

# 头低位模拟失重状态对于正常青年人视觉电生理的影响

赵 军, 胡莲娜, 梁会泽, 闫洪欣, 仇长宇, 高付林

基金项目: 中国全军“十一五”科技攻关资助项目(No. 06G003)  
作者单位: (100101) 中国北京市, 解放军 306 医院眼科  
作者简介: 赵军, 硕士, 主治医师, 研究方向: 神经眼科。  
通讯作者: 胡莲娜, 本科, 主任医师, 研究方向: 青光眼、白内障。  
66359988@sina.com  
收稿日期: 2010-06-28 修回日期: 2010-07-28

## Influence of head down tilt simulated weightlessness on electrophysiology of vision

Jun Zhao, Lian-Na Hu, Hui-Ze Liang, Hong-Xin Yan, Chang-Yu Qiu, Fu-Lin Gao

**Foundation item:** Key Scientific and Technological Program of the Eleventh Five-Year Plan of Chinese PLA(No. 06G003)  
Department of Ophthalmology, the 306<sup>th</sup> Hospital of Chinese PLA, Beijing 100101, China  
**Correspondence to:** Lian-Na Hu. Department of Ophthalmology, the 306<sup>th</sup> Hospital of Chinese PLA, Beijing 100101, China.  
66359988@sina.com  
Received: 2010-06-28 Accepted: 2010-07-28

### Abstract

• **AIM:** To observe the influence of head down tilt simulated weightlessness on electrophysiology of vision.  
• **METHODS:** Head-down tilt for  $-6^\circ$  was adopted in 6 healthy volunteers. Pattern visual evoked potential (P-VEP) under different space frequency, flash electroretinography (ERG), including rod response, maximal response, cone response, oscillatory potentials (OPs) and 30Hz flicker were recorded, and the latency and amplitude from each wave were analyzed before, two days and five days after trial. The record procedure followed the ISCEV standard for full-field clinical ERG (2008 update).  
• **RESULTS:** No significant difference was detected in the latencies of  $P_{100}$  under different space frequency. The amplitude of  $P_{100}$  had significant change under high space frequency between pre-test and 2, 5 days after test ( $P < 0.05$ ). But not the same happened in middle and low space frequency. No significant differences were detected in the latencies and amplitudes of cone response and 30 Hz flicker among various time points ( $P > 0.05$ ). The latencies were significantly prolonged in rod and maximal responses between pre-test and 2 days after test ( $P < 0.05$ ), but no obvious change was found in amplitudes ( $P > 0.05$ ). There were no significant differences detected in the  $\Sigma$ OPs ( $P > 0.05$ ).

• **CONCLUSION:** Head-down tilt simulated weightlessness induce the abnormality of VEP and ERG which influence the visual function of healthy people.  
• **KEYWORDS:** head down tilt; electroretinography; visual evoked potential

Zhao J, Hu LN, Liang HZ, *et al.* Influence of head down tilt simulated weightlessness on electrophysiology of vision. *Int J Ophthalmol (Guoji Yanke Zazhi)* 2010;10(9):1790-1792

### 摘要

**目的:** 观察头低位模拟失重状态下正常人视觉电生理的变化。

**方法:** 男性健康志愿者 6 例,  $-6^\circ$  头低位卧床模拟失重状态, 在受试前、受试第 2, 5d 测量双眼的视觉诱发电位和视网膜电图。按照国际视觉电生理协会的临床电生理标准(2008 年修订), 记录高、中、低 3 种空间频率下的图形视觉诱发电位(P-VEP), 以及国际标准下的视杆细胞反应、最大混合反应、振荡电位、视锥细胞反应和 30Hz 闪烁光反应。

**结果:** P-VEP 中  $P_{100}$  波潜伏期在各种空间频率下均无显著改变, 波幅在高空间频率下在受试前及受试第 2, 5d 之间有显著改变, 差异具有统计学意义( $P < 0.05$ ), 在中、低空间频率下无显著差异。在视网膜电图中, 视锥细胞反应及闪烁光反应在受试前后无显著变化( $P > 0.05$ ); 视杆细胞反应及最大混合反应波的潜伏期在受试前及受试第 2d 之间有显著改变( $P < 0.05$ ), 而波幅无明显改变( $P > 0.05$ ); 振荡电位总和波波幅在受试前后无显著改变( $P > 0.05$ )。

**结论:** 头低位卧床模拟失重状态下可导致人视觉诱发电位及视网膜电图的改变, 从而影响正常人视觉功能。

**关键词:** 头低位; 视网膜电图; 视觉诱发电位

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5123.2010.09.053

赵军, 胡莲娜, 梁会泽, 等. 头低位模拟失重状态对于正常青年人视觉电生理的影响. 国际眼科杂志 2010;10(9):1790-1792

### 0 引言

在航天飞行过程中, 宇航员处于失重状态, 对宇航员全身各系统均会产生不同程度的影响。而对于视功能的影响, 不但涉及宇航员自身的身体和心理健康, 而且关系到对航天仪器操控的及时性及准确性, 从而影响飞行安全。因此失重对于视功能的影响, 一直是国内外航天医学研究人员关注的重要内容之一。我们观察健康人在头低位(head down tilt, HDT)模拟失重状态下视觉电生理的变化, 探讨在失重状态下人眼视功能的变化, 从而为宇航员的医学监督及医学保障提供理论依据。

表1 HDT 卧床下 P-VEP 和 F-ERG 的变化

指标			$\bar{x} \pm s$		
			受试前	受试第 2d	受试第 5d
P-VEP	高空间频率	潜伏期 (ms)	100.8 ± 2.9	101.2 ± 3.0	102.2 ± 5.2
		波幅 (μV)	10.9 ± 3.4	7.9 ± 3.1 <sup>a</sup>	7.3 ± 4.3 <sup>a</sup>
	中空间频率	潜伏期 (ms)	104.3 ± 3.1	105.9 ± 5.5	104.9 ± 3.9
		波幅 (μV)	11.5 ± 4.0	9.3 ± 2.8	9.2 ± 4.8
	低空间频率	潜伏期 (ms)	116.5 ± 7.0	117.7 ± 7.1	117.6 ± 10.1
		波幅 (μV)	10.9 ± 4.8	9.3 ± 4.4	9.0 ± 5.5
F-ERG	Rod	潜伏期 (ms)	74.2 ± 5.2	67.3 ± 5.0 <sup>a</sup>	71.4 ± 2.7
		波幅 (μV)	75.2 ± 5.1	67.6 ± 59.3	75.0 ± 70.2
	Max	潜伏期 (ms)	45.4 ± 1.5	43.3 ± 2.2 <sup>a</sup>	44.5 ± 1.8
		波幅 (μV)	325.6 ± 66.5	290.7 ± 153.6	299.5 ± 124.7
	Cone	潜伏期 (ms)	35.8 ± 1.0	36.3 ± 0.7	35.7 ± 0.8
		波幅 (μV)	72.6 ± 26.8	76.8 ± 29.1	71.0 ± 21.8
	30Hz		61.1 ± 20.0	65.0 ± 17.0	63.8 ± 12.6
	Ops		126.7 ± 41.2	161.3 ± 76.6	127.9 ± 45.5

<sup>a</sup> $P < 0.05$  vs 受试前。

## 1 对象和方法

**1.1 对象** 青年男性志愿者 6 例, 年龄 18 ~ 20 岁, 经严格的全身及眼科检查, 排除各种全身及眼科疾病, 无既往病史。采取保持 -6° HDT 模拟失重状态。试验期间, 除大便外, 饮食、洗漱、小便等均在卧位下进行, 受试者可以沿身体纵轴变换体位活动, 饮食由统一的营养师配餐。室温保持 20°C ~ 25°C。所有试验均在同一试验室内完成, 为避免日间生物节律对视觉电生理的影响, 保证结果的可比性, 试验时间均安排于下午 14: 00 ~ 16: 00。视觉电生理仪器使用国特菲特医疗设备有限公司生产的 GT-2000NV 系统。

**1.2 方法** 检查包括图形视觉诱发电位 (pattern visual evoked potential P-VEP) 和闪光视网膜电图 (flash electroretinography, F-ERG)。P-VEP 采用黑白棋盘格作为刺激图形, 按照仪器常规设置, 刺激视野范围 18 度, 翻转频率 1Hz, 对比敏感度 96%, 亮度 140cd/m<sup>2</sup>, 每次反应分析时间 250ms, 空间频率采用高 (1.00cpd)、中 (2.01cpd)、低 (4.02cpd) 3 种空间频率, 每种空间频率下反应累加次数 150 次。电极为 Ag-AgCl 盘状电极, 记录电极放置于 Oz 点 (鼻根至枕骨粗隆连线分为 10 等份, 枕骨粗隆上 1 等份处)。F-ERG 按照国际视觉电生理协会的临床电生理标准 (2008 年修订)<sup>[1]</sup>, 记录指标包括视杆细胞反应 (rod response)、视锥细胞反应 (cone response)、最大混合反应 (max response)、闪烁光反应 (30Hz flicker response)、振荡电位 (oscillatory potentials, OPs) 5 项反应。视杆细胞反应背景光 0cd/m<sup>2</sup>, 闪光强度 2.1cd/m<sup>2</sup> · s, 分析时间 250ms, 采样间隔 2.70s; OPs 反应背景光 0cd/m<sup>2</sup>, 闪光强度 2.0cd/m<sup>2</sup> · s, 分析时间 200ms, 采样间隔 11.0s; 最大混合反应背景光 0cd/m<sup>2</sup>, 闪光强度 2.0cd/m<sup>2</sup> · s, 分析时间 250ms, 采样间隔 11.1s; 视锥细胞反应背景光 20 d/m<sup>2</sup>, 闪光强度 2.0cd/m<sup>2</sup> · s, 分析时间 250ms, 采样间隔 1.70s; 30Hz 闪烁光反应背景光 20d/m<sup>2</sup>, 闪光强度 2.0cd/m<sup>2</sup> · s, 分析时间 200ms, 刺激频率 30Hz。数据采集在受试前、受试第 2, 5d 进行, 受试前数据采集在常规坐位下进行, 受试开始后, 数据采集在 -6° 卧床状态下进行。首先进行 P-VEP 数据采集, 在暗室环境, 受试者自然瞳孔下进行。刺激仪被 -6° 水平放置, 保持刺激屏纵轴与受试者身体纵轴

平行。刺激屏中央红色注视点位于受试者双眼水平, 受试时嘱受试者盯住刺激屏中心标记点, 以避免眼动对结果的影响, 同时使用同步摄像进行眼位的监测, 如发现眼位有较大移动, 则放弃此次结果, 重新进行实验。每个空间频率采样 150 次。刺激为单眼进行, 严密遮盖另 1 眼, 避免双眼视觉引起枕叶电反应改变。然后进行 F-ERG 数据采集; 检查前使用复方托品酰胺滴眼液散大瞳孔至 7 mm, 使用密闭眼罩进行 30min 暗适应, 在弱红色光线下取下眼罩, 双眼点用倍诺喜滴眼液进行表面麻醉, 放置角膜接触电极 (记录电极), 参考电极置于双眼外眦部皮肤, 地电极置于前额正中, 刺激并记录数据, 各反应均取样 6 次。P-VEP 标记 P<sub>100</sub> 波, 记录 P<sub>100</sub> 波的波幅及潜伏期。F-ERG 标记 Rod, Max, Cone 的 b 波, 记录波幅及潜伏期, 30Hz flicker 和 Ops 记录总和波, 结果进行分组统计。

统计学分析: 对数据采用 SPSS 12.0 统计学软件进行统计学分析, 使用重复测量的多因素方差分析, 组间多重比较采用 LSD-*t* 检验。P < 0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结果

在各空间频率下, 双眼 P<sub>100</sub> 波的潜伏期均无明显变化。在高空间频率下, 双眼 P<sub>100</sub> 波的波幅在试验开始后显著的下降, 差异具有显著的统计学意义 (P < 0.05, 表 1), 而在中空间频率及低空间频率下的波幅差异无显著的统计学意义 (P > 0.05)。对高空间频率下双眼 P<sub>100</sub> 波的波幅进行进一步两两比较分析发现, 受试第 2, 5d, P<sub>100</sub> 波的波幅表现为明显下降, 与受试前比较差异具有显著的统计学意义 (P < 0.05)。F-ERG 显示 -6° 头低位前后, 主要反映明视功能的 cone 和 30Hz flicker 无显著的变化, 而含有暗视功能成分的 Rod, Max 和 Ops 均有一定程度的改变。表现为 Rod 和 Max 的潜伏期出现先缩短, 后恢复的表现, 结果具有显著的统计学差异, 组间比较中, 受试前与受试第 2d 的差异具有显著性 (P < 0.05, 表 1)。Rod 和 Max 的波幅同时出现了先下降、后恢复的改变, 但差异不具有统计学上的显著性。Ops 也出现明显的先升高, 再降低的趋势, 但差异也不具有显著性。

## 3 讨论

在空间环境下, 理论上航天器内处于零重力, 但由于受到残余大气阻力, 航天器自旋等因素影响, 其内部表现

为微重力环境。在微重力条件下,可以导致心血管功能障碍、骨骼丢失、肌肉萎缩、免疫功能紊乱等多种生理病理改变。关于失重对人体的影响的相关研究,最理想的情况是将人体置于宇宙空间飞行失重环境下进行,但受实验条件限制,目前相关的研究工作都在地面进行。人体地面模拟失重的方法主要有卧床、浸水和下身正压。大量实验表明-6°HDT卧床下的生理变化与航天时情况最为接近,且方法简便,费用低,并可以进行长时间模拟实验,因此目前成为失重相关研究使用最为广泛的一种模拟失重的方法。航天中脑功能的变化已经引起了足够的关注,失重对于脑功能会产生影响已经得到了大量实验的证实<sup>[2,3]</sup>。从某种意义上说,视功能是脑功能的延伸,因此对于脑功能有着影响的失重因素,很可能对视功能存在同样的影响,这是我们的研究的理论基础。VEP可以反映自视网膜至枕叶皮质整个视路的功能情况,对于视路任何位置的影响都可以在VEP中表现出来。 $P_{100}$ 波的波形稳定,可重复性高,其潜伏期及波幅的改变,已经成为临床上诊断视路疾病及评价治疗效果的重要客观指标,具有较高研究价值;ERG是一项客观反应视网膜功能的检查,能够敏感地反映视网膜功能的变化。五种国际标准反应中,Cone及30Hz flicker主要反映视网膜的明视功能;Rod反映视网膜暗视功能;Max为视锥细胞及视杆细胞的混合反应,反映视网膜的综合功能;振荡电位在评价视网膜血管性病变因缺血发展为增生性视网膜病变的危险性和指导激光治疗方面最具有价值。

高空间频率下诱发的 $P_{100}$ 波体现的是精细视觉,更具有研究价值。结论显示,在高空间频率下,双眼 $P_{100}$ 波的波幅有显著的下降( $P < 0.05$ ),而在中空间频率及低空间频率下,双眼 $P_{100}$ 波的波幅未见显著的统计学差异,提示失重状态下,对于健康人的精细视觉是有一定影响的。在F-ERG研究中发现:暗视功能的变化明显高于明视功能

的变化,这说明,在失重状态下,视网膜的明视功能的代偿能力要明显高于暗视功能。结果中,ERG的变化主要体现在潜伏期的改变上,这与国外的相关研究相符合<sup>[4]</sup>,提示失重状态对于视网膜细胞的影响主要是神经细胞电反应传导速度的下降,而对细胞本身并无明显器质性损伤。在视网膜功能中,明视功能代偿性强,可以很快调整失重对其造成的影响,而暗视功能代偿性稍差,需要较明视功能长的时间来进行调整恢复。根据F-ERG各波变化曲线,可以得出以下结论:在模拟失重早期,由于人体状态的变化,视网膜呈现功能的下降,随着人体自身调节机制的启动,细胞功能出现反应性升高,甚至超出正常水平,随着不断的自身调节,最终恢复到正常水平。

我们证实,采用的实验模型是适宜的,而且已经初步证实了模拟失重对人眼视功能存在一定的影响,为进一步的研究奠定了基础。至于视功能下降的机制,可能与失重状态下,脑供血情况的改变有关<sup>[5]</sup>,也可能与视网膜供血改变有关<sup>[4]</sup>,也可能为继发于脑功能的改变,确切的机制需要进一步的相关研究来证实。

#### 参考文献

- 1 Marmor MF, Fulton AB, Holder GE, et al. ISCEV standard for full-field clinical electroretinography (2008 update). *Doc Ophthalmol* 2009; 118(1):69-77
- 2 赵仑,魏金河. 模拟失重对快慢反应被试视觉选择注意 ERPs 的不同影响. *航天医学与医学工程* 2005;18(6):422-426
- 3 宋为群,罗跃嘉. 视觉空间注意的早期 ERPs 等级效应. *航天医学与医学工程* 2003;16(6):452-454
- 4 Kerqoat H, Durand MJ. Correlating increased ocular and systemic blood pressure with neuroretinal function. *Aviat Space Environ Med* 1996;67(12):1174-1178
- 5 孙喜庆, Anne PLT, Claude G. 4d 头低位卧床期间脑血流速度的改变. *航天医学与医学工程* 2002;15(3):163-166