DOI:10.16016/j.1000-5404.1992.02.028

经验交流

弱冲击波所致损伤的特点

杨志焕 王正国 唐承功（第三军医大学 野战外科研究所）630042
魏德胜 刘正邦 陈 田（北京总参炮兵装备技术研究所）100000

现代火器，如大口径火炮，反坦克火箭和导弹等发射时产生的冲击波，一般强度较低，作用时间较短，被称之为弱冲击波或低强度冲击波。本研究旨在通过TNT化爆和火炮现场试验，探讨弱冲击波所致损伤的特点，从而为其防护提供一定的理论依据。

1 实验方法

雌雄兼有的绵羊97只，体重15.2～42.4kg。成年杂种狗18只，体重9.0～18.7kg。肌注安定镇静后，布放于离爆心8～17m的圆周线上，用10kg TNT进行单次、连续20次和60次爆炸致伤。另取绵羊7只，布放于152mm加榴炮相应的炮手位上，于1h内连续发射全装药60发。致伤过程中，用美国ENDEVCO公司生产的8507型压阻式压力传感器测定冲击波物理参数。致伤后6～13h，股动脉放血处死动物，作大体解剖，重点观察上呼吸道、肺和胃肠道的损伤。损伤程度按既往制订的“冲击伤伤情判定标准”判定。

2 实验结果

2.1 冲击波物理参数

TNT化爆时冲击波超压峰值为20.1～68.0 kPa，正压作用时间为2.4～3.3ms，随离爆心距离增加，峰压下降、正压作用时间延长。火炮现场试验时冲击波超压峰值为18.0～29.0kPa，正压作用时间为2.4～4.3ms，二者均属于低强度短时冲击波范围。

2.2 弱冲击波所致损伤的特点

2.2.1 内脏器官对弱冲击波致伤的敏感性

结果见表1和表2。TNT化爆时，最敏感的器官是肺，其次是胃肠道和上呼吸道，轻度冲击伤（含1例中度损伤）的发生率分别为29.9%、9.2%和6.2%，而火炮现场试验时，似以上呼吸道更为敏感，尽管冲击波峰压低，但仍有1例已达到轻度冲击伤。

表1 绵羊10kgTNT单次和连续多次爆炸后冲击伤发生情况

暴露次数	动物数	超压 (kPa)	URT[a]				肺				GIT			
			0	I	II	III[b]	0	I	II	III	0	I	II	III
1	45	21.2～68.0	41	2	2	0	20	12	13	0	39	0	6	0
20	28	20.1～67.0	23	2	3	0	12	5	11	0	24	2	1	1
60	24	21.0～40.0	21	2	1	0	17	2	5	0	12	11	1	0
总计	97		85	6	6	0	49	19	29	0	75	13	8	1

注：a. URT：上呼吸道；GIT：胃肠道
b. 0，I，II，III：分别表示无、最小、轻度、中度损伤

2.2.2 不同动物对弱冲击波损伤的差异性

结果详见表3。由表3可见在单次化爆时，狗的冲击伤程度要明显较绵羊轻，在连续多次爆炸致伤时，上呼吸道和胃肠道损伤仍不如绵羊明显，但肺损伤程度已与绵羊大致相似，且心脏和膀胱损伤比绵羊更为多见。

2.2.3 解剖学上的特点对伤情的影响

绵羊有一个大的瘤胃（反刍动物第一胃），故容易受损伤。肠道损伤主要发生在肠的扩张和含气较多的部位，故以盲肠和结肠损伤较为多见。本实

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表2　152mm加榴炮连续60次射击后绵羊冲击伤程度

例数	超压（kPa）	URT	肺	GIT
1	29.0	I	I	0
2	27.5	0	I	0
3	25.0	0	0	0
4	25.0	0	0	I
5	24 0	I	0	0
6	24.0	0	0	I
7	18.0	0	0	0

验发现胃肠道损伤9例，其中瘤胃损伤4例，结肠（含盲肠）损伤3例，小肠和肠系膜损伤各1例。

2.2.4　朝向性对伤情的影响

在29例轻度肺损伤（肺出血）中，右肺损伤14例，左肺损伤7例，两肺同时受损有8例。以朝向爆心侧的肺损伤更为多见。

2.2.5　潜在性病变对伤情的影响

本实验大体解剖发现2例在潜在性病变基础上发生冲击伤。1例动物经受单次29.5kPa化爆后，在大叶性肺炎周围有斑块状出血。另1例为经受连续60次24.0kPa火炮现场试验后，在盲肠钩虫寄生部位的肠粘膜有1 cm×1.5cm出血，并已穿透至浆膜层。

表3　绵羊和狗10kgTNT单次和连续20次爆炸后冲击伤发生情况

暴露次数	动物	动物数	超压（kPa）	URT				肺				GIT				心				膀胱			
				0	I	II	III	0	I	II	III	0	I	II	III	0	I	II	III	0	I	II	III
1	羊	45	21.2～68.0	41	2	2	0	20	13	12	0	39	0	6	0	45	0	0	0	45	0	0	0
	狗	8	31.8～64.9	8	0	0	0	7	1	0	0	8	0	0	0	6	1	1	0	7	1	0	0
20	羊	28	20.1～67.0	23	2	3	0	12	5	11	0	24	2	1	1	27	0	1	0	28	0	0	0
	狗	8	20.1～67.0	6	2	0	0	4	0	4	0	8	0	0	0	3	1	4	0	5	1	2	0

3　讨　论

3.1　弱冲击波所致的损伤特点

从文献和本研究的结果看，弱冲击波致伤具有以下损伤特点：

3.1.1　机体各系统对弱冲击波致伤的敏感性不同

既往单次高强度冲击波致伤的研究证明肺是最敏感的靶器官。而在多次低强度弱冲击波致伤时，Phillips等[3]发现上呼吸道是最敏感的部位。为此，作者认为上呼吸道损伤可预示其他器官受累的一个敏感指征。本研究的结果表明TNT化爆时最感敏的器官仍是肺，但在火炮发射时上呼吸道似乎更为敏感。

3.1.2　损伤器官存在种属差异性

Phillips和Clifford等[3][4]报道弱冲击波致伤时，羊的上呼吸道比猪更敏感，而猪的胃肠道损伤又比羊更敏感。本研究的结果发现狗的上呼吸道和胃肠道对弱冲击波均不敏感。因此，多数作者认为宜选用羊和猪作为弱冲击波致伤的大动物试验。

3.1.3　解剖学上的特点和朝向性对损伤有一定的影响

绵羊有一个大的瘤胃，故瘤胃较容易受伤。肠道的损伤主要发生在肠的扩张和含气多的部位，以盲肠和结肠损伤较为多见。Moe等[6]报道绵羊（98只）经受155mm加榴炮，压力为24.15kPa连续50次发射后，瘤胃、结肠和小肠出血的发生率分别为33%、13%和7%。本研究的结果与Moe报道的趋势大致相似，以瘤胃损伤更为多见。另外，弱冲击波致伤时，常显示明显的朝向性，一般以朝向爆心一侧的损伤更为明显。本研究近50%的肺出血发生在朝向爆心的右侧，这可能与朝向爆心侧受冲击风（动压）的影响和随距离明显衰减的超压比背向侧更大有关。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3.2 弱冲击波致伤特点对其防护研究的意义

3.2.1 胸部防护是弱冲击波防护的重点

弱冲击波致伤时，尽管上呼吸道和胃肠道损伤较为多见，但发生率仍比肺损伤低，且上呼吸道损伤不会对机体引起严重的后果，溜胃损伤则又与解剖学因素有关。肺损伤可能引起功能上的改变。Daman等[6]报道轻度肺损伤时即可出现肺分流量和肺泡－动脉氧压差增加和肺泡储备力减少，这对操作人员来讲，有可能影响战斗力。因此对多次弱冲击波的防护，应以胸部作为防护重点，研制防护效果好的防冲击波背心。

3.2.2 潜在病变对军事作业人员的危险性估计

本研究发现2例动物在原有病变基础上发生了冲击伤，提示潜在病变处对弱冲击波致伤较为敏感。我们对参战炮手的调查过程中，也曾发现有2例炮手在激烈的炮战后诱发了溃疡病出血。这除了频繁紧张的战斗引起的应激反应外，有可能与多次弱冲击波对原有病灶的影响有关。提示患有上呼吸道和肺部感染及胃肠道溃疡等疾病的操作人员，应暂时避免参加激烈的战斗，否则可能会有一定的危险性。

关键词：冲击波；损伤

参 考 文 献

1. Richmond DR, Yelverton JT, Fletcher ER. The biological effects of repeated blasts. Topical Report DNA-5842F, Defense Nuclear Agency, Washington, DC, 30 April 1981
2. Yelverton JT, Richmond DR, Fletcher ER, et al. Bioeffects of simulated muzzle blasts. Proceedings of The Eight International Symposium on Military Application of Blast Simulation. Spiez, Switzerland 20～24, June 1983
3. Phillips YY, Dancer A, Richmond DR. Nonauditory effects of repeated exposures to intense noise. Basic and Applied Aspects of Noise-Induced Hearing Loss. Plenum Publishing, 1986:400
4. Clifford CB, Moe JB, Jaeger JJ, et al. Gastrointestinal lesions in lambs due to multiple low level blast overpressure exposure. Military Medicine 1984;149(9):491
5. Moe JB, Clifford CB, Sharpnack DD. Effects of blast on nonauditory epithelial tissues. Basic and Applied Aspects of Noise-Induced Hearing Loss. Plenum Publishing, 1986:473
6. Damon EG. The acute effects of air blast on pulmonary function dogs and sheep. Technical Progress Report No. DASA2461, Defense Atomic Support Agency, Department of Defence, Washington, DC, March 1970

（收稿：1991-07-17；修回：1992-02-05）

烧伤病员热卡摄入情况的调查

解伟光 黎 鳌 汪 良（第三军医大学西南医院 烧伤研究所）630038

住院烧伤病员热卡摄入情况与烧伤的严重程度之间有无内在联系？尚不完全清楚。本研究通过临床调查，旨在探明它们之间关系，为临床合理的营养治疗提供理论依据。

1 材 料 与 方 法

75例烧伤病员（男：53，女：22），年龄31.2±9.9（16～51）岁，伤前健康无疾病，且无中度以上呼吸道烧伤，平均烧伤面积为44.4±27.5（5～98）%TBSA。按不同烧伤面积分为4个组，即～30%（25例）、～50%（15例）、～70%（19例）、～100%（16例）。入院后按本所常规抗休克及创面处理，除休克严重者禁食外，均鼓励早期食用常规住院膳，不限制摄入量，亦不给予特殊的营养治疗，记录每日摄入量及糖、脂肪和蛋白质热卡比

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net