

Cálculo teórico da refratometria no ceratocone: uma avaliação do conhecimento e sugestão de um simulador virtual

Quantitative refractometry determination in keratoconus: evaluation of the information provided by virtual simulator

Paulo de Souza Segundo¹, Gleyse Karina Lopes de Oliveira Pinheiro¹, Eduardo Pereira de Azevedo¹, Fausto Guzen Pierdoná¹, Irami Araújo Filho¹, Amália Cinthia Meneses Rêgo¹, Ítalo Medeiros de Azevedo², Francisco Irochima Pinheiro¹

¹ Faculdade de Biotecnologia, Universidade Potiguar - UnP, Laureate International Universities, Natal, RN, Brasil.

² Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal, RN, Brasil.

PALAVRAS-CHAVE:

Ceratocone; Erros refrativos; Simulação; Aplicações móveis; Informática médica.

RESUMO

Objetivo: Avaliar o conhecimento sobre o cálculo teórico da refratometria entre profissionais que prescrevem lentes de óculos e desenvolver um novo aplicativo simulador para auxiliá-los nessa tarefa. **Métodos:** Um questionário foi desenvolvido e respondido por 51 profissionais selecionados aleatoriamente com o objetivo de avaliar seu nível de conhecimento sobre o cálculo teórico da refratometria, onde foram divididos em cinco grupos de acordo com suas idades. Os resultados referentes ao desempenho de cada grupo foram analisados e um aplicativo simulador (App) denominada HELPER KERATOCONUS, foi desenvolvido, testado e disponibilizado na loja online da Apple. **Resultados:** 18 profissionais eram do sexo feminino (35,3%) e 33 (64,7%) do sexo masculino. 27 (53%) completaram a residência em oftalmologia por mais de 15 anos e apenas 4 (7,8%) completaram por 5 a 10 anos. O software foi então desenvolvido e após 30 dias de simulações cegas e aleatórias realizadas envolvendo especialistas voluntários, apenas duas falhas foram detectadas e prontamente corrigidas. **Conclusão:** Evidenciou-se a necessidade de aprimoramento do conhecimento dos profissionais que prescrevem lentes de óculos quanto ao cálculo teórico da refratometria. Portanto, um novo software aplicativo foi desenvolvido e disponibilizado com funcionalidade total para auxiliá-los nessa tarefa.

KEYWORDS:

Keratoconus; Refractive errors; Simulation; Mobile applications; Medical informatics.

ABSTRACT

Purpose: Evaluate the knowledge regarding the theoretical calculation of refractometry among professionals who prescribe eyeglass lenses and develop a new simulator application to assist them in this task. **Methods:** A questionnaire was developed and answered by 51 randomly selected professionals with the purpose of evaluating their level of knowledge about the theoretical calculation of refractometry, where they were divided into five groups according to their ages. The results regarding the performance of each group were analyzed and a simulator application (App) named HELPER KERATOCONUS, was developed, tested and made available at the online Apple store. **Results:** 18 professionals were female (35.3%) and 33 (64.7%) were male. 27 (53%) had completed their residency in ophthalmology for more than 15 years and only 4 (7.8%) had completed for 5 to 10 years. The software was then developed and after 30

Autor correspondente: Paulo de Souza Segundo. Av. Miguel Castro, 2222/201 - Natal, RN, Brasil - CEP: 59075-740

E-mail: irochima@gmail.com

Recebido em: 25 de junho de 2019. **Aceito em:** 27 de setembro de 2019.

Financiamento: Declaram não haver. **Conflitos de interesse:** Declaram não haver.

Como citar: Souza Segundo P, Pinheiro G, Azevedo E, Pierdoná F, Araújo Filho I, Rêgo A, Azevedo I, Pinheiro F. Cálculo teórico da refratometria no ceratocone: uma avaliação do conhecimento e sugestão de um simulador virtual. eOftalmo. 2019;5(4):173-81.

DOI: 10.17545/eOftalmo/2019.0029

 Esta obra está licenciada sob uma *Licença Creative Commons* Atribuição 4.0 Internacional.

days of blind and randomly performed simulations involving volunteer specialists, only two faults were detected and promptly corrected. **Conclusion:** A need for improvement in the knowledge of professionals who prescribe eyeglass lenses regarding the theoretical calculation of refractometry was evidenced. Therefore, a new application software was developed and made available at full functionality to assist them in this task.

INTRODUÇÃO

O keratoconus consiste em uma ectasia da córnea de caráter não inflamatório, que resulta no aumento da curvatura e no afinamento do estroma de forma progressiva e bilateral podendo ser assimétrico^(1,2). Sua prevalência é variável, podendo atingir 5,2% da população em países como a Índia^(3,4). Geralmente, surge na infância ou na puberdade e pode apresentar um caráter progressivo até a terceira ou quarta década de vida, podendo estar associado à atopia e alergias oculares^(1,4-7).

O efeito óptico resultante da evolução do keratoconus consiste no comprometimento da acuidade visual devido ao surgimento de um astigmatismo irregular^(1,8). Desta forma, a presença dessa deformidade comumente também dificulta o cálculo da refratometria do paciente, seja por meio da retinoscopia (esquiascopia), seja utilizando o autorefrator⁽⁹⁻¹¹⁾. Logo, em algumas ocasiões fica difícil encontrar tais valores de maneira rápida e confiável durante a prática do consultório oftalmológico. Além disso, nestes pacientes, a resposta fornecida fica comprometida e imprecisa devido à interferência das aberrações de alta ordem geradas tanto pelo astigmatismo irregular como pelas alterações do diâmetro pupilar e localização do ceratocone, retardando o exame refratométrico^(5,9-12).

Nestes casos, o conhecimento teórico e prático do examinador representa um fator primordial para se chegar a uma refratometria rápida e precisa naqueles pacientes com ceratocone onde os recursos refratométricos objetivos são imprecisos^(5,9,10). Porém, nem todos os profissionais que prescrevem lentes de óculos apresentam experiência acumulada durante os anos de prática clínica. Logo, a utilização de ferramentas tecnológicas que auxiliem os profissionais recém especializados e promovam a reciclagem dos mais antigos representa um grande avanço na precisão do cálculo da refratometria em paciente com keratocone⁽¹³⁻¹⁷⁾.

Frente a isso, o desenvolvimento de um simulador capaz de fornecer de forma rápida e prática a medida teórica da refratometria a partir da ceratometria do paciente, a qual será inserida no refrator e refinada posteriormente pelo examinador, representa uma ferramenta bastante útil que otimizará o exame refratométrico dos pacientes com ceratocone.

MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido em parceria com a empresa Ciência Ilustrada studio[®] incubada na INOVA metrópole do Instituto Metrópole Digital da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (IMD-UFRN), obedecendo um cronograma que se dividiu em três etapas. A primeira consistiu na avaliação do conhecimento do cálculo teórico da refratometria a partir da ceratometria do paciente entre profissionais que prescreviam óculos no Brasil. A segunda representou o desenvolvimento gráfico e programação de um aplicativo simulador para auxiliar aqueles profissionais durante o atendimento de pacientes com keratoconus com esquiascopia difícil e com erros durante a medida da refratometria pelo autorefrator. Por fim, a terceira etapa representou testes no aplicativo simulador para detectar possíveis falhas no aplicativo.

Avaliação do conhecimento do cálculo teórico da refratometria

Cinquenta e um profissionais brasileiros que prescreviam lentes de óculos foram selecionados de forma aleatória para responder a um questionário com cinco questões inéditas de múltipla escolha, cada uma com cinco alternativas, explorando o conhecimento referente ao cálculo teórico da refratometria em pacientes com ceratocone. O critério de inclusão foi ser oftalmologista em atividade e o critério de exclusão era não ter essa credencial. O questionário foi enviado para vários grupos de uma rede de comunicação, tornando o estudo duplo-cego. Os profissionais foram orienta-

dos a responder as questões sem o auxílio de consulta extra. O questionário também explorou dados como: idade, sexo e ano do término da especialização. De acordo com o tempo do término da especialização, os profissionais foram separados em quatro grupos: com menos de 5 anos, 5 a 10 anos, 11 a 15 anos e mais de 15 anos de especializado. Os profissionais ainda foram divididos em 05 grupos (A, B, C, D e E) de acordo com sua faixa etária. O grupo A foi composto por profissionais com idade de 21 a 30 anos, o grupo B com idade de 31 a 40 anos, o grupo C de 41 a 50 anos, o grupo D com idade de 51 a 60 anos e o grupo E com 10 profissionais com mais de 60 anos.

Foi atribuído um valor de 02 pontos para cada questão, perfazendo um valor total de 10 pontos como desempenho máximo. Ao final, os resultados foram compilados e analisados. Uma nota foi atribuída de acordo com os acertos de cada profissional e os resultados das médias com desvio padrão, mediana e quartis 2 e 3 foram calculados em cada grupo.

As variáveis qualitativas foram expressas em valor absoluto e percentual. Os dados das variáveis quantitativas contínuas foram expressos em média \pm desvio padrão, mediana e quartis 2 e 3. Já as variáveis qualitativas foram apresentadas em frequências, absolutas e relativas.

Inicialmente, avaliou-se o pressuposto de normalidade através dos testes de Shapiro Wilk e Kolmogorov-Smirnov. Para a variável nível de acerto, foram utilizados os testes não-paramétrico de Kruskal Wallis e Mann-Whitney com a finalidade de verificar a existência de diferença estatisticamente significativa, respectivamente, entre os tempos de conclusão da especialização e os sexos. Foi utilizado o pacote estatístico SPSS®21. O nível de significância adotado foi de 5%.

Desenvolvimento gráfico e programação do software

O software denominado HELPER KERATOCONUS foi desenvolvido pela empresa Ciência Ilustrada studio®. Os desenhos utilizados para ilustrar o aplicativo foram criados no programa CorelDRAW® X8 (Corel Corporation, Ottawa, Canada) por um dos autores (Pinheiro, FI), médico oftalmologista e ilustrador, enquanto a programação foi codificada com o auxílio do software XCode 4.6.2. (Apple® Computer, Inc. Cupertino, CA, USA) por um programador experiente. O aplicativo foi criado para tablets e smartphones na plataforma IOS (iPhone OS®) com uma tela inicial contendo basicamente duas áreas. Uma superior e outra inferior. A superior contendo as caixas

para inserção dos valores da Keratometry, à esquerda, e um olho esquemático frontal para a simulação da topografia teórica regularizada da córnea, à direita. A inferior apresenta tanto os valores da Theoric Refraction como uma representação gráfica de uma córnea padrão em um corte sagital (Figura 1).

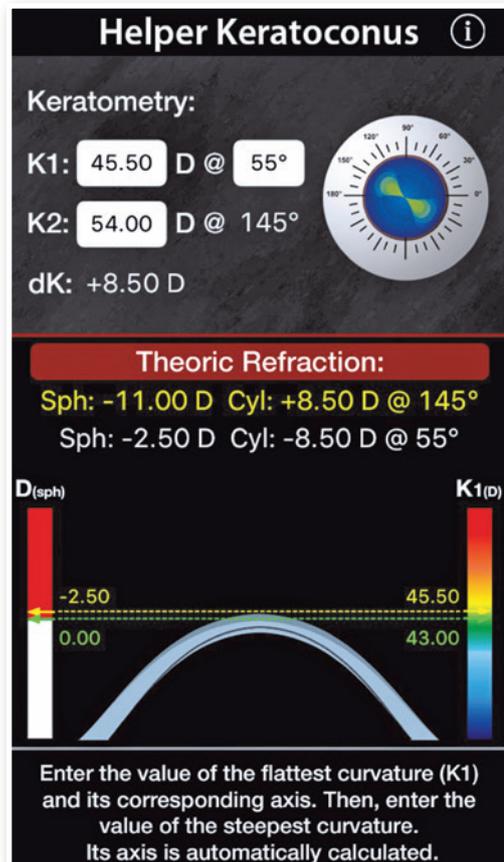


Figura 1. Layout da tela de abertura do Helper Keratoconus.

Os valores da Keratometry são inseridos em duas caixas e podem variar de 30.00D (dioptrias) a 70.00D a cada 0.01D. A primeira caixa K1 representa o menor valor ou a keratometry mais plana, que deve ser acompanhado pelo valor do seu eixo em graus. Os valores inseridos na caixa do eixo podem variar de 0° a 180° a cada 1°. Ao se inserir o valor de K2 na segunda caixa, o segundo eixo é automaticamente calculado considerando uma diferença de 90°, logo sendo considerados eixos perpendiculares (regularizada). Após inseridos os valores de K1 e K2, o usuário

pode remover os valores das caixas individualmente na tecla “Clear” ou remover todos por meio da tecla “Clear All”. A tecla “Next” direciona o usuário para a próxima caixa para ser inserido o próximo valor. Já a tecla DONE finaliza a inserção dos valores referentes a K1, K2 e seus respectivos eixos. Após isso feito, surgem a representação do dK abaixo da caixa de K2, que representa a diferença entre os valores de K2 e K1 (K2-K1), e a representação da topografia simulada da córnea no olho esquemático (Figura 2). Já na parte inferior da tela, são apresentados a Theoric Refraction com cilindro positivo e negativo e, mais abaixo, a comparação da córnea virtual resultante da keratometry inserida com uma córnea-padrão esférica com K1 e K2 iguais a 43D. Nessa comparação, percebe-se duas colunas: uma à direita D (sph) e outra à esquerda K1(D) unidas por uma linha pontilhada. A coluna D (sph) representa quantas dioptrias (D) o K1 (keratometry mais plana) inserido é mais curvos ou mais plano do que a córnea padrão, enquanto a coluna K1 (D) representa o próprio valor do K1 (Figura 2).

No canto superior, pode-se observar o símbolo “i” referente ao INFO do aplicativo e onde poderão ser encontrados o “How to Use” e o “Keratoconus Facts” com uma breve explicação sobre o seu funcionamento (Figura 3).

Testes simulados para detecção de falhas

Após seu desenvolvimento, o aplicativo HELPER KERATOCONUS foi testado por quatro oftalmologistas experientes de forma cega e aleatória e que receberam a denominação de I, II, III e IV, respectivamente. Durante noventa dias, os quatro oftalmologistas seguiram um roteiro específico (Tabela 1) para detecção de possíveis falhas por meio de simulações. Identificadas as falhas, o programa foi corrigido e retestado pelos mesmos oftalmologista, que detectaram os respectivos erros para comprovar a correção dos mesmos.

RESULTADOS

Após a coleta dos dados, dos 51 profissionais que responderam o questionário 18 (35,3%) eram do sexo feminino e 33 (64,7%) pertenciam ao sexo masculino. Os grupos A, B, D e E apresentaram cada um 10 (19,6%) componentes, enquanto o grupo C apresentou 11 (21,6%) indivíduos. Doze (23,5%) tinham menos de 5 anos de especializado, 4 (7,8%) tinham de 5 a 10 anos de especializados, 8 (15,7%) se especializaram entre 11 a 15 anos e 27 (53,0%) tinham se especializados há mais de 15 anos (Tabela 2).

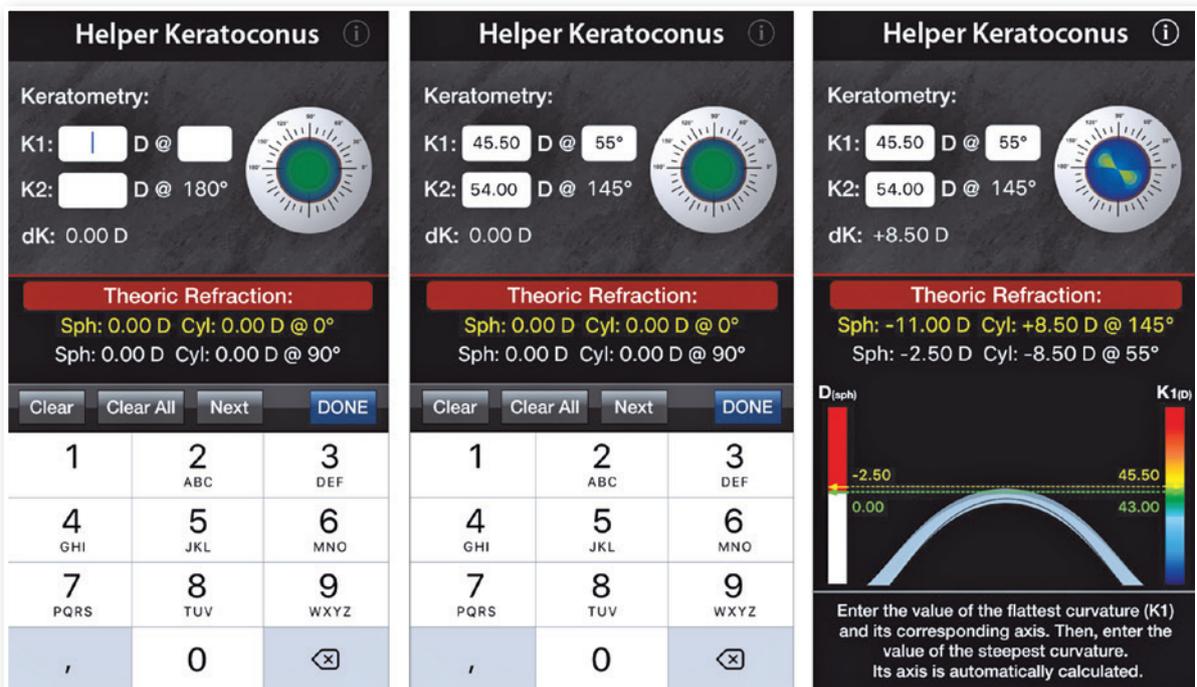


Figura 2. Telas sequenciais durante a inserção da ceratometria e simulação da refratometria teórica e topografia teóricas regularizada.

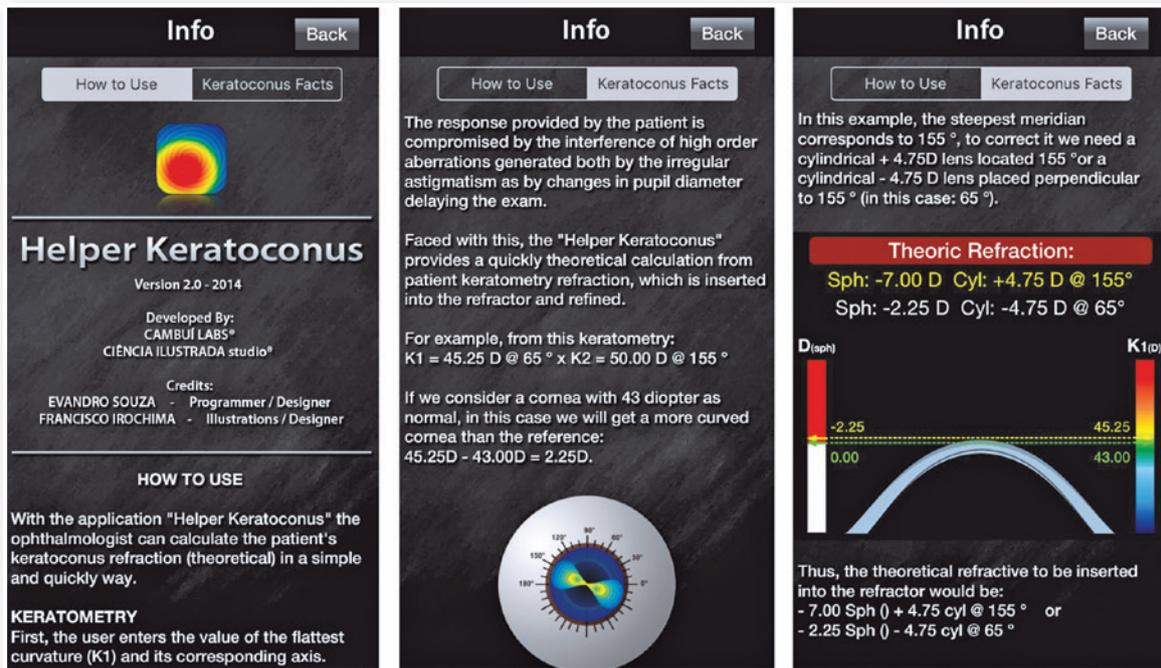


Figura 3. Telas sequenciais do How to Use e conteúdo teórico sobre o cálculo teórico da refratometria.

Tabela 1. Guia de procedimento para buscar falhas no aplicativo HELPER KERATOCONUS

Roteiro para simulações do aplicativo HELPER KERATOCONUS
1. Faça o download do aplicativo na apple store do aplicativo Eye Refraction utilizando o promocode fornecido
2. Proceda a leitura das instruções de uso na aba how to use
3. Faça a revisão do conteúdo disponível na aba info
4. Simule as diversas ceratometrias compatíveis com ceratocone inserindo valores nas caixas k1 (com seu respectivo eixo) e na caixa k2 da keratometry, seguindo as observações abaixo: <ul style="list-style-type: none"> • Faça 15 simulações de ceratometrias compatíveis com uma córnea normal sem astigmatismo (a); • Faça 15 simulações de ceratometrias compatíveis com $a \leq 1D$; • Faça 15 simulações de ceratometrias compatíveis com $1D < a \leq 3D$; • Faça 15 simulações de ceratometrias compatíveis com $a > 3D$;
5. Após inserir os valores, verifique: <ul style="list-style-type: none"> • Coerência da imagem representada no olho esquemático do poder frontal; • Coerência dos valores na Theoric Refraction; • Coerência da imagem representada na comparação da córnea analisada e a córnea-padrão.
6. Anote as falhas detectadas e o tipo da mesma

Ao analisar as respostas das questões referentes ao cálculo teórico da refratometria, as médias e os desvios-padrões do nível de acertos segundo o tempo a faixa etária, o grupo A (21 a 30 anos de idade) obteve

Tabela 2. Características demográficas e profissionais dos participantes da pesquisa

Variáveis	n	(%)
Sexo		
Masculino	33	64,7
Feminino	18	35,3
Idade		
Grupo A (21 a 30 anos)	10	19,6
Grupo B (31 a 40 anos)	10	19,6
Grupo C (41 a 50 anos)	11	21,6
Grupo D (51 a 60 anos)	10	19,6
Grupo E (60 anos ou mais)	10	19,6
Tempo de especialização		
Menos de 5 anos	12	23,5
5 a 10 anos	4	7,8
11 a 15 anos	8	15,7
Mais de 15 anos	27	53,0

uma média de 5,0 pontos ($50,0\% \pm 28,7$) para um total de 10. Já o grupo B (31 a 40 anos) atingiu uma média de 6,8 ($68,0\% \pm 39,1$), enquanto o grupo C (41 a 50 anos) teve uma média de 6,9 pontos de acertos ($69,1\% \pm 35,1$). Por sua vez, o grupo D (51 a 60 anos) apresentou uma média de acertos de 5,6 pontos ($56,0\% \pm 36,3$) e o grupo E de 4,2 ($42,0\% \pm 45,7$). Quando se considerou o tempo de especializado, os

valores se distribuíram da seguinte forma: 50,0%±33,7 (menos de 5 anos), 65,0%±30,0 (5 a 10 anos), 60,0%±44,1 (11 a 15 anos) e 58,5%±39,2 (mais de 15 anos). Considerando todos profissionais envolvidos na pesquisa, a média geral foi de 57,3±37,3%.

Os resultados apresentados na tabela 2 indicam que não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre o nível de acerto dos entrevistados quando se considerou a faixa etária, o tempo de conclusão da especialização ou o sexo (Tabela 3).

Quanto ao desenvolvimento da nova ferramenta de ensino, após 3 meses de testes, uma falha foi reportada na simulação da topografia pelo oftalmologista I e outra falha foi detectada pelo oftalmologista III durante a comparação com a córnea-padrão. O programa foi corrigido e retestado pelos mesmos oftalmologistas que detectaram os respectivos erros. Após a etapa do reteste e confirmação das correções, o aplicativo foi disponibilizado na Apple® store para download através do link: <https://itunes.apple.com/br/app/helper-keratoconus/id559759718?mt=8>.

Tabela 3. Nível de acertos, segundo à idade, ao tempo de formação na especialização e ao sexo

Variável	Nível de acertos (%)	P-valor
Idade		
21 a 30	50,0±28,7* 60 (30-65)†	0.321‡
31 a 40	68,0±39,1* 90 (35-100)†	
41 a 50	69,1±35,1* 80 (40-100)†	
51 a 60	56,0±36,3* 60 (20-85)†	
>60	42,0±45,7* 30 (0-85)†	
Tempo de formação (anos)		
<5	50,0±33,7* 60 (10-75)†	0.740‡
5 a 10	65,0±30,0* 60 (40-95)†	
11 a 15	60,0±44,1* 70 (20-100)†	
>15	58,5±39,2* 80 (20-100)†	
Sexo		
Masculino	60,0±35,7* 80 (30-90)†	0.546§
Feminino	52,2±40,7* 60 (0-100.0)†	

*Média±desvio padrão; †Mediana (Q₁-Q₃); ‡P-valor teste de Kruskal Wallis; §P-value teste de Mann-Whitney.

DISCUSSÃO

A necessidade de uma educação continuada e a periódica atualização do conhecimento são justificadas pelo comprovado declínio de sua retenção observado ao longo dos anos como demonstrado por Gomez-Perez e Ostrosky⁽¹⁸⁾. Utilizando vários testes para avaliar funções executivas e de memória em indivíduos adultos, aqueles pesquisadores verificaram que a capacidade de recordar é sensível à idade, enquanto a atenção e funções executivas são sensíveis aos anos de formação educacional⁽¹⁸⁾. Na mesma linha, Carriere e colaboradores apresentaram resultados que apontam para um declínio do desempenho cognitivo com o avanço da idade⁽¹⁹⁾. Naquele estudo, que analisou 638 indivíduos entre 14 e 77 anos de idade, apesar dos autores observarem um melhor performance on the sustained attention to response task (SART) com o avanço da idade, a velocidade de resposta declinou de forma linear ao longo dos anos na amostra estudada⁽¹⁹⁾.

Durante a avaliação do conhecimento do cálculo teórico da refratometria por parte dos profissionais prescritores de óculos no presente estudo, verificou-se que nem o fator idade nem o tempo decorrido desde a especialização interferiram no desempenho dos componentes da amostra. Diante desses resultados, seria plausível esperar que os profissionais situados na faixa etária mais avançada e com mais anos de especializados, ou seja, mais experientes, obtivessem o melhor desempenho, ou um pior resultado de acordo com os postulantes de declínio cognitivo com a idade. Porém, de acordo com os resultados, essa seria uma conclusão equivocada, pois ao se aplicar os testes estatísticos, não se observou diferenças significantes. No entanto, o tamanho e a heterogeneidade da amostra podem ter influenciado a não distinção estatística entre os grupos quanto ao conhecimento. Porém, como a média geral de acertos foi de 57,3±37,3%, fica claro que, nessa amostra, evidenciou-se a necessidade de um melhoramento do conhecimento no que se refere ao cálculo teórico da refratometria a partir da ceratometria, não podendo essa afirmação ser extrapolada para todos os profissionais prescritores daquele país.

Como demonstrado por Leitritz e colaboradores, em 2014, é evidente a melhoria durante o processo ensino/aprendizagem em oftalmologia quando se utilizam simuladores⁽²⁰⁾. Várias outras ferramentas digitais na forma de softwares também apresentam vantagens quando comparado com os métodos convencionais de ensino^(21,22). O EYE Exam Simulator

(Kyoto Kagaku Co. Ltd., Kyoto, Japan®), o Eyesi direct ophthalmoscope (VRmagic, GmbH, Mannheim, Germany®), o Eyesi indirect ophthalmoscope simulator (VRmagic, GmbH, Mannheim, Germany®) são exemplos de simuladores para o auxiliar no processo de ensino/aprendizagem na oftalmologia, utilizando manequins, realidade virtual ou aumentada, respectivamente⁽²¹⁻²³⁾.

Apesar de diversas tecnologias educacionais na forma de softwares multimídias e simuladores para treinamento médico já estarem disponíveis para serem utilizados tanto durante o ensino da oftalmologia como no suporte ao ensino continuado durante processos de reciclagem dos profissionais na prática clínica, poucos se tem em relação a refratometria⁽²¹⁻²³⁾. Somado a isso, a capacidade de calcular o valor teórico da refratometria a partir dos valores ceratométricos de uma córnea exige o conhecimento da matemática e da geometria espacial, o que não é uma aptidão comum a todos os profissionais que prescrevem óculos. Logo, a disponibilidade de um recurso que facilite a transmissão desse conhecimento representa uma inovação inédita para sedimentar ensino^(14,24-27).

Poucos aplicativos estão disponíveis como o Aniseikonia Inspector que calcula a diferença no tamanho das imagens (aniseikonia) induzida pela correção em pacientes com anisometropia, porém não há referência de nenhum software que auxilie no cálculo teórico da refratometria a partir dos valores da ceratometria nos pacientes com ceratocone avançado^(28,29).

Diante da necessidade de ferramentas tecnológicas práticas e ágeis para auxiliar o ensino da refratometria tanto para os recém especializados como para os profissionais antigos, os autores deste estudo já desenvolveram uma série de aplicativos para essa finalidade. Como no artigo intitulado A virtual simulator as a tool for teaching refractometry, Pinheiro et al. descrevem o desenvolvimento do aplicativo (Eye Refraction) criado para tablets que apresenta de maneira totalmente interativa os diversos erros refrativos (ametropias) do sistema óptico do olho com a possibilidade de serem corrigidos das mais diversas combinações de lentes⁽³⁰⁾. Como observado no aplicativo Eye refraction, o design gráfico do aplicativo desenvolvido nesse estudo ficou sob a responsabilidade de um dos autores experiente oftalmologista e ilustrador científico. Isso garantiu que as dificuldades no processo de assimilação da informação fossem contornadas através de uma apresentação gráfica otimizada⁽³⁰⁾.

Duas correções tiveram que ser realizadas no software do aplicativo após a detecção de falhas. Os

erros foram corrigidos e o aplicativo foi depositado na loja virtual da Apple. No entanto, tal procedimento prévio não impedirá que futuras falhas possam ocorrer durante sua utilização pelos usuários. Por esse motivo, os desenvolvedores disponibilizaram um link no próprio aplicativo que funcionará como meio para os usuários apontarem futuras falhas a serem corrigidas após o aplicativo ser disponibilizado.

Por ter sido desenvolvido para rodar em tablets e smartphones, o aplicativo pode ser facilmente utilizado em consultórios e salas de aulas e até mesmo fora do ambiente de ensino, apresentando alta acessibilidade e mobilidade, uma vez que não necessita do acesso à internet. Apresenta baixo custo, quando comparado com outros tipos de simuladores disponíveis para o ensino da oftalmologia e por apresentar uma interface aplicativo/usuário fácil e interativa, torna-se uma ferramenta acessível a todos profissionais. Em contrapartida, apresenta como desvantagem estar disponível apenas na plataforma IOS, porém com perspectiva de ser também desenvolvido para a plataforma Android.

Desta forma, o simulador HELPER KERATOCOC-NUS representa o segundo de uma série de aplicativos desenvolvidos pelos autores que visam desmistificar o ensino da refratometria, contribuindo de forma direta para a formação dos futuros profissionais e, conseqüentemente, das condições da saúde ocular da população.

REFERÊNCIAS

1. Shetty R, Kaweri L, Pahuja N, et al. Current review and a simplified "five-point management algorithm" for keratoconus. *Indian J Ophthalmol.* 2015;63:46-53.
2. Vazirani J, Basu S. Keratoconus: Current perspectives. *Clin Ophthalmol.* 2013;7:2019-30.
3. Jonas JB, Nangia V, Matin A, et al. Prevalence and associations of keratoconus in rural maharashtra in central india: The central india eye and medical study. *Am J Ophthalmol.* 2009;148:760-5.
4. Pearson AR, Soneji B, Sarvananthan N, et al. Does ethnic origin influence the incidence or severity of keratoconus? *Eye (Lond).* 2000;14:625-8.
5. Mas-Tur V, MacGregor C, Jayaswal R, et al. A review of keratoconus: Diagnosis, pathophysiology and genetics. *Surv Ophthalmol.* 2017;62:770-83.
6. Merdler I, Hassidim A, Sorkin N, et al. Keratoconus and allergic diseases among israeli adolescents between 2005 and 2013. *Cornea.* 2015;34:525-9.
7. Shajari M, Eberhardt E, Muller M, et al. Effects of atopic syndrome on keratoconus. *Cornea.* 2016;35:1416-20.
8. Jhanji V, Sharma N, Vajpayee RB. Management of keratoconus: Current scenario. *Br J Ophthalmol.* 2011;95:1044-50.

9. Asiedu K, Kyei S, Ampiah EE. Autorefractometry, retinoscopy, javal's rule, and grosvenor's modified javal's rule: The best predictor of refractive astigmatism. *J Ophthalmol*. 2016;2016:1-6.
10. Goebels S, Kasmann-Kellner B, Eppig T, et al. Can retinoscopy keep up in keratoconus diagnosis? *Cont Lens Anterior Eye*. 2015;38:234-9.
11. Mahmoud AM, Nunez MX, Blanco C, et al. Expanding the cone location and magnitude index to include corneal thickness and posterior surface information for the detection of keratoconus. *Am J Ophthalmol*. 2013;156:1102-11.
12. Kinori M, Gomi CF, Ondeck CL, et al. Usefulness of refractive measurement of wavefront autorefractometry in patients with difficult retinoscopy. *J AAPOS*. 2016;20:493-5.e1.
13. Albert DM, Bartley GB. A proposal to improve ophthalmic education in medical schools. *Ophthalmology*. 2014;121:1157-9.
14. Androwiki JE, Scravoni IA, Ricci LH, et al. Evaluation of a simulation tool in ophthalmology: Application in teaching funduscopy. *Arq Bras Oftalmol*. 2015;78:36-9.
15. Cook DA, Hatala R, Brydges R, et al. Technology-enhanced simulation for health professions education: A systematic review and meta-analysis. *JAMA*. 2011;306:978-88.
16. Barsuk JH, Cohen ER, Wayne DB, et al. A comparison of approaches for mastery learning standard setting. *Acad Med*. 2018;93:1079-84.
17. Hilty DM, Turvey C, Hwang T. Lifelong learning for clinical practice: How to leverage technology for telebehavioral health care and digital continuing medical education. *Curr Psychiatry Rep*. 2018;20:15-25.
18. Gomez-Perez E, Ostrosky-Solis F. Attention and memory evaluation across the life span: Heterogeneous effects of age and education. *J Clin Exp Neuropsychol*. 2006;28(4):477-94.
19. Carriere JS, Cheyne JA, Solman GJ, Smilek D. Age trends for failures of sustained attention. *Psychol Aging*. 2010;25:569-74.
20. Leitritz MA, Ziemssen F, Suesskind D, et al. Critical evaluation of the usability of augmented reality ophthalmoscopy for the training of inexperienced examiners. *Retina*. 2014;34:785-91.
21. Hoeg TB, Sheth BP, Bragg DS, Kivlin JD. Evaluation of a tool to teach medical students direct ophthalmoscopy. *WMJ*. 2009;108:24-6.
22. Schuppe O, Wagner C, Koch F, Manner R. EYESi ophthalmoscope - a simulator for indirect ophthalmoscopic examinations. *Stud Health Technol Inform*. 2009;142:295-300.
23. Akaishi Y, Otaki J, Takahashi O, et al. Validity of direct ophthalmoscopy skill evaluation with ocular fundus examination simulators. *Can J Ophthalmol*. 2014;49:377-81.
24. Ament CS, Henderson BA. Optimizing resident education in cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol*. 2011;22:64-7.
25. Baxter JM, Lee R, Sharp JA, Foss AJ, Intensive Cataract Training Study Group. Intensive cataract training: A novel approach. *Eye (Lond)*. 2013;27:742-6.
26. Belyea DA, Brown SE, Rajjoub LZ. Influence of surgery simulator training on ophthalmology resident phacoemulsification performance. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37:1756-61.
27. Clarkson JG. Training in ophthalmology is critical for all physicians. *Arch Ophthalmol*. 2003;121:1327.
28. Antona B, Barra F, Barrio A, et al. Validity and repeatability of a new test for aniseikonia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2007;48:58-62.
29. Antona B, Barra F, Barrio A, et al. The validity and repeatability of the new aniseikonia test. *Optom Vis Sci*. 2006;83:903-9.
30. Pinheiro FI, Azevedo EP, Meneses AC, et al. A virtual simulator as a tool for teaching refractometry. *GRANTHAALAYAH*. 2017;5:23-33.

INFORMAÇÃO DOS AUTORES



» **Paulo de Souza Segundo**
<http://lattes.cnpq.br/2493200075413426>
<https://orcid.org/0000-0003-2948-8428>



» **Irami Araújo-Filho**
<http://lattes.cnpq.br/3975706297235540>
<https://orcid.org/0000-0003-2471-7447>



» **Gleyse Pinheiro**
<http://lattes.cnpq.br/6533749630232829>
<https://orcid.org/0000-0003-0461-2517>



» **Amália Rêgo**
<http://lattes.cnpq.br/3240686272929972>
<https://orcid.org/0000-0002-0575-3752>



» **Eduardo Pereira de Azevedo**
<http://lattes.cnpq.br/6546119058095940>
<https://orcid.org/0000-0002-8630-6240>



» **Italo Azevedo**
<http://lattes.cnpq.br/5506817420372662>
<https://orcid.org/0000-0002-1507-7401>



» **Fausto Guzen**
<http://lattes.cnpq.br/7939889120780625>
<https://orcid.org/0000-0002-5458-7236>



» **Francisco Pinheiro**
<http://lattes.cnpq.br/4500219042589746>
<https://orcid.org/0000-0001-8879-3997>