

影响 ICL 植入术后总角膜术源性散光的因素分析

赵王华, 黄舒甜, 许兰花, 陈霞, 朱良勇

引用: 赵王华, 黄舒甜, 许兰花, 等. 影响 ICL 植入术后总角膜术源性散光的因素分析. 国际眼科杂志, 2026, 26(3): 540-545.

基金项目: 广西壮族自治区卫健委西医类别自筹经费科研课题 (No.Z-A20231294)

作者单位: (530012) 中国广西壮族自治区南宁市, 南宁爱尔眼科医院

作者简介: 赵王华, 男, 硕士研究生, 副主任医师, 研究方向: 屈光手术。

通讯作者: 朱良勇, 男, 硕士研究生, 副院长, 副主任医师, 研究方向: 屈光手术. zhuliangyong@aierchina.com

收稿日期: 2025-07-11 修回日期: 2026-01-26

摘要

目的: 分析影响有晶状体眼后房型人工晶状体 (ICL) 植入术后总角膜术源性散光的因素。

方法: 前瞻性研究。连续纳入 2023 年 7 月至 2024 年 1 月于我院行 ICL 植入术的患者 162 例 162 眼。依据术前评估的预期术后残留散光情况选择不同切口, 75 眼预期残留顺规散光的患者选择上方切口, 87 眼预期残留逆规散光的患者选择颞侧切口。通过眼前节全景分析仪 (Pentacam) 测量患者术前及术后 3 mo 全角膜屈光力、手术切口长度、内口与视轴长度、中央角膜厚度、术前总角膜散光、角膜直径, 术后总角膜术源性散光基于手术前后全角膜屈光力变化进行计算, 多元线性回归分析以上指标对术后总角膜术源性散光的影响。

结果: 本研究共纳入 ICL 植入术的患者 162 例 162 眼, 术后失访 8 例, 失访率为 4.9%。实际完成研究者为 154 例 154 眼, 上方切口组 72 例 72 眼中男 17 例, 女 55 例, 平均年龄 25.96 ± 6.17 岁; 颞侧切口组 82 例 82 眼中男 20 例, 女 62 例, 平均年龄 27.79 ± 6.47 岁。两组术后总角膜术源性散光比较无差异 [$0.31 (0.21, 0.49) D$ vs $0.27 (0.13, 0.485) D$, $P=0.159$]。多元线性回归分析显示内口与视轴长度、术前总角膜散光对方切口组总角膜术源性散光有显著影响 ($P=0.001$), 回归方程为: 术后总角膜术源性散光 $=0.71-0.381 \times$ 内口与视轴长度 $+0.16 \times$ 术前总角膜散光; 而未观察到影响颞侧切口组术后总角膜术源性散光的因素。

结论: ICL 植入术中上方切口与颞侧切口术后总角膜术源性散光量值相当。对于上方切口患者可基于内口与视轴长度和术前总角膜散光值预判术后总角膜术源性散光, 优化术后视觉质量。

关键词: 有晶状体眼后房型人工晶状体 (ICL) 植入术; 术源性散光; 角膜散光; 角膜切口; Pentacam 角膜地形图

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2026.3.31

Analysis of factors influencing total corneal surgically induced astigmatism following implantable collamer lens implantation

Zhao Wanghua, Huang Shutian, Xu Lanhua, Chen Xia, Zhu Liangyong

Foundation item: Guangxi Zhuang Autonomous Region Health Commission Self-funded Scientific Research Project for Western Medicine Category (No.Z-A20231294)

Nanning Aier Eye Hospital, Nanning 530012, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China

Correspondence to: Zhu Liangyong. Nanning Aier Eye Hospital, Nanning 530012, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China. zhuliangyong@aierchina.com

Received: 2025-07-11 Accepted: 2026-01-26

Abstract

• **AIM:** To analyze the factors influencing total corneal surgically induced astigmatism (SIA) following implantable collamer lens (ICL) implantation.

• **METHODS:** This prospective study enrolled 162 patients (162 eyes) who underwent ICL implantation at our hospital between July 2023 and January 2024. Based on preoperative assessment of anticipated postoperative residual astigmatism, different incisions were selected. Superior incision was selected for patients with expected residual astigmatism with the rule in 75 eyes, and temporal incision was selected for patients with expected residual astigmatism against the rule in 87 eyes. Parameters including total corneal refractive power, incision length, internal ostium-to-visual axis distance, central corneal thickness, preoperative total corneal astigmatism, and corneal diameter were measured using the Pentacam anterior segment analyzer before and at 3 mo after surgery. Postoperative total corneal SIA was calculated based on the changes in total corneal refractive power. Multiple linear regression analysis was performed to assess the influence of the above parameters on postoperative total corneal SIA.

• **RESULTS:** A total of 162 cases (162 eyes) that implanted with ICL were included in the analysis, and 8 cases were lost to follow-up, with a loss rate of 4.9%. Eventually 154 cases (154 eyes) completed the research. The superior incision group comprised 72 cases (72 eyes), including 17 males and 55 females, with a mean age of 25.96 ± 6.17 years, while the temporal incision group comprised 82 cases (82 eyes), including 20 males and 62 females, with a mean age of 27.79 ± 6.47 years. No significant difference

in postoperative total corneal SIA was observed between the two groups [0.31 (0.21, 0.49) D vs. 0.27 (0.13, 0.485) D, $P=0.159$]. Multiple linear regression analysis revealed that internal ostium - to - visual axis distance and preoperative total corneal astigmatism significantly influenced postoperative total corneal SIA in the superior incision group ($P=0.001$). The regression equation was: postoperative total corneal SIA = 0.71 - 0.381 × internal ostium - to - visual axis distance + 0.16 × preoperative total corneal astigmatism. No significant influencing factors for postoperative total corneal SIA were identified in the temporal incision group.

• **CONCLUSION:** During ICL implantation, the magnitude of total corneal SIA is comparable between superior and temporal incisions. For patients receiving a superior incision, the internal ostium - to - visual axis distance and preoperative total corneal astigmatism value can be used to quantitatively predict postoperative total corneal SIA to a certain extent, thereby aiding in the optimization of postoperative visual quality.

• **KEYWORDS:** implantable collamer lens (ICL) implantation; surgically induced astigmatism; corneal astigmatism; corneal incision; Pentacam corneal topography

Citation: Zhao WH, Huang ST, Xu LH, et al. Analysis of factors influencing total corneal surgically induced astigmatism following implantable collamer lens implantation. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2026,26(3):540-545.

0 引言

有晶状体眼后房型人工晶状体 (implantable collamer lens, ICL) 植入术是一种将矫正近视、散光的超薄微型镜片放置于眼球的后房间隙以达到矫正屈光不正目的的手术,与传统的近视激光手术相比,其具有视觉质量更优、无回退风险、安全可逆、无需切削角膜组织、矫正度数范围更广等优点。目前,已成为治疗高度近视的主流术式之一。该术式于 2005 年通过美国食品药品监督管理局 (Food and Drug Administration, FDA) 严格的临床认证,截至 2022 年,全球已经有超过 200 万人进行了 ICL 植入手术^[1-4]。文献报道,ICL 植入术后散光残留是影响术后视觉质量的

重要原因,当残留散光大于 0.75 D 时可导致视物模糊、重影、视疲劳、眩晕、立体视下降等症状^[5-7]。术源性散光是指由于手术制作角膜切口造成角膜形态发生改变而引起的散光,是术后散光残留的重要原因^[8]。然而,美国 STAAR 公司推出的散光矫正型 ICL,网站在线公式计算时未将术源性散光考虑在内,这可能会导致术后残留散光,影响患者视觉质量,若患者由术前顺归散光变为术后逆规散光则影响视觉质量更加明显。Kamiya 等^[9]研究发现用 3.0 mm 显微手术刀制作上方与颞侧透明角膜切口,其角膜前表面术源性散光分别为 0.57 ± 0.30 、 0.48 ± 0.30 D; 而 Wang 等^[10]用 3.0 mm 显微手术刀于 11:00 位制作切口,其角膜前表面术源性散光为 0.56 ± 0.44 D。表明不同研究、不同位置制作切口其角膜前表面术源性散光不尽相同。然而,因为检查设备的限制,以上研究仅统计了角膜前表面术源性散光,忽略了角膜后表面术源性散光的影响,这可能会导致总角膜术源性散光的测量出现一定误差。目前尚缺乏关于 ICL 植入术后总角膜术源性散光较为准确及完善的研究。因此需要对 ICL 植入术后总角膜术源性散光进行精确测量并对其影响因素进行分析。全角膜屈光力 (total corneal refractive power, TCRP) 是根据光线追踪原理,同时纳入了角膜前后表面真实折射率、角膜厚度及角膜非球面性对角膜屈光力的分析,能够更加精确的反应全角膜的真实屈光力^[11-21]。因此,本研究选择术前与术后 TCRP 的变化来计算术后总角膜术源性散光大小。既往研究表明,角膜直径、中央角膜厚度、手术切口位置、手术切口长度等可能会对前表面术源性散光有影响^[22-30],因此本研究针对以上影响因素亦做了相关分析,采用 Pentacam 系统拍摄图像,并利用其内置工具测量内口与视轴长度 (图 1),该方法保证了数据的准确性与可重复性。

1 对象和方法

1.1 对象 前瞻性研究。连续纳入 2023 年 7 月至 2024 年 1 月于我院行 ICL 植入术的患者 162 例 162 眼。依据术前评估的预期术后残留散光情况选择不同切口,75 眼预期残留顺归散光的患者选择上方切口,87 眼预期残留逆规散光的患者选择颞侧切口。纳入标准:(1) 患者本人有通过 ICL 植入术改善屈光状态的愿望,对手术疗效有合理期望;(2) 18-45 岁;(3) 近视或合并散光的患者,球镜度数

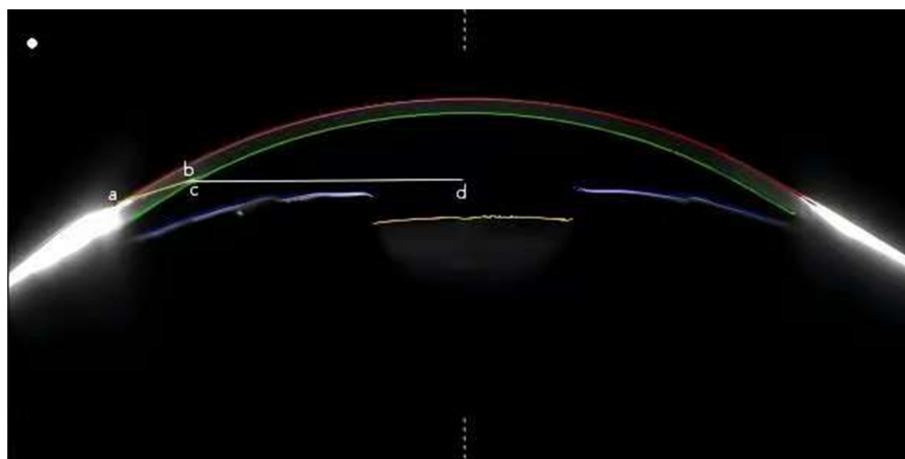


图 1 Pentacam 系统拍摄图像 ab 为手术切口长度;cd 为内口与视轴长度。

为-0.5--18.0 D,柱镜度数 ≤ -6.0 D,连续2 a 每年屈光度数变化 ≤ 0.5 D;(4)角膜内皮细胞数 ≥ 2000 cells/mm²,细胞形态稳定;(5)前房深度 ≥ 2.8 mm,房角开放;(6)无其他明显影响视力的眼部疾病和影响手术恢复的全身器质性病变。排除标准:(1)圆锥角膜或其他角膜扩张疾病未稳定;(2)角膜内皮营养不良;(3)重度干眼;(4)活动性眼部病变或感染;(5)严重的眼睑附属器病变,如眼睑缺损、变形、眼睑闭合不全;(6)青光眼、白内障、明显影响视力的眼底疾病;(7)严重焦虑、抑郁等精神心理疾病;(8)无法配合检查和手术的疾病如癫痫、癔症等;(9)严重甲状腺功能亢进及突眼且病情未稳定;(10)患者不能定期配合完善相关检查。本研究取得南宁爱尔眼科医院伦理委员会审查批准(批准号:NNAIER-2023-03),所有参与者均签署知情同意书。

1.2 方法 所有手术由同一位手术医师完成,均选用中央孔型 V4C ICL 植入。常规消毒、铺巾,根据眼部散光情况用 2.8 mm 马尼刀于上方或颞侧制作角膜主切口,前房注入透明质酸钠,推注器植入 ICL 于睫状沟并调整位置居中,生理盐水冲洗透明质酸钠后密闭切口、形成前房。

通过眼前节全景分析仪(Pentacam)测量患者术前与术后 3 mo 全角膜屈光力、手术切口长度、内口与视轴长度、中央角膜厚度、术前总角膜散光、角膜直径,通过 <https://ascrs.org/tools/astigmatism-double-angle-plot-tool> 在线公式输入术前和术后 3 mo 全角膜屈光力数据计算出术后总角膜源性散光。

统计学分析:使用 SPSS 22.0 软件进行数据分析,符合正态分布的计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 描述,两组间比较采用独立样本 *t* 检验,不符合正态分布的计量资料用 $M(P_{25}, P_{75})$ 描述,两组间比较采用 Mann-Whitney *U* 检验。计数资料采用 *n*(%)描述,采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。多元线性回归分析影响全角膜屈光力的因素。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者术前和术中资料比较 本研究共纳入 ICL 植入术的患者 162 例 162 眼,术后失访 8 例,失访率为 4.9%。实际完成研究者为 154 例 154 眼,其中上方切口组 72 眼;颞侧切口组 82 眼。上方切口组内口与视轴长度及手术切

口长度均明显小于颞侧切口组,差异均有统计学意义($P < 0.001$),上方切口组屈光度大于颞侧切口组,差异有统计学意义($P = 0.04$),而两组患者性别、年龄、术前总角膜散光、角膜直径、中央角膜厚度比较差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。

2.2 两组患者术后总角膜源性散光比较 根据术后总角膜源性散光程度分为三组:低度组(≤ 0.5 D)119 眼;中度组($> 0.5 - < 1.0$ D)33 眼;高度组(≥ 1.0 D)2 眼。两组患者术后总角膜源性散光值和术后总角膜源性散光不同程度比较差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 2。

2.3 多元线性回归分析影响术后总角膜源性散光的因素

2.3.1 影响颞侧切口组患者术后总角膜源性散光因素 影响颞侧切口组患者术后总角膜源性散光因素的多元线性回归模型整体拟合效果极差($F = 0.212, R^2 = 0.013, D-W = 1.204$)。多元线性回归分析显示手术切口长度、内口与视轴长度、中央角膜厚度、术前总角膜散光、角膜直径均不影响颞侧切口组术后总角膜源性散光($P > 0.05$),见表 3。

2.3.2 影响上方切口组患者术后总角膜源性散光因素 影响上方切口组患者术后总角膜源性散光因素的多元线性回归模型有统计学意义($F = 8.517, R^2 = 0.392, D-W = 1.874$)。多元线性回归分析显示内口与视轴长度和术后总角膜源性散光呈负相关($\beta = -0.381, P = 0.001$),术前总角膜散光和术后总角膜源性散光呈正相关($\beta = 0.16, P = 0.001$),内口与视轴长度越长、术前总角膜散光越小则术后总角膜源性散光越小,而手术切口长度、中央角膜厚度、角膜直径均不影响上方切口组术后总角膜源性散光($P > 0.05$),回归方程为:术后总角膜源性散光 = $0.71 - 0.381 \times$ 内口与视轴长度 + $0.16 \times$ 术前总角膜散光,共线性统计 VIF 均小于 5,见表 4,图 2、3。

3 讨论

散光是一种常见的屈光不正,可以引起不同程度的视觉障碍,如视物模糊、重影、对比敏感度下降、视疲劳、眩晕等症状。Yang 等^[5]研究发现中国中年人群中 68.73% 散光大于 0.5 D,其中 88.15% 为顺规散光,8.43% 为逆规散光,3.61% 为斜轴散光,散光在中年人群占比很高。针对散光

表 1 两组患者术前和术中资料比较

分组	例数 (眼数)	性别(例,%)		年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	术前总角膜散光 ($\bar{x} \pm s$, D)	角膜直径 ($\bar{x} \pm s$, mm)	中央角膜厚度 ($\bar{x} \pm s$, μ m)	屈光度 ($\bar{x} \pm s$, D)	内口与视轴长度 ($\bar{x} \pm s$, mm)	手术切口长度 ($\bar{x} \pm s$, mm)
		男	女							
上方切口组	72(72)	17(23.6)	55(76.4)	25.96 \pm 6.17	1.41 \pm 0.63	11.73 \pm 0.39	518 \pm 28	-8.89 \pm 2.56	3.59 \pm 0.36	1.20 \pm 0.14
颞侧切口组	82(82)	20(24.4)	62(75.6)	27.79 \pm 6.47	1.25 \pm 0.77	11.67 \pm 0.37	517 \pm 32	-8.00 \pm 2.66	4.63 \pm 0.50	1.40 \pm 0.43
χ^2/t		0.013		-1.793	1.394	0.872	0.284	-2.10	-14.740	-3.864
<i>P</i>		0.91		0.07	0.16	0.39	0.78	0.04	<0.001	<0.001

表 2 两组患者术后总角膜源性散光比较

分组	眼数	总角膜源性散光值 [$M(P_{25}, P_{75})$ D]	总角膜源性散光程度(眼,%)		
			低度组(≤ 0.5 D)	中度组($> 0.5 - < 1.0$ D)	高度组(≥ 1.0 D)
上方切口组	72	0.31(0.21, 0.49)	55(76.4)	15(20.8)	2(2.8)
颞侧切口组	82	0.27(0.13, 0.485)	64(78.0)	18(22.0)	0
Z/Fisher		-1.409			
<i>P</i>		0.159		0.457	

表 3 影响颞侧切口组患者术后总角膜源性散光因素的多元线性回归模型

因素	回归系数 β	标准差	P	共线性统计		95% CI	
				容忍度	VIF	下限	上限
(常量)	0.408	1.01	0.687			-1.598	2.428
手术切口长度	-0.064	0.105	0.541	0.345	2.898	-0.273	0.145
内口与视轴长度	-0.024	0.096	0.802	0.307	3.255	-0.216	0.167
中央角膜厚度	0	0.001	0.874	0.926	1.08	-0.002	0.002
术前总角膜散光	0.022	0.036	0.545	0.902	1.109	-0.05	0.094
角膜直径	0.002	0.092	0.984	0.617	1.622	-0.182	0.185

表 4 影响上方切口组患者术后总角膜源性散光的多元线性回归模型

因素	回归系数 β	标准差	P	共线性统计		95% CI	
				容忍度	VIF	下限	上限
(常量)	0.71	0.933	0.45			-1.154	2.574
手术切口长度	0.036	0.206	0.863	0.742	1.348	-0.375	0.447
内口与视轴长度	-0.381	0.1	0.001	0.486	2.059	-0.582	-0.181
中央角膜厚度	0.001	0.001	0.231	0.946	1.057	-0.001	0.003
术前总角膜散光	0.16	0.04	0.001	0.964	1.037	0.080	0.241
角膜直径	0.017	0.09	0.85	0.509	1.964	-0.162	0.196

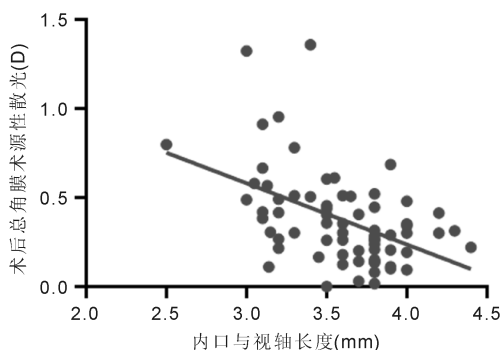


图 2 内口与视轴长度与术后总角膜源性散光的散点图。

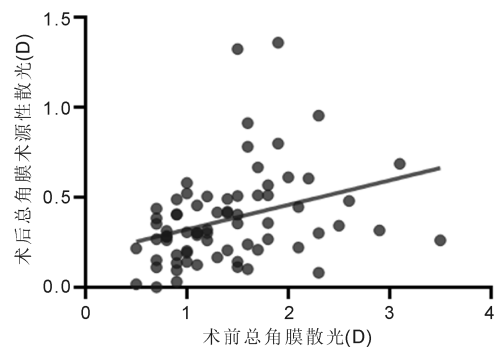


图 3 术前总角膜散光与术后总角膜源性散光的散点图。

患者,美国 STAAR 公司推出的散光矫正型 ICL 可有效矫正患者全眼散光,但手术制作的切口可导致角膜形态与曲率发生一定变化,这一部分变化称为术源性散光,它是术后散光残留的重要原因,一般情况下手术切口可引起该子午线方向角膜发生一定程度的松解,继而曲率变平,如果在颞侧制作切口,可引起水平方向曲率变平,垂直方向曲率变陡;相反,如果在上方制作切口,可引起垂直方向曲率变平,水平方向变陡,这样的变化同时发生于角膜前表面与后表面^[29-31]。既往研究主要关注角膜前表面,但本研究立足于一个被忽视的关键生理事实:角膜前后表面的散光作用相反,相互叠加后可抵消部分总散光。因此,仅测

量前表面会系统地高估术源性散光,这是当前屈光手术精度的一个根本性局限。为此,本研究突破了传统方法的视野局限,将“术后总角膜源性散光”确立为新的、更可靠的评价标准。这一指标的临床应用,能直接纠正既往的评估偏差,指导医生制定更精准的手术方案,从本质上降低术后残余散光风险,保障患者的视觉疗效,在方法学上,本研究进一步识别到上方与颞侧切口固有的解剖差异,通过先分组、后分析的策略,有效控制了切口位点的混杂效应,这一设计使我们能够更准确地揭示各影响因素对术后总角膜源性散光的真实作用。

本研究中上方切口组术后总角膜源性散光为 0.31 (0.21,0.49) D,颞侧切口组术后总角膜源性散光为 0.27 (0.13,0.485) D,两组患者术后总角膜源性散光值和术后总角膜源性散光不同程度比较差异均无统计学意义($P>0.05$)。这与 Kamiya 等^[9]研究结果不尽相同,他们用 3.0 mm 显微手术刀制作上方与颞侧透明角膜切口,其前表面术源性散光分别为 0.57 ± 0.30 、 0.48 ± 0.30 D,两组差值有统计学意义,这可能是因为他们仅统计了前表面术源性散光导致,因为进行 ICL 手术的患者绝大多数前表面为顺规散光,后表面逆规散光,前表面陡峭轴位于垂直方向,因此上方切口会比颞侧切口导致前表面的松解作用更明显,最终表现为上方切口组前表面术源性散光更大。不同的是,我们统计的是术后总角膜源性散光,后表面术源性散光可以抵消一部分前表面术源性散光,最终表现为两组术后总角膜源性散光比较相似且都较低,本研究结果与 Piao 等^[23]、Wang 等^[26]的报告一致,表明上方切口与颞侧切口在术后总角膜源性散光方面未见显著差异。Wan 等^[30]研究同样比较了上方与颞侧切口的角膜散光,结果显示虽然两组术前总角膜散光无显著差异,但术后颞侧切口组散光显著增加,而上方切口组则显著降低,导致两组间术后散光出现显著差异。作者分析此现象可能与患者术前多为顺规散光有关:上方切口可降低顺规散光,而颞侧切口则会使其增加,二者作用相反,从而导致了术

后差异。然而,该研究未对两组的术后总角膜源性散光进行直接比较。

本研究采用多元线性回归分析了上方切口组术后总角膜源性散光的影响因素。结果显示,内口与视轴长度($P=0.001$)和术前总角膜散光($P=0.001$)是术后总角膜源性散光显著的影响因素,回归方程如下:术后总角膜源性散光 $=0.71-0.381\times$ 内口与视轴长度 $+0.16\times$ 术前总角膜散光,据此可知,内口与视轴长度越长,术后总角膜源性散光越小,而术前总角膜散光越大,则总角膜源性散光越大。与Theodoulidou等^[24]将角膜直径视为术源性散光的影响因素不同,本研究的多元线性回归分析否定了该因素的作用,并确立了内口与视轴长度才是关键影响因素。Theodoulidou等^[24]研究中观察到的小角膜直径组术源性散光更大现象,可能是由于该组患者普遍伴有更小的内口与视轴长度所致;该混淆因素未被控制,可能导致其将内口与视轴长度的影响误归于角膜直径。Kim等^[28]研究亦报告了内口与视轴距离和术源性散光的负相关关系,但其研究并未区分不同切口方位(上方与颞侧)的影响。本研究通过分组分析进一步揭示,这一关联仅在上方切口组中具有统计学意义。同时本研究还进一步量化了其具体的影响程度。这一发现具有明确的临床指导意义:在制作上方切口时主动控制并增大内口与视轴的距离,可作为一种有效策略,用于精准控制术源性散光。

此外,本研究通过回归方程发现上方切口组术前总角膜散光与术后总角膜源性散光呈正相关。其机制可能在于,本研究纳入的患者其角膜陡峭轴大多位于上方,术前散光度数越大,上方切口所产生的角膜松解效应也越显著,这一现象在目前的临床研究中鲜有报道。这一发现强调,选择合理的切口位置至关重要,尤其对于术前高散光的患者,若植入的TICL已对散光实现足矫,则应避免在陡峭轴制作切口,以规避术后散光过矫的风险。

本研究未发现中央角膜厚度与手术源性角膜散光之间存在显著相关性,然而,Zhao等^[22]研究指出中央角膜厚度与手术源性散光呈负相关。该差异可能与随访时间有关:Zhao等^[22]研究仅随访至术后1 mo,而中央角膜厚度较低的患者在术后早期可能出现更明显的角膜形变,导致散光测量值偏高,随着时间推移,此类形变差异可能逐渐消退。这一过程在Woo等^[25]的研究中得以印证,其结果表明,中央角膜厚度较低的患者在术后1 mo内术源性散光较高,但在术后2 mo后该差异即消失。

本研究结果与Wilczynski等^[27]的发现相符。该研究指出切口宽度是术源性散光的重要影响因素,而角膜隧道长度则与之无显著相关性。同样,在本研究中,也未观察到切口长度与术后总角膜源性散光之间存在关联。这进一步证实,在切口构建过程中,需要重点关注的是切口宽度而非其长度。

在颞侧切口组中,多元回归分析显示手术切口长度、内口与视轴长度、中央角膜厚度、术前总角膜散光及角膜直径均非术后总角膜源性散光的显著影响因素。这一结果表明,影响颞侧切口散光的核心因素可能并非上述量化参数,而在于手术操作质量这类难以量化的因素,例如切口平整度、内口对合整齐程度等,这些可能在其中起到了更为关键的作用。

本研究存在以下几项局限性:(1)作为一项非双盲的前瞻性研究,术者在行上方切口时可能为避免术后逆规散光,有意使内口更靠后,此操作偏好可能引入了性能偏倚,从而削弱了组间差异。(2)本研究中术源性散光数据呈非正态分布,此数据特征限制了其与基于正态分布假设的其他研究结果进行直接比较。(3)样本量相对有限,此发现有待更大样本量的研究予以进一步验证。

利益冲突声明:本文不存在利益冲突。

作者贡献声明:赵王华论文选题与修改,初稿撰写;黄舒甜文献检索;许兰花数据采集、分析;陈霞数据核对;朱良勇选题指导,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] Zhang Q, Gong D, Li KK, et al. From inception to innovation: bibliometric analysis of the evolution, hotspots, and trends in implantable collamer lens surgery research. *Front Med*, 2024,11:1432780.
- [2] Montés - Micó R, Ruiz - Mesa R, Rodríguez - Prats JL, et al. Posterior - chamber phakic implantable collamer lenses with a central port: a review. *Acta Ophthalmol*, 2021,99(3):e288-e301.
- [3] Alarfaj G, AlSubaie M, Hariri J, et al. Posterior chamber phakic intraocular lens adjustment - causes and complications: a retrospective cohort study. *Int J Ophthalmol*, 2025,18(5):883-888.
- [4] 王妙妙, 王慧娴, 张旭, 等. ICL V4c 植入术后远期疗效的研究进展. *国际眼科杂志*, 2024,24(2):260-263.
- [5] Yang S, Jiang Y, Cui G, et al. Age - and gender - related characteristics of astigmatism in a myopic population. *Front Med*, 2022,9:1011743.
- [6] Hu XX, Meng JQ, Zheng KW, et al. The influence of residual astigmatism on the postoperative visual quality in patients with implantation of an extended depth of focus intraocular lens. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi*, 2022,58(5):334-339.
- [7] 马晓婷, 李科军, 赵智华, 等. 区域折射型人工晶状体植入术后角膜残余散光对患者视觉质量的影响. *眼科新进展*, 2024,44(1):43-47.
- [8] Dan TT, Liu TX, Luo HY, et al. The comparison of corneal higher-order aberration and surgically induced astigmatism between the clear corneal incision and the limbus tunnel incision of posterior chamber implantable collamer lens implantation. *BMC Ophthalmol*, 2024,24(1):40.
- [9] Kamiya K, Ando W, Takahashi M, et al. Comparison of magnitude and summated vector mean of surgically induced astigmatism vector according to incision site after phakic intraocular lens implantation. *Eye Vis*, 2021,8(1):32.
- [10] Wang Y, Yang RB, Huang Y, et al. Clinical observations of EVO-ICL implantation and changes in corneal astigmatism using a modified technique. *BMC Ophthalmol*, 2022,22(1):381.
- [11] Lischke R, Shajari M, Feucht N, et al. OCT- versus scheinpflug-based total corneal power measurements changes in myopic astigmatic SMILE procedures. *Curr Eye Res*, 2022,47(1):12-17.
- [12] Fang XL, Yu CX, Xue WW, et al. Comparison of corneal power assessment methods for true corneal power after myopic small - incision lenticule extraction. *Am J Ophthalmol*, 2025,275:156-163.
- [13] Lischke R, Mayer WJ, Feucht N, et al. Total keratometry for determination of true corneal power after myopic small - incision lenticule extraction. *J Cataract Refract Surg*, 2021,47(10):1285-1289.
- [14] Zhang T, Zhou YJ, Young CA, et al. Comparison of a new swept-source anterior segment optical coherence tomography and a scheinpflug

camera for measurement of corneal curvature. *Cornea*, 2020, 39(7): 818–822.

[15] Li XC, Cao XG, Bao YZ. Comparison of total corneal astigmatism between IOL Master and pentacam. *Bio Med Res Int*, 2022, 2022: 9236006.

[16] Pan C, Chen D, Liu Y, et al. A novel analysis of Scheimpflug total corneal refractive power following corneal cross-linking in mild to moderate keratoconus. *Int J Ophthalmol*, 2022, 15(5):728–735.

[17] Wang ZY, Yang WL, Liu Q, et al. Comparison of total corneal power measurements obtained with different devices after myopic keratorefractive surgery. *Int J Ophthalmol*, 2023, 16(7):1117–1122.

[18] Owusu S, Zaabaar E, Kwarteng M, et al. Scheimpflug-derived keratometric, pachymetric and pachymetric progression indices in the diagnosis of keratoconus; a systematic review and meta-analysis. *Clin Ophthalmol*, 2023, 17:3941–3964.

[19] Löffler F, Böhm M, Herzog M, et al. Tomographic analysis of anterior and posterior and total corneal refractive power changes after femtosecond laser-assisted keratotomy. *Am J Ophthalmol*, 2017, 180: 102–109.

[20] Kamiya K, Kono Y, Takahashi M, et al. Comparison of simulated keratometry and total refractive power for keratoconus according to the stage of amsler-krumeich classification. *Sci Rep*, 2018, 8:12436.

[21] Meyer JJ, Gokul A, Vellara HR, et al. Repeatability and agreement of orbscan II, pentacam HR, and Galilei tomography systems in corneas with keratoconus. *Am J Ophthalmol*, 2017, 175:122–128.

[22] 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.

[23] Piao JJ, Joo CK. Site of clear corneal incision in cataract surgery

and its effects on surgically induced astigmatism. *Sci Rep*, 2020, 10: 3955.

[24] Theodoulidou S, Asproudis I, Kalogeropoulos C, et al. Corneal diameter as a factor influencing corneal astigmatism after cataract surgery. *Cornea*, 2016, 35(1):132–136.

[25] Woo SJ, Lee JH. Effect of central corneal thickness on surgically induced astigmatism in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2003, 29(12):2401–2406.

[26] Wang J, He XY, He Q, et al. Effects of clear corneal incision location and morphology on corneal surgically induced astigmatism and higher-order aberrations after ICL V4c implantation. *Front Med*, 2024, 11:1491901.

[27] Wilczynski M, Kucharczyk – Pospiech M, Omulecki W. The influence of corneal tunnel length on surgically induced astigmatism after various types of microincision phacoemulsification. *Eur J Ophthalmol*, 2023, 33(5):1939–1945.

[28] Kim TG, Noh SR, Jin KH. The effects of distance between the corneal apex and the inner and outer corneal wound edges on corneal astigmatism after cataract surgery. *J Refract Surg*, 2017, 33(7): 460–468.

[29] Wei RY, Liu ST, Cheng MR, et al. Incision-related astigmatism on the anterior and total Cornea after implantable collamer lens implantation. *Indian J Ophthalmol*, 2024, 72(Suppl 5):S741–S745.

[30] Wan T, Chen HC, Wu SR, et al. Analysis of surgically induced astigmatism of the anterior, posterior, and total Cornea after implantable collamer lens implantation; a comparative study between temporal and superior clear corneal incisions. *BMC Ophthalmol*, 2024, 24(1):252.

[31] Kansara N, Cui D, Banerjee K, et al. Anterior, posterior, and nonkeratometric contributions to refractive astigmatism in pseudophakes. *J Cataract Refract Surg*, 2021, 47(1):93–99.