

三种仪器测量低中度青少年近视患者角膜曲率的比较

朱君雅¹, 李金晶¹, 翟磊莉¹, 孙婷婷¹, 蒋沁²

引用:朱君雅,李金晶,翟磊莉,等. 三种仪器测量低中度青少年近视患者角膜曲率的比较. 国际眼科杂志 2020; 20(7): 1226-1230

基金项目:南京市科技发展计划项目(No.201805007);南京市医学科技发展项目计划(No.ZKX17053)

作者单位:¹(210029)中国江苏省南京市,南京医科大学;
²(210029)中国江苏省南京市,南京医科大学附属眼科医院

作者简介:朱君雅,在读硕士研究生,研究方向:眼视光学与视觉科学。

通讯作者:蒋沁,毕业于南京医科大学,教授,博士研究生导师,研究方向:眼底病、白内障、眼视光. jqin710@vip.sina.com

收稿日期:2019-12-02 修回日期:2020-06-05

摘要

目的:比较 Pentacam、IOL Master 和角膜地形图测量低中度青少年近视患者角膜曲率的差异性和一致性。

方法:前瞻性临床研究。选取 2019-01/10 在南京医科大学附属眼科医院就诊的低中度青少年近视患者 291 例 291 眼,其中低度近视患者 141 例 141 眼,中度近视患者 150 例 150 眼,分别采用 Pentacam、IOL Master 及角膜地形图检查角膜曲率(K_1 、 K_2 、 K_m)和角膜散光(J_0 、 J_{45})情况,分析三种仪器测量结果的差异性、相关性和一致性。

结果:差异性分析结果显示,Pentacam 和角膜地形图测量低度和中度青少年近视患者 J_{45} 的测量值无差异 ($P > 0.05$);Pentacam 和 IOL Master 测量低度近视患者 J_0 的测量值无差异 ($P > 0.05$);Pentacam 和角膜地形图测量低度近视患者 K_2 、中度近视患者 J_0 的测量值均无差异 ($P > 0.05$);三种仪器测量低度和中度青少年近视患者其他测量值均有差异 ($P < 0.05$)。相关性分析结果显示,三种仪器测量结果两两分析均呈正相关 ($r = 0.545 \sim 0.997$, 均 $P < 0.001$)。Bland-Altman 一致性分析结果显示,三种仪器的检测结果具有较好的一致性。

结论:Pentacam、IOL Master 和角膜地形图三种仪器的检测结果具有较好的一致性,均可用于低中度近视患者角膜塑形镜验配前的参数检测,其中 Pentacam 与角膜地形图差异性最小,但三种仪器是否可以互做替代仍需结合临床实际应用。

关键词:Pentacam; IOL Master; 角膜地形图; 屈光不正; 角膜曲率

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2020.7.24

Comparison of corneal curvature measured by Pentacam, IOL Master and corneal topography in adolescents with low and moderate myopia

Jun-Ya Zhu¹, Jin-Jing Li¹, Lei-Li Zhai¹, Ting-Ting Sun¹, Qin Jiang²

Foundation items: Science and Technology Development Plan

Project Fund of Nanjing (No.201805007); Medical Science and Technology Development Project Fund of Nanjing (No.ZKX17053)

¹Nanjing Medical University, Nanjing 210029, Jiangsu Province, China;
²The Affiliated Eye Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, Jiangsu Province, China

Correspondence to: Qin Jiang. Department of Cataract, the Affiliated Eye Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, Jiangsu Province, China. jqin710@vip.sina.com

Received:2019-12-02 Accepted:2020-06-05

Abstract

• AIM: To compare differences and consistency of corneal curvatures in adolescent patients with low and moderate myopia measured by Pentacam, IOL Master and corneal topographic.

• METHODS: A prospective clinical study. 291 adolescent patients (291 eyes) with low and moderate myopia who underwent orthokeratology in the Affiliated Eye Hospital of Nanjing Medical University from January 2019 to September 2019 were selected. Among them, 141 cases (141 eyes) were low myopia and 150 cases (150 eyes) were moderate myopia. Corneal curvature (K_1 , k_2 , K_m) and corneal Astigmatism (J_0 , J_{45}) were examined by Pentacam, IOL Master, and corneal topography. And then the difference, correlation and consistency of the measurement results of three instruments were analyzed.

• RESULTS: Differences analysis showed that in the measurement of J_{45} , there was no difference between Pentacam and corneal topography ($P > 0.05$) in patients with low and moderate myopia; in the measurement of J_0 , there was no difference between Pentacam and IOL Master ($P > 0.05$) in patients with low myopia; in the measurement of K_2 , there was no difference between Pentacam and corneal topography ($P > 0.05$) in patients with low myopia; in the measurement of J_0 , there was no difference between Pentacam and corneal topography ($P > 0.05$) in patients with moderate myopia. But there were significant differences in other measurements among three instruments ($P < 0.05$). Pearson correlation analysis showed that K_1 , K_2 , K_m , J_0 , and J_{45} were highly correlated among three instruments ($r = 0.545 \sim 0.997$, all $P < 0.001$). Bland-Altman consistency analysis showed that three instruments had good consistency.

• CONCLUSION: Pentacam, IOL Master and corneal topographic have good consistency and can be used as a mutual reference before orthodontic fitting of low and moderate myopia patients. The measurement difference between Pentacam and corneal topography is the smallest among three instruments, but whether three instruments can be replaced by each other needs to be considered in combination in clinical application.

• **KEYWORDS:** Pentacam; IOL Master; corneal topography; refractive error; corneal curvature

Citation: Zhu JY, Li JJ, Zhai LL, *et al.* Comparison of corneal curvature measured by Pentacam, IOL Master and corneal topography in adolescents with low and moderate myopia. *Guoji Yanke Zazhi(Int Eye Sci)* 2020;20(7):1226-1230

0 引言

近年来,青少年近视已成为严重的社会问题。角膜塑形镜作为减缓近视发展的重要方法之一,验配前准确测量患者角膜曲率参数成为配戴是否舒适以及延缓近视成效的关键因素之一。在常规的角膜塑形镜验配检查中,为了准确深入地了解常用仪器检测角膜曲率以及散光的情况是否能够互相替换,本研究分析了在我院行角膜塑形镜验配前青少年患者的资料,分析比较 IOL Master、角膜地形图与 Pentacam 测量角膜曲率的差异性、相关性及一致性情况。

1 对象和方法

1.1 对象 前瞻性临床研究。选取 2019-01/10 在南京医科大学附属眼科医院就诊的低中度青少年近视患者 291 例 291 眼(均纳入右眼数据进行分析),其中男 129 例,女 162 例,年龄 6~17(10.48±2.41)岁。根据等效球镜度进行分组,将-0.75D≤等效球镜度<-3D 纳入低度近视组(141 例 141 眼),-3D≤等效球镜度<-6D 纳入中度近视组(150 例 150 眼)^[1]。纳入标准:(1)年龄 6~17 岁,可以配合 Pentacam、IOL Master 及角膜地形图的检查,且眼底检查未见明显异常患者;(2)等效球镜度-0.75~-6D。排除既往有眼部手术外伤史,患有圆锥角膜、角膜斑翳及其他眼前节、眼底器质性病变的患者。本研究内容符合《赫尔辛基宣言》中的伦理学标准。所有患者及其监护人同意参加本研究并签署知情同意书。

1.2 方法 分别采用 IOL Master、角膜地形图和 Pentacam 三种仪器测量角膜曲率和轴位,测量顺序为角膜地形图、IOL Master、Pentacam,测量间隔时间大于 30min,每种仪器皆由同一位检查人员进行测量,取 3 次测量结果的平均值。检查方法:受检者下颌置于仪器的下颌托上,注视仪器中的视标,睁大眼睛并适当眨眼以排除泪膜的影响,测量时尽量暴露全部角膜,所有检查均在暗室进行。记录三种仪器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), $K_m = (K_1 + K_2) / 2$ 。记录散光参数,包括散光值和散光轴位,采用傅里叶转换公式: $J_0 = -[\text{cylinder} / 2] \cos [2\text{axis}]$; $J_{45} = -[\text{cylinder} / 2] \sin [2\text{axis}]$,对散光值和轴向进行矢量转换。

统计学分析:采用 SPSS 25 软件进行数据分析。计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,不同仪器测量结果的比较采用配对样本 t 检验。不同仪器测量结果的相关性分析采用 Pearson 相关性分析法。采用 Bland-Altman 分析法评价三种测量仪器的一致性。 $P < 0.05$ 认为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 三种仪器测量值的差异性和相关性 三种仪器测量低中度青少年近视患者的 K_1 、 K_2 、 K_m 、 J_0 、 J_{45} 结果见表 1、2。差异性分析结果显示(表 3、4),Pentacam 和角膜地形图测

量低度和中度青少年近视患者 J_{45} 的测量值差异无统计学意义($P > 0.05$);Pentacam 和 IOL Master 测量低度近视患者 J_0 的测量值差异无统计学意义($P > 0.05$);Pentacam 和角膜地形图测量低度近视患者 K_2 、中度近视患者 J_0 的测量值差异均无统计学意义($P > 0.05$);三种仪器测量低度和中度青少年近视患者其他测量值差异均有统计学意义($P < 0.05$)。相关性分析结果显示(表 3、4),三种仪器测量结果两两分析均呈正线性相关($r = 0.545 \sim 0.997$,均 $P < 0.001$)。

2.2 三种仪器测量值的一致性 低度近视组患者采用三种仪器测量角膜曲率和散光数据的一致性分析结果显示(图 1),Pentacam 与 IOL Master 测量 K_1 、 K_2 、 K_m 、 J_0 、 J_{45} 分别有 4.2% (6/141)、4.3% (6/141)、5.0% (7/141)、2.8% (4/141)、5.7% (8/141) 位于 95% 一致性界限 (limits of agreement, LoA) 以外,两种方法测量结果上下限绝对值的最大值分别为 0.66、0.80、0.62、0.44、0.36D;Pentacam 与角膜地形图测量 K_1 、 K_2 、 K_m 、 J_0 、 J_{45} 分别有 0.7% (1/141)、3.5% (5/141)、1.4% (2/141)、3.5% (5/141)、3.5% (5/141) 位于 95% LoA 以外,两种方法测量结果上下限绝对值的最大值分别为 0.57、0.57、0.51、0.29、0.35D;IOL Master 与角膜地形图测量 K_1 、 K_2 、 K_m 、 J_0 、 J_{45} 分别有 2.1% (3/141)、4.2% (6/141)、3.5% (5/141)、3.5% (5/141)、5.0% (7/141) 位于 95% LoA 以外,两种方法测量结果上下限绝对值的最大值分别为 0.63、0.82、0.65、0.40、0.40D。

中度近视组患者采用三种仪器测量角膜曲率和散光数据的一致性分析结果显示(图 2),Pentacam 与 IOL Master 测量 K_1 、 K_2 、 K_m 、 J_0 、 J_{45} 分别有 6.0% (9/150)、4.7% (7/150)、3.3% (5/150)、5.3% (8/150)、4.7% (7/150) 位于 95% LoA 以外,两种方法测量结果上下限绝对值的最大值分别为 0.58、0.81、0.59、0.40、0.33D;Pentacam 与角膜地形图测量 K_1 、 K_2 、 K_m 、 J_0 、 J_{45} 分别有 5.3% (8/150)、4.0% (6/150)、5.3% (8/150)、4.7% (7/150)、5.3% (8/150) 位于 95% LoA 以外,两种方法测量结果上下限绝对值的最大值分别为 0.44、0.47、0.37、0.33、0.37D;IOL Master 与角膜地形图测量 K_1 、 K_2 、 K_m 、 J_0 、 J_{45} 分别有 4.7% (7/150)、6.7% (10/150)、3.3% (5/150)、4.7% (7/150)、6.7% (10/150) 位于 95% LoA 以外,两种方法测量结果上下限绝对值的最大值分别为 0.42、0.64、0.43、0.40、0.39D。

3 讨论

我国青少年近视发展呈逐年升高的趋势^[2],角膜塑形镜作为一种可逆性非手术治疗方式可有效改善青少年患者近视情况^[3],而眼表参数的测量对于角膜塑形镜的验配尤为重要。Pentacam、IOL Master 和角膜地形图均为眼表参数的非接触测量仪器,目前关于三种仪器测量近视患者的眼部参数能否互相替换仍存在分歧。本研究主要分析 Pentacam、IOL Master 与角膜地形图的差异性和一致性,为临床使用提供依据。

Pentacam 眼前节测量仪是应用 Scheimpflug 摄像机,通过旋转摄像,1s 可扫描 25 条线,测量并分析 25 000 个点,可以准确地测量角膜、前房以及晶状体的数值,并将结果以彩色图形显示,其聚焦景深大,成像清晰^[4-5]。IOL Master 光学生物测量仪是基于部分相干干涉测量的原理^[6],其原理基于角膜曲率计,通过仪器的照相机记录投射在角膜前表面直径为 2.3mm 范围内光点的反射距离,

表1 三种仪器测得低度近视患者角膜曲率和角膜散光结果

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

仪器	K_1	K_2	K_m	J_0	J_{45}
Pentacam	42.35±1.28	43.46±1.41	42.90±1.33	-0.525±0.252	0.017±0.165
IOL Master	42.57±1.30	43.74±1.46	43.16±1.36	-0.534±0.295	0.087±0.171
角膜地形图	42.42±1.31	43.50±1.43	42.96±1.35	-0.499±0.227	0.015±0.204

表2 三种仪器测得中度近视患者角膜曲率和角膜散光结果

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

仪器	K_1	K_2	K_m	J_0	J_{45}
Pentacam	42.45±1.37	43.71±1.54	43.08±1.43	-0.599±0.311	0.028±0.170
IOL Master	42.64±1.42	44.00±1.58	43.32±1.47	-0.646±0.309	0.071±0.169
角膜地形图	42.51±1.39	43.76±1.52	43.13±1.44	-0.575±0.289	0.015±0.217

表3 三种仪器测得低度近视患者角膜曲率和角膜散光结果的相关性和差异性

仪器	参数	相关性		差异性			
		r	P	差值($\bar{x} \pm s, D$)	t	P	95%CI
Pentacam vs IOL Master	K_1	0.985	<0.001	-0.221±0.21	-11.796	<0.001	-0.258~-0.184
	K_2	0.983	<0.001	-0.283±0.70	-12.615	<0.001	-0.327~-0.239
	K_m	0.991	<0.001	-0.252±0.38	-16.073	<0.001	-0.283~-0.221
	J_0	0.684	<0.001	0.010±0.36	0.514	0.608	-0.027~0.046
	J_{45}	0.622	<0.001	-0.069±0.18	-5.625	<0.001	-0.094~-0.045
Pentacam vs 角膜地形图	K_1	0.981	<0.001	-0.070±0.23	-3.272	0.001	-0.113~-0.028
	K_2	0.982	<0.001	-0.037±0.69	-1.589	0.114	-0.082~0.009
	K_m	0.985	<0.001	-0.053±0.39	-2.717	0.007	-0.092~-0.015
	J_0	0.847	<0.001	-0.026±0.33	-2.265	0.025	-0.048~-0.003
	J_{45}	0.545	<0.001	0.003±0.22	0.178	0.859	-0.027~0.033
IOL Master vs 角膜地形图	K_1	0.982	<0.001	0.151±0.20	7.297	<0.001	0.110~0.192
	K_2	0.980	<0.001	0.246±0.25	9.997	<0.001	0.198~0.295
	K_m	0.986	<0.001	0.198±0.18	10.310	<0.001	0.160~0.237
	J_0	0.774	<0.001	-0.036±0.18	-2.245	0.026	-0.066~-0.004
	J_{45}	0.618	<0.001	0.072±0.17	5.121	<0.001	0.044~0.100

表4 三种仪器测得中度近视患者角膜曲率和角膜散光结果的相关性和差异性

仪器	参数	相关性		差异性			
		r	P	差值($\bar{x} \pm s, D$)	t	P	95%CI
Pentacam vs IOL Master	K_1	0.990	<0.001	-0.185±0.20	-11.404	<0.001	-0.217~-0.153
	K_2	0.986	<0.001	-0.288±0.27	-13.293	<0.001	-0.331~-0.245
	K_m	0.993	<0.001	-0.237±0.18	-15.916	<0.001	-0.266~-0.207
	J_0	0.833	<0.001	0.047±0.18	3.210	0.002	0.018~0.076
	J_{45}	0.632	<0.001	-0.044±0.15	-3.672	<0.001	-0.070~-0.020
Pentacam vs 角膜地形图	K_1	0.990	<0.001	-0.057±0.20	-3.590	<0.001	-0.089~-0.026
	K_2	0.990	<0.001	-0.050±0.21	-2.861	0.005	-0.085~-0.015
	K_m	0.994	<0.001	-0.054±0.16	-4.040	<0.001	-0.080~-0.027
	J_0	0.864	<0.001	-0.025±0.16	-1.920	0.057	-0.050~0.000
	J_{45}	0.589	<0.001	0.013±0.18	0.884	0.378	-0.016~0.042
IOL Master vs 角膜地形图	K_1	0.994	<0.001	0.128±0.15	10.448	<0.001	0.104~0.152
	K_2	0.992	<0.001	0.238±0.20	14.263	<0.001	0.205~0.271
	K_m	0.997	<0.001	0.183±0.12	18.117	<0.001	0.163~0.203
	J_0	0.845	<0.001	-0.072±0.17	-5.236	<0.001	-0.099~-0.045
	J_{45}	0.628	<0.001	0.057±0.17	4.024	<0.001	0.029~0.084

从而测量出环形的表面曲率半径,计算得到两点间的平均角膜曲率^[7]。角膜地形图是基于 placido 盘的原理,将25~34个同心圆环均匀地投射到角膜表面,同时系统进行

实时动态摄像,通过区域化角膜形态将其以彩色编码图形式呈现出来,不仅能分析角膜中心也能分析角膜周边的曲率,更能全面地表现角膜形态^[8]。

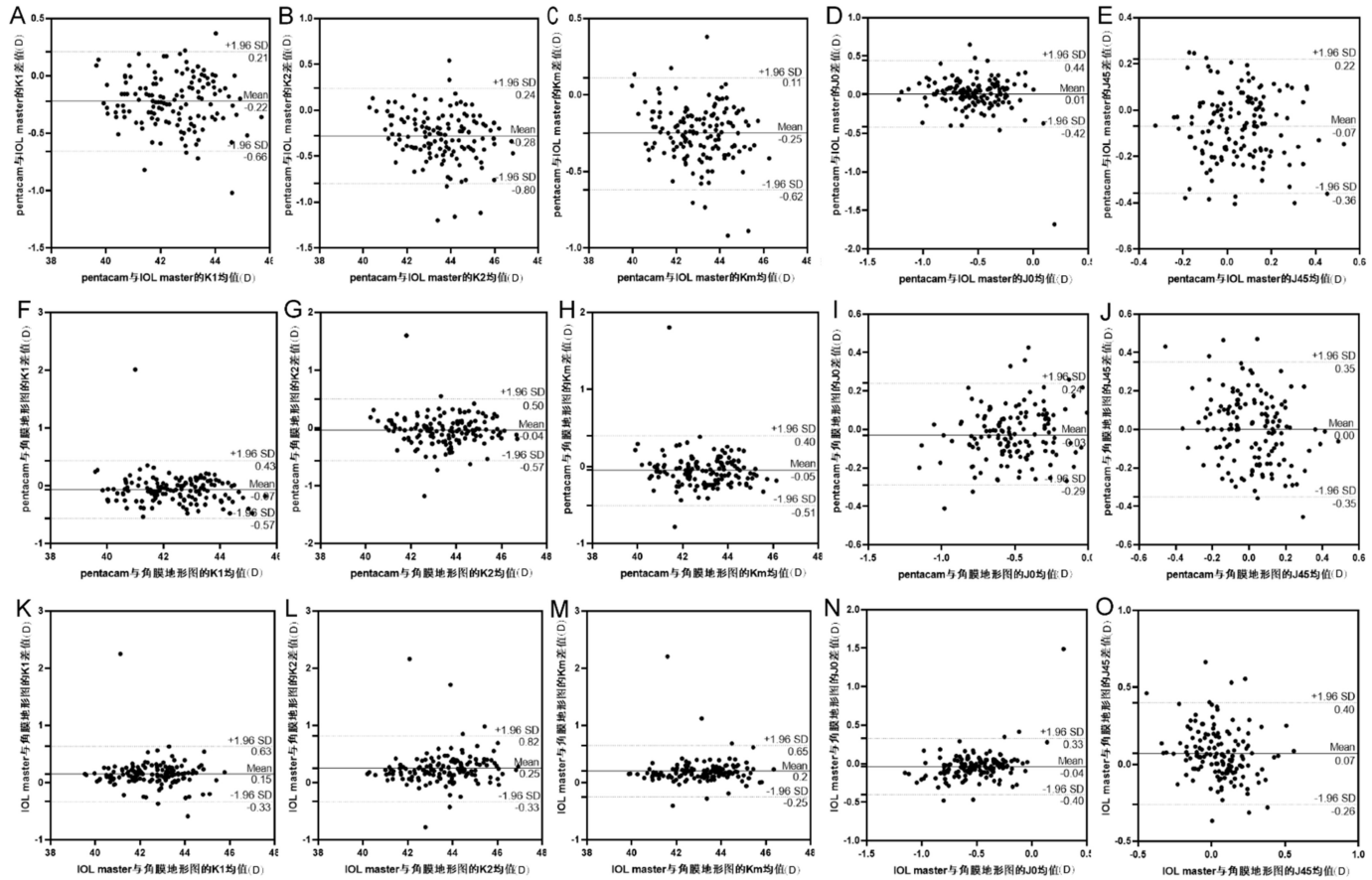


图 1 低度近视组三种仪器测量结果的一致性分析 A~E: Pentacam 与 IOL Master 对 K_1 、 K_2 、 K_m 、 J_0 、 J_{45} 的测量; F~J: Pentacam 与角膜地形图对 K_1 、 K_2 、 K_m 、 J_0 、 J_{45} 的测量; K~O: IOL Master 与角膜地形图对 K_1 、 K_2 、 K_m 、 J_0 、 J_{45} 的测量。

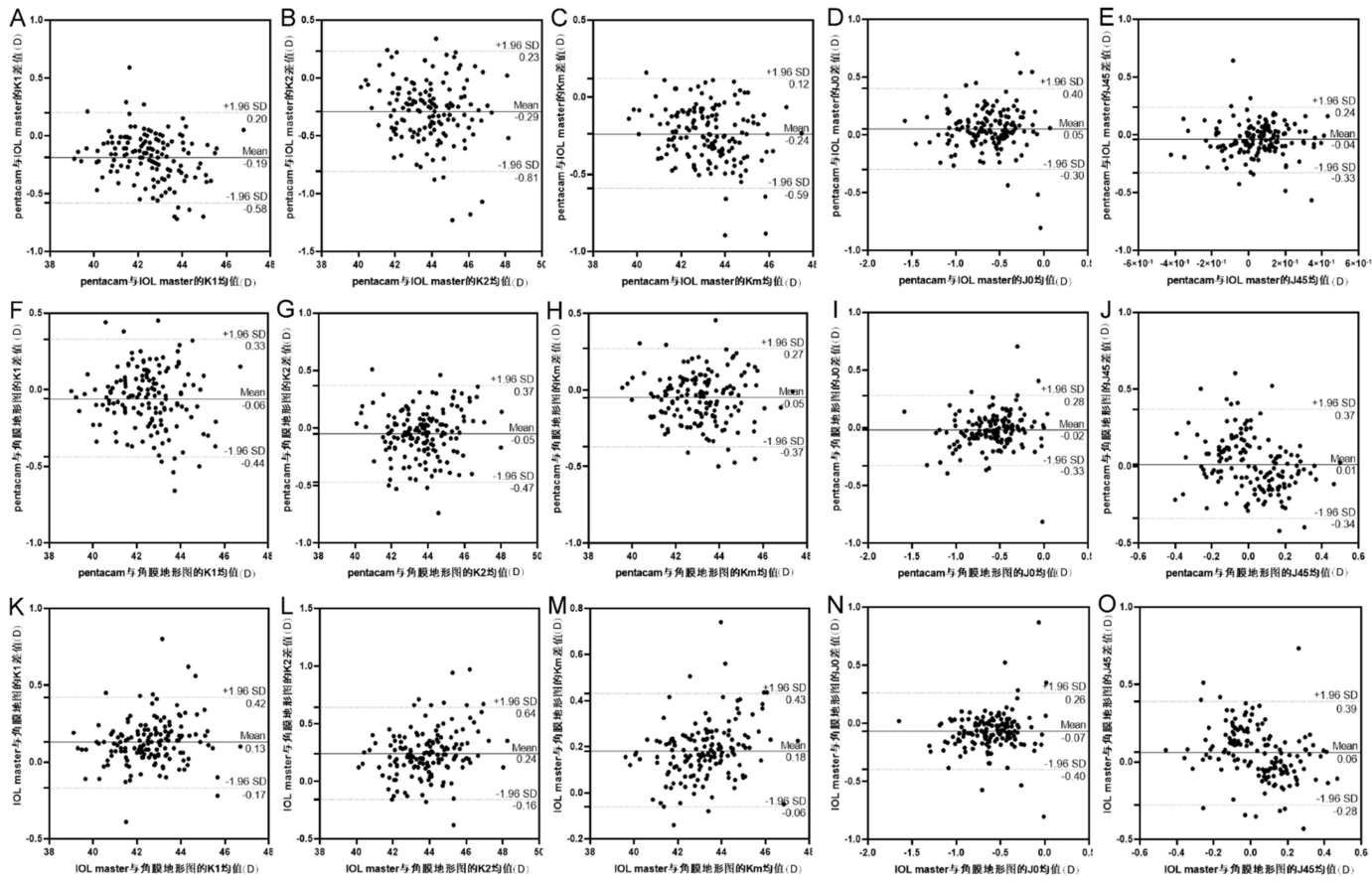


图 2 中度近视组三种仪器测量结果的一致性分析 A~E: Pentacam 与 IOL Master 对 K_1 、 K_2 、 K_m 、 J_0 、 J_{45} 的测量; F~J: Pentacam 与角膜地形图对 K_1 、 K_2 、 K_m 、 J_0 、 J_{45} 的测量; K~O: IOL Master 与角膜地形图对 K_1 、 K_2 、 K_m 、 J_0 、 J_{45} 的测量。

本研究发现,在低度近视患者中,IOL Master与角膜地形图在 K_1 、 K_2 、 K_m 、 J_0 、 J_{45} 的测量上都具有统计学差异,IOL Master测量出的角膜曲率 K_1 、 K_2 、 K_m 均大于角膜地形图的测量结果;Pentacam与角膜地形图在 K_1 、 K_m 、 J_0 的测量上具有统计学差异,但在 K_2 及 J_{45} 的测量上无统计学差异,角膜地形图测量出的角膜曲率 K_1 、 K_m 略大于Pentacam的测量结果,差值约为0.05D,Bland Altman一致性分析显示Pentacam与角膜地形图两种仪器在测量 K_1 、 K_2 、 K_m 、 J_0 、 J_{45} 时95%LoA分别为-0.57~0.43、-0.57~0.50、-0.51~0.40、-0.29~0.24、-0.35~0.35D;Pentacam与IOL Master在 K_1 、 K_2 、 K_m 、 J_{45} 的测量上具有统计学差异,但在 J_0 的测量上无统计学差异,IOL Master测量出的角膜曲率 K_1 、 K_2 、 K_m 大于Pentacam的测量结果,差值约为0.25D。在中度近视患者中,IOL Master与角膜地形图在 K_1 、 K_2 、 K_m 、 J_0 、 J_{45} 的测量上都具有统计学差异,IOL Master测量出的角膜曲率 K_1 、 K_2 、 K_m 大于角膜地形图的测量结果;Pentacam与角膜地形图在 K_1 、 K_2 、 K_m 的测量上具有统计学差异,但是在 J_0 、 J_{45} 的测量上无统计学差异,角膜地形图测出的角膜曲率 K_1 、 K_2 、 K_m 略大于Pentacam的检测结果,差值约为0.05D,Bland Altman一致性分析显示Pentacam与角膜地形图两种仪器在测量 K_1 、 K_2 、 K_m 、 J_0 、 J_{45} 时95%LoA分别为-0.44~0.33、-0.47~0.37、-0.37~0.27、-0.33~0.28、-0.34~0.37D,差值的均数分别为-0.06、-0.05、-0.05、-0.02、0.01D,均接近0;Pentacam与IOL Master在 K_1 、 K_2 、 K_m 、 J_0 、 J_{45} 的测量上都具有统计学差异,IOL Master测量出的角膜曲率 K_1 、 K_2 、 K_m 大于Pentacam的测量结果,差值约为0.25D。

此外,我们发现三种仪器测得 K_1 、 K_2 、 K_m 、 J_0 、 J_{45} 具有显著相关性,三种仪器两两之间均具有正相关性($P < 0.001$)。在低度近视患者中,Pentacam与IOL Master测量值的差值均数为-0.28~0.01D,Pentacam与角膜地形图测量值的差值均数为-0.07~0.00D,IOL Master与角膜地形图测量值的差值均数为-0.04~0.25D。在中度近视患者中,Pentacam与IOL Master测量值的差值均数为-0.29~0.05D,Pentacam与角膜地形图测量值的差值均数为-0.06~0.01D,IOL Master与角膜地形图测量值的差值均数为-0.07~0.24D。上述研究结果表明,三种仪器测量角膜曲率及轴位的差异性、一致性在低度和中度近视患者中情况基本一致。低中度近视患者中,Pentacam与角膜地形图Bland-Altman差值的均数均接近0,表明Pentacam与角膜地形图在低中度近视患者的角膜曲率测量上,一致性较高,说明Pentacam和角膜地形图对于低中度近视患者的角膜曲率值的测量具有良好的可重复性、稳定性及准确性,这与既往研究^[9-10]结果一致。三种仪器测量低中度青少年近视患者 K_m 的两两比较差值范围为0.05~0.3D,IOL Master测量出的角膜曲率无论是低度还是中度近视皆大于角膜地形图的测量结果,这与既往研究^[11-14]结果一致。Dong等^[15]对高度近视组和无屈光不正组受检者进行研究,结果显示IOL Master和Pentacam测量的高度近视组和无屈光不正组在角膜曲率测量上存在统计学差异。分析本研究中三种仪器测量角膜曲率及散光参数的差异性主要来源于测量的角膜直径范围不同,越往角膜中央区角膜越陡峭^[16],且散光结果易受患者头位的影响,从而导致其轴位偏差^[17]。Pentacam测量角膜前表面中央直径为3mm范围内的角膜曲率,旋转扫描获得眼前节完整图像。IOL

Master测量的是角膜前表面中央直径为2.3mm范围内的角膜曲率,通过测量角膜表面曲率半径,进而计算出两点间的平均角膜曲率,不能够全面反映整个角膜表面的曲率情况。角膜地形图测量的是3mm和5mm范围角膜直径的曲率,取两次测量结果的平均值。此外,本研究结果与既往部分研究结果具有一定的差异,分析也可能与测量过程中角膜中心的对齐状态存在偏差以及选择的研究对象、研究方法不同等有关。

综上所述,对于低中度青少年近视患者角膜塑形镜验配前进行角膜曲率检查,三种仪器检测结果可以互相参考。Pentacam与角膜地形图的角膜曲率测量值一致性最好且差异性较小,但对于三种仪器是否可以互相替代仍需要视光医师结合具体的临床要求并针对其适用范围谨慎考虑。

参考文献

- 1 Chin MP, Siong KH, Chan KH, et al. Prevalence of visual impairment and refractive errors among different ethnic groups in schoolchildren in Turpan, China. *Ophthalmic Physiol Optics* 2015; 35(3): 263-270
- 2 Zhou WJ, Zhang YY, Li H, et al. Five-Year Progression of Refractive Errors and Incidence of Myopia in School-Aged Children in Western China. *J Epidemiol* 2016; 26(7): 386-395
- 3 刘莎,董竟,王彬.角膜塑形镜配戴不同时长对青少年近视影响的Meta分析. *国际眼科杂志* 2019; 19(11): 1901-1907
- 4 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
- 5 Read SA, Collins MJ, Iskander DR, et al. Corneal topography with Scheimpflug imaging and videokeratography: comparative study of normal eyes. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35(6): 1072-1081
- 6 Labiris G, Ntonti P, Ntitsos K, et al. Comparison of the biometric measurements calculated with Zeiss IOL-Master and WaveLight OB-820. *Clin Ophthalmol* 2017; 11: 753-758
- 7 Miranda MA, Radhakrishnan H, O'donnell C. Repeatability of oculus pentacam metrics derived from corneal topography. *Cornea* 2009; 28(6): 657-666
- 8 Maguire LJ, Singer DE, Klyce SD. Graphic Presentation of computer-analyzed keratoscope photographs. *Arch Ophthalmol* 1987; 105(2): 223-230
- 9 Mao X, Savini G, Zhuo Z, et al. Repeatability, reproducibility, and agreement of corneal power measurements obtained with a new corneal. *J Cataract Refract Surg* 2013; 39(10): 1561-1569
- 10 郭琳,马波. IOL Master、角膜地形图及 Pentacam 测量年龄相关性白内障患者角膜散光的比较. *眼科新进展* 2014; 34(9): 868-871
- 11 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
- 12 郭琳,马波,杨文. IOLmaster与角膜地形图测量角膜散光的比较. *湖南中医药大学学报* 2013; 33(10): 57-59
- 13 Kiraly 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
- 14 Sel S, Stange J, Kaisera D, et al. Repeatability and agreement of Scheimpflug-based and swept-source optical biometry measurements. *Cont Lens Anterior Eye* 2017; 40(5): 318-322
- 15 Dong J, Tang M, Zhang Y, et al. Comparison of anterior segment biometric measurements between pentacam HR and IOLMaster in normal and high myopic Eyes. *PLoS One* 2015; 10(11): e0143110
- 16 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
- 17 Fesharaki H, Azizzadeh A, Ghoreishi SM, et al. The effects of lateral head tilt on ocular astigmatic axis. *Adv Biomed Res* 2014; 3: 10