

文章编号:1006-8309(2004)03-0061-04

睡眠缺失对额叶执行功能的影响

宋国萍^{1,2}, 苗丹民³, 皇甫恩³

(1. 中国科学院心理研究所, 北京 100101; 2. 北京军区 467 医院, 河北 石家庄 050800;
3. 第四军医大学航空航天医学系, 陕西 西安 710032)

摘要:探讨睡眠缺失对于执行功能的影响有重要的理论和现实意义。文章首先介绍了额叶执行功能, 继而从实验研究、临床研究及功能成像等方面概述了近年来关于睡眠缺失和额叶执行功能之间关系的研究。

关键词:睡眠缺失; 执行功能; 额叶

中图分类号:R338.63 **文献标识码:**A

1 前言

睡眠不仅具有维持个体生存的功能, 还有促进生长发育、易化学习、形成记忆的功能。睡眠剥夺(sleep deprivation, SD)及疲劳在生活节奏日益加快的今天, 发生率明显升高, 在军事领域和许多社会部门(如航空、航海、医疗、运输等)引起重视。有关研究不仅可以揭示睡眠的意义、功能和机制, 还可以为对抗措施的提出提供依据, 从而提高工作效率和工作安全性。

目前有关睡眠缺失的研究, 逐渐从对某个认知成分的影响转到对于认知过程及对绩效的影响上来。随着执行功能概念的提出, 近十年来人们对执行功能的兴趣和研究逐渐增多, 有关文章开始增多。

2 执行功能

2.1 概念

执行功能(executive functioning)研究开始于英国的一些学者, 源于对额叶损伤患者的研究。它通常指需要很多认知过程参与, 以使操作优化的机制, 即在完成复杂的认知任务时, 不同的认知过程是如何参与并相互协调的。执行功能使人们可以实施计划的行为, 形成推理, 解决问题, 同时完成多项任务、适应新的环境等。执行功能障碍会严重影响人们的日常工作和生活。

2.2 成分

目前对于执行功能的类型没有一个统一的认识。尽管将执行功能进行分类是不科学的, 但为了研究需要, 人们还是将之进行了分类, 因此执行

功能成分的划分不是唯一的。

本文根据 Barley 等人的理论将之分为 6 种主要基本成分^[1]——抑制无关信息、定势转移、对于情绪和觉醒的控制、工作记忆、分析/综合、背景记忆。事实上, 它们之间是相互关联的, 这些功能之间具有某些共同性。

抑制无关信息(behavioral inhibition) 即抑制对于一个事件的优势反应, 而进行正确反应。实验室研究中, 往往使用 Stroop 测验。

定势转移(set shifting) 同抑制无关信息密切相关, 指从一种行为和认知模式转移为另一种模式的能力。在临床上, 常常应用威斯康星卡片分类测验(Wisconsin Card Sorting Test, WCST)和联线测验。

对于情感和觉醒的自我控制(self-regulation of affect and arousal) 指为了达到某种目标, 对于情感和觉醒状态的内部调节。同行为抑制有关的是控制“情绪和不能被抑制的行为”^[2]。实验室中进行这方面的测量(自我对于情感、觉醒和动机控制)是困难的。临床上, 常常采用“连续工作任务(continuous performance test, CPT)”。该任务要求被试对于一个花费时间的单调任务保持持续的注意力。

工作记忆(working memory) 指信息暂时储存及其与其他更复杂任务的联合运作。包括注意控制系统——中枢执行系统, 以及为它服务的另外两个系统——负责视觉材料暂时存储和处理的视空间初步加工系统和负责口语材料暂时储存和

基金项目:军队卫生科研基金资助项目(01L073)

作者简介:宋国萍(1972-), 女, 河北石家庄人, 博士, 现为应用心理学博士后, 主要研究方向为工程心理学。

处理的语音回路。它既有回顾功能——最近的信息在很短的时间内保持“在线”，又有前瞻功能——主动地激活，预见要发生事件的信息，而这些对于完成一个任务都是必须的。有关工作记忆的测量目前有很多。

分析/综合 (analysis/ synthesis) 指分析已有的信息和经验，将它们用新的方式进行整合。这是创造性和以目标为方向的思维及问题解决的基础。在传统的测试中，创新性思维很难进行测量，目前神经心理学家有时会采用流畅性作业进行测量，例如词汇流畅性测验。

背景记忆 (contextual memory) 指将信息以有意义的时间顺序 (temporal memory) 或/和空间顺序 (source memory) 进行记忆，允许被试记住所学习信息发生的时间或地方，这同所学信息本身的内容是不同的。

2.3 前额叶和执行功能

额叶大致占大脑皮层的 1/3，是大脑发展最晚、进化最高级的部分。其中前额叶皮质 (prefrontal cortex, PF)，包括前额部 (BA9、10、45、46 区)

和额叶底内侧部 (BA9 - 13、24、32 区)。前额叶皮层又分为眶部、背部、内侧部和外侧部。前额叶与其他脑区有广泛纤维联系，因此与多种心理功能有关。

3 睡眠缺失对执行功能影响的研究现状

3.1 实验室研究

睡眠缺失的年轻被试主要损害前额叶的功能，同前额叶有关的测验结果受明显影响，而同前额叶关系不大的测验结果受影响不大^[3]。但也有一些关于年轻人的研究发现，经过一夜 SD 后，执行功能没有明显降低^[4]。

有关睡眠缺失的执行功能的研究在近 10 年逐渐开始增多，一部分证据来自于阻塞性睡眠呼吸暂停综合征 (obstructive sleep apnea syndrome, OSAS) 患者和慢性阻塞性肺部疾病 (chronic obstructive pulmonary disease, COPD) 患者。目前经常采用的实验有词汇流畅性、工作记忆、推理^[2]等，还有一些研究测试了抑制功能和决策形成，这些测试同前额叶有关^[2]。具体实验见表 1。

表 1 睡眠缺失后执行功能的实验研究

作者	被试类型	威斯康星测验	伦敦塔测验	连线测验	词汇流畅性测验	斯托普色词测验	创造性测验	备注
Binks ^[4] , 1999	SD36h	×			×	×		
Harrison ^[5] , 1997	SD36h							
Harrison ^[6] , 1998	SD36h							Hayling 测验受损
Harrison ^[7] , 1999	SD36h							决策受损
Harrison ^[8] , 2000	SD36h							短暂记忆能力受损
Harrison ^[3] , 2000	SD36h							Hayling 测验受损
Herscovitch ^[9] , 1980	PSD5d							
Horne ^[10] , 1988	SD36h							
Nelson ^[11] , 1995	倒班医生							
RandaZzo ^[12] , 1998	1d 睡 5h							非额叶功能测验不受损

注：：在该测验功能受损；×：该测验上的表现同正常；空白：没有在试验中应用该测验。

SD: sleep deprivation, 睡眠剥夺; PSD: partial sleep deprivation, 部分睡眠剥夺。

3.2 有关临床研究

另外一部分有关睡眠缺失对于执行功能的影响来自于临床，无论 OSAS 还是 COPD 患者都表现

为一定程度的睡眠缺失。临床上有关患者的研究表现为执行功能的降低。具体见表 2。

表 2 睡眠缺失对执行功能影响的临床研究

作者	被试类型	威斯康星测验	伦敦塔测验	连线测验	词汇流畅性测验	斯托普色词测验	创造性测验	备注
Bedard ^[13] , 1991	OSAS							
Engleman ^[14] , 1993	COPD							注意、IQ 和记忆任务受损
Kingshott ^[15] , 2000	OSAS							主观困倦增加，而客观困倦没有增加
Blunden ^[16] , 2000	OSAS							白天困倦增加，情绪和持久注意能力受损
Naeyegele ^[17] , 1995	OSAS				×			短时、长时记忆受损

：在该测验功能受损；×：该测验上的表现同正常；空白：没有在试验中应用该项测验。

OSAS: 阻塞性睡眠呼吸暂停综合征; COPD: 慢性阻塞性肺部疾病

3.3 有关成像研究

在不多的关于睡眠或睡眠缺失后功能成像的研究均表明额叶同睡眠后认知能力的变化有关。

早期正电子发射断层摄影术 (Positron Emission Tomography, PET) 研究发现,SD 后前额叶的代谢率降低。近来应用功能磁共振成像 (functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI) 的研究,发现 SD24h 后,进行计算测试,表明,成绩降低的同时两侧前额叶、顶叶和前运动区活动降低非常明显,尤其前额叶区^[18]。

Drummond^[19]进行词汇学习的 fMRI 实验发现,SD35h 后前额叶活动增强,并且主观困倦程度同前额叶激活程度有关;颞叶在正常睡眠后激活,而在 SD 后不激活;顶叶在正常睡眠后不激活,而在 SD 后激活。尽管 SD 明显地影响自由回忆的成绩,对再认成绩影响较小。但是自由回忆成绩较好的 SD 者顶叶激活。表明 SD 后词汇学习有一个动力地、互相补偿的中央激活系统,并且前额叶和顶叶在其中发挥作用。左颞叶在 SD 后对词

汇学习任务的反应降低同较低的回忆成绩有关。随后 Drummond^[20]在 SD35 的 fMRI 研究中应用注意分配任务,也发现了前额叶、顶叶激活(尤其右侧);左下部额叶的激活同困倦程度有关;两侧顶叶的激活程度同记忆有关;广泛区域的激活同注意控制有关。因此,可以推论,SD 后进行时,整个皮层激活的方式改变^[14]。SD 后进行不同认知作业时,大脑可能有不同的适应方式。

3.4 可能机制

睡眠缺失或睡眠紊乱后可能导致睡眠对于机体的恢复功能受损,清醒时血流量较大的额叶恢复功能受损;同睡眠自身调节有关的神经化学基础破坏,二者均导致额叶功能受损,尤其是前额叶,从而导致执行功能的破坏,具体表现为处理信息出现问题、计划性差和对于计划随意执行、组织紊乱、判断/决策能力下降、僵化思维、保持注意和动机困难、情感易变和过度活跃/冲动(尤其是儿童)。具体见图 1。

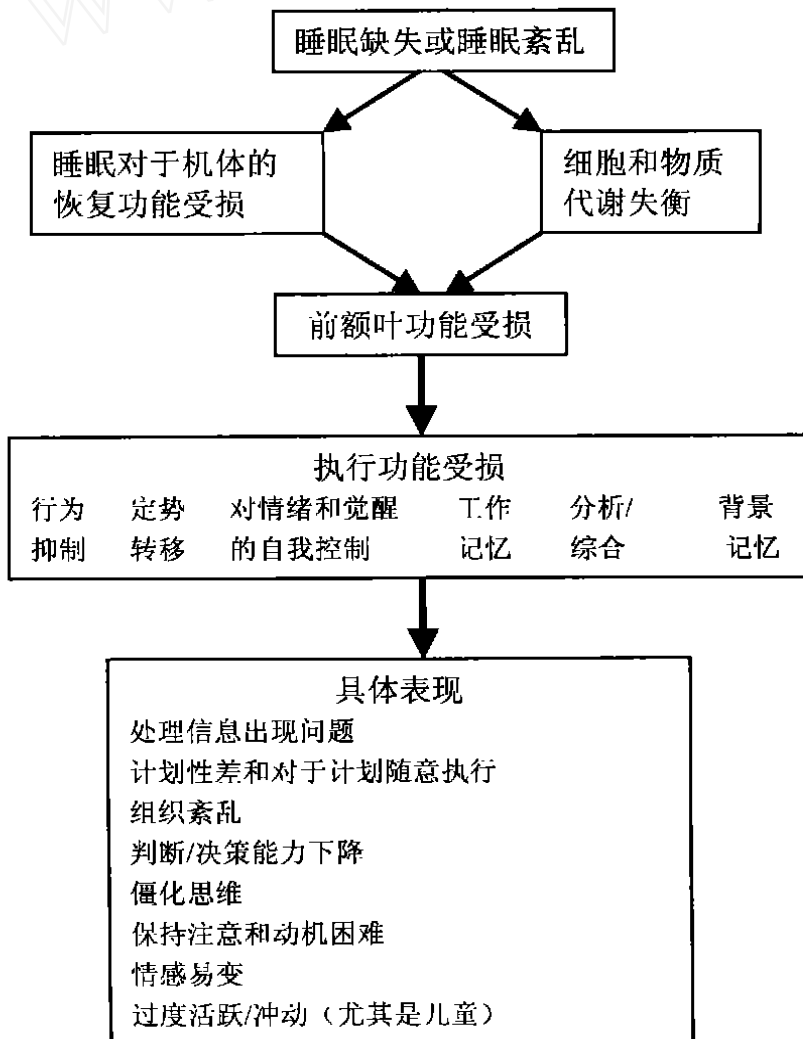


图 1 睡眠缺失或紊乱对于执行功能可能影响的示意

4 结束语

通过以上回顾,我们知道,睡眠缺失后大脑的整个活动发生变化,其中清醒时最为活跃的额叶变化较大,与之有关的执行功能也发生变化。但是有关睡眠缺失对执行功能的研究还不够系统,没有统一的理论基础,不同的实验者做了几个具体测验,选择多为上述几种,并且时间各不相同,得到的结论也各不一致。

参考文献:

- [1] Barkley RA. Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD[J]. *Psychol Bull*, 1997, 121(1): 65-94.
- [2] Harrison Y, Horne J. The impact of sleep deprivation on decision making: a review[J]. *J Exp Psychol: A*, 2000, 6(2): 236-249.
- [3] Harrison Y, Horne JA, Rothwell A. Prefrontal neuropsychological effects of sleep deprivation in young adults—a model for healthy aging[J]. *Sleep*, 2000, 23(8): 1067-1073.
- [4] Binks PG, Eaters WF, Hurry M. Short-term total sleep deprivation does not selectively impair higher cortical functioning[J]. *Sleep*, 1999, 22(2): 328-334.
- [5] Harrison Y, Horne JA. Sleep deprivation affects speech[J]. *Sleep*, 1997, 20(4): 871-877.
- [6] Harrison Y, Horne JA. Sleep loss impairs short and novel language tasks having a prefrontal focus[J]. *J Sleep Res*, 1998, 7(2): 95-100.
- [7] Harrison Y, Horne J. One night of sleep loss impairs innovative thinking and flexible decision making[J]. *Organ Behav Hum Decis Process*, 1999, 78(2): 128-145.
- [8] Harrison Y, Horne JA. Sleep loss and temporal memory[J]. *Q J Exp Psychol A*, 2000, 53(2): 271-279.
- [9] Herscovitch J, Stuss D, Broughton R. Changes in cognitive processing following short-term cumulative partial sleep deprivation and recovery oversleeping[J]. *J Clin Neuropsychol*, 1980, 1(2): 301-319.
- [10] Horne JA. Sleep deprivation and divergent thinking ability[J]. *Sleep*, 1988, 11(3): 528-536.
- [11] Nelson CS, Dell'Angela K, Jellish WS, et al. Residents' performance before and after night call as evaluated by an indicator of creative thought[J]. *JAOA*, 1995, 95(3): 600-603.
- [12] RandaZzo AC, Muehlbach MJ, Schweitzer PK, et al. Cognitive function following acute sleep restriction in children ages 10-14[J]. *Sleep*, 1998, 21(4): 861-868.
- [13] Bedard MA, Montplaisir J, Richer F, et al. Obstructive sleep apnea syndrome: Pathogenesis of neuropsychological deficits[J]. *J Clin and Exp NeuroPsy*, 1991, 13(6): 950-964.
- [14] Engleman EA, Douglas NJ. Cognitive effects and daytime sleepiness[J]. *Sleep*, 1993, 16(Suppl): 79.
- [15] Kingshott RN, Cosway RJ, Deary IJ, et al. The effect of sleep fragmentation on cognitive processing using computerized topographic brain mapping[J]. *J Sleep Res*, 2000, 9(4): 353-357.
- [16] Blunden S, Lushington K, Kennedy D, et al. Behavior and neurocognitive performance in children aged 5 - 10 yrs who snore compared to controls[J]. *J Clin Exp Neuropsychol*, 2000, 22(5): 554-568.
- [17] Naegele B, Thouvard V, Pepin JL, et al. Deficits of cognitive executive functions in patients with sleep apnea syndrome[J]. *Sleep*, 1995, 18(1): 43-52.
- [18] Drummond SP, Brown GG, Stricker JL, et al. Sleep deprivation-induced reduction in cortical functional response to serial subtraction[J]. *NeuroReport*, 1999, 10(18): 3745-3748.
- [19] Drummond SP, Brown GG, Gillin JC, et al. Altered brain response to verbal learning following sleep deprivation[J]. *Nature*, 2000, 403(6770): 655-657.
- [20] Drummond SP, Gillin JC, Brown GG. Increased cerebral response during a divided attention task following sleep deprivation[J]. *J Sleep Res*, 2001, 10(2): 85-92.

[收稿日期] 2003-12-31

[修回日期] 2004-07-05