· 综述 ·

航空医疗救援及模拟培训的发展状况

侯文肖[1,2] 刘良[1,2] 周心蓓[1,2] 段军[1]

[1] 中日友好医院外科重症医学科，北京 100029；[2] 北京中医药大学研究生院，北京 100029

通信作者：段军，Email：13691362130@163.com

【摘要】 航空医疗救援作为立体急救网络的高端布局，是国家应急援救系统的重要组成部分，也是未来的发展趋势。目前，许多发达国家已建立了相对标准化的航空救援体系，但我国的航空医疗救援尚处于初级阶段，与发达国家存在较大差距。本文就航空医疗救援及模拟培训的发展情况进行阐述，希望模拟舱和虚拟现实技术（VR）能够在航空医疗救援模拟培训中发挥重要作用。

【关键词】 航空医疗救援； 模拟培训； 模拟舱； 虚拟现实技术

基金项目：北京化工 - 中日友好医院生物医学转化工程研究中心 2020 年度联合基金项目（XK2020-04）；北京协和医学院学科建设项目（201920102304）

DOI：10.3969/j.issn.1008-9691.2022.01.029

Development state of air ambulance and simulation training

Hou Wenxiao[1,2], Liu Liang[1,2], Zhou Xinbei[1,2], Duan Jun[1]

[1]Department of Surgical Intensive Care Unit, Beijing China-Japan Friendship Hospital, Beijing 100029, China; [2]Graduate School of Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100029, China

Corresponding author: Duan Jun, Email: 13691362130@163.com

【Abstract】 The high-end layout of the three-dimensional emergency network of aviation medical rescue is an important part of the national emergency rescue system, and it is also the future development trend. At present, many developed countries have established relatively standardized aviation rescue systems, however, the air ambulance in China is still in the primary stage, existing a big gap left behind. This paper expounds the development situation of aviaion medical rescue and simulation training, hoping that simulation module and virtual reality (VR) technology can play an important role in air ambulance and simulation training.

【Key words】 Aviation medical rescue; Simulation training; Simulation module; Virtual reality technology

Fund program: Beijing University of Chemical Technology-China-Japan Friendship Hospital Biomedical Translation Engineering Research Center 2020 Joint Fund Project (XK2020-04); Beijing Union Medical College Discipline Construction Project (201920102304)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2022.01.029

航空医疗救援不仅作为立体急救网络（陆、海、空“三位一体”）的高端布局，还是国家应急援救系统的重要组成部分[1]。现在相对标准化的航空医疗救援体系已在发达国家建立并在不断完善，特别是美国、德国、瑞士、日本、澳大利亚、英国等[2]。由于我国经济发展迅速和市场需求快速增长，国家特别重视目前航空医疗救援工作的发展[3]。现对航空医疗救援及模拟培训的发展情况进行综述，希望可以为探索我国航空医疗救援事业建设的开展提供经验和启示。

1 航空医疗救援的概念及特点

航空医疗救援是指政府或医疗机构通过利用航空飞行器为院前急救、院间转运、应急救灾和大型赛事活动提供的紧急医疗服务及救护[4-6]。按照飞行器类型区分，航空医疗救援分为旋转翼和固定翼，前者主要是轻型直升机，后者以改装的公务机为主。目前，国内外航空救援基本采用“旋转翼为主 + 固定翼为辅”的组合模式。航空医疗救援的突出特点为技术含量高、响应速度快、救援效果好、机动性能强、救援范围广，因此它被作为应对自然灾害和紧急情况的常用方法，并且在许多国家紧急救援系统中起到重要作用[7]。

2 国内外航空医疗救援的发展现状

目前，发达国家已建立完善了相对标准化的航空医疗救援体系，包括政府通过军队、航空队等直接参与救援模式，政府购买航空救援服务模式和通航企业救援服务模式等[8]。在发达的通航产业、多元化的运营经费来源、专业救援队伍等因素的支持下，这些航空医疗救援组织能实现常态化运营。例如：美国空中麦特医疗救援（Air Methods）实施以“社区和医院为中心”的独特空中救援模式，医护人员可以不超过 20 min 到达全国 84.5% 人口实施急救医疗救援的现场；德国空中救护中心 DRF Luftrettung 推行以直升机为主的院前救援布局，医护人员可以在 15 min 内到达国内任何指定位置进行救援；日本直升机紧急医疗救援网络 HEM-Net 推行以政府为主导、医院为基地（hospital-based model，HBM）开展业务的运营模式；澳大利亚皇家空中医疗服务队 Royal Flying Doctor Service 则有固定翼转运导向网点布局的运营特点[9-12]。在装备方面，旋转翼和固定翼救援飞机相互补充，并在航空救援体系中引入了监护型直升机，使患者能够在转运途中得到较为全面的重症监护医疗救援[13]。

我国的航空救援还处于建设的初期阶段，但已呈现明

显的上升趋势。近 10 余年，我国经历了 5·12 汶川大地震、8·7 甘南舟曲特大泥石流、青海玉树地震和九寨沟地震等自然灾害，航空医疗救援都参与其中并扮演了重要角色，但也从侧面反映出我国在航空医疗救援方面的薄弱性。随着我国城市化的快速发展，应对各种突发事件的难度越来越大，传统救援方式有时无法达到预期的效果，因此急需快速响应和强大机动性的航空医疗救援。我国政府也出台了支持关于航空救援的政策纲领文件：2016 年国务院发布的《“健康中国 2030”规划纲要》中明确提出了要在 2030 年建成达到发达国家水平的海陆空立体化救援体系；2018 年《政府工作报告》重点提出，要加快建设并完善“航空医学救援体系”；2019 年国家出台相关方案，在 12 个省市进行航空医疗救援试点，并从顶层设计上给予政策扶持，提出了发展方向及具体工作要求；“十三五”规划中也明确提出推进航空救援事业的发展，制订相关支持政策和保障措施。当前，我国的航空医疗救援建设存在体系不完善、规范和标准不一致、专业救援队伍不足、人员缺乏专业培训、专业基础设施不完备等问题，并且尚未建立满足专业标准化需求的航空救援培训机构，缺乏专业技术人才[14-15]。但近些年，模拟训练在航空医疗教学培养和评估方面已逐渐发挥了独特的作用。

3　航空医疗救援模拟培训的重要性及必要性

航空医疗救援的实施，首要就是安全性问题，因为所有通航运营作业中只有医疗救护相对不同，照护对象基本是急危重症患者，所以对救治转运条件要求非常高。由于承载对象和服务要求的特殊性，使得开展航空医疗作业飞行的上机人员必须对航空器、随机设备、专业技术及操作规范实行严格的具有专业性、科学性、权威性、全覆盖的准入制度[16-17]。航空医疗救援过程中，医护人员除了具备专业性知识和技能外，还会面临较复杂的救援环境，如飞机震动、杂音、烟雾、机器故障等，这些问题都会给救援医护人员造成心理上的压力[16]。我们通过模拟训练能够在一定程度上模拟机舱环境，让医护人员适应复杂的救援环境，反复练习和提高重点救援技能。因此，航空救援是一项对医护人员身心素质要求非常严格并且具有极强专业操作技能的医疗救护。

4　如何进行航空医疗救援模拟培训

4.1　模拟培训的内容：通过检索国外文献，关于航空医疗救援模拟训练的开展主要以美国和英国的研究为主。美国重症空运救护队（critical care air ransport team，CCATT）培训有初级和高级培训两部分课程，时间各为 12 d。初级培训主要是理论知识，包括空运后送理论、飞行安全性、飞行生理学、物资设备熟悉、飞行应激、重症救护知识及机舱内团队协作能力的模拟实战演练，队员与物资设备的磨合在培训中非常重要[18]，主要培训目标是让医护人员适应空中和地面的伤病员转送。高级培训的内容主要是技能训练、与地方医院合作，参与 60～80 h 的临床重症监护轮转；与 CCATT 教练员沟通交流机型问题，充分利用模拟人和急救设备对学员进行模拟训练[19-20]，主要目的是让医护人员再次熟悉物资、设备和航空救援相关要求。

英国皇家空军危重救护空运医疗小组（critical care air support team，CCAST）培训内容包含 5 周的必修课程，如临床医学知识、对于急危重患者的救护内容、原则及高空飞行中的护理禁忌等[21]；之后再进行 2 周的模拟培训课程，使用模拟人进行心肺复苏、插管、出血控制等多项急救技能练习和病伤员转移、救援设备使用，并且多以直升机开展模拟训练，但考虑到成本因素，培训主要让直升机在地面空转[21]。

虽然目前我国有些军队医院建立了航空医疗救援队，但培训内容多数缺乏针对性、科学性和统一性，主要采用以培训导师给学员口述教学方式进行，以军事医学理论学习、战伤救治技术、野战医疗队的机动与展开部署为重要培训内容，导致培训内容未能把患者的实际需求跟航空医疗救护结合起来[20, 22]。因此，需加强模拟培训力度，制订统一的模拟培训标准，让航空救援人员接受标准化培训，提高救治水平。

4.2　模拟培训的工具：目前，以美英两国为代表的发达国家进行航空医疗救援模拟培训时大多使用简易模拟人[23]，简易模拟人主要包括 Laerdal Resuscitation Anne、Ultimate Hurt、Crash Kelly、AmbuMan[23]；练习的主要内容包括心肺复苏、插管、出血控制、胸廓切开、麻醉镇静、缝合、夹板固定、输液、引流等。运用简易模拟人能够重复练习重点培训内容和罕见病情或不常见的复杂临床场景等，直到这些急救技能熟练到能够满足患者转运过程中的医疗救援所需[24]。同时，简易模拟人成本低，受条件限制小，能够满足多种环境下的使用需求，如在恶劣天气、密闭的空间和较难实施救援的情况下，对模拟人的损伤较小；在救援人员轮流培训中培训时间较短。

由于航空救援与地面救援差别较大，因此直升机模拟舱的使用就显得极为重要。模拟舱参照直升机标准，按照相同比例制造大小相等、功能齐全的直升机医学模拟培训舱体。模拟舱内可以放置齐全的生命支持设备，如心电监护仪、除颤仪、呼吸机、吸引器、输液泵和氧气设备等。模拟舱可同时乘载 1 名培训导师、3 名培训学员和 1 个卧姿全身模拟人，培训航空救援所需的基本知识和技能[25]。利用模拟舱进行培训，在逼真的机舱环境内进行模拟培训有利于航空医疗救援人员的培养和后续发展。

由于虚拟现实技术（virtual reality，VR）的运用，为航空救援模拟培训提供了新方式。VR 技术可以创建、体验虚拟世界，通过生成的各种虚拟环境，作用于人的视、听、触觉，让人们身临其境[26]。VR 技术拥有 3 个明显的优势：① 沉浸感：让学员置身在虚拟环境中达到身临其境之感；② 交互性：由于学员与虚拟环境的相互作用，计算机根据用户的头、眼及躯体部位的运动调整呈现图像和声音；用户也可通过身体运动或动作来观察、操作虚拟环境中的对象；③ 想象力：让学员积极地沉浸在虚拟环境中，产生新的想象，获取更多新知识，并不断提高用户的感知及理性思维[27-28]。基于上述特征，VR 可以有效营造高仿真航空救援培训环境，形象生动呈现培训内容，让学员完全沉浸在计算机虚拟的“真实”航空救援环境中，从而增加学员的学习兴趣，也可激发和提高学员学习的主动性及培训课堂的参与度。研究

表明，VR 技术应用于教育、培训领域，可以明显改善课堂氛围，提升教学效果[29-30]。

4.3 模拟培训的设计：以英国伦敦直升机救援为例，简要阐述航空救援模拟培训环境的设计情况。院前救治的模拟训练可分解为单个任务、救治流程或完整的任务训练。模拟培训环境的设计者都是院前救治医生，有丰富的设计经验，并且大多数医生都参加过模拟培训[31]。模拟培训环境设计的首要任务是确定本次模拟训练的知识点和技能点，并制订需要达到的标准；但要确保每次训练的任务量不能太多，这样才能有重点地训练。其次是监督模拟训练任务展开，内容主要包括：医护人员接到求救后到达现场，对患者伤情和周围环境的安全性进行评估；进行医疗干预，报告监护结果，并由场景设计者不断更新患者的状态；模拟结束，向接收病患的医院做口头交接[23]。最后，培训人员汇报救援任务完成情况，这有利于查找过程中出现的错误和疏漏，将培训学习效果最大化，并加深学习重点。

在模拟培训的同时要确保培训人员尽可能真正沉浸在模拟训练的环境中，保证模拟培训内容的真实性，例如：① 模拟设备的真实性：确保在模拟训练时使用的设备和正式执行任务时的设备一致，考虑到成本，一些贵重消耗性物品可重复利用；② 环境的真实性：机舱模拟环境应该尽量还原真实环境，在模拟训练时，应严格遵循真实情况下处置患者的流程和机制，培训人员在训练时不能与场景设计者交谈，任何正确或错误的操作，其结果都应该基于真实情况；③ 培训人员心理的真实性：指培训人员在接受模拟训练时，让自己尽可能的沉浸到周围虚构的模拟环境中[32-33]。

5 展 望

总而言之，航空医疗救援是未来的发展趋势，虽然目前我国航空医疗救援水平与发达国家相比仍存在着较大差距，但我国现有的经济实力和航空水平为发展航空医疗救援创造了有利条件。我们认为目前亟需解决的问题是专业航空救援人员的培训、救援队伍的补充，可以通过开展模拟航空救援培训工作，建立统一的航空医疗人员培训标准、航空医疗救援标准，形成我国航空医疗救援人员培训体系。而航空器、机场站点救援网络、救援配套设备、保险制度问题还需要政府的资金和政策扶持。希望我国航空医疗救援事业可以结合自身国情并借鉴发达国家成熟经验，实现我国航空医疗救援事业进入常态化的发展轨道。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1] 武秀昆. 构建空中医疗急救网的有关问题 [J]. 中国急救医学, 2016, 36 (9): 769-772. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2016.09.001.
[2] Xu D, Luo P, Li S, et al. Current status of helicopter emergency medical services in China: a bibliometric analysis [J]. Medicine (Baltimore), 2019, 98 (6): e14439. DOI: 10.1097/MD.0000000000014439.
[3] 李宗浩. 中国灾害救援医学 [M]. 天津：天津科学技术出版社, 2014: 189-198.
[4] 航空医学救援医疗装备专家共识组. 航空医学救援医疗装备的专家共识 [J]. 中华灾害救援医学, 2019, 7 (4): 186-189. DOI: 10.13919/j.issn.2095-6274.2019.04.002.
[5] Standards I. Medical vehicles and their equipment-air ambulances-part 2: operational and technical requirements of air ambulances [M]. UK: BSI Standars Publication, 2015: 17-18.
[6] 钟斌, 田剑清. 我国航空医疗救援发展现状及策略 [J]. 中华灾害救援医学, 2019, 7 (9): 531-535. DOI: 10.13919/j.issn.2095-6274.2019.09.016.
[7] 刘文武, 刘玉龙, 王建, 等. 国外应急救援模式的启示 [J]. 海军医学杂志, 2013, 34 (1): 48-49. DOI: 10.3969/j.issn.1009-0754.2013.01.021.
[8] Swickard S, Winkelman C, Hustey FM, et al. Patient safety events during critical care transport [J]. Air Med J, 2018, 37 (4): 253-258. DOI: 10.1016/j.amj.2018.02.009.
[9] David G, David JR. Ernsting's aviation and space medicine 5E [M]. UK: CRC Press Publication, 2016: 659-669.
[10] 贺安华. 中国航空医疗救援起飞进行时 [J]. 今日民航, 2015 (Z6): 62-67.
[11] 辛军国, 赵莉, 马骁. 美德日俄四国空中医疗救援体系比较及对我国的启示 [J]. 中国急救医学, 2018, 38 (4): 363-368. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2018.04.018.
[12] 吕瑞, 巴衣尔策策克, 彭明强. 国内外空中医学救援发展及现状 [J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2017, 12 (6): 569-573. DOI: 10.3969/j.issn.1673-6966.2017.06.022.
[13] 邓志宏. 航空医疗救援的概念及特点探讨 [J]. 空军医学杂志, 2011, 27 (3): 168-169. DOI: 10.3969/j.issn.2095-3402.2011.03.015.
[14] 张新蕾, 徐向清, 宋娟, 等. 构建空中医疗救援体系初探与思考 [J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2016, 11 (3): 268-270. DOI: 10.3969/j.issn.1673-6966.2016.03.018.
[15] 武秀昆. 发展我国航空医疗事业所要把握的原则与路径探讨 [J]. 中国医疗管理科学, 2016, 6 (3): 16-21. DOI: 10.3969/j.issn.2095-7432.2016.03.003.
[16] McNeill MM. Critical care performance in a simulated military aircraft cabin environment [J]. Crit Care Nurse, 2018, 38 (2): 18-29. DOI: 10.4037/ccn2018700.
[17] De Jong MJ, Dukes SF, Losekamp T. Gap analysis to identify clinical education needs of aeromedical evacuation clinicians [J]. Dimens Crit Care Nurs, 2019, 38 (2): 83-89. DOI: 10.1097/DCC.0000000000000349.
[18] Beninati W, Meyer MT, Carter TE. The critical care air transport program [J]. Crit Care Med, 2008, 36 (7 Suppl): S370-S376. DOI: 10.1097/CCM.0b013e31817e3143.
[19] Bredmose PP, Habig K, Davies G, et al. Scenario based outdoor simulation in pre-hospital trauma care using a simple mannequin model [J]. Scand J Trauma Resusc Emerg Med, 2010, 18: 13. DOI: 10.1186/1757-7241-18-13.
[20] 刘旭, 张鹭鹭. 美军重症空运救护队训练方案对我军的启示 [J]. 解放军医院管理杂志, 2012, 19 (1): 96-98. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9985.2012.01.046.
[21] Lamb D. Could simulated emergency procedures practised in a static environment improve the clinical performance of a Critical Care Air Support Team (CCAST)? A literature review [J]. Intensive Crit Care Nurs, 2007, 23 (1): 33-42. DOI: 10.1016/j.iccn.2006.07.002.
[22] 沈炜. 构建空运医疗后送卫勤指挥体系的思考 [J]. 空军医学杂志, 2015, 31 (3): 191-193.
[23] Wright SW, Lindsell CJ, Hinckley WR, et al. High fidelity medical simulation in the difficult environment of a helicopter: feasibility, self-efficacy and cost [J]. BMC Med Educ, 2006, 6: 49. DOI: 10.1186/1472-6920-6-49.
[24] Damewood SC, Lewiss RE, Huang JV. Ultrasound simulation utilization among point of care ultrasound users: results of a survey [J]. J Clin Ultrasound, 2018, 46 (9): 571-574. DOI: 10.1002/jcu.22610.
[25] Corvetto MA, Pedemonte JC, Varas D, et al. Simulation-based training program with deliberate practice for ultrasound-guided jugular central venous catheter placement [J]. Acta Anaesthesiol Scand, 2017, 61 (9): 1184-1191. DOI: 10.1111/aas.12937.
[26] 李璟. 虚拟现实技术的应用现状及发展前景概述 [J]. 科学与信息化, 2018 (36): 29, 31.
[27] 郝粉娟, 杨惠云, 周西, 等. 虚拟现实技术在我国护理领域中的应用现状 [J]. 护理学杂志, 2015, 30 (13): 111-112. DOI: 10.3870/hlxzz.2015.13.111.
[28] Khanal P, Vankipuram A, Ashby A, et al. Collaborative virtual reality based advanced cardiac life support training simulator using virtual reality principles [J]. J Biomed Inform, 2014, 51: 49-59. DOI: 10.1016/j.jbi.2014.04.005.
[29] Ohley W. Engineering student education in cardiopulmonary resuscitation via virtual reality [J]. Resuscitation, 2016, 106S: e51.
[30] Creutzfeldt J, Hedman L, Felländer-Tsai L. Using virtual world training to increase situation awareness during cardiopulmonary resuscitation [J]. Stud Health Technol Inform, 2014, 196: 83-85.
[31] Winn WT. HEMS simulator training for safety and clinical proficiency [J]. Air Med J, 2010, 29 (6): 300-303. DOI: 10.1016/j.amj.2010.09.003.
[32] Marshall DA, Burgos-Liz L, IJzerman MJ, et al. Selecting a dynamic simulation modeling method for health care delivery research-part 2: report of the ISPOR Dynamic Simulation Modeling Emerging Good Practices Task Force [J]. Value Health, 2015, 18 (2): 147-160. DOI: 10.1016/j.jval.2015.01.006.
[33] 陈福兴, 刘晓荣, 熊林平, 等. 美军空运医疗后送体系及对我军的启示 [J]. 职业与健康, 2017, 33 (1): 120-124.

（收稿日期：2020-07-23）