

# 三种仪器测量白内障术前角膜生物学参数的比较

陈果<sup>1</sup>, 李霄<sup>2</sup>, 郑广瑛<sup>2</sup>

引用: 陈果, 李霄, 郑广瑛. 三种仪器测量白内障术前角膜生物学参数的比较. 国际眼科杂志 2021; 21(7): 1261-1265

作者单位: <sup>1</sup>(450052) 中国河南省郑州市, 郑州大学; <sup>2</sup>(450052) 中国河南省郑州市, 郑州大学第一附属医院眼科

作者简介: 陈果, 毕业于郑州大学, 在读硕士研究生, 研究方向: 白内障。

通讯作者: 郑广瑛, 毕业于郑州大学, 眼科学博士, 主任医师, 教授, 研究方向: 白内障、儿童眼病、角膜屈光、眼前节外伤。 zzzgy@zzu.edu.cn

收稿日期: 2021-03-09 修回日期: 2021-05-28

## 摘要

**目的:** 比较 Pentacam、IOL Master 和 iTrace 三种仪器测量白内障患者术前角膜曲率和散光的测量值的差异。

**方法:** 前瞻性临床研究。收集白内障患者 68 例 82 眼, 术前均接受 IOL Master、Pentacam 及 iTrace 检查, 测量患眼平坦轴角膜曲率(K1)、陡峭轴角膜曲率(K2)、角膜散光及轴向, 计算平均角膜曲率(Km)、散光矢量 J0 和 J45, 分析三种仪器测量结果的差异性、相关性和一致性。

**结果:** 三种仪器测量的 K1、K2、Km 值均无差异 ( $P>0.05$ ); 三种仪器测量的 K1、K2、Km 值均呈高度相关 ( $|r|>0.5$ ,  $P<0.01$ ), IOL Master 与 Pentacam、IOL Master 与 iTrace 测量的 J0、J45 值均呈中度相关 ( $0.3<|r|<0.5$ ,  $P<0.01$ ), Pentacam 与 iTrace 测量的 J0、J45 值均呈低度相关 ( $0.1<|r|<0.3$ ,  $P<0.05$ ); Bland-Altman 分析法显示三种仪器测得 K1、K2、Km、J0、J45 一致性差。

**结论:** Pentacam、IOL Master 和 iTrace 测量角膜曲率及散光之间具有相关性, 但一致性差, 不可任意替代使用, 需根据患者眼部具体情况谨慎选择。

**关键词:** 角膜曲率; 角膜散光; Pentacam; IOL Master; iTrace; 年龄相关性白内障

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2021.7.27

## Comparison of three instruments for measuring corneal biological parameters before cataract surgery

Guo Chen<sup>1</sup>, Xiao Li<sup>2</sup>, Guang-Ying Zheng<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, Henan Province, China; <sup>2</sup>Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, Henan Province, China

**Correspondence to:** Guang - Ying Zheng. Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, Henan Province, China. zzzgy@zzu.edu.cn

Received: 2021-03-09 Accepted: 2021-05-28

## Abstract

• **AIM:** To compare the differences of corneal curvature and astigmatism measured by Pentacam, IOL Master and iTrace of cataract patients.

• **METHODS:** In this prospective clinical trial, 68 cataract patients (82 eyes) received treatment at the ophthalmology department of our hospital. In the treatment process, used the IOL Master, Pentacam and iTrace to measure the patient's corneal curvature (K1, K2, Km) and astigmatism (J0, J45). The difference, correlation and consistence among three instruments were analysed.

• **RESULTS:** Differences analysis showed that in the measurement of K1, K2, Km, there was no difference among Pentacam, IOL Master and iTrace ( $P>0.05$ ). Pearson correlation analysis showed that K1, K2, Km were highly correlated among three instruments ( $|r|>0.5$ ,  $P<0.01$ ). J0, J45 were moderately correlated between IOL Master and Pentacam, so as IOL Master and iTrace ( $0.3<|r|<0.5$ ,  $P<0.01$ ). J0, J45 were weakly correlated between Pentacam and iTrace ( $0.1<|r|<0.3$ ,  $P<0.05$ ). The Bland-Altman showed that the corneal curvature and astigmatism vectors examined by these three devices had non-comparable results.

• **CONCLUSION:** K1, K2, Km, J0, J45 were correlated among the three devices, but the three devices all cannot directly interchanged, targeted selection is required for the measuring the corneal curvature and astigmatism by these three different instruments in the actual clinical process.

• **KEYWORDS:** corneal curvature; corneal astigmatism; Pentacam; IOL Master; iTrace; age-related cataract

**Citation:** Chen G, Li X, Zheng GY. Comparison of three instruments for measuring corneal biological parameters before cataract surgery. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2021; 21(7): 1261-1265

## 0 引言

人工晶状体屈光度数的准确预测是患者术后视觉质量的关键, 其主要取决于人工晶状体计算公式的选择及术前眼轴长度、前房深度及角膜曲率<sup>[1]</sup>等的准确测量。在人眼屈光系统中, 角膜屈光力约占全眼屈光力的 2/3<sup>[2]</sup>, 近年来随着屈光性白内障手术的开展与散光型人工晶状体的应用, 精确测量术前角膜曲率、散光值及轴位显得尤为重要。临床上测量角膜曲率的仪器有三维眼前节分析系统 Pentacam、光学眼生物测量仪 IOL Master 及 iTrace 视觉功能分析仪等, 本研究旨在比较上述三种仪器所测得的角膜曲率和散光情况, 分析其在白内障术前检查中的应用价值与相互替代性。

表1 三种仪器测量的角膜曲率和散光值

| 仪器         | K1         | K2         | Km         | J0          | J45         |
|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| Pentacam   | 43.22±2.15 | 43.91±2.13 | 43.57±2.13 | -0.026±0.27 | -0.067±0.31 |
| IOL Master | 43.22±2.09 | 43.99±2.05 | 43.61±2.06 | -0.019±0.32 | -0.061±0.30 |
| iTrace     | 43.25±2.19 | 43.92±2.14 | 43.59±2.12 | -0.030±0.28 | -0.043±0.28 |

( $\bar{x} \pm s, D$ )

表2 不同性别患者采用三种仪器测量的 Km 值

| 性别 | 眼数 | Pentacam   | IOL Master | iTrace     |
|----|----|------------|------------|------------|
| 男性 | 39 | 42.80±1.88 | 42.92±1.84 | 42.92±1.84 |
| 女性 | 43 | 44.26±2.12 | 44.23±2.07 | 44.19±2.19 |

( $\bar{x} \pm s, D$ )

## 1 对象和方法

**1.1 对象** 前瞻性临床研究。收集 2020-09/2021-01 于郑州大学第一附属医院接受手术治疗的白内障患者 68 例 82 眼的临床资料,其中男 31 例 39 眼,女 37 例 43 眼,年龄 43~88(平均 63.4±10.2)岁。纳入标准:(1)确诊为年龄相关性白内障的患者;(2)可配合行 Pentacam、IOL Master 及 iTrace 术前检查者;(3)全身状况良好者。排除标准:(1)合并角膜炎、干眼等眼表疾病者;(2)既往有角膜、晶状体手术史者;(3)近 1wk 内配戴过角膜塑形镜(rigid gas permeable, RGP)者;(4)先天性小角膜、晶状体脱位及半脱位者;(5)因视力低下、眼球震颤、严重白内障等不能行本研究相关检查者;(6)存在全身系统性疾病者。本研究通过本院伦理委员会审批,所有患者均知情同意,并签署知情同意书。

**1.2 方法** 受检者在自然瞳孔状态下,由同一位操作熟练的医师分别应用 Pentacam 三维眼前段分析系统、IOL Master 500 生物测量仪、iTrace 视觉功能分析仪测量眼前节生物学参数,三种仪器测量顺序随机,每两种仪器测量的时间间隔小于 15min,检查前未接受任何眼部药物,测量时多次瞬目后睁眼,尽量避免眼睑对角膜的遮挡及因泪膜不稳定造成的测量误差,每种仪器均测量 3 次后取平均值或取重复性较好的数据。分别记录平坦轴角膜曲率(K1)、陡峭轴角膜曲率(K2)、角膜散光度数(cylinder, C)及陡峭轴的轴位(axis, A),计算平均角膜曲率(Km), $Km = (K1 + K2) / 2$ ,将散光度数、轴位代入傅立叶矢量公式得到 J0、J45, $J0 = -(C/2) \cos(2A)$ , $J45 = -(C/2) \sin(2A)$ ,J0 为水平及垂直方向的散光,J45 为 45°方向的斜散光<sup>[3]</sup>。

统计学分析:采用 SPSS 22.0 软件进行数据分析。对所有测量结果均进行正态性检验,符合正态分布的数据以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,不同仪器间测量结果的差异性比较采用配对样本 t 检验。相关性分析采用 Pearson 相关分析法。一致性评价采用 Bland-Altman 分析法,若超过 5%的点位于 95%一致性界限(limitation of agreement, LoA)以外或其区间宽度大于 1.0D 则认为一致性差。当  $P < 0.05$  时认为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 三种仪器测量的角膜生物学参数** 纳入患者术前均采用 Pentacam、IOL Master 和 iTrace 测得角膜曲率(K1、K2)、散光度数和轴位,并计算出 Km、J0、J45,结果见表 1,其中男性和女性患者分别采用 Pentacam、IOL Master 及 iTrace 三种仪器测得的平均角膜曲率 Km 值见表 2。

## 2.2 三种仪器测量角膜生物学参数的差异性和相关性

三种仪器测量的 K1、K2、Km、J0、J45 差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。Pearson 相关性分析结果显示,三种仪器测量的 K1、K2、Km 值均呈高度相关性( $|r| > 0.5, P < 0.01$ ),IOL Master 与 Pentacam、iTrace 测量的 J0、J45 值均呈中度相关性( $0.3 < |r| < 0.5, P < 0.01$ ),Pentacam 与 iTrace 测量的 J0、J45 值均呈低度相关性( $0.1 < |r| < 0.3, P < 0.05$ ),见表 3。

## 2.3 三种仪器测量角膜生物学参数的一致性

**2.3.1 Pentacam 与 IOL Master** Pentacam 与 IOL Master 测量 K1、K2、Km、J0、J45 一致性比较的 95%LoA 分别为 -0.67~0.66、-0.79~0.65、-0.68~0.60、-0.68~0.67、-0.69~0.67D,分别有 4%(3/82)、6%(5/82)、5%(4/82)、4%(3/82)、7%(6/82)的点位于 95%LoA 之外,95%一致性区间宽度分别为 1.33、1.44、1.28、1.35、1.36D,差值均数分别为 -0.005、-0.072、-0.040、-0.007、-0.006D,其中 K2 和 J45 有超过 5%的点位于 95%LoA 之外,K1、K2、Km、J0、J45 测量值的 95%LoA 区间宽度均大于 1.0D,一致性较差,见图 1。

**2.3.2 Pentacam 与 iTrace** Pentacam 与 iTrace 测量 K1、K2、Km、J0、J45 一致性比较的 95%LoA 分别为 -0.78~0.72、-0.75~0.74、-0.71~0.67、-0.65~0.64、-0.71~0.67D,分别有 5%(4/82)、4%(3/82)、5%(4/82)、7%(6/82)、7%(6/82)的点位于 95%LoA 之外,95%一致性区间宽度分别为 1.50、1.49、1.38、1.29、1.38D,差值均数分别为 -0.029、-0.010、-0.020、0.004、-0.024D,其中 J0、J45 有超过 5%的点位于 95%LoA 之外,K1、K2、Km、J0、J45 测量值的 95%LoA 区间宽度均大于 1.0D,一致性较差,见图 2。

**2.3.3 IOL Master 与 iTrace** IOL Master 与 iTrace 测量 K1、K2、Km、J0、J45 一致性比较的 95%LoA 分别为 -0.74~0.69、-0.63~0.75、-0.65~0.69、-0.58~0.60、-0.68~0.64D,分别有 2%(2/82)、5%(4/82)、4%(3/82)、8%(7/82)、6%(5/82)的点位于 95%LoA 之外,95%一致性区间宽度分别为 1.43、1.38、1.34、1.18、1.32D,差值均数分别为 -0.024、0.062、0.020、0.011、-0.018D,其中 J0、J45 有超过 5%的点位于 95%LoA 之外,K1、K2、Km、J0、J45 测量值的 95%LoA 区间宽度均大于 1.0D,一致性较差,见图 3。

## 3 讨论

由于 IOL Master 生物测量仪、Pentacam 三维眼前节分析系统、iTrace 视觉功能分析仪的测量原理与优缺点不

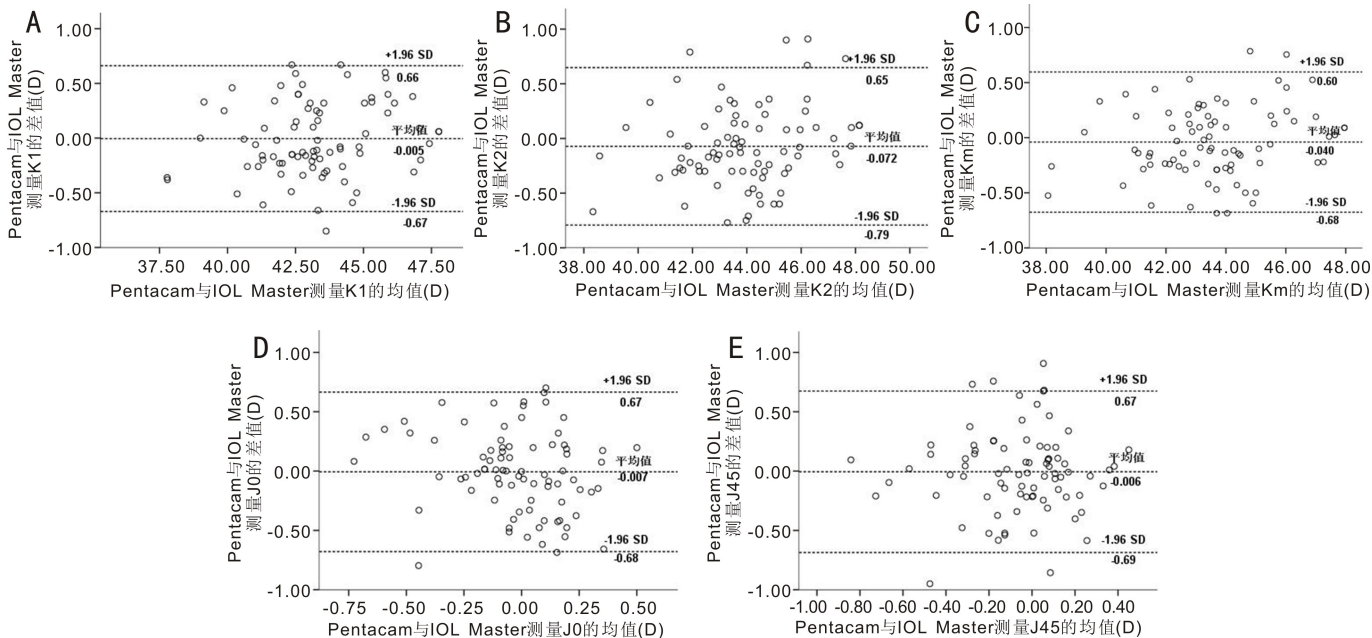


图1 Pentacam 与 IOL Master 测量值的 Bland-Altman 一致性分析图 A: K1; B: K2; C: Km; D: J0; E: J45。

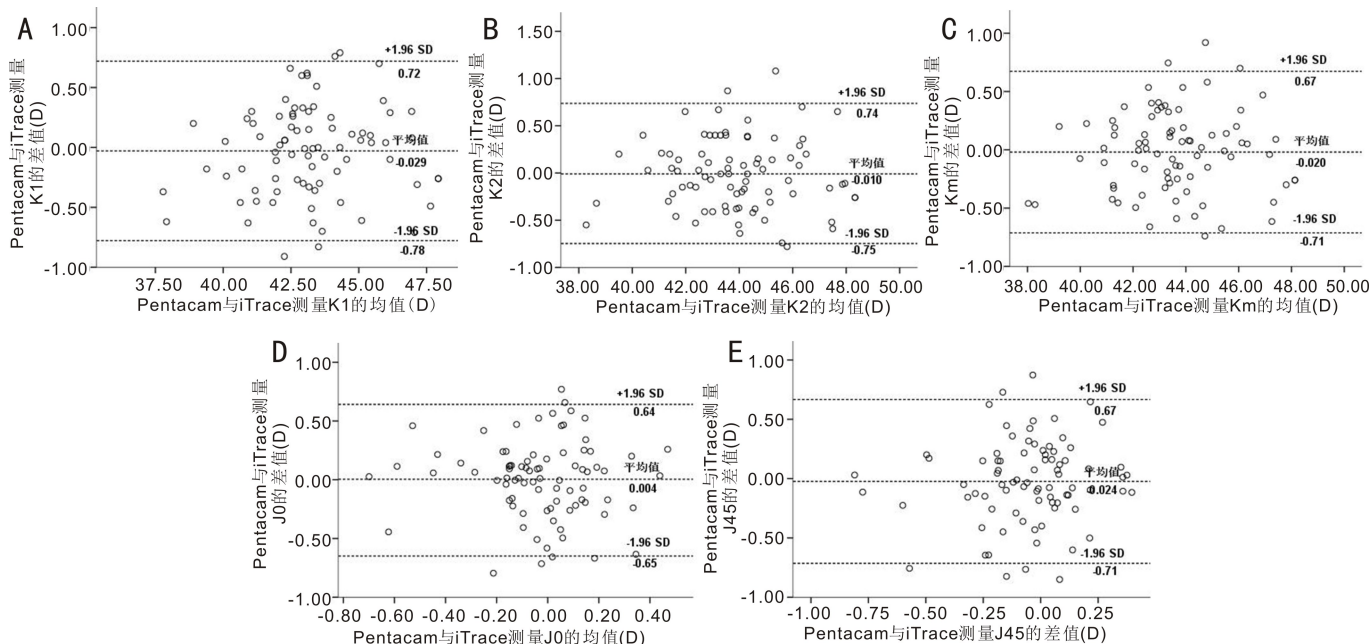


图2 Pentacam 与 iTrace 测量值的 Bland-Altman 一致性分析图 A: K1; B: K2; C: Km; D: J0; E: J45。

同,在对于角膜屈光手术或白内障手术的术前检查、手术设计及术后随访等方面也有不同的作用,本研究旨在比较 Pentacam、IOL Master 和 iTrace 测量白内障患者术前角膜曲率和散光状态的差异性、相关性和一致性,评估它们在临床使用中是否可以相互参考与替代。

Pentacam 是基于 Scheimpflug 光学原理的非接触式眼用图像诊断仪<sup>[4]</sup>,由两台摄影机架构而成,其中一台摄影机可旋转扫描受检者眼部,创建眼前节三维数据模型,从而提供不同直径范围角膜曲率等数据,另一台摄影机用于定位眼球位置,及时纠正眼球位移,因其避免了从单一角度测量的弊端,故测量结果具有很好的准确性与重复性<sup>[5]</sup>。IOL Master 也是一种非接触的眼部光学生物测量仪器,利用部分相干干涉技术与图像分析处理技术记录投射在角膜前表面的直径为 2.3mm 的以 6 个方向对称分布的 6 个光点的反射影像,测量反射光影像之间的距离,从而自动计算出环形的角膜表面曲率半径以及测量两点间

的平均角膜曲率<sup>[6]</sup>。iTrace 视觉功能分析仪将经典的 Placido 盘角膜地形图系统与 Ray Tracing 像差仪相结合,在进行角膜地形图拍摄时运用窄光束光路追踪技术,将采集到的数据转换成曲率图、屈光力图、高度图等,从而进行角膜曲率、散光度数及轴位的测量<sup>[7]</sup>。

本研究发现,Pentacam、IOL Master 与 iTrace 对于 K1、K2、Km、J0、J45 测量的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ ),三种仪器测量 Km 时,IOL Master 的值最大,Pentacam 的值最小。研究表明,利用 IOL Master 测得角膜曲率值较其他仪器大<sup>[8]</sup>,原理可能与测量的角膜范围不同有关,如本研究中 Pentacam 和 iTrace 均测量的是角膜前表面中央直径为 3mm 范围内的生物学参数,均大于 IOL Master 测量的角膜前表面中央直径 2.3mm 的范围。此外,尽管角膜中央瞳孔区直径约 4mm 范围内区域各点的曲率半径基本相同,但越接近角膜中央区角膜的屈光力越陡峭<sup>[9]</sup>,因而 IOL Master 测量的角膜曲率结果理论上大于 Pentacam 和



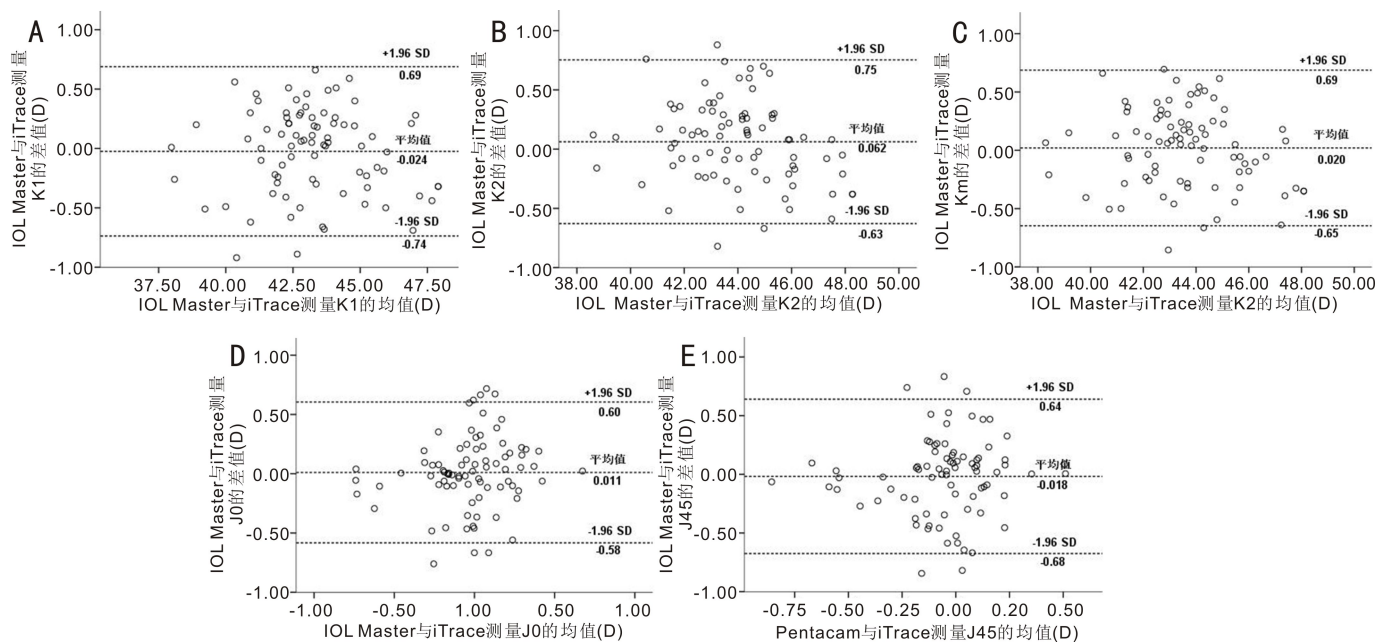


图3 IOL Master 与 iTrace 测量值的 Bland-Altman 一致性分析图 A:K1;B:K2;C:Km;D:J0;E:J45。

表3 三种仪器测量角膜生物学参数的差异性及相关性分析

| 仪器                     | 参数  | 差异性分析                    |            |        |       | 相关性分析    |       |
|------------------------|-----|--------------------------|------------|--------|-------|----------|-------|
|                        |     | 差值( $\bar{x} \pm s, D$ ) | 95%CI      | t      | P     | $\gamma$ | P     |
| Pentacam vs IOL Master | K1  | -0.004±0.34              | -0.08~0.07 | -0.104 | 0.918 | 0.987    | <0.01 |
|                        | K2  | -0.072±0.37              | -0.15~0.01 | -1.776 | 0.079 | 0.985    | <0.01 |
|                        | Km  | -0.040±0.32              | -0.11~0.03 | -1.108 | 0.271 | 0.988    | <0.01 |
|                        | J0  | -0.007±0.34              | -0.08~0.07 | -0.174 | 0.862 | 0.325    | <0.01 |
|                        | J45 | -0.006±0.35              | -0.08~0.07 | -0.155 | 0.877 | 0.341    | <0.01 |
| Pentacam vs iTrace     | K1  | -0.028±0.38              | -0.11~0.06 | 0.670  | 0.505 | 0.984    | <0.01 |
|                        | K2  | -0.010±0.38              | -0.09~0.07 | -0.235 | 0.815 | 0.984    | <0.01 |
|                        | Km  | -0.020±0.35              | -0.10~0.06 | 0.501  | 0.617 | 0.986    | <0.01 |
|                        | J0  | 0.004±0.33               | -0.07~0.08 | 0.111  | 0.912 | 0.266    | 0.016 |
|                        | J45 | -0.024±0.35              | -0.10~0.05 | -0.604 | 0.547 | 0.273    | 0.013 |
| IOL Master vs iTrace   | K1  | -0.024±0.36              | -0.10~0.06 | -0.607 | 0.545 | 0.985    | <0.01 |
|                        | K2  | 0.062±0.35               | -0.02~0.14 | 1.598  | 0.114 | 0.987    | <0.01 |
|                        | Km  | 0.020±0.34               | -0.05~0.09 | 0.535  | 0.594 | 0.987    | <0.01 |
|                        | J0  | 0.011±0.30               | -0.06~0.08 | 0.317  | 0.752 | 0.493    | <0.01 |
|                        | J45 | -0.018±0.34              | -0.09~0.06 | -0.474 | 0.637 | 0.322    | <0.01 |

iTrace。本研究还发现,三种仪器测量的女性 Km 均高于男性,这种性别之间的差异可能是因为女性的角膜直径较小,角膜曲率半径也较小,所以角膜曲率较男性大<sup>[10]</sup>。

本研究结果显示,Pentacam、IOL Master 与 iTrace 测量的 K1、K2、Km、J0、J45 均具有相关性。相关系数 r 对随机误差敏感,但对系统误差的敏锐性较差<sup>[11-12]</sup>,即存在两组测量值通过相关性分析得到较大的相关系数 r,但两设备间确实存在因设计原理不同造成的系统误差,就不能简单地认为两组测量值一致性佳;当检查者、受检者个体间随机误差导致的变异大到一定程度时,两种设备测量数据的相关性分析所得到的相关系数 r 也不会很大。本研究结果显示,三种仪器在测量角膜曲率时具有高度相关性,意味着三种仪器测量角膜曲率时很少受到人为因素干扰,但对于散光而言,IOL Master 与 Pentacam、iTrace 在测量 J0、J45 时呈中度相关,Pentacam 与 iTrace 在测量 J0、J45 时呈低度相关,由此可看出检查者和受检者产生的随机误差对

散光测量存在影响。研究表明,散光的测量过程较容易受到人为因素的影响,轴位测量的偏移很多是由于受检者头位的位移所致<sup>[13-14]</sup>。因此,各仪器间测量散光矢量 J0、J45 的相关性不高与一致性差的原因可能如下:(1)三种仪器的工作原理及测量范围不同;(2)检查者的操作和受检者的配合程度不一致;(3)测量仪器本身存在系统误差;(4)本研究纳入的受检者均为中老年白内障患者,可能受到泪膜、裸眼视力及配合程度的影响。

评估两种测量仪器的测量结果可相互替代需满足两个条件:(1)有少于 5% 的点超过 95% LoA,在本研究中,Pentacam 与 IOL Master 的测量值 K2、J45, Pentacam 与 iTrace 的测量值 J0、J45 以及 IOL Master 与 iTrace 的测量值 J0、J45 均有超过 5% 的值位于 95% LoA 之外,一致性较差,临床上不可相互替代;(2)结合 95% LoA 宽度的临床意义,术前角膜曲率误差超过 1.0D 可能造成术后 0.8~1.3D 的屈光误差<sup>[15]</sup>,所以各测量值的 95% LoA 宽度需小

于 1.0D 才可被判定为一致性好,因此,虽然其余各仪器测量值的差值有少于 5% 的值在 95% LoA 之外,但是由图 1~3 可知,上述仪器所比较的各测量值之间的 95% LoA 的宽度均大于 1.0D,这在临床运用中是无法接受的,由此可判断三种仪器测量角膜曲率及散光值的一致性差,临床上均不可相互替代,与宾莉等<sup>[16]</sup>、Kiralý 等<sup>[17]</sup> 研究结果一致。杨玉焕等<sup>[18]</sup> 研究显示 Pentacam 与 IOL Master 对长眼轴白内障患者的角膜曲率测量值可以替代,对短、中眼轴患者角膜曲率测量结果不可相互替代,分析本研究纳入患者 82 眼,平均眼轴长度  $24.17 \pm 1.66\text{mm}$ ,其中短眼轴 ( $<22.0\text{mm}$ ) 者 10 眼,中眼轴 ( $22.0 \sim 26.0\text{mm}$ ) 者 66 眼,长眼轴 ( $>26.0\text{mm}$ ) 者 6 眼,可知有 93% 为短、中眼轴患者,故杨玉焕等<sup>[18]</sup> 研究结果可作为本研究的参考。Haddad 等<sup>[19]</sup> 研究显示 Pentacam 与 IOL Master 500 在白内障患者中测量 K1 一致性好,测量 K2、Km 一致性差,但其并未将 95% LoA 宽度  $<1.0\text{D}$  纳入一致性检测的条件,故结论与本研究不一致。杜云等<sup>[20]</sup> 认为 Pentacam 与 iTrace 测量 K1、K2、Km、J0、J45 的一致性较好,与本研究结论不一致,原因可能是其纳入的是屈光不正患者,矫正视力可达 1.0,年龄 22~35 岁,对于检查的配合程度较高,检测过程中随机误差较本研究小。同样由于患者纳入条件不同而与本研究结果具有差异的还有 Molina-Martin 等<sup>[21]</sup> 研究结果,该研究表明 Pentacam 与 IOL Master 500 对于健康眼而言测量的角膜曲率与散光值具有差异且一致性差。此外,Zhang 等<sup>[22]</sup> 认为 Pentacam、IOL Master 及 iTrace 在健康眼中测量角膜曲率的一致性较好,Delrivo 等<sup>[23]</sup> 认为 Pentacam 和 iTrace 测量健康眼角膜曲率和散光度数一致性好,但轴位测量一致性差。上述研究与本研究结果不一致的原因分析可能是由于研究对象的年龄、眼部条件不同导致配合程度不同。

综上所述,本研究表明,Pentacam、IOL Master 和 iTrace 三种仪器测量角膜曲率和散光值的结果无明显差异,三种仪器测量角膜曲率和散光值的结果具有相关性,三种仪器测量角膜曲率和散光值的一致性均较差,表明三种仪器测量 K1、K2、Km、J0、J45 的结果均不可相互替代,在临床工作中需根据患者眼部具体情况谨慎选择。但本研究仍存在不足之处:(1)样本量较小,可进一步增加样本量,使研究结果更有可信度;(2)未严格规定入组患者的裸眼视力的低限与白内障混浊等级,故可进一步规范研究对象的纳入标准,使研究结果更有针对性。

#### 参考文献

- Omoto MK, Torii H, Hayashi K, et al. Ratio of Axial Length to Corneal Radius in Japanese Patients and Accuracy of Intraocular Lens Power Calculation Based on Biometric Data. *Am J Ophthalmol* 2020; 218: 320-329
- 卓德义,肖林.基于人群的角膜在正视与近视中变化的流行病学研究. *国际眼科杂志* 2017; 17(3): 454-457
- Visser N, Berendschot TTJM, Verbakel F, et al. Comparability and repeatability of corneal astigmatism measurements using different measurement technologies. *J Cataract Refract Surg* 2012; 38(10): 1764-1770

- 曹建雄,常平骏,李瑾,等.基于 pentacam 对角膜屈光指数的评价. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2020; 22(8): 596-601
- Mirzajani A, Asharlous A, Kianpoor P, et al. Repeatability of curvature measurements in central and paracentral corneal areas of keratoconus patients using Orbscan and Pentacam. *J Curr Ophthalmol* 2019; 31(4): 382-386
- Muzyka - Woźniak M, Oleszko A. Comparison of anterior segment parameters and axial length measurements performed on a Scheimpflug device with biometry function and a reference optical biometer. *Int Ophthalmol* 2019; 39(5): 1115-1122
- Chen Y, Xia X. Comparison of the Orbscan II topographer and the iTrace aberrometer for the measurements of keratometry and corneal diameter in myopic patients. *BMC Ophthalmol* 2016; 16: 33
- Shirayama M, Wang L, Weikert MP, et al. Comparison of Corneal Powers Obtained from 4 Different Devices. *Am J Ophthalmol* 2009; 148(4): 528-535
- 徐真.六种不同仪器测量角膜曲率的重复性、再现性和一致性研究. *温州医科大学* 2012
- 李黄恩,王勇,陈茂盛,等.年龄相关性白内障患者 14 万例角膜前表面散光的分布特征. *中华眼科杂志* 2021; 57(1): 56-62
- 李云飞,马建锋,陈晓婷.检测结果一致性评价方法的选择. *临床检验杂志* 2015; 33(8): 622-625
- 樊嵘,孟大志,徐大舜.统计相关性分析方法研究进展. *数学建模及其应用* 2014; 3(1): 1-12
- Fesharaki H, Azizzadeh A, Ghoreishi S, et al. The effects of lateral head tilt on ocular astigmatic axis. *Adv Biomed Res* 2014; 3: 10
- Park CY, Do JR, Kim SH, et al. The effect of head tilt on keratometric measurement using the IOLMaster. *Eye (Lond)* 2013; 27(12): 1411-1417
- 于莎莎,宋慧,汤欣. Ophtha TOP 测量角膜屈光参数的稳定性及其与 Pentacam 测量的一致性评估. *中华实验眼科杂志* 2016; 34(12): 1116-1120
- 宾莉,陈晓莉,李臻,等.两种仪器测量角膜曲率及其半径的效果比较. *西部医学* 2017; 29(2): 261-264
- Kiralý L, Stange J, Kunert KS, et al. Repeatability and Agreement of Central Corneal Thickness and Keratometry Measurements between Four Different Devices. *J Ophthalmol* 2017; 2017: 6181405
- 杨玉焕,严宏. Pentacam 与 IOL Master 对白内障眼前节参数测量的比较. *国际眼科杂志* 2019; 19(5): 796-800
- Haddad JS, Barnwell E, Rocha KM, et al. Comparison of Biometry Measurements Using Standard Partial Coherence Interferometry versus New Scheimpflug Tomography with Integrated Axial Length Capability. *Clin Ophthalmol* 2020; 14: 353-358
- 杜云,孙康,毕伍牧,等. iTrace 与 Pentacam 测量角膜球面像差与曲率的比较. *国际眼科杂志* 2019; 19(11): 1959-1961
- Molina - Martín A, Piñero DP, Caballero MT, et al. Comparative analysis of anterior corneal curvature and astigmatism measurements obtained with three different devices. *Clin Exp Optom* 2020; 103(5): 618-624
- Zhang Y, Dong J, Zhang S, et al. Corneal Astigmatism Measurements Comparison among Ray - Tracing Aberrometry, Partial Coherence Interferometry, and Scheimpflug Imaging System. *J Ophthalmol* 2020; 2020:3012748
- Delrivo M, Ruiseñor Vázquez PR, Galletti JD, et al. Agreement between placido topography and Scheimpflug tomography for corneal astigmatism assessment. *J Refract Surg* 2014; 30(1): 49-53