

CASIA2、IOLMaster 700 和 Pentacam 对白内障眼角膜屈光力及散光测量的比较

王婷婷 王抒阳 张敏 秦鲁宁 林松

天津医科大学眼科医院 天津医科大学眼视光学院 天津医科大学眼科研究所 国家眼耳鼻喉疾病临床医学研究中心天津市分中心 天津市视网膜功能与疾病重点实验室, 天津 300384
通信作者: 林松, Email: linsong123123@sina.com

【摘要】 目的 比较 CASIA2、IOLMaster 700 和 Pentacam 测量年龄相关性白内障患者角膜前表面和全角膜屈光力及散光的差异性和一致性。方法 采用诊断试验研究方法, 收集 2021 年 3—4 月在天津医科大学眼科医院就诊的年龄相关性白内障患者 200 例 200 眼, 分别采用 CASIA2、IOLMaster 700 和 Pentacam 测量角膜前表面及全角膜的陡峭轴角膜曲率 (Ks)、平坦轴角膜曲率 (Kf) 及平均角膜曲率 (Km)、散光度数及轴向。采用傅里叶转换公式将散光矢量转换成 J0 和 J45。3 种仪器测量值的差异和相关性分析分别采用重复测量单因素方差分析和 Pearson 相关分析, 一致性评估采用 Bland-Altman 一致性检验。结果 CASIA2、IOLMaster 700 和 Pentacam 测量的角膜前表面 Kf 和 J0 总体比较差异均有统计学意义 ($F=18.563, 16.172$, 均 $P=0.001$), CASIA2 测量 Kf 值大于 IOLMaster 700, IOLMaster 700 测量 J0 值明显大于 Pentacam, 差异均有统计学意义 (均 $P<0.05$)。各仪器测量全角膜 Ks、Kf、Km、J0 总体比较差异均有统计学意义 ($F=1300.447, 1274.117, 1609.713, 10.372$, 均 $P=0.001$), 其中 IOLMaster 700 测量值最大, CASIA2 次之, Pentacam 最小, 两两比较差异均有统计学意义 (均 $P<0.05$)。Pearson 相关分析显示, 3 种仪器测量角膜屈光力具有较强的相关性 (均 $r>0.935, P<0.01$), 散光度数值相关性均弱于角膜屈光力测量值 ($r=0.623\sim 0.908$, 均 $P<0.01$)。Bland-Altman 分析显示 3 种仪器测量角膜前表面屈光力、角膜前表面散光及全角膜散光有较好的一致性, 均在临床可接受范围, 而测量全角膜屈光力的一致性较差。其中, IOLMaster 700 与 Pentacam 测量全角膜屈光力值差异较大, CASIA2 与 Pentacam 差异相对较小。结论 CASIA2、IOLMaster 700 和 Pentacam 测量年龄相关性白内障患者角膜前表面屈光力及散光一致性较好, 可以互相参考, 而测量全角膜屈光力的一致性较差, 其中 IOLMaster 700 测量值最大, Pentacam 测量值最小, 临床上不建议互换。

【关键词】 白内障; 体层摄影术, 光学相干; 角膜地形图; 散光; 角膜屈光力

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20210730-00435

Comparison of corneal refractive power and astigmatism measured by CASIA2, IOLMaster 700 and Pentacam in cataract patients

Wang Tingting, Wang Shuyang, Zhang Min, Qin Luning, Lin Song

Tianjin Key Laboratory of Retinal Functions and Diseases, Tianjin Branch of National Clinical Research Center for Ocular Disease, Eye Institute and School of Optometry, Tianjin Medical University Eye Hospital, Tianjin 300384, China
Corresponding author: Lin Song, Email: linsong123123@sina.com

【Abstract】 Objective To compare the difference and consistency of anterior corneal surface and total corneal refractive power and astigmatism measured by CASIA2, IOLMaster 700 and Pentacam in patients with age-related cataract. **Methods** A diagnostic test was conducted. Two-hundred patients (200 eyes) with age-related cataract were enrolled in Tianjin Medical University Eye Hospital from March to April 2021. The steep keratometry (Ks), flat keratometry (Kf), mean keratometry (Km), degree and axis of astigmatism of the anterior and the total corneal surface of patients were measured by CASIA2, IOLMaster 700 and Pentacam, respectively. The astigmatism was transformed into J0 and J45 by Fourier transform formula. The differences and correlation of the measurements obtained with the three instruments were analyzed by one-way repeated measures analysis of variance and Pearson correlation analysis. The consistency was evaluated by Bland-Altman test. This study adhered to the Declaration of Helsinki. The study protocol was approved by the Ethics Committee of Tianjin Medical University Eye Hospital (No. 2021KY-07). **Results** There were statistically significant differences in anterior corneal surface Kf and J0 measured by the three instruments ($F=18.563, 16.172$; both at $P=0.001$). The Kf measured by CASIA2 was significantly higher than that measured by IOLMaster 700, and the J0 measured by IOLMaster 700 was significantly higher than that measured by Pentacam (both at $P<0.05$). There were statistically significant differences in total

corneal Ks, Kf, Km and J0 measured by the three instruments, which from IOLMaster 700 were the largest, followed by CASIA2, then Pentacam ($F = 1\ 300.447, 1\ 274.117, 1\ 609.713, 10.372$; all at $P = 0.001$). Pearson correlation analysis showed that the corneal refractive power measured by the three instruments was highly correlated (all at $r > 0.935, P < 0.01$), and the correlation of astigmatism values was weaker than the corneal refractive power ($r = 0.623-0.908$, all at $P < 0.01$). Bland-Altman analysis showed that the three instruments had good consistency in measuring the anterior corneal surface refractive power, anterior corneal surface astigmatism and total corneal astigmatism, which were clinically acceptable, while the consistency of total corneal refractive power measurement was poor. The difference in measuring total corneal refractive power was large between IOLMaster 700 and Pentacam, and relatively small between CASIA2 and Pentacam. **Conclusions** The consistency of CASIA2, IOLMaster 700 and Pentacam is good in measuring the anterior corneal surface refractive power of patients with age-related cataract, which can be substitutable, but poor in measuring the total corneal refractive power. The total corneal refractive power measurement from IOLMaster700 is the largest, the smallest from Pentacam, which is not recommended to be clinically exchangeable.

[Key words] Cataract; Tomography, optical coherence; Corneal topography; Astigmatism; Corneal refractive power

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20210730-00435

随着角膜屈光手术和人工晶状体 (intraocular lens, IOL) 植入术的不断发展, 精确的角膜生物学测量对术后视觉质量的提高至关重要。术前角膜屈光力和散光的精准测量是精确计算 IOL 屈光力的前提, 也是术后获得良好视觉质量的基础。全角膜屈光力包括角膜前表面屈光力和角膜后表面屈光力。以往仅用角膜前表面屈光力和角膜屈光指数模拟全角膜屈光力。近年来, 随着生物测量仪器的发展, 可以真实地测量角膜前、后表面的屈光力及散光, 为 IOL 屈光力的计算, 特别是 Toric IOL 等其他高端 IOL 屈光力的计算及手术切口选择提供更准确的手术依据。三维眼前节分析仪 Pentacam 使用 Scheimpflug 相机旋转摄像获取三维眼前节图像, 可提供不同直径范围环上和区域内的前后表面角膜屈光力、净屈光力、总角膜屈光力等数据, 已广泛应用于临床 Toric IOL 屈光力计算。近年, 新一代扫频源眼前节光相干断层扫描仪 CASIA2 问世并受到广泛关注, 其应用低相干光干涉原理实现眼前节断层结构显示及生物学测量, 具有更快的扫描速度和更高的分辨率, 可提供角膜前后表面及全角膜的屈光力及散光、前房结构、晶状体厚度等方面的数据^[1]。IOLMaster 700 是一种扫频光学生物测量仪, 具有高信噪比、长波长、更好的组织穿透力及更快的扫描速度, 能测量角膜屈光力、中央角膜厚度、前房深度、白到白距离、瞳孔直径、眼轴长度和晶状体厚度, 被认为是 IOL 屈光力计算的“金标准”^[2]; 其最新版本的测量软件增加了角膜后表面和全角膜屈光力及散光的测量。由于 CASIA2 设备及 IOLMaster 700 最新版软件均刚投入使用, 其测量全角膜屈光力的准确性研究较少。本研究拟分析 CASIA2、IOLMaster 700 及 Pentacam 测量角膜前表面和全角膜屈光力及散光的差异性、相关性

及一致性, 为其临床应用提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用诊断试验研究方法, 纳入 2021 年 3—4 月在天津医科大学眼科医院就诊的年龄相关性白内障患者 200 例 200 眼, 其中男 83 例 83 眼, 女 117 例 117 眼; 年龄 41~85 岁, 平均 (67.9±10.4) 岁。纳入标准: 可配合进行 CASIA2、IOLMaster 700 及 Pentacam 检查的年龄相关性白内障患者。排除标准: (1) 不规则散光患者; (2) 患有干眼、角膜炎、翼状胬肉、角膜瘢痕、圆锥角膜等眼表疾病, 或合并青光眼、葡萄膜炎等其他眼部疾病者; (3) 长期佩戴角膜接触镜者; (4) 既往有眼科手术史或眼外伤史者; (5) 任何类型的眼球震颤导致无法固视目标者。本研究遵循《赫尔辛基宣言》, 并经天津医科大学眼科医院伦理委员会批准 (批文号: 2021KY-07), 所有患者知晓本试验目的及方法并签署知情同意书。

1.2 方法

所有患者在自然瞳孔状态下, 分别采用 CASIA2 (日本 Tomey 公司)、IOLMaster 700 (德国蔡司公司) 和 Pentacam (德国 Oculus 公司) 进行测量, 测量时间间隔大于 10 min, 以便受检者充分放松和泪膜恢复。所有检查均由同一经验丰富的技师完成。

1.2.1 CASIA2 检查 嘱受检者下颌置于下颌托上, 额头紧贴额托, 尽量睁大眼注视设备内部指示灯, 检查过程中避免眨眼。选择角膜地形图模式, 扫描深度 13 mm、宽度 16 mm, 手动辅助仪器对焦后进行扫描, 0.3 s 捕获 16 张三维眼前节图像, 只接受检测质量显示为“OK”的测量结果, 重复测量 3 次, 取平均值。

1.2.2 IOLMaster 700 检查 嘱受检者下颌置于下颌托,额部紧贴额托,瞬目后注视仪器内指示灯,对焦后仪器自动测量,扫描深度为 44 mm,扫描宽度在眼前节和视网膜分别为 6 mm 和 1 mm,扫频激光从 0°、30°、60°、90°、120°和 150°共 6 个不同方向进行平面扫描,依次获得角膜屈光力、前房深度、眼轴长度等数据,观察黄斑中心凹形态确认固视,重复测量 3 次,取平均值。

1.2.3 Pentacam 检查 嘱受检者下颌置于下颌托,额部紧贴额托,稳定坐姿,患者瞬目后固视仪器中的光源,选择 25 张扫描采集模式,手动对焦后,仪器在 2 s 内自动完成 360°旋转扫描,获得 50 张裂隙图像,完成眼前节三维重建和计算分析。检测质量应答为“OK”,重复测量 3 次,取平均值。

1.2.4 评价指标 记录 3 种仪器测得的角膜前表面屈光力及全角膜屈光力的陡峭轴角膜曲率 (steep keratometry, Ks)、平坦轴角膜曲率 (flat keratometry, Kf)、平均角膜曲率 (mean keratometry, Km)、角膜前表面散光 (anterior corneal astigmatism, AA) 及全角膜散光 (total corneal astigmatism, TA) 的散光度数及轴向,其中 Pentacam 选取角膜中央 15°环上角膜前表面及角膜中央 4 mm 环上的全角膜屈光力及散光。采用傅里叶转换公式对 AA 和 TA 的散光值和轴向进行矢量转换: $J0 = -(C/2) \cos(2\theta)$, $J45 = -(C/2) \sin(2\theta)$, 其中 $C = Kf - Ks$, θ 代表平坦轴轴位。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 23.0 和 MedCalc v20.014 统计学软件进行统计分析。计量资料经 Shapiro-Wilk 检验符合正态分布,以 $\bar{x} \pm s$ 表示,不同仪器测量结果的总体差异比较采用重复测量单因素方差分析,两两比较采用 LSD-*t* 检验;不同仪器间测量结果的相关性采用 Pearson 相关分析;不同仪器测量结果的一致性评估采用 Bland-Altman 一致性检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 3 种仪器测量值的差异性

在角膜前表面测量结果中,3 种仪器测量 Kf 及 J0 值总体比较,差异均有统计学意义 ($F = 18.563$ 、 16.172 , 均 $P = 0.001$), 其中 CASIA2 测量 Kf 值大于 IOLMaster 700, IOLMaster 700 测量 J0 值明显大于 Pentacam, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$), 但均在临床可接受范围内 (表 1)。在全角膜测量结果中,3 种仪器测量 Ks、Kf、Km 和 J0 值总体比较差异均有统计学意义 ($F = 1300.447$ 、 1274.117 、 1609.713 、 10.372 , 均 $P = 0.001$); 其中 IOLMaster 700 测量 Ks、Kf、Km 和 J0 值最大, CASIA2 次之, Pentacam 最小, 两两比较差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$) (表 2)。

2.2 3 种仪器测量值的相关性

3 种仪器测量前角膜及全角膜 Ks、Kf、Km 值具有较强的相关性 (均 $r > 0.935$, $P < 0.01$), 不同仪器测量的 AA 和 TA 散光值相关性均弱于屈光力测量值 ($r = 0.623 \sim 0.908$, 均 $P < 0.01$) (表 3, 4)。

表 1 3 种仪器测量角膜前表面屈光力及散光值比较 ($\bar{x} \pm s, D$)
Table 1 Comparison of anterior corneal refractive power and astigmatism measurements among three instruments ($\bar{x} \pm s, D$)

仪器	眼数	Ks	Kf	Km	AA	
					J0	J45
IOLMaster 700	200	44.88±1.66	43.94±1.61	44.42±1.60	-0.13±0.04	0.03±0.02
CASIA2	200	44.89±1.60	44.09±1.55 ^a	44.49±1.56	-0.06±0.03 ^a	0.01±0.02
Pentacam	200	44.89±1.66	44.02±1.63 ^{ab}	44.46±1.62	-0.04±0.03 ^{ab}	0.04±0.02
F 值		0.099	18.563	2.875	16.172	3.033
P 值		0.906	0.001	0.059	0.001	0.053

注:与 IOLMaster 700 测量值比较,^a $P < 0.05$;与 CASIA2 测量值比较,^b $P < 0.05$ (重复测量单因素方差分析, LSD-*t* 检验) Ks:陡峭轴角膜曲率;Kf:平坦轴角膜曲率;Km:平均角膜曲率;AA:角膜前表面散光

Note: Compared with IOLMaster 700, ^a $P < 0.05$; compared with CASIA2, ^b $P < 0.05$ (One-way repeated measures ANOVA, LSD-*t* test) Ks: steep keratometry; Kf: flat keratometry; Km: mean keratometry; AA: anterior corneal astigmatism

表 2 3 种仪器测量全角膜屈光力及散光值比较 ($\bar{x} \pm s, D$)
Table 2 Comparison of total corneal refractive power and astigmatism measurements among three instruments ($\bar{x} \pm s, D$)

仪器	眼数	Ks	Kf	Km	TA	
					J0	J45
IOLMaster 700	200	44.94±1.66	43.91±1.62	44.42±1.61	-0.23±0.04	0.00±0.02
CASIA2	200	43.83±1.58 ^a	42.96±1.52 ^a	43.40±1.52 ^a	-0.19±0.03 ^a	0.01±0.02
Pentacam	200	43.51±1.61 ^{ab}	42.55±1.61 ^{ab}	43.03±1.58 ^{ab}	-0.16±0.04 ^{ab}	0.03±0.02
F 值		1300.447	1274.117	1609.713	10.372	1.718
P 值		0.001	0.001	0.001	0.001	0.182

注:与 IOLMaster 700 测量值比较,^a $P < 0.05$;与 CASIA2 测量值比较,^b $P < 0.05$ (重复测量单因素方差分析, LSD-*t* 检验) Ks:陡峭轴角膜曲率;Kf:平坦轴角膜曲率;Km:平均角膜曲率;TA:全角膜散光

Note: Compared with IOLMaster 700, ^a $P < 0.05$; compared with CASIA2, ^b $P < 0.05$ (One-way repeated measures ANOVA, LSD-*t* test) Ks: steep keratometry; Kf: flat keratometry; Km: mean keratometry; TA: total corneal astigmatism

表 3 3 种仪器测量角膜前表面屈光力及散光值相关性
Table 3 Correlation of anterior corneal surface refractive power and astigmatism among three instruments

	各测量值 <i>r</i> 值				
	Ks	Kf	Km	J0	J45
IOLMaster 700 与 CASIA2	0.968 ^a	0.973 ^a	0.964 ^a	0.885 ^a	0.781 ^a
IOLMaster 700 与 Pentacam	0.969 ^a	0.978 ^a	0.963 ^a	0.866 ^a	0.766 ^a
CASIA2 与 Pentacam	0.951 ^a	0.963 ^a	0.952 ^a	0.878 ^a	0.665 ^a

注：^a*P* < 0.01 (Pearson 相关分析) Ks:陡峭轴角膜屈光力;Kf:平坦轴角膜屈光力;Km:平均角膜屈光力

Note: ^a*P* < 0.01 (Pearson correlation analysis) Ks: steep keratometry; Kf: flat keratometry; Km: mean keratometry

表 4 3 种仪器测量全角膜屈光力及散光值相关性
Table 4 Correlation of total corneal refractive power and astigmatism among three instruments

	各测量值 <i>r</i> 值				
	Ks	Kf	Km	J0	J45
IOLMaster 700 与 CASIA2	0.966 ^a	0.965 ^a	0.970 ^a	0.908 ^a	0.783 ^a
IOLMaster 700 与 Pentacam	0.959 ^a	0.963 ^a	0.967 ^a	0.885 ^a	0.783 ^a
CASIA2 与 Pentacam	0.938 ^a	0.935 ^a	0.943 ^a	0.869 ^a	0.623 ^a

注：^a*P* < 0.01 (Pearson 相关分析) Ks:陡峭轴角膜屈光力;Kf:平坦轴角膜屈光力;Km:平均角膜屈光力

Note: ^a*P* < 0.01 (Pearson correlation analysis) Ks: steep keratometry; Kf: flat keratometry; Km: mean keratometry

2.3 3 种仪器测量值的一致性

Bland-Altman 分析显示, 3 种仪器测量角膜前表面和全角膜屈光力及散光, 有 2.5% ~ 7.5% 的测量差值在 95% 一致性界限 (95% limits of agreement, 95% LoA) 外。3 种仪器测量角膜前表面屈光力差异均值线接近于 0, 95% LoA 范围较窄, 在临床可接受范围内。而全角膜屈光力差异均值线与 0 距离较远, 95% LoA 范围较宽, 其中 IOLMaster 700 与 Pentacam 测量全角膜 Ks、Kf、Km 的平均差值分别为 1.43、1.36 和 1.38 D, CASIA 2 与 Pentacam Ks、Kf、Km 的平均差值分别为 0.31、0.41 和 0.37 D, 但其 95% LoA 范围较宽。3 种仪器测量 AA 及 TA 差异均值线均接近于 0, 95% LoA 范围较窄, 在临床可接受范围内 (图 1, 2)。

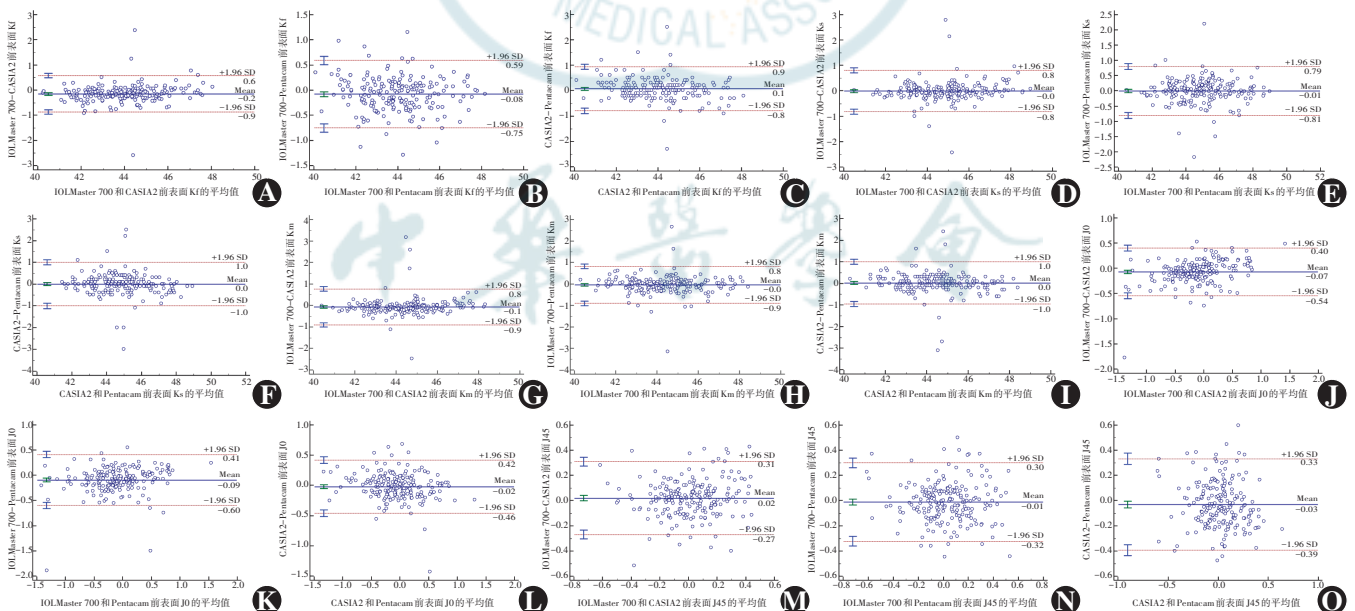


图 1 CASIA2, IOLMaster 700 及 Pentacam 测量角膜前表面屈光力及散光值的 Bland-Altman 一致性分析图 A~C: 测量 Kf 值一致性 D~F: 测量 Ks 值一致性 G~I: 测量 Km 值一致性 J~L: 测量 J0 值一致性 M~O: 测量 J45 值一致性 Kf: 平坦角膜曲率; Ks: 陡峭角膜曲率; Km: 平均角膜曲率

Figure 1 Bland-Altman plot of agreement of anterior corneal surface refractive power and astigmatism measured by CASIA2, IOLMaster 700 and Pentacam A~C: Agreement of Kf D~F: Agreement of Ks G~I: Agreement of Km J~L: Agreement of J0 M~O: Agreement of J45 Kf: flat keratometry; Ks: steep keratometry; Km: mean keratometry

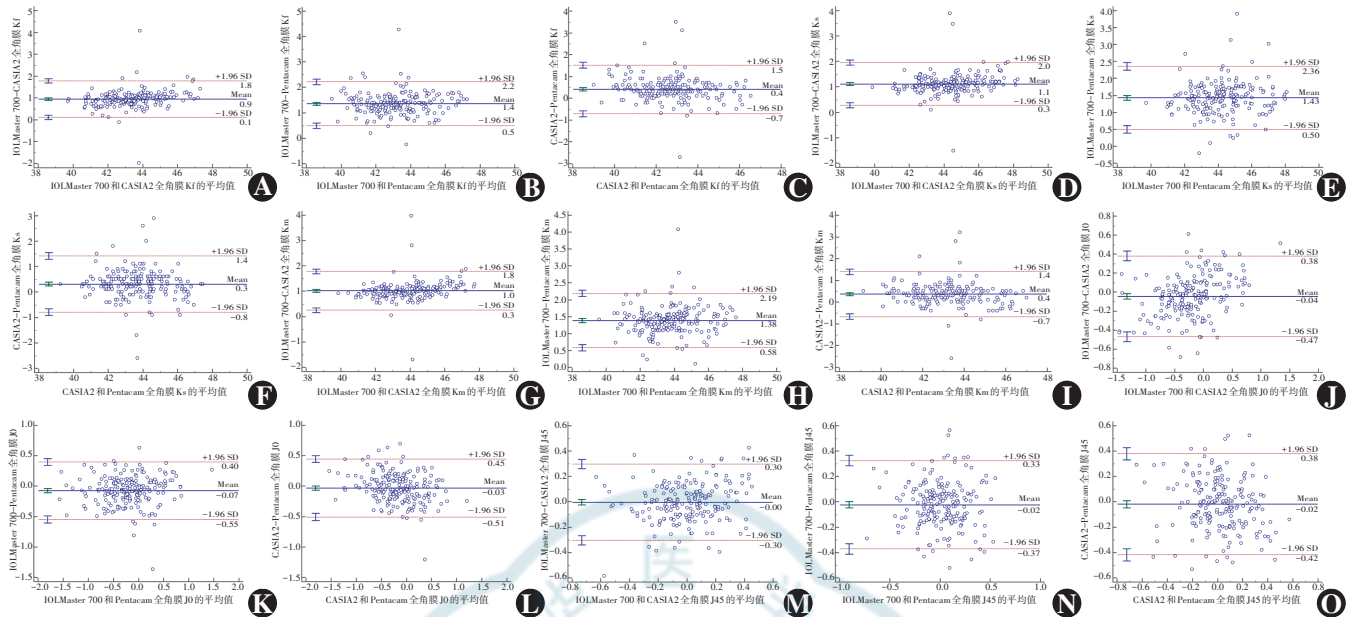


图 2 CASIA2、IOLMaster 700 和 Pentacam 测量全角膜屈光力及散光值的 Bland-Altman 一致性分析图 A~C:测量 Kf 值一致性 D~F:测量 Ks 值一致性 G~I:测量 Km 值一致性 J~L:测量 J0 值一致性 M~O:测量 J45 值一致性 Kf:平坦角膜曲率;Ks:陡峭角膜曲率;Km:平均角膜曲率

Figure 2 Bland-Altman plot of agreement of total corneal refractive power and astigmatism measured by CASIA2, IOLMaster 700 and Pentacam A~C:Agreement of Kf D~F:Agreement of Ks G~I:Agreement of Km J~L:Agreement of J0 M~O:Agreement of J45 Kf:flat keratometry;Ks:steep keratometry;Km:mean keratometry

3 讨论

据统计,约 21% 的白内障患者术前角膜散光超过 1.5 D,11% 超过 2 D^[3-4]。有研究者认为白内障术前角膜散光大于 0.5 D 即应考虑矫正,以获得更清晰的术后视力^[5]。然而,仅基于角膜前表面测量使用一个固定的比率来描述角膜前后表面之间的关系,而忽略角膜后表面真实屈光力,行白内障摘除联合 Toric IOL 植入术后将造成顺规散光过矫或逆规散光欠矫^[6]。研究表明,全角膜屈光力与角膜前表面屈光力相差 (0.18±0.19) D^[7]。角膜前表面散光大于 1.0 D 者中有 10.3% 的 TA 和 AA 相差大于 0.5 D,轴位相差大于 10°^[8]。已有研究表明,用全角膜屈光力进行 Toric IOL 计算可提高术后屈光矫正效果^[9]。Srivannaboon 等^[10]评估了 60 例行白内障手术患者的术后屈光误差,发现在考虑 IOLMaster 700 测量的角膜后表面散光情况下,术后屈光误差变小。研究表明,0.5 D 的角膜屈光力差异即可产生 0.73 D 的 IOL 差异^[11]。故精确测量全角膜屈光力及散光对屈光性白内障手术的术后视力恢复至关重要。

有研究表明,新一代扫频源眼前节光相干断层扫描仪 CASIA2、IOLMaster 700 和眼前节测量仪 Pentacam 测量角膜屈光力及散光均具有良好的重复

性^[12-16];但国内外尚缺少三者测量全角膜屈光力及散光的一致性研究,这些设备的测量值是否临床上可以相互代替,仍不明确。

本研究结果显示,3 种仪器测量角膜前表面屈光力值差异较小,在临床可接受范围内;而测量全角膜屈光力值差异较大,其中 IOLMaster 700 测量的全角膜 Ks 比 Pentacam 测量值大 1.43 D,临床上不可相互替代。Ho 等^[8]应用矢量分析发现,将不同仪器测量的角膜后表面屈光力纳入全角膜屈光力计算中获得的测量值存在差异。Jin 等^[17]采用 CASIA2 和 Pentacam 测量晶状体脱位患者角膜前后表面屈光力,发现二者测量角膜前表面的 Kf 值相差约-0.52 D,CASIA2 测量全角膜屈光力值较 Pentacam 测量值更大,与本研究结果一致。高奕晨等^[18]采用 CASIA2 和 Pentacam 测量白内障患者角膜屈光力值,发现 2 种仪器测量角膜前表面 Kf 及全角膜屈光力值均有差异,其中 Pentacam 测量全角膜 Ks 值高于 CASIA2 值(95% LoA:0.01~2.28 D),与本研究结果不一致,考虑与纳入的样本量及受试者年龄不同有关。Szalai 等^[19]研究发现,Casia SS-1000 测量正常人角膜前后表面屈光力值较 Pentacam 测量值大,而对于圆锥角膜患者,2 种仪器测量值差值进一步变大(95% LoA:6.08~6.29 D)。Özyol 等^[20]研究发现,Pentacam 测量正常人角膜前表面屈光力较

IOLMaster 700 值低,其中 Km 为 -0.2 D (95% LoA: $-0.02\sim-0.38\text{ D}$)。而 Shajari 等^[21]比较 IOLMaster 700 与 Pentacam 测量正常人全角膜屈光力值,认为二者无临床差异。

对于角膜散光,各仪器测量结果也不尽相同。本研究结果显示各仪器测量 AA 和 TA 的 J0 值均有差异,但差值均较小,在临床可接受范围。Dong 等^[22]研究发现,IOLMaster 测量正常人 AA 值比 Pentacam 大 0.14 D ,但差异无统计学意义。Kiraly 等^[23]发现,与 IOLMaster 相比,Pentacam 测量正常人 AA 的 J0 值更高,二者的 J45 值无显著差异。而 Molina-Martín 等^[24]却发现,IOLMaster 与 Pentacam 测量正常人 AA 的 J45 有差异。Shajari 等^[21]采用矢量分析发现,IOLMaster 700 与 Pentacam 测量 TA 的差值为 0.15 D 。高奕晨等^[18]采用倍角矢量分析法发现,CASIA2 与 Pentacam 测量白内障患者的 AA 及 TA 值均无明显差异。Szalai 等^[19]研究发现,Casia SS-1000 与 Pentacam 测量正常人 AA 值无明显差异,而测量后表面散光值有明显差异。Jin 等^[17]采用 CASIA2 和 Pentacam 测量晶状体脱位患者 AA 及 TA,发现 2 种仪器测量值无明显差异,但 TA 的 95%LoA 更大。

分析造成不同仪器测量角膜屈光力及散光差异的因素可能有以下几点:首先,不同仪器获取图像的技术(包括获取速度、扫描速率和图像分辨率)及原理存在差异,导致真实测量值存在一定差异。其次,不同仪器软件采用的全角膜屈光力算法不同。Pentacam 根据 Snell 定律,使用眼内结构的实际屈光指数和角膜前后表面各点的真实高度数据计算获得全角膜屈光力;CASIA2 采用高斯公式计算获得真实角膜屈光力;IOLMaster 700 通过检测后表面角膜曲率半径的实测值,获得全角膜屈光力;同时 3 种仪器在计算全角膜屈光力时均涉及角膜厚度,角膜厚度测量结果的不同可能也会导致角膜屈光力结果产生差异。第三,不同仪器的测量光学区域不同。IOLMaster 700 测量角膜中央直径 2.5 mm 环上的屈光力,CASIA2 测量角膜中央直径 3 mm 环上的屈光力,而本研究选取 Pentacam 测量 15° 环(相当于中央直径 3 mm 环)上的角膜前表面屈光力及中央直径 4 mm 环上全角膜屈光力。由于正常角膜是非球面的,越靠近中央区角膜越陡峭,理论上 IOLMaster 700 测量角膜屈光力和散光值应最大,CASIA2 次之,Pentacam 最小,与本研究结果一致。此外,研究对象和样本量不同也可能导致不同研究的测量结果略有差异。已有研究证明随着年龄增长,角膜前表面由顺规散光向逆规散光偏移^[25];本研究纳入的

患者年龄较大,可能导致散光测量结果与正常人群不同。另外,患者配合度也会影响测量结果,Pentacam 的测量时间较长,对患者配合要求较高,这也可能是本研究散光度测量值相关性较差的原因。有研究显示,散光结果极易受测量过程的影响,特别是患者头位偏移会导致角膜散光轴向的同向偏移^[26]。最后,泪膜稳定性随年龄的增大而下降,白内障患者往往合并干眼,干眼也会导致角膜曲率变化和角膜地形图改变。研究表明干眼程度与角膜屈光力呈显著负相关^[27]。而干眼患者泪膜破裂往往从角膜中央先开始,越靠近角膜中央区域的角膜屈光力受干眼程度影响越大。因此,CASIA2、IOLMaster 700 相较于 Pentacam 测量角膜屈光力及散光值会更高。一致性分析显示,3 种仪器测量角膜前表面屈光力及散光的一致性较好,而测量全角膜屈光力的一致性较差,临床上不可相互替换,医生需根据仪器各自的特点及测量范围做出适当的选择。根据不同仪器测量 Km 值的差异,有研究者建议适当调整 IOL 公式常数来降低 IOL 度数的差异^[28]。

本研究存在一定的局限性,研究人群中只有年龄相关性白内障患者,因此,有必要进一步对正常人群、不规则角膜(包括圆锥角膜)患者和接受过角膜手术患者的角膜屈光力及散光测量的准确性进行研究。本研究仅比较了 3 种不同仪器测量的结果,未进行术后评估,因此不能得出哪个设备可获得最准确的测量结果。

总之,本研究发现 CASIA2、IOLMaster 700 和 Pentacam 3 种仪器在测量年龄相关性白内障患者角膜前表面屈光力、AA 及 TA 的一致性较好,可以互相参考,而各仪器测量全角膜屈光力的一致性较差,不可互换,其中 IOLMaster 700 测量值最大,CASIA2 次之,Pentacam 最小。在临床使用中,我们应更清楚地了解不同仪器测量结果存在的差异,针对具体的临床要求对其适用范围加以判断。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 王婷婷: 酝酿和设计试验、实施研究、采集数据、分析/解释数据,文章撰写;王抒阳、张敏、秦鲁宁: 实施研究、采集数据、分析/解释数据;林松: 酝酿和设计试验、指导试验、对文章的知识性内容作批评性审阅

参考文献

- [1] Chansangpetch S, Nguyen A, Mora M, et al. Agreement of anterior segment parameters obtained from swept-source Fourier-domain and time-domain anterior segment optical coherence tomography[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2018, 59(3): 1554-1561. DOI: 10.1167/iov.17-23574.
- [2] Lee AC, Qazi MA, Pepose JS. Biometry and intraocular lens power calculation[J]. Curr Opin Ophthalmol, 2008, 19(1): 13-17. DOI: 10.

- 1097/ICU.0b013e3282f1c5ad.
- [3] Micheliš M, Ardjomand N, Vidic B, et al. Prevalence and age-related changes of corneal astigmatism in patients before cataract surgery[J]. *Ophthalmologie*, 2017, 114(3): 247–251. DOI: 10.1007/s00347-016-0323-8.
- [4] Day AC, Dhariwal M, Keith MS, et al. Distribution of preoperative and postoperative astigmatism in a large population of patients undergoing cataract surgery in the UK [J]. *Br J Ophthalmol*, 2019, 103(7): 993–1000. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2018-312025.
- [5] Villegas EA, Alcón E, Artal P. Minimum amount of astigmatism that should be corrected[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2014, 40(1): 13–19. DOI: 10.1016/j.jcrs.2013.09.010.
- [6] Koch DD, Ali SF, Weikert MP, et al. Contribution of posterior corneal astigmatism to total corneal astigmatism [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2012, 38(12): 2080–2087. DOI: 10.1016/j.jcrs.2012.08.036.
- [7] Tonn B, Klaproth OK, Kohnen T. Anterior surface-based keratometry compared with Scheimpflug tomography-based total corneal astigmatism [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2014, 56(1): 291–298. DOI: 10.1167/iovs.14-15659.
- [8] Ho JD, Tsai CY, Liou SW. Accuracy of corneal astigmatism estimation by neglecting the posterior corneal surface measurement [J]. *Am J Ophthalmol*, 2009, 147(5): 788–795. DOI: 10.1016/j.ajo.2008.12.020.
- [9] Davison JA, Potvin R. Refractive cylinder outcomes after calculating toric intraocular lens cylinder power using total corneal refractive power [J]. *Clin Ophthalmol*, 2015, 9: 1511–1517. DOI: 10.2147/OPTH.S88693.
- [10] Srivannaboon S, Chirapapaisan C. Comparison of refractive outcomes using conventional keratometry or total keratometry for IOL power calculation in cataract surgery [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2019, 257(12): 2677–2682. DOI: 10.1007/s00417-019-04443-7.
- [11] Piñero DP, Soto-Negro R, Ruiz-Fortes P, et al. Analysis of intrasession repeatability of ocular aberrometric measurements and validation of keratometry provided by a new integrated system in mild to moderate keratoconus [J]. *Cornea*, 2019, 38(9): 1097–1104. DOI: 10.1097/ICO.0000000000002034.
- [12] Kawamorita T, Nakayama N, Uozato H. Repeatability and reproducibility of corneal curvature measurements using the Pentacam and Keratron topography systems [J]. *J Refract Surg*, 2009, 25(6): 539–544. DOI: 10.3928/1081597X-20090512-08.
- [13] Srivannaboon S, Chirapapaisan C, Chonpimai P, et al. Clinical comparison of a new swept-source optical coherence tomography-based optical biometer and a time-domain optical coherence tomography-based optical biometer [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2015, 41(10): 2224–2232. DOI: 10.1016/j.jcrs.2015.03.019.
- [14] 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. DOI: 10.1016/j.clae.2017.03.007.
- [15] Zhang T, Zhou Y, Young CA, et al. Comparison of a new swept-source anterior segment optical coherence tomography and a Scheimpflug camera for measurement of corneal curvature [J]. *Cornea*, 2020, 39(7): 818–822. DOI: 10.1097/ICO.0000000000002280.
- [16] Xu BY, Mai DD, Penteado RC, et al. Reproducibility and agreement of anterior segment parameter measurements obtained using the CASIA2 and Spectralis OCT2 optical coherence tomography devices [J]. *J Glaucoma*, 2017, 26(11): 974–979. DOI: 10.1097/IJG.0000000000000788.
- [17] Jin GM, Xiao B, Zhou YJ, et al. Agreement of corneal curvature and central corneal thickness obtained from a swept-source OCT and Pentacam in ectopia lentis patients [J]. *Int J Ophthalmol* 2020, 13(8): 1244–1249. DOI: 10.18240/ijo.2020.08.10.
- [18] 高奕晨, 蒋元丰, 林松, 等. 新型眼前节相干光层析成像仪与 Scheimpflug 眼前节分析仪测量年龄相关性白内障患者角膜屈光力及散光的比较 [J]. *中华眼科杂志*, 2021, 57(1): 48–55. DOI: 10.3760/cma.j.cn112142-20200904-00574.
- Gao YC, Jiang YF, Lin S, et al. Comparison of corneal refractive power and astigmatism measured by the new anterior segment optical coherence tomographic device and Scheimpflug imaging device in age-related cataract patients [J]. *Chin J Ophthalmol*, 2021, 57(1): 48–55. DOI: 10.3760/cma.j.cn112142-20200904-00574.
- [19] Szalai E, Berta A, Hassan Z, et al. Reliability and repeatability of swept-source Fourier-domain optical coherence tomography and Scheimpflug imaging in keratoconus [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2012, 38(3): 485–494. DOI: 10.1016/j.jcrs.2011.10.027.
- [20] 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.
- [21] 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. DOI: 10.1097/j.jcrs.000000000000136.
- [22] Dong J, Tang M, Zhang Y, et al. Comparison of anterior segment biometric measurements between Pentacam HR and IOLMaster in normal and high myopic eyes [J/OL]. *PLoS One*, 2015, 10(11): e0143110 [2021-11-06]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26575265>. DOI: 10.1371/journal.pone.0143110.
- [23] Kiraly L, Stange J, Kunert KS, et al. Repeatability and agreement of central corneal thickness and keratometry measurements between four different devices [J/OL]. *J Ophthalmol*, 2017, 2017: 6181405 [2021-11-06]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28357136>. DOI: 10.1155/2017/6181405.
- [24] Molina-Martín A, Piñero DP, Caballero MT, et al. Comparative analysis of anterior corneal curvature and astigmatism measurements obtained with three different devices [J]. *Clin Exp Optom*, 2020, 103(5): 618–624. DOI: 10.1111/cxo.13002.
- [25] Montalbán R, Piñero DP, Javaloy J, et al. Scheimpflug photography-based clinical characterization of the correlation of the corneal shape between the anterior and posterior corneal surfaces in the normal human eye [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2012, 38(11): 1925–1933. DOI: 10.1016/j.jcrs.2012.06.050.
- [26] Fesharaki H, Azizzadeh A, Ghoreishi SM, et al. The effects of lateral head tilt on ocular astigmatic axis [J/OL]. *Adv Biomed Res*, 2014, 3: 10 [2021-11-28]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24592363>. DOI: 10.4103/2277-9175.124638.
- [27] 洪莲花, 李英俊. 干眼对年龄相关性白内障患者人工晶状体度数测量和计算准确性的影响 [J]. *中华实验眼科杂志*, 2016, 34(2): 170–174. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2016.02.016.
- Hong LH, Li YJ. Pilot study on dry eye affecting the accuracy of intraocular lens power measurement in age-related cataract [J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2016, 34(2): 170–174. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2016.02.016.
- [28] Karunaratne N. Comparison of the Pentacam equivalent keratometry reading and IOL Master keratometry measurement in intraocular lens power calculations [J]. *Clin Exp Ophthalmol*, 2013, 41(9): 825–834. DOI: 10.1111/ceo.12124.

(收稿日期:2022-03-15 修回日期:2022-10-10)

(本文编辑:张宇 骆世平)