

## TRABALHOS CIENTÍFICOS - OFTALMOLOGIA

### **NOVA FÓRMULA MATEMÁTICA PARA CÁLCULO DO PODER DALENTE INTRAOCULAR APÓS CIRURGIA REFRACTIVA A LASER PARA MIOPIA E HIPERMETROPIA**

*Italo Araújo Rios Brandão (italo257rios@gmail.com)*

*Clara De Assis Oliveira De Menezes (clara.aom@gmail.com)*

*Daniel Braga Linhares Garcia (daniel.linhares@hotmail.com)*

*Letícia Macedo Lucena (leticiamlucena@edu.unifor.br)*

*Laís Macedo Lucena (laismlucena@icloud.com)*

*Daniel Da Rocha Lucena (drlucena@gmail.com)*

*Abrahão Da Rocha Lucena (abrahaorlucena@gmail.com)*

#### Introdução

Após a cirurgia refrativa a laser, as principais fontes de erro nas equações de terceira geração são a leitura imprecisa da ceratometria, devido à alteração no índice ceratométrico, e a estimativa incorreta da posição efetiva da lente (ELP). Por outro lado, nas fórmulas que utilizam regressão linear para calcular a ELP, o principal equívoco ocorre apenas na leitura ceratométrica, pois algumas não utilizam o K para previsão da ELP.

Ao longo dos anos, diversas equações foram desenvolvidas para reduzir os erros no cálculo da potência das lentes intraoculares após a cirurgia refrativa. Um dos avanços mais importantes foi a equação de Arramberri, que ajustou a

fórmula de terceira geração, como a SRK/T, para corrigir esses erros. Posteriormente, Shammas, Haigis e Barrett criaram suas próprias equações, que se destacam por não dependerem de dados pré-operatórios, tornando os cálculos mais precisos para esses casos.

Nos olhos que passaram por cirurgia refrativa a laser para correção de miopia, a córnea fica mais plana no centro. Isso faz com que os aparelhos superestimem o poder da córnea e projetem a posição da lente intraocular (LIO) mais para frente do que o real, resultando em hipermetropia após a cirurgia de catarata. Já nos olhos que tiveram cirurgia refrativa a laser para corrigir hipermetropia, a córnea se torna mais curva no centro. Nesse caso, o poder da córnea é subestimado, e a posição da LIO é projetada mais para trás do que deveria, levando à miopia após a cirurgia de catarata. Esses erros de leitura na ceratometria convencional afetam o cálculo da potência das lentes intraoculares (LIOs). Outro fato importante é que, após a cirurgia refrativa, a córnea deixa de ter um formato esférico regular, como preconizado no olho esquemático de Gullstrand, tornando as medições menos precisas. Além disso, o índice ceratométrico padrão de 1.3375 assume uma relação fixa entre as curvaturas da superfície corneana e da face posterior para calcular seu poder total. No entanto, essa relação é perdida com a cirurgia, levando a imprecisões no cálculo da LIO.

Pacientes que já passaram por cirurgia refrativa a laser costumam ter expectativas altas de enxergar bem sem óculos após a cirurgia de catarata. Por isso, qualquer grau de erro residual após o procedimento pode causar grande frustração.

O objetivo desta pesquisa é desenvolver uma nova fórmula matemática para calcular a potência da lente intraocular em pacientes com prévia cirurgia refrativa a laser para miopia ou hipermetropia, sem o histórico do tratamento. Além disso, a precisão dessa nova fórmula será comparada com a da fórmula Barrett True K miopia e hipermetropia em uma amostra de 40 olhos.

## Métodos

Foi realizado um estudo para desenvolver uma equação matemática que ajude a calcular a potência da lente intraocular (LIO) em olhos submetidos a cirurgia refrativa a laser para miopia ou hipermetropia. Para participar do estudo, todos os olhos passaram por uma avaliação de topografia corneana

para confirmar se havia um padrão compatível com cirurgia refrativa a laser para miopia ou hipermetropia. Além disso, a cirurgia de catarata deveria ter ocorrido sem complicações, e o paciente precisava alcançar uma acuidade visual corrigida para longe de, no mínimo, 6/12. Foram excluídos do estudo os olhos com cicatrizes corneanas (leucomas) ou astigmatismo irregular, assim como aqueles que passaram por qualquer outra cirurgia ocular anterior, exceto a refrativa. O estudo seguiu as diretrizes éticas da declaração de Helsinque e foi aprovado pelo comitê de ética do Instituto Federal do Ceará.

Depois de criada, a equação foi validada comparando seu erro médio absoluto com o erro médio absoluto da equação de Barrett True K (miopia e hipermetropia) utilizando uma amostra de 20 olhos que passaram por cirurgia de catarata e tinham histórico de correção a laser para miopia, e 20 olhos que fizeram cirurgia de catarata após uma correção a laser para hipermetropia.

A fórmula de Lucena personalizada foi desenvolvida para olhos que passaram por cirurgia refrativa a laser para correção de miopia e hipermetropia. Para isso, três pontos da fórmula de Lucena original (que é usada para olhos com córneas intactas) foram ajustados:

1- Correção do raio de curvatura pós-operatório: a cirurgia a laser altera a face anterior da córnea, mas a face posterior permanece intacta.

2- Correção do índice ceratométrico: quando um olho passa por cirurgia refrativa a laser para corrigir miopia, o índice de refração da córnea diminui.

Essas correções foram feitas para adaptar a fórmula de Lucena padrão às condições específicas de um olho que passou por cirurgia refrativa a laser para miopia e hipermetropia, garantindo um cálculo mais preciso da lente intraocular.

3- Previsão do Km pré-operatório: nessa nova fórmula participa da definição do ELP e compõe uma subtração do comprimento axial e da ceratometria pós-refrativa.

## Resultados

Observou-se uma correlação perfeita ( $r= 1,00$ ;  $p= 0,000$ ) entre ceratometria média convencional pós-operatória dos olhos submetidos a cirurgia refrativa a LASER para miopia e a ceratometria pós-operatória corrigida

por função linear. O mesmo ocorreu ( $r= 1,00$ ;  $p= 0,000$ ) para os olhos submetidos a cirurgia refrativa a LASER para hipermetropia.

O erro médio (ME) de predição refracional nos olhos com histórico de cirurgia refrativa a laser para miopia foi para Lucena miopia de  $-0,27 \pm 0,54$  (mediana  $-0,41$ ; quartil 1=  $-0,55$ ; quartil 3=  $-0,08$ ; IQR=  $0,47$ ) e para Barrett True K miopia de  $-0,40 \pm 0,56$  (mediana  $-0,44$ ; quartil 1=  $-0,65$ ; quartil 3=  $-0,27$ ; IQR=  $0,38$ ), sem diferença estatística entre as duas fórmulas (Wilcoxon  $84,5$ ;  $p= 0,475$ ). Já nos olhos com histórico de cirurgia refrativa a laser para hipermetropia o ME de predição refracional foi para Lucena hipermetropia de  $-0,15 \pm 0,58$  (mediana  $-0,34$ ; Q1=  $-0,55$ ; Q3=  $+0,24$ ; IQR=  $0,78$ ) e para Barrett True K hipermetropia de  $-0,12 \pm 0,62$  (mediana  $-0,27$ ; Q1=  $-0,62$ ; Q3=  $+0,39$ ; IQR=  $1,01$ ), sem diferenças estatisticamente significativas (Wilcoxon  $60,5$ ;  $p= 0,165$ )

Em relação ao erro absoluto médio (MAE), apesar do menor MAE para fórmula de Lucena miopia, não foi encontrada diferenças estatisticamente significativas ( $p= 0,47$ ) no teste de Mann-Whitney U nas comparações par-a-par com a fórmula de Barrett true K miopia. O mesmo foi observado entre Lucena hipermetropia e Barrett true K hipermetropia ( $p= 0,68$ ).

## Discussão

Embora seja sugerido o uso da ceratometria total calculada pelo OCT ou Pentacam no cálculo biométrico para córneas submetidas à cirurgia refrativa, os nomogramas desenvolvidos para corrigir a ceratometria convencional têm demonstrado boa precisão.

Apresentamos as variáveis biométricas antes da cirurgia de catarata e, para esses casos é dada uma ênfase aos valores ceratométricos. Desconsiderar uma cirurgia refrativa para miopia como dado pré-operatório e tratar o paciente como um caso comum de catarata, aplicando fórmulas destinadas a olhos sem tratamento prévio, resulta, em média, em uma hipermetropia pós-operatória de  $1,28 \pm 0,83D$ . Nos olhos submetidos à cirurgia refrativa a laser para miopia, o erro no cálculo biométrico tende a aumentar proporcionalmente à profundidade da ablação e à quantidade de tecido removido, refletindo-se em valores reduzidos de ceratometria média. Já nos casos de cirurgia refrativa a laser para hipermetropia, o erro de cálculo também se intensifica à medida que o grau tratado aumenta. No entanto, diferentemente da cirurgia para miopia, a

ceratometria média tende a se elevar conforme o grau de hipermetropia corrigido.

Na fórmula de Lucena para olhos submetidos à cirurgia refrativa a laser, a estimativa da ceratometria média (Km) pré-cirurgia refrativa foi incorporada ao cálculo da ELP por meio de uma função linear. Para esses casos, um erro de 1,0 dioptria no Km pré-operatório resulta em uma variação mínima de apenas 0,06 dioptrias no equivalente esférico (EE) refracional pós-operatório. Essas projeções foram validadas por meio da refração pós-operatória em 20 olhos submetidos à cirurgia refrativa a laser para miopia e 20 olhos para hipermetropia, comparando os resultados com os obtidos pela equação de Barrett True K para miopia e hipermetropia. Na formulação teórica, a Km pré-cirurgia refrativa está integrado à equação, onde o comprimento axial (AL) é subtraído da posição efetiva da lente (ELP) para determinar a distância focal da lente intraocular (LIO) no saco capsular.

Já a Km pós-operatória convencional é utilizada na fórmula de Lucena refrativa para determinar o poder corneano total, que, por meio de uma função linear, é ajustado na equação teórica. A necessidade da construção de uma função linear para correção do K pós-operatório como meio de refinar a precisão da fórmula nos levou a observar que, o K pós-operatório foi significativamente superestimado em olhos operados para miopia e levemente superestimado em casos de hipermetropia. Estudos prévios corroboram esses achados, demonstrando que a ceratometria pós-operatória é consistentemente superestimada na miopia e discretamente superestimada na hipermetropia.

Embora o erro médio (ME) de predição refracional não seja a variável mais adequada para avaliar a precisão de fórmulas biométricas, ele foi calculado para as fórmulas Lucena Miopia / Hipermetropia e Barrett True K miopia / hipermetropia. O ME é obtido somando todos os valores de erro, sejam eles positivos ou negativos, e calculando a média. No entanto, esse método pode mascarar a real precisão das fórmulas, pois erros positivos e negativos podem se anular, criando uma falsa impressão de exatidão. Além disso, o ME reduz a influência de valores extremos quando há neutralização dos sinais, o que pode levar a interpretações equivocadas sobre a presença de outliers. Neste estudo, para olhos com histórico de cirurgia refrativa a laser para miopia, o ME da fórmula Lucena miopia apresentou um ME de  $-0,27 \pm 0,54D$  (mediana:  $-0,41D$ ), enquanto Barrett True K miopia foi de  $-0,40 \pm 0,56D$  (mediana:  $-0,44D$ ), sem diferença estatística significativa entre elas ( $p= 0,475$ ). Para essa situação ambas as fórmulas tenderam ao viés miópico leve com um

menor desvio da média para Lucena. Já para olhos submetidos à cirurgia refrativa a laser para hipermetropia, o ME foi de  $-0,15 \pm 0,58D$  (mediana:  $-0,34D$ ) para a fórmula Lucena Hipermetropia e de  $-0,12 \pm 0,62D$  (mediana:  $-0,27D$ ) para a fórmula Barrett True K Hipermetropia, também sem diferença estatística relevante ( $p= 0,165$ ). Para esses olhos submetidos a cirurgia a LASER para hipermetropia também houve um viés miópico, menor que os olhos submetidos a cirurgia a LASER para miopia, mas com desempenho muito próximos.

Foi relatado em literatura que as fórmulas Haigis-L e Shammas-PL apresentaram um erro absoluto médio (MAE) de 34,38% e 46,88%, respectivamente, com predição de erro inferior a  $\pm 0,50D$ . De forma semelhante, observaram que, ao utilizar a fórmula Haigis-L para o cálculo do poder da LIO em olhos submetidos à cirurgia refrativa a laser para miopia, a taxa de previsibilidade dentro de  $\pm 0,50D$  foi de 35,7%, enquanto dentro de  $\pm 1,00D$  foi de 63,1%. Diferentemente do erro médio (ME), o MAE converte todos os valores em números positivos antes de calcular a média. Esse método evita a anulação entre valores positivos e negativos, destacando variações que fogem da média, especialmente outliers. Em nossa pesquisa, nos olhos submetidos a cirurgia refrativa a laser para miopia, a fórmula de Lucena miopia apresentou 60,0% dos olhos dentro do intervalo  $\pm 0,50$ , enquanto Barrett true K miopia apresentou 50,0% dos olhos nesse intervalo ( $p= 1,00$ ). Já para os olhos submetidos a cirurgia refrativa a laser para hipermetropia, a fórmula de Lucena hipermetropia apresentou 60,0% dos olhos dentro do intervalo  $\pm 0,50$ , enquanto Barrett true K hipermetropia apresentou 45,0% dos olhos nesse intervalo ( $p= 1,00$ ).

Embora tenha apresentado um bom desempenho em comparação à fórmula Barrett True K, acreditamos que ainda há espaço para aprimoramentos na previsão do poder das LIOs com a nova fórmula de Lucena para olhos submetidos à cirurgia refrativa a laser para miopia e hipermetropia. Assim como ocorre na fórmula Haigis-L, não consideramos o impacto do encurtamento do comprimento axial (AL) e da profundidade da câmara anterior (ACD) resultante da cirurgia refrativa a laser para miopia. Embora o AL e a ACD sejam medidos pelo biômetro OA 2000 da Tomey, essas medidas requerem atenção especial, pois desempenham um papel fundamental na previsão da posição efetiva da lente (ELP) na fórmula de Lucena. No cálculo do poder da LIO, o AL e a ACD são medidos a partir do vértice córnea, assim essas medidas tendem a diminuir após a cirurgia refrativa para miopia. A redução da ACD, em especial, desloca a

LIO para uma posição mais anterior, o que pode levar à necessidade de escolher um poder menor da lente, resultando em um efeito de hipermetropização.

## Conclusão

Foi possível desenvolver uma fórmula matemática para o cálculo da potência da lente intraocular em olhos submetidos à cirurgia refrativa a laser para miopia e hipermetropia. Embora as fórmulas de Lucena miopia e hipermetropia tenham demonstrado superioridade em relação à Barrett True K miopia e hipermetropia, a diferença observada não foi estatisticamente significativa.

Palavras-chave: biometria; cirurgia refrativa; fórmulas.