

不同时间的睡眠剥夺对视觉 P300的影响

宋国萍¹,赵仑²,苗丹民³,皇甫恩³

- (1. 中国科学院心理研究所 工程心理学实验室,北京 100101;
- 2. 徐州师范大学 语言研究所,江苏 徐州 221116;
- 3. 第四军医大学 航空航天医学系心理室,西安 710032)

摘要:睡眠剥夺在日常生活工作中广泛存在,导致认知功能下降,其中警觉水平下降最为明显。实验采用 Oddball 范式辨别任务,研究了 32 名青年男性在不同睡眠剥夺条件 (sleep deprivation, SD) 下 (SD21h, SD45h, SD69h, 正常对照组) 的事件相关电位 (event-related potentials, ERPs) P300 成分的变化。结果表明,随 SD 时间延长, P300 波幅降低、潜伏期延长; P300 是比较好的评价 SD 后脑功能变化的指标。

关键词:睡眠剥夺;事件相关电位;视觉 P300

中图分类号: B845.66 **文献标识码:** A

Effects of Sleep Deprivation on Visual P300

SONG Guo-ping, ZHAO Lun, MIAO Dan-min, HUANGFU En

(Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: Sleep deprivation exists extensively in everyday life. It makes cognition functions lower in which the lowering of vigilance level is significant. This research used discern task by Oddball to study P300 component of 32 young males in different sleep deprivation conditions (sleep deprived for 21 hours, sleep deprived for 45 hours, sleep deprived for 69 hours, normal subjects). Results prove that after sleep deprivation, amplitudes of P300 lowered, latencies prolonged significantly. P300 is the good index to indicate the lowered brain functional level after SD.

Key words: sleep deprivation; event-related potentials; visual P300

睡眠剥夺 (sleep deprivation, SD) 是指由于各种原因引起的睡眠丢失状态, 并引起情绪、学习记忆、免疫功能等改变, 并出现一系列生理、心理及行为变化, 如出现微睡眠、注意脱漏增加、反应时延长、工作绩效降低, 甚至可能导致严重灾难, 如美国三里岛核泄漏事件、印度博帕毒气泄漏事件等^[1]。无论电生理还是行为数据均表明 SD 后认知加工速度会降低, 注意保持能力下降明显^[2]。但是, 由于实验对象以及所选择研究方法的不同, 并不是所有的研究都有相同结论。事件相关电位 (event-related potential, ERP) 可为研究 SD 对注

意力及脑功能状态的影响提供客观指标。Kane-da^[3]等研究发现, 经过一夜的 SD, 额-中央区 P300 潜伏期明显增加, 且在中央区 P300 波幅明显下降; Morris^[4]等发现, 即使行为表现没有明显改变, 经过 24h 的 SD 后, P300 潜伏期延长, 波幅下降。目前尚未见有不同时间的 SD 对于选择注意 ERPs 的系统研究。本实验采用视觉 Oddball 实验范式, 研究了不同时间长度 SD 对视觉 P300 的影响。

1 材料和方法

1.1 被试 纳入标准: 青年男性, 身体健康, 裸

基金项目: 国家自然科学基金 (30500159); 军队卫生科研基金 (01L073); 中国博士后科学基金 (2004035423)

作者简介: 宋国萍 (1972 -), 女, 河北石家庄人, 博士, 主治医师, 讲师, 中国科学院心理研究所应用心理学博士后, (电话) 010 - 64837182 (电子信箱) songgp@psych.ac.cn

眼视力或矫正视力正常； 近期无急性感染史或感染症状； 近期未服用任何药物； 没有肝炎、肿瘤、肾炎、糖尿病、内分泌紊乱等严重病史； 无精神神经疾病史； 通过面谈和自编的《睡眠行为调查问卷》表明睡眠习惯良好，睡眠/觉醒正常，非特别早醒和特别晚醒者； 无喝咖啡、茶及抽烟等习惯； 自愿参加实验，并填写书面同意书。

对于符合上述条件并且报名的第四军医大学航空航天医学系三年级学生，通过下列测验进行选择。由于执行功能同记忆及智力等有关，因此试验前用临床记忆量表测试记忆商数为中上水平 (MQ 110)、瑞文测试成绩为优良 (原始得分为 66.78 ±3.47, $Q > 110$)；因为人格同被试的反应倾向性有关，艾森克人格测验，选取标准分在 50 ±10之间的被试；进行认知测验时，尽管要求被试在强调正确率的基础上尽可能快速完成，但不同的被试还是有所不同，用内田 克雷佩林测验测验，选择完成数量 70.58 ±10.23，错误数为 0.94 ±1.16 的被试；键盘敲击速度：右手 (5.12 ± 0.15)次 /s，左手 (4.98 ±0.12)次 /s。

共选出 32 名青年男性学生，年龄为 20 ~ 22 岁，平均为 20.7 岁，随机分为 4 组：SD21h、SD45h、SD69h 和对照组，每组 8 名。实验后均获得一定量报酬，并由主试护送回宿舍。

1.2 实验过程 每次实验，SD 组每组 2 名被试，共为 6 名，于实验当天早上 7:00 起床后进入实验室进行 SD，分别于第二天、第三天和第四天凌晨 4:00 离开，分别剥夺睡眠 21h、45h、69h。总共进行 4 次实验。实验过程中被试可以自由活动、看电视和玩扑克，但是不能离开实验室，在试验过程中始终有 6 名主试监督，以防被试睡眠。实验结束后进行测试。

正常对照组在早上 8:00 清醒的时候，进行各项测验的测试。

1.3 刺激材料和任务 用刺激生成程序 (STM)

产生和呈现。屏幕中央随机出现 3 或 7 两个数字，其中“3”为靶刺激，出现的概率为 20%；“7”为非靶刺激，出现的概率为 80%，二者出现的顺序随机，总刺激次数为 200 次。每个刺激呈现的时间为 50 ms，刺激间隔 ISI 在 900 ms 至 1100 ms 内随机。

被试端坐于微机前，双眼平视计算机屏幕中心，距离计算机屏幕 70cm。实验过程中，要求被试注视屏幕中央的注视点，当出现“3”时，尽快尽准确地按左键；当出现“7”时，不按键。

1.4 EEG 记录 采用 Neuroscan 32 导脑电记录分析系统，记录电极为国际标准 10-20 系统的 Pz。记录垂直眼动和水平眼动；双侧乳突连线做参考。EEG 采样频率为 250Hz，带宽为 0.05 ~ 40Hz。电极与头皮接触电阻小于 5k。脑电数据记录存盘，离线分析。

1.5 数据分析 自动排除眼电伪迹。ERP 分析时窗为 1200 ms，其中刺激前 200 ms 用于基线校正。对正确反应的靶刺激和非靶刺激的诱发电位分别进行叠加平均。采用 SPSS for Windows (v. 10.0) 软件对行为和 P3 的峰值和峰值潜伏期进行统计。组间比较采用析因分析、单因素方差分析和 LSD 检验。

2 结果

2.1 行为结果

反应时 ($F = 17.600, P = 0.000$)，同对照组相比，SD21、SD45 和 SD69 组均有显著差异；同 SD21、SD45 相比，SD69 有显著差异。

正确反应率 ($F = 15.580, P = 0.000$)，漏过反应率 ($F = 15.940, P = 0.000$)。无论正确反应率还是漏过反应率，同对照组相比，SD45 和 SD69 有显著差异；同 SD21、SD45 相比，SD69 有显著差异。具体见表 1。

将反应时、正确反应率、漏过反应率和 SD 时间进行 Spearman 相关分析，分别得 0.782、0.804、-0.818，均 $P < 0.010$ ，与 SD 时间有显著相关。

表 1 不同时期 SD 作业的行为数据 (n=8)

	对照组	SD21	SD45	SD69
反应时 (ms)	345.21 ±60.17	396.10 ±55.27 ^a	413.51 ±57.60 ^a	502.39 ±26.16 ^{abc}
正确反应率 (%)	96.27 ±1.88	89.32 ±5.62	84.08 ±10.15 ^a	71.67 ±8.60 ^{abc}
漏过反应率 (%)	0.77 ±0.75	6.40 ±5.73	10.17 ±6.43 ^a	25.00 ±9.32 ^{abc}

注：a: 同对照组相比有显著差异；b: 同 SD21 组相比有显著差异；c: 同 SD45 组相比有显著差异。

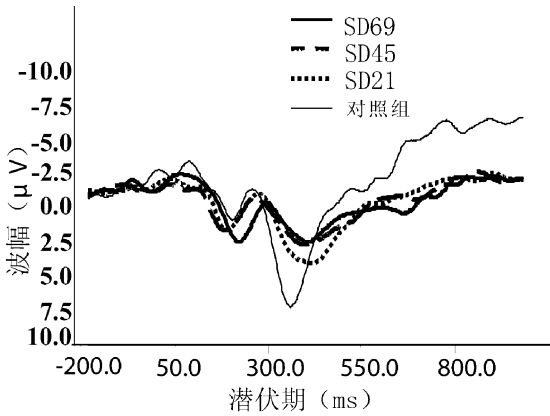


图 1 不同 SD 时间后 Pz 点的 P300

2.2 P300结果分析

图 1 示出不同组 8 名被试顶中央区 Pz 点的 P300 成分。

表 2 示出不同时程 SD 后 P300 的潜伏期和波幅的统计结果: P300 潜伏期 ($F = 8.594, P = 0.001$):同对照组相比,SD21、SD45 和 SD69 有显著差异。P300 波幅 ($F = 7.830, P = 0.001$):同对照组相比,SD21、SD45 和 SD69 有显著差异。

将 P300 幅值和潜伏期同 SD 时间进行相关检验,结果发现潜伏期呈显著正相关 ($r = 0.699, P < 0.05$),而幅值呈显著负相关 ($r = -0.684, P < 0.05$)。

表 2 不同时程 SD 后 P300 的潜伏期和波幅 (n = 8)

	对照组	SD21	SD45	SD69
潜伏期 (ms)	334.04 ± 31.13	384.57 ± 36.16 ^a	414.24 ± 27.81 ^{ab}	419.67 ± 35.80 ^{abc}
波幅 (μv)	8.80 ± 3.12	5.84 ± 1.87 ^a	4.27 ± 0.93 ^a	3.92 ± 1.04 ^a

注: a:同对照组相比有显著差异; b:同 SD21 组相比有显著差异; c:同 SD45 组相比有显著差异

3 讨论

人的工作能力是决定工作效率的重要因素。在人的能力中认知活动又是最基本,也是最重要的内容。利用 ERP 技术,从心理生理学角度来研究人的信息加工能力,比单纯行为学更科学地说明能力高低的机制及其影响因素。在很多领域及单位,ERP 都得到广泛应用。如用 ERP 选拔飞行员、进行训练观察和预测未来飞行成绩的高低;用 P300 成分评定脑力负荷,并依此作为信息加工资源利用的标志^[5,6]。

本研究发现,随着 SD 时间延长,被试的反应正确率明显降低,评估一个刺激的时间(潜伏期)逐渐变慢,即 SD 过程中对刺激的选择和执行过程受到了严重的影响,说明被试在 SD 过程中认知过程减慢,也反映出决策过程的难度和不稳定性增大,被试需要更加长的时间进行决策^[7]。

很多研究表明,认知功能障碍会引起 P300 幅值降低。Elbert^[8]认为 P300 成分是脑在存入新信息时对无关网络系统的抑制活动的表现,即代表一种有利于保证特异的脑活动进行的主动脑抑制过程。魏金河等^[9]认为选择注意 ERPs 中的 P300 很可能反映了集中注意对刺激进行分析处理的主动性抑制脑过程,其幅值增大是脑功能状态较好的反映,有利于提高脑的信噪比,为高级脑活动创

造更好的脑环境。本研究结果清楚地表明,随着 SD 时间延长, P300 波幅明显降低,表明 SD 后脑的功能降低。P300 的潜伏期反映了决策加工的时间,本研究中 P300 潜伏期随 SD 延长而明显延长的结果表明,SD 后被试的决策加工速度减慢,这与 SD 后被试警觉水平的下降和困倦程度的增加相关联^[10]。

本实验 P300 的变化可能源自两个方面,一个是生物近日节律的作用;另一个为 SD 的影响。有研究表明,生物近日节律对 P300 的振幅有一定影响,如早上的振幅大于下午时测量的 P300 的振幅。本研究 ERPs 改变可能是生理低谷点和 SD 共同作用的结果。另外,反应速度的减慢、正确率的降低可能同被试经常出现的微睡眠、兴趣和动机降低、努力程度减少有关,还可能同 SD 条件下神经传导速度及肌肉收缩速度下降有关。

总之,本研究系统地研究了 SD 后 P300 的动态变化,提示 P300 是评价 SD 后脑功能状态的客观指标,在今后的临床应用中需引起注意。

参考文献:

[1] Deaconson T F, O Hair D P, Levy M F, et al. Sleep Deprivation and Resident Performance[J]. JAMA, 1988, 260 (12): 1721 - 1727.

(下转第 17 页)

为和工作倦怠的影响,得出以下结论:

(1)员工在组织中的任职期限越相近,越不可能产生合作性目标,相互间的合作性行为越少,且感受到的工作倦怠越强烈。

(2)合作性目标在员工任职期限的相似性与相互支持行为、工作倦怠之间的关系方面起完全中介作用。

参考文献:

[1] Tsui A E, O'Reilly C. Being Different: Relational Demography and Organizational Attachment [J]. *Administrative Science Quarterly*, 1992, 37(4): 549-579.

[2] Brewer M. In-group Bias in the Minimal Inter-group Situation: A Cognitive - motivational Analysis [J]. *Psychological Bulletin*, 1979, 86(2): 307-324.

[3] Newcomb T M. The Prediction of Interpersonal Attraction [J]. *American Psychologist*, 1956, 11: 575-586.

[4] Byrne D, Cbore G L, Worchel P. The Effect of Economic Similarity-dissimilarity as Determinants of Attraction [J]. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1966, 4: 220-224.

[5] Tsui A S, Gharles A, O'reilly III. Beyond Simple Demographic Effects: the Importance of Relational Demography in Superior - subordinate Dyads [J]. *Academy of Management Journal*, 1989, 32(2): 402-423.

[6] Tjosvold D, Tjosvold M M. Cooperation Theory, Constructive Controversy, and Effectiveness: Learning from Crises[M]// Guzzo R A, Salas E. *Team Effectiveness and Decision Making in Organizations*. San Francisco: JosseyBass, 1995: 79-112.

[7] Cassidy T. The Psychological Health of Employed and Unemployed Recent Graduates as a Function of Their Cognitive Appraisal and Coping [J]. *Counseling Psychology Quarterly*, 1994, 7(4): 385-394.

[8] Pines A, Aronson E. 工作倦怠量表, [M]// Fields D L. 工作评价——组织诊断与研究实用量表. 阳志平,王薇,王东升等译. 北京:中国轻工业出版社,2004: 112-113.

[9] Baron R M, David D A. The Moderator - mediator Variable Distinction in Social Psychological Research: Conceptual, Strategic, and Statistical Considerations [J]. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1986, 51(6): 1173-1183.

[10] Medin D L, Goldstone R L, Gentner D. Respects for Similarity [J]. *Psychological Review*, 1993, 100(2): 254-278.

[收稿日期] 2005 - 11 - 20

[修回日期] 2006 - 05 - 22

(上接第 3 页)

[2] Babkoff H, Caspy T M, Mikulincer M, et al. Monotonic and Rhythmic Influences: A Challenge for Sleep Deprivation Research [J]. *Psychology Bulletin*, 1991, 109(3): 411 - 428.

[3] Kaneda T, Nishihira Y, Hatta A, et al. Effects of 24 - hours Sleep Deprivation on Central Information Processing - examination Using Event - related Potentials (P300) [J]. *Japan Journal of Physical and Fit Sport*, 1999, 48(3): 477 - 483.

[4] Morris A M, So Y, Lee K A. The P300 Event - related Potential——The Effects of Sleep Deprivation [J]. *Journal of Occupational Medicine*, 1992, 34(12): 1143 - 1152.

[5] 魏景汉,罗跃嘉. 认知事件相关脑电位教程 [M]. 北京:经济日报出版社,2002.

[6] Ullsperger P, Freude G, Erdmann U. Auditory Probe Sensitivity to Mental Workload Changes——An Event - related Potential Study [J]. *International Journal of Psychophysiology*, 2001, 40(3): 201 - 209.

[7] Kerkhof G A. Event - related Potentials and Auditory

Signal Detection: Their Diurnal Variation for Morning - type and Evening - type subjects [J]. *Psychophysiology*, 1982, 19(1): 94 - 103.

[8] Elbert T. A Theoretical Approach to Late Components of the Event - related Brain Potential [M]// Aertsen A, Braitenberg V. *Information Processing in the Cortex*. Berlin: Springer - Verlag, 1992: 225 - 245.

[9] Wei Jinhe, Zhao Lun, Yan Gongdong, et al. Dynamic Change of ERPs Related to Selective Attention to Signals from Left and Right Visual Field During Head - Down Tilt [J]. *Acta Astronautica*, 1998, 42(2): 323 - 330.

[10] Corsi C M, Arce C, del Rio Portilla I Y, et al. Amplitude Reduction in Visual Event - related Potentials as a Function of Sleep Deprivation [J]. *Sleep*. 1999, 22(2): 181 - 189.

[收稿日期] 2005 - 10 - 31

[修回日期] 2006 - 04 - 27