

## • 卫勤保障 •

## 止血带在战伤出血及其模拟培训中的应用现状

秦 昊, 宗兆文, 杜文琼, 陈 灿, 钟 鑫

**【摘要】** 目的 止血带及时有效的运用可有效降低四肢大出血的死亡率, 挽救出血所致的战伤潜在可存在者 (potentially survivable, PS) 生命; 而止血带在战伤中的应用和相关培训仍在不断更新。方法 通过文献调研, 以战伤出血流行病特点为基础, 分析目前各类战伤止血带的特点、止血效果和各种模拟培训方式的优缺点。结果 大出血所致的死亡虽然有所下降, 但其仍是战伤 PS 死亡的主要原因。目前推荐在战现场运用旋压式止血带救治四肢大出血, 各类新式止血带需要严密的实验验证才可配备于战伤施救者, 各类综合演练中止血带操作模拟培训方法推荐采用化妆伤员搭配可穿戴式训练模具。结论 我军应当积极更新战伤救治相关理念, 突出战现场肢体大出血的快速施救, 并逐步普及旋压式止血带在全军的配备; 同时, 积极完善止血带的应用标准和培训手段, 以切实提高我军的战救能力。

**【关键词】** 战伤出血; 止血带; 培训; 模具; 增强现实

**【中图分类号】** R 821.4<sup>+</sup>2

**【文献标识码】** A

doi:10.13730/j.issn.1009-2595.2018.09.012

#### Application Status of Tourniquet in Combat Injury Bleeding and Its Simulation Training

QIN Hao, ZONG Zhaowen, DU Wenqiong, CHEN Can, ZHONG Xin. Department of Teaching and Research Office of Combat Skills Training, Base of Army Health Service Training of Army Medical University, Chongqing 400038, China

Corresponding author: ZONG Zhaowen, E-mail: zongzhaowen@163.com

**【Abstract】** **Objective** To reduce the mortality of major extremity hemorrhage of potentially survivable (PS) casualties in the battlefield, and the timely and effective application of tourniquets could reduce the mortality. The application and related training of tourniquet in combat injury was still being updated. **Methods** Through literature investigation, the characteristics of various types of tourniquets, the efficiency of practical application and the advantages or disadvantages of various simulated training methods were analyzed based on the epidemiological characteristics of hemorrhage in modern battlefield. **Results** Although the death caused by massive bleeding had decreased, but it was still the main cause of death of PS casualties. The tourniquet with stick and strap was recommended in the first aid of battlefield, all kinds of new tourniquet should be tested rigorously and then would be able to be equipped with war-wound rescuers. While it was also recommended that makeup casualties and wearable training equipment for the accurate application of tourniquet in the comprehensive training. **Conclusion** Our army should actively update the relevant concepts of combat injury treatment, highlight the rapid rescue of extremity hemorrhage on the battlefield, and gradually popularize the equipment of the tourniquet with stick and strap in the whole army. At the same time, our army should actively complete the application standards and training methods of the tourniquet, in order to improve the army's ability for combat injury treatment.

**【Key words】** Combat injury bleeding; Tourniquet; Training; Simulation equipment; Augmented reality

潜在可存在者 (potentially survivable, PS) 是指可通过及时有效的救治挽回生命的战伤伤员, 占总体死亡率 (case fatality rate, CFR) 的 15%~25%, 而大

出血作为 PS 致伤原因之一, 发生率在 80%~90%<sup>[1-4]</sup>。虽然早在 2000 年前的古希腊就有了止血带救治战伤出血的记载<sup>[5]</sup>, 但直到近 10 年来, 随着研发设计和应用方法的深度改进, 止血带才被推崇广泛运用于战现场四肢大出血止血, 并极大地降低了死亡率; 美军于 2005 年开始对所有参战人员配备止血带, 于 2007 年基本达到普及, 有数据显示, 战场止血带的广泛使用已成功挽救了 1000~2000 名战伤伤员的生

**【基金项目】** 2016 年度军队医学科研计划军事医学创新工程项目 (16CXZ017); 2016 年度军委装备发展部装备军内科研项目 (XGB20161001004)

**【作者单位】** 400038 重庆, 陆军军医大学陆军卫勤训练基地战救技能训练教研室 (秦 昊、宗兆文、杜文琼、陈 灿、钟 鑫)

**【通信作者】** 宗兆文, E-mail: zongzhaowen@163.com

命<sup>[6]</sup>。但由于爆炸致伤的增多和武器威力的增加,也加重了肢体损伤程度,导致肢体大出血仍是 PS 中主要的致死因素之一<sup>[1,7]</sup>;且通过美军的研究数据<sup>[8-9]</sup>,止血带的战现场使用仍有待进一步提高。同时,不同新型止血带的出现,也要求注重有效器材的选择,和做好相关模拟培训的实施和考核。

## 1 止血带在战伤出血中的应用现状

### 1.1 战伤出血的流行病特点变化

Eastridge 等<sup>[2]</sup>研究认为 PS 主要致伤原因依次为大出血(91%, 888/976)、气道堵塞(8%, 77/976)和气胸(1%, 11/976)。越南战争和阿富汗/伊拉克战争比较<sup>[1]</sup>, PS 的致伤原因分布有所改变,大出血所占比例增加(60% vs. 85%),气胸所占比例大幅降低(33% vs. 1%)。Kelly 等<sup>[7]</sup>对比分析了 2003-03/2004-04 月阿富汗/伊拉克战争中 486 例死亡伤员和 2006-06/2006-12 月 496 例死亡伤员的情况(1 位伤者可能存在两个 PS 致伤因素),前者有 93 例(19%)PS,损伤严重程度评分(injury severity score, ISS)为(27±14)分,后者有 139 例(28%)PS,ISS 评分为(37±16)分,说明死亡原因分布仍在不断改变,且损伤严重程度也在加重。美军在伊拉克和阿富汗战争中四肢创伤性大出血所致的死亡率从 7% 下降到 2%<sup>[10-12]</sup>;而 Eastridge 等<sup>[2]</sup>对比美军在阿富汗/伊拉克战争中两个时间段(2001~2009 年 vs. 2010~2011 年)的数据发现,肢体大出血的致死率降低(31% vs. 13.5%),而躯干伤致死率明显增加(48% vs. 67.3%),说明肢体大出血的致死率因止血带的应用而得到有效控制。

### 1.2 常用战救止血带的种类及使用情况

战现场针对肢体大出血的处置首选止血带,目前可用于战伤止血的止血带如表 1 所示<sup>[13]</sup>,其中应用最为广泛的战伤止血带是美军研发的 Combat Application Tourniquet (CAT),也称旋压式止血带,其通过编织带捆绑和局部旋转加压止血,一般宽度为 38 mm,宽度越窄,同等捆绑和旋转强度所提供的压力越大,但组织坏死的概率也会增大,38 mm 宽度的捆绑带已可满足止血需要<sup>[14]</sup>,建议捆绑位置为四肢出血处的近心端,避开关节;CAT 是以色列军队唯一配发的战伤止血带<sup>[15]</sup>,也是美军配备最为普及的止血带<sup>[16]</sup>。而以 Emergency & Military Tourniquet (EMT)为代表的气囊止血带的研发颇多,相关报道也证明了其有效性,但因携带和可重复使用次数的限制,其应用范围不及 CAT,更推荐在后送及手术环节运用气囊止血<sup>[8,17]</sup>。而我军目前运用最广的止血带是卡式止血带和橡胶

管,旋压式止血带也开始出现在我军研发的各类单兵急救包内,并逐渐普及。

表 1 常用战伤止血带

Table 1 Commonly used tourniquets of war wound

名称	宽度(mm)	作用机制	备注
CAT	38	绞压	自粘捆绑带和胶棒旋转加压
EMT	91	气囊	可充气带和手动充气泵
K2	38	钳夹	改良的木制钳夹
STAT	25	倒齿	通过防倒转的棘齿收紧带子
LRT	51	倒齿	通过防倒转的棘齿收紧带子
LBT	24	倒齿	通过防倒转的棘齿收紧带子
MAT	38	滑轮结构	装置在止血带外部
SATS	38	凸轮	悬臂系统
SOFTT	37	绞压	自粘捆绑带和胶棒旋转加压
OHT	28	弹性松紧	平行的弹力带和夹子

注: K2, K<sup>2</sup> Tactical Tourniquet; STAT, Smart Tactical Application Tourniquet; LRT, Last Resort Tourniquet; LBT, London Bridge Tourniquet; MAT, Mechanical Advantage Tourniquet; SATS, Self-Applied Tourniquet System; SOFTT, Special Operations Forces Tactical Tourniquet; OHT, One-Handed Tourniquet

### 1.3 战现场运用止血带仍需加强

战伤大出血引发休克后,救治成功率将下降 20 倍(从 96% 下降到 4%)<sup>[18]</sup>,另一组数据也显示,因未及时对四肢大出血使用止血带而导致的死亡比例高达 57%,且最终截肢伤员中有 59%(98/165)未使用止血带<sup>[19]</sup>,提示应当更加积极地更早地对四肢出血的伤员有效的应用止血带。美军战术作战伤员救护(tactical combat casualty care, TCCC)<sup>[3,7,11]</sup>也强调在无敌火力威胁的战现场尽早对肢体出血的伤员施用止血带,且将止血带放置在触手可及的地方,还指出在明确出血部位的前提下可直接在衣物上捆绑止血带;有需要时,在第一条止血带近端再次施用第二条止血带,同时避开关节或其它影响止血效果的物件;止血带应该有效控制出血,不可捆绑太松,有报道指出初始捆扎时也应该尽可能紧贴<sup>[9]</sup>,留有空隙的捆扎会增大旋转压力、止血控制时间、出血量,降低止血带的使用效率;不可因为短途运输或伤员休克而解开止血带。同时,在战现场不推荐使用非制式的临时捆绑条来代替止血带,其无法有效止血的概率高达 67%<sup>[8]</sup>。

## 2 止血带运用于战伤出血模拟培训现状

现代战争战场空间扩大、机动性强、救治机构分散且医务人员相对较少,使得在黄金时间和铂金时间内伤员可能无法及时得到有效的急救;而作战人员(特指非医学专业的战现场战斗人员)往往是战伤伤员的第一发现者,在救治中应成为“白金 10 min”的第一实施者,提高其战现场急救技能,对降低死亡率具有至关重

要的意义,所以战救培训不应只包括医疗人员,也应针对作战人员进行战现场自救互救的培训<sup>[20]</sup>。而模拟训练对医学教育培训的推进作用毋庸置疑,优化学习曲线的同时也改变着医学教育的模式;且因为战现场救治技能的操作简单,受训者战救技能掌握情况的自我评价与真实情况会有所偏差<sup>[21]</sup>,最近一篇报道指出,美军在阿富汗战场上运用 CAT 止血后,仍有 83% 的伤员存在远端动脉的波动,提示止血带运用的潜在无效性,这也促使我们加强模拟技术的开发,力求在平时训练中对战救技能的实施进行评估和规范。而用于战伤止血带模拟训练的方法主要有以下几类:①人体模拟。直接在正常志愿者或临床患者身上进行止血带使用,然后以多普勒超声这一金标准进行效果验证,多用于新式止血带的验证研究,优点是真实可靠,但相关伤情单一、数量及类型不可控,且因为限制无法深入研究止血带的副作用、有效使用时间、出血量等指标,及是否能够有效止血及止血时间等的验证。②动物模拟。选取狗和猪等大动物,构造肢体大出血模型,以模拟止血带操作,具有可反复操作、接近人体组织、操作体验真实等优点,但其与真实人体仍有较大差距,且战争真实感不强,适用于基础技术培训<sup>[22]</sup>。③高仿真模拟人模拟。高仿真模拟人广泛运用于各类医学培训,仿真程度高,可模仿各种生理和病理状态,并根据采用的治疗和操作是否正确做出各种反应。四肢大出血模拟人中应用最为广泛的是 HapMed 腿式止血带训练器(CHI Systems, Fort Washington),以模拟右大腿大出血,可检测止血带实施后止血时间、施加压力、失血量和出血控制状态等数据。不同于其他肢体大出血的模拟,该模拟人内不含模拟血液的液体,而是以穿过血管的光源数量,通过计算得出止血控制状态和出血量;其可通过计算机模拟出 7 种救治场景,其中一种为“战现场救治”,模拟出血速度为 635 ml/min,并要求必须在 240 s 内完成止血;近几年, HapMed 主要用于检验不同止血带的使用效率<sup>[9,23]</sup>。但总的来说高仿真模拟人价格昂贵、无法模拟群体伤。④虚拟现实(virtual reality, VR)技术与增强现实(augmented reality, AR)技术模拟。VR 技术通过模拟真实环境而营造一个完全虚拟的世界,让使用者从感官上(视觉、听觉、触觉等)达到身临其境的感觉;狭义上 AR 技术被认为是 VR 的一种衍生,其在真实世界里融合生成的虚拟场景,以增强现实场景的表达<sup>[24]</sup>。针对肢体大出血,可以模拟出大出血的战现场救治场景,充分体现战场环境和伤员的伤情表现,同时结合止血带在模拟人身上的情况,触发场景模拟的不同改变,最终反馈止血带的

应用效果。这种方式运用于止血单项技术的培训成本大,且 AR 中各种真实反馈与虚拟场景的交互还有待技术支撑和提高;但 VR 及 AR 用于战伤培训具有场景真实、浸入式、重复性好等优点,其对综合演练的模拟是今后战救培训的趋势<sup>[25]</sup>。⑤可穿戴式训练模具与化妆伤员模拟。通过化妆模拟出各类战伤体表特征,配合表演模拟出伤情的标准化表现,再将这些化妆伤员投入到战救演练中,可产生批量伤员。根据肢体大出血的特点模拟标准化伤员,在历次演练中扮演了重要角色,但其缺点为不能在“伤者”身上进行操作;而作者研发了我军第一代可穿戴式战伤训练模具,搭配化妆标准伤员运用,可模拟肢体大出血状态,并直接在“伤者”身上操作止血,产生批量伤员的同时也能检验被培训者的止血操作技术<sup>[26-27]</sup>。

### 3 我军止血带应用及培训的建议

①强调战伤大出血的救治需求。随着我军维和及反恐任务的增加,战伤救治的全面提升势在必行。尤其是针对相对陈旧的战伤救治观念,应根据现代战伤的流行病学特点,总结外军的经验,在强调战术战伤救治的前提下,分阶梯研究适用于我军的战伤救治理念和各自的救治范围。而这其中,绝对不能忽视的就是战现场对大出血的止血处理。②普及旋压式止血带的随身配备。目前,我军配发的止血器材为三角巾和橡皮止血带,仅靠这些器材没法应对战伤的大出血救治。但含有旋压式止血带和快速止血材料的第三代单兵急救包已经开始配备于我军部分部队,相信在不久的将来就能全面普及。③注重止血带应用的培训实效。止血带在四肢大出血救治中的有效操作并不像想象中的那么简单,“全或无”不是唯一的检验标准,要求在平时的针对性培训和各类综合演习中,完善培训标准,并搭配高度仿真的培训模具,以求真正提升四肢大出血的救治能力,为这类伤员的后继救治提供可能。

### 参 考 文 献

- [1] Hoencamp R, Vermetten E, Tan EC, *et al.* Systematic review of the prevalence and characteristics of battle casualties from NATO coalition forces in Iraq and Afghanistan[J]. *Injury*, 2014, 45(7): 1028-1034
- [2] Eastridge BJ, Mabry RL, Seguin P, *et al.* Death on the battlefield (2001-2011): implications for the future of combat casualty care [J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2012, 73(6 Suppl 5): S431-S437
- [3] Le TD, Orman JA, Stockinger ZT, *et al.* The military injury severity score (mISS): a better predictor of combat mortality than injury severity score (ISS)[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2016, 81(1): 114-121
- [4] Champion HR, Holcomb JB, Lawnick MM, *et al.* Improved char-

- acterization of combat injury[J]. J Trauma, 2010, 68(5): 1139-1150
- [5] Gavriely N. Surgical tourniquets in orthopaedics[J]. J Bone Joint Surg Am, 2010, 92(5): 1318-1322
- [6] Blackbourne LH, Baer DG, Eastridge BJ, *et al.* Military medical revolution: prehospital combat casualty care[J]. J Trauma Acute Care Surg, 2012, 73(6 Suppl 5): S372-S377
- [7] Kelly JF, Ritenour AE, McLaughlin DF, *et al.* Injury severity and causes of death from Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom: 2003-2004 versus 2006[J]. J Trauma, 2008, 64(2 Suppl): S21-S26
- [8] Kragh JF, Walters TJ, Baer DG, *et al.* Practical use of emergency tourniquets to stop bleeding in major limb trauma[J]. J Trauma, 2008, 64(2 Suppl): S38-S49
- [9] Polston RW, Clumpner BR, Kragh JF, *et al.* No slackers in tourniquet use to stop bleeding[J]. J Spec Oper Med, 2013, 13(2): 12-19
- [10] Berkenstadt H, Ziv A, Barsuk D, *et al.* The use of advanced simulation in the training of anesthesiologists to treat chemical warfare casualties[J]. Anesth Analg, 2003, 96(6): 1739-1742
- [11] Holcomb JB, Stansbury LG, Champion HR, *et al.* Understanding combat casualty care statistics[J]. J Trauma, 2006, 60(2): 397-401
- [12] Kotwal RS, Montgomery HR, Kotwal BM, *et al.* Eliminating preventable death on the battlefield[J]. Arch Surg, 2011, 146(12): 1350-1358
- [13] Walters TJ, Wenke JC, Kauvar DS, *et al.* Effectiveness of self-applied tourniquets in human volunteers[J]. Prehosp Emerg Care, 2005, 9(4): 416-422
- [14] Wall PL, Coughlin O, Rometti M, *et al.* Tourniquet pressures: strap width and tensioning system widths[J]. J Spec Oper Med, 2014, 14(4): 19-29
- [15] Glassberg E, Nadler R, Lipsky AM, *et al.* Moving forward with combat casualty care: the IDF-MC strategic force buildup plan "My Brother's Keeper"[J]. Isr Med Assoc J, 2014, 16(8): 469-474
- [16] Kragh JF, Burrows S, Wasner C, *et al.* Analysis of recovered tourniquets from casualties of Operation Enduring Freedom and Operation New Dawn[J]. Mil Med, 2013, 178(7): 806-810
- [17] Kragh JF Jr, Aden JK 3rd, Dubick MA. Evaluation of models of pneumatic tourniquet in simulated out-of-hospital use[J]. J Spec Oper Med, 2016, 16(3): 21-29
- [18] Chan KP, Stewart TE, Mehta S. High-frequency oscillatory ventilation for adult patients with ARDS[J]. Chest, 2007, 131(6): 1907-1916
- [19] Beekley AC, Sebesta JA, Blackbourne LH, *et al.* Prehospital tourniquet use in Operation Iraqi Freedom: effect on hemorrhage control and outcomes[J]. J Trauma, 2008, 64(2 Suppl): S28-S37
- [20] 宗兆文, 秦 昊, 包俊强, 等. 作战人员战现场自救互救过程中致命性伤情的评估[J]. 华南国防医学杂志, 2017, 31(9): 613-615
- [21] Nachman D, Benov A, Shovali A, *et al.* Slack reducing band improves combat application tourniquet pressure profile and hemorrhage control rate[J]. Mil Med, 2017, 182(S1): 53-58
- [22] 宗兆文, 秦 昊, 徐 雷, 等. 战救技术培训模拟训练进展与启示[J]. 华南国防医学杂志, 2016, 30(8): 526-528
- [23] Clumpner BR, Polston RW, Kragh JF Jr, *et al.* Single versus double routing of the band in the combat application tourniquet[J]. J Spec Oper Med, 2013, 13(1): 34-41
- [24] Barsom EZ, Graafland M, Schijven MP. Systematic review on the effectiveness of augmented reality applications in medical training[J]. Surg Endosc, 2016, 30(10): 4174-4183
- [25] Wilkerson W, Avstreich D, Gruppen L, *et al.* Using immersive simulation for training first responders for mass casualty incidents[J]. Acad Emerg Med, 2008, 15(11): 1152-1159
- [26] 宗兆文, 秦 昊, 包俊强, 等. 可穿戴式战伤训练模具在非医学专业院校学员战伤自救互救培训中的应用[J]. 华南国防医学杂志, 2017, 31(9): 616-618
- [27] 宗兆文, 秦 昊, 陈 洪, 等. 世界军事医学研究进展及对我国战伤救治的启示[J]. 中华创伤杂志, 2016, 32(6): 573-576

(2018-05-03 收稿)

# (上接第 633 页)

- [7] 李翠莲, 吴春辉, 麦绍声, 等. 自主突破护理在踝关节骨折患者术后疼痛控制中的应用分析[J]. 临床护理杂志, 2018, 17(1): 31-33
- [8] 王 瑀. 心理护理干预对老年骨科患者术后疼痛的影响[J]. 航空航天医学杂志, 2016, 29(10): 1300-1301
- [9] 曹 静. 护理干预措施改善骨科患者术后疼痛的研究进展[J]. 保健文汇, 2018, (3): 277
- [10] 沈 以, 黄丽玉, 陈 勇, 等. 基于疼痛护理质量指标指引下的护理干预在骨科术后患者疼痛管理中的应用实践[J]. 中国实用护理杂志, 2018, 34(6): 425-429
- [11] 韩 旭. 疼痛护理干预对骨科患者术后镇痛效果的影响[J]. 中国医药指南, 2018, 16(2): 227-228
- [12] 孙芳芳, 张 静. 护理干预对骨科患者术后疼痛的影响[J]. 现代医药卫生, 2018, 34(3): 432-434

(2018-05-31 收稿)