

引文格式:陈威,周婧,杜君,季敏,吴坚,黄叶萌,等.飞秒激光弧形角膜切开术对白内障合并角膜散光患者的矫正效果[J].眼科新进展,2019,39(12):1137-1140. doi:10.13389/j.cnki.rao.2019.0261

【应用研究】

# 飞秒激光弧形角膜切开术对白内障合并角膜散光患者的矫正效果<sup>△</sup>

陈威 周婧 杜君 季敏 吴坚 黄叶萌 王勇 朱蓉嵘 管怀进

**作者简介:**陈威,男,1986年6月出生,江苏南通人,博士,主治医师。研究方向:白内障及糖尿病视网膜病变。联系电话:13776903416; E-mail: c2807944006@126.com; ORCID: 0000-0001-7517-1224

**About CHEN Wei:** Male, born in June, 1986. Doctor degree, attending physician. Tel: 13776903416; E-mail: c2807944006@126.com; ORCID: 0000-0001-7517-1224

**收稿日期:**2019-03-13  
**修回日期:**2019-06-26  
**本文编辑:**董建军

**△基金项目:**国家自然科学基金资助(编号:81700855);江苏省科技计划项目(编号:BE2016699);南通市科技计划项目(编号:MS12017012-3)

**作者单位:**226001 江苏省南通市,南通大学附属医院眼科  
通讯作者:管怀进, E-mail: guanhuai-jineye@163.com; ORCID: 0000-0002-4911-1989

**Received date:** Mar 13, 2019  
**Accepted date:** Jun 26, 2019

**Foundation item:** National Natural Science Foundation of China (No: 81700855); Science and Technology Foundation of Jiangsu Province (No: BE2016699); Nantong Science and Technology Project (No: MS12017012-3)

From the Department of Ophthalmology, the Affiliated Hospital of Nantong University, Nantong 226001, Jiangsu Province, China

**Responsible author:** GUAN Huai-Jin, E-mail: guanhuaijineye@163.com; ORCID: 0000-0002-4911-1989

## The effect of femtosecond-assisted arcuate keratotomy on cataract patients with corneal astigmatism

CHEN Wei, ZHOU Jing, DU Jun, JI Min, WU Jian, HUANG Ye-Meng, WANG Yong, ZHU Rong-Rong, GUAN Huai-Jin

**[Abstract] Objective** To evaluate the effectiveness of femtosecond-assisted arcuate keratotomy in correcting corneal astigmatism during cataract surgery. **Methods** Thirty three patients (36 eyes) with cataracts and corneal astigmatism  $\geq 0.75$  D were selected as the subjects of this study, and all patients underwent femtosecond-assisted arcuate keratotomy to correct corneal astigmatism. The uncorrected distant visual acuity (UDVA) and the best corrected visual acuity (BCVA) were measured, and total corneal astigmatism was obtained by Pentacam before surgery. During femtosecond-assisted cataract surgery, the diameter and depth of the arc incisions were 9 mm and 90%. Three months after surgery, total corneal astigmatism, UDVA and BCVA were assessed, and the astigmatism analysis was analyzed by Alpins vector analysis, mainly involving following vector data, namely, the target induced astigmatism vector, the surgically induced astigmatism vector, the difference vector and correction index. **Results** The total corneal astigmatism was  $(1.16 \pm 0.35)$  D before surgery, and was decreased to  $(0.54 \pm 0.22)$  D three months after surgery, and the difference was statistically significant ( $P < 0.01$ ). The UDVA was  $0.81 \pm 0.42$  before surgery, and was increased to  $0.26 \pm 0.24$  three months after surgery, and the difference was statistically significant ( $P < 0.01$ ). The BCVA was  $0.76 \pm 0.30$  before surgery, and was increased to  $0.09 \pm 0.12$  three months after surgery, and the difference was statistically significant ( $P < 0.01$ ). The changes in corneal astigmatism before and after operation were analyzed by vector analysis, and the target induced astigmatism vector was  $0.80 - 2.20$  ( $1.16 \pm 0.35$ ) D, the surgically induced astigmatism was  $0.40 - 1.80$  ( $1.07 \pm 0.40$ ) D, and the difference vector was  $0.20 - 1.00$  ( $0.54 \pm 0.22$ ) D. The correction index was  $0.89 \pm 0.35$ , and the ideal value is 1, suggesting a little under correction. The angle of error of most eyes (32 eyes) was within  $15^\circ$ . The index of success was 0.47, indicating that the residual astigmatism was not corrected. The percentage success of astigmatism surgery was 53.0%. The average value of flattening effect was 0.94, and the average value of flattening index was 0.83. **Conclusion** Femtosecond-assisted arcuate keratotomy can effectively reduce corneal astigmatism in cataract surgery.

**[Key words]** femtosecond laser; cataract; astigmatism; keratotomy

**【摘要】 目的** 探讨飞秒激光弧形角膜切开术对白内障合并角膜散光患者的矫正效果。**方法** 选取33例(36眼)白内障合并角膜散光 $\geq 0.75$  D的患者作为研究对象,均行飞秒激光弧形角膜切开术来矫正角膜散光。术前测患者裸眼远视力、最佳矫正远视力,用Pentacam三维眼前节分析系统测量角膜散光。行飞秒激光辅助的超声乳化白内障手术,术中弧形切口直径为9 mm,深度为90%。术后3个月时复查患者角膜散光、裸眼远视力、最佳矫正远视力,并用Alpins矢量分析法进行散光分析,主要观察以下矢量数据,即目标诱导散光向量、手术诱导散光向量、差异向量和矫正指数。**结果** 术前患者角膜散光为 $(1.16 \pm 0.35)$  D,术后3个月下降到 $(0.54 \pm 0.22)$  D,差异有统计学意义( $P < 0.01$ )。术前裸眼远视力为 $0.81 \pm 0.42$ ,术后3个月提高到 $0.26 \pm 0.24$ ,差异有统计学意义( $P < 0.01$ )。术前最佳矫正远视力为 $0.76 \pm 0.30$ ,术后3个月提高到 $0.09 \pm 0.12$ ,差异有统计学意义( $P < 0.01$ )。对患者术前术后角膜散光的变化进行矢量分析显示,目标诱导散光向量为 $0.80 \sim 2.20$  ( $1.16 \pm 0.35$ ) D,手术诱导散光向量为 $0.40 \sim 1.80$  ( $1.07 \pm 0.40$ ) D,差异向量为 $0.20 \sim 1.00$  ( $0.54 \pm 0.22$ ) D。矫正指数为 $0.89 \pm 0.35$ ,理想值为1,提示总体为少许欠矫。大部分患眼(32眼)角度误差在 $15^\circ$ 范围内。成功指数平均值为0.47,提示还残留部分散光未得到矫正。通过公式计算可以得到散光矫正的成功率为53.0%。变平效果平均值为0.94,变平指数平

均值为0.83。**结论** 飞秒激光弧形角膜切开术能有效矫正白内障合并角膜散光患者的角膜散光。

**【关键词】** 飞秒激光;白内障;散光;角膜切开术

**【中图分类号】** R776

随着屈光性白内障手术时代的到来,白内障手术医师希望白内障患者术后角膜散光尽可能降低到不影响视觉质量的程度,以获得满意的裸眼视力。如果术后残留较高的角膜散光,患者不仅裸眼视力较差<sup>[1]</sup>,还会有各种视物不适如晕轮效应<sup>[2]</sup>。超过0.75 D的散光则可引起明显的视物模糊、重影、眩光等症状。大约1/3到1/2的白内障患者术前角膜散光大于1.00 D,而大于2.00 D的患者也占到8%~13%<sup>[3-4]</sup>。如果白内障术中不干预这部分术前就存在的角膜散光必然会严重影响患者术后视觉质量。目前存在多种白内障术中矫正术前存在的角膜散光的手术方法<sup>[5]</sup>,如在散光强轴上做手术切口、散光强轴上做手术切口联合对侧透明角膜切口、角膜缘松解切开、散光矫正型人工晶状体植入术等,白内障术后还可以再行角膜屈光手术如准分子激光进行矫正<sup>[6]</sup>。

近几年来,飞秒激光辅助的白内障手术在国内开展越来越多。飞秒激光白内障摘出手术系统可以制作精准的环形撕囊,预劈核可以减少术中超声时间和超声能量的使用,还可以制作精准的透明角膜切口,重要的是它在联合数字化导航系统时可以在设定好的角膜子午线处制作一定弧长及一定深度的非穿透性角膜切开来松解角膜,以达到降低或消除角膜散光的目的。目前国内尚未见有相关研究的详细报道,本研究主要探讨飞秒激光在白内障手术中制作非穿透性角膜弧形切口矫正术前角膜散光的临床效果。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 本研究入组患者为2016年6月至2017年6月在南通大学附属医院眼科行飞秒激光辅助超声乳化白内障手术的年龄相关性白内障患者。入组标准为术前角膜散光 $\geq 0.75$  D,且为规则散光。排除伴有翼状胬肉、角膜瘢痕等眼病的患者;排除青光眼患者;排除玻璃体积血、黄斑变性、视网膜脱离、葡萄膜炎等眼部病变患者;术中瞳孔不能散大、晶状体半脱位或者出现严重并发症可能引起术源性散光改变者均排除在外。在研究期间完成3个月随访的患者共33例(36眼),年龄( $59.53 \pm 13.79$ )岁,眼轴长度( $24.23 \pm 2.15$ ) mm,前房深度( $2.44 \pm 0.31$ ) mm,植入的人工晶状体度数为( $19.62 \pm 6.68$ ) D。手术前后观察入组患者的全角膜散光变化、视力变化,并进行散光矢量分析,以此来明确飞秒激光弧形角膜切开术矫正白内障合并角膜散光患者的临床效果。本研究获得南通大学附属医院伦理委员会批准,所有患者入组前均签署知情同意书。

**1.2 术前检查** 术前检查裸眼远视力(uncorrected

distant visual acuity, UDVA)、最佳矫正远视力(corrected distant visual acuity, CDVA),检查亮度为85  $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ ,采用5 m处国际标准视力表,统计分析时换算为logMAR值。角膜散光数据由Pentacam三维眼前节分析系统获得,测量前固定被检者头部至水平位,嘱其注视蓝色光带中的注视目标,手动对焦后仪器在2 s内自动完成扫描。每次检查后均自动生成质量因子,质量因子 $>95\%$ 时显示OK,则认为该次测量结果可靠。同时进行裂隙灯、眼底镜、眼压、眼前节照相、眼底照相、光学相干断层扫描、超声生物显微镜及眼B超检查。眼轴长度数据由Lenstar LS900光学生物测量仪获取,白内障程度太重影响光学测量时则行眼A超获得眼轴长度,选用SRK-T公式计算人工晶状体度数。

**1.3 手术方法** 术前1 d应用Verion数字化导航系统小瞳孔下采集患者眼前节图像,输入Pentacam测得的全角膜散光数据,设定100%矫正角膜散光,弧形切口直径为9 mm,深度为90%,系统内置程序自动计算获得弧长,导出设定好的数据。

所有患者手术均由同一位经验丰富的医师完成。术前0.5 h患者术眼行常规复方托吡卡胺滴眼液散瞳3次,表面麻醉3次,然后嘱患者平躺于手术床。提前设置好Alcon LenSx飞秒激光系统进行撕囊、预劈核、制作角膜切口参数,其中撕囊直径5.5 mm,碎核直径5.5 mm(劈核模式选用Chop + Cylinder模式)。主切口采用三平面切口,位置135°,宽2.4 mm;辅助切口采用单平面切口,位置20°,宽1.0 mm,角度30°,但是当主切口或者侧切口位置与弧形切口位置重叠时,则Verion内置软件会提示错误,此时需调整主切口或侧切口位置至顺手处。开睑器开睑,嘱患者注视指示灯,使术眼呈水平位,用一套带有软性角膜接触镜的接头固定眼球。再次拍照与术前采集的眼前节图像进行匹配,匹配成功后在实时光学相干断层扫描图像引导下调整激光参数并进行手术操作。程序设定完毕后发射激光,依次进行激光前囊切开,劈核,角膜主、侧切口切开以及弧形散光矫正切口。完成飞秒激光后行超声乳化术,用角膜开口器打开激光制作的角膜主切口及侧切口,前房注入黏弹剂,撕囊镊取出已切开的前囊膜,水分离后,使用Alcon Centurion白内障超声乳化手术系统进行白内障摘出联合人工晶状体植入术,均植入同一型号非球面人工晶状体,术毕用角膜开口器轻柔打开激光制作的角膜弧形散光矫正切口。术中所有弧形切口均为非穿透性,避开瞳孔区。

分别于术后1周、1个月、3个月门诊随访:检测并记录患者全角膜散光、UDVA和CDVA,并进行散

光矢量分析。

**1.4 散光矢量分析方法** 散光的矢量分析采用 Alpins 法<sup>[7-9]</sup>,方法中有 3 个重要的矢量参数,分别是目标诱导散光向量(target induced astigmatism vector, TIA)、手术诱导散光向量(surgically induced astigmatism vector, SIA)和差异向量(difference vector, DV)。TIA 定义为手术治疗期望获得的散光改变(包括大小和方向),通常来说目标散光为 0,因此 TIA 大小通常等于术前角膜散光。SIA 定义为手术实际引起的散光(包括大小和方向)。DV 指的是 TIA 与 SIA 的差异(包括大小和方向),因为目标散光值通常为 0,所以 DV 大小通常等于术后角膜散光大小。另外的指标参数都是由这三个重要的矢量参数计算获得。误差值指 SIA 与 TIA 之间的大小差异,规定结果为正值则为过矫,结果为负值则为欠矫。错位角指 SIA 与 TIA 之间的轴向差异,规定逆时针为正,顺时针为负。矫正指数为 SIA 与 TIA 的比值,>1 为过矫,<1 为欠矫。成功指数为 DV 与 TIA 的比值,理想值为 0。变平效果指 SIA 在 TIA 轴向上所引起的散光减少量。变平指数为变平效果与 TIA 的比值,理想值为 1,反映的是原散光减少的比例。成功率=1-成功指数。

**1.5 统计学方法** 采用 SPSS 17.0 统计软件包进行统计分析,计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,采用配对设计 *t* 检验对手术前后各指标进行比较分析。检验水准: $\alpha = 0.05$ 。

## 2 结果

**2.1 手术前后患者角膜散光** 术前患者角膜散光为( $1.16 \pm 0.35$ )D,术后 3 个月下降到( $0.54 \pm 0.22$ )D,差异有统计学意义( $P < 0.01$ )。术前角膜散光眼数分布为:0.76~1.00 D 18 眼、1.01~1.25 D 8 眼、1.26~1.50 D 6 眼、1.51~2.00 D 3 眼、2.01~3.00 D 1 眼。术后角膜散光眼数分布为:0~0.25 D 4 眼、0.26~0.50 D 15 眼、0.51~0.75 D 11 眼、0.76~1.00 D 6 眼。

**2.2 手术前后患者视力** 术前 UDVA 为( $0.81 \pm 0.42$ )logMNR,术后 3 个月提高到( $0.26 \pm 0.24$ )logMNR,差异有统计学意义( $P < 0.01$ )。术前 CDVA 为( $0.76 \pm 0.30$ )logMNR,术后 3 个月提高到( $0.09 \pm 0.12$ )logMNR,差异有统计学意义( $P < 0.01$ )。

**2.3 散光矢量分析结果** 对患者手术前后角膜散光的变化进行矢量分析,结果显示,TIA 为  $0.80 \sim 2.20$ ( $1.16 \pm 0.35$ )D,SIA 为  $0.40 \sim 1.80$ ( $1.07 \pm 0.40$ )D,DV 为  $0.20 \sim 1.00$ ( $0.54 \pm 0.22$ )D。矫正指数为  $0.89 \pm 0.35$ ,理想值为 1,提示总体为少许欠矫。矫正指数小于 0.50、0.51~0.80、0.81~1.00、1.01~1.20、1.21~1.50 及大于 1.50 区间的眼数分别为 2 眼、15 眼、9 眼、3 眼、5 眼及 2 眼。10 眼(27.8%)出现了过矫,另外 26 眼(72.2%)则出现了

欠矫。误差值为  $-0.16 \pm 0.40$ ,提示散光矫正存在轻度欠矫。错位角平均为  $0.04^\circ$ ,理想值为  $0^\circ$ ,说明平均后的角度误差基本消失,但错位角绝对值为  $9.08^\circ \pm 5.67^\circ$ ,说明对于个体来讲错位角依然存在;大部分患眼(32 眼)角度误差在  $15^\circ$  以内。成功指数平均值为 0.47,提示还残留部分散光未得到矫正。通过公式计算可以得到散光矫正的成功率为 53.0%。变平效果平均值为 0.94,变平指数平均值为 0.83。

## 3 讨论

术中同时矫正角膜散光是白内障屈光手术时代关注的焦点。之前主流的手术方式主要包括在角膜散光强轴上做手工切口、角膜缘松解切口、散光切开以及 Toric 人工晶状体植入。飞秒激光白内障摘出手术系统在制作切口方面更精确可控,比手工制作散光矫正切口更可靠,可重复性更好,可预测性更高,程序化的内置软件可以在飞秒激光辅助的白内障手术的同时高效地制做弧形角膜切口来矫正术前角膜散光,而且并不增加额外的费用。本研究使用的是 Verion 数字化导航系统中自带的散光矫正量表,研究结果表明,飞秒激光制作的角膜弧形非穿透性散光矫正切口可以有效降低术前存在的角膜散光。

之前飞秒激光辅助的角膜弧形切开术主要用于矫正角膜移植术后患者的高度散光<sup>[10-11]</sup>。近年来,随着屈光性白内障手术理念的普及,国内外眼科医师都在此领域开展了初步的探索。白内障手术中国外已有的报道都是采用基质内弧形切开的方式来松解角膜,本研究采用的弧形切开则穿透角膜上皮层、前弹力层,达到基质层深部,避开后弹力层及内皮细胞层。由于散光矫正的效果与切口的长度、深度、结构、整齐度等有关<sup>[12]</sup>,理论上本研究制作的角膜弧形切口与基质内弧形切口相比松解作用要更强,并且术毕时用开口器打开弧形切口会进一步加强这种松解作用。本研究患者术后 3 个月时角膜散光较术前明显降低。Day 等<sup>[13]</sup>研究发现,使用自制的量表行基质内弧形切口可以把角膜散光从术前的( $1.21 \pm 0.42$ )D 降低到术后的( $0.74 \pm 0.38$ )D;Chan 等<sup>[14]</sup>研究则发现,使用改良的 Wallace 角膜缘松解切口量表在散光陡峭轴上做手术主切口联合对侧基质内弧形切口能把角膜散光从术前的( $1.33 \pm 0.57$ )D 降低到术后的( $0.87 \pm 0.56$ )D。另有研究发现,术后超过 0.75 D 的散光则可引起明显的视物模糊、重影、眩光等症状<sup>[15]</sup>,本研究仅有 6 眼术后角膜散光仍大于 0.75 D。

本研究中矫正指数为  $0.89 \pm 0.35$ ,误差值为  $-0.16 \pm 0.40$ ,这两个指标说明散光矫正存在轻度欠矫。Day 等<sup>[13]</sup>的研究中矫正指数为  $0.63 \pm 0.32$ ,Chan 等<sup>[14]</sup>的则为  $0.86 \pm 0.52$ ,本研究的矫正指数

更为接近理想值1。本研究错位角绝对值为 $9.08^{\circ} \pm 5.67^{\circ}$ ,这样的角度偏差使得变平指数无法达到理想数值1,也就使术前角膜散光不太可能得到完全消除。本次我们的研究结果要优于 Chan 等<sup>[14]</sup>报道的错位角绝对值  $17.5^{\circ}$ ,以及变平指数 0.53。有研究表明, $5^{\circ}$ 的偏位会损失 1.5%的散光消除效果, $15^{\circ}$ 的偏位损失达到 13.4%, $30^{\circ}$ 时损失高达 50.0%,而 $45^{\circ}$ 时则散光矫正效果消失殆尽<sup>[16]</sup>。所以说,成功的消除散光不仅取决于散光矫正量大小是否合适,还取决于方向是否正确,必须认识到散光的矢量特性。本研究患者术后散光轴位的偏移不仅与散光的欠矫过矫有关,还与散光矫正切口放置是否恰当有关。因为顺规散光随着年龄增长会逐渐向逆规散光漂移,因此也有学者认为逆规散光可以适当过矫<sup>[12]</sup>,这会使得术后散光轴位发生很大偏移。

参考文献

[1] HAYASHI K,MANABE S,YOSHIDA M,HAYASHI H. Effect of astigmatism on visual acuity in eyes with a diffractive multifocal intraocular lens[J]. *J Cataract Refract Surg*,2010,36(8):1323-1329.  
[2] DICK H B, KRUMMENAUER F, SCHWENN O, KRIST R, PFEIFFER N. Objective and subjective evaluation of photic phenomena after monofocal and multifocal intraocular lens implantation[J]. *Ophthalmology*,1999,106(10):1878-1886.  
[3] HOFFMANN P C,HUTZ W W. Analysis of biometry and prevalence data for corneal astigmatism in 23,239 eyes[J]. *J Cataract Refract Surg*,2010,36(9):1479-1485.  
[4] YUAN X,SONG H,PENG G,HUA X,TANG X. Prevalence of corneal astigmatism in patients before cataract surgery in northern china[J]. *J Ophthalmol*,2014,2014:536412.  
[5] MAMALIS N. Correction of astigmatism during cataract surgery[J]. *J Cataract Refract Surg*,2009,35(3):403-404.  
[6] ZALDIVAR R, DAVIDORF J M, OSCHEROW S, RICUR G,

PIEZZI V. Combined posterior chamber phakic intraocular lens and laser in situ keratomileusis;bioptics for extreme myopia[J]. *J Refract Surg*,1999,15(3):299-308.  
[7] ALPINS N A. A new method of analyzing vectors for changes in astigmatism[J]. *J Cataract Refract Surg*,1993,19(4):524-533.  
[8] ALPINS N A. Astigmatism analysis by the Alpins method[J]. *J Cataract Refract Surg*,2001,27(1):31-49.  
[9] ALPINS N A, GOGGIN M. Practical astigmatism analysis for refractive outcomes in cataract and refractive surgery[J]. *Surv Ophthalmol*,2004,49(1):109-122.  
[10] NUBILE M, CARPINETO P, LANZINI M, CALIENNO R, AGNIFILI L, CIANCAGLINI M, et al. Femtosecond laser arcuate keratotomy for the correction of high astigmatism after keratoplasty[J]. *Ophthalmology*,2009,116(6):1083-1092.  
[11] KUMAR N L, KAISERMAN I, SHEHADEH-MASHOR R, SAN-SANAYUDH W, RITENOUR R, ROOTMAN D S. IntraLase-enabled astigmatic keratotomy for post-keratoplasty astigmatism;on-axis vector analysis[J]. *Ophthalmology*,2010,117(6):1228-1235.  
[12] GUAN H J. Paying attention to precision correcting surgery for cataract associated with corneal astigmatism[J]. *Chin J Exp Ophthalmol*,2017,35(3):193-196.  
管怀进. 重视白内障合并角膜散光的精准手术矫正问题[J]. 中华实验眼科杂志,2017,35(3):193-196.  
[13] DAY A C, LAU N M, STEVENS J D. Nonpenetrating femtosecond laser intrastromal astigmatic keratotomy in eyes having cataract surgery[J]. *J Cataract Refract Surg*,2016,42(1):102-109.  
[14] CHAN T C, CHENG G P, WANG Z, THAM C C, WOO V C, JHANJHI V. Vector analysis of corneal astigmatism after combined femtosecond-assisted phacoemulsification and arcuate keratotomy[J]. *Am J Ophthalmol*,2015,160(2):250-255.  
[15] CHEN X, YU J C. Research progress in the method of treating astigmatism at the time of cataract surgery[J]. *Int Eye Sci*,2015,15(6):993-996.  
陈星,于建春. 白内障手术同时矫正散光的方法研究进展[J]. 国际眼科杂志,2015,15(6):993-996.  
[16] ALPINS N A. Vector analysis of astigmatism changes by flattening, steepening, and torque[J]. *J Cataract Refract Surg*,1997,23(10):1503-1514.