

# 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

石采灵,肖伟

引用: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

作者单位:(110004)中国辽宁省沈阳市,中国医科大学附属盛京医院眼科

作者简介:石采灵,女,毕业于中国医科大学,在读硕士研究生,研究方向:白内障。

通讯作者:肖伟,男,毕业于中国医科大学,留学于日本北里大学,医学博士,教授,主任医师,博士研究生导师,研究方向:白内障. xiaow@sj-hospital.org

收稿日期:2021-10-22 修回日期:2022-05-30

## 摘要

高度近视并发白内障属复杂性白内障,具有高致盲性,一直以来手术为唯一治疗方法,但在预测术后屈光状态时始终与术后实际屈光度有差异。现高度近视并发白内障患者对术后屈光状态与视觉质量的要求逐渐增高。人工晶状体(IOL)度数计算公式为求更高的预测准确度不断地进行更新换代。临床上可供选择的IOL度数计算公式有很多,但对更适用于高度近视并发白内障患者的公式的选择尚无统一意见。本文根据不同公式的原理和临床应用,就IOL度数计算公式的发展和应用于高度近视并发白内障患者的IOL度数计算公式的研究进展作一综述,以期临床应用提供参考。

**关键词:**高度近视;白内障;眼轴;人工晶状体(IOL)度数计算公式;白内障超声乳化摘除术

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2022.7.17

## Progress of IOL calculation formulas for cataract patients with high myopia

Cai-Ling Shi, Wei Xiao

Department of Ophthalmology, Shengjing Hospital of China Medical University, Shenyang 110004, Liaoning Province, China

**Correspondence to:** Wei Xiao. Department of Ophthalmology, Shengjing Hospital of China Medical University, Shenyang 110004, Liaoning Province, China. xiaow@sj-hospital.org

Received: 2021-10-22 Accepted: 2022-05-30

## Abstract

• Cataract with high myopia is a kind of complicated cataract with highly blinding disease. Surgery has always been the only treatment, but there is always a difference between actual postoperative refraction and target

refraction. The cataract patients with high myopia have increasing demands for postoperative refractive status and visual quality now. The intraocular lens (IOL) calculation formulas have been updating for higher predictive accuracy. A variety of alternative IOL calculation formulas can be applied to clinical practice. However, there is no consensus on the selection of a more suitable formula for cataract patients with high myopia. Based on the principles and clinical application of different formulas, this paper reviews the development of IOL calculation formulas and research progress of IOL calculation formulas for cataract patients with high myopia, in order to provide reference for clinical application.

• **KEYWORDS:** high myopia; cataract; eye axis; intraocular lens (IOL) calculation formulas; phacoemulsification

**Citation:** Shi CL, Xiao W. Progress of IOL calculation formulas for cataract patients with high myopia. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2022;22(7):1153-1156

## 0 引言

白内障为公认的常见致盲性眼病之一,目前除手术外暂无有效治疗药物<sup>[1-2]</sup>。随着白内障手术的发展,普通白内障摘除联合IOL(intraocular lens, IOL)植入手术术后的视力和视觉质量已经得到越来越多患者的认可。然而,对于高度近视并发白内障患者的手术效果尚不能完全达到手术设计要求,其中IOL度数计算方法的不同也会给术后屈光状态和视觉质量带来影响。自1970年代以来产生的各种IOL度数计算公式经多年临床实践与研究可大致推断出其对眼轴长度(axial length, AL)的适用范围略有不同<sup>[3]</sup>。以下将回顾IOL度数计算公式的发展及应用于高度近视并发白内障患者的公式的研究进展。

## 1 IOL 度数计算公式的发展

1949~1951年, Ridley<sup>[4]</sup>完成第一批IOL植入手术,术后均呈现出各种程度的屈光不正,自此开启对IOL度数计算的探索。1967年, Fyodorov等<sup>[5]</sup>提出第一个IOL度数计算公式——基于几何光学原理的Fyodorov公式。尽管该公式用于前房型IOL,但其强调了术后IOL位置的重要性,这也是后续发展的IOL计算公式中反复出现的主要问题,因为每一次新的修改都旨在更好地预测术后晶状体在眼内的位置<sup>[6]</sup>,即有效晶状体位置(effective lens position, ELP)。

**1.1 第一代 IOL 度数计算公式** 除Fyodorov外,第一代公式还包括Colenbrander、Binkhorst I和SRK-I。起初Binkhorst I用于双面为曲面或厚的IOL, Fyodorov用于薄

IOL,而 Colenbrander 用于单面为平面的 IOL<sup>[7]</sup>。但 SRK-I 在后期研究中表现出的优越性<sup>[8]</sup>使其一度得以推广,该公式以几何光学原理和薄透镜成像理论为基础,通过结合病历资料回归分析而推导,将 AL、角膜屈光力(keratometric value, K 值)与 IOL 度数间的关系明确表达出来<sup>[9]</sup>,但默认术后前房深度(anterior chamber depth, ACD)为一固定值使其对非正常眼轴眼的预测准确度较差<sup>[10]</sup>,可见其在预测 ELP 上存在明显问题,应用范围十分有限,目前已被弃用。

**1.2 第二代 IOL 度数计算公式** 第二代公式以 SRK-II 和 Binkhorst II 为代表,且 SRK-II 应用范围最广,其特点为在 SRK-I 基础上根据 AL 分区间修正 A 常数使其可适用于非正常眼轴眼,但公式中 AL 与预测的术后 ACD 为直线线性关系,与实际不符,误差仍较大。另外与欧美人相比,中国人长眼轴比例高、程度重,将长眼轴区间合并为  $\geq 24.5\text{mm}$  未必符合我国需要<sup>[11]</sup>,尤其是眼的各生物参数应属连续分布,而 SRK-II 的 P 值在五个区间之间并不连续,以不连续函数描述连续分布存在理论局限性<sup>[12]</sup>。故第二代公式也基本被淘汰。

**1.3 第三代 IOL 度数计算公式** 第三代公式以 Holladay I、SRK-T 和 Hoffer Q 为代表,使用 AL 和 K 表达 ELP,而非第二代公式中仅凭 AL 预测,使准确度大大提高。目前认为 Hoffer Q 更适用于短眼轴,Holladay I 更适用于正常眼轴,而对于长眼轴,三者中 SRK-T 最佳<sup>[13-14]</sup>。在 AL  $> 27\text{mm}$  时,有研究认为 SRK-T、Haigis 和 Holladay I 均产生不同程度的远视漂移<sup>[15]</sup>,也有研究反驳认为 SRK-T 产生近视漂移<sup>[16]</sup>。而 Hoffer Q 在 AL  $< 22\text{mm}$  时可能具有近视漂移倾向<sup>[17]</sup>。虽然第三代公式仍有不足,但因结构较简单、准确度较高且商业成本较低,目前仍被广泛应用。

**1.4 第四代 IOL 度数计算公式** 第四代公式以 Haigis、Holladay II 为代表,需要实际测量术前 ACD 是较第三代的最大不同。Eom 等<sup>[18]</sup>证实在预测短眼轴 IOL 度数时应将术前 ACD 考虑在内,其他研究者也有类似的分析<sup>[13,19]</sup>。但也有研究认为在 AL  $\leq 26\text{mm}$  时 Haigis 的预测准确度不如未使用术前 ACD 这一参数的 SRK-T<sup>[20]</sup>,其原因可能为白内障眼晶状体膨胀程度不同,术前 ACD 差异较大,影响预测结果。所以对白内障晶状体膨胀程度轻者使用第四代公式可以一定程度上提高预测准确度,而对膨胀程度较重者使用第三代公式更为稳妥。Holladay II 虽然考虑到这个因素,但使用七个因素联合推测 ELP 使得计算过于繁琐,相对其他公式又没有足够优势,仅偶有研究推荐其应用于儿童白内障<sup>[21]</sup>。

**1.5 第五代 IOL 度数计算公式** 第五代公式基于光线追踪原理,以 Barrett Universal II、Olsen 为代表,其共同特点为肯定晶状体厚度(lens thickness, LT)联合术前 ACD 对 ELP 预测的作用,并添加 LT 为变量。Hoffer 等<sup>[14]</sup>发现,虽然在 AL 较短时,Barrett Universal II 和 Olsen 较其他公式无明显优势,但在 AL 较长时准确度较高。谭倩等<sup>[22]</sup>也通过研究表明在  $26.5\text{mm} \leq \text{AL} \leq 30\text{mm}$  时 Barrett Universal II 的预测准确度最高。此外,Iijima 等<sup>[23]</sup>通过对 K 值进行分组研究同样得到 Barrett Universal II 优于 SRK-T 的结论。可见 Barrett Universal II 不仅适用于各种范围的 AL,对各种范围的 K 值同样适用。

**1.6 其他新型 IOL 度数计算公式** 新型 IOL 度数计算公式多基于人工智能,包括 Hill-RBF、Kane、Pearl DGS<sup>[24]</sup>、BART Model<sup>[25]</sup> 和 Karmona 等。其中第一个完全依靠人工智能的公式为 Hill-RBF,但其要求植入的 IOL 在  $-5.0 \sim +30.0\text{D}$  之间,且目标屈光度在  $-2.5 \sim +1.0\text{D}$  之间,在临床应用中局限性很大,后该公式继续发展,继 Hill-RBF 2.0 之后还有准确度更高的 Hill-RBF 3.0<sup>[26]</sup>。目前有理由认为 Kane 公式在各 AL 范围的平均绝对误差与第三代、第四代和第五代公式相比均为最低<sup>[27]</sup>。另外 Karmona 公式准确度也高于目前公认最为准确的 Barrett Universal II<sup>[28]</sup>。可见,随着计算机技术的发展,IOL 度数计算公式的预测准确度只会越来越高,目前仍有很大发展空间。

## 2 应用于高度近视并发白内障手术的 IOL 度数计算公式的现状

**2.1 第三代的 SRK-T 公式** SRK-T 目前在我国临床应用最广泛,为理论数学模型与经验回归公式的结合,确定 IOL 面至虹膜平面的距离相对恒定,确立 AL 和 ACD 之间为非直线线性关系,并添加视网膜厚度校正等参数,其精确性已得到临床证实<sup>[29]</sup>。魏丽清等<sup>[30]</sup>表明在轴性高度近视眼中,当 K 值较大时,SRK-T 优于优化 Haigis 公式。但郑虔等<sup>[31]</sup>认为 SRK-T 与优化 Haigis 公式在不同 K 分段中的准确性无明显差异,且在 AL  $> 28\text{mm}$  时,尤其是对伴有后巩膜葡萄肿的患眼,SRK-T 的预测准确度较差,不如优化 Haigis 公式。由此推断,SRK-T 在长眼轴中更适合  $26\text{mm} \leq \text{AL} \leq 28\text{mm}$  的患眼。而当 AL  $\geq 30\text{mm}$  时,也可使用 Wang-Koch 优化眼轴 SRK-T 公式(优化 AL =  $0.8453 \times \text{AL} + 4.0773$ , 2018 版)以求较小误差,其准确度甚至不亚于 Barrett Universal II<sup>[32]</sup>。可以说,Wang-Koch 优化眼轴公式进一步扩展了 SRK-T 的可用范围。

**2.2 第三代的 LSW1 经验公式** LSW1 经验公式是以 SRK-T 和 SRK-II 为理论基础,根据临床资料推导得出的修正公式:  $P = P_1 + \text{修正值}$ ,其中  $P_1 = (2 \times P_{\text{SRK-T}} + P_{\text{SRK-II}}) \div 3$ ,且当  $P_1$  计算结果为  $10 \sim 15\text{D}$  时,修正值 =  $0.5\text{D}$ ;  $P_1$  值为  $5 \sim 10\text{D}$  时,修正值 =  $1.0\text{D}$ ;  $P_1$  值为  $0 \sim 5\text{D}$  时,修正值 =  $1.5\text{D}$ ;  $P_1$  值  $\leq 0\text{D}$  时,修正值 =  $3\text{D}$ 。该公式由李绍伟等<sup>[33]</sup>提出,并通过研究证实,LSW1 经验公式比较适合国内高度近视眼的 IOL 度数的计算,其次为 SRK-II,而 SRK-T 和 Haigis 结果偏远视,不建议用作国内高度近视眼的 IOL 度数计算。甚至有研究得出在 AL  $\geq 30\text{mm}$  时,LSW1 经验公式的预测准确度与 Barrett Universal II 和 Wang-Koch 优化 AL 的 Holladay I 公式相当<sup>[34]</sup>。因此,有理由认为 LSW1 经验公式适合国内高度近视眼的临床应用。

**2.3 第三代的 Holladay I 公式和第四代的 Holladay II 公式** Holladay I 的构成因素包括 K 值、白到白距离(white to white distance, WTW)、AL、术前屈光度、术后目标屈光度和 ELP(使用 AL 和 K 预测)。可以认为 Holladay I 对长眼轴眼的计算准确度较第二代公式有所提高,但较第四代公式仍有差距<sup>[35]</sup>。现 Holladay I 广泛存在于基层医院眼科设备中,对长眼轴眼的预测准确度与 SRK-T 相近<sup>[16]</sup>,在可接受范围内,可应用于高度近视并发白内障的 IOL 计算。

Hoffer 通过研究发现 AL、K、WTW 为影响 ELP 最大的三个因素,并证明 AL 与眼前节大小几乎无相关关系<sup>[36]</sup>,

且在推立 Holladay II 时引入上述研究中的 7 个变量:K、WTW、ACD、LT、AL、术前屈光度和年龄,以更准确地预测 ELP。但 Holladay II 目前为保密公式,且对于其准确度是否高于第三代公式尚无定论<sup>[6,35]</sup>。大量变量的引用使 AL 对 Holladay II 的影响较其他三因素、五因素的计算公式小,因此可以预见 Holladay II 也是非常适用于高度近视并发白内障患者的 IOL 度数计算。

**2.4 第四代的 Haigis 公式** 在 Haigis 公式中  $ELP = a_0 + (a_1 \times ACD) + (a_2 \times AL)$ , 其中  $a_0$  类似 A 常数,  $a_1$  为 ACD 常数,  $a_2$  为 AL 常数。此举弥补了第三代公式中的两大错误:

(1) 虽然普遍认为短眼轴眼 ACD 较浅,长眼轴眼 ACD 较深,但实际上 80% 的短眼轴眼只是晶状体较厚而在无晶状体状态下的拥有正常的前房解剖结构;(2) 修正了角膜陡峭的眼球 ACD 较深而角膜平坦的眼球 ACD 较浅的错误假设<sup>[13]</sup>。曾国燕等<sup>[20]</sup> 通过研究得出 SRK-T 与 Haigis 的预测准确性均较高,但 Haigis 对长眼轴的 IOL 度数预测准确度更佳,其他研究也得出了类似结论<sup>[15,37-38]</sup>。可见在第五代及其他新型公式未于基层医院广泛应用的大背景下,对长眼轴眼,Haigis 存在相当的优越性。

**2.5 第四代的 Olsen 公式** Olsen 为基于光线追踪原理的厚凸透镜公式,纳入 AL、ACD、K、LT、年龄五个变量,并创造性地提出 C 常数这一描述 IOL 位置的新概念。应用 C 常数可以对 ELP 进行无偏的预测,还可用来反映 IOL 周围囊袋在轴向上的收缩情况<sup>[39]</sup>。使用术前 ACD 和 LT 预测 ELP,较第三代和第四代公式进一步弱化了对 AL 的依赖性,对长眼轴眼的预测准确性更有利。许泽鹏等<sup>[40]</sup> 发现对于高度近视并发白内障患者,Olsen 在各种 K 值区间内的预测准确性均明显优于 SRK-T 和 Haigis。常平骏等<sup>[41]</sup> 也认为 Olsen 在长眼轴患者中更有优势,尤其是对 AL>30mm 的患者。由此可见,对于 AL>26mm,尤其是 AL>30mm 的患眼,可以优先考虑 Olsen 公式。

**2.6 第四代的 Barrett Universal II 公式** 基于近轴光线追踪理论模型眼的 Barrett Universal II 为唯一一个被美国白内障屈光手术协会(ASCRS)推荐为适用于任何 AL 的 IOL 度数计算公式,其准确度也得到有关研究的肯定<sup>[42-43]</sup>。该公式提出使用晶状体因子(lens factor,LF)预测 ELP,其中 LF 包括 K、AL、ACD、LT 和 WTW 共五个因素<sup>[44]</sup>,使用者也无需熟知 IOL 的材质与结构或 IOL 常数,故在应用于长眼轴 IOL 度数预测方面得到了广泛关注。谭燕等<sup>[45]</sup> 发现对于超高度近视眼,Barrett Universal II 较 SRK-T 和 Haigis 更有优势,该结论得到了其他类似研究<sup>[46-48]</sup> 的支持。有研究分析当 AL $\geq$ 30mm 时,Barrett Universal II 略显优势的原因可能为影响其预测准确性的因素更少<sup>[49]</sup>,或者说其关键为 Barrett Universal II 和 Olsen 等第五代公式对 IOL 度数的预测受 AL 的影响更小。所以说,当 AL>30mm 时还是应首选 Barrett Universal II。

### 3 小结

随着高度近视并发白内障患者手术需求量的增加和对术后屈光状态要求的提高,如何更精准地预测术后屈光状态就变得愈发重要。相对来说,越新型的公式其准确度越高,但需要采集的信息也越多,加上专利和商业费用等问题严重影响了新公式的推广,使得临床工作中可用公式的选择范围受到一定限制。现国内得以广泛使用的仍为

SRK-T、Haigis、Holladay I 等公式,且无金标准决定公式的选择,对于其预测准确度的欠精准性,大多数医师在临床上都选择保留一定的度数,这对医师的经验有较高的要求。若想使 IOL 度数的计算能够更方便、精准地配合白内障手术治疗,接下来就需要进一步研究影响准确度的各类影响因素,如 A 常数、ELP 的预测以及精确的全角膜散光测量等,一则可为公式的更新换代打下坚实基础,二则可提高这些第三、四代公式的可用性及准确性,甚至可以考虑在使用现有校正优化公式的基础上叠加优化方案。未来,也将是继续新型公式与优化公式的双向发展,以满足临床上的不同需求。

### 参考文献

- 1 Heruye SH, Maffofou Nkenyi LN, Singh NU, et al. Current trends in the pharmacotherapy of cataracts. *Pharmaceuticals (Basel)* 2020; 13 (1):E15
- 2 Xu JJ, Fu QL, Chen XJ, et al. Advances in pharmacotherapy of cataracts. *Ann Transl Med* 2020;8(22):1552
- 3 向菁, 管怀进. 人工晶状体计算公式的研究进展. *眼科新进展* 2018;38(6):583-587
- 4 Ridley H. Intra-ocular acrylic lenses; a recent development in the surgery of cataract. *Br J Ophthalmol* 1952;36(3):113-122
- 5 Fyodorov SN, Galin MA, Linksz A. Calculation of the optical power of intraocular lenses. *Invest Ophthalmol* 1975;14(8):625-628
- 6 Xia TN, Martinez CE, Tsai LM. Update on intraocular lens formulas and calculations. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)* 2020;9(3):186-193
- 7 周绍荣, 陆道炎. 术前人工晶状体屈光度的测定. *国外医学 眼科学分册* 1983(2):100-105
- 8 Sanders D, Retzlaff J, Kraff M, et al. Comparison of the accuracy of the Binkhorst, Colenbrander, and SRK implant power prediction formulas. *J Am Intraocul Implant Soc* 1981;7(4):337-340
- 9 Sanders DR, Kraff MC. Improvement of intraocular lens power calculation using empirical data. *J Am Intraocul Implant Soc* 1980;6(3):263-267
- 10 Olsen T. Calculation of intraocular lens power: a review. *Acta Ophthalmol Scand* 2007;85(5):472-485
- 11 闫东君, 李明花, 李勤. SRK-II 公式预测人工晶状体屈光度数准确性分析. *中国实验诊断学* 2006;10(3):282-283
- 12 徐雯, 姚克. 人工晶状体屈光度回归公式的探讨. *中国实用眼科杂志* 1999;1:35-37
- 13 Wang JK, Chang SW. Optical biometry intraocular lens power calculation using different formulas in patients with different axial lengths. *Int J Ophthalmol* 2013;6(2):150-154
- 14 Hoffer KJ, Savini G. IOL power calculation in short and long eyes. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)* 2017;6(4):330-331
- 15 马秀艳, 周健. 高度近视眼人工晶状体度数计算公式的准确性比较. *眼科新进展* 2016;36(9):863-867
- 16 刘显勇, 庄静宜. 四种人工晶状体屈光度计算公式在高度近视眼术中的应用比较. *眼科新进展* 2007;27(8):606-608
- 17 王琪, 马雪莲. 短眼轴中人工晶状体测量公式应用准确性分析. *中国医疗器械信息* 2019;25(3):21-22
- 18 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
- 19 Wang QW, Jiang W, Lin T, et al. Meta-analysis of accuracy of intraocular lens power calculation formulas in short eyes. *Clin Exp Ophthalmol* 2018;46(4):356-363

- 20 曾国燕, 吕含韬, 张海涛, 等. 不同民族白内障患者眼球生物测量及人工晶状体计算的比较. 国际眼科杂志 2020;20(7):1241-1244
- 21 Vasavada V, Shah SK, Vasavada VA, *et al.* Comparison of IOL power calculation formulae for pediatric eyes. *Eye (Lond)* 2016; 30(9): 1242-1250
- 22 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. 中华眼视光学与视觉科学杂志 2020;22(2): 136-142
- 23 Iijima K, Kamiya K, Iida Y, *et al.* Comparison of predictability using barrett universal II and SRK/T formulas according to keratometry. *J Ophthalmol* 2020;2020:7625725
- 24 Debellemanière G, Dubois M, Gauvin M, *et al.* The PEARL-DCS formula: the development of an open-source machine learning-based thick IOL calculation formula. *Am J Ophthalmol* 2021;232:58-69
- 25 Clarke GP, Kapelner A. The Bayesian additive regression trees formula for safe machine learning-based intraocular lens predictions. *Front Big Data* 2020;3:572134
- 26 Tsessler M, Cohen S, Wang L, *et al.* Evaluating the prediction accuracy of the Hill-RBF 3.0 formula using a heteroscedastic statistical method. *J Cataract Refract Surg* 2022;48(1):37-43
- 27 Connell BJ, Kane JX. Comparison of the Kane formula with existing formulas for intraocular lens power selection. *BMJ Open Ophthalmol* 2019;4(1):e000251
- 28 Carmona González D, Palomino Bautista C. Accuracy of a new intraocular lens power calculation method based on artificial intelligence. *Eye (Lond)* 2021;35(2):517-522
- 29 Karabela Y, Eliacik M, Kaya F. Performance of the SRK/T formula using A-Scan ultrasound biometry after phacoemulsification in eyes with short and long axial lengths. *BMC Ophthalmol* 2016;16:96
- 30 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 2016;18(12):747-750,756
- 31 郑虔, 赵镇南, 廉恒丽, 等. 轴性高度近视眼超声乳化白内障吸除联合人工晶状体植入术后屈光度数误差分析. 中华眼科杂志 2015;51(4):276-281
- 32 吉祥, 张丁丁, 毛馨遥, 等. Wang-Koch 优化眼轴 SRK/T公式预测不同眼轴长度下高度近视眼合并白内障术后屈光度准确性的临床研究. 中华眼科医学杂志(电子版) 2020;10(5):281-287
- 33 李绍伟, 任杰, 萨其热, 等. 高度近视白内障患者人工晶状体度数计算 LSW1 经验公式临床结果报告. 国际眼科杂志 2015;15(3): 499-502
- 34 刘四丽. 高度近视白内障三种人工晶状体计算方式的准确性比较. 昆明医科大学 2019
- 35 邱威, 吴强. 长眼轴白内障患者人工晶状体计算公式研究进展. 国际眼科纵览 2018;42(2):93-97
- 36 Hirschschall N, Amir - Asgari S, Maedel S, *et al.* Predicting the postoperative intraocular lens position using continuous intraoperative optical coherence tomography measurements. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2013;54(8):5196-5203
- 37 Chen C, Xu X, Miao YY, *et al.* Accuracy of intraocular lens power formulas involving 148 eyes with long axial lengths: a retrospective chart-review study. *J Ophthalmol* 2015;2015:976847
- 38 竺向往, 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
- 39 Olsen T, Hoffmann P. Constant: new concept for ray tracing-assisted intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg* 2014;40(5): 764-773
- 40 许泽鹏, 李松调, 李坤梦, 等. 角膜屈光度数对高度近视合并白内障患者人工晶状体计算公式选择的影响. 实用医学杂志 2020;36(14):1919-1923
- 41 常平骏, 徐智子, 王倩薇, 等. 基于光路追迹的 Olsen C公式在长眼轴白内障患者人工晶状体屈光力计算中的应用. 浙江创伤外科 2020;25(3):403-406
- 42 Kuthirummal N, Vanathi M, Mukhija R, *et al.* Evaluation of Barrett universal II formula for intraocular lens power calculation in Asian Indian population. *Indian J Ophthalmol* 2020;68(1):59-64
- 43 Roberts TV, Hodge C, Sutton G, *et al.* Comparison of Hill-radial basis function, Barrett Universal and current third generation formulas for the calculation of intraocular lens power during cataract surgery. *Clin Exp Ophthalmol* 2018;46(3):240-246
- 44 Biswas P, Batra S. Commentary: Barrett's Universal II formula: time to change the old trends? *Indian J Ophthalmol* 2020;68(1):64-65
- 45 谭燕, 万文娟, 李灿. 三种 IOL 计算公式预测超高度近视白内障患者术后屈光度的准确性比较. 中华眼视光学与视觉科学杂志 2019;21(3):211-216
- 46 Zhang YC, Liang XY, Liu S, *et al.* Accuracy of intraocular lens power calculation formulas for highly myopic eyes. *J Ophthalmol* 2016; 2016:1917268
- 47 Zhou D, Sun Z, Deng GH. Accuracy of the refractive prediction determined by intraocular lens power calculation formulas in high myopia. *Indian J Ophthalmol* 2019;67(4):484-489
- 48 顾雪芬, 荣翱. 伴高度近视的白内障人工晶状体度数计算四种公式准确性比较. 中华眼外伤职业眼病杂志 2019;41(7):492-496
- 49 Rong XF, He WW, Zhu Q, *et al.* Intraocular lens power calculation in eyes with extreme myopia: comparison of Barrett Universal II, Haigis, and Olsen formulas. *J Cataract Refract Surg* 2019; 45(6): 732-737