中山大学 中山眼科中心 ZHONGSHAN OPHTHALMIC CENTER, SUN YAT-SEN UNIVERSITY

全文收录于 Lighthouse Scholar

眼科学报

官网：journal.gzzoc.org.cn



doi: 10.12419/25050503
View this article at: https://doi.org/10.12419/25050503

• 综　述 •

散光型人工晶状体在囊袋结构损伤患者中的应用及进展

陈业胜 综述，苏定旺 审核

(中山市第六人民医院, 中山市火炬开发区人民医院眼科, 中山 528437)

文章亮点

1. 关键发现

• 本文系统总结了囊袋损伤患者植入散光型人工晶状体 (Toric intraocular lens, Toric IOL) 的主要手术策略：1）虹膜固定、经巩膜缝线固定、巩膜层间固定等传统方法在囊袋结构损伤患者中仍具有应用价值；2）新型人工晶状体（如 Carlevale IOL）的出现为囊袋损伤患者使用 Toric IOL 提供了更稳定的选择；3）在囊袋不稳定患者中，使用囊袋张力环和囊袋拉钩等辅助装置可有效保持囊袋完整性，实现 Toric IOL 的稳定植入。

2. 已知与发现

• 既往认为虹膜固定型 IOL 曾是囊袋损伤后的常用选择，但因相关并发症而使其应用逐渐受限。尽管人工晶状体悬吊技术不断进步，但其在 Toric IOL 中的应用仍较少。本综述发现，传统方法如经巩膜固定和巩膜层间固定亦可成功用于 Toric IOL 悬吊植入。新型 Carlevale IOL 在囊袋损伤患者中表现出更高的稳定性，表明辅助植入物可为 Toric IOL 提供重要的结构支持。囊袋结构损伤本身并非 Toric IOL 植入的禁忌证。

3. 意义与改变

• 本综述意义如下：1）系统归纳了囊袋损伤伴高度散光患者植入 Toric IOL 的多种术式，为临床实践提供可行参考；2）倡导通过辅助技术增强囊袋稳定性，提高手术效果；3）目前仍缺乏大型队列研究比较不同术式的优劣，未来需开展更严谨的研究以评估 Toric IOL 在囊袋损伤患者中的长期稳定性。

[摘　要]　散光是一种常见的屈光不正类型，对于伴有白内障的患者，植入散光型人工晶状体 (Toric intraocular lens, Toric IOL) 是一种有效的解决方法。但对于囊袋结构损伤的患者植入 Toric IOL，面临着缺乏囊袋支持及保持晶状体稳定性的双重挑战。本文系统综述 Toric IOL 在囊袋损伤患者中的新型固定策略，分析虹膜固定型人工晶状体 (Iris-claw IOL) 植入术、经巩膜缝线固定术 (transscleral suture fixation, TSF)、巩膜层间固定术 (intrascleral intraocular lens fixation) 及眼内植入材料的技术特征。其中虹膜固定型 IOL 曾是囊袋损伤时的首选植入方法，其主要依靠前房结构的完整性，然而由于对角膜内皮损伤而逐渐减少使用。TSF 应用较为广泛，部分小队列研究证实 TSF 固定 Toric IOL 的长期效果，然而与缝线相关的并发症不可忽视。巩膜层间固定术是基于 IOL 襻作为锚定装置的固定术，特别设计的 Carlevale

收稿日期(Received): 2025-05-14; **修订日期(Revised):** 2025-07-01; **接收日期(Accepted):** 2025-07-21

通信作者(Corresponding author): 苏定旺，Email: gogoosu@139.com

作者贡献声明: 1) 构思设计：陈业胜，苏定旺；2) 行政支持：苏定旺；3) 提供研究材料：陈业胜；4) 数据收集与汇总：陈业胜；5) 数据分析与解读：陈业胜，苏定旺；6) 稿件撰写：陈业胜；7) 稿件最终修订与同意：所有作者

Contributions: Conception and design: CHEN Yesheng, SU Dingwang; Administrative support: SU Dingwang; Provision of study materials: CHEN Yesheng; Collection and assembly of data: CHEN Yesheng; Data analysis and interpretation: CHEN Yesheng, SU Dingwang; Manuscript writing: CHEN Yesheng; Final approval of manuscript: Both authors

电子全文

IOL 在巩膜层间固定术取得了不错的效果，其 Toric 型具有应用前景。而眼内植入材料的开发例如囊袋张力环 (capsular tension ring, CTR)、囊袋拉钩等使得晶状体半脱位等手术的手术成功率上升，术后长期随访 IOL 稳定；此外，植入性囊袋拉钩配合囊袋张力环可使得人工晶状体-囊袋复合体脱位的重新复位成为可能。

[关键词] 囊袋结构损伤；散光型人工晶状体；人工晶状体悬吊术

[中图分类号] R779.66，R776.1，R779.6 **[文献标志码]** A

引用本文: 陈业胜, 苏定旺. 散光型人工晶状体在囊袋结构损伤患者中的应用及进展[J]. 眼科学报, 2025, 40(12): 985-992. DOI: 10.12419/25050503.

Development and management of surgical techniques for toric intraocular lenses in patients with compromised capsular integrity

CHEN Yesheng, SU Dingwang

(Department of ophthalmology, Zhongshan Sixth People's Hospital, Torch Development Zone People's Hospital, Zhongshan 528437, China)

Abstract Astigmatism is a common form of refractive error. For patients who also have cataracts, implanting a Toric intraocular lens (Toric IOL) offers an effective solution. However, in patients with compromised integrity of the capsular bag, Toric IOL implantation encounters the dual challenges of inadequate capsular support and difficulty in maintaining lens stability. Our article presents a systematic review of novel fixation strategies for Toric IOLs in patients with lens dislocation. It delves into an analysis of the technical characteristics of anterior chamber intraocular lenses (ACIOLs), transscleral suture fixation (TSF), intrascleral IOL fixation, and intraocular implant materials. Among these options, ACIOLs were once the preferred choice for implantation when capsular bag support was insufficient, primarily relying on the integrity of the anterior chamber structure. However, their use has gradually waned due to concerns over corneal endothelial damage. Transscleral suture fixation is more widely applied, and several small-scale cohort studies have validated the long-term effectiveness of this approach for Toric IOL fixation. Nevertheless, complications related to sutures remain a cause of concern. Scleral intrascleral fixation utilizes the IOL haptic as an anchor point. The specially designed Carlevale IOL performs exceptionally well with this technique, and its Toric model is particularly adept at correcting astigmatism, showing great potential. Moreover, advancements in intraocular implant materials, such as capsular tension rings (CTRs) and capsular hooks, have enhanced surgical success rates in cases of subluxated lenses, with long-term follow-up confirming the stability of the IOL. Furthermore, the combined use of implantable capsular hooks and CTRs facilitates the repositioning of late-displaced IOL-capsular bag complexes.

Keywords compromised capsular integrity; toric intraocular lens; scleral fixation of intraocular lens

Cite this article as: CHEN Yesheng, SU Dingwang. Development and management of surgical techniques for toric intraocular lenses in patients with compromised capsular integrity[J]. Yan Ke Xue Bao, 2025, 40(12): 985-992. DOI: 10.12419/25050503.

散光作为一种常见的屈光不正类型，其病理特征表现为角膜或晶状体表面曲率异常，导致入射光线无法在视网膜形成单一焦点，从而引发视物模糊。在白内障手术中，约 86.6% 的白内障患者术前即存在角膜散光，约 40.0% 的白内障患者的散光度数超过 1.00 屈光度 (diopter, D)[1]，针对合并角膜散光的患者，植入散光型人工晶状体 (Toric intraocular lens, Toric IOL) 可有效实现白内障清除与散光矫正的双重目标，减少术后散光，显著提升术后裸眼视力[2]。

目前 IOL 植入常依赖完整的囊袋结构来提供支撑平面，针对囊袋结构被破坏的患者，需要采用特殊手术方式。当前囊袋结构受损患者 IOL 植入与固定技术主要分为以下类型：前房型 IOL 植入术、IOL 巩膜缝线固定术、IOL 巩膜层间固定术或使用辅助性植入物[3]。上述术式通常需要结合患者眼部条件和不同类型 IOL 进行个性化选择。

既往的综述及队列研究已系统性探讨了 IOL 在囊袋结构受损患者中不同手术方式的优缺点[4]。针对合并高度散光的囊袋结构受损患者的 Toric IOL 植入的手术方式仍缺乏系统性总结。回顾性分析表明，在散光的白内障患者中，植入 Toric IOL 的患者满意度提高，同时使用眼镜的频率下降[5]。然而，Toric IOL 偏离轴位 30°会使得散光矫正效能消失，因此囊袋结构损伤患者的 Toric IOL 的植入和长期稳定性是值得研究的问题[6]。因此总结 Toric IOL 在囊袋受损患者中的手术技巧具有重要临床参考价值。通常囊袋受损患者的 Toric IOL 植入分为以下几种：虹膜固定型人工晶状体 (Iris-claw IOL) 植入、经巩膜缝线固定术 (transscleral suture fixation, TSF)、巩膜层间固定术 (intrascleral intraocular lens fixation) 及利用辅助性植入物协助固定。本文系统综述 Toric IOL 的固定策略，通过分析不同术式的技术特征与适应证，旨在为囊袋受损患者植入 Toric IOL 提供更多的临床经验及参考。

1　虹膜固定型人工晶状体

Iris-claw IOL 的发展历程可以追溯到 20 世纪 70 年代[7]。1978 年 Worst 等提出了 Iris-claw IOL 的概念，并在 1980 年开发了专门用于矫正无晶状体眼的 Iris-claw IOL[8]。Iris-claw IOL 不依赖于囊袋、睫状沟或巩膜等结构提供支撑，而是通过其特有的襻顶端缝隙形成“爪状”结构，将虹膜组织嵌于其中达到抓持固定效果。

在该晶体应用之初，主要是使用虹膜前固定法，即 IOL 经角膜切口进入前房后，利用 enclavation 针 (一种带有弯弧及锐利针尖的眼科仪器) 完成 IOL 爪结构与虹膜前表面的夹持，其 Toric 型号也应用广泛[9]。在一项短期随访研究中发现，在近视患者中的术前平均散光为 (–1.82±0.96) D，在植入 Toric IOL 半年后复查结果为 (–0.18±0.30) D [10]。一项十年随访研究显示，对于植入 Toric 虹膜固定型 IOL 的患者，术后 10 年与术后 1 年相比，其柱镜度数变化为 (0.31±0.50) D (P=0.29)，具有长期稳定性[11]。多项队列研究一致表明，虹膜爪型 IOL 应用于囊袋缺失的无晶状体眼矫正治疗具有良好疗效，患者术后矫正视力显著提升[12-13]。虹膜爪型 IOL 的固定主要依赖于虹膜结构的完整性，因此其在矫正散光方面的效果可与有晶状体眼 IOL 植入术相类比。然而长期随访发现，使用虹膜前固定法的患者出现了角膜内皮损伤等情况，这限制了虹膜固定型 IOL 的使用[14-15]。于是临床医生尝试将虹膜固定型 IOL 固定于虹膜背面，可以有效降低角膜内皮细胞的损伤[16-17]。虹膜后植入法在有晶状体眼中的 IOL 植入的散光矫正效果良好[18-19]，同时其在囊袋结构受损患者中植入的长期稳定性和安全性也得到验证[20-22]。但目前仍然缺少关于 Toric 型 ACIOL 在囊袋结构受损患者长期队列研究。然而，不论哪种植入法，均可能出现瞳孔变形、虹膜色素脱失、人工晶状体脱位或偏位、瞳孔阻滞性青光眼等并发症[23]。因此临床医生在选择该方法时需要综合考虑眼部情况。

2　经巩膜缝线固定术

1986 年 Masket 提出 TSF 悬吊 IOL，其核心原理是通过缝线将 IOL 襻部固定于睫状沟以实现光学面稳定。经过不断地改良，逐步发展为 IOL 悬吊的经典术式[24-25]。2007 年，Borkenstein 团队在 1 例曾进行穿透性角膜移植术合并无囊袋结构患者中植入 Toric IOL，在术中导航辅助轴位校准下顺利完成了 Toric IOL 的巩膜缝线固定，实现了角膜散光从-7.50 D 降至-1.25 D，尽管术后第 1 天发

现轴位偏差 10°，但在 2 年随访中未出现轴位再次偏倚，证实在囊袋结构受损情况下悬吊 Toric IOL 的可行性[26]。国内赵振全教授团队对 13 例悬吊了一片式 Toric IOL 的患者进行了回顾性分析。其研究团队通过术前精确测算和设计，使得悬吊的 Toric IOL 的散光轴位与术前标记保持一致。结果显示，术后最小分辨角对数提高 (术前为 0.55±0.32，术后为 0.45±0.34)；角膜散光得到有效矫正 [术前散光为 (2.51±1.67) D；术后散光为 (0.77±0.54) D]；人工晶状体平均旋转度为 (3.33±1.37)° (范围：1°~6°)[27]。其他研究者也在探索如何加强 Toric IOL 的稳定性。Arjmand 等[28]设计了多点缝线固定法，对 1 例曾做过 2 次 Toric IOL 悬吊术后均出现轴位偏倚的患者进行多点缝合固定，达到稳定其轴位效果，术后随访中轴位发生变化。巩膜缝线缝合法通常将缝线固定于 IOL 襻上，然而缝线本身可能造成 IOL 襻结构损伤，进而引发其他并发症。而韩国的 Eom 团队则创新性地提出了一种新型三点式光学部边缘穿刺巩膜层间固定术。在角膜缘后 2.5 mm 以 120°间隔标记 3 点。30 号针从穿刺口进入后房并穿刺 IOL 光学部边缘，将 7-0 聚丙烯缝线穿入针管，回抽针头带出缝线。接着，对缝线末端行高温烧灼形成凸缘；轻拉巩膜外缝线使凸缘嵌顿于 IOL 光学部表面后固定于巩膜，其术后平均散光为 (−0.25 ± 0.25) D；人工晶状体偏心的平均量为 (0.22 ± 0.05) mm。但是研究者也承认该方法需要进一步长期随访，并且该方法的学习成本不容忽视[29]。此外，对 IOL 光学部的穿刺操作本身即构成一种损害，其存在长期变性的风险。

虽然巩膜缝线固定术短期疗效显著，但长期随访研究显示，缝线相关并发症可能导致光学面倾斜风险增加，还可能出现迟发性 IOL 脱位[30-31]。研究者认为 8-0 不可吸收聚丙烯缝线可降低缝线相关并发症，拥有更广泛的应用场景[32]。

3 巩膜层间固定术

巩膜层间固定术 (intrascleral intraocular lens fixation) 是囊袋结构损伤患者常用的 IOL 植入术之一，由 Scharioth 于 2007 年首次开展，该术式通过将 IOL 襻直接锚定于巩膜层间或巩膜隧道中，避免了巩膜缝线固定术中缝线相关并发症[33]。随后，技术得到进一步改良，例如通过烧灼 IOL 襻端形成凸缘作为固定装置，减少了用于固定的 IOL 襻导致的结膜损伤[34]，并通过多中心研究验证了术后 IOL 稳定性与视力改善效果[35-36]。

然而，该术式对 IOL 襻的设计有特殊要求，常用的多为三片式 IOL。为此，近年来专为巩膜层间固定设计的 Carlevale IOL 应运而生并投入临床应用。其改良的襻结构显著提升了术中定位精度与术后稳定性。多中心回顾性研究显示，该 IOL 术后等效球镜度约为−0.3 D，且随访期间维持稳定[37-40]。Bamonte 团队比较了植入 Carlevale IOL 与虹膜固定型 IOL 的患者，发现 2 组在术源性散光及术后屈光等效球镜度与术前目标偏差方面差异均无统计学意义[41]。Carlevale IOL 系列同时推出了散光矫正型号，其轴位设计与 IOL 襻方位一致，这一特点使其在囊袋结构损伤患者中的应用具有可行性。然而，由于该晶体临床应用时间尚短，目前尚未有关于其 Toric 型的长期随访队列研究报道。此外，Carlevale IOL 术后早期并发症 (如前房积血) 及晚期并发症 (如襻暴露、断裂) 已有报道，甚至出现了晶体钙化现象[42-43]。因此，长期的随访观察及更多的队列研究亟需进行以保证其适用性[44-45]。

4 辅助性植入物

虽然虹膜固定型 IOL 植入及 IOL 悬吊术已较为成熟，但对于晶状体不全脱位或人工晶状体-囊袋复合体脱位的患者而言，完全舍弃囊袋或取出脱位的复合体并非首选方案，重建稳定的囊袋结构是此类手术成功的关键。1991 年，Hara 等[46]学者首次提出囊袋张力环 (capsular tension ring, CTR) 的概念，该装置采用开放式可压缩的聚甲基丙烯酸甲酯材料制成，直径略大于囊袋，置入后可使囊袋扩张并重新均匀分布张力。随后 Cionni 和 Osher 对 CTR 进行改良，在传统 CTR 基础上增加前囊固定孔，通过巩膜缝合固定实现了囊袋结构的长期稳定和 IOL 居中性[47-48]。一项纳入 1 631 眼的荟萃分析证实，植入 CTR 能减小 IOL 约 1.04°倾斜度及 0.82°旋转度，有效提高了 IOL 在囊袋内的稳定性[49]，此特点使得其可以应用于 Toric IOL 植入。多项小队列研究进一步揭示，在植入 Toric IOL 同时放置 CTR(平均旋转度：0.75°~1.85°)，

相较于仅放置 Toric IOL(平均旋转度 2.90°~4.02°)，能显著降低术后 Toric IOL 旋转度，提升晶体稳定性[50-51]。Kandar[52]曾为 1 例角膜移植术后伴−5.50 D 高度散光、因外伤导致晶状体半脱位的患者进行手术治疗，成功施行 Toric IOL 联合 CTR 植入，术后 10 个月随访显示：囊袋结构稳定，IOL 居中，残余散光为−1.75 D，证实该组合为晶状体半脱位伴高度散光提供了可靠选择。

尽管 CTR 可有效提升术后稳定性，但对于晶状体半脱位患者的手术而言，如何固定半脱位的囊袋仍是研究重点。2006 年，Nishimura 团队[53]研发的临时性 T 型囊袋稳定装置显著降低了复杂晶状体半脱位患者的超声乳化难度。此后，Yaguchi 等[54]学者进一步改进，开发出永久性 T 型植入装置，该 T 型钩永久固定在巩膜中，实现了更稳定、长久的囊袋复位效果。我国金海鹰教授团队在此技术基础上开发了植入性囊袋拉钩技术，成功应用于半脱位的人工晶状体-囊袋复合体重新复位病例[55]。其植入性囊袋拉钩可使用不同型号聚丙烯缝线通过热成型法制作而成，该技术具有操作简捷、手术时间短、创伤小等优势[56]。临床随访显示，所有患者最佳矫正视力均有改善，IOL 居中性保持良好，且未出现钩端侵蚀暴露等并发症，目前应用于不同脱位程度的晶状体全脱位及人工晶状体-囊袋复合体脱位病例[56-57]。尽管目前缺少利用该方法对 Toric IOL 囊袋复合体复位的临床报道，但其设计理念在 Toric IOL 的稳定性维持方面展现出潜在应用前景。

5　结语

目前针对囊袋结构损伤合并高度散光患者的 Toric IOL 植入已经越来越多。从传统 TSF 到新兴的巩膜层间固定术，以及在前房辅助性植入物的协助下保存囊袋结构并完成晶状体脱位的 IOL 植入及人工晶状体-囊袋复合体的复位，技术的迭代显著提升了 Toric IOL 的长期稳定性。然而，现有技术仍面临诸多挑战：缝线材料的降解、IOL 襻暴露或断裂的潜在风险、囊袋拉钩对囊袋的撕裂以及 Toric IOL 光学中心对齐的复杂性。同时，鉴于 Toric IOL 对轴位精确度的需要，存在比常规更复杂的操作，如何避免术源性损伤至关重要。

本综述主要回顾了当前文献中关于 Toric IOL 在囊袋损伤患者中报道的手术方法。在临床实践中，眼科医生需综合评估患者解剖条件、屈光需求及全身状况，优先选择创伤小、并发症可控的术式。合并高度散光的囊袋损伤患者 Toric IOL 的植入随着技术进步和社会的发展日益增多。对于不同技术在不同临床情况下的适用性，需要更多的研究来进一步证实。

声明

本稿件在研究和论文撰写中未使用生成式人工智能，所有作者对内容的真实性、完整性和科学性负责。所有科学贡献和智力劳动均由所有作者共同完成。

利益冲突

所有作者均声明不存在利益冲突。

开放获取声明

本文适用于知识共享许可协议 (Creative Commons)，允许第三方用户按照署名 (BY)-非商业性使用 (NC)-禁止演绎 (ND)(CC BY-NC-ND) 的方式共享，即允许第三方对本刊发表的文章进行复制、发行、展览、表演、放映、广播或通过信息网络向公众传播，但在这些过程中必须保留作者署名、仅限于非商业性目的、不得进行演绎创作。

参考文献

1. 宋旭东, 刘兆川. 重视散光矫正型人工晶状体的规范应用[J]. 中华眼科杂志, 2023, 59(2): 81-85. DOI: 10.3760/cma.j.cn112142-20221125-00599.
Song XD, Liu ZC. Attach importance to the standardized application of astigmatism correction intraocular lens[J]. Chin J Ophthalmol, 2023, 59(2): 81-85. DOI: 10.3760/cma.j.cn112142-20221125-00599.
2. Thulasidas M, Kadam A. Toric intraocular lens: a literature review[J]. Taiwan J Ophthalmol, 2024, 14(2): 197-208. DOI: 10.4103/tjo.tjo_43_21.
3. Shahid SM, Flores-Sánchez BC, Chan EW, et al. Scleral-fixated intraocular lens implants-evolution of surgical techniques and future developments[J]. Eye, 2021, 35(11): 2930-2961. DOI: 10.

1038/s41433-021-01571-5.

4. 靳光明, 郑丹莹. 人工晶状体悬吊术的过去现在与未来[J]. 眼科学报, 2023, 38(2): 77-82. DOI: 10.12419/j.issn.1000-4432.2023.02.01.
Jin GM, Zheng DY. Past, present and future of suspensory IOL implantation[J]. Yan Ke Xue Bao, 2023, 38(2): 77-82. DOI: 10.12419/j.issn.1000-4432.2023.02.01.
5. Agresta B, Knorz MC, Donatti C, et al. Visual acuity improvements after implantation of toric intraocular lenses in cataract patients with astigmatism: a systematic review[J]. BMC Ophthalmol, 2012, 12: 41. DOI: 10.1186/1471-2415-12-41.
6. Kramer BA, Berdahl JP, Hardten DR, et al. Residual astigmatism after toric intraocular lens implantation: Analysis of data from an online toric intraocular lens back-calculator[J]. J Cataract Refract Surg, 2016, 42(11): 1595-1601. DOI: 10.1016/j.jcrs.2016.09.017.
7. Oakley CL, Nigro MA, Vote BJ. Fifty-year follow-up and Strampelli anterior chamber intraocular lens[J]. GMS Ophthalmol Cases, 2015, 5: Doc06. DOI: 10.3205/oc000028.
8. Worst JG, van der Veen G, Los LI. Refractive surgery for high myopia. The Worst-Fechner biconcave iris claw lens[J]. Doc Ophthalmol, 1990, 75(3-4): 335-341. DOI: 10.1007/BF00164848.
9. Drolsum L. Long-term follow-up of secondary flexible, open-loop, anterior chamber intraocular lenses[J]. J Cataract Refract Surg, 2003, 29(3): 498-503. DOI: 10.1016/s0886-3350(02)01614-0.
10. Ruckhofer J, Seyeddain O, Dexl AK, et al. Correction of myopic astigmatism with a foldable iris-claw toric phakic intraocular lens: Short-term follow-up[J]. J Cataract Refract Surg, 2012, 38(4): 582-588. DOI: 10.1016/j.jcrs.2011.11.027.
11. Jonker SMR, Berendschot TTJM, Ronden AE, et al. Long-term changes in visual outcomes and ocular morphometrics after myopic and toric phakic intraocular lens implantation: Five- and 10-year results[J]. J Cataract Refract Surg, 2019, 45(10): 1470-1479. DOI: 10.1016/j.jcrs.2019.05.044.
12. Fuerst R, Trivedi RH, Wilson ME, et al. Prospective analysis of Artisan aphakia intraocular lens implantation for nontraumatic ectopia lentis in children[J]. J AAPOS, 2022, 26(4): 171. e1-171. e6. DOI: 10.1016/j.jaapos.2022.03.009.
13. De Silva SR, Arun K, Anandan M, et al. Iris-claw intraocular lenses to correct aphakia in the absence of capsule support[J]. J Cataract Refract Surg, 2011, 37(9): 1667-1672. DOI: 10.1016/j.jcrs.2011.03.051.
14. Jonker SMR, Berendschot TTJM, Ronden AE, et al. Five-year endothelial cell loss after implantation with artiflex myopia and artiflex toric phakic intraocular lenses[J]. Am J Ophthalmol, 2018, 194: 110-119. DOI: 10.1016/j.ajo.2018.07.015.
15. Jonker SMR, Berendschot TTJM, Ronden AE, et al. Long-term endothelial cell loss in patients with artisan myopia and artisan toric phakic intraocular lenses: 5- and 10-year results[J]. Ophthalmology, 2018, 125(4): 486-494. DOI: 10.1016/j.ophtha.2017.08.011.
16. Worst JGF. Iris claw lens[J]. Am Intra Ocul Implant Soc J, 1980, 6(2): 166-167. DOI: 10.1016/S0146-2776(80)80016-4.
17. Mohr A, Hengerer F, Eckardt C. Retropupillary fixation of the iris claw lens in aphakia. 1 year outcome of a new implantation techniques[J]. Ophthalmologe, 2002, 99(7): 580-583. DOI: 10.1007/s00347-001-0563-z.
18. Monteiro T, Pinto C, Franqueira N, et al. Efficacy and safety after toric posterior chamber implantable collamer lens and toric iris-fixated foldable phakic intraocular lens for myopic astigmatism[J]. J Refract Surg, 2022, 38(6): 339-347. DOI: 10.3928/1081597X-20220406-01.
19. Royo M, Jiménez Á, Martínez-Alberquilla I, et al. Eight-year follow-up of Artiflex and Artiflex Toric phakic intraocular lens[J]. Eur J Ophthalmol, 2022, 32(4): 2051-2058. DOI: 10.1177/11206721211035617.
20. Forlini M, Bedi R. Intraocular lens implantation in the absence of capsular support: scleral-fixated vs retropupillary iris-claw intraocular lenses[J]. J Cataract Refract Surg, 2021, 47(6): 792-801. DOI: 10.1097/j.jcrs.0000000000000529.
21. Paun B, Schüler A. Secondary implantation of retropupillary fixated iris-claw intraocular lenses[J]. Ophthalmologie, 2023, 120(2): 184-190. DOI: 10.1007/s00347-022-01714-3.
22. Sumitha CV, Pai V, Thulasidas M. Retropupillary iris-claw intraocular lens implantation in aphakic patients[J]. Indian J Ophthalmol, 2020, 68(4): 597-602. DOI: 10.4103/ijo.IJO_1043_19.
23. Güell JL, Morral M, Kook D, et al. Phakic intraocular lenses part 1: historical overview, current models, selection criteria, and surgical techniques[J]. J Cataract Refract Surg, 2010, 36(11): 1976-93. DOI: 10.1016/j.jcrs.2010.08.014.
24. Malbran ES, Malbran E, Negri I. Lens guide suture for transport and fixation in secondary IOL implantation after intracapsular extraction[J]. Int Ophthalmol, 1986, 9(2): 151-160. DOI: 10.1007/BF00159844.
25. Emanuel ME, Randleman JB, Masket S. Scleral fixation of a one-piece toric intraocular lens[J]. J Refract Surg, 2013, 29(2): 140-142. DOI: 10.3928/1081597X-20130117-10.

26. Borkenstein AFM, Reuland A, Limberger IJ, et al. Transscleral fixation of a toric intraocular lens to correct aphakic keratoplasty with high astigmatism[J]. J Cataract Refract Surg, 2009, 35(5): 934-938. DOI: 10.1016/j.jcrs.2008.10.062.
27. Pan Q, Yang Z, Chen X, et al. Suturing technique for scleral fixation of toric intraocular lens in the traumatic aphakic eye with corneal astigmatism[J]. Eur J Ophthalmol, 2019, 29(1): 100-105. DOI: 10.1177/1120672118769522.
28. Arjmand P, Chan TYB, Ahmed IIK. Transscleral suture fixation following recurrent toric intraocular lens rotation[J]. J Cataract Refract Surg, 2015, 41(5): 912-917. DOI: 10.1016/j.jcrs.2015.04.008.
29. Eom Y, Jeon HS, Kim SJ, et al. Three-point flanged optic piercing intrascleral fixation of multifocal intraocular lenses[J]. Indian J Ophthalmol, 2025, 73(3): 455-461. DOI: 10.4103/IJO.IJO_1960_24.
30. Vote BJ, Tranos P, Bunce C, et al. Long-term outcome of combined pars plana vitrectomy and scleral fixated sutured posterior chamber intraocular lens implantation[J]. Am J Ophthalmol, 2006, 141(2): 308-312. DOI: 10.1016/j.ajo.2005.09.012.
31. Luk ASW, Young AL, Cheng LL. Long-term outcome of scleral-fixated intraocular lens implantation[J]. Br J Ophthalmol, 2013, 97(10): 1308-1311. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2013-303625.
32. Yuan A, Ma K, Sharifi S, et al. Biomechanical testing of flanged polypropylene sutures in scleral fixation[J]. Am J Ophthalmol, 2021, 230: 134-142. DOI: 10.1016/j.ajo.2021.04.017.
33. Pavlidis MM. Sutureless intrascleral posterior chamber intraocular lens fixation[J]. J Cataract Refract Surg, 2007, 33(11): 1851-4. DOI: 10.1016/j.jcrs.2007.07.013.
34. Yamane S, Sato S, Maruyama-Inoue M, et al. Flanged intrascleral intraocular lens fixation with double-needle technique[J]. Ophthalmology, 2017, 124(8): 1136-1142. DOI: 10.1016/j.ophtha.2017.03.036.
35. Scharioth GB, Prasad S, Georgalas I, et al. Intermediate results of sutureless intrascleral posterior chamber intraocular lens fixation[J]. J Cataract Refract Surg, 2010, 36(2): 254-259. DOI: 10.1016/j.jcrs.2009.09.024.
36. Yamane S, Inoue M, Arakawa A, et al. Sutureless 27-gauge needle-guided intrascleral intraocular lens implantation with lamellar scleral dissection[J]. Ophthalmology, 2014, 121(1): 61-66. DOI: 10.1016/j.ophtha.2013.08.043.
37. Barca F, Caporossi T, de Angelis L, et al. Trans-scleral plugs fixated IOL: a new paradigm for sutureless scleral fixation[J]. J Cataract Refract Surg, 2020, 46(5): 716-720. DOI: 10.1097/j.jcrs.0000000000000135.
38. Rossi T, Iannetta D, Romano V, et al. A novel intraocular lens designed for sutureless scleral fixation: surgical series[J]. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2021, 259(1): 257-262. DOI: 10.1007/s00417-020-04789-3.
39. Petrelli M, Schmutz L, Gkaragkani E, et al. Simultaneous penetrating keratoplasty and implantation of a new scleral-fixated, sutureless, posterior chamber intraocular lens (soleko, carlevale): a novel technique[J]. Cornea, 2020, 39(11): 1450-1452. DOI: 10.1097/ICO.0000000000002378.
40. Rouhette H, Meyer F, Pommier S, et al. FIL-SSF Carlevale intraocular lens for sutureless scleral fixation: 7 recommendations from a serie of 72 cases. MICA study (Multicentric Study of the Carlevale IOL)[J]. J Fr Ophtalmol, 2021, 44(7): 1038-1046. DOI: 10.1016/j.jfo.2021.05.002.
41. Van Severen V, Maaijwee KJM, Pennekamp CWA, et al. Comparison of surgical outcomes of Carlevale sutureless scleral fixation and Artisan Aphakia intraocular lens[J]. Acta Ophthalmol, 2024, 102(4): 491-496. DOI: 10.1111/aos.15795.
42. Jürgens I, Pighin MS. Ab externo approach to treat bilateral haptic extrusion secondary to scleral erosion of an intrascleral sutureless-fixated intraocular lens[J]. J Cataract Refract Surg, 2021, 47(11): e34-e36. DOI: 10.1097/j.jcrs.0000000000000579.
43. Vaiano AS, Hoffer KJ, Greco A, et al. Long-term outcomes and complications of the new carlevale sutureless scleral fixation posterior chamber IOL[J]. J Refract Surg, 2021, 37(2): 126-132. DOI: 10.3928/1081597X-20201207-02.
44. Gartaganis PS, Natsi PD, Gartaganis SP, et al. Explantation of a sutureless scleral fixated Carlevale intraocular lens due to calcification: a clinical and laboratory report[J]. BMC Ophthalmol, 2023, 23(1): 359. DOI: 10.1186/s12886-023-03102-0.
45. Chirpaz N, Elbany S, Rocher A, et al. Intraoperative opacification of a scleral-fixated Carlevale (Soleko®) intraocular lens[J]. J Fr Ophtalmol, 2024, 47(3): 104095. DOI: 10.1016/j.jfo.2024.104095.
46. Hara T, Hara T, Yamada Y. "Equator ring" for maintenance of the completely circular contour of the capsular bag equator after cataract removal[J]. Ophthalmic Surg, 1991, 22(6): 358-359.
47. Cionni RJ, Osher RH, Marques DMV, et al. Modified capsular tension ring for patients with congenital loss of zonular support[J]. J Cataract Refract Surg, 2003, 29(9): 1668-1673. DOI: 10.1016/s0886-3350(03)00238-4.

48. Moreno-Montañés J, Sainz C, Maldonado MJ. Intraoperative and postoperative complications of Cionni endocapsular ring implantation[J]. J Cataract Refract Surg, 2003, 29(3): 492-497. DOI: 10.1016/s0886-3350(02)01604-8.

49. Lin H, Zhang Y, Xie X, et al. Capsular tension ring implantation for intraocular lens position: a systematic review and meta-analysis[J]. JAMA Ophthalmol, 2025, 143(8): 643-651. DOI: 10.1001/jamaophthalmol.2025.1623.

50. Rastogi A, Khanam S, Goel Y, et al. Comparative evaluation of rotational stability and visual outcome of toric intraocular lenses with and without a capsular tension ring[J]. Indian J Ophthalmol, 2018, 66(3): 411-415. DOI: 10.4103/ijo.IJO_875_17.

51. Cetinkaya S, Ucar F. Comparison of capsular tension ring implantation before *vs.* after toric intraocular lens for rotational stability[J]. Klin Monbl Augenheilkd, 2024, 241(2): 186-191. DOI: 10.1055/a-1964-7552.

52. Kandar AK. Combined special capsular tension ring and toric IOL implantation for management of post-DALK high regular astigmatism with subluxated traumatic cataract[J]. Indian J Ophthalmol, 2014, 62(7): 819-822. DOI: 10.4103/0301-4738.138294.

53. Nishimura E, Yaguchi S, Nishihara H, et al. Capsular stabilization device to preserve lens capsule integrity during phacoemulsification with a weak zonule[J]. J Cataract Refract Surg, 2006, 32(3): 392-395. DOI: 10.1016/j.jcrs.2005.12.097.

54. Yaguchi S, Yaguchi S, Asano Y, et al. Repositioning and scleral fixation of subluxated lenses using a T-shaped capsule stabilization hook[J]. J Cataract Refract Surg, 2011, 37(8): 1386-1393. DOI: 10.1016/j.jcrs.2011.06.015.

55. Jin H, Ou Z, Zhang Q, et al. Intrascleral fixation of implantable polypropylene capsular hook(s): a new sutureless technique to reposition dislocated intraocular lens-capsular bag complex[J]. Retina, 2019, 39(Suppl 1): S44-S49. DOI: 10.1097/IAE.0000000000001915.

56. 金海鹰, 赵培泉, 娄炜. 植入性囊袋拉钩固定晶状体囊袋的技术要点[J]. 眼科学报, 2023, 38(2): 132-139. DOI: 10.12419/j.issn.1000-4432.2023.02.09.
Jin HY, Zhao PQ, Lou W. Key points of implantable capsular hooks[J]. Yan Ke Xue Bao, 2023, 38(2): 132-139. DOI: 10.12419/j.issn.1000-4432.2023.02.09.

57. Ye H, Zhang S, Xiao D, et al. Four-point refixation for in-the-bag intraocular lens dislocation into vitreous cavity with implantable capsular hooks[J]. Asia Pac J Ophthalmol, 2023, 12(4): 416-418. DOI: 10.1097/APO.0000000000000541.

(责任编委: 陈晓云; 编辑: 殷秋霞)