

# 单焦点人工晶状体在白内障治疗中的临床应用进展

牛鹏<sup>1,2,3</sup>, 吕洋<sup>1</sup>

引用:牛鹏,吕洋.单焦点人工晶状体在白内障治疗中的临床应用进展.国际眼科杂志,2025,25(5):749-753.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(No.82000926);甘肃省卫生健康委员会基金资助项目(No.GSWSKY2022-05);甘肃省自然科学基金项目(No.24JRRA003);兰州市科技计划项目(No.2024-9-126);军队课题(No.24BJZ41,2024-G2-4);联勤保障部队第九四〇医院院基金(No.2021yxky033,2023YXKY011,2023YXKY033)

作者单位:<sup>1</sup>(730050)中国甘肃省兰州市,中国人民解放军联勤保障部队第九四〇医院眼科中心;(730000)中国甘肃省兰州市,甘肃中医药大学<sup>2</sup>第一临床医学院;<sup>3</sup>基础医学实验室 甘肃省干细胞与基因药物重点实验室

作者简介:牛鹏,男,在读硕士研究生,研究方向:白内障、眼底病。

通讯作者:吕洋,女,医学博士,副主任医师,硕士研究生导师,研究方向:眼底病、眼屈光。15117203811@163.com

收稿日期:2024-08-30 修回日期:2025-03-27

## 摘要

白内障摘除联合人工晶状体植入术是治疗白内障的常规方法,能够显著改善患者的视力和生活质量。术前人工晶状体的个性化选择对手术效果起着至关重要的作用。传统的单焦点人工晶状体在提供良好远视力的同时,往往存在中间视力不足的问题,并且患者在日常生活中仍需依赖眼镜进行矫正。相比之下,多焦点人工晶状体虽然能够同时满足不同距离的视力需求,但常伴随光晕和眩光等不良反应,影响患者的视觉体验。近年来,新型单焦点人工晶状体在改善中间视力方面取得了显著的进展,且其副作用相对较少。文章旨在综述单焦点人工晶状体的不同类型、光学特性及其临床疗效,以期眼科医生在选择适合患者的人工晶状体时提供参考依据。

关键词:白内障;单焦点人工晶状体;离焦曲线;对比敏感度;阅读速度

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2025.5.10

## Clinical application progress of monofocal intraocular lens in cataract treatment

Niu Peng<sup>1,2,3</sup>, Lyu Yang<sup>1</sup>

Foundation items: National Natural Science Foundation of China (No.82000926); Health Commission of Gansu Province Funded Project (No.GSWSKY2022-05); Gansu Provincial Natural Science Foundation Project (No.24JRRA003); Science and Technology Plan Project of Lanzhou City (No.2024-9-126); Army Projects (No.24BJZ41,2024-G2-4); Fund Project of the 940th Hospital of Joint Service Support Forces of the Chinese People's Liberation Army (No.2021yxky033,2023YXKY011,2023YXKY033)

<sup>1</sup>Ophthalmology Centre, the 940th Hospital of Joint Service Support Forces of the Chinese People's Liberation Army, Lanzhou 730050, Gansu Province, China; <sup>2</sup>First School of Clinical Medical; <sup>3</sup>Basic Medical Laboratory; Key Laboratory of Stem Cells and Gene Drugs, Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, Gansu Province, China

Correspondence to: Lyu Yang. Ophthalmology Centre, the 940th Hospital of Joint Service Support Forces of the Chinese People's Liberation Army, Lanzhou 730050, Gansu Province, China. 15117203811@163.com

Received:2024-08-30 Accepted:2025-03-27

## Abstract

Cataract extraction combined with intraocular lens implantation is a standard method for treating cataracts, significantly improving patients' vision and quality of life. In this process, the personalized selection of intraocular lenses plays a crucial role in the surgical outcome. Traditional monofocal intraocular lenses provide good distance vision but often have issues with intermediate vision, requiring patients to rely on glasses for correction in daily life. In contrast, multifocal intraocular lenses can meet vision needs at different distances, but are often accompanied by adverse reactions such as halos and glare, affecting the patient's visual experience. In recent years, new types of monofocal intraocular lenses have made significant progress in improving intermediate vision, with relatively fewer side effects. This article aims to review the different types, optical characteristics, and clinical efficacy of monofocal intraocular lenses, providing a reference for ophthalmologists in selecting suitable lenses for patients.

KEYWORDS: cataract; monofocal intraocular lens; defocus curve; contrast sensitivity; reading speed

Citation: Niu P, Lyu Y. Clinical application progress of monofocal intraocular lens in cataract treatment. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2025,25(5):749-753.

## 0 引言

人工晶状体(intraocular lens,IOL)可用来代替自然晶状体的屈光性晶状体<sup>[1]</sup>,迄今为止,尚未有任何一种IOL能够在调节过程中像天然晶状体那样改变其形状。单焦点IOL因其在提供清晰远视力方面的可靠性及较低的经济成本,长期以来一直被视为白内障手术和屈光晶状体置换的首选<sup>[2]</sup>,然而传统的单焦点IOL在中间视力方面表现欠佳,因此多焦点IOL应运而生,广泛应用于提供远、中、近距离的视力<sup>[3]</sup>,尽管多焦点IOL能够提供良好的全程视力,但使用者可能更容易出现光晕和眩光,或对比敏感度降低<sup>[4]</sup>,并可能牺牲部分光学质量<sup>[5]</sup>。随着研究的深入,

一些新型单焦点 IOL 也具有了改善中间视力的能力,并且光晕现象发生率较低,如 Tecnis Eyhance 等。因此,本文将对单焦点 IOL 的现状、类型及临床疗效进行综述。

## 1 国内外 IOL 的发展现状

**1.1 国外 IOL 的发展现状** 国外 IOL 的发展历史悠久,早在 18 世纪,意大利眼科医生 Tadimi 便提出在白内障手术中植入类似晶状体的透明物以恢复视力的构想。1949 年,英国医生 Harold Ridley 首次成功将 IOL 植入人眼,使用的材料为聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA),开创了眼科学的新纪元<sup>[6]</sup>。这一事件标志着现代白内障手术和 IOL 使用的开始。20 世纪 50–60 年代,由于手术条件和材料限制,IOL 的并发症较多,限制了其广泛应用。20 世纪 70–80 年代,随着眼科显微手术的开展和 IOL 材料及工艺的不断改进,IOL 植入术后的并发症减少,得以更广泛推广,IOL 材料从最初的 PMMA 发展到今日的丙烯酸酯多聚物,持续改良以适应更小的手术切口和更好的生物相容性。20 世纪 80 年代,超声乳化白内障吸出联合 IOL 植入术因其微创和快速恢复的优势而受到认可<sup>[7]</sup>。近年来,除了单焦点 IOL 外,还出现了双焦点、多焦点及散光 IOL,以满足患者对不同视力的需求。而国外生产 IOL 的主要公司众多,如德国的蔡司、美国的博士伦、强生眼力健和爱尔康等。

**1.2 国内 IOL 的发展现状** 在早期探索中,中国眼科医生在 20 世纪 40 年代末受到国际 IOL 研究的启发,开始尝试进行 IOL 植入手术。例如,张锡华教授在英国学习后回国开展相关手术,但由于条件限制,仅个别病例获得成功。随着国际上 IOL 技术的不断发展,中国逐渐引进相关技术并进行本土化改进。全球首款多焦点 IOL 上市已达 37 a,目前仍被誉为眼科器械的黑科技,其核心专利技术被美国强生、爱尔康和德国蔡司等寡头垄断。直到近期,国产多焦点 IOL 才实现了零的突破,其中爱博医疗的“非球面衍射型多焦 IOL”(普诺明全视)在 2022–10 获得了国家药监局的批准并成功上市。爱博医疗是一家专注于眼科医疗器械自主研发、生产和销售的高科技企业,其产品主要针对白内障和屈光不正等眼科疾病,作为国内眼科器械的龙头企业,爱博医疗开发了全系列眼科器械产品,尤其在 IOL 领域取得了显著成就。预计未来几年,中国将有更多企业在 IOL 领域上市,本土企业将继续提升产品质量和技术水平,进一步满足国内外市场的需求。

## 2 单焦点 IOL 概述

**2.1 单焦点 IOL 定义** 单焦点 IOL 是白内障手术中使用的一种 IOL,通过替换患者眼内已混浊的天然晶状体,帮助恢复视力。其具有固定的焦点,能提供远距离视力或近距离视力,但无法同时兼顾两者,患者术后通常需要配戴老花镜或近视眼镜<sup>[8]</sup>。

**2.2 单焦点 IOL 分类和特点** 单焦点 IOL 根据光学特性和设计分为球面单焦点 IOL、非球面单焦点 IOL、环曲面单焦点 IOL。

**2.2.1 球面单焦点 IOL** 球面单焦点 IOL 是 IOL 发展历史中的早期产品,也是最常规的传统单焦点 IOL。其设计原理相对简单,采用单一光学曲面聚焦光线,此类 IOL 只能在视网膜上形成一个焦点,因此患者术后能看远,但看近需要配戴老花镜,且无法解决中间视力问题<sup>[9]</sup>。球面晶状体因其设计,光线透过时无法汇聚至一个点,导致中央视力和周边视力出现“像差”,其特点是白天视物清晰,夜间效果稍差。第一个被植入的单焦点 IOL 具有球面,其设计

上存在一定的球差,在角膜平均正球差的基础上增加了正球差,即在暗光下瞳孔扩大时,视觉质量会有所下降。

**2.2.2 非球面单焦点 IOL** 非球面单焦点 IOL 的设计原理主要是为了矫正传统球面 IOL 存在的球面像差问题,其通过独特的设计,能够减少或消除这些像差,提供更清晰的视觉效果。这种 IOL 的光学面利用非球面技术,优化光线聚焦,平衡角膜球差,提高视觉质量,无论在小瞳孔还是大瞳孔下,均能保持较高的对比敏感度和清晰度。此外,非球面 IOL 的设计还考虑了人眼的自然特性,通过计算机辅助设计和精密的加工技术,实现了更接近自然晶状体的光学性能。这样的设计不仅改善了患者在昏暗条件下及夜间的视力,还提高了功能性视力和安全性,从而提升了患者的整体视觉体验。基于高阶非球面光学设计的单焦点 IOL,又可分为标准型和增强型,两种均为非球面、丙烯酸疏水性一体式晶状体<sup>[10]</sup>。标准单焦点设计的 IOL 有 Tecnis OneZCB00。增强型单焦点 IOL 的设计目的是将景深扩展一小部分,以增强中间视力,同时保持其他非球面单焦点 IOL 所提供的良好的远距离视力质量<sup>[11]</sup>,而不会出现多焦点 IOL 的典型副作用,如眩光和光晕。市场上首个推出的增强型 IOL 是 Tecnis Eyhance ICB00,随后推出的另一个增强单焦点是 FineVision Isopure,两者均为提高白内障患者护理水平而发明的新型 IOL<sup>[11]</sup>。其中 ICB00 提供了晶状体度数从外围向中间稳定渐进变化的过程,这一功能似乎增加了对焦深度,从而减轻了老花眼的影响,并在不同距离提供了清晰视觉,ZCB00 和 ICB00 均为单焦点设计,不同之处在于 ICB00 具有增强的中间功能<sup>[12]</sup>。

**2.2.3 环曲面单焦点 IOL** 环曲面单焦点 IOL 于 1992 年首次引入,作为三片不可折叠的聚甲基丙烯酸甲酯植入物,通过 5.7 mm 切口植入<sup>[13]</sup>。其设计原理是在环曲面透镜基础上加入柱镜,这种光学设计综合了球镜度和柱镜度,不仅完成普通 IOL 的屈光矫正功能,还实现了散光的矫正,从而提高术后视觉质量,此类晶状体通常为单焦点<sup>[13]</sup>,尤其适用于术前存在规则性角膜散光 $\geq 0.75$  D 的白内障患者。Al-Mohtaseb 等<sup>[14]</sup>提到使用环曲面 IOL 矫正已有散光比使用角膜松弛切口(CRI)更有效且可预测,尤其是在散光程度较高的情况下。然而,环曲面单焦点 IOL 的成功应用需要确保几个关键因素:(1)术前生物学测量的准确性、术中散光轴位的正确对齐,以及术后在囊袋内的稳定性<sup>[15]</sup>。Allard 等<sup>[16]</sup>报告中提到环形 IOL 的一个问题是旋转稳定性,术后旋转 $10^\circ$ 可减少 30%的散光矫正,旋转 $20^\circ$ 可减少 60%的散光矫正。圆锥角膜(keratoconus, KCN)是一种常见的角膜扩张性疾病,其特征为角膜变薄和突出,导致不规则散光和视力下降。有研究显示患有 KCN 的人比未患者更早出现白内障<sup>[17]</sup>。在晚期,可能需要进行穿透性角膜移植术(penetrating Keratoplasty, PKP)<sup>[18]</sup>。PKP 术后角膜散光规则和不规则经常发生。由于高度散光和屈光参差,通过眼镜不能进行完全矫正。由于角膜的不规则性,配戴隐形眼镜也很困难。已有多种手术方法被尝试以控制术后散光,但仍然是一个挑战<sup>[19]</sup>。既往研究显示超声乳化合并环形单焦点 IOL 植入术是治疗同时存在 PKP 后散光和白内障患者的一种可行选择<sup>[20]</sup>,72%的患者在 PKP 术后 12 mo 出现不规则散光,而不规则散光不适合环形 IOL 矫正<sup>[21]</sup>。而在 Allard 等<sup>[16]</sup>报告的患者中,PKP 后散光是有规则性的,适合使用环形 IOL。

市面上有各种环形单焦点 IOL, 它们的材料、设计和环度范围各不相同。有一片式、三片式, 有 L 型、C 型、板状攀设计, 直径 11、13 mm, 亦有依球镜度数采用不同直径的, 材质上有疏水型、亲水型等。各种设计各具优势, 能否利用这些设计差异为临床上不同情况的患眼提供环曲面单焦点 IOL 的优选, 尚少有报道, 因此选择合适的此类晶状体需综合考虑医生的建议、患者的期望、经济因素及可用性等<sup>[13]</sup>。

### 3 单焦点 IOL 的临床效果

**3.1 视力** 尽管球面单焦点 IOL 植入术依然是白内障手术最普遍的选择, 但术后结果与患者期望之间存在差距, 因为其仅限于远视力改善。随着研究的深入, 新一代 IOL 被证明是希望获得更佳中间视力患者的可行选择<sup>[22]</sup>。

与标准单焦点 IOL 相比, 双侧植入增强单焦点 IOL 展现出良好的未矫正远、中视力<sup>[3]</sup>, 且在患者的日常生活中表现出更高的质量<sup>[23]</sup>。Yangzes 等<sup>[9]</sup>指出 Eyhance 在近视力和中视力范围内明显优于其他产品, Eyhance 在 -1.00 和 -2.00 D 之间的目标点上的主观表现略优于 Isopure<sup>[11]</sup>。在 Singh 等<sup>[12]</sup>、Mencucci 等<sup>[24]</sup>和 Yangzes 等<sup>[25]</sup>的研究中, 在术后 6 mo ICB00 的未矫正的中间视力 (uncorrected intermediate visual acuity, UIVA) 值显著优于 ZCB00。与 Singh 等<sup>[12]</sup>发现相似, Huh 等<sup>[26]</sup>研究显示, ICB00 术后矫正的中间视力 (distance corrected intermediate visual acuity, DCIVA) 值明显优于 ZCB00。在 Garzón 等<sup>[1]</sup>研究中, ICB00 和 ZCB00 的两组患者矫正远距离视力 (corrected distance visual acuity, CDVA) 无明显差异。Buzzone 等<sup>[27]</sup>研究中明确指出, 在针对儿童白内障患者的研究里, 相较于 PCB00, ICB00 能够为患者提供更为出色的中间距离视力。不过, 在 CDVA 和矫正近视力 (corrected near visual acuity, CNVA) 方面, 二者并无显著差异。特别值得注意的是, 对于在 2 岁之前接受白内障手术的患儿而言, ICB00 更有助于其视力的恢复<sup>[28]</sup>。Johansson 等<sup>[29]</sup>研究显示对于同时患有黄斑变性、视网膜前膜、青光眼、干燥综合征、斜视、弱视等病症的白内障患者, 在接受单焦点非球面 IOL 植入术后, 视力均得到了有效地恢复。术后 12 mo 的跟踪观察发现, 无论是健康眼还是存在病理状况的眼睛, 长期视力和屈光效果均表现良好, 甚至在部分指标上堪称优异, 同时并发症的发生率也处于较低水平。在 Tang 等<sup>[30]</sup>通过对比飞秒激光辅助超声乳化联合环面单焦点 IOL 植入术与传统超声乳化术联合环面单焦点 IOL 植入术对糖尿病性白内障患者的治疗效果, 结果表明两组患者在术后均观察到散光症状减轻以及裸眼视力提升的情况。但尤为突出的是, 在飞秒激光辅助超声乳化联合环面单焦点 IOL 植入术后 6 mo 时, 患者的裸眼视力提升更为显著, 散光改善程度也更为明显<sup>[31]</sup>。

即使在低散光约为 1 D 的情况下, 环面单焦点 IOL 在未校正远距离视力 (uncorrected distance visual acuity, UDVA) 方面的优势已被证实, 70% - 100% 的环形单焦点 IOL 植入患者的 UDVA 达到 20/40 或更高<sup>[13]</sup>。在 Al-Mohtased 等<sup>[14]</sup>报告中, 环曲面单焦点 IOL 术后可提供卓越的 UDVA, 术后屈光散光的减少以及良好的旋转稳定性。Kessel 等<sup>[32]</sup>也认为环曲面单焦点 IOL 提供了更佳的 UDVA。在非进展性 KCN 患者的白内障手术中, 使用环曲面 IOL 能够实现理想的视力和屈光状态<sup>[33]</sup>。

**3.2 离焦曲线** 离焦曲线是衡量 IOL 矫正效果的重要客

观临床指标, 被广泛用于客观评估各种 IOL 的性能<sup>[11]</sup>。研究比较球形和非球面单焦点 IOL 的视觉性能发现, 球形 IOL 的离焦曲线更佳, 研究者将其归因于非球面 IOL 的球差降低到接近零<sup>[9]</sup>。而 Rocha 等<sup>[34]</sup>研究指出非球面 IOL 植入术后总球差的降低可能会影响看近和中间视力的矫正。另一项球型和非球型 IOL 的对比研究中, Marcos 等<sup>[35]</sup>发现, 尽管非球面 IOL 的光学质量更优, 但其离焦容错度不及球面 IOL。在一些研究中, ICB00 的离焦曲线比 ZCB00 更宽、更平滑<sup>[36]</sup>, 因此 ICB00 的平均视力明显优于 ZCB00<sup>[12]</sup>, 而 ICB00 相比传统单焦点 IOL (Tecnis PCB00)<sup>[3]</sup>, ICB00 的斜率下降较慢<sup>[37]</sup>。Eyhance 和 Isopure 两种增强型单焦点 IOL 的主观透焦性能与单眼视力离焦曲线一致<sup>[11]</sup>。因此, 离焦曲线可以帮助外科医生根据患者的视觉需求来选择合适的 IOL<sup>[9]</sup>。

**3.3 对比敏感度** 对比敏感度 (contrast sensitivity, CS) 是图像与背景亮度差的比值, CS 则是目标对比度阈值的倒数。CS 是人眼分辨模糊物体边界的能力。单焦点 IOL 通常不会降低 CS<sup>[3]</sup>, 与其相比, 多焦点 IOL 的 CS 降低, 且在暗或明适应条件下, 单焦点 IOL 的 CS 明显优于三焦点 IOL, 而环曲面 IOL 不影响 CS<sup>[38]</sup>。增强中间视力的单焦点 IOL 具备改良的非球面前表面, 因其光学设计, 不会导致 CS 降低, 且与标准单焦点 IOL 相比, 其 CS 相似<sup>[37]</sup>。在 Mencucci 等<sup>[24]</sup>和 Garzón 等<sup>[1]</sup>研究中, ICB00 组和 ZCB00 组之间 CS 相似。在 Singh 等<sup>[12]</sup>研究中, ICB00 的 UVA 的 CS 和 BCVA 的 CS 值明显优于 ZCB00。环形 IOL 植入术后的高阶像差和 CS 与传统单焦点 IOL 相似, 在 Visser 等<sup>[39]</sup>研究中通过环形单焦点 IOL 和非球面单焦点 IOL 的双侧植入对比, 两种治疗后的 CS、高阶像差或屈光不正相关的生活质量无显著差异。

**3.4 阅读速度** 阅读速度是患者在日常生活中实际视觉功能的更好指标, 因此已被广泛应用于多项临床研究中<sup>[40]</sup>。与标准单焦点 IOL 患者相比, 双侧增强单焦点 IOL 植入术患者在所有字体大小和视力范围测试中展现出更高的阅读速度, 在 Choi 等<sup>[3]</sup>报道中, 阅读速度是通过韩语字母表进行测试的, 与英语字母表相比, 韩文字母表通常被认为在设计上更复杂, 因此, 其他语言的阅读表现可能与该研究有所不同。Song 等<sup>[41]</sup>提出, 将单-多焦点 IOL 混搭植入白内障患者中, 会显著提高阅读速度。

**3.5 患者脱镜率与满意度** 在比较不同类型的单焦点 IOL 时, 研究表明虽然标准单焦点 IOL 在视觉质量和术后满意度方面表现良好, 但在某些情况下增强型单焦点 IOL 可能提供更好的视觉效果和更高的患者满意度<sup>[42-43]</sup>。Choi 等<sup>[3]</sup>通过视觉质量问卷 (quality of vision, QoV)、生活质量问卷 (quality of life, QoL)、国家眼科研究所视功能问卷 (NEI VFQ-25) 评估了使用增强型单焦点 IOL 或标准单焦点 IOL 的患者在日常生活中的主观满意度, 两组患者术后所有问卷均有所改善, 并且在光现象方面表现出良好的结果, 使用增强型单焦点 IOL 的患者中超过 90% 表示不需要配戴眼镜。有研究表明, ZCB00 和 ICB00 患者在 CS、眼镜依赖或患者满意度等方面均无显著差异<sup>[36]</sup>。环曲面 IOL 在临床得到了广泛应用<sup>[16]</sup>, 能够显著降低患者术后的残留散光度数, 提高裸眼远视力和脱镜率, 从而提升患者的满意度<sup>[13]</sup>。在一项评估环形单焦点 IOL 效果的研究中, 平均患者满意度得分为 9.7±0.47 分<sup>[44]</sup>。Ahmed 等<sup>[45]</sup>发现在一组植入特定类型环面单焦点 IOL 的患者中, 94% 的

患者在相似的量表上对视力满意度评分为7或更高。

Zhou 等<sup>[46]</sup>研究成果指出,针对高度近视且为单眼白内障的患者,采用白内障手术联合对侧眼 ICL(有晶状体眼 IOL)植入术的治疗方案,能够切实有效地提升患者术后的视力水平与视觉质量,有力地推动患者实现眼镜独立,患者满意度的平均得分达到了9.5分。在针对合并年龄相关性黄斑变性的白内障患者的研究中<sup>[47]</sup>,数据显示,超过75%的患者在接受 IOL 植入术后,对自身的术后视力质量感到满意,尤其是在远视力的改善方面,效果显著。近期的研究成果显示,在患者眼部植入单焦点与多焦点 IOL 混搭组合的方式,能够有效降低患者术后眩光、光晕等不良反应的发生率,患者满意度处于较高水平<sup>[48]</sup>。

#### 4 小结与展望

近年来,白内障手术实现了重大飞跃,已从单纯的复明手术迈向屈光性手术的新阶段。尽管 IOL 的设计与手术标准持续革新,但单焦点 IOL 在全球市场上依旧占据着不可替代的地位。在各类研究中,单焦点 IOL 的效用与适应证始终是争议焦点。部分研究显示,单焦点 IOL 在特定人群(如老年患者)中能呈现出卓越的视觉功效;而另有研究则强调多焦点或调节型 IOL 的潜在优势。这种分歧充分体现了现代医学研究对个体差异及治疗效果的高度关注。

在选择单焦点 IOL 时,眼科医生需全方位考量患者的生活模式、职业特性及个人喜好,从而为患者量身定制最为适宜的术后视觉方案。因为这些因素不仅关乎患者的视觉体验,更与他们的生活品质及术后满意度紧密相连<sup>[49]</sup>。因此,在临床实践中权衡不同研究观点、洞悉患者多元需求成为不可或缺的关键环节。

单焦点 IOL 在白内障手术中始终发挥着极为关键的作用。传统单焦点 IOL 因仅有单一焦点,难以满足多样化的视力需求<sup>[50]</sup>。展望未来,技术创新与个性化治疗必将成为推动单焦点 IOL 发展的核心驱动力。研究人员可着力优化单焦点 IOL 设计,增强其视觉效果与适应性;深入开展个性化 IOL 研发,契合不同患者的特殊诉求与视觉期望。同时,还应开展长期随访调研,精准评估各类单焦点 IOL 的远期疗效与并发症发生几率,为临床医生的 IOL 选型提供科学、精准的决策依据,助力其制定更为恰当的治疗策略。

**利益冲突声明:**本文不存在利益冲突。

**作者贡献声明:**牛鹏论文选题与修改,初稿撰写,文献检索,数据分析;吕洋选题指导,论文修改。所有作者阅读并同意最终的文本。

#### 参考文献

[1] Garzón N, Poyales F, Albarrán-Diego C, et al. Visual and optical quality of enhanced intermediate monofocal versus standard monofocal intraocular lens. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2022, 260(11): 3617-3625.

[2] Termote K, van Schoor R, Krolo I, et al. Combination of a monofocal and one type of extended depth-of-focus (zonal refractive) intraocular lens (COMEDI) in bilateral cataract surgery protocol: a monocentric, randomised, parallel group trial in cataract surgery. *BMJ Open Ophthalmol*, 2024, 9(1): e001572.

[3] Choi WK, Han HJ, Son HS, et al. Clinical outcomes of bilateral implantation of new generation monofocal IOL enhanced for intermediate distance and conventional monofocal IOL in a Korean population. *BMC*

*Ophthalmol*, 2023, 23(1): 157.

[4] Black S. A clinical assessment of visual performance of combining the TECNIS® Symphony Extended Range of Vision IOL (ZXR00) with the +3.25 D TECNIS Multifocal 1-piece IOL (ZLB00) in subjects undergoing bilateral cataract extraction. *Clin Ophthalmol*, 2018, 12: 2129-2136.

[5] Savini G, Schiano-Lomoriello D, Balducci N, et al. Visual performance of a new extended depth-of-focus intraocular lens compared to a distance-dominant diffractive multifocal intraocular lens. *J Refract Surg*, 2018, 34(4): 228-235.

[6] Chilibeck CM, Brookes NH, Gokul A, et al. Changing Trends in Corneal Transplantation in Aotearoa/New Zealand, 1991 to 2020: Effects of Population Growth, Cataract Surgery, Endothelial Keratoplasty, and Corneal Cross-Linking for Keratoconus. *Cornea*, 2022, 41(6): 680-687.

[7] Linebarger EJ, Hardten DR, Shah GK, et al. Phacoemulsification and modern cataract surgery. *Surv Ophthalmol*, 1999, 44(2): 123-147.

[8] Klyushnikova EV, Hurtzilava OG, Latariya EL, et al. Quality of life of patients after phacoemulsification with implantation of trifocal intraocular lens. *Vestn Oftal'mol*, 2020, 136(6): 195.

[9] Yangzes S, Kamble N, Grewal S, et al. Comparison of an aspheric monofocal intraocular lens with the new generation monofocal lens using defocus curve. *Indian J Ophthalmol*, 2020, 68(12): 3025-3029.

[10] 孟微, 刘冬梅, 毕宏生. 人工晶状体材料的研究进展. *国际眼科杂志*, 2024, 24(1): 93-96.

[11] Salgado-Borges J, Borges A, Ferreira I, et al. Optical characterization and through-focus performance of two advanced monofocal intraocular lenses. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2024, 262(5): 1539-1544.

[12] Singh G, Sidharthan KS, Reddy JK, et al. Comparison of visual outcomes in patients implanted with Tecnis Eyhance ICB00 and 1-Piece ZCB00 monofocal intraocular lenses. *Indian J Ophthalmol*, 2024, 72(2): 181-184.

[13] Titiyal J, Kaur M, Shaikh F, et al. Optimizing outcomes with toric intraocular lenses. *Indian J Ophthalmol*, 2017, 65(12): 1301.

[14] Al-Mohtaseb Z, Steigleman WA, Pantanelli SM, et al. Toric monofocal intraocular lenses for the correction of astigmatism during cataract surgery: A report by the American academy of ophthalmology. *Ophthalmology*, 2024, 131(3): 383-392.

[15] Zhu XJ, He WW, Zhang KK, et al. Factors influencing 1-year rotational stability of AcrySof Toric intraocular lenses. *Br J Ophthalmol*, 2016, 100(2): 263-268.

[16] Allard K, Zetterberg M. Toric IOL implantation in a patient with keratoconus and previous penetrating keratoplasty: a case report and review of literature. *BMC Ophthalmol*, 2018, 18(1): 215.

[17] Nicholson M, Singh VM, Murthy S, et al. Current concepts in the management of cataract with keratoconus. *Indian J Ophthalmol*, 2024, 72(4): 508-519.

[18] Fung SM, Aiello F, Maurino V. Outcomes of femtosecond laser-assisted mushroom-configuration keratoplasty in advanced keratoconus. *Eye*, 2016, 30(4): 553-561.

[19] Kovoora TA, Mohamed E, Cavanagh HD, et al. Outcomes of LASIK and PRK in previous penetrating corneal transplant recipients. *Eye Contact Lens*, 2009, 35(5): 242-245.

[20] Wade M, Steinert RF, Garg S, et al. Results of toric intraocular lenses for post-penetrating keratoplasty astigmatism. *Ophthalmology*, 2014, 121(3): 771-777.

[21] Karabatsas CH, Cook SD, Sparrow JM. Proposed classification for topographic patterns seen after penetrating keratoplasty. *Br J Ophthalmol*, 1999, 83(4): 403-409.

[22] Petermeier K, Frank C, Gekeler F, et al. Influence of the pupil size on visual quality and spherical aberration after implantation of the Tecnis 1-piece intraocular lens. *Br J Ophthalmol*, 2011, 95(1): 42-45.

- [23] Beltraminelli T, Rizzato A, Toniolo K, et al. Comparison of visual performances of enhanced monofocal versus standard monofocal IOLs in a mini-monovision approach. *BMC Ophthalmol*, 2023,23(1):170.
- [24] Mencucci R, Cennamo M, Venturi D, et al. Visual outcome, optical quality, and patient satisfaction with a new monofocal IOL, enhanced for intermediate vision: preliminary results. *J Cataract Refract Surg*, 2020,46(3):378-387.
- [25] Yangzes S, Kamble N, Grewal S, et al. Response to comments on: Comparison of an aspheric monofocal intraocular lens with a new generation monofocal lens using defocus curve. *Indian J Ophthalmol*, 2021,69(5):1348-1349.
- [26] Huh J, Eom Y, Yang SK, et al. A comparison of clinical outcomes and optical performance between monofocal and new monofocal with enhanced intermediate function intraocular lenses: a case-control study. *BMC Ophthalmol*, 2021,21(1):365.
- [27] Buzzonetti L, Petroni S, Federici M, et al. Comparison between monofocal and aspheric monofocal intraocular lens with higher order aspheric optic in pediatric patients: early outcomes. *J Refract Surg*, 2024,40(10):e724-e727.
- [28] Lin DR, Zhu QL, Zhang SY, et al. Postoperative myopic shift and visual acuity rehabilitation in patients with bilateral congenital cataracts. *Front Med*, 2024,11:1406287.
- [29] Johansson B, Daniel ACS, Herbers C, et al. Clinical safety and efficacy of a hydrophilic acrylic intraocular lens in a real-world population: a 1-year follow-up retrospective study. *BMC Ophthalmol*, 2020,20(1):224.
- [30] Tang YF, Duan ZH. Clinical efficacy of femtosecond laser-assisted phacoemulsification in diabetic cataract patients. *World J Clin Cases*, 2024,12(10):1733-1741.
- [31] 郭磊, 梁先军, 张希乔, 等. 飞秒激光白内障手术联合 PanOptix 三焦点人工晶状体植入术的疗效. *国际眼科杂志*, 2023,23(2):312-315.
- [32] Kessel L, Andresen J, Tendal B, et al. Toric intraocular lenses in the correction of astigmatism during cataract surgery A systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology*, 2016,123(2):275-286.
- [33] Hashemi H, Heidarian S, Seyedian MA, et al. Evaluation of the Results of Using Toric IOL in the Cataract Surgery of Keratoconus Patients. *Eye Contact Lens*, 2015,41(6):354-358.
- [34] Rocha KM, Soriano ES, Chamon W, et al. Spherical aberration and depth of focus in eyes implanted with aspheric and spherical intraocular lenses A prospective randomized study. *Ophthalmology*, 2007,114(11):2050-2054.
- [35] Marcos S, Barbero S, Jiménez-Alfaro I. Optical quality and depth-of-field of eyes implanted with spherical and aspheric intraocular lenses. *J Refract Surg*, 2005,21(3):223-235.
- [36] Choi JY, Won YK, Lee SJ, et al. Visual outcomes and patient satisfaction of enhanced monofocal intraocular lens in phacovitrectomy for idiopathic epiretinal membrane. *Bioengineering*, 2024,11(9):939.
- [37] Jeong S, Son S, Min SG. Efficacy of enhanced monofocal intraocular lens in combined phacovitrectomy for patients with photoreceptor-preserving epiretinal membrane. *Sci Rep*, 2024,14:24377.
- [38] Mehta H. Management of cataract in patients with age-related macular degeneration. *J Clin Med*, 2021,10(12):2538.
- [39] Visser N, Beckers HJ, Bauer NJ, et al. Toric vs aspherical control intraocular lenses in patients with cataract and corneal astigmatism: a randomized clinical trial. *JAMA Ophthalmol*, 2014,132(12):1462-1468.
- [40] Son HS, Khoramnia R, Yildirim TM, et al. Functional outcomes and reading performance after combined implantation of a small-aperture lens and a segmental refractive bifocal lens. *J Refract Surg*, 2019,35(9):551-558.
- [41] Song JE, Khoramnia R, Son HS, et al. Comparison between bilateral implantation of a trifocal IOL and mix-and-match implantation of a bifocal IOL and an extended depth of focus IOL. *J Refract Surg*, 2020,36(8):528-535.
- [42] Gadzhanova S, Gillam M, Roughead E. Risk of falls and injuries requiring hospitalisation after first-eye cataract surgery in elderly Australians. *Acta Ophthalmol*, 2020,98(4):e495-e498.
- [43] Schallhorn JM, Pantanelli SM, Lin CC, et al. Multifocal and accommodating intraocular lenses for the treatment of presbyopia A report by the American academy of ophthalmology. *Ophthalmology*, 2021,128(10):1469-1482.
- [44] Lubiński W, Kaźmierczak B, Gronkowska-Serafin J, et al. Clinical outcomes after uncomplicated cataract surgery with implantation of the technis toric intraocular lens. *J Ophthalmol*, 2016,2016:3257217.
- [45] Ahmed IIK, Rocha G, Slomovic AR, et al. Visual function and patient experience after bilateral implantation of toric intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg*, 2010,36(4):609-616.
- [46] Zhou J, Ye J. Observation on the efficacy of cataract surgery combined with ICL implantation in the contralateral eye for patients with high myopia complicated with monocular cataract. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi*, 2024,60(12):985-990.
- [47] Bhandari S, Chew EY. Cataract surgery and the risk of progression of macular degeneration. *Curr Opin Ophthalmol*, 2023,34(1):27-31.
- [48] 张帆, 陈彦辰, 巫雷, 等. 双眼单焦点与多焦点人工晶状体混搭植入术后视觉质量评估. *国际眼科杂志*, 2022,22(8):1262-1266.
- [49] Tojo N, Otsuka M, Nitta Y, et al. Effect of enhanced monofocal intraocular lenses on glaucoma patients' foveal threshold. *Int Ophthalmol*, 2024,44(1):416.
- [50] 李锦玉, 孙斌, 杨春华, 等. 不同类型人工晶状体植入术后双眼视功能差异分析. *眼科新进展*, 2024,44(7):544-548.