

DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20210768

· 综述 ·

血管损伤与战创伤一线救治器具研发进展

蔡家伟, 吴鉴今, 曲乐丰*

海军军医大学(第二军医大学)第二附属医院血管外科, 上海 200003

[摘要] 血管损伤在现代战场上发生率高, 是战场致残和致死的主要原因之一。本文分析了现代战场上血管损伤的致伤因素、损伤部位和相关并发症等特点, 介绍了当前血管损伤与战创伤一线救治器具的研发进展及存在的不足, 并对血管损伤与战创伤一线救治器具研发方向作了总结与展望。

[关键词] 血管损伤; 战创伤; 急救器材; 研发

[引用本文] 蔡家伟, 吴鉴今, 曲乐丰. 血管损伤与战创伤一线救治器具研发进展[J]. 海军军医大学学报, 2024, 45(1): 80-84. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20210768.

Advance in first-aid equipment of vascular injury and war trauma

CAI Jiawei, WU Jianjin, QU Lefeng*

Department of Vascular and Endovascular Surgery, The Second Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200003, China

[Abstract] Vascular injury has a high incidence in modern battlefield, and it is a major cause of war-related disability and death. This article analyzes the characteristics of vascular injury in modern battlefield, including causative factors, sites, and complications of injury, introduces the current progression and limitations of first-aid equipment of vascular injury and war trauma, and discusses the research and development orientation of the first-aid equipment of vascular injury and war trauma.

[Key words] vascular injury; war trauma; first-aid equipment; research and development

[Citation] CAI J, WU J, QU L. Advance in first-aid equipment of vascular injury and war trauma[J]. Acad J Naval Med Univ, 2024, 45(1): 80-84. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20210768.

血管损伤是现代战争中常见的急性创伤, 指直接或间接暴力侵袭血管, 造成血管完全离断、部分破裂、管壁挫伤、血管内膜撕裂及动脉痉挛等开放性或闭合性损伤。据报道, 越南战争中血管损伤的发生率约为 2%^[1], 伊拉克战争中血管损伤的发生率为 4.4%~8.2%^[2-3]。而各种类型血管损伤所引起的大出血是战时潜在可存活伤员发生急性死亡的首要因素^[4]。因此, 对有严重血管损伤的伤员进行及时救治在战创伤一线急救中至关重要。近年来, 随着战伤救治理念与救治技术的蓬勃发展, 一系列血管损伤与战创伤一线救治器具问世, 并成功应用于现代战场, 对降低战场截肢率和死亡率、提升战

创伤救治能力发挥了重要作用^[5]。本文结合战创伤救治的理念革新, 就血管损伤的特点和一线救治器具的研发进展作一综述。

1 现代战场上血管损伤的特点

1.1 致伤因素 在现代常规武器战场上, 高达 75% 的伤亡是由高速枪弹与爆炸碎片造成^[4]。近年来在高科技发展的不断推动下, 精确制导武器和高效毁伤弹药大量应用于现代战争中, 战场致伤因素也随之发生变化, 各种类型的爆炸伤成为主要致伤原因。在阿富汗战场上, 美军爆炸伤的发生率从早期的 61.4% 升至后期的 77.4%; 在伊拉克战争中,

[收稿日期] 2021-08-06 **[接受日期]** 2021-12-06

[基金项目] 上海市科技创新行动计划优秀学术带头人计划(20XD1404900), 海军军医大学(第二军医大学)第二附属医院军事医学科研专项(2019CZJS101)。Supported by Project of Outstanding Academic Leader of Shanghai Science and Technology Innovation Action Plan (20XD1404900) and Military Medical Project of The Second Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University) (2019CZJS101).

[作者简介] 蔡家伟, 硕士生, 住院医师. E-mail: caijiawei2552@163.com

*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-81886531, E-mail: qulefengsubmit@163.com

美军爆炸伤的发生率从早期的70.1%升至后期的79.8%^[6]。各种爆炸产生的高能碎片对人体损伤范围广,且多为盲管伤,易导致体内血管完全离断,短时间造成大量出血。此外,动能的传递、运动过程中的剪切力可导致血管的挫伤,甚至撕裂。碎片的冲击波也可致血栓形成或血管远端闭塞。总之,战时血管损伤致伤因素复杂、后果严重,导致救治困难。

1.2 损伤部位 Patel等^[7]对2009年1月1日至2015年12月31日在阿富汗因战斗导致相关血管损伤并接受治疗的美军进行研究,血管损伤总例数为1 105例,四肢血管损伤占72%,而躯干(胸部和腹部)和颈部血管损伤分别占17%和11%。进一步分类显示下肢是血管损伤最常见的部位(占45%),上肢血管损伤占27%。这可能是因为现代战场上单兵防护装备侧重于头部与躯干等重点区域,而四肢防护相对较少;其次,在阿富汗战争中,由于作战模式改变,地雷、炸弹等导致的爆炸伤多发生在与下肢距离较近的地面。

1.3 相关并发症 战时血管损伤易导致短时间内的大出血。据报道,现代战争大约90%的死亡发生在现场,其中军医或卫生员能够进行有效救治和预防的大出血约占50%^[8]。大量出血还会导致失血性休克、低体温、严重酸中毒、凝血功能紊乱和多器官衰竭。因此,美军战术战伤救治(tactical combat casualty care, TCCC)指南专门将止血作为战场损伤控制的首要措施^[9]。此外,约1/3的四肢血管损伤会合并不同类型的骨折,由骨折导致的感染是影响战场伤员截肢率的一个独立危险因素^[10]。

2 血管损伤与战创伤一线救治器具的研发进展

2.1 止血器具与材料

2.1.1 止血带 使用止血带是战创伤中对血管损伤的伤员进行有效止血最重要的救治手段。伤者能够在较短时间内,采用简便易行的操作迅速对受伤部位进行止血,从而保全肢体、挽救生命^[11]。实践证明,战场应用止血带可提高伤员的战场生存率,止血带的合理应用使战场上因四肢血管损伤造成大出血的伤员死亡率下降85%,并且因单纯使用止血带造成肢体缺血坏死及其他严重后果的病例罕见^[4,12]。因此,美军在伊拉克和阿富汗战争后期对士兵进行了相关培训并大量使用止血带,从而在火线救治中实现有效止血,使大量四肢血管损

伤的伤员成功转运至后方接受进一步治疗^[13]。目前,美军装备了3款止血带,均被证明可有效阻断动脉血流,分别为战伤止血带(combat application tourniquet, CAT)、特战部队战术止血带(special operation forces tactical tourniquet, SOFTT)和军用急救止血带(emergency and military tourniquet, EMT)。其中,前2款为绞紧式装置,单手操作即可;后1种靠充气压迫,需要双手操作^[14-15]。Kragh等^[16]在伊拉克巴格达的一家作战支援医院中对需要止血带救治的伤员进行了一项前瞻性研究,共涉及232例患者的309条伤肢,总计使用了428条止血带。结果显示最有效的止血带是EMT和CAT,有效率分别为92%和79%。4例患者(1.7%)使用止血带后出现暂时性神经麻痹,没有发现仅因使用止血带而导致截肢的病例。2012年,美军研制出可对身体交界区有效止血的止血卡钳(combat ready clamp, CRoC[®]),将其固定在腹股沟区,通过连接压力球,切实压迫动脉进行止血。类似的还有SAM交界区止血带(SAM junctional tourniquet, SJT)和交界区急救止血带(junctional emergency treatment tool, JETT)^[15,17]。此外,计时止血带、气压止血带、卡式止血带、棘轮止血带等一系列重量轻、体积小、操作方便的新型止血带正得到越来越多的应用。近年来,新型止血带朝着辨别敌我身份、数据传输、促进创面愈合等多功能、信息化、智能化方向发展^[18]。

2.1.2 其他止血材料 新型止血材料的研究主要针对凝血过程的要素环节,根据止血原理不同可分为凝血因子制剂、促凝剂和黏附剂3种。速效止血海绵(QuickClot)是一种火山岩矿物质沸石制剂,当矿物颗粒与血液接触时可迅速除去血液中的水分,达到浓缩凝血因子同时激活血小板和凝血因子的效果,被证实对静脉损伤或动静脉复合损伤的止血效果好,在恶劣的战场环境中使用简便^[19]。但其吸水时大量放热,因此极易烧伤周围组织,并引起疼痛不适^[19]。蒙脱土是一种含铝硅酸盐的层状矿物质,代表产品是创伤快速止血剂(WoundStat),其通过吸收水分、聚集血小板和激活凝血因子进行止血,虽然止血效果显著,无放热反应,但可导致血管内皮受损及血栓形成,故安全性有待评估^[20]。促凝剂的代表是作战纱布(combat gauze, CG),它是一种均匀分布高岭土的敷料,可激活凝血因子XII促进血液凝固,不能

被生物降解但移除方便,已成为TCCC首选推荐敷料^[21]。壳聚糖是一种可降解、来源于甲壳纲动物外壳的高分子化合物,其止血原理是携带正电荷的壳聚糖与表面携带负电荷的红细胞在接触后形成稳定的复合物,牢固黏附于受损伤血管,并活化钙离子以增强血小板的黏附和聚集,目前的代表产品有抑血绷带(HemCon bandage)、壳聚糖颗粒型止血纱布(Celox gauze)和海姆康速效止血纱布(HemCon ChitoGauze)^[22]。Adeli等^[23]通过静电纺丝法制备了一种新型纳米纤维垫,当与止血材料一起使用时,不仅能增强止血效果,还能保护创面、预防感染。

2.2 血管重建相关器具 现代化战争中由于受到战场环境、医疗水平、救治资源及与前线距离的限制,仅能实施有限的损伤控制手术,开展精细的血管吻合手术较为困难。因此,易操作、速度快、对合好的血管吻合装置有一定的发展空间。目前临床上应用比较成熟的是73-II型和COUPLER血管吻合器,它们的原理是利用套在2个血管断端的针环结构,通过对合装置将2个环合为一体^[24]。Tachi等^[25]描述了一款真空无创血管吻合器VaMAC,但其在动物实验中的成功率(85.7%)与传统吻合器相比并无优势。血管吻合器虽问世已久,但多用于静脉吻合,动脉吻合虽有报道,但限制条件较多,未能推广^[26]。在血管吻合方面,除了机械吻合,使用组织黏合剂等生物材料是另一种可行的路径。生物材料本身对血管壁不造成机械损伤,无金属异物刺激管壁增生,对血流动力学影响小。目前常用的组织黏合剂有氰基丙烯酸酯(cyanoacrylate)、Poloxamer 407(P407)和纤维蛋白黏合剂等^[27]。动物实验结果显示,氰基丙烯酸酯与P407吻合效果好、耗时短、易操作,但远期效果需进一步观察^[28]。对血管损伤而言,目前最主要的重建方式是自体静脉移植,但获取自体静脉耗时较长,并且容易产生口径不适的问题,因此各种人造血管的研究得到长足进步。涤纶的化学性质稳定,机械力学性能良好,是最早被用来制造人造血管的材料,但其血液相容性、抗凝血性能较差。Vertrees等^[29]的研究显示,由膨体聚四氟乙烯制成的人造血管在美军战时血管损伤进行重建的过程中发挥了重要作用,尤其是在较大口径人工血管移植方面。聚氨酯具有优异的弹性、机械性能和生物相容性,这一材料有助于模拟天然血管的特性,在联合其他材料混

合编织后还可提高人工血管的性能^[30]。为了减少人工血管置换后的管壁渗血现象,并通过管壁孔隙促进周围组织愈合,白蛋白、胶原蛋白、丝素蛋白被应用于人工血管的涂层。这些蛋白涂层既可预防血液渗漏,又能促进血管内皮在管壁内覆盖生长,但这些涂层是否容易导致血栓形成及其远期通畅性还有待进一步研究^[31]。此外,腔内带支架人工血管、结合生长因子的脱细胞组织工程血管及3D打印、静电纺丝、纳米技术在人工血管制备中的应用有效减少了腔内血栓形成,既能保持管腔通畅,又能防止术后再狭窄,逐渐成为研究热点^[31-32]。目前,大口径(直径>6 mm)人工血管已在临床广泛使用,效果可靠,在战时重建血管中可发挥重要作用,但小口径(直径<6 mm)人工血管仍存在组织相容性较差、容易再狭窄等问题。

2.3 腔内血管治疗器具 在战场上,腔内介入技术对血管损伤的诊断、治疗有着自身独特的优势,相较于开放手术,腔内介入治疗围手术期并发症更少、伤员恢复更快^[33]。在伊拉克战争中,美军的阵地医院通过使用便携式C臂影像系统帮助外科医师确定血管损伤的具体位置^[34]。2005年10月,驻伊拉克美军采购了新型的成像系统,该系统配有12英寸(30.48 cm)图像增强器和血管软件包,可以进行数字减影血管造影术和手术录像。此外,美军还应用凝血酶-明胶海绵进行腔内栓塞,控制骨盆出血,通过植入覆膜支架等治疗大血管损伤^[35]。Manley等^[36]报道美国空军特种手术分队曾在2个月内,在战场上对4例躯干血管损伤的休克伤员行复苏性主动脉球囊阻断术,效果良好,无相关并发症。但由于前线医疗人员缺乏腔内介入技术培训及介入治疗的设备机动性差等原因,无法对大批伤员进行诊治。Beranger等^[37]报道在阿富汗战争中,设立于喀布尔的法军军事医院共收治了45例血管创伤患者,只有1例进行了腔内覆膜支架植入术。国内已研制成功一款机动性强、现代化程度高的野战心血管重症介入方舱,可在野战或灾害环境下对血管损伤患者进行院前高级生命支持和应急腔内介入治疗,能够有效降低死亡率和致残率,但在应用过程中仍存在体积大、转运速度慢、展开地域要求高等缺点^[38]。

3 血管损伤与战创伤一线救治器具研发存在的不足

尽管血管损伤与战创伤一线救治器具的研发

取得了较大进展,但仍存在一些不足。首先,腹股沟、腋窝等交界区域解剖复杂、防护困难,常有大血管和重要神经走行,一旦出现血管损伤,通常出血迅猛且凶猛,因空间受限,止血困难。目前针对交界部位血管损伤的救治器具研发较少,许多文献报道的救治器具依然处于动物实验阶段或仅应用于极少数伤员,缺乏大样本的相关临床研究^[39]。其次,当前血管损伤相关救治器具的设计仍较复杂,偏向于伤员互救或由其他救援力量进行应用,单兵可操作性不佳。虽然腔内介入治疗的许多新器具、新技术、新理念在血管战创伤领域有了许多应用与发展,但由于缺乏专业人员及现代战场环境所限,仍无法处理大批伤员。如何提高一线救治力量的腔内介入救治水平,如何简化介入操作流程并设计出简便易行的战时腔内治疗设备、器具,应是未来研发的重要方向。此外,国内对血管损伤与战创伤一线救治器具的研发仍不够重视,对血管损伤与战创伤的救治培训也没有形成相应的体系标准。因此,参考外军先进经验,加强相关器具研发,完善相关战创伤救治培训十分重要。

4 展 望

随着科技的进步,未来战场将呈现全天候、全地域的作战特点,致伤因素也将愈发复杂,救治器具也将朝小型化、简洁化、智能化、一体化发展。理想的救治器具应具备以下特点:(1)容易制造、携带方便、使用简单;(2)可用于不同类型的血管损伤,适用范围广;(3)使用安全,不良反应少,生物相容性好;(4)可靠性佳,在各种恶劣战场环境下可保持稳定性能。

不断发展的科学技术与救治理念将会使新型救治器具更加贴合未来战场中血管损伤与战创伤的特点。临床医学、基础医学、生物工程学、材料学等诸多领域技术将会交叉融合应用于新型救治器具的研发,通过学科间的取长补短达到协同作用。此外,在军民融合的时代大背景下,军地双方应加强沟通协作,促进血管损伤与战创伤一线救治新器具的研发与改进,为血管损伤的火线救治提供强有力的支撑。

[参 考 文 献]

[1] RICH N M, BAUGH J H, HUGHES C W. Acute arterial injuries in Vietnam: 1,000 cases[J]. *J Trauma*, 1970, 10(5): 359-369. DOI: 10.1097/00005373-197005000-00001.

[2] SOHN V Y, ARTHURS Z M, HERBERT G S, et al. Demographics, treatment, and early outcomes in penetrating vascular combat trauma[J]. *Arch Surg*, 2008, 143(8): 783-787. DOI: 10.1001/archsurg.143.8.783.

[3] KRAGH J F, WALTERS T J, BAER D G, et al. Survival with emergency tourniquet use to stop bleeding in major limb trauma[J]. *Ann Surg*, 2009, 249(1): 1-7. DOI: 10.1097/sla.0b013e31818842ba.

[4] EASTRIDGE B J, MABRY R L, 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. DOI: 10.1097/TA.0b013e3182755dce.

[5] 郭伟,贺元. 血管战创伤救治原则[J]. *中国实用外科杂志*, 2020, 40(12): 1352-1355. DOI: 10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2020.12.02.

[6] HOWARD J T, KOTWAL R S, STERN C A, et al. Use of combat casualty care data to assess the US military trauma system during the Afghanistan and Iraq conflicts, 2001-2017[J]. *JAMA Surg*, 2019, 154(7): 600-608. DOI: 10.1001/jamasurg.2019.0151.

[7] PATEL J A, WHITE J M, WHITE P W, et al. A contemporary, 7-year analysis of vascular injury from the war in Afghanistan[J]. *J Vasc Surg*, 2018, 68(6): 1872-1879. DOI: 10.1016/j.jvs.2018.04.038.

[8] 杜明华,潘菲,宋海楠,等. 战伤急救止血的进展与趋势[J]. *中国急救复苏与灾害医学杂志*, 2018, 13(3): 260-262. DOI: 10.3969/j.issn.1673-6966.2018.03.019.

[9] SIMS K, MONTGOMERY H R, DITURO P, et al. Management of external hemorrhage in tactical combat casualty care: the adjunctive use of XStat™ compressed hemostatic sponges: TCCC guidelines change 15-03[J]. *J Spec Oper Med*, 2016, 16(1): 19. DOI: 10.55460/6cem-36iy.

[10] GIFFORD S M, AIDINIAN G, CLOUSE W D, et al. Effect of temporary shunting on extremity vascular injury: an outcome analysis from the Global War on Terror vascular injury initiative[J]. *J Vasc Surg*, 2009, 50(3): 549-556. DOI: 10.1016/j.jvs.2009.03.051.

[11] CORNELIUS B, CAMPBELL R, MCGAULY P. Tourniquets in trauma care: a review of application[J]. *J Trauma Nurs*, 2017, 24(3): 203-207. DOI: 10.1097/JTN.0000000000000290.

[12] HOLCOMB J B, MCMULLIN N R, PEARSE L, et al. Causes of death in U.S. special operations forces in the global war on terrorism[J]. *Ann Surg*, 2007, 245(6): 986-991. DOI: 10.1097/01.sla.0000259433.03754.98.

[13] BLACKBOURNE L H, BAER D G, EASTRIDGE B J, et al. Military medical revolution: prehospital combat casualty care[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2012, 73(6 Suppl 5): S372-S377. DOI: 10.1097/TA.0b013e3182755662.

[14] DREW B, BENNETT B L, LITTLEJOHN L. Application of current hemorrhage control techniques for backcountry care: part one, tourniquets and hemorrhage control adjuncts[J]. *Wilderness Environ Med*, 2015,

- 26(2): 236-245. DOI: 10.1016/j.wem.2014.08.016.
- [15] 聂少杰, 柏骏, 王亮, 等. 战伤救护止血带的特性和研究进展[J]. 海军军医大学学报, 2023, 44(4): 486-492. DOI: 10.16781/j.cn31-2187/R.20211137.
- NIE S J, BAI J, WANG L, et al. Characteristics and research progress of tourniquets for combat casualty care[J]. Acad J Naval Med Univ, 2023, 44(4): 486-492. DOI: 10.16781/j.cn31-2187/R.20211137.
- [16] KRAGH J F Jr, WALTERS T J, BAER D G, et al. Practical use of emergency tourniquets to stop bleeding in major limb trauma[J]. J Trauma, 2008, 64(2 Suppl): S38-S50. DOI: 10.1097/TA.0b013e31816086b1.
- [17] KOTWAL R S, BUTLER F K, GROSS K, et al. Management of junctional hemorrhage in tactical combat casualty care: TCCC guidelines? Proposed change 13-03[J]. J Spec Oper Med, 2013, 13(4): 85-93. DOI: 10.55460/ms8t-zupx.
- [18] 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. DOI: 10.3969/J.ISSN.1672-8270.2016.04.041.
- [19] SMITH A H, LAIRD C, PORTER K, et al. Haemostatic dressings in prehospital care[J]. Emerg Med J, 2013, 30(10): 784-789. DOI: 10.1136/emered-2012-201581.
- [20] KHEIRABADI B S, MACE J E, TERRAZAS I B, et al. Safety evaluation of new hemostatic agents, smectite granules, and Kaolin-coated gauze in a vascular injury wound model in swine[J]. J Trauma, 2010, 68(2): 269-278. DOI: 10.1097/TA.0b013e3181c97ef1.
- [21] BENNETT B L, LITTLEJOHN L F, KHEIRABADI B S, et al. Management of external hemorrhage in tactical combat casualty care: chitosan-based hemostatic gauze dressings—TCCC guidelines-change 13-05[J]. J Spec Oper Med, 2014, 14(3): 40-57. DOI: 10.55460/03VO-8FLO.
- [22] SOHN V Y, ECKERT M J, MARTIN M J, et al. Efficacy of three topical hemostatic agents applied by medics in a lethal groin injury model[J]. J Surg Res, 2009, 154(2): 258-261. DOI: 10.1016/j.jss.2008.07.040.
- [23] ADELI H, KHORASANI M T, PARVAZINIA M. Wound dressing based on electrospun PVA/chitosan/starch nanofibrous mats: fabrication, antibacterial and cytocompatibility evaluation and *in vitro* healing assay[J]. Int J Biol Macromol, 2019, 122: 238-254. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.10.115.
- [24] 武竞衡, 陈山林, 田光磊, 等. 血管吻合器在上肢动脉损伤中的应用[J]. 北京大学学报(医学版), 2016, 48(2): 346-350. DOI: 10.3969/j.issn.1671-167X.2016.02.031.
- [25] TACHI K, FURUKAWA K S, KOSHIMA I, et al. New microvascular anastomotic ring-coupling device using negative pressure[J]. J Plast Reconstr Aesthetic Surg, 2011, 64(9): 1187-1193. DOI: 10.1016/j.bjps.2011.04.008.
- [26] 邢琛琨, 任少琳, 桑圣刚, 等. 中小血管吻合术中应用黏合剂和血管内支撑体应用的研究进展[J]. 海南医学, 2018, 29(16): 2321-2323. DOI: 10.3969/j.issn.1003-6350.2018.16.029.
- [27] 吴屹冰, 任甜甜, 王扬, 等. 微血管吻合工具与技术的研究进展[J]. 中华整形外科杂志, 2018, 34(9): 781-784. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-4598.2018.09.021.
- [28] QASSEMYAR Q, MICHEL G. A new method of sutureless microvascular anastomoses using a thermosensitive poloxamer and cyanoacrylate: an experimental study[J]. Microsurgery, 2015, 35(4): 315-319. DOI: 10.1002/micr.22381.
- [29] VERTREES A, FOX C J, QUAN R W, et al. The use of prosthetic grafts in complex military vascular trauma: a limb salvage strategy for patients with severely limited autologous conduit[J]. J Trauma, 2009, 66(4): 980-983. DOI: 10.1097/ta.0b013e31819c59ac.
- [30] WANG H, FENG Y, ZHAO H, et al. Electrospun hemocompatible PU/gelatin-heparin nanofibrous bilayer scaffolds as potential artificial blood vessels[J]. Macromol Res, 2012, 20(4): 347-350. DOI: 10.1007/s13233-012-0012-7.
- [31] 潘兴纳, 李亚雄, 蒋立虹. 组织工程血管支架材料的研究与进展[J]. 中国组织工程研究, 2016, 20(34): 5149-5154. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2016.34.021.
- [32] 蔡志文, 汪忠镐, 谷涌泉. 结合生长因子的脱细胞组织工程血管研究进展[J]. 北京生物医学工程, 2020, 39(2): 203-207. DOI: 10.3969/j.issn.1002-3208.2020.02.014.
- [33] FOX C J, PATEL B, CLOUSE W D, et al. Update on wartime vascular injury[J]. Perspect Vasc Surg Endovasc Ther, 2011, 23(1): 13-25. DOI: 10.1177/1531003511400625.
- [34] STARNES B W, BEEKLEY A C, SEBESTA J A, et al. Extremity vascular injuries on the battlefield: tips for surgeons deploying to war[J]. J Trauma, 2006, 60(2): 432-442. DOI: 10.1097/01.ta.0000197628.55757.de.
- [35] RASMUSSEN T E, CLOUSE W D, PECK M A, et al. Development and implementation of endovascular capabilities in wartime[J]. J Trauma, 2008, 64(5): 1169-1176. DOI: 10.1097/ta.0b013e31816b6564.
- [36] MANLEY J D, MITCHELL B J, DUBOSE J J, et al. A modern case series of resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta (REBOA) in an out-of-hospital, combat casualty care setting[J]. J Spec Oper Med, 2017, 17(1): 1-8. DOI: 10.55460/9H3H-5GPS.
- [37] BERANGER F, DE LESQUEN H, AOUN O, et al. Management of war-related vascular wounds in French role 3 hospital during the Afghan campaign[J]. Injury, 2017, 48(9): 1906-1910. DOI: 10.1016/j.injury.2017.06.004.
- [38] 梁明, 荣晶晶, 孙景阳, 等. 移动介入手术方舱在院前急救中的应用[J]. 中华医院管理杂志, 2016, 32(11): 814-816. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1000-6672.2016.11.006.
- [39] 黄钰清, 周璇, 吕发勤. 交界部位出血的院前救治技术及其进展[J]. 中华急诊医学杂志, 2020, 29(12): 1643-1646. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2020.12.029.