

# 影响多焦点人工晶状体选择的因素

李旭晖, 马华峰\*

重庆医科大学附属第二医院眼科, 重庆

收稿日期: 2024年12月9日; 录用日期: 2025年1月3日; 发布日期: 2025年1月15日

## 摘要

伴随社会老龄化进一步加重, 年龄相关性白内障已经成为全球关注的公共卫生问题, 通过手术方式实现人工晶状体置换是解决白内障的重要手段。随着科技的进步, 白内障手术已从复明性手术转变为屈光性手术, 追求尽可能地改善患者术后的视觉质量及视觉效果, 准确计算人工晶状体屈光度是手术的关键, 根据患者期望的近视力水平选择合适人工晶状体更能提高术后满意度。本文通过查阅国内外相关文献, 对于影响多焦点人工晶状体选择的因素作一综述。

## 关键词

白内障手术, 多焦点人工晶状体, 人工晶状体计算公式

# Factors Affecting Multifocal Intraocular Lenses Selection

Xuhui Li, Huafeng Ma\*

Ophthalmology Department of The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: Dec. 9<sup>th</sup>, 2024; accepted: Jan. 3<sup>rd</sup>, 2025; published: Jan. 15<sup>th</sup>, 2025

## Abstract

With the further aging of society, age-related cataract has become a public health problem of global concern, and the surgical realization of IOL replacement is an important means to solve cataracts. With the advancement of science and technology, cataract surgery has been transformed from restorative surgery to refractive surgery, aiming to improve patients' postoperative visual quality and visual outcome as much as possible. Accurate calculation of IOL refraction is the key to surgery, and selecting the appropriate IOL according to the patient's desired level of near visual acuity is more likely to improve postoperative satisfaction. In this article, we review the factors that influence the

\*通讯作者。

文章引用: 李旭晖, 马华峰. 影响多焦点人工晶状体选择的因素[J]. 临床医学进展, 2025, 15(1): 353-359.  
DOI: 10.12677/acm.2025.151049

selection of multifocal IOLs by reviewing the relevant national and international literature.

## Keywords

Cataract Surgery, Multifocal IOLs, IOL Calculation Formulas

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

白内障是全球致盲和视力损害的主要眼病[1], 随着眼科手术技术的进步以及眼部生物测量准确性的提高, 白内障摘除手术已由复明性手术转变为屈光性手术[2], 手术需尽可能地提高患者的视力及视觉质量。由于患者对视力和脱镜需求的不断提高以及技术的进步, 高端人工晶状体(intraocular lens, IOL)越来越多地被临床实践采用, 越来越多功能性 IOL 的产生, 为术者制定个性化手术方案提供更多的选择。如何减少术后屈光误差一直是备受关注的重点及难点问题, 尤其在功能性 IOL 植入时更需要精准计算屈光度数。功能性 IOL 的出现为计算公式带来了新的挑战, 它们需要在不同的视距上提供清晰的视力, 这要求计算公式不仅要准确预测 IOL 度数, 还要考虑到 IOL 的光学特性和患者的特定需求。

## 2. 人工晶状体计算公式

### 2.1. 基于经验/折射原理

早期的 IOL 的屈光度计算主要是根据历史经验或基于折射原理得出。最早进行 IOL 植入时, 根据 Gullstrand 模型眼计算出正常眼晶状体屈光度从而植入相应度数的 IOL, 此法未考虑患者眼球结构个体差异, 产生严重术后屈光误差。临床判断法将患者屈光状态考虑入其中, 计算公式为:  $P = 19 + (R \times 1.25)$  ( $P$  为 IOL 度数,  $R$  为术前屈光状态) [3], 但此法仅简单评估患者术前屈光状态, 未考虑晶状体差异对整体屈光度的影响, 术后屈光误差依然较大, 严重影响患者术后脱镜率。由于此种基于折射原理及临床经验的 IOL 计算方法术后满意度较低, 目前均已弃用。

### 2.2. 公式计算法

第一代公式 SRK I 根据几何光学及薄透镜成像理论, 结合病历回归分析得出:  $P = A - 2.5L - 0.9K$  ( $P$  为 IOL 度数,  $A$  为 IOL 常数,  $L$  为眼轴长度,  $K$  为角膜曲率), 该公式仅通过眼轴长度(Axial length, AL)和角膜曲率两个参数对屈光度数进行计算, 未考虑患者前房深度(anterior chamber depth, ACD)存在差异, ACD 对 IOL 度数计算影响不可忽视, 所以该公式在过长或过短 AL 患者的应用中存在较大缺陷[4]。第二代公式 SRK II 根据不同 AL, 对  $A$  常数进行了细化调整, 故精度较第一代有所提高, 但由于其将 AL 和 ACD 定为一元线性关系, 忽略了 ACD 的变化并非线性, 术前 ACD 浅者术后变化程度更大, 使其在长眼轴的应用中准确度有所下降[5]。

Holladay 将“IOL 有效位置”(effective lens position, ELP)的概念引入 IOL 计算公式中, 由此开启新一代计算公式时代, 其将 IOL 视为不计厚度的薄透镜, 通过术前对术后 IOL 位置进行预测, 以优化屈光度计算的准确性[6]。第三代公式通过 AL、角膜曲率这两个生物学参数对 ELP 进行预测, 主要代表公式为 Hoffer Q、Holladay I 和 SRK/T 公式, 引入 ELP 这一概念后 IOL 计算准确度较之前明显提升, 但不同

公式对不同 AL 的表现有所不同, 在  $AL < 22 \text{ mm}$  时, Hoffer Q 公式准确度更高, 在  $AL > 26 \text{ mm}$  时, SRK/T 公式屈光误差较低。

第四代公式纳入了更多生物参数用于预测计算 ELP, Haigis 公式为三变量公式, 通过角膜曲率、AL 和术前 ACD 三个参数进行预测, 引入  $a_0$  (IOL 常数)、 $a_1$  (ACD 常数) 和  $a_2$  (眼轴常数) 三个独立常数, 该公式减少了角膜曲率测量误差带来的影响, 但其未考虑个体晶状体厚度(Lens Thickness, LT)差异, 在晶状体偏厚的患者中常表现为远视漂移。与 Haigis 公式相比, Holladay II 公式增加了 LT、白到白距离、术前屈光度及年龄这 4 个参数进行计算, 但既往研究表明, 该公式的预测精度并未明显提高[7]。

不同于以往将 IOL 作为忽略不计的薄透镜公式, 最新一代 IOL 计算公式 Barrett Universal II 公式结合厚透镜理论及光线追踪技术, 引入 AL、角膜屈光力、ACD、A 常数和晶状体因子进行 ELP 预测, Barrett 眼模型将屈光介质设想为两个交叉的球体, 当 IOL 度数差别大时, 其屈光主平面位置也有所差异, 需充分考虑植入后 IOL 实际位置的变化[8]。由于该种眼模型更加充分考虑到实际眼部结构屈光状态的不同, 对于极端眼部条件如硅油眼或超长眼轴患者, 该公式计算结果的精确度也较高[9]。Olsen 公式利用光线追踪技术, 通过预测光线在眼内经过角膜、人工晶状体和其他眼部结构后的聚焦情况, 从而帮助确定合适的 IOL 度数[10]。该公式将患者年龄这一变量也纳入计算中, 还同时根据 ACD 和 LT 这 2 个生物参数推导出 C 常数, 用于屈光度的预测, 这一创新性的概念使 Olsen 公式受 AL 影响更小, 提高了长 AL 患者的预测精度[11][12]。

在基于回归分析及理论研究的经典公式中, 引入了 ELP 概念后的新一代公式预测精度已经大大提高, 针对短 AL 及浅前房患者, Hoffer Q 公式屈光误差较小, 而对于长 AL 患者, Haigis、Holladay II 公式计算准确度更高, 最新一代公式 Barrett Universal II 在不同 AL 中均有良好表现。临床工作中, 术者可根据患者眼部情况结合不同公式综合选择合适 IOL 度数。

### 2.3. 基于人工智能

随着人工智能(artificial intelligence, AI)的发展, 运用大数据分析及机器学习算法, IOL 计算公式的准确性得到显著提升。Hill-RBF 公式应用模式识别和数据内插技术, 通过眼轴长度、中央角膜曲率、前房深度这 3 个生物参数来预测 IOL 屈光度数, 该公式根据数据库内包含的大量临床资料进行自适应学习, 将自变量参数与 IOL 屈光度数进行数据匹配, 其预测准确性取决于数据库内所包含数据的匹配程度, 若患者眼部特征异常, 则准确性明显下降, 在之后的升级公式中, 纳入了更多的极值数据, 极端 AL 患者的预测精度得以提高[13][14]。Kane 公式是一种组合公式, 将 AI、理论光学以及回归公式结合, 参考患者的 AL、角膜曲率、ACD、LT、中央角膜厚度和性别来计算 IOL 屈光度数, 该公式的预测准确度高于 Olsen、Barrett Universal II 等最新一代 IOL 计算公式[15]。Karmona 公式收集大量病例数据用于训练不同的 AI 机器学习模型, 最终通过两个最优模型建立出基于 AI 机器学习技术的非线性回归综合模型。有研究表明, Karmona 公式预测的屈光度数误差范围在  $\pm 1.00 \text{ D}$  以内的比例可达 100% [16], 但由于 Karmona 公式是最新的新型 IOL 计算公式, 未来还需要更多的研究以评估其准确性和适用条件。基于 AI 的新型公式开创了 IOL 计算的新时代, AI 的自我学习能力使得其对不同眼部生物特征的识别更为准确, 随着其不断学习, 未来在极端眼部情况下可能参考价值更大。

随着 IOL 计算公式的不断融合, 更新换代, 白内障摘除术后患者的屈光预测准确性得到了显著提高, 运用回归模型、光线追踪、人工智能等技术, 许多全新 IOL 公式应运而生, 在正常 AL 范围内, 最新一代回归公式 Barrett universal II 公式、基于光线追踪的 Olsen 公式、基于人工智能原理的 Hill-RBF2.0、Kane 公式等适用性更强[13][17]-[19]。但是对于过长或过短 AL 患者, 各个 IOL 计算公式适用性不同, 具体测量准确性也因人而异, 对于眼部生物参数值未在正常范围内或是眼部有其他手术史的患者而言, 手术医

师需综合考虑, 结合多方面因素选择合适的计算公式。

### 3. 多焦点人工晶状体(MIOL)的分类和特点

根据光学设计原理, MIOL 可分为以下几类:

**折射型多焦点人工晶状体(RMIOL):** 该类型 IOL 光学部设计为同心圆折射面, 每个折射面屈光度不同, 使不同区域的光线可以同时聚焦在视网膜上的不同位置, 从而实现多个焦点[19]。该 IOL 光学利用率高, 但术后视觉质量影响因素多, 瞳孔大小、IOL 居中性对其术后效果影响较大, 由于光线被分配到多个焦点, 在夜间或低光照条件下可能会增加光晕和眩光的风险[20], 其代表为强生眼力健公司的 Array。

**衍射型多焦点人工晶状体(DMIOL):** 光学部采用阶梯渐进衍射设计, 使入射光线同时在眼内形成远、近 2 个清晰焦点[19], 该 IOL 光学利用率较 RMIOL 下降, 有部分光能损失, 但其包容性更强, Kappa 角、IOL 居中性的对其术后视觉质量干扰更小, 代表 IOL 有强生眼力健公司的 ZMB00、爱尔康公司的 Acry Sof ReStor。DMIOL 在不同瞳孔大小情况下均可形成远焦点和近焦点, 达到视近和视远的目的。有研究对比了两种折射型 MIOL (SA40N, ReZoom)和一种衍射型 MIOL (Tecnis ZM900)术后一年的疗效, 折射组脱镜率为 43.7%和 53.5%, 而衍射组为 87.5%, 使用-3.0D 的离焦曲线评估时衍射型 MIOL 表现更佳, 而折射组的夜间光晕现象更为明显[21]。相对于折射型 MIOL, 衍射型 MIOL 近视力及夜间视力更好, 光晕和眩光较少, 但其衍射型设计导致部分光散射, 少数患者可出现光干扰现象, 对比敏感度有所下降[22]。

**折射衍射混合型人工晶状体(HMIOL):** 结合折射和衍射技术, 光学部中央设计为渐进衍射区, 由衍射阶梯的高度和宽度决定视近和视远的焦点, 光学周边部的折射区域在夜间大瞳孔状态下可获得更多光能, 有效减少光学部视觉干扰[23]。此种 IOL 通过优化光线分布从而改善视觉质量, 克服了单纯 RMIOL 或 DMIOL 的影响, 精确控制光线的分配, 可在不同光照条件下均提供更清晰、更自然的视力, 代表晶状体有爱尔康公司的 ReSTOR SN6AD1。

**景深延长型(extended depth of focus, EDOF)人工晶状体:** 主要采用小阶梯衍射、高阶渐进折射等技术, 利用光相长干涉原理以达到入射光线纵向扩展聚焦, 通过焦点的延长达到视力的延伸。该方式可以基本实现视觉焦点距离的延长, 没有远中近视觉断层, 向患者提供一个不间断的清晰视野范围[24]。EDOF 人工晶状体的特殊光学设计可克服 IOL 居中性不良带来的影响, 但术后存在的眩光现象仍降低了患者术后满意度[25], 强生公司的 TECNIS Synergy 为最新一代 EDOF 晶状体。

**可调节人工晶状体:** 该类型 IOL 主要原理为模仿正常晶状体调节功能, 调整 IOL 在囊袋内的位置或形状变化, 以提供一定程度的变焦能力, 实现不同距离视力变化, 但由于可调节 IOL 主要依赖于 IOL 在囊袋内的活动进行调节, 后期囊袋钙化、纤维化挛缩等均会导致其调节力的下降。现有研究表明, 在使用可调节人工晶状体的患者中, 超 40%术后视近时仍需要使用眼镜, 且视觉紊乱现象发生率较高[26], 该新型人工晶状体目前仍需更多的研究以评估其疗效。

MIOL 根据焦点数据又可分为双焦点 IOL, 三焦点 IOL 和 EDOF 人工晶状体, 双焦点 IOL 拥有远、近两个焦点, 可同时提供远视力和近视力, 但其中间视力较差, 三焦点 IOL 拥有远、中、近三个焦点, 提供了有效的全程视力, 患者满意度更高[27]-[31], 但它仅达到定点视力最佳, 不同距离物像重叠, 光干扰现象更为明显。EDOF 人工晶状体通过单个焦点的延伸达到景深增强, 提供了连续视程, 实现全程无极变焦, 术后眩光、光晕等不适较少[25][30]。有学者纳入五项研究共 466 只眼进行分析, 对比了三焦点 IOL (AcrySof IQ PanOptix, ATLISA Tri 839MP, FineVision MicroF)和 EDOF IOL (TECNIS Symphony)的术后疗效, 研究表明两种类型 IOL 均能获得良好远视力, 三焦点 IOL 近距离视力更优, 使用主观调查问卷进行评估术后视觉质量, 各类型 IOL 均表现良好, 未见明显差异[31]。

患者个体差异大, 不同患者生活方式及视觉需求不同, 术者需结合患者用眼需求及眼部情况个性化

选择合适的 MIOL。对于脱镜意愿强烈或近距离工作者,双焦点和三焦点 IOL 均可满足其近视力需求[26],对于想要获得全距离视力患者,三焦点 IOL 及 EDOF 人工晶状体更为合适[32]。MIOL 需要实现不同亮度条件及不同瞳孔大小下的最佳视觉质量,术前应仔细观察患者瞳孔大小及变化,瞳孔大小决定进入光线多少,有研究表明,瞳孔越小则聚焦越好,视觉质量更高,但旋转对称型 RMIOL 需随瞳孔扩大以暴露视近区,对于小瞳孔及对光反射迟钝患者,可考虑选用其他类型 IOL [33]。

#### 4. 眼部生物学参数对 IOL 度数计算的影响

术后屈光误差是引起白内障患者术后视力提高不明显、满意度不高的主要因素之一,术前精确的眼部生物学测量参数与 IOL 屈光度计算准确度密切相关。其中 AL 测量因素占比最大,约 36%,1 mm 的 AL 改变产生约 3 D 术后屈光误差[35],晶状体混浊严重或后囊下混浊明显可能导致较大测量误差。其次是角膜曲率测量引起的误差,约占 22%,1 D 角膜屈光度改变对应引起约 1 D 的术后屈光误差[34],泪膜不稳定、干燥性角结膜炎等眼表情况不良也会导致角膜曲率测量准确度下降。

近年来随着测量方式的不断改进以及各种新型光学眼科测量设备的临床应用,由眼部生物测量因素引起的屈光误差正在逐渐减少[35],而由 ELP 引起的屈光误差越来越受到关注。研究表明,约有 35% 的术后屈光误差是由于对 ELP 的预测不准确所致,1 mm 的术后 ACD 估算错误会导致屈光误差为 1.4D。高度近视患者悬韧带松弛导致术后晶状体位置明显后移,ELP 出现预测误差,过厚晶状体则测量时术前 ACD 相对较浅,从而导致预测误差远视漂移[36]。术前需充分考虑患者的眼部特征,进行精确的眼部生物学参数测量。

#### 5. 小结与展望

随着 MIOL 的广泛应用,更多的白内障患者获得更高的术后满意度,患者术后视力、视觉质量和脱镜率得到显著改善。MIOL 光学特性各异,在屈光性白内障手术过程中,眼科医生需结合多种诊断仪器和工具对患者进行全面检查,掌握患者的眼球特征,根据患者病史、生活期望和视力要求等多方面信息,有针对性地选择最适合患者的 IOL 类型。精准的 IOL 屈光度设计也需要因人而异,眼科医生应根据精确的术前参数测量、ELP 的预测、IOL 实际屈光主平面、IOL 计算公式的个性化选择等多方面相关因素做出合适屈光度数预测以减少术后屈光误差。随着医疗技术的发展,MIOL 的选择将更加精准化和个性化,术者可综合多方面因素考虑,设计个性化手术治疗方案,以实现最佳术后效果。

#### 参考文献

- [1] Lee, C.M. and Afshari, N.A. (2017) The Global State of Cataract Blindness. *Current Opinion in Ophthalmology*, **28**, 98-103. <https://doi.org/10.1097/ico.0000000000000340>
- [2] 俞阿勇. 屈光性白内障手术的若干挑战[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2017, 19(2): 65-70.
- [3] Koch, D.D., Hill, W., Abulafia, A. and Wang, L. (2017) Pursuing Perfection in Intraocular Lens Calculations: I. Logical Approach for Classifying IOL Calculation Formulas. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, **43**, 717-718. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2017.06.006>
- [4] Olsen, T. (2007) Calculation of Intraocular Lens Power: A Review. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, **85**, 472-485. <https://doi.org/10.1111/j.1755-3768.2007.00879.x>
- [5] Sanders, D.R., Retzlaff, J. and Kraff, M.C. (1988) Comparison of the SRK II™ Formula and Other Second Generation Formulas. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, **14**, 136-141. [https://doi.org/10.1016/s0886-3350\(88\)80087-7](https://doi.org/10.1016/s0886-3350(88)80087-7)
- [6] Holladay, J.T. (1993) Refractive Power Calculations for Intraocular Lenses in the Phakic Eye. *American Journal of Ophthalmology*, **116**, 63-66. [https://doi.org/10.1016/s0002-9394\(14\)71745-3](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(14)71745-3)
- [7] Zhao, J. (2020) Accuracy of Eight Intraocular Lens Power Calculation Formulas for Segmented Multifocal Intraocular Lens. *International Journal of Ophthalmology*, **13**, 1378-1384. <https://doi.org/10.18240/ijo.2020.09.07>

- [8] Xia, T., Martinez, C.E. and Tsai, L.M. (2020) Update on Intraocular Lens Formulas and Calculations. *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology*, **9**, 186-193. <https://doi.org/10.1097/apo.0000000000000293>
- [9] 谭倩, 王勇. 六种人工晶状体计算公式预测三焦点人工晶状体屈光度准确性的比较[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2020, 22(2): 136-142.
- [10] Einigshammer, J., Olstrup, T., Bende, T. and Jean, B. (2009) The Individual Virtual Eye: A Computer Model for Advanced Intraocular Lens Calculation. *Journal of Optometry*, **2**, 70-82. <https://doi.org/10.3921/joptom.2009.70>
- [11] Abulafia, A., Barrett, G.D., Rotenberg, M., Kleinmann, G., Levy, A., Reitblat, O., et al. (2015) Intraocular Lens Power Calculation for Eyes with an Axial Length Greater than 26.0 Mm: Comparison of Formulas and Methods. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, **41**, 548-556. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2014.06.033>
- [12] 许泽鹏, 田妮, 李松调, 等. Olsen 公式对高度近视合并白内障患者术后屈光力的预测性[J]. 国际眼科杂志, 2020, 20(8): 1388-1392.
- [13] Carmona-González, D., Castillo-Gómez, A., Palomino-Bautista, C., Romero-Domínguez, M. and Gutiérrez-Moreno, M.Á. (2020) Comparison of the Accuracy of 11 Intraocular Lens Power Calculation Formulas. *European Journal of Ophthalmology*, **31**, 2370-2376. <https://doi.org/10.1177/1120672120962030>
- [14] Tessler, M., Cohen, S., Wang, L., Koch, D.D., Zadok, D. and Abulafia, A. (2022) Evaluating the Prediction Accuracy of the Hill-RBF 3.0 Formula Using a Heteroscedastic Statistical Method. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, **48**, 37-43. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000000702>
- [15] Savini, G., Di Maita, M., Hoffer, K.J., Næser, K., Schiano-Lomoriello, D., Vagge, A., et al. (2020) Comparison of 13 Formulas for IOL Power Calculation with Measurements from Partial Coherence Interferometry. *British Journal of Ophthalmology*, **105**, 484-489. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2020-316193>
- [16] Carmona González, D. and Palomino Bautista, C. (2020) Accuracy of a New Intraocular Lens Power Calculation Method Based on Artificial Intelligence. *Eye*, **35**, 517-522. <https://doi.org/10.1038/s41433-020-0883-3>
- [17] Melles, R.B., Kane, J.X., Olsen, T. and Chang, W.J. (2019) Update on Intraocular Lens Calculation Formulas. *Ophthalmology*, **126**, 1334-1335. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2019.04.011>
- [18] 朱珂珂, 王欣, 穆红梅. 角膜曲率对正常眼轴白内障患者屈光度计算准确性的影响[J]. 国际眼科杂志, 2022, 22(4): 633-636.
- [19] Rampat, R. and Gatinel, D. (2021) Multifocal and Extended Depth-Of-Focus Intraocular Lenses in 2020. *Ophthalmology*, **128**, e164-e185. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2020.09.026>
- [20] Kawamorita, T., Uozato, H., Aizawa, D., Kamiya, K. and Shimizu, K. (2009) Optical Performance in Rezoom and Array Multifocal Intraocular Lenses in Vitro. *Journal of Refractive Surgery*, **25**, 467-469. <https://doi.org/10.3928/1081597x-20090422-10>
- [21] Cillino, S., Casuccio, A., Di Pace, F., Morreale, R., Pillitteri, F., Cillino, G., et al. (2008) One-Year Outcomes with New-Generation Multifocal Intraocular Lenses. *Ophthalmology*, **115**, 1508-1516. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2008.04.017>
- [22] Alio, J.L., Plaza-Puche, A.B., Javaloy, J., Ayala, M.J., Moreno, L.J. and Piñero, D.P. (2012) Comparison of a New Refractive Multifocal Intraocular Lens with an Inferior Segmental near Add and a Diffractive Multifocal Intraocular Lens. *Ophthalmology*, **119**, 555-563. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2011.08.036>
- [23] Alio, J.L., Plaza-Puche, A.B., Fernández-Buenaga, R., Pikkil, J. and Maldonado, M. (2017) Multifocal Intraocular Lenses: An Overview. *Survey of Ophthalmology*, **62**, 611-634. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2017.03.005>
- [24] Akella, S.S. and Juthani, V.V. (2018) Extended Depth of Focus Intraocular Lenses for Presbyopia. *Current Opinion in Ophthalmology*, **29**, 318-322. <https://doi.org/10.1097/icu.0000000000000490>
- [25] Cochener, B. (2016) Clinical Outcomes of a New Extended Range of Vision Intraocular Lens: International Multicenter Concerto Study. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, **42**, 1268-1275. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2016.06.033>
- [26] Schallhorn, J.M., Pantanelli, S.M., Lin, C.C., Al-Mohtaseb, Z.N., Steigleman, W.A., Santhiago, M.R., et al. (2021) Multifocal and Accommodating Intraocular Lenses for the Treatment of Presbyopia. *Ophthalmology*, **128**, 1469-1482. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2021.03.013>
- [27] Mendicute, J., Kapp, A., Lévy, P., Krommes, G., Arias-Puente, A., Tomalla, M., et al. (2016) Evaluation of Visual Outcomes and Patient Satisfaction after Implantation of a Diffractive Trifocal Intraocular Lens. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, **42**, 203-210. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2015.11.037>
- [28] Mojzis, P., Majerova, K., Hrkova, L. and Piñero, D.P. (2015) Implantation of a Diffractive Trifocal Intraocular Lens: One-Year Follow-Up. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, **41**, 1623-1630. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2014.11.050>
- [29] Jonker, S.M.R., Bauer, N.J.C., Makhotkina, N.Y., Berendschot, T.T.J.M., van den Biggelaar, F.J.H.M. and Nuijts,

- R.M.M.A. (2015) Comparison of a Trifocal Intraocular Lens with a +3.0 D Bifocal IOL: Results of a Prospective Randomized Clinical Trial. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, **41**, 1631-1640. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2015.08.011>
- [30] Pedrotti, E., Bruni, E., Bonacci, E., Badalamenti, R., Mastropasqua, R. and Marchini, G. (2016) Comparative Analysis of the Clinical Outcomes with a Monofocal and an Extended Range of Vision Intraocular Lens. *Journal of Refractive Surgery*, **32**, 436-442. <https://doi.org/10.3928/1081597x-20160428-06>
- [31] Tavassoli, S., Ziaei, H., Yadegarfar, M.E., Gokul, A., Kernohan, A., Evans, J.R., *et al.* (2024) Trifocal versus Extended Depth of Focus (EDOF) Intraocular Lenses after Cataract Extraction. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, No. 7, CD014891. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd014891.pub2>
- [32] de Carneros-Llorente, A.M., de Carneros, A.M., de Carneros-Llorente, P.M. and Jiménez-Alfaro, I. (2019) Comparison of Visual Quality and Subjective Outcomes among 3 Trifocal Intraocular Lenses and 1 Bifocal Intraocular Lens. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, **45**, 587-594. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2018.12.005>
- [33] 王君慧, 管怀进, 季敏. 多焦点人工晶状体研究进展[J]. 眼科新进展, 2023, 43(8): 651-655.
- [34] Kansal, V., Schlenker, M. and Ahmed, I.I.K. (2018) Interocular Axial Length and Corneal Power Differences as Predictors of Postoperative Refractive Outcomes after Cataract Surgery. *Ophthalmology*, **125**, 972-981. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2018.01.021>
- [35] Venkataraman, A.P., Domínguez-Vicent, A., Selin, P., Brautaset, R. and Montés-Micó, R. (2024) Precision of a New SS-OCT Biometer to Measure Anterior Segment Parameters and Agreement with 3 Instruments with Different Measurement Principles. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, **50**, 486-491. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000001380>
- [36] 杨帅, 邵杰, 张君. 人工智能在人工晶状体屈光度计算中的应用[J]. 国际眼科杂志, 2022, 22(5): 716-720.