

眼球参数对iCare IC100眼压计和Goldmann压平式眼压计测量结果的影响

彭悦¹, 刘瑞², 朱俊东^{1,3}, 黄江平¹, 赵平^{4*}

¹郴州爱尔眼科医院, 湖南 郴州

²长沙湘江爱尔眼科医院, 湖南 长沙

³长沙爱尔眼科医院, 湖南 长沙

⁴辽宁爱尔眼科医院, 辽宁 沈阳

收稿日期: 2023年8月4日; 录用日期: 2023年8月25日; 发布日期: 2023年9月12日

摘要

目的: 探讨中央角膜厚度、角膜曲率、角膜散光、白到白、前房深度、晶体厚度和眼轴长度对iCare IC100眼压计与Goldmann压平式眼压计(Goldmann applanation tonometry, GAT)测量结果的影响。方法: 前瞻性研究。选取47例(73眼)门诊患者作为研究对象。采用IOL Master700测量患者中央角膜厚度、角膜曲率、角膜散光、白到白、前房深度、晶体厚度和眼轴长度, 使用iCare IC100眼压计和GAT对所有患者进行眼压测量。采用线性相关分析比较iCare IC100和GAT的测量结果以及iCare IC100和GAT与中央角膜厚度、角膜曲率、角膜散光、白到白、前房深度、晶体厚度和眼轴长度的相关性, 并进一步采用多重线性回归法分析相关性好的眼球参数与两种眼压计测量结果的关系。结果: 使用iCare IC100和GAT测量眼压的平均值分别为 (19.01 ± 7.68) mmHg和 (18.99 ± 7.58) mmHg ($r = 0.942, P = 0.000$)。中央角膜厚度与iCare IC100和GAT测量值均明显相关($r = 0.527, P = 0.000; r = 0.485, P = 0.000$)。中央角膜厚度每增加1 μm , iCare IC100测量值增加0.094 mmHg, GAT测量值增加0.085 mmHg。中央角膜厚度对iCare IC100测量值的影响较其对于GAT测量值的影响大。角膜散光与iCare IC100和GAT的测量值均明显相关($r = 0.246, P = 0.036; r = 0.309, P = 0.008$)。角膜散光每增加1 D, iCare IC100测量值增加2.045 mmHg, GAT测量值增加2.662 mmHg。角膜散光对iCare IC100测量值的影响较其对于GAT测量值的影响小。眼轴每增加1 mm, iCare IC100测量值增加0.593 mmHg, GAT测量值增加0.489 mmHg。眼轴对iCare IC100测量值的影响较其对于GAT测量值的影响大。角膜曲率、白到白、前房深度、晶体厚度和眼轴长度与iCare IC100和GAT的测量值均无显著相关性(P 均 > 0.05)。结论: 中央角膜厚度、角膜散光和眼轴长度对iCare IC100和GAT的测量值均有影响, 中央角膜厚度和眼轴长度对iCare IC100测量值的影响较其对于GAT的影响大, 角膜散光对iCare IC100测量值的影响较其对于GAT的影响小。

关键词

iCare IC100眼压计, 眼压, 角膜厚度, 角膜散光, 眼轴

*通讯作者。

Effect of Eye Parameters on iCare IC100 Tonometer and Goldmann Applanation Tonometer Measurements

Yue Peng¹, Rui Liu², Jundong Zhu^{1,3}, Jiangping Huang¹, Ping Zhao^{4*}

¹Chenzhou Aier Eye Hospital, Chenzhou Hunan

²Xiangjiang Aier Eye Hospital, Changsha Hunan

³Changsha Aier Eye Hospital, Changsha Hunan

⁴Liaoning Aier Eye Hospital, Shenyang Liaoning

Received: Aug. 4th, 2023; accepted: Aug. 25th, 2023; published: Sep. 12th, 2023

Abstract

Objective: To investigate the effects of central corneal thickness, corneal curvature, corneal astigmatism, white to white, anterior chamber depth, lens thickness and axial length on the measurement results of iCare IC100 tonometer and Goldmann applanation tonometer (GAT). **Methods:** Prospective study. Forty-seven outpatients (73 eyes) were selected as study subjects. Central corneal thickness, corneal curvature, corneal astigmatism, white to white, anterior chamber depth, lens thickness and axial length were measured using the IOL Master700, and intraocular pressure measurements were performed in all patients using the iCare IC100 tonometer and GAT. Linear correlation analysis was used to compare the measurement results of iCare IC100 and GAT and the correlation between iCare IC100 and GAT and central corneal thickness, corneal curvature, corneal astigmatism, white to white, anterior chamber depth, lens thickness and eye axis length, and the relationship between the correlated parameters and the two tonometer measurements was further analyzed by multiple linear regression. **Results:** The mean values of iCare IC100 and GAT were (19.01 ± 7.68) mmHg and (18.99 ± 7.58) mmHg ($r = 0.942$, $P = 0.000$), respectively. Central corneal thickness was significantly correlated with iCare IC100 and GAT measurements ($r = 0.527$, $P = 0.000$; $r = 0.485$, $P = 0.000$). For every 1 μm increase in central corneal thickness, the iCare IC100 measurement increased by 0.094 mmHg and the GAT measurement increased by 0.085 mmHg. The thickness of the central cornea has a greater influence on the iCare IC100 measurement than it does on the GAT measurement. Corneal astigmatism was significantly correlated with the measurements of iCare IC100 and GAT ($r = 0.246$, $P = 0.036$; $r = 0.309$, $P = 0.008$). For every 1 D increase in corneal astigmatism, the iCare IC100 measurement increased by 2.045 mmHg and the GAT measurement increased by 2.662 mmHg. Corneal astigmatism has less effect on iCare IC100 measurements than it does on GAT measurements. For every 1 mm increase in the eye axis, the iCare IC100 measurement increases by 0.593 mmHg and the GAT measurement increases by 0.489 mmHg. The eye axis has a greater influence on the iCare IC100 measurement than it does on the GAT measurement. Corneal curvature, white to white, anterior chamber depth, lens thickness, and axial length were not significantly correlated with iCare IC100 and GAT measurements (all $P > 0.05$). **Conclusion:** Central corneal thickness, corneal astigmatism and axial length had greater effects on iCare IC100 and GAT measurements, central corneal thickness and axial length had greater effects on iCare IC100 measurements than GAT, and corneal astigmatism had less influence on iCare IC100 measurements than GAT.

Keywords

iCare IC100 Tonometer, Intraocular Pressure, Corneal Thickness, Corneal Astigmatism, Axial Length



1. 前言

全球约有 22 亿人有视力障碍, 青光眼是不可逆性致盲的主要原因, 早期发现和早期治疗对于预防青光眼的发展尤其重要[1]。眼压升高是青光眼的主要危险因素, 准确测量眼压对于青光眼的诊断、治疗以及随访非常重要[2]。目前已有较多文献报道部分眼球参数对于 Goldmann 压平式眼压计和非接触式眼压计眼压测量值有影响, 如中央角膜厚度、角膜曲率[3] [4] [5] [6]。iCare IC100 眼压计作为一种回弹式眼压计, 目前国内外少有文献报道眼球参数对其眼压测量值的影响, 因此在本研究中, 我们将研究比较数个眼球参数对 iCare IC100 和 GAT 眼压测量值的影响, 辅助临床医生在临床应用中选择更加合适的眼压计准确的评估眼压。

2. 资料与方法

2.1. 一般资料

选取 2019 年 3 月至 2019 年 5 月在辽宁爱尔眼科医院青光眼科门诊就诊的患者 47 例(73 眼)。其中男性 19 例, 女性 28 例, 年龄 16~84 岁, 平均(62.2 ± 13.8)岁, 中央角膜厚度 432~624 μm , 平均(527.7 ± 37.6) μm 。对所有研究对象进行眼科检查, 包括视野(Humphrey 视野计 750i, 德国蔡司公司)、裂隙灯下眼底检查(BQ-900, 瑞士 Haag-Streit 公司)等。排除患有眼部活动性炎症、眼外伤、角膜水肿、角膜瘢痕、翼状胬肉等眼部疾病的患者、有角膜移植手术史、屈光手术史的患者和患有严重心血管疾病等其他全身疾病的患者。

2.2. 测量方法

2.2.1. 测量顺序

首先用 IOLMaster 700 测量患者的相关参数, 再分别用 iCare IC100 和 GAT 眼压计测量眼压。测量眼压前对眼压计进行校准。两个眼压计分别固定由两位熟练掌握眼压计使用方法的医师在同一暗室进行眼压测量。为了尽量减少使用眼压计测量眼压对真实眼压的影响, 眼压计测量的顺序为 iCare IC100 (检查医师 A)和 GAT (检查医师 B)。在每次测量结束后检查医师均需重新定位再测量, 两种眼压计之间间隔 5 min。测量过程中检查医师对另一种眼压计的测量结果未知, 测量结束后分别记录眼压测量值。

2.2.2. IOLMaster 700 测量方法

患者下颌置于 IOLMaster 700 的下颌托上, 额部紧贴额托, 嘱患者注视 IOLMaster 700 中的视标, 瞬目后立即睁眼, 检查医师 C 对焦后仪器自动进行测量, 观察眼底 OCT 图像是否显示黄斑中心凹(确保测量数据准确), 然后记录中央角膜厚度、角膜曲率、角膜散光、白到白、前房深度、晶体厚度和眼轴长度参数。

2.2.3. iCare IC100 眼压计测量方法

患者取坐位, 双眼正视前方。检查医师 A 启动 iCare IC100 眼压计(TA011, 芬兰 iCare 公司), 然后安装一次性测量探针, 调整支撑杆将探头定位在与角膜顶点相同的高度, 探针垂直中央角膜平面, 距离中央角膜约 4~8 mm。iCare IC100 眼压计探针连续回弹六次, 仪器根据测量探针的减速和回弹时间自动

计算眼压值,直接显示于电子屏幕。根据测量的标准偏差,眼压计显示3种误差:绿色虚线框(理想)、黄色虚线框(些许偏差)和 Repeat (偏差大,需重新测量)。检查医师 A 记录绿色虚线框的眼压值,否则重新测量,取3次测量的平均值作为眼压值。

2.2.4. GAT 测量方法

患者取坐位。检查医师对患者进行表面麻醉和荧光素染色,调整裂隙灯颌托至合适高度,嘱患者下颌放至颌托,双眼正视前方,检查医师 B 调整 GAT(GAT-900,瑞士 Haag-Streit 公司)进行眼压测量,取3次测量值的平均值作为眼压值,记录眼压值。

2.3. 统计学方法

采用 SPSS18.0 软件进行统计分析。对研究人群的人口特征进行描述性统计,采用 Kolmogorov-Smirnov 检验方法检测数据的正态分布,采用线性相关分析比较 iCare ic100 和 GAT 的测量结果以及 iCare IC100 和 GAT 与中央角膜厚度、角膜曲率、角膜散光、白到白、前房深度、晶体厚度和眼轴长度的相关性,并进一步采用多重线性回归法分析相关性好的参数与两种眼压计测量结果的关系,参数值采用均值 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示, $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

3. 结果

3.1. 两种眼压计眼压测量值的比较

Kolmogorov-Smirnov 检验分析结果显示:两种眼压计眼压测量值的分布均符合正态分布(P 均 > 0.05)。Pearson 线性相关分析显示使用 iCare IC100 和 GAT 测量眼压结果平均值分别为(19.01 ± 7.68) mmHg 和(18.99 ± 7.58) mmHg ($r = 0.942$, $P = 0.000$),表明 iCare IC100 和 GAT 眼压计具有良好的相关性。

3.2. 两种眼压计眼压测量值与各个眼球参数的相关性

按照 Pearson 相关系数的分级:高度相关(r : $0.7 \sim 0.99$)、中度相关(r : $0.4 \sim 0.69$)、低度相关(r : $0.2 \sim 0.4$)和无相关($r < 0.2$)。Pearson 线性相关分析显示中央角膜厚度与 iCare IC100 和 GAT 的眼压测量值呈中度相关($r = 0.527$, $P = 0.000$; $r = 0.485$, $P = 0.000$),角膜散光与 iCare IC100 和 GAT 的眼压测量值呈低度相关($r = -0.246$, $P = 0.036$; $r = -0.309$, $P = 0.008$),眼轴与 iCare IC100 和 GAT 的眼压测量值呈低度相关($r = 0.301$, $P = 0.010$; $r = 0.260$, $P = 0.026$)。角膜曲率、白到白、前房深度、晶体厚度与 iCare IC100 和 GAT 的测量值均无显著相关性(P 均 > 0.05)。

3.3. 两种眼压计眼压测量值与有显著相关性眼球参数的回归分析

中央角膜厚度与 iCare IC100 和 GAT 测量值均明显相关($r = 0.527$, $P = 0.000$; $r = 0.485$, $P = 0.000$),中央角膜厚度每增加 $1 \mu\text{m}$, iCare IC100 测量值增加 0.094 mmHg , GAT 测量值增加 0.085 mmHg ,中央角膜厚度对 iCare IC100 测量值的影响较其对于 GAT 测量值的影响大。角膜散光与 iCare IC100 和 GAT 的测量值均明显相关($r = -0.246$, $P = 0.036$; $r = -0.309$, $P = 0.008$),角膜散光每增加 1D , iCare IC100 测量值降低 2.045 mmHg , GAT 测量值降低 2.662 mmHg ,角膜散光对 iCare IC100 测量值的影响较其对于 GAT 测量值的影响小。眼轴与 iCare IC100 和 GAT 的测量值均明显相关($r = 0.301$, $P = 0.010$; $r = 0.260$, $P = 0.026$),眼轴每增加 1 mm , iCare IC100 测量值增加 0.593 mmHg , GAT 测量值增加 0.489 mmHg ,眼轴对 iCare IC100 测量值的影响较其对于 GAT 测量值的影响大。

4. 讨论

在临床上使用的眼压计有很多种,目前 GAT 在国际上被公认为眼压测量的金标准,但其也存在不足,

如表面麻醉可能导致眼压测量值偏低、直接接触角膜可能导致交叉感染和损伤角膜上皮等[7][8]。与 GAT 相比, iCare 回弹式眼压计避免了这些不足, iCare 回弹式眼压计测量步骤简单, 轻按按钮后探针自动连续回弹六次后显示眼压值, 测量使用一次性探针, 避免了交叉感染, 测量只需几秒时间, 速度快, 测量过程无需表面麻醉和无需染色, 测量舒适度高[9]。当然眼压计最重要的是测量眼压的准确性, 国外有研究显示 iCare IC100 与 GAT 具有良好的可重复性和一致性。我们在前期也通过研究[10]发现同一检查医师使用 iCare IC100 眼压计三次连续测量的眼压值组内相关系数 ICC 为 0.923 ($P < 0.001$), 测量眼压重复性良好, 且通过 Bland-Altman 分析比较与 GAT 测量眼压值, 证实与 GAT 测量眼压值具有良好的一致性, 本研究中采用 Pearson 线性相关分析比较 iCare IC100 眼压计和 GAT 眼压计的眼压测量值, 结果显示 iCare IC100 和 GAT 测量眼压结果平均值分别为 (19.01 ± 7.68) mmHg 和 (18.99 ± 7.58) mmHg ($r = 0.942$, $P = 0.000$), 具有良好的相关性, 由此得出了一样的结论。

另一方面, 以往许多研究[11]-[18]已经发现中央角膜厚度、角膜曲率、角膜生物力学对于眼压计眼压测量有影响。例如 2009 年张扬[16]等人通过分析 120 例患者的眼压值发现中央角膜厚度每增加 1 μm , GAT 测量眼压值增加 0.039 mmHg, 角膜曲率每增加 1 mm, GAT 测量眼压值减少 2.648 mmHg。2021 年郑伊苹[10]等人采用多重线性回归和逐步回归法分析发现角膜生物力学中形变比例和第 2 次压平时间可以起到预测 iCare IC100 眼压测量值的作用。为了更加准确的评估真实眼压值, 关注各个眼球参数对于眼压计测量眼压的影响至关重要。有研究[11][12][13][14][15]已经证实 CCT 与 iCare 回弹式眼压计和 GAT 测量的眼压值具有显著相关性。本研究的结果显示两种眼压计眼压测量值与 CCT 明显相关(P 均 < 0.05), CCT 越厚, 眼压值越高, 且 CCT 对 iCare IC100 测量值的影响程度比对 GAT 测量值的影响大, 这与我们前期的研究[10]以及国外的相关研究[2][16]的结果相似。此外, 我们还发现角膜散光、眼轴与 iCare IC100 和 GAT 的眼压测量值呈低度正相关, 角膜散光对 iCare ic100 测量值的影响较其对于 GAT 测量值的影响小, 眼轴对 iCare ic100 测量值的影响较其对于 GAT 测量值的影响大。因此, 对于中央角膜厚度、眼轴偏离正常范围的患者, 相比 iCare IC100, 使用 GAT 测量的眼压值可能更接近真实值, 对于角膜散光过高的患者, 使用 iCare IC100 测量眼压可能更合适。在以往的研究中发现角膜曲率会影响 iCare 回弹式眼压计对真实眼压值的评估[16][17], 本研究结果显示角膜曲率与 iCare ic100 和 GAT 的测量值均无显著相关性, 与李阳明在 2011 年的研究结果[19]相似, 研究结果的差异可能与样本量及样本中角膜曲率的分布有关, 尚需大样本研究进一步明确。

本研究还存在一些局限性: 首先, 本研究未考虑到角膜生物力学参数对 iCare IC100 测量眼压的影响; 其次, 本研究未考虑到不同患者人群如儿童、老年人或高度近视人群等对眼压测量值的影响, 还有本研究未考虑到不同眼压分布对 iCare IC100 眼压测量值的影响, 这些在未来的研究中需进一步探究。

总而言之, iCare IC100 和 GAT 眼压计具有良好的相关性, 在临床工作中, iCare IC100 可用于不适宜使用 GAT 测量眼压的患者, 如对于检查欠配合的儿童和角膜水肿、角膜移植的患者。其次, iCare IC100 测量眼压受中央角膜厚度、散光及眼轴的影响, 且中央角膜厚度和眼轴对 iCare IC100 测量值的影响较其对于 GAT 测量值的影响大, 若中央角膜厚度和眼轴偏离常规范围较大时, 在使用 iCare IC100 测量眼压后可通过中央角膜厚度、眼轴矫正眼压读数, 散光对 iCare IC100 测量值的影响较其对于 GAT 测量值的影响小, 若散光较大时, 使用 iCare IC100 测量眼压可能是一个更优的选择, 当然这一点还需要大样本研究进一步证实。

利益冲突

所有作者均声明不存在利益冲突。

基金项目

郴州市科技局项目(lcyl2021118)。

参考文献

- [1] Soh, Z.D., Yu, M., Betzler, B.K., *et al.* (2021) The Global Extent of Undetected Glaucoma in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ophthalmology*, **128**, 1393-1404. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2021.04.009>
- [2] Vodencarevic, A.N., Jusufovic, V., Terzic, S. and Halilbašić, M. (2016) Comparison of Intraocular Pressure Measurements Obtained by Rebound, Noncontact, and Goldmann Applanation Tonometry in Children. *American Journal of Ophthalmology*, **163**, 192. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2015.12.012>
- [3] Tonnu, P.A., Ho, T., *et al.* (2005) The Influence of Central Corneal Thickness and Age on Intraocular Pressure Measured by Pneumotonometry, Non-Contact Tonometry, the Tono-Pen XL, and Goldmann Applanation Tonometry. *British Journal of Ophthalmology*, **89**, 851-854. <https://doi.org/10.1136/bjo.2004.056622>
- [4] Wangsupadilok, B. and Horatanaruang, O. (2011) The Impact of Central Corneal Thickness on Intraocular Pressure Measured by Non-Contact Tonometry. *Journal of the Medical Association of Thailand*, **94**, 574-578.
- [5] Gupta, V., Sony, P., Agarwal, H.C., *et al.* (2006) Inter-Instrument Agreement and Influence of Central Corneal thickness on Measurements with Goldmann, Pneumotonometer and Noncontact Tonometer in Glaucomatous Eyes. *Indian Journal of Ophthalmology*, **54**, 261-265. <https://doi.org/10.4103/0301-4738.27952>
- [6] Mansoori, T. and Balakrishna, N. (2017) Effect of Central Corneal Thickness on Intraocular Pressure and Comparison of Topcon CT-80 Non-Contact Tonometry with Goldmann Applanation Tonometry. *Clinical & Experimental Optometry*, **101**, 206-212. <https://doi.org/10.1111/cxo.12620>
- [7] Whitacre, M.M. and Stein, R. (1993) Sources of Error with Use of Goldmann-Type Tonometers. *Survey of Ophthalmology*, **38**, 1-30. [https://doi.org/10.1016/0039-6257\(93\)90053-A](https://doi.org/10.1016/0039-6257(93)90053-A)
- [8] Baudouin, C. and Gastaud, P. (1994) Influence of Topical Anesthesia on Tonometric Values of Intraocular Pressure. *Ophthalmologica*, **208**, 309-313. <https://doi.org/10.1159/000310527>
- [9] Shunsuke, N. (2018) Icare Rebound Tonometers: Review of Their Characteristics and Ease of Use. *Clinical Ophthalmology*, **12**, 1245-1253. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S163092>
- [10] 郑伊苹, 赵平, 刘瑞, 等. iCare iC100 与 Corvis ST 测量眼压的重复性和一致性比较[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2021, 23(10): 745-751. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn115909-20210222-00069>
- [11] Gao, F., Liu, X., Zhao, Q. and Pan, Y.Z. (2017) Comparison of the iCare Rebound Tonometer and the Goldmann Applanation Tonometer. *Experimental and Therapeutic Medicine*, **13**, 1912-1916. <https://doi.org/10.3892/etm.2017.4164>
- [12] Kohlhaas, M., Boehm, A.G., Spoerl, E., *et al.* (2006) Effect of Central Corneal Thickness, Corneal Curvature, and Axial Length on Applanation Tonometry. *Archives of Ophthalmology*, **124**, 471-476. <https://doi.org/10.1001/archophth.124.4.471>
- [13] Shah, S., Chatterjee, A., Mathai, M., *et al.* (1999) Relationship between Corneal Thickness and Measured Intraocular Pressure in a General Ophthalmology Clinic. *Ophthalmology*, **106**, 2154-2160. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(99\)90498-0](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(99)90498-0)
- [14] Harada, Y., Hirose, N., Kubota, T. and Tawara, A. (2008) The Influence of Central Corneal Thickness and Corneal Curvature Radius on the Intraocular Pressure as Measured by Different Tonometers: Noncontact and Goldmann Applanation Tonometers. *Journal of Glaucoma*, **17**, 619-625. <https://doi.org/10.1097/IJG.0b013e3181634f0f>
- [15] Martinez-de-la-Casa, J.M., Garcia-Feijoo, J., Vico, E., *et al.* (2006) Effect of Corneal Thickness on Dynamic Contour, Rebound, and Goldmann Tonometry. *Ophthalmology*, **113**, 2156-2162. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2006.06.016>
- [16] 张扬, 赵家良, 卞爱玲, 等. 中央角膜厚度、角膜曲率对 Goldmann 压平眼压计和非接触眼压计测量结果的影响[J]. 中华眼科杂志, 2009, 45(8): 713-718.
- [17] 冯震. Icare 回弹式眼压计、非接触式眼压计、Goldmann 压平式眼压计的测量结果比较[D]: [硕士学位论文]. 石家庄: 河北医科大学, 2012. <https://doi.org/10.7666/d.y2105415>
- [18] 赵姣, 税丹, 毛科, 等. 两种眼压计测量成人高度近视眼压比较及其与角膜生物力学关系的研究[J]. 中国科技期刊数据库医药, 2022(9): 19-22.
- [19] 李阳明. 三种压平式眼压计的一致性分析[D]: [硕士学位论文]. 温州: 温州医科大学, 2011. <https://doi.org/10.7666/d.y1946068>