

不同房角形态青光眼患者的角膜生物力学特征

杜绍林 黄文彬 张一弛 林顺潮

510060 广州,中山大学中山眼科中心 眼科学国家重点实验室

通信作者:林顺潮,Email:dlpubsysu@163.com

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2016.10.015

【摘要】 背景 角膜生物力学特性的改变在青光眼致病过程中有重要作用,但关于不同青光眼类型中角膜生物力学特征的研究较少。目的 分析原发性慢性闭角型青光眼(CPACG)与原发性开角型青光眼(POAG)患者角膜生物力学特性,总结角膜生物力学在不同房角形态下的特征。方法 采用前瞻性病例观察研究。纳入2013年12月至2015年10月于中山大学中山眼科中心就诊的CPACG患者68例68眼和POAG患者69例69眼。采用Corvis ST角膜生物力学分析仪实时监测患者角膜形变的动态过程,并测量角膜动态变化过程中的相关生物力学参数。采用Cronbach's α 系数和组内相关系数(ICC)评估Corvis ST角膜生物力学参数测量结果的可重复性,采用独立样本 t 检验比较不同房角类型青光眼患者角膜生物力学参数差异,并采用多重线性回归分析探讨角膜生物力学参数与年龄和眼压等的相关性。结果 2个组间年龄、眼压、性别构成比比较差异均无统计学意义(均 $P>0.05$),应用降眼压药物种类数比较差异有统计学意义($t=-2.388, P=0.020$)。角膜生物力学主要参数中央角膜厚度(CCT)、最大变形幅度(DA)和最大压陷屈膝峰间距(PD)等的Cronbach's α 系数和ICC均 ≥ 0.8 ,重复性较好。2个组间CCT、第一次压平时间(A1T)、第一次压平长度(A1L)、第一次压平速度(A1V)、第二次压平时间(A2T)、第二次压平长度(A2L)、第二次压平速度(A2V)和最大变形幅度(DA)比较,差异均无统计学意义(均 $P>0.05$);与CPACG患者相比,POAG患者最大压陷时间(HCT)较短,PD较大,最大压陷曲率半径(CCR)较小,差异均有统计学意义($t=2.920, P=0.005; t=-2.453, P=0.017; t=1.997, P=0.050$)。DA、A1V、A2T和PD与眼压均呈负相关($r=-0.709, -0.531, -0.645, -0.554$,均 $P<0.001$),A1T和A2V与眼压均呈正相关($r=0.744, 0.546$,均 $P<0.001$),CCR与CCT呈正相关($r=0.181, P=0.039$)。结论 Corvis ST角膜生物力学分析仪可应用于青光眼患者角膜生物力学参数的相关检测。同等眼压水平下,POAG患者的角膜更容易压陷,POAG患者的角膜黏弹性可能较CPACG者好。

【关键词】 青光眼, 闭角型/开角型; 角膜生物力学; 中央角膜厚度

基金项目: 东莞市科技计划项目(2015105101008)

Corneal biomechanical properties in different anterior chamber angle of glaucoma Du Shaolin, Huang Wenbin, Zhang Yichi, Dennis Lam

Zhongshan Ophthalmic Center, State Key Laboratory of Ophthalmology, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510060, China
Corresponding author: Dennis Lam, Email: dlpubsysu@163.com

【Abstract】 **Background** Recent studies have demonstrated that glaucoma progression had great relationship with corneal biomechanical properties. However, there are not enough studies about corneal biomechanical properties in different types of glaucoma. **Objective** This study was to evaluate the corneal biomechanical properties in chronic primary angle-closure glaucoma (CPACG) and primary open angle glaucoma (POAG). **Methods** Prospective observational study was adopted. Sixty-eight cases (68 eyes) with CPACG and 69 POAG patients (69 eyes) from Zhongshan Ophthalmic Center were investigated by a novel technique named Corvis-ST which can measure corneal deformation. The Cronbach's α coefficient and intraclass correlation coefficient (ICC) were used to evaluate the repeatability of the parameters from Corvis-ST. The differences of corneal biomechanical properties between POAG and CPACG were evaluated by independent-samples t test. Multiple regression analysis was used to assess the association between parameters of deformation response and clinical factors. This study protocol was approved by Ethic Committee of Zhongshan Ophthalmic Center and complied with Helsinki Declaration. Written informed consent was obtained from each patient prior to any medical examination. **Results** There were no statistic differences about age, sex and intraocular pressure (IOP) between CPACG and POAG patients (all at $P>0.05$). However, differences existed in the number of anti-glaucoma medications ($t=-2.388, P=0.020$). Measurements of central corneal thickness (CCT), deformation amplitude (DA), and peak distance (PD) demonstrated excellent repeatability (ICC ≥ 0.8). There were no statistic differences about CCT, first applanation time/length/velocity (A1T, A1L, A1V), second applanation time/length/velocity (A2T, A2L, A2V), DA between CPACG and POAG patients (all at $P>$

0.05)。The highest concavity time was shorter ($t=2.920, P=0.005$), PD was bigger ($t=-2.453, P=0.017$), and central curvature radius (CCR) was smaller ($t=1.997, P=0.050$) in POAG than those in the CPACG patients. DA, A1V, A2T and PD were negatively associated with IOP ($r=-0.709, -0.531, -0.645, -0.554$; all at $P<0.001$). However, A1T and A2V were positively associated with IOP ($r=0.744, 0.546$; both at $P<0.001$). And CCR was positively associated with CCT ($r=0.181, P=0.039$). **Conclusions** It is useable to evaluate corneal biomechanical properties of glaucoma by Corvis ST. Under the same level of IOP, the corneal concavity of POAG is easier than that of CPACG, which indicates that cornea in POAG patients is more deformable.

[Key words] Glaucoma, angle closure/open; Cornea biomechanical properties; Central corneal thickness

Fund program: Dongguan Medical Science and Technology Project (2015105101008)

眼压是青光眼患者视功能损害的主要危险因素,也是目前唯一可有效控制的因素,但异常眼压导致青光眼损害的过程尚不明确。青光眼力学理论认为,生物组织的力学特性在压力应变过程中起到了重要作用,异常眼压可能会导致角巩膜组织、筛板组织承受能力减弱并发生变形,从而导致周围视神经受压或进一步损害^[1-3]。Corvis ST 角膜生物力学分析仪是一种新型测量活体角膜生物力学的设备,能直观地观察角膜受外力作用变形后的动态过程,可以较完善地记录生物力学测量参数,更好地展现角膜生物力学特性,弥补了以往测量活体角膜生物力学设备的不足^[4-5]。目前,国内外有关青光眼角膜生物力学的研究较缺乏。我们前期的研究分析了原发性开角型青光眼(primary open angle glaucoma, POAG)患者与正常人之间角膜生物力学的区别^[6]。原发性慢性闭角型青光眼(chronic primary angle-closure glaucoma, CPACG)也是中国青光眼的主要类型之一,其致盲率约为 POAG 的 10 倍^[7]。2 种类型青光眼的发病机制存在差异,然而在发病过程中眼球壁组织发生了哪些力学参数的变化目前尚未见相关报道。本研究中采用 Corvis ST 角膜生物力学分析仪分析测量 CPACG 与 POAG 患者的角膜生物力学特征,总结不同房角形态青光患者的角膜生物力学特征。

1 资料与方法

1.1 资料

采用前瞻性病例观察研究。纳入 2013 年 12 月至 2015 年 10 月于中山大学中山眼科中心就诊的 CPACG 患者 68 例 68 眼和 POAG 患者 69 例 69 眼。CPACG 诊断标准:原发性房角关闭所导致的慢性眼压升高,即 24 h 眼压峰值超过 21 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa),伴有或不伴有青光眼性视盘改变和视野损害^[8]。CPACG 患者纳入标准:(1)眼压慢性升高>21 mmHg;(2)出现青光眼性视神经病变及相应的视野改变;(3)房角关闭范围>1/2;(4)患者就诊后首先应用抗青光眼药物控制眼压。POAG 诊断标准:病理性高眼压,即

24 h 眼压峰值超过 21 mmHg,眼底有青光眼的特征性损害(视网膜神经纤维层缺损或视盘形态改变)和/或视野出现青光眼性损害,房角开放,并排除引起眼压升高的其他因素^[8]。POAG 患者纳入标准:(1)眼压慢性升高>21 mmHg;(2)出现青光眼性视神经病变及相应的视野改变;(3)房角开放;(4)患者就诊后首先应用抗青光眼药物控制眼压。排除标准:(1)有内眼手术史;(2)有糖尿病史;(3)有其他可能影响角膜生物、物理属性的急性或慢性疾病;(4)近 2 个月有佩戴角膜接触镜史者。本研究遵循赫尔辛基宣言,已通过中山大学中山眼科中心临床研究伦理委员会批准(医伦审批号:2013MEKY040),所有患者均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 常规眼科检查 对所有研究对象进行常规眼科检查,包括询问病史以及 Goldmann 压平眼压、最佳矫正视力、裂隙灯生物显微镜、房角镜、检眼镜、视野检查等。

1.2.2 Corvis ST 角膜生物力学分析仪检查 采用 Corvis ST 可视化角膜生物力学分析仪(德国 Oculus 公司)进行角膜生物力学测量并记录,检查由同一技术人员完成,检查者对患者诊断设盲。患者取坐位,下颌置于下颌垫上,检查中嘱患者注视中央固视红点。检查者应用自动/手动模式控制操纵杆按照屏幕提示进行瞄准及对焦,自动发射空气脉冲冲压角膜变形,测量过程开始。角膜生物力学动态参数的测量包括第 1 次压平速度(first applanation velocity, A1V)、第 2 次压平速度(second applanation velocity, A2V)、第 1 次压平长度(first applanation length, A1L)、第 2 次压平长度(second applanation length, A2L)、第 1 次压平时间(first applanation time, A1T)、第 2 次压平时间(second applanation time, A2T)、最大压陷时间(time to highest concavity, HCT)、最大变形幅度(deformation amplitude, DA)、最大压陷曲率半径(central curvature radius, CCR)、最大压陷屈膝峰间距(peak distance, PD)(表 1)。每例患者每眼重复测量 3 次。角膜形变过程界面如图 1。

表 1 Corvis ST 可视化角膜生物力学分析仪所测量角膜生物力学动态参数

角膜生物力学参数	参数定义
A1V	角膜初始状态至第 1 次压平时的速度
A2V	角膜初始状态至第 2 次压平时的速度
A1L	第 1 次压平状态时角膜压平长度
A2L	第 2 次压平状态时角膜压平长度
A1T	角膜初始状态至第 1 次压平需要时间
A2T	角膜初始状态至第 2 次压平需要时间
HCT	角膜初始状态至最大压陷状态需要时间
DA	角膜初始位置至最大压陷位置的距离
CCR	角膜最大压陷状态时角膜曲率半径
PD	角膜最大压陷时两峰间的距离

注: A1V: 第 1 次压平速度; A2V: 第 2 次压平速度; A1L: 第 1 次压平长度; A2L: 第 2 次压平长度; A1T: 第 1 次压平时间; A2T: 第 2 次压平时间; HCT: 最大压陷时间; DA: 最大变形幅度; CCR: 最大压陷曲率半径; PD: 最大压陷屈膝峰间距

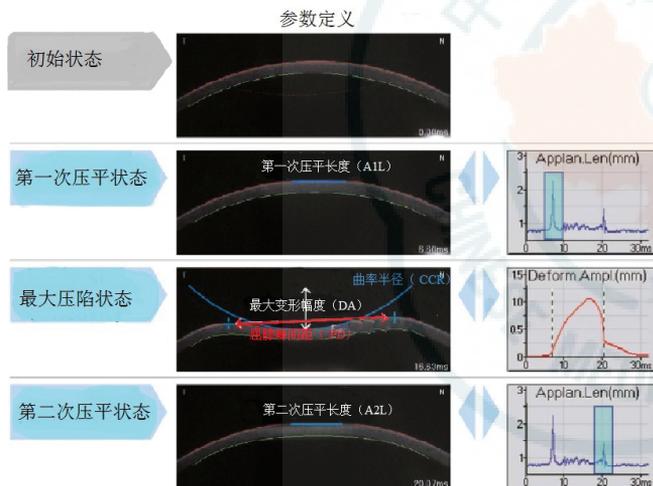


图 1 Corvis ST 角膜生物力学分析仪监测角膜形变过程界面

1.3 统计学方法

采用 SPSS 20.0 统计学软件 (软件序列号: 4B6MINO86Z4LZV9AA7GHEC89P5TRNTOHAA3XKX5YW7GM2SWHCCTAFYBL3B3IKPMM7I9N3MSTBXO08VPKXZHSEXGST8, SPSS 公司, Chicago, IL, USA) 进行统计分析。本研究中测量指标的数据资料经 Kolmogorov-Smirnov 检验呈正态分布, 以 $\bar{x} \pm s$ 表示。应用 Cronbach's α 系数和组内相关系数 (intraclass correlation coefficient, ICC) 评估 Corvis ST 角膜生物力学参数测量结果的可重复性; 采用卡方检验评估 POAG 患者与 CPACG 患者的性别分布特征; 采用独立样本 t 检验比较 POAG 患者与 CPACG 患者年龄、眼压、中央角膜厚度 (central corneal thickness, CCT)、角膜生物力学参数; 并采用多重线性回归分析探讨角膜生物力学参数与降眼压药物种数、年龄、眼压以及 CCT 等的相关性。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2 个组间年龄、性别、眼压、降眼压药物种类数比较

共纳入经药物治疗眼压控制平稳的 CPACG 患者 68 例 68 眼, 其中男 31 例 31 眼, 女 37 例 37 眼; POAG 患者 69 例 69 眼, 其中男 33 例 33 眼, 女 36 例 36 眼。2 个组间年龄、眼压比较差异均无统计学意义 ($t = 1.854, P = 0.068; t = 0.923, P = 0.359$); 2 个组应用降眼压药物种类数比较, 差异有统计学意义 ($t = -2.388, P = 0.020$) (表 2); 2 个组间性别构成比较, 差异无统计学意义 ($\chi^2 = 0.069, P = 0.793$)。

表 2 2 个组间年龄、眼压、降眼压药物种类数比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	眼数	年龄 (岁)	眼压 (mmHg)	降眼压药物种类数
CPACG 组	68	58.12 ± 9.65	18.53 ± 7.86	1.02 ± 0.82
POAG 组	69	54.30 ± 15.00	17.46 ± 6.35	1.15 ± 0.88
t		1.854	0.923	-2.388
P		0.068	0.359	0.020

注: CPACG: 原发性慢性闭角型青光眼; POAG: 原发性开角型青光眼 (独立样本 t 检验)

2.2 Corvis ST 角膜生物力学参数测量结果的可重复性

Corvis ST 角膜生物力学分析仪测量的 CCT、DA、A1T、A1V、A2V、PD Cronbach's α 系数均在 0.8 以上, ICC 均 ≥ 0.8 , 重复性较好。A2L、A2T 和 HCT Cronbach's α 系数均在 0.6 ~ 0.8, ICC < 0.6 , 重复性一般。A1L、A2T 和 CCR 重复性稍弱 (表 3)。

表 3 Corvis ST 角膜生物力学参数测量结果的可重复性

角膜生物力学参数	Cronbach's α 系数	平均 ICC (95% CI)	P
CCT (μm)	0.968	0.97 (0.93-0.99)	<0.001
DA (mm)	0.914	0.91 (0.70-0.97)	<0.001
A1T (ms)	0.896	0.92 (0.69-0.97)	<0.001
A1L (mm)	-0.055	-0.06 (-2.24-0.67)	0.519
A1V (m/s)	0.916	0.92 (0.73-0.97)	<0.001
A2T (ms)	-0.654	-0.64 (-4.16-0.49)	0.802
A2L (mm)	0.682	0.68 (0.12-0.88)	0.025
A2V (m/s)	0.983	0.98 (0.97-0.99)	<0.001
HCT (ms)	0.687	0.69 (0.03-0.91)	0.023
PD (mm)	0.976	0.98 (0.93-0.99)	<0.001
CCR (mm)	-0.055	-0.05 (-2.29-0.67)	0.535

注: ICC: 组内相关系数; CI: 可信区间; CCT: 中央角膜厚度; DA: 最大变形幅度; A1T: 第 1 次压平时间; A1L: 第 1 次压平长度; A1V: 第 1 次压平速度; A2T: 第 2 次压平时间; A2L: 第 2 次压平长度; A2V: 第 2 次压平速度; HCT: 最大压陷时间; PD: 最大压陷屈膝峰间距; CCR: 最大压陷曲率半径

2.3 不同房角形态青光眼患者角膜生物力学参数特征

POAG 患者与 CPACG 患者 CCT、A1T、A1L、A1V、

A2T、A2L 和 A2V 比较, 差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$) (表 4); 与 CPACG 患者相比, POAG 患者 HCT 较短, PD 较大, CCR 较小, 差异均有统计学意义 ($t =$

$2.920, P = 0.005; t = -2.453, P = 0.017; t = 1.997, P = 0.050$); 2 个组间 DA 比较差异无统计学意义 ($t = -0.581, P = 0.562$) (表 5)。

表 4 POAG 患者与 CPACG 患者角膜初始状态、第 1 次压平与第 2 次压平状态相关角膜生物力学参数比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	眼数	CCT (μm)	A1T (ms)	A1L (mm)	A1V (m/s)	A2T (ms)	A2L (mm)	A2V (m/s)
POAG 组	69	533.92 \pm 39.39	7.98 \pm 0.97	1.75 \pm 0.22	0.11 \pm 0.029	20.89 \pm 1.31	1.69 \pm 0.48	-0.32 \pm 0.098
CPACG 组	68	535.70 \pm 61.76	7.99 \pm 1.29	1.71 \pm 0.21	0.12 \pm 0.04	21.22 \pm 0.96	1.77 \pm 0.46	-0.30 \pm 0.097
t		-0.085	0.154	-0.926	0.145	1.676	0.839	0.543
P		0.933	0.878	0.358	0.885	0.099	0.405	0.589

注: POAG: 原发性开角型青光眼; CPACG: 原发性慢性闭角型青光眼; CCT: 中央角膜厚度; A1V: 第 1 次压平速度; A2V: 第 2 次压平速度; A1L: 第 1 次压平长度; A2L: 第 2 次压平长度; A1T: 第 1 次压平时间; A2T: 第 2 次压平时间 (独立样本 t 检验)

表 5 POAG 患者与 CPACG 患者角膜最大压陷状态相关角膜生物力学参数比较

组别	眼数	DA (mm)	HCT (ms)	PD (mm)	CCR (mm)
POAG 组	69	1.01 \pm 0.21	16.85 \pm 0.81	4.45 \pm 0.93	6.34 \pm 2.05
CPACG 组	68	0.99 \pm 0.25	17.28 \pm 0.83	4.00 \pm 1.06	7.45 \pm 4.43
t		-0.581	2.920	-2.453	1.997
P		0.562	0.005	0.017	0.050

注: POAG: 原发性开角型青光眼; CPACG: 原发性慢性闭角型青光眼; DA: 最大变形幅度; HCT: 最大压陷时间; PD: 最大压陷屈膝峰间距; CCR: 最大压陷曲率半径 (独立样本 t 检验)

2.4 角膜生物力学参数相关影响因素分析

角膜生物力学参数主要与眼压及 CCT 间存在显著相关性, DA、A1V、A2T 和 PD 与眼压均呈负相关 ($r = -0.709, -0.531, -0.645, -0.554$, 均 $P < 0.001$), A1T 和 A2V 与眼压均呈正相关 ($r = 0.744, 0.546$, 均 $P < 0.001$), CCR 与 CCT 呈正相关 ($r = 0.181, P =$

0.039) (图 2, 3)。

以角膜生物力学各参数作为应变变量, 以年龄、眼压以及 CCT 等影响因素为自变量, 以进入概率 $\alpha \leq 0.05$, 移出概率为 $\alpha \geq 0.10$ 进行多重线性回归分析。在各角膜生物力学参数的影响因素多重回归分析过程中, 年龄因素未发现存在明显统计学意义 ($P > 0.05$); 在角膜生物力学参数 DA、A1T、A1V、A2T、A2V 及 PD 的影响因素多重回归分析过程中, 仅眼压变量被选入, 眼压对 DA ($F = 140.837$, 复相关系数 $R = 0.724, P < 0.001$)、A1T ($F = 169.114$, 复相关系数 $R = 0.754, P < 0.001$)、A1V ($F = 53.338$, 复相关系数 $R = 0.542, P < 0.001$)、A2T ($F = 90.217$, 复相关系数 $R = 0.652, P < 0.001$)、A2V ($F = 53.516$, 复相关系数 $R = 0.552, P < 0.001$)、PD ($F = 67.687$, 复相关系数 $R = 0.588, P < 0.001$) 的影响有统计学意义, 逐步回归方程为 $DA = 1.424 - 0.024 \times$

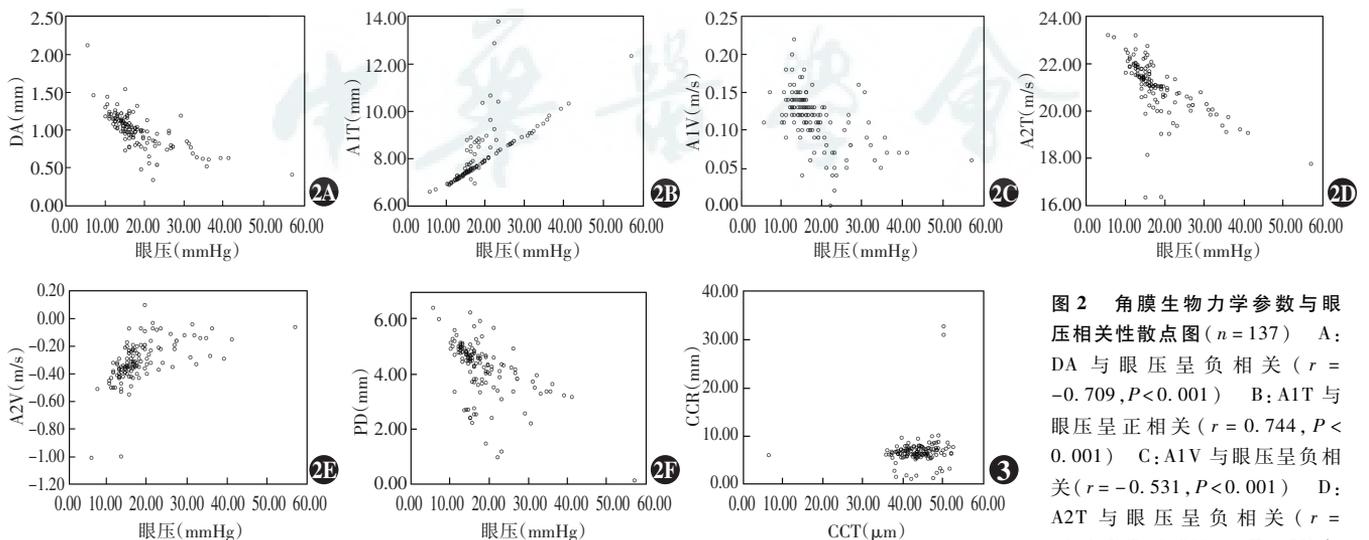


图 2 角膜生物力学参数与眼压相关性散点图 ($n = 137$) A: DA 与眼压呈负相关 ($r = -0.709, P < 0.001$) B: A1T 与眼压呈正相关 ($r = 0.744, P < 0.001$) C: A1V 与眼压呈负相关 ($r = -0.531, P < 0.001$) D: A2T 与眼压呈负相关 ($r = -0.645, P < 0.001$) E: A2V 与

眼压呈正相关 ($r = 0.546, P < 0.001$) F: PD 与眼压呈负相关 ($r = -0.554, P < 0.001$) DA: 最大变形幅度; 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; PD: 最大压陷屈膝峰间距 CCR: 最大压陷曲率半径; CCT: 中央角膜厚度

图 3 CCR 与 CCT 呈正相关 ($r = 0.181, P = 0.039$) ($n = 137$)

眼压, $A1T=5.820+0.120\times$ 眼压, $A1V=0.162-0.003\times$ 眼压, $A2T=22.857-0.101\times$ 眼压, $A2V=-0.513+0.011\times$ 眼压, $PD=5.705-0.081\times$ 眼压。在角膜生物力学参数 CCT 的影响因素多重回归分析过程中, 仅 CCT 变量被选入, CCT 对 CCT 的影响有统计学意义 ($F=4.340$, 复相关系数 $R=0.181$, $P=0.039$), 逐步回归方程为 $CCR=0.189+0.012\times CCT$ 。其他角膜生物力学参数 A1L、A2L、HCT 与各影响因素间均无统计学意义 ($F=1.015$, $P=0.402$; $F=0.764$, $P=0.550$; $F=0.073$, $P=0.990$)。

3 讨论

角膜生物力学特性评价多局限于体外研究及对角膜有限元模型分析, 这些方法很难直接、客观地反映角膜真实的生物力学特性^[9-11]。角膜生物力学特性的测量主要包括离体测量和活体测量。活体测量工具主要包括眼反应分析仪 (ocular response analyzer, ORA)、OCT、眼部 A 型超声、电子斑纹图样干涉测量法及高分辨率照相介入技术, 其中以活体测量法的 ORA 应用较广泛。

既往研究发现, 当正常眼的眼压被人为地急剧升高后, CH 保持不变^[12]。与正常人相比, 青光眼患者 CH 明显降低, 且与眼压呈负相关^[13]。Shah 等^[14]研究发现, 角膜滞后量 (corneal hysteresis, CH) 与 CCT 及青光眼患者的视野进行性损伤相关。与眼压存在日波动现象不同, CH 在 24 h 内保持相对稳定^[15-16]。既往研究指出, 在生理状态下 CH 不受眼压影响^[17-18]。结合本研究结果分析表明, 在青光眼发生和发展过程中可能存在眼压以外的其他原因, 角膜生物力学可能是青光眼视神经疾病的独立危险因素。

角膜生物力学在青光眼中的作用值得进一步探索, 但 ORA 无法动态监测全过程, 不能很好地建立测量参数与经典生物力学参数之间的关系, 无法直接展现角膜的生物力学特性^[19], Corvis ST 角膜生物力学分析仪则可以客观地显示角膜受外力作用变形后的动态过程。

Mangouritsas 等^[20]与 Congdon 等^[21]应用 ORA 测量 CH 发现 POAG 较正常人低; Grise-Dulac 等^[22]研究发现, POAG 及正常眼压性青光眼患者 CH 均较正常人低。本研究中纳入了具有青光眼发病机制代表性的 POAG 和 CPACG, 并分析和比较角膜生物力学间的差别。本课题组前期研究中发现, POAG 患者的 A1、A2T 及 DA 与正常人比较差异均有统计学意义, 提示 POAG 患者存在不同的角膜生物力学特征^[23]。但是既往研

究中仅纳入单个青光眼类型描述其角膜生物力学特征, 缺少不同青光眼类型间角膜生物力学相关比较分析及潜在的致病机制研究。在此基础上, 本课题组采用新型的 Corvis ST 角膜生物力学分析仪, 通过比较 POAG 和 CPACG 患者的相关角膜生物力学参数发现, POAG 患者与 CPACG 患者间眼压、年龄及 CCT 差异均无统计学意义, 表示 2 个组间年龄、眼压、CCT 相匹配; 而 2 个组间角膜生物力学参数 HCT、PD、CCR 比较差异均有统计学意义。因此, 本研究结果提示同等眼压水平下 POAG 患者角膜更容易压陷, 角膜黏弹性可能较 CPACG 者好。

本研究同时进行了青光眼角膜生物力学参数与年龄、眼压以及 CCT 等影响因素间的多重线性回归分析。研究发现, 眼压与各主要角膜生物力学参数间有显著相关性。高眼压可能导致角膜形态与黏弹性的改变, 既往研究认为眼压是评估角膜生物力学参数应考虑的因素^[4,6,16]。本研究中充分考虑眼压的影响, 通过匹配入组患者眼压水平及建立回归方程充分客观评估不同青光眼类型角膜生物力学特点。

POAG 与 CPACG 存在不同致病机制和疾病特点, 关于发病过程中角膜生物力学相关的研究较少, 本研究在青光眼角膜生物力学一系列研究的基础上探讨两者间的角膜生物力学特性, 为更深入地认知与诊治疾病提供有力证据。当然关于角膜生物力学在青光眼发病机制中的详细作用需要进一步研究, 如丰富青光眼各类型疾病的角膜生物力学研究、丰富眼组织生物力学相关参数的观察资料等, 为青光眼的发生和发展中角膜生物力学变化提供依据。

参考文献

- [1] Quigley HA, Flower RW, Addicks EM, et al. The mechanism of optic nerve damage in experimental acute intraocular pressure elevation [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 1980, 19(5): 505-517.
- [2] Quigley HA, Hohman RM, Addicks EM, et al. Morphologic changes in the lamina cribrosa correlated with neural loss in open-angle glaucoma [J]. Am J Ophthalmol, 1983, 95(5): 673-691.
- [3] Jonas JB, Berenshtein E, Holbach L. Lamina cribrosa thickness and spatial relationships between intraocular space and cerebrospinal fluid space in highly myopic eyes [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2004, 45(8): 2660-2665. DOI:10.1167/iiov.03-1363.
- [4] Tian L, Wang D, Wu Y, et al. Corneal biomechanical characteristics measured by the CorVis Scheimpflug technology in eyes with primary open-angle glaucoma and normal eyes [J/OL]. Acta Ophthalmol, 2016, 94(5): e317-324 [2016-08-13]. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/aos.12672/full>. DOI:10.1111/aos.12672.
- [5] 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.000000000000133.
- [6] Wang W, Du S, Zhang X. Corneal deformation response in patients with primary open-angle glaucoma and in healthy subjects analyzed by Corvis ST [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2015, 56(9): 5557-5565. DOI:

- 10.1167/iov.15-16926.
- [7] Foster PJ, Johnson GJ. Glaucoma in China: how big is the problem? [J]. Br J Ophthalmol, 2001, 85(11): 1277-1282.
- [8] 中华医学会眼科学分会青光眼学组. 我国原发性青光眼诊断和治疗专家共识(2014年)[J]. 中华眼科杂志, 2014, (5): 382-383. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2014.05.022.
- [9] Kling S, Marcos S. Effect of hydration state and storage media on corneal biomechanical response from *in vitro* inflation tests [J]. J Refract Surg, 2013, 29(7): 490-497. DOI: 10.3928/1081597X-20130617-08.
- [10] Hjortdal JO, Jensen PK. *In vitro* measurement of corneal strain, thickness, and curvature using digital image processing [J]. Acta Ophthalmol Scand, 1995, 73(1): 5-11.
- [11] Yang YF, Zhang J, Wang XH, et al. Simulation of corneal tissue mechanical deformation due to laser thermokeratoplasty: a finite element methods study [J]. Australas Phys Eng Sci Med, 2009, 32(4): 220-225.
- [12] Elsheikh A, Wang D, Brown M, et al. Assessment of corneal biomechanical properties and their variation with age [J]. Curr Eye Res, 2007, 32(1): 11-19. DOI: 10.1080/02713680601077145.
- [13] Ethier CR, Johnson M, Ruberti J. Ocular biomechanics and biotransport [J]. Annu Rev Biomed Eng, 2004, 6: 249-273. DOI: 10.1146/annurev.bioeng.6.040803.140055.
- [14] Shah S, Laiquzzaman M, Bhojwani R, et al. Assessment of the biomechanical properties of the cornea with the ocular response analyzer in normal and keratoconic eyes [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2007, 48(7): 3026-3031. DOI: 10.1167/iov.04-0694.
- [15] Laiquzzaman M, Bhojwani R, Cunliffe I, et al. Diurnal variation of ocular hysteresis in normal subjects; relevance in clinical context [J]. Clin Experiment Ophthalmol, 2006, 34(2): 114-118. DOI: 10.1111/j.1442-9071.2006.01185.x.
- [16] Kida T, Liu JH, Weinreb RN. Effect of 24-hour corneal biomechanical changes on intraocular pressure measurement [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2006, 47(10): 4422-4426. DOI: 10.1167/iov.06-0507.
- [17] Luce DA. Determining *in vivo* biomechanical properties of the cornea with an ocular response analyzer [J]. J Cataract Refract Surg, 2005, 31(1): 156-162. DOI: 10.1016/j.jcrs.2004.10.044.
- [18] Lu F, Xu S, Qu J, et al. Central corneal thickness and corneal hysteresis during corneal swelling induced by contact lens wear with eye closure [J]. Am J Ophthalmol, 2007, 143(4): 616-622. DOI: 10.1016/j.ajo.2006.12.031.
- [19] 姜黎, 王勤美, 曾衍钧. 角膜生物力学性能测量方法的研究进展 [J]. 眼科研究, 2009, 27(9): 824-828. Jiang L, Wang QM, Zeng YJ. Current advance on corneal biomechanical parameters measurement [J]. Chin Ophthal Res, 2009, 27(9): 824-828.
- [20] Mangouritsas G, Morphis G, Mourtzoukos S, et al. Association between corneal hysteresis and central corneal thickness in glaucomatous and non-glaucomatous eyes [J]. Acta Ophthalmol, 2009, 87(8): 901-905. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2008.01370.x.
- [21] Congdon NG, Broman AT, Bandeen-Roche K, et al. Central corneal thickness and corneal hysteresis associated with glaucoma damage [J]. Am J Ophthalmol, 2006, 141(5): 868-875. DOI: 10.1016/j.ajo.2005.12.007.
- [22] Grise-Dulac A, Saad A, Abitbol O, et al. Assessment of corneal biomechanical properties in normal tension glaucoma and comparison with open-angle glaucoma, ocular hypertension, and normal eyes [J]. J Glaucoma, 2012, 21(7): 486-489. DOI: 10.1097/IJG.0b013e318220daf0.
- [23] Wang W, Du S, Zhang X. Corneal deformation response in patients with primary open-angle glaucoma and in healthy subjects analyzed by Corvis ST [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2015, 56(9): 5557-5565. DOI: 10.1167/iov.15-16926.

(收稿日期: 2016-08-19)

(本文编辑: 刘艳 张宇)

读者·作者·编者

本刊征稿启事

《中华实验眼科杂志》是由中国科学技术协会主管、中华医学会主办、河南省眼科研究所 河南省立眼科医院承办的眼科专业学术期刊,月刊,每月10日出版。本刊的报道范围主要为眼科基础和临床研究领域领先的科研成果,主要栏目设有专家述评、实验研究、临床研究、调查研究、综述、病例报告等,学术内容涉及眼科疾病的基因学研究、基因诊断和基因靶向治疗、眼科遗传学研究、分子生物学研究、眼科微生物学研究、眼科药理学研究、眼科生物材料研究、眼科表观遗传研究、眼科疾病的动物模型、眼科疾病的流行病学研究、眼科疾病的多中心或单中心随机对照临床试验、循证医学临床实践及眼科疾病的临床研究等。本刊拟刊出海外学者的中文或英文原创性论文或评述类文章,欢迎国内外眼科研究人员踊跃投稿。

(本刊编辑部)

消息

《图解青光眼手术操作与技巧》新书速递

由张秀兰、王宁利著,葛坚、叶天才审校,中国著名青光眼专家李美玉、蒋幼芹、葛坚、叶天才和彭大伟教授亲笔作序,国家科学技术学术著作出版基金资助出版的《图解青光眼手术操作与技巧》已于2016年8月由人民卫生出版社正式出版并发行。该书大16开本,98.2万字,收录2500余幅精美图片,回答了350个与手术相关的临床问题,输入网络增值码可观看108个手术视频,扫描封底二维码可查看手术视频目录,系统、全面地介绍了青光眼手术操作与技巧。该书写作风格独特,表述细腻,极具特色,为大16开本,98.2万字,为《图解临床青光眼诊治》姊妹篇,适合青光眼专业医师、医学生、研究生、各级眼科医师阅读。购书途径:人民卫生出版社销售部(电话:13910668535,010-59787226);或登录人民卫生出版社官网(www.pmph.com)在线购书;全国各大新华书店及京东、当当、亚马逊等均有售;可联系中山眼科中心郭老师(电话:020-87334247)。零售价:398元(50本以上可获6.5折优惠)。

(本刊编辑部)