

不同时间睡眠剥夺对抑制能力影响研究*

宋国萍**¹ 张侃²

(¹陕西师范大学心理学院, 西安, 710062)(²中国科学院心理研究所, 北京, 100101)

摘要 采用 Stroop 色词作业, 考察不同时间(21h、45h、69h)睡眠剥夺(sleep deprivation, SD)后抑制功能情况。结果发现, 无论字色一致还是不一致, SD 后作业成绩下降; 同一组中, 除 SD21 组错误数外, 字色不一致成绩显著低于字色一致; 正常对照组中字色不一致条件下晚正波 LPC 平均波幅大于字色一致条件; SD 后 ERP 差异波(字色不一致同字色一致相减波)时潜期延长, 波幅降低, 并在 SD45h 后显著。表明睡眠剥夺后抑制能力降低, 并在 45 小时后显著。

关键词 睡眠剥夺 抑制能力 Stroop 测验 ERP

睡眠剥夺(sleep deprivation, SD)在日常生活工作中广泛存在, 对生理、心理产生影响^[1]。既往研究^[2]表明, 睡眠缺失后警觉性下降、记忆能力降低、计算能力下降等, 但是有关较复杂的抑制能力的研究尚少。

无论何种作业, 都存在着相互竞争的正确反应和优先反应。额叶的抑制优势反应的能力是执行功能的基础, 在许多其它能力中也都有抑制优势反应的成分。应用 Stroop 色词测验可以测试被试应用意识过程来根据指示语完成任务而不顾及过度学习和自动反应^[3]的能力, 是在认知心理学中研究和应用比较多的经典范式。

目前有关 SD 后 Stroop 测验的研究^[4-6]均表明该测验对于 SD 比较敏感, 尤其是字色不一致时, 但是目前还没有有关 SD 后 Stroop 作业变化的 ERP 研究报道。

传统的 Stroop 测验 ERP 研究中, 往往采用两种反应方式^[7]: 口头报告和按键。考虑到口头报告时, 面部肌肉活动对 EEG 有较大影响, 而按键反应影响较小, 因此, 本研究主要采用按键反应的方式^[8]。本实验中, 应用一种简化的 Stroop 测验的方式, 仅要求被试分辨出字的颜色。实验中, 共分为两种情况: 字和书写它的颜色一致; 字和书写它的颜色不一致。观察被试在不同时间 SD 后, 完成作业情况。

1 材料与方 法

1.1 被 试

纳入标准和选择同我们以前的研究^[12]。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。实验结束后由主试护送回宿舍。

1.2 实验过程

SD 组于实验当天早上 7:00 起床后进入实验室, 分别于第二天、第三天和第四天凌晨 4:00 进行各项测试, 分别剥夺睡眠 21h、45h、69h。实验过程中被试可自由活动, 看电视和玩扑克, 但不能离开实验室, 试验过程中始终有 6 名主试监督, 以防被试睡眠。实验结束后进行各项测试。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 ERP 实验

1.3.1 ERP 记录 本实验采用美国 NeuroScan 公司所产 ESI-32 导脑电记录分析系统。用国际标准 10-20 系统电极放置法安装电极: 利用 Ag/AgCl 电极帽记录被试进行反应时的 EEG; 一导记录垂直眼动; 一导记录水平眼动; 另外两个参考电极置于左右乳突处, 用于计算两侧乳突的代数平均参考电压。脑电增益(gain)为 500, 采样精度为 $0.168\mu\text{V}/\text{LSB}$, 采样频率为 250Hz, 带通滤波为 0.1-40Hz。电极与头皮接触电阻小于 $5\text{k}\Omega$ 。

1.3.2 实验材料 STIM 产生和呈现。屏幕上随机出现“红”、“黄”和“兰”三个字, 分别为红、黄或蓝色, 其中颜色和字一致的为 100 个, 颜色和字不一致的为 100 个, 总共为 200 个, 二者出现顺序随机。其中颜色和字不一致为靶刺激, 出现概率为 50%, 靶刺激叠加次数为 100 次。每次刺激呈现的时间为 150ms, 刺激间隔 ISI 平均为 $1,500 \pm 100\text{ms}$ 。

1.3.3 实验过程 电极安装完毕后, 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, 要求被试注视屏幕中央注视点, 在实验刺激出现过程中, 要尽量少眨眼, 同时, 被试双手拿着反应键盒(反应键上 1 到 4 键分别标示为一致和红、黄、兰)。实验前, 允许被试进行练习, 直到被试报告已经熟悉为止。试验中要求被试判断字和书写它的颜

* 本研究受国家自然科学基金(30500159)资助。

** 通讯作者: 宋国萍。E-mail: gpsong@126.com

色是否一致,如果字和书写它的颜色一致,按键盒上的1键;如果不一致,判断字是用什么颜色书写的,如果用红色书写的,请按2键;如果用黄色书写的,请按3键;如果是用蓝色书写的,请按4键。在保证正确的情况下,尽可能快地完成。

1.3.4 数据分析 连续记录原始脑电,然后离线叠加。以-200ms至0ms的电压均值为基线,自动排除眼电伪迹,去除电位高于50 μ v的刺激,去除漂移成分。分别对于字和书写它的颜色一致和不一致时的反应进行叠加,得到ERP,并作总平均图。

1.4 实验统计 采用SPSS for Windows(v.13.0)软件对数据进行统计。组间比较采用析因分析、单因素方差分析和LSD检验。

2 结果

Stroop 测验行为测试结果

无论字色一致还是不一致,SD后作业成绩下降。同一组中两种条件进行比较得:除SD21组错误数两种条件下没有显著差异外,其余各组各指标间两种条件下均有显著差异($p < 0.01$)。

字色一致时:漏答数($F = 26.31, p = 0.000$)、错误数($F = 8.38, p = 0.001$)、平均反应时($F = 4.71, p = 0.001$)有显著改变;字色不一致时:漏答数($F = 5.50, p = 0.006$)和平均反应时($F = 4.71, p = 0.001$)有显著改变,错误数($F = 2.20, p = 0.120$)不明显。具体见表1。

表1 SD后 Stroop 测验字色一致时行为测试结果(n=8)

	对照组	SD21	SD45	SD69
字色一致				
漏过数	1.20 \pm 0.47	6.62 \pm 3.39 ^a	9.38 \pm 3.25 ^a	12.90 \pm 4.09 ^{abc}
错误数	1.19 \pm 0.40	1.90 \pm 0.60	1.62 \pm 0.79	3.30 \pm 1.12 ^{abc}
平均反应时(s)	0.45 \pm 0.17	0.61 \pm 0.25	0.71 \pm 0.21 ^a	0.79 \pm 0.21 ^a
字色不一致				
漏过数	5.17 \pm 1.47	13.67 \pm 7.39 ^a	15.33 \pm 6.25 ^a	19.67 \pm 8.09 ^a
错误数	2.17 \pm 1.17	2.17 \pm 0.98	4.67 \pm 3.08	5.33 \pm 4.27
平均反应时(s)	0.69 \pm 0.21	0.86 \pm 0.36	1.08 \pm 0.06 ^a	1.10 \pm 0.10 ^a

注:a:同对照组相比, $p < 0.01$;b:同SD21相比, $p < 0.01$;c:同SD45相比, $p < 0.01$

2.2 SD后 ERP 结果

2.2.1 正常组不同条件下 Stroop 测验 ERP 波

ERP波形:从图1可以看到,无论字色是否一致,都可见到明显的P100、N200、P300。正常被试在300ms左右,字色一致要比字色不一致有更大正向ERP波;400-500ms后,字色不一致比字色一致有更为正向的ERP波,并且持续到800ms后,我们称之为晚正成分(late positive complex, LPC)。

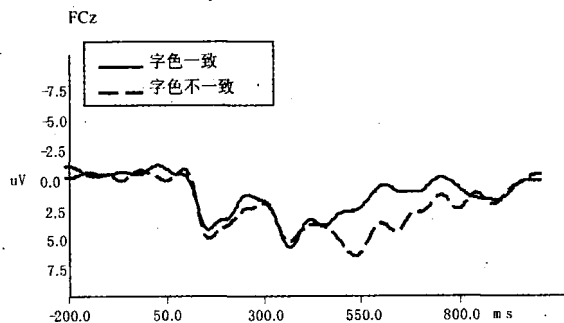


图1 正常被试 Stroop 作业 FCz 点的 ERP

ERP分布 分布较为广泛,以中线区、额叶区和顶叶区为主。LPC的分布,左脑区和右脑区间有显著差异,左脑区大于右脑区,以左前额叶-颞叶为主。具体见图2。

两种条件下,P300潜伏期和波幅没有显著差异;字色不一致条件下LPC平均波幅大于字色一致条件($p = 0.000$)。具体见表2。

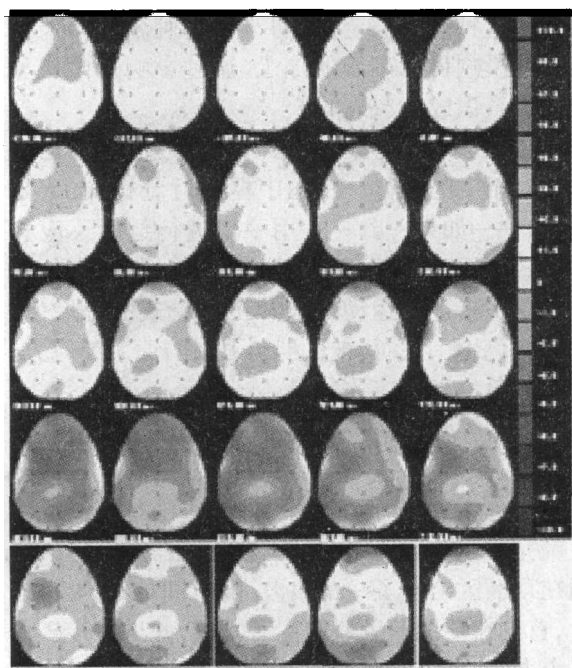


图2 正常被试 Stroop 作业字色一致与字色不一致差异波脑地形图

2.2.2 SD后 Stroop 作业的 ERP 差异波

SD后ERP差异波(字色不一致同字色一致相减波)进行比较,时潜期($F = 7.669, p = 0.001$),波幅($F = 21.47, p = 0.000$)有显著差异,具体见表3。分别同SD时间进行Spearman相关分析得,时潜期

表2 正常对照组不同条件下 Stroop 测验 FCz 点 ERP 波 (n=8)

	P300		LPC
	潜伏期	波幅	平均幅值(500-800ms)
字色一致	368.21±23.86	6.11±1.84	3.02±1.64
字色不一致	366.04±30.21	5.57±1.50	8.07±3.03*

注: *: 同字色一致相比有显著差异 $p < 0.010$

表3 不同时期 SD 后 FCz 点差异波的时潜期和波幅 (n=8)

	对照组	SD21	SD45	SD69
潜伏期	451.20±30.73	492.67±30.64	515.69±40.39 ^a	546.97±34.74 ^{ab}
波幅	6.17±1.83	4.56±1.86	1.71±0.73 ^{ab}	0.53±0.32 ^{ab}

注: a: 同对照组相比, $p < 0.01$; b: 同 SD21 相比, $p < 0.01$

(0.731)、波幅 (-0.864), 均有显著性差异 ($p < 0.010$)。

3 讨论

3.1 Stroop 现象 Stroop 测验中, 呈现的刺激包含着两种信息, 当这两个信息同时输入时, 想只对其中一个信息加工而不对另一个加工是难以做到的。因为对字的加工容易, 所以先形成对字用语言反应的准备, 但又不允许做这种反应, 只能在对字做语言反应的准备状态中对颜色进行加工。因此, 二者容易发生竞争, 从而导致字义对颜色名称的干扰。字色一致条件下, 就比较容易。用于解释该现象的最好的理论模式是阈下语义启动的一致和不一致模式^[9]。这种模式假定, 启动-目标刺激之间关系的一致性影响目标刺激的加工, 这种影响是由启动刺激的无意识成分造成的。

该测验中, 主要包括以下几个过程: 警觉激活——对于字的感知——在中枢进行分析加工(是否一致)——如果一致——用手指进行运动反应和工作模式的提取恢复; 如果不一致——判断字的颜色——用手指进行运动反应和工作模式的提取恢复。字和颜色不一致时, 被试抑制习惯的读字反应方式, 对于颜色进行反应的过程。

在本实验中, 对照组在字色一致条件下各项成绩都显著好于字色不一致条件, 出现典型 Stroop 效应。字色不一致时, 需要抑制自动化对字的反应来正确完成作业。从图 1 可以看到, 在 300ms-400ms 间在顶颞区出现了一个负波, 随时间推移, 450ms 以后, 首先在左侧额颞联合区有正波, 并进一步扩展到整个大脑, 但以左侧额颞顶区为主, 这同 Liotti 的研究相一致^[7]。

P300 代表了对于目标知觉的结束, 在本实验中, 反映脑后部联合皮质进行的注意加工, 在实验中要求被试对于字的颜色进行反应, 而不去注意字义, 因此 P300 应该代表了颜色辨别过程。P300 潜伏期在两种条件没有显著差异, 和反应时结果并不一致, 反应时包含了对于字的知觉和语义加工阶段, 还包

括了做出反应阶段。两种条件下, P300 潜伏期差异不大, 反应时差异显著, 表明对颜色的知觉过程花费的时间是相同的, 而语义加工和反应阶段时间延长。

Stroop 效应最主要在反应阶段产生, 被试抑制习惯反应导致反应时间延长, 而 450ms 以后的晚正波可能代表了反应选择过程, 因此, 字色不一致条件下, 有对习惯反应的抑制, 因此有较大的晚正波, 产生较大的 LPC, 两种条件下的差异波反映了抑制作用。Posner^[10]曾指出, 这可能起源于基底神经节, 在反应选择上有重要作用, 同错误检出和对目标的跟踪有关^[11]。进一步进行偶极子定位^[13], 发现 LPC 主要源于 Wernicke 区。

3.2 SD 对 Stroop 的影响

SD 后两种条件下, 漏过数增加, 平均反应时延长, 并且不一致条件同一致条件相比有显著差异, 同以往的研究相一致^[4-6], 表明该测验对于 SD 敏感。SD 后差异波的时潜期延长, 随 SD 时间的延长而延长, 表现为后期抑制过程时间的增加, 表明随 SD, 被试需要花费更多的时间来抑制习惯化的反应。抑制习惯化反应需要更多的注意资源, 也就是说随着 SD, 被试为了成功地抑制习惯化反应需要进行更长时间的加工。随着 SD 时间延长, 差异波的波幅减小, 说明被试进行反应抑制的心理能量减少。无论是时潜期还是波幅的变化都在 SD45 以后明显, 反映出在 SD 时间短时, 被试在完成 Stroop 作业时还有一定的心理能量, 通过“代偿机制”^[15]还能够完成作业。但随 SD 时间延长, 可以应用的心理能量进一步减少, 表现为波幅减小。

在应激情况下, 人们面对问题时更容易依赖于经验解决^[14]。SD 本身就是一种应激, 此时人们依赖于经验解决问题。本实验表明, SD 本身使抑制优先反应的能力下降, 使得 SD 条件下, 被试更加依赖于习惯化的优势反应, 额叶的抑制能力不够, 导致没有做出正确反应, 出现错误或者延迟。

4 参考文献

- 1 Deaconson TF, O' Hair DP, Levy M F, et al. Sleep deprivation and resident performance. *JAMA*, 1988, 260 (7) : 1721 - 1727
- 2 Babkoff H, Caspy TM, Mikulincer M, et al. Monotonic and rhythmic influences: A challenge for sleep deprivation research. *Psychology Bulletin*, 1991, 109 (3) : 411 - 428
- 3 Morton J, Chambers SM. Selective attention to words and colors. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1973, 25(3):387 - 397
- 4 Patat A, Rosenzweig P, Enslin M, et al. Effects of a new slow release formulation of caffeine on EEG, psychomotor and cognitive functions in sleep - deprived subjects. *Human Psychopharmacology: Clinical Experiment*, 2000, 15(1): 153 - 170
- 5 Lagarde D, Batéjat D, Van Beers P, et al. Interest of modafinil, a new psychostimulant, during a sixty - hour sleep deprivation experiment. *Fund. Clinical Pharmacology*, 1995, 9(2): 271 - 279
- 6 Beaumont M, Batejat D, Pierard C, et al. Slow release caffeine and prolonged (64 - h) continuous wakefulness: effects on vigilance and cognitive performance. *Journal of Sleep Research*, 2001, 10(2):265 - 276
- 7 Liotti M, Woldorff MG, Perez R, et al. An ERP study of the temporal course of the Stroop color - word interference effect. *Neuropsychologia*, 2000, 38(4):701 - 711
- 8 Ilan AB, Polich J. P300 and response time from a manual Stroop. *Clinical Neurophysiology*, 1999, 110(3): 367 - 373
- 9 水仁德, 丁海杰, 沈模卫. 阈下语义启动的任务分离研究模式及其理论模型. *心理科学进展*, 2003, 11(1):28 - 34
- 10 Posner MI, Petersen SE. The attentional system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 1990, 70 (3):453 - 469
- 11 Badgiyan RD, Posner MI. Mapping the cingulate cortex in response selection and monitoring. *NeuroImage*, 1998, 7 (2): 255 - 260
- 12 宋国萍, 张佩, 苗丹民等. 不同时间的睡眠剥夺对执行功能的影响. *心理科学*, 2008, 31(1):32 - 34
- 13 Abdulle YG, Posner MI. Event - related brain imaging of semantic encoding during processing of single words. *Neuroimage*, 1997, 7(1): 1 - 13
- 14 Fiedler FE. Leadership experience and leadership performance. University of Washington. 1994
- 15 Sanders AF. Towards a model of stress and human performance. *Acta Psychology*, 1983, 53(1):61 - 97

A Study of Effects of Sleep Deprivation on Inhibition Ability

Song Guoping¹, Zhang Kan²

(¹ School of Psychology, Shanxi Normal University, Xi'an, 710062)

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

Abstract With the Stroop test, this study examined the inhibition ability after sleep deprivation (SD) of different time (21h, 45h, 69h). The result showed that (1) In congruent and incongruent conditions, score declined after SD; (2) Except for the number of error of SD21, scores in incongruent condition were lower than that in congruent condition in the same group. (3) Average amplitudes (500 - 800ms) of control in the incongruent condition were higher than in the congruent condition; (4) After SD, latency of difference wave of congruent and incongruent conditions of Stroop prolonged and the amplitude declined, especially significantly after SD45. So the inhibition ability declined after sleep deprivation, significantly after 45 hours.

Key words sleep deprivation, inhibition ability, Stroop, ERP

(上接第 273 页)

- 20 Geary, D. C. The origin of mind: Evolution of brain, cognition, and general intelligence (pp. 125 - 162). Washington, DC: American Psychological Association. 2005
- 21 张雷. 进化心理学 (pp. 240 - 294). 广东: 广东高等教育出版社. 2007
- 22 Dunbar, R. I. M., Clark, A., & Hurst, N. L. Conflict and cooperation amongst Vikings: Contingent behavioural decisions. *Ethology and Sociobiology*, 1995, 16(3): 233 - 246
- 23 Patton, J. Q. Meat sharing for coalitional support. *Evolution and Human Behavior*, 2005, 22(6): 137 - 157
- 24 Foley, R. The adaptive legacy of human evolution: A search for the environment of evolutionary adaptedness. *Evolutionary Anthropology*, 1995, 4(6): 194 - 203
- 25 Greenwald, A., & Banaji, M. R. Implicit social cognition: Attitude, self - esteem and stereotypes. *Psychological Review*, 1995, 102(1): 4 - 27
- 26 蔡华俭, 杨治良. 内隐自尊的稳定性——成败操纵对内隐自尊的影响. *心理科学*, 2003, 26(3): 461 - 464

Implicit Responses of Kin Altruism

Lu Huijing, Zhang Lei

(Department of Educational Psychology, The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong)

Abstract The present study revealed implicit psychological responses that differentiate between kin and non-kin as predicted by the evolutionary inclusive fitness theory. With cooperation and deception priming and two IAT tasks, the results showed that the concept of kin was automatically associated with the concept of pleasure under both priming conditions. However, the kin-pleasant association was stronger under the cooperative condition than the deceptive one. The concept of kin was also associated with the concept of psychological closeness only under the deceptive priming condition. These results suggest that some automatic psychological responses are responsible for kin-altruistic behaviors that have been widely reported in both the mainstream and the evolutionary psychology literature.

Key words kinship, implicit association test, cooperation, deception