

Pentacam AXL 与 Lenstar LS900 测量人工晶状体度数计算参数的差异及一致性分析

曾宗圣 张广斌

厦门大学附属厦门眼科中心 361100

通信作者:张广斌,Email:386975604@qq.com

【摘要】目的 探讨 Pentacam AXL 测量人工晶状体(IOL)度数的准确性。**方法** 采用横断面研究设计。收集 2017 年 3—8 月在厦门大学附属厦门眼科中心就诊的拟行白内障手术的年龄相关性白内障患者 70 例 91 眼,同一观察者分别采用 Pentacam AXL 与 Lenstar LS900 测量眼轴长度(AL)、角膜曲率(K)和前房深度(ACD)。2 种生物测量仪测量参数结果的差异和相关性分析采用配对 *t* 检验和 Pearson 相关分析,2 种仪器测量结果的一致性采用 Bland-Altman 法。**结果** Pentacam AXL 与 Lenstar LS900 测量 AL 的平均值分别为 (23.39±1.34) mm 和 (23.42±1.36) mm,平均角膜曲率(Km)值分别为 (43.96±1.53) D 和 (44.00±1.51) D, ACD 值分别为 (2.89±0.38) mm 和 (2.88±0.37) mm,差异均无统计学意义 ($P=0.906, 0.855, 0.811$),且均具有良好的相关性 ($r=0.999, 0.975, 0.991$, 均 $P<0.05$)。Bland-Altman 一致性分析结果显示,2 种仪器对 AL、Km、ACD 的测量具有较好的一致性,测量 AL 和 ACD 的 95% 一致性界限 (LoA) 分别为 -0.11~0.07 mm 和 -0.09~0.12 mm,测量 Km 的 95%LoA 为 -0.70~0.62 D。**结论** Pentacam AXL 可提供准确的 IOL 度数计算所需参数,与 Lenstar LS900 具有较好的一致性,AL 及 ACD 参数可替换使用。

【关键词】 白内障;眼轴;人工晶状体;生物测量;Pentacam

基金项目: 福建省自然科学基金青年创新项目 (2013D017)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20200917-00649

Difference and consistency analysis of the parameters for intraocular lens calculation measured by Pentacam AXL and Lenstar LS900

Zeng Zongsheng, Zhang Guangbin

Xiamen Eye Center Affiliated to Xiamen University, Xiamen 361100, China

Corresponding author: Zhang Guangbin, Email: 386975604@qq.com

【Abstract】 Objective To evaluate the precision of Pentacam AXL in measuring the parameters required for intraocular lens (IOL) calculation and compare the results with those obtained with Lenstar LS900. **Methods** A cross-sectional study was designed. Seventy patients (91 eyes) with age-related cataract treated in Xiamen Eye Center Affiliated to Xiamen University from March to August, 2017 to receive cataract surgery were collected. Biometry measurements in 91 eyes of 70 cataract patients were performed by the same examiner with Pentacam AXL and Lenstar LS900 before surgery. The axial length (AL), keratometry (K) and anterior chamber depth (ACD) were obtained. The differences between the two devices were analyzed by paired-samples *t* test and Pearson correlation analysis. Differences and correlation of biometry measurements obtained with two biometers were analyzed. The agreement of the two biometers was analyzed by Bland-Altman plot. Written informed consent was obtained from each subject prior to entering the study cohort. The study protocol was approved by the Ethics Committee of Xiamen Eye Center Affiliated to Xiamen University (No. XMYKZX-LW-2017-003). **Results** The mean values of AL were (23.39±1.34) mm and (23.42±1.36) mm, mean keratometry (Km) values were (43.96±1.53) D and (44.00±1.51) D, respectively, and the ACD values were (2.89±0.38) mm and (2.88±0.37) mm respectively measured by Pentacam AXL and Lenstar LS900, and the differences were not statistically significant ($P=0.906, 0.855, 0.811$), but all of the three biometry measurements showed good linear correlation ($r=0.999, 0.975, 0.991$; all at $P<0.05$). AL, Km and ACD between Pentacam AXL and Lenstar LS900 showed good agreements analyzed by Bland-Altman plot, and the respective 95% limits of agreement (95%LoA) for AL and ACD were -0.11 to 0.07 mm and -0.09 to 0.12 mm, while 95% LoA for Km was -0.70 to 0.62 D. **Conclusions** Pentacam AXL can provide accurate parameters for IOL calculation, which has a good agreement with Lenstar LS900, and the AL and ACD parameters can be used interchangeably.

[Key words] Cataract; Axial length/Eye; Intraocular lens; Biometer; Pentacam

Fund program: Natural Science Foundation of Fujian Province (2013D017)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20200917-00649

现代白内障手术已逐步由复明手术转变为屈光手术的一部分,为了减少术后屈光的误差,准确的生物测量一直是学者们关注的热点。目前以低相干光反射原理(optical low coherence reflectometry, OLCR)设计的 Lenstar LS900 和以部分相干干涉原理(partial coherence interferometry, PCI)设计的 IOL Master 生物测量仪在国内外应用广泛,且其精确性及一致性早已被证实^[1-4],而以 Scheimpflug 照相原理设计的 Pentacam HR 能测量出丰富的眼前节参数,如不同直径范围的前、后表面角膜曲率(keratometry, K)以及角膜厚度、角膜球差、高阶像差等,除在角膜屈光手术领域应用普遍外,在白内障手术方面可为优选人工晶状体(intraocular lens, IOL)提供数据参考^[5]。有研究表明, Pentacam HR 所测角膜曲率可用于 IOL 度数计算,但因其无测量眼轴模块而无法直接实现 IOL 度数的计算^[6-7]。近来,带眼轴长度(axial length, AL)测量功能的 Pentacam AXL 的出现弥补了这一缺陷,然而国内外临床应用该仪器时间均尚短,对中国人群眼球测量的准确性少有报道。本研究通过对比分析 Pentacam AXL 与 Lenstar LS900 测量 IOL 度数计算所需 AL、K 值、前房深度(anterior chamber depth, ACD)参数的差异性及其一致性,探讨 Pentacam AXL 测量 IOL 度数的准确性。

1 资料与方法

1.1 临床资料

采用横断面研究设计。收集 2017 年 3—8 月在厦门大学附属厦门眼科中心诊断为年龄相关性白内障患者 70 例 91 眼,其中男 30 例,女 40 例;年龄 44~86 岁,平均(66.76±20.27)岁。纳入标准:可配合进行 Pentacam AXL 及 Lenstar LS900 检查的年龄相关性白内障患者。排除标准:(1)有角膜瘢痕、晶状体皮质或核严重混浊无法测量 AL 者;(2)已确诊的黄斑病变患者;(3)有眼部外伤或手术史者。本研究遵循赫尔辛基宣言,经厦门大学附属厦门眼科中心伦理委员会审核批准(批文号:XYMKZX-LW-2017-003),所有患者同意参加本研究并签署知情同意书。

1.2 方法

所有患者均在充分扩瞳行眼底检查前应用 Pentacam AXL(德国 Oculus 公司,版本 1.20r127)及

Lenstar LS900(瑞士 Haag-Streit 公司,版本 i8220)分别对患眼 AL、平坦轴角膜曲率(keratometry values at the flat axis, K1)、陡峭轴角膜曲率(keratometry values at the steep axis, K2)、平均角膜曲率(mean keratometry, Km)、ACD 进行测量,所有患者的参数检查均由熟练操作这 2 种仪器的同一技师完成,所有的测量在 10:00~17:00 进行。

Pentacam AXL 检查方法:嘱患者下颌置于下颌托上,保持舒适稳定坐姿,患者固定注视仪器中的光源,检查者对焦后,仪器自动完成 180°旋转 Scheimpflug 照相及 AL 的测量,QS(quality specification)应答为“OK”,测量 3 次,取平均值。选取 Sim K(simulated keratometry)15°(角膜折射率为 1.3375)的 K1、K2、Km[$Km = (K1 + K2) / 2$]作为研究参数,ACD 取角膜前表面到晶状体前表面的距离, Pentacam AXL 显示为“ACD(Ext.)”。

Lenstar LS900 检查方法:嘱患者下颌置于下颌托内,保持舒适稳定坐姿,固定注视仪器中闪烁的红色视标,检查者对焦后一次测量可获得 AL、K1、K2、Km、ACD 等数据,每次测量由 16 次快速扫描组成,测量 3 次,取平均值。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 17.0 统计学软件和 MedCalc v17.9.2 软件进行统计分析。各测量参数的数据经 Kolmogorov-Smirnov 检验证实符合正态分布,以 mean±SD 表示,2 个组测量指标的数据差异比较采用配对 *t* 检验,2 种仪器测量参数的相关性采用 Pearson 相关分析。2 种仪器测量参数的一致性研究采用 Bland-Altman 法,95%一致性界限(limits of agreement, LoA)作为评价一致性的指标。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2 种生物测量仪器测量参数的差异和相关性

Pentacam AXL 测量参数平均值除 ACD 略大于 Lenstar LS900 测量值外,AL、K1、K2 和 Km 平均值均略小于 Lenstar LS900 相应测量值,但 2 种仪器的各参数测量值比较差异均无统计学意义(均 *P*>0.05)(表 1)。Pentacam AXL 与 Lenstar LS900 所测得 AL、K1、K2、Km、ACD 值均呈显著正相关($r = 0.999$ 、 0.965 、 0.969 、 0.975 、 0.991 ,均 *P*<0.05)(图 1)。

表 1 Pentacam AXL 与 Lenstar LS900 各参数测量值比较 (mean±SD)
Table 1 Differences of the parameters measured by Pentacam AXL and Lenstar LS900 (mean±SD)

测量仪器	眼数	AL(mm)	K1(D)	K2(D)	Km(D)	ACD(mm)
Pentacam AXL	91	23.39±1.34	43.49±1.52	44.41±1.58	43.96±1.53	2.89±0.38
Lenstar LS900	91	23.42±1.36	43.52±1.52	44.49±1.56	44.00±1.51	2.88±0.37
<i>t</i> 值		-0.119	-0.122	-0.368	-0.182	0.240
<i>P</i> 值		0.906	0.903	0.714	0.855	0.811

注: (配对 *t* 检验) AL: 眼轴长度; K1: 平坦轴角膜曲率; K2: 陡峭轴角膜曲率; Km: 平均角膜曲率; ACD: 前房深度

Note: (Paired-samples *t* test) AL: axial length; K1: keratometry values at the flat axis; K2: keratometry values at the steep axis; Km: mean keratometry; ACD: anterior chamber depth

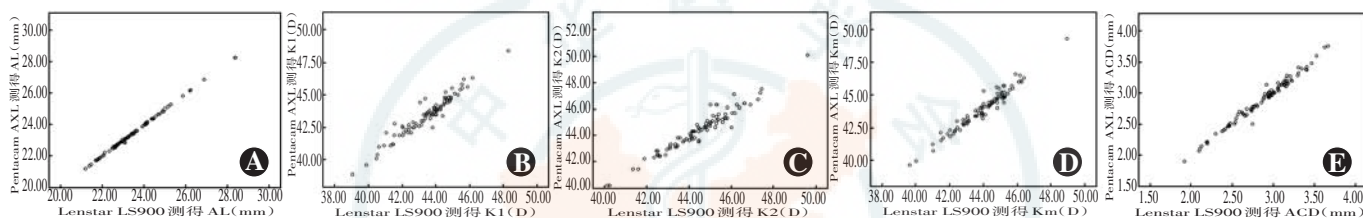


图 1 Pentacam AXL 与 Lenstar LS900 测量参数值相关分析散点图 (Pearson 相关分析, *n* = 91) Pentacam AXL 与 Lenstar LS900 所测得 AL、K1、K2、Km 和 ACD 值均呈显著正相关 (*r* = 0.999, 0.965, 0.969, 0.975, 0.991, 均 *P* < 0.05) A~E: 2 种仪器测量 AL、K1、K2、Km、ACD 值的相关性分析 AL: 眼轴长度; K1: 平坦轴角膜曲率; K2: 陡峭轴角膜曲率; Km: 平均角膜曲率; ACD: 前房深度

Figure 1 Correlation analysis of the parameters measured by Pentacam AXL and Lenstar LS900 (Pearson correlation analysis, *n* = 91) AL, K1, K2, Km and ACD measured by Pentacam AXL and Lenstar LS900 were significantly positively correlated (*r* = 0.999, 0.965, 0.969, 0.975, 0.991; all at *P* < 0.05) A-E: The correlation analysis of AL, K1, K2, Km and ACD measured by Pentacam AXL and Lenstar LS900 AL: axial length; K1: keratometry values at the flat axis; K2: keratometry values at the steep axis; Km: mean keratometry; ACD: anterior chamber depth

表 2 Pentacam AXL 与 Lenstar LS900 测量参数的平均差值和 95%LoA

Table 2 The average difference and 95%LoA of the parameters measured by Pentacam AXL and Lenstar LS900

测量参数	眼数	Pentacam AXL-Lenstar LS900 (mean±SD)	95% LoA
AL (mm)	91	0.02±0.05	-0.11-0.07
K1 (D)	91	0.03±0.40	-0.76-0.82
K2 (D)	91	0.09±0.39	-0.85-0.68
Km (D)	91	0.04±0.34	-0.70-0.62
ACD	91	-0.01±0.05	-0.09-0.12

注: (Bland-Altman 一致性分析) LoA: 一致性界限; AL: 眼轴长度; K1: 平坦轴角膜曲率; K2: 陡峭轴角膜曲率; Km: 平均角膜曲率; ACD: 前房深度

Note: (Bland-Altman consistency analysis) LoA: limits of agreement; AL: axial length; K1: keratometry values at the flat axis; K2: keratometry values at the steep axis; Km: mean keratometry; ACD: anterior chamber depth

3 讨论

目前,国内超声乳化白内障摘出联合折叠式 IOL 植入术已被广泛使用,同时飞秒激光辅助白内障超声乳化手术亦逐步被国内眼科医生及患者接受并使用;无论采用何种术式,完美的术后视觉效果是医患双方共同的追求,而术前准确的生物测量数据及精确的

2.2 2 种生物测量仪器测量参数的一致性

Bland-Altman 一致性分析显示, Pentacam AXL 与 Lenstar LS900 测量 AL 的 95% LoA 结果上下限绝对值的最大值为 0.18 mm, 相应的 K1、K2、Km 和 ACD 为 1.58 D、1.53 D、1.32 D 和 0.21 (表 2)。其中 2 种仪器对 AL 的测量有 86 眼 (94.5%) 在 95% LoA 内, 相应的值在 Km 和 ACD 分别有 84 眼和 89 眼在 95% LoA 内, 分别占 92.3% 和 97.8%。2 种仪器在测量 AL、Km、ACD 具有较好的一致性, AL 及 ACD 的 95% LoA 范围较窄, Km 的 95% LoA 范围次之, K1 和 K2 的 95% LoA 略宽 (图 2)。

IOL 度数计算是达到这一要求的基本保障。研究表明,白内障术后屈光误差的来源中 36% 由 AL 测量误差造成, 22% 来源于 K 值测量误差, 42% 源自 ACD 测量误差, 因而提高术前此 3 项 IOL 度数计算参数的测量精准度可在一定程度上减少术后屈光误差或意外的发生^[8]。

IOL Master 是采用 PCI 测量 AL 和光学成像自动测量 K 值的光学生物测量仪器, 与 A 型超声相比, 其获得 AL 结果的可靠性、重复性更高^[9]。按照 OLCR 原理设计的 Lenstar 采用更长波长 (820 nm) 的光源, 理论上具有更高的分辨率, 并可一次性完成角膜厚度、角膜内皮至晶状体前表面的距离、晶状体厚度、瞳孔大小、视网膜厚度等参数的测量^[2]。Pentacam HR 采用 Scheimpflug 照相技术的角膜地形图分析可提供不同范围角膜前、后表面及总 K 值, 选择合适的角膜曲率可用于 IOL 度数计算, 它还可提供包括角膜像差、晶状体密度和位置、房角情况等全部眼前节参数值^[4,6-7,10]。近来在 Pentacam HR 基础上添加了与 IOL Master 类似的 PCI (波长 880 nm) AL 测量功能的 Pentacam AXL 使其在白内障手术术前应用上更加全面。

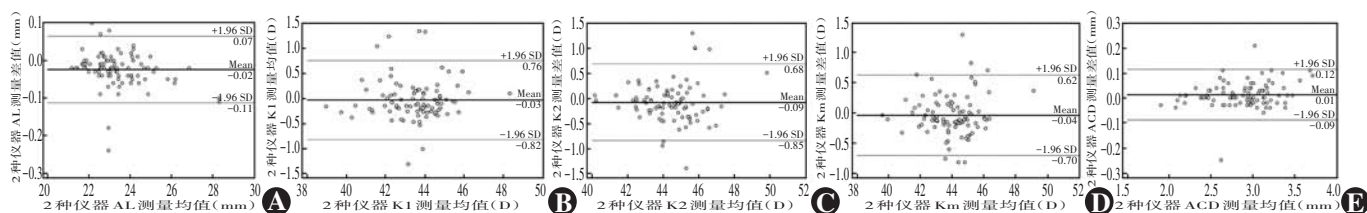


图 2 Pentacam AXL 与 Lenstar LS900 测量参数值的 Bland-Altman 图 Pentacam AXL 与 Lenstar LS900 测量 AL、K1、K2、Km 和 ACD 的 95% LoA 分别为 -0.11~0.07 mm、-0.76~0.82 D、-0.85~0.68 D、-0.70~0.62 D 和 -0.09~0.12 D A~E:2 种仪器测量 AL、K1、K2、Km 和 ACD 的一致性分析 AL:眼轴长度;K1:平坦轴角膜曲率;K2:陡峭轴角膜曲率;Km:平均角膜曲率;ACD:前房深度

Figure 2 The Bland-Altman plot of the parameters measured by Pentacam AXL and Lenstar LS900 The 95% LoA of AL, K1, K2, Km and ACD measured by Pentacam AXL and Lenstar LS900 were -0.11 to 0.07 mm, -0.76 to 0.82 D, -0.85 to 0.68 D, -0.70 to 0.62 D and -0.09 to 0.12 D, respectively A-E: The agreement analysis of AL, K1, K2, Km and ACD measured by Pentacam AXL and Lenstar LS900 AL: axial length; K1: keratometry values at the flat axis; K2: keratometry values at the steep axis; Km: mean keratometry; ACD: anterior chamber depth

本研究结果显示, Pentacam AXL 与 Lenstar LS900 测量 AL、K1、K2、Km 和 ACD 差异均无统计学意义, 两者 AL、K1、K2、Km 测量值均呈显著正相关, Bland-Altman 一致性分析结果显示, 2 种仪器测得 86 眼 (占 94.5%) 的 AL 差值在较窄的 95% LoA (-0.11~0.07 mm) 内, 84 眼 (占 92.3%) Km 差值在略宽的 95% LoA (-0.70~0.62 D) 内。2 种仪器所提供的内嵌常规 IOL 度数理论计算公式 SRK-T、Hoffer Q、Holladay 1 和 Haigis 均依赖生物测量参数 AL 值和 K 值。而既往有研究表明, 0.1 mm 的 AL 测量误差可导致 0.25~0.30 D 的术后屈光误差, 1 D 的 K 值测量误差可导致 0.90~1.40 D 的术后屈光误差^[11]。故 2 种仪器 AL 值可替换使用, Km 的 95% LoA 稍宽, 虽不影响其一致性, 但在临床替换应用中需谨慎。Pentacam AXL 与 Lenstar LS900 在 AL 测量方面的直接比较结果尚不清楚, 而最近的一项研究比较 Pentacam AXL 与 IOLMaster 500 测量 79 眼 AL 的结果是二者 AL 平均值相差 0.026 mm, 95% 的一致性界限为 -0.029~0.081 mm, 二者有高度一致性^[12], 可能与 2 种仪器均采用 PCI 原理测量眼轴密切相关。虽然 Lenstar 采用的是 OLCR 原理, 结合既往 PCI 仪器与 OLCR 仪器在测量 AL 方面准确性及一致性的研究^[1-4], 我们认为 Pentacam AXL 在测量 AL 方面同 Lenstar 一样具有较高准确性。对于 K 参数测量的比较, 本研究较 Huang 等^[13]研究 Km 的 95% LoA (-0.53~0.33 D) 略大, 分析原因为后者研究对象为健康志愿者而非白内障患者, 选取 Km 为中央区 3 mm 的前表面曲率不同于本研究的 Pentacam AXL 提供的极坐标 15° (中央 3~4 mm 环上) 的 SimK, 而 Lenstar 测量直径更小, 其采集角膜前表面 2 个同心圆 (1.65 mm 和 2.30 mm) 的 32 个光点的反射计算 K 值。Uçakhan 等^[14]采用 Pentacam 与 Lenstar LS900 测量的 Km 95% LoA 为 0.04~0.82 D,

亦小于本研究结果, 其研究对象同样为正常眼人群。Mueller 等^[15]研究结果示 Pentacam HR 测得 Km 半径为 (7.83±0.30) mm, Lenstar LS900 为 (7.80±0.29) mm, 使用屈光指数 (n = 1.3375) 换算本研究中 Pentacam AXL 测得 Km 平均值 (43.96 D) 与 Lenstar 所测得 Km 平均值 (44.00 D), 分别为 7.68 mm 和 7.67 mm, 可知本研究二者的差异与其研究结果较为一致。在高眼压及原发性开角型青光眼患者人群中, Pentacam HR 与 Lenstar LS900 测量 K 值亦较一致^[16]。尽管大量研究表明了 Pentacam 与 Lenstar 在测量 K 值方面的一致性, 本研究同大多数学者一样认为 2 种仪器测量的角膜曲率值不宜相互替代使用。事实上, Pentacam AXL 与 Pentacam HR 在测量 K 值方面功能相同, 除可提供本研究所选取的 SimK 15° 外, 还可以个性化给出不同直径范围环上和区域内的前表面 K 值、净屈光力、总角膜屈光力及等效屈光力。Saad 等^[6]通过 Pentacam HR 与 IOLMaster 的对比研究认为 2 mm 环上的前表面 K 值计算 IOL 度数的结果最佳, 而 Savini 等^[7]研究认为 Pentacam HR 提供的 3 mm ERK 在 Hoffer Q 和 Holladay 1 公式计算 IOL 度数可得最低的中位数误差, 而使用 SRK-T 公式则为 2 mm 环上的总角膜屈光力。以往的研究中均采用 Pentacam HR 给出的不同 K 值代入其他生物测量仪中计算比较, 对于 Pentacam AXL, 后期研究者们可以选取不同的曲率值计算 IOL 度数与目前公认准确的生物测量仪比较, 优选出最佳的应用于不同公式不同人群的 K 值。因 Pentacam AXL 仍是光学测量仪, 当角膜、晶状体、玻璃体过度混浊时, AL 的测量仍须借助 A 型超声, 而 Pentacam AXL 提供手工输入其他仪器所测量出的 AL, AL 代入计算得出的 IOL 精准度我们也将后续加以探讨。

本研究结果显示, Pentacam AXL 与 Lenstar LS900 测得 ACD 差异无统计学意义, 相关系数为 0.991, 95%

LoA 为 $-0.09 \sim 0.12$ mm, 与 O'Donnell 等^[17] 研究 Pentacam HR 与 Lenstar LS900 一致性的 95% LoA ($0.12 \sim 0.04$ mm) 结果、Huang 等^[13] 的 95% LoA 研究结果 ($-0.11 \sim 0.15$)、Uçakhan 等^[14] 的 95% LoA ($0.23 \sim 0.05$ mm) 研究结果及 Shajari 等^[18] 的研究结果相似。Sen 等^[6] 在 37 例高血压或开角型青光眼患者人群的研究中发现, Pentacam HR 与 Lenstar LS900 测量 ACD 分别为 (2.96 ± 0.38) mm 和 (3.47 ± 0.49) mm, 差异有统计学意义, 95% LoA 为 $0.36 \sim 1.65$ mm, 分析认为差异是由于 2 种仪器的设计技术不同所致。我们推测因 2 种仪器测量 ACD 的原理差异, 眼压高是影响 2 种仪器测量 ACD 差异的重要因素, 具体原因有待进一步研究。结合本研究及既往研究结果, 我们认为 Pentacam AXL 与 Lenstar LS900 测量 ACD 具有高度一致性, Pentacam AXL 测得 ACD 用于 IOL 度数计算是可靠的^[16-18]。此外, 因 2 种仪器均未提供如 Holladay 2 公式计算, 本研究未纳入参数角膜直径, 但既往有研究表明 Pentacam HR 与 Lenstar 测量角膜直径差异无统计学意义^[18]。

综上所述, 在 IOL 度数计算参数测量方面, Pentacam AXL 准确性较好, 与目前常用的 Lenstar LS900 具有较好的一致性, AL 及 ACD 参数可替换使用, 但 Pentacam AXL 与其他生物测量仪, 如 IOLMaster 500、IOLMaster 700 的一致性, 及针对不同 IOL 计算公式或不同人群如何个性化选择 K 值有待进一步研究。此外, 全面而准确的眼前节参数对植入 IOL, 尤其是高端功能性 IOL 至关重要, 例如角膜像差、角膜通透度等, Pentacam AXL 继承了 Pentacam HR 所能提供的全部眼前节参数值, 在屈光白内障手术时代将更有优势。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Rohrer K, Frueh BE, Wälti R, et al. Comparison and evaluation of ocular biometry using a new noncontact optical low-coherence reflectometer[J]. *Ophthalmology*, 2009, 116(11): 2087-2092. DOI: 10.1016/j.ophtha.2009.04.019.
- [2] Buckhurst PJ, Wolffsohn JS, Shah S, et al. A new optical low coherence reflectometry device for ocular biometry in cataract patients[J]. *Br J Ophthalmol*, 2009, 93(7): 949-953. DOI: 10.1136/bjo.2008.156554.
- [3] Rabsilber TM, Jepsen C, Auffarth GU, et al. Intraocular lens power calculation: clinical comparison of 2 optical biometry devices[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2010, 36(2): 230-234. DOI: 10.1016/j.jcrs.2009.09.016.
- [4] 黄锦海, 杨欣, 王勤美, 等. 新型光学低相干反射仪 Lenstar 与 IOLMaster 测量人工晶状体度数的比较研究[J]. *中华眼科杂志*, 2012, 48(11): 1005-1010. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2012.11.011.
- [5] Huang JH, Yang X, Wang QM, et al. Comparison of Lenstar and IOLMaster for intraocular lens power calculation[J]. *Chin J Ophthalmol*, 2012, 48(11): 1005-1010. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2012.11.011.
- [6] Al-Sayyari TM, Fawzy SM, Al-Saleh AA. Corneal spherical aberration and its impact on choosing an intraocular lens for cataract surgery[J]. *Saudi J Ophthalmol*, 2014, 28(4): 274-280. DOI: 10.1016/j.sjopt.2014.06.005.
- [7] Saad E, Shammam MC, Shammam HJ. Scheimpflug corneal power measurements for intraocular lens power calculation in cataract surgery[J]. *Am J Ophthalmol*, 2013, 156(3): 460-467. DOI: 10.1016/j.ajo.2013.04.035.
- [8] Savini G, Barboni P, Carbonelli M, et al. Accuracy of corneal power measurements by a new Scheimpflug camera combined with Placido-disk corneal topography for intraocular lens power calculation in unoperated eyes[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2012, 38(5): 787-792. DOI: 10.1016/j.jcrs.2011.11.037.
- [9] 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.
- [10] Connors R 3rd, Boseman P 3rd, Olson RJ. Accuracy and reproducibility of biometry using partial coherence interferometry[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2002, 28(2): 235-238. DOI: 10.1016/s0886-3350(01)01179-8.
- [11] Weiner X, Baumeister M, Kohnen T, et al. Repeatability of lens densitometry using Scheimpflug imaging[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2014, 40(5): 756-763. DOI: 10.1016/j.jcrs.2013.10.039.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] Huang J, Pesudovs K, Wen D, et al. Comparison of anterior segment measurements with rotating Scheimpflug photography and partial coherence reflectometry[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2011, 37(2): 341-348. DOI: 10.1016/j.jcrs.2010.08.044.
- [15] Uçakhan OÖ, Akbel V, Bıyıklı Z, et al. Comparison of corneal curvature and anterior chamber depth measurements using the manual keratometer, Lenstar LS 900 and the Pentacam[J]. *Middle East Afr J Ophthalmol*, 2013, 20(3): 201-206. DOI: 10.4103/0974-9233.114791.
- [16] Mueller A, Thomas BC, Auffarth GU, et al. Comparison of a new image-guided system versus partial coherence interferometry, Scheimpflug imaging, and optical low-coherence reflectometry devices: keratometry and repeatability[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2016, 42(5): 672-678. DOI: 10.1016/j.jcrs.2016.01.042.
- [17] Sen E, Inanc M, Elgin U, et al. Comparison of anterior segment measurements with LenStar and Pentacam in patients with newly diagnosed glaucoma[J]. *Int Ophthalmol*, 2018, 38(1): 171-174. DOI: 10.1007/s10792-016-0440-z.
- [18] O'Donnell C, Hartwig A, Radhakrishnan H. Comparison of central corneal thickness and anterior chamber depth measured using LenStar LS900, Pentacam, and Visante AS-OCT[J]. *Cornea*, 2012, 31(9): 983-988. DOI: 10.1097/ICO.0b013e31823f8e2f.
- [19] Shajari M, Lehmann UC, Kohnen T. Comparison of corneal diameter and anterior chamber depth measurements using 4 different devices[J]. *Cornea*, 2016, 35(6): 838-842. DOI: 10.1097/ICO.0000000000000840.

(收稿日期: 2020-09-17 修回日期: 2020-11-03)

(本文编辑: 刘艳 施晓萌)