

四种不同仪器测量白内障患者术前角膜曲率和散光的比较

杜亚茹, 李学喜

作者单位: (362000) 中国福建省泉州市, 解放军第一八〇医院眼科医院

作者简介: 杜亚茹, 毕业于南京医科大学, 硕士, 住院医师, 研究方向: 玻璃体视网膜疾病。

通讯作者: 李学喜, 毕业于第二军医大学, 教授, 主任医师, 硕士研究生导师, 研究方向: 白内障、视网膜外科. lixuexi@189.cn

收稿日期: 2017-12-13 修回日期: 2018-03-29

Comparison of corneal curvature and astigmatism measurements with four kinds of instruments before cataract surgery

Ya-Ru Du, Xue-Xi Li

Eye Hospital, the 180th Hospital of Chinese PLA, Quanzhou 362000, Fujian Province, China

Correspondence to: Xue-Xi Li. Eye Hospital, the 180th Hospital of Chinese PLA, Quanzhou 362000, Fujian Province, China. lixuexi@189.cn

Received: 2017-12-13 Accepted: 2018-03-29

Abstract

• AIM: To compare corneal curvature and astigmatism values identified with OPD - Scan III, IOL Master, Pentacam and KR - 8900 in cataract patients and to evaluate the consistencies and differences.

• METHODS: In this prospective clinical trial, 45 cataract patients (86 eyes), received treatment at the Department of Ophthalmology in our hospital from April 2017 to June 2017, underwent corneal parameters measurements with four instruments: OPD-Scan III, Pentacam, IOL Master, and KR-8900. Measurements included corneal curvature (K_1 , K_2 , K_m) and astigmatism parameters. The results were assessed using the paired samples t tests, Pearson coefficient, and Bland-Altman plots.

• RESULTS: The difference of K_1 value measured by OPD-Scan III and IOL Master was significant ($P < 0.001$). Significant differences were also found in K_2 and K_m values between OPD - Scan III and Pentacam or IOL Master ($P < 0.05$), while others had noncomparable results ($P > 0.05$). All biometry measurements revealed good liner correlation ($r = 0.408 - 0.980$, $P < 0.001$). The Bland-Altman showed that the corneal curvature and astigmatism vectors examined by OPD-Scan III and all other devices had non-comparable results, except for the comparison of K_1 , K_2 and K_m measured by OPD-Scan III and KR-8900.

• CONCLUSION: OPD - Scan III and KR - 8900 can be interchangeable for the measurements of corneal curvature, while the others are not directly interchangeable. The astigmatic results obtained from OPD-Scan III are not completely interchangeable with KR-8900, IOL Master or Pentacam.

• KEYWORDS: OPD - Scan III; corneal curvature; astigmatism vector

Citation: Du YR, Li XX. Comparison of corneal curvature and astigmatism measurements with four kinds of instruments before cataract surgery. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2018; 18 (5): 904-908

摘要

目的: 比较波前像差仪 OPD-Scan III、光学相干生物测量仪 IOL Master、三维眼前节分析系统 Pentacam 及自动电脑验光仪 KR-8900 四种不同仪器测量角膜曲率、角膜散光的差异性和一致性, 指导白内障术前检查应用。

方法: 前瞻性临床研究。选取 2017-04/06 在我院就诊的白内障患者 45 例 86 眼, 分别应用 OPD - Scan III 与 Pentacam、IOL Master、KR-8900 测量患者受检眼角膜曲率 (K_1 、 K_2) 和散光轴位, 并计算出平均角膜曲率 (mean keratometry, K_m)、散光矢量 J_0 和 J_{45} , 采用配对样本 t 检验对测量结果的差异进行比较, 相关性分析采用线性相关分析, 一致性评价采用 Bland-Altman 分析。

结果: 在测量 K_1 值时, OPD-Scan III 与 IOL Master 测量值的差异有统计学意义 ($P < 0.001$); 在测量 K_2 、 K_m 值时, OPD-Scan III 与 IOL Master、Pentacam 测量值的差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); OPD-Scan III 与另外 3 种仪器的其他测量值间相比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。经 Pearson 相关分析, 其结果显示: OPD-Scan III 与 KR-8900、IOL Master 及 Pentacam 测量值间均有一定相关性 ($r = 0.408 \sim 0.980$, $P < 0.001$)。Bland - Altman 散点图中, OPD-Scan III 与 Pentacam 及 IOL Master 在测量角膜曲率时一致性较差, 与 KR-8900 的一致性较好; OPD-Scan III 与 KR-8900、IOL Master、Pentacam 在测量角膜散光时一致性较差。

结论: OPD-Scan III 具有操作简单方便、非接触式等优点。测量角膜曲率时, OPD-Scan III 与 KR-8900 一致性较好, 可以相互替换, 与 Pentacam 及 IOL Master 一致性较差; 测量角膜散光时, OPD-Scan III 与 KR-8900、IOL Master 及 Pentacam 一致性较差, 使用时需根据 4 种仪器的原理、适用范围及临床情况加以衡量。

关键词: OPD-Scan III; 角膜曲率; 散光矢量

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2018.5.34

引用:杜亚茹,李学喜. 四种不同仪器测量白内障患者术前角膜曲率和散光的比较. 国际眼科杂志 2018;18(5):904-908

0 引言

近年来,由于各种手术设备和器械的改进、手术技术的改良以及人工晶状体的应用,白内障手术效果有了突破性的进展,已经从单纯的复明手术转变为屈光手术,显著提高了患者术后的视功能。为了降低术后的屈光误差,术前精确的生物学参数测量在其中起着关键的作用。角膜是眼屈光系统中屈光力最大的组织,约占全眼屈光力的2/3。随着散光型人工晶状体、多焦点人工晶状体等高端晶状体的广泛使用,对术前精确测量角膜生物学参数的技术要求越来越高。因此术前准确测量角膜参数对术后能否取得良好的视觉质量效果起着至关重要的作用^[1-2]。临床上测量角膜曲率的仪器较多采用自动电脑验光仪 KR-8900、光学眼生物测量仪 IOL Master、三维眼前节分析系统 Pentacam 及波前像差仪 OPD-Scan III 等。OPD-Scan III 是 OPD-Scan 系统的最新设备,一次测量可以获得角膜像差、角膜曲率、角膜地形图、验光、瞳孔等多项数据^[3],作为一种新型设备,具有操作简单、快捷、非接触测量等优势,但是同其他仪器的差异性和一致性还没有得到充分的临床验证。本研究的目的在于通过 OPD-Scan III 与 KR-8900、IOL Master 及 Pentacam 所测得的角膜曲率和散光数据进行比较,并分析其差异性及其一致性,为临床应用提供参考。

1 对象和方法

1.1 对象 前瞻性研究。选取 2017-04/06 在第 180 医院就诊并拟行白内障超声乳化合并人工晶状体植入手术的患者 45 例 86 眼,其中男 24 例 45 眼,女 21 例 41 眼。年龄 38~94(平均 67.55±11.83)岁。排除标准:(1)长期配戴角膜接触镜或近期接受角膜塑形镜治疗的患者;(2)有角膜炎、角膜外伤、角膜溃疡、角膜白斑或斑翳、圆锥角膜、大小角膜、干眼、睑缘炎或翼状胬肉等眼表疾病的患者;(3)接受过角膜屈光手术治疗的患者;(4)近期眼表患感染性疾病并接受药物治疗者;(5)斜视、葡萄膜炎、青光眼或检查不合作的患者。患者在接受检查前均仔细阅读并签署知情同意书。

1.2 方法 每位患者术前均使用自动电脑验光仪 KR-8900 (Topcon 公司,日本)、IOL Master (Zeiss 公司,德国)、Pentacam (Oculus 公司,德国)、OPD Scan-III (Nidek 公司,日本)4 种仪器测量角膜曲率,每种仪器均测量 3 次,取平均值。测量前多次眨眼以排除泪膜的影响,测量时尽量暴露全部角膜。记录 4 种仪器所测量的最平坦曲率径线 K_1 、最陡峭曲率径线 K_2 ,计算平均角膜曲率(mean keratometry, K_m), $K_m = (K_1 + K_2) / 2$,记录的散光参数包括散光轴位和散光值,采用傅立叶转换公式^[4]: $J_0 = -[\text{cylinder}/2] \cos [2\text{axis}]$; $J_{45} = -[\text{cylinder}/2] \sin [2\text{axis}]$,对散光值和轴向进行矢量转换。每种仪器分别由一位操作熟练的眼科医师进行测量,相互之间不知道结果。

统计学分析:数据统计分析采用 SPSS 20.0 软件和 MedCalc 11.4.2 软件。计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,所有数据均符合正态分布(采用 Kolmogorov-Smirnov 法,即 K-S 法)。OPD-Scan III 与 KR-8900、IOL Master 及 Pentacam 测得的角膜参数比较采用配对样本 t 检验,相关性分析采用线性

相关分析,一致性比较采用 Bland-Altman 检验。以 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 OPD-Scan III 与其他 3 种仪器测量参数的差异性与相关性 应用 OPD-Scan III、Pentacam、IOL Master 和 KR-8900 四种仪器分别测量白内障患者的角膜曲率 K_1 、 K_2 、散光值和散光轴向,计算 K_m 、 J_0 和 J_{45} ,将 OPD-Scan III 所测得数据与其他 3 种仪器的测量参数进行配对样本 t 检验,数据见表 1、2。在测量 K_1 值时,OPD-Scan III 与 IOL Master 测量值的差异有统计学意义 ($P < 0.001$);在测量 K_2 、 K_m 值时,OPD-Scan III 与 IOL Master、Pentacam 测量值的差异均有统计学意义 ($P < 0.05$);OPD-Scan III 与另外 3 种仪器的其他测量值间相比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。经 Pearson 相关分析,其结果显示:OPD-Scan III 与 KR-8900、IOL Master 及 Pentacam 测量值间均有一定相关性 ($r = 0.408 \sim 0.980, P < 0.001$),见表 2。

2.2 OPD-Scan III 与其他 3 种仪器测量参数的一致性 OPD-Scan III 与 KR-8900 的一致性:OPD-Scan III 与 KR-8900 测量 K_1 、 K_2 、 K_m 、 J_0 及 J_{45} 分别有 4.65% (4/86)、1.16% (1/86)、4.65% (4/86)、3.61% (3/83) 及 7.23% (6/83) 的测量值位于 95% 一致性界限 (limitation of agreement, LoA) 外,95% LoA 分别为 -0.54 ~ 0.46、-0.86 ~ 0.89、-0.53 ~ 0.48、-0.49 ~ 0.45、-0.35 ~ 0.36D,在一致性界限范围内,两种仪器的检测值差值的绝对值最大分别为 0.51、0.81、0.475、0.44、0.33D(图 1)。OPD-Scan III 与 IOL Master 的一致性:OPD-Scan III 与 IOL Master 测量 K_1 、 K_2 、 K_m 、 J_0 及 J_{45} 分别有 5.81% (5/86)、2.32% (2/86)、3.49% (3/86)、4.82% (4/83) 及 7.23% (6/83) 的测量值位于 95% LoA 外,95% LoA 分别为 -0.70 ~ 0.37、-1.16 ~ 0.83、-0.75 ~ 0.42、-0.53 ~ 0.47、-0.37 ~ 0.38D。在一致性界限内最大差值的绝对值分别为 0.57、1.04、0.66、0.50、0.34D(图 2)。OPD-Scan III 与 Pentacam 的一致性:OPD-Scan III 与 Pentacam 测量 K_1 、 K_2 、 K_m 、 J_0 及 J_{45} 分别有 2.32% (2/86)、5.81% (5/86)、3.49% (3/86)、7.23% (6/83) 及 6.02% (5/83) 的测量值位于 95% LoA 外,95% LoA 分别为 -1.98 ~ 1.64、-1.89 ~ 1.50、-1.70 ~ 1.34、-1.00 ~ 0.95、-0.86 ~ 0.93D。在一致性界限内最大差值的绝对值分别为 1.58、1.08、1.225、0.99、0.74D(图 3)。

3 讨论

随着角膜屈光手术和人工晶状体植入术的不断发展,精确的角膜生物学测量对于术后提高视觉质量至关重要。角膜曲率测量是眼科医师精确计算人工晶状体屈光度的前提^[1-2]。近些年来出现的 IOL Master、Pentacam 及 OPD-Scan 系统等生物测量技术,在白内障、角膜等屈光手术术前检查、诊断、手术设计和随访中起到了重要作用。本研究主要比较 OPD-Scan III 与 KR-8900、IOL Master 及 Pentacam 测量白内障患者角膜曲率和散光的差异性和一致性。

OPD-Scan III 是日本 NIDEK 公司最新研发的一种角膜/屈光分析仪,集成波前像差仪、角膜地形图、自动验光仪、角膜曲率计和瞳孔计(明视和暗视)五种功能于一体,其拥有 33 个蓝色 Placido 环,至少可以提供 11880 个数据点蓝色测量光源,其测量区域达角膜直径 9.5mm。采用眼底检影原理测得屈光数据。而角膜地形图数据则是基于 Placido 盘原理而设计,由其投射系统将 33 个蓝色

表1 四种不同仪器测量的角膜曲率

仪器	86眼			83眼	
	K_1	K_2	K_m	J_0	J_{45}
KR-8900	43.50±1.29	44.35±1.29	43.94±1.22	-0.016±0.49	-0.012±0.28
IOL Master	43.63±1.28	44.53±1.32	44.08±1.25	-0.007±0.52	-0.011±0.26
Pentacam	43.63±1.43	44.55±1.33	44.09±1.30	-0.008±0.61	-0.047±0.50
OPD-Scan III	43.47±1.27	44.36±1.25	43.91±1.20	-0.038±0.49	-0.010±0.25

注:有3眼散光度数和轴位缺失。

表2 四种不同仪器测量的白内障患者角膜参数值的差异性及相关性分析

仪器	相关性(Pearson)			配对样本 <i>t</i> 检验			
	参数	<i>r</i>	<i>P</i>	差值($\bar{x}\pm s$)	<i>t</i>	<i>P</i>	95% CI
OPD-Scan III vs KR-8900	K_1	0.980	<0.001	-0.040±0.26	-1.363	0.176	-0.09 ~ 0.02
	K_2	0.939	<0.001	-0.020±0.45	-0.331	0.741	-0.08 ~ 0.11
	K_m	0.978	<0.001	-0.020±0.26	-0.814	0.418	-0.08 ~ 0.03
	J_0	0.879	<0.001	-0.024±0.24	-0.854	0.396	-0.07 ~ 0.03
	J_{45}	0.768	<0.001	-0.002±0.18	0.110	0.910	-0.04 ~ 0.04
OPD-Scan III vs IOL Master	K_1	0.977	<0.001	-0.170±0.27	-5.700	<0.001	-0.23 ~ -0.11
	K_2	0.924	<0.001	-0.170±0.51	-3.081	0.003	-0.28 ~ -0.06
	K_m	0.971	<0.001	-0.170±0.30	-5.225	<0.001	-0.23 ~ -0.10
	J_0	0.872	<0.001	-0.030±0.26	-1.100	0.274	-0.09 ~ 0.025
	J_{45}	0.728	<0.001	0.0009±0.19	0.045	0.964	-0.04 ~ 0.04
OPD-Scan III vs Pentacam	K_1	0.774	<0.001	-0.170±0.92	-1.707	0.091	-0.37 ~ 0.03
	K_2	0.777	<0.001	-0.190±0.86	-2.070	0.041	-0.38 ~ -0.01
	K_m	0.810	<0.001	-0.18±0.78	-2.168	0.033	-0.35 ~ -0.02
	J_0	0.605	<0.001	-0.030±0.50	-0.545	0.587	-0.14 ~ 0.08
	J_{45}	0.408	<0.001	0.040±0.46	0.745	0.459	-0.06 ~ 0.14

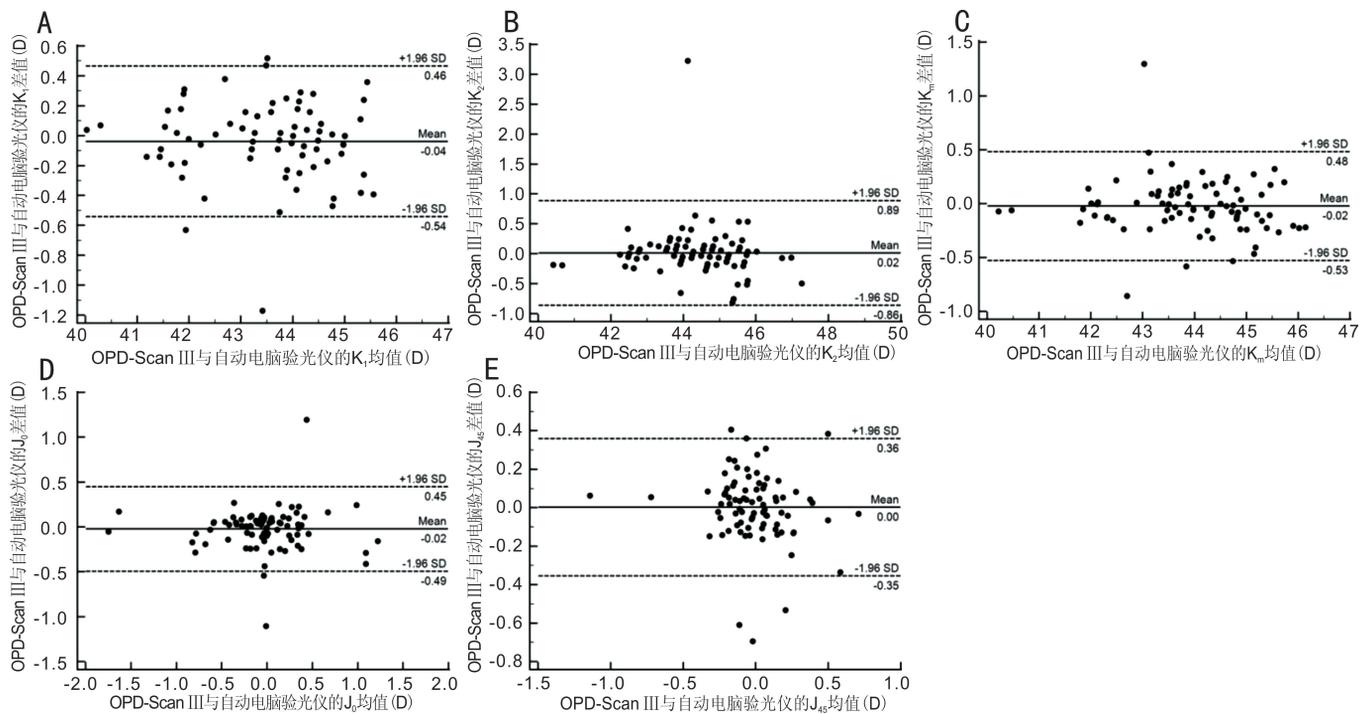


图1 OPD-Scan III与自动电脑验光仪 KR-8900 测量结果的一致性分析 A:OPD-Scan III与KR-8900对 K_1 的测量;B:OPD-Scan III与KR-8900对 K_2 的测量;C:OPD-Scan III与KR-8900对 K_m 的测量;D:OPD-Scan III与KR-8900对 J_0 的测量;E:OPD-Scan III与KR-8900对 J_{45} 的测量。

Placido 环投射到角膜表面从而获得角膜曲率半径、最陡子午线的方向和角膜散光^[5]。

角膜假设为球形,利用红外圆环系统投射至角膜,经角膜反射成像至 CCD 上,通过电子系统测量光标到角膜的距离和虚像的大小,就可以迅速测量出角膜中央 3mm 范围

自动电脑验光仪可以测量角膜曲率及屈光度数,它将

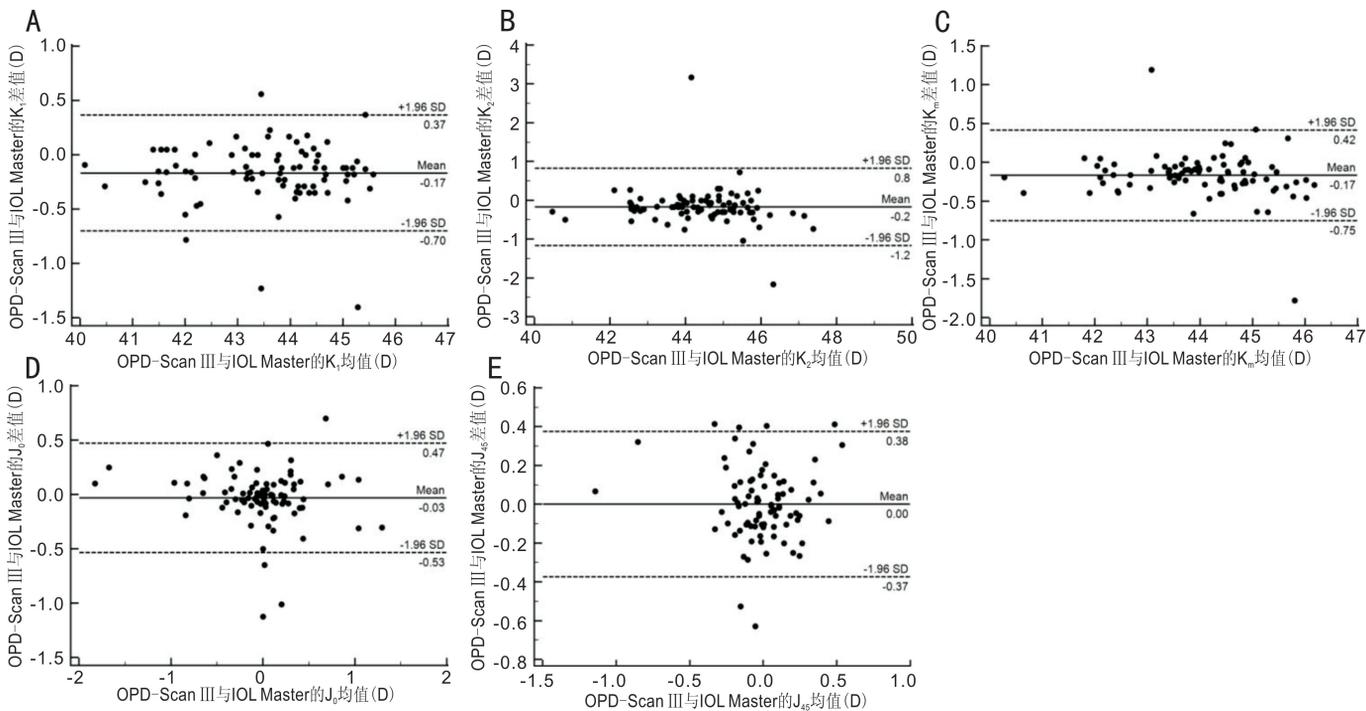


图2 OPD-Scan III与IOL Master测量结果的一致性分析 A:OPD-Scan III与IOL Master对 K_1 的测量;B:OPD-Scan III与IOL Master对 K_2 的测量;C:OPD-Scan III与IOL Master对 K_m 的测量;D:OPD-Scan III与IOL Master对 J_0 的测量;E:OPD-Scan III与IOL Master对 J_{45} 的测量。

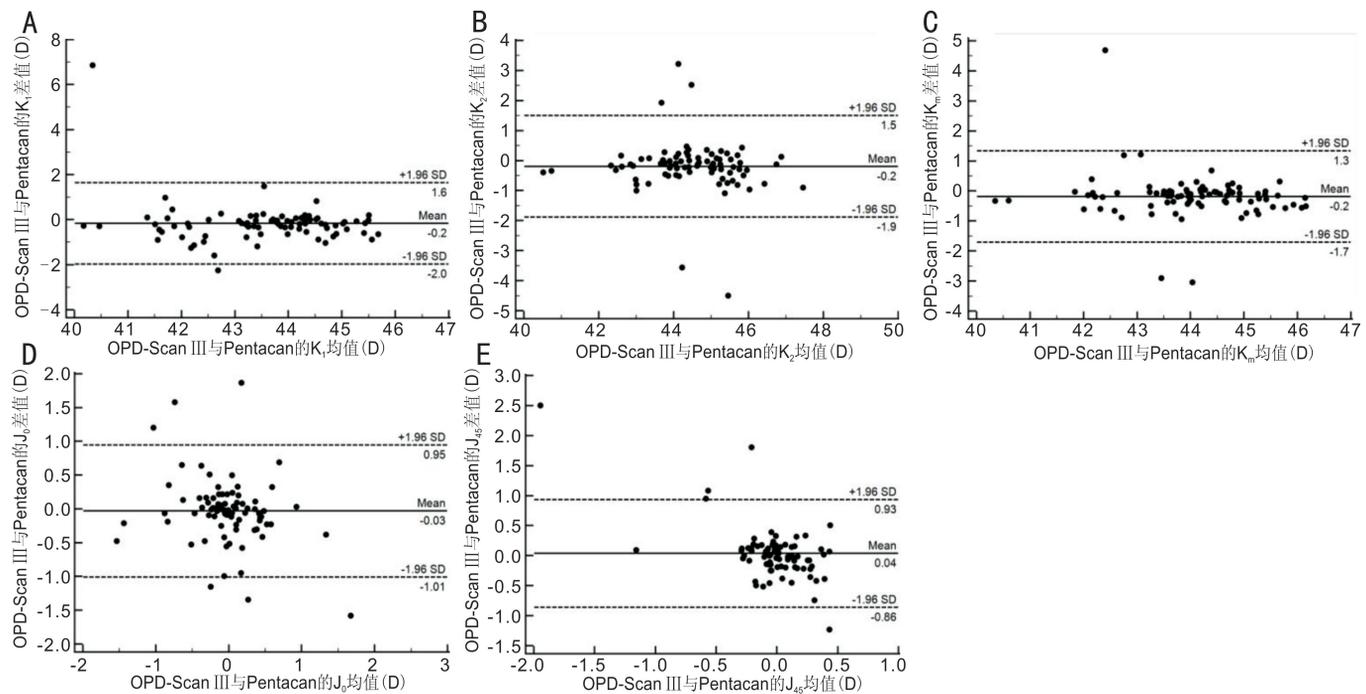


图3 OPD-Scan III与Pentacam测量结果的一致性分析 A:OPD-Scan III与Pentacam对 K_1 的测量;B:OPD-Scan III与Pentacam对 K_2 的测量;C:OPD-Scan III与Pentacam对 K_m 的测量;D:OPD-Scan III与Pentacam对 J_0 的测量;E:OPD-Scan III与Pentacam对 J_{45} 的测量。

的角膜前表面曲率^[6]。

IOL Master则是利用光学反射原理来测量眼前节参数,能一次性测量角膜曲率、眼轴长度、前房深度,并计算人工晶状体度数,其测量角膜曲率的原理与角膜曲率计极其相似,通过测量光线照射到角膜前表面直径为2.3mm圆周上对称分布的6个光点的反射像,再计算出角膜曲率^[7]。

三维眼前节分析系统Pentacam利用了Scheimpflug成像原理进行旋转扫描三维测量,它有两个整合的摄像机,

测量时一台摄像机能在2s内从 $0^\circ \sim 180^\circ$ 旋转扫描拍摄50张裂隙图像,每张图像包含角膜前、后表面500个点,可以获得全角膜前、后表面地形图,而另一台则是自动跟踪与校正患者在检查过程中的眼球运动。Pentacam测量的是高度数据,与测量方向和参考点的轴位无相关性,最后由高度数据计算出唯一的角膜曲率值,从而反映出全角膜前表面和后表膜的曲率^[8]。

本研究发发现OPD-Scan III与KR-8900测量角膜曲率(K_1 、 K_2 和 K_m)差异无统计学意义($P > 0.05$)。Bland-

Altman 一致性分析显示两种仪器在测量角膜曲率时 95% LoA 分别为 $-0.54 \sim 0.46$ 、 $-0.86 \sim 0.89$ 、 $-0.53 \sim 0.48$ D, 差值的均数分别为 -0.04 、 0.02 、 -0.02 D, 均接近差值为 0 的基准线, 这种结果在临床上可以接受, 两种仪器测量角膜曲率的一致性较好, 这与谭啸等^[9]的研究结果一致。本研究中 OPD-Scan III 与 IOL Master 测量角膜曲率 K_1 、 K_2 、 K_m 均有统计学差异 ($P < 0.05$), 且 IOL Master 测量 K_1 、 K_2 、 K_m 值较大, 考虑影响的因素是中央角膜较陡峭, 周边部角膜较为扁平, 而 IOL Master 测量的是直径为 2.3mm 圆周上的角膜曲率, 从而使 IOL Master 测量角膜曲率偏大。从测量方法来说, OPD-Scan III 获得角膜前表面更多的数据, 其准确性可能比 IOL Master 要高。本文 OPD-Scan III 与 Pentacam 测量 K_1 时差异无统计学意义, 测量 K_2 、 K_m 值时差异有统计学意义, Bland-Altman 一致性分析显示两种仪器在测量角膜曲率时 95% LoA 分别为 $-1.98 \sim 1.64$ 、 $-1.89 \sim 1.50$ 、 $-1.70 \sim 1.34$ D, 在一致性界限内最大差值的绝对值分别为 1.58、1.08、1.225D。研究发现, 术前角膜曲率测量误差为 1.00D 时则会导致术后 0.8 ~ 1.3D 的屈光误差^[10], 这种测量误差在临床上不能被接受。其原因可能为角膜前表面为横椭圆形, 故而造成角膜垂直子午线角膜曲率大于水平子午线角膜曲率。因 OPD-Scan III 不能反映整个角膜的曲率, 同一位点的角膜曲率会由于测量方向和参考点轴位的变化而不同; 而 Pentacam 可以获得全角膜前表面和后表膜的曲率, 相比较 OPD-Scan III 的测量原理, Pentacam 测量的角膜曲率可能更为准确。

近年来, 对于白内障手术的需求已经从单纯的复明转变为屈光, 散光型人工晶状体、多焦点人工晶状体及三焦点人工晶状体等高端晶状体的应用逐步增多。角膜散光的测量也受到了极大的关注, 以往很多研究在对角膜散光进行比较时, 通常将散光度数和轴向分开来进行对比, 忽视了散光与轴向之间的相互关系。本文采用傅立叶转换公式把散光度数和轴向转换为 J_0 及 J_{45} , 再进行分析。对于散光参数 J_0 、 J_{45} 的比较显示 3 种仪器测量差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。Bland-Altman 一致性分析显示 OPD-Scan III 与 KR-8900、IOL Master、Pentacam 测量角膜散光时一致性较差。有研究显示, 散光结果极易受测量过程的影响, 特别是患者头位偏移会导致角膜散光轴向的同向偏移^[11-12]。因此其一致性差的原因可能有: (1) 3 种仪器测量的原理及测量范围不同; (2) 操作者的人为误差和患者的配合度; (3) 测量仪器本身的系统误差; (4) 存在受到泪膜影响的可能。

综上所述, 4 种仪器具有各自的优缺点, 在临床应用中如果测量角膜曲率时 OPD-Scan III 与自动电脑验光仪的差异性较小, 一致性较好, 在临床上可以相互替换, 但与 IOL Master、Pentacam 测量值上存在差异, 一致性较差, 这种替代性需要谨慎考虑。而在测量角膜散光时, 差异性较小, 一致性较差, 在临床使用中, 我们应当更清楚地了解不同仪器测量结果存在的差异, 针对仪器具体的临床要求对其适用范围加以判断。由于 OPD-Scan III 进入临床实践较短, 其在白内障、角膜屈光手术等方面的应用还有待大样本更深入、更广泛地研究。

参考文献

- 1 Norrby S. Sources of error in intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg* 2008;34(3):368-376
- 2 Olsen T. Calculation of intraocular lens power: a review. *Acta Ophthalmol Scand* 2007;85(5):472-485
- 3 McGinnigle S, Naroo SA, Eperjesi F. Evaluation of the auto-refraction function of the Nidek OPD-Scan III. *Clin Exp Optom* 2014;97(2):160-163
- 4 Thibos LN, Wheeler W, Horner D. Power vectors: an application of Fourier analysis to the description and statistical analysis of refractive error. *Optom Vis Sci* 1997;74(6):367-375
- 5 Eye & Health care NIDEK CO. LTD (2012) Products: Refractive power/corneal analyzer OPD-Scan III. http://www.nidek-intl.com/product/ophthaloptom/diagnostic/dia_cornea/opd-scan3.html
- 6 赵俊奇, 郭智勇, 陈安世, 等. 一种基于图像处理的人眼全自动角膜曲率计研究. *中国生物医学工程学报* 2011;30(1):100-104
- 7 Santodomingo-Rubido J, Mallen EA, Gilmartin B, et al. A new non-contact optical device for ocular biometry. *Br J Ophthalmol* 2002;86(4):458-462
- 8 Wegener A, Laser H. Image analysis and Sheimpflug photography of anterior segment of the eye—a review. *Klin Monbl Augenheilkd* 2001;218(2):67-77
- 9 谭啸, 徐静娴, 于佳明, 等. 四种仪器用于白内障术前生物学测量的比较. *中国实用眼科杂志* 2016;34(9):976-980
- 10 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 AAPOS* 2008;12(2):173-176
- 11 Park CY, Do JR, Kim SH, et al. The effect of head tilt on keratometric measurement using the IOL Master. *Eye (Lond)* 2013;27(12):1411-1417
- 12 Fesharaki H, Azizzadeh A, Ghoreishi SM, et al. The effects of lateral head tilt on ocular astigmatic axis. *Adv Biomed Res* 2014;3:10