

# IOL Master700 与 Pentacam 测量白内障患者角膜曲率及散光的对比研究

杜祥阁<sup>1</sup>,徐文文<sup>1</sup>,刘妍<sup>1</sup>,王琛<sup>2</sup>,常海燕<sup>1</sup>

(山东第一医科大学附属省立医院 1.眼科; 2.耳鼻咽喉头颈外科,山东 济南 250012)

**摘要:**目的 探讨比较 IOL Master700 和 Pentacam 在白内障患者术前检测角膜曲率与散光的差异性、相关性及一致性。方法 收集 2023 年 6 月至 2023 年 10 月白内障患者 115 例 203 眼。分别采用 IOL Master 与 Pentacam 测量患者的角膜前表面曲率及散光度数、后表面曲率及散光度数和全角膜曲率及散光度数,分析两种仪器的差异性、相关性和一致性。结果 IOL Master700 与 Pentacam 测量角膜后表面的 Ks、Kf 和 Km 的差异均具有统计学意义 ( $P<0.05$ ),其余结果差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ );两种仪器分别测量 Ks、Kf、Km 和  $\Delta k$  的数据有较好的相关性,Ks、Kf、Km 较  $\Delta k$  相关性更高 ( $P<0.001$ );Bland-Altman 分析结果显示 IOL Master 与 Pentacam 测量患者的角膜前表面曲率的一致性较好,角膜后表面曲率及散光度数的一致性较差。结论 IOL Master700 与 Pentacam 在测量角膜前表面曲率方面差异性小,一致性好;在测量全角膜曲率方面差异性较小,一致性较好;在测量角膜后表面曲率方面存在差异,一致性较差;在测量角膜前后表面及全角膜散光度方面,差异性较小,但一致性较差。总体来说,两种仪器测量数据临床使用时不可相互替代,但可相互参考,需综合分析测量结果进行选择。

**关键词:**IOL Master700;Pentacam;白内障;角膜曲率;散光

中图分类号:R778.2

文献标志码:A

## Comparative analysis of corneal keratometry and astigmatism measurements between IOL Master700 and Pentacam in cataract patients

DU Xiangge<sup>1</sup>, XU Wenwen<sup>1</sup>, LIU Yan<sup>1</sup>, WANG Chen<sup>2</sup>, CHANG Haiyan<sup>1</sup>

(1. Department of Ophthalmology; 2. Department of Otorhinolaryngology & Head and Neck Surgery, Shandong Provincial Hospital Affiliated to Shandong First Medical University, Jinan 250012, Shandong, China)

**Abstract: Objective** To investigate the difference and consistency of corneal keratometry and astigmatism measured by IOL Master700 and Pentacam in cataract patients. **Methods** A total of 115 cataract patients (203 eyes) were selected from June 2023 to October 2023. Corneal keratometry and astigmatism of the anterior corneal surface, posterior corneal surface and total cornea of cataract patients were measured by IOL Master700 and Pentacam, respectively. Differences, correlations and agreement between the two instruments were analysed. **Results** Significant differences were found in Ks, Kf and Km of the posterior corneal surface between IOL Master700 and Pentacam ( $P<0.05$ ), while no significant differences were found in other parameters. Pearson correlation analysis showed a strong correlation between the two instruments in the measurement of Ks, Kf, Km and  $\Delta k$ . The correlations for Ks, Kf and Km were more significant than those for  $\Delta k$  ( $P<0.001$ ). Bland-Altman analysis showed strong agreement between the anterior corneal surface Ks, Kf and Km measured by the two instruments, but poor agreement between the posterior corneal surface Ks, Kf and Km. **Conclusion** Firstly, the IOL Master700 and Pentacam show moderate differences and strong consistency in anterior corneal surface keratometry. Secondly, there are minimal differences and significant consistency in the measurement of total corneal keratometry. However, significant differences and poor consistency are observed in the posterior

corneal surface keratometry. Although the differences in astigmatism measurements for the anterior corneal surface, posterior corneal surface and total cornea are minimal between two devices, the consistency is poor. Overall, measurement data from the IOL Master700 and Pentacam should not be used interchangeably in clinical practice, but can be cross-referenced. A comprehensive analysis of the measurement results is recommended for clinical decision making.

**Key words:** IOL Master 700; Pentacam; Cataract; Keratometry; Astigmatism

屈光性白内障手术为患者提供看远、中、近全程清晰的视力<sup>[1]</sup>,解决患者术前存在的远视、近视、老花和散光等屈光问题<sup>[2-3]</sup>。该手术术前需要严谨和精准的手术设计和规划<sup>[4-5]</sup>,包括全面客观地评估患者术前的视觉质量、精确的眼部生物测量<sup>[6-7]</sup>以及科学的人工晶状体度数计算<sup>[8]</sup>。其中角膜曲率和散光度数的测量是屈光性白内障手术术前规划的重要环节<sup>[9]</sup>,并有研究显示角膜曲率对人工晶状体手术后屈光误差的影响由8%上升到24%<sup>[10]</sup>。目前临床常用的测量角膜曲率的仪器主要有 IOL Master700 光学生物测量仪及 Pentacam 三维眼前节分析仪,现有较多文献对比研究两者测量出的模拟角膜曲率,而新一代 IOL Master700 TK 实现了角膜后表面曲率及全角膜曲率的直接测量,其应用于临床的可靠性有待进一步验证<sup>[11]</sup>,所以本研究对 IOL Master700 及 Pentacam 分别测量白内障患者前表面、后表面及全角膜曲率和散光度数进行了综合对比分析。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

收集 2023 年 6 月至 2023 年 10 月在山东第一医科大学附属省立医院东院区眼科门诊就诊且拟行超声乳化白内障摘除术及 IOL 植入术的白内障患者 115 例 203 眼。

纳入标准:①临床诊断为白内障;②患者意识良好,沟通无障碍,可以配合检查;③患者固视良好,眼压正常。

排除标准:①眼部外伤史及内眼手术患者;②伴有白内障以外的其他眼部疾病,如:翼状胬肉、角膜炎、干眼、青光眼、角膜瘢痕等;③佩戴角膜塑形镜及近视激光手术患者;④视力低下、眼球震颤,眼底病等无法固视的患者。本次研究遵循《赫尔辛基宣言》原则,并经山东第一医科大学附属省立医院伦理委员会批准[SWYX:NO.2024-527],全部患者知情同意。

### 1.2 数据采集及记录方法

术前检查患者完成所有白内障手术相关检查,

例如视力、眼压、电脑验光、眼底照相、光学相干断层扫描(optical coherence tomography, OCT)、角膜内皮细胞计数及眼部 AB 超等。所有患者在正常瞳孔下,由同一名技师在暗室下分别进行 IOL Master700 与 Pentacam 检查,检查时患者取坐位,下巴紧贴下颌托,额头紧贴额托,双眼同时睁开并放松,注视固视标,对焦后嘱患者瞬目保持角膜湿润,然后进行测量。IOL Master700 测量结束,信号质量指示灯均为绿色“√”,角膜曲率图像上 18 点均显现,无扭曲或缺失,固视确认图像为黄斑中心凹,记录角膜前表面曲率(simulated keratometry, simK)、后表面曲率及全角膜曲率(total keratometry, TK)的陡峭角膜曲率(steep keratometry, Ks),平坦角膜曲率(flat keratometry, Kf),平均角膜曲率(mean keratometry, Km)及角膜散光度 $\Delta K$ 。Pentacam 测量结束,质量参数(Quality specification, QS)显示“OK”,测量结果可信,可用于临床诊断,然后采集前表面模拟曲率 simk( $n=1.3375, 15^\circ$ )、后表面曲率及全角膜屈光力(total corneal refractive power, TCRP)(4 mm)的 Ks、Kf、Km 及 $\Delta K$ 。

### 1.3 统计学处理

采用 GraphPad Prism 软件处理数据。所有计量资料呈正态分布且方差齐,数据均以 $\bar{x}\pm s$ 表示,两种仪器同一组数据间的差异性比较采用配对  $t$  检验,采用 pearson 相关性分析进行相关性检验;采用 Bland-Altman 检验两种仪器同一组数据的一致性,以 95%LoA 为一致性评价指标。检验水准 $\alpha=0.05$ , $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 基本资料

本研究共收集患者 115 例 203 眼,其中男 56 例 99 眼(48.8%)、女 59 例 104 眼(51.2%);双眼病例 88 例、单眼病例 27 例;27~92 岁,平均( $60.60\pm 1.42$ )岁;平均眼轴长度( $23.9\pm 0.12$ )mm;平均前房深度( $3.05\pm 0.03$ )mm。

## 2.2 IOL Master700 与 Pentacam 测量角膜曲率和散光度的差异性

IOL Master700 与 Pentacam 测量角膜曲率和散光度的结果,见表 1。

表 1 IOL Master700 与 Pentacam 测量角膜曲率和散光度的结果比较

Table 1 Comparative analysis of corneal keratometry and astigmatism measurements between IOL Master700 and Pentacam

测量位置	角膜参数	IOL Master700 (光学生物测量仪)	Pentacam (三维眼前节分析仪)	<i>t</i>	<i>P</i>
角膜前表面	Ks	45.179±0.128	45.120±0.130	0.322	0.747 4
	Kf	44.344±0.131	44.335±0.130	0.050	0.960 3
	Km	44.762±0.128	44.727±0.128	0.194	0.846 0
	Δk	0.835±0.043	0.785±0.043	0.823	0.411 3
角膜后表面	Ks	-6.102±0.021	-6.604±0.022	16.352	<0.001
	Kf	-5.855±0.019	-6.333±0.021	17.070	<0.001
	Km	-5.980±0.019	-6.469±0.021	17.051	<0.001
	Δk	0.247±0.009	0.271±0.009	1.846	0.065 7
全角膜	Ks	45.253±0.126	45.006±0.135	1.344	0.179 8
	Kf	44.340±0.134	44.128±0.136	1.114	0.265 8
	Km	44.798±0.128	44.567±0.133	1.252	0.211 4
	Δk	0.913±0.045	0.879±0.043	0.559	0.576 6

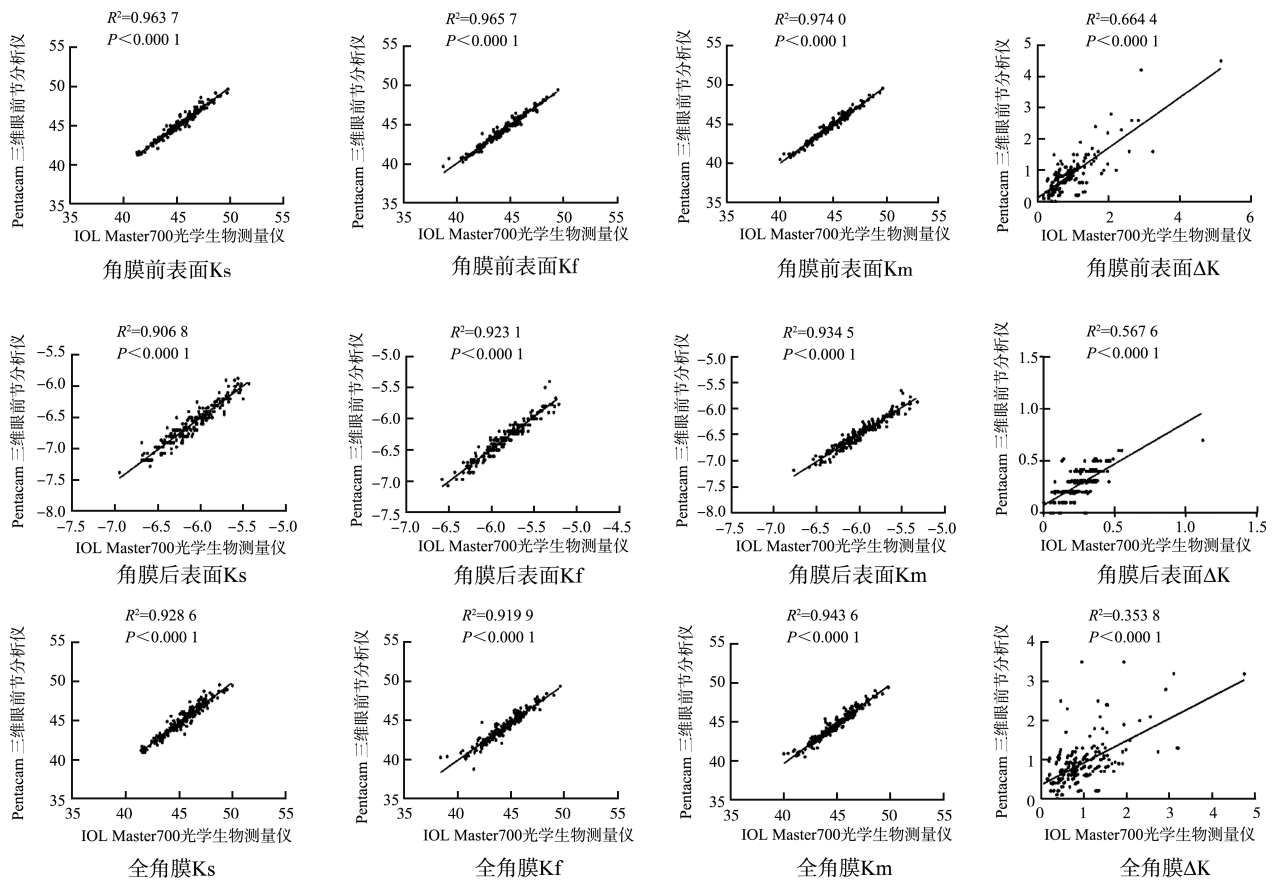


图 1 IOL Master700 与 Pentacam 测量角膜曲率和散光度的相关性分析结果

Figure 1 Correlation analysis results of corneal keratometry and astigmatism measurements between IOL Master700 and Pentacam

## 2.3 IOL Master700 与 Pentacam 测量角膜曲率和散光度的相关性

IOL Master700 与 Pentacam 测量角膜曲率和散光度的相关性结果见图 1。

## 2.4 IOL Master700与Pentacam测量角膜曲率和散光度的一致性分析

IOL Master700与Pentacam测量角膜曲率和散光度的一致性分析结果,见图2。

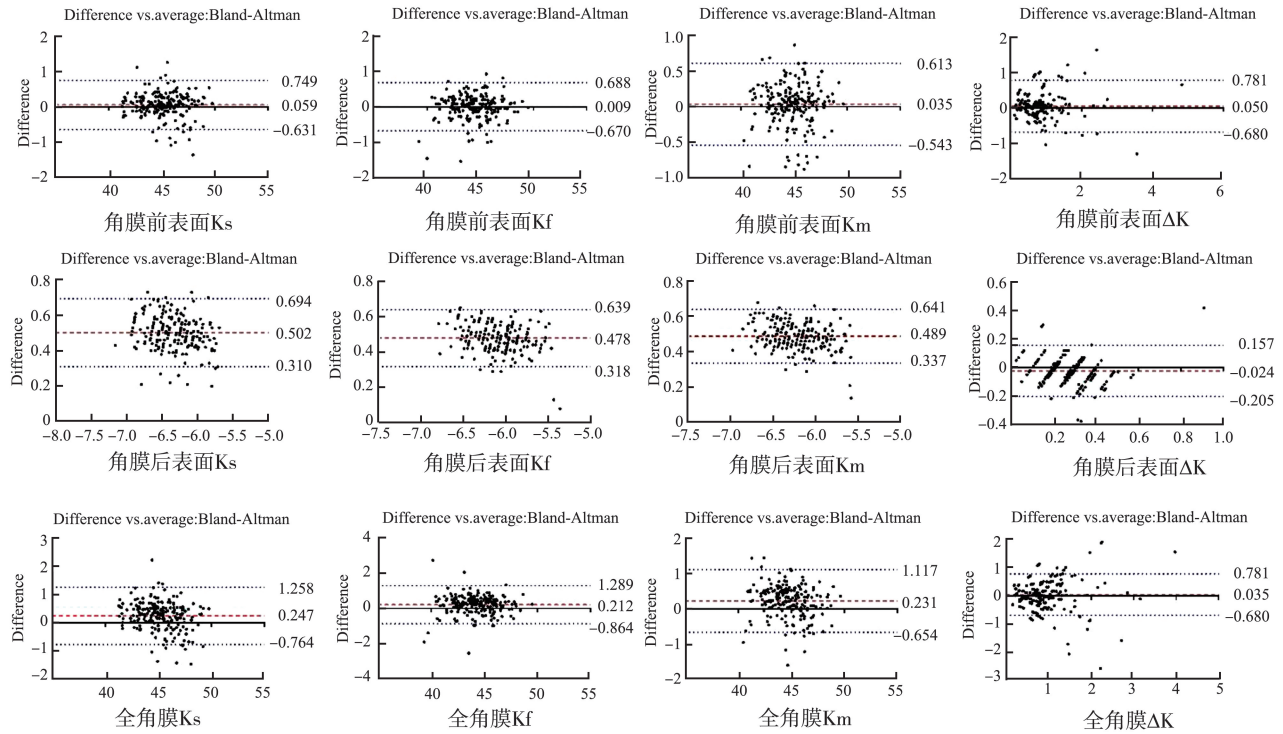


图2 IOL Master700与Pentacam测量角膜曲率和散光度的一致性分析

Figure 2 Consistency analysis of corneal keratometry and astigmatism measurements between IOL Master700 and Pentacam

## 3 讨论

屈光性白内障手术患者对术后视觉质量的期望大幅提高,术前光学生物测量的准确性显得尤为重要<sup>[12]</sup>。Placido盘技术及Scheimpflug照相技术开始深入应用于临床<sup>[13]</sup>,眼科医生对角膜特性的研究也越来越深入。既往白内障术前角膜曲率测量的重点常局限于角膜前表面,而最新研究及手术经验提示我们角膜后表面曲率和全角膜曲率的测量对人工晶状体度数的测算也有很大影响<sup>[14-15]</sup>。

作为非接触性检查工具的IOL Master700与Pentacam被广泛应用于眼科临床工作,因为两种仪器采用不一样的测量原理,所以我们对这两种测量结果的准确性进行对比和分析具有重要的临床应用价值。IOL Master700使用950 nm光源在角膜三个区域投射18点,采用六点描记法,在2.5 mm范围角膜内,通过计算对角线的长度和模拟椭圆形进行陡峭角膜曲率和平坦角膜曲率的屈光力和轴位的计算<sup>[16]</sup>,IOL Master700TK则是结合远心光学三区域角膜曲率和扫频OCT技术直接得出包含角膜前后表面的总角膜曲率。TK的出现为生物测量带来新的参考点。这种基于光学原理测量的眼部各种参

数<sup>[17]</sup>,也可避免测量参数通过编程分析被压缩精简和错误评估<sup>[18]</sup>。Pentacam是一台三维Scheimpflug照相机,该相机较普通相机聚焦景深大、获得图像更清晰,可在2秒内360°匀速旋转状态下采集50张图像,捕捉138 000数据点,有效避免鼻侧阴影获得可靠的角膜中心数据,计算机以角膜顶点为原点三维重建眼前节结构<sup>[19-20]</sup>。Pentacam使用光线追踪原理测量TCRP,且可以选取角膜上任意直径大小的范围计算角膜曲率<sup>[21]</sup>,本文中pentacam测量角膜前表面曲率和角膜后表面曲率均采集角膜中央15°环上的曲率,全角膜曲率采集角膜中央4 mm环上的曲率。Pentacam 4 mm环上的角膜测量范围大,更接近于真实数值,临床中较为常用,但部分研究显示其与IOL Master700在2.5 mm范围内的角膜测量值有一定的差距,后续此类研究可同时加选Pentacam 3 mm环上的数据,使得对比研究的结果更加全面可靠。

本研究分析对比了IOL Master700与Pentacam在测量角膜前表面Ks、Kf及Km的差异性、相关性及一致性,结果显示两种仪器测量的Ks、Kf及Km差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),两者有较好的相关性,两者的一致性也很高,差异均值接近于0,95%LoA范围窄,在临床中两者可替换使用。Tañá-Rivero等<sup>[22]</sup>、

陈果等<sup>[23]</sup>及武静等<sup>[24]</sup>多项国内外研究均报道 IOL Master700 与 Pentacam 在白内障摘除联合 IOL 植入术前测量前表面曲率无明显差别,这一研究结果与本研究结果一致。Karmiris 等<sup>[25]</sup>研究表明 IOL Master700 与 Pentacam 在测量屈光术后角膜前表面曲率方面一致性差,不建议临床互换,且 Chalkiadaki 等<sup>[26]</sup>使用 Master700 与 Pentacam 分别测量了 15 例圆锥角膜患者的 Ks 与 Kf,两者的结果仍具有差异性,该部分研究结果与本研究结果不一致,可能与研究对象的选择不一样有关系,无论是屈光手术术后患者还是圆锥角膜患者,他们的角膜解剖结构发生了一定的改变,这些研究眼相对于未经过角膜手术的健康眼更难精准测量。以上研究表明在临床使用时,角膜状态良好时两种仪器测量结果可信度高一致性好,可替换使用,但角膜疾病患者测量角膜曲率时应多种仪器测量,综合判定谨慎选择测量结果。

在本研究中,IOL Master700 与 Pentacam 测量的全角膜曲率显示差异无统计学意义,其中相关性及一致性的结果均处于角膜前表面屈光力与角膜后表面屈光力结果的中间,在临床可接受的范围内,这个结果可能与后表面曲率测量的差异有关系。Savini 等<sup>[27]</sup>和 Shajari 等<sup>[28]</sup>也报道 IOL Master700 与 Pentacam 测量的全角膜曲率一致性好。王婷婷等<sup>[29]</sup>研究表明 IOL Master700 与 Pentacam 测量的全角膜曲率差异有统计学意义,一致性较差,该研究结果与本研究不同的原因大概与样本数量有关系。Kern 等<sup>[30]</sup>分析 Pentacam 测量的全角膜曲率计算出的散光晶体度数比使用 IOL Master 测量的前角膜曲率的计算结果更精准,两个研究结合起来推断单一使用 IOL Master 700 测量的全角膜屈光力进行测算散光晶体度数就可以更好的预估 IOL 度数,我们后续也会完善研究再去验证。测量技术的不断创新让医生可以直接测量出全角膜曲率,无需再使用公式修正而是最真实角膜条件的直接体现,结合以上研究显示两种仪器测量出的全角膜曲率无明显差异,进一步说明这种真实的角膜曲率的准确性,也为更精准的人工晶状体测算提供了保证。另外,由于角膜后表面折射率(1.367)与房水的折射率(1.336)差异较小导致后表面曲率很难测量<sup>[31]</sup>,在既往研究中有较少文章分析对比这两种仪器测量角膜后表面曲率的差异,在本研究中,我们不仅对比了角膜前表面曲率和全角膜曲率还对比了后角膜曲率。研究表明 Pentacam 测量角膜后表面的 Ks、Kf、Km 的结果均大于 IOL Master700 测量的结果,一致性分析较差,但两者的相关性较好,造成这个结果的原因应该

是两种仪器的测量原理不同,临床上不建议这两种测量结果互换使用。

对于两种仪器测量的散光度( $\Delta k$ )结果分析显示,无论角膜前、后表面 $\Delta k$ 还是全角膜 $\Delta k$ 差异性均无统计学意义( $P>0.05$ ),相关性不如角膜曲率的相关性好,一致性较差。马山等<sup>[32]</sup>研究显示 IOL-master700 与 Pentacam 测量出的角膜散光度未见明显差异,相关性及其一致性检验均显示良好。Shajari 等<sup>[33]</sup>报道两种仪器测量出的角膜散光无明显差异。Asena 等<sup>[34]</sup>研究表明 Master700 测量出的角膜散光较 Pentacam 测量出的角膜散光大,但由于差异很小不足以影响 IOL 度数的测量。Sel 等<sup>[35]</sup>及 Ozyol 等<sup>[36]</sup>均将散光转化为 J0、J45 进行比较,全面考虑了散光度和轴向的影响,结果依旧显示两种仪器的差异无统计学意义。既往文献表明约 15%~29% 的白内障患者术前角膜散光 $\geq 1.5 D$ <sup>[37]</sup>,而 $>0.5 D$ 的角膜散光就会显著影响视觉质量<sup>[11]</sup>,角膜散光已成为屈光白内障术后视觉质量不佳的重要影响因素之一,精准的术前角膜散光测量可以减少 Toric IOL 植入术后残余散光,本研究显示两种仪器测量的散光数据差异性虽小,但两者联合分析才能够对角膜散光做出更好的评估。

本研究仍存在部分不足之处,研究病例数量相对较少,未对年龄分组进行统计比较,未将近视激光术后、角膜外伤术后或健康眼纳入研究进行分析对比,而且我们只在研究中分析对比了散光度,未全面考虑散光和轴向的关系进行矢量转换。在后续研究中,我们将纳入更多数量的多种病种的测量结果进行研究,充分考虑年龄对角膜参数的影响,并将散光度 $\Delta k$ 通过傅立叶矢量转换成散光矢量值进行分析,进一步对比两种仪器的差异性,寻找角膜曲率测量的金标准,为临床医生提供更多的应用参考。

综上所述,IOL Master700 与 Pentacam 对白内障患者角膜屈光力及散光的测量,角膜前表面屈光力方面差异性小,一致性好;其次是在测量全角膜屈光力方面差异性较小,一致性较好;在测量角膜后表面屈光力方面存在差异,一致性较差,不建议临床互换;在测量角膜前后表面及全角膜散光度方面,差异性较小,但一致性较差。总体来说,两种仪器测量数据一致性较好,临床使用时可相互参考,全面分析角膜参数,综合评估测量结果,使测量结果最优化,提高患者白内障术后的视觉质量。

## 参考文献:

[1] 李璟,张辉,王晶.不同人工晶状体植入对视觉质量影

- 响的临床研究[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2022, 36(2): 90-95.
- LI Jing, ZHANG Hui, WANG Jing. A clinical study on the effect of using different intraocular lens implants on visual quality[J]. Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University, 2022, 36(2): 90-95.
- [2] Du Y, Meng JQ, He WW, et al. Challenges of refractive cataract surgery in the era of myopia epidemic: a mini-review[J]. Front Med, 2023, 10: 1128818. doi: 10.3389/fmed.2023.1128818.
- [3] 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[J]. BMC Ophthalmol, 2023, 23: 346. doi: 10.1186/s12886-023-03094-x.
- [4] Astrid Lucero Espinosa Soto, Jimena Ceja Martinez, Rosario Gulias-Canizo, et al. Accuracy of Astigmatism Calculation with the Barrett, Panacea, and enVista Toric Calculators [J]. Life, 2023, 13(10): 2009. doi: 10.3390/life13102009.
- [5] 卢奕, 竺向佳. 屈光性白内障手术任重而道远[J]. 中华眼科杂志, 2022, 58(7): 481-486.
- LU Yi, ZHU Xiangjia. Perfect refractive cataract surgery: still a long way to go[J]. Chinese Journal of Ophthalmology, 2022, 58(7): 481-486.
- [6] de Bernardo M, Borrelli M, Imperato R, et al. Anterior chamber depth measurement before and after photorefractive keratectomy. Comparison between IOLMaster and Pentacam[J]. Photodiagnosis Photodyn Ther, 2020, 32: 101976. doi:10.1016/j.pdpdt.2020.101976.
- [7] Li ZY, Guo R, Hu XM, et al. Comparison of cataract patients with regular corneal astigmatism after implantation of extended range-of-vision and bifocal toric intraocular lenses[J]. Front Med, 2023, 10: 1105876. doi:10.3389/fmed.2023.1105876.
- [8] Goto S, Maeda N. Corneal topography for intraocular lens selection in refractive cataract surgery[J]. Ophthalmology, 2021, 128(11): 142-152.
- [9] 毕宏生. 精准屈光性白内障手术规划[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2017, 31(4): 1-4.
- BI Hongsheng. Design of treatment protocol in refractive cataract surgery is important for postoperative visual outcomes [J]. J Otolaryngol Ophthalmol Shandong Univ, 2017, 31(4): 1-4.
- [10] 杨文利. 屈光性白内障手术的手术前规划与进展[J]. 中国眼耳鼻喉科杂志, 2022, 22(5): 435-438.
- YANG Wenli. Preoperative planning and progress of refractive cataract surgery [J]. Chinese Journal of Ophthalmology and Otorhinolaryngology, 2022, 22(5): 435-438.
- [11] 廖珊, 刘可. 白内障术前角膜散光检查的新进展[J]. 国际眼科杂志, 2022, 22(7): 1123-1126.
- LIAO Shan, LIU Ke. Development of approaches to assess corneal astigmatism before cataract surgery [J]. International Eye Science, 2022, 22(7): 1123-1126.
- [12] Yang Z, Zhou YW, Jin TR, et al. An evaluation of the accuracy of toric intraocular lens power calculation based on measured total corneal refractive power[J]. Indian J Ophthalmol, 2023, 71(2): 541-546.
- [13] Cummings AB, Naughton S, Coen AM, et al. Comparative analysis of swept-source optical coherence tomography and partial coherence interferometry biometers in the prediction of cataract surgery refractive outcomes[J]. Clin Ophthalmol, 2020, 14: 4209-4220. doi:10.2147/OPHTH.S278589.
- [14] Kaushik J, Singh A, Bhatta S, et al. Posterior keratometry changes after steep axis phacoemulsification: a prospective study[J]. Rom J Ophthalmol, 2023, 67(3): 275-282.
- [15] Kanclerz P, Khoramnia R, Wang XG. Current developments in corneal topography and tomography[J]. Diagnostics, 2021, 11(8): 1466. doi: 10.3390/diagnostics11081466.
- [16] 陶露莎, 董登昊, 郎敏, 等. CASIA2 与 IOL Master 700 测量白内障患者角膜屈光力及散光的差异性和一致性[J]. 国际眼科杂志, 2023, 23(6): 1017-1023.
- TAO Lusha, DONG Denghao, LANG Min, et al. Difference and consistency of corneal refractive power and astigmatism in cataract patients measured by CASIA2 and IOL Master 700 [J]. International Eye Science, 2023, 23(6): 1017-1023.
- [17] Ferrer-Blasco T, Domínguez-Vicent A, Esteve-Taboada JJ, et al. Evaluation of the repeatability of a swept-source ocular biometer for measuring ocular biometric parameters[J]. Albrecht Von Graefes Arch Fur Klin Und Exp Ophthalmol, 2017, 255(2): 343-349.
- [18] Chen XY, Wu QR, Xie MY, et al. Bibliometric analysis of research relating to refractive cataract surgery over a 20-year period: from 2003 to 2022 [J]. Int J Ophthalmol, 2023, 16(10): 1692-1701.
- [19] Owusu S, Zaabaar E, Kwarteng MA, et al. Scheimpflug-derived keratometric, pachymetric and pachymetric progression indices in the diagnosis of keratoconus: a systematic review and meta-analysis [J]. Clin Ophthalmol, 2023, 17: 3941-3964. doi:10.2147/OPHTH.S436492.
- [20] Sardari S, Khabazkhoob M, Jafarzadehpour E, et al. The repeatability of axial length measurements using a scheimpflug-based system[J]. J Ophthalmic Vis Res, 2023, 18(4): 396-404.
- [21] 唐唯, 李元彬. 屈光性白内障手术新进展[J]. 山东大

学耳鼻喉眼学报, 2019, 33(2):149-158.

TANG Wei, LI Yuanbin. New progress in refractive cataract surgery [J]. J Otolaryngol Ophthalmol Shandong Univ, 2019, 33(2): 149-158.

[22] Tañá-Rivero P, Aguilar-Córcoles S, Tello-Elordi C, et al. Agreement between 2 swept-source OCT biometers and a Scheimpflug partial coherence interferometer[J]. J Cataract Refract Surg, 2021, 47(4): 488-495.

[23] 陈果, 李霄, 郑广瑛. 三种仪器测量白内障术前角膜生物学参数的比较[J]. 国际眼科杂志, 2021, 21(7): 1261-1265.

CHEN Guo, LI Xiao, ZHENG Guangying. Comparison of three instruments for measuring corneal biological parameters before cataract surgery[J]. International Eye Science, 2021, 21(7): 1261-1265.

[24] 武静, 高鹏, 范建武, 等. Verion 数字导航系统与 IOLMaster700、Pentacam 白内障摘除手术前测量角膜散光的比较研究[J]. 中华眼科杂志, 2020, 56(1):47-52.

WU Jing, GAO Peng, FAN Jianwu, et al. Comparison of keratometric measurements obtained by the Verion image guided system with the IOLMaster and the Pentacam before cataract extraction surgery[J]. Chinese Journal of Ophthalmology, 2020, 56(1):47-52.

[25] Karmiris E, Gartaganis PS, Ntravalias T, et al. Agreement between swept-source optical biometry and Scheimpflug-based tomography in eyes with previous myopic refractive surgery [J]. Saudi J Ophthalmol, 2022, 36(2): 229-236.

[26] Chalkiadaki E, Gartaganis PS, Ntravalias T, et al. Agreement in anterior segment measurements between swept-source and Scheimpflug-based optical biometries in keratoconic eyes: a pilot study [J]. Ther Adv Ophthalmol, 2022, 14: 25158414211063283. doi:10.1177/25158414211063283.

[27] Savini G, Taroni L, Schiano-Lomoriello D, et al. Repeatability of total Keratometry and standard Keratometry by the IOLMaster 700 and comparison to total corneal astigmatism by Scheimpflug imaging[J]. Eye, 2021, 35(1): 307-315.

[28] Shajari M, Sonntag R, Ramsauer M, et al. Evaluation of total corneal power measurements with a new optical biometer[J]. J Cataract Refract Surg, 2020, 46(5): 675-681.

[29] 王婷婷, 王抒阳, 张敏, 等. CASIA2、IOLMaster 700 和 Pentacam 对白内障眼角膜屈光力及散光测量的比较 [J]. 中华实验眼科杂志, 2022, 40(11): 1055-1061.

WANG Tingting, WANG Shuyang, ZHANG Min, et al. Comparison of corneal refractive power and astigmatism measured by CASIA2, IOLMaster 700 and Pentacam in

cataract patients [J]. Chinese Journal of Experimental Ophthalmology, 2022, 40(11):1055-1061.

[30] Kern C, El Kaissi L, Kortuem K, et al. Comparing refractive outcomes of a standard industry toric IOL calculator using anterior corneal astigmatism and total corneal refractive power [J]. Albrecht Von Graefes Arch Fur Klin Und Exp Ophthalmol, 2020, 258(2): 345-350.

[31] Muzyka-Woźniak M, Oleszko A, Grzybowski A. Measurements of anterior and posterior corneal curvatures with OCT and scheimpflug biometers in patients with low total corneal astigmatism [J]. J Clin Med, 2022, 11(23): 6921. doi:10.3390/jcm11236921.

[32] 马山, 刘秀花, 姜雅琴. IOLMaster700 光学生物测量仪与 Pentacam 三维眼前节分析仪检测白内障患者眼部参数的临床研究 [J]. 中华眼科医学杂志(电子版), 2021, 11(5): 280-285.

MA Shan, LIU Xiuhua, JIANG Yaqin. Comparisons of biometric parameters measurements by Pentacam and IOLMaster700 in cataract patients [J]. Chinese Journal of Ophthalmologic Medicine (Electronic Edition), 2021, 11(5): 280-285.

[33] Shajari M, Cremonese C, Petermann K, et al. Comparison of axial length, corneal curvature, and anterior chamber depth measurements of 2 recently introduced devices to a known biometer [J]. Am J Ophthalmol, 2017, 178: 58-64. doi:10.1016/j.ajo.2017.02.027.

[34] Asena L, Akman A, Güngör SG, et al. Comparison of keratometry obtained by a swept source OCT-based biometer with a standard optical biometer and scheimpflug imaging [J]. Curr Eye Res, 2018, 43(7): 882-888.

[35] Sel S, Stange J, Kaiser D, et al. Repeatability and agreement of Scheimpflug-based and swept-source optical biometry measurements [J]. Cont Lens Anterior Eye, 2017, 40(5): 318-322.

[36] Özyol P, Özyol E. Agreement between swept-source optical biometry and scheimpflug-based topography measurements of anterior segment parameters [J]. Am J Ophthalmol, 2016, 169: 73-78. doi:10.1016/j.ajo.2016.06.020.

[37] 范巍, 张广斌. 飞秒激光辅助超乳联合 Toric IOL 植入术矫正高度近视白内障合并角膜规则散光 [J]. 国际眼科杂志, 2023, 23(2): 325-328.

FAN Wei, ZHANG Guangbin. Femtosecond laser-assisted cataract phacoemulsification combined with Toric intraocular lenses implantation in correction of high myopia cataract and corneal astigmatism [J]. International Eye Science, 2023, 23(2): 325-328.

(编辑:李伟)