

Cirurgia refrativa: quem precisa de tratamento personalizado?

Refractive surgery: who needs customized ablation

Wallace Chamon

RESUMO

Estamos em uma fase de ebulição para a determinação do futuro da cirurgia refrativa corneana. Dia após dia vão se tornando mais comuns os termos como: “análise de frentes de onda”, “wave front”, “ablação customizada” (que seria mais adequado se fosse alterado para “ablação personalizada”), “supervisão”, “aberrações”, etc...

O que será então o futuro de todas estas tecnologias?

É importante que entendamos que todos estes termos convergem para alguns fatos que são inquestionáveis. Neste texto são abordados os seguintes pontos:

1. A melhora do desempenho visual com a correção das aberrações ópticas,
2. A mudança no conceito de óptica fisiológica
3. A relação entre refração e mapa refratométrico
4. O benefício visual
5. As aberrações cromáticas e as aberrações esféricas

Descritores: Erros de refração/cirurgia; Refração ocular/fisiologia; Adaptação ocular; Visão/fisiologia; Retina/fisiopatologia; Acuidade visual; Óptica

MELHORA DO DESEMPENHO VISUAL COM A CORREÇÃO DAS ABERRAÇÕES ÓPTICAS

O tratamento dos componentes esférico e cilíndrico de uma ametropia deixa sem correção algumas alterações da imagem formada na retina chamadas aberrações ópticas (ou alterações da frente de onda de maior ordem). Estima-se que as aberrações ópticas, em olhos normais, são responsáveis por menos de 5% da deficiência causada pelos vícios de refração. Ou seja, com a correção, por meio de óculos ou cirurgia refrativa, do componente esférico e do astigmatismo resolvemos em média 95% da deficiência visual de um olho normal.

Didaticamente poderíamos dizer que a diferença na correção dos vícios refracionais sem a consideração das aberrações e com a consideração das mesmas é equivalente à diferença obtida na correção óptica sem a consideração do cilindro (pelo equivalente esférico) e com a consideração do cilindro em pacientes com baixo astigmatismo. Ou, em outras palavras, um paciente com três dioptrias de miopia e meia dioptria de astigmatismo pode ser corrigido por um tratamento de: a) -3,25 DE; b) -3,00 DE -0,50 DC ou ainda; c) -3,00 DE -0,50 DC associado à correção das aberrações ópticas.

MUDANÇA NO CONCEITO DE ÓPTICA FISIOLÓGICA

Afinal de contas o que é a análise de frentes de ondas (ou “wavefront”)? A análise de frentes de onda nada mais é do que uma abordagem

Professor Livre-docente da Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP

Associated Editor of Journal of Refractive Surgery

Recebida para publicação em 01.07.2002

Aceita para publicação em 05.08.2002

diferente na interpretação da óptica aplicada à Oftalmologia. Não se trata de uma mudança da óptica em si, mas sim da maneira como a abordamos. Fomos treinados a imaginar a luz se propagando como uma flecha, vindo, por exemplo, de uma estrela e atingindo a nossa fôvea. Este conceito é bastante didático, no entanto um pouco irreal. Sabemos que a luz se propaga de acordo com a teoria ondulatória, ou seja em forma de ondas e portanto uma flecha não seria a melhor analogia para demonstrar a sua propagação.

Na verdade, a flecha representa unicamente a direção e o sentido de propagação de uma onda. Com todas as limitações que uma analogia tem, a comparação de uma propagação luminosa se assemelha mais à propagação das ondas geradas ao se atirar uma pedra em uma piscina. Esta pedra gera ondas circulares que “fogem” (centrífugas) do objeto que a gerou (Figura 1). O mesmo acontece na propagação luminosa, que, no entanto, se propaga tridimensionalmente gerando uma onda que, por analogia à onda circular observada na água, é esférica (Figura 2).

Se isolarmos um setor do nosso exemplo de propagação de

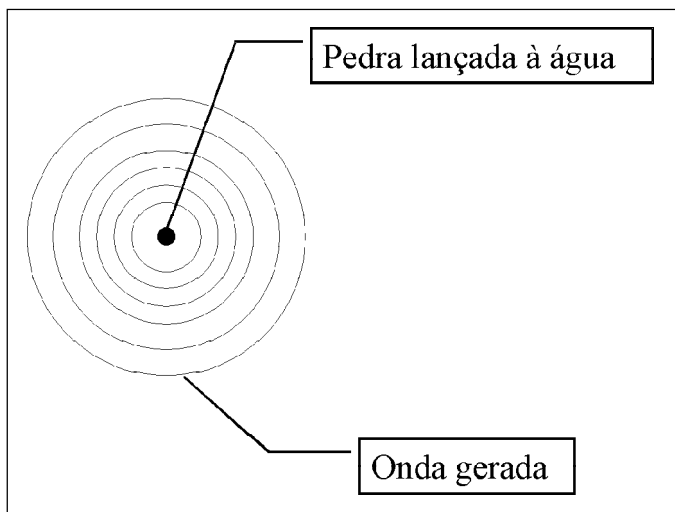


Figura 1 - Representação esquemática das ondas circulares geradas em um plano bidimensional por uma pedra lançada sobre a água

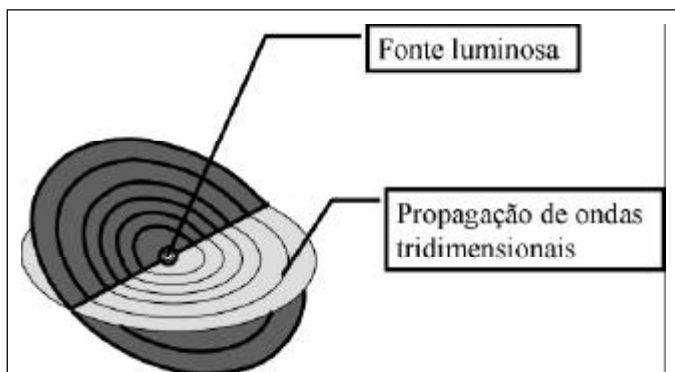


Figura 2 - Representação esquemática de ondas esféricas geradas em um plano tridimensional por uma fonte luminosa

onda na água poderemos entender o que representam as flechas nos diagramas ópticos (Figura 3). Neste caso a flecha representa que a direção de propagação da onda gerada pela pedra naquele setor está representada na reta que une um ponto “A” a um ponto “B” e o seu sentido é do ponto “A” ao ponto “B”. Se analisarmos dois setores diferentes da onda gerada pela pedra observaremos que as direções de propagação das ondas nestes dois setores terão sentidos diferentes e concluiremos instintivamente que esta onda tem característica divergente (Figura 4).

A interpretação deste fenômeno físico através da análise de frentes de onda se dá pela análise da onda gerada pela pedra em si, e não pela direção e sentido da sua propagação. Neste mesmo exemplo podemos interpretar o perfil da onda gerada (chamado de Frente da Onda) como uma linha curva (“c”) com raio de curvatura (“r”) centralizado no objeto gerador da onda (Figura 5).

Como a propagação luminosa acontece tridimensionalmente, a onda gerada por esta fonte tem a forma de um plano, diferentemente do que acontece no exemplo da água onde a onda é bidimensional e pode ser representada por uma linha. A análise de frentes de onda estuda os planos gerados pelas fontes luminosas ao atravessarem um sistema óptico. Da mesma maneira que utilizamos o raio de curvatura para definirmos e compararmos arcos, a maneira mais adequada de definirmos planos é a utilização dos coeficientes de Zernicke. Um plano pode ser perfeitamente reproduzido se soubermos o conjunto de valores para cada coeficiente de Zernicke deste plano.

Voltando ao nosso exemplo didático da pedra arremessada à água como fonte geradora de ondas, é fácil observar que, se analisarmos as ondas próximas ao local de impacto da pedra, dois setores se propagarão em direção bastante divergentes pois estas ondas circulares terão um pequeno raio de curvatura. Se analisarmos estas ondas após se afastarem do local de impacto as mesmas terão raios de curvatura muito maiores e portanto a circunferência será muito menos “curva”. De tal maneira que, se imaginarmos uma onda gerada por uma pedra atirada em um ponto muito distante, esta terá um perfil com

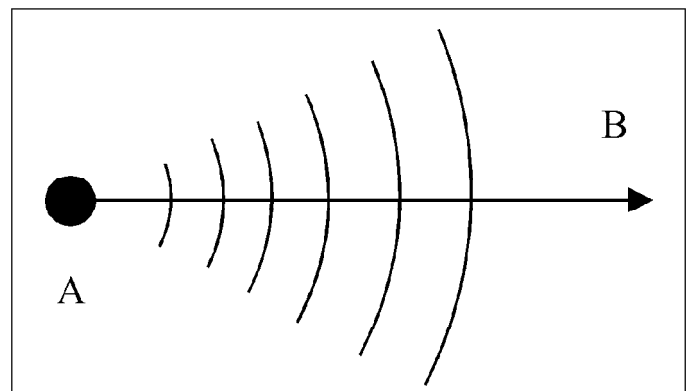


Figura 3 - Esquema da direção e do sentido de propagação de uma onda representados por uma flecha. Note que, neste setor da onda, a onda se propaga centrífugamente do ponto “A” ao ponto “B”

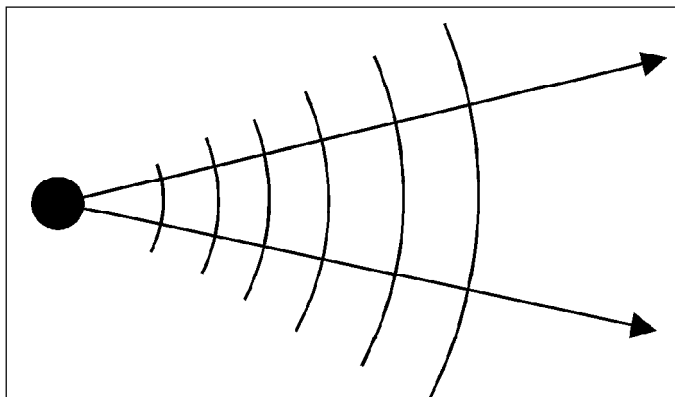


Figura 4 - Esquema da direção e do sentido de propagação de uma onda divergente em dois setores. Note que a onda se propaga em dois sentidos e com duas direções diferentes, que são representados por duas flechas não paralelas (divergentes)

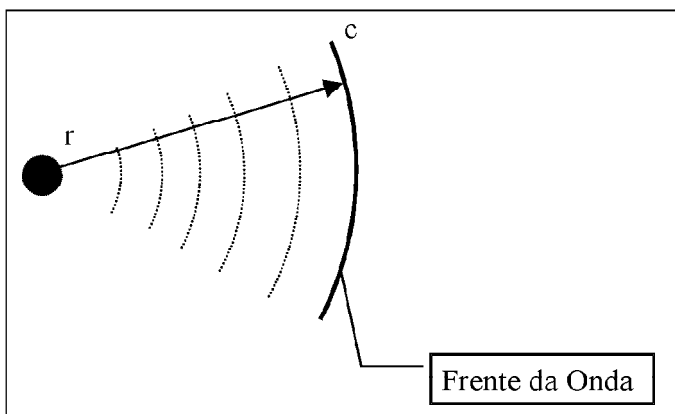


Figura 5 - Esquema demonstrando que uma onda pode ser analisada pelo seu sentido e direção da sua propagação (flecha) ou pela análise da forma da onda, no caso definida por uma onda circular "c" com raio de curvatura "r"

curvatura tendendo ao infinito, portanto se comportando como uma reta e não mais como uma frente de onda divergente (Figura 6).

REFRAÇÃO E MAPA REFRAATOMÉTRICO

Há não muito tempo as características refracionais de um olho eram determinadas apenas pela refratometria e pela ceratometria. O advento da videoceratografia (ou "topografia corneana") nos mostrou que a nossa interpretação das curvaturas corneanas por meio de uma única medida central era no mínimo insuficiente para a compreensão de várias doenças corneanas. A videoceratografia passou então a fornecer dados ceratométricos de vários pontos da córnea na forma de um mapa "topográfico". O mapa "topográfico" equivale a medidas realizadas com o ceratômetro em cerca de 8000 pontos diferentes da córnea, e por causa dele nós aprendemos e entendemos muitos fenômenos corneanos que podiam ser elucidados pela ceratometria central.

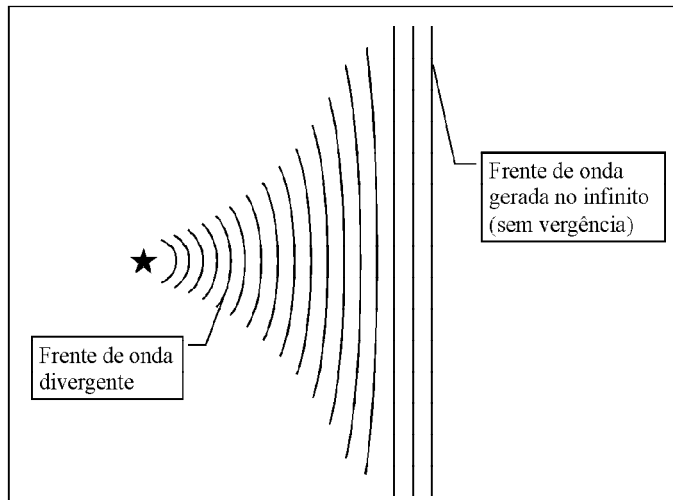


Figura 6 - Representação esquemática de uma onda gerada no infinito. Note que a frente da onda apresenta um raio de curvatura maior quanto mais se afasta da fonte geradora, chegando a um raio de curvatura infinito (linha reta). Próximo à fonte geradora a onda é divergente e no infinito ela não tem vergência

Fato semelhante está acontecendo com a paquimetria corneana, onde estamos abandonando a interpretação da espessura corneana baseada em uma medida central e partindo para a interpretação de mapas paquimétricos.

A análise de frentes de onda transforma a refratometria em um mapa refratométrico, onde o poder refrativo (interpretado como o desvio de um feixe de luz causado por um sistema óptico) de toda a região transparente do olho é fornecido para até 800 pontos diferentes contidos na região pupilar. Ou seja, a retinoscopia está para a análise de frentes de onda assim como a ceratometria está para a videoceratografia.

BENEFÍCIO VISUAL

A necessidade de ablações personalizadas, que levem em consideração as aberrações específicas de cada olho depende diretamente do benefício que este tratamento acarretará. Alguns pesquisadores implementaram o termo "Benefício Visual" que, de uma maneira simplista, representa qual a melhora do contraste na imagem retiniana de olhos em que tenham sido eliminadas todas as aberrações oculares em relação a olhos onde foram eliminados apenas os componentes esféricos e cilíndricos. Portanto um Benefício Visual de 2 significa que o contraste da imagem retiniana de um paciente que recebeu o tratamento das suas aberrações seria 2 vezes maior do que se fosse tratada apenas a miopia e o astigmatismo.

Obviamente quanto mais irregular (ou com mais aberrações) o sistema óptico ocular for antes da cirurgia maior será o Benefício Visual. O tamanho da pupila é fundamental na determinação do Benefício Visual, de tal maneira que pupilas com diâmetros menores que 3 mm em olhos com erros refracionais de ocorrência natural apresentam Benefício Visual mínimo (Figura 7).

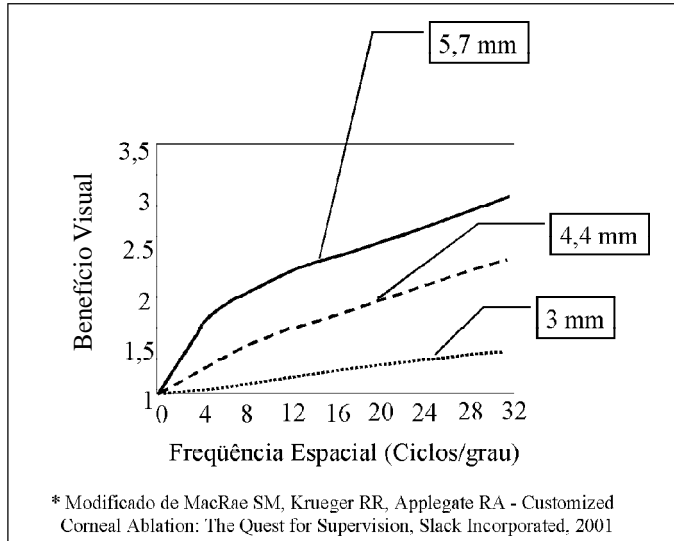


Figura 7 - Gráfico demonstrando que o benefício visual (melhora teórica do desempenho visual gerada pela correção das aberrações ópticas de olhos humanos) em função do tamanho do optotipo, para diferentes diâmetros de pupila (3,0 mm, 4,4 mm e 5,7 mm) para olhos normais. Quanto maior o número de ciclos por grau, menor o optotipo. Note que a melhora do desempenho é mais importante em pupilas maiores

ABERRAÇÕES CROMÁTICAS

As aberrações cromáticas são causadas por um fenômeno muito bem conhecido pelos oftalmologistas: o fato de o ângulo de refração depender do comprimento de onda da luz. Quando fazemos o teste do “verde-vermelho” estamos testando dois comprimentos de onda diferentes que, em um olho emétrope, “focalizam” os raios vindos do infinito em um plano localizado discretamente anteriormente ou posteriormente à retina. A luz vermelha e a luz verde focalizam discretamente posteriormente e anteriormente à luz branca, respectivamente. Por isso que quando um paciente cicloplegiado prefere os optotipos da luz vermelha significa que a retina está posterior ao plano de foco da luz branca, ou seja o paciente está míope.

Como os objetos do nosso cotidiano têm várias cores, em um olho emétrope, algumas cores estarão “focalizadas” antes ou depois da retina causando uma aberração inerente à visão de cores e que portanto não pode ser extinta. Por este motivo que os pacientes se beneficiam pelo uso de lentes amarelas (que bloqueiam grande parte do espectro azul dos objetos) principalmente à noite (quando apresentam as pupilas dilatadas e portanto maior quantidade de aberrações).

As aberrações cromáticas não serão tratadas por nenhuma abordagem baseada na análise frentes de onda, no entanto alguns estudos demonstram que o benefício visual causado pelo tratamento desta aberração não é importante.

ABERRAÇÃO ESFÉRICA

A aberração esférica em um sistema óptico convergente é consequência do fato dos raios luminosos serem refratados

mais intensamente quanto mais distantes do centro óptico do sistema. Em outras palavras, um raio luminoso que atravessa o centro de uma lente não é refratado, independentemente do poder refrativo desta lente, enquanto os raios mais distantes do seu centro são progressivamente mais refratados (Figura 8). A correção da aberração esférica é feita por meio da criação de lentes asféricas (ou anesféricas) nas quais o poder refrativo diminui progressivamente ao se distanciar do centro da lente (asfericidade negativa).

Este é o perfil normal da nossa córnea (componente óptico mais importante do sistema ocular), a este perfil damos o nome de perfil “prolado”. O perfil ideal da córnea deve sempre ter esta asfericidade negativa. Alguns procedimentos ceratorrefrativos, especialmente a ceratomia radial e, em menor intensidade, as cirurgias fotoablativas (PRK e LASIK) geram uma inversão deste perfil, causando muitas vezes uma asfericidade positiva e conseqüente aumento da aberração esférica e deterioração da visão.

A aberração esférica está normalmente aumentada após os procedimentos fotoablativos, tornando-se a aberração mais importante no pós-operatório. Felizmente a correção do perfil final de uma córnea operada não prescinde de uma personalização do tratamento, bastando para isso que o perfil “impresso” pelo *laser* seja asférico para todos os tratamentos. Apesar das empresas fabricantes de *lasers* não divulgarem detalhes do perfil de tratamento, atualmente a maioria dos *laser* não preconiza perfis que mantenham a asfericidade negativa da córnea.

CONSIDERAÇÕES

A análise de frentes de onda oculares certamente tornar-se-á matéria indispensável da oftalmologia moderna. O benefício visual atingido com o tratamento personalizado das aberrações oculares de ocorrência natural deverá ser avaliado em

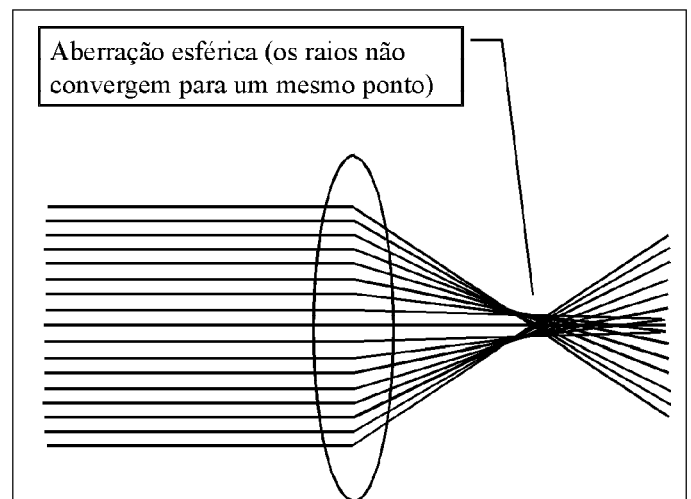


Figura 8 - Representação esquemática da aberração esférica gerada por uma lente convergente. Note que como os raios mais distantes do centro óptico da lente convergem mais, não existe um ponto focal onde todos os raios gerados pela fonte luminosa se encontrem

estudos clínicos sérios e idôneos. Se este benefício for clinicamente significativo, deveremos avaliar se a reprodutibilidade do tratamento personalizado baseado na análise de frentes de onda será comparável àquela já atingida pelo tratamento padronizado. Olhos com aberrações oculares induzidas cirurgicamente provavelmente se beneficiarão muito pelo tratamento personalizado. Pacientes com degenerações ectásicas da córnea (ceratocone ou degeneração marginal *pellucida*) poderão se beneficiar pelo tratamento personalizado. No entanto antes desta abordagem ser preconizada, teremos que provar que a fotoablação não acelera a evolução destas doenças.

ABSTRACT

Refractive surgery is facing an important period of its evolution.

Day by day we are getting used to terms such as: “wave front”, “customized ablation”, “supervision”, “aberrations”, etc.

What will be the future of all these technologies?

It is important to understand that all these terms are based on some unquestionable facts. In this manuscript the following subjects were considered:

1. Improvement of visual performance when correcting optical aberrations,
2. The change in the concept of physiologic optics,
3. The relationship between refraction and refractive map
4. Visual benefit,
5. Chromatic and spherical aberrations

Keywords: Refractive errors/surgery; Ocular refraction/physiology; Ocular adaptation; Vision/physiology; Retina/physiopathology; Visual acuity; Optics