

# 睡眠剥夺后记忆的分隔和元记忆研究\*

宋国萍\*\*<sup>1</sup> 张侃<sup>2</sup>

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

**摘要** 本研究使用词干补笔作业,探讨不同条件下(SD21、SD45、SD69、对照组)记忆作业中有意识成分、无意识成分以及元记忆的情况。结果表明:SD后,意识性提取和自动提取的贡献概率均下降,69h后下降显著,且自动提取下降速率快于意识性提取;SD后包含条件下的前瞻性元记忆判断、包含和排除条件下的回溯性元记忆判断同成绩的相关系数有显著意义;相对回溯性元记忆,前瞻性元记忆受SD影响更为严重,并且回溯性元记忆判断可能由于自身的反馈调节,受SD影响并不严重。

**关键词** 睡眠剥夺 记忆 过程分离模型 元记忆

睡眠和记忆之间关系密切,缺失睡眠记忆会发生一系列变化。尽管已经有很多关于睡眠剥夺(sleep deprivation, SD)和记忆的研究,但是目前尚没有统一的结论,人们目前比较认同的是慢速眼动睡眠同外显记忆关系密切<sup>[1]</sup>,快速眼动睡眠同内隐记忆关系密切<sup>[2]</sup>。

记忆<sup>[4]</sup>可以分为元记忆和客体记忆。其中元记忆是指人对自己客体记忆的认识、评价和监控,是一种认知功能,积极的、有意识地评估记忆能力<sup>[5]</sup>。元记忆能力下降同前额叶或它们之间的联系受损有关<sup>[6]</sup>。在研究中,主要有两大类监测:前瞻监测和回溯监测。

本研究首次将过程分离(process dissociation procedure, PDP)模型<sup>[3]</sup>应用在SD记忆研究中,试图通过词干补笔的范式研究SD后记忆不同成分的变化以及对于元记忆的损伤。在前瞻监测中,选取了JOL(judgement of learning),对当前已学项目在以后的测验中成绩的预见性判断;在回溯性记忆监测中,要求被试对得到的答案做正确与否的自信判断JOC(judgement of confidence, JOC)。

## 1 实验材料和方法

### 1.1 被试

纳入标准和选择同我们以前的研究<sup>[16]</sup>。通过招募,自愿报名参加,签订知情同意书,并在实验后获得一定报酬。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。实验结束后由主试护送回宿舍。

### 1.2 实验材料

汉字选择于《现代汉语频率词典》<sup>[14]</sup>,频率在

0.00548-0.00127之间。词干补笔测验的材料选择笔划在6-15划、上下或左右结构的120个汉字,随机分为60个目标字、60个干扰字和12个缓冲字。去掉干扰字和目标字的部分笔划,使每个汉字只剩下一个字根,每个字根通过恰当补笔至少有4种以上组成常用汉字的可能。

### 1.3 实验过程

SD组于实验当天早上7:00起床后进入实验室,房间照度为200lx,分别于第二天、第三天和第四天凌晨4:00进行测试,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。正常对照组在早上8:00清醒的时候,进行测试。

**1.3.1 学习阶段** 本实验采用美国NeuroScan公司所产ESI-32导脑电记录分析系统中STIM产生和呈现。屏幕上随机出现60个汉字,每个汉字有一个偏旁,且汉字和汉字之间偏旁各不相同。要求被试大声地读出,并尽可能地记住。每个汉字大约出现2.0s。

**1.3.2 JOL阶段** 要求被试对于刚才学习过的汉字给出一个判断,评判在以后的测验中,当出现该字偏旁时,能够正确回忆出这个字的可能性有多大。例如,刚才学习过“招”,当测试中出现“扌”时回忆出“招”的可能性有多大?每个汉字的评估,采用百分数,0%表示肯定不能够回忆出来,100%表示肯定能够回忆出来,在0%和100%之间由5个间隔,每个间隔为20%。

**1.3.3 回忆阶段** 将学习过的60个汉字的偏旁随机分为两组,每组30个,每组再加入30个新的汉字偏旁,其偏旁在这60个汉字中没有出现过,每个偏旁

\* 本课题受国家自然科学基金(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。Email: gpsong@126.com

均可以组成5个以上的汉字。一组为包含条件,一组为排除条件。

测试前,在屏幕中央先呈现一个白色十字(1,500ms),提醒被试注意,然后消失。出现偏旁(200ms),然后屏幕空白(1,000ms),要求被试对偏旁按键进行反应,并且大声读出。然后出现下一个偏旁,如此循环。

包含条件下要求被试尽量回忆在刚才学习中有该偏旁的字是什么,并说出来;如果回忆不出来,说出见到该偏旁时,脑中出现的第一个字;对于没有学习过的偏旁,说出进入脑中的第一个字。如果想不出任何一个汉字,请说“过”。

排除条件下要求被试尽量回忆在刚才的学习中有该偏旁的字是什么,请说出不是该字的但有该偏旁的汉字;对于没有学习过的偏旁,说出进入脑中的第一个字。如果想不出任何一个汉字,请说“过”。

1.3.4 JOC阶段 在每个测验后,立即要求被试对于刚才给与的每个偏旁进行回溯性的自信程度的判断。每个汉字的评估,采用百分数,0%表示刚才的回答肯定不正确,100%表示自己刚才的回答完全正确,由100%的信心,在0%和100%之间有4个间隔,每个间隔为20%。

#### 1.4 计算方法

将Jacoby的PDP模型应用到SD后词干补笔的

研究中。在包含测验中, $P(\text{旧}/\text{包含}) = R + A(1 - R)$ ;在排除测验中, $P(\text{旧}/\text{排除}) = A(1 - R)$ 。经过计算, $R = P(\text{旧}/\text{包含}) - P(\text{旧}/\text{排除})$ ;  $A = P(\text{旧}/\text{排除}) / (1 - R)$ 。其中R表示被试利用意识性提取完成测验的概率;A表示被试利用自动提取完成测验的概率。

#### 1.5 实验统计

采用SPSS for Windows(v.12.0)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,相关采用的是Spearman相关。

## 2 结果

### 2.1 SD后记忆的分离

SD后,无论意识性提取  $R(F = 2.431, p = 0.095)$  还是自动提取  $A(F = 8.033, p = 0.001)$  的贡献概率均下降。R两两比较:同对照组相比,SD69组有显著差异( $p = 0.023$ )。A两两比较:同SD69组相比,对照组( $p = 0.000$ ),SD21组( $p = 0.001$ )和SD45组( $p = 0.006$ )有显著差异。同SD时间进行Spearman相关得, $R(r = -0.513, p = 0.010)$ , $A(r = -0.658, p = 0.000)$ 。

同一组内,R和A比较得,对照组( $t = 1.439, p = 0.021$ )、SD21组( $t = 2.811, p = 0.037$ )有显著差异。具体见表1。

表1 睡眠剥夺后各组意识性提取和自动提取贡献的概率

	对照组*	SD21*	SD45	SD69
意识性提取 R	0.2782 ± 0.0741	0.2700 ± 0.0321	0.2198 ± 0.0830	0.1911 ± 0.0600 <sup>a</sup>
自动提取 A	0.3420 ± 0.0632	0.3392 ± 0.0574	0.3022 ± 0.0763	0.1687 ± 0.0549 <sup>a,b,c</sup>

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。

\*:同一组内两种启动量之间有显著差异。

### 2.2 元记忆判断

随SD时间延长,被试对自己回答的自信程度降低,但是不同SD组间没有显著差别。并时间延长,被试更加倾向于做0(完全没有把握)和100(完全有把握)的判断,对于自己的记忆状况不敏感,容易做出极端判断。SD69在包含条件下的回溯记忆判断值出现反弹。

表2表示SD各组在不同条件下元记忆判断和回答正确率之间的相关系数,我们可以看到:包含条件下的JOL判断、两种条件下的JOC判断同成绩间的相关系数有显著意义;各组JOL判断低于JOC判断;包含条件下相关系数高于排除条件下;随SD时间增长,元记忆的相关系数有下降趋势,其中排除条件下JOL判断( $F = 8.696, p = 0.001$ )下降显著。

表2 各组不同条件下元记忆判断与回答正确率相关系数( $n = 8$ )

	前瞻性元记忆判断		回溯性元记忆判断	
	包含条件	排除条件	包含条件	排除条件
对照组	0.34 ± 0.05*	0.16 ± 0.03	0.38 ± 0.05*	0.34 ± 0.05*
SD21	0.31 ± 0.06*	0.17 ± 0.04	0.36 ± 0.08*	0.29 ± 0.07*
SD45	0.30 ± 0.06*	0.15 ± 0.03	0.35 ± 0.04*	0.31 ± 0.12*
SD69	0.24 ± 0.11a*	0.08 ± 0.04 <sup>abc</sup>	0.30 ± 0.07*	0.28 ± 0.08*

注:\*: $p < 0.05$ ;a:同对照组相比有显著差异;b:同SD21相比有显著差异;c:同SD45相比有显著差异。

### 3 讨论

从结果可以看到,SD45 以前对于词干补笔任务中有意识成分的影响大于对无意识成分的影响,随时间延长,SD69 后对于无意识成分的影响要大于对于有意识成分的影响,这是一个比较有意思的结果。表明随 SD 时间延长,无论有意识成分还是无意识成分,我们都不能够依赖,尤其在长时间 SD 时,自动提取进入大脑中的某些经验可能是错误的,是不能够依靠的。Heuer 的研究<sup>[11]</sup>也表明,在系列反应时任务中,SD 一夜对于内隐学习有影响,而对于外显学习没有影响。

按照 Sanders<sup>[12]</sup>的解释,有三种能量系统,唤醒、激活和努力。唤醒指的是输入过程,脑基础为网状上行激活系统;激活指的是输出过程,主要脑结构是基底神经节和纹状体;而努力是双向的,脑基础是海马,可能和 Ach 神经递质有关,一方面它同中枢认知过程有关,例如决策和推理;另一方面它来控制协调唤醒和激活。SD 或应激情况下,唤醒和激活过程受损,而努力过程没有影响,因此内隐学习在 SD 时受损。由于努力过程不受损或受损较小,因此对于一些意识过程,通过努力可能降低 SD 的损害。长时间 SD 后,被试警觉水平下降<sup>[13]</sup>,SD69 以后,可能被试大脑各部均受影响,意识水平可能已经下降很多,主要表现为无意识水平下降。就此结果曾经向 Jacoby 和 Schacter 请教,也没有给与很好解释,该结论需要我们扩大样本量,进一步加以验证。另外,Jacoby 指出,目前还没有关于 PDP 模型的脑基础的研究,这或许是解释该现象的关键。

包含条件下 JOC > JOL > 排除条件下 JOC。这同任务的难度有一定的关系,完成记忆任务后,对于记忆成绩的判断,包含条件下被试的自信程度要比排除条件下自信程度高。随 SD 延长,执行任务前被试有夸大自己成绩的倾向,尤其 SD69 组要高于 SD45 和 SD21 组,表明 SD 对于 JOL 有一定影响。SD69 组 JOL 与记忆成绩的相关要小于其他组。SD 的个体倾向于对自己做比较极端判断,认为自己要么肯定回答正确,要么肯定不对,而很少根据自己情况进行评价。JOL 判断对于记忆的辨别程度要小于 JOC 判断的辨别,这同前人研究<sup>[8,15]</sup>一致。并且包含条件要好于排除条件,排除条件下,JOL 同成绩之间的相关非常低,说明 JOL 对于排除条件下的成绩预测无效。

虽然随 SD 时间延长,JOC 和成绩的相关系数

下降,但无显著意义,表明 SD 对于 JOC 的损害并不严重。另外排除条件下 JOC 测试时,记忆成绩比较低,被试往往回答自己肯定不正确,由此可能造成 JOC 同记忆成绩之间相关较高。既往研究中,有关 SD 对于 JOC 的影响研究结论并不一致。被试对连续加法运算的评价在 SD46h 后没有影响,Baranski<sup>[7]</sup>认为 SD 被试可以依赖内部自我反馈调节行为。Dorrian<sup>[8]</sup>认为,自我评价可提供较准确工作绩效预测。再认作业<sup>[9]</sup>中,即使是错误的,SD 后被试更多地认为自己是正确的。有研究<sup>[10]</sup>指出,SD 少于 16h 时,被试倾向于高估自己的能力;超过 16h,倾向于低估自己的能力。

因此,相对回溯性元记忆,前瞻性元记忆受 SD 影响更为严重,并且回溯性元记忆判断可能由于自身的反馈调节,受 SD 影响并不严重。即不可以依赖睡眠缺失的个体在任务前的预言,对于任务后的评估可以参考。

### 4 参考文献:

- 1 Plihal W, Born J. Effects of early and late nocturnal sleep on declarative and procedure memory. *J Cogn Neurosci*. 1997,9(3):534-547
- 2 Plihal W, Born J. Effects of early and late nocturnal sleep on priming and spatial memory. *Psychophysiology*. 1999, 36(3):571-582
- 3 Jacoby LL, Toth JP, Yonelinas AP. Separating conscious and unconscious influences of memory: Measuring recollection. *Journal of Experimental Psychology: General*. 1993,122(1):139-154
- 4 杨治良,郭力平,王沛等.记忆心理学.上海:华东师范大学出版社.1999
- 5 Buchner A, Wippich W. On the reliability of implicit and explicit memory measures. *Cognitive Psychology*. 2000,40 (2):227-259
- 6 McGrath MH, Cohen DB. REM sleep facilitation of adaptive waking behavior: a review of the literature. *Psychiatr Bull*. 1978,85(1):24-57
- 7 Baranski KV, Pigeau RA, Angus RG. On the ability to self-monitor cognitive performance during sleep deprivation: a calibration study. *J Sleep Res*. 1994,3(1): 36-44
- 8 Dorrian J, Lamond N, Dawson D. The ability to self-monitor performance when fatigued. *J Sleep Res*. 2000,9 (1):137-144
- 9 Harrison Y, Horne JA. Sleep loss and temporal memory. *Q J Exp Psychol A*. 2000, 53(2):271-279

- 10 Rdoekind M, Smith R, Miller D, et al. Alertness management: strategic naps in operational settings. *J Sleep Res.* 1995, 4(Suppl.): 62-66
- 11 Heuer H, Spijkers W, Kiesswetter E, et al. Effects of sleep loss, time of day, and extended mental work on implicit and explicit learning of sequences. *Journal of Experimental Psychology: Applied.* 1998, 4(1): 139-162
- 12 Sanders AF. Towards a model of stress and human performance. *Acta Psychol.* 1983,53(1):61-97
- 13 宋国萍,苗丹民,皇甫恩。睡眠剥夺对警觉能力的影响。人类工效学。2005,11(1):17-21
- 14 北京语言学院语言教学研究所。现代汉语频率词典。北京:北京语言学院出版社。1986
- 15 Baranski JV, Pigeau R. Self-monitoring cognitive performance during sleep deprivation: effects of modafinil, amphetamine and placebo. *J Sleep res.* 1997, 6(1):84-91
- 16 宋国萍,张侃。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

## Memory Dissociation and Metamemory After Sleep Deprivation

Song Guoping<sup>1</sup>, Zhang Kan<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> Department of Psychology, Shaanxi Normal University, Xi'an, 710062)

(<sup>2</sup> Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101)

**Abstract** With the word-stem task, the conscious contribution rate, automatic contribution rate and metamemory were studied in different sleep deprivation conditions (SD21, SD45, SD69, control). The results showed that conscious and automatic contribution rates declined after sleep deprivation significantly after SD69. The decline of automatic contribution rates was faster than that of conscious ones. After SD, JOL in the inclusion condition and JOC in both inclusion and exclusion conditions were significantly correlated with answers. Compared with JOC, JOL was more damaged by SD while JOC was little affected because of the self-regulation mechanism.

**Key words** sleep deprivation, memory, process dissociation procedure, metamemory

(上接第 802 页)

## A Study on the Active Imagery of the Moral-Self Among Undergraduates

Tang Fanggui<sup>1,2</sup>, Cen Guozhen<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> Education Science Department, Hengyang Normal University, Hengyang, 421008)

(<sup>2</sup> Education College, Shanghai Normal University, Shanghai, 200234)

**Abstract** Active Imagery of the Moral-Self (AIMS) played an important role in the self-management of moral behavior. To explore the current situation of undergraduates' AIMS, 850 Chinese undergraduates were assessed with Active Imagery of the Moral-Self Scale. The results of studying AIMS showed that undergraduates' AIMS was good in general, but there were some imbalances. The undergraduates' sensitivity, emotion and value of AIMS were good, but their vividness and operation of AIMS were not so good. The female undergraduates' sensitivity of AIMS was much better than the male undergraduates', but the males' emotion of AIMS was better than the females'. The juniors' and engineering majors' identification of AIMS was the highest, while the seniors' and the art majors' were the lowest of all.

**Key words** undergraduates, active imagery of moral self, self-management of moral behavior