

· 临床研究 ·

MT-9000 与 IOLMaster 700 测量白内障患者眼生物学参数的一致性

吴国欢¹ 张莹² 杜潮玉² 黄晶晶² 王利满² 王勤美¹

¹温州医科大学附属眼视光医院,温州 325027;²武汉大学附属爱尔眼科医院,武汉 430061

吴国欢,在职研究生,现在武汉大学附属爱尔眼科医院

通信作者:王勤美,Email:13905777636@qq.com

【摘要】 目的 分析新型可视化扫频生物测量仪 MT-9000 与 IOLMaster 700 在测量年龄相关性白内障患者术前眼部生物学参数方面的一致性。**方法** 采用横断面研究,连续纳入 2024 年 6 月 20 日至 8 月 22 日在武汉大学附属爱尔眼科医院就诊的拟行白内障摘出联合人工晶状体植入术的患者 536 例 536 眼,所有患者分别使用 2 种可视化扫频生物测量仪 MT-9000 和 IOLMaster 700 进行生物学参数测量,获取的参数包括眼轴长度(AL)、角膜直径(WTW)、前房深度(ACD)、晶状体厚度(LT)、中央角膜厚度(CCT)和平均角膜曲率(Km)。比较 2 种仪器 AL 的检出率及各参数差异,分析检查结果的相关性和一致性。基于 MT-9000 测量的 AL 将患者分为短眼轴组(AL<22 mm)27 眼、正常眼轴组(22≤AL≤25 mm)392 眼和长眼轴组(AL>25 mm)104 眼,比较测得的 AL 在不同亚组中的结果差异。**结果** MT-9000 对 AL 的检出率为 99.3%(532/536),高于 IOLMaster 700 的 97.6%(523/536),差异有统计学意义($\chi^2=4.841, P=0.028$);MT-9000 测得的 AL、LT、Km 均比 IOLMaster 700 高,差异均有统计学意义($Z=6.418, P<0.001; t=4.971, 5.179$, 均 $P<0.001$);MT-9000 测得的 WTW、CCT 均较 IOLMaster 700 低,差异均有统计学意义($Z=-3.017, P<0.05; t=16.322, P<0.05$)。基于 MT-9000 测量值将 AL 进行分组后,短眼轴组及正常眼轴组中 MT-9000 与 IOLMaster 700 测得的 AL 差异均无统计学意义($Z=-1.530, P=0.126; t=-0.880, P=0.380$);长眼轴组中 MT-9000 测得的 AL 比 IOLMaster 700 长,差异有统计学意义($Z=7.254, P<0.001$)。MT-9000 与 IOLMaster 700 测得的 AL、WTW、ACD、LT、CCT、Km 的组内相关系数分别为 1.000、0.616、0.997、0.999、0.988 和 0.995(均 $P<0.001$)。Bland-Altman 分析 2 种仪器测量的 AL、WTW、ACD、LT、CCT、Km 的 95% 一致性界限(LoA)分别为 -0.06~+0.08 mm、-0.64~+0.57 mm、-0.06~+0.06 mm、-0.04~+0.05 mm、-13.6~+6.3 μm 和 -0.26~+0.32 D,分别有 6.5%、3.6%、5.3%、6.3%、6.5%和 4.4%的数据点位于 95%LoA 外。**结论** MT-9000 测量的白内障患者术前的 AL、ACD、LT、CCT、Km 与 IOLMaster 700 展现出良好的一致性,适用于白内障术前生物学参数测量;两者测得的 WTW 一致性欠佳,不建议互换使用。MT-9000 在 AL 检出率方面表现优于 IOLMaster 700。

【关键词】 光学相干断层扫描;白内障;可视化;生物测量;MT-9000;IOLMaster 700

基金项目: 湖南省自然科学基金(2024JJ9042);爱尔眼科医院集团科研项目(AGF2314D03)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20250211-00033

Consistency between MT-9000 and IOLMaster 700 in measuring ocular biometric parameters in cataract eyes

Wu Guohuan¹, Zhang Ying², Du Chaoyu², Huang Jingjing², Wang Liman², Wang Qinmei¹

¹Eye Hospital, Wenzhou Medical University, Wenzhou 325027, China; ²Aier Eye Hospital, Wuhan University, Wuhan 430061, China

Wu Guohuan, part-time postgraduate student, now works at Wuhan University Affiliated Aier Eye Hospital

Corresponding author: Wang Qinmei, Email:13905777636@qq.com

[Abstract] Objective To analyze the consistency between MT-9000 and IOLMaster 700 in measuring preoperative ocular biometric parameters in patients with age-related cataracts. **Methods** A cross-sectional study was conducted. A total of 536 patients (536 eyes) were consecutively included and scheduled for cataract extraction combined with intraocular lens implantation at Aier Eye Hospital of Wuhan University from June 20 to August 22, 2024. Two visualized sweep-frequency biometers, MT-9000 and IOLMaster 700, were used to measure the biometric

parameters of all the patients. The parameters including axial length (AL), white to white (WTW), anterior chamber depth (ACD), lens thickness (LT), central corneal thickness (CCT), and mean keratometry (Km). The AL detection rates of the two instruments were compared, as were the differences in above parameters, and the correlation and consistency of the measurements were analyzed. Patients were divided into three groups based on AL measured by MT-9000: a short axis group ($AL < 22$ mm) comprising 27 eyes, a normal axis group ($22 \leq AL \leq 25$ mm) comprising 392 eyes, and a long axis group ($AL > 25$ mm) comprising 104 eyes. The differences in measured AL in different subgroups were compared. This study adhered to the Declaration of Helsinki. The study protocol was approved by the Ethics Committee of Aier Eye Hospital, Wuhan University (No. 2024IRB06017). Written informed consent was obtained from each subject. **Results** The AL detection rate measured by MT-9000 was 99.3% (532/536), higher than 97.6% (523/536) measured by IOLMaster 700, with a statistically significant difference ($\chi^2 = 4.841, P = 0.028$). MT-9000 AL, LT and Km measurements were all higher than IOLMaster 700 measurements, showing statistically significant differences ($Z = 6.418, t = 4.971, 5.179$; all $P < 0.001$). WTW and CCT measurements from MT-9000 were both lower than those from IOLMaster 700, showing statistically significant differences ($Z = -3.017, t = 16.322$; both $P < 0.05$). After grouping based on AL measurements from MT-9000, there was no statistically significant differences in AL measurements between MT-9000 and IOLMaster 700 in the short axis group and the normal axis group ($Z = -1.530, P = 0.126; t = -0.880, P = 0.380$). In the long axis group, the AL measured by MT-9000 was longer than that by IOLMaster 700, with a statistically significant difference ($Z = 7.254, P < 0.001$). The intra-class correlation coefficient values of AL, WTW, ACD, LT, CCT, and Km measured by MT-9000 and IOLMaster 700 were 1.000, 0.616, 0.997, 0.999, 0.988, and 0.995 (all $P < 0.001$), respectively. The 95% limits of agreement (LoA) of AL, WTW, ACD, LT, CCT, and Km measured by Bland-Altman analysis were -0.06 – $+0.08$ mm, -0.64 – $+0.57$ mm, -0.06 – $+0.06$ mm, -0.04 – $+0.05$ mm, -13.6 – $+6.3$ μm and -0.26 – $+0.32$ D, respectively, which had 6.5%, 3.6%, 5.3%, 6.3%, 6.5% and 4.4% of the data points outside the 95% LoA. **Conclusions** MT-9000 shows favorable agreement with IOLMaster 700 in the measurement of AL, ACD, LT, CCT and Km. MT-9000 is suitable for preoperative biometrics measurement in cataract patients. However, the agreement between the two devices is not desirable in the measurement of WTW, and interchangeable use of these two devices is not recommended in this regard. Additionally, MT-9000 outperforms IOLMaster 700 in terms of AL detection rate.

[Key words] Tomography; optical coherence; Cataract; Visualization; Biometry; MT-9000; IOLMaster 700

Fund program: Natural Science Foundation of Hunan Province (2024JJ9042); Scientific Research Project of Aier Eye Hospital Group (AGF2314D03)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20250211-00033

白内障是由于晶状体透明度下降引起的主要致盲眼病之一^[1]。白内障摘出联合人工晶状体植入术是目前治疗白内障的主要手段。在屈光性白内障手术时代,精准的术前生物学参数测量及准确的人工晶状体度数计算是减少术后屈光误差、获得良好视觉效果的必要前提^[2-3]。

光学生物测量仪对生物学参数的测量具有高精度性、可重复性,以及操作简便的特点,因而在生物测量领域的应用十分广泛^[4]。基于扫频源光学相干断层扫描(swept-source optical coherence tomography, SS-OCT)技术的生物测量仪——IOLMaster 700(德国 Carl Zeiss Eedirec 公司)采用 1 055 nm 的扫描光源,从 6 个不同方向进行扫描,显著提高了白内障术前眼轴长度(axial length, AL)的检出率^[5]。此外, IOLMaster 700 的角膜曲率测量采用远心光学技术,使测量更加稳定,

其测量效果已获得临床广泛认可,并取代 IOLMaster 500 成为新的生物测量的金标准^[6-7]。赛纬 MT-9000[视微影像(河南)科技有限公司]是新一代基于 SS-OCT 技术的生物测量仪。除具备前述光学生物测量的优点外,其扫描速度更快,且在测量过程中可实时显示 9 mm 范围内的眼底 OCT 图像。该设备还可对视力较差患者进行眼位引导,保证眼轴测量的准确性。在角膜曲率测量方面, MT-9000 基于 OCT 的远心光学技术,获取 9 mm 全角膜屈光力地形图,为完整的角膜评估提供了精准数据。另外,与 IOLMaster 700 相比, MT-9000 还可以提供角膜高阶像差及晶状体的倾斜和偏心信息。MT-9000 虽然已经上市,但尚未广泛应用于临床,其生物测量数据的可靠性尚缺少研究报道。白内障术前应重点关注不同生物学测量设备之间的可重复性和一致性,以便于评估所得结果是否可作为替

代依据^[8]。本研究分别采用 MT-9000 和 IOLMaster 700 测量年龄相关性白内障患者的眼部生物学参数,比较 2 种设备测量生物学参数的差异性、相关性、一致性以及对 AL 的检出率差异,以期为其临床应用提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用横断面研究,连续收集 2024 年 6 月 20 日至 8 月 22 日于武汉大学附属爱尔眼科医院就诊的拟行白内障手术的患者 536 例 536 眼,其中男 222 例,女 314 例;年龄 41~87 岁,平均(64.92±9.87)岁;左右眼构成比为 274/262。纳入标准:(1)经临床诊断为年龄相关性白内障患者;(2)认知能力正常且固视良好者;(3)能够配合检查且检查质量合格者。排除标准:(1)存在其他眼部疾病,如角膜病变、青光眼、葡萄膜炎、玻璃体积血、视网膜脱离、脉络膜脱离等者;(2)有明确眼部外伤史或内眼手术史者。分别使用 MT-9000 和 IOLMaster 700 进行眼部生物学参数测量,其中 MT-9000 获取完整数据 532 眼,IOLMaster 700 获取完整数据 523 眼,2 种设备均成功获取完整数据 523 眼。基于 MT-9000 测量的 AL 将患者分为短眼轴组(AL<22 mm)27 眼、正常眼轴组(22 mm≤AL≤25 mm)392 眼和长眼轴组(AL>25 mm)104 眼。本研究遵循《赫尔辛基宣言》,研究方案经武汉大学附属爱尔眼科医院伦理委员会批准(批文号:2024IRB06017),所有患者均签署知情同意书。

1.2 方法

所有患者均在自然光环境及自然瞳孔状态下由同一检查经验丰富的医生分别完成 MT-9000 和 IOLMaster 700 检查,2 次检查间隔 10 min。检查方法:患者取坐位,调整仪器高度。患者下颌置于下颌托上,额头紧贴额托,调整下颌托高度使外眦角与定位标记齐平;嘱患者注视仪器内检查固视灯,充分暴露角膜;患者瞬目保持泪膜完整后,检查者手动调焦至观察点

清晰,仪器自动完成数据采集。1 次采集即可获得 AL、角膜直径(white to white, WTW)、前房深度(anterior chamber depth, ACD)、晶状体厚度(lens thickness, LT)、中央角膜厚度(central corneal thickness, CCT)和平均角膜曲率(mean keratometry, Km)。选取符合仪器质量控制标准的图像并记录测量数据。2 台仪器均需清晰显示黄斑中心凹形态。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 25.0 统计学软件和 MedCalc 22 软件进行数据分析。计数资料以频数和百分比表示,2 种仪器对 AL 的检出率比较采用 χ^2 检验。计量资料数据经 Shapiro-Wilk 检验证实符合正态分布者以 $\bar{x}\pm s$ 表示,2 种仪器各检测指标比较采用配对 t 检验。不符合正态分布者以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,2 种仪器各检测指标比较采用 Wilcoxon 符号秩检验;2 种仪器间各参数相关性采用组内相关系数(intra-class correlation coefficient, ICC)进行分析,一致性比较采用 Bland-Altman 分析,计算 95% 一致性界限(limits of agreement, LoA)。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 MT-9000 与 IOLMaster 700 对 AL 检出率的比较

MT-9000 对 AL 的检出率为 99.3%(532/536),高于 IOLMaster 700 的 97.6%(523/536),差异有统计学意义($\chi^2=4.841, P=0.028$)。

2.2 MT-9000 与 IOLMaster 700 各生物测量参数比较

MT-9000 的 AL、LT、Km 测量值均较 IOLMaster 700 高,差异均有统计学意义($Z=6.418, P<0.001; t=4.971, 5.179$, 均 $P<0.001$);MT-9000 的 WTW、CCT 测量值均较 IOLMaster 700 低,差异均有统计学意义($Z=-3.017, P<0.05; t=-16.322, P<0.05$)(表 1)。

短眼轴组和正常眼轴组中 MT-9000 与 IOLMaster 700 测得的 AL 差异均无统计学意义($Z=-1.530, P=$

表 1 MT-9000 与 IOLMaster 700 各生物测量参数比较
Table 1 Comparison of various biometric parameters between MT-9000 and IOLMaster 700

仪器	眼数	AL	WTW	ACD($\bar{x}\pm s$, mm) ^b	LT($\bar{x}\pm s$, mm) ^b	CCT($\bar{x}\pm s$, μ m) ^b	Km($\bar{x}\pm s$, D) ^b
		[$M(Q_1, Q_3)$, mm] ^a	[$M(Q_1, Q_3)$, mm] ^a				
MT-9000	523	23.41(22.75, 24.52)	11.64(11.64, 11.90)	3.03±0.40	4.52±0.47	528.23±31.35	44.20±1.53
IOLMaster 700	523	23.40(22.74, 24.53)	11.70(11.40, 11.90)	3.03±0.42	4.51±0.47	531.86±33.27	44.17±1.52
Z/t 值		6.418	-3.017	1.745	4.971	-16.322	5.179
P 值		<0.001	0.003	0.082	<0.001	<0.001	<0.001

注:(a: Wilcoxon 符号秩检验; b: 配对 t 检验) AL: 眼轴长度; WTW: 角膜直径; ACD: 前房深度; LT: 晶状体厚度; CCT: 中央角膜厚度; Km: 平均角膜曲率

Note: (a: Wilcoxon signed-rank test; b: Paired t -test) AL: axial length; WTW: white to white; ACD: anterior chamber depth; LT: lens thickness; CCT: central corneal thickness; Km: mean keratometry



0.126; $t = -0.880$, $P = 0.380$); 长眼轴组中 MT-9000 测得的 AL 比 IOLMaster 700 长, 差异有统计学意义 ($Z = 7.254$, $P < 0.001$) (表 2)。

2.3 MT-9000 与 IOLMaster 700 生物参数测量结果相关性分析

MT-9000 与 IOLMaster 700 测得的 AL、WTW、ACD、LT、CCT、Km 的 ICC 分别为 1.000、0.616、0.997、0.999、0.988 和 0.995 (均 $P < 0.001$)。

2.4 MT-9000 与 IOLMaster 700 生物参数测量结果一致性分析

MT-9000 与 IOLMaster 700 测得的 AL、WTW、ACD、LT、CCT、Km 差值 95% LoA 分别为 $-0.06 \sim +0.08$ mm、 $-0.64 \sim +0.57$ mm、 $-0.06 \sim +0.06$ mm、 $-0.04 \sim +0.05$ mm、 $-13.6 \sim +6.3$ μ m 和 $-0.26 \sim +0.32$ D, 分别有 6.5%、3.6%、5.3%、6.3%、6.5% 和 4.4% 的数据点位于 95% LoA 外 (图 1)。

表 2 MT-9000 与 IOLMaster 700 测得的 AL 在不同亚组中的比较 (mm)
Table 2 Comparison of AL measured by MT-9000 and IOLMaster 700 between different subgroups (mm)

仪器	眼数	短眼轴组 [$M(Q_1, Q_3)$] ^a	正常眼轴组 ($\bar{x} \pm s$) ^b	长眼轴组 [$M(Q_1, Q_3)$] ^a
MT-9000	523	21.80 (21.52, 21.88)	23.27 $\pm$ 0.75	28.35 (26.60, 30.14)
IOLMaster 700	523	21.83 (21.53, 21.86)	23.26 $\pm$ 0.76	28.33 (26.57, 30.09)
Z/t 值		-1.530	-0.880	7.254
P 值		0.126	0.380	<0.001

注: (a; Wilcoxon 符号秩检验; b; 配对 t 检验) AL: 眼轴长度
Note: (a; Wilcoxon signed-rank test; b; Paired t -test) AL: axial length

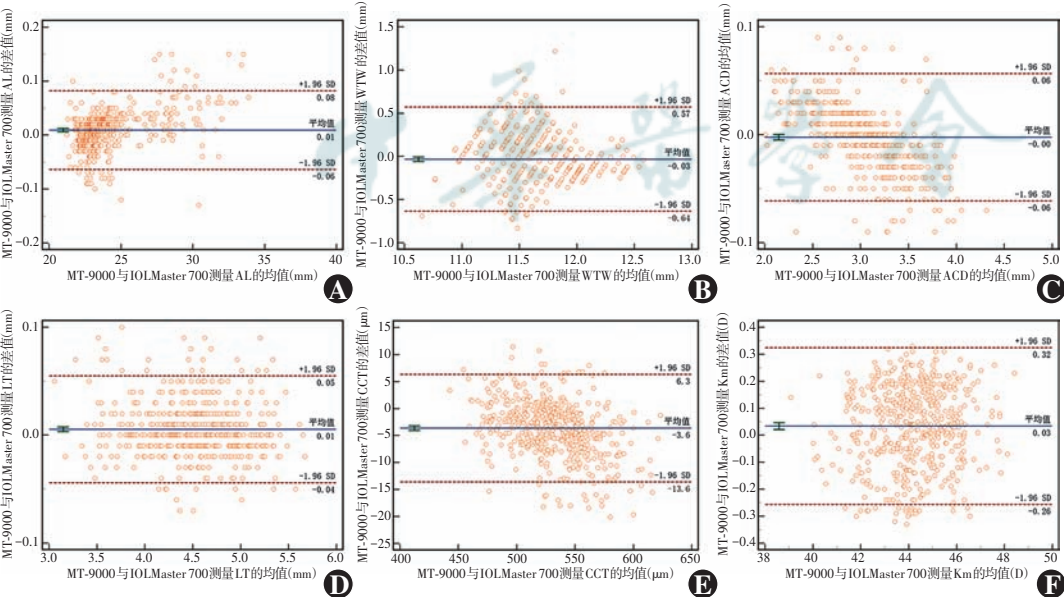


图 1 MT-9000 与 IOLMaster 700 测量人眼各生物学参数的 Bland-Altman 一致性分析 A: AL B: WTW C: ACD D: LT E: CCT F: Km AL: 眼轴长度; WTW: 角膜直径; ACD: 前房深度; LT: 晶状体厚度; CCT: 中央角膜厚度; Km: 平均角膜曲率
Figure 1 Bland-Altman consistency analysis of various biological parameters of the human eye measured by MT-9000 and IOLMaster 700 A: AL B: WTW C: ACD D: LT E: CCT F: Km AL: axial length; WTW: white to white; ACD: anterior chamber depth; LT: lens thickness; CCT: central corneal thickness; Km: mean keratometry

3 讨论

随着技术的进步, 白内障手术经历了从囊外摘出联合人工晶状体植入术到飞秒激光辅助白内障摘出联合人工晶状体植入术的革新; 人工晶状体也由单焦点设计发展到多焦点设计; 手术目标已由“看得见”提升至“看得清”, 术后良好视觉质量已经成为当前白内障手术的核心。在此背景下, 精准预测人工晶状体度数的术前生物测量已成为屈光性白内障手术的关键步骤。

AL 作为白内障术前生物学参数测量的基本数据, 是指角膜前表面正中点到黄斑中心凹之间的距离。2016 年上市的 IOLMaster 700 采用中心波长 1 055 nm、带宽 30 nm 的扫频光源, 以 2 000 次/s 的扫描速度, 通过 6 个方向眼球轴向 B 扫描实现了光学生物测量的可视化。测量结束后, 可观察到眼底 1 mm 范围内的 OCT 图像, 通过分析眼底 OCT 是否捕捉到黄斑中心凹判断测量时光线是否沿视轴进行传播, 进而判断 AL 是否可靠。可视化扫频 OCT 技术的出现极大提高了 AL 的检出率, 并可直观地观察到检测结果是否准确, 从而使可视化扫频生物测量仪可能成为生物测量最新金标准。2024 年

上市的赛玮 MT-9000 是最新一代可视化扫频生物测量仪, 采用中心波长 1 050 nm、带宽 100 nm 的扫描光源, 扫描速度可达 10 万次/s。除具备前述光学生物测量的优点外, MT-9000 还可通过信号聚焦技术将测量光束定位在眼底, 实时显示 9 mm 范围内的眼底 OCT 图像, 并在检查过程中引导患者调整眼位以达到最佳测量位置。此外, 在测量结束后支持手

动调整测量点,提高检出率的同时可确保数据的准确性。本研究纳入 536 眼进行 AL 检出率比较,结果显示 MT-9000 的 AL 检出率为 99.3%,高于 IOLMaster 700 的 97.6%,这一优势源于其光学专利技术——信号聚焦眼底,即使晶状体混浊导致透光率下降,也能清晰呈现眼底图像。术前 1 mm 测量误差可导致术后 1.75~3.75 D 屈光误差^[9],虽然本研究中 2 种仪器测量白内障术前 AL 差异有统计学意义,但均值差小,为 0.01 mm,且二者 Bland-Altman 图 95% LoA 为 -0.06~+0.08 mm,范围窄,这个差异不会引起有临床意义的屈光误差。因此,可以认为 2 种设备测量 AL 一致性较好,可互相替换使用。将 AL 进行分组后比较发现,短眼轴组和正常眼轴组 2 种设备测量 AL 数据差异均无统计学意义,而长眼轴组中 2 种设备测量 AL 数据差异有统计学意义。长眼轴组的测量偏差可能与注视稳定性差有关。部分高度近视患者,尤其是当黄斑中心凹位于后巩膜葡萄肿的倾斜区域时,测量准确性有待考量,且此类患者一直是生物测量的难点。MT-9000 的宽景眼底 OCT 成像技术,可清晰显示黄斑中心凹位置,并且在测量结束后,可通过波形分析和 OCT B 扫描图像,手动调整测量线,对长眼轴的测量具有显著优势。

角膜屈光力是人工晶状体度数计算的关键参数之一,其测量误差是白内障术后屈光误差的主要来源之一^[10]。既往研究显示,术前 1 D 屈光测量误差会导致术后 0.8~1.3 D 的屈光预后误差^[11]。虽然本研究中 MT-9000 与 IOLMaster 700 测量的 Km 差异有统计学意义,但均值差小,为 0.03 D,且 95% LoA 为 -0.26~+0.32 D,LoA 外的点仅占 4.4%,可以认为本研究中 2 种设备测量差异不会引起术后有临床意义的屈光误差。IOLMaster 700 采用远心光学技术,以角膜中心 1.5、2.5 和 3.5 mm 环形区域为扫描范围,每个区域采集 6 个点位数据,最终选定 2.5 mm 范围内的测量值作为曲率计算基准。这种测量方式对规则角膜具有较高准确性,但在形态异常角膜中可能因数据密度不足而影响精度。MT-9000 同样选取 2.5 mm 范围的数据作为计算基准。该设备基于扫频 OCT 的远心光学系统,可在 9 mm 范围内获取超过 15 万个高密度点位数据,并通过三维重构与光线追踪算法精准计算全角膜地形数据重建角膜前表面三维形态,受泪膜影响较小,且测量点密度更高,所以在角膜形态异常病例中可能获得更准确的测量结果。但是,需要关注的是,MT-9000 应用于临床时间较短,大规模临床研究数据仍待积累,测量结果的长期稳定性仍需进一步观察。

随着人工晶状体计算方式的革新,影响术后视觉质量的有效晶状体位置(effective lens position, ELP)预测及人工晶状体度数计算所需参数增多,如 ACD、LT、WTW、CCT 等^[12]。本研究中,MT-9000 与 IOLMaster 700 均采用 SS-OCT 技术测量 ACD、LT 和 CCT。既往研究表明,IOLMaster 700 与基于 OLCR 原理及裂隙灯显微镜原理的生物测量设备在 ACD 及 LT 的测量上具有一定差距^[13],但与同样基于 SS-OCT 技术的 OA-2000 在 ACD 和 LT 测量上表现出良好的一致性^[14],提示基于同一原理的设备之间测量结果一致性较好。此外,CCT 不仅是新一代 IOL 公式的备选参数,同时也会影响超声乳化术后角膜高阶像差^[15]。与传统眼部超声测量 CCT 相比,SS-OCT 技术避免了对角膜的压迫,能够更准确地反映真实角膜厚度。MT-9000 和 IOLMaster 700 均采用扫频 OCT 原理,本研究数据显示两者对 ACD 测量差异无统计学意义,而对 LT 和 CCT 的测量差异有统计学意义。Bland-Altman 分析表明,2 种设备测量 ACD、LT、CCT 的 95% LoA 分别为 -0.06~+0.06 mm、-0.04~+0.05 mm 和 -13.6~+6.3 μm ,参考既往研究结果^[16-17],2 种设备测量 LT 和 CCT 差异虽有统计学意义,但 LoA 窄,最大差值分别为 0.09 mm 和 26.9 μm ,不会引起有临床意义的屈光误差。因此,可以认为 2 种设备测量 ACD、LT 和 CCT 的一致性较好,测量结果可互相替换。

WTW 是 Barrett 等公式预测 ELP 的参数之一,WTW 测量误差在 0.5 mm 以上即可引起 ELP 预测误差^[18]。既往研究显示,不同设备间的 WTW 测量一致性普遍较差^[19-20]。本研究中 MT-9000 与 IOLMaster 700 测量 WTW 差异有统计学意义,且 ICC 显示二者相关性低,95% LoA 为 -0.64~+0.57 mm,最大差值达到 1.21 mm。因此,可以认为 2 种设备测量 WTW 一致性欠佳。MT-9000 与 IOLMaster 700 均通过拍摄人眼前节图像识别角膜边界进行 WTW 测量,本研究中测量差异考虑为 2 种设备图像分辨率不同所致的角膜边界识别差异。

综上所述,新型可视化扫频生物测量仪 MT-9000 与 IOLMaster 700 测量年龄相关性白内障患者的 AL、ACD、LT、CCT 和 Km 时表现出良好的一致性,可以替换使用;而在 WTW 的测量中一致性较差,不建议直接替换使用;MT-9000 对 AL 的检出率高于 IOLMaster 700。在临床操作中,MT-9000 可实时显示眼底 9 mm 范围内 OCT 图像,通过中心凹定位提高检测准确性;支持基于 OCT 图像及波形手动调整测量点位置,较 IOLMaster 700 操作有更多的灵活性;且能够提供更多

的参数(如角膜高阶像差、晶状体倾斜度),适合作为白内障术前常规检查。本研究的局限性在于仅进行了术前生物学参数测量的横向比较,未开展 IOL 屈光度数计算及术后屈光结果与绝对屈光误差值的纵向分析,后续可进一步研究;研究人群仅纳入了年龄相关性白内障患者,未覆盖眼底病、青光眼、角膜病、屈光不正及内眼手术术后的患者,未来需扩展人群,进行深入分析;尽管本研究根据 AL 进行了分组,但未对长眼轴组进行亚组分析,后续可细分长眼轴组并比较各组间各参数的差异性。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 吴国欢:参与选题、试验设计、论文撰写、论文修改及定稿;张莹:参与选题、试验设计;杜潮玉、黄晶晶:收集数据、资料分析;王利满:资料分析;王勤美:参与选题、研究指导、论文审阅及定稿

参考文献

- [1] Liu YC, Wilkins M, Kim T, et al. Cataracts [J]. Lancet, 2017, 390(10094): 600-612. DOI: 10. 1016/S0140-6736(17)30544-5.
- [2] Chu YC, Huang TL, Chang PY, et al. Predictability of 6 intraocular lens power calculation formulas in people with very high myopia [J]. Front Med (Lausanne), 2022, 9: 762761. DOI: 10. 3389/fmed. 2022. 762761.
- [3] Drexler W, Findl O, Menapace R, et al. Partial coherence interferometry: a novel approach to biometry in cataract surgery [J]. Am J Ophthalmol, 1998, 126(4): 524-534. DOI: 10. 1016/s0002-9394(98)00113-5.
- [4] 兰长骏,彭悦,廖莹. 扫频光相干断层扫描生物测量仪在白内障中的应用 [J]. 中华实验眼科杂志, 2019, 37(2): 123-128. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-0160. 2019. 02. 010.
Lan CJ, Peng Y, Liao X. Application of swept-source optical coherence tomography biometer in cataract [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2019, 37(2): 123-128. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-0160. 2019. 02. 010.
- [5] 崔蕊,杨文利,李栋军,等. IOLMaster700 与 IOLMaster500 测量白内障术前眼轴长度的一致性 & 检出率比较 [J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2018, 20(11): 659-662. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1674-845X. 2018. 11. 004.
Cui R, Yang WL, Li DJ, et al. Comparison of agreement and success rate of axial length measurement between IOLMaster700 and IOLMaster500 in cataract patients [J]. Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci, 2018, 20(11): 659-662. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1674-845X. 2018. 11. 004.
- [6] Chen YA, Hirschschall N, Findl O. Evaluation of 2 new optical biometry devices and comparison with the current gold standard biometer [J]. J Cataract Refract Surg, 2011, 37(3): 513-517. DOI: 10. 1016/j. jcrs. 2010. 10. 041.
- [7] Grulkowski I, Liu JJ, Zhang JY, et al. Reproducibility of a long-range swept-source optical coherence tomography ocular biometry system and comparison with clinical biometers [J]. Ophthalmology, 2013, 120(11): 2184-2190. DOI: 10. 1016/j. ophtha. 2013. 04. 007.
- [8] 《白内障术前眼球生物学参数测量和应用专家共识(2023)》专家组,中国医药教育协会眼科影像与智能医疗分会,国际转化医学协会眼科专业委员会. 白内障术前眼球生物学参数测量和应用专家共识(2023) [J]. 中华实验眼科杂志, 2023, 41(8): 713-723. DOI: 10. 3760/cma. j. cn115989-20230602-00212.
Expert Workgroup of Consensus for measurement and application of ocular biometric parameters before cataract surgery (2023), Ophthalmic Imaging and Intelligent Medicine Branch of China Medical Education Association, Ophthalmology Committee of World Association of Translational Medicine. Consensus for measurement and application of ocular biometric parameters before cataract surgery (2023) [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2023, 41(8): 713-723. DOI: 10. 3760/cma. j. cn115989-20230602-00212.
- [9] Ribeiro F, Castanheira-Dinis A, Dias JM. Refractive error assessment: influence of different optical elements and current limits of biometric techniques [J]. J Refract Surg, 2013, 29(3): 206-212. DOI: 10. 3928/1081597X-20130129-07.
- [10] Olsen T. Calculation of intraocular lens power: a review [J]. Acta Ophthalmol Scand, 2007, 85(5): 472-485. DOI: 10. 1111/j. 1600-0420. 2007. 00879. x.
- [11] Eibschitz-Tsimhoni M, Tsimhoni O, Archer SM, et al. Effect of axial length and keratometry measurement error on intraocular lens implant power prediction formulas in pediatric patients [J]. J AAPOS, 2008, 12(2): 173-176. DOI: 10. 1016/j. jaapos. 2007. 10. 012.
- [12] 向菁,管怀进. 人工晶状体计算公式的研究进展 [J]. 眼科新进展, 2018, 38(6): 583-587. DOI: 10. 13389/j. cnki. rao. 2018. 0138.
Xiang J, Guan HJ. Research progress on the calculation formulas of IOL [J]. Rec Adv Ophthalmol, 2018, 38(6): 583-587. DOI: 10. 13389/j. cnki. rao. 2018. 0138.
- [13] 赵琦,杨文利,李栋军,等. 基于扫频 OCT 技术的 IOLMaster 700 与 IOLMaster 500 在人工晶状体眼生物测量一致性评价 [J]. 中国中医眼科杂志, 2020, 30(10): 709-713, 722. DOI: 10. 13444/j. cnki. zgzykzz. 2020. 10. 005.
Zhao Q, Yang WL, Li DJ, et al. Coherence assessment on biological measurements of pseudophakic eyes obtained with IOLMaster 700 based on swept source OCT technology and IOLMaster 500 [J]. J Tradit Chin Ophthalmol, 2020, 30(10): 709-713, 722. DOI: 10. 13444/j. cnki. zgzykzz. 2020. 10. 005.
- [14] Liao X, Peng Y, Liu B, et al. Agreement of ocular biometric measurements in young healthy eyes between IOLMaster 700 and OA-2000 [J]. Sci Rep, 2020, 10(1): 3134. DOI: 10. 1038/s41598-020-59919-y.
- [15] Wang J, Long T, Wei W, et al. Effect of central corneal thickness on corneal higher order aberrations after cataract surgery [J]. J Refract Surg, 2021, 37(12): 842-847. DOI: 10. 3928/1081597X-20210816-01.
- [16] 李栋军,杨文利,王子杨,等. IOLMaster 700 与 Pentacam AXL 测量白内障患者眼生物学参数的一致性 [J]. 中华实验眼科杂志, 2020, 38(11): 962-966. DOI: 10. 3760/cma. j. cn115989-20200924-00663.
Li DJ, Yang WL, Wang ZY, et al. Agreement of biometry parameters measured by IOLMaster 700 and Pentacam AXL in cataract eyes [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2020, 38(11): 962-966. DOI: 10. 3760/cma. j. cn115989-20200924-00663.
- [17] 刘帅帅,郑钦象. 白内障术前两种生物测量仪测量效率及一致性的比较 [J]. 中华眼外伤职业眼病杂志, 2021, 43(9): 678-683. DOI: 10. 3760/cma. j. cn116022-20210511-00139.
Liu SS, Zheng QX. Comparison of measuring efficiency and consistency between the two kinds of biometric instruments before cataract surgery [J]. Chin J Ocul Traum Occupat Eye Dis, 2021, 43(9): 678-683. DOI: 10. 3760/cma. j. cn116022-20210511-00139.
- [18] Salouti R, Nowroozadeh MH, Zamani M, et al. Comparison of Horizontal corneal diameter measurements using the Orbscan IIz and Pentacam HR systems [J]. Cornea, 2013, 32(11): 1460-1464. DOI: 10. 1097/ICO. 0b013e3182a40786.
- [19] 刘帅帅,丁蕾,张霜,等. 五种仪器测量角膜水平直径的对比研究 [J]. 临床医学研究与实践, 2023, 8(12): 65-68. DOI: 10. 19347/j. cnki. 2096-1413. 202312018.
Liu SS, Ding L, Zhang S, et al. Comparative study of five instruments for measuring white-to-white [J]. Clin Res Pract, 2023, 8(12): 65-68. DOI: 10. 19347/j. cnki. 2096-1413. 202312018.
- [20] Micheletti JM, Hall B. Assessment of measurement variability across automated biometry devices [J]. J Cataract Refract Surg, 2025, 51(2): 156-160. DOI: 10. 1097/j. jcrs. 0000000000001583.

(收稿日期:2025-06-12 修回日期:2025-08-19)

(本文编辑:刘艳 施晓萌)

