

# 三种仪器测量圆锥角膜中央角膜厚度的对比研究

庞旭, 彭秀军, 樊郑军

作者单位: (100048) 中国北京市, 海军总医院眼科  
作者简介: 庞旭, 女, 在读博士研究生, 主治医师, 研究方向: 眼底病、角膜病。  
通讯作者: 彭秀军, 男, 毕业于解放军总医院, 医学博士, 教授, 主任, 博士研究生导师, 研究方向: 眼科显微手术、角膜病。 pxj1@vip.sina.com  
收稿日期: 2013-04-16 修回日期: 2013-09-11

## Comparison of three different instruments measuring central corneal thickness of keratoconus

Xu Pang, Xiu-Jun Peng, Zheng-Jun Fan

Department of Ophthalmology, Navy Central Hospital, Beijing 100048, China

Correspondence to: Xiu-Jun Peng. Department of Ophthalmology, Navy Central Hospital, Beijing 100048, China. pxj1@vip.sina.com  
Received: 2013-04-16 Accepted: 2013-09-11

### Abstract

• AIM: To compare the difference in measurements of central corneal thickness (CCT) using A-scan, corneal specular microscopy and Pentacam in keratoconus.

• METHODS: Between July 2012 and October 2012, the CCT of 31 patients (55 eyes) were measured by A-scan, corneal specular microscopy and Pentacam. The results were analyzed by *F*-test and Pearson correlation.

• RESULTS: The values of CCT measured by A-scan (55 eyes), corneal specular microscopy (45 eyes) and Pentacam (52 eyes) were  $469.87 \pm 57.56$ ,  $479.00 \pm 42.39$ , and  $487.02 \pm 44.64 \mu\text{m}$ , respectively; *F*-test results showed there were no statistical significant differences between CCT measured by three different instruments ( $P > 0.05$ ). The correlation between the measurements was evaluated using Pearson correlation coefficients. The CCT values by these three instruments were positively related by linear correlation analysis, A-scan and Pentacam measurements ( $r_1 = 0.758$ ,  $P < 0.01$ ), A-scan and Pentacam ( $r_2 = 0.949$ ,  $P < 0.01$ ), corneal specular microscopy and Pentacam ( $r_3 = 0.685$ ,  $P < 0.01$ ).

• CONCLUSION: There is a high correlation between these three instruments. A-scan and Pentacam are more precise than corneal specular microscopy. Pentacam system can measure the CCT easily, accurately and without any invasion. It is more suitable for people with keratoconus to monitor the every point of cornea and for people to do more deep research.

• KEYWORDS: A-scan ultrasound pachymetry; corneal specular microscopy; Pentacam system; central corneal thickness; keratoconus

**Citation:** Pang X, Peng XJ, Fan ZJ. Comparison of three different instruments measuring central corneal thickness of keratoconus. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2013;13(10):2102-2104

### 摘要

目的: 对比 A 型超声角膜测厚仪、角膜内皮镜和 Pentacam 眼前节分析仪测量圆锥角膜中央角膜厚度的差异。

方法: 选择 2012-07/10 圆锥角膜患者 31 例 55 眼, 分别使用 A 型超声角膜测厚仪、角膜内皮镜和 Pentacam 眼前节分析仪测量中央角膜厚度, 并对测量结果进行 *F* 检验和 Pearson 相关性分析。

结果: A 型超声 (55 眼)、角膜内皮镜 (45 眼) 和 Pentacam (52 眼) 测量值分别为  $469.87 \pm 57.56$ ,  $479.00 \pm 42.39$ ,  $487.02 \pm 44.64 \mu\text{m}$ , 三者测量值结果相比差异没有统计学意义 ( $P > 0.05$ )。对三种仪器的测量结果进行直线相关分析, A 型超声与角膜内皮镜,  $r_1 = 0.758$ ,  $P < 0.01$ ; A 型超声与 Pentacam 眼前节分析仪,  $r_2 = 0.949$ ,  $P < 0.01$ ; Pentacam 眼前节分析仪与角膜内皮镜,  $r_3 = 0.685$ ,  $P < 0.01$ 。

结论: 三种仪器的中央角膜厚度测量值存在正相关, Pentacam 眼前节分析仪测量角膜厚度不仅与 A 超结果更接近, 而且方法安全简便, 全面反应角膜各点厚度, 更适用于圆锥角膜患者的角膜厚度检查及科研研究。

关键词: A 型超声角膜测厚仪; 角膜内皮镜; Pentacam 眼前节分析仪; 中央角膜厚度; 圆锥角膜

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2013.10.49

引用: 庞旭, 彭秀军, 樊郑军. 三种仪器测量圆锥角膜中央角膜厚度的对比研究. 国际眼科杂志 2013;13(10):2102-2104

### 0 引言

圆锥角膜是主要角膜致盲疾病之一, 目前应用的治疗措施均有其局限性, 其中 21% 的圆锥角膜患者需行角膜移植<sup>[1]</sup>。相对于西方国家而言, 我国一直存在角膜供体短缺的难题, 许多需要角膜移植的患者由于难以得到供体角膜而致盲, 因此探求取代角膜移植手术治疗圆锥角膜等角膜扩张疾病的非手术疗法一直是眼科领域关注的重点课题。紫外光/核黄素角膜交联术 (corneal collagen cross linking, CXL) 是近年来应用于临床的角膜成形技术, 许多临床研究证明 CXL 稳定性好, 预测性强, 是一种安全有效的屈光性手术方法, 有望成为替代角膜移植的非手术疗法<sup>[2]</sup>。CXL 手术具有较高的安全性, 当角膜厚度大于  $400 \mu\text{m}$  时, 标准剂量的紫外线照射强度 ( $3\text{mW}/\text{cm}^2$ ) 不会造成角膜透明性的改变和角膜内皮细胞的损害<sup>[3-5]</sup>。因此, 角膜厚度的测量是 CXL 手术中非常重要的一个参数, 直接影响手术适应证的选择、手术方式的设计, 以及术后并发症估计等。超声测厚为目前测量角膜厚度的金标准, 但对于圆锥角膜患者依从性较差, 影响因素较多。Pentacam 系统是新设计的三维眼前节分析诊断系统, 它通

过非接触旋转测量法获得眼前节的三维扫描图像,提供12mm内任意点角膜厚度,自动显示角膜最薄点、瞳孔中央点、视轴顶点的位置和数据,快捷、简便、安全,因其高分辨率、非接触性、无创性、操作简单及实时记录结果的特点为角膜厚度测量提供了新的途径,其广泛应用于屈光不正患者行准分子激光术前角膜厚度的测量<sup>[6]</sup>、圆锥角膜的表面形态的分析<sup>[7]</sup>等领域。本研究应用A型超声、角膜内皮镜以及Pentacam系统检测圆锥角膜患者中央角膜厚度,并进行比较分析。

## 1 对象和方法

**1.1 对象** 随机选取2012-07/10在我院就诊的圆锥角膜患者31例55眼,女9例16眼,男22例39眼,年龄14~31岁。圆锥角膜诊断参照Rabinowitz<sup>[8]</sup>标准:有近视、散光病史;视力下降;矫正视力<20/20;裂隙灯检查中以下体征至少1项阳性:角膜基质变薄、锥状向前膨隆、Fleischer环、Vogt线、上皮或上皮下瘢痕。角膜地形图检查示角膜前表面中央屈光度>47D;角膜中心下方3mm处与上3mm处屈光度差值>3D;双眼角膜中央前表面屈光度差值>1D。病例纳入标准:角膜地形图显示圆锥角膜病变进行性加重,6~12mo内角膜最大曲率值增加1D以上,或显性屈光等效球镜值增加0.5D以上。病例排除标准:角膜厚度<400 $\mu$ m;有眼部手术史、外伤史、其他角膜病史、青光眼家族史、糖尿病、结缔组织病史及精神疾病等。

**1.2 方法** 应用日本尼德克株式会社生产的UP-1000角膜超声测厚仪、角膜内皮镜(Topon SP-2000, Japan)以及德国Oculus公司Pentacam三维眼前节分析仪分别测量角膜中央厚度,每种仪器检查前患者闭眼休息10min。每例患者均先用Pentacam系统检查,患者坐于检查台前,头置于一暗篷布内,下颌置于下颌托上,注视前方蓝光中央,瞩扫描过程中勿闭眼或转动眼球,获取角膜厚度图。每次检查后均自动产生质量因子(QS),QS>95%认为该次测量结果可靠。测量3次,取最低值。随后使用角膜内皮镜(Topon SP-2000, Japan)测量角膜中央厚度,患者坐位,将下颌放置于下颌托上,调节仪器及下颌托的合适高度,嘱患者注视仪器箱内指示灯,由计算机系统自动采集角膜中央内皮图像并处理得出角膜内皮细胞密度及中央角膜厚度。最后使用UP-1000超声角膜测厚仪进行角膜测厚,患者坐位,滴表面麻醉剂50g/L盐酸丁卡因滴眼液1~2滴,瞩患者双眼正视前方墙壁上的黑色圆点,超声探头垂直对准瞳孔中心轻触角膜,测量3次,取其最低值,测量完毕后滴30g/L氧氟沙星滴眼液。分析三种测量的中央角膜厚度值。

统计学分析:所有数据用SPSS 19.0统计学软件进行处理,三种测量结果做完全随机设计方差分析和Pearson直线相关分析, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

角膜超声测厚仪(55眼)、角膜内皮镜(45眼)以及Pentacam系统(52眼)对圆锥角膜患者中央角膜厚度的测量值分别为:469.87 $\pm$ 57.56, 479.00 $\pm$ 42.39, 487.02 $\pm$ 44.64 $\mu$ m。三者比较,结果无统计学差异( $F=1.632, P>0.05$ )。线性相关分析表明,角膜内皮细胞镜与A超测量值明显相关( $r=0.758, P<0.01$ );角膜内皮细胞镜与Pentacam系统测量值明显相关( $r=0.685, P<0.01$ );A超测量值与Pentacam系统测量值也明显相关( $r=0.949, P<0.01$ )。

## 3 讨论

角膜厚度作为眼科临床诊断和治疗的一项重要的重要的参考指标,越来越受到眼科医生们的重视,测量方法也层出不穷,包括传统的A型超声波测量、超声生物显微镜,以及基于裂隙光扫描成像原理的Pentacam、眼前节光学相干断层扫描、角膜内皮显微镜、共聚焦显微镜等。目前国内外已有不同测量方法检测正常眼角膜厚度的对比研究,但应用不同方法检测圆锥角膜患者角膜厚度的研究国内尚未见报道。由于圆锥角膜的角膜形态与正常角膜不同,其角膜各点的位置、高度、屈光度、厚度是不同的,而在手术前准确测量角膜厚度对进行CXL的术前设计、选择手术方式、预防术后严重并发症的发生等方面均有重要的指导作用。

超声波角膜厚度测量仪的原理是超声波通过角膜所需的时间,角膜厚度=超声波通过角膜所需时间 $\times$ 角膜声速。它的精密度达0.001mm,是目前测量角膜厚度的金标准<sup>[9]</sup>,其精确性及可重复性已被诸多学者证实。该方法的优点是不受角膜透明度的影响,准确性高,但由于是接触性检查,增加了角膜损伤和院内感染的风险,并且其测量重复性也受到许多因素的影响。如局部麻醉药引起的角膜水肿会使测量值高于实际值,高估角膜厚度术后有损伤角膜内皮细胞的危险,低估会因为所测角膜薄而出现手术方式选择上的被动。在测量过程中难以对测量点进行准确定位,而且不同操作者的经验和技术在一定程度上也会影响测量结果。另一方面,圆锥角膜的角膜形态与正常角膜不同,其角膜各点的位置、高度、屈光度、厚度是不同的,圆锥的锥顶并非位于角膜中央,而锥顶的角膜厚度也不一定最薄。刘祖国等<sup>[10]</sup>观察35例47眼圆锥角膜患者的角膜地形图改变,结果显示圆锥角膜锥顶的位置分布以颞下最多,其他依次为鼻下、颞上及鼻上,与圆锥角膜圆锥的发展规律一致;而角膜最薄点的分布则有所不同,以鼻下方为多,其次为颞下。A超测量一次仅能得出测量的某一点的数据,不能反映角膜整体的情况,尤其不能对角膜最薄点进行定位。因此,应用A超测量圆锥角膜患者角膜厚度并进行CXL手术方式设计和评估存在一定的局限性。

SP-2000型Topon角膜内皮镜和Pentacam均采用非接触测量,依赖患者注视指示灯,仪器内光线从视轴方向进入眼内,此方法测量中央角膜厚度在定位上较超声角膜测厚仪客观。非接触式角膜内皮镜利用计算机系统获得光线在角膜内皮面和上皮面两个界面发射的时间差,根据速度求出距离,最终计算出角膜厚度。但是受角膜透明性的影响,角膜水肿、混浊、密度不均,光反射发生扭曲,得出的测量值不可靠。对于注视性不好的受检者,其测量值也不准确。如果角膜存在影响光反射的病变,如角膜水肿、中央角膜瘢痕等,将明显影响测量结果<sup>[11]</sup>。圆锥角膜患者,尤其是晚期圆锥角膜,通常视力较差,注视性不好,存在中央角膜瘢痕。本研究观察31例55眼圆锥角膜的中央角膜厚度,所有患者应用A超均能测量角膜厚度,10眼应用角膜内皮镜测不出,3眼应用Pentacam系统测不出。这些病例都是晚期圆锥角膜患者,角膜曲率过大或存在角膜混浊,影响角膜厚度的测量,显示了角膜内皮镜和Pentacam系统测量晚期圆锥角膜患者角膜厚度存在局限性。

Pentacam是通过旋转式的Scheimpflug摄像扫描原理,从0°~180°旋转拍摄50张角膜的裂隙图像,每张图像

可获取 500 个真实的角膜高度点,最终在不足 2s 时间内,测量和分析 25 000 ~ 138 000 个角膜数据点,从而获得眼前节的三维立体图像<sup>[12]</sup>。Pentacam 系统能自动跟踪与校正检查过程中患者眼球的运动,从根本上避免单一角度扫描角膜所带来的鼻侧阴影误差,以及阴影对角膜 3D 成像精确性的影响。Pentacam 系统的一大特点就是它的旋转测量可在角膜中心获取整个角膜厚度,得出角膜上任意点的角膜厚度,同时自动定位角膜最薄点、瞳孔中心角膜厚度、角膜顶点厚度、角膜容积;使角膜中心的测量数据结果更加准确,对于圆锥角膜等复杂角膜、薄角膜及角膜边缘测量也可获得准确结果。而且,Pentacam 系统为非接触式全面扫描检查,不仅避免了 A 超等接触式检查带来的角膜损伤或院内感染的可能,而且避免局部应用麻醉药引起角膜水肿对测量结果造成的误差。因此,在 CXL 手术的安全性分析、术前设计、术后观察中的应用价值具有极大的潜在优势。

刘磊等<sup>[13]</sup>应用 A 型超声角膜测厚仪、Orbscan II 眼前节分析仪和 Pentacam 眼前节分析仪测量 137 例 274 眼准分子激光原位角膜磨镶术(LASIK)前后中央角膜厚度的差异,并对测量结果进行统计学分析。结果显示 3 种仪器的中央角膜厚度测量值不可互换,LASIK 术后 A 型超声和 Pentacam 量值较为准确。检查发现 LASIK 术前 137 例患者 Pentacam 的 CCT 测量值较 A 型超声高约 13.2 μm,存在差异的原因可能是 A 型超声对泪膜和角膜上皮的压迫力可使角膜厚度测量值在一定程度上减少。郭慧等<sup>[14]</sup>对 51 例 102 眼正常人采用 Pentacam 和 Sirius 及超声角膜测厚仪三种仪器测量角膜厚度,记录并比较三种方法测量所得中央角膜厚度结果,同时运用 Bland-Altman 法绘制图表分析两两间一致性,结果发现 A 超中央角膜厚度平均值低于 Pentacam 的平均值,Sirius 中央角膜厚度的平均值最接近 A 超平均值。Sirius 系统与 Pentacam 系统具有良好的一致性,且 Sirius 系统比 Pentacam 系统更接近 A 超角膜测厚的结果。Sanctis 等<sup>[15]</sup>应用 Pentacam 系统和 A 超测量 33 例圆锥角膜患者的中央角膜厚度,发现前者较后者偏高,而且前者的可重复性更好。而国外有学者比较了 Pentacam,AS-OCT 和 A 超测量正常人、圆锥角膜以及近视行 LASIK 术后各 50 例的 CCT,结果 A 超的测量结果比 Pentacam 和 AS-OCT 结果偏高,差异具有统计学意义<sup>[16]</sup>。本研究对三种仪器检测圆锥角膜患者中央角膜厚度结果进行统计学分析,发现尽管 A 超测量结果比 Pentacam 和角膜内皮镜的结果偏低,但三者之间差异没有统计学意义;三者结果存在直线正相关关系,尤其 A 超与 Pentacam 结果更接近。应用 A 超与 Pentacam 测厚的比较结果不一,其原因可能与两种仪器对角膜中央的定位方法有所不同,A 型超声测厚依靠测量者的经验主观判断角膜中央位置,影响因素较多,操作者经验影响较大,如探头是否接触角膜中央、是否垂直接触角膜、与角膜间接触是否适度等均会影响中央角膜厚度的测量。

总之,Pentacam 三维眼前节分析仪测量圆锥角膜角膜厚度所得结果比较客观,具有可信性,具有与超声测量仪相似的准确性。同时具有采样点多、检查受角膜表面情况及检查者影响较小、简捷、省时、准确、无创性的特点。在反映角膜情况的同时,Pentacam 还可对前房深度、虹膜、晶状体密度等进行定量检测,为施行 CXL 手术潜在前节问题的发现提供帮助。应用 Pentacam 测量圆锥角膜的角膜厚度安全、可靠、有效,有较强实用性,在 CXL 手术中更有应用价值。但对于重度圆锥角膜患者,还需联合应用 A 超等检查手段,为手术提供更准确、更详细的信息。

#### 参考文献

- 1 Tuft SJ, Moodaley LC, Gregory WM, et al. Prognostic factors for the progression of keratoconus. *Ophthalmology* 1994;101(3):439-447
- 2 Wollensak G. Crosslinking treatment of progressive keratoconus: new hope. *Curr Opin Ophthalmol* 2006;17(4):356-360
- 3 Koller T, Mrochen M, Seiler T. Complication and failure rates after corneal crosslinking. *J Cataract Refract Surg* 2009;35(8):1358-1362
- 4 Raiskup-Wolf F, Hoyer A, Spoerl E, et al. Collagen crosslinking with riboflavin and ultraviolet-A light in keratoconus: Long-term results. *J Cataract Refract Surg* 2008;34(5):796-801
- 5 Henriquez MA, Izquierdo LJ, Bernilla C, et al. Riboflavin/Ultraviolet A corneal collagen cross-linking for the treatment of keratoconus: visual outcomes and Scheimpflug analysis. *Cornea* 2011;30(3):281-286
- 6 张士胜,廖华萍,张静,等. PENTACAM 分析仪测量近视眼患者角膜厚度及影响因素分析. *眼科新进展* 2012;32(1):44-47
- 7 徐艺,戴锦晖,褚仁远,等. Pentacam 三维眼前节分析系统对各期圆锥角膜后表面形态的研究. *眼科研究* 2009;27(3):229-233
- 8 Rabinowitz YS. Keratoconus. *Surv Ophthalmol* 1998;42(4):297-319
- 9 Bechmann M, Thiel MJ, Neubauer AS, et al. Central corneal thickness measurement with a retinal optical coherence tomography device versus standard ultrasonic pachymetry. *Cornea* 2001;20(1):50-54
- 10 刘祖国,张梅,陈家祺,等. 圆锥角膜的角膜前后表面形态及厚度检测. *中华眼科杂志* 2002;38(12):740-743
- 11 吴勤,段宣初,蒋幼芹,等. 非接触式角膜内皮镜测量正常角膜厚度的研究. *眼科学报* 2004;20(4):229-232
- 12 Ho T, Cheng AC, Rao SK, et al. Central corneal thickness measurements using Orbscan II, Visante, ultrasound and Pentacam pachymetry after laser *in situ* keratomileusis for myopia. *J Cataract Refract Surg* 2007;33(7):1177-1182
- 13 刘磊,栗静,王虎杰,等. 三种仪器测量准分子激光原位角膜磨镶术前后中央角膜厚度的对比研究. *华西医学* 2012;27(1):73-75
- 14 郭慧,顾宝文,杨旭,等. Pentacam 和 Sirius 地形图系统与超声测厚仪角膜厚度的对比研究. *国际眼科杂志* 2012;12(2):281-284
- 15 Sanctis U, Missolungi A, Mutani B, et al. Reproducibility and repeatability of central corneal thickness measurement in keratoconus using the rotating Scheimpflug camera and ultrasound pachymetry. *Am J Ophthalmol* 2007;144(5):712-718
- 16 Grewal DS, Brar GS, Grewal SP. Assessment of central corneal thickness in normal, keratoconus, and post-laser *in situ* keratomileusis eyes using Scheimpflug imaging, spectral domain optical coherence tomography, and ultrasound pachymetry. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(6):954-964