

飞秒激光辅助的白内障手术新进展

储昭节, 高丹宇

作者单位: (710054) 中国陕西省西安市, 解放军第 451 医院眼科
作者简介: 储昭节, 男, 毕业于第四军医大学, 博士, 医师, 研究方向: 白内障、眼内新生血管疾病。

通讯作者: 高丹宇, 主任医师, 主任, 研究方向: 白内障、眼底病、眼眶病. gaody451@163.com

收稿日期: 2013-03-03 修回日期: 2013-06-10

Recent advances in femtosecond laser – assisted cataract surgery

Zhao-Jie Chu, Dan-Yu Gao

Department of Ophthalmology, No. 451 Hospital of Chinese PLA, Xi'an 710054, Shaanxi Province, China

Correspondence to: Dan-Yu Gao. Department of Ophthalmology, No. 451 Hospital of Chinese PLA, Xi'an 710054, Shaanxi Province, China. gaody451@163.com

Received: 2013-03-03 Accepted: 2013-06-10

Abstract

• Perfect vision and fewer complications is our goal in cataract surgery, femtosecond laser – assisted cataract surgery hold the promise. Applications of femtosecond laser technology for capsulotomy, nuclear fragmentation and corneal incision in cataract surgery bring a new level of accuracy, reproducibility and predictability over the current cataract surgery. The femtosecond laser produces capsulotomies that are more precise, accurate, reproducible, and stronger than those created with the conventional manual technique, and further helps maintain proper positioning of the IOL. Femtosecond laser in nuclear fragmentation lead to a lower effective phacoemulsification time, and the corneal incision is more stable. But currently there are some complications and a clear learning curve associated with the use of femtosecond lasers for cataract surgery. The long-term safety and visual outcomes still need further investigation.

• **KEYWORDS:** femtosecond laser; cataract

Citation: Chu ZJ, Gao DY. Recent advances in femtosecond laser-assisted cataract surgery. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2013; 13 (7): 1348-1350

摘要

白内障术后更完美的视功能以及更少的并发症是我们追求的目标,飞秒激光在白内障领域的应用给白内障手术的进一步突破带来了新的机遇和挑战。飞秒激光辅助的白内障手术在飞秒激光系统下行晶状体前囊膜切开、晶状体

核分割以及透明角膜切口。飞秒激光晶状体前囊膜切开的囊袋口的大小更精确、形状更圆、强度更大,可预测性、可重复性均更好,IOL 植入的位置更佳;激光核分割能有效地缩短超声乳化时间;角膜切口的密闭性良好。但目前也存在一些并发症和相关问题,手术安全性和远期效果尚待更多研究。

关键词: 飞秒激光; 白内障

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2013.07.14

引用: 储昭节, 高丹宇. 飞秒激光辅助的白内障手术新进展. 国际眼科杂志 2013; 13(7): 1348-1350

0 引言

近几十年来白内障手术历经变革,从囊外摘出术、非超声乳化小切口手术到超声乳化白内障吸除术,在手术理念和技术上不断革新^[1]。生物测量设备和手术设备的更新、人工晶状体 (intraocular lens, IOL) 材料和设计的更新等无不推动着白内障手术的进展。至今白内障手术已由复明手术逐渐过渡到屈光性手术,但术后更完美的视功能以及更少的并发症仍是我们追求的目标。

飞秒激光 (femtosecond laser) 在白内障领域的应用给白内障手术的进一步突破带来了新的机遇和挑战。2001 年飞秒激光首次用于角膜屈光手术,近几年飞秒激光应用于白内障的相关研究逐渐增多,在美国及欧洲的一些国家,该技术正逐步走向临床,初步显示了良好的效果, Pubmed 上可检索到研究原著 20 余篇。但由于部分设备尚未完全市场化 (也未进入中国市场),其开展范围、开展时间以及接受手术的病例数有限,诸多问题尚未有定论^[2]。我们就飞秒激光辅助的白内障手术的优势以及存在的问题等相关新进展做一综述。

1 基本概况

飞秒激光是一种近红外激光,是目前脉冲时间最短的激光,周期为飞秒级 (10^{-15} s)。其具有瞬时功率大、精密度高和对周围组织损伤小等特点,利用其光之破裂作用已成功地应用于角膜屈光手术、板层或全层角膜移植术等^[3]。

2009 年匈牙利的 Nagy 等^[4] 医生首次报道应用飞秒激光辅助白内障手术的临床病例,标志着该项技术成功地进入白内障临床,随后 Nagy 医生及其同事陆续发表了多篇相关的临床研究^[5-13]。近 2a 在美国、德国以及澳大利亚等国家有不少眼科中心开展此类手术且发表相关研究原著^[14-21]。初步显示的良好临床效果引起众多学者的关注,随着几家大公司飞秒激光白内障设备陆续的研发、技术审批以及市场化,该项在白内障领域的新技术即将得到更多的推广和应用。

目前在飞秒激光辅助的白内障相关设备上,已有数种手术系统,如 LenSX, OptiMedica, LensAR 以及 Technolas 等。这 4 种系统均采用实时成像技术进行画面监控,

LensAR 采用的是一种类似于 Scheimpflug 成像的技术,称为三维激光共聚焦结构照明技术(3-D confocal structured illumination),另外 3 种采用的是光学相干断层扫描技术(optical coherence tomography, OCT)。

2 飞秒激光辅助的白内障手术优势

飞秒激光辅助的白内障手术首先在飞秒激光系统下行激光切割,而后转入无菌手术室行超声乳化和 IOL 植入术。激光切割一般先行晶状体前囊膜切开或晶状体核分割,而后做透明角膜切口。以下结合最新的临床研究进展介绍其应用于白内障手术的优势。

2.1 飞秒激光前囊膜切开 飞秒激光晶状体前囊膜切开是飞秒激光辅助白内障手术的主要优势,可精确决定囊袋口的大小、形状,增加囊袋的强度,IOL 植入的位置和稳定性更好。

2009 年 Nagy 等^[4]医生首次报道应用飞秒激光辅助白内障手术的 9 例临床患者手术资料,以及在离体猪眼上的实验结果。设计在猪眼晶状体前囊上做直径 5mm 的撕囊,手工法的撕囊大小结果是 5.88 ± 0.73 mm,而飞秒激光法的结果是 5.02 ± 0.04 mm;临床患者的晶状体前囊切开效果与动物实验类似。2011 年该小组的研究报告对比了 54 眼飞秒激光辅助前囊膜切开与 57 眼传统手法撕囊白内障术后 1wk 的结果,提示飞秒激光组的囊口更圆,在手法撕囊组有 28% 的囊袋未覆盖 IOL,高于激光组的 11%。激光组的囊袋居中性更好,IOL 的偏心性较小^[5]。同一小组激光和手工组各为 20 眼的研究提示,术后 1a 激光组的 IOL 偏心程度更低,可能与激光组囊袋口具有更好的大小、形状、居中性及其能更好地覆盖 IOL 有关^[6]。2012 年他们的前瞻性、随机性对照研究报告进一步提示,激光组的 IOL 倾斜和偏心更小,并且激光组的 IOL 屈光度的术前预测性更精确,患者的屈光状态更稳定^[7,8]。

以上研究均利用 LenSX 激光系统完成,其他中心利用 OptiMedica 和 Technolas 等系统的研究也有类似的结果。2011 年 Friedman 等^[15]报道了利用猪眼、尸眼以及随后在 39 例临床白内障患者上的研究结果,在患者的手术中,激光切囊的大小与预设的大小相差 $29 \pm 26 \mu\text{m}$,而手工撕囊的大小与预设的大小相差 $337 \pm 258 \mu\text{m}$;激光完成的囊袋中心与预计正中位置相差仅 $77 \pm 47 \mu\text{m}$;猪眼上的研究提示激光完成的囊袋强度更大。2013 年 Auffarth 等^[17]报道了采用 Technolas 系统行猪眼的研究,提示激光完成的囊袋强度比手工完成得更大。

以上较多的研究均提示与传统手法连续环形撕囊相比,飞秒激光晶状体前囊膜切开的囊袋口的大小更精确、形状更圆和强度更大,可预测性、可重复性均更好,IOL 植入的位置和稳定性更佳。在此基础上不难预测患者术后的视功能将更完美,Miháltz 等^[11]报道飞秒激光组术后仅造成了较小的球内相差。

2.2 飞秒激光核分割 飞秒激光晶状体核分割是飞秒激光辅助白内障手术的另一大重要突破。该技术能有效降低后续超声乳化的时间和能量。2009 年 Nagy 等^[4]医生报道在猪眼上激光辅助核分割后,超声乳化能量较对照组下降 43%,超声乳化时间减少 51%。Conrad-Hengerer 等^[16]在一项临床前瞻性研究中,对比了 57 例飞秒激光晶状体核分割后行超声乳化和 52 例采取普通超声乳化白内障手术的有效超声乳化时间(effective phacoemulsification time, EPT),飞秒激光组为 0.16 ± 0.21 s,明显低于对照组

4.07 ± 3.14 s。Palanker 等^[14]研究组以及 Abell 等^[21]的研究也有类似的结果。

飞秒激光晶状体核分割后超声乳化时间的能量和时间降低将可能有效地减少术中角膜、视网膜及其他组织的损伤。Takács 等^[10]研究了飞秒激光晶状体核分割后行超声乳化和采取普通超声乳化白内障手术后 1d 的中央角膜厚度,两组分别有 38 例,飞秒激光辅助组为 $580 \pm 42 \mu\text{m}$,显著低于对照组的 $607 \pm 91 \mu\text{m}$,提示飞秒激光辅助手术能减轻角膜水肿、减少对角膜内皮的损伤。Nagy 等^[9]用 OCT 研究飞秒激光晶状体核分割后行超声乳化和采取普通超声乳化白内障手术后 4~8wk 的黄斑水肿情况,结果提示两组均可检测到黄斑外核状层水肿,激光组的较轻。

2.3 飞秒激光角膜切口 飞秒激光可以行精确的角膜切口,已在角膜屈光手术和角膜移植术中发挥重要作用。在辅助白内障切口研究中,Masket 等^[22]利用 45 例尸眼角膜进行研究,激光术毕透明角膜切口未发现渗漏。Palanker 等^[14]研究组实施的飞秒激光辅助的白内障手术后激光角膜切口密闭性好。有学者预测飞秒激光辅助的白内障手术因角膜切口密闭性更佳,术后眼内感染几率将降低,但这还需大样本的临床试验验证。

3 飞秒激光辅助的白内障手术并发症及其他问题

飞秒激光辅助的白内障手术开展的时间仅有 2~3a,接受手术的病例数有限,设备程序参数可能需进一步调整优化参数。另外,由于手术医生对此项技术的熟悉程度和经验等各异,诸多问题尚未有定论。

3.1 并发症 在并发症方面,较多的研究未报道并发症或宣称该手术无明显的并发症出现,可能与样本量小有关。另一部分研究则提示该手术存在较多的并发症,尤其在医生初次开展此项手术的阶段。

Abell 等^[21]报道一项飞秒激光组和对照组均为 200 眼的研究,每组均有 1 例后囊破裂,组间无统计学意义,手术安全性较好。Bali 等^[20]报道了同一个中心 6 名医生所做的共 200 例飞秒激光辅助的白内障手术,其中 74.5% 的眼均完成了激光切囊、核分割和角膜切口;5 例(2.5%)在激光术中眼球抽吸固定中断,造成激光程序停止;8 例(4%)出现前囊放射状撕裂;7 例(3.5%)后囊破裂;4 例(2%)晶状体核进入后节。

Roberts 等^[19]报道其中心最初 50 例飞秒激光辅助的白内障手术中,2 例出现术中囊袋阻滞综合征(capsular block syndrome, CBS),在激光囊切开和核分割后进行水分离时出现后囊破裂,分析可能由于术中激光产生的气泡或激光对皮质诱发的改变引起。在调整了术中技巧后,在此后的 600 余例手术中未发生 CBS。近期其研究组研究对比了前 200 例与接下来的 1300 例手术的并发症情况,两组前囊膜撕裂的比例分别为 4% 和 0.31%;后囊破裂的比例分别为 3.5% 和 0.31%;晶状体组织掉入后节的比例分别为 2% 和 0%;每例手术激光仪器与眼部衔接固定的尝试次数分别为 1.5 和 1.05;激光术后瞳孔收缩的发生率分别为 9.5% 和 1.23%^[23]。以上的研究提示,随着手术医生经验的增加以及设备程序的优化等,飞秒激光辅助白内障手术的并发症可较好地控制。

3.2 其他问题 飞秒激光白内障设备程序参数可能需在临床实践中进一步调整优化。Conrad-Hengerer 等^[24]研究了飞秒激光辅助的核分割的具体参数,对比了核分割条栅大小分别设定为 $350 \mu\text{m}$ 与 $500 \mu\text{m}$ 时的有效超声乳化时

间,发现350 μ m时EPT更低。Schultz等^[18]在一项研究中发现,在眼与激光设备衔接时采用液体界面能明显减少眼内压的升高。Szigeti等^[12]在一项采用飞秒激光辅助的白内障手术植入调节性IOL的研究中,对比了激光切囊大小对IOL位置的影响,发现5.5mm的囊口大小相对于6mm的大小更有利于IOL位置的稳定,使之不易倾斜。

飞秒激光辅助的白内障手术费用较高、手术时间较长。由于激光设备价格高,患者接受此类手术的价格较传统超声乳化术明显升高,可能会对其推广和普及带来一定难度。由于激光设备和超声乳化等设备并非一体,手术过程尚需分开,所耗时间较传统手术有所增加。

此外,小瞳孔的患者、角膜上皮存在原发病的患者,以及眼眶外形不利于激光设备与眼部衔接的患者等,不适于行飞秒激光辅助的白内障手术。

4 小结和展望

飞秒激光辅助的白内障手术发展迅速,其手术步骤取代了传统白内障超声乳化术中的手工连续环形撕囊和手工制作角膜切口,利用激光核分割能有效地缩短超声乳化时间。目前的资料显示,该手术的可预测性、可重复性和安全性明显提高,术后IOL位置更理想,视觉功能更加完美。但由于此手术开展时间较短,目前发表的文献中最长的随访时间仅1a;接受手术的病例数有限,对于手术安全性和远期效果尚需更多中心、大样本的病例研究以及更深入的讨论。

飞秒激光辅助的白内障手术也已应用到复杂白内障,如外伤性白内障的手术中^[13],在未来可能更多地应用于高风险的复杂白内障手术。随着激光设备的不断优化、手术技术经验的提高,飞秒激光辅助的白内障手术逐渐推广,其可能会成为白内障领域的一项新的革命,给白内障患者带来更好的视觉质量。

参考文献

- 1 Asbell PA, Dualan I, Mindel J, et al. Age-related cataract. *Lancet* 2005;365(9459):599-609
- 2 Nagy ZZ. Femtolasar cataract surgery: how to evaluate this technology, read the literature, and avoid possible complications. *J Refract Surg* 2012;28(12):855-857
- 3 Soong HK, Malta JB. Femtosecond lasers in ophthalmology. *Am J Ophthalmol* 2009;147(2):189-197
- 4 Nagy Z, Takacs A, Filkorn T, et al. Initial clinical evaluation of an intraocular femtosecond laser in cataract surgery. *J Refract Surg* 2009;25(12):1053-1060
- 5 Nagy ZZ, Kranitz K, Takacs AI, et al. Comparison of intraocular lens decentration parameters after femtosecond and manual capsulotomies. *J Refract Surg* 2011;27(8):564-569
- 6 Kranitz K, Takacs A, Mihaltz K, et al. Femtosecond laser capsulotomy and manual continuous curvilinear capsulorhexis parameters and their effects on intraocular lens centration. *J Refract Surg* 2011;27(8):558-563
- 7 Kranitz K, Mihaltz K, Sandor GL, et al. Intraocular lens tilt and decentration measured by Scheimpflug camera following manual or femtosecond laser-created continuous circular capsulotomy. *J Refract Surg* 2012;28(4):259-263
- 8 Filkorn T, Kovacs I, Takacs A, et al. Comparison of IOL power

- calculation and refractive outcome after laser refractive cataract surgery with a femtosecond laser versus conventional phacoemulsification. *J Refract Surg* 2012;28(8):540-544
- 9 Nagy ZZ, Ecsedy M, Kovacs I, et al. Macular morphology assessed by optical coherence tomography image segmentation after femtosecond laser-assisted and standard cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2012;38(6):941-946
- 10 Takács AI, Kovacs I, Mihaltz K, et al. Central corneal volume and endothelial cell count following femtosecond laser-assisted refractive cataract surgery compared to conventional phacoemulsification. *J Refract Surg* 2012;28(6):387-391
- 11 Miháltz K, Knorz MC, Alio JL, et al. Internal aberrations and optical quality after femtosecond laser anterior capsulotomy in cataract surgery. *J Refract Surg* 2011;27(10):711-716
- 12 Szigeti A, Kranitz K, Takacs AI, et al. Comparison of long-term visual outcome and IOL position with a single-optic accommodating IOL After 5.5- or 6.0-mm Femtosecond laser capsulotomy. *J Refract Surg* 2012;28(9):609-613
- 13 Nagy ZZ, Kranitz K, Takacs A, et al. Intraocular femtosecond laser use in traumatic cataracts following penetrating and blunt trauma. *J Refract Surg* 2012;28(2):151-153
- 14 Palanker DV, Blumenkranz MS, Andersen D, et al. Femtosecond laser-assisted cataract surgery with integrated optical coherence tomography. *Sci Transl Med* 2010;2(58):58ra85
- 15 Friedman NJ, Palanker DV, Schuele G, et al. Femtosecond laser capsulotomy. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(7):1189-1198
- 16 Conrad-Hengerer I, Hengerer FH, Schultz T, et al. Effect of femtosecond laser fragmentation on effective phacoemulsification time in cataract surgery. *J Refract Surg* 2012;28(12):879-884
- 17 Auffarth GU, Reddy KP, Ritter R, et al. Comparison of the maximum applicable stretch force after femtosecond laser-assisted and manual anterior capsulotomy. *J Cataract Refract Surg* 2013;39(1):105-109
- 18 Schultz T, Conrad-Hengerer I, Hengerer FH, et al. Intraocular pressure variation during femtosecond laser-assisted cataract surgery using a fluid-filled interface. *J Cataract Refract Surg* 2013;39(1):22-27
- 19 Roberts TV, Sutton G, Lawless MA, et al. Capsular block syndrome associated with femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(11):2068-2070
- 20 Bali SJ, Hodge C, Lawless M, et al. Early experience with the femtosecond laser for cataract surgery. *Ophthalmology* 2012;119(5):891-899
- 21 Abell RG, Kerr NM, Vote BJ. Catalys femtosecond laser-assisted cataract surgery compared to conventional cataract surgery. *Clin Exp Ophthalmol* 2012; [Epub ahead of print]
- 22 Masket S, Sarayba M, Ignacio T, et al. Femtosecond laser-assisted cataract incisions: architectural stability and reproducibility. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(6):1048-1049
- 23 Roberts TV, Lawless M, Bali SJ, et al. Surgical Outcomes and Safety of Femtosecond Laser Cataract Surgery: A Prospective Study of 1500 Consecutive Cases. *Ophthalmology* 2012; [Epub ahead of print]
- 24 Conrad-Hengerer I, Hengerer FH, Schultz T, et al. Effect of femtosecond laser fragmentation of the nucleus with different softening grid sizes on effective phaco time in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2012;38(11):1888-1894