

矢量法评价 V4c TICL 植入术后旋转对近视合并散光矫治效果的影响

张波 杜文文 王浩 庞辰久 杨靖 王树林 孙早荷 李金 顾宇伟

河南省人民医院 河南省立眼科医院 郑州大学人民医院 河南大学人民医院, 郑州 450003

通信作者: 庞辰久, Email: pangcj999@163.com

【摘要】 目的 应用标准化矢量分析法评价 V4c 复曲面后房型有晶状体眼人工晶状体(TICL)植入术后 TICL 旋转对近视合并散光矫治效果的影响。方法 采用系列病例观察研究方法,选取 2021 年 1—12 月在河南省立眼科医院行 V4c TICL 植入的近视合并散光患者 152 例 268 眼,术前球镜度为 $-15.00\sim-3.25$ D,柱镜度为 $-5.00\sim-0.50$ D,等效球镜度(SE)为 $-16.50\sim-3.88$ D。采用扫频眼前节光学相干断层扫描测量术后拱高及 TICL 实际轴向,计算术后 TICL 偏转角度。记录术前和术后 1 个月的裸眼视力(UCVA)、最佳矫正视力(BCVA)、球镜度、柱镜度、SE、目标散光矢量,根据术后 1 个月主观验光结果及 V4c TICL 柱镜轴向计算有效性指数、安全性指数、手术矫正散光矢量(SIA)、误差幅度(ME)、差异矢量绝对值(|DV|)、矫正指数(CI)和成功指数(IS)。比较不同术前散光度、TICL 术中固定角度、TICL 术后偏转角度及术后拱高患者间各矢量分析参数;评估 TICL 术后偏转角度与 TICL 固定角度偏差、术后拱高、视力、屈光度以及各矢量分析参数间的相关性。结果 术后 1 个月,手术安全性和有效性指数分别为 1.27 和 1.29。预期 SE 和术后 SE 分别为 (-0.11 ± 0.13) 和 (-0.07 ± 0.52) D,差异无统计学意义($t=-0.994, P=0.321$)。V4c TICL 植入术后术眼 UCVA、BCVA 和柱镜度均较术前改善,差异均有统计学意义($t=17.854, 5.446, -25.634$, 均 $P<0.001$)。V4c TICL 偏转角度为 $0^\circ\sim 25^\circ$,平均 $(5.41\pm 4.35)^\circ$,与 TICL 固定角度偏差呈正相关($r_s=0.461, P<0.001$),与术后柱镜度呈负相关,与术后 UCVA、|DV|、SIA 均呈正相关($r=-0.360, 0.191, 0.205, 0.142$, 均 $P<0.05$)。不同分组矢量分析结果比较显示,低散光组患者术后拱高、SIA、|DV|均低于高散光组,CI、IS 均高于高散光组,差异均有统计学意义($Z=-3.017, -13.569, -2.793, -2.761, -4.779$, 均 $P<0.05$)。小角度差组患者术后 TICL 偏转角度和|DV|均小于大角度差组,差异均有统计学意义($Z=-7.865, -2.080$, 均 $P<0.05$)。低度偏转组患者术前柱镜度、固定角度偏差、SIA 及|DV|均小于高度偏转组,差异均有统计学意义($Z=-2.104, -4.578, -2.456, -2.090$, 均 $P<0.05$)。TICL 植入术后不同拱高组患者 TICL 偏转角度及各矢量分析参数比较差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。结论 V4c TICL 矫治近视合并散光临床效果良好,术中固定轴向与目标轴向略有差异,影响了术后 TICL 偏转角度和|DV|;术后 TICL 偏转角度与 TICL 固定角度偏差、术后 UCVA、SIA、|DV|及术后柱镜度有关,术后拱高对于 TICL 偏转角度及各矢量差异无明显影响。

【关键词】 近视; 散光; 旋转; 体层摄影术, 光学相干; 眼前节; 矢量分析; 有晶状体眼人工晶状体, 后房型, 复曲面

基金项目: 河南省科技厅科技攻关联合基金 (232103810052)

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20240510-00127

Vector analysis for evaluating the effect of rotation on myopic astigmatism correction after V4c toric collamer lens implantation

Zhang Bo, Du Wenwen, Wang Hao, Pang Chenjiu, Yang Jing, Wang Shulin, Sun Zaohe, Li Jin, Gu Yuwei

Henan Provincial People's Hospital, Henan Eye Hospital, People's Hospital of Zhengzhou University, People's Hospital of Henan University, Zhengzhou 450003, China

Corresponding author: Pang Chenjiu, Email: pangcj999@163.com

【Abstract】 **Objective** To evaluate the effect of toric collamer lens (TICL) rotation on myopia combined with astigmatism correction after V4c TICL implantation using standardized vector analysis. **Methods** An observational case series study was performed. A total of 152 patients (268 eyes) who underwent V4c TICL implantation for the correction of myopia and myopic astigmatism were enrolled at Henan Eye Hospital from January to December 2021. The preoperative spherical diopter, cylindrical diopter, and spherical equivalent (SE) were -15.00

to -3.25 D, -5.00 to -0.50 D, -16.50 to -3.88 D, respectively. Postoperative TICL vault and axis were measured by anterior segment optical coherence tomography, and postoperative TICL rotation was calculated. Uncorrected visual acuity (UCVA), best corrected visual acuity (BCVA), spherical diopter, cylindrical diopter, SE, and target astigmatism vector were recorded before and 1 month after surgery. The effectiveness index, safety index, surgically induced astigmatism vector (SIA), margin of error (ME), absolute value of the difference vector $|DV|$, correction index (CI), and achievement index (IS) were calculated based on the subjective refraction results 1 month after surgery and the cylindrical axis of the V4c TICL. Vector analysis parameters was compared among patients with different preoperative astigmatism, intraoperative TICL fixation, postoperative TICL rotation, and postoperative vault. The correlation between postoperative TICL rotation and TICL fixed angle deviation, postoperative vault, visual acuity and refraction, and vector analysis parameters were evaluated. This study adhered to the Declaration of Helsinki. The study protocol was approved by the Ethics Committee of Henan Eye Hospital (No. HNEECKY-2021[13]). Written informed consent was obtained from each subject. **Results** At 1 month postoperatively, the mean safety and efficacy indices were 1.27 and 1.29, respectively. There was no statistically significant difference between the predicted SE of (-0.11 ± 0.13) D and the postoperative SE of (-0.07 ± 0.52) D ($t = -0.994, P = 0.321$). UCVA, BCVA and cylinder diopter in the operative eyes were all improved after surgery compared to before surgery and the differences were statistically significant ($t = 17.854, 5.446, -25.634$; all $P < 0.001$). The rotation of V4c TICL was 0° to 25° , with a mean of $(5.41 \pm 4.35)^\circ$, which was positively correlated with the V4c TICL fixed angle deviation ($r_s = 0.461, P < 0.001$), negatively correlated with postoperative cylindrical diopter and positively correlated with postoperative UCVA, $|DV|$ and SIA ($r = -0.360, 0.191, 0.205, 0.142$; all $P < 0.05$). Vector analysis between groups showed that vault, SIA and $|DV|$ were higher and CI and IS were lower in low astigmatism group than in high astigmatism group ($Z = -3.017, -13.569, -2.793, -2.761, -4.779$; all $P < 0.05$). V4c TICL rotation and $|DV|$ were lower in low fixation angle difference group than in high fixation angle difference group ($Z = -7.865, -2.080$; both $P < 0.05$). Preoperative cylindrical diopter, intraoperative V4c TICL fixed angle deviation, SIA and $|DV|$ were lower in low rotation group than in high rotation group ($Z = -2.104, -4.578, -2.456, -2.090$; all $P < 0.05$). There were no statistically significant differences in the TICL rotation or in each vector between patients with different vault after the surgery (all $P > 0.05$). **Conclusions** V4c TICL implantation can achieve good results for the correction of myopia and myopic astigmatism. There is a slight difference between the fixation axis and the target axis of V4c TICL, which affects the rotation of V4c TICL and $|DV|$. Postoperative V4c TICL rotation is related to TICL fixed angle deviation, postoperative UCVA, SIA, $|DV|$ and postoperative cylindrical diopter. Postoperative vault has no significant effect on TICL rotation and differences in each vector.

[Key words] Myopia; Astigmatism; Rotation; Tomography, optical coherence; Anterior eye segment; Vector analysis; Implantable collamer lens, posterior chamber, toric

Fund program: Department of Henan Science and Technology United Fund (232103810052)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20240510-00127

近视合并散光是一种常见的屈光不正,散光未矫正或散光轴向偏差会不同程度影响患者的视力^[1-3]。目前,除了各种角膜屈光手术,复曲面后房型有晶状体眼人工晶状体(toric implantable collamer lens, TICL)植入术也被广泛用于矫正近视合并散光。研究表明, V4c TICL 植入矫治近视合并散光安全、有效^[4-11]。TICL 在眼内的精准定位是影响近视合并散光矫治效果的关键因素,其植入眼后房存在旋转的可能性,术后 TICL 的旋转对于散光矫正效果有不同程度的影响。目前关于 TICL 旋转对术后残余散光的影响报道较少。本研究应用扫频眼前节光学相干断层扫描(anterior segment optical coherence tomography, AS-OCT)采集近视合并散光患者 V4c TICL 植入术后的眼前节图像,采

用标准化矢量分析法评价 V4c TICL 偏转角度对散光矫治效果的影响。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用系列病例观察研究方法,纳入 2021 年 1—12 月在河南省立眼科医院接受 V4c TICL(美国 STAAR 公司)植入术的近视合并散光患者 152 例 268 眼,其中男 38 例 66 眼,女 114 例 202 眼;年龄 18~39 岁,平均 (26.1 ± 4.9) 岁。纳入标准:(1)年龄 > 18 岁且屈光度数稳定 2 年以上;(2)中央前房深度(anterior chamber depth, ACD) ≥ 2.8 mm;(3)中央角膜内皮细胞密度(endothelial cell density, ECD) ≥ 2000 个/ mm^2 ;(4)眼

压 10~20 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa); (5) 有手术矫治意愿、能耐受手术并对手术矫正的结果表示理解。排除标准: (1) 术前检查发现有 ICL 手术绝对禁忌证者^[12]; (2) 患有其他影响眼部的系统性疾病者; (3) 妊娠期或哺乳期患者; (4) 有内眼手术史者。患者术前球镜度为 -15.00~-3.25 D, 平均 (-8.62±2.04) D; 柱镜度为 -5.00~-0.50 D, 平均 (-1.92±0.87) D; 等效球镜度 (spherical equivalent, SE) 为 -16.50~-3.88 D, 平均 (-9.59±2.12) D; 角膜白到白距离 (white to white, WTW) 为 10.60~12.70 mm, 平均 (11.60±0.43) mm; ACD 为 2.80~3.96 mm, 平均 (3.22±0.25) mm; 眼轴长度为 23.58~30.50 mm, 平均 (26.81±1.21) mm。本研究遵循《赫尔辛基宣言》, 研究方案经河南省立眼科医院伦理委员会批准 [批文号: HNEECKY-2021(13)]。所有患者均对本研究知情并签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 常规眼科检查

术前和术后 1 d、1 周、1 个月采用 ETDRS 视力表检查裸眼视力 (uncorrected visual acuity, UCVA) 和最佳矫正视力 (best corrected visual acuity, BCVA), 并将其转换为 LogMAR 视力进行分析; 采用裂隙灯显微镜联合前置镜检查眼前节和眼底情况; 采用非接触式眼压计测量眼压; 采用非接触角膜内皮显微镜 (SP-1P, 日本 Topcon 公司) 检查 ECD; 采用 Pentacam HR (德国 Oculus 公司) 检查角膜地形图、WTW、ACD 等。

1.2.2 V4c TICL 选择

将术眼球镜度、柱镜度、角膜曲率、ACD 及 WTW 输入 STAAR 公司在线计算公式, 自动计算所需 V4c TICL 的屈光度及长度, 术后的目标屈光度均为正视, 长度主要依据 ACD、WTW 选择; 所选 V4c TICL 球镜度为 -18.00~-4.00 D, 平均 (-11.35±2.26) D; 柱镜度为 +0.50~+5.00 D, 平均 (1.83±0.87) D; SE 为 -16.50~-3.00 D, 平均 (-10.44±2.11) D; V4c TICL 依据长度共有 12.1、12.6、13.2 mm 3 种类型, 其中植入 12.1 mm TICL 55 眼 (占 20.5%), 12.6 mm TICL 182 眼 (占 67.9%), 13.2 mm TICL 31 眼 (占 11.6%)。

1.2.3 TICL 植入术及术后常规处理

术前 1 h, 采用 2.5% 复方托吡卡胺滴眼液充分扩瞳, 患者取坐位、平视, 裂隙灯显微镜下用记号笔标记 3:00 和 9:00 角膜缘的 0° 水平轴线; 表面麻醉下做长 3.0 mm 颞侧透明角膜切口, 由同一高年资医师按照国际标准程序完成 TICL 植入术, 植入后调位至预定轴向。术后常规应用 0.5% 左氧氟沙星滴眼液、0.1% 双氯芬酸钠滴眼液、

0.5% 氯替泼诺混悬滴眼液和人工泪液滴眼液点眼, 均每日 4 次, 共使用 4 周。

1.2.4 术后 V4c TICL 柱镜轴向和拱高测量

术后 2 h 和 1 个月采用扫频 AS-OCT (SS-1000, 日本 Tomey 公司) 测量 TICL 柱镜轴向和拱高。患者取坐位, 于暗室环境及非药物扩瞳状态下检查, 选择眼前节模式, 选取正面大体图像分析, 测量方法如下: (1) 瞳孔缘自动定位; (2) TICL 中心及柱镜轴向标记识别 同一幅图像可以切换不同色温以清晰显示 TICL 表面标记, 检查者识别 TICL 中心孔及光学区两侧的柱镜轴向标记, 将 AS-OCT 图像界面的黄色标记线中央圆形图标与 TICL 中心孔重合, 然后旋转标记线与双侧 TICL 柱镜轴向标记重合; (3) TICL 柱镜轴向测量 图像分析界面显示此时标记线的圆周度与水平线圆周度 (0° 或 180°) 之差即是 TICL 柱镜轴向; (4) 中央拱高测量 TICL 光学区后表面中央到透明晶状体前表面垂直距离即为拱高 (图 1), 连续测量 3 次, 取平均值。

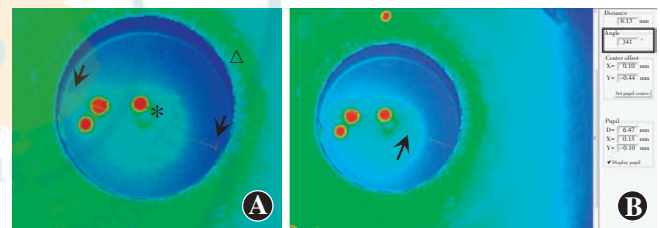


图 1 V4c TICL 植入术后 AS-OCT 图像 A: 瞳孔缘自动定位和 TICL 中心及柱镜轴向标记识别 三角示瞳孔缘, 星号示 V4c TICL 中心孔, 箭头示 V4c TICL 柱镜轴向标记 B: TICL 柱镜轴向测量 箭头示 TICL 柱镜轴向标记线 (黄色线), 黑色方框内为柱镜轴向圆周度

Figure 1 AS-OCT images after V4c TICL implantation

A: Automatic positioning of pupil margin, identification of TICL center and cylindrical axis mark Triangle showed pupil margin. Asterisk showed V4c TICL center hole. Arrow showed V4c TICL cylindrical axis mark B: TICL cylindrical axis measurement Arrow showed the TICL cylindrical axis mark line (yellow line), and within the black box was the cylindrical axis circumference

1.2.5 V4c TICL 术中固定轴向、固定角度偏差、术后偏转角度确定及分组

(1) TICL 术中固定角度 术后 2 h 即行 AS-OCT 检查, 测量其轴向, 此时的 TICL 轴向被视为术中固定角度; (2) TICL 固定角度偏差 术中 TICL 固定轴向与预期轴向的差值; (3) TICL 术后偏转角度 术后 1 个月复诊测量 TICL 实际轴向, 计算实际轴向与预期轴向的差值。根据术前散光度将患者分为低散光组 (散光 -2.00~-0.50 D) 191 眼和高散光组 (散光 -5.00~-2.50 D) 77 眼; 根据术中 V4c TICL 固定角度偏差分为小角度差组 (0°~5°) 190 眼和大角度

差组(6°~10°)78 眼;根据术后 V4c TICL 偏转角度分为低度偏转组(≤10°)238 眼和高度偏转组(>10°)30 眼;参照文献[13],根据术后拱高分为低拱高组(拱高<250 μm)12 眼、理想拱高组(拱高 250~750 μm)232 眼和高拱高组(拱高>750 μm)24 眼。

1.2.6 散光矢量分析 应用标准化散光矢量分析法^[14-17]计算目标散光矢量(target induced astigmatism vector, TIA)、V4c TICL 植入术后 1 个月手术矫正散光矢量(surgically induced astigmatism vector, SIA)、差异矢量绝对值(absolute value of difference vector, |DV|)、误差幅度(margin of error, ME)、矫正指数(correction index, CI)和成功指数(index of success, IS)。ME 为正值表示欠矫,负值表示过矫;|DV|和 IS 越接近 0,CI 越接近 1,则散光矫正效果越理想。CI<1 表示欠矫,CI>1 表示过矫。具体计算公式如下: $X_{preop} = C_{preop} \times \cos(2 \times A_{preop})$, $Y_{preop} = C_{preop} \times \sin(2 \times A_{preop})$; $X_{postop} = C_{postop} \times \cos(2 \times A_{postop})$, $Y_{postop} = C_{postop} \times \sin(2 \times A_{postop})$; $TIA = \sqrt{(X_{preop} - X_n)^2 + (Y_{preop} - Y_n)^2}$; $SIA = \sqrt{(X_{preop} - X_{postop})^2 + (Y_{preop} - Y_{postop})^2}$; $|DV| = \sqrt{(X_{postop} - X_n)^2 + (Y_{postop} - Y_n)^2}$; $ME = TIA - SIA$; $CI = SIA / TIA$, $IS = |DV| / TIA$;其中, C 为柱镜度, A 为轴向, n 为术后目标屈光度, preop 表示术前, postop 表示术后。

1.2.7 评估指标 记录术前及术后 1 个月随访结果,包括 TICL 术中固定角度、术后偏转角度、中央拱高、术后球镜度、术后柱镜度、术后 SE、术前及术后视力和术后并发症发生情况。计算有效性指数和安全性指数,其中有效性指数为术后 UCVA 均值/术前 BCVA 均值,安全性指数为术后 BCVA 均值/术前 BCVA 均值。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 22.0 统计学软件进行统计分析。计量资料数据经 Kolmogorov-Smirnov 检验证实符合正态分布者以 $\bar{x} \pm s$ 表示,手术前后各指标比较采用配对 t 检验;2 个组各指标比较采用独立样本 t 检验。各组术后

偏转角度比较采用单因素方差分析,两两比较采用 Bonferroni 校正法。不符合正态分布者以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,各组不同时间点各指标比较采用 Wilcoxon 符号秩检验。计数资料数据以频数和百分数表示。采用 Pearson 线性相关分析评估 V4c TICL 偏转角度与术前 ACD、WTW 和术后中央拱高、UCVA、柱镜度及 SE 等的相关性,采用 Spearman 秩相关分析评估其与 TICL 长度、TICL 固定角度偏差的相关性。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义, Bonferroni 校正法检验水准为 0.05/3。

2 结果

2.1 术后一般情况

268 眼均成功植入 V4c TICL,随访期间所有术眼术后未见晶状体前囊下混浊及角膜内皮或透明晶状体前囊膜色素沉着现象,12 眼 TICL 后表面有少量点状色素沉着;所有术眼未见持续性眼压升高、青光眼、白内障、瞳孔移位、角膜持续水肿、TICL 嵌顿偏位等并发症发生。术后 1 个月,SE 为 -2.00 ~ +1.38 D,平均 (-0.07±0.52)D,预期 SE 为 (-0.11±0.13)D,差异无统计学意义($t = -0.994, P = 0.321$)。与预期 SE 相差 -0.50 ~ +0.50 D 者 216 眼(占 80.6%),SE 相差 -1.00 ~ -0.51 D 及 +0.51 ~ +1.00 D 者 37 眼(占 13.8%),超过 ±1.00 D 者 15 眼(占 5.6%)。术后 UCVA 为 -0.18 ~ 0.30,平均 -0.04±0.08,达到术前 BCVA 者 97 眼(占 36.2%),超过术前 BCVA 至少 1 行者 166 眼(占 61.9%),低于术前 BCVA 者 5 眼(占 1.9%)。手术安全性指数和有效性指数分别为 1.27 和 1.29。

2.2 V4c TICL 植入前后各指标比较

V4c TICL 植入术后术眼 UCVA、BCVA 和柱镜度均较术前改善,差异均有统计学意义($t = 17.854, 5.446, -25.634$,均 $P < 0.001$)(表 1)。

表 1 V4c TICL 植入前后各指标比较($\bar{x} \pm s$)
Table 1 Comparison of different indicators between before and after V4c TICL implantation ($\bar{x} \pm s$)

时间	眼数	UCVA	BCVA	柱镜度(D)	SE(D)	角膜曲率(D)	角膜散光值(D)	角膜散光轴向(°)
术前	268	1.21±0.29	0.06±0.07	-1.92±0.87	-0.11±0.13*	43.81±1.51	2.06±0.75	90.70±15.70
术后 1 个月	268	-0.04±0.08	-0.03±0.07	-0.74±0.50	-0.07±0.52	43.86±1.48	2.11±0.88	90.90±15.16
t 值		17.854	5.446	-25.634	-0.994	-0.899	-0.735	-0.081
P 值		<0.001	<0.001	<0.001	0.321	0.371	0.470	0.936

注:(配对 t 检验) TICL:复曲面后房型有晶状体眼人工晶状体;UCVA:裸眼视力;BCVA:最佳矫正视力;SE:等效球镜度 * 为术前预计 SE
Note:(Paired t-test) TICL:toric implantable collamer lens;UCVA:uncorrected visual acuity;BCVA:best corrected visual acuity;SE:spherical equivalent
*:preoperative predicted SE

2.3 V4c TICL 植入术后固定角度偏差、术后偏转角度比较和中央拱高

TICL 固定角度偏差中位数为 3(0, 10)°, 其中偏差 0°者 51 眼(占 19.0%); 偏差 1°~5°者 139 眼(占 51.9%), 中位数为 2(1, 5)°; 偏差 >5°者 78 眼(占 29.1%), 中位数为 8(6, 10)°。固定角度偏差 0°、1°~5°和 >5°者术后偏转角度分别为 (4.25±4.49)°、(4.22±3.60)°和 (8.29±4.17)°, 总体比较差异有统计学意义 ($F=29.250, P<0.001$), 其中偏差 >5°者术后偏转角度明显大于偏差 0°和偏差 1°~5°者, 差异均有统计学意义 (均 $P<0.001$)。术后 1 个月所有术眼 V4c TICL 偏转角度为 0°~25°, 平均 (5.41±4.35)°; 0°~5°、6°~10°、11°~20°、>20°者分别占 60.8% (163/268)、28.7% (77/268)、9.7% (26/268) 和 0.8% (2/268) (图 2)。V4c TICL 植入术后 1 个月, 所有术眼中央拱高为 122~1 067 μm, 平均 (521±169) μm。

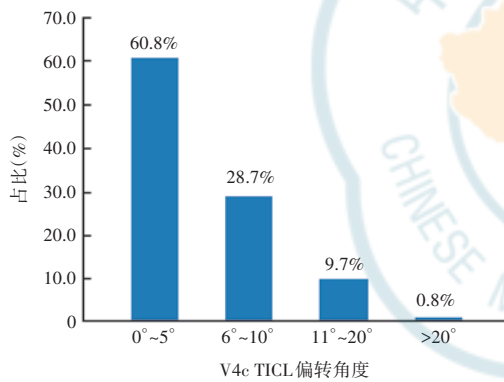


图 2 术后 1 个月 V4c TICL 偏转角度分布 TICL: 复曲面后房型有晶状体眼人工晶状体
Figure 2 V4c TICL rotation distribution 1 month after surgery
TICL: toric implantable collamer lens

2.4 术后 V4c TICL 偏转角度与各指标相关性分析

Spearman 秩相关分析显示, 术后 V4c TICL 偏转角度与 TICL 固定角度偏差呈正相关 ($r_s = 0.461, P<0.001$), 与 TICL 长度无明显相关性 ($r_s = -0.045, P>0.05$); Pearson 线性相关分析显示, 术后 V4c TICL 偏转角度与术后柱镜度呈负相关, 与术后 UCVA、|DV|、SIA 均呈正相关 ($r = -0.360, 0.191, 0.205, 0.142$, 均 $P<0.05$) (图 3), 与术前 ACD、WTW、术后中央拱高、术后 BCVA、术后球镜度、术后 SE、TIA、ME 均无明显相关性 ($r = 0.054, -0.040, 0.015, 0.068, 0.054, -0.052, 0.061, -0.049$, 均 $P>0.05$)。

2.5 不同分组 V4c TICL 植入术后散光矢量分析结果比较

所有术眼 TIA 为 -1.75 (-5.00, -0.50) D。TICL 植入术后 1 个月 SIA 为 2.05 ± 0.98, ME 为 -0.07 (-1.89, 1.81) DC, |DV| 为 0.75 (0.00, 2.50), CI 为 1.09±0.32, IS 为 0.41±0.27。不同分组矢量分析结果比较显示, 低散光组患者术后拱高、SIA、|DV| 均低于高散光组, CI、IS 均高于高散光组, 差异均有统计学意义 ($Z = -3.017, -13.569, -2.793, -2.761, -4.779$, 均 $P<0.05$) (表 2)。小角度差组患者术后 TICL 偏转角度和 |DV| 均小于大角度差组, 差异均有统计学意义 ($Z = -7.865, -2.080$, 均 $P<0.05$) (表 3)。低度偏转组患者术前柱镜度、固定角度偏差、SIA 及 |DV| 均小于高度偏转组, 差异均有统计学意义 ($Z = -2.104, -4.578, -2.456, -2.090$, 均 $P<0.05$) (表 4); TICL 植入术后不同拱高组患者各观察指标差异均无统计学意义 (均 $P>0.05$) (表 5)。

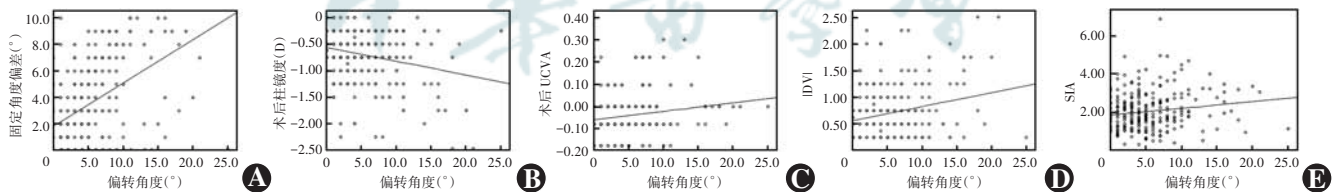


图 3 术后 V4c TICL 偏转角度与各指标相关性分析 A: 术后 V4c TICL 偏转角度与 TICL 固定角度偏差呈正相关 ($r_s = 0.461, P<0.001$; Spearman 秩相关分析, $n = 268$) B: 术后 V4c TICL 偏转角度与术后柱镜度呈负相关 ($r = -0.360, P<0.001$; Pearson 线性相关分析, $n = 268$) C: 术后 V4c TICL 偏转角度与术后 UCVA 呈正相关 ($r = 0.191, P = 0.002$; Pearson 线性相关分析, $n = 268$) D: 术后 V4c TICL 偏转角度与 |DV| 呈正相关 ($r = 0.205, P = 0.002$; Pearson 线性相关分析, $n = 268$) E: 术后 V4c TICL 偏转角度与 SIA 呈正相关 ($r = 0.142, P = 0.020$; Pearson 线性相关分析, $n = 268$) UCVA: 裸眼视力; |DV|: 差异矢量绝对值; SIA: 手术矫正散光矢量
Figure 3 Scatterplot showing correlation between postoperative V4c TICL rotation and different indicators A: Postoperative V4c TICL rotation was positively correlated with the fixed angle deviation ($r_s = 0.461, P<0.001$; Spearman correlation analysis, $n = 268$) B: Postoperative V4c TICL rotation was negatively correlated with the postoperative cylinder ($r = -0.360, P<0.001$; Pearson correlation analysis, $n = 268$) C: Postoperative V4c TICL rotation was positively correlated with the postoperative UCVA ($r = 0.191, P = 0.002$; Pearson correlation analysis, $n = 268$) D: Postoperative V4c TICL rotation was positively correlated with the |DV| ($r = 0.205, P = 0.002$; Pearson correlation analysis, $n = 268$) E: Postoperative V4c TICL rotation was positively correlated with the SIA ($r = 0.142, P = 0.002$; Pearson correlation analysis, $n = 268$) UCVA: uncorrected visual acuity; |DV|: absolute value of difference vector; SIA: surgically induced astigmatism vector

表 2 术前不同散光组间矢量分析结果比较
Table 2 Comparison of standardized vector analysis between groups with different preoperative astigmatism

组别	眼数	固定角度偏差 [M(Q ₁ , Q ₃), °] ^a	偏转角度 [M(Q ₁ , Q ₃), °] ^a	拱高 ($\bar{x} \pm s, \mu\text{m}$) ^b	SIA ($\bar{x} \pm s$) ^b
低散光组	191	3.0(0.0, 10.0)	4.0(0.0, 25.0)	501±165	1.65±0.67
高散光组	77	3.0(0.0, 10.0)	5.0(0.0, 18.0)	569±171	3.03±0.93
t/Z 值		-0.257	-1.351	-3.017	-13.569
P 值		0.797	0.177	0.003	<0.001

组别	眼数	ME [M(Q ₁ , Q ₃), DC] ^a	DV [M(Q ₁ , Q ₃)] ^a	CI [M(Q ₁ , Q ₃)] ^a	IS [M(Q ₁ , Q ₃)] ^a
低散光组	191	-0.13(-1.89, 1.00)	0.50(0.00, 2.50)	1.10(0.33, 2.08)	0.40(0.00, 1.50)
高散光组	77	0.02(-1.88, 1.81)	0.75(0.00, 2.50)	0.99(0.41, 1.54)	0.25(0.00, 0.67)
t/Z 值		-1.992	-2.793	-2.761	-4.779
P 值		0.460	0.005	0.006	<0.001

注:(a: Wilcoxon 符号秩检验; b: 独立样本 t 检验) SIA: 手术矫正散光矢量; ME: 误差幅度; |DV|: 差异矢量绝对值; CI: 矫正指数; IS: 成功指数
Note: (a: Wilcoxon signed rank test; b: Independent samples t-test) SIA: surgically induced astigmatism vector; ME: margin of error; |DV|: absolute value of difference vector; CI: correction index; IS: index of success

表 3 V4c TICL 不同固定角度偏差组间矢量分析结果比较
Table 3 Comparison of standardized vector analysis between groups with different V4c TICL fixed angle deviation

组别	眼数	术前柱镜度 [M(Q ₁ , Q ₃), D] ^a	偏转角度 [M(Q ₁ , Q ₃), °] ^a	拱高 ($\bar{x} \pm s, \mu\text{m}$) ^b	SIA ($\bar{x} \pm s$) ^b
小角度差组	190	-1.75(-0.50, -5.00)	4.0(0.0, 25.0)	515±167	1.87(0.30, 6.88)
大角度差组	78	-2.00(-0.75, -4.50)	8.0(0.0, 10.0)	535±174	1.96(0.78, 4.93)
t/Z 值		-1.342	-7.865	-0.897	-1.153
P 值		0.180	<0.001	0.370	0.249

组别	眼数	ME [M(Q ₁ , Q ₃), DC] ^a	DV [M(Q ₁ , Q ₃)] ^a	CI [M(Q ₁ , Q ₃)] ^a	IS [M(Q ₁ , Q ₃)] ^a
小角度差组	190	-0.06(-1.89, 1.81)	0.50(0.00, 2.50)	1.05(0.33, 2.08)	0.33(0.00, 1.50)
大角度差组	78	-0.13(-1.31, 1.48)	0.75(0.25, 2.50)	1.07(0.41, 2.00)	0.38(0.10, 1.43)
t/Z 值		-0.535	-2.080	-0.713	-1.058
P 值		0.592	0.037	0.476	0.290

注:(a: Wilcoxon 符号秩检验; b: 独立样本 t 检验) TICL: 复曲面后房型有晶状体眼人工晶状体; SIA: 手术矫正散光矢量; ME: 误差幅度; |DV|: 差异矢量绝对值; CI: 矫正指数; IS: 成功指数
Note: (a: Wilcoxon signed rank test; b: Independent samples t-test) TICL: toric implantable collamer lens; SIA: surgically induced astigmatism vector; ME: margin of error; |DV|: absolute value of difference vector; CI: correction index; IS: index of success

表 4 术后 V4c TICL 不同偏转角度组间矢量分析结果比较
Table 4 Comparison of standardized vector analysis between groups with different postoperative V4c TICL rotation

组别	眼数	术前柱镜度 [M(Q ₁ , Q ₃), D] ^a	固定角度偏差 [M(Q ₁ , Q ₃), °] ^a	拱高 ($\bar{x} \pm s, \mu\text{m}$) ^b	SIA ($\bar{x} \pm s$) ^b
低度偏转组	238	-1.75(-0.50, -5.00)	2.0(0.0, 10.0)	521±170	1.83(0.30, 6.88)
高度偏转组	30	-2.00(-0.75, -5.00)	8.5(0.0, 10.0)	522±169	2.30(0.52, 4.69)
t/Z 值		-2.104	-4.578	0.001	-2.456
P 值		0.035	<0.001	0.975	0.014

组别	眼数	ME [M(Q ₁ , Q ₃), DC] ^a	DV [M(Q ₁ , Q ₃)] ^a	CI [M(Q ₁ , Q ₃)] ^a	IS [M(Q ₁ , Q ₃)] ^a
低度偏转组	238	-0.06(-1.89, 1.48)	0.69(0.00, 2.25)	1.05(0.33, 2.08)	0.33(0.00, 1.50)
高度偏转组	30	-0.12(-1.61, 1.81)	0.75(0.00, 2.50)	1.08(0.52, 1.92)	0.46(0.00, 1.43)
t/Z 值		-0.301	-2.090	-0.387	-0.948
P 值		0.763	0.037	0.698	0.343

注:(a: Wilcoxon 符号秩检验; b: 独立样本 t 检验) TICL: 复曲面后房型有晶状体眼人工晶状体; SIA: 手术矫正散光矢量; ME: 误差幅度; |DV|: 差异矢量绝对值; CI: 矫正指数; IS: 成功指数
Note: (a: Wilcoxon signed rank test; b: Independent samples t-test) TICL: toric implantable collamer lens; SIA: surgically induced astigmatism vector; ME: margin of error; |DV|: absolute value of difference vector; CI: correction index; IS: index of success

表 5 术后不同中央拱高组间矢量分析结果比较 [M(Q₁, Q₃)]

Table 5 Comparison of standardized vector analysis among groups with different postoperative vault [M(Q₁, Q₃)]

组别	眼数	术前柱镜度 (D)	固定角度偏差 (°)	偏转角度 (°)	SIA
低拱高组	12	-1.50 (-0.75, -2.50)	2.5 (0.0, 9.0)	6.5 (1.0, 21.0)	1.70 (1.00, 3.06)
理想拱高组	232	-1.75 (-0.50, -5.00)	3.0 (0.0, 10.0)	4.0 (0.0, 25.0)	1.87 (0.30, 6.88)
高拱高组	24	-2.00 (-1.00, -4.00)	3.5 (0.0, 9.0)	6.5 (0.0, 20.0)	2.38 (0.50, 4.48)
Z 值		2.610	0.948	5.713	2.630
P 值		0.271	0.622	0.051	0.269

组别	眼数	ME (DC)	DV	CI	IS
低拱高组	12	-0.15 (-1.31, 1.48)	0.63 (0.00, 2.50)	1.08 (0.41, 2.01)	0.45 (0.00, 1.43)
理想拱高组	232	-0.06 (-1.89, 1.81)	0.75 (0.00, 2.50)	1.04 (0.33, 2.08)	0.35 (0.00, 1.50)
高拱高组	24	-0.16 (-1.61, 0.79)	0.50 (0.00, 1.75)	1.09 (0.50, 1.92)	0.28 (0.00, 1.00)
Z 值		1.105	0.244	1.028	0.970
P 值		0.575	0.885	0.598	0.616

注: (Wilcoxon 符号秩检验) SIA: 手术矫正散光矢量; ME: 误差幅度; |DV|: 差异矢量绝对值; CI: 矫正指数; IS: 成功指数
 Note: (Wilcoxon signed rank test) SIA: surgically induced astigmatism vector; ME: margin of error; |DV|: absolute value of difference vector; CI: correction index; IS: index of success

3 讨论

TICL 植入矫正近视合并散光的安全性、有效性及稳定性已在临床得到充分验证^[6-7,18], 近年来应用日益广泛。TICL 位于眼后房, 存在旋转的可能, 一旦术后发生旋转导致角度偏差, 可影响散光的矫正效果^[7,19]。目前, V4c TICL 植入术后偏转角度与残余散光以及视力之间的具体量化关系鲜见报道。散光是一个具有大小和方向的向量, 需应用矢量分析评价 TICL 偏转对散光矫正的影响, 其大小也是决定是否需要二次手术复位的重要决策因素。自然瞳孔状态下, 虹膜遮挡了大部分 TICL 表面的轴向标志, 如果观察 TICL 在眼内的实时轴向位置, 一般会给予药物扩瞳后测量, 但有研究表明扩瞳会影响 ICL 位置^[20-21]。本研究发现在非药物扩瞳状态下, 利用暗环境下扫频 AS-OCT 检查得到的眼前节图像, 能暴露并清晰显示 V4c TICL 表面轴向标识, 精确测量其轴向, 准确计算出术后偏转角度, 直观快捷, 对患者影响小, 是进行矢量分析的有效方法。

本研究分析了 152 例 268 眼 V4c TICL 植入术后的视力、屈光状态以及偏转角度, 手术采用宽度 3 mm 的颞侧角膜缘透明角膜切口, 结果显示术后 1 个月, 角膜散光与术前相比无明显差异; V4c TICL 矫正低度至高度近视合并散光 (-5.00 ~ -0.50 D) 安全、有效, 手术安全性和有效性指数分别为 1.27 和 1.29, 与文献报道的 1.08 ~ 1.38 和 1.01 ~ 1.35 均相符^[22-24]。术后所有眼未见 BCVA 降低, 术后 1 个月, UCVA 1.0 以上者占 85.5%, 61.9% 的术眼 BCVA 高于术前 1 ~ 2 行。

屈光矫正术后残留散光未矫正会不同程度影响术后视力^[25-26]。因此, 对 V4c TICL 植入术后残余散光进行分析, 使用标准矢量分析法来评估 V4c TICL 对散光矫正的影响具有重要意义。本研究中, 术后 1 个月, 患者 CI 为 1.09 ± 0.32, 略高于 Hyun 等^[23] 的 0.82 和 Lee 等^[24] 的 0.91, 可能与术后 TICL 旋转角度不同有关。IS 和 |DV| 略大于 0, 提示 TICL 矫正散光效果较好; ME 为 -0.07 (-1.89, 1.81) DC, 提示轻度过矫; 有 17% 的眼术后残余散光 ≥ 0.50 D, 1.9% 的眼 UCVA 低于术前 BCVA。

本研究中, 术中 TICL 固定轴向与目标轴向略有差异, 平均为 (3.60 ± 3.08)°, 中位数为 3 (0, 10)°, 190 眼 (占 70.9%) 固定角度偏差在 5° 以内, 分组对比发现, 大角度差组术后 TICL 偏转角度较大, 而且 |DV| 也偏大, 但是对于 SIA 无明显影响; 术后 1 个月, TICL 偏转角度超过 10° 者, 术前散光、固定角度偏差、SIA 及 |DV| 均偏大, 28 眼 (占 10.5%) TICL 偏转角度超过 10°, 11 眼 (占 4.1%) 偏转角度超过 15°, 其中视力下降者仅 5 眼 (占 1.9%, 偏转角度均超过 15°), 进行了手术复位。Hyun 等^[23] 利用数码前段摄影测量得到 TICL 植入术后旋转 (3.39 ± 2.36)°, Lee 等^[24] 通过 OPD-Scan III 观察到 TICL 植入术后旋转 (3.87 ± 3.07)°, Mori 等^[27] 使用矢量分析发现 TICL 植入术后旋转 (4.82 ± 6.98)°, 均小于本研究利用 AS-OCT 测量的 TICL 术后偏转角度, 可能与本研究的 TICL 偏转角度为固定角度偏差和术后 TICL 旋转角度之和有关。提示术者在术中应尽量减少 TICL 固定角度偏差, 提高精准度, 可以有效减少术后 TICL 偏转, 减少术后残余

散光,提高患者术后视觉质量。V4c TICL 术后旋转与多种因素相关,Zhu 等^[8]报道,TICL 术后旋转角度与 TICL 固定角度和晶状体尺寸显著相关,而与 WTW、ACD 等无明显相关性,与本研究结果类似。但本研究发现 TICL 术后偏转角度与 TICL 长度无明显相关性,可能由于 2 项研究中 TICL 尺寸构成不同引起,仍需更大量的病例长期观察以确定其相关性。

V4c TICL 植入术后散光矫正的影响因素除了 TICL 术后旋转外,另一可能因素是 TICL 柱镜度。本研究中术前验光测量术眼散光度最低梯度为 0.13 D,而 V4c TICL 柱镜梯度为 0.5 D,两者经常不完全匹配,术前术眼散光度数与 TICL 柱镜度数间差值绝对值平均为 (0.09 ± 0.17) D,因此,为了改善散光矫正效果,不仅要保证 V4c TICL 植入眼内的轴向精确性,还要在避免术后引入逆规散光的前提下,使 TICL 柱镜度尽量与术前散光一致。

拱高是衡量 ICL 植入手术安全性的重要指标之一,临床经验认为术后理想的中央拱高为 250 ~ 750 μm ^[13],目前在临床常用的 ICL 尺寸计算公式预测指导下,大部分患者术后可获得理想拱高,但仍有少数患者术后拱高偏高或偏低。本研究发现,V4c TICL 植入术后不同拱高组对比,术后 TICL 偏转角度及散光矢量分析各值差异均无统计学意义,提示拱高可能对术后 TICL 偏转角度及散光矫正效果无明显影响。

本研究仍存在一定局限性。首先,本研究随访时间较短,未能观察到 V4c TICL 植入术后长期旋转稳定性及其对于散光矫正的影响,后续将继续做长期随访研究;其次,本研究未能得出 V4c TICL 偏转角度与术后残余散光之间的精确量化关系。有研究显示,在角膜屈光手术中,理论上眼球 8° 的旋转可产生 25% 的散光矫治不足^[28],对于本研究具有一定的借鉴意义。本课题组将不断补充数据,深入分析,以期找出临床实用的量化关系。V4c TICL 植入矫正散光的临床效果可能的影响因素不仅是 TICL 旋转,角膜切口及 TICL 偏心程度也可能对其有不同程度影响,本研究发现 3 mm 宽度颞侧透明角膜切口对于角膜散光具有短暂影响,术后 1 个月角膜曲率及散光状态恢复到术前水平;另外,理想的屈光矫正手术应以视轴与角膜的交点为中心定位,但因为人眼的视轴无法精确定位和显示,在角膜屈光手术中常规以视轴在角膜的反光点,即角膜顶点为理想的矫治中心。而 V4c TICL 的光学中心位于中央孔,理想的状态是 TICL 位于虹膜后无倾斜,其中心孔与视轴重合,TICL 在后房位于睫状环的几何中心,与视轴可能不一致,且目前的眼前节分析仪器无法

同时显示 TICL 的中央孔及角膜顶点,导致 TICL 偏心距离测量困难,所以本研究未分析 TICL 偏心对散光的影响。

总之,V4c TICL 植入可为近视合并散光患者提供良好的散光矫正效果。植入 V4c TICL 术后 1 个月,角膜散光恢复至术前状态。V4c TICL 术中固定轴向与目标轴向有少许差异,对术后 TICL 偏转角度及 |DV| 有影响,V4c TICL 术后偏转角度与 TICL 术中固定角度、术后 UCVA、SIA、|DV| 及术后柱镜度相关,对固定角度偏差、SIA、|DV| 有影响。术后拱高对于 TICL 偏转角度及各矢量差异无明显影响。矢量分析可评价 V4c TICL 术后偏转角度对散光矫正的效果,以优化术者对于 TICL 术中定位的精确性,重视 TICL 术后的旋转稳定性。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 张波:酝酿和设计试验、实施研究、采集数据、分析/解释数据、统计分析、论文撰写;杜文文、王浩、杨靖、王树林、孙早荷、李金、顾宇伟:采集数据、分析/解释数据、对文章的知识性内容作批评性审阅;庞辰久:酝酿和设计试验、指导试验、分析/解释数据、对文章的知识性内容作批评性审阅及定稿

参考文献

- [1] Schallhorn SC, Hettlinger KA, Pelouskova M, et al. Effect of residual astigmatism on uncorrected visual acuity and patient satisfaction in pseudophakic patients [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2021, 47 (8) : 991-998. DOI:10.1097/j.jcrs.0000000000000560.
- [2] Black AA, Wood JM, Colorado LH, et al. The impact of uncorrected astigmatism on night driving performance [J]. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2019, 39(5) : 350-357. DOI:10.1111/opo.12634.
- [3] Mimouni M, Nemet A, Pokroy R, et al. The effect of astigmatism axis on visual acuity [J]. *Eur J Ophthalmol*, 2017, 27(3) : 308-311. DOI:10.5301/ejo.5000890.
- [4] Bamashmus MA, Al-Arabi AH, Alawad MA. Visual outcomes and patient satisfaction after implantable collamer lens and Toric implantable collamer lens correction for moderate to high myopia and myopic astigmatism [J]. *Saudi Med J*, 2013, 34(9) : 913-919.
- [5] Chaitanya SR, Anitha V, Ravindran M, et al. Safety and efficacy of toric implantable collamer lens V4c model - a retrospective South Indian study [J]. *Indian J Ophthalmol*, 2020, 68 (12) : 3006-3011. DOI:10.4103/ijo.IJO_1492_20.
- [6] Nie D, Yan P, Yan Z, et al. Polar value analysis of astigmatic change and rotational stability after implantation of V4c toric implantable collamer lens [J/OL]. *Ann Transl Med*, 2021, 9(2) : 139 [2024-04-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33569441/>. DOI: 10.21037/atm-20-7835.
- [7] Chen X, Miao H, Cheng M, et al. Effect of long-term rotation on astigmatism following EVO-toric intraocular collamer lens implantation [J/OL]. *Front Med (Lausanne)*, 2023, 10 : 1194006 [2024-04-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37521343/>. DOI:10.3389/fmed.2023.1194006.
- [8] Zhu M, Zhu L, Zhu Q, et al. Clinical effect and rotational stability of TICL in the treatment of myopic astigmatism [J/OL]. *J Ophthalmol*, 2020, 2020 : 3095302 [2024-04-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33489326/>. DOI:10.1155/2020/3095302.
- [9] Wei R, Li M, Niu L, et al. Comparison of visual outcomes after non-toric and toric implantable collamer lens V4c for myopia and astigmatism

- [J]. Acta Ophthalmol, 2021, 99(5): 511-518. DOI: 10.1111/aos.14652.
- [10] Chen K, Hu Z, Zhou J, et al. Vector analysis of the effects of FS-LASIK and toric ICL for moderate to high astigmatism correction [J/OL]. J Ophthalmol, 2018, 2018: 6952710 [2024-04-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30147948/>. DOI: 10.1155/2018/6952710.
- [11] Moshirfar M, Somani AN, Motlagh MN, et al. Comparison of FDA-reported visual and refractive outcomes of the toric ICL lens, SMILE, and topography-guided LASIK for the correction of myopia and myopic astigmatism [J]. J Refract Surg, 2019, 35(11): 699-706. DOI: 10.3928/1081597X-20190930-01.
- [12] 中华医学会眼科学分会眼视光学组. 中国有晶状体眼后房型人工晶状体植入术专家共识 (2019 年) [J]. 中华眼科杂志, 2019, 55(9): 652-657. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2019.09.005.
- [13] Kamiya K, Shimizu K, Komatsu M. Factors affecting vaulting after implantable collamer lens implantation [J]. J Refract Surg, 2009, 25(3): 259-264. DOI: 10.3928/1081597X-20090301-04.
- [14] Eydelman MB, Drum B, Holladay J, et al. Standardized analyses of correction of astigmatism by laser systems that reshape the cornea [J]. J Refract Surg, 2006, 22(1): 81-95. DOI: 10.3928/1081-597X-20060101-16.
- [15] Reinstejn DZ, Archer TJ, Randleman JB. JRS standard for reporting astigmatism outcomes of refractive surgery [J]. J Refract Surg, 2014, 30(10): 654-659. DOI: 10.3928/1081597X-20140903-01.
- [16] 王树林, 庞辰久, 张波, 等. 矢量法评价 SMILE 术中眼球静态旋转和微透镜偏心对散光矫治效果的影响 [J]. 中华实验眼科杂志, 2020, 38(6): 515-521. DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20190831-00378.
- Wang SL, Pang CJ, Zhang B, et al. Vector analysis for evaluating the effects of static eyeball rotation and decentration of lenticule on astigmatism correction in SMILE [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2020, 38(6): 515-521. DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20190831-00378.
- [17] Alpíns N. Astigmatism analysis by the Alpíns method [J]. J Cataract Refract Surg, 2001, 27(1): 31-49. DOI: 10.1016/s0886-3350(00)00798-7.
- [18] 杜改萍. 有晶状体眼人工晶状体植入术矫正高度近视在视觉质量上的优越性 [J]. 中华实验眼科杂志, 2011, 29(3): 284-288. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2011.03.023.
- Du GP. Superiority on visual quality of Phakic intraocular lens implantation in high myopic patients; compared with LARK [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2011, 29(3): 284-288. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2011.03.023.
- [19] Sheng XL, Rong WN, Jia Q, et al. Outcomes and possible risk factors associated with axis alignment and rotational stability after implantation of the toric implantable collamer lens for high myopic astigmatism [J]. Int J Ophthalmol, 2012, 5(4): 459-465. DOI: 10.3980/j.issn.2222-3959.2012.04.10.
- [20] Zhu Y, Zhang J, Zhu H, et al. The effect of mydriasis on moderate-to-high myopic eyes with implantable collamer lenses V4 and V4c [J]. Eur J Ophthalmol, 2020, 30(3): 462-468. DOI: 10.1177/1120672119831218.
- [21] Zhang T, Huang F, Gao N, et al. Three-dimensional quantitative description of the implantable collamer lens in the ocular anterior segment of patients with myopia [J]. Am J Ophthalmol, 2023, 252: 59-68. DOI: 10.1016/j.ajo.2023.03.005.
- [22] Alfonso JF, Lisa C, Alfonso-Bartolozzi B, et al. Collagen copolymer toric phakic intraocular lens for myopic astigmatism: one-year follow-up [J]. J Cataract Refract Surg, 2014, 40(7): 1155-1162. DOI: 10.1016/j.jcrs.2013.11.034.
- [23] Hyun J, Lim DH, Eo DR, et al. A comparison of visual outcome and rotational stability of two types of toric implantable collamer lenses (TICL): V4 versus V4c [J/OL]. PLoS One, 2017, 12(8): e0183335 [2024-04-12]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28846701/>. DOI: 10.1371/journal.pone.0183335.
- [24] Lee H, Kang D, Choi JY, et al. Rotational stability and visual outcomes of V4c toric phakic intraocular lenses [J]. J Refract Surg, 2018, 34(7): 489-496. DOI: 10.3928/1081597X-20180521-01.
- [25] Wolffsohn JS, Bhogal G, Shah S. Effect of uncorrected astigmatism on vision [J]. J Cataract Refract Surg, 2011, 37(3): 454-460. DOI: 10.1016/j.jcrs.2010.09.022.
- [26] Kamiya K, Kobashi H, Shimizu K, et al. Effect of pupil size on uncorrected visual acuity in astigmatic eyes [J]. Br J Ophthalmol, 2012, 96(2): 267-270. DOI: 10.1136/bjo.2011.202481.
- [27] Mori T, Yokoyama S, Kojima T, et al. Factors affecting rotation of a posterior chamber collagen copolymer toric phakic intraocular lens [J]. J Cataract Refract Surg, 2012, 38(4): 568-573. DOI: 10.1016/j.jcrs.2011.11.028.
- [28] Chen P, Ye Y, Yu N, et al. Correction of astigmatism with SMILE with axis alignment: 6-month results from 622 eyes [J]. J Refract Surg, 2019, 35(3): 138-145. DOI: 10.3928/1081597X-20190124-02.

(收稿日期: 2024-09-12 修回日期: 2024-12-30)

(本文编辑: 刘艳 施晓萌)

读者 · 作者 · 编者

本刊投稿方式

投稿请登录 <http://zhshykzz.yiigle.com>, 然后点击“期刊在线投/审稿”依据提示进行投稿; 或登录中华医学会杂志社学术期刊出版服务平台 (<http://medpress.yiigle.com>), 点击“立即注册”, 根据页面上的指示进行注册, 已经注册的作者请点击“新建投稿”进行投稿。投稿时请使用 Word 格式 (.doc 文件类型), 投稿后请注意自留原稿, 并保留论文相关的原始资料, 以备日后稿件修改补充所用。投稿后请点击“申请成为作者”, 下载“中华医学会系列杂志论文投送介绍信及授权书(中文版)”, 填写有关项目并请每位作者亲笔签名, 加盖单位公章后寄 2 份至本刊编辑部, 其中作者签名顺序和作者单位著录名称应与投稿时文章中著录的相一致。投稿请注意: (1) 在非公开刊物发表的稿件、学术会议交流的文章、已用非中文文字期刊发表的文稿不属于一稿两投, 但投稿时应向编辑部说明, 非中文文字期刊已发表的文稿须征得首次发表期刊的同意。(2) 作者须告知与该研究有关的利益冲突, 如该研究被某机构资金资助的声明或与审稿人的利益关系。(3) 如涉及保密问题, 需附有关部门审查同意发表的证明。

(本刊编辑部)