

“神舟十一号”飞船舱前急救心肺复苏与应对策略

刘骥 贾付坤 宋海峰 娄晓同 李鲁 杨鹤鸣 谭荣 史铁钧 吴洁 周莉
王媛 方伟武 顾建文

【摘要】目的 总结我国载人航天着陆场舱前急救复苏保障经验, 确保载人航天医学保障有力。**方法** 总结“神舟五号”至“神舟十号”载人航天医疗保障经验, 查阅国内外航天员在轨与应急返回着陆后急救复苏的相关报道, 分析航天员应急返回时心肺复苏生理基础, 结合“神舟十一号”飞行特点, 提出相应策略, 并在实战中加以检验。**结果** 在原有舱前急救基础上提出了载人航天着陆场心肺复苏应对策略, 调整了急救设备、优化了急救程序, 添加了防雾可视喉镜, 引入喉罩行声门上通气作为现场最快捷有效的气道开放措施, 在实战中应用超声作为基础生命支持与高级生命支持的重要救治评估手段, 保证了“神舟十一号”飞船航天员中期驻留太空后主着陆场心肺复苏的救治能力。**结论** “神舟十一号”飞船航天员主着陆场舱前急救保障方案经过针对性的改进和流程优化, 为载人航天医疗保障任务的胜利完成提供了有力保证。

【关键词】 航天员; 急救; 寒冷; 医学保障; 超声; 气道; 心肺复苏; 策略

First aid cardiopulmonary resuscitation at the exit of capsule and strategy coping with the “Shenzhou 11” spacecraft Liu Ji, Jia Fukun, Song Haifeng, Lou Xiaotong, Li Lu, Yang Heming, Tan Rong, Shi Tiejun, Wu jie, Zhou Li, Wang Yuan, Fang Weiwu, Gu Jianwen
The 306 Hospital of PLA, Beijing, 100101 China
Corresponding author: Gu Jianwen, Email: 2914081083@qq.com

【Abstract】Objective To summarize the medical security experience in first-aid and resuscitation for astronauts at the exit of capsule after the spacecraft returns to the main landing site in the process of human spaceflight in China, and thus to provide a powerful security measures for Chinese aerospace medicine. **Methods** The medical support experiences were summarized in human spaceflight from “Shenzhou V” to “Shenzhou X”, relevant reports on emergency rescue and resuscitation were consulted in in-orbit process and after emergency return and landing for domestic and foreign astronauts, astronauts’ physiological changes in cardiopulmonary resuscitation were analyzed during emergency return, and then, corresponding strategies were proposed and tested in practice (actual combat) by combining with the flight characteristics of the spacecraft “Shenzhou XI”. **Results** On the basis of the original emergency treatment, the countermeasures for the cardiopulmonary resuscitation were proposed after the spacecraft returned to the main landing site in human spaceflight, the emergency equipment was adjusted, the emergency procedures were optimized, and anti-fog glidescopes were added, laryngeal masks were introduced to perform supraglottic ventilation as the quickest and most effective airway opening measure on site. In addition, ultrasound examination was applied in practice as an important treatment and assessment method for basic life support and advanced life support. All these could ensure the rescuing ability on cardiopulmonary resuscitation during their stay in space for the medium-term and after their return to the main landing site. **Conclusions** During the return of the astronauts of the spacecraft “Shenzhou XI” to the main landing site, the first aid and support program had been improved specifically

and the process had been optimized to ensure the successful completion of medical security mission of China's human spaceflight.

【Key words】 Astronauts; First aid; Cold weather; Medical security; Ultrasound; Airway; Cardiopulmonary resuscitation; Strategy

2016 年 11 月 18 日,“神舟”十一号飞船在内蒙古四子王旗主着陆场草原安全返回,中国航天员景海鹏与陈冬顺利出舱,自“神舟五号”以来我国六次载人航天飞行任务均获得圆满成功。我国载人航天工程又跨出可喜的一步。“神舟十一号”飞船是中国载人航天史上首艘在冬季返回的载人飞船,两位航天员在轨飞行时间累计 33 d,创造了中国航天员太空驻留时间新纪录。这些特点也给本次航天员医疗救护保障任务提出了更高的要求。解放军 306 医院载人航天主着陆场医疗救护队在查阅国内外航天员急救复苏的相关报道,总结“神舟五号”至“神舟十号”航天员医疗保障经验,分析“神舟”十一号飞行特点的基础上,针对性的提出了一系列医疗救护保障应对策略,圆满完成了本次医疗保障和救护任务。本文试从舱前急救角度总结本次医疗保障和救护经验。

1 航天员应急返回时舱前急救复苏的医学要求

航天员应急返回是指:飞船正常返回航天员出现伤病或飞船非正式返回的状态。其中对于现场医学处置的原则为:当航天员有伤病时,到达现场的医疗救护人员对航天员实施必要的、紧急的现场医学处理。现场医学处置完成后,医监医保和医疗救护人员共同负责将航天员转送至后支医院或指定医疗机构实施综合诊治或医学检查。

2 航天员应急返回时心肺复苏生理基础

2.1 微重力环境下心血管改变

微重力环境导致左室增大,左室舒张末期容积,伴有异常。中心静脉压降低。血液的中央重新分配导致面部水肿,并开始利尿,从而血浆容量降低(最长达 20% 或更多),这种现象持续到航天员返回着陆。在航天员应急返回过程中,逐渐增加的重力加速度以及驻留太空造成的血容量减少会加剧应急返回时航天员的伤情^[1]。

在太空驻留 4~14d 的航天员中,直立位耐受不良的发生率为 9%~64%。其机制可能为微重力环境下 α 、 β 肾上腺素能受体敏感性与压力感受器功能发生改变,体液再分布以及心血管功能下调。Waters 等^[2]将暴露于微重力环境后所引起的自主神经受体以及血浆去甲肾上腺素浓度改变等一系列

症状统称为微重力诱导的交感神经反应不良综合征(syndrome of inadequate sympathetic responses after microgravity expose)。Zhang 等^[3]研究表明,微重力暴露患者的 β 肾上腺素能受体反应性上调, α 肾上腺能受体反应性不变或者下调。Fritch 等^[4]对中长期太空驻留心血管植物神经反应机制的研究表明,在太空驻留的早期,颈动脉压力感受器敏感性有显著的变化,在太空驻留 14 d 以后,这种变化逐渐趋于平缓。然而当微重力暴露患者重新返回 1 G 重力环境后,心率与血压控制的波动显著增加。

这些研究表明,在治疗微重力暴露患者直立位耐受不良休克时应采取审慎的态度, α 肾上腺能受体反应性降低会使得一些 $\alpha 1$ 肾上腺能受体激动剂例如去氧肾上腺素的效能减弱。对其治疗应给予 α 、 β 肾上腺素能受体激动药、拟胆碱药等药物^[5]。

2.2 微重力暴露患者体液再分布改变对气道的影响

微重力诱导的体液头向流动与血液由下肢向上肢再分布的过程会导致航天员头部肿胀、鼻腔、口腔黏膜充胀、颜面水肿,这些症状会随着对微重力环境的适应而改善,但在整个太空飞行期间始终存在。在航天员应急返回时,这些改变将为紧急情况下的气道开放与保护造成显著的困难^[6]。

2.3 微重力环境下水电解质紊乱

在一些太空任务之后,血清钾和镁的减少已经被报道过,可能是因为减少了饮食摄入。低钾血症是“阿波罗 15 号”驻留太空期间心律失常的原因。

3 “神舟十一号”任务舱前急救特点与难点

3.1 首次实现中国载人航天史上在轨中期驻留,创造了中国航天员太空驻留新纪录

“神舟十一号”飞船在轨飞行时间 33 d,时间延长导致飞船出现故障、航天员在轨患病的风险增加,应急返回可能性增大。长时间暴露于微重力环境对航天员心血管循环及气道、应激反应等生理状况带来一系列改变,这就大大增加了航天员应急返回舱前急救复苏的困难,也对舱前急救复苏的指挥系统、设备和人员的应急响应提出了更高的要求。

3.2 “神舟十一号”是中国载人航天史上首艘在冬季返回的载人飞船

主着陆场海拔高度为 1 000 ~ 2 100 m 之间,冬季平均气温自北向南由 -14℃ 递降到 -17℃,极端最低气温 -39℃。

极寒天气与高原缺氧条件下, 会加重航天员已有伤情并增加救治难度。严重创伤后由于大量失血、暴露于寒冷环境或维持正常体温能力下降(航天员微重力环境下体液重新分布可能影响体温调节)等原因常伴有低体温的发生。临床上将低温、酸中毒、凝血功能障碍视为创伤患者的“致命三联征”^[7,8]。

极端环境还会对急救人员、急救装备以及现有医疗急救保障系统产生不利影响。如不采取相应的应对措施, 就难以对航天员伤病进行及时有效救治。

4 舱前急救保障方案

《空间试验室飞行任务航天员医疗救护培训教程》中航天员应急返回时现场医学处置的原则为: 到达现场的医疗救护人员对航天员实施必要的、紧急的现场医学处理。

医疗队救护队在以往任务预案的基础上, 设定了“神舟十一号”任务航天员可能出现的 9 种伤情^[9-10], 这 9 种伤情均可能导致航天员在返回舱前进行现场医疗救治的最紧急情况: 即舱前心肺复苏的基本生命支持与高级生命支持。

由于主、副着陆场神舟飞船降落的概率最大, 所以针对主、副着陆场配备医疗救护分队和具备基础生命支持与高级生命支持的设备、药品, 执行标准化程序, 并在此基础上进行反复演练。

4.1 高效救护系统建立

载人航天的医学应急救援工作是一个完整的系统工程需要一整套合理高效科学的管理方法和精干熟练的指挥管理人才。必须加强应急救援卫勤的组织指挥建立强有力的指挥机关以负责应急救援及抢救的总指挥, 不断加强并完善着陆场医疗救护系统这是保证抢救成功的关键措施。

我们的具体做法是: 主副着陆场医监医保医疗救护队配备了载人航天医疗救护车、医疗救护直升机及全套高级便携式急救设备, 做到一备、二齐、三查、四落实, 同时装备了小型和高机动性的后送抢救工具和急救设备等。“神舟十一号”主着陆场医疗救护队由 8 位不同专业的专家组成, 分为两组, 每组 4 人, 分别对应两位航天员救护。专家包括急救麻醉、普外、心胸外科、骨科、神经外科、心血管内科、护理等。每一组配备一个直升机救护平台, 具备独立急救航天员的能力。

为了保障舱前救治的高效成功, 每个医疗小组配备一套完整的急救装备, 包括先进、齐全的基本生命支持、高级生命支持设备, 达到 ICU 的救护能力, 并且具备进行损伤控制性手术的能力。医疗

救护直升机有先进的通讯设备, 可以及时了解航天员信息, 一旦有异常情况, 可以及早准备救治^[7-10]。

4.2 心肺复苏应对策略

神舟十一号返回地球时, 因为其为中国航天员首次太空中期驻留以及主着陆场极端的气候地理环境使得对神舟十一号航天员的基本生命支持与高级生命支持即服从心肺复苏术的一般规律, 又有着其显著的特点。医疗救护队对其进行了有针对性的改进和预防, 形成了独特的现场急救心肺复苏体系, 并在此基础上, 反复进行演练。

4.2.1 心肺复苏流程优化 神舟十一号飞行时间长, 航天员生理功能下降显著。根据以往 5 次载人飞行着陆场出舱经验, 结合训练演练, 优化了“神十一”出舱方案, 即医监医保人员进入返回舱完成必要的工作后, 航天员如果无明显恶心、大汗等不适立即出舱。如果有伤情, 则需要最快速度离开返回舱并进入紧急医疗救护程序。

4.2.2 基本生命支持与高级生命支持

(1) 破除航天服 对航天员进行心肺复苏(cardiopulmonary resuscitation, CPR)胸外按压首先需要破除航天服以暴露航天员。针对航天服复杂的结构, 要破开航天服, 必须在医监医保人员与医疗救护人员的协作下, 取航天员侧卧位, 以专业器具由背面破除航天服。

(2) 心血管药品与液体通道的准备 我们针对航天员中期驻留太空返回地球时心血管、体液分布及水电解质环境的改变, 对医疗救护的药品器械装备进行了长达几个月的准备, 完成了载人航天航天员专用急救箱的改装工作。肾上腺素等 α 、 β 肾上腺素能受体激动药、拟胆碱药品阿托品等针对中期驻留太空航天员心血管、体液改变的心血管活性药均事先按照航天员的体质量换算好相应剂量随身携带, 急救箱中还包括特殊药品如胍中毒特效药大剂量维生素 B6 等药品 1 000 多种。根据航天员血型为两名航天员各配备悬浮红细胞血 1 200 mL、血浆 800 mL。为了防止液体结冰, 维持适宜的温度, 配备了液体保温箱, 结合使用一次性自发热贴, 可以在寒冷条件下保持液体在 25℃左右 12 h, 完全满足了舱前紧急医疗救护程序下输血、输液的要求。

急救箱中配备了目前市场上先进的品种全套高级便携式特种医学急救设备, 例如骨髓输液系统(intra-osseous, IO)可以在 1 min 内快速建立输液生命通道。

这些措施有力的保障了中期驻留太空后航天员舱前急救的体温保护、液体复苏以及心血管药物

输注。

(3) 气道开放与通气 在“神舟十一号”医疗救护保障任务模拟演练中,医疗队发现:在寒冷天气下聚乙烯气管导管容易发生冻裂导致漏气;普通视频可视喉镜在寒冷条件下容易起雾,影响声门显露;通过观看新闻联播,观察到航天员驻留太空期间颜面部情况变化,印证了航天员应急返回地球时,中期暴露于微重力下导致的体液再分布使得航天员头、面、下颌、舌、鼻腔充血水肿;医疗队通过模拟环境测试,发现便携式呼吸机自带锂电池在温度低于 $-10\sim 5^{\circ}\text{C}$,无法正常工作。

医疗队预计到这些改变显著增加喉镜暴露气管插管及维持通畅、开放气道的难度。根据这些情况调整了物资清单,将聚乙烯气管导管更换为加强钢丝气管导管;添置电子视频防雾可视喉镜;增加了喉罩作为辅助通气设备。

加强钢丝气管导管(oral/nasal tracheal tube cuffed reinforced, Murphy Eye, COVIDIEN, Made in Ireland)其管壁中间夹有螺旋状钢丝,内外壁覆盖有乳胶。此导管质量好,弹性好,对组织损伤刺激小,虽导管外形弯曲或侧壁受压,但导管内腔不变形折闭,不影响呼吸道通畅。

电子视频防雾可视喉镜(优亿,中国浙江)在寒冷天气下成像清晰,对头颈面颌发生改变的困难气道一次性插管成功率显著提高。

喉罩(laryngeal mask airway, LMA)可以用于急症情况下短期内替代气管插管用于呼吸道管理和机械通气,在气管插管操作受到限制的情况下,尤其实用。研究表明,正确插入喉罩的培训易于气管内插管的培训。

航天员应急返回地球时,暴露于微重力下导致的体液再分布使得航天员头、面、下颌、舌、鼻腔充血水肿,也会增加喉镜暴露气管插管的难度,应用喉罩进行声门上通气可能是现场最快捷有效的气道开放手段^[11]。医疗队根据两名航天员的特点为每名航天员配置了3号、4号喉罩(富善,中国浙江)各一个。

为了保证呼吸机正常工作,医疗队为每台呼吸机配备了专用防护包,并在包内加入2~3片一次性自发热贴(集暖暖贴,中国江苏),该贴发热平均温度 53°C ,持续时间12h,可以寒冷条件下保持呼吸机温度在 20°C 左右,确保呼吸机锂电池能够正常供电。

医疗队以模拟假人进行了大量的训练,确保每一位医疗队员掌握电子视频防雾可视喉镜气管插管

及喉罩置入通气技能,为每一位航天员配备相应型号的喉镜、喉罩与气管插管,以确保航天员应急返回时的气道开放与通气。

(4) 超声在载人航天医学保障中的应用 神十一航天员景海鹏、陈冬10月19日通过天地远程医疗会诊系统,成功实现了航天员和航天员支持室、远程医疗会诊中心、地面支持医院四方联动,验证了我国首个天地远程医疗会诊系统。

超声系统不仅是我国天地协同远程医疗会诊所需重要装备,更在返回舱着陆后的现场应急处置中承担着多项任务,神舟十一号飞船医疗保障任务首次将超声列为现场急救配备便携式急救诊断装备。应用超声进行5min快速检查法可以迅速评估航天员心、肺、肝、肾、空腔脏器伤情;气道超声可以评估航天员历经中期驻留太空后气道是否发生改变以及梗阻;航天员返回地球后由于循环系统、血容量、受体、均发生改变,如果需要手术麻醉进行救治,局部麻醉是最好的选择,超声引导下神经阻滞是最适合的麻醉方式^[12-15]。

医疗队根据实战情况在着陆场返回舱现场及直升机救护平台上反复应用便携式超声(迈瑞,中国广东)超声进行了大量真人模拟演练,平均3~5min即可完成心、肺、肝、肾、下腔静脉充盈度、胸腔、腹腔以及气道超声探查。

从“神舟五号”到“神舟十号”,主着陆场医疗队通过对医疗保障模式的不断改进和优化,成功保障了历次航天保障任务。本次任务针对航天员在轨时间长,天气寒冷,条件复杂等情况,通过查阅国内外文献,在原有舱前急救复苏的基础上,针对我国航天员首次中期驻留太空以及主着陆场极端环境所造成的各种影响,对以往载人航天舱前急救复苏流程与装备进行针对性的改进和优化,完全满足“神舟十一号”飞船航天员主着陆场舱前急救复苏的医疗保障。

参 考 文 献

- [1] Moon RE, Camporesi EM. Clinical Care in Extreme Environments: At High and Low Pressure and in Space[M]// Ronald D. Miller, Neal H. Cohen, Lars I. Eriksson, et al. MILLER'S ANESTHESIA(8th Edition). Philadelphia: Elsevier, 2015: 2674-2704.
- [2] Waters WW, Ziegler MG, Meck JV. Postspaceflight orthostatic hypotention occurs mostly in women and is predicted by low vascular resistance[J]. J Appl Physiol, 2002, 92:586-594. DOI: 10.1152/jappphysiol.00544.2001.
- [3] Zhang LF. Vascular adaptation to microgravity: What have we learned? [J]. J Appl Physiol, 2001, 91:2415-2430. DOI: 10.1152/

- jappl.2001.91.6.2415.
- [4] Fritsch-Yelle JM, Charles JB, Jones MM, et al. Spaceflight alters autonomic regulation of arterial pressure in humans[J]. J Appl Physiol, 1994, 77:1776-1783.DOI : 10.1152/jappl.1994.77.4.1776.
- [5] Agnew JW, Fibuch EE, Hubbard JD. Anesthesia during and after exposure to microgravity[J]. Aviat Space Environ Med, 2004, 75(7): 571-580.
- [6] Hodgkinson PD, Anderton RA, Posselt BN, et al. An overview of space medicine[J]. Bri Jo of Anaesthesia, 2017,119 (S1): i143-i153.DOI : 10.1093/bja/aex336.
- [7] 岳茂兴, 邹德威, 闵庆旺, 等. 中国首飞航天员主着陆场的医疗救护保障 [J]. 中华航空航天医学杂志, 2003, 14(4):193-195. DOI : 10.3760/cma. j. issn. 1007-6239. 2003.04.002.
- [8] 刘志国, 闵庆旺, 贾付坤, 等. 载人航天直升机医疗平台的优化布局设计与应用 [J]. 医疗卫生装备, 2015, 36(4):35-36,39. DOI : 10.7687/J.ISSN 1003-8868. 2015.04.035.
- [9] 杨鹤鸣, 娄晓同, 宋海峰, 等. “神舟十一号载人航天飞船”主着陆场航天员的医疗保障 [J]. 中华卫生应急电子杂志, 2017, 3(1): 37-39.DOI : 10.3877/cma. J. issn. 2095-9133. 2017. 01. 003.
- [10] 谭荣, 顾建文, 李鲁, 等. “神舟十一号”飞船航天员医疗救护保障特点与应对策略 [J]. 中华急诊医学杂志, 2016, 25(12):1325-1328.DOI : 10.3760/cma. J. issn. 1667-0282. 2016.12.026.
- [11] Komorowski M, Fleming S, Mawkin M, et al. Anaesthesia in austere environments: literature review and considerations for future space exploration missions[J]. Nature, 2018, 4:5.DOI : 10.1038/s41526-018-0039-y. eCollection 2018.
- [12] Kirkpatrick AW, Jones JA, Sargsyan A, et al. Trauma Sonography for Use in Microgravity[J]. Aviat Spac Envir Med, 2007, 78(S4): A38-42.DOI : 10.1097/01.CCM.0000260627.97284.5D.
- [13] 不明原因休克急诊超声临床实践专家共识组. 不明原因休克急诊超声临床实践专家共识 [J]. 中华急诊医学杂志, 2017, 26(5): 498-506.DOI : 10.3760/cma. J. issn. 1671-0282. 2017. 05. 004.
- [14] Rooney KP, Lahham S, Lahham S, et al. Pre-hospital assessment with ultrasound in emergencies: implementation in the field[J]. World J Emerg Med, 2016, 7(2): 117-123.DOI : 10.5847/wjem.j.1920-8642.2016.02.006.
- [15] Lahham S, Smith T, Baker J, et al. Procedural simulation: medical student preference and value of three task trainers for ultrasound guided regional anesthesia[J]. World J Emerg Med, 2017, 8(4): 287-291.DOI : 10.5847/wjem.j.1920-8642.2017.04.007.

(收稿日期: 2018-04-21)

(本文编辑: 何小军)

湖南省院前急救调研情况分析报告

刘作良 龙燕琼 仇向东 岳阳 胡静 杨明施

院前医疗急救是指对发生在医院外的、危及生命的急危重症、意外事故、创伤、中毒、灾难等造成的患者及时进行现场抢救,使之迅速脱离险境,维持其基础生命,安全护送至医院的过程。院前急救水平也是当地医疗卫生水平、应急救援能力和社会经济发展的标志。它处于整个急救链的前端、上游,它有责任和义务为其下游的急救链部分提供一切可能的先决条件。本文在湖南省卫生厅医政处的领导下对全省各市州县院前急救现状进行了摸底调查,旨在了解湖南省各地区开展院前急救的具体情况,为卫生厅以后对全省急救平台的建设与管理提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

对湖南省 14 个地州市及其所辖市、县的急救中心和网

络医院,采用实地调研和自填问卷的方式进行横断面调查,数据节点为 2016 年 1 月 1 日至 2016 年 12 月 31 日。排除标准:1) 调查表内容未填写或填写不完整 2) 调查表数据不符和逻辑(部分调查表填写的数据是整个医院而非院前急救机构)。

1.2 研究方法

实地调研:湖南省院前急救质控中心成员共分为 6 组,现场调研全省各地市 120 指挥中心、各级急救中心、急救站 52 个,查看救护车 48 台次,访问管理人员、急救人员 100 余人次。

调查问卷:采用自行设计的《湖南省院前急救现状调查表》,分为市州、县(市、区)、乡镇卫生院三个级别,对不同级别医院院前急救机构进行调研,问卷内容包括基础情况、装备情况、人力资源、管理制度、医护驾调情况、评估与持续改进等,截止 2017 年 7 月底共收集到来自全省 14 各地州市共 147 份调查表。

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2018.08.009

基金项目:湖南省卫生计生委科研基金课题(C-2016077)

作者单位:410013 长沙,中南大学湘雅三医院急诊科

通信作者:杨明施, Email: xyys2004@163.com