# 眼轴长度对白内障术后屈光结果的影响: 生物学测量与人工晶状体计算公式的演变

### 鄢 宸<sup>1</sup>,汪建涛<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>暨南大学第二临床医学院,广东 广州 <sup>2</sup>深圳市眼科医院青光眼与神经眼科,广东 深圳

收稿日期: 2025年1月27日; 录用日期: 2025年2月21日; 发布日期: 2025年2月28日

## 摘要

年龄相关性白内障是全球失明的主要原因之一,术后屈光准确度是白内障手术成功的关键目标。近年来, 眼部生物学测量方法和人工晶体计算公式均有显著发展,但极端眼轴(AL ≤ 23 mm或AL ≥ 25 mm)患者 的术后效果仍不理想。本文旨在总结影响极端眼轴白内障患者术后屈光预测的因素,并回顾IOL计算公式 的发展历程及其优缺点。

### 关键词

白内障,眼轴,屈光预测,眼部生物测量,人工晶体计算公式

## Influence of Axis Length on Post-Cataract Refractive Status: The Evolution of Ocular Biometry Measurements and Intraocular Lens Power Calculation Formulas

### Chen Yan<sup>1</sup>, Jiantao Wang<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>The Second Clinical Medical College, Jinan University, Guangzhou Guangdong <sup>2</sup>Department of Glaucoma and Neuroophthalmology, Shenzhen Eye Hospital, Shenzhen Guangdong

Received: Jan. 27th, 2025; accepted: Feb. 21st, 2025; published: Feb. 28th, 2025

\*通讯作者。

**文章引用:** 鄢宸, 汪建涛. 眼轴长度对白内障术后屈光结果的影响: 生物学测量与人工晶状体计算公式的演变[J]. 临床医学进展, 2025, 15(2): 1546-1552. DOI: 10.12677/acm.2025.152508

#### Abstract

Age-related cataract is one of the leading causes of blindness worldwide, and postoperative refractive accuracy is a key goal for the success of cataract surgery. In recent years, significant advances have been made in ocular biometry methods and intraocular lens (IOL) calculation formulas; however, the postoperative outcomes for patients with extreme axial lengths (AL  $\leq 23$  mm or AL  $\geq 25$ mm) remain suboptimal. This article aims to summarize the factors influencing postoperative refractive prediction in cataract patients with extreme axial lengths and review the development of IOL calculation formulas, highlighting their advantages and limitations.

## **Keywords**

Cataract, Axial Length, Refractive Prediction, Ocular Biometry, **Intraocular Lens 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/ (c) (i) **Open** Access

## 1. 引言

年龄相关性白内障是导致全球失明的主要因素之一,其主要病因为晶状体的生物学老化。随着白内 障手术逐渐从传统的复明手术向精确屈光手术过渡,屈光度预测成为术后视觉质量的关键。然而,根据 欧洲白内障和屈光手术质量结果登记处的数据,术后 ±0.5 D 的预测误差准确性仅为 73.7% [1],这表明 屈光预测的准确性仍面临挑战。近年来,白内障手术已逐步从单纯的复明手术转变为更为精准的屈光手 术。大多数患者在植入合适的 IOL 后能够获得良好的视觉效果。然而,对于极端眼轴(眼轴长度 AL ≤ 23 mm 或 AL > 25 mm)的患者,因其独特的眼球生物学特征,术后的屈光结果仍然不尽如人意。本文旨在系 统回顾眼部生物学测量仪器及人工晶状体计算公式的发展历程,并探讨不同人工晶体屈光度计算公式在 极端眼轴患者中的应用与优缺点,为临床提供有效的参考依据。

## 2. 眼部生物学测量

眼部生物测量是白内障术前评估的重要工具,其准确性直接影响术后屈光结局。研究表明,人工晶 状体屈光力计算中的误差有 54%的是由于 AL 测量误差, 38%是由于术后前房深度(Anterior Chamber Depth, ACD)估计错误, 8%是由于角膜曲率(Keratometry, K)测量误差[2]。随着手术技术的进步, 患者对术 后视觉质量的期望逐步提高,准确的术前生物测量对于成功的手术结果至关重要[3]。

眼科 A 型超声生物测量仪基于超声波原理工作。这种设备不仅能测量眼部关键生物参数,还能根据 不同组织的声速计算出相应的组织厚度,尤其在屈光介质浑浊的情况下,A型超声测量比光学设备具有 不可替代的优势[3]。然而,该设备也存在局限性,主要表现在接触式测量可能因探头压迫角膜导致误差, 且测量结果容易受操作人员技术水平影响。此外,接触眼球的操作还可能引起患者不适及潜在的感染风 险[4]。

随着光学测量技术的发展,光学生物测量设备逐渐取代了传统 A 型超声生物测量仪在临床中的应用。 这类技术通过激光部分相干干涉(PCI)和光学低相干反射(OLCR)等方法,实现了更高精度的眼轴长度和角膜 曲率测量。代表性设备包括采用 PCI 技术的 IOL Master 和采用 OLCR 技术的 Lenstar LS 900,它们的应用 极大提升了测量的准确性和可靠性[5]。IOL Master 测量 ACD 时是基于角膜上皮至晶状体前表面的距离, 而 Lenstar LS 900 则从角膜内皮至晶状体前表面进行测量,因此在 ACD 的测量精度上略具优势。研究证 明,Lenstar LS 900 在 ACD 和 K 值的测量方面展现了更高的准确性和重复性,同时还能测量更多的参数,如瞳孔大小和瞳孔中心距离。尽管 Lenstar 的测量耗时较长,但其支持最新的 IOL 屈光度计算公式(如 Barrett、Olsen 和 Holladay 2),并可以提供更为精确的生物测量结果[6]。在对这两种设备的性能进行比较时,研究 发现它们在测量眼轴长度和角膜曲率方面表现相似。AL 测量的平均差异仅为 0.01 ± 0.05 mm,在前房深度 测量上也未发现显著统计差异[5] [7]。

尽管光学测量技术相较于传统方法具有明显优势,但其对眼内介质透明度的要求较高,因此在晶状体高度混浊的白内障患者中,光学设备的测量精度可能受到一定的限制。为了克服这一问题,基于扫描源光学相干层析成像(SS-OCT)技术的新型生物测量仪器应运而生。IOL Master 700 作为代表,已成为白内障手术前最常用的工具之一。相比于 IOL Master 500, IOL Master 700 提供了更广的成像范围和更快的扫描速度,使得眼部几何形状的检查更加直观和全面,尤其在检测晶状体的倾斜或偏心方面表现出色。多项研究[4][8]-[10]显示,IOL Master 700 致密核性白内障眼的生物测量中展现了较高的准确性。IOL Master 700 采用特定折射率的测量方法,使得眼球每个部分的长度可以更精确地应用在眼轴长度的计算中,在短眼和长眼的屈光预测准确性方面表现尤为突出。Cooke [11]等人的研究显示,采用这种技术的屈光预测准确性显著优于传统的整体折射率测量方法。Wang [12]等人的研究指出,长眼轴患者的玻璃体占比相对较大,且玻璃体更容易发生液化,这可能导致长眼患者的整体折射率与正常眼轴的差异,从而影响屈光预测的准确性。这一研究强调了 IOL Master 700 在长眼轴患者中的应用价值,其独特的光学测量机制能够有效提升预测准确度。IOL Master 700 也存在一定的局限性。例如,基于群折射率(GRI)进行测量时,长眼患者的 AL 值可能偏长,而在短眼患者中则相对偏短[4]。因此,对于眼部结构特殊的患者,仍需结合其他测量方法进行进一步的优化调整,以获得更为准确的屈光预测结果。

#### 3. 人工晶体计算公式的发展史

人工晶体屈光度计算公式的发展历程可以分为三个阶段:理论公式、回归公式和现代的光学模型公 式。对于极端眼轴的患者,基于生理光学原理的理论公式通常比回归公式更为精准。因此,针对不同患 者的眼部生物学特征,选择合适的人工晶体计算公式至关重要[13]。

20世纪 60年代,早期的人工晶状体计算公式,如 SRK I、Binkhorst、Retzlaff 和 Fyodorov 等开始应用 于临床。这些公式主要通过简便的计算方法,利用眼轴长度、角膜曲率及术后前房深度的估计值进行人工 晶体的度数计算。尽管这些第一代和第二代公式因其较大的预测误差逐渐被淘汰,但它们首次提出了"有 效晶状体位置"(Effective Lens Position, ELP)的概念,为后续公式的优化和发展提供了重要的理论基础。

到 20 世纪末,第三代公式成为主流。Holladay I 公式标志着第三代公式的诞生。它引入了个体化的 术后前房深度(ACD),通过眼轴长度和角膜曲率预测角膜高度[14]。SRK/T 公式于 1990 年由 Sanders、 Retzlaff 和 Kraff 提出,结合了 Fyodorov 的角膜高度模型,进一步增强了预测的灵活性[15]。1993 年, Hoffer 提出了 Hoffer Q 公式,该公式在短眼轴患者(AL < 23 mm)中表现尤为优越;相比之下,SRK/T 公 式在长眼轴患者(AL > 26 mm)中的预测精度更高[16] [17]。

进入21世纪后,光学模型公式和计算机优化算法的结合,推动了第四代和第五代 IOL 屈光度计算公式的诞生。Haigis 公式采用三个常数(a0、a1、a2),分别与术前 ACD 和眼轴长度相关,从而提升了其在不同眼轴长度患者中的应用灵活性[18] [19]。Holladay II 公式则基于 Holladay I 公式推出,通过加入晶状体厚度、角膜直径和患者年龄等参数,进一步精确术后 ELP 的预测。在短眼轴患者中,Holladay II 和 Hoffer

Q 公式的准确性相当,而在中长眼轴患者中(AL: 24.5~26 mm),Holladay I 表现更佳[20]。以 Barrett Universal II 公式为代表的第五代公式,不再局限于传统的单一参数计算,而是通过综合多个生物学参数来提高术 后屈光预测的精度。研究表明,Barrett Universal II 在预测 ±0.5 D 内的准确性显著高于 SRK/T、Holladay I、Hoffer Q 和 Haigis 公式[17]。与 Barrett Universal II 类似,Olsen 公式同样采用光线追踪技术,通过术 前 ACD 和晶状体厚度估算 ELP。研究显示,在长眼患者中,BUII 和 Olsen 公式的屈光预测误差明显低 于其他公式。然而,在短眼患者中,这些第五代公式并未表现出显著优势[18] [21]。

最新出现的 IOL 计算公式结合了人工智能方法。Hill-RBF 公式使用模式识别模型,根据眼轴长度、中央角膜曲率及前房深度等变量来预测术后屈光度,其精度在多项研究[22][23]中得到了验证,使用该公式的眼睛屈光预测误差在 0.50 D 以内的比例高达 95%。Kane 公式是结合人工智能与传统计算原理的新一代公式。研究表明,Kane 公式的绝对误差低于多种历代公式,包括 Hill-RBF [24]。尽管 Kane 公式表现优异,但在针对印度人眼的研究中,其表现并未超越 Barrett Universal II 和 SRK/T [25]。与传统人工晶体计算方法相比,人工智能展现了更高的预测精度和适应性。它能够通过深度学习算法分析来自不同患者的多维数据,包括眼轴长度、角膜曲率、前房深度、屈光状态及其他生物学特征,从而为每个患者定制个性化的 IOL 计算方案。基于人工智能的人工晶体计算系统能够实时根据患者术前数据和术后跟踪反馈进行学习和优化。这意味着随着临床数据的积累,人工智能系统会不断提高自身预测准确性,使得每个患者的术后结果更加理想。

#### 4. 极端眼轴的人工晶体计算公式选择

眼轴长度的分布在不同人群中存在显著差异。例如, 亚洲人群的眼轴长度普遍较短, 这使得在这一 群体中, 短眼轴的定义更为普遍。而白人群体的眼轴长度通常较长, 因此长眼轴在白人群体中较为常见。 在年龄上, 老年人群体的眼轴长度普遍呈现轻微缩短的趋势, 这与老化过程中的眼球结构变化密切相关。 此外, 不同类型的白内障也会影响术后屈光预测的准确性。核性白内障患者通常伴随较长的眼轴, 而皮 质性白内障和后囊性白内障的患者则可能表现出不同的屈光特征, 因此对于不同类型的白内障患者, 眼 轴长度的影响应纳入考量, 进一步精细化术前屈光预测。大多数 IOL 屈光力计算公式在眼轴长度(AL)为 23 至 25 mm 的眼睛中, 能够产生令人满意的屈光预测结果。然而, 对于 AL 短于 23 mm 或长于 25 mm 的患者, 这些公式的屈光预测精度有所下降。

短眼(AL≤23 mm)的眼前段解剖结构通常较为紧凑,这些解剖特征增加了术后屈光度预测的复杂性。 以往的研究发现,传统的聚散公式与新型 IOL 计算公式在短眼轴患者中的屈光预测表现差异不显著,且 研究中针对这些公式的结果存在一定的不一致性[26] [27]。自 1993 年以来,人们普遍认为 Hoffer Q 公式 在短于 22 mm 的眼中表现最好。然而,近期的研究并未发现某一公式在短眼轴患者中具有绝对优势。在 短眼轴患者中,目前建议优先使用 Haigis、Hoffer Q 和 Holladay 2 公式作为屈光预测的主要公式[18]。尽 管 Hoffer [20]等人认为 Hoffer Q 公式在短眼患者中屈光预测最为准确,但这一结论的样本量较小,仅涉 及 10 例短眼患者且采用了超声生物测量技术。其他研究呈现了不同的结果。Aristodemou [28]等人的研究 显示,Hoffer Q 公式在 AL 短于 21 mm 时表现最佳,而在 21 至 21.5 mm 范围内,Hoffer Q 和 Holladay 1 公式的表现相近。另外,Wang [29]等人通过荟萃分析对六种公式进行了比较(Haigis、Holladay 2、Hoffer Q、Holladay 1、SRK/T 和 SRK II),推荐 Haigis 公式为短眼轴患者的首选。近期的研究还引入了人工智能 技术,进一步提升了短眼轴患者的屈光预测精度。一项研究表明,在 AL 小于 22 mm 的患者中,ZEISS AI 的表现优于 Barrett、Pearl-DGS 和 Kane 公式[30]。对于短眼适用于哪种人工晶体计算公式,各类公式 的表现因研究差异而有所不同,目前尚无统一共识。

对于长眼轴患者,尤其是高度近视眼,前人进行了较为充分的研究。对于眼轴长度超过 25 mm 的患

者,研究普遍认为 Barrett Universal II、Haigis、Olsen 和 SRK/T 公式较为精确[18] [31]。在轻度长眼轴的 老年性白内障患者中,推荐的使用顺序为 SRK/T 优先,其次为 Holladay 1、Haigis 和 Hoffer Q。对于中重 度长眼轴患者,Haigis 公式表现最佳,其次为 SRK/T 和 Holladay 1 [32]。根据 Wang [32]等人的研究, Holladay 2、Hoffer Q、SRK/T 和 Haigis 公式在眼轴长度超过 26 mm 的患者中表现出良好的屈光预测效 果,尤其是 Haigis 公式在这类患者中的预测精度最高。同样,Zhu [33]等人认为,在眼轴长度超过 28mm 的患者中,Haigis 和 Barrett Universal II 公式的屈光预测成功率更高。然而,Rong [34]等人在 2019 年的 研究中发现,当眼轴长度大于 30 mm 时,Barrett Universal II 公式的预测精度超过了 Haigis 公式。第三代 公式(如 SRK/T 和 Holladay 1)在常规眼轴(23~25 mm)患者中依然能够提供高度准确的屈光预测结果[35]。 Aristodemou 等人纳入了 8108 例眼轴超过 27 mm 的患者,结果显示 SRK/T 公式的效果最佳[28]。除了传 统公式外,近年来发展的一些新一代 IOL 计算公式,如 Kane、EVO 2.0 和 Wang-Koch AL 调整公式,也 显示出在超长眼轴(>30 mm)中的较高屈光预测精度[36]。有研究结果表明,Barrett Universal II 公式在各 种眼轴长度的患者中具有较好的适应性,尤其在长眼轴白内障患者中表现突出[37]。

综上所述,针对极端眼轴长度患者,选择适宜的 IOL 计算公式至关重要。Barrett Universal II 公式凭 借其广泛的适应性和高度准确的屈光预测,逐渐成为各种眼轴长度患者的优选工具。然而,Haigis、SRK/T 和 Holladay 1 公式在某些特定眼轴长度患者中仍有重要的临床应用价值。尽管现有多种 IOL 计算公式适 用于极端眼轴患者,但这些公式的屈光预测精度差异明显。对于极端眼轴的屈光预测仍需进一步的优化 与探索,未来可能需要结合更多生物参数或借助人工智能技术以提升预测的准确性。

## 5. 小结

本综述探讨了眼部生物学测量和人工晶状体计算公式在白内障手术中术后屈光准确性中的重要作 用,并回顾了相关技术和公式的发展历程。随着眼部生物测量仪器的不断进步,尤其是光学生物测量技 术和 SS-OCT 等新兴技术的应用,眼轴长度、角膜曲率等生物参数的测量精度得到了显著提高。尽管如 此,在极端眼轴患者中,术后屈光度的预测仍面临不小的挑战。传统的人工晶状体计算公式在这些患者 中表现出一定的局限性,尤其是对于短眼轴和长眼轴的屈光预测精度不足。

第五代 IOL 计算公式的出现提供了更高的屈光预测精度。然而,当前的 IOL 计算公式仍然没有能够 完全满足所有临床需求,尤其是在极端眼轴患者中,公式的预测精度存在较大差异。随着人工智能技术 的引入,新一代的 IOL 计算公式(如 Hill-RBF 和 Kane 公式)正在不断发展,并有望提高极端眼轴患者屈 光预测的准确性。然而,人工智能方法的有效性和精度高度依赖于训练数据的质量和数量,不同地区和 人群的眼部特征差异可能导致人工智能模型在某些群体中的适用性受限。特别是在一些样本数据不足或 特定种族群体数据缺乏的情况下,其预测结果可能不够精确。未来的研究应集中于通过大规模、多中心 的临床试验,进一步优化现有的 IOL 计算公式,特别是对于极端眼轴患者的个性化调节。此外,人工智 能技术的进一步应用结合更精确的生物测量方法及多模态数据的集成,可能成为提高屈光预测准确性的 关键方向。未来的人工智能发展应着重于跨人种、跨地域的模型优化,以便能够适应不同人群的眼部生 物学特征,提升其全球范围内的普适性和准确性。最终,如何选择适合每个患者的测量方法和 IOL 计算 公式,将是临床实践中需要进一步解决的核心问题。

## 参考文献

- Nemeth, G. and Modis, L. (2020) Accuracy of the Hill-Radial Basis Function Method and the Barrett Universal II Formula. *European Journal of Ophthalmology*, 31, 566-571. <u>https://doi.org/10.1177/1120672120902952</u>
- [2] Olsen, T. (1992) Sources of Error in Intraocular Lens Power Calculation. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 18, 125-129. <u>https://doi.org/10.1016/s0886-3350(13)80917-0</u>

- Sahin, A. and Hamrah, P. (2012) Clinically Relevant Biometry. *Current Opinion in Ophthalmology*, 23, 47-53. https://doi.org/10.1097/icu.0b013e32834cd63e
- [4] Pathak, M., Sahu, V., Kumar, A., Kaur, K. and Gurnani, B. (2024) Current Concepts and Recent Updates of Optical Biometry—A Comprehensive Review. *Clinical Ophthalmology*, 18, 1191-1206. <u>https://doi.org/10.2147/opth.s464538</u>
- [5] Shammas, J.H., Ortiz, S., Shammas, M.C., Kim, S.H. and Chong, C. (2016) Biometry Measurements Using a New Large-Coherence-Length Swept-Source Optical Coherence Tomographer. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 42, 50-61. <u>https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2015.07.042</u>
- [6] Schmid, G.F., Petrig, B.L., Riva, C.E., Logean, E. and Wälti, R. (2001) Measurement of Eye Length and Eye Shape by Optical Low Coherence Reflectometry. *International Ophthalmology*, 23, 317-320. https://doi.org/10.1023/a:1014486126869
- [7] Montés-Micó, R., Carones, F., Buttacchio, A., Ferrer-Blasco, T. and Madrid-Costa, D. (2011) Comparison of Immersion Ultrasound, Partial Coherence Interferometry, and Low Coherence Reflectometry for Ocular Biometry in Cataract Patients. *Journal of Refractive Surgery*, 27, 665-671. https://doi.org/10.3928/1081597x-20110202-01
- [8] Lender, R., Mirsky, D., Greenberger, R., Boim, Z., Ben-Yaakov, L., Kashtan, C., et al. (2022) Evaluation of Three Biometric Devices: Ocular Parameters and Calculated Intraocular Lens Power. Scientific Reports, 12, Article No. 19478. <u>https://doi.org/10.1038/s41598-022-24017-8</u>
- [9] Song, M.Y., Noh, S.R. and Kim, K.Y. (2021) Refractive Prediction of Four Different Intraocular Lens Calculation Formulas Compared between New Swept Source Optical Coherence Tomography and Partial Coherence Interferometry. *PLOS ONE*, 16, e0251152. <u>https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251152</u>
- [10] Arriola-Villalobos, P., Almendral-Gómez, J., Garzón, N., Ruiz-Medrano, J., Fernández-Pérez, C., Martínez-de-la-Casa, J.M., *et al.* (2016) Agreement and Clinical Comparison between a New Swept-Source Optical Coherence Tomography-Based Optical Biometer and an Optical Low-Coherence Reflectometry Biometer. *Eye*, **31**, 437-442. https://doi.org/10.1038/eye.2016.241
- [11] Cooke, D.L. and Cooke, T.L. (2019) Approximating Sum-Of-Segments Axial Length from a Traditional Optical Low-Coherence Reflectometry Measurement. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 45, 351-354. <u>https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2018.12.026</u>
- [12] Wang, L., Shirayama, M., Ma, X.J., Kohnen, T. and Koch, D.D. (2011) Optimizing Intraocular Lens Power Calculations in Eyes with Axial Lengths above 25.0 mm. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 37, 2018-2027. <u>https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2011.05.042</u>
- [13] Martinez-Enriquez, E., Pérez-Merino, P., Durán-Poveda, S., Jiménez-Alfaro, I. and Marcos, S. (2018) Estimation of Intraocular Lens Position from Full Crystalline Lens Geometry: Towards a New Generation of Intraocular Lens Power Calculation Formulas. *Scientific Reports*, 8, Article No. 9829. <u>https://doi.org/10.1038/s41598-018-28272-6</u>
- [14] Kane, J.X., Van Heerden, A., Atik, A. and Petsoglou, C. (2017) Accuracy of 3 New Methods for Intraocular Lens Power Selection. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 43, 333-339. <u>https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2016.12.021</u>
- [15] Retzlaff, J.A., Sanders, D.R. and Kraff, M.C. (1990) Development of the SRK/T Intraocular Lens Implant Power Calculation Formula. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 16, 333-340. https://doi.org/10.1016/s0886-3350(13)80705-5
- [16] Stopyra, W., Langenbucher, A. and Grzybowski, A. (2023) Intraocular Lens Power Calculation Formulas—A Systematic Review. Ophthalmology and Therapy, 12, 2881-2902. <u>https://doi.org/10.1007/s40123-023-00799-6</u>
- [17] Melles, R.B., Holladay, J.T. and Chang, W.J. (2018) Accuracy of Intraocular Lens Calculation Formulas. *Ophthalmology*, 125, 169-178. <u>https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2017.08.027</u>
- [18] Hoffer, K.J. and Savini, G. (2017) IOL Power Calculation in Short and Long Eyes. The Asia-Pacific Journal of Ophthalmology (Phila), 6, 330-331.
- [19] Chen, C., Xu, X., Miao, Y., Zheng, G., Sun, Y. and Xu, X. (2015) Accuracy of Intraocular Lens Power Formulas Involving 148 Eyes with Long Axial Lengths: A Retrospective Chart-Review Study. *Journal of Ophthalmology*, 2015, Article ID: 976847. <u>https://doi.org/10.1155/2015/976847</u>
- [20] Hoffer, K.J. (2000) Clinical Results Using the Holladay 2 Intraocular Lens Power Formula. Journal of Cataract and Refractive Surgery, 26, 1233-1237. <u>https://doi.org/10.1016/s0886-3350(00)00376-x</u>
- [21] Gökce, S.E., Zeiter, J.H., Weikert, M.P., Koch, D.D., Hill, W. and Wang, L. (2017) Intraocular Lens Power Calculations in Short Eyes Using 7 Formulas. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 43, 892-897. <u>https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2017.07.004</u>
- [22] Kothari, S.S. and Reddy, J.C. (2022) Recent Developments in the Intraocular Lens Formulae: An Update. Seminars in Ophthalmology, 38, 143-150. <u>https://doi.org/10.1080/08820538.2022.2094712</u>
- [23] Roberts, T.V., Hodge, C., Sutton, G. and Lawless, M. (2017) Comparison of Hill-Radial Basis Function, Barrett Universal and Current Third Generation Formulas for the Calculation of Intraocular Lens Power during Cataract Surgery.

Clinical & Experimental Ophthalmology, 46, 240-246. https://doi.org/10.1111/ceo.13034

- [24] Darcy, K., Gunn, D., Tavassoli, S., Sparrow, J. and Kane, J.X. (2020) Assessment of the Accuracy of New and Updated Intraocular Lens Power Calculation Formulas in 10 930 Eyes from the UK National Health Service. *Journal of Cataract* & *Refractive Surgery*, 46, 2-7.
- [25] Paritekar, P., Nayak, A., Umesh, Y., Sirivella, I., Manoharan, S. and Khatib, Z. (2022) Comparison of Newer Kane Formula with Sanders Retzlaff Kraff/Theoretical and Barrett Universal II for Calculation of Intraocular Lens Power in Indian Eyes. *Indian Journal of Ophthalmology*, **70**, 1203-1207. <u>https://doi.org/10.4103/ijo.ijo\_2014\_21</u>
- [26] Olsen, T. and Hoffmann, P. (2014) C Constant: New Concept for Ray Tracing-Assisted Intraocular Lens Power Calculation. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 40, 764-773. <u>https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.10.037</u>
- [27] Cooke, D.L. and Cooke, T.L. (2016) Comparison of 9 Intraocular Lens Power Calculation Formulas. Journal of Cataract and Refractive Surgery, 42, 1157-1164. <u>https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2016.06.029</u>
- [28] Aristodemou, P., Knox Cartwright, N.E., Sparrow, J.M. and Johnston, R.L. (2011) Formula Choice: Hoffer Q, Holladay 1, or SRK/T and Refractive Outcomes in 8108 Eyes after Cataract Surgery with Biometry by Partial Coherence Interferometry. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, **37**, 63-71. <u>https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2010.07.032</u>
- [29] Wang, Q., Jiang, W., Lin, T., Wu, X., Lin, H. and Chen, W. (2017) Meta-Analysis of Accuracy of Intraocular Lens Power Calculation Formulas in Short Eyes. *Clinical & Experimental Ophthalmology*, 46, 356-363. https://doi.org/10.1111/ceo.13058
- [30] Kenny, P.I., Kozhaya, K., Truong, P., Weikert, M.P., Wang, L., Hill, W.E., et al. (2023) Efficacy of Segmented Axial Length and Artificial Intelligence Approaches to Intraocular Lens Power Calculation in Short Eyes. Journal of Cataract and Refractive Surgery, 49, 697-703. <u>https://doi.org/10.1097/j.jcrs.000000000001185</u>
- [31] Stopyra, W. (2021) Comparison of the Accuracy of Six Intraocular Lens Power Calculation Formulas for Eyes of Axial Length Exceeding 25.0 mm. *Journal Français d'Ophtalmologie*, 44, 1332-1339. https://doi.org/10.1016/j.jfo.2021.04.009
- [32] Terzi, E., Wang, L. and Kohnen, T. (2009) Accuracy of Modern Intraocular Lens Power Calculation Formulas in Refractive Lens Exchange for High Myopia and High Hyperopia. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 35, 1181-1189. <u>https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2009.02.026</u>
- [33] Chu, Y., Huang, T., Chang, P., Ho, W., Hsu, Y., Chang, S., et al. (2022) Predictability of 6 Intraocular Lens Power Calculation Formulas in People with Very High Myopia. Frontiers in Medicine, 9, Article ID: 762761. https://doi.org/10.3389/fmed.2022.762761
- [34] Rong, X., He, W., Zhu, Q., Qian, D., Lu, Y. and Zhu, X. (2019) Intraocular Lens Power Calculation in Eyes with Extreme Myopia: Comparison of Barrett Universal II, Haigis, and Olsen Formulas. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 45, 732-737. <u>https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2018.12.025</u>
- [35] Stopyra, W., Voytsekhivskyy, O. and Grzybowski, A. (2024) Accuracy of 20 Intraocular Lens Power Calculation Formulas in Medium-Long Eyes. *Ophthalmology and Therapy*, **13**, 1893-1907. <u>https://doi.org/10.1007/s40123-024-00954-7</u>
- [36] Li, X., Song, C., Wang, Y., Wang, J., Tang, Q., Wu, Z., et al. (2024) Accuracy of 14 Intraocular Lens Power Calculation Formulas in Extremely Long Eyes. Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology, 262, 3619-3628. https://doi.org/10.1007/s00417-024-06506-w
- [37] Wang, Q., Jiang, W., Lin, T., Zhu, Y., Chen, C., Lin, H., et al. (2018) Accuracy of Intraocular Lens Power Calculation Formulas in Long Eyes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clinical & Experimental Ophthalmology*, 46, 738-749. <u>https://doi.org/10.1111/ceo.13184</u>