

DOI: 10.16781/j.0258-879x.2021.04.0432

• 海洋军事医学 •

## 特殊环境对军人认知功能的影响

赵后雨, 屠志浩, 瞿靖芮, 沈兴华\*

海军军医大学(第二军医大学)心理系航海心理学教研室, 上海 200433

**[摘要]** 特殊环境如沙漠、极地、高原、潜艇、潜水等都会对暴露个体的认知功能产生影响, 进而影响到个体的生活和工作状态甚至生命安全。认知功能受影响的程度与特殊环境暴露时长、特殊环境应激源的强烈程度、认知任务的复杂程度以及一些个体因素有关。军队往往驻扎在上述特殊环境中, 军人的认知功能受特殊环境影响明显。目前不同特殊环境对认知功能影响研究的设计、样本量、选取的实验情境、认知功能指标和测量工具有所不同, 导致研究结果存在差异。未来该领域的研究应改进目前存在的一些问题, 着重关注认知功能发生改变的原因机制, 并探索干预策略, 以降低特殊环境对军人认知功能的不利影响。

**[关键词]** 环境; 环境暴露; 军事人员; 认知

**[中图分类号]** R 821.4; R 395.6

**[文献标志码]** A

**[文章编号]** 0258-879X(2021)04-0432-07

### Influence of special environments on cognitive function of military personnel

ZHAO Hou-yu, TU Zhi-hao, QU Jing-ru, SHEN Xing-hua\*

Department of Naval Psychology, Faculty of Psychology, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

**[Abstract]** Special environments, such as desert, polar, plateau, submarine, and diving, may affect the cognitive functions, quality of life and work status and even life safety of the exposed individuals. The degree of cognitive impacts is related to the duration of exposure, the intensity of stress, the complexity of cognitive tasks and some individual factors. Troops are always stationed in the special environments mentioned above, and the cognitive function of military personnel is greatly affected by the environment. Differences in experimental designs, sample sizes, selected environmental stressors, cognitive function indicators and measurement tools between different researches can, lead to various results. Future researches in this field should improve the existing shortcomings, focus on the mechanism of cognitive function changes, and explore intervention strategies to reduce the adverse impacts of special environments on cognitive functions of military personnel.

**[Key words]** environment; environmental exposure; military personnel; cognition

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2021, 42(4): 432-438]

认知功能是指人类在觉醒状态下始终存在、受自我意识控制、各式各样的精神方面的活动。这些活动既有简单的也有复杂的, 简单的如感知觉、视听觉、注意等, 复杂的有理解、判断、推理、抽象概括、复杂计算等<sup>[1]</sup>。特殊环境如高原、沙漠、极地等往往存在严寒、高温、高压、缺氧、二氧化碳浓度高等不利因素, 个体需要进行特殊防护来应对, 而且这些特殊环境往往封闭且与外界社会相对隔离, 以上各种因素都可能对个体的认知功能造成影响。军人肩负保家卫国的重任, 需要执行训练、保障、飞行、远航等各项任务, 而且军队往往驻扎在上述特殊环境中, 因此军人这一群体是研究的重

点。反应速度与准确性、记忆、注意力等基础认知功能是完成各种复杂认知作业的基础, 任何一点认知功能的障碍都可能给自身、给集体甚至给国家带来严重后果。了解特殊环境中的不利因素可能在何时、以何种程度及方式影响到军人的哪些认知功能, 能够促进安全、提高工作绩效, 最终探索出减少或消除特殊环境对认知功能影响的方法和策略。

国内外多项研究已经证明, 特殊环境对认知功能会产生影响。本文着重介绍各项研究所采用的认知功能测量工具和选取的测量指标, 并总结目前该领域研究存在的一些问题, 对未来研究提出一些建议。

[收稿日期] 2019-07-17

[接受日期] 2020-03-31

[作者简介] 赵后雨, 硕士生. E-mail: zhaohouyuecho@163.com

\*通信作者( Corresponding author ). Tel: 021-8183192, E-mail: xhshensmmuhyx@163.com

## 1 特殊环境对认知功能的影响

1.1 沙漠高温环境 沙漠是一种特殊的环境状态,其主要特点是温度高、温差大、多大风、多尘土、日照强、夜温低。这些因素都会对人产生影响,其中高温的影响最大。驻守在沙漠的士兵为了保护自身不受高温和烈日的伤害,需要穿戴和配备防护制服及防护装备,这些措施可能会使士兵暴露在更强烈的高温环境中。在沙漠烈日的照射下,坦克和装甲运兵车等金属装备的吸热特性会把士兵置于更恶劣的环境中。高温通过改变大脑神经生化而造成电解质紊乱影响一个人的整体效能。既往研究多在实验室的模拟情景下开展,发现热应激会导致整体的生理高唤醒状态及认知功能的下降<sup>[2-3]</sup>;炎热干燥环境下的军事训练会造成认知功能显著下降,而且任务越复杂认知功能的下降越显著<sup>[4]</sup>。有研究者在真实的沙漠情景中对100名健康军人(至少在沙漠中工作1年)的认知功能进行评估,该研究者选择PGI(post graduate institute)记忆量表、追踪测验、反应计时器和威斯康星卡片分类测验的计算机版本分别测量被试在2月份(25~28℃)和6月份(42℃)的认知功能。该研究发现,相较于正常天气,炎热气候下测得的认知功能显著下降,这种效应对于需要持续性注意、集中能力、心理运动功能、言语记忆及执行功能的被试者尤为显著<sup>[5]</sup>。热应激对认知功能造成影响的研究所选择的认知功能测量工具还有CogState,其包含心理运动功能、视觉注意力、警觉性、工作记忆、情景学习能力5个任务,结果显示被试认知功能在沙漠高温环境中显著下降,受损最严重的认知功能包括心理运动功能和注意力<sup>[6]</sup>。

目前有关高温环境影响认知功能的研究还很少,总的来说,沙漠环境下热应激对认知功能的影响受到热应激的严重程度、暴露时长及认知任务复杂程度的影响<sup>[7]</sup>。简单的认知任务(如选择反应时)一般不受影响,但是一些更复杂的任务(如需要执行功能的任务)会受到损害<sup>[7]</sup>,而且当高温与其他因素(如体力活动)共同作用或者核心体温显著升高时,认知任务的错误率会增加。因此,合理安排沙漠高温环境中士兵的工作与训练(如将较重的任务安排在1d之内温度较低的时间段,温度最高的时间段在室内休息等)及加强高温防护非常重要。

1.2 潜水环境 潜水员是海军进行多样化军事任务的重要力量。潜水员面临的水下作业环境复杂多变,包括高压、低温、水流、黑暗、水生物及其他一些难以预测的因素。潜水员能否安全顺利地完成任务过程、达到潜水目的,每个环节都受到水下环境中相应因素的制约。为了克服客观因素对机体的作用,潜水者常使用各种不同的潜水装具、装备,特别是保证供应适宜于潜水时呼吸的气体及保暖、抗浮等设备和物件,但在利用这些装具、装备和设施过程中又会带来一些新的问题。装具、装备、呼吸气体等因素都会对潜水员造成影响<sup>[8]</sup>。

潜水对认知功能的影响已被证实。各项研究选择的测量工具和研究内容各不相同。1981年,Lewis和Baddeley<sup>[9]</sup>选择加法测验、语义记忆测验、语法推理测验、Stroop任务数字相似性测验、视觉搜索任务、短时记忆等测验任务,测量潜水员的语义和短时记忆、算术能力、加工速度、语法推理等能力,结果显示潜水后除了语义记忆和语法推理能力,其他各种认知功能均显著下降。Balestra和Germonpré<sup>[10]</sup>应用数字跨度测验、符号数字替换、简单反应时和手眼协调性测试分析了潜水员的短时记忆及高级认知功能(如视觉运动能力),结果显示潜水环境会引起潜水员认知功能的下降,而且这可能是一种累积效应。有研究还报道了潜水对神经系统的影响,Di Piero等<sup>[11]</sup>报道了专业潜水员在高压氧呼吸下发生脑灌注异常。此外,Tetzlaff等<sup>[12]</sup>的研究表明曾经从事专业潜水的老年人有中枢神经系统受长期有害影响及相关神经心理功能降低的风险。另有研究在20min的深潜水前后对12名专业海军潜水员的认知功能和应激水平进行了测量,在潜水前60min和潜水后20min利用同步听觉系列加法测验(paced auditory serial addition test, PASAT)软件测量潜水员的总体心理健康、反应速度、持续性注意及心理疲劳,同时通过潜水员唾液皮质醇水平测量其应激水平<sup>[13]</sup>。该研究结果显示,在20min的潜水之后反应时显著增加、心理疲劳增加、持续性注意能力下降,而且唾液皮质醇水平也显著升高,被试的心理健康水平和认知能力在潜水后有一个短暂的下降趋势,推测可能与潜水引起的唾液皮质醇水平增加有关。Hemelryck等<sup>[14]</sup>的研究也显示,潜水会导致加工速度及持续性注意的下降。大多数潜水影响认知功能研究选择

的被试都是男性,仅有1项随机双盲研究试图在实际潜水环境下对男女潜水员的认知功能进行测量。该研究采用1项视觉记忆测试和1项数字连接测试分别测试被试的短时记忆、长时记忆和认知加工速度,结果发现在认知加工速度上不同性别之间的差异无统计学意义,但是女性潜水员在记忆测试上的表现显著好于男性潜水员<sup>[15]</sup>。

总之,潜水环境会影响暴露个体的认知功能,而且这种影响与潜水深度、潜水类型(如饱和潜水、常压潜水等)、潜水装具、潜水过程中呼吸的气体(如氧氮混合气体、氧氦混合气体等)、性别等因素都有关,但由于实验控制的困难,目前还不能就单一影响因素的影响程度形成客观、准确的研究结果。许多研究都提出,潜水员面对的各种应激源可能是认知功能发生变化的重要影响因素。目前国内有关潜水环境影响认知功能的研究非常少,而关于潜水环境对认知功能的影响是即时的还是具有累积效应也需要深入研究。

**1.3 高原环境** 2004年在青海省西宁市召开的第六届国际高原医学大会上,各国学者充分讨论,确定海拔2 500 m以上为高原<sup>[16]</sup>。高原自然环境恶劣,除具有低压低氧、干燥寒冷、狂风、强烈的太阳辐射和紫外线照射等主要气候特征外,还有昼夜温差大、自然灾害多等环境特点<sup>[17]</sup>,加之驻扎于高原的部队大多远离城镇,驻点分散,交通不便,信息闭塞,人员稀少,与外界交流少,生活单调、枯燥,这些因素都可能对高原地区军人的生理与心理造成不利影响<sup>[18]</sup>。很多研究的结论一致,即高原环境会使高原军人的认知功能下降。

保宏翔等<sup>[19]</sup>用EP704九孔仪、EP503A深度觉测试仪、EP206-P型反应时运动时测定仪、EP504型时间知觉测试仪对进驻高原3个月男性新兵的反应时、速度知觉、时间知觉、手臂稳定性、记忆广度、深度知觉、短时记忆、注意广度等进行了测量,结果发现高海拔环境会对驻高原部队官兵的多种认知功能造成不同程度的损伤,尤其对反应运动时、深度知觉及记忆能力的损伤较为明显。史菊红等<sup>[20]</sup>选取蒙特利尔认知评估量表评估2 037名驻高原部队官兵的认知功能,并采用多元logistic回归模型探索认知功能损害的可能危险因素,结果显示驻高原部队官兵的认知功能显著下降甚至出现轻度认知功能障碍,睡眠质量较差或失眠是其重要

的危险因素。Ma等<sup>[21]</sup>利用事件相关电位(event-related potential, ERP)探索长期暴露于高原环境对冲突控制的影响。长期暴露于高海拔环境会影响冲突解决阶段的冲突控制能力,高海拔环境下注意力减少会抵抗冲突的控制,因此,即使在行为层面上海拔的影响并不显著,但是ERP显示低海拔环境下的P3振幅显著高于高海拔环境,长期高原暴露会损害注意力及冲突控制能力。彭丽等<sup>[16]</sup>对驻守于不同海拔地区的汽车兵的部分认知功能进行了现场实地的大样本测量,采用注意集中测量仪、注意分配测量仪和韦氏成人智力量表对比了不同海拔高度汽车兵感知觉、快速判断、选择反应时、注意力、记忆力、领悟力等认知能力的差异,发现高原环境对汽车兵感知觉、快速学习、快速判断、选择反应时和记忆力均有不利影响;以海拔高度为单一因素进行分析,高海拔组对声音反应正确次数均低于中海拔组和低海拔组、选择声反应时均长于中海拔组和低海拔组、注意声和光反应时均长于中海拔组和低海拔组、图片回忆量表分均低于中海拔组和低海拔组、领悟理解量表分均低于中海拔组和低海拔组,总体来说高海拔对认知能力的影响程度高于中、低海拔。高原环境对汽车兵注意分配能力有不利影响,但对注意集中能力影响不大。高原环境对汽车兵复杂认知功能影响更大,表现在高原汽车兵领悟理解能力比平原汽车兵更差。

总之,高原环境对暴露个体的认知功能会产生明显影响,主流观点认为各项认知能力受高原环境的影响程度基本呈“高度依赖”趋势,即海拔越高认知功能受损越严重,而且不同认知功能的变化趋势不同。高原环境对暴露个体认知功能的影响非常复杂,而且可能存在气候环境与社会环境的交互作用,目前还没有明确其中的作用规律,也没有得出统一结论。

**1.4 潜艇环境** 潜艇是一种密闭、孤立、受限制的生活和工作环境。潜艇环境有很强的特殊性:高温、高湿、高污染、强烈的晃动及噪声;舱室狭窄、密闭、难以见到阳光、氧气和淡水供应困难、二氧化碳浓度高;特殊的值勤制度、工作任务重、睡眠节律紊乱;娱乐设施和娱乐活动少、生活枯燥单调<sup>[22]</sup>。上述恶劣的潜艇环境不仅会对官兵的生理和心理健康造成不利的影 响,还会影响官兵的认知功能。

黄志强等<sup>[23]</sup>用神经行为测试评价系统中文版第4版(neurobehavioral evaluation system-Chinese 4<sup>th</sup> version, NES-C4)测试被试在模拟坐沉潜艇舱中的认知功能, NES-C4测试被试的视简单反应时、听数字广度、记忆扫描及系列加减耗时等4个相对客观的指标,分别反应心理运动、感知觉、记忆力和智力4个方面的神经行为功能<sup>[24]</sup>,结果发现被试的神经行为功能发生波动,尤其是感知觉和智力在刚开始模拟坐沉潜艇时显著下降,但后来被试的神经行为功能并未持续走低,反而得到恢复,表现出一种从不适应到适应的过程。彭丽等<sup>[25]</sup>采用注意集中能力测量仪、注意分配能力测量仪、韦氏成人智力量表中的言语量表和图片回忆分量表,测量被试的反应时、注意力、领悟力和记忆力。该研究的研究对象是某潜艇部队执行完水下任务返回基地的某潜艇部队官兵,研究结果可能更具有说服力。研究表明,潜艇艇员的低音听觉和判断力受到明显影响,而且对于军龄5年以上的官兵影响最为显著;潜艇艇员领悟理解能力差,上艇时间5年以上的官兵受损更显著,说明上述能力的受损可能具有累积效应。Rodeheffer等<sup>[26]</sup>用策略管理模拟测试评估艇员在二氧化碳暴露环境中的决策能力,结果表明在不同的二氧化碳浓度下被试的决策能力差异并没有统计学意义。

目前,有关潜艇环境对暴露个体认知功能影响的研究还很缺乏,而且研究结果不一致。有些研究得出了某些认知功能下降的结论,而有些研究却没有发现认知功能的下降。我们分析可能有以下几点原因:(1)潜艇科技含量高、任务隐蔽性高、武器装备操作复杂程度高,潜艇部队的征兵要求比较高;(2)追踪时间比较短,可能难以发现认知功能的变化;(3)由于条件限制,研究人员难以跟随潜艇出航,因此未能在真正的潜艇环境中测量艇员认知功能的变化,大多数研究采用的是模拟环境,可能忽略了一些主观因素的影响。

**1.5 极地寒冷环境** 极地与大陆相距遥远,气候寒冷、干燥,还存在极昼、极夜等特殊自然现象。极地工作人员需要在严寒、强风、冰雪、极端封闭的恶劣环境中完成各种复杂的任务。此外,极地社会环境单调、枯燥,与外界联系少、缺乏娱乐活动和娱乐设施。这些因素都可能对极地工作人员的认知功能产生影响。但关于这种影响的性质目前还存

在争议,有研究认为极地环境下人的认知功能会显著下降<sup>[27]</sup>,但也有研究认为随着南极驻留时间的延长,人的认知功能并不会出现严重衰退,某些认知功能还有所提高<sup>[28-29]</sup>。

于永中等<sup>[27]</sup>测量了17名中国南极科考队队员的记忆能力,发现在南极环境中驻留2个月后简单记忆测定分值无明显变化,但是复杂记忆译码时间明显延长,表明南极特殊环境对人类认知功能会产生影响。闫巩固等<sup>[30]</sup>使用短时记忆再认实验和短时记忆搜索实验考察记忆功能,使用心理旋转任务考察空间认知能力,考察极地驻留时间对中国南极越冬队员认知功能的影响,结果发现短时记忆和简单空间认知能力在极地环境下保持稳定甚至有所提升。一项以极地驻留时间对认知功能影响的研究选用任务获取测验、延迟再认测验、PGI记忆量表中的注意力和集中力测验及韦氏成人智力量表中的数字符号替换测验,分别测量被试的再认记忆、检索能力、短时记忆和学习能力<sup>[31]</sup>。该研究发现,极地越冬人员的认知功能发生了正向变化或者保持稳定,测量再认记忆和学习能力的任务准确率随着极地驻留时间的延长而增加,测量短时记忆能力的任务准确率基本保持稳定,没有明显的改善或下降。研究者通过一个基于软件的5 min视觉反应时间任务<sup>[32]</sup>评估13名极地工作人员的心理运动功能,结果显示被试的心理运动功能在13个月内保持稳定<sup>[33]</sup>。

与炎热的沙漠环境相比,寒冷环境对人的认知功能影响的相关认识还存在很大争议。总的来说,寒冷环境对注意力和加工速度的影响很小,对记忆力的影响主要集中于工作记忆、再认记忆、语义记忆等方面,而且影响的性质和程度还与寒冷程度、驻留时间、认知任务的复杂程度、驻地的信息闭塞和封闭程度等有关。寒冷环境对认知功能的不利影响被认为与寒冷感觉的干扰效应有关<sup>[34]</sup>,有学者将寒冷环境看作一种应激源,当个体将注意力转移到此应激源上时就会分散对手头任务的注意力,因此寒冷应激源越强烈或者需要执行的认知任务越复杂时个体在认知任务上的表现就越差。

## 2 目前相关研究存在的问题

研究对象上,既往研究对军人这一特殊群体报道较少,仅有的一些研究中样本量往往都达不到要求,统计效力较低,研究结果的说服力也不强,此

外目前的研究对象多为男性。

研究情境和方法上,由于在特殊环境中很难开展问卷调查、心理仪器测量等工作,而且高原部队官兵、潜水员、极地工作人员往往任务繁忙,很难抽出整块的时间参与研究,加之特殊环境中人员变动大,已有研究主要采用模拟环境如低压氧舱等进行横断面研究,对现场研究报道少,纵向追踪报道少,较大样本量的实地报道少。

研究内容上,各研究选取的认知功能测量指标不统一,对同一指标采用的测量工具也不统一,例如有的研究笼统地测量记忆力、注意力,有的研究则分别测量长时记忆、短时记忆、工作记忆、集中性注意、协调性注意、分配性注意等。对于工作记忆这一测量指标,有些研究选择工作记忆广度任务,有些研究则采用韦氏成人智力测验中的某些分量表。即使选择了同一测量工具,设置的认知任务的复杂程度可能也有差异。以上这些都可能导致研究结论的不同,由于测量指标不统一也难以对既往研究进行系统性综述和 meta 分析。

测量工具上,许多用于评估认知功能的工具都是传统的神经心理学工具,主要是用于帮助临床诊断,而不是用来评估规范性认知功能的个体差异,这些工具作为干预功能变化的敏感性(特别是在标准样本的背景下)值得怀疑。重复测量存在一个学习效应,有些研究得出的特殊环境下认知功能得到改善的结论可能是由于学习效应。

关于特殊环境影响认知功能的研究结论存在差异的原因,除了研究设计与研究工具的差异外,也可能是选择的情景不同,大多数研究采用的是模拟情景,但有研究证明个体对特殊环境的情绪状态如紧张焦虑等也会对认知功能造成影响<sup>[35]</sup>,紧张焦虑的情绪会加重特殊环境中的不利因素对认知功能的损害<sup>[36]</sup>。与模拟环境相比,实地环境可能会引起个体情绪状态以及应激状态的变化<sup>[37]</sup>,实地环境研究具有更好的生态效度和外部效度,因此其研究结果可能比模拟环境得到的研究结果更具有说服力。

### 3 小结

特殊环境是军事人员可能面临的众多独特挑战之一,了解特殊环境对他们认知功能的影响可以预测并确定潜在的缓解和干预策略。与体力疲劳等

因素引起的认知功能障碍不同,通过增加营养、服用咖啡等精神活性物质,或者采用现代医疗科技手段可以避免或减轻这类因素的影响,但特殊环境是难以避免的因素,尤其对担负着保家卫国重任的军人而言。本文总结了沙漠高温、潜水、高原、潜艇、极地寒冷几类特殊环境对暴露个体认知功能的影响。特殊环境暴露的严重程度和持续时间会影响认知功能受影响的程度,认知任务的复杂性及执行任务者的个体因素也会影响认知功能受影响的程度,困难的或者是不熟悉的认知任务对特殊环境最敏感,最易受到特殊环境的影响。在环境比较极端的情况下,许多简单的认知任务也会受到影响。

各研究选取的认知功能测量方法有多种,如反应计时器、数字、广度任务、追踪测验、情景记忆任务、自由回忆测试、再认回忆测试、语法推理任务、N-back 任务、Go/No-Go 任务、模型匹配任务、代码替换任务、警觉性任务、瑞文渐进性推理测验、迷宫任务、斯腾伯格记忆测验、注意力网络测验、双向任务、威斯康星卡片分类测验、心理旋转测试等。这些方法被用来测量被试的注意力、工作记忆、情景记忆、短时记忆、长时记忆、感知觉能力、加工速度、执行功能、心理运动能力、推理能力等多项认知功能。

既然特殊环境会对个体认知功能造成影响,毋庸置疑我们应该探索应对策略。在特殊环境条件下提高认知能力的策略应该集中在降低由特殊环境应激源引起的生理和心理障碍的程度上。有研究表明,适应和习服能减少特殊环境应激源施加的认知负荷,可能是潜在的干预策略<sup>[38]</sup>。未来相关研究可以利用神经科学技术如 PET 扫描、功能性 MRI、ERP、动脉自旋标记成像(arterial spin labeling, ASL)等技术,探索特殊环境是否会对大脑结构和功能造成损伤,以及是否可以用神经科学的技术对认知功能发生障碍的个体进行干预。事实上,很多研究已经运用了一些技术并取得研究成果。Qian 等<sup>[3]</sup>利用 ASL 发现高温环境暴露个体的静息状态脑血流(cerebral blood flow, CBF)有显著的变化,具体来说, CBF 增加主要集中在丘脑脑干区,而 CBF 减少主要集中在前顶叶区、前扣带回皮质、后扣带回皮质和内侧额叶皮质,这些变化与个体随后认知任务反应时的增加及心理疲劳程度的增加呈显著正相关。

未来研究应致力于得出特殊环境暴露对人类认知功能影响的更明确结论,增加对可利用的潜在干预技术的知识和理解,这对于改善各种特殊环境暴露个体的认知功能至关重要。我们认为,未来该领域的研究有以下可以改进的方面:(1)开展实地环境下的纵向追踪研究,研究设计要加强实验样本量的计算,以提高统计效率和实验结果的说服力;(2)结合神经科学技术和生物化学技术探索认知功能受影响的机制;(3)选取统一的认知测量指标和测量工具,简单、易行、计算机化为最优;(4)改善实验设计,降低认知测验与任务学习效应,提高实验效度;(5)特殊环境中可能存在影响认知功能的多种因素,在研究某一因素的影响时应注意控制其他因素;(6)特殊环境对认知功能的影响是即时的还是具有累积效应,是否具有可逆性,这些问题都需要解决;(7)关注可能对认知功能受影响起到调节作用的因素,如人格、应对方式、自动思维、心理韧性等,为未来军人的心理选拔提供参考;(8)探索和优化干预策略,最大限度降低特殊环境对暴露个体认知功能的影响。

#### [参考文献]

- [1] 梁宁建,当代认知心理学(修订版)[M]. 上海:上海教育出版社,2014:3-5.
- [2] PIIL J F, LUNDBYE-JENSEN J, CHRISTIANSEN L, IOANNOU L, TSOUTSOUBI L, DALLAS C N, et al. High prevalence of hypohydration in occupations with heat stress—perspectives for performance in combined cognitive and motor tasks[J/OL]. PLoS One, 2018, 13: e0205321. DOI: 10.1371/journal.pone.0205321.
- [3] QIAN S, LI M, LI G, LIU K, LI B, JIANG Q, et al. Environmental heat stress enhances mental fatigue during sustained attention task performing: evidence from an ASL perfusion study[J]. Behav Brain Res, 2015, 280: 6-15.
- [4] RAZMJOU S. Mental workload in heat: toward a framework for analyses of stress states[J]. Aviat Space Environ Med, 1996, 67: 530-538.
- [5] SAINI R, SRIVASTAVA K, AGRAWAL S, DAS R C. Cognitive deficits due to thermal stress: an exploratory study on soldiers in deserts[J]. Med J Armed Forces India, 2017, 73: 370-374.
- [6] MARUFF P, SNYDER P, MCSTEPHEN M, COLLIE A, DARBY D. Cognitive deterioration associated with an expedition in an extreme desert environment[J]. Br J Sports Med, 2006, 40: 556-560.
- [7] MARTIN K, MCLEOD E, PÉRIARD J, RATTRAY B, KEEGAN R, PYNE D B. The impact of environmental stress on cognitive performance: a systematic review[J]. Hum Factors, 2019, 61: 1205-1246.
- [8] 陶恒沂,刘志宏,陶凯忠,陈国民,陈尧忠,朱霞,等. 潜水员的心理素质及其与专业水平的相关性[J]. 中华航海医学与高气压医学杂志,2003,10:196-199.
- [9] LEWIS V J, BADDELEY A D. Cognitive performance, sleep quality and mood during deep oxyhelium diving[J]. Ergonomics, 1981, 24: 773-793.
- [10] BALESTRA C, GERMONPRÉ P. Correlation between patent foramen ovale, cerebral “lesions” and neuropsychometric testing in experienced sports divers: does diving damage the brain?[J/OL]. Front Psychol, 2016, 7: 696. DOI: 10.3389/fpsyg.2016.00696.
- [11] DI PIERO V, CAPPAGLI M, PASTENA L, FARALLI F, MAINARDI G, DI STANI F, et al. Cerebral effects of hyperbaric oxygen breathing: a CBF SPECT study on professional divers[J]. Eur J Neurol, 2002, 9: 419-421.
- [12] TETZLAFF K, FRIEGE L, HUTZELMANN A, REUTER M, HÖLL D, LELOW B. Magnetic resonance signal abnormalities and neuropsychological deficits in elderly compressed-air divers[J]. Eur Neurol, 1999, 42: 194-199.
- [13] POURHASHEMI S F, SAHRAEI H, MEFTAHI G H, HATEF B, GHOLIPOUR B. The effect of 20 minutes SCUBA diving on cognitive function of professional SCUBA divers[J/OL]. Asian J Sports Med, 2016, 7: e38633. DOI:10.5812/asjms.38633.
- [14] HEMELRYCK W, GERMONPRÉ P, PAPADOPOULOU V, ROZLOZNIK M, BALESTRA C. Long term effects of recreational SCUBA diving on higher cognitive function[J]. Scand J Med Sci Sports, 2014, 24: 928-934.
- [15] BREBECK A K, DEUSSEN A, CHMITZ-PEIFFER H, RANGE U, BALESTRA C, CLEVELAND S, et al. Effects of oxygen-enriched air on cognitive performance during SCUBA-diving—an open-water study[J]. Res Sports Med, 2017, 25: 345-356.
- [16] 彭丽. 高原环境对汽车兵认知功能和作业能力的影响[D]. 上海:海军军医大学,2018.
- [17] 杜霞,杨丽珠,马福海. 低氧及运动对人体心脏功能的影响研究综述[J]. 青海科技,2019,26:25-28.
- [18] 乔昆,张鹏. 高原外训军人心理健康、认知因素与急性高山病的相关性[J]. 中国健康心理学杂志,2015,23: 61-64.
- [19] 保宏翔,陈竺,王东勇. 男性新兵进驻高原3个月后认知功能改变研究[J]. 军事医学,2014,38:178-180.
- [20] 史菊红,丁玎,史建平. 2 037名驻高原官兵认知功能降低情况及其危险因素分析[J]. 第二军医大学学报, 2017,38:1214-1217.

- SHI J H, DING D, SHI J P. Cognitive competence decline in 2 037 officers and soldiers stationed on plateau and related risk factors analysis[J]. *Acad J Sec Mil Med Univ*, 2017, 38: 1214-1217.
- [21] MA H, WANG Y, WU J, WANG B, GUO S, LUO P, et al. Long-term exposure to high altitude affects conflict control in the conflict-resolving stage[J/OL]. *PLoS One*, 2015, 10: e0145246. DOI: 10.1371/journal.pone.0145246.
- [22] 彭丽, 谢洪波, 徐津, 沈兴华. 潜艇艇员心理健康状况及其影响因素分析[J]. *海军医学杂志*, 2019, 40: 289-292.
- [23] 黄志强, 方以群, 褚新奇, 殷明, 张和翔, 冯磊, 等. 模拟坐沉潜艇中艇员认知功能及主观症状的变化[J]. *中华航海医学与高压医学杂志*, 2007, 14: 324-327.
- [24] 徐黎明, 胡冰霜, 顾炎权, 杨红光, 梁友信, 陈自强, 等. 介绍一套计算机多媒体神经行为测试评价系统[J]. *中华劳动卫生职业病杂志*, 1999, 17: 7-8.
- [25] 彭丽, 徐津, 叶远鹏, 沈兴华. 潜艇环境对艇员认知功能和作业能力的影响[J]. *心理科学*, 2017, 40: 934-940.
- [26] RODEHEFFER C D, CHABAL S, CLARKE J M, FOTHERGILL D M. Acute exposure to low-to-moderate carbon dioxide levels and submariner decision making[J]. *Aerosp Med Human Perform*, 2018, 89: 520-525.
- [27] 于永中, 张文诚, 邓希贤. 南极环境对人大脑机能的影响: 记忆力及脑电图测定[J]. *中国心理卫生杂志*, 1991, 5: 15-17, 23.
- [28] MARRAO C, TIKUISIS P, KEEFE A A, GIL V, GIESBRECHT G G. Physical and cognitive performance during long-term cold weather operations[J]. *Aviat Space Environ Med*, 2005, 76: 744-752.
- [29] PALINKAS L A, MÄKINEN T M, PÄÄKKÖNEN T, RINTAMÄKI H, LEPPÄLUOTO J, HASSI J. Influence of seasonally adjusted exposure to cold and darkness on cognitive performance in circumpolar residents[J]. *Scand J Psychol*, 2005, 46: 239-246.
- [30] 闫巩固, 王天乐, 张学民, 夏勇军, 肖倩, 黄志华. 极地驻留时间对认知功能的影响[J]. *极地研究*, 2011, 23: 62-67.
- [31] PAUL F U J, MANDAL M K, RAMACHANDRAN K, PANWAR M R. Cognitive performance during long-term residence in a polar environment[J]. *J Environ Psychol*, 2010, 30: 129-132.
- [32] BASNER M, MOLLICONE D, DINGES D F. Validity and sensitivity of a brief psychomotor vigilance test (PVT-B) to total and partial sleep deprivation[J]. *Acta Astronaut*, 2011, 69: 949-959.
- [33] MAIRESSE O, MACDONALD-NETHERCOTT E, NEU D, TELLEZ H F, DESSY E, NEYT X, et al. Preparing for Mars: human sleep and performance during a 13 month stay in Antarctica[J/OL]. *Sleep*, 2019, 42. DOI:10.1093/sleep/zsy206.
- [34] SHARMA V M, PANWAR M R. Variations in mental performance under moderate cold stress[J]. *Int J Biometeorol*, 1987, 31: 85-91.
- [35] 张贤, 刘文斌, 李钦辉. 失眠患者焦虑抑郁及认知功能的研究进展[J]. *医学综述*, 2018, 24: 4908-4911, 4917.
- [36] HOBBS M, KNELLER W. Anxiety and psychomotor performance in divers on the surface and underwater at 40 m[J]. *Aviat Space Environ Med*, 2011, 82: 20-25.
- [37] MORGAN C A 3<sup>rd</sup>, WANG S, SOUTHWICK S M, RASMUSSEN A, HAZLETT G, HAUGER R L, et al. Plasma neuropeptide-Y concentrations in humans exposed to military survival training[J]. *Biol Psychiatry*, 2000, 47: 902-909.
- [38] MÄKINEN T M, PALINKAS L A, REEVES D L, PÄÄKKÖNEN T, RINTAMÄKI H, LEPPÄLUOTO J, et al. Effect of repeated exposures to cold on cognitive performance in humans[J]. *Physiol Behav*, 2006, 87: 166-176.

[本文编辑] 尹 茶