

DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20210940

• 海洋军事医学 •

流动血库在大型水面舰艇血液保障中的运用与思考

蔡维乐¹, 贺治青², 黄开开³, 郭玉峰^{1*}

1. 海军军医大学(第二军医大学)第二附属医院驻91091部队医务中心, 三亚 572000

2. 海军军医大学(第二军医大学)第二附属医院心内科, 上海 200003

3. 海军军医大学(第二军医大学)第二附属医院输血科, 上海 200003

[摘要] **目的** 通过应急采供血演练, 探讨流动血库在大型水面舰艇血液保障中应用的可行性以及应急采供血的运行模式。**方法** 预先制定应急采供血实施方案, 在海上训练期间通过组织应急采供血流程实操演练, 以检验应急采供血预案的可行性, 并在演练中记录各个环节所用时间及存在问题。**结果** 从演练结果看, 自广播通知采血人员到指定地点、完成血型鉴定、交叉配血, 完成1人次全血采集共用时35 min。采血人员技术完备, 献血人员未发生不良反应, 应急采供血预案具有可操作性。**结论** 经过模拟演练的检验, 流动血库可以作为大型水面舰艇血液保障的主要手段, 但仍需要进一步优化。

[关键词] 大型水面舰艇; 流动血库; 应急采供血; 血液保障

[中图分类号] R 605.972 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2097-1338(2023)05-0631-05

Mobile blood bank in blood support of large surface warship: application and thinking

CAI Wei-le¹, HE Zhi-qing², HUANG Kai-kai³, GUO Yu-feng^{1*}

1. Medical Center of No. 91091 Troop of PLA, The Second Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University), Sanya 572000, Hainan, China

2. Department of Cardiology, The Second Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200003, China

3. Department of Blood Transfusion, The Second Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200003, China

[Abstract] **Objective** To explore the feasibility of mobile blood bank in blood support for large surface warship and the operation mode of emergency blood collection and supply through emergency blood collection and supply drill. **Methods** The emergency blood collection and supply drill was developed in advance, and the feasibility of the plan was tested by organizing practical exercises during offshore training. At the same time, the time period and existing problems of each step in the drill were recorded. **Results** It took about 35 min from the time when the blood collection personnel was notified by the radio to the time when he/she completed the blood type identification, cross matching and whole blood collection. The blood collection personnel had proven skills, and no adverse reactions occurred in the blood donors. **Conclusion** The simulation results show that mobile blood bank can be used as a major way of blood support for large surface warships, but it still needs further optimization.

[Key words] large surface warship; mobile blood bank; emergency blood collection and supply; blood support

[Acad J Naval Med Univ, 2023, 44(5): 631-635]

随着我海军由浅蓝走向深蓝的战略转型, 海军大型水面舰艇陆续列装服役, 逐渐承担更多远海作战任务, 包括高强度海上军事训练和演习任务。大

型水面舰艇承载着海上陆地的职责, 需要保障各类舰载机海上起降训练任务, 每一次任务都将面临可能产生批量伤员的各种突发情况, 因此需形成高效

[收稿日期] 2021-09-19 [接受日期] 2022-04-15

[基金项目] 海军军医大学(第二军医大学)第二附属医院军事课题(2019CZJS205)。Supported by Military Project of The Second Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University) (2019CZJS205).

[作者简介] 蔡维乐, 硕士生, 住院医师。E-mail: caiweile101@126.com

*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-84885086, E-mail: guoyufeng163@163.com

的医疗卫勤保障体系进行应急救援。血液保障在医疗救援保障体系中至关重要,对于失血性休克的创伤患者和大面积烧伤患者,在救治黄金 10 min 内尽早补充血液制品可极大降低急性期及 30 d 内的死亡率^[1-2]。目前大型舰船的血液保障主要为实物备血模式,但血液保存有效期短、来源紧缺、储存要求高,严重影响了血液保障的实际效果^[3]。舰艇伤员伤情多为冲击伤、多发伤、烧伤等,容易出现内脏出血、四肢出血,严重时可致失血性休克,因此大型舰艇发生批量伤员时用量一般较大,实物备血的方式不足以应对突发情况的使用需求,建立适合大型舰船的血液保障新模式对于海上医疗救援至关重要。

流动血库作为现采现用的应急血液保障模式,具有无有效期限限制、机动性强、单位血制品效能高等特点^[4],目前已作为国内外各类舰船、海岛卫勤血液保障的应急备用手段之一。我国医院船、岛礁在流动血库应用方面也积累了一定经验^[5-6],但大型水面舰艇的任务特点、设备及人员配置与之完全不同。为探索流动血库应用于大型水面舰艇血液保障中的可行性、建立大型水面舰艇血液保障新模式,我们参考挪威海军的战场简化采输流程图^[7],并对相关流程进行了因地制宜的优化和改进,通过应急采供血演练发现实际问题、推演流动血库应急响应的方法,优化各流程环节,客观分析应急采供血在大型水面舰艇血液保障中的重要作用。

1 应急采血实施依据

1.1 采血权限 根据《军队献血管理规定》和《野战血站业务工作规则》规定,紧急情况下血液库存量不足、不能及时得到补给,而伤员又急需输血治疗时,经上级卫生机构批准后可以实施应急采血。大型水面舰艇在海上编队体系中起着母舰的作用,具有编队最强的医疗救护力量,担负编队所有伤员的救治任务,其规模和救治能力可参考三级医疗救护所职能,具备应急采血权限。

1.2 保障条件 大型水面舰艇医疗救护所设置的模块中有检验科模块,具备乙型肝炎病毒、丙型肝炎病毒、梅毒螺旋体、人类免疫缺陷病毒等病原体的抗体检测能力,能够实现交叉配血、血型鉴定等输血前必要的检验措施。常规配置采血所需的采血称、热合机等采血设备及采血所需耗材,同时配备

血液储存冰箱,具备血液储存条件。在伤员需要输血且库存血不足时经海上指挥所批准可以立即启动应急采供血响应。因此大型水面舰艇满足《医疗机构临床用血管理办法》中有关医疗机构因应急用血需要临时采集血液的条件。

2 预先准备

2.1 知情同意原则 战场同伴献血是自愿行为,需要告知献血者献血可能带来的风险和可能发生的不良反应,以及献血后的注意事项等。在建立流动血库名单时坚持知情同意原则,启动应急采供血响应时,通过指挥所广播通知流动血库人员前往指定地点组织献血;填写《献血员信息登记表》核对信息,签署知情同意书确保献血遵循本人自愿原则。

2.2 人员筛选原则 (1) 后勤保障人员为主。考虑到献血对人员身体的影响,某些体力消耗大、操作精度要求高的岗位不能作为献血候选人员,例如损管人员、甲板战斗机起降保障人员、航海操纵人员、武器作战系统人员等,以避免献血对整体战斗力造成影响。监控、通讯、军需、检验等保障岗位人员可以优先作为流动血库人员。(2) 深舱战位优先。从大型舰艇整体结构上来看,发生爆炸、起火等损害情况的部位多为上层部位,因此伤员多发生在甲板面以及上层的作战人员,尤其以飞行甲板发生批量伤员的可能最大。岗位在深舱的人员可以优先作为流动血库人员,以保证献血候选人员的稳定。

(3) 各部门均匀分布。全舰按职责划分为不同的部门,流动血库人员应由各部门共同组成。按照各自部门情况,选出对作战影响最小的人员,以避免单一部门献血较多造成某一系统的战斗力减弱。

2.3 建立流动血库 全舰招募自愿加入到流动血库的献血人员,按照血型 A 型 : B 型 : O 型 : AB 型 = 3 : 3 : 3 : 1 的比例进行录入,登记个人基本信息、部门、工作岗位、血型。对血库人员进行体格检查,检测乙型肝炎病毒、丙型肝炎病毒、梅毒螺旋体、人类免疫缺陷病毒等病原体的抗体,以排除传染病可能,保证血液制品的安全性;检测肝功能、肾功能、血常规,同时了解病史和近期身体状况,避免出现献血不良反应,保证献血人员健康。

2.4 制定应急采供血预案 应急采供血组织架构包括舰指挥所、战救中心指挥组、应急采供血组(下设信息组、检验组、采血组)和手术组(图 1)。

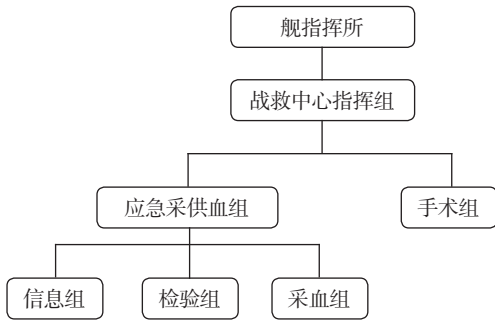


图1 应急采供血组织架构

舰指挥组根据医务部门需求，下达启动应急响应决定，发布全舰应急采血响应，协调全舰献血人员的调动，通过广播通知流动血库某种血型舰员赴应急采血点献血。战救中心指挥组主要负责应急采供血具体组织实施，包括现场组织协调、伤病员救治、献血人员的组织与管理、信息发布与收集等工作。应急采供血组负责向手术室或ICU供应保障血液需求，库存血不足时向上级提出应急采血需求，根据指挥组下达任务，负责应急采供血相关工作的实施等。应急采供血组依据分工下设信息组、检验组、采血组，其中信息组1人（护士1人）主要负责献血人员的信息核实和现场人员的管控，检验组2人（输血技师1人、检验技师1人）具体负责血液的检测、处理、管理、储存和发放，采血组

2人（护士1人、军医1人）具体负责采血医疗物资的准备、登记采血信息、核对采血血型、血液的采集、献血反应的紧急处理。手术组负责重症伤员的抢救，根据伤员伤情提出用血需求，预先判断用血量。

3 应急采供血实施流程

应急采供血实施流程见图2。（1）当出现伤员时，手术组对重症伤员组织医疗救治，根据伤情适时提出用血需求，并提供伤员基本信息，采集伤员血液样本送检。（2）检验输血科根据用血需求，启用库存血液制品，检测伤员血型，进行交叉配血等；当库存血不足时，向上级提出启动应急采供血申请，同时准备相关物资器材。（3）战救中心收到检验输血科申请后向舰指挥所报告情况并申请启动应急采供血响应，舰指挥所根据战救中心汇报情况结合舰艇实际态势适时下达应急采供血命令，并发布启动全舰应急采血响应，通过广播通知流动血库某种血型舰员赴应急采血点献血。（4）战救中心指挥组接到启动应急采供血命令后，组织应急采供血组人员展开采供血工作，应急采供血组成员参考移动血库人员信息，根据职责分工有序组织采供血。（5）完成采血后，检验组将符合条件的已过滤白细胞的全血（滤白全血）送至手术组。

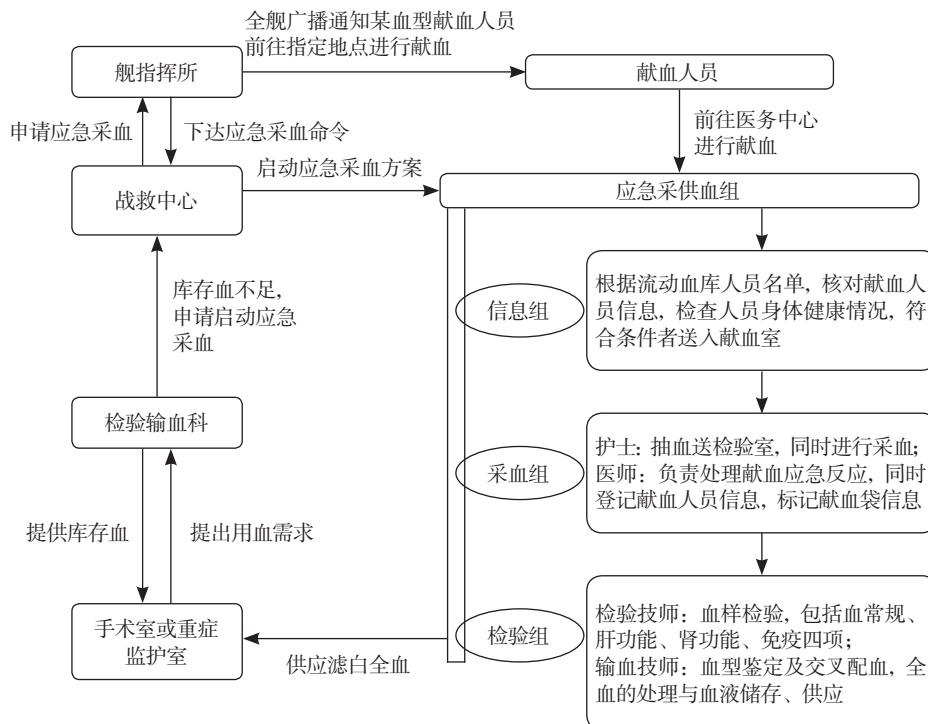


图2 应急采供血实施流程示意图

4 演练结果

在此次演练中,流动血库人员名单共纳入30名献血人员,A、B、O、AB四种血型比例为3:3:3:1,考虑到首次进行应急采供血演练并实施实际采血,因此在实际采集血液阶段只采集AB血型1人次。从演练结果看,自广播通知采血人员到指定地点用时为5 min,30名预先设定的献血人员均达到现场,检验组完成伤员及献血者血型鉴定、交叉配血用时为10 min,采血组完成1人次100 mL全血采集并完成白细胞过滤用时为30 min。由于血型鉴定、交叉配血、全血采集是同时进行,因此实际完成1人次100 mL全血采集所需时间为35 min。演练各环节采血人员技术完备,设备器材满足采供血要求,献血人员未发生不良反应。

5 讨论

输血是失血创伤性伤员救治的关键。第一次世界大战期间全血输注就已经大规模应用于战场伤病员的救治,第二次世界大战和朝鲜战争期间全血输注被成分输血(新鲜血浆、单采血小板和浓缩红细胞等血液制品)所代替,但随着伊拉克战争和阿富汗战争美军对成分输血救治大失血战创伤患者弊处的反思,目前越来越倾向于全血输注抢救战场上大量失血的伤员^[8-10]。

海上大型作战平台承载着战斗机海上起降的重要任务,无论是作战还是军事训练都面临着巨大的风险,一旦发生战伤时血量一般较大,使得医疗救援面临巨大挑战,因此血液保障问题也成为当前战伤救治的一大瓶颈。当前依靠储存血液应对伤员救治用血需求存在供应难、保存难的问题。后方医院血液供应量也长期处于紧张状态,并不能提供大量备用血液。舰艇在海上航行期间,因船体摇晃产生的机械震荡对悬浮红细胞质量有一定影响,容易造成红细胞破裂溶血,红细胞在陆地医院保存条件下保存期为35 d,但在舰船震荡环境下保存期会明显缩短^[11]。冰冻红细胞保存期为10年,有学者对2006—2010年阿富汗战场上272名战创伤伤员进行分析,发现基于深低温(-80℃)保存的红细胞/血浆以及血小板能显著降低人员的死亡率(从44%降到14%),其效力不劣于常规战场采集的新鲜血液制品^[12],因此冰冻红细胞被认为是舰船远

航任务中红细胞最佳保存方式。但受制于相关设施设备在舰船上难以大规模装配及冷冻红细胞的复温操作复杂,难以应对大规模人员紧急输血的需要。

流动血库作为流动的血液储存方式,具有单位血液效益高、能有效应对各类突发事件用血、随用随采等特点,在当前大型水面舰艇血液保障方面具有较好的前景。本课题从实际需求出发,制定并演练了应急采供血方案,但演练与应急采供血实际应用仍有一定的差距,要满足批量伤员以及战时伤员的血液供应保障,仍需考虑适用场景,提高采血效率及安全性,进一步优化各个环节。

5.1 适用情况 (1)日常突发事件:在舰船靠泊期间的日常训练工作中可能发生一些突发事件,人员意外受伤需要紧急用血,而多数舰船没有储存血库,可以启动应急采供血响应,为后送体系医院争取时间。(2)海上军事训练:随着海上军事任务的不断增加,军事训练活动日益频繁,海军水面舰艇远洋护航任务、军事演习任务也日益增多。日常的军事训练无法储存较多的血液,因此在日常军事训练中一旦发生突发情况且储存血不满足使用时,可以启动应急采供血响应。(3)直接作战任务:在作战战备条件下,虽然可以申请较多的血液实物,但是目前悬浮红细胞的保存期限只有35 d,一旦远海作战,后勤血液无法及时补给,单纯依赖冰冻血浆无法满足使用需求,因此可以将流动血库作为重要的备用手段应对可能发生的战伤。

5.2 建立完善的信息系统 作战舰艇虽然人员总体相对稳定,但每年仍有一定的人员变动。结合人员识别信息牌的推行,可建立人员血型系统库,有人员变动时及时进行更新,确保随时可以查询到每一名人员的血型,精确筛选出同血型献血者,实现同型输血;也可以结合伤员姓名、信息牌等信息核对伤员血型,为后续血型再次鉴定和交叉配血提供依据。

5.3 流动血库维护 因流动血库所供应的血液为全血,因此要求同型输血。为快速、高效启动应急采供血响应,应提前建立流动血库人员信息系统,提前选定献血人员,按照4种血型一定比例筛选献血者名单。日常训练时对献血人员进行宣传教育,让其熟悉应急采供血响应的方案预案及相关流程;定期更新人员名单、核对血型信息、检测各类传染病情况,尤其在执行重大军事任务前对流动血库

人员预先进行传染病检测, 确保血制品的生物安全性, 以节省应急采供血时血液检测时间。

5.4 提高采血效率 为提高单位时间内采血量, 以满足大批量伤员用血需求, 按照1个小组(4人)对应5台采血称进行配置, 最多可同时进行5人采血工作, 以提高采血小组工作效率。采血的同时检验组可以进行血型的再次鉴定和交叉配血, 为安全输血再加一道保险。按照演练时从启动应急响应到完成100 mL 滤白全血用时为35 min 推算, 再结合人员训练后的效率提升效应, 如果5人同时采血, 1个采血小组在1 h内可以完成10个单位全血采集, 如有多名伤员输血, 按照采供血5:3比例, 不间断采血可以满足3人的同时用血需求。

5.5 剩余血制品留存和处理 滤白后的全血制品如不即刻使用, 在室温(22~26℃)下最多可保留6 h, 因此检验组需对剩余血制品进行储存, 全血在2~4℃条件下保存, 可在监测下储存21 d, 一般建议10 d内使用完。

针对战场环境的恶劣和相关血液制品可及性较差的现状, 基于流动血库的应急采供血方案既不影响整体战斗力的保持, 又能满足伤员的用血需求, 有望为大型水面舰艇人员战斗力的维护提供坚实的卫勤保障。

[参 考 文 献]

- [1] SHACKELFORD S A, DEL JUNCO D J, POWELL-DUNFORD N, MAZUCHOWSKI E L, HOWARD J T, KOTWAL R S, et al. Association of prehospital blood product transfusion during medical evacuation of combat casualties in Afghanistan with acute and 30-day survival[J]. *JAMA*, 2017, 318: 1581-1591.
- [2] DANIEL Y, HABAS S, MALAN L, ESCARMENT J, DAVID J S, PEYREFITTE S. Tactical damage control resuscitation in austere military environments[J]. *J R Army Med Corps*, 2016, 162: 419-427.
- [3] 蒋学兵, 成海, 靳冰, 李文静. 海军医院船血液保障面临的问题与改进策略[J]. *中国输血杂志*, 2015, 28: 1061-1063.
- [4] GARCIA HEJL C, MARTINAUD C, MACAREZ R, SILL J, LE GOLVAN A, DULOU R, et al. The implementation of a multinational “walking blood bank” in a combat zone: the experience of a health service team deployed to a medical treatment facility in Afghanistan[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2015, 78: 949-954.
- [5] 成海, 李文静, 靳冰, 张立萍, 蒋学兵. 海军医院船执行海上防卫任务血液保障模式探讨[J]. *中国输血杂志*, 2015, 28: 1067-1069.
- [6] 成海, 张蓉, 靳冰, 王燕菊, 张立萍, 蒋学兵. 远海岛礁医院血液储备库建设模式探讨与实践[J]. *转化医学杂志*, 2018, 7: 364-366.
- [7] STRANDENES G, DE PASQUALE M, CAP A P, HERVIG T A, KRISTOFFERSEN E K, HICKEY M, et al. Emergency whole-blood use in the field: a simplified protocol for collection and transfusion[J]. *Shock*, 2014, 41(Suppl 1): 76-83.
- [8] GURNEY JENNIFER M, SPINELLA PHILIP C. Blood transfusion management in the severely bleeding military patient[J]. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2018, 31: 207-214.
- [9] MCCOY C C, BRENNER M, DUCHESNE J, ROBERTS D, FERRADA P, HORER T, et al. Back to the future: whole blood resuscitation of the severely injured trauma patient[J]. *Shock*, 2021, 56: 9-15.
- [10] NESSEN S C, EASTRIDGE B J, CRONK D, CRAIG R M, BERSÉUS O, ELLISON R, et al. Fresh whole blood use by forward surgical teams in Afghanistan is associated with improved survival compared to component therapy without platelets[J]. *Transfusion*, 2013, 53(Suppl 1): 107S-113S.
- [11] 王艳, 张三明, 刘敏霞, 蔡金辉, 张玉华, 薛荃, 等. 两种冰冻红细胞洗涤去甘油方法在大型舰船海上应用的研究[J]. *军事医学*, 2013, 37: 481-484.
- [12] NOORMAN F, VAN DONGEN T T C F, PLAT M C J, BADLOE J F, HESS J R, HOENCAMP R. Transfusion: -80 °C frozen blood products are safe and effective in military casualty care[J/OL]. *PLoS One*, 2016, 11: e0168401. DOI: 10.1371/journal.pone.0168401.

[本文编辑] 孙岩