

驾驶疲劳对听觉注意影响的 ERP 研究*

宋国萍**¹ 张侃²

(¹陕西师范大学教育科学学院心理系, 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: 探讨驾驶疲劳对于听觉注意的影响。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。采用听觉 Oddball 范式, 标准刺激: 800Hz, 概率 80%; 靶刺激: 1000Hz, 概率 10%; 新异刺激: 计算机产生的噪声或其他声音, 概率 10%。声音强度均为 85dB, 刺激间隔(SOA) 1000ms, 刺激呈现时间 100ms。要求被试对靶刺激按鼠标反应。结果: P3a 分布以额中央区为主, 驾驶疲劳后新异刺激引起的 P3a 潜伏期没有显著变化, 幅值显著降低; P3b 以中央顶区为主, 驾驶疲劳后靶刺激引起的 P3b 潜伏期没有显著变化, 幅值显著降低。结论: 驾驶疲劳后听觉非随意注意能力、注意加工能力下降。

关键词 驾驶疲劳 听觉 注意 事件相关电位

1 引言

驾驶疲劳是重要的交通问题, 并且是重大交通事故发生的直接或间接原因^[1-3], 大量有关交通事故的数据表明, 疲劳的影响多集中在晚间或长时间驾驶时。

有关疲劳驾驶的研究表明, 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^[4]。当司机疲劳时, 往往报告在他们需要注意的任务上集中注意的能力下降^[5], 比如不能够将注意力集中在路面和交通信号上, 因此, 注意力很容易受疲劳的影响。应用事件相关电位, 我们可以更加客观了解驾驶疲劳对于注意的影响, 通过考察出租车司机连续驾驶 10h 前后对听觉靶刺激、新异刺激的反应, 从而探讨驾驶疲劳对听觉随意注意及非随意注意的影响。

2 研究方法

2.1 被试

本研究采用组间对照研究。对照组为倒休的出租车司机, 保证头一天晚上有很好的睡眠, 在倒休那天早上 8:00 到实验室, 共 12 人。实验组为早 7:00 接车到 17:00 交车, 大约有 10h 驾驶的出租车司机, 交车后到实验室进行测试, 共 27 人, 其中 12 人为对照组中的。被试均为男性, 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。

2.2 实验材料

(1) 标准刺激: 800Hz, 概率 80%; (2) 靶刺激: 1000Hz, 概率 10%; (3) 新异刺激: 计算机产生的噪声或其他声音(铃声、狗吠声、流水声等), 概率 10%。共 2 个 block, 每个 block 有 300 个刺激(标准刺激

240 个, 靶刺激 30 个, 新异刺激 30 个), 刺激间隔(SOA) 1000ms, 刺激呈现时间 100ms, 刺激强度为 80dB SPL。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, 在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准确地按鼠标反应。

2.4 EEG 记录

采用美国 NeuroScan 公司生产的 ESI-128 导脑电记录系统, 从头皮位置利用 Ag/AgCl 电极帽记录 EEG, 电极按国际 10-20 系统放置。参考电极置于左耳乳图处, 接地点在 Fz 和 Fz 的中点。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。

2.5 数据分析

连续记录原始脑电, 然后离线叠加, 用 Scan 4.3 软件分析 EEG 数据。-200ms 至 0ms 的电压均值为基线, 分析时程(epoch)为 1200ms。信号相关法去除眼电伪迹, 波幅大于 ±100μV 视为伪迹。

分别以新异刺激和靶刺激为触发, 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 因素方差分析, 疲劳(2 水平: 疲劳和不疲劳), 新异刺激电极(9 水平: F3、Fz、F4、FC3、FCz、FC4、C3、Cz、C4), 靶刺激电极(9 水平: C3、Cz、C4、CP3、CPz、CP4、P3、Pz、P4)。

方差分析使用 Geisser-Grünhouse P 值校正。

3 结果

3.1 行为数据分析 正确率: 97.12 ± 2.23 (驾驶疲劳前), 95.87 ± 3.11 (驾驶疲劳后), 统计上无显著差

* 本课题受国家自然科学基金(30500159)资助。

** 通讯作者: 宋国萍。E-mail: gp_song@126.com。

别。

3.2 ERP 数据分析

3.2.1 P3a

如图 1 显示,驾驶疲劳前后听觉新异刺激引起的 ERP 基本波形,包括一个负波(N200),波峰位于约 180ms 处,在 350ms 处有一个正波。分布以额中

央区为主。

统计结果表明,潜伏期无明显的疲劳主效应,主要表现为疲劳前后幅值的变化:P3a 幅值具有明显的疲劳主效应 ($F(1, 13) = 12.42, p < 0.01$),疲劳后引起 P3a 的波幅显著降低,各电极疲劳组听觉 P3a 幅值显著低于对照组,具体见表 1。

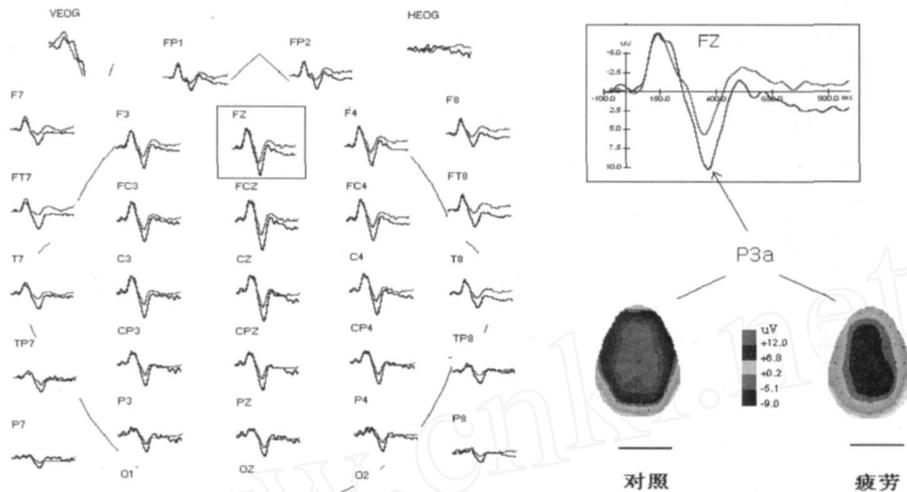


图 1 驾驶疲劳前后听觉 P3a 波形图、Fz 点总平均图及脑地形图

表 1 听觉 P3a 峰值(μV) (M ± s)

	C4	FC4	F4	Cz	FCz	Fz	C3	FC3	F3
对照组	9.2 ± 1.2	8.0 ± 0.8	7.9 ± 0.9	11.2 ± 1.1	11.4 ± 1.1	11.4 ± 1.0	9.4 ± 0.9	8.4 ± 0.9	8.4 ± 0.8
疲劳组	4.3 ± 1.0*	3.1 ± 0.8*	2.6 ± 0.6*	6.0 ± 1.0*	5.8 ± 0.9*	5.8 ± 1.0*	4.6 ± 0.6*	4.0 ± 0.8*	2.5 ± 0.6*

*表示疲劳组和对照组相比, $p < 0.01$

3.2.2 P3b

如图 2 显示,靶刺激 P3b 以中央顶区为主,分别对峰值和潜伏期进行 2 ANOVA:疲劳(2 水平:疲劳

组和对照组),电极(9 水平:C3、Cz、C4、CP3、CPz、CP4、P3、Pz、P4)。潜伏期无明显的疲劳主效应,幅值具有明显的疲劳主效应 ($F(1, 13) = 23.52$,

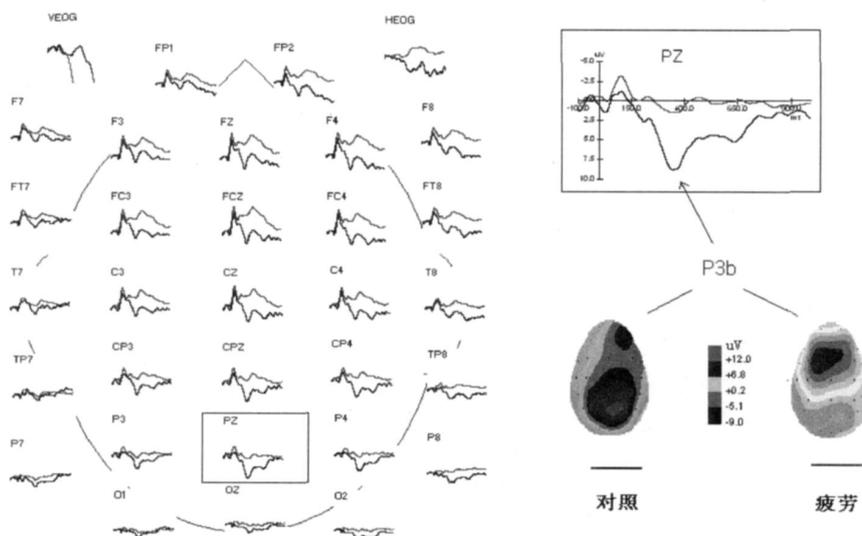


图 2 驾驶疲劳前后听觉 P3b 波形图、Pz 点总平均图及脑地形图

表 2 听觉 P3b 峰值(μV) (M ± s)

	P4	CP4	C4	Pz	CPz	Cz	P3	CP3	C3
对照组	6.3 ± 2.0	6.7 ± 1.7	5.3 ± 1.2	8.9 ± 2.1	7.6 ± 0.5	5.9 ± 0.5	5.4 ± 0.4	5.3 ± 0.6	3.6 ± 0.8
疲劳组	1.1 ± 0.8*	-0.5 ± 0.1*	-2.3 ± 1.0*	1.5 ± 0.5*	-0.5 ± 0.1*	-4.1 ± 0.4*	1.4 ± 0.6*	-0.7 ± 0.7*	-3.5 ± 0.5*

*表示疲劳组和对照组相比, $p < 0.01$

$p < 0.001$), 疲劳引起 P3b 的显著降低。

4 讨论和结论

长途及夜间驾驶的司机,广泛存在着睡眠缺失、连续工作、生物节律紊乱和疲劳的问题^[2],从而进一步导致清醒时警觉水平降低、工作绩效下降、情绪破坏等问题,从而进一步导致交通安全性降低。驾驶疲劳是一种渐进的累积过程^[5],由于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。我们前面的研究表明连续驾驶 10h 后,司机已有明显的疲劳感受^[6],可以认为本实验中 ERP 的变化为驾驶疲劳的结果。

注意是心理活动对一定事物的指向与集中,其中,心理活动的指向性由大脑对信息的过滤和选择功能来实现。而注意分为随意注意和非随意注意。非随意注意是对非意识的新异刺激自动觉察的功能。而随意注意是对意识水平事物的集中和指向能力,是进行下一步操作的基础。无论随意注意还是非随意注意对于人类来说都是非常重要。

本试验是通过经典的 Odball 模式,探讨驾驶疲劳后对于听觉的新异刺激、靶刺激的反应,它们分别引起 P3a 和 P3b。在本实验中,被试要求对于靶刺激进行按鼠标反应,任务相对比较简单,被试在进行作业时的认知过程可能是:耳朵听到各种声音,将注意力集中在靶刺激上,当出现未预料的突然刺激,即新异刺激后,而这些刺激具有足够的强度和新异性,产生朝向反应,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,使之优先得到加工,是对外界刺激的注意力转移过程,与主动注意及记忆过程无关;而对于属于靶刺激的声音进行加工,并做出判断,从而进一步进行按键反应;对于非靶刺激在经过判断后,不进行反应。

在实验中,新异刺激出现的概率是 10%,因为既往研究表明,此时 P3a 波幅最大^[7]。这时引起的 P300 为 P3a,可以看到分布以额叶中央区为主,比反映了注意过程的 P3b 明显靠前。非随意注意是一个自下而上的加工,也就是说,被试并没有被要求对新异刺激进行反应,但是由于该信号的特点,使人在短时间内将注意力集中在该信号上。这是一个无意识的非注意向注意转化的过程、注意开启的过程,是主观不能够控制的。实验结果表明,驾驶疲劳后 P3a 的潜伏期没有明显变化,而其波幅显著降低,即虽然觉察速度不受影响,但是,对于新异刺激的觉察能力明显下降。而我们知道该过程对机体有重要保护意义。对于一名司机而言,在驾驶过程中,如果朝向反应下降的话,表明该司机可能不能够很好地觉察来自听觉的危险信号,例如后面司机的喇叭声等。

P3b 反映了被试对于靶刺激的加工,即对于有意义信号的加工。我们知道,在一定程度上 P3b 的

幅度与所投入的心理资源量成正相关^[8],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。P3b 的潜伏期随任务难度的增加而增加,反映对刺激物的评价或分类所需要的时间。驾驶疲劳后潜伏期没有显著变化说明信息加工的速度在连续驾驶 10h 后没有显著降低,也可能是由于任务比较简单,没有表现出潜伏期的改变。在宋健^[11]等人的研究中,驾驶疲劳后有潜伏期的改变,可能原因是 ERP 任务难度的不同。而随着驾驶时间的延长,觉醒程度逐渐降低,从而表现出了 P3b 幅值的降低,表明随着疲劳程度的增加,投入到有意识作业中的注意力水平的下降。

但也有人^[10]认为疲劳的决定因素是 P3a,同 P3b 关系较小,P3b 虽然也受疲劳影响,但是影响程度较低。我们分析,这可能因为要求被试主动进行的注意作业同人的自我主观的控制能力或者努力程度等都有关系,Squires^[9]等发现,被试者是否专注于实验是决定 P3b 波幅的主要因素。在疲劳对于认知能力影响中有一个“唤醒水平下降假说”^[12]:其基本观点是人在连续作业条件下,维持长时间觉醒时会出现唤醒水平下降、唤醒阈限上升的现象,从而导致作业绩效降低,这一假说还存在“代偿机制”,即“主观努力”,通过努力可以部分提高唤醒水平而维持一定的作业能力。任务有一定复杂性和被试有一定意愿时,P3b 幅值的变化就不明显了。在我们的实验中,由于任务比较简单单调,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。所以,我们认为,当实验任务简单时,P3b 的幅值能够反映疲劳的主效应。

因此,我们认为,驾驶疲劳对机体产生影响最重要的两个脑结构是:决定唤醒水平的脑干、对各级脑结构有监控作用的前额叶。长时间驾驶耗费大量心理资源,对于脑干的影响就是唤醒水平下降,进而影响丘脑的感觉、知觉加工;进一步还会影响到了皮层水平的加工,出现一系列的认知加工问题,可能表现为加工速度的下降,也可能表现为加工正确率的下降。前额叶加工对于各个层面的脑结构又有监控的能力,因此,如果作业足够有趣,可能激活的前额叶可以代偿某些疲劳的作用,并不表现出绩效的下降,但是,如果作业非常单调,需要前额叶的活动比较少,前额叶并没有被激活,也会出现疲劳的作用,也就表现出工作绩效的下降。

总之,本研究表明,驾驶疲劳后听觉注意能力下降,表现为额叶中央区在 300 - 400ms 时窗上 P3a、顶叶中央区 P3b 波幅降低,达到显著水平,因此,司机在驾驶疲劳后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。另外目前为止,尚没有一个可以信赖的有效的测量疲劳的方法,本研究也可为驾驶疲劳的评测提供依据。

致谢:本项研究完成于西安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 Saroj KLL, Ashley C. A critical review of the psychophysiology of driverfatigue. *Biological Psychology*, 2001, 55(2): 173 - 194
- 2 Feyer AM, Fatigue: Time to recognise and deal with an old problem. *British Medical Journal*, 2001, 322(4): 808 - 809
- 3 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
- 4 Mascord DJ, Heath RA. Behavioral and physiological indices of fatigue in a visual tracking task. *J Safety Res*, 1992, 23(1): 19 - 25
- 5 Brown ID. Driver fatigue. *Hum Factors*. 1994;36(2): 298 - 314
- 6 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
- 7 Bruyant P, Garcia - Larrea L, Maigniere F et al. Target side and scalp topography of the somatosensor P300. *Electroenceph Clin Neurophys*, 1993, 88(6): 468 - 477
- 8 罗跃嘉,魏景汉. 选择注意的 ERP 研究方法. *心理科学*, 1997;20(2): 5532 - 5541
- 9 Squires NK. Two varieties of long latency positive waves evoked by unpredictable auditory stimuli in man. *Electroenceph Clin Neurophys*, 1975, 38(3): 387 - 401
- 10 Schubert M, Johannes S, Koeh M, et al. Differential effects of two motor tasks on ERPs in an auditory classification task: evidence of shared cognitive resources. *Neurosci Res*. 1998, 30(1): 125 - 134
- 11 宋健,苗丹民,李靖等. 出租车司机驾驶疲劳前后事件相关电位 P300 比较. *中国行为医学科学*, 2006, 15(11): 1023 - 1024
- 12 Sanders AF. Towards a model of stress and human performance. *Acta Psychol*. 1983;53(1): 61 - 97

An ERP Study of Effects of Driving Fatigue on Auditory Attention

Song Guoping¹, Zhang Kan²

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

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

Abstract To investigate the effects of driving fatigue on auditory attention, a between-groups design was used. The control group included 12 taxi drivers while the fatigue group included 15 taxi drivers who had been driving for ten hours. An auditory oddball pattern was adopted. The standard stimulus was 800Hz, probability 80%; target stimulus was 1000Hz, probability 10%; the new stimulus were sounds generated by a computer, probability 10%. SOA was 1000ms. Duration of stimulus was 100ms. The subjects were asked to press the mouse when hearing a target sound. We found that the distribution of P3a was mainly around the frontal lobe while that of P3b was mainly around the peak lobe. The amplitudes of P3a and P3b were evidently lower after driving fatigue. Our conclusion is that the ability of auditory attention declines after driving fatigue.

Key words driving fatigue, auditory, attention, ERP

(上接第 516 页)

- 15 18 郑晓边. 师范大学生心理健康调查与教学干预. *健康心理学*, 1997. 05. 15; 5(2): 82 - 84
- 16 苏丹,黄希庭. 中学生适应取向的心理健康结构初探. *心理科学*, 2007, 30(6): 1290 - 1294
- 17 陈会昌,李虹. 大学生心理量表的初步编制及试用. *中国心理卫生杂志*, 1998, 12(2): 79 - 80
- 19 Kopta S M, Lowry J L. Psychometric evaluation of the behavioral health questionnaire - 20: A brief instrument for assessing global mental health and the three phases of psychotherapy outcome. *Psychotherapy Research*, 2002, 12(4): 413 - 427

A Preliminary Research on the Structure of College Students' Mental Health With a Healthy Personality Orientation

Cheng Ke, Huang Xiting

(Key Laboratory of Cognition and Personality, School of Psychology, Southwest University, Chongqing, 400715)

Abstract Based on literature reviews, this study constructed a theoretical model of college students' mental health, and then conducted an open-question survey of college students. Taking reference from similar scales, we set up the initial version of Mental Health Scale for College Students (MHS-CS). 4,452 students participated in the test of the initial scale. The results showed that college students' mental health includes six dimensions: happy experience, interpersonal harmony, active learning, emotional regulation, goal pursuit and challenges of life; The MHS - CS is valid and reliable in assessing college students' mental health.

Key words Structure of College Students' Mental Health, healthy personality orientation, reliability, validity