

IOL Master 700 测量健康眼生物参数的重复性与再现性

彭悦, 廖萱, 兰长骏, 刘波, 谭青青

引用: 彭悦, 廖萱, 兰长骏, 等. IOL Master 700 测量健康眼生物参数的重复性与再现性. 国际眼科杂志 2020; 20(6): 1095-1099

基金项目: 四川省卫计委重点课题 (No.18ZD022); 南充市校企合作重大攻关项目 (No.18SXHZ0492)

作者单位: (637000) 中国四川省南充市, 川北医学院附属医院眼科 川北医学院眼视光学系

作者简介: 彭悦, 在读硕士研究生, 研究方向: 屈光性白内障手术与视觉质量。

通讯作者: 兰长骏, 毕业于四川大学华西临床医学院, 硕士, 教授, 科主任, 研究方向: 屈光性白内障手术与视觉质量. eyelanchangjun@163.com

收稿日期: 2019-10-08 修回日期: 2020-05-13

摘要

目的: 评价扫频光相干断层扫描生物测量仪 IOL Master 700 测量健康眼生物参数的重复性及再现性。

方法: 采用诊断试验研究方法。纳入健康受试者 103 人, 均对右眼进行测量。由两位操作熟练的检查者分别应用 IOL Master 700 测量眼轴长度 (AL)、前房深度 (ACD)、房水深度 (AQD)、角膜曲率 (K_m 、 K_1 、 K_2)、中央角膜厚度 (CCT)、晶状体厚度 (LT)、白到白的角膜直径 (WTW)、瞳孔直径 (PD), 评估 IOL Master 700 测量眼生物参数的重复性及再现性。

结果: 评价重复性时, A (B) 检查者获得的 AL、 K_m 、 K_1 、 K_2 、ACD、AQD、LT、CCT、WTW、PD 的重测试重复性 (TRT) 分别为 0.018 (0.017) mm、0.215 (0.270) D、0.325 (0.334) D、0.303 (0.366) D、0.049 (0.041) mm、0.048 (0.042) mm、0.058 (0.047) mm、6.168 (5.779) μ m、0.395 (0.406) mm、1.097 (1.099) mm; 除 PD 以外, 相对变异系数 (CoV) 均 \leq 1.219%; 组内相关系数 (ICC) 均 \geq 0.815。评价再现性时, 两位检查者获得的 AL、 K_m 、 K_1 、 K_2 、ACD、AQD、LT、CCT、WTW、PD 的 TRT 分别为 0.018mm、0.240D、0.329D、0.337D、0.048mm、0.048mm、0.055mm、6.396 μ m、0.420mm、1.144mm; ICC 均 \geq 0.900; 除 PD 的 CoV 为 8.750% 外, 其余参数 CoV 均 \leq 1.263%。此外, 测量 AL 时重复性及再现性的 ICC 均为 1.000。

结论: IOL Master 700 对除瞳孔直径以外的健康眼生物参数测量具有较好的重复性及再现性, 尤其是对于眼轴长度的测量。

关键词: IOL Master 700; 重复性; 再现性; 眼轴长度; 角膜曲率

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2020.6.38

Repeatability and reproducibility of a swept - source optical coherence tomography biometer IOL Master 700 in healthy eyes

Yue Peng, Xuan Liao, Chang - Jun Lan, Bo Liu, Qing-Qing Tan

Foundation items: Key Project of Sichuan Health and Family

Planning Commission (No.18ZD022); Key Project of Nanchong City and University Cooperation (No.18SXHZ0492)

Department of Ophthalmology, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College; Department of Ophthalmology & Optometry, North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China

Correspondence to: Chang-Jun Lan. Department of Ophthalmology, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College; Department of Ophthalmology & Optometry, North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China. eyelanchangjun@163.com

Received: 2019-10-08 Accepted: 2020-05-13

Abstract

• AIM: To evaluate the repeatability and reproducibility of ocular biological measurements by a swept-source optical coherence tomography biometer IOL Master 700 in healthy eyes.

• METHODS: A diagnostic test study of 103 healthy subjects was implemented. The right eyes were selected for measurements. Ocular biological parameters including axial length (AL), anterior chamber depth (ACD), anterior aqueous depth (AQD), keratometry readings (K), central corneal thickness (CCT), lens thickness (LT), white-to-white corneal diameter (WTW) and pupil diameter (PD) were measured using IOL Master 700 by two experienced examiners. One-way ANOVA was used to evaluate the repeatability and reproducibility for the measurements by IOL Master 700.

• RESULTS: Regarding repeatability, the test - retest repeatability (TRT) for AL, mean K (K_m), K_1 , K_2 , ACD, AQD, LT, CCT, WTW and PD obtained by the two examiners were 0.018 (0.017) mm, 0.215 (0.270) D, 0.325 (0.334) D, 0.303 (0.366) D, 0.049 (0.041) mm, 0.048 (0.042) mm, 0.058 (0.047) mm, 6.168 (5.779) μ m, 0.395 (0.406) mm, and 1.097 (1.099) mm, respectively; the relative coefficient of variation (CoV) for all measured parameters but the PD were \leq 1.219%; the intraclass correlation coefficient (ICC) for all measured parameters were \geq 0.815. Regarding reproducibility, the TRT for AL, K_m , K_1 , K_2 , ACD, AQD, LT, CCT, WTW, and PD obtained were 0.018 mm, 0.240 D, 0.329 D, 0.337 D, 0.048 mm, 0.048mm, 0.055mm, 6.396 μ m, 0.420mm, and 1.144mm, respectively; the ICC for all measured parameters was \geq 0.900; the CoV for all measured parameters were \leq 1.263% CoV, except for the PD (8.750%). In addition, the ICC of AL measurement for both repeatability and reproducibility were 1.000.

• CONCLUSION: With the exception of pupil diameter, IOL Master 700 demonstrates excellent repeatability and

reproducibility in ocular biological measurements for healthy eyes, especially in measurement of axial length.

• KEYWORDS: IOL Master 700; repeatability; reproducibility; axial length; keratometry

Citation: Peng Y, Liao X, Lan CJ, *et al.* Repeatability and reproducibility of a swept-source optical coherence tomography biometer IOL Master 700 in healthy eyes. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2020;20(6):1095-1099

0 引言

眼球生物参数的测量可客观评估眼健康状态,同时对于角膜屈光手术、晶状体屈光手术等的术前评估以及青光眼的诊断等都至关重要。近年来应用于临床的光学生物测量仪主要基于部分相干干涉测量技术(如 IOL Master 500)、光学低相干反射技术(如 Lenstar LS 900)和光学低相干干涉技术(如 Aladdin)^[1],虽然几种仪器测量生物参数有较好的准确性^[2-4],但仍存在一定局限性,如混浊程度较重的白内障眼轴长度(axial length, AL)检出率相对较低^[5-6]。近年,基于扫频光相干断层扫描(swept-source optical coherence tomography, SS-OCT)技术的生物测量仪被应用于临床。与之前的眼生物测量技术相比,SS-OCT具有可改善信噪比、更长的扫频光波长、更好的组织穿透力、扫描速度更快的优点,逐渐被临床医生认可。IOL Master 700为基于SS-OCT技术的新型光学生物测量仪,其扫频光源波长1055nm,扫描深度44mm,扫描宽度分别为眼前段6mm及视网膜1mm,组织分辨率22 μm ^[7],对于混浊程度较重的白内障AL检出率较现有的设备高^[8-10]。国外已有部分研究表明 IOL Master 700 测量眼球生物参数具有较好的准确性^[11-12],但国内暂无相关报道。由于不同种族人群之间的眼解剖差异,其测量结果可能存在差异,故本研究旨在分析 IOL Master 700 测量国人健康眼球生物参数的重复性及再现性,为临床应用提供依据。

1 对象和方法

1.1 对象 连续招募于2018-07/08在川北医学院附属医院眼科进行常规眼科体检的健康青年受试者103人,其中男46人,女57人,平均年龄23 \pm 5.4岁,平均球镜度数-1.50 \pm 1.10D。纳入标准:(1)年龄15~35岁;(2)单眼最佳矫正视力 \geq 1.0;(3)球镜度数0~-3.00D。排除标准^[13]:(1)理解能力差无法配合检查者;(2)有任何角膜手术史或患有任何可能影响眼生物参数测量结果的眼器质性病变者,包括角膜疾病、葡萄膜炎、青光眼、眼外伤、视网膜视神经疾病等;(3)检查前4wk内配戴硬性角膜接触镜或2wk内配戴软性角膜接触镜者;(4)检查前接受过侵入性眼科检查者。本诊断性试验研究遵循《赫尔辛基宣言》,并经川北医学院附属医院伦理委员会批准[2018ER(A)021],受试者均签署知情同意书。

1.2 方法 所有受试者均进行眼科常规检查,包括主觉验光、裸眼视力、最佳矫正视力、裂隙灯、眼底和眼压检查,以评估眼部是否健康。此外,由A、B两位经验丰富的检查者分别操作进行 IOL Master 700 检查,检查方法:嘱受试者检查前休息5min,测量均于9:00~17:00进行,测量所有受试者的右眼眼球生物参数,包括AL、前房深度

(anterior chamber depth, ACD)、房水深度(anterior aqueous depth, AQD)、角膜曲率(keratometry readings, K)、中央角膜厚度(central corneal thickness, CCT)、晶状体厚度(lens thickness, LT)、白到白的角膜直径(white-to-white distance, WTW)、瞳孔直径(pupil diameter, PD)。A、B两位检查者分别测量同一受试者右眼3次,以进行同一检查者的重复性和不同检查者之间的再现性分析。

统计学分析:样本量经 $\frac{1.96}{\sqrt{2n(n'-1)}} = 0.1$ 公式^[14]计算

而得。数据采用SPSS 23.0软件进行统计分析。应用Kolmogorov-Smirnov检验确定计量数据分布的正态性,检验发现本研究测得的所有计量数据均符合正态分布。采用组内标准差(within-standard deviation, S_w)、重测试重复性(test-retest repeatability, TRT)、相对变异系数(coefficient of variation, CoV)、组内相关系数(intra-class correlation coefficient, ICC)指标评价同一检查者多次测量的重复性及不同检查者测量的再现性。 S_w 由单因素方差分析^[15]计算获得,以评估组内测量的差异性;TRT定义为 $2.77S_w$,又名重复性限(repeatability limits),表示在重复性条件下,两次测试结果的绝对差小于或等于此数值的概率为95%^[16],值越小代表重复性及再现性越高;CoV为 S_w 与总体均值之比,值越小代表测量的变异性越小,表明重复性及再现性越好;ICC为衡量和评价检查者间信度和复测信度指标之一,ICC \geq 0.90时表示较高的相关性,ICC \leq 0.75表示较差相关性,0.75<ICC<0.90表示中等程度相关性^[17]。P<0.05表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 IOL Master 700 测量的重复性 检查者A、B(括号内)3次测量的AL、 K_m 、 K_1 、 K_2 、ACD、AQD、LT、CCT、WTW、PD的TRT分别为0.018(0.017)mm、0.215(0.270)D、0.325(0.334)D、0.303(0.366)D、0.049(0.041)mm、0.048(0.042)mm、0.058(0.047)mm、6.168(5.779) μm 、0.395(0.406)mm、1.097(1.099)mm;CoV分别为0.027%(0.025%)、0.178%(0.224%)、0.272%(0.279%)、0.248%(0.300%)、0.495%(0.418%)、0.596%(0.497%)、0.582%(0.469%)、0.407%(0.381%)、1.186%(1.219%)、8.398%(8.407%),其中AL的CoV最小,PD最大;ICC除WTW、PD分别为0.884(0.888)、0.815(0.820)外,其余参数ICC均 \geq 0.989,而AL的ICC最大为1.000。两位检查者分别测量的重复性结果见表1。

2.2 IOL Master 700 测量的再现性 不同检查者同一时段测得的AL、 K_m 、 K_1 、 K_2 、ACD、AQD、LT、CCT、WTW、PD的TRT分别为0.018mm、0.240D、0.329D、0.337D、0.048mm、0.048mm、0.055mm、6.396 μm 、0.420mm、1.144mm;CoV分别为0.028%、0.199%、0.276%、0.276%、0.487%、0.563%、0.552%、0.422%、1.263%、8.750%;所有参数ICC均 \geq 0.900,而AL的ICC为1.000,见表2。

3 讨论

准确测量眼球生物参数对于白内障、角膜及眼内屈光手术的精准屈光控制至关重要,也有助于诊断某些眼部疾病如小眼球以及随访儿童或青少年屈光不正的进展等^[18]。

表 1 IOL Master 700 测量眼部生物参数的重复性

参数	检查者	测量值($\bar{x}\pm s$)	S_w	TRT	CoV (%)	ICC(95%CI)
AL(mm)	A	24.08±0.95	0.006	0.018	0.027	1.000
	B	24.08±0.95	0.006	0.017	0.025	1.000
K_m (D)	A	43.61±1.49	0.078	0.215	0.178	0.997(0.996~0.998)
	B	43.61±1.48	0.098	0.270	0.224	0.996(0.994~0.997)
K_1 (D)	A	43.11±1.43	0.117	0.325	0.272	0.993(0.991~0.995)
	B	43.12±1.42	0.120	0.334	0.279	0.993(0.990~0.995)
K_2 (D)	A	44.13±1.58	0.109	0.303	0.248	0.995(0.993~0.997)
	B	44.13±1.58	0.132	0.366	0.300	0.993(0.990~0.995)
ACD(mm)	A	3.57±0.26	0.018	0.049	0.495	0.996(0.994~0.997)
	B	3.57±0.26	0.015	0.041	0.418	0.997(0.995~0.998)
AQD(mm)	A	3.02±0.25	0.018	0.048	0.596	0.995(0.994~0.997)
	B	3.02±0.25	0.015	0.042	0.497	0.996(0.995~0.997)
LT(mm)	A	3.62±0.20	0.021	0.058	0.582	0.989(0.985~0.992)
	B	3.62±0.20	0.017	0.047	0.469	0.993(0.990~0.995)
CCT(μm)	A	546.77±33.13	2.227	6.168	0.407	0.995(0.994~0.997)
	B	547.42±33.07	2.086	5.779	0.381	0.996(0.995~0.997)
WTW(mm)	A	12.01±0.42	0.142	0.395	1.186	0.884(0.844~0.916)
	B	12.01±0.44	0.146	0.406	1.219	0.888(0.849~0.919)
PD(mm)	A	4.72±0.91	0.396	1.097	8.398	0.815(0.755~0.864)
	B	4.72±0.93	0.397	1.099	8.407	0.820(0.762~0.869)

表 2 IOL Master 700 测量眼部生物参数的再现性

参数	S_w	TRT	CoV (%)	ICC(95%CI)
AL(mm)	0.007	0.018	0.028	1.000
K_m (D)	0.087	0.240	0.199	0.999(0.999~0.999)
K_1 (D)	0.119	0.329	0.276	0.998(0.997~0.998)
K_2 (D)	0.122	0.337	0.276	0.998(0.997~0.999)
ACD(mm)	0.017	0.048	0.487	0.998(0.997~0.999)
AQD(mm)	0.017	0.048	0.563	0.998(0.997~0.999)
LT(mm)	0.020	0.055	0.552	0.996(0.994~0.997)
CCT(μm)	2.309	6.396	0.422	0.998(0.997~0.998)
WTW(mm)	0.152	0.420	1.263	0.937(0.909~0.957)
PD(mm)	0.413	1.144	8.750	0.900(0.855~0.931)

本研究分析了基于 SS-OCT 技术的 IOL Master 700 测量眼部生物参数的重复性及再现性,以评价该设备测量的准确性。

AL 是诊断轴性近视的指标,短眼轴有助于诊断潜在闭角型青光眼,当 AL 小于 20mm 时,可诊断为小眼球^[19],其发生闭角型青光眼的风险较高,故需重视 AL 的精确测量及随访。AL 更是术前人工晶状体(IOL)度数计算最关键的参数之一,术前的精确测量尤为重要。Olsen^[20]指出,术后视觉效果不理想的白内障患者中,由 AL 测量误差所引起者占 36%。Norrby^[21]研究表明 AL 改变 0.03mm 将会引起约 0.1D 屈光度的变化,本研究测得 AL 重复性的 S_w 为 0.006mm,所引起的预测 IOL 度数变化小于 0.05D,临床上可忽略不计。Garza-Leon 等^[12]对 22~49 岁透明晶状体眼 23 例 45 眼进行了研究,IOL Master 700 测得 AL 的 S_w 为 0.0079mm,与本研究结果类似。同样,Bullimore 等^[22]研究表明,IOL Master 700 测量眼生物参数的重复性及再现性 S_w 分别为 0.005、0.008mm,Chan 等^[23]指出 IOL

Master 700 测量 AL 重复性的 S_w 、ICC 分别为 0.078mm、0.999,二者均具有较好的准确性,与本研究结果高度相似。本研究中,同一检查者多次测量及不同检查者测得的 AL 值变异极小($CoV \leq 0.028\%$),ICC 为 1.000,支持 IOL Master 700 测量的 AL 准确性高,完全符合目前角膜屈光手术及屈光性白内障手术前生物参数测量的要求。

K 值是角膜屈光手术、验配接触镜的重要指标,也是 IOL 度数计算公式的重要变量。有报道称,K 值测量误差导致白内障患者术后视觉效果欠佳占比为 22%^[20]。IOL Master 700 采用远心光学技术三环(1.5、2.5、3.5mm 直径)18 点的测量模式进行角膜曲率的测量。Garza-Leon 等^[12]使用 IOL Master 700 测量了 45 眼健康眼,结果发现 K_1 、 K_2 的 ICC 分别为 0.979、0.988,CoV 分别为 0.36%、0.32%,表现出较好的重复性。本研究中两位检查者测得的 K_1 、 K_2 的重复性 ICC 为 0.993(0.993)、0.995(0.993),CoV 为 0.248%~0.300%,支持 Garza-Leon 等^[12]结论。Chan 等^[23]指出 IOL Master 700 测量 K_m 的重复性 TRT、ICC 分别为 0.232D、0.997,而 Lu 等^[24]研究同样表明 K_m 的重复性 TRT、ICC 分别为 0.22D、0.997,均显示较好的重复性,与本研究中 K_m 的重复性 TRT、ICC 为 0.215(0.270)D、0.997(0.996)高度相似。然而,随着散光矫正型 IOL 应用的增加,角膜后表面散光受到越来越多的关注。LaHood 等^[25]测量了 1098 例眼球角膜前、后表面散光的大小与轴向,结果显示角膜后表面散光为 0.24±0.15D,在白内障术前预测散光 IOL 度数时不可忽视。而目前国内的 IOL Master 700 由于缺乏测量角膜后表面散光的软件,在临床应用散光 IOL 及更高端的 IOL 时仍应参考多个仪器测量的数据。

ACD 也是计算 IOL 度数的参数之一,且与白内障术后有效 IOL 位置密切相关,其测量误差引起的白内障术后

视觉质量不理想占比为42%^[20]。ACD每变化0.100mm将会导致约0.150D屈光度改变^[21],本研究测得ACD的重复性 $S_w \leq 0.018\text{mm}$,其可能导致IOL预测度数的改变可忽略不计。Ferrer-Blasco等^[11]重复性实验应用IOL Master 700测量了30眼健康眼的ACD,TRT为0.07mm,表现出较好的重复性。本研究中,ACD的重复性TRT为0.049(0.041)mm,较Ferrer-Blasco等^[11]研究的TRT小,重复性更好。Chan等^[23]、Lu等^[24]、Sel等^[26]研究同样指出IOL Master 700测量ACD有较好的重复性,与本研究结果相似。早期研究指出,随年龄增长ACD逐渐变小^[27],而ACD的测量可评估患青光眼的风险^[28],故临床中准确监测ACD的变化对于潜在青光眼的诊断有一定意义。此外,本研究对LT的测量发现 $S_w \leq 0.021\text{mm}$, $\text{ICC} \geq 0.989$, $\text{CoV} \leq 0.582\%$,同样显示了较好的重复性及再现性。

AQD定义为角膜内皮到晶状体前表面的距离,其变化与眼部的调节密切相关,同样影响涉及ACD参数的IOL计算公式计算的度数^[29]。近期Martinez-Albert等^[30]用IOL Master 700对不同屈光状态的人群进行生物测量,近视组、正视组、远视组测得的AQD的 S_w 分别为0.026、0.016、0.022mm,与本研究中A和B两位检查者所测AQD的重复性 S_w 为0.018、0.015mm相差甚微,均表现出较好重复性,优于Lu等^[24]研究18~36岁屈光不正人群AQD重复性结果 S_w 为0.05mm。

CCT虽未被纳入IOL度数的预测,但对于角膜疾病如圆锥角膜的检查、眼压测量值的矫正有一定意义^[31]。本研究结果中CCT的重复性 $S_w \leq 2.227\mu\text{m}$, $\text{CoV} \leq 0.407\%$ 、 $\text{ICC} \geq 0.995$,其变异小、重复性好,与既往研究结果相似^[4,24]。有研究指出CCT每变化 $25\mu\text{m}$ 约引起1mmHg眼压改变^[32],且CCT每减少 $40\mu\text{m}$ 会增加近2倍患原发性开角型青光眼的风险,故临床中精确测量CCT值有助于青光眼的诊断与治疗。

本研究中,WTW的重复性 S_w 为0.142(0.146)mm,TRT为0.395(0.406)mm,而Ferrer-Blasco等^[11]使用IOL Master 700重复测量30眼健康右眼参数5次,其结果显示WTW的TRT为0.20mm,重复性较好。本研究重复性结果较Ferrer-Blasco等^[11]稍差,但与Lu等^[24]研究结果 S_w 、TRT分别为0.11、0.31mm相似,仍具有较好的重复性。随着中高度近视人群的增多以及对屈光手术的需求,可植入式隐形眼镜(implantable collamer lens, ICL)受到越来越多的关注,而准确测量WTW对于ICL植入术极其重要^[33],故在临床应用中IOL Master 700测得的WTW对于ICL植入术前准备有一定指导意义。本研究中两检查者测量PD的重复性CoV分别为8.398%、8.407%,超过了临床可接受的变异系数范围(<5%),PD测量重复性较差、变异系数大,可能与受试者瞳孔对仪器测量过程中发出的光源反应不一致有关,提示临床应用该数据时应慎重。

在两位检查者测量结果的再现性分析中,我们发现,除PD外所有参数的TRT均较小且CoV为0.028%~1.263%, $\text{ICC} \geq 0.937$,表现出较高再现性,其中AL再现性最好。本研究再现性结果与Garza-Leon等^[12]研究的再现性结果(CoV为0.3%~1.0%, ICC 高于0.87)相似,其中

两研究测得的AL值变异系数相差甚微, K_1 、 K_2 、ACD、CCT的变异系数较本研究大,而AQD、LT、WTW的变异系数较本研究小,但均表现出较好再现性。

综上所述,基于SS-OCT技术的光学生物测量仪IOL Master 700测量AL、 K_m 、 K_1 、 K_2 、ACD、AQD、LT、CCT、WTW眼部生物参数时具有较高的准确性,其中AL测量的重复性及再现性ICC均为1.000,准确性最好。由于PD受光源影响变异大,准确性较差,临床上参考时需慎重。但本研究的不足之处在于仅测量了健康青年人且球镜度数为0~-3.00D受检者的眼部生物参数,未进行白内障患者及高度近视人群的测量,所测数据可能不能代表所有人群,尚需进一步研究以扩大应用人群范围。IOL Master 700测量的高精确性使其在临床应用时只需进行一次测量即可获得准确的测量参数的同时也能提高临床工作效率,其在临床上的应用将会越来越广泛。

参考文献

- 1 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. 中华实验眼科杂志 2019; 37(2):123-128
- 2 Kunert KS, Peter M, Blum M, et al. Repeatability and agreement in optical biometry of a new swept-source optical coherence tomography-based biometer versus partial coherence interferometry and optical low-coherence reflectometry. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42(1):76-83
- 3 Mandal P, Berrow EJ, Naroo SA, et al. Validity and repeatability of the Aladdin ocular biometer. *Br J Ophthalmol* 2014; 98(2):256-258
- 4 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 Cataract Refract Surg* 2015; 41(10):2224-2232
- 5 Akman A, Asena L, Gungor SG. Evaluation and comparison of the new swept source OCT-based IOLMaster 700 with the IOLMaster 500. *Br J Ophthalmol* 2016; 100(9):1201-1205
- 6 Hirmschall N, Varsits R, Doeller B, et al. Enhanced Penetration for Axial Length Measurement of Eyes with Dense Cataracts Using Swept Source Optical Coherence Tomography: A Consecutive Observational Study. *Ophthalmol Ther* 2018; 7(1):119-124
- 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. *Ophthalmology* 2013; 120(11):2184-2190
- 8 McAlinden C, Wang Q, Gao R, et al. Axial Length Measurement Failure Rates With Biometers Using Swept-Source Optical Coherence Tomography Compared to Partial-Coherence Interferometry and Optical Low-Coherence Interferometry. *Am J Ophthalmol* 2017; 173:64-69
- 9 Hoffer KJ, Hoffmann PC, Savini G. Comparison of a new optical biometer using swept-source optical coherence tomography and a biometer using optical low-coherence reflectometry. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42(8):1165-1172
- 10 Calvo-Sanz JA, Portero-Benito A, Arias-Puente A. Efficiency and measurements agreement between swept-source OCT and low-coherence interferometry biometry systems. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2018; 256(3):559-566
- 11 Ferrer-Blasco T, Dominguez-Vicent A, Esteve-Taboada JJ, et al. Evaluation of the repeatability of a swept-source ocular biometer for measuring ocular biometric parameters. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2017; 255(2):343-349
- 12 Garza-Leon M, Fuentes-de LFH, Garcia-Trevino AV. Repeatability of ocular biometry with IOLMaster 700 in subjects with clear lens. *Int Ophthalmol* 2017; 37(5):1133-1138

13 刘波, 廖萱, 兰长骏, 等. 扫频光相干断层扫描生物测量仪测量健康人眼球生物学参数的重复性和再现性. *中华实验眼科杂志* 2019; 37(11):921-925

14 McAlinden C, Khadka J, Pesudovs K. Precision (repeatability and reproducibility) studies and sample-size calculation. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41(12):2598-2604

15 McAlinden C, Khadka J, Pesudovs K. Statistical methods for conducting agreement (comparison of clinical tests) and precision (repeatability or reproducibility) studies in optometry and ophthalmology. *Ophthalmic Physiol Opt* 2011; 31(4):330-338

16 Bland JM, Altman DG. Measuring agreement in method comparison studies. *Stat Methods Med Res* 1999; 8(2):135-160

17 Muller R, Buttner P. A critical discussion of intraclass correlation coefficients. *Stat Med* 1994; 13(23-24):2465-2476

18 Lim LS, Chua S, Tan PT, et al. Eye size and shape in newborn children and their relation to axial length and refraction at 3 years. *Ophthalmic Physiol Opt* 2015; 35(4):414-423

19 Ghose S, Sachdev MS, Kumar H. Bilateral nanophthalmos, pigmentary retinal dystrophy, and angle closure glaucoma -- a new syndrome? *Br J Ophthalmol* 1985; 69(8):624-628

20 Olsen T. Calculation of intraocular lens power: a review. *Acta Ophthalmol Scand* 2007; 85(5):472-485

21 Norrby S. Sources of error in intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34(3):368-376

22 Bullimore MA, Slade S, Yoo P, et al. An Evaluation of the IOLMaster 700. *Eye Contact Lens* 2019; 45(2):117-123

23 Chan T, Wan KH, Tang FY, et al. Repeatability and Agreement of a Swept - Source Optical Coherence Tomography - Based Biometer IOLMaster 700 Versus a Scheimpflug Imaging-Based Biometer AL-Scan in Cataract Patients. *Eye Contact Lens* 2020; 46(1):35-45

24 Lu W, Li Y, Savini G, et al. Comparison of anterior segment

measurements obtained using a swept - source optical coherence tomography biometer and a Scheimpflug-Placido tomographer. *J Cataract Refract Surg* 2019; 45(3):298-304

25 LaHood BR, Goggin M. Measurement of Posterior Corneal Astigmatism by the IOLMaster 700. *J Refract Surg* 2018; 34(5):331-336

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

27 Fontana ST, Brubaker RF. Volume and depth of the anterior chamber in the normal aging human eye. *Arch Ophthalmol* 1980; 98(10):1803-1808

28 Congdon NG, Youlin Q, Quigley H, et al. Biometry and primary angle-closure glaucoma among Chinese, white, and black populations. *Ophthalmology* 1997; 104(9):1489-1495

29 Arriola - Villalobos P, Almendral - Gomez J, Garzon N, et al. Agreement and clinical comparison between a new swept-source optical coherence tomography - based optical biometer and an optical low - coherence reflectometry biometer. *Eye(Lond)* 2017; 31(3):437-442

30 Martinez - Albert N, Esteve - Taboada JJ, Montes - Mico R, et al. Repeatability assessment of biometric measurements with different refractive states and age using a swept-source biometer. *Expert Rev Med Devices* 2019; 16(1):63-69

31 Brautaset RL, Nilsson M, Miller WL, et al. Central and peripheral corneal thinning in keratoconus. *Cornea* 2013; 32(3):257-261

32 Kohlhaas M, Boehm AG, Spoerl E, et al. Effect of central corneal thickness, corneal curvature, and axial length on applanation tonometry. *Arch Ophthalmol* 2006; 124(4):471-476

33 Moya T, Javaloy J, Montes-Mico R, et al. Implantable Collamer Lens for Myopia: Assessment 12 Years After Implantation. *J Refract Surg* 2015; 31(8):548-556