DOI: 10.16016/j.1000-5404.202006240



爆炸伤的院前急救与早期救治策略

张连阳,李 阳 400042 重庆,陆军军医大学(第三军医大学)大坪医院战创伤医学中心,创伤、烧伤与复合伤国家重点实验室

[摘要] 爆炸伤常见于战争、暴恐袭击和爆炸事故中,特有的多维致伤机制导致爆炸伤伤情复杂、危重,常出现批量伤员,救治难度大。医护人员常缺乏救治经验,从而导致救治不规范、效果不佳。本文介绍爆炸伤的五型分类法,以及爆炸伤院前和院内急救策略,并阐述耳、胃肠道、心、四肢、眼和脑等脏器爆炸伤的早期救治要点。

[关键词] 爆炸伤;五型分类法;院前急救;院内急救
[中图法分类号] R459.7;R642;R826.5 [文献标志码] A

Strategies for pre-hospital and early in-hospital management for explosion injuries

ZHANG Lianyang, LI Yang State Key Laboratory of Trauma, Burns and Combined Injuries, Division of Trauma and War Injury, Daping Hospital, Army Medical University (Third Military Medical University), Chongqing, 400042, China

[**Abstract**] Explosion injuries are common in wars, terrorist attacks and explosion accidents. The unique multi-dimensional mechanisms of explosion injuries result in complex and critical conditions of injuries and often causes mass casualties, which can be difficult to manage. As few health professionals have sufficient experience with explosion injuries, the management of such injuries still awaits standardization to improve the outcomes of the patients. Herein we introduce the concept of 5-type classification of blast injuries and summarize the strategies for pre-hospital management and early treatment of the patients, with elaboration of the key points in the early treatment of the injuries of the ears, gastrointestinal tract, heart, limbs, eyes and brain.

[**Key words**] explosion injuries; 5-type classification of blast injuries; pre-hospital management; in-hospital emergency management

Supported by the General Program of Military Logistic Scientific Research (CS317L015) and the Project of National Military Standards (8WS19B021).
Corresponding author: ZHANG Lianyang, E-mail: dpzhangly@163.com; LI Yang, E-mail: liyang360@163.com

随着现代武器发展,战争中爆炸伤发生率呈现递增态势,已经成为现代战伤的典型代表。据美国战区创伤登记系统(the Joint Theater Trauma Registry)的资料显示,2003年3月至2006年10月期间,在阿富汗和伊拉克战争中负伤的6 687名军人中4 765人由爆炸引起,占总数的71%[1]。在战场之外,爆炸伤也是暴恐事件中的常见伤类,2014年全球共发生13 463起恐怖袭击,造成32 700人死亡,其中42%由爆炸事件所致[2];在我国,爆炸伤主要见于各种安全生产事故。据统计,2000-2015年国内共发生174起爆炸事故,导致2 749人死亡,4 313人受伤,平均伤亡40.59人/起[3]。可见爆炸伤并没有随经济的发展而减少,也没有因和平环境而罕见。特有的多维致伤机制导致爆炸伤伤情复杂、危重,常出现批量伤员,救治难度大。医护人员常缺乏救治经验,从而导致救治不规范、效果不佳等。本文介绍根据爆炸伤致伤机制分类的五型分类法、院前和院内急救策略,供爆炸伤救援时参考。

[基金项目] 军队后勤科研面上项目(CS317L015);国家军用标准项目(8WS19B021)

[作者简介] 张连阳,博士,主任医师,教授,博士研究生导师。担任中华医学会灾难医学分会副主任委员,全军灾难医学分会主任委员。主持国家科技惠民计划等10余项课题。荣获国家科技进步二等奖。以通信作者发表SCI收录论文20余篇。主要从事严重创伤急救和灾难医学方面的研究。E-mail:dpzhangly@163.com
李 阳,博士,副教授,E-mail: liyang360@163.com

1 爆炸伤致伤机制分类

爆炸物根据爆炸能量大小可分为高爆炸物(high-order explosives, HE)和低爆炸物(low-order explosives, LE)。HE 在引爆后瞬间由固态转变为气态,可迅速对周围空气产生巨大的压力,并形成超音速的冲击波,其传播速度可达 3~9 km/s。常见的 HE 包括三硝基甲苯(TNT)、C-4 炸弹(Composition C-4)、塞姆汀塑胶炸药(Semtex)、硝化甘油和硝酸铵燃料油(ANFO)等。LE 爆炸时,由固态转变为气态的过程相对较长,燃烧比爆炸所占时间更长,不产生超压波,从而不会导致冲击伤。常见的 LE 包括土制铁管炸弹、火药和以石油为原材料的炸弹,如燃烧弹(MOLOTOV cocktails)或用简易无人机改造而成的"导弹"。根据爆炸原理可知 HE 和 LE 所造成的损伤类型是不同的。

爆炸物根据其来源可进一步分为"制式(manufactured)"和"简易(improvised)"两类。"制式"指的是由军方发行、大规模生产并经过质量测试的标准武器。"简易"指的是小批量生产或使用超出其预期用途,如将商用飞行器(小型无人机)加装爆炸物改装成导弹。制式(军用)爆炸武器一般以 HE 为制造基础,而恐怖分子会使用一切可用的爆炸物制造武器或简易爆炸装置(IED)。这些装置内可能由 HE、LE 或两者混合而成。

爆炸几乎可通过目前已知的所有机制致伤。1941 年 ZUCKERMAN 根据爆炸伤的致伤机制、致伤范围和致伤因素能量大小提出爆炸伤的 4 种类型,即 Primary, Secondary, Tertiary 和 Quaternary ,至今仍被广泛使用[2]。"五型爆炸伤"是基于近年来爆炸物成分及添加物的日益复杂,为指导救治而提出的新概念。

由于既往国内文献的翻译问题或延续传统均将由上述爆炸导致的各类损伤称为"级"。根据字面意义,分级(grading)是按大小、规模、程度等进行的分类。如按照分级来定义爆炸伤分类,其反映的是伤员的病理变化和伤情严重度等参数,各参数会随致伤能量不同而存在差异,且随伤情进展,低级别的爆炸伤可能进阶为高级别的爆炸伤。分型(classification)则是根据受伤的性质和特点进行分类,致伤机制是爆炸伤分型的依据,不存在进阶升级,不同的分型之间不会相互转变。本述评采用"型"代替"级"。以下简述根据致伤机制而分的 5 种爆炸伤分型[2,4]。

1.1 一型爆炸伤(primary explosion injury)

即原发冲击伤(pirmary blast injury),或爆震伤,是爆炸瞬间产生的高压气体或冲击波作用于不同密度组织的交界面,通过内爆、剥落、惯性和负压等效应所导致的组织器官损伤,是 HE 所致的特征性损伤。有外轻里重的特点,普通防弹衣不能防护一型爆炸伤。听器、肺脏、胃肠道等充气空腔脏器最易受累。鼓膜是对压差最敏感的结构,鼓膜破裂是原发冲击伤的特征性损伤之一,肺冲击伤是导致现场死亡主要原因,胃肠道冲击伤则可导致延迟性胃肠道坏死穿孔,严重者还可伤及脑、眼和肢体等。

1.2 二型爆炸伤(secondary explosion injury)

也称投射物伤(projectile wounds),是抛射的物体击穿人体所致的穿透伤,包括枪弹伤、弹片伤等原发投射物伤,以及冲击波震碎的玻璃、受打击舱室破裂形成的碎片、爆炸掀起的物体等所致的继发投射物伤,防弹衣主要防护此类伤型。爆炸推动的原发或继发碎片其杀伤半径远大于冲击波超压致伤半径。如榴弹爆炸时,冲击波超压的致伤半径仅在距爆心 15 m 范围内,但爆炸弹片致伤半径可达 549 m。因此,在开放环境中,二型爆炸伤的致伤范围和致死率均远远超过一型爆炸伤。

1.3 三型爆炸伤(tertiary explosion injury)

是冲击波将人抛起后撞到硬物或地面,或建筑物倒塌压迫等导致的撞击伤、钝性伤和挤压伤等。损伤部位及其严重程度取决于抛掷轨迹、跌落撞击速度、撞击部位、角度和相撞表面特性,常见的损伤类型有骨折、胸腹部内脏损伤和颅脑损伤等。

1.4 四型爆炸伤(quaternary explosion injury)

是指由爆炸所引起的直接损伤或造成的原有疾病加重,以及心理创伤等。具体包括烧伤、吸入燃烧产生的有毒气体等导致的哮喘加重以及创伤后应激障碍等。爆炸火焰常引起大面积的浅层烧伤,爆炸引发的火灾可导致深度烧伤。爆炸后的急性应激反应可表现为颤抖、过度换气、出汗、意识和听力下降,严重可造成抑郁、焦虑、愤怒和持续内疚情绪等。有报道显示 20%的死亡与创伤后心理应激相关[5]。

1.5 五型爆炸伤(quinary explosion injury)

特指由细菌、病毒、化学制剂或辐射等特定添加物对机体造成的损伤,如放射性元素、化学或生物制剂所致的特殊损伤[5]。2007 年,在以色列特拉维夫的 1 次造成 3 死、27 伤的恐怖袭击爆炸事件中, KLUGER 等[6]发现 4 名伤员表现出一种独特的高炎症状态。这种炎症状态表现为高热、出汗、中心静脉压低和体液正向平衡。伤员的高炎症状态与他们受伤的复杂性和严重程度无关,后来发现爆炸物中的季戊四醇四硝酸酯具有较强的扩张血管功能,其可导致迟发的过度炎症反应及感染。五型爆炸伤给爆炸伤伤员救援提出了特殊的挑战,问题更加复杂,在救援的同时要注重救援人

员自身的安全。

2 爆炸伤院前急救

相对于每名伤员的救治,爆炸伤院前救治应更关注爆炸场景。首先是环境安全的评估,须考虑到可能对救援人员造成伤害的次生危险,如延迟爆炸、建筑结构倒塌等;须考虑到环境中可能存在的污染物、对救援人员和伤员的影响,包括核化生等因素;须为救援人员提供保护,并采取适当措施洗消伤员。其次是评估伤亡人数。爆炸常导致大规模伤亡事件,所需救援资源一旦超过当时当地医疗资源应对能力,则成为灾难,需要动员更多资源、启动相应级别的响应机制[7]。

平时发生爆炸后离爆炸点近的人员早期死亡率高,幸存者受伤的严重程度与其与爆炸点的距离成正比。许多轻伤伤员可"步行"到附近医疗机构,然后才是救援人员在现场对更多的伤员进行检伤分类。

现场检伤分类(triage)尚无公认的标准。现有的各种检伤分类方法力求在资源有限的条件下为最多的伤员提供最佳救治。过度分拣(over triage)可能使部分轻伤员获得比实际需要更多的救治。这些有限的救治资源被分流可能增加其他伤员的伤死率,且这种负面影响会随着伤员数量的增加而放大。1983 年提出的"简明分检和快速救治法(simple triage and rapid treatment,START)"是目前应用较广泛的检伤分类方法之一。该方法通过行走能力、有无自主呼吸、呼吸频率、有无脉搏和警觉性等简单指标,现场评估将伤员迅速分为绿色(轻伤或"行走伤者")、黄色(可延迟治疗)、红色(需立即治疗)、黑色(死亡或期待疗法)四类[8]。

爆炸伤的院前救治遵循基本创伤救治理念和原则。所有参加救援的医务人员应理解并掌握创伤救治的基本技能和知识,能对爆炸伤伤员进行评估,并以合理的顺序提供恰当的救治措施,包括初次评估及同时复苏,二次评估、诊断评价和确定性治疗;掌握创伤救治基本流程,在伤员院前救治和转运、院内紧急救治中需避免不安全、不规范和导致时效性下降的操作。

爆炸伤常因创伤性截肢(traumatic amputation)和躯干穿透伤导致大出血,故肢体止血带和躯干-交界部位止血装置的早期使用对赢得救治时间至关重要[2,9]。战时及和平时期的经验都证实配备止血带,并加强对急救人员的培训可显著降低与肢体出血相关的死亡率。从美军在阿富汗和伊拉克战争的经验来看,肢体止血带的推广使用是降低肢体出血相关死亡的最重要原因(23.3 人/年 *vs* 3.5 人/年)[2]。一些新技术、新材料也在逐渐提高院前救治能力。虽然沸石止血敷料仅被军方推荐用于止血带无法处理的可压缩性外部出血,尚未推荐在和平环境中使用,但有报道沸石成功救治 1 例因爆炸导致严重多发伤的伤员(ISS 达 66 分)。在现场立即使用双侧止血带、沸石填塞盆腔控制出血,气管插管后送至野战医院。经过损害控制性手术和复苏,以及后期的多次手术,伤员最终获救[10]。由于严重休克及创伤性上肢截肢,可能无法在现场建立静脉通道,则可考虑选择建立骨髓内输液通道[9]。此类重伤伤员应尽快转运到有手术能力的医疗机构。

3 爆炸伤院内急救

文献[2]报道,非战争环境下,爆炸伤的现场死亡率约为 13%,30%的幸存者需要入院治疗。多维的致伤机制可导致身体各部位、各系统受伤。由于头部比例更大,头颈部和颌面部伤在儿童更多见[11]。爆炸伤各类伤情可能是入院时就表现明显,也可能是数天后才出现典型表现,故应熟悉爆炸导致各脏器损伤的致伤机制和临床表现,并提高警惕和动态评估。对于头、颈部或躯干有穿透性伤口的伤员,应考虑 X 线片和 CT 检查,并应用覆盖革兰阳性和阴性菌及厌氧菌的广谱抗生素预防感染。快速的损害控制性复苏和手术是提高伤员存活率、减少早期和晚期并发症的关键。成功救治的基础包括由密切协作的高效团队同时提供气道管理、容量复苏(最好是全血或等比例成分输血)、立即控制危及生命的出血和污染,避免酸中毒、低体温和凝血障碍构成的致命三联征[9]。对于爆炸所致双侧高位截肢、骨盆损伤救治时,可能需要暂时夹闭主动脉或髂动脉控制出血,或者主动脉内球囊阻断,然后稳定骨盆后再清创、冲洗伤口并保持会阴部开放伤开放,最后再临时固定长骨骨折等[9]。

应切实缩短手术时间,当伤员为多发伤时推荐由 1~3 组各专业外科医师同时手术,如 1 组医师剖腹、1 组截肢[9]。术前,术者要列出最关键的手术步骤,制定并执行终止手术的生理参数。这有助于避免过度的外科手术操作对伤员带来的生理损害。首次手术以软组织清创、剖腹探查和下肢截肢为常见。以下按发生率和严重程度分别阐述主要脏器和系统爆炸伤的评估和院内救治策略。

3.1 耳

除一型爆炸伤外,其他各类致伤机制也可导致耳损伤。鼓膜对压差最敏感,暴露在 35 kPa 压差下就有穿孔风险,当达到 100~350 kPa 压差时,50%存在穿孔。鼓膜往往是第 1 个遭受冲击波损伤的器官。穿孔风险与爆炸强度、与爆炸中心距离、头部位置与冲击波

传播的方向等有关。封闭空间鼓膜穿孔率显著高于开放空间。有统计3 981名爆炸幸存者中,1 223人(30.7%)出现听力损害,319人(8.0%)有鼓膜破裂。暴露于爆炸后,伤员可出现耳鸣、听觉过敏、听力丧失、耳痛或眩晕,其中耳鸣发生率达19.3%。所有爆炸幸存者都应行耳镜检查,可发现外耳撕裂、烧伤、撕脱、鼓膜积血或破裂、外耳道内存在异物等。院内早期急救的基本策略是避免额外损害,不建议使用抗生素或其他药物。具体措施主要限于开放性损伤的清创,避免使用耳毒性滴耳剂。半年后视需要确定是否行鼓膜成形术[2]。约30%伤员最终会出现永久性听力丧失。

根据鼓膜破裂与否来预测是否发生迟发性肺或胃肠道损伤可能性的准确率仅50%[2,12],故不推荐鼓膜穿孔作为严重爆炸伤的预测指标。也有研究发现鼓膜破裂者失去意识的相对风险是未破裂者的三倍[2,13]。

3.2 肺

肺冲击伤指发生在爆炸12 h内的急性肺损伤[14],爆炸现场发生率为0.6%~8.4%。在480 kPa压差时,发生率将上升到50%。肺冲击伤以弥漫性肺挫伤、肺组织脆性增加和出血倾向为特征。通过询问病史和查体可发现肺冲击伤,其主要临床表现包括呼吸困难、发绀、咳嗽、咯血、胸痛等。低血容量性休克和呼吸窘迫是肺冲击伤的两大特点,可单独存在或兼而有之。肺冲击伤三联征指呼吸困难、缺氧表现和肺部X线片“蝴蝶征”。密闭空间内的爆炸对双侧肺造成损伤几乎对等,而露天环境的爆炸则对靠近爆炸源一侧肺造成更大的伤害。

肺冲击伤的影像学变化可在伤后2 h内发生。一般来说,爆炸后6 h不需要辅助机械通气的伤员存在肺冲击伤可能性不大。爆炸48 h后出现的急性肺损伤一般与系统性炎性反应综合征(SIRS)或脓毒症有关,而非一型爆炸伤引起。所有怀疑存在肺冲击伤者均应行血氧饱和度监测、查动脉血气分析、拍摄胸部X线片或CT。因肺组织脆性加大,无创正压通气可能导致气胸的发生,故对肺冲击伤者应遵循肺保护策略,采用压力控制或限制模式。已开发的基于氧合指数(PaO_2/FiO_2)和X线片的肺冲击伤损伤严重程度分层机械通气策略,有助于肺冲击伤伤员的机械通气策略选择[15]。允许性高碳酸血症是一种降低峰值吸气压力的方法,但不能用于脑损伤的伤员。胸腔引流管可能加重肺损伤,不推荐早期经验性放置双侧胸腔闭式引流,但准备空中转运肺冲击伤伤员时可考虑。使用呼吸机时应注意监测是否发生气胸,一旦呼吸音减弱或双侧呼吸音不对称应立即穿刺减压,并安置大口径胸腔闭式引流管。在对爆炸伤伤员行容量复苏时,应高度警惕过量晶体输入可能导致的肺水肿,此时可以选择血液制品、胶体输注,或者使用血管活性药物等策略维持血流动力学稳定。与其他致伤机制相比,肺冲击伤需要更多的胶体复苏和更长时间的机械通气[14]。70%的肺冲击伤伤员能最终治愈出院,多数不遗留肺功能损害。

3.3 胃肠道

胃肠道一型爆炸伤并不常见,0.3%~0.6%的幸存者可能发生。多种机制可导致胃肠道黏膜下或浆膜下出血、穿孔,或延迟性坏死。临床表现包括不同性质和强度的疼痛、恶心、呕吐、腹泻和里急后重,便血或呕血,肠鸣音消失。伤员可能有不同程度的压痛、肌卫和/或反跳痛。腹部脏器损伤表现不一,且常被脑、胸部和四肢等严重损伤所掩盖,从而造成诊断延误。对于爆炸伤伤员应行FAST筛查,血流动力学稳定而怀疑腹部脏器损伤者应行增强CT检查。有爆炸伤病史但腹部表现不确定者可行非手术治疗,但在3~5 d内应密切动态评估,胃肠道穿孔偶尔可发生在伤后14 d,必要时应行腹腔镜或剖腹探查[2]。

3.4 心脏

爆炸后心血管功能障碍可能见于数秒内,或发生于数小时后。爆炸伤常见钝性心脏损伤,严重者出现游离壁或隔破裂、心脏压塞、冠状动脉损伤、乳头肌断裂、主动脉或二尖瓣反流和心律失常等,可能出现无出血的严重休克;无症状的心包积血可在数月后发展为缩窄性心包炎,肺和三尖瓣损伤可能多年无症状。所有怀疑心脏钝性伤者应行12导联心电图、超声心动图检查和肌钙蛋白测定。心电图可发现80%窦性心动过速等非特异性异常,应仔细评估是否有缺血、梗死和心律失常的迹象;床边心脏超声检查可发现心脏压塞、主动脉破裂、心内血栓或气体等,并评估心脏收缩力和容量状态[2];肌钙蛋白等心肌损害标志物在低血容量休克、微循环功能障碍和缺血性损害中升高,但在心律失常伤员中可正常[16]。

爆炸伤可因冲击波剥落机制,或肺组织破裂等导致空气进入循环系统而发生急性气栓(acute gas embolism),在受伤后24 h内出现空气栓塞的风险最大,但如果伤员接受正压通气则这种风险会增加。栓子可到达冠状动脉、脑、眼和脊髓,冠状动脉空气栓塞表现为心电图改变和心律失常等,脑空气栓塞表现为运动功能障碍、意识丧失或昏迷。通过眼底镜检查、查体和心电图等可发现视网膜动脉气泡、局灶性神经功能缺损或心肌缺血表现等变化。治疗包括高流量吸氧和高压氧等,取左侧卧位或头低脚高位可减少气泡进入体循环的机会。

3.5 四肢

爆炸伤伤员中1%~3%的伤员出现创伤性截肢,其可能是多种致伤机制联合作用的结果,如冲击波使骨骼断裂,三型损伤撕裂周围软组织,导致全肢体撕脱[4]。传统认为爆炸致创伤性截肢伤员死亡率可高达75%~97%,特别是上肢截肢者几乎难有存活,因为后者常提示肺、脑和心等重要脏器也承受类似高能量损伤。但回顾性分析2003-2014年英军在伊拉克和阿富汗的977例下肢创伤性截肢病例发现其死亡率为30.5%(298例),近端截肢、相关骨盆骨折和腹部损伤与死亡率增加相关[17]。

超过80%的爆炸伤手术是针对骨骼肌肉损伤。伤口出血可直接按压止血,必要时使用止血带或直视下结扎血管。爆炸伤所致四肢损伤伤口污染严重,需清除骨碎片、异物,并以大量温水冲洗。爆炸伤伤口具有特殊的演变规律,伤后72 h内可能需要反复探查、清创,并遵循损害控制性清创术的理念,可1次/d;而3~7 d后手术间隔可以延长[9]。使用负压封闭引流、预防性使用抗生素有助于降低感染发生率。急救时开放性骨折通常行外支架固定,以缓解疼痛同时防止软组织、血管和神经的继发性损伤。随着外科和重症技术的进步,越来越多的原本需接受早期截肢的伤员能够保存肢体[18],此类伤员保肢的成功大多得益于充足的血液制品保障和近年来大量输血方案理念的更新,即复苏早期强调新鲜全血或等比例成分输血和尽量减少晶体液输注[9]。应高度重视爆炸造成的横纹肌溶解,其可以见于没有明显挤压伤时,也可以发生在长时间强迫体位时,所有伤员应监测血清肌酸激酶、尿肌红蛋白并观察肢体情况,早期发现并积极处置横纹肌溶解症和骨筋膜间室综合征[2]。对于二型爆炸伤所致破片残留的处理争议较大,推荐当伤员血流动力学稳定时,住院评估后再确定处置策略。

3.6 眼

眼仅占总体表面积的0.1%,但在爆炸幸存者中8%~21%可出现眼损伤,常由投射物所致二型爆炸伤,也可能是三型、一型或急性气栓等所致。可表现为视力下降或改变、眼球破裂、出血等。应对所有爆炸伤伤员常规检查眼球,对任何视力下降都应行专科筛查。CT扫描是评估眼球爆炸伤(尤其是穿透伤)的金标准,但对于隐匿性损伤或非金属异物可能出现假阴性。行眼球超声检查时应控制对眼球的压力,避免造成进一步损害。眼底检查发现视网膜动脉气泡应行高压氧治疗。眼球破裂、视网膜脱离、玻璃体出血、脉络膜损伤和初始最佳矫正视力小于20/200与最终视力较差相关,眼球创伤评分(ocular trauma score, OTS)有助于评估预后和优化治疗策略[19]。爆炸伤所致眼球损伤一般不建议紧急摘除[2]。

3.7 脑

爆炸引起的脑损伤并不少见。DOUGHERTY等[20]对美军在伊拉克战争中2 254名爆炸伤伤员所作回顾性队列研究结果显示,37%的伤员存在不同程度的神经系统创伤。一项针对在恐怖袭击爆炸事件中受伤的3 000名受害者的回顾性研究发现脑损伤是早期和延迟死亡的主要原因[21]。脑损伤的严重程度从轻微到致命不等,可出现蛛网膜下腔出血、硬膜下出血和脑及脑膜充血,表现为头痛、耳鸣、对噪音过敏、逆行性和顺行性失忆,以及创伤后应激障碍等。及时的神经功能评估和头部CT扫描是确诊的关键。然而,在实际救治过程中,应根据临床表现诊断脑冲击伤而不是等待CT结果,以避免耽误治疗[22]。脑冲击伤的早期救治主要手段是防治继发性脑损伤和损害控制性开颅手术。因救治效果不佳,颅脑二型爆炸伤的清创手术等救治措施目前仍存在较多争议。

4 总结

对于爆炸所致严重伤伤员,目前还没有基于证据的救治指南。爆炸伤严重程度受爆炸物类型和数量、距爆炸点距离、爆炸环境、受害者的防护情况及健康状况等多因素影响。在爆炸现场,救援人员首先应评估现场的安全性,如果可能存在核生化污染,应启动洗消程序。对于大规模伤亡事件,爆炸附近的医院需紧急协调资源做好应对批量伤员的准备,同时启动检伤分类程序,以救治最大数量的伤员。急救时应遵循高级创伤生命支持策略,尽早发现并及时处置危及生命的损伤。

参考文献:

[1] LENHART M K, SAVITSKY E. Combat casualty care: lessons learned from OEF and OIF [M]. San Antonio: Borden Institute, 2012.

[2] WILKERSON G R, LEMON C, FALCONE R E. Blast injuries[J]. Trauma Rep, 2016, 17(3): 1-19.

[3] 杨策, 蒋建新, 杜娟, 等. 2000年至2015年国内174起爆炸事故冲击伤诊治分析[J]. 中华诊断学电子杂志, 2016, 4(1): 36-40. DOI: 10.3877/cma.jissn.2095-655X.2016.01.011

YANG C, JIANG J X, DU J, *et al*. Analysis of the current situation of diagnosis and therapy in Chinese severe explosion accidents over the past 15 years[J]. Chin J Diagn Electron Ed, 2016, 4(1): 36-40. DOI: 10.3877/cma.jissn.2095-655X.2016.01.011.

[4] MATHEWS Z R, KOYFMAN A. Blast injuries[J]. J Emerg Med, 2015, 49(4): 573-587. DOI: 10.1016/j.jemermed.2015.03.013.

[5] 黎檀实,姜保国,吕发勤,主译. 院前创伤生命支持(军队第8版)[M]. 北京:人民军医出版社,2017:634-661.
LI T S, JIANG B G, LYU F Q. Pre-hospital trauma life support [M]. 8th Edition. Beijing: the People's Military Medical Press, 2017:634-661.

[6] KLUGER Y, NIMROD A, BIDERMAN P, *et al*. The quinary pattern of blast injury[J]. Am J Disaster Med, 2007, 2(1): 21-25. DOI: 10.5055/ajdm.2007.0005.

[7] 张连阳. 灾难爆炸伤医学救援进展[J]. 解放军医学杂志, 2015, 40(9): 689-692.
ZHANG L Y. Progress in disaster medical rescue for blastinjury[J]. Med J Chin PLA, 2015, 40(9): 689-692. DOI: 10.11855/j.issn.0577-7402.2015.09.01.

[8] KAHN C A, SCHULTZ C H, MILLER K T, *et al*. Does START triage work? an outcomes assessment after a disaster [J]. Ann Emerg Med, 2009, 54(3): 424-430.e1. DOI: 10.1016/j.annemergmed.2008.12.035. DOI: 10.11855/j.issn.0577-7402.2015.09.01.

[9] GORDON W, TALBOT M, FLEMING M, *et al*. High bilateral amputations and dismounted complex blast injury (DCBI)[J]. Mil Med, 2018, 183(suppl_2): 118-122. DOI: 10.1093/milmed/usy082.

[10] GODDARD N V, EVRIVIADES D. Successful use of intrapelvic quikclot in life-threatening blast injury[J]. Trauma Case Rep, 2017 , 8(12): 59-62. DOI: 10.1016/j.tcr.2017.10.021. eCollection 2017 Dec.

[11] THOMPSON D C, CROOKS R J, CLASPER J C, *et al*. The pattern of paediatric blast injury in Afghanistan[J]. BMJ Mil Health, 2020 , 166(3): 151-155. DOI: 10.1136/jramc-2017-000795.

[12] HARRISON C D, BEBARTA V S, GRANT G A. Tympanic membrane perforation after combat blast exposure in Iraq: a poor biomarker of primary blast injury[J]. J Trauma, 2009, 67(1): 210-211. DOI: 10.1097/TA.0b013e3181 a5f1db.

[13] XYDAKIS M S, BEBARTA V S, HARRISON C D, *et al*. Tympanic-membrane perforation as a marker of concussive brain injury in Iraq[J]. N Engl J Med, 2007, 357(8): 830-831. DOI: 10.1056/NEJMc076071.

[14] ZHENG X F, ZHU F, FANG H, *et al*. Management of combined massive burn and blast injury: a 20-year experience [J]. Burns, 2020, 46(1): 75-82. DOI: 10.1016/j.burns.2018.11.010.

[15] PIZOV R, OPPENHEIM-EDEN A, MATOT I, *et al*. Blast lung injury from an explosion on a civilian bus[J]. Chest, 1999, 115(1): 165-172. DOI: 10.1378/CHEST.115./.165.

[16] CLANCY K, VELOPULOS C, BILANIUK J W, *et al*. Screening for blunt cardiac injury[J]. J Trauma Acute Care Surg, 2012, 73: S301-S306. DOI: 10.1097/ta.0b013e318270193a.

[17] WEBSTER C E, CLASPER J, STINNER D J, *et al*. Characterization of lower extremity blast injury[J]. Mil Med, 2018, 183(9/10): e448-e453. DOI: 10.1093/milmed/usx126.

[18] QUINONES P M, MENTZER C, WHITE C, *et al*. Management of mangled extremity from shotgun blast injury[J]. Am Surg, 2016 , 82(8): e200-201.

[19] LIU Y Y, FENG K, JIANG H, *et al*. Characteristics and treatments of ocular blast injury in Tianjin explosion in China [J]. BMC Ophthalmol, 2020, 20: 185. DOI: 10.1186/s12886-020-01448-3.

[20] DOUGHERTY A L, MACGREGOR A J, HAN P P, *et al*. Visual dysfunction following blast-related traumatic brain injury from the battlefield[J]. Brain Inj, 2011, 25(1): 8-13. DOI: 10.3109/02699052.2010.536195.

[21] YEH D D, SCHECTER W P. Primary blast injuries: an updated concise review[J]. World J Surg, 2012, 36(5): 966-972. DOI: 10.1007/s00268-012-1500-9.

[22] BOCHICCHIO G V, LUMPKINS K, O'CONNOR J, *et al*. Blast injury in a civilian trauma setting is associated with a delay in diagnosis of traumatic brain injury[J]. Am Surg, 2008, 74(3): 267-270.

(**收稿**:2020-06-28;**修回**:2020-07-06)

(编辑 王 红)