

· 专家述评 ·

## 重视白内障合并角膜散光的精准手术矫正问题

管怀进

226001 南通大学附属医院眼科中心

通信作者:管怀进,Email:guanhjeye@126.com

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2017.03.001

**【摘要】** 临床上白内障合并角膜散光患者较为常见,而以往白内障超声乳化术中散光并未得到精准矫正,严重影响术后的屈光功能和视觉质量。术前精确测量角膜散光的大小和轴向是白内障屈光手术中确定角膜切开位置或植入 Toric 人工晶状体(IOL)的关键。联合应用 IOLMaster 计算 IOL 球镜度数、利用 Pentacam 测定全角膜曲率、采用 VERION 导航系统可提供精准的术前检查数据和良好的术后效果,使得白内障术中可以通过改进手术切口、弧形角膜切开和植入适宜的 Toric IOL 来矫正角膜散光。飞秒激光弧形角膜切开联合白内障超声乳化可有效、安全和精准地矫正中低度角膜散光,改善视功能。为提高白内障屈光手术的准确性,我们应进一步研究建立角膜生物力学数字化模型、改良手术量计算方案,以增进飞秒激光角膜切开矫正角膜散光的可预测性和精准性。

**【关键词】** 白内障/手术疗法;角膜散光;飞秒激光/治疗用途;导航系统;屈光白内障手术;精准手术

**基金项目:**江苏省科学技术厅社会发展重大项目——重点病种规范化诊疗项目(BE2016669);南通市前沿与关键技术社会民生创新计划项目(MS22015072);南通市社会事业科技创新与示范项目(HS2014001)

**Paying attention to precision correcting surgery for cataract associated with corneal astigmatism** Guan Huaijin

Department of Ophthalmology, Affiliated Hospital of Nantong University, Nantong 226001, China

Corresponding author: Guan Huaijin, Email: guanhjeye@126.com

**【Abstract】** Corneal astigmatism in patients with cataract is very common, but it could not be accurately corrected during previous cataract surgery, which usually affects the visual quality seriously. The accurate measurement of corneal astigmatism power and meridian before surgery is key to the effective correction of astigmatism during the cataract surgery by either the determination of astigmatic keratotomies or the selection and implantation of toric intraocular lenses (IOL). The combination of IOL Master for sphere, the Pentacam for the total corneal refractive power and VERION Digital Marker for surgical orientation can provide promising refractive examination, treatment and good postoperative outcomes. Preexisting astigmatism can be corrected during cataract surgery by modifying incision, performing arcuate keratotomy, or implanting a toric IOL. Femtosecond laser arcuate keratotomy combined with phacoemulsification is an effective, safe and precise method for the correction of low to moderate corneal astigmatism power, and it can improve visual acuity in cataract surgery candidates. Further work is required to establish corneal biomechanics numerical simulation and nomography protocol for cataract refractive surgery so as to improve the predictability and accuracy of femtosecond laser-assisted astigmatic keratotomy during refractive cataract surgery.

**【Key words】** Cataract/surgery; Astigmatism, corneal; Femtosecond laser/therapy use; Digital marker; Refractive cataract surgery; Precise surgery

**Fund program:** Jiangsu Province Science and Technology Department of Social Development Major Projects—Key Diseases Standardization Diagnosis and Treatment Projects (BE2016669); Nantong Frontier and Key Technologies of Social Innovation of the People's Livelihood Programs (MS22015072); Nantong Social Enterprise Technology Innovation and Demonstration Project (HS2014001)

白内障目前仍然是中国盲和视力损伤的主要原因之一,占中国视力残疾的 56.7%<sup>[1]</sup>,其主要治疗方法仍然是手术疗法。近年来,通过术前设计和规划及手术技术改进,传统的白内障复明手术已逐渐发展为屈光手术<sup>[2-4]</sup>。与此同时,患者对术后屈光功能的期望

值也明显增高,术后无需戴镜即为正视眼(无近视、远视和散光)而拥有全程功能性视力已成为患者对治疗的主要期望<sup>[3-5]</sup>。不过近视、远视状态容易通过人工晶状体(intraocular lens, IOL)的精准计算而解决,但散光常易被忽视或无法矫正。临床上,白内障合并角膜

散光患者常见,34.70%~47.27%的白内障患者术前存在 $\geq 1.0$  D角膜散光,严重影响视功能<sup>[2,6]</sup>,白内障手术过程中的角膜切口等也会或多或少地引起术源性角膜散光(surgically induced astigmatism, SIA)。此外,角膜散光也随着年龄的增加而增加,散光轴向也发生改变。白内障术后散光主要来自角膜,如果我们不能在白内障术前、术后,特别是术中矫正和预防角膜散光,则无法满足大部分白内障患者达到屈光手术的要求,白内障超声乳化术后15%~56%的眼残留 $\geq 1.0$  D散光。可见,散光已成为影响白内障屈光手术视功能恢复的主要因素<sup>[3]</sup>,眼科医师必须高度重视白内障患者角膜散光的处理,特别是植入多焦 IOL、Toric IOL 等保险不付费的高端 IOL 患者<sup>[5,7]</sup>。以往曾有治疗白内障散光眼的方法,但离精准屈光手术的要求还有较大差距<sup>[2]</sup>,可见,白内障合并角膜散光的精准手术矫正问题是全球眼科医生面临的共同挑战,值得关注。

## 1 白内障合并角膜散光的精准测量问题

只有在白内障术前获得准确的角膜曲率数据,精准测定角膜散光及其轴向,才有可能在白内障手术中对手术切口进行精准定位,以矫正角膜散光<sup>[4]</sup>。目前,可用于测量角膜曲率的仪器较多,如角膜曲率计、电脑验光仪、角膜地形图和光学生物测量仪,前2种仪器仅测定角膜前表面中央区3 mm直径的曲率或类似视网膜检影的原理,不能排除角膜不规则性散光,故难以精准测量角膜散光。

角膜地形图仪是基于Placido盘原理来测量角膜曲率的,其中Pentacam、Orbscan和Galilei分析仪等可精细地检查角膜前表面8.0 mm内的曲率和95%以上的地形,尤其是前者可获得数千个数据,显著提高了散光检测的精准性,但要避免角膜透明度、小睑裂、患者体位和眼位对测量准确性的影响,特别是泪膜异常者<sup>[8]</sup>。IOLMaster、Lenstar和VERION等光学生物测量仪用照相机记录投射在角膜前表面的反射光点来计算视轴方向环形的角膜表面曲率半径,其优点是避免光轴方向测量的误差,缺点是不能反映整个角膜表面的形态和曲率,摄像时如聚焦不准确、偏中心注视则会影响结果,且角膜、晶状体等屈光间质明显混浊者则无法测量,所以光学生物测量仪不适用于白色白内障患者角膜散光的精准测量<sup>[9]</sup>。

上述几种仪器主要检测占角膜曲率绝大部分的角膜前表面曲率,无法测量角膜后表面曲率,因此也可影响散光矫正效果<sup>[10]</sup>,只有测得全角膜曲率(包括前表面和后表面)曲率才能改善角膜散光术后的屈光功

能<sup>[11]</sup>。临床上发现,如果不矫正后表面散光,顺规散光会过矫,而逆规散光可能欠矫,从而影响术眼术后的视功能。一般认为,IOLMaster可作为评价新仪器,包括Lenstar、Pentacam的金标准<sup>[4]</sup>,对IOLMaster、VERION影像导航系统和自动角膜曲率仪测定的角膜曲率,包括散光量和散光轴进行比较可发现,3种仪器所测定的陡峭轴K值和散光轴向存在统计学差异,但陡峭轴K值相差 $<0.25$  D,没有实际临床意义<sup>[4]</sup>。从测定全角膜(前表面、后表面)散光和大范围(几乎整个角膜)、欠规则(角膜过陡、过平、不规则)散光的要求来看,只有Orbscan,特别是Pentacam眼前节分析仪,才能准确、全面地测定角膜曲率<sup>[8,12-14]</sup>,因此应根据患者的眼部情况,选择一种(如Pentacam)甚至多种角膜曲率检查仪,规范检查流程,注意泪膜和头位、反复多次测量,尽可能在术前精准测量角膜散光。

## 2 白内障合并角膜散光的精准测量和定位问题

### 2.1 散光轴向的测定方法

上述测量角膜曲率的各种仪器均可测定散光的轴向,但不同仪器测量数值有所差别,目前以Pentacam眼前节分析仪测量轴向范围最大(8 mm),数值也较准。此外,VERION影像导航系统有高度的可重复性,术后散光矫正的偏差少,比手工标记技术偏差少。

### 2.2 散光轴向的精准定位

在对散光轴向进行标记定位时,患者是坐位,而手术时患者为仰卧位。不少患者由坐位到仰卧位的体位变化可引起眼球旋转,致使散光轴向出现偏差。如果术前散光轴向的定位是患者直立位在裂隙灯显微镜下用常规的定位尺手工标记的,手术时眼球位置往往出现偏差,导致切口部位、散光轴向的确定不精准,最终引起散光矫正的失误。近年来,在术前和术中应用的定位导航系统(如VERION)可设计和引导角膜切口、散光轴向(切口、Toric IOL)和视轴中心(撕囊、IOL中心)的精确定位,有利于散光轴向的精准定位和散光度的矫正。但问题是,白内障术中的角膜切口会产生SIA并改变散光轴向,术后随年龄增长散光轴向也会改变,甚至发生 $20^\circ$ 的移位<sup>[5]</sup>。飞秒激光角膜切开导致的散光轴向的改变明显小于手工切口<sup>[7]</sup>。所以,为减少散光轴的变化幅度,应首选飞秒激光做角膜切口。

总之,在白内障合并角膜散光的精准测量与定位方面,有研究者建议用IOLMaster测量计算IOL球镜度数,用Pentacam测量全角膜散光,用VERION数字化系统标记手术方位<sup>[11]</sup>,以增加白内障屈光手术的精准性。

### 3 白内障合并角膜散光的精准手术矫正

#### 3.1 精准手术规划

规划矫正白内障合并的角膜散光手术影响因素较多,需要综合考虑,适当调整手术切口的数量、深度、长度以达到个性化精准矫正散光的目的。

##### 3.1.1 影响精准手术因素

**3.1.1.1 角膜生物力学与数字化模型** 角膜的光学效果主要依赖于角膜表面的几何结构。散光矫正的效果显然与角膜的生物力学和解剖结构相关。可惜,目前我们对不同患者角膜的生物力学知之甚少,这与临床上角膜散光矫正效果时有乱象而不够精准密切相关。尽管飞秒激光具有创面更平滑、愈合更好的优势,但角膜弧形切开可能因为遗传性生物学变异而产生一定的变化,而切口愈合过程的不同又会进一步增加矫正散光效果的复杂性<sup>[14]</sup>。

人角膜的形状取决于其物质特性和眼压与组织内张力分布的力学平衡。临床研究提示,术前预计的和术后实际达到的角膜表面形状和曲率之间存在差异<sup>[15]</sup>。Studer 等<sup>[15]</sup>依据 13 例白内障患者角膜地形图及角膜厚度、切口等数据构建患者特异角膜生物力学限定成分数字化模型,成功地预测了白内障手术切口导致的术后 Pentacam 角膜地形图改变,减少了屈光不正,将有望成为规划白内障手术切口的有效工具,提高白内障屈光手术的精准性,优化患者的屈光预后和视功能。

**3.1.1.2 年龄相关性角膜散光改变** 随着年龄的增长,角膜散光不仅度数有所增大,而且以往的顺规散光会逐渐向斜向,特别是向逆规散光漂移<sup>[14]</sup>。年龄相关性角膜散光与可导致角膜细胞结构改变的性激素缺乏有关。因此,对年龄相对较轻的白内障患者,手术规划应尽可能地消除角膜散光,甚至过矫;对顺规散光应轻度欠矫,逆规散光应略为过矫。根据患者年龄调整手术量规划计算表,设计个性化手术方案<sup>[14]</sup>。

**3.1.1.3 其他** 对术前角膜地形图显示的角膜散光陡峭轴不在同一条子午线上、中央与周边区域的强轴不一致的患者,由于散光轴向的多态性,根据中央区域的角膜情况行单侧角膜切口矫正。角膜切口也可根据角膜地形图引导而不在同一子午线上。此外,手术规划时还要考虑性别、眼压和对侧眼的屈光状态。

#### 3.2 白内障术中角膜散光的精准矫正

**3.2.1 散光量与手术方式** 对于规则散光,设置角膜陡峭轴方向的单切口适用于散光度为 0.50 ~ 1.50 D 的患者<sup>[14]</sup>(视频 1),当角膜散光达到约 2.0 D 时,可在

角膜陡峭轴上设置一对透明角膜切口(视频 2)。小于 3 D 的角膜中低度散光可植入 Toric IOL 进行矫正。联合 Toric IOL 和角膜缘松解术(limber relaxing incision, LRI)可矫正角膜高度散光,极高度散光眼可采用 Toric IOL、LRI 和准分子激光联合手术<sup>[16]</sup>。

**3.2.2 精准手术方法** 白内障术中矫正散光的方法主要有角膜切开(主切口、弧形切口)和 Toric IOL 植入。

**3.2.2.1 角膜切开矫正散光** 通过角膜板层或穿通切开改变切开部位的角膜曲率,以期减少或消除切开轴向的角膜曲率及与其垂直 90° 轴向的角膜曲率差值,从而达到部分或全部矫正白内障患者角膜散光的目的。目前,制作角膜切口主要有手术刀(钢刀、宝石刀、钻石刀)和激光(飞秒激光、准分子激光)2 种工具,无论是手术刀还是激光制作切口,其矫正散光的效果都与切口的位置、形状、长度和深度、构型、切口与视轴距离、切口完整性、切口缝合与否以及愈合情况有关。

(1)切口部位 手术刀制作切口可做在透明角膜、角膜缘或巩膜上,但切口越靠近角膜光学区,术后矫正散光越明显。飞秒激光切开目前仅可在透明角膜上,更靠近角膜光学区,矫正效果比较明显。飞秒激光由计算机控制操作,比手工制作切口的轴向更准确,特别是在 VERION 定位导航系统设计和引导下(视频 1、2,文后请扫码)。如要以视轴为中心设置切口,则更需导航系统的精准引导。此外,激光可在任何子午线上制作切口,而手术刀只能在某些象限子午线上制作切口,否则可影响其后眼内操作的便利性。可见,手工制作切口无需特殊设备,操作简便、价格低廉,但可预测性和可重复性不强,也受子午线限制。(2)切口形状 飞秒激光可精准地将切口做成与角膜缘同弧度的弧形切口或直线切口,而手术刀制作直切口,特别是弧形切口则不那么精准。(3)切口长度和深度 飞秒激光可精准按设定长度和深度制作切口,精准度可以微米来计算<sup>[14]</sup>。(4)切口构型 飞秒激光和手术刀均可制作单平面斜形穿通切口,但在需要做可矫正较大散光度的三阶梯状切口时,显然飞秒激光要比手术刀制作的切口精准得多,如需要制作板层或有一定倾斜角的切口,飞秒激光也比手术刀精准<sup>[14]</sup>。(5)切口与视轴距离 切口越靠近视轴(如飞秒激光、透明角膜切口)则对角膜散光的矫正作用越大,越远离视轴(如手工、非透明角膜切口)对角膜散光的矫正作用越小。(6)切口的完整性 透明角膜切口的完整性受超声乳化能量所致热损伤和手术仪器进出切口所致的机械损伤影响,飞秒激光所制作的切口未完全切穿而需要以器械强行分离时可能会造成切口破碎<sup>[5]</sup>。(7)切口关闭与

打开切口缝合与否可显著影响散光矫正效果。飞秒激光的角膜切口精确,且为从内向外切割,术后切口密闭性好,感染可能性少。飞秒激光角膜切口可在术中、术后在实时角膜屈光仪监控下进行部分、全部打开或不打开切口,从而实时调整散光矫正量<sup>[14]</sup>。(8)切口愈合 切口愈合过程中角膜组织的张力不断变化,角膜散光度也随之变化,切口愈合等因素可导致散光回退。

**3.2.2.2 Toric IOL 植入矫正散光** Toric IOL 通过中和角膜的散光发挥矫正散光的作用。理论上讲,植入复曲面 IOL 可预测性好,可避免角膜切开的 irregular 散光,并且手术可逆,但其矫正散光范围较小(0.5 ~ 4.0 DC),术后 IOL 移位及年龄相关性角膜散光的漂移均会影响远期效果<sup>[17-19]</sup>。可见,Toric IOL 植入矫正散光并不那么精准,Toric IOL 植入术后 12% 的患者存在 >1 D 的残余散光,其原因可与术前干眼、SIA、术后 Toric IOL 移位、术后屈光变化等有关<sup>[11]</sup>。

#### 4 挑战与展望

飞秒激光角膜切开联合导航系统矫正散光不仅可用于白内障术中,还可用于治疗白内障术后的残余散光,且不发生手工弧形切开所致的角膜膨隆和上皮植入等并发症<sup>[3]</sup>,是目前矫正白内障角膜散光的最佳选择,对中低度散光的矫正精确性和可预测性较好。但其实际应用效果并不像理论上那么好,1 D 以上的散光容易欠矫,而 1 D 以下的散光又往往过矫<sup>[14]</sup>。此外,除了重视术前存在的角膜散光矫正外,眼科医师还要预测和防治 SIA 及术后远期的年龄相关性角膜散光改变、晶状体囊膜及位置改变所引起的散光变化和术后散光回退问题。总之,为提高白内障屈光手术的准确性,眼科医师应进一步研究建立角膜生物力学数字化模型和改良手术计算量表,调整矫正方案,实现飞秒激光矫正白内障角膜散光的个性化、精准性、规范化。

#### 参考文献

[1] 管怀进. 我国防盲与眼科流行病学研究的现状及发展[J]. 中华眼科杂志, 2010, 46(10): 938-943. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0412-4081. 2010. 10. 014.  
Guan HJ. Present status and development of prevention of blindness and ophthalmic epidemiologic studies in China [J]. Chin J Ophthalmol, 2010, 46(10): 938-943. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0412-4081. 2010. 10. 014.

[2] Kim H, Whang WJ, Joo CK. Corneal astigmatism in patients after cataract surgery: a 10-year follow-up study [J]. J Refract Surg, 2016, 32(6): 404-409. DOI: 10. 3928/1081597X-20160303-01.

[3] Yoo A, Yun S, Kim JY, et al. Femtosecond laser-assisted arcuate keratotomy versus Toric IOL implantation for correcting astigmatism [J]. J Refract Surg, 2015, 31(9): 574-578. DOI: 10. 3928/1081597X-20150820-01.

[4] Asena L, Gungör SG, Akman A. Comparison of keratometric measurements obtained by the verion image guided system with optical

biometry and auto-keratorefractometer [J/OJ]. Int Ophthalmol, 2016, 7[2016-12-24]. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10792-016-0274-8>. DOI: 10.1007/s10792-016-0274-8.

[5] Diakonis VF, Yesilirmak N, Cabot F, et al. Comparison of surgically induced astigmatism between femtosecond laser and manual clear corneal incisions for cataract surgery [J]. J Cataract Refract Surg, 2015, 41(10): 2075-2080. DOI: 10.1016/j.jcrs.2015.11.004.

[6] Yuan X, Song H, Peng G, et al. Prevalence of corneal astigmatism in patients before cataract surgery in Northern China [J/OJ]. J Ophthalmol, 2014, 2014: 536412 [2016-12-24]. <https://www.hindawi.com/journals/joph/2014/536412/>. DOI: 10.1155/2014/536412.

[7] Nagy ZZ, Dunai A, Kránitz K, et al. Evaluation of femtosecond laser-assisted and manual clear corneal incisions and their effect on surgically induced astigmatism and higher-order aberrations [J]. J Refract Surg, 2014, 30(8): 522-525. DOI: 10.3928/1081597X-20140711-04.

[8] Crawford AZ, Patel DV, McGhee CN. Comparison and repeatability of keratometric and corneal power measurements obtained by Orbscan II, Pentacam, and Galilei corneal tomography systems [J]. Am J Ophthalmol, 2013, 156(1): 53-60. DOI: 10.1016/j.ajo.2013.01.029.

[9] Chang M, Kang SY, Kim HM. Which keratometer is most reliable for correcting astigmatism with toric intraocular lenses? [J]. Korean J Ophthalmol, 2012, 26(1): 10-14. DOI: 10.3341/kjo.2012.26.1.10.

[10] Eom Y, Kang SY, Kim HM, et al. The effect of posterior corneal flat meridian and astigmatism amount on the total corneal astigmatism estimated from anterior corneal measurements [J]. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2014, 252(11): 1769-1777. DOI: 10.1007/s00417-014-2737-9.

[11] Davison JA, Potvin R. Refractive cylinder outcomes after calculating toric intraocular lens cylinder power using total corneal refractive power [J]. Clin Ophthalmol, 2015, 9: 1511-1517. DOI: 10.2147/OPTH.S88693.

[12] Chang M, Kang SY, Kim HM. Which keratometer is most reliable for correcting astigmatism with toric intraocular lenses? [J]. Korean J Ophthalmol, 2012, 26(1): 10-14. DOI: 10.3341/kjo.2012.26.1.10.

[13] Srivannaboon S, Soeharnila, Chirapapaisan C, et al. Comparison of corneal astigmatism and axis location in cataract patients measured by total corneal power, automated keratometry, and simulated keratometry [J]. J Cataract Refract Surg, 2012, 38(12): 2088-2093. DOI: 10.1016/j.jcrs.2012.07.024.

[14] Chan TC, Cheng GP, Wang Z, et al. Vector analysis of corneal astigmatism after combined femtosecond-assisted phacoemulsification and arcuate keratotomy [J]. Am J Ophthalmol, 2015, 160(2): 250-255. DOI: 10.1016/j.ajo.2015.05.004.

[15] Studer HP, Riedwyl H, Amstutz CA, et al. Patient-specific finite-element simulation of the human cornea: a clinical validation study on cataract surgery [J]. J Biomech, 2013, 46(4): 751-758. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2012.11.018.

[16] Nichamin LD. Astigmatism control [J]. Ophthalmol Clin North Am, 2006, 19(4): 485-493. DOI: 10.1016/j.ohc.2006.07.004.

[17] Titiyal JS, Khatik M, Sharma N, et al. Toric intraocular lens implantation versus astigmatic keratotomy to correct astigmatism during phacoemulsification [J]. J Cataract Refract Surg, 2014, 40(5): 741-747. DOI: 10.1016/j.jcrs.2013.10.036.

[18] Kessel L, Andresen J, Tendal B, et al. Toric intraocular lenses in the correction of astigmatism during cataract surgery: a systematic review and Meta-analysis [J]. Ophthalmology, 2016, 123(2): 275-286. DOI: 10.1016/j.ophtha.2015.10.002.

[19] Bachernegg A, Rückl T, Riha W, et al. Rotational stability and visual outcome after implantation of a new toric intraocular lens for the correction of corneal astigmatism during cataract surgery [J]. J Cataract Refract Surg, 2013, 39(9): 1390-1398. DOI: 10.1016/j.jcrs.2013.03.033.



视频 1



视频 2

(收稿日期:2017-01-24)

(本文编辑:尹卫靖 杜娟)