文章编号:1000-5404(2013)03-0185-04

专家述评

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



曹 佳 (400038 重庆,第三军医大学军事预防医学院毒理学研究所)

[关键词] 军事作业医学;陆军;军用密闭舱室;作业环境;危害评估与防护
[中图法分类号] R821.5 [文献标志码] A

Hazard assessment and health effect of operation environment in army sealed cabins

Cao Jia (Institute of Toxicology, College of Military Preventive Medicine, Third Military Medical University, Chongqing, 400038, China)

[**Abstract**] Military sealed cabin is one of the most important work places and combat environments in future wars. Especially in army sealed cabins exist numerous harmful factors, and the condition is much worse than any other common operation cabins. The separate or combined effects of those harmful factors not only affect combat capacity of tank crews, but also cause lots of diseases and even threaten their lives. How to evaluate and protect our crews from these harmful factors is a new challenge faced by the army of each country. This article provides an overview of hazard assessment and health effect of operation environment in sealed cabins of our and foreign armies as well as the future research trends in this field.

[**Key words**] military operational medicine; army; military sealed cabin; operating environment; hazard assessment and protection

Supported by the Mandatory Project of the "Eleventh Five-year Plan" of Medical Research of PLA (06Z032). Corresponding author: Cao Jia, Tel: 86-23-68772533, E-mail: caojia1962@126.com

近年来,随着新军事变革的迅猛兴起和战争样式的深刻变化,如何提高与保障军人在日益信息化的作战环境、数字化的作战模式、高技术化的武器系统中的军事作业能力,已成为军队现代化建设面临的崭新挑战。军用密闭舱室是未来战争中最主要的作业场所和作战环境。军用密闭舱室内往往存在着多种有害因素的联合污染。这些有害因素的单独或者联合作用,不仅会影响舱室乘员的军事作业能力,长期慢性暴露还有可能引发疾病。因此,开展军用密闭舱室作业环境评估及健康效应研究,对维护和提高军事作业能力、保障指战员健康具有重要意义。

[基金项目] 全军医学科研"十一五"计划专项课题(06Z032)
[通信作者] 曹 佳,男,博士,教授,博士生导师。担任国际环境诱变剂协会理事、亚洲环境诱变剂协会主席、国务院学位委员会公共卫生与预防医学学科评议组成员、中国环境诱变剂学会副理事长、全军卫生防疫防护管理专委会主任委员、中华预防医学会理事、中国环境科学会理事、中国毒理学会理事、重庆市环境科学会理事长等学术职务。主持国家自然科学基金重点项目、军队重点项目等重大项目 8 项。获国家科技进步三等奖 1 项,获军队科技进步二等奖 3 项。为国家杰出青年基金获得者。发表论文 250 余篇,其中在 SCI 收录的国外期刊发表 50 余篇。主要从事遗传和分子毒理学、环境毒理学和军事毒理学等方面的研究。电话:(023)68772533,E-mail:caojia1962@126.com
[优先出版] http://www.cnki.net/kcms/detail/51.1095.R.20121207.1023.015.html(2012-12-07)

1 陆军军用密闭舱室的基本概念及卫生学特点

陆军军用密闭舱室是陆军最为常见的作业环境和战斗载体,是陆军作战部门和勤务部门的主要支撑装备,包括坦克、轮式自动火炮、指挥车、侦察车等。其共同点之一就是常处于一个相对封闭的可移动的工作舱内,在平时的训练或者战斗中,均可能产生一系列急性和慢性有害、致伤病因素,影响乘员的军事作业能力和身心健康。

陆军军用密闭舱室环境中的有害因素比较复杂,具有区别于一般职业场所独特的卫生学特点。首先,舱室内空间十分狭小。陆军军用密闭舱室不同于海军潜艇或者二炮坑道舱室,舱室体积较小,且舱室内操作装备和武器系统繁多,舱室空间有限,乘员活动受限。由于长期处于同一姿势作业,其作业能力和战斗状态很可能受到不同程度的影响。其次,舱室内有害因素的污染比较严重。陆军军用密闭舱产生的有害因素主要有:①坦克行驶时,发动机释放的废气;密闭舱中非金属复合材料挥发或热解产生的各种有毒、有害气体;作业人员呼出和排放的废气。②火炮和各种武器发射产生的多种有毒、有害气体,如 SO_2、NO_2 和铅等有毒重金属蒸气[1]。③车体高速行驶和工作时产生的强烈振动和复合噪声。④非金属材料热解、射击及行驶过程中外界灰尘倒灌,使舱室内蓄积较高浓度的粉尘。⑤舱室

中无线电指挥和通讯产生的电磁辐射。⑥夏季和冬季等极端气候作业产生的高温、高湿、低温等。同时,陆军军用密闭舱室一般呈相对密闭的独立空间,舱室与外界的空气流动性较差。这在很大程度上增强了上述有害因素对作业人员的损伤效应。再次,舱室乘员作业强度大。陆军军用密闭舱室作业人员除了面对各种复杂的外界环境和内在心理因素应激作用外,还要执行各种密集型的操作指令,其作业强度远高于一般职业人员的劳动强度,这导致了陆军军用密闭舱室作业人员一般连续作业的时间都比较短。

陆军军用密闭舱室内的有害因素可对舱室乘员产生不同程度的健康损害效应,开展密闭舱室作业环境危害评估与健康效应研究意义重大。

2 外军研究概况

外军高度重视军用舱室内有毒气体中毒及对军事作业能力影响的问题。2002年美国的军事医学发展战略报告中,已将武器战斗舱室内有毒气体对作业能力的损害评价、毒效应机制和防护方案明确列为优先发展的重点研究领域[2]。美军在军事作业环境的研究中,认为爆炸及燃烧所产生的浓烟、废气等吸入后,会引起军人受伤、失能或作业能力下降[2]。外军通过建立专门的军用密闭舱室模拟单元,建立吸入性肺损伤模型,对特定气体的肺损伤机制进行详细研究。德军在研究军用密闭舱室卫生学问题时,不仅研究有毒、有害气体,还研究电离辐射和电磁辐射,以及高温、潮湿等微小气候对军事作业能力的综合影响。外军对密闭舱室内以非金属材料为主体的有毒气体的来源和种类进行了较详细的研究,归纳出窒息性气体、刺激性气体、中枢神经性抑制剂、全身毒剂四大类,分别对其毒性效应进行了研究[3]。

由于化合物毒性成分复杂,研究有毒气体毒作用机制难度较大,但基本可以认为,这些有毒气体可通过不同机制引起多系统不同靶器官的损伤。外军研究资料表明,某型坦克在正常闭舱行驶30 min时,舱室内CO浓度就已超过职业接触限值的2倍,引起乘员的视觉、听觉注意分配正确率减少、错误增加,正确反应时间延长,数字记忆、光信号的视觉记忆错误增加等一系列神经行为功能的改变,明显影响乘员的军事作业能力[4]。即使在最大通风条件下,30 min内闭舱连续发射5枚常规穿甲弹后,坦克内CO、NH_3、SO_2的浓度仍分别是最高容许限值的12、17倍和21倍,仅气体的直接刺激作用就已明显降低坦克乘员后30 min内的作业能力。

近年来,外军还特别重视以下几个问题:①毒物低剂量、长时间作用下神经行为毒理学的研究:特别是神经性毒物对人体的行为效应,从而防止从功能性改变发展到不可逆的损害;②化学物质远后毒性效应的研究:包括遗传效应(三致)和生殖、发育毒性;③毒物毒性-构效关系的研究:利用毒物结构-生物毒性之间的定量关系,从舱室常用的材料中筛选出多种有毒化合物;④注重将新技术引入到密闭舱环境复合因素毒作用的研究:如利用计算机建立模拟密闭舱毒物污染控制模型等。外军研究重点是分析密闭舱环境有毒、有害物质的种类,来源(如油料、涂料、润滑剂、清洗剂、制冷剂、橡胶和隔热材料等),研究有毒、有害物质的毒性,管理,监测以及使用这些物质的相关人员的训练,中毒的预防,中毒的急救与治疗等。

外军高度重视军事作业环境中的噪声、振动、加速度、撞击等对军事作业能力的影响。在噪声领域的研究方向和内容包括低频噪声暴露的心理、行为、认知和生理效应研究[2];军事作业环境噪声暴露人员听力损伤的特征研究,包括听力损伤的流行病学调查、听力损伤易感人群的筛检、听力损伤的保护建议等;噪声防护研究,包括研制听力保护与安全标准、噪声性耳聋的防治措施、听力损失早期检测的试验方法、噪声环境中增强语言理解力的方法、听力保护器材等。

3 我军研究进展

我军有关陆军军用密闭舱室有毒、有害气体及对军事作业能力影响的研究起步较晚,目前主要还处于对陆军战斗舱室内有毒、有害气体的成分和浓度的监测上,仅少数研究涉及有毒、有害气体对机体的影响及作用机制,而有关有毒、有害气体对作业效能复合损伤效应的系统研究更是很少涉及。

我军对某型装甲车使用的9种主要非金属材料燃烧热解产物进行了定性、定量分析,共检出无机组分10种、有机组分124种,其中许多是对机体产生明显毒效应的化合物[5-7]。袭著革等[8]对作业坦克产生的挥发性有机物(VOCs)进行了定性分析,发现脂肪烃类、苯系物等为VOCs的主要代表。进一步的研究显示在各种作业条件下CO是我军坦克最主要的污染物,CO_2、总悬浮颗粒(TSP)、NO_2和VOCs的总烃、苯、甲苯也是比较典型的污染物,而NH_3仅在发射火炮作业时浓度较高,但不成为坦克内的主要有害物质,并且主要的有害物质具有随行驶时间延长而浓度增加,冬季浓度高于夏季,随发射炮弹数目的增加而浓度累加等污染特点[9]。而我军以某型坦克为试验样车,分析及评价坦克火炮射击时舱室内有毒、有害气体的变化。测定出舱室主要有毒、有害气体以CO、SO_2、NH_3、TSP和总烃为主,有毒、有害气体浓度随发射炮弹数目的增加而升高,其中又以CO浓度最大[10-11]。当坦克分别被3种炮弹击中后,舱室内CO和SO_2浓度在大口径破甲弹射击后变化比较明显,而在中口径穿甲爆破燃烧弹和高射机枪穿甲燃烧弹射击后变化不显著;坦克舱室内氮氧化物的浓度在大口径破甲弹射击后变化比较明显,中口径穿甲爆破燃烧弹次之,而高射机枪穿甲燃烧弹射击对其则无明显影响;3种武器击中坦克后舱室内O_2含量均无明显变化[12]。

噪声也是坦克车作业时的主要危害之一。坦克噪声主要来源于发动机运转、履带摩擦、通讯耳机、火炮和机枪发射等。吴铭权等[13]研究发现,我军某型坦克原地发动时总声级为100~109 dB,等效A声级强度为93~99 dB。坦克在运行或炮击后,驾驶员和车长的听力都发生了暂时性位移。振动也是坦克作业时另一重要危害因素,主要来自于发动机运转、部件之间的摩擦、履带与路面的碰撞、车体的颠簸、射击时的空气扰动等。军事医学科学院的研究报告指出,坦克舱室成员座椅的振动强度较高,峰值为2.4~3.0 m/s^2,振动频率主要在25~50 Hz。另外,夏季高温环境下坦克在野外行驶时,乘员常常面临着极端的高温环境。如某装甲车在海南地区进行试验时,车内温度最高达50 ℃,湿度达98%以上,乘员很快达到重度热负荷状态[14]。

本课题组自2010年起,对我军某装甲部队坦克舱室环境

有害因素进行了现场调查,并对长期接触某型坦克的驾乘人员进行了2 000余人次的健康体检和作业能力检测。研究结果显示:①某型坦克在常规行驶训练状态下舱室内的有毒、有害气体污染较轻,其浓度均未超过国家相关职业接触限值标准[15];在射击训练状态下,主要有毒、有害气体中CO污染最重,其最高浓度超过国家相关职业接触限值标准的60倍以上[16];坦克运行过程中舱室内的噪声强度和粉尘浓度均严重超标,其中粉尘的最高浓度超过国家相关职业接触限值标准的25倍[15]。②长期暴露于舱室环境的坦克乘员的肺功能受到一定程度损伤,肺功能损害发生率显著升高,其中以>5~8年高军龄组乘员损伤最为严重[17]。③长期暴露于舱室环境的坦克乘员的听力受到一定程度的影响,听力损伤主要表现为4 kHz和6 kHz高频段听阈位移显著增加,而且随着军龄的增加,暴露时间的延长,高频听力损伤的程度也越严重,尤其是>5~8年军龄组的听力损伤最突出[18]。④长期暴露于舱室环境的坦克乘员机体的氧化-抗氧化平衡受到一定程度的影响,表现为血清超氧化物歧化酶(SOD)及谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性均显著降低,髓过氧化物酶(MPO)活性显著增加,不同的坦克作业岗位中,驾驶员的氧化损伤最为严重[19]。⑤长期暴露于舱室环境或急性暴露于坦克舱室射击环境下乘员的神经行为能力均可受到一定程度的影响,主要表现为系列加减、听简单反应时及目标追踪等能力指数的显著下降[16,20]。

4 陆军军用密闭舱室现场研究的难点及局限性

目前,我军关于陆军密闭舱室医学和卫生学问题的相关研究相对来说还比较少,起步也较晚,其研究的水平和层次还比较低、现场研究开展的难度较大。相对其他领域的相关研究来看,目前的研究还存在的难点及局限性主要有以下几个方面:①密闭舱室有害因素研究的深度和广度不够。由于试验方法、监测技术和现场监测可行性等方面的限制,目前还未能实现对陆军军用密闭舱室不同时间点、不同作业状态,尤其是实战射击状态下有害因素的连续实时遥测分析。在粉尘的检测中仅仅对总尘浓度进行了分析,而缺乏对不同粒径粉尘的分类测定数据;在噪声的检测中仅仅分析了噪声强度,而缺乏对军用舱室作业过程中产生噪声的频谱分析数据;在有害因素检测中,仅仅关注了主要的物理和化学有害因素,而缺乏对舱室内存在的微生物因素的检测分析。②评价陆军军事作业能力敏感生物标志物的研究开展不够。目前开展的陆军军用密闭舱室作业人员的健康损害效应研究多是观察舱室乘员主要器官系统的损伤情况,用于评价舱室有害因素对乘员作业能力的影响时缺乏一定的时效性和敏感性。本课题组曾开展了坦克乘员长期行驶作业及1次射击训练情况下神经行为能力指标的改变,筛选出系列加减、听简单反应时及目标追踪等能力指数的变化较为敏感,可用于初步评价陆军舱室乘员的作业能力改变,但需要更大样本人群的验证。③有害因素对舱室乘员的健康效应未考虑个体的遗传易感性和多态性因素。舱室乘员的健康损害效应并非完全是由长期舱室环境有害因素暴露导致的,不良的生活方式以及个体的多态性也是非常重要的影响因素。开展多态性研究,从环境-基因的交互作用方面来进一步观察有害因素对乘员作业能力的影响,将在环境有害因素控制、乘员损伤防护及陆军舱室作业人员征兵筛查等工作中产生重要影响。

5 未来陆军军用密闭舱室作业环境危害评估与防护

5.1 陆军密闭舱室内环境污染的动态监测

需进一步了解坦克密闭舱内新型金属和非金属材料污染物来源,系统测定在不同的工况和战况作业条件下密闭舱内污染物的浓度变化,系统测量噪声、振动及电磁辐射的强度、作用时间、频谱分布,全面掌握各种有害因素时间、空间分布规律及暴露的特征。

5.2 陆军密闭舱乘员作业能力和健康损害流行病学研究

开展系统的大样本驾乘人员流行病学调查和健康体检,全面了解密闭舱室环境对作业人员健康的影响;进一步明确损伤和危害的主要靶器官,寻找敏感靶器官、系统损伤特点和健康危害特点;系统研究敏感生物效应观察终点和医学救治关键环节,明确损伤阈值;全面开展健康危险度评估和健康预警研究。

5.3 陆军密闭舱室卫生标准及作业规范的制订

结合现场环境卫生学调查资料和人群流行病学调查资料,进一步筛选用于军用密闭舱室危害预测和评估的生物学监测指标,制订伤害医学救治原则和职业暴露安全标准。

5.4 陆军密闭舱室环境危害防治措施及防护关键技术研究

从物理防护、医学防护、综合防护等方面,研究军用密闭舱室的防护策略和方法。包括屏蔽和吸收防护材料的筛选、单兵和群体防护器材的研发、预防药物的筛选、人员卫生保障体系的建立、职业人群健康促进和健康维护方案的制订、职业人群的健康管理等,以形成系统的综合卫勤保障能力。

参考文献:

[1] 郝向阳,杨邵勃,郭红霞,等. 坦克舱室环境对乘员生理负荷影响的调查[J]. 人民军医, 2005, 48(7): 373-375.
[2] 吴乐山, 孙建中. 现代军事医学战略研究[M]. 北京: 军事医学科学出版社, 2004: 153-163.
[3] Levin B C. The development of a new small-scale smoke toxicity test method and its comparison with real-scale fire tests[J]. Toxicol Lett, 1992, 64-65(Spec No): 257-264.
[4] Purser D. Behavioural impairment in smoke environments[J]. Toxicology, 1996, 115(1/3): 25-40.
[5] 孙磊, 安辉, 郑有科, 等. 模拟密闭舱室烟雾吸入染毒装置的研制[J]. 第三军医大学学报, 2009, 31(4): 290-293.
[6] 安辉, 孙磊, 周燕虹, 等. 密闭舱室内非金属材料燃烧释放有毒气体对大鼠肺组织通透性的影响[J]. 第三军医大学学报, 2009, 31(4): 294-296.
[7] 安辉, 孙磊, 周燕虹, 等. 烟雾吸入性损伤大鼠肺组织丝裂原活化蛋白激酶通路的变化[J]. 中华烧伤杂志, 2008, 24(4): 278-282.
[8] 裘著革, 李官贤, 吴佛运, 等. 坦克作业条件下驾驶室内挥发性有机物定性分析[J]. 解放军预防医学杂志, 1999, 17(1): 9-12.
[9] 裘著革, 李官贤, 吴佛运, 等. 不同作业条件下坦克驾驶舱内空气污染的定量与污染特征分析[J]. 解放军预防医学杂志, 2000, 18(4): 237-240.
[10] 郝向阳, 杨邵勃, 白香成, 等. 坦克火炮射击时舱室噪声与有害

气体对乘员生理负荷的影响[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2006, 24(8): 491-493.
[11] 郭强, 郝向阳, 杨邵勃. 坦克火炮射击时舱室有害气体动态分析及评价[J]. 装甲兵工程学院学报, 2007, 21(1): 37-39.
[12] 张丽, 刘江, 张红华, 等. 反坦克武器击中坦克时舱室内有害气体测试方法的探讨[J]. 解放军医学杂志, 2003, 28(1): 17-18.
[13] 吴铭权, 姚治中, 陈浩宇, 等. 坦克作业噪声的测试与评价[J]. 解放军预防医学杂志, 2002, 20(2): 83-85.
[14] 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.
[15] 赵晓龙, 李代波, 孙磊, 等. 坦克行驶训练时舱室内主要有害因素的测量与分析[J]. 第三军医大学学报, 2013, 35(3): 189-192.
[16] 李代波, 孙磊, 王涛, 等. 坦克射击时舱室内有害气体对乘员生理及神经行为能力的影响[J]. 第三军医大学学报, 2013, 35(3): 201-204.
[17] 孙磊, 李代波, 陶成玉, 等. 坦克舱室有害因素对乘员肺功能的影响[J]. 第三军医大学学报, 2013, 35(3): 193-196.
[18] 孙磊, 李代波, 王涛, 等. 坦克乘员噪声接触致听力损伤状况分析[J]. 第三军医大学学报, 2013, 35(3): 209-211.
[19] 孙磊, 李代波, 王涛, 等. 坦克舱室有害因素对乘员血清脂质过氧化物和抗氧化酶活性的影响[J]. 第三军医大学学报, 2013, 35(3): 197-200.
[20] 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.

(**收稿**:2012-09-03;**修回**:2012-11-19)
(编辑 吴培红)

个案与短篇

文章编号:1000-5404(2013)03-0188-01

低分化卵巢睾丸母细胞瘤伴男性化1例

屈云飞,毛世华,吴 燕 (404000 重庆,重庆三峡中心医院妇产科)

[**关键词**] 低分化卵巢睾丸细胞瘤;男性化;治疗;诊断
[**中图法分类号**] R737.31 [**文献标志码**] B

卵巢睾丸母细胞瘤是一种罕见的性索间质细胞瘤,其发生率小于卵巢肿瘤,常常发生在单侧卵巢[1]。此病可发生于任何年龄的女性,但以生育期多见,其中位发病年龄为25岁,青春期前或者绝经后女性很少患病[2]。1/3的睾丸母细胞瘤患者可有月经稀发、继发性闭经、乳房及子宫萎缩、皮下脂肪减少、声音变粗、痤疮、阴蒂肥大等男性化体征,其中青年患者对雄激素尤为敏感[3]。2010年7月我院收治1例低分化卵巢睾丸母细胞瘤伴男性化患者,现报告如下。

1 临床资料

患者,女性,23岁,因"停经6个月,发现右附件包块3个月"于2010年7月16日入院。既往月经规律,初潮14岁,末次月经:2010年1月4日,未婚,有性生活史3年,G_1P_0,2年前行人工流产1次。入院3个月前患者因"停经3个月"到当地医院就诊,查尿HCG阴性。妇科彩超示:右附件见一直径约4 cm囊实性包块,该院建议患者密切观察随访。入院2个月前患者无明显诱因出现全身体毛增多、增粗,伴声音粗糙、音调低沉,体质量增加4 kg,遂到温州医学院附属第一医院检查,妇科彩超示:右附件区见一大小约71 mm×7 mm×51 mm的囊实性包块,实质内血流信号丰富。建议入院治疗,但患者拒绝,为求进一步治疗故来我院就诊。妇科检查:阴蒂肥大,约2 cm×1.5 cm×1 cm(图1),右附件区可扪及一直径约7 cm囊实性包块,边界清楚。实验室检查:除睾酮明显增高以外(11.16 ng/mL),余女性激素水平均正常,CA-125、AFP、HCG、血清胰岛素均正常,肾上腺B超未发现包块,于7月19日在全麻下行剖腹探查术。术中见:右卵巢7 cm×7 cm×6 cm实性包块。术中行右卵巢肿瘤剥除术。剖视标本:肿瘤为实性,切面呈淡黄色,质脆。送冰冻切片病检示:(右卵巢)性索-间质肿瘤,考虑为低分化睾丸细胞肿瘤。与患者家属沟通后要求保留生育功能,遂仅行右附件切除术,术后根据病理结果决定是否补充放化疗。术后病检示:(右卵巢)性索-间质肿瘤,低分化睾丸细胞肿瘤;免疫组化(图2):vimentin(+),inhibin(+),CD99(+),CK(+),AFP(+),EMA(-),PLAP(-),Ki67约30%。术后复查血清睾酮降至正常水平。低分化卵巢睾丸母细胞瘤需化疗3~4个疗程,故术后予以补充3次BEP方案化疗(21 d为1个疗程),并在化疗前用GnRHa(商品名达菲林)保护卵巢功能(每28天肌注1次,连续注射3次),化疗结束后3个月恢复正常月经。现患者术后2年,每3个月定期来我院随访,随访过程中患者血清睾酮正常,B超未发现盆腹腔包块,男性化症状及体征有所改善,如阴蒂恢复正常大小,但体毛增多、声音粗糙、音调低沉改善不明显。



图1 低分化卵巢睾丸母细胞瘤伴男性化患者术前外生殖器观察(肥大阴蒂)

[**通信作者**] 屈云飞,电话:(023)58103570,E-mail:quyunfei120@163.com
[**优先出版**] http://www.cnki.net/kcms/detail/51.1095.R.20121030.1724.005.html(2012-10-30)

(下转208页)