

晶状体常数优化在人工晶状体屈光度计算中应用的研究进展

夏若秋^{1,2}, 徐浩^{1,2}, 王焯焯^{1,2}, 胡成琼²

引用:夏若秋,徐浩,王焯焯,等. 晶状体常数优化在人工晶状体屈光度计算中应用的研究进展. 国际眼科杂志, 2026, 26(7): 1180-1184.

基金项目:贵州省卫生健康委科学技术基金项目(No. gzwkj 2023-435)

作者单位:¹(550004)中国贵州省贵阳市,贵州医科大学临床医学院;²(562400)中国贵州省兴义市,黔西南州人民医院眼科

作者简介:夏若秋,在读硕士研究生,住院医师,研究方向:晶状体疾病。

通讯作者:徐浩,学士,主任医师,眼科主任,硕士研究生导师,研究方向:晶状体疾病. 30519133@qq.com

收稿日期:2025-11-21 修回日期:2026-05-20

摘要

随着白内障手术进入屈光时代,术后残留屈光不正成为影响视觉质量的关键因素,而人工晶状体(IOL)屈光度计算准确性受眼部生物参数、计算公式及晶状体常数等多重影响,目前临床广泛使用的晶状体常数多基于西方人群,与我国人群短眼轴、陡角膜等眼部特征存在适配偏差,因此常数的个性化优化成为研究热点。文章主要阐述晶状体常数优化在提高IOL屈光度计算准确性的研究进展,目前晶状体常数优化方式尚未形成共识,单常数公式可通过迭代法优化,多常数公式需结合线性或非线性策略,简化梯度下降法、数据驱动技术等为优化提供了新路径,但需交叉验证评估性能;基于眼轴长度、角膜曲率、前房深度的分段优化在特殊解剖结构患者中效果显著,可有效降低不同分组人群的术后屈光误差,但部分极端病例仍存在局限性;多参数交互作用对复杂病例的预测准确性影响显著,新一代整合多参数或引入AI算法的公式虽有提升,但常数优化仍具有价值。当前,多参数复杂关系、术中动态变化等问题仍需深入研究,未来需开展针对性人群优化研究、开发实时监测技术及创新IOL设计,以进一步趋近术后屈光零误差目标。

关键词:人工晶状体计算;晶状体常数;年龄相关性白内障
DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2026.7.12

Advances in application of lens constant optimization for IOL power calculation

Xia Ruoqiu^{1,2}, Xu Hao^{1,2}, Wang Xuanxuan^{1,2}, Hu Chenqiong²

Foundation item: Guizhou Provincial Health Commission Science and Technology Fund (No. gzwkj2023-435)

¹School of Clinical Medicine, Guizhou Medical University, Guiyang 550004, Guizhou Province, China; ²Department of Ophthalmology, Qianxinan Miao and Bouyei Autonomous Prefecture People's Hospital, Xingyi 562400, Guizhou Province, China

Correspondence to: Xu Hao. Guizhou Medical University of Clinical Medical, Guiyang 550004, Guizhou Province, China; Department of Ophthalmology, Qianxinan Miao and Bouyei Autonomous Prefecture People's Hospital, Xingyi 562400, Guizhou Province, China. 30519133@qq.com

Received: 2025-11-21 Accepted: 2026-05-20

Abstract

• With the advent of the refractive era of cataract surgery, postoperative residual refractive error has become a key factor affecting visual quality. The accuracy of intraocular lens (IOL) power calculation is affected by multiple factors, including ocular biological parameters, calculation formulas, and lens constants. Currently, the lens constants widely used in clinical practice are mostly based on Western populations, which have a mismatch with the ocular characteristics of the Chinese population, such as shorter axial length and steeper cornea. Therefore, the personalized optimization of the constant has become a research hotspot. This review primarily summarizes the research progress on lens constant optimization in improving the accuracy of IOL power calculation. Currently, there is no consensus on lens constant optimization methods. Single-constant formulas can be optimized through iterative methods, while multi-constant formulas require the combination of linear or nonlinear strategies. Simplified gradient descent and data-driven techniques offer new optimization pathways, but cross-validation is needed to evaluate their performance. Segmented optimization based on axial length, corneal curvature, and anterior chamber depth has shown significant effectiveness in patients with special anatomical structures, effectively reducing postoperative refractive errors in different patient groups, but limitations remain in some extreme cases. The interaction of multiple parameters significantly impacts the predictive accuracy of complex cases. While new-generation formulas integrating multiple parameters or incorporating AI algorithms have improved accuracy, constant optimization still holds value. Currently, the complex relationships between multiple parameters and intraoperative dynamic changes require further in-depth research. Future research, including targeted population

optimization studies, the development of real-time monitoring technologies, and innovative IOL designs, may make achieving zero postoperative refractive error a possibility.

• **KEYWORDS:** intraocular lens calculation; lens constant; age-related cataract

Citation: Xia RQ, Xu H, Wang XX, et al. Advances in application of lens constant optimization for IOL power calculation. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2026,26(7):1180-1184.

0 引言

白内障手术逐步进入屈光时代,术后残留屈光不正的负面影响也不可忽视。术后残留屈光不正是影响术后视觉质量的重要因素之一,人工晶状体(intraocular lens, IOL)屈光度计算准确性受眼部生物参数、计算公式及晶状体常数等多重因素影响^[1],其中眼部生物参数的误差与测量仪、测量方式直接相关^[2-3]。各种公式的晶状体常数因人群的不同而有所差异,而目前临床广泛使用的晶状体常数多基于西方人群参数,与我国人群眼部特征(如短眼轴、陡角膜)存在适配偏差,因此,根据实际临床数据来进行晶状体常数的个性化优化对于提高预测准确性至关重要^[4],本综述将总结晶状体常数优化在提高晶状体屈光度计算准确性中的研究进展。

1 晶状体常数优化

IOL 常数可直接影响术后屈光结果,不同患者群体和 IOL 类型需匹配特定常数,未优化可致屈光偏差。由于各公式对常数敏感性不同及亚洲人眼解剖特征与厂商计算常数使用的人群解剖特征不同,目前临床仍需对晶状体常数进行针对性优化^[5-8]。

1.1 晶状体常数优化方式 对于如何优化晶状体常数目前并未达成共识^[9-10],不同 IOL 计算公式的常数优化需依据其模型结构差异采取相应策略。如对于仅含单个常数的计算公式,有学者通过迭代法进行优化:结合术前生物测量数值、植入 IOL 度数及术后屈光度,以 0.001 为步长调整该常数,直至屈光误差为零,通过分析数据集优化常数的分布特征,确定适合目标人群的优化值^[11]。对于包含多个常数的公式,则需根据其结构采用不同策略。若常数通过多元线性方法计算 IOL 的有效晶状体位置(effective lens position, ELP)则可基于临床数据反推实际 ELP,再通过多元线性回归分析得到优化常数,如 Haigis 公式^[12];如果预测 ELP 的方法并不依赖线性叠加(如 Castrop 公式),则需采用非线性优化方法,例如 Langenbacher 等^[13]提出的非线性迭代法适用于各类公式的常数优化^[11-13]。

然而,但非线性迭代法需多次计算以求解最佳常数,流程复杂,难以直接应用于临床,相较之下, Gatinel 等^[14-15]的研究显示,简化梯度下降法在保证平均预测误差(mean error, ME)为零、均方根与标准差最小的前提下进行常数优化可将平均预测误差从 0.726 D 降至 0.529 D,表明这种简化梯度下降法有效,且一项比较研究显示,该方法与非线性迭代法的优化效果具有良好的一致性,但该方法研究提到由于性能曲线中的标准差曲线极其平坦,使用最

小标准差优化常数可能效果欠佳^[16]。

除此以外,另一项研究提出可通过计算每例患者的预测误差与数据集整体平均预测误差的差值来反向求解新的晶状体常数,从而实现常数优化^[17],这种方法的缺点在于它仅适用于单常数的 IOL 公式,并且这种基于统计学理论的“最优”常数在实际应用中可能并非最准确的常数^[18]。同时近年来随着粒子群优化等基于机器学习领域的驱动算法以及各类统计建模方法的日趋成熟,使得有望通过单一集成模块,仅输入眼部生物测量参数即可直接输出对应不同 IOL 的目标预留屈光度^[19-20]。但不同的常数优化方法可能得到不同的结果,建议采用交叉验证的方法测试不同方法的优化性能^[18]。

1.2 晶状体常数优化的应用 研究和临床实践表明,现有晶状体常数最佳适用范围和人群存在差异。因此,考虑到不同眼睛解剖结构的特异性对 IOL 屈光度预测的影响,常需根据眼部生物测量参数进行分段优化^[21-23]。

1.2.1 基于眼轴长度分组的晶状体常数优化 研究发现,长眼轴患者[眼轴长度(axial length, AL) > 26 mm]主要存在远视预测误差^[24],而高度近视患者中,分段优化晶状体常数可有效降低术后远视漂移的发生率^[10]。在根据眼轴分段优化时,长眼轴组优化后可使预测误差在 ±0.5 D 以内的百分比提高 6% - 21%^[25],但另一项研究结果显示对 AL 大于 26 mm 的患者使用 Haigis 公式、Hoffer Q 公式、SRK/T 公式进行常数优化后,绝对平均预测误差(mean absolute error, ME)差异均无统计学意义,表明长眼轴晶状体常数优化的效果有限^[10],但这可能是由于样本的眼部解剖特征分布存在差异。此外,虽然研究表明 Barrett Universal II 和 Kane 公式在长眼轴患者中表现出较高准确性,但同样有学者指出对于超长眼轴眼的极端情况,这些公式优化的局限性更为明显,需要更小的分段进行分组分析^[26-27]。对于高度近视的患者,建议通过分别优化负屈光度 IOL 和正屈光度 IOL 的常数,以提高计算的准确性^[28]。

短眼轴眼的前房空间会压缩导致 ELP 预测偏差,易高估 IOL 度数^[29]。但若患者合并角膜平坦时,需进一步联合角膜曲率(K)值进行调整,Kane 等^[30]在根据 AL 评估不同亚组中的准确性时发现对于部分异常角膜曲率患者无法提供准确的屈光预测。玻璃体切割术后的房水或硅油填充玻璃体可能改变眼球后段的折射率,从而影响 AL 测量的准确性,但对这类眼睛进行常数优化时,BUII、EVO、Kane 和 Haigis 的 MAE (0.53 - 0.55 D) 和 MedAE (0.38 - 0.41 D) 相对降低,提示对这类患者进行优化常数可提高计算的准确性^[31]。Tan 等^[32]的研究同样证实了这一点,但该研究也指出对于玻璃体切除的高度近视眼,需结合 Wang-Koch 调整才能有较好的预测精度。

1.2.2 基于 K 值分组的晶状体常数优化 角膜屈光力占总眼屈光力的 70%,K 值误差 1 D 可导致术后屈光误差 0.7 - 1.0 D^[33],ELP 预测同样受 K 值影响,平坦角膜(K < 40 D)患者的实际 ELP 更靠后,因此 ELP 预测需补偿后移效应^[34-35]。Eom 等^[36]的研究证明 SRK/T 的 A 常数随角膜屈光度而变化,但由于 K 值同样不能直接测量,临床上通常使用集成在生物测量设备中的角膜曲率计、角膜地形

图或 OCT 的现代生物计将角膜半径转换为 K 值,因此基于 K 值的晶状体常数优化应与提高计算 K 值准确性结合。比如一项对 257 眼的研究表明,使用角膜曲率计特有的 IOL 常数后,预测误差在 ± 0.5 D 以内的占比提高 6.2%,但该研究提出在角膜不规则患者中效果受限^[37]。Langenbucher 等^[19]通过改变角膜度数指数/角膜折射率(nK/nC)结合优化常数可将 Haigis 公式、Hoffer Q 公式测量的 MAE 降低。对于 K>46 D 患者,其陡峭程度导致前房拥挤引发 IOL 前移^[38],研究表明优化常数可提高此类患者预测的精准性^[33]。但在另一项研究中,则推荐此类患者使用优化后的 Kane keratoconus 公式,因为即使优化常数也依然随着角膜屈光度的增加,可导致更大的误差^[39]。

角膜前后表面曲率与屈光指数的变化都可能显著影响 IOL 度数计算的准确性,在角膜屈光术后,角膜前表面发生改变也可影响 ELP 的计算,导致术后屈光误差^[40-42]。为了解决角膜屈光术后的变化,一些学者提出对应的角膜屈光力测量方法和 ELP 预测的特殊校正算法,如 Barrett True-K、Haigis-L、PEARL-DGS 公式等,研究表明对这些公式进行常数优化时发现优化后的预测误差及绝对预测误差均较优化前更接近 0^[43],但对于这类患者,是否有必要常数优化的问题仍然是一个有争议的话题,如 Hoffer 等^[44]认为有必要对其进行参数优化,而相比之下 Popovic 等^[45]认为涉及不断优化可能出现过拟合,强调需考虑对常数增强普遍性的重要性。

优化常数在角膜移植术后患者中同样具有有效性与必要性,一项针对 Fuchs 内皮营养不良患者行 DSAEK 三联手术的研究显示,采用优化后的 IOL 常数可将平均绝对误差由 1.09 ± 0.63 D 降至 0.61 ± 0.4 D^[46]。在临床实践中,应重视对异常角膜曲率患者的角膜曲率测量,并根据患者个体情况优化晶状体常数。

1.2.3 基于前房深度分组的晶状体常数优化 前房深度(anterior chamber depth, ACD)分组优化对特殊解剖结构患者至关重要,与 AL、K 类似,主要通过 ELP 的预测直接影响术后屈光状态^[47]。研究表明每 0.1 mm ACD 误差可导致 0.32 D 术后屈光误差^[48]。一项 Meta 分析显示,Barrett Universal II 公式在浅前房患者中的 MAE 最低,显著优于 Hoffer Q、Haigis 和 Holladay 2,但因 Haigis 公式中 a1 代表 ACD 对 ELP 的影响权重,默认值适用于平均前房深度人群,浅前房患者因解剖差异需增加 a1 常数以补偿由于浅前房导致的 IOL 前移效应^[49]。一项关于浅前房患者的研究显示,将 Haigis 公式的 a1 从 0.95 增至 1.05 时,MAE 从 0.54 D 降至 0.36 D^[50],Eom 等^[51]的研究中同样发现调整 a1 后远视偏移发生率下降,MAE 也从 0.42 D 降至 0.39 D。在深前房眼中屈光度有向近视偏移的趋势,对此有研究指出^[52],对于深前房患者适当调整晶状体常数以降低术后屈光误差,2017 年中国的一项研究得出同样的结论^[53]。ACD 分段优化对特殊解剖患者重要,调整参数可降低误差。但目前关于基于 ACD 分组的晶状体常数优化研究较少,需进一步临床研究。

1.3 多参数交互作用在 IOL 屈光度计算中的应用 IOL 屈光度计算的准确性受多种眼部生物参数影响,单一参数优

化虽能改善部分患者的术后屈光状态,但仅根据某一参数来推荐“合适”或“不合适”的公式和常数并不完整,需要考虑所有眼部特征的组合,如不常见的复杂病例(长眼轴合并陡峭角膜、短眼轴合并浅前房等)可因长眼轴导致 ELP 预测后移,而陡峭角膜引起 ELP 前移,两者效应相互抵消或叠加,传统公式难以准确预测。并且公式的理论依据也有所不同,Kane 和 Hill-RBF 2.0 公式的准确性受角膜曲率的影响;BUH 和 EVO 公式的准确性受角膜曲率、眼轴长度的影响^[54],因此对不同公式的常数优化和适用人群的选择需个性化调整。研究表明长眼轴合并陡峭角膜患者结合角膜像差和个性化参数后的 MAE 降低^[53,55-56]。El-Khayat 等^[46]也曾提到对长眼轴眼使用 Haigis 和 SRK/T 公式时,可以在调整平均中央角膜曲率后优化晶状体常数。短眼轴合并浅前房导致前房空间过度压缩将导致 ELP 预测偏差更大,但是否需同时根据 ACD 优化晶状体常数目前仍存在争议,如一项研究表明,浅前房眼 Barrett Universal II 和 Haigis 公式的结果虽然接近正视,但与其他公式相比并不具有统计学差异^[52],Yang 等^[57]在对短眼轴眼的研究中发现 Haigis 公式在浅前房组中误差最大,但有研究发现 Haigis 公式在浅前房组中更准确^[51],这可能是由于各研究的样本分布特征和植入的 IOL 不同。近年来提出新一代公式大多考虑此情况,如整合多个参数的 Barrett Universal II 公式、引入 AI 算法动态调整常数的 Kane 公式^[58-59]。除此之外,关于 IOL 常数优化的对象不止局限于眼部的生物特征,一项关于针对 IOL 尺寸进行常数优化的研究表明,在对 SRK/T 公式的 A 常数进行优化时可提高不同尺寸 IOL 的屈光度计算准确性^[14]。多参数交互作用并非简单线性关系,而目前仍未有研究提出有效解决的解决方法,同时需明确角膜屈光手术、术中囊袋收缩、悬韧带松弛导致的参数动态变化对常数稳定性的影响以降低其对 IOL 屈光度计算准确性的影响。

2 小结

年龄相关性白内障手术已步入屈光时代,术后屈光误差的减少对患者视觉质量至关重要。目前使用的 IOL 计算公式的晶状体常数的数据库与亚洲人群的眼部特征存在偏差,若对 AL、K、ACD 分段并通过迭代法、非线性分析等方法优化晶状体常数则可降低这部分偏倚带来的误差。新一代计算公式通过整合多参数及人工智能的引入,进一步提升了多参数交互作用下的预测能力,并且优化晶状体常数有望让此类公式的准确性提高。

综上所述,对特殊人群进行亚组分层、个体化常数优化,并联合针对性公式调整,是提升预测准确性、减少术后屈光偏差的关键。这也提示临床中应重视患者眼部解剖特征的异质性,采取更精细化的测算策略,以更好地改善屈光手术预后,通过选择合适的 IOL 计算公式和优化常数,为白内障患者提供更精准 IOL 屈光度计算方式。同时,针对不同人群的常数优化的研究、术中实时生物参数监测技术的开发,以及 IOL 材料与技术创新,也可能为术后屈光零误差的目标提供更多可能性。

利益冲突声明: 本文不存在利益冲突。

作者贡献声明: 夏若秋论文选题与修改,初稿撰写;王烜

烜、胡成琼文献检索;徐浩选题指导,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] Langenbucher A, Hoffmann P, Cayless A, et al. Limitations of constant optimization with disclosed intraocular lens power formulae. *J Cataract Refract Surg*, 2024,50(3):201-208.
- [2] 刘格格, 刘玉哲. 不同角膜曲率白内障患者三种人工晶状体屈光度计算公式的准确性比较. *眼科新进展*, 2023,43(6):480-483.
- [3] Stopyra W. Analysis of accuracy of twelve intraocular lens power calculation formulas for eyes with axial hyperopia. *Saudi J Ophthalmol*, 2023,37(2):125-130.
- [4] 娄炜, 陈子益, 章尧, 等. 人工智能在人工晶状体屈光力计算的应用. *眼科学报*, 2023,38(12):790-799.
- [5] Langenbucher A, Eppig T, Viestenz A, et al. Individualisierung der IOL-konstanten für 2 hydrophobe intraokularlinsen: SRK II, SRK/T, hoffer Q, holladay 1 und haigis-formel. *Ophthalmologie*, 2012,109(5):468-473.
- [6] 魏丽清, 陈榆, 廉恒丽, 等. SRK/T公式与优化Haigis公式在高度近视眼中的应用比较. *中华眼视光学与视觉科学杂志(中英文)*, 2016,18(12):747-750,756.
- [7] Craig JP, Lim J, Han A, et al. Ethnic differences between the Asian and Caucasian ocular surface: a co-located adult migrant population cohort study. *Ocul Surf*, 2019,17(1):83-88.
- [8] Qin B, Tang ML, Li Y, et al. Anterior segment dimensions in Asian and Caucasian eyes measured by optical coherence tomography. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging*, 2012,43(2):135-142.
- [9] Langenbucher A, Szentmáry N, Cayless A, et al. Considerations on the Castrop formula for calculation of intraocular lens power. *PLoS One*, 2021,16(6):e0252102.
- [10] Zhang JQ, Zou XY, Zheng DY, et al. Effect of lens constants optimization on the accuracy of intraocular lens power calculation formulas for highly myopic eyes. *Int J Ophthalmol*, 2019,12(6):943-948.
- [11] Aristodemou P, Knox Cartwright NE, Sparrow JM, et al. Intraocular lens formula constant optimization and partial coherence interferometry biometry: Refractive outcomes in 8108 eyes after cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2011,37(1):50-62.
- [12] Haigis W, Lege B, Miller N, et al. Comparison of immersion ultrasound biometry and partial coherence interferometry for intraocular lens calculation according to Haigis. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2000,238(9):765-773.
- [13] Langenbucher A, Szentmáry N, Cayless A, et al. Strategies for formula constant optimisation for intraocular lens power calculation. *PLoS One*, 2022,17(5):e0267352.
- [14] Gatinel D, Debellemannièr G, Saad A, et al. A simplified method to minimize systematic bias of single-optimized intraocular lens power calculation formulas. *Am J Ophthalmol*, 2023,253:65-73.
- [15] Gatinel D, Debellemannièr G, Saad A, et al. A new method to minimize the standard deviation and root mean square of the prediction error of single-optimized IOL power formulas. *Trans Vis Sci Tech*, 2024,13(6):2.
- [16] Langenbucher A, Szentmáry N, Wendelstein J, et al. Performance evaluation of a simple strategy to optimize formula constants for zero mean or minimal standard deviation or root-mean-squared prediction error in intraocular lens power calculation. *Am J Ophthalmol*, 2025,269:282-292.
- [17] Khatib ZI, Haldipurkar SS, Shetty V, et al. Comparison of three newer generation freely available intraocular lens power calculation

formulae across all axial lengths. *Indian J Ophthalmol*, 2021,69(3):580-584.

- [18] Langenbucher A, Szentmáry N, Cayless A, et al. IOL formula constants: strategies for optimization and defining standards for presenting data. *Ophthalmic Res*, 2021,64(6):1055-1067.
- [19] Langenbucher A, Szentmáry N, Cayless A, et al. Formula constant optimisation techniques including variation of keratometer or corneal refractive index and consideration for classical and modern IOL formulae. *PLoS One*, 2023,18(2):e0282213.
- [20] Langenbucher A, Szentmáry N, Cayless A, et al. Particle swarm optimisation strategies for IOL formula constant optimisation. *Acta Ophthalmol*, 2023,101(7):775-782.
- [21] 夏美云, 朱丹. 白内障术后屈光误差的影响因素及人工晶状体屈光度计算公式选择的研究进展. *中华眼科医学杂志(电子版)*, 2020,10(4):251-256.
- [22] Nilsen C, Gundersen M, Jensen P, et al. Effect of artificial tears on preoperative keratometry and refractive precision in cataract surgery. *Clin Ophthalmol*, 2024,18:1503-1514.
- [23] 石采灵, 肖伟. 高度近视并发白内障患者人工晶状体度数计算的研究进展. *国际眼科杂志*, 2022,22(7):1153-1156.
- [24] 杨杰, 李飞. 轴性高度近视眼白内障超声乳化吸除联合人工晶状体植入术后屈光度数误差研究. *中外医疗*, 2018,37(27):53-55.
- [25] 周索旺, 阿迪拉木阿布力米提, 谭泳昌, 等. 折衍混合型三焦点人工晶状体常数优化的临床研究. *眼科学报*, 2023,38(12):845-856.
- [26] Ma YY, Xiong RL, Liu ZZ, et al. Network meta-analysis of intraocular lens power calculation formula accuracy in 1016 eyes with long axial length. *Am J Ophthalmol*, 2024,257:178-186.
- [27] Li XX, Song CY, Wang Y, et al. Accuracy of 14 intraocular lens power calculation formulas in extremely long eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2024,262(11):3619-3628.
- [28] Petermeier K, Gekeler F, Messias A, et al. Intraocular lens power calculation and optimized constants for highly myopic eyes. *J Cataract Refract Surg*, 2009,35(9):1575-1581.
- [29] Melles RB, Holladay JT, Chang WJ. Accuracy of intraocular lens calculation formulas. *Ophthalmology*, 2018,125(2):169-178.
- [30] Kane JX, Van Heerden A, Atik A, et al. Accuracy of 3 new methods for intraocular lens power selection. *J Cataract Refract Surg*, 2017,43(3):333-339.
- [31] Roessler GF, Huth JK, Dietlein TS, et al. Accuracy and reproducibility of axial length measurement in eyes with silicone oil endotamponade. *Br J Ophthalmol*, 2009,93(11):1492-1494.
- [32] Tan XH, Zhang JQ, Zhu Y, et al. Accuracy of new generation intraocular lens calculation formulas in vitrectomized eyes. *Am J Ophthalmol*, 2020,217:81-90.
- [33] Reitblat O, Levy A, Kleinmann G, et al. Intraocular lens power calculation for eyes with high and low average keratometry readings: Comparison between various formulas. *J Cataract Refract Surg*, 2017,43(9):1149-1156.
- [34] 李鸿钰, 李军, 宋慧. LASIK/PRK术后人工晶状体度数计算的研究进展. *国际眼科杂志*, 2019,19(10):1704-1708.
- [35] Lin HY, Kao ST, Chen S, et al. Comparing clinical outcomes of Optiwave Refractive Analysis, Lenstar, and surgeon's modified method for intraocular lens power calculation in Asian eyes. *Sci Rep*, 2023,13:14447.
- [36] Eom Y, Kang SY, Song JS, et al. Use of corneal power-specific constants to improve the accuracy of the SRK/T formula. *Ophthalmology*, 2013,120(3):477-481.

- [37] Sheard R. Optimising biometry for best outcomes in cataract surgery. *Eye*, 2014,28(2):118-125.
- [38] Röggl V, Langenbucher A, Leydolt C, et al. Accuracy of common IOL power formulas in 611 eyes based on axial length and corneal power ranges. *Br J Ophthalmol*, 2021,105(12):1661-1665.
- [39] Yang F, Bao YZ. Correlations of corneal curvature with corneal spherical aberration and anterior chamber parameters in eyes with shallow anterior chambers. *Ophthalmol Ther*, 2023,12(1):239-249.
- [40] Kane JX, Connell B, Yip H, et al. Accuracy of intraocular lens power formulas modified for patients with keratoconus. *Ophthalmology*, 2020,127(8):1037-1042.
- [41] 陈丽静, 王锐, 张浩润, 等. 角膜屈光手术后人工晶状体度数计算公式的选择. *国际眼科杂志*, 2017,17(7):1275-1277.
- [42] 陆勤康, 查桂平, 赖晓明, 等. 角膜屈光手术后人工晶状体度数的测算. *中华眼视光学与视觉科学杂志(中英文)*, 2015,17(9):554-557.
- [43] Oh R, Hyon JY, Jeon HS. Accuracy of the PEARL-DCS formula for intraocular lens power calculation in post-myopic laser refractive corneal surgery eyes. *Am J Ophthalmol*, 2024,259:79-87.
- [44] Hoffer KJ, Savini G. Update on intraocular lens power calculation study protocols: the better way to design and report clinical trials. *Ophthalmology*, 2021,128(11):e115-e120.
- [45] Popovic MM, Pereira A, Schlenker MB. Re: Hoffer et al.: Update on intraocular lens power calculation study protocols: the better way to design and report clinical trials. *Ophthalmology*, 2021,128(7):e36-e37.
- [46] El-Khayat AR. Optimizing the intraocular lens formula constant according to intraocular lens diameter. *Int J Ophthalmol*, 2021,14(5):700-703.
- [47] Hipólito-Fernandes D, Luís ME, Serras-Pereira R, et al. Anterior chamber depth, lens thickness and intraocular lens calculation formula accuracy: nine formulas comparison. *Br J Ophthalmol*, 2022,106(3):349-355.
- [48] Engren AL, Behndig A. Anterior chamber depth, intraocular lens position, and refractive outcomes after cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2013,39(4):572-577.
- [49] 李小禹, 杨丽, 海玥, 等. 不同人工晶状体屈光度计算公式在浅前房白内障患者中的准确性 meta 分析. *中华实验眼科杂志*, 2023,41(6):576-581.
- [50] Schröder S, Wagenpfeil S, Leydolt C, et al. Interpretation der intraokularlinsenkonstanten für die haigis - formel. *Klin Monatsbl Augenheilkd*, 2017,234(8):975-978.
- [51] Eom Y, Kang SY, Song JS, et al. Comparison of Hoffer Q and Haigis formulae for intraocular lens power calculation according to the anterior chamber depth in short eyes. *Am J Ophthalmol*, 2014,157(4):818-824.e2.
- [52] Hashemi H, Miraftab M, Fotouhi A, et al. Effect of anterior chamber depth on the choice of intraocular lens calculation formula in patients with normal axial length. *Middle East Afr J Ophthalmol*, 2014,21(4):307.
- [53] 竺向佳, 何雯雯, 杜钰, 等. 三种人工晶状体计算公式对高度近视眼并发性白内障的预测误差比较. *中华眼科杂志*, 2017,53(4):260-265.
- [54] Chen YX, Wei L, He WW, et al. Comparison of Kane, hill-RBF 2.0, barrett universal II, and emmetropia verifying optical formulas in eyes with extreme myopia. *J Refract Surg*, 2021,37(10):680-685.
- [55] Liu JW, Wang L, Chai FY, et al. Comparison of intraocular lens power calculation formulas in Chinese eyes with axial myopia. *J Cataract Refract Surg*, 2019,45(6):725-731.
- [56] Wang L, Koch DD. Modified axial length adjustment formulas in long eyes. *J Cataract Refract Surg*, 2018,44(11):1396-1397.
- [57] Yang S, Whang WJ, Joo CK. Effect of anterior chamber depth on the choice of intraocular lens calculation formula. *PLoS One*, 2017,12(12):e0189868.
- [58] Kane JX, Chang DF. Intraocular lens power formulas, biometry, and intraoperative aberrometry a review. *Ophthalmology*, 2021,128(11):e94-e114.
- [59] Devgan U, Siddiqui A. Intraocular lens calculations in atypical eyes. *Indian J Ophthalmol*, 2017,65(12):1289.