白内障术后残余屈光不正的增效手术新进展

李响¹, 李美鑫¹, 张硕^{2,3}, 吴海娟^{3,4}, 张劲松², 王静^{1,2,3}

引用:李响,李美鑫,张硕,等. 白内障术后残余屈光不正的增效手术新进展. 国际眼科杂志, 2025,25(6):918-923.

基金项目:湘江公益基金会技术创新与应用发展专项(No. KY24003)

作者单位:¹(410004)中国湖南省长沙市,中南大学爱尔眼科研究院;²(110001)中国辽宁省沈阳市,沈阳爱尔卓越眼科医院;³(230031)中国安徽省合肥市,安徽医科大学爱尔眼科医学中心;⁴(110500)中国辽宁省沈阳市,康平爱尔眼科医院

作者简介:李响,在读硕士研究生,住院医师,研究方向:白内障。

通讯作者:王静,博士,主任医师,教授,沈阳爱尔卓越眼科医院副院长,爱尔眼科辽宁省区科教管理部主任,硕士研究生导师,研究方向:白内障. wj047322@163.com

收稿日期:2025-01-01 修回日期:2025-04-21

摘要

白内障手术是最常见的眼科手术之一,随着技术进步和医疗政策调整,手术过程更加精准,患者对术后效果的要求显著提高。残余屈光不正和目标屈光度偏差是导致患者不满的主要原因。白内障术后增效手术,能有效修正甚至消除残余屈光不正,改善患者视觉生活质量,已逐渐发展成为解决白内障术后残余屈光不正的有效方案。白内障术后屈光增效手术有多种选择可以有效矫正残余屈光不正,具体选择应综合考虑患者屈光不正的具体原因、残余屈光不正的度数、人工晶状体类型、眼部并发症情况以及患者的个人偏好。文章总结了国内外关于白内障术后残余屈光不正的发生情况、增效手术类型及进展,旨在为临床提供多角度解决方案。

关键词:屈光性白内障手术;增效手术;二次手术;加强手术

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2025.6.08

New progress of refractive enhancements for residual refractive error after cataract surgery

Li Xiang¹, Li Meixin¹, Zhang Shuo^{2,3}, Wu Haijuan^{3,4}, Zhang Jinsong², Wang Jing^{1,2,3}

Foundation item: Technology Innovation and Application Developmental Project of Xiangjiang Philanthropy Foundation (No. KY24003)

¹Aier Academy of Ophthalmology, Central South University, Changsha 410004, Hunan Province, China; ²Shenyang Aier Excellence Eye Hospital, Shenyang 110001, Liaoning Province,

China; ³Aier Eye Medical Center of Anhui Medical University, Hefei 230031, Anhui Province, China; ⁴Kangping Aier Eye Hospital, Shenyang 110500, Liaoning Province, China

Correspondence to: Wang Jing. Aier Academy of Ophthalmology, Central South University, Changsha 410004, Hunan Province, China; Shenyang Aier Excellence Eye Hospital, Shenyang 110001, Liaoning Province, China; Aier Eye Medical Center of Anhui Medical University, Hefei 230031, Anhui Province, China. wj047322@163.com

Received:2025-01-01 Accepted:2025-04-21

Abstract

Cataract surgery is one of the most common ophthalmologic procedures. Advances in technology and medical policies have made it more precise. Residual refractive errors and deviation of target diopters are a main cause of dissatisfaction among patients. Refractive enhancement after cataract surgery can correct or eliminate these errors, improving patients' visual quality of life. There are multiple options for correcting residual refractive errors. The best approach depends on factors like the cause of the error, degrees of residual refractive errors, type of intraocular lens, ocular comorbidities, and patient preference. This paper summarizes the incidence and types of residual refractive errors, advancements in refractive enhancement surgeries, and provides practical solutions for clinical practice.

KEYWORDS: refractive cataract surgery; refractive enhancements; second surgery; enforcement surgery

Citation: Li X, Li MX, Zhang S, et al. New progress of refractive enhancements for residual refractive error after cataract surgery. Guoji Yanke Zazhi(Int Eye Sci), 2025,25(6):918-923.

0 引言

白内障术后屈光状态无限接近目标屈光度是评判白内障手术成功与否的关键因素。尽管临床白内障精准治疗技术近年来不断进步,术后屈光度仍未能完全达到预期目标。白内障术后若存在残余屈光不正或视觉效果不佳,可通过增效手术进行有效矫正^[1]。屈光增效手术主要分为两类:基于角膜的屈光增效手术和基于晶状体的屈光增效手术^[2]。在以往的研究中,激光原位角膜磨镶术因其卓越的准确性和安全性而广受赞誉^[3]。近年来,随着背驮式人工晶状体(intraocular lens, IOL)技术的不断进步,其临床表现同样展现出高度的精确性^[3]。此外,飞秒激光技术的应用进一步拓展了屈光增效手术的选择范围^[4]。增效

手术类型的选择要依据白内障术后残余屈光不正发生的原因并综合分析^[5]。本文综述了国内外增效手术类型、最新研究进展及临床选择建议,旨在为临床实践提供多维度的解决方案。

1 白内障术后残余屈光不正的发生及原因分析

白内障手术后有相当数量的残余屈光不正病例。Lundström 等^[6]的一项多中心大样本研究显示白内障术后等效球镜在 ± 0.5 D 范围内的占比为 72.7%。Toygar 等^[7]研究发现微切口白内障术后 6 mo 等效球镜在 ± 0.5 D 范围内的占比为 74.2%。Day 等^[8]研究发现,飞秒激光辅助白内障手术和超声乳化白内障手术在术后 1 a 等效球镜在 ± 0.5 D 范围内的占比均为 75%。Orts 等^[9]的研究显示,使用飞秒激光辅助及术中波前像差引导(ORA 系统)辅助植入散光矫正型 IOL,术后 4 mo 等效球镜在 ± 0.5 D 范围内的比例达到 97%。术后,患者的屈光状态仍可能随时间改变。Lee 等^[10]研究发现,术后 1 mo-3 a,33.6%的患者眼睛出现了 0.32 D 的近视漂移现象,45.2%的患者眼睛表现出 0.35 D 的远视漂移现象。多焦点 IOL 植入术后残余屈光不正可能会导致更多的视觉干扰现象,例如光晕和眩光等,其发生率相较于单焦点 IOL 高出约 14%^[11]。白内障手术后残余屈光不正会影响患者的视觉质量与生活质量,从而导致患者整体满意度下降^[12]。

在白内障手术的术前、术中及术后阶段,多种因素均可能对预期的屈光效果产生影响^[13]。常见原因包括:术前生物测量与 IOL 计算的误差,术中撕囊口大小和形状不规范、手术操作不当、手术源性散光及其他术中并发症,以及术后 IOL 偏心或倾斜、囊袋增殖混浊纤维化和眼底病变等其他术后并发症。在临床实践中,需结合手术及眼部情况,在不同阶段综合分析,针对具体原因选择个性化的增效手术方式。

2 白内障术后增效手术的方式及临床效果

2.1 基于角膜的增效手术

2.1.1 角膜激光增效手术 角膜激光增效手术是一种安全且准确的矫正白内障术后轻度残余屈光不正的方式^[1]。在白内障术后屈光稳定且角膜形态规则的情况下,使用激光技术切削角膜,可避免眼内手术。这类手术包括:准分子激光原位角膜磨镶术(LASIK)、飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(SMILE)、准分子激光屈光性角膜切削术(PRK)及散光性角膜切开术^[1]。LASIK 手术因安全、有效、可预测和稳定,已成为白内障术后矫正残余屈光不正的主流选择,也是最精确的屈光增效手术之一。Schallhorn 等^[14]的一项大样本研究中,LASIK 或 PRK 用于矫正白内障术后残余屈光不正。术前 41.2%的眼睛等效球镜在 0.50 D 范围内,84.7%在 1.00 D 内。术后 1 mo,这两个比例分别提升至 90.4%和 99.5%。Jin 等^[15]对比了 LASIK 手术与基于晶状体的手术(包括 IOL 置换和背驮式 IOL)在矫正白内障术后残余屈光不正的效果。结果显示,LASIK 手术在有效性、安全性和可预测性方面表现最优。具体而言,LASIK 组近视患者平均等效球镜从术前的 -1.62 ± 0.80 D 降低至术后 20-24 mo 的 $+0.05\pm 0.38$ D,远视患者从 $+0.51\pm 1.25$ D 降低至 $+0.19\pm 0.35$ D。92%的患

眼在预期矫正范围内 ± 0.50 D。Fernández-Buenaga 等^[16]的研究比较了三种手术(IOL 置换术、背驮式 IOL 植入术和 LASIK)矫正白内障术后残余屈光不正的效果。研究发现,三者均有效,但 LASIK 表现最佳,其术后等效球镜在 ± 1 D 范围内的比例为 100%,而其他两种手术分别为 62.5%和 85%。白内障患者多为老年人,Garcia-Gonzalez 等^[17]研究发现老年患者(>40 岁)LASIK 手术屈光矫正的可预测性低于年轻患者(18-40 岁),板层角膜刀制瓣组中,年轻患者与老年患者等效球镜在 ± 0.5 D 范围内的占比分别为 92.9%和 81.9%;飞秒激光制瓣组中,该比例分别为 90.7%和 83.1%。Piñero 等^[18]的研究证明了单焦点 IOL 眼的 LASIK 增效手术比多焦点 IOL 眼有更准确的屈光矫正,未矫正和矫正视力均有所提升,术后 6 mo 等效球镜度数在 ± 0.5 D 范围内的患者比例分别为:单焦点 IOL 眼为 84%,而多焦点 IOL 眼为 70%。Semiz 等^[4]回顾性研究显示对三焦点 IOL 植入术后不满意的患者进行 SMILE 手术可显著改善视力并提高患者满意度,近视球镜度数从术前 -2.08 ± 0.28 D 显著下降到术后 1 a 的 -0.25 ± 0.20 D。此外,术后残余屈光不正的单焦点 IOL 植入眼患者,多焦 LASIK 角膜激光老视矫正技术可同时矫正屈光不正并提升患者的全程视力。Pajic 等^[19]的研究使用 Femto-Presby LASIK 技术,将主视眼调整为正视,非主视眼设定为 -0.5 D 的屈光度,并采用激光多焦点切削,该方法能有效改善白内障术后植入单焦点 IOL 患者的近视力,解决老视问题。术后,主视眼和非主视眼的裸眼近距离视力分别为 0.15 ± 0.89 LogMAR 和 0.11 ± 0.80 LogMAR。

角膜激光增效手术局限性有:(1)角膜厚度与角膜前后表面规则性,特别是高度近视患者角膜较薄,可切削范围有限;(2)二次手术成本较高;(3)手术并发症风险,最常见的是屈光手术后干眼^[20],以及屈光手术后角膜炎、角膜混浊等^[14]。有报道 LASIK 和 PRK 术后出现视网膜脱离的个例,但 Kanclerz 等^[21]的统计分析未发现角膜屈光手术与视网膜脱离有关。在选择角膜激光增效手术时,必须综合考虑白内障手术植入的 IOL 类型、IOL 位置及居中度,以及多焦点 IOL 与角膜激光增效手术对对比敏感度的累积影响。

2.1.2 基于角膜的散光矫正手术 白内障术后残余散光很常见,约 20%的患者受其显著影响^[22]。Seiler 等^[23]研究发现,三焦点 IOL 植入术后 >0.5 D 的散光是最普遍的残余屈光不正(63%)。低于 1.0 D 的低度数散光可采用散光性角膜切开术(AK)或角膜缘松解切开术(LRIs)进行治疗^[5,24]。何涛等^[25]的研究显示,白内障术后伴有显著角膜散光的患者在接受 LRIs 手术后 UDVA 显著改善,尤其对于术前散光超过 1.5 D 的患者。术前平均 UDVA 为 0.52 ± 0.26 LogMAR;术后 3 mo 降至 0.32 ± 0.08 LogMAR。Wang 等^[26]的研究证实周边角膜松解切开术(PCRIs)可显著降低白内障术后残余散光,平均柱镜度数从术前的 1.10 ± 0.40 D 显著下降到术后的 0.30 ± 0.33 D。近年来,飞秒激光技术的应用提高了散光角膜切开术的可重复性和精度^[27-28]。可分为飞秒基质内散光角膜切开术(ISAK)和飞秒激光弧形角膜切开术(FSAK)。FSAK 是一种有效且

安全的散光矫正方法。相较于传统的手动散光角膜切开术,FSAK手术在切口深度和位置的精确性方面具有显著优势^[28]。Yoo等^[29]证实,FSAK是一种快速、可定制、精确且安全的手术方式,用于减少白内障术后残余散光,其效果与散光矫正型IOL相当,具体而言,FSAK组的散光度数从术前 1.71 ± 1.15 D显著降低至术后 0.78 ± 1.06 D。散光矫正型IOL组则从术前 1.67 ± 0.13 D降至术后 0.83 ± 0.097 D。ISAK已被用于治疗低度散光,与先前描述的FSAK不同,这些切口是在基质内进行的,而不是向前打开的,具有不破坏上皮的优势,这可能导致较低的并发症发生率,包括感染、伤口裂开和上皮向内生长的风险^[28]。Rüchl等^[27]的研究证实,通过ISAK能够显著降低散光,研究结果显示,患者散光从术前 1.50 ± 0.47 D显著降至术后6 mo的 0.63 ± 0.34 D。

散光性角膜切开术可能出现的并发症包括:过矫、欠矫、切口裂开、感染、炎症、瘢痕、异物感、不规则散光与像差增高等^[28]。与传统散光角膜切开术相比,飞秒激光辅助技术可能降低并发症发生率^[28]。

2.2 基于IOL的增效手术

2.2.1 IOL 置换术

IOL置换术是一种具有挑战性但临床效果良好的治疗选择,IOL置换手术的间隔时间因原因不同而差异显著。IOL置换术适用于术后IOL移位、半脱位、IOL混浊、残余屈光不正、IOL度数错误以及对多焦点IOL效果不满意的情况^[1,30-31]。IOL置换不常见且风险较高。对于已进行YAG激光后囊切开的术眼,在IOL置换术前还需要进行玻璃体前部切除术^[32]。在IOL置换手术中,首先将囊袋内IOL旋转入前房,再用IOL显微切割剪刀将其剪为三段取出,再根据囊袋情况选择将新IOL植入囊袋、睫状沟或缝线固定^[31]。在Jones等^[31]的研究中,IOL置换术后88%的患者BCVA ≥ 0.5 。

IOL置换手术的风险包括:为取出原IOL可能需要扩大切口,这可能导致手术源性散光^[16]。在取出过程中还可能发生如角膜水肿、囊袋破裂、悬韧带损伤以及前房积血等并发症^[32-33]。IOL置换术后IOL再移位需要重新固定等^[34]。

2.2.2 背驮式IOL 植入术

背驮式IOL植入技术,最初是指一期植入两个IOL以解决小眼球短眼轴高度远视的患者没有合适度数IOL的问题^[35]。后用于二期植入背驮式IOL以解决白内障术后残余屈光不正的问题^[36]。早在1999年,Gayton等^[37]报道了该技术用于治疗白内障术后的残余屈光不正。背驮式IOL植入睫状沟或囊袋,相比于当时唯一可用的IOL置换术,这种方法保留了囊袋,显著降低了玻璃体丢失率,风险低、预测性好。Karjou等^[38]的研究再次证明了背驮式IOL植入技术矫正白内障手术后残余屈光不全的安全性和有效性,术后所有患者裸眼远视力均提高,等效球镜在 ± 1.0 D范围内的占比为100%。此外,背驮式IOL还能纠正多焦点IOL植入后的残余屈光不正,不影响原有IOL的性能^[39]。Gundersen等^[40]回顾性分析显示,多焦点IOL植入术后再治疗率为10.8%,其中背驮式IOL的使用占89%。背驮式IOL植入还可以用来治疗白内障术后持续性负性闪光幻视^[41-42]。Masket等^[42]的研究中73%植入背驮式IOL的患者术后3 mo负性闪光幻

视症状改善或消退。背驮式IOL植入亦被应用于矫正残余散光,并有较好的屈光结果^[43]。McLintock等^[44]的研究中术后患者等效球镜在 ± 0.5 D范围内的占比为100%,术后3 mo IOL方向在目标轴位 10° 范围内的占比为86.4%,显示出复曲面背驮式IOL较强的旋转稳定性。Chatterjee等^[45]报告了1例采用复曲面设计背驮式IOL植入成功矫正9 D异常高度散光的病例。

目前,背驮式IOL具有多种设计类型,包括单焦点型、多焦点型、单焦点散光矫正型以及多焦点散光矫正型等不同设计。与背驮式IOL略不同,专门为睫状沟植入设计的补充IOL(Duet procedure,附加手术,即在囊袋内植入首个IOL,随后在睫状沟植入补充IOL的过程,优点在于睫状沟的补充IOL可以易于被去除或置换),进一步减少潜在并发症,并为眼科医生提供更多的选择。应用这些新型IOL,不仅可以矫正老花眼和残余散光,还能为处于生长发育阶段或屈光状态尚未稳定的患者提供暂时性的屈光不正矫正^[46]。Baur等^[47]研究表明,采用可逆三焦点补充IOL植入睫状沟(Duet procedure)在远、中、近距离视力方面均取得了优异的效果,与囊袋内固定三焦点IOL所报道的结果相当,并且实现了手术的可逆性。Baur等^[48]报道的1例患者,囊袋内植入单焦点散光矫正型IOL,并在睫状沟植入补充Rayner Sulcoflex三焦点IOL(Duet procedure)。患者术后对残余屈光不正不满意,术后6 mo因对残余屈光不正不满意进行了双眼睫状沟补充IOL的置换,更换为-1.0 D同型号IOL,囊袋内的IOL位置保持不变。患者IOL置换术后3 mo UDVA从双眼0.50 LogMAR提升至右眼-0.22 LogMAR和左眼-0.20 LogMAR,双眼裸眼近视力和中视力分别为-0.10 LogMAR和0.00 LogMAR,实现摘镜。Kamiya等^[49]的多中心研究中,背驮式Visian植入Collamer晶状体(ICL)凭借其前拱形设计和较薄特性,有效避免了背驮式ICL与囊袋内IOL的接触,在矫正白内障术后残余屈光不正方面表现出显著优势,该研究显示,患者的LogMAR UDVA从术前的 0.77 ± 0.42 显著改善至术后的 0.24 ± 0.38 ($P<0.001$)。Alfonso等^[50]的临床研究也探讨了背驮式(ICL)在白内障术后残余屈光不正矫正中的应用,该回顾性研究表明,无论患者是否具有角膜手术史,背驮式ICL在白内障术后患者中均表现出优异的屈光预测性和安全性。

人工晶状体间混浊(ILO)是背驮式IOL植入术中一种独特的并发症,组织病理学分析表明,该混浊物质主要由残留或增生的晶状体上皮细胞与晶状体皮质成分混合而成^[51]。背驮式IOL植入睫状沟可以增加两枚IOL之间的距离,从而降低ILO并发症的风险^[38]。选择由与主IOL不同材料制成的背驮式IOL亦可降低ILO的发生风险^[1]。其他潜在并发症还包括囊袋破裂、悬韧带损伤、眼压升高、虹膜擦伤、色素弥散综合征及葡萄膜炎-青光眼-前房积血综合征等^[52-54]。随着手术技术的进步以及专门设计的背驮式IOL的广泛应用,相关并发症的发生率已显著降低^[46]。

2.2.3 光可调节IOL

光可调节IOL是一类新型IOL。这类IOL具备独特的性能,能够在体外通过暴露于特定波长

的光调整其屈光度,从而提供一种非侵入性的屈光不正矫正方法。光可调节 IOL 的应用前景广泛,涵盖了多种类型:紫外线调节型 IOL、基于镍钛合金的热机械调节型 IOL、飞秒激光诱导屈光度变化的 IOL 以及利用双光子效应进行屈光度调节的 IOL^[55]。目前应用于临床较多的为紫外线调节型 IOL。

光可调节 IOL 的“调整”功能使其在术前屈光度预测上更灵活。术前 IOL 屈光度计算精度差应考虑为光可调节 IOL 植入的潜在指征,如屈光手术史、角膜疾病和高度近视或高度远视的患者^[56]。Brierley 等^[57]研究显示光可调节 IOL 植入及后续调整能提供精确的屈光效果,锁定后 97% 的眼睛屈光度在 ± 0.50 D 以内,100% 的眼睛在 ± 1.00 D 以内。Moshirfar 等^[58]的研究证实光可调节 IOL 能有效矫正散光,调整前平均柱镜为 -0.89 ± 0.58 D,锁定后为 -0.34 ± 0.34 D。Schojai 等^[59]的 7.2 a 随访研究显示 93 例患者光可调节 IOL 植入术后屈光稳定,术后第 7 a CDVA 仅变化 0.07 LogMAR。Nishihara 等^[60]的一项成本效益研究中表明,光可调节 IOL 比单焦点 IOL 更具成本效益。光可调节 IOL 的植入需要更频繁的术后复查,要求患者具备较高依从性,为防止紫外线干扰可能带来的不良影响,患者在术后需立即佩戴具备紫外线防护功能眼镜,并在术后恢复及治疗期间持续佩戴^[57]。由镍钛合金结构组成的光可调节 IOL 已被证明在被氩激光激活后能够按照预定计划进行精确移动,该技术目前尚未应用于临床^[61]。

使用光可调节 IOL 可能带来一些问题,包括锁定后的屈光度变化以及过度紫外线暴露引起的眼内和黄斑损伤等^[62]。

2.2.4 散光矫正型 IOL 植入术后轴位调整 散光矫正型

IOL 的轴位准确性至关重要。术后散光可能源于 IOL 轴位旋转或植入位置错误、手术源性散光、术前测量误差及术前无法准确计算的眼部残余散光。为了确保 Toric IOL 轴位的准确性和评估其旋转度,需结合主观验光、散瞳后 IOL 轴位确认以及使用 OPD-Scan III 和 iTrace 视功能分析仪等辅助检查手段。若医生评估认为通过旋转 IOL 能有效将散光降至可接受范围内,并且可以准确确定所需的旋转角度和方向,则应优先考虑实施 IOL 旋转调位手术^[63]。白内障术后散光矫正型 IOL 复位手术发生率约为 2.026%^[64]。散光矫正型 IOL 位置调节宜在术后早期 (1-4 wk) 进行^[1]。若发现通过 IOL 旋转调节无法显著减少散光度数,则可考虑采用角膜激光增效手术以纠正屈光不正。在必要时,亦可探讨 IOL 置换或背驮式 IOL 植入作为替代方案^[63]。

3 小结

综上所述,角膜屈光增效手术是矫正白内障术后残余屈光不正的重要方法,适用于低度数屈光不正且无眼表疾病的患者。背驮式 IOL 适用于较大度数屈光不正,高度远视、高度近视和高度散光。散光性角膜切开术适用于 <1.0 D 的低度数散光。光调节型 IOL 可避免二次手术,为残余屈光不正提供准确治疗方法,但矫正范围有限,长期安全性和有效性仍需观察。散光矫正型 IOL 植入术后可通过旋转 IOL 来降低因位置变化导致的散光。表 1 汇总了白内障术后残余屈光不正的屈光增效手术类型及其特征。临床实践中,减少术前测量及计算误差、预防术中及术后并发症是确保白内障手术成功的关键,是白内障手术医生不懈追求的目标。个性化选择适合患者的屈光增效方法将是未来临床发展的方向。

表 1 白内障术后残余屈光不正的屈光增效手术种类及特点

手术方式	适合矫正范围	优点	缺点	备注	
基于角膜的手术					
LASIK	低度数等效球镜	安全、准确	受角膜厚度及形态限制	手术时机建议在白内障术后	
手术一角膜激光增效手术	SMILE	低度数等效球镜	安全、准确、术后干眼发生率较低	受角膜厚度及形态限制; IOL 眼增效手术应用较少	
	PRK	低度数等效球镜	安全、准确	受角膜厚度及形态限制; 视力恢复慢、眼表症状明显、角膜上皮愈合不良及感染风险	
基于 IOL 的手术					
IOL 置换术	IOL 度数误差 >1.0 D; IOL 相关的严重视觉抱怨	度数矫正范围广	角膜水肿、囊袋破裂、悬韧带损伤、玻璃体脱出等并发症	IOL 置换术的间隔时间因原因不同而差异较大	
背驮式 IOL 植入术	等效球镜 >1.0 D	安全、准确	IOL 间混浊和青光眼相关并发症	前房深度 >3 mm, 囊袋完整度好	
光可调节 IOL 植入术	DS <2.25 D; DC ≤ 2.75 D	较准确实现术前屈光度预测方面更具灵活性	黄斑损伤的潜在风险、长期性与安全性仍需进一步观察	要求患者有较高依从性	
单纯矫正散光的手术	基于角膜—散光矫正手术	规则角膜散光 DC ≤ 1.0 D	安全、准确	切口感染、干眼、角膜炎等并发症	飞秒激光技术在散光性角膜切开术中应用显著提高手术精确性
	基于 IOL—散光矫正型 IOL 植入术后轴位调整	DC >1.0 D	安全、准确、损伤小	感染、IOL 轴位再次偏转、悬韧带损伤等	建议术后 1 mo 内

利益冲突声明: 本文不存在利益冲突。

作者贡献声明: 李响论文选题与修改, 初稿撰写; 李美鑫、张硕、吴海娟文献检索及核对; 张劲松选题指导; 王静选题指导, 论文修改及审阅。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

[1] Moshirfar M, Thomson AC, Thomson RJ, et al. Refractive enhancements for residual refractive error after cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol*, 2021,32(1):54-61.

[2] Feldhaus L, Luft N, Mayer W. Enhancement options after lens and corneal refractive surgery. *Klin Monbl Augenheilkd*, 2023,240(3):332-350.

[3] Alorainy J, Alanzan A, Alghamdi N, et al. Visual and safety outcomes of refractive correction procedures following lens removal for residual refractive error: a systematic review and meta-analysis. *J Refract Surg*, 2025,41(1):e73-e87.

[4] Semiz F, Lokaj AS, Musa NH, et al. SMILE for the treatment of residual refractive error after cataract surgery. *Ophthalmol Ther*, 2022,11(4):1539-1550.

[5] Alió JL, Abdelghany AA, Fernández-Buenaga R. Enhancements after cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol*, 2015,26(1):50-55.

[6] Lundström M, Dickman M, Henry Y, et al. Risk factors for refractive error after cataract surgery: Analysis of 282 811 cataract extractions reported to the European Registry of Quality Outcomes for cataract and refractive surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2018,44(4):447-452.

[7] Toygar B, Yabas Kiziloglu O, Toygar O, et al. Early clinical outcome with a new monofocal microincision intraocular lens. *Int Ophthalmol*, 2016,36(5):657-664.

[8] Day AC, Burr JM, Bennett K, et al. Femtosecond laser-assisted cataract surgery compared with phacoemulsification cataract surgery: randomized noninferiority trial with 1-year outcomes. *J Cataract Refract Surg*, 2020,46(10):1360-1367.

[9] Orts P, Piñero DP, Aguilar S, et al. Efficacy of astigmatic correction after femtosecond laser-guided cataract surgery using intraoperative aberrometry in eyes with low-to-moderate levels of corneal astigmatism. *Int Ophthalmol*, 2020,40(5):1181-1189.

[10] Lee NS, Ong K. Changes in refraction after cataract phacoemulsification surgery. *Int Ophthalmol*, 2023,43(5):1545-1551.

[11] Shah S, Peris-Martinez C, Reinhard T, et al. Visual outcomes after cataract surgery: multifocal versus monofocal intraocular lenses. *J Refract Surg*, 2015,31(10):658-666.

[12] Khoramnia R, Auffarth G, Łabuz G, et al. Refractive outcomes after cataract surgery. *Diagnostics (Basel)*, 2022,12(2):243.

[13] Ravi K, Senthil S, Pesala V. Refractive surprise following implantation of correct powered intraocular lens—a real surprise!. *Int Ophthalmol*, 2012,32(6):603-605.

[14] Schallhorn SC, Venter JA, Teenan D, et al. Outcomes of excimer laser enhancements in pseudophakic patients with multifocal intraocular lens. *Clin Ophthalmol*, 2016,10:765-776.

[15] Jin GJ, Merkley KH, Crandall AS, et al. Laser *in situ* keratomileusis versus lens-based surgery for correcting residual refractive error after cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2008,34(4):562-569.

[16] Fernández-Buenaga R, Alió JL, Pérez Ardoy AL, et al. Resolving refractive error after cataract surgery: IOL exchange, piggyback lens, or

LASIK. *J Refract Surg*, 2013,29(10):676-683.

[17] Garcia-Gonzalez M, Gros-Otero J, Rodriguez-Perez I, et al. Effect of age on visual and refractive results after LASIK: mechanical microkeratome versus femtosecond laser. *Int J Ophthalmol*, 2019,12(3):488-495.

[18] Piñero DR, Ayala Espinosa MJ, Alió JL. LASIK outcomes following multifocal and monofocal intraocular lens implantation. *J Refract Surg*, 2010,26(8):569-577.

[19] Pajic B, Massa H, Baenninger PB, et al. Multifocal femto-PresbyLASIK in pseudophakic eyes. *J Clin Med*, 2021,10(11):2282.

[20] Toda I. Dry eye after LASIK. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2018,59(14):DES109-DES115.

[21] Kanclerz P, Grzybowski A. Does corneal refractive surgery increase the risk of retinal detachment? A literature review and statistical analysis. *J Refract Surg*, 2019,35(8):517-524.

[22] Lake JC, Victor G, Clare G, et al. Toric intraocular lens versus limbal relaxing incisions for corneal astigmatism after phacoemulsification. *Cochrane Database Syst Rev*, 2019,12(12):CD012801.

[23] Seiler TG, Wegner A, Senft T, et al. Dissatisfaction after trifocal IOL implantation and its improvement by selective wavefront-guided LASIK. *J Refract Surg*, 2019,35(6):346-352.

[24] Kieval JZ, Al-Hashimi S, Davidson RS, et al. Prevention and management of refractive prediction errors following cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2020,46(8):1189-1197.

[25] 何涛, 艾明. 角膜缘松解切开术治疗白内障患者术后角膜散光. *眼科新进展*, 2021,41(4):371-375.

[26] Wang L, Koch DD. Outcomes of peripheral corneal relaxing incisions for residual astigmatism in patients after cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2023,49(8):812-817.

[27] Rückl T, Drexl AK, Bacherneegg A, et al. Femtosecond laser-assisted intrastromal arcuate keratotomy to reduce corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg*, 2013,39(4):528-538.

[28] Vickers LA, Gupta PK. Femtosecond laser-assisted keratotomy. *Curr Opin Ophthalmol*, 2016,27(4):277-284.

[29] Yoo A, Yun S, Kim JY, et al. Femtosecond laser-assisted arcuate keratotomy versus toric IOL implantation for correcting astigmatism. *J Refract Surg*, 2015,31(9):574-578.

[30] Abdalla Elsayed MEA, Ahmad K, Al-Abdullah AA, et al. Incidence of intraocular lens exchange after cataract surgery. *Sci Rep*, 2019,9(1):12877.

[31] Jones JJ, Jones YJ, Jin GJ. Indications and outcomes of intraocular lens exchange during a recent 5-year period. *Am J Ophthalmol*, 2014,157(1):154-162.e1.

[32] Tassignon MJ, Bartholomeeusen E, Rozema JJ, et al. Feasibility of multifocal intra-ocular lens exchange and conversion to the bag-in-the-lens implantation. *Acta Ophthalmol*, 2014,92(3):265-269.

[33] El Awady HE, Ghanem AA. Secondary piggyback implantation versus IOL exchange for symptomatic pseudophakic residual ametropia. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2013,251(7):1861-1866.

[34] 胡方怡, 陈菁菁, 蒙娜, 等. 人工晶状体置换的原因及临床效果分析. *中国眼耳鼻喉科杂志*, 2024,24(4):278-283.

[35] Gayton JL, Sanders VN. Implanting two posterior chamber intraocular lenses in a case of microphthalmos. *J Cataract Refract Surg*, 1993,19(6):776-777.

[36] 曾宗圣, 张广斌, 贾长凯, 等. 背驮式人工晶状体植入矫正白内障术后屈光意外的有效性及准确性. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2024,26(1):17-21.

- [37] Gayton JL, Sanders V, van der Karr M, et al. Piggybacking intraocular implants to correct pseudophakic refractive error. *Ophthalmology*, 1999,106(1):56–59.
- [38] Karjou Z, Jafarinasab MR, Seifi MH, et al. Secondary piggyback intraocular lens for management of residual ametropia after cataract surgery. *J Ophthalmic Vis Res*, 2021,16(1):12–20.
- [39] Venter JA, Oberholster A, Schallhorn SC, et al. Piggyback intraocular lens implantation to correct pseudophakic refractive error after segmental multifocal intraocular lens implantation. *J Refract Surg*, 2014, 30(4):234–239.
- [40] Gundersen KG, Makari S, Ostenstad S, et al. Retreatments after multifocal intraocular lens implantation: an analysis. *Clin Ophthalmol*, 2016,10:365–371.
- [41] Masket S, Fram NR. Pseudophakic Dysphotopsia: review of incidence, cause, and treatment of positive and negative Dysphotopsia. *Ophthalmology*, 2021,128(11):e195–e205.
- [42] Masket S, Fram NR, Cho A, et al. Surgical management of negative Dysphotopsia. *J Cataract Refract Surg*, 2018,44(1):6–16.
- [43] Rocha-de-Lossada C, García-Lorente M, La Cruz DZ, et al. Supplemental toric intraocular lenses in the ciliary sulcus for correction of residual refractive astigmatism: a review. *Ophthalmol Ther*, 2023, 12(4):1813–1826.
- [44] McLintock CA, McKelvie J, Niyazmand H, et al. Outcomes of a toric monofocal piggyback intraocular lens for residual astigmatic refractive error in pseudophakic eyes. *Curr Eye Res*, 2022, 47(3):443–449.
- [45] Chatterjee D, Mittal V. Novel custom designed toric piggyback intraocular lens for the correction of residual postoperative astigmatism. *Indian J Ophthalmol*, 2023,71(5):2247–2250.
- [46] Khoramnia R, Kahraman G, Amon M, et al. Polypseudophakia: from “piggyback” to supplementary sulcus-fixed IOLs. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2025,263(3):603–624.
- [47] Baur ID, Auffarth GU, Łabuz G, et al. Clinical outcomes in patients after duet procedure for reversible trifocality using a supplementary trifocal intraocular lens. *Am J Ophthalmol*, 2022,241:217–226.
- [48] Baur ID, Auffarth GU, Yildirim TM, et al. Reversibility of the duet procedure: bilateral exchange of a supplementary trifocal sulcus-fixed intraocular lens for correction of a postoperative refractive error. *Am J Ophthalmol Case Rep*, 2020,20:100957.
- [49] Kamiya K, Shimizu K, Igarashi A, et al. Piggyback implantable collamer lens implantation for the correction of residual refractive errors after cataract surgery: a multicenter study. *Acta Ophthalmol*, 2019,97(6):e946–e947.
- [50] Alfonso JF, Lisa C, Alfonso-Bartolozzi B, et al. Implantable collamer lens® for management of pseudophakic ametropia in eyes with a spectrum of previous corneal surgery. *J Refract Surg*, 2018,34(10):654–663.
- [51] Gayton JL, Apple DJ, Peng Q, et al. Interlenticular opacification: clinicopathological correlation of a complication of posterior chamber piggyback intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg*, 2000, 26(3):330–336.
- [52] Iwase T, Tanaka N. Elevated intraocular pressure in secondary piggyback intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg*, 2005, 31(9):1821–1823.
- [53] Mehta R, Aref AA. Intraocular lens implantation in the ciliary sulcus: challenges and risks. *Clin Ophthalmol*, 2019,13:2317–2323.
- [54] Chang SH, Lim G. Secondary pigmentary glaucoma associated with piggyback intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg*, 2004, 30(10):2219–2222.
- [55] Tu BY, Yuan J, Wang Y. Research advances on light-adjustable intraocular lens. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi*, 2024,60(12):1017–1021.
- [56] Moshirfar M, Martin DJ, Jensen JL, et al. Light adjustable intraocular lenses: an updated platform for cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol*, 2023,34(1):78–83.
- [57] Brierley L. Refractive results after implantation of a light-adjustable intraocular lens in postrefractive surgery cataract patients. *Ophthalmology*, 2013,120(10):1968–1972.
- [58] Moshirfar M, Wagner WD, Linn SH, et al. Astigmatic correction with implantation of a light adjustable vs monofocal lens: a single site analysis of a randomized controlled trial. *Int J Ophthalmol*, 2019,12(7):1101–1107.
- [59] Schojai M, Schultz T, Schulze K, et al. Long-term follow-up and clinical evaluation of the light-adjustable intraocular lens implanted after cataract removal: 7-year results. *J Cataract Refract Surg*, 2020,46(1):8–13.
- [60] Nishihara TW, Hu JQ, Buchholz RD, et al. Cost-effectiveness analysis of light adjustable lens compared to monofocal intraocular lens in cataract surgery. *J Refract Surg*, 2023,39(11):777–782.
- [61] Lapid-Gortzak R, Kohnen T, Israeli N, et al. New nitinol-based thermomechanically adjustable IOL technology. *J Refract Surg*, 2023, 39(10):662–667.
- [62] Hafezi F, Seiler T, Iseli HP. Light-adjustable lens complication. *Ophthalmology*, 2010,117(4):848–848.e1.
- [63] Alpíns N, Ong JK, Stamatelatos G. Refractive surprise after toric intraocular lens implantation: graph analysis. *J Cataract Refract Surg*, 2014,40(2):283–294.
- [64] Li HL, Sun JJ, Bai HR, et al. Incidence and risk factors of repositioning surgery to correct misalignment of toric intraocular lenses after cataract surgery: a single-center retrospective observational study. *Ophthalmic Res*, 2023,66(1):259–264.