

Indícios da influência do implante de anel intraestromal na lentificação da progressão do ceratocone

Evidence of the influence of an intra-stromal ring implant on slowing the progression of keratoconus

Débora Fardim Mota¹ , Frederico Bicalho Dias da Silva¹ , Nathalie Dalloul Daher² 

¹ Hospital São Geraldo, Hospital das Clínicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

² D'Olhos Hospital Dia, São José do Rio Preto, SP, Brasil.

Mota DF, Silva FB, Daher ND. Indícios da influência do implante de anel intraestromal na lentificação da progressão do ceratocone. Rev Bras Oftalmol. 2026;85:e0080.

Como citar:

doi:

<https://doi.org/10.37039/1982.8551.20260080>

Descritores:

Ceratocone; Astigmatismo;
Córnea; Topografia da córnea;
Acuidade visual

Keywords:

Keratoconus; Astigmatism;
Córnea; Corneal topography;
Visual acuity

Recebido:
17/10/2025

Aceito:
20/4/2026

Autor correspondente:

Débora Fardim Mota
Avenida Professor Alfredo Balena, 110 –
Santa Efigênia
CEP: 30130-100 – Belo Horizonte, MG,
Brasil
E-mail: debora.fardim@hotmail.com

Instituição de realização do trabalho:

Hospital São Geraldo, Hospital das
Clínicas, Universidade Federal de Minas
Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

Fonte de auxílio à pesquisa:
trabalho não financiado.

Conflitos de interesse:
não há conflitos de interesses.

Disponibilidade de dados da pesquisa:

Os conjuntos de dados gerados e/ou
analisados durante o estudo atual estão
incluídos no manuscrito.

Editor associado:

Bernardo Kaplan Moscovici
Universidade Federal de São Paulo, São
Paulo, SP, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-4441-4304>



Copyright ©2026

RESUMO

O objetivo deste do relato desta série de casos foi avaliar a evolução da topográfica, do astigmatismo e da acuidade visual em olhos com ceratocone submetidos a implante de anel intraestromal, comparando-os com os olhos contralaterais não operados, para confirmar se existem indícios de que o anel intraestromal também possa contribuir para lentificar a progressão da doença. Foram analisados quatro casos de pacientes jovens e adultos submetidos a implante de anel corneano em um olho, com acompanhamento clínico e topográfico seriado por até 8 anos. Os resultados foram comparados com o olho contralateral não operado. Observaram-se melhora significativa da acuidade visual e redução da ceratometria e do astigmatismo no olho operado com o implante de anel corneano. Ao longo do seguimento, esses parâmetros permaneceram relativamente estáveis, enquanto o olho contralateral apresentou progressão do ceratocone, evidenciada pelo aumento de ceratometria, astigmatismo e piora da acuidade visual. Em diferentes momentos de acompanhamento, os olhos não operados passaram a apresentar valores piores que os tratados. O implante de anel intraestromal, além de correção óptica, pode contribuir para lentificar a progressão do ceratocone em determinados casos, ao exercer efeito biomecânico estabilizador da córnea, funcionando como uma estrutura rígida que reduz a deformação estromal. No entanto, estudos prospectivos, com maior número de pacientes e seguimento prolongado, são necessários para confirmar este potencial efeito protetor, e o *crosslinking* segue como o procedimento mais aceito para estabilização da doença.

ABSTRACT

This report aimed to evaluate the evolution of topography, astigmatism, and visual acuity in eyes with keratoconus that underwent intra-stromal ring implant surgery. The report compared these results with those of contralateral, non-operated eyes. The goal was to confirm whether the intra-stromal ring implant surgery could also slow the progression of the disease. Four cases of young and adult patients who underwent corneal ring implant surgery in one eye were analyzed, with clinical and topographic follow-up for up to 8 years. The results were then compared with those of contralateral non-operated eye. Significant improvements in visual acuity and reductions in keratometry and astigmatism were observed in the operated eye with the corneal ring implant. Over time, these parameters remained relatively stable. Meanwhile, the contralateral eye showed progression of keratoconus, evidenced by increased keratometry, astigmatism, and worsening of visual acuity. At different follow-up times, the non-operated eyes began to show worse values than the treated ones. In addition to optical correction, the intra-stromal ring implant, may contribute to slowing the progression of keratoconus in certain cases by exerting a biomechanical stabilizing effect on the cornea and functioning as a rigid structure that reduces stromal deformation. However, prospective studies with a larger number of patients and longer follow-up periods are needed to confirm this potential protective effect, and crosslinking remains the most accepted procedure for disease stabilization.

INTRODUÇÃO

O ceratocone é uma doença ectásica da córnea, de caráter progressivo, que se inicia, em geral, na segunda década de vida e é caracterizada pelo afinamento corneano bilateral e assimétrico, associado a um quadro clínico de protrusão corneana, astigmatismo irregular progressivo e alterações visuais. Sua etiopatogenia permanece multifatorial, envolvendo predisposição genética, fatores ambientais e alterações biomecânicas da córnea. Sua prevalência é estimada em aproximadamente 1 em 2.000 indivíduos, e sua incidência varia entre 50 e 230 por 100 mil.⁽¹⁾

O manejo do ceratocone deve ter como objetivo não apenas a reabilitação visual, mas também a interrupção ou lentificação de sua progressão. Em seus estágios iniciais, o ceratocone pode ser tratado de forma conservadora por meio de óculos ou lentes de contato rígidas. Em estágios avançados, a ceratoplastia lamelar profunda e a ceratoplastia penetrante (PK) são consideradas. Contudo, surgiu uma excelente alternativa, que é o implante de segmentos de anel corneano intraestromal (ICRS), o qual foi originalmente desenvolvido para correção de miopia, mas passou a ser amplamente utilizado em pacientes com ceratocone.⁽²⁾ Ao conseguir uma reabilitação visual satisfatória, muitos pacientes conseguem sair da fila do transplante da córnea.⁽³⁾

O objetivo do ICRS é induzir uma alteração na curvatura central da córnea, reduzindo assim a ceratometria e o erro refrativo. Além disso, a remodelação corneana resulta em redução nas aberrações ópticas,⁽⁴⁾ melhorando a acuidade visual. Embora os benefícios refracionais e funcionais do ICRS sejam bem documentados, tem-se discutido seu possível efeito biomecânico na estrutura da córnea, o que poderia contribuir para a redução da velocidade de progressão do ceratocone.

Neste contexto, este artigo apresenta relatos de casos de pacientes submetidos ao ICRS no olho com a doença mais avançada, acompanhando as alterações ceratométrica ao longo do tempo e comparando com a evolução do olho contralateral não tratado. Juntamente, propõe-se revisar e analisar criticamente os indícios clínicos e experimentais disponíveis na literatura sobre a possível contribuição do ICRS na lentificação da progressão do ceratocone.

RELATOS DOS CASOS

Caso 1

Paciente do sexo masculino, 30 anos de idade, com antecedentes de rinite alérgica e hábito frequente de fricção ocular. Aos 17 anos, observou-se progressão da ectasia

corneana, evidenciada por piora dos parâmetros topográficos, sendo indicada intervenção cirúrgica. Ao exame pré-operatório, a refração do olho direito (OD) era de -10,00 -5,00 × 40°, com acuidade visual corrigida de 20/100, enquanto o olho esquerdo (OE) apresentava refração plano -2,50 × 130°, com acuidade visual corrigida de 20/25. A topografia corneana demonstrou, no OD, ceratometria de 50,46 D a 17° e 62,41 D a 107°, com astigmatismo de 11,95 D; no OE, os valores foram de 42,01 D a 145° e 47,64 D a 55°, com astigmatismo de 5,63 D. A paquimetria central foi de 516 µm no OD e 584 µm no OE. Biomicroscopia, tonometria e fundoscopia encontravam-se dentro dos padrões de normalidade. O OD foi submetido à implantação de segmentos de anel intraestromal por técnica de tunelização assistida por laser de femtossegundo. Foram implantados dois segmentos: um segmento temporal (Cornealring®, Visiontech) com diâmetro de 5 mm, arco de 155° e espessura de 300 µm, e um segmento nasal (Bioring®, Biotech) com diâmetro de 5 mm, arco de 160° e espessura de 250 µm.

Caso 2

Paciente do sexo masculino, 17 anos de idade, com antecedentes de alergia à poeira e hábito de fricção ocular. No exame pré-operatório, a refração do OD era de -14,50 -6,00 × 20°, com acuidade visual corrigida de 20/100, enquanto o OE apresentava refração de -0,50 -1,00 × 130°, com acuidade visual corrigida de 20/25. A topografia corneana evidenciou, no OD, ceratometria de 54,51 D a 32° e 62,55 D a 122°, com astigmatismo de 8,04 D; no OE, os valores foram de 45,91 D a 145° e 48,64 D a 55°, com astigmatismo de 2,73 D. A paquimetria central foi de 405 µm no OD e 496 µm no OE. Os exames de biomicroscopia, tonometria e fundoscopia não apresentavam alterações. O OD foi submetido à implantação de segmento de anel intraestromal por técnica de tunelização assistida por laser de femtossegundo. Foi implantado um segmento Cornealring® (Visiontech) com diâmetro de 5 mm, arco de 300° e espessura de 300 µm.

Caso 3

Paciente do sexo masculino, 16 anos de idade, com antecedentes de asma e hábito de fricção ocular. No exame pré-operatório, a refração do OD era de -19,00 -4,50 × 40°, com acuidade visual corrigida de 20/70 parcial, enquanto o OE apresentava refração de -1,50 -1,00 × 150°, com acuidade visual corrigida de 20/50 parcial. A topografia corneana revelou, no OD, ceratometria de 56,42 D a 40° e 59,33 D a 130°, com astigmatismo de 2,91 D; no OE, os valores foram de 45,06 D a 135° e 48,18 D a 45°, com

astigmatismo de 3,12 D. A paquimetria central foi de 489 µm no OD e 507 µm no OE. À biomicroscopia do OD, observavam-se discretas estrias de Vogt centrais, enquanto o OE não apresentava alterações. Tonometria e fundoscopia encontravam-se dentro da normalidade. O OD foi submetido à implantação de segmento de anel intraestromal por técnica de tunelização manual. Foi implantado um segmento Cornealring® (Visiontech) com diâmetro de 5 mm, arco de 300° e espessura de 250 µm.

Caso 4

Paciente do sexo feminino, 29 anos de idade, com antecedentes de asma, rinite alérgica e hábito frequente de fricção ocular. No exame pré-operatório, a refração do OD era de -2,00 -6,00 × 5°, com acuidade visual corrigida de 20/100, enquanto o OE apresentava refração de +0,50 -2,50 × 160°, com acuidade visual corrigida de 20/25. A topografia corneana demonstrou, no OD, ceratometria de 45,73 D a 8° e 54,38 D a 98°, com astigmatismo de 8,65 D; no OE, os valores foram de 43,66 D a 166° e 48,46 D a 76°, com astigmatismo de 4,80 D. A paquimetria central do OD foi de 533 µm. À biomicroscopia do OD, observavam-se estrias de Vogt centrais, enquanto o OE não apresentava alterações. Tonometria e fundoscopia estavam dentro dos padrões de normalidade. O OD foi submetido à implantação de segmento de anel intraestromal por técnica de tunelização assistida por laser de femtossegundo. Foi implantado um segmento Cornealring® (Visiontech) com diâmetro de 5 mm, arco de 300° e espessura de 250 µm.

DISCUSSÃO

As avaliações topográficas foram realizadas por meio do topógrafo de córnea CA-200. A figura 1 traz informações coletadas nos exames seriados no período pós-operatório. Elas mostram a evolução das seguintes variáveis: ceratometria (K1 meridiano mais plano / K2 meridiano mais curvo), astigmatismo corneano = diferença entre K2 e K1 e acuidade visual com correção de óculos. Ressalta-se que o procedimento de *crosslinking* não foi indicado em nenhum dos casos analisados.

Para tornar mais clara a análise que compara a velocidade de progressão do ceratocone nos dois grupos (OD com implante de anel corneano e OE sem o anel), foram construídos gráficos que mostram a evolução do meridiano mais curvo e do astigmatismo corneano com o passar do tempo no pós-operatório (Figuras 2 a 5).

Este estudo descreve uma série de casos de pacientes com ceratocone submetidos ao implante do ICRS, nos quais a cirurgia parece ter contribuído para lentificar a

velocidade de progressão da doença. Os resultados coletados nos demonstram que o implante do ICRS foi capaz de melhorar consideravelmente a acuidade visual, bem como reduzir a curvatura e o astigmatismo corneano.

No presente estudo, tais benefícios se mantiveram relativamente estáveis ao longo do seguimento, enquanto o olho contralateral (não submetido à intervenção) apresentou a progressão natural esperada da doença, com piora gradativa. Dessa forma, após alguns meses, os olhos não operados passaram a exibir piores medidas que os olhos tratados. Essa inversão do padrão habitual (em que o “olho pior” tende a manter a pior evolução) sugere que o implante do ICRS possa ter exercido efeito de lentificação da progressão, fenômeno observado, ainda que com intensidades distintas, nos quatro casos analisados.

Os ICRS atuam modificando a distribuição de forças biomecânicas na córnea, promovendo o aplanamento de sua curvatura e a redução da irregularidade. Embora tenham sido introduzidos inicialmente com o objetivo principal de melhorar a regularidade corneana e otimizar a qualidade e a acuidade visual,⁽⁴⁾ evidências crescentes têm demonstrado não apenas melhora visual, mas também estabilidade topográfica de longo prazo.

Em uma série com seguimento de 5 anos, por exemplo, observou-se aumento significativo da acuidade visual sem correção pré e pós-operatória, e da acuidade visual com correção de óculos, com diminuição dos valores do meridiano mais curvo de aproximadamente 54 D para 48 D e redução sustentada das irregularidades corneanas, sem afinamento adicional da córnea.⁽⁵⁾ Esses dados reforçam a ideia de que os ICRS podem ter papel além da simples reabilitação refracional, contribuindo também para estabilização da ectasia em parte dos pacientes. Inclusive, em alguns casos, o tratamento com ICRS pode retardar ou até mesmo evitar a necessidade de transplante de córnea.⁽³⁾

Indícios que de o anel corneano pode contribuir para lentificar a progressão do ceratocone

Redução do número de cirurgias de transplante de córnea para ceratocone nos hospitais que passam a adotar a cirurgia de anel corneano; observação da manutenção do resultado obtido com a cirurgia de implante de anel ao longo dos anos; observação de que a velocidade de progressão do ceratocone no olho operado se torna menor que a observada no olho não operado (a demonstração desta ocorrência é o objetivo do presente estudo) indicam que o anel corneano pode contribuir para lentificar a progressão do ceratocone.

Caso 1		Olho Operado (OD)				Não Operado (OE)			
Data	Seguimento	K1 (D)	K2 (D)	A (D)	AV CC	K1 (D)	K2 (D)	A (D)	AV CC
5 de março de 2013	Pré-operatório	50,46	62,41	11,95	20/100	42,01	47,64	5,63	20/25
25 de abril de 13	1º mês PO	47,78	55,42	7,64	20/80	41,62	47,39	5,77	20/50
16 de julho de 2013	3º mês PO	45,69	51,46	5,77	20/50	42,29	49,22	6,93	20/40
12 de dezembro de 2013	8º mês PO	47,69	52,38	4,69	20/30	43,10	49,77	6,67	20/40
15 de abril de 14	1º ano PO	48,55	52,23	3,68	20/25	44,27	52,45	8,18	20/40

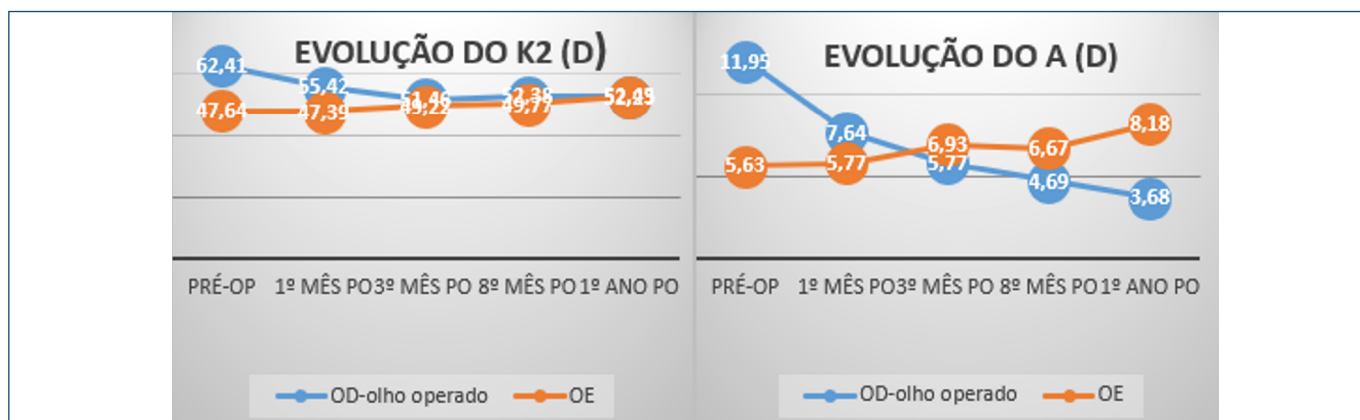
Caso 2		OlhoOperado(OD)				NãoOperado(OE)			
Data	Seguimento	K1 (D)	K2 (D)	A (D)	AV CC	K1 (D)	K2 (D)	A (D)	AV CC
26 de abril de 2019	Pré-operatório	54,51	62,55	8,04	20/100	45,91	48,64	2,73	20/25
29 de abril de 2019	3º dia PO	46,61	49,28	2,67	20/70	45,35	47,17	1,82	20/25
8 de janeiro de 2020	8º mês PO	46,66	50,38	3,17	20/40	45,75	49,10	3,35	20/25
6 de outubro de 2023	4º ano PO	46,69	51,22	4,53	20/25P	58,58	65,41	6,82	20/80

Caso 3		OlhoOperado(OD)				NãoOperado(OE)			
Data	Seguimento	K1 (D)	K2 (D)	A (D)	AV CC	K1 (D)	K2 (D)	A (D)	AV CC
1 de outubro de 2020	Pré-operatório	56,42	59,33	2,91	20/70P	45,06	48,18	3,12	20/50P
21 de dezembro 2020	2º mês PO	51,93	54,69	2,76	20/100	45,22	48,39	3,17	20/40
22 de fevereiro de 2021	4º mês PO	50,67	52,56	1,89	20/100	42,23	48,56	3,33	20/40
16 de julho de 2021	9º mês PO	48,78	49,67	0,89	20/70	44,92	48,12	3,20	20/30
31 de maio de 2023	2a 7m PO	49,13	49,78	0,65	20/40	47,19	50,37	3,18	20/30
12 de junho de 2025	4a 8m PO	49,49	49,93	0,44	20/50	55,06	57,29	2,23	20/40

Caso 4		OlhoOperado(OD)				NãoOperado(OE)			
Data	Seguimento	K1 (D)	K2 (D)	A (D)	AV CC	K1 (D)	K2 (D)	A (D)	AV CC
5 de maio de 2017	Pré-operatório	45,73	54,38	8,65	20/100	43,66	48,46	4,80	20/25
21 de julho de 2017	2º mês PO	42,39	46,82	4,43	20/40	42,11	46,82	4,71	20/25
22 de setembro de 2017	4º mês PO	42,07	46,26	4,20	20/25	42,72	47,51	4,79	20/25
2 de dezembro de 2019	2a5m PO	44,47	50,23	5,76	20/25	42,49	47,11	4,62	20/25
5 de agosto de 2021	4a 3m PO	42,50	47,07	4,57	20/40	43,23	48,36	5,13	20/25
25 de agosto de 2022	5a 3m PO	42,39	47,36	4,97	20/25	42,40	47,46	5,06	20/25
25 de janeiro de 2024	6a8m PO	42,20	47,06	4,86	20/25	42,75	48,04	5,29	20/30
6 de agosto de 2025	8a2m PO	42,26	46,93	4,67	20/25	43,02	48,28	5,26	20/30

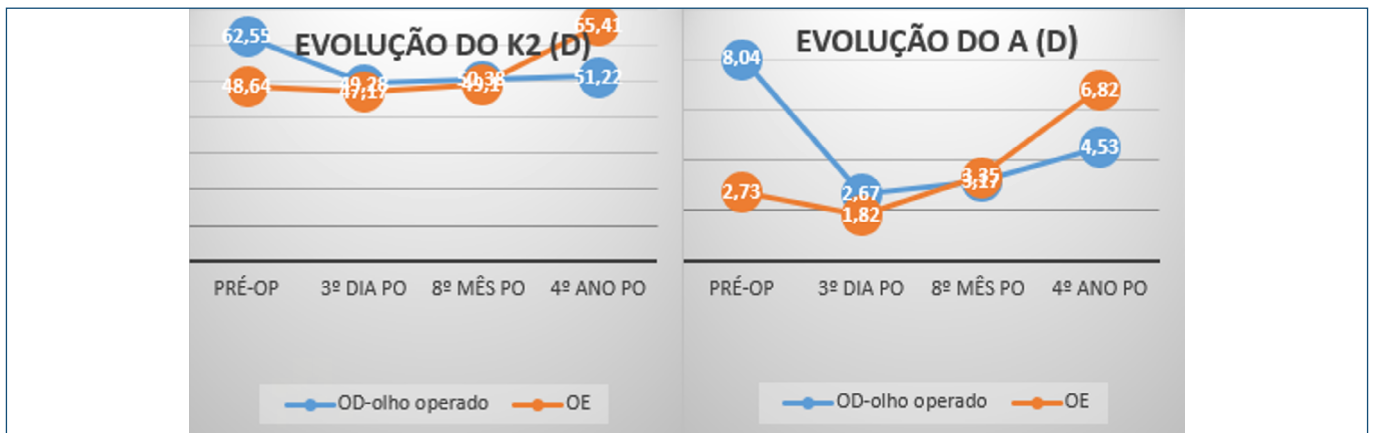
K1: meridiano mais plano; K2: meridiano mais curvo; A: astigmatismo corneano; AV CC: acuidade visual com correção de óculos; a: ano, m: mês, PO: pós-operatório; D: dioptrias

Figura 1. Evolução comparativa da ceratocone no olho com implante de anel intraestromal em relação ao olho contralateral não operado. Quando o ceratocone do olho não operado evolui e passa a apresentar valores piores que o olho que recebeu o anel, este valor é marcado pela cor vermelha.



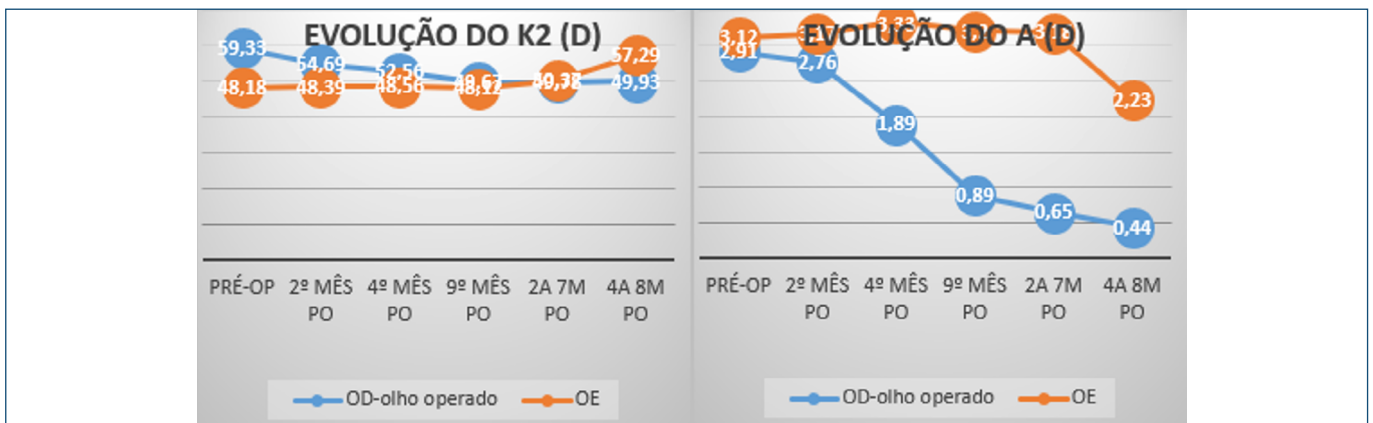
K2: meridiano mais curvo; A: astigmatismo corneano; Pré-op: pré-operatório; PO: pós-operatório.

Figura 2. Representação da variação dos valores do meridiano mais curvo e do astigmatismo corneano (D) ao longo do seguimento no caso 1.



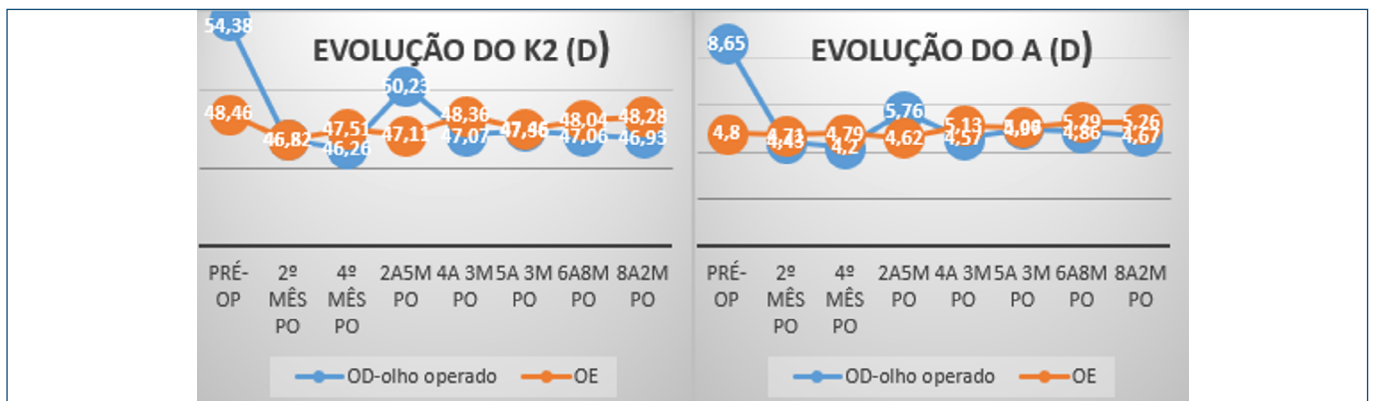
K2: meridiano mais curvo; A: astigmatismo corneano; Pré-op: pré-operatório; PO: pós-operatório.

Figura 3. Representação da variação dos valores do meridiano mais curvo e do astigmatismo corneano (D) ao longo do seguimento no caso 2.



K2: meridiano mais curvo; A: astigmatismo corneano; Pré-op: pré-operatório; PO: pós-operatório.

Figura 4. Representação da variação dos valores do meridiano mais curvo e do astigmatismo corneano (D) ao longo do seguimento no caso 3.



K2: meridiano mais curvo; A: astigmatismo corneano; Pré-op: pré-operatório; PO: pós-operatório.

Figura 5. Representação da variação dos valores do meridiano mais curvo e do astigmatismo corneano (D) ao longo do seguimento no caso 4.

Redução do número de cirurgias de transplante de córnea

Hospitais que passaram a oferecer rotineiramente o implante de ICRS relatam, em diferentes séries, redução da indicação de transplante de córnea para ceratocone,

especialmente nos casos moderados e em alguns casos avançados selecionados.⁽⁶⁾ Em estudo brasileiro, o implante de ICRS foi proposto justamente com o objetivo de postergar ou evitar o transplante em ceratocones avançados, mostrando que parcela importante dos pacientes

pode manter boa acuidade visual com lente de contato rígida após o procedimento.⁽⁷⁾

Esse achado é particularmente relevante em contextos em que o acesso ao transplante é limitado, seja pela escassez de tecidos ou pelo número reduzido de cirurgias cadastrados em bancos de olhos — cenário frequente fora dos grandes centros urbanos. Nesses ambientes, terapias que possam postergar a necessidade de ceratoplastia têm impacto clínico e sistêmico significativo.

Manutenção do resultado (acuidade visual e ceratometria) obtido com a cirurgia de implante de anel ao longo dos anos

Diversas publicações descrevem que medidas de ceratometria, astigmatismo e acuidade visual tendem a permanecer estáveis ao longo dos anos após o implante de ICRS.^(5,8,9) Séries com seguimento de 3 a 5 anos mostram manutenção do aplanamento corneano, melhora sustentada de acuidade visual com correção de óculos e ausência de afinamento progressivo, sugerindo estabilização topográfica em boa parte dos casos.⁽¹⁰⁾ Em alguns estudos, mais de 60 a 70% dos olhos tratados apresentam melhora da acuidade visual sem correção e da melhor acuidade visual corrigida, enquanto apenas uma minoria apresenta piora.⁽¹¹⁾

No nosso estudo, a observação de que as medidas ceratométricas e a acuidade visual do olho com anel permaneceram estáveis, em contraste com a piora contínua do olho contralateral, vai ao encontro dessa literatura, reforçando a hipótese de efeito estabilizador em subconjunto de pacientes.

Velocidade de evolução menor no olho operado em comparação ao não operado

O ceratocone caracteriza-se por evolução assimétrica: o “olho pior” geralmente progride mais rapidamente que o “olho melhor”, possivelmente devido a diferenças biomecânicas e comportamentais (como o hábito de coçar mais um dos olhos). É incomum que o “olho melhor” passe a evoluir mais rapidamente que o pior, invertendo sua condição.

Nos casos aqui descritos, porém, após o implante do anel, observou-se mudança nesse padrão típico, pois o olho operado apresentou menor velocidade de progressão que o olho contralateral, que manteve a evolução natural da doença. Com o tempo, os valores de ceratometria, astigmatismo e acuidade visual do olho operado tornaram-se melhores que os do olho não operado. Do ponto de vista fisiopatológico, essa inversão é coerente com a hipótese de que o anel introduz uma barreira mecânica parcial à deformação corneana, o que seria suficiente para

reduzir a velocidade de progressão da ectasia, ainda que não a elimine completamente.

Caso não houvesse intervenção, seria esperado que o olho inicialmente pior continuasse a progredir em ritmo mais acelerado, afastando-se ainda mais, em termos de curvatura e qualidade visual, do olho contralateral. A mudança desse padrão “natural” de evolução, ainda que em uma série pequena, configura um argumento interessante em favor de um possível efeito protetor do implante.

Possíveis mecanismos de ação na estabilização

O mecanismo exato pelo qual os ICRS poderiam contribuir para redução da velocidade de progressão do ceratocone ainda não está totalmente esclarecido, mas a literatura sugere algumas hipóteses.

Efeito mecânico direto

A presença de um corpo rígido no estroma fragilizado atuaria como um “esqueleto” de sustentação, aumentando a resistência à deformação. Modelos biomecânicos sugerem que o tipo de segmento, a profundidade de implantação e o comprimento de arco influenciam de forma relevante a distribuição de tensões e o padrão de aplanamento obtido.⁽¹²⁾ Relatos de fratura do anel em situações de grande tensão corneana ilustram a magnitude dessas forças.⁽¹³⁾

Redução de processos inflamatórios/alérgicos e do prurido

Muitos pacientes relatam redução do prurido ocular após a cirurgia, o que poderia diminuir o trauma mecânico induzido pelo ato de coçar, fator de risco bem estabelecido para progressão do ceratocone. A redistribuição de forças pode também modificar a tensão nas lamelas colágenas, o que, teoricamente, poderia interferir em vias inflamatórias locais e na liberação de enzimas degradadoras de colágeno, reduzindo a deterioração estrutural ao longo do tempo.⁽¹⁾

Mudança comportamental

O receio de deslocar o anel ou de “estragar a cirurgia” após o implante tende a fazer com que muitos pacientes evitem coçar o olho operado, o que, na prática, reduz um dos principais fatores de agressão mecânica contínua à córnea ectásica.

Influência do modelo de segmento

Um tema relevante diz respeito à capacidade de diferentes modelos de ICRS em contribuir para a estabilização da

córnea. Estudos recentes têm mostrado que segmentos de arco longo (300° a 320°) podem proporcionar maior aplanamento global e, em alguns casos, melhor regularização da superfície em ceratocones centrais moderados a avançados, com boa segurança e eficácia. Séries clínicas com segmentos de 320° relatam melhora significativa dos parâmetros tomográficos e da acuidade visual, com potencial de postergar a necessidade de transplante em casos avançados.⁽¹⁴⁾

Do ponto de vista teórico, segmentos de arco longo funcionariam como uma espécie de “limbo artificial”, restringindo a área em que o ceratocone pode se expressar topograficamente. Se essa premissa for confirmada por estudos comparativos robustos, segmentos de arco longo poderiam ser preferidos em pacientes jovens ou com alto risco de progressão, mesmo que não ofereçam, no curto prazo, a melhor correção refracional. Nesses casos, a priorização da estabilidade a longo prazo poderia ser mais relevante do que o ganho visual imediato.

Comparação com o *crosslinking* corneano

Em contraste com a evidência ainda controversa sobre o impacto dos ICRS na progressão, o *crosslinking* corneano é amplamente aceito como o procedimento com melhor comprovação científica para estabilização do ceratocone. Ensaio clínico randomizado e metanálises demonstram que o *crosslinking* corneano é eficaz em reduzir a progressão (avaliada por K2, K1 e refração), com melhora ou estabilização da acuidade visual em grande parte dos pacientes.⁽¹²⁾

Nesse contexto, enquanto o implante de anel corneano oferece regularização da superfície e ganho visual imediato (e possivelmente algum grau de estabilização em certos casos), o *crosslinking* atua diretamente na biomecânica da córnea, aumentando a rigidez do estroma e reduzindo de forma mais consistente a probabilidade de progressão.

Em síntese, os resultados desta série indicam que o implante de anel intraestromal pode exercer papel adicional ao de reabilitação visual, contribuindo para a lentificação da progressão do ceratocone em determinados cenários clínicos. A melhora sustentada da acuidade visual e da regularidade corneana, aliada à estabilidade topográfica observada no olho operado e à piora contínua do olho contralateral, sugere um possível efeito protetor biomecânico. Apesar de promissores, esses achados devem ser interpretados com cautela, reforçando a necessidade de estudos sistemáticos que comparem diferentes tipos de segmentos, técnicas cirúrgicas e perfis de pacientes.

Limitações e necessidade de estudos adicionais

Apesar dos indícios favoráveis, o papel dos ICRS na prevenção ou na lentificação da progressão do ceratocone ainda é tema de debate. Revisões recentes destacam que parte dos estudos disponíveis é retrospectiva, sem grupos controles ou com amostras pequenas. Alguns trabalhos não encontraram diferença significativa na progressão entre olhos tratados e não tratados, sugerindo que a capacidade dos anéis de impedir o avanço da doença pode ser limitada ou depender de características específicas do paciente, do tipo de anel e da técnica cirúrgica.⁽¹⁵⁾

Além disso, a nossa série apresenta número reduzido de casos e não permite generalizações amplas. Trata-se de um sinal clínico interessante (inversão do olho “pior” e “melhor”), que deve ser confirmado em estudos prospectivos, com amostras maiores, seguimento mais longo e controle rigoroso de fatores de confusão (idade, atopia, hábito de coçar, tipo de anel etc.).

CONCLUSÃO

Os dados apresentados neste estudo sugerem que o implante de segmentos de anel intraestromal pode desempenhar papel adicional ao da reabilitação óptica em pacientes com ceratocone. Observou-se que os olhos submetidos ao procedimento apresentaram melhora inicial da acuidade visual e redução dos parâmetros ceratométricos, com estabilidade mantida ao longo do seguimento. Em contraste, os olhos contralaterais não operados evoluíram com progressão da ectasia, evidenciada por incremento da ceratometria, do astigmatismo e piora funcional. A inversão do padrão habitual de evolução (em que o olho previamente mais comprometido passa a evoluir mais lentamente que o olho não tratado) configura indício clínico relevante de possível efeito estabilizador associado ao anel corneano intraestromal.

Os resultados reforçam que o implante de anel intraestromal pode constituir opção terapêutica complementar em cenários selecionados, com potencial para contribuir na preservação da integridade corneana e no retardamento da necessidade de ceratoplastia.

Apesar dos achados promissores, as conclusões deste estudo devem ser interpretadas com cautela, considerando o número reduzido de casos, o delineamento retrospectivo e a ausência de controles prospectivos. São necessários estudos com amostras mais amplas, metodologia padronizada e seguimento prolongado para determinar se os efeitos observados podem ser generalizados e para esclarecer os mecanismos biomecânicos envolvidos. Até

o momento, o *crosslinking* corneano permanece como o método mais consistentemente comprovado para estabilização da progressão do ceratocone.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram substancialmente para a concepção e o delineamento do estudo, aquisição de dados, análise e interpretação dos dados; participaram da redação do artigo ou da revisão crítica de seu conteúdo intelectual relevante; aprovaram a versão final a ser publicada; concordaram com a revista para a qual o artigo foi submetido; e responsabilizam-se por todos os aspectos do trabalho.

REFERÊNCIAS

1. Rabinowitz YS. Keratoconus. *Surv Ophthalmol*. 1998;42(4):297-319.
2. Arnalich-Montiel F, Alió del Barrio JL, Alió JL. Corneal surgery in keratoconus: which type, which technique, which outcomes? *Eye Vis (Lond)*. 2016;3:2.
3. Colin J, Velou S. Current surgical options for keratoconus. *J Cataract Refract Surg*. 2003;29(2):379-86.
4. Alio J, Barraquer R, Esperanza S, Murta J, Teus M, Vega-Estrada A. Intrastromal corneal ring segments: how successful is the surgical treatment of keratoconus? *Middle East Afr J Ophthalmol*. 2014;21(1):3-9.
5. Torquetti L, Berbel RF, Ferrara P. Long-term follow-up of intrastromal corneal ring segments in keratoconus. *J Cataract Refract Surg*. 2009;35(10):1768-73.
6. Beniz LAF, Queiroz GH, Queiroz CF, Lopes WL, Moraes LF, Beniz J. Intrastromal corneal ring segments delay corneal grafting in patients with keratoconus. *Arq Bras Oftalmol*. 2016;79(1):30-2.
7. Menezes C, Cavalcante A, Guilherme J, Torquato L, Marques J, Oliveira A, et al. Results of intrastromal corneal ring implantation in advanced keratoconus with the aim of postponing or avoiding corneal transplantation. *Eur J Ophthalmol*. 2023;34(1):71-8.
8. Torquetti L, Ferrara G, Almeida F, Cunha L, Araujo L, Machado A, et al. Intrastromal corneal ring segments implantation in patients with keratoconus: 10-year follow-up. *J Cataract Refract Surg*. 2014;30(1):22-6.
9. Vega-Estrada A, Alió JL, Brenner LF, Burguera-Gimenez N. Outcomes of intracorneal ring segments for the treatment of keratoconus: five-year follow-up analysis. *J Cataract Refract Surg*. 2013;39(8):1234-40.
10. Kang MJ, Byun YS, Yoo YS, Whang WJ, Joo CK. Long-term outcome of intrastromal corneal ring segments in keratoconus: five-year follow-up. *Sci Rep*. 2019;9:315.
11. Medical Services Advisory Committee (MSAC). Intrastromal corneal ring segments (ICRS) for keratoconus and corneal ectasia: assessment report. Canberra: MSAC; 2005. (MSAC Application 1083).
12. Wittig-Silva C, Whiting M, Lamoureux E, Lindsay RG, Sullivan LJ, Snibson GR. A randomized controlled trial of corneal collagen cross-linking in progressive keratoconus: preliminary results. *J Refract Surg*. 2008;24(7):S720-5.
13. Bagheri NM, Kadkhodaei M, Pirhadi S, Mosaddegh P. Effects of intracorneal ring segments implementation technique and design on corneal biomechanics and keratometry in a personalized computational analysis. *Sci Rep*. 2021;11:14433.
14. Rocha GA, Cunha PF, Costa LT, Sousa LB. Outcomes of a 320-degree intrastromal corneal ring segment implantation for keratoconus: results of a 6-month follow-up. *Eur J Ophthalmol*. 2019;29(5):543-8.
15. Benito-Pascual B, Arriola-Villalobos P, Rodríguez-Quet O, Termine V, Cuiña-Sardiña R, Díaz-Valle D. Intrastromal corneal ring segments and keratoconus progression: a case series study. *Eye Contact Lens*. 2025;51(2):65-9.