

ICL V4c晶体植入术的研究进展

赵怀兰

叙永县人民医院眼科，四川 泸州

收稿日期：2025年10月18日；录用日期：2025年11月11日；发布日期：2025年11月21日

摘要

近视在全球范围内呈现高发态势，严重影响人们的视觉健康。近视矫正手术不断发展，ICL V4c晶体植入术作为其中重要的一种，在临床应用中备受关注。本文综合多篇文献，对ICL V4c晶体植入术的安全性、对IOL度数计算的影响、视力与视觉质量、术后并发症、影响因素、与其他矫正方式的比较以及未来展望等方面进行综述，旨在全面呈现该手术的研究进展，为临床实践和进一步研究提供参考。

关键词

有晶状体眼后房型人工晶体植入术，近视矫正，安全性，视觉质量，并发症

After ICL V4c Implantation in Myopia Patients: A Mini Review

Huailan Zhao

Department of Ophthalmology, Xuyong People's Hospital, Luzhou Sichuan

Received: October 18, 2025; accepted: November 11, 2025; published: November 21, 2025

Abstract

Myopia has shown a high prevalence rate globally, severely impacting visual health. With the continuous advancement of myopia correction surgeries, the ICL V4c phakic collame lens implantation has gained significant clinical attention. This article synthesizes multiple literature sources to review the safety of ICL V4c implantation, its impact on collame lens power calculations, visual acuity and quality, postoperative complications, influencing factors, comparisons with other correction methods, and future prospects. The aim is to comprehensively present the research progress of this procedure, providing references for clinical practice and further studies.

Keywords

Phakic Implantable Collamer Lens Implantation, Myopia Correction, Safety, Visual Quality, Complication

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近视是一个严峻的全球性公共卫生问题，未矫正的近视已成为全世界视力损害的主要原因。Brien AHolden 等对近视和高度近视的患病率进行系统回顾后发现，其患病率呈显著上升趋势，预计到 2030 年，全球近视和高度近视患者将达 36.1 亿(占全球人口的 39.9%)，2040 年增至 40.89 亿(占 45.2%)，2050 年更是会增至 47.58 亿(占 49.8%)，表明近视问题在全球范围内的严重性日益凸显[1]。

在近视矫正领域，手术方式主要分为角膜屈光手术和晶体屈光手术。激光角膜屈光手术在中国应用广泛，但对于高度屈光不正和角膜相对较薄的患者，该手术存在增加角膜扩张的风险，安全性欠佳。而有晶状体人工晶状体植入术，尤其是 ICL (Implantable Collamer Lens) V4c 晶体植入术，因其能矫正更大范围的屈光不正，且避免了角膜厚度减小的问题，成为这类患者的理想选择[2]。随着 ICLV4c 设计的不断改进以及手术技术的发展，越来越多的临床研究证实了其在矫正中高度近视和近视散光方面具有显著优势，如可预测的、稳定的屈光矫正效果，较高的疗效指数，在安全性、有效性、可预测性和稳定性方面均优于准分子激光角膜切削术等[3]。因此，深入了解 ICL V4c 晶体植入术的研究进展，对于提高近视矫正的临床效果和保障患者视觉健康具有重要意义。

2. ICL V4c 晶体植入术的安全性

2.1. 手术安全性好，二次手术率低

ICL V4c 手术整体安全性较高，二次手术率处于较低水平。TICL (Toric Implantable Collamer Lens)作为 ICL 的一种特殊类型，用于矫正伴有散光的近视[4]。然而，TICL 的旋转可能导致屈光结果不理想，影响散光矫正效果，进而需要进行调位手术。同时，过高或过低的拱高也可能需要二次手术进行调整。在二次手术中，TICL 的调位和 ICL 的更换是较为常见的类型[5]。

2022 年一项纳入大样本 10258 只眼的研究表明[6]，EVO ICL 手术安全有效，二次手术的发生率很低，其中调位发生率仅为 0.12%，更换的发生率为 0.10%。在 TICL 对位不准需要二次手术的眼中，如果不伴有术后拱高偏低，通常可通过调位来解决问题。而对于拱高过高需要二次手术的情况，若垂直 STS (Sulcus-to-Sulcus，即睫状沟之间的距离)和水平 STS 相差较大，可通过旋转 ICL 至垂直位来改善。值得注意的是，这些调位或更换手术安全性良好，术后矫正远视力(CDVA, Corrected Distance Visual Acuity)和内皮细胞均未出现损失[7]。

不过，术后拱高与 TICL 旋转之间的关系存在一定争议。有研究认为术后拱高较低是 TICL 旋转的潜在风险，但这一假设尚未得到大样本临床研究的充分证实[5]。也有观点认为脚襻位置不当可能影响 TICL 的旋转稳定性。2024 年中山大学中山眼科中心一项大样本研究证实了这一观点，该研究表明旋转度数和脚襻位置之间存在显著相关性。但同时，该研究也发现术后拱高与 TICL 旋转角度之间未观察到显著相关性，这意味着 EVO TICL 在低拱高眼中具有较好的旋转稳定性。

2.2. 虹膜后凹患者植入 EVO ICL 矫正屈光不正安全有效

对于虹膜后凹患者, 植入 EVO ICL 矫正屈光不正同样具有安全性和有效性。虹膜后凹可能会影响眼内的正常结构和生理功能, 增加手术风险和术后并发症的可能性[7]。然而, 相关研究表明, 在经过严格的术前评估和筛选后, 为虹膜后凹患者植入 EVO ICL 是可行的。术前通过详细的眼部检查, 如超声生物显微镜(UBM)、眼前节光学相干断层扫描(AS-OCT)等, 准确评估虹膜后凹的程度、范围以及与周边组织的关系, 能够为手术方案的制定提供重要依据[8]。在手术过程中, 医生根据患者的具体情况, 精准操作, 确保 ICL V4c 的正确植入位置和良好的稳定性。术后对患者进行密切随访, 观察视力恢复情况、眼压变化、ICL V4c 位置及眼内组织反应等指标, 结果显示患者术后视力得到有效提高, 眼压控制在正常范围内, ICL V4c 位置稳定, 未出现明显的并发症, 证明了该手术方式在虹膜后凹患者中的安全性和有效性[9]。

2.3. 虹膜囊肿患者植入 EVO ICL 矫正屈光不正安全有效

虹膜囊肿患者在近视矫正手术选择上存在一定限制, 但研究发现植入 EVO ICL 矫正屈光不正安全有效。虹膜囊肿可能会随着时间推移逐渐增大, 影响眼内结构和功能, 传统的近视矫正手术可能会因囊肿的存在而增加风险[10]。而 ICL V4c 晶体植入术具有独特的优势, 它不需要切削角膜, 对眼内组织的创伤相对较小。在为虹膜囊肿患者进行手术前, 医生会利用多种检查手段, 如裂隙灯显微镜检查、UBM 等, 对囊肿的性质、大小、位置进行详细评估。如果囊肿较小且不影响 ICL V4c 的植入和眼内正常生理功能, 可考虑进行 ICL V4c 植入术。手术过程中, 医生会小心操作, 避免损伤囊肿和其他眼内组织。术后观察发现, 患者视力得到明显改善, 囊肿未出现明显变化, 也未引发其他严重并发症, 表明该手术对于虹膜囊肿患者的近视矫正具有较高的安全性和有效性[11]。

2.4. 干眼发生率低

干眼是眼科常见的病症, 也是部分近视矫正手术可能出现的并发症之一。ICL V4c 晶体植入术在干眼方面表现出较好的安全性, 干眼发生率较低。这主要得益于该手术不涉及角膜组织的切削, 对角膜表面的神经纤维损伤较小[11]。角膜表面的神经纤维在维持泪膜的稳定性方面起着重要作用, 传统的角膜屈光手术, 如 LASIK (Laser-Assisted in Situ Keratomileusis), 在切削角膜组织的过程中, 不可避免地会切断部分神经纤维, 导致泪膜稳定性下降, 从而增加干眼的发生风险[12]。而 ICL V4c 晶体植入术是将晶体植入眼内, 不影响角膜表面神经纤维的完整性, 因此能较好地维持泪膜的稳定性, 降低干眼的发生率[13]。多项临床研究对 ICL V4c 晶体植入术患者术后干眼情况进行观察, 结果显示干眼发生率明显低于角膜屈光手术患者, 且多数患者干眼症状较轻, 通过适当的眼部护理和治疗, 症状能够得到有效缓解, 不会对患者的生活质量和视觉功能产生明显影响。

3. ICL V4c 对 IOL 屈光度计算的影响

由于 ICL V4c 在全球范围内广泛应用, 准确的术前测量对于屈光性白内障手术至关重要, 因此 ICL V4c 是否影响 IOL (Intraocular Lens) 度数计算成为关注焦点。

北京大学第三医院陈晓勇教授团队和张钰教授团队采用 IOLMaster 700 和 Sirius 对 ICL V4c 术前和术后 3 个月的眼前节测量和 IOL 度数计算的变化进行分析[14]。结果表明, ICL V4c 可能会影响 IOLMaster 700 误判植入眼的晶状体前表面, 导致前房深度(ACD, Anterior Chamber Depth)和晶状体厚度(LT, Lens Thickness)的测量误差[15]。这是因为 ICL V4c 植入眼内后, 改变了眼内的光学结构, 使得 IOLMaster 700 在测量时可能出现偏差。然而, 尽管存在这些测量误差, ICL V4c 并不会影响 IOL 度数的计算。这是因

为在计算 IOL 度数时,所使用的公式综合考虑了多种眼部参数,虽然 ACD 和 LT 的测量值可能不准确,但其他参数的综合作用使得最终计算出的 IOL 度数仍能满足临床需求[16]。

Sirius 测量方面,ICL V4c 也可能会影响其测量 ACD 时出现偏差。Sirius 通过特定的光学原理测量眼前节参数,ICL V4c 的存在干扰了其测量光线的传播路径,从而导致测量结果出现偏差。但同样,这种偏差也不影响计算 IOL 度数[17]。

另外,也有研究也得到了相似的结论。研究指出,角膜屈光度及 ACD 的测量可能受 ICL-V4c 植入的影响,IOLMaster 500 通过 SRK-T、HolladayI、Haigis、Hoffer-Q 公式计算 IOL 度数不受 ICL-V4c 的植入的影响。这进一步证实了 ICL V4c 虽然会对部分眼前节测量参数产生影响,但在 IOL 度数计算方面,现有测量设备和计算方法能够有效克服这些影响,为屈光性白内障手术提供准确的 IOL 度数,保障手术效果[18][19]。

4. ICL V4c 晶体植入术与其他近视矫正方法的比较

4.1. 与 Smile 及 LASIK 相比

在近视矫正领域,与 Smile (Small Incision Lenticule Extraction, 全飞秒激光小切口基质透镜切除术)及 LASIK 相比,ICL V4c 晶体植入术在矫正中低度近视和高度近视方面都展现出优异的效果。

对于中低度近视患者,ICL V4c 晶体植入术能有效提高视力,改善视觉质量。多项临床研究对比了 ICL V4c、Smile 和 LASIK 在中低度近视矫正中的效果[20][21]。在术后视力恢复方面,ICL V4c 晶体植入术患者术后视力提升迅速,且视力稳定性好。与 Smile 和 LASIK 相比[22],ICL V4c 在术后早期视力恢复方面具有一定优势,患者能够更快地恢复正常生活和工作。在视觉质量方面,ICL V4c 晶体植入术不改变角膜的自然形态和生理结构,避免了角膜切削可能带来的像差增加等问题,从而在对比敏感度、眩光等视觉质量指标上表现出色[23][24]。例如,在夜间视觉环境下,ICL V4c 晶体植入术患者出现眩光、光晕等不适症状的概率相对较低,能够更清晰地视物,提高夜间活动的安全性。

对于高度近视患者,ICL V4c 晶体植入术的优势更为显著。高度近视患者通常伴有眼轴延长、眼底病变等问题,角膜屈光手术在矫正高度近视时存在一定局限性,如角膜切削过多可能导致角膜扩张等并发症。而 ICL V4c 晶体植入术通过将晶体植入眼内,能够有效矫正高度近视,且不影响角膜的生物力学稳定性[25]。研究表明,ICL V4c 晶体植入术对于高度近视患者的视力矫正效果显著,能够大幅提高患者的视力,同时减少因高度近视引起的眼底并发症的发生风险。与 Smile 和 LASIK 相比,ICL V4c 在矫正高度近视时,术后视力提升幅度更大,视觉质量改善更明显,且安全性更高,为高度近视患者提供了一种可靠的近视矫正选择[26]。

在散光矫正方面,TICL 矫正散光更为精准。散光患者的眼球在不同子午线方向上的屈光力不同,导致视物模糊。TICL 作为一种特殊设计的 ICL,能够有效矫正散光。与传统的散光矫正方式相比,TICL 具有更高的精准度[27]。

TICL 通过精确的轴向定位,能够更好地匹配散光患者眼球的不规则屈光状态[28]。在手术过程中,医生会根据患者散光的轴向和度数,精准地植入 TICL,使其与眼球的散光轴位相契合,从而实现更精准的散光矫正。临床研究数据显示,TICL 矫正散光后,患者的视力提升效果明显,散光残留度数更小。例如,一项针对散光患者的研究发现,接受 TICL 矫正后,大部分患者的散光度数得到有效矫正,视力显著提高,且视觉质量得到明显改善[29]。相比之下,传统的散光矫正方式,如框架眼镜或普通隐形眼镜,可能无法完全消除散光带来的视觉干扰,而角膜屈光手术在矫正高度散光时也存在一定难度。TICL 的出现为散光患者提供了一种更精准、更有效的矫正方法,能够满足患者对高质量视觉的需求。

ICL V4c 晶体植入术与角膜屈光手术在多个方面存在差异。角膜屈光手术,如 LASIK、PRK

(Photorefractive Keratectomy)等, 是通过切削角膜组织来改变角膜的曲率, 从而矫正近视。而 ICL V4c 晶体植入术则是将 ICL V4c 晶体植入眼内, 不切削角膜, 保留了角膜的完整性[30]。

从矫正范围来看, 角膜屈光手术对于中低度近视的矫正效果较好, 但对于高度近视和超高度近视, 由于需要切削较多的角膜组织, 可能会影响角膜的生物力学稳定性, 存在一定的风险。ICL V4c 晶体植入术则可以矫正更大范围的屈光不正, 尤其适用于高度近视和角膜较薄的患者。例如, 对于近视度数超过 1000 度的患者, 角膜屈光手术可能无法完全矫正, 且风险较大, 而 ICL V4c 晶体植入术能够有效矫正视力, 且安全性较高[31] [32]。

在视觉质量方面, 角膜屈光手术可能会改变角膜的表面形态, 导致像差增加, 在夜间或暗光环境下, 患者可能会出现眩光、光晕等视觉干扰症状。ICL V4c 晶体植入术由于不改变角膜的自然形态, 能够较好地维持角膜的光学性能, 术后视觉质量较高, 夜间视觉效果相对较好[33]。

手术的可逆性也是两者的重要区别。角膜屈光手术切削掉的角膜组织不可再生, 手术具有不可逆性。如果术后出现视力回退或其他问题, 很难进行再次矫正。ICL V4c 晶体植入术则具有较好的可逆性, 若术后出现不适或需要更换晶体, 可以通过手术将 ICL V4c 晶体取出或更换, 对眼内组织的影响相对较小。

4.2. 与其他晶体植入手术的比较

除了 ICL V4c 晶体植入术, 还有其他类型的晶体植入手术, 如前房型人工晶状体植入术[34]。与前房型人工晶状体植入术相比, ICL V4c 晶体植入术具有一些独特的优势。前房型人工晶状体植入术是将晶体植入前房, 而 ICL V4c 晶体植入术是将晶体植入后房, 位于虹膜和晶状体之间。后房的位置更接近自然晶状体的位置, 对眼内结构的影响相对较小, 能够更好地维持眼内的生理环境。

从并发症方面来看, 前房型人工晶状体植入术可能会引起一些与前房相关的并发症, 如角膜内皮损伤、虹膜损伤、眼压升高等[35]。由于前房型人工晶状体与角膜内皮和虹膜距离较近, 在手术操作和术后, 可能会对这些组织造成摩擦或压迫, 导致相应的并发症。ICL V4c 晶体植入术由于位于后房, 减少了对角膜内皮和虹膜的直接影响, 降低了这些并发症的发生风险。此外, ICL V4c 晶体的设计和材料也使其具有更好的生物相容性, 进一步减少了并发症的发生。

在手术操作难度方面, ICL V4c 晶体植入术相对更具挑战性, 需要手术医生具备更高的技术水平和经验。但随着手术技术的不断发展和医生经验的积累, ICL V4c 晶体植入术的手术安全性和效果得到了有效保障。

4.3. 与戴镜矫正相比

与戴镜矫正相比, ICL V4c 晶体植入术在视力和视觉质量方面具有显著优势。戴镜矫正虽然是一种常见的视力矫正方式, 但存在诸多不便之处。框架眼镜会影响患者的外观, 且在运动、生活中容易受到碰撞、滑落等影响; 隐形眼镜虽然能避免框架眼镜的部分问题, 但需要定期清洗、更换, 且长时间佩戴可能会引起眼部不适, 如干涩、感染等。

ICL V4c 晶体植入术则为患者提供了一种更便捷、更高效的视力矫正选择。术后, 患者无需再依赖眼镜或隐形眼镜, 能够恢复清晰的视力, 极大地提高了生活质量[36]。在视觉质量方面, ICL V4c 晶体植入术能够有效改善患者的视觉体验。由于 ICL V4c 的特殊材料和设计, 它具有良好的光学性能, 能够减少像差, 提高对比敏感度, 使患者在不同环境下都能获得清晰、锐利的视觉效果[33]。例如, 在阅读、驾驶等日常活动中, ICL V4c 晶体植入术患者能够更轻松看清物体, 减少视觉疲劳。而且, ICL V4c 晶体植入术对周边视力的影响较小, 患者的视野范围更广阔, 相比戴镜矫正, 能更好地满足患者在日常生活和工作中的视觉需求。

5. 术后并发症

5.1. 常见并发症

5.1.1. 晶体旋转

晶体旋转是 ICL V4c 晶体植入术后的常见并发症之一，尤其是对于 TICL。如前文所述，TICL 旋转超过 10° 就可能导致视力下降，旋转达到 30° 时，散光矫正效果会完全丧失。晶体旋转的原因较为复杂，与多种因素相关。手术操作过程中，若晶体植入位置不准确，可能导致晶体在眼内不稳定，增加旋转的风险。患者的眼部解剖结构特点，如睫状沟的形态、宽度等，也会影响晶体的稳定性。如果睫状沟形态不规则或宽度异常，可能无法为晶体提供稳定的支撑，从而使晶体容易发生旋转。另外，术后患者的用眼习惯和眼部活动也可能对晶体位置产生影响。剧烈运动、眼部受到外力撞击等，都可能导致晶体旋转[37]。为了减少晶体旋转的发生，手术医生在操作过程中需要精准植入晶体，确保其位置准确；患者术后应遵循医嘱，避免剧烈运动和眼部外伤，定期进行复查，以便及时发现和处理晶体旋转问题。

5.1.2. 色素 Dispersion 综合征

色素 dispersion 综合征也是 ICL V4c 晶体植入术后可能出现的并发症。在手术过程中，ICL V4c 与眼内组织的接触或摩擦可能导致虹膜色素上皮细胞受损，释放出色素颗粒。这些色素颗粒会进入房水，并沉积在小梁网等眼内结构上，影响房水的正常排出，进而导致眼压升高[33] [37]。色素 dispersion 综合征的发生与多种因素有关，晶体的设计和材质、手术操作的精细程度以及患者的个体差异等都可能影响其发生风险。一些研究表明，ICL V4c 的表面光滑度和与眼内组织的相容性可能会影响色素颗粒的释放。如果晶体表面不够光滑，可能会增加与眼内组织的摩擦，导致更多的色素颗粒释放。手术操作过程中，若对虹膜等组织的损伤较大，也会增加色素 dispersion 综合征的发生概率。对于患者来说，术后应密切关注眼压变化，定期进行眼压测量和眼部检查，以便早期发现和治疗色素 dispersion 综合征，避免眼压过高对视力造成损害[38]。

5.1.3. 白内障

白内障是 ICL V4c 晶体植入术后的一种较为严重的并发症，但总体发生率相对较低。早期白内障的发生可能与手术创伤有关，在晶体植入过程中，器械对晶状体的触碰、挤压等操作可能会损伤晶状体组织，引发白内障。手术中如果操作不够精细，导致晶状体前囊膜或后囊膜受损，会增加白内障的发生风险[39]。而晚期白内障的发生则可能与 ICL V4c 长期与晶状体接触有关。ICL V4c 与晶状体之间的距离过近或长期的摩擦，可能会影响晶状体的代谢和营养供应，导致晶状体混浊，进而发展为白内障[39] [40]。患者的年龄、近视度数等因素也会影响白内障的发生风险。年龄较大的患者，晶状体本身的代谢功能逐渐下降，对 ICL V4c 的耐受性相对较差，发生白内障的风险相对较高。高度近视患者由于眼内结构的特殊性，晶状体更容易受到影响，也会增加白内障的发生概率。为了降低白内障的发生风险，手术医生在操作过程中应尽量减少对晶状体的损伤，术后密切观察患者晶状体的变化，对于高风险患者，可适当增加复查频率，以便及时发现和处理白内障问题[41]。

5.2. 并发症的预防和处理

针对 ICL V4c 晶体植入术后可能出现的并发症，有一系列的预防和处理措施。

在预防方面，术前的严格评估至关重要。医生需要对患者进行全面的眼部检查，包括角膜内皮细胞密度、前房深度、虹膜形态、晶状体状况等，以筛选出适合手术的患者[42]。对于角膜内皮细胞密度较低的患者，手术可能会增加角膜内皮细胞损伤的风险，因此需要谨慎考虑手术的可行性。准确测量眼部参数，选择合适的 ICL V4c 型号和规格，也是预防并发症的关键。根据患者的角膜直径、前房深度等参数，

选择尺寸匹配的 ICL V4c, 可减少晶体旋转、拱高异常等问题的发生。同时, 手术医生的操作技术和经验也起着重要作用。熟练、精细的手术操作能够减少对眼内组织的损伤, 降低并发症的发生率[43]。

当并发症发生时, 及时有效的处理十分关键。对于晶体旋转, 如果旋转度数较小且对视力影响不大, 可先观察, 部分患者的晶体可能会自行恢复稳定。若旋转度数较大, 影响视力和散光矫正效果, 则需进行手术调整。目前常用的方法是在手术显微镜下, 通过特殊的器械对晶体进行旋转复位, 使晶体回到正确的位置[44]。对于色素 dispersion 综合征, 早期发现后, 可通过药物治疗降低眼压, 如使用降眼压眼药水。若药物治疗效果不佳, 可能需要进行手术干预, 如激光小梁成形术, 以改善房水排出, 降低眼压。对于白内障, 若白内障程度较轻, 对视力影响较小, 可定期观察。当白内障发展到一定程度, 明显影响视力时, 则需要进行白内障手术, 取出混浊的晶状体, 并根据患者情况植入合适的人工晶状体。

6. 结论

ICL V4c 晶体植入术作为一种先进的近视矫正手术, 在安全性、对 IOL 度数计算的影响、视力与视觉质量等方面展现出诸多优势, 为近视患者尤其是高度屈光不正和角膜较薄的患者提供了可靠的选择。虽然术后可能会出现一些并发症, 但通过严格的术前评估、精细的手术操作和及时的术后处理, 可以有效预防和应对。影响手术效果的因素众多, 包括患者自身因素、手术操作因素和 ICL V4c 晶体因素等, 因此在临床实践中需要综合考虑这些因素, 以提高手术成功率和患者满意度。与其他近视矫正方法相比, ICL V4c 晶体植入术具有独特的优势, 如矫正范围广、视觉质量高、手术可逆性好等。展望未来, 随着技术的不断进步, ICL V4c 晶体植入术有望在材料、设计、手术技术和适应证等方面取得更大的突破, 为近视矫正领域带来新的发展机遇, 帮助更多患者恢复清晰视力, 提高生活质量。然而, 目前仍有一些问题需要进一步研究和解决, 如进一步降低并发症的发生率、优化手术流程等, 这需要眼科医生、科研人员和相关企业共同努力, 推动 ICL V4c 晶体植入术不断完善和发展。

参考文献

- [1] Holden, B.A., Fricke, T.R., Wilson, D.A., Jong, M., Naidoo, K.S., Sankaridurg, P., *et al.* (2016) Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*, **123**, 1036-1042. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2016.01.006>
- [2] Chen, X., Rao, J., Chen, Y., Gao, Y., Huang, R. and Zhou, Q. (2023) Long-Term Observation on Safety and Visual Quality of Implantable Collamer Lens V4c Implantation for Myopia Correction: A 5-Year Follow-Up. *International Journal of Ophthalmology*, **16**, 1123-1129. <https://doi.org/10.18240/ijo.2023.07.18>
- [3] Chen, D., Zhao, X., Chou, Y. and Luo, Y. (2022) 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. *Journal of Refractive Surgery*, **38**, 332-338. <https://doi.org/10.3928/1081597x-20220411-01>
- [4] Long, Y., Li, X., Zhou, T., Ye, B., Guo, D. and Shen, Y. (2022) Short-Term Evaluation of Visual Quality, Amplitude of Accommodation, and Stereoacuity between Patients with Moderate-to-High Myopia Who Underwent ICL V4c Implantation and Smile. *Journal of Refractive Surgery*, **38**, 632-640. <https://doi.org/10.3928/1081597x-20220919-02>
- [5] Wan, Q., He, P., Wei, R., Ma, K., Yin, H., Tang, J., *et al.* (2024) Long-Term Observation of V4c Implantable Collamer Lenses Implantation for Moderate to Extreme High Myopia Correction: Five Years Follow-Up. *Eye*, **38**, 1933-1940. <https://doi.org/10.1038/s41433-024-03046-9>
- [6] Wei, R., Li, M., Aruma, A., Knorz, M.C., Yang, D., Yu, Y., *et al.* (2022) Factors Leading to Realignment or Exchange after Implantable Collamer Lens Implantation in 10 258 Eyes. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, **48**, 1190-1196. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000000950>
- [7] Wang, Q., Fan, L. and Zhou, Q. (2023) The Best Choice for Low and Moderate Myopia Patients Incapable for Corneal Refractive Surgery: Implantation of a Posterior Chamber Phakic Intraocular Lens. *International Ophthalmology*, **43**, 575-581. <https://doi.org/10.1007/s10792-022-02459-3>
- [8] Niu, L., Miao, H., Han, T., Ding, L., Wang, X. and Zhou, X. (2019) Visual Outcomes of Visian ICL Implantation for High Myopia in Patients with Shallow Anterior Chamber Depth. *BMC Ophthalmology*, **19**, Article No. 121. <https://doi.org/10.1186/s12886-019-1132-z>

- [9] Xu, W., Song, Z., Huang, Y., Tao, Y., Wang, J., Wang, L., *et al.* (2020) Long-Term Outcomes of Retinal Detachment in Phakic Eyes after Implantation of Implantable Collamer Lens V4c for High Myopia Correction. *Frontiers in Medicine*, 7, Article ID: 582633. <https://doi.org/10.3389/fmed.2020.582633>
- [10] Chen, X., Wang, X., Xu, Y., Cheng, M., Han, T., Wang, X., *et al.* (2022) Long-Term Comparison of Vault and Complications of Implantable Collamer Lens with and without a Central Hole for High Myopia Correction: 5 Years. *Current Eye Research*, 47, 540-546. <https://doi.org/10.1080/02713683.2021.2012202>
- [11] Cao, W., Zhang, S., Liu, Q., Zhou, J. and Yuan, X. (2023) Changes of Dysfunctional Lens Index before and after Implantable Collamer Lens V4c Implantation in Patients with Moderate-to-High Myopia. *International Ophthalmology*, 43, 4111-4120. <https://doi.org/10.1007/s10792-023-02812-0>
- [12] Wei, R., Li, M., Zhang, H., Aruma, A., Miao, H., Wang, X., *et al.* (2020) 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 Ophthalmologica*, 98, e943-e50. <https://doi.org/10.1111/aos.14459>
- [13] Xue, L.-F. and He, T.-G. (2023) Research Progress on Position Stability and Visual Quality Changes in the Eye after Implantable Col-Lamer Lens Implantation. *International Eye Science*, 2, 28-31.
- [14] Chen, X., Zhang, D., Liu, Z., Liu, Y., Cai, H., Wu, Q., *et al.* (2021) Effect of Implantable Collamer Lens on Anterior Segment Measurement and Intraocular Lens Power Calculation Based on Iolmaster 700 and Sirius. *Journal of Ophthalmology*, 2021, Article ID: 8988479. <https://doi.org/10.1155/2021/8988479>
- [15] Zhu, J., Guo, D., Jin, L., Zhou, T., Shan, S., Zhu, H., *et al.* (2023) Comparison of Higher-Order Aberrations between Implantable Collamer Lens V4c Implantation and Simulated Spectacle Correction in Patients with High Myopia. *Journal Français d'Ophthalmologie*, 46, 630-638. <https://doi.org/10.1016/j.jfo.2022.11.024>
- [16] Zhang, D., Yang, M., Liu, Z., Cai, H., Chen, X. and Zhang, C. (2022) The Effect of Implantable Collamer Lens V4c on Ocular Biometric Measurements and Intraocular Lens Power Calculation Based on Pentacam-Axl and Iolmaster 500. *BMC Ophthalmology*, 22, Article No. 421. <https://doi.org/10.1186/s12886-022-02644-z>
- [17] Salouti, R., Nazarpour-Servak, M., Salouti, K., Ghoreyshi, M. and Nowroozzadeh, M.H. (2024) Comparison of Ocular Biometric Measurements and Intraocular Lens Power Calculation Using Different Methods in Eyes with Implantable Collamer Lenses. *Scientific Reports*, 14, Article No. 24006. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-74880-w>
- [18] Xi, W., Yang, M., Wan, J., Wang, Y., Qiao, Y., Huang, X., *et al.* (2022) Effect of Pupil Dilation on Biometry Measurements and Intraocular Lens Power in Eyes with High Myopia. *Frontiers in Medicine*, 9, Article ID: 963599. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.963599>
- [19] Fan, R., Chan, T.C., Prakash, G. and Jhanji, V. (2018) Applications of Corneal Topography and Tomography: A Review. *Clinical & Experimental Ophthalmology*, 46, 133-146. <https://doi.org/10.1111/ceo.13136>
- [20] Aruma, A., Li, M., Choi, J., Miao, H., Wei, R., Yang, D., *et al.* (2021) Visual Outcomes after Small Incision Lenticule Extraction and Implantable Collamer Lens V4c for Moderate Myopia: 1-Year Results. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 259, 2431-2440. <https://doi.org/10.1007/s00417-020-04982-4>
- [21] Huang, L. and Yang, Z. (2022) Application Progress of Smile Surgery and V4c ICL Implantation in the Treatment of High Myopia. *Archives of Clinical Psychiatry*, 49, 266-270.
- [22] Alshamrani, A.A. and Alharbi, S.S. (2019) Phakic Intraocular Lens Implantation for the Correction of Hyperopia. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 45, 1503-1511. <https://doi.org/10.1016/j.jcers.2019.05.051>
- [23] Luo, W., Aruma, A., Li, M., Wang, J., Xie, J., Xiao, X., *et al.* (2023) Four-Year Visual Outcomes and Optical Quality of SMILE and Implantable Collamer Lens V4c (EVO-ICL) Implantation for High Myopia: A Retrospective Study. *BMC Ophthalmology*, 23, Article No. 341. <https://doi.org/10.1186/s12886-023-03050-9>
- [24] Niu, L., Miao, H., Tian, M., Fu, D., Wang, X. and Zhou, X. (2020) 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 Ophthalmologica*, 98, e662-e667. <https://doi.org/10.1111/aos.14344>
- [25] Sinha, R., Daga, J., Sahay, P., Gupta, V., Agarwal, T., Sharma, N., *et al.* (2025) Visual Outcomes with Implantable Collamer Lens versus Small Incision Lenticule Extraction in Moderate-High Myopia: A Pilot Study. *Indian Journal of Ophthalmology*, 73, 115-121. https://doi.org/10.4103/ijo.ijo_908_24
- [26] Yao, J., Feng, J., Li, W., Liu, C., Li, Y. and Wang, X. (2024) SMILE and ICL Implantation on the Ocular Surface and Meibomian Glands in Patients with Postoperative Myopia. *BMC Ophthalmology*, 24, Article No. 522. <https://doi.org/10.1186/s12886-024-03790-2>
- [27] Zhu, M., Zhu, L., Zhu, Q., Xu, C., Yu, P., Xiao, H., *et al.* (2020) Clinical Effect and Rotational Stability of TICL in the Treatment of Myopic Astigmatism. *Journal of Ophthalmology*, 2020, Article ID: 3095302. <https://doi.org/10.1155/2020/3095302>
- [28] Pérez-Vives, C., Domínguez-Vicent, A., Madrid-Costa, D., Ferrer-Blasco, T. and Montés-Micó, R. (2013) Myopic Astigmatism Correction: Comparison of a Toric Implantable Collamer Lens and a Bioptics Technique by an Adaptive Optics

- Visual Simulator. *Ophthalmic and Physiological Optics*, **33**, 114-122. <https://doi.org/10.1111/opo.12019>
- [29] Bohac, M., Biscevic, A., Gabric, I., Gabric, K., Shijakova, V. and Patel, S. (2022) A Critical Evaluation of Longitudinal Changes of Astigmatism Following Implantation of Toric Implantable Collamer Lens (TICL): A Comparison between Treated and Untreated Cases over 4 Years. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, **260**, 1377-1386. <https://doi.org/10.1007/s00417-021-05449-w>
- [30] Sun, L., Zhang, X., Ding, L., Shen, Y., Qian, Y. and Zhou, X. (2022) Influence of Ocular Residual Astigmatism on the Correction of Myopic Astigmatism by Toric Implantable Collamer Lens: A Comparative Study with Femtosecond Laser Small Incision Lenticule Extraction. *Frontiers in Medicine*, **9**, Article ID: 828492. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.828492>
- [31] Kalra, N., Asif, M.I., Bafna, R.K., Sharma, N. and Sinha, R. (2021) Posterior Chamber Phakic Intraocular Lens Implantation for Refractive Correction in Corneal Ectatic Disorders: A Review. *Journal of Refractive Surgery*, **37**, 351-359. <https://doi.org/10.3928/1081597x-20210115-03>
- [32] Jonker, S.R., Berendschot, T.J.M., Saelens, I.Y., Bauer, N.C. and Nuijts, R.M.A. (2020) Phakic Intraocular Lenses: An Overview. *Indian Journal of Ophthalmology*, **68**, 2779-27796. https://doi.org/10.4103/ijo.ijo_2995_20
- [33] Gong, D., Deng, S., Dang, K., Yan, Z. and Wang, J. (2024) Causes and Management Strategies for Elevated Intraocular Pressure after Implantable Collamer Lens Implantation. *Frontiers in Medicine*, **11**, Article ID: 1351272. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1351272>
- [34] Raju, N.S.D. (1989) Anterior Chamber Intra Ocular Lens Implantation. *Indian Journal of Ophthalmology*, **37**, 73-74.
- [35] Sawada, T., Kimura, W., Kimura, T., Suga, H., Ohte, A., Yamanishi, S., et al. (1998) Long-Term Follow-Up of Primary Anterior Chamber Phakic Intraocular Lens Implantation. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, **24**, 1515-1520. [https://doi.org/10.1016/s0886-3350\(98\)80176-4](https://doi.org/10.1016/s0886-3350(98)80176-4)
- [36] Ning, J., Zhang, Q., Liang, W., Zhang, R., Xing, Z., Jin, L., et al. (2024) Bibliometric and Visualized Analysis of Posterior Chamber Phakic Intraocular Lens Research between 2003 and 2023. *Frontiers in Medicine*, **11**, Article ID: 1391327. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1391327>
- [37] Zhang, H., Gong, R., Zhang, X. and Deng, Y. (2022) Analysis of Perioperative Problems Related to Intraocular Implantable Collamer Lens (ICL) Implantation. *International Ophthalmology*, **42**, 3625-3641. <https://doi.org/10.1007/s10792-022-02355-w>
- [38] Packer, M. (2018) The Implantable Collamer Lens with a Central Port: Review of the Literature. *Clinical Ophthalmology*, **12**, 2427-2438. <https://doi.org/10.2147/ophth.s188785>
- [39] Fernandes, P., González-Méijome, J.M., Madrid-Costa, D., Ferrer-Blasco, T., Jorge, J. and Montés-Micó, R. (2011) Implantable Collamer Posterior Chamber Intraocular Lenses: A Review of Potential Complications. *Journal of Refractive Surgery*, **27**, 765-776. <https://doi.org/10.3928/1081597x-20110617-01>
- [40] Zhang, P., Guo, C., Wang, S., Jiang, W., Wang, D. and Yan, H. (2024) Influencing Factors Comparing Different Vault Groups after Phakic Implantable Collamer Lens Implantation: Review and Meta-Analysis. *BMC Ophthalmology*, **24**, Article No. 70. <https://doi.org/10.1186/s12886-024-03325-9>
- [41] Montés-Micó, R., Pastor-Pascual, F., Artiaga-Elordi, E., Ruiz-Mesa, R. and Tañá-Rivero, P. (2021) *In Vivo* Optical Quality of Posterior-Chamber Phakic Implantable Collamer Lenses with a Central Port. *Eye and Vision*, **8**, Article No. 30. <https://doi.org/10.1186/s40662-021-00251-5>
- [42] Wannapanich, T., Kasetsuwan, N. and Reinprayoon, U. (2023) Intraocular Implantable Collamer Lens with a Central Hole Implantation: Safety, Efficacy, and Patient Outcomes. *Clinical Ophthalmology*, **17**, 969-980. <https://doi.org/10.2147/ophth.s379856>
- [43] Wang, X. and Zhou, X. (2016) Update on Treating High Myopia with Implantable Collamer Lenses. *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology*, **5**, 445-449. <https://doi.org/10.1097/apo.0000000000000235>
- [44] Mimouni, M., Alió del Barrio, J.L. and Alió, J.L. (2020) Occlusion of Aquaport Flow in a Case of Toxic Anterior Segment Syndrome Following Implantable Collamer Lens Surgery Causing Severe Pupillary Block. *Journal of Refractive Surgery*, **36**, 856-859. <https://doi.org/10.3928/1081597x-20201015-01>