

## 治疗性角膜接触镜对 Tono-pen 眼压计测量角膜病变患者眼压的影响

王忠浩, 梁轩伟, 曾阳发, 杨 晓, 蔡小于, 刘 杏\*  
(中山大学中山眼科中心//眼科学国家重点实验室, 广东 广州 510060)

**摘要:**【目的】比较配戴治疗性角膜接触镜(TCL)前后 Tono-pen 眼压计测量角膜病变患者眼压测量的差异,分析治疗性角膜接触对 Tono-pen 眼压计测量值的影响。【方法】连续纳入 2012 年 4 月至 2012 年 10 月我院就诊的 33 例(33 眼)角膜病变患者,包括大泡性角膜病变 11 眼、眼化学伤 8 眼、单疱病毒性角膜炎 5 眼、继发性青光眼 4 眼、前部角膜营养不良 2 眼、穿透性角膜移植术后 2 眼、复发性胬肉 1 眼。应用 Tono-pen 眼压计测量患者未配戴 TCL 和配戴 TCL 两种状态下的眼压,每种测量方式各重复测 2 次。用组内相关系数 ICC 计算每一种测量方法的重复性,计算重复测量间差异的 95%可信限;配对  $t$  检验比较两种眼压测量方法的差异,计算差异的可信限 95%LoA,并绘制 Bland-Altman 散点图。【结果】Tono-pen 眼压计直接重复测量的 ICC 为 0.986,两次测量的平均差值为  $(0.42 \pm 1.98)$  mmHg,95%可信限为  $-4.30 \sim 3.46$  mmHg,其中 90.9%的测量差值  $\leq 3$  mmHg;配戴治疗性角膜接触镜后重复测量的 ICC 为 0.983,两次测量的平均差值为  $(0.12 \pm 2.19)$  mmHg,95%可信限为  $-4.46 \sim 4.22$  mmHg,90.9%的测量差值  $\leq 3$  mmHg。配戴治疗性角膜接触镜后 Tono-pen 眼压测量值平均减小  $(0.68 \pm 3.39)$  mmHg,差异无统计学意义( $P = 0.257$ ),两种测量结果的一致性系数 ICC 为 0.959,差值的 95%可信限为  $-7.32 \sim 5.96$  mmHg,其中 70%测量的差值  $\leq 3$  mmHg;在平均眼压  $< 21$  mmHg 的患者中,82.4%的测量差值  $\leq 3$  mmHg,在平均眼压  $\geq 21$  mmHg 的患者中,56.3%的测量差值  $\leq 3$  mmHg。【结论】Tono-pen 眼压计测量角膜病变患者的眼压有较好的重复性,配戴治疗性角膜接触镜对测量的重复性和总体的测量均值无影响。但配戴角膜接触镜前后眼压测量值存在一定程度的差异,高血压者比正常眼压者的差异大,临床应用时应应对测量结果进行客观的评价。

**关键词:** 眼压;Tono-pen 眼压计;治疗性角膜接触镜;角膜病变

中图分类号:R775.2 文献标志码:A 文章编号:1672-3554(2014)01-0100-05

### Intraocular Pressure Measured by Tono-pen Tonometer in Corneal Abnormalities with and without Therapeutic Contact Lens

WANG Zhong-hao, LIANG Xuan-wei, ZENG Yang-fa, YANG Xiao, CAI Xiao-yu, LIU Xing\*

(State Key Laboratory of Ophthalmology//Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510060, China)

**Abstract:** 【Objective】To compare the intraocular pressure measured by Tono-pen tonometer in corneal abnormalities with and without therapeutic contact lens (TCL). 【Methods】33 patients (33 eyes) of corneal abnormalities were consecutively enrolled from April to October 2012 in our hospital, including bullous keratopathy (11 eyes), chemical injury (8 eyes), herpes simplex keratitis (5 eyes), cornea edema caused by secondary glaucoma (4 eyes), anterior cornea dystrophy (2 eyes), penetrating keratoplasty (2 eyes) and recurrent pterygium (1 eyes). The intraocular pressure (IOP) of all the 33 eyes were repeatedly measured twice by Tono-pen tonometer with and without TCL. Repeatability of repeat measurements was calculated by intraclass correlation coefficient (ICC). 95% limit of agreement (95%LoA) for repeat measurements were calculated. Paired-t test were used to compare the IOP measured with and without TCL. 95% LoA of the difference were calculated and Bland-Altman scatter plot were also drawn. 【Results】ICC of the repeat measurements without TCL were 0.986, with 95% LoA from  $-4.30$  to  $3.46$  mmHg. 90.9% of the difference was less than 3 mmHg. ICC of the repeat measurements with TCL were 0.983, with 95% LoA from  $-4.46$  to  $4.22$  mmHg. Also, 90.9% of the difference was less

收稿日期:2012-12-10

基金项目:广东省科技计划项目(2011B080701033),广州市科技计划项目(2013Z4500019)

作者简介:王忠浩,医学硕士,主治医师,E-mail:13580371685@163.com; \*通信作者:刘杏,医学博士,教授,博士生导师,E-mail:liuxing@mail.sysu.edu.cn

than 3 mmHg. IOP measured with TCL were 0.68 mmHg smaller than without TCL, but the difference were not significantly ( $P = 0.257$ ). ICC of measurements with and without TCL were 0.959, with 95% LoA from -7.32 to 5.96 mmHg. There were 70% of all 33 eyes were less than 3 mmHg, which were 82.4% and 56.3% in eyes with IOP < 21 mmHg and eyes with mean IOP  $\geq$  21 mmHg respectively. 【Conclusions】 Tono-pen tonometer were highly repeatable for IOP measurement in corneal abnormalities. TCL had no effect on the repeatability and total mean IOP. Measurements difference with and without TCL were exist in a certain extent as much in eyes with higher IOP than in eyes with normal IOP, which should be objectively evaluated in clinical practice.

**Key words:** intraocular pressure; Tono-pen tonometer; therapeutic contact lens; corneal abnormalities

[J SUN Yat-sen Univ (Med Sci), 2014, 35(1):100-104]

各种角膜病变患者的眼压测量是眼科临床所面临的难点问题。Goldmann 眼压计和气动式眼压计均需要规则光滑的角膜表面才能准确测量眼压, Schiotz 眼压计受睑裂大小和眼球壁硬度的影响较大, 三种常用的眼压测量方法均不能可靠测量角膜病变患者的眼内压。Tono-pen 眼压计于 1987 年首次由 Minckler 报道<sup>[1]</sup>, 应用于眼科临床已有 20 多年, 其采用 1.02 mm 直径的测压头和电子压力自动传感器, 测量时与角膜接触面积小, 自动读数, 不易受角膜病变的影响, 是测量角膜病变患者眼压的首选方法。治疗性角膜接触镜 (Therapeutic contact lens, TCL) 是角膜病变患者常用的治疗方法, 也是眼表和角膜手术前后常用的辅助治疗手段。尽管已有研究比较了配戴角膜接触镜前后 Tono-pen 眼压测量的差异, 但已往的研究对象均局限于角膜正常者<sup>[2-5]</sup>和离体尸眼<sup>[6]</sup>, 针对角膜病变患者的研究较少。本研究以临床上多种常见病变导致的角膜不规则患者为研究对象, 比较配戴治疗性角膜接触镜前后 Tono-pen 眼压测量的差异, 为 Tono-pen 眼压计的临床应用提供依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 研究对象

研究对象来自 2012 年 4 月至 10 月在中山大学中山眼科中心就诊的角膜病变患者, 因无法用 Goldmann 眼压计和气动式眼压计准确测量眼压而改用 Tono-pen 眼压计测量眼压者。连续入选患者 33 例 33 眼, 包括大泡性角膜病变眼 11 眼, 眼化学伤 8 眼, 单纯疱疹病毒性角膜炎 5 眼, 继发性青光眼 4 眼, 眼前部角膜营养不良 2 眼, 穿透性角膜移植术后 2 眼, 复发性胬肉 1 眼。

### 1.2 研究方法

所有患者均于配戴治疗性角膜接触镜前后用 Tono-pen 眼压计测量眼压, 两次眼压测量间隔 15

min, 每种方法均重复测量 2 次。眼压测量和配戴治疗性角膜接触镜的先后顺序由随机数字表顺次选取的随机数字决定: 偶数时先进行直接测量再戴治疗性角膜接触镜测量, 奇数时先戴治疗性角膜接触镜测量再进行直接测量。

### 1.3 Tono-pen 眼压测量

患者坐位头稍后仰抬高, 盐酸丙美卡因滴眼液 (ALCAINE, ALcon, Inc) 结膜囊表面麻醉一次。Tono-Pen AVIA (Reichert Ophthalmic Instruments, Depew, NY) 眼压计校准自检通过后进行测量, 将测量头点触角膜至仪器发出“嘀”音为一次有效测量, 以均匀的节奏连续点触角膜, 获得 10 次有效测量后屏幕显示平均眼压读数和可信限, 记录可信限大于 95% 的结果。

### 1.4 软性角膜接触镜配戴

患者坐位, 盐酸丙美卡因滴眼液 (ALCAINE, Alcon Inc.) 结膜囊表面麻醉一次。由医生帮助患者配戴博士伦纯视™ 治疗性角膜接触镜 (Pure Vision™, Bausch & Lomb Incorporated, 材料 balafilcon A, 直径 14.0 mm, 基弧 8.6 mm, 中心厚度 0.09 mm, 含水量 36%), 裂隙灯下评估镜片下无气泡残留后进行 Tono-pen 眼压测量, 连续进行两次测量后取出治疗性角膜接触镜, 操作中避免压迫眼球。

### 1.5 统计方法

用统计软件 SPSS 18.0 进行数据的录入和统计分析。每种眼压测量方法两次测量的重复性采用组内相关系数 ICC (Intraclass correlation coefficient) 表示, 配对  $t$  检验比较重复测量间的差异, 计算两次重复测量差值的可信限 95% LoA (Limit of agreement), 并绘制两次重复测量数据的散点图; 用配对  $t$  检验比较两种眼压测量方法间的差异, 计算一致性限 95% LoA, 并绘制 Bland-Altman 散点图。以  $P < 0.05$  为统计分析显著性意义的界值。

## 2 结 果

### 2.1 Tono-pen 眼压计直接测量和配戴治疗性角膜接触镜后测量眼压的重复性

Tono-pen 眼压计直接重复测量角膜病变患者眼压的 ICC 为 0.986, 两次重复测量的平均差值为 0.42 mmHg, 95%可信限为-4.30 ~ 3.46 mmHg, 其中 90.9%的测量差值 ≤ 3 mmHg; 戴治疗性角膜接触镜后重复测量的 ICC 为 0.983, 两次测量的平均差值为 0.12 mmHg, 95%可信限为-4.46 ~ 4.22 mmHg, 90.9%的测量差值 ≤ 3 mmHg; 配戴治疗性角膜接触镜后 Tono-pen 眼压计的重复性与直接测量相似(表 1, 图 1)。

### 2.2 Tono-pen 眼压计直接测量和配戴治疗性角膜接触镜后测量眼压的一致性

戴治疗性角膜接触镜后 Tono-pen 眼压测量值平均减小(0.68 ± 3.39) mmHg, 两者间差异无统计学意义( $P = 0.26$ ), 差值的 95%可信限为-7.32 ~ 5.96 mmHg, 其中 70%的测量差值 ≤ 3 mmHg。在平均眼压小于 21 mmHg 的眼中, 眼压平均差值为(-0.53 ± 3.08)mmHg( $P = 0.49$ ), 差值的 95%可信限为-6.57 ~ 5.51 mmHg, 其中 82.4%的测量差值 ≤ 3 mmHg。在平均眼压大于 21 mmHg 的眼中, 眼压平均差值为(-0.84 ± 3.78)mmHg( $P = 0.99$ ), 差值的 95%可信限为-8.25 ~ 6.47 mmHg, 其中 56.3%的测量差值 ≤ 3 mmHg(表 2)。以两种测量方法测量值的均数为横坐标, 差值为纵坐标, 绘制 Altman-

表 1 Tono-pen 测量角膜异常患者眼压的重复性

Table 1 Repeatability of IOP measurement using Tono-pen in corneal abnormalities

	Intraocular pressure/mmHg				<i>t</i>	<i>P</i>	Difference ≤ 3 mmHg(%)	ICC
	1 <sup>st</sup> measurement	2 <sup>nd</sup> measurement	Difference	95%LoA				
IOP without TCL	23.65 (12.00)	24.07 (12.08)	0.42 (1.98)	-4.30 ~ 3.46	1.23	0.23	30/33(90.9%)	0.986
IOP with TCL	22.97 (11.69)	22.85 (12.00)	-0.12 (2.19)	-4.46 ~ 4.22	-0.32	0.75	30/33(90.9%)	0.983

表 2 Tono-pen 眼压计直接测量与戴治疗性角膜接触镜测量角膜异常患者眼压的一致性

Table 2 Consistency of IOP measurement with and without TCL using Tono-pen in corneal abnormalities

	Intraocular pressure/mmHg				<i>t</i>	<i>P</i>	Difference ≤ 3 mmHg (%)
	without TCL	with TCL	Difference	95%LoA			
All (33 eyes)	23.65±12.00	22.97±11.69	-0.68 (3.39)	-7.32 ~ 5.96	-1.16	0.26	23/33(70.0%)
Mean IOP<21 mmHg (17 eyes)	14.06±3.31	13.53±3.48	-0.53 (3.08)	-6.57 ~ 5.51	-0.71	0.49	14/17(82.4%)
Mean IOP≥21 mmHg (16 eyes)	33.84±8.97	33.00±8.37	-0.84 (3.78)	-8.25 ~ 6.47	-0.89	0.39	9/16(56.3%)

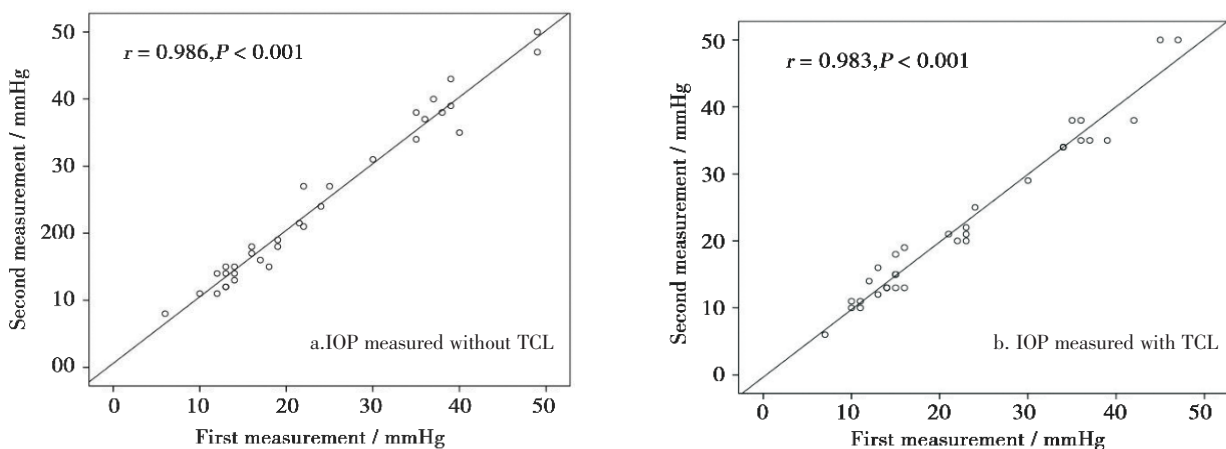


图 1 Tono-pen 重复测量角膜异常患者眼压的相关性散点图

Fig.1 Scatter diagram of IOP measured repeatedly by Tono-pen with and without TCL in corneal abnormalities

Bland散点图(图 2)。

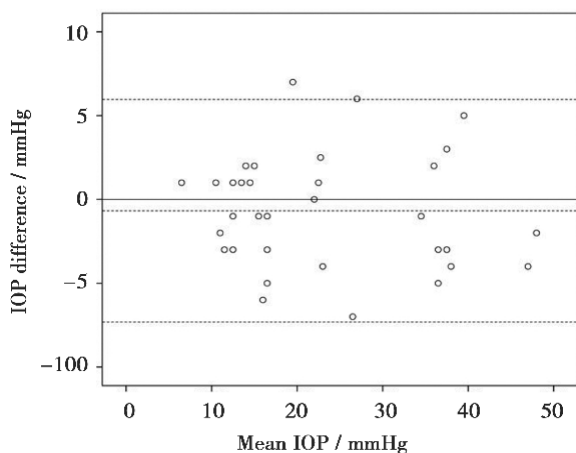


图 2 Tono-pen 直接测量和配戴 TCL 测量眼压的一致性 Bland-Altman 散点图

Fig.2 Bland-Altman scatter diagram of IOP measurement with and without TCL by Tono-pen

### 3 讨 论

研究表明,Tono-pen 眼压计测量正常角膜患者的眼压与 Goldmann 眼压计有较好的一致性,差异的范围为 2.7 mmHg,仅 7%的测量差值大于 5 mmHg<sup>[7]</sup>;在眼压<21 mmHg 范围测量值较 Goldmann 眼压计低 1.7 mmHg,在>24 mmHg 范围两者的测量值间无差异<sup>[8]</sup>。检测眼压>21 mmHg 者的敏感性和特异性在右眼和左眼分别为:62.1%和 92.6%、72.4%和 97.1%<sup>[9]</sup>。Tono-pen 在测量角膜病变者的眼压时较少受测量位置<sup>[10-11]</sup>、眼内填充物<sup>[12-14]</sup>、中央角膜厚度<sup>[15]</sup>和角膜曲率<sup>[16]</sup>的影响。Tono-pen 眼压计具有三个明显的特点:第一,测压头直径仅为 1.02 mm,测量眼压时受睑裂和角膜病变区影响较小,对于合并睑球粘连、角膜严重血管化和假性胬肉侵犯的患眼亦可进行眼压测量;其次,由电子传感器和显示屏自动读数显示,并且显示测量的可靠性,不需要靠眼表染色和人工判断测量终点,大大提高了测量的重复性;体积小巧轻便,便于携带,可在床边、诊室、担架、救护车随时进行测量。Tono-pen 眼压计的上述特点使其非常适用于因各种眼病和手术导致的角膜不规则患者的眼压测量<sup>[17]</sup>,但这类患者的角膜多伴有水肿、上皮缺损、角膜变

薄、溃疡、新生血管、假性胬肉、疤痕散光等病变,眼内压水平可波动于几个至几十毫米汞柱的范围。因此,Tono-pen 对这些患者眼压测量的重复性极可能与对正常人的测量不同,治疗性角膜接触镜是这些患者常用的治疗手段,其对眼压测量的影响需要进一步临床评估。

本研究结果显示,Tono-pen 眼压计测量角膜病变患者的眼压具有较好的重复性,90.9%的重复测量差值不大于 3 mmHg,差值的 95%可信限约为 3~4 mmHg;配戴治疗性角膜接触镜后对 Tono-pen 眼压测量的重复性与直接测量相当,90.9%的重复测量差值不大于 3 mmHg,差值的 95%可信限约为 4~4.5 mmHg。配戴治疗性角膜接触镜后 Tono-pen 眼压测量的可信限较直接测量增大了约 1~1.5 mmHg,可能由于在直接测量时,我们的测压头尽量对准角膜相对正常区域进行测量,以避免对病变区的损伤从而提高了测量的准确性<sup>[18]</sup>;而在配戴治疗性角膜接触镜后,由于接触镜的保护作用,测量时可直接对准角膜中央测量,测量部位的不同可能是导致其重复性限增大的原因。

配戴治疗性角膜接触镜后 Tono-pen 眼压的平均值比直接测量低-0.68 mmHg,差异无统计学意义( $P = 0.26$ ),两者测量差值的 95%可信限约为 6~7 mmHg,其中 70%的测量差异不大于 3 mmHg。Scibilia 等<sup>[4]</sup>研究了三种不同型号的隐形眼镜对 Tono-pen 眼压计测量正常人与眼前段异常者眼压的影响,结果表明治疗性角膜接触镜的中央厚度和含水量均不影响眼压的测量结果,与本研究的结果一致。Khan 等<sup>[5]</sup>比较了正常人配戴治疗性角膜接触镜前后 Tono-pen 眼压的变化,发现戴接触镜后眼压变化幅度约为 0.27 mmHg,差异无统计学意义,与本研究的结论相似。但其研究中差值的 95%可信限约为 2 mmHg,较本研究的差异幅度小。这可能由于两者的研究对象不同所致,本研究对象均为角膜异常者,角膜的不规则性可能是两者可信限存在差异的原因;此外,Khan 等研究中发现摘除治疗性角膜接触镜后用 Tono-pen 测量的眼压与配戴时测量的眼相差约 0.85 mmHg,差异有统计学意义,表明配戴治疗性角膜接触镜前后测量眼压的顺序对测量结果有影响,在本研究中我们采用随机数字法对入选病例两种

眼压测量方式的先后顺序进行随机分配,以消除测量顺序对结果分析的影响。本研究结果显示,高眼压组的 95% LoA 较低眼压组大 (6.5 ~ 8.0 mmHg) vs (5.5 ~ 6.5 mmHg), 差值不大于 3 mmHg 的比例降低 (56.3% vs 82.4%; 表 2、图 2)。其可能的原因是: 由于传感器在不同眼压范围内的响应特性不同所致; 眼压较高的患者角膜不规则性、眼前段的病变程度更大, 使测量的误差增加。

本研究表明, Tono-pen 眼压计对角膜病变患者的眼压测量具有较好的重复性, 配戴治疗性角膜接触镜对 Tono-pen 眼压测量的重复性和总体测量的均值无影响; 但配戴治疗性角膜接触镜前后, 约有 30% 的测量差异大于 3 mmHg, 高眼压者的差异大于正常眼压者, 在临床应用中应对测量结果的可靠性应给予客观的评价。对于因角膜上皮缺损、溃疡、感染等病变而不适于直接测量眼压的患者, 可配戴治疗性角膜接触镜后利用 Tono-pen 测量眼压, 可以在一定可信限度内评估患眼的眼压水平, 为此类疾病的临床诊断和治疗提供依据。

#### 参考文献:

- [1] Minckler DS, Baerveldt G, Heuer DK, et al. Clinical evaluation of the Oculab Tono-Pen [J]. *Am J Ophthalmol*, 1987, 104(2): 168-173.
- [2] Lim L, Ng TP, Tan DT. Accurate intraocular pressure measurement in contact lens wearers with normal pressures[J]. *CLAO J*, 1997, 23(2): 130-133.
- [3] Klein A, Shemesh G, Loewenstein A, et al. Intraocular pressure measurements in relation to head position and through soft contact lenses: comparison of three portable instruments[J]. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging*, 2011, 42(1): 64-71.
- [4] Scibilia GD, Ehlers WH, Donshik PC. The effects of therapeutic contact lenses on intraocular pressure measurement[J]. *CLAO J*, 1996, 22(4): 262-265.
- [5] Khan JA, Lagreca BA. Tono-Pen estimation of intraocular pressure through bandage contact lenses [J]. *Am J Ophthalmol*, 1989, 108(4): 422-425.
- [6] Panek WC, Boothe WA, Lee DA, et al. Intraocular pressure measurement with the Tono-Pen through soft contact lenses[J]. *Am J Ophthalmol*, 1990, 109(1): 62-65.
- [7] Armstrong TA. Evaluation of the Tono-Pen and the Pulsair tonometers[J]. *Am J Ophthalmol*, 1990, 109(6): 716-720.
- [8] Minckler DS, Baerveldt G, Heuer DK, et al. Clinical evaluation of the Oculab Tono-Pen [J]. *Am J Ophthalmol*, 1987, 104(2): 168-173.
- [9] Kao SF, Lichter PR, Bergstrom TJ, et al. Clinical comparison of the Oculab Tono-Pen to the Goldmann applanation tonometer [J]. *Ophthalmology*, 1987, 94(12): 1541-1544.
- [10] Khan J A, Davis M, Graham CE, et al. Comparison of Oculab Tono-Pen readings obtained from various corneal and scleral locations [J]. *Arch Ophthalmol*, 1991, 109(10): 1444-1446.
- [11] Sullivan-Mee M, Pham F. Correspondence of Tono-Pen intraocular pressure measurements performed at the central cornea and mid-peripheral cornea [J]. *Optometry*, 2004, 75(1): 26-32.
- [12] Lim JI, Blair NP, Higginbotham EJ, et al. Assessment of intraocular pressure in vitrectomized gas-containing eyes: A clinical and manometric comparison of the Tono-Pen to the pneumotonometer [J]. *Arch Ophthalmol*, 1990, 108(5): 684-688.
- [13] Alfaro DV, Tran VT. A clinical comparison of the Oculab Tono-Pen with the Goldmann applanation tonometer in eyes filled with silicone oil [J]. *Retina*, 1991, 11(2): 219-220.
- [14] Hines MW, Jost BF, Fogelman KL. Oculab Tono-Pen, Goldmann applanation tonometry, and pneumatic tonometry for intraocular pressure assessment in gas-filled eyes [J]. *Am J Ophthalmol*, 1988, 106(2): 174-179.
- [15] Bhan A, Browning AC, Shah S, et al. Effect of corneal thickness on intraocular pressure measurements with the pneumotonometer, Goldmann applanation tonometer, and Tono-Pen [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2002, 43(5): 1389-1392.
- [16] Paranhos AJ, Paranhos FR, Prata JJ, et al. Influence of keratometric readings on comparative intraocular pressure measurements with Goldmann, Tono-Pen, and noncontact tonometers [J]. *J Glaucoma*, 2000, 9(3): 219-223.
- [17] Rootman DS, Insler MS, Thompson HW, et al. Accuracy and precision of the Tono-Pen in measuring intraocular pressure after keratoplasty and epikeratophakia and in scarred corneas [J]. *Arch Ophthalmol*, 1988, 106(12): 1697-1700.
- [18] Azuara-Blanco A, Bhojani TK, Sarhan AR, et al. Tono-Pen determination of intraocular pressure in patients with band keratopathy or glued cornea [J]. *Br J Ophthalmol*, 1998, 82(6): 634-636.