

# Pentacam 与 IOL Master 测量角膜屈光力的比较

曹建雄<sup>1</sup>, 刘伟<sup>1</sup>, 刘妍<sup>1</sup>, 谢梅芬<sup>1</sup>, 张映平<sup>1</sup>, 常平骏<sup>2</sup>, 肖天林<sup>3</sup>

基金项目:湘潭市科技局计划项目 (No.ZJ20151004)

作者单位:<sup>1</sup>(411100) 中国湖南省湘潭市中心医院眼科;

<sup>2</sup>(310000) 中国浙江省杭州市,温州医学院附属眼视光医院;

<sup>3</sup>(410000) 中国湖南省长沙市,长沙爱尔眼科医院

作者简介:曹建雄,毕业于温州医科大学附属眼视光医院,主治医师,研究方向:白内障、儿童屈光不正、斜弱视。

通讯作者:曹建雄.153045376@qq.com

收稿日期:2018-09-02 修回日期:2018-12-05

## Comparison of corneal power measurements with Pentacam and IOL Master

Jian-Xiong Cao<sup>1</sup>, Wei Liu<sup>1</sup>, Yan Liu<sup>1</sup>, Mei-Fen Xie<sup>1</sup>, Ying-Ping Zhang<sup>1</sup>, Ping-Jun Chang<sup>2</sup>, Tian-Lin Xiao<sup>3</sup>

**Foundation item:** Project of Xiangtan Science and Technology Bureau (No.ZJ20151004)

<sup>1</sup>Department of Ophthalmology, Xiangtan Central Hospital, Xiangtan 411100, Hunan Province, China; <sup>2</sup>Eye Hospital, Wenzhou Medical College, Hangzhou 310000, Zhejiang Province, China; <sup>3</sup>Aier Eye Hospital (Changsha), Changsha 410000, Hunan Province, China

**Correspondence to:** Jian - Xiong Cao. Department of Ophthalmology, Xiangtan Central Hospital, Xiangtan 411100, Hunan Province, China. 153045376@qq.com

Received:2018-09-02 Accepted:2018-12-05

## Abstract

• **AIM:** To evaluate the agreement and interchangeability of a Scheimpflug camera (Pentacam) and a partial coherence interferometry keratometer (IOL Master) in eyes having preoperative assessment for routine cataract surgery.

• **METHODS:** In this prospective clinical study, 41 patients (64 eyes) with normal cornea from January 2017 to June 2017 in our hospital were enrolled. Simulated K, true net power and Holladay equivalent K (EKR) measured at 1.0 to 7.0 mm corneal diameters were measured by the Pentacam system and mean keratometer (Km) was measured by the IOL Master. Paired samples *t* test, Pearson correlation analysis and Bland-Altman method were used for statistical analysis.

• **RESULTS:** Among patients with cataract of normal cornea, the mean Scheimpflug K for true net power and EKR at 1.0mm, 2.0mm, 3.0mm corneal diameters were statistically significantly less than the mean Km (IOL Master). The EKR at 4.5mm, 5.0mm, 6.0mm, 7.0mm of corneal diameters were significantly greater than the

mean Km (IOL Master) ( $P < 0.01$  for all). The difference between Sim K and EKR at 4.0mm measured by Pentacam and Km measured by IOL Master was the smallest ( $-0.03D \pm 0.252D$  and  $0.04D \pm 0.244D$ , respectively;  $t = -1.018$ ,  $P = 0.313$ ;  $t = 1.461$ ,  $P = 0.149$ ), and it had the best uniformity with 95% credible interval of  $-0.53D$  to  $0.46D$  (sim K) and  $-0.43D$  to  $0.52D$  (equivalent K at 4.0mm). A Pearson correlation revealed a high correlation for corneal power measurements between the two devices ( $r > 0.9$  for all,  $P < 0.01$  for all).

• **CONCLUSION:** The sim K and EKR at 4.0mm had the closest match with the Km (IOL Master) for Chinese patients with cataract of normal cornea. However, the application of these devices should be combined with clinical features.

• **KEYWORDS:** Pentacam; IOL Master; corneal power; cataract

**Citation:** Cao JX, Liu W, Liu Y, *et al.* Comparison of corneal power measurements with Pentacam and IOL Master. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2019;19(1):113-117

## 摘要

**目的:** 比较 Scheimpflug 原理摄像系统 Pentacam 与光学相干生物测量仪 IOL Master 测量角膜正常的白内障患者角膜屈光力,分析两者的一致性。

**方法:** 前瞻性临床研究。选取我院 2017-01/06 门诊就诊的角膜正常的白内障患者 41 例 64 眼,术前分别采用 IOL Master 和 Pentacam 测量角膜屈光力,采集的数据包括: sim K, true net power、角膜中央 1.0~7.0mm 直径 Holladay equivalent K (EKR) (Pentacam) 及 Km [ $Km = (K1 + K2) / 2$ ] (IOL Master)。两种仪器测量 K 值之间的差异采用配对样本 *t* 检验,其相关性采用 Pearson 相关性分析,一致性采用 Bland-Altman 法。

**结果:** 角膜正常的白内障患者 Pentacam 测量所得 true net power、角膜中央 1.0、2.0、3.0mm 直径 EKR 比 IOL Master 测量所得 Km 小;角膜中央 4.5、5.0、6.0、7.0mm 直径 EKR 比 IOL Master 测量所得 Km 大,差异具有统计学意义(均  $P < 0.01$ )。Pentacam 测量所得 sim K、角膜中央 4.0mm 直径 EKR 与 IOL Master 测量所得 Km 差值最小,差值均值分别为  $-0.03 \pm 0.252$  和  $0.04 \pm 0.244D$ ,差异无统计学意义( $t = -1.018$ ,  $P = 0.313$ ;  $t = 1.461$ ,  $P = 0.149$ );且一致性最高,95%一致性界限分别为  $-0.53 \sim 0.46D$  和  $-0.43 \sim 0.52D$ 。两种仪器间所测量 K 值均具有较高的相关性(均  $r > 0.9$ ,  $P < 0.01$ )。

**结论:** 角膜正常的白内障患者 Pentacam 测量所得 sim K、角膜中央 4.0mm 直径 EKR 与 IOL Master 测量所得 Km 一致性最高,但使用中需结合临床意义进一步对仪器的适用范围加以判断。

**关键词:** Pentacam; IOL Master; 角膜屈光力; 白内障  
**DOI:** 10.3980/j.issn.1672-5123.2019.1.25

**引用:** 曹建雄, 刘伟, 刘妍, 等. Pentacam 与 IOL Master 测量角膜屈光力的比较. 国际眼科杂志 2019; 19(1): 113-117

## 0 引言

准确的人工晶状体度数获得包括术前生物参数测量及人工晶状体公式的选择, 生物参数测量的误差主要来源于眼轴长度、角膜屈光力及前房深度的测量<sup>[1-2]</sup>。随着光学相干生物测量仪 IOL Master 及浸润式 A 超的出现, 眼轴长度及前房深度测量已经达到比较精确的程度<sup>[3]</sup>。角膜屈光力的精确测量仍是难点, 尤其是准分子手术后及不规则角膜等白内障患者的测量<sup>[4-6]</sup>。IOL Master 是传统白内障手术测量角膜屈光力的经典仪器, 其测量大部分正常角膜具有较高的准确性, 当角膜形态发生改变后则测量存在较大的误差<sup>[4-6]</sup>。IOL Master 测量角膜屈光力原理与传统角膜曲率计类似, 通过记录投射在角膜前表面 2.3mm 直径对称分布的 6 个光点的反射, 分析计算出环形的表面曲率半径。IOL Master 只能测量角膜前表面, 不能测量角膜后表面, 将角膜后表面曲率半径假定为前表面的 82.2%, 即角膜前后表面曲率半径比为 1.2, 按照标准屈光指数 (1.3375) 计算角膜屈光力<sup>[7]</sup>。实际上角膜由两个表面组成, 角膜前表面及后表面均是构成角膜屈光力的重要组成部分, 因此这些假定是否完全正确已受到质疑<sup>[8-9]</sup>。Pentacam 是最新一代的三维眼前节分析系统, 具有角膜厚度测量、角膜前后表面地形图分析、角膜像差分析、白内障分析等多种功能<sup>[10]</sup>。Pentacam 与 IOL Master 测量原理不同, 它根据 Scheimpflug 光学原理, 在少于 2s 内, 从 0~180 度旋转扫描, 拍摄 50 张 Scheimpflug 图像, 每张照片可获取 500 个真实的高度点, 最终每个层面产生 25 000 个真实的高度点, 获得眼前节的三维图像<sup>[11]</sup>。既往的研究已经证实了 Pentacam 测量眼前节参数的准确性<sup>[12-13]</sup>。Pentacam 系统测量角膜屈光力提供以下几个 K 值: sim K、true net power 及 Equivalent K-reading (EKR)。sim K 根据角膜中央 3mm 直径前表面曲率半径及 1.3375 屈光指数计算; true net power: 根据角膜前表面, 后表面曲率半径, 按照真实的角膜屈光指数 (空气 1.000, 角膜基质 1.376, 房水 1.336) 计算, 其结果不能直接用于传统人工晶状体计算公式; EKR 考虑了角膜前表面曲率半径, 后表面曲率半径及角膜厚度, 主要适用于准分子手术后白内障患者人工晶状体屈光度计算<sup>[13-15]</sup>。准分子手术后白内障患者角膜屈光力的测量是目前正在攻克的难题, 传统测量方法往往会导致术后远视的屈光误差<sup>[4, 15]</sup>。EKR 为准分子手术后白内障患者人工晶状体屈光度计算提供了较好的方法, 因而成为最近几年国外研究的热点<sup>[14-15]</sup>。目前国内报道了 Pentacam 测量的 sim K 值与 IOL Master 测得 K 值的比较研究<sup>[16]</sup>, 但尚无 EKR 相关的研究。本研究主要比较在国人角膜正常的白内障患者中, Pentacam 提供的三种 K 值 (sim K、true net power 及 EKR) 与 IOL Master 测量所得 K 值的差异性、相关性和一致性。不仅为角膜正常屈光力的测量提供更多的选择, 而且可以为准分子手术后及其他不规则角膜等白

内障患者人工晶状体屈光度计算提供参考。

## 1 对象和方法

**1.1 对象** 前瞻性临床研究。选择 2017-01/06 拟在我院行超声乳化白内障摘除联合人工晶状体植入手术的患者 41 例 64 眼, 左眼 34 只。其中男 21 例, 女 20 例, 年龄 49~83 (平均 69.7±9.14) 岁。排除角膜屈光手术史, 角膜外伤, 角膜瘢痕及其他角膜疾病, 无角膜接触镜配戴史。所有患者均知情同意。本研究通过医院伦理委员会审核。

**1.2 方法** 选用 IOL Master 光学相干生物测量仪及 Pentacam 三维眼前节成像系统 (软件版本 6.03r19) 分别测量角膜屈光力。每种仪器的测量都由一位熟练操作的技师完成。两种仪器检测的间隔时间小于 10min, 检查前患者未接受任何眼部药物。

**IOL Master 检查方法:** 受检者下颌置于仪器的下颌托上, 嘱患者注视仪器中的视标, 采用 IOL Master 分别测量 AL、K1、K2、ACD。AL 及 ACD 连续测量 5 次取平均值, 角膜曲率 K1、K2 (按照 1.3375 屈光指数计算) 连续测量 3 次取平均值。再计算 Km, 即  $Km = (K1 + K2) / 2$ 。

**Pentacam 检查方法:** 测量在暗室, 自然瞳孔状态下完成, 被检查者下颌置于下颌垫, 前额轻贴额带, 嘱患者充分瞬目后, 注视蓝色带状指示灯中的光点, 检查者使用操纵杆按屏幕指示进行瞄准和对焦, 为了避免检查者偏倚, 选择自动释放测量系统模式, 即仪器探测到瞳孔中心和边缘及角膜顶点清晰后即自动开始测量。按要求只接受成像质量 (quality specification, QS) 显示 OK 的检测结果。连续测量至少 3 次, 取平均值。采集的数据包括 sim K、true net power、角膜中央 1.0~7.0mm 直径 EKR 值。

**统计学分析:** 采用 SPSS16.0 统计学软件, 对 Pentacam 与 IOL Master 测量所得数据的差异进行配对样本 *t* 检验, 两种仪器所测数据的相关性采用 Pearson 相关分析并绘制散点图,  $P < 0.05$  为差异具有统计学意义。两种仪器间所测数据的一致性采用 MedCalc12.1.4 软件 Bland-Altman 统计分析<sup>[17]</sup>, 用横轴 *x* 表示两种方法测量每个对象的平均值, 纵轴 *y* 表示两种方法测量每个对象的差值, 并计算 95% 一致性界限 (limits of agreement, LoA) 作为评价一致性的指标。

## 2 结果

**2.1 Pentacam 测量 sim K、true net power 及 EKR 与 IOL Master 测量所得 Km 的差异与相关性** Pentacam 测量所得平均 sim K 及角膜中央 4.0mm 直径 EKR 值分别为  $44.21 \pm 1.238$  和  $44.28 \pm 1.240D$ , IOL Master 测量所得平均 Km 为  $44.24 \pm 1.232D$ , 差值均值分别  $-0.03 \pm 0.252$  和  $0.04 \pm 0.244D$ , 差异无统计学意义 ( $t = -1.018, P = 0.313$ ;  $t = 1.461, P = 0.149$ )。Pentacam 测量所得 true net power 及角膜中央 1.0、2.0、3.0、4.5、5.0、6.0、7.0mm 直径 EKR 与 IOL Master 测量所得 Km 差异有统计学意义 (均  $P < 0.01$ )。差值均值最大的为 true net power  $-1.22 \pm 0.296D$ 。经 Pearson 相关分析及散点图显示, Pentacam 测量所得 sim K 及角膜中央 4.0mm 直径 EKR 与 IOL Master 测量所得 Km 具有最高的相关性 ( $r = 0.979, 0.981$ , 均  $P < 0.01$ )。随着角膜测量直径的增大, EKR 值逐渐增大, 小于 4.0mm 角膜直径的 EKR 值比 IOL Master 测量的 Km 小; 大于 4.0mm 角膜直径的 EKR 值比 Km 大, 见表 1 和图 1。

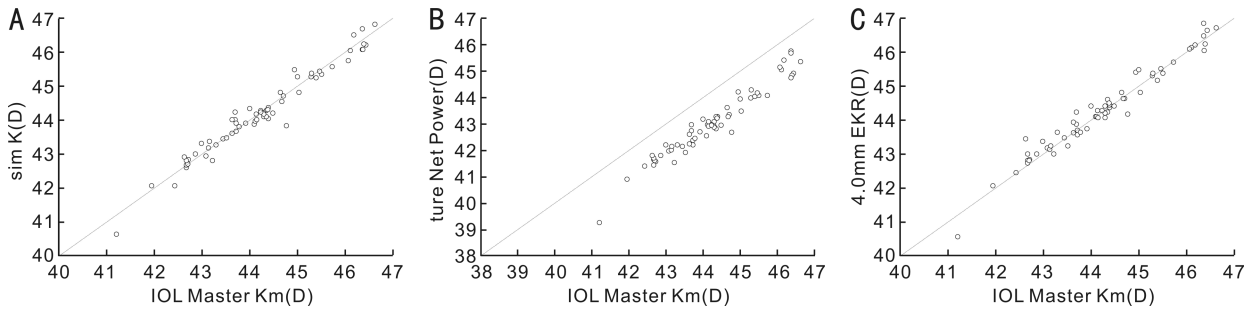


图1 Pentacam 测量所得 sim K, true net power 和 4.0mm EKR 与 IOL Master 测量所得 Km 值的散点图 A: sim K; B: true net power; C: 4.0mm EKR。

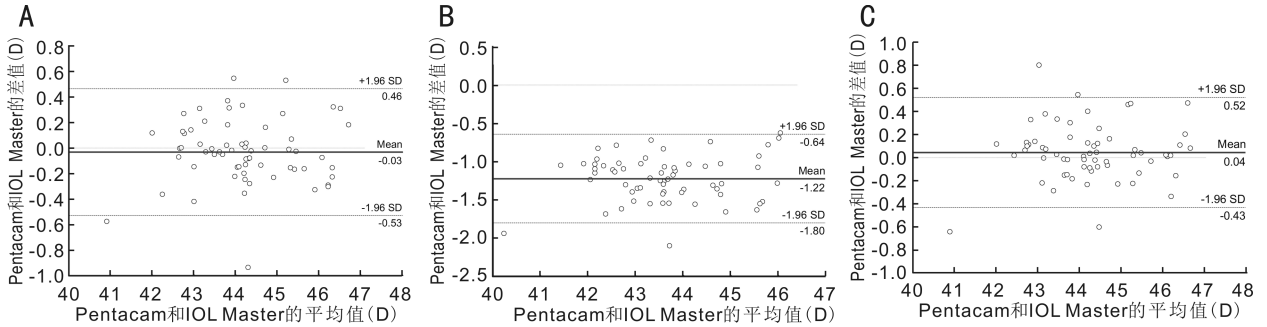


图2 Pentacam 测量所得 sim K, true net power 及 4.0mm EKR 与 IOL Master 测量所得 Km 值的 Bland-Altman 图 A: sim K; B: true net power; C: 4.0mm EKR。

表1 Pentacam 测量 sim K, true net power 及 EKR 与 IOL Master 测量所得 Km 的差异与相关性 (n=64,  $\bar{x} \pm s$ , D)

仪器	K 值	平均值	极小值	极大值	配对样本 t 检验			Pearson 相关分析	
					差值均值	t	P	r	P
IOL Master	Km	44.24±1.232	41.21	46.62	—	—	—	—	—
Pentacam	sim K	44.21±1.238	40.63	46.80	-0.03±0.252	-1.018	0.313	0.979	<0.01
	true net power	43.02±1.258	39.27	45.70	-1.22±0.296	-33.075	<0.01	0.972	<0.01
	EKR								
	at 1.0mm	43.95±1.230	40.37	46.70	-0.30±0.466	-5.112	<0.01	0.928	<0.01
	at 2.0mm	44.02±1.213	40.40	46.70	-0.23±0.348	-5.209	<0.01	0.960	<0.01
	at 3.0mm	44.12±1.215	40.46	46.76	-0.12±0.261	-3.740	<0.01	0.977	<0.01
	at 4.0mm	44.28±1.240	40.51	46.83	0.04±0.244	1.461	0.149	0.981	<0.01
	at 4.5mm	44.42±1.283	40.63	46.93	0.18±0.273	5.182	<0.01	0.977	<0.01
at 5.0mm	44.55±1.315	40.77	47.70	0.31±0.330	7.409	<0.01	0.969	<0.01	
at 6.0mm	44.85±1.346	41.10	47.97	0.61±0.385	12.611	<0.01	0.959	<0.01	
at 7.0mm	45.18±1.370	41.60	48.20	0.94±0.448	16.701	<0.01	0.946	<0.01	

注: EKR= Equivalent K; Km = (K1+K2)/2; K=keratometry。

表2 Pentacam 测量所得 sim K, true net power 及 EKR 与 IOL Master 测量所得 Km 的一致性 D

K 值	95% LoA		
	下限	上限	范围
sim K	-0.53	0.46	0.99
true net power	-1.8	-0.64	2.44
EKR			
at 1.0mm	-1.21	0.62	1.83
at 2.0mm	-0.91	0.46	1.37
at 3.0mm	-0.63	0.39	1.02
at 4.0mm	-0.43	0.52	0.95
at 4.5mm	-0.36	0.71	1.07
at 5.0mm	-0.34	0.95	1.29
at 6.0mm	-0.15	1.36	1.51
at 7.0mm	0.06	1.81	1.87

注: EKR= Equivalent K; Km = (K1+K2)/2; K=keratometry; 95% LoA=95%一致性界限。

2.2 Pentacam 测量所得 sim K, true net power 及 EKR 与 IOL Master 测量所得 Km 的一致性

Pentacam 测量所得 sim K 及角膜中央 4.0mm 直径 EKR 值与 IOL Master 测量所得 Km 具有最高的一致性, 95% 一致性界限分别为 -0.53~0.46D 和 -0.43~0.52D。分别有 94% (60/64)、94% (60/64) 的点落在 95% 一致性界限内。true net power 与 IOL Master 测量所得 Km 一致性最低, 95% 一致性界限为 -1.8~-0.64D, 有 95% (61/64) 的点落在 95% 一致性界限内, 见表 2 和图 2。

### 3 讨论

Pentacam 与 IOL Master 采用不同的测量原理, 其潜在优点是可以测量角膜前后表面, 计算真实的角膜屈光力。目前能够测量角膜后表面的仪器主要有 Orbscan II 及 Pentacam, 已有研究证实 Orbscan II 测量后表面存在较大的误差<sup>[18]</sup>。本研究主要评价在角膜正常的白内障患

者,Pentacam 测量所得 K 值与 IOL Master 测量所得 K 值的一致性以及 EKR 哪个范围的 K 值才是中国人最佳的 K 值。

Pentacam 所测 sim K 根据角膜中央 3mm 直径前表面曲率半径及标准屈光指数(1.3375),按照薄透镜高斯光学公式计算,  $\text{sim K} = (1.3375 - 1) \times 1000 / r$ ,其计算原理与传统角膜地形图 sim K 一致。为了减少系统误差,IOL Master 所测 Km 计算亦采用标准屈光指数(1.3375)。我们的研究结果显示 Pentacam 测量所得平均 sim K 比 IOL Master 测量所得平均 Km 小( $-0.03 \pm 0.252\text{D}$ ),差异无统计学意义,这可能跟测量直径有关。IOL Master 测量角膜前表面中央 2.3mm 直径,Pentacam 测量角膜前表面中央 3mm 直径,越往角膜中央区角膜屈光力越陡峭。两者之间具有较高的相关性( $r=0.979$ ),且 95%一致性界限的范围比较窄 $-0.53 \sim 0.46\text{D}$ ,具有较高的一致性。Elbaz 等<sup>[19]</sup>研究结果表明两者相差为 $-0.47\text{D}$ ,潘虹等<sup>[16]</sup>研究结果显示两者相差 $-0.49\text{D}$ ,差异具有统计学意义。以上结果的差异可能是由于采用不同的屈光指数计算得来。IOL Master 系统有 1.3315 及 1.3375 等多个屈光指数可供选择,而作者均没有公布 IOL Master 计算角膜屈光力的屈光指数。Reuland 等<sup>[20]</sup>用 Pentacam 与 IOL Master 对 82 眼测量角膜曲率半径进行对比研究,结果表明两种仪器具有较高的测量准确性,测量结果差异无统计学意义。

True net power 根据角膜前后表面曲率半径及真实的角膜屈光指数(空气 1.000,角膜基质 1.376,房水 1.336),按照厚透镜高斯光学公式计算。

公式如下<sup>[9]</sup>:  $\text{true net power} = (1.376 - 1.000) / r_{am} \times 1000 + (1.336 - 1.376) / r_{pm} \times 1000$ , $r_{am}$ 为角膜前表面曲率半径, $r_{pm}$ 为角膜后表面曲率半径。本研究结果显示,平均 true net power 为  $43.02 \pm 1.258\text{D}$ ,比 IOL Master 测量所得 Km 小( $-1.22 \pm 0.296\text{D}$ ),这跟 Symes 等<sup>[21]</sup>的研究结果一致(差值为 $-1.43\text{D}$ )。虽然 true net power 是最接近角膜真实的屈光力,但目前人工晶状体屈光力计算公式是在传统角膜曲率计测量结果的基础上通过回归分析得出来的,因此不能用于目前人工晶状体计算公式<sup>[15,21]</sup>。

为了使 Pentacam 测量所得 K 值适用于传统人工晶状体计算公式,2006 年 Oculus 公司联合 Holladay 开发了 Pentacam 用于准分子手术后白内障患者角膜屈光力测量的软件 Holladay 报告,公式如下<sup>[15]</sup>:

$$\text{EKR}(\text{D}) = \frac{n_c - 1}{r_{am}} + \frac{(n_k - 1) \text{RAT}_{bf}}{r_{pm}} \left( 1 - \frac{1}{\text{RAT}_{kc}} \right),$$
$$\text{简化公式: EKR}(\text{D}) = \frac{376.0}{r_{am}(\text{mm})} - \frac{31.65}{r_{pm}(\text{mm})}。$$

$n_c$ 为角膜基质屈光指数 1.376; $n_k$ 为标准角膜屈光指数 1.3375; $r_{am}$ 为角膜前表面曲率半径; $r_{pm}$ 为角膜后表面曲率半径; $\text{RAT}_{bf}$ 为角膜正常后表面曲率半径与前表面曲率半径的比值 0.822; $\text{RAT}_{kc}$ 为标准角膜屈光指数与角膜基质屈光指数计算角膜屈光力的比值 0.8976,即:  $(1.3375 - 1.000) / (1.376 - 1.000) = 0.8976$ 。EKR 考虑了角膜前后表面及角膜厚度。系统默认角膜中央 4.5mm 直径的 EKR 值计算人工晶状体屈光度,Pentacam 并提供 1.0~7.0mm 的 EKR 分布值。

本研究结果显示,sim K 及角膜中央 4.0mm 直径 EKR

与 IOL Master 测量所得 Km 差值最小,差值均值分别为  $-0.03 \pm 0.252$  和  $0.04 \pm 0.244\text{D}$ ,且一致性最高,95%一致性界限分别为  $-0.53 \sim 0.46\text{D}$  和  $-0.43 \sim 0.52\text{D}$ 。由于 1.0D 角膜屈光力测量误差会导致人工晶状体屈光度计算时 1.0D 的误差,平均人工晶状体屈光度计算误差分别为  $-0.03 \pm 0.252$  和  $0.04 \pm 0.244\text{D}$ ;95%的误差范围分布在  $-0.53 \sim 0.46$  和  $-0.43 \sim 0.52\text{D}$ 。临床上 0.5D 之内的误差是可以接受的,并且人工晶状体按照每 0.5D 之差进行生产。因此 Pentacam 所测的 sim K 及 4.0mm EKR 值均可以用于人工晶状体计算公式。Symes 等<sup>[21]</sup>对 Pentacam 与 IOL Master 测量 63 眼角膜正常的白内障患者所得 K 值进行了对比研究,结果显示角膜直径 4.5mm EKR 值与 IOL Master 测量所得 Km 差值均值最小(0.02D),其在 4.0mm EKR 值与 IOL Master 测量所得 Km 的差值均值为  $-0.18\text{D}$ 。分析我们的研究结果与 Symes 等结果的差异可能由于不同的研究人群所致。Pentacam 系统默认 4.5mm EKR 值计算人工晶状体屈光度是基于国外人群资料的研究结果,对于国人来说不一定是最佳的,因此有必要建立我们国人的研究资料。Woodmass 等<sup>[22]</sup>建议采用较小的中央光学区直径 EKR 值计算人工晶状体度数可能更合适,因而在他们的研究中采用 4.0mm EKR 值,这与我们的研究相一致。

需要注意的是,尽管我们的研究结果显示 Pentacam 测量所得 sim K 及 4.0mm EKR 值与 IOL Master 测量所得 Km 一致性最高,其差值均值较小且 95%一致性界限均较窄。然而 95%一致性界限上下限绝对值的最大差值分别为 0.52 和 0.53D,超过了临床允许的 0.5D 之内的误差范围,而且均有 6%(4/64)的点落在 95%一致性界限外。Woodmass 等<sup>[23]</sup>研究结果显示 Pentacam 测量所得 sim K 及 4.0mm EKR 值与 IOL Master 测量所得 Km 的 95%一致界限分别为  $-0.81 \sim 0.11$  和  $-1.06 \sim 0.61\text{D}$ 。Symes 等<sup>[21]</sup>发现 Pentacam 测量所得 sim K 及 4.5mm EKR 值与 IOL Master 测量所得 Km 的 95%一致界限分别为  $-1.15 \sim 0.93$  和  $-0.91 \sim 0.95\text{D}$ 。以上两位学者所得结果比我们的研究结果均高,因此应该警惕少数屈光误差较大的情况出现。

从 1.0~7.0mm 角膜直径 EKR 值的分布趋势来看,随着测量直径的增大,EKR 值逐渐增大。小于 4.0mm 角膜直径的 EKR 值比 IOL Master 测量所得 Km 小;大于 4.0mm 角膜直径的 EKR 值比 Km 大。根据 Holladay<sup>[23]</sup>的解释,如果角膜为一个完整的球面,那么角膜中央到周边每一点的屈光力应该相等。因为存在球差,角膜并非理想球面而是一个中央较陡峭,周边较平坦的非球面。EKR 计算时根据折射定律,考虑了球差,因此 1.0~7.0mm 直径 EKR 值逐渐增大。而 IOL Master 测量所得 Km 选择固定的角膜中央 2.3mm 直径,根据单球面公式计算得到,未考虑球差。因此对大部分正常患者来说,IOL Master 测量误差不大,但对角膜中央到周边变化趋势较大的患者(如角膜特别陡峭或特别平坦者)来说,IOL Master 可能存在较大的误差。Pentacam 提供了 1.0~7.0mm 的 EKR 值分布范围,对于这部分特殊角膜患者,其人工晶状体度数计算采用的角膜屈光力范围有待进一步研究。Symes 等<sup>[21]</sup>研究结果显示,1.0~7.0mm 角膜直径 EKR 值之差为 $-2.15\text{D}$ ,比我们的研究结果( $-1.23\text{D}$ )大,这可能跟研究人群不同有关。

角膜中央区角膜屈光力变化较小,相对较规则,近似球形,而旁中央区角膜屈光力变化较大,非球面性变化明显,因此我们的研究结果比较相符。

本研究存在的不足在于采用 IOL Master 作为对照, IOL Master 本身并非测量角膜屈光力的金标准,只是可以使 90% 的眼测量精确到  $\pm 1.0D$  之内<sup>[24]</sup>,因而可能存在系统误差,而且我们只进行了 K 值的比较,需要进一步代入人工晶状体计算公式,分别计算每种 K 值的屈光误差,进而得出屈光误差最小的 K 值,用于提高人工晶状体度数计算的准确性。

随着准分子手术后白内障患者的不断增多, Toric 人工晶状体,多焦点人工晶状体等功能性人工晶状体的不断发展,及患者对手术效果的期望不断增高,角膜屈光力精确的测量显得尤其重要。Pentacam 理论上应该具有更高的精确性,但由于目前人工晶状体计算公式是基于传统角膜曲率计得出来的回归公式。我们进一步需要研究的方向是针对 Pentacam 测量的 K 值进行校正,或是开发适合 Pentacam 的新的计算公式。从而进一步提高角膜屈光力测量的精确性,对准分子手术后及不规则角膜等白内障患者具有更大的意义。

#### 参考文献

- Lee AC, Qazi MA, Pepose JS. Biometry and intraocular lens power calculation. *Curr Opin Ophthalmol* 2008; 19(1):13-17
- Olsen T. Calculation of intraocular lens power: a review. *Acta Ophthalmol Scand* 2007; 85(5): 472-485
- Vogel A, Dick HB, Krummenauer F. Reproducibility of optical biometry using partial coherence interferometry. Intraobserver and interobserver reliability. *J Cataract Refract Surg* 2001; 27(12): 1961-1968
- Seitz B, Langenbucher A, Nguyen NX, et al. Underestimation of intraocular lens power for cataract surgery after myopic photorefractive keratectomy. *Ophthalmology* 1999;106(4):693-702
- Gimbel H, Sun R. Accuracy and predictability of intraocular lens power calculation after laser *in situ* keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2001; 27(4):571-576
- Cua IY, Qazi MA, Lee SF, et al. Intraocular lens calculations in patients with corneal scarring and irregular astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29(7):1352-1357
- Olsen T. On the calculation of power from curvature of the cornea. *Br J Ophthalmol* 1986;70(2):152-154
- Ho JD, Tsai CY, Tsai RJ, et al. Validity of the keratometric index: Evaluation by the Pentacam rotating Scheimpflug camera. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34(1):137-145
- Savini G, Barboni P, Carbonelli M, et al. Agreement Between

- Pentacam and Videokeratography in Corneal Power Assessment. *J Refract Surg* 2009;25(6):534-538
- Kopacz D, Maciejewicz P, Kecik D. Pentacam - the new way for anterior eye segment imaging and mapping. *Klin Oczna* 2005;107(10-12):728-731
- Chen D, Lam AKC. Intra-session and inter-session repeatability of the Pentacam system on posterior corneal assessment in the normal human eye. *J Cataract Refract Surg* 2007;33(3):448-454
- Lackner B, Schmidinger G, Pieh S, et al. Repeatability and Reproducibility of Central Corneal Thickness Measurement With Pentacam, Orbscan, and Ultrasound. *Optom Vis Sci* 2005; 82(10): 892-899
- McAlinden C, Khadka J, Pesudovs K. A Comprehensive Evaluation of the Precision (Repeatability and Reproducibility) of the Oculus Pentacam HR. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011; 52(10):7731-7737
- Tang M, Li Y, Avila M, et al. Measuring total corneal power before and after laser *in situ* keratomileusis with high speed optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg* 2006;32(11):1843-1850
- Holladay JT, Hill WE, Steinmueller A. Corneal power measurements using Scheimpflug imaging in eyes with prior corneal refractive surgery. *J Refract Surg* 2009; 25(10): 862-868
- 潘虹,王利华,马鲁新. Pentacam 与 IOL Master 测量角膜曲率及前房深度的比较. *山东大学学报: 医学版* 2008; 46(6): 624-627
- Bland JM, Ahman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1(8476): 307-310
- Ha BJ, Kim SW, Kim SW, et al. Pentacam and Orbscan II Measurements of Posterior Corneal Elevation Before and After Photorefractive Keratectomy. *J Refract Surg* 2009;25(3):290-295
- Elbaz U, Barkana Y, Gerber Y. Comparison of different techniques of anterior chamber depth and keratometric measurements. *Am J Ophthalmol* 2007;143(1):48-53
- Reuland MS, Reuland AJ, Nishi Y, et al. Corneal radii and anterior chamber depth measurements using the IOL Master versus the Pentacam. *J Refract Surg* 2007; 23(4):368-373
- Symes RJ, Ursell PG. Automated keratometry in routine cataract surgery: Comparison of Scheimpflug and conventional values. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(2):295-301
- Woodmass J, Rocha G. A comparison of Scheimpflug imaging simulated and Holladay equivalent keratometry values with partial coherence interferometry keratometry measurements in phakic eyes. *Can J Ophthalmol* 2009;44(6):700-704
- Holladay JT. Calculating equivalent K readings. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37(9):1738-1739
- Olsen T. Improved accuracy of intraocular lens power calculation with the Zeiss IOL Master. *Acta Ophthalmol Scand* 2007;85(1):84-87