

❖ 实验研究

Chest X-ray manifestations of underwater impact injury on rabbits: Comparison with pathological findings

XIA Yun-bao^{1*}, LIN Shi-long², GENG Cheng-jun¹, WANG Jian-jun³

(1. Department of Radiology, 101 Hospital of PLA, Wuxi 214044, China; 2. Naval Medical Research Institute of PLA, Shanghai 200433, China; 3. Pathological Staff Room, the Second Military Medical University, Shanghai 200433, China)

[Abstract] **Objective** To observe chest X-ray changes of rabbits injured by underwater shock wave. **Methods** Sixty-one rabbits were placed 2 m or 6 m underwater with consciousness. Thoracic injuries model rabbits were established by 50 g and 500 g TNT spherical explosives with different equivalent. Comparison with pathological findings, chest X-ray changes of rabbits were observed. **Results** Chest X-ray changes of rabbits with thoracic injuries included lung contusion (52/61), pulmonary laceration (38/61), hematoma (32/61), hemapneumothorax (31/61) and diaphragm rupture (5/61). Pathological manifestations included scattered bleeding of alveoli (56/61), formation of thrombosis of small pulmonary artery and vein (33/61), pulmonary laceration (35/61), hematoma (32/61), diaphragm rupture (5/61). Body injury varied with different equivalents of explosive and shock wave in same experimental conditions. The changes were related to explosion impact borne by the rabbits in water, density of energy flow and depth of water. **Conclusion** Chest X-ray can objectively and accurately evaluate the chest injury of rabbits caused by shock wave underwater.

[Key words] Thoracic injuries; X-rays; Wounds and injuries; Pathology

家兔水中冲击伤的胸部 X 线表现及与病理对照

夏云宝^{1*}, 蔺世龙², 耿承军¹, 王建军³

(1. 中国人民解放军第 101 医院放射科, 江苏 无锡 214044; 2. 海军医学研究所, 上海 200433; 3. 第二军医大学病理教研室, 上海 200433)

[摘要] **目的** 探讨动物受水下冲击波作用后的胸部 X 线改变。**方法** 清醒状态的家兔 61 只, 置于水下 2 m 或 6 m 处, 使用 50 g 和 500 g 两种不同当量球形 TNT 炸药引爆形成冲击波后, 观察动物胸部 X 线改变, 并与组织病理对照。**结果** 水下冲击波作用引起动物胸部损伤的 X 线表现为肺挫伤(52/61)、肺撕裂伤(38/61)、肺血肿(32/61)、血气胸(31/61)、膈肌破裂(5/61)等; 病理表现肺出血(56/61)、血栓形成(33/61)、肺撕裂(35/61)、肺内血肿形成(32/61)、膈破裂(5/61)。相同实验条件下, 不同当量的爆炸物与冲击波致机体损伤的程度有很大差别, 这些差别与动物在水中承受的爆炸冲量、能流密度大小及所处的水深有关。**结论** 胸部 X 线检查可较为客观、准确地评价水下冲击波对动物胸部损伤的性质及程度。

[关键词] 胸部损伤; X 线; 创伤和损伤; 病理学

[中图分类号] R846.2; R814.4 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2010)09-1652-03

水下冲击伤指机体在水下受到爆炸物冲击波作用后形成的损伤。近年来, 冲击波对水下人员的影响受到越来越多的关注。本文以家兔为实验对象, 探讨不同当量 TNT 炸药在不同水深处爆炸后, 致伤动物的胸部 X 线的改变, 并与组织

病理学对照。

1 材料与方法

1.1 实验动物 成年健康家兔 64 只, 体质量 2.0~2.5 kg (家兔为市场购得, 饲养方法为传统家养), 随机分为实验组 (61 只) 和对照组 (3 只), 每次随机取 2~3 只进行实验。选用野外专用实验场, 实验时动物处于清醒状态, 裸露于水下 2 m 和 6 m 处 (距爆心 5 m 和 10 m) 并保定在特制的实验架上, 由水面供给压缩空气保持正常呼吸, 并进行爆冲实验。对照组家兔裸露于水下 6 m 处 15 min, 不实施爆炸, 其余条件与实验组动物相同。

[作者简介] 夏云宝 (1963—), 男, 江苏无锡人, 学士, 副主任医师。研究方向: 医学影像诊断与介入治疗。

[通讯作者] 夏云宝, 中国人民解放军第 101 医院放射科, 214044。

E-mail: hfgej@hotmail.com

[收稿日期] 2010-04-01 **[修回日期]** 2010-05-05

1.2 采用 50 g 和 500 g 两种不同当量的球形 TNT 炸药包进行实验。爆炸结束后,立即将家兔提出出水,观察家兔行为状态并进行胸部 X 线检查、大体解剖和组织病理学观察。

1.3 爆炸冲量和能流密度的测量 用 BK 2635 电荷放大器、XR-510C 磁带机和 Nicolet 440 瞬间记录仪测量并记录动物在水下爆炸时所承受冲击波的压力峰值和作用时间,并通过上述参数计算得出爆炸冲量和能流密度。

1.4 动物胸部 X 线检查和组织病理学检查 所有动物在出水后均立即接受胸部 X 线检查,采用感光成像板曝光摄片,经上海岱嘉 ACR-2000 系统扫描,取向放大,调整窗宽/窗位,打印胸部 X 线片。对致死和严重受伤动物立即进行大体解剖,其余动物观察 6 天后处死并进行解剖观察。标本用 10% 甲醛固定,HE 染色,用光镜常规观察。

2 结果

2.1 动物的行为状态改变与致死率 实验动物在水下 2 m 或 6 m 暴露,经受 50 g TNT 爆炸、冲击波负荷≤2.0 mPa 时,或经受 500 g TNT 爆炸、冲击波负荷≤1.0 mPa 时,动物仅有短时间精神不振,而后状态如常,留观 2~5 天未见异常。随着 TNT 当量及动物暴露水深增加与爆冲负荷加大,动物致死率也增加。动物经受 50 g TNT 爆炸、冲击波负荷≥3.0 mPa,或经受 500 g TNT 爆炸、冲击波负荷≥1.2 mPa 时,致死率达 60.71%(17/28)。本实验中,61 只家兔经 TNT 爆冲后致死 25 只,致死率为 40.98%(表 1)。对照组动物同样在水下 6 m,裸露 15 min 后,未经 TNT 爆冲故全部存活。

2.2 胸部 X 线表现和组织病理变化 对照组家兔胸部 X 线未见明确异常(图 1)。实验组家兔水下爆炸冲击后,胸部 X 线表现可为不同程度的损伤,主要表现为肺挫伤、肺撕裂伤、

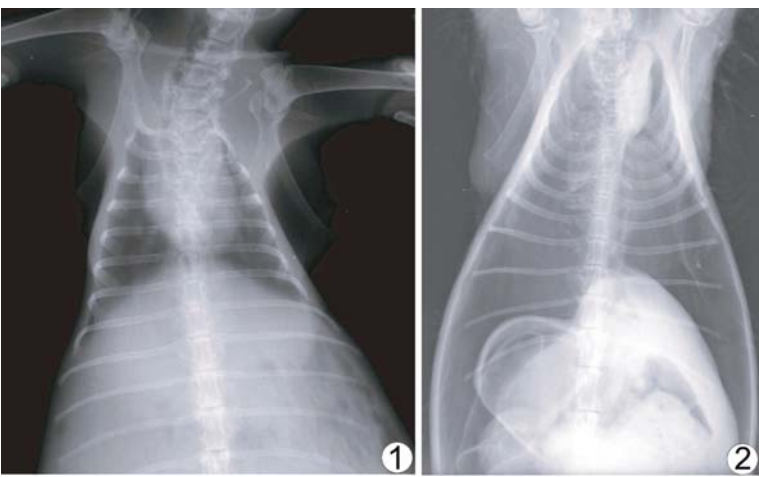


图 1 对照组家兔出水后胸部 X 线片 图 2 实验组家兔在水下 2 m、500 g TNT、冲击负荷 5.0 mPa、距爆炸中心 5 m 时,两侧肺撕裂伤、肺内水肿、气胸、两侧膈破裂的 X 线表现

肺水肿、血气胸、膈破裂(图 2)。大体解剖表现为不同程度出血,如散在性出血,中、大片状出血和大片状出血伴有水肿;肺大疱形成(图 3),部分动物见一叶或多叶肺组织表面破裂(表 2)。光学显微镜下可见部分肺泡腔内水肿液,少数肺血管内见血栓形成(图 4、5)。

2.3 动物胸部损伤情况 随着水下爆炸物当量增加与冲击波超压峰值增大,动物胸部损伤程度加重。动物在 50 g TNT、水下冲击波冲击负荷为 1.0 mPa 爆冲后,动物胸部仅表现为散在肺挫伤,且范围小;病理学表现为散在性肺出血及血栓形成,一般情况下不危及动物生命。而动物在 500 g TNT、水下冲击负荷为 5.0 mPa 爆冲后,动物无一存活,胸部 X 线表现为肺挫伤、肺撕裂伤、肺水肿、血气胸,大体解剖可见肺撕裂伤及水肿,胸膜撕裂明显加重,甚至膈肌破裂改变(表 2)。

表 1 家兔在不同水下深度时接受不同当量炸药与冲击波作用后的情况(n=64)

冲击负荷 (mPa)	50 g TNT				500 g TNT			
	水下距离 2 m	死亡数	水下距离 6 m	死亡数[只(%)]	水下距离 2 m	死亡数	水下距离 6 m	死亡数
	动物数(只)	[只(%)]	动物数(只)		动物数(只)	[只(%)]	动物数(只)	
实验组								
1.0	8	0	0	0	19	8(42.11)	0	0
1.2	0	0	2	0	0	0	0	0
1.5	0	0	0	0	0	0	2	1(50.00)
2.0	2	0	2	0	0	0	4	3(75.00)
3.0	8	2(25.00)	4	1(25.00)	2	2(100)	0	0
4.0	2	2(100)	0	0	2	2(100)	0	0
5.0	0	0	0	0	4	4(100)	0	0
对照组	0	0	3	0	0	0	0	0

表 2 家兔在不同当量 TNT 水中爆炸后胸部 X 线改变及组织病理学变化(n=61,只)

药量	动物 数量	胸部 X 线表现					组织病理学变化				
		肺挫伤	肺撕裂伤	肺水肿	血气胸	膈破裂	肺出血	血栓形成	肺撕裂	水肿	膈破裂
50 g TNT	28	22	11	6	7	0	25	9	7	6	0
500 g TNT	33	30	27	26	24	5	31	24	28	26	5

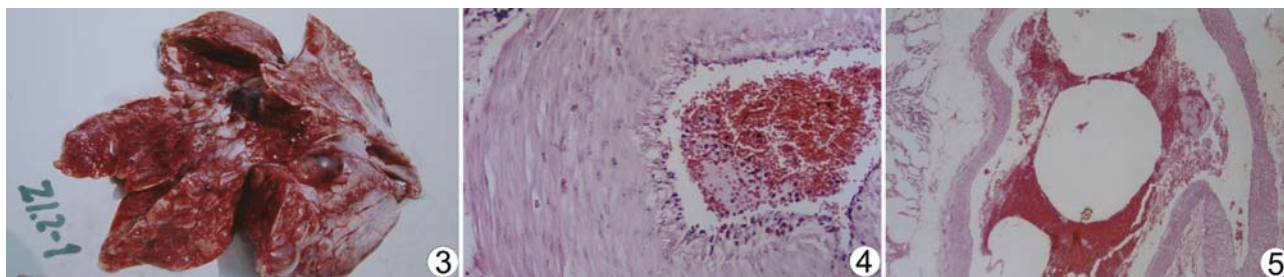


图 3 大体解剖可见肺出血、肺血肿、肺大疱
栓(HE, ×40)

图 4 肺小动脉血栓形成, 内膜可见少量炎性细胞浸润(HE, ×20)

图 5 肺静脉内血

3 讨论

3.1 水下冲击伤的损伤特点 冲击波通过介质向周围传播, 由于介质密度不同, 其传播速度也有所不同。水的密度约为空气的 800 倍, 因此与空气冲击波相比, 水下冲击波的传播速度快, 传播的距离也较远。与空气爆炸相比, 同质量的水下爆炸同距离的压力值可相差约 200 倍^[1-2]。空气环境冲击伤主要引起肺脏组织和听觉器官的损伤, 舰船上的固体冲击伤可引起跟骨损伤, 以及对人体抛射后继发性损伤。本研究显示, 水下冲击伤引起动物肺脏损伤表现为外轻内重, 不同于空气环境和舰船上固体冲击伤的伤情特点^[3], 其 X 线表现十分明显且严重, 并得到大体解剖和病理组织学证实, 致死率为 40.98%(25/61), 与文献报道大致相近^[4]。

3.2 胸部 X 线改变和组织病理学改变 肺挫伤是各种原因引起的胸壁撞击或爆炸气浪冲击, 其强大的暴力作用于胸壁, 使胸腔缩小, 增高的胸内压力压迫肺脏, 引起肺实质的出血、水肿; 外力消除后变形的胸廓弹回, 在产生胸内负压的一瞬间又导致原损伤区的附加损伤。肺挫裂伤是由于较重外力挫伤造成的肺组织撕裂, 气体或血液溢入肺组织的裂口内。较大的撕裂伤致肺组织破裂后可形成囊腔, 囊腔内有液平面和气体, 如被血液充满可形成血肿(肺血肿)。胸膜如有撕裂即可产生液气胸。在人类, 儿童和老年人胸壁结构较软, 可曲性较大, 故较易产生胸部闭合性创伤。本实验应用家兔为实验对象, 其胸壁结构比较柔软, 故以闭合性损伤为主, 胸部 X 线表现为肺纹理增多、增粗, 轮廓模糊, 伴有斑点状阴影或边缘模糊不清的片絮状影, 有的可呈大片融合渗出影。病变可局限于外伤部位, 亦可弥散于一侧肺野或出现在两侧, 甚至可见肺囊肿、肺内血肿、气胸、血气胸。大体解剖为不同程度出血, 如散在性出血, 中、大片状出血和大片状出血伴血肿, 肺大疱形成, 部分动物见一叶或多叶肺组织表面的破裂, 甚至膈肌破裂。本组无实验兔伴有胸壁损伤, 特别是肋骨改变。光学显微镜下主要可见肺毛细血管损伤, 间质及肺泡内血液渗出及间质水肿, 细胞液及渗出液广泛充满肺泡内, 少数动脉肺血管内见血栓形成。

3.3 不同当量 TNT 爆炸冲击伤动物胸部 X 线表现 本组实

验显示, 动物在水下经不同当量、不同距离炸药爆冲后, 主要表现为肺脏损伤范围由小变大, 程度由轻变重^[5], 呈现肺挫伤、肺撕裂伤、肺血肿、血气胸甚至膈肌破裂, 并得到组织病理学证实。由此可以推测, 水下冲击伤早期死亡主要原因可能为肺脏损伤致呼吸衰竭^[6-12]。

总之, 胸部 X 线检查能较为客观、准确地评价水下冲击伤对动物肺部损伤性质及程度, 达到快速、明确诊断, 可为临床治疗提供较为准确的依据。

[参考文献]

- [1] 杨志焕, 李晓炎, 宁心, 等. 水下冲击波与空气冲击波对生物内脏损伤效应的对比研究. 中华航海医学与高气压医学杂志, 2006, 13(2):65-68.
- [2] 宁心, 李晓炎, 杨志焕, 等. 水下冲击波和空气冲击波传播速度及物理参数的对比研究. 解放军医学杂志, 2004, 29(2):97-99.
- [3] 杨志焕, 朱佩芳, 蒋建新, 等. 水下冲击波的生物效应. 爆炸与冲击, 2003, 23(2):134-139.
- [4] 张岫竹, 周继红, 蒋建新, 等. 水下冲击伤后肺与血气的变化及其意义. 解放军医学杂志, 2004, 29(2):100-102.
- [5] 蔺世龙, 刘景昌, 王建军, 等. 水中冲击伤动物伤情特点与脏器组织病理学的变化. 中国微循环杂志, 2003, 7(6):348-351.
- [6] 陈海斌, 王正国, 杨志焕, 等. 冲击波传播的三个时段模拟实验中动物的肺损伤. 爆炸与冲击, 2000, 20(3):264-269.
- [7] 张波, 刘大雄, 蒋建新, 等. 犬水下冲击伤后主要脏器的病理学变化. 第三军医大学学报, 2003, 25(11):938-940.
- [8] 杨志焕, 朱佩芳, 蒋建新, 等. 水下冲击伤损伤特点的初步探讨. 中华创伤杂志, 2003, 19(2):111-114.
- [9] 单佑安, 蒋建新, 杨志焕, 等. 大剂量地塞米松对犬严重肺冲击伤的治疗作用. 第三军医大学学报, 2003, 25(11):935-937.
- [10] 刘大雄, 杨志焕, 张波, 等. 水下冲击伤致犬肺损伤的病理学观察. 第三军医大学学报, 2005, 27(12):1216-1219.
- [11] 朱佩芳. 水下冲击伤的防治. 人民军医杂志, 2006, 49(10):560-562.
- [12] 王峰, 周继红, 杨志焕, 等. 水下冲击伤伤情特点的实验研究. 创伤外科杂志, 2007, 9(6):540-543.