

· 临床研究 ·

浸润式 A 型超声法与 Lenstar 光学生物测量仪在不同类型白内障眼测量的晶状体厚度值的差异及其临床意义

薛文琛 宋慧 汤欣

300020 天津医科大学眼科临床学院 天津市眼科医院 天津医科大学(薛文琛);300020 天津市眼科医院 天津市眼科学与视觉科学重点实验室 天津市眼科研究所(宋慧、汤欣)

通信作者:汤欣,Email:tangprofessor@aliyun.com

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2016.12.015

【摘要】 背景 白内障是全球致盲眼病的主要原因,手术是目前治疗白内障的主要手段,因此术前参数的精准测量对提高术后视觉质量有重要意义。**目的** 比较浸润式 A 型超声与 Lenstar 光学生物测量仪对不同晶状体厚度(LT)进行测量时结果的差异,分析两种检测方法的一致性,探讨超声测量在对不同类型和不同核硬度的白内障患者进行 LT 测量时是否需要改变声速参数。**方法** 采用诊断试验可靠性评价方法,分别应用浸润式 A 型超声和 Lenstar 光学生物测量仪(Lenstar 测量仪)于 2013 年 9 月至 2014 年 5 月在天津市眼科医院对 130 例 143 眼单纯白内障患者进行 LT 测量,按照白内障类型不同分为核性白内障组 50 例 60 眼、后囊下性白内障组 40 例 40 眼和皮质性白内障组 43 例 43 眼;核性白内障组患眼根据 Emery 核硬度分级标准亚分为Ⅱ级核白内障 14 例 20 眼、Ⅲ级核白内障 17 例 20 眼和Ⅳ级核白内障 9 例 20 眼,采用配对 *t* 检验法对 2 种方法测量的 LT 值的差异进行比较;采用 Bland-Altman 图对 2 种测量方法的测量值进行一致性分析。**结果** 浸润式 A 型超声法对核性白内障眼测量的 LT 值为 (4.85 ± 0.39) mm,明显高于 Lenstar 测量仪的测量值 (4.74 ± 0.37) mm,差异有统计学意义($t=3.020, P=0.004$),2 种测量方法间对后囊下性白内障眼和皮质性白内障眼测量的 LT 值差异均无统计学意义($t=1.015, P=0.316; t=1.275, P=0.209$)。浸润式 A 型超声法对Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级核白内障患者测量的 LT 值均明显高于 Lenstar 测量仪的测量值,差异均有统计学意义($t=2.175, 2.378, 2.383$, 均 $P<0.05$)。浸润式 A 型超声法与 Lenstar 测量仪在后囊下性白内障眼测得的 LT 值一致性较好,95% 一致性界限(LoA)为 $-0.21 \sim 0.18$ mm,而在核性白内障眼和皮质性白内障眼中 2 种测量方法测得的 LT 值一致性较差,95% LoA 分别为 $-0.64 \sim 0.43$ mm 和 $-0.50 \sim 0.41$ mm。浸润式 A 型超声与 Lenstar 测量仪在Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级核白内障眼测得的 LT 值一致性均较差,95% 一致性界限分别为 $-0.31 \sim 0.22$ mm、 $-0.32 \sim 0.24$ mm 和 $-1.09 \sim 0.62$ mm。**结论** 浸润式 A 型超声法与 Lenstar 测量仪在测量不同类型白内障的 LT 值时存在一定差异,浸润式 A 型超声法测量值较高,提示浸润式 A 型超声法测量不同类型白内障 LT 时不能简单地使用统一的平均声速参数,采用浸润式 A 型超声对具有不同核硬度的核性白内障患者进行 LT 测量时也应考虑改变声速参数。

【关键词】 生物测量/仪器;白内障/诊断;白内障/超声波检查法;光学设备;晶状体厚度

The difference of lens thickness measured by immersion A-scan ultrasound versus Lenstar optical biometry in various types of cataract eyes and its clinical significance Xue Wenchen, Song Hui, Tang Xin

Clinical College of Ophthalmology of Tianjin Medical University, Tianjin Eye Hospital, Tianjin Medical University, Tianjin 300020, China (Xue WC); Tianjin Eye Hospital, Tianjin Key Lab of Ophthalmology and Vision Science, Tianjin Eye Institute, Tianjin 300020, China (Song H, Tang X)

Corresponding author: Tang Xin, Email: tangprofessor@aliyun.com

[Abstract] Background Cataract is the main cause of global blindness, and surgery is the main method for the treatment of cataract, so precise preoperative parameters have an important significance for improving postoperative visual quality. **Objective** This study was to analyze the difference of lens thickness (LT) measured by immersion A-scan ultrasound versus optical biometry and consistency of these two methods in measuring the LT for different types of cataract eyes, and to investigate whether A-scan ultrasound for the LT measurement needs to correct the ultrasound speed parameter. **Methods** A reliability evaluation of diagnosis test was designed. The LT was measured on 143

cataract eyes using immersion A-scan ultrasound and Lenstar optical biometry in Tianjin Eye Hospital from September 2013 to May 2014. The eyes were assigned to nuclear cataract group (60 eyes of 50 patients), posterior subcapsular cataract group (40 eyes of 40 patients) and cortical cataract group (43 eyes of 43 patients) based on the types of cataract, and the hardness of nucleus was grade II in 20 eyes of 14 patients, grade III in 20 eyes of 17 patients and grade IV in 20 eyes of 19 patients. The outcomes measured by immersion A-scan ultrasound versus Lenstar optical biometry were compared with paired *t* test, and the consistency between the two devices was analyzed by Bland-Altman agreement plot. This study complied with Helsinki declaration, and written informed consent was obtained from each patient prior to any examination. **Results** The mean LT value was (4.85 ± 0.39) mm from the immersion A-scan ultrasound and (4.74 ± 0.37) mm from the Lenstar optical biometry, with a significant difference between the two devices ($t=3.020, P=0.004$). No significant differences were found in the LT values of the posterior subcapsular cataractous eyes and cortical cataractous eyes between the two devices ($t=1.015, P=0.316; t=1.275, P=0.209$). The LT values by immersion A-scan ultrasound were significantly higher in grade II, III and IV nuclear cataractous eyes than those by Lenstar optical biometry ($t=2.175, 2.378, 2.383$, all at $P<0.05$). The outcome showed a good consistency in the posterior subcapsular cataractous eyes between the two measuring methods, with the 95% limitation of agreement (LoA) from -0.21 to 0.18 mm. However, there were poor consistencies between the two measuring methods in the nuclear and cortical cataractous eyes, with the 95% LoA from -0.64 to 0.43 mm and from -0.50 to 0.41 mm, respectively. Poor consistencies also were seen in grade II, III, IV nuclear cataractous eyes between the two measuring methods, and the 95% LoA were -0.31 to 0.22 mm, -0.32 to 0.24 mm and -1.09 to 0.62 mm, respectively. **Conclusions** There are differences in measuring LT of different types of cataractous eyes between immersion A-scan ultrasound and Lenstar optical biometry. The measuring values are higher by immersion A-scan ultrasound than those by Lenstar optical biometry, suggesting that the measurement of immersion A-scan ultrasound for LT of different types and nuclear hardness of cataractous eyes should correct the ultrasound speed parameters.

[Key words] Biometry/instrumentation; Cataract/diagnosis; Cataract/ultrasonography; Optical devices; Lens thickness

准确的眼球生物参数测量对于白内障患者术前计算人工晶状体(intraocular lens, IOL)的度数、青光眼及屈光不正等眼病的诊断及治疗均有重要的临床意义。现代白内障手术已经从复明手术向屈光手术转变,为了提高患者术后的视觉质量,术前 IOL 度数的精确测算以及手术操作技巧的熟练掌握都是手术成功的关键,而术前晶状体厚度(lens thickness, LT)的准确测量不仅是现代多变量 IOL 计算时 Holladay 2 公式^[1]和 Olsen 公式^[2]的参数之一,还可以为确定术中的刻槽深度以及设定超声乳化能量提供依据。LT 的测量有光学法和声学法 2 种,目前临床上所用的光学法测量仪器较多,如 Orbscan 眼前节分析仪、眼前节 OCT、Pentacam 眼前节分析仪、Lenstar 光学生物测量仪等,其中 Lenstar 光学生物测量仪对 LT 的测量具有较高的精确性和重复性^[3];声学法测量仪器主要为 A 型超声,测量方式包括接触式和浸润式。目前,超声法检查过程中对于不同类型白内障患者 LT 的测量采用的是统一的平均声速,其测量结果是否与实际值存在较大的差异值得讨论。本研究对浸润式 A 型超声与光学生物测量仪测量不同类型白内障的 LT 结果进行比较,评估这 2 种测量方法的差异和一致性,探讨 A 型超声在测量白内障患者 LT 时是否需要进行声速的调整。

1 资料与方法

1.1 资料

采用诊断试验可靠性评价方法,选择 2013 年 9 月至 2014 年 5 月于天津市眼科医院就诊的白内障患者 130 例 143 眼,其中男 61 例 68 眼,女 69 例 75 眼;患者年龄 48~88 岁,平均 (66.03 ± 8.24) 岁。所有患者均进行常规眼部检查,包括视力、眼压、裂隙灯显微镜以及扩瞳眼底检查。患者纳入标准:单纯白内障患者。排除标准:有角膜疾病、玻璃体视网膜疾病、陈旧性虹膜炎、青光眼等眼部疾病史;既往有眼部手术史、外伤史;全身情况差及配合欠佳的患者。本研究经天津市眼科医院伦理委员会审核通过,所有患者均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 试验分组 所有患者均使用复方托吡卡胺滴眼液扩瞳 30 min,由同一位经验丰富的医师根据晶状体混浊分级系统 III 进行白内障的分型,用眼前节照相系统 BX900 获取晶状体裂隙灯照片和后反光照片,再进行 20 MHz B 型超声检查进一步确定分型,其中核性白内障组 60 例,平均年龄 (72.03 ± 7.95) 岁,后囊下性白内障组 40 例,平均年龄 (57.31 ± 9.57) 岁;皮质性白内障组 43 例,平均年龄 (63.28 ± 10.00) 岁。根据

Emery 核硬度分级标准将核性白内障组分为Ⅱ级核 20 例、Ⅲ级核 20 例和Ⅳ级核 20 例。由于Ⅴ级核光学法无法穿透测量,因此未纳入。

1.2.2 检查前准备 所有受检眼均同时接受 Lenstar 与浸润式 A 型超声检查,由于测量时均要求患者注视指示灯或目标从而引发晶状体调节及 LT 改变,且因 2 种检查方法在测量时注视目标的距离不同引起的调节有一定差异,进而导致患者 LT 的变化也不同,因此本研究中所有患者瞳孔均经药物扩瞳致 8 mm 以上,先进行 Lenstar 检查,再进行浸润式 A 型超声检查,所有患者均由同一位经验丰富的检查者进行测量。

1.2.3 Lenstar 检查法对患者 LT 的测量 采用 Lenstar 测量仪(LS900 瑞士 Haag-Streit 公司和德国 Wavelight 公司联合研制)进行检查,患者下颌置于下颌托,额部紧贴额托,调整位置使患者双眼外眦与水平标线同齐,嘱患者睁大双眼,测试眼注视仪器中闪烁的红色亮点,检查者根据提示进行对焦,每眼测量 3 次 LT,取平均值。

1.2.4 浸润式 A 型超声检查法对患者 LT 的测量 采用眼科 A/B 型超声诊断仪(天津迈达医学科技有限公司)进行检查,所有患者行 Lenstar 检查后,测试眼用质量分数 0.5% 盐酸丙美卡因滴眼液点眼行表面麻醉,轻轻将注入生理盐水约 2 ml 的眼杯放入结膜囊,嘱患者注视正上方,探头垂直并接近于角膜,当探头前端与角膜顶点相距 2~5 mm 时自动启动测量,LT 测量 8 次,取平均值。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 19.0 统计学软件和 MedCalc 统计学软件进行统计分析。本研究中 LT 测量值经 W 检验证实呈正态分布,以 $\bar{x} \pm s$ 表示,经 Levene 检验证实组间方差齐。采用同一受试对象分别接受 2 种不同检查的研究设计,浸润式 A 型超声与 Lenstar 测量仪测量的各种类型和各级核硬度的白内障眼 LT 值的差异比较采用配对 t 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。采用 Bland-Altman 图对 2 种测量装置间测量数据的一致性进行分析。

2 结果

2.1 2 种测量方法测量不同类型白内障患者 LT 的差异性

在核性白内障患者中,浸润式 A 型超声测量的 LT 值均明显高于 Lenstar 测量仪的测量值,2 种测量方法的 LT 值差异有统计学意义($t = 3.020, P = 0.004$);在后囊下性和皮质性白内障患者中,浸润式 A 型超声法测量的 LT 值高于 Lenstar 的测量结果,但 2 种测量方法间差异均无统计学意义($t = 1.015, P = 0.316; t = 1.275, P = 0.209$)(表 1)。

表 1 2 种方法测量的不同类型白内障患者 LT 的比较($\bar{x} \pm s, \text{mm}$)

测量方法	不同类型白内障患者 LT 值		
	核性白内障 ($n = 60$)	后囊下性白内障 ($n = 40$)	皮质性白内障 ($n = 43$)
Lenstar 法	4.74 ± 0.37	3.97 ± 0.43	4.29 ± 0.46
浸润式 A 型超声法	4.85 ± 0.39	3.99 ± 0.44	4.34 ± 0.52
t 值	3.020	1.015	1.275
P 值	0.004	0.316	0.209

注:LT:晶状体厚度(配对 t 检验)

2.2 2 种测量方法对不同硬度核的核性白内障患者 LT 测量的差异性

Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级核白内障患者中,浸润式 A 型超声法测量的 LT 值均明显高于 Lenstar 的测量结果,差异均有统计学意义($t = 2.175, 2.378, 2.383$, 均 $P < 0.05$)(表 2)。

表 2 2 种方法测量的不同核硬度的核性白内障患者 LT 值的比较($\bar{x} \pm s, \text{mm}$)

测量方法	不同核硬度的核性白内障患者 LT 值		
	Ⅱ级核($n = 20$)	Ⅲ级核($n = 20$)	Ⅳ级核($n = 20$)
Lenstar 法	4.65 ± 0.26	4.73 ± 0.38	4.83 ± 0.45
浸润式 A 型超声法	4.70 ± 0.25	4.78 ± 0.43	5.06 ± 0.40
t 值	2.175	2.378	2.383
P 值	0.042	0.028	0.028

注:LT:晶状体厚度(配对 t 检验)

2.3 2 种测量方法对 3 种类型白内障 LT 测量结果的一致性

在核性白内障患者中,2 种仪器测量的 LT 差值的 95% 一致性界限(limitation of agreement, LoA)为 $-0.64 \sim 0.43 \text{ mm}$,有 5% (3/60) 的点位于 95% LoA 以外,在 95% LoA 内 2 种仪器测量的 LT 最大差值的绝对值为 0.50 mm,一致性较差。在后囊下性白内障患者中,2 种仪器测量的 LT 差值 95% LoA 为 $-0.21 \sim 0.18 \text{ mm}$,有 2.5% (1/40) 的值位于 95% LoA 以外,在 95% LoA 内最大差值的绝对值为 0.16 mm,一致性较好。在皮质性白内障患者中,2 种仪器测量的 LT 差值 95% LoA 为 $-0.50 \sim 0.41 \text{ mm}$,有 9% (4/43) 的值位于 95% LoA 以外,在 95% LoA 内最大差值的绝对值为 0.39 mm,一致性较差(图 1)。

2.4 核性白内障组不同等级核硬度患者 2 种方法测量 LT 值的一致性

Ⅱ级核白内障患者用浸润式 A 型超声与 Lenstar 测量的 LT 值差值 95% LoA 为 $-0.31 \sim 0.22 \text{ mm}$,有 5% (1/20) 的平均差值位于 95% LoA 以外,在 95% LoA 内最大差值的绝对值为 0.27 mm,一致性较差。Ⅲ级核白内障患者用浸润式 A 型超声与 Lenstar 测量的 LT 值

差值 95% LoA 为 $-0.32 \sim 0.24$ mm, 有 10% (2/20) 的平均差值位于 95% LoA 以外, 在 95% LoA 内最大差值的绝对值为 0.26 mm, 一致性较差。IV 级核白内障患者中用浸润式 A 型超声与 Lenstar 测量的 LT 值差值

95% LoA 为 $-1.09 \sim 0.62$ mm, 有 10% (2/20) 的平均差值位于 95% LoA 以外, 在 95% LoA 内最大差值的绝对值为 0.82 mm, 一致性较差(图 2)。

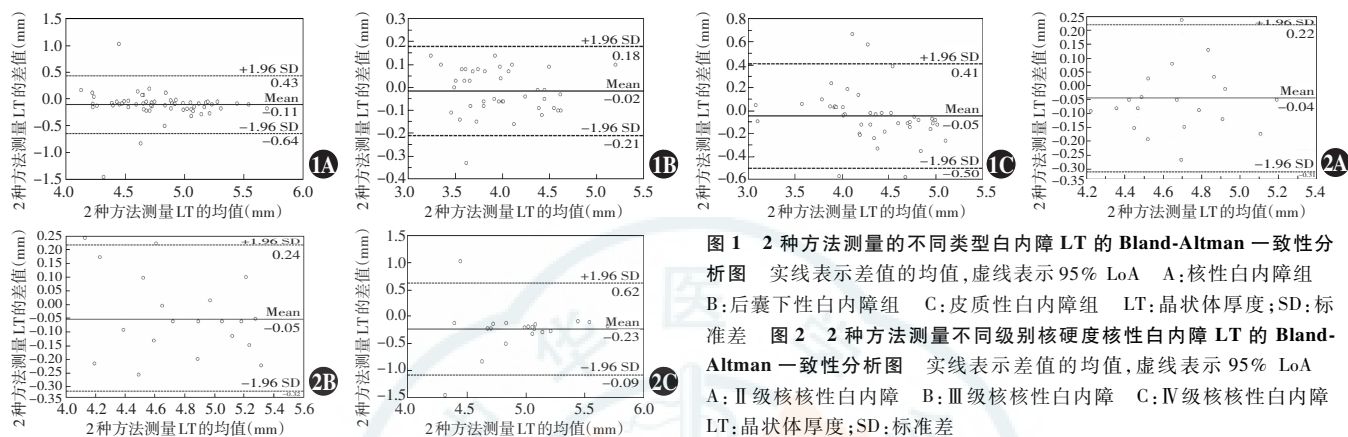


图 1 2 种方法测量的不同类型白内障 LT 的 Bland-Altman 一致性分析图 实线表示差值的均值, 虚线表示 95% LoA A: 核性白内障组 B: 后囊下性白内障组 C: 皮质性白内障组 LT: 晶状体厚度; SD: 标准差 图 2 2 种方法测量不同级别核性白内障 LT 的 Bland-Altman 一致性分析图 实线表示差值的均值, 虚线表示 95% LoA A: II 级核性白内障 B: III 级核性白内障 C: IV 级核性白内障 LT: 晶状体厚度; SD: 标准差

3 讨论

基于低相干光反射原理的光学生物测量仪 Lenstar 技术利用激光二极管发射出单束波长为 820 nm 的激光沿视轴方向到达眼球各个结构表面再分别反射回来, 探测器接收后进行分析处理得到数据, 提供的信息是视轴上真正的 LT, 能清楚地观察晶状体的前后表面和晶状体的密度^[4], 可一次性完成整个眼球结构的生物测量, 具有高分辨率、重复性好和精确度高的优势^[5-7]。Lenstar 的操作过程方便快捷, 测量结果便于计算机进行分析, 已广泛应用于临床和科研中。A 型超声是传统的生物学测量方法, 主要是基于超声波的回波反射原理, 根据不同组织的声阻抗不同而记录各个界面反射的回波时间, 然后再利用距离 = 时间 × 速度的公式计算而获得相关组织的测量值^[8]。与传统的接触式 A 型超声不同的是, 浸润式 A 型超声在检查时不直接接触角膜, 而是通过人工泪液或平衡盐溶液间接地与角膜接触并进行测量, 不仅减少了对角膜的压迫, 而且回波信号更接近视轴对角膜厚度及眼轴长度的测量, 比接触式 A 超测量结果更为精确^[9-10], 但对于 LT 的测量两者差异不大。

光学生物测量仪 Lenstar 与 A 型超声的测量值计算方法不同。Lenstar 是利用光的干涉度测量且进行线性处理, 将时间轴转化为距离轴, 通过 A-SCAN 运算法则得到视轴上各层组织的厚度, 可分辨不同介质的屈光指数, 如角膜、晶状体、视网膜等, 运算过程中将扫描成分进行平均化和相关性处理, 结合整体的屈光指数进行计算, 再进行可信度评估, 因此, 不同程度的晶

状体混浊引起屈光度改变时, Lenstar 测量是将其作为不同变量计算的, 而 A 型超声测量则采用统一的平均声速(参考正常人晶状体声速)将不同程度的晶状体混浊作为一个整体定量进行计算, 故其对不同程度白内障的测量结果是否存在偏差值得讨论。

在相关领域的研究报道中, 国内外学者对白内障多不进行分型, 认为 Lenstar 与接触式 A 型超声测量的 LT 差异无统计学意义^[5,11-12]。本研究中根据 LOCS III 将白内障患者分为 3 种类型, 分别对比浸润式 A 型超声与 Lenstar 对不同类型白内障 LT 的测量结果, 发现核性白内障组浸润式 A 型超声的 LT 测量值明显高于 Lenstar 测量值, 差异有统计学意义; Bland-Altman 一致性分析显示二者的一致性较差, 与我们前期在大样本正常人群得出的 Lenstar 与浸润式 A 型超声测量 LT 的一致性好的研究结果不同^[13]。分析其原因认为, Lenstar 是利用晶状体反向散射光信号与对照光束进行干涉度测量的原理, 通过 A-SCAN 运算法则计算的 LT^[14-15], 其准确性应该不受晶状体混浊程度的影响, 而浸润式 A 型超声是基于超声波的回波反射原理, 其计算值与反射波时间和声速有关, 而声速快慢受介质的物理特性, 即声阻抗的影响较大。正常人晶状体的声速为 1 641 m/s, 而核性白内障的声阻抗增加, 但依然选用正常人眼的声速进行测算, 会给计算结果造成一定程度的偏差。此外, 核性白内障患者晶状体核的硬化程度不同会导致声阻抗的改变值不同, 本研究利用 Bland-Altman 图对浸润式 A 型超声与 Lenstar 在 II、III、IV 级核性白内障患者测量的 LT 值进行一致性分析, 发现 IV 级核性白内障患者中 2 种方法测量

差值的 95% LoA 为 $-1.09 \sim 0.62$ mm, 认为 A 型超声测量时 IV 级核白内障患者晶状体密度和声阻抗的改变较大, 导致测量的实际声速与设定声速的差别, 增加测量结果的偏差较显著。眼球的轴长是影响人工晶状体计算的重要因素, 超声法对眼球轴长的测量是采用分段测量法, LT 是其中的一段, 0.3 mm 的 LT 测量误差则可导致术后屈光度发生约 1 D 的偏差, 而本研究中发现 2 种方法测量的 IV 级核白内障患者 LT 差值的均值为 0.23, 95% LoA 范围也较宽, 因此我们认为用 A 型超声进行核性白内障, 尤其是 IV 级及以上的硬核白内障 LT 测量和计算时应根据核硬度的不同改变声速参数。

皮质性白内障患者由于晶状体皮质的混浊不均匀、晶状体含水量的改变及蛋白质变性程度的不同等而导致声阻抗的改变程度不同, 可能影响超声测量的准确性。本研究中发现浸润式 A 型超声和光学生物测量仪测量的皮质性白内障 LT 结果一致性较差, 但 2 种测量方法测量结果的差异无统计学意义, 认为采用 A 型超声对皮质性白内障 LT 进行测量和计算时是否需要改变声速还需进一步进行大样本量的研究数据加以证实。对于后囊下性白内障患者, 由于晶状体的混浊主要在后囊下, 而晶状体的密度及性状改变较小, 对声阻抗的影响程度较小, 2 种测量方法测得的 LT 结果差异无统计学意义, 且测量的一致性较好, 提示临床上采用 A 型超声测量和计算后囊下性白内障 LT 时可以不改变常用的声速参数。

虽然光学测量 LT 的方法已经越来越多地应用于临床, 但对于特殊的白内障患者, 如成熟或过熟期白内障、角膜白斑、核硬度较大的白内障患者及检查时因无法固视而难以配合的患者等, 光学生物测量仪检查时光无法穿透致密的混浊介质, 必须使用传统的超声测量方法进行 LT 测量, 此外多数基层及偏远地区的眼科医疗机构目前可能尚未配备价格高昂的光学检查设备, A 型超声仍是测量 LT 的唯一手段, 因此 A 型超声测量参数的准确性对于白内障患者术后视觉质量的改善意义重大。本研究结果提示, 浸润式 A 型超声与光学生物测量仪对不同类型白内障患者的 LT 测量结果存在一定差异, 此外采用超声法对不同类型和具有不同硬度核的白内障患者进行 LT 测量和计算时不宜用统一的平均声速参数值, 尤其对于 IV 级及以上较硬核的白内障患者, 其实际声速与常用的声速值 1641 m/s 相差较大, 而测量这些患者所采用的具体声速改变值本研究尚未进行研究, 临床上还需要扩大样本量进一步进行准确的计算和验证, 这也是本研究的不足之处以及我们进一步研究的方向。

利益声明: 本研究与文中涉及到的仪器公司无利益关系。

参考文献

- [1] Shammas HJ. Intraocular IOL power calculations [M]. Thorofare, NJ: SLACK Incorporated, 2004: 17.
- [2] 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.
- [3] Cruysberg LP, Doors M, Verbakel F, et al. Evaluation of the Lenstar LS 900 non-contact biometer [J]. Br J Ophthalmol, 2010, 94 (1): 106-110. DOI: 10.1136/bjo.2009.161729.
- [4] 黄锦海, 李坚, 杨欣, 等. 新型眼球生物测量仪 Lenstar 的原理及其临床应用 [J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2013, 15 (5): 314-317, 320. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2013.05.015. Huang JH, Li J, Yang X, et al. The new laser optical biometer: attributes and applications [J]. Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci, 2013, 15 (5): 314-317, 320. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2013.05.015.
- [5] 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.
- [6] Holzer MP, Mamusa M, Auffarth GU. Accuracy of a new partial coherence interferometry analyser for biometric measurements [J]. Br J Ophthalmol, 2009, 93 (6): 807-810. DOI: 10.1136/bjo.2008.152736.
- [7] 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.
- [8] 杨文利, 王宁利. 眼超声诊断学 [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2006: 289.
- [9] Kronbauer AL, Kronbauer FL, Kronbauer CL. Comparative study of the biometric measurements made by immersion and contact techniques [J]. Arq Bras Oftalmol, 2006, 69 (6): 875-880.
- [10] Hennessy MP, Franzco, Chan DG. Contact versus immersion biometry of axial length before cataract surgery [J]. J Cataract Refract Surg, 2003, 29 (11): 2195-2198.
- [11] Tappeiner C, Rohrer K, Frueh BE, et al. Clinical comparison of biometry using the non-contact optical low coherence reflectometer (Lenstar LS 900) and contact ultrasound biometer (Tomey AL-3000) in cataract eyes [J]. Br J Ophthalmol, 2010, 94 (5): 666-667. DOI: 10.1136/bjo.2009.167700.
- [12] 薛林平, 刘洪, 沈政伟, 等. Lenstar 与 A 超测量前房深度及晶状体厚度的比较 [J]. 临床眼科杂志, 2012, 20 (5): 418-420. DOI: 10.3969/j.issn.1006-8422.2012.05.011. Xue LP, Liu H, Shen ZW, et al. Comparison of Lenstar and A-scan ultrasound biometry in the measurement of anterior chamber depth and lens thickness [J]. J Clin Ophthalmol, 2012, 20 (5): 418-420. DOI: 10.3969/j.issn.1006-8422.2012.05.011.
- [13] 王欢, 宋慧, 汤欣. 正常人群晶状体厚度和前房深度的变化及其影响因素 [J]. 中华实验眼科杂志, 2015, 33 (7): 650-654. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2015.07.017. Wang H, Song H, Tang X. Changes of lens thickness, anterior chamber depth and influence factors in normal subjects [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2015, 33 (7): 650-654. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2015.07.017.
- [14] 刘航航, 李金瑛. Lenstar 在眼球生物学测量中的应用 [J]. 国际眼科纵览, 2012, 36 (2): 93-97. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-5803.2012.02.005. Liu HH, Li JY. Lenstar for ocular biometry measurements [J]. Int Rev Ophthalmol, 2012, 36 (2): 93-97. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-5803.2012.02.005.
- [15] Muscat S, McKay N, Parks S, et al. Repeatability and reproducibility of corneal thickness measurements by optical coherence tomography [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2002, 43 (6): 1791-1795.

(收稿日期: 2016-03-19)

(本文编辑: 尹卫靖 刘艳)