DOI:10.16016/j.1000-5404.1989.03.004

BST-I型生物激波管动物实验研究

唐承功 杨志焕 王正国 冷华光 李晓炎 李应玉 尹友国 刘大维 马孝华 （野战外科研究所）

提 要 成年雄性杂种狗52只，体重12.3±1.8kg。BST－Ⅰ型生物激波管致伤。结果表明，生物激波管具有激波稳定、参数测试准确、重复性好、伤后早期即可进行各种功能性指标测定等优点。实验动物均见有不同程度的冲击伤，损伤程度与压力峰值有密切关系。提示生物激波管可在一定程度上模拟小型核武器、化爆产生的冲击波，造成典型的冲击伤，因而是一种较为理想的冲击伤致伤设备。

关键词 设备和供应；休克；爆炸伤

生物激波管产生的激波可在一定程度上模拟核爆炸和化爆时形成的冲击波，造成典型的冲击伤，文献上已见报导[1][2]。我们于1988年2月至1988年4月用我所与中国科学院力学研究所共同研制的BST－Ⅰ型生物激波管进行了生物效应的实验研究。兹将结果报告如下：

材 料 和 方 法

52只成年雄性杂种狗，体重12.3±1.8kg（M±SD，下同）。实验以有无档板分闭口和开口两组。动物分别为44、8只。伤前以3%戊巴比妥钠（22.9±3.8mg/kg）静脉内麻醉，部分行股动、静脉插管以采集血样品和测定血压。将动物四肢呈站位固定于笼内，置于距试验段侧膜片25.9m处，右侧朝向致伤源。用长39m、内径1m的BST－Ⅰ型生物激波管、高压气体驱动致伤。测速测压用5040型KIKUSUI数字储存示波器、3080型X－Y记录仪。除死亡动物外，大体解剖均于伤后6～24h进行，典型病变留取组织块作光、电镜观察。

实 验 结 果

1．一般情况

7例动物于伤后5min至4h死亡，其中4例死于严重肺出血、水肿，2例死于肝脾破裂引起的内出血，1例死于冠状动脉内气栓。多数动物伤后即刻可见呼吸加快、血压下降，1h后逐渐恢复。心率变化则不明显。但肺部有严重损伤者呼吸呈持续加快（$P<0.05$），血压进行性下降（$P<0.01$），心率减慢（$P<0.05$）。同时可见鼻翼扇动、口鼻有血性泡沫液流出，胸部听诊可闻及湿性罗音。

2．大体解剖观察

52例动物伤后均出现了程度不同的冲击伤（表1）。其中主要是空腔脏器损伤，以肺和听器发生率最高（100%），心脏和膀胱损伤次之，肝脾损伤较少。

表1 各脏器损伤发生数

组别	动物数	听器	肺	心	膀胱	胃	肠道	肝	脾
闭口	44	44	44	28	24	7	13	6	5
开口	8	8	8	7	5	1	3	4	4
合计	52	52	52	35	29	8	16	10	9
%		100	100	67	56	15	29	19	17

（1）听器损伤：52例动物均发生了听器损伤。主要表现为鼓膜破裂、鼓室积血、听小骨骨折。除5例为单侧外，其余均为双侧性。听小骨骨折以右侧居多。

（2）心肺损伤：肺是本研究中发生率最高、损伤最重的器官，其结果详见表2。主要病变为出

表2 肺冲击伤发生情况

病变	动物数	损伤程度*			
		-	+	+++	++++
肺出血	52	16	16	9	11
肺水肿	26	6	6	8	6

*“-”轻度，“++”中度，“+++”重度，“++++”极重度，下同

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

血、水肿、渗血和萎陷。出血可为点灶状、斑块状、小片状乃至大片状。有时可见出血性或渗血性肋间压痕，严重者可见一叶或数叶全叶出血。重度出血多见于两肺下叶，左右侧未见有差别。出血严重的病例同时伴有程度不等的水肿、气管和支气管内可见粉红色泡沫液，肺重明显增加，有的肺/体重比可达3%以上。

35例动物有心脏损伤，主要表现为心内膜下点灶状或条索状出血，以左心室及房室交界处更为明显，有时可见心室乳头肌变性坏死。

（3）胃肠损伤：胃肠出血共24例，以胃底和胃体部居多。肠道出血多见于直肠下段，有时可呈纵形。

（4）肝脾损伤：病变主要为包膜下出血、血肿及破裂。本实验肝脾脾损伤19例，其中开口组8例（100%），有2例为横断性脾破裂，腹腔积血约500ml。闭口组11例（25.6%）。

（5）其它损伤：29例动物膀胱粘膜有散在性点灶状出血。8例咽喉出血和9例气管粘膜出血的动物多见肺部有严重的损伤。

3．冲击波参数与伤情的关系

结果详见表3。由表3可知，伤情随着峰压升高而逐渐加重。当峰压为200.2～254.4kPa时主要为轻度伤；293～322.2kPa主要为中度伤；361.2～418.3kPa主要为重度伤，有的可为极重度伤。峰压值受容积影响较大，膜片厚度相同，容积越大，峰压越高。本实验所测49例正压作用时间为15～32ms，与伤情未见有明显关系。

表3　压力峰值与伤情的关系

组别	峰压 (kPa)	动物数 (例)	伤情发生数（例）			
			+	++	+++	++++
闭口	200.2～245.4	14	10	3	1	…
	293～322.2	10	4	6	…	…
	361.2～418.2	13	…	4	6	3
	388.4～399.3*	6	…	…	…	6
	620.3*	1	…	…	…	1
开口	141.6～156.2	2	2	…	…	…
	170.9～214.3	4	…	3	1	…
	190.4～239.2*	2	…	…	1	1

"*"为全容积

4．光、电镜观察

光镜下见肺泡及间质广泛出血、水肿，部分肺泡破裂及萎陷。细静脉内及肺泡隔见中性白细胞扣压、游出。电镜观察见肺泡腔内有较多的红细胞和纤维蛋白样物堆积。Ⅰ型上皮多数正常，少数肿胀或空泡化；Ⅱ型上皮常见板层体排空或减少，偶见有变性。

讨　论

BST－Ⅰ型生物激波管是继美国之后[3]在我国首次研制成功的。它不同于一般的工程激波管[4]，可产生陡峭上升、迅速下降的典型激波，并能产生负压波，可在一定程度上模拟小型核武器、常规武器和化爆产生的冲击波[5]。其优点是具有激波稳定、参数测试正确可靠、重复性好、可比性强、操作简便安全，且很少有飞片等间接伤，无朝向性。此外，克服了化爆等因现场条件的限制，可在伤后早期进行各种功能性指标测定，因而为进一步研究冲击伤致伤机理和防治提供了良好的实验手段。

本研究的结果表明，生物激波管可以造成典型的冲击伤，不仅可以造成超压引起的心肺、胃肠道、膀胱的损伤，也可造成由于动压的抛掷作用引起的肝脾损伤。不仅可以产生不同程度的损伤，也可致动物现场死亡。其最大峰压值可达620.3kPa，且作用时间可调，因此可根据需要造成不同程度的冲击伤。结果还表明，峰压值与伤情的严重程度有密切关系，峰压值升高伤情加重，而影响峰压的因素受开口、闭口、容积等条件的决定。开口组因无挡板故仅有入射超压，峰压值较低，但动压作用较大。闭口组因有挡板可产生入射超压和反射超压，故峰压值较高。容积对峰压的影响也较大，以4＋4mm膜片为例，全容积时峰压值为397.8±4.6kPa，6例动物均为极重度伤；中容积时则为311.9±7.4kPa，10例动物为轻—中度伤，

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

相当于全容积时 2 + 2 mm膜片所致伤情。推测 4 + 2 mm膜片用大容积可造成中—重度伤，这样可节约膜片，减少用费。

BST－Ⅰ型生物激波管虽然基本上可满足生物实验的需要，但也存在一些不足，如正压作用时间可调范围还不够大，试验段管壁上还缺乏一可作摄影观察用的窗口，这些有待今后改进。

参考文献

1. Clemedson CJ, et al. Progation of high explosive shock waves through different parts of an animal's body. Am Physiol 1956; 184: 119～126
2. 冷华光，等。激波管用于生物冲击伤研究的展望。第四届全国激波管与激波学术会议论文集 1987; 273～279
3. 王正国编。冲击伤。北京：人民军医出版社，1983
4. Caseby NG, et al. Blast injuries to the lungs: Clinical presentation, management and course. Injury 1976; 8 (1): 1～12
5. 《核武器损伤及其防护》编写组。冲击波损伤。防原医学专业技术参考资料1980：139～143

(收稿:1988.7.29; 修回:1989.2.30)

An Experimental Study on the Effects of A Biological Shock Tube

Tang Chenggong, et al (The Research Institute of Surgery, Third Military Medical College)

52 dogs are divided into 2 groups. One group of 8 dogs is for open exposure, the other of 44 dogs for close exposure. Blast injuries are induced by the BST-I type biological shock tube with a stable, accurate and repeated waves. Some functional parameters can be measured soon after injury. The results show various degrees (from slight to extremely severe) of injuries. The severity of injury depends on the positive peak pressure affected by the volume of the high pressure chamber. It is concluded that the BST-I type biological shock tube may produce the blast waves similar to those of chemical or nuclear explosions (small yield) and inflict typical blast injuries. It is comparatively an ideal equipment for the study of blast injuries.

Key words: Equipment and supplies/ES; Shock, biological; Blast injuries

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