DOI:10.16016/j.2097-0927.202308012

陆军航空医学研究成果与展望

徐先荣 100142 北京,空军特色医学中心鉴定训练部,军队临床重点学科:航空临床医学科,空军特色医学中心航空航天眩晕诊疗研究中心

［摘要］ 陆军航空医学(简称陆航医学)重点研究直升机飞行人员航空病和常见临床疾病的防治措施和航空医学鉴定,高性能武装直升机(WZ-10)飞行员改装体检医学鉴定及航空医疗救援等。陆军装备 WZ-10 等新型航空武器及飞行训练和作战样式改变后,有许多陆航医学问题亟待解决。国内相关课题组开展了直升机飞行人员疾病谱研究,为陆航医学研究人力、物力和财力的投入提供了决策依据;航空病的动物实验和临床研究为阐明航空病的发病机制和防治措施提供了参考依据;WZ-10 飞行员改装医学鉴定和应用评价研究,构建了完整的航空卫生保障技术体系;航空卫生保障法规研究,形成了较为完善的陆航医学法规体系;初步开展的与直升机相关的医疗救援研究使学科体系趋于完整。本文总结自 WZ-10 装备部队以来,陆航医学研究取得的成绩,展望未来研究要点,以期进一步推广研究成果、促进学科发展。

［关键词］ 直升机;飞行人员;航空医学
［中图法分类号］ R821.7; R85 ［文献标志码］ A

Achievements and prospects of army aviation medicine

XU Xianrong Medical Identification and Training Department, Military Clinical Key Discipline of Aviation Clinical Medicine Department, Vertigo Clinic Research Center of Aerospace, Air Force Medical Center of PLA, Beijing, 100142, China

［**Abstract**］ Army aviation medicine is a branch of life sciences that focuses on the prevention and treatment measures of aviation diseases and common clinical diseases among helicopter pilots, as well as aviation medical identification, and also conducts on physical examinations and medical identification for high-performance armed helicopter (WZ-10) pilots and aviation medical rescue. After the changes in military equipment, new aviation weapons such as WZ-10, and flight training and combat styles, there are many urgent issues in army aviation medicine that need to be solved. A domestic research group has reported the disease spectrum of helicopter pilots, which provides decision-making basis for the investment of manpower, material resources, and financial resources in research on the aspect. What's more, animal experiments and clinical studies on aviation diseases provide a reference for the pathogenesis and prevention measures of these diseases. Based on research on medical identification and application evaluation for WZ-10 pilots transition, a complete aviation health support technology system was constructed. A relatively complete system of medical regulations was build for army aviation after research on aviation health protection regulations. The preliminary medical rescue research related to helicopters has resulted in more complete disciplinary system. In this article, we summarize the research achievements of army aviation medicine since the establishment of WZ-10 and other military equipment, and look forward to future research points in order to further promote the achievements and promote the development of the discipline.

［**Key words**］ helicopters; aviators; aviation medicine

Supported by the Project of Revision for Diagnostic Criteria of National Occupational Aviation Diseases (GBZ93-2010) and the Project of National Military Standard Compilation (BKJ20B046). Corresponding author: XU Xianrong, E-mail: xuxianrongkz@sina.com

［基金项目］ 国家职业航空病诊断标准修订课题(GBZ93-2010);国家军用标准编制课题(BKJ20B046)
［通信作者］ 徐先荣,E-mail: xuxianrongkz@sina.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/)

直升机属旋翼航空器。其中舰载直升机为海军航空兵的组成部分,运输直升机(包括搜救直升机)和武装直升机为陆军航空兵的主体,也是空军航空兵的组成部分。近年来,国内航空卫生保障科研团队针对人-机-环境-任务之间的科学问题,采用临床医学先进技术、航空医学专用仪器设备,结合航空医学理论,开展了系列研究。本文主要阐述自高性能武装直升机(WZ-10)装备部队以来,陆军航空医学(简称陆航医学)研究取得的成果和未来建设要点。

1 直升机飞行人员疾病谱研究

针对既往我军缺乏直升机飞行人员健康管理资料的现实,空军特色医学中心徐先荣团队联合海军青岛特勤疗养中心的研究人员,根据连续5年大体检资料,系统分析了直升机飞行人员年度大体检疾病谱[1]。排序前五位的为脂肪肝、胆囊息肉、高血脂、屈光不正、颈腰椎病,分别占20.56%、20.10%、8.19%、7.20%、6.69%;疾病涉及的学科排序前五位的是消化内科、内分泌科、骨科、眼科、肾内科,分别占41.20%、29.53%、9.68%、7.94%、5.97%。

该团队统计了空军特色医学中心直升机飞行人员连续5年住院疾病谱[2]。排序前十位的为颈腰椎病、头痛、高血压、胆囊息肉、地面晕厥、半月板损伤、心律失常、慢性胃炎、泌尿系结石、脑外伤,分别占8.33%、4.59%、4.59%、4.17%、3.75%、2.92%、2.50%、2.50%、2.08%、2.08%;疾病涉及的学科排序前五位的是骨科、神经科、耳鼻咽喉科、心血管内科、肝胆外科,分别占18.33%、15.83%、11.25%、9.17%、6.25%;各年龄段均有住院者,而25~29岁占比相对最高(25.58%)。

该团队还统计了空军特色医学中心2001年1月至2010年12月的直升机飞行人员停飞疾病谱[3]。排序前十位的为头痛、颈腰椎病、地面晕厥、神经症、高血压、脑外伤后综合征、病毒性肝炎、慢性肾炎、屈光不正、发作性眩晕;停飞疾病涉及的学科主要为神经科、骨科和耳鼻喉科。

三大疾病谱的研究结果为直升机飞行人员日常健康维护措施、疾病诊治方法等的研究和制(修)定航空医学鉴定标准提供了依据;也为机关航空卫生保障的人力、物力、财力的投入提供了决策依据。

2 航空病的动物实验和临床研究

2.1 *实验动物研究*

航空环境的缺氧和低气压、加速度、噪声和振动等因素,对飞行人员包括直升机飞行人员身心健康造成影响,严重者引起航空病。重庆医科大学附属第二医院谭波涛教授团队采用SD大鼠,开展了跑台训练对急性高原低氧暴露大鼠海马髓鞘再生及认知功能影响的研究,实验组动物置于低压舱内连续暴露在海拔6 000 m高度7 d,出舱第二天开始4周的跑台训练。结论认为,和对照组相比,跑台训练能够促进急性低压缺氧大鼠海马CA1和CA3区少突胶质谱系细胞数量增多,及髓鞘相关蛋白的表达增加,并促进海马髓鞘结构的修复,从而改善缺氧导致的焦虑样行为以及记忆功能障碍(见本专题稿件)。

航空性中耳炎也称耳气压伤(aural barotrauma,AB),属于最常见的气压损伤性航空病。对此,徐先荣团队建立了多个动物模型用以研究其病理生理学机制:①咽鼓管阻塞豚鼠模型,用以观察模拟气压改变时鼓膜形态和中耳功能变化。②咽鼓管咽口炎性病变豚鼠模型,用以观察模拟气压改变时鼓膜形态和中耳功能变化。③低压舱内咽鼓管咽口阻塞大白兔模型,观察不同上升/下降速率和不同的海拔高度条件下动物的行为学、鼓膜形态、中耳功能、中耳黏膜组织病理学变化。根据上述动物模型的实验数据,结合临床研究提出了原发性AB(咽鼓管本身的病变)和继发性AB(咽鼓管周围的病变)概念,制定了AB的分度(轻度、中度、重度)原则[4]。

变压性眩晕(alternobaric vertigo,AV)是在飞行器上升过程中发生的短暂性眩晕,也属于气压损伤性航空病的一种。对此,徐先荣团队建立了两个动物模型用于实验:①在豚鼠一侧鼓膜造口,同时阻塞另一侧咽鼓管后进行低压舱实验。结果显示,在低压舱试验上升过程中模型组动物出现前庭躯体反应、自发性眼震,出舱后短期内可描记到单侧前庭功能反应增强,外半规管壶腹嵴和耳石器毛细胞存在显微和超微结构改变[5]。②先阻塞豚鼠一侧内淋巴囊和内淋巴管,3周后再阻塞同侧咽鼓管咽口后进行低压舱实验。结果显示,模型动物在低压舱以10 m/s的速率上升至4 000 m,停留5 min后以100 m/s的速率下降至地面,反复上升/下降3次后,观察到实验动物耳鼓膜弥漫性充血,同侧前庭功能受损及耳蜗积水、毛细胞的超微结构改变[4]。根据上述动物模型的实验数据,结合临床研究,提出了功能性AV和器质性AV概念,制定了AV的分度(轻、重度)原则。

鼻窦气压伤(sinus barotrauma,SB)也是常见的气压损伤性航空病。徐先荣团队[6]构建了SB实验动物模型,即阻塞大白兔鼻窦口并置动物在低压舱内,观察不同的上升/下降速率和不同的海拔高度条件下动物

的行为学、鼻窦影像学、鼻窦黏膜组织病理学变化。实验结果显示:SB 的发病与鼻窦口病变、窦口周围病变、舱内气压变化的速率特别是下降速率、座舱所处的海拔高度密切相关。

晕动病是与加速度和(或)视觉刺激相关的航空病,徐先荣团队[7]联合胃肠电图、眼动电图制作晕动病实验动物模型,观察前庭自主神经反应。

振动是陆航医学的突出问题之一。重庆医科大学附属第二医院殷樱教授团队采用三维六度振动对坐姿大鼠进行环境暴露,模拟直升机振动所致腰痛动物模型。即将大鼠随机分组后连续 5 d 分别暴露于 10 Hz 的振动台 1、3 和 6 h,于造模前和造模后第 1、4、7、14 天观测大鼠行为学和组织病理学变化。实验结果证实:持续低频振动会导致大鼠行为学改变和腰部多裂肌组织学病变(见本专题稿件)。

噪声性聋是直升机容易引起的航空病。解放军总医院韩东一教授团队用高强度噪声刺激制作了噪声性聋动物模型用于毛细胞再生研究[8]。上述实验动物研究为阐明航空病的发病机制、制定防控措施提供了参考依据。

2.2 航空病的临床观察和流行病学研究

赵蓉和肖华军[9]报道了 1 例直升机飞行员急性缺氧的案例:该飞行员以飞行中间断发作性视物模糊 1 年余转送空军特色医学中心诊治。就诊时视功能检查均正常,故安排低压舱急性缺氧试验。在海拔 2 000 m 高度时出现暗适应时间延长。到 3 000 m 时该飞行员除暗适应时间延长外还出现面色潮红。4 000 m 时该飞行员客观暗适应时间明显延长,并出现头晕心慌及醉酒症状。医务人员考虑其缺氧耐力低下,立即给予吸氧后症状明显缓解,暗适应时间恢复正常。表明该飞行员在飞行中出现的症状与急性缺氧有关,且视觉异常可以通过改善缺氧状态而恢复。

徐先荣团队开展了包含直升机飞行人员在内的航空性中耳炎和航空性鼻窦炎的临床研究,提出了诊治和医学鉴定原则[10],制定了国家《职业性航空病诊断》[11]、耳气压功能和鼻窦气压功能的训练和评价的国家军用标准和训练指南[12]。

飞行错觉特别是视觉性飞行错觉是直升机飞行员夜航飞行或年轻飞行员飞行过程中容易发生的航空病[13],空军军医大学航空航天医学系王小成教授团队对直升机飞行人员飞行错觉研究进展进行了综述(见本专题稿件)。徐先荣团队阐明了飞行错觉和空间定向障碍之间的异同点[14],提出了生理性飞行错觉和病理性飞行错觉的概念[15]。

陆军特色医学中心王永堂教授团队综述了直升机航空环境所致其他心理应激障碍及影响因素,并提出了应对措施(见本专题稿件)。徐先荣团队观察了飞行学员前庭自主神经反应的特点,报告了招收飞行学员和地勤人员选改空勤人员时,晕动病遗漏的实际案例,结合晕动病的最新诊断标准,提出了航空医学鉴定原则[16]。

徐先荣团队综合国内外噪声性聋的研究,将致聋因素分为可控和不可控两类,建议将飞行人员的健康教育重点放在可控因素上[17]。

此外,振动也是直升机突出的航空环境因素,在陆军航空兵部队航空卫生保障中受到高度重视[18],通过健康教育收到了一定的成效,但更有效的还需人-机功效解决方案。

3 高性能武装直升机飞行员改装医学选拔和应用评价研究

我军新型作战力量——WZ-10 具有优良的低空作战能力,在陆军机动化立体作战中将扮演至关重要的角色,被称为“树梢上的杀手”。然而,在组建 WZ-10 部队时尚缺乏飞行员选拔和体检标准。徐先荣团队在直升机飞行人员三大疾病谱研究[1-3]的基础上开展了直升机飞行员与歼击机飞行员耳气压功能[19]、听功能[20]、鼻窦气压功能[21]、立位耐力[22]、加速度耐力[23]等特殊功能的对比研究。在掌握了直升机飞行员整体身心状况和对模拟飞行环境反应的基础上,预判了 WZ-10 部队飞行员疾病谱趋势,结合我军当时飞行人员体格检查标准和既往直升机飞行员航空卫生保障经验,参考外军飞行员体格检查标准的相关内容,制定了“高性能武装直升机飞行员体格检查国家军用标准”。该标准每一条款均分别包含改装体检和年度体检是否合格的具体要求,是首次针对直升机飞行员专门制定的国家军用标准,也是我军第一份包含体格检查基本项目的法规文件,后来被借鉴于制定空军航空卫生工作细则。除了空军特色医学中心,该标准还在战区空军医院、联勤保障部队下设空勤医院应用及再评价[24]。

同时,徐先荣团队和南部战区空军医院合作研究,对 2011-2017 年两家医疗单位 WZ-10 改装体检飞行员进行随访,随访时间截至 2019 年 12 月;并与 2011 年 1 月到 2017 年 4 月在空军特色医学中心停飞的其他直升机飞行人员的资料进行对比分析。结果显示:WZ-10 的飞行员停飞率显著低于其他直升机飞行人员的停飞率[25],体现了改装体检鉴定的显著效益。

4 直升机飞行人员航空卫生保障法规研究

与陆航医学相关的法规研究,有的已写入国家或军队的行政法规,如国家职业性航空病诊断标准[1],飞行学员医学选拔标准,飞行员、空中战(技)人员体格检查标准等。有的已写入国家军用标准,如高性能武装直升机飞行员体格要求及检查方法、鼻窦气压功能的检查方法与评价等。有的先以指南形式发表,经过适当时间的应用验证,再决定是否写入法规,如在军队航空医学专业委员会组织制定的军事飞行人员特许飞行医学鉴定系列指南中,涉及 WZ-10 飞行员的包括颅内蛛网膜囊肿[26]、听神经瘤[27]、先天性心脏病[28]、甲状腺功能减退症[29]、痛风[30]、腰椎峡部裂[31]、强直性脊柱炎[32]、结直肠癌[33]、鼻咽癌[34]、肾细胞癌[35]、甲状腺癌[36]、肺癌[37]等指南,对于运输直升机和搜救直升机飞行人员,除了与上述 WZ-10 飞行员同样的特许飞行指南外,还包括冠状动脉疾病[38]、静脉血栓栓塞症[39]、抑郁障碍等指南。这些特许飞行医学鉴定指南,是针对现行行政法规中不合格条款,参考外军特许飞行医学鉴定指南,结合近年来的研究成果而制定,在保存飞行骨干方面发挥了重要作用。

个别评定是指在相同疾病情况下,因飞行人员个体状况、飞行资质和飞行经验的差异,航空卫生人员可对其做出飞行合格或飞行不合格的不同结论[14]。在军队航空航天医学专业委员会组织制定的军事飞行人员个别评定医学鉴定系列指南中,涉及直升机飞行人员的包括开角型青光眼、肺大疱和自发性气胸、变压性眩晕[40]、阵发性室上性心动过速[41]、甲状腺功能亢进症[42]、隐匿性肾小球肾炎[43]等指南。在现行标准中某些飞行合格条款如果能补充操作指南,则可进一步增加鉴定结论的科学性和公平性。对此,全军航空航天医学专业委员会组织专家制定了有关颈痛康复、银屑病、肺结核、腰椎间盘突出症、神经根型颈椎病、膝关节运动损伤等军事飞行人员医学鉴定系列操作指南。

制定航空医学鉴定指南是航空医学法规研究的重要组成部分,指南发布后经过应用及应用再评价,可为制定行政法规或国家军用标准提供依据。比如,上述特许飞行医学鉴定指南中的多项条款已经被 2023 年空军新修订的飞行员、空中战(技)人员体格检查标准等行政法采纳。其中,徐先荣团队的研究成果“军事飞行人员耳气压功能和鼻窦气压功能的训练方法与评定指南[12]”现已作为国家军用标准《飞行人员航空生理心理训练方法与评定》中第 5 部分:耳(鼻窦)气压功能训练(GJB9918.5)的主要依据。

5 与陆航医学相关的其他研究

徐先荣团队总结了运输搜救航空兵部队航空卫生保障特点,特别是新型冠状病毒肺炎疫情期间的航空卫生保障特点和体会。陆军特色医学中心杨策教授团队与空军特色医学中心张晓丽教授团队联合,针对直升机舱内作业环境、特定气候条件以及现有组训模式等原因导致的职业性伤病,从医学防护和卫勤保障角度开展研究,分析制约陆航飞行人员战训效能的伤病病因,探究了潜在防护和救治策略(见本专题稿件)。陆军军医大学第一附属医院冯华和李飞教授,完成了陆航空勤人员医学保障体系建设与关键技术研究,提出了陆航医学保障与人才培养体系建设思路,开发了陆航空勤人员健康信息动态监测评估管理系统,开展了陆航空勤人员作业效能评估与预警研究及脑力-体力作业能力保障技术研究。陆军特色医学中心刘娟教授团队开展了陆航招收飞行学员医学选拔标准及陆军航空兵航空卫生保障措施的调研、首批陆航飞行员预备航天员的临床初选研究,并正在开展新冠感染对高原驻训直升机飞行人员作业能力影响的研究。

航空医疗救援也称航空医学救援,是直升机的另一个重要作用。即使用直升机对伤病员进行生命支持、监护、救治和转运;其充分利用直升机可排除交通、距离、地形制约的优势,从而缩短抢救转运时间,使病伤员尽快脱离危险,达到减少致残率和死亡率的目的。国防大学联合勤务学院郭树森教授团队[44]此方面开展了卫勤论证的初步研究,从我国直升机医学救援的科学体系、配套设施、人才队伍、救护平台和机载医用装备建设等方面的现存问题提出了对策措施,对推动我国直升机医学救援体系的建设发展和理论创新起到了积极的作用。

6 陆航医学未来研究要点

陆航医学未来研究应重点关注以下几个问题:第一,进一步开展航空病的研究。特别是视觉性飞行错觉、前庭-视觉性错觉的训练(含夜视镜训练),振动所致颈腰椎病、噪声所致耳聋的防治研究等。第二,开展人(飞行人员)-机(座舱)功效学研究。在不影响执行任务的前提下(人适应机),尽可能使飞行人员舒适(机适应人),达到最佳人机工效。第三,开展航空医疗救援的深化研究。目前有关陆航直升机医学救援的研究主要集中在卫勤论证和国外文献综述的层面,实际救援案例的原创性研究不足。未来应加强有人与无人机搜救-直升机救援平台-固定翼卫生飞机衔接的卫

勤组织和实际案例研究,直升机救援平台医疗装备研究,急救、监护、后送技术和实际案例研究,空运医疗救援队伍和航空医疗救援模拟训练平台建设研究等等。

参考文献:

[1] 蒋晓璇, 张玲, 徐先荣. 直升机和歼击机飞行员年度体检病症谱分析[J]. 解放军医学院学报, 2015, 36(1): 33-35. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2015.01.011.
JIANG X X, ZHANG L, XU X R. Analysis of helicopter and fighter pilots' disease spectrum in annual checkup[J]. Acad J Chin PLA Med Sch,2015, 36(1): 33-35. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2015.01.011.

[2] 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.
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.

[3] 徐先荣, 肖海鹏, 翟丽红, 等. 直升机飞行人员停飞疾病谱分析[J]. 军医进修学院学报, 2012(12): 1227-1229.
XU X R, XIAO H P, ZHAI L H, *et al*. Disease spectra of grounded helicopter aircrews[J]. J Chin PLA Postgrad Med Sch, 2012(12): 1227-1229.

[4] WANG B R, XU X R, LIN J H, *et al*. Dynamic rabbit model of ear barotrauma[J]. Aerosp Med Hum Perform, 2019, 90(8): 696-702. DOI: 10.3357/AMHP.5167.2019.

[5] 金占国, 徐先荣, 张扬, 等. 飞行变压性眩晕动物模型的建立[J]. 中华航空航天医学杂志, 2006, 17(2): 92-96, F0003. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-6239.2006.02.003.
JIN Z G, XU X R, ZHANG Y, *et al*. Establishment of alternobaric vertigo animal model[J]. Chin J Aerosp Med, 2006, 17(2): 92-96, F0003. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-6239.2006.02.003.

[6] XU X R, WANG B R, JIN Z G, *et al*. A dynamic rabbit model of sinus barotrauma and its related pathology[J]. Aerosp Med Hum Perform, 2016, 87(6): 521-527. DOI: 10.3357/AMHP.4417.2016.

[7] 徐先荣, 张改华, 傅桂琴, 等. 重复旋转刺激对豚鼠眼震电图和胃电图的影响[J]. 中华耳鼻咽喉科杂志, 1996, 31(2): 75-77.
XU X R, ZHANG G H, FU G Q, *et al*. Effects of repeated rotation stimulation on electronystagmography and electrogastrography in Guinea pigs[J]. Chin J Otorhinolaryngol Head Neck Surg, 1996, 31(2): 75-77.

[8] 陈伟, 郭维维, 胡吟燕, 等. 用于毛细胞再生研究的噪声性聋动物模型的建立[J]. 中华耳科学杂志, 2009, 7(4): 327-331.
CHEN W, GUO W W, HU Y Y, *et al*. A Model of NIHL Guinea pig for study of cochlear hair cell regeneration in mammalian[J]. Chin J Otol, 2009, 7(4): 327-331.

[9] 赵蓉, 肖华军. 直升机飞行员急性高空缺氧耐力低下致视觉异常一例[J]. 中华航空航天医学杂志, 2006, 17(4): 317. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-6239.2006.04.021.
ZHAO R, XIAO H J. A helicopter pilot case of anomalopia due to poor endurance of acute altitude hypoxia[J]. Chin J Aerosp Med, 2006, 17(4): 317. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-6239.2006.04.021.

[10] 徐先荣, 张扬, 马晓莉, 等. 飞行人员耳气压伤的诊治和医学鉴定[J]. 中华航空航天医学杂志, 2010, 21(3): 209-214. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-6239.2010.03.011.
XU X R, ZHANG Y, MA X L, *et al*. Diagnosis, treatment and medical evaluation of barotraumas of ear in aircrew[J]. Chin J Aerosp Med, 2010, 21(3): 209-214. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-6239.2010.03.011.

[11] 中华人民共和国卫生部. 职业性航空病诊断标准: GBZ 93—2010[S]. 北京: 人民卫生出版社, 2010.
Ministry of Health of the People's Republic of China. Diagnostic criteria of occupational aeropathy: GBZ 93—2010[S]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2010.

[12] 徐先荣,崔丽,王建昌,等.军事飞行人员耳气压功能训练方法与评定指南(2021)[J].解放军医学院学报,2021,42(7):693-698.
XU X R, CUI L, WANG C J, *et al*. Consensus and guidelines on medical assessment of military pilot[J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2021, 42(7):693-698.

[13] 罗新民,余杰,李刚,等.陆航直升机飞行员飞行错觉特点[J].航空军医, 2004, 32(6): 254-255.
LUO X M, YU J, LI G, *et al*. Characteristics of flight illusions in army helicopter pilots[J]. Flight Surg, 2004, 32(6): 254-255.

[14] 徐先荣. 准确理解和应用临床航空医学术语[J]. 解放军医学院学报, 2014, 35(8): 781-786. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2014.08.001.
XU X R. Accurate understanding and application of clinical aeromedical terms[J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2014, 35(8): 781-786. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2014.08.001.

[15] 张继东, 徐先荣, 高雁旭, 等. 由一例 Fahr 病对飞行错觉的重新认识[J]. 空军总医院学报, 1999, 15(3): 144-146.
ZHANG J D, XU X R, GAO Y X, *et al*. Re-recognition of flight illusion by a case of fahr's disease[J]. J Gen Hosp Air Force PLA, 1999, 15(3): 144-146.

[16] 张改华, 宋燕哲, 徐先荣, 等. 飞行学员 Coriolis 加速度刺激时的胃电图观察[J]. 中华航空航天医学杂志,1997,

8(1): 24-26. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-6239.1997.01.108.
ZHANG G H, SONG Y Z, XU X R, *et al*. Comparative study of EGG in response to Coriolis acceleration in student pilots and ground crew[J]. Chin J Aerosp Med, 1997, 8(1): 24-26. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-6239.1997.01.108.

[17] 徐先荣, 熊巍. 噪声性聋的可控和不可控危险因素及健康教育的意义[J]. 听力学及言语疾病杂志, 2009, 17(3): 291-292. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7299.2009.03.028.
XU X R, XIONG W. Controllable and uncontrollable risk factors of noise deafness and the significance of health education[J]. J Audiol Speech Pathol, 2009, 17(3): 291-292. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7299.2009.03.028.

[18] 肖海峰. 陆军航空兵航空医学需求与发展思考[J]. 空军医学杂志, 2012, 28(1): 59-60. DOI: 10.3969/j.issn.2095-3402.2012.01.030.
XIAO H F. Army aviation medical needs and development thinking[J]. Med J Air Force, 2012, 28(1): 59-60. DOI: 10.3969/j.issn.2095-3402.2012.01.030.

[19] 徐先荣, 汪斌如, 金占国, 等. 直升机和歼击机飞行员耳气压功能比较[J]. 中华航空航天医学杂志, 2016, 27(2): 98-101. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-6239.2016.02.004.
XU X R, WANG B R, JIN Z G, *et al*. Comparative analysis on data of ear baric function by hypobaric chamber test between helicopter and fighter pilots[J]. Chin J Aerosp Med, 2016, 27(2): 98-101. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-6239.2016.02.004.

[20] 熊巍, 徐先荣, 刘玉华, 等. 改装体检直升机与歼击机飞行员听力分析[J]. 听力学及言语疾病杂志, 2011, 19(6): 534-536. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7299.2011.06.014.
XIONG W, XU X R, LIU Y H, *et al*. Comparative analysis of audiology data in pilots under physical examination for modification to equipment of high performance aircraft[J]. J Audiol Speech Pathol, 2011, 19(6): 534-536. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7299.2011.06.014.

[21] 徐先荣, 马晓莉, 张扬, 等. 改装体检直升机和歼(强)击机飞行员鼻窦资料的比较分析[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2012, 26(2): 62-64. DOI: 10.3969/j.issn.2095-3402.2011.01.011.
XU X R, MA X L, ZHANG Y, *et al*. Comparative analysis of sinus data of pilots modified by medical helicopter and fighter plane[J]. J Clin Otorhinolaryngol Head Neck Surg, 2012, 26(2): 62-64. DOI: 10.3969/j.issn.2095-3402.2011.01.011.

[22] 翟丽红, 徐先荣, 金占国, 等. 改装体检直升机与歼击机飞行员立位耐力比较[J]. 解放军医学院学报, 2020, 41(1): 28-31, 39. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2020.01.008.
ZHAI L H, XU X R, JIN Z G, *et al*. Comparison of orthostatic tolerance test results between helicopter pilots and fighter pilots in medical assessment for transitioning to high-performance aircraft[J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2020, 41(1): 28-31, 39. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2020.01.008.

[23] 王广云, 翟丽红, 于东睿, 等. 改装体检直升机和歼击机飞行员加速度耐力比较研究[J]. 空军医学杂志, 2020, 36(1): 1-3. DOI: 10.3969/j.issn.2095-3402.2020.01.001.
WANG G Y, ZHAI L H, YU D R, *et al*. A comparative study of acceleration tolerance between helicopter pilots and fighter pilots under physical examination prior to transferring to higher performance aircraft[J]. Med J Air Force, 2020, 36(1): 1-3. DOI: 10.3969/j.issn.2095-3402.2020.01.001.

[24] 张丹, 张腊喜, 周立华, 等. 高性能武装直升机飞行员改装体检不合格的原因分析[J]. 解放军医学院学报, 2020, 41(1): 24-27. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2020.01.007.
ZHANG D, ZHANG (L/X) X, ZHOU L H, *et al*. Analysis of disqualifing medical conditions found in physical examination for pilots transitioning to high performance gunship[J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2020, 41(1): 24-27. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2020.01.007.

[25] 付兆君, 王广云, 张向阳, 等. 高性能武装直升机飞行员改装体检效果随访[J]. 解放军医学院学报, 2020, 41(8): 785-788. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2020.08.008.
FU Z J, WANG G Y, ZHANG X Y, *et al*. Follow-up of military pilots after physical examination for transition to high performance gunship[J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2020, 41(8): 785-788. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2020.08.008.

[26] 全军航空航天医学专业委员会. 军事飞行人员颅内蛛网膜囊肿特许飞行指南(2021)[J]. 解放军医学院学报, 2021, 42(7): 699-702. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2021.07.002.
Committee of Aerospace Medicine of the Whole Army. Special flight guide for military pilots with intracranial arachnoid cysts (2021)[J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2021, 42(7): 699-702. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2021.07.002.

[27] 全军航空航天医学专业委员会. 军事飞行人员听神经瘤特许飞行指南(2021)[J]. 解放军医学院学报, 2021, 42

(7): 703-706. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2021.07.003.
Committee of Aerospace Medicine of the Whole Army. Military pilots' chartered flight guide to acoustic neuroma (2021)[J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2021, 42(7): 703-706. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2021.07.003.

[28] 全军航空航天医学专业委员会. 军事飞行人员先天性心脏病特许飞行指南(2021)[J]. 解放军医学院学报, 2021, 42(7): 707-711. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2021.07.004.
Committee of Aerospace Medicine of the Whole Army. Chartered flight guide for military pilots with congenital heart disease (2021)[J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2021, 42(7): 707-711. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2021.07.004.

[29] 全军航空航天医学专业委员会. 军事飞行人员甲状腺功能减退症特许飞行指南(2021)[J]. 解放军医学院学报, 2021, 42(7): 725-728. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2021.07.008.
Committee of Aerospace Medicine of the Whole Army. Licensed flight guide for military pilots with hypothyroidism (2021)[J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2021, 42(7): 725-728. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2021.07.008.

[30] 全军航空航天医学专业委员会. 军事飞行人员痛风特许飞行指南(2021)[J]. 解放军医学院学报, 2021, 42(7): 729-732. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2021.07.009.
Committee of Aerospace Medicine of the Whole Army. Guide to gout chartered flight for military pilots (2021)[J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2021, 42(7): 729-732. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2021.07.009.

[31] 全军航空航天医学专业委员会. 军事飞行人员腰椎峡部裂特许飞行指南(2021)[J]. 解放军医学院学报, 2021, 42(7): 733-736. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2021.07.010.
Committee of Aerospace Medicine of the Whole Army. Licensed flight guide for military pilots with lumbar spondylolysis (2021)[J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2021, 42(7): 733-736. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2021.07.010.

[32] 全军航空航天医学专业委员会. 军事飞行人员强直性脊柱炎特许飞行指南(2021)[J]. 解放军医学院学报, 2021, 42(7): 737-740, 745. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2021.07.011.
Committee of Aerospace Medicine of the Whole Army. Licensed flight guide for military pilots with ankylosing spondylitis (2021)[J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2021, 42(7): 737-740, 745. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2021.07.011.

[33] 全军航空航天医学专业委员会. 军事飞行人员结直肠癌特许飞行指南(2021)[J]. 解放军医学院学报, 2021, 42(7): 741-745. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2021.07.012.
Committee of Aerospace Medicine of the Whole Army. Guide for chartered flight of colorectal cancer for military pilots (2021)[J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2021, 42(7): 741-745. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2021.07.012.

[34] 全军航空航天医学专业委员会. 军事飞行人员鼻咽癌特许飞行指南(2021)[J]. 解放军医学院学报, 2021, 42(7): 746-749, 754. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2021.07.013.
Committee of Aerospace Medicine of the Whole Army. Military pilots' guide to licensed flight of nasopharyngeal carcinoma (2021)[J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2021, 42(7): 746-749, 754. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2021.07.013.

[35] 徐先荣,王建昌,崔丽,等. 军事飞行人员肾细胞癌特许飞行医学鉴定指南 (2022)[J]. 空军航空医学, 2022, 39(1): 6-10.
XU X R, WANG J C, CUI L, *et al*. Chartered flight guide for military pilots with renal cell carcinoma (2022)[J]. Med J Air Force, 2022(3): 6-10.

[36] 全军航空航天医学专业委员会. 军事飞行人员甲状腺癌特许飞行医学鉴定指南(2022)[J]. 解放军医学院学报, 2022, 43(12): 1222-1226, 1232. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2022.12.004.
Committee of Aerospace Medicine of the Whole Army. Guidelines for chartered flight medical identification of thyroid cancer in military pilots (2022)[J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2022, 43(12): 1222-1226, 1232. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2022.12.004.

[37] 全军航空航天医学专业委员会. 军事飞行人员肺癌特许飞行医学鉴定指南(2022)[J]. 解放军医学院学报, 2022, 43(12): 1227-1232, 1247. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2022.12.005.
Committee of Aerospace Medicine of the Whole Army. Guidelines for medical appraisal of military pilots' lung cancer licensed flight (2022)[J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2022, 43(12): 1227-1232, 1247. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2022.12.005.

[38] 全军航空航天医学专业委员会. 军事飞行人员冠状动脉疾病特许飞行指南(2021)[J]. 解放军医学院学报, 2021, 42(7): 712-716. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2021.07.005.
Committee of Aerospace Medicine of the Whole Army. Guide for chartered flight of military pilots with coronary artery

disease (2021)[J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2021, 42(7): 712-716. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2021.07.005.

[39] 全军航空航天医学专业委员会. 军事飞行人员静脉血栓栓塞症特许飞行指南(2021)[J]. 解放军医学院学报, 2021, 42(7): 717-720. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2021.07.006.
Committee of Aerospace Medicine of the Whole Army. Licensed flight guide for military pilots with venous thromboembolism (2021)[J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2021, 42(7): 717-720. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2021.07.006.

[40] 全军航空航天医学专业委员会等. 军事飞行人员变压性眩晕个别评定指南(2022)[J]. 空军军医大学学报, 2022(5): 538-541. DOI:10.13276/j.issn.2097-1656.2022.05.003.
Committee of Aerospace Medicine of the Whole Army. Guidelines for individual assessment of alternobaric vertigo in military pilots(2022)[J]. J Air Force Med Univ, 2022(5): 538-541. DOI: 10.13276/j.issn.2097-1656.2022.05.003.

[41] 全军航空航天医学专业委员会, 王俊华, 孙津津, 等. 军事飞行人员阵发性室上性心动过速个别评定指南(2022)[J]. 空军军医大学学报, 2022(5): 542-545. DOI:10.13276/j.issn.2097-1656.2022.05.004.
Committee of Aerospace Medicine of the Whole Army. Guidelines for individual assessment of paroxysmal supraventricular tachycardia in military pilots(2022)[J]. J Air Force Med Univ, 2022(5): 542-545. DOI:10.13276/j.issn.2097-1656.2022.05.004.

[42] 全军航空航天医学专业委员会. 军事飞行人员甲状腺功能亢进症个别评定指南(2022)[J]. 空军军医大学学报, 2022(5): 550-553, 558. DOI: 10.13276/j.issn.2097-1656.2022.05.006.
Committee of Aerospace Medicine of the Whole Army. Guidelines for individual assessment of hyperthyroidism in military pilots(2022)[J]. J Air Force Med Univ, 2022(5): 550-553, 558. DOI: 10.13276/j.issn.2097-1656.2022.05.006.

[43] 全军航空航天医学专业委员会. 军事飞行人员隐匿性肾小球肾炎个别评定医学鉴定指南(2022)[J]. 解放军医学院学报, 2022, 43(12): 1218-1221. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2022.12.003.
Committee of Aerospace Medicine of the Whole Army. Guidelines for individual evaluation of occult glomerulonephritis in military pilots (2022)[J]. Acad J Chin PLA Med Sch, 2022, 43(12): 1218-1221. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2022.12.003.

[44] 董薇, 郭树森. 我国直升机医学救护体系的构建[J]. 军事医学, 2019, 43(12): 954-958. DOI: 10.7644/j.issn.1674-9960.2019.12.012.
DONG W, GUO S S. Construction of helicopter medical service system in China[J]. Mil Med Sci, 2019, 43(12): 954-958. DOI: 10.7644/j.issn.1674-9960.2019.12.012.

(**收稿**:2023-07-20;**修回**:2023-10-30)

(编辑 栗 嘉)