

角膜屈光手术后眼压测量的研究进展

李华 综述 王雁 审校

【摘要】 角膜屈光手术后患者需使用较长时间的糖皮质激素以促进伤口愈合,然而糖皮质激素的长期应用可引起眼压升高,甚至导致皮质类固醇性青光眼,因此正确评估患者角膜屈光术后的眼压对于避免术后皮质类固醇性青光眼的漏诊、及时发现角膜屈光术后青光眼患者具有重要的临床意义。评估角膜屈光手术后眼压变化需综合中央角膜厚度、角膜曲率、切削深度、术前眼压及生物力学等因素的影响。就角膜表层切削屈光手术、角膜板层切削屈光手术和全飞秒激光角膜屈光手术后眼压的测量及其影响因素进行综述。

【关键词】 角膜屈光手术; 眼压/测量; 角膜生物力学

Advances in intraocular pressure measurement after corneal refractive surgery Li Hua, Wang Yan. Tianjin Key Laboratory of Ophthalmology and Vision Science, Tianjin Eye Institute, Tianjin Eye Hospital, Clinical College of Ophthalmology, Tianjin Medical University, Tianjin 300020, China
Corresponding author: Wang Yan, Email: wangyan7143@vip.sina.com

[Abstract] After corneal refractive surgery, patients need to use glucocorticoids for a long time to control the wound healing. However, it can cause elevated intraocular pressure, even glucocorticoid-induced glaucoma, therefore properly evaluating patients' postoperative intraocular pressure (IOP) to avoid missing diagnosis of glucocorticoid-induced glaucoma and timely find glaucoma patients after corneal refractive surgery has an important clinical significance. The central corneal thickness (CCT), corneal curvature (CC), ablation depth, preoperative IOP and corneal biomechanics are responsible for IOP changes after corneal refractive surgery. To obtain accurate IOP value after corneal refractive surgery, this article reviewed the IOP measurements and their influential factors after surface, lamellar and all-in-one femtosecond laser refractive surgery.

[Key words] Refractive surgery, corneal; Intraocular pressure, measurement; Biomechanics, corneal

近年来角膜屈光手术已普遍应用,角膜屈光手术后患者需使用较长时间的糖皮质激素以促进伤口愈合,然而糖皮质激素长期应用可引起眼压升高,甚至导致皮质类固醇性青光眼^[1-2],这是临床医师极为关注的问题。正确评估患者角膜屈光术后的眼压对于避免术后皮质类固醇性青光眼的漏诊、及时发现角膜屈光术后青光眼患者具有重要的临床意义。目前角膜屈光术后眼压的测量尚无统一标准,而准确的眼压测量对指导术后用药至关重要。就角膜屈光手术后眼压测量的研究现状进行综述。

1 角膜屈光术后眼压的基础

由于角膜屈光手术并未影响到房水循环,理论上眼压不会发生明显变化,然而术后多数眼压计测量值呈明显下降趋势。

角膜屈光手术改变了角膜原有组织结构,生物力学也随之发生变化^[3-4],角膜变薄、曲率减小及角膜生物力学性能降低均使角膜更容易被压平,弹性回缩力减小,因而会造成某些依赖角膜结构完整性眼压计的测量值下降,此时的眼压值为去除部分角膜抵抗力后的眼压值,因此不能作为临床眼压参考依据。

2 角膜屈光术后眼压测量方法

目前,眼压的测量方法有数十种,眼压计主要有压陷式和压平式两类。对于角膜屈光术后患者眼压的测量,主要应用以下几种常用眼压计:非接触式眼压计(noncontact tonometer, NCT)、Goldmann 压平眼压计(Goldmann applanation tonometer, GAT)、Tonopen 眼压计、iCare 回弹式眼压计(iCare rebound tonometer, iCare RBT)、动态轮廓眼压计(dynamic contour tonometry, DCT)、眼反应分析仪(ocular response analyzer, ORA)及 Pentacam 眼压校正系统。

NCT 由 Gralman 设计,该仪器利用气体脉冲力将恒定面积角膜(直径为 3.6 mm)压平,测得压平的时间,并将其转换为眼压。由于测量过程中不与角膜接触,无需麻醉,避免了角膜损伤和交叉感染,因而在临床广泛使用;但 NCT 测量结果受眼压

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2015.06.018

基金项目:国家自然科学基金项目(81470658);天津市应用基础与前沿技术研究计划重点项目(14JCZDJC35900)

作者单位:300020 天津医科大学眼科临床学院 天津市眼科医院
天津市眼科研究所 天津市眼科学与视觉科学重点实验室

通信作者:王雁,Email:wangyan7143@vip.sina.com

及中央角膜厚度 (central corneal thickness, CCT) 影响较大, 当眼压小于 8 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa) 或大于 40 mmHg 时, NCT 测量误差显著增加^[5]。

GAT 是目前被国际公认的眼压测量的金标准^[6]。根据 Imbert-Fick 定律, 计算压平一定角膜面积所需外力即为眼压。GAT 测量数据准确性高, 不受球壁硬度影响, 但是其测量结果受 CCT 影响^[7], 且测量时与角膜接触, 易引起交叉感染。

Tonopen 眼压计是一种新型压平式眼压计, 其原理为眼压计尖端有一直径为 1.02 mm 的测压头, 测压头与微型张力换能器相连。当眼压计压平角膜时, 作用于测压头的压力经张力换能器转换, 形成典型的电压波形改变以确定眼压。Tonopen 眼压计的优点是体积小, 重量轻, 携带方便, 应用范围广。Feltgen 等^[8]的研究以前房穿刺测量反映真实眼压, 发现 Tonopen 眼压测量值与真实眼压中等程度相关。Tonopen 眼压测量值同样受 CCT 影响^[9]。

iCare RBT 是一种运用磁性回弹原理设计成的新型眼压计, 眼压计主体将探头弹射到角膜上, 通过测量探头弹回时的速度来计算眼压。iCare RBT 具有测量准确、方便、应用广泛等优点^[10]。从其测量原理分析, iCare RBT 通过测量中央角膜的变形能力来计算眼压, 国内外研究证明其测量值受 CCT 影响^[11], 此外 iCare 眼压与角膜生物力学参数角膜阻力因子 (corneal resistance factor, CRF) 呈正相关^[12]。国内外研究表明, iCare RBT、GAT 和 DCT 眼压测量值不一致, 但 3 种眼压计眼压测量值之间相关性好^[13]。张顺华等^[14]研究表明, iCare RBT 测量具有高度重复性, 并且与 GAT 测量值高度相关。

DCT 是运用帕斯卡原理研发的第三代眼压计。DCT 有一个“凹面探头”, 曲率半径为 10.5 mm, 探头中央放置直径为 1.7 mm 的微型压力传感器。当探头轮廓与角膜匹配时, 内置压力传感器测得的外部压力即为眼压。Herndon^[15]的研究表明, DCT 测量值更接近真实眼压, 并且不受 CCT、角膜曲率 (corneal curvature, CC)、散光等角膜特性的影响。目前有大量文献对 DCT 测量的准确性进行了研究, Kniestedt 等^[16]将 DCT 与 NCT、GAT 测量值进行比较, 结果显示 DCT 变异程度最小。DCT 用最新的电子感应技术, 避免了压平式眼压计测量时角膜生物学特性差异的影响^[17]。DCT 的缺点是对眼球震颤、弱视者, 测量受到限制, 当眼压小于 5 mmHg 或大于 40 mmHg 时不能准确测量, 且在角膜屈光术后早期使用可引起角膜瓣不稳定。

ORA 是由美国 Reichert 公司开发的一种去除角膜因素影响的新型非接触眼压测量仪, 其利用一种动态双向压平过程测量眼压和角膜生物力学特性。测量过程中角膜中央区可获得 2 次压平, ORA 根据 2 次被压平的时间得出相应的压力, 2 次压平眼压测量的平均值即为可重复模拟 Goldmann 眼压值 (Goldmann intraocular pressure, IOPg); 2 次压平眼压测量差值为角膜滞后量 (corneal hysteresis, CH); 根据 CH 对眼压进行校正可减少角膜因素对眼压的影响, 即角膜补偿眼压 (corneal-compensated intraocular pressure, IOPcc); CRF 测量的是角膜受气流压迫产生形变时阻力累积效应, 包括黏性阻力和弹性阻力, 反应角膜的整体硬度。Kirwan 等^[18]研究发现, IOPg 与 GAT

眼压测量值差异无统计学意义。Renier 等^[19]研究表明, IOPcc 与 DCT、GAT 测量值差异有统计学意义, 仅 IOPcc 与 DCT 测量值有可比性, 并且 IOPcc 与 DCT 的差值与 CH 相关。杨颖等^[20]研究认为, IOPg 与 GAT 眼压测量值相近; IOPcc 能排除角膜因素的影响, 其结果更接近真实的眼压。

Pentacam 是一种眼前节分析和诊断仪器, 它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的影响, 提供较真实的眼压情况。Pentacam 得到角膜地形图的信息后, 将其他眼压计测量结果输入 Pentacam 系统眼压校正界面, 自动生成 Ehlers、Shah、Dresden、Orssengo 和 Kohlhaas 5 种方法的眼压校正。Ehlers 法^[21]、Shah 法^[22]和 Dresden 法均根据 CCT 的变化来校正眼压, 而 Orssengo 法^[23]则同时考虑角膜厚度和 CC 2 种影响因素, Kohlhaas 法^[24]则同时考虑角膜厚度、CC 及角膜瓣的稳定性, 但是目前关于 Pentacam 眼压校正系统的研究较少。

3 角膜屈光术后眼压测量的影响因素

角膜屈光手术主要分为表层切削术和板层切削术, 前者以准分子激光上皮下角膜磨镶术 (laser-assisted subepithelial keratectomy, LASEK) 为主, 后者以准分子激光角膜前弹力层下磨镶术 (sub-Bowman's keratomileusis, SBK)、飞秒激光辅助的准分子激光角膜原位磨镶术 (femtosecond laser assisted laser in situ keratomileusis, FS-LASIK) 为主; 此外还有全飞秒激光角膜屈光术, 即屈光性透镜取出术 (refractive lenticule extraction, ReLEx)。角膜生物力学特性显示, 不同角膜屈光手术方式对角膜生物力学特性和眼压均产生不同影响^[25]。

3.1 角膜表层切削屈光手术对眼压测量的影响

表层切削手术包括屈光性角膜切削术 (photorefractive keratectomy, PRK)、LASEK、机械法准分子激光上皮下角膜磨镶术 (epipolis laser in situ keratomileusis, Epi-LASIK)。表层切削通常是指角膜上皮层、角膜前弹力层以及角膜前基质层的切削 (深度在 130 μm 以内)。

3.1.1 PRK PRK 的原理是机械性刮除角膜上皮后, 对角膜前弹力层及其下的基质层进行准分子切削。目前, 关于 PRK 术后眼压测量的研究较少。Levy 等^[26]研究结果显示, PRK 术后 GAT 眼压测量值明显低于 Tonopen 测量值, Tonopen 测量值受术后角膜变平、变薄因素的影响较小。Sadigh 等^[27]和 Aristeidou 等^[28]研究发现, PRK 术后 GAT 眼压测量值明显下降, 并且与 CCT 变化值 (ΔCCT) 有明显相关性; 而手术前后 DCT 测量值比较, 差异无统计学意义。因此, PRK 术后使用 DCT 测量眼压, 结果更准确。

3.1.2 LASEK LASEK 的原理是采用体积分数 20% 乙醇软化角膜上皮后, 用机械方法把角膜上皮层和前弹力层分离开而制作角膜瓣 (厚度为 50 ~ 70 μm), 然后应用准分子激光对前弹力层和基质层进行切削。目前关于 LASEK 术后眼压测量的研究较少, LASEK 手术前后眼压变化值与 ΔCCT 及 CC 变化值 (ΔCC) 的关系还不确定。Qazi 等^[29]研究认为, 眼压变化值与 ΔCCT 有明显相关性。与此相反, Kirwan 等^[18]发现眼压变化值

与 Δ CCT、 Δ CC 均无明显相关性,即认为影响眼压测量的关键因素不是角膜基质的切削量,而是角膜生物力学变化,因为 LASEK 对前弹力层造成不可逆的损伤,而前弹力层在人眼各层组织结构中抗拉强度最大^[30]。Liu 等^[31]应用数学模型证明角膜生物力学对眼压的影响比任何单一因素(如 CCT)都大。Johannesson 等^[32]研究发现,LASEK 术后 3 个月、6 个月眼压均比术前明显下降,并且 GAT 测量值与 DCT 测量值有明显相关性;LASEK 术后 2 年,DCT 测量值比术前下降 0.9 mmHg, GAT 测量值比术前下降 1.9 mmHg。Han 等^[33]研究发现,LASEK 手术前后 Δ CCT、 Δ CC 与 GAT 变化值(Δ GAT)和 NCT 变化值(Δ NCT)相关,而与 DCT 变化值(Δ DCT)无相关性。Shemesh 等^[34]比较 LASEK 手术前后眼压发现 Δ DCT 较 Δ GAT 小,因此 DCT 更适合 LASEK 术后的眼压测量。

总之,表层角膜切削术后角膜光学区被削平变薄,CCT 降低、CC 减少以及角膜生物力学改变,导致传统的眼压测量法,如 NCT、GAT 会出现低眼压的假象,其中角膜生物力学改变对眼压的影响最大。祖培培等^[25]研究显示,CCT、角膜切削量、残余基质床厚度、术前等效球镜可以影响角膜生物力学。吴迪等^[35]综述指出,不同手术的角膜瓣制作、伤口愈合方式会影响角膜生物力学,因此生物力学可以更全面地体现其他影响因素的变化。DCT 测量眼压时受角膜生物力学的影响较小,因此,角膜表层切削屈光手术后可采用 DCT 测量的眼压值作为临床参考。

3.2 角膜板层切削屈光手术对眼压测量的影响

3.2.1 LASIK LASIK 是应用特制的全自动微型角膜板层刀制作一厚度为 110 ~ 130 μ m 的角膜瓣,然后准分子激光对角膜基质床进行切削,该手术不破坏角膜上皮及前弹力层,术后无疼痛,恢复快,是目前屈光矫正手术中广泛开展的一种术式。关于 LASIK 术后眼压测量的研究较多,主要从术前眼压、术前球镜度、CCT、CC、切削深度、年龄及角膜生物力学几个方面进行分析。Schallhorn 等^[36]研究 NCT 眼压测量时,LASIK 术后 NCT 眼压测量值下降, Δ NCT 与术前眼压、术前等效球镜均呈明显相关;Chihara 等^[37]研究发现,GAT 眼压测量时 LASIK 术前眼压测量值越高,则术后眼压测量值下降越大。Lam 等^[38]研究发现,LASIK 术后 iCare RBT 与 GAT 眼压均下降,其中 iCare RBT 眼压下降明显,变化值与术前 iCare RBT 眼压测量值呈正相关。由于角膜厚度、CH、CRF 是影响 iCare RBT 眼压测量的重要因素^[39],LASIK 术后 CCT、CH、CRF 大幅下降,导致 iCare RBT 眼压明显降低,而患者年龄、CCT、CC、切削深度对术后 GAT 眼压影响则较小^[37]。Svedberg 等^[40]研究发现,LASIK 术后 GAT 眼压测量值均下降,认为 CCT、CC 的变化对术后 GAT 眼压测量有一定的影响。Hamed-Azzam 等^[41]研究认为,PRK 及 LASIK 术后 GAT、NCT、Tonopen XL 眼压测量值均降低,其中 Tonopen XL 眼压测量值下降最少;此外, Δ CCT 与 3 种眼压计测得的 Δ IOP 均有线性相关性,其中 Δ CCT 与 Δ GAT 相关性最强, Δ CCT 与 Tonopen XL 变化值(Δ Tonopen XL)相关性最小。Pepose 等^[42]应用 GAT、DCT、ORA 测量 LASIK 手术前后眼压发现, Δ DCT、IOPcc 变化值(Δ IOPcc)最小。Aristeidou 等^[28]和

Shemesh 等^[34]研究发现,FS-LASIK、LASIK 术后 GAT 眼压测量值明显下降,而 DCT 眼压测量值未受影响。Shousha 等^[43]应用 GAT、ORA、Pentacam 校正眼压(Ehlers 法)测量 LASIK、Epi-LASIK 手术前后的眼压,证明 3 种方法测得术后眼压均明显下降,并且 ORA 及 Pentacam 校正(Ehlers 法)测量值比 GAT 更准确,因此 LASIK 术后眼压测量应用 DCT、ORA、Tonopen 及 Pentacam 校正(Ehlers 法)更具可靠性。

3.2.2 SBK SBK 是一种薄瓣 LASIK,应用超薄角膜板层刀制作预期厚度为 90 ~ 100 μ m 的薄基质角膜瓣,掀开角膜瓣应用准分子激光进行切削。SBK 的优点是保留更多的角膜瓣下基质床组织,术后角膜结构更加完整,生物力学更加稳定。目前,关于 SBK 术后眼压变化的研究较少。祖培培等^[25]研究不同角膜屈光手术前后生物力学特性的变化,认为 SBK 对眼压、角膜生物力学特性的影响大于 LASEK,据此推测 SBK 手术前后 NCT、GAT 眼压测量变化值较角膜表层切削手术大。

3.2.3 FS-LASIK FS-LASIK 利用飞秒激光制作角膜瓣,再用准分子激光进行角膜基质的切削。研究发现,FS-LASIK 有更好的生物力学稳定性^[44],因此手术前后眼压测量变化值较小。Shin 等^[45]研究发现,IOPcc 变化值(Δ IOPcc)和 IOPg 变化值(Δ IOPg)与术前等效球镜度、CH、CRF 均呈明显相关; Δ GAT 与等效球镜度、角膜厚度均呈明显相关。因此,FS-LASIK 术后,ORA 比 GAT 能提供更全面的眼压测量及生物力学参数信息。

3.2.4 ReLEx ReLEx 可分为飞秒激光透镜取出术(femtosecond laser lenticule extraction, FLEx)和飞秒激光小切口透镜取出术(femtosecond small incision lenticule extraction, SMILE)。FLEx 作为 ReLEx 的初级术式,术中需掀开角膜瓣,以完整取出透镜,SMILE 是 FLEx 的升级形式,其原理和步骤大致与 FLEx 相同,但是 SMILE 无需制作角膜瓣,而是在基质透镜边缘制作一弧长为 3 ~ 4 mm 的周切口,再用显微镊将透镜取出。小切口使得前基质胶原的连续性得到最大程度的保护,减少了角膜前部基质的损伤,理论上增加了术后角膜生物力学的稳定性。Agca 等^[46]比较 SMILE 与 FS-LASIK 术后生物力学参数 CH 和 CRF 值,结果显示差异均无统计学意义。Wu 等^[47]研究 SMILE 与 FS-LASIK 术后生物力学发现,术后 1 周 CH、CRF 均明显下降,而 SMILE 术后 3 个月、6 个月 CH、CRF 均明显高于 FS-LASIK 术后。与 FS-LASIK 相比,SMILE 术后生物力学更稳定,并且生物力学变化较小,因此推测 SMILE 术后眼压变化较小。由于 IOPcc、DCT 不受生物力学的影响,因此 ReLEx 术后眼压的测量应用 ORA、DCT 也更具可靠性。

综上所述,角膜屈光术后 NCT、GAT、iCare 的测量值均明显下降,测量值受 CCT、CC、切削深度、术前眼压及生物力学等因素的影响,Tonopen 与 Pentacam 受角膜厚度影响相对较小,而 DCT、ORA 不受角膜特性的影响,对于角膜屈光术后眼压测量可靠性更高。目前,飞秒激光已广泛应用于角膜屈光手术中,作为一种全新的术式,其术后角膜形态、生物力学变化及术后眼压的准确测量仍需进一步研究。如何准确测量角膜屈光手术后的眼压是目前研究的焦点问题。深入研究角膜屈光手术后眼压的准确测量及其影响因素具有重要的临床应用价值。

参考文献

- [1] Tomi T, Nicula C, Nicula D. Postoperative complications of refractive surgery, Lasik technique [J]. *Oftalmologia*, 2003, 58(3) : 60-63.
- [2] Kersey JP, Broadway DC. Corticosteroid-induced glaucoma: a review of the literature [J]. *Eye*, 2006, 20(4) : 407-416. doi:10.1038/sj.eye.6701895.
- [3] Shah S, Laiquzzaman M, Yeung I, et al. The use of ocular response analyzer to determine corneal hysteresis in eyes before and after excimer laser refractive surgery [J]. *Cont Lens Anterior Eye*, 2009, 32(3) : 123-128. doi:10.1016/j.clae.2009.02.005.
- [4] Shah S, Laiquzzaman M. Comparison of corneal biomechanics in pre and post-refractive surgery and keratoconic eyes by ocular response analyzer [J]. *Cont Lens Anterior Eye*, 2009, 32(3) : 129-132. doi:10.1016/j.clae.2008.12.009.
- [5] Garzos HJ, Chung HS, Lang Y, et al. Intraocular pressure and photorefractive keratectomy: a comparison of three different tonometers [J]. *Cornea*, 2001, 20(1) : 33-36.
- [6] Li Y, Shi J, Duan X, et al. Transpalpebral measurement of intraocular pressure using the Diaton tonometer versus standard Goldmann applanation tonometry [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2010, 248(12) : 1765-1770. doi:10.1007/s00417-009-1243-y.
- [7] Kohlhaas M, Boehm AG, Spoerl E, et al. Effect of central corneal thickness, corneal curvature, and axial length on applanation tonometry [J]. *Arch Ophthalmol*, 2006, 124(4) : 471-476. doi:10.1001/archophth.124.4.471.
- [8] Felten N, Leifert D, Funk J. Correlation between central corneal thickness, applanation tonometry and direct intracameral IOP readings [J]. *Br J Ophthalmol*, 2001, 85(1) : 85-87. doi:10.1136/bjo.85.1.85.
- [9] Burdová MC, Ferrová K, Filous A, et al. Correlation of intraocular pressure measured by applanation tonometry, noncontact tonometry and tonopen with central thickness [J]. *Cesk Slov Oftalmol*, 2011, 67(5-6) : 154-157.
- [10] Asrani S, Chatterjee A, Wallace DK, et al. Evaluation of the iCare rebound tonometer as a home intraocular pressure monitoring device [J]. *J Glaucoma*, 2011, 20(2) : 74-79. doi:10.1097/IJG.0b013e3181d78811.
- [11] Rao A, Kumar M, Prakash B, et al. Relationship of central corneal thickness and intraocular pressure by iCare rebound tonometer [J]. *J Glaucoma*, 2014, 23(6) : 380-384. doi:10.1097/IJG.0b013e318279b819.
- [12] Jorge JM, González-Méjome JM, Queirós A, et al. Correlations between corneal biomechanical properties measured with the ocular response analyzer and iCare rebound tonometry [J]. *J Glaucoma*, 2008, 17(6) : 442-448. doi:10.1097/IJG.0b013e31815f52b8.
- [13] Vandewalle E, Vandenbroeck S, Stalmans I, et al. Comparison of iCare, dynamic contour tonometer, and ocular response analyzer with Goldmann applanation tonometer in patients with glaucoma [J]. *Eur J Ophthalmol*, 2009, 19(5) : 783-789.
- [14] 张顺华, 刘小力, 赵家良. iCare 回弹式眼压计测量的重复性及与 Goldmann 压平式眼压计测量值间的一致性研究 [J]. *中华实验眼科杂志*, 2011, 29(1) : 73-77. doi:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2011.01.019.
- [15] Herndon LW. Measuring intraocular pressure-adjustments for corneal thickness and new technologies [J]. *Curr Opin Ophthalmol*, 2006, 17(2) : 115-119. doi:10.1097/OI.icu.0000193093.05927.a1.
- [16] Kniestedt C, Nee M, Stamper RL. Dynamic contour tonometry: a comparative study on human cadaver eyes [J]. *Arch Ophthalmol*, 2004, 122(9) : 1287-1293. doi:10.1001/archophth.122.9.1287.
- [17] Kaufmann C, Bachmann LM, Robert YC, et al. Ocular pulse amplitude in healthy subjects as measured by dynamic contour tonometry [J]. *Arch Ophthalmol*, 2006, 124(8) : 1104-1108. doi:10.1001/archophth.124.8.1104.
- [18] Kirwan C, O'Keefe M. Measurement of intraocular pressure in LASIK and LASEK patients using the Reichert ocular response analyzer and Goldmann applanation tonometry [J]. *J Refract Surg*, 2008, 24(4) : 366-370.
- [19] Renier C, Zeyen T, Fieuews S, et al. Comparison of ocular response analyzer, dynamic contour tonometer and Goldmann applanation tonometer [J]. *Int Ophthalmol*, 2010, 30(6) : 651-659. doi:10.1007/s10792-010-9377-9.
- [20] 杨颖, 周行涛. 非接触眼压分析仪 (ORA) 在准分子激光手术中的应用 [J]. *眼科研究*, 2010, 28(3) : 285-288. doi:10.3969/j.issn.1003-0808.2010.03.026.
- [21] Signaos DS, Papastergiou GI, Moedas C. Assessment of the Pscal dynamic contour tonometer in monitoring intraocular pressure in unoperated eyes and eyes after LASIK [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2004, 30(4) : 746-751.
- [22] Shah S. Accurate intraocular pressure measurement-the myth of modern ophthalmology [J]. *Ophthalmology*, 2000, 107(10) : 1805-1807.
- [23] Orssengo GJ, Pye DC. Determination of the true intraocular pressure and modulus of elasticity of the human cornea in vivo [J]. *Bull Math Biol*, 1999, 61(3) : 551-572. doi:10.1006/bulm.1999.0102.
- [24] 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]. *J Refract Surg*, 2006, 22(3) : 263-267. doi:10.1016/j.jajo.2006.07.002.
- [25] 祖培培, 王雁, 吴迪, 等. 角膜屈光手术后早期角膜生物力学特性变化研究 [J]. *中国实用眼科杂志*, 2013, 31(7) : 866-871. doi:10.3760/cma.j.issn.1006-4443.2013.07.017.
- [26] Levy Y, Zadok D, Glovinsky Y, et al. Tono-Pen versus Goldmann tonometry after excimer laser photorefractive keratectomy [J]. *J Cataract Refract Surg*, 1999, 25(4) : 486-491.
- [27] Sadigh AL, Fouladi RF, Hashemi H, et al. A comparison between Goldmann applanation tonometry and dynamic contour tonometry after photorefractive keratectomy [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2013, 251(2) : 603-608. doi:10.1007/s00417-012-2142-1.
- [28] Aristeidou AP, Labiris G, Katsanos A, et al. Comparison between Pascal dynamic contour tonometer and Goldmann applanation tonometer after different types of refractive surgery [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2011, 249(5) : 767-773. doi:10.1007/s00417-010-1431-9.
- [29] Qazi MA, Sanderson JP, Mahmoud AM, et al. Postoperative changes in intraocular pressure and corneal biomechanical metrics; laser in situ keratomileusis versus laser-assisted subepithelial keratectomy [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2009, 35(10) : 1774-1788. doi:10.1016/j.jcrs.2009.05.041.
- [30] Dawson DG, Grossniklaus HE, McCarey BE, et al. Biomechanical and wound healing characteristics of corneas after excimer laser keratorefractive surgery: is there a difference between advanced surface ablation and sub-Bowman's keratomileusis? [J]. *J Refract Surg*, 2008, 24(1) : S90-S96.
- [31] Liu J, Roberts CJ. Influence of corneal biomechanical properties on intraocular pressure measurement; quantitative analysis [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2005, 31(1) : 146-155. doi:10.1016/j.jcrs.2004.09.031.
- [32] Johannesson G, Hallberg P, Eklund A, et al. Change in intraocular pressure measurement 2 years after myopic laser-assisted subepithelial keratectomy [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2012, 38(9) : 1637-1642. doi:10.1016/j.jcrs.2012.04.033.
- [33] Han KE, Kim H, Kim NR, et al. Comparison of intraocular pressures after myopic laser-assisted sub-epithelial keratectomy: tonometry-pachymetry, Goldmann applanation tonometry, dynamic contour tonometry and noncontact tonometry [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2013, 39(6) : 888-897. doi:10.1016/j.jcrs.2013.01.035.
- [34] Shemesh GU, Soiberman U, Kurtz S. Intraocular pressure measurements with Goldmann applanation tonometry and dynamic contour tonometry in eyes after IntraLASIK or LASEK [J]. *Clin Ophthalmol*, 2012, 6 : 1967-1970. doi:10.2147/OPHTH.S38094.
- [35] 吴迪, 王雁. 角膜屈光手术后角膜生物力学变化特点的研究进展 [J]. *国际眼科纵览*, 2012, 36(4) : 260-265. doi:10.3760/cma.j.issn.1673-5803.2012.04.009.
- [36] Schallhorn JM, Schallhorn SC, Ou Y. Factors that influence intraocular

- pressure changes after myopic and hyperopic LASIK and photorefractive keratectomy: a large population study [J]. *Ophthalmology*, 2015, 122(3):471-479. doi:10.1016/j.ophtha.2014.09.033.
- [37] Chihara E, Takahashi H, Okazaki K, et al. The preoperative intraocular pressure level predicts the amount of underestimated intraocular pressure after LASIK for myopia [J]. *Br J Ophthalmol*, 2005, 89(2):160-164. doi:10.1136/bjo.2004.048074.
- [38] Lam AK, Wu R, Wang Z, et al. Effect of laser in situ keratomileusis on rebound tonometry and Goldmann applanation tonometry [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2010, 36(4):631-636. doi:10.1016/j.jcrs.2009.10.045.
- [39] Chui WS, Lam A, Chen D, et al. The influence of corneal properties on rebound tonometry [J]. *Ophthalmology*, 2008, 115(1):80-84. doi:10.1016/j.ophtha.2007.03.061.
- [40] Svedberg H, Chen E, Hamberg-Nyström H. Changes in corneal thickness and curvature after different excimer laser photorefractive procedures and their impact on intraocular pressure measurements [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2005, 243(12):1218-1220. doi:10.1007/s00417-005-0072-x.
- [41] Hamed-Azzam S, Briscoe D, Tomkins O, et al. Evaluation of intraocular pressure according to corneal thickness before and after excimer laser corneal ablation for myopia [J]. *Int Ophthalmol*, 2013, 33(4):349-354. doi:10.1007/s10792-012-9701-7.
- [42] Pepose JS, Feigenbaum SK, Qazi MA, et al. Changes in corneal biomechanics and intraocular pressure following LASIK using static, dynamic, and noncontact tonometry [J]. *Am J Ophthalmol*, 2007, 143(1):39-47. doi:10.1016/j.ajo.2006.09.036.
- [43] Shousha SM, Abosteit MA, Hosny MH, et al. Comparison of different intraocular pressure measurement techniques in normal eyes, post surface and post lamellar refractive surgery [J]. *Clin Ophthalmol*, 2013, 7:71-79. doi:10.2147/OPHT.S37978.
- [44] 周行涛, 董子献. 飞秒激光角膜屈光手术的意义与发展趋势 [J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2013, 15(7):388-391. doi:10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2013.07.002.
- [45] Shin J, Kim TW, Park SJ, et al. Changes in biomechanical properties of the cornea and intraocular pressure after myopic laser in situ keratomileusis using a femtosecond laser for flap creation determined using ocular response analyzer and Goldmann applanation tonometry [J]. *J Glaucoma*, 2015, 24(3):195-201. doi:10.1097/IJG.0b013e31829da1ec.
- [46] Agca A, Ozgurhan EB, Demirok A, et al. Comparison of corneal hysteresis and corneal resistance factor after small incision lenticule extraction and femtosecond laser-assisted LASIK: a prospective fellow eye study [J]. *Cont Lens Anterior Eye*, 2014, 37(2):77-80. doi:10.1016/j.clae.2013.05.003.
- [47] Wu D, Wang Y, Zhang L, et al. Corneal biomechanical effects: small-incision lenticule extraction versus femtosecond laser-assisted laser in situ keratomileusis [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2014, 40(6):954-962. doi:10.1016/j.jcrs.2013.07.056.

(收稿日期:2015-01-17)

(本文编辑:刘艳 张宇)

读者·作者·编者

本刊对论文中统计学方法描述的要求

本刊投稿论文中如有量化测试指标时须有统计学处理的内容,并应在方法部分提供统计学方法的描述。实验中反应变量为单变量时,请提供测量指标数据资料的性质(如定量数据资料及定性数据资料的表达方式)、样本均数正态分布检验的名称及方差齐性检验的名称、实验设计方法及与之相匹配的统计学设计方法(如自身配对设计、成组设计、交叉设计、析因设计、正交设计等)、与统计学设计相应的统计方法名称(如配对 t 检验、独立样本 t 检验、重复测试的方差分析等)以及检验标准。选择方差分析统计学设计时,应根据单因素或多因素设计选择正确的方法,不宜简单套用单因素方差分析。经正态分布检验或方差齐性检验不能满足条件的数据资料应采用非参数检验。定性数据资料应根据与实验设计相匹配的统计学方法,不宜简单套用 χ^2 检验。实验中反应变量为双变量时,应根据实验设计正确选择简单直线相关分析、回归分析或其他,不宜简单套用直线相关分析。统计学的检验标准请提供为双侧性检验或单侧性检验。论文结果部分的统计学处理内容可用相应的图表表达。

统计学符号的著录执行 GB 3358-1982《统计学名词及符号》的有关规定,统计学量值符号一律采用斜体,如样本的算术平均数用英文小写 $\bar{x} \pm s$ (中位数仍用 M);标准差用英文小写 s ;标准误用英文小写 $s_{\bar{x}}$; t 检验用英文小写 t ; F 检验用英文大写 F ;卡方检验用英文小写 χ^2 ;相关系数用英文小写 r ;确定系数用 R^2 ,自由度用英文小写 ν ;概率用英文大写 P 。

统计结果的解释和表达采用对比组或比较对象之间的差异有统计学意义的描述方法,而不用对比组之间的差异具有显著性(或极显著性)的描述。论文结果部分需提供统计学量值和相应的概率值(如: $t = -5.88, P = 0.00; \chi^2 = 4.38, P < 0.05; F = 0.39, P = 0.37; q = 10.69, P < 0.01$ 等),如不能提供统计学量值时,概率值应用原值而不用不等式的形式。当涉及总体参数,如总体均数、总体率等时,在给出显著性检验结果的同时,请给出 95% 可信区间。

本刊对来稿中组织病理学彩色图片及电子显微镜图片中标尺的要求

如果作者稿件中包含有组织病理图、免疫荧光染色图、免疫组织化学图、电子显微镜图片,为了反映组织标本大小的最精确尺度,请在电子版图片的左下方附注标尺。

(本刊编辑部)