

驾驶疲劳对视觉注意影响的 ERP 研究*

宋国萍**¹ 张侃²

(¹陕西师范大学心理学院, 西安, 710062)(²中国科学院心理所工程心理学实验室, 北京, 100101)

摘要 目的:探讨驾驶疲劳对于视觉注意的影响。方法:采用组间对照,对照组为 12 名充分休息的出租车司机,实验组为 15 名连续驾驶 10h 的司机。采用视觉 Oddball 范式,标准刺激:正立三角形,70%;靶刺激:倒立三角形,15%;新异刺激:乱线条,15%。共 2 个 block,每个 block 有 300 个刺激,刺激间隔(SOA)900-1000ms,刺激呈现时间 50ms。Block 之间休息几分钟。要求被试对靶刺激按鼠标反应。结果:新异刺激产生明显的额中央区分布的 N2 和 P3a, P3a 无明显疲劳效应,疲劳组 N2 幅值显著降低;疲劳后靶刺激引起的以中线分布为主的 P3b 幅值显著降低,潜伏期无明显变化。结论:驾驶疲劳后视觉非随意注意能力、注意加工能力下降。

关键词 驾驶疲劳 视觉 注意 事件相关电位

1 引言

驾驶疲劳^[1]是指驾驶员在连续行车后所产生的生理、心理机能及驾驶操作效能下降的现象,是重大交通事故发生的直接或间接原因^[2-4]。驾驶疲劳后唤醒水平降低、感觉-运动系统功能下降、信息加工过程破坏、对非常规的和紧急情况处理能力下降^[5]。当司机疲劳时,往往报告在需要注意的任务上集中注意的能力下降^[6]。前面研究^[7]表明驾驶疲劳后听觉非随意注意能力、注意加工能力下降。由于驾驶过程中,很多信息来自视觉,本试验主要考察出租车司机连续驾驶 10h 前后对视觉靶刺激、新异刺激的反应,从而探讨驾驶疲劳对视觉随意注意及非随意注意的影响。

2 研究方法

2.1 被试

被试为男性,汉族,年龄(33.03 ± 5.26),驾龄(6.15 ± 1.76),共 27 人。文化:大专 23.1%;高中/中专/职高 65.4%;初中 11.5%。婚姻:已婚 69.2%;未婚 30.8%。均为右利手,视力(裸眼或矫正)正常,听力正常,身体健康。对照组为倒休的出租车司机,保证头一天晚上有很好睡眠,倒休那天早上 8:00 到实验室,共 12 人。实验组为早 7:00 接车到 17:00 交车,大约驾驶 10h 的出租车司机,交车后到实验室进行测试,共 27 人,其中 12 人为对照组中的。

2.2 刺激材料

标准刺激:正立三角形,70%;靶刺激:倒立三角形,15%;新异刺激:乱线条,15%。共 2 个 block,每个 block 有 300 个刺激,刺激间隔(SOA)900-

1000ms,刺激呈现时间 50ms。Block 之间休息几分钟。

2.3 实验程序

电极安装完毕后,被试坐在隔音电磁屏蔽室内的椅子上,舒适坐位,右手在鼠标上,平视前方 100cm 处的计算机显示屏,试验过程中尽量少眨眼。首先是预试验,保证被试能够区分靶刺激,然后开始正式试验,要求被试对靶刺激尽快尽可能准确地按鼠标反应。

2.4 EEG 记录

美国 NeuroScan 公司生产的 ESI-32 导脑电记录系统,用 Ag/AgCl 电极帽记录 EEG,按国际 10-20 系统放置。参考电极为双侧乳突连线,接地点在 Fpz 和 Fz 中点。另有两个电极分别位于左眼下方和左眼的眉骨上方,以记录垂直眼电。记录水平眼动的电极,分别位于两眼外侧。电极与皮肤接触阻抗小于 5Ω,记录带宽为 0.05~100 Hz,采样率为 500 Hz/导。脑电数据存入硬盘,离线分析。

2.5 数据分析

用 Scan 4.3 软件分析 EEG 数据。信号相关法去除眼电伪迹,分析时程(epoch)为 1200ms,含刺激前 200ms 为基线矫正,波幅大于 ±100μV 视为伪迹。以新异刺激、靶刺激为触发,得到新异刺激和靶刺激的 ERP 波形图。确定 300-400ms 分析时窗,分别对峰值和潜伏期进行 2 ANOVA,疲劳(2 水平:疲劳和不疲劳),电极(9 水平:F3、Fz、F4、FC3、FCz、FC4、C3、Cz、C4),方差分析使用 Geisser-Grubb *P* 值校正。

3 结果

3.1 行为数据分析 正确率:96.75 ± 3.18(驾驶疲

* 本课题得到国家自然科学基金(30500159)“睡眠缺失对高意识加工水平记忆影响的脑机制研究”资助。

** 通讯作者:宋国萍。E-mail:gpsong@126.com

劳前), 94.42 ± 3.67 (驾驶疲劳后), 统计上无显著差别。

3.2 ERP 数据分析

3.2.1 P3a

如图 1 所示, 新异刺激产生明显的额中央区分

布的 N2 和 P3a。2 ANOVA 表明, P3a 无明显的疲劳效应, 疲劳组 N2 潜伏期没有显著改变, 疲劳组 N2 幅值显著降低 ($F(1, 13) = 6.71, p < 0.05$), 具体见表 1。

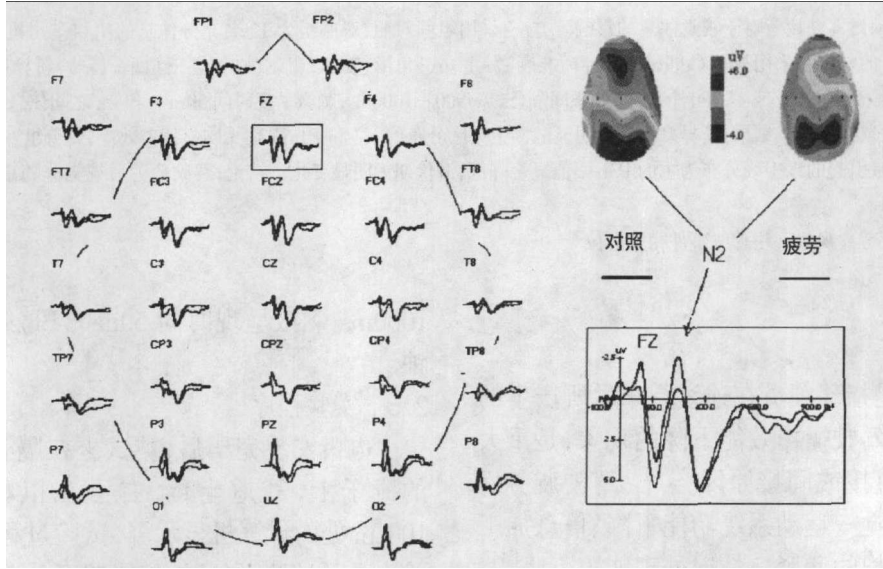


图 1 驾驶疲劳前后视觉 N2、P3a 波形图及 Fz 点总平均图和脑地形图

表 1 视觉新异刺激引起的 N2 峰值 (μV)

	C4	FC4	F4	Cz	FCz	Fz	C3	FC3	F3
对照组	-1.4 ± 0.3	-1.9 ± 0.7	-2.1 ± 0.4	-1.3 ± 0.3	-2.6 ± 0.5	-2.6 ± 0.4	-0.7 ± 0.3	-0.8 ± 0.2	-2.2 ± 0.5
疲劳组	$0.4 \pm 0.1^*$	$-1.2 \pm 0.5^*$	$-1.2 \pm 0.4^*$	$-0.2 \pm 0.2^*$	$-1.0 \pm 0.3^*$	$-0.7 \pm 0.3^*$	$1.1 \pm 0.4^*$	$0.5 \pm 0.3^*$	$0.6 \pm 0.3^*$

* 表示疲劳组和对照组相比, $p < 0.05$

3.2.2 P3b

如图 2 所示, 靶刺激产生明显的 P3b, 分布集中于中线部位。2 ANOVA 表明, 疲劳组 P3b 潜伏期

无明显疲劳主效应, 波幅显著降低 ($F(1, 13) = 12.40, p < 0.01$), 见表 2。

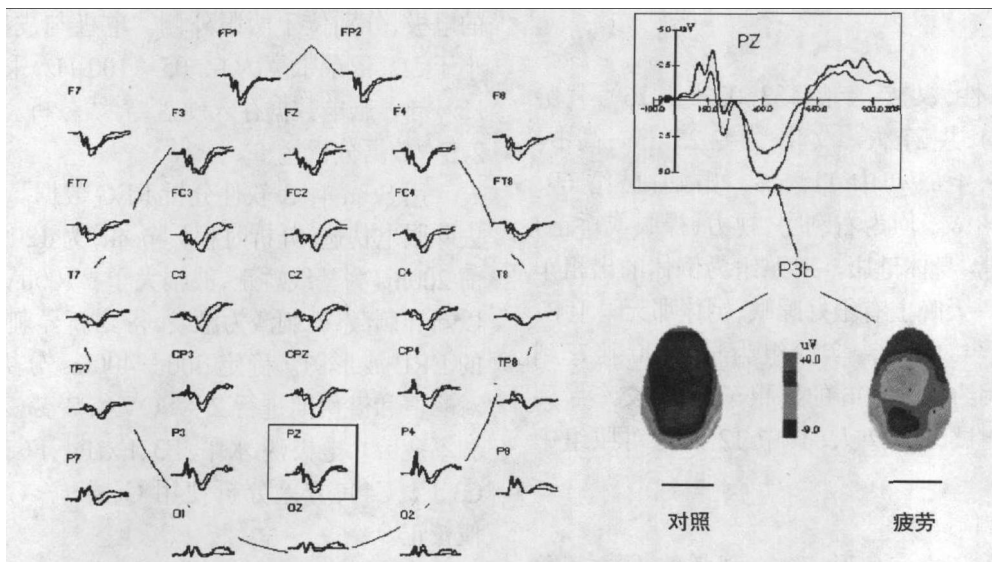


图 2 驾驶疲劳前后视觉 P3b 总平均图和电压地形图

表 2 视觉靶刺激 P3b 峰值 (μV)

	P4	CP4	C4	Pz	CPz	Cz	P3	CP3	C3
对照组	3.0 ± 0.3	4.5 ± 0.6	4.6 ± 0.4	5.5 ± 0.4	6.4 ± 0.5	4.8 ± 0.2	4.7 ± 0.1	4.8 ± 0.0	4.2 ± 0.1
疲劳组	$1.6 \pm 0.2^*$	$1.9 \pm 0.3^*$	$3.3 \pm 0.3^*$	$3.6 \pm 0.4^*$	$3.4 \pm 0.3^*$	$1.8 \pm 0.2^*$	$2.8 \pm 0.3^*$	$2.6 \pm 0.2^*$	$1.9 \pm 0.1^*$

* 表示疲劳组和对照组相比, $p < 0.01$

4 讨论和结论

驾驶疲劳是一种渐进的累积过程^[6],是长时间驾驶造成的一种心理生理状态,有主观和客观的各种表现。以往研究^[8]已表明连续驾驶 10h 后,司机有明显的疲劳感受,我们可以认为本实验中 ERP 的变化为驾驶疲劳的结果。

非随意注意是对没有意识到的新异刺激自动觉察,是自下而上激发的。这种心理活动的指向是不随意的、主观不能控制的,引起注意的新异刺激是一种未预料到的突然刺激。本实验中,视觉新异刺激是乱线条,相对靶刺激和标准刺激而言是未预料的突然新异刺激。这些刺激具有足够的强度和新异性,心理活动从而本能地、被动地被它吸引过去,从而把非注意对象变成了瞬间注意的对象,对外界刺激完成注意力转移过程,与主动注意及记忆过程无关。如果这一对象有意义,就能再进一步加工,对机体有重要的保护意义。本试验中,视觉 P3a 变化不明显,主要以 N2 变化为主,N2 与“朝向反应”有关^[9],它通常与 P3a 同时出现,称为 N2-P3a 复合体。

有关睡眠及睡眠剥夺的 P3a 研究^[10]表明在睡眠质量不够好的情况下,P3a 幅值下降,先前研究^[7]也表明驾驶疲劳后听觉 P3a 幅值降低。而本实验证实了驾驶疲劳后对于突然出现的视觉新异刺激反应性下降,从而增加了出现交通事故的可能性。也就是在驾驶过程中,如果出现意外事件,被试的反应性明显降低。很有意思的是,本实验并没有发现明显的潜伏期改变,意味着对于新异刺激的觉察速度并没有下降。

随意注意的执行是自上而下的,其机制是:额叶—内侧丘脑系统的指令以精确的投射方式作用于网状核,网状核进一步完成对感觉信息的选择。该视觉实验是一个分类任务,也就是当一个信号出现时,被试首先知觉信号的存在,发现概率较小的靶刺激时,同事先的分类标准比较,然后按键反应。P300 在识别靶刺激并做出反应的主动状态下才产生,取决于主动注意过程而非物理刺激。潜伏期代表反应速度,随任务难度增加而延长,反映评价或分类所需要的时间;波幅反映心理负荷量^[12],反映工作记忆中表征的更新,与大脑皮层的觉醒程度有关,并且能够评价脑力工作负荷。

驾驶疲劳后视觉 P300 波幅显著降低,但潜伏期无明显疲劳主效应,同我们先前研究^[7]结果类似。因此,驾驶疲劳后最主要影响的是心理资源的投入上,驾驶疲劳后投入的心理资源量降低,从而表现为波幅的降低,这与被试警觉水平的下降和困倦程

度的增加有关^[13]。

“唤醒水平下降假说”^[11]认为“主观努力”,即个体通过努力可以部分提高唤醒水平而维持一定的作业能力。当任务有一定复杂性和被试有一定意愿时,P3b 幅值变化不明显。本实验同以前研究^[7]类似,由于实验任务简单,被试的主观因素参与比较少,P3b 幅值的变化从而反映了疲劳的主效应。

总之,本研究表明,驾驶疲劳后视觉非随意注意能力下降,表现为 N2 幅值的下降,因此对于危险信号的觉察判断能力下降,从而增加了驾驶危险性。而视觉随意注意能力的下降表现为 P300 幅值的下降。

致谢:本研究完成于第四军医大学心理学教研室,特别感谢苗丹民教授、吕静博士、李靖硕士。

5 参考文献

- 1 Williamson A M, Feyer A, Friswell R. The impact of work practices on fatigue in long distance truck drivers. *Accident Anal. Prev*, 1996,28(4):709-719
- 2 Saroj K L L, Ashley C A. critical review of the psychophysiology of driver fatigue. *Biological Psychology*, 2001,55(2): 173-194
- 3 Feyer A M, Fatigue: Time to recognise and deal with an old problem. *British Medical Journal*, 2001,322(4):808-809
- 4 Murata A, Uetake A, Takasawa Y. Evaluation of mental fatigue using feature parameter extracted from event-related potential. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2005,35(4):761-770
- 5 Mascord D J, Heath R A. Behavioral and physiological indices of fatigue in a visual tracking task. *J Safety Res*, 1992,23(1):19-25
- 6 Brown I D. Driver fatigue. *Human Factors*, 1994,36(2):298-314
- 7 宋国萍,张侃. 驾驶疲劳对听觉注意影响的 ERP 研究. *心理科学*. 2009,32(3):517-520
- 8 宋国萍,张侃. 驾驶疲劳对情绪的影响. *中国临床心理学杂志*. 2006,14(2):248-250
- 9 Loveless N E. Potentials evoked by temporal deviance. *Biol Psychol*. 1986,22(1):149-167
- 10 Salmi J, Huutilainen M, Pakarinen S, et al. Does sleep quality affect involuntary attention switching system? *Neuroscience Letters*. 2005,390(1): 150-155
- 11 Sanders A F. Towards a model of stress and human performance. *Acta Psychol*. 1983,53(1):61-97
- 12 魏景汉,罗跃嘉. 认知事件相关电位教程. 北京:经济日报出版社,2002,301-305
- 13 Corsi C M, Arce C, del Rio Portilla IY, et al. Amplitude reduction in visual event-related potentials as a function of sleep deprivation. *Sleep*, 1999,22(2):181-189

(下转第 1088 页)

- 3 Lachmann T, van Leeuwen C. Memory – Guided Inference in Same – Different Comparison Tasks. In C. Kaernbach, E. Schroeger, & H. J. Müller. Psychophysics beyond sensation Scientific Psychology Series. Hilldale, NJ: Erlbaum, 2004, 199 – 221
- 4 Nickerson R S. “Same – different” response times: A model and a preliminary test. *Acta Psychologica*, 1969, 30: 257 – 275
- 5 Bamber D. Reaction time and error rates for “same” – “different” judgments of multidimensional stimuli. *Perception and Psychophysics*, 1969, 6: 169 – 174
- 6 Beller H K. Parallel and serial stages in matching. *Journal of Experimental Psychophysics*, 1970, 84: 225 – 230
- 7 周国梅, 傅小兰. “异同”判断加工中整体和局部特征的作用. *心理学报*, 2004, 36(6): 681 – 689
- 8 张之光, 禰宇明, 傅小兰. 不同 ISI 下“异同”判断的同反应启动效应. *心理学报*, 2003, 35(3): 317 – 322
- 9 禰宇明, 傅小兰. 异同比较中的维度转移代价. *心理学报*, 2003, 35(1): 37 – 43
- 10 Farell B. Attention in the processing of complex visual displays: Detecting features and their combinations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1984, 10: 40 – 64
- 11 Derks P L. Visual recognition of similarity and identity. *Journal of Experimental Psychology*, 1972, 95: 237 – 239

An Analysis of Response Characteristics of “Same”-“different” Judgment Under different rules

Liu Qiang^{1,2}, Zhou Liu³, Qiu Jiang^{1,2}, Tao Weidong^{1,2}, Wang Qi^{1,2}, Zhang Qinglin^{1,2}

(¹ Key Laboratory of Cognition and Personality Southwest University, Ministry of Education, Chongqing, 400715)

(² School of Psychology, Southwest University, Chongqing, 400715)

(³ Institute of Cognitive Neurosciences, East China Normal University, Shanghai, 200062)

Abstract The present research measured and analyzed the response time for “same”-“different” judgment in four kinds of rules. The results supported the hypothesis that “same” and “different” judgments based on distinct mechanisms of processing. Furthermore, “same” judgments include two processes: one is similar to the identity reporter of dual-process Model. This kind of the processing works only when two stimuli are exactly the same. The other processing is a serial, self-terminal analytic comparison. “Different” judgments are serial, self-terminal processing and in each processing, the probability of processing one dimension firstly was influenced by attention to this dimension. Moreover, the results also indicated that “same” and “different” judgment was not a sequential procedure.

Key words “same”-“different” judgment, fast same effect, single-process model, dual-process model

(上接第 1069 页)

An ERP study of Effects of Driving Fatigue on Visual Attention

Song Guoping¹, Zhang Kan²

(¹ Department of Psychology, Shannxi Normal University, Xi'an, 710062)

(² Lab of Engineering Psychology, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101)

Abstract To investigate effects of driving fatigue on visual attention, a between-group design was used. The control group included 12 taxi drivers while the fatigue group included 15 taxi drivers who had driven for ten consecutive hours. The visual oddball pattern was adopted. The standard stimulus was an erect triangle, probability 70 %; the target stimulus was an inverted triangle, probability 15 %; the novel stimulus was a disordered line, probability 15 %. There were 2 blocks, each having 300 stimuli. SOA was 900 – 1000ms. The duration of each stimulus was 50ms. The subjects were asked to click the mouse upon seeing the target stimulus. The results were: N2 and P3a spurred by novel stimuli were distributed mainly around the middle frontal lobe. The amplitude of N2 was significantly lowered while that of P3a stayed unchanged. The amplitude of P3b spurred by target stimuli, which was distributed in the middle part of the brain, was evidently lowered after driving fatigue. P3b latency remained unchanged. Our conclusion: With driving fatigue, the ability of visual involuntary and voluntary attention declines.

Key words driving fatigue, attention, visual, ERP