

63h 睡眠剥夺对外显操作自我监控的元认知能力的影响

曹雪亮, 苗丹民, 皇甫恩, 侯艳红, 孙云峰

(第四军医大学航空航天医学系心理学教研室, 陕西 西安 710032)

【摘要】 目的: 探讨 63h 完全睡眠剥夺(sleep deprivation, SD)期间, 脑力疲劳对个体外显操作自我监控的元认知能力的影响。方法: 8 名 21~26 岁的健康男性青年, 在完全睡眠剥夺条件下, 每隔 6h 进行 1 次元认知能力测验, 具体内容为一组难度水平不同的系列加法任务。结果: 从整体上来看, 被试完成各难度水平任务的正确率与其主观上的评判等级具有高度的一致性; 对 SD 过程中各次测验的三项校验指标, 即确信等级与正确率二者之间的相关系数、校验曲线的斜率和最高确信等级的正确率, 进行分析, 结果表明, 这三项指标在各次测验之间均无显著性差异。结论: 个体自我监控的元认知能力是一种相对独立的能力, 在不超过 63h 的 SD 期间, 几乎未受到损害。

【关键词】 脑力疲劳; 睡眠剥夺; 元认知能力

中图分类号: R857.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3611(2005)03-0327-03

Effects of 63h Sleep Deprivation on Meta-cognitive Ability to Self-monitor Overt Performance

CAO Xue-liang, MIAO Dan-min, HUANGFU En, et al

Department of Psychology, Faculty of Aerospace and Aviation Medicine, The Fourth Military Medical University, Xi'an, 710032, China

【Abstract】 Objective: To investigate how the mental fatigue affects the human meta-cognitive ability to self-monitor overt performance during the period of 63h complete sleep deprivation. Methods: Under the complete sleep deprivation, 8 healthy subjects aged 21 to 26, were selected to do meta-cognitive ability test once at every 6h during three days, and their behavioral data were collected. The specific test content is a group of serial addition tasks including six difficulty levels. Results: Through global analysis, the study shows that the correct reaction rate of the subjects completing the tasks of different difficulty level keeps a high consistency with the subjective rating degree; Analyzing the three calibration index of the whole test, namely the correlation coefficient between the subjective rating degree and the correct reaction rate, the slope of the calibration curve and the correct reaction rate associated with the subjective highest certainty, we find that, regarding these three index, there are no significant difference between different tests. Conclusion: The human meta-cognitive ability to self-monitor overt performance is a relatively independent ability. If the SD duration is not beyond 63h, this ability is almost not impaired.

【Key words】 Mental fatigue; Sleep deprivation; Meta-cognitive ability

睡眠剥夺(sleep deprivation, SD)是指由各种原因所引起的睡眠缺失状态, 是实验室研究中诱导脑力疲劳的重要方法之一。由于受到种种主客观条件的限制, 对脑力疲劳的评定常采用主观评定法。尽管这种方法存在多种缺点, 如评分主观、评分标准不易统一、易受记忆影响, 甚至还存在被试故意隐瞒真实感受、猜测题目含义、迎合主试期望的情况, 但是, 同客观测量方法相比, 它却具有某些特殊优势, 如操作简单、直接、费用低、对任务完成无干扰、易被接受等。因此, 目前而言, 它仍是一种广为采用的脑力疲劳评定方法。

采用主观评定法评定脑力疲劳隐含有一个重要的前提假设, 即当脑力疲劳发生时, 人体自我监控的元认知能力同正常清醒状态时一样完好。但是否真是如此, 国内文献尚未见此报道。脑力疲劳发生

时, 若自我监控的元认知能力受到损害, 则说明主观评定法不宜用于脑力疲劳的评定。鉴于上述情况, 本研究对 63hSD 条件下自我监控的元认知能力的变化情况进行了研究, 现将实验结果报告如下。

1 对象和方法

1.1 对象

某陆军学院本科二年级男性学员 8 名, 年龄 21 岁~26 岁, 身高 171.3 ± 3.7 cm, 体重 62.5 ± 5 kg, 身体健康, 无神经疾患, 两眼矫正视力全部大于 1.0, 均为右利手。陆军学院的学员平时严格遵守军队的作息制度, 睡眠时间为 22:00 至次日 6:00, 每晚保证 8h 的睡眠。

1.2 任务结构

1.2.1 任务呈现方式 被试的任务是把计算机显示器上连续呈现的 8 个数字加起来, 数字的呈现速度是每个 1.25s。任务的结束标志都是符号“ ”,

当该符号出现时,被试就在该符号右边的方框内键入自己的心算答案,然后按“回车键”,计算机立即自动计算并记录计算反应时。计算反应时是指从提示符“ ”呈现直到被试按下“回车键”之间的时间间隔。按下“回车键”后,屏幕上原有的一组“确信按钮”(共6个)被激活,每个按钮上标有一个数字,分别是1~6,代表被试对自己所填答案的不同确信程度。1代表完全不确定,6代表完全确定。被试的任务是从这6个按钮中选择一个。一旦被试选择完毕,计算机立即自动计算并记录确信反应时,随后开始进行下一系列的加法任务。确信反应时是指从被试按下“回车键”到用鼠标点击“确信按钮”之间的时间间隔。

1.2.2 任务难度及计分方法 任务中共包括6个预先设定好的试验难度水平,测验的难度水平是由相加数字的大小决定的^[1]。在每一个试验中,显示器上呈现的8个数字每次都是从定义好的6种难度水平的数字集合中随机选取的。这六种难度水平的数字集合如下所示:水平1:{1,2};水平2:{2,3,4,5,6};水平3:{4,5,6,7,8};水平4:{6,7,8,9,12};水平5:{8,9,12,13,14};水平6:{12,13,14,15,16}。例如,一个难度水平为1的试验,将涉及8个1或2的随机呈现,如1,1,2,1,1,1,2,2。6个不同难度水平的系列加法任务构成一组,各难度水平在组中是随机呈现的,并且不能互相代替,以确保每种难度水平的任务次数完全相等。每次测验共有10组,共获得60组数据。测验要求被试在保证心算结果正确的前提下尽可能快地进行反应。整个实验中对被试心算结果的正确性和信心评估的有效性均不予反馈。

1.2.3 重要指标 计算反应时:提示符“ ”呈现到按下“回车键”之间的时间间隔,单位ms; 确信反应时:按下“回车键”到用鼠标点击“确信按钮”之间的时间间隔,单位ms; 各难度水平任务平均正确率:某难度水平任务中10道题的正确数÷10; 各难度水平任务平均计算反应时:某难度水平任务中10道题的计算反应时之和÷10; 各难度水平任务平均确信反应时:某难度水平任务中10道题的确信反应时之和÷10; 各难度水平任务平均确信等级:某难度水平任务中10道题的确信等级之和÷10。

1.3 实验步骤

正式实验前1天下午被试进入实验室,对其进行培训,讲解实验的详细过程与元认知能力测验具体操作方法,并让每名被试亲自操作1遍,以确认其

完全掌握。睡眠剥夺时间从正式实验的当天早6:00起床开始计算^[2],严密监督被试以避免实验过程中睡眠的发生。实验从8:30正式开始进行第1次测验,每隔6h重测1次(8:30,14:30,20:30,02:30,8:30,14:30,20:30,02:30,8:30,14:30,20:30),共11次。为确保被试的安全和实验过程的顺利进行,每次测验开始和全部结束后分别进行血压和心率的测量1次。实验期间,为了确保被试处于清醒状态,采用的方法有让被试读书、下棋、打牌、看电视等,但禁止被试做剧烈运动,抽烟,饮茶或咖啡等具有中枢兴奋作用的饮品。

1.4 资料统计

全部数据采用SPSS10.0、Excel2000统计分析。

2 结 果

分别以8名被试各次测验中完成每种难度水平任务的平均正确率、平均计算反应时、平均确信反应时、平均确信等级为因变量,各测验时间点(分别代表不同的睡眠剥夺时间长度)和难度水平为自变量进行析因设计方差分析,结果表明上述四种情况下,测验时间点与难度水平之间的交互作用均未达到统计学上的差异显著性水平,故而在此仅对测验时间点与难度水平的主效应作进一步分析。

2.1 主效应分析

2.1.1 任务难度水平主效应分析 分别将各次测验中,各难度水平下的8名被试平均正确率、平均计算反应时、平均确信等级数据进行整理,结果见表1。

表1 各难度水平的平均正确率、计算反应时和确信等级

| 难度水平 | 平均正确率 (%) | 平均计算反应时 (ms) | 平均确信等级 | 有效反应次数 |
|------|--------------|-----------------|--------|--------|
| 1 | 87.23 | 3746 | 5.77 | 877 |
| 2 | 76.42 | 4273 | 5.76 | 878 |
| 3 | 71.07 | 4945 | 5.59 | 878 |
| 4 | 56.21 | 6946 | 5.45 | 877 |
| 5 | 43.05 | 8482 | 5.34 | 878 |
| 6 | 60.32 | 7538 | 5.58 | 877 |

2.1.2 测验时间点主效应分析 分别将各次测验中,各测验时间点的8名被试平均正确率、平均计算反应时、平均确信等级和平均确信反应时数据进行整理,结果见表2。

2.2 校验分析

2.2.1 SD对操作成绩与确信程度之间关系的影响 分别计算每名被试每次测验的确信等级与正确率之间的相关系数,并剔除相关系数显著性检验中 $P > 0.01$ 的那些相关系数,然后以此相关系数为因变量,测验时间为自变量进行One-Way ANOVA的方差

分析, 结果表明各次测验的此相关系数间差异没有达到统计学上的显著性水平($F_{10,46} = 1.19, P > 0.05$)。各次测验上此相关系数的具体数据, 见表 3。

表 2 各次测验的平均正确率(%), 平均计算反应时(\bar{x} , ms), 平均确信等级和平均确信反应时(\bar{x} , ms)

| 测验时 间点 | 睡眠剥夺 时间(h) | 平均正确 率 | 平均计算 反应时 | 平均确信 等级 | 平均确信 反应时 | 有效反应 次数 |
|-----------|---------------|-----------|-------------|------------|-------------|------------|
| 1 | 2.5-4.0 | 71.88 | 7150 | 5.74 | 1719 | 480 |
| 2 | 8.5-10 | 72.92 | 6041 | 5.71 | 1466 | 480 |
| 3 | 14.5-16 | 75.83 | 5996 | 5.75 | 1516 | 480 |
| 4 | 20.5-22 | 67.71 | 5394 | 5.55 | 1611 | 480 |
| 5 | 26.5-28 | 69.79 | 5102 | 5.59 | 1511 | 480 |
| 6 | 32.5-34 | 72.08 | 4902 | 5.70 | 1400 | 480 |
| 7 | 38.5-40 | 64.37 | 5120 | 5.52 | 1588 | 480 |
| 8 | 44.5-46 | 49.68 | 6812 | 5.21 | 2833 | 465 |
| 9 | 50.5-52 | 60.00 | 5656 | 5.47 | 1569 | 480 |
| 10 | 56.5-58 | 58.96 | 6501 | 5.50 | 1923 | 480 |
| 11 | 62.5-64 | 59.17 | 7624 | 5.65 | 1783 | 480 |

表 3 各次测验最高确信等级正确率, 确信等级与正确率之间的相关系数, 校验曲线斜率

| 测验时 间点 | 睡眠剥夺时 间(h) | 确信等级与正确率之 间的相关系数 | 校验曲 线斜率 | 最高确信等级 正确率(%) |
|-----------|---------------|---------------------|------------|------------------|
| 1 | 2.5-4.0 | 0.61 | 0.24 | 87.50 |
| 2 | 8.5-10 | 0.59 | 0.27 | 90.20 |
| 3 | 14.5-16 | 0.56 | 0.29 | 90.83 |
| 4 | 20.5-22 | 0.51 | 0.27 | 82.57 |
| 5 | 26.5-28 | 0.58 | 0.21 | 83.50 |
| 6 | 32.5-34 | 0.49 | 0.27 | 82.50 |
| 7 | 38.5-40 | 0.61 | 0.16 | 71.67 |
| 8 | 44.5-46 | 0.55 | 0.17 | 74.20 |
| 9 | 50.5-52 | 0.51 | 0.19 | 75.80 |
| 10 | 56.5-58 | 0.43 | 0.19 | 74.17 |
| 11 | 62.5-64 | 0.52 | 0.21 | 82.75 |

2.2.2 SD 对确信程度分辨能力的影响 评定被试自我监控能力的另一个指标是其确信程度的分辨能力(confidence resolution), 即被试鉴别错误反应与正确反应的能力, 具体来讲就是被试对各种确信类别所能赋予的最大正确率差异的程度。在此采用各次测验的被试校验曲线斜率作为该项评价指标^[3]。

分别计算各被试每次测验的校验曲线斜率, 并剔除回归系数显著性检验中 $P > 0.01$ 的那些数据, 然后以校验曲线的斜率为因变量, 各测验时间点为自变量进行 One-Way ANOVA 方差分析, 结果表明各次测验的此斜率间差异没有达到统计学上的显著性水平($F_{10,46} = 0.91, P > 0.05$)。见表 3。

2.2.3 SD 对确信程度有效性的影响 为了检验确信程度的有效性, 一种直观的方法就是察看同主观确信等级相关联的操作成绩。理想情况下, 当人们对其完成任务的结果非常确定时, 系列加法任务的正确率应该非常高。与人的直觉相一致, 如果同最高级别的主观确信等级相对应的正确率很高(如正确率接近 100%)的话, 则说明确信等级具有很高的有效性。相反, 若最高确信等级没有对应最优的操作(正确率 100%)则代表过度确定的发生。

在本研究中, 同最高确信等级相对应的整体正

确率是 0.82($N=4513$)。换言之, 即在此仅有一个轻微的过度确定, 这同以往的报告^[4]相一致。以同最高的确信等级相对应的各次测验正确率为因变量, 各测验时间点为自变量进行 One-Way ANOVA 方差分析, 结果发现, 随着 SD 时间的延长, 这种过度确定(over-confidence)未受影响($F_{10,46} = 1.582, P > 0.05$)。见表 3。

3 讨 论

通过前面的结果分析, 清楚地表明在 63h 的 SD 期间, 8 名被试自我监控的元认知能力未受损害, 或所受损害极其有限, 至少可以说即便是在长达 63h 的 SD 之后, 他们对自己完成任务的优劣状况依然能够给出较为准确的评判。这说明在 63h 的 SD 期间被试能够清楚地意识到自己的实际操作情况。

进一步对各次测验的三项校验指标(确信等级与正确率二者之间的相关系数, 校验曲线的斜率, 最高确信等级的正确率)进行分析, 结果表明校验能力(确信等级与正确率二者的相关系数), 确信程度分辨能力(校验曲线的斜率), 以及最高确信等级的正确率在各时间点上均不存在统计学上的显著性差异, 因此, 可认为 63h SD 期间这三项指标几乎未受影响。

鉴于以上分析, 我们可做如下推论: 个体自我监控的元认知能力作为人体一种相对独立的能力, 在不超过 63h 的 SD 时间内, 几乎未受到损害。因此, 在此范围内, 由 SD 所导致的脑力疲劳程度可采用主观报告的方法进行量化。但有两点需特别指出:

本研究仅涉及 8 名被试, 所得结论是否具有普遍意义, 还需后人在扩大样本的情况下进行更严格的验证; 当脑力疲劳程度加重, 个体信息加工能力严重受损时, 保持再好的自我监控的元认知能力也是毫无用途的。

参 考 文 献

- 1 Ashcraft MH. Cognitive arithmetic: A review of the data and theory. *Cognit*, 1992, 44(1-2):75-106
- 2 Quant JR. The effect of sleep deprivation and sustained military operation on near visual performance. *Aviat Space Environ Med*, 1992, 63(3): 172-176
- 3 Yaniv L, Yates JF, Smith EE. Measures of discrimination skill in probabilistic judgment. *Psychol Bull*, 1991, 110: 611-617
- 4 Paese PW, Shiezek JA. Influences on the appropriateness of confidence in judgment: Practice, effort, information, and decision making. *Org Behav. & Hum Dec Proc*, 1991, 48: 100-130

(收稿日期: 2004-12-31)