DOI:10.16016/j.1000-5404.1990.06.017

军事医学

冲击波延长正压作用时间和重复作用生物效应的初步观察

杨志焕 唐承功 王正国 冷华光 李晓炎 尹友国 马孝华 杨映波 周 蓉（野战外科研究所）

姚德胜 陈 田 陈遗爱 李敬魁 刘正邦（总参装备技术研究所）

提 要 绵羊和山羊各8只，用BST-I型生物激波管致伤，以观察延长冲击波正压作用时间和重复冲击对伤情的影响。结果发现随正压作用时间延长和冲击次数增加，冲击伤的发生率升高，程度加重。提示在一定峰压条件下，冲击波正压作用时间和冲击次数对伤情有明显的影响。

关键词 冲击波；正压作用时间；重复冲击；震荡波

本研究用BST-I型生物激波管作为致伤手段，以探讨冲击波延长正压作用时间和重复作用对伤情的影响。

1 材料和方法

绵羊和山羊各8只，雌性4只，雄性12只，体重16.5kg～32(23.56±4.36) kg。胸腹部剪毛，肌注硫酸阿托品0.25mg和安定10mg镇静后，直立固定于铁丝笼内，铁丝笼固定于激波管内挂钩上，以防被抛掷。双侧外耳道塞泡沫海绵保护听器。右侧朝向致伤源，用BST-I型激波管开放式致伤，研究在一定峰压条件下，不同正压作用时间和暴露次数对伤情的影响。

用美国ENDEVCO公司生产的8507型压阻式传感器测定冲击波物理参数。

部分动物于致伤前、致伤后即刻、致伤后6 h进行外周血内皮细胞计数和凝血功能检查。

致伤后6 h静脉注射3％戊巴比妥钠麻醉，股动脉放血处死动物，作大体解剖，根据冲击伤伤情分级标准判定上呼吸道、胃肠道和肺损伤情况。典型标本照相后，留取组织块，固定于15％福尔马林和3％戊二醛中，供进行光镜和电镜观察。

2 结果

2.1 冲击波物理参数

实际测得的峰压为100.45kPa～122.08kPa，正压作用时间为5.02ms～5.13ms和38.93ms～39.30ms。

2.2 冲击伤发生情况

结果详见附表。本组16例动物中，发生肺损伤8例，上呼吸道损伤5例，胃肠道损伤6例，以肺损伤

附表 羊BST-I型生物激波管致伤后冲击伤发生情况

组别	动物数	峰压 (kPa)	作用时间 (ms)	冲击次数	肺					上呼吸道				胃肠道				多发伤例数
					-	±	+	++	+++	-	±	+	++	-	±	+	++	
I	6	107.74±7.0	39.30±2.73△	1	0	1	5	0	0	3	1	1	1	1	1	3	1	3
II	6	114.50±9.22	5.13±0.22	1	3	3	0	0	0	5	1	0	0	3	3	0	0	0
III	2	122.08±3.95	38.93±4.98	5*	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	2	0	2
IV	2	100.45±4.65	5.02±0.06	5	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1

注：*其中1只羊经受两次冲击后因胃内容物返流窒息而死。

△BST-I型激波管改装后测得的参数。

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的发生率最高，程度最重。肺损伤主要表现为程度不同的出血，有时可见肋间压痕，重者可见出血性肺大疱，且伴有肺水肿。上呼吸道损伤可见会厌、喉头和气管不同程度的出血。胃肠道损伤主要表现为瘤胃和结肠出血，但未见穿孔。除上述损伤外，2例动物有心脏和膀胱出血，1例动物有肝包膜下出血。

2.3 冲击波正压作用时间对伤情的影响

由表中可见Ⅰ组和Ⅱ组以及Ⅲ组和Ⅳ组峰压相近，冲击次数相同，但作用时间不一样。结果正压作用时间长的组伤情明显加重，且可同时发生多种脏器损伤。

2.4 冲击波重复作用对伤情的影响

由表中可见Ⅰ组和Ⅲ组以及Ⅱ组和Ⅳ组压力峰值和正压作用时间相近，但经受冲击的次数不同。结果表明多次重复冲击可使伤情加重，在长作用时间组则更为明显。

2.5 外周血内皮细胞计数和凝血功能的改变

实验结果发现致伤后外周血中内皮细胞数减少，且与伤情有一定关系，损伤重者下降更为明显，Ⅰ组伤后6 h统计学上差别显著。凝血功能主要表现为凝血酶时间(TT)、凝血酶原时间（PT）和白陶土部分凝血活酶时间（KPTT）轻度延长，纤维蛋白原量（Fbg）略有减少，但统计学上均无显著性意义。血浆鱼精蛋白副凝试验（3P试验）致伤后改变不大。

2.6 光镜和电镜观察

光镜可见喉及气管粘膜下水肿及局灶性散在性出血，并见以中性白细胞为主的炎细胞浸润。肺泡间隔增宽，间质及肺泡腔内出血、水肿，并见肺泡破裂和萎陷。微血管内白细胞扣押。间质内中性白细胞浸润，并见巨噬细胞反应。部分胃肠粘膜水肿，粘膜下可见灶性出血，炎性反应轻微。电镜可见肺泡表面活性物质减少。肺泡上皮轻度肿胀，偶见较大空泡。内皮细胞肿胀、空泡化，有的可见髓样体形成。红细胞显著淤滞于微血管腔内，并有中性血细胞附壁。部分胞浆溶酶体减少。

3 讨论

冲击波正压作用时间对伤情的影响，一般规律是当其他条件相同时，随正压作用时间延长，则伤情也加重。但当正压作用时间超过某一范围时，就不再明显呈现这种相关关系，如当正压作用时间在30ms～400ms时，造成狗和山羊的LD_{50}峰压分别均为338.1kPa和367.5 kPa[1]。本实验的结果表明在峰压大致相同kPa(100.45kPa～122.08kPa)的条件下，伤情随正压作用时间延长而明显加重，长作用时间（38.93ms～39.30ms)可引起轻度到中度冲击伤，且可同时发生多种脏器损伤，而短作用时间(5.02ms～5.13ms）仅引起轻微的冲击伤。结果提示在某一峰压时，正压作用时间对伤情有明显的影响。

本世纪初就有有关冲击波重复作用的实验报告[2]。实验研究表明连续多次冲击可使损伤显示累加效应，损伤阈值降低，发生率升高，程度加重。Yelverton等[3]报道绵羊经受18kPa连续50次冲击后上呼吸道损伤的发生率为33%，而同样条件下连续100次冲击，则上呼吸道损伤的发生率可上升到83%。Richmond等[4]报道绵羊和猪在正压作用时间为10ms时，单次作用上呼吸道和胃肠道的损伤阈值分别为66kPa和83kPa，若接受连续50次冲击，则损伤阈值分别降为18kPa～37kPa和52kPa。而如果用单次作用的损伤阈值进行连续50次冲击，则可造成中度上呼吸道和胃肠道损伤，显示损伤程度加重。本实验的结果表明在冲击波峰压和正压作用时间大致相同的条件下，连续接受5次冲击可使伤情明显加重，在长作用时间则更为明显，提示重复冲击在某一峰压条件下，对伤情有明显的影响。

实验研究证实冲击波可引起血管内皮和肺泡上皮细胞的损伤，但循环血中内皮细胞的变化尚不清楚。另外，内皮细胞损伤时，可能会释放出大量的纤溶酶原激活物，由此影响凝血功能。为此，本实验对部分动物于致伤前后进行了外周血内皮细胞计数和凝血功能检查。结

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

果发现致伤后外周血中内皮细胞数减少，且与损伤程度有一定关系，伤情重者下降则更为明显。对于这种冲击伤后外周血内皮减少的原因，意义尚不清楚，文献中也未见报道，有待作更深入的研究。文献报道肺冲击伤时可并发DIC[5]。本研究尽管冲击伤伤情较重，但未发现凝血功能有明显改变。由于动物较少，究竟冲击伤后对凝血功能有何影响，也尚待进一步研究。

参 考 文 献

1. 王正国。冲击伤。北京：人民军医出版社，1983:108
2. Rusca F. Experimentelle untersuchungen ueber did traumatische druckwirkung der explosionen. Zietschr Chir 1915;132:315
3. Yelverton JT, et al. Bioeffects of simulated muzzle blasts. Inhalation Toxicology Research Institute Lovelace Biomedical and Enviromental Research Institute Albuquerque.New Mexico 87:185
4. Richmond DR, et al. The biololgical effects of repeated blasts. DNA 5842 F 1981
5. Melzer E, et al. Disseminated intravascular coagulation and hypopotassemia associated with blast lung in jury. Chest 1986;89(5):690

（收稿：1990.01.13；修回：1990.07.09）

Preliminary Observations on the Biological Effect of Shock Waves with Prolonged Overpressure Duration and Exposures Repeated

Yang Zhihuan, et al(Research Institute of Surgery, Third Military Medical College)

Eight sheep and eigat goats were iniured in BST-I biological shock tube in order to observe the effects of shock waves with overpressure duration prolonged and exposure repeated on the injury severity. It is found that the more the overpresure dration prolonged and exposures repeated, the higher the incidence and the severity of the injury are seen. It suggestes that overpressure duration and number of times of exposure have marked effect on the severity of injury above certain peak pressure.

Key words: blast wave; overpessure duration; multiple exposure; shock wave

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net