

非球面散光型人工晶状体植入治疗合并角膜散光白内障患者的临床研究

李莉, 蓝倩倩, 王璐

基金项目: 广西医疗卫生重点科研课题(编号:重2012098); 广西科学研究与技术开发项目(编号:桂科攻1355005-5-4)

作者单位: 530021 南宁, 广西壮族自治区人民医院眼科

作者简介: 李莉(1963-), 女, 医学硕士, 主任医师, 硕士研究生导师, 研究方向: 白内障、青光眼和角膜病的诊治。E-mail: lily21cn@189.cn

[摘要] **目的** 研究非球面散光型人工晶状体植入治疗合并角膜散光白内障患者的临床疗效。**方法** 将合并角膜规则散光 $>1\text{ D}$ 的年龄相关性白内障患者117例(158眼)分为两组, 行超声乳化白内障吸出术后, Toric组69例(92眼)联合植入非球面散光型人工晶状体, 对照组48例(66眼)联合植入非球面人工晶状体, 术后比较两组患者的自觉症状、视力、全眼散光、客观视觉质量等指标。**结果** 平均随访15.2月。术后3个月时, Toric组的全眼散光(0.65 ± 0.38)D明显小于对照组(1.84 ± 0.46)D, Toric组的裸眼视力(0.80 ± 0.23)明显高于对照组(0.59 ± 0.14), Toric组对比敏感度、MTF cut off值、100%对比度下视力、20%对比度下视力及患者主观视觉质量的改善程度均优于对照组。Toric组在末次随访时人工晶状体旋转(7.1 ± 4.2)°。**结论** 非球面散光型人工晶状体可以为合并角膜散光的白内障患者提供良好的术后主观、客观视觉质量。

[关键词] Toric人工晶状体; 散光; 白内障

[中图分类号] R 776.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1674-3806(2016)01-0001-05

doi:10.3969/j.issn.1674-3806.2016.01.01

Controlled clinical study of aspheric Toric intraocular lens in treatment of cataract with astigmatism Li Li, LAN Qian-qian, WANG Lu. Department of Ophthalmology, the People's Hospital of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530021, China

[Abstract] **Objective** To research the clinical efficacy of aspheric Toric intraocular lens(IOL) in the treatment of cataract patients with corneal astigmatism. **Methods** One hundred and seventeen age-related cataract patients(158 eyes) with more than 1.0 diopter(D) of preexisting corneal astigmatism were divided into two groups. The Toric group(92 eyes in 69 cases) received the aspheric Toric IOL implantation after phacoemulsification, and the control group(66 eyes in 48 cases) received the aspheric IOL. The postoperative symptoms, uncorrected visual acuity(UCVA), total astigmatism and objective visual quality indicators were examined. **Results** With an average follow-up of 15.2 months, the total astigmatism in the Toric group(0.65 ± 0.38)D was significantly lower than that in the control group three months after the operation (1.84 ± 0.46)D, while the UCVA in Toric group(0.80 ± 0.23) was higher than that in the control group(0.59 ± 0.14). The postoperative contrast sensitivity, MTF cut off value, visual acuity at 100% contrast, visual acuity at 20% contrast and the improvement of subjective visual quality in the Toric group were higher than those in the control group. The mean rotation of IOLs in the Toric group was (7.1 ± 4.2)degrees. **Conclusion** Aspheric Toric IOL can provide good subjective and objective visual quality for cataract patients with corneal astigmatism.

[Key words] Toric intraocular lens; Astigmatism; Cataract

白内障患者中,有15%~29%存在 $>1.5\text{ D}$ 的术前角膜散光^[1]。较大的术前角膜散光会影响术后裸眼视力的提高,还可引起复视、视疲劳等症状^[2]。近年散光型人工晶状体(toric intraocular lens, Toric

IOL)的临床应用在治疗术前散光上取得了可靠的疗效^[3]。而非球面人工晶体的应用有效地改善了白内障患者术后夜视力差、对比敏感度低等问题^[4]。如果将非球面和矫正散光的功能结合起来的人工晶

体,能否获得更好的视觉质量呢,本研究对合并角膜散光的白内障患者行白内障超声乳化吸出术,分别植入非球面散光型人工晶状体及植入非球面人工晶状体,对比其临床疗效。

1 对象与方法

1.1 研究对象 选取 2012-01 ~ 2014-08 到广西壮族自治区人民医院眼科中心就诊的角膜规则散光 > 1 D 的年龄相关性白内障患者 117 例(158 眼)作为研究对象。排除合并青光眼、角膜病、葡萄膜炎、视网膜玻璃体疾病、视神经病变、高度近视、翼状胬肉、重度干眼症等其他影响视力的眼部疾病,排除既往眼内及屈光手术史患者。所有患者符合条件并能完成规则随访。按晶状体核 Emery 硬度分级标准分级均在 III ~ V 级核之间。根据患者的需求将研究对象分为 Toric 组 69 例和对照组 48 例。两组术前年龄、性别构成比、术前裸眼视力、术前角膜散光差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。见表 1。

表 1 两组患者术前基线资料比较[n, ($\bar{x} \pm s$)]

组别	例数	眼数	性别		年龄 (岁)	术前裸眼 视力	术前角膜 散光(D)
			男	女			
Toric 组	69	92	38	31	68.91 $\pm$ 12.38	0.15 $\pm$ 0.12	1.97 $\pm$ 1.08
对照组	48	66	26	22	65.18 $\pm$ 11.23	0.14 $\pm$ 0.14	1.95 $\pm$ 0.82
χ^2/t	-	-	0.009		-1.370	-0.471	-0.093
P	-	-	0.923		0.175	0.639	0.926

1.2 人工晶状体的选择 Toric 组使用的非球面散光型人工晶状体是 Acrysof IQ Toric IOL(SN6AT, 爱尔康公司, 美国), 对照组使用的非球面人工晶状体是 Acrysof IQ IOL(SN60WF, 爱尔康公司, 美国)。两者均是一片式疏水性丙烯酸酯人工晶状体。Toric 组与对照组中植入的 IOL 球镜度数分别为(18.29 $\pm$ 3.13)D 和(18.82 $\pm$ 2.32)D。

1.3 术前准备 两组患者术前均行裸眼视力、眼压、角膜内皮计数、眼球 B 超等检查,用 IOL Master(蔡司公司, 德国)测量角膜曲率、眼轴,并计算 IOL 的球镜度数。Toric 组应用美国爱尔康公司网站提供的 Acrysof Toric IOL Calculator 软件,输入术前角膜曲率及轴向、IOL 球镜度数、手术切口位置、手术源性散光,计算所需植入的 Toric IOL 型号、轴位及预期残余散光。患者用盐酸奥布卡因表面麻醉后,取坐位,在裂隙灯下用标记笔标记手术切口位置和 Toric IOL 预放置的轴位。

1.4 手术方法 由同一位手术技巧娴熟的主任医师完成所有手术。使用盐酸奥布卡因对术眼进行表

面麻醉后, Toric 组在切口标记点处做 2.2 mm 透明角膜切口, 对照组于角膜 10 点位做 2.2 mm 透明角膜切口。用撕囊镊行连续环形撕囊(直径约 5 mm), 用 Infiniti 超声乳化治疗仪(爱尔康公司, 美国)的超声乳化头劈核并乳化吸出晶状体核, 用 I/A 头吸出残余皮质和后囊膜抛光。Toric 组将非球面 Toric IOL 用推注器植入囊袋内后用人工晶体调位钩按顺时针旋转 IOL 调整到离标记轴位 10 度左右的位置, 吸除囊袋内和前房内的残余粘弹剂后, 再将 IOL 调整到标记轴位并下压 IOL 使之与后囊膜贴附。对照组用推注器将非球面 IOL 植入囊袋内后吸除残余粘弹剂; 水密角膜切口。用妥布霉素地塞米松眼膏包术眼。

1.5 术后随访项目和方法 (1) 视力: 用国际标准对数视力表测量; (2) 眼压: 用 TX-20 非接触式眼压计(佳能公司, 日本)测量; (3) 全眼散光: 由验光师行主觉验光测出; (4) 晶状体轴位偏移度: 患者散瞳后由主刀医师在裂隙灯下观察; (5) 角膜内皮细胞数: 用 SP-3000P 内皮计(拓普康公司, 日本)测量; (6) 主观视觉质量: 根据美国国立眼科研究所的视功能生存质量调查问卷^[5] 结合我院临床实际进行修改设计而成的调查问卷进行调查; (7) 对比敏感度(contrast sensitivity, CS): 用 OPTEC3500 视功能测试仪(Stereo Optical 公司, 美国)测定两组患者术后 3 个月有无眩光下的明暗对比敏感度; (8) MTF 截止频率(MTF cut off)和不同对比度下视力: 用 OQAS 双通道视觉质量分析仪(Human Vision 公司, 西班牙)测量。

1.6 统计学方法 应用 SPSS19.0 统计学软件对数据进行处理, 计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 并采用独立样本 t 检验, 计数资料采用 χ^2 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

117 例患者术后随访 5.5 ~ 24.8 个月, 平均随访 15.2 月。术后 3 个月后随访结果与术后 3 个月时变化不大, 因而取术后 3 个月的随机结果分析。

2.1 两组患者术后主观视觉质量比较 术后 3 个月对所有患者主观视觉质量调查问卷统计结果可见, Toric 组的患者术后在复视、视物疲劳、眩光、夜间视物能力等方面均较对照组显著改善, 自觉视力也较对照组高, 日常生活中无需眼镜的患者比例较对照组高, 两组患者术后均无视觉扭曲, 在颜色知觉和深度知觉时也没有困难。见表 2。

表2 两组患者术后主观视觉质量比较[n(%)]

组别	眼数	日常生活中无需借助眼镜	无复视	视物疲劳感较术前有改善	无眩光	无视觉扭曲	在颜色知觉和深度知觉时没有困难	在夜视时视物没有困难	看灯光时周围没有光晕	患者自觉视力
Toric组	92	79(85.9)	86(93.5)	92(100.0)	91(98.9)	92(100.0)	92(100.0)	78(84.8)	84(91.3)	8.6
对照组	66	47(71.2)	8(12.1)	19(28.8)	60(90.9)	66(100.0)	66(100.0)	38(57.6)	7(10.6)	5.2
χ^2	-	5.119	105.553	127.741	4.078			14.576	102.471	
P	-	0.024	0.000	0.000	0.043			0.000	0.000	

注:眩光指由于大于眼睛可适应的照明而引起的烦恼、不适或丧失视觉表现的感觉。将患者自觉视力分为1~10等级,1级表示患者自觉视力低下,对视力极其不满意,10级表示患者自觉视力非常好,对视力很满意

2.2 两组患者术前术后视力比较 两组患者的术后裸眼视力均较同组患者术前裸眼视力提高1~6行。两组患者术前裸眼视力无统计学差异,Toric组术后3月裸眼视力高于对照组,差异有统计学意义($P < 0.01$)。见表3。

表3 两组患者术前术后视力比较($\bar{x} \pm s$)

组别	眼数	术前裸眼视力	术后3月裸眼视力
Toric组	92	0.15 $\pm$ 0.12	0.80 $\pm$ 0.23
对照组	66	0.14 $\pm$ 0.14	0.59 $\pm$ 0.14
t	-	-0.471	-4.710
P	-	0.639	0.000

2.3 两组患者术前术后散光情况比较 两组患者术前角膜散光无统计学差异,Toric组的术后3个月全眼散光小于对照组,差异有统计学意义($P < 0.01$); Toric组患者术后3个月全眼散光(0.65 ± 0.38)D,与预计残余散光(0.31 ± 0.16)D相比,差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表4。

表4 两组患者术前术后散光情况比较($\bar{x} \pm s$)

组别	眼数	术前角膜散光(D)	术后3月全眼散光(D)
Toric组	92	1.97 $\pm$ 1.08	0.65 $\pm$ 0.38
对照组	66	1.95 $\pm$ 0.82	1.84 $\pm$ 0.46
t	-	-0.093	12.586
P	-	0.926	0.001

2.4 两组患者术后对比敏感度比较(CS, contrast sensitivity) 术后3个月,无论有无眩光下,Toric组的明、暗对比敏感度普遍高于对照组。见图1,2。

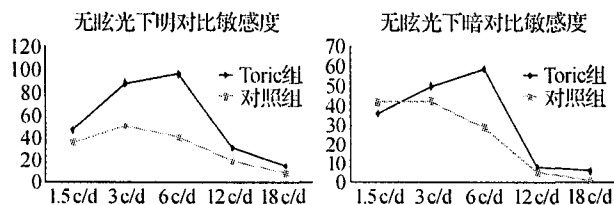


图1 两组患者术后对比敏感度比较图(无眩光)

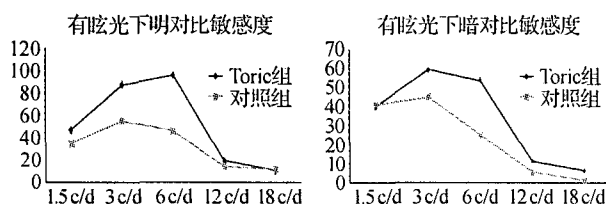


图2 两组患者术后对比敏感度比较图(有眩光)

2.5 两组患者术后客观视觉质量比较 Toric组术后3个月的MTF cut off(调节传递函数MTF截止频率)、100%对比度下视力、20%对比度下视力均较对照组好,差异有统计学意义($P < 0.05$),而9%对比度下视力两组差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表5。

表5 两组患者术后客观视觉质量比较($\bar{x} \pm s$)

组别	眼数	MTF cut off (c/deg)	100%对比度下视力	20%对比度下视力	9%对比度下视力
Toric组	92	23.20 $\pm$ 6.76	0.76 $\pm$ 0.24	0.51 $\pm$ 0.21	0.30 $\pm$ 0.14
对照组	66	15.44 $\pm$ 6.00	0.53 $\pm$ 0.20	0.34 $\pm$ 0.12	0.25 $\pm$ 0.12
t	-	-2.850	-2.481	-2.450	-0.951
P	-	0.010	0.022	0.024	0.353

2.6 Toric组中IOL的囊袋内稳定性 末次随访时,Toric组IOL旋转(7.1 ± 4.2)°,其中80眼(86.9%)的IOL轴位偏离在10°以内,有9眼(9.8%)的IOL轴位偏离在10°~20°之间,3眼(3.3%)的IOL轴位与原预定轴位相比偏离度>20°。

2.7 并发症 随访期间,所有患者均未发现后发性白内障、角膜内皮失代偿、青光眼、眼内感染、严重的虹膜睫状体炎等手术并发症。

3 讨论

3.1 植入球面人工晶状体的很多老年患者虽然裸眼视力提高,但在光线昏暗的环境下仍抱怨视物不清。这是球差引起的视觉质量下降。正常角膜拥有($+0.27 \pm 0.02$) μm^6 的正球差,人年轻时晶状体为负性球差,正负球差相互抵消。随着年龄的增加,晶状体负性球差减少,全眼的正球差不断增加,从而导致视觉质量下降,还会发生眩光等不适症状^[7,8]。

而带有负性球差的非球面人工晶体则可平衡或抵消角膜的正性球差,让全眼球差趋近于零^[9]。Werner等^[10]发现当患者瞳孔直径 $>5\text{ mm}$ 时,非球面人工晶状体与球面人工晶状体相比,能获得更高的对比敏感度及视觉质量。本研究中,两组患者均选用非球面人工晶状体。其中Toric组人工晶体还具有矫正散光的功能。

3.2 散光对裸眼视力有直接影响,散光在 $0.5\sim 1.0\text{ D}$,裸眼视力为 0.6 ;散光在 $1.0\sim 2.0\text{ D}$,裸眼视力为 0.4 ;散光在 $2.0\sim 3.0\text{ D}$,裸眼视力为 $0.2\sim 0.3$ ^[11]。眼球总散光主要是角膜散光和晶状体散光两部分叠加的总和,而白内障摘除术后眼球总散光主要由手术源性角膜散光和术前已存的角膜散光构成。 41% 的白内障患者术前存在 $0.5\sim 1.0\text{ D}$ 的角膜散光, 27% 的患者术前存在 $1.0\sim 1.5\text{ D}$ 的角膜散光, $15\%\sim 29\%$ 的患者术前存在 $\geq 1.5\text{ D}$ 的角膜散光^[11]。

3.3 Toric IOL的概念最早于1992年被Kimiya Shimizu提出,第一枚Toric IOL诞生于1994年^[12]。Mendicute等^[12]发现植入Toric IOL后患者的裸眼视力和高空间频率对比敏感度均优于角膜缘松解术后的患者,前者术前角膜散光为 $(-1.75\pm 0.71)\text{ D}$,术后全眼散光为 $(-0.62\pm 0.46)\text{ D}$,而后者术前角膜散光为 $(-1.61\pm 0.67)\text{ D}$,术后全眼散光为 $(-0.97\pm 0.51)\text{ D}$ 。Ernest等^[13]对术前角膜散光在 $0.75\sim 1.38\text{ D}$ 的白内障患者,用Toric IOL矫正其角膜散光获得显著疗效。对于高度散光的患者,Sasaki等^[14]研究发现植入Toric IOL比植入普通IOL能获得更好的术后裸眼视力,术后残余散光较少。在Ruiz-Mesa^[15]的研究中,Acrysof Toric IOL植入术后6个月,术眼散光由 $(-2.34\pm 1.28)\text{ D}$ 降至 $(-0.72\pm 0.43)\text{ D}$ 。

3.4 本研究所有患者均植入非球面人工晶体,是为了去除球差对术后视觉质量的影响,这样术后视觉质量主要取决于散光的多少。两组患者术前角膜散光均大于 1 D ,两组间术前年龄、性别构成比、术前裸眼视力、术前角膜散光均无明显差异,分别植入非球面Toric IOL和非球面IOL,术后Toric组的全眼散光明显小于对照组。Toric组术后散光与预计残余散光相比,无统计学差异,而且术前软件预测的残余散光准确性高,可用于指导医师术前谈话。

3.5 本研究中主要比较两组间术后的主观感受、视力、对比敏感度和客观视觉质量指标。CS是指辨认物体时所需的物体表面最低黑白反差的物理量,对比敏感度高,则视觉质量好,测量是受主观因素影响^[16]。本研究中测量的客观视觉质量指标有调节

传递函数(modulate transfer function, MTF)、MTF截止频率(MTF cut off)、对比度视力(visual acuity, VA)。其中MTF与对比敏感度关系密切,但是一个客观指标,指不同空间频率下像与物对比度之间的差异,即视网膜上所成像与实际物的对比度的比值,反映光学因素对成像质量的影响。MTF cut off则表示人眼MTF曲线在空间频率达到该频率值时,就会到达分辨率极限,其值越大,视觉质量越好。对比度视力VA是指人眼视网膜成像的客观能力,可客观地评估屈光介质,与大脑皮质整合后的主观视力不同^[17]。

3.6 本研究中Toric组的术后视力、术后在有无眩光下的明暗对比敏感度、MTF cut off值、 $100\%\text{ VA}$ 、 $20\%\text{ VA}$ 及患者的主观视觉质量均优于对照组。可见植入Toric人工晶状体降低术后全眼散光可获得更好的客观与主观视觉质量。 9% 对比度下视力两组患者间无明显统计学差异,考虑到低对比度下散光对视力的影响已不明显。若要得到Toric IOL的最佳矫正效果,其轴位需与角膜最大散光轴位精确重合,根据Novis^[18]报道Toric IOL每旋转 1° ,会损失 3.3% 的矫正效果,若轴位偏差 10° ,矫正效果会降低 $1/3$ 左右;偏差 20° ,矫正效果会降低 $2/3$ 左右;偏差 $>30^\circ$,将会增加术后散光,出现复视、眩光和视力降低等并发症。IOL在囊袋内的稳定性主要取决于人工晶状体的材料、长度及襻的设计和囊袋的大小、完整性及牵张力等因素^[19,20]。Ruiz-Mesa^[15]报道Toric IOL植入术后6个月,IOL轴位平均旋转 $(3.63\pm 3.11)\text{ D}$, 96.7% 的IOL旋转 $<10^\circ$ 。Weinand等^[19]对17例患者植入Toric IOL,其中4眼IOL旋转 $0^\circ\sim 0.5^\circ$,8例旋转 $0.5^\circ\sim 1.0^\circ$,5例旋转 $1.0^\circ\sim 1.8^\circ$ 。Chang^[21]指出丙烯酸酯材料的Toric IOL较硅凝胶材料的Toric IOL稳定性好,术后1个月时 3.3% 的硅凝胶材料的Toric IOL需要手术调整位置,而丙烯酸酯材料Toric IOL均无需要再次手术。Bauer等^[22]研究发现植入Acrysof Toric IOL,术后4个月时的轴位旋转为 $(2.5\pm 2.1)^\circ$ (SN60T3)、 $(3.5\pm 2.3)^\circ$ (SN60T4)和 $(4.1\pm 3.5)^\circ$ (SN60T5)。Watanabe等^[23]也指出Toric IOL植入后稳定性好。本研究使用丙烯酸酯材料的IOL,Toric组患者IOL旋转 $(7.1\pm 4.2)^\circ$,其中 86.9% 的IOL轴位旋转在 10° 以内,展示了Toric良好的稳定性,对于3例Toric IOL轴位旋转超过 20° 的患者我们推测是由于囊袋过大导致IOL不稳定造成的。而非球面IOL的偏心或者倾斜都可能引起眼内不对称的高阶像差,如彗差和继发性散光等^[24],有研究认为非球面IOL若偏中心

0.5 mm, 倾斜 7° 以上, 其本身具有的优势将消失^[25,26]。因此, 选用非球面人工晶状体对术者的手术技巧和适应证的掌握要求更为严格。本研究中对于如何提高手术技巧, 增加 IOL 囊袋稳定性有以下几点经验: (1) 术前测量角膜散光时反复多次测量, 确保结果准确, 应选用可靠的测量仪器, 如 IOL Master、角膜地形图仪等; (2) 由于患者卧位时眼球会较坐位时外旋, 术前标记 IOL 的轴位时应取坐位^[27]; (3) 囊袋内的粘弹剂应吸除干净, 调整 IOL 到目标轴位后轻轻将其下压, 便于 IOL 紧贴于后囊膜; (4) 撕囊大小适中, 位置居中, IOL 植入位置不但轴位要调整准备, 更要居中; (5) 术后查视力、验光, 检查 IOL 位置, 如果位置不准确尽量在一周内调整。在临床上, 对合并规则角膜散光的白内障患者可推荐使用非球面散光型人工晶状体。

参考文献

- Weiss JS. Refractive surgery [M]. 2004 - 2005 Section 14. United States: Am Acad Ophthalmol, 2004: 161.
- Kohnen S, Neuber R, Kohnen T. Effect of temporal and nasal unsutured limbal tunnel incisions on induced astigmatism after phacoemulsification [J]. J Cataract Refract Surg, 2002, 28(5): 821 - 825.
- De Silva DJ, Ramkissoon YD, Bloom PA. Evaluation of a toric intraocular lens with a Z-haptic [J]. J Cataract Refract Surg, 2006, 32(9): 1492 - 1498.
- Sachdev N, Ormonde SE, Sherwin T, et al. Higher-order aberrations of lenticular opacities [J]. J Cataract Refract Surg, 2004, 30(8): 1642 - 1648.
- Fletcher AE, Ellwein LB, Selvaraj S, et al. Measurements of vision function and quality of life in patients with cataracts in southern India. Report of instrument development [J]. Arch Ophthalmol, 1997, 115(6): 767 - 774.
- Holladay JT, Piers PA, Koranyi G, et al. A new intraocular lens design to reduce spherical aberration of pseudophakic eyes [J]. J Refract Surg, 2002, 18(6): 683 - 691.
- Roorda A, Classer A. Wave aberrations of the isolated crystalline lens [J]. J Vis, 2003, 4(4): 250 - 261.
- Smith G, Cox MJ, Calver R, et al. The spherical aberration of the crystalline lens of the human eye [J]. Vision Res, 2001, 41(2): 235 - 243.
- Morales EL, Rocha KM, Chalita MR, et al. Comparison of optical aberrations and contrast sensitivity between aspheric and spherical intraocular lenses [J]. J Refract Surg, 2011, 27(10): 723 - 728.
- Werner W, Roth EH. Image properties of spherical as aspheric intraocular lenses [J]. Klin Monbl Augenheilkd, 1999, 214(4): 246 - 250.
- 黄金鹂, 吴仁毅. 近视眼角膜散光与全眼散光的相关分析 [J]. 中国全科医学, 2006, 9(21): 1768 - 1769.
- Mendicute J, Iriqoyen C, Ruiz M, et al. Toric intraocular lens versus opposite clear corneal incisions to correct astigmatism in eyes having cataract surgery [J]. J Cataract Refract Surg, 2009, 35(3): 451 - 458.
- Ernest P, Potvin R. Effects of preoperative corneal astigmatism orientation on results with a low-cylinder-power toric intraocular lens [J]. J Cataract Refract Surg, 2011, 37(4): 727 - 732.
- Sasaki H, Yoshida M, Manabe S, et al. Effects of the toric intraocular lens on correction of preexisting corneal astigmatism [J]. Jpn J Ophthalmol, 2012, 56(5): 445 - 452.
- Ruiz-Mesa R, Carrasco-Sánchez D, Díaz-Alvarez SB, et al. Refractive lens exchange with foldable toric intraocular lens [J]. Am J Ophthalmol, 2009, 147(6): 990 - 996.
- Nepomuceno RL, Boxer Wachler BS, Sato M, et al. Use of large optical zones with LADARVision laser for myopia and myopic astigmatism [J]. Ophthalmology, 2003, 110(7): 1384 - 1390.
- Díaz-Doutón F, Benito A, Pujol J, et al. Comparison of the retinal image quality with a Hartmann-Shack wavefront sensor and a double-pass instrument [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2006, 47(4): 1710 - 1716.
- Novis C. Astigmatism and toric intraocular lenses [J]. Curr Opin Ophthalmol, 2000, 11(1): 47 - 50.
- Weinand F, Jung A, Stein A, et al. Rotational stability of a single-piece hydrophobic acrylic intraocular lens: new method for high-precision rotation control [J]. J Cataract Refract Surg, 2007, 33(5): 800 - 803.
- Assia EI, Legler UF, Apple DJ. The capsular bag after short-and long-term fixation of intraocular lenses [J]. Ophthalmology, 1995, 102(8): 1151 - 1157.
- Chang DF. Comparative rotational stability of single-piece open-loop acrylic and plate-haptic silicone toric intraocular lenses [J]. J Cataract Refract Surg, 2008, 34(11): 1842 - 1847.
- Bauer NJ, de Vries NE, Webers CA, et al. Astigmatism management in cataract surgery with the AcrySof toric intraocular lens [J]. J Cataract Refract Surg, 2008, 34(9): 1483 - 1488.
- Watanabe K, Negishi K, Torii H, et al. Simple and accurate alignment of toric intraocular lenses and evaluation of their rotation errors using anterior segment optical coherence tomography [J]. Jpn J Ophthalmol, 2012, 56(1): 31 - 37.
- Nochez Y, Favard A, Majzoub S, et al. Measurement of corneal aberrations for customisation of intraocular lens asphericity: impact on quality of vision after micro-incision cataract surgery [J]. Br J Ophthalmol, 2010, 94(4): 440 - 444.
- Dietze HH, Cox MJ. Limitations of correcting spherical aberration with aspheric intraocular lenses [J]. J Refract Surg, 2005, 21(5): S541 - S546.
- Nanavaty MA, Spalton DJ, Marshall J. Effect of intraocular lens asphericity on vertical coma aberration [J]. J Cataract Refract Surg, 2010, 36(2): 215 - 221.
- Ciccio AE, Durrie DS, Stahl JE, et al. Ocular cyclotorsion during customized laser ablation [J]. J Refract Surg, 2005, 21(6): S772 - S774.