

Comparação da paquimetria corneana total e epitelial em pacientes com e sem ceratocone

Comparison of total and epithelial corneal pachymetry in patients with and without keratoconus

César Tavares Pereira dos Santos Motta¹ , Karolyna Andrade de Carvalho² , Mário Martins dos Santos Motta¹ , Renato Ambrósio Júnior¹ 

¹ Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Santa Casa de Misericórdia de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

Motta CT, Carvalho KA, Motta MM, Ambrósio Júnior R. Comparação da paquimetria corneana total e epitelial em pacientes com e sem ceratocone. Rev Bras Oftalmol. 2025;4:e0086.

doi:

<https://doi.org/10.37039/1982.8551.20250086>

Descritores:

Ceratocone; Tomografia de coerência óptica; Paquimetria corneana; Córnea

Keywords:

Keratoconus; Tomography; optical coherence; Corneal pachymetry; Cornea

Recebido:

27/3/2025

Aceito:

7/9/2025

Autor correspondente:

César Tavares Pereira dos Santos Motta
Rua Professor Gabizo, 264 – Maracanã
CEP: 22450-190 – Rio de Janeiro, RJ, Brasil
E-mail: cesartmotta@hotmail.com

Instituição de realização do trabalho:

Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Fonte de auxílio à pesquisa:

trabalho não financiado.

Conflitos de interesse:

Renato Ambrósio Júnior é consultor da OCULUS, Alcon, Essilor, Mediphacos e Zeiss. Os demais autores declaram não haver conflitos de interesse.

Declaração de Disponibilidade de Dados:

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

Editor Associado:

Ricardo Augusto Paletta Guedes
Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-9451-738X>



Copyright ©2025

RESUMO

Objetivo: Avaliar a precisão da tomografia de coerência óptica com Cirrus 5000 em pacientes com ou sem ceratocone, para medições paquimétricas por padrões de escaneamento de imagens.

Métodos: Estudo prospectivo, transversal e misto em 20 olhos, tendo sido analisados 37 parâmetros de cada amostra obtida, e estas repetidas 5 vezes.

Resultados: Apenas quatro amostras (paquimetria total espessura vértice, paquimetria epitelial máxima de 5 a 7,0 mm, paquimetria epitelial máxima de 7 a 9,0 mm e paquimetria epitelial diferença entre a mínima e média) amostras mostraram valor de $p < 0,05$.

Conclusão: A relação entre a aferição da paquimetria total e a epitelial na tomografia de coerência óptica sugere elevada repetibilidade e não há diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos quando comparados entre si.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the tomography accuracy of Cirrus 5000 optical controls in patients with or without keratoconus for pachymetry measurements by image scanning patterns.

Methods: A prospective, cross-sectional and mixed study was performed in 20 eyes, where 37 parameters of each sample was analyzed and repeated 5 times.

Results: Only four samples (vertex full, maximum epithelial pachymetry at 5 to 7.0mm, maximum epithelial pachymetry at 7 to 9.0mm and epithelial pachymetry difference between minimum and average) samples showed a P value of less than 0.05.

Conclusion: The relationship between the measurement of total and epithelial pachymetry in optical coherence tomography suggests high repeatability and there are no statistically significant differences between the 2 groups when compared to each other.

INTRODUÇÃO

O ceratocone (KC) foi descrito pela primeira vez há mais de 150 anos como uma “córnea cônica”, por John Nottingham.⁽¹⁾ Trata-se de uma distrofia corneana ectásica progressiva bilateral, geralmente assimétrica, sem inflamação aguda, caracterizada por insuficiência biomecânica e afinamento estromal, com subsequente abaulamento e distorção da córnea, causando astigmatismo irregular e deficiência visual.^(2,3)

A tomografia de coerência óptica (OCT) Cirrus 5000 (Zeiss, Alemanha) pode ser utilizada para avaliação da espessura corneana (paquimetria), incluindo medidas de diferentes áreas da superfície da córnea (mapa paquimétrico). Em doenças como o KC, a espessura do epitélio corneano torna-se alterada em um estroma irregular, e eles não podem ser mensuráveis pela topografia da superfície frontal. Assim, analisar a espessura corneana de maneira segmentar (total e epitelial) separadamente pode facilitar a detecção da doença nas fases iniciais.⁽⁴⁾ O diagnóstico precoce de ectasias corneanas se faz cada vez mais necessário pela crescente procura por cirurgias da superfície ocular e também pelo surgimento de novos tratamentos menos invasivos para essa doença, como o *crosslinking* e o implante de anel intraestromal.⁽⁵⁾ Ao mesmo tempo, o diagnóstico equivocado de uma doença crônica, progressiva e eventualmente grave pode evoluir para a necessidade de transplante de córnea.

Assim, excluir o KC em olhos suspeitos e, principalmente, detectar a doença em estágios precoces (forma “frustra” ou subclínica) permanece como importante desafio clínico. Com isso, o reconhecimento de padrões a partir da Inteligência Artificial e a criação de índices diagnósticos objetivos cresce em relevância, propiciando análise rápida e confiável de um conjunto de informações muitas vezes não completamente dominadas pelo examinador.

Os diagnósticos oftalmológicos necessitam de elevada confiabilidade em relação ao aparelho utilizado; por exemplo, a OCT permite a diferenciação e a quantificação das diferentes camadas da córnea. Sabe-se que a espessura da córnea está alterada com a progressão de doenças como o KC, sendo importante que o exame identifique essa alteração de espessura devido à doença e não devido a variações indesejáveis por parte do aparelho de diagnóstico.⁽⁶⁾

A OCT tem alta resolução, o que permite uma quantificação segura da natureza e do curso cronológico da doença corneana. No entanto, protocolos diferentes podem afetar a estimativa do valor médio da espessura central. A

otimização dos parâmetros de imagem na OCT é essencial para estudos experimentais de medições repetidas da espessura da córnea, uma vez que o erro ou a variabilidade da medição influenciam diretamente o tamanho da amostra necessária e também a prática clínica.⁽⁷⁾

A avaliação da repetibilidade da OCT do segmento anterior gera informações que precisam ser avaliadas, para fornecer a confiabilidade do exame para o diagnóstico de KC e, muitas vezes, também para o acompanhamento do mesmo.

Este trabalho objetivou avaliar a precisão da tomografia de coerência óptica com Cirrus 5000 em pacientes com ou sem KC, para medições paquimétricas por padrões de escaneamento de imagens.

MÉTODOS

Foi realizado um estudo prospectivo, transversal e misto, composto de duas partes, sendo uma revisão da literatura científica de estudos com metodologia similar e outra analítica observacional realizada no Departamento de Oftalmologia do Hospital Universitário Gaffrée e Guinle, vinculado à Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO). Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CAAE: 64581822.5.0000.5258).

Um breve questionário foi aplicado com objetivo de avaliar a história de doença e/ou cirurgia ocular prévia, e os pacientes que já tinham sido submetidos à cirurgia corneana foram excluídos da participação.

Foram realizados exames de OCT com o Cirrus 5000 em 11 pacientes (20 olhos) entre 18 e 30 anos de idade, sendo 5 pacientes com córneas normais (que tiveram ambos os olhos incluídos) e 6 com KC (4 desses tiveram ambos os olhos incluídos). Dessa forma, foi avaliada a confiabilidade das aferições paquimétricas (totais e segmentares) da OCT, visando, assim, melhorar e aumentar a eficácia do diagnóstico e acompanhamento do KC. Com isso, foram realizadas 5 repetições de cada exame com o mesmo profissional, e cada uma teve 37 parâmetros de espessura analisados.

A análise estatística foi realizada com o teste de Friedman e o teste de Wilcoxon Rank Sum.

RESULTADOS

Foram testados 20 olhos (10 normais + 10 KC) de 11 pessoas, sendo 6 mulheres. Cada olho foi submetido a 5 repetições dos exames, e cada teste aferiu 37 parâmetros de espessura corneana entre totais e epiteliais. Os participantes não necessitaram de nenhum preparo especial para realizar o teste. O único aspecto importante foi

manter a posição correta da cabeça durante a realização das medidas.

A tabela 1 mostra os valores dos resultados sociodemográficos da população selecionada, agrupada em olhos normais e em olhos com KC.

Tabela 1. Valores sociodemográficos da população selecionada

Características	Total n = 11	KC n = 6	Normal n = 5	Valor de p*
Sexo				0.6
Feminino	6 (54.55)	4 (66.67)	2 (40.00)	
Masculino	5 (45.45)	2 (33.33)	3 (60.00)	
Idade	28.4 (26.7, 29.2)	27.7 (20.8, 29.1)	28.4 (27.4, 29.1)	0.8

* Teste exato de Fisher; Teste de Mann-Whitney U (Wilcoxon rank-sum)

Resultados expressos como n (%) ou média (intervalo interquartil).

KC: ceratocone.

Após a aplicação do teste de normalidade Shapiro-Wilk, com um nível de significância de 5%, verificou-se que as variáveis apresentavam distribuição assimétrica ao teste. Optou-se, então, por uma abordagem não

paramétrica, utilizando o teste de Friedman para análise da repetibilidade geral da OCT Cirrus 5000® para aferições paquimétricas (olhos normais + olhos com KC).

Em cada exame foram aferidos 37 pontos de medição paquimétrica, e o teste Friedman analisou a repetibilidade dos exames de ambos os grupos simultaneamente (olhos normais + olhos com KC), e destes parâmetros. Apenas quatro tinham diferença estatisticamente significativa, como se pode ver na tabela 2. Foram eles: a paquimetria total espessura vértice, paquimetria epitelial (5 a 7,0mm) máxima, paquimetria epitelial (7 a 9,0mm) máxima e paquimetria epitelial diferença entre a mínima e média.

Os parâmetros da tabela 2 também foram representados graficamente como se pode ver na figura 1. Os quatro pontos que tinham valores de p significativamente inferiores ao valor p de 0,05 foram representados em vermelho; enquanto os outros 33 pontos com valores superiores foram representados em azul.

Tabela 2. Resultados do teste Friedman na avaliação da repetibilidade total

Características	1	2	3	4	5	Valor de p
Paqui espessura vértice	528 µm (483-565)	528 µm (480-565)	526 µm (485-564)	527 µm (486-562)	528 µm (484-564)	0,028
Epitelial (5 a 7,0) Max	53.5 µm (50.8-57.2)	53.0 µm (50.0-57.0)	53.0 µm (49.8-55.0)	52.0 µm (49.8-58.5)	52.5 µm (50.8-56.0)	0,039
Epitelial (7 a 9,0) Max	57 µm (53-62)	56 µm (53-61)	54 µm (51-57)	54 µm (50-58)	59 µm (53-64)	0,028
Epitelial diferença entre paquimetria min e média	4.00 µm (4.00-6.50)	5.00 µm (4.00-6.25)	4.00 µm (3.00-5.25)	4.00 µm (3.00-7.00)	4.50 µm (3.75-6.00)	0,038

Resultados expressos como média (intervalo interquartil).

* Teste de Friedman.

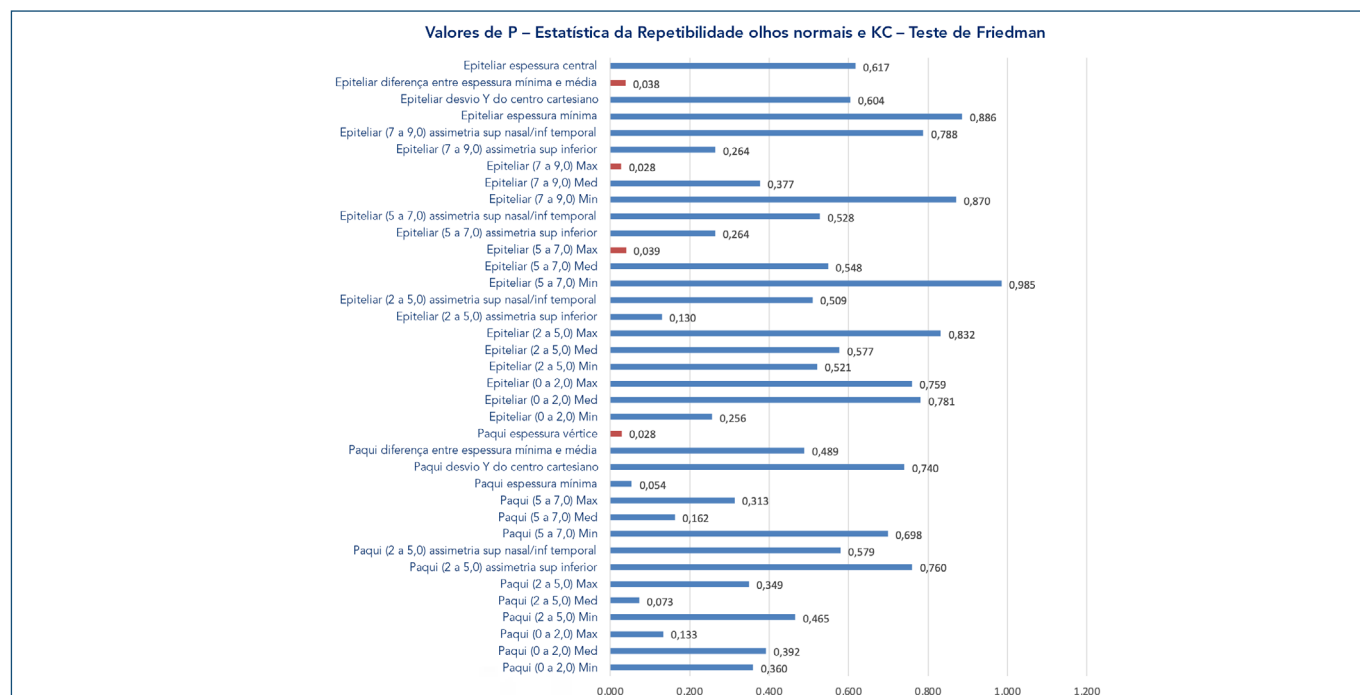


Figura 1. Representação gráfica do teste de Friedman (olhos normais + ceratocone).

Foi também efetuada uma comparação entre o olho esquerdo e o direito, com objetivo de verificar a hipótese de diferença na precisão das aferições paquimétricas entre os dois grupos separadamente (objetivo secundário deste trabalho). Os dados da tabela 3 apontam para uma repetibilidade consistente, quando se olha para os coeficientes de variação ($p = 0,41$) comparando os grupos de olhos normais com grupo de olhos com KC (Tabela 4) por meio do teste de Wilcoxon rank sum, sendo possível afirmar que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos, $p > 0,05$. Portanto, H_0 foi aceito (não há diferença entre padrões de escaneamento de imagens com OCT Cirrus em pessoas com e sem KC) e H_1 (há uma diferença entre os padrões de digitalização OCT Cirrus em pessoas com e sem KC) é rejeitado; H_0 prova a nulidade da hipótese (hipótese nula) e H_1 simboliza a hipótese alternativa.

Tabela 3. Coeficiente de variação geral

Variable	Média	Desvio padrão	IQR	25%	Mediana	75%
CV_GERAL	0,11	0,26	0,05	0,01	0,02	0,06
KC	0,10	0,23	0,05	0,01	0,02	0,05
NORMAL	0,12	0,28	0,05	0,01	0,02	0,06

*teste de Wilcoxon entre os coeficientes de variação foi $P=0,41$

IQR: intervalo interquartil; CV: coeficiente de variação; KC: ceratocone.

DISCUSSÃO

Este estudo sugere que, em relação à paquimetria total e epitelial por meio de OCT com Cirrus 5000, podem ser obtidas medições confiáveis, em pessoas tanto com como sem doença ectásica. Não há diferenças estatisticamente significativas na repetibilidade das medições entre os grupos de olhos normais e olhos com KC, quando comparados entre si.

Foram escolhidos dois testes estatísticos não paramétricos para analisar os dados obtidos dos mapas paquimétricos por OCT. O primeiro foi o teste de Friedman, que foi usado para avaliar a repetibilidade geral, ou seja, de ambos os grupos conjuntamente (amostra de 20 olhos) e, assim, verificar a precisão do aparelho. A escolha desse teste foi feita baseada no fato de serem mais de duas medidas por olho e estas serem pareadas, ou seja, fazerem parte de uma mesma amostra. Apesar da presença de alguns pontos com diferenças estatisticamente significativas nesse teste, acredita-se que os mesmos não tenham relevância clínica. Seria interessante o aumento da amostra para verificar se essas alterações ainda se mantêm. Outro aspecto relevante e que chama atenção é avaliar o posicionamento e a manutenção da cabeça dos pacientes durante a realização dos exames.

Tabela 4. Coeficientes de variação comparando os grupos de olhos normais com grupo de olhos com ceratocone

Parâmetros	Coeficiente de variação olhos normais	Coeficiente de variação olhos com KC
Paqui (0-2,0) Min	0,0545907980089521	0,115475375560073
Paqui (0-2,0) Med	0,0535607330437613	0,100230544815819
Paqui (0-2,0) Max	0,0554341377362226	0,0893805200179043
Paqui (2-5,0) Min	0,0591096528655816	0,116961277937493
Paqui (2-5,0) Med	0,0535931832428285	0,0975640760331131
Paqui (2-5,0) Max	0,0615402733759735	0,089099008404099
Paqui (2-5,0) assimetria sup inferior	0,837232525801659	0,920971414095113
Paqui (2-5,0) assimetria sup nasal/inf temporal	0,584578373694678	0,580091107009918
Paqui (5-7,0) Min	0,0675793953950244	0,115551807269139
Paqui (5-7,0) Med	0,0546555411250399	0,0979776299034146
Paqui (5-7,0) Max	0,0599981783644166	0,0903709167263018
Paqui espessura mínima	0,0749875612415193	0,121372798981013
Paqui desvio Y do centro cartesiano	1,40894579674094	1,31206426764135
Paqui diferença entre espessura mínima e média	0,451334122586705	0,544766570819041
Paqui espessura vértice	0,0537071633863838	0,101883706110686
Epitelial (0 a2,0) Min	0,0526231158202546	0,133578741642456
Epitelial (0-2,0) Med	0,046747229815393	0,119389195431569
Epitelial (0-2,0) Max	0,0453271804351385	0,108706794957295
Epitelial (2-5,0) Min	0,0472487611345464	0,0929798950412825
Epitelial (2-5,0) Med	0,0445978383113072	0,0831602579050246
Epitelial (2-5,0) Max	0,0455185906337447	0,108879580248682
Epitelial (2-5,0) assimetria sup inferior	0,779220779220779	0,903926345070074
Epitelial (2-5,0) assimetria sup nasal/inf temporal	0,748867700952649	0,822433499334545
Epitelial (5-7,0) Min	0,049638310132159	0,0784537190896797
Epitelial (5-7,0) Med	0,0435612567350914	0,0777762471823443
Epitelial (5-7,0) Max	0,271672040102815	0,12230485964807
Epitelial (5-7,0) assimetria sup inferior	0,707478207026478	0,930460031201517
Epitelial (5-7,0) assimetria sup nasal/inf temporal	2,11080795054444	0,88627592531764
Epitelial (7-9,0) Min	0,219698868727169	0,106157473105157
Epitelial (7-9,0) Med	0,0758341704995461	0,0816948908743914
Epitelial (7-9,0) Max	0,480811941985793	0,540842351669912
Epitelial (7-9,0) assimetria sup inferior	1,12784321651831	0,874515235662378
Epitelial (7-9,0) assimetria sup nasal/inf temporal	1,83259911091348	1,68767893112781
Epitelial espessura mínima	0,237164570117979	0,12020401446891
Epitelial desvio Y do centro cartesiano	0,262668224557786	0,386492454303522
Epitelial diferença entre espessura mínima e média	0,323714849694861	0,476707270561832
Epitelial espessura central	0,0496309537830044	0,131276026684687

Num segundo momento, utilizou-se o teste de Wilcoxon rank sum com objetivo de comparar os dois grupos. Isso porque esse teste é indicado para comparação de amostras independentes, ou seja, diferente da primeira análise, agora temos dois grupos, e cada um tem uma amostra de dez olhos. Utilizou-se o coeficiente de variação como parâmetro de comparação entre o grupo normal e KC.

O coeficiente de variação fornece a variação dos dados obtidos em relação à média. Quanto menor for seu valor, mais homogêneos são os resultados.

Outro tópico a ser discutido é a amostra selecionada para este trabalho. Enantiomorfismo é o fenômeno pelo qual dois cristais se relacionam entre si como um objeto

com sua imagem num espelho. Esse mesmo fenômeno pode ser observado no corpo humano; por exemplo, a simetria entre duas mãos ou entre dois olhos de um mesmo indivíduo. Assim, utilizar ambos os olhos de um paciente que pertença ao grupo de olhos normais pode ser um viés de seleção a ser evitado em futuras pesquisas. No grupo de pacientes com KC, essa preocupação não é relevante, já que a doença é assimétrica por definição.

Em relação ao que é relatado na literatura, o estudo de Georgeon et al.⁽⁸⁾ procurou comparar os resultados e a repetibilidade do mapeamento da espessura da córnea total e da espessura epitelial no domínio espectral melhorado ou na tomografia de coerência óptica de domínio espectral padrão em olhos normais. Constataram que existe uma forte correlação entre o diagnóstico da espessura da córnea em ambas as tecnologias. No entanto, essas tecnologias tendem a ser fracas na identificação das espessuras epiteliais da córnea; a reprodutibilidade das medições de espessura é boa em ambos os dispositivos com uma variação média inferior a 6% para medições de espessura do epitélio da córnea e inferior a 2% para medições de espessura da córnea. Essas tecnologias tendem a ser adequadas e semelhantes à utilização de ultrassons digitais de alta frequência. Entretanto, a OCT apresenta algumas vantagens, uma vez que não envolve uma preparação extensiva para o doente e não existe contato, pois não há necessidade de uma interface líquida entre a córnea e o dispositivo, além da maior precisão da biometria óptica em relação à ultrassônica.

Outro estudo que procurou avaliar a repetibilidade das medições da espessura epitelial em doentes com KC e em doentes saudáveis foi realizado por Vega-Estrada et al.⁽⁹⁾ que incluía 167 olhos, dos quais 107 eram olhos com KC e 60 eram olhos normais. A idade média da população estudada era de 36,2 anos e 52 anos; 8% dos participantes eram homens. A repetibilidade foi calculada por desvio-padrão dentro das medidas dos participantes, usando duas medidas no mesmo participante: o coeficiente de variação e a correlação interclasse. Os resultados mostraram uma elevada repetibilidade em KC; as melhores medidas de repetibilidade (teste-reteste, Coeficiente de Variação e Coeficiente de Variação Intraclasse) foram obtidas em 6 mm nasais (3,20, 2,16% e 0,98) e o pior (teste-reteste e COV) em 8 mm temporais (7,47 e 5,11%) e em 8 mm superiores (ICC, 0,90). Esses resultados demonstram elevada repetibilidade em termos de medições da espessura epitelial em olhos com KC e em olhos saudáveis. Também foram encontradas correlações significativas entre as medições da

espessura epitelial e o grau de deficiência visual em doentes com KC.

Li et al.⁽¹⁰⁾ também buscaram avaliar a repetibilidade da tomografia de coerência óptica. Neste estudo, foram comparadas a repetibilidade e a concordância de medidas biométricas utilizando OCT e Pentacam em 214 olhos, divididos em 3 grupos com diferentes graus de KC. A repetibilidade dos dispositivos foi avaliada mediante coeficiente de variabilidade e coeficiente de correlação interclasse, por meio do teste de análise de variância (Anova) unidirecional com *post-hoc* de Tukey. Foi considerado significativo valor de $p < 0,05$. Os resultados mostraram que não houve diferença estatisticamente significativa na repetibilidade de nenhuma das medições entre os três grupos nas comparações por pares ($p > 0,05$), exceto nas medidas realizadas por OCT nos diferentes graus de avanço do KC.

Existe uma relação entre o grau de doença e a variabilidade entre a repetibilidade dos exames realizados com tomografia de coerência óptica. A esse respeito, o estudo de Gustafsson et al.⁽¹¹⁾ procurou avaliar a associação entre a gravidade do KC e a repetibilidade das medições dos parâmetros para avaliar a doença progressiva, utilizando 61 olhos de doentes com KC, aplicando quatro medições repetitivas em cada doente num sistema tomográfico básico e avaliando o coeficiente de repetibilidade. Assim, o nível abaixo do qual as diferenças entre duas medições são encontradas em 95% das observações de parede constatou que a magnitude crescente de todos os parâmetros ceratométricos investigados estava significativamente associada a erros de medição crescentes e, portanto, a uma pior repetibilidade. No nosso estudo não comparamos a gravidade do KC.

CONCLUSÃO

Este estudo sugere que, em relação à paquimetria total e epitelial por meio de tomografia de coerência óptica com Cirrus 5000, podem ser obtidas medições confiáveis, em pessoas tanto com como sem doença ectásica, apesar de 4 dos 37 parâmetros analisados apresentarem uma diferença estatisticamente significativa.

Em relação ao fato de existir ou não diminuição da precisão das aferições paquimétricas entre os dois grupos, não houve diferenças estatisticamente significativas na repetibilidade das medições entre estes quando comparados entre si.

As informações relevantes sobre a doença e, especialmente, os fatores de risco relacionados com ela devem ser controlados com ênfase na fricção ocular e no controle

das condições ambientais que podem causar reações alérgicas entre os doentes.

Finalmente, podemos mencionar que, com o grande desenvolvimento tecnológico na Oftalmologia, principalmente o relacionado a diagnósticos por imagem, este estudo contribuiu para testar confiabilidade da tomografia de coerência ótica Cirrus 5000 no diagnóstico e no acompanhamento da doença, permitindo um maior acesso ao conhecimento do assunto, principalmente para oftalmologistas. Estudos similares devem ser realizados para complementar os achados deste trabalho, ou até mesmo aumentar a amostra, a fim de encontrar resultados mais robustos.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Motta CT contribuiu na concepção e delineamento do estudo, análise e interpretação dos resultados, redação e revisão crítica do conteúdo do manuscrito; Carvalho KA e Motta MM contribuíram na interpretação dos dados e redação do conteúdo do manuscrito; Ambrósio Junior R contribuiu na análise e interpretação dos resultados.

Todos os autores aprovaram a versão final do manuscrito e são responsáveis por todos seus aspectos, incluindo a garantia de sua precisão e integridade.

REFERÊNCIAS

1. Gokul A, Patel DV, McGhee CN. Dr John Nottingham's 1854 Landmark treatise on conical cornea considered in the context of the current knowledge of keratoconus. *Cornea*. 2016;35(5):673-8.
2. Krachmer JH, Feder RS, Belin MW. Keratoconus and related noninflammatory corneal thinning disorders. *Surv Ophthalmol*. 1984;28(4):293-322.
3. Rabinowitz YS. Keratoconus. *Surv Ophthalmol*. 1998;42(4):297-319.
4. Kataria P, Padmanabhan P, Gopalakrishnan A, Padmanaban V, Mahadik S, Ambrósio R Jr. Accuracy of Scheimpflug-derived corneal biomechanical and tomographic indices for detecting subclinical and mild keratectasia in a South Asian population. *J Cataract Refract Surg*. 2019;45(3):328-36.
5. Carneiro-Freitas R, Salomão MQ, Lopes BT, Ambrosio Jr R. Advanced corneal imaging for ectasia diagnosis. *ARC J Ophthalmol*. 2017;2(1):1-5.
6. Vidal S, Viqueira V, Mas D, Domenech B. Repeatability and reproducibility of corneal thickness using SOCT Copernicus HR. *Clin Exp Optom*. 2013;96(3):278-85.
7. Fisher D, Collins MJ, Vincent SJ. Anterior segment optical coherence tomography scanning protocols and corneal thickness repeatability. *Cont Lens Anterior Eye*. 2020;43(5):433-40.
8. Georgeon C, Marciano I, Cuyaubère R, Sandali O, Bouheraoua N, Borderie V. Corneal and epithelial thickness mapping: comparison of swept-source and spectral-domain-optical coherence tomography. *J Ophthalmol*. 2021;2021:3444083.
9. Vega-Estrada A, Mimouni M, Espla E, Alió Del Barrio J, Alió JL. Corneal epithelial thickness intrasubject repeatability and its relation with visual limitation in keratoconus. *Am J Ophthalmol*. 2019;200:255-62.
10. Li Y, Gokul A, McGhee C, Ziaei M. Repeatability and agreement of biometric measurements using spectral domain anterior segment optical coherence tomography and Scheimpflug tomography in keratoconus. *PLoS One*. 2021;16(5):e0248659. Erratum in: *PLoS One*. 2024;19(11):e0314484.
11. Gustafsson I, Bergström A, Myers AC, Ivarsen A, Hjortdal J. Association between keratoconus disease severity and repeatability in measurements of parameters for the assessment of progressive disease. *PLoS One*. 2020;15(2):e0228992.