

有晶状体眼后房型人工晶状体植入术后视觉质量及并发症的研究进展

刁春丽^{1,2}, 李兰建¹, 周舟¹, 曾思明¹, 徐帆¹, 蓝倩倩¹, 李敏¹

引用:刁春丽,李兰建,周舟,等.有晶状体眼后房型人工晶状体植入术后视觉质量及并发症的研究进展.国际眼科杂志 2023; 23(2):222-227

基金项目:广西医疗卫生适宜技术开发与推广应用项目(No. S2021038)

作者单位:¹(530021)中国广西壮族自治区南宁市,广西壮族自治区人民医院眼科;²(530021)中国广西壮族自治区南宁市,广西医科大学

作者简介:刁春丽,女,在读硕士研究生,研究方向:白内障、屈光。

通讯作者:李敏,女,硕士,教授,主任医师,硕士研究生导师,研究方向:白内障及眼底病. limin00899@163.com

收稿日期:2022-05-19 修回日期:2023-01-05

摘要

角膜屈光手术和有晶状体眼后房型人工晶状体(ICL)植入术是目前的主流屈光手术方式。众多研究证明 ICL 植入术能有效提高患者的术后视力,因此受到越来越多屈光医生和患者的青睐。良好的术后视力及视觉质量是提高患者满意度的关键因素。为了评估患者术后的主观及客观视觉质量、预防并发症的发生,本文对 ICL 植入术后的视觉质量及术后并发症进行综述。

关键词:近视;有晶状体眼后房型人工晶状体植入术;视觉质量;并发症

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2023.2.08

Research progress on visual quality and complications after implantable collamer lens implantation

Chun-Li Diao^{1,2}, Lan-Jian Li¹, Zhou Zhou¹, Si-Ming Zeng¹, Fan Xu¹, Qian-Qian Lan¹, Min Li¹

Foundation item: Guangxi Development and Application Project for Medical and Health Appropriate Technology (No.S2021038)

¹Department of Ophthalmology, the People's Hospital of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530021, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China; ²Guangxi Medical University, Nanning 530021, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China

Correspondence to: Min Li. Department of Ophthalmology, the People's Hospital of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530021, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China. limin00899@163.com

Received:2022-05-19 Accepted:2023-01-05

Abstract

• Corneal refractive surgery and intraocular collamer lens (ICL) implantation are the mainstream refractive surgery methods at present. Many studies have proved that ICL implantation can effectively improve the postoperative visual acuity of patients. ICL implantation has gained favor among refractive doctors and patients because of its multiple advantages. Excellent postoperative visual acuity and visual quality are the key factors to improve patients' satisfaction. In order to evaluate the subjective and objective visual quality of patients after operation and avoid complications, this article reviews the visual quality and postoperative complications after ICL implantation.

• **KEYWORDS:** myopia; implantable collamer lens implantation; visual quality; complications

Citation: Diao CL, Li LJ, Zhou Z, et al. Research progress on visual quality and complications after implantable collamer lens implantation. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2023; 23(2): 222-227

0 引言

近视是导致视力下降的常见原因,已经成为日益严重的公共卫生问题^[1-3]。研究表明,预测到2050年,中国3~19岁人群的近视患病率约为84%^[4],全球将有49.8%的人口近视,其中高度近视的比例将达到9.8%^[5]。角膜屈光手术和有晶状体眼后房型人工晶状体(implantable collamer lens, ICL)植入术是风靡全球的屈光手术^[6]。ICL植入术已被证明对矫正中高度近视具有良好的有效性、可预测性、安全性和稳定性^[7-9]。随着患者对术后视觉质量的要求日益提高,ICL不断更新设计,目前最新型号是ICL V5,类似于上一代V4c,房水可通过中央孔流出,术前无需进行周边虹膜切除术^[10]。然而有研究表明植入ICL可能出现夜视障碍、光晕、眩光等现象,这些现象是导致患者对ICL手术不满意的关键因素^[11-12]。为了提高患者的满意度,ICL植入术后不仅需要提高视力,还要改善视觉质量。为全面评估近视患者行ICL植入术后的视觉质量,进一步为临床工作提供理论基础,本文对ICL植入术后的视觉质量及并发症进行综述。

1 主观评价方法

1.1 视力 视力(visual acuity, VA)是临床评价主观视觉质量的常用指标,通常以裸眼视力(uncorrected visual acuity, UCVA)和最佳矫正视力(best corrected visual acuity, BCVA)表示。Wei等^[13]研究证明ICL和散光型有晶状体眼后房型人工晶状体(Toric implantable collamer

lens, TICL)在矫正近视和近视合并散光方面均有良好的有效性、安全性和可预测性。有研究显示,近视患者 ICL 植入术后 3mo 的裸眼远视力(uncorrected distance visual acuity, UDVA)优于术前 BCVA^[14],这与目前的研究结果一致^[11, 15-16]。Yan 等^[17]对 32 例行双眼 ICL 植入术的患者进行 2a 随访,研究显示屈光度从术前 $-14.62\pm 4.29\text{D}$ 下降到 $0.90\pm 0.95\text{D}$,79%和 98%的术眼屈光度在预期校正 $\pm 0.5\text{D}$ 和 $\pm 1.00\text{D}$ 范围内。Kamiya 等^[18]观察 351 例行 ICL 植入术矫正低中度近视和高度近视的患者,发现 98%的低中度近视患者和 99%的高度近视患者视力均在矫正目标的 1.0D 范围内,两组患者术后 1a 的屈光变化分别为 $-0.12\pm 0.34\text{D}$ 和 $-0.18\pm 0.43\text{D}$ 。以上研究结果表明 ICL 植入术能有效矫正低中度近视和高度近视,从而获得良好的术后视觉质量及患者满意度。Ying 等^[19]对屈光度 $\geq -10\text{D}$ 的超高度近视患者进行研究,发现 ICL 植入术在矫正 -10D 以上的超高度近视方面表现良好。Martínez-Plaza 等^[10]对 36 例双眼接受 ICL V5 植入术的患者随访 6mo,发现患者视力明显改善($P\leq 0.012$),主观视觉质量评分在 1wk, 3, 6mo 均有所改善($P\leq 0.001$),证明植入 ICL V5 能有效地提高患者的视觉质量。Kojima 等^[20]对植入 ICL V4c 和 ICL V5 的患者随访 6mo,发现植入两种 ICL 的术后 UDVA 和矫正远视力(corrected distant visual acuity, CDVA)没有显著差异,表明植入 ICL V4c 和 ICL V5 都有良好的有效性和安全性,而 ICL V5 在减少夜视干扰方面可能存在优势。

1.2 对比敏感度 对比敏感度(contrast sensitivity, CS)不仅能及时发现细微的视力损失,还能更真实地反映及评估视功能情况^[21]。与 VA 相比,CS 与主观视力障碍和生活质量都有更好的相关性^[22]。

一项对 42 例植入 ICL 的患者随访 1a 的研究表明,ICL 植入术后 CS 在 6、12 和 18c/d 时显著增加,平均为 0.14Log 单位($P<0.01$)^[23]。Bai 等^[24]对 40 例患者行双眼 ICL V4c 植入术后,采用双光计 4P 测量 CS,发现 CS 明显优于术前,表明 ICL V4c 植入术后患者的视觉质量较术前明显改善。Ghoreishi 等^[25]对比分析 82 例一侧眼植入 TICL 和对侧眼植入 Toric Artiflex 人工晶状体的患者术后 CS 的变化,发现术后 1a 两组的 CS 差异无统计学意义^[26],表明这两种人工晶状体矫正近视散光均有良好的 CS。Martínez-Plaza 等^[27]探究 ICL 植入术后中心孔位置对视觉质量的影响,术后 6mo,研究者通过裂隙灯和双 Scheimpflug 成像确定 ICL 的中心孔位置,并与其术后视觉质量进行相关性分析,结果表明 VA 及 CS 不受中心孔偏心的影响,植入具有中心孔的 ICL 可获得良好的视觉效果。

1.3 视觉质量问卷 视觉质量(the quality of vision QoV)问卷由一个线性量表组成,根据症状、频率、严重程度进行评分。QoV 值范围为 0~100 分,分数越高,QoV 值越低^[28]。Qin 等^[14]对 ICL 植入术后 30 眼进行研究,经过术后 3mo 的观察,发现患者的国家眼科研究所屈光不正生活质量问卷(national eye institute refractive error quality of life, NEI-RQL 42)评分较术前降低,术后主观、客观视觉质量均较术前明显改善。Packer 等^[29]使用 NEI-RQL 42 评估患者

植入 ICL 术后的视觉质量,结果显示患者术后能摘镜完成日常生活任务,生活质量显著改善。Wei 等^[11]对比分析近视患者植入 ICL V4c 与飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(small-incision lenticule extraction, SMILE)的视觉质量,术后 6mo 采用 QoV 调查表^[30]对患者主观视觉质量进行评分,结果显示 ICL 组 96.1%的患者和 SMILE 组 94.9%的患者对术后效果满意。虽然有研究表明,ICL 和 SMILE 术后导致患者满意度降低的主要原因为出现眩光(84.4%)和视力模糊(65.7%)等现象,但总体而言,ICL 植入术和 SMILE 在矫正中度近视方面均具有安全、有效和稳定的优点^[31-32]。Kojima 等^[20]对植入 ICL V4c 和 ICL V5 的 23 例患者进行 6mo 的随访,夜视表现问卷显示,37%患者注意到双眼的视觉效果存在差异,与植入 ICL V4c 的眼睛相比,植入 ICL V5 的眼睛在夜间能看得更清楚。研究证明植入 ICL V4c 和 ICL V5 均能获得良好的术后效果,但 ICL V5 在减少夜视干扰方面可能更有优势。

2 客观评价方法

2.1 双通道视觉质量系统 双通道视觉质量系统(double pass optical quality analysis system, OQAS)是一种记录点源物体在视网膜上反射的图像,并根据双通道原理对眼内散射光进行客观量化,从而用于综合评估客观视觉质量的非侵入性仪器^[33-34]。OQAS 检测的光学质量参数包括:(1)调制传递函数截止频率(modulation transfer function cutoff, MTF cutoff),是视网膜图像与原始场景之间的对比度比率,表示调制传递函数曲线中人眼最小分辨率对应的空间频率,MTF cutoff 越高,反映视觉质量越好^[35];(2)客观散射指数(objective scatter index, OSI),客观反映了屈光介质透明度损失引起的散射程度,OSI 越大,屈光介质越浑浊^[36];(3)OQAS II 值(OV 100%、OV 20%、OV 9%)分别是指在 100%、20%、9%光线下的对比度视力,有时可用来表示人眼的整体光学质量^[34];(4)斯特列尔比率(Strehl ratio, SR),表示光强在有像差的光学系统的像场中的收敛比,SR 越高,光学质量越好^[35]。

在 Miao 等^[37]的研究中,ICL V4c 植入术后 3mo,患者的平均 MTF cutoff 值为 $38.20\pm 9.96\text{c/d}$,平均 SR 为 0.21 ± 0.06 ,平均 OSI 为 1.00 ± 0.73 ,OV 100%、20%、9%分别为 1.27 ± 0.33 、 1.27 ± 0.40 和 1.24 ± 0.43 ,表明 ICL V4c 植入术后的客观视觉质量好,不会对整个屈光系统产生额外的光学像差,与目前部分研究结论一致^[14, 16, 38-39]。Qin 等^[15]运用 OQAS 对比患者植入 ICL 和 SMILE 术后的视觉质量,结果表明两组的 MTF cutoff、SR、OV 100%、OV 20%、OV 9%或 OSI 差异无统计学意义,术后 3mo,SMILE 组的 MTF cutoff 低于 ICL 植入组($P=0.049$)。Niu 等^[31]对行 SMILE 或 ICL V4c 植入术治疗近视的患者进行随访,ICL V4c 组的平均 OSI 显著低于术前值($P<0.05$),ICL V4c 组的 MTF cutoff($40.65\pm 7.31\text{c/d}$)显著高于 SMILE 组($37.10\pm 5.99\text{c/d}$)($P=0.022$)。根据以上两项研究,我们推测,近视患者 ICL 植入术后 3mo,1a 的视觉质量略好于 SMILE。Jiao 等^[40]比较 ICL 植入术和虹膜固定有晶状体眼人工晶状体(phakic intraeyelen, pIOL)植入术后 6mo 的视觉质量,ICL 组的 MTF cutoff、SR、OV 100%、OV 20%、OV 9%明显高于 pIOL 组,因此,与 pIOL 相比,ICL 可诱导更少的眼内

光散射,从而具有更好的视觉质量。

2.2 波前像差 波前像差可根据 Zernike 系数分为低阶像差(一阶、二阶)和高阶像差(三阶以上)。高阶像差(higher order aberration, HOAs)会降低视网膜图像质量并产生穿过眼睛进入瞳孔的光学会聚度变化,可能会提供有助于眼睛生长和调节屈光不正发展的光学信号,因此很有必要深入研究屈光术后的波前像差^[41]。Di 等^[42]综合评价 7 项研究中 ICL 组(565 眼)和 SMILE 组(731 眼)术后视觉质量,ICL 组的 HOAs、球面像差和彗差较 SMILE 组小($P=0.009, 0.006, 0.006$),结果表明 ICL 植入术和 SMILE 在矫正近视的疗效具有可比性,ICL 植入术在降低波前像差方面可能略优于 SMILE。Wei 等^[11]对比分析 ICL V4c 植入术(94 眼)和 SMILE(103 眼)的术后视觉质量,术后 6mo ICL 组和 SMILE 组的 HOAs 均显著增加,但在 ICL 组中增加的程度较小($P<0.05$),表明 ICL 植入术后的 HOAs 比 SMILE 的 HOAs 更低,植入 ICL 术后视觉质量更佳。Chen 等^[43]对行 ICL 植入术或飞秒激光辅助原位角膜磨镶术(femtosecond laser-assisted *in situ* keratomileusis, FS-LASIK)治疗近视的患者随访 3a,发现 ICL 组的 HOAs、彗差和球面像差值均低于 FS-LASIK 组($P=0.002, 0.036, <0.001$),表明在减少像差诱导方面,ICL 植入术可能比 FS-LASIK 更具有优势。Tian 等^[44]比较 ICL V4 和 ICL V4c 植入术后 1mo 的波前像差,ICL V4c 组的 HOAs 和球像差均高于 ICL V4 组($P<0.05$),其余视觉质量指标无差异,表明中央孔型及非中央孔型 ICL 矫正高度近视均有良好的有效性,ICL V4c 的中心孔对视觉质量没有显著影响。

3 影响术后视觉质量的并发症

3.1 拱高异常 拱高为 ICL 和晶状体前表面的轴向距离,其与瞳孔阻滞、内皮细胞丢失、色素播散、眼内压升高和白内障等不良事件之间存在关系,拱高过高会引起瞳孔大小不等、闭角型青光眼等并发症,而拱高过低会增加白内障形成的风险,因此拱高超出推荐范围时,会对视觉质量造成一定影响。Matarazzo 等^[45]报道 1 例 ICL 术后拱高过高的病例,在垂直旋转 ICL 后,患者的拱高从 $1020\mu\text{m}$ 降至 $486\mu\text{m}$,证明拱高过高或不足时可以更换 ICL,垂直旋转 ICL 不失为损伤更小的解决方法^[45-46]。一项研究比较 ICL V4c 植入术和 ICL V5 植入术后的视觉质量,在两组中,仅 1 例患者出现拱高过高的不良反应,因此,我们可以使用相同的方法来选择 ICL V4c 和 ICL V5 的尺寸,ICL V5 的周边部分比 ICL V4c 更厚,所以 ICL V5 的周边部分在拱高较低的情况下可能会靠近晶状体^[20]。Shen 等^[47]运用人工智能预测 3536 例患者植入 ICL 的尺寸及术后拱高,结果表明人工智能有助于眼科医生选择合适的 ICL 尺寸,获得正常范围的拱高,从而提高 ICL 植入术的安全性及可预测性。

3.2 晶状体旋转 旋转稳定性是决定 TICL 植入术后视觉质量的关键因素。研究表明,TICL 的轴向旋转 $<10^\circ$ 对术后视觉质量无影响,而旋转 $\geq 10^\circ$ 会减弱 TICL 的散光矫正效果,旋转 $\geq 30^\circ$ 时将丧失散光矫正功能,甚至增加术后散光,严重影响术后视觉质量^[48-49]。ICL 的调位和更换是治疗旋转的安全有效的方法^[50]。Fairaq 等^[51]对 ICL 植入术

治疗圆锥角膜的患者随访 3.13 ~ 38.97mo,3 例患者(9.38%)出现 TICL 的轴向旋转 $\geq 10^\circ$,导致视觉质量下降,调整 ICL 位置后视觉质量提高。Wei 等^[52]对植入 ICL 植入术的患者进行随访,发现 ICL 调位或更换的发生率低(0.21%,22/10258),主要原因是拱高超正常值和 TICL 旋转,同时也比较了 ICL 调位或更换前后的视觉质量,调位或更换后患者的 UDVA 较前明显改善,残余柱镜由 $-1.75\pm 0.48\text{D}$ 降至 $-0.87\pm 0.59\text{D}$ ($P=0.01$)。Packer 等^[53]报道称,接受 ICL V4c 植入的患者中有 0.33%(10/2970)需要进行第二次调整手术。ICL 存在旋转和更换晶状体的风险,为减轻术中术后并发症、实现良好的结果,眼科医师不仅须谨慎选择患者,还须植入合适尺寸和度数的 ICL。

3.3 晶状体混浊 晶状体混浊是 ICL 术后的严重影响视觉质量的并发症。Vargas 等^[54]研究出现晶状体混浊是 ICL 取出术的主要原因(93.1%),与 Hayakawa 等^[55]的研究结论基本一致,403 例患者中 8 例(1.0%)需要取出 ICL,主要原因是发生晶状体混浊(63%),其次是残余屈光不正(38%)。Choi 等^[56]对 60 例植入 ICL 的患者进行 10a 随访,期间 21 眼(12.1%)出现晶状体混浊,小于 30 岁的患者均未出现晶状体混浊或需要行超声乳化手术,表明 ICL 植入术提供了长期良好的稳定性和安全性。另有研究发现,EVO ICL 的新中央端口设计允许房水生理性地流过晶状体前囊,有助于维持晶状体的健康,降低出现白内障的风险^[57]。Chen 等^[58]比较 ICL V4c 和 ICL V4 植入术后 5a 的并发症,ICL V4c 组 3 眼(3.85%)出现晶状体前囊混浊,ICL V4 组 2 眼(2.56%)为白内障,1 眼(1.28%)为晶状体前囊中央混浊。结果表明,植入 ICL V4c 和 ICL V4 治疗高度近视是安全、有效、稳定的,与 ICL V4 相比,ICL V4c 可以降低晶状体混浊的风险,并且对低拱高的耐受性更好。

3.4 高眼压和青光眼 研究表明,ICL 植入术后早期高眼压(ocular hypertension, OHT)是一种常见的并发症,主要原因包括类固醇反应、黏弹剂残留、瞳孔阻滞、前房角变窄等^[59-60]。Senthil 等^[60]对 ICL 术后患者(359 例 638 眼)随访 8mo,4.85% 患者出现 OHT,0.3% 患者出现青光眼。类固醇引起的高眼压是眼压升高的最常见原因(64%),其次是黏弹剂残留(15%)和瞳孔阻滞(12%)。我们推测术后定期观察可预防出现早期高眼压和青光眼这一并发症,从而避免晚期视力损害。Kamiya 等^[61]对 106 例植入中央孔型 ICL 的患者随访 8a,期间眼压都没有显著升高,证明植入中央孔型 ICL 有助于房水流动,能减少出现术后眼压升高等并发症。Nariphaphan 等^[62]观察近视患者植入中央孔型 ICL(60 眼)和非中央孔型 ICL(60 眼)术后 3mo 的效果,发现两组患者术前眼压及术后眼压无明显变化,组间眼压差异无统计学意义,非中央孔型 ICL 植入术前行激光周围虹膜切除术能有效避免术后出现高眼压和青光眼,中央孔型 ICL 不需要术前或术中激光周围虹膜切除术,具有良好的安全性及可预测性。Qin 等^[63]将 40 例行双眼 ICL 植入术的患者分为两组,1 眼在术中不使用黏弹剂(单纯组),另 1 眼在术中使用黏弹剂(传统组),传统组 8 眼(20%)术后 2h 眼压 $>22\text{mmHg}$,而单纯组没有(0, $P<$

0.001),传统组术后 2h 眼压相对基线升高值明显大于单纯组($P<0.001$)。术后 1d,单纯组 MTF cutoff、SR、OV20% 值均显著高于传统组($P=0.013、0.009、0.004$)。术后 1wk,单纯组的 SR、OV20%、OV9% 值均显著高于传统组($P=0.003、0.047、0.002$)。术中不使用黏弹剂的 ICL 植入术眼压稳定、早期视觉质量好,可有效避免发生黏弹剂的相关并发症,是一种安全、便捷的植入方法。

3.5 角膜内皮细胞丢失 炎症、眼内手术和营养不良等因素会损伤内皮细胞,而角膜内皮细胞不能再生,因此,屈光手术医生需要评估患者的术后角膜内皮细胞功能状态。有研究表明,ICL 植入术前($2792.6\pm 247.6\text{cells}/\text{mm}^2$)与术后 1mo($2744.2\pm 243.3\text{cells}/\text{mm}^2$)内皮细胞密度差异无统计学意义^[64]。Pinto 等^[65]比较 ICL 植入术治疗低、中度近视(屈光度 $\leq -6\text{D}$)、高度近视(屈光度 $> -6\text{D}$)的安全性,术后 1a,两组患者平均角膜内皮细胞丢失率分别为 1.12% 和 1.10%。一项研究对行 ICL 植入术的患者(26 例 45 眼)随访 10a,末次随访时内皮细胞损失为(9.85 ± 11.35)%^[66]。Nakamura 等^[67]开展的研究纳入 61 例植入 ICL 的患者,术后 10a 平均角膜内皮细胞丢失率为 5.3%,观察期间无危及视力的并发症发生。以上研究表明,ICL 植入在矫正近视和近视散光的长期安全性、有效性、可预测性和稳定性方面都有良好的效果。ICL 植入术后需要进行长期随访,从而更好地评估角膜内皮细胞的损失情况。

3.6 术后炎症反应及虹膜色素播散综合征 发生术后炎症反应的主要原因是 ICL 与正常眼内结构接触摩擦。炎症反应的发生导致角膜内皮细胞丢失或晶状体混浊,从而降低术后视觉质量^[6]。Pintiliuc 等^[68]、Mimouni 等^[69]分别报道 1 例 ICL 植入术后发生中毒性前段综合征(toxic anterior segment syndrome, TASS)的病例。TASS 是罕见且严重的眼前节手术并发症,表现为视力急剧下降、角膜水肿、前房严重炎症反应等,以上 2 个病例证明早期诊断和及时治疗 TASS 至关重要。

色素播散综合征(pigment dispersion syndrome, PDS)是虹膜与晶状体悬韧带摩擦导致大量虹膜色素颗粒脱落、沉积在眼前段的一组综合征^[70]。Řeháková 等^[71]观察 ICL 植入术(63 眼)的并发症,主要包括眼压升高(11 眼)、晶状体混浊(1 眼)、PDS(1 眼),该研究表明 ICL 植入术是一种安全、有效的屈光手术,在现代屈光手术中有着重要的地位。Kocová 等^[72]对 34 例行 ICL 植入术的患者进行 10a 随访,发现术后最常见的晚期并发症为 PDS(43.5%)。Ye 等^[73]报道 1 例 ICL 植入后色素播散性青光眼的病例,该病例晚期出现视野丧失。因此,我们认为 ICL 植入术后应利用裂隙灯评估色素分散的情况、利用房角镜检查小梁网色素沉着情况,从而预防患者晚期视野的缺失。

3.7 眩光和光晕及夜视障碍 Chan 等^[74]对 44 例患者 83 眼随访 15mo,术后 6 眼(7.2%)出现眩光和光晕。Moshirfar 等^[75]观察 55 例患者的 ICL 植入术后不良反应,39% 的患者在术后 1mo 出现眩光、光晕。Mohr 等^[76]评估 81 例患者行 ICL 植入术后的主观视觉质量,发现 66.7% 的患者偶尔出现光晕,36 岁以上的患者经常出现眩光、光晕及夜视障碍等不良反应($P<0.05$),表明光晕是中心孔型 ICL 植入术后最常见的长期不良视觉症状,而年龄大的患

者似乎更容易出现眩光、光晕及夜视障碍等症状。

4 总结

综上所述,ICL 植入术矫正低、中、高度近视均具有良好的有效性和安全性,甚至对超高度近视的患者,也有良好的稳定性和可预测性,这使其受到更多屈光手术医生和近视患者的青睐。为了满足患者日益提高的视觉质量要求,ICL 的设计、功能及材料也在不断改进,最新型号 ICL V5 问世并逐渐推广使用,其在改善患者夜间视觉质量方面可能比以往的型号更具优势。与此同时,ICL 植入术还需要解决并发症的预防、视觉质量的进一步研究等问题。总之,随着 ICL 植入技术的不断成熟及 ICL 的持续更新,ICL 植入术能造福越来越多的近视患者,拥有更广阔的发展前景。

参考文献

- 1 Dolgin E. The myopia boom. *Nature* 2015;519(7543):276-278
- 2 Ohno - Matsui K, Kawasaki R, Jonas JB, et al. International photographic classification and grading system for myopic maculopathy. *Am J Ophthalmol* 2015;159(5):877-883.e7
- 3 Yu ZF, Wang XX, Zhao XS, et al. The effectiveness and safety of acupuncture for patients with myopia: a protocol for a systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)* 2020;99(23):e20410
- 4 Dong L, Kang YK, Li Y, et al. Prevalence and time trends of myopia in children and adolescents in China: a systemic review and meta-analysis. *Retina* 2020;40(3):399-411
- 5 Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology* 2016;123(5):1036-1042
- 6 马春霞,李文静,高晓唯.有晶状体眼后房型人工晶状体植入术后视觉质量的研究进展. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2019;21(12):956-960
- 7 Igarashi A, Shimizu K, Kamiya K. Eight-year follow-up of posterior chamber phakic intraocular lens implantation for moderate to high myopia. *Am J Ophthalmol* 2014;157(3):532-539.e1
- 8 Lee J, Kim Y, Park S, et al. Long-term clinical results of posterior chamber phakic intraocular lens implantation to correct myopia. *Clin Exp Ophthalmol* 2016;44(6):481-487
- 9 Alfonso JF, Baamonde B, Fernández-Vega L, et al. Posterior chamber collagen copolymer phakic intraocular lenses to correct myopia: five-year follow-up. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(5):873-880
- 10 Martínez-Plaza E, López-Miguel A, López-de la Rosa A, et al. Effect of the EVO+ visianphakic implantable collamer lens on visual performance and quality of vision and life. *Am J Ophthalmol* 2021;226:117-125
- 11 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
- 12 Chen X, Han T, Zhao F, et al. Evaluation of disk halo size after implantation of a collamer lens with a central hole (ICL V4c). *J Ophthalmol* 2019;2019:7174913
- 13 Wei RY, Li MY, Niu LL, et al. Comparison of visual outcomes after non-toric and toric implantable collamer lens V4c for myopia and astigmatism. *Acta Ophthalmol* 2021;99(5):511-518
- 14 Qin Q, Wu ZC, Bao LY, et al. Evaluation of visual quality after EVO-ICL implantation for hypermyopia: an observational study. *Medicine (Baltimore)* 2019;98(44):e17677
- 15 Qin Q, Bao LY, Yang LP, et al. Comparison of visual quality after EVO-ICL implantation and SMILE to select the appropriate surgical

- method for high myopia. *BMC Ophthalmol* 2019;19(1):21
- 16 Yu Z, Li J, Song H. Short-time evaluation on intraocular scattering after implantable collamer lens implantation for correcting high myopia. *BMC Ophthalmol* 2020;20(1):235
- 17 Yan ZP, Miao HM, Zhao F, et al. Two-year outcomes of visianimplantable collamerlens with a central hole for correcting high myopia. *J Ophthalmol* 2018;2018:8678352
- 18 Kamiya K, Shimizu K, Igarashi A, et al. Posterior chamber phakic intraocular lens implantation; comparative, multicentre study in 351 eyes with low-to-moderate or high myopia. *Br J Ophthalmol* 2018;102(2):177-181
- 19 Ying X, Li Y, Zhang FJ. Predictive factors for postoperative visual acuity improvement with ICL-V4c for ultrahigh myopia above -10 D. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2022;260(9):3107-3114
- 20 Kojima T, Kitazawa Y, Nakamura T, et al. Prospective randomized multicenter comparison of the clinical outcomes of V4c and V5 implantable collamerlenses; acontralateral eye study. *J Ophthalmol* 2018;2018:7623829
- 21 Habtamu E, Bastawrous A, Bolster NM, et al. Development and validation of a smartphone-based contrast sensitivity test. *Transl Vis Sci Technol* 2019;8(5):13
- 22 Ponderfer SG, Terheyden JH, Heinemann M, et al. Association of vision-related quality of life with visual function in age-related macular degeneration. *Sci Rep* 2019;9(1):15326
- 23 Reinstein DZ, Vida RS, Archer TJ. Visual outcomes, footplate position and vault achieved with the visianimplantable collamerlens for myopic astigmatism. *Clin Ophthalmol* 2021;15:4485-4497
- 24 Bai ZX, Nie DY, Zhang J, et al. Visual function assessment of posterior-chamber phakic implantable collamer lenses with a central port. *Ann Transl Med* 2022;10(4):194
- 25 Ghoreishi M, Kashfi A, Peyman M, et al. Comparison of toricimplantable collamerlens and toricartiflexphakic IOLs in terms of visual outcome: a paired contralateral eye study. *Am J Ophthalmol* 2020;219:186-194
- 26 Rizk IM, Al-Hessy AA, El-Khouly SE, et al. Visual performance after implantation of two types of phakic foldable intraocular lenses for correction of high myopia. *Int J Ophthalmol* 2019;12(2):284-290
- 27 Martínez-Plaza E, López-Miguel A, Fernández I, et al. Effect of central hole location in phakic intraocular lenses on visual function under progressive headlight glare sources. *J Cataract Refract Surg* 2019;45(11):1591-1596
- 28 McAlinden C, Skiadaresi E, Gatinel D, et al. The quality of vision questionnaire: subscale interchangeability. *Optom Vis Sci* 2013;90(8):760-764
- 29 Packer M, Alfonso JF, Aramberri J, et al. Performance and safety of the extended depth of focus implantable collamer® lens (EDOF ICL) in phakic subjects with presbyopia. *Clin Ophthalmol* 2020;14:2717-2730
- 30 McAlinden C, Pesudovs K, Moore JE. The development of an instrument to measure quality of vision: the Quality of Vision (QoV) questionnaire. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010;51(11):5537-5545
- 31 Niu LL, Miao HM, Tian M, et al. One-year visual outcomes and optical quality of femtosecond laser small incision lenticule extraction and Visian Implantable Collamer Lens (ICL V4c) implantation for high myopia. *Acta Ophthalmol* 2020;98(6):e662-e667
- 32 Aruma A, Li MY, Choi J, et al. Visual outcomes after small incision lenticule extraction and implantable collamer lens V4c for moderate myopia: 1-year results. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2021;259(8):2431-2440
- 33 Wang YJ, Yang YN, Huang LY, et al. Optical quality and related factors in ocular hypertension: preliminary study. *J Ophthalmol* 2016;2016:3071036
- 34 Zhang Y, BianAL, Hang QJ, et al. Optical quality assessed by optical quality analysis system in Chinese primary open-angle glaucoma patients and its correlations with psychological disturbances and vision-related quality of life. *Ophthalmic Res* 2021;64(1):15-21
- 35 Yin YW, Lu Y, Xiang AQ, et al. Comparison of the optical quality after SMILE and FS-LASIK for high myopia by OQAS and iTrace analyzer: a one-year retrospective study. *BMC Ophthalmol* 2021;21(1):292
- 36 Kamiya K, Shimizu K, Igarashi A, et al. Effect of femtosecond laser setting on visual performance after small-incision lenticule extraction for myopia. *Br J Ophthalmol* 2015;99(10):1381-1387
- 37 Miao HM, Chen X, Tian M, et al. Refractive outcomes and optical quality after implantation of posterior chamber phakic implantable collamer lens with a central hole (ICL V4c). *BMC Ophthalmol* 2018;18(1):141
- 38 Zhang J, He FL, Liu Y, et al. Implantable collamer lens with a central hole for residual refractive error correction after corneal refractive surgery. *Exp Ther Med* 2020;20(6):160
- 39 He TR, Zhu Y, Zhou JB. Optical quality after posterior chamber Phakic implantation of an intraocular Lens with a central hole (V4c implantable Collamer Lens) under different lighting conditions. *BMC Ophthalmol* 2020;20(1):82
- 40 Jiao XL, Li J, Yu Z, et al. Comparison of the visual performance of iris-fixated phakic lens and implantable collamer lens to correct high myopia. *BMC Ophthalmol* 2021;21(1):244
- 41 Hughes RP, Vincent SJ, Read SA, et al. Higher order aberrations, refractive error development and myopia control: a review. *Clin Exp Optom* 2020;103(1):68-85
- 42 Di Y, Cui G, Li Y, et al. A meta-analysis of visual outcomes and optical quality after small incision lenticule extraction versus implantable collamer lens for myopia. *Eur J Ophthalmol* 2023;33(1):136-144
- 43 Chen X, Guo L, Han T, et al. Contralateral eye comparison of the long-term visual quality and stability between implantable collamer lens and laser refractive surgery for myopia. *Acta Ophthalmol* 2019;97(3):e471-e478
- 44 Tian Y, Jiang HB, Jiang J, et al. Comparison of Implantable Collamer Lens Visian ICL V4 and ICL V4c for high myopia: a cohort study. *Medicine (Baltimore)* 2017;96(25):e7294
- 45 Matarazzo F, Day AC, Cueto LFV, 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
- 46 Córdoba A, Graue-Hernández EO, Gómez-Bastar A, et al. Long-term follow-up of persistent low vault after implantable collamer lens exchange. *J Cataract Refract Surg* 2019;45(4):519-522
- 47 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
- 48 Navas A, Muñoz-Ocampo M, Graue-Hernández EO, et al. Spontaneous rotation of a toricimplantable collamerlens. *Case Rep Ophthalmol* 2010;1(2):99-104
- 49 Tsiklis NS, Kymionis GD, Karp CL, et al. Nine-year follow-up of a posterior chamber phakic IOL in one eye and LASIK in the fellow eye of the same patient. *J Refract Surg* 2007;23(9):935-937
- 50 Zhang HR, Fu MJ, Wang JH. Repeated rotation of a toric implantable collamer lens: a case report. *Medicine* 2021;100(10):e24986
- 51 Fairaq R, Almutlak M, Almazyad E, et al. Outcomes and complications of implantable collamer lens for mild to advance

- keratoconus. *Int Ophthalmol* 2021;41(7):2609–2618
- 52 Wei R, Li M, Aruma A, *et al.* Factors leading to re-alignment or exchange after ICL implantation in 10,258 eyes. *J Cataract Refract Surg* 2022;48(10):1190–1196
- 53 Packer M. The Implantable Collamer Lens with a central port: review of the literature. *Clin Ophthalmol* 2018;12:2427–2438
- 54 Vargas V, Alió JL, Barraquer RI, *et al.* Safety and visual outcomes following posterior chamber phakic intraocular lens bilensectomy. *Eye Vis (Lond)* 2020;7:34
- 55 Hayakawa H, Kamiya K, Ando W, *et al.* Etiology and outcomes of current posterior chamber phakic intraocular lens extraction. *Sci Rep* 2020;10(1):21686
- 56 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
- 57 Packer M. Meta-analysis and review: effectiveness, safety, and central port design of the intraocular collamer lens. *Clin Ophthalmol* 2016;10:1059–1077
- 58 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
- 59 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
- 60 Senthil S, Choudhari NS, Vaddavalli PK, *et al.* Correction; etiology and management of raised intraocular pressure following posterior chamber phakic intraocular lens implantation in myopic eyes. *PLoS One* 2017;12(2):e0172929
- 61 Kamiya K, Shimizu K, Takahashi M, *et al.* Eight-year outcomes of implantation of posterior chamber phakic intraocular lens with a central port for moderate to high ametropia. *Front Med (Lausanne)* 2021;8:799078
- 62 Nariphaphan P, Pachimkul P, Chantra S. Efficacy and safety of hole implantable collamer lens in comparison with original implantable collamer lens in patients with moderate to high myopia. *J Med Assoc Thai* 2017;100(Suppl 1):S48–S55
- 63 Qin Q, Bao LY, He ZF, *et al.* Pure ICL implantation; a novel ophthalmic viscosurgical device – free method. *J Ophthalmol* 2021;2021:7363267
- 64 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
- 65 Pinto C, Monteiro T, Franqueira N, *et al.* Posterior chamber collamer phakic intraocular lens implantation; comparison of efficacy and safety for low and moderate – to – high myopia. *Eur J Ophthalmol* 2021;11206721211012861
- 66 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
- 67 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
- 68 Pintiliuc C, Ricaud X, Costantini E. Toxic anterior segment syndrome following EyePCL implantation in a hyperopic patient. *J Fr Ophthalmol* 2022;45(3):272–276
- 69 Mimouni M, Alió Del Barrio JL, Alió JL. Occlusion of AquaPORTflow in a case of toxic anterior segment syndrome following implantable collamer lens surgery causing severe pupillary block. *J Refract Surg* 2020;36(12):856–859
- 70 北京医学会眼科学分会青光眼诊治新技术共识小组. 中国人色素播散综合征诊断标准探讨. *中华眼科杂志* 2015;51(4):255–256
- 71 Řeháková T, Veliká V, Rozsival P, *et al.* Correction of Myopia and myopic astigmatism by implantation of a phakic posterior chamber implantable collamer lens. *Cesk Slov Ofialmol* 2019;74(4):147–152
- 72 Kocová H, Vlková E, Michalčová L, *et al.* Incidence of cataract following implantation of a posterior – chamber phakic lens ICL (Implantable Collamer Lens) – long – term results. *Cesk Slov Ofialmol* 2017;73(3):87–93
- 73 Ye C, Patel CK, Momont AC, *et al.* Advanced pigment dispersion glaucoma secondary to phakic intraocular collamer lens implant. *Am J Ophthalmol Case Rep* 2018;10:65–67
- 74 Chan AT, Zauberman NA, Chan CC, *et al.* Outcomes after implantable collamer lens surgery in a Canadian cohort. *Can J Ophthalmol* 2017;52(2):150–154
- 75 Moshirfar M, Bundogji N, Tukan AN, *et al.* Toric implantable collamer lens for the treatment of myopic astigmatism. *Clin Ophthalmol* 2021;15:2893–2906
- 76 Mohr N, Dirisamer M, Siedlecki J, *et al.* Determinants of subjective quality of vision after phakic intraocular lens implantation. *J Refract Surg* 2022;38(5):280–287