

基于 UBM 相关数据优化有晶状体眼后房型人工晶状体选择对术后拱高的影响

郑两定, 肖晓婷, 陈雅丽

引用: 郑两定, 肖晓婷, 陈雅丽. 基于 UBM 相关数据优化有晶状体眼后房型人工晶状体选择对术后拱高的影响. 国际眼科杂志, 2025, 25(3): 469-474.

作者单位: (350007) 中国福建省福州市, 福州眼科医院

作者简介: 郑两定, 本科, 副主任医师, 屈光科主任, 研究方向: 屈光手术。

通讯作者: 肖晓婷, 硕士研究生, 住院医师, 研究方向: 眼表及角膜疾病、屈光手术. 974341945@qq.com

收稿日期: 2024-07-31 修回日期: 2025-01-25

摘要

目的: 研究基于超声生物显微镜 (UBM) 测量的睫状沟直径 (STS) 等数据选择有晶状体眼后房型人工晶状体 (ICL) 尺寸对术后拱高的安全性及有效性的影响, 同时探讨影响拱高的相关因素。

方法: 前瞻性病例观察研究。选取福州眼科医院 2022-01/12 收治的行 ICL 植入术并规律复查 6 mo 的患者, 纳入进行 ICL 尺寸优化的 95 例 188 眼屈光不正患者为优化组; 未进行 ICL 尺寸优化的 90 例 174 眼屈光不正患者为普通组。分别于术后 1 d, 1 wk, 1, 3, 6 mo 进行随访, 收集裸眼视力 (UCVA)、最佳矫正视力 (BCVA)、屈光情况、眼压 (IOP)、角膜情况、前房深度 (ACD)、房角开放度、拱高、角膜内皮细胞计数等资料。

结果: 两组术后等效球镜、UCVA、BCVA 组间比较无差异 (均 $P > 0.05$)。优化组和普通组患者术后 6 mo 的视力安全指数分别为 1.21 ± 0.24 、 1.19 ± 0.21 , 视力疗效指数分别为 1.18 ± 0.22 、 1.07 ± 0.26 。两组患者术后 6 mo 拱高分别为 407.77 ± 159.31 、 $467.16 \pm 250.07 \mu\text{m}$, 优化组 92.0% 眼术后拱高达到理想状态, 普通组 74.1% 眼术后拱高达到理想状态; 两组患者术后拱高随时间有轻微下降趋势, 组间比较无差异 ($F_{\text{组间}} = 3.478$, $P_{\text{组间}} = 0.063$)。普通组术后存在 6 眼 ICL 置换, 2 眼因房角关闭诱发急性闭角型青光眼而导致 ICL 取出的病例。

结论: 基于 UBM 测量的 STS 等数据选择 ICL 尺寸并设计植入方向, 具有良好的安全性、有效性和拱高可预测性。

关键词: 有晶状体眼后房型人工晶状体; 超声生物显微镜 (UBM); 睫状沟直径; 拱高; 安全性

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2025.3.24

Effect of optimizing the selection of implantable collamer lens on postoperative vaults based on ultrasound biomicroscopy related data

Zheng Liangding, Xiao Xiaoting, Chen Yali

Fuzhou Eye Hospital, Fuzhou 350007, Fujian Province, China

Correspondence to: Xiao Xiaoting. Fuzhou Eye Hospital, Fuzhou 350007, Fujian Province, China. 974341945@qq.com

Received: 2024-07-31 Accepted: 2025-01-25

Abstract

• **AIM:** To investigate the safety and efficacy of selecting implantable collamer lens (ICL) size for postoperative vaults using sulcus to sulcus (STS) and other data measured by ultrasound biomicroscopy (UBM), and to explore the relevant factors affecting vaults.

• **METHODS:** Prospective case observational study. A total of 95 patients (188 eyes) with ametropia who underwent ICL size optimization and 90 patients (174 eyes) without ICL size optimization, from January to December 2022 and underwent regular follow-up for 6 mo were selected. Patients were divided into an optimized group and a standard group based on whether ICL size optimization was performed. The patients were followed up at 1 d, 1 wk, 1, 3, and 6 mo, and uncorrected visual acuity (UCVA), best corrected visual acuity (BCVA), refraction state, intraocular pressure (IOP), corneal status, anterior chamber depth (ACD), angle opening, vaults and corneal endothelial cell count were collected.

• **RESULTS:** No significant difference in spherical equivalent, UCVA and BCVA was found between the two groups (all $P > 0.05$). The safety index was 1.21 ± 0.24 and 1.19 ± 0.21 at 6 mo for the two groups, respectively, while the efficacy index were 1.18 ± 0.22 and 1.07 ± 0.26 . The vaults at 6 mo for the two groups was 407.77 ± 159.31 and $467.16 \pm 250.07 \mu\text{m}$, respectively. In the optimization group, 92.0% of eyes achieved the desired vaults postoperatively, while 74.1% of eyes in the standard group reached the desired vaults. Both groups exhibited a slight downward trend in vaults over time, with no significant differences between the two groups ($F = 3.478$, $P = 0.063$). However, the standard group experienced 6 eyes of ICL replacement and 2 eyes of ICL removal due to acute angle-closure

glaucoma induced by angle closure.

• **CONCLUSION:** Selecting the ICL size and determining the implantation orientation based on sulcus to sulcus (STS) and other data measured by UBM provides good safety, efficacy, and predictability for postoperative vaults.

• **KEYWORDS:** implantable collamer lens; ultrasound biomicroscopy (UBM); sulcus to sulcus; vaults; safety

Citation: Zheng LD, Xiao XT, Chen YL. Effect of optimizing the selection of implantable collamer lens on postoperative vaults based on ultrasound biomicroscopy related data. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2025,25(3):469-474.

0 引言

Visian 植入式晶状体是目前被广泛使用的有晶状体眼后房型人工晶状体 (intraocular collamer lens, ICL)。ICL 术后疗效的理想与否取决于 ICL 的度数及尺寸。为了达到临床安全和理想的效果, ICL 必须准确稳定地放置在睫状沟中 (图 1), 同时保持理想的拱高。如果尺寸过大, 术后拱高过高, ICL 则会使虹膜向前房方向移动, 引起前房深度及容积减小, 前房角形态改变, 容易产生继发性青光眼及角膜内皮损伤; 如果尺寸过小, 拱高过低, ICL 后表面与晶状体之间距离减小, 易引起前囊下白内障或 TICL 旋转引起散光移位^[1]。因此, ICL 最佳尺寸的选择和术后拱高的管理仍然是眼科医生面临的挑战。

目前有研究指出, STAAR 公司推荐的基于白到白 (white to white, WTW) 距离和前房深度 (anterior chamber depth, ACD) 来选择 ICL 尺寸存在局限性, 因为睫状沟直径 (sulcus to sulcus, STS) 与 WTW 之间的关联性较差^[2-3], 而 ICL 是放置于睫状沟内, 仅凭 WTW 和 ACD 无法顾及眼睛内部结构的复杂性, 因此 STS 值作为 ICL 植入平面的直

径较 WTW 更具有优势。据报道, 通过超声生物显微镜 (ultrasound biomicroscope, UBM) 测量的其他眼部生物特征参数, 例如 STS 以及 STS 平面与前晶状体表面 (distance between STS plane and crystalline lens, STSL) 之间的距离 (图 2), 与拱高具有较好的相关性, 可用于优化 ICL 尺寸的选择^[4-6]。本研究旨在观察应用 UBM 测量的 STS 等数据来选择 ICL 尺寸对术后拱高的安全性及有效性的影响, 以期为临床提供参考。

1 对象和方法

1.1 对象 前瞻性病例观察研究。选取福州眼科医院 2022-01/12 收治的行 ICL 植入术的患者, 依据术者晶状体选择经验进行 ICL 型号选择。纳入进行 ICL 型号优化的 95 例 188 眼屈光不正患者为优化组, 年龄为 18-47 (平均 27.37 ± 6.32) 岁, 其中男 32 例 63 眼, 女 63 例 125 眼。未进行 ICL 型号优化的 90 例 174 眼屈光不正患者为普通组, 年龄为 18-44 (平均 30.32 ± 6.03) 岁, 其中男 35 例 66 眼, 女 55 例 108 眼。纳入标准: (1) 有意向进行有 ICL 植入术的屈光不正患者; (2) 年龄 18-47 岁; (3) 屈光度: 球镜 ≥ -0.75 D, 柱镜 ≤ -6.0 D, 双眼屈光度稳定 1 a 以上, 软性角膜接触镜停戴 1 wk 以上, 硬性角膜接触镜停戴 2 wk 以上; (4) 角膜透明, 房角开放。排除标准: (1) 患有圆锥角膜、晶状体畸形、晶状体异位、青光眼、白内障、葡萄膜炎、视网膜脱离、黄斑变性; (2) 既往进行眼部或眼内手术; (3) 角膜内皮细胞计数小于 $2000/\text{mm}^2$; (4) 患有全身结缔组织疾病、自身免疫疾病、精神心理疾病及哺乳期或妊娠期患者; (5) 随访期小于 6 mo 的病例。本研究取得医学伦理委员会审查批准 (批准号: FZYKYY-KY-2022-003) 所有参与者均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 术前检查 术前检查包括裸眼视力 (uncorrected visual acuity, UCVA)、最佳矫正视力 (best corrected visual acuity, BCVA)、主导眼、眼压、综合验光、Pentacam 检查、前

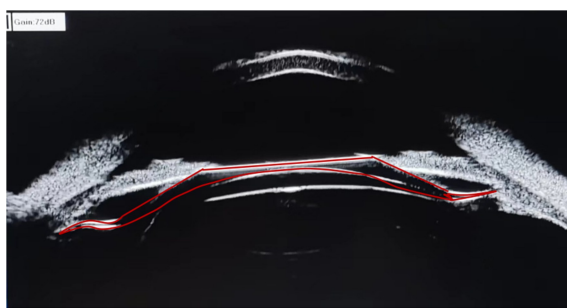


图 1 ICL 术后的 UBM 检查。

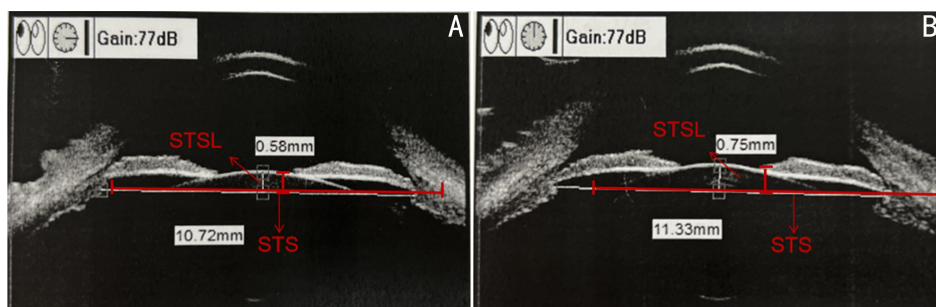


图 2 UBM 测量的 STS 及 STSL 示意图 A: 水平位的 STS 及 STSL; B: 垂直位的 STS 及 STSL。

房深度、游标卡尺测量 WTW、眼部 B 超、晶状体厚度、眼轴、角膜内皮细胞计数、欧堡检查、OCT 检查、UBM 检查、散瞳后眼底检查及散瞳后综合验光。其中游标卡尺测量 WTW 由经验丰富的同一位医生完成,且行 3 次以上检查,检查结果取平均值。UBM 检查:基于 UBM 局部图中房角与睫状沟的关系,判断晶状体脚袢最有可能的着陆点并设为测量的起止点,在多张全景图上多次测量 STS 并选择一致性最高的数据取平均值。

1.2.2 ICL 选择 优化组初步根据患者的前房深度及 WTW,利用 FDA 认证的 STAAR 公司推荐的 OCOS ICL 计算表格 EVO Viva (staar.com) 来选择晶状体尺寸,之后参考患者 UBM 测量的水平位睫状沟直径 (horizontal sulcus to sulcus, hSTS) 大小、STSL 大小 (图 3) 及睫状突形态 (morphology of ciliary sulcus, MCS) (图 4) 来优化晶状体的尺寸。普通组则仅根据 OCOS 推荐的计算表格选择晶状体尺寸。具体优化方案见图 5。

1.2.3 手术方法 手术由同一位经验丰富的手术医师完

成,术前行复方托吡卡胺滴眼液点眼 3 次散瞳,盐酸丙美卡因滴眼液表面麻醉,散光的 ICL 患者提前于角膜缘处做好轴位标记,常规消毒铺巾,行角膜切口,非散光 ICL 的角膜切口的位置根据 pentacam 上的陡轴为主,用推注器将 ICL 推入前房,待 ICL 正确展开后,前房内 ICL 前表面注入适量黏弹剂,调整 ICL 襻至虹膜后方,若为散光晶状体则调整散光轴位至术前标记位置,若为非散光晶状体则根据优化方案选择 ICL 放置的方向,观察晶状体居中,冲洗净前房黏弹剂,确认切口水密,指测眼压正常,手术结束,常规滴用抗生素眼药水无菌眼罩遮盖。

1.2.4 术后随访 所有患者均于术后 1 d,1 wk,1、3、6 mo 复诊,观察患者 UCVA、BCVA、屈光情况、眼压、角膜情况、剩余前房深度、房角开放度、拱高、角膜内皮细胞计数、视力安全指数 (术后 BCVA/术前 BCVA) 及视力疗效指数 (术后 UCVA/术前 BCVA)。其中角膜情况利用裂隙灯检查;剩余前房深度、房角开放度、拱高利用三维眼前节诊断分析系统检查;角膜内皮细胞计数利用角膜内皮细胞计数



图 3 UBM 下的不同 STSL 高度 A:虹膜后凹伴低 STSL;B:正常 STSL;C:高 STSL。



图 4 UBM 下的睫状沟形态 A:宽 MCS;B:正常 MCS;C:窄 MCS。

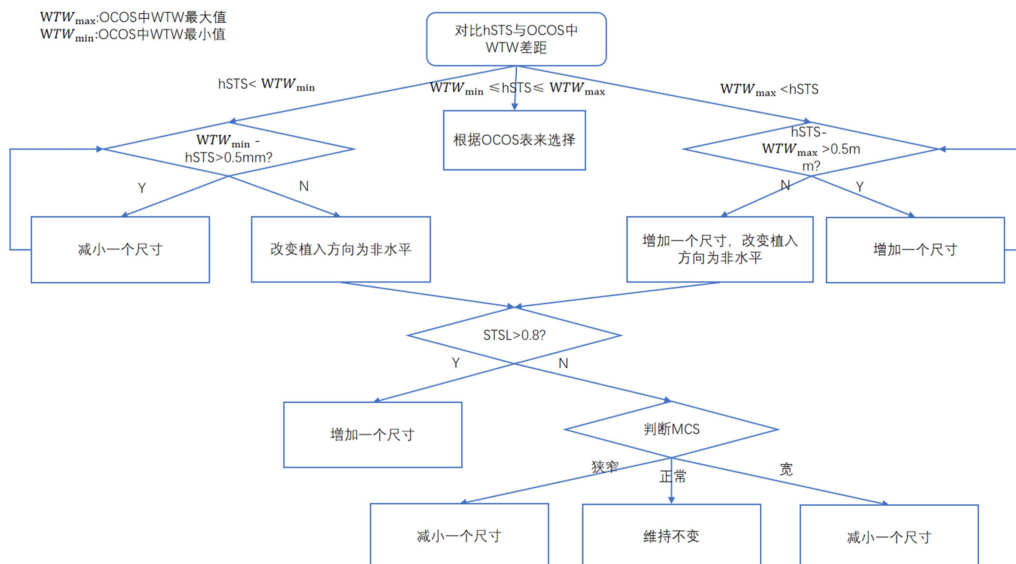


图 5 晶状体优化方案流程图。

仪检查,并对拱高数据进行统计分析。

统计学分析:采用SPSS 25.0统计学软件进行数据分析,计量资料采用Kolmogorov-Smirnov检验进行正态性检验,符合正态分布的以平均值±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,方差齐的数据组间比较采用重复测量数据的方差分析,进一步两两比较采用LSD-*t*检验;两组间的比较采用独立样本*t*检验。计数资料以例(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者术前一般资料比较 优化组术前等效球镜度 -9.38 ± 2.60 (-3.75 — -19.00)D,BCVA(LogMAR) 0.04 ± 0.10 (0.00 — 0.70);普通组术前等效球镜度数 -9.92 ± 2.78 (-3.00 — -15.75)D,最佳矫正视力(LogMAR) 0.02 ± 0.10 (-0.08 — 0.60)。两组手术患者术前基本资料见表1,优化组与普通组年龄、等效球镜度数、UCVA、BCVA比较差异无统计学意义(均 $P > 0.05$)。

2.2 屈光状态 两组等效球镜、UCVA、BCVA时间比较差异有统计学意义(等效球镜: $F_{\text{时间}} = 24.016, P_{\text{时间}} < 0.001$; UCVA: $F_{\text{时间}} = 3.569, P_{\text{时间}} = 0.012$; BCVA: $F_{\text{时间}} = 10.015, P_{\text{时间}} < 0.001$);两组手术前后等效球镜、UCVA、BCVA组间比较差异无统计学意义(等效球镜: $F_{\text{组间}} = 0.083, P_{\text{组间}} = 0.774$; UCVA: $F_{\text{组间}} = 0.342, P_{\text{组间}} = 0.132$; BCVA: $F_{\text{组间}} = 0.610, P_{\text{组间}} = 0.144$);两组等效球镜、BCVA交互比较差异有统计学意义(等效球镜: $F_{\text{组间} \times \text{时间}} = 3.737, P_{\text{组间} \times \text{时间}} = 0.007$; BCVA: $F_{\text{组间} \times \text{时间}} = 5.256, P_{\text{组间} \times \text{时间}} = 0.002$);两组UCVA交互比较差异无统计学意义($F_{\text{组间} \times \text{时间}} = 0.494, P_{\text{组间} \times \text{时间}} = 0.700$)。

两组等效球镜在术后3、6 mo比较差异无统计学意义(均 $P > 0.05$),说明两组患者在术后3 mo时等效球镜趋于稳定;两组UCVA术后1 wk,1、3、6 mo两两比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$),说明两组患者在术后1 wk

UCVA趋于稳定;两组BCVA术后1 d,1 wk,1、3、6 mo两两比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$),说明两组患者在术后1 d BCVA趋于稳定,见表2。

2.3 安全性及有效性 优化组术后6 mo的视力安全指数为 1.21 ± 0.24 ,视力疗效指数为 1.18 ± 0.22 ;普通组术后6 mo的视力安全指数为 1.19 ± 0.21 ,视力疗效指数为 1.07 ± 0.26 。两组间视力安全指数及疗效指数比较差异均有统计学意义($t = 1.306, P = 0.04; t = 1.397, P = 0.01$)。

2.4 术后拱高 优化组术后6 mo拱高为 407.77 ± 159.31 (范围210—1 060) μm ,其中173眼(92.0%)拥有理想拱高(250—1 000 μm),拱高 $< 250 \mu\text{m}$ 11眼(5.8%),拱高 $> 1 000 \mu\text{m}$ 4眼(2.1%);普通组术后6 mo拱高为 467.16 ± 250.07 (范围90—1 100) μm ,其中129眼(74.1%)拥有理想拱高,拱高 $< 250 \mu\text{m}$ 40眼(23.0%),拱高 $> 1 000 \mu\text{m}$ 5眼(2.9%)。两组术后拱高均随时间有轻微下降趋势(图6),两组拱高时间、交互比较差异有统计学意义($F_{\text{时间}} = 187.807, P_{\text{时间}} < 0.001; F_{\text{组间} \times \text{时间}} = 9.071, P_{\text{组间} \times \text{时间}} = 0.003$),组间比较差异无统计学意义($F_{\text{组间}} = 3.478, P_{\text{组间}} = 0.063$)。优化组拱高术后1 wk与术后1 d,1 mo比较,术后1 mo与术后3、6 mo比较,术后3 mo与术后6 mo比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$);普通组拱高除了术后1 d与术后6 mo比较差异有统计学意义外($P = 0.04$),其余差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$),见表3。

2.5 术后并发症 优化组6眼术后当天眼压值超过21 mmHg;普通组9眼术后当天眼压值超过21 mmHg,但两组患者予以滴用降眼压药水及前房放液后眼压术后1 d复查均降至正常值,且术后随访眼压均正常。优化组未次随访术后无白内障、青光眼等并发症发生,但普通组术后存在6眼ICL置换、2眼因房角关闭诱发急性闭角型青光眼而导致ICL取出的病例。

表1 ICL优化组及普通组患者术前一般资料比较

组别	例数(眼数)	性别(例)		年龄(岁)	等效球镜(D)	UCVA(LogMAR)	BCVA(LogMAR)
		男	女				
优化组	95(188)	32	63	27.37±6.32	-9.38±2.60	1.15±1.15	0.04±0.10
普通组	90(174)	35	55	30.32±6.03	-9.92±2.78	1.21±1.75	0.02±0.10
χ^2/t		0.54		-1.85	0.78	-0.16	0.78
<i>P</i>		0.46		0.06	0.45	0.98	0.47

注:优化组:进行ICL尺寸优化;普通组:未进行ICL尺寸优化。

表2 ICL优化组及普通组患者手术前后屈光情况

指标	组别	眼数	术前	术后1 d	术后1 wk	术后1 mo	术后3 mo	术后6 mo
等效球镜(D)	优化组	188	-9.38±2.60	-0.04±0.53 ^a	-0.11±0.46 ^a	-0.09±0.49 ^{a,e,e}	-0.32±0.52 ^{a,c,e,e,g}	-0.23±0.48 ^{a,c,e,e,g}
	普通组	174	-9.92±2.78	-0.10±0.43 ^a	-0.15±0.37 ^a	-0.12±0.30 ^{a,c,e}	-0.21±0.34 ^{a,c,e,e,g}	-0.24±0.30 ^{a,c,e,e,g}
UCVA(LogMAR)	优化组	188	1.15±1.15	-0.05±0.13 ^a	-0.07±0.08 ^a	-0.07±0.06 ^a	-0.06±0.08 ^{a,c}	-0.07±0.08 ^a
	普通组	174	1.21±1.75	0.02±0.11 ^a	-0.01±0.08 ^a	-0.03±0.06 ^a	-0.01±0.05 ^a	-0.01±0.08 ^a
BCVA(LogMAR)	优化组	188	0.04±0.10	-0.05±0.11 ^a	-0.06±0.09 ^a	-0.05±0.10 ^a	-0.05±0.10 ^a	-0.05±0.10 ^a
	普通组	174	0.02±0.10	-0.02±0.13 ^a	-0.03±0.13 ^a	-0.03±0.13 ^a	-0.04±0.14 ^a	-0.01±0.11 ^a

注:优化组:进行ICL尺寸优化;普通组:未进行ICL尺寸优化。^a $P < 0.05$ vs 同组术前;^c $P < 0.05$ vs 同组术后1 d;^e $P < 0.05$ vs 同组术后1 wk;^g $P < 0.05$ vs 同组术后1 mo。

表3 优化组及普通组患者拱高情况

($\bar{x} \pm s, \mu\text{m}$)

组别	眼数	术后 1 d	术后 1 wk	术后 1 mo	术后 3 mo	术后 6 mo
优化组	188	497.67±178.97	480.43±170.61	455.56±171.39 ^a	438.65±165.34 ^{a,c}	407.77±159.31 ^{a,c}
普通组	174	523.36±266.41	514.77±259.68	498.88±253.63	484.87±254.38	467.16±250.07 ^a

注:优化组:进行 ICL 尺寸优化;普通组:未进行 ICL 尺寸优化。^a $P < 0.05$ vs 同组术后 1 d; ^c $P < 0.05$ vs 同组术后 1 wk。

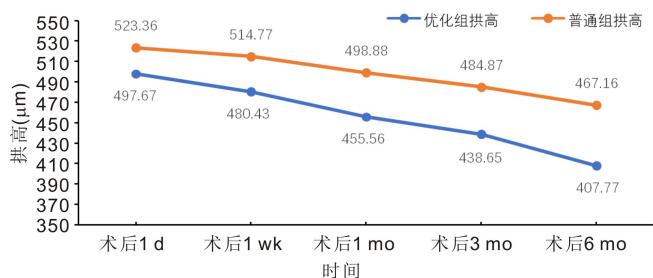


图6 术后优化组和普通组拱高随时间变化图。

3 讨论

ICL 植入术是一种用于矫正屈光不正的安全、有效、可预测性的外科手术,具有良好的视觉和光学质量^[7-8]。随着 ICL 植入术的广泛使用,其安全性已成为临床关注的焦点。术后达到理想的拱高是 ICL 手术安全性的重要指标,一般可接受的拱高范围在 250-1 000 μm ^[9]。高拱高可能导致 ICL 往前挤压前房,引发房角狭窄、瞳孔阻滞并发展为青光眼;而低拱高则会影响晶状体代谢,导致前囊下白内障^[3]。目前,STAAR 公司推荐 OCOS ICL 尺寸的选择基于 WTW 和 ACD。而 EVO ICL 型号只有 4 种:12.1、12.6、13.2 和 13.7 mm。由于 ICL 的型号为非连续变量,眼科医生必须选择最接近最佳尺寸的型号,因此针对个人眼睛的定制 ICL 的设计存在局限性。

在本次研究中,两组患者手术顺利,术后 UCVA、等效球镜均明显改善,两组术后 UCVA 及 BCVA 组间比较无差异。两组患者在术后 3 mo 时等效球镜趋于稳定,在术后 1 wk UCVA 趋于稳定,在术后 1 d BCVA 趋于稳定。优化组 11 眼术后 1 wk 拱高 $< 250 \mu\text{m}$,术后 1、3、6 mo 复查时拱高均无明显变化;普通组 46 眼术后 1 wk 拱高 $< 250 \mu\text{m}$,其中 6 眼因拱高过低,予以更换 ICL 型号后拥有理想拱高,其他眼术后 1、3、6 mo 复查时拱高均无明显变化;优化组 4 眼术后 1 wk 拱高 $> 1 000 \mu\text{m}$,其中 3 眼术后 1、3、6 mo 复查时拱高略微下降,1 眼无明显变化;普通组 7 眼术后 1 wk 拱高 $> 1 000 \mu\text{m}$,其中 2 眼因拱高过高导致房角关闭予以取出 ICL,其他眼术后 1、3、6 mo 复查时拱高均略微下降。优化组末次随访术后无白内障、青光眼等并发症发生,但普通组术后存在 6 眼 ICL 置换、2 眼因房角关闭诱发急性闭角型青光眼而导致 ICL 取出的病例。两组患者术后拱高均随时间有轻微下降趋势,且随着时间推移拱高均趋于稳定。优化组通过术前综合考虑各项参数来选择 ICL 尺寸及植入方向,92.0% 的患者达到理想拱高,5.8% 的患者因 ICL 需要定制无法等待而选择备用尺寸,故而拱高低于 250 μm ,而术后行 UBM 检查发现 ICL 与晶状体有良好的间隙,因此保持现有方案;2.1% 的患者因 STSL 为负值,前房深才导致术后拱高大于 1 000 μm ,故而也保持现有方案。

既往研究表明,除 WTW 和前房深度外,还需考虑眼

部参数如 STS、STSL、虹膜形态、房角开放度、睫状突形态来设计术后拱高。由于 STS 直径呈径向变化,垂直方位的 STS 直径通常大于水平方位的 STS^[9-11]。Wei 等^[12]通过 UBM 测量的 STS 来定制 ICL 植入方向设计,当 STS 与 WTW 的差异过大或过小时,调整 ICL 尺寸大小和植入方向,最终 84% 眼术后拱高达到理想状态。因此可以通过设计 ICL 植入在睫状沟内不同的方向来调整拱高。值得注意的是,在大多数情况下,只有当垂直和水平方向的 STS 直径之间存在较大差异时,非水平放置的设计才会有效地降低拱高。Lee 等^[4]发现,水平 STS 和 WTW 直径之间的差异(STS-WTW)与 ICL 拱高呈负相关,且 STS 与 ICL 拱高的相关性高于 WTW。因此,当 STS-WTW 过大或过小时,应主要参考 STS 值来调整 ICL 尺寸和方向。此外,Kojima 等^[5]证明 STSL 会影响 ICL 术后拱高,STSL 越高,ICL 术后拱高越低,因此,当垂直和水平方向的 STSL 之间也存在很大差异时,需要改变晶状体的植入方向或者选择大一型号的晶状体尺寸来调整拱高。同时,宽 MCS 或扁平的睫状突会使 ICL 术后拱高较预期效果低,这时需要选择大一型号的晶状体,反之则需考虑小一型号的晶状体^[13]。

目前已存在许多计算公式及人工智能技术来预测术后拱高,Zhang 等^[14]通过高频 UBM 测量 STS 的数据建立了 ZZ ICL 公式(www.zzcal.com),该研究纳入依据 ZZ ICL 公式选择 ICL 尺寸的 168 眼,其中 10.1% 眼大于 STAAR 公司建议的大小,预测拱高与实际拱高无明显差异;16.1% 眼小于 STAAR 公司建议的大小,预测拱高比实际拱高要大,但在最后的结果中,所有术眼两者间差值均小 500 μm 。Kojima 等^[5]通过 UBM 增加一项 STSL 的测量,并将术前参数纳入多元逐步线性回归方程后,得到推导公式 K-ICL 公式(ICL SIZE = 3.75 + 0.46 STS + 0.95 ACD + 1.25 STSL mm),后续验证得出 88.9% 眼术后得到理想拱高(250-1 000 μm)。Nakamura 等^[15-16]通过 AS-OCT 测量眼前节参数 ACD、拱高、STSL 和前房角直径(angle-to-angle diameter, ATA),进行多元逐步线性回归分析得出 NK ICL 公式(ICL SIZE = 4.20 + 0.719 ACW + 0.655 STSL mm),但后续发现此公式选择出来的晶状体术后实际测量拱高均大于预测拱高,为了解决术后拱高过高的问题,Nakamura 等进行优化矫正得到 NK2 ICL 公式(ICL SIZE = 4.575 + 0.688 ACW + 0.388 STSL mm),在后续验证中 91.2% 例眼达到了理想的术后拱高(250-1 000 μm)。虽然上述公式对 ICL 拱高具有较好的预测性,但仍有部分患者未达到理想拱高,因此均未被眼科医生广泛使用。

ICL 术后拱高的大小是多因素影响后的数值,无法通过单一的公式或人工智能技术来选择 ICL 尺寸。本研究通过高频 UBM 测量的眼部数据,参考了 WTW、ACD、STS、STSL 及 MCS,结合 STARR 公司推荐的 ICL 尺寸(标准尺

寸)来进行术后拱高的优化。水平方向的 STS 和 WTW 之间的差异(hSTS-WTW)是主要参考因素,STSL 和 MCS 是次要参考因素。由此设计出的晶状体优化方案流程图,清晰地展示了如何设计晶状体大小及植入方向,旨在能更好的进行晶状体尺寸的选择及优化术后拱高,提高手术效果和患者满意度,减少术后并发症的发生。本次研究优化组 92.0%患者术后达到理想拱高,而普通组仅 74.1%患者术后达到理想拱高,因此,建议未来研究 ICL 尺寸的选择可以参考更多的数据。

本研究尚存在局限性:(1)患者随访时间仅 6 mo,应长期随访来开展进一步研究,以期研究 ICL 术后长期安全性和稳定性;(2)样本量较少,应纳入更多的患者来进行优化;(3)UBM 仪器的重现性差,以及测量的准确性容易受到操作员的主观影响,从而增加了 STS 测量的误差,后续可考虑应用 ArcScan Insight 100 测量来减少误差;(4)术后拱高的测量是使用 Pentacam 三维眼前节诊断分析系统检查,为操作人员手工测量,易存在手动误差,可考虑使用更高精度的前节 OCT 测量来减少误差。

综上所述,基于 UBM 测量的 STS 等数据选择 ICL 尺寸并设计植入方向,具有良好的安全性、有效性和拱高可预测性。将来,随着对 ICL 术后拱高研究的不断加深,需要更多的数据来提供更可靠的临床证据来优化 ICL 的选择。

利益冲突声明:本文不存在利益冲突。

作者贡献声明:郑两定论文选题与修改,初稿撰写;陈雅丽文献检索,数据分析;肖晓婷选题指导,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] García-Feijó J, Hernández-Matamoros JL, Castillo-Gómez A, et al. Secondary glaucoma and severe endothelial damage after silicone phakic posterior chamber intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg*, 2004,30(8):1786-1789.

[2] Reinstein DZ, Archer TJ, Silverman RH, et al. Correlation of anterior chamber angle and ciliary sulcus diameters with white-to-white corneal diameter in high myopes using Artemis VHF digital ultrasound. *J Refract Surg*, 2009,25(2):185-194.

[3] Packer M. Meta-analysis and review: effectiveness, safety, and central port design of the intraocular collamer lens. *Clin Ophthalmol*, 2016,10:1059-1077.

[4] Lee DH, Choi SH, Chung ES, et al. Correlation between preoperative biometry and posterior chamber phakic Visian Implantable Collamer Lens vaulting. *Ophthalmology*, 2012,119(2):272-277.

[5] Kojima T, Yokoyama S, Ito M, et al. Optimization of an implantable collamer lens sizing method using high-frequency ultrasound biomicroscopy. *Am J Ophthalmol*, 2012,153(4):632-637.e1.

[6] 王静,汪卓赞,张青,等. 50 MHz 全景超声生物显微镜预测拱高与有晶状体眼后房型人工晶状体植入术后拱高的比较. *临床眼科杂志*, 2021,29(1):45-49.

[7] Wei RY, Li MY, Zhang HH, et al. Comparison of objective and subjective visual quality early after implantable collamer lens V4c (ICL V4c) and small incision lenticule extraction (SMILE) for high myopia correction. *Acta Ophthalmol*, 2020,98(8):e943-e950.

[8] 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.

[9] 刘海歌,徐科,赵满丽,等. ICL 植入术后拱高的预测及研究进展. *国际眼科杂志*, 2023,23(9):1499-1502.

[10] Petermeier K, Suesskind D, Altpeter E, et al. Sulcus anatomy and diameter in pseudophakic eyes and correlation with biometric data: evaluation with a 50 MHz ultrasound biomicroscope. *J Cataract Refract Surg*, 2012,38(6):986-991.

[11] Biermann J, Bredow L, Boehringer D, et al. Evaluation of ciliary sulcus diameter using ultrasound biomicroscopy in emmetropic eyes and myopic eyes. *J Cataract Refract Surg*, 2011,37(9):1686-1693.

[12] Wei RY, Cheng MR, Niu LL, et al. Outcomes of the EVO ICL using a customized non-horizontal or horizontal implanting orientation based on UBM measurement: a pilot study. *Ophthalmol Ther*, 2022,11(3):1187-1198.

[13] Chen Q, Tan WN, Lei XH, et al. Clinical prediction of excessive vault after implantable collamer lens implantation using ciliary body morphology. *J Refract Surg*, 2020,36(6):380-387.

[14] Zhang J, Shao J, Zheng L, et al. Implantable collamer lens sizing based on measurement of the sulcus-to-sulcus distance in ultrasound biomicroscopy video clips and ZZ ICL formula. *BMC Ophthalmol*, 2022,22(1):363.

[15] Nakamura T, Isogai N, Kojima T, et al. Implantable collamer lens sizing method based on swept-source anterior segment optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol*, 2018,187:99-107.

[16] Nakamura T, Isogai N, Kojima T, et al. Optimization of implantable collamer lens sizing based on swept-source anterior segment optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg*, 2020,46(5):742-748.