

· 临床研究 ·

Corvis ST 测量近视患者新型角膜生物力学参数的重复性及其影响因素

任胜卫 杨凯丽 徐丽妍 范棋 翟耀华 庞辰久

河南省人民医院 河南省立眼科医院 河南省眼科研究所 郑州大学人民医院, 郑州 450003

通信作者: 庞辰久, Email: pangcj999@sohu.com

【摘要】目的 观察角膜生物力学分析仪(corneal visualization scheimpflug technology, Corvis ST)测量近视患者角膜生物力学参数的重复性, 探讨影响新增Corvis ST参数重复性的因素。**方法** 采用诊断试验研究设计。连续纳入2017年9—10月在河南省立眼科医院屈光手术中心拟接受屈光手术的近视患者95例190眼, 其中男34例, 女61例。所有受试者均进行Corvis ST 5次重复性测量。通过比较组内相关系数(ICC)、克隆巴赫系数(Cronbach α)和重复性系数(repeatability coefficient, RC)评估各参数的可重复性; 通过多重线性回归分析影响Corvis ST新增参数重复性的因素。**结果** 本研究共纳入了39个Corvis ST测量参数。其中26个参数Cronbach α 系数及ICC系数均大于0.75, 重复性较好, 占总参数的66.7%; 4个参数Cronbach α 系数及ICC系数在0.60~0.75之间, 重复性一般, 占10.3%, 最大偏离振幅时间(DLAMT)的Cronbach α 系数及ICC系数低于0.60, 重复性较差, 占2.5%; 1 mm最大形变幅度比值(DA ratio max [1 mm])、2 mm最大形变幅度比值(DA ratio max [2 mm])、最大反向凹面半径、水平方向Ambrósio相关厚度(ARTh)、生物力学校正眼压(bIOP)、综合半径、角膜硬度参数(SPA1)和生物力学指数(CBI)8个新增参数的Cronbach α 系数及ICC系数均在0.920以上, 重复性均较好。多重线性回归结果显示眼压越大, bIOP的重复性测量标准差越大($\beta=0.210, P=0.010$); 中央角膜厚度(CCT)越大, DA Ratio Max [1 mm]的重复性测量标准差越小($\beta=-0.218, P=0.008$); CCT越大, DA Ratio Max [2 mm]的重复性测量标准差越小($\beta=-0.295, P<0.001$); 柱镜度数、眼轴和CCT越大, CBI的重复性测量标准差越小($\beta=-0.190, -0.148, -0.428$, 均 $P<0.05$)。**结论** Corvis ST测量近视患者角膜生物力学参数的重复性较好; 柱镜度数、眼轴和CCT可影响CBI参数测量的重复性。

【关键词】 角膜; 生物力学; 近视; 重复性; 重复性测量标准差; 影响因素

基金项目: 河南省基础与前沿技术研究计划项目(162300410235); 河南省自然科学基金项目(182300410362); 山东省眼科学重点实验室开放课题自主项目(2018-04)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.12.011

Repeatability of new Corvis ST parameters and influencing factors in myopia patients

Ren Shengwei, Yang Kaili, Xu Liyan, Fan Qi, Zhai Yaohua, Pang Chenjiu

Henan Provincial People's Hospital, Henan Eye Hospital, Henan Eye Institute, People's Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450003, China

Corresponding author: Pang Chenjiu, Email: pangcj999@sohu.com

[Abstract] **Objective** To evaluate the repeatability of corneal biomechanics parameters measured by Corneal Visualization Scheimpflug Technology (Corvis ST) and explore the factors that influence the repeatability. **Methods** A diagnostic test study was performed. A total of 190 eyes in 95 myopia patients (34 males and 61 females) were enrolled from September to October 2017 in Henan Eye Hospital. All the subjects underwent 5 repeated examinations with the Corvis ST. The intraclass correlation coefficient (ICC), Cronbach α coefficients and repeatability coefficient (RC) were computed to evaluate repeatability of Corvis ST parameters. The multiple linear regression analysis was used to study the factors that affect the magnitude of the test-retest variability (within subject SD) of new Corvis ST parameters. This study was approved by the Ethics Committee of Henan Eye Hospital (HNEECKY-2019[5]), and written informed consent was obtained from each subject. **Results** Among the 39 biomechanics parameters, The ICC and Cronbach α were greater than 0.75 for 26 parameters, within 0.60~0.75 for 4 parameters, and lower than 0.60 for deflection amplitude max time (DLAMT). The ICC and Cronbach α of DA ratio max [1 mm], DA ratio max [2 mm], max inverse radius, Ambrósio's relational thickness horizontal (ARTh), biomechanical intraocular pressure (bIOP), integrated radius, stiffness parameter applanation 1 (SPA1) and Corvis biomechanical index (CBI) were all above 0.920. The multivariate regression results indicated that the within subject SD of bIOP increased with the increase of IOP ($\beta=0.210, P=0.010$). The within subjects SD of DA Ratio Max [1 mm] decreased with the increase of central corneal thickness (CCT) ($\beta=-0.218, P=0.008$). The within subjects SD of DA Ratio Max [2 mm] decreased with the increase of CCT ($\beta=-0.295, P<0.001$). The within subject SD of CBI decreased with the increase of astigmatism, axial lengths and CCT ($\beta=-0.190, -0.148, -0.428$, all $P<0.05$). **Conclusion** The Corvis ST

parameters showed favorable measurement repeatability in myopia patients, especially for the new parameters. Astigmatism, axial lengths and CCT significantly affected the repeatability of CBI.

[Key words] Cornea; Biomechanics; Myopia; Repeatability; Test-retest variability; Influence factors

Fund program: Henan Province Basic and Advanced Technology Research Program (162300410235); Henan Natural Science Foundation Program (182300410362); Open Program of Shandong Provincial Key Laboratory of Ophthalmology (2018-04)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.12.011

角膜是眼球屈光系统的重要组成部分,掌握其生物力学特征对于了解角膜相关疾病及预估角膜屈光手术的风险具有重要作用。可视化角膜生物力学分析仪 (corneal visualization Scheimpflug technology, Corvis ST) 在非接触角膜张力测量中通过对眼前段进行超高速 Scheimpflug 成像,可实时记录角膜受压形变的整个过程,并提供形变过程中的角膜生物力学参数^[1],继而发现不同眼病角膜生物力学特性的改变^[2-4]。以往研究发现 Corvis ST 重复性测量结果的变异较大^[5-7]。Corvis ST 仪器(软件版本号:1.5r1902)在原有测定参数基础上增加了 1 mm 最大形变幅度比值 (DA ratio max[1 mm])、2 mm 最大形变幅度比值 (DA ratio max [2 mm])、最大反向凹面半径 (max inverse radius)、水平方向 Ambrósio 相关厚度 (Ambrósio's relational thickness horizontal, ARTh)、生物力学校正眼压 (biomechanical intraocular pressure, bIOP)、综合半径、角膜硬度参数 (stiffness parameter applanation 1, SPA1)、Corvis 生物力学指数 (Corvis biomechanical index, CBI) 等参数,这些参数对于角膜硬度的评估^[8]、圆锥角膜的筛查^[9]和白内障手术的安全性评价^[10]具有重要的临床意义,但这些新增参数临床测量重复性及其影响因素的研究尚未见报道。目前,角膜屈光手术已经成为近视矫正的主流方法,患眼术前检查结果的准确性及可靠性对手术禁忌证的排除及手术效果的预测具有重要意义。本研究应用 Corvis ST 测定新增角膜生物力学参数,评估其测量参数的重复性和稳定性,探讨影响新增角膜生物力学参数重复性的因素。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用诊断试验研究设计,连续纳入 2017 年 9—10 月在河南省眼科研究所屈光手术中心拟接受屈光手术的近视患者 95 例 190 眼作为研究对象,其中男 34 例 68 眼,女 61 例 122 眼。受检者年龄为 17~49 岁,平均 (28.01 ± 5.90) 岁,等效球镜度数为 $-12.00 \sim -0.75$ D, 平均为 (-5.52 ± 2.17) D。柱镜度数为 $-4.00 \sim 0.00$ D, 平均为 (-0.70 ± 0.64) D。纳入标准:年龄 18~50 岁;

角膜无云翳或瘢痕;屈光度数稳定 2 年以上(即每年屈光度变化在 0.5 D 以内);停戴软性角膜接触镜 2 周以上,停戴硬性角膜接触镜 4 周以上。排除标准:有眼部疾病者;既往有眼外伤史或其他眼部手术史者;糖尿病患者、全身结缔组织疾病患者及免疫功能异常者。本研究遵循赫尔辛基宣言并经河南省立眼科医院医学研究伦理审查委员会批准 [HNEECKY-2019(5)],所有受检者进入研究前均了解本研究的目的和意义并签署知情同意书。

1.2 检查仪器及方法

所有受检者均接受视力、眼压、眼位、裂隙灯、检眼镜检查及眼轴的测量,扩瞳检影和插片验光,采用 Visante Omin 角膜地形图分析系统(德国 Carl Zeiss Meditec 公司)行角膜地形图检查,排除圆锥角膜。采用 Corvis ST(72100 型,德国 Oculus 公司)测量受检者的角膜生物力学参数,受检者下颌部置于下颌托,额头紧贴额托。嘱受检者眨眼数次后睁开双眼并注视中央红点固视目标。Corvis ST 检查仪测压头对准角膜顶点后自动识别,均匀向角膜施加空气脉冲压力,获取角膜生物力学动态参数。重复检查 5 次,两次测量之间间隔 2~5 min。所有检查均由同一名眼科医师于当天的 9:00 至 17:00 之间完成。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 23.0 统计学软件(美国 IBM 公司)进行统计分析。各角膜生物力学参数重复测量值经 Kolmogorov-Smirnov 检验呈正态分布,以 mean \pm SD 表示,计算重复测量值的变异系数 (coefficient of variation, CV),其值越大,表明数据的离散程度越高。采用 Cronbach α 系数、组内相关系数 (intra-class correlation coefficient, ICC) 及 95% 置信区间 (confidence interval, CI) 评估测量结果的可重复性,Cronbach α 系数 >0.80 表明内部一致性较好,ICC >0.75 表明重复测量信度良好。采用组内标准差计算可重复系数 (repeatability coefficient, RC) 以评价测量结果的稳定性^[11]。将各 Corvis ST 参数重复测量的标准差作为测量可变性的指标^[12],采用多重线性回归分析年龄、球镜度数、柱镜度数、眼轴、眼压、角膜厚度等基本特征对

Covris ST 新增参数可重复性的影响。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 Covris ST 测量角膜生物力学参数的重复性

Covris ST 测量的角膜生物力学参数共 39 个。26 个角膜生物力学参数 Cronbach α 系数与 ICC 均 > 0.75, 显示重复性较好, 占 66.7%; 最大压陷时间 (highest concavity time, HCT)、最大压陷偏离长度 (highest concavity deflection length, HCDLL)、第 2 次压平偏离长度 (applanation 2 deflection length, A2DLL)、全眼运动最大时间 (whole eye movement max time, WEMT) Cronbach α 系数与 ICC 为 0.60~0.75, 重复性一般, 占 10.3%; 最大偏离振幅时间 (deflection amplitude max time, DLAMT) 参数的 Cronbach α 系数与 ICC 系数均 < 0.60, 重复性较差 (表 1)。

Covris ST 新增的 8 个参数中, Cronbach α 系数与 ICC 均 > 0.920, 重复性较高, 占 20.5%。与其他参数相比, CBI 的 CV 值最大, 为 173.53%; DA ratio max [1 mm] 的 CV 值最小, 为 3.30%。ARTh 的 RC 最大, 为 53.455; 最大反向凹面半径的 RC 最小, 为 0.010(表 2)。

2.2 Covris ST 新增参数重复性的影响因素

多重线性回归分析结果显示, 眼压越大, bIOP 的重复性测量标准差越大 ($\beta = 0.210, P = 0.010$); 中央角膜厚度 (central corneal thickness, CCT) 越大, DA Ratio Max [1 mm] 的重复性测量标准差越小 ($\beta = -0.218, P = 0.008$); CCT 越大, DA Ratio Max [2 mm] 的重复性测量标准差越小 ($\beta = -0.295, P < 0.001$); CBI 的重复测量标准差 $Y = 0.890 - 0.026 \times$ 柱镜度数 $- 0.013 \times$ 眼轴 $- 0.001 \times$ CCT, 柱镜度数、眼轴和 CCT 越大, CBI 测量的重复性测量标准差越小 ($\beta = -0.190, -0.148, -0.428$, 均 $P < 0.05$) (表 3)。

表 1 Covris ST 参数测量结果的重复性

Covris ST 参数	重复次数	测量值 (mean \pm SD)	CV (%)	ICC (95% CI)	Cronbach α 系数	RC
眼压 (mmHg)	5	14.87 \pm 1.77	9.68	0.934 (0.918-0.948)	0.935	1.021
CCT (μm)	5	539.02 \pm 31.61	5.86	0.994 (0.993-0.996)	0.995	5.283
DA Max (mm)	5	1.12 \pm 0.09	8.03	0.932 (0.915-0.946)	0.933	0.052
A1T (ms)	5	7.19 \pm 0.23	3.16	0.855 (0.820-0.886)	0.856	0.193
A1 V (m/s)	5	0.15 \pm 0.02	10.04	0.889 (0.862-0.912)	0.889	0.011
A2T (ms)	5	22.21 \pm 0.32	1.46	0.910 (0.887-0.928)	0.910	0.218
A2 V (m/s)	5	-0.29 \pm 0.03	9.98	0.917 (0.897-0.934)	0.917	0.018
HCT (m/s)	5	17.29 \pm 0.37	2.15	0.707 (0.636-0.768)	0.707	0.450
PD (mm)	5	5.13 \pm 0.22	4.29	0.930 (0.913-0.945)	0.931	0.130
Radius (mm)	5	6.90 \pm 0.58	8.40	0.892 (0.866-0.915)	0.892	0.426
A1DA (mm)	5	0.13 \pm 0.01	5.24	0.765 (0.708-0.814)	0.768	0.007
HCDA (mm)	5	1.12 \pm 0.09	8.03	0.932 (0.915-0.946)	0.933	0.052
A2DA (mm)	5	0.39 \pm 0.06	15.89	0.917 (0.897-0.935)	0.918	0.040
A1DLL (mm)	5	2.29 \pm 0.24	10.37	0.828 (0.785-0.865)	0.828	0.190
HCDLL (mm)	5	6.20 \pm 0.59	9.50	0.653 (0.567-0.727)	0.652	0.738
A2DLL (mm)	5	3.31 \pm 0.82	24.70	0.684 (0.605-0.751)	0.682	1.037
A1DLA (mm)	5	0.09 \pm 0.01	6.03	0.866 (0.834-0.894)	0.868	0.005
HCDLA (mm)	5	0.94 \pm 0.09	9.39	0.942 (0.928-0.954)	0.942	0.047
A2DLA (mm)	5	0.11 \pm 0.01	9.35	0.830 (0.789-0.866)	0.831	0.009
DLAML (mm)	5	0.95 \pm 0.09	9.11	0.946 (0.933-0.957)	0.946	0.045
DLAMT (ms)	5	16.37 \pm 0.39	2.39	0.456 (0.324-0.570)	0.454	0.644
WEMA (mm)	5	0.29 \pm 0.06	21.33	0.913 (0.892-0.931)	0.914	0.041
WEMT (ms)	5	22.30 \pm 0.67	3.00	0.698 (0.625-0.761)	0.698	0.823
A1DLAr (mm^2)	5	0.16 \pm 0.02	9.60	0.770 (0.714-0.818)	0.771	0.017
HCDLAr (mm^2)	5	3.47 \pm 0.47	13.42	0.941 (0.926-0.953)	0.941	0.254
A2DLAr (mm^2)	5	0.21 \pm 0.04	19.33	0.881 (0.852-0.906)	0.881	0.032
A1dArcL (mm)	5	-0.02 \pm 0.00	14.37	0.849 (0.812-0.881)	0.850	0.002
HCdArcL (mm)	5	-0.13 \pm 0.02	15.62	0.922 (0.903-0.938)	0.922	0.013
A2dArcL (mm)	5	-0.02 \pm 0.00	21.40	0.867 (0.835-0.895)	0.867	0.003
dArcLM (mm)	5	-0.15 \pm 0.03	16.89	0.902 (0.878-0.922)	0.903	0.018
Pachy Slope (μm)	5	42.36 \pm 9.84	23.22	0.986 (0.983-0.989)	0.986	2.571

注: CV: 变异系数; ICC: 组内相关系数; 95% CI: 95% 置信区间; Cronbach α 系数: 克隆巴赫系数; RC: 可重复性系数; CCT: 中央角膜厚度; DA Max: 最大形变幅度; A1T: 第 1 次压平时间; A1V: 第 1 次压平速度; A2T: 第 2 次压平时间; A2V: 第 2 次压平速度; HCT: 最大压陷时间; PD: 顶点距离; Radius: 凹面半径; A1DA: 第 1 次压平形变振幅; HCDA: 最大压陷形变振幅; A2DA: 第 2 次压平形变振幅; A1DLL: 第 1 次压平偏离长度; HCDLL: 最大压陷偏离长度; A2DLL: 第 2 次压平偏离长度; A1DLA: 第 1 次压平偏离振幅; HCDLA: 最大压陷偏离振幅; A2DLA: 第 1 次压平偏离振幅; DLAML: 最大偏离振幅; DLAMT: 最大偏离振幅时间; WEMA: 全眼运动最大距离; WEMT: 全眼运动最大时间; A1DLAr: 第 1 次压平偏离面积; HCDLAr: 最大压陷偏离面积; A2DLAr: 第 2 次压平偏离面积; A1dArcL: 第 1 次压平弧长变化量; HCdArcL: 最大压陷弧长变化量; A2dArcL: 第 2 次压平弧长变化量; dArcLM: 最大弧长变化量; Pachy Slope: 角膜厚度斜率

表2 Corvis ST 新增参数测量结果的重复性

Corvis ST 参数	测量次数	测量值 (mean±SD)	CV (%)	ICC(95% CI)	Cronbach α 系数	RC
DA Ratio Max[1 mm]	5	1.62±0.05	3.30	0.949(0.936-0.959)	0.949	0.027
DA Ratio Max[2 mm]	5	4.68±0.44	9.32	0.958(0.947-0.967)	0.958	0.201
max inverse radius (mm ⁻¹)	5	0.18±0.02	8.64	0.920(0.900-0.936)	0.920	0.010
ARTh	5	500.93±115.91	23.14	0.957(0.947-0.966)	0.958	53.455
bIOP(mmHg)	5	14.97±1.69	11.29	0.936(0.920-0.949)	0.937	1.075
综合半径(mm ⁻¹)	5	8.93±0.89	9.92	0.941(0.926-0.953)	0.941	0.483
SPA1	5	99.21±13.32	13.43	0.943(0.929-0.955)	0.943	7.101
CBI	5	0.14±0.24	173.53	0.950(0.938-0.961)	0.950	0.120

注: CV: 变异系数; ICC: 组内相关系数; 95% CI: 95% 置信区间; Cronbach α 系数: 克隆巴赫系数; RC: 可重复性系数; DA Ratio Max[1 mm]: 1 mm 最大形变幅度比值; DA Ratio Max[2 mm]: 2 mm 最大形变幅度比值; max inverse radius: 最大反向凹面半径; ART: 水平方向 Ambrósio 相关厚度; bIOP: 生物力学校正眼压; SPA1: 角膜硬度参数; CBI: Corvis 生物力学指数

表3 Corvis ST 新增参数重复测量的标准差与基本特征的多重线性回归

Corvis ST 参数	基本特征	未标准化系数(β)	标准化系数(β)	P 值
bIOP	眼压	0.081	0.210	0.010
DA Ratio Max[1 mm]	CCT	0.000	-0.218	0.008
DA Ratio Max[2 mm]	CCT	-0.001	-0.295	<0.001
CBI	柱镜度数	-0.026	-0.190	0.009
	眼轴	-0.013	-0.148	0.038
	CCT	-0.001	-0.428	<0.001

注: bIOP: 生物力学校正眼压; DA Ratio Max[1 mm]: 1 mm 最大形变幅度比值; DA Ratio Max[2 mm]: 2 mm 最大形变幅度比值; CBI: Corvis 生物力学指数; CCT: 中央角膜厚度

3 讨论

Corvis ST 可以动态记录并分析角膜受压过程中的生物力学改变, 对屈光手术前评估角膜生物力学特性具有重要的意义。本研究探究 Corvis ST 在近视患者中测量参数的可重复性, 并分析影响 Corvis ST 新增参数测量重复性的因素。研究结果表明 Corvis ST 测量的 34 个参数显示出较好的可重复性, 特别是 8 个新增参数 ICC 和 Cronbach α 系数均在 0.920 以上。有 4 个参数的可重复性一般, 1 个参数的可重复性较差。bIOP 的可重复性受眼压影响; DA Ratio Max[1 mm] 的可重复性与年龄和 CCT 成负相关; DA Ratio Max[2 mm] 的可重复性受 CCT 的影响; 柱镜度数、眼轴和 CCT 均会影响到 CBI 的可重复性。

He 等^[13] 研究发现正常眼的眼压、CCT、第 1 次压平时间 (applanation 1 time, A1T)、最大压陷形变振幅 (highest concavity deformation amplitude, HCDA)、凹面半径和第 2 次压平速度 (applanation 2 velocity, A2V) 参数可重复性较好 (ICC 值为 0.849~0.955), 第 1 次压平速度 (applanation 1 velocity, A1V)、第 1 次压平形变振幅和第 2 次压平形变振幅参数表现出中等程度的

可重复性 (ICC 值为 0.685~0.775), 第 1 次压平偏离长度 (applanation 1 deflection length, A1DLL)、HCT、顶点距离 (peak distance, PD) 和 A2DLL 参数的重复性较差 (ICC 值为 0.199~0.666)。Nemeth 等^[14] 基于 75 个正常眼的研究发现, Corvis ST 测量的眼压、CCT、HCDA、A1T 的 ICC 分别为 0.865、0.970、0.758、0.784, 其他参数 ICC 均小于 0.6。Wang 等^[15]

研究发现眼压、CCT、HCDA 和 A1V 参数具有较高的可重复性, A1DLL、A2DLL 和 PD 的重复性较差。不同研究的 Corvis ST 角膜生物力学参数的重复性存在差异, 这可能是由于软件的更新优化造成的, 其他因素如研究对象的年龄、性别、种族、重复测量次数等也会影响参数的重复性^[6]。本研究结果表明 Corvis ST 测量的大多数参数在临幊上可重复性均较好。HCT、HCDA、A2DLL、DLAMT、WEMT 等 5 个参数的可重复性较弱。其原因可能是 HCT、DLAMT、WEMT 分别为角膜形变、偏差和全眼球运动的最大值显示时间, 其时间序列图通常是较宽或较平的峰, 可能会影响其测量重复性; 在 Scheimpflug 成像中, HCDA、A2DLL 参数为水平方向测量的结果, 在 Corvis ST 参数中水平测量通常不如垂直方向测量精确^[6]。

Corvis ST (软件版本号: 1.5r1902) 在原有参数的基础上增加了 8 个角膜生物力学参数, 更全面的反应角膜形变的过程^[9]。DA Ratio Max[1 mm] 和 DA Ratio Max[2 mm] 是指在角膜顶点处的形变幅度与距角膜顶点处 1 mm 或 2 mm 处测量到的形变幅度比值, 其值越大, 表明角膜对抗形变的能力越弱。最大反向凹面半径是角膜形变过程中的最大反向凹面半径。研究表明, 眼压的变化是评价角膜生物力学特性改变的一个间接指标, bIOP 是依据角膜形态、厚度及生物组织特性, 纠正生物力学参数, 反映受检者实际眼压, 在临幊上被采用^[16]。综合半径是反向凹面半径曲线下的面积, 反映了角膜的整体硬度, 其值越大, 提示角膜抵抗形变的能力越弱, 角膜硬度越低。与 Lopes 等^[17] 在正常人群各角膜生物力学参数的测量重复性结果相比, 本研究中研究发现 DA Ratio Max[1 mm]、DA Ratio Max[2 mm]、bIOP 和综合半径的 RC 值偏低, 最大反向凹面半径的 RC 值偏高。其原因可能是选用的研究对象及样本量不同。

目前对于 ARTh、SPA1 和 CBI 参数的可重复性尚无文献报道。ARTh 是指最薄点角膜厚度与角膜厚度变化率的比值, 其值越小, 代表研究对象的中央角膜厚度薄或角膜厚度由内向外变化的幅度较大。SPA1 是生物力学参数中的一种新的角膜硬度参数, 第一次压平时外界空气压力与眼压会达到平衡, 此时的平衡压力与角膜的偏转振幅的比值即为 SPA1 值。Zhang 等^[8]发现年龄、CCT、眼压和 bIOP 均会影响角膜硬度参数的大小。CBI 是由动态 Scheimpflug 参数经 logistic 回归分析得出, 数值范围为 0~1, CBI 用于诊断圆锥角膜具有较高的灵敏度和特异度, 其值高于 0.5 时, 98.2% 的圆锥角膜患者可以被正确诊断^[9]。圆锥角膜是屈光手术的禁忌症, 故研究 CBI 的可重复性及其重复性的影响因素具有较大的临床价值。本研究中结果显示, CBI 的 RC 重复性较高。然而, 与其他参数相比, ARTh、SPA1 和 CBI 的 CV 值均较高, 可能是由于这 3 个参数是由公式二次计算得到, 结合了多个参数信息, 从而使 CV 偏高。

屈光术前筛查中, 亚临床圆锥角膜患者的角膜生物力学参数的降低通常表现在角膜厚度和曲率异常之前, 研究发现通过评估 DA Ratio Max [1 mm]、最大反向凹面半径、SPA1 和 CBI 等参数可早期发现圆锥角膜生物力学的改变^[6, 19]。因此, 保证 Corvis ST 检查结果的可重复性及稳定性至关重要。窦瑞等^[18]研究表明, 年龄、眼压和角膜厚度对角膜的生物力学参数产生影响。Miki 等^[6]研究发现这些基本特征会影响 Corvis ST 部分测量参数的可重复性。目前关于 Corvis ST 新增的参数可重复性影响因素的探讨尚未见报道。新增参数的重复性虽较高, 但可重复性作为数据稳定性的反映指标, 其影响因素也应该被考虑。本研究发现 CCT 值越高, DA Ratio Max [1 mm]、DA Ratio Max [1 mm] 和 CBI 的可重复性也越高, 这也提示了在使用 Corvis ST 进行屈光手术前检查时, 角膜较薄时应注意其相关参数的可靠性。同时 CBI 的重复性还受到柱镜度数、眼轴的影响。

综上所述, Corvis ST 在测量近视患者的角膜生物力学参数中具有较好的可重复性, CBI 的重复性较高, 其重复性受到柱镜度数、眼轴和 CCT 等因素的影响。未来需要进行多中心, 大样本的研究进一步验证结果的一致性, 结合受检者的个体化差异, 综合考虑生物力学参数, 为做出正确的临床决策提供依据。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1] 时媛, 黄旭东, 姜雅琴. 可视化角膜生物力学分析仪在眼科中的应

- 用[J]. 中华实验眼科杂志, 2018, 36(6): 477~480. DOI: 10. 3760/cma.j. issn. 2095-0160. 2018. 06. 016.
- Shi Y, Huang XD, Jiang YQ. Application of corneal visualization Scheimpflug technology in ophthalmology[J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2018, 36(6): 477~480. DOI: 10. 3760/cma.j. issn. 2095-0160. 2018. 06. 016.
- [2] Elham R, Jafarzadehpur E, Hashemi H, et al. Keratoconus diagnosis using Corvis ST measured biomechanical parameters[J]. J Curr Ophthalmol, 2017, 29(3): 175~181. DOI: 10. 1016/j.joco. 2017. 05. 002.
- [3] Sefat SM, Wiltfang R, Bechmann M, et al. Evaluation of changes in human corneas after femtosecond laser-assisted LASIK and small-incision lenticule extraction (SMILE) using non-contact tonometry and ultra-high-speed camera (Corvis ST)[J]. Curr Eye Res, 2016, 41(7): 917~922. DOI: 10. 3109/02713683. 2015. 1082185.
- [4] Salvat ML, Zeppieri M, Tosoni C, et al. Corneal deformation parameters provided by the Corvis-ST pachy-tonometer in healthy subjects and glaucoma patients[J]. J Glaucoma, 2015, 24(8): 568~574. DOI: 10. 1097/IJG. 0000000000000133.
- [5] Ali NQ, Patel DV, McGhee CN. Biomechanical responses of healthy and keratoconic corneas measured using a noncontact scheimpflug-based tonometer[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2014, 55(6): 3651~3659. DOI: 10. 1167/iov. 13-13715.
- [6] Miki A, Maeda N, Asai T, et al. Measurement repeatability of the dynamic Scheimpflug analyzer[J]. Jpn J Ophthalmol, 2017, 61(6): 433~440. DOI: 10. 1007/s10384-017-0534-9.
- [7] Bak-Nielsen S, Pedersen IB, Ivarsen A, et al. Repeatability, reproducibility, and age dependency of dynamic Scheimpflug-based pneumotonometer and its correlation with a dynamic bidirectional pneumotonometry device[J]. Cornea, 2015, 34(1): 71~77. DOI: 10. 1097/ICO. 0000000000000293.
- [8] Zhang Y, Wang Y, Li L, et al. Corneal stiffness and its relationship with other corneal biomechanical and nonbiomechanical parameters in myopic eyes of Chinese patients[J]. Cornea, 2018, 37(7): 881~885. DOI: 10. 1097/ICO. 0000000000001605.
- [9] Vinciguerra R, Ambrósio R Jr, Elsheikh A, et al. Detection of keratoconus with a new biomechanical index[J]. J Refract Surg, 2016, 32(12): 803~810. DOI: 10. 3928/1081597X-20160629-01.
- [10] Hirasawa K, Nakakura S, Nakao Y, et al. Changes in corneal biomechanics and intraocular pressure following cataract surgery[J]. Am J Ophthalmol, 2018, 195: 26~35. DOI: 10. 1016/j.ajo. 2018. 07. 025.
- [11] Bland JM, Altman DG. Measurement error[J]. BMJ, 1996, 313(7059): 744~744.
- [12] Bland JM, Altman DG. Measurement error proportional to the mean[J]. BMJ, 1996, 313(7049): 106.
- [13] He M, Wang W, Ding H, et al. Corneal biomechanical properties in high myopia measured by dynamic scheimpflug imaging technology[J]. Optom Vis Sci, 2017, 94(12): 1074~1080. DOI: 10. 1097/OPX. 0000000000001152.
- [14] Nemeth G, Hassan Z, Csutak A, et al. Repeatability of ocular biomechanical data measurements with a Scheimpflug-based noncontact device on normal corneas[J]. J Refract Surg, 2013, 29(8): 558~563. DOI: 10. 3928/1081597X-20130719-06.
- [15] Wang W, He M, He H, et al. Corneal biomechanical metrics of healthy Chinese adults using Corvis ST[J]. Cont Lens Anterior Eye, 2017, 40(2): 97~103. DOI: 10. 1016/j. clae. 2016. 12. 003.
- [16] Lee H, Roberts CJ, Kim TI, et al. Changes in biomechanically corrected intraocular pressure and dynamic corneal response parameters before and after transepithelial photorefractive keratectomy and femtosecond laser-assisted laser in situ keratomileusis[J]. J Cataract Refract Surg, 2017, 43(12): 1495~1503. DOI: 10. 1016/j. jers. 2017. 08. 019.
- [17] Lopes BT, Roberts CJ, Elsheikh A, et al. Repeatability and reproducibility of intraocular pressure and dynamic corneal response parameters assessed by the Corvis ST[J/OL]. J Ophthalmol, 2017, 2017: 8515742 [2019-03-22]. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28676837. DOI: 10. 1155/2017/8515742.
- [18] 窦瑞, 王雁, 李华. 单纯近视患者 Corvis ST 测定的角膜形变参数与角膜形态学参数的相关性[J]. 中华实验眼科杂志, 2016, 34(9): 829~836. DOI: 10. 3760/cma.j. issn. 2095-0160. 2016. 09. 012.
- Dou R, Wang Y, Li H. Correlations between the deformation parameters measured by Corvis ST and corneal morphology parameters in myopic patients[J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2016, 34(9): 829~836. DOI: 10. 3760/cma.j. issn. 2095-0160. 2016. 09. 012.
- [19] Mercer RN, Waring GO, Roberts CJ, et al. Comparison of corneal deformation parameters in keratoconic and normal eyes using a non-contact tonometer with a dynamic ultra-high-speed scheimpflug camera[J]. J Refract Surg, 2017, 33(9): 625~631. DOI: 10. 3928/1081597X-20170621-03.

(收稿日期: 2019-06-11 修回日期: 2019-11-05)

(本文编辑: 张宇)