

# Wang-Koch 眼轴矫正公式计算高度近视合并白内障患者术后屈光度的准确性

孙琼琼, 于燕, 方严, 谢 驰

引用: 孙琼琼, 于燕, 方严, 等. Wang-Koch 眼轴矫正公式计算高度近视合并白内障患者术后屈光度的准确性. 国际眼科杂志 2023;23(7):1202-1207

基金项目: 淮南市指导性科技计划项目 (No.2021153)

作者单位: (232000) 中国安徽省淮南市, 安徽理工大学第一附属医院 (淮南市第一人民医院) 眼科

作者简介: 孙琼琼, 毕业于潍坊医学院, 硕士, 主治医师, 研究方向: 白内障、屈光不正。

通讯作者: 于燕, 毕业于安徽医科大学, 本科, 主任医师, 研究方向: 白内障、眼底病. 331030497@qq.com

收稿日期: 2022-12-06 修回日期: 2023-06-08

## 摘要

**目的:** 比较 Wang-Koch 眼轴矫正公式  $SRK/T_{wk}$ 、Holladay  $I_{wk}$  与  $SRK/T$ 、Haigis、Holladay  $I$ 、Hoffer Q 公式计算高度近视合并白内障患者术后屈光度的准确性。

**方法:** 选取 2019-09/2022-03 于我院行白内障超声乳化摘除联合人工晶状体植入术的高度近视合并白内障患者 42 例 57 眼, 根据眼轴长度 (AL) 分为 A 组 ( $27\text{mm} \leq AL < 30\text{mm}$ , 31 眼) 和 B 组 ( $AL \geq 30\text{mm}$ , 26 眼)。术后 3mo 随访, 记录实际屈光度, 计算平均屈光误差 (MNE) 和平均绝对屈光误差 (MAE)。

**结果:** 纳入患者术后各公式 MAE 有明显差异 ( $P < 0.01$ ), 其中 Holladay  $I_{wk}$  和  $SRK/T_{wk}$  公式术后 MAE [0.31 (0.08, 0.57)、0.34 (0.17, 0.63) D] 均较其余各公式低, 但与  $SRK/T$ 、Haigis 公式 [0.61 (0.27, 1.02)、0.63 (0.22, 1.01) D] 均无明显差异 ( $P > 0.05$ )。A 组患者 ( $27\text{mm} \leq AL < 30\text{mm}$ ) 术后各公式 MAE 有明显差异 ( $P < 0.01$ ), 其中 Holladay  $I_{wk}$  和  $SRK/T_{wk}$  公式术后 MAE [0.18 (0.05, 0.51)、0.28 (0.16, 0.52) D] 均较其余各公式低, 但与  $SRK/T$ 、Haigis 公式 [0.45 (0.18, 0.65)、0.50 (0.14, 0.75) D] 均无明显差异 ( $P > 0.05$ ); B 组患者 ( $AL \geq 30\text{mm}$ ) 术后各公式 MAE 有明显差异 ( $P < 0.01$ ), 其中 Holladay  $I_{wk}$ 、 $SRK/T_{wk}$  公式术后 MAE 最低,  $SRK/T$  和 Haigis 公式术后 MAE 较大, Holladay  $I$  和 Hoffer Q 公式术后 MAE 最大, 且  $SRK/T_{wk}$ 、Holladay  $I_{wk}$  公式术后 MAE [0.44 (0.23, 0.67)、0.41 (0.22, 0.66) D] 与  $SRK/T$ 、Haigis 公式 [0.78 (0.55, 1.07)、0.75 (0.45, 1.25) D] 有明显差异 (均  $P < 0.05$ )。

**结论:** 两种 Wang-Koch 眼轴矫正公式计算  $AL \geq 30\text{mm}$  的高度近视合并白内障患者人工晶状体屈光度相对准确, 具有一定的临床应用价值。

**关键词:** 高度近视; 白内障; 屈光误差; 眼轴矫正; 人工晶状体屈光度

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2023.7.27

## Accuracy of Wang - Koch axial length adjustment formulas in calculating postoperative refractive power in cataract patients with high myopia

Qiong-Qiong Sun, Yan Yu, Yan Fang, Chi Xie

**Foundation item:** Guiding Science and Technology Plan Project of Huainan (No.2021153)

Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Anhui University of Science and Technology (Huainan Frist People's Hospital), Huainan 232000, Anhui Province, China

**Correspondence to:** Yan Yu. Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Anhui University of Science and Technology (Huainan Frist People's Hospital), Huainan 232000, Anhui Province, China. 331030497@qq.com

Received:2022-12-06 Accepted:2023-06-08

## Abstract

• **AIM:** To compare the accuracy between Wang - Koch axial length adjustment formulas ( $SRK/T_{wk}$ , Holladay  $I_{wk}$ ) and  $SRK/T$ , Haigis, Holladay  $I$ , Hoffer Q in calculating intraocular lens power of cataract patients with high myopia.

• **METHODS:** A total of 42 cataract patients with high myopia (57 eyes) were collected. All eyes underwent phacoemulsification combined with intraocular lens implantation surgery in our Hospital from September 2019 to March 2022. They were divided into two groups according to the axial length (AL): group A ( $27\text{mm} \leq AL < 30\text{mm}$ , 31 eyes) and group B ( $AL \geq 30\text{mm}$ , 26 eyes). Patients were followed up at 3mo. The actual postoperative diopter was recorded, and then the refractive mean numerical error (MNE) and mean absolute error (MAE) were calculated.

• **RESULTS:** MAE of each formulas was statistically different after surgery ( $P < 0.01$ ), among which the MAE of Holladay  $I_{wk}$  and  $SRK/T_{wk}$  [0.31 (0.08, 0.57), 0.34 (0.17, 0.63) D] was lower than other formulas. However, there were no statistical difference between  $SRK/T_{wk}$ , Holladay  $I_{wk}$  and  $SRK/T$ , Haigis formulas [0.61 (0.27, 1.02), 0.63 (0.22, 1.01) D] ( $P > 0.05$ ). MAE were statistically different among the formulas in group A ( $27\text{mm} \leq AL < 30\text{mm}$ ;  $P < 0.01$ ). The MAE of Holladay  $I_{wk}$  and  $SRK/T_{wk}$  was lower than other formulas [0.18 (0.05, 0.51), 0.28 (0.16, 0.52) D], but there were no statistical difference with  $SRK/T$  and Haigis formulas [0.45 (0.18, 0.65), 0.50 (0.14, 0.75) D]

( $P > 0.05$ )。In group B ( $AL \geq 30\text{mm}$ ), the MAE of each formulas was statistically different after surgery ( $P < 0.01$ ), among which MAE of Holladay  $I_{wk}$  and SRK/T $_{wk}$  was the lowest, followed by SRK/T and Haigis, whereas, Holladay I and Hoffer Q ranked the highest. Furthermore, there were statistical differences between MAE of SRK/T $_{wk}$ , Holladay  $I_{wk}$  [0.44 (0.23, 0.67), 0.41 (0.22, 0.66) D] and SRK/T, Haigis formulas [0.78 (0.55, 1.07), 0.75 (0.45, 1.25) D] (all  $P < 0.05$ )。

• CONCLUSION: For cataract patients with  $AL \geq 30\text{mm}$ , the Wang - Koch axial length adjustment formulas were relatively accurate in calculating diopter of intraocular lens, and had clinical application value to some extent.

• KEYWORDS: high myopia; cataract; refractive error; axial length adjustment; intraocular lens power

**Citation:** Sun QQ, Yu Y, Fang Y, et al. Accuracy of Wang-Koch axial length adjustment formulas in calculating postoperative refractive power in cataract patients with high myopia. *Guoji Yanke Zazhi(Int Eye Sci)* 2023;23(7):1202-1207

## 0 引言

近视在我国已达到流行的程度,研究显示我国青少年近视率高达 90%<sup>[1]</sup>。白内障是高度近视的常见并发症,1980 年,Hoffer<sup>[2]</sup>报道高度近视患者并发白内障的年龄普遍低于普通患者。随着高度近视合并白内障患者行白内障超声乳化摘除联合人工晶状体植入手术的增多,手术医师发现该类患者术后屈光误差明显大于正常眼,患者眼轴越长术后屈光误差越大,且往往伴随着显著的远视漂移,最终影响患者对手术治疗的满意度<sup>[3-4]</sup>。因此,深入关注这一现象并寻找解决的方法,已成为近年白内障手术医师共同关注的焦点。既往研究证实,术前眼球生物测量的准确性、人工晶状体度数的计算和公式的选择是影响术后屈光误差的主要因素<sup>[5]</sup>。随着先进的生物学测量仪器的发明与临床应用,眼球生物学测量误差越来越小,而人工晶状体度数计算公式的选择成为影响术后屈光误差的关键因素。本研究比较 Wang L 和 Koch DD 两位学者在 2018 年提出的眼轴矫正公式(SRK/T $_{wk}$ 、Holladay  $I_{wk}$ )<sup>[6]</sup>与目前常用的 SRK/T、Haigis、Holladay I、Hoffer Q 公式计算高度近视合并白内障患者术后屈光度的准确性,以期为临床中高度近视合并白内障人工晶状体计算公式的选择提供参考。

## 1 对象和方法

1.1 对象 回顾性分析。选取 2019-09/2022-03 于我院行白内障超声乳化摘除联合人工晶状体植入术的高度近视合并白内障患者 42 例 57 眼,其中男 13 例 17 眼,女 29 例 40 眼,年龄 46~80(平均 59.54±9.12)岁,眼轴长度

(AL)27.13~33.13(平均 29.85±1.70)mm。纳入标准:(1)确诊为白内障,并顺利行手术治疗,成功植入人工晶状体于囊袋内;(2)符合高度近视的诊断标准:近视度数高于-6.00D, $AL \geq 27\text{mm}$ ;(3)临床资料完整。排除标准:(1)术中或术后出现手术意外或并发症者;(2)固视能力差,不能行 IOL Master 检查者;(3)既往有眼部疾病史、手术史者;(4)全身状况不佳,不能接受长期随访者,如严重高血压及肺、心、脑、肢体功能障碍者等。根据眼轴长度将纳入患者分为 A 组(31 眼, $27\text{mm} \leq AL < 30\text{mm}$ )和 B 组(26 眼, $AL \geq 30\text{mm}$ ),两组患者基线资料见表 1。本研究已获得安徽理工大学第一附属医院(淮南市第一人民医院)伦理委员会审批。纳入患者均对手术知情同意,并签署知情同意书。

## 1.2 方法

1.2.1 手术方法 术前复方托吡卡胺充分散瞳,奥布卡因行表面麻醉。约 2:30 位做直径 1.5mm 侧切口,约 10:00 位做直径 3.0mm 主切口,前房注入黏弹剂,连续环形撕囊,囊口直径 5.5mm,水分离及分层后超声乳化吸出晶状体核,I/A 行残余皮质清除及前后囊抛光,植入人工晶状体于囊袋内,吸出黏弹剂,水密封口,形成稳定前房。本研究纳入患者术中植入的人工晶状体均为折叠式单焦点人工晶状体,植入人工晶状体度数-3.0~+13.5(平均+5.94±3.89)D。

1.2.2 术后屈光误差评估 纳入患者术前均采用 IOL Master 500 测量眼轴长度(SNR>2.0),采用电脑自动验光和配镜插片验光确定屈光状态,转换为等效球镜记录(等效球镜=球镜+1/2 柱镜),并采用 SRK/T 公式计算人工晶状体度数和术前预留屈光度。术后随访 3mo,测量并记录术后实际屈光度,并采用回推法计算 Haigis、Holladay I、Hoffer Q、Wang - Koch 眼轴矫正公式 SRK/T $_{wk}$  ( $AL = 0.8453 \times \text{实测 } AL + 4.0773$ )、Holladay  $I_{wk}$  ( $AL = 0.817 \times \text{实测 } AL + 4.7013$ )的术前预留屈光度和屈光误差(NE)。本研究中,根据患者年龄、生活习惯、个人诉求等综合因素,术前预留屈光度-4.36~+0.09(平均-0.56±0.23)D;NE 为术后实际屈光度与术前预留屈光度的差值,平均屈光误差(MNE)为 NE 的平均值,平均绝对屈光误差(MAE)为 MNE 的绝对值。

统计学分析:本研究采用 SPSS 26.0 软件统计分析数据。计量资料经 Shapiro-Wilk 法检验是否服从正态分布,如符合正态分布,采用均数±标准差表示,两组间比较采用独立样本  $t$  检验,与 0 比较采用单样本  $t$  检验;如不符合正态分布,采用中位数(四分位间距) $[M(P_{25}, P_{75})]$ 表示,多组间比较采用 Friedman 检验,两两比较采用 Bonferroni 法。计数资料采用  $n$  表示,两组间比较采用卡方检验。相关性分析采用 Spearman 相关分析法。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

表 1 两组患者基线资料比较

组别	眼数	性别(男/女,眼)	年龄( $\bar{x} \pm s$ ,岁)	患眼眼别(左/右,眼)	眼轴长度( $\bar{x} \pm s$ ,mm)	植入人工晶状体度数( $\bar{x} \pm s$ ,D)
A 组	31	9/22	61.81±9.83	16/15	28.51±0.89	+9.22±2.48
B 组	26	8/18	56.85±7.53	10/16	31.43±0.85	+2.75±2.29
$\chi^2/t$		0.020	2.106	0.986	-12.618	8.824
$P$		0.886	0.040	0.321	<0.001	<0.001

注:A 组: $27\text{mm} \leq AL < 30\text{mm}$ ;B 组: $AL \geq 30\text{mm}$ 。

## 2 结果

**2.1 纳入患者各公式 MNE 和 MAE 比较** 术后各公式 MNE 与 0 比较, Holladay I<sub>wk</sub> 公式 MNE 与 0 之间差异无统计学意义 ( $t = -1.718, P = 0.091$ ), SRK/T<sub>wk</sub>、Holladay I、Hoffer Q、SRK/T、Haigis 公式 MNE 与 0 之间差异有统计学意义 ( $t = -2.821, 11.995, 11.452, 7.747, 6.578$ , 均  $P < 0.01$ )。术后各公式 MAE 比较, 差异有统计学意义 ( $\chi^2 = 108.283, P < 0.01$ ), 其中 Holladay I 和 Hoffer Q 公式 MAE 分别与其余各公式比较, 差异均有统计学意义 ( $P < 0.001$ ), 其余各公式 MAE 两两比较差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 见表 2。

**2.2 不同眼轴长度患者各公式 MNE 和 MAE 比较** A 组患者 ( $27\text{mm} \leq \text{AL} < 30\text{mm}$ ) 术后各公式 MNE 与 0 比较, Holladay I<sub>wk</sub> 公式 MNE 与 0 之间差异无统计学意义 ( $t = -1.025, P = 0.313$ ), SRK/T<sub>wk</sub>、Holladay I、Hoffer Q、SRK/T、Haigis 公式 MNE 与 0 之间差异有统计学意义 ( $t = -2.293, 8.011, 6.985, 3.858, 3.800$ , 均  $P < 0.05$ ); 术后各公式 MAE 比较, 差异有统计学意义 ( $\chi^2 = 47.595, P < 0.01$ ), 其中 Holladay I 和 Hoffer Q 公式 MAE 分别与其余各公式比较, 差异均有统计学意义 ( $P < 0.01$ ), 其余各公式 MAE 两两比较差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 见表 3。

B 组患者 ( $\text{AL} \geq 30\text{mm}$ ) 术后各公式 MNE 与 0 比较, Holladay I<sub>wk</sub> 和 SRK/T<sub>wk</sub> 公式 MNE 与 0 之间差异无统计学意义 ( $t = -1.738, -1.366, P = 0.095, 0.184$ ), Holladay I、Hoffer Q、SRK/T、Haigis 公式 MNE 与 0 之间差异有统计学意义 ( $t = 9.460, 10.746, 8.410, 5.738$ , 均  $P < 0.01$ ); 术后各公式 MAE 比较, 差异有统计学意义 ( $\chi^2 = 55.692, P < 0.01$ ), 其中 Holladay I<sub>wk</sub> 和 SRK/T<sub>wk</sub> 公式 MAE 最小, 两者间比较差异无统计学意义 ( $P = 1.000$ ), SRK/T 和 Haigis 公式 MAE 较大, 两者间比较差异无统计学意义 ( $P = 1.000$ ), Holladay I 和 Hoffer Q 公式 MAE 最大, 两者间比较差异无统计学意义 ( $P = 1.000$ ), 其余各公式 MAE 两两比较差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 见表 3。

**2.3 各公式术后 MAE 分布情况** Holladay I<sub>wk</sub>、SRK/T<sub>wk</sub> 公式术后 MAE  $> 2.0\text{D}$  的占比均为 0, 术后 MAE  $\leq 1.0\text{D}$  的占比分别为 95%、93%, 术后 MAE  $\leq 0.5\text{D}$  的占比分别为 67%、61%, 表明 Wang-Koch 眼轴矫正公式 Holladay I<sub>wk</sub>、SRK/T<sub>wk</sub> 公式术后屈光误差更小, 优于其余各公式, 见图 1。根据术后 NE 评估远视漂移 (+) 和近视漂移 (-) 情况, Holladay I、Hoffer Q、SRK/T 和 Haigis 公式均有较大的远视漂移率, 而 Holladay I<sub>wk</sub>、SRK/T<sub>wk</sub> 公式远视漂移率较小 (32%、26%), 并向近视漂移, 见图 2。

**2.4 术后 MAE 与眼轴长度的相关性分析** Spearman 相关性分析显示, Holladay I<sub>wk</sub>、SRK/T<sub>wk</sub> 公式术后 MAE 与实测 AL 无相关性 ( $r_s = 0.182, 0.163, P = 0.176, 0.226$ ), Holladay I、Hoffer Q、SRK/T、Haigis 公式术后 MAE 均与实测 AL 呈正相关性 ( $r_s = 0.582, 0.679, 0.620, 0.492$ , 均  $P < 0.01$ ), 表明 Holladay I、Hoffer Q、SRK/T 和 Haigis 公式术后 MAE 随着眼轴的增长而增加, 见图 3。

## 3 讨论

虽然人工晶状体度数计算公式已经在临床上应用了

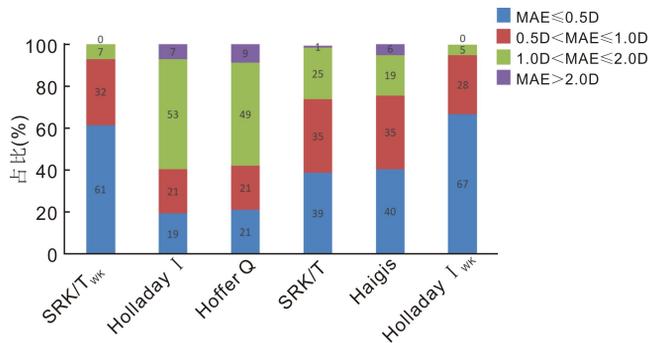


图 1 各公式术后 MAE 分布情况。

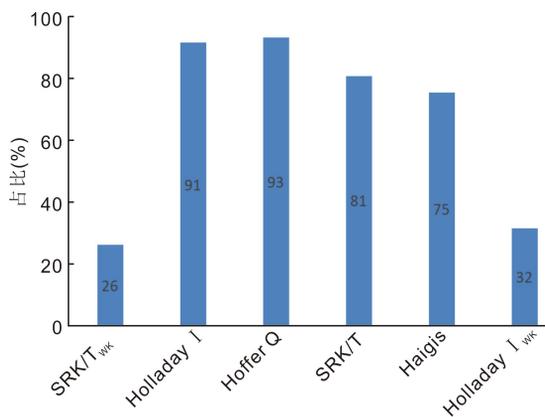


图 2 各公式术后远视漂移率。

表 2 各公式 MNE 和 MAE 情况

公式	MNE ( $\bar{x} \pm s$ )	MAE [ $M(P_{25}, P_{75})$ ]
SRK/T <sub>wk</sub>	-0.19 ± 0.51	0.34 (0.17, 0.63)
Holladay I	1.07 ± 0.67	1.08 (0.69, 1.53)
Hoffer Q	1.10 ± 0.72	1.13 (0.64, 1.56)
SRK/T	0.59 ± 0.58	0.61 (0.27, 1.02)
Haigis	0.58 ± 0.67	0.63 (0.22, 1.01)
Holladay I <sub>wk</sub>	-0.11 ± 0.47	0.31 (0.08, 0.57)

表 3 不同眼轴长度患者各公式 MNE 和 MAE 情况

组别	公式	MNE ( $\bar{x} \pm s$ )	MAE [ $M(P_{25}, P_{75})$ ]
A 组 ( $n = 31$ )	SRK/T <sub>wk</sub>	-0.18 ± 0.44	0.28 (0.16, 0.52)
	Holladay I	0.90 ± 0.63	0.94 (0.41, 1.24)
	Hoffer Q	0.83 ± 0.66	0.81 (0.32, 1.24)
	SRK/T	0.38 ± 0.55	0.45 (0.18, 0.65)
	Haigis	0.43 ± 0.63	0.50 (0.14, 0.75)
	Holladay I <sub>wk</sub>	-0.07 ± 0.40	0.18 (0.05, 0.51)
B 组 ( $n = 26$ )	SRK/T <sub>wk</sub>	-0.20 ± 0.59	0.44 (0.23, 0.67)
	Holladay I	1.26 ± 0.68	1.26 (0.98, 1.73)
	Hoffer Q	1.42 ± 0.67	1.40 (1.20, 1.87)
	SRK/T	0.84 ± 0.51	0.78 (0.55, 1.07)
	Haigis	0.77 ± 0.68	0.75 (0.45, 1.25)
	Holladay I <sub>wk</sub>	-0.14 ± 0.54	0.41 (0.22, 0.66)

注: A 组:  $27\text{mm} \leq \text{AL} < 30\text{mm}$ ; B 组:  $\text{AL} \geq 30\text{mm}$ 。

近 70a, 现已发展至第五代, 但目前临床应用最多的仍然是第三代和第四代公式<sup>[7]</sup>。SRK/T、Hoffer Q 和 Holladay I 公式属于第三代二变量公式, 主要通过眼轴、角膜曲率预测术后有效人工晶状体位置。Haigis 公式是引入三变

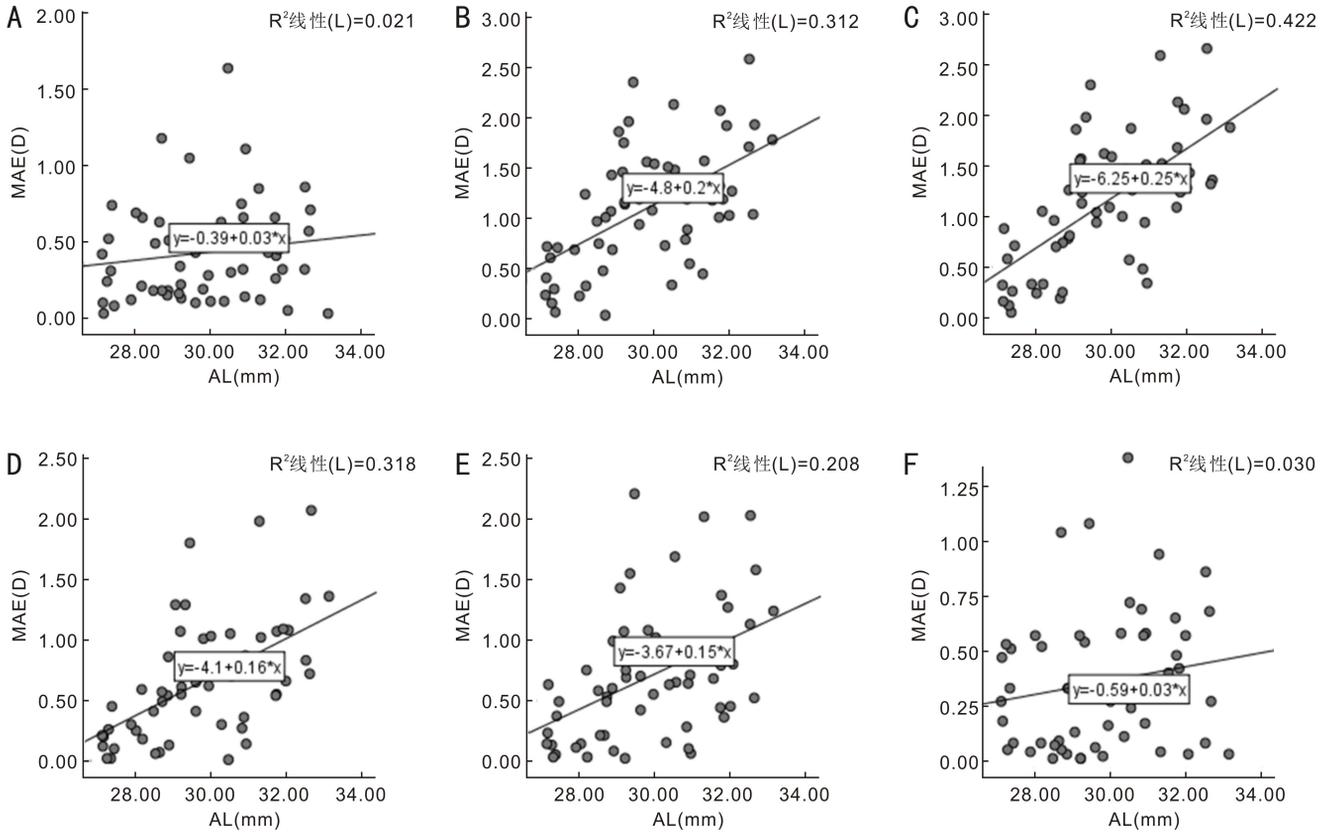


图3 各公式术后MAE与眼轴长度的相关性 A:SRK/T<sub>wk</sub>公式;B:Holladay I公式;C:Hoffer Q公式;D:SRK/T公式;E:Haigis公式;F:Holladay I<sub>wk</sub>公式。

量“前房深度”的第四代公式。临床医生们在实际应用中发现,对于高度近视长眼轴患者,第三代公式往往会引起较大的远视屈光误差<sup>[8]</sup>。修改后 Wang-Koch 眼轴矫正法<sup>[6]</sup>于 2018 发布,其理论假设是光波在不同介质中传播速度不同,进而折射率不同,而目前的光学生物测量仪均使用同一个折射率将光学路程计算转换为眼轴长度,这使得长眼轴患者产生了较高的测量误差。基于此,本研究将眼轴矫正后的 SRK/T<sub>wk</sub>、Holladay I<sub>wk</sub>公式与临床常用的 SRK/T、Hoffer Q、Holladay I、Haigis 公式进行对比研究,探讨其应用于高度近视患者的准确性。

高度近视患者易并发核性白内障,且发病年龄低于普通人群<sup>[12]</sup>,本研究纳入的 B 组患者 (AL≥30mm) 平均年龄比 A 组 (27mm≤AL<30mm) 低,也说明了眼轴越长的患者并发白内障的年龄越低。根据 Wang L 和 Koch DD 的建议, Holladay I 眼轴矫正公式 (Holladay I<sub>wk</sub>) 适用于 AL>26.5mm, SRK/T 眼轴矫正公 (SRK/T<sub>wk</sub>) 适用于 AL>27.0mm。Zhou 等<sup>[9]</sup>研究将纳入患者根据眼轴长度分为 27mm≤AL<30mm 组和 AL≥30mm,分析 SRK/T、Haigis、Holladay、Hoffer Q、Barrett Universal II 公式的准确性。Cheng 等<sup>[10]</sup>将患者根据眼轴长度划分为 25mm<AL≤27mm、27mm<AL≤30mm、AL>30mm 三组,分析 Wang-Koch 眼轴矫正公式的准确性。综合考虑,本研究纳入 AL≥27.0mm 的患者,并将患者根据眼轴长度分为 27mm≤AL<30mm 组和 AL≥30mm 组。Hahn 等<sup>[11]</sup>研究发现术后屈光稳定性与时间具有相关性,术后 3mo 屈光度和视力均较术后 1mo 有所改善,因此本研究术后随访

3mo,测量并记录术后实际屈光度。

本研究发现,AL≥27mm 时,Hoffer Q 和 Holladay I 公式与其他公式相比准确性最差。Chu 等<sup>[8]</sup>研究显示,AL≥28mm 时,Hoffer Q 和 Holladay I 公式比 SRK/T、Haigis 公式产生了更加显著的术后远视漂移和较高的 MNE 和 MAE,这与本研究结果一致。Aristodemou 等<sup>[12]</sup>研究纳入患者 8108 眼分析 Hoffer Q、Holladay I 和 SRK/T 公式的准确性,结果显示,Hoffer Q 公式对于 AL<21mm 的患者准确性最高,Holladay I 公式对于 23.5mm≤AL<26.0mm 的患者准确性最高。显然,这两种公式不适用于长眼轴患者。

本研究结果显示,27mm≤AL<30mm 时,SRK/T 公式 MAE 稍小于 Haigis 公式,但两者之间差异无统计学意义;AL≥30mm 时,Haigis 公式 MAE 稍小于 SRK/T 公式,但两者之间差异仍无统计学意义,因此认为,AL≥27mm 时,Haigis 和 SRK/T 公式准确性相似,且优于 Hoffer Q 和 Holladay I 公式。Zhang 等<sup>[13]</sup>研究发现,AL>26mm 时,SRK/T、Haigis 公式准确性相似,且高于 Hoffer Q 和 Holladay I 公式,与本研究结果一致。Bang 等<sup>[14]</sup>研究发现,AL≥27mm 时,Haigis 和 SRK/T 公式准确性均较高,并指出 AL≥29.07mm 时 Haigis 公式准确性优于 SRK/T 公式。Chen 等<sup>[15]</sup>研究发现,26mm<AL≤33mm 时,Haigis 和 SRK/T 公式准确性相似,并认为 SRK/T 和 Haigis 公式在中国高度近视人群中有良好的适用性,但 AL>33mm 时 Haigis 公式准确性更高。分析纳入极长眼轴患者数量不同可能是上述研究结果存在差异的原因,本研究纳入的

AL $\geq$ 33mm 患者仅 1 例。此外,本研究发现,AL $\geq$ 30mm 时,Holladay I<sub>wk</sub>和 SRK/T<sub>wk</sub>公式准确性均优于 SRK/T、Haigis 公式,但 AL $\geq$ 27mm 和 27mm $\leq$ AL<30mm 时,Holladay I<sub>wk</sub>和 SRK/T<sub>wk</sub>公式与 SRK/T、Haigis 公式的准确性均无明显差异。Cheng 等<sup>[10]</sup>研究发现,AL $\geq$ 25mm 时,Holladay I<sub>wk</sub>公式准确性较高,且明显减少了术后远视漂移率(39.4%),且该研究发现 SRK/T<sub>wk</sub>公式较 SRK/T 公式准确性无明显提高。Liu<sup>[16]</sup>等对眼轴长度为 26.02~33.50mm 的患者研究发现,Holladay I<sub>wk</sub>和 SRK/T<sub>wk</sub>公式与 SRK/T、Haigis 公式术后 MAE 无显著差异,但该研究未对眼轴进行分组研究。吉祥等<sup>[17]</sup>研究发现,27mm $\leq$ AL<30mm 时 SRK/T 公式 MAE 与 SRK/T<sub>wk</sub>公式差异无统计学意义,AL $\geq$ 30mm 时 SRK/T<sub>wk</sub>公式显示出优于 SRK/T 的准确性。上述研究结果与本研究结果相似。然而,Zhang 等<sup>[18]</sup>研究发现,对于眼轴长度为 26.06~36.37mm 的高度近视患者,Holladay I<sub>wk</sub>和 SRK/T<sub>wk</sub>公式术后屈光准确度均较高,两者间差异无统计学意义,且均优于 SRK/T 和 Haigis 公式。李凯等<sup>[19]</sup>研究将纳入患者根据眼轴长度分为 AL $\leq$ 30mm 组和 AL>30mm 组,结果发现,SRK/T<sub>wk</sub>公式在两组中预测术后屈光准确度均较 SRK/T、Haigis 公式高。上述研究结果与本研究结果有差异,分析 SRK/T 公式在不同眼轴分组中的准确性不同,可能与优化的 A 常数有关,对于 27mm<AL $\leq$ 30mm 的高度近视患者,其 AL 和角膜曲率值是整个生物测量中最具代表性的,因此 A 常数更加适合这一眼轴范围的 SRK/T 公式<sup>[10]</sup>。此外,纳入患者的眼轴长度、根据眼轴长度的分组方式、测量仪器的不同、植入的晶状体类型不同及样本量(通常较小)和抽样变异性等均可能造成不同研究结果不完全相同的原因。

Gale 等<sup>[20]</sup>于 2009 年提出将 85% 的患者术后屈光误差在 $\pm$ 1.0D 以内,55% 的患者术后屈光误差在 $\pm$ 0.5D 以内作为白内障术后屈光误差的基准目标,英国皇家眼科医师协会采用了这一标准。2019 年,Brogan 等<sup>[21]</sup>进一步优化了该标准,屈光误差在 $\pm$ 1.0D 范围内为 88.76%,屈光误差在 $\pm$ 0.5D 范围内为 62.36%。2014 年,Simon 等<sup>[22]</sup>研究显示术后屈光误差在 $\pm$ 1.0D 以内的患者达 94%。2018 年,Lundström 等<sup>[23]</sup>通过对 12 个欧洲国家的白内障手术进行统计分析发现,术后屈光误差在 $\pm$ 1.0D 的患者达 93.0%,在 $\pm$ 0.5D 范围内的患者达 72.7%。上述研究基于对多个临床中心的数据分析,但未对眼轴分类,且部分研究中纳入患者包含并发其他眼部疾病的患者。本研究中,除 SRK/T<sub>wk</sub>、Holladay I<sub>wk</sub>公式能基本达到上述标准,其余各公式均相距较远,因此认为眼轴矫正公式可以有效减少高度近视合并白内障患者人工晶状体屈光度的计算偏差。

此外,本研究结果显示,Holladay I<sub>wk</sub>、SRK/T<sub>wk</sub>公式相比其余各公式明显减少了术后远视漂移率,与既往研究<sup>[16, 24]</sup>结果一致。Zhou 等<sup>[9]</sup>研究显示,AL>24.5mm 时,Holladay、Haigis、Hoffer Q、SRK/T 公式术后屈光误差与 AL 均呈正相关,这意味着眼轴增长导致 Holladay、Haigis、Hoffer Q、SRK/T 公式预测的不准确性增加。这与本研究结果一致。本研究发现,Holladay I<sub>wk</sub>、SRK/T<sub>wk</sub>公式术后

屈光误差与 AL 无相关关系,与既往研究<sup>[16, 25]</sup>结果一致。

本研究存在一定的局限性:(1)总体样本量较少,导致各分组样本量均偏少,特别是 AL>33mm 的患者仅 1 例;(2)本研究纳入患者手术并非由同一位医师完成,但既往研究认为,这并不影响统计结果<sup>[26-27]</sup>;(3)本研究纳入患者植入的人工晶状体并非同一品牌,但人工晶状体常数相同。

综上所述,本研究通过比较 SRK/T、Haigis、Hoffer Q、Holladay I、Holladay I<sub>wk</sub>、SRK/T<sub>wk</sub>公式计算高度近视合并白内障患者术后屈光度的准确性发现,改进的 Wang-Koch 眼轴矫正法在 AL $\geq$ 30mm 时提高了 SRK/T 和 Holladay I 公式的准确性,能更准确地预测较长眼轴患者术后屈光度。两种公式均明显降低了远视漂移率,减少了预测术后屈光度的偏差性,具有一定的临床应用价值。尽管高度近视人工晶状体度数计算具有挑战性,但公式选择也是获得较为准确的屈光结果的必要条件。

#### 参考文献

- 1 Dolgin E. The myopia boom. *Nature* 2015;519(7543):276-278
- 2 Hoffer KJ. Biometry of 7,500 cataractous eyes. *Am J Ophthalmol* 1980;90(3):360-368
- 3 Melles RB, Kane JX, Olsen T, et al. Update on intraocular lens calculation formulas. *Ophthalmology* 2019;126(9):1334-1335
- 4 Fuest M, Plange N, Kuerten D, et al. Intraocular lens power calculation for plus and minus lenses in high myopia using partial coherence interferometry. *Int Ophthalmol* 2021;41(5):1585-1592
- 5 Abulafia A, Hill WE, Koch DD, et al. Accuracy of the Barrett True-K formula for intraocular lens power prediction after laser in situ keratomileusis or photorefractive keratectomy for myopia. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(3):363-369
- 6 Wang L, Koch DD. Modified axial length adjustment formulas in long eyes. *J Cataract Refract Surg* 2018;44(11):1396-1397
- 7 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
- 8 Chu YC, Huang TL, Chang PY, et al. Predictability of 6 intraocular lens power calculation formulas in people with very high myopia. *Front Med (Lausanne)* 2022;9:762761
- 9 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
- 10 Cheng HH, Liu LP, Sun A, et al. Accuracy of modified axial length adjustment for intraocular lens power calculation in Chinese axial myopic eyes. *Curr Eye Res* 2020;45(7):827-833
- 11 Hahn U, Krummenauer F, Kölbl B, et al. Determination of valid benchmarks for outcome indicators in cataract surgery: a multicenter, prospective cohort trial. *Ophthalmology* 2011;118(11):2105-2112
- 12 Aristodemou P, Knox Cartwright NE, Sparrow JM, et al. Formula choice: Hoffer Q, Holladay 1, or SRK/T and refractive outcomes in 8108 eyes after cataract surgery with biometry by partial coherence interferometry. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(1):63-71
- 13 Zhang YC, Liang XY, Liu S, et al. Accuracy of intraocular lens power calculation formulas for highly myopic eyes. *J Ophthalmol* 2016;2016:1917268
- 14 Bang S, Edell E, Yu QL, et al. Accuracy of intraocular lens calculations using the IOLMaster in eyes with long axial length and a comparison of various formulas. *Ophthalmology* 2011;118(3):503-506
- 15 Chen C, Xu XA, 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

16 Liu JW, Wang L, Chai FY, *et al.* Comparison of intraocular lens power calculation formulas in Chinese eyes with axial myopia. *J Cataract Refract Surg* 2019;45(6):725-731

17 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

18 Zhang JQ, Zou XY, Zheng DY, *et al.* Effect of lens constants optimization on the accuracy of intraocular lens power calculation formulas for highly myopic eyes. *Int J Ophthalmol* 2019;12(6):943-948

19 李凯, 张康玉, 张霜, 等. 四种人工晶状体计算公式在超高度近视并发白内障患者中的应用. *国际眼科杂志* 2023;23(3):462-465

20 Gale RP, Saldana M, Johnston RL, *et al.* Benchmark standards for refractive outcomes after NHS cataract surgery. *Eye* 2009; 23(1):149-152

21 Brogan K, Diaper CJM, Rotchford AP. Cataract surgery refractive outcomes: representative standards in a National Health Service setting.

*Br J Ophthalmol* 2019;103(4):539-543

22 Simon SS, Chee YE, Haddadin RI, *et al.* Achieving target refraction after cataract surgery. *Ophthalmology* 2014;121(2):440-444

23 Lundström M, Dickman M, Henry Y, *et al.* Risk factors for refractive error after cataract surgery: analysis of 282 811 cataract extractions reported to the European Registry of Quality Outcomes for cataract and refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2018;44(4):447-452

24 Bernardes J, Raimundo M, Lobo C, *et al.* A comparison of intraocular lens power calculation formulas in high myopia. *J Refract Surg* 2021;37(3):207-211

25 孙明, 雷荣, 周莉. 三种新型人工晶状体计算公式在长眼轴白内障患者中的应用. *国际眼科杂志* 2021;21(10):1764-1768

26 Wan KH, Lam TCH, Yu MCY, *et al.* Accuracy and precision of intraocular lens calculations using the new hill-RBF version 2.0 in eyes with high axial myopia. *Am J Ophthalmol* 2019;205:66-73

27 Reinstein DZ, Yap TE, Carp GI, *et al.* Reproducibility of manifest refraction between surgeons and optometrists in a clinical refractive surgery practice. *J Cataract Refract Surg* 2014;40(3):450-459