DOI:10.16016/j.1000-5404.1992.06.015

冲击波负压发生装置及其应用*

张均奎 王正国 冷华光 杨志焕 李晓炎 尹友国 马晓华 (第三军医大学野战外科研究所四室) 630042

提 要 本文着重介绍了一种模拟冲击波负压的装置及其初步应用。该装置由真空泵、低压舱、实验舱、破膜机构和压力测量系统构成,其工作原理是:低压舱内压力下降,达到所需压力值时,突然刺破膜片,使实验舱内的动物暴露于瞬间变化的冲击波负压环境中。该装置可模拟化爆、核爆以及高空爆炸性减条件的负压环境,可模拟的参数范围为,峰值-13～-90 kPa,下降时间 1～90ms,持续时间 14～2 000ms。动物实验表明,该装置可明显致伤。本实验初步证明冲击波负压致伤的可能性。

关键词 冲击波;冲击波负压;爆炸伤;肺损伤

典型冲击波或冲击波超压对机体具有致伤能力[1~4],但单纯的冲击波负压致伤能力如何,在典型冲击波致伤作用中的地位如何,还有待于回答[4]。为解决这些问题,本实验研制了冲击波负压发生装置,并探讨了冲击波负压的致伤效应。

1 材料与方法

1.1 冲击波负压发生装置

该装置由真空泵(Vacuum Pump,2XZ-8 型,上海真空泵厂)、低压舱(Vacuum Chamber)、实验舱(Experimental Chamber,内径 180mm,长 400mm)、破膜机构(Membrane Rupturing Structure)、调压孔(Regulating Hole)、真空表(Vacuum Gauge)、电磁真空阀(Valve,DDC-JQ40 型,上海阀门二厂)和真空胶管(Vacuum Pipe,内径 40mm,壁厚 15mm)等构成,如图 1A 所示。

根据所需冲击波负压参数的不同,低压舱分两种:(1)用于模拟"长"作用时间冲击波负压的低压舱,长约 1400mm,内径 450mm,为锥台型(图 1A 所示);(2)用于模拟"短"作用时间的低压舱,长约 720mm,内径 180mm。

破膜机构是造成瞬时冲击波负压的关键结构(图 1B 所示),由圆管段、刀柄(Knife Handle)、刀轴、平行于水平轴的锋刀(Knife)和具有一定脆性的膜片(Membrane)构成。该段长约 120mm,内径可调,变化范围为 28mm 至 180mm。

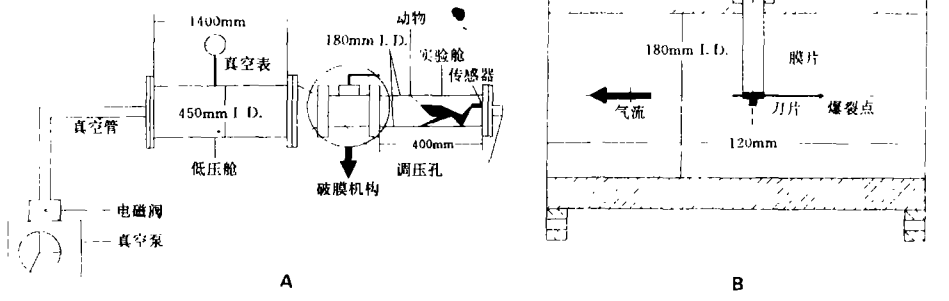


图 1 冲击波负压发生装置结构简图
A:第一种负压发生装置简图 B:破膜机构放大简图

* 国家自然科学基金项目

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

实验舱内置放动物，如大白鼠、家兔等，并通过侧孔安装压阻式压力传感器（8514 型，美国 ENDVCO 公司），压力信号经调制器贮存记录在双通道记忆示波器和计算机内。

该装置的工作过程为，同时开启真空泵和真空电磁阀，低压舱内压力迅速下降，通过真空表观察舱内压力，当达到所需压力时，关闭电磁阀和真空泵，旋转破膜刀柄，使平行于膜片的刀片垂直刺向膜片。在膜片爆裂瞬间，实验舱内压力迅速下降。压力下降时间、持续时间和压力峰值可由低压舱内压力、实验舱末端的压力调节孔和破膜机构的内径控制，压力调节孔径为 10mm 至 180mm。

1.2 动物实验方法

Wistar 系成年大白鼠 80 只，性别不拘，随机分为 8 组（其中一组为正常对照组），腹腔内以 1.5%戊巴比妥钠液麻醉；家兔 12 只，分为 2 组，其中一组为正常对照组，耳缘静脉内注射 1.5%戊巴比妥钠液麻醉。将动物固定于实验舱内（动物分组详见表 1）。

表 1 动物分组及实验条件

组 别	种 类	动物数	装置类型	低压舱内压力(-kPa)
1	大白鼠	10	1	70
2	大白鼠	10	1	60
3	大白鼠	10	1	50
4	大白鼠	10	2	90
5	大白鼠	10	2	80
6	大白鼠	10	2	70
7	大白鼠	10	2	60
8(对照)	大白鼠	10		
9	家 兔	6	1	90
10(对照)	家 兔	6		

致伤动物后，观察其一般状况，立即（30min 内）活杀解剖动物。夹闭气管，取出肺脏，观察病变，称湿重，于肺充气时，测定肺叶出血表面积，计算肺/体指数，并计肺损伤数和动物死亡数。

2 实验结果

2.1 实验舱内冲击波负压波形和参数

冲击波负压波形为典型的指数曲线，形状酷似冲击波负压成份（图 2）。冲击波负压参数包括冲击波负压峰值（Peak Level，－kPa）、持续时间（Duration，ms）和下降时间（即压力开始变化时至峰值的时间，Decreasing Time，ms），其可调范围为：峰值 - 13 kPa～-90kPa，下降时间 1～90ms，持续时间 14～2 000ms，可模拟化爆、核爆和爆炸性减压时的负压环境。

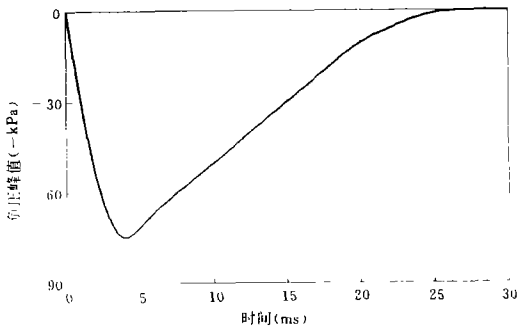


图 2 冲击波负压-时间曲线

2.2 实验舱内压力峰值和持续时间与低压舱内压力的关系

低压舱内的压力大小是决定实验舱内的冲击波负压参数的重要因素，图 3 示两者之间的关系（第 2 种冲击波负压发生装置）。低压舱内压力越低，实验舱内压力亦随着降低，持续时间变长，前者与后两者分别呈线性关系，且相关非常显著（$P < 0.01$），这为选择适当的冲击波负压参数提供了依据。

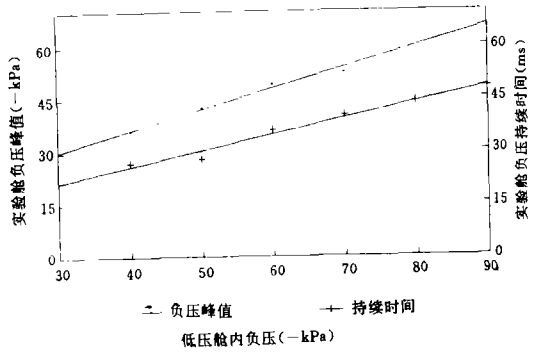


图 3 低压舱内压力（Pressur in Chamber）与冲击波负压峰值（Peak Underpressure）和持续时间（Duration）的关系

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

2.3 动物伤情

大白鼠和家兔受伤后，呼吸增快、加深，严重时口鼻流粉红色泡沫样痰。肺的主要病变为充血、出血和肺水肿，伤情较轻时，肺表面出现点状和斑片状充血、出血，以下叶多见，严重时累及多叶，甚至全肺，伴重度肺水肿。部分肺叶表面出现条状出血或充血性压痕，酷似肺冲击伤的出血性压痕。随着冲击波负压峰值和持续时间的变化，动物伤情亦随着变化(表 2)。

表 2 冲击波负压参数与动物伤情的关系

组别	体 重 (g)	负压峰值 (-kPa)	持续时间 (ms)	下降时间 (ms)	肺受损数	死 亡 数
1	205.9±21.7	65.8±1.6	1425±95.7	5	10/10	4/10
2	181.8±15.9	58.6±2.6	1275±95.7	5	7/10	1/10
3	185.9±22.7	47.2±1.7	1120±105	5	3/10	0/10
4	158.8±18.7	84.9±0.7	27.6±0.5	5.6±0.8	6/10	2/10
5	134.7±20.0	75.5±3.2	23.8±0.4	4.2±1.0	5/10	1/10
6	132.3±12.7	67.2±3.1	21.3±1.9	5	3/10	0/10
7	145.8±18.7	64.2±3.5	22.5±0.5	3.5±0.5	0/10	0/10
8	201.5±10.9				0/10	0/10
9	1871±225	87.8±2.3	297.5±4.3	7.0±2.1	5/6	2/6
10	1831±124				0/6	0/6

3 讨 论

冲击波负压装置的研制有助于重新认识冲击伤的发生特点，为冲击波致伤机理的研究提供了一个新的模型和手段。该装置适合中小动物的实验，可模拟化爆、核爆和高空爆炸性减压时的各种负压参数，负压参数重复性好，且操作方便。

通过初步观察，化爆和核爆条件下的单纯冲击波负压具有明显的致伤能力，这在冲击伤研究领域中是一个新的认识，本文用直接的实验依据检验了以前冲击波负压不具备致伤能力或致伤能力较弱的观点[5][6]，同时，进一步为肺冲击伤发生在扩张期的观点提供了证据[7]。

参考文献

1. 王正国。冲击伤。北京：人民军医出版社 1983：45
2. Owen-Smith M. Explosive blast injury. Medical Bulletin of US Army Europe，1981；38(7/8)：36
3. Jonsson A. Experimental investigations on the mechanisms of lung injury in blast and impact exposure. Linkoping University Medical Dissertations，1987；80：1
4. Richmond DR. Current research and development-blast，in Proceedings Joint United Kindom-United States Maritime and Marine Combat Casualty Care Workshop，1 Ballistic Injuries，Institute of Naval Medicine，Alverstoke，England，July，1981：19
5. Jones RK，Richmond DR. The physical and biological aspects of blast injury，in Proceedings of a Workshop on Mass Burns，National Academy of Sciences，Washington，DC，1969：215
6. Zuckerman S. Experimental study of blast injuries to the lungs. Lancet，1940；Ⅱ：219
7. 张均奎 王正国 姚德胜。短时激波作用下家兔胸腹内压力的变化。第三军医大学学报，1991；13(1)：118

(收稿：1992-02-13；修回：1992-07-01)

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

An underpressure generator of blast wave and its application

Zhang Junkui, Wang Zhenguo, Leng Huaguang, et al (Research Institute of Filed Surgery, Third Military Medical College, Chongqing, 630042)

Abstract A generator has been designed to generate simulating underpressure of blast wave and applied for the study of underpressure injuries on animals. The generator is composed of a vacuum pump, a hypotensive chamber, an experimental chamber, a membrane-rupturing device and a pressure-measuring system. Its operating principle is as follows:

When the pressure of the hypotensive chamber is being decreased by the drawing of the vacuum pump to a given level, the membrane separating the hypotensive chamber and the experimental chamber is rapidly perforated by a sharp pointer. Underpressure occurs in the experimental chamber where the animal is fixed as soon as the pressure changes instantaneously. The range of the physical parameters of the simulated underpressure are -13 to -90 kPa for the peak level, 1 ms to 90 ms for the decreasing time, and 14 ms to 2000 ms for the duration. Animal experimentation revealed that this device is capable of inflicting injuries and verified the possibility that the underpressure of blast waves can result in injuries.

Key words blast wave; underpressure; blast injury; pulmonary injury

产碱假单胞菌性败血症并多发性肺脓肿、脓气胸一例报告

段绪伟 凌培基 杨肇亨 (第三军医大学大坪医院呼吸科) 630042

产碱假单胞菌引起败血症并多发性肺脓肿、脓气胸临床少见。本文报告一例。

郭某，女性，28 岁，农民。因寒战，发烧 32d，胸痛，气促 20d。于 1991 年 10 月 17 日收入我科。入院查体：体温 38.4℃，脉搏 102 次/min，呼吸 28 次/min，血压 14/10 kPa，面色恍白，懒言。皮肤无黄染，出血点。浅表淋巴结不肿大，气管略向右偏移。左侧胸廓饱满，左上肺叩诊呈鼓音，左下肺呈实音，呼吸音消失。右下肺可闻少许湿罗音。心率 102 次/min，律齐，无杂音。腹软，肝脾未及。辅助检查：WBC 15.2×10^9/L，N 0.90，Hb 7.3 g/L，Bpc 210×10^9/L。肝肾功能正常。胸片示：右侧第三前肋外带可见 1cm×2cm 密度增高影，其间可见液平，中下肺野可见小斑片状影，左侧第四前肋以下大片致密影，可见液平面，其上无肺纹理。抽胸水：外观草黄色混浊液，其间混有少许淡红色液。Rivalta 试验：强阳性，白细胞 6.5×10^9/L，中性 0.92。胸水生化：蛋白 31.8 g/L，糖 0 mmol/L，氯化钠 113 mmol/L。胸液涂片：革兰氏染色，白细胞卅。骨髓检查示感染性骨髓象。胸水培养、痰培养均是纯产碱假单胞菌生长，血培养(－)。诊断：产碱假单胞菌性败血症并多发性肺脓肿、脓气胸。给予氧哌嗪青霉素 8 g/d，丁胺卡那 0.2 肌注 2/d，2d 后体温降至正常。在给抗生素的同时应用生理盐水冲洗胸腔，闭式引流，支持疗法等综合治疗月余。胸片示：脓腔封闭，气体吸收，肺复张，但留有胸膜增厚。痊愈出院。

讨论

假单胞菌属(Pseudomonas)细菌是一组革兰氏阴性无芽胞杆菌，其代表菌是铜绿色假单胞菌(通常称绿脓杆菌)。产碱假单胞菌是假单胞菌属的一种，但不是绿脓杆菌。该菌属广泛存在土壤，水，空气和人体皮肤上[1]，多为条件致病菌[1]，只有在全身抵抗力低下时才感染发病。本例因妊娠足月在家中生产一死

(下转 564 页)

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