

# 灾害现场的急危重症医学：应急医学

孟昌<sup>1</sup> 孙晶<sup>1</sup> 陈丽娟<sup>1</sup> 赵月<sup>1</sup> 吴迪<sup>2</sup> 缪国斌<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 应急总医院急诊科 国家应急医学研究中心, 北京 100028; <sup>2</sup> 应急总医院心脏内科, 国家应急医学研究中心, 北京 100028

通信作者: 吴迪, Email: wudimdphd@163.com; 缪国斌, Email: guobinpeking@163.com

基金项目: 国家重点研发计划 (2023YFC3011904)

DOI: 10.3760/cma.j.cn114656-20250925-00681

在人类文明发展进程中, 武装冲突与自然灾害所导致的急危重症始终是重大生命威胁。从战场上进行止血包扎、骨折固定的操作, 到瘟疫大肆流行时期开展隔离以及基础照护相关事宜, 虽没有形成完整的系统化理论体系, 但对于创伤以及疾病展开的现场处置经验, 已经在实践中逐渐积累<sup>[1]</sup>。伴随现代社会工业化进程以及城市化进程, 交通事故、化学泄漏、地震、火灾等灾害, 以及突发公共卫生事件出现的频率日渐增高, 创伤、心脏骤停等时间敏感性疾病已成为导致人们过早死亡、长期残疾的主要原因之一, 对现场初步救治与安全转运的需求愈发迫切<sup>[2]</sup>, 应急医学也应运而生。

应急医学是一门融合技术救治和综合管理的前沿交叉学科, 它以急危重症医学作为根基, 整合创伤外科、公共卫生、应急、工程等多个领域的核心能力, 覆盖自然灾害、事故灾难、突发公共卫生事件、社会安全事件等突发场景。其核心要义在于构建“灾前预防预警—灾中(或突发时)现场救治—途中监护—院内衔接—灾后(或突发后)康复支持”的全流程医疗保障体系, 于极端且资源有限的环境当中实现快速响应、精准分诊、损伤控制, 同时兼顾突发事件的综合性应对, 尽可能地降低急危重症患者的死亡率与致残率。应急医学起着把灾害或事故现场和院内救治相互连接的重要作用, 在重大灾难应对方面的重要性格外明显。比如汶川地震, 这在我国历史上破坏性极为严重的地震之一<sup>[3]</sup>, 致使 37 万余人出现伤亡情况, 其医疗救援经验表明, 灾前建立起国家灾害医疗应急与指挥体系, 灾中依托有效的救援力量与、规范高效的救治流程, 灾后协调公共卫生资源以及长期的心理支持, 全流程式的保障是降低灾害死亡率与发病率、提升救援整体成效的关键所在。近年来东南亚以及中东发生的多次地震里的医学救援实践活动也进一步证实<sup>[4]</sup>, 应急医学对于减少伤亡、提高整体救援成效有着极为

关键的作用。

## 1 应急医学与灾难医学 / 救援医学的区别

现有较为成熟的医学体系当中, 灾难医学以及救援医学虽为灾害应对提供了重要支撑, 然而它们各自都有着清晰的功能边界以及应用方面的局限情况。灾难医学是灾难场景下专属的宏观管理学科, 着重于群体层面的风险防控、资源统筹方面以及灾后恢复事宜, 对于现场即时性急危重症救治的技术细节方面有所欠缺。救援医学是针对突发场景的现场基础执行学科, 更多偏向于“现场搜救与基础救护”, 大多依靠通用急救技术, 面对复合创伤、感染风险等复杂的灾害场景时很难满足精准救治的需求。应急医学是覆盖所有突发场景、贯穿全救治链的综合性学科, 场景广度超过仅聚焦灾难的灾难医学, 环节深度涵盖救援医学未涉及的“途中—院内—康复”环节。应急医学展现出比灾难医学和救援医学更全面的综合优势。它不仅突破了灾难医学仅关注灾害宏观管理的局限, 将应对场景扩展到日常急症和事故救援, 还补齐了救援医学偏重现场操作的短板, 建立起从现场施救、转运监护到院内衔接和康复的全链条救治体系。此外, 该学科兼具宏观资源调度与复杂现场救治能力, 能够执行如损伤控制手术等高阶操作, 并通过信息系统实现各环节有效衔接, 避免救治过程中的断层。

## 2 应急医学的核心理论

### 2.1 灾害救援优先级体系

应急医学所涉及的灾害救援优先级体系, 最为关键的理念在于遵循覆盖各类场景的资源与救治统筹原则。这套体系强调快速启动响应, 确保疾病救治时机不延误。依赖精准分诊、对伤员的器官功能以及伤情的评估, 不仅能够指导现场急救, 还能

为转运途中的监护以及医院后续开展的治疗提供依据,实现各个环节之间有效的衔接。同时,在不同场景以及诸多环节的资源调配方面达成动态平衡,彰显应急医学在全场景协调方面的综合性的优势。

## 2.2 恶性循环阻断策略

病生理机制方面,当人体遭受严重创伤之后,就容易陷入“致死三联征”。低体温(核心体温低于 $35^{\circ}\text{C}$ )会对凝血因子的功能起到抑制作用,同时还会增加心律失常的风险;酸中毒会对血小板聚集以及凝血酶活性产生影响,进而会让出血倾向变得更加严重;凝血功能障碍是因为凝血因子消耗、稀释等原因,纤溶系统被激活,便形成了恶性循环<sup>[5]</sup>。所以救援人员必须要尽快完成对创伤的分级工作,精准地识别那些能够立即危及到生命安全的损伤情况,然后凭借最小限度的干预手段来阻断这个恶性循环。针对代谢失代偿所实施的战略性控制举措,能够为患者争取到一种临时性的生理稳态状态,进而给后续开展全面治疗创造一个极为关键的时间窗口。针对“致死三联征”引发的病理生理恶性循环,单纯的初步干预需结合系统化策略才能实现持续控制,而损伤控制理念正是基于这一临床需求逐步形成并发展的针对性解决方案。

## 2.3 损伤控制理念与损伤控制性手术的演进

损伤控制(damage control)理念源自美国海军术语,原指“船舶在受损情况下维持基本运行的能力”<sup>[6]</sup>。在1983年,Stone教授等首次提出了损伤控制性手术(damage control surgery, DCS),并且把它当作针对严重生理紊乱创伤患者的分阶段处理办法,这一做法使得严重休克创伤患者的存活率有了明显提高<sup>[7]</sup>。其临床应用能够一直追溯到20世纪70年代末期对严重肝外伤的处置情况,在当时清楚地认识到凝血功能障碍是这类患者死亡的主要原因。1981年,Feliciano教授等<sup>[8]</sup>报告称采用“临时剖腹填塞止血加上稳定之后再行二次手术”的策略,结果在10例持续出现肝实质渗血的患者当中,有9例成功存活了下来,从此该方案便成为了挽救伴有凝血障碍的创伤患者的关键技术。

## 2.4 损伤控制复苏与损伤控制性手术的协同体系

现代DCS是一种专门针对严重创伤所设定的分阶段外科修复办法,它的核心在于对“低体温-酸中毒-凝血障碍”形成的致死性循环予以阻断,与之相互配合的损伤控制复苏(damage control resuscitation, DCR)<sup>[9-10]</sup>,会借助允许性低血压、限制性液体输注以及早期成分输血等相关举措,构建起现代创伤救治的关键体系<sup>[11-12]</sup>。这一体系不但是应急医学达成全链条救治的技术支撑所在,而且其

应用范畴还突破了传统灾害现场(比如地震发生后展开的紧急手术),进一步拓展到了日常急危重症情境(如交通事故受伤者在ICU接受的复苏管理)。从现场施行简化的DCS来控制出血情况,到转运期间依靠DCR维持患者生理稳定状态,直至院内ICU完成后续复苏以及确定性手术<sup>[13]</sup>,该技术体系贯穿于整个救治过程之中<sup>[14-15]</sup>,很好地展现了应急医学在全场景覆盖以及全流程贯通方面所具备的技术整合能力,这也使得其和仅仅着眼于宏观管理的灾难医学以及侧重于现场基础操作的救援医学有所不同。损伤控制是应急医学“先稳定生理、后确定性治疗”概念的核心技术载体,其分阶段救治逻辑完全适配灾害现场资源有限、时间紧迫的场景特性,是应急医学区别于传统院内重症救治的关键标志。

## 2.5 多学科协作

依照损伤控制原则以及灾害、事故的实际救援经验来看,灾害或者事故相关的手术优先级能够划分成四个程序矩阵,分别是污染控制、止血干预、骨折固定以及筋膜室减压。每一个路径都存在着明确的技术要求,并且有着严格的时效标准。成功执行这些操作高度依靠于多学科协同联动。在核心科室方面,急危重症医师负责主导生理功能调控<sup>[16]</sup>,实时稳定患者的生命体征;外科医生会深度参与到多学科规划、分诊以及医疗处置当中,精准实施损伤控制手术<sup>[17]</sup>;麻醉科医师需要保障术中的生命支持,要契合现场有限条件之下的麻醉安全需求。支持性科室中输血科需依据创伤性凝血病的救治需求,优先备齐低效价O型全血<sup>[18]</sup>,并配套储备红细胞、血浆、血小板等成分血,确保早期快速输血支持,避免凝血功能进一步恶化;影像科依靠便携式超声、床旁X线等设备来完成现场创伤部位的快速成像,与此同时借助远程传输系统把影像数据同步至后方平台,从而为实时诊疗决策提供可视化的依据。当下已然形成了比较成熟的协作模式以及保障机制:其一是“固定协作小组”模式,由急诊、创伤外科、重症医学、麻醉科、输血科、影像科的核心人员构成常态化的团队,定期举行联合演练,借此保证在灾害现场可以迅速作出响应;其二是“信息共享保障机制”,借助急救指挥平台实现生命体征、影像数据、处置记录、输血需求等信息的实时同步,打破科室之间存在的信息壁垒;其三是“权责划分机制”,明确各个科室在分诊、现场处置、转运、院内衔接等各个环节的核心职责,防止出现推诿或者重复工作的情形;其四是“资源优先调配机制”,针对多学科协作的需求,优先保

障手术器械、血制品、影像设备等资源的供给,确保协作流程不会出现卡顿的状况。多学科协作框架不但能够支撑定制化手术方案的制定,而且还能实现实时生物监测以及个体化康复策略的优化,进而全面提升生存链的整体效率。有相关研究表明<sup>[19]</sup>,多学科团队以损害控制性策略协作,对骨盆骨折多发伤患者采取早期外固定等干预,最终将患者病死率控制在 9.4%,有效降低了该类患者的病死率。

### 3 应急手术的开展

#### 3.1 DCS 的实施阶段

DCS 涵盖五个连续的临床阶段:阶段 1 在于依据损伤类型以及病理生理状况来识别危重创伤患者;阶段 2 施行简化的手术操作,着重对出血和污染加以控制;阶段 3 于手术过程中动态地监测患者的生理参数;阶段 4 把患者转入 ICU,给予血流动力学方面的支持,纠正出现的酸中毒、低体温以及凝血功能障碍等情况,达成生理稳态并维护器官功能;阶段 5 等到患者病情趋于稳定之后再实施确定性的修复手术<sup>[20]</sup>。在灾害救援的现场,应急手术是严格按照损伤控制的理念来开展的,能够划分成四大类别:止血类、固定类、减压类以及污染控制类手术,这四类应急手术都是围绕应急医学“即时阻断致死链条”这一核心概念来进行设计的。应急医学不仅实现了对救援医学中基础现场处置的升级,也弥补了灾难医学在具体技术执行与全流程衔接方面的不足,体现了其全链条、多场景整合的属性。

#### 3.2 基于损伤控制理念的手术分类

3.2.1 止血类手术 核心原则在于“即时终止活动性出血”为首要目标,优先采用快速、简洁的操作手段控制出血源,避免因持续失血导致休克或多器官功能衰竭。特点:不强调精细的血管重建或器官修复,而是通过填塞压迫、结扎非主干血管、球囊导管临时阻断等便捷方式,快速遏制致命性出血;对于合并血流动力学不稳定的血管损伤(如四肢动脉破裂),优先选择能缩短手术时间的临时处置方式(如临时血管分流术),而非耗时的确定性血管重建操作,最大限度减少术中失血对患者生理状态的进一步冲击<sup>[21]</sup>。

3.2.2 固定类手术 核心原则在于“快速稳定骨与关节结构以及预防二次损伤”,借助临时固定来维持躯体的支撑功能,防止骨折断端移位引发血管、神经损伤或者因加重疼痛而出现的生理紊乱情况。其特点在于针对复杂骨折(如粉碎性骨折、开放骨折),优先选用外固定架、牵引等操作简便、耗时

较短的临时固定技术,而非强求解剖复位的传统内固定术,以适配医疗资源受限、批量伤员需紧急处置的场景<sup>[22]</sup>,固定操作要避免受损的软组织或者污染区域,减少对局部组织的额外干扰,同时降低手术操作的难度,适应灾害现场器械与空间条件有限的情况,为后续的转运和确定性治疗留出条件。3.2.3 减压类手术 核心原则在于“尽快解除体腔或者筋膜间室的高压状况、让组织灌注得以恢复”,要尽力防止因高压环境而出现的组织缺血坏死、神经功能受损以及多器官功能障碍等情况。灾难场景下的创伤急救不追求病灶彻底清除或精细修复,而是通过筋膜切开、胸腔引流等快速干预方式即刻缓解高压状态。操作中需严格把控减压时机,同时需高度警惕术后感染风险。这类干预可能成为感染入口,尤其在伤口污染严重、医疗资源有限的场景下,感染易引发败血症等致命并发症<sup>[23]</sup>。

3.2.4 污染控制类手术 核心原则在于“快速阻断感染扩散的途径以及对感染源加以控制”,尽力防止因出现肠内容物发生泄漏或者有坏死组织残留等情况而引发的全身性感染,从而为患者争取到一段能够实现生理稳定时期。其特点并不着重于一期吻合或实施复杂的器官重建方面,而是借助切除坏死肠管、对瘘口进行隔离以及开展简单的清创引流等一系列的操作,来快速地切断感染链条,并依据患者的生理状态以及损伤的具体程度灵活地做出决策<sup>[24]</sup>。

在灾害现场把应急手术按照上述的四类划分,其核心优势在于紧紧抓住“挽救生命、控制损伤”这个理念,契合灾区资源有限、时间紧急以及环境恶劣的实际状况,为救援团队提供清晰明了、高效且优先级清晰的操作框架。需要指出的是,在灾害现场完成应急手术之后,得依据具体的情况再转到后方医院去做进一步的处理。这种分类的方法在优化临床决策、提高处置效率、降低操作遗漏、推动多学科协作、实现资源最大化利用以及最终提高生存率等方面具备优势。近年来,人工智能技术的发展有望拓展在极端环境下开展外科救治的能力,比如借助术中实时识别关键解剖结构以及损伤特征(如活动性出血点、组织缺血阈值)的方式,为非专科医师提供精准的操作指引,进一步增强应急手术的实效性和安全性。

### 4 应急医学装备

应急医学装备在灾害现场急重症救治中极为重要,其核心价值在于突破传统医疗场景的限制,把复杂的医疗操作拓展到极端灾害环境中,在资源

分散且条件极不确定的现场构建起“连续且可靠的救治链”。该领域技术的发展一直围绕三个核心逻辑展开,一是克服极端环境的制约,实现关键救治措施能够触达;二是借助系统集成来保证医疗质量的稳定;三是凭借协同调度让装备集群的整体效能达到最大。现场救治类装备的创新特别重视在“关键窗口期”内实际效能的提升,这是因为伤员致伤、致死率会随着搜救时间的延长而明显上升,这与之有着直接的关联。

#### 4.1 现场救治装备

模块化设计是现场救治装备突破环境限制的关键技术路径。采用插接式模块化设计方式的应急手术平台,凭借防污引流系统以及快速转换结构,切实有效地对清创过程中出现的交叉污染加以控制,与此同时还能满足批量伤员连续处置的相关需求,促使野外规范清创从单纯的理念阶段逐步落实转化为实际的现实情况。其设计情况和德国 Jenny 一体机的模块化重症解决方案是相匹配的,能够支持功能的拓展并且让操作流程得以简化, Jenny 一体机可以将呼吸机、监护仪、除颤仪等设备进行整合,适用于各个年龄段的患者,并且还拥有翻转模块来防止线缆出现杂乱无章的情况,标识也具备双向可读的特性<sup>[25]</sup>,不过这个平台在低温环境下或者是在高海拔的环境中,模块及管路功能有待考量,而且需要多人协同配合来进行展开和收回操作。单兵携行急救包将微光照明和折叠无菌操作台做了集成,以此来减少黑暗环境以及狭小空间对于基础操作所产生的影响,进而确保在夜间或者是废墟这样的环境中,气道开放、关键止血等生命支持技术能够可靠地得以执行<sup>[26]</sup>,但其设计定位聚焦单兵自救互救与单名伤员的重伤急救,针对批量伤员的协同救治适配性仍需进一步优化。

#### 4.2 转运与智能装备

转运与保障类装备在技术方面所取得的进展,主要集中在破解移动中救治质量下滑这一核心痛点上。全地形卫勤保障车依靠其水陆两用底盘以及模块化功能舱体,把伤员后送和物资输送的功能整合到了一起,其强大的地形适应性能够有效地突破空间方面的障碍,这一点和美军多用途战术运输车在复杂环境下应用所具有的特性是非常相似的<sup>[27]</sup>,未来探索车型在沼泽、滩涂等地形的效能值得期待。便携式通用生命支持系统借助高度集成的呼吸、循环以及监测模块,把完整的生命支持功能浓缩成了可移动的单元,在转运的过程中能够实现重症监护的连续性和稳定性,切实达成了移动救治不降级的效果。解放军总医院所研发的高级生命支持一体机

质量仅有 9.8 kg,集成了多维度的生命支持功能<sup>[27]</sup>,该系统的普及度值得观望,耗材、续航能力也同样值得关注。

智能化装备正逐步改变应急医疗决策模式。利用 5G、卫星通信以及窄带通信所搭建的远程医疗终端,依靠实时数据传输和云端协同合作,打破了院前现场和医院之间的信息障碍,使得现场救护能够实时得到专家团队的支持,达成上车即入院的超前干预效果<sup>[28]</sup>,其技术依靠的是空地一体化应急通信体系,然而受到基站覆盖范围的限制,在极端环境下通信延迟会有明显增多的情况。可穿戴生命体征监测网络凭借多参数融合以及智能分诊算法,把批量伤员检伤分类从经验判断转变为数据驱动模式,有效减少了复杂救援中信息缺失以及资源错配的问题,突出了多模态数据融合技术在救援决策中的实际运用情况<sup>[29]</sup>,不过该网络在高温高湿环境下传感器功能有待考量。

#### 4.3 资源调配与空中救援

综合评估医疗需求点患者的数量、医护人员配置及设备配备等情况,确定资源优先级、优化配送路径,是保证呼吸机等关键设备精准投向急需场景的关键所在。在灾害应急医学救援的紧急场景中,空中救援能够实现快速转运,使得患者得到更专业的医疗保障。有研究表明,重症伤员对具备专业医疗支持的空中转运需求高达 97.8%<sup>[30]</sup>,这凸显了空中救援在救治链条中的关键地位。

应急医学装备从早期功能单一的器械发展为如今的模块化系统,从被动适应环境转向主动协同响应,其发展进程始终紧扣着一个核心主题,就是在不确定性的环境当中构建起医疗救治方面的确定性。最终目标不是将各种技术简单地堆砌,而是依靠装备和灾害现场达成高度的融合,促使每一项技术能够切实地转化成为现场可信且可用的救治能力,从而支撑起灾害救援中持续、稳固的生命防线。

## 5 学科困境及未来的发展方向

当下应急医学发展面临诸多实际困难,核心矛盾在于政策法规、技术实践、学科人才、社会资源、国际合作五个方面存在不足。政策法规方面,顶层设计与基层落实脱节,医疗、消防、交通等部门受信息壁垒影响,跨部门协同机制缺失,资源调配效率低且响应盲区多。技术实践层面,实验室研发成果向灾害现场转化存在障碍,精密监测设备难以适应极端野外环境,全球灾害医疗数据因标准不一,不同地区在创伤分级、救治规范方面的差异制约国际经验共享和学术交流<sup>[31-32]</sup>。学科与人才建设的角

度来看, 应急医学长期以来都处在急诊、重症等传统学科的边缘地带, 跨学科融合的程度不够, 专业课程的覆盖率也比较低, 从事应急医学的人员处置复合伤以及复杂灾害伤情的能力还有待提升, 缺乏统一的专业分级认证制度。社会资源方面, 公众普遍缺少基本的自救互救技能, 这导致灾害“黄金窗口期”的利用率比较低, 物资调配大多依靠人工决策, “最后一公里”配送的问题较为突出, 这对整体救援效率产生了严重影响。国际合作方面, 救援标准碎片化的问题比较明显, 不同国家和组织的装备配置存在较大差异, 人道救援的非政治化原则还没有得到全面落实。

针对五大困境, 需围绕应急医学“全场景统筹、全链条救治”的大概念属性, 从五维度构建解决方案, 推动学科从理论探索向实践落地升级: (1) 政策层面: 需要进一步完善协同机制, 借助大数据构建“全国灾情动态推演平台”, 将医疗、消防、交通等部门的应急响应流程都纳入到统一的标准当中, 明确“接到灾情后 30 min 内医疗团队集结、1 h 内抵达现场”的硬性指标, 构建基于物联网技术的装备使用管理系统<sup>[33-34]</sup>; (2) 技术层面: 针对“实验室成果转化难”的情况, 建立“应急医学技术转化试点基地”, 优先推动“AI 实时止血点识别系统”“耐高温便携式超声”等技术在现场进行验证, 制定《应急医学装备统一标准》, 规范无人机急救载荷、便携式呼吸机互联协议, 防止出现装备“互不兼容”的状况; (3) 人才层面: 构建“三级应急医学人才认证体系”, 包括基层救援人员(掌握基础止血/分诊)、中级救援医师(掌握现场应急手术)、高级专家(主导多学科协作), 借助 VR 灾害场景<sup>[35-36]</sup>进行沉浸式考核, 同时在医学院校开设《灾害现场急危重症救治》必修课, 解决“跨学科融合不足”的问题; (4) 社会层面: 要把心肺复苏、止血包扎等技能纳入中小学“健康必修课”, 建立“社区应急救援志愿者库”, 和医疗团队联动开展季度演练, 目的是让灾害“黄金窗口期”公众自救互救率得到显著提高, 搭建“全国应急物资智能调度平台”, 通过 AI 算法来优化配送路径, 解决“最后一公里”的问题; (5) 国际层面: 依托“一带一路”国际合作倡议框架, 联合世界卫生组织等国际机构发起应急医学救援标准互认计划, 重点统一创伤分级、输血方案等关键技术标准, 并常态化开展跨境联合救援演练, 提升跨境应急医学救援协同效能, 明确医疗救援“非政治化”的国际法保障。应急医学是针对灾害/事故现场时间紧迫、资源有限、伤情复杂的特点, 通过快速响应—精准分诊—损伤控

制—闭环转运的全流程干预, 阻断急危重症患者创伤进展—生理失代偿—多器官衰竭的致死链条, 实现现场救治与院内治疗无缝衔接的交叉学科。其发展不仅完善了灾害医学救援体系, 还开创了极端环境下急危重症救治的新领域, 为全球灾害救援提供了兼具理论性与实用性的新范式。

**利益冲突** 所有作者声明无利益冲突

#### 参 考 文 献

- [1] Goniewicz M, Goniewicz K. The evolution of the emergency medical services system - from ancient to modern times[J]. *Wiad Lek*, 2016, 69(1): 37-42.
- [2] Mehmood A, Rowther AA, Kobusingye O, et al. Assessment of pre-hospital emergency medical services in low-income settings using a health systems approach[J]. *Int J Emerg Med*, 2018, 11(1): 53. DOI:10.1186/s12245-018-0207-6.
- [3] Zhang LL, Liu X, Li YP, et al. Emergency medical rescue efforts after a major earthquake: lessons from the 2008 Wenchuan earthquake[J]. *Lancet*, 2012, 379(9818): 853-861. DOI:10.1016/S0140-6736(11)61876-X.
- [4] Güner H, Maden O, Deniz MS, et al. Health impacts and medical assistance after Libyan flood disaster: Emergency medical teams' responses[J]. *Turk J Med Sci*, 2025, 55(3): 760-767. DOI:10.55730/1300-0144.6025.
- [5] Yvonne Chung C, Scalea TM. Damage control surgery: old concepts and new indications[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2023, 29(6): 666-673. DOI:10.1097/MCC.0000000000001097.
- [6] Ball CG. Damage control surgery[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2015, 21(6): 538-543. DOI:10.1097/mcc.0000000000000252.
- [7] Abdel-Naby R, Abdel-Naby DN, Chendrasekhar A. Damage control surgery; A 3-year experience at an American college of surgeons verified level 1 trauma center[J]. *J Am Coll Surg*, 2019, 229(4): e223. DOI:10.1016/j.jamcollsurg.2019.08.1340.
- [8] Feliciano DV, Mattox KL, Jordan GL Jr. Intra-abdominal packing for control of hepatic hemorrhage: a reappraisal[J]. *J Trauma*, 1981, 21(4): 285-290. DOI:10.1097/00005373-198104000-00005.
- [9] Cannon JW. Prehospital damage-control resuscitation[J]. *N Engl J Med*, 2018, 379(4): 387-388. DOI:10.1056/NEJMe1805705.
- [10] Jensen SD, Cotton BA. Damage control laparotomy in trauma[J]. *Br J Surg*, 2017, 104(8): 959-961. DOI:10.1002/bjs.10519.
- [11] 赵鹏跃, 刘逸尘, 许晓蕾, 等. 创伤失血性休克早期液体复苏研究进展[J]. *解放军医学院学报*, 2019, 40(10): 985-987, 991. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2019.10.017.
- [12] Van PY, Holcomb JB, Schreiber MA. Novel concepts for damage control resuscitation in trauma[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2017, 23(6): 498-502. DOI:10.1097/MCC.0000000000000455.

- [13] Chen SX, Yang JZ, 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.
- [14] Leibner E, Andreae M, Galvagno SM, et al. Damage control resuscitation[J]. *Clin Exp Emerg Med*, 2020, 7(1): 5-13. DOI:10.15441/ccem.19.089.
- [15] Rees P, Waller B, Buckley AM, 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.
- [16] Mukherjee V, Maves RC. Disaster medicine training for critical care medicine fellows: the time is now[J]. *Chest*, 2023, 164(6): 1359-1360. DOI:10.1016/j.chest.2023.06.006.
- [17] Tin D, Lane JE, Floyd J. The surgeon's role in disaster and counterterrorism medicine[J]. *Am Surg*, 2025, 91(3): 417-422. DOI:10.1177/00031348241303995.
- [18] 马维娟, 任少敏, 杨忠思, 等. 低效价 O 型全血在国外创伤救治中的应用进展[J]. *中国输血杂志*, 2024, 37(5): 602-606. DOI:10.13303/j.cjbt.issn.1004-549x.2024.05.019.
- [19] Ding HX, Wang WW, Sun W, et al. Clinical characteristics and mortality risk factors in polytrauma patients with pelvic fractures: a retrospective study based on an integrated multidisciplinary treatment approach[J]. *Int J Emerg Med*, 2025, 18(1): 192. DOI:10.1186/s12245-025-00990-5.
- [20] Benz D, Balogh ZJ. Damage control surgery: current state and future directions[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2017, 23(6): 491-497. DOI:10.1097/MCC.0000000000000465.
- [21] Abou Ali AN, Salem KM, Alarcon LH, et al. Vascular shunts in civilian trauma[J]. *Front Surg*, 2017, 4: 39. DOI:10.3389/fsurg.2017.00039.
- [22] Bartels SA, VanRooyen MJ. Medical complications associated with earthquakes[J]. *Lancet*, 2012, 379(9817): 748-757. DOI:10.1016/S0140-6736(11)60887-8.
- [23] Wuthisuthimethawee P, Lindquist SJ, Sandler N, et al. Wound management in disaster settings[J]. *World J Surg*, 2015, 39(4): 842-853. DOI:10.1007/s00268-014-2663-3.
- [24] Chamieh J, Prakash P, Symons WJ. Management of destructive colon injuries after damage control surgery[J]. *Clin Colon Rectal Surg*, 2018, 31(1): 36-40. DOI:10.1055/s-0037-1602178.
- [25] MS Westfalia GmbH. The introduction of Jenny integrated machine[EB/OL]. <https://www.werk-m.com/portfolio-item/jenny>.
- [26] 樊光辉, 张宜, 何光学, 等. 单兵急救与单兵急救包定位分析[J]. *华南国防医学杂志*, 2012, 26(5): 492-495. DOI:10.13730/j.1009-2595.2012.05.002.
- [27] 王彬华, 李晓雪. 灾害救援医学装备发展现状及展望[J]. *解放军医学院学报*, 2025, 46(1): 43-49. DOI:10.12435/j.issn.2095-5227.24071801.
- [28] 吴世菊, 姚萌, 陈丽娟, 等. 5G+ 院前急救与急诊账户模式在急性 ST 段抬高型心肌梗死患者救治中的应用[J]. *山东医药*, 2024, 64(32): 71-73. DOI:10.3969/j.issn.1002-266X.2024.32.016.
- [29] 郭艺, 杜秋晨, 吴朦朦, 等. 人工智能赋能麻醉监护仪实现麻醉深度监测[J]. *中国医疗器械杂志*, 2023, 47(1): 43-46. DOI:10.3969/j.issn.1671-7104.2023.01.007.
- [30] 刘岩, 李晓雪, 郝昱文, 等. 直升机应急救援培训需求的横断面调查研究及启示[J]. *解放军医学院学报*, 2024, 45(3): 310-314, 325. DOI:10.12435/j.issn.2095-5227.2024.014.
- [31] 张义丹, 胡豫, 许栋, 等. 突发公共事件应急救治视角下的人力资源应急调度使用问题研究[J]. *中华医院管理杂志*, 2022, 38(1): 16-20. DOI: 10.3760/cma.j.cn111325-20211012-00943.
- [32] 冯琼, 许建阳. 国外国家救援队组成及其装备要览[J]. *中国医学装备*, 2017, 14(6): 171-175. DOI:10.3969/J.ISSN.1672-8270.2017.06.047.
- [33] 杨新光, 蒋昆, 王旁, 等. 基于物联网环境医疗应急分队医疗物资的动态管理系统平台的设计与实现[J]. *中国医疗设备*, 2018, 33(8): 123-126. DOI:10.3969/j.issn.1674-1633.2018.08.031.
- [34] 张玲. 基于物联网技术的应急救援装备使用管理系统研究[J]. *中国应急救援*, 2021(6): 49-53. DOI:10.19384/j.cnki.cn11-5524/p.2021.06.009.
- [35] Li Z, Qiu GZ, Chen W, et al. Instructor-Led VR training in medical emergency rescue education for road traffic accidents: a questionnaire-based study[J]. *Sci Rep*, 2025, 15: 29558. DOI:10.1038/s41598-025-15258-4.
- [36] Hanke LI, Vradelis L, Boedecker C, et al. Immersive virtual reality for interdisciplinary trauma management - initial evaluation of a training tool prototype[J]. *BMC Med Educ*, 2024, 24(1): 769. DOI:10.1186/s12909-024-05764-w.

(收稿日期: 2025-09-25)

(本文编辑: 张斯龙)