

# 阅读界面和方式对调节反应的影响研究

王晓峰

作者单位: (313000) 中国浙江省湖州市第一人民医院眼科  
 作者简介: 王晓峰, 毕业于温州医科大学, 硕士, 主治医师, 研究方向: 视网膜疾病、眼底病。  
 通讯作者: 王晓峰. lugeapple0708@163.com  
 收稿日期: 2015-12-14 修回日期: 2016-03-10

## Effect of different reading interfaces and conditions on the accommodation response

Xiao-Feng Wang

Department of Ophthalmology, the First People's Hospital of Huzhou, Huzhou 313000, Zhejiang Province, China

**Correspondence to:** Xiao - Feng Wang. Department of Ophthalmology, the First People's Hospital of Huzhou, Huzhou 313000, Zhejiang Province, China. lugeapple0708@163.com

Received: 2015-12-14 Accepted: 2016-03-10

### Abstract

• **AIM:** To compare the difference of accommodation response under the variety reading conditions including computer screen, mobile phone screen and printed texts. The investigation also included the accommodation response under these conditions with different distances, brightness, dynamic and static testing status.

• **METHODS:** Thirty volunteer subjects were included with normal vision function. The reading target on computer screen, mobile screen and paper were used, respectively. Grand Seiko WAM 5500 infrared automatic refractometer was applied to measure accommodation response. The influence of different reading conditions on accommodation was compared using variance analysis with SPSS17.0.

• **RESULTS:** Accommodation lag under the computer screen with high brightness was  $0.52 \pm 0.24D$ , that under papers was  $0.73 \pm 0.28D$ , that under mobile phone was  $0.72 \pm 0.29D$ . Accommodation lag under the computer screen with high brightness was less than that under mobile phones and paper, the differences were statistically significant ( $P < 0.05$ ). The accommodation lag under mobile phones and paper had no statistical difference. Accommodation microfluctuations and pupil size under the mobile phone was slightly larger than the accommodation lags under the other conditions, but the difference was not statistically significant.

• **CONCLUSION:** Accommodation lag under the computer screen with high brightness is relatively smaller than that under mobile phone or paper. There is no significant difference between those under phones and paper. With

the brightness of computers in a certain range, there is no effect for accommodation response.

• **KEYWORDS:** computer; paper; mobile phone; accommodation response

**Citation:** Wang XF. Effect of different reading interfaces and conditions on the accommodation response. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2016;16(4):719-721

### 摘要

**目的:** 比较电脑阅读、手机阅读、纸张阅读条件下, 调节反应的差异。探讨不同阅读界面、阅读距离以及亮度对调节反应的综合影响。

**方法:** 设置电脑、手机和纸张阅读界面, 选取 30 位青年志愿者, 分别在电脑(电脑提供两种不同亮度)、手机以及纸张状态下, 使用 Grand Seiko WAM 5500 红外自动验光仪测调节反应以及瞳孔大小。用 SPSS17.0 将结果进行方差分析, 比较不同阅读条件对人眼调节的影响。

**结果:** 电脑屏幕正常亮度下的调节滞后为  $0.52 \pm 0.24D$ , 纸张视标下调节滞后为  $0.73 \pm 0.28D$ , 手机视标下调节滞后为  $0.72 \pm 0.29D$ 。电脑正常亮度屏幕下的调节滞后显著小于手机和纸张视标下的调节滞后量, 且均有统计学差异 ( $P < 0.05$ ), 而手机和纸张视标下调节滞后量无统计学差异。手机阅读引起人眼的调节微波动和瞳孔波动略大于电脑屏幕和纸张, 但结果无统计学差异。

**结论:** 人眼在阅读电脑屏幕时调节滞后显著小于手机和纸张, 后者则没有显著区别。电脑屏幕亮度在一定程度内的变化并不影响调节反应。

**关键词:** 电脑; 纸张; 手机; 调节反应

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2016.4.33

**引用:** 王晓峰. 阅读界面和方式对调节反应的影响研究. 国际眼科杂志 2016;16(4):719-721

### 0 引言

随着电脑、手机的普及, 人们的阅读模式发生了很大的变化, 越来越多的人习惯于将电脑或者手机屏幕作为阅读的介质而非传统的纸张。尽管有大量的研究比较屏幕和纸张视标阅读下视功能的异同, 但由于比较的参数和方法各异, 得到的结论也不尽相同<sup>[1-2]</sup>。调节反应由于其与近视发生发展的密切关系, 一直是视功能研究中的一个重点<sup>[3-4]</sup>。但以往的研究在测量屏幕和纸质文件视标下的短期动态调节反应时总是尽量将视标亮度、使用距离等条件标准统一化<sup>[5-6]</sup>, 这虽然可以去掉外部因素, 单纯比较介质本身的异同, 却并不符合屏幕和纸张实际上的使用方式。屏幕和纸张在显示方式和显示质量上有较多的不同, 但对于普通高对比度黑白文本, 基本上可以忽略对比度、颜色等差别, 而考虑亮度、使用距离是两个重要的影响因

表1 各视标参数设置

视标名称	显示	距离	亮度(cd/m <sup>2</sup> )	视标内容	字体大小(pt)	段落大小(cm)
屏幕正常亮度	电脑	50cm	195~213	回文诗段落	13.5	6.85
屏幕较暗亮度	电脑	50cm	103~115	回文诗段落	13.5	6.85
纸张视标	纸张	33cm	94~110	回文诗段落	9	4.50
手机视标	手机	33cm	98~110	回文诗段落	9	4.50

素。生活中发现,显示器的出厂亮度往往较高,但人们在使用电脑时却会将亮度适当调低,并认为较低的亮度更舒适、护眼。本研究将在尽量模拟自然的阅读状态下,比较电脑阅读、手机阅读、纸张阅读条件下,引起的调节反应的差异,并分析亮度在其中所起的作用。

### 1 对象和方法

**1.1 对象** 共30位受试者参与本试验,其中男17名(57%),女13名(43%),年龄23~28(平均24.91±1.56)岁。30位受试者中12位正视眼(SE:+0.25~-0.25D),18位为近视患者(SE:-0.50~-6.00D),根据问卷调查显示,近视患者均在15岁或15岁以后出现近视且近2a屈光状态稳定(近视进展<0.25D/a),即为迟发性稳定性近视。所有受试者矫正视力≥20/20,无双眼视功能及眼球运动功能异常。

### 1.2 方法

**1.2.1 试验室环境及实验设备** 测量调节反应的仪器为Grand Seiko WAM 5500 红外自动验光仪,具有较高的重复性和准确性,该仪器无可见光,且可在开放视野下进行测量。所有数据的采集过程中保持实验室的照明稳定,使用亮度计测量亮度,并采取额外光源(LED小台灯)控制视标亮度的稳定和达标。

**1.2.2 视标设置** 实验前期测手机27部,电脑28部,使用亮度计实测在教室、寝室、图书馆环境下分别使用手机、电脑、纸张时的亮度参数。并根据实测数据和文献确定视标的使用距离和亮度参数如表1。

**1.2.3 试验步骤** (1)屈光状态检查:在综合验光仪上对受试者进行双眼规范主觉验光,戴全矫等效球镜框架试戴镜,适应5min。(2)指令设置:告知受试者眼前出现段落文字,要求正读一次,反读一次,阅读中保持平时习惯阅读时的自然状态进行默读。(3)测量受试者优势眼的调节反应:调整受试者视线和屏幕上视标的位置,使受试眼视轴、自动验光仪测量光轴、调节视标位于同一水平。随机选择4种视标中的一种。受试者持续阅读1.5~2.0min,使用红外验光仪持续测量动态的调节反应和瞳孔大小,取最后30s的数据。(4)一组指标结束后,令受试者视远休息5min,放松调节,再进行下一组视标。(5)整个试验控制在40min内完成。取连续测量的调节反应以及瞳孔大小的数据,初步筛选取中后段30s较稳定的数据。得到调节滞后和瞳孔大小的均值及标准差,分别代表调节滞后和瞳孔大小的平均水平及波动程度。

统计学分析:采用统计学软件SPSS 17.0。对30位受试者在4种视标状态下的调节滞后和瞳孔大小求均值和标准差,并进行两因素方差分析,如差异有统计学意义,再采用SNK-q法进行两两比较。以P<0.05为差异有统计学意义。

### 2 结果

**2.1 调节反应和瞳孔大小** 对电脑屏幕较高亮度,即正常

表2 各视标阅读下的调节滞后量以及瞳孔大小  $\bar{x} \pm s$

指标	电脑亮视标	电脑暗视标	纸张视标	手机视标
调节滞后(D)	0.52±0.24	0.56±0.25	0.73±0.28	0.72±0.29
瞳孔大小(mm)	3.7±0.6	4.1±0.7	3.4±0.5	3.9±0.6

表3 各视标阅读下的调节反应以及瞳孔大小的变异度  $\bar{x} \pm s$

指标	电脑亮视标	电脑暗视标	纸张视标	手机视标
调节波动(D)	0.17±0.06	0.17±0.07	0.20±0.08	0.20±0.07
瞳孔波动(mm)	0.3±0.1	0.3±0.1	0.3±0.2	0.3±0.1

表4 各视标阅读下的调节微波动能分布  $\bar{x} \pm s$

指标	电脑亮视标	电脑暗视标	纸张视标	手机视标
LFC	0.05±0.04	0.07±0.06	0.06±0.04	0.07±0.04
MFC	0.008±0.005	0.007±0.005	0.009±0.006	0.010±0.007
HFC	0.003±0.002	0.004±0.003	0.004±0.003	0.006±0.006

注:LFC:低频波动;MFC:中频波动;HFC:高频波动。

使用电脑状态下的调节滞后和纸张视标、手机视标进行比较,电脑屏幕高亮度195~213cd/m<sup>2</sup>下的瞳孔大小为3.7±0.6mm,调节滞后为0.52±0.24D,纸张视标下瞳孔大小为3.4±0.5mm,调节滞后为0.73±0.28D,手机视标下瞳孔大小为3.9±0.6mm,调节滞后为0.72±0.29D,电脑亮屏幕下的调节滞后小于手机和纸张视标下的调节滞后量,且均有统计学差异(P<0.05)。电脑亮视标与纸张视标比较,P=0.003;电脑亮视标与手机视标比较,P=0.005;而手机和纸张视标下调节滞后量无统计学差异(P=0.863),见表2。

### 2.2 调节与瞳孔波动

**2.2.1 调节与瞳孔变异度** 比较三种状态下调节反应变异度以及瞳孔大小的变异度,结果显示纸张和手机视标下的调节变异度略大于电脑视标下的波动量,但差异没有统计学意义,见表3。

**2.2.2 调节微波动能分布** 调节反应是一种动态过程,注视视标时调节反应会在一定的范围内波动,这种现象称为调节微波动。调节微波动以单位时间内调节反应变化的标准差(调节变异度)作为分析标准。所有受试者在手机阅读状态下,调节微波动的LFC、MFC以及HFC能量略大于其他几种情况,差异没有统计学意义。在同一距离下,三组受试者的MFC以及HFC能量均无统计差异(P>0.05,表4)。

**2.3 电脑屏幕亮视标与电脑屏幕暗视标** 比较电脑屏幕亮视标(即电脑屏幕正常亮度视标195~213cd/m<sup>2</sup>)和暗视标(即电脑屏幕较暗视标103~115cd/m<sup>2</sup>)下的调节反应,发现电脑亮视标下调节滞后量为0.52±0.24D,小于电脑暗视标下的调节滞后量0.56±0.25D,但相差并不明显,且无统计学意义(P=0.598)。另外,比较不同亮度下瞳孔大小,电脑屏幕亮视标下的瞳孔大小为3.7±0.6mm,小

于电脑屏幕暗视标下的瞳孔大小  $4.1 \pm 0.7\text{mm}$ ,且两者差异有统计学意义 ( $P=0.028$ )。电脑屏幕亮视标和暗视标下的调节波动和瞳孔大小波动均无统计学差异。

### 3 讨论

电脑屏幕阅读与纸张阅读方式上存在很大的不同。首先,使用距离上纸张的普遍阅读距离是  $33\text{cm}$ ,而计算机的使用距离则在  $50\text{cm}$ <sup>[7]</sup>。研究认为,视标离眼睛的距离越近,需要越大的调节需求,调节滞后也越大<sup>[8]</sup>。Gray 等<sup>[5]</sup>曾研究比较各个显示器包括纸张在内作为阅读视标时,调节反应的异同,并认为在一定时间(20min)内以不同显示器(包括纸张)作为介质,阅读者的调节微波动没有明显的变化。在这个实验中,Gray 考虑到了显示器的实际使用距离,而将所有介质的使用距离限定为  $50\text{cm}$ 。这虽然可以模拟显示器的实际使用距离,且能将外部使用条件进行标准化,单纯比较介质本身的异同,但却并不符合纸张的使用方式,从而使距离这一重要的差别因素忽略。

另外,亮度也是电脑屏幕和纸张的一个重要差别因素。比较多的研究认为亮度是影响视觉功能的一个重要的外部因素。光线的影响是多方面的,包括对比度、亮度、瞳孔大小等都有可能随光线的改变而改变,从而影响视网膜成像的清晰度。合适的屏幕亮度能减轻视疲劳的发生程度,提高工作的满意度,而超出这个亮度范围则更容易发生视疲劳<sup>[9-10]</sup>。Gray 等<sup>[11]</sup>通过研究不同视标亮度下的调节微波动,发现亮度能影响调节反应的低频成分,亮度越低,调节反应越强,调节微波动也越大。但在这项试验中他采用非常低的亮度,通过检测瞳孔发现瞳孔的大小没有显著差别,因而排除了瞳孔大小对于调节的影响。而事实上,视标亮度的改变会影响瞳孔的大小。在 Gray 的另一项研究中,认为瞳孔大小能影响调节微波动中的低频成分,瞳孔越小,调节反应越强,调节微波动也越大<sup>[12]</sup>。注视不同亮度的视标时,亮度可以直接影响调节反应和调节波动,又能通过瞳孔大小影响到调节反应,因此,亮度对于调节反应产生的实际上是一个综合的影响。

本试验观察到电脑亮屏幕下的调节滞后小于手机和纸张视标下的调节滞后量,且均有统计学差异 ( $P<0.05$ )。首先,电脑视标与手机、纸张视标的使用距离设置不同。根据前述使用距离越大,调节滞后越小,试验结果基本上符合推断。其次,电脑正常使用情况下亮度大于手机、纸张视标,由于亮度的直接和间接作用,我们不能直接得出亮度起的究竟是积极作用还是消极作用,因此我们设计第4组视标以着重分析这个因素。但是将影响因素进行综合,结果还是比较明显的,也就是说正常使用电脑情况下,调节滞后与使用纸张、手机相比并不会增大,反而相对较小。而从试验数据上看,由于手机和纸张视标在相同的距离使用、亮度相近,两者的差异没有显著性。调节与瞳孔波动性比较的结果显示,手机阅读状态调节变异度以及调节微波动的 MFC 以及 HFC 能量略大于电脑屏幕和纸张阅读。调节 MFC 和 HFC 能量往往独立于视觉刺激,被认为可能主要受系统混杂信号影响,故本研究结果提示进行手机阅读时调节反应波动性较大,导致视网膜成像稳定性下降。此外,为了维持清晰成像,视觉系统可能需要付出更多的努力,因而可能带来更多疲劳感。

此外,不少计算机使用者在操作时会将自己的显示器或者手机亮度调至较低的一个值,同时不少研究者也提出

了“护眼亮度”这一概念,为此我们进行了不同亮度的比较,结果显示电脑屏幕正常亮度下调节滞后量略小于电脑屏幕较暗亮度下的调节滞后量,但差异无统计学意义。另外,电脑屏幕正常亮度下的瞳孔小于电脑屏幕较暗亮度下的瞳孔直径,且两者差异有统计学意义 ( $P<0.05$ )。由于两者视标的使用距离是一样的,区别就在于亮度、瞳孔大小,但是亮度和瞳孔大小的综合作用并不是很明显。根据试验结果,说明将亮度调低一定程度并不能提高调节反应的准确度,或者在一定的亮度范围内,这种影响并不明显。试验中亮度变化既没有引起瞳孔大小波动的显著变化,也没有引起调节波动的显著变化,这与前面 Gray 等<sup>[11-12]</sup>的两个结论都不同。当然,我们的试验中两种亮度本身就相差不是特别大,不排除加大比较梯度时,亮度变化以及其引起的瞳孔大小变化在调节中的表现会更明显。从视疲劳的角度看,视标的亮度过低,会导致字符的清晰度变低,还会加重因发光点亮度的不均匀性而引起字符的闪烁感和模糊感。在这种情形下,操作人员为取得较好的作业绩效往往会提高努力程度加强眼肌调节活动,因而容易产生视觉疲劳。而视标的亮度过高,达到一定水平后就会引起眩光效应,且为避免光线损伤视网膜,人眼会通过缩小瞳孔等方式减少光线的进入量,同样会产生视觉系统的肌紧张感,引起视疲劳<sup>[9]</sup>。因此,理论上应该有一个比较适合阅读的护眼的亮度,但是这个亮度的值到底是多少,可能还需要做进一步的研究,且要综合其他眼动参数来进行分析。

本研究在模拟自然的阅读条件下比较了电脑屏幕阅读、手机阅读和纸张阅读下的调节反应,发现使用电脑时,调节滞后与使用纸张、手机相比相对较小。一定范围内,改变电脑屏幕的亮度,对调节反应的准确度没有明显影响。

### 参考文献

- Burns DH. Characteristics of visual display units that may cause visual difficulties. *Ophthalmic Physiol Opt* 1995;15(21):99-104
- Nisiyama A. The influence of VDT work on accommodation. *Nippon Ganka Gakkai Zasshi* 1992;96(16):209-216
- Gwiazda J, Thorn F, Held R. Accommodation, accommodative convergence, and response AC/A ratios before and at the onset of myopia in children. *Optom Vis Sci* 2005;82(15):273-278
- Tosha C, Borsting E, Ridder WH 3rd, et al. Accommodation response and visual discomfort. *Ophthalmic Physiol Opt* 2009;29(3):625-633
- Gray LS, Gilmartin B, Winn B. Accommodation microfluctuations and pupil size during sustained viewing of visual display terminals. *Ophthalmic Physiol Opt* 2000;20(16):5-10
- Collins M, Davis B, Goode A. Steady-state accommodation response and VDT screen conditions. *Appl Ergon* 1994;25(4):334-338
- Jaschinski-Kruza W. Eyestrain in VDU users: viewing distance and the resting position of ocular muscles. *Hum Factors* 1991;33(8):69-83
- Harb E, Thorn F, Troilo D. Characteristics of accommodative behavior during sustained reading in emmetropes and myopes. *Vision Res* 2006;46:2581-2592
- 张智君,朱祖祥. VDT 屏面亮度和文件背景照度对视觉核读作业的影响. *心理科学* 2001;24(17):26-28
- Janosik E, Grzesik J. Influence of different lighting levels at workstations with video display terminals on operators' work efficiency. *Med Pr* 2003;54(12):123-132
- Gray LS, Winn B, Gilmartin B. Effect of target luminance on microfluctuations of accommodation. *Ophthalmic Physiol Opt* 1993;13(9):258-265
- Gray LS, Winn B, Gilmartin B. Accommodative microfluctuations and pupil diameter. *Vision Res* 1993;33:2083-2090