

## • 综 述 •

## 中美战伤急救止血器材现状及思考

蒋锦源<sup>1</sup>, 张济来<sup>1</sup>, 李响<sup>1</sup>, 罗扬扬<sup>1</sup>, 郭家畅<sup>1</sup>, 游海燕<sup>2</sup>

(1.陆军军医大学基础医学院学员一大队三队,重庆 400038; 2.陆军卫勤训练基地卫勤教研室,重庆 400038)

**【摘要】**本文分析目前中美两军战伤急救止血器材实际效果与研究进展,阐明中美两军急救止血器材实际应用的优缺点,总结中美急救止血器材的特征,比较中美两军多种战伤急救止血器材的研究,为新器材的改进设计提供依据。提出我军战伤急救止血器材应朝着多样化、实战化、智能化、规范化和新型化方向发展目标,以更符合未来战争需要。

**【关键词】**战伤急救; 止血器材; 研究进展

**【中图分类号】**R 64 **【文献标识码】**A **【DOI】**10.3969/j.issn.1009-4237.2021.02.018

## Current situation and thinking of first aid hemostatic equipment for war wound between Chinese and American militaries

Jiang Jinyuan<sup>1</sup>, Zhang Jilai<sup>1</sup>, Li Xiang<sup>1</sup>, Luo Yangyang<sup>1</sup>, Guo Jiachang<sup>1</sup>, You Haiyan<sup>2</sup>

(1.Third Group of the First Student Brigade, College of Basic Medical Sciences, Army Medical University, Chongqing 400038, China;

2.Department of Health Service, Training Base of Health Service, Army Medical University, Chongqing 400038, China)

**【Abstract】** By comparing the researches on a variety of first aid hemostatic equipment for war wound between Chinese and American militaries, this paper provides a basis for the improved design of new equipment. The actual effect and the research progress of first-aid hemostatic equipment between Chinese and American militaries are analyzed, the advantages and disadvantages of the application of first-aid tourniquet and hemostatic dressing between Chinese and American militaries are expounded, and the development goal of the first-aid hemostatic equipment for war wound are also put forward, which shall be diversified, practical, intelligent, standardized and new, so as to make the military first-aid hemostatic equipment more suitable for future war needs.

**【Key words】** first aid for war wound; hemostatic equipment; research progress

战(创)伤急救止血对挽救战伤伤员生命意义重大,是国内外军队战伤急救关注的焦点。二战以后的局部战争表明,30%~60%的战士死亡原因是严重失血,其中50%死亡人员如果能够及时有效止血仍有挽救生命的机会<sup>[1]</sup>。但由于急救止血不及时,伤员后送过程中失血过多,大量失血导致失血性休克等问题,致使伤员未到达救治机构时就已死亡,这表明及时有效止血是降低病死率的关键因素,亦是挽救伤员生命的关键措施之一,对伤员的后续救治也有很大的帮助。

目前战(创)伤急救止血主要根据伤员出血部位,采用指压法、填塞法、加压包扎法、止血带法、药物止血等,借助相应的止血器材来完成。本文回顾性研究了中美常用急救止血器材种类,结合中美两军现有止血器材总体特性提出了我军止血器材研究的建议与思考。

### 1 美军常用战伤急救止血器材

**1.1 止血带** 美国海军陆战队提出“战术作战伤员救护(tactical combat casualty care, TCCC)”概念,并广泛运用于北约等外军中<sup>[2]</sup>。TCCC强调止血的重要性,美军主要采用以

下两种止血带器材完成战伤急救止血。

**1.1.1 肢体止血带: 战伤止血带**(combat application tourniquet, CAT)<sup>[2]</sup>是TCCC制式肢体止血带,由束带、固定带扣、安全带、绞棒和胶棒固定卡槽组成,可单手或双手操作。特战部队战术止血带(the special operations forces tactical tourniquet, SOFTT)也是TCCC委员会推荐应用的制式肢体止血带,其中SOFTT的使用和设计与CAT基本相似,但SOFTT价格比CAT贵1/3,使用的止血效果稍好于CAT,所以SOFTT主要配发于美军特种部队。我军的旋压式止血带与CAT结构类似,但美军的CAT规定放置于急救包的特定位置,并且可以固定在作战服上,便于战士取用。

军用急用止血带(emergency and military tourniquet, EMT)则因便携性略差,主要配备于后送平台及其以上的救治单位等。EMT止血带通过充气加压止血,所以相较CAT和SOFTT,EMT止血带能较好地及时观察止血效果,防止加压过度加重止血带并发症,我军也配备有类似的充气止血带,并已有相关研究将监测用仪器与止血带相结合,以达到及时止血和减少严重并发症的目的。

**【基金项目】** 本科学员科学研究培育专项课题(219XBK14)

**【通信作者】** 游海燕, E-mail: sydwqhy@163.com

**1.1.2 肢体交界处止血带:**因为人体结构的原因,肢体止血带对交界处出血难以达到满意的止血效果。如今的战创伤多发生在交界处,而交界处不能有效止血所造成的死亡数量也大于四肢出血所造成的死亡数量<sup>[3]</sup>。在战争中,美军对此进行了相关研究,随后美国食品和药物管理局(FDA)批准通过了四种交界止血带:萨姆交界止血带(SAM junctional tourniquet, SJT)、止血卡钳(combat ready clamp, CRoC)、交界急救止血带(junctional emergency treatment tool, JETT)与腹部主动脉和交界处止血带(the abdominal aortic and junctional tourniquet, AAJT)。经比较,最终 TCCC 推荐使用 SJT、CROC 和 JETT。我军目前在交界处止血带方面研究较落后,现配备的止血带难以对交界处出血进行止血,所以应加大在交界止血带方面的研究力度<sup>[4-5]</sup>。

**1.1.2.1 萨姆交界止血带(SAM junctional tourniquet, SJT):**萨姆交界止血带的质量为 488g,由腰带(pelvic belt)、手泵(hand pump)、压力垫(target compression devices)、辅助系带(auxiliary strap support)和压力垫扩展器(target compression devices extender)构成。不仅可用于控制单侧/双侧腹股沟区及下肢高位出血,还可用于控制腋窝区、颈根部位出血和骨盆骨折固定<sup>[2]</sup>,有效减少Ⅲ型前后压缩型骨盆环损伤, SJT 的应用效果与其他交界止血带相近,其止血生效速度较快,在战斗救生员中较受青睐<sup>[4-7]</sup>。

**1.1.2.2 止血卡钳(combat ready clamp, CRoC):**CRoC 是一种由 C 型钢制支架和塑胶压力盘两个部分构成的夹钳,质量约 700g,直接施加压力于伤口上或腹股沟和腋窝等交界区域来阻塞血管,能有效地对四肢截断的大出血进行止血。但有研究表明,CRoC 在腹股沟处使用 2h 后,猪后腿发生了轻度的可逆性缺血性损伤,而应用在脐部 2h 后易导致广泛的肌肉坏死伴功能障碍。经训练的士兵使用 CRoC 的平均速度为 37s,用时明显长于其余几种止血带,原因在于对其结构的拼装耗时过多。我军若能将美军的止血卡钳进行改进,在结构上实现一体化,精简优化其组成部分,并通过电子自动化进行自动加压,既能节约使用时间,也可提高便携性<sup>[4-5, 7-9]</sup>。

**1.1.2.3 交界急救止血带(junctional emergency treatment tool, JETT):**JETT 是在一条宽大的尼龙腰带上安装 2 个可调的塑胶压力垫,构成组件包括尼龙腰带和两个带有压力垫的 T 型起锚手柄。其特点是使用速度快,平均使用速度为 15s,但 JETT 的使用存在一定难度, T 型手柄旋转不当会导致止血效果不佳和设备损坏,对使用者的熟练度要求较高<sup>[4-5, 9]</sup>。

**1.1.2.4 腹部主动脉和交界处止血带(the abdominal aortic and junctional tourniquet, AAJT):**AAJT 是一种充气带,用于肢体交界区域的上方或肾主动脉水平处,从而给予持续的压力来阻塞血液流动,其止血效果与其他交界止血带相近。有研究显示 AAJT 的应用时间不宜过长,在腹股沟和腋窝等交界处的时限为 4h,在腹部则为 1h。若 AAJT 在腹部应用时间超过 2h,伤员易发生缺血性高钾血症和代谢性酸中毒,因此在

松解 AAJT 时有必要准备心肺复苏来避免生命危险<sup>[4-5]</sup>。

## 1.2 止血敷料

**1.2.1 X-Stat 海绵注射器<sup>[10]</sup>:**美军的止血材料研究根据实战需要逐步倾向于纱布类敷料,并且更加地注重敷料与身体结构的贴合, X-Stat 海绵注射器将不可被组织吸收的海绵注入不适用于止血带止血的受伤部位,海绵吸收血液后膨胀并填充压迫伤口,可以控制伤口出血,但该器材禁用于胸部、纵隔、腹部、腹膜后间隙、腹股沟韧带以上髂嵴间隙等部位。它作为一种临时止血装置,需要在保证 4h 内可接受外科处置的前提下使用。每块海绵中带有不透射线标记物,利于后期医师在 X 线下判断海绵位置并取出。实践发现,注射器头部的顶喷三角片结构存在断裂的可能,易在伤员的伤口中形成缝隙,导致止血不彻底。美军还研发了一种用于四肢、腋窝、腹股沟、头皮和颈部的止血装置——iTClamp,它可将伤口边缘进行合拢从而减少出血,还可与 X-Stat 海绵注射器或止血辅料联用,来加强止血的效果。我军止血器材开发的创新性落后于美军,目前的研究方向主要在材料的复合和开发上,并且止血材料的不同使用方式有助于止血效果的提升<sup>[11]</sup>。

**1.2.2 颗粒状沸石止血敷料(quick clot)<sup>[10]</sup>:**颗粒状沸石止血敷料为《美国战创伤指南》指定的首选急救止血敷料,止血效果明显且操作简单,但存在材料发热的风险。

**1.2.3 TCCC 制式止血敷料<sup>[2]</sup>:**宽约 7.6cm,长约 365.8cm,“Z”字形折叠,由无菌敷料浸泡高岭土制成。该敷料通过高岭土成分快速激活机体的凝血机制来进行止血,被广泛使用在战场。

## 2 我军常用战伤急救止血器材

**2.1 止血带** 目前我军单兵急救止血器材主要配备有旋压式止血带或卡扣止血带。

**2.1.1 旋压式止血带:**宽 4.00cm,长 70.00cm,体积 134.75 cm<sup>3</sup>,重量 53.27g,由摩擦带扣、旋棒、固定带、自粘带和 C 型锁扣五部分组成,使用时将止血带环套于肢体,拉紧自粘带,转动旋棒加压并固定于 C 型锁扣内<sup>[12]</sup>。我军已将旋压式止血带配备入战创伤急救包中,但该止血带无计时报警系统,存在伤员使用止血带过久发生并发症的风险,并且尼龙材质在止血带使用过程中易扭转伤处皮肤而造成不必要的损伤。相较于美军所配备的肢体止血带,两军的旋压式止血带放置位置不同,我军一般将旋压式止血带放置于配备的单兵急救包靠开口的地方,其目的是为了在救治时方便取用,而美军将其佩戴在右肩上,相比而言,美军放置位置更便于急救状态下使用,所以急救用止血带的携带设计应与作战服装相结合。

**2.1.2 卡扣止血带:**宽 2.50cm、长 55.00cm、体积 84.00cm<sup>3</sup>、重量 38.35g<sup>[12]</sup>,由阔卡、卡扣和松紧带三部分组成,使用时将卡扣插入卡口内并围绕肢体拉紧即可。其特点是能够单手操作,适用于伤员的自救,并且其舒适度优于旋压式止血带。我军的卡扣止血带材料为弹性橡皮带,能提供的压力不足,应用于四肢的止血成功率为 75.0%,低于美军的 93.3%<sup>[13]</sup>,

应考虑对其松紧带材料进行调整。此外,该止血带的卡扣为塑料材质,容易老化而导致卡槽失去功能无法使用。

**2.1.3 橡胶管止血带:**传统止血带产品,宽 2.00cm、长 50.00cm、体积 72.00cm<sup>3</sup>、重量 17.45g<sup>[12]</sup>,可直缠于肢体加压止血。但由于其宽度过小,在捆绑止血的过程中会导致伤员的皮肤受损,疼痛感明显,且此类止血带的压力难以把控,易引发神经麻痹、组织淤血等并发症。ET-1 型止血带<sup>[13]</sup>将宽度进行了改进,整体由宽 4.5cm、长 110cm、厚 1.5cm 扁平橡胶止血带和金属扣组成。而橡胶管止血带的止血效果与气压式止血带和旋压式止血带相比并不占优势,已逐渐退出舞台。

**2.1.4 气压止血带:**气压止血带的类型有气囊充气压迫式止血带、自动充气式气囊止血带、双囊袋止血带和应用于特殊部位的新型设计气压止血带<sup>[14]</sup>。王建敏等<sup>[15]</sup>介绍的多普勒止血带由多普勒检测仪与气囊止血带组成,在实际的止血操作中能通过多普勒检测仪的反馈来调节止血带的压力大小,从而达到最好的止血效果并避免不必要的损伤。但这类止血带目前并没有列装部队使用。

**2.1.5 血管内止血带:**适用于邻近躯干大血管(如颈部、肩锁部、骨盆部等)损伤的止血,能够在不明显破坏血管壁的情况下阻断血管内的血流<sup>[16]</sup>。其特点是:止血速度快;条件简单,不需要在 X 线机下操作;操作相对简单,对于一般的医务人员只需要经过股动脉、锁骨下动脉穿刺训练就可熟练掌握,但此操作对于普通战士而言难度较大;并发症发生率低,在伤员后送时间较长的情形下能有效避免长时间止血带加压造成的皮下组织损伤;对血管壁影响小,压力<1 个大气压、持续阻断不超过 2h,血管壁的结构变化轻微且可逆,因此合适的压力不会引起明显的血管壁损伤<sup>[17]</sup>。

**2.1.6 多功能现役止血带:**李著等<sup>[18]</sup>介绍的一类止血带附件,具有定时警报、伤员的信息录入与定位跟踪功能。该止血带分为单兵端和搜救端,为战场的搜救提供了一定的帮助。若将伤员的血氧检测功能与现役的止血带进行系统配套使用,将提高战场伤员急救成功率并避免止血带压力不适的情况。

**2.2 弹力绷带**因其本身材料存在弹性和延展性,弹力绷带能对伤口提供的压力有限,在伤员大出血的情况下效果差于止血带<sup>[19]</sup>,常与敷料配合运用于静脉与小动脉损伤的加压包扎止血。

**2.3 三角巾**常用于加压包扎止血,我军现配备的三角巾中附带有无菌敷料,进行包扎操作时将敷料置于伤口上进行加压包扎。操作简便,便于携带,但根据实际使用情况来看,三角巾材料仍存在易于损坏的问题。

**2.4 止血敷料**目前我军应用的止血辅料仍多以外部加压、伤口填塞和促凝封阻伤口为主,但对于腹部内出血,我军尚未有较好的止血方法,借鉴改进美军腹内注入式止血技术或能填补这一缺口。虽然在止血方式上我军仍有欠缺,但在止血材料的开发上有优势,中药成分研究对止血材料的开发有推进作用。

**2.4.1 海藻酸盐敷料:**史跃等<sup>[20]</sup>将微孔多聚糖止血粉与海藻酸盐按照质量比 1:1~1.5 的比例进行混合,制备成创伤急救止血贴,利用微孔多聚糖强化了海藻酸盐类敷料止血效果。微孔多聚糖应用于出血的软组织创面上,可以聚集血液中的水分聚集有形成分形成“糊状血红蛋白凝胶”,并覆盖于创口表面,最快止血时间为 1s,最慢为 17s。较于传统的医用敷料,此止血贴能较好地保持伤口湿润,避免了伤口处于干燥环境下的粘连问题,缩短伤口的愈合时间。

**2.4.2 中药类敷料:**中药在我国历史悠久,古时就有“止血粉”的存在,如今的云南白药由三七、麝香、草乌等配制而成,结合使用吸收性明胶海绵并在伤口进行加压操作,可以快速止血<sup>[21]</sup>。

### 3 思考及建议

美军止血器材重点突出器材研制的系统性,贴合战场需求性与实用性较强。一方面美军止血器材种类多样,亦不断开拓研制适合人体不同部位出血的止血产品,另一方面借助新材料技术,实现止血器材的轻便型、实用性、低损伤性和有效性。此外,美军很多止血器材都在战场急救中得到应用,其止血效果得到有效检测。我军急救止血器材虽然种类也多,但使用部位受限,研发欠缺系统性,多数属于实验室产品,实用性不强,缺乏战场使用的效果检测和环境适应性。结合上述中美急救止血器材特征,提出我军急救止血器材建设思考。

**3.1 止血器材种类多样化** 外军在实战中不断地研发更新止血器材,使之更多地适合人体不同部位出血使用。近 40 多年来,我军缺乏实战经验,能真正适合广大指战员在战场急救中使用的止血器材主要还是止血带,而且仅限于四肢使用,其他部位出血只能采用包扎材料,对大出血止血效果不佳。针对交界部位止血带目前也未见有相应的产品。因此,吸收其他国家军队急救止血器材的研制经验,依据未来以信息化作战和高科技杀伤为特点的战场环境,研发适合不同部位战伤救治的止血器材,为官兵提供多样化止血器材势在必行。

**3.2 止血器材性能实战化** 战伤止血器材不应局限于其战场后方所体现的治疗效果,相较于外军的止血器材,我军的止血器材实际效果仍存在不足。目前,我军配发的止血带有携带不便、材料易损和战场中治疗指标不明确的问题,应在开发止血带的同时考虑到其与战士拥有的其他装备是否配合,能否保证在战场中能快速取出使用等问题。还要考虑到止血带材料是否会因不同战场环境或在应激状态下使用出现损坏的情况。更重要的是需要明确的指标来指导对伤员的治疗,避免战士的死亡和残疾,所以在止血带中加以血氧监测等装置,能较好提示伤员伤口当前所受压力能否达到止血效果,防止因个体差异导致的不良影响。

**3.3 止血器材设计智能化** 目前的止血带存在着一定程度的缺陷,其主要原因是其设计使用上主要依托救护人员,一旦救护人员忙于抢救其他伤员,疏于对使用止血带伤员的管理,就会给伤员带来诸多并发症。智能化的止血器材不仅能

在一定程度上减少止血器材使用不当产生的并发症,也能解放救援人力,让其能够有更多的精力治疗急重症伤员。如运用自动监测手段或技术来监测伤员的血流数据,通过自动感知调节止血带的松紧程度,利用定时报警装置控制上止血带的时间并及时提示救护人员松解止血带,利用血流的监测功能获取伤员血流动力学数据并及时实现数据上传,使救护人员提前做好后续救治准备,智能化的组合设计不仅有效减少止血带并发症的风险,也提高了救护人员的工作效率。

**3.4 止血器材使用规范化** 明确规定止血带的使用操作有利于战士在战场上的快速自救或互救,可以用一种器材来进行多种方式的急救,但不能以损失其治疗效果为代价。这就要求我军战士了解器材的性能和掌握正确的使用方法,使之及时发挥最大效果。在对越自卫反击战中,发生过止血带使用不规范而导致伤员残疾甚至死亡的例子,原因在于施救者不明确止血带使用的时机和方法,导致止血带松紧不适当,不定时松解止血带、扎止血带部位不正确、不该扎止血带的扎上止血带等,规范止血带使用对于减少施救者不当操作造成的损伤非常重要。

**3.5 止血器材材料新型化** 战伤止血器材的研发应与前沿的科技研究结合,必要时可舍弃已经长时间存在的器材,只有紧跟时代的进步才能适应现代战争的发展,做到战场上的精准治疗。生物材料和止血器材自动化是当前止血器材研究的方向,但追求高效、智能化止血的同时应注意器材的实战性。生物材料的迅速发展扩大了止血材料的空间,优质的止血材料应具有较好的相容性、止血性、安全性、经济性。但目前并未有完美材料出现,开发相对有效且经济的材料仍是我军目前研究的重点。研究表明,多材料复合能够弥补单个材料的不足从而提升材料止血能力和改善伤口愈合情况,并且操作相较以往更加简便,携带也更加便利。

#### 参考文献:

- [1] 秦银河.新军事变革下的战创伤救治策略[J].中国危重病急救医学,2005,17(10):580-582.
- [2] 赵磊,赵达明,杨昕,等.外军作战伤员救护止血药材概述[J].医疗卫生装备,2017,38(3):127-131.
- [3] 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 2013,73(6Suppl 5):431-437.
- [4] Chen J, Benov A, Nadler R, et al. Testing of junctional tourniquets by medics of the Israeli defense force in control of simulated groin hemorrhage[J]. J Spec Oper Med 2016,16(1):36-42.
- [5] Kragh JF, Kotwal RS, Cap AP, et al. Performance of junctional tourniquets in normal human volunteers [J]. Prehosp Emerg Care, 2015,19(3):391-398.
- [6] Meusnier JG, Dewar C, Mavrovi E, et al. Evaluation of two junctional tourniquets used on the battlefield: combat ready clamp<sup>®</sup> versus SAM<sup>®</sup> junctional tourniquet [J]. J Spec Oper Med 2016,16(3):41-46.
- [7] Flecha I, Naylor JF, Schauer SG, et al. Combat life saver-trained, first-responder application of junctional tourniquets: a prospective, randomized crossover trial [J]. Mil Med Res 2018,5(1):31.
- [8] Tovmassian RV, Kragh JF Jr, Dubick MA, et al. Combat ready clamp medic technique [J]. J Spec Oper Med 2012,12(4):72-78.
- [9] Theodoridis CA, Kafka KE, Perez AM, et al. Evaluation and testing of junctional tourniquets by special operation forces personnel: a comparison of the combat ready clamp and the junctional emergency treatment tool [J]. J Spec Oper Med 2016,16(1):44-50.
- [10] 李丽娟,邢克飞,刁天喜.美军止血材料研究进展[J].中华创伤杂志,2018,34(3):242-245.
- [11] Sims K, Montgomery HR, Ditturo P, et al. Management of external hemorrhage in tactical combat casualty care: the adjunctive use of X-Stat compressed hemostatic sponges: TCCC guidelines change 15-03 [J]. J Spec Oper Med 2016,16(1):19-28.
- [12] 郭俊艳,皮红英,王建荣.军队医院5种止血带应用效果的实验研究[J].护理学杂志,2014,29(24):53-55.
- [13] 刁有芳,陆松敏,陆熙昶,等.ET-1型止血带的临床应用[J].第三军医大学学报,1987,9(1):69-70.
- [14] 王娟,刘敏.气压止血带在四肢手术中的应用及研究进展[J].中国实用护理杂志,2006,22(5):72-74.
- [15] 王建敏,王成斌,高鸿翔.多普勒止血带与气囊止血带临床应用比较[J].齐鲁护理杂志,2008,14(10):21-22.
- [16] 米永巍,樊光辉,王强,等.战伤急救止血带研究进展[J].中国医学装备,2016,13(4):129-131.
- [17] 贺道华,马廉亭,张新元,等.血管内止血带的研制及临床应用[J].中华实验外科杂志,2012,29(3):466-468.
- [18] 李著,周国和,刘成,等.多功能现役止血带改进装置的研制[J].医疗卫生装备,2006,27(2):83-84.
- [19] 宋少英,马雅静,陆少华,等.四种止血带在创伤急诊中的应用比较[J].中国中医急症,2008,17(6):871-872.
- [20] 史跃,沈烈,赵勇,等.微孔真空多聚糖止血粉在局部软组织创伤出血中的应用[J].医疗卫生装备,2016,37(8):81-83.
- [21] 赵子慕,姜瑶,吴雨,等.拔牙止血方法研究现状综述[J].口腔医学,2019,39(4):380-384.

(收稿日期: 2020-03-02; 修回日期: 2020-04-09)

(本文编辑: 魏巧妹)