DOI:10.16016/j.2097-0927.202307101

陆军飞行人员战训效能维护的医学研究动态与展望

李 森,杨 策 400042 重庆,陆军军医大学(第三军医大学)大坪医院特殊环境战伤防治研究室,创伤与化学中毒全国重点实验室

[摘要] 陆军航空兵作为陆军高技术主战兵种,在“机动作战、立体攻防”战略要求下,已成为维护我国战略安全的新锐新质力量。面对陆军战机升级换代和实战化训练的新形势,飞行人员在战训耦合模式下飞行作业与环境损伤不容忽视,其卫勤保障体系创新也迫在眉睫。为此,本文在系统分析陆军飞行人员战训损伤的主要因素基础上,立足陆军飞行人员伤病谱和卫勤保障现状,明确制约陆军飞行人员战训效能的瓶颈问题,提出提升陆军飞行人员战训效能的潜在对策,旨在健全陆军航空卫生保障体系、完善卫生保障法规制度、深研航空医学关键问题、深化基层航空卫生保障条件建设及强化陆军航空医学专业人才培养,为陆军飞行人员战训效能提升提供借鉴和启示。

[关键词] 陆军航空医学;直升机;军事医学

[中图法分类号] R821.21; R851.6 [文献标志码] A

Research status and prospect of maintenance of operational and training efficiency in army aviators

LI Sen, YANG Ce State Key Laboratory of Trauma and Chemical Poisoning, Department of Special War Wound, Daping Hospital, Army Medical University (Third Military Medical University), Chongqing, 400042, China

[**Abstract**] As a high-tech combat arm, army aviation corps has emerged as a new force for maintaining our country's strategic security under the strategic requirements of "mobile operations, three-dimensional attack and defense". In front of upgrade and update of army fighters and practical training, the injuries of operational environment cannot be ignored for the pilots under the mode of combat-training integration. And, there is an urgent need for innovation in the aeromedical support system. Therefore, we systematically analyze the main factors for combat-training injuries, consider the injury and disease spectrum and current situation of medical support, and then identify the bottleneck problems which restrict the operational efficiency of army aviation pilots. Then we bring forward the countermeasures to improve their operational efficiency, and provide reference and inspiration for the improvement in army aviators, aiming at establishing a sound support system for army aviation, improving regulations and policies concerning medical support, conducting in-depth research on key issues, deepening the construction of grassroots aviation medical support and strengthening professional talent training.

[**Key words**] army aviation medicine; helicopter; military medicine

Supported by the Special Project of Academician-Leaded Scientific and Technological Innovation Guidance Program (2022YSZX-JCX0015CSTB) and the Project of Talent Innovation Capacity Training of Army Medical Center of PLA (ZXZYTSYS11). Corresponding author: YANG Ce, E-mail: sepsismd@126.com

[基金项目] 院士牵头科技创新引导专项(2022YSZX-JCX0015CSTB);陆军特色医学中心人才创新能力培养计划(ZXZYTSYS11)

[通信作者] 杨 策,E-mail: sepsismd@126.com

2097-0927/Copyright © 2024, 陆军军医大学(第三军医大学)。这篇开放获取文章遵循 CC BY 许可协议(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

陆军航空兵是以直升机为主,辅以固定翼飞机和无人机的现代化高技术兵种,是立体联合作战中不可或缺的新锐新质力量,在现代战争中扮演着重要角色。面对陆军战机升级换代和实战化训练的新形势,为持续提升陆军飞行人员作战能力,高效发挥作战对训练的牵引、训练对打赢的保障作用,陆军航空兵部队正在深入推行以战领训、以训促战的战训耦合模式。基于“机动作战、立体攻防”的战术需求,在高强度实战化训练场景(大机群、多机型、长航时、多波次、跨昼夜、低空域等)下,陆军飞行人员战训效能维护和提升业已成为兵种战斗力生成的关键。然而,直升机舱内作业环境、舱外地域因素以及既往组训模式等原因导致的职业性伤病,是困扰陆军飞行人员战训效能提升的主要因素。为此,从医学防护和卫勤保障角度,结合陆军航空医学研究动态,分析制约陆军飞行人员战训效能的伤病病因,探究潜在防护和救治策略,对于维护陆军飞行人员健康,延长其健康飞行年限,提升机动作战和医学救援水平具有重要军事医学价值。

1 陆军飞行人员战训损伤的主要影响因素

陆军飞行人员作战训练的主要目标是为地面部队提供火力支援,毁伤敌方前沿和战术纵深内的主要目标,攻击敌方空中和地面杀伤单位,并通过机降战斗保障地面部队机动作战,同时还可实施空中侦察、电子对抗、医疗后送等任务[1-2]。因此,飞行人员对体能、智能、认知心理的健康维护均有很高的现实需求。导致陆军飞行人员战训损伤的主要因素涉及以下 5 个方面:①直升机舱室作业环境损伤,主要包括噪声、振动、高热、幽闭环境下,长时间固定体位形成的急慢性职业性损伤[3-4];②舱外特定气候环境,主要包括舱外低氧、低气压、强风、紫外线等大气环境辐射因素导致的机体损伤[5-6];③战训强度和时长相关性损伤,涉及既往体能和飞行训练标准、不同训练环境以及持续性职业心理压力导致的躯体和心理性损伤;④作战训练和意外事故相关性损伤,主要涉及索降相关损伤、碰撞、坠落或压砸等事故伤[7-8];⑤个体健康背景相关性伤病,通过医学选拔后,飞行人员年龄、性格、遗传等个体因素在特定飞行经历、飞行年限作用下可能会产生累积或叠加效应,部分飞行人员出现生理、心理损伤甚至罕见疾病[9-10]。在以上损伤因素单独或协同作用下,如果缺乏有效的医学和卫勤保障措施,部分飞行人员会出现飞行疲劳、特殊职业性伤病、空间定向障碍,制约陆军飞行人员战训效能,甚至出现飞行决策失误[11-12]。

2 突破陆军飞行人员战训效能的瓶颈

新型陆军转型对陆军航空卫生保障提出了新的挑战,尤其是针对我国部分区域特殊环境(高原、海岛、沙漠等地域和极寒、湿热等气候特点)的卫勤保障。近年研究显示,特殊环境下军人健康维护与效能提升是外军军事作业医学关注的核心问题[13]。直升机舱内、舱外环境以及飞行突发险情的临机决策具有不稳定、不确定、复杂等特点。特别是高强度的作战训练环境中,飞行员常面临严峻的身心考验。研究显示,多数陆军航空飞行事故系人因性操作失误,其背后隐藏的“人-机-环境-任务”失调是陆军航空医学面临的重要科学问题。因此,针对特殊环境下陆军航空战训损伤的相关研究工作,特殊作业环境下的航空卫生保障方式和保障效率提升将有助于提升陆军飞行人员的战场适应力,持续突破以上航空卫生保障制约因素将为战训效能提升赋能。

既往研究发现,特殊环境下陆军飞行人员伤病谱和作业异常有其特定规律,陆军航空卫生保障体系、卫生保障法规制度、航空医学关键问题研究、基层航空卫生保障条件建设等存在诸多矛盾问题。为此,提升陆军飞行人员战训效能需重点关注以下方面:①直升机飞行人员供氧系统亟待完善。由于直升机座舱属于非增压密闭舱,在海拔 3 000~6 000 m 高度飞行,飞行人员可能存在因缺氧导致的认知功能下降和持续缺氧作业情况[14]。而目前诸多机型供氧系统还不完善,持续供氧时间较短,无法满足战训需要。②体能训练标准科学性尚需论证。低氧、低气压环境下,飞行人员身体负荷超过平原,如果按照平原训练大纲标准执行,会增加心肺功能和结构损害的风险。③航医室建设亟待规范和加强。应在航医编配、航医室建筑面积、仪器设备、健康资料等方面,按照陆军航医室建设规范执行,同时关注航医室信息化建设是未来陆军航空卫生保障的重要内容。④飞行人员存在职业健康疑虑。由于缺乏科学数据支撑,部分飞行人员对于特殊环境(如高原、海域)下的训练课目、强度、时长与机体损伤的内在关系存在隐忧,对飞行职业持续时间存在疑虑,希望能够持续获得健康维护。因此,未来研究需要对陆军飞行人员伤病发生情况、干预措施、训练标准、训练环境等环节开展深度研讨和科学论证,更有针对性地保障陆军飞行人员身心健康,提升对特殊飞行作战环境的适应力。

3 提升陆军飞行人员战训效能的对策

3.1 加快直升机供氧系统研究和推广

资料显示,直升机飞行员在不补充氧气的情况下,在1 200 m高度时夜视能力明显减退。因此,外军规定1 200 m高度为直升机飞行员夜航供氧的生理界限值[15]。气态氧源是使用最早、最为广泛的一种氧源;目前直升机主要使用该氧源,适合于紧急状况下供氧。其优点是结构简单、使用方便,缺点是供氧时间短、不能连续供氧且补给保障困难[16]。如黑鹰直升机具有同时为17人集体供氧系统,最短供氧时间为4 h;米-17B-7直升机的单人供氧系统,最短供氧时间为3.5 h[15]。这显然无法满足当前长航时、多波次、跨昼夜陆军航空战训场景的供氧需求。机载分子筛制氧是维护简单、供氧时间不受限的一种新型氧源,外军“阿帕奇AH-64”、“黑鹰MH-60K”等直升机早已使用,被认为便捷、实用、安全、可靠,成为直升机供氧装备研发的发展方向。我军有部分机型配备了分子筛供氧装置,但在高空或高原环境下也存在供氧设备动力不足、单位时间供氧量和摄氧舒适性降低的情况。因此,随着陆军航空兵部队作训时间、范围不断增加以及特殊环境下的供氧需求不断增大,研究和推广直升机供氧设备亦显迫切。

3.2 科学优化特殊环境下陆军飞行人员体能训练方式

在海拔1 500 m以上的地区,海拔每增高1 000 m,人的劳动能力降低约10%[17]。因此,对于在高原进行的战训任务,飞行人员尽管随着高原驻留时间延长,劳动能力逐渐恢复,仍难以达到平原水平,同时缺氧会导致工作效率和精细操作能力降低[18]。为此,高原陆军飞行人员可借鉴空军“高原驻训航空卫生保障工作规范(试行)”,科学开展陆军飞行人员体能训练,包括以“低驻高训”和“高驻低训”为基本原则的差异化体能训练,明确不同环境条件下的训练强度,用于指导陆军飞行人员战训效能的提升。而且,按照《军事体育训练大纲》新要求,为凸显实战需求训练体能原则,按照基础体能、通用战斗体能、兵种专业战斗体能的“1+1+X”体能训练标准体系架构,陆军航空兵战斗体能科目将有效支撑技战术动作、装备操控,重点强化相应部位的身体素质、相关动作模式和运动供能能力以及上述体能素质的综合运用能力。在此基础上,通过初步研究数据结合高原病病因学推测,特殊环境(如高原、海域)下陆军飞行人员体能训练伤较平原更易发生,应进一步改善训练环境条件、科学设定组训考核标准,避免陆军飞行人员在特殊训练环境下因体能训练伤造成非战斗性减员。

3.3 加强和完善航医室建设

迄今,陆军飞行人员日常健康维护和飞行安全的身心评价主要由航医室负责。因此,航医室的建设水平与陆军飞行人员的健康和安全密切相关。从航空卫生保障角度分析,由于现有保障条件限制,多数航医室在飞行三个阶段(飞行准备阶段、飞行实施阶段和飞行讲评阶段)中卫生保障、体格检查、健康教育等环节的系统性和规范性尚有较大提升空间。①陆军飞行人员的航空卫生保障内容有别于空军,参照《空军航空卫生保障规则》指导陆军飞行人员航医室建设,存在卫生保障力量偏弱的现实困难。②由于存在航医诊疗水平提升滞后、飞行人员健康数据安全管控限制、健康体检资料标准化程度参差不齐等多种制约因素,陆军飞行人员航医室尚未实现信息化,健康数据的共享性不足,对三级航空卫生保障的全链条健康维护存在诸多不便。且因编制体制等原因,在现有保障模式下部分航医室航医和护理人员数量偏少,并缺乏专项业务培训,陆军飞行人员的伴随保障存在技术缺口,在多场站、多点位分散保障中难度更大,且存在“重装备、轻人员,重配发、轻培训”现象,对于配发的各类卫生装备,“不愿用、不会用、不敢用”[19]。此外,从陆军飞行人员日常放飞标准分析,进一步促进评价指标精细化,对于飞行人员身心健康状况评估可能更为客观,现有3项基础指标对于特殊作业环境、特定心理状态的飞行人员难以做出精确评价,可能为人员操作失误埋下隐患。③新生代陆军飞行员成长于市场经济条件下,可能存在价值观多元化,多数为独生子女、成长条件较优越、受挫折教育偏少;且有女性直升机飞行员入编;上述特定人群、特殊阶段、特有病症对航医室建设提出新的要求[20-21]。其健康评估和维护不宜简单套用既往航空卫生保障规定,应实际结合新生代飞行员生理、心理以及特定职业生涯阶段的健康诉求,因时、因地、因人制宜。在加强基础设施建设的基础上,进一步从制度和技术层面全面提升航医室建设水平,对于保障陆军飞行人员飞行安全至关重要。

3.4 建立真实完善的陆军飞行人员健康数据系统

外军近十年陆军飞行员停飞流行病学调查数据显示:高血压、脊柱病变和阻塞性睡眠呼吸暂停综合征以及精神障碍多见[20]。其中,精神障碍又以适应性障碍、创伤后应激障碍、情感障碍居多[22-23]。刘琳等[24]分析2003-2016年我空军和陆军医学停飞疾病谱报

道:直升机飞行员停飞疾病前五位为精神与行为障碍、头痛、眼底病变、屈光不正、颈腰椎疾病;张慧变等[25]分析某中心 2003-2020 年直升机飞行员停飞疾病谱发现,前五位是头痛、眩晕、眼底病变、腰椎间盘突出症、膝关节病。外军与我军数据差异原因分析:一方面可能源自调查人群和时间不同;另一方面,我军各陆航旅、训练旅和试飞大队根据其隶属所辖地理位置各不相同,所处作业环境各异,单一医疗机构数据可能与整体实际情况有偏倚。特殊环境(如高原、海域)下陆军飞行人员各类代谢和内分泌疾病时有发生,高原复发性急性肺水肿、恶性肿瘤亦有发生。康阳等[26]分析陆军某部飞行人员健康状态,发现甲状腺结节、高尿酸血症、高脂血症、脂肪肝、胆囊息肉检出率较高,代谢性疾病程逐年增加趋势,究其原因可能与工作强度、特殊作业环境、锻炼时间等因素影响有关。此外,对于特殊作业环境所致的一过性损伤,如低氧环境可造成陆军飞行人员计算功能减退、感光性头痛、反应时间延迟、精神混沌等问题[23, 27]无法得到及时、客观地反映,往往通过事后主观描述和后期调查问卷统计后获知。

外军陆军飞行人员拥有完善的健康数据采集系统,有效保证了战训损伤的数据研究质量和效能[13]。如“人类多样性差异项目”通过交互式传感器采集各种人体生物物理信号数据,可表征飞行人员注意力、警觉性、健康和应激等方面的微小变化,更能准确预测单兵在特定作业环境或任务中的表现。

因此,我们建议以陆军航空兵装备保障信息化体系建设为契机,探索以可穿戴监测设备为基础的单兵辅助装置,建立真实完善的陆军飞行人员健康数据采集系统,实时采集、处理、分析生理和心理指标数据,实现对伤病相关生物标志物和特定信号通路的识别[28]。这些数据将更客观、精确地反映特殊作业环境下飞行人员与环境的交互信息及战训损伤,为制定科学精准的陆军飞行人员训练计划提供数据迭代支持,有助于优化陆军飞行人员训练方法,为评估陆军飞行人员训练效果提供依据。因此,陆军飞行人员健康数据链路对于开展陆军飞行人员战训损伤研究至关重要,是高效遂行特殊环境或多样化飞行任务的保障和支撑。

4 展望

鉴于陆军航空兵在未来作战中极具创新效能且不可替代,有效提升陆军飞行人员战训效能是我军军事医学和卫勤保障的重要任务。针对陆军转型发展和编制调整,需从全域作战角度思考陆军航空卫生保障体系建设,完善陆军飞行人员健康保障的顶层设计,对于优化健康保障管理,科学分配医疗和卫勤资源至关重要。其次,立足军人健康服从于军事任务的视角,亟待建立陆军飞行人员医学选拔和体检鉴定标准,论证特殊环境陆军飞行人员放飞和停飞标准;完善陆军飞行人员疗养和航空生理心理训练制度。再次,从保障陆军飞行安全角度,动态、差异化评估陆军飞行人员岗位胜任能力[29],可借鉴外军陆军飞行安全管理的高可靠性组织原则,即:专注于飞行失误、避免管理简化、对飞行操作保持敏感、致力于能力恢复和尊重专业知识[30],对于加强陆军飞行人员健康维护与精准保障、完善陆军航空卫生保障体系与法规建设等途径颇有助益。既往陆军航空卫生保障在基础和应用研究上相对内容分散、深度受限。亟待融合人工智能理论、数智制造技术等拓展陆军航空医学专业研究平台;布局特殊环境下陆军航空作业损伤和防护研究;精确掌握陆军飞行人员健康数据、完善不同战训环境下的支撑数据库,有效开展陆军飞行人员伤病诊治与健康维护,尽早识别风险、降低风险;以进一步优化健康维护模式、完善战训适配性装备、建设防护器材和训练康复平台,从而提升陆军飞行人员战训效能。

参考文献:

[1] 孙喜庆, 肖海峰. 陆军航空医学[M]. 西安: 第四军医大学出版社, 2012: 1-6.
SUN X Q, XIAO H F. Army aviation medicine[M]. Xi'an: Fourth Military Medical University Press, 2012: 1-6.

[2] 张德和, 蒲先斌, 张晓东, 等. 中国人民解放军陆军航空兵[M]. 北京: 五洲传播出版社, 2013: 1-21.
ZHANG D H, PU X B, ZHANG X D, *et al*. Chinese People's Liberation Army Aviation[M]. Beijing: China Intercontinental Press, 2013: 1-21.

[3] ORSELLO C A, MOORE J E, REESE C. Sensorineural hearing loss incidence among U. S. military aviators between 1997 and 2011[J]. Aviat Space Environ Med, 2013, 84(9): 975-979. DOI: 10.3357/asem.3660.2013.

[4] 徐先荣, 肖海峰, 翟丽红, 等. 直升机飞行人员住院疾病谱分析[J]. 军医进修学院学报, 2011, 32(9): 896-897, 913. DOI: CNKI:11-3275/R.20110725.1044.006.
XU X R, XIAO H F, ZHAI L H, *et al*. Disease spectrum in hospitalized helicopter aircrews[J]. J Chin PLA Postgrad Med Sch, 2011, 32(9): 896-897, 913. DOI: CNKI:11-3275/R.20110725.1044.006.

[5] 潘建, 肖海峰, 刘福玉, 等. 低氧预适应训练在陆航飞行员高原驻训中的应用研究[J]. 西南国防医药, 2013, 23

(3): 307-309. DOI: 10.3969/j.issn.1004-0188.2013.03.032.
PAN J, XIAO H F, LIU F Y, *et al*. Research on application of hypoxic preconditioning training to army aviation pilots' field training at high altitude[J]. Med J Natl Defending Forces Southwest China, 2013, 23(3): 307-309. DOI: 10.3969/j.issn.1004-0188.2013.03.032.

[6] 徐红, 徐诗源, 张弢, 等. 陆军航空兵高原驻训发生急性肺水肿1例[J]. 华南国防医学杂志, 2013, 27(10): 770, F0004. DOI: 10.3969/j.issn.1009-2595.2013.10.028.
XU H, XU S Y, ZHANG T, *et al*. One case of acute pulmonary edema occurred during the high-altitude training of the army aviation[J]. Mil Med J South China, 2013, 27(10): 770, F0004. DOI: 10.3969/j.issn.1009-2595.2013.10.028.

[7] JOHNSON E S, GAYDOS S J, PAVELITES J J, *et al*. U.S. army parachute mishap fatalities: 2010-2015[J]. Aerosp Med Hum Perform, 2019, 90(7): 637-642. DOI: 10.3357/AMHP.5329.2019.

[8] POSSELT B N, HODKINSON P D. Aviation medicine considerations in parachuting operations[J]. J R Army Med Corps, 2019, 165(6): 455. DOI: 10.1136/jramc-2018-001090.

[9] 刘娟, 杨艺, 刘雅贞, 等. 某高原陆航部队飞行人员心理状况分析[J]. 中华航空航天医学杂志, 2021, 32(4): 230-232. DOI: 10.3760/cma.j.cn113854-20210305-00040.
LIU J, YANG Y, LIU Y Z, *et al*. Analysis of psychological status of the flying personnel in an army air force troop stationed in plateau[J]. Chin J Aerosp Med, 2021, 32(4): 230-232. DOI: 10.3760/cma.j.cn113854-20210305-00040.

[10] 陈炎琰, 钟方虎, 吴铨, 等. 空间定向障碍致军事飞行事故概述[J]. 人民军医, 2016, 59(5): 450-452. DOI: CNKI:SUN:RMJZ.0.2016-05-009.
CHEN Y Y, ZHONG F H, WU Q, *et al*. Overview of military flight accidents caused by spatial disorientation[J]. People Mil Surg, 2016, 59(5): 450-452. DOI: CNKI:SUN:RMJZ.0.2016-05-009.

[11] 陈宏, 王萍, 魏冰倩, 等. 陆航部队飞行人员疲劳及心理健康分析[J]. 解放军预防医学杂志, 2017, 35(9): 1114-1117. DOI:10.13704/j.cnki.jyyx.2017.09.029.
CHEN H, WANG P, WEI B Q, *et al*. Fatigue and mental health of flight personnel in military air army[J]. J Prev Med Chin PLA, 2017, 35(9): 1114-1117. DOI: 10.13704/j.cnki.jyyx.2017.09.029.

[12] PENNINGS H J M, OPRINS E A P B, WITTENBERG H, *et al*. Spatial disorientation survey among military pilots[J]. Aerosp Med Hum Perform, 2020, 91(1): 4-10. DOI: 10.3357/AMHP.5446.2020.

[13] 李哲, 崔博, 马强, 等. 美军军事作业医学研究进展[J]. 人民军医, 2020, 63(7): 662-665, 686. DOI: 10.7644/j.issn.1674-9960.2018.08.005.
LI Z, CUI B, MA Q, *et al*. Research progress of American military occupational medicine[J]. People Mil Surg, 2020, 63(7): 662-665, 686. DOI: 10.7644/j.issn.1674-9960.2018.08.005.

[14] SHAW D M, CABRE G, GANT N. Hypoxic hypoxia and brain function in military aviation: basic physiology and applied perspectives[J]. Front Physiol, 2021, 12: 665821. DOI: 10.3389/fphys.2021.665821.

[15] 彭光梅, 赵宏韬, 方玲. 直升机供氧系统的设计考虑[J]. 科技创新导报, 2015, 12(22): 144-145, 148. DOI: 10.3969/j.issn.1674-098X.2015.22.064.
PENG G M, ZHAO H T, FANG L. The research of oxygen supply system in helicopter[J]. Sci Technol Innov Her, 2015, 12(22): 144-145, 148. DOI: 10.3969/j.issn.1674-098X.2015.22.064.

[16] 张虎. 分子筛制氧在直升机上的应用[J]. 无线互联科技, 2019, 16(15): 125-128. DOI: 10.3969/j.issn.1672-6944.2019.15.056.
ZHANG H. Application of molecular sieve to oxygen production in helicopters[J]. Wirel Internet Technol, 2019, 16(15): 125-128. DOI: 10.3969/j.issn.1672-6944.2019.15.056.

[17] BÄRTSCH P, SALTIN B. General introduction to altitude adaptation and mountain sickness[J]. Scand J Med Sci Sports, 2008, 18(Suppl 1): 1-10. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2008.00827.x.

[18] KNAPIK J, STEELMAN R. Risk factors for injuries during military static-line airborne operations: a systematic review and meta-analysis[J]. J Athl Train, 2016, 51(11): 962-980. DOI: 10.4085/1062-6050-51.9.10.

[19] 王斌, 田士来, 王瀚, 等. 航空兵部队航空卫生保障存在的问题及对策[J]. 空军航空医学, 2023, 40(2): 173-174. DOI: 10.3969/j.issn.2097-1753.2023.02.017.
WANG B, TIAN S L, WANG H, *et al*. Problems and countermeasures of aviation medical support for aviation force[J]. Med J Air Force, 2023, 40(2): 173-174. DOI: 10.3969/j.issn.2097-1753.2023.02.017.

[20] BRITT T W, MCGHEE J S, QUATTLEBAUM M D. Common mental disorders among US army aviation personnel: prevalence and return to duty[J]. J Clin Psychol, 2018, 74(12): 2173-2186. DOI: 10.1002/jclp.

22688.

[21] BUSTAMANTE-SÁNCHEZ Á, CLEMENTE-SUÁREZ V J. Psychophysiological response to disorientation training in different aircraft pilots [J]. Appl Psychophysiol Biofeedback, 2020, 45(4): 241-247. DOI: 10.1007/s10484-020-09478-9.

[22] BUSTAMANTE-SÁNCHEZ Á, DELGADO-TERÁN M, CLEMENTE-SUÁREZ V J. Psychophysiological response of different aircrew in normobaric hypoxia training [J]. Ergonomics, 2019, 62(2): 277-285. DOI: 10.1080/00140139.2018.1510541.

[23] SMITH A. Hypoxia symptoms reported during helicopter operations below 10, 000 ft: a retrospective survey [J]. Aviat Space Environ Med, 2005, 76(8): 794-798.

[24] 刘琳, 苏芳, 张莉莉, 等. 2003-2016年空军和陆军飞行人员医学停飞疾病谱分析[J]. 中华航空航天医学杂志, 2020, 31(2): 101-107. DOI: 10.3760/cma.j.cn113854-20191211-00098.
LIU L, SU F, ZHANG L L, *et al*. Analysis on disease spectrum of the Air Force and Army flying personnel medical grounded from 2003 to 2016 [J]. Chin J Aerosp Med, 2020, 31(2): 101-107. DOI: 10.3760/cma.j.cn113854-20191211-00098.

[25] 张慧变, 姚钦, 苏芳, 等. 2003-2020年直升机飞行人员医学停飞疾病谱分析[J]. 空军航空医学, 2023, 40(4): 294-297. DOI: 10.3969/j.issn.2097-1753.2023.04.002.
ZHANG H B, YAO Q, SU F, *et al*. Disease spectra of medically-grounded helicopter aircrews in 2003-2020[J]. Med J Air Force, 2023, 40(4): 294-297. DOI: 10.3969/j.issn.2097-1753.2023.04.002.

[26] 康阳, 李林霞, 白雁清, 等. 陆航某部飞行人员健康状态分析[J]. 空军航空医学, 2023, 40(3): 220-223. DOI: 10.3969/j.issn.2097-1753.2023.03.007.
KANG Y, LI L X, BAI Y Q, *et al*. Health status of aircrews in troops of Army Aviation[J]. Med J Air Force, 2023, 40(3): 220-223. DOI: 10.3969/j.issn.2097-1753.2023.03.007.

[27] KELLEY A M, CURRY I, POWELL-DUNFORD N. Medical suspension in female army rotary-wing aviators[J]. Mil Med, 2019, 184(3/4): e143-e147. DOI: 10.1093/milmed/usy154.

[28] 王静怡, 杨婧仪, 付波, 等. 2022年度美军军事作业医学研究进展[J]. 军事医学, 2023, 47(2): 81-86. DOI: 10.7644/j.issn.1674-9960.2023.02.001.
WANG J Y, YANG J Y, FU B, *et al*. Research progress in military operational medicine in U.S. Armed Forces in 2022 [J]. Mil Med Sci, 2023, 47(2): 81-86. DOI: 10.7644/j.issn.1674-9960.2023.02.001.

[29] DHALIWAL S, CaRTER R E. Aerospace assessment of fitness for duty[EB/OL]. (2023-05-08)[2023-07-10]. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538481.

[30] MALISH R G, SARGENT P D. High-reliability uncaged: safety lessons from army aviation[J]. Mil Med, 2019, 184(3/4): 78-80. DOI: 10.1093/milmed/usy220.

(**收稿**:2023-07-19;**修回**:2023-10-30)

(编辑 栗 嘉)