

Aplicações do LASER fentosegundo na prática clínica atual

Andreia M. Rosa, M. Pedro Silva, M. João Quadrado, Joaquim Murta

O LASER fentosegundo exerce um efeito fotodisruptivo sobre os tecidos, levando à formação de bolhas de cavitação adjacentes, ao longo do plano de resseção. A disposição dos pulsos de laser permite criar diferentes planos de disrupção (vertical, horizontal, com determinada angulação) o que permite a diversidade de aplicações que a tecnologia tem atualmente.

Podemos esquematizar estas aplicações em 3 grupos: cirurgia refrativa, transplante de córnea e cirurgia de catarata.

CIRURGIA REFRACTIVA

O LASER fentosegundo é utilizado para a execução de lenticulos (*flap*) de LASIK, permitindo uma maior predictabilidade em termos de espessura, local da charneira (*hinge*) e diâmetro.¹ Existe uma maior aderência do lenticulo ao estroma e conseqüentemente menor incidência de microestrias e crescimento epitelial.² A probabilidade de complicações relacionadas com a curvatura da córnea é menor, como sejam a ocorrência de lenticulos soltos em córneas planas (*free caps*) e buracos (*button holes*) em córneas curvas.³ Devido à libertação de gás que ocorre com os impulsos de LASER, pode haver formação de uma camada opaca (*opaque bubble layer*) que impede a atuação do LASER excimer.⁴ Esta camada dissipa-se em alguns minutos. Pode surgir também sensibilidade transitória à luz e brilhos em arco-íris (*rainbow glare*).⁵

Mais recentemente foi desenvolvida uma técnica para a correção dos erros refrativos na qual o LASER fentosegundo é usado para separar e remover um lenticulo intraestromal de tecido da córnea, remodelando-a e alterando a sua potência refrativa sem necessidade de LASER excimer. O ReLex (refractive lenticule extraction) inclui o FLEX e o SMILE. No FLEX (*femtosecond laser extraction*) o acesso ao lenticulo estromal é feito através de um *flap* semelhante ao do LASIK, em que o cirurgião remove manualmente o lenticulo estromal. O SMILE (*small incision lenticule refractive extraction*) é um ReLEEx minimamente invasivo,

em que o lenticulo é removido por um túnel corneano com 2.5mm de largura, sem qualquer *flap*.⁶ Apesar da aparente vantagem em termos de biomecânica da córnea no caso do SMILE (por evitar a execução de um *flap*), foram já descritos casos de ectasia corneana após este procedimento, existindo também novas complicações, como *haze* e astigmatismo irregular, devido à acrescida manipulação para remoção do lenticulo intrastromal.⁷⁻⁹

As queratotomias arqueadas no meridiano mais curvo são uma aplicação muito útil do fentosegundo na correção do astigmatismo após transplante de córnea, acompanhadas ou não por suturas compressivas no eixo oposto.¹⁰ São também utilizadas na correção de astigmatismos em córneas não tratadas, especialmente no contexto de cirurgia de catarata.¹¹

Os anéis intracorneanos são facilmente colocados com a ajuda do LASER fentosegundo, que permite o controlo da profundidade e posição dos anéis e melhores resultados refrativos e aberrométricos, para além de maior conforto do que o possível com a tunelização manual.

TRANSPLANTE DE CórNEA

O LASER pode ser utilizado nos transplantes totais, lamelares anteriores e posteriores.

No que respeita aos transplantes penetrantes, as vantagens do LASER passam por uma maior justaposição e estabilidade da interface enxerto-recetor, menor astigmatismo (embora dependa das séries e possivelmente apenas nos primeiros meses após a cirurgia) e remoção mais precoce dos pontos.¹² Adaptando a forma como tanto a córnea dadora como a recetora são preparadas, é possível escolher uma conformação que privilegie o número de células endoteliais (desenho em chapéu - *tophat* nas distrofias de Fuchs), uma maior regularização da superfície anterior da córnea (forma em cogumelo - *mushroom* nos queratocônes) ou maior robustez da interface (forma em zigzag).

Em relação aos transplantes lamelares anteriores (DALK - *deep anterior lamellar keratoplasty*) o LASER fentosegundo tem sido utilizado para remover o estroma

até cerca de 50-100 µm do endotélio. Ao ficar apenas uma fina camada de estroma por cima da camada de Descemet consegue-se uma melhor colocação da agulha, num plano suficientemente profundo para alcançar a *big bubble*.¹³

Foi também descrita uma técnica na qual o LASER fentosegundo desenha um túnel que termina a 50 µm do endotélio. O túnel serve de guia à colocação de uma cânula, que assim pode ser colocada suficientemente perto da Descemet para alcançar a referida *big bubble*.¹³

Outras técnicas utilizam o fentosegundo para criar planos de corte no enxerto e no recetor, sem necessidade de obtenção da bolha pré-Descemética.¹⁴

Os transplantes lamelares posteriores mais frequentemente efetuados são os DSAEK (*Descemet's stripping automated endothelial keratoplasty*). O LASER foi inicialmente utilizado para preparar a córnea dadora, de forma a cortar tão próximo da Descemet quanto possível. Na prática, esta forma de preparar o enxerto levava à formação de uma superfície irregular e pregueada, pelo menos com as plataformas de LASER mais antigas, pelo que não tem sido utilizada.¹⁵ O nosso grupo desenvolveu uma técnica em que é efetuado um duplo corte da córnea dadora, para obter enxertos muito finos, com pouco estroma, melhorando assim os resultados funcionais e diminuindo o tempo de recuperação.^{16,17} O primeiro corte é efetuado com o LASER, para deixar um leito com 410 µm de espessura. O segundo corte é efetuado sobre este leito a uma profundidade de 300 µm, obtendo enxertos consistentemente finos e com uma boa morfologia, atendendo ao corte planar do LASER. A suavidade do enxerto é assegurada pelo facto do último corte ser executado com um microqueratômico semelhante ao utilizado no DSAEK clássico.

O LASER tem sido utilizado por alguns autores para a execução da descemetorréxis do recetor no DMEK (*Descemet's membrane endothelial keratoplasty*), embora este passo da cirurgia seja de fácil execução e não nos pareça que o fentosegundo traga uma mais-valia significativa. Contudo, é uma opção interessante no contexto de cirurgia de catarata combinada com transplante.

CIRURGIA DE CATARATA

Podemos esquematizar as aplicações do LASER fentosegundo na cirurgia de catarata em 3 grupos: cirurgia de catarata do adulto/ cirurgia refrativa do cristalino; catarata pediátrica e os casos especiais.

O LASER executa vários passos da cirurgia de catarata: as incisões corneanas, a capsulotomia, a fragmentação do

cristalino e as incisões arqueadas, se desejado.

Nas incisões corneanas seleciona-se o número de incisões, a sua posição, o número de planos, a sua angulação e comprimento, de forma a obter incisões menos astigmáticas, mais reprodutíveis e estáveis.¹⁸

Nas capsulotomias seleciona-se o diâmetro e a posição da capsulotomia, de forma a haver uma sobreposição à lente intraocular de cerca de 1-1.2 mm. Consegue-se assim uma posição efetiva da lente (*effective lens position*) mais estável.¹⁹

A fragmentação da catarata com o LASER permite um menor uso de ultrassons e, pelo menos teoricamente, uma menor perda de células endoteliais.²⁰ O padrão de fragmentação e a energia dos cortes é adaptado ao tipo de catarata em causa.

Existem naturalmente novas complicações, como sejam o síndrome de bloqueio capsular, no qual a acumulação de gás junto à cápsula posterior levava a um aumento da pressão e possível rutura da cápsula posterior.²¹ Esta complicação praticamente desapareceu com a execução da capsulotomia antes da fragmentação do cristalino, permitindo o escape das bolhas de gás para a câmara anterior. As perdas de sucção durante o LASER são raras, devido à curta duração do mesmo, e não complicam a cirurgia, bastando prosseguir com o LASER nos passos seguintes ou executando-os manualmente.

A miose após o LASER pode surgir se o intervalo entre o LASER e o restante procedimento ultrapassar aproximadamente 40 minutos.²²

A pressão aumenta cerca de 10-20 mmHg durante o LASER, dependendo das plataformas, mas é insuficiente para causar dor ou perda da visão (*blackout*) pelo que é bem tolerado.²³

Nas cataratas pediátricas o LASER permite efetuar as capsulotomias anterior e posterior com tamanho consistente.²⁴

Finalmente, a grande utilidade do LASER fentosegundo no contexto da cirurgia de catarata revela-se nos casos especiais: nas cataratas associadas a baixas contagens endoteliais, na instabilidade zonular (catarratas traumáticas, síndrome de Marfan), nas câmaras anteriores baixas e nos glaucomas facomórficos, no síndrome de Alport e lenticone anterior e nas cataratas polares posteriores.²⁵⁻²⁸

Permite também excisar cápsulas fimosadas, alargando a capsulotomia para o tamanho desejado.²⁹

Em conclusão, o LASER fentosegundo tem múltiplas aplicações na prática clínica oftalmológica atual, mas certamente surgirão muitas outras. Este breve resumo enumerou as principais aplicações, que se limitam para já ao segmento anterior do olho humano...

REFERÊNCIAS

1. Rosa AM, Neto Murta J, Quadrado MJ, Tavares C, Lobo C, Van Velze R, Castanheira-Dinis A. Femtosecond laser versus mechanical microkeratomes for flap creation in laser in situ keratomileusis and effect of postoperative measurement interval on estimated femtosecond flap thickness. *J Cataract Refract Surg*2009 May;35(5):833-8.
2. Sutton GL, Kim P. Laser in situ keratomileusis in 2010 - a review. *Clin Experiment Ophthalmol*2010 Mar;38(2):192-210.
3. Salomao MQ, Wilson SE. Femtosecond laser in laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*2010 Jun;36(6):1024-32.
4. Kaiserman I, Maresky HS, Bahar I, Rootman DS. Incidence, possible risk factors, and potential effects of an opaque bubble layer created by a femtosecond laser. *J Cataract Refract Surg*2008 Mar;34(3):417-23.
5. Farjo AA, Sugar A, Schallhorn SC, Majmudar PA, Tanzer DJ, Trattler WB, Cason JB, Donaldson KE, Kymionis GD. Femtosecond lasers for LASIK flap creation: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology*2013 Mar;120(3):e5-e20.
6. Pedersen IB, Bak-Nielsen S, Vestergaard AH, Ivarsen A, Hjortdal J. Corneal biomechanical properties after LASIK, ReLEx flex, and ReLEx smile by Scheimpflug-based dynamic tonometry. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*2014 Aug;52(8):1329-35.
7. Wang Y, Cui C, Li Z, Tao X, Zhang C, Zhang X, Mu G. Corneal ectasia 6.5 months after small-incision lenticule extraction. *J Cataract Refract Surg*2015 May;41(5):1100-6.
8. El-Naggar MT. Bilateral ectasia after femtosecond laser-assisted small-incision lenticule extraction. *J Cataract Refract Surg*2015 Apr;41(4):884-8.
9. Ivarsen A, Asp S, Hjortdal J. Safety and complications of more than 1500 small-incision lenticule extraction procedures. *Ophthalmology*2014 Apr;121(4):822-8.
10. Kumar NL, Kaiserman I, Shehadeh-Mashor R, Sansanayudh W, Ritenour R, Rootman DS. IntraLase-enabled astigmatic keratotomy for post-keratoplasty astigmatism: on-axis vector analysis. *Ophthalmology*2010 Jun;117(6):1228-35 e1.
11. Abbey A, Ide T, Kymionis GD, Yoo SH. Femtosecond laser-assisted astigmatic keratotomy in naturally occurring high astigmatism. *Br J Ophthalmol*2009 Dec;93(12):1566-9.
12. Kamiya K, Kobashi H, Shimizu K, Igarashi A. Clinical outcomes of penetrating keratoplasty performed with the VisuMax femtosecond laser system and comparison with conventional penetrating keratoplasty. *PLoS One*2014;9(8):e105464.
13. Buzzonetti L, Laborante A, Petrocelli G. Standardized big-bubble technique in deep anterior lamellar keratoplasty assisted by the femtosecond laser. *J Cataract Refract Surg*2010 Oct;36(10):1631-6.
14. Shehadeh-Mashor R, Chan CC, Bahar I, Lichtinger A, Yeung SN, Rootman DS. Comparison between femtosecond laser mushroom configuration and manual trephine straight-edge configuration deep anterior lamellar keratoplasty. *Br J Ophthalmol*2014 Jan;98(1):35-9.
15. Vetter JM, Butsch C, Faust M, Schmidtman I, Hoffmann EM, Sekundo W, Pfeiffer N. Irregularity of the posterior corneal surface after curved interface femtosecond laser-assisted versus microkeratome-assisted descemet stripping automated endothelial keratoplasty. *Cornea*2013 Feb;32(2):118-24.
16. Murta JN, Rosa AM, Quadrado MJ, Russo AD, Brito SS, Silva MF. Combined use of a femtosecond laser and a microkeratome in obtaining thin grafts for Descemet stripping automated endothelial keratoplasty: an eye bank study. *Eur J Ophthalmol*2013 Jul-Aug;23(4):584-9.
17. Rosa AM, Silva MF, Quadrado MJ, Costa E, Marques I, Murta JN. Femtosecond laser and microkeratome-assisted Descemet stripping endothelial keratoplasty: first clinical results. *Br J Ophthalmol*2013 Sep;97(9):1104-7.
18. Masket S, Sarayba M, Ignacio T, Fram N. Femtosecond laser-assisted cataract incisions: architectural stability and reproducibility. *J Cataract Refract Surg*2010 Jun;36(6):1048-9.
19. Reddy KP, Kandulla J, Auffarth GU. Effectiveness and safety of femtosecond laser-assisted lens fragmentation and anterior capsulotomy versus the manual technique in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*2013 Sep;39(9):1297-306.
20. Abouzeid H, Ferrini W. Femtosecond-laser assisted cataract surgery: a review. *Acta Ophthalmol*2014 Nov;92(7):597-603.
21. Roberts TV, Sutton G, Lawless MA, Jindal-Bali S, Hodge C. Capsular block syndrome associated with femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*2011 Nov;37(11):2068-70.
22. Abell RG, Darian-Smith E, Kan JB, Allen PL, Ewe SY, Vote BJ. Femtosecond laser-assisted cataract surgery versus standard phacoemulsification cataract surgery: outcomes and safety in more than 4000 cases at a single center. *J Cataract Refract Surg*2015 Jan;41(1):47-52.
23. Kerr NM, Abell RG, Vote BJ, Toh T. Intraocular

- pressure during femtosecond laser pretreatment of cataract. *J Cataract Refract Surg* 2013 Mar;39(3):339-42.
24. Dick HB, Schelenz D, Schultz T. Femtosecond laser-assisted pediatric cataract surgery: Bochum formula. *J Cataract Refract Surg* 2015 Apr;41(4):821-6.
25. Conrad-Hengerer I, Al Juburi M, Schultz T, Hengerer FH, Dick HB. Corneal endothelial cell loss and corneal thickness in conventional compared with femtosecond laser-assisted cataract surgery: three-month follow-up. *J Cataract Refract Surg* 2013 Sep;39(9):1307-13.
26. Schultz T, Ezeanosike E, Dick HB. Femtosecond laser-assisted cataract surgery in pediatric Marfan syndrome. *J Refract Surg* 2013 Sep;29(9):650-2.
27. Kranitz K, Takacs AI, Gyenes A, Filkorn T, Gergely R, Kovacs I, Nagy ZZ. Femtosecond laser-assisted cataract surgery in management of phacomorphic glaucoma. *J Refract Surg* 2013 Sep;29(9):645-8.
28. Ecsedy M, Sandor GL, Takacs AI, Kranitz K, Kiss Z, Kolev K, Nagy ZZ. Femtosecond laser-assisted cataract surgery in Alport syndrome with anterior lenticonus. *Eur J Ophthalmol* 2015 Apr 9:0.
29. Dick HB, Schultz T. Femtosecond laser-assisted capsulotomy rescue for capsulorhexis enlargement. *J Cataract Refract Surg* 2014 Oct;40(10):1588-90.