

Alterações na Aberrometria Corneana pós-Lasik com microqueratótomo mecânico MORIA One Use-Plus SBK

Maria Luísa Colaço^{1,2}, Mónica Franco^{1,2}, Cristina Pereira^{1,2}, Hugo Nogueira^{1,3,6}, Maria Jorge Raposo^{1,4,6}, António Folgado^{1,4,6}, Ana Maria Carvalho^{1,4,6}, José Maia Sêco^{1,4,5,6}

¹Instituto de Oftalmologia Dr. Gama Pinto – Lisboa;

²Internato Complementar de Oftalmologia;

³Assistente Hospitalar;

⁴Assistente Hospitalar Graduado;

⁵Chefe de Serviço;

⁶Departamento de Cirurgia Implanto-Refractiva.

RESUMO

Objectivos: estudar as alterações aberrométricas corneanas associadas à cirurgia LASIK standard com microqueratótomo mecânico, avaliadas com Galilei G2; estudar se a espessura do flap tem influência no perfil aberrométrico pós-operatório.

Material e Métodos: Estudo retrospectivo de 33 doentes, 60 olhos, que realizaram LASIK entre Janeiro de 2012 e Julho de 2013. Realizou-se Galilei G2 pré e pós-operatoriamente obtendo a aberrometria corneana nos 6 mm centrais. Estudou-se em módulo, o índice aberrométrico de alta ordem global (HOA total), a aberração esférica, o coma, o trefoil e os índices de 4ª e 5ª ordem. A amostra foi dividida em 2 grupos constituídos por doentes que tinham realizado LASIK com um flap de 130 µm (grupo A) ou de 90 µm (grupo B), e estudou-se se haviam diferenças significativas na aberrometria dos 2 grupos.

Resultados: O HOA total médio pós-operatório foi significativamente maior que o pré-operatório 1,93 +/- 0,73 vs 1,68 +/- 0,81 (p=0,038). A aberração esférica, o coma, o trefoil e a HOA de 4ª ordem foram todos superiores no pós-operatório sendo as diferenças significativas (p<0,05) e mais marcadas em termos de aberração esférica e coma. Relativamente ao grupo A e B mantiveram-se as tendências para valores mais elevados pós-operatoriamente em ambos os grupos, constatou-se maior aberração esférica no grupo A (p=0,064) e maior coma horizontal no grupo B (p=0,007).

Conclusão: O LASIK altera significativamente o perfil aberrométrico corneano induzindo principalmente mais aberração esférica e coma. No nosso estudo a espessura do flap esteve associada a diferenças significativas no coma horizontal pós-LASIK.

Palavras chave

aberrrometria corneana, aberrações de alta ordem, aberração esférica, coma, LASIK.

ABSTRACT

Purpose: To study corneal wavefront aberrations associated with conventional LASIK surgery with a mechanical microkeratome using Galilei G2; to study if flap thickness has influence on the postoperative wavefront profile.

Methods: Retrospective study of 33 patients, 60 eyes, which underwent LASIK between January 2012 and July 2013. Galilei G2 was made pre and postoperatively measuring corneal high order aberrations in the central 6 mm. We studied in module, the global high order aberrations index (HOA total), spherical aberration, coma, trefoil and 4th and 5th order indices. The sample was divided into two groups consisting of patients who had undergone LASIK with a 130 microns (group A) or 90 microns (group B) flap thickness, and we investigated whether there were significant differences in the two groups wavefront profile.

Results: Mean total HOA postoperatively was significantly higher than the preoperative one 1.93 ± 0.73 vs. 1.68 ± 0.81 ($p=0.038$). Spherical aberration, coma, trefoil and 4th order HOA were all higher postoperatively with statistically significant differences ($p<0.05$), more marked in terms of spherical aberration and coma. For groups A and B a trend towards higher postoperative values was kept, we found higher spherical aberration for group A, although not significant ($p=0.064$), and a significant increase in horizontal coma for group B ($p=0.007$).

Conclusion: LASIK significantly alters the corneal wavefront profile inducing mainly more spherical aberration and coma. In our study, flap thickness was associated with significant differences in horizontal coma post-LASIK.

Keywords

Corneal wavefront, high order aberrations, spherical aberration, coma, LASIK.

INTRODUÇÃO

Na última década a par com o desenvolvimento da cirurgia refractiva começou-se a prestar mais atenção às propriedades óticas do olho para além da correção esfero-cilíndrica. Com o objetivo da supervisão surgiu a necessidade de compreender e explicar porque doentes com uma acuidade visual de 20/20 na escala de Snellen tinham queixas visuais incapacitantes como glare, halos e diminuição da sensibilidade ao contraste, particularmente em ambientes escotópicos. Consequentemente o campo da aberrometria ocular foi crescendo rapidamente compreendendo-se que a correção esfero-cilíndrica realizada na cirurgia refractiva corneana (Laser in Situ Keratomileusis (LASIK) e Queratectomia Fotorrefractiva (PRK)) alterava a estrutura da córnea na área tratada tornando-a mais oblata no caso da miopia, ou prolata no caso da hipermetropia. As alterações na área tratada decorrentes em parte do corte do flap, e em parte da fotoablação laser, alteram o comportamento dos raios luminosos, sua refração e difração, assim como criam uma zona de transição entre área tratada e não tratada irregular. Isto leva a uma alteração na frente de onda que se forma distorcendo a imagem e diminuindo o seu contraste (figura 1). Por outro lado, em condições escotópicas o aumento do diâmetro pupilar pode trazer essa área de transição para o eixo visual criando ainda

mais interferência e distorção da imagem. Sabe-se hoje que a cirurgia refractiva corneana induz aberrações na córnea, particularmente aberração esférica, e portanto não é apenas necessário corrigir o equivalente esférico mas também corrigir estas aberrações utilizando perfis otimizados que induzam o mínimo possível de novas aberrações. Surgiram assim novos perfis de ablação que visam corrigir todas as aberrações de alta ordem medidas (wavefront-guided) ou produzir um perfil de ablação

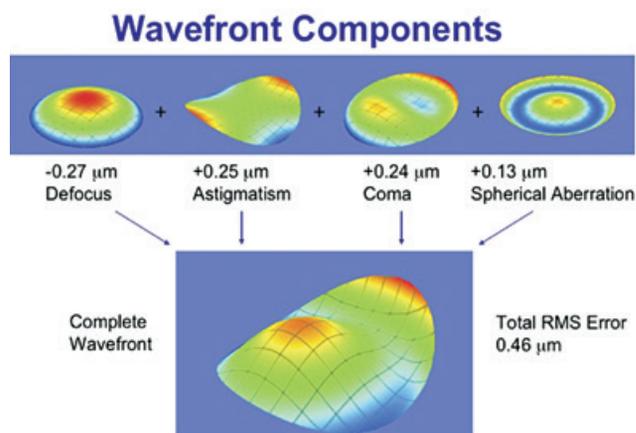


Fig. 1 | A forma da frente de onda surge da combinação dos vários parâmetros aberrométricos expressos como polinómios de Zernike.

asférica diminuindo a indução de aberração esférica (wavefront-optimized). Estes perfis exigem sistemas LASER com centragem, fixação e correção da ciclotorsão ainda mais rigorosos presentes nos lasers Excímero de última geração. Vários estudos tentaram comparar os resultados aberrométricos de ablações wavefront-guided versus standard¹ assim como a utilização de um microqueratótomo mecânico versus femtosegundo² para a criação do flap. Contudo os resultados têm várias limitações permanecendo controvérsia acerca desta vantagem teórica em termos de melhor acuidade e performance visual. Os resultados publicados parecem apontar para um benefício dos procedimentos wavefront-guided^{1,3} assim como para a criação do flap com o femtosegundo^{2,4}.

No nosso trabalho pretendemos estudar as alterações aberrométricas corneanas associadas à cirurgia LASIK standard com microqueratótomo mecânico MORIA One Use-Plus SBK, avaliadas com o aparelho Galilei G2. Como objectivo secundário estudou-se se a espessura do flap tinha alguma influência no perfil aberrométrico pós-operatório e se flaps mais finos e superficiais poderiam induzir mais ou menos aberrações.

O Galilei dual-Scheimpflug analyser mede a aberrometria corneana em termos de polinómios de Zernike apresentando uma excelente repetibilidade para os valores no centro da pirâmide, nomeadamente aberração esférica e coma. O coeficiente de variação é 7% para a aberração esférica, 29% para o coma, 14% para as aberrações de 4ª ordem e 14% para o índice aberrométrico total, com um coeficiente de correlação intra-classe entre os 0,825 e 0,981 indicando boa precisão e repetibilidade⁵.

MATERIAL E MÉTODOS

Estudo retrospectivo de 33 doentes, 60 olhos, da consulta de cirurgia refractiva do Instituto de Oftalmologia Dr. Gama Pinto, que realizaram LASIK para miopia ou astigmatismo miópico entre Janeiro de 2012 e Julho de 2013. Todos os doentes tinham mais de 21 anos, e foram considerados aptos para cirurgia LASIK após avaliação rigorosa. Doentes com antecedentes de patologia corneana, doença ocular, traumatismo ou cirurgia prévios, diabetes mellitus ou outra doença sistémica com envolvimento ocular, complicações intra-operatórias na criação e centragem do flap, ou olho seco grave com um teste de Schirmer I < 5 mm foram excluídos. Doentes com medicação ocular em uso ou necessidade de reintervenção foram de igual modo excluídos. Medicação sistémica foi permitida conquanto não estivesse descrita afeção secundária da

córnea ou segmento anterior. Todos os doentes assinaram consentimento informado.

Realizou-se Galilei dual-Scheimpflug analyser (Galilei G2®, Ziemer Ophthalmic Systems AG) pré e pós-operatoriamente obtendo a aberrometria corneana na área dos 6 mm centrais. A medição pós-operatória ocorreu num único tempo que variou entre o 2º e 6º mês após a cirurgia. Estudou-se em módulo, a raiz média quadrada da aberração de alta ordem global (RMS HOA total), a aberração esférica (SA), o coma, o trefoil e os índices de 4ª e 5ª ordem. De seguida a amostra foi dividida em 2 grupos constituídos por doentes que tinham realizado LASIK com uma lâmina de corte de 130 µm (grupo A) ou de 90 µm (grupo B) e estudou-se se haviam diferenças significativas na aberrometria corneana pós-operatória dos 2 grupos. Paralelamente registou-se o diâmetro pupilar médio em condições fotópicas e a acuidade visual média sem correção pós intervenção.

Para a criação do flap utilizou-se o microqueratótomo MORIA One Use-Plus SBK com uma cabeça de corte descartável de 130 ou 90 micras. Todos os flaps tinham uma charneira nasal. A ablação standard do leito estromal foi feita com o Lasersight Laserscan Lsx Excimer Laser System For Laser-Assisted In Situ Keratomileusis (Lasik) (Lasersight Technologies, Inc) utilizando um perfil de ablação esférico. O objetivo final de todos os casos foi a emetropia com uma zona ótica de 7x7 mm. Todos os olhos foram medicados pós-operatoriamente com uma quinolona tópica 4x/dia, fluorometolona 1 mg/ml 4 a 8x/dia, com redução gradual da dose ao longo do primeiro mês, e lubrificação sem conservantes.

A análise estatística foi feita recorrendo ao Microsoft Excel versão 14.3.7 (2011). Diferenças entre os valores pré e pós-operatórios assim como entre os 2 grupos foram avaliadas usando o teste T de Student pareado bi-caudal tendo os dados uma distribuição normal. Considerou-se estatisticamente significativo um valor de $p < 0,05$.

RESULTADOS

A idade média da nossa amostra foi 32,7 +/- 5,5 anos. Vinte e cinco doentes eram do sexo feminino e 8 do sexo masculino. A acuidade visual média para longe e sem correção no pós-operatório foi 0,85 +/- 0,22. A melhor acuidade visual corrigida pós-operatória foi 1,0 +/- 0,0.

O RMS HOA total médio pós-operatório foi 1,93 +/- 0,73 µm versus 1,68 +/- 0,81 µm, sendo significativamente maior que o pré-operatório ($p=0,038$). A aberração esférica média pré-operatória foi 0,23 +/- 0,11 µm e no

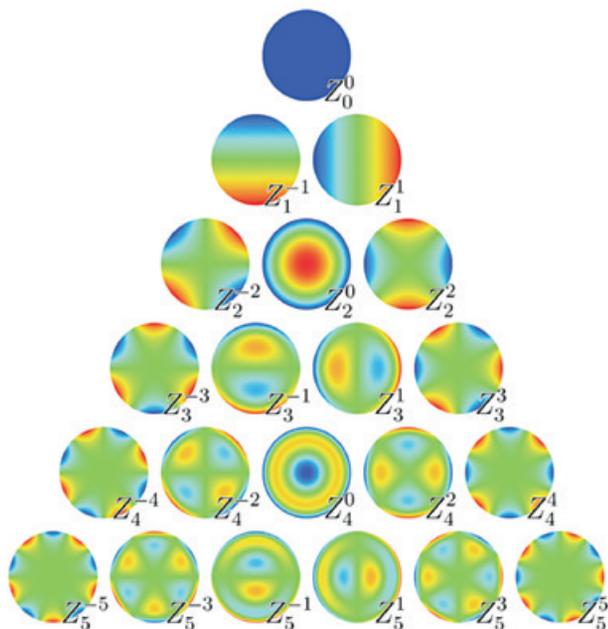


Fig. 2 | Polinômios de Zernike.

pós-operatório 0,51 +/- 0,20 µm (p<0,01). O coma médio pré-operatório foi 0,18 +/- 0,14 µm e no pós-operatório foi 0,24 +/- 0,18 µm, sendo a diferença estatisticamente significativa (p=0,003). A diferença no coma foi sobretudo devida a um aumento no coma horizontal de 0,17 +/- 0,13 µm para 0,24 +/- 0,17 µm (p=0,009); enquanto as diferenças no coma vertical embora refletindo uma tendência semelhante, foram menos pronunciadas e sem diferença estatisticamente significativa, de 0,18 +/- 0,15 µm para 0,23 +/- 0,19 µm (p=0,06). O trefoil médio pré-operatório

foi 0,19 +/- 0,17 µm e no pós-operatório 0,27 +/- 0,46 (p=0,036). Embora as diferenças tenham sido estatisticamente significativas a variabilidade e desvio padrão para este parâmetro foram bastante elevados limitando por isso a fiabilidade destes dados. Provavelmente isto deve-se ao facto da fiabilidade e predictibilidade do Galilei dual-Scheimpflug analyser se perder para os polinômios mais afastados do centro da pirâmide de Zernike como acontece com o trefoil (Z3⁻³ e Z3³). Já a aberração esférica e o coma apresentam posições mais centrais na pirâmide respectivamente Z4⁰ para a aberração esférica, Z3⁻¹ para o coma vertical e Z3¹ para o coma horizontal (figura 2). A HOA de 4ª ordem média variou de 0,31 +/- 0,21 para 0,64 +/- 0,29 µm (p<0,01). Esta diferença tão pronunciada foi devida sobretudo ao aumento da aberração esférica que ocupa a 4ª ordem na pirâmide de Zernike. Relativamente ao índice de HOA de 5ª ordem o valor médio pré-operatório foi 0,12 +/- 0,11 e no pós-operatório 0,13 +/- 0,19 (p=0,437). De facto em vários casos este índice diminuiu com a cirurgia LASIK ao invés de aumentar, refletindo que as aberrações de alta ordem variam de modo individual mas também correlacionando-se entre si de forma a umas anularem o efeito de outras.

O diâmetro pupilar médio obtido por tomografia em condições fotópicas foi 3,27 +/- 0,73 mm.

O grupo A era constituído por 34 olhos de 19 doentes que realizaram LASIK com uma lâmina de corte do flap de 130 µm. Quinze doentes eram do sexo feminino e 4 do sexo masculino com uma idade média de 32,6 +/- 5,9 anos.

O grupo B era constituído por 26 olhos de 14 doentes que realizaram LASIK com uma lâmina de corte do flap

Tabela 1 | Valores de média +/- desvio padrão para cada um dos parâmetros aberrométricos avaliados pré e pós-operatoriamente em micras.

	Pré-operatório (\bar{x} +/- σ)	Pós-operatório (\bar{x} +/- σ)	p
RMS - HOA total	1,68 +/- 0,81	1,93 +/- 0,73	0,038
Aberração esférica	0,23 +/- 0,11	0,51 +/- 0,20	<0,01
Coma	0,18 +/- 0,14	0,24 +/- 0,18	0,003
Coma vertical	0,18 +/- 0,15	0,23 +/- 0,19	0,06
Coma horizontal	0,17 +/- 0,13	0,24 +/- 0,17	0,009
Trefoil	0,19 +/- 0,17	0,27 +/- 0,46	0,036
HOA 4ª ordem	0,31 +/- 0,21	0,64 +/- 0,29	<0,01
HOA 5ª ordem	0,12 +/- 0,11	0,13 +/- 0,19	0,437

Tabela 2 | Valores de média +/- desvio padrão para cada um dos parâmetros aberrométricos avaliados pós-operatoriamente nos 2 grupos A e B. Valores de p para a significância estatística da diferença entre as médias dos 2 grupos. Considerou-se estatisticamente significativo um $p < 0,05$.

	Grupo A – flap 130 μm (\bar{x} +/- σ)	Grupo B – flap 90 μm (\bar{x} +/- σ)	p
RMS - HOA total	1,96 +/- 0,88	1,89 +/- 0,46	0,349
Aberração esférica	0,54 +/- 0,20	0,46 +/- 0,21	0,064
Coma	0,21 +/- 0,16	0,27 +/- 0,20	0,026
Coma vertical	0,22 +/- 0,18	0,25 +/- 0,21	0,331
Coma horizontal	0,19 +/- 0,14	0,30 +/- 0,19	0,007
Trefoil	0,30 +/- 0,58	0,23 +/- 0,21	0,195
HOA 4ª ordem	0,69 +/- 0,34	0,58 +/- 0,21	0,074
HOA 5ª ordem	0,15 +/- 0,23	0,11 +/- 0,10	0,198

de 90 μm . Dez doentes eram do sexo feminino e quatro do sexo masculino, com uma idade média de 32,9 +/- 5,0 anos.

Quando se estudou as diferenças entre os valores aberrométricos pós-operatórios para os grupos A e B com espessuras de flap diferentes, apenas se constataram diferenças estatisticamente significativas relativamente ao coma horizontal. Constataram-se valores mais elevados de coma horizontal no grupo com flap mais fino de 90 μm (tabela 2).

Mantiveram-se as tendências para valores em média mais elevados pós-operatoriamente em ambos os grupos. Não houve diferenças significativas entre os restantes índices aberrométricos nomeadamente para a HOA total e aberração esférica.

DISCUSSÃO

No nosso estudo constatámos que a cirurgia LASIK com microqueratótomos mecânicos altera significativamente o perfil aberrométrico corneano particularmente a aberração esférica, o coma e as aberrações de 4ª ordem (da qual faz parte a aberração esférica). Estas alterações são sobretudo visualmente significativas para diâmetros pupilares superiores a 4 mm como ocorre em condições escotópicas, podendo causar halos, glare, diminuição da sensibilidade ao contraste e dificuldade na condução noturna.

As aberrações de 5ª ordem não parecem ser significativamente alteradas por esta cirurgia. Estes resultados estão de acordo com outros já publicados por outros autores na literatura^{2,6}.

Como objectivo secundário deste trabalho propusemo-nos estudar se a espessura do flap estava ou não associada a diferentes perfis aberrométricos, podendo flaps mais finos e superficiais alterar de modo mais significativo a superfície querática anterior e constituir desse modo uma desvantagem ou pelo menos um factor a ter em conta na escolha da espessura do flap e do perfil de ablação. Não constatámos diferenças significativas no perfil aberrométrico corneano pós-LASIK entre doentes com um flap “dito espesso” de 130 μm e doentes com um flap “fino” de 90 μm excepto num único parâmetro, o coma. A única diferença significativa no perfil aberrométrico pós-operatório entre os dois grupos ocorreu para o coma horizontal, com valores mais elevados no grupo com flap mais fino. O coma tem sido associado à criação do flap e a ablações descentradas, havendo porventura maior risco desta complicação em flaps mais finos e superficiais. Associamos também o facto do microqueratótomos MORIA One-Use Plus fazer o corte com um trajecto horizontal e com charneira nasal a este aumento significativo no coma horizontal. Pallikaris e colaboradores notaram um aumento do coma horizontal após usarem um microqueratótomos com charneira nasal sugerindo que a posição da charneira do flap pode influenciar o tipo de aberrações induzidas após a incisão⁷. Porter et al ao estudarem o efeito separado da formação do flap e da ablação laser na aberrometria ocular constataram um aumento do coma vertical associado à criação do flap tendo sido utilizado um microqueratótomos com charneira superior⁸.

Embora não se tenha atingido significância estatística constatámos uma importante tendência para maior aberração esférica no grupo com um flap mais espesso. Será

que cortes mais profundos levam a maior remodelação estromal e perda de queratócitos, induzindo mais aberrações pós-operatórias e pior recuperação e resultado visual final?

A remodelação corneana pós-LASIK foi associada a hiperplasia epitelial, perda de queratócitos anteriores e alterações na inervação. Estas alterações podem causar alterações topográficas e aberrométricas².

A aberração esférica parece ser a aberração de alta ordem mais alterada por este tipo de cirurgia, e parece ser sobretudo induzida pela ablação laser. Contudo vários factores precisam de ser considerados. Sabe-se que o aumento da aberração esférica expande a profundidade de foco embora à custa da diminuição da qualidade visual⁶. Por outro lado alterações do filme lacrimal e secura ocular estão associadas a um aumento das aberrações de alta ordem corneanas. Lubrificação ocular após LASIK foi associada a melhoria significativa do perfil aberrométrico⁶. O processo de regeneração e remodelação estromal corneano que ocorre nos meses após LASIK tende a atenuar as alterações induzidas pela ablação, particularmente à periferia. Isto origina uma variabilidade imprevisível nos resultados aberrométricos limitando a utilidade das ablações guiadas por aberrometria. Para além disso mudanças diárias na conformação do cristalino associadas à acomodação e mudanças a longo prazo associadas à esclerose aumentam a aberração esférica. A magnitude de aberrações de alta ordem que permita uma boa qualidade visual e expanda a profundidade de foco considerando a influência do diâmetro pupilar ainda não foi determinada podendo variar individualmente.

O nosso estudo foi limitado pelo pequeno número da amostra particularmente inter-grupos. As avaliações foram efectuadas apenas em dois únicos tempos, um pré e outro pós-operatoriamente. Contudo de acordo com Calvo e colaboradores as aberrações de alta ordem corneanas induzidas pelo LASIK estabilizam após o 1º mês da intervenção mantendo-se assim ao longo de 3 anos.

Novos estudos bem desenhados e com uma amostra mais significativa são necessários para melhor compreender a importância do controlo do perfil aberrométrico na cirurgia refractiva.

BIBLIOGRAFIA

1. Alió JL, Montés-Mico R. Wavefront-Guided versus Standard LASIK Enhancement for Residual Refractive Errors. *Ophthalmology* 2006;113:191–197.
2. Calvo R, McLaren JW, Hodge DO, Bourne WM, Patel SV. Corneal Aberrations and Visual Acuity After Laser In Situ Keratomileusis: Femtosecond Laser Versus Mechanical Microkeratome. *Am J Ophthalmol* 2010;149:785-793.
3. Padmanabhan P, et al. Wavefront-guided versus wavefront-optimized laser in situ keratomileusis: Contralateral comparative study. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34:389–397.
4. Tran dB, et al. Randomized prospective clinical study comparing induced aberrations with IntraLase and Hansatome flap creation in fellow eyes - Potential impact on wavefront-guided laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31:97–105.
5. Wang L, Shirayama M, Koch DD. Repeatability of corneal power and wavefront aberration measurements with a dual-Scheimpflug Placido corneal topographer. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36:425–430.
6. Mello GR, Rocha KM, Santhiago MR, Smadja D, Krueger RR. Applications of wavefront technology. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38:1671–1683.
7. Pallikaris IG, Kymionis GD, Panagopoulou SI, Siganos CS, Theodorakis MA, Pallikaris AI. Induced optical aberrations following formation of a laser in situ keratomileusis flap. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:1737–1741.
8. Porter J, et al. Separate Effects of the Microkeratome Incision and Laser Ablation on the Eye's Wave Aberration. *Am J Ophthalmol* 2003;136:327-337.
9. Kamiya K, Shimizu K, Igarashi A, Kobashi H, Komatsu M. Comparison of visual acuity, higher-order aberrations and corneal asphericity after refractive lenticule extraction and wavefront-guided laser-assisted in situ keratomileusis for myopia. *Br J Ophthalmol* 2012;00:1–8.
10. López-Miguel A, et al. Precision of a Commercial Hartmann-Shack Aberrometer: Limits of Total Wavefront Laser Vision Correction. *Am J Ophthalmol* 2012;154:799-807.
11. Moreno-Barriuso E, et al. Ocular Aberrations before and after Myopic Corneal Refractive Surgery: LASIK-Induced Changes Measured with Laser Ray Tracing. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2001;42:1396–1403).
12. Oshika T, Klyce SD, Applegate RA, Howland HC, Alaa el Danasoury M. Comparison of Corneal Wavefront Aberrations After Photorefractive Keratectomy and Laser In Situ Keratomileusis. *Am J Ophthalmol* 1999;127:1-7.
13. Padmanabhan P, Mrochen M, Viswanathan D, Basuthkar S. Wavefront aberrations in eyes with decentered ablations. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35:695–702.

14. Patel S, Alió JL, Artola A. Changes in the refractive index of the human corneal stroma during laser in situ keratomileusis - Effects of exposure time and method used to create the flap. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34:1077–1082.
15. Reinstein DZ, Morral M, Gobbe M, Archer TJ. Accuracy of refractive outcomes in myopic and hyperopic laser in situ keratomileusis: Manifest versus aberrometric refraction. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38:1989–1995.
16. Stojanovic A, Nitter TA. 200 Hz flying-spot technology of the LaserSight LSX excimer laser in the

treatment of myopic astigmatism - Six and 12 month outcomes of laser in situ keratomileusis and photorefractive keratectomy. *J Cataract Refract Surg* 2001; 27:1263-1277.

CONTACTO

Maria Luisa Colaço
Avenida Estados Unidos da América nº 73 8º esquerdo
1700-165 Lisboa
luisafcolaco@gmail.com