

运用眼表综合分析仪分析高龄人群白内障术前角膜曲率值

蒋 洪¹, 郝亚静², 高 艺¹, 叶 子¹

引用: 蒋洪, 郝亚静, 高艺, 等. 运用眼表综合分析仪分析高龄人群白内障术前角膜曲率值. 国际眼科杂志, 2025, 25(7): 1167-1171.

作者单位: (100039) 中国北京市, 中国人民解放军总医院¹ 第一医学中心眼科; ²第二医学中心眼科

作者简介: 蒋洪, 学士, 眼视光技师, 研究方向: 眼科特检及视光学。

通讯作者: 叶子, 博士, 硕士研究生导师, 主任医师, 研究方向: 白内障相关基础与临床. yeziclover@163.com

收稿日期: 2025-01-08 修回日期: 2025-05-28

摘要

目的: 运用眼表综合分析仪 Keratograph 5M、三维眼前节分析系统 Pentacam、自动电脑验光仪 KR.800、光学相干生物测量仪 IOL Master 及波前像差仪 KR-1W 五种不同仪器测量高龄人群白内障术前角膜曲率值, 分析其差异性和一致性, 为高龄人群白内障术前精确地计算人工晶状体度数做参考。

方法: 前瞻性研究。选取 2022 年 10 月至 2024 年 11 月在我院眼科就诊的高龄白内障患者 53 例 90 眼, 对所有患者分别采用 Keratograph 5M、Pentacam、KR.800、IOL Master、KR-1W 测量术眼角膜曲率值 (K_1 、 K_2), 并计算出平均角膜曲率 (mean keratometry, K_m)。

结果: Keratograph 5M 与 Pentacam、IOL Master 的 K_1 、 K_2 、 K_m 值比较有差异 (均 $P < 0.05$), 而与 KR.800、KR-1W 的 K_1 、 K_2 、 K_m 值比较无差异 (均 $P > 0.05$)。Keratograph 5M 与 KR.800、Pentacam、IOL Master、KR-1W 的 K_1 、 K_2 、 K_m 值均有一定相关性 ($r = 0.913 - 0.987$, 均 $P < 0.001$)。Bland-Altman 散点图中, 显示 Keratograph 5M 与 KR.800、KR-1W 在测量角膜曲率值时一致性较好, 与 Pentacam、IOL Master 的一致性较差。

结论: 作为一种眼表综合分析仪, Keratograph 5M 具有简单快捷、可重复性强、配合要求低等优点。在对高龄人群测量角膜曲率时, Keratograph 5M 与 KR.800、KR-1W 一致性较好, 可根据患者自身情况和配合程度相互替换, 与 Pentacam、IOL Master 的一致性较差, 使用中需结合临床实际情况加以判断。

关键词: 角膜曲率; 白内障; IOL Master; Keratograph 5M; Pentacam

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2025.7.22

Analysis of preoperative corneal curvature in elderly cataract patients using an ocular surface comprehensive analyzer

Jiang Hong¹, Hao Yajing², Gao Yi¹, Ye Zi¹

¹Department of Ophthalmology, No.1 Medical Center; ²Department of Ophthalmology, No.2 Medical Center of the Chinese PLA General Hospital, Beijing 100039, China

Correspondence to: Ye Zi. Department of Ophthalmology, No.1 Medical Central of the Chinese PLA General Hospital, Beijing 100039, China. yeziclover@163.com

Received: 2025-01-08 Accepted: 2025-05-28

Abstract

• **AIM:** To measure preoperative corneal curvature in elderly cataract patients using five different systems, including Keratograph 5M, Pentacam, KR. 800 autorefractor, IOL Master, and KR - 1W wavefront aberrometer, analyze its discrepancy and consistency, and provide a reference for accurate intraocular lens (IOL) power calculation in elderly patients before cataract surgery.

• **METHODS:** This prospective study included 53 elderly cataract in-patients (90 eyes) who were admitted to our ophthalmology department between October 2022 and November 2024. The corneal curvature values (K_1 , K_2) of postoperative eyes were measured using Keratograph 5M, Pentacam, KR.800, IOL Master, and KR-1W, and the mean keratometry (K_m) was calculated.

• **RESULTS:** Statistically significant differences were observed in K_1 , K_2 , and K_m values between Keratograph 5M and Pentacam, as well as between Keratograph 5M and IOL Master (all $P < 0.05$), whereas no significant differences were found in K_1 , K_2 and K_m between Keratograph 5M and KR.800 or KR - 1W (all $P > 0.05$). Pearson correlation analysis showed a certain correlation of K_1 , K_2 and K_m obtained from Keratograph 5M with those from KR.800, Pentacam, IOL Master, and KR-1W ($r = 0.913 - 0.987$, all $P < 0.001$). Bland-Altman scatter plots demonstrated good consistency between Keratograph 5M and KR. 800 or KR - 1W, while its consistency with Pentacam and IOL Master was relatively poor.

• **CONCLUSION:** As an ocular surface analyzer, Keratograph 5M offers advantages such as simplicity, rapid measurement, strong repeatability, and low patient cooperation requirements. In elderly patients, corneal

curvature measurements obtained by Keratograph 5M demonstrated good consistency with those from KR.800 and KR-1W, making them interchangeable based on individual conditions and cooperation levels of patients. However, its consistency with Pentacam and IOL Master was relatively poor; therefore, clinical practical situation should be considered when selecting such measurement devices.

• KEYWORDS: corneal curvature; cataract; IOL Master; Keratograph 5M; Pentacam

Citation: Jiang H, Hao YJ, Gao Y, et al. Analysis of preoperative corneal curvature in elderly cataract patients using an ocular surface comprehensive analyzer. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2025, 25(7):1167-1171.

0 引言

人工晶状体植入手术术前人工晶状体度数的精确计算,决定了术后视力及术后能否取得良好的视觉质量效果,在人工晶状体的计算中角膜曲率值占有重要角色,是人工晶状体参数设计的关键数据^[1-3]。目前,临床上角膜曲率值的测量常采用眼表综合分析仪 Keratograph 5M、三维眼前节分析系统 Pentacam、自动电脑验光仪 KR.800、光学相干生物测量仪 IOL Master 及波前像差仪 KR-1W 等。Keratograph 5M 是测量泪河高度、泪膜破裂时间 (BUT) 等眼表功能综合型仪器,除了测量干眼的相关数据,增加了角膜地形图的测量,对于年龄大且泪膜不稳定的患者,能快速准确地锁定角膜状态,分析出角膜的相关数据,受泪膜影响较小,有研究指出泪膜的稳定性对保持眼睛的视觉质量起着重要作用^[4-5]。虽然 Keratograph 5M 具有快速、便捷、非接触性及拥有良好的重复性和稳定性等优点^[6-7],但是测量角膜曲率值同其他仪器的差异性和一致性还没得到临床验证。本研究的目的在于通过 Keratograph 5M 与 KR.800、Pentacam、IOL Master、KR-1W 对高龄且泪膜不稳定患者人群所测得的角膜曲率值进行比较,并分析其差异性和一致性,为高龄白内障患者术前角膜曲率值的确定提供参考。

1 对象和方法

1.1 对象 前瞻性研究。选取 2022 年 10 月至 2024 年 11 月在中国人民解放军总医院眼科就诊的白内障患者 53 例 90 眼,年龄 75-95 (平均 83.13±4.88) 岁;其中男 44 例 74 眼,女 9 例 16 眼。纳入标准:(1)确诊为年龄相关性白内

障的患者;(2)本研究所有检查均由同一位技师按照每种仪器的标准操作流程完成;(3)非侵入性首次泪膜破裂时间 (NITBUT) 小于 5 s;(4)所有患者均配合完成所有检查。排除标准:(1)有角膜外伤、角膜溃疡等眼表疾病的患者;(2)有角膜屈光手术史的患者;(3)斜视、眼球震颤等检查不配合的患者;(4)有玻璃体、视网膜疾病患者。本研究经解放军总医院第一医学中心伦理委员会审批通过 (批准号:ChiECRCT20200270),所有参与者均已签署知情同意书。

1.2 方法 所有患者术前均使用角膜地形图 Keratograph 5M、三维眼前节分析系统 Pentacam、自动电脑验光仪 KR.800、光学相干生物测量仪 IOL Master 及波前像差仪 KR-1W 五种仪器测量角膜曲率,每种仪器测量 3 次,再取平均值。所有仪器测量均由同一名操作熟练的视光师完成。分别记录五种仪器测量的 K_1 、 K_2 ,计算平均角膜曲率值 (mean keratometry, K_m), $K_m = (K_1 + K_2) / 2$ 。

统计学分析:采用 SPSS22.0 软件分析,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示;五种仪器测得的数据比较采用重复测量数据的方差分析,两两比较采用 LSD- t 检验;差异性分析采用配对样本 t 检验;相关性分析采用 Pearson 相关分析;一致性评价采用 Bland-Altman 分析法。以 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 五种仪器测量角膜曲率值的差异性比较 按照随机顺序使用 5 种仪器分别测量白内障患者的角膜前表面曲率 K_1 、 K_2 ,并计算得出角膜平均曲率 K_m ,具体数据见表 1。Keratograph 5M 与 Pentacam、IOL Master 的 K_1 、 K_2 、 K_m 值比较差异有统计学意义 (均 $P < 0.05$),与 KR.800、KR-1W 的 K_1 、 K_2 、 K_m 值比较差异无统计学意义 (均 $P > 0.05$),见表 2。

表 1 五种仪器测量的角膜曲率值结果 ($\bar{x} \pm s, D$)

仪器	K1	K2	Km
Keratograph 5M	43.24±1.09	43.87±1.00	43.55±1.02
KR.800	43.23±1.08	43.86±1.03	43.55±1.03
Pentacam	43.40±1.07	44.22±1.03	43.81±1.03
IOL Master	43.35±1.07	44.13±1.04	43.74±1.03
KR-1W	43.25±1.05	43.92±0.96	43.58±0.99
F	0.477	2.335	1.263
P	0.753	0.055	0.284

表 2 Keratograph 5M 与其余 4 种仪器测量白内障患者角膜曲率值的比较 ($\bar{x} \pm s, D$)

指标	Keratograph 5M vs KR.800			Keratograph 5M vs Pentacam		
	K_1	K_2	K_m	K_1	K_2	K_m
差值	0.009±0.20	0.006±0.24	0.007±0.17	-0.163±0.18	-0.351±0.33	-0.257±0.21
t	0.428	0.233	0.430	-8.578	-9.967	-11.826
P	0.670	0.817	0.668	<0.001	<0.001	<0.001

指标	Keratograph 5M vs IOL Master			Keratograph 5M vs KR-1W		
	K_1	K_2	K_m	K_1	K_2	K_m
差值	-0.114±0.17	-0.255±0.43	-0.185±0.25	-0.010±0.27	-0.046±0.28	-0.040±0.21
t	-6.246	-5.641	-7.057	-0.357	-1.563	-1.793
P	<0.001	<0.001	<0.001	0.722	0.122	0.076

2.2 五种仪器测量角膜曲率值的相关性比较 Keratograph 5M 与 KR.800、Pentacam、IOL Master、KR-1W 的 K_1 、 K_2 、 K_m 值均有一定相关性(均 $P<0.01$),见表 3。

2.3 五种仪器测量角膜曲率值的一致性比较 以两种仪器所测 K_1 、 K_2 、 K_m 的均值为横坐标,差值为纵坐标建立 Bland-Altman 散点图,中间虚线为两种仪器所测 K_1 、 K_2 、 K_m 差值的平均值,该线上下两实线表示其 95% 一致性界限(limitation of agreement, LOA)。比较其中两种仪器的 K_1 、

K_2 、 K_m 数据在 95% 的一致性范围内是否具良好一致性。
Keratograph 5M 与 KR.800 的一致性:在 Bland-Altman 图显示,Keratograph 5M 与 KR.800 测量 K_1 、 K_2 、 K_m 分别有 3%(3/90)、4%(4/90)、4%(4/90)的测量值位于 95% LoA 外,95% LoA 分别为 $-0.382-0.400$ 、 $-0.474-0.486$ 、 $-0.317-0.332$ D,95% LoA 内两种仪器的检测值最大差值的绝对值分别为 0.38、0.45、0.29 D,见图 1。

Keratograph 5M 与 Pentacam 的一致性:在 Bland-Altman 图显示,Keratograph 5M 与 Pentacam 测量 K_1 、 K_2 、 K_m 分别有 3%(3/90)、4%(4/90)、6%(5/90)的测量值位于 95% LoA 外,95% LoA 分别为 $-0.517-0.190$ 、 $-1.005-0.304$ 、 $-0.661-0.147$ D,95% LoA 内两种仪器的检测值最大差值的绝对值分别为 0.49、1.00、0.62 D,见图 2。

Keratograph 5M 与 IOL Master 的一致性:在 Bland-Altman 图显示,Keratograph 5M 与 IOL Master 测量 K_1 、 K_2 、 K_m 分别有 2%(2/90)、3%(3/90)、4%(4/90)的测量值位于 95% LoA 外,95% LoA 分别为 $-0.454-0.226$ 、 $-1.097-0.586$ 、 $-0.671-0.302$ D,95% LoA 内两种仪器的检测值最大差值的绝对值分别为 0.38、1.05、0.615 D,见图 3。

Keratograph 5M 与 KR-1W 的一致性:在 Bland-Altman 图显示,Keratograph 5M 与 KR-1W 测量 K_1 、 K_2 、 K_m 分别有 3%(3/90)、8%(7/90)、7%(6/90)的测量值位于 95% LoA 外,95% LoA 分别为 $-0.537-0.516$ 、 $-0.592-0.500$ 、 $-0.452-0.373$ D,95% LoA 内两种仪器的检测值最大差值的绝对值分别为 0.51、0.3、0.355 D,见图 4。

表 3 Keratograph 5M 与其余 4 种仪器测量白内障患者角膜曲率值的相关性分析

仪器	参数	<i>r</i>	<i>P</i>
KR.800	K_1	0.983	<0.001
	K_2	0.971	<0.001
	K_m	0.987	<0.001
Pentacam	K_1	0.986	<0.001
	K_2	0.947	<0.001
	K_m	0.980	<0.001
IOL Master	K_1	0.987	<0.001
	K_2	0.913	<0.001
	K_m	0.971	<0.001
KR-1W	K_1	0.969	<0.001
	K_2	0.961	<0.001
	K_m	0.979	<0.001

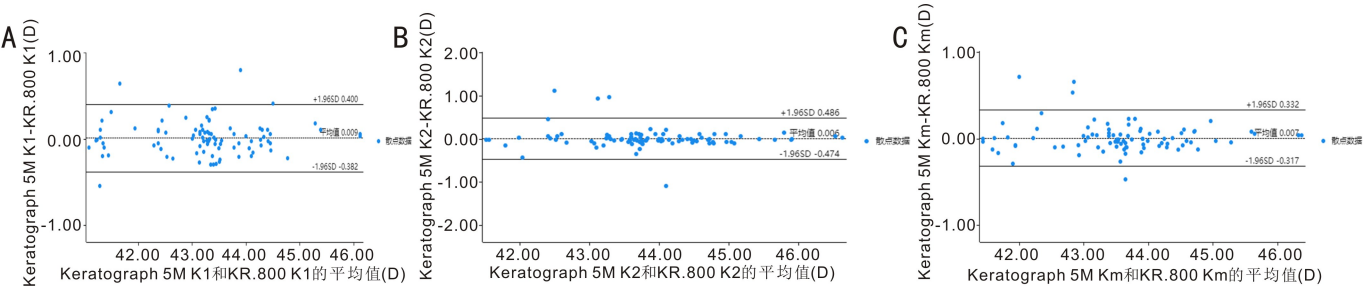


图 1 Keratograph 5M 与 KR.800 测量的角膜曲率值一致性分析 A: K_1 ; B: K_2 ; C: K_m 。

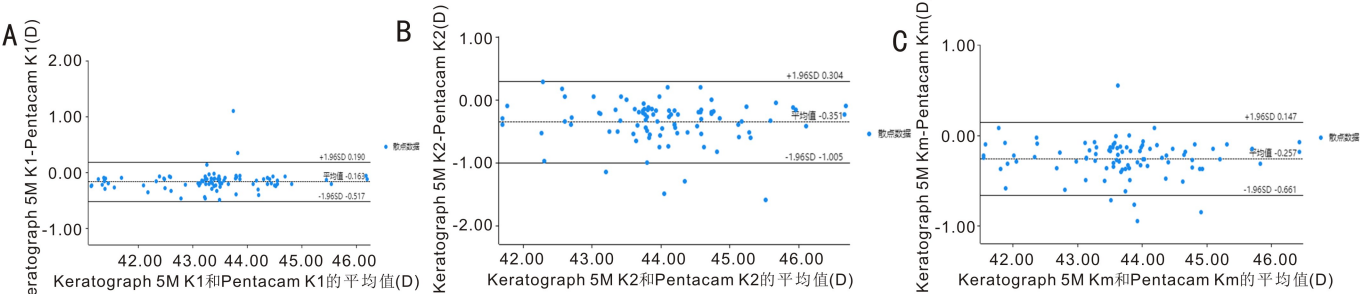


图 2 Keratograph 5M 与 Pentacam 测量的角膜曲率值一致性分析 A: K_1 ; B: K_2 ; C: K_m 。

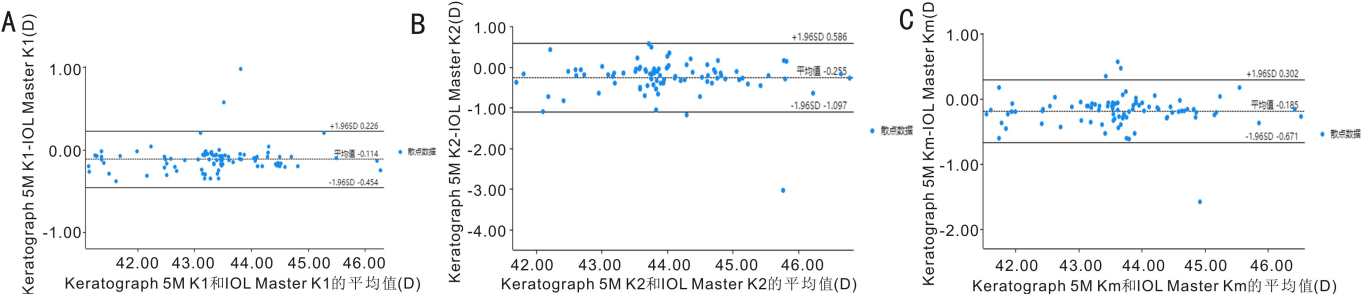


图 3 Keratograph 5M 与 IOL Master 测量的角膜曲率值一致性分析 A: K_1 ; B: K_2 ; C: K_m 。

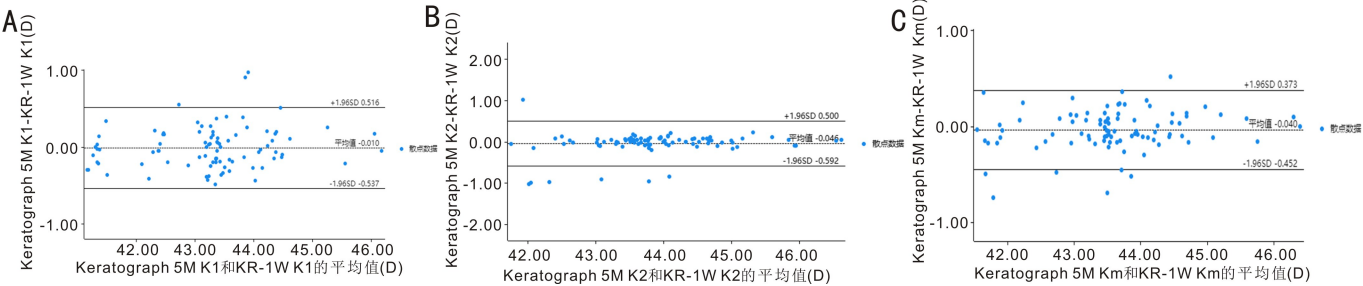


图4 Keratograph 5M与KR-1W测量的角膜曲率值一致性分析 A:K₁;B:K₂;C:K_m。

3 讨论

随着我国人口数量增加以及老龄化的趋势发展,受白内障影响的老人呈上升趋势,而白内障手术已经向高龄化发展^[8],许多高龄白内障患者对术后视觉质量的期望值越来越高。随着眼科手术技术的进步,人工晶状体植入术不断发展,角膜曲率检查是白内障手术顺利进行的重要环节,也是影响人工晶状体计算的重要数据^[9],对各种角膜曲率值测量仪器的相关性和一致性已经有许多研究,白若濛^[10]认为不同测量仪器的结果可以互相替代,陶露莎等^[11]则认为不同仪器测量值上存在差异,一致性较差的仪器谨慎替代。本研究主要针对高龄人群泪膜不稳定的眼部特点,比较 Keratograph 5M 与 KR.800、Pentacam、IOL Master、KR-1W 测量角膜曲率值的差异性和一致性。

眼表综合分析仪(Oculus Keratograph 5M)是集干眼分析、Placido 环式角膜地形图等功能于一体的仪器,采用 Placido 环,通过 22 个同心圆环投射到角膜表面,非接触性测量眼表数据,其准确度高,重复性好。其中干眼症状评分、泪膜破裂时间(tear break up time, TBUT)、非侵入性泪膜破裂时间(non-invasive breakup time, NITBUT)、非侵入性泪河高度(non-invasive tear meniscus height, NITMH)临床使用较频繁^[12-13]。

自动电脑验光仪 KR.800 是集测量眼球屈光度数和前表面角膜曲率值等功能于一体的仪器,是临床上常用的电脑验光设备,利用红外圆环系统投射至角膜,将计算机技术与视光学检查相结合,依据视网膜检影原理,使视网膜上的影像发生改变,计算得出受检眼屈光度并测量出角膜中央 3 mm 范围的角膜前表面曲率,具有快捷,重复率高,操作者掌握快的优点^[14]。

三维眼前节分析系统 Pentacam 是利用 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 2-3 s 内从 0°-180°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,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,从而测量出全角膜前、后表膜的曲率^[15-16]。

IOL Master 是集测量角膜曲率、眼轴长度、前房深度,并计算人工晶状体度数等功能于一体的仪器,其利用光学原理反射来测量眼前节参数,通过测量光线投射到角膜前表面上,并找出最陡峭、最平坦的角膜曲率,并确定光轴的方向,具有快捷、重复性好和准确率高的优点^[17]。

KR-1W 是集波前像差仪、角膜地形图、自动验光仪、角膜曲率计等功能于一体的检查设备。采用 Hartmann-Shack 原理设计,利用眼底的点光源反射出眼球的视网膜

像测量波阵面像差。KR-1W 成像系统在 0.3 s 内完成扫描,连续测量 3 次,取平均值,可分别测量 4、6 mm 瞳孔直径下全眼、角膜、眼内的像差,具有快捷、数据重复性好、患者配合要求低的特点^[18]。

本研究发现 Keratograph 5M 与 KR.800 测量角膜曲率(K₁、K₂、K_m)差异无统计学意义(均 P>0.05)。Bland-Altman 一致性分析显示两种仪器在测量角膜曲率时差值的均值分别为 0.009、0.006、0.008 D,说明两种仪器测量的差值没有明显偏离数字 0,这样的结果是临床可接受的,证明这两种仪器测量角膜曲率值的一致性较好。本研究中 Keratograph 5M 与 Pentacam 测量角膜曲率(K₁、K₂、K_m)差异有统计学意义(均 P<0.05),Bland-Altman 一致性分析显示两种仪器在测量角膜曲率时差值的均值分别为 -0.163、-0.351、-0.257 D,两种仪器测量的差值明显偏离数字 0,一致性较差;同时两种仪器在测量角膜曲率时 95%LoA 分别为 -0.517-0.190、-1.005-0.304、-0.661-0.147 D,95%LoA 内两种仪器的检测值最大差值的绝对值分别为 0.49、1.00、0.62 D。有研究发现术前角膜曲率偏差为 1.00 D 时术后会导致 0.8-1.3 D 的屈光度偏差,这种偏差超出了临床可接受范围^[19]。其原因可能是两种仪器在测量的方法上的不同,Pentacam 需要患者睁大眼睛坚持 2-3 s 不眨眼扫描摄像头旋转 180°拍摄图片,如遇配合不佳的患者则需要反复拍摄,而 Keratograph 5M 瞬间拍摄角膜前表面不受泪膜的影响,针对高龄患者 Keratograph 5M 测量角膜曲率值更为准确。本文 Keratograph 5M 与 IOL Master 测量角膜曲率(K₁、K₂、K_m)差异有统计学意义(均 P<0.05),在进行 Bland-Altman 一致性分析时,两种仪器在测量角膜曲率 95%LoA 分别为 -0.454-0.226、-1.097-0.586、-0.671-0.302 D,95%LoA 内两种仪器的检测值最大差值的绝对值分别为 0.38、1.05、0.615 D,根据以往研究数据超出了能够接受的临床偏差范围。原因可能是两种仪器测量角膜直径大小存在差异,角膜中央的曲率较陡峭,周边的较平坦,而 IOL Master 测量的直径为 3 mm 的角膜曲率,角膜曲率值就会偏大。从测量范围来看,Keratograph 5M 获得前表面数据较丰富,其准确性比 IOL Master 高。本研究中 Keratograph 5M 与 KR-1W 测量角膜曲率(K₁、K₂、K_m)差异无统计学意义(均 P>0.05)。Bland-Altman 一致性分析显示两种仪器在测量角膜曲率时差值的均值分别为 -0.010、-0.069、-0.040 D,说明两种仪器测量的差值没有明显偏离数字 0,这样的结果是临床可接受的,证明这两种仪器测量角膜曲率值的一致性较好。

本文中五种仪器测量结果之间存在差异原因可能包

括:(1)仪器的设计原理不同;(2)不同仪器测量范围不同;(3)受泪膜影响;(4)操作者的误差和患者配合度;(5)不同仪器的系统误差^[12-18]。本研究使用的仪器均为自动测量仪,适合配合度较好的患者,对于高龄患者应结合多种仪器反复验证,必要时可结合手动仪器进行对比测量。

综上所述,以上五种仪器各有优缺点,在高龄患者测量角膜曲率值时,Keratograph 5M 与 KR.800、KR-1W 一致性好,可以相互替换;Keratograph 5M 与 Pentacam、IOL Master 差异性较大,一致性差,谨慎相互替代。在临床上 Keratograph 5M 使用干眼分析功能较多,使用角膜地形图功能较少,可以利用角膜地形图功能在理解和配合能力差、角膜异常、屈光手术后这类人群中进一步研究。本研究中可能存在研究对象选择有限,导致研究结论缺乏普适性和推广性,需要进一步扩大研究范围,同时本研究样本量较小,结果存在一定的局限性,未来尚需大样本量进行验证研究。

利益冲突声明:本文不存在任何利益冲突。
作者贡献声明:蒋洪论文选题与修改,初稿撰写;郝亚静、高艺文献检索,数据分析;叶子选题指导,论文修改及审阅。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

[1] Lu LW, Rocha-de-Lossada C, Rachwani-Anil R, et al. The role of posterior corneal power in 21st century biometry: a review. *J Fr Ophtalmol*, 2021,44(7):1052-1058.
[2] Darcy K, Gunn D, Tavassoli S, et al. Assessment of the accuracy of new and updated intraocular lens power calculation formulas in 10930 eyes from the UK National Health Service. *J Cataract Refract Surg*, 2020,46(1):2-7.
[3] Ang M, Gatinel D, Reinstein DZ, et al. Refractive surgery beyond 2020. *Eye*, 2021,35(2):362-382.
[4] Cohen Y, Trokel S, Arieli Y, et al. Mapping the lipid layer of the human tear film. *Cornea*, 2020,39(1):132-135.
[5] 海玥, 兰长骏, 廖萱. 眼表成像技术在干眼患者泪膜分析评价中的应用. *眼科新进展*, 2022,42(8):669-672.

[6] Ka YC, Liao XL, Guo BY, et al. Ocular surface parameters repeatability and agreement—a comparison between Keratograph 5M and IDRA. *Contact Lens Anterior Eye*, 2024,47(6):102281.
[7] Wang JJ, Shen Y, Zhou XT, et al. Evaluation of tear film function by Oculus Keratograph 5M and IDRA ocular surface analyser. *Int Ophthalmol*, 2024,44(1):403.
[8] 张帆, 陈彦辰, 巫雷, 等. 浸润式 B 超引导下的 A 超分段式声速测量在致密型白内障眼轴测量中的准确性. *国际眼科杂志*, 2024,24(8):1319-1323.
[9] Hashemi H, Pakzad R, Yekta A, et al. Global and regional prevalence of age-related cataract: a comprehensive systematic review and meta-analysis. *Eye (Lond)*, 2020,34(8):1357-1370.
[10] 白若濛. 三种不同仪器对合并角膜散光的白内障患者角膜曲率测量结果比较. *中国社区医师*, 2021,37(9):144-146.
[11] 陶露莎, 董登昊, 郎敏, 等. CASIA2 与 IOL Master 700 测量白内障患者角膜屈光力及散光的差异性和一致性. *国际眼科杂志*, 2023,23(6):1017-1023.
[12] 赵柳宁, 曾静文, 邵东平. Keratograph 5M 眼表综合分析仪对糖尿病患者眼表的研究. *贵州医药*, 2021,45(7):1136-1137.
[13] 张俐娜, 李肖春, 吕志刚, 等. Keratograph 5M 眼表综合分析仪观察鼻咽癌放疗患者泪膜及睑板腺功能的变化. *浙江临床医学*, 2020,22(1):30-32.
[14] 王乐, 林元耀, 曾宗圣, 等. VX105 自动检眼仪客观验光结果准确性分析. *中国医疗器械信息*, 2024,30(19):125-128.
[15] Faria-Correia F, Lopes B, Monteiro T, et al. Correlation between different Scheimpflug-based lens densitometry analysis and effective phacoemulsification time in mild nuclear cataracts. *Int Ophthalmol*, 2018,38(3):1103-1110.
[16] 倪利洋, 应黄芳, 胡卫萍, 等. Pentacam 与 iTrace 测量白内障术前角膜生物学参数的比较. *浙江实用医学*, 2022,27(4):304-306,338.
[17] Shinojima A, Kurihara T, Mori K, et al. Association between ocular axial length and anthropometrics of Asian adults. *BMC Res Notes*, 2021,14(1):328.
[18] 邹华鲜, 陈琦, 李丽丽, 等. 三种波前像差仪测量成年近视患者角膜高阶像差的一致性. *国际眼科杂志*, 2023,23(10):1723-1731.
[19] 孙峰, 赵伟佳, 卞存新. 用于测量角膜曲率及散光四种仪器的数据对比分析. *现代科学仪器*, 2020(6):48-52.