

不同人工晶状体计算公式计算眼轴大于 28mm 的 RK 术后白内障患眼的准确性比较

唐婷婷^{1,2}, 李猛², 张景尚², 万修华²

引用:唐婷婷,李猛,张景尚,等.不同人工晶状体计算公式计算眼轴大于28mm的RK术后白内障患眼的准确性比较.国际眼科杂志 2023;23(9):1568-1572

基金项目:国家自然科学基金资助项目(No.82171037)

作者单位:¹(261053)中国山东省潍坊市,潍坊医学院临床医学院;²(100005)中国北京市,首都医科大学附属北京同仁医院北京同仁眼科中心 眼科学与视觉科学北京市重点实验室

作者简介:唐婷婷,潍坊医学院在读硕士研究生,研究方向:白内障和高度近视。

通讯作者:万修华,毕业于浙江大学,博士,主任医师,博士研究生导师,研究方向:白内障、高度近视和老视。wanxh@ccmu.edu.cn

收稿日期:2023-05-10 修回日期:2023-08-04

摘要

目的:比较不同人工晶状体(IOL)计算公式计算眼轴大于28mm的既往接受过放射状角膜切开术(RK)的白内障患者的准确性。

方法:回顾性研究。分析2011-01/2020-07在首都医科大学附属北京同仁医院接受白内障手术的眼轴长度大于28mm的RK术后患者19例29眼的病历资料。分别使用Barrett True-K, Haigis, Holladay 1(D-K)公式计算白内障术后实际等效球镜和IOL公式预测的等效球镜之间差值的绝对值(AE)。比较三种IOL公式的AE值及AE值 ≤ 0.5 、0.75、1.0和2.0D的患眼百分比。

结果:三种公式的AE值有显著差异($\chi^2 = 8.759, P = 0.013$), Barrett True-K公式的AE中位数最小,仅为0.62(0.20, 1.15)D, Haigis公式次之,为0.76(0.34, 1.26)D, Holladay 1(D-K)公式最大,为1.01(0.49, 1.62)D。使用Barrett True-K公式, AE值 ≤ 0.5 、0.75、1.0和2.0D的患眼百分比分别为48%、59%、69%和93%,均等于或高于另外两种公式。

结论:对于眼轴长度大于28mm的RK术后白内障患者,在Barrett True-K, Holladay 1(D-K)和Haigis三种公式中,我们更推荐使用Barrett True-K公式。

关键词:放射状角膜切开术;白内障;人工晶状体计算公式;高度近视

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2023.9.29

Comparison of accuracy of intraocular lens calculation formulas in cataract eyes with prior radial keratotomy and axial length longer than 28mm

Ting-Ting Tang^{1,2}, Meng Li², Jing-Shang Zhang², Xiu-Hua Wan²

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (No.82171037)

¹School of Clinical Medicine, Weifang Medical University, Weifang 261053, Shandong Province, China; ²Beijing Tongren Hospital, Capital Medical University; Beijing Tongren Eye Center; Beijing Key Laboratory of Ophthalmology and Visual Sciences, Beijing 100005, China

Correspondence to: Xiu-Hua Wan. Beijing Tongren Hospital, Capital Medical University; Beijing Tongren Eye Center; Beijing Key Laboratory of Ophthalmology and Visual Sciences, Beijing 100005, China. wanxh@ccmu.edu.cn

Received:2023-05-10 Accepted:2023-08-04

Abstract

• AIM: To compare the accuracy of different intraocular lens (IOL) calculation formulas in cataract patients with axial length longer than 28mm and a history of radial keratotomy (RK).

• METHODS: Retrospective study. The medical records of 19 cataract patients (29 eyes) after RK and with axial length longer than 28mm who underwent cataract surgery from January 2011 to July 2020 in Beijing Tongren Hospital were analyzed. The absolute error (AE) of the difference among three different formulas was calculated. AE refers to the absolute value between the actual spherical equivalent after cataract surgery and the spherical equivalent predicted by the IOL formula. The AE values of the three formulas and the percentages of eyes with AE ≤ 0.5 , 0.75, 1.0, and 2.0D were calculated and compared.

• RESULTS: The AE values of the three formulas were significantly different ($\chi^2 = 8.759, P = 0.013$). The Barrett True-K formula had the smallest median AE, which was only 0.62 (0.20, 1.15) D, followed by the Haigis formula 0.76 (0.34, 1.26) D, and the Holladay 1 (D-K) formula had the largest 1.01 (0.49, 1.62) D. The percentages of affected eyes with AE ≤ 0.5 , 0.75, 1.0, and 2.0D for the Barrett True-K formula were 48%, 59%, 69%, and 93%, which were equal to or higher than the other two formulas.

• CONCLUSION: The Barrett True-K formula is more recommended among the three formulas for cataract patients after RK and with axial length longer than 28 mm.

• KEYWORDS: radial keratotomy; cataract; intraocular lens calculation formula; high myopia

Citation: Tang TT, Li M, Zhang JS, et al. Comparison of accuracy of intraocular lens calculation formulas in cataract eyes with prior radial keratotomy and axial length longer than 28mm. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2023;23(9):1568-1572

0 引言

放射状角膜切开术(radial keratotomy, RK)是一种常见的近视矫正手术^[1],于30多年前被引进到国内。大量的中国近视人群接受了RK手术。随着这部分人群的年龄增长,越来越多的RK患者出现白内障,其中严重影响视力者需要接受白内障手术来改善视力。为白内障患者植入合适度数的人工晶状体(intraocular lens, IOL)能够大大提高患者的手术满意度^[2]。对于接受过RK手术的白内障患者,如何精确地确定IOL度数仍然是一个难题。近年来,多个研究比较了不同IOL计算公式计算RK术后白内障患者IOL度数的准确性,但不同研究结果有显著差异^[3-10]。对于高度近视患者,眼轴长度越长,IOL度数计算公式的准确性越差^[11]。目前尚未发现对眼轴大于28mm的既往接受过RK手术的白内障患者进行IOL公式准确性比较的研究。本研究拟比较三种IOL计算公式,包括Barrett True-K、Holladay 1(D-K)、Haigis公式对眼轴大于28mm的既往接受过RK手术的白内障患者的IOL度数计算的准确性。其中Barrett True-K公式是亚太白内障和屈光手术医生协会的官方网站推荐,Holladay 1(D-K)公式可以通过美国白内障和屈光手术医生协会的官方网站计算。Haigis公式是一个传统IOL计算公式,在多个生物测量仪器中可以直接获得,有研究发现其在RK术后白内障患者中具有较高的准确性^[3, 10]。本研究的目的是比较Barrett True-K、Holladay 1(D-K)、Haigis三种IOL计算公式计算既往接受过RK手术的眼轴大于28mm的白内障患者的IOL度数的准确性。

1 对象和方法

1.1 对象 回顾性研究。分析2011-01/2020-07在首都医科大学附属北京同仁医院接受白内障手术的RK患者。纳入标准如下:(1)既往接受过RK手术。(2)白内障术前接受了IOL Master检查,且眼轴长度大于28mm。(3)白内障手术顺利,术中和术后未发生并发症。(4)白内障术后1~6mo在我院接受了显然验光检查。本研究遵守《赫尔辛基宣言》,经首都医科大学附属北京同仁医院伦理委员会批准(No.TRECKY2020-069)。

1.2 方法

1.2.1 白内障超声乳化联合人工晶状体植入术 所有手术均同一位主任医师完成,手术过程如下:采用透明角膜切口,前房注入黏弹剂,连续环形撕囊,水分离、水分层,超声乳化吸除晶状体核,1/A吸除晶状体皮质,前房再次注入黏弹剂,植入IOL,调整IOL位置,1/A吸除前房内黏弹剂,水密切口^[12-13]。

1.2.2 人工晶状体计算公式 眼生物测量均采用IOL Master完成,型号为:IOL Master3.0,500或700。采用Barrett True-K、Haigis、Holladay 1(D-K)公式对患者的人工晶状体度数进行计算。Barrett True-K是专门为角膜屈光手术设计的一类公式,可以对RK术后、LASIK术后的患者进行人工晶状体度数计算。对于RK术后的白内障患者,有三种Barrett True-K公式可以选择,由于本研究中的大部分患者缺乏RK术前的详细眼部资料,所以本研究仅适用Barrett True-K公式中的不需要任何既往数据的公式(Barrett True-K No History formula)。该公式可以在亚太白内障和屈光手术医生协会的官方网站获得,具体网址

为<http://www.apasrs.org/>。Holladay 1(D-K)公式可以通过美国白内障和屈光手术医生协会的官方网站获得^[14-15]。其网址为<http://www.ascrs.org/tools/post-refractive-iol-calculator>。Haigis公式是一种常用的公式,可以通过IOL Master生物测量仪自带软件直接计算人工晶状体度数。

1.2.3 预测误差和绝对误差 预测误差(prediction error, PE)是指白内障术后显然验光检测到的等效球镜减去IOL计算公式预测的术后屈光度。如果PE为负数,说明使用该IOL计算公式算得的IOL度数植入眼内后会略偏近视,如果PE为正数,说明使用该IOL计算公式算得的IOL度数植入眼内后会略偏远视。绝对误差(absolute error, AE)是PE的绝对值。计算每种IOL计算公式的平均PE(mean prediction error, MPE)、平均绝对误差(mean absolute error, MAE)、绝对误差中位数(median absolute error, MedAE)以及不同IOL公式计算的AE值 ≤ 0.5 、 0.75 、 1.0 、 $2.0D$ 的患眼百分比。

统计学分析:使用SPSS 20.0进行数据分析。我们使用Wang等^[16]推荐的方法来进行统计分析,符合正态分布的计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 描述,使用单样本t检验来确定每种IOL计算公式的MPE值是否与0不同。不符合正态分布的资料采用 $M(P_{25}, P_{75})$ 描述,使用Friedman检验比较不同IOL计算公式的AE值是否有差异。如果不同IOL计算公式的AE值有差异,再使用Wilcoxon符号秩检验对不同IOL公式进行两两比较,并对结果进行Bonferroni校正($\alpha=0.05$)。计数资料采用眼数(%)表示,使用Cochran Q检验对不同IOL计算公式的AE值 ≤ 0.5 、 0.75 、 1.0 、 $2.0D$ 的患眼百分比进行比较。如果存在差异,使用Dunn's检验对不同公式进行两两比较,并对结果进行Bonferroni校正($\alpha=0.05$)。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 纳入患者的基本信息 本研究共纳入既往接受过RK手术的白内障患者19例29眼(双眼10例,单眼9例),其中女12例20眼,男7例9眼,右眼14眼,左眼15眼。纳入患者的基本信息见表1。

2.2 纳入患者植入的人工晶状体情况 纳入29眼中植入Tecnis ZMA00人工晶状体2眼,植入CROMA QUATRIX人工晶状体10眼,植入HOYA iSert 251人工晶状体13眼,植入Symfony ZXR00人工晶状体4眼。不同IOL的不同公式的常数见表2,表格中常数已经在北京同仁医院的普通白内障患者中得到验证。

表1 纳入患者的基本信息

参数	数值
年龄($\bar{x} \pm s$,岁)	54.5 \pm 7.5
角膜放射状切开刀数 $[M(P_{25}, P_{75})]$,刀]	12(8,16)
眼轴($\bar{x} \pm s$,mm)	30.89 \pm 1.56
角膜平均曲率($\bar{x} \pm s$,D)	36.78 \pm 3.06
角膜散光($\bar{x} \pm s$,D)	1.27 \pm 0.91
前房深度($\bar{x} \pm s$,mm)	3.47 \pm 0.29
植入的IOL度数 $[M(P_{25}, P_{75})]$,D]	13(0,21.5)
术后验光时间 $[M(P_{25}, P_{75})]$,mo]	3(1,6)
术后等效球镜 $[M(P_{25}, P_{75})]$,D]	-0.625(-2.50,4.25)
术后散光 $[M(P_{25}, P_{75})]$,D]	1.25(0,3.50)

2.3 三种 IOL 计算公式的 PE 和 AE 值 由表 3 可知, Barrett True-K 公式的 MPE 值为负值,提示该公式的预测屈光度偏近视。Holladay 1 (D-K) 和 Haigis 公式的 MPE 值均为正值,提示该公式的预测屈光度偏远视。三种 IOL 计算公式中, Barrett True-K 公式的 MPE 值最小,仅为 $-0.09 \pm 1.16D$ 。Holladay 1 (D-K) 公式的 MPE 最大,为 $1.09 \pm 1.22D$ 。

2.4 三种 IOL 计算公式 AE 值比较 对三种 IOL 计算公式的 AE 进行 Friedman 检验,差异有统计学意义 ($\chi^2 = 8.759, P = 0.013$)。三种公式中, Barrett True-K 公式具有最小的 MedAE 值 ($0.62D$)。Holladay 1 (D-K) 具有最大的 MedAE 值 ($1.01D$)。三种公式的两两比较显示, Barrett True-K 和 Haigis 公式的 AE 均小于 Holladay 1 (D-K) 公式 ($P = 0.026, 0.038$)。三种公式 AE 值 $\leq 0.5, 0.75, 1.0, 2.0D$ 的百分比见图 1。三种公式中, Barrett True-K 公式 AE $\leq 0.5D$ 的患眼百分比最高,为 48%。Holladay 1 (D-K) 最低,为 24%。但对三种 IOL 计算公式的 AE $\leq 0.5D$ 的患眼百分比进行 Cochran Q 检验,差异无统计学意义 ($\chi^2 = 3.714, P = 0.156$)。三种公式中, Barrett True-K 公式 AE $\leq 0.75D$ 的患眼百分比最高,为 59%。Holladay 1 (D-K) 最低,为 34%。但对三种 IOL 计算公式的 AE $\leq 0.75D$ 的患眼百分

比进行 Cochran Q 检验,差异无统计学意义 ($\chi^2 = 3.364, P = 0.186$)。Barrett True-K 和 Haigis 公式 AE $\leq 1.0D$ 的患眼百分比最高,均为 69%。Holladay 1 (D-K) 最低,为 48%。但对三种 IOL 计算公式的 AE $\leq 1.0D$ 的患眼百分比进行 Cochran Q 检验,差异无统计学意义 ($\chi^2 = 4.500, P = 0.105$)。三种公式中, Barrett True-K 公式 AE $\leq 2.0D$ 的患眼百分比最高,为 93%。Holladay 1 (D-K) 最低,为 86%。但对三种 IOL 计算公式的 AE $\leq 2.0D$ 的患眼百分比进行 Cochran Q 检验,差异无统计学意义 ($\chi^2 = 1.500, P = 0.472$)。

3 讨论

本研究首次对眼轴大于 28mm 的既往接受了 RK 手术的白内障患者的 IOL 计算公式准确性进行了比较。研究发现在三种 IOL 计算公式中, Barrett True-K 公式更为准确。

本研究是我们目前能够搜索到的关于 RK 术后 IOL 计算公式准确性文章中,唯一一篇全部患眼的眼轴大于 28mm 的文章。在本研究中,我们纳入 29 眼眼轴大于 28mm 的既往接受过 RK 手术的白内障患者,平均眼轴为 $30.89 \pm 1.56mm$,这一平均眼轴远大于既往国外的研究中的眼轴长度。在目前我们能够检索到的文献中,一项来自

表 2 不同 IOL 的不同公式的常数

人工晶状体类型	眼数	True-K; LF	Haigis; a0	Haigis; a1	Haigis; a2	Holladay 1; SF
Tecnis ZMA00	2	2.15	-1.750	0.242	0.266	2.06
CROMA QUATRIX	10	2.2	1.91	0.4	0.1	2.28
HOYA iSert 251	13	1.62	-0.542	0.161	0.204	1.52
Symfony ZXR00	4	2.09	-0.1886	0.1716	0.1977	1.96

表 3 三种 IOL 计算公式的 PE 和 AE 值

公式	MPE	MAE	AE	AE 的范围	AE 值 $\leq 0.5D$	AE 值 $\leq 0.75D$	AE 值 $\leq 1.0D$	AE 值 $\leq 2.0D$
	($\bar{x} \pm s, D$)	($\bar{x} \pm s, D$)	[$M(P_{25}, P_{75}), D$]	(D)	(眼, %)	(眼, %)	(眼, %)	(眼, %)
Barrett True-K	-0.09 ± 1.16	0.82 ± 0.82	0.62 (0.20, 1.15)	0.01 ~ 3.92	14 (48)	17 (59)	20 (69)	27 (93)
Holladay 1 (D-K)	1.09 ± 1.22	1.21 ± 1.10	1.01 (0.49, 1.62)	0.05 ~ 5.39	7 (24)	10 (34)	14 (48)	25 (86)
Haigis	0.64 ± 1.18	0.95 ± 0.93	0.76 (0.34, 1.26)	0.02 ~ 4.58	12 (41)	14 (48)	20 (69)	26 (90)

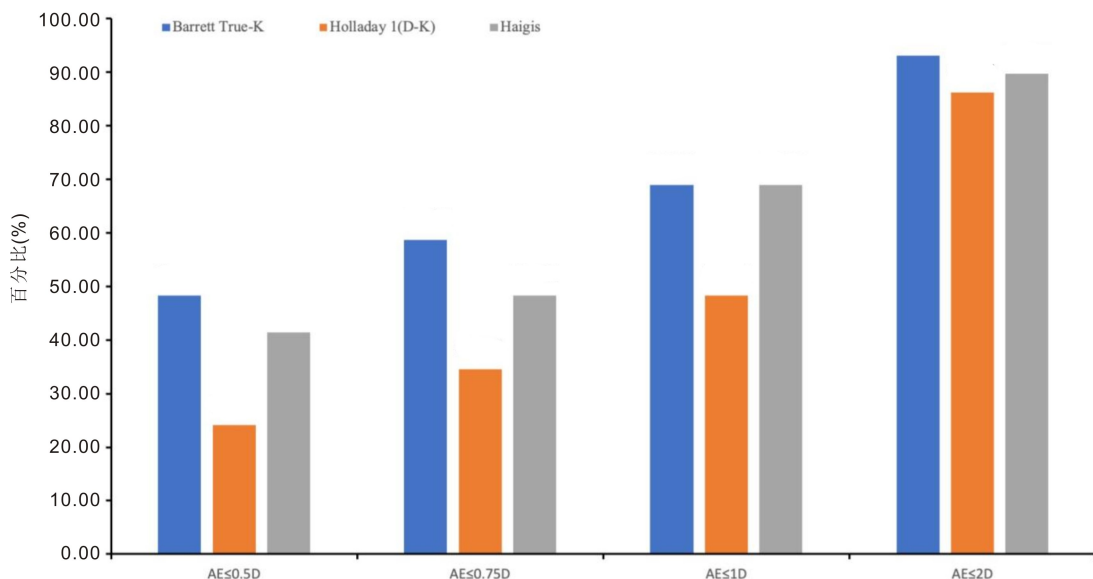


图 1 不同 IOL 计算公式的 AE 值 $\leq 0.5, 0.75, 1.0, 2.0D$ 患眼百分比比较。

印度的研究^[8]是目前发表的国外类似文章中眼轴最长的,其患眼的平均眼轴仅为 $27.7\pm 2.40\text{mm}$,远短于本研究中的平均眼轴长度。既往的合并高度近视的白内障 IOL 计算公式准确性研究^[11]发现,眼轴越长,IOL 公式预测的准确性越差,所以,对眼轴大于 28mm 的 RK 术后白内障患者进行精准的 IOL 度数计算是很有挑战性的。

对于普通的白内障患者,大多数人工晶状体计算公式的准确性均比较好。一项来自英国的研究^[17]比较 3 种新公式和 6 种经典公式对 10930 例白内障患者的 10930 患眼的准确性,研究发现 9 种公式的 $\text{AE}\leq 0.5\text{D}$ 的百分比为 $68.1\%\sim 72\%$,这一数值远好于既往接受过 RK 手术的白内障患者。在本研究中准确性最好的 Barrett True-K 公式仅有 48% 的患眼 $\text{AE}\leq 0.5\text{D}$ 。既往接受过 RK 手术的白内障患者 IOL 计算公式准确性较差的可能原因如下:(1) RK 手术不仅改变了患者的前表面角膜曲率,也改变了后表面角膜曲率^[18]。大部分公式使用一个固定的比值通过角膜前表面曲率来确定后表面曲率,这样可能会高估角膜曲率从而导致了术后的远视^[19],在本研究中, Holladay 1 (D-K) 和 Haigis 公式的 MPE 值均为正值,提示偏远视。(2) 大部分 IOL 计算公式通过角膜曲率来预测有效晶状体位置^[20],但 RK 术后,角膜曲率发生了显著改变,按照该角膜曲率计算的有效晶状体位置是不准确的,也会导致 IOL 计算公式术后的远视偏移。

在本研究中,我们发现 Barrett True-K 公式具有最小的 MedAE 值和最高的 $\text{AE}\leq 0.5, 0.75, 1.0, 2.0\text{D}$ 的患眼百分比,其 MedAE 值仅为 0.62D ,其 $\text{AE}\leq 0.5, 0.75, 1.0, 2.0\text{D}$ 的患眼百分比分别为 48%、59%、69% 和 93%。国外多个研究^[3-5, 7-9]评估 Barrett True-K 公式在既往接受过 RK 手术的白内障患者的准确性。Dawson 等^[5]结果与我们接近,他们纳入 31 例患者 47 眼,发现使用 Barrett True-K 公式的 MedAE 为 0.50D ,51.1% 的患眼 $\text{AE}\leq 0.5\text{D}$,80.8% 的患眼 $\text{AE}\leq 1.0\text{D}$ 。另外一个来自澳大利亚^[9]的研究也显示,在既往接受过 RK 的白内障患者中,Barrett True-K 公式优于其他公式,而且患者 RK 术前的眼科检查资料越全,Barrett True-K 公式越准确。在该研究中,对于具有完整的 RK 术前资料的患者,76.6% 患眼 $\text{AE}\leq 0.5\text{D}$;对于具有部分 RK 术前资料的患者,75.0% 患眼 $\text{AE}\leq 0.5\text{D}$;对于没有 RK 术前资料的患者,69.2% 患眼 $\text{AE}\leq 0.5\text{D}$ 。在本研究中,我们大部分患者缺少 RK 术前的眼科检查资料,所以没有使用三种 Barrett True-K 公式进行评估。在 Tumbull 等^[9]研究中使用没有 RK 术前资料的 Barrett True-K 公式,其 MedAE 值为 0.330D ,其 $\text{AE}\leq 0.5, 0.75, 1.0\text{D}$ 的患眼百分比分别为 69.2%、84.6% 和 92.3%,这些数值均优于本研究中 Barrett True-K 公式的表现。还有部分研究^[7-8]显示,对于接受了 RK 手术的白内障患者,Barrett True-K 公式并不优于其他公式。Ma 等^[7]发现,使用 Barrett True-K 公式,其 MedAE 值为 0.77D ,其 $\text{AE}\leq 0.5, 1.0, 2.0\text{D}$ 的患眼百分比分别为 31%、63%、94%,这一数据并不优于另外两种 IOL 计算公式,这一数据也略差于本研究中 Barrett True-K 公式的表现。Patle 等^[8]发现使用 Barrett True-K 公式,其 MedAE 为 0.89D ,其 $\text{AE}\leq 0.5, 1.0\text{D}$ 的患眼百分比分别为 22.22% 和 50.00%,这一数据显著差于我们的研究结果。针对 Barrett True-K 公式对 RK 术后白内障的准确性,国内外不同研究结果差异明显,其可能

原因是不同研究的样本量、眼轴长度和术后显然验光时间不同。理论上纳入的样本量越大,结果的可靠性越高,Dawson 等^[5]纳入 47 眼,Tumbull 等^[9]纳入 52 眼,Ma 等^[7]纳入 51 眼,Patle 等^[8]纳入 54 眼,本研究由于眼轴长度的限定(眼轴大于 28mm),所以纳入的样本量相对较小(仅 29 眼)。不同研究的眼轴长度不同也对结果有一定的影响,理论上,眼轴越长,IOL 计算公式的准确性越差^[11],Dawson 等^[5]研究中眼轴的平均长度仅为 25.4mm ,Tumbull 等^[9]为 24.98mm ,Ma 等^[7]为 25.50mm ,Patle 等^[8]为 27.7mm ,而本研究的平均眼轴远长于前面的研究,为 30.89mm 。白内障术后时间不同,其显然验光的结果也会有明显的差异,AE 是指白内障术后显然验光的实际等效球镜和 IOL 公式预测的等效球镜之间的绝对值,所以术后的验光时间对 AE 的结果会有较明显的影响。理论上,白内障术后早期由于角膜伤口没有完全愈合,其验光结果在术后早期可能会有较大的波动;对于近视的患者,特别是病理性近视患者,其眼轴是进行性增长的,两次检查的间隔时间越长,其结果差异可能就越大。如果术后的验光时间比较早,这时的 AE 值可能波动较大,如果术后的验光时间过晚,对于眼轴稳定的患者,其验光结果差异不大,但是对于眼轴进行性增长的患者,患眼的 PE 值可能会往近视的方向发展,对应的 AE 值也会发生明显的改变,本研究纳入的患者均为眼轴大于 28mm 的高度近视患者,其眼轴进行性增长的可能性很大。为了兼顾样本量、验光结果的稳定性,本研究把术后显然验光的时间限定为白内障术后 1~6mo,最终纳入的患眼术后显然验光的中位数时间为白内障术后 3mo。Dawson 等^[5]研究中术后显然验光时间为术后 3~4mo、Patle 等^[8]研究为术后 3mo,Ma 等^[7]为 2~3mo,而 Tumbull 等^[9]研究中术后验光时间最短,仅为术后 4~6wk。

在本研究中,我们还发现 Haigis 公式也具有不错的准确性,其 MedAE 为 0.76D ,其 $\text{AE}\leq 0.5, 0.75, 2\text{D}$ 的患眼百分比分别为 41%、48% 和 90%,均略差于 Barrett True-K 公式,但在统计学上无显著差异;其 $\text{AE}\leq 1\text{D}$ 的患眼百分比与 Barrett True-K 公式一致,均为 69%。考虑到大多数眼生物测量仪器中均内置了 Haigis 公式,在不方便获得 Barrett True-K 公式的情况下,可以优先使用 Haigis 公式。多个国外研究^[3, 10]显示,对于接受过 RK 手术的白内障患者,Haigis 公式也有很好的表现。Soare 等^[3]研究纳入 100 眼既往接受过 RK 手术的白内障患者,使用 Haigis 公式,其 $\text{AE}\leq 0.5, 1, 2\text{D}$ 的患眼百分比分别为 47.2%、70.8% 和 94.4%,略优于本研究中的数据。Wang 等^[10]研究甚至还发现 Haigis 公式优于 Barrett True-K 公式,在该研究中,使用 Haigis 公式,其 MedAE 为 0.47D ,其 $\text{AE}\leq 0.5, 1.0\text{D}$ 的患眼百分比分别为 54.4% 和 75.0%,均优于 Barrett True-K 公式,后者的 MedAE 为 0.55D ,其 $\text{AE}\leq 0.5, 1.0\text{D}$ 的患眼百分比分别为 43% 和 71%。Haigis 公式在 RK 术后白内障患者中有较好的准确性,其原因可能如下:(1) Haigis 公式不使用角膜曲率来确定有效晶状体位置^[10],RK 手术改变了角膜曲率,但不会影响 Haigis 公式的有效晶状体位置计算。(2) 既往研究^[21-22]显示对于长眼轴患者,Haigis 公式具有较好的准确性,而本研究的平均眼轴长度为 30.89mm 。

对于普通白内障患者,IOL 计算公式大部分能够使得

70%以上患者 $AE \leq 0.5D$ 。而对于 RK 术后的白内障患者,在本研究中,即使使用最准确的 Barrett True-K 公式,其 $AE \leq 0.5D$ 的患眼百分比还不到 50%。随着类似病例资料的积累、生物测量准确性的提升^[23]、人工智能的大数据技术的应用^[24],有望研发出新的针对 RK 术后的白内障的更为准确的 IOL 计算公式。

本研究还有一些不足之处:(1)样本量偏少,仅纳入了 19 例患者的 29 眼。(2)有部分患者双眼均纳入了,同一患者两眼之间的相关性可能会影响研究结果。(3)大部分患者丢失了 RK 术前的眼科检查资料,不能纳入一些对资料要求更为严格的 IOL 计算公式进行比较。(4)本研究在有限的样本量中,不同的患者植入的 IOL 也不同,共使用了四种不同的 IOL,这一混杂因素也可能对本研究的结果产生一定的影响。

本研究显示,对于既往接受过 RK 手术且眼轴大于 28mm 的白内障患者,在 Barrett True-K、Holladay 1(D-K)和 Haigis 三种公式中,我们更推荐使用 Barrett True-K 公式。考虑到 Haigis 公式的准确性与 Barrett True-K 公式比较接近,在不方便获得 Barrett True-K 公式的情况下,可以使用 Haigis 公式。同普通白内障相比,RK 术后白内障患者的 IOL 计算公式准确性还有很大的提升空间,有必要进一步研发新型的更为准确的针对 RK 术后白内障患者的 IOL 计算公式。

参考文献

- 1 Forstot SL. Radial keratotomy. *Int Ophthalmol Clin* 1988;28(2):116-125
- 2 Hovanesian JA, Lane SS, Allen QB, et al. Patient-reported outcomes/satisfaction and spectacle independence with blended or bilateral multifocal intraocular lenses in cataract surgery. *Clin Ophthalmol* 2019;13:2591-2598
- 3 Soare C, Patel DS, Ionides A. Cataract surgery outcomes in eyes with previous radial keratotomy. *Eye (Lond)* 2022;36(9):1804-1809
- 4 Curado SX, Hida WT, Vilar CMC, et al. Intraoperative aberrometry versus preoperative biometry for IOL power selection after radial keratotomy: a prospective study. *J Refract Surg* 2019;35(10):656-661
- 5 Dawson VJ, Patnaik JL, Ifantides C, et al. Comparison of refractive prediction for intraoperative aberrometry and Barrett True K no history formula in cataract surgery patients with prior radial keratotomy. *Acta Ophthalmol* 2021;99(6):e844-e851
- 6 Li M, Wang JD, Zhang JS, et al. Comparison of the accuracy of three intraocular lens power calculation formulas in cataract patients with prior radial keratotomy. *Eur J Med Res* 2023;28(1):20
- 7 Ma JX, Tang ML, Wang L, et al. Comparison of newer IOL power calculation methods for eyes with previous radial keratotomy. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016;57(9):162-168
- 8 Patel P, Ashena Z, Vasavada V, et al. Comparison of intraocular lens calculation methods after myopic laser-assisted *in situ* keratomileusis and radial keratotomy without prior refractive data. *Br J Ophthalmol* 2022;106(1):47-53

- 9 Turnbull AMJ, Crawford GJ, Barrett GD. Methods for intraocular lens power calculation in cataract surgery after radial keratotomy. *Ophthalmology* 2020;127(1):45-51
- 10 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
- 11 Wang QW, Jiang W, Lin T, et al. Accuracy of intraocular lens power calculation formulas in long eyes: a systematic review and meta-analysis. *Clin Exp Ophthalmol* 2018;46(7):738-749
- 12 Wang JD, Liu X, Zhang JS, et al. Effects and risks of 3.2-mm transparent corneal incision phacoemulsification for cataract after radial keratotomy. *J Int Med Res* 2020;48(3):300060519895679
- 13 Zhang JS, Liu X, Wang JD, et al. Outcomes of Phacoemulsification Using Different Size of Clear Corneal Incision in Eyes with Previous Radial Keratotomy. *PLoS One* 2016;11(12):e0165474
- 14 Demill DL, Hsu M, Moshirfar M. Evaluation of the American Society of Cataract and Refractive Surgery intraocular lens calculator for eyes with prior radial keratotomy. *Clin Ophthalmol* 2011;5:1243-1247
- 15 Wang L, Hill WE, Koch DD. Evaluation of intraocular lens power prediction methods using the American Society of Cataract and Refractive Surgeons Post - Keratorefractive Intraocular Lens Power Calculator. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(9):1466-1473
- 16 Wang L, Tang M, Huang D, et al. Comparison of Newer Intraocular Lens Power Calculation Methods for Eyes after Corneal Refractive Surgery. *Ophthalmology* 2015;122(12):2443-2449
- 17 Darcy K, Gunn D, Tavassoli S, et al. Assessment of the accuracy of new and updated intraocular lens power calculation formulas in 10 930 eyes from the UK National Health Service. *J Cataract Refract Surg* 2020;46(1):2-7
- 18 Camellin M, Savini G, Hoffer KJ, et al. Scheimpflug camera measurement of anterior and posterior corneal curvature in eyes with previous radial keratotomy. *J Refract Surg* 2012;28(4):275-279
- 19 Wang L, Koch DD. Intraocular Lens Power Calculations in Eyes with Previous Corneal Refractive Surgery: Review and Expert Opinion. *Ophthalmology* 2021;128(11):e121-e131
- 20 Savini G, Taroni L, Hoffer KJ. Recent developments in intraocular lens power calculation methods - update 2020. *Ann Transl Med* 2020;8(22):1553
- 21 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. *国际眼科志* 2022;22(7):1153-1156
- 22 Razmjoo H, Atarzadeh H, Kargar N, et al. The comparative study of refractive index variations between Haigis, SRK/T and Hoffer - Q formulas used for preoperative biometry calculation in patients with the axial length >25 mm. *Adv Biomed Res* 2017;6:78
- 23 Moshirfar M, Buckner B, Ronquillo YC, et al. Biometry in cataract surgery: a review of the current literature. *Curr Opin Ophthalmol* 2019;30(1):9-12
- 24 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. *国际眼科杂志* 2022;22(5):716-720