

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

李小禹 杨丽 海玥 谭青青 兰长骏 廖萱

川北医学院附属医院眼科 川北医学院眼视光医学院, 南充 637000

通信作者: 廖萱, Email: alexand@163.com

【摘要】 目的 系统比较不同人工晶状体(IOL)屈光度计算公式在浅前房白内障患者中的准确性。

方法 计算机检索外文数据库 MEDLINE、EMBASE、Cochrane Library 以及中文数据库中国知网、万方数据、维普数据库自建库起至 2020 年 8 月发表的关于 IOL 屈光度计算公式在浅前房白内障患者中的准确性同行评议文献, 根据纳入标准和排除标准进行文献筛选、资料提取和质量评价, 选择不同公式间平均绝对误差(MAE)的平均差(MD)作为观察指标, 采用 RevMan 5.3 软件进行 meta 分析。 **结果** 本研究共纳入 7 篇文献, 总计 499 眼。对 6 种 IOL 屈光度计算公式(Barrett Universal II、Haigis、SRK/T、Hoffer Q、Holladay 1 和 Holladay 2)进行比较结果显示, Barrett Universal II 公式的 MAE 低于 Hoffer Q 公式(MD: 0.11 D; 95% CI: 0.05 ~ 0.17 D; $P < 0.001$)、Haigis 公式(MD: 0.08 D; 95% CI: 0.03 ~ 0.13 D; $P = 0.002$)和 Holladay 2 公式(MD: -0.06 D; 95% CI: -0.11 ~ -0.01 D; $P = 0.020$), 差异均有统计学意义。其余公式之间的配对比较, 差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。 **结论** Barrett Universal II 公式在预测浅前房白内障患者 IOL 屈光度方面优于 Hoffer Q 公式、Haigis 公式和 Holladay 2 公式。

【关键词】 白内障; 人工晶状体; 屈光误差; 前房; meta 分析

基金项目: 四川省科技厅自然科学基金项目(23NSFSC1940); 南充市市校科技战略合作项目(22SXFWD0003)

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20200701-00472

Accuracy of different intraocular lens power calculation formulas in cataract patients with shallow anterior chamber: a meta-analysis

Li Xiaoyu, Yang Li, Hai Yue, Tan Qingqing, Lan Changjun, Liao Xuan

Department of Ophthalmology, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Medical School of Ophthalmology & Optometry, North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, China

Corresponding author: Liao Xuan, Email: alexand@163.com

【Abstract】 Objective To systematically compare the accuracy of intraocular lens (IOL) power calculation formulas in cataract patients with shallow anterior chamber. **Methods** A comprehensive literature search was conducted in MEDLINE, EMBASE, Cochrane Library, and the Chinese databases including CNKI, Wanfang, and VIP databases. The peer-reviewed literature on the accuracy of IOL power calculation formulas in cataract patients with shallow anterior chamber was searched from the establishment of the database until August 2020. Literature screening, data extraction and quality assessment were performed according to inclusion and exclusion criteria. The mean difference (MD) of mean absolute error (MAE) among different formulas was analyzed. Meta-analysis was performed using Revman 5.3 software. **Results** Seven studies involving 499 eyes were included. The accuracy of six formulas, Barrett Universal II, Haigis, SRK/T, Hoffer Q, Holladay 1 and Holladay 2, was evaluated. The MAE of Barrett Universal II was significantly lower than that of Hoffer Q (MD = 0.11 D; 95% CI: 0.05-0.17 D; $P < 0.001$), Haigis (MD = 0.08 D; 95% CI: 0.03-0.13 D; $P = 0.002$), and Holladay 2 (MD = -0.06 D; 95% CI: -0.11--0.01 D; $P = 0.020$). No significant difference was found in the remaining pairwise comparisons (all at $P > 0.05$).

Conclusions The Barrett Universal II formula is more accurate than Hoffer Q, Haigis, and Holladay 2 formulas in predicting IOL power in cataract patients with shallow anterior chamber.

[Key words] Cataract; Lenses, intraocular; Refractive errors; Anterior chamber; Meta-analysis

Fund program: Natural Science Foundation Project of Sichuan Provincial Department of Science and Technology (23NSFSC1940); Project of the Strategic Cooperation of City and College in Nanchong (22SXFWDF0003)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20200701-00472

眼球生物参数的准确测量和人工晶状体(intraocular lens, IOL)屈光度的精确计算是白内障术后获得良好视觉功能和视觉质量的关键^[1]。近年来,光学相干生物测量逐渐取代了传统的超声生物测量,测量精度已得到大幅提升^[2-3],IOL 计算公式的准确性和公式选择的合理性成为影响 IOL 屈光度预测结果的主要原因。自 20 世纪 70 年代以来,各种 IOL 屈光度计算公式不断出现并用于临床实践,修正后的 IOL 计算公式准确性得以提高。引入有效晶状体位置(effective lens position, ELP)概念后,相继产生了以 SRK/T、Holladay 1 和 Hoffer Q 为代表的第 3 代理论计算公式,Haigis 和 Holladay 2 为代表的第 4 代公式,以及目前临床开始使用的 Barrett Universal II 公式,更有效地减小了白内障术后的屈光误差^[4-8]。ELP 主要受前房深度(anterior chamber depth, ACD)的影响,因此 ACD 在决定 IOL 计算公式的预测性中起着重要作用。既往研究发现,ACD、眼轴长度(axial length, AL)、角膜曲率(keratometry readings, K)分别可以解释 42%、36%和 22%的屈光误差^[9]。在正常 ACD 下,各种 IOL 计算公式的准确性均较好;但随着 ACD 的减小,IOL 计算公式屈光误差明显增加^[10]。迄今已有多项研究比较了 ACD 对 IOL 屈光度计算公式的影响,然而结果仍存在争议^[11-17]。本研究采用 meta 分析方法,系统评价 IOL 计算公式预测浅前房白内障患者术后屈光度的准确性,以期为临床选择提供循证医学证据。

1 资料与方法

1.1 文献检索策略

使用计算机检索外文数据库 MEDLINE、EMBASE、Cochrane Library 以及中文数据库中国知网、万方、维普数据库。使用以下检索式检索外文数据库: (“shallow anterior chamber depth *” OR “anterior chamber depth *” OR “shallow ACD” OR “ACD”) AND (“cataract” OR “IOL” OR “intraocular lens”) AND (“calculate *” OR “formula *”);使用以下检索式检索中文数据库: (“浅前房” OR “前房深度” OR “ACD”) AND (“白内障” OR “人工晶体” OR “人工晶状体” OR “IOL”) AND (“计算” OR “公式”)。检索语言限制为英文及中文,检索文献的起止时间为建

库起至 2020 年 8 月。首先阅读所有检索文献的摘要,在排除明显不符合纳入标准的文献后,对可能符合纳入标准的文献进行全文阅读,根据预先拟定的文献纳入与排除标准确定最终纳入的文献。

1.2 文献纳入与排除标准

纳入标准:(1)研究类型为病例对照研究;(2)研究对象为接受常规白内障手术及 IOL 植入术的患者;(3)ACD < 3.00 mm;(4)至少使用 2 种目标 IOL 度数计算公式;(5)眼部参数的测量均使用光学相干生物测量仪。排除标准:(1)复杂性白内障摘除手术或出现术中术后并发症;(2)既往有眼部手术史或外伤史,或患有其他可能影响视力的眼病;(3)Toric IOL、多焦点 IOL 及非囊袋内 IOL 植入;(4)未提供平均绝对误差(mean absolute error, MAE)作为结局指标;(5)无法获得全文。

1.3 数据提取及偏倚风险评估

由 2 位研究人员独立提取数据并将结果进行比较,通过与第 3 位研究人员讨论解决分歧。对重复发表研究,选择报告最全面、随访时间最长的资料数据。从纳入文献中提取以下资料:作者姓名、发表时间、基线特征(包括样本量、年龄、ACD、AL)、IOL 类型、计算公式及其 MAE、随访时间及术后验光方法。根据文献提供的原始数据进行计算,并提取 MAE 及标准差。采用改编自 QUADAS-2 工具的质量评价表,分别从偏倚风险和临床适用性 2 个方面对纳入文献中研究对象选择、IOL 屈光度预测、术后验光方法、研究流程和进展进行评估^[18]。纳入文献潜在的发表偏倚用漏斗图表示。

1.4 统计学方法

采用 Revman 5.3 软件进行结果数据的统计分析。计量资料 MAE 采用平均差(mean difference, MD)及其 95% 置信区间(confidence interval, CI)作为统计分析量,公式之间采用配对比较, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。采用 χ^2 检验判断各研究结果间的异质性,检验水准为 $\alpha = 0.1$,同时结合 I^2 值定量评价统计学异质性的来源。当 I^2 值 $\leq 50\%$ 且 $P \geq 0.1$ 时,使用固定效应模型;当 I^2 值 $> 50\%$ 且 $P < 0.1$ 时,应用随机效应模型,表明存在显著异质性,并进行敏感性分析和亚组分析以探讨可能的异质性来源。

表 1 纳入研究的一般特征
Table 1 Characteristics of included studies

| 文献 | 发表年份 (年) | 人数/眼数 | 年龄 ($\bar{x}\pm s$, 岁) | ACD ($\bar{x}\pm s$, mm) | AL ($\bar{x}\pm s$, mm) | IOL 型号 | 随访时间 (周) | 验光方法 | IOL 计算公式 | | | | |
|-------------------------------|----------|--------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------|----------|------|----------|-------|----------|------------|------------|
| | | | | | | | | | Haigis | SRK/T | Hoffer Q | Holladay 1 | Holladay 2 |
| Eom 等 ^[11] | 2014 | 53/ 53 | 70.1± 6.8 | <2.90 | 21.69± 0.29 | Acrysof IQ | 3-10 | 客观验光 | √ | | √ | | |
| Miraftab 等 ^[12] | 2014 | NA/103 | 67.2±14.8 | <2.90 | 22.91± 0.65 | Acrysof SA60AT | 4 | NA | √ | √ | √ | √ | |
| Yang 等 ^[13] | 2017 | NA/ 79 | 67.1±11.1 | <2.50 | 23.93± 1.46 | EC-IPAL | 12 | NA | √ | √ | √ | √ | |
| Gökce 等 ^[14] | 2018 | NA/102 | 74.0± 7.3 | 2.76±0.18 | 23.62± 0.53 | ZCB00, ZCT | 3 | NA | √ | | √ | √ | √ |
| 娜丽英等 ^[15] | 2018 | 45/ 45 | 73.7± 8.2 | 2.49±0.17 | 23.15± 0.54 | ZCB00 | 3-8 | 主观验光 | √ | √ | √ | √ | |
| Shrivastava 等 ^[16] | 2019 | 60/ 60 | 61.6± 9.4 | 2.44±0.18 | 21.53± 0.32 | Acrysof SN6CWS | 4 | NA | √ | √ | √ | √ | √ |
| 李娟等 ^[17] | 2020 | 51/ 57 | 65.6± 7.8 | <3.00 | 22.00-26.00 | Rayner 970C, 920H | 4 | 主观验光 | √ | √ | √ | | √ |

注: ACD: 前房深度; AL: 眼轴长度; IOL: 人工晶状体; NA: 未提及
Note: ACD: anterior chamber depth; AL: axial length; IOL: intraocular lens; NA: not available

2 结果

2.1 纳入研究基本信息

初步筛选得到 850 篇文章, 排除 200 篇重复文献, 通过阅读摘要排除明显不符合纳入标准的 620 篇文章, 全文阅读剩余的 30 篇文章; 5 篇文章 ACD > 3.00 mm, 8 篇文章仅包括 1 种目标 IOL 度数计算公式, 10 篇文章未提供 MAE 数据, 最终纳入 7 篇文章 (图 1)。共纳入 499 眼, 其中, Barrett Universal II 公式组 219 眼, Haigis 公式组 499 眼, SRK/T 公式组 344 眼, Hoffer Q 公式组 499 眼, Holladay 1 公式组 389 眼, Holladay 2 公式组 219 眼 (表 1)。

2.2 Meta 分析

对 Barrett Universal II、Haigis、SRK/T、Hoffer Q、Holladay 1 和 Holladay 2 进行配对比较, I^2 值均 ≤ 50%, 说明统计学同质性好, 均使用固定效应模型。Barrett Universal II 公式的 MAE 低于 Haigis 公式 ($MD: 0.08 D; 95\% CI: 0.03 \sim 0.13 D; P = 0.002$)、Hoffer Q 公式 ($MD: 0.11 D; 95\% CI: 0.05 \sim 0.17 D; P < 0.001$) 和 Holladay 2 公式 ($MD: -0.06 D; 95\% CI: -0.11 \sim -0.01 D; P = 0.020$), 差异均有统计学意义; 其余公式之间的配对比较, 差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$)。预测误差在 $-0.50 \sim +0.50 D$ 的眼数百分比的比值比 (odds ratio, OR), 所有公式之间的配对比较差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$) (表 2, 图 2)。

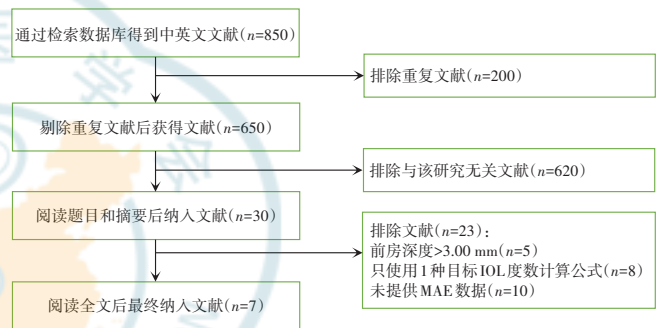


图 1 文献筛选流程图 IOL: 人工晶状体; MAE: 平均绝对误差
Figure 1 Flowchart of trial selection IOL: intraocular lens; MAE: mean absolute error

表 2 不同 IOL 屈光度计算公式的配对比较
Table 2 Paired comparison results of different IOL power calculation formulas

| 公式 1 | 公式 2 | 纳入文献篇数 | 眼数 | I^2 值 | 效应模型 | MD (95% CI) | P 值 |
|----------------------|----------------------|--------|-----|---------|------|----------------------|--------|
| Haigis | Hoffer Q | 7 | 499 | 0 | 固定 | -0.01 (-0.05- 0.04) | 0.780 |
| Haigis | Holladay 1 | 5 | 389 | 0 | 固定 | 0.04 (-0.01- 0.09) | 0.150 |
| Haigis | Barrett Universal II | 3 | 219 | 0 | 固定 | 0.08 (-0.03- 0.13) | 0.002 |
| Haigis | SRK/T | 5 | 344 | 0 | 固定 | 0.04 (-0.04- 0.11) | 0.340 |
| Haigis | Holladay 2 | 3 | 219 | 0 | 固定 | 0.02 (-0.04- 0.07) | 0.480 |
| Hoffer Q | Holladay 1 | 5 | 389 | 0 | 固定 | 0.04 (-0.01- 0.09) | 0.130 |
| Hoffer Q | Barrett Universal II | 3 | 219 | 0 | 固定 | 0.11 (-0.05- 0.17) | <0.001 |
| Hoffer Q | SRK/T | 5 | 344 | 0 | 固定 | 0.00 (-0.07- 0.07) | 0.990 |
| Hoffer Q | Holladay 2 | 3 | 219 | 0 | 固定 | 0.05 (-0.01- 0.11) | 0.130 |
| Holladay 1 | Barrett Universal II | 2 | 162 | 0 | 固定 | 0.06 (-0.00- 0.12) | 0.060 |
| Holladay 1 | SRK/T | 4 | 287 | 0 | 固定 | -0.02 (-0.10- 0.06) | 0.610 |
| Holladay 1 | Holladay 2 | 2 | 162 | 0 | 固定 | 0.00 (-0.06- 0.06) | 1.000 |
| Barrett Universal II | SRK/T | 2 | 117 | 0 | 固定 | -0.10 (-0.22- 0.03) | 0.130 |
| Barrett Universal II | Holladay 2 | 3 | 219 | 0 | 固定 | -0.06 (-0.11- -0.01) | 0.020 |
| SRK/T | Holladay 2 | 2 | 117 | 0 | 固定 | 0.03 (-0.10- 0.15) | 0.700 |

注: IOL: 人工晶状体; MD: 平均差; CI: 置信区间
Note: IOL: intraocular lens; MD: mean difference; CI: confidence interval

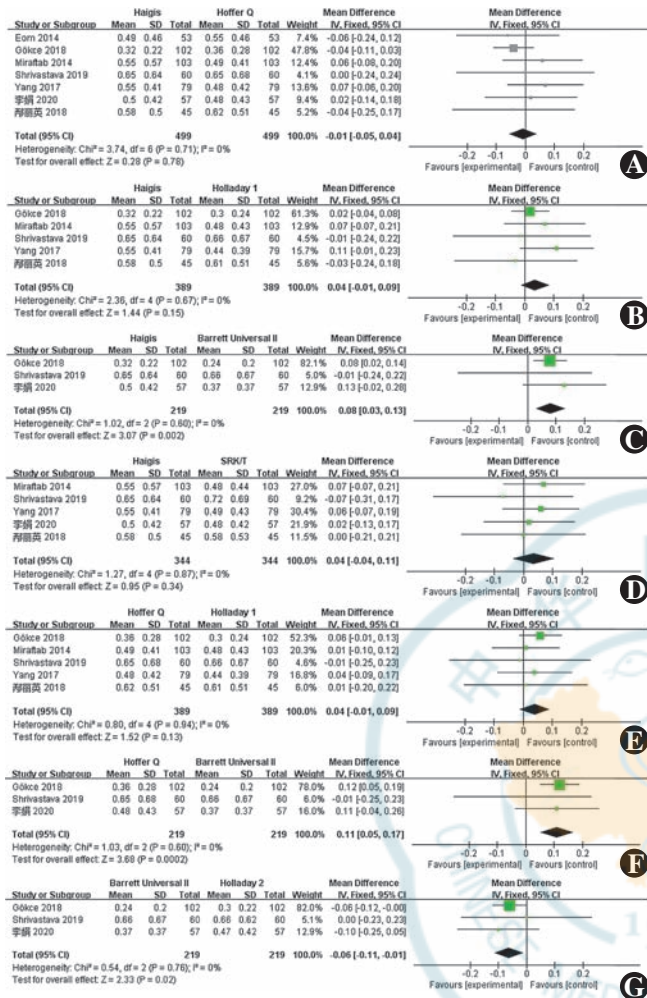


图2 不同IOL屈光度计算公式配对的森林图 A: Haigis与Hoffer Q计算公式比较 B: Haigis与Holladay 1计算公式比较 C: Haigis与Barrett Universal II计算公式比较 D: Haigis与SRK/T计算公式比较 E: Hoffer Q与Holladay 1计算公式比较 F: Hoffer Q与Barrett Universal II计算公式比较 G: Barrett Universal II与Holladay 2计算公式比较 CI: 置信区间; SD: 标准差

Figure 2 Forest plots of paired comparison of different IOL power calculation formulas A: Comparison of Haigis and Hoffer Q B: Comparison of Haigis and Holladay 1 C: Comparison of Haigis and Barrett Universal II D: Comparison of Haigis and SRK/T E: Comparison of Hoffer Q and Holladay 1 F: Comparison of Hoffer Q and Barrett Universal II G: Comparison of Barrett Universal II and Holladay 2 CI: confidence interval; SD: standard deviation

2.3 偏倚分析

采用改编自QUADAS-2工具质量评价表的评价结果显示,所有纳入文献均未说明患者的纳入是连续性还是随机性,存在未知偏倚;纳入文献中,有4篇文献纳入人群限定为正常AL患者(AL为22.00~25.00 mm),2篇文献纳入人群限定为短AL患者(AL<22.00 mm),因此对研究对象的选择存在一定偏倚;对于术后验光方法,大多数文献未说明是主观验光还是客观验光,因此存在未知偏倚。对于IOL屈光度预测和研究流程评

估方面,大多数文献均为高质量。漏斗图结果显示各研究在图形上分布基本对称,提示发表偏倚较小(图3,4)。

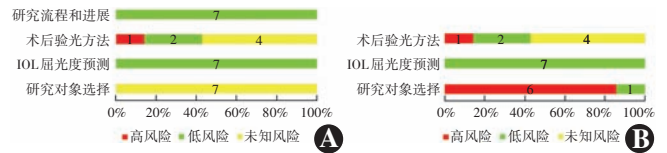


图3 纳入文献基于改编自QUADAS-2工具质量评价表的评价结果 A: 偏倚风险 B: 临床适用性 IOL: 人工晶状体

Figure 3 Quality assessment of the included trials based on modified QUADAS-2 A: Risk of bias B: Clinical applicability IOL: intraocular lens

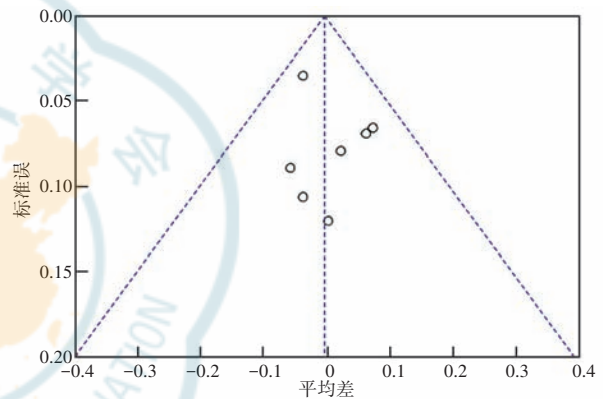


图4 发表偏倚漏斗图

Figure 4 Funnel plot for publication bias

3 讨论

临床研究表明,IOL计算公式在正常AL白内障患者中的准确性均较好,而在长AL和短AL患者中存在不同程度差异^[19]。ELP概念引入IOL计算公式使得ACD备受关注,但研究发现AL与ACD间不存在线性正相关关系。Sedaghat等^[20]在短AL(AL<22 mm)和长AL(AL>24.5 mm)患者中均未发现AL与ACD之间存在线性正相关关系。Chang等^[21]在极长AL(AL≥27.5 mm)患者中也未发现AL与ACD间的线性相关性。本研究旨在评估不同IOL计算公式在浅前房白内障患者中的准确性。IOL计算公式的准确性通常用预测误差来衡量,即IOL计算公式的预测屈光度减去术后验光的等效球镜度数的差值;由于正负预测误差可以相互抵消,因此利用其绝对值的平均值MAE作为结局指标可判断IOL屈光度计算公式准确性,MAE越小,则预测屈光误差越小,术后裸眼视力越好,从而使患者获得更高的满意度。

本研究通过计算IOL屈光度计算公式的MAE来评估其预测浅前房白内障患者屈光度的准确性,结果

表明在浅前房白内障患者中, Barrett Universal II 公式优于 Hoffer Q、Haigis 和 Holladay 2 公式, 差异均有统计学意义, 提示 Barrett Universal II 公式对浅前房患者 IOL 屈光度预测的影响最小, 术后屈光误差较低, 预测准确性较高。Hipólito-Fernandes 等^[22]对 237 例浅前房(ACD<3.00 mm)白内障患者进行研究发现, Barrett Universal II 的预测准确性较 Hoffer Q 公式高。此外, Melles 等^[23]对超过 18 000 例白内障患者进行研究发现, 当 ACD<3.00 mm 时, Barrett Universal II 公式对 IOL 屈光度的预测误差小于 Hoffer Q、SRK/T、Haigis、Holladay 1 和 Holladay 2 公式, 与本研究结果基本一致。Hoffer Q 公式是几何光学原理推导的理论公式和经验回归公式的结合, 利用 AL 及 K 正切值来预测术后 ELP。由于 Hoffer Q 公式根据薄透镜原理, 在正常模拟眼参数基础上进行公式的运算, 故对于前房较浅的患者, ACD 与 AL 不成比例, 可能会导致 IOL 度数的预测误差。Haigis 公式假定术后 ELP 是 a_0 、 a_1 、 a_2 3 个常数的函数, 即 $ELP = a_0 + (a_1 \times ACD) + (a_2 \times AL)$, 其中 a_0 可由 IOL A 常数推导而来, a_1 为 ACD 常数, a_2 为眼轴常数, 需要通过临床回顾性研究进行线性回归分析, 从而不断对常数进行优化^[24]。

Holladay 2 公式是应用范围较广的公式之一, 然而最近的研究发现 Barrett Universal II 的预测准确性比 Holladay 2 公式更高。Kane 等^[25]对 3 214 例白内障患者进行研究发现, Barrett Universal II 公式对长、中、短 AL 的 MAE 预测小于 Holladay 2 公式。Cooke 等^[26]分别应用部分相干干涉和光学低相干反射生物测量仪对患者眼部参数进行测量, 结果显示 Barrett Universal II 公式的预测误差均小于 Holladay 2 公式。Kim 等^[27]采用扫频光学相干断层扫描生物测量仪对 324 例白内障患者进行研究也发现, Barrett Universal II 公式比 Holladay 2 公式有更高的预测准确性。本研究结果显示, 在浅前房白内障患者中, Barrett Universal II 公式的 MAE 低于 Holladay 2 公式, 在多变量公式中 Barrett Universal II 公式的准确性较高。Barrett Universal II 公式预测术后 ELP 使用 5 个参数, 包括 AL、K、ACD、晶状体厚度(lens thickness, LT)和角膜直径, 根据厚晶状体模型和近轴光线追踪原理进行 IOL 屈光度数计算, 考虑了不同屈光度 IOL 所遇到的主平面变化^[28]。Holladay 2 公式是在原始 Holladay 公式基础上改进而来, 考虑了上述 5 个变量以及术前屈光状态和年龄^[29]。Srivannaboon 等^[30]的研究显示, 未纳入 LT 的 Holladay 2 公式与纳入 LT 的 Holladay 2 公式的预测准确性差异无统计学意义; 此外, Mahdavi 等^[31]发

现在影响 Holladay 2 公式术后屈光误差的 7 个变量的相对重要性中, LT 位居倒数第 2, 提示 LT 值在 Holladay 2 公式中的作用较弱, 可能影响晶状体较厚的浅前房白内障患者的 IOL 屈光度预测。

Holladay 1 和 SRK/T 公式均以第 1 代理论公式 Fyodorov 为基础, 利用 AL 和 K 值来预测术后 ELP。其中, Holladay 1 公式 ELP 是指角膜厚度、角膜高度(角膜内皮到虹膜前表面的距离)与虹膜前表面到 IOL 主平面距离的总和, SRK/T 公式 ELP 是指角膜到虹膜平面的距离与补偿函数之和; SRK/T 公式还结合了大量患者术后屈光结果, 对角膜屈光系数、ACD、视网膜厚度等进行修正。第 3 代 IOL 计算公式 Holladay 1 和 SRK/T 公式均未考虑术前 ACD 对术后 ELP 的影响, 并不使用 ACD 的实际测量值, 而是假设 ACD 与 AL 有关, 即短 AL 患者前房较浅, 长 AL 患者前房较深。然而, 80% 的短 AL 患者在白内障及 IOL 植入手术后有正常的前房解剖结构^[32], 因此, 以 Holladay 1 和 SRK/T 公式预测浅前房白内障患者 IOL 屈光度可能产生较大误差。但是本研究结果未发现 Barrett Universal II 公式与 Holladay 1 公式和 SRK/T 公式之间 MAE 差异有统计学意义, 分析可能与 Barrett Universal II 公式目前在临床应用时间不长、相关研究样本量较小有关, 故对这一结果的解释需谨慎, 有待更多大样本量的研究进一步探索。

本研究仍存在一定的不足: 由于浅前房白内障患者在人群中所占的比例较低, 本研究纳入的研究文献数量及病例数量有限; Barrett Universal II 公式相关的临床研究较少因而纳入样本量较小, 与其他公式进行比较时统计学效应可能不足; 未考虑患者的 AL、IOL 类型, 而这些因素可能会影响 IOL 屈光度计算公式的准确性; 受研究方法学所限, 缺乏充分的随机对照试验数据, 可能会降低研究的质量。除此之外, 各种新型 IOL 计算公式也在不断地推出并显示良好的前景, 例如基于光线追踪技术的 Olsen 公式、基于人工智能的 Hill-RBF 公式等, 但由于其在临床中应用时间较短, 尚缺乏相关研究文献, 故未被纳入到本研究中。

综上所述, 本研究结果显示在浅前房白内障患者中, Barrett Universal II 公式在预测 IOL 屈光度方面优于 Hoffer Q、Haigis 和 Holladay 2 公式, 对于浅前房的患者可考虑应用 Barrett Universal II 公式以减少屈光误差。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 李小禹: 研究设计和实施、数据采集和分析/解释、论文撰写; 杨丽、海玥: 实施研究、采集数据; 谭青青、兰长骏: 审阅和修改论

文;廖萱:研究设计、数据分析、论文修改、对文章知识性内容作批评性审阅

参考文献

- [1] Olson RJ. Cataract surgery from 1918 to the present and future-just imagine! [J]. *Am J Ophthalmol*, 2018, 185: 10-13. DOI: 10.1016/j.ajo.2017.08.020.
- [2] Dong J, Zhang Y, Zhang H, et al. Comparison of axial length, anterior chamber depth and intraocular lens power between IOLMaster and ultrasound in normal, long and short eyes [J/OL]. *PLoS One*, 2018, 13(3): e0194273 [2022-06-18]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5854401/>. DOI: 10.1371/journal.pone.0194273.
- [3] 刘波, 廖萱, 兰长骏, 等. 扫频光相干断层扫描生物测量仪测量健康人眼球生物学参数的重复性和再现性 [J]. *中华实验眼科杂志*, 2019, 37(11): 921-925. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.11.013.
Liu B, Liao X, Lan CJ, et al. Repeatability and reproducibility of swept-source optical coherence tomography biometer for measuring the biological parameters of the eyeballs in healthy people [J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2019, 37(11): 921-925. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.11.013.
- [4] Retzlaff JA, Sanders DR, Kraff MC. Development of the SRK/T intraocular lens implant power calculation formula [J]. *J Cataract Refract Surg*, 1990, 16(3): 333-340. DOI: 10.1016/s0886-3350(13)80705-5.
- [5] Holladay JT, Prager TC, Chandler TY, et al. A three-part system for refining intraocular lens power calculations [J]. *J Cataract Refract Surg*, 1988, 14(1): 17-24. DOI: 10.1016/s0886-3350(88)80059-2.
- [6] Hoffer KJ. The Hoffer Q formula: a comparison of theoretic and regression formulas [J]. *J Cataract Refract Surg*, 1993, 19(6): 700-712. DOI: 10.1016/s0886-3350(13)80338-0.
- [7] Haigis W, Lege B, Miller N, et al. Comparison of immersion ultrasound biometry and partial coherence interferometry for intraocular lens calculation according to Haigis [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2000, 238(9): 765-773. DOI: 10.1007/s004170000188.
- [8] Xia T, Martinez CE, Tsai LM. Update on intraocular lens formulas and calculations [J]. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*, 2020, 9(3): 186-193. DOI: 10.1097/APO.0000000000000293.
- [9] Olsen T. Calculation of intraocular lens power; a review [J]. *Acta Ophthalmol Scand*, 2007, 85(5): 472-485. DOI: 10.1111/j.1600-0420.2007.00879.x.
- [10] Ning X, Yang Y, Yan H, et al. Anterior chamber depth-a predictor of refractive outcomes after age-related cataract surgery [J/OL]. *BMC Ophthalmol*, 2019, 19(1): 134 [2022-06-18]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6591866/>. DOI: 10.1186/s12886-019-1144-8.
- [11] 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 [J]. *Am J Ophthalmol*, 2014, 157(4): 818-824. DOI: 10.1016/j.ajo.2013.12.017.
- [12] MirafTAB M, Hashemi H, Fotouhi A, et al. Effect of anterior chamber depth on the choice of intraocular lens calculation formula in patients with normal axial length [J]. *Middle East Afr J Ophthalmol*, 2014, 21(4): 307-311. DOI: 10.4103/0974-9233.142266.
- [13] Yang S, Whang WJ, Joo CK. Effect of anterior chamber depth on the choice of intraocular lens calculation formula [J/OL]. *PLoS One*, 2017, 12(12): e0189868 [2022-06-20]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5734766/>. DOI: 10.1371/journal.pone.0189868.
- [14] Gökçe SE, Montes De Oca I, Cooke DL, et al. Accuracy of 8 intraocular lens calculation formulas in relation to anterior chamber depth in patients with normal axial lengths [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2018, 44(3): 362-368. DOI: 10.1016/j.jcrs.2018.01.015.
- [15] 邵丽英, 刘桂波, 马玉娜, 等. 人工晶体计算公式在正常眼轴合并浅前房白内障患者中的准确性比较 [J]. *临床医学进展*, 2018, 8(2): 210-216. DOI: 10.12677/acm.2018.82036.
Bing LY, Liu GB, Ma YN, et al. Accuracy of various intraocular lens calculation formulas in shallow anterior chamber patients with normal axial length [J]. *Adv Clin Med*, 2018, 8(2): 210-216. DOI: 10.12677/acm.2018.82036.
- [16] Shrivastava AK, Behera P, Kacher R, et al. Effect of anterior chamber depth on predictive accuracy of seven intraocular lens formulas in eyes with axial length less than 22 mm [J]. *Clin Ophthalmol*, 2019, 13: 1579-1586. DOI: 10.2147/OPHT.S217932.
- [17] 李娟, 朱珂珂. 前房深度对正常眼轴白内障患者屈光度计算准确性的影响 [J]. *广东医学*, 2020, 41(2): 212-214. DOI: 10.13820/j.cnki.gdxy.20193335.
- [18] Whiting PF, Rutjes AW, Westwood ME, et al. QUADAS-2: a revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies [J]. *Ann Intern Med*, 2011, 155(8): 529-536. DOI: 10.7326/0003-4819-155-8-201110180-00009.
- [19] Aristodemou P, Knox Cartwright NE, Sparrow JM, et al. Formula choice; Hoffer Q, Holladay I, or SRK/T and refractive outcomes in 8108 eyes after cataract surgery with biometry by partial coherence interferometry [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2011, 37(1): 63-71. DOI: 10.1016/j.jcrs.2010.07.032.
- [20] Sedaghat MR, Azimi A, Arasteh P, et al. The relationship between anterior chamber depth, axial length and intraocular lens power among candidates for cataract surgery [J]. *Electron Physician*, 2016, 8(10): 3127-3131. DOI: 10.19082/3127.
- [21] Chang JS, Lau SY. Correlation between axial length and anterior chamber depth in normal eyes, long eyes, and extremely long eyes [J]. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*, 2012, 1(4): 213-215. DOI: 10.1097/APO.0b013e31825f8cb6.
- [22] Hipólito-Fernandes D, Luís ME, Serras-Pereira R, et al. Anterior chamber depth, lens thickness and intraocular lens calculation formula accuracy: nine formulas comparison [J]. *Br J Ophthalmol*, 2022, 106(3): 349-355. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2020-317822.
- [23] Melles RB, Holladay JT, Chang WJ. Accuracy of intraocular lens calculation formulas [J]. *Ophthalmology*, 2018, 125(2): 169-178. DOI: 10.1016/j.ophtha.2017.08.027.
- [24] Wang JK, Chang SW. Optical biometry intraocular lens power calculation using different formulas in patients with different axial lengths [J]. *Int J Ophthalmol*, 2013, 6(2): 150-154. DOI: 10.3980/j.issn.2222-3959.2013.02.08.
- [25] Kane JX, Van Heerden A, Atik A, et al. Intraocular lens power formula accuracy: comparison of 7 formulas [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2016, 42(10): 1490-1500. DOI: 10.1016/j.jcrs.2016.07.021.
- [26] Cooke DL, Cooke TL. Comparison of 9 intraocular lens power calculation formulas [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2016, 42(8): 1157-1164. DOI: 10.1016/j.jcrs.2016.06.029.
- [27] Kim SY, Lee SH, Kim NR, et al. Accuracy of intraocular lens power calculation formulas using a swept-source optical biometer [J/OL]. *PLoS One*, 2020, 15(1): e0227638 [2022-07-01]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6959581/>. DOI: 10.1371/journal.pone.0227638.
- [28] Reitblat O, Assia EI, Kleinmann G, et al. Accuracy of predicted refraction with multifocal intraocular lenses using two biometry measurement devices and multiple intraocular lens power calculation formulas [J]. *Clin Exp Ophthalmol*, 2015, 43(4): 328-334. DOI: 10.1111/ceo.12478.
- [29] Retzlaff J. A new intraocular lens calculation formula [J]. *J Am Intraocul Implant Soc*, 1980, 6(2): 148-152. DOI: 10.1016/s0146-2776(80)80008-5.
- [30] Srivannaboon S, Chirapapaisan C, Chirapapaisan N, et al. Accuracy of Holladay 2 formula using IOLMaster parameters in the absence of lens thickness value [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2013, 251(11): 2563-2567. DOI: 10.1007/s00417-013-2439-8.
- [31] Mahdavi S, Holladay J. IOLMaster® 500 and integration of the Holladay 2 formula for intraocular lens calculations [J]. *European Ophthalmic Rev*, 2011, 5(2): 134-135. DOI: 10.17925/EOR.2011.05.02.134.
- [32] Charalampidou S, Cassidy L, Ng E, et al. Effect on refractive outcomes after cataract surgery of intraocular lens constant personalization using the Haigis formula [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2010, 36(7): 1081-1089. DOI: 10.1016/j.jcrs.2009.12.050.

(收稿日期:2022-07-26 修回日期:2023-04-10)

(本文编辑:刘艳 施晓萌)