

DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20230014

• 海洋军事医学 •

腹部开放性海水浸泡伤损伤控制性手术救治策略

张天帅¹, 刘兆辰², 彭智颖¹, 温榕博¹, 贾航¹, 张卫^{1*}, 于冠宇¹

1. 海军军医大学(第二军医大学)第一附属医院肛肠外科, 上海 200433

2. 海军军医大学(第二军医大学)第一附属医院医务处, 上海 200433

[摘要] 随着军事武器的发展, 高威力精确制导炸弹导致的腹部炸伤成为海战伤高发伤情。同时, 该伤情在海战环境下极易复合海水浸泡伤, 形成腹部开放性海水浸泡伤。本文分析了腹部开放性海水浸泡伤损伤机制、伤情特点以及救治难点, 依据损伤控制性手术理念, 提出针对此种伤情的“两部分、三阶段”损伤控制性手术救治策略, 对每一阶段的救治要点进行阐述, 并对该救治策略的未来应用进行展望。

[关键词] 腹部开放性损伤; 海水浸泡伤; 损伤控制性手术; 救治策略

[引用本文] 张天帅, 刘兆辰, 彭智颖, 等. 腹部开放性海水浸泡伤损伤控制性手术救治策略[J]. 海军军医大学学报, 2023, 44(10): 1228-1232. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20230014.

Damage controlled surgery for seawater-immersed opened abdominal injury: treatment strategy

ZHANG Tianshuai¹, LIU Zhaochen², PENG Zhiying¹, WEN Rongbo¹, JIA Hang¹, ZHANG Wei^{1*}, YU Guanyu¹

1. Department of Colorectal Surgery, The First Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

2. Medical Affair Office, The First Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

[Abstract] With the development of military weapons, abdominal injury caused by high-powered precision-guided bombs has become the most common injury in naval combat. Meanwhile, it often combines with seawater immersion injury in the naval combat environment, causing seawater-immersed opened abdominal injury. This paper analyzes the injury mechanism, characteristics, and treatment difficulties of seawater-immersed opened abdominal injury and proposes a “two-part, three-stage” damage-control surgical treatment strategy based on the concept of damage control surgery for this type of injury. The key points of each stage of the treatment, as well as the future application of this treatment strategy, are also introduced.

[Key words] opened abdominal injury; seawater immersion injury; damage control surgery; treatment strategy

[Citation] ZHANG T, LIU Z, PENG Z, et al. Damage controlled surgery for seawater-immersed opened abdominal injury: treatment strategy[J]. Acad J Naval Med Univ, 2023, 44(10): 1228-1232. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20230014.

随着军事武器的发展, 高威力精确制导炸弹逐渐成为海战中的主要杀伤武器, 在舰船等相对封闭环境中产生的爆炸成为海战伤的主要致伤因素, 其中躯干爆炸伤发生率最高达 80.8%^[1-3]。爆炸对人体的损伤首先产生于局部气体在爆炸初期的急剧膨胀与气体燃烧后的“真空”环境共同导致的瞬时气压伤, 常使腹部空腔脏器发生破裂, 随后才是弹片等物体破碎飞溅造成的组织穿透、撕裂伤, 在船

舱这样的狭小空间, 杀伤力会因弹片的反射而成倍提升, 形成腹部开放性伤口; 气压的膨胀与弹片的动能持续产生了后一阶段的损伤, 即伤员因爆炸冲击与周围物体发生碰撞导致的损伤^[4]。在海战环境下, 伤员可能因冲击波、舰体损毁甚至舰船沉没等原因发生落水, 使原有腹部开放伤口受到海水浸泡, 形成腹部开放性海水浸泡伤。

一方面, 爆炸往往使伤员产生巨大创面, 伤情

[收稿日期] 2023-01-16 [接受日期] 2023-09-20

[基金项目] 海军军医大学(第二军医大学)第一附属医院“深蓝123”军事医学研究专项(2020YSL005)。Supported by Project of “Shenlan 123” Military Medical Research and Development Program of The First Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University) (2020YSL005).

[作者简介] 张天帅, 博士生. E-mail: zhangtianshuai0106@163.com

*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-31161613, E-mail: weizhang2000cn@163.com

呈多发伤、复合伤的特点;另一方面,海水环境对伤员伤情极为不利,作战海区海况是影响战伤减员的重要因素^[5]。海水温度远低于机体的核心温度,使落水舰员极易发生失温^[6]。同时,海水高盐高渗的特性会导致伤员体液和电解质紊乱,与低温海水浸泡、创伤后失血等多重因素共同作用,使伤员产生“致死三角”(低体温、凝血功能障碍、酸中毒)的病理生理改变^[7]。此外,海水环境中含有大量微生物,且以致病性强的弧菌为主,是不同于陆地环境的优势菌群,需要在救治过程中特别关注^[8]。

限制性手术治疗严重出血患者的理念出现于20世纪80年代,“损伤控制(damage control)”一词由Rotondo等^[9]在总结穿透性腹部创伤患者救治经验时提出,并逐渐发展为损伤控制性手术(damage control surgery, DCS),成为创伤外科救治急性创伤患者的主要策略。DCS是指通过早期有限的外科干预防止“致死三角”发生,在观察复苏阶段之后再行确定性治疗的全过程,伤情早期控制性手术是这一过程中抢救伤员生命的重要环节^[10]。

得益于救治批量伤员的优越性及其逐级治疗的理念,DCS可以很好地融入战创伤救治体系中,并与分级救治相结合而形成战场DCS,在美军伊拉克自由行动(Operation Iraqi Freedom)、持久自由行动(Operation Enduring Freedom)以及我军战伤救治体系中广为应用^[11-12]。在海战中高发的腹部开放性创伤同样适用于DCS,但在救治该伤情过程中不能直接应用原有的陆战伤救治经验,需关注海水浸泡这一条件对伤员产生的复杂作用及伤员特殊的病理生理特点,并针对此种伤情改良DCS救治策略。

腹部开放性海水浸泡伤DCS的过程可概括为“两部分、三阶段”。“两部分”是指该伤情可分为腹部创伤伤情和海水浸泡伤伤情2个部分,在救治过程中既要保留DCS的救治优势,又要结合海水浸泡伤特殊处理措施;“三阶段”是指DCS救治全程需经过早期控制性手术、观察复苏以及确定性手术3个阶段,各阶段救治内容相对独立,但共同构成了腹部开放性海水浸泡伤DCS救治体系,形成了伤情救治层级,以良好适应战场环境,逐级、高效地抢救伤员生命^[13]。

1 腹部开放性海水浸泡伤DCS应用优势

在腹部开放性海水浸泡伤的病理生理特点中,

最危急的情况是低体温、凝血功能障碍以及酸中毒的产生与相互作用,应立即实施救治,打破“致死三角”的恶性循环,而止血是其中行之有效的首要措施^[14]。腹部开放性海水浸泡伤伤员在成功捞救时已接受了简易止血急救处置,而在转运至战术区域后方进行手术的救治机构实施DCS可以加强止血效果,对伤员深部出血进行直接控制,解决因简易止血措施产生的缓慢失血状况。

该伤情DCS操作体现了“先抢救,后治疗”的救治策略,抢救措施可及早、及快地应用于创伤伤员。早期控制性手术阶段仅进行清创、血管缝扎、脏器修补/移除及关闭腹腔等可快速进行并维持伤员生命体征的必要操作,以止血和控制病情进展为第一目的,操作多为直视下的对症治疗,而手术精细程度与病情全程考量并不是早期的关注重点^[15]。这样熟练的外科医生可快速完成早期控制性手术,更适用于海战环境恶劣手术条件下短时间内对大批量伤员完成初步救治,同时也避免了因手术时间延长而导致的伤情加重。

DCS包含早期控制性手术、观察复苏以及确定性手术全过程,早期控制性手术可使更多伤员在该级救治机构保持较平稳的生命体征,获得后送至后方救治机构接受确定性治疗的机会,创造出生命体征稳定的基础,为观察复苏及确定性手术争取了宝贵的时间。在这一基础上,医务人员通过观察复苏稳定伤员原发伤情,之后进行确定性手术针对原发伤情进行处置,体现出分层级救治创伤患者的优势。不同于传统外科手术,二次手术是DCS过程中的必要环节,且对于伤员的救治是有益的。

2 腹部开放性海水浸泡伤DCS救治策略

伤员的救治应该是整体的、连续的。这要求现场军医在面对伤员时首先要考虑伤员整体伤情,对落水伤员的呼吸循环系统、神经系统以及生命体征等系统性伤情的关注与救治应优先于局部的伤情,之后再对包括腹部开放性海水浸泡伤在内的局部伤情进行紧急救治,而救治的连续性则体现在不同救治层级对伤情处理的逐级深入。

维持生命体征是救治的首要策略,相关措施可在术前或与手术同时进行。在早期急救过程中可使用加压止血、止血粉等措施控制危及生命的大出血。同时还要注意海水浸泡对机体的影响,应立即采用包括自然复温、体表复温及体中心复温等复温

方式维持伤员核心体温^[16]。基于限制性液体输注及允许性低血压原则的血制品输注也应在复苏早期应用,在战现场可选用预解冻血浆、冻干血浆及氨甲环酸等改善机体凝血状态^[17]。伤情救治的手术治疗应遵循损伤控制性原则进行,即分为早期控制性手术、观察复苏以及确定性手术三阶段完成。

2.1 早期控制性手术阶段 早期控制性手术是抢救伤员生命的首要过程,是DCS的关键环节,这一过程可由前沿外科手术队展开,紧急时也可由舰艇军医进行。如舰船配有专门的治疗区域,可在治疗区的手术室内进行,对于空间紧张的舰艇则可以利用会议室、餐厅作为应急救治区域,如果仍难以满足需求,由于该阶段手术操作的紧迫性和简易性,也可寻求一处较为独立的舱室或甲板区域进行。在该过程中应进行以下内容:

(1) 立即止血。腹部创伤发生后可因血管损伤及脏器损伤两方面因素共同造成出血,要对其分别进行处理。血管损伤可通过缝扎、电凝、钳夹等方法直接进行止血。同时还可应用血管内球囊扩张对大动脉如腹主动脉、髂总动脉、肾动脉等进行闭塞,该方法可在战场环境下快速应用,对血管损伤产生出血进行暂时性控制,在既往战场应用中取得了良好效果^[18-19]。另一对血管损伤出血快速处置方法为血管分流术,常应用于髂总动脉结扎或闭塞后保留肢体远端血供,在稳定伤情的同时降低了截肢率,更能有效应对全身多发伤特别是远端创伤需要维持血供的伤情^[20]。在腹部开放性损伤中,肠系膜动静脉损伤也是产生出血的主要血管损伤类型之一,肠系膜动静脉具有较多的分支及血流汇入,在早期控制性手术中均可采取结扎的方式对出血进行控制。此外,对肠系膜动静脉损伤的手术措施还包括血管吻合术、血管成形术、血管“搭桥”术以及门静脉分流术等^[21]。

脏器损伤引起的出血则需依据脏器解剖学特点而采取不同的手术处置:肝脏血管结构复杂,难以快速完成肝切除术,因此在早期控制性手术中常采用肝血管栓塞术控制肝脏出血,具有提高伤员生存率的良好效能^[22];胰腺损伤后难以进行有效的损伤控制,相关研究表明高级别胰腺穿透伤伤员切除胰腺并不能降低死亡率^[23],因此胰腺损伤在早期控制性手术中常采用置管引流处置;脾脏因其解剖结构简单、脾切除术易行等原因,应对严重创伤伤员尽快行脾切除术,以控制脏器出血^[24-25]。

(2) 充分清洗腹腔。腹部开放性海水浸泡伤员在早期战现场急救过程中不应将海水完全排出,以防腹腔环境突然改变导致伤情恶化,清洗腹腔应在可进行手术的救治层级进行,此时伤员腹腔内积存有较多的污染物(消化道内容物、污血、海水等),而海水污染可因其促炎作用使腹腔环境急剧恶化,因此,清洗腹腔是该伤情相较于陆战伤在早期控制性手术阶段更为重要的环节。这一过程中,需要对破损消化道进行修复,常采用肠管切除吻合术、远端肠管封闭近端肠管造瘘术等术式对结肠、回盲肠肠管进行修复,并将消化道内容物分流,避免污染腹腔。同时还要对坏死组织全面清创,对肌肉组织的清创要达到“4C”原则(切之不出血、夹之不收缩、触之软泥状、颜色为黑色),以减少坏死组织对伤情的不利影响。腹腔灌洗技术是该过程中救治海水浸泡伤员的有效措施,该措施不仅可将腹腔污染物充分清除、有效减轻创面因感染引起的炎症反应、纠正水电解质紊乱和酸碱失衡,还可应对落水伤员失温状况,通过应用温热灌洗液的中心复温法促进伤员核心体温回升,对伤情产生积极作用。

(3) 腹腔及时封闭。早期控制性手术过程中封闭腹腔与普通手术不同,要求既不能影响确定性手术二次进入腹腔,又不能因开放腹腔造成感染、血供不足、加重体液丢失等并发症发生。负压封闭引流技术在腹部开放性创伤取得了良好疗效,应用ABThera™负压辅助闭合装置、Bogota袋等封闭腹腔既可保护创面免受外界污染,又兼具快速开腹的便捷性^[26-27]。因海水富菌的特性,腹部开放性海水浸泡伤伤员极易发生腹腔感染,而负压封闭引流技术可以有效缓解腹腔感染。

此外,在早期控制性手术中还需对伤员整体状况持续监测,以及时调整手术策略,稳定伤员伤情,并检验复苏效果,为后续治疗争取机会。

2.2 观察复苏阶段 在早期控制性手术之后,伤员大多已转运至可留治的救治层级,进入DCS的第二阶段——观察复苏阶段,这一阶段由重症监护室医护力量展开,场地为医院船或舰艇编队救护所等具备监护设施和应急处置能力的救治机构。在这一阶段,可在特别设置的危重症监护病房内监控伤员生命体征,并进行如下的救治内容:(1)通过液体复苏积极纠正伤员水电解质紊乱,调节伤员内环境酸碱平衡。研究表明,中度低渗液体具有更佳的复

苏效果^[28-29]。(2)进一步改善伤员血流动力学及凝血功能,在相关指标监测下应用血管活性药物、输注血浆制品或凝血因子等生物制剂。(3)对伤员应用广谱抗生素以控制感染,需特别注意选用对弧菌敏感的抗生素,用于应对弧菌为主的海水感染^[30]。(4)关注全身重要器官状况,予以吸氧、机械通气等措施,改善伤员呼吸功能及全身状况,对伤员肾功能、肝功能予以支持治疗。(5)进行营养支持等对症治疗。

这一救治阶段在DCS过程中起到衔接前后手术救治的作用,是2次手术之间的缓冲阶段,也是DCS分阶段救治理念的关键体现。该阶段既可稳定伤员伤情,巩固前期救治成果,避免伤员因难以耐受一次长程手术而加重伤情甚至发生伤死,又为医务人员提供了在高级救治环境对早期控制性手术的疗效进行评估的机会,进而确定后续治疗策略。待伤员伤情进一步稳定,即可开展第三阶段的确定性手术。

2.3 确定性手术阶段 确定性手术是指通过综合诊断以明确伤员各脏器具体伤情并合理规划手术策略,最终根治伤员原发伤情。该阶段需要在可进行专科治疗的更高救治层级进行,多在后方医院或码头救护所展开,并以专科手术团队为主要医疗保障力量。得益于前期救治措施对伤员伤情的改善,该阶段具有良好的救治基础,其救治策略与各专科手术治疗策略相一致,如改善前期手术处理,对损伤血管、破损脏器进一步修复,取出前期治疗残留的治疗巾、钳,并完全修复腹壁。此外,这一阶段还可使用鲨鱼皮胶原蛋白敷料、透明质酸/壳聚糖水凝胶、血小板凝胶等防治海水浸泡创面感染,并加速创面修复^[31-33]。完整的DCS可使腹部开放性海水浸泡伤员逐步恢复正常的生命体征,提高伤员存活率。

3 展望

我国拥有广袤的海洋国土,拥有着宝贵的发展条件,但也面临着来自海上的安全威胁。在当前和今后的时期,我国的利益拓展主要在海上、国家的安全威胁主要在海上、军事战略主要方向在海上、军事斗争的主要焦点在海上。因此,如何保障打赢来自海上的信息化局部战争是海战伤救治研究的目标,这需要结合海战伤情特点,提出适用于海战环境的救治策略。在未来,海战模式及海战伤伤情谱会随着军事学发展而改变,这要求我们在原有救治

策略基础上不断优化改进,通过动物实验、计算机仿真模拟等方法探索紧跟时代变革的新救治策略,通过现实环境检验救治技术以发挥更积极的作用。单个救治环节的改进可以推动海战伤救治体系的变革,最终目标是建立起针对性强、追踪科技前沿、具有高效救治效率的现代化海战伤救治体系。

【参考文献】

- [1] 胡鹏伟,张磊,解宏伟,等.现代战争爆炸伤特点系统评价[J].第二军医大学学报,2021,42(6):681-687. DOI: 10.16781/j.0258-879x.2021.06.0681. HU P W, ZHANG L, XIE H W, et al. Characteristics of blast injuries in modern warfare: a systematic review[J]. Acad J Sec Mil Med Univ, 2021, 42(6): 681-687. DOI: 10.16781/j.0258-879x.2021.06.0681.
- [2] 单浩洋,赖西南,郑然.反舰导弹战伤特点分析及启示[J].军事医学,2017,41(3):218-221. DOI: 10.7644/j.issn.1674-9960.2017.03.013.
- [3] D'SOUZA E, WING V, ZOURIS J, et al. Multi-injury casualty stream simulation in a shipboard combat environment[J]. Mil Med, 2016, 181(1): 70-75. DOI: 10.7205/milmed-d-15-00002.
- [4] SINGH A K, DITKOFKY N G, YORK J D, et al. Blast injuries: from improvised explosive device blasts to the Boston marathon bombing[J]. Radiographics, 2016, 36(1): 295-307. DOI: 10.1148/rg.2016150114.
- [5] 任东彦,刘文宝,陈国良.水面舰艇编队遭导弹多波次攻击时减员预计模型[J].第二军医大学学报,2020,41(9):1037-1040. DOI: 10.16781/j.0258-879x.2020.09.1037. REN D Y, LIU W B, CHEN G L. Forecasting model of operational casualty in surface warship formation against several groups of missile attacks[J]. Acad J Sec Mil Med Univ, 2020, 41(9): 1037-1040. DOI: 10.16781/j.0258-879x.2020.09.1037.
- [6] 兔剑波,陈丽娜,韩志海,等.大鼠海水浸泡体温过低症水浴复温的实验研究[J].第二军医大学学报,2018,39(4):443-449. DOI: 10.16781/j.0258-879x.2018.04.0443. HUAN J B, CHEN L N, HAN Z H, et al. Experimental study on water bath rewarming in rats with hypothermia by seawater immersion[J]. Acad J Sec Mil Med Univ, 2018, 39(4): 443-449. DOI: 10.16781/j.0258-879x.2018.04.0443.
- [7] 李成刚,姜楠.腹部开放性海水浸泡伤的病理生理变化与救治策略[J].解放军医学院学报,2021,42(3):350-352,357. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2021.03.022.
- [8] BAKER-AUSTIN C, OLIVER J D, ALAM M, et al. *Vibrio* spp. infections[J]. Nat Rev Dis Primers, 2018, 4(1): 8. DOI: 10.1038/s41572-018-0005-8.
- [9] ROTONDO M F, SCHWAB C W, MCGONIGAL M D, et al. 'Damage control': an approach for improved survival in exsanguinating penetrating abdominal injury[J].

- J Trauma, 1993, 35(3): 375-382.
- [10] 张红亮,冯聪,王静,等. 损伤控制性手术在创伤治疗中的应用综述[J]. 解放军医学院学报, 2020, 41(12): 1262-1264. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2020.12.020.
- [11] BLACKBOURNE L H. Combat damage control surgery[J]. Crit Care Med, 2008, 36(7 Suppl): S304-S310. DOI: 10.1097/ccm.0b013e31817e2854.
- [12] CHEN S, YANG J, ZHANG L, et al. Progress on combat damage control resuscitation/surgery and its application in the Chinese People's Liberation Army[J]. J Trauma Acute Care Surg, 2019, 87(4): 954-960. DOI: 10.1097/TA.0000000000002344.
- [13] MALGRAS B, PRUNET B, LESAFFRE X, et al. Damage control: concept and implementation[J]. J Visc Surg, 2017, 154(Suppl 1): S19-S29. DOI: 10.1016/j.jvisurg.2017.08.012.
- [14] STENSALLE J, HENRIKSEN HH, JOHANSSON PI. Early haemorrhage control and management of trauma-induced coagulopathy: the importance of goal-directed therapy[J]. Curr Opin Crit Care, 2017, 23(6): 503-510. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000466.
- [15] CIROCCHI R, MONTEDORI A, FARINELLA E, et al. Damage control surgery for abdominal trauma[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2013, 2013(3): CD007438. DOI: 10.1002/14651858.cd007438.pub3.
- [16] 王世锋,李娅娜,吕传禄,等. 海上落水人员体温过低症干预与救治技术研究进展[J]. 中华航海医学与高压医学杂志, 2017, 24(6): 493-496. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-6906.2017.06.021.
- [17] CANNON J W, KHAN M A, RAJA A S, et al. Damage control resuscitation in patients with severe traumatic hemorrhage: a practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma[J]. J Trauma Acute Care Surg, 2017, 82(3): 605-617. DOI: 10.1097/TA.0000000000001333.
- [18] REES P, WALLER B, BUCKLEY A M, et al. REBOA at role 2 afloat: resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta as a bridge to damage control surgery in the military maritime setting[J]. J R Army Med Corps, 2018, 164(2): 72-76. DOI: 10.1136/jramc-2017-000874.
- [19] DUBOSE J J, SCALEA T M, BRENNER M, et al. The AAST prospective aortic occlusion for resuscitation in trauma and acute care surgery (AORTA) registry[J]. J Trauma Acute Care Surg, 2016, 81(3): 409-419. DOI: 10.1097/TA.0000000000001079.
- [20] LAVERTY R B, TREFFALLS R N, KAUVAR D S. Systematic review of temporary intravascular shunt use in military and civilian extremity trauma[J]. J Trauma Acute Care Surg, 2022, 92(1): 232-238. DOI: 10.1097/TA.0000000000003399.
- [21] PHILLIPS B, REITER S, MURRAY E P, et al. Trauma to the superior mesenteric artery and superior mesenteric vein: a narrative review of rare but lethal injuries[J]. World J Surg, 2018, 42(3): 713-726. DOI: 10.1007/s00268-017-4212-3.
- [22] MATSUSHIMA K, HOGEN R, PICCININI A, et al. Adjunctive use of hepatic angioembolization following hemorrhage control laparotomy[J]. J Trauma Acute Care Surg, 2020, 88(5): 636-643. DOI: 10.1097/TA.0000000000002591.
- [23] MOHSENI S, HOLZMACHER J, SJOLIN G, et al. Outcomes after resection versus non-resection management of penetrating grade III and IV pancreatic injury: a trauma quality improvement (TQIP) databank analysis[J]. Injury, 2018, 49(1): 27-32. DOI: 10.1016/j.injury.2017.11.021.
- [24] GILL S, HOFF J, MILA A, et al. Post-traumatic splenic injury outcomes for nonoperative and operative management: a systematic review[J]. World J Surg, 2021, 45(7): 2027-2036. DOI: 10.1007/s00268-021-06063-x.
- [25] Schellenberg M, Inaba K, Cheng V, et al. Spleen-preserving distal pancreatectomy in trauma[J]. J Trauma Acute Care Surg, 2018, 84(1): 118-122. DOI: 10.1097/TA.0000000000001725.
- [26] WEBSTER J, LIU Z, NORMAN G, et al. Negative pressure wound therapy for surgical wounds healing by primary closure[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2019, 3(3): CD009261. DOI: 10.1002/14651858.CD009261.pub4.
- [27] HU P, UHLICH R, GLEASON F, et al. Impact of initial temporary abdominal closure in damage control surgery: a retrospective analysis[J]. World J Emerg Surg, 2018, 13: 43. DOI: 10.1186/s13017-018-0204-3.
- [28] 乔治,陈志达,郝洪庆,等. 一种新型复苏液对海水浸泡伤小型猪电解质紊乱纠正的效果分析[J]. 国际外科学杂志, 2018, 45(2): 98-101. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4203.2018.02.008.
- [29] ZHU Y, DENG H, SHE H, et al. Protective effect of moderate hypotonic fluid on organ dysfunction via alleviating lethal triad following seawater immersion with hemorrhagic shock in rats[J]. Front Physiol, 2022, 13: 827838. DOI: 10.3389/fphys.2022.827838.
- [30] 邱海莹,李瑞滕,朱思庆,等. 复方庆大霉素/环丙沙星溶致液晶治疗大鼠海水浸泡伤的研究[J]. 军事医学, 2020, 44(6): 410-415. DOI: 10.7644/j.issn.1674-9960.2020.06.003.
- [31] SHEN X R, CHEN X L, XIE H X, et al. Beneficial effects of a novel shark-skin collagen dressing for the promotion of seawater immersion wound healing[J]. Mil Med Res, 2017, 4(1): 33. DOI: 10.1186/s40779-017-0143-4.
- [32] WANG X, XU P, YAO Z, et al. Preparation of antimicrobial hyaluronic acid/quaternized chitosan hydrogels for the promotion of seawater-immersion wound healing[J]. Front Bioeng Biotechnol, 2019, 7: 360. DOI: 10.3389/fbioe.2019.00360.
- [33] 王晓英,王蕾,晋晶,等. 血小板凝胶促进海水浸泡伤小鼠软组织创伤愈合的实验研究[J]. 军事医学, 2020, 44(3): 198-201. DOI: 10.7644/j.issn.1674-9960.2020.03.009.