

暗视到明视状态下近视眼瞳孔直径和瞳孔中心位移变化

朱青 王雁 宁文星 张耀花 程文博 崔彤 郝维婷

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 300020

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

【摘要】 目的 研究近视患者在暗视到明视状态下瞳孔中心位移情况以及瞳孔直径变化特点。**方法** 采用病例系列观察研究方法,纳入 2016 年 9—11 月在天津市眼科医院屈光手术中心就诊的近视患者 70 例 140 眼,使用 KR-1W 视觉质量分析仪获得从暗视(0.017 lx)到明视(10.400 lx)下的瞳孔中心位移和轴向,并对其进行矢量分析,同时获得暗视和明视状态下的瞳孔直径参数。**结果** 暗视和明视状态下双眼瞳孔直径均呈明显正相关(暗视: $r_s = 0.85, P < 0.001$;明视: $r = 0.85, P < 0.001$),双眼间从暗视到明视瞳孔直径变化量呈明显正相关($r = 0.75, P < 0.001$)。右眼在暗视、明视状态下瞳孔直径及瞳孔直径变化量均明显大于左眼,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。由暗视转变为明视状态,瞳孔中心主要向鼻上方向移位。68 例受试者右眼瞳孔中心矢量位移在 0.2 mm 以内;66 例受试者左眼瞳孔中心矢量位移在 0.2 mm 以内;所有受试者瞳孔中心矢量位移均在 0.3 mm 以内。瞳孔直径的变化量与年龄和性别均无明显相关性。双眼瞳孔中心位移与年龄、屈光度以及瞳孔直径变化量均无明显相关性。**结论** 从暗视到明视状态下近视患者的双眼瞳孔中心位移具有对称性,主要向鼻上方移位。

【关键词】 近视;瞳孔;暗视;明视;光照度

基金项目: 国家自然科学基金项目(81873684)

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20200512-00338

Changes of pupil diameter and pupillary centroid shift of myopia from scotopic to photopic condition

Zhu Qing, Wang Yan, Ning Wenxing, Zhang Yaohua, Cheng Wenbo, Cui Tong, Hao Weiting

Clinical College of Ophthalmology, Tianjin Medical University, Tianjin Eye Hospital, Tianjin Eye Institute, Tianjin Key Laboratory of Ophthalmology and Visual Science, Tianjin 300020, China

Corresponding author: Wang Yan, Email: wangyan7143@vip. sina. com

【Abstract】 Objective To study the pupillary centroid shift of myopia and characteristics of pupil diameter change from scotopic to photopic condition. **Methods** A case series study was carried out, 140 eyes of 70 myopia patients from September to November 2016 in Tianjin Eye Hospital were enrolled. The pupillary centroid shift and pupil diameter parameters were measured by visual quality analyzer from scotopic (0.017 lx) to photopic (10.400 lx) condition. This study followed the Declaration of Helsinki. **Results** Under the scotopic and photopic conditions, the pupil diameter was positively correlated between the bilateral eyes (scotopic: $r_s = 0.85, P < 0.001$; photopic: $r = 0.85, P < 0.001$), and the pupil diameter variation from scotopic to photopic condition was positively correlated between the bilateral eyes ($r = 0.75, P < 0.001$). The pupil diameter in scotopic and photopic conditions, and the change of pupil diameter in the right eyes were significantly higher than those in the left eyes (all at $P < 0.05$). The pupillary centroid shift was within 0.2 mm in the left eyes of 94.2% (66/70) subjects and in the right eyes of 97.1% (68/70) subjects. The pupillary centroid shift of all subjects was within 0.3 mm. From scotopic to photopic condition, the pupil centroid was mainly shift to the nasal superior direction. There was no significant correlation between pupil diameter and age or gender. There was no significant correlation between pupillary centroid shift and age, diopter or pupil diameter. **Conclusions** The binocular pupillary centroid shift are symmetrical from scotopic to photopic condition in myopic eyes, and the pupil centroid mainly shift to nasal superior direction.

【Key words】 Myopia; Pupil; Scotopic; Photopic; Illumination

Fund program: National Natural Science Foundation of China (81873684)

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20200512-00338

屈光手术使越来越多的屈光不正患者获得良好的裸眼视力,但术后仍有部分患者在暗环境下出现视物模糊、眩光、光晕等不适症状^[1-2]。瞳孔直径是影响成像质量的一个重要因素,研究发现像差与瞳孔直径密切相关,即瞳孔越大,像差越大^[3]。特别是高阶像差的增加,会使视觉质量明显下降。同时有研究表明,瞳孔中心作为准分子激光手术的常用标识,其位置对切削中心的定位有很大影响^[4]。随着光照度的变化,瞳孔直径会随之变化,瞳孔中心与角膜反光点的距离也会发生变化,变化较大者可能发生偏中心切削,进而引起不规则散光^[5-6],影响最佳矫正视力,产生眩光等不良反应。本研究分析暗视到明视状态下瞳孔中心的位移情况,探讨瞳孔中心位移曲线在角膜屈光手术个体化精确定位切削中心方面的可行性。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用病例系列观察研究,连续纳入 2016 年 9—11 月在天津市眼科医院屈光手术中心就诊的屈光不正患者 70 例 140 眼,其中男 31 例,女 39 例;年龄 18~34 岁,平均(24.31±3.36)岁;等效球镜度(spherical equivalent, SE)右眼为-8.19~-1.17 D,平均(-4.28±2.02)D,左眼为-8.56~-0.29 D,平均(-4.64±1.87)D。纳入标准:(1)裂隙灯显微镜和直接检眼镜检查显示屈光间质透明,虹膜色泽正常、纹理清晰者;(2)无眼部手术史、外伤史者;(3)无眼位及眼球运动障碍者;(4)瞳孔大小、形态及对光反射均正常者;(5)全身情况良好,无肝肾或心血管病史者。排除标准:(1)眼部有明显活动性炎症者;(2)解剖结构异常,如双侧瞳孔不等大者;(3)有影响最佳矫正视力的眼病,如圆锥角膜、青光眼、黄斑病变等者。本研究遵循赫尔辛基宣言。

1.2 方法

1.2.1 瞳孔中心位移和轴向测量 采用 KR-1W 视觉质量分析仪(日本 Topcon 公司)对受试者眼球进行摄像,检查前受试者于暗室下适应 2 min,检查时受试者取坐位,嘱其直视前方,避免紧盯仪器内的物象以尽量减少调节因素的影响。受试者首先接受暗视照明模式(0.017 lx)3 次重复测量,后接受明视照明模式(10.400 lx)3

次重复测量;所有受试者均先行右眼测量,再行左眼测量。仪器自带软件自动分析瞳孔中心的位移和轴向,取平均值,所有检查均由经验丰富的检查者完成。

1.2.2 数据处理 将双侧眼瞳孔中心的位移进行矢量分析,以瞳孔中心为坐标原点,通过公式计算矢量位移的水平位移和垂直位移,水平位移计算公式: $X = D \times \cos\theta$;垂直位移计算公式: $Y = D \times \sin\theta$;其中 D 为瞳孔中心位移即矢量位移, X 为瞳孔中心位移的水平位移, Y 为瞳孔中心位移的垂直位移, θ 为矢量位移分解到水平位移的夹角。右眼水平方向的鼻侧是正值,颞侧是负值;左眼反之;垂直方向的上方为正值,下方为负值,从而绘制瞳孔中心的位移矢量图。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 20.0 软件进行统计分析。本研究中双眼明视状态下瞳孔大小及瞳孔直径变化量经 K-S 检验符合正态分布,以 $\text{mean} \pm \text{SD}$ 表示,经 F 检验证实方差齐,明视状态下双眼瞳孔大小的差异比较采用配对样本 t 检验;暗视状态下瞳孔直径大小及明视到暗视状态下的双眼瞳孔中心位移、水平位移及垂直位移经 K-S 检验呈偏态分布,以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,双眼间位移差异比较采用非参数秩和检验。双眼暗视下瞳孔直径相关性以及双眼瞳孔中心位移相关性采用 Spearman 秩相关分析,明视下瞳孔直径相关性采用 Pearson 线性相关分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 近视患者双眼暗视和明视状态下瞳孔直径变化

暗视状态下,双眼瞳孔直径呈明显正相关($r_s = 0.85, P < 0.001$);明视状态下,双眼瞳孔直径呈明显正相关($r = 0.85, P < 0.001$);双眼从暗视到明视瞳孔直径变化量呈明显正相关($r = 0.75, P < 0.001$)(图 1)。

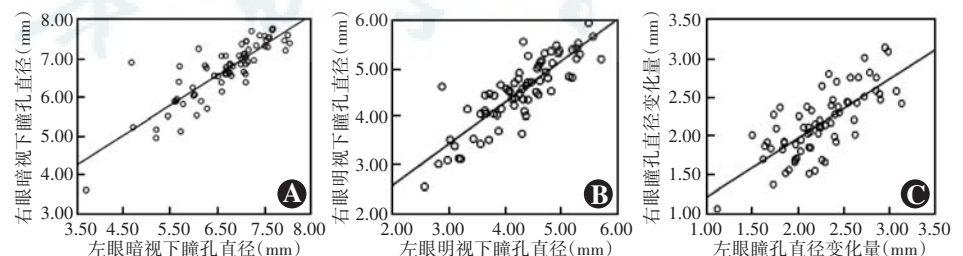


图 1 近视患者双眼暗视和明视状态下瞳孔直径及瞳孔直径变化量相关性分析($n = 70$) A: 双眼暗视状态下瞳孔直径呈明显正相关($r_s = 0.85, P < 0.001$)(Spearman 秩相关分析) B: 双眼明视状态下瞳孔直径呈明显正相关($r = 0.85, P < 0.001$)(Pearson 线性相关分析) C: 双眼瞳孔直径变化量呈明显正相关($r = 0.75, P < 0.001$)(Pearson 线性相关分析)

Figure 1 Correlation analysis of pupil diameter in scotopic and photopic conditions and pupil diameter changes between binoculus of myopia ($n = 70$) A: The pupil diameter of binoculus in scotopic condition was positively correlated($r_s = 0.85, P < 0.001$)(Spearman rank correlation analysis) B: The pupil diameter of binoculus in photopic condition was positively correlated($r = 0.85, P < 0.001$)(Pearson linear correlation analysis) C: The pupil diameter changes of binoculus was positively correlated($r = 0.75, P < 0.001$)(Pearson linear correlation analysis)

右眼在暗视、明视状态下瞳孔直径及从暗视到明视状态下瞳孔直径变化量均明显大于左眼, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$) (表 1)。

表 1 近视患者暗视和明视状态下双眼瞳孔直径变化 (mm)
Table 1 Changes of pupil diameter from scotopic to photopic condition in myopic patients (mm)

眼别	眼数	暗视下瞳孔直径 [$M(Q_1, Q_3)$] ^a	明视下瞳孔直径 (mean±SD) ^b	瞳孔直径变化量 (mean±SD) ^b
右眼	70	6.82(6.34, 7.26)	4.52±0.73	2.27±0.43
左眼	70	6.61(5.96, 6.98)	4.24±0.72	2.19±0.43
t/Z 值		-3.430	5.580	-2.328
P 值		0.001	<0.001	0.023

(^a: 非参数秩和检验; ^b: 配对样本 t 检验)
(^a: nonparametric test; ^b: paired sample t test)

2.2 近视患者双眼瞳孔中心不同方向位移眼数分布

暗视到明视状态下, 随着瞳孔收缩, 双眼瞳孔中心向鼻上方发生位移 (图 2); 双眼水平方向位移较垂直方向位移量大, 右眼鼻侧水平位移 61 眼, 占 87.14%, 上方垂直位移 34 眼, 占 48.57%; 左眼鼻侧水平位移 64 眼, 占 91.43%, 上方垂直位移 50 眼, 占 71.42%。

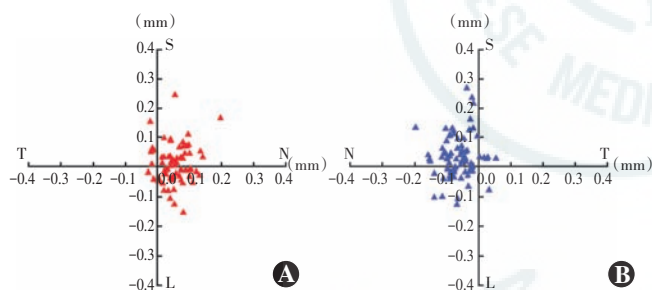


图 2 近视患者暗视到明视状态下双眼瞳孔中心位移的向量图 (n = 70) 以暗视状态下瞳孔中心为坐标原点 A: 右眼瞳孔中心位移的向量图 B: 左眼瞳孔中心位移的向量图 N: 鼻侧; T: 颞侧; S: 上方; I: 下方

Figure 2 Vector diagram of pupillary centroid shift from scotopic to photopic condition in myopic patients (n = 70) the pupil center under scotopic condition was set as the origin of coordinates A: Vector diagram of right eye pupillary centroid shift B: Vector diagram of left eye pupillary centroid shift N: nasal side; T: temporal side; S: superior side; I: inferior side

2.3 近视患者双眼瞳孔中心平均水平、垂直、矢量位移

双眼瞳孔中心矢量位移及垂直位移无明显相关性 ($P > 0.05$), 双眼水平位移量呈正相关 ($r_s = 0.34, P = 0.004$)。矢量位移决定瞳孔中心在 2 个象限的变化大小, 水平位移较垂直位移稍大。双眼瞳孔中心水平位移及矢量位移比较, 差异有统计学意义 (均 $P < 0.05$) (表 2)。

表 2 双眼瞳孔中心水平、垂直、矢量位移比较 [$M(Q_1, Q_3)$]
Table 2 Comparison of horizontal, vertical and vector shift of pupil centers in binoculus of myopic patients [$M(Q_1, Q_3)$]

眼别	眼数	水平位移	垂直位移	矢量位移
右眼	70	0.05(0.02, 0.08)	0.04(0.02, 0.07)	0.09(0.06, 0.11)
左眼	70	0.07(0.04, 0.09)	0.04(0.03, 0.10)	0.10(0.07, 0.14)
Z 值		-2.530	-1.480	-2.170
P 值		0.012	0.140	0.011

(非参数秩和检验)
(nonparametric test)

2.4 近视患者双眼不同瞳孔中心位移范围内受试者例数分布

97.1% (68/70) 的受试者右眼矢量位移在 0.2 mm 以内, 94.2% (66/70) 的受试者左眼矢量位移在 0.2 mm 以内, 所有受试者矢量位移均在 0.3 mm 以内。

2.5 近视患者各参数与瞳孔直径及瞳孔中心移位的相关性分析

暗视和明视状态下近视患者双眼瞳孔直径均与年龄无明显相关性 (右眼暗视: $r_s = -0.04, P = 0.753$; 左眼暗视: $r_s = -0.04, P = 0.72$; 右眼明视: $r = -0.14, P = 0.25$; 左眼明视: $r = -0.13, P = 0.28$); 年龄与双眼瞳孔直径的变化量无明显相关性 (右眼: $r = -0.13, P = 0.27$; 左眼: $r = -0.08, P = 0.51$); 性别与双眼瞳孔直径变化量无明显相关性 (右眼: $r_s = 0.08, P = 0.50$; 左眼: $r_s = 0.02, P = 0.85$)。双眼瞳孔中心位移与年龄、屈光度以及瞳孔直径变化量均无明显相关性 (右眼: $r_s = -0.06, -0.04, 0.04$, 均 $P > 0.05$; 左眼: $r_s = -1.14, -0.05, 0.08$, 均 $P > 0.05$)。

3 讨论

瞳孔直径的准确测量和精确定位在角膜屈光手术中尤为重要^[7-9], 光学区的大小和定位与瞳孔之间的关系直接影响屈光手术的术后疗效^[10]。对于近光轴的光线, 进入角膜的光线直径相当于放大的瞳孔直径图像。这意味着角膜有效光学区的设定与散大的瞳孔直径有关, 有效光学区理应比暗光状态下瞳孔直径大, 但由于角膜组织有限, 难以实现组织过多切除, 因此光学区的大小和位置与瞳孔的关系是角膜屈光手术成功的关键。

本研究结果显示, 近视患者双眼在暗视、明视状态下平均瞳孔直径比较, 差异有统计学意义, 与既往研究相一致^[11-14]。Bradshaw 等^[15]研究表明, 光线强度对瞳孔直径及反应速率有一定影响, 即弱光可引起弱的瞳孔收缩, 强光可引起强的瞳孔收缩。Prakash 等^[14]

研究发现,从暗视到明视的过程中,右眼平均瞳孔直径从 6.1 mm 缩小为 4.1 mm,左眼从 6.05 mm 缩小到 3.96 mm。本研究结果显示,从暗视到明视过程中右眼平均瞳孔直径从 6.82 mm 缩小为 4.52 mm,左眼从 6.62 mm 缩小为 4.24 mm。本研究与 Prakash 等^[14]研究所使用的仪器以及测量的光照度不相同,故瞳孔直径存在明显的差别。

练莘等^[10]通过对 100 名 12~66 岁的正常受试者瞳孔进行光线刺激发现,正常人瞳孔直径变化量与性别无关,与本研究中发现的性别与瞳孔直径变化量无明显相关相一致。Piha 等^[16]通过对 81 名年龄在 32~60 岁的健康受检者瞳孔变化量及反应速率进行测量发现,正常人的瞳孔直径变化量、反应速度与年龄呈反比。Yang 等^[12]通过测量 70 例受试者在间视、明视及扩瞳下的瞳孔变化发现,3 种状态下瞳孔直径与年龄均呈负相关,与 Schröder 等^[17]的研究结果相一致。Shah 等^[18]采用瞳孔仪研究 18 岁以内的儿童暗光下瞳孔直径,发现年龄与最大、最小瞳孔直径均呈正相关。本研究发现年龄与瞳孔直径无明显相关性,其可能的原因为本研究的受试者年龄范围为 18~34 岁,以青年为主,年龄范围较窄。

随着波前像差遥感技术的出现,瞳孔的精确定位成为决定有效光学质量的重要因素^[19-20]。Mathur 等^[11]研究发现瞳孔中心的位置受调节和光线的综合影响,在年轻人中,随着光照的增强,瞳孔收缩受调节的影响增加,且同一年龄组内调节对瞳孔中心位置的变化无显著效应,推测光线对瞳孔中心定位的影响更显著。本研究发现由暗视状态到明视状态下,瞳孔中心有轻微鼻上方的位移,与 Walsh^[21]的研究结果相一致。Wilson 等^[20]的研究发现,随着光照强度的增加,瞳孔中心向鼻侧和颞侧位移,而鼻侧位移更显著。本研究发现瞳孔中心水平位移较垂直位移稍大,而 Liu 等^[22]研究发现垂直方向位移较水平位移较大,其原因可能与该研究对象为扩瞳后患者有关。Wyatt^[23]通过改良的裂隙灯显微镜测量了 23 位受试者瞳孔自然扩大时瞳孔中心的变化情况发现,瞳孔中心向鼻上方移动;Mabed 等^[24]研究发现,从明视变化到间视状态下,随着瞳孔直径的扩大,瞳孔中心向颞侧偏移。

大量研究发现,尽管观察对象人种、年龄、光照强度等不同,但检测到的瞳孔中心的位移量均较小^[15,23-26]。本研究中结果显示,94.2% 以上的患者矢量位移在 0.2 mm 以内。Mathur 等^[11]研究发现平均瞳孔中心位移约为 0.12 mm,在改良人工晶状体植入术中,如此小的位移不考虑在内,然而此变化可以影响眼

的光学像差,可能影响患者对晶状体的接受性。同时,瞳孔中心位移和眼球的旋转可能是引入术后光学像差的来源之一。所以,对于个别瞳孔中心位移较大的患者,进行术前瞳孔中心位移筛查对保证屈光手术后的视觉质量具有重要的意义。

本研究中发现瞳孔中心位移与年龄、屈光度、瞳孔直径变化量之间均无明显相关性。Yang 等^[12]研究发现瞳孔中心的移动与年龄、屈光度以及不同状态下瞳孔直径的变化之间均无明显相关性,与本研究结果一致。但有研究发现,瞳孔中心位移与瞳孔直径的变化量呈正相关^[4-5],分析其可能与测量仪器及研究方法不同有关。

综上所述,左右眼瞳孔中心位移趋向于镜像对称。从暗视到明视状态下,瞳孔中心主要向鼻上方移位,矢量位移主要在 0.2 mm 以内。为避免偏中心切削对视质量的影响,在以瞳孔中心作为切削中心的屈光手术中应注意术前测量与术中测量照度的一致。屈光手术后瞳孔直径、瞳孔中心位移是否发生变化,及该变化是否对术后视觉质量产生影响仍有待进一步研究。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Chalita MR, Chavala S, Xu M, et al. Wavefront analysis in post-LASIK eyes and its correlation with visual symptoms, refraction, and topography [J]. *Ophthalmology*, 2004, 111 (3): 447-453. DOI: 10.1016/j.ophtha.2003.06.022.
- [2] Netto MV, Dupps W Jr, Wilson SE. Wavefront-guided ablation; evidence for efficacy compared to traditional ablation [J]. *Am J Ophthalmol*, 2006, 141 (2): 360-368. DOI: 10.1016/j.ajo.2005.08.034.
- [3] Fang L, Wang Y, He X. Effect of pupil size on residual wavefront aberration with transition zone after customized laser refractive surgery [J]. *Opt Express*, 2013, 21 (2): 1404-1416. DOI: 10.1364/OE.21.001404.
- [4] 刘文韬, 陈世豪, 王勤美. 瞳孔大小和瞳孔中心位移曲线随照明度变化的研究 [J]. *中华实验眼科杂志*, 2011, 29 (10): 922-925. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2011.10.014.
Liu WT, Chen SH, Wang QM. A study on pupillary centroid shift and pupil size under the different illumination levels [J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2011, 29 (10): 922-925. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2011.10.014.
- [5] 夏哲人, 张佳, 陈世豪, 等. 近视眼瞳孔中心在明视与间视状态下相对于共轴角膜反光点的移位 [J]. *温州医学院学报*, 2009, 39 (3): 246-249. DOI: 10.3969/j.issn.1000-2138.2009.03.014.
Xia ZR, Zhang J, Chen SH, et al. The shift of the pupil center relative to the coaxially sighted corneal reflex in Chinese myopic patients under photopic and mesopic conditions [J]. *J Wenzhou Med College*, 2009, 39 (3): 246-249. DOI: 10.3969/j.issn.1000-2138.2009.03.014.
- [6] Ozulken K, IChan C. Effects of cyclotorsion orientation and magnitude in eyes with compound myopic astigmatism on the compensation capacity of WaveLight EX500 photorefractive keratectomy [J]. *Korean J Ophthalmol*, 2019, 33 (5): 458-466. DOI: 10.3341/kjo.2019.0042.
- [7] Martínez CE, Applegate RA, Klyce SD, et al. Effect of pupillary dilation on corneal optical aberrations after photorefractive keratectomy [J]. *Arch Ophthalmol*, 1998, 116 (8): 1053-1062. DOI: 10.1001/archophth.116.8.1053.

- [8] Mrochen M, Kaemmerer M, Mierdel P, et al. Increased higher-order optical aberrations after laser refractive surgery; a problem of subclinical decentration [J]. J Cataract Refract Surg, 2001, 27(3): 362-369. DOI: 10.1016/s0886-3350(00)00806-3.
- [9] Pande M, Hillman JS. Optical zone centration in keratorefractive surgery. Entrance pupil center, visual axis, coaxially sighted corneal reflex, or geometric corneal center? [J]. Ophthalmology, 1993, 100(8): 1230-1237. DOI: 10.1016/S0161-6420(93)31500-9.
- [10] 练莘, 顾欣祖, 叶秀兰. 正常人瞳孔及瞳孔对光反射的特征 [J]. 中国实用眼科杂志, 2005, 23(10): 1038-1041.
Lian P, Gu XZ, Ye XL. The characteristics of the pupil and the pupillary light reflex in the normal subjects [J]. Chin J Pract Ophthalmol, 2005, 23(10): 1038-1041.
- [11] Mathur A, Gehrmann J, Atchison DA. Influences of luminance and accommodation stimuli on pupil size and pupil center location [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2014, 55(4): 2166-2172. DOI: 10.1167/iovs.13-13492.
- [12] Yang Y, Thompson K, Burns SA. Pupil location under mesopic, photopic, and pharmacologically dilated conditions [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2002, 43(7): 2508-2512. DOI: 10.1007/s00417-002-0468-9.
- [13] Kanellopoulos AJ, Asimellis G, Georgiadou S. Digital pupillometry and centroid shift changes after cataract surgery [J]. J Cataract Refract Surg, 2015, 41(2): 408-414. DOI: 10.1016/j.jcrs.2014.05.049.
- [14] Prakash G, Srivastava D, Suhail M, et al. Assessment of bilateral pupillary centroid characteristics at varying illuminations and post-photopic flash response using an automated pupillometer [J]. Clin Exp Optom, 2016, 99(6): 535-543. DOI: 10.1111/exo.12409.
- [15] Bradshaw DH, Donaldson GW, Jacobson RC, et al. Individual differences in the effects of music engagement on responses to painful stimulation [J]. J Pain, 2011, 12(12): 1262-1273. DOI: 10.1016/j.jpain.2011.08.010.
- [16] Piha SJ, Halonen JP. Infrared pupillometry in the assessment of autonomic function [J]. Diabetes Res Clin Pract, 1994, 26(1): 61-66. DOI: 10.1016/0168-8227(94)90140-6.
- [17] Schröder S, Chashchina E, Janunts E, et al. Reproducibility and normal values of static pupil diameters [J]. Eur J Ophthalmol, 2018, 28(2): 150-156. DOI: 10.5301/ejo.5001027.
- [18] Shah SS, Ranaivo HR, Mets-Halgrimson RB, et al. Establishing a normative database for quantitative pupillometry in the pediatric population [J/OL]. BMC Ophthalmology, 2020, 20(1): 121(1-6) [2020-01-03]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22071366>. DOI: 10.1186/S12886-020-01389-X.
- [19] Smith EM Jr, Talamo JH, Assil KK, et al. Comparison of astigmatic axis in the seated and supine positions [J]. J Refract Corneal Surg, 1994, 10(6): 615-620. DOI: 10.1055/s-2007-1006612.
- [20] Wilson MA, Campbell MC, Simonet P. The Julius F. Neumueller Award in Optics, 1989: change of pupil centration with change of illumination and pupil size [J]. Optom Vis Sci, 1992, 69(2): 129-136. DOI: 10.1097/00006324-199202000-00006.
- [21] Walsh G. The effect of mydriasis on the pupillary centration of the human eye [J]. Ophthalmic Physiol Opt, 1988, 8(2): 178-182. DOI: 10.1111/j.1475-1313.1988.tb01034.x.
- [22] Liu YL, Yeh PT, Huang JY, et al. Pupil centroid shift and cyclotorsion in bilateral wavefront-guided laser refractive surgery and the correlation between both eyes [J]. J Formos Med Assoc, 2013, 112(2): 64-71. DOI: 10.1016/j.jfma.2012.02.028.
- [23] Wyatt HJ. The form of the human pupil [J]. Vision Res, 1995, 35(14): 2021-2036. DOI: 10.1016/0042-6989(94)00268-q.
- [24] Mabel IS, Saad A, Guilbert E, et al. Measurement of pupil center shift in refractive surgery candidates with caucasian eyes using infrared pupillometry [J]. J Refract Surg, 2014, 30(10): 694-700. DOI: 10.3928/1081597X-20140903-07.
- [25] Terrell J, Bechara SJ, Nesburn A, et al. The effect of globe fixation on ablation zone centration in photorefractive keratectomy [J]. Am J Ophthalmol, 1995, 119(5): 612-619. DOI: 10.1016/s0002-9394(14)70219-3.
- [26] Fischinger I, Seiler TG, Schmidinger G, et al. Pupil centroid shift: Marketing tool or essential clinical parameter? [J]. Ophthalmologe, 2015, 112(8): 661-664. DOI: 10.1007/s00347-014-3170-5.

(收稿日期: 2019-10-22 修回日期: 2020-05-04)

(本文编辑: 张宇)

读者 · 作者 · 编者

本刊对论文中统计学方法描述的要求

研究论文如有量化测试指标时须有统计学分析的内容,并在方法部分提供统计学方法的描述,反应变量为单变量时请提供测量指标数据资料的性质(如计量数据资料及计数数据资料的表达方式)、多个样本计量数据资料正态分布检验方法的名称及方差齐性检验方法的名称、实(试)验设计方法及与之相匹配的统计学设计(如配对设计、成组设计、交叉设计、析因设计、正交设计等)、与统计设计相应的统计方法名称(如 t 检验、方差分析)以及检验水准。选择方差分析统计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。反应变量为双变量时,应根据实(试)验设计正确选择简单直线相关分析、回归分析或其他方法,不宜简单套用直线相关分析。统计学的检验水准请提供为双侧检验或单侧检验。论文结果部分的统计学分析内容可用相应的图表表达。

统计学符号的著录执行 GB/T 3358.1—2009/ISO 3534-1:2006《统计学词汇及符号》的有关规定,统计学符号一律采用斜体,如样本量用 n ; 样本的算术平均数用英文 \bar{x} ; 中位数用英文斜体大写 M , 标准差用英文 s , 样本均数的标准误用英文小写 $\sigma_{\bar{x}}$, t 检验用英文小写 t , F 检验用英文大写 F , 卡方检验用希文小写 χ^2 , Pearson 线性相关分析相关系数用英文小写 r , Spearman 秩相关分析相关系数用 r_s , 确定系数用 R^2 , 自由度用希文小写 v ; 概率用英文大写 P ; 检验水准用 α 。统计结果的解释和表达采用对比组或比较对象之间差异有统计学意义的描述方法,而不用对比组之间差异具有显著性(或非常显著性)的描述。论文的统计学分析结果提倡提供统计学检验量值和 P 值的具体数据,如不能提供 P 值的具体数据时,必须提供统计学检验量值如 χ^2 值、 t 值、 F 值等。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(CI)。

(本刊编辑部)