

# Prognóstico visual de ‘crosslinking’ para ceratocone com base em tomografia de córnea pré-operatória

## *Visual prognosis of crosslinking for keratoconus based on preoperative corneal tomography*

Bernardo Lopes<sup>1</sup>, Isaac Ramos<sup>1</sup>, Tobias Koller<sup>2</sup>, Theo Seiler<sup>2</sup>, Renato Ambrósio Jr<sup>1</sup>.

### RESUMO

**Objetivo:** Verificar índices tomográficos do pré-operatório de pacientes com ceratocone submetidos à *crosslinking* corneano (CXL) como fatores preditivos para a melhora na acuidade visual corrigidas (AVc) após um ano. **Métodos:** Estudo retrospectivo que incluiu 63 olhos de 53 pacientes com ceratocone progressivo submetidos à CXL segundo o protocolo de Dresden: desepitelização corneana, riboflavina 0,1% por 30 minutos e luz ultra-violeta A (UVA) a uma irradiância de 3mW/cm<sup>2</sup> por 30 minutos. Foram avaliados exames de tomografia corneana com sistema de Scheimpflug rotacional (Pentacam, Oculus) antes do CXL e a acuidade visual corrigida antes e após a cirurgia. A análise estatística foi feita com o teste de Kolmorov-Smirnov, teste *t* de *student* e curvas de característica operador-receptor (ROC). **Resultados:** Houve diferença estatisticamente significante ( $p < 0,05$ ) entre os pacientes que obtiveram melhora de AVc em um ano e os que não experimentaram melhora na AVc nesse período nos índices tomográficos pré-operatórios relacionados com espessura e volume corneano. Entre os pacientes que obtiveram melhora na AVc todos possuíam volume corneano em 6,0mm maior que 14,55mm<sup>3</sup> e 97,2% deles possuíam volume corneano em 6,5mm maior que 17,76mm<sup>3</sup>. Assim como, 94,29% desses pacientes apresentavam paquimetria média em 4,0mm maior que 487  $\mu$ m e 82,86% paquimetria no ponto mais fino maior de 421  $\mu$ m. **Conclusão:** Pacientes com ceratocone menos avançado (volume e espessura da córnea maiores) no período pré-operatório obtiveram mais chances de ter melhora da AVc um ano após CXL. Estudos prospectivos envolvendo outras variáveis relacionadas com a aberrometria total e o estudo biomecânico da córnea são relevantes para se aumentar a capacidade prognóstica do resultado após CXL.

**Descritores:** Ceratocone; Tomografia da córnea; Prognóstico; Acuidade visual

### ABSTRACT

**Purpose:** To verify pre-operative tomographic indices as predictive parameters for the improvement in best corrected visual acuity (BCVA) in one year after corneal collagen crosslinking (CXL) procedure for keratoconus. **Methods:** Retrospective study that included 63 eyes of 53 patients with progressive keratoconus submitted to CXL following the Dresden's protocol: topical anesthesia, 9.0 mm of epithelial abrasion, riboflavin 0.1% drops for 30 minutes and ultraviolet-light A (UVA) with an irradiance of 3mW/cm<sup>2</sup> for 30 minutes. Corneal tomography taken by Scheimplug rotational system (Pentacam, Oculus) before CXL was evaluated along with pre and 1 year post-operative BCVA. Statistical analysis was accomplished with the Kolmogorov-Smirnov test, student's *t*-test and Receiver Operating Characteristic (ROC) curve. **Results:** There were statistically significant differences ( $p < 0.05$ ) between patients who improved BCVA in one year after CXL and those who did not experienced improvement in BCVA in the same period of time in the pre-operative tomographic indices related to corneal volume and thickness. Among those who had its BCVA improved all of them had a corneal volume in 6.0mm grater then 14.55mm<sup>3</sup> and 97.2% of them had corneal volume in 6.5mm grater then 17.76mm<sup>3</sup>. So with 94.29% of them had thickness in 4.0mm grater then 487 $\mu$ m and 82.86% had thickness on the thinnest point grater then 421 $\mu$ m. **Conclusion:** Patients with less advanced keratoconus (grater corneal volume and thickness) in the pre-operative had more chances to improve its BCVA in one year after CXL. Prospective studies involving others variables related to total aberrometry and corneal biomechanics are relevant to increase the prognostic capability of CXL result.

**Keywords:** Keratoconus; Cornealtomography; Prognosis; Visual acuity

<sup>1</sup> Corneal Tomography and Biomechanics Study Group – Rio de Janeiro (RJ), Brasil;

<sup>2</sup> Institut für Refraktive und Ophthalmologie – Chirurgie, Germany.

Local de realização do estudo: Instituto de Olhos Renato Ambrósio - Rio de Janeiro (RJ), Brasil

**Conflitos de interesse:** Renato Ambrósio Jr. é consultor da Oculus Optikgeräte GmbH (Wetzlar, Germany)

Recebido para publicação em 06/06/2013 - Aceito para publicação em 09/04/2014

## INTRODUÇÃO

O ceratocone é uma ectasia corneana, geralmente bilateral, de caráter progressivo cujo tratamento tem sofrido modificações nos últimos anos. Até a última década, dispúnhamos de tratamentos classicamente focados na melhora do desempenho visual desses pacientes: como o uso de lentes de contato rígidas, implantes de segmento de anel no estroma corneano e o transplante de córnea<sup>(1,2)</sup>. Ao final da década de 90 e início do século XXI<sup>(3)</sup>, na universidade de Dresden - Alemanha, começaram os estudos em córneas humanas de uma nova forma de tratamento conservador para o ceratocone por meio da promoção de ligações covalentes no colágeno da córnea (*crosslinking* ou CXL). O objetivo desse tratamento é primariamente impedir a progressão da ectasia aumentando a sua rigidez biomecânica<sup>(4,5)</sup>.

O CXL, segundo o protocolo original<sup>(3)</sup>, foi induzido através de radiação ultravioleta A e riboflavina (vitamina B2), um fotossensibilizador hidrossolúvel que penetra o estroma corneano na ausência de epitélio<sup>(6)</sup>. Diversos estudos têm demonstrado segurança, estabilidade e melhora nos índices corneanos de topografia e tomografia e na AVc<sup>(7,11)</sup>. Seu uso tem sido inclusive encorajado como terapia aditiva às lentes de contato rígidas e ao implante cornenano de segmento de anel intraestromal<sup>(12)</sup>. Entretanto, apesar de pouco frequentes, tem sido descritas complicações relacionadas ao procedimento, como a presença de cicatrizes e opacidades corneanas, defeito epitelial persistente e raro caso de ceratite bacteriana<sup>(13,14)</sup>.

Não sendo, portanto, o CXL um tratamento inócuo, fatores prognósticos capazes de prever essa estabilidade ou melhora dos pacientes com ceratocone a ele submetidos são de fundamental importância para aprimorar seus critérios de indicação. Neste estudo buscamos identificar índices pré-operatórios de tomografia corneana que pudessem ser capazes de prever uma melhora na acuidade visual corrigida (AVC) desses pacientes em um ano.

## MÉTODOS

Foram analisados retrospectivamente os dados de pacientes com ceratocone progressivo submetidos a CXL. Os critérios de inclusão foram ectasia progressiva, avaliada em pelo menos 6 meses e caracterizada por aumento no Kmáximo em 1,00D (equivalente a 3 DP da repetibilidade do aparelho)<sup>(15)</sup> e Ceratometria máxima (K máximo) < 65,00 D. Os critérios de exclusão foram opacidades corneanas pré-operatórias devido a pouca confiabilidade da imagem de Scheimpflug nesses casos, paquimetria corneana menor que 400 µm mesmo após instilação de riboflavina hipotônica, demais patologias oculares além da ectasia, especialmente doenças endoteliais, história de erosão recorrente, gravidez e doença do tecido conjuntivo.

O CXL foi realizado através de anestesia tópica com uso alternado de colírio de oxibuprocaina e tetracaína a cada 3 minutos por 15 minutos. Uma abrasão corneana com 9,0mm de diâmetro. Riboflavina 0,1%, preparada imediatamente antes do tratamento por diluição de solução riboflavina aquosa a 0,5% em solução de dextran T-500 a 20%, instilada a cada 3 por 30

minutos. Após esse tempo, paquimetria corneana central ultrassônica. Em olhos em que o resultado sem o epitélio foi menor que 400µm, adicionou-se riboflavina 0,1% hipotônica, sem dextran, até que essa espessura atingisse 400µm, fato cuidadosamente verificado em todos os casos previamente à realização do procedimento. À lâmpada de fenda com filtro azul de cobalto foi vista a presença de riboflavina na câmara anterior. Então, o olho foi irradiado por 30 minutos com luz UVA com irradiância de 3mW/cm<sup>2</sup> (UV-X, Peschke Meditrade). Durante a irradiação foi administrado a cada 3 minutos riboflavina 0,1% e oxibuprocaina conforme a necessidade do paciente. Ao final, ofloxacino 0,3% e lente de contato terapêutica eram aplicados. O antibiótico foi mantido por 2 dias e após a cicatrização epitelial os pacientes usaram fluormetolona tópica 2 vezes ao dia por 1 semana.

A acuidade visual corrigida testada com tabela de optotipos em escala logarítmica foi avaliada no pré-operatório e um ano após o tratamento. Os dados pré e pós-operatórios da tomografia corneana foram obtidos com sistema rotacional de Scheimpflug (Pentacam 70700, Oculus).

As análises estatísticas foram realizadas com software bioestat 5.3, o teste de aderência à normalidade Kolmogorov-Smirnov foi realizado para avaliar a distribuição normal das populações estudadas. A comparação entre os pacientes com melhora na AVc e os demais foi feita através do teste *t* de Student. Curvas ROC foram calculadas para determinar os melhores valores de corte de parâmetros estatisticamente diferentes. Foi considerado estatisticamente significativo  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

Dos 53 pacientes (63 olhos), 21 eram do sexo feminino e 32 do sexo masculino. A média de idade foi 29,4 anos  $\pm$  9,4 (variando de 15 a 56 anos). Dos 63 olhos, em um ano, 35 apresentaram melhora na AVc (55,6%), 12 mantiveram sua AVc pré-operatória (19%) e 16 apresentaram AVc pior (25,4%).

A tabela 1 evidencia as diferenças na AVc, nos índices de ceratometria central, volume e espessura corneanas antes e um ano após o CXL. Observa-se que houve diferença estatisticamente significativa resultando em melhora da AVc, aplanamento do meridiano mais plano da córnea (K1), redução do volume corneano entre os diâmetros de 2 e 4,5mm e afinamento na espessura corneana medida no ponto mais fino e em 2mm de diâmetro.

No exame pré-operatório, os pacientes com melhora da AVc em um ano possuíam volume corneano nos diâmetros de 2,0 – 7,0 mm estatisticamente maior ( $p < 0,05$ ) demonstrado em 11 índices tomográficos (tabela 2) (figura 1). Entre os índices que obtiveram melhor *performance* (maior área sob a curva ROC), os volumes corneanos de 6,0 e 6,5 mm apresentaram sensibilidade de 100 e 97,14% nos pontos de corte de 14,55 e 17,76mm<sup>3</sup>, respectivamente. Além da boa sensibilidade apenas 12% dos pacientes com essas características apresentaram piora da AVc. O volume corneano de 7,0mm apresentou especificidade de 60,7% no ponto de corte de 21,43mm<sup>3</sup> (tabela 3) (figura 1).

**Tabela 1**  
**Índices tomográficos pré e pós-CXL**

	Pré CXL		Pós CXL		Valor p
	Média ± DP	Intervalo	Média ± DP	Intervalo	
AVc (LogMAR)	0,40 ± 0,31	-0,08 – 1,3	0,31 ± 0,29	-0,15 – 1,3	0,0010
K1	46,11 ± 4,48	37,5 – 61,2	45,52 ± 3,94	37,4 – 56,3	0,0421
K2	50,48 ± 5,22	42,3 – 66	49,9 ± 5,13	42,4 – 66,9	0,1613
Astig	4,37 ± 2,35	0,1 – 10,4	4,37 ± 2,51	0,7 – 13,4	0,9898
C.Vol. D 2,0mm	1,46 ± 0,13	1,23 – 1,67	1,43 ± 0,13	1,09 – 1,69	0,0063
C.Vol. D 2,5mm	2,33 ± 0,19	1,94 – 2,67	2,28 ± 0,2	1,79 – 2,69	0,0079
C.Vol. D 3,0mm	3,4 ± 0,27	2,82 – 3,92	3,33 ± 0,27	2,7 – 3,93	0,0108
C.Vol. D 3,5mm	4,79 ± 0,37	3,94 – 5,56	4,7 ± 0,36	3,92 – 5,53	0,0167
C.Vol. D 4,0mm	6,27 ± 0,47	5,13 – 7,3	6,17 ± 0,44	5,18 – 7,23	0,0266
C.Vol. D 4,5mm	8,18 ± 0,6	6,64 – 9,56	8,06 ± 0,54	6,83 – 9,42	0,0491
C.Vol. D 5,0mm	10,2 ± 0,74	8,23 – 11,95	10,08 ± 0,65	8,61 – 11,74	0,0824
C.Vol. D 5,5mm	12,74 ± 0,91	10,22 – 14,94	12,62 ± 0,78	10,86 – 14,65	0,1548
C.Vol. D 6,0mm	15,45 ± 1,09	12,37 – 18,11	15,34 ± 0,92	13,27 – 17,75	0,2548
C.Vol. D 6,5mm	18,7 ± 1,31	15,05 – 21,91	18,61 ± 1,1	16,16 – 21,48	0,4061
C.Vol. D 7,0mm	22,33 ± 1,54	18,14 – 26,14	22,25 ± 1,29	19,3 – 25,66	0,5819
Paqui Min	443,67 ± 43,9	317 – 520	426,9 ± 50,36	290 – 515	0,0006
Paqui 2mm	464,87 ± 40,37	365 – 539	452,54 ± 41,69	349 – 539	0,0030
Paqui 4mm	516,76 ± 36,53	445 – 604	512,92 ± 31,1	454 – 592	0,2264
Paqui 6mm	580,17 ± 34,45	503 – 661	581,94 ± 31,43	518 – 656	0,5264
Paqui 8mm	653,24 ± 35,11	565 – 739	657,7 ± 38,45	533 – 732	0,1330

AVc: Acuidade visual com melhor correção expressa em LogMAR; K1: Curvatura corneana central no meridiano mais plano;  
K2: Curvatura corneana central no meridiano mais curvo; Astig: astigmatismo corneano central;  
C.Vol. >Volume corneano; Paqui: Paquimetriacorneana

**Tabela 2**  
**Índices tomográficos pré-operatórios**

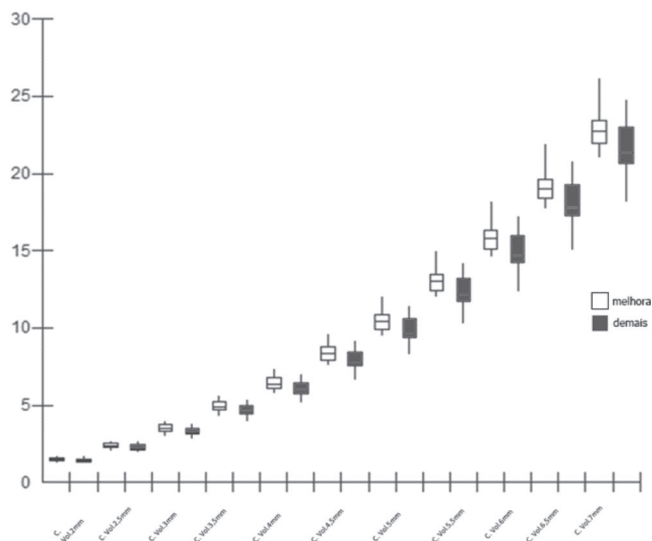
	Melhora da AVc		Demais pacientes		Valor p
	Média	Varição	Média	Varição	
C.Vol.7,0mm:	22,87 ± 1,20	21,05 – 26,14	21,64 ± 1,65	18,14 – 24,71	0,0021
C.Vol.6,5mm:	19,16 ± 1,01	17,71 – 21,91	18,13 ± 1,41	15,05 – 20,77	0,0024
C.Vol.6,0mm:	15,82 ± 0,85	14,62 – 18,11	14,98 ± 1,18	12,37 – 17,21	0,0029
C.Vol.5,5mm:	13,05 ± 0,72	11,98 – 14,94	12,36 ± 0,98	10,22 – 14,21	0,0034
C.Vol.5,0mm:	10,45 ± 0,6	9,51 – 11,95	9,9 ± 0,79	8,23 – 11,39	0,0044
C.Vol.4,5mm:	8,37 ± 0,5	7,55 – 9,56	7,94 ± 0,64	6,64 – 9,12	0,0058
C.Vol.4,0mm:	6,41 ± 0,4	5,72 – 7,30	6,09 ± 0,49	5,13 – 6,98	0,0090
C.Vol.3,5mm:	4,89 ± 0,32	4,3 – 5,56	4,66 ± 0,38	3,94 – 5,32	0,0131
C.Vol.3,0mm:	3,47 ± 0,24	2,99 – 3,92	3,31 ± 0,28	2,82 – 3,79	0,0220
C.Vol.2,5mm:	2,38 ± 0,18	2,01 – 2,67	2,27 ± 0,20	1,94 – 2,61	0,0318
C.Vol.2,0mm:	1,49 ± 0,12	1,24 – 1,67	1,43 ± 0,13	1,23 – 1,65	0,0499
Paqui Mín.:	453,23 ± 44,25	317 – 520	431,43 ± 40,32	359 – 502	0,0491
Paqui 2mm:	475,49 ± 38,45	365 – 539	451,61 ± 38,75	392 – 516	0,0197
Paqui 4mm:	528,23 ± 31,40	459 – 604	-2,43 ± 37,41	445 – 574	0,0059
Paqui 6mm:	590,69 ± 29,90	535 – 661	567,04 ± 35,25	503 – 638	0,0075
Paqui 8mm:	663,97 ± 31,25	609 – 739	639,82 ± 35,04	565 – 716	0,0070

C.Vol. = Volume corneano; Paqui = Paquimetria

**Tabela 3**  
**Análise de curva ROC**

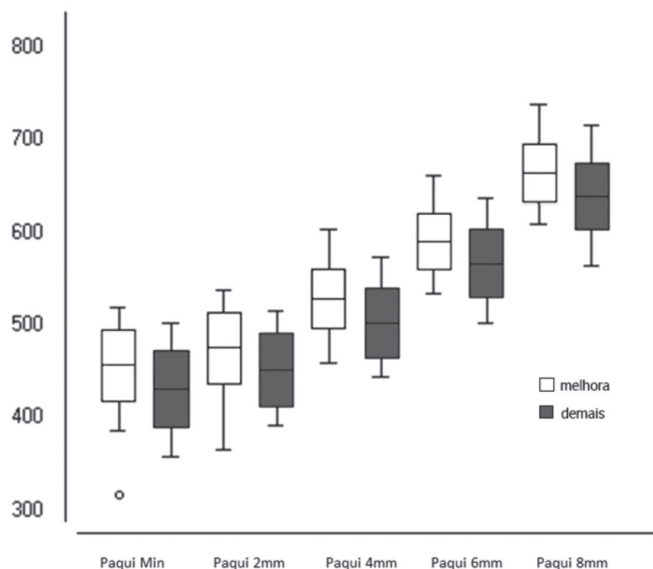
	AUROC	IC 95%	Ponto de corte	Sensibilidade (%)	Especificidade (%)
C.Vol.7,0mm:	0,718	0,591	60,824 >21,43	85,71	60,71
C.Vol.6,5mm:	0,721	0,594	60,827 >17,76	97,14	50,00
C.Vol.6,0mm:	0,715	0,588	60,822 >14,55	100,00	46,43
C.Vol.5,5mm:	0,715	0,587	60,821 >12,12	94,2	50,00
C.Vol.5,0mm:	0,710	0,582	60,817 > 9,75	88,57	57,14
C.Vol.4,5mm:	0,696	0,567	60,806 > 7,69	94,29	46,43
C.Vol.4,0mm:	0,691	0,562	60,801 > 5,87	91,43	46,43
C.Vol.3,5mm:	0,680	0,551	60,792 > 4,63	77,14	57,14
C.Vol.3,0mm:	0,675	0,545	60,788 > 3,3	77,14	57,14
C.Vol.2,5mm:	0,670	0,540	60,784 > 2,22	80,00	50,00
C.Vol.2,0mm:	0,656	0,525	60,771 > 1,4	77,14	50,00
Paqui Mín.:	0,659	0,528	60,773 > 421	82,86	46,43
Paqui 2mm:	0,687	0,558	60,798 > 452	77,14	57,14
Paqui 4mm:	0,700	0,571	60,809 > 487	94,29	50,00
Paqui 6mm:	0,690	0,561	60,800 > 561	88,57	53,57
Paqui 8mm:	0,688	0,559	60,799 > 636	80,00	57,14

C.Vol.:Volume corneano; Paqui: Paquimetria; AUROC: área sob a curva ROC; IC 95%: Intervalo de confiança de 95%



C. Vol.:Volume corneano

Figura 1: 'Box-plot' exibindo a comparação do volume corneano entre os pacientes que apresentaram melhora da visão e os demais



Paqui Mín: Paquimetria no ponto mais fino; Paqui: paquimetria

Figura 2: 'Box-Plot' exibindo a comparação da espessura corneana entre os pacientes que apresentaram melhora da visão e os demais

Os valores de espessura corneana também foram maiores no pré-operatório dos pacientes com melhora da AVc em um ano ( $p < 0,05$ ) em 5 índices tomográficos, a paquimetria no ponto mais fino e a paquimetria nos diâmetros de 2, 4, 6 e 8mm (tabela 2, figura 2). Entre eles a paquimetria em 4,0mm e no ponto mais fino apresentaram sensibilidade de 94,29 e 82,86% nos pontos de corte de 487 e 421 $\mu$ m, respectivamente (tabela 3). Para esses valores nos índices de paquimetria em 4,0mm e no ponto mais fino, 12,8 e 13,6% dos pacientes, respectivamente, obtiveram piora da AVc.

## DISCUSSÃO

Apesar de o CXL ter sido inicialmente proposto como um método para enrijecer a biomecânica da córnea e desacelerar a progressão da ectasia, desde o início de sua utilização notou-se não apenas estabilização, mas melhora nas córneas de muitos destes pacientes. Dentre os diversos aspectos de melhora, a AVc de alto contraste é um marcador objetivo da função visual amplamente utilizado na prática oftalmológica.

Em nossa amostra observamos aplanamento em K1 e re-

dução no volume e espessura corneanos. Esses dados estão de acordo com os descritos na literatura e podem indicar que há compressão nas fibras de colágeno corneanas e um aumento na resistência da córnea.

Em relação à AVc, observamos melhora em 55,6% dos pacientes submetidos ao CXL, ligeiramente menor que os 65% encontrados por Wollensak et al.<sup>(3)</sup>. Os pacientes que apresentaram maior chance de ganho de AVc em um ano foram os portadores de volume e espessura da córnea maiores.

Nossos resultados sugerem com boa sensibilidade que quanto menos avançada a ectasia maior a chance de se obter melhora da AVc e pequena a chance que ela piore após um ano do CXL. Essa sensibilidade elevada nos permite também inferir que, no outro lado da moeda, os pacientes com ectasia mais avançada têm pouca chance de obter melhora na AVc em um ano. Com esses dados podemos ter mais clareza ao indicar o procedimento avaliando os pacientes com poucas chances reais de melhora da AVc.

Estudos prospectivos envolvendo outras variáveis relacionadas com a aberrometria total e o estudo biomecânico da córnea é relevante para se aumentar a acurácia e capacidade prognóstica do resultado após CXL. Novos estudos envolvendo demais meios de aferir a função visual como a sensibilidade ao contraste<sup>(16)</sup> e a avaliação da neuroplasticidade cerebral podem ajudar a esclarecer a melhoria em qualidade de visão desses pacientes e seu impacto em suas atividades diárias<sup>(17,18)</sup>.

## REFERÊNCIAS

- Rabinowitz YS. Keratoconus. *Surv Ophthalmol*. 1998;42(4):297-319. Review.
- Siganos D, Ferrara P, Chatzinikolas K, Bessis N, Papastergiou G, Ferrara. Intraströmial corneal rings for the correction of keratoconus. *J Cataract Refract Surg*. 2002;28(11):1947-51.
- Wollensak G, Spoerl E, Seiler T. Riboflavin/ultraviolet-a-induced collagen crosslinking for the treatment of keratoconus. *Am J Ophthalmol*. 2003;135(5):620-7.
- Spoerl E, Huhle M, Seiler T. Induction of cross-links in corneal tissue. *Exp Eye Res*. 1998;66(1):97-103.
- Wollensak G, Spoerl E, Seiler T. Stress-strain measurements of human and porcine corneas after riboflavin-ultraviolet-A-induced cross-linking. *J Cataract Refract Surg*. 2003;29(9):1780-5.
- Renesto Ada C, Sartori M, Campos M. [Cross-linking and intrastromal corneal ring segment]. *Arq Bras Oftalmol*. 2011;74(1):67-74. Review. Portuguese.
- Spoerl E, Mrochen M, Sliney D, Trokel S, Seiler T. Safety of UVA-riboflavin cross-linking of the cornea. *Cornea*. 2007;26(4):385-9. Review.
- Vinciguerra P, Albè E, Trazza S, Rosetta P, Vinciguerra R, Seiler T, et al. Refractive, topographic, tomographic, and aberrometric analysis of keratoconic eyes undergoing corneal cross-linking. *Ophthalmology*. 2009;116(3):369-78.
- Koller T, Pajic B, Vinciguerra P, Seiler T. Flattening of the cornea after collagen crosslinking for keratoconus. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37(8):1488-92.
- Greenstein SA, Shah VP, Fry KL, Hersh PS. Corneal thickness changes after corneal collagen crosslinking for keratoconus and corneal ectasia: one-year results. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37(4):691-700.
- Raiskup-Wolf F, Hoyer A, Spoerl E, Pillunat LE. Collagen crosslinking with riboflavin and ultraviolet-A light in keratoconus: long-term results. *J Cataract Refract Surg*. 2008;34(5):796-801.
- Almodin E, Arschinoff S, Almodin J, Ferrara P. [Addictive treatment of keratoconus with collagen crosslinking after Ferrara ring implant]. *Rev Bras Oftalmol*. 2009;68(3):138-45. Portuguese.
- Koller T, Mrochen M, Seiler T. Complication and failure rates after corneal crosslinking. *J Cataract Refract Surg*. 2009;35(8):1358-62.
- Pérez-Santonja JJ, Artola A, Javaloy J, Alió JL, Abad JL. Microbial keratitis after corneal collagen crosslinking. *J Cataract Refract Surg*. 2009;35(6):1138-40.
- Koller T, Iseli HP, Hafezi F, Vinciguerra P, Seiler T. Scheimpflug imaging of corneas after collagen cross-linking. *Cornea*. 2009;28(5):510-5.
- Ginsburg AP. Contrast sensitivity: determining the visual quality and function of cataract, intraocular lenses and refractive surgery. *Curr Opin Ophthalmol*. 2006;17(1):19-26. Review.
- Braddick O, Atkinson J. Development of human visual function. *Vision Res*. 2011;51(13):1588-609. Review.
- Li R, Polat U, Makous W, Bavelier D. Enhancing the contrast sensitivity function through action video game training. *Nat Neurosci*. 2009;12(5):549-51.

---

### Autor correspondente:

Rua Conde de Bonfim, 211/712 – Tijuca  
CEP 20520-050, Rio de Janeiro (RJ), Brasil