

Relação entre a tomografia de coerência óptica de segmento anterior e tomografia com a técnica de Scheimpflug

Relationship between anterior segment optical coherence tomography and Scheimpflug-based tomography

Bruno Proença Nunes¹ , Fernando dos Reis Spada² 

¹ Programa de Residência em Oftalmologia, Hospital Regional de São José Dr. Homero de Miranda Gomes, São José, SC, Brasil.

² Departamento de Córnea, Hospital Regional de São José Dr. Homero de Miranda Gomes, São José, SC, Brasil.

Nunes BP, Spada FR. Relação entre a tomografia de coerência óptica de segmento anterior e tomografia com a técnica de Scheimpflug. Rev Bras Oftalmol. 2026;85:e0046.

Como citar:

doi:

<https://doi.org/10.37039/1982.8551.20260046>

Descritores:

Tomografia de coerência óptica; Topografia da córnea; Ceratocone; Epitélio corneano; Doenças da córnea; Saúde ocular

Keywords:

Tomography, optical coherence; Corneal topography; Keratoconus; Corneal epithelium; Corneal diseases; Eye health

Recebido:
21/6/2025

Aceito:
20/3/2026

Autor correspondente:

Bruno Proença Nunes
Rua Rui Barbosa, 46 – Agronômica
CEP 88025-300 – Florianópolis, SC, Brasil
E-mail: proenca.bruno@hotmail.com

Instituição de realização do trabalho:

Hospital Regional de São José Dr. Homero de Miranda Gomes, São José, SC, Brasil.

Fonte de auxílio à pesquisa:
trabalho não financiado.

Conflitos de interesse:
não há conflitos de interesses.

Trabalho acadêmico associado:

artigo derivado de monografia de conclusão de residência médica intitulada *Relação entre Tomografia de Coerência Óptica de Segmento Anterior e Tomografia com a Técnica de Scheimpflug em Pacientes de um Hospital de Referência em Oftalmologia de Santa Catarina*, apresentada por Bruno Proença Nunes ao Programa de Residência Médica em oftalmologia, do Hospital Regional Homero de Miranda Gomes, em 2025.

Declaração de disponibilidade de dados:

Os dados que respaldam as conclusões deste estudo não estão disponíveis publicamente e estão disponíveis junto ao autor correspondente mediante solicitação razoável.

Editor Associado:

Bruno Machado Fontes
Centro de Microcirurgia e Diagnóstico, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
<https://orcid.org/0000-0001-5725-1458>



Copyright ©2026

RESUMO

Objetivo: Investigar a relação entre os achados obtidos pela tomografia de coerência óptica e pelo Pentacam na detecção das ectasias corneanas, analisando sua interdependência e aplicabilidade clínica.

Métodos: Estudo observacional transversal analítico, com coleta de dados por meio de prontuários médicos, em que foram selecionados 40 pacientes para compor a amostra.

Resultados: A espessura epitelial mínima da córnea avaliada pelo exame de tomografia de coerência óptica apresentou correlação moderada negativa com a curvatura axial máxima. Houve correlação positiva entre as diferenças da espessura epitelial máxima e mínima e Belin Ambrósio display. A média da espessura corneana mais fina pela tomografia de coerência óptica foi de 508,68 (\pm 45,06) e de 517,70 (\pm 38,86) no dispositivo Pentacam.

Conclusão: O estudo indica a relação entre alterações epiteliais e tomográficas na detecção inicial das ectasias corneanas. Dessa forma, reforça a importância da análise multimodal na avaliação das ectasias corneanas para um diagnóstico mais preciso.

ABSTRACT

Objective: Early and accurate detection of corneal ectasias is essential for appropriate clinical management. The combined use of Pentacam and anterior segment OCT allows for a more comprehensive assessment of the morphological abnormalities associated with corneal ectasias, enabling earlier differentiation between normal and suspect cases. This study aims to investigate the relationship between OCT and Pentacam findings in the detection of corneal ectasias, analyzing their interdependence and clinical relevance.

Methods: An analytical cross-sectional observational study based on data collected from medical records, in which 40 patients were selected to compose the sample.

Results: The minimum epithelial thickness of the cornea evaluated by OCT showed a moderate negative correlation with the maximum axial curvature (Kmax). A positive correlation was found between the difference in maximum and minimum epithelial thickness and the Belin-Ambrósio display (BAD-D). The average thinnest corneal thickness measured by OCT was 508.68 μ m (\pm 45.06), and 517.70 μ m (\pm 38.86) when measured by the Pentacam device.

Conclusion: The study demonstrates the relationship between epithelial and tomographic changes in the early detection of corneal ectasias. Thus, this study emphasizes the importance of a multimodal approach in the evaluation of corneal ectasias for a more accurate diagnosis.

INTRODUÇÃO

A detecção precoce e precisa das ectasias corneanas é essencial para o manejo adequado e a prevenção de complicações visuais significativas. Dentre as ferramentas diagnósticas avançadas, a tomografia com a técnica de Scheimpflug (Pentacam) e a tomografia de coerência óptica (OCT) de segmento anterior desempenham papel importante na avaliação das alterações estruturais e biomecânicas da córnea. O uso combinado dessas técnicas permite uma análise mais abrangente das anormalidades morfológicas associadas às ectasias corneanas, potencializando uma diferenciação mais precoce entre casos normais e suspeitos.

O Pentacam tradicionalmente tem sido amplamente empregado na triagem e no monitoramento da progressão das ectasias.⁽¹⁾ Entre seus parâmetros derivados, destaca-se a Paquimetria Relacional de Ambrósio (ARTmax), que se baseia na progressão da espessura corneana em direção à periferia. A ARTmax é calculada pela divisão da espessura corneana mínima pelo Índice de Progressão Paquimétrica (PPI) máximo.⁽²⁾

Outro índice amplamente utilizado é o Índice Percentual de Ceratocone (KISA%) que integra quatro variáveis topográficas: média da ceratometria central (K), diferença de poder dióptrico entre as regiões inferior e superior (I-S), astigmatismo corneano regular (AST) e alinhamento do eixo de astigmatismo (SRAX).⁽³⁾

Apesar da relevância do Pentacam, estudos recentes sugerem que, quando utilizado de forma isolada, pode não ser suficiente para a identificação precoce dessas condições.⁽⁴⁾ A incorporação da OCT ao arsenal diagnóstico permitiu a obtenção de mapas detalhados da espessura epitelial e estromal, os quais fornecem informações adicionais sobre alterações subclínicas que precedem manifestações topográficas clássicas.⁽⁴⁾

Estudos demonstram que padrões anormais de espessura epitelial e estromal, obtidos por meio do OCT, possuem alta acurácia na distinção entre olhos normais, suspeitos e com ceratocone.⁽⁵⁾ A redução focal da espessura epitelial, frequentemente localizada sobre a zona de protrusão corneana, é um achado característico das ectasias. Ademais, a integração do Pentacam e da OCT possibilita uma avaliação tridimensional mais precisa da geometria corneana, aumentando a segurança na tomada de decisão clínica.⁽⁶⁾

A crescente importância do mapa epitelial na detecção de ectasias corneanas tem sido enfatizada por estudos recentes que destacam seu papel na estratificação do risco em pacientes candidatos a cirurgias refrativas.⁽⁷⁾ A

capacidade de identificar alterações iniciais e de monitorar a progressão da doença reforça a necessidade de uma avaliação integrada que associe o Pentacam à OCT de segmento anterior.

Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo investigar a relação entre os achados obtidos pela OCT e pelo Pentacam na detecção das ectasias corneanas, analisando sua interdependência e aplicabilidade clínica.

MÉTODOS

Foi realizado um estudo observacional transversal analítico, com coleta de dados de prontuários médicos. O estudo foi realizado no Hospital Regional de São José Homero de Miranda Gomes (HRSJ-HMG), localizado na cidade de São José (SC). O HRSJ-HMG é um hospital público e centro de referência para atendimento de pacientes oftalmológicos no estado de Santa Catarina.

A população do estudo foi constituída pelos pacientes regulados pelo Sistema Nacional de Regulação (SISREG) para a realização de exames complementares de investigação de ectasias corneanas no período de março de 2024 a fevereiro de 2025. Foram incluídos no estudo os pacientes com prontuários contendo exames completos de OCT de segmento anterior (REVO 80, Optopol Technology, Zawiercie, Polônia) e Pentacam (Oculus Optikgeräte GmbH, Wetzlar, Alemanha). Foram excluídos do estudo os participantes que não tiveram os dados necessários devidamente preenchidos, enquanto aqueles que apresentaram curvatura axial máxima (Kmax) igual ou superior a 60 D foram excluídos apenas da análise estatística, por se tratarem de casos de ceratocone avançado, que não são objeto do estudo, o qual visava investigar a contribuição do OCT e Pentacam na detecção inicial de ectasias corneanas.

O projeto foi aprovado no Comitê de Ética, sob o registro CAAE 86992725.4.0000.0113. Após o levantamento inicial da população, os prontuários foram individualmente analisados, com o objetivo de excluir os casos que não continham dados dos exames realizados.

Foram extraídas informações relacionadas aos exames de OCT, incluindo espessura epitelial mínima da córnea; razão entre a espessura epitelial na região temporal-inferior (TI) e na região nasal-superior (NS); diferença entre a espessura epitelial máxima e mínima; espessura corneana mais fina; e padrão de afinamento corneano característico de ceratocone. Os dados relacionados aos exames do dispositivo Pentacam incluíram: curvatura axial máxima (Kmax); valores de Paquimetria Relacional de Ambrosio (ARTmax); Belin Ambrósio display (BAD-D);

espessura corneana mais fina; índice percentual de ceratocone (KISA%).

Os dados foram digitados e organizados em planilhas no *software* Microsoft Excel. Já a análise estatística foi realizada no programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), versão 20.0.

A correlação entre os achados do OCT de segmento anterior e do dispositivo Pentacam na investigação de ectasias da córnea foi analisada por meio do teste de correlação de Pearson. A comparação do KISA% entre pacientes com e sem padrão de afinamento característico de ceratocone foi realizada utilizando o teste *t* de Student. O nível de significância estatística de $p \leq 0,05$ foi utilizado em todas as análises.

RESULTADOS

O estudo compreendeu 77 olhos de 40 indivíduos atendidos no Serviço de Oftalmologia de um hospital público no sul de Santa Catarina, os quais vieram encaminhados de serviços externos para realização de exames complementares de investigação de ectasias corneanas.

A amostra foi composta de 22 pacientes do sexo masculino (55% da amostra) e 18 do sexo feminino (45% da amostra). A idade média foi 18,65 anos, sendo a mínima observada de 6 anos e a máxima de 57 anos.

A média da espessura corneana mais fina avaliada pelo exame de OCT foi de 508,68 ($\pm 45,06$) e de 517,70 ($\pm 38,86$) quando avaliada pelo dispositivo Pentacam, com desvio médio de 4,51.

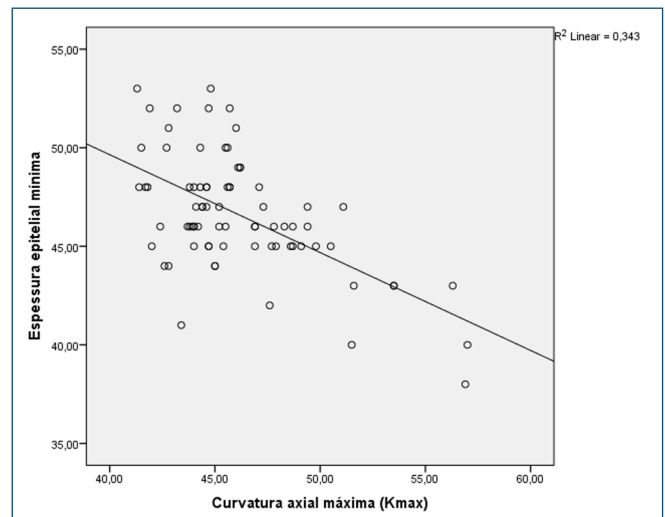
A espessura epitelial mínima da córnea avaliada pelo exame de OCT apresentou correlação moderada negativa ($r = -0,586$) e estatisticamente significativa ($p < 0,001$) com a Kmax ($r^2 = 0,343$) (Figura 1). Houve correlação positiva estatisticamente significativa ($p < 0,001$) de moderada magnitude ($r = 0,522$) entre as diferenças da espessura epitelial máxima e mínima e BAD-D, com coeficiente de determinação (r^2) de 0,273 (Figura 2).

A avaliação da espessura corneana mais fina não teve correlação estatisticamente significativa ($r = 0,094$; $p = 0,416$) entre o dispositivo Pentacam e o exame de OCT ($r^2 = 0,009$) (Figura 3).

A razão entre a espessura epitelial na região TI e na região NS e os valores de ARTmax não apresentaram correlação estatisticamente significativa ($r = -0,034$; $p = 0,767$).

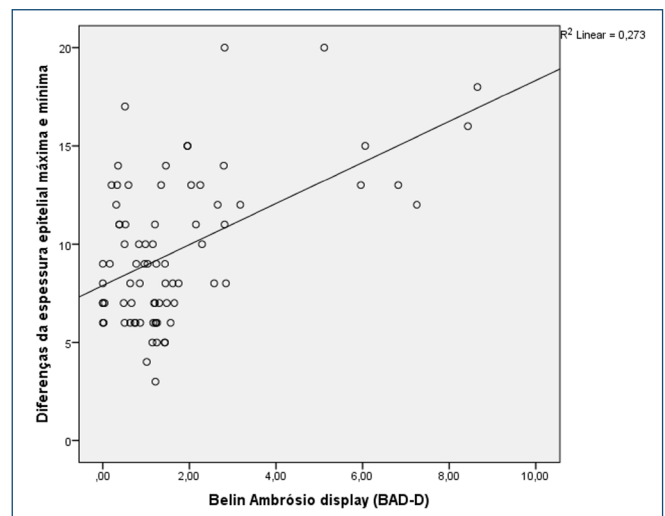
A razão entre a espessura epitelial na região TI e na região NS não apresentou correlação estatisticamente significativa ($r = 0,052$; $p = 0,653$) com o BAD-D.

Não houve diferença estatisticamente significativa ($p = 0,281$) no valor do KISA% entre pacientes com ($\bar{x} = 5,66$;



Kmax: curvatura axial máxima.

Figura 1. Correlação entre a espessura epitelial mínima da córnea e a curvatura axial máxima.



BAD-D: Belin Ambrósio display.

Figura 2. Correlação entre as diferenças da espessura epitelial máxima e mínima e Belin Ambrósio display.

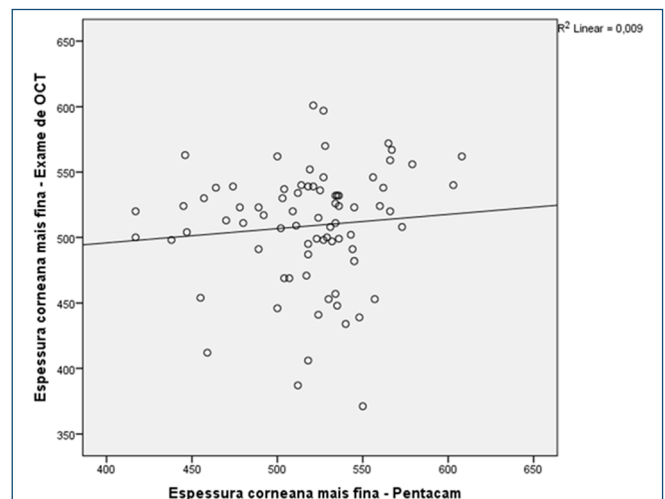


Figura 3. Correlação da avaliação da espessura corneana mais fina entre o dispositivo Pentacam e o exame de tomografia de coerência óptica.

dp = 3,99) e sem padrão de afinamento característico de ceratocone (\bar{x} = 34,43; dp = 95,06).

DISCUSSÃO

As ectasias corneanas, como o ceratocone, são caracterizadas por alterações estruturais que resultam em afinamento e protrusão progressiva da córnea, afetando diretamente sua biomecânica e integridade estrutural.⁽⁷⁾ A avaliação dessas alterações por meio de exames como OCT do segmento anterior e a tomografia com a técnica de Scheimpflug (Pentacam) tem papel essencial na detecção precoce e no monitoramento da progressão da doença.⁽⁶⁾

Correlação entre a espessura epitelial mínima e a curvatura axial máxima

Neste estudo, foi observada uma correlação negativa moderada entre a espessura epitelial mínima da córnea, avaliada pela OCT, e a Kmax, avaliada pelo Pentacam (r = -0,586; p < 0,001) com coeficiente de determinação (r^2 = 0,343). Esse achado reforça a hipótese de que a remodelação epitelial ocorre como resposta ao encurvamento estromal subjacente, contribuindo para a manutenção de uma superfície corneana mais regular.⁽⁴⁾

Estudos anteriores sugerem que a diminuição da espessura epitelial está diretamente relacionada à progressão da ectasia corneana. Esse processo pode ser explicado pelos seguintes fatores:

- Redistribuição celular: o epitélio corneano tem a capacidade de remodelar sua espessura para suavizar a irregularidade da superfície corneana. No ceratocone, no qual ocorre protrusão localizada, o epitélio se torna mais fino sobre a área de maior curvatura, enquanto pode se tornar mais espesso na periferia, gerando um efeito compensatório.^(1,5,6)
- Perda celular e afinamento epitelial: o estresse biomecânico causado pela protrusão estromal leva à diminuição da proliferação epitelial e ao aumento da apoptose celular (morte programada), resultando em menor espessura epitelial nas áreas mais afetadas. Estudos sugerem que a diminuição da espessura epitelial em áreas de ectasia pode ser um dos primeiros sinais detectáveis na progressão do ceratocone.^(6,8)
- Influência das forças biomecânicas: a distribuição desigual das forças biomecânicas na córnea influencia a remodelação epitelial. A pressão intraocular (PIO) age de forma mais intensa sobre as áreas mais fracas estruturalmente, contribuindo para a redução da espessura epitelial no ápice da ectasia e no espessamento compensatório em áreas adjacentes.⁽⁹⁾

Relação entre a diferença de espessura epitelial máxima e mínima e Belin-Ambrósio display

Analisando a diferença das espessuras epiteliais máxima e mínima e o BAD-D, foi identificada uma correlação positiva moderada e estatisticamente significativa (r = 0,522; p < 0,001), com coeficiente de determinação de 0,273. Esse achado reforça a relação entre alterações epiteliais e alterações tomográficas estruturais da córnea.⁽¹⁾

O BAD-D é um dos principais índices utilizados na detecção precoce de ectasias corneanas e integra múltiplos parâmetros tomográficos, como elevações anterior e posterior e espessura corneana, sendo amplamente utilizado para diferenciar olhos normais de casos suspeitos ou avançados de ceratocone.⁽⁶⁾ A forte correlação observada no presente estudo entre as diferenças de espessura epitelial e o BAD-D sugere que alterações na espessura epitelial podem ser um dos primeiros sinais detectáveis da progressão da ectasia, sendo um complemento valioso à análise tomográfica clássica.⁽⁴⁾

Implicações clínicas

Os achados do presente estudo corroboram a necessidade de uma abordagem multimodal na avaliação das ectasias corneanas. A correlação entre a espessura epitelial e a curvatura corneana máxima reforça a importância da análise epitelial na identificação precoce da doença. Além disso, a relação entre as diferenças de espessura epitelial e o BAD-D destaca o papel fundamental da avaliação conjunta desses exames na detecção de alterações estruturais, contribuindo para uma avaliação mais precisa da progressão das ectasias corneanas.⁽⁵⁾

A combinação de exames de OCT e Pentacam permite um diagnóstico mais refinado e um acompanhamento mais eficaz de pacientes com ceratocone, facilitando a identificação precoce e o tratamento adequado para evitar perda visual progressiva.⁽⁷⁾

Comparabilidade da espessura corneana entre diferentes dispositivos

O estudo também comparou a espessura corneana mais fina medida pelo dispositivo Pentacam e pelo exame de OCT, não sendo encontrada correlação estatisticamente significativa (r = 0,094; p = 0,416). A diferença média encontrada entre as medições foi de 4,51 μ m, sendo a espessura corneana média avaliada pela OCT de 508,68 μ m (\pm 45,06), enquanto a medida pelo Pentacam foi de 517,70 μ m (\pm 38,86). Esse pequeno desvio pode estar relacionado às diferenças nos princípios de medição das tecnologias

utilizadas, já que a OCT depende de imagens de interferometria de coerência, enquanto o Pentacam utiliza tomografia com a técnica de Scheimpflug.⁽⁶⁾

Estudos anteriores demonstram que, apesar das diferenças sutis entre os dispositivos, ambos podem ser utilizados de forma complementar na avaliação da espessura corneana, incluindo no monitoramento da progressão do ceratocone e no planejamento de procedimentos cirúrgicos refrativos.⁽⁷⁾

Correlação entre parâmetros epiteliais e tomográficos que não apresentaram significância estatística

A relação entre a espessura epitelial na região TI e NS tem sido investigada como um biomarcador precoce para o diagnóstico de ceratocone. Estudos indicam que a assimetria epitelial pode preceder alterações topográficas significativas, auxiliando na detecção precoce da ectasia.⁽¹⁰⁾ Entretanto, para melhorar sua aplicabilidade clínica, é necessário estabelecer valores de corte padronizados para essa razão.⁽⁷⁾

A razão da espessura epitelial na região TI e na NS e os valores de ARTmax, no presente estudo, não demonstraram correlação estatisticamente significativa entre eles ($r = -0,034$; $p = 0,767$). De forma similar, a razão entre a espessura epitelial TI/NS não apresentou correlação estatisticamente significativa com o BAD-D ($r = 0,052$; $p = 0,653$).

Não foi observada diferença estatisticamente significativa ($p = 0,281$) no KISA% entre pacientes com padrão de afinamento característico de ceratocone ($\bar{x} = 5,66$; $dp = 3,99$) e aqueles sem esse padrão ($\bar{x} = 34,43$; $dp = 95,06$), na amostra de pacientes estudados.

Os achados desta pesquisa reforçam a complexidade do diagnóstico das ectasias corneanas, evidenciando a necessidade de uma abordagem multifatorial que integre diferentes parâmetros para uma avaliação mais precisa. A utilização isolada de medidas tomográficas ou do mapeamento epitelial pode não ser suficiente para a identificação precoce da doença, sendo recomendada a combinação de diversas ferramentas diagnósticas, incluindo avaliações biomecânicas e paquimétricas.^(1,11)

CONCLUSÃO

O presente estudo reforça a importância da análise multimodal na avaliação das ectasias corneanas, particularmente do ceratocone. A correlação negativa entre a espessura epitelial mínima e a curvatura axial máxima evidencia a remodelação epitelial como um fator compensatório na progressão da doença, o que sugere que a avaliação epitelial por tomografia de coerência óptica

de segmento anterior pode ser um biomarcador precoce relevante.

A análise comparativa da espessura corneana entre tomografia de coerência óptica e Pentacam demonstrou pequena variação nos valores medidos, indicando que ambos os métodos podem ser utilizados de forma complementar no diagnóstico e no monitoramento da ectasia. A identificação de padrões de afinamento epitelial e de variações na curvatura corneana auxilia na personalização das abordagens terapêuticas, permitindo intervenções precoces que podem retardar a progressão da doença e preservar a acuidade visual dos pacientes.

Além disso, a relação positiva entre a diferença da espessura epitelial máxima e mínima e o Belin-Ambrósio display ressalta a interação entre alterações epiteliais e tomográficas na detecção precoce das ectasias corneanas. A ausência de correlação estatisticamente significativa entre Paquimetria Relacional de Ambrósio, a razão entre região temporal-inferior e região nasal-superior e outros parâmetros estudados sugere que essas variáveis, de forma isolada, podem não ser preditores suficientemente sensíveis para a detecção/progressão do ceratocone, evidenciando a necessidade de abordagens combinadas para um diagnóstico mais preciso.

Dessa forma, este estudo contribui para a compreensão das relações entre parâmetros epiteliais e estruturais na fisiopatologia do ceratocone e enfatiza a relevância da combinação de diferentes exames na prática clínica. Estudos futuros, com amostras maiores e acompanhamento longitudinal, são necessários para validar esses achados e refinar a aplicação clínica desses parâmetros na triagem e no acompanhamento de pacientes com risco de ectasia corneana.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Nunes BP e Spada FR contribuíram na concepção e no delineamento do estudo, análise e interpretação dos resultados, redação e revisão crítica do conteúdo do manuscrito. Todos os autores aprovaram a versão final do manuscrito e são responsáveis por todos os seus aspectos, incluindo a garantia de sua precisão e integridade.

REFERÊNCIAS

1. Corbin WM, Payne CJ, Momeni-Moghaddam H, Ronquillo YC, Hoopes PC, Moshirfar M. The combined utilization of epithelial thickness mapping and tomography in keratorefractive surgery screening: one imaging modality is not sufficient. *Clin Ophthalmol.* 2023;17:1457-63.
2. Ambrósio R Jr, Lopes BT, Faria-Correia F, Salomão MQ, Bühren J, Roberts CJ, et al. Integration of Scheimpflug-Based Corneal Tomography and Biomechanical Assessments for Enhancing Ectasia Detection. *J Refract Surg.* 2017;33(7):434-43.

3. Rabinowitz YS, Rasheed K. KISA% index: a quantitative videokeratography algorithm embodying minimal topographic criteria for diagnosing keratoconus. *J Cataract Refract Surg.* 1999;25(10):1327-35. Erratum in: *J Cataract Refract Surg.* 2000;26(4):480.
4. Yang Y, Pavlatos E, Chamberlain W, Huang D, Li Y. Keratoconus detection using OCT corneal and epithelial thickness map parameters and patterns. *J Cataract Refract Surg.* 2021;47(6):759-66.
5. Salman A, Mazzotta C, Kailani O, Ghabra M, Omran R, Balamoun AA, et al. Diagnostic accuracy of corneal and epithelial thickness map parameters to detect keratoconus and suspect keratoconus. *J Ophthalmol.* 2023;2023:6677932.
6. Sikorski BL. Simultaneous corneal topography and epithelial thickness mapping from a single measurement using optical coherence tomography. *J Ophthalmol.* 2022;2022:7339306.
7. Abtahi MA, Beheshtnejad AH, Latifi G, Akbari-Kamrani M, Ghafarian S, Masoomi A, et al. Corneal epithelial thickness mapping: a major review. *J Ophthalmol.* 2024;2024:6674747.
8. Kim WJ, Rabinowitz YS, Meisler DM, Wilson SE. Keratocyte apoptosis associated with keratoconus. *Exp Eye Res.* 1999;69(5):475-81.
9. Dupps WJ Jr. Biomechanical modeling of corneal ectasia. *J Refract Surg.* 2005;21(2):186-90. Erratum in: *J Refract Surg.* 2007;23(1):9.
10. Li Y, Chamberlain W, Tan O, Brass R, Weiss JL, Huang D. Subclinical keratoconus detection by pattern analysis of corneal and epithelial thickness maps with optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg.* 2016;42(2):284-95.
11. Maharana PK, Dubey A, Jhanji V, Sharma N, Das S, Vajpayee RB. Management of advanced corneal ectasias. *Br J Ophthalmol.* 2016;100(1):34-40.