

# 高度近视患者植入 ICL V4c 后眼前节参数的早期结果

潘冰心, 吴杰, 蒋鹏飞, 徐珊, 何坤

引用: 潘冰心, 吴杰, 蒋鹏飞, 等. 高度近视患者植入 ICL V4c 后眼前节参数的早期结果. 国际眼科杂志, 2024, 24(3): 491-494.

基金项目: 浙江省市共建重点学科项目 (No.2017-2023); 衢州市指导性科技计划项目 (No.2022083, 2022085)

作者单位: (324004) 中国浙江省衢州市, 浙江省医疗健康集团衢州医院眼科中心

作者简介: 潘冰心, 女, 硕士, 主任医师, 主任, 研究方向: 近视防控。

通讯作者: 潘冰心. qzpbx@163.com

收稿日期: 2023-10-09 修回日期: 2024-01-23

## 摘要

**目的:** 研究高度近视患者植入带中心孔的植入式 collamer 晶状体 (ICL V4c) 后眼前节参数的早期结果。

**方法:** 纳入 2019-02/2022-09 在我院行 ICL V4c 植入术且随访 1 a 的高度近视患者 82 例 160 眼, 其中男 42 例 82 眼, 女 40 例 78 眼, 年龄  $26.0 \pm 4.6$  (21-37) 岁。术前检测患者的眼前节一般特征: 球镜度数、平均角膜水平曲率、水平角膜直径 (WTW) 和轴向长度 (AL); 术前, 术后 1 d, 1 wk, 1, 3, 6 mo 测量患者的眼内压 (IOP)、内皮细胞密度 (ECD)、中央前房深度 (CACD)、前房容积 (ACV)、前房角 (ACA); 术后 1 d, 1 wk, 1, 6 mo, 1 a 测量患者 ICL V4c 光学区后表面中心到晶状体前表面的距离 (拱高)。

**结果:** 患者术前平均球镜度数为  $-7.56 \pm 2.55$  D, 平均角膜水平曲率为  $42.89 \pm 1.47$  D, WTW 为  $11.64 \pm 0.37$  mm, AL 为  $26.64 \pm 0.93$  mm。眼压基线为  $15.97 \pm 2.13$  mmHg, ICL V4c 植入后各时间点眼压与术前相比无差异 ( $F = 0.875, P = 0.504$ ); ECD 基线为  $2989.30 \pm 140.78$  cell/mm<sup>2</sup>, ICL V4c 植入后 6 mo 的 ECD 与术前相比无差异 ( $t = 1.475, P = 0.142$ ); CACD 基线为  $3.19 \pm 0.21$  mm, ACV 基线为  $210.30 \pm 27.7$  mm<sup>3</sup>, 术后各时间点 CACD、ACV 均显著低于术前 ( $F = 111.10, 288.38$ , 均  $P < 0.001$ ); ACA 基线为  $35.44^\circ \pm 11.27^\circ$ , ICL V4c 植入后各时间点 ACA 显著低于术前 ( $F = 21.23, P < 0.001$ )。术后 1 d 拱高为  $665.32 \pm 184.03$   $\mu$ m, 术后 1 wk, 1, 6 mo, 1 a 与术后 1 d 相比, 拱高继续显著减少 ( $F = 52.10, P < 0.001$ ), 但在术后 6 mo, 1 a 时保持稳定, 与 1 mo 时相比均无差异 ( $P > 0.05$ )。

**结论:** ICL V4c 在术后 1 a 的随访中具有一定安全性和有效性, 植入后早期眼前节参数趋于稳定。

**关键词:** 高度近视; 眼前节; 拱高; 人工晶状体; 带中心孔的植入式 collamer 晶状体 (ICL V4c)

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2024.3.30

## Early outcomes of anterior segment parameters in patients with high myopia after implantable collamer lens V4c implantation

Pan Bingxin, Wu Jie, Jiang Pengfei, Xu Shan, He Kun

**Foundation items:** Jointly Built Key Discipline Project of Zhejiang (No.2017-2023); Instructive Science and Technology Plan Project of Quzhou (No.2022083, 2022085)

Eye Center, Quzhou Hospital of Zhejiang Medical and Health Group, Quzhou 324004, Zhejiang Province, China

**Correspondence to:** Pan Bingxin. Eye Center, Quzhou Hospital of Zhejiang Medical and Health Group, Quzhou 324004, Zhejiang Province, China. qzpbx@163.com

Received: 2023-10-09 Accepted: 2024-01-23

## Abstract

• **AIM:** To study the early outcomes of anterior segment parameters after implantation of an implantable collamer lens with a central hole (ICL V4c) in patients with high myopia.

• **METHODS:** A total of 82 cases (160 eyes) with high myopia, including 42 males (82 eyes) and 40 females (78 eyes), aged  $26.0 \pm 4.6$  (21 to 37) years, who underwent ICL V4c implantation at our institution from February 2019 to September 2022 and were followed up for 1 a, were included. The general characteristics of the anterior segment of the eye were measured preoperatively: spherical equivalent, mean horizontal corneal curvature, white-to-white (WTW), and axial length (AL); intraocular pressure (IOP), endothelial cell density (ECD), central anterior chamber depth (CACD), anterior chamber volume (ACV) and anterior chamber angle (ACA) were measured preoperatively and at 1 d, 1 wk, 1, 3 and 6 mo postoperatively. Furthermore, the distance from the centre of the posterior surface of the ICL V4c optical zone to the anterior surface of the lens (vault) was measured at 1 d, 1 wk, 1, 6 mo, and 1 a after surgery.

• **RESULTS:** The mean preoperative spherical equivalent of the patients was  $-7.56 \pm 2.55$  D, mean horizontal corneal curvature was  $42.89 \pm 1.47$  D, WTW was  $11.64 \pm 0.37$  mm, and AL was  $26.64 \pm 0.93$  mm. The baseline IOP was  $15.97 \pm 2.13$  mmHg, and the differences in IOP at each time point after ICL V4c implantation compared to preoperative were not statistically significant ( $F = 0.875, P = 0.504$ ); ECD was  $2989.30 \pm 140.78$  cells/mm<sup>2</sup> at baseline, and ECD at 6 mo after ICL V4c implantation was not statistically significant compared with preoperative ECD ( $t = 1.475, P = 0.142$ );

CACD was  $3.19 \pm 0.21$  mm at baseline, and ACV was  $210.30 \pm 27.7$  mm<sup>3</sup>, and CACD and ACV were significantly lower than preoperative at all postoperative time points ( $F = 111.10, 288.38$ , all  $P < 0.001$ ). The baseline ACA was  $35.44^\circ \pm 11.27^\circ$ , and the ACA at each time point after ICL V4c implantation was significantly lower than preoperatively ( $F = 21.23, P < 0.001$ ). The vault was  $665.32 \pm 184.03$   $\mu$ m at 1 d postoperatively, and continued to be significantly reduced at 1 wk, 1, 6 mo, and 1 a postoperatively compared with 1 d ( $F = 52.10, P < 0.001$ ). However, it remained stable at 6 mo and 1 a postoperatively, and the difference was not statistically significant compared with vault at 1 mo postoperatively ( $P > 0.05$ ).

• **CONCLUSION:** ICL V4c has certain safety and efficiency in 1 a postoperative follow-up, and the parameters of the anterior segment of the eye stabilized in the early period.

• **KEYWORDS:** high myopia; anterior segment; vault; intraocular lens; implantable collamer lens with a central hole (ICL V4c)

**Citation:** Pan BX, Wu J, Jiang PF, et al. Early outcomes of anterior segment parameters in patients with high myopia after implantable collamer lens V4c implantation. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2024,24(3):491-494.

## 0 引言

植入式 collamer 晶状体 (implantable collamer lens, ICL) 在近视矫正中被认为是安全有效的, 现在被广泛应用于所有近视患者的替代治疗<sup>[1-3]</sup>。然而, 传统的 ICL 会干扰眼内房水循环, 可能导致潜在的并发症, 如瞳孔阻滞、眼压升高、色素分散综合征、闭角型青光眼、代谢性白内障和内皮细胞密度严重丧失等<sup>[4]</sup>。带中心孔的植入式 collamer 晶状体 (ICL V4c) 是一种在晶状体中心有孔的新型后部 ICL, 它使房水从后部自然循环到前房, 在很大程度上保证了眼前段正常的生理功能, 并降低了传统 ICL 并发症的风险<sup>[5-6]</sup>。ICL V4c 植入后视力、眼压和屈光度能维持较为稳定的状态<sup>[7-9]</sup>。然而, 一项研究<sup>[9]</sup>发现, 6.8% 的患者在植入后立即出现无症状的前囊下白内障, 内皮细胞密度 (endothelial cell density, ECD) 也会有损失<sup>[8]</sup>, 这与前房容积 (anterior chamber volume, ACV)、前房角 (anterior chamber angle, ACA)、角膜内皮到中央 ICL 的距离和拱高等眼前节参数显著相关。ACA 和拱高是评估 ICL 植入后眼内安全性和稳定性的重要参数<sup>[10-11]</sup>。眼内压 (intraocular pressure, IOP) 也可能由于残留的黏弹剂而增加。因此, 尽早评估术后眼前节参数是至关重要的。及时观察这些参数的变化将有助于及时干预, 如在早期移除 ICL 等。目前仍然缺乏关于高度近视患者 ICL V4c 植入术后眼前节参数的早期结果, 本研究评估了高度近视患者 ICL V4c 术后各时间点 IOP、ECD、中央前房深度 (central anterior chamber depth, CACD)、ACV、ACA 相对于术前基线的变化, 并确定了近视患者植入 ICL V4c 后检测潜在并发症的最早随访时间。

## 1 对象和方法

1.1 对象 前瞻性、非随机、连续的病例研究。纳入 2019-

02/2022-09 在我院进行 ICL V4c 植入术的高度近视患者, 且每位患者均完成 1 a 的随访。纳入标准: 年龄  $\geq 21$  岁; 屈光度  $-6.00$  ~  $-11.50$  D; 稳定的屈光度数  $> 2$  a, 每年增加  $< 0.50$  D; CACD  $\geq 2.8$  mm; ECD  $\geq 2000$  cell/mm<sup>2</sup>; IOP 为  $10$  ~  $20$  mmHg; 前房角开放。排除标准: 有任何眼内手术史; 角膜异常, 如圆锥角膜; 有葡萄膜炎、青光眼、视网膜断裂、糖尿病或自身免疫性疾病; 怀孕、哺乳或有其他手术禁忌条件的; 球镜  $> -18.00$  D, 柱镜  $> -6.00$  D; 无法坚持 1 a 的术后随访。本研究获得了浙江省医疗健康集团衢州医院伦理委员会的批准, 并根据《赫尔辛基宣言》的原则进行。所有纳入的患者在充分了解潜在后果后, 签署了手术的表面知情同意书。

## 1.2 方法

1.2.1 术前检查 采用标准对数视力表测量所有患者的裸眼视力 (uncorrected visual acuity, UCVA) 与最佳矫正视力 (best corrected visual acuity, BCVA); 采用非接触式眼压计 (NT-510) 测量所有患者的 IOP; 眼前节分析系统测量患者眼前节参数, 包括球镜度数、平均角膜水平曲率、水平角膜直径 (white to white distance, WTW) 和轴向长度 (axial length, AL) 等; 眼前段光学相干断层扫描 (anterior segment optical coherence tomography, AS-OCT) (RTvue, XR, Bayview, Drive) 测量所有患者的拱高; 超声生物显微镜 (ultrasound biomicroscope, UBM) 检查所有患者的房角结构; IOL Master 测量 AL。

1.2.2 ICL V4c 植入术 由同一位经验丰富的医生为所有患者植入 ICL V4c。眼表麻醉后, 冲洗结膜囊, 使用常规消毒巾, 并贴上眼睑皮肤保护膜。将 ICL V4c 放置在推进器室头中, 用透镜镊子将其调整到适当的位置, 并将推进器室头安装在推进器上。放置开睑器, 在角膜缘处做  $3.0$  mm 宽的透明角膜隧道。用推式注射器将 ICL V4c 注射到前房中, 并将透明质酸钠注射到前房。用定位钩将 ICL V4c 的 4 个环转移到睫状体中。将 ICL V4c 调整到适当的位置。根据透镜散光的轴向旋转图来调节散光类型 ICL V4c。将透明质酸钠替换为平衡盐溶液的冲洗液。术后将妥布霉素地塞米松眼膏挤入结膜囊。术后常规使用抗生素、皮质类固醇和非甾体抗炎滴眼液预防炎症。

1.2.3 术后随访 在手术后 2 h 进行裂隙灯显微镜和眼压测量, 以观察患者的眼部状况。术后 2 h 眼压为  $21$  ~  $30$  mmHg 的患者及时使用卡他洛尔滴眼液进行治疗。对眼压  $> 30$  mmHg 的患者进行适当的前房放液治疗, 并密切监测眼压。在术后 1 d, 1 wk, 1, 3, 6 mo, 1 a 进行随访。

1.2.4 观测参数 术前检测患者的眼前节一般特征: 球镜度数、平均角膜水平曲率、WTW 和 AL; 术前, 术后 1 d, 1 wk, 1, 3, 6 mo 测量患者的 IOP、ECD、CACD、ACV 和 ACA; 术后 1 d, 1 wk, 1, 6 mo, 1 a 测量患者 ICL V4c 光学区后表面中心到晶状体前表面的距离 (拱高)。同一位经验丰富的眼科技术人员测量所有参数。此处报告的 CACD 和拱高的值分别是连续进行 3 次的水平和垂直测量。

统计学分析: 采用统计学软件 SPSS 22.0 进行分析, 采用 Kolmogorov-Smirnov 检验数据的正态分布, 符合正态分布的数据采用  $\bar{x} \pm s$  表达。不同时间点的眼前节参数比较采用重复测量数据的方差分析, 进一步的两两比较采用

LSD-*t* 检验;治疗前后两个时间点的比较采用配对样本 *t* 检验。以  $P < 0.05$  为差异具有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 术前一般特征及术后一般情况** 共纳入高度近视患者 82 例 160 眼,其中男 42 例 82 眼,女 40 例 78 眼,年龄  $26.0 \pm 4.6$  (21-37) 岁,平均球镜度数为  $-7.56 \pm 2.55$  D,平均角膜水平曲率为  $42.89 \pm 1.47$  D,WTW 为  $11.64 \pm 0.37$  mm,AL 为  $26.64 \pm 0.93$  mm。术后 2 h 有 3 眼眼压为 21-30 mmHg,用卡他洛尔滴眼液控制至正常,所有患者在术后 4-6 h 及所有随访时眼压均在正常范围内,裂隙灯显微镜检查显示 ICL V4c 和晶状体表面透明,术后所有治疗眼的 UCVA 均达到或超过术前 BCVA。在术后随访时间内未发现白内障、青光眼或 ICL 偏离等并发症。

### 2.2 眼前节参数分析

**2.2.1 眼压** 眼压基线为  $15.97 \pm 2.13$  mmHg。手术后 2 h 内眼压均未  $> 21$  mmHg,ICL V4c 植入后 1 d,1 wk,1,3,6 mo 的眼压与术前相比,差异无统计学意义 ( $F = 0.875$ ,  $P = 0.504$ ,表 1)。

**2.2.2 ECD** ECD 基线为  $2989.30 \pm 140.78$  cell/mm<sup>2</sup>,术后 6 mo 为  $2958.44 \pm 126.78$  cell/mm<sup>2</sup>,差异无统计学意义 ( $t = 1.475$ ,  $P = 0.142$ )。

**2.2.3 CACD** CACD 基线为  $3.19 \pm 0.21$  mm,术后 1 d,1 wk,1,3,6 mo 的 CACD 显著低于术前(均  $P < 0.001$ )。然而,术后 CACD 保持了稳定,术后 1 d,1 wk,1,3,6 mo 的 CACD 之间无显著差异(均  $P > 0.05$ ,表 1)。

**2.2.4 ACV** ACV 基线为  $210.30 \pm 27.7$  mm<sup>3</sup>,术后 1 d,1 wk,1,3,6 mo 的 ACV 显著低于术前(均  $P < 0.001$ )。与术后 1 d 相比,ACV 在术后 1 wk 时显著增加 ( $P < 0.001$ ),但在术后 1,3,6 mo 时保持稳定(表 1)。

**2.2.5 ACA** ACA 基线为  $35.44^\circ \pm 11.27^\circ$ ,术后 1 d,1 wk,1,3,6 mo 的 ACV 显著低于术前(均  $P < 0.001$ )。术后 ACA 保持了稳定,术后 1 d,1 wk,1,3,6 mo 的 ACA 之间无显著差异(均  $P > 0.05$ ,表 1)。

**2.2.6 拱高** 术后 1 d 拱高为  $665.32 \pm 184.03$   $\mu$ m,术后 1 wk,1,6 mo,1 a 与术后 1 d 相比,拱高显著减少(均  $P < 0.001$ ,表 2)。术后 6 mo,1 a 拱高保持稳定,与术后 1 mo 的拱高相比,无显著差异(均  $P > 0.05$ ,图 1)。与术后 1 d,1 wk 的拱高的差值变化见表 2。

## 3 讨论

本研究主要关注了 ICL V4c 植入后 1 d-1 a 的眼前节参数的早期结果。结果显示,术后 6 mo 内的 IOP 和 ECD 与基线测量值相当,表明植入 ICL V4c 后对眼压、角膜内皮细胞无明显影响,在植入 6 mo 内较为安全。CACD 和 ACV 在植入 1 d,1 wk 时显著降低,并在植入 1 wk 后趋于稳定,这与国内的一些研究结果一致<sup>[12]</sup>;术后 ACA 虽较术前降低,但与术后 1 d 相比,术后 6 mo 内各时间点的随访中 ACA 均较为稳定,这表明在术后 6 mo 内,前房均较为稳定。与术后 1 d 的拱高相比,术后 1 wk,1 mo 的拱高显著降低,但在术后 6 mo,1 a 时保持稳定。虽然植入 ICL V4c 后前房各参数均有所降低,但在术后均能保持在稳定的状态,这对维持前房结构和功能至关重要。测量拱高对于评估 ICL 植入后白内障和青光眼等并发症的风险至关重要<sup>[8,13-14]</sup>。低拱高导致 ICL 和患者晶状体前囊之间的距离减小,可能导致前囊下白内障<sup>[2,15-16]</sup>,还可能致浅前房影响房水引流、继发性房角闭锁和色素分散综合征<sup>[17]</sup>,高拱高则增加了虹膜后表面和 ICL 表面之间的摩擦力,导致虹膜色素的损失<sup>[17-18]</sup>。因此,确保拱高处于相对安全的范围(即  $\geq 150$   $\mu$ m) 非常重要。据报道,理想的

表 1 基线和植入 ICL V4c 后不同时间的眼前段参数结果

时间	IOP(mmHg)	CACD(mm)	ACV(mm <sup>3</sup> )	ACA(°)	$\bar{x} \pm s$
基线	15.97±2.13	3.19±0.21	210.31±27.5	35.44±11.27	
术后 1 d	16.02±1.58	3.01±0.23 <sup>b</sup>	104.31±21.20 <sup>b</sup>	26.41±5.08 <sup>b</sup>	
术后 1 wk	16.13±1.49	3.00±0.21 <sup>b</sup>	109.35±22.17 <sup>b,d</sup>	26.54±6.22 <sup>b</sup>	
术后 1 mo	16.18±1.35	3.01±0.20 <sup>b</sup>	110.71±21.52 <sup>b,d</sup>	26.47±5.82 <sup>b</sup>	
术后 3 mo	15.97±1.29	3.02±0.19 <sup>b</sup>	111.77±21.08 <sup>b,d</sup>	27.12±4.98 <sup>b</sup>	
术后 6 mo	16.16±1.08	3.03±0.19 <sup>b</sup>	111.04±19.74 <sup>b,d</sup>	27.76±6.35 <sup>b</sup>	
<i>F</i>	0.875	111.10	288.38	21.23	
<i>P</i>	0.504	<0.001	<0.001	<0.001	

注:<sup>b</sup> $P < 0.01$  vs 基线;<sup>d</sup> $P < 0.01$  vs 术后 1 d。

表 2 术后 1 a 内拱高的变化

时间	拱高	与术后 1 d 拱高的差值	与术后 1 wk 拱高的差值	( $\bar{x} \pm s, \mu$ m)
术后 1 d	665.32±184.03			
术后 1 wk	597.42±166.33 <sup>b</sup>	67.90±13.27		
术后 1 mo	574.68±159.43 <sup>b</sup>	90.64±19.85 <sup>d</sup>	22.74±6.20	
术后 6 mo	570.65±150.52 <sup>b</sup>	94.67±22.30 <sup>d</sup>	26.77±6.07	
术后 1 a	567.90±152.32 <sup>b</sup>	97.42±20.91 <sup>d</sup>	29.52±5.11 <sup>f</sup>	
<i>F</i>	52.10	39.510	28.212	
<i>P</i>	<0.001	<0.001	<0.001	

注:<sup>b</sup> $P < 0.01$  vs 术后 1 d;<sup>d</sup> $P < 0.01$  vs 术后 1 wk;<sup>f</sup> $P < 0.01$  vs 术后 1 mo。



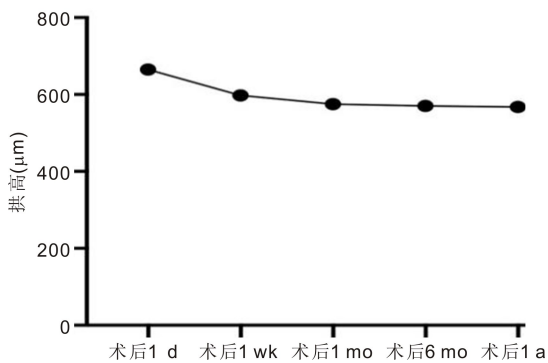


图1 术后1 a内拱高的变化趋势。

拱高范围为250–750 μm,750–1 000 μm的范围也是可以接受的<sup>[19]</sup>。我们的结果显示,植入后1 a,拱高范围为270–900 μm,平均值为567.90 ± 153.32 μm,90.0%(144/160眼)的眼睛在理想拱高范围内,10.0%(16/160眼)在750–1 000 μm。植入后1 wk的拱高比术后1 d减少67.90 ± 13.27 μm,植入后1 mo的拱高比术后1 d减少90.64 ± 19.85 μm,此后拱高保持稳定。由于拱高随着房水循环和透明质酸钠代谢而减少,早期随访(即1 mo前)的测量有助于及时评估任何异常,并可能减少进一步的并发症。如果存在白内障风险,在ICL V4c植入后1 wk内评估拱高的相对稳定性尤其重要。

本研究纳入了近视度数范围较大(-6.00--11.50 D)的高度近视患者,以评估不同严重程度高度近视患者ICL V4c植入的效果。其次,同一技术人员在相同的光照条件下使AS-OCT进行基线检查和术后检查,以防止不同光照强度导致瞳孔大小变化的潜在影响。本研究提供了ICL V4c植入术后早期拱高的测量数据,这有助于ICL安全性的早期评估。但本研究也存在一定的不足,如没有比较同一患者双眼的眼前节参数;患者年龄均在40岁以下,随访时间相对较短(1 a),因此对高度近视植入ICL V4c后眼前节参数的评估可能不够全面,无法反映更大范围内或更长时间内的并发症情况;相对于真实世界的结果,本研究纳入的样本量仍较少,在今后的研究中,我们将进行多中心、大样本的高度近视患者植入ICL V4c后眼前节参数的评估,同时将不同的大小ICL和更长的随访时间作为研究的影响因素进行更全面的分析。

总之,ICL V4c在术后1 a的随访中是具有一定安全性和有效性的,植入后早期前房参数趋于稳定。因此,有必要在早期时间点(例如1 wk,1 mo)评估患者的眼前段状态,并通过及时和非侵入性干预措施预防并发症。

#### 参考文献

[1] Reynolds M, Hoekel J, Tychsen L. Safety of phakic intraocular collamer lens implantation in 95 highly myopic special-needs children. *J Cataract Refract Surg*, 2021,47(12):1519–1523.  
[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] Dougherty PJ, Priver T. Refractive outcomes and safety of the implantable collamer lens in young low-to-moderate myopes. *Clin Ophthalmol*, 2017,11:273–277.  
[4] Zaldívar R, Adamek P, Zaldívar R, et al. Intraoperative versus postoperative vault measurement after implantable collamer lens implantation in a large cohort of patients. *J Refract Surg*, 2021,37(7):477–483.  
[5] Lovisolo CF, Zaldívar R. Complications of posterior chamber phakic IOLs. *Management of Complications in Refractive Surgery*. Cham: Springer, 2018:289–309.  
[6] Ang M, Gatinel D, Reinstein DZ, et al. Refractive surgery beyond 2020. *Eye*, 2021,35(2):362–382.  
[7] Fernández-Vega-Cueto L, Alfonso-Bartolozzi B, Lisa C, et al. Seven-year follow-up of posterior chamber phakic intraocular lens with central port design. *Eye Vis*, 2021,8(1):23.  
[8] Yang W, Zhao J, Sun L, et al. Four-year observation of the changes in corneal endothelium cell density and correlated factors after Implantable Collamer Lens V4c implantation. *Br J Ophthalmol*, 2021,105(5):625–630.  
[9] Igarashi A, Kamiya K, Ichikawa K, et al. Multicenter clinical outcomes of hole implantable collamer lens implantation in middle-aged patients. *Sci Rep*, 2022,12(1):4236.  
[10] Sinjab MM. *Step by Step: Reading Pentacam Topography: Basics and Clinical Applications*. Jaypee UK, 2020.  
[11] Baptista PM, Monteiro S, Abreu AC, et al. Visian® ICLV4c™ and artiflex®: comparative analysis with the HD analyser™ and integration with subjective performance and anatomical parameters. *Clin Ophthalmol*, 2020,14:4541–4549.  
[12] 李红鸣, 聂丹洁, 钟波, 等. 中心孔型有晶状体眼人工晶状体植入术治疗高度近视的疗效. *国际眼科杂志*, 2023,23(8):1409–1412.  
[13] Ye YH, Zhao J, Niu LL, et al. Long-term evaluation of anterior lens density after implantable collamer lens V4c implantation in patients with myopia over 40 years old. *Br J Ophthalmol*, 2022,106(11):1508–1513.  
[14] 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.  
[15] Niu LL, Miao HM, Han T, et al. Visual outcomes of Visian ICL implantation for high myopia patients with shallow anterior chamber depth. *BMC Ophthalmol*, 2019,19(1):121.  
[16] 江媛媛, 燕振国, 丁健, 等. 优化ICL V4c植入术的临床研究进展. *国际眼科杂志*, 2023,23(8):1299–1304.  
[17] Garcia-De la Rosa G, Olivo-Payne A, Serna-Ojeda JC, et al. Anterior segment optical coherence tomography angle and vault analysis after toric and non-toric implantable collamer lens V4c implantation in patients with high myopia. *Br J Ophthalmol*, 2018,102(4):544–548.  
[18] 朱爱斌, 刘磊, 尚云月, 等. ICL植入术后拱高大于1000 μm的中高度近视患者疗效观察. *国际眼科杂志*, 2023,23(2):345–348.  
[19] Cerpa Manito S, Sánchez Trancón A, Torrado Sierra O, et al. Biometric and ICL-related risk factors associated to sub-optimal vaults in eyes implanted with implantable collamer lenses. *Eye Vis*, 2021,8(1):26.