

Frentes de ondas (wavefronts) e limites da visão humana

Parte 2 -Aplicações

Wavefronts and the limits of human vision Part 2 - Applications

Mirko Jankov¹
Michael Mrochen²
Paulo Schor³
Wallace Chamon³
Theo Seiler⁴

RESUMO

Os valores médios de todos os coeficientes de Zernike são de aproximadamente zero, ao passo que a variabilidade individual é muito grande, o que significa que os seres humanos, como espécie em geral, têm sistema óptico muito bom, mas individualmente imperfeito. Certa instabilidade temporal das aberrações de alta ordem foi descrita em função da acomodação. Este fato leva a uma nova pergunta: a correção de todas as aberrações para visão em estado não acomodado será benéfica para visão de perto também? É possível modificar e diminuir as aberrações ópticas por meio de fotoblação por "scanning spot LASER" tendo os dados das frentes de ondas como a base para perfil de ablação individualizado. É fundamental a fixação perfeita do feixe de "LASER" em relação ao olho, obtida com os "eye-trackers" de alta frequência. O benefício visual teórico da correção das aberrações de alta ordem seria de até 12 vezes. A meta principal dos tratamentos guiados pelas frentes de onda é de não permitir a piora da visão depois do tratamento cirúrgico refrativo, como pode ocorrer hoje em dia com os tratamentos tradicionais a "LASER"; em seguida, a meta se estenderia aos melhoramentos visuais, bem como ao tratamento dos casos de córneas extremamente irregulares (ablações primárias irregulares, pequenas ou descentradas, a presença das ilhas centrais ou irregularidades após transplante de córnea). O entendimento da terminologia e das bases da nova evolução tecnológica, bem como o constante acompanhamento crítico dos resultados publicados é fundamental para a abordagem moderna dos problemas relativos à refração e à cirurgia refrativa.

Descritores: Luz; Córnea; Topografia da córnea; Erros de refração; Acuidade visual

QUAIS FATORES INFLUENCIAM AS FRENTES DE ONDAS?

Após termos discutido o papel de aberrações cromática, monocromática e tamanho de pupila, nos próximos parágrafos abordaremos alguns outros fatores que influenciam as frentes de ondas.

Como as aberrações representam uma distância geométrica, no caso a distância entre os pontos de uma frente de ondas real e de uma ideal, as unidades de medidas usadas para representá-las são micrometro (μm). Na figura 1 encontram-se os coeficientes de Zernike das aberrações de alta ordem (C_6 a C_{27}), com seus valores médios e os respectivos desvios padrão para pupilas de 5 e de 8 mm, de 130 olhos dos pacientes normais. Os valores médios de todos os coeficientes citados para pupilas de 5 mm são de aproximadamente zero (menor que, ou igual a $0,005 \mu\text{m}$), o que significa que os seres humanos, considerados do ponto de vista populacional, praticamente não têm aberrações de alta ordem. Na pupila maior que 8 mm repete-

¹ Augenklinik, UniversitätsSpital Zürich, Suíça e Setor de Bioengenharia, Departamento de Oftalmologia, Universidade Federal de São Paulo/EPM, Brasil.

² Augenklinik, UniversitätsSpital Zürich, Suíça e Instituto de Física Aplicada (ETH), Zürich, Suíça.

³ Setor de Bioengenharia, Departamento de Oftalmologia, Universidade Federal de São Paulo/EPM, Brasil.

⁴ Augenklinik, UniversitätsSpital Zürich, Suíça.

Endereço para correspondência: R. Mal. José B. Bormann 586 – Curitiba (PR) CEP 80730-350.
E-mail: mirkojankov@hotmail.com

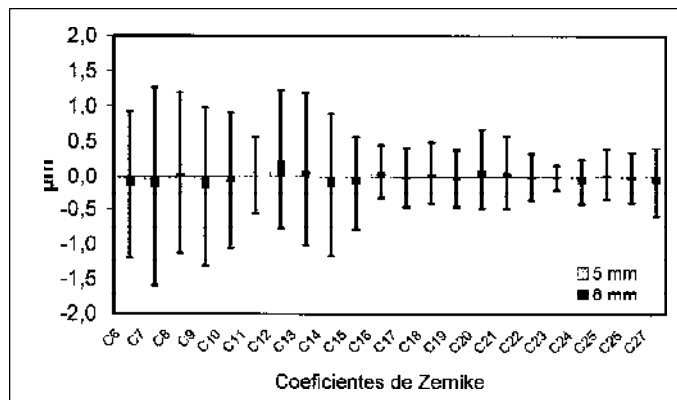


Figura 1 - Valores para as aberrações de alta ordem da população normal de 130 olhos para a pupila de 5 e de 8 mm (com linhas cinzas para os respectivos desvios-padrão)

se a mesma observação, apesar de os valores serem ligeiramente maiores (menor que, ou igual a $0,01 \mu\text{m}$). O fato interessante é que a variabilidade individual para cada um dos coeficientes, representada por seus desvios-padrão, é muito grande, chegando a $0,4 \mu\text{m}$ e $1,6 \mu\text{m}$ com a pupila de 5 mm e 8 mm respectivamente⁽¹⁾. Podemos concluir então que os humanos, como espécie em geral, têm sistema óptico muito bom, mas individualmente imperfeito.

A repetibilidade das medidas das aberrações de alta ordem pelos aberrômetros, com a finalidade de melhorar a qualidade óptica de olho humano, é extremamente importante. Comparada com a variabilidade individual de até $1,4 \mu\text{m}$, a **variabilidade diurna** de medida dos coeficientes de Zernike é quase cem vezes menor (variando de $0,01$ a $0,06 \mu\text{m}$, dependendo do coeficiente). Retirando-se os erros de medida, como tamanho de pupila e posição ou alinhamento diferente entre as medidas, as aberrações ópticas no olho humano mostram uma estabilidade no tempo de pelo menos vários meses⁽²⁾. A reprodutibilidade estatística das medidas repetidas nos mesmos olhos das aberrações ópticas de alta ordem foi de menos que $0,01 \mu\text{m}$ para a pupila de 8 mm⁽¹⁾, mostrando-se confiável e estável o suficiente para uso clínico.

Certa instabilidade temporal das aberrações de alta ordem foi descrita predominantemente em função da acomodação e os ajustes de micro-flutuação⁽³⁾. Este fato leva a uma nova pergunta: a correção de todas as aberrações para visão em estado não-acomodado será benéfica para visão de perto também? Acredita-se hoje em dia que o perfil de ablação de córnea personalizado para corrigir perfeitamente todas as aberrações de alta ordem em um certo estado acomodativo, terá pouco ou nenhum sucesso quando o estado acomodativo for substancialmente alterado. Em outras palavras, em algumas situações a eventual correção cirúrgica individualizada das aberrações de alta ordem pode ser melhor que a correção tradicional esfero-cilíndrica, enquanto em outras pode ser

pior. Este problema deverá ser investigado para melhor entendimento e solução no futuro próximo.

Em adição aos fatores neuronais que podem se deteriorar com a idade, a degradação significativa da qualidade da imagem retínica provém principalmente das alterações das propriedades físicas dos meios ópticos no processo de envelhecimento, especialmente dispersão da luz no cristalino, mais do que das aberrações de alta ordem, como Coma ou Aberração Esférica que também aumentam, mas em menor escala⁽⁴⁾.

O filme lacrimal, já identificado como responsável pela obtenção de uma imagem boa e confiável na vídeo-ceratografia corneana computadorizada, ganha de novo papel primordial na qualidade e confiabilidade de medida das frentes de ondas. Investigações mais profundas sobre influência de colírios de lágrimas artificiais na medida das aberrações ópticas, bem como sobre condições da superfície ocular subnormal ou anormal estão sendo efetuadas. Observou-se também que tratamentos LASIK têm menor previsibilidade quanto à redução das aberrações em relação ao PRK. Tal fato provavelmente provém do remodelamento dinâmico do epitélio no PRK, comparado à irregularidade permanente do "flap" no LASIK, o que acarretaria uma superfície refracional adicional e irregular. Foi demonstrado também maior prejuízo da função lacrimal após LASIK do que após PRK, que resulta em maior hipoestesia e diminuição do filme lacrimal⁽⁵⁾. Por tais observações, procedimentos cirúrgicos alternativos como o LASIK epitelial, em que se retira o epitélio corneano que é recolocado após a aplicação do "excimer laser" (LASEK), têm sido propostos como tratamentos de escolha para as ablações personalizadas guiadas pelas frentes de ondas. No entanto, não existem evidências clínicas de vantagens reais do LASEK em relação ao PRK convencional, principalmente em relação à formação de cicatrizações hiperplásicas, ou "haze".

PERFIL DE ABLAÇÃO PERSONALIZADO E BENEFÍCIO VISUAL

Há dois princípios básicos pelos quais é possível modificar e diminuir as aberrações ópticas. Primeiro, alterando-se o índice refrativo de alguns pontos específicos dentre os elementos ópticos do olho e modificando conseqüentemente os comprimentos de trajetórias ópticas que podem ser re-igualladas, regularizando assim as frentes de ondas. Infelizmente, no nível de desenvolvimento tecnológico atual, isso não é possível. Outra possibilidade é modificar-se o comprimento de trajetória geométrica de alguns raios simplesmente afinando a córnea seletivamente em alguns pontos ou área, o que é possível usando-se o processo de foto-ablação por meio de "excimer LASER" de rastreamento ("scanning spot LASER").

Baseando-se nesse último princípio, os dados das frentes de ondas servem como a base de cálculo do perfil de ablação individualizado para o procedimento cirúrgico refrativo por meio do "excimer LASER". Para definir-se o perfil de ablação é preciso decompor as informações sobre as frentes de ondas

individualizadas em uma seqüência detalhada de pontos de "LASER" a serem atirados na superfície de córnea. Algoritmos de um programa especial são utilizados para definir a posição exata de cada um dos tiros e a posição desejada na córnea com uma precisão micrométrica. Para tal resultado é fundamental a fixação relativa do feixe de "LASER" em relação ao olho, obtida com os "eye-trackers" de alta freqüência que seguem o olho e reposicionam seu feixe quando o olhe se move.

O benefício visual real da correção das aberrações de alta ordem depende de dois parâmetros: da importância relativa das mesmas em relação às aberrações totais do olho e da precisão com que as aberrações podem ser corrigidas. O benefício visual é representado pela estimativa de quanto o contraste da imagem retínica, e conseqüentemente a qualidade de visão, incrementaria se todas, e não somente as aberrações monocromáticas de segunda ordem de Zernike (esfero-cilíndro), fossem corrigidas. Desta forma os 'borrões' seriam transformados em pontos discretos. A irregularidade desses pontos e o grau da dispersão de borramento também é conhecido como "point spread function" (função de dispersão do ponto) e ilustra a concentração dos raios luminosos a partir de uma fonte puntiforme, em um sistema refrativo.

Mesmo se fosse possível a correção somente das aberrações cromáticas, o benefício esperado seria relativamente pequeno dado o embaçamento da imagem pelas aberrações monocromáticas não corrigidas. Seguindo o mesmo princípio, as aberrações cromáticas também diminuiriam o resultado da correção exclusiva de aberrações monocromáticas. O excimer laser hoje em dia atua exatamente na correção das aberrações monocromáticas não levando em consideração a adicional aberração cromática. Teoricamente, eliminando os dois tipos de aberrações, o contraste visual seria elevado até 12 vezes⁽⁶⁾ o que, infelizmente, não é possível no nível tecnológico atual.

Deve ser ressaltado aqui também que a ordem de Zernike a ser calculada, e assim corrigida no olho, depende basicamente do tamanho do ponto de raio "LASER" e da precisão pela qual o tiro pode ser aplicado na córnea (dependendo do "eye tracker"). Teoricamente falando, com um ponto de "LASER" do tamanho de 2 mm, nada mais do que as aberrações tradicionais esfero-cilíndricas (2ª ordem de Zernike) podem ser corrigidas. Diminuindo o ponto até 0,6-0,8 mm já as aberrações de até 8ª ordem de Zernike tornam-se alcançáveis.

Como já mencionado, as aberrações de mais alta ordem são mais tênues e menos grosseiras que as de baixa ordem, chegando a números de até 1 μm no máximo no plano pupilar (valor medido por aberrômetro) ou corrigido para o plano corneal (fator de multiplicação de aproximadamente 3 vezes) de até 3 μm . Isto significa que, teoricamente, uma única célula epitelial (com tamanho aproximado de 8 μm) poderia modificar o resultado de um tratamento programado, fazendo-nos considerar o custo/benefício de tal tentativa. A tendência deverá ser a identificação dos indivíduos nos quais as aberrações de alta ordem sejam muito importantes (astigmatismo irregular pós-trauma ou resultados inesperados de cirurgia refrativa por

exemplo) e tratá-los com tal tecnologia, esperando, neste presente momento, para iniciar os tratamentos dos olhos 'normais'.

A descentração do tratamento por meio de "excimer LASER" reduz a eficiência das correções de aberrações de todas as ordens⁽⁷⁾, mesmo nos casos subclínicos (descentrações menores que 1 mm). As aberrações mais comumente induzidas pela descentração são o "Tilt" (1ª ordem), Coma (3ª ordem) e Astigmatismo de alta ordem (4ª ordem). Caso não consigamos garantir a centralização perfeita do tratamento ("excimer LASER" sem "eye tracker" ou "eye tracker" inativo), não vale a pena tentar corrigir todas as aberrações de alta ordem que conseguimos medir. Os tiros de "LASER" não vão ser colocados com a precisão adequada e o resultado será um espalhamento errático dos pontos no lugar de uma ordenação perfeita e organizada (efeito "smearing" ou espalhamento)⁽⁸⁾.

A figura 2 mostra a qualidade de visão (AV) em função de aberrações de frentes de ondas (WA). Pode-se notar que os dois parâmetros são indiretamente proporcionais. A degradação de qualidade visual observada nas imagens da esquerda para a direita é causada pelo aumento de aberrações. É importante ressaltar que mesmo com o aumento das aberrações, a percepção de detalhes até um certo grau ainda persiste, apontando assim uma diferença importante entre acuidade visual clinicamente avaliada e qualidade de visão real, o que às vezes proporciona a insatisfação do paciente após da cirurgia refrativa mesmo com acuidade visual 'normal'. Observando-se a figura 2, deve-se admitir que a presença de linhas verticais é perceptível até a terceira imagem, porém a qualidade dessa percepção é discutível, enquanto a definição de detalhes na última imagem torna-se impossível.

Em conclusão, o benefício da melhora da qualidade de visão pode ser alcançado corrigindo-se as aberrações monocromáticas de alta ordem, especialmente para a população jovem e sadia onde essas são as causas limitadoras de acuidade

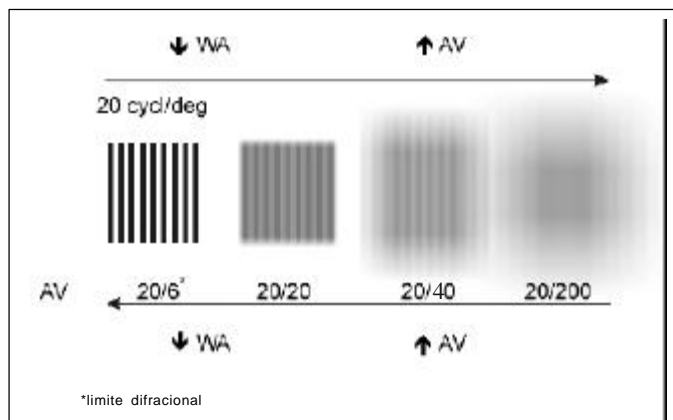


Figura 2 - Padrões de discriminação visual simulando a acuidade visual (AV) de uma imagem-padrão (20 linhas por grau de arco) em função das aberrações ópticas após o tratamento LASIK. A presença de linhas verticais é perceptível até a terceira imagem (ilustrando a acuidade visual de 0,5), porém a qualidade dessa percepção é ruim devido à diminuição do contraste, e conseqüentemente degradação da qualidade de imagem, pelas aberrações ópticas. Aumento das aberrações, portanto, resulta em diminuição da acuidade visual

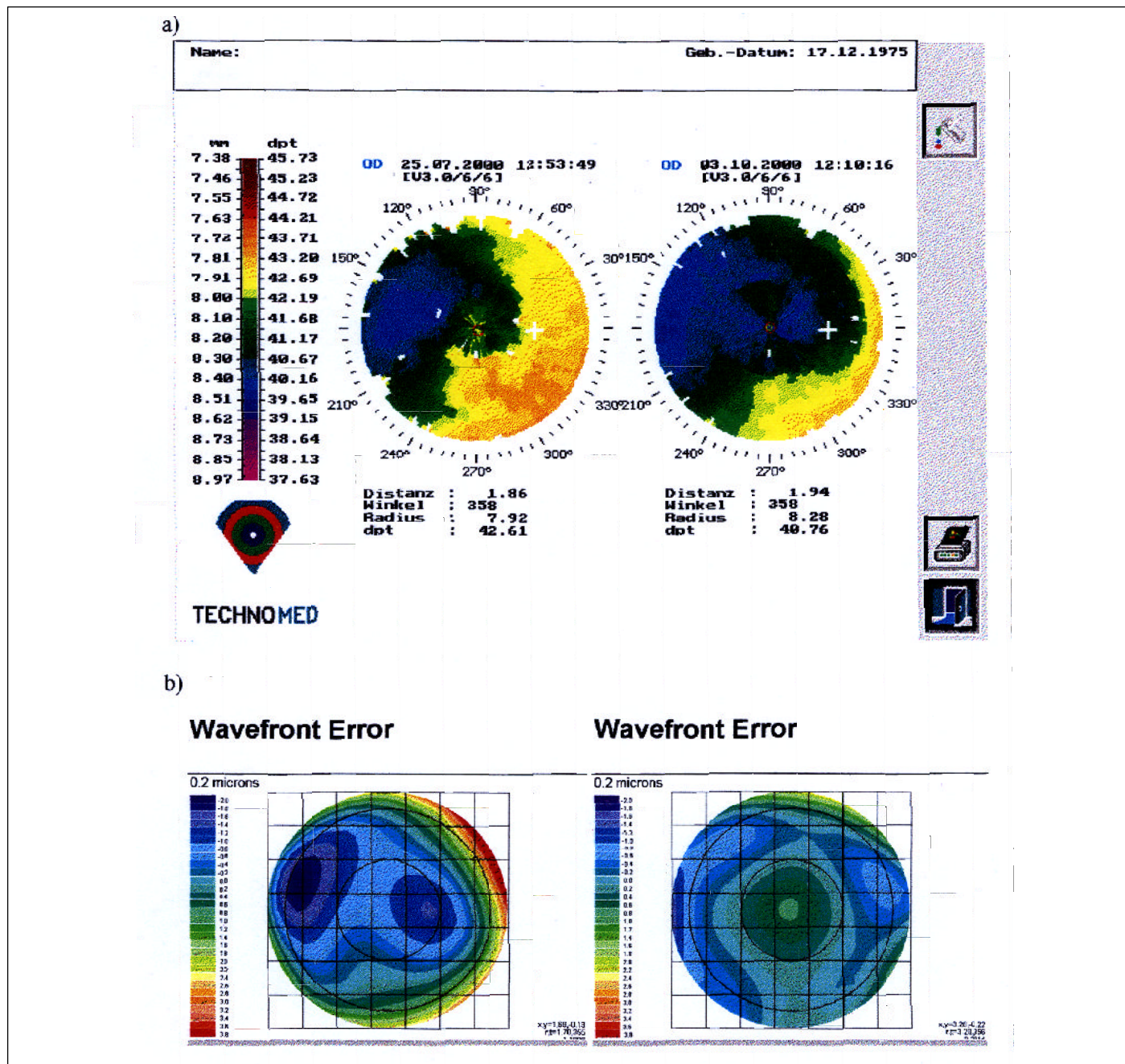


Figura 3 - Mapas de um paciente com a ablação descentrada primária tratado cirurgicamente com LASIK guiado por frentes de ondas: a) topografia corneal e b) mapa de aberração das frentes de onda antes (à esquerda) e depois (à direita) do tratamento cirúrgico

de visual mais importantes. É esperada melhoria significativa especialmente nas situações com pouca luz, como por exemplo condução noturna de carro, quando o tamanho da pupila, aumentado, torna as aberrações ópticas fator importante de degradação da qualidade de visão.

APLICAÇÕES CLÍNICAS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Desde junho de 1999 quando os primeiros pacientes foram

submetidos ao LASIK guiado pelas frentes de ondas ("wavefront-guided LASIK") em Dresden, Alemanha, pelo prof. Theo Seiler⁽⁹⁾, vários estudos em múltiplos centros nos EUA e Europa começaram a ser realizados, com a finalidade de avaliar a eficácia e precisão desta nova técnica cirúrgica refrativa. Os primeiros resultados pós-operatórios de três meses para 30 olhos tratados pelo mesmo grupo mostraram que a correção das aberrações ópticas é possível em aproximadamente 20 % dos pacientes⁽¹⁰⁾. Apesar de este resultado parecer modesto, é importante ressaltar que aberrações ópticas de alta ordem

foram aumentadas somente de modo discreto (em média 1,4 vezes), enquanto que depois dos procedimentos LASIK 'clássico' sem emprego de aberrometria, o aumento foi de aproximadamente 5 vezes.

O dilema para escolha de técnica mais adequada, PRK ou LASIK, ganhou agora um outro aspecto interessante. Já foi citado o aumento das aberrações em função do filme lacrimal e da delaminação da córnea para confecção do retalho ("flap"). Os primeiros resultados dos estudos comparativos mostram que um ano depois do procedimento cirúrgico, as aberrações de alta ordem de um modo global aumentam nos dois grupos, sendo mais acentuadas no grupo depois do LASIK comparado com PRK⁽¹¹⁾. Este dado encontra-se de acordo com observações dos trabalhos em andamento de outros grupos (comunicação pessoal *). Sabe-se que o sistema óptico simplificado do olho humano é composto por um sistema de duas lentes positivas, a córnea e o cristalino, onde a alteração drástica em uma das superfícies (por exemplo pela foto-ablação da córnea) pode desequilibrar o sistema todo, resultando em aumento significativo de todas as aberrações, especialmente da aberração esférica⁽¹²⁾. O maior aumento de Aberração Esférica (4ª ordem) depois do LASIK do que do PRK poderia ser entendida pela zona de transição em volta da zona óptica de ablação menor para LASIK do que PRK. Outra explicação possível para a presença das aberrações maiores em LASIK, mesmo se o perfil de ablação for igual ao do PRK, seria a resposta biomecânica da córnea importante, mas ignorada, depois de confecção do "flap", o que poderia modificar o formato da córnea e, conseqüentemente, aberrações totais resultantes⁽¹³⁻¹⁴⁾.

Conforme esperado, o tratamento guiado pelas frentes de onda não seria destinado exclusivamente ao tratamento primário, mas também ao tratamento dos casos de ablações primárias irregulares, pequenas ou descentradas, bem como ilhas centrais ou irregularidades após transplante penetrante ou lamelar de córnea. Inicialmente, estes pacientes foram submetidos ao tratamento guiado pela topografia corneana⁽¹⁵⁾, e os resultados foram bastante modestos.

Na Figura 3a estão expostas as topografias, enquanto na Figura 3b os mapas de aberrações ópticas antes e depois do tratamento guiado pelas frentes de ondas. Na topografia antes do tratamento (3a, à esquerda) observa-se nitidamente descentração, que é representada pela irregularidade do mapa de aberrações (3b, à esquerda). A topografia após a cirurgia (3a, à direita) apresenta irregularidade e descentração diminuída, porém ainda presente, enquanto o mapa das frentes de ondas (3b, à direita) mostra-se regular e centralizado. Este fato ressalta a importância de que as aberrações ópticas totais, resultante de todos os elementos ópticos e não somente das provenientes da córnea, deveriam ser incluídas no planejamento do tratamento das irregularidades⁽¹⁶⁾. Não é difícil imaginar qual seria a piora da função visual com a regularização isolada da córnea em um sistema óptico irregular, caso a topografia 'perfeita' tivesse sido visada como meta final.

* McDonald M. 2002. Comunicação pessoal.

A tecnologia das frentes de ondas não é útil somente na avaliação e melhoria da qualidade de visão por cirurgia refrativa. Usando-se tecnologia de óptica adaptável ("adaptive optics"), as fotos da retina e a visualização de cones individuais tornou-se possível⁽¹⁷⁾. Outras aplicações também incluem lentes intra-oculares nos pacientes de catarata, passíveis das correções e 'ajustes' finos das aberrações in situ depois de serem implantadas. As lentes de contato personalizadas, e não somente como tóricas para corrigir astigmatismo corneano detectável na topografia, mas corrigindo todas as aberrações ópticas para cada paciente individualmente, também poderiam se tornar uma realidade no futuro.

A posição atual dos tratamentos guiados pelas frentes de ondas é de individualizar e personalizar a medida e correção das aberrações ópticas. A meta principal é de não permitir a piora da visão depois do tratamento cirúrgico refrativo, como pode ocorrer hoje em dia com os tratamentos tradicionais⁽¹⁸⁾. Em seguida, a meta poderia se estender aos melhoramentos visuais e otimização dos aparelhos diagnósticos e cirúrgicos atuais.

A aberroscopia se mostrou um método sólido de avaliação das aberrações ópticas, inclusive das de alta ordem, e confiável o suficiente para que os tratamentos cirúrgicos experimentais sejam baseados nele. Porém, ainda há vários fatores conhecidos e desconhecidos influenciando ou podendo influenciar a medida, e assim o resultado cirúrgico visual final; dentre eles as alterações biomecânicas da córnea, as irregularidades epiteliais, a influência do filme lacrimal, o fenômeno da dispersão da luz e as anormalidades de hidratação do estroma.

Em conclusão, podemos dizer que o tratamento guiado pelas frentes de ondas está disponível e possui uma sólida base científica para melhorar a visão em casos selecionados. Lembrando-se que o grau prescrito nos óculos representa também as aberrações ópticas, porém de baixa ordem, podemos ressaltar ainda o uso da aberrometria como um método diagnóstico mais refinado e preciso para medida das aberrações do olho humano em comparação com a esquiascopia ou mesmo auto-refração. É fundamental o entendimento da terminologia e das bases da nova evolução tecnológica, bem como o constante acompanhamento crítico dos resultados publicados.

ABSTRACT

The mean values for all the Zernike coefficients are approximately zero, while the individual variability is very high, what means that humans as a species in general have a very good optical system, though individually imperfect. Some temporal instability of higher-order aberrations, whose largest source is accommodation has been described. There arises a new question: will the correction of all the aberrations for the non-accommodated state of the eye be as beneficial for the near sight also? It is possible to modify and decrease the optical aberrations by a process of photo-ablation carried out by a scanning spot LASER with the wavefront data serving as a

basis for the customized ablation profile. Perfect alignment of the LASER beam on the eye by means of high frequency eye trackers is fundamental. The theoretical visual benefit by correcting the higher order aberrations is up to 12 times. The main goal of the wavefront-guided treatments is not to allow the decrease in visual acuity after refractive surgical treatments, as may occur nowadays with the traditional LASER treatments; the next step would be treatments aiming at the improvement of visual acuity, as well as the treatments of highly irregular corneas (primary irregular, small or decentered ablations, central islands or irregularities after corneal transplantation). Understanding the new terminology and the bases of the new technological evolution, together with the continuous and critical follow-up of the new results in the literature, is the key of success of the modern approach to the problems related to refraction and refractive surgery.

Keywords: Light; Corneal topography; Refractive errors; Visual acuity

REFERÊNCIAS

1. Mierdel P, Kaemmerer M, Mrochen M, Krinke HE, Seiler T. Automated ocular wavefront analyser for clinical use. In: 10^o Conference on Ophthalmic Technologies; 2002 June 29-July 4; San Jose, EUA. Proceedings. San Jose: SPIE; 2000. p.86-92.
2. Hong X, Thibos L, Bradley A, Miller D, Cheng X, Himebaugh N. Statistics of aberrations among healthy young eyes. *OSA TOPS* 2001;54:90-3.
3. Williams DR, Yoon G, Guirao A, Hofer H, Porter J. How far can we extend the limits of human vision? In: MacRae SM, Krueger RR, Applegate RA, editors. Customized corneal ablation. New Jersey, Slack; 2001. p.11-32.
4. Guirao A, Gonzalez C, Redondo M, Geraghty E, Norrby S, Artal P. Average optical performance of the human eye as a function of age in a normal population. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1999;40:203-13.
5. Perez-Santonja JJ, Sakla HF, Cardona C, Chipont E, Alió JL. Corneal sensitivity after photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis for low myopia. *Am J Ophthalmol* 1999;127:497-504.
6. Yoon GY, Williams D. Visual benefit of correcting the higher order monochromatic aberrations and the chromatic aberration in the eye. *OSA TOPS* 2000; 35:205-11.
7. Mrochen M, Kaemmerer M, Mierdel P, Seiler T. Increased higher-order optical aberrations after laser refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2001; 27:362-9.
8. Thibos LN. The prospects for perfect vision. *J Refract Surg* 2000;16:S541-6.
9. Mrochen M, Kaemmerer M, Seiler T. Wavefront-guided laser in situ keratomileusis: early results in three eyes. *J Refract Surg* 2000;16:116-21.
10. Mrochen M, Kaemmerer M, Mierdel P, Krinke HE, Seiler T. Principles of Tscherning aberrometry. *J Refract Surg* 2000;16:S570-1.
11. Oshika T, Klyce SD, Applegate RA, Howland HC, El-Danasoury MA. Comparison of corneal wavefront aberrations after photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis. *Am J Ophthalmol* 1999;127:1-7.
12. Manns F, Ho A, Parel JM. Calculation of the spherical aberration of a model eye after laser corneal reshaping using matrix optics [abstract]. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2001; 42(4 Suppl):S606.[Presented at ARVO Annual Meeting; 2001 April 29- May 4, Ford Lauderdale, Flórida].
13. Roberts C. The cornea is not a piece of plastic. *J Refract Surg* 2000;16:407-13.
14. Porter J, Yoon G, MacRae S, Cox IG, Roberts CJ, Williams DR. Flap induced changes in the wave aberration in LASIK. In: 3rd International Congress of Wavefront Sensing and Aberration-Free Refractive Correction; 2002 Feb 15-17, Interlaken, Switzerland; 2002; p.34.
15. Knorz MC, Jendritza B. Topographically-guided laser in situ keratomileusis to treat corneal irregularities. *Ophthalmology* 2000;107:1138-43.
16. Jankov M, Mrochen MC, Bueeler M, Seiler T. Topography-based treatments. A Preliminary study with wavelight analyzer. In: Fall Meeting of the International Society of Refractive Surgery; 2001 Nov 8-11, New Orleans, USA; 2001.
17. Roorda A, Williams D. The arrangement of the three cone classes in the living human eye [commented on *Nature* 1999;397:473-5]. *Nature* 1999; 397:520-2.
18. Schor P, Chamon W. A clinical follow-up of PRK and LASIK in eyes with preoperative abnormal corneal topographies. *Ophthalmology*. In press 2002.

XV JORNADA DE OFTALMOLOGIA DO CENTRO DE ESTUDOS PROFESSOR HEITOR MARBACK

28 e 29 de Março de 2003

FIESTA CONVENTION CENTER - SALVADOR - BA

INFORMAÇÕES: Interlink Consultoria & Eventos

Tel.: (71) 336-5644

Fax: (71) 336-5633

E-mail: itl@interlinkeventos.com.br