

标准矢量分析法比较平板襻式与双 C 襻式复曲面人工晶状体对散光矫正的效果

夏锦涛, 刘佳, 郝咪, 马挺, 程丽娜

引用: 夏锦涛, 刘佳, 郝咪, 等. 标准矢量分析法比较平板襻式与双 C 襻式复曲面人工晶状体对散光矫正的效果. 国际眼科杂志, 2025, 25(4): 632-637.

作者单位: (710002) 中国陕西省西安市第一医院眼科 西北大学附属第一医院眼科 陕西省眼科研究所 陕西省眼科学重点实验室 陕西省眼科疾病临床医学研究中心

作者简介: 夏锦涛, 硕士研究生, 主治医师, 研究方向: 白内障、眼底病。

通讯作者: 程丽娜, 硕士研究生, 副主任医师, 研究方向: 白内障. qq269042882@126.com

收稿日期: 2024-09-23 修回日期: 2025-02-24

摘要

目的: 采用标准矢量分析法比较平板襻式复曲面人工晶状体(AT TORBI 709M)和双 C 襻式复曲面人工晶状体(Tecnis ZMT)对角膜散光患者术后 3 mo 的散光矫正效果。

方法: 回顾性病例对照研究。收录 2021-06/12 在我院日间手术中心接受超声乳化白内障吸除联合散光矫正型人工晶状体植入术治疗的患者 69 例 69 眼, 把患者按植入不同晶状体分为两组: 一组植入 AT TORBI 709M (AT TORBI 709M 组, 38 例 38 眼), 一组植入 Tecnis ZMT (Tecnis ZMT 组, 31 例 31 眼)。记录眼轴长度、术前散光和轴位及人工晶状体的度数; 术前, 术后 1 wk, 1, 3 mo 的裸眼远视力(UCDVA)、最佳矫正远视力(BCDVA)、屈光度、残余散光和轴位。采用标准散光矢量分析法评估术后指标, 包括等效球镜度(SE)、目标散光矢量(TIA)、散光矢量(SIA)、误差的幅度(ME)、误差角度的绝对值(|AE|)、差异矢量的绝对值(|DV|)、矫正指数(CI)及成功指数(IOS)等指标。

结果: 两组手术后 UCDVA、BCDVA 显著提高(均 $P < 0.001$), 与术前比较有差异(均 $P < 0.001$), 两组间 UCDVA、BCDVA 总体比较无差异($P = 0.275, 0.124$)。矢量分析显示, 两组都有较好的散光矫正能力, |DV| 和 IOS 均接近 0 ($P = 0.329, 0.288$); AT TORBI 709M 组的 CI 更接近 1, 更接近预期的矫正散光, Tecnis ZMT 组 $CI > 1$, 散光过矫, 两组比较无差异($P = 0.193$)。术后 3 mo, AT TORBI 709M 组、Tecnis ZMT 组残余散光分别为 -0.11 ± 0.91 、 -0.46 ± 0.76 D, 两组无差异($t = 1.732, P = 0.088$)。

结论: 平板襻式和双 C 襻式复曲面人工晶状体都可显著提高规则性角膜散光患者的术后视力, 具有良好的旋转稳定性, 对顺规、逆规散光矫正能力相当。

关键词: 白内障; 标准矢量分析法; 角膜散光; 平板襻式; 双 C 襻式; 旋转稳定性

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2025.4.20

Effect comparison of flat loop with double C-loop Toric intraocular lenses on astigmatism correction based on standard astigmatism vector analysis

Xia Jintao, Liu Jia, Hao Mi, Ma Ting, Cheng Lina

Department of Ophthalmology, Xi'an No.1 Hospital; Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Northwestern University; Shaanxi Ophthalmological Institute; Shaanxi Key Laboratory of Ophthalmology; Clinical Research Center for Ophthalmology Diseases of Shaanxi Province, Xi'an 710002, Shaanxi Province, China

Correspondence to: Cheng Lina. Department of Ophthalmology, Xi'an No.1 Hospital; Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Northwestern University; Shaanxi Ophthalmological Institute; Shaanxi Key Laboratory of Ophthalmology; Clinical Research Center for Ophthalmology Diseases of Shaanxi Province, Xi'an 710002, Shaanxi Province, China. qq269042882@126.com

Received: 2024-09-23 Accepted: 2025-02-24

Abstract

• **AIM:** To compare the effect of AT TORBI 709M and Tecnis ZMT intraocular lenses on astigmatism correction in patients with corneal astigmatism at 3 mo after operation based on the standard astigmatism vector analysis.

• **METHODS:** This was a retrospective case-control study. The clinical data of 69 patients (69 eyes) with corneal astigmatism who underwent phacoemulsification and implantation of toric intraocular lens (IOL) from June 2021 to December 2021 in Day Surgery Center of Xi'an No.1 Hospital was analyzed. The patients were divided into two groups. In group one, 38 cases (38 eyes) were implanted with AT TORBI 709M, and 31 patients (31 eyes) with Tecnis ZMT in group two. The axial length, preoperative astigmatism and axis, and the degree of intraocular lens were recorded. The uncorrected distance visual acuity (UCDVA), best corrected distance visual acuity (BCDVA), diopter, residual astigmatism and axis were recorded preoperatively and at 1 wk, 1 and 3 mo postoperatively. The postoperative surgical indicators, including spherical equivalent (SE), target induced astigmatism vector (TIA), surgically induced astigmatism vector (SIA), magnitude of error (ME), absolute value of angle of error (|AE|), absolute value of difference vector (|DV|), correction index (CI), and index of

success (IOS) were evaluated by the standard astigmatism vector analysis.

• **RESULTS:** Postoperative UCDVA and BCDVA were significantly improved (all $P < 0.001$), and there were statistically significant differences compared to preoperative UCDVA and BCDVA (all $P < 0.001$). While, there was no significant difference in UCDVA and BCDVA between the two groups ($P = 0.275, 0.124$). The standard astigmatism vector analysis showed that a good astigmatism correction was achieved in both AT TORBI 709M group and Tecnis ZMT group, and both $|DV|$ and IOS were close to 0 ($P = 0.329, 0.288$). The CI of the AT TORBI 709M group was closer to 1, indicating a better astigmatism correction, while the CI of the Tecnis ZMT group was higher than 1, suggesting an overcorrection of astigmatism. However, the difference between the two groups was not statistically significant ($P = 0.193$). The mean residual astigmatism at 3 mo postoperatively was -0.11 ± 0.91 D in the AT TORBI 709M group and -0.46 ± 0.76 D in the Tecnis ZMT group, respectively, showing no statistically significance difference ($t = 1.732, P = 0.088$).

• **CONCLUSION:** Both the flat loop AT TORBI 709M and the double C-loop Tecnis ZMT intraocular lenses can effectively improve postoperative visual acuity in patients with regular corneal astigmatism, showing good rotational stability and comparable correction abilities for both astigmatism with the rule and against-the-rule astigmatism.

• **KEYWORDS:** cataract; standard vector analysis method; corneal astigmatism; flat loop; double C-loop; rotational stability

Citation: Xia JT, Liu J, Hao M, et al. Effect comparison of flat loop with double C-loop Toric intraocular lenses on astigmatism correction based on standard astigmatism vector analysis. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2025,25(4):632-637.

0 引言

白内障术后的视力质量如何,角膜散光是其中一个重要的影响因素。据报道,中国约有 10.6%–12.4% 的白内障患者术前至少有 1.5 D 的角膜散光^[1]。当散光程度超过 0.5–0.75 D 时,需要进行屈光矫正以改善患者术后的视觉质量^[2]。角膜散光的矫正方法目前临床上主要有角膜切口松解和复曲面人工晶状体(Toric intraocular lens, TIOL)植入术^[3]。角膜切口松解一般只能矫正 <1.5 D 的低度数散光^[3]。对规则性角膜散光白内障患者,散光矫正 IOL 植入术可提供良好的术后视觉质量^[4]。TIOL 有平板襱式复曲面与双 C 襱式复曲面不同襱形 IOL, AT TORBI 709M、Tecnis Toric Multifocal IOL ZMT 是常见平板襱式与双 C 襱式 TIOL, 对于两者散光效果及旋转稳定性分开研究较多,对比研究较少,且有不同的研究结果^[5-8]。既往对于散光晶状体的比较多采用散光值直接对比,不符合角膜散光的矢量特性。本研究以基于 Alpins 矢量分析^[9]方法评价两种襱型的散光晶状体对顺规、逆规角膜散光患者术后短期的疗效。

1 对象和方法

1.1 对象 回顾性病例对照研究。收集 2021–06/12 期间

在西安市第一医院日间手术中心,因角膜顺规、逆规散光接受超声乳化白内障吸除联合 TIOL 植入术的患者 69 例 69 眼,术中根据患者的需求及意愿植入平板襱式 TIOL: AT TORBI 709M 或双 C 襱式 TIOL(Tecnis Toric Multifocal IOL ZMT, Tecnis ZMT)。在规则的角膜散光中,陡峭轴在垂直经线 90°及其左右 30°以内为顺规散光(with the rule astigmatism, WTR),陡峭轴在水平经线 0°左右 30°以内为逆规散光(against the rule astigmatism, ATR),其余为斜轴散光(oblique, OBL)。依据患者植入 TIOL 的不同进行分组:一组为植入 AT TORBI 709M 的规则(顺规、逆规)散光患者 38 例 38 眼(AT TORBI 709M 组);一组为植入 Tecnis ZMT 的规则(顺规、逆规)散光患者 31 例 31 眼(Tecnis ZMT 组)。纳入标准:年龄 ≥ 50 岁,确诊为年龄相关性白内障,术前角膜散光为规则(顺规、逆规)散光且 ≥ 1.5 D。排除标准:角膜不规则散光、斜轴散光、角膜斑翳、翼状胬肉、既往有角膜或内眼手术史、瞳孔异常、眼底病变(年龄相关性黄斑变性及糖尿病视网膜病变等)、视神经病变、严重干眼病史、葡萄膜病变、术中及术后发生并发症(后囊破裂或切口缝合等)、术后失访患者等。本研究已取得医学伦理委员会审查批准(批准号:202325),所有参与者均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 术前及术后评估 使用标准对数视力表测量裸眼远视力(uncorrected distant visual acuity, UCDVA)、最佳矫正远视力(best corrected distant visual acuity, BCDVA),结果转换为 LogMAR 视力。检测眼压。角膜形态、角膜厚度和视觉质量通过 iTrace 进行评估。生物学测量使用 IOL Master 700,包括眼轴长度(axial length, AL)、角膜曲率(K_1, K_2)、前房深度、晶状体厚度(LT)、白到白距离(WTW)等。使用 MaxField 90D 检查眼底情况。同一次检查由同一位医生做,以 3 次测量的平均值为准。将角膜曲率、AL、切口位置(135°)及术源性散光(0.3 D,通过预实验计算得出)等各项参数输入 Barrett Toric Calculator v1.05 计算器,得出所需 IOL 的球柱镜度数及轴位,并预测残余散光度数及轴位。

1.2.2 轴位标记 在手术前 20 min 内,采用裂隙灯显微镜直接标记的方法来进行标记。表面麻醉,患者取坐位,两眼平视前方,用 1 mL 注射器针头的侧刃在角膜缘处标出 Toric IOL 目标轴位和预定切口位置,然后用染色笔染色。两侧标记轴位的连线经过小瞳孔中央。由同一经验丰富的医师标记。

1.2.3 手术步骤 手术由同一经验丰富的术者主刀,所有患者采取同样的手术方式。患者均采用 2.4 mm 透明角膜切口,连续环形撕囊,直径约 5–5.5 mm,水分离、水分层,超声乳化晶状体核,注吸周围皮质,抛光后囊,植入 IOL,将 IOL 轴位旋转至与角膜标记方向一致的轴位,注吸前房与囊袋内黏弹剂,后囊膜完整,再次核对轴位后水密角膜切口,术毕,妥布霉素地塞米松眼膏涂眼后包扎术眼。

1.2.4 术后随访 术后给予加替沙星滴眼液 4 次/日、溴酚酸钠滴眼液 2 次/日、牛碱性成纤维细胞滴眼液 4 次/日、醋酸泼尼松龙滴眼液 4 次/日点术眼,每周递减 1 次,持续 1 mo。术后 1 d, 1 wk, 1, 3 mo 常规复查视力、眼压、验光及裂隙灯显微镜检查(非散瞳与散瞳)以及及时排除术后并发症。

1.2.5 矢量分析 Alpins 矢量分析法分析两组手术前后散光相关指标,其中包括:目标散光矢量(target induced astigmatism vector, TIA)、术后3 mo 等效球镜度(SE)、手术矫正的散光矢量(surgically induced astigmatism vector, SIA)、误差的幅度(magnitude of error, ME)、误差角度的绝对值(absolute value of angle of error, |AE|)、差异矢量的绝对值(absolute value of difference vector, |DV|)、矫正指数(correction index, CI)及成功指数(index of success, IOS)等指标。ME>0 为欠矫,<0 为过矫。CI 越接近1, |DV| 和 IOS 越接近0,表示结果越符合预期。

统计学分析:使用统计学软件 SPSS26.0 进行统计分析。对测量数据进行 Kolmogorov-Smirnov 正态性检验。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表达,两组间比较采用独立样本 *t* 检验;偏态分布数据以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表达,两组间比较采用 Mann-Whitney *U* 检验;两组非正态分布重复测量资料采用广义估计方程。计数资料以频数及百分数表达,采用 χ^2 检验或确切概率法(理论频数<5)。均采用双侧检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料 本研究对患者 69 例 69 眼的视力及屈光特性进行回顾性研究。除了评估视力改善和屈光不正的矫正情况外,还用矢量分析对散光的矫正效果进行了评价。两组人口学和术前数据比较,差异无统计学意义(均 $P>0.05$,表 1)。

2.2 术后 3 mo 视力变化 两组手术后不同时间 UCDVA、BCDVA 显著改善(wald $\chi^2 = 213.523, P<0.001$; wald $\chi^2 = 157.234, P<0.001$),与术前差异有统计学意义(均 $P<0.001$),其余时间点两两比较,差异无统计学意义(均 $P>0.05$),两组间 UCDVA、BCDVA 总体差异无统计学意义(wald $\chi^2 = 1.192, P = 0.275$; wald $\chi^2 = 2.371, P = 0.124$),见

表 2、3。术后 3 mo,两组 UCDVA 达到 0.222 LogMAR 的患眼百分比分别为 92%(35/38)和 97%(30/31),差异无统计学意义($\chi^2 = 0.681, P = 0.622$);两组 BCDVA 达到 0.222 LogMAR 的患眼百分比分别为 95%(36/38)和 100%(31/31),差异无统计学意义($\chi^2 = 1.680, P = 0.498$)。

2.3 术后两组旋转稳定性比较 两组晶状体均可顺时和逆时针旋转,AT TORBI 709M 组顺时针旋转 21%(8/38)、逆时针旋转 58%(22/38)、不旋转 21%(8/38);Tecnis ZMT 组顺时针旋转 35%(11/31)、逆时针旋转 52%(16/31)、不旋转 13%(4/31),差异无统计学意义($\chi^2 = 2.065, P = 0.356$)。两组旋转度数均较小,AT TORBI 709M 组旋转中位数为 2.5°(1°,6°),Tecnis ZMT 组旋转中位数为 4°(2°,6°),差异无统计学意义($Z = 1.330, P = 0.183$);两组患者中旋转均无>20°者;AT TORBI 709M 组旋转>10°的患者比例为 2.6%(1/38),Tecnis ZMT 组旋转>10°的患者比例为 3.2%(1/31),差异无统计学意义($\chi^2 = 0.021, P = 1.000$)。

2.4 两组术后散光矫正矢量分析 矢量分析显示,两组都有较好的散光矫正能力,AT TORBI 709M 组与 Tecnis ZMT 组 |DV| 和 IOS 均接近 0,差异无统计学意义($Z = -0.977, P = 0.329; Z = -1.062, P = 0.288$);两组 ME 均为负值,AT TORBI 709M 组更接近 0,差异无统计学意义($t = 1.032, P = 0.306$)。AT TORBI 709M 组的 CI 更接近 1,散光矫正更接近预期的目标,Tecnis ZMT 组 CI>1,散光过矫,差异无统计学意义($Z = -1.303, P = 0.193$),见图 1。术后 3 mo,AT TORBI 709M 组、Tecnis ZMT 组残余散光分别为-0.11±0.91、-0.46±0.76 D,差异无统计学意义($t = 1.732, P = 0.088$)。术后 3 mo,AT TORBI 709M 组、Tecnis ZMT 组 SE 分别为 0.14±0.56、-0.20±0.55 D,差异有统计学意义($t = 2.544, P = 0.013$),见表 4。

表 1 两组术前基线资料比较

参数	AT TORBI 709M 组	Tecnis ZMT 组	$\chi^2/t/Z$	<i>P</i>	
眼数	38	31			
年龄($\bar{x} \pm s$,岁)	67.58±6.25	64.87±5.43	1.899	0.062	
性别(例)			0.434	0.51	
	男	13			
	女	25			
AL($\bar{x} \pm s$,mm)	24.15±1.91	24.08±1.77	0.169	0.866	
植入 IOL 度数($\bar{x} \pm s$,D)					
	球镜	16.80±5.47	17.22±4.87	-0.332	0.741
	柱镜	2.59±1.42	2.55±0.77	-0.679	0.5
前房深度($\bar{x} \pm s$,mm)	3.07±0.43	3.24±0.29	-1.946	0.056	
角膜散光[$M(P_{25}, P_{75}), D$]	1.85(1.45,2.52)	2.04(1.72,2.51)	-0.899	0.369	
角膜散光轴位[$M(P_{25}, P_{75}), ^\circ$]	109(60,170)	92(59,172)	-0.845	0.398	
预测残余散光($\bar{x} \pm s$,D)	0.15±0.08	0.19±0.07	-1.736	0.087	
WTW($\bar{x} \pm s$,mm)	11.35±0.46	11.32±0.45	0.272	0.786	
角膜曲率($\bar{x} \pm s$,D)	44.28±0.25	44.75±0.26	-1.287	0.203	

注:AT TORBI 709M 组为植入 AT TORBI 709M 的规则(顺规、逆规)散光患者;Tecnis ZMT 组为植入 Tecnis ZMT 的规则(顺规、逆规)散光患者。

表 2 两组不同时间点 UCDVA 比较

组别	眼数	[$M(P_{25}, P_{75}), \text{LogMAR}$]			
		术前	术后 1 wk	术后 1 mo	术后 3 mo
AT TORBI 709M 组	38	0.76(0.40,0.94)	0.10(0.10,0.30)	0.00(0.10,0.22)	0.00(0.10,0.22)
Tecnis ZMT 组	31	0.70(0.40,1.00)	0.10(0.10,0.22)	0.00(0.10,0.22)	0.00(0.10,0.22)

注:AT TORBI 709M 组为植入 AT TORBI 709M 的规则(顺规、逆规)散光患者;Tecnis ZMT 组为植入 Tecnis ZMT 的规则(顺规、逆规)散光患者。

表3 两组不同时间点 BCDVA 比较

[$M(P_{25}, P_{75}), \text{LogMAR}$]

组别	眼数	术前	术后 1 wk	术后 1 mo	术后 3 mo
AT TORBI 709M 组	38	0.40(0.22,0.82)	0.10(0.10,0.24)	0.00(0.00,0.10)	0.00(0.00,0.10)
Tecnis ZMT 组	31	0.40(0.22,0.70)	0.10(0.10,0.22)	0.00(0.00,0.10)	0.00(0.00,0.10)

注:AT TORBI 709M 组为植入 AT TORBI 709M 的规则(顺规、逆规)散光患者;Tecnis ZMT 组为植入 Tecnis ZMT 的规则(顺规、逆规)散光患者。

表4 不同襻型散光 IOL 矫正散光的术后矢量比较

指标	AT TORBI 709M 组	Tecnis ZMT 组	Z/t	P
球镜($\bar{x} \pm s, D$)	0.19 \pm 0.47	0.03 \pm 0.43	1.514	0.135
柱镜($\bar{x} \pm s, D$)	-0.11 \pm 0.91	-0.46 \pm 0.76	1.732	0.088
SE($\bar{x} \pm s, D$)	0.14 \pm 0.56	-0.20 \pm 0.55	2.544	0.013
TIA [$M(P_{25}, P_{75}), DC$]	1.71(1.35, 2.06)	1.57(1.49, 2.46)	-0.627	0.530
SIA [$M(P_{25}, P_{75}), DC$]	1.82(1.29, 2.23)	1.95(1.64, 2.55)	-1.267	0.205
DV [$M(P_{25}, P_{75})$]	0.65(0.44, 1.13)	0.51(0.33, 0.98)	-0.977	0.329
AE [$M(P_{25}, P_{75}), ^\circ$]	5.69(2.97, 9.37)	3.63(1.89, 5.71)	-2.057	0.040
CI [$M(P_{25}, P_{75})$]	1.04(0.86, 1.30)	1.22(0.97, 1.39)	-1.303	0.193
IOS [$M(P_{25}, P_{75})$]	0.39(0.26, 0.57)	0.33(0.19, 0.59)	-1.062	0.288
ME [$M(P_{25}, P_{75}), DC$]	-0.18 \pm 0.73	-0.35 \pm 0.60	1.032	0.306

注:AT TORBI 709M 组为植入 AT TORBI 709M 的规则(顺规、逆规)散光患者;Tecnis ZMT 组为植入 Tecnis ZMT 的规则(顺规、逆规)散光患者。

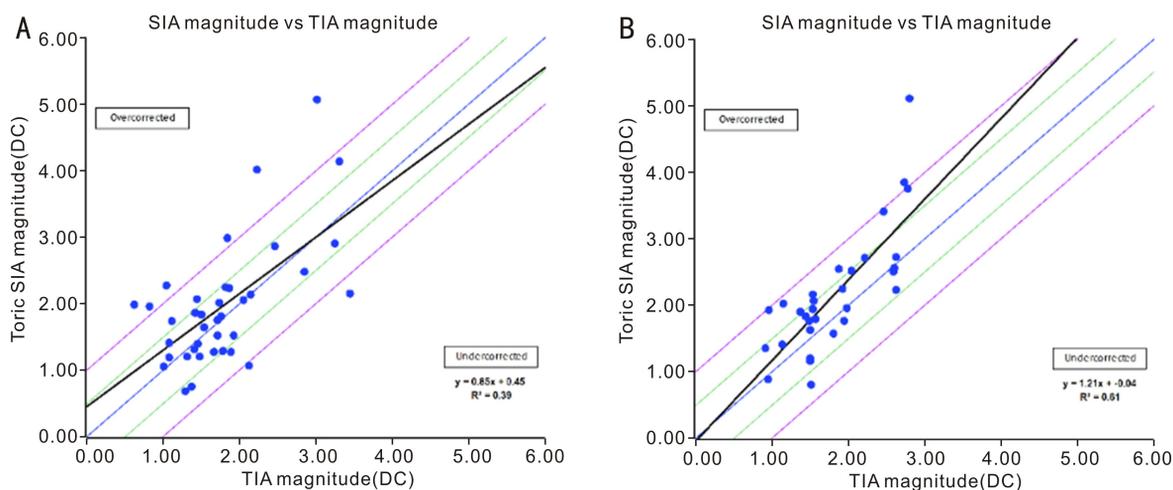


图1 白内障术后 3 mo 两组 TIA 与 SIA 比较的散点图 A:AT TORBI 709M 组,显示散光轻度欠矫;B:Tecnis ZMT 组,显示散光轻度过矫。

2.5 两组术后 3 mo 手术源性角膜散光比较 术后 3 mo, 患者总体手术源性角膜散光(CSIA)为 $0.20 \pm 0.06 D$, AT TORBI 709M 组、Tecnis ZMT 组 CSIA 分别为 0.21 ± 0.06 、 $0.18 \pm 0.05 D$, 差异无统计学意义($t = 1.726, P = 0.089$)。

3 讨论

随着现代白内障手术对精准治疗的追求,要求白内障医生在术前、术后,特别是术中要尽可能矫正患者角膜上的散光,以提高患者术后的视力及视觉质量。矫正散光的方式包括:植入散光矫正型 IOL、飞秒激光松解和手术刀松解角膜陡峭轴散光等方式。既往关于 Toric 与角膜松解切口对散光的矫正对比研究中,发现对中低度数角膜散光, TIOL 植入术后全眼残余散光小,效果稳定^[10]。近年来许多研究表明 TIOL 对于矫正角膜散光有着良好的效果,视力视觉质量得到显著提高^[11-12]。有研究表明角膜散光的轴向随着年龄的增长而变化,轴向由顺规动态向逆规漂移^[13-14],李黄恩等^[15]的研究也得到了相同的结论,认

为漂移的拐点在 65 岁,也有学者认为拐点在 34、69 岁^[16]。所以存在角膜散光的老年白内障患者在植入 TIOL 时,需考虑这种变化,根据国内学者建议散光预留量表^[16],顺规散光的患者应当给予适量欠矫,但预留散光不能超过 0.75 D,而逆规散光的患者予以足矫。对于顺规散光预留量:(1)年龄 ≤ 35 岁,矫正量 = 全角膜散光(total corneal astigmatism, TCA) - $0.0131 \times (35 - Y) - 0.74D$; (2)年龄在 36-52 岁,矫正量 = $TCA - 0.0449 \times (52 - Y) D$; (3) ≥ 53 岁,矫正量 = TCA。对于逆规散光预留量:(1)年龄 ≤ 35 岁,矫正量 = $TCA + 0.75D$; (2)年龄在 36-52 岁,矫正量 = $TCA + 0.0449 \times (52 - Y) D$; (3) ≥ 53 岁,矫正量 = TCA。在本研究中,我们也秉持这一原则,术后 UCDVA、BCDVA 均较术前显著改善,两组 UCDVA 达到 0.222 LogMAR 的患眼百分比分别为 92% 和 97%;两组 BCDVA 达到 0.222 LogMAR 的患眼百分比分别为 95% 和 100%。这与 Nováček 等^[17]、Seth 等^[18]、胡东瑞等^[9]的研究结果一致。

TIOL具有不同的襻类型^[19-20],但对于平板襻式TIOL与双C襻式TIOL在术后旋转方向及程度,现有研究差异较大。有研究表明C襻式TIOL易发生顺时针旋转^[21],也有研究表明C襻式TIOL旋转没有方向选择^[22-23];平板襻式TIOL旋转没有方向选择^[21]。两种不同襻型TIOL均有效矫正了规则的角膜散光,并在术后有良好的旋转稳定性^[7,24],但平板襻式TIOL的旋转稳定性优于双C襻式TIOL^[5,25]。双C襻式TIOL的旋转稳定性通常与AL和角膜WTW有关^[25]。我们研究发现两者旋转均可发生顺时针、逆时针旋转,且两者差异无统计学意义。两者均有较好的旋转稳定性,两组旋转度数均较小,可能与两组患者的AL及WTW差异无统计学意义相关。AT TORBI 709M组旋转中位数为 $2.5^{\circ}(1^{\circ}, 6^{\circ})$,Tecnis ZMT组旋转中位数为 $4^{\circ}(2^{\circ}, 6^{\circ})$,两组的差异无统计学意义($Z = 1.330, P = 0.183$);两组患者旋转均无 $>20^{\circ}$ 者,AT TORBI 709M组旋转 $>10^{\circ}$ 的患者比例为2.6%(1/38),Tecnis ZMT组旋转 $>10^{\circ}$ 的患者比例为3.2%(1/31),差异无统计学意义($\chi^2 = 0.021, P = 1.000$)。李娜等^[26]的研究显示术后3 mo不同眼轴的TIOL旋转情况为 $(5.24 \pm 3.72)^{\circ}$ vs $(6.36 \pm 4.21)^{\circ}$,差异无统计学意义($P = 0.110$)。而Miyake等^[27]研究发现TIOL植入术后2 mo有76.7%的患者晶状体旋转小于 5° ,仅有1.68%的患者晶状体旋转大于 10° 。宋旭东等^[28]的研究也得到了类似的结果:IOL旋转度的中位数在术后3 mo为 $2.0^{\circ}(0^{\circ}, 15^{\circ})$,与本研究结果基本一致。

而IOL旋转与很多因素有关,除了IOL襻形,还与其他很多因素相关:(1)IOL的直径:有研究证实直径为11.2 mm的IOL比10.8 mm的更稳定^[29],本研究中两种IOL分别直径为11.0 mm(AT TORBI 709M组),13.0 mm(Tecnis ZMT组),直径都足够大,所以,各组患者的旋转稳定性均较好;(2)IOL材质,不同材质与后囊贴附力有差异,常见的晶状体材质有疏水性丙烯酸酯、亲水性丙烯酸酯及硅凝胶,有研究显示疏水性丙烯酸酯较硅胶材质更稳定^[30-32];(3)患者的生物学特征:年龄、LT、AL、WTW等,患者 $LT > 4.5$ mm, $AL > 26$ mm, $WTW > 11.6$ mm时TIOL旋转几率较高,建议术中同时植入囊袋张力环(CTR);(4)手术因素:轴位标记、术中连续环形居中撕囊、黏弹剂完全置换、水密等,本研究的患者均是由同一术者完成,术者具有丰富的经验,保证术中的同质性。

矢量分析不仅能显示散光度数的变化,还能体现矫正散光轴向的偏差对残余散光的影响,本研究运用Alpins矢量分析法进行术前、术后的散光矢量分析^[33],比较发现两种襻式的TIOL术后3 mo的IOS均接近0,但差异没有统计学意义;AT TORBI 709M组CI更接近1,散光矫正更接近预期的目标,Tecnis ZMT组 $CI > 1$,散光过矫,但两组差异无统计学意义。有研究显示术后残余散光与角膜曲率仪测量误差、CSIA的变化以及TIOL轴位和度数的偏差密切相关^[34]。据统计,在这些因素中,CSIA占残余散光的7.8%^[35]。CSIA会受到许多结构和生物力学因素的影响,除了切口到角膜中心的长度、形状、位置和距离外,角膜滞后等生物力学特征也可能是调节角膜切口后光学变化的重要影响因素^[36]。研究显示由手术诱导的散光与像差的改变术后3 mo时完全或部分恢复到术前,并随着时间的

推移保持稳定^[37]。而本研究中主切口采用2.4 mm小切口,降低了SIA对术后散光的影响,术后3 mo两组患者残余全眼散光并无统计学差异。并且本研究及前者的研究中均未将后表面散光计算入内,也可能造成不同的结果^[38-39]。

综上所述,平板襻式TIOL(AT TORBI 709M)和双C襻式TIOL(Tecnis ZMT)均可有效改善患者术后视力、视觉质量,且术后短期有较好的旋转稳定性。在矫正顺规、逆规散光方面,平板襻式TIOL(AT TORBI 709M)的矫正能力与双C襻式TIOL(Tecnis ZMT)相当。本研究样本量稍显不足,并仅随访至术后3 mo,两种TIOL术后远期效果是否一致仍有待进一步研究。且本研究对TIOL的偏心及倾斜没有进行研究,仍需进一步研究。

利益冲突声明:本文不存在利益冲突。

作者贡献声明:夏锦涛论文选题与修改,初稿撰写;刘佳文献检索,数据分析;郝咪数据收集;马挺手术实施;程丽娜选题指导,论文修改及审阅。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

- [1] Chen WR, Zuo CG, Chen CY, et al. Prevalence of corneal astigmatism before cataract surgery in Chinese patients. *J Cataract Refract Surg*, 2013,39(2):188-192.
- [2] 中华医学会眼科学分会白内障与人工晶状体学组. 我国散光矫正型人工晶状体临床应用专家共识(2017年). *中华眼科杂志*, 2017,53(1):7-10.
- [3] Lake JC, Victor G, Clare G, et al. Toric intraocular lens versus limbal relaxing incisions for corneal astigmatism after phacoemulsification. *Cochrane Database Syst Rev*, 2019,12(12):CD012801.
- [4] Qiu XD, Shi YM, Han XY, et al. Toric intraocular lens implantation in the correction of moderate-to-high corneal astigmatism in cataract patients: clinical efficacy and safety. *J Ophthalmol*, 2021, 2021:5960328.
- [5] Yao YQ, Meng JQ, He WW, et al. Associations between anterior segment parameters and rotational stability of a plate-haptic toric intraocular lens. *J Cataract Refract Surg*, 2021,47(11):1436-1440.
- [6] Gyöngyössi B, Jirak P, Schönherr U. Long-term rotational stability and visual outcomes of a single-piece hydrophilic acrylic toric IOL: a 1.5-year follow-up. *Int J Ophthalmol*, 2017,10(4):573-578.
- [7] Kramer BA, Hardten DR, Berdahl JP. Rotation characteristics of three toric monofocal intraocular lenses. *Clin Ophthalmol*, 2020, 14: 4379-4384.
- [8] Hu EH. Repositioning rates of toric IOLs implanted in cataract surgery patients: a retrospective chart review. *Clin Ophthalmol*, 2023, 17:4001-4007.
- [9] 胡东瑞,李琦,金赣英,等.两种Toric IOL的疗效和旋转稳定性测定及评价. *中华实验眼科杂志*, 2023,41(12):1187-1194.
- [10] Nanavaty MA, Bedi KK, Ali S, et al. Toric intraocular lenses versus peripheral corneal relaxing incisions for astigmatism between 0.75 and 2.5 diopters during cataract surgery. *Am J Ophthalmol*, 2017,180: 165-177.
- [11] Brar S, Gautam M, Sute SS, et al. Visual and refractive outcomes with the eyecryl phakic toric IOL versus the visian toric implantable collamer lens: results of a 2-year prospective comparative study. *J Refract Surg*, 2021,37(1):7-15.
- [12] 冯珂,陈瑞合,李玉军.术前散光轴向对散光矫正型人工晶状

体植入效果的影响. 中华眼外伤职业眼病杂志, 2022, 44(6): 466-471.

[13] Cui Y, Meng QL, Guo HK, et al. Biometry and corneal astigmatism in cataract surgery candidates from Southern China. *J Cataract Refract Surg*, 2014,40(10):1661-1669.

[14] Pang YL, Yuan L, Cao XG, et al. Characteristics and analysis of corneal astigmatism in age-related cataract patients over 50 years old. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi*, 2020,56(5):349-355.

[15] 李黄恩, 王勇, 陈茂盛, 等. 年龄相关性白内障患者 14 万例角膜前表面散光的分布特征. *中华眼科杂志*, 2021,1:56-62.

[16] Shao X, Zhou KJ, Pan AP, et al. Age-related changes in corneal astigmatism. *J Refract Surg*, 2017,33(10):696-703.

[17] Nováček LV, Němcová M, Tyx K, et al. Evaluation of astigmatism-correcting efficiency and rotational stability after cataract surgery with a double-loop haptic toric intraocular lens; a 1-year follow-up. *Biomed Hub*, 2021,6(1):30-41.

[18] Seth SA, Bansal RK, Ichhpujani P, et al. Comparative evaluation of two toric intraocular lenses for correcting astigmatism in patients undergoing phacoemulsification. *Indian J Ophthalmol*, 2018,66(10):1423-1428.

[19] 中华医学会眼科学分会白内障及人工晶状体学组. 中国人工晶状体分类专家共识(2021年). *中华眼科杂志*, 2021,57(7):495-501.

[20] Vokrojová M, Havlíčková L, Brožková M, et al. Effect of capsular tension ring implantation on postoperative rotational stability of a toric intraocular lens. *J Refract Surg*, 2020,36(3):186-192.

[21] Lin XQ, Ma DM, Yang J. Insights into the rotational stability of toric intraocular lens implantation: diagnostic approaches, influencing factors and intervention strategies. *Front Med (Lausanne)*, 2024,11:1349496.

[22] Zhu XJ, Meng JQ, He WW, et al. Comparison of the rotational stability between plate-haptic toric and C-loop haptic toric IOLs in myopic eyes. *J Cataract Refract Surg*, 2020,46(10):1353-1359.

[23] Singh A, Kapoor G, Baranwal VK, et al. Rotational stability of toric intraocular lenses. *Med J Armed Forces Ind*, 2022,78(1):68-73.

[24] Li SY, Li X, He SH, et al. Early Postoperative Rotational stability and its related factors of a single-piece acrylic toric intraocular lens. *Eye (Lond)*, 2020,34(3):474-479.

[25] Sun JJ, Bai HR, Cui W, et al. Comparison of clinical outcome after implantation of two toric intraocular lenses with different haptic type: a prospective randomized controlled trial. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2024,262(3):847-855.

[26] 李娜, 刘荣, 万佳昱, 等. 不同眼轴长度白内障患者散光矫正

型人工晶状体植入术后相关指标的差异. *国际眼科杂志*, 2023,23(8):1372-1375.

[27] Miyake T, Kamiya K, Amano R, et al. Long-term clinical outcomes of toric intraocular lens implantation in cataract cases with preexisting astigmatism. *J Cataract Refract Surg*, 2014,40(10):1654-1660.

[28] 宋旭东, 郝燕生, 鲍永珍, 等. Toric 人工晶状体植入术有效性和安全性的多中心研究. *中华眼科杂志*, 2018,54(5):349-356.

[29] Chang DF. Early rotational stability of the longer Staar toric intraocular lens: fifty consecutive cases. *J Cataract Refract Surg*, 2003,29(5):935-940.

[30] Mukherjee R, Chaudhury K, Das S, et al. Posterior capsular opacification and intraocular lens surface micro-roughness characteristics: an atomic force microscopy study. *Micron*, 2012,43(9):937-947.

[31] Auffarth GU, Brézin A, Lignereux F, et al. Randomized multicenter trial to assess posterior capsule opacification and glistenings in two hydrophobic acrylic intraocular lenses. *Sci Rep*, 2023,13(1):2822.

[32] Haripriya A, Gk S, Mani I, et al. Comparison of surgical repositioning rates and outcomes for hydrophilic vs hydrophobic single-piece acrylic toric IOLs. *J Cataract Refract Surg*, 2021,47(2):178-183.

[33] Alpíns NA, Goggin M. Practical astigmatism analysis for refractive outcomes in cataract and refractive surgery. *Surv Ophthalmol*, 2004,49(1):109-122.

[34] Park DY, Lim DH, Hwang S, et al. Comparison of astigmatism prediction error taken with the Pentacam measurements, Baylor nomogram, and Barrett formula for toric intraocular lens implantation. *BMC Ophthalmol*, 2017,17(1):156.

[35] Hirmschall N, Findl O, Bayer N, et al. Sources of error in toric intraocular lens power calculation. *J Refract Surg*, 2020,36(10):646-652.

[36] Zhao FY, Yin YF, Pazo EE, et al. The influence of corneal thickness on surgically induced corneal astigmatism derived from total keratometry measured by anterior segment swept-source OCT. *Ophthalmol Ther*, 2024,13(9):2381-2391.

[37] Villegas EA, Alcón E, Rubio E, et al. One-year follow-up of changes in refraction and aberrations induced by corneal incision. *PLoS One*, 2019,14(11):e0224823.

[38] Koch DD, Jenkins RB, Weikert MP, et al. Correcting astigmatism with toric intraocular lenses: effect of posterior corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg*, 2013,39(12):1803-1809.

[39] 李盼盼, 吴坚, 薛莹, 等. 角膜后表面散光的分布及对散光型人工晶状体计算的影响. *中华实验眼科杂志*, 2019,37(6):460-466.