

ICL 植入后在眼内的位置稳定性与术眼视觉质量变化的研究进展

薛兰芳, 赫天耕

引用: 薛兰芳, 赫天耕. ICL 植入后在眼内的位置稳定性与术眼视觉质量变化的研究进展. 国际眼科杂志 2023;23(2):228-231

作者单位: (300052) 中国天津市, 天津医科大学总医院眼科

作者简介: 薛兰芳, 在读硕士研究生, 研究方向: 近视防控及屈光手术。

通讯作者: 赫天耕, 硕士, 副主任医师, 硕士研究生导师, 研究方向: 角膜病、近视防控及屈光手术. hetiangeng@126.com

收稿日期: 2022-04-18 修回日期: 2023-01-09

摘要

后房型有晶状体眼人工晶状体 (implantable collamer lens, ICL) 及环曲面 ICL (toric ICL, TICL) 是目前临床上常用的可植入式人工晶状体, 主要矫治高度近视以及角膜条件不适合角膜激光手术的中低度近视。术前精准的测量, 术中安全的植入与术后合适的位置是保证 ICL 矫正效果的关键, 且中央孔型 V4c ICL 的出现更大程度地保证了该手术的安全性。然而术后 ICL 及 TICL 在眼内的位置并非一成不变, 有研究表明, ICL 术后拱高有逐年降低的趋势, 原因不明。TICL 术后可发生自发旋转, 引起视力的下降, 是 TICL 更换的主因之一。术后中央孔的位置的变化也需要引起关注。此外, ICL/TICL 植入术后术眼的视觉质量会发生改变, 然而人工晶状体在眼内位置的变动是否会对术后的视觉质量造成影响, 也是需要关注并探究的问题。因此本文将对 ICL 术后拱高的变化、TICL 轴位的改变、ICL 术后中央孔位置的变化及其原因, 以及这些改变对术后视觉质量的影响进行综述, 希望对术前 ICL/TICL 的精准选择以及手术设计有临床指导意义, 提高 ICL 植入矫正近视屈光不正的有效性和稳定性。

关键词: 后房型有晶状体眼人工晶状体 (ICL); 拱高; 旋转度; 中央孔; 高阶像差

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2023.2.09

Research progress on position stability and visual quality changes in the eye after implantable collamer lens implantation

Lan-Fang Xue, Tian-Geng He

Department of Ophthalmology, Tianjin Medical University General Hospital, Tianjin 300052, China

Correspondence to: Tian-Geng He. Department of Ophthalmology, Tianjin Medical University General Hospital, Tianjin 300052, China. hetiangeng@126.com

Received: 2022-04-18 Accepted: 2023-01-09

Abstract

• Implantable collamer lens (ICL) and toric ICL (TICL) are clinically common types of posterior chamber phakic intraocular lenses, they are mainly used to correct high myopia and low- to moderate myopia of eyes whose corneal conditions are not suitable for corneal laser surgery. Accurate preoperative measurement, safe intraoperative implantation and appropriate postoperative location of lenses are critical to ensure the outcome of ICL implantable, and the appearance of V4c ICL with a central hole ensures the safety of this surgery to a greater extent. However, the intraocular position of both ICL and TICL is not invariable. Some studies have shown that the vault has a trend of decreasing year by year after ICL surgery, but its reason is unknown. And spontaneous rotation may occur after the TICL surgery, thereby causing visual loss, which is one of the main causes of TICL replacement. And postoperative changes in the position of the central hole also need attention. In addition, the visual quality of the operated eye will change after ICL/TICL implantation, but whether the change of intraocular positions of implanted lenses will affect the postoperative visual quality is also a problem that needs to be paid attention to and explored. Therefore, this paper reviewed the postoperative changes in vault, TICL axis, position of the central hole and their causes, as well as the effects of these changes on postoperative visual quality, offering valuable clinical guidance for accurate preoperative selection of ICL/TICL and surgical design, so as to improve the effectiveness and stability of ICL implantation in correction of myopic refractive error.

• **KEYWORDS:** implantable collamer lens (ICL); vault; rotation degree; central hole; high-order aberration

Citation: Xue LF, He TG. Research progress on position stability and visual quality changes in the eye after implantable collamer lens implantation. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2023;23(2):228-231

0 引言

当前近视的发病率呈现出快速增长的趋势, 据推测到 2050 年全球近视率将达到 49.8%, 高度近视率达到 9.8%^[1]。随着医学技术的进步, 近视矫治手术也成为一大热点。后房型有晶状体眼人工晶状体 (implantable collamer lens, ICL) 是目前临床上常用的有晶状体眼可植入式人工晶状体, 它的制作材料含有少量纯化胶原, 相较于丙烯酸酯和硅凝胶生物相容性更高, 能较少引起眼内反应, 且该手术仅需 2.8~3mm 的切口, 减小了术源性散光。目前 ICL 植入术的近视矫治范围可以达到 -18D, 环曲面

型 ICL (toric ICL, TICL) 可以实现 -6D 范围内散光度数的矫正, 远远超过准分子激光角膜表面切削术 (photorefractive keratectomy, PRK)、飞秒激光辅助准分子激光原位角膜磨镶术 (femtosecond laser-assisted laser *in situ* keratomileusis, FS-LASIK)、飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术 (small incision lenticule extraction, SMILE) 等常见角膜激光手术的矫治范围, 为高度近视患者以及角膜条件不佳的低中度近视患者提供了摘镜机会。此外中央孔型 ICL (V4c ICL) 的出现使房水能经瞳孔自然流入前房, 且 ICL 植入术能有效避免术后发生医源性角膜膨隆或圆锥角膜, 因此在临床上受到广泛关注和欢迎, 其安全性和有效性经多年的临床观察也已得到验证^[2-4]。尤其在矫正高度近视方面, 研究表明 ICL 植入术效果要优于传统的 PRK^[5]、FS-LASIK^[6]、SMILE 手术^[7] 以及虹膜固定型人工晶状体^[8-9]。然而, 术后 ICL/TICL 的拱高值、中央孔位置以及 TICL 轴位均可能改变, 从而影响手术长期的安全性及效果, 因此本文就目前常见的 ICL/TICL 位置变动的相关因素以及这些变化对术后视觉质量造成的影响进行综述, 以期对术前 ICL 及 TICL 的选择与手术设计提供指引。

1 术后常见的 ICL 位置变化及其相关因素

1.1 中央拱高

1.1.1 术后拱高的变化及原因 中央拱高是指 ICL 中央后表面到自然晶状体前表面的垂直距离, 研究表明拱高在 250~750 μm 之间较为理想安全, 出现术后并发症的几率更小^[10]。然而拱高值并非固定不变的, Zhang 等^[11] 发现随访时间越长, 拱高小于 250 μm 的 ICL 所占的比例越大, Du 等^[8] 也观察到拱高值随着时间有降低的趋势。眼睛的调节、环境亮度的改变、年龄、瓣角位置的移动均会使术后拱高发生变化。有研究表明术后拱高变化是由于瞳孔直径改变^[12-14], 而眼睛调节和环境亮度改变均会引起瞳孔直径变化。Lin 等^[12] 在研究中观察到术后在 -4D 和 -8D 调节刺激下角膜内皮后表面到自然晶状体前表面的距离、角膜内皮后表面到 ICL 前表面的距离、拱高和瞳孔直径均会变小, 这可能是因为调节状态下瞳孔括约肌收缩、瞳孔缩小、虹膜基质绷紧, 使 ICL 向自然晶状体方向移动; 同时因睫状肌收缩、悬韧带松弛、自然晶状体变凸, 使睫状沟的空间变小, 推动 ICL 向虹膜方向移动, 这两方面共同作用使拱高发生变化。而放松调节时与上述过程相反, 那么调节和放松状态的交替可能使 ICL 瓣角移位, 进一步导致拱高改变。此外随着年龄的增加, 高度近视患者晶状体悬韧带数量逐渐减少, ICL 瓣角的支撑受到影响, 也可能使 ICL 拱高降低。这也提示我们若术后观察到 ICL 拱高较高, 而眼压不高且患者无明显不适时, 可先不予二次手术而是随访观察, 随着眼睛不断的调节放松以及年龄的增长, 拱高可能会恢复到正常范围。

1.1.2 拱高值的决定因素 术后初期较合适的拱高可以使得随时间降低后的拱高值仍然在 250~750 μm 内, 从而保证该手术长期的安全性。拱高值由多种因素共同决定, 根据相关研究来看, ICL 直径^[15-17]、自然晶状体的矢高^[15] 以及瓣角位置^[11, 18] 与拱高关系较为密切。目前 ICL 直径的选择主要依据术前前房深度 (anterior chamber depth, ACD) 和白到白角膜直径 (white to white, WTW), 也有医生将术前睫状沟到睫状沟距离 (sulcus to sulcus, STS) 或者前房角水平间距 (horizontal anterior chamber angle distance, ATA) 作为参考指标来选择 ICL, 而 ACD、WTW 以及

STS^[13]、ATA^[15] 均被证实与术后拱高值相关。除了 ICL 直径, 自然晶状体矢高也被证实是拱高的决定因素之一^[15], 且该值会随着患者年龄的增加而增加, 这也解释了为什么 Zhao 等^[19] 发现拱高与年龄呈负相关。另外理想状态下, ICL 的四个瓣角均应落入睫状沟内, Zhang 等^[11] 却在其研究中观察到术后仅 21.6% 的 ICL 瓣角在睫状沟内, 其余的 ICL 瓣角插入睫状体、睫状突以及落在睫状沟下方的居多, 且这些瓣角异位的组中拱高合适的 ICL 所占的比例均小于瓣角在睫状沟内的, 提示术后拱高值也与 ICL 瓣角的位置有关。但 ICL 瓣角落位除了与 ICL 直径有关外, 还与睫状体本身结构形态相关。

1.2 术后 TICL 轴位的变化及其风险因素 TICL 轴位的精确性与术后视觉质量息息相关^[20], 有文献表明术后残余散光与 TICL 旋转度呈正弦关系^[21]。在大多数临床研究中 TICL 轴位还是较为稳定的, 据报道术后 TICL 轴位与设计轴位的偏差在 5° 以内的占 82.1%~90.3%, 在 10° 之内的占 72.2%~97.3%^[22-24]。但并非所有的 TICL 在眼内都能保持良好的旋转稳定性, 也并非所有的患者可以适应轴位变化引起的视觉质量改变, 如 Navas 等^[25] 和 Zhang 等^[26] 均报告了因 TICL 术后旋转角度过大而进行二次手术的案例, 因此探究造成 TICL 术后旋转的因素就显得尤为必要。

综合以往的研究, TICL 直径^[23] 以及瓣角的位置^[18] 与术后旋转程度关系较为密切, TICL 直径选择合适且其瓣角均在睫状沟内得到支撑, 拱高合理, 则旋转的机会小。此外 TICL 预设轴位^[23, 27-28] 偏离水平轴越远、TICL 球镜度数^[24, 27] 越小、柱镜度数^[17] 越大, 那么术后发生旋转的几率就会越大, 研究发现预设的轴位角度在 5° 之内较为理想^[23, 27]。此外 Lee 等^[29] 观察到 TICL 仅在术后初期会发生旋转, 3mo 后其轴位几乎不会再变。

1.3 中央孔位置的变化及原因 据我们所知, 目前并未有研究探究过术后 ICL/TICL 中央孔位置随时间的变化, 我们猜测术后瓣角位置变动以及晶状体本身旋转可能会引起其位置改变, 但这需要具体的研究来证明。有临床研究观察了中央孔中心相对于瞳孔中心和角膜中心的位置。He 等^[30] 发现术后 94.38% 的 ICL 中央孔中心位于瞳孔中心的颞侧, 其中在瞳孔中心上方和下方所占的比例分别为 56.18% 和 38.2%。另外 He 等^[30] 还发现 ICL 中央孔中心相较于瞳孔中心更靠近角膜中心, 其中在角膜中心上方的 ICL 为 95.51%, 位于角膜中心颞侧和鼻侧的比例相近。Niu 等^[31] 在其研究中还观察了 ICL 中央孔中心偏离于角膜几何中心的距离, 结果显示 47.4% 的 ICL 偏离范围在 0.2mm 内, 98.5% 的在 0.5mm 内, 最大偏离距离不超过 0.6mm。

2 ICL 位置改变对视觉质量的影响

2.1 中央拱高和 TICL 轴位变化对视觉质量的影响 通常来讲, 中央拱高更多地是涉及到手术的安全性, 然而 Du 等^[8] 发现术后 1a 时拱高与总高阶像差 (higher-order aberration, HOA) 相关。关于 TICL 的轴位偏差与视觉质量之间的联系, 目前并无相关文献报导。但 Wei 等^[32] 在研究中发现 TICL 的环曲面性是术后光晕发生频率、严重程度的风险因素, 这可能是由于 TICL 术后旋转使得轴位改变所致。

2.2 中央孔的存在及其偏心对视觉质量的影响 Perez-Vives 等^[33] 利用光学分析仪在体外测量 V4 ICL 和 V4c ICL 后发现两种 ICL 的像差并无差异, 且计算得出的点扩

散函数图像和模拟视网膜图像也无差别,提示两种 ICL 视觉效果相当,中央孔的存在不会引起视觉质量下降,Eppig 等^[34]的研究结果与此一致。此外 Tian 等^[35]在临床研究中发现尽管 V4c ICL 组的球差和总 HOA 大于 V4 ICL 组的,但主观问卷结果显示两组术后视疲劳和光晕的发生率并无明显差异。

Perez-Vives 等^[33]还分别测量了 ICL 处于中心时、偏心 0.3mm 及 0.6mm 时的自身像差,结果显示彗差随着偏心距离的增加而增加,且此变化与 ICL 屈光度和观测范围相关,但不同位置 ICL 的点扩散函数图像和视网膜图像并没有明显差异。另外尽管在 4.5mm 观测范围内,ICL 偏心 0.6mm 时的总 HOA 大于其位于中心位时的,但两者图像也无差别。Niu 等^[31]的临床研究也得出了相同的结论,在其研究中并未发现 0.6mm 范围内的偏心对术后视力、高阶像差以及患者主观感受有明显影响。

2.3 其它影响术后客观视觉质量的因素 有研究表明 ICL 本身有负球差,且随其屈光度的增加而增加^[33,36-37],Wan 等^[38]将研究对象按术前 SE 分组后分析发现,仅小于-9D 的组别术后球差负值较术前增加,提示球差的变化与术前屈光度相关。对像差影响较大的另一因素是瞳孔直径,Domínguez-Vicent 等^[39]发现 ICL 自身各项像差值均随瞳孔范围的增加而增加。且有临床研究表明术后眩光症状的干扰程度与暗瞳直径相关^[32],可能是由于在暗环境下术眼瞳孔直径超过 ICL 光学区直径,因此在临床工作中对术前瞳孔明显偏大的患者可以考虑植入更大光学区的 ICL。此外手术切口大小也会影响像差的改变,较早期的研究表明^[36],利用 Hartmann-Shack 像差仪测量大切口(3.2~4.5mm)和小切口(<3.2mm)两组手术前后的像差,发现两组的倾斜三叶草像差(Z_{3-3})均较术前增加,但前者 Z_{3-3} 增量更大,提示 Z_{3-3} 增量可能源于手术切口,此外仅大切口组总三叶草像差及总 HOA 较术前增加,且总三叶草像差变化量及总 HOA 均与切口长度线性相关。以 Kim 等^[36]研究结果为基础,Pérez-Vives 等^[40]在体外实验中利用自适应光学视觉模拟器补偿了不同切口长度的高阶像差后观察发现,大切口组的调制传递函数、斯特列尔比值及所有空间频率下的对比敏感度均比小切口组的差。但目前临床中该手术的切口长度基本在 2.8~3.0mm 之间,良好构建的透明角膜切口一般不会引起高阶像差明显的改变。

另外在临床观察性研究中,Wei 等^[32]发现术后 6mo 时 5mm 瞳孔范围内的三叶草像差和总 HOA 较术前增加,Kamiya 等^[41]发现 1a 时 6mm 瞳孔范围的第三阶像差(彗差与三叶草像差之和)与总 HOA 均较术前增加,而 Chen 等^[42]发现术后 3a 时 6mm 瞳孔范围的正球差较术前减小,三叶草像差增加。结合前面的结论,术后高阶像差变化与手术切口设计、ICL/TICL 屈光度及瞳孔直径均有关系,且术后 ICL/TICL 襻角移位、TICL 自身旋转以及切口不断的恢复,也可能使不同随访时间测得的像差值不同。

3 总结与展望

综上所述,术后 ICL 在眼内的位置并非是固定不变的,拱高值会随时间逐渐降低,并且 TICL 易在术后初期发生旋转,尽管 ICL/TICL 中央孔位置随时间的变化尚不明确,但 0.6mm 范围内的偏心不会造成视觉质量显著下降。为保证该手术长期的安全性和有效性,在选择 ICL/TICL 时应在 ACD 和 WTW 的基础上将 STS、ATA、年龄等指标

纳入参考范围,更应着重评估患者的睫状体和悬韧带的结构,实现个性化定制,使得植入晶状体的四个襻角均能落在睫状沟内且晶体尺寸与眼内空间较为吻合,从而在术中植入时就达到理想的位置,这样随时间降低后的拱高值仍能在安全范围内,并且 TICL 轴位和晶状体中央孔位置术后能保持相对稳定。

此外,术后拱高与 TICL 轴位的变化对视觉质量的影响尚不明确,将睫状体结构形态与 ICL 襻角位置纳入分析的研究也相对较少,希望在未来的研究中可以继续探索这些方面。

参考文献

- 1 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
- 2 Packer M. Meta-analysis and review: effectiveness, safety, and central port design of the intraocular collamer lens. *Clin Ophthalmol* 2016;10:1059-1077
- 3 Packer M. The Implantable Collamer Lens with a central port: review of the literature. *Clin Ophthalmol* 2018;12:2427-2438
- 4 Chen X, Wang XQ, Xu YL, et al. Five-year outcomes of EVO implantable collamer lens implantation for the correction of high myopia and super high myopia. *Eye Vis (Lond)* 2021;8(1):40
- 5 Schallhorn S, Tanzer D, Sanders DR, et al. Night driving simulation in a randomized prospective comparison of Visian toric implantable collamer lens and conventional PRK for moderate to high myopic astigmatism. *J Refract Surg* 2010;26(5):321-326
- 6 Jiang Z, Wang H, Luo DQ, et al. Optical and visual quality comparison of implantable collamer lens and femtosecond laser assisted laser *in situ* keratomileusis for high myopia correction. *Int J Ophthalmol* 2021;14(5):737-743
- 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 Du GP, Huang YF, Wang LQ, et al. Changes in objective vault and effect on vision outcomes after implantable Collamer lens implantation; 1-year follow-up. *Eur J Ophthalmol* 2012;22(2):153-160
- 9 Monteiro T, Pinto C, Franqueira N, et al. Efficacy and safety after toric posterior chamber implantable collamer lens and toric Iris-fixed foldable phakic intraocular lens for myopic astigmatism. *J Refract Surg* 2022;38(6):339-347
- 10 Kamiya K, Shimizu K, Komatsu M. Factors affecting vaulting after implantable collamer lens implantation. *J Refract Surg* 2009;25(3):259-264
- 11 Zhang X, Chen X, Wang XY, et al. Analysis of intraocular positions of posterior implantable collamer lens by full-scale ultrasound biomicroscopy. *BMC Ophthalmol* 2018;18(1):114
- 12 Lin HT, Yan PS, Yu KM, et al. Anterior segment variations after posterior chamber phakic intraocular lens implantation in myopic eyes. *J Cataract Refract Surg* 2013;39(5):730-738
- 13 Chen X, Miao HM, Naidu RK, et al. Comparison of early changes in and factors affecting vault following posterior chamber phakic Implantable Collamer Lens implantation without and with a central hole (ICL V4 and ICL V4c). *BMC Ophthalmol* 2016;16(1):161
- 14 Kato S, Shimizu K, Igarashi A. Vault changes caused by light-induced pupil constriction and accommodation in eyes with an implantable collamer lens. *Cornea* 2019;38(2):217-220
- 15 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
- 16 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
- 17 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
- 18 Sheng XL, Rong WN, Jia Q, *et al.* Outcomes and possible risk factors associated with axis alignment and rotational stability after implantation of the Toric implantable collamer lens for high myopic astigmatism. *Int J Ophthalmol* 2012;5(4):459–465
- 19 Zhao J, Zhao J, Yang W, *et al.* Consecutive contralateral comparison of toric and non-toric implantable collamer lenses V4c in vault after implantation for myopia and astigmatism. *Acta Ophthalmol* 2021;99(6):e852–e859
- 20 Titiyal JS, Kaur M, Jose CP, *et al.* Comparative evaluation of toric intraocular lens alignment and visual quality with image-guided surgery and conventional three-step manual marking. *Clin Ophthalmol* 2018;12:747–753
- 21 Ma JJK, Tseng SS. Simple method for accurate alignment in toric phakic and aphakic intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2008;34(10):1631–1636
- 22 Hashem AN, El Danasoury AM, Anwar HM. Axis alignment and rotational stability after implantation of the toric implantable collamer lens for myopic astigmatism. *J Refract Surg* 2009;25(10 Suppl):S939–S943
- 23 Zhu MH, Zhu LL, Zhu QJ, *et al.* Clinical effect and rotational stability of TICL in the treatment of myopic astigmatism. *J Ophthalmol* 2020;2020:3095302
- 24 Nie DY, Yan PS, Yan ZH, *et al.* Polar value analysis of astigmatic change and rotational stability after implantation of V4c toric implantable collamer lens. *Ann Transl Med* 2021;9(2):139
- 25 Navas A, Muñoz-Ocampo M, Graue-Hernández EO, *et al.* Spontaneous rotation of a toric implantable collamer lens. *Case Rep Ophthalmol* 2010;1(2):99–104
- 26 Zhang HR, Fu MJ, Wang JH. Repeated rotation of a toric implantable collamer lens: a case report. *Medicine* 2021;100(10):e24986
- 27 Park SC, Kwun YK, Chung ES, *et al.* Postoperative astigmatism and axis stability after implantation of the STAAR Toric Implantable Collamer Lens. *J Refract Surg* 2009;25(5):403–409
- 28 Mori T, Yokoyama S, Kojima T, *et al.* Factors affecting rotation of a posterior chamber collagen copolymer toric phakic intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2012;38(4):568–573
- 29 Lee H, Kang DSY, Choi JY, *et al.* Rotational stability and visual outcomes of V4c toric phakic intraocular lenses. *J Refract Surg* 2018;34(7):489–496
- 30 He XJ, Niu LL, Miao HM, *et al.* Relative position of the central hole after EVO-ICL implantation for moderate to high myopia. *BMC Ophthalmol* 2020;20(1):305
- 31 Niu LL, Zhang Z, Miao HM, *et al.* Effects of tilt and decentration of Visian Implantable Collamer Lens (ICL V4c) on visual quality: an observational study. *BMC Ophthalmol* 2022;22(1):294
- 32 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
- 33 Pérez-Vives C, Ferrer-Blasco T, Madrid-Costa D, *et al.* Optical quality comparison of conventional and hole-visian implantable collamer lens at different degrees of decentering. *Am J Ophthalmol* 2013;156(1):69–76.e1
- 34 Eppig T, Spira C, Tsintarakis T, *et al.* Ghost-image analysis in phakic intraocular lenses with central hole as a potential cause of Dysphotopsia. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(11):2552–2559
- 35 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* 2017;96(25):e7294
- 36 Kim SW, Yang H, Yoon G, *et al.* Higher-order aberration changes after implantable collamer lens implantation for myopia. *Am J Ophthalmol* 2011;151(4):653–662.e1
- 37 Pérez-Vives C, Domínguez-Vicent A, Ferrer-Blasco T, *et al.* Optical quality of the Visian Implantable Collamer Lens for different refractive Powers. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2013;251(5):1423–1429
- 38 Wan T, Yin HF, Wu ZY, *et al.* Comparative study of implantable collamer lens implantation in treating four degrees of myopia: six-month observation of visual results, higher-order aberrations, and amplitude of accommodation. *Curr Eye Res* 2020;45(7):839–846
- 39 Domínguez-Vicent A, Ferrer-Blasco T, Pérez-Vives C, *et al.* Optical quality comparison between 2 collagen copolymer posterior chamber phakic intraocular lens designs. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(6):1268–1278
- 40 Pérez-Vives C, Ferrer-Blasco T, Domínguez-Vicent A, *et al.* Optical and visual quality of the visian implantable collamer lens using an adaptive-optics visual simulator. *Am J Ophthalmol* 2013;155(3):499–507.e1
- 41 Kamiya K, Shimizu K, Aizawa D, *et al.* One-year follow-up of posterior chamber toric phakic intraocular lens implantation for moderate to high myopic astigmatism. *Ophthalmology* 2010;117(12):2287–2294
- 42 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