

不同光学测量设备测量近视眼中央角膜厚度的一致性评估

杨兰 何玉枚 赵芳 韩媛 夏桂花 徐曼

武汉爱尔眼科汉阳医院, 武汉 430050

通信作者: 徐曼, Email: xuman@aierchina.com

【摘要】 **目的** 比较角膜内皮镜 SP-1P、IOLMaster 700、Pentacam HR 三维眼前节分析诊断系统及 RTVue XR-OCT 4 种不同设备测量中央角膜厚度 (CCT) 的差异和一致性。 **方法** 采用诊断试验研究方法, 连续选取 2022 年 1—5 月于武汉爱尔眼科汉阳医院拟行角膜屈光手术的低中度近视患者 50 例 50 眼, 由同一检查者分别采用角膜内皮镜 SP-1P、IOLMaster 700、Pentacam HR 和 RTVue XR-OCT 测量 CCT, 比较 4 种仪器测量 CCT 值的差异; 分别采用 Pearson 线性相关分析和 Bland-Altman 一致性检验评估各种仪器测量 CCT 值之间的相关性和一致性。 **结果** 角膜内皮镜 SP-1P、IOLMaster 700、Pentacam HR 和 RTVue XR-OCT 测得的 CCT 平均值分别为 (522.68 ± 30.08) 、 (544.06 ± 32.85) 、 (541.00 ± 31.75) 和 $(528.86 \pm 31.60) \mu\text{m}$, 总体比较差异有统计学意义 ($F=5.09, P=0.002$), 其中角膜内皮镜 SP-1P 测量值低于 IOLMaster 700 和 Pentacam HR, IOLMaster 700 测量值高于 RTVue XR-OCT, 差异均有统计学意义 (均 $P<0.05$)。Pearson 相关分析显示, 角膜内皮镜 SP-1P 与 IOLMaster 700、角膜内皮镜 SP-1P 与 Pentacam HR、角膜内皮镜 SP-1P 与 RTVue XR-OCT、IOLMaster 700 与 Pentacam HR、IOLMaster 700 与 RTVue XR-OCT、Pentacam HR 与 RTVue XR-OCT 测量的 CCT 值均呈显著正相关 ($r=0.988, 0.980, 0.988, 0.981, 0.982, 0.973$, 均 $P<0.01$)。Bland-Altman 一致性分析结果显示, 角膜内皮镜 SP-1P 与 RTVue XR-OCT、IOLMaster 700 与 Pentacam HR 测量 CCT 值的 95% 一致性界限 (95% LoA) 分别为 $-16.46 \sim 6.14$ 、 $-10.56 \sim 14.48 \mu\text{m}$, 分别有 3 个 (6%)、2 个 (4%) 点落在 95% LoA 外, 测量 CCT 差异均值线与 0 距离较小, 一致性较好, 差异均无统计学意义, 在临床上可以接受。 **结论** 角膜内皮镜 SP-1P 与 RTVue XR-OCT、IOLMaster 700 与 Pentacam HR 测量低中度近视患者 CCT 的值较接近, 一致性好, 可相互替代。

【关键词】 中央角膜厚度; 角膜内皮镜; IOLMaster; Pentacam HR; RTVue XR-OCT

基金项目: 武汉市卫生健康委员会科研项目 (WX21Z31)

临床试验注册: <http://www.chictr.org.cn>, ChiCTR2300067372

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20220912-00424

Comparison of central corneal thickness measured by different devices in myopic patients

Yang Lan, He Yumei, Zhao Fang, Han Yuan, Xia Guihua, Xu Man

Hanyang Aier Eye Hospital, Wuhan 430050, China

Corresponding author: Xu Man, Email: xuman@aierchina.com

【Abstract】 **Objective** To compare the correlation and consistency of central corneal thickness (CCT) measured by four different instruments, specular microscope SP-1P, IOLMaster 700, Pentacam HR and RTVue XR-OCT. **Methods** A diagnostic test study was performed. A total of 50 right eyes of 50 consecutive outpatients who planned to undergo corneal refractive surgery at Hanyang Aier Eye Hospital from January to May 2022 were included. CCT was measured with the specular microscope SP-1P, IOLMaster 700, Pentacam HR and RTVue XR-OCT, respectively. The differences of CCT measurements by the four instruments were compared. The correlation and consistency between the CCT values was analyzed by Pearson linear analysis and Bland-Altman test, respectively. This study adhered to the Declaration of Helsinki. The study protocol was approved by the Ethics Committee of Hanyang Aier Eye Hospital (No. HYEYE20221229JM). Written informed consent was obtained from each subject. **Results** The mean CCT values measured by SP-1P, IOLMaster 700, Pentacam HR and RTVue XR-OCT were (522.68 ± 30.08) , (544.06 ± 32.85) , (541.00 ± 31.75) and $(528.86 \pm 31.60) \mu\text{m}$, respectively, with a statistically significant overall difference ($F=5.09, P=0.002$). CCT measurements obtained with SP-1P were lower than those obtained with

IOLMaster 700 and Pentacam HR, while the IOLMaster 700 measurements were higher than those of RTVue XR-OCT, showing statistically significant differences (all at $P < 0.05$). Pearson correlation analysis revealed significant positive correlations of CCT measurements between SP-1P and IOLMaster 700, SP-1P and Pentacam HR, SP-1P and RTVue XR-OCT, IOLMaster 700 and Pentacam HR, IOLMaster 700 and RTVue XR-OCT, Pentacam HR and RTVue XR-OCT ($r = 0.988, 0.980, 0.988, 0.981, 0.982, 0.973$; all at $P < 0.01$). Bland-Altman consistency analysis showed that the 95% limits of agreement (95% LoA) for CCT measurements between SP-1P and RTVue XR-OCT, IOLMaster 700 and Pentacam HR were $-16.46 - 6.14$ and $-10.56 - 14.48$ μm , respectively, with 3(6%) and 2(4%) data points outside the 95% LoA, respectively. The mean difference lines for the CCT measurements were close to 0, indicating good consistency and clinically acceptable differences without statistical significance. **Conclusions** CCT values measured with specular microscope SP-1P and RTVue XR-OCT, as well as those measured with IOLMaster and Pentacam HR, are relatively close in patients with low to moderate myopia, show good consistency and can therefore be considered interchangeable.

[Key words] Central corneal thickness; Specular microscope; IOLMaster; Pentacam HR; RTVue XR-OCT

Fund program: Research Project of Wuhan Municipal Health Commission (WX21Z31)

Trial registration: <http://www.chictr.org.cn>, ChiCTR2300067372

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20220912-00424

中央角膜厚度 (central corneal thickness, CCT) 在许多角膜疾病的诊断和治疗中有重要作用。在圆锥角膜中, CCT 是评估患者病情及选择手术方式的重要参考指标; 在角膜内皮营养不良中, CCT 也是评估患者角膜内皮功能的重要依据; 此外, CCT 对于非接触式眼压测量也存在一定影响。CCT 的测量在青光眼的诊断及屈光不正矫正手术的术前评估中尤为重要。一直以来, A 型超声角膜测厚仪被认为是测量 CCT 的“金标准”^[1], 但其为接触式测量, 存在一些弊端, 如增加交叉感染的风险、药物点眼行角膜表面麻醉可引起患者的不适、操作不规范容易导致角膜损伤等。近年来随着眼科设备的不断更新换代, 许多光学生物测量仪以其简单快捷、非接触式、准确性高及重复性好的优势为角膜厚度测量提供了更多选择。目前已有许多研究对各种光学生物测量仪测量 CCT 的准确性和一致性进行了比较, 如 De Bernardo^[2] 等比较了 Pentacam HR 和 Nidek CEM-530 角膜内皮镜, 认为这 2 种仪器一致性较好, 但后者测得的 CCT 更厚, 结果需要进行校正。Şimşek 等^[3] 比较了 Topcon 自动屈光仪、A 型超声角膜测厚仪、Pentacam HR、Optovue AS-OCT 和 Heidelberg AS-OCT 这 5 种设备测量的 CCT, 发现 Optovue AS-OCT 测量值明显偏低, Pentacam HR 的重复性最差。Can 等^[4] 发现 AL-Scan、A 型超声角膜测厚仪和 Lenstar LS900 之间的 CCT 测量值显示出很强的相关性和一致性, 其中 AL-Scan 和 A 型超声角膜测厚仪可以在临床实践中互换使用。Topcon 新一代的角膜内皮镜 SP-1P 为非接触检查, 方便快捷, 较 SP-2000P 和 SP-3000P 等设备分辨率更高, 测量变异程度更低, 但其主要用于角

膜内皮的测量, 目前关于其测量 CCT 的研究较少。本研究使用角膜内皮镜 SP-1P 测量低中度近视患者 CCT, 同时选取了新型光学生物测量仪 IOLMaster 700 与屈光手术术前评估常用的设备 Pentacam HR 眼前节分析系统、光学相干断层扫描 (optical coherence tomography, OCT) 仪 RTVue XR-OCT 进行一致性比较, 以期为临床选择不同仪器进行 CCT 测量提供一定的依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用诊断试验研究方法, 连续选取 2022 年 1—5 月于武汉爱尔眼科汉阳医院拟行角膜屈光手术的低中度近视患者 50 例 50 眼, 其中男 24 例 24 眼, 女 26 例 26 眼, 均纳入右眼; 年龄 18~35 岁, 平均 (26.06±4.10) 岁; 术前等效球镜度 -1.50~-8.75 D, 矫正视力均 ≥ 1.0 。纳入标准: (1) 年龄 > 18 岁; (2) 2 年内屈光度数变化范围在 ± 0.5 D, 最佳矫正视力 > 0.8 ; (3) 软性角膜接触镜停戴 1 周以上, 硬性角膜接触镜停戴 3 周以上。排除标准: (1) 患有眼表及角膜疾病、其他眼部器质性病变及系统性疾病者; (2) 有眼部外伤史及手术史者。患者均行常规眼科检查, 如裂隙灯显微镜、眼压、综合验光及眼底检查等。本研究遵循《赫尔辛基宣言》, 研究方案经武汉爱尔眼科汉阳医院伦理委员会审批 (批文号: HYEYE20221229JM), 所有受试者知晓本试验目的及方法并自愿签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 CCT 测量 各种检查均由同一位有经验的医师完成,各仪器均重复测量 3 次,取平均值。所有受试者的受检眼按照检查流程依次用角膜内皮镜 SP-1P (日本 Topcon 公司)、IOLMaster 700 (德国 Carl Zeiss 公司)、Pentacam HR 眼前节分析系统 (德国 Oculus 公司) 和 RTVue XR-OCT (美国 Optovue 公司) 测量 CCT, 每种检查之间患者休息 10 min。(1) 角膜内皮镜 SP-1P 检查 患者下颌置于仪器下颌托上,前额紧贴于头带,嘱患者瞬目数次后注视仪器内绿色注视灯,仪器自动聚焦并进行测量,记录检查结果。(2) IOLMaster 700 检查 患者下颌置于仪器下颌托上,前额紧贴于头带,嘱患者瞬目数次后注视仪器内注视灯,检查者使用操作杆对焦后仪器自动进行测量,记录检查结果。(3) Pentacam HR 检查 在暗室中,患者下颌置于仪器下颌托上,前额紧贴于头带,嘱患者瞬目数次后注视仪器内注视灯,检查者使用操作杆对焦,仪器自动进行 360° 旋转扫描及眼前节三维重建,检测质量显示“OK”后完成测量。(4) RTVue XR-OCT 检查 患者下颌置于下颌托上,前额紧贴于头带,嘱患者瞬目数次后注视仪器内注视灯,调整受检眼的高度及前后距离,使监视屏中形成清晰的图像,采用 Pachymetry 模式以瞳孔正中心为扫描中心,仪器自动测量得到直径 6 mm 范围的角膜厚度。每例患者均接受双眼检查,纳入右眼测得的 CCT 值进行分析。

1.2.2 评估指标 (1) 不同仪器测量 CCT 值的差异评估。(2) 不同仪器之间测量 CCT 值的相关性。(3) 不同仪器测量 CCT 值的一致性评价。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 22.0 (美国 IBM 公司) 统计学软件进行统计分析。计量资料经 Shapiro-Wilk 检验证实符合正态分布,以 $\bar{x} \pm s$ 表示。经 Levene 检验数据方差齐。不同仪器测量结果的总体差异比较采用重复测量单因素方差分析,两两比较采用 LSD-*t* 检验;不同仪器测量的 CCT 值的相关性采用 Pearson 线性相关分析,一致性评估采用 Bland-Altman 图进行分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 4 种仪器测量 CCT 的差异比较

角膜内皮镜 SP-1P、IOLMaster 700、Pentacam HR、RTVue XR-OCT 测得的 CCT 值分别为 (522.68 ± 30.08) 、 (544.06 ± 32.85) 、 (541.00 ± 31.75) 和 $(528.86 \pm 31.60) \mu\text{m}$, 总体比较差异有统计学意义 ($F = 5.09, P = 0.002$), 其中角膜内皮镜 SP-1P 测量值

低于 IOLMaster 700 和 Pentacam HR, IOLMaster 700 测量值高于 RTVue XR-OCT, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$)。Pentacam HR 测量的 CCT 值大于 RTVue XR-OCT, 但差异无统计学意义 ($P = 0.06$); 角膜内皮镜 SP-1P 与 RTVue XR-OCT、IOLMaster 700 与 Pentacam HR 测量的 CCT 值相近, 差异均无统计学意义 ($P = 0.33, 0.63$)。

2.2 4 种仪器测量 CCT 的相关性分析

角膜内皮镜 SP-1P 与 IOLMaster 700、角膜内皮镜 SP-1P 与 RTVue XR-OCT、IOLMaster 700 与 Pentacam HR、IOLMaster 700 与 RTVue XR-OCT、Pentacam HR 与 RTVue XR-OCT 测量的 CCT 值均呈显著正相关 ($r = 0.988, 0.980, 0.988, 0.981, 0.982, 0.973$, 均 $P < 0.01$) (图 1)。

2.3 4 种仪器测量 CCT 的一致性分析

Bland-Altman 一致性分析结果显示, 角膜内皮镜 SP-1P 与 IOLMaster 700 测量 CCT 值的 95% 一致性界限 (95% limits of agreement, 95% LoA) 为 $-33.17 \sim$

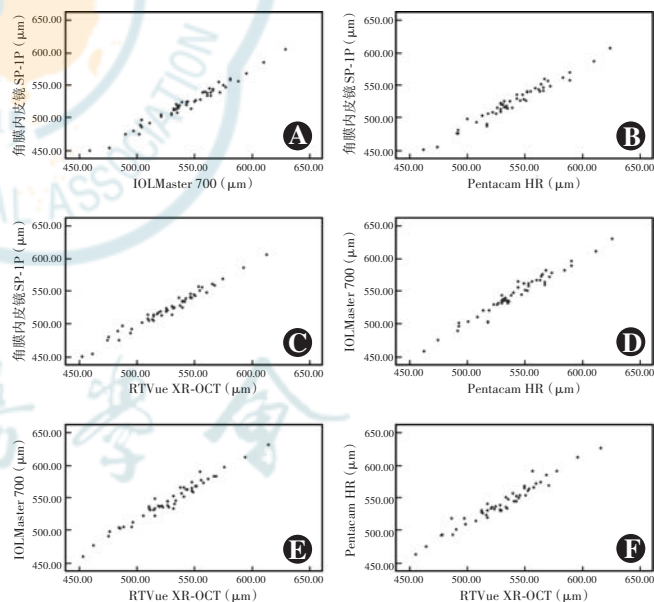


图 1 4 种仪器测量 CCT 的相关性分析散点图 (Pearson 相关分析, $n = 50$) A: 角膜内皮镜 SP-1P 与 IOLMaster 700 $r = 0.988, P < 0.01$ B: 角膜内皮镜 SP-1P 与 Pentacam HR $r = 0.980, P < 0.01$ C: 角膜内皮镜 SP-1P 与 RTVue XR-OCT $r = 0.988, P < 0.01$ D: IOLMaster 700 与 Pentacam HR $r = 0.981, P < 0.01$ E: IOLMaster 700 与 RTVue XR-OCT $r = 0.982, P < 0.01$ F: Pentacam HR 与 RTVue XR-OCT $r = 0.973, P < 0.01$

Figure 1 Correlation scatter plot of CCT measurements from four instruments (Pearson correlation analysis, $n = 50$) A: SP-1P and IOLMaster 700 $r = 0.988, P < 0.01$ B: SP-1P and RTVue XR-OCT $r = 0.980, P < 0.01$ C: SP-1P and Pentacam HR $r = 0.988, P < 0.01$ D: IOLMaster 700 and RTVue XR-OCT $r = 0.981, P < 0.01$ E: IOLMaster 700 and Pentacam HR $r = 0.982, P < 0.01$ F: Pentacam HR and RTVue XR-OCT $r = 0.973, P < 0.01$

-9.19 μm , 有 1 个(2%)点落在 95% LoA 外,但 2 种仪器测量 CCT 差异均值线与 0 距离较大,一致性较差,且差异有统计学意义,临床上不可互相代替;角膜内皮镜 SP-1P 与 Pentacam HR 测量 CCT 值的 95% LoA 为 -31.76 ~ -6.68 μm , 有 2 个(4%)点落在 95% LoA 外,2 种仪器测量 CCT 差异均值线与 0 距离较大,一致性较差,且差异有统计学意义,临床上不可互相代替;角膜内皮镜 SP-1P 与 RTVue XR-OCT 测量 CCT 值的 95% LoA 为 -16.46 ~ 6.14 μm , 有 3 个(6%)点落在 95% LoA 外,2 种仪器测量 CCT 差异均值线与 0 距离较小,一致性较好,差异无统计学意义,在临床上可以接受;IOLMaster 700 与 Pentacam HR 测量 CCT 值的 95% LoA 为 -10.56 ~ 14.48 μm , 有 2 个(4%)点落在 95% LoA 外,2 种仪器测量 CCT 差异均值线与 0 距离较小,一致性较好,差异无统计学意义,在临床上可以接受;IOLMaster 700 与 RTVue XR-OCT 测量 CCT 值的 95% LoA 为 4.85 ~ 27.19 μm , 有 2 个(4%)点落在 95% LoA 外,2 种仪器测量 CCT 差异均值线与 0 距离较大,一致性较差,且差异有统计学意义,临床上不可互相替代;RTVue XR-OCT 与 Pentacam HR 测量 CCT 值的 95% LoA 为 -27.76 ~ -0.36 μm , 有 3 个(6%)点落在 95% LoA 外,2 种仪器测量 CCT 差异虽无统计学意义,但其差值的均值线与 0 距离较大,一致性较差,临床上不可相互替代(图 2)。

的临床意义,如 Fuchs 角膜内皮营养不良、角膜内皮炎、圆锥角膜、透明边缘变性等。另外,有研究认为 CCT 是发生青光眼视盘损伤的独立危险因素,较薄的 CCT 被认为是青光眼进展的预测因素^[5-6]。CCT 在屈光手术术前评估及角膜塑形镜验配管理中也起到重要作用。A 型超声测量是通过测量超声波穿过角膜的时间计算得出角膜厚度,不受角膜透明性的影响。但其测量结果的准确度也受到一些因素的影响,比如 1 次只能测 1 个点、操作者的熟练程度、操作过程中探头需垂直于角膜、需要主观判断角膜中央位置、角膜表面麻醉可能引发的角膜轻度水肿以及检测者的检测力度等^[7],且接触式的测量有交叉感染及导致角膜损伤的风险。因此随着眼科设备的发展,更方便快捷且非接触的光学测量仪器为临床测量角膜厚度提供了更多的选择。

国外有文献报道正常人平均 CCT 为 (511.4 ± 33.5) μm ^[8]。在国内,肖信等^[9]使用 A 型超声测得的近视患者平均 CCT 为 (535.34 ± 19.41) μm 。本研究中选用的角膜内皮镜 SP-1P、IOLMaster 700、Pentacam HR 及 RTVue XR-OCT 测得的 CCT 均有较强的相关性,而且 Pentacam HR 测得的 CCT 值与肖信等^[9]使用 A 型超声测得的近视患者平均 CCT 值最为接近。角膜内皮镜 SP-1P 和 RTVue XR-OCT 测得的 CCT 值偏低,角膜内皮镜 SP-1P 测得的 CCT 值最小,IOLMaster

测得的 CCT 值最大。不同仪器发出光源的性质、波长、测量的原理和测量的区域以及测量角膜中心的参考点不同是造成 CCT 测量结果差异的原因之一。

角膜内皮镜 SP-1P 默认瞳孔中心为角膜中心,仪器发出的光线聚焦于角膜前后表面,根据获得

的 2 个界面反射光线的

时间自动计算出角膜厚度,具有扫描速度快、受患者配合度影响小的优势。成拾明等^[10]曾对角膜内皮镜 SP-3000P 测量 CCT 和周边角膜厚度进行研究,结果显示其再现性和重复性均较好。但目前对于新一代的角

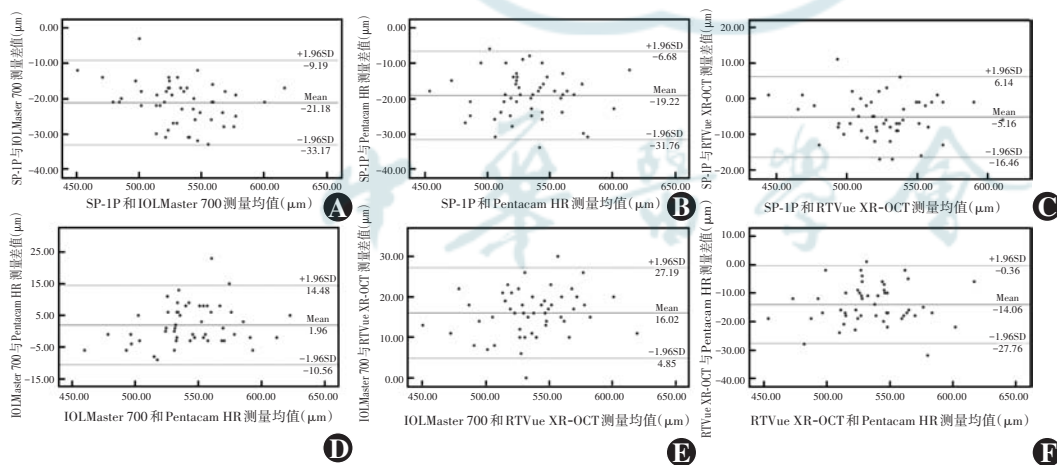


图 2 4 种仪器测量 CCT 值的 Bland-Altman 图 (n = 50) A:角膜内皮镜 SP-1P 与 IOLMaster 700 B:角膜内皮镜 SP-1P 与 Pentacam HR C:角膜内皮镜 SP-1P 与 RTVue XR-OCT D:IOLMaster 700 与 Pentacam HR E:IOLMaster 700 与 RTVue XR-OCT F:RTVue XR-OCT 与 Pentacam HR

Figure 2 Bland-Altman plot of CCT measurements from four instruments (n = 50) A:SP-1P and IOLMaster 700 B:SP-1P and Pentacam HR C:SP-1P and RTVue XR-OCT D:IOLMaster 700 and Pentacam HR E:IOLMaster 700 and RTVue XR-OCT F:RTVue XR-OCT and Pentacam HR

3 讨论

CCT 的测量在角膜疾病的诊治和监测中具有重要

膜内皮镜 SP-1P 测量 CCT 的研究较少,任胜卫等^[11]采用角膜内皮镜 SP-1P 对 114 例患者进行 CCT 的检测,发现其测量值明显低于 A 型超声,本研究结果也显示,角膜内皮镜 SP-1P 测量的 CCT 值在 4 种光学设备中最低。同时他们还发现角膜内皮镜 SP-1P 测量的 CCT 值与 AS-OCT 具有同等的准确性和良好的一致性,可以相互替代。本研究结果也显示角膜内皮镜 SP-1P 与 RTVue XR-OCT 测量 CCT 的结果接近,而且具有良好的相关性和一致性,可以相互替代。同时,角膜内皮镜 SP-1P 与 RTVue XR-OCT 测量 CCT 值均较 Pentacam HR 和 IOLMaster 700 低,一致性较差,不能互相替代。在临床应用中,SP-1P 的应用也会受到一些影响,如角膜存在一些影响光反射的疾病,或者患者角膜顶点与瞳孔中心不一致等都会影响测量结果。

IOLMaster 700 是目前较新的运用扫频 OCT 技术的光学生物测量仪,光源波长为 1 055 nm,可一次性得出多种眼生物学参数,实现了可视化测量,测量结果更稳定,有良好的重复性^[12-13]。以往研究显示 IOLMaster 700 测量的 CCT 值较 A 型超声及 Pentacam HR 偏低^[14],这与本研究测量结果相反。但更多的研究显示 IOLMaster 700 测量的 CCT 值较 Pentacam HR 更高,如李栋军等^[15]研究显示,IOLMaster 700 及 Pentacam AXL 测量的 CCT 值分别为 $(534.18 \pm 30.12) \mu\text{m}$ 和 $(533.42 \pm 28.71) \mu\text{m}$,差异无统计学意义;Kumar 等^[16]研究结果显示 Pentacam 测量的平均 CCT 值比 IOLMaster 700 的平均 CCT 值低 $1.56 \mu\text{m}$,与本研究测量结果较为接近。本研究使用 Pentacam HR 测得的平均 CCT 值比 IOLMaster 700 低 $3.06 \mu\text{m}$,差异无统计学意义,且两者测量的 CCT 值有良好的一致性,差异在临床上可以接受。而与角膜内皮镜 SP-1P 和 RTVue XR-OCT 相比,IOLMaster 测得的 CCT 值偏高,一致性较差,不可互相替代。

RTVue XR-OCT 为新一代的扫频 OCT,光源波长为 840 nm,不仅可以测量全角膜各区域的厚度,还能提供全角膜各区域上皮的厚度数据以及观察角膜各层结构。目前相关研究显示其测量的角膜厚度有非常好的重复性,但测得的 CCT 值偏低^[17-19],与本研究结果一致。RTVue XR-OCT 的扫描速度更快,能更好地克服眼部运动相关的伪影,有更高的分辨率,可能有助于检测角膜边界,这可能是 RTVue XR-OCT 测得 CCT 值偏低的原因。

Pentacam HR 是目前屈光手术术前评估使用较多的仪器之一。通过 Scheimpflug 相机 360° 旋转采集眼前节裂隙面图像,对角膜及眼前节进行三维重建及分

析,光源波长为 475 nm。大量的研究已证实 Pentacam HR 对于 CCT 测量的可靠性^[20-21]。成拾明等^[22]将 Pentacam 与 A 型超声测量正常人 CCT 的比较进行 meta 分析,结果显示 2 种仪器测量 CCT 值差异为 $1.74 \mu\text{m}$,Pentacam 测量值略高,但差异无统计学意义。但也有一些研究者指出,对于圆锥角膜患者,角膜厚度可能被低估^[23],且 Pentacam 测量时间较长,对患者角膜暴露及配合度要求较高,因此对于角膜暴露不好及配合度较差的患者会影响其测量结果。

本研究也有一些不足,一是样本量偏小,且研究结果只适用于较为年轻的低中度近视人群;二是未对角膜厚度进行分组。在下一步的研究中,我们将根据角膜厚度进行分组,再观察各种仪器测量角膜厚度的差异,以期能为临床提供更好的参考依据。

综上所述,角膜内皮镜 SP-1P、IOLMaster 700、Pentacam HR、RTVue XR-OCT 之间虽然有很好的相关性,但仍然存在差异,其中角膜内皮镜 SP-1P 与 RTVue XR-OCT、IOLMaster 与 Pentacam HR 测量低中度近视患者的 CCT 值较接近,一致性好,差异在临床上可以接受。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 杨兰:参与选题及试验设计、临床资料收集与整理、文章撰写;何玉枚:参与选题及试验设计、指导研究实施及资料收集;赵芳、韩媛:临床资料收集与整理;夏桂花:数据分析;徐曼:参与选题及试验设计、研究指导、论文撰写及修改、定稿

参考文献

- [1] Desmond T, Arthur P, Watt K. Comparison of central corneal thickness measurements by ultrasound pachymetry and 2 new devices, Tonoref III and RS-3000 [J]. *Int Ophthalmol*, 2019, 39(4): 917-923. DOI: 10.1007/s10792-018-0895-1.
- [2] De Bernardo M, Cornetta P, Marotta G, et al. Measurement of corneal thickness using Pentacam HR versus Nidek CEM-530 specular microscopy [J/OL]. *J Int Med Res*, 2020, 48(4): 300060519892385 [2023-12-08]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31878803>. DOI: 10.1177/0300060519892385.
- [3] Şimşek C, Kaya C, Karalezli A. Comparison of central corneal thickness measurements with four different new devices and ultrasound pachymetry [J]. *Turk J Ophthalmol*, 2022, 52(5): 318-323. DOI: 10.4274/tjo.galenos.2021.22465.
- [4] Can E, Eser-Ozturk H, Duran M, et al. Comparison of central corneal thickness measurements using different imaging devices and ultrasound pachymetry [J]. *Indian J Ophthalmol*, 2019, 67(4): 496-499. DOI: 10.4103/ijo.IJO_960_18.
- [5] Batawi H, Lollett IV, Maliakal C, et al. A comparative study of central corneal epithelial, stromal, and total thickness in males with and without primary open-angle glaucoma [J]. *Cornea*, 2018, 37(6): 712-719. DOI: 10.1097/ICO.0000000000001575.
- [6] Muhsen S, Alkhalaleh F, Hamdan M, et al. Central corneal thickness in a Jordanian population and its association with different types of glaucoma: cross-sectional study [J/OL]. *BMC Ophthalmol*, 2018, 18(1): 279 [2023-12-08]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30373555>. DOI: 10.1186/s12886-018-0944-6.

- [7] 唐丽君,周奇志,陈晓,等.角膜厚度测量的研究进展[J].国际眼科杂志,2021,21(12):2096-2099. DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2021.12.14.
Tang LJ, Zhou QZ, Chen X, et al. Research progress of corneal thickness measurement [J]. Int Eye Sci, 2021, 21 (12) : 2096-2099. DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2021.12.14.
- [8] Vijaya L, George R, Arvind H, et al. Central corneal thickness in adult South Indians; the Chennai Glaucoma Study [J]. Ophthalmology, 2010, 117(4):700-704. DOI:10.1016/j.ophtha.2009.09.025.
- [9] 肖信,刘伟民,黄建忠,等.角膜生物力学分析仪测量近视患者中央角膜厚度和眼压的准确性评价[J].中华实验眼科杂志,2016,34(4):340-344. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2016.04.011.
Xiao X, Liu WM, Han JZ, et al. Accuracy of Corvis ST for the measurement of central corneal thickness and intraocular pressure in myopia [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2016, 34(4):340-344. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2016.04.011.
- [10] 成拾明,李岩,黄锦海,等.非接触式角膜内皮镜 SP-3000P 测量中央和周边角膜厚度的重复性研究[J].中华实验眼科杂志,2012,30(3):287-288. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2012.03.025.
- [11] 任胜卫,庞辰久,孙飒,等.新型角膜内皮镜 SP-1P 检测中央角膜厚度的临床应用[J].眼科新进展,2019,39(4):336-339. DOI:10.13389/j.cnki.rao.2019.0075.
Ren SW, Pang CJ, Sun S, et al. Application of new corneal endoscope SP-1P in the measurement of central corneal thickness [J]. Rec Adv Ophthalmol, 2019, 39 (4) : 336-339. DOI:10.13389/j.cnki.rao.2019.0075.
- [12] Ozyol E, Özyol P. Comparison of central corneal thickness with four noncontact devices; an agreement analysis of swept-source technology [J]. Indian J Ophthalmol, 2017, 65(6):461-465. DOI:10.4103/ijo.IJO_618_16.
- [13] Jiang JY, Ong K. Variability of central corneal thickness measurements-comparing Zeiss IOL Master and Tomey corneal specular microscope [J]. Asia Pac J Ophthalmol (Phila), 2019, 8(4):275-279. DOI:10.1097/APO.0000000000000243.
- [14] Kiraly L, Stange J, Kunert KS, et al. Repeatability and agreement of central corneal thickness and keratometry measurements between four different devices [J/OL]. J Ophthalmol, 2017, 2017:6181405 [2023-12-12]. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28357136. DOI:10.1155/2017/6181405.
- [15] 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.
- [16] Kumar KK, Prakash AA, Neeraja TG, et al. To compare central corneal thickness measurements obtained by Pentacam with those obtained by IOLMaster 700, Cirrus anterior segment optical coherence tomography and Tomey specular microscopy in normal healthy eyes [J]. Indian J Ophthalmol, 2021, 69(7):1713-1717. DOI:10.4103/ijo.IJO_3364_20.
- [17] Mansoori T, Balakrishna N. Repeatability and agreement of central corneal thickness measurement with non-contact methods; a comparative study [J]. Int Ophthalmol, 2018, 38 (3) : 959-966. DOI:10.1007/s10792-017-0543-1.
- [18] Üçer MB, Bozkurt E. Comparison of central corneal thickness measurements with three different optical devices [J/OL]. Ther Adv Ophthalmol, 2021, 13:2515841421995633 [2023-12-12]. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33748670. DOI:10.1177/2515841421995633.
- [19] Şimşek A, Bilak Ş, Güler M, et al. Comparison of central corneal thickness measurements obtained by RTVue OCT, Lenstar, Sirius topography, and ultrasound pachymetry in healthy subjects [J]. Semin Ophthalmol, 2016, 31(5):467-472. DOI:10.3109/08820538.2014.962173.
- [20] Nam SM, Im CY, Lee HK, et al. Accuracy of RTVue optical coherence tomography, Pentacam, and ultrasonic pachymetry for the measurement of central corneal thickness [J]. Ophthalmology, 2010, 117 (11) : 2096-2103. DOI:10.1016/j.ophtha.2010.03.002.
- [21] Al-Mezaine HS, Al-Amro SA, Kangave D, et al. Comparison between central corneal thickness measurements by oculus pentacam and ultrasonic pachymetry [J]. Int Ophthalmol, 2008, 28 (5) : 333-338. DOI:10.1007/s10792-007-9143-9.
- [22] 成拾明,李岩,黄锦海,等. Pentacam 与 A 型超声测量正常人中央角膜厚度比较的 Meta 分析 [J]. 中华实验眼科杂志, 2013, 31 (2) : 172-176. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2013.02.016.
Cheng SM, Li Y, Huang JH, et al. Meta analysis of comparison of central corneal thickness measurement between Pentacam and A-scan in normal people [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2013, 31 (2) : 172-176. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2013.02.016.
- [23] Wu W, Wang Y, Xu L. Meta-analysis of Pentacam vs. ultrasound pachymetry in central corneal thickness measurement in normal, post-LASIK or PRK, and keratoconic or keratoconus-suspect eyes [J]. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2014, 252 (1) : 91-99. DOI:10.1007/s00417-013-2502-5.

(收稿日期:2024-01-18 修回日期:2024-08-13)

(本文编辑:张宇 骆世平)

读者·作者·编者

本刊对基金项目的证明和著录要求

文稿所涉及的课题如为国家级、部级、省级等基金资助项目,请分别用中英文表述并分别列于文章中英文摘要关键词之下,“基金项目:”进行标识,并注明基金项目名称,并在圆括号内注明基金项目编号。基金项目名称应按国家有关部门规定的正式名称填写,多个基金资助的项目请全部列出,按资助机构的等级顺序排列,并以“;”隔开。如:基金项目:国家自然科学基金(30271269);国家重点基础研究发展规划(973计划)(2013CB532002);Fund program: National Natural Science Foundation of China (30271269); National Key Basic Research Program of China(973 Program) (2013CB532002)。获得基金项目资助的论文投稿时请提供基金项目资助证明的复印件或扫描后发至编辑部信箱。

(本刊编辑部)