

28 小时完全睡眠剥夺对机体神经行为功能的影响

张 凯 秦茂森 郭 娜 廖凯举 张雅楠

(济宁医学院医学检验系, 山东 济宁 272067)

摘要 目的 探讨 28h 完全睡眠剥夺对机体神经行为功能的影响。**方法** 采用自身前后对照设计, 对 18 名健康大学生进行 28h 的睡眠剥夺, 受试者每隔 4h 进行一次情绪状态、反应时和瞬时记忆的测试。**结果** 所有 5 项消极情绪分值都增加, 其中紧张焦虑($F=2.83, P=0.042$)、抑郁沮丧($F=3.36, P=0.035$)、疲劳惰性($F=4.71, P<0.01$)、困惑迷茫($F=3.58, P=0.029$)等情绪分值的差异有统计学意义; 有力好动分值下降, 其差异具有统计学意义($F=3.03, P=0.049$)。简单反应时、辨别反应时和选择反应时呈线性延长, 其中选择反应时延长具有统计学意义($F=2.52, P=0.026$)。瞬时记忆的错误数明显增加($F=8.88, P<0.01$)。**结论** 长时间睡眠剥夺可使机体神经行为功能明显受损。

关键词 睡眠剥夺; POMS; 反应时; 瞬时记忆

中图分类号: R740 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-9760(2011)03-191-04

Effects of 28-h total sleep deprivation on Neurobehavioral functions

ZHANG Kai, QIN Mao-sen, GUO Na, et al

(Department of Medical Laboratory, Jining Medical University, Jining 272067, China)

Abstract: Objective To investigate the effect of 28-h sleep deprivation on neurobehavioral functions. **Methods** A series of tests such as POMS, reaction time, instantaneous memory were measured in 18 healthy undergraduate students every 4 h during 28-h total sleep deprivation (TSD). **Results** The negative mood states such as tension-anxiety ($F=2.83, P=0.042$), depression-dejection ($F=3.36, P=0.035$), fatigue-inertia ($F=4.71, P<0.01$) and confusion-Bewilderment ($F=3.58, P=0.029$) showed a linear increase with accumulating hours of TSD, while the positive mood state of vigor-activity ($F=3.03, P=0.049$) showed a linear decrease. The reaction time especially the selective reaction time prolonged significantly ($F=2.52, P=0.026$). The wrong numbers ($F=8.88, P<0.01$) increased significantly after 28-h TSD. **Conclusion** Neurobehavioral functions were impaired by 28-h TSD.

Key words: Sleep deprivation; POMS; Reaction time; Instantaneous Memory

日益加快的生活节奏和不断加大的工作压力使睡眠缺失 (sleep loss) 在人群的发生率明显提高, 在特殊作业如部队官兵、长途汽车驾驶员、医生、护士等特殊群体中, 睡眠缺失更是关系其工作成效乃至生命安全的重要因素。睡眠剥夺 (sleep deprivation, SD) 是进行睡眠缺失影响机体神经行为功能研究的常用方法。在对睡眠剥夺进行的大量研究中, 发现睡眠剥夺可以引起个体反应迟钝、负性情绪增加、意志消沉、记忆力和注意力下降等不良心理反应^[1-2]。通过对 18 名志愿者进行 28h 完全睡眠剥夺 (total sleep deprivation, TSD) 实验, 并进行情绪状态、反应时间和瞬时记忆等指标的观

察, 探讨长时间睡眠剥夺对机体神经行为功能的影响, 从而为睡眠缺失状态下工作绩效的预测及干预措施的实施提供理论指导。

1 对象与方法

1.1 对象

实验志愿者: 某医学院本科五年级学生 18 名, 其中男 15 名, 女 3 名, 年龄 (23.67 ± 1.37) 岁, 身体健康, 睡眠习惯规律, 裸视或矫正后视力正常, 既往无睡眠障碍史, 无换班工作史, 无频繁打盹史, 无吸烟、饮酒、饮茶、饮咖啡等习惯, 无心理疾患及器质性疾病史。《匹兹堡睡眠质量指数量表》(Pitts-

burgh Sleep Quality Inventory, PSQI)^[3] 测验分值均<5分,说明有良好的睡眠。实验前1周禁止服用含咖啡因、酒精等刺激性物质的食物及药物。均知情同意,合作态度良好,中途无退出。

1.2 方法

1.2.1 《匹兹堡睡眠质量指数量表》(Pittsburgh Sleep Quality Inventory, PSQI) 量表包括9个自评和5个他评条目,组成7个因子(主观睡眠质量因子、睡眠潜伏期因子、睡眠持续性因子、习惯性睡眠效率因子、睡眠紊乱因子、使用睡眠药物因子、白天功能紊乱因子),每个因子按0~3分等级记分,累积各因子成分得分为匹兹堡睡眠质量量表的总分,总分范围为0~21,得分越高,表明睡眠质量越差。

1.2.2 情绪状态测试(Profile Of Mood States POMS)^[4] 该表共列有65个形容词,分别描述紧张焦虑、抑郁沮丧、愤怒敌意、有力好动、疲劳惰性、困惑迷茫等6个方面的情感内容。每一方面按程度又分5个等级,受试者将如实反映其目前心境状况的答案画圈,最后,检查者按标准评分。

1.2.3 反应时测试(Reaction Time Test) 使用北大青鸟集团生产的反应时测定仪测定受试者的简单反应时、辨别反应时和选择反应时。本测试包括感觉和运动两方面成分,测试视觉感知到手部运动反应的时间。测试时受试者须保持高度注意力,眼手迅速协调配合。

1.2.4 瞬时记忆测试(Instantaneous Memory Test) 使用北大青鸟集团生产的反应时测定仪测定受试者的视觉记忆及注意力集中程度。测定仪以每0.5s输出一串数字,要求受试者在0.5s内按顺序用小键盘输入。

1.2.5 实验程序 实验前一天集中受试者训练,让其熟悉实验程序,熟练掌握所有测试方法,以排除测验的练习效应,并获取相应的测试数据作为基础值(the baseline)。所有受试者于实验前一天22:00就寝,于实验当天6:00起床开始睡眠剥夺,7:00进入实验室,至第2天10:00结束,共28个h。从14:00开始每4h进行一次情绪状态、反应时和瞬时记忆的测试,共进行6次,时间为14:00,18:00,22:00,2:00,6:00,10:00。剥夺时间分别为:8h,12h,16h,20h,24h,28h。整个实验过程中有专人监视,确保受试者没有睡眠,过程中的每次测试均为2人分项目同时进行。

1.3 统计方法

以上统计过程使用SPSS11.5软件包完成,采用重复测量资料的方差分析(rANOVA)进行数据统计。

2 结果

2.1 28h睡眠剥夺对情绪状态的影响

28h睡眠剥夺期间情绪改变的总体趋势是:所有五项消极情绪分值都增加,其中紧张焦虑、抑郁沮丧、疲劳惰性、困惑迷茫等情绪分值的差异有统计学意义;有力好动分值下降,其差异具有统计学意义。从剥夺睡眠时间上可以发现,紧张焦虑和抑郁沮丧分值发生改变的时间较早,睡眠剥夺12h即可出现有统计学意义,但以后又趋于稳定。疲劳惰性得分在睡眠剥夺24h出现统计学意义,睡眠剥夺28h其差异更为明显;困惑迷茫和有力好动则在睡眠剥夺28h才出现有统计学意义。在睡眠剥夺12h后,紧张焦虑、抑郁沮丧、愤怒敌意、困惑迷茫等消极情绪分值普遍偏高,出现一个峰值,结果见表1。

表1 情绪状态测试分值比较($\bar{x} \pm s$)

TSD(h)	紧张焦虑	抑郁沮丧	愤怒敌意
0h	7.06±6.32	7.78±10.44	7.06±8.12
8h	10.00±5.46	11.06±10.22	9.94±10.26
12h	10.78±5.91*	16.17±11.58**	13.83±9.65
16h	8.67±5.22	10.50±9.31	9.50±8.40
20h	9.67±6.31	9.89±10.41	8.44±8.20
24h	6.94±5.87	13.44±14.71	10.50±12.25
28h	7.78±5.29	14.11±12.16	11.22±8.60
F	2.83	3.36	2.52
P	0.042	0.035	0.056

TSD(h)	有力好动	疲劳惰性	困惑迷茫
0h	14.78±9.07	7.50±7.24	8.11±3.88
8h	17.22±8.97	7.17±4.91	8.94±4.43
12h	13.83±7.70	9.61±6.65	9.61±3.45
16h	16.00±6.42	6.39±4.83	7.67±4.00
20h	12.67±8.15	9.28±5.63	9.50±4.67
24h	11.94±8.60	12.94±6.46*	10.56±4.76
28h	8.33±9.52*	14.33±7.10**	12.00±4.31*
F	3.03	7.54	3.58
P	0.049	0.000	0.029

注:与基础值相比,* $P<0.05$,** $P<0.01$

2.2 28h睡眠剥夺对反应时的影响

随着睡眠剥夺时间的延长,反应时总体逐渐增加,简单反应时、辨别反应时的延长未见有统计学意义,选择反应时在睡眠剥夺 16h 时出现有统计学意义,且随着睡眠剥夺时间的延长,其差异越来越明显,结果见表 2。

表 2 睡眠剥夺不同时间的反应时(x±s)

TSD(h)	简单反应时	辨别反应时	选择反应时
0h	0.248±0.056	0.309±0.071	0.492±0.100
8h	0.253±0.059	0.331±0.068	0.514±0.112
12h	0.247±0.042	0.334±0.091	0.533±0.144
16h	0.275±0.071	0.327±0.081	0.552±0.104*
20h	0.271±0.069	0.344±0.090	0.631±0.255*
24h	0.280±0.069	0.356±0.104	0.613±0.154**
28h	0.267±0.057	0.348±0.077	0.562±0.092**
F 值	2.27	1.31	2.52
P	0.770	0.278	0.026

注:与基础值相比,*P<0.05,**P<0.01

2.3 28h 睡眠剥夺对瞬时记忆的影响

表 3 睡眠剥夺不同时间的瞬时记忆数字错误个数(x±s)

剥夺时间	0h	8h	12h	16h
错误数	9.78±6.30	11.11±4.13	11.69±7.17	10.75±5.47
剥夺时间	20h	24h	28h	
错误数	15.92±5.66**	15.06±5.90**	12.58±5.542*	

F 值=8.88,P<0.01

注:与基础值(0h)相比,*P<0.05,**P<0.01

数字瞬时记忆错误个数总体上随着睡眠剥夺时间的延长而增加,其差异具有统计学意义。睡眠剥夺 20h 后错误个数出现明显增加。

3 讨论

神经行为功能的改变是睡眠剥夺引起机体损害的早期反映,通过对神经行为功能进行测试,可早期发现机体神经系统的亚临床症状,从而为睡眠缺失状态下工作绩效的预测以及干预措施的实施提供理论指导。WHO 推荐的七项核心测试组合(WHO-NTCB)作为早期检测神经行为损害的统一方法,也是公认的敏感方法。我们采用情绪状态、反应时和瞬时记忆的测试来研究睡眠剥夺对机体神经行为功能的影响。

3.1 睡眠剥夺对情绪状态的影响

实验证实睡眠剥夺对情绪具有广泛的负面影响。随着睡眠剥夺时间的延长,紧张焦虑、抑郁沮丧、愤怒敌意、疲劳惰性、困惑迷茫等消极情绪总体

上呈增加趋势,而有力好动呈减少趋势。睡眠剥夺影响人体情绪状态的机制目前还不是很清楚,但现有的研究发现,睡眠剥夺可降低大脑的血流供应,越靠颞叶、海马区、基底节越明显,而颞叶、海马区、基底节等区域则与人的精神活动密切相关^[5],所以有理由推测,由于睡眠剥夺引起的这些区域神经元功能改变导致了其对情绪的负面影响。

实验中发现在 18:00(睡眠剥夺 12h 后),紧张焦虑、抑郁沮丧、愤怒敌意、困惑迷茫等消极情绪分值普遍偏高,其中虽然有睡眠剥夺的作用,但更为主要的原因应该是进入傍晚,受试者对后续的睡眠剥夺存在一定程度的担心、顾虑所致^[6]。

3.2 睡眠剥夺对反应时的影响

随着睡眠剥夺时间的增加,反应时呈线性延长。这与多数学者的报道结果相一致^[7-8]。睡眠剥夺期间,机体的警觉水平降低,睡意增加,注意力下降,大脑处理信息的能力下降,加上长时间睁眼导致视觉疲劳,视觉敏感性和聚焦能力下降,复视、幻视和视觉变形出现频率增加,最终导致反应时间延长。不同难度的测试,出现显著改变的情况不一样:认知负荷(难度)越大,越能更早的出现显著差异。如简单反应时和辨别反应时认知负荷较小,在 28h 睡眠剥夺期间没有出现统计学意义,而选择反应时认知负荷相对较大,在睡眠剥夺 16(22:00)即出现统计学意义。这说明睡眠剥夺对高级脑功能影响程度更大。

睡眠剥夺效应、时刻效应和练习效应 3 种因素共同影响着反应时。它们对反应时的影响各不相同:睡眠剥夺效应使反应时延长;练习效应使反应时缩短;时刻效应则使反应时呈波浪式周期性变化(白天缩短,夜间延长)。由于各自对反应时影响程度不同,以及彼此作用是否一致,使反应时曲线变化形式不一。从反应时的结果可见,反应时测试存在着明显的“时刻效应”,表现在 22:00~2:00 时间段的反应时上升幅度明显大于其他时间段,因为这段时间是人的生理困倦期。

3.3 睡眠剥夺对瞬时记忆的影响

睡眠剥夺对于瞬时记忆测试的成绩有显著的影响,平均错误个数在睡眠剥夺 20h 后显著增加,但 16h(22:00)睡眠剥夺对错误个数的影响没有统计学意义。这一结果说明,在睡眠剥夺 16h 之前,虽然脑力资源不断被消耗,但受试者可以牺牲一定的速度来保证正确数,因此错误数并没有明显增加;但睡眠剥夺 20h 后,受试者即(下转第 196 页)

定6次,测定结果见表1。

表1 方法的精密度试验(n=6)

样品	元素	测定值(mg/L)						平均值	RSD
								(mg/L)	(%)
纯奶	As	0.879	0.883	0.887	0.907	0.912	0.915	0.897	1.59
	Se	3.894	3.886	3.926	3.949	3.963	3.972	3.932	3.60
酸奶	As	0.883	0.897	0.905	0.915	0.919	0.927	0.908	1.60
	Se	2.684	2.697	2.746	2.783	2.791	2.801	2.738	5.01

2.5 干扰试验

在优化实验条件下,对10mg/L砷、硒标准溶液进行干扰离子试验。结果显示,500倍的 Cd^{2+} 、 Zn^{2+} ,200倍的 Sb^{4+} 、 Sn^{4+} ,对砷的测定基本没有影响。500倍的 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Hg^{2+} ,对硒的测定基本没有影响。

2.6 样品分析

采购市售纯奶、酸奶样品,按试验方法测定样品中砷和硒的含量,并对样品进行加标回收试验,结果见表2。

表2 样品分析及回收率试验(n=6)

样品	元素	样品测定值	加标量	加标测定值	平均回收率
		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(%)
纯奶	As	0.897	1.00	1.913	101.6
	Se	3.932	4.00	7.911	99.48
酸奶	As	0.908	1.00	1.894	98.60
	Se	2.738	3.00	5.667	97.63

(上接第193页)使在延长一定的反应时间后仍不能满足认知的需要,此时错误数明显增加。

通过对情绪状态改变和反应、瞬时记忆改变的时间比较发现,前者比后者出现显著改变的时间早。可见,睡眠剥夺对情绪状态的影响在某种程度上比反应时间、瞬时记忆更明显,也说明睡眠剥夺对大脑较高级功能的影响更早、更明显。对睡眠剥夺的反应,个体之间的差异具有统计学意义($P < 0.05$)。这体现了个性心理特征的差异性。不同个性的人,对睡眠剥夺的反应不同,如外向性格的人在同等睡眠剥夺条件下,其作业能力损害程度比内向性格的人更严重。

参考文献:

- [1] Killgore WD, Balkin TJ, Wesensten NJ. Impaired decision making following 49 h of sleep deprivation[J]. J Sleep Res, 2006, (15):7-13.

3 结论

牛奶经混酸消解处理,在优化实验条件下,以10g/L硼氢化钾-5g/L氢氧化钾溶液为还原剂,以4%(V/V)的盐酸作载流,用顺序注射氢化物发生-原子荧光光谱法测定牛奶中砷和硒的含量,结果令人满意。

参考文献:

- [1] 刘希光,于国华,赵增芹,等.微波消解-氢化物发生-原子荧光法测定海蜇中的痕量砷和硒[J].光谱学与光谱分析, 2005,25(6):964-967.
- [2] 曾宇棠.原子荧光光谱法同时测定食品中砷和硒[J].理化检验-化学分册,2005,41(7):475-476.
- [3] 黄捷玲,老倩群,余译文.水中砷和硒的AFS-930型双道原子荧光光度计同时测定法[J].职业与健康,2007,23(21):1941-1942.
- [4] 韦昌金,刘秉欣,裴晓华.离子交换色谱-氢化物发生双道原子荧光法同时测定砷和硒形态[J].分析化学,2008,36(8):1061-1065.
- [5] 夏慧,丁雁名,徐佳佳.原子荧光法同时测定地表水中的砷和硒条件的选择[J].环境研究与监测,2009,3:41-42.
- [6] 王海云,郭晓宇.氢化物原子荧光法测定茶叶中的砷和硒[J].中国卫生检验杂志,2010,20(2):299-300.

(收稿日期 2011-04-23)

- [2] Guzman-Marin R, Ying Z, Suntsova N, et al. Suppression of hippocampal plasticity-related gene expression by sleep deprivation in rats[J]. J Physiol, 2006, 575:807-819.
- [3] 汪卫东,王希林,马弘.心理卫生评定手册[J].中国心理学杂志,1999,21:375-378.
- [4] 张作记.行为医学量表手册[M].北京:中华医学电子音像出版社,2005:292.
- [5] 洪军,彭武和,刘玲,等.睡眠剥夺对正常男性脑血流的影响[J].中华核医学杂志,1999,19:112-113.
- [6] 付兆君,马瑞山,程宏伟,等.急性睡眠剥夺对情绪状态的影响[J].中国行为医学科学,2001,10:143-144.
- [7] Corsi Cabrera M, Arce C, Ramos J, et al. Time course of reaction time and EEG while performing a vigilance task during total sleep deprivation[J]. Sleep, 1996, 19:563-9.
- [8] Jaskowski P, Włodarczyk D. Effect of sleep deficit, knowledge of results, and stimulus quality on reaction time and response force[J]. Percept Mot Skills, 1997, 84:534-9.

(收稿日期 2011-04-21)