

优化 ICL V4c 植入术的临床研究进展

江媛媛^{1,2}, 燕振国³, 丁健^{1,2}, 郑思雨^{1,2}, 王小阳^{1,2}

引用: 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

作者单位:¹(730000)中国甘肃省兰州市, 甘肃中医药大学第一临床医学院;²(730000)中国甘肃省兰州市, 甘肃省人民医院眼科;³(730000)中国甘肃省兰州市, 甘肃中医药大学附属兰州眼科中心 兰州华夏眼科医院

作者简介: 江媛媛, 甘肃中医药大学在读硕士研究生, 住院医师, 研究方向: 眼表疾病、眼视光学、屈光手术。

通讯作者: 燕振国, 毕业于兰州大学, 硕士, 主任医师, 教授, 硕士研究生导师, 研究方向: 眼表疾病、眼视光学、屈光手术. 13309487333@163.com

收稿日期: 2023-02-21 修回日期: 2023-06-27

摘要

随着有晶状体眼后房型人工晶状体植入术的发展及可植入式接触镜(ICL)的不断改进, ICL V4c 植入术目前已经成为矫正中高度近视的主流术式之一。术后拱高是评价手术安全性的重要指标, 在常规 ICL V4c 植入手术的基础上, 如何优化手术以获得更理想的拱高是近年来学者们研究的热点。本文以术前检查、术中手术设计以及术后随访为中心, 总结分析优化 ICL V4c 植入手术的方案, 为提高手术安全性提供帮助。

关键词: 有晶状体眼后房型人工晶状体植入术; 拱高; 眼前节参数; 可植入式接触镜(ICL)

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2023.8.12

Research progress in optimizing implantable collamer lens V4c implantation

Yuan-Yuan Jiang^{1,2}, Zhen-Guo Yan³, Jian Ding^{1,2}, Si-Yu Zheng^{1,2}, Xiao-Yang Wang^{1,2}

¹First School of Clinical Medical, Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, Gansu Province, China; ²Department of Ophthalmology, Gansu Provincial Hospital, Lanzhou 730000, Gansu Province, China; ³Lanzhou Eye Center Affiliated to Gansu University of Chinese Medicine; Lanzhou Huaxia Eye Hospital, Lanzhou 730000, Gansu Province, China

Correspondence to: Zhen-Guo Yan. Lanzhou Eye Center Affiliated to Gansu University of Chinese Medicine; Lanzhou Huaxia Eye Hospital, Lanzhou 730000, Gansu Province, China. 13309487333@163.com

Received: 2023-02-21 Accepted: 2023-06-27

Abstract

• With the development of posterior chamber phakic intraocular lenses implantation and the constant improvement of the implantable collamer lens (ICL), ICL V4c implantation has become one of the main methods for correcting moderate and high myopia. Vault is an important indicator to evaluate the security of posterior chamber intraocular lens implantation. In recent years, optimizing surgical procedures to obtain the ideal vault in ICL V4c implantation surgery has become a research hotspot. This paper aims to provide help for improving surgical safety by summarizing and analyzing the optimized programs of ICL V4c implantation surgery. The focus will be on preoperative examination, intraoperative surgical design, and postoperative follow-up.

• **KEYWORDS:** posterior chamber phakic intraocular lenses implantation; vault; anterior segment parameters; implantable collamer lens (ICL)

Citation: Jiang YY, Yan ZG, Ding J, et al. Research progress in optimizing implantable collamer lens V4c implantation. *Guoji Yanke Zazhi(Int Eye Sci)* 2023;23(8):1299-1304

0 引言

有晶状体眼后房型人工晶状体 (posterior chamber phakic intraocular lenses, PCPIOL) 植入术是全世界公认的矫正中高度近视长期安全有效的方法^[1-3], 该手术相较于角膜激光手术具有矫正近视范围广、不切削角膜、视觉质量佳的优点^[4]。瑞士 STAAR 公司生产的可植入式接触镜 (implantable collamer lens, ICL) 是使用最广泛的 PCPIOL, 由甲基丙烯酸羟乙酯共聚物与亲水胶原组合而成, 具有良好的生物相容性。具有中心孔的 V4c 型 ICL 于 2014 年获得 FDA 认证, 较 V4 及先前型号的 ICL 植入减少了术前虹膜激光带来的不适与疼痛, 是目前我国最常用的 ICL, 长期的随访已经证实 V4c 型 ICL 植入矫正屈光不正安全、有效和稳定的^[5], 中心孔并不会影响患者术后视觉质量且相较于 V4 型 ICL 降低了晶状体混浊的风险并且更能耐受低拱高^[6]。术后拱高是指人工晶状体后表面中心与自身晶状体前表面中心之间的距离, 是 ICL 取出或更换的关键指征, 理想的拱高使得 ICL 在后房内处于安全、稳定的位置。近年来, 专家学者不断探索优化 ICL V4c 植入术以获得更理想的拱高, 从而减少术后并发症的发生, 本文将通过术前、术中、术后三方面对优化 ICL V4c 植入术的研究进展作一综述。

1 术前优化

1.1 ICL V4c 尺寸的选择 近年来,使用 ICL V4c 植入手术矫正屈光不正具有广阔的前景。但是,该手术的安全性与 ICL V4c 尺寸的选择和术后拱高高度紧密相关。当眼前节参数一致时,植入 ICL 尺寸越大,拱高就越高,ICL 的尺寸直接影响术后拱高的大小。当选择较大尺寸的 ICL 后,可能会发生眼压(IOP)升高和青光眼的风险;当选择较小尺寸的 ICL 后,可能会发生继发性白内障或 ICL 旋转的风险。目前临床上 ICL 尺寸的选择主要通过 STAAR 公司提供的在线计算系统,仅需水平角膜直径(WTW)和前房深度(ACD)便可提供 ICL 的推荐尺寸,但有研究提出选择制造商推荐的 ICL 尺寸进行手术,约 20% 患者的术后拱高超出安全范围(250~1 000 μm)^[7],因此,学者们不断探索更优化的 ICL 尺寸计算方法,多项研究都使用术前参数通过术后拱高预测 ICL 尺寸,因为拱高主要由 ICL 和眼解剖结构之间的关系决定。2018 年,Nakamura 等^[8]首次应用眼前节光学相干断层扫描仪(AS-OCT)测量眼前节相关参数,通过多重线性回归分析得到 ICL V4c 尺寸的 NK-1 计算公式,即 ICL V4c 尺寸(mm)=4.20+0.719 \times ACW(mm)+0.655 \times CLR(mm),2020 年,Nakamura 等^[9]扩大样本量进一步优化 NK 公式,得到 NK-2 公式,即最优 ICL V4c 尺寸(mm)=4.575+0.688 \times ACW(mm)+0.388 \times CLR(mm),该公式提高了 ICL V4c 植入术后拱高位于安全范围内的比例。部分学者认为 ICL 放置于睫状沟上,使用高分辨率超声生物显微镜(UBM)来测量睫状沟直径(STS)预测 ICL 尺寸更准确^[10],但由于 UBM 检查的侵入性以及可重复性差,其临床应用并不普遍。此外,一项 Meta 分析表明,基于 STS 和 WTW 的尺寸确定方法在拱高预测中既没有临床意义也没有统计学意义的差异^[11]。也有学者提出直接对 ICL V4c 植入术后拱高进行预测从而间接指导 ICL 尺寸的选择,2019 年,Igarashi 等^[12]得出了 KS 公式,即 ICL 拱高(μm)=660.9 \times [ICL 尺寸(mm)-ATA(mm)]+86.6,但该公式的临床应用并不广泛。

Ando 等^[13]比较了 ICL V4c 植入后使用 STAAR 公司提供公式实现的拱高和使用 NK-2 及 KS 公式预测的拱高,发现预测的拱高往往会高于实际的拱高,尤其在选择更大的 ICL 尺寸时,建议预测公式根据每个 ICL 尺寸进行修改。总之,这些预测公式都是基于小样本量的眼前节生物参数计算的,而且可用于所有 ICL 尺寸,但 ICL V4c 只有 4 种尺寸(12.1、12.6、13.2、13.7mm),且相邻尺寸间相差 0.5~0.6mm,使用预测公式仅能帮助选择与计算值相接近的尺寸进行植入,故这些预测公式并不能保证术后拱高 100% 位于安全范围内。此外,基于大样本的人工智能(AI)也被用于预测 ICL 尺寸和术后拱高,Kamiya 等^[14]使用 AS-OCT 测量的术前参数的大数据机器预测 ICL 拱高从而选择合适的 ICL 尺寸,比常规制造商公式具有更高的可预测性。Shen 等^[15]证实 AI 和大数据分析用于拱高的预测和 ICL V4c 尺寸的调整可以提高手术安全性,但这两项研究均未在临床工作中进行验证。也有学者发现了双眼拱高的预测作用,Cerpa Manito 等^[16]使用 AS-OCT 评估 ICL V4c 植入术后 109 例患者双眼拱高差异,发现即使双

眼具有相似的眼前节解剖结构,植入相同的 ICL 尺寸后,双眼拱高差异的 95% 置信区间为 $\pm 240.1\mu\text{m}$,他们认为这个值可以作为双眼拱高有意义的差异数值,即术后双眼拱高差异高于这个参考值的患者需要更密切的监测,这种双眼拱高差异还可以指导临床医生关于第二只手术眼睛 ICL 尺寸的选择。双眼具有相似眼前节解剖结构但术后拱高存在的差异可以认为基于术前生物参数预测术后拱高缺乏准确性,但仍需要更大样本的研究证实参照第一只眼睛获得的拱高值更改 ICL 尺寸,从而改善另一只眼睛术后拱高的可靠性。因此,探索出选择最佳 ICL V4c 尺寸的公式从而提高手术安全性仍然是学者们研究的热点。

1.2 ICL V4c 植入术前检查指标 ICL V4c 植入手术前往需要测量 WTW、ACD 等相关参数来判断手术适应证和计算 ICL 尺寸。测量 WTW 包括手动卡尺和 IOL Master、Pentacam、AS-OCT、SIRIUS 等多种成像设备,测量 ACD 也可以使用 IOL Master、UBM、Orbiscan、Pentacam、SIRIUS 等多种成像设备,但目前并没有测量 WTW、ACD 等眼前节参数的金标准方法^[17],临床医师通常结合多个设备的测量结果选择植入 ICL 的尺寸。Placide 等^[18]比较了 OPD-Scan III、Pentacam HR、Lenstar LS 900、Galilei G4 四种设备测量的 ACD、WTW,发现使用 Pentacam HR、Lenstar LS 900 和 Galilei G4 测量的 ACD 有差异且 Lenstar LS 900 测量的 ACD 略低于 Pentacam HR 和 Galilei G4 测量的 ACD,使用 OPD-Scan III 和 Lenstar LS 900 测量的 WTW 无差异,但 Galilei G4 测得的 WTW 略高于 OPD-Scan III 和 Lenstar LS 900。也有研究^[19]发现使用 Orbiscan II 和 Pentacam 测量的 WTW 值无统计学差异,但使用 Orbiscan、Pentacam 和 UBM 测量的 ACD 值均有差异。因此,在行 ICL V4c 手术前应高度重视 ACD、WTW 等拱高相关眼前段参数的精确测量,分析比较使用不同仪器测得的数值,若出现 ICL 尺寸选择混乱时,应增加测量次数,计算平均值减少误差,从而选择恰当的 ICL 尺寸。

2 术中优化

2.1 无黏弹剂的 ICL V4c 植入 《中国有晶状体眼后房型人工晶状体植入术专家共识(2019 年)》建议在 ICL 植入之前注入黏弹剂(OVD),然后在放置 ICL 后清除^[20]。OVD 可在 ICL 植入过程中维持稳定的前房,有利于手术操作,还可以保护眼内组织,减少手术中 IOP 的波动。然而,使用 OVD 也有一些缺点,如果不完全清除 OVD,术后早期可能出现 IOP 升高^[21-22]。此外,需要额外的时间注入和清除 OVD 增加总手术时间,这也可能增加并发症发生的风险。然而,较新的研究表明,不使用 OVD 的 ICL V4c 植入手术是安全有效的^[23-25]。

Peng 等^[25]比较了使用和不使用 OVD 的 ICL V4c 植入手术的安全性,将患者分为使用 OVD 的常规 ICL V4c 植入组(OVD 组)148 眼和不使用 OVD 的改良 ICL V4c 植入组(无 OVD 组)112 眼,不使用 OVD 组术中使用平衡盐溶液维持前房,在术后随访 2a 内的任何时间点两组间 UDVA、CDVA、IOP、ACD、ECD 均无显著差异。术后 2a,不使用 OVD 组的平均 ECD 损失 1.9%,而 OVD 组的平均 ECD 损失 2.3%,证实不使用 OVD 的 ICL V4c 植入手术同

样具有安全性。Kim 等^[24]比较了使用与不使用 OVD 的 ICL V4c 植入手术的临床疗效,不使用 OVD 组同样使用平衡盐溶液。术后 1h, OVD 组 IOP 明显高于不使用 OVD 组,但其他随访时间点两组患者的 IOP、拱高、ECD 及屈光不正差异均无统计学意义。此外,不使用 OVD 组手术时间明显缩短,证实不使用 OVD 的 ICL 植入是安全、有效的。

总之,与 OVD 相比,术中不使用 OVD 具有缩短手术时间、提高效率 and 降低成本的优点,它可以是一种更安全的 ICL V4c 植入方法,不会对角膜内皮细胞造成额外损害^[26],并且它完全消除了术后早期黏弹剂残留、阻塞中央孔引起眼压升高等黏弹剂相关并发症发生的风险。因此,对于经验丰富的医生,不使用 OVD 的 ICL V4c 植入可能是更佳的选择。但是,未来的研究还需要对角膜内皮细胞及相关并发症的更长期随访来证实其长期安全性。

2.2 ICL V4c 植入术中拱高的监测 目前,预测拱高的方法包括手动或成像系统测量的 WTW、ACD 或 UBM 测量的 STS^[12],后来增加了 AS-OCT 测量的 ATA、CLR 等以及基于大数据分析的 AI 来完善拱高预测^[8-9],但仍没有预测拱高的最佳方案。仅通过术前眼前段测量数据似乎并不能准确预测术后拱高,最近的研究发现,内置于手术显微镜中的术中 OCT 系统可用于 ICL V4c 植入术中评估术中拱高,它已成功用于各种类型的眼内手术,例如角膜移植、青光眼和视网膜手术^[27-28]。研究表明,术中使用 OCT 测量拱高是预测术后拱高并减少术后拱高高度不佳行二次手术的有效方法^[29-31]。

Zaldívar 等^[31]观察了行 ICL/TICL V4c 植入手术的 338 例 574 眼患者术中和术后 24h 的拱高,使用安装在标准手术显微镜上的显微镜集成 iOCT (optomedical Technologies GmbH) 和 CASIA2 OCT (Tomey GmbH) 测量术中和术后拱高,术中清除 OVD 后和术后 4、24h 的拱高分别为 663.71 ± 264.20 、 711.95 ± 223.78 、 $631.52 \pm 239.16 \mu\text{m}$,发现术中拱高和术后 24、44h 拱高存在显著一致性,得出术中测量拱高是预测术后拱高并减少术后拱高异常行二次手术的有效方法的结论。Torbey 等^[29]观察了行 ICL V4c 植入手术的 26 例 45 眼患者术中和术后 3mo 内的拱高,使用集成式术中 OCT (RESCAN 700) 和 Cirrus 500 HD OCT (Carl Zeiss Meditec) 测量术中和术后拱高,术中清除 OVD 后和术后 1d, 1wk, 1、3mo 的拱高分别为 731 ± 215 、 648 ± 219 、 640 ± 204 、 628 ± 212 、 $632 \pm 210 \mu\text{m}$,发现术中拱高与术后 3mo 任意时间点拱高高度相关。

Zaldívar 等^[31]与 Torbey 等^[29]分别发现术后 1d 拱高较术中拱高降低约 $30 \mu\text{m}$ 和 $90 \mu\text{m}$, Torbey 等^[29]与 Guan 等^[30]分别发现术后 1mo 拱高较术中拱高降低约 $90 \mu\text{m}$ 和 $100 \mu\text{m}$,但先前 Titiyal 等^[32]的研究发现术后 1d 拱高较术中拱高升高约 $18 \mu\text{m}$,术后 1mo 拱高较术中拱高降低仅约 $7 \mu\text{m}$,这种差异可能是由于术者手术操作、植入 ICL 的类型不同、测量拱高的仪器不同以及不同瞳孔大小等造成的。总之,术中测量拱高值可以预测术后拱高值,当发现术中拱高不佳时可以通过 ICL 旋转或更换不同尺寸的 ICL 等措施避免二次手术,提高患者舒适度和满意度。但

是,如何通过术中拱高精确预测术后拱高?这还需要更大样本量以及更长随访时间点的前瞻性研究来证实。

2.3 术中不同的植入角度 ICL V4c 被植入眼内后通常水平放置于睫状沟,但是,在有些特殊情况下,ICL 放置于垂直方向可以获得更理想的拱高,这主要是因为睫状沟是竖椭圆形,垂直方向 STS 大于水平方向 STS^[33],故水平和垂直植入会有不同的拱高高度,也有研究发现因 ICL 尺寸过大引起拱高过高可将 ICL 向垂直方向旋转调整拱高而非直接更换较小尺寸的 ICL^[34-35]。

Kim 等分析了使用不同尺寸和植入角度的双眼 ICL V4c/V5 植入的 283 例 566 眼患者的临床结果,分为 A 组(双眼水平植入相同尺寸的 ICL 患者)、B 组(双眼水平植入不同尺寸的 ICL 患者)、C 组(相同尺寸的 ICL,水平植入左眼,垂直植入右眼)^[36]。结果发现,在 C 组,与垂直植入 ICL 相比,水平植入 ICL 时平均拱高显著更高,B 组和 C 组双眼拱高的差异明显大于 A 组,但 B 组和 C 组双眼拱高无统计学差异。这表明,当 ICL 水平植入且术后拱高较高时,向 ICL 的垂直方向旋转 90° 可以与在水平方向上更换较小尺寸的 ICL 具有类似的效果。但是本研究并没有使用 UBM 观察 ICL 脚襻与睫状沟解剖结构的关系,并且两只眼睛植入不同 ICL 尺寸或植入角度的样本量较少且随访时间较短。

Zaldívar 等^[34]观察了术中高拱高并将 ICL V4c 从水平到垂直或倾斜位置旋转的 25 例 25 眼患者,术中和术后 4h, 1d, 1mo 分别使用安装在手术显微镜上的显微镜集成 iOCT (Optomedical Technologies GmbH) 和 CASIA2 OCT (Tomey GmbH) 测量拱高,术中测量的平均拱高值为 $1147.88 \pm 188.36 \mu\text{m}$,在 ICL 旋转至垂直($n = 19, 76\%$)或倾斜($n = 6, 24\%$)位置后平均术中拱高减少到 $739.76 \pm 194.97 \mu\text{m}$,较旋转前显著降低。此外,他们还发现术中行 ICL 旋转后的拱高与术后 1d, 1mo 拱高的变化和常规 ICL 植入术后未进行 ICL 旋转术后 1d, 1mo 拱高的变化无显著差异,证实通过 ICL 旋转对拱高进行术中调整是获得最佳拱高的有效方法,但是本研究的随访时间较短。

王红霞等^[37]观察了 32 例双眼中高度近视患者,他们的第一只眼水平植入了 ICL V4c 后测量拱高高于 $750 \mu\text{m}$,然后将相同尺寸的 ICL 垂直植入他们的另一只眼,术后随访 1a,发现 ICL 置于垂直位术后拱高低于对侧水平位眼,且双眼拱高差异与 STS 水平与垂直直径差异相关,他们认为如果 ICL V4c 置于水平位后拱高偏高且 STS 水平与垂直直径差异 $> 0.3 \text{mm}$,将 ICL 置于垂直位拱高可下降至理想范围。张可等^[38]的一项前瞻性随机对照研究比较了水平和垂直两种角度植入 ICL V4c 后前房角 (ACA) 及拱高的变化,发现 ICL 水平放置较垂直放置引起 ACA 变化更显著。此外,术后 1、3、6、12mo 垂直组 (40 例 75 眼患者) 拱高低于水平组 (43 例 79 眼患者),但无统计学差异,这主要是因为水平或垂直植入的是不同尺寸的 ICL V4c。

综上所述,将相同尺寸的 ICL V4c 水平植入较垂直植入术后拱高更高,这种拱高差异与 STS 水平与垂直直径差异有关。ICL V4c 植入术中或者术后拱高较高时可垂直旋转 ICL 调整拱高,这可能是降低术后高拱高且节省成本

的有效选择,因为与置换不同尺寸的 ICL 相比,旋转已植入的 ICL 侵入性较小并且无需额外订购不同尺寸的 ICL,但目前关于 ICL V4c 植入后房方位与拱高相关性的研究较少且未使用 UBM 观察 ICL 脚襻与睫状沟的解剖关系,因此,未来还需要更大的样本量和更长的随访时间来进一步研究证实其安全性、有效性以及稳定性。

3 术后优化

3.1 ICL V4c 植入术后眼压和角膜内皮细胞密度及拱高的长期随访

ICL V4c 具有一个 0.36mm 的中心孔,术前无需虹膜切开即可维持生理性房水循环,降低了 ICL 植入术后高眼压的风险。术后眼压升高常常有两个高峰期,第一个高峰在术后 1d,主要由术中黏弹剂残留引起;第二个高峰在术后 2~4wk,主要由激素反应引起^[39],而后随着时间的推移,眼压基本保持稳定。多项研究^[5,40-41]的长期随访发现 ICL V4c 植入术后长时间内眼压基本保持稳定,但 Singh 等的研究发现术后 1、3mo IOP 较术前增加但均在正常范围,这可能是由于样本量较小或激素药物使用引起的^[39,42]。

角膜内皮细胞对维持角膜透明起着重要的作用,有研究^[43-44]发现术后早期 ECD 显著降低并且随后趋于稳定, Yang 等^[41]的研究发现 ICL V4c 植入术后 3mo ECD 较术前无明显变化,而术后 4a ECD 较术前丢失了 4.03%。也有研究发现 ICL V4c 植入术后 5a ECD 较术前丢失了 0.43%^[5]以及术后 7a ECD 较术前丢失了 2.60%^[40]。手术操作可能是术后早期 ECD 减少的主要原因,而后期的进一步减少可能是生理性的减少,大约为每年 0.28%^[45]。长期随访证实 ICL V4c 植入术后 ECD 虽然减少但并没有低于 2 000cell/mm²,因此并不会明显影响视力。Alfonso 等^[5]对 ICL V4c 植入术后 83 例 147 眼进行了 5a 的随访,发现术后 1a 平均拱高为 398±187μm,5a 为 340±163μm,从 1~5a 拱高平均减少了 58.30μm,观察到拱高随时间的降低。Choi 等^[46]对 ICL V4 植入术后 60 例 110 眼进行了 10a 的随访,发现术后 6mo 平均拱高为 562.4±175.9μm,10a 后降至 352.9±171.8μm,证实拱高随着时间的推移而降低,这与 Guber 等^[47]的研究一致,为了保证超过 10a 的安全性,Guber 等建议术后拱高应大于 550μm。ICL V4c 植入术后拱高的不断下降可能与年龄相关的前节参数变化有关,例如与年龄相关的晶状体增厚、ACD 减少、瞳孔变小^[48]以及睫状肌厚度的增加^[49]。

现有的关于 ICL V4c 植入手术的研究都集中于术后早中期,但 ICL 植入手术后的潜在并发症,包括白内障、角膜内皮细胞丢失、高眼压、人工晶状体移位、视网膜脱离等时有发生,因此术后 IOP、ECD、拱高等的长期随访极其重要,临床医师因在术前合理宣教,强调术后长期随访的重要性,从而减少并发症的发生,提高手术长期安全性。

3.2 ICL V4c 植入术后前房角相关参数的随访

前房深度 (anterior chamber depth, ACD) 是角膜后表面至晶状体前表面的距离,前房角 (anterior chamber angle, ACA) 是周边角膜与虹膜根部之间的夹角,是房水排出眼球的主要通道,ICL 植入后 ACD 及 ACA 相关眼前节参数的随访很重要,因为极浅的 ACD 或狭窄的 ACA 可能导致继发性青光

眼的发生以及取出或置换 ICL 的可能^[50-51]。ICL V4c 植入手术是将有屈光度数的 ICL 植入后房睫状沟内并向前突出形成拱高,这可能会导致术后眼前段解剖结构的动态变化。因此,定期随访和监测术后 ACA 和 ACD 等前房相关参数对于提高 ICL V4c 植入手术的安全性至关重要。

Singh 等使用 AS-OCT 观察了行 ICL V4c 植入的 16 例 32 眼患者前房角参数 3mo 的变化,这些参数包括: ACD、ACA、前房角开放距离 (AOD)、小梁虹膜间面积 (TISA)^[42]。结果发现,术后 1、3mo 所有前房角参数与术前相比均显著降低,而且拱高和 ACA 等前房角参数之间没有相关性,这表明虽然 ICL V4c 植入后 1、3mo 前房角参数显著降低但不会影响术后拱高。Lin 等^[43]使用 AS-OCT 观察了行 ICL V4c 植入的 62 例 62 眼患者术后 6mo 前房角参数的变化,发现术后 6mo 任何时间点前房角参数均较术前降低,且中央前房深度 (CACD) 和 ACV (前房容积) 分别在术后 1d、1mo 后保持稳定, n-ACA 和 t-ACA (鼻侧和颞侧前房角) 于术后 1mo 保持稳定。程蕾等^[52]观察了 ICL V4c 植入术后 1a 前房稳定性,发现术后 1、6mo, 1a ACD、ACV 和 ACA 均低于术前,但术后各时间点 ACD、ACV 和 ACA 无统计学差异。也有研究^[53]发现术后 1d n-ACA 较术前减少 45%~50%, t-ACA 较术前减少 44%~49% 且于 1d 后保持稳定。

上述研究发现,ICL/TICL V4c 植入后前房角相关参数较术前均降低随后趋于稳定,但保持稳定的具体时间存在争议,未来仍然需要更大样本量、更连续的研究来证实。总之,ICL/TICL V4c 植入会导致 ACA、ACV 和 ACD 明显下降随后趋于稳定,因此,对于术前 ACA 狭窄、前房浅或 ACV 较小的患者,选择 ICL V4c 植入术时应谨慎。此外,术后随访时要早期监测前房角相关参数以防止术后远期并发症发生。

4 总结

长期随访已证实 ICL V4c 用于矫正屈光不正的有效性、安全性、可预测性、稳定性,以及视觉质量和生活质量的改善,随着临床的广泛应用,其手术方案已相对完善,但并发症的发生仍然不可避免。通过术前精确地测量眼前节参数和恰当地选择 ICL V4c 尺寸似乎可以获得更理想的拱高,但未来的研究还需要探索出尺寸选择和术前检查的金标准。在手术中,无黏弹剂的手术操作以及依据术中拱高调整 ICL 植入角度可以避免术后高眼压发生以及减少术后拱高不理想行二次手术的可能性,这可能成为未来临床医师的选择,但还需要更多的研究来证实其长期安全性。此外,临床医师还应注重 ICL V4c 植入术后全面且长期的术后随访,尽早发现 ICL V4c 植入术后潜在并发症。未来,随着 ICL V4c 植入手术的不断优化将会为患者提供更安全、舒适的疗效。

参考文献

- 1 Nakamura T, Isogai N, Kojima T, et al. Posterior chamber phakic intraocular lens implantation for the correction of myopia and myopic astigmatism: a retrospective 10-year follow-up study. *Am J Ophthalmol* 2019;206:1-10
- 2 Papa-Vettorazzi MR, Güell JL, Cruz-Rodríguez JB, et al. Long-term efficacy and safety profiles after posterior chamber phakic intraocular lens

- implantation in eyes with more than 10 years of follow-up. *J Cataract Refract Surg* 2022;48(7):813-818
- 3 Amer AA, Ahmed Ghanem Abu El Wafa Ali E, Sayed Ahmed E, et al. Posterior-chamber phakic implantable collamer lenses with and without a central hole: a comparative study. *Clin Ophthalmol* 2023;17:887-895
- 4 Chen D, Zhao XY, Chou YY, et al. Comparison of visual outcomes and optical quality of femtosecond laser-assisted SMILE and visian implantable collamer lens (ICL V4c) implantation for moderate to high myopia: a meta-analysis. *J Refract Surg* 2022;38(6):332-338
- 5 Alfonso JF, Fernández-Vega-Cueto L, Alfonso-Bartolozzi B, et al. Five-year follow-up of correction of myopia: posterior chamber phakic intraocular lens with a central port design. *J Refract Surg* 2019;35(3):169-176
- 6 Chen X, Wang XQ, Xu YL, et al. Long-term comparison of vault and complications of implantable collamer lens with and without a central hole for high myopia correction: 5 years. *Curr Eye Res* 2022;47(4):540-546
- 7 Nam SW, Lim DH, Hyun J, et al. Buffering zone of implantable Collamer lens sizing in V4c. *BMC Ophthalmol* 2017;17(1):260
- 8 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
- 9 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
- 10 Reinstein DZ, Lovisolo CF, Archer TJ, et al. Comparison of postoperative vault height predictability using white-to-white or sulcus diameter-based sizing for the visian implantable collamer lens. *J Refract Surg* 2013;29(1):30-35
- 11 Packer M. Meta-analysis and review: effectiveness, safety, and central port design of the intraocular collamer lens. *Clin Ophthalmol* 2016;10:1059-1077
- 12 Igarashi A, Shimizu K, Kato S, et al. Predictability of the vault after posterior chamber phakic intraocular lens implantation using anterior segment optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg* 2019;45(8):1099-1104
- 13 Ando W, Kamiya K, Hayakawa H, et al. Comparison of phakic intraocular lens vault using conventional nomogram and prediction formulas. *J Clin Med* 2020;9(12):4090
- 14 Kamiya K, Ryu IH, Yoo TK, et al. Prediction of phakic intraocular lens vault using machine learning of anterior segment optical coherence tomography metrics. *Am J Ophthalmol* 2021;226:90-99
- 15 Shen Y, Wang L, Jian WJ, et al. Big-data and artificial-intelligence-assisted vault prediction and EVO-ICL size selection for myopia correction. *Br J Ophthalmol* 2023;107(2):201-206
- 16 Cerpa Manito S, Sánchez Trancón A, Torrado Sierra O, et al. Inter-eye vault differences of implantable collamer lens measured using anterior segment optical coherence tomography. *Clin Ophthalmol* 2020;14:3563-3573
- 17 Wan T, Yin HF, Yang Y, et al. Comparative study of anterior segment measurements using 3 different instruments in myopic patients after ICL implantation. *BMC Ophthalmol* 2019;19(1):182
- 18 Placide J, Neves Da Silva HV, McCabe SE, et al. Agreement of anterior segment measurements between four diagnostic imaging devices in myopic patients. *Expert Rev Med Devices* 2021;18(12):1235-1243
- 19 曹伟芳, 张素华, 刘迁. 有晶状体眼人工晶状体植入术后拱高及其影响因素研究. *中华眼外伤职业眼病杂志* 2021;43(4):247-253
- 20 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). *中华眼科杂志* 2019;55(9):652-657
- 21 Senthil S, Choudhari NS, Vaddavalli PK, et al. Etiology and management of raised intraocular pressure following posterior chamber phakic intraocular lens implantation in myopic eyes. *PLoS One* 2016;11(11):e0165469
- 22 张裕琳, 赵婧, 周行涛. 中央孔型有晶状体眼人工晶状体植入术后早期眼压变化及相关影响因素. *中国眼耳鼻喉科杂志* 2021;21(6):413-418
- 23 Pan AP, Wen LJ, Shao X, et al. A novel ophthalmic viscosurgical device-free phakic intraocular lens implantation makes myopic surgery safer. *Eye Vis* 2020;7:18
- 24 Kim BK, Chung YT. Comparison of clinical outcomes of implantable collamer lens implantation with and without use of an ophthalmic viscosurgical device. *J Cataract Refract Surg* 2021;47(2):198-203
- 25 Peng MQ, Tang QY, Zhao LB, et al. Safety of implantable Collamer lens implantation without ophthalmic viscosurgical device: a retrospective cohort study. *Medicine* 2020;99(24):e20691
- 26 王慧娟, 李文静, 张旭, 等. 无黏弹剂微切口 ICL V4c 植入术后拱高对角膜内皮细胞的影响. *国际眼科杂志* 2021;21(7):1240-1243
- 27 Ang BCH, Lim SY, Dorairaj S. Intra-operative optical coherence tomography in glaucoma surgery—a systematic review. *Eye* 2020;34(1):168-177
- 28 Confalonieri F, Haave H, Bragadottir R, et al. Intraoperative optical coherence tomography in the management of macular holes: state of the art and future perspectives. *Biomedicine* 2022;10(11):2873
- 29 Torbey J, Mehanna CJ, Abdul Fattah M, et al. Comparison of intraoperative vs postoperative optical coherence tomography measurement of implantable collamer lens vaulting. *J Cataract Refract Surg* 2020;46(5):737-741
- 30 Guan N, Zhang XN, Zhang WJ. Correlation between intraoperative and postoperative vaulting of the EVO implantable Collamer lens: a retrospective study of real-time observations of vaulting using the RESCAN 700 system. *BMC Ophthalmol* 2022;22(1):2
- 31 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
- 32 Titiyal JS, Kaur M, Sahu S, et al. Real-time assessment of intraoperative vaulting in implantable collamer lens and correlation with postoperative vaulting. *Eur J Ophthalmol* 2017;27(1):21-25
- 33 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
- 34 Zaldívar R, Zaldívar R, Adamek P, et al. Intraoperative adjustment of implantable collamer lens vault by lens rotation aided by intraoperative OCT. *J Cataract Refract Surg* 2022;48(9):999-1003
- 35 Matarazzo F, Day AC, Fernandez-Vega Cueto L, et al. Vertical implantable collamer lens (ICL) rotation for the management of high vault due to lens oversizing. *Int Ophthalmol* 2018;38(6):2689-2692
- 36 Ki KB, Taek CY. Clinical results of Visian implantable collamer lens implantation according to various sizes and implantation angles. *Eur J Ophthalmol* 2022;32(4):2041-2050
- 37 王红霞, 彭艳丽, 赵中秀, 等. 有晶状体眼人工晶状体后房方位与拱高的相关性. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2020;22(10):

738-743

38 张可, 王姗姗, 宋小翠, 等. 有晶状体眼后房型人工晶状体水平或垂直植入术后前房角与拱高的变化. *国际眼科杂志* 2021;21(6):1091-1095

39 舒宝, 雷晓华, 姜黎, 等. V4c型 ICL 植入术后高血压的原因分析. *国际眼科杂志* 2022;22(3):434-437

40 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

41 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

42 Vanathi M, Singh R, Kishore A, et al. An anterior segment optical coherence tomography study of the anterior chamber angle after implantable collamer lens-V4c implantation in Asian Indian Eyes. *Indian J Ophthalmol* 2020;68(7):1418-1423

43 Lin QH, Yang D, Zhou XT. Early outcomes of anterior segment parameters after implantable collamer lens V4c implantation. *BMC Ophthalmol* 2022;22(1):429

44 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

45 Islam QU, Saeed MK, Mehboob MA. Age related changes in corneal morphological characteristics of healthy Pakistani eyes. *Saudi J*

Ophthalmol 2017;31(2):86-90

46 Choi JH, Lim DH, Nam SW, et al. Ten-year clinical outcomes after implantation of a posterior chamber phakic intraocular lens for myopia. *J Cataract Refract Surg* 2019;45(11):1555-1561

47 Guber I, Mouvet V, Bergin C, et al. Clinical outcomes and cataract formation rates in eyes 10 years after posterior phakic lens implantation for myopia. *JAMA Ophthalmol* 2016;134(5):487-494

48 Trancón AS, Manito SC, Sierra OT, et al. Determining vault size in implantable collamer lenses: preoperative anatomy and lens parameters. *J Cataract Refract Surg* 2020;46(5):728-736

49 Strenk SA, Strenk LM, Guo SQ. Magnetic resonance imaging of the anteroposterior position and thickness of the aging, accommodating, phakic, and pseudophakic ciliary muscle. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(2):235-241

50 Hu ZL, Chen CL, Sun M, et al. The relationship between anterior chamber angle and intraocular pressure early after V4c implantable collamer lens implantation. *J Ophthalmol* 2020;2020:4014512

51 Almalki S, Abubaker A, Alsabaani NA, et al. Causes of elevated intraocular pressure following implantation of phakic intraocular lenses for myopia. *Int Ophthalmol* 2016;36(2):259-265

52 程蕾, 朱冉, 宋超, 等. ICL V4c 矫正中高度近视术后 1 年前房稳定性研究. *中华实验眼科杂志* 2021;39(12):1059-1064

53 王卫群, 郑方方, 杨菁, 等. 有晶状体眼后房型人工晶状体植入术后前房角的变化及相关因素分析. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2021;23(6):414-420