

DOI:10.16781/j.0258-879x.2021.06.0681

• 海洋军事医学 •

现代战争爆炸伤特点系统评价

胡鹏伟¹, 张磊¹, 解宏伟¹, 杨晨², 秦宇迪³, 陈福兴⁴, 常旺⁴, 陈国良⁵, 刘晓荣^{4*}

1. 武警后勤学院卫生勤务学系卫生勤务学教研室, 天津 300300
2. 武警后勤学院基础部政治工作教研室, 天津 300300
3. 武警后勤学院服务保障中心, 天津 300300
4. 海军军医大学(第二军医大学)卫生勤务学系卫生勤务学教研室, 上海 200433
5. 海军军医大学(第二军医大学)海军医学系海军卫勤与装备教研室, 上海 200433

[摘要] **目的** 分析现代战争中爆炸伤的发生率、致死率、类型和特点, 为我军制订高效战伤救治措施及建立战伤数据库提供参考。**方法** 根据《系统评价和荟萃分析的优先报告条目》规范构建检索策略、文献纳入标准, 对所有关于现代战争爆炸伤发生率、伤情特点、致伤机制及特殊战伤的文献进行检索。**结果** 最终纳入分析的文献共 31 篇, 包括 32 474 例爆炸伤伤员数据。纳入分析的爆炸伤伤员数据主要来自持久自由军事行动、伊拉克自由行动(包括新黎明行动)、美军“科尔号”驱逐舰遇袭事件和克罗地亚军事冲突中的美军伤员数据。在致伤部位分布中, 头颈部爆炸伤占 15.8%~89.5%, 躯干爆炸伤占 1.8%~80.8%, 四肢爆炸伤占 45.2%~96.6%, 未特指受伤部位的烧伤和血管损伤占 15.4%~70.6%。针对不同致伤机制进行分析, 非密闭空间爆炸所导致的冲击伤和穿透伤占主要部分, 而密闭空间爆炸如舰艇舱室内爆炸所致损伤以烧伤为主。通过对损伤严重程度进行分析, 固定爆炸装置造成的损伤严重程度最高, 需要配置大量损伤控制和手术复苏力量。**结论** 绝大多数的伤员数据来自美军成熟的伤员数据库, 这些数据库为创伤流行病学研究提供了数据基础。我军应尽快建立战伤数据库, 为战伤救治指南制订、防护装备改进、综合卫勤保障提供基础数据。

[关键词] 爆炸; 战争相关性损伤; 现代战争; 卫生勤务学; 战伤救治

[中图分类号] R 826 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2021)06-0681-07

Characteristics of blast injuries in modern warfare: a systematic review

HU Peng-wei¹, ZHANG Lei¹, XIE Hong-wei¹, YANG Chen², QIN Yu-di³, CHEN Fu-xing⁴, CHANG Wang⁴, CHEN Guo-liang⁵, LIU Xiao-rong^{4*}

1. Department of Health Services, Faculty of Health Services, Logistics College of Chinese People's Armed Police Force, Tianjin 300300, China
2. Department of Politics, College of Basic Sciences, Logistics College of Chinese People's Armed Police Force, Tianjin 300300, China
3. Service Center, Logistics College of Chinese People's Armed Police Force, Tianjin 300300, China
4. Department of Health Services, Faculty of Health Services, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China
5. Department of Naval Health Service and Medical Equipment, Faculty of Naval Medicine, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

[Abstract] **Objective** To analyze the incidence, fatality, types and characteristics of blast injuries in modern warfare, so as to provide reference for developing effective treatment measures on battle field and for establishing war wound database. **Methods** Retrieval strategy and literature inclusion criteria were obtained according to preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses (PRISMA), and all the literatures on the incidences, characteristics, mechanisms and special injury conditions of blast injuries were retrieved. **Results** A total of 31 articles were included in the analyses, consisting of 32 474 blast injury casualties of US army during Operation Enduring Freedom, Operation Iraqi Freedom (including Operation New Dawn), the Cole attack incident and the combat conflict in Croatia. The incidence of blast injuries

[收稿日期] 2020-02-14

[接受日期] 2020-06-11

[基金项目] 军队后勤科研重大项目. Supported by Major Logistics Scientific Project of PLA.

[作者简介] 胡鹏伟, 博士生. E-mail: hpwsmmu@163.com

*通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-81871423, E-mail: lxrsmmu@163.com

was 15.8%-89.5% on the head, face and neck, 1.8%-80.8% on the trunk, 45.2%-96.6% on the limb, and 15.4%-70.6% on other parts. According to the analyses of different injury mechanisms, impact injuries and penetrating injuries caused by explosions in open spaces accounted for the main part, while burns were the main injuries caused by explosions in closed spaces such as explosions in ship cabin. The most severe blast injuries was caused by fixed explosive device, and strong injury control and surgical resuscitation forces should be deployed. **Conclusion** Most of the casualty data are from the mature war wound database of the US army, which provides the data basis for trauma epidemiology research. A war wound database of PLA should be established as soon as possible to provide basic data for developing war wound treatment guidelines and improving protective equipment and comprehensive medical support.

[**Key words**] blast; war-related injuries; modern warfare; health service; treatment of war wounds

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2021, 42(6): 681-687]

回顾近 20 年发生的战争,爆炸伤仍然是军队人员在执行作战任务时的主要伤类^[1]。在持久自由军事行动与伊拉克自由行动中,简易爆炸装置是联军部队主要的致伤武器^[2]。美国国防部将简易爆炸装置定义为临时放置或合成,含有破坏性、致命性的可燃烧有毒化学品的装置,包括路边炸弹和爆破雷,其中爆破雷涵盖了军用弹药、爆炸弹丸(穿透性)和自杀性炸弹。简易爆炸装置根据安装方式又分为固定爆炸装置和非固定爆炸装置。这一定义广泛涵盖了简陋的自制炸药、精致炸药及含有复杂先进炸药的武器系统。简易爆炸装置制作相对简单且能造成严重的破坏,因此在城市作战中的使用频率较高,导致城市作战中因爆炸装置致伤的伤员比例不断增加^[3]。除了简易爆炸装置,其他常见的能够引起爆炸伤的武器包括火箭推进炸弹、地雷、手雷和车辆炸弹等。从致伤机制角度,爆炸伤可分为原发性爆炸伤、二级爆炸伤、三级爆炸伤和四级爆炸伤。原发性爆炸伤由爆炸产生的超压冲击波造成,通常会影响到人体的含气器官如肺、胃肠道及中耳,常出现的战伤包括爆炸性肺损伤、鼓膜破裂、腹腔出血及脑震荡等。二级爆炸伤主要由爆炸产生的碎片导致,可造成人体任何部位的损伤,往往钝器伤和穿透伤并存。三级爆炸伤由爆炸冲击波或爆炸产生的压力梯度导致,巨大的压力梯度会使人体某些部位瞬时位移,典型的损伤包括骨折、创伤性截肢、挤压伤及闭合或开放性颅脑损伤。四级爆炸伤由爆炸产生的高热、强光、有毒物质或气体等物质造成,人体任何部位都可能受到影响,常见的损伤包括烧伤、失明及吸入有毒气体造成的损伤。由此可见,爆炸既能造成单一致伤因素的损伤,也能造成 2 种及以上致伤因素的复合伤,且往往累及多个器官和部位^[4]。爆炸伤伤情危急,伤类复杂,对战场救治的要求很高。本文通过系统综述的方法,对战争中爆炸伤的发生频率、致伤机制和特点进行归纳总结,为爆炸伤的分类、高效战场救

治措施制订及医疗资源合理配置提供循证依据,从而提高卫勤保障效率。

1 资料和方法

根据《系统评价和荟萃分析的优先报告条目》规范^[5]构建检索策略和文献纳入标准。检索数据库包括 PubMed、EMBASE、Cochrane Library、Wed of Science 和 iCasualties 及互联网检索,检索文献发表时间为 2001—2019 年。检索策略为“(blast\$ or explosion\$) and (injury\$ or trauma) and (military personnel) or (combat or war or battlefield) and (prevalence or incidence or epidemiology)”。依照 PECOS (Population, Exposures, Compare/Control, Outcomes, Study design) 模型构建纳入标准,纳入研究人群为军队人员,暴露因素为战争中各类爆炸致伤武器,根据纳入文献伤员分类统计要素设置比较变量,分析结果包括爆炸伤发生率和伤类分布,纳入研究包括回顾性队列研究、病例对照研究和病例报告。由 2 名研究人员根据纳入标准对文献进行筛选和质量评估,由第 3 名研究人员对纳入一致性进行评价,使用结构化数据采集表提取纳入文献原始数据。

共检索到 2 244 篇文献,排除重复文献 322 篇。根据纳入标准最终纳入 31 篇文献^[6-36],包括 32 474 例爆炸伤伤员数据。由于纳入研究异质性较大,且部分伤类分布统计标准不一致,未采用 meta 分析对研究数据进行合并,仅进行系统综述。

2 结果

2.1 爆炸伤发生率与致死率 爆炸伤发生率和致死率均采用每年每千名派遣军队人员因爆炸致伤或致死数量进行统计分析。纳入的研究中有 5 篇文献报道了 2001—2011 年持久自由军事行动和伊拉克自由行动中部分美军派遣人数及爆炸伤伤员人数,伤员数据来源于美国国防部创伤登记系统

和 iCasualties 在线数据库。Belmont 等^[6] 利用美国国防人力数据中心的数据推算各年美军派遣人数和派遣时长, 计算出美军 2005—2009 年在持久自由军事行动和伊拉克自由行动中爆炸伤发生率为每千人 2.2~5.7。Schoenfeld 等^[7] 利用美国国防部人力资源中心数据、英国下议院公开文档及加拿大人力资源网数据推算出 2006—2010 年在持久自由军事行动和伊拉克自由行动中, 英军简易爆炸装置年致死率为每千人 0.48~8.00, 美军为每千人 0.57~1.08, 加拿大军队为每千人 3.14~4.13, 英军平均致死率(每千人 4.03) 高于美军(每千人 0.71) 和加拿大军队(每千人 3.80)。针对特定伤情的爆炸伤发生率, Goldberg^[8] 报道 2001—2011 年美军在持久自由军事行动中由简易爆炸装置造成的截肢年发生率为每千人 8.78, Freedman 等^[9] 报

道 2008—2010 年美军爆炸导致的腰椎爆裂骨折年发生率为每千人 0.045~2.080, Belmont 等^[10] 报道爆炸导致的肌肉骨骼损伤的发生率为每千人 2.29。

2.2 爆炸伤受伤部位分析 按照受伤部位对爆炸伤受伤部位分布进行分析, 将来源于同一数据库的同种伤情选择时间范围最广的研究纳入分析。共 22 篇文献^[9,11-31] 对持久自由军事行动和伊拉克自由行动中因爆炸所导致的特定受伤部位进行了研究, 并报告了爆炸所致伤员占总伤员的比例(表 1), 所用数据主要来源于联合战区创伤登记系统。各项研究报道的头面颈部爆炸伤占总体伤员的 15.8%~89.5%, 躯干部位爆炸伤占 1.8%~80.8%, 四肢爆炸伤占 45.2%~96.6%, 未特指受伤部位的烧伤和血管损伤占 15.4%~70.6%。

表 1 特定受伤部位的爆炸伤伤员占比

受伤部位	文献	时间范围	数据来源	伤员总数 N	爆炸伤伤员, n (%)
头面颈部					
面部损伤	Wordsworth 等 ^[11]	2006—2013	联合战区创伤登记系统(英军部署)	633	563 (88.9)
鼓膜穿孔	Ritenour 等 ^[12]	2003—2006	美国陆军外科研究所	436	69 (15.8)
下颌损伤	Bede 等 ^[13]	2013—2015	伤员收治医院(部署于伊拉克)	70	32 (45.7)
视力损伤	Vlasov 等 ^[14]	2001—2011	沃尔特·里德陆军医疗中心	239	214 (89.5)
创伤性脑损伤	Hawley 等 ^[15]	2003—2011	联合战区创伤登记系统(英军部署)	464	313 (67.5)
头面颈损伤	Wade 等 ^[16]	2004	美国海军陆战队创伤登记系统	334	214 (64.1)
躯干					
骨盆骨折	Purcell 等 ^[17]	2003—2012	美国国防部创伤登记系统	114	82 (71.9)
	Pedersen 等 ^[18]	2008	联合战区创伤登记系统(美军部署)	101	67 (66.3)
生殖器损伤	Janak 等 ^[19]	2001—2013	美国国防部创伤登记系统	1 367	1 011 (74.0)
脊柱损伤	Szuffita 等 ^[20]	2003—2009	联合战区创伤登记系统(美军部署)	269	125 (46.5)
	Spurrier 等 ^[21]	2003—2013	联合战区创伤登记系统(英军部署)	156	126 (80.8)
胸腰椎损伤	Freedman 等 ^[9]	2009—2010	兰德斯尔医疗中心	65	42 (64.6)
爆炸性肺损伤	Smith ^[22]	2003—2009	联合战区创伤登记系统(英军部署)	1 678	113 (6.7)
穿透性肝损伤	Milotic 等 ^[23]	1991—1995	克罗地亚战地医院	7 928	142 (1.8)
四肢					
肩胛骨损伤	Roberts 等 ^[24]	2004—2014	联合战区创伤登记系统(英军部署)	42	19 (45.2)
四肢损伤	Chandler 等 ^[25]	2003—2014	联合战区创伤登记系统(英军部署)	1 813	1 090 (60.1)
创伤性截肢	Singleton 等 ^[26]	2008—2010	联合战区创伤登记系统(英军部署)	146	141 (96.6)
	Fleming 等 ^[27]	2007—2010	美国海军陆战队创伤登记系统	113	99 (87.6)
未特指受伤部位					
烧伤	Page 等 ^[28]	2019—2013	英国皇家国防医学中心	65	10 (15.4)
	Clemens 等 ^[29]	2003—2013	美国国防部创伤登记系统	902	637 (70.6)
	Kauvar 等 ^[30]	2002—2004	美国陆军外科研究所	274	142 (51.8)
血管损伤	Dunn 等 ^[31]	2003—2011	联合战区创伤登记系统(美军部署)	111	76 (68.5)

2.3 爆炸伤严重程度分析 目前主要的战伤数据库(如联合战区创伤登记系统和美国国防部创伤登记系统)战伤严重程度的评分采用简明损伤分级(abbreviated injury scale, AIS)和损伤严重程度评分(injury severity score, ISS)。共6篇文献^[11,22,24,27,32-33]报道了爆炸伤的损伤严重程度(表2)。

不同爆炸伤伤类中,固定爆炸装置的创伤严重程度最高(平均ISS为75分),其次为创伤性肺损伤(平均ISS为52.6分)。针对创伤性截肢, Fleming等^[27]分析了109例爆炸导致创伤性截肢伤员的损伤严重程度,结果显示多处截肢伤员的ISS高于单处截肢伤员(21分 vs 17分)。

表2 爆炸伤的损伤严重程度分析

文献	损伤类型	数据来源	伤员数 <i>n</i>	ISS
Stewart等 ^[32]	固定装置爆炸伤	联合战区创伤登记系统(英军部署)	129	75 ^a
Pearce等 ^[33]	固定装置爆炸伤	联合战区创伤登记系统(英军部署)	297(存活), 129(死亡)	9(存活), 75(死亡) ^a
Roberts等 ^[24]	肩胛骨骨折	联合战区创伤登记系统(英军部署)	44	14 ^b
Wordsworth等 ^[11]	面部损伤	联合战区创伤登记系统(英军部署)	376	13.8 ^a
Fleming等 ^[27]	创伤性截肢	美国海军陆战队创伤登记系统	46(单处截肢), 63(多处截肢)	17(单处截肢), 21(多处截肢) ^a
Smith ^[22]	创伤性肺损伤	联合战区创伤登记系统(英军部署)	113	52.6 ^a

^a:均数; ^b:中位数. ISS为损伤严重程度评分.

2.4 爆炸伤致伤机制分析 共4篇文献^[27,34-36]对爆炸所产生的4级致伤机制进行了分析。448例爆炸导致下泌尿生殖系统损伤的伤员中,75%由爆炸产生的碎片(二级爆炸伤)所致^[34]。109例爆炸导致创伤性截肢的伤员中,超过18%的伤员是因爆炸产生的碎片穿透(二级爆炸伤)所致^[27]。60例爆炸导致下颌伤的伤员中,58.3%因爆炸冲击波(原发性爆炸伤)所致,41.7%因爆炸产生的碎片(二级爆炸伤)所致^[35]。舱室内爆炸伤类型与地面作战爆炸伤类型的分布不同,35例美军“科尔号”驱逐舰遇袭事件的伤员中80%为爆炸导致的挤压伤、骨折及开放性脑损伤(三级爆炸伤),其次是爆炸碎片致伤(二级爆炸伤)^[36]。

AIS评分>2分的爆炸伤伤员中,426例由固定爆炸装置致伤者的伤死率为30.3%(129/426),549例由非固定爆炸装置致伤者的伤死率为30.1%(165/549),由此可见2种安装方式的爆炸装置伤死率相当^[33]。

3 讨论

本文通过系统回顾近年战争中爆炸伤的发生率、致死率和伤情分布等,对现代战争中爆炸伤的特点进行了较为全面的分析。本文所纳入的针对爆炸伤的研究大多数基于持久自由军事行动和伊拉克自由行动(包括新黎明行动)中美军的人员伤亡数据,还包括了美军“科尔号”驱逐舰遇袭事件和克罗地亚军事冲突中的伤员数据。在近年发生的战争中,爆炸伤是参战军队人员的主要伤类,美军持久自由军事行动和伊拉克自由行动中,联军军队人员爆炸伤的年发生率最高达每千人5.7^[6]。在持久自由军事行动中,美军因简易爆炸装置致伤的伤员死亡率接近100%^[3]。但随着人们对简易爆炸装置造成伤害机制的认识加深及救治水平的提高,这一比例逐渐下降,表明近年来对简易爆炸装置的研究取得了显著成果^[3,37]。

2.5 不同安装方式的爆炸装置致伤情况分析 本文对固定爆炸装置和非固定爆炸装置的致伤情况进行了分析,共纳入2项创伤性截肢研究队列^[26-27]。一组99例简易爆炸装置导致的创伤性截肢伤员中,由非固定爆炸装置致伤者有61例,由固定爆炸装置致伤者有38例^[27];另一组121例创伤性截肢伤员中,由非固定爆炸装置致伤者有79例,由固定爆炸装置致伤者有42例^[26]。两组中由非固定爆炸装置导致的创伤性截肢伤员人数均多于固定爆炸装置所致的伤员数。17例爆炸导致肩胛骨伤的伤员中,11例为固定爆炸装置所致(ISS中位数为17分),6例为非固定爆炸装置致伤^[24]。975例

就爆炸伤的特征而言,现代战争中爆炸引起的创伤性肺损伤和鼓膜穿孔的伤员比例较低^[38-39],但下颌损伤、泌尿生殖系统损伤、创伤性截肢和血

管损伤所占比例较高,表明由爆炸导致的二级爆炸伤(以穿透性致伤为代表)和三级爆炸伤(以压力梯度致伤为代表)比原发性爆炸伤(冲击波致伤)的危害更大。这可能是由于所纳入的研究中现代战争广泛使用简易爆炸装置,其爆炸产生冲击波相较于高精度军事武器所造成的危害小,同时为参战人员配备的单兵装备能够有效减轻原发性爆炸伤;但爆炸产生的碎片具有相当的穿透力,还需要增强单兵装备对高能穿透性物质的防护措施。Ramasamy等^[40]认为由爆炸装置形成的高能弹射穿透性物质会在一个方向上集中释放,因此所造成的伤害遵循“全或非”规律,即在穿透性物质发射方向上的伤员会遭受灾难性多发伤和复合伤,致死率极高,而在发射方向上的伤员则受伤较轻。与陆地上爆炸伤不同,封闭的舰船舱室内爆炸伤中烧伤比例最高,因此舰船应配备更多的烧伤救治医疗物资。Davis等^[36]分析了特定爆炸伤的严重程度,发现最严重的是泌尿生殖系统损伤,睾丸损伤的严重程度远高于其他器官。

对不同安装方式的爆炸装置致伤情况进行分析发现,固定爆炸装置(尤其是安装在车辆下方的爆炸装置)更容易引起颅骨和脊柱骨折,而非固定爆炸装置更多造成创伤性截肢。这可能是因为非固定爆炸装置更容易产生高能穿透性物质,安装在车辆或移动目标上的爆炸装置更容易在纵轴上产生高能作用力,从而造成人体纵轴方向的器官损伤。对此,应当改进当前的车辆内部结构及单兵头盔,从而减轻因固定爆炸装置所导致的损伤^[11,41-42]。

通过对文献的系统回顾发现绝大多数的伤员数据来自美军成熟的伤员数据库,如联合战区创伤登记系统、美国国防部创伤登记系统及美军远征军伤员数据库等,这些战伤数据库为创伤流行病学研究提供了大量基础的、详实的伤员数据。我军应当尽快建立战伤数据库,以便积累基础数据,为战伤救治指南制订、防护装备改进、综合卫勤保障提供依据。由于当前并未建立统一的战伤分类与损伤严重程度定级标准,各研究之间存在较大异质性,无法对战伤分布数据进行合并,因此,我军应当加快战伤分类与编码标准,并应用于各类野战医疗信息系统和数据库,从而解决统计分析标准不统一的问题^[43-46]。

[参 考 文 献]

- [1] RAMASAMY A, HILL A M, HEPPEP A E, BULL A M, CLASPER J C. Blast mines: physics, injury mechanisms and vehicle protection[J]. *J R Army Med Corps*, 2009, 155: 258-264.
- [2] SCHOENFELD A J, DUNN J C, BELMONT P J. Pelvic, spinal and extremity wounds among combat-specific personnel serving in Iraq and Afghanistan (2003-2011): a new paradigm in military musculoskeletal medicine[J]. *Injury*, 2013, 44: 1866-1870.
- [3] RAMASAMY A, HILL A M, CLASPER J C. Improvised explosive devices: pathophysiology, injury profiles and current medical management[J]. *J R Army Med Corps*, 2009, 155: 265-272.
- [4] GREER N, SAYER N, KRAMER M D, KOELLER E, VELASQUEZ T. Prevalence and epidemiology of combat blast injuries from the military cohort 2001-2014[EB/OL]. Washington (DC): Department of Veterans Affairs (US), 2016. (2016-02)[2020-02-14]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK447477/>.
- [5] PAGE M J, MCKENZIE J E, BOSSUYT P M, BOUTRON I, HOFFMANN T C, MULROW C D, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews[J/OL]. *BMJ*, 2021, 372: n71. DOI: 10.1136/bmj.n71.
- [6] BELMONT P J Jr, MCCRISKIN B J, SIEG R N, BURKS R, SCHOENFELD A J. Combat wounds in Iraq and Afghanistan from 2005 to 2009[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2012, 73: 3-12.
- [7] SCHOENFELD A J, NELSON J H, BURKS R, BELMONT P J Jr. Temporal changes in combat casualties from Afghanistan by nationality: 2006-2010[J]. *Mil Med*, 2013, 178: 389-393.
- [8] GOLDBERG M S. Updated death and injury rates of U.S. military personnel during the conflicts in Iraq and Afghanistan: working paper 2014-08[R/OL]. (2014-12-17)[2020-02-14]. <https://www.cbo.gov/publication/49837>.
- [9] FREEDMAN B A, SERRANO J A, BELMONT P J Jr, JACKSON K L, CAMERON B, NEAL C J, et al. The combat burst fracture study: results of a cohort analysis of the most prevalent combat specific mechanism of major thoracolumbar spinal injury[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2014, 134: 1353-1359.
- [10] BELMONT P J Jr, MCCRISKIN B J, HSIAO M S, BURKS R, NELSON K J, SCHOENFELD A J. The nature and incidence of musculoskeletal combat wounds in Iraq and Afghanistan (2005-2009)[J/OL]. *J Orthop Trauma*, 2013, 27: e107-e113. DOI: 10.1097/BOT.0b013e3182703188.

- [11] WORDSWORTH M, THOMAS R, BREEZE J, EVRIVIADES D, BADEN J, HETTIARATCHY S. The surgical management of facial trauma in British soldiers during combat operations in Afghanistan[J]. *Injury*, 2017, 48: 70-74.
- [12] RITENOUR A E, BASKIN T W. Primary blast injury: update on diagnosis and treatment[J]. *Crit Care Med*, 2008, 36(7 Suppl): S311-S317.
- [13] BEDE S Y H, ISMAEL W K, AL-ASSAF D. Characteristics of mandibular injuries caused by bullets and improvised explosive devices: a comparative study[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2017, 46: 1271-1275.
- [14] VLASOV A, RYAN D S, LUDLOW S, WEICHEL E D, COLYER M H. Causes of combat ocular trauma-related blindness from Operation Iraqi Freedom and Enduring Freedom[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2015, 79(4 Suppl 2): S210-S215.
- [15] HAWLEY C A, DE BURGH H T, RUSSELL R J, MEAD A. Traumatic brain injury recorded in the UK Joint Theatre Trauma Registry among the UK Armed Forces[J/OL]. *J Head Trauma Rehabil*, 2015, 30: E47-E56. DOI: 10.1097/HTR.000000000000023.
- [16] WADE A L, DYE J L, MOHRLE C R, GALARNEAU M R. Head, face, and neck injuries during Operation Iraqi Freedom II: results from the US Navy-Marine Corps Combat Trauma Registry[J]. *J Trauma*, 2007, 63: 836-840.
- [17] PURCELL R L, MCQUADE M G, KLUK M W, GORDON W T, LEWANDOWSKI L R. Combat-related pelvic ring fractures in survivors[J]. *Curr Orthop Pract*, 2017, 28: 173-178.
- [18] PEDERSEN A, STINNER D J, MCLAUGHLIN H C, BAILEY J R, WALTER J R, HSU J R. Characteristics of genitourinary injuries associated with pelvic fractures during Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom[J]. *Mil Med*, 2015, 180(3 Suppl): 64-67.
- [19] JANAK J C, ORMAN J A, SODERDAHL D W, HUDAK S J. Epidemiology of genitourinary injuries among male U.S. service members deployed to Iraq and Afghanistan: early findings from the Trauma Outcomes and Urogenital Health (TOUGH) Project[J]. *J Urol*, 2017, 197: 414-419.
- [20] SZUFLITA N S, NEAL C J, ROSNER M K, FRANKOWSKI R F, GROSSMAN R G. Spine injuries sustained by US military personnel in combat are different from non-combat spine injuries[J]. *Mil Med*, 2016, 181: 1314-1323.
- [21] SPURRIER E, GIBB I, MASOUROS S, CLASPER J. Identifying spinal injury patterns in underbody blast to develop mechanistic hypotheses[J/OL]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2016, 41: E268-E275. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001213.
- [22] SMITH J E. The epidemiology of blast lung injury during recent military conflicts: a retrospective database review of cases presenting to deployed military hospitals, 2003-2009[J]. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 2011, 366: 291-294.
- [23] MILOTIĆ F, URAVIĆ M, RAGUZ K, DEPOLO A, RAHELIĆ V, BACIĆ G, et al. Penetrating liver war injury: a report on 172 cases[J]. *Mil Med*, 2003, 168: 419-421.
- [24] ROBERTS D C, POWER D M, STAPLEY S A. A review of 10 years of scapula injuries sustained by UK military personnel on operations[J]. *J R Army Med Corps*, 2018, 164: 30-34.
- [25] CHANDLER H, MACLEOD K, PENN-BARWELL J G; Severe Lower Extremity Combat Trauma (SeLECT) Study Group. Extremity injuries sustained by the UK military in the Iraq and Afghanistan conflicts: 2003-2014[J]. *Injury*, 2017, 48: 1439-1443.
- [26] SINGLETON J A, GIBB I E, BULL A M, CLASPER J C. Blast-mediated traumatic amputation: evidence for a revised, multiple injury mechanism theory[J]. *J R Army Med Corps*, 2014, 160: 175-179.
- [27] FLEMING M, WATERMAN S, DUNNE J, D'ALLEYRAND J C, ANDERSEN R C. Dismounted complex blast injuries: patterns of injuries and resource utilization associated with the multiple extremity amputee[J]. *J Surg Orthop Adv*, 2012, 21: 32-37.
- [28] PAGE F, HAMNETT N, D'ASTA F, JEFFERY S. Epidemiology of U.K. military burns 2008-2013[J/OL]. *J Burn Care Res*, 2017, 38: e269-e276. DOI: 10.1097/BCR.0000000000000370.
- [29] CLEMENS M S, JANAK J C, RIZZO J A, GRAYBILL J C, BUEHNER M F, HUDAK S J, et al. Burns to the genitalia, perineum, and buttocks increase the risk of death among US service members sustaining combat-related burns in Iraq and Afghanistan[J]. *Burns*, 2017, 43: 1120-1128.
- [30] KAUVAR D S, WOLF S E, WADE C E, CANCIO L C, RENZ E M, HOLCOMB J B. Burns sustained in combat explosions in Operations Iraqi and Enduring Freedom (OIF/OEF explosion burns)[J]. *Burns*, 2006, 32: 853-857.
- [31] DUNN J C, KUSNEZOV N, SCHOENFELD A J, ORR J D, COOK P J, BELMONT P J Jr. Vascular injuries in combat-specific soldiers during Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom[J]. *Ann Vasc Surg*, 2016, 35: 30-37.
- [32] STEWART S K, PEARCE A P, CLASPER J C. Fatal head and neck injuries in military underbody blast casualties[J]. *J R Army Med Corps*, 2019, 165: 18-21.

- [33] PEARCE A P, BULL A M J, CLASPER J C. Mediastinal injury is the strongest predictor of mortality in mounted blast amongst UK deployed forces[J]. *Injury*, 2017, 48: 1900-1905.
- [34] BANTI M, WALTER J, HUDAK S, SODERDAHL D. Improvised explosive device-related lower genitourinary trauma in current overseas combat operations[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2016, 80: 131-134.
- [35] BREEZE J, GIBBONS A J, HUNT N C, MONAGHAN A M, GIBB I, HEPPEL A, et al. Mandibular fractures in British military personnel secondary to blast trauma sustained in Iraq and Afghanistan[J]. *Br J Oral Maxillofac Surg*, 2011, 49: 607-611.
- [36] DAVIS T P, ALEXANDER B A, LAMBERT E W, SIMPSON R B, UNGER D V, LEE J, et al. Distribution and care of shipboard blast injuries (USS Cole DDG-67)[J]. *J Trauma*, 2003, 55: 1022-1028.
- [37] HOWARD J T, KOTWAL R S, SANTOS-LAZADA A R, MARTIN M J, STOCKINGER Z T. Reexamination of a battlefield trauma golden hour policy[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2018, 84: 11-18.
- [38] BELMONT P J, SCHOENFELD A J, GOODMAN G. Epidemiology of combat wounds in Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom: orthopaedic burden of disease[J]. *J Surg Orthop Adv*, 2010, 19: 2-7.
- [39] RITENOUR A E, WICKLEY A, RITENOUR J S, KRIETE B R, BLACKBOURNE L H, HOLCOMB J B, et al. Tympanic membrane perforation and hearing loss from blast overpressure in Operation Enduring Freedom and Operation Iraqi Freedom wounded[J]. *J Trauma*, 2008, 64(2 Suppl): S174-S178.
- [40] RAMASAMY A, HARRISSON S E, CLASPER J C, STEWART M P M. Injuries from roadside improvised explosive devices[J]. *J Trauma: Inj Infect Crit Care*, 2008, 65: 910-914.
- [41] SCHOENFELD A J, LAUGHLIN M D, MCCRISKIN B J, BADER J O, WATERMAN B R, BELMONT P J Jr. Spinal injuries in United States military personnel deployed to Iraq and Afghanistan: an epidemiological investigation involving 7 877 combat casualties from 2005 to 2009[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2013, 38: 1770-1778.
- [42] CHAMPION H R, HOLCOMB J B, LAWNICK M M, KELLIHER T, SPOTT M A, GALARNEAU M R, et al. Improved characterization of combat injury[J]. *J Trauma*, 2010, 68: 1139-1150.
- [43] 胡鹏伟, 刘晓荣, 陈国良, 陈福兴. 战伤信息标准化研究[J]. *中国急救复苏与灾害医学杂志*, 2019, 7: 693-696.
- [44] 胡鹏伟, 陈福兴, 刘晓荣, 陈国良, 常旺, 陈伯华, 等. 美军战伤编码研究进展[J]. *第二军医大学学报*, 2017, 38: 1196-1201.
- HU P W, CHEN F X, LIU X R, CHEN G L, CHANG W, CHEN B H, et al. Research process of combat injury coding of U.S. army[J]. *Acad J Sec Mil Med Univ*, 2017, 38: 1196-1201.

[本文编辑] 孙岩