

引文格式:刘冬梅,刘正峰,毕宏生,郭大东. 飞秒激光辅助的白内障手术研究进展[J]. 眼科新进展,2015,35(3): 290-292. doi:10.13389/j.cnki.rao.2015.0078

【文献综述】

# 飞秒激光辅助的白内障手术研究进展<sup>△</sup>

刘冬梅 刘正峰 毕宏生 郭大东

作者简介:刘冬梅,女,山东济南人,博士,副主任医师,副教授。主要研究方向:白内障及屈光不正。E-mail:13854191223@163.com

About LIU Dong-Mei: Female, born in Jinan, Shandong Province. Doctor degree. Tel: 13854191223; E-mail: 1385419-1223@163.com

收稿日期:2014-02-25

修回日期:2014-03-31

本文编辑:董建军

△基金项目:山东省自然科学基金资助(编号:ZR2010HM032)

作者单位:250002 山东省济南市,山东中医药大学附属眼科医院(刘冬梅,刘正峰,毕宏生);250002 山东省济南市,山东中医药眼科研究所(毕宏生,郭大东)

通讯作者:毕宏生, E-mail: hongshengbi@126.com

Received date: Feb 25, 2014

Accepted date: Mar 31, 2014

Foundation item: Natural Science Research Foundation of Shandong Province(No: ZR2010HM032)

From the Affiliated Eye Hospital of Shandong University of Traditional Chinese Medicine (LIU Dong-Mei, LIU Zheng-Feng, BI Hong-Sheng), Jinan 250002, Shandong Province, China; the Eye Institute of Shandong University of Traditional Chinese Medicine (BI Hong-Sheng, GUO Da-Dong), Jinan 250002, Shandong Province, China

Responsible author: BI Hong-Sheng, E-mail: hongshengbi@126.com

同时产生微量激活气泡<sup>[4]</sup>,继而产生等离子体微爆破效应,这种连续的微爆破效应使得各个微爆破点连成线,线又连接成面,从而达到极其精密的组织切割效应<sup>[5]</sup>。相比于传统的Nd:YAG激光技术,飞秒激光产生这些微量激活气泡,能减少对附近组织的损伤<sup>[6]</sup>。高清晰的眼前节光学相干断层成像术(optical coherence tomography, OCT)<sup>[7]</sup>,可以形成清晰的光学图像<sup>[8]</sup>,从而对晶状体囊膜和晶状体进行精确定位。

## 2 飞秒激光的优势

飞秒激光可以进行精确的环形撕囊、软化和劈

## Research advances in Femtosecond laser assisted cataract surgery

LIU Dong-Mei, LIU Zheng-Feng, BI Hong-Sheng, GUO Da-Dong

【Key words】 Femtosecond laser; cataract surgery; research progress

【Abstract】 Femtosecond laser-assisted cataract surgery has generated much interest among many ophthalmologists, and it may be the future trend of treating cataract. According to high-resolution anterior segment imaging, the primary and side-port corneal incisions, anterior capsulotomy and fragmentation of lens nucleus are performed with computer-guided precision. There are increasingly evidences that Femtosecond laser-assisted cataract surgery can reduce phacoemulsification time, make better corneal incisions and have more stable refractive status after the operation. This article reviews the research advances in Femtosecond laser assisted cataract surgery.

【关键词】 飞秒激光; 白内障手术; 研究进展

【摘要】 飞秒激光辅助的白内障手术已经引起许多眼科医生的关注,可能是今后治疗白内障的主要手段。在眼前节高质量成像的指导下,医生借助计算机的精确控制进行透明角膜主切口和辅助切口制作、前囊膜切开和碎核等操作。越来越多的数据显示,飞秒激光辅助治疗白内障能减少超声乳化的时间,制造更好的角膜切口,术后患者能获得更加稳定的屈光状态。我们就飞秒激光辅助的白内障手术研究进展进行综述。

目前,应用白内障手术的飞秒激光治疗仪包括:Alcon LenSx、OptiMedica、Technolas 和 LensAR,其中有超过 61 000 个程序在 LenSx 激光中应用<sup>[1]</sup>。相对于传统的白内障手术,应用飞秒激光辅助的白内障手术在眼科界一直存在争议<sup>[2]</sup>。支持者强调了激光的精密性,并且激光能提供更安全、更高质量的手术效果,在未来可普及应用。反对者对高昂的手术费用和手术中潜在的不便表示怀疑,声称相同的手术效果通过人工操作同样可以获得<sup>[3]</sup>。本文对现今飞秒激光辅助的白内障手术的研究进展进行综述。

## 1 飞秒激光的工作原理

飞秒激光(1 飞秒为  $10^{-15}$  s)从激光发射器中发射后,当其瞬时功率达到或者是超过一定的阈值时,被照射组织会因多光子吸收效应而形成等离子体,裂晶状体核、制作弓形角膜切口[角膜缘松弛切口(limbal relaxing incisions, LRIs)]和多种形式的透明角膜切口(clear corneal incisions, CCI)。研究发现飞秒激光形成正方形的 CCI 相比于人工切口有更强的抵抗变形的能力,并且有更强的防渗漏作用<sup>[9-10]</sup>。因此,飞秒激光形成的 CCI 对手术中可能产生的前房压力过低、虹膜脱出和眼内炎的风险会明显降低,并且能减少手术造成的角膜散光。人工切口可能造成角膜后弹力层的撕裂和前房切口的过大,而有了前节 OCT 的图像指引,医生可以精确设定切口的角度和位置。LRIs 可以依照程序进行精准设定,然后通过穿透或者是在基质内制作切口。有了

前节 OCT,角定位、弧长度和统一的切口深度(以百分比角膜厚度的形式)都能精确地进行制作,而较少的依赖医生的技巧。在整个白内障手术中,不会增加角膜内皮的损伤,对角膜内皮数少的患者非常有益<sup>[11]</sup>。因为角膜移植术后的患者的角膜内皮细胞数比正常人少,所以对角膜移植术后的患者行白内障手术一定要最大限度地减少对角膜内皮的损伤。Nagy 等<sup>[12]</sup>对已经行穿透性角膜移植术的患者施行了飞秒激光辅助的白内障手术,患者最佳矫正视力由原来的 20/40 提升至术后的 20/20,手术获得了良好效果。

撕囊被认为是白内障手术最重要和最具有挑战性的一步。撕囊的大小、形状和定位是手术成功的决定因素。小的撕囊能导致前囊膜的纤维化和远视性漂移,大的或者是不对称撕囊可以引起近视性漂移,也能引起人工晶状体(intraocular lens, IOL)的倾斜、旋转、不共轴和后囊混浊。不对称、偏中心、太小或太大的撕囊在植入散光、多焦或者是调节性 IOL 时有更加重要的意义<sup>[13]</sup>。撕囊可以影响有效 IOL 位置,这是在 IOL 精确测算后仍然有屈光意外的主要原因<sup>[14-15]</sup>。飞秒激光可以避免上述这些问题,其撕囊可以 360°覆盖 IOL 边缘 0.5 mm<sup>[16-17]</sup>。有研究表明,用飞秒激光白内障手术和人工白内障手术后的屈光度分别为 $(0.29 \pm 0.25)$  D 和 $(0.31 \pm 0.24)$  D,虽然没有明显的统计学差异,但是,结果仍然令人鼓舞<sup>[18]</sup>。手工撕囊通常以瞳孔中央为参照,这样也常常会增大撕囊的不对称性。应用飞秒激光,医生在扫描的囊膜上会有精确的目标进行撕囊。另外,相比较于人工撕囊,飞秒激光的撕囊不仅在大小和形状上更精确,而且更有张力<sup>[8,19]</sup>,也就是说飞秒激光制作的囊袋可以承受更大的外力,这在实验室猪眼的研究中已经得到证实<sup>[20]</sup>,这个特点可以使晶状体悬韧带脆弱或者是外伤后的患者受益。

飞秒激光的另一重要功能是晶状体的裂解和软化。相比于人工手术,飞秒激光对晶状体的预处理有明显的优势,其可以减少有效的超声乳化时间(effective phacoemulsification time, EPT)<sup>[21-22]</sup>。短时间的 EPT 也常常表示短时间的真空、水流和眼内操作,而长时间的操作可能导致囊袋破裂,对虹膜和角膜内皮造成损伤并进而造成角膜水肿。所以,短时间的 EPT 对 Fuchs 角膜内皮综合征的患者有潜在的应用价值。同人工手术比较,用飞秒激光手术后,前节炎症反应更轻,这可能是由于 EPT 短和所需要的能量小的缘故<sup>[23]</sup>。由 Conrad-Hengerer 等<sup>[24]</sup>报道的一项前瞻性的病例比较中,按照同样的晶状体混浊分类系统Ⅲ标准,传统白内障处理的 EPT 为 $(3.4 \pm 0.9)$  s,而在飞秒激光的处理下 EPT 为 $(3.1 \pm 0.9)$  s, EPT 缩短。飞秒激光碎核时可以把晶状体分成 4 份、6 份或者 8 份,然后按照预先设定好的程序把核裂解成立方体。可以根据晶状体核的硬度,自定义

裂解模式,当然,也可以依靠计算机自行计算。调整飞秒激光裂解模式在核软化时也可能对 EPT 有影响。Conrad-Hengerer 等<sup>[25]</sup>研究发现应用 350 μm 的网格软化比用 500 μm 的网格有更短的 EPT。这些数据表明在超声乳化时用飞秒激光有更高的安全性和效率。一般来说,因为硬核白内障需要更高的能量和更长的时间,所以超声乳化时会增加发生后囊破裂、玻璃体脱出和残留晶状体皮质的风险。而通过飞秒激光的裂解和软化,可以减少并发症的发生,并且激光还可以起到水分离的作用,这样可以避免硬核使用过强的水分离后对囊袋造成风险。

另外,还有学者认为通过飞秒激光预处理,眼压从基准值升高到平均峰值 18.5 mmHg (1 kPa = 7.5 mmHg),显示出了更好的安全性和耐受性<sup>[26]</sup>。此外,Dick 等<sup>[27]</sup>报道了 4 例年龄分别为 2 个月、4 个月、7 个月、9 个月的婴儿用飞秒激光进行白内障手术治疗,可以提高婴儿白内障手术的质量。

### 3 飞秒激光临床应用中存在的问题

因为激光在囊袋内裂解核的过程中产生气泡,而气泡可能出现在囊袋的后面,所以增加了囊袋的压力。气泡也可以造成光学问题。因为激光不能穿透不透明的组织,所以自身的眼部条件和白内障的类型会增加应用飞秒激光的安全性,有时不能仅仅用飞秒激光来处理,例如密集的角膜瘢痕和水肿、小瞳孔、虹膜松弛综合征。

因为在治疗中要考虑到解剖和吸力装置的位置,例如,患者有严重的结膜松弛、小眼眶、疱疹或者是眼部有功能性的阀或者是管,均不能进行飞秒激光手术。有研究认为眼轴长度小于 19 mm,术后并发症发生率增高 21%,飞秒激光辅助的白内障手术并没有让小眼球患者的视力提高<sup>[28]</sup>,所以,对小眼球应用飞秒激光还是要慎重。另外,那些有严重青光眼病史的患者并不适合飞秒激光,可能会引起眼压升高。在 Nagy 等<sup>[29]</sup>调查中,患者手术并发症中,吸破占 2%,结膜发红或者是出血占 34%,撕囊不连续或不完整,如“旗帜”现象或“桥状”连接占 20%,前囊撕裂占 4%,瞳孔缩小占 32%,内皮损伤占 3%。所以,即使以前有丰富经验的医生在初期行此手术时也要谨慎操作。另外,需要考虑空间问题。白内障超声乳化是在显微操作仪上进行的,所以,飞秒激光应用完后,要么移动病床,要么移动患者,这些均会造成患者手术时间延长。还有,高昂的手术费对患者也是一笔沉重的负担<sup>[30]</sup>。其他需要考虑的包括医生的培训、增加更多的时间与患者交流等问题<sup>[31]</sup>。

### 4 小结

总之,相比于传统白内障手术,飞秒激光的撕囊,裂解晶状体核和制作角膜切口都已经表现出了

明显的优势。其安全性、精确性和有效性也得到了临床的证实。与其他任何一项新技术一样,该手术方式在让所有人接受以前也要克服一些问题。

## 参考文献

- 1 Chen M. A review of femtosecond laser assisted cataract surgery for hawaii'i[J]. *Hawaii J Med Public Health*, 2013, 72(5): 152-155.
- 2 Hatch KM, Talamo JH. Laser-assisted cataract surgery: benefits and barriers[J]. *Curr Opin Ophthalmol*, 2014, 25(1): 54-61.
- 3 Trikha S, Turnbull AM, Morris RJ, Anderson DF, Hossain P. The journey to femtosecond laser-assisted cataract surgery: new beginnings or a false dawn[J]? *Eye (Lond)*, 2013, 27(4): 461-473.
- 4 He L, Sheehy K, Culbertson W. Femtosecond laser-assisted cataract surgery[J]. *Curr Opin Ophthalmol*, 2011, 22(1): 43-52.
- 5 Suger A. Ultrafast (femtosecond) laser refractive surgery[J]. *Curr Opin Ophthalmol*, 2002, 13(4): 246-249.
- 6 Soong HK, Malta JB. Femtosecond lasers in ophthalmology[J]. *Am J Ophthalmol*, 2009, 147(2): 189-197.
- 7 Palanker DV, Blumenkranz MS, Andersen D, Wiltberger M, Marcellino G, Gooding P, et al. Femtosecond laser-assisted cataract surgery with integrated optical coherence tomography[J]. *Sci Transl Med*, 2010, 2(58): 58ra85.
- 8 Talamo JH, Gooding P, Angeley D, Culbertson WW, Schuele G, Andersen D, et al. Optical patient interface in femtosecond laser-assisted cataract surgery: contact corneal appplanation versus liquid immersion[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2013, 39(4): 501-510.
- 9 Ernest PH, Kiessling LA, Lavery KT. Relative strength of cataract incisions in cadaver eyes[J]. *J Cataract Refract Surg*, 1991, 12 Suppl: 668-671.
- 10 Masket S, Sarayba M, Ignacia T, Gram N. Femtosecond laser-assisted cataract incisions: architectural stability and reproducibility[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2010, 36(6): 1048-1049.
- 11 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]. *J Cataract Refract Surg*, 2013, 39(9): 1307-1313.
- 12 Nagy ZZ, Takács ÁI, Filkorn T, Juhász É, Sándor G, Szigeti A, et al. Laser refractive cataract surgery with a femtosecond laser after penetrating keratoplasty: case report[J]. *J Refract Surg*, 2013, 29(1): 8.
- 13 Lakshminarayanan V, Enoch JM, Raasch T, Crawford B, Nygaard RW. Refractive changes induced by intraocular lens tilt and longitudinal displacement[J]. *Arch Ophthalmol*, 1986, 104(1): 90-92.
- 14 Cekic O, Batman C. The relationship between capsulorhexis size and anterior chamber depth relation[J]. *Ophthalmic Surg Lasers*, 1999, 30(3): 185-190.
- 15 Norrby S. Sources of error in intraocular lens power calculation[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2008, 34(3): 368-376.
- 16 Friedman NJ, Palanker DV, Schuele G, Andersen D, Marcellino G, Seibel BS, et al. Femtosecond laser capsulotomy[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2011, 37(7): 1189-1198.
- 17 Walkow T, Anders N, Pham DT, Wollensak J. Causes of severe decentration and subluxation of intraocular lenses[J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 1998, 236(1): 9-12.
- 18 Sutton G, Bali SJ, Hodge C. Femtosecond cataract surgery: transitioning to laser cataract[J]. *Curr Opin Ophthalmol*, 2013, 24(1): 3-8.
- 19 Nagy Z, Takacs A, Filkorn T, Sarayba M. Initial clinical evaluation of the intraocular femtosecond laser in cataract surgery[J]. *J Refract Surg*, 2009, 25(12): 10053-10060.
- 20 Auffarth GU, Reddy KP, Ritter R, Holzer MP, Rabsilber TM. Comparison of the maximum applicable stretch force after femtosecond laser-assisted and manual anterior capsulotomy[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2013, 39(1): 105-109.
- 21 Daya SM, Nanavaty MA, Espinosa-Lagana MM. Translenticular hydrodissection, lens fragmentation, and influence on ultrasound power in femtosecond laser-assisted cataract surgery and refractive lens exchange[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2014, 40(1): 37-43.
- 22 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]. *J Cataract Refract Surg*, 2013, 39(9): 1297-1306.
- 23 Abell RG, Allen PL, Vote BJ. Anterior chamber flare after femtosecond laser-assisted cataract surgery[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2013, 39(9): 1321-1326.
- 24 Conrad-Hengerer I, Hengerer FH, Schultz T, Dick HB. Effect of femtosecond laser fragmentation on effective phacoemulsification time in cataract surgery[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2012, 28(12): 879-883.
- 25 Conrad-Hengerer I, Hengerer FH, Shultz T, Dick HB. Effect of femtosecond laser fragmentation of the nucleus with different softening grid sizes on effective phaco time in cataract surgery[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2012, 38(11): 1888-1894.
- 26 Kerr NM, Abell RG, Vote BJ, Toh T. Intraocular pressure during femtosecond laser pretreatment of cataract[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2013, 39(3): 339-342.
- 27 Dick HB, Schultz T. Femtosecond laser-assisted cataract surgery in infants[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2013, 39(5): 665-668.
- 28 Martin AI, Hughes P, Hodge C. First report of femtosecond laser cataract surgery in a nanophthalmic eye[J]. *Clin Exp Ophthalmol*, 2014, 42(5): 501-502.
- 29 Nagy ZZ, Takacs AI, Filkorn T, Kránitz K, Gyenes A, Juhász É, et al. Complications of femtosecond laser-assisted cataract surgery[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2014, 40(1): 20-28.
- 30 王智强, 周晓娟, 付金凤, 刘燕. 准分子激光原位角膜磨镶术中制作超薄角膜瓣的效果[J]. 新乡医学院学报, 2008, 25(2): 199-200.
- 31 丁华, 刘红梅, 赵奎卿. 准分子激光原位角膜磨镶术治疗近视眼 391 例疗效分析[J]. 新乡医学院学报, 2006, 23(6): 621-623.