

# 湿热环境对官兵神经行为能力的影响

李代波, 刘乐斌, 申立, 曾岚, 蒋昀, 鞠鹤鹏, 银涛

**【摘要】 目的** 探讨湿热环境对官兵神经行为能力的影响。**方法** 采用伯乐版计算机化神经行为评价系统(Bole.NES)对南部战区某部队 100 名官兵分别在湿热及舒适环境下进行神经行为能力测试,比较官兵在不同环境条件下神经行为能力的差异。**结果** 与舒适环境比较,官兵在湿热环境下的心算、系列加减、视觉保留、记忆扫描、数字检索等神经行为测试项目的能力指数降低,分别由 2.99、3.33、2.12、4.11、1.51 下降至 2.74、3.18、1.79、3.10、1.29,差异有统计学意义( $P<0.05$ );另外,官兵情绪测试的紧张-焦虑等 5 项负性情绪得分升高、有力-好动得分由 17.98 下降至 14.21、注意力调转测试的正确个数由 29.33 个下降至 25.83 个、曲线吻合测试的耗时由 15.46 s 增加至 17.47 s,差异均具有统计学意义( $P<0.05$ )。**结论** 暴露于湿热环境可能对官兵的情感情绪、智力、学习与记忆能力、感知觉以及心理运动等神经行为能力造成负面影响,直接影响部队战斗力。

**【关键词】** 湿热环境;官兵;神经行为

**【中图分类号】** R195.1;R338.6

**【文献标志码】** A

**【文章编号】** 1672-271X(2020)01-0001-05

**【DOI】** 10.3969/j.issn.1672-271X.2020.01.001

## Effects of hot and humid environment on neurobehavioral ability of soldiers

LI Dai-bo, LIU Le-bin, SHEN Li, ZENG Lan, JIANG Yun, JU He-peng, YIN Tao

(Center for Disease Control and Prevention of Southern Theatre Command, Guangzhou 510507, Guangdong, China)

**【Abstract】 Objective** To investigate the effect of a hot and humid environment on neurobehavioral ability of soldiers.  
**Methods** 100 soldiers in the Southern Theatre Command were checked for their neurobehavioral abilities in hot and humid environment and comfortable environment respectively by Bole computerized neurobehavioral evaluation system(Bole.NES). **Results** Compared with comfortable environment, the ability index of neurobehavioral test items such as Mental Arithmetic, Series Addition and Subtraction, Visual Retention, Memory Scanning and Digital Retrieval in hot and humid environment decreased significantly ( $P<0.05$ )(decreased from 2.99, 3.33, 2.12, 4.11, 1.51 to 2.74, 3.18, 1.79, 3.10, 1.29, respectively).In addition, the score of five negative emotions(such as nervousness-anxiety) increased, the score of vigor-agility decreased from 17.98 to 14.21, the correct number in Attention Switching test decreased from 29.33 to 25.83, and the time-consuming of Curve Coincidence test increased from 15.46s to 17.47s, and all the differences were statistically significant ( $P<0.05$ ). **Conclusion** Exposure to hot and humid environment may have a negative impact on the soldiers' emotion, intellectual, learning and memory abilities, perception and psychomotor abilities, and it may directly affect the combat effectiveness of the army.

**【Key words】** hot and humid environment; soldiers; neurobehavioral ability

## 0 引言

湿热环境是军人经常面临的作业和战斗环境,主要分为自然湿热环境和特定的微小气候湿热环境,后者主要包括防护服以及诸如坦克、装甲车、舰艇、载人飞行器、坑道等军用密闭舱室<sup>[1]</sup>。这些微

基金项目:军委后勤保障部青年培育孵化项目(16QNP047)

作者单位:510507 广州,南部战区疾病预防控制中心(李代波、刘乐斌、申立、曾岚、蒋昀、鞠鹤鹏、银涛)

通信作者:银涛, E-mail:1078500084@qq.com

环境常超过高温作业环境标准,如某装甲车夏季在我国南方户外条件下进行训练,舱室内最高温度可达 50℃,而相对湿度最高可达 98%<sup>[2]</sup>。湿热环境加上大强度的训练可能会降低人脑皮层功能,减弱其适应能力,降低人员动作的灵敏性和协调性,直接导致官兵的神经行为能力下降<sup>[3]</sup>。本研究采用中文最新版计算机化的神经行为评测系统(Bole. Neurobehavioral Evaluation System, Bole.NES)对南部战区某部官兵分别在湿热和舒适环境下进行神经行为测试,以探讨湿热环境对其神经行为能力的影响。

## 1 资料与方法

**1.1 研究对象** 随机整群抽样选择南部战区某部队 100 名官兵作为研究对象,分别测试其处于湿热环境(广州,2018 年 7 月,当月平均最高气温 33.3℃,平均相对湿度 78%;测试时室内气温  $T \geq 32^\circ\text{C}$ ,相对湿度  $RH \geq 60\%$ )和舒适环境(广州,2018 年 11 月,当月平均最高气温 25.2℃,平均相对湿度 57%;测试时室内气温  $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ ,相对湿度  $RH \leq 60\%$ )条件下的神经行为能力。所有研究对象均符合以下测试要求:①无神经精神系统疾患;②无视觉、听觉及手部运动障碍;③测试前 4 h 未饮酒或服用镇静剂;④能够很好理解和配合测试人员完成测试。所有研究对象均签署知情同意书。本研究经伦理委员会批准(批准号:2016JKZX002)。

## 1.2 方法

**1.2.1 问卷调查** 内容包括年龄、军龄、身高、体重、人员类别、文化程度及计算机熟练程度等,调查由专业人员指导完成。

**1.2.2 模块化项目的测试** 采用 Bole.NES 进行测试,选用其中 10 项敏感测试指标<sup>[4]</sup>:①心境量表(Profile of Mood States, POMS),主要反映测试个体心境、情绪和情感状态。紧张-焦虑、愤怒-敌意、疲惫-惰性、抑郁-沮丧、困惑-迷茫等几种负性情绪得分升高,有力-好动得分下降,表示对人员情绪造成不利影响,反之则产生有利影响;②心算,主要反映测试个体智力-逻辑思维能力;③系列加减,主要反映测试个体智力-记忆/思维能力;④视觉保留,主要反映测试个体工作记忆和视觉记忆能力;⑤记忆扫描,主要反映测试个体短时记忆能力;⑥数字检索,主要反映测试个体视感知-视觉检索能力;⑦注意力调转,主要反映测

试个体视警觉性、注意力以及反应的协调能力;⑧曲线吻合,主要反映测试个体眼-手协调及非随意运动稳定性;⑨目标追踪,主要反映测试个体注意力与眼-手协调运动能力;⑩斯特鲁普效应,主要反映测试个体选择注意力及认知的抗干扰能力。所有测试对象在正式测试前进行模拟测试,完全掌握测试内容和操作方法。正式测试严格按照操作指南进行,被试人员在光线柔和、四周安静、无风的房间内用配置相同的电子计算机操作,一次性完成 10 个测试项目,全部测试由专业人员指导完成。

**1.2.3 神经行为能力指数的测试** Bole.NES 除继续保留模块化测试项目组合和测试参数编辑等功能外,在测试结果的评价方法上还引入了神经行为能力指数(neurobehavioral ability index, NAI)。NAI 是将神经行为测试结果的多个检测指标按照一定的计算规则生成的无量纲值,NAI 越大,说明该神经行为能力越强,反之亦然。使神经行为检测结果的评价更为简便和直观,能够反映神经功能的总体状况<sup>[4]</sup>。

**1.3 统计学分析** 采用 SPSS 20.0 统计软件进行统计学分析,计量资料采用均数 $\pm$ 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,组间计量资料比较采用  $t$  检验,以  $P \leq 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 基线资料** 100 名研究对象中,男 85 名,女 15 名,平均年龄  $(24.1 \pm 4.8)$  岁,平均军龄  $(5.3 \pm 5.0)$  年,平均身高  $(171.7 \pm 6.1)$  cm,平均体重  $(66.0 \pm 9.6)$  kg;文化程度:硕士研究生 2 名,本科 18 名,大专 31 名,高中 48 名,初中 1 名;人员类别:干部 10 名,士官 55 名,义务兵 35 名;计算机熟练程度:一般 85 名,熟练 14 名,精通 1 名。

## 2.2 神经行为测试结果

**2.2.1 情感情绪结果** 与舒适环境相比较,官兵在湿热环境下紧张-焦虑、愤怒-敌意、疲惫-惰性、抑郁-沮丧、困惑-迷茫等几种负性情绪得分升高,有力-好动得分下降,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),见表 1。

**2.2.2 智力测试结果** 与舒适环境比较,湿热环境下,官兵的心算测试计算个数和正确个数下降、神经行为能力指数降低,差异有统计学意义( $P < 0.05$ );系列加减测试的正确个数减少,总耗时和平均反应时间增加,神经行为能力指数降低,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),见表 2。

表 1 官兵在不同环境下心境量表测试结果比较( $\bar{x}\pm s, n=100$ )

测试状态	紧张-焦虑	愤怒-敌意	疲惫-惰性	抑郁-沮丧	有力-好动	困惑-迷茫
舒适环境	6.96±2.45	5.60±3.19	4.11±3.17	6.24±4.35	17.98±3.40	5.53±1.96
湿热环境	10.37±4.96*	9.12±5.52*	7.70±4.45*	13.01±9.92*	14.21±4.74*	8.48±4.15*

与舒适环境比较, \* $P<0.05$

表 2 官兵在不同环境下测试结果比较( $\bar{x}\pm s, n=100$ )

测试项目	舒适环境	湿热环境
心算测试指标		
计算个数	36.59±9.69	34.34±8.86*
正确个数	35.87±10.11	32.89±9.84*
能力指数	2.99±0.84	2.74±0.82*
系列加减测试指标		
正确个数	14.73±0.61	14.50±0.87*
总耗时(s)	14.42±1.16	14.97±2.31*
平均反应时间(s)	0.96±0.08	1.00±0.15*
能力指数	3.33±0.33	3.18±0.61*
视觉保留测试指标		
正确个数	9.48±1.09	8.29±0.46*
平均反应时间(s)	2.11±0.18	1.94±0.34*
能力指数	2.12±0.47	1.79±0.43*
记忆扫描测试指标		
正确个数	24.52±0.91	24.64±0.74
平均反应时间(s)	0.74±0.11	1.05±0.36*
能力指数	4.11±0.73	3.10±0.89*
数字检索测试指标		
正确个数	19.62±0.70	19.11±2.05*
平均反应时间(s)	2.14±0.34	2.48±0.48*
能力指数	1.51±0.30	1.29±0.30*
注意力调转测试指标		
正确个数	29.33±1.26	25.83±2.29*
平均反应时间(s)	0.63±0.12	0.62±0.09
能力指数	4.35±0.32	4.27±0.35
曲线吻合测试指标		
测试耗时(s)	15.46±5.71	17.47±5.77*
平均偏移量	3.47±0.85	3.56±0.84
能力指数	1.77±0.33	1.66±0.60
目标追踪测试指标		
点击总数(次/分)	89.40±12.45	88.04±20.40
准确点击数(次/分)	78.44±9.23	76.20±13.44
能力指数	2.61±0.31	2.54±0.45

与舒适环境比较, \* $P<0.05$

**2.2.3 学习与记忆能力测试结果** 与舒适环境比较, 湿热环境下, 官兵的视觉保留测试的正确个数减少、平均反应时间增加, 神经行为能力指数降低, 差异有统计学意义( $P<0.05$ ); 记忆扫描测试的平均

反应时间增加、神经行为能力指数降低, 差异有统计学意义( $P<0.05$ ), 见表 2。

**2.2.4 感知觉能力测试结果** 与舒适环境比较, 湿热环境下, 官兵的数字检索测试的正确个数减少、平均反应时间增加、神经行为能力指数降低, 差异有统计学意义( $P<0.05$ ); 注意力调转测试的正确个数减少, 差异有统计学意义( $P<0.05$ ), 而平均反应时间和能力指数的差异无统计学意义( $P>0.05$ ), 见表 2。

**2.2.5 心理运动测试结果** 与舒适环境比较, 湿热环境下, 官兵的曲线吻合测试的耗时增加, 差异有统计学意义( $P<0.05$ ), 而平均偏移量和能力指数的差异无统计学意义( $P>0.05$ ); 目标追踪测试的点击总数、准确点击数和能力指数下降, 但差异无统计学意义( $P>0.05$ ), 见表 2。

**2.2.6 其他心理运动类测试结果** 与舒适环境比较, 湿热环境下, 官兵的斯特鲁普效应测试的正确个数和能力指数下降, 平均反应时间增加, 但差异无统计学意义( $P>0.05$ ), 见表 3。

表 3 官兵在不同环境下斯特鲁普效应测试结果比较( $\bar{x}\pm s, n=100$ )

项目	舒适环境	湿热环境
正确个数 1	10.00±0.00	9.89±0.33
平均反应时间 1(s)	1.21±0.14	1.24±0.17
正确个数 2	10.00±0.00	9.89±0.33
平均反应时间 2(s)	1.21±0.18	1.28±0.22
能力指数	3.24±0.60	3.17±0.49

3 讨 论

神经行为是指由机体各种感觉系统接受信息, 通过中枢神经系统整合、加工再发出各种动作指令, 直至最后完成这一指令的过程。这一过程的强弱和准确度称为神经行为能力, 被视为最敏感、最复杂的人体生理功能, 常作为环境有害因素对机体造成不利影响的早期评价指标。



根据环境温度和人体热平衡之间的关系,通常把气温 35℃ 以上的生活环境、32℃ 以上的劳作环境以及相对湿度在 60% 以上的环境称为高温高湿环境<sup>[5]</sup>。近年来由于我国本土战略防御重点南移,国际救援、反恐、维和、护航等成我军担负的常态化任务,加上大量新型军事装备的涌现,如新型坦克、装甲、潜艇以及大型水面舰艇<sup>[6]</sup>等形成的人工热环境数量倍增,湿热环境已经成为严重影响军人健康<sup>[7]</sup>和军事作业能力的重要因素,湿热环境对官兵神经行为的影响特征亟待进一步探讨。本研究通过测试比较热区部队官兵在自然湿热环境和舒适环境下的神经行为能力,发现湿热环境对官兵的情绪、智力、学习与记忆能力、感知觉和心理运动等神经行为能力均产生了一定程度的不利影响。

负面的情绪可引起负面的行为<sup>[8]</sup>。本研究发现官兵在湿热环境下紧张-焦虑、愤怒-敌意、疲惫-惰性、抑郁-沮丧、困惑-迷茫等几种负性情绪得分升高,有力-好动等正性情绪的得分下降,这可能对官兵的意志力带来不良影响,从而引起盲从、被暗示等现象。在负性情绪的影响下,还可能出现短时记忆容量变小、注意力分散且稳定性差、思维想象困难、警觉水平降低等问题,从而减弱其自我控制能力<sup>[9]</sup>。

当今信息化条件下的战争,官兵的智力、学习与记忆能力、感知觉以及心理运动等神经行为能力对战争的胜负起着重要作用。本研究结果显示,在湿热环境下,官兵的智力、学习与记忆能力、感知觉等相关测试项目的多项指标低于舒适环境,说明湿热环境对官兵的逻辑思维能力、记忆/思维能力、工作记忆和视觉记忆能力、短时记忆能力、视感知-视觉检索能力、视警觉性、注意力以及反应的协调能力等方面的神经行为能力也造成了不利影响。高温可导致人员智力相似性、记忆力和视能力得分下降<sup>[10]</sup>。研究发现,在湿热环境下驾驶装甲车,驾驶员的运算能力下降,视觉感知的操作错误数增加,反应灵敏性和速度下降,严重影响军事作业效能<sup>[11]</sup>。高温能够使人体认知功能受损<sup>[12]</sup>,引起人员认知能力评分下降<sup>[13]</sup>,并且机体的认知能力与高温程度具有相关性<sup>[14]</sup>。而认知能力与军人的作战绩效又呈高度相关,暴露在温度较高的外部环境中,对军人完成相对复杂任务的能力经常造成不利影响<sup>[15-16]</sup>。动物试验也显示,高温可降低小鼠的学习

记忆能力,影响其情绪唤醒水平<sup>[17-18]</sup>。高温环境能够影响战斗机飞行员的最小感知力、反应和灵活性<sup>[19]</sup>,还能减弱矿工的反应能力、手指灵活性和双手协调性<sup>[20]</sup>。湿热环境主要通过改变神经递质含量<sup>[21-22]</sup>、影响信号传导通路<sup>[23]</sup>、激发免疫反应和炎症反应等途径引起机体相关神经行为能力的改变<sup>[24]</sup>。另外,军事作业环境除了高温高湿,还往往伴随着噪声、振动等有害因素,可进一步加重对官兵神经行为能力的影响<sup>[25-26]</sup>。

为减轻湿热环境对官兵神经行为能力的影响,维护部队战斗力,各级应采取以下综合措施:①加强热区部队军事作业过程中热应激监测、评价及预警,尽量避开高温天气气温最高时段进行训练或作业;②部队在入夏前开展耐热锻炼促进热习服形成,同时加强辅助药物及特种营养的保障,提高官兵对湿热环境的适应能力;③改善官兵居住和训练条件,研制并配发有助于部队抵抗热应激的降温装备(如单兵空调背心等);④加强官兵湿热环境下训练的医疗卫生保障和心理辅导。

#### [参考文献]

- [1] 曹佳.陆军军用密闭舱室作业环境危害评估与健康效应的研究进展[J].第三军医大学学报,2013,35(3):185-188.
- [2] 郭新梅,袁修干.坦克乘员热应激解决的试验研究[J].中国生物医学工程学报,2010,29(3):422-426.
- [3] 王发选,刘凯,王秀琴,等.采用神经行为功能测验组合测定高温作业对职业暴露人群神经行为功能的影响[J].宁夏医科大学学报,2010,32(6):693-695.
- [4] 李代波,孙磊,王涛,等.坦克舱室有害因素对乘员神经行为能力的影响[J].第三军医大学学报,2013,35(3):205-208.
- [5] 常芸.高温高湿环境对运动员的影响与应对措施[M].北京:国家体育总局体育科学研究所,2008.
- [6] 薛晨,张鹭鹭,徐纪平,等.船坞登陆舰医疗救治平台模拟仿真分析[J].东南国防医药,2018,20(4):350-353.
- [7] 王太武,艾乐乐,张琪,等.东南沿海部队官兵中暑现状及影响因素分析[J].东南国防医药,2019,21(1):110-112.
- [8] 房俨然,魏薇,罗萍,等.员工负性情绪对情绪劳动策略的影响[J].心理学报,2019,51(3):353-365.
- [9] 黄韶华,沈义庆.高温高湿环境对人情绪的影响[J].中国医药科学,2016,6(4):221-222,228.
- [10] 赵海英,张美辨,邹华,等.高温作业对人体行为功能的影响[J].浙江预防医学,2007,19(10):36-37.
- [11] 郝向阳,刘洪涛,杨邵勃,等.装甲车辆驾驶员在热环境下持续作业时机体生理及心理的变化趋势[J].中华劳动卫生职业

- 病杂志, 2004, 22(4): 257-260.
- [12] Mazloumi A, Golbabaie F, Mahmood S, *et al.* Evaluating effects of heat stress on cognitive function among workers in a hot industry[J]. *Health Promot Perspect*, 2014, 4(2): 240-246.
- [13] 王 静, 李 超, 王景峰, 等. 某密闭环境高温舱室作业人员作业能力评估[J]. *解放军预防医学杂志*, 2016, 34(3): 312-313, 316.
- [14] Schmit C, Hausswirth C, Le M Y, *et al.* Cognitive functioning and heat strain: performance responses and protective strategies [J]. *Sports Med*, 2017, 47 (7) : 1289-1302.
- [15] 迈克尔·艾森克 (Eysenck, M.W.) 著, 吕厚超等译, 心理学国际视野 (上) [M]. 北京: 北京大学出版社, 2010: 80.
- [16] 汪 洪, 刘枢晓, 刘诗翔. 热环境对军人认知能力和军事训练的影响[J]. *中国健康心理学杂志*, 2012, 20 (12) : 1792-1793.
- [17] 万 娜, 成亚纯, 肖娟娟. 热应激及热应激预处理对小鼠学习记忆以及情绪的影响[J]. *神经损伤与功能重建*, 2016, 11 (4): 339-341.
- [18] Lee W, Moon M, Kim H G, *et al.* Heat stress-induced memory impairment is associated with neuroinflammation in mice [J]. *J Neuroinflamm*, 2015, 12(1): 102.
- [19] 田寅生, 李 晶, 丁 立, 等. 战斗机座舱高温环境操作工效评价研究[J]. *生物医学工程学杂志*, 2011, 28(4): 702-707.
- [20] 白煜坤. 高温环境对矿工生理及行为影响实验研究[D]. 西安科技大学, 2015.
- [21] Roelands B, Meeusen R. Alterations in central fatigue by pharmacological manipulations of neurotransmitters in normal and high ambient temperature [J]. *Sports Med*, 2010, 40(3): 229-246.
- [22] Nybo L, Rasmussen P, Sawka MN. Performance in the heat-physiological factors of importance for hyperthermia-induced fatigue [J]. *Compr Physiol*, 2014, 4(2): 657-689.
- [23] 芦苏玉. 高温高湿环境与运动能力[J]. *安徽体育科技*, 2015, 36(2): 58-60, 67.
- [24] 施江敏, 齐佳悦, 高俊涛. 高温环境对学习记忆影响的研究进展[J]. *吉林医药学院学报*, 2019, 40(2): 135-139.
- [25] 高瑞霞. 噪声和高温对消防员行为能力影响实验研究[J]. *消防科学与技术*, 2017, 36(10): 1434-1437.
- [26] 李燕茹, 梁嘉麟, 王 欢, 等. 噪声和高温联合作用对神经行为功能影响的研究[J]. *基层医学论坛*, 2014, 18(28): 3745-3747.

(收稿日期: 2019-05-27; 修回日期: 2019-06-28)

(责任编辑: 刘玉巧; 英文编辑: 吕镗烽)