

人晶状体厚度在体测量方法研究进展

杨玉焕,张 婕,严 宏

基金项目:国家自然科学基金面上项目(No. 81370997)

作者单位:(710038)中国陕西省西安市,第四军医大学唐都医院眼科

作者简介:杨玉焕,女,在读硕士研究生,研究方向:白内障发病机制及防治。

通讯作者:严宏,男,博士,主任医师,教授,博士研究生导师,研究方向:白内障发病机制及防治。yhgongb@fmmu.edu.cn

收稿日期:2017-02-23 修回日期:2017-04-24

Research progress on the measurement of human lens thickness *in vivo*

Yu-Huan Yang, Jie Zhang, Hong Yan

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (No. 81370997)

Department of Ophthalmology, Tangdu Hospital, the Fourth Military Medical University, Xi'an 710038, Shaanxi Province, China

Correspondence to: Hong Yan. Department of Ophthalmology, Tangdu Hospital, the Fourth Military Medical University, Xi'an 710038, Shaanxi Province, China. yhgongb@fmmu.edu.cn

Received:2017-02-23 Accepted:2017-04-24

Abstract

• The precise measurement in lens thickness *in vivo*, provides great application value for intraocular accommodation and ametropia development mechanism research. And it has great clinical significance for the diagnosis and treatment of glaucoma and cataract. Currently, many ultrasonic methods and optical methods are used in measuring lens thickness. The measurement principles, advantages, disadvantages and the accuracy of the instruments are summarized in this paper. Among these methods, Orbscan II, Pentacam, Lenstar and AS-OCT can be used to measure lens thickness instead of A-scan. More important is the fact that UL-OCT can dynamically monitor the change of the lens thickness with intraocular accommodation. Choosing an instrument with higher measuring accuracy to examine the lens thickness, can provide more accurate and convincing lens thickness data for clinical and scientific research.

• KEYWORDS: lens thickness; measurement; ultrasound; optics

Citation: Yang YH, Zhang J, Yan H. Research progress on the measurement of human lens thickness *in vivo*. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2017;17(6):1063-1065

摘要

晶状体厚度的在体精确测量对眼内调节及屈光不正发展

机制的研究具有重大的应用价值,同时对于青光眼、白内障诊断及治疗方面有较大的临床意义。本文对目前用于晶状体厚度在体测量的超声法和光学法等多种仪器的测量原理、优劣势及准确性进行归纳总结,其中 Orbscan II、Pentacam、Lenstar、AS-OCT 等可以代替 A 超测量晶状体厚度,而 UL-OCT 可以准确地动态地监测随调节改变晶状体厚度的变化。选择测量准确性较高的方法测量晶状体厚度,可为临床及科研提供更为准确可信的晶状体厚度数据。

关键词:晶状体厚度;测量;超声;光学

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2017.6.13

引用:杨玉焕,张婕,严宏. 人晶状体厚度在体测量方法研究进展. 国际眼科杂志 2017;17(6):1063-1065

0 引言

晶状体的厚度(lens thickness, LT)决定着前房的深度、青光眼发病的原因和机制、白内障摘除术后人工晶状体的有效位置、有晶状体眼屈光性人工晶状体的植入、准确计算人工晶状体的度数、研究老化和与晶状体相关的老化的治疗方法等,均有重要的临床应用价值和研究价值^[1-2]。同时,晶状体厚度在体测量受眼内调节影响,测量精确度要求较高。目前主要使用超声法及光学法测量仪器进行人晶状体厚度的在体测量。在临床及科研应用中,需要根据受检者的配合度及晶状体的状况,选择不同的晶状体厚度测量仪器,不同仪器测量值间存在一定的差异。本文主要对人晶状体厚度在体测量的超声法和光学法测量仪器的优劣势及测量准确性进行综述。

1 超声法

超声检查是传统的 LT 测量方法,超声波通过晶状体前后表面的时间不同,根据公式“距离=速度×时间”获得 LT 测量值。目前用于人晶状体厚度在体测量的超声检查方法主要有 A 型超声和超声生物显微镜(ultrasound biomicroscopy, UBM)。

1.1 A 型超声 A 型超声分为接触式和浸润式两种。Nongpiur 等^[3]使用 A 超(US-800, Japan)测得闭角型青光眼的 LT 为 4.20±0.92mm,显著大于正常眼 LT 3.90±0.73mm。在测量 LT 过程中,接触式 A 超检查时对眼球存在不同程度的压迫,降低了测量的精确度及可重复性,而浸润式 A 超检查时更接近视轴,测量精确度优于接触式 A 超检查^[4]。但浸润式 A 超检查操作复杂,需经验丰富者操作,更要求受检者的高度配合。

1.2 超声生物显微镜 李思珍等研究表明,UBM 可以精确测量晶状体厚度,UBM 测得 LT 原始数据为 4.523±0.324mm,根据公式“LT(mm)=原始测量值×1641/1550”校正后与 A 超所测晶状体厚度值(4.800±0.375mm)一致性较好^[5]。Ramasubramanian 等^[6]研究结果显示,UBM 测

得值随调节刺激加大 LT 增加,其中 70% 源于晶状体前表面前移,30% 源于晶状体后表面后移,所测 LT 均值较 A 超测量值小 0.166mm。UBM 在晶状体厚度测量中的主观性较 A 超大,分辨率低于 A 超。

2 光学法

早期光学法测量晶状体厚度是基于摄影术的,随着相干光源的发明,基于时域及超时的眼球生物测量仪器不断涌现,并开始应用于晶状体厚度的测量,各自特点及准确度存在差异。国内外多数研究结果显示光学测量 LT 小于超声测量法。只有了解测量工具的原理、特点,才能在临床和科研中很好地应用这些测量工具。

2.1 基于摄影术 基于 Scheimpflug 摄影术的晶状体厚度测量仪器主要有 EAS-1000 眼前节图像分析系统、Orbscan II 角膜地形图系统和 Pentacam 三维眼前节分析系统。Scheimpflug 摄像机需要一定条件才能获得清晰的晶状体图像。当晶状体较厚、瞳孔不充分大、配合欠佳或散瞳后有眼压升高可能时,Scheimpflug 摄像机拍摄不到晶状体后囊膜,难以准确测量晶状体厚度。Wiemer 等^[7]将 Scheimpflug 摄像系统应用于临床,测得 1 型糖尿病患者 LT 较正常人厚 0.20±0.04mm,而 2 型糖尿病患者 LT 与正常人无差别。

EAS-1000 测量晶状体厚度时,需操作者选定测量方位并选取测量边界,这种主观性增大了测量误差,造成测量值比真实值小。阎启昌等^[8]将受检者以 20 岁为一个阶段按年龄从小到大分为四组,使用 EAS-1000 测得 LT 依次为 4.02±0.37、4.11±0.29、4.24±0.54、4.21±0.34mm,显示 60 岁前晶状体厚度随年龄增长而变厚,而 60 岁后晶状体变薄;不同年龄组,EAS-1000 测量的结果均小于 A 超,晶状体厚度相差约 0.25mm,离散系数大于 A 超。EAS-1000 测量的晶状体厚度在总体稳定性及可重复性上不及 A 超。

Orbscan 系统在测量角膜参数方面得到广泛应用,但在测量晶状体厚度方面应用较少。Orbscan II 系统是以角膜前表面中心为起点,根据晶状体前表面中心与晶状体后表面中心到起点的距离即可得晶状体厚度。徐海铭等^[9]分别用 Orbscan II 系统和 A 型超声仪对 62 眼正视眼进行晶状体厚度测量,结果分别为 4.09±0.26、3.99±0.36mm,两者差异无统计学意义。因此,在检测晶状体厚度方面 Orbscan II 系统准确性与 A 超相当。

Pentacam 系统景深较大,成像较清晰。在朱梦钧等^[10]研究中,A 型超声较 Pentacam 测得的 LT 值高,并且随着近视度数的加深,这种差异也逐渐增大;高度近视、中度近视及低度近视 LT 中,A 型超声较 Pentacam 的值分别高 0.23、0.19、0.14mm,这种差异可能是由于近视导致晶状体密度的增加,从而 Pentacam 无法准确识别晶状体后表面的缘故,使测量的 LT 值普遍较 A 型超声值低。成拾明等^[11]研究表明,Pentacam 与 A 型超声测量的 LT 值分别为 3.43±0.23、3.54±0.34mm,两者相差 0.11mm,差异有统计学意义($P<0.05$),但结合临床认为两者差值较小;并且测得男性与女性的 LT 无统计学差异($P>0.05$)。在测量 LT 时,Pentacam 的重复性优于 A 型超声,Pentacam 可以清楚显示晶状体的前后表面,因此测量的晶状体厚度相对比较准确,但在测量高度近视患者及晶状体密度较大者 LT 时应综合分析。

2.2 基于光学相干技术 随着光学相干干涉技术不断发

展,可用于测量晶状体厚度的新光学仪器不断涌现,其敏感度、精确度及分辨率都较以前的超声法和摄影术有较大提高。目前基于光学相干干涉原理的测量晶状体厚度的仪器主要有 AC-Master、Lenstar、AS-OCT、FD-OCT 和 UL-OCT。其中 AC-Master、Lenstar 和 AS-OCT 使用基于时域的低相干光源即部分相干光源(PCI),而 FD-OCT 和 UL-OCT 是基于超时的扫频相干光源。在晶状体厚度测量上,有报道报道超声测量 LT 的精确度为 200 μ m。而基于部分相干干涉的测量仪器的精确度远比基于超声原理的测量仪器要高,睫状肌麻痹后精确度提高 5 倍,达 1~2 μ m,是 A 型超声的 100 倍^[12]。

AC-Master 是一种专门用于测量前房结构的仪器,对晶状体厚度的测量范围扩大为 0.1~9.5mm^[13]。AC-Master 晶状体厚度测量值较 A 超小 240 μ m,并且 AC-Master 较超声测量晶状体厚度的标准差大,分别为 323、50 μ m,即 AC-Master 测量晶状体厚度变异性更大,晶状体厚度较其他眼球参数测量变异性大,可能与眼内调节波动有关,睫状肌麻痹后测量晶状体厚度变异性降低,晶状体厚度平均减少 107 μ m^[14]。总之,AC-Master 测量晶状体厚度变异性大,测量结果不理想。

Lenstar 是近几年才应用于临床的光学生物测量仪,能够提供视轴上真正的晶状体厚度,具有高分辨率、高精度和非接触优势,可清晰地显示晶状体前后表面^[15]。相关研究^[16]显示,Lenstar 测量 LT 精确度达 0.06mm;Lenstar 检查与浸润式 A 超检查的 LT 值差异不显著,两者呈非常显著正相关,两种方法测量 LT 的一致性较好^[3]。目前,Lenstar 已被用于许多眼科研究中 LT 的测量^[1,17-18]。Laughton 等^[18]使用 Lenstar 对早期的老视患者晶状体厚度随年龄和调节的改变进行了为期 2.5a 的观察,结果显示随眼内调节增加,晶状体变厚,随年龄增加调节幅度降低,但每 1.0D 的调节引起晶状体厚度的改变保持稳定。调节对晶状体厚度的测量有一定影响,老年人眼内调节力降低,所测晶状体厚度较为准确。对于屈光介质明显混浊、固视能力差、低视力的患眼,Lenstar 不能顺利完成 LT 的测量^[19]。综上所述,Lenstar 与浸润式 A 超两种检查方法测量 LT 的一致性较好,在临床工作中,可用 Lenstar 代替 A 超测量 LT。

眼前段光学相干断层扫描仪(AS-OCT)可以对晶状体进行定量测量,且可在非调节的状态下进行扫描成像,同时可以通过显示屏对晶状体的前后极进行准确地判定,最大限度地消除偏轴测量因素。因此,AS-OCT 对 LT 的测量更为准确、客观。曾阳发等^[20]使用 AS-OCT 测得正常人 LT 为 4.21±0.43mm;晶状体随年龄增加每年增厚 21 μ m,且无性别间差异,不同年龄段 LT 的增长速度不一致;女性 LT 的增加使前房深度趋于变浅,而男性则较多偏向玻璃体腔扩张,这可能是女性原发性闭角型青光眼患病率较男性高的原因之一。AS-OCT 测得晶状体厚度值大于超声法测量值,老年人相差 0.135mm,年轻人相差 0.101mm,但差异较小,无临床意义,且与核性白内障级别不相关;AS-OCT 晶状体厚度测量值重复性较好,达±0.03mm,而 A 超重复性为±0.12mm,是 AS-OCT 的 4 倍^[21]。AS-OCT 与 A 超测得 LT 值分别为 4.861±0.404、4.866±0.351mm,两者高度相关,并且 LT 越大,两者差异越小^[22]。眼内调节对晶状体厚度有一定影响。Neri 等^[23]使用 AS-OCT 对处于调节状态的晶状体厚度进行测量,结

果显示调节状态下晶状体厚度增加,同时晶状体中心轻微前移。Doyle 等^[24]使用 AS-OCT 对 18~75 岁视力正常的 98 名志愿者在不同调节下测量晶状体厚度,结果显示 49 岁以下随调节增加晶状体厚度增加,而 49 岁以后则变化较小或者存在测量不出的变化。因此,认为 AS-OCT 可以代替 A 超测量晶状体厚度,但调节状态下测得晶状体厚度偏大,49 岁以上受检者的 LT 测量值则受调节影响较小。

OCT 发展迅速,基于超时域的 FD-OCT,包括 SS-OCT 和 SD-OCT,使用了垂直腔面发射激光技术,为高精度、非接触眼球生物测量仪器。Grulkowski 等^[25]使用 SS-OCT 测量 LT 的平均值为 3.810mm,标准差仅为 13 μ m,与 A 超测量结果高度相关。Pérez-Merino 等^[26]使用 SD-OCT 测得每增加 1D 调节,LT 增加 0.04 \pm 0.01mm,由于这种微小的眼内调节波动,使得 SD-OCT 所测晶状体厚度较眼轴长度的变异系数大。在 FD-OCT 基础上设计的 UL-OCT 具有超长扫描深度,测量深度>11mm,晶状体前后表面以及形态结构清晰可见;并且 UL-OCT 内置不同屈光度的透镜可供选用,可以主观控制眼内调节幅度^[27],动态监测晶状体厚度变化。UL-OCT 的分辨率高,测量晶状体厚度的重复性好,能够动态地测量晶状体厚度随调节的变化。

3 结语

目前有多种用于晶状体厚度在体测量的仪器可供临床及科研选择。在超声法测量晶状体厚度中,浸润式 A 超测量较为准确。基于摄影术的几种仪器,在晶状体厚度测量方面,Orbscan II 系统在检测晶状体厚度方面准确性可与 A 超媲美,Pentacam 优于 A 超,但在测量高度近视患者及晶状体密度较大者 LT 时应综合分析。对于基于光学相干干涉原理的测量仪器中,Lenstar、AS-OCT 可以代替 A 超测量晶状体厚度。UL-OCT 扫描深度>11mm,稳定性和重复性均较好,精确度较高,可以探测随调节变化晶状体厚度的变化。光学法测量过程简单,易配合,浸润式 A 超不易配合,且有角膜感染的风险。在临床及科研中,我们需要根据患者情况,选择合适且精确度较高的测量仪器进行晶状体厚度测量,才能获得更准确可信的数据。

参考文献

- O'Donnell C, Hartwig A, Radhakrishnan H. Correlations between refractive error and biometric parameters in human eyes using the Len Star 900. *Cont Lens Anterior Eye* 2011;34(1):26-31
- Olsen T. Calculation of intraocular lens power: a review. *Acta Ophthalmol Scand* 2007;85(5):472-485
- Nongpiur ME, He M, Amerasinghe N, et al. Lens vault, thickness, and position in chinese subjects with angle closure. *Ophthalmology* 2011;118(3):474-479
- 薛文琛, 宋慧, 汤欣. 两种方法测量正常人眼晶状体厚度及眼轴长度对比观察. *人民军医* 2015;58(8):924-926
- 李思珍, 梁远波, 王宁利, 等. 国产 UBM 测量闭角型青光眼前段结构的准确性. *齐鲁医学杂志* 2008;12(6):471-473
- Ramasubramanian V, Glasser A. Objective measurement of accommodative biometric changes using ultrasound biomicroscopy. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(3):511-526
- Wiemer NGM, Dubbelman M, Kostense PJ, et al. The influence of

- diabetes mellitus type 1 and 2 on the thickness, shape, and equivalent refractive index of the human crystalline lens. *Ophthalmology* 2008;115(10):1679-1686
- 阎启昌, 郇悦, 董雅娟, 等. 眼前节图像分析系统与 A 超测量前房深度及晶状体厚度的比较. *中国实用眼科杂志* 2006;24(6):602-604
- 徐海铭, 施明光, 张艳玲, 等. Orbscan II 系统在测量晶状体厚度、眼轴及前房深度中的应用. *临床眼科杂志* 2004;12(4):297-299
- 朱梦钧, 瞿小妹. Pentacam 及 A 型超声测量近视眼前房深度、晶状体厚度的研究. *眼科研究* 2008;26(1):63-66
- 成拾明, 周霞, 许玲. Pentacam 与 A 型超声测量前房深度及晶状体厚度的比较. *临床眼科杂志* 2012;20(1):8-10
- Drexler W, Baumgartner A, Findl O, et al. Submicrometer precision biometry of the anterior segment of the human eye. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1997;38(7):1304-1313
- Sacu S, Findl O, Buehl W, et al. Optical biometry of the anterior eye segment: interexaminer and intraexaminer reliability of AC Master. *J Cataract Refract Surg* 2005;31(12):2334-2339
- Lara F, Fernández-Sánchez V, López-Gil N, et al. Comparison of partial coherence interferometry and ultrasound for anterior segment biometry. *J Cataract Refract Surg* 2009;35(2):324-329
- 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. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2013;15(5):314-317
- Cruysberg LP, Doors M, Verbakel F, et al. Evaluation of the Lenstar LS 900 non-contact biometer. *Br J Ophthalmol* 2010;94(1):106-110
- Cursoy H, Sahin A, Basmak H, et al. Lenstar versus ultrasound for ocular biometry in a pediatric population. *Optom Vis Sci* 2011;88(8):912-919
- Laughton DS, Sheppard AL, Davies LN. A longitudinal study of accommodative changes in biometry during incipient presbyopia. *Ophthalmic Physiol Opt* 2016;36(1):33-42
- 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. *临床眼科杂志* 2012;20(5):418-420
- 曾阳发, 刘杏, 何明光, 等. 晶状体随年龄增长对眼前段轴向空间结构的影响. *中山大学学报* 2007;28(6):695-698
- Lehman BM, Berntsen DA, Bailey MD, et al. Validation of OCT-based crystalline lens thickness measurements in children. *Optom Vis Sci* 2009;86(3):181-187
- Hamzeh N, Moghimi S, Latifi G, et al. Lens thickness assessment: anterior segment optical coherence tomography versus A - scan ultrasonography. *Int J Ophthalmol* 2015;8(6):1151-1155
- Neri A, Ruggeri M, Protti A, et al. Dynamic imaging of accommodation by swept - source anterior segment optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(3):501-510
- Doyle L, Little JA, Saunders KJ. Repeatability of OCT lens thickness measures with age and accommodation. *Optom Vis Sci* 2013;90(12):1396-1405
- 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
- Pérez-Merino P, Velasco-Ocana M, Martinez-Enriquez E, et al. OCT-based crystalline lens topography in accommodating eyes. *Biomed Opt Express* 2015;6(12):5039
- Du C, Shen M, Li M, et al. Anterior segment biometry during accommodation imaged with ultralong scan depth optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2012;119(12):2479-2485