

· 临床研究 ·

# 短时间平板电脑游戏对青少年近视患者调节反应和调节微波动的影响

李岩 石晓庆 张璐 李明武 黎晓新 王凯

100044 北京大学人民医院眼科 视觉损伤与修复教育部重点实验室 北京视网膜脉络膜疾病诊疗重点实验室

通信作者:王凯, Email:wang\_kai@263.net

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2016.04.010

**【摘要】** 背景 近距离使用电子平板设备是造成近视发生和进展的危险因素之一,研究此类设备对人眼调节系统的影响可能为近视防控提供新的思路。目的 观察短时间进行平板电脑游戏前后青少年近视患者的调节反应值、调节微波动以及瞳孔直径的变化。方法 采用前瞻性系列病例观察研究方法,纳入 2014 年 8 月至 2015 年 4 月于北京大学人民医院就诊的 60 例青少年近视患者,患者平均年龄(11.6±2.6)岁,平均等效球镜屈光度(SER)为(-2.38±1.08)D。采用随机数字表法将 60 例受试者随机分成不同游戏时间组,分别进行 3、5 和 10 min iPad 电脑平板游戏,采用开放视野红外验光仪记录受试者游戏前后的瞳孔直径和调节数据,将采集的调节数据减去理论调节反应值计算为实际调节反应值,以实际调节反应值的均方根(RMS)作为调节微波动幅度,采用一维离散傅里叶变换法分析调节反应曲线的频谱特征。采用配对 *t* 检验对各组游戏前后的调节反应值、调节微波动幅度以及瞳孔直径进行比较。采用 Wilcoxon 符号秩检验对各组游戏前后调节反应曲线的高频信号占总信号功率百分比进行分析。结果 10 min 组受试者游戏后的调节反应值为(0.74±0.27)D,明显低于游戏前的(0.81±0.29)D,差异有统计学意义( $t=2.263, P=0.036$ ),而 3 min 组和 5 min 组受试者游戏前后的调节反应值差异均无统计学意义(均  $P>0.05$ )。10 min 组受试者游戏后调节微波动幅度(RMS)为(0.31±0.08)D,较游戏前的(0.27±0.09)D 明显增加,差异有统计学意义( $t=-2.259, P=0.036$ ),而 3 min 组和 5 min 组受试者游戏前后的调节微波动幅度差异无统计学意义(均  $P>0.05$ )。3 个组受试者游戏后调节微波动高频信号均高于游戏前,其中 5 min 组和 10 min 组受试者游戏前后高频信号比较差异均有统计学意义( $Z=-2.213, -2.016$ , 均  $P<0.05$ )。3 个组受试者游戏后瞳孔直径较游戏前均缩小,其中 5 min 组和 10 min 组受试者游戏前后瞳孔直径的差异均有统计学意义( $t=2.428, P=0.026; t=2.515, P=0.021$ )。结论 青少年近视患者进行短时间平板电脑游戏并不加重调节滞后,但是调节微波动幅度增加及调节反应曲线高频信号成分的增加均可能导致图像模糊,对控制近视进展不利。

**【关键词】** 眼调节/生理; 青少年; 近视/预防和控制; 眼屈光/生理; 人**基金项目:** 北京市科技计划(首都临床特色应用研究专项)项目(Z131107002213127)

## Influences of short-term iPad game on accommodative response and microfluctuation in adolescent myopia patients

Li Yan, Shi Xiaoqing, Zhang Lu, Li Mingwu, Li Xiaoxin, Wang Kai

Laboratory of Vision Loss and Restoration, Ministry of Education, Beijing Key Laboratory for the Diagnosis and Treatment of Retinal and Choroid Diseases, Department of Ophthalmology, Peking University People's Hospital, Beijing 100044, China

Corresponding author: Wang Kai, Email:wang\_kai@263.net

**[Abstract]** **Background** Using tablet computer at a short distance is one of the risk factors resulting to pathogenesis and progression of myopia. Studying the effect of such device on accommodative system of human eyes can provide further insights into myopia control. **Objective** This study was to explore the influences of playing iPad game for a short duration on accommodative response, accommodative microfluctuation and pupil diameter in adolescent myopia patients. **Methods** Sixty adolescent myopic patients were included in Peking University People's Hospital from August 2014 to April 2015, with the mean age (11.6±2.6) years and mean spherical equivalent

refraction (SER) ( $-2.38 \pm 1.08$ ) D. The patients were randomly divided into 3 groups according to different playing duration of iPad game, including 3-minute group, 5-minute group and 10-minute group. An open-field infrared refractometer was used to record pupil diameter and accommodation-associated data before and after playing iPad game. Accommodative response was defined as the difference between the recorded value and theoretical accommodative response, and root mean square (RMS) was used to describe the amplitude of accommodative microfluctuation. One-dimension discrete Fourier transformation was used to analyze spectral characteristic of accommodative response curve. Paired *t* tests were used to compare these accommodative parameters before and after playing game, while Wilcoxon signed-rank tests were applied for analyzing high frequency component of accommodative microfluctuation. This research conforms to the declaration of Helsinki, and was approved by Peking University People's Hospital Ethics Committee, all the subjects and their guardian signed informed consent. **Results** The accommodative response values before and after playing iPad game in 10-minute group were ( $0.81 \pm 0.29$ ) D and ( $0.74 \pm 0.27$ ) D, respectively, with significant difference between them ( $t = 2.263, P = 0.036$ ), and no significant differences were found in the accommodative response values before and after playing iPad game in the 3-minute group and 5-minute group (both at  $P > 0.05$ ). The RMS after playing iPad game was ( $0.31 \pm 0.08$ ) D in the 10-minute group, which was significantly higher than ( $0.27 \pm 0.09$ ) D before playing iPad game ( $t = -2.259, P = 0.036$ ). The high-frequency spectral power of accommodative response curves in all the three groups were increased after playing iPad game in comparison with before playing iPad game, with significant differences in the 5-minute group and 10-minute group ( $Z = -2.213, -2.016$ ; both at  $P < 0.05$ ), and the pupil diameters were significantly decreased after playing iPad game in comparison with before playing iPad game, with significant differences in the 5-minute group and 10-minute group ( $t = 2.428, P = 0.026; t = 2.515, P = 0.021$ ). **Conclusions** Short-term exposure to iPad does not deteriorate accommodative lag in adolescent myopic patients. However, the increase of amplitude and high-frequency spectral power of accommodative microfluctuation, together with accommodation lag will result in blurred images and may bring adverse effects on myopic eyes.

[**Key words**] Accommodation, ocular/physiology; Adolescent; Myopia/prevention & control; Refraction, ocular/physiology; Humans

[**Fund program**] Beijing Science and Technology Plan (Capital Clinical Application Research Special Project) (Z131107002213127)

中国的近视患者已超过 4 亿,青少年近视的发生率逐年升高,大学生的近视患病率甚至高达 95.5%<sup>[1]</sup>。近视已成为中国严重的社会公共卫生问题,如何降低青少年近视的发生率和延缓近视的进展速度是临床研究的热点问题。近年来,越来越多的青少年使用电子平板显示设备进行阅读和娱乐,导致近距离阅读时间延长和户外活动减少。研究表明,高强度的近距离工作是近视发生和进展的危险因素<sup>[2-3]</sup>,而基于显示屏的电子游戏亦是造成近视的高危因素之一<sup>[4]</sup>。采用 iPad 等电子平板设备与传统纸质书进行阅读尽管在工作距离上没有明显差别,但是电子屏幕本身的闪烁特性可能对控制近视进展不利<sup>[5]</sup>。中华人民共和国卫生和计划生育委员会办公厅在 2013 年 4 月 9 日制定的《儿童眼及视力保健技术规范》中指出,儿童持续近距离注视时间每次不宜超过 30 min,操作各种电子视频产品时间每次不宜超过 20 min,每天累计时间建议不超过 1 h。2 岁以下儿童尽量避免操作各种电子视频产品。对于儿童及青少年短时间使用

电子视频产品,尤其是小于 20 min 的短时间操作是否对眼球的调节功能产生不利影响,尚缺乏明确的临床依据。本研究中拟观察短时间使用电子平板设备对青少年近视患者调节反应值和调节微波动的影响。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

采用前瞻性系列病例观察研究设计。收集 2014 年 8 月至 2015 年 4 月在北京大学人民医院眼科就诊的 60 例青少年近视患者的临床资料,其中男 29 例,女 31 例;年龄 9~14 岁,平均( $11.6 \pm 2.6$ )岁。纳入标准:患者双眼  $-1.0 \text{ D} \leq$  等效球镜屈光度 (spherical equivalent refraction, SER)  $\leq -4.0 \text{ D}$ ,散光度  $\leq 1.0 \text{ D}$ ,屈光参差  $< 1.0 \text{ D}$ 。排除标准:(1)斜视、弱视患者;(2)双眼视功能异常和眼球运动障碍者;(3)有其他眼部器质性病变患者。本研究符合赫尔辛基宣言,并得到北京大学人民医院医学伦理委员会批准,所有受试者及其监护人均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 屈光状态检查 电脑验光后采用 CV-3000 型综合验光仪(日本拓普康株式会社)进行小瞳孔下验光。

1.2.2 电脑平板的使用和分组 所有受试者在睫状肌麻痹验光的基础上,采用显然验光结果对近视进行完全矫正。采用随机数字表法将 60 例受试者随机分成不同游戏时间组,其中 3 min 组 21 人,5 min 组 19 人,10 min 组 20 人。每位受试者佩戴框架眼镜(试镜架)后使用 iPad 4 平板电脑玩平板电脑游戏连连看,时间分别为 3、5 和 10 min,工作距离为 33 cm。

1.2.3 瞳孔直径、调节反应值和调节微波动幅度的测量 采用 WAM-5500 型开放视野红外自动验光仪(日本 Grand Seiko 公司)自带的横向单行视标(字体大小 6 号字)在明室环境下测量受试者游戏前和游戏后戴镜 33 cm 工作距离下的瞳孔直径、调节反应值和调节微波动数据,采样频率为 5 Hz,实时跟踪瞳孔大小和屈光状态。记录时受试者配戴远距离足矫框架眼镜,双眼开放观察,每次测量跟踪记录 60 s,取前 45 s 的数据进行分析。根据公式 1 计算调节反应值,以调节反应值的均方根(root of mean square, RMS)作为调节微波动幅度进行分析。

$$Acc\_lag = \frac{-1\ 000}{1\ 000 - d} - \frac{-1\ 000}{1\ 000 - d} \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{-1\ 000}{WD - d} + SER$$

注:Acc\_lag 为调节反应值,负号为调节超前,正号为调节滞后,单位为 D;SER 为等效球镜屈光度,负数表示近视度;d 为镜片与眼之间的距离(镜眼距),单位为 mm;WD 为工作距离,单位为 mm;R 为测量值,负值,单位为 D

1.2.4 调节反应值的频谱分析 采用一维离散傅里叶变换进行频谱分析,采用 Matlab 2014b 进行数学计算。将记录的调节反应值数据转换到频域,分析电脑平板游戏前后调节微波动的频谱特征。因采样频率仅为 5 Hz,根据采样定理,频谱分析的频率上限为 2.5 Hz。参照文献[6]的方法,以 0~0.5 Hz 为低频信号,>0.5 Hz 为高频信号分析游戏前后高频信号占总信号功率百分比的变化。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 21.0 统计学软件(序列号:285DD4CD2854F4E67605,美国 SPSS 公司)进行统计分析。本研究中各检测指标的数据资料经 Kolmogorov-Smirnov 检验均呈正态分布,以  $\bar{x} \pm s$  表示。采用完全随机分组三水平试验设计,3 min 组、5 min 组和 10 min 组间受试者屈光度的总体差异比较采用单因素方差分析。各组受试者游戏前后的眼调节反应

值、平均瞳孔直径以及调节微波动幅度的差异比较采用配对 *t* 检验。采用精确 Wilcoxon 符号秩检验比较平板电脑游戏前后的调节微波动高频信号占总信号功率百分比。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 各组受试者 SER 的比较

受试者平均 SER 为 (-2.38±1.08) D,3 min 组、5 min 组和 10 min 组近视患者的屈光度分别为 (-2.74±1.26)、(-2.09±1.04) 和 (-2.29±0.75) D,3 个组间比较差异无统计学意义 (*F*=1.956, *P*>0.05)。

2.2 各组受试者游戏前后调节反应值的变化

3 min 组、5 min 组和 10 min 组受试者调节反应的基线值分别为 (0.76±0.37)、(0.90±0.34) 和 (0.81±0.29) D,差异无统计学意义 (*F*=0.769, *P*>0.100)。3 min 组、5 min 组和 10 min 组受试者游戏后的调节反应值分别为 (0.81±0.32)、(0.84±0.41) 和 (0.74±0.27) D,3 min 组和 5 min 组受试者游戏前后的调节反应值差异均无统计学意义 (*t*=-0.800、0.954, 均 *P*>0.05),而 10 min 组受试者游戏后调节反应值明显低于游戏前(调节滞后减少),差异有统计学意义 (*t*=2.263, *P*=0.036) (图 1)。

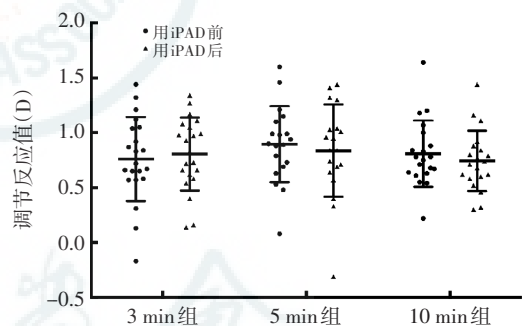


图 1 平板电脑游戏前后各组受试者调节反应值的变化

2.3 各组受试者游戏前后 RMS 和微波动频谱的变化

3 min 组受试者游戏前后 RMS 分别为 (0.29±0.10) D 和 (0.30±0.11) D;5 min 组分别为 (0.27±0.08) D 和 (0.27±0.08) D;10 min 组分别为 (0.27±0.09) D 和 (0.31±0.08) D。10 min 组受试者游戏后的 RMS 值明显高于游戏前,差异有统计学意义 (*t*=-2.259, *P*=0.036);而 3 min 组和 5 min 组受试者游戏前后 RMS 值的差异均无统计学意义 (*t*=-0.769、-0.067, 均 *P*>0.05) (图 2)。

频谱分析的结果表明,3 min 组受试者游戏前后 RMS 的高频信号占总信号功率百分比分别为 7.10% 和 8.34%;5 min 组分别为 2.97% 和 5.51%;10 min 组

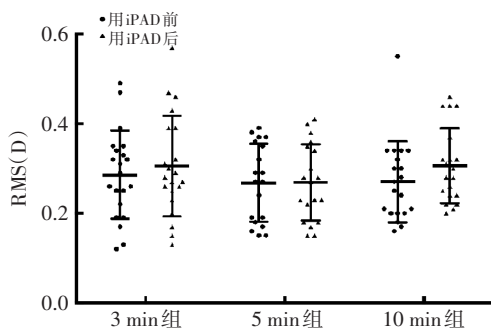


图2 各组受试者游戏前后 RMS 的变化 RMS:均方根

分别为 5.59% 和 7.11%。3 个组受试者游戏后调节微波动高频信号较游戏前均增加,但 3 min 组受试者游戏前后高频信号占总信号功率百分比的差异无统计学意义 ( $Z = -0.504, P = 0.630$ ), 5 min 组和 10 min 组受试者游戏前后高频信号占总信号功率百分比的差异均有统计学意义 ( $Z = -2.213, -2.016$ , 均  $P < 0.05$ )。

#### 2.4 各组受试者游戏前后瞳孔直径的变化

3 min 组受试者游戏前后瞳孔直径分别为  $(4.76 \pm 0.62)$  mm 和  $(4.63 \pm 0.77)$  mm; 5 min 组分别为  $(5.12 \pm 0.77)$  mm 和  $(4.88 \pm 0.80)$  mm; 10 min 组分别为  $(4.83 \pm 0.67)$  mm 和  $(4.66 \pm 0.80)$  mm。与游戏前相比,3 个组受试者游戏后瞳孔直径均较游戏前缩小;其中,5 min 组和 10 min 组受试者游戏前后瞳孔直径比较差异均有统计学意义 ( $t = 2.428, P = 0.026; t = 2.515, P = 0.021$ ), 而 3 min 组受试者游戏前后瞳孔直径的差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ) (图 3)。

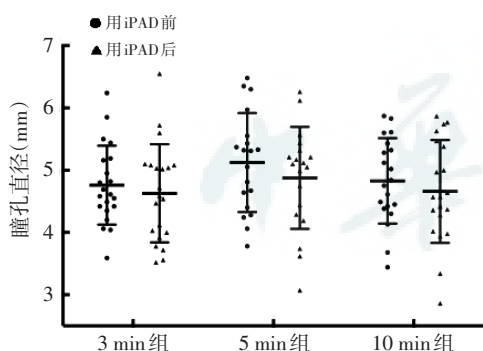


图3 各组受试者游戏前后瞳孔直径的变化 3 个组受试者游戏后瞳孔直径均较游戏前缩小

### 3 讨论

青少年的近视防控是中国面临的严重社会公共卫生问题。据不完全统计,中国小学生、初中生和高中生近视患病率分别为 13.7%、42.9% 和 69.7%,大学生近视患病率则高达 95.5%<sup>[1,7]</sup>。青少年近视的发生和进展与环境因素关系密切,长时间的近距离工

作<sup>[8]</sup>、受教育程度高<sup>[9]</sup>、户外活动少<sup>[9-10]</sup>、远视性离焦<sup>[11-12]</sup>等均是近视相关的危险因素。近年来,随着平板电脑设备的普及,各类电子阅读和娱乐设备正悄然改变着青少年的生活方式,而这些平板电脑设备的使用对近视的防控极为不利。研究表明,每日看电视超过 2 h 或玩电脑游戏是近视发生和进展的高危因素<sup>[4]</sup>。因此,了解电子平板设备的使用方式对青少年近视患者调节系统的影响可能为近视防控提供相关依据。

人眼在视近时,调节刺激和调节反应值并不完全相等,大多数人群会出现调节滞后,少数则表现为调节超前<sup>[13]</sup>,这种调节不准确的本质是光学离焦。通过缩小瞳孔而增加景深可以弥补这种光学离焦,从而使得模糊的物象在调节误差识别系统的可接受范围内。然而,尽管人眼认为图像是清晰的,但实际上落在视网膜上的仍然是离焦的模糊图像,这正是引起近视发生和进展的原因之一<sup>[14]</sup>。调节滞后的本质是远视性离焦,图像聚焦于视网膜后方,对近视的控制极为不利,是造成近视发生和进展的危险因素之一<sup>[15]</sup>。本研究结果表明,短时间使用电子平板设备并不会加重调节滞后,在 5 min 组和 10 min 组甚至出现调节滞后改善。因此,仅从调节反应值本身的变化无法解释平板电子设备对近视造成的不利影响。

在工作距离保持不变的情况下,调节本身也并非完全稳定,而是存在调节微波动<sup>[16]</sup>。调节微波动的本质是光学离焦在小范围内的不断变化,因此,视网膜上图像的模糊程度实际是不断变化的,且这种变化人脑几乎很难觉察。徐丹等<sup>[17]</sup>研究表明,在持续视近时近视眼的调节微波动幅度增加。本研究结果表明,玩平板电脑游戏仅 10 min,调节微波动的幅度即出现显著增加。由于调节微波动和调节误差的存在,在大多数时间内,视网膜所接收到的图像是不清晰的。眼球的正视化过程是由中高频空间频率信号介导的,模糊的图像剥夺了中高频空间频率信号,可以引起近视<sup>[14]</sup>。研究表明,观看近距离物体时,人眼的全眼波前像差存在明显波动,而其中的离焦成分波动幅度亦明显高于远距离用眼者<sup>[18]</sup>,这种由于调节微波动造成的图像模糊可能是导致近视发生和进展的重要原因之一。此外,本研究中对调节微波动的频谱分析结果也表明,玩游戏后所有 3 个组均出现了调节微波动高频信号成分的增加,表明短时间平板电脑游戏除了导致调节微波动幅度增加外,还使得调节微波动随时间的延长而更为剧烈,进一步造成视网膜成像的不稳定。

Gray 等<sup>[19]</sup>研究调节微波动与瞳孔大小的关系,发

现大瞳孔下调节微波动幅度小,而小瞳孔下调节微波动幅度较大。有学者认为,由于视近时瞳孔变小而导致景深增加,为了使调节误差识别系统能够识别对焦的不准确,调节系统需要做出更大的波动来引导调节反应值跨越其增大的景深<sup>[16-17]</sup>。Day 等<sup>[16]</sup>研究表明,缩小瞳孔和人为增加景深可以使调节微波动幅度明显增加。然而,由于调节微波动幅度增加,调节反应曲线的高频信号增多,为了减少由于调节微波动增加导致的图像模糊,瞳孔缩小可以在一定程度上增加景深,从而抵消调节误差和调节微波动导致的图像模糊,本研究结果显示,3 个组受试者进行短时间电脑平板游戏后均出现瞳孔缩小。关于调节微波动和瞳孔大小的因果关系尚值得进一步研究。

总之,短时间使用电子平板设备尽管不会加剧调节滞后,却导致了调节微波动幅度和高频信号成分的增加;尽管缩小的瞳孔可以通过增加景深让图像趋于清晰,却不能从根本上解决视网膜图像模糊的问题。就近视防控而言,青少年应尽量避免使用电子平板设备。

## 参考文献

- [1] Sun J, Zhou J, Zhao P, et al. High prevalence of myopia and high myopia in 5060 Chinese university students in Shanghai [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2012, 53(12): 7504-7509. DOI: 10.1167/iovs.11-8343.
- [2] Ip JM, Saw SM, Rose KA, et al. Role of near work in myopia: findings in a sample of Australian school children [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2008, 49(7): 2903-2910. DOI: 10.1167/iovs.07-0804.
- [3] Konstantopoulos A, Yadegarfar G, Elgohary M. Near work, education, family history, and myopia in Greek conscripts [J]. Eye (Lond), 2008, 22(4): 542-546. DOI: 10.1038/sj.eye.6702693.
- [4] Saxena R, Vashist P, Tandon R, et al. Prevalence of myopia and its risk factors in urban school children in Delhi: the North India Myopia Study (NIM Study) [J/OL]. PLoS One, 2015, 10(2): e0117349 [2015-08-21]. <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0117349>. DOI: 10.1371/journal.pone.0117349.
- [5] Di Y, Lu N, Li B, et al. Effects of chronic exposure to 0.5 Hz and 5 Hz flickering illumination on the eye growth of guinea pigs [J]. Curr Eye Res, 2013, 38(11): 1182-1190. DOI: 10.3109/02713683.2013.807931.
- [6] Charman WN, Heron G. Fluctuations in accommodation: a review [J]. Ophthalmic Physiol Opt, 1988, 8(2): 153-164.
- [7] 谢红莉, 谢作措, 叶景, 等. 我国青少年近视现患率及相关因素分析 [J]. 中华医学杂志, 2010, 90(7): 439-442. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2010.07.003.
- [8] Xie HL, Xie ZK, Ye J, et al. Analysis of correlative factors and prevalence on China's youth myopia [J]. Nat Med J Chin, 2010, 90(7): 439-442. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2010.07.003.
- [8] Chan DK, Fung YK, Xing S, et al. Myopia prevention, near work, and visual acuity of college students: integrating the theory of planned behavior and self-determination theory [J]. J Behav Med, 2014, 37(3): 369-380. DOI: 10.1007/s10865-013-9494-9.
- [9] Lee YY, Lo CT, Sheu SJ, et al. What factors are associated with myopia in young adults? A survey study in Taiwan Military Conscripts [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2013, 54(2): 1026-1033. DOI: 10.1167/iovs.12-10480.
- [10] Low W, Dirani M, Gazzard G, et al. Family history, near work, outdoor activity, and myopia in Singapore Chinese preschool children [J]. Br J Ophthalmol, 2010, 94(8): 1012-1016. DOI: 10.1136/bjo.2009.173187.
- [11] Liu Y, Wildsoet C. The effect of two-zone concentric bifocal spectacle lenses on refractive error development and eye growth in young chicks [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2011, 52(2): 1078-1086. DOI: 10.1167/iovs.10-5716.
- [12] Hammond DS, Wallman J, Wildsoet CF. Dynamics of active emmetropization in young chicks-influence of sign and magnitude of imposed defocus [J]. Ophthalmic Physiol Opt, 2013, 33(3): 215-226. DOI: 10.1111/opo.12056.
- [13] Cheng D, Woo GC, Drobe B, et al. Effect of bifocal and prismatic bifocal spectacles on myopia progression in children: three-year results of a randomized clinical trial [J]. JAMA Ophthalmol, 2014, 132(3): 258-264. DOI: 10.1001/jamaophthalmol.2013.7623.
- [14] Tran N, Chiu S, Tian Y, et al. The significance of retinal image contrast and spatial frequency composition for eye growth modulation in young chicks [J]. Vision Res, 2008, 48(15): 1655-1662. DOI: 10.1016/j.visres.2008.03.022.
- [15] Hasebe S, Jun J, Varnas SR. Myopia control with positively aspherized progressive addition lenses: a 2-year, multicenter, randomized, controlled trial [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2014, 55(11): 7177-7188. DOI: 10.1167/iovs.12-11462.
- [16] Day M, Seidel D, Gray LS, et al. The effect of modulating ocular depth of focus upon accommodation microfluctuations in myopic and emmetropic subjects [J]. Vision Res, 2009, 49(2): 211-218. DOI: 10.1016/j.visres.2008.10.010.
- [17] 徐丹, 陈曦, 陶静, 等. 近视者持续近距离工作时的调节反应波动 [J]. 中华眼科杂志, 2009, 45(1): 50-55. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2009.01.011.
- [18] Xu D, Chen X, Yan J, et al. Accommodation response fluctuation in myopia during sustained near work [J]. Chin J Ophthalmol, 2009, 45(1): 50-55. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2009.01.011.
- [18] Zhu M, Collins MJ, Iskander DR. The contribution of accommodation and the ocular surface to the microfluctuations of wavefront aberrations of the eye [J]. Ophthalmic Physiol Opt, 2006, 26(5): 439-446. DOI: 10.1111/j.1475-1313.2006.00373.x.
- [19] Gray LS, Winn B, Gilmartin B. Accommodative microfluctuations and pupil diameter [J]. Vision Res, 1993, 33(15): 2083-2090.

(收稿日期: 2016-01-11)

(本文编辑: 尹卫靖 张宇)