

# 单眼深度知觉对调节反应的影响

陈茹茹 吕帆 王瑞珺 保金华 乐融融

**【摘要】** 背景 平面画面中有多种视觉线索构成深度或距离感知信息,但目前尚不清楚究竟是哪些深度线索对人眼的调节起主要作用,以及注视距离的不同是否使这种影响存在差异。目的 研究不同距离的单眼空间深度感知对人眼调节反应的影响,分析线性透视和大小知觉恒常性深度线索对调节反应水平及波动幅度所起的作用。方法 运用 FLASH 软件设计 4 组视标,视标 1 为静止环形图案;视标 2 包含大小知觉恒常性深度线索,动态表现从远至近或从近至远的环形图案;视标 3 包含线性透视和大小知觉恒常性 2 种深度线索,动态表现从远至近及从近至远的连续变化的车行轨迹;视标 4 去除线性透视深度线索,仅表现视标 3 中车的大小的动态变化。纳入 26 名 22~26 岁的受试者,球镜度数平均为  $(-4.06 \pm 1.99)$  D,柱镜度数平均为  $(-0.38 \pm 0.41)$  D,在矫正视力下单眼分别注视 50 cm 和 33.3 cm 的视标,采用 Grand Seiko WAM-5500 近红外开放视野自动验光仪,以 5 次/s 的调节反应记录方式,全程记录受试者在注视变化过程中的调节反应及调节微波动。结果 在 50 cm 的注视距离下,由大小知觉恒常性和线性透视共同作用时(注视视标 3),由近处的距离感知引起的调节反应值为  $(1.52 \pm 0.46)$  D,远处为  $(1.37 \pm 0.46)$  D,两者间差异有统计学意义( $P=0.016$ );由大小知觉恒常性独立作用时(注视视标 4),大车的调节反应值为  $(1.43 \pm 0.35)$  D,小车为  $(1.43 \pm 0.36)$  D,差异无统计学意义( $P=0.467$ )。在 33.3 cm 的注视距离下,由大小知觉恒常性和线性透视共同作用时(注视视标 3),由近处的距离感知引起的调节反应均值为  $(2.40 \pm 0.53)$  D,远处为  $(2.35 \pm 0.51)$  D,差异无统计学意义( $P=0.379$ );由大小知觉恒常性独立作用时(注视视标 4),大车的调节反应均值为  $(2.38 \pm 0.48)$  D,小车为  $(2.39 \pm 0.52)$  D,差异无统计学意义( $P=0.820$ )。只有线性透视深度线索(注视视标 3)参与的由远近距离的心理感知所引起的总调节微波动曲线呈现明显的周期性波动。结论 单眼的空间深度知觉在一定距离可以影响调节反应。构成空间知识的深度线索中,线性透视提供了高层次的深度知觉,对调节反应水平及波动幅度起主要作用,而大小知觉恒常性依赖于线性透视等其他深度线索的辅助,其本身对调节反应水平及波动幅度的作用微小,甚至起反向作用。

**【关键词】** 眼调节/生理; 线索; 人; 空间深度知觉/生理; 心理物理学; 视觉识别模式/生理

**Effect of monocular depth perception on accommodative response** Chen Ruru, Lyu Fan, Wang Ruijun, Bao Jinhua, Le Rongrong. School of Ophthalmology and Optometry, Wenzhou Medical University, Wenzhou 325027, China  
Corresponding author: Lyu Fan, Email: lufan@mail. eye. ac. cn

**【Abstract】** **Background** Different depths or distances are prompted with many visual cues on the flat screen. Which kind of depth cues plays a major role in the accommodation of human eyes, in addition, whether this effect exists in the different distance are still below understood. **Objective** This study was to research the effect of the monocular space depth perception on accommodative response at different distances, and to analyze the effect of linear perspective and size-constancy perceptual depth cues on the level and amplitude of accommodative fluctuation. **Methods** Four groups of visual targets were designed by FLASH software and placed at the front of eyes with the distance of 50 cm or 33.3 cm, representing static change from far to near and dynamic change from far to near, from near to far respectively. Twenty-six healthy volunteers aged 22-26 years were included in this study, with the spherical power of  $(-4.06 \pm 1.99)$  D and cylindrical power of  $(-0.38 \pm 0.41)$  D under the informed consent. The accommodative response and accommodative fluctuations during monocularly watching the targets were recorded at

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2015.06.009

基金项目:国家重点基础研究发展计划项目(2011CB504601)

作者单位:325027 温州医科大学眼视光学院

通信作者:吕帆,Email:lufan@mail. eye. ac. cn

5 times/second by Grand Seiko WAM 5500 automatic infrared refractor. This study was approved by Ethic Committee of Wenzhou Medical University, and written informed consent was obtained from each subject before entering the study group. **Results** At the distance of 50 cm, the accommodative response caused by the depth perception of near was  $(1.52 \pm 0.46) D$ , the one of distance was  $(1.37 \pm 0.46) D$ , with a significant difference of  $0.15 D$  under the combined effect of linear perspective and size-constancy ( $P = 0.016$ ). The accommodative response caused by the depth perception of big car was  $(1.43 \pm 0.35) D$ , and the one of small car was  $(1.43 \pm 0.36) D$ , without statistically significant difference under the effect of size-constancy alone ( $P = 0.467$ ). At the distance of 33.3 cm, the accommodative response caused by the depth perception of near was  $(2.40 \pm 0.53) D$ , and the one of distance was  $(2.35 \pm 0.51) D$ , without significant difference under the combined effect of linear perspective and size-constancy ( $P = 0.379$ ). The accommodative response caused by the depth perception of big car was  $(2.38 \pm 0.48) D$ , the one of small car was  $(2.39 \pm 0.52) D$ , without statistically significant difference under the effect of size-constancy alone ( $P = 0.820$ ). In addition, the total curve of accommodative microfluctuation showed apparent fluctuation periodically caused by the distance perception involving linear perspective only. **Conclusions** Monocular space depth perception has some impacts on the accommodative response at certain distance. Linear perspective, which is one of the depth cues of space perception, plays a major role in the accommodative response. Compared with the size-constancy, linear perspective can provide depth perception at higher level. The size-constancy has a little or contrast impact to the accommodation, because it depends on the assistance from other depth cues like linear perspective.

[**Key words**] Accommodation, ocular/physiology; Cues; Humans; Depth perception/physiology; Psychophysics; Pattern recognition, visual/physiology

人的视知觉不是单纯的光学信息加工过程,还包含了一个复杂的心理物理学过程<sup>[1]</sup>。空间深度知觉的获得除了依靠双眼建立的立体视觉外,单眼的深度空间知觉也可以通过许多环境和心理因素,如线性透视、大小知觉恒常性等提供的线索而形成。线性透视在美术学上定义为利用线条在平面上表现立体空间的方法,即物体规律排列而形成的线条或互相平行的线条由近及远向中间汇聚的趋势,表现为物体的影像呈近大远小的现象。大小知觉恒常性是指在一定范围内个体对物体大小的感知并不完全随着距离的变化而变化,也不随着视网膜上视像的大小而变化,其知觉映象仍按实际大小而感知。深度知觉与调节的关系研究表明,对双眼失去视功能的受试者进行优势眼的调节训练可一定程度地提高受试者的单眼深度知觉水平<sup>[2]</sup>。可见,调节对单眼深度知觉的形成发挥了重要作用。那么,深度知觉是否对调节具有反作用呢? Takeda 等<sup>[3]</sup>的随机点试验研究发现,受试者在注视蕴藏深度信息的油画作品时(图 1),随着视注意力从远处“房子”到近处“人物”的转移,调节反应逐渐增大,在进行 40 cm 距离的注视试验中发现受试者的调节差异为  $0.6 \sim 0.8 D$ 。但是,此幅图像中包含了多种深度空间的线索,如起伏的地平面体现的线性透视、远处物体的遮蔽、近处与远处目标的大小信息等。如此多种的深度空间线索使得受试者对试验结果的理解较为复杂,尚不能确定何种深度信息是诱发调节的主要因素。同

时,这种静态的视标不能排除“远近内容”的差异及视标大小的差异对调节的影响,也不能呈现调节随距离的变化而变化的动态过程。再者,电脑验光仪视标的设计巧妙地运用了这种空间深度知觉与调节的关系。那么,人在注视具有深度感的“远处”气球(图 2)时是否会放松调节以抵消测量仪器本身所产生的近感知性调节呢? 本研究探究受试者对不同距离下所包含的不同深度线索产生深度知觉过程中调节的动态改变,并排除视标大小等影响因素,分析线性透视和大小知觉恒常性深度线索在调节反应及波动中所起的作用,为调节训练仪器的研究等提供参考依据。



图 1 随机点试验的图画 图 2 空间深度知觉测试图

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

**1.1.1 研究对象** 26 位受试者均为在校的医学生,其中男 15 人,女 11 人;年龄  $22 \sim 26$  岁,平均  $(24.08 \pm 0.93)$  岁;受试者球镜度数为  $0 \sim -6.75 D$ ,平均  $(-4.06 \pm 1.99) D$ ,柱镜度数为  $0 \sim -1.00 D$ ,平均  $(-0.38 \pm 0.41) D$ ;

受试者中正视眼 3 眼,单眼裸眼视力均  $\geq 1.0$ ,屈光不正 23 眼,单眼最佳矫正视力均  $\geq 1.0$ 。本研究经温州医科大学伦理委员会批准。所有受试者均自愿参加本研究,并签署知情同意书。

**1.1.2 实验室环境及设备** 试验在暗室中进行,除屏幕亮度外,无其他光源。WAM-5500 近红外开放视野自动验光仪(日本 Grand Seiko 公司)。

**1.1.3 视标设计** 视标 1 为静止且密集的周期性辐射状黑白相间的环形图案(图 3),可记录调节微波动。设置的空间频率为 3~4 c/d,对比度为 100%。视标 2 用与视标 1 相同的图案,包含大小知觉恒常性深度线索,FLASH 设计使同一中心很多圆环同时发生变化,但受试者感觉是同一个圆由远至近或由近至远的动态扩散运动,体现了大小知觉恒常性,由此产生一定的深度知觉。视标 3 是包含线性透视和大小知觉恒常性的 2 种深度线索,视标中的车从隧道的远处迎面驶向近处,再按原路反向行驶(图 4),车辆往返的范围控制在  $10^\circ$  视角以内。在视标运动的过程中,尽管车的大小发生改变,但受试者感知为同一辆车在由远及近、由近及远行驶,表现了大小知觉恒常性的效果。同时,汽车行驶的轨道呈现近处宽远处窄的线性透视效果。视标 3 与上述视标相比,除了深度知觉更加明显外,可以控制深度的变化量,即车辆在隧道远处停留 5 s,在近处停留 5 s,往返各 5 s,总车程共 20 s,以对远近调节反应进行对比。视标 4 是去除视标 3 中的周围背景,即线性透视深度线索,仅改变车辆的大小,保留大小知觉恒常性深度线索。同样使小车停留 5 s,大车停留 5 s,中间停留 5 s,20 s 为 1 个循环(图 5)。



图 3 视标 1 为黑白相间的同心圆环形图,可记录调节微波动 图 4 视标 3 中车辆在隧道中的往返行驶,包含线性透视和大小知觉恒常性的 2 种深度线索 图 5 视标 4 去除图案背景,即去除线性透视深度线索,仅保留车辆大小的信息

## 1.2 测试方法

(1)主觉验光:通过综合验光仪对受试者进行规范的主觉验光,获得验光结果。(2)受试者单眼佩戴矫正眼镜注视视标,遮盖另眼。(3)视标放置距离:先进行 50 cm 注视距离的测试,相对放松调节后进行 33.3 cm 注视距离的测试。(4)应用随机数字表法将受试者随机分为 4 个组,进行上述 4 组视标测试,尽量减少张力性调节和调节疲劳的影响。(5)采用近红外开放视野自动验光仪以 5 次/s 的调节反应记录方式,全程记录受试者在注视变化过程中的调节反应及其调节微波动。(6)每位受试者注视一组视标时的测试时间为 90 s,休息 2 min 以上,总测试时间约为 30 min。

## 1.3 统计学方法

采用 R 2.12.1 统计学软件进行统计分析。本研究检测指标的数据资料经 Shapiro-Wilk 检验呈正态分布,组间方差经 Levene 检验证实方差齐。采用同一组受试者对不同视标检测结果进行比较的试验设计,注视视标 1 与视标 2 调节反应值的差异比较、注视视标 3 时近处大车与远处小车的调节反应值的差异比较、注视视标 4 大车与小车时调节反应值的差异比较均采用配对 *t* 检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 受试者注视静止同心圆视标和运动同心圆的调节反应比较

受试者在 50 cm 注视距离处注视静止同心圆视标(即视标 1)的调节反应均值小于在 33.3 cm 处调节反应均值。同时,受试者在 50 cm 注视距离处注视运动同心圆(即视标 2)的调节反应均值小于在 33.3 cm 处调节反应均值。在 33.3 cm 注视距离处,注视静止同心圆视标的调节反应较注视运动同心圆视标的调节反应大 0.07 D,差异有统计学意义( $P = 0.031$ ),而在 50 cm 注视距离处两者差异无统计学意义( $P = 0.427$ )(表 1)。

表 1 受试者在不同距离注视视标 1 和视标 2 调节反应的比较( $\bar{x} \pm s, D$ )

视标	眼数	不同距离调节反应值	
		50 cm	33.3 cm
视标 1	26	1.38 ± 0.43	2.38 ± 0.53
视标 2	26	1.43 ± 0.43	2.31 ± 0.56
<i>P</i>		0.427	0.031

(配对 *t* 检验)

### 2.2 受试者注视线形透视和大小知觉恒常性的 2 种

深度线索的调节反应变化

受试者在 50 cm 注视距离处注视视标 3 的调节反应均分别小于在 33.3 cm 处调节反应。同时,受试者在 50 cm 注视距离处注视近处的调节反应较注视远处的调节反应大 0.15 D, 差异有统计学意义 ( $P = 0.016$ )。在 33.3 cm 注视距离处注视近处和远处的调节反应差异无统计学意义 ( $P = 0.379$ ) (表 2)。

表 2 受试者在不同距离注视视标 3 调节反应的比较 ( $\bar{x} \pm s, D$ )

深度线索和大小信息	眼数	不同距离调节反应值	
		50 cm	33.3 cm
近处	26	1.52±0.46	2.40±0.53
远处	26	1.37±0.46	2.35±0.51
<i>P</i>		0.016	0.379

(配对 *t* 检验)

2.3 受试者对大小知觉恒常性深度线索的调节反应变化

受试者在 50 cm 注视距离处注视视标 4 的调节反应均分别小于在 33.3 cm 处的调节反应。同时,受试者在 50 cm 和 33.3 cm 注视距离处注视大车和小车的调节反应差异均无统计学意义 ( $P = 0.467, 0.820$ ) (表 3)。

表 3 受试者在不同距离注视视标 4 调节反应的比较 ( $\bar{x} \pm s, D$ )

大小信息	眼数	不同距离调节反应值	
		50 cm	33.3 cm
大车	26	1.43±0.35	2.38±0.48
小车	26	1.43±0.36	2.39±0.52
<i>P</i>		0.467	0.820

(配对 *t* 检验)

2.4 各视标总调节微波动的变化

受试者分别在 50 cm 和 33.3 cm 的注视距离下注视每种视标 50 s, 取每个时间点上 (间隔 0.02 秒) 的调节反应值进行分析, 绘制各视标总调节微波动均值波形。当注视距离为 50 cm 时, 受试者注视视标 1 和视标 2 时其动态调节的微波动曲线均比较平缓, 注视的 50 s 期间波形无明显变化, 注视视标 3 时受试眼的动态调节微波动呈现周期性有规律的波峰和波谷, 波动幅度约为 0.4 D, 而在注视视标 4 期间, 动态调节的微波动曲线较平缓。当注视距离为 33 cm 时, 受试者注视视标 1、视标 2、视标 3 和视标 4 时其动态调节的微波动曲线均比较平缓 (图 6, 7)。

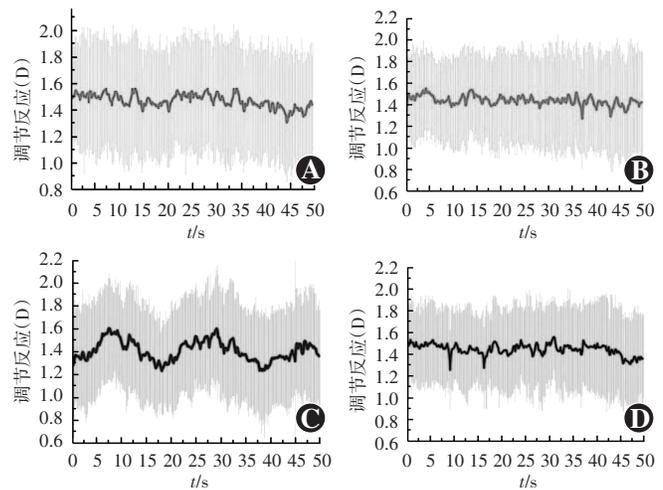


图 6 受试眼 50 cm 注视距离注视视标 50 s 期间的总调节微波动图形 A: 注视视标 1 时动态调节微波动曲线平缓 B: 注视视标 2 时动态调节微波动曲线无明显波动 C: 注视视标 3 时动态调节微波动曲线出现较大幅度的周期性波动 D: 注视视标 4 时动态调节微波动曲线波动幅度小

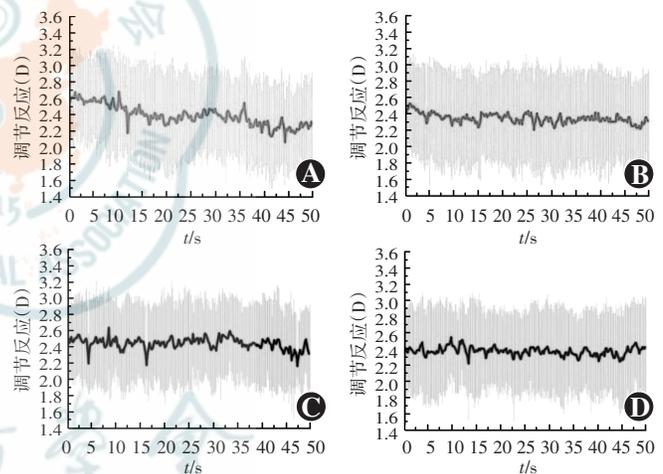


图 7 受试者 33.3 cm 注视距离注视视标 50 s 期间的总调节微波动图形 分别注视 4 个组视标时, 随时间变化的动态调节微波动曲线均未出现明显波动 A: 视标 1 B: 视标 2 C: 视标 3 D: 视标 4

3 讨论

本研究结果表明, 在一定距离范围内, 单眼的空间深度知觉影响受试眼的调节反应。在同一平面内, 近处的距离感知提高调节反应水平及波动幅度, 而远处的距离感知降低调节反应水平及波动幅度。本研究运用 FLASH 软件设计注视视标, 不仅动态记录了受检眼的调节随视标的远近位移变化而变化的波动过程, 同时也证实单眼空间深度感知对调节产生的影响是连续性, 而不是跳跃式的过程。空间深度知觉对调节的这一影响可为调节功能训练仪器的设计、三维视频相关视功能及近视研究等提供研究依据。本研究采用单眼测量方式, 排除辐辏性调节因素, 但在观看真实的三维

画面中,双眼的辐辏和调节反应也存在相互影响的动态变化过程<sup>[4]</sup>。

本研究结果支持眼的距离感知理论。研究表明,眼的距离感知刺激可以影响调节反应。本研究所讨论的近感知性调节不同于器械性近视的概念<sup>[5]</sup>,即近感知性调节并不一定局限于实际距离的感知所产生的调节,也不仅仅局限于器械所诱发的调节,同一平面内深度的感知也可以产生近感知性调节。本研究设计的视标 3 中,由于线性透视和大小知觉恒常性深度线索的作用使人眼感觉车从同一平面内的远处向近处驶来,这种逼近的感觉并不是实际距离的移近,但被证明是引起调节的原因,从而在视网膜上形成良好的像质<sup>[6]</sup>。

受试者的视注意力往往关注近距离深度平面,于是调节反应跟随视注意力的转移而增大<sup>[7]</sup>,视注意力可在 3 个方向上转移,感知距离和视注意力存在明显的联系,因此对感知距离的调节变化可能是因视注意力在 3 种方向上转移的结果。Takeda 等<sup>[3]</sup>研究实际的具有深度感的图像与调节的关系,从视注意力理论解释这一现象,认为调节的产生来源于 2 种因素:一种是平面内的表现深度知觉,另一种是视注意力在同一平面内的转移(特别是在垂直方向),其中表现深度知觉为主要影响因素。本试验中视标 3 汽车在水平与垂直的移动距离比例约为 9:4,在保证汽车的行驶范围在 1°视角以内的前提下,受试者视线在垂直方向的转移小于其在水平方向的转移。Takeda 等<sup>[8]</sup>研究视线转移对调节的影响,结果发现视线的垂直方向转移对调节有轻微的影响,取决于定焦的距离,视线的水平方向转移实际上无影响。本试验视线在垂直方向的转移体现在视标 3 中汽车从远处驶向近处或从近处驶向远处的往返车程中,可以解释注视视标 3 的调节微波动波形中波峰与波谷之间往往存在较大的起伏,并不是呈理想的近似直线上升或近似直线下降波形的原因,可能与视注意力转移引起的调节波动有关。

在 50 cm 的注视距离下,注视视标 1 与注视视标 2 的总调节反应均值差异无统计学意义,而在 33.3 cm 的注视距离下,注视视标 2 的调节反应均值小于注视视标 1 的调节反应均值,说明在 50 cm 注视距离下,大小知觉恒常性深度线索不是影响调节反应的主要因素,而在 33.3 cm 的注视距离,大小知觉恒常性可能是降低调节反应的因素,发挥了“负向作用”。此外,受试者在注视视标 4 中的大车时,其调节反应均值与注视小车时差异无统计学意义,不仅支持大小知觉恒常性不是调节反应的影响因素这一结论,同时也说明本试验中视标的大小并不是影响调节反应的主要因素。

视标 3 的深度知觉主要包含线性透视和大小知觉恒常性 2 种深度线索,综合以上试验结果,可以得出这样的结论,与大小知觉恒常性相比,线性透视深度线索对调节反应起主要作用。在 50 cm 的注视距离,近感知性在失去线性透视的辅助作用后引起的调节作用减弱或消失,在 33.3 cm 的注视距离,线性透视对调节反应的正向作用被大小知觉恒常性的负向作用所抵消。同时,也有理由推测大小知觉恒常性需要其他线索的辅助作用以产生对调节反应的正向影响。Kenyon 等<sup>[9]</sup>研究发现,大小知觉恒常性的产生依赖于其他空间深度线索,同时,调节不是大小知觉恒常性丢失的主要作用机制,这说明大小知觉恒常性深度线索与调节无直接的相互联系。

Horwood 等<sup>[10]</sup>研究发现,大多数婴儿的眼能利用各种深度线索作出适当的辐辏和调节反应。本研究结果认为,线性透视对调节的影响最显著,可以认为线性透视越显著的视标对调节的变化影响越显著。线性透视是作为一种高层次的深度线索以辅助呈现接近真实世界场景的,由此,线性透视提供的深度感可能更为明显,使其本身引起的调节反应更为显著。Patterson 等<sup>[11]</sup>研究认为,在相同的视角内,双眼视差深度线索可能传达 0.02~0.30 m 的深度信息,因为较大的眯开距离会影响双眼的融合功能,这是观看 3D 视频产生调节功能下降,出现视疲劳的原因之一<sup>[12-14]</sup>。然而,线性透视深度线索可以传达几十米的相当于足球场大小的深度信息。因此,在 3D 的视觉效果设计方面,除了运用双眼视差原理,在背景的布置上运用线性透视这一深度线索更能增强人们的深度知觉,并且认知负担理论认为认知性调节存在复合效应,即不仅是认知水平本身可影响调节,其他因素,如待处理信息的呈现方式、处理任务的性质及信息呈现距离也对调节反应存在影响,而线性透视提供了高层次的深度知觉,可以呈现大范围的深度距离信息,因此其引起的调节应更为显著。人眼的调节和辐辏往往相互伴随变化,双眼的空间深度知觉对调节和辐辏的影响有待进一步研究。

认知水平影响开环条件下的调节反应<sup>[15]</sup>,但对于近距离闭环条件下的调节,当涉及到更多相关的认知因素时,认知对调节影响效应的试验结果往往存在矛盾。Hunt 等<sup>[16]</sup>报道当受试者在对加法运算做正确性检查时调节未发生改变。相反,Winn 等<sup>[17]</sup>发现当受试者在对视标字母作出回应时平均调节反应增加 0.17 D。

认知需求影响调节反应的机制是通过自主神经系统的激活而改变的<sup>[18]</sup>,解剖学、药理学和生理学证据

支持调节反应是通过肾上腺素受体的交感神经传入的<sup>[19]</sup>。认知如何诱导稳定和大幅度的调节转移可能是在高认知负担的条件下对视觉模糊的评估和预计过程,然而,目前研究的主要目的是对调节转移可能是认知负担施加于任务操作的一种数量指标的可能性评估<sup>[20]</sup>。Davies 等<sup>[21]</sup>使用独立的生理指标(心动周期)研究发现,随着认知需求的增加,调节和心动周期随之减少(两者的相关系数为 0.98),调节和心动周期的这种变化被认为是机体交感神经系统的活化控制增加引起的。总之,目前对认知性调节机制这一问题尚无定论,仍有待进一步研究。

### 参考文献

- [1] 瞿佳. 眼科学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009: 2-6.
- [2] Pape R, Stähler H, Meyer-Körber H. Experimental studies on the significance of accommodation in monocular depth perception [J]. Albrecht Von Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol, 1966, 171(2): 184-194.
- [3] Takeda T, Hashimoto K, Hiruma N, et al. Characteristics of accommodation toward apparent depth [J]. Vision Res, 1999, 39(12): 2087-2097. doi:10.1016/S0042-6989(98)00258-2.
- [4] Vienne C, Sorin L, Blondé L, et al. Effect of the accommodation-vergence conflict on vergence eye movements [J]. Vision Res, 2014, 100: 124-133. doi:10.1016/j.visres.2014.04.017.
- [5] Edgar GK, Pope JCD, Craig IR, et al. Visual accommodation problems with head-up and helmet-mounted displays? [J]. Displays, 1994, 65(12): 68-75. doi:10.1016/0141-9382(94)90059-0.
- [6] Bernal-Molina P, Montés-Micó R, Legras R, et al. Depth-of-field of the accommodating eye [J]. Optom Vis Sci, 2014, 91(10): 1208-1214. doi:10.1097/OPX.0000000000000365.
- [7] Edgar GK. Accommodation, cognition, and virtual image displays: a review of the literature [J]. Displays, 2007, 28(2): 45-59. doi:10.1016/j.displa.2007.04.009.
- [8] Takeda T, Fukui Y, Lida T, et al. Dynamic eye accommodation induced by depth sensation [J]. Optom Vis Sci, 1990, 67(4): 450-455.
- [9] Kenyon RV, Phenany M, Sandin D, et al. Accommodation and size-constancy of virtual objects [J]. Ann Biomed Eng, 2008, 36(2): 342-348. doi:10.1007/s10439-007-9414-7.
- [10] Horwood AM, Riddell PM. Developmental changes in the balance of disparity, blur, and looming/proximity cues to drive ocular alignment and focus [J]. Perception, 2013, 42(7): 693-715. doi:10.1068/p7506.
- [11] Patterson R, Silzars A. Immersive stereo displays, intuitive reasoning, and cognitive engineering [J]. J Soc Info Display, 2009, 17(5): 443-448. doi:10.1889/JSID17.5.443.
- [12] Park J, Oh H, Lee S, et al. 3D visual discomfort predictor: analysis of horizontal disparity and neural activity statistics [J]. IEEE Trans Image Process, 2015, 24(3): 1101-1114.
- [13] Wee SW, Moon NJ. Clinical evaluation of accommodation and ocular surface stability relevant to visual asthenopia with 3D displays [J/OL]. BMC Ophthalmol, 2014, 14: 29 [2014-11-03]. http://www.biomedcentral.com/1471-2415/14/29. doi:10.1186/1471-2415-14-29.
- [14] Yum HR, Park SH, Kang HB, et al. Changes in ocular factors according to depth variation and viewer age after watching a three-dimensional display [J]. Br J Ophthalmol, 2014, 98(5): 684-690. doi:10.1136/bjophthalmol-2013-304244.
- [15] Edgar GK, Pope JCD, Craig IR. Visual accommodation problems with head-up and helmet-mounted displays? [J]. Displays, 1994, 15(2): 68-75. doi:10.1016/0141-9382(94)90059-0.
- [16] Hunt OA, Wolffsohn JS, Gilmartin B, et al. Evaluation of the measurement of refractive error by the PowerRefractor: a remote, continuous and binocular measurement system of oculomotor function [J]. Br J Ophthalmol, 2003, 87(12): 1504-1508. doi:10.1136/bjo.87.12.1504.
- [17] Winn B, Gilmartin B, Mortimer LC, et al. The effect of mental effort on open- and closed-loop accommodation [J]. Ophthalmic Physiol Opt, 1991, 11(4): 335-339. doi:10.1016/0275-5408(91)90050-S.
- [18] Gilmartin B. Autonomic correlates of near-vision in emmetropia and myopia [M]//Rosenfield M. Myopia and nearwork. England: Butterworth-Heinemann Medical, 1998: 117-146.
- [19] Winn B, Culhane HM, Gilmartin B, et al. Effect of betaadrenoceptor antagonists on autonomic control of ciliary smooth muscle [J]. Ophthalmic Physiol Opt, 2002, 22(5): 359-365.
- [20] Jainta S, Hoormann J, Jaschinski W. Ocular accommodation and cognitive demand: an additional indicator besides pupil size and cardiovascular measures? [J]. J Negat Results Biomed, 2008, 7(1): 6-14. doi:10.1186/1477-5751-7-6.
- [21] Davies LN, Wolffsohn JS, Gilmartin B, et al. Cognition, ocular accommodation, and cardiovascular function in emmetropes and late-onset myopes [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2005, 46(5): 1791-1796. doi:10.1167/iovs.04-0986.

(收稿日期: 2014-12-22)

(本文编辑: 刘艳)

读者·作者·编者

## 本刊对医学研究中知情同意和医学伦理学描述的要求

根据国际医学期刊编辑委员会提供的“生物医学期刊投稿统一要求”的表述,本刊对作者撰写稿件时关于“知情同意”和“医学伦理学”的描述提出如下要求:

(1) 知情同意 在未事先获得知情同意的情况下,患者有隐私不被侵犯的权力。患者的身份信息,包括姓名、来源、住院号等均不应该以文字、图片或家系信息的方式在出版物上公开,除非这些信息对于本研究是必需的,如需在出版物上显示,应征得患者(或者父母、监护人)签署的书面同意书。

发表的文章中应该省略不必要的患者个人信息,但难以做到完全匿名时(如在照片中掩盖患者的眼部,不足以保护患者的隐私权),应提供知情同意的信息。如果用改变患者的身份特征(如遗传家系等)以保护患者隐私权的方法,作者应该确保这些改变不影响研究的科学性,并且编辑应在文中对此予以说明。

(2) 医学伦理学 以人体为实验对象的研究,作者应该提及试验步骤是否符合相应的负责机构、国家委员会或 1975 年赫尔辛基宣言(2005 年修订)的医学伦理学标准。如果研究过程对是否符合赫尔辛基宣言有疑问或存在一定的问题,作者应当做出客观说明并解释研究的合理性,提交已通过审查机构的批准情况。以动物为实验对象的研究,作者应当说明是否遵循当地的相关机构、学会(国内或国外)及国家实验动物保护和利用指南。

(本刊编辑部)