

术前眼前节参数对散光型人工晶状体旋转稳定性的影响

田庚琦*, 徐素*, 张宇航, 胡宜卓, 司玮, 杨翼帆, 李欣瞳, 张凤妍

引用: 田庚琦, 徐素, 张宇航, 等. 术前眼前节参数对散光型人工晶状体旋转稳定性的影响. 国际眼科杂志, 2025, 25(6): 993–998.

作者单位: (450000) 中国河南省郑州市, 郑州大学第一附属医院眼科

*: 田庚琦和徐素对本文贡献一致。

作者简介: 田庚琦, 女, 硕士, 住院医师, 研究方向: 白内障; 徐素, 女, 硕士, 住院医师, 研究方向: 白内障。

通讯作者: 张凤妍, 女, 博士, 主任医师, 博士研究生导师, 研究方向: 白内障. zhangfengyanx@aliyun.com

收稿日期: 2024-09-26 修回日期: 2025-04-25

摘要

目的: 研究术前眼前节参数对散光型人工晶状体 (Toric IOL) 旋转稳定性的影响。

方法: 前瞻性研究。选择 2023 年 3 月至 2023 年 12 月在郑州大学第一附属医院眼科行白内障超声乳化联合板状襻 Toric IOL 植入术治疗合并角膜规则散光的白内障患者 41 例 54 眼。术后 1 d, 2 wk, 1 mo 评估非矫正远视力 (UCDVA) 及 Toric IOL 的旋转度, 术后 2 wk, 1 mo 评估矫正远视力 (CDVA), 术后 2 wk 时评估 Toric IOL 的偏心距及倾斜度。

结果: 最终纳入 33 例 40 眼。术后 1 d, 2 wk, 1 mo 的 UCDVA (LogMAR) 分别为 0.10 (0.10, 0.30)、0.05 (0, 0.10) 和 0 (0, 0.10), 较术前 [0.80 (0.49, 1.00)] 改善 ($P < 0.001$); 术后 2 wk, 1 mo 的 CDVA (LogMAR) 分别为 0.05 (0, 0.15) 和 0 (0, 0.138), 较术前 [0.52 (0.40, 0.80)] 改善 ($P < 0.001$); 术后 2 wk, 1 mo 散光分别为 0.625 (0.25, 0.75)、0.50 (0.25, 0.75) D, 较术前散光 [1.82 (1.31, 2.59) D] 明显减少 ($P < 0.001$)。术前眼前节长度 (ASL)、晶状体厚度 (LT) 与术后 1 d, 2 wk Toric IOL 旋转度正相关 (术后 1 d: $r_s = 0.463, P = 0.003$; $r_s = 0.340, P = 0.032$; 术后 2 wk: $r_s = 0.520, P = 0.001$; $r_s = 0.409, P = 0.009$); 术后 1 mo, 仅 ASL 与术后 Toric IOL 旋转度正相关 ($r_s = 0.463, P = 0.003$)。线性回归分析结果显示, 术前 ASL 可预测术后 1 d, 2 wk, 1 mo Toric IOL 旋转度 ($F_{1d} = 10.098, P_{1d} = 0.003$; $F_{2wk} = 16.915, P_{2wk} < 0.001$; $F_{1mo} = 10.957, P_{1mo} = 0.002$)。术后 2 wk Toric IOL 旋转度与偏心距呈正相关 ($r_s = 0.360, P = 0.043$)。

结论: Toric IOL 术后早期旋转与 ASL 正相关, Toric IOL 的旋转与其偏心距呈正相关。

关键词: 散光型人工晶状体, 旋转稳定性, 偏心, 倾斜, 眼前节参数

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2025.6.22

Effect of anterior segment parameters on the rotational stability of Toric intraocular lens

Tian Gengqi*, Xu Su*, Zhang Yuhang, Hu Yizhuo, Si Wei, Yang Yifan, Li Xintong, Zhang Fengyan

Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450000, Henan Province, China

* Co-first authors: Tian Gengqi and Xu Su

Correspondence to: Zhang Fengyan. Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450000, Henan Province, China. zhangfengyanx@aliyun.com

Received: 2024-09-26 Accepted: 2025-04-25

Abstract

• **AIM:** To explore the effects of preoperative anterior segment parameters on the rotational stability of Toric intraocular lens (Toric IOL).

• **METHODS:** Prospective study. A total of 41 cataract patients (54 eyes) with combined corneal regular astigmatism from March to December 2023 were included and treated with cataract phacoemulsification combined with plate loop Toric IOL implantation in the Department of Ophthalmology of the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University. The rotation degree of Toric IOL and uncorrected distance visual acuity (UCDVA) were evaluated at 1 d, 2 wk, and 1 mo postoperatively, the corrected distance visual acuity (CDVA) was evaluated at 2 wk and 1 mo after surgery, and the decentration and tilt of the Toric IOL were assessed at 2 wk postoperatively.

• **RESULTS:** A total of 33 patients (40 eyes) were included in this study. The UCDVA (LogMAR) of 1 d, 2 wk and 1 mo postoperatively were 0.10 (0.10, 0.30), 0.05 (0, 0.10) and 0 (0, 0.10), respectively, which was improved compared with the preoperative levels of [0.80 (0.49, 1.00)] ($P < 0.001$). The CDVA (LogMAR) of 2 wk and 1 mo postoperatively were 0.05 (0, 0.15) and 0 (0, 0.138), respectively, which was improved compared with preoperative levels of [0.52 (0.40, 0.80)] ($P < 0.001$). The residual astigmatism of 2 wk and 1 mo postoperatively were 0.625 (0.25, 0.75) D and 0.50 (0.25, 0.75) D, respectively, which was significantly reduced compared with preoperative astigmatism of [1.82 (1.31, 2.59) D] ($P < 0.001$). The preoperative anterior segment length (ASL), and lens thickness (LT) were positively correlated with Toric IOL rotation degree at 1 d ($r_s = 0.463, P = 0.003$;

$r_s = 0.340$, $P = 0.032$) and 2 wk ($r_s = 0.520$, $P = 0.001$; $r_s = 0.409$, $P = 0.009$) postoperatively. At 1 mo postoperatively, only ASL was positively correlated with Toric IOL rotation degree ($r_s = 0.463$, $P = 0.003$). The results of linear regression analysis showed that preoperative ASL was a predictor of rotation degree at 1 d, 2 wk and 1 mo after surgery ($F_{1d} = 10.098$, $P_{1d} = 0.003$; $F_{2wk} = 16.915$, $P_{2wk} < 0.001$; $F_{1mo} = 10.957$, $P_{1mo} = 0.002$). The rotation degree of Toric IOL was positively correlated with lens decentration ($r_s = 0.360$, $P = 0.043$).

• **CONCLUSION:** The early postoperative rotation of Toric IOL is positively correlated with ASL, and the rotation is also positively correlated with lens decentration.

• **KEYWORDS:** Toric intraocular lens; rotational stability; decentration; tilt; anterior segment parameters

Citation: Tian GQ, Xu S, Zhang YH, et al. Effect of anterior segment parameters on the rotational stability of Toric intraocular lens. *Guoji Yanke Zazhi(Int Eye Sci)*, 2025,25(6):993-998.

0 引言

白内障是晶状体透明度下降、颜色改变所导致的光学质量下降的退行性改变,是中等及低收入国家致盲的主要原因,全球约有9 500万人受到白内障的影响^[1]。随着微切口白内障超声乳化术、飞秒激光辅助白内障手术方式以及各种人工晶状体(intraocular lens,IOL)出现,白内障手术已进入屈光性白内障手术阶段^[2]。据统计,48.5%的白内障患者有超过1 D的角膜散光^[3],22%左右的患者有1.5 D以上的散光^[4]。角膜散光若未得到合理的矫正,会对患者术后的视力、对比敏感度等视觉质量造成严重影响^[5-6]。目前,植入散光型人工晶状体(Toric intraocular lens,Toric IOL)是矫正角膜散光的主要方式^[7-8]。但 Toric IOL 发生旋转将降低矫正散光的效果,轴位旋转30°时矫正效果消失,甚至增加散光及像差^[9-11]。Toric IOL 的旋转受多种因素的影响,且常常发生于术后早期^[12-13]。目前,关于眼前节参数对 Toric IOL 旋转的影响仍有争议,且 Toric IOL 的旋转与 Toric IOL 自身倾斜及偏心的关系尚不可知^[14]。因此,本研究就眼前节参数对 Toric IOL 旋转稳定性的影响,以及 Toric IOL 旋转与偏心、倾斜的关系进行观察,为伴角膜散光的白内障患者植入 Toric IOL 提供参考。

1 对象和方法

1.1 对象 前瞻性研究。选择2023年3月至2023年12月在郑州大学第一附属医院眼科行白内障超声乳化联合板状襻 Toric IOL 植入术治疗合并角膜规则散光的白内障患者41例54眼。纳入标准:(1)符合年龄相关性白内障诊断标准;(2)年龄≥50岁;(3)视力下降程度与白内障混浊程度相符,手术可提高视力;(4)合并角膜规则散光,顺规散光(astigmatism with the rule,WTR)≥0.75 D、逆规散光(astigmatism against the rule,ATR)≥1.0 D。排除标准:(1)合并眼底病或较为严重的局部或全身疾病,不适宜进行手术者;(2)角膜地形图显示散光不规则,伴有角膜疾病者;(3)合并其他因素影响手术效果者,如合并影响晶状体囊袋稳定性疾病、其他眼部疾病、术中发生严重

并发症等;(4)对术后期待过高、依从性较差者。本研究取得医学伦理委员会审查批准(批准号:2019-KY-27),所有参与者均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 术前检查 使用国际标准对数视力表检查未矫正远视力(uncorrected distance visual acuity,UCDVA)。由门诊同一医师行主觉验光,结合患者的电脑验光结果,对患者进行插片试镜得矫正远视力(corrected distance visual acuity,CDVA)。非接触式眼压计检测眼压,角膜内皮镜检测角膜内皮情况。角膜地形图进行角膜屈光情况检查、像差分析及视觉质量分析,广角眼底照相及光学相干断层扫描技术对患者周边视网膜、黄斑区、视神经层厚度进行检查,排除眼底疾病^[14]。IOL Master 700 检查眼轴长度(axial length, AL)、总等效球镜度数(total spherical equivalent,TSE)、晶状体厚度(lens thickness,LT)、前房深度(anterior chamber depth,ACD)、眼前节长度(anterior segment length, ASL = LT + ACD)、角膜曲率(total keratometry, TK)、角膜平坦轴曲率TK1、角膜陡峭轴曲率TK2、角膜散光($\Delta TK = TK2 - TK1$)及其相应轴位。

1.2.2 人工晶状体计算 通过 IOL 公式计算选择 Toric IOL 球镜度数和预留屈光度,目标屈光度为0-0.5 D,手术源性散光默认为0.5 D。为方便操作,手术切口设定在135°轴位,将以上数据分别输入在线的 Toric IOL 计算器(<https://zcalc.meditec.zeiss.com>),计算得出 Toric IOL 放置轴位以及预计残余散光度数。对于对侧眼近视的患者,为保证其双眼视觉的平衡,根据对侧眼近视度数和患者的意愿,保留屈光参差不超过2.0 D。

1.2.3 手术方法 手术均由同一位资深医生进行。患者充分散瞳后平卧于手术台,丙美卡因表面麻醉,常规进行术眼区消毒铺巾,开睑器开睑暴露术野,4%聚维酮碘冲洗术眼结膜囊。在CALLISTO eye 导航系统引导下下行3.0 mm透明角膜隧道主切口,隧道长度2.0 mm,前房注入透明质酸钠,保护角膜内皮及维持ACD,2:00位角膜缘行1.0 mm辅助切口,导航系统引导下以角膜为中心行5.3-5.5 mm连续环形撕囊,常规进行水分离及水分层,超声乳化晶状体核,抽吸晶状体皮质并进行后囊抛光,于囊袋中匀速注入黏弹剂,在导航系统指引下植入 Toric IOL 至目标轴位,置换黏弹剂,水密切口至眼压略低于正常眼压。再次检查 Toric IOL 于目标轴位,术毕,结膜囊涂妥布霉素地塞米松眼膏,无菌敷料包眼^[14]。

1.2.4 术后随访 于术后1 d,2 wk,1 mo 进行随访。记录UCDVA、CDVA、 ΔTK 、Toric IOL 倾斜度及偏心距。

眼前节照相测量 Toric IOL 旋转角度。调整光带宽度适中,调节裂隙灯光带角度,使眼部图像中出现红光反射,且能清晰显示出 Toric IOL 散光标记后,采集此时的 Toric IOL 图像。打开所得 Toric IOL 图像,连接 Toric IOL 两侧标记点,使所有标记点均位于该连线所在的直线上,利用软件自带的角度测量功能可进行 Toric IOL 角度测量^[14]。

眼前节全景 OCT 测量 Toric IOL 倾斜度及偏心距。偏心距定义为角膜顶点法线与晶状体赤道平面交点和晶状体赤道圆中心之间的距离,Toric IOL 中心轴线定义为与过 Toric IOL 赤道圆中心且垂直于 Toric IOL 赤道圆

的轴线;倾斜度定义为顶点法线和 Toric IOL 中心轴线之间的角度(图 1)。在检查模式下,眼前节 OCT 的内置三维分析系统可自动生成并准确记录 Toric IOL 的倾斜度及偏心距^[14]。

统计学分析:使用 SPSS 27.0 软件进行数据分析。经 Shapiro Wilk 检验数据正态性后,服从正态分布的计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,不符合正态分布的计量资料采用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示。重复测量数据使用 Friedman 非参数检验,采用 Nemenyi 检验进行两两比较;两组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。采用 Spearman 相关性分析。对具有相关性的结果进行进一步的线性回归分析。 $P<0.05$ 被认为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 纳入患者术前一般资料 本研究最初纳入白内障患者 41 例 54 眼,8 例 14 眼因当地复查等原因失访,最终纳入 33 例 40 眼,年龄 51-82(平均 69.75 ± 9.56) 岁,ΔTK 为 1.82(1.31, 2.59) D,合并 WTR、ATR、斜轴散光(oblique astigmatism, OBL)分别为 23 眼(58%)、14 眼(35%)、3 眼(8%),术前患者的一般资料见表 1。

2.2 纳入患者术后情况 手术前后 UCDVA、CDVA、ΔTK 比较差异均有统计学意义($P<0.001$),术后各随访时间点 UCDVA、CDVA、ΔTK 与术前比较差异均有统计学意义($P<0.05$),见表 2。术后 1 d 发生旋转患者为 32 眼(80.0%),顺时针旋转为 13 眼(32.5%),旋转度为 1.00° ($1.00^\circ, 6.00^\circ$),逆时针旋转为 19 眼(47.5%),旋转度为 2.00° ($2.00^\circ, 4.00^\circ$),不同旋转方向(顺时针或逆时针旋转)旋转度比较差异无统计学意义($Z=0.039, P=0.969$)。术后 2 wk,8 眼因拒绝眼前节 OCT 检查、图像显示质量较差、自动分层较差而未纳入分析,共计纳入 32 眼。结果显

示,术后 2 wk 时偏心距为 1.60(1.39, 2.21) mm,倾斜度为 $4.69^\circ \pm 1.63^\circ$ 。

2.3 术后并发症 所有患者均未出现明显术后并发症,患者 2 眼因晶状体核硬度高,术后出现角膜水肿,给予常规抗炎及高渗滴眼液处理,术后 2 wk 复查角膜均恢复至透明状态,视力较术后 1 d 明显提升。1 例患者诉术后出现色差改变,因患者自诉对生活无明显影响,故未做特殊处理。

2.4 术前眼前节参数与 Toric IOL 术后各时间点 Toric IOL 旋转度的相关性 术后各时间点 Toric IOL 旋转度与术前 AL、TSE、WTW、ACD 与均无相关性($P>0.05$);术前 LT 和 ASL 与术后 1 d, 2 wk Toric IOL 旋转度均呈正相关($P<0.05$),术前 LT 与术后 1 mo Toric IOL 旋转度无相关性

表 1 纳入患者术前一般资料

指标	数值
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	69.75±9.56
性别(男/女,例)	16/17
眼别(右/左,眼)	21/19
UCDVA[$M(P_{25}, P_{75}), \text{LogMAR}$]	0.80(0.49, 1.00)
CDVA[$M(P_{25}, P_{75}), \text{LogMAR}$]	0.52(0.40, 0.80)
AL($\bar{x} \pm s$, mm)	23.93±0.86
LT($\bar{x} \pm s$, mm)	4.48±0.36
TSE($\bar{x} \pm s$, D)	43.94±1.45
WTW($\bar{x} \pm s$, mm)	11.57±0.39
ACD($\bar{x} \pm s$, mm)	3.09±0.42
ASL($\bar{x} \pm s$, mm)	7.56±0.34
ΔTK[$M(P_{25}, P_{75}), \text{D}$]	1.82(1.31, 2.59)
陡峭轴[$M(P_{25}, P_{75}), ^\circ$]	89(14, 160)

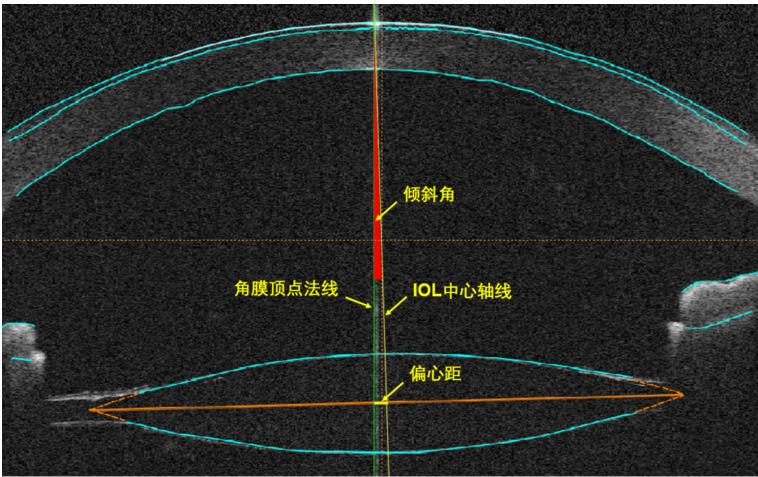


图 1 眼前节全景 OCT 测量 Toric IOL 倾斜度及偏心距原理。

表 2 纳入患者术后情况

指标	术前	术后 1 d	术后 2 wk	术后 1 mo	χ^2	P
UCDVA[$M(P_{25}, P_{75}), \text{LogMAR}$]	0.80(0.49, 1.00)	0.10(0.10, 0.30) ^a	0.05(0, 0.10) ^a	0(0, 0.10) ^a	86.607	<0.001
CDVA[$M(P_{25}, P_{75}), \text{LogMAR}$]	0.52(0.40, 0.80)		0.05(0, 0.15) ^a	0(0, 0.138) ^a	55.280	<0.001
ΔTK[$M(P_{25}, P_{75}), \text{D}$]	1.82(1.31, 2.59)		0.625(0.25, 0.75) ^a	0.50(0.25, 0.75) ^a	61.220	<0.001
旋转度[$M(P_{25}, P_{75}), ^\circ$]	0	2(1, 4)	2(1, 4)	2(0.5, 4)	1.342	0.511

注:^a $P<0.05$ vs 术前。

($P>0.05$),术前 ASL 与术后 1 mo Toric IOL 旋转度均呈正相关($P<0.05$),见表 3,图 2、3。

2.5 术后 2 wk Toric IOL 偏心距和倾斜度与术后 2 wk Toric IOL 旋转度的相关性 Spearman 相关性分析结果显示,术后 2 wk Toric IOL 旋转度同术后 2 wk Toric IOL 偏心距呈正相关($r_s=0.360,P=0.043$),与术后 2 wk Toric IOL 倾斜度无相关性($P=0.146$),术后 2 wk Toric IOL 倾斜度与术后 2 wk Toric IOL 偏心距呈正相关($r_s=0.839,P<0.001$)。

2.6 术前眼前节参数与术后 Toric IOL 旋转度的线性回归分析 将具有统计学意义的术前眼前节参数与术后 Toric IOL 旋转度的关系进行线性回归分析。结果显示,术前 LT 与术后 1 d,2 wk Toric IOL 旋转度无统计学意义($F=0.818,P=0.371;F=1.560,P=0.219$),而术前 ASL 与术后 1 d,2 wk,1 mo Toric IOL 旋转度均有统计学意义(均 $P<0.05$),见表 4。

3 讨论

1992 年,Shimizu 等^[15]在普通 IOL 的基础上创造出了

Toric IOL,这种 Toric IOL 增加了环曲面设计,同时具有球镜和柱镜的性质,具有矫正范围广、安全性较高的特点。多项研究表明,植入 Toric IOL 对角膜规则散光的白内障患者是一种比角膜松解切口预测性更高的方式^[16-17]。然而,植入 Toric IOL 的重点在于其散光轴位标记需与目标轴位保持一致,若 Toric IOL 发生旋转,其矫正散光的效果将降低甚至无效。另外,Toric IOL 的倾斜及偏心将导致患者产生较大的像差,也会引起视觉质量的下降。目前,多种因素已被证实与 Toric IOL 旋转有关。然而,关于术前眼前节参数对 Toric IOL 旋转的影响尚有争议,且 Toric IOL 的旋转与其倾斜及偏心的关系也尚不可知。因此,本研究旨在研究合并角膜散光的白内障患者术前眼前节参数对 Toric IOL 旋转稳定性的影响,以及 Toric IOL 旋转度与其倾斜及偏心的关系。

因数字导航下植入疏水表面处理的板状襁 Toric IOL 具有较好的矫正效果及旋转稳定性^[18-20],因此本研究选择在 CALLISTO eye 导航系统^[21]下植入 AT TORBI 709M。同时,因术后超过 2 wk 发生旋转的情况相对少见^[12-13],本

表 3 术前眼前节参数与 Toric IOL 术后各时间点 Toric IOL 旋转度的相关性

指标	统计值	AL	LT	TSE	WTW	ACD	ASL
术后 1 d	r_s	-0.124	0.340	0.042	0.018	0.089	0.463
	P	0.446	0.032	0.798	0.913	0.583	0.003
术后 2 wk	r_s	-0.116	0.409	0.012	-0.005	0.077	0.520
	P	0.474	0.009	0.940	0.976	0.635	0.001
术后 1 mo	r_s	-0.091	0.244	0.071	-0.087	0.225	0.463
	P	0.578	0.129	0.661	0.594	0.163	0.003

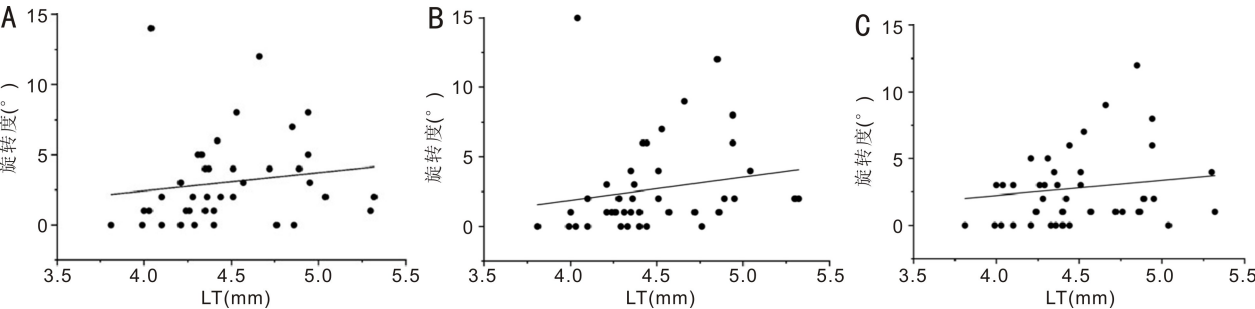


图 2 术前 LT 与术后各时间点 Toric IOL 旋转度相关性 A:术后 1 d;B:术后 2 wk;C:术后 1 mo。

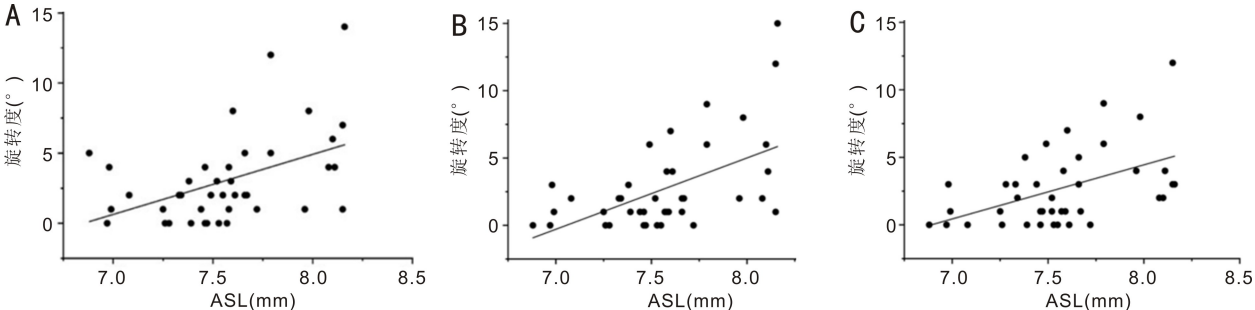


图 3 术前 ASL 与术后各时间点 Toric IOL 旋转度相关性 A:术后 1 d;B:术后 2 wk;C:术后 1 mo。

表 4 术前 ASL 与术后 Toric IOL 旋转度的线性回归分析

时间	回归方程	R^2	F	P
术后 1 d	术后 Toric IOL 旋转度 = $-29.327+4.28\times ASL$	0.210	10.098	0.003
术后 2 wk	术后 Toric IOL 旋转度 = $-39.121+5.546\times ASL$	0.308	16.915	<0.001
术后 1 mo	术后 Toric IOL 旋转度 = $-26.615+3.873\times ASL$	0.224	10.957	0.002

研究选择术后早期作为 Toric IOL 术后效果观察的重要时间节点。

本研究结果显示 Toric IOL 植入术后 1 mo 残余散光中位数为 0.5 D,体现了 Toric IOL 较好的矫正效果。术后 1 d,2 wk,1 mo Toric IOL 旋转度的连续性观察结果无差异性($P>0.05$),这一结果与 Ma 等^[22]研究相符,说明植入 Toric IOL 的旋转在术后 1 d 已达到最大,之后趋于稳定。本研究进行了不同类型散光及旋转方向的旋转度的对比,未发现明显差异性,然而逆时针旋转的 Toric IOL 比例大于顺时针旋转的比例(47.5% vs 32.5%),但旋转度未见明显差异($P>0.05$),该结果同 Kramer 等^[23]研究结果类似,然而相较于 Kramer 等^[23]研究结果,本研究未发现顺时针与逆时针旋转度的差别,可能是样本数量较小,且受平板襻 Toric IOL 对称结构所限制,其显示的旋转倾向弱于 C 型襻 Toric IOL。

Li 等^[24]研究表明 AL、LT、撕囊口大小与 Toric IOL 旋转度存在相关性。Schartmüller 等^[25]发现 Toric IOL 的旋转与 AL、LT、晶状体赤道直径有关。Yao 等^[26]研究显示 WTW、ASL 对 Toric IOL 的旋转度呈现正相关。基于既往结果,本研究分析术前眼前节参数包括 AL、ACD、TSE、LT、WTW、ASL 与术后 Toric IOL 旋转度的相关性。结果显示术后 Toric IOL 旋转度与术前 ASL、LT 正相关,而与 AL、TSE、WTW、ACD 无明显相关性。根据相关性分析结果将术前 ASL、LT 作为参数分别与术后 Toric IOL 旋转度进行线性回归分析,结果显示 LT 对 Toric IOL 的影响较小($P>0.05$),而术前 ASL 作为参数与术后 1 d,2 wk,1 mo 的 Toric IOL 旋转度进行线性回归,表明术前 ASL 会对术后 Toric IOL 旋转产生正向影响($P<0.01$)。模型 R^2 参数意味着术前 ASL 可以解释旋转原因的比例大小,模型建立成功相关系数为 3-5,说明术前 ASL 每增加 1 mm, Toric IOL 将增加 3°-5°的旋转风险,该结果将有助于预测 Toric IOL 术后旋转稳定性。ASL 可以作为 Toric IOL 旋转的一项预测指标。对于旋转高危患者群体,临床上应加强随访,以减少术后因 Toric IOL 旋转导致的视觉质量下降。

ASL 为角膜顶点前表面到晶状体后表面的长度,为 LT 及 ACD 之和,ASL 反映了眼前段的深度。根据 Jonas 等^[27]研究结果,随着年龄的增加,LT 与 ACD 呈现相反趋势,年龄每增加 1 岁,LT 增加 0.009 mm,ACD 减少 0.007 mm,晶状体后极部后移 0.002 mm,故 ASL 的变化与 LT 的变化呈现同步性。此外,Vurgese 等^[28]研究表明 AL 的增加从锯齿缘开始并在靠近后极部更明显,那么眼部的前段及后段的生长可能存在不同步现象。因此,ASL 可能较 AL 更能反映晶状体囊袋的大小,从而对 Toric IOL 旋转影响更为直接。另外,术后较深的前节深度即 ASL 可能在植入 Toric IOL 后进行调整定位及角膜切口水密时,由于平衡盐电解质溶液的流动空间较大导致前房稳定性较差,从而使 Toric IOL 发生较大的旋转^[29]。

IOL 偏心与倾斜是影响白内障术后视觉质量的因素之一,当 IOL 偏心和倾斜过大时,将对视觉产生不利影响,增加眼内像差,甚至增加眼部散光,对非球面人工晶状体及功能型 IOL 影响更大^[30-33]。既往研究表明 IOL 襻的类型、囊袋纤维化、张力环的应用、重力等对 IOL 的偏心和倾斜可产生不同程度的影响^[30,34-36],然而目前关于 Toric IOL

偏心距、倾斜度与旋转度之间的关系的研究相对较少。本研究首先对 Toric IOL 的偏心距和倾斜度进行了分析,结果显示术后 2 wk Toric IOL 的偏心距为 1.60 (1.39, 2.21) mm,倾斜度为 $4.69^\circ \pm 1.63^\circ$ 。因 Toric IOL 旋转、偏心与倾斜均受囊袋大小的影响,且三者均会对患者术后视觉质量产生影响,故本研究分析结果显示 Toric IOL 旋转度同偏心距存在正相关($r_s = 0.839, P<0.001$),提示 Toric IOL 偏心较大时,同时可能会发生较大旋转。

近两年关于 Toric IOL 植入的研究,多集中于不同术式的术后视觉效果分析^[37-38],然而本研究的创新点在于首次系统性地探讨了 ASL 与 Toric IOL 旋转的相关性,并进一步分析了 Toric IOL 旋转与其倾斜度、偏心距的关系。这一发现为预测和管理 Toric IOL 术后旋转提供新的思路,也为优化 Toric IOL 选择和术后管理策略提供了理论依据。但本文仍存在一定局限性:(1) 为了控制不同 Toric IOL 类型对旋转稳定性的影响,本研究仅针对 AT TORBI 709M IOL(板状襻一体式亲水型丙烯酸酯 IOL),未与其他材质及设计(如疏水性丙烯酸酯 C 型、L 型襻 IOL 等)进行横向比较。因此,未来研究可进一步扩展至不同类型 Toric IOL,以探讨不同材料和设计对 Toric IOL 旋转的影响。(2) 由于散光标记观察的便捷性,本研究仅纳入了 Toric IOL,未对普通球面 IOL 的旋转稳定性进行对照研究,未来可通过前瞻性研究进一步验证不同 IOL 类型的旋转特征。

综上所述,本研究发现术前 ASL 与 Toric IOL 旋转呈正相关,术后 Toric IOL 偏心距与旋转度正相关。这一结果不仅为术前患者筛查和术后管理提供了重要的参考依据,也为未来 Toric IOL 设计优化和术后随访策略的改进提供了新的方向。

利益冲突声明: 本文不存在利益冲突。

作者贡献声明: 田庚琦、徐素论文选题与修改,初稿撰写;张宇航、胡宜卓、司玮文献检索;杨翼帆、李欣瞳数据分析;张凤妍选题指导,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] Liu YC, Wilkins M, Kim T, et al. Cataracts. *Lancet*, 2017, 390 (10094):600-612.
[2] Thulasidas M, Kadam A. Toric intraocular lens: A literature review. *Taiwan J Ophthalmol*, 2024, 14(2):197-208.
[3] Mohammadi M, Naderan M, Pahlevani R, et al. Prevalence of corneal astigmatism before cataract surgery. *Int Ophthalmol*, 2016, 36 (6):807-817.
[4] Hoffmann PC, Hütz WW. Analysis of biometry and prevalence data for corneal astigmatism in 23 239 eyes. *J Cataract Refract Surg*, 2010, 36 (9):1479-1485.
[5] Hasegawa Y, Hiraoka T, Nakano S, et al. Effects of astigmatic defocus on binocular contrast sensitivity. *PLoS One*, 2018, 13 (8):e0202340.
[6] Xu Z, Wang J, Shi C, et al. Clinical outcomes of plate-haptic diffractive multifocal toric IOL in cataract eyes with long axial length and corneal astigmatism. *Sci Rep*, 2025, 15:11881.
[7] Ullrich M, Fisis AD, Palkovits S, et al. Rotational stability and capsular bag performance of a hydrophobic acrylic open-loop single-piece intraocular lens. *Eur J Ophthalmol*, 2024, 34(6):1899-1908.
[8] Nemet AY, Reitblat O, Levy A, et al. Clinical Outcomes Following

Toric Intraocular Lens Implantation: A Case Series Study. *J Clin Med*, 2025,14(7):2316.

[9] Ma JJ, Tseng SS. Simple method for accurate alignment in toric phakic and aphakic intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg*, 2008,34(10):1631-1636.

[10] Weikert MP, Golla A, Wang L. Influence of decentration of plate-haptic toric intraocular lens on postoperative visual quality. *J Cataract Refract Surg*, 2018,44(6):745-749.

[11] Felipe A, Artigas JM, Díez-Ajenjo A, et al. Modulation transfer function of a toric intraocular lens: evaluation of the changes produced by rotation and tilt. *J Refract Surg*, 2012,28(5):335-340.

[12] Wang Y, Lou X, Qian S, et al. Comparison of the effect of capsular bend on the rotational stability between 2 toric intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg*, 2024,50(3):283-288.

[13] Röggl V, Schartmüller D, Schwarzenbacher L, et al. Rotational stability, decentration, and tilt of a new hydrophobic acrylic intraocular lens platform. *Am J Ophthalmol*, 2023,250:149-156.

[14] 田庚琦. 眼前节参数对散光型人工晶状体旋转稳定性的影响. 郑州大学, 2024.

[15] Shimizu K, Misawa A, Suzuki Y. Toric intraocular lenses: Correcting astigmatism while controlling axis shift. *J Cataract Refract Surg*, 1994,20(5):523-526.

[16] 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.

[17] 中华医学会眼科学分会白内障及屈光手术学组, 姚克. 中国成人白内障摘除手术指南(2023年). *中华眼科杂志*, 2023(12):977-987.

[18] Schartmüller D, Lisy M, Mahnert N, et al. Rotational stability and refractive outcomes of a new hydrophobic acrylic toric intraocular lens. *Eye Vis (Lond)*, 2024,11(1):25.

[19] List W, Dirisamer M, Mayer WJ, et al. Digital vs manual axis marking for toric phakic intraocular lens alignment: prospective randomized intraindividual trial. *J Cataract Refract Surg*, 2025,51(1):23-30.

[20] Diao C, Lan Q, Liao J, et al. Influence of decentration of plate-haptic toric intraocular lens on postoperative visual quality. *BMJ Open Ophthalmol*, 2023,23(1):332.

[21] Zeilinger J, Schlatter A, Ruiss M, et al. Comparison of two digital alignment systems for toric intraocular lens implantation. *BMJ Open Ophthalmol*, 2024,9(1):e001875.

[22] Ma D, Shen J, Qiu T, et al. Rotational stability of plate-haptic toric intraocular lenses in Asian eyes: risk period for intraocular lens rotation and its influencing factors. *J Cataract Refract Surg*, 2023,49(3):253-258.

[23] Kramer BA, Hardten DR, Berdahl JP. Rotation Characteristics of Three Toric Monofocal Intraocular Lenses. *Clin Ophthalmol*, 2020,14:4379-4384.

[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] Schartmüller D, Röggl V, Schwarzenbacher L, et al. Influence of a capsular tension ring on capsular bag behavior of a plate haptic intraocular lens: an intraindividual randomized trial. *Ophthalmology*, 2024,131(4):445-457.

[26] 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.

[27] Jonas JB, Iribarren R, Nangia V, et al. Lens position and age: the central India eye and medical study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2015,56(9):5309-5314.

[28] Vurgese S, Panda-Jonas S, Jonas JB. Scleral thickness in human eyes. *PLoS One*, 2012,7(1):e29692.

[29] Ucar F, Turgut Ozturk B. Effectiveness of toric IOL and capsular tension ring suturing technique for rotational stability in eyes with long axial length. *Int Ophthalmol*, 2023,43(8):2917-2924.

[30] Schaeffel F. Binocular lens tilt and decentration measurements in healthy subjects with phakic eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2008,49(5):2216-2222.

[31] Pérez-Merino P, Marcos S. Effect of intraocular lens decentration on image quality tested in a custom model eye. *J Cataract Refract Surg*, 2018,44(7):889-896.

[32] Wang Y, Zang B, Bi Q, et al. Impact of intraocular lens decentration and tilt on higher-order aberrations in patients with high and super-high myopia following cataract surgery. *Indian J Ophthalmol*, 2025 [Online ahead of print].

[33] Atchison DA, Cooke DL. Refractive errors occurring with tilt of intraocular lenses. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2024,44(1):177-181.

[34] 钱玖林, 廖莹, 唐玉玲, 等. 非球面人工晶状体偏心和倾斜以及视觉质量的对比研究. *中华眼科杂志*, 2022,58(7):521-528.

[35] Wang L, Guimaraes de Souza R, Weikert MP, et al. Evaluation of crystalline lens and intraocular lens tilt using a swept-source optical coherence tomography biometer. *J Cataract Refract Surg*, 2019,45(1):35-40.

[36] Rossi T, Ceccacci A, Testa G, et al. Influence of anterior capsulorhexis shape, centration, size, and location on intraocular lens position: finite element model. *J Cataract Refract Surg*, 2022,48(2):222-229.

[37] 冯珂, 陈瑞合, 李玉军. Verion 导航系统和传统标记器法行 Toric IOL 轴向标记的精确性比较. *国际眼科杂志*, 2022,22(5):875-879.

[38] 董毅, 魏表, 赵燕. 不同术式联合 Toric IOL 植入术治疗硬核年龄相关性白内障. *国际眼科杂志*, 2023,23(6):900-903.