

三种眼压计与 Pentacam 眼压校正系统的应用比较

赵 剑¹, 孟觉天²

作者单位:¹(221003)中国江苏省徐州市,徐州医学院附属第三医院眼科;²(221002)中国江苏省徐州市第一人民医院眼科 徐州市眼病防治研究所

作者简介:赵剑,女,在读硕士研究生,副主任医师,研究方向:青光眼。

通讯作者:赵剑. xyfsyzhaojian@163. com

收稿日期:2011-06-22 修回日期:2011-08-10

Application comparison between three kinds of tonometer and Pentacam intraocular pressure correction system

Jian Zhao¹, Jue-Tian Meng²

¹Department of Ophthalmology, the Third Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Xuzhou 221003, Jiangsu Province, China;²Department of Ophthalmology, First People's Hospital of Xuzhou, Xuzhou Institute of Eye Disease Prevention, Xuzhou 221002, Jiangsu Province, China

Correspondence to: Jian Zhao. Department of Ophthalmology, the Third Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Xuzhou 221003, Jiangsu Province, China. xyfsyzhaojian@163. com

Received:2011-06-22 Accepted:2011-08-10

Abstract

• **AIM:** To compare the differences of the intraocular pressure (IOP) measured by four methods: non-contact tonometer (NCT), Goldmann applanation tonometer (GAT), dynamic contour tonometer (DCT) and Pentacam three-dimensional anterior segment analyzer, and to study the relationship between these measuring methods with central corneal thickness (CCT) and central corneal curvature (CCV).

• **METHODS:** After measured CCT and CCV by Pentacam system, the IOP of 143 patients (286 eyes) which would be treated by LASIK operation was measured by NCT, GAT and DCT respectively. Then 5 methods were used: Ehlers, Shah, Dresden, Orssengo / Pye and Kohlhaas proposed by Pentacam system to correct the IOP which was measured by NCT. Finally analysis of variance (ANOVA), correlation and linear regression analysis were adopted to evaluate the IOP data.

• **RESULTS:** IOP of DCT was the highest. There was significantly different between DCT and other methods ($P < 0.01$); There was difference between GAT and DCT, Kohlhaas, Shah ($P < 0.05$) and no difference between GAT and other methods; Each group IOP had good correlation, GAT and DCT had strongest correlation ($r = 0.702$); CCT had more influences on NCT IOP, CCV had more influences on GAT, there was no correlation

between DCT, Dresden, Orssengo / Pye, Shah and CCT, CCV ($P > 0.05$).

• **CONCLUSION:** The healthy persons with normal CCT and CCV are recommended using applanation tonometer for glaucoma screening. The suspected patients whose CCT and CCV are departure from normal are suggested to check farther by DCT or to correct IOP by Pentacam system.

• **KEYWORDS:** dynamic contour tonometer; applanation tonometer; Pentacam analysis system; comparative study

Zhao J, Meng JT. Application comparison between three kinds of tonometer and Pentacam intraocular pressure correction system. *Gujie Yanke Zazhi (Int J Ophthalmol)* 2011;11(10):1726-1729

摘要

目的:比较非接触式眼压计(NCT)、Goldmann 压平式眼压计(GAT)、动态轮廓眼压计(DCT)和 Pentacam 三维眼前节分析系统四种方法检查眼压的差异,并研究它们与中央角膜厚度(CCT)和中央角膜曲率(CCV)的关系。

方法:对拟行 LASIK 手术的 143 例 286 眼患者用 Pentacam 系统测量 CCT 和 CCV 后,分别用 NCT、GAT 和 DCT 测量眼压,并用 Pentacam 系统的 Ehlers, Shah, Dresden, Orssengo/Pye 和 Kohlhaas 5 种眼压校正方法对 NCT 眼压值进行校正,将测量结果进行方差分析、相关性及线性回归分析。

结果:DCT 值最高,DCT 与其他方法之间均有显著性差异($P < 0.01$);GAT 与 DCT、Kohlhaas、Shah 之间有差异($P < 0.05$),与其他方法之间无差异;各组眼压值之间有较好的相关性,GAT 与 DCT 的相关性最强($r = 0.702$);NCT 受 CCT 影响最大,GAT 受 CCV 影响最大,DCT、Dresden, Orssengo/Pye、Shah 与 CCT 和 CCV 均不存在相关性($P > 0.05$)。

结论:对 CCT 和 CCV 正常的健康人群进行青光眼筛查时建议使用压平式眼压计,对可疑的患者,尤其是 CCT 和 CCV 偏离正常的患者,宜进一步行 DCT 检查或者用 Pentacam 系统进行眼压校正。

关键词:动态轮廓眼压计;压平式眼压计;Pentacam 分析系统;对比研究

DOI:10.3969/j.issn.1672-5123.2011.10.013

赵剑,孟觉天.三种眼压计与 Pentacam 眼压校正系统的应用比较.国际眼科杂志 2011;11(10):1726-1729

0 引言

眼压测量是诊断和筛查青光眼最重要的依据。目前临床上最常用的眼压测量设备有 Goldmann 压平式眼压计(Goldmann applanation tonometer, GAT)和非接触式眼

压计 (non-contact tonometer, NCT), GAT 因能消除巩膜硬度和眼眶压力的影响,被认为是测量眼压的“金标准”,而 NCT 因其操作简便、有效已广泛应用于临床,但研究发现中央角膜厚度 (central corneal thickness, CCT) 明显偏离正常值时, GAT 和 NCT 的测量值会受到一定影响。面对这种情况,近几年新推出了动态轮廓眼压计 (dynamic contour tonometry, DCT) 和 Pentacam 眼前节分析系统, DCT 由于设计原理的不同,受角膜生物力学特性的影响较小,而 Pentacam 系统可以测量角膜前后表面曲率和角膜厚度,并依靠检查结果对其他眼压计测量值进行校正,消除角膜厚度等因素对眼压测量值的影响。本研究对这四种眼压检查方法进行比较,并探讨 CCT 和中央角膜曲率 (central corneal curvature, CCV) 对测量值的影响,现报告如下。

1 对象和方法

1.1 对象 随机选择 2010-12/2011-02 就诊于徐州市第一人民医院眼科准分子激光中心拟行 LASIK 手术者 143 例 286 眼,其中男 102 例,女 41 例,年龄 18~39 岁,平均等效球镜度数范围 1.625~10.625DS,排除青光眼家族史、角膜疾患、干眼病、眼底检查异常及全身系统疾病。实验仪器: NCT (CT-80A, Topcon 公司, 日本)、GAT (Haag-Streit 公司, 瑞士)、DCT (Pascal 公司, 瑞士)、Pentacam 三维眼前节分析系统 (Oculus 公司, 德国)。

1.2 方法

1.2.1 检查方法 所有患者的眼压均由同一人测量,用 Pentacam 系统测量 CCT 和 CCV 后,依次用 NCT, DCT, GAT 三种眼压计测量眼压,测量间隔时间为 5min, DCT 和 GAT 测量前用 4g/L 盐酸奥布卡因表面麻醉。

1.2.2 Pentacam 检查 在计算机中输入患者信息后,让患者将下颌置于下颌垫上,前额紧靠前额条带上,睁大双眼注视闪烁的蓝灯,检查者使用操纵杆按屏幕提示进行瞄准和对焦, Scheimpflug 三维成像系统在不到 2s 完成 360° 扫描,拍摄 25 张图像。本组数据为自然瞳孔状态下在暗室中采集,控制对比度为 2、亮度为 -8; 只接受成像质量显示 OK 的检测结果。

1.2.3 NCT 测量及 Pentacam 系统校正眼压 患者坐于机器前注视正前方,将其眼位与仪器直线对准后自动测量,读数取 3 次测量的平均值。将 NCT 结果输入 Pentacam 系统眼压校正界面,该系统自动生成 Ehlers, Shah, Dresden, Orssengo/Pye 和 Kohlhaas 5 种方法的眼压校正值。

1.2.4 GAT 测量 双眼荧光素染色后,患者将下颌置于裂隙灯下颌托上,平视正前方,调整显微镜高度合适后测量眼压,每眼测 3 次,3 次数值相差不超过 1mmHg,取平均值作为测量结果。

1.2.5 DCT 测量方法 被检者头部摆放同 GAT 测量,启动 DCT 眼压计,先右眼后左眼依次测量,每眼测量 3 次,当 Q 值大于 3 时认为测量无效,取 Q 值为 1~3 时的眼压值,取平均值作为测量结果。

统计学分析: 采用 SPSS 17.0 统计软件进行数据处理,不同眼压计测量值之间的差异性比较采用多元变量方差分析中的两两比较分析,不同眼压计测量值之间的相关性分析采用 pearson (2 tailed) 相关性分析,各种眼压测量值与 CCT 和 CCV 之间的相关性分析采用线性回归分析方法, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

表 1 各组眼压 (mmHg) 测量值

测量方法	均数	标准差	例数
NCT	17.40	2.481	286
GAT	17.717	2.9183	286
DCT	18.799	2.5909	286
Kohlhaas	18.065	2.3622	286
Ehlers	17.928	2.3872	286
Shah	18.029	2.2800	286
Dresden	17.894	2.2669	286
Orssengo/Pye	17.738	2.2827	286

注: NCT 代表非接触式眼压计, GAT 代表 Goldmann 压平式眼压计, DCT 代表动态轮廓眼压计, Ehlers, Shah, Dresden, Orssengo/Pye 和 Kohlhaas 代表 5 种眼压校正方法。

2 结果

2.1 各组眼压值之间的比较 各组眼压值的平均数与标准差见表 1, 统计学分析各组均值之间总体上存在差异, 其中 NCT 值最低, GAT 值次之, DCT 值最高, DCT 与其他各种方法之间均有显著性差异 ($P < 0.01$); GAT 与 DCT, Kohlhaas, Shah 之间有差异 ($P < 0.05$), 与 NCT, Ehlers 和 Dresden, Orssengo/Pye 之间无差异 ($P > 0.05$), Pentacam 各组校正值中, Orssengo/Pye 与其他方法之间差异最大, 而 Ehlers 与其他方法之间差异最小。

2.2 各组眼压值之间的相关性分析 各组眼压值之间有较好的正相关性 ($P < 0.05$, 表 2): NCT 与 Pentacam 各校正值的正相关性最强 ($r = 0.740 \sim 0.974$), 这可能是用 Pentacam 系统对 NCT 值进行校正的原因, NCT 与 GAT 的相关性强于 DCT; GAT 与 DCT 的相关性最强 ($r = 0.702$), 比与 NCT 的相关系数大, 与 Pentacam 各校正值的 Dresden 相关性最明显, DCT 与 GAT 的相关性较强 ($r = 0.702$), 与 NCT 和 Pentacam 各校正值的正相关性稍弱 ($r = 0.516 \sim 0.571$); 而 Pentacam 各组校正值中, Shah 与 Dresden 之间的相关系数最大 ($r = 0.993$)。

2.3 CCT 和 CCV 与各组眼压值之间的相关性分析 CCT 平均为 $537.44 \pm 24.66 \mu\text{m}$, CCV 平均为 $43.3 \pm 1.22\text{D}$, CCT 与 NCT, GAT, Kohlhaas 呈正相关, 与 Ehlers 呈负相关 ($P < 0.05$); CCV 与 GAT 呈正相关 ($P < 0.05$), 以 CCT 为自变量 X , CCV 为自变量 K_m , 眼压值为应变量 Y , 建立线性回归方程为: $Y_{\text{NCT}} = -12.122 + 0.041X + 0.177K_m$, $Y_{\text{GAT}} = -8.339 + 0.015X + 0.413K_m$, $Y_{\text{Kohlhaas}} = 11.841 + 0.027X - 0.186K_m$, $Y_{\text{Ehlers}} = 26.737 - 0.031X + 0.176K_m$, 表明 NCT 受 CCT 影响最大, CCT 每偏离 $10 \mu\text{m}$, NCT 值偏离 0.41mmHg ; GAT 受 CCV 影响最大, CCV 每偏离 1D , GAT 值偏离 0.413mmHg ; DCT, Dresden, Orssengo/Pye, Shah 与 CCT 和 CCV 均不存在相关性 ($P > 0.05$)。

3 讨论

眼压测量是眼科的重要检查项目,它是评价青光眼诊断、进展和疗效的主要参数之一。眼压测量不准确,不仅可导致正常眼压青光眼、高眼压症等疾病的误诊误治,而且对于准分子激光术后须根据眼压情况调整激素用量的患者容易产生误导;越来越多的研究证明:眼压测量受 CCT, CCV 和角膜散光等因素的影响,不同的眼压计由于设计原理不同决定了它们受影响的因素和程度不同,因此不同情况下选择合适的眼压检查方法十分重要。

表2 各组眼压值的相关性(r 值)

	NCT	GAT	DCT	Kohlhaas	Ehlers	Shah	Dresden	Orssengo/Pye
NCT	1.000							
GAT	0.628	1.000						
DCT	0.555	0.702	1.000					
Kohlhaas	0.974	0.607	0.552	1.000				
Ehlers	0.740	0.556	0.516	0.806	1.000			
Shah	0.864	0.612	0.559	0.905	0.978	1.000		
Dresden	0.917	0.629	0.571	0.944	0.947	0.993	1.000	
Orssengo/Pye	0.875	0.612	0.556	0.928	0.956	0.987	0.985	1.000

注:NCT代表非接触式眼压计,GAT代表Goldmann压平式眼压计,DCT代表动态轮廓眼压计,Ehlers, Shah, Dresden, Orssengo/Pye和Kohlhaas代表5种眼压校正方法。

GAT是近几十年来应用最广泛的眼压测量仪器,NCT由于其方便、可靠等优点在近年来成为眼科检查的重要工具;NCT和GAT同属压平式眼压计,是根据Imbert-Fick原理设计;其设计标准是对角膜曲率半径为7.8mm,CCT为500 μ m的眼球进行测量。生理状况下角膜厚度和曲率在不同个体间有较大的差异,屈光手术后的角膜其厚度和曲率更是发生了很大变化,这足以影响压平眼压计的准确性。大量的研究证明:压平眼压计的测量值受CCT,CCV和散光等因素的影响。鲍捷等^[1]认为NCT测量值受角膜厚度影响较大,Siganos等^[2]等认为压平眼压计的误差与CCT呈明显线性相关,Garzozzi等^[3]发现,当CCT变薄大于4%时,眼压值将以1:1的比例下降;他还发现角膜曲率会影响眼压的测量,眼压值与增加的角膜曲率成正相关,角膜曲率每增加1D眼压值增加0.375mmHg。本文对286只不同厚度和曲率的近视眼睛进行研究后得到了相似的结果:NCT和GAT测量值与CCT呈正相关,GAT与CCV呈正相关($P < 0.05$);从线性回归方程可见,NCT受CCT影响最大,CCT每偏离10 μ m,NCT值偏离0.41mmHg;GAT受CCV影响最大,CCV每偏离1D,GAT值偏离0.413mmHg;对于NCT与GAT的对比研究,我们得出了NCT测量值高于^[4]或低于^[5]GAT的不同结论,但二者有很好的相关性;本文与钟一声等^[5]的报道一致,GAT值较NCT值平均高0.317mmHg,二者之间无明显差异($P > 0.05$)且有较好的相关性($r = 0.628, P < 0.05$)。

DCT是一种基于不同原理设计的数码化眼压计,它的特点是有一个与角膜表面紧密相贴的凹状探头,当探头与角膜轮廓线达到“轮廓匹配”时,探头内的感受器能感受到眼内压力变化。DCT用最新的电子感应技术代替传统的机械眼压测量法,避免了压平眼压计测量时常遇到的角膜生物力学特性的影响^[6];目前有大量的文献对DCT测量值的准确性及其与压平眼压计之间的比较进行研究,Kniestedt等^[7]将DCT测量值与人尸体眼上的直接眼内压力计测量值进行比较,同时还采用GAT测量值作对比,结果表明DCT值最接近直接压力计读数。在另外一个实验中,kniestedt评估了DCT,NCT与GAT三种设备,他分别连续5次测量同一患者的眼压,差异结果显示DCT变异程度最小^[8];同时他还对DCT,GAT和NCT测量值与角膜厚度的关系进行了分析,得出后两者的结果与角膜厚度明显相关,角膜厚度每增加10 μ m,眼压值平均增加0.35mmHg。本研究中DCT测量值最高,略高于GAT与NCT值,与它们之间有显著性差异($P < 0.01$),但是相互间呈正相关($P <$

0.05),与相关文献相符合^[9];DCT与GAT的相关性最强($r = 0.702$),与NCT相关性稍弱($r = 0.555$),这可能与NCT受CCT影响较GAT大有关系;线性回归分析显示:DCT与CCT和CCV均不存在相关性($P > 0.05$),与既往研究结果一致^[6,8,10,11],表明与GAT和NCT相比,DCT值可能不受CCT和CCV的影响或影响很小。

Pentacam分析系统通过旋转摄像获取眼前节三维立体图像,测量出角膜厚度和曲率等各种前节数据。它不能直接测量眼压,但可根据角膜厚度等数据对其他眼压计测量值提供5种校正方法,消除角膜厚度等因素对眼压测量值的影响^[12]。在pentacam系统五种校正方法中,Ehlers^[2]法,Shah^[13,14]法和Dresden^[15]法均根据CCT的变化来校正眼压,而Orssengo/Pye^[16]法和Kohlhaas^[17]法则同时考虑了角膜厚度和曲率两种影响因素,Kohlhaas法更是将角膜瓣的稳定性考虑在内;对于pentacam各种校正值的准确性及与压平眼压计之间的比较,国内外报道不多。有学者报道Ehlers和Orssengo校正法过分高估了CCT对GAT的作用,可能会使GAT值过矫,即在角膜偏厚时GAT值被低估^[18];邢晓杰等^[19]发现对于角膜较薄组使用Dresden校正公式,有助于得出准确的眼压。何燕玲等^[20]则认为LASIK术后使用Ehlers法对眼压值进行修正易排除可疑青光眼和眼压异常者。本研究发现Kohlhaas和Shah两种方法与GAT,NCT之间有差异($P < 0.05$),而Ehlers,Dresden和Orssengo/Pye几种方法与GAT,NCT之间无差异($P > 0.05$),Pentacam五组校正值与其他各组眼压值之间有较好的相关性($P < 0.05$);其中Dresden法与“金标准”GAT之间相关性最强($r = 0.629$),这可能是因为Dresden法是经眼内封闭系统确定真实眼压值^[15],其得出的校正公式有较高的准确性,也说明了这几种校正结果是可信的;线性回归分析显示:Dresden,Orssengo/Pye,Shah与CCT和CCV均不存在相关性($P > 0.05$)。Kohlhaas和Ehlers两种方法与CCT和CCV之间存在线性关系,说明这两种校正方法易受CCT和CCV的影响而出现误差;本结果与相关报道既有相符合者又有不同处,可能是选择的病例和比较的方法不同所引起。

Pentacam各组校正值与DCT值之间的比较,国内外尚未见报道,本研究显示DCT测量值与Pentacam各种校正值之间存在差异,但它们之间有较好的相关性($r = 0.516 \sim 0.571, P < 0.05$),DCT与Dresden,Orssengo/Pye,Shah几种方法均与CCT和CCV不存在相关性($P > 0.05$)。它们与“金标准”GAT之间均有较好的相关性,表明它们

能够较稳定、可靠地反映患者的眼压。

总之,在这四种眼压测量方法中,NCT值和GAT值易受CCT和CCV的影响,其中NCT值受CCT影响最大,GAT值受CCV影响最大,而DCT值和Pentacam大部分校正值不受CCT和CCV的影响或影响很小,但是后两者价格昂贵。因此我们认为对角膜厚度和曲率正常的健康人群进行青光眼筛查时建议使用方便、准确、价格适中的压平式眼压计,而对一些可疑的患者,特别是怀疑为正常眼压青光眼或者高血压症的患者以及角膜屈光手术后患者,宜进一步行DCT检查或者用Pentacam系统进行眼压校正,防止青光眼的漏诊和误诊。

参考文献

- 1 鲍捷,代艳. 角膜厚度对两种眼压测量方法的影响. 中国实用眼科杂志 2005;23(3):272-274
- 2 Signaos DS, Papastergiou GI, Moedas C. Assessment of the Pascal dynamic contour tonometer in monitoring intraocular pressure in unoperated eyes and eyes after LASIK. *J Cataract Refract Surg* 2004;30(4):746-751
- 3 Garzozzi HJ, Chung HS, Lang Y, et al. Intraocular pressure and photorefractive keratectomy a comparison of three different tonometers. *Cornea* 2001;20(1):33-36
- 4 石晶明,蒋幼琴. 非接触眼压计测量的评价—与 Goldmann 眼压计的比较. 中国实用眼科杂志 2002;20(5):370-372
- 5 钟一声,龚洁,叶纹,等. 非接触式眼压计与 Goldmann 压平眼压计测量眼压的比较. 眼视光学杂志 2000;2(2):101-103
- 6 Kaufmann C, Bachmann LM, Robert YC, et al. Ocular pulse amplitude in healthy subjects as measured by dynamic contour Tonometry. *Arch Ophthalmol* 2006;124(8):1104-1108
- 7 Kniestedt C, Nee M, Stamper RL. Accuracy of dynamic contour tonometry compared with applanation tonometry in human cadaver eyes of different hydration states. *Graefe Arch Clin Exp Ophthalmol* 2005;243(4):359-366
- 8 Kniestedt C, Nee M, Stamper RL. Dynamic contour tonometry: A comparative study on human cadaver eyes. *Arch Ophthalmol* 2004;122(9):1287-1293
- 9 王瑾,周和政,杨帆,等. PASCAL 动态轮廓眼压计临床应用的初步报告. 国际眼科杂志 2008;8(3):519-521
- 10 施维,钟勇,董方田,等. 动态轮廓眼压计的临床应用. 中华眼科杂志 2008;44(5):408-412
- 11 李斌,郭晓枚,李伟力,等. 近视眼患者动态轮廓眼压的调查分析. 国际眼科杂志 2009;9(8):1551-1553
- 12 Kent C. The anterior chamber from every angle. *Rev Ophthalmol* 2005;12(6):33-38
- 13 Shah S, Chatterjee A, Mathai M, et al. Relationship between corneal thickness and measured IOP in a general ophthalmology clinic. *Ophthalmology* 1999;106(11):2154-2160
- 14 Shah S. Accurate intraocular pressure measurement—the myth of modern ophthalmology. *Ophthalmology* 2000;107(10):1805-1807
- 15 Markus K, Andreas G, Eberhard, et al. Effect of central corneal thickness, corneal curvature, and axial length on applanation tonometry. *Arch Ophthalmol* 2006;124(4):471-476
- 16 Orsengo GJ, Pye DC. Determination of the true intraocular pressure and modulus of elasticity of the human cornea *in vivo*. *Bull Math Biol* 1999;61(3):551-572
- 17 Kohlhaas M, Spoerl E, Boehm AG, et al. A correction formula for the real intraocular pressure after LASIK for the correction of myopic astigmatism. *J Refract Surg* 2006;22(3):263-267
- 18 Gunvant P, O'Leary DJ, Baskaran M, et al. Evaluation of tonometric correction factors. *J Glaucoma* 2005;14(5):337-343
- 19 邢晓杰,汤欣. 不同角膜厚度下 Pentacam 系统对压平眼压计测量值的校正. 中国实用眼科杂志 2009;27(2):197-200
- 20 何燕玲,元力,黎晓新,等. Pentacam 系统对 LASIK 手术前后眼压测量值的修正. 眼科研究 2009;27(1):67-70