

## 综 述

## 伙伴输血在战伤救治中的应用

张铭宇综述, 郑 伟审校

**【摘要】** 现代战争具有预警时间短、攻击威力猛、杀伤破坏力强、人员耗损数量大以及伤员伤情复杂、种类多(以大出血为主占 75%, 是受伤致死的主要原因)等特点。现代战争中大量简易爆炸装置的出现意味着在战场上受伤流血牺牲的士兵和平民会大大增多。这就需要更多的血液输入进伤者的体内, 以防止因失血性休克而引起的死亡。止血、输血是应对大出血类伤情首要的救治措施。但在欠发达地区的战区, 受制于战场环境的局限性, 输注成分血成为了奢望, 新鲜全血是第一选择。如何获取是亟待解决的关键问题。文章主要就伙伴输血在战伤救治中的应用进行综述。

**【关键词】** 现代战争; 战争损伤; 伙伴输血

**【中图分类号】** R457.1 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1672-271X(2022)03-0302-04

**【DOI】** 10.3969/j.issn.1672-271X.2022.03.017

## Introduction to the application of partner blood transfusion in the treatment of war wounds

ZHANG Ming-yu reviewing, ZHENG Wei checking

(Department of Transfusion, General Hospital of Northern Theater Command, Shenyang 110016, Liaoning, China)

**【Abstract】** Modern war has the following characteristics: the early warning time is short, the attack is powerful, the destructive power is strong, the number of personnel of attrition is large, leading cause of injury and death. The proliferation of improvised explosive devices in modern warfare means that the number of soldiers and civilians wounded and bloodied on the battlefield will increase dramatically. This requires more blood to enter into the body of the injured person to prevent death from hemorrhagic shock. Hemostasis and blood transfusion are the primary treatment measures for major bleeding injuries. However, in war zones in underdeveloped areas, subject to the limitations of the battlefield environment, transfusion of blood components has become a luxury, and fresh whole blood is the primary choice. How to obtain it is a key issue to solves urgently. This article reviews the application of a partner blood transfusion in the treatment of war wounds.

**【Key words】** modern war; war wound; buddy transfusion

## 0 引 言

国内形势保持和平稳定且继续向好发展, 但国际形势依然严峻。非洲恐怖主义、内战不断, 维和行动屡见不鲜。为保障维和官兵在实行任务中不会因战伤失血过多牺牲, 外军常使用伙伴输血这一形式进行战地治疗从而达到救治伤员的目的。为保障我军官兵的应急用血, 笔者希望通过实行伙伴

输血这一措施实现对突发情况下血供量和用血安全的最大化, 也为我军机动卫勤分队建立相应机制提供线索, 本文就伙伴输血在战伤救治中的应用作一综述。

## 1 战伤的伤情特点及伤员救治的血液保障策略

战伤系针对作战过程中, 因杀伤性武器或战争环境所造成官兵的身体损伤, 如子弹直接穿透人体、爆炸物炸断人体、壕沟或建筑物倒塌造成的身体创伤等<sup>[1]</sup>。由近几年的作战行动分析发现, 现代战伤具有预警时间短、攻击威力猛、杀伤破坏力强、人员耗损数量大以及伤员伤情复杂、种类多(以

基金项目: 军队医学科技青年培育计划孵化项目(20QNPY086)

作者单位: 110016 沈阳, 北部战区总医院输血医学科(张铭宇、郑 伟)

通信作者: 郑 伟, E-mail: zhengweidr@163.com

创伤、外伤及烧烫伤为主)等特点。美军在伊拉克自由行动中,分析了可预防的潜在致死原因中指出大出血占 75%,13%是气道阻塞,8%是中枢神经损伤,4%是大面积烧伤<sup>[2]</sup>。目前战场上大多数因出血而死亡是在受伤后的几个小时内,这表明如果能够迅速止血,很多伤者均可获救<sup>[3]</sup>。

20%~30% 的重伤患者在受伤后会立即出现凝块形成受损或凝血病,这会加大出血量<sup>[4]</sup>。失血性休克的伤者还会出现酸中毒、低体温等情况进一步危及生命<sup>[5]</sup>。在有条件的地区可通过:①输注浓缩红细胞来增加患者的携氧能力、心输出量以及氧气输送来解决缺氧问题;②输注血浆增大血管内容量提高心输出量并提供凝血因子以支持止血;③血小板浓缩物通过加快凝血酶形成和提高抗纤溶能力而明显有助于止血<sup>[6]</sup>。储存在 22 ℃ 下的血小板保留了更好的止血特性,并在长达 15 d 的储存中保持活力<sup>[7]</sup>;冷沉淀提供丰富的纤维蛋白原、VIII 因子和血管性血友病因子,主要用于增强止血;④在对美国主要创伤中心使用冷沉淀的情况回顾中显示,从入院到第一次接受冷沉淀治疗的中位时间为 2.7 h,在前 6 h 内因出血死亡的患者中有超过 70% 未接受任何冷沉淀治疗<sup>[8]</sup>。

而这些血液成分的输注注定需要更多的设备和更好的环境来进行制备和保存。显然在欠发达地区这些先决条件是无法满足的,而人为的制造会增加更大的成本也不利于精英作战灵巧多变的理念。有证据表明,新鲜的全血输注与战斗相关损伤的存活率增加有关<sup>[9]</sup>。一些研究表明,对于外伤的出血性休克管理,全血输注可能比输注血液成分的策略更有效。由于抗凝剂和保养液存在,红细胞、血浆、血小板以 1:1:1 的比例混合,血红蛋白浓度约为 9 g/dL,每微升 88 000 个血小板,750 mg 纤维蛋白原和 65% 的凝血因子活性。而一个装有 500 mL 全血的血袋包含大约 13 至 14 g/dL 的血红蛋白水平、每微升 150 000 至 400 000 个血小板、1500 mg 纤维蛋白原和 100% 的凝血因子活性<sup>[10-11]</sup>。在体外,全血比由成分重建的“血液”具有更好的止血能力和更好的携氧能力<sup>[12]</sup>。这让新鲜全血输注成为了战地艰苦环境下,大量失血伤者的首要治疗措施。

## 2 伙伴输血的定义与实施

特种作战部队行动的性质让其在非常严峻和

偏远的环境中具有受到更高的战争伤害风险。一旦在战场上受伤出血,无法送至后方野战医院进行救治只能从未受伤的同伴身上抽取血液并立即输注给受伤患者这称为伙伴输血(buddy transfusion)<sup>[13]</sup>。

**2.1 伙伴输血的战前准备** 在法国武装部队中,部署之前,法国军事人员会在海外行动期间获得有关全血捐赠的信息,解释战斗中死亡原因的流行病学意义和全血的使用必要。解决了血液性传染病窗口期和献血者信息等重要问题。随即,对需要部署在海外作战的士兵在所在单位进行与献血中心相同的体检(如 HBV、HIV、梅毒等的血液性传染病的血清学检测和血型测定)。询问推迟献血的每个原因,包括最近的危险性行为。在这次采访中,医生在部署前获得了全血捐赠的自愿知情同意书<sup>[14]</sup>。战前医师使用试剂条检测供血者和受血者血型的准确性并在士兵部署时检测各类血液性传染病的血清学状态。

**2.2 伙伴输血的战场即时输血** 当决定在现场开始伙伴输血程序时,会根据预先筛选的志愿者名单中招募相匹配的供血者。在法国武装部队中,同型特异性全血输注是首选,但在无同型特异性供血者的情况下,O 型全血输注是被允许的替代方案,但要优先考虑低滴度供血。将献血者置于半坐位,以便让血液良好地流入血袋。供血者需饮水来降低献血反应发生的风险<sup>[15-16]</sup>。检查血袋的完整性后,对肘正中静脉进行消毒,行静脉穿刺术。在献血前弃掉血流第一部分后留取四管血液标本,其中三管随后被送到法国军事血液研究所进行实验室的事后生物学鉴定。如果已知献血者的 HBV、HCV 等血清学状态,且抗 HBV、抗 HCV 抗体呈阳性,则第四管标本可免去做 HBV 等的快速检测。随后开始真正的采血。一旦血袋开始填充,需要通过轻柔的摇摆动使其均匀防止血液凝块的产生。将血袋装满至 450 mL,如果少于 300 mL,请勿使用。如果血袋填充不足 300 mL,则不应给予输血因为柠檬酸盐抗凝剂浓度太高输注会对人体有害。当血袋采集 420~500 mL 血液时,献血停止。最后拔掉针头,剪断采血管并固定输血管线(过滤器)保护血袋和输液管免受寒冷确保输血前的血袋设施安全。最后一管标本用于对 HIV、HBC 和 HBV 进行快速诊断。如果捐献者的 HBV 血清学状态是已知的(部署士兵时检测),并且发现供血者的抗 HBs 抗体呈阳性,

那么 HBV 的快速检测是不需要的。这些样本是在献血开始时从导流袋中抽取的,去除了血流的第一部分,从而将皮肤或皮下细菌病原体传播的风险降低 70%<sup>[17]</sup>。根据法国指南,无论输血的紧急程度如何,都必须进行最终的输血前控制测试<sup>[18]</sup>。为促进伙伴输血,FMBI 与现场护理人员合作开发了一种适用的新工具包,由两部分组成,一部分用于全血捐赠,另一部分用于输血。

在伤员进行同型或 O 型全血输注时,先建立静脉通道并密切监测伤员的反应防止低钙血症的出现。随着失血性休克的恶化,输血反应可能难以辨别。开始输血后出现明显的过敏反应迹象或患者(如果有意识)的新主诉是停止输血的指征。在整个过程中,血袋和静脉输血管应尽可能隔热,以防止血液的热量损失<sup>[19]</sup>。还应预防低钙血症。低钙水平与死亡率增加与输血需求增加有关<sup>[20]</sup>。这是由于血袋中含有柠檬酸盐及与  $\text{Ca}^{2+}$  相关的血浆蛋白有关<sup>[21]</sup>。在紧急救治现场,每输注两袋血液就要使用套件中的另一个血袋设备缓慢静脉注射  $1\text{g Ca}^{2+}$  (至少需要 20 min)。

### 3 伙伴输血的优势和局限性

#### 3.1 伙伴输血的优势

**3.1.1 始终有新鲜全血** 这种策略的明显优势是始终有可用的温鲜全血(wfWB),无限期地保持在  $37^{\circ}\text{C}$ ,且无存储限制或更多的额外设备。可在偏远战场上使用,即使在需要高机动性和轻足迹的行动中也是如此。现有的临床数据不支持输注“新鲜”RBC 与“旧”RBC 相比的有何益处,并且唯一可用的比较温鲜全血与冷全血的研究较少,无法得出有意义的结论<sup>[22]</sup>。然而,实验数据表明,携氧 RBC 的容量和血浆对内皮病的保护作用在储存期间可能会降低<sup>[23]</sup>。此外,给伤员提供温热的溶液有助于控制体温过低<sup>[24]</sup>。体温过低是致命三联征的一部分,并且是独立增加死亡率的指标<sup>[25]</sup>。

**3.1.2 不会丧失战斗力** 人们可能会质疑士兵献血后是否有能力继续在战场上执行任务,甚至在献血后继续战斗。挪威海军特种作战突击队主导的两项研究探讨了这个问题;一项研究表明,在实验条件下,训练有素的士兵在献血 450 mL 后,并未表现出耐力或射击技能的下降<sup>[26]</sup>。另一项随机和双盲研究是在长时间后进行的逃生野外练习,作为

模拟部署条件下严重疲劳的一种方式(6 d 每位参与者平均减重 3 kg)。尽管献血 450 mL 后最大摄氧量相对和绝对值有所下降,但献血士兵与未献血士兵的身体表现无显著差异<sup>[27]</sup>。

**3.1.3 可普及到普通士兵** 当然,这些结果是在特种作战士兵身上进行的,但可推广到所有士兵。这种程序顾名思义,是在战场上的急迫压力情况下发生的,需要定期训练。让许多军事人员知道如何抽血,包括非医务人员,这似乎也是值得的。由于献血与伤员管理同时进行,因此确定护理人员是否可以在其他人进行血液采集时对患者进行救治这是个难点。但已经表明,非医务兵经过快速特定训练后可以进行采血。

#### 3.2 伙伴输血的局限

**3.2.1 使用全血相关的风险之一是 ABO 不匹配** 在献血前检查献血者和患者的血型,使用快速测试(带有预干燥试剂的设备,如 ABTest 卡或其他设备)可控制这种风险<sup>[28]</sup>。然而由于战斗引起的压力和疲劳,可能会发生人为错误,遵守标准的临床输血实践可避免这种错误。

**3.2.2 无法根本性预防血液传播类疾病** 在战场或前沿医疗哨所,由于缺乏实验室设施,无法通过血清学或分子生物学对输血传播疾病(transfusion-transmitted disease, TTD)进行筛查。在这些条件下,只能对最常见和最严重的 TTD 进行快速测试。此外,病原体灭活技术在严峻的环境中尚不可行。这就是为什么在法国军队中实施了严格的协议来选择献血者并控制 TTD 风险的原因。但笔者认为当危及生命时,考虑患传染病的风险应排在后面。

### 4 结 语

综上所述,在战场上全血的输注要优于成分血是战伤救治的首要选择。省略了高端医疗设施在战区较难布置的问题,节省了战争成本。使用伙伴输血的输血模式对于战伤救治最为高效使伤者始终有可用的温鲜全血,无限期地保持在  $37^{\circ}\text{C}$ ,且无存储限制或依靠更多的额外设备,并且对献血者并不会造成过大的损伤致使行动失误或失败的后果。虽然伙伴输血还具有一定的局限性,但相信随着科学技术的发展这些局限性会慢慢的消除。使得在当前非洲反恐和台海问题的背景下保障战伤救治的血液需求和提高生存率成为了可能。

## 【参考文献】

- [1] Bluman EM, Ficke JR, Covey DC. War wounds of the foot and ankle: causes, characteristics, and initial management[J]. *Foot Ankle Clin*, 2010, 15(1):1-21.
- [2] Barnard EB, Ervin AT, Mabry RL, *et al.* Prehospital and en route cricothyrotomy performed in the combat setting: a prospective, multicenter, observational study [J]. *Spec Oper Med*, 2014, 14(4):35-39.
- [3] Chipman AM, Jenne C, Wu F, *et al.* Contemporary resuscitation of hemorrhagic shock: What will the future hold? [J] *Am J Surg*, 2020, 220(3):580-588.
- [4] Brohi K, Singh J, Heron M, *et al.* Acute traumatic coagulopathy [J]. *Trauma*, 2003, 54(6):1127-1130.
- [5] 刘峰, 丁威威, 涂加园, 等. 允许性低压复苏对创伤失血性休克患者救治效果的系统评价[J]. *东南国防医药*, 2020, 22(3):295-299.
- [6] Moore HB, Moore EE, Chapman MP, *et al.* Viscoelastic measurements of platelet function, not fibrinogen function, predicts sensitivity to tissue-type plasminogen activator in trauma patients [J]. *Thromb Haemost*, 2015, 13(10):1878-1887.
- [7] Valeri CR. Circulation and hemostatic effectiveness of platelets stored at 4 C or 22 C: studies in aspirin-treated normal volunteers [J]. *Transfusion*, 1976, 16(1):20-23.
- [8] Holcomb JB, Fox EE, Zhang X, *et al.* Cryoprecipitate use in the PROMMTT study[J]. *Trauma Acute Care Surg*, 2013, 75(1 Suppl 1):S31-S39.
- [9] Spinella PC, Perkins JG, Grathwohl KW, *et al.* Warm fresh whole blood is independently associated with improved survival for patients with combat-related traumatic injuries[J]. *Trauma*, 2009, 66(4 Suppl):S69-S76.
- [10] Kauvar DS, Holcomb JB, Norris GC, *et al.* Fresh whole blood transfusion; a controversial military practice[J]. *Trauma*, 2006, 61(1):181-184.
- [11] Bowling F and Pennardt A. The use of fresh whole blood transfusions by the SOF medic for hemostatic resuscitation in the austere environment[J]. *Spec Oper Med*, 2010, 10(3):25-35.
- [12] Bjerkgvig CK, Strandenes G, Eliassen HS, *et al.* "Blood failure" time to view blood as an organ; how oxygen debt contributes to blood failure and its implications for remote damage control resuscitation[J]. *Transfusion*, 2016, 56(Suppl 2):S182-S189.
- [13] Daniel Y, Sailliol A, Pouget T, *et al.* Whole blood transfusion closest to the point-of-injury during French remote military operations[J]. *Trauma Acute Care Surg*, 2017, 82(6):1138-1146.
- [14] Jenkins D, Williams S, Stubbd J, *et al.* Implementation and execution of civilian remote damage control resuscitation programs [J]. *Shock*, 2014, 41(Suppl 1):84-89.
- [15] Fisher SA, Allen D, Doree C, *et al.* Interventions to reduce vasovagal reactions in blood donors: a systematic review and meta-analysis[J]. *Transfus Med*, 2016, 26(1):15-33.
- [16] Morand C, Coudurier N, Rolland C, *et al.* Prevention of syncope-type reactions after whole blood donation: a cluster-randomized trial assessing hydration and muscle tension exercise[J]. *Transfusion*, 2016, 56(10):2412-2421.
- [17] Liunbruno GM, Catalano L, Piccinini V, *et al.* Reduction of the risk of bacterial contamination of blood components through diversion of the first part of the donation of blood and blood components[J]. *Blood Transfus*, 2009, 7(2):86-93.
- [18] French Society of Anesthesia and Resuscitation, French Society of Blood Transfusion, French Society of Hematology, *et al.* Societe de reanimation de langue francaise. XXIII. Consensus conference on resuscitation and emergency medicine--thursday October 23, 2003: erythrocyte transfusion and resuscitation (excluding newborn)[J]. *Ann Fr Anesth Reanim*, 2004, 23(7):765-771.
- [19] Singleton W, Mclean M, Smale M, *et al.* An Analysis of the Temperature Change in Warmed Intravenous Fluids During Administration in Cold Environments [J]. *Air Med J*, 2017, 36(3):127-130.
- [20] Rossaint R, Bouillon B, Cerny V, *et al.* The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: fourth edition[J]. *Crit Care*, 2016, 20:100.
- [21] Giancarelli A, Birrer KL, Alban RF, *et al.* Hypocalcemia in trauma patients receiving massive transfusion [J]. *Surg Res*, 2016, 202(1):182-187.
- [22] Sowers N, Froese PC, Erdogan M, *et al.* Impact of the age of stored blood on trauma patient mortality: a systematic review[J]. *Can J Surg*, 2015, 58(5):335-342.
- [23] Kiraly LN, Underwood S, Differding JA, *et al.* Transfusion of aged packed red blood cells results in decreased tissue oxygenation in critically injured trauma patients [J]. *Trauma*, 2009, 67(1):29-32.
- [24] Perlman R, Callum J, Laflamme C, *et al.* A recommended early goal-directed management guideline for the prevention of hypothermia-related transfusion, morbidity, and mortality in severely injured trauma patients[J]. *Crit Care*, 2016, 20(1):107.
- [25] Mullen I and Abella BS, Practical considerations for postarrest targeted temperature management[J]. *Turk J Emerg Med*, 2020, 20(4):157-162.
- [26] Strandenes G, Skogrand H, Spinella PC, *et al.* Donor performance of combat readiness skills of special forces soldiers are maintained immediately after whole blood donation: a study to support the development of a prehospital fresh whole blood transfusion program[J]. *Transfusion*, 2013, 53(3):526-530.
- [27] Eliassen HS, Aandstad A, Bjerkgvig C, *et al.* Making whole blood available in austere medical environments: donor performance and safety[J]. *Transfusion*, 2016, 56(Suppl 2):S166-172.
- [28] Jorquera JI. Safety procedures of coagulation factors[J]. *Haemophilia*, 2007, 13(Suppl 5):41-46.

(收稿日期:2021-11-09; 修回日期:2021-12-30)

(责任编辑:刘玉巧; 英文编辑:吕镫烽)