009.

MOHAMMADPOUR, M; HEIDARI, Z. Pentacam. *In: Diagnostics in Ocular Imaging*: Springer, p. 65-162, 2021.

MONER, J.I. B; ARCINIEGAS, A; BARRAQUER, C; AMAYA, E. **Cirugía refractiva de la córnea**. Instituto Barraquer de América, 1989.

MONTEIRO, T; ALFONSO, J. F; FRANQUEIRA, N; FARIA-CORREIA, F. *et al.* Predictability of tunnel depth for intrastromal corneal ring segments implantation between manual and femtosecond laser techniques. **Journal of refractive surgery**, 34, n. 3, p. 188-194, 2018.

MONTEIRO, T; ALFONSO, J. F; FREITAS, R; FRANQUEIRA, N. *et al.* Comparison of complication rates between manual and femtosecond laser-assisted techniques for intrastromal corneal ring segments implantation in keratoconus. **Current eye research**, 44, n. 12, p. 1291-1298, 2019.

MOREIRA, H; OLIVEIRA, C. S. D; GODOY, G. D; WAHAB, S. A. Anel intracorneano de Ferrara em ceratocone. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, 65, n. 1, p. 59-63, 2002.

NOSÉ, W; FERRARA, P. Anillo intracorneal. *In: ALBERTAZZI, R. e CENTURION, V. (Ed.). La moderna cirurgia refrativa*. Buenos Aires: Gustavo Multedo, 1999. p. 167-181.

OZERTÜRK, Y; SARI, E. S; KUBALOGLU, A; KOYTAK, A. *et al.* Comparison of deep anterior lamellar keratoplasty and intrastromal corneal ring segment implantation in advanced keratoconus. **Journal of cataract and refractive surgery**, 38, n. 2, p. 324-332, 2012.

PARKER, J. S; VAN-DIJK, K; MELLES, G. R. Treatment options for advanced keratoconus: a review. **Survey of ophthalmology**, 60, n. 5, p. 459-480, 2015.

PIERSE, D; EUSTACE, P. Acute keratoconus in mongols. **Br J Ophthalmol**, 55, n. 1, p. 50-54, Jan 1971.

PIÑERO, D. P; ALIO, J. L; EL KADY, B; COSKUNSEVEN, E. *et al.* Refractive and aberrometric outcomes of intracorneal ring segments for keratoconus: mechanical versus femtosecond-assisted procedures. **Ophthalmology**, 116, n. 9, p. 1675-1687, 2009.

PINTO, J. L. V. T. **Crosslinking do colágeno corneano em pacientes com ceratocone: resultados preliminares.** 2010.

PRAMANIK, S; MUSCH, D. C; SUTPHIN, J. E; FARJO, A. A. Extended long-term outcomes of penetrating keratoplasty for keratoconus. **Ophthalmology**, 113, n. 9, p. 1633-1638, 2006.

RABINOWITZ, Y. S. Keratoconus. **Survey of ophthalmology**, 42, n. 4, p. 297-319, 1998.

RABINOWITZ, Y. S; DONG, L; WISTOW, G. Gene expression profile studies of human keratoconus cornea for NEIBank: a novel cornea-expressed gene and the absence of transcripts for aquaporin 5. **Invest Ophthalmol Vis Sci**, 46, n. 4, p. 1239-1246, 2005.

ROCHA, G. A. D. N; FERRARA, P. A. C; COSTA, L.T; SOUSA, L. B. Outcomes of a 320-degree intrastromal corneal ring segment implantation for keratoconus: Results of a 6-month follow-up. **European journal of ophthalmology**, 30, n. 1, p. 139-146, 2020.

ROCHA, G; VIEIRA, B. V; MENDES, B. M. S; IGUMA, C. I. *et al.* Visual outcomes in advanced keratoconus using different strategies: Scleral lens, intracorneal ring segment and lamellar keratoplasty. **European Journal of Ophthalmology**, p. 1120672121994731, 2021.

RODRÍGUEZ, L. A; GUILLÉN, P. B; BENAVIDES, M. A; GARCIA, L. *et al.* Penetrating keratoplasty versus intrastromal corneal ring segments to correct bilateral corneal ectasia: preliminary study. **Journal of Cataract & Refractive Surgery**, 33, n. 3, p. 488-496, 2007.

ROMERO-JIMÉNEZ, M; SANTODOMINGO-RUBIDO, J; WOLFFSOHN, J. S. Keratoconus: a review. **Contact Lens and Anterior Eye**, 33, n. 4, p. 157-166, 2010.

ROSA, A. M; CARDOSO, J; VASCONCELOS, H; RIBEIRO, M. et al. Tratamento do Queratocone com Implante de Anéis Intra-Estromais por Laser Femtosegundo—Resultados de Acordo com a Nova Classificação SAANA. **Oftalmologia**, 35, p. 253-258.

RUCKHOFFER, J; STOIBER, J; TWA, M. D.; ÜNTHER GRABNER, G. Correction of astigmatism with short arc-length intrastromal corneal ring segments: preliminary results. **Ophthalmology**, 110, n. 3, p. 516-524, 2003.

SADOUGH, M. M; EINOLLAHI, B; VEISI, A. R; ZARE, M. et al. Femtosecond laser implantation of a 340-degree intrastromal corneal ring segment in keratoconus: short-term outcomes. **Journal of Cataract & Refractive Surgery**, 43, n. 10, p. 1251-1256, 2017.

SAHEBJADA, S; FENWICK, E. K; XIE, J; SNIBSON, G. R. et al. Impact of keratoconus in the better eye and the worse eye on vision-related quality of life. **Investigative ophthalmology & visual science**, 55, n. 1, p. 412-416, 2014.

SANSANAYUDH, W; BAHAR, I; KUMAR, N. L; SHEHADEH-MASHOUR, R. et al. Intrastromal corneal ring segment SK implantation for moderate to severe keratoconus. **Journal of Cataract & Refractive Surgery**, 36, n. 1, p. 110-113, 2010.

SCHIRMBECK, T; PAULA, J. S; MARTIN, L. F. T; CRÓCIO FILHO, H. et al. Eficácia e baixo custo no tratamento do ceratocone com o uso de lentes de contato rígidas gás-permeáveis. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, 68, n. 2, p. 219-222, 2005.

SHETTY, R; KURIAN, M; ANAND, D; MHASKE, P. et al. Intacs in advanced keratoconus. **Cornea**, 27, n. 9, p. 1022-1029, 2008.

SIGANOS, C. S; KYMIONIS, G. D; KARTAKIS, N; THEODORAKIS, M. A. et al. Management of keratoconus with Intacs. **American journal of ophthalmology**, 135, n. 1, p. 64-70, 2003.

SIGANOS, D; FERRARA, P; CHATZINIKOLAS, K; BESSIS, N. et al. Ferrara intrastromal corneal rings for the correction of keratoconus. **Journal of Cataract & Refractive Surgery**, 28, n. 11, p. 1947-1951, 2002.

SILVA, R. S. C. **Análise endotelial da córnea em pacientes submetidos à cirurgia corneal pela técnica de anel intraestromal**. 2012. 73p f. Doutorado (Doutorado) - Ciências da Saúde, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

SMIDDY, W. E; HAMBURG, T. R; KRACHER, G. P; STARK, W. J. Keratoconus: contact lens or keratoplasty? **Ophthalmology**, 95, n. 4, p. 487-492, 1988.

SOARES, J. S. B. **Resultados visuais e tomográficos do implante de anel corneano intraestromal de 140° de arco em ceratocone e DMP.** 2016.

STIVAL, L. R. S; NASSARALLA, B. R; FIGUEIREDO, M. N. F. C. D; BICALHO, F. et al. Implante de segmento de anel intraestromal de córnea para ectasia pós-cirurgia refrativa. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, 78, n. 4, p. 212-215, 2015.

TARDIN, J. R. G; BASTOS, M. A; BORGES, K. S. F. Resultado biomecânico, topográfico e anatômico pós-anel intraestromal em ceratocone avançado. **Revista Brasileira de Oftalmologia**, 72, n. 4, p. 268-270, 2013.

TORQUETTI, L; BERBEL, R. F; FERRARA, P. Long-term follow-up of intrastromal corneal ring segments in keratoconus. **Journal of Cataract & Refractive Surgery**, 35, n. 10, p. 1768-1773, 2009.

TORQUETTI, L; CUNHA, P; LUZ, A; KWITKO, S. et al. Clinical outcomes after implantation of 320-arc length intrastromal corneal ring segments in keratoconus. **Cornea**, 37, n. 10, p. 1299-1305, 2018.

TORQUETTI, L; FERRARA, G; ALMEIDA, F; CUNHA, L. et al. Intrastromal corneal ring segments implantation in patients with keratoconus: 10-year follow-up. **Journal of Refractive Surgery**, 30, n. 1, p. 22-26, 2014.

TORQUETTI, L; FERRARA, P. Corneal asphericity changes after implantation of intrastromal corneal ring segments in keratoconus. Journal of Emmetropia: **Journal of Cataract, Refractive and Corneal Surgery**, 1, n. 4, p. 178-181, 2010.

TSUBOTA, K; MASHIMA, Y; MURATA, H; YAMADA, M. A piggyback contact lens for the correction of irregular astigmatism in keratoconus. **Ophthalmology**, 101, n. 1, p. 134-139, 1994.

TZELIKIS, P. F; JÁCOME, A. H. G; ROCHA, G. A. N; HIDA, W. T. et al. Clinical outcomes after femtosecond laser-assisted implantation of an intrastromal corneal ring segment with a 340-degree arc length in postkeratoplasty patients: 12-month follow-up. **Journal of Cataract & Refractive Surgery**, 46, n. 1, p. 78-85, 2020.

UUSITALO, R. J; LEHTOSALO, J; KLYCE, S. D. One-year follow-up of epikeratophakia for keratoconus. **Graefe's archive for clinical and experimental ophthalmology**, 227, n. 5, p. 401-407, 1989.

VALENZUELA, J; HOLGUÍN, L. D; CAÑÓN, M; RODRÍGUEZ, M. Desenlaces de implante de anillos corneales intraestromales de 355° de arco (KeraRing). **Revista Sociedad Colombiana de Oftalmología**, 49, n. 1, p. 6-15, 2016.

VAN DIJK, K; PARKER, J; TONG, C. M; HAM, L. et al. Midstromal isolated Bowman layer graft for reduction of advanced keratoconus: a technique to postpone penetrating or deep anterior lamellar keratoplasty. **JAMA ophthalmology**, 132, n. 4, p. 495-501, 2014.

VIEIRA, A. C. F. **Estudo das alterações da asfericidade**. 2017.

WITTIG-SILVA, C; CHAN, E; ISLAM, F. M; WU, T. et al. A randomized, controlled trial of corneal collagen cross-linking in progressive keratoconus: three-year results. **Ophthalmology**, 121, n. 4, p. 812-821, 2014.

WOLLENSAK, G; SPOERL, E; SEILER, T. Stress-strain measurements of human and porcine corneas after riboflavin–ultraviolet-A-induced cross-linking. **Journal of Cataract & Refractive Surgery**, 29, n. 9, p. 1780-1785, 2003.

YOUSIF, M. O; SAID, A. M. A. Comparative study of 3 intracorneal implant types to manage central keratoconus. **J Cataract Refract Surg.**, v. 44, n. 3, p: 295-305, 2018.

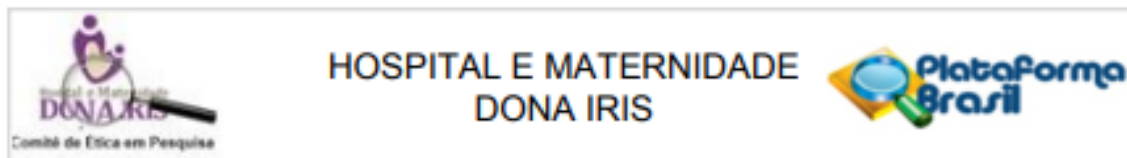
ZHANG, Y. M; WU, S.Q; YAO, Y.F. Long-term comparison of full-bed deep anterior lamellar keratoplasty and penetrating keratoplasty in treating keratoconus. **Journal of Zhejiang University Science B**, 14, n. 5, p. 438-450, 2013.

Anexo 1 – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa

Anexo 2 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Anexo 3 – Normas de publicação do *Journal of Refractive Surgery*

Anexo 1 - Parecer Consubstanciado do CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: Resultados clínicos após implante de anel corneano intraestromal com arco de 320° em ceratocones avançados

Pesquisador: Jordana Sandes Barbosa

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 31320920.8.0000.8058

Instituição Proponente: VER EXCELENCIA EM OFTALMOLOGIA LTDA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.801.342

Apresentação do Projeto:

Projeto pesquisa para doutorado com intuito de apresentar uma nova abordagem terapêutica para tratamento de ceratocones avançados.

Objetivo da Pesquisa:

Analisar a eficácia e segurança do implante do anel intra estromal de 320 ° em pacientes com ceratocone avançado grau IV.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Em relação aos riscos o tratamento com o implante de anel de intraestromal corneano já vem sendo realizado praticamente em todo o mundo. Será realizado em pacientes com ceratocone muito avançado, podendo evitar que esses pacientes evoluam para um transplante de córnea. A necessidade do transplante de córnea, que anteriormente era uma das únicas soluções para tratamento de pacientes com ceratocone avançado, vem diminuindo cada vez mais com os novos tratamento que vem surgindo. Com o implante de anel intra estromal conseguimos aplanar significativamente a curvatura corneana destes pacientes, conseguindo dar aos mesmos uma perspectiva de melhora visual com um procedimento que envolve menores riscos que o transplante de córnea. Julga-se que os riscos do implante do anel

Endereço: EMILIO POVOA

Bairro: VILA REDENCAO

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3956-8860

CEP: 74.845-250

E-mail: centrodeestudosmd@gmail.com

Continuação do Parecer: 4.801.342

são menor que o transplante e serão minimizados com o controle rigoroso e os retornos garantidos a todos os pacientes.

Benefícios:

Como o ceratocone acomete pacientes muito jovens e sabendo que quanto mais jovem o paciente maior o risco de rejeição do transplante consideramos que devemos deixar o transplante como uma última opção de tratamento quando as outras alternativas de não forem mais viáveis. Os benefícios esperados é mostrar os resultados do anel de arco longo em pacientes com cones muito avançados na tentativa de encontrar uma alternativa de tratamento muito menos invasiva e que envolve menos riscos para pacientes tão jovens.

Riscos e benefícios atendem os requisitos da resolução 466/2012

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

pesquisa relevante e de interesse científico.

Acrescentar o pesquisador Luis Fernando Oliveira Borges

Acrescentar a aplicação da Versão Brasileira do Questionário de Qualidade de Vida -SF-36

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Atendem as resoluções vigentes

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

aprovado

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_1741009_É1.pdf	22/04/2021 15:37:16		Aceito
Outros	Ementa.docx	22/04/2021 15:36:38	MARCIA CRISTINA TOLEDO	Aceito

Endereço: EMILIO POVOA
Bairro: VILA REDENCAO
UF: GO Município: GOIANIA
Telefone: (62)3956-8860

CEP: 74.845-250

E-mail: centrodeestudosmd@gmail.com

Continuação do Parecer: 4.801.342

Folha de Rosto	folhaderosto15.pdf	27/04/2020 12:08:22	MARCIA CRISTINA TOLEDO	Aceito
Outros	tclejorda.docx	27/04/2020 12:06:32	MARCIA CRISTINA TOLEDO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle2jorda.docx	27/04/2020 12:06:10	MARCIA CRISTINA TOLEDO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	jordanaplat1.docx	27/04/2020 11:59:23	MARCIA CRISTINA TOLEDO	Aceito
Outros	HOSPITAL.pdf	27/04/2020 11:45:11	MARCIA CRISTINA TOLEDO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

GOIANIA, 23 de Junho de 2021

Assinado por:
Patrícia Gonçalves Evangelista Marçal
(Coordenador(a))

Endereço: EMILIO POVOA

Bairro: VILA REDENCAO

CEP: 74.845-250

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3956-8860

E-mail: centrodeestudosmd@gmail.com

Anexo 2 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Você está sendo convidado a participar, como voluntário(a), da pesquisa intitulada **RESULTADOS CLÍNICOS APÓS IMPLANTE DE ANEL CORNEANO INTRAESTROMAL COM ARCO DE 320° EM CERATOCONES AVANÇADOS**. Meu nome é JORDANA SANDES BARBOSA SOARES, sou a pesquisadora responsável e minha área de atuação é Médico Oftalmologista. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, se você aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está impresso em duas vias, sendo que uma delas é sua e a outra pertence a pesquisadora responsável. Esclareço que em caso de recusa na participação você não será penalizado (a) de forma alguma. Mas se aceitar participar, as dúvidas sobre a pesquisa poderão ser esclarecidas pelo(s) pesquisador (es) responsável(is), via e-mail (JORDANA SANDES BARBOSA SOARES) e, inclusive, sob forma de ligação a cobrar, através do seguinte contato telefônico: (62) 982446633. Ao persistirem as dúvidas *sobre os seus direitos* como participante desta pesquisa, você também poderá fazer contato com o **Comitê de Ética em Pesquisa** do Hospital e Maternidade Dona Iris, pelo telefone (62)3956-8860

A pesquisa será realizada entre os meses de agosto de 2020 a dezembro de 2020 no hospital VER excelência em oftalmologia, situado na Av. Americano do Brasil, 260 - St. Marista, Goiânia - GO, 74180-010. Após a seleção dos pacientes os mesmos serão submetidos a exame oftalmológico minucioso e completo quando será realizado: biomicroscopia, tonometria, avaliação de fundo de olho, teste de motilidade ocular, avaliação de acuidade visual com correção, acuidade visual sem correção, acuidade visual com pinhole e acuidade visual com lente escleral. O segmento dos pacientes será realizado da seguinte forma: consulta pré-operatória, com retornos no primeiro dia de pós-operatório, sétimo dia de pós-operatório, 30 dias de pós-operatório continuando seguimento a cada 3 meses.

Nas consultas de retorno será realizado os mesmos exames da consulta pré-operatória. Após 3 meses de acompanhamento, será realizado exame de refração e teste de lente de contato rígida ou escleral, para verificar a acuidade visual também com a lente. Todos os pacientes serão submetidos a exame de tomografia de córnea com Pentacam® (Oculus, Wetzlar, Alemanha) e OCT (OCT Visante®) no pré-operatório, no pós-operatório imediato e a cada 3 meses de acompanhamento.

Em relação aos riscos o tratamento com o implante de anel de intraestromal corneano já vem sendo realizado praticamente em todo o mundo. Será realizado em pacientes com ceratocone muito avançado, podendo evitar que esses pacientes evoluam para um transplante de córnea. Com o implante de anel intraestromal conseguimos aplanar significativamente a curvatura corneana destes pacientes, conseguindo dar aos mesmos uma perspectiva de melhora visual com um procedimento que envolve menores riscos que o transplante de córnea. Julga-se que os riscos do implante do anel são menor que o transplante e serão minimizados com o controle rigoroso e os retornos garantidos a todos os pacientes.

Como o ceratocone acomete pacientes muito jovens e sabendo que quanto mais jovem o paciente maior o risco de rejeição do transplante consideramos que devemos deixar o transplante como uma última opção de tratamento quando as outras alternativas de não forem mais viáveis. Os benefícios esperados é mostrar os resultados do anel de arco longo em pacientes com cones muito avançados na tentativa de encontrar uma alternativa de tratamento muito menos invasiva e que envolve menos riscos para pacientes tão jovens.

Não serão realizados fotos ou vídeos para sua participação. A participação neste estudo é voluntária, com direito a interromper a participação a qualquer momento sem que isto incorra em qualquer penalidade ou prejuízo.

É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois da minha participação.

Enfim, tendo sido orientada quanto ao teor de todo o aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do já referido estudo, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação.

No entanto, caso eu tenha qualquer despesa decorrente da participação na pesquisa, haverá ressarcimento na forma seguinte: depósito em conta corrente, realizado pelos pesquisadores. De igual maneira, caso ocorra algum dano decorrente da minha participação no estudo, serei devidamente indenizada, conforme determina a lei. Eu

certifico que lendo estas informações acima e suficientemente esclarecidas (a) de todos os itens fornecidos.

Fui, ainda, devidamente informada e esclarecida, pela pesquisadora responsável, sobre a pesquisa, os procedimentos e métodos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha

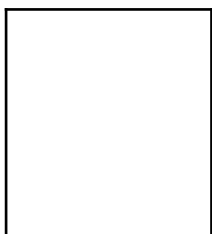
participação no estudo. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade. Declaro, portanto, que concordo com a minha participação no projeto de pesquisa acima descrito.

Goiânia, de de

Assinatura por extenso do(a) participante

Assinatura por extenso do(a) pesquisador(a) responsável

Testemunhas em caso de uso da assinatura datiloscópica



Anexo 3 – Normas de publicação do *Journal of Refractive Surgery*

Submit an Article

Guidelines updated May 2020

Authors wishing to submit a manuscript to the *Journal of Refractive Surgery* should refer to the following:

- [Information for Authors](#)
- [Author Form](#)
- [Editorial Manager Manuscript Submission](#) (outside link)
- [Manuscript Preparation](#)
- [Reporting Visual Outcomes](#)
- [SLACK Author Services](#)
- [Scholarly Uses of Journal Articles](#)
- [Public Access Policy for Non-Open Access Articles](#)

Author Form

At manuscript submission, each author must complete and submit the form below. This combined Author Statement-ICMJE Form for Disclosure of Potential Conflicts of Interest addresses copyright transmittal and any relevant disclosures.

Interactive Author Statement-ICMJE Form for Disclosure of Potential Conflicts of Interest (interactive PDF - preferred)

1. Download the form to your computer.
2. Open the form in Adobe Acrobat Reader, fill it out, and then save it to your computer.
3. Upload the form with your manuscript submission in Editorial Manager.

Note. Mac/Safari and Chrome users may have difficulty using the interactive form. These authors should use the [Noninteractive Form](#), which must be printed, completed, and then scanned and uploaded with your manuscript submission in Editorial Manager.

Information for Authors

Journal Description and Mission

The *Journal of Refractive Surgery*, the official journal of the International Society of Refractive Surgery, a partner of the American Academy of Ophthalmology, is a monthly peer-reviewed forum for original research, review, and evaluation of refractive and lens-based surgical procedures. The Journal publishes practical, clinically valuable articles to provide readers with the most up-to-date information regarding advances in the field of refractive surgery.

The Journal offers an author-friendly approach from submission through publication. The *Journal of Refractive Surgery* adheres to the Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing, and Publication of Scholarly Work in Medical Journals (2019) of the International Committee of Medical Journal Editors.

Authorship Criteria and Responsibilities

Criteria for authorship include contribution to:

- Conception and design, or
- Data collection, or
- Analysis and interpretation

AND

- Writing the manuscript, or
- Critical revision of the manuscript

All individuals identified as authors should meet the necessary criteria for authorship listed above, and all individuals who meet the criteria should be identified as authors. Those who do not meet the necessary criteria should be acknowledged (see Acknowledgments). Any issues related to authorship must be resolved before the manuscript is submitted to the Journal.

Authors should be accountable for the portions of the manuscript to which they have contributed. They should also have confidence in the integrity of the contributions of all other authors. All authors should have read the final manuscript prior to submission and be aware of its submission to the Journal.

One author must be identified as the corresponding author, who is responsible for (1) ensuring all authors meet the authorship criteria and complete the required Author Statement-ICMJE Form for Disclosure of Potential Conflicts of Interest; (2) submitting the manuscript to the Journal and serving as the main contact during the review process; and (3) performing any related activities if the manuscript is accepted, such as reviewing proofs of the edited manuscript and answering editorial queries. The corresponding author will be identified as the primary contact in the published article.

Order of authorship must be determined and agreed upon by all authors before manuscript submission. Any disagreements should be resolved before submitting the manuscript. Changes in authorship (ie, order, addition, and/or deletion of authors) must be approved by all authors. Requests for changes in authorship after initial manuscript submission and before publication are required in writing (email preferred) signed by all authors.

Acknowledgments

Any individuals who contributed to the manuscript but do not meet the necessary criteria for authorship should be acknowledged. Acknowledgments should be limited to those who helped extensively, such as providing statistical help, essential equipment, or laboratory services; or translating references.

Copyright Transfer

Manuscripts are accepted with the understanding that they have not been previously published (in print or online) and are not under simultaneous consideration by another publication. Previous publication of the abstract is acceptable. Publication of data or a detailed report in news media constitutes prior publication. Accepted manuscripts become the permanent property of the Journal and will not be published until the [Author Statement-ICMJE Form for Disclosure of Potential Conflicts of Interest](#) has been completed in full by each author.

Competing/Conflicting Interests and Sponsorship

If any author has a competing or conflicting interest in the subject matter of the manuscript, this must be indicated. If the manuscript discusses in any way a drug, a device, equipment, or an instrument, the authors must state whether or not they have any commercial or proprietary interest in the product or company. Likewise, they must reveal whether they have any financial interest as a consultant, reviewer, or evaluator. All reported competing interests are clearly indicated on all published articles.

If applicable, authors should describe the role of the study sponsor, if any, in study design; collection, analysis, and interpretation of data; writing the report; and the decision to submit the report for publication. If the supporting source had no such involvement, the authors should so state. If applicable, authors must declare whether they had assistance with study design, data collection, data analysis, or manuscript preparation. If the manuscript reports on a registered clinical trial and has been assigned a trial registration number from a public trials registry, authors should provide this information.

Human Subjects Protection and Protection of Identifiable Subjects

When reporting experiments on human subjects, authors must indicate whether the procedures followed were in accordance with the ethical standards of the responsible committee on human experimentation (institutional or regional) or with the Helsinki Declaration of 1975, as revised in 1983. Patients' names, initials, or hospital numbers should not be used, especially in illustrative material. When reporting experiments on animals, indicate whether the institution's or the National Research Council's guide for, or any national law on, the care and use of laboratory animals was followed.

For manuscripts reporting experiments, authors must state formally that an appropriate institutional review board (IRB) approved the project and/or that informed consent was obtained from the subjects after the nature of procedure(s) had been explained.

If subjects' personal details are provided, measures should be taken to protect subjects' identity. If photographs are submitted with a manuscript, permission to publish must be obtained in writing from all individuals pictured. Measures to conceal the identity of an individual in a photograph, such as placing black bars over the person's eyes, should not be used.

Manuscript Preparation

Manuscripts should be prepared following the *AMA Manual of Style*, 11th edition, and spelling should reflect *Dorland's Illustrated Medical Dictionary*. Manuscripts must be double-spaced, with 1-inch margins.

IMPORTANT! Manuscript files uploaded for review MUST include continuous page and line numbers.

Manuscript titles should be concise, specific, and informative and should contain the key points of the work. Overly general titles, as well as questions and declarative sentences, should be avoided.

Use of abbreviations should be limited to those that are commonly understood without explanation. All abbreviations must be spelled out at first mention in the text. Pharmaceuticals should be referred to by their generic names. Device manufacturers and their locations should appear in parentheses following the mention of devices.

Article Types

- **Original Articles:** Original research, including prospective or retrospective studies.
- **Biomechanics:** Discussions of subjects relevant to the topic of corneal biomechanics.
- **Editorials:** Editorial statements that comment on an article included in that particular issue of the Journal or that discuss a specific topic; editorials should be submitted at invitation only.
- **Reports:** Brief articles describing case reports or surgical techniques.
- **Reviews:** Concise but thorough review of a specific topic, with the majority of data presented in table format.
- **Therapeutic Refractive Surgery:** Surgical procedures directed at restoring corrected visual acuity and quality of vision.
- **Translational Science:** Basic science or laboratory studies.

Length Limits for Submissions

Type	Maximum Number of Words	Abstract Word Count	Maximum Number of Tables**	Maximum Number of Figures**	Maximum Number of References
Original Article*	3000	250	4	6	40
Review Article	4000	250	4	6	70
Report	1000	150	1	1	10

Note. Maximum number of words is exclusive of the title page, abstract, references, and figure captions.

*Applies to Biomechanics, Original Article, Therapeutic Refractive Surgery, Translational Science article types.

**Number of tables and figures applies to the print version; other table and figures may be included as supplemental material in the online version of the article at the editor's discretion.

Manuscript Organization

Although the guidelines below provide maximum word counts, concision always improves the readability of studies, so authors should restrict themselves to the fewest number of words, tables, and figures necessary to convey the study's message. Click [here](#) to read the editorial regarding the "[Anatomy of a Manuscript](#)."

Manuscripts should be organized as follows: Title page; Abstract; Introduction; Patients/Materials and Methods; Results; Discussion; References; Legends for photographs or drawings; and Tables and/or Figures.

Title page: To include the title; first name, middle initial, and last name of all authors (NOTE: There should be no more than six authors unless justification is provided), with no more than three academic degrees; professional affiliation of all authors and city location; acknowledgment of grant support; and name, address, telephone and fax numbers, and e-mail address of the corresponding author.

Abstract: Each manuscript must have an abstract that includes four paragraphs, each one designated as follows: Purpose, Methods, Results, and Conclusions (**the Conclusions section should be no more than 50 words**). These sections must briefly describe, respectively, the problem being addressed, how the study was performed, the salient results, and the conclusions from the results. The purpose of the abstract is to allow the content of the paper to be understood independently.

Introduction: The introduction should be a brief overview (generally no more than three paragraphs) of the topic and the main objective of the study. This should not include an extensive review of the literature, but only that portion which is pertinent to the purpose of the study.

Patients and Methods: This section should include the basic design, subjects, and scientific method. Materials and methods should be written clearly and in such detail that the work can be duplicated by others. The technique of analysis of data and whether institutional review board approval (at which institution) was obtained should be mentioned. ([NOTE: Reports should include the subheading Case Reports or Surgical Technique instead of Patients and Methods.]

Results: Results must be described concisely and state the main results of the study, including confidence intervals and exact level of statistical significance. Visual acuity should be reported at the 20/20 level; if logMAR values are used, Snellen equivalent must be provided. If visual outcomes are reported, authors must provide corresponding figures following the Standard Graphs format (see below).

Discussion: The discussion should be concise, explaining the significance of the findings and their relation to previous work. It should analyze the results, indicating statistical or clinical significance and the implications. Statements should be supported by the internal data or by published references. Shortcomings should be indicated. Speculation is to be avoided. Only those conclusions supported by the data obtained and, whenever appropriate, the direct clinical implication of the findings should be stated (while avoiding speculation).

References: References should be cited consecutively in the text with superscript numbers, per the *Publication Manual of the American Medical Association*, 11th edition. Authors are responsible for the completeness and accuracy of references, particularly author names and page numbers. References to news articles and general web content are discouraged. References to papers "in press" should be included in the reference list; manuscripts in preparation, unpublished data, and personal communications should be mentioned parenthetically in the text. The author must provide permission of the originator of a personal communication if he or she is quoted.

References at the end of the text should be listed in numerical, not alphabetical, order. Abbreviations of the names of journals should conform to PubMed/MEDLINE. The titles of those journals that are not listed in PubMed/MEDLINE must be provided in full. Journal titles should be cited as they existed at the time of publication.

- Articles: Iber FL, McGonagle T, Serebro HA. Unidirectional sodium flux in small intestine in experimental canine cholera. *Am J Med Sci.* 1969;258(5):340-350.
- Books: Clayman HM. *The Surgeon's Guide to Intraocular Lens Implantation*. 2nd ed. Thorofare, NJ: SLACK Inc; 1985:77-78.
- Chapters in books: Thornton SP. Surgical armamentarium. In: Sanders DR, Hofmann RF, eds. *Refractive Surgery: A Text of Radial Keratotomy*. 2nd ed. Thorofare, NJ: SLACK Inc; 1985:87-95.

Tables: Each table should be numbered, have a concise but fully descriptive title, and be cited consecutively in the text. Tables must not duplicate material in the text, although a one or two number summary may appear in the text (eg, "Thirty-seven (54%) eyes saw 20/20 or better without correction one year after surgery."). Tables should not be used for data that can be given in the text in one or two sentences (eg, "Table 2. Age of patients").

All column and row heads, as well as data within the table, should be double spaced. All columns and rows must be labeled with complete words, if possible. Abbreviations may be used only if they are commonly accepted and defined in a footnote. Units of measure should be cited in column and row headings, not within the table. Parentheses (eg, mean [SD] or no. of eyes [%]) should be used to consolidate information in a row or column. A line for totals, means, etc., should be included at the bottom of columns.

Figures: Each figure must be numbered and cited consecutively in the text. If applicable, arrows or asterisks can be present on figures for identification of specified areas that are discussed in the legend. If an image has been digitally altered, this must be disclosed in the figure legend. Parts of a figure can be labeled with A, B, etc. Histopathology and electromicrographs should be annotated with letters, arrows, and where appropriate, calibration bars. Authors should use periods rather than commas to indicate decimals (eg, 1.00 rather than 1,00). **All figures should be submitted in high resolution and in color when possible.** If visual outcomes are reported, authors must provide corresponding figures following the Standard Graphs format (see below).

All extraneous material should be removed from photos, including manufacturer logos, patient identifying information, computer prompts, irrelevant numerical data from readouts, examination and photograph number, etc. In general, only the color-coded calibration scale and the videokeratograph with appropriate axis are necessary. Calibration bars must be placed on electron micrographs. If specific descriptive numerical data are needed, they can be placed in the figure legend if cropping the figure will remove them.

- **Permission:** Drawings or computer-generated images submitted with a manuscript require permission to publish from the artist. Identifiable photographs of patients must be accompanied by proof of informed consent. Authors must disclose whether any figures or tables have been previously published; such materials must be accompanied by a letter of permission from the publisher, which extends non-exclusive worldwide rights to reprint the material for all forms of media now or hereafter developed to SLACK Incorporated. Content from U.S. government

websites (eg, NIH, CDC, USDHHS) is in the public domain and generally can be used without permission. However, some content on these sites may be from another source, in which case permission must be obtained from the copyright holder.

- **Digital Requirements:** Digital images should be high resolution (at least 300 dpi) and saved in JPEG or TIFF format. Image files should be uploaded separately from manuscript text files. Images embedded in Word files and PowerPoint® slides are not acceptable. If images are to print in color, CMYK format must be used. For black and white images, grayscale must be used. Color images are preferred and will be printed at no cost to the author. Each image must be a separate, stand-alone file, named to match the figure number listed in the text (eg, Jonesfig1.tif).
- **Figure Captions:** The legend should be a brief description that allows the figure to be fully understood. Legends, headings, or captions should not be included within the image files, and instead should be provided in the manuscript files following the references.

Supplemental Material or Data, including Videos

Supplemental material or data submitted with a manuscript will undergo peer review with the main manuscript. If the manuscript is accepted for publication and if the supplemental material is deemed appropriate for publication, the material or data will be posted online only with the article at the time of publication. Supplemental material will not be copyedited or formatted; therefore, the authors are responsible for the accuracy and presentation of the material.

At the editor's discretion, certain tables and figures may be designated as supplemental material and will appear in the online version of the article only; these may appear as submitted by the authors, with minimal editing and formatting.

Videos may be uploaded as supplemental materials for articles discussing operative techniques. Required format is MPEG 4. Video clips should be no more than 5 minutes, with narration synced to the video. Only one video clip is allowed per article. Any text on the video must be spelled and positioned perfectly, and voice-overs should be included on the video clip.

Corneal Cross-linking

Manuscripts about corneal cross-linking should follow the guidelines established in the editorial "[Corneal Cross-Linking \(CXL\): Standardizing Terminology and Protocol Nomenclature](#)." For general terminology, the Journal recommends the following: CXL for corneal ectasias; CXL-Plus for corneal ectasia management in combination with refractive treatments with a primary therapeutic target; photoactivated chromophores for keratitis (PACK-CXL) for infectious keratitis; and prophylactic CXL for cross-linking in combination with corneal refractive surgery in non-ectatic patients with a primary refractive target. Authors should also provide a standardized "CXL Methods" table (see below) outlining the details of the study protocol.

CXL Methods		
Parameter	Variable (EXAMPLES)	Alternative Examples
Treatment target	Ectasia	Infectious keratitis, therapeutic refractive, prophylaxis, others
Fluence (total) (J/cm ²)	5.4	7.2, 2.7, others
Soak time and interval (minutes)	30(q2)	10(q2), 20(q5), others
Intensity (mW)	3	5, 10, 14, 18, 30, others
Treatment time (minutes)	30	10, 9, 5, 4, 3, others
Epithelium status	Off	On, partial removal, iontophoresis, others
Chromophore	Riboflavin (source name)	Rose Bengal, others
Chromophore carrier	Dextran	hydroxypropyl methylcellulose (HPMC), others
Chromophore osmolarity	Iso-osmolar	Hypo-osmolar, others
Chromophore concentration	0.1%	0.2%, others
Light source	Device name (company name)	
Irradiation mode (interval)	Continuous	Pulsed (1 minute), others
Protocol modifications	Contact lens--assisted	Penetration enhancers (list details), others
Protocol abbreviation in manuscript	S-CXL(3*30) (Standard)	A-CXL(10*9) (Accelerated), others

Reporting Visual Outcomes

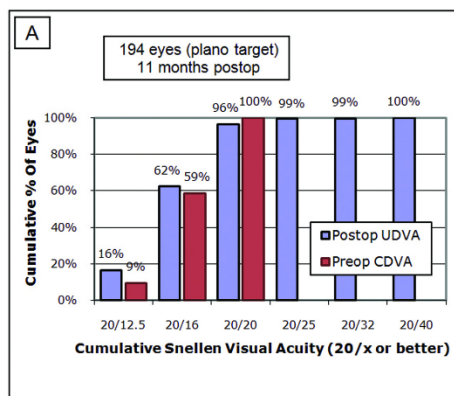
Outcomes for any clinical series of refractive surgery cases must include a graphic presentation of outcomes as set out in the following articles:

- "[Graphic Reporting of Outcomes of Refractive Surgery](#)" (2009)
- "[Standardized Graphs and Terms for Refractive Surgery Results](#)" (2011)
- "[JRS Standard for Reporting Astigmatism Outcomes of Refractive Surgery](#)" (2014)
- "[Standard for Reporting Refractive Outcomes of Intraocular Lens-based Refractive Surgery](#)" (2017)

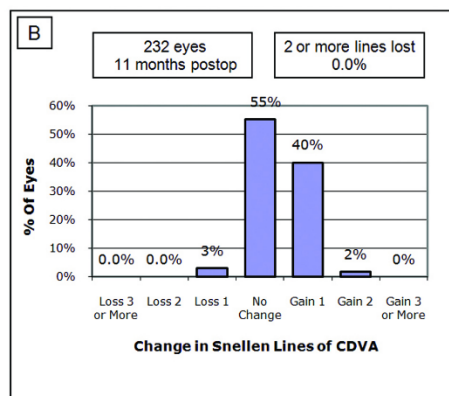
Authors must include linear regression analysis with the regression equation, trend line, and coefficient of determination (r^2), which should be shown on the attempted vs achieved spherical equivalent refraction scatter plot.

The Standard Graphs can be plotted using standard spreadsheet software, such as [Microsoft Excel](#), or dedicated software packages available for analyzing refractive surgery outcomes, such as [Datagraph-med](#), Outcomes Analysis Software, and [SurgiVision® DataLink](#). (The *Journal of Refractive Surgery* provides no specific endorsement of the above listed software packages.)

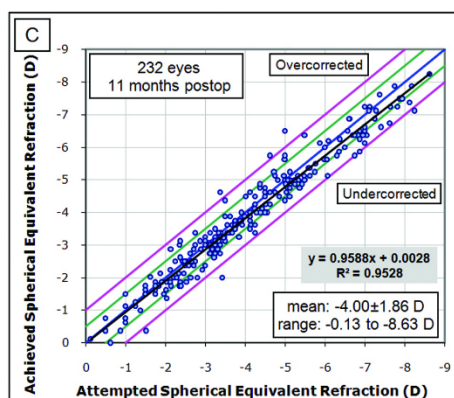
Six Standard Graphs for Corneal Refractive Surgery



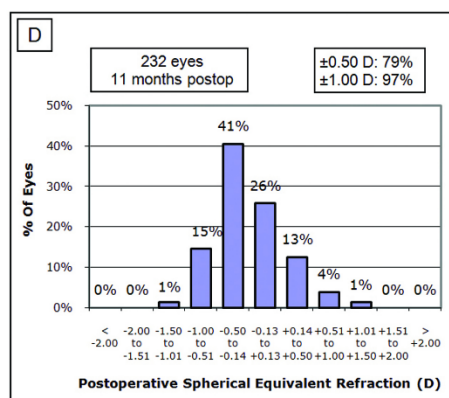
Uncorrected Distance Visual Acuity



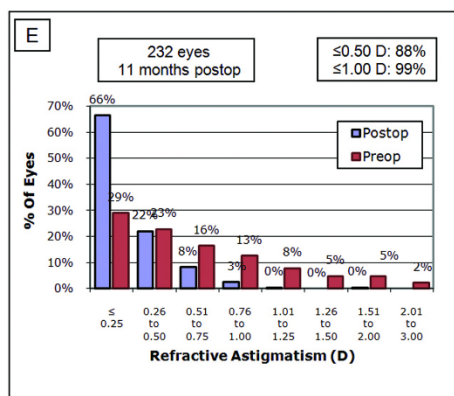
Change in Corrected Distance Visual Acuity



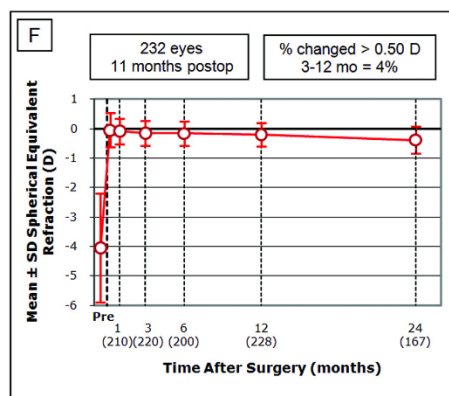
Spherical Equivalent Attempted vs Achieved



Spherical Equivalent Refractive Accuracy

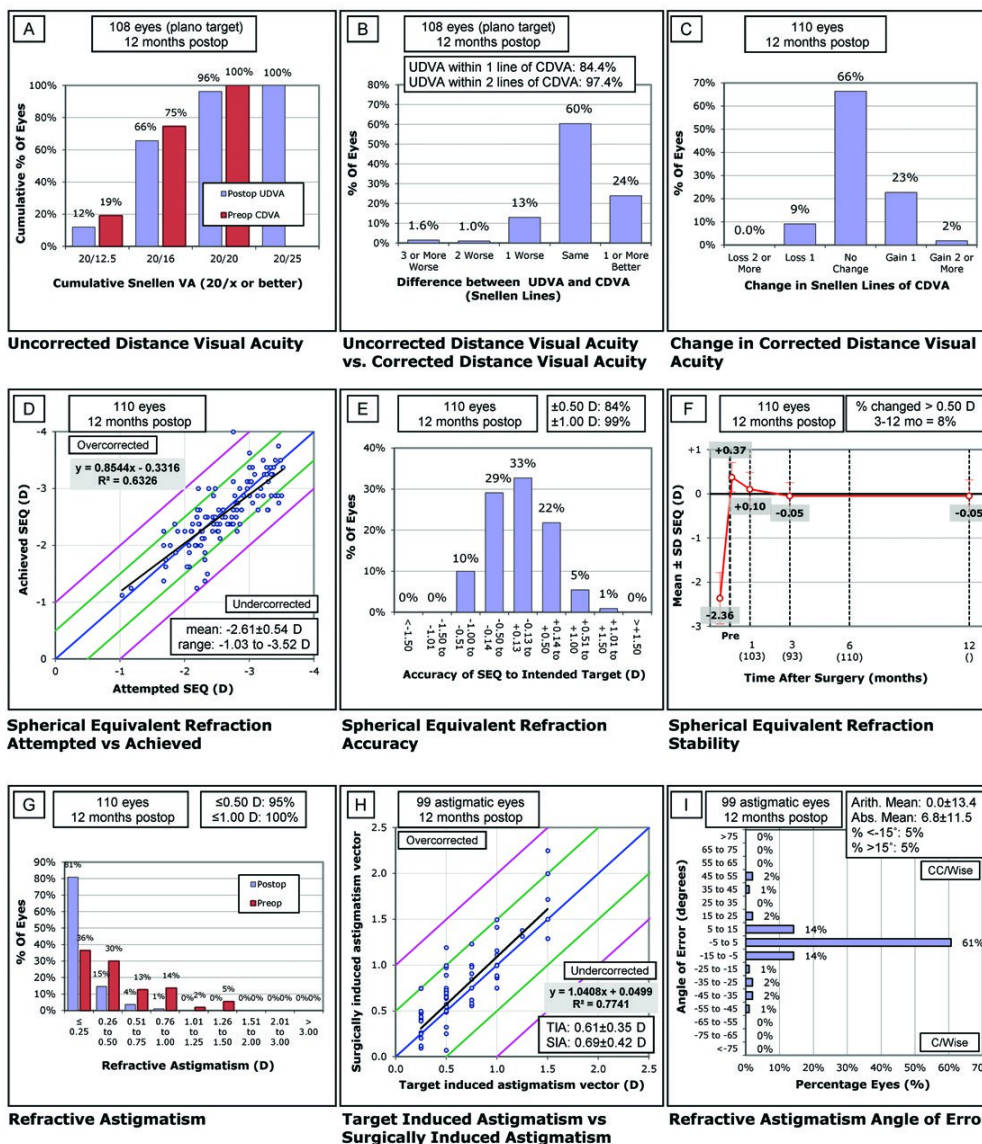


Refractive Astigmatism

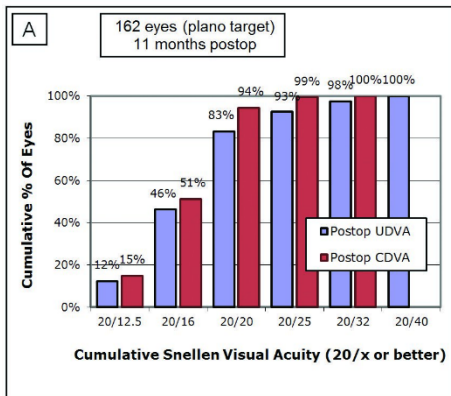


Stability of Spherical Equivalent Refraction

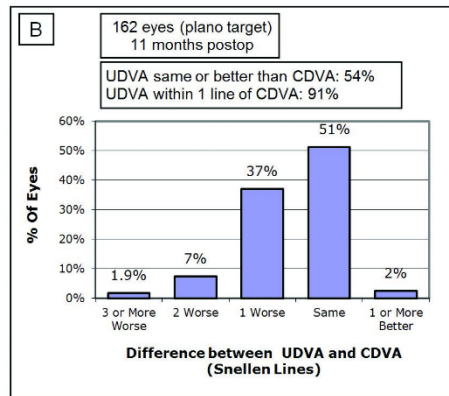
Nine Standard Graphs for Corneal Refractive Surgery



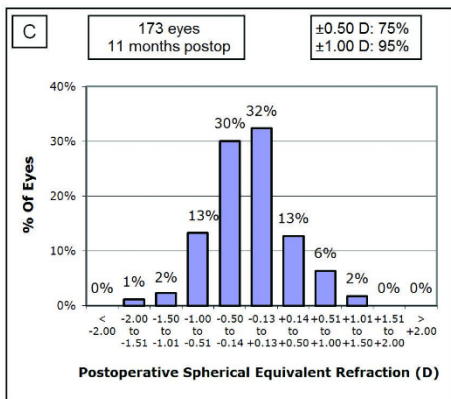
Standard Graphs for Intraocular Lens-Based Refractive Surgery



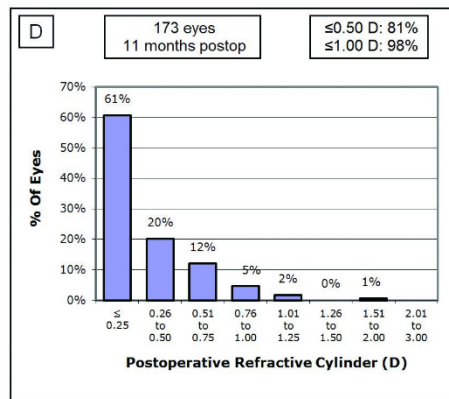
Uncorrected Distance Visual Acuity



Uncorrected Distance Visual Acuity vs. Corrected Distance Visual Acuity



Spherical Equivalent Refractive Accuracy



Refractive Cylinder

Visual Acuity

Conversion Chart (PDF format)

Terms and Abbreviations

TABLE

Visual Acuity Terms and Abbreviations

UDVA	uncorrected distance visual acuity
UIVA*	uncorrected intermediate visual acuity
UNVA*	uncorrected near visual acuity
Binocular UDVA	binocular uncorrected distance visual acuity
Binocular UIVA*	binocular uncorrected intermediate visual acuity
Binocular UNVA*	binocular uncorrected near visual acuity
CDVA	corrected distance visual acuity
CIVA*	corrected intermediate visual acuity
DCIVA*	distance-corrected intermediate visual acuity
CNVA*	corrected near visual acuity
DCNVA	distance-corrected near visual acuity
Binocular CDVA	binocular corrected distance visual acuity
Binocular CIVA*	binocular corrected intermediate visual acuity
Binocular DCIVA*	binocular distance-corrected intermediate visual acuity
Binocular CNVA*	binocular corrected near visual acuity
Binocular DCNVA	binocular distance-corrected near visual acuity

**Specify distance at which measurement was made.*

Reprinted from Kohnen T. New abbreviations for visual acuity values. J Cataract Refract Surg. 2009;35(7):1145.

Manuscript Submission

Manuscripts should be submitted via [Editorial Manager®](#). Authors should contact the [editorial office](#) with questions regarding the submission process.

Review Process

All manuscripts undergo pre-publication single-blind peer review by two or more members of the Editorial Board and/or Review Panel. Final decisions regarding manuscript disposition are made by the Editor, and the Editor mediates all interactions between reviewers and authors. Authors are notified by e-mail as soon as possible about the acceptability of their manuscript.

Manuscripts are evaluated based on their originality, significance, validity, and suitability of the subject matter to readers using the following criteria: topic is of interest, material is original and timely, writing and organization are clear, design and methods are appropriate, data are valid, and conclusions are supported by the data.

Peer reviewers are required to declare all potential competing, or conflicting, interests related to manuscripts they are invited to review. A competing or conflicting interest is anything that interferes with, or could reasonably be perceived as interfering with, the full and objective presentation, peer review, editorial decision making, or publication of manuscripts submitted to the journal. Competing interests may be personal, financial, nonfinancial, intellectual, professional, political or religious in nature. They can be related to an organization or a person.

If reviewers are currently employed at the same institution as any of the authors or have been recent (eg, within the past 3 years) mentors, mentees, close collaborators, or joint grant holders, they should recuse themselves from reviewing. If a reviewer realizes a competing or conflicting interest during their review of a manuscript, either related to themselves or to the manuscript authors, they should contact the editorial office for additional guidance.

If the Editor of the journal authors or co-authors a manuscript, the Editor will not be involved in the peer review or decision-making process for the paper. An Associate Editor will assume those duties. If an Editorial Board member or reviewer for the journal authors or co-authors a manuscript, that person will not be involved in the peer review or decision-making process for the paper.

Reviews completed for the journal are owned by the journal and are not published. Peer reviewers are required to maintain confidentiality about the manuscripts they review and must not divulge any information about a specific manuscript or its contents without prior permission.

Contributor Awards

The *Journal of Refractive Surgery* bestows two annual contributor awards: the Troutman Prize and the Waring Medal. Authors interested in having their paper considered for either award should state this in their cover letter at manuscript submission. Please note the eligibility criteria for the Troutman Prize, which must apply to the lead author, are age 45 or younger and active membership in ISRS, and this should be indicated at manuscript submission. The Waring Medal is open to all authors. Award winners are listed [here](#).

Policy on Research Misconduct

The publisher and editor will take reasonable steps to identify and prevent the publication of papers where research misconduct has occurred, including but not limited to plagiarism, citation manipulation, and data falsification/fabrication. Per journal policy, final manuscript acceptance is contingent upon successfully passing a plagiarism software check. If an allegation of research misconduct is made related to an article published in the Journal, the publisher and editor will follow the guidelines provided by the Committee on Publication Ethics (COPE) to address such allegations.

Open Access Publication Option

The Journal offers an open access publication option to authors of accepted peer-reviewed articles. With this option, articles are made freely available online immediately upon publication in exchange for payment of an article-processing charge of \$2500. SLACK Incorporated's Open Access Publication Policy can be found [here](#).

Copyediting and Author Proofs

All accepted manuscripts are professionally copyedited to adhere to the *AMA Manual of Style*, 11th edition, and journal style. The Journal reserves the right to delete extraneous or excess material and change or add titles and headings. At the editor's discretion, certain tables and figures may be designated as supplemental material and will appear only in the online version of the article.

Proofs of the edited article are provided to the corresponding author for review and approval. Rewriting the manuscript or making frivolous changes at the proof stage is unacceptable. Authors are responsible for all statements made in their work, including changes made during copyediting and production that are approved by the corresponding author.

Author Complimentary Access

After publication, the corresponding author will receive a link that allows 50 complimentary PDF downloads.

Correspondence and Letters to the Editor

Comments about an article that appeared in the Journal will be categorized as Correspondence. Brief descriptions of findings that are not appropriate for the Short Subjects section will be categorized as Letters to the Editor. Correspondence regarding a previously published article must be submitted within 12 months of the article's publication to be considered for possible publication, and the author of that article will be given the opportunity to respond. For Letters to the Editor, authors should briefly describe their findings and the implications for other ophthalmologists.

Letters and Correspondence should be no more than 500 words, with no more than 5 references and 1 figure. Both Letters and Correspondence may be edited for clarity or length, and authors must disclose any competing or conflicting interests. All Letters and Correspondence are published at the Editor's discretion. Letters and Correspondence should be submitted via [Editorial Manager](#).

Corrections and Errata

Requests to publish corrections should be emailed to the [editorial office](#). Corrections and errata are reviewed by the Editor, published promptly, and linked online to the original article.

Article Reprints, Eprints, and Licensing Opportunities

For article reprints, eprints, and licensing opportunities, contact [Sheridan Content Solutions](#).

Archiving

The publisher works with Portico to ensure electronic backup and preservation of access to *Journal of Refractive Surgery* content.

Editorial Office

Questions regarding the Journal should be directed to the [editorial office](#).

Author's Checklist

- Manuscript is formatted consistent with the style of the Journal and the *AMA Manual of Style* (11th edition)
- Manuscript is double-spaced, with 1-inch margins, and includes sequential page and line numbers
- On title page, the corresponding author is designated, including mailing address, telephone and fax numbers, and e-mail address
- Any financial interest of the authors, their families, or direct business associates is stated on the title page
- A structured abstract of 250 words or less accompanies the manuscript
- References are cited consecutively in the text
- Figures are cited consecutively in the text, and legends are provided for all figures
- Digital images are in TIFF or JPEG format, with a resolution of at least 300 dpi.
- The Author Statement-ICMJE Form for Disclosure of Potential Conflicts of Interest has been completed by each author.
- Final Step: Log onto Editorial Manager, complete the online submission form, and upload the manuscript text, table, and image files, as well as the Author Statement-ICMJE Form(s).

SLACK Author Services

Authors interested in services that include English language editing, publication support, translation services, and research communication (including research summaries, research infographics, and posters) can click [here](#) to access SLACK Author Services (in collaboration with Editage). Fees apply to services selected. Use of SLACK Author Services does not guarantee acceptance by any SLACK journal.

Scholarly Uses of Journal Articles

Acceptable uses of SLACK Incorporated journal articles that are not published open access are outlined in the chart below (click to enlarge).

SCHOLARLY USES OF NON-OPEN ACCESS JOURNAL ARTICLES

Scholarly Use	Abstract, Link to Article on Healio.com, and Citation	Author's Accepted Version	Final Publisher Version
Author's personal, noncommercial website or blog	Yes	Yes, 12 months following publication	No
Author's promotion/tenure packet	Yes	Yes	Yes
Sharing with colleagues on request for their personal use	Yes	Yes	Yes, authors may share their complimentary access link (which allows 50 free PDF downloads) with colleagues but may NOT distribute the link to large email lists
Teaching/training at the author's institution	Yes	Yes	Yes, as long as reasonable measures taken not to allow open sharing on the internet
Conferences (oral presentation, display, and/or photocopies)	Yes	Yes	Yes, up to 25 print copies may be requested (contact the editorial office if more are needed)
Dissertations, theses, or grant applications	Yes	Yes	Yes, with the exception of open access theses/dissertations
Institutional repository (private, closed)	Yes	Yes	No
Institutional repository (open access)	Yes	Yes, 12 months following publication	No
Funding repository (including the National Institutes of Health)	Yes	Yes, 12 months following publication	No
Scholarly collaboration networks (eg, ResearchGate, Academia.edu, Mendeley)	Yes	Yes, 12 months following publication	No
Social media	Yes	No	No
Commercial purposes	Contact the publisher	Contact the publisher	Contact the publisher

Open Access Articles

Articles that are published open access in the Journal may be shared at any time as long as the applicable Creative Commons license is observed and remains in place.

For details and more information about publishing open access, access the Journal's [Information for Authors](#).

Commercial Uses and/or Systematic Distribution

Authors of non-open access articles published in SLACK Incorporated journals may reuse the articles only for the scholarly purposes as set out above but may NOT use or post them for commercial purposes or under policies or other mechanisms designed to aggregate and openly disseminate manuscripts or articles. This includes the use or posting of articles for commercial gain or to substitute for the services provided directly by the journal, including the posting by companies of their employee-authored works for use by customers of such companies (eg, pharmaceutical companies and physician prescribers); commercial exploitation, such as directly associating advertising with such postings; the charging of fees for document delivery or access; and the systematic distribution to others via email lists or list servers, whether for a fee or for free. Please note that scholarly social networks such as ResearchGate and Academia.edu are

commercial entities and that posting the final published version of an article to these sites is considered commercial reuse.

Public Access Policy for Non-Open Access Articles

SLACK Incorporated's journal copyright agreements enable authors funded by the National Institutes of Health (NIH) to deposit their accepted manuscripts to PubMed Central for posting 12 months following publication by SLACK Incorporated. The agreement also allows posting of accepted manuscripts on authors' institutional repositories 12 months following publication by SLACK Incorporated. Authors should include a link to the final published article on the journal website. SLACK Incorporated will retain copyright for these articles, which prohibits republication elsewhere, and SLACK Incorporated will retain the right to charge a fee for the final published versions of these articles in whatever format they appear.

For uses that do not fall within the situations listed above, please visit healio.com/permissions.

Questions? Contact: SLACK Customer Service, 1-800-257-8290 (856-848-1000 in NJ) or customerservice@slackinc.com