文章编号:1000-5404(2005)01-0001-04

论著

某型炸弹致伤特点的初步研究

许　川,张良潮,郭文治,杨志焕,麻晓林,张　波,李晓炎,杨在亮,赖西南　(第三军医大学大坪医院野战外科研究所第六研究室,重庆 400042)

提　要: 目的　通过引爆某型炸弹战斗部致伤动物,观察分析其对动物致伤的伤情特点,从而为爆炸伤的临床救治提供理论和实验依据。**方法**　某型炸弹战斗部放置于离地面一定高度,通过直流电引爆致伤动物,动物为西北地区健康山羊 32 只,围绕爆心呈扇形布放于 10～80 m 不同距离处,所有动物均右侧面向爆心,伤后严密观察动物伤情,存活至 24 h 的以股动脉放血方式处死解剖观察。**结果**　在 32 只实验动物中,21 只(65.6%)于伤后即刻死亡,3 只于伤后 12～16 h 死亡,存活至 24 h 的有 8 只(25.0%),10 m 和 15 m 战壕内动物的存活率分别为 1/3 和 2/2。破片伤和冲击伤为主要损伤方式,40 m 内破片和冲击波复合伤的发生率高达 86.9%。**结论**　炸弹对动物致伤主要由爆炸时破片和冲击波所致;高速破片有加重冲击伤的作用;近距离的动物合并轻度烧伤。损伤后伤情复杂,现场死亡率高,救治困难。战壕对破片、冲击波和烧伤均有一定程度的防护效果。

关键词: 炸弹;爆炸;破片;冲击波;伤情
中图法分类号: R-332; R642; R826.5　　**文献标识码**: A

Experimental study of wounding characteristics caused by one type of bomb

XU Chuan, ZHANG Liang-chao, GUO Wen-zhi, YANG Zhi-huan, MA Xiao-lin, ZHANG Bo, LI Xiao-yan, YANG Zai-liang, LAI Xi-nan (Department 6, Institute of Surgery Research, Third Military Medical University, Chongqing 400042, China)

Abstract: Objective　To study the wounding characteristics of animals caused by one type of bomb for providing some experimental and theoretical bases for the treatment and cure of explosive injuries. **Methods**　The bomb was set on a flat some distance from the ground and triggered with electroprimers. All the 32 experimental animals were arranged in a fan-shape to surround the explosive center from 10 to 80 m. At 24 h after the explosion, the animals were sacrificed and observed anatomically. **Results**　In the 32 animals, 21 (65.6%) died after explosion, 3 (9.4%) survived for 12 – 16 h, and 8 (25.0%) survived for 24 h. The survival rates in the 10-meter trench and 15-meter trench were 1/3 and 2/2, respectively. The wounding patterns included mainly injuries caused by fragments and shock waves. The incidence of wounds caused by fragment combined with shock waves within 40 m was 86.9%. **Conclusion**　The main wounding factors are fragments and shock waves after explosion. High velocity can increase the wounds caused by shock waves. Mild burn injuries may also be found in animals within closer distance. The trench can protect wounds and burn injuries caused by fragments and shock waves effectively.

Key words: bomb; explosion; fragment; shock wave; wounding characteristics

随着科学技术的不断发展,作战指导思想和战争模式的转变,在现代高科技局部战争中,各种携带弹头多样化、命中率高的高能高爆武器逐渐成为一种主要的杀伤性武器被大量使用。其杀伤面积和致伤性能的显著提高使伤员的伤情更加严重和复杂,给战时伤员的救治造成了很大的困难。从近 10 年来的海湾战争、科索沃战争、伊拉克战争和阿富汗战争来看,大量高能高爆武器的运用使破片伤和冲击伤的发生率显著升高,破片和冲击波已成为未来战争中的主要致伤因素[1]。我国以前对单纯枪弹伤的研究较多,对高能高爆武器致伤特点的研究近年来才逐渐开展,且多在实验环境和条件下进行模拟研究,同实战情况仍有较大差别。因此,探讨与实战条件较为一致的爆炸性武器对生物的杀伤效应及损伤特点成为当前战伤研究的主

基金项目:全军"十五"指令性课题(01L060)
Supported by the Mandatory Scientific Research Project of the "Tenth Five-year Plan" of PLA (01L060)
作者简介:许　川(1973－),男,四川省自贡市人,助理研究员,主要从事现代火器伤方面的研究,发表论文 5 篇。电话:(023)68757564
收稿日期:2004-06-27;修回日期:2004-11-08

要内容之一[2,3]。为此，本实验利用现场静爆某型杀爆弹战斗部致伤动物，对其损伤特点进行研究，以期为战时的防护和伤员救治提供理论和实验依据。

1 材料与方法

1.1 实验动物及布放

本实验采用西北地区健康山羊32只，雌雄不拘，体质量(21.97±2.00)kg。伤前胸腹部剪毛以利于观察伤情和判断损伤效应，然后用自制的简易布袋将动物四肢固定于铁桩上，所有动物均右侧面向爆心呈扇形布放，布放动物的距离和数量分别是：10 m(3只)、10 m战壕(3只)、15 m(3只)、15 m战壕(2只)、20 m(3只)、25 m(3只)、30 m(3只)、40 m(3只)、50 m(3只)、65 m(3只)、80 m(3只)，战壕长3 m，深1.2 m，宽0.8 m，前后距离动物之间在纵向方向上相互错开互不重叠，以避免破片被近距离动物阻挡。

1.2 爆炸源

本实验采用某型炸弹，内装炸药和一定数量的半预制方形破片，实验时战斗部放置于1.6 m高的木制托弹架上，直流电引爆，铜丝靶测速，压阻式压力传感器测压，不同厚度的钢靶板、铝靶板、松木靶板观察破片密度和穿甲能力。

1.3 观察指标

伤前取静脉血，伤后存活动物分别于6 h和24 h取静脉血以备检查；即刻死亡者立即解剖观察；存活24 h以后者氯氨酮腹腔内注射麻醉后股动脉放血处死，再行解剖观察，重点观察体表伤情和各脏器的损伤情况。

2 结果

2.1 动物存活情况

在32只实验动物中，21只动物于伤后即刻死亡，死亡率为65.6%，3只动物于伤后12~16 h死亡，存活至24 h的有8只，存活率为25.0%。从各距离动物的死亡情况看：10 m战壕内1只于伤后即刻死亡(1/3)，2只存活至24 h(2/3)，15 m战壕内2只动物均存活至24 h(2/2)，10 m、15 m、20 m、25 m的动物均于伤后即刻死亡(3/3)，30 m处2只于伤后即刻死亡(2/3)，1只存活12~16 h(1/3)，40 m处2只于伤后即刻死亡(2/3)，1只存活24 h(1/3)，50 m处2只于伤后即刻死亡(2/3)，1只存活12~16 h(1/3)，65 m处1只于伤后即刻死亡(1/3)，2只存活至伤后24 h(2/3)，80 m处1只存活12~16 h(1/3)，另2只存活至24 h(2/3)。

2.2 冲击伤发生情况

32只动物解剖发现：由爆炸冲击波引起的冲击伤主要有肺出血、肺水肿、心脏心内膜下出血和胃肠道破裂和出血，见表1。爆炸引起的冲击伤主要发生在距爆心40 m以内，50 m处仅有1只动物有冲击伤的发生。40 m以内的23只动物中有20只动物既有冲击伤，又有破片伤，复合伤的发生率为86.9%，且伤情较单一破片伤或冲击伤的伤情严重，可能与破片伤有加重冲击伤的作用有密切关系[1]。此炸弹在爆炸时不仅产生强大的超压，而且产生动压，并以极快的速度衰减，动压的作用主要是引起物体的抛掷。本实验中仅见距爆心10 m处的3只动物发生了位移，分别被抛掷到25、43 m和37.6 m远的距离处。另外，15 m战壕内的2只动物均无明显的冲击伤发生，说明战壕对冲击伤有一定程度的防护作用。

表1 冲击伤发生情况(例数)

Tab 1 Injuries caused by shock waves (case)

Distance (m)	Number	Blast injury				
		Hemorrhage of lung	Edema of lung	Rupture and hemorrhage of stomach	Rupture and hemorrhage of intestine	Hemorrhage of endocardium
10	3	3	3	3	3	3
10(Trench)	3	3	3	1	2	0
15	3	3	3	3	3	3
15(Trench)	2	0	0	0	0	0
20	3	3	2	3	3	3
25	3	3	2	3	3	1
30	3	3	1	2	2	1
40	3	1	0	2	1	2
50	3	1	0	1	0	1
60	3	0	0	0	0	0
80	3	0	0	0	0	0
Total	32	20	14	18	17	14

2.3 破片伤发生情况

在本实验的32只动物中，有8只动物未发生破片伤，主要分布于10 m和15 m战壕内和65 m处1只及80 m处2只。10 m和15 m战壕内的动物主要是由于距离爆心较近，破片散射角度较大，再加上战壕对破片的阻挡；远距离主要是由于破片密度较小，飞行速度减慢而致。其余24只动物均有破片伤发生，破片伤在动物中的总体发生率为66.7%，其中有6只(18.8%)伤后全身毁损严重，动物的头、颈、胸和腹部大片组织缺损，整个动物完全肢解，造成尸首分离，根本无法进行详细的解剖观察。全部动物解剖共发现破片伤伤口123处，平均每只动物5.13处，其中贯通伤15处，占破片伤12.2%，盲管伤108处，占破片伤87.8%，单一伤4处3.3%，2处或2处以上伤口119处，占96.8%。从各部位破片伤的发生情况来看，头部7只(21.9%)，颈部11只(34.4%)，胸部18只(56.3%)，腹部20只(62.5%)，四肢15只(46.9%)。破片击中动物后，不仅造成严重的体表损伤，引起骨关节系统骨折，还可穿透体表进入体内引起严重的脏器损伤，破片进入胸腔可引起肺脏、心脏穿孔、破裂、出血，气管断裂，进入腹腔引起胃肠道穿孔出血和肝、肾、脾等实质性脏器局部或全部碎裂出血等。各器官损伤情况见表2。

2.4 烧伤情况

在32只实验动物中，有6只动物于爆炸后发生了烧伤，发生率为18.8%，表现为全身或局部燎毛现象，分布于10~25 m各距离点上，其中15 m战壕内动物无烧伤发生，说明战壕对烧伤也有一定的防护效果。

2.5 病理学改变

爆炸后存活的动物在伤后24 h活杀取材，所取标本经HE染色，在光镜下主要表现为肺出血，肺泡扩张，肺间质血管充血，肺泡腔内水肿，脑间质血管充血，脑组织疏松、水肿，胃及小肠粘膜下出血，少量炎症细胞浸润，肝脏出血等改变，见图1、2。

表 2　各部分破片伤发生情况(例数)

Tab 2　Injuries of each organ caused by fragments (case)

Distance(m)	Number	Fragment injury									
		Lung	Heart	Diaphragm	Stomach	Intesting	Liver	Kidney	Spleen	Rupture of vertebra	Rupture of limbs
10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
15	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2
20	3	3	2	1	3	3	3	1	1	3	1
25	3	3	0	1	3	3	1	2	1	2	2
30	3	2	0	0	2	2	1	2	0	0	2
40	3	0	0	0	2	2	0	0	0	0	2
50	3	2	0	0	1	1	0	0	0	2	1
65	3	1	1	0	1	1	0	0	0	0	2
80	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Total	27	17	9	8	18	19	10	11	8	13	15

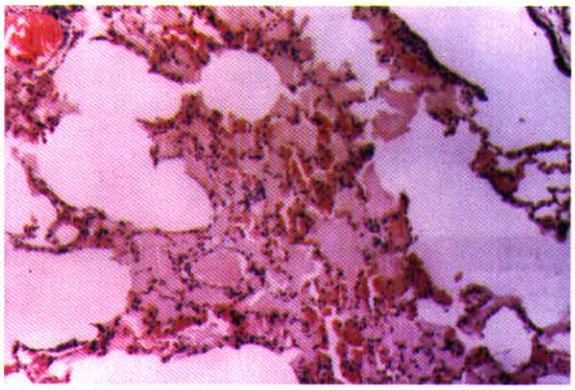


图 1　25 m 处伤后山羊即刻死亡,肺出血肺泡腔内水肿、渗出 (HE×200)

Fig 1　The animal at 25 m died immediately after injury and combined with lung hemorrhage, edema and bleeding (HE×200)

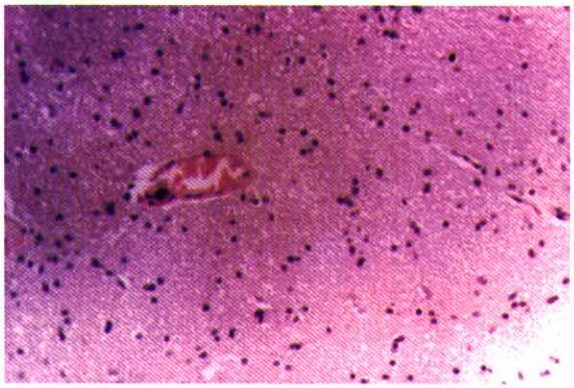


图 2　65 m 处伤后 24 h,山羊脑血管组织疏松水肿 (HE×200)

Fig 2　Rarefaction and edema of brain tissue of the animal at 65 m at 24 h after injury (HE×200)

3　讨论

炸弹爆炸时产生的破片和冲击波是动物最主要的致伤因素,近距离动物还合并全身或局部的烧伤存在。破片和冲击波的发生率及其对动物致伤的严重程度除了与炸弹本身的物理参数有关外,还与动物距爆心的距离有十分密切的关系。一方面,炸弹爆炸时产生的破片在呈辐射状向外传播的过程中飞行距离越远,其速度逐渐减慢,密度逐渐减小,所以引起破片伤的发生率和严重程度逐渐减小,在本实验中,从 10 ~ 80 m 处动物均有破片伤发生,近距离动物被破片击中后几乎即刻死亡,在 50 m 处的 3 只动物中,有 2 只于伤后即刻死亡,而 80 m 处的 3 只动物也有 2 只发生了破片伤,由此推断本炸弹破片的有效致死距离为 50 m,有效致伤距离为 80 m,从动物躯体各部位破片伤的发生情况来看,胸腹部所占体表面积较大,所以破片伤的发生率最高,其次为四肢,头颈部发生率最小,这与文献[4]报道结果也较为一致。另一方面,炸弹在爆炸时产生强大的冲击波,且在向外传播过程中以极快的速度衰减,冲击波有超压和动压,超压作用的靶器官主要为听器、肺脏、胃肠道等含气体较多的空腔脏器,主要表现为鼓膜破裂,肺水肿、出血及肋间压痕,胃肠道破裂和浆膜下出血,心脏心内膜下出血等,强大的冲击波超压有时也可引起内脏破裂但对实质性脏器的损伤相对较小[5];动压则可将部分器官抛掷至更远处[4],在实验中仅10 m 处可见动压的作用,部分尸体被抛掷 25 ~ 43 m 不同距离处。由于冲击波在空气中衰减极快,所以仅在40 m 处可见冲击波引起的肺出血,由此判断冲击波的致伤距离为 40 m。

通过本实验研究发现,大装药的炸弹爆炸时杀伤力强,对动物损伤严重,致死率高。除现场即刻死亡无法救治外,有 3 只动物于伤后 12 ~ 16 h 死亡,因而伤后 12 ~ 16 h 应该为救治的关键期,能够存活至 24 h 的动物伤情基本稳定,经积极救治都能够顺利成活。本实验对比观察了战壕的防护效果,从实验结果看,开放的战壕对破片伤、冲击伤和烧伤均有一定程度的防护作用,大体上可使伤情减轻 2 ~ 3 级。但在实战条件下,大多数工事均为密闭或半密闭性,在强大冲击波的作用下引起或加重大脑听觉和前庭功能障碍[6],若发生工事掩体严重垮塌,可能反而会造成挤压伤、窒息的发

生率增加。

总之，在大当量装药的武器发生爆炸时，由于致伤因素多，伤情复杂，伤死率高。由于冲击伤伤情隐蔽，多表现为外轻内重且并发症多[7]，发展迅速，在救治过程中应引起高度重视。能够存活的伤员应该及时开展全面救治，从而减轻伤后伤员的伤死率和并发症的发生。

参考文献：

[1] 杨志焕，黄建钊，王正国，等. 冲击伤复合高速破片致伤损伤特点和冲击伤防护研究[J]. 爆炸与冲击，1998，18(2)：162－166.

[2] 安 波，李兵仓，赖西南，等. 某型榴弹静爆对生物杀伤效应的实验研究[J]. 创伤外科杂志，1999，1(3)：161－163.

[3] 李兵仓，杨志焕，王正国. 爆炸性武器在现代战争中的应用及其致伤机制[J]. 解放军医学情报，1996，10(5)：251－253.

[4] 刘荫秋，王正国，马玉媛. 创伤弹道学[M]. 北京：人民军医出版社，1991. 128－165.

[5] Ho A M. A simple conceptual model of primary pulmonary blast injury[J]. Med Hypotheses, 2002, 59(5): 611－613.

[6] Cohen J T, Ziv G, Bloom J, *et al*. Blast injury of the ear in a confined space explosion: auditory and vestibular evaluation[J]. Isr Med Assoc J, 2002, 4(7): 559－562.

[7] Guy R J, Glover M A, Cripps N P, *et al*. Primary blast injury: pathophysiology and implications for treatment. Part Ⅲ: Injury to the central nervous system and the limbs[J]. J R Nav Med Serv, 2000, 86(1): 27－31.

（编辑 刘洪娥）

个案与短篇

文章编号：1000-5404(2005)01-0004-01

罗丹明123和碘化丙锭测定线粒体跨膜电位反应条件优化的研究

Study of optimized reaction condition for detection of mitochondrial transmembrane staining with rhodamine 123 and propidium iodide

毛咏秋[1]，孟文彤[2]，刘志刚[2]（四川大学华西医院：[1] 人类疾病生物治疗教育部重点实验室，[2] 血液科，成都 610041）

在正常情况下，质子可自由通过线粒体通透性转运孔（mitochondrial permeability transition pore, MPTP），形成线粒体跨膜电位（mitochondrial transmembrane potential, $\Delta\Psi m$）。在一些因素作用下，MPTP异常开放，$\Delta\Psi m$下降或丧失，因此检测$\Delta\Psi m$是观察线粒体变化的敏感指标[1]。罗丹明123（rhodamine123, Rh123，碱性蕊香红）和碘化丙啶（propidium iodide, PI）双染色是检测$\Delta\Psi m$的方法之一[2]，目前尚少见两种染料组合染色的最佳浓度报道。本研究采用不同浓度PI和Rh123组合染色检测阿糖胞苷（Ara-c）和三氧化二砷（As_2O_3）分别作用NB4和HL60细胞后的$\Delta\Psi m$，寻找双染色测定$\Delta\Psi m$的最佳方案。

1 材料与方法

1.1 实验材料

NB4细胞：急性早幼粒细胞白血病细胞株；HL60细胞：急性粒细胞白血病细胞株；As_2O_3：哈尔滨伊达药业；Ara-c：上海华联制药有限公司。

1.2 药物对细胞的作用

取对数生长期NB4和HL60细胞，以2×10^5/ml浓度，分别接种于含1.0 μmol/L As_2O_3和10 μmol/L Ara-c的培养基[3,4]，用未加药物的培养液为阴性对照。培养于含10% 小牛血清的1640培养液中，置于5% CO_2，饱和湿度，37 ℃孵箱中培养。

1.3 细胞$\Delta\Psi m$检测[3]

按交叉试验设计原理对检测反应的条件进行优化。取未经处理的两种细胞、As_2O_3处理72 h的NB4细胞和Ara-c作用6 h的HL60细胞，PBS洗涤2次，再将这些细胞按照Rh123和PI不同的浓度组合分别分成A～H组，见表1。先用Rh123在37 ℃染色30 min，PBS洗涤2次，PI染色5 min，PBS洗涤1次后，流式细胞仪检测。

表1 $\Delta\Psi m$检测反应条件的交叉试验结果

染料	A	B	C	D	E	F	G	H
Rh123 (ρ_B/μg·ml^{-1})	5.0	5.0	2.5	2.5	1.25	1.25	0.625	0.625
PI (ρ_B/μg·ml^{-1})	4.0	2.0	4.0	2.0	4.0	2.0	4.0	2.0

1.4 统计学方法

采用χ^2检验。

2 结果

按照交叉试验设计，用Rh123和PI对细胞进行$\Delta\Psi m$检测。分析时细胞可分为3群：$\Delta\Psi m$正常（$Rh123^+$）和胞膜完整（PI^-）的$Rh123^+$ PI^-的细胞；$\Delta\Psi m$消失（$Rh123^-$）和胞膜完整的$Rh123^-$ PI^-的细胞；$\Delta\Psi m$消失和胞膜破损（PI^+）的$Rh123^-$ PI^+的细胞，结果见表2。未经药物处理和经药物处理后的HL60和NB4细胞的A～F组中的各组之间$Rh123^+$ PI^-细胞百分比差异不显著（$P>0.05$）；G和H组分别与A～F组中的各组有差异（$P<0.05$）；但G和H组之间差异不显著（$P>0.05$）。这些均提示染未经处理和经药物处理的细胞取1.25 μg/ml Rh123和2.0 μg/ml PI为测定$\Delta\Psi m$的最佳组合。

（下转8页）

作者简介：毛咏秋（1955－），女，重庆市人，主管技师，主要从事血液科方面的研究。电话：(028)85423175

收稿日期：2004-07-08；修回日期：2004-10-18