

# 基于不同类型角膜屈光力的人工晶状体计算公式准确性比较

王开芳, 乔松松, 赵克娇, 乔明超, 王小明

引用: 王开芳, 乔松松, 赵克娇, 等. 基于不同类型角膜屈光力的人工晶状体计算公式准确性比较. 国际眼科杂志, 2025, 25(7): 1172-1176.

基金项目: 山东省医药卫生科技项目重点项目 (No. 202307021727)

作者单位: (250200) 中国山东省济南市, 济南明水眼科医院  
作者简介: 王开芳, 本科, 主治医师, 研究方向: 白内障与人工晶状体测算。

通讯作者: 王小明, 博士研究生, 副主任医师, 白内障科主任, 研究方向: 屈光性白内障手术与视觉质量. 15908084280@163.com  
收稿日期: 2025-02-23 修回日期: 2025-05-23

## 摘要

**目的:** 比较基于不同类型角膜屈光力的人工晶状体 (IOL) 计算公式在角膜屈光术后白内障患者中计算 IOL 屈光度的准确性。

**方法:** 前瞻性临床研究。收集 2022 年 2 月至 2024 年 8 月就诊于济南明水眼科医院, 既往有近视激光角膜手术史的白内障手术患者 32 例 42 眼。使用基于模拟角膜曲率 (SimK) 的 Haigis-L 公式、Barrett True K 公式, 基于全角膜曲率 (TK) 的 Haigis 公式、基于角膜净屈光力 (TNP) 的 Potvin-Hill Pentacam (PVP) 公式及基于净角膜屈光力 (NCP) 的 OCT 公式计算 IOL 度数及预测屈光度数。术后 1 mo 进行主觉验光, 计算预测误差 (PE) 及其绝对值、绝对预测误差均值 (MAE)、绝对预测误差中位数 (MedAE) 及 PE 在  $\pm 0.25$ 、 $\pm 0.50$ 、 $\pm 0.75$ 、 $\pm 1.0$  D 范围内的百分比。

**结果:** 4 种类型角膜屈光力组内相关系数为 0.986 ( $P < 0.001$ ), TNP 与 NCP 比较无差异 ( $P = 0.491$ ), 其余两两比较有差异 (均  $P < 0.001$ )。Haigis-L(K)、Haigis(TK) 的 PE 与 0 比较有差异 (均  $P < 0.001$ ), PVP、OCT、Barrett True K 公式的 PE 与 0 比较无差异 (均  $P > 0.05$ )。5 种公式中 Barrett True K 的 MedAE 值最小 0.32 (0.19, 0.71) D, 5 种公式的 MedAE 总体比较无差异 ( $P = 0.870$ )。Barrett True K 公式的 PE 在  $\pm 0.25$ 、 $\pm 1.0$  D 内的眼占比分别为 38% (16/42)、95% (40/42); PVP 公式的 PE 在  $\pm 0.50$  D 内的眼占比为 71% (30/42); Haigis (TK) 公式的 PE 在  $\pm 0.75$  D 内的眼占比为 83% (35/42)。

**结论:** 角膜屈光术后, 不同类型角膜屈光力间存在差异。进行 IOL 计算时, TK 联合 Haigis 公式的准确性优于 Haigis-L(K) 公式, Barrett True K 公式表现出良好的准确性。

**关键词:** 白内障; 人工晶状体; 全角膜曲率; 角膜净屈光力  
DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2025.7.23

## Comparison of the accuracy of intraocular lens calculation formulas based on different types of corneal refractive power

Wang Kaifang, Qiao Songsong, Zhao Kejiao, Qiao Mingchao, Wang Xiaoming

**Foundation item:** Medicine health Science and Technology Program of Shandong Province (No.202307021727)

Jinan Mingshui Eye Hospital, Jinan 250200, Shandong Province, China

**Correspondence to:** Wang Xiaoming. Jinan Mingshui Eye Hospital, Jinan 250200, Shandong Province, China. 15908084280@163.com  
Received: 2025-02-23 Accepted: 2025-05-23

## Abstract

• **AIM:** To compare the accuracy of intraocular lens (IOL) calculation formulas based on different corneal refractive power in calculating IOL diopters of cataract patients with a history of corneal refractive surgery.

• **METHODS:** A prospective clinical study was conducted with a cohort of 32 cataract patients (42 eyes) who had previously undergone myopic laser corneal surgery at Jinan Mingshui Eye Hospital between February 2022 and August 2024. The study employed several IOL calculation formulas, including the Haigis-L formula, the Barrett True K formula based on simulated keratometry (SimK), the Haigis formula based on total keratometry (TK), the Potvin-Hill Pentacam (PVP) formula based on corneal true net power (TNP), and the OCT formula based on net corneal power (NCP). These formulas were used to calculate IOL power and predict postoperative refractive outcomes. At 1 mo postoperatively, subjective refraction was performed, and the prediction error (PE), mean absolute prediction error (MAE), median absolute prediction error (MedAE), and the percentage of prediction errors within the ranges of  $\pm 0.25$ ,  $\pm 0.50$ ,  $\pm 0.75$ , and  $\pm 1.0$  D were determined.

• **RESULTS:** The intraclass correlation coefficient for the four types of corneal refractive power was 0.986 ( $P < 0.001$ ). There was no significant difference between TNP and NCP ( $P = 0.491$ ), and there were differences between the other two groups (all  $P < 0.001$ ). Statistically significant differences were observed between PE and 0 for the Haigis-L (K) and Haigis (TK) formulas (all  $P < 0.001$ ). In contrast, no statistically significant differences were noted

between PE and 0 for the PVP, OCT, and Barrett True K formulas (all  $P>0.05$ ). The MedAE value of Barrett True K was the smallest 0.32 (0.19, 0.71) D among the five formulas, and there was no significant difference in MedAE among the five formulas ( $P = 0.870$ ). The proportion of eyes with PE within  $\pm 0.25$  and  $\pm 1.0$  D in Barrett True K formula was 38% (16/42) and 95% (40/42), respectively. The proportion of eyes within  $\pm 0.50$  D in PVP formula was 71% (30/42); and the proportion of eyes with PE within  $\pm 0.75$  D in Haigis (TK) formula was 83% (35/42).

- **CONCLUSION:** After corneal refractive surgery, there are differences between different types of corneal refractive power. When calculating IOL, the accuracy of TK combined with Haigis formula is better than that of Haigis-L (K) formula, and Barrett True K formula shows good accuracy.
- **KEYWORDS:** cataract; intraocular lens; total keratometry; corneal true net power

**Citation:** Wang KF, Qiao SS, Zhao KJ, et al. Comparison of the accuracy of intraocular lens calculation formulas based on different types of corneal refractive power. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2025,25(7):1172-1176.

0 引言

随着光学生物测量仪的不断更新,白内障患者术前眼轴测量的精准性得到提高,白内障超声乳化摘除联合人工晶状体(IOL)植入术后屈光误差的原因越来越集中于角膜屈光力的测算及 IOL 计算公式的选择上<sup>[1-2]</sup>,特别是既往行角膜屈光手术的患者。角膜屈光术后,角膜形态、角膜前后表面曲率半径比值(back-front corneal radius, B/F Ratio)、角膜厚度发生改变,建立于 Gullstrand 模型眼假设基础上的模拟角膜曲率(simulated keratometry, SimK)不能准确地反映其屈光力,使用 SimK 去计算 IOL 屈光度时,通常会产生较大屈光误差。现阶段,一些眼科设备可准确测量角膜真实屈光力,如全角膜曲率(total keratometry, TK)、角膜净屈光力(true net power, TNP)、全角膜屈光力(total corneal refractive power, TCRP)、等效角膜屈光力(equivalent K reading, EKP)等,并直接应用于 IOL 计算公式中,从而降低因角膜屈光力测量所导致的 IOL 计算误差<sup>[3]</sup>。

近年来,IOL 计算公式也在不断更新及改进,针对于角膜屈光术后人群的 Haigis-L、Shammas、Barrett True K、PVP、OCT 等公式表现出良好的屈光预测性<sup>[4]</sup>。国外的研究<sup>[5]</sup>表明,既往行角膜屈光手术的眼睛中,基于 TK 的 Haigis 公式其屈光预测性与 Haigis-L、Barrett True K 公式相当。当然,各计算公式在进行 IOL 屈光力计算时,所需的参数也不尽相同,TK 可直接应用于特定的 IOL 公式,而无需进行公式常数的优化<sup>[6]</sup>,部分学者认为运用不同角膜屈光力计算 IOL 屈光度时还应该考虑不同公式带来的影响<sup>[3]</sup>,Potvin 等<sup>[7]</sup>使用以角膜顶点为中心,4 mm 区域范围内的 TNP 值代入 Shammas 公式所得到的 IOL 屈光度较 ASCRS 网站提供的 9 种公式更为准确。但目前有关国人

运用不同类型角膜屈光力计算 IOL 屈光度的报道较少,并且研究局限于 SimK 与 TK 在 IOL 计算中的应用,本研究通过对比基于不同类型角膜屈光力的 5 种公式计算 IOL 准确性,以期能够提高 IOL 计算的准确性,为临床提供帮助。

1 对象和方法

**1.1 对象** 前瞻性临床研究。收集 2022 年 2 月至 2024 年 8 月就诊于济南明水眼科医院,既往有近视激光角膜手术史的白内障手术患者 32 例 42 眼。纳入标准:(1)既往行近视激光角膜屈光手术;(2)白内障术前 IOL Master 700 均能测量出眼轴长度者;(3)IOL 植入到囊袋内且位置正常;(4)白内障术中术后无相关并发症,术后矫正视力 $\geq 0.5$ 者。排除标准:(1)合并眼部其他病变或手术史者,如玻璃体切割术、青光眼手术、外伤等;(2)全身合并严重疾病者。本研究遵循《赫尔辛基宣言》,取得济南明水眼科医院医学伦理委员会审查批准{批准号:[2021]008号},所有参与者均签署知情同意书。

1.2 方法

**1.2.1 术前检查** 所有患者术前均进行常规眼科检查,包括裂隙灯显微镜、视力、验光、眼压、角膜内皮镜、眼底检查等。使用光学生物测量仪进行眼球生物学测量,获得眼轴长度、前房深度、晶状体厚度、角膜中央厚度、角膜前后表面屈光力、TK、角膜直径等;Pentacam 角膜地形图仪测量角膜中央以顶点为中心 4 mm 区域 TNP;前节 OCT 测量角膜前后表面屈光力、净角膜屈光力(net corneal power, NCP)、角膜厚度。

**1.2.2 IOL 度数计算与选择** 利用 IOL Master 700 自带软件进行 Haigis-L(K)、Haigis(TK)、Barrett True K 公式的计算,登录 ASCRS 网站(<https://ascrs.org/>)进行 PVP、OCT 公式的计算,目标屈光度的选择根据患者的用眼习惯决定,实际植入 IOL 度数为 5 种公式计算的平均值。

**1.2.3 术后随访及观察指标** 术后 1 mo 进行裸眼视力、最佳矫正视力、电脑验光,并通过综合验光仪进行主觉验光检查患者术后实际屈光力,根据实际屈光力计算等效球镜度(spherical equivalent, SE),SE=球镜屈光力+1/2 柱镜屈光力。计算每例患者不同公式的预测误差(prediction error, PE)=术后实际等效球镜度-预测术后等效球镜度,计算绝对预测误差(absolute prediction error, APE)、绝对预测误差均值(mean absolute prediction error, MAE)、绝对预测误差中位数(median absolute prediction error, MedAE)。计算各个公式 PE 在  $\pm 0.25$ 、 $\pm 0.50$ 、 $\pm 0.75$ 、 $\pm 1.00$  D 内所占的百分比。

**统计学分析:**使用 SPSS 26.0 统计学软件进行数据分析。采用 Shapiro-Wilk 检验进行计量资料的正态性检验,符合正态分布的数据以  $\bar{x}\pm s$  表示,非正态分布的数据以  $M(P_{25}, P_{75})$  表示;各类型角膜屈光力一致性检验采用组内相关系数(ICC),组间比较采用重复测量数据的方差分析,进一步两两比较采用 Bonferroni 检验,以  $P<0.008$  为差异有统计学意义;采用独立样本  $t$  检验比较各公式 PE 与 0 的差异;Friedman 检验比较各公式 MedAE 的差异。以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

2 结果

**2.1 患者基本信息** 本研究共纳入 32 例 42 眼,男 17 例,

女15例,年龄37~59(48.6±5.9)岁,眼轴长度24.32~32.05(27.42±2.05)mm,前房深度2.21~4.24(3.43±0.37)mm,晶状体厚度4.20(3.88,4.45)mm,植入IOL度数为10.5~25.5(+19.20±3.41)D。

2.2 不同类型角膜屈光力比较 4种不同类型角膜屈光力组内相关系数(ICC)为0.986( $P<0.001$ )。4种不同类型角膜屈光力比较差异有统计学意义( $F=6.486, P=0.001$ ),见表1,进一步两两比较见表2。

2.3 五种IOL计算公式的总体比较 Haigis-L(K)、Haigis(TK)的PE与0比较,差异有统计学意义( $t=-4.134, 4.490$ ,均 $P<0.001$ ),PVP、OCT、Barrett True K公式的PE与0比较,差异无统计学意义( $t=-1.584, -1.452, -1.952, P=0.121, 0.154, 0.058$ )。5种公式中Barrett True K的MedAE值最小0.32(0.19,0.71)D,PVP的MedAE值次之0.33(0.24,0.69)D,5种公式的MedAE总体比较,差异无统计学意义( $\chi^2=1.247, P=0.870$ ),见表3。5种公式的MAE箱线图见图1。

2.4 五种IOL计算公式PE分布情况 Barrett True K公式的PE在±0.25、±1.0 D内的眼占比分别为38%(16/42)、

95%(40/42);PVP公式的PE在±0.50 D内的眼占比为71%(30/42);Haigis(TK)公式的PE在±0.75 D内的眼占比为83%(35/42),见图2。

表1 不同类型角膜屈光力参数D

| 角膜屈光力类型 | 范围          | $\bar{x}\pm s$ |
|---------|-------------|----------------|
| SimK    | 34.89~44.05 | 39.16±2.11     |
| TK      | 33.89~43.64 | 38.61±2.21     |
| TNP     | 32.40~42.50 | 37.45±2.25     |
| NCP     | 32.01~42.06 | 37.40±2.35     |

表2 不同类型角膜屈光力两两比较

| 角膜屈光力类型 |     | 差值(D) | P      |
|---------|-----|-------|--------|
| SimK    | TK  | 0.55  | <0.001 |
|         | TNP | 1.71  | <0.001 |
|         | NCP | 1.76  | <0.001 |
| TK      | TNP | 1.16  | <0.001 |
|         | NCP | 1.21  | <0.001 |
| TNP     | NCP | -0.05 | 0.491  |

表3 五种IOL计算公式的PE与MedAE D

| 公式             | PE             |            | 绝对预测误差 |           |                              |
|----------------|----------------|------------|--------|-----------|------------------------------|
|                | $\bar{x}\pm s$ | 范围         | MAE    | 范围        | MedAE[ $M(P_{25}, P_{75})$ ] |
| Haigis-L(K)    | -0.32±0.51     | -1.53~0.79 | 0.47   | 0.02~1.53 | 0.38(0.20,0.62)              |
| Haigis(TK)     | 0.31±0.45      | -0.64~1.26 | 0.45   | 0.00~1.26 | 0.39(0.23,0.59)              |
| PVP            | -0.14±0.57     | -1.56~1.16 | 0.45   | 0.01~1.56 | 0.33(0.24,0.69)              |
| OCT            | -0.14±0.61     | -1.38~1.08 | 0.49   | 0.01~1.38 | 0.39(0.21,0.82)              |
| Barrett True K | -0.17±0.57     | -1.81~0.93 | 0.46   | 0.03~1.81 | 0.32(0.19,0.71)              |

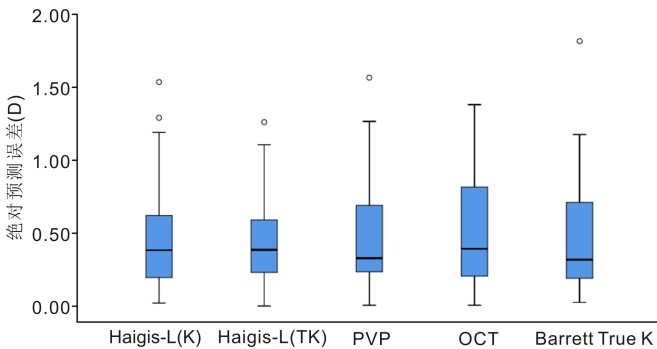


图1 五种IOL计算公式的MAE箱线图。

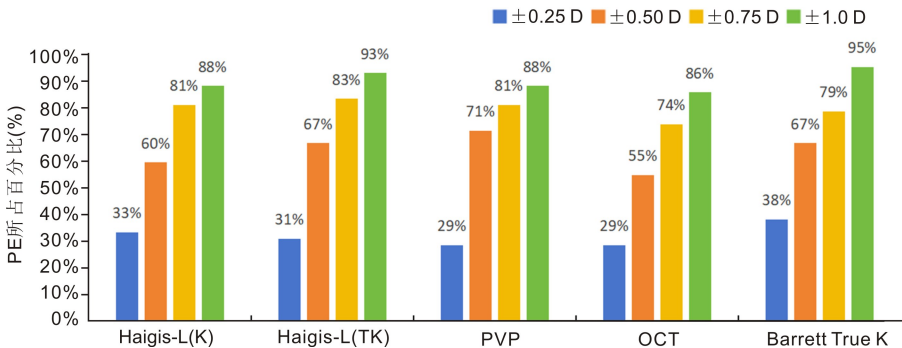


图2 五种IOL计算公式的PE在±0.25、±0.50、±0.75、±1.00 D所占的百分比。

3 讨论

传统的 SimK 使用标准角膜折射率 1.3375,并基于角膜厚度为 500  $\mu\text{m}$ 、B/F Ratio 为 82%、角膜前后表面散光轴位一致这一假设转换而来,对于角膜屈光术后或合并角膜异常的患者,SimK 通常无法准确反映角膜真实屈光力。近年来,越来越多的学者开始关注从不同维度去测量角膜屈光力,以提高 IOL 屈光力计算的准确性<sup>[3]</sup>。既往因无法测量角膜后表面曲率半径,常利用角膜前表面曲率半径数学推理方式估算全角膜屈光力<sup>[8]</sup>。随着技术的发展,现在在众多检查设备可测量角膜真实屈光力并直接应用到 IOL 计算公式中。如 IOL Master 700 利用远心光学技术和扫频 OCT 技术直接测量前表面角膜屈光力及角膜厚度,经过拟合得到角膜后表面环面曲率,从而得到 TK<sup>[9]</sup>;前节 OCT 测量角膜前后表面半径及角膜厚度得到 NCP;Pentacam 运用 Scheimpflug 技术获得眼前节断层图像,可以提供详细的角膜曲率,如 TCRP、TNP、EKR 等。角膜屈光手术改变了角膜原有的形态及光学特性,理论上,全角膜屈光力更能反映此类人群角膜真实屈光力,但现阶段,角膜屈光术后人群不同类型角膜屈光力之间差异性研究较少。

在常规白内障患者中,TK 与传统 SimK 具有良好的一致性,并且在单焦点 IOL 中,基于 TK 的公式预测准确性并不优于 SimK<sup>[10]</sup>。Jin 等<sup>[11]</sup>回顾性分析了 576 例接受白内障手术的眼睛,结果显示 TK 并没有提高新一代公式(Barrett Universal II、EVO 2.0、RBF 3.0、Hoffer QST、Kane、Ladas Super Formula)的预测准确性,在传统公式(Haigis、Hoffer Q、Holladay I、SRK/T)中预测性更差,当后表面曲率 $>-5.9\text{ D}$ 时,使用 TK 计算的公式会出现远视偏移,后表面曲率 $<-5.90\text{ D}$ 时,会出现近视偏移,TK 公式的预测偏移随着后表面曲率偏离 $-5.90\text{ D}$ 而增加,这与传统公式本身是基于 SimK 计算有关。然而,也有报道认为 TK 更有优越性,特别是在角膜屈光术后及散光 IOL 的患者中<sup>[5]</sup>。本研究中,SimK 与 TK 的平均差值为 0.55 D,王晓晨等<sup>[9]</sup>的研究结果显示,在近视激光角膜屈光术后,两者的差值为 0.5 D,传统的 K 值可能高估了角膜真实曲率,本研究结果与其相似。本研究中,Haigis-L(K)、Haigis(TK)的 PE 与 0 比较,差异均有统计学意义,其准确性相较于 PVP、OCT、Barrett True K 公式略低,Haigis(TK)公式的预测误差在 $\pm 0.50$ 、 $\pm 1.0\text{ D}$ 范围内的眼占比高于 Haigis-L(K),这也提示 TK 联合 Haigis 公式的准确性优于 Haigis-L(K)公式,在角膜屈光术后及部分特殊人群中,TK 对于提高 IOL 计算的准确性具有重要意义。本研究亦对比了 SimK 与 TK、TNP、NCP 的差异,差异均有统计学意义,SimK 均值高于其它类型角膜屈光力,这也解释了 Haigis-L(K)公式的预测误差容易向近视漂移。Qian 等<sup>[12]</sup>报告了在 SMILE 手术前后使用 Pentacam 测量得到的 SimK、TNP 及 TCRP 之间均存在差异。这也提示即使是同一设备进行测量,考虑了不同因素的不同类型角膜屈光力间存在差异,临床上不建议互换使用。

本研究结果显示,TNP 小于 SimK 值 1.71 D,故而不能将 TNP 直接带入基于 SimK 的 IOL 计算公式中,但黄慧兰等<sup>[13]</sup>使用角膜中央 3 mm 的平均 TNP 带入 SRK/T 公式来计算 IOL 度数,其预测误差与 0 之间的差异无统计学意

义,绝对误差在 1.0 D 范围内眼所占比例为 80%,其预测误差的准确性优于 Haigis-L 及 Shammass 公式。本研究中使用的是以角膜顶点为中心的 4 mm 区域范围内的 TNP,由于角膜屈光手术对角膜的切削,不同范围内 TNP 或许存在差别。Potvin 等将 Pentacam 所测得的不同角膜 K 值带入不同公式进行计算,在 26 种计算方法中,发现使用以角膜顶点为中心的 4 mm 区域范围内 TNP 值代入 Shammass 公式所得到的 IOL 屈光度更具优越性<sup>[7,14]</sup>。笔者团队既往对比了 5 种无需临床病史资料的 IOL 计算公式在角膜屈光术后人群中计算的准确性,PVP 公式表现出较高的预测性,屈光绝对误差值在 0.5、1.0 D 内所占比例高达 76%、97%<sup>[15]</sup>。本研究中,PVP 公式的 PE 与 0 之间的差异无统计学意义,PE 在 $\pm 0.5$ 、 $\pm 1.0\text{ D}$ 范围内的眼所占百分比为 71%、88%,亦表现出较好的准确性。

OCT 公式是基于 RTVue-OCT 测量的角膜前后表面屈光力、NCP、角膜厚度来进行 IOL 计算,既往研究证实了 RTVue-OCT 在测量角膜屈光力上的重复性和再现性良好<sup>[16]</sup>。本研究中,TNP 和 NCP 的角膜净屈光力平均差值为 $-0.05\text{ D}$ ,差异无统计学意义。NCP 是根据高斯厚透镜公式计算得到<sup>[14]</sup>,TNP 则是基于高斯近轴光学薄透镜模型计算,两者均考虑了角膜前后表面屈光力,对于角膜屈光术后的患者,当角膜前后表面曲率半径比改变,角膜厚度变薄,屈光折射率发生变化时,角膜净屈光力比 SimK 更为准确<sup>[3]</sup>。Wang 等<sup>[17]</sup>曾对比了 OCT 公式、Barrett True K 公式及 ASCRS 计算器上的方法在近视 PRK/LASIK 眼睛中的准确性,OCT 公式的屈光预测误差中位数为 0.35 D,预测误差在 $\pm 0.50$ 、 $\pm 1.0\text{ D}$ 范围内的眼占比为 68.3%、92.3%,本研究中 OCT 公式的 MedAE 为 0.39(0.21,0.82)D,PE 在 $\pm 0.50$ 、 $\pm 1.0\text{ D}$ 范围内的眼占比为 55%、86%,略低于本研究中的其他公式。一项关于近视激光术后 IOL 计算公式准确性的 Meta 分析中认为,OCT、Masket 和 Barrett True K 公式对于近视激光术后眼更为准确<sup>[18]</sup>。

近年来,Barrett True K 公式因其良好的准确性及稳定性,已成为屈光术后 IOL 度数计算的主要公式之一,其是在 Barrett Universal II 公式上的改良,能够对角膜屈光术后患者的实际屈光力进行矫正,通过前房深度和晶状体厚度来预测有效晶状体位置(effective lens position, ELP),减少了角膜曲率测量误差对 ELP 的影响。本研究中,Barrett True K 公式的 MedAE 值最小,并且与另外 4 个公式相比其计算的 PE 在 $\pm 0.25$ 、 $\pm 1.0\text{ D}$ 范围内眼占比最高。Hoffer 等<sup>[19]</sup>在 IOL 屈光力计算准确性的评价中指出,当公式具有最低的 MedAE 或 PE 在 $\pm 0.25\text{ D}$ 范围内所占比例最高时,该公式更为准确。本研究中 Barrett True K 公式表现了良好的准确性。黄慧兰等<sup>[13]</sup>的研究结果显示,Barrett True K 公式的绝对误差为 $0.31\pm 0.64\text{ D}$ ,预测误差 $\pm 0.50$ 、 $\pm 1.0\text{ D}$ 范围内的眼占比为 70%和 80%,亦表现出较高的准确性。我们团队先前的研究中,Barrett True K 公式预测误差 $\pm 0.50$ 、 $\pm 1.0\text{ D}$ 范围内的眼占比为 71%和 97%,略高于上述研究。王晓晨等<sup>[9]</sup>使用 TK 联合 Barrett Universal II 公式进行计算,其预测误差 $\pm 0.50$ 、 $\pm 1.0\text{ D}$ 范围内的眼占比为 50%和 86%,略高于 Barrett True K 公式的 50%和 75%,但差异并无统计学意义。Shetty 等<sup>[20]</sup>将 TK 联合 Barrett True K 公式进行计算,其 MedAE 为 0.50 D,预测误差 $\pm 0.50$ 、

$\pm 1.0$  D范围内的眼占比为65%和87.5%,而Barrett True K公式的MedAE为0.11 D,预测误差 $\pm 0.50$ 、 $\pm 1.0$  D范围内的眼占比为95%和100%,在同组患者中,TK联合Barrett True K公式并未表现出更高的准确性。Anter等<sup>[21]</sup>的多中心研究结果显示,在无临床病史资料的患者中,Barrett True K-TK公式表现出良好的预测性。上述研究结果也提示TK联合Barrett公式的准确性需要更多的研究来证实。

本研究并未将TK联合Barrett Universal II或Barrett True K公式进行计算,这也是本研究的局限之处,本研究样本量较小,只分析了术后1 mo的屈光状态,未进行长期的随访,亦未对眼轴长度、角膜屈光力等进行分组统计,接下来需要更多的样本量和长期随访来验证各IOL计算公式的准确性。本研究创新性的对比了4种不同类型角膜屈光力间的差异性及一致性,对于角膜屈光术后的特殊人群,考虑了不同顶点位置、区域范围、类型和维度的角膜曲率更能反映角膜真实屈光力<sup>[3]</sup>。并且,随着IOL计算公式的不断更新,考虑角膜后表面屈光力的新型公式(EVO 2.0-PK、Pearl DGS-PK)也逐渐应用于临床,后续本研究也将对比新型公式在角膜屈光术后人群中IOL屈光度计算的准确性。

综上,本研究发现,基于不同类型的角膜屈光力在角膜屈光术后人群中存在差异,应结合其相应的公式进行IOL屈光力计算。TK联合Haigis公式的准确性优于Haigis-L公式,Barrett True K有较高的准确性。

**利益冲突声明:**本文不存在利益冲突。

**作者贡献声明:**王开芳论文选题与修改,初稿撰写,数据整理与分析;乔松松、赵克娇文献检索,数据收集与整理;乔明超文献检索、论文修改;王晓明选题指导,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] Norrby S. Sources of error in intraocular lens power calculation. J Cataract Refract Surg, 2008,34(3):368-376.  
[2] 乔明超,穆延潇,赵克娇,等. LASIK术后白内障患者三焦点人工晶状体置换1例. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2024,26(8):634-635.  
[3] 吴明星,刘良平. 四维角膜曲率与人工晶状体屈光力计算. 北京:人民卫生出版社, 2024:31-38.  
[4] Rosen DB, Heiland MB, Tingey M, et al. Intraocular Lens Calculation after Refractive Surgery: A Long - Term Retrospective Comparison of Eight Formulas. Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol, 2019,8(3):121-128.  
[5] Wang L, Spektor T, de Souza RG, et al. Evaluation of total keratometry and its accuracy for intraocular lens power calculation in eyes after corneal refractive surgery. J Cataract Refract Surg, 2019,45(10):1416-1421.

[6] Srivannaboon S, Chirapapaian C. Comparison of refractive outcomes using conventional keratometry or total keratometry for IOL power calculation in cataract surgery. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2019,257(12):2677-2682.  
[7] Potvin R, Hill W. New algorithm for intraocular lens power calculations after myopic laser *in situ* keratomileusis based on rotating Scheimpflug camera data. J Cataract Refract Surg, 2015, 41(2):339-347.  
[8] 余盈盈,元力,曹晓光,等. 基于新型扫频光源生物测量仪测量的全角膜屈光力和传统角膜屈光力计算IOL度数的准确性比较. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2022,24(11):812-819.  
[9] 王晓晨,苏文洁,葛佳佳,等. 全角膜曲率与标准角膜曲率对角膜屈光术后白内障患者IOL度数测算的预测准确性比较. 中华眼科杂志, 2024,60(8):689-694.  
[10] Zhao H, Chen X, Liu B, et al. Accuracy of refractive outcomes using standard or total keratometry for intraocular lens power formulas in conventional cataract surgery. BMC Ophthalmol, 2023,23(1):346.  
[11] Jin AX, Zhang JQ, Tan XH, et al. Effect of posterior keratometry on the accuracy of 10 intraocular lens calculation formulas: standard keratometry versus total keratometry. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2024,262(6):1829-1838.  
[12] Qian YS, Liu Y, Zhou XT, et al. Comparison of corneal power and astigmatism between simulated keratometry, true net power, and total corneal refractive power before and after SMILE surgery. J Ophthalmol, 2017,2017:9659481.  
[13] 黄慧兰,刘晓敏,张颖,等. 角膜屈光手术后人工晶状体度数计算公式的比较. 中华眼科杂志, 2023,59(12):1012-1018.  
[14] 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.  
[15] 王开芳,乔明超,乔松松,等. 不同公式计算角膜屈光术后白内障患者IOL屈光度的准确性比较. 国际眼科杂志, 2024,24(7):1143-1146.  
[16] Wang QM, Hua YJ, Savini G, et al. Corneal power measurement obtained by Fourier-domain optical coherence tomography: repeatability, reproducibility, and comparison with scheimpflug and automated keratometry measurements. Cornea, 2015,34(10):1266-1271.  
[17] Wang L, Tang ML, Huang D, et al. Comparison of newer intraocular lens power calculation methods for eyes after corneal refractive surgery. Ophthalmology, 2015,122(12):2443-2449.  
[18] Pan X, Wang Y, Li Z, et al. Intraocular lens power calculation in eyes after myopic laser refractive surgery and radial keratotomy: Bayesian network meta-analysis. Am J Ophthalmol, 2024,262:48-61.  
[19] 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.  
[20] Shetty N, Sathe P, Aishwarya, et al. Comparison of intraocular lens power prediction by American Society of Cataract and Refractive Surgery formulas and Barrett True - K TK in eyes with prior laser refractive surgery. Indian J Ophthalmol, 2024,72(8):1210-1213.  
[21] Anter AM, Bleeker AR, Shammas HJ, et al. Comparison of legacy and new No-history IOL power calculation formulas in postmyopic laser vision correction eyes. Am J Ophthalmol, 2024,264:44-52.