

超声显像兔肺爆震伤的实验研究

梁诗敏 邓旦 曾欣 李茜 刘先梅

摘要 目的 探讨不同程度兔肺爆震伤的超声图像特征。方法 选取新西兰大白兔 50 只,建立轻、中、重度实验兔肺爆震伤模型(轻、中、重度致伤组各 15 只)和非致伤组 5 只,分别于爆震前后行超声检查观察各组肺部及胸腔变化情况,测定各组肿瘤坏死因子(TNF- α),并与病理结果对照分析。结果 超声显示轻度致伤组少部分肺区见少许“彗星尾”征(同一切面小于 3 处);中度致伤组 12 只实验兔肺区见“彗星尾”征(同一切面占据整个切面 1/2 及以上),3 只出现“白瀑布”征;重度致伤组 13 只实验兔表现为大面积的“白瀑布”征,2 只合并气胸及胸腔积液。轻、中、重度致伤组爆震后立即 TNF- α 均较其爆震前增大,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),爆震后三组间及任意两组间 TNF- α 比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。病理结果提示轻、中、重度致伤组实验兔肺出血、肺淤血及肺水肿依次加重。结论 兔肺爆震伤具有显著的声像图特征,超声能较准确地评估肺爆震伤的范围和程度,可为临床早期诊断和后期救治提供重要的参考价值。

关键词 超声检查;爆震伤,肺;TNF- α ;兔

[中图分类号] R-332;R445.1

[文献标识码] A

Experimental study of lung blast injury in rabbits by ultrasonography

LIANG Shimin, DENG Dan, ZENG Xin, LI Qian, LIU Xianmei

Department of Ultrasound, General Hospital of Chengdu Military, Chengdu 610000, China

ABSTRACT Objective To explore the ultrasonic imaging features of lung blast injury in different degrees in rabbits. **Methods** Fifty New Zealand white rabbits were selected, and animal models of mild, moderate and severe lung blast injury were established (each group has 15 rabbits), non-injurious group has 5 rabbits. Changes in the lungs and chest wall were observed by ultrasonic imaging before and after the blast, and the TNF- α in each group was measured, the results was compared with pathologic. **Results** The mild injured group showed a little “comet tail” in the lungs (the same section is less than three), the moderate injured group showed “comet tail” can be found in 12 rabbits (“comet tail” occupied half and above of section), the severe injured group showed “white lung” can be found in 13 rabbits, and 2 rabbits with pneumothorax and pleural effusion. The immediate TNF- α of all groups after blast were higher than that before blast, the differences were statistically significant (all $P < 0.05$). There were statistically significant differences in TNF- α after blast among three groups and between any two groups (all $P < 0.05$). The histopathological anatomy of the three groups showed that pulmonary hemorrhage, pulmonary congestion and pulmonary edema were aggravated orderly. **Conclusion** The lung blast injury has the characteristic of ultrasonography, and the ultrasound imaging can assess the range and intensity of the lung blast injury accurately, and it can provide important reference value for early clinical diagnosis and later treatment.

KEY WORDS Ultrasonography; Blast injury, lung; TNF- α ; Rabbits

战争和意外爆炸事故所致的肺爆震伤其伤情复杂,复合伤多,且损伤隐匿,临床救治困难,是爆炸现场和早期死亡的主要原因。既往主要集中研究致伤机制,病理生理及临床救治方面,对于爆震伤的诊断领域涉及较少,且大多致力于 CT 等影像学诊断,较少涉及超声诊断。由于肺部是一个含气的特殊结构,声波透过胸

壁后仅能观察正常肺脏表面而不能穿过肺脏,但声波投照于受损肺组织时反射回来的独特伪像可显示其受损情况^[1]。作为临床影像学检查的主要手段之一,超声具有便携、无创伤的特点,极其适用于危急重症患者的早期检查^[2]。本实验旨在探讨兔肺爆震伤的超声显像特征。

材料与方法

一、实验动物

新西兰大白兔 50 只,不限雌雄,体质量 1.9~2.2 kg,由成都木森林兔养殖繁育中心提供。

二、实验材料及仪器

自制 L 型不锈钢致伤平台(中空钢板带不锈钢网遮蔽,上下带不锈钢滑板,平台大小 30 cm×52 cm×74 cm,铁丝直径 0.5 mm,网孔面积 2.5 mm×2.5 mm);8# 纸质瞬发电雷管;爆震冲击波检测仪;Philips 7C 彩色多普勒超声诊断仪,线阵探头,频率 10~13 MHz。

三、实验方法

1.检查前准备及分组:将实验兔仰卧固定于金属架上,四肢及头部用不锈钢锁扣固定,去除前胸区体毛,上至颈部下端,下至最低肋缘下方,左、右达到腋中线。采用氯胺酮(2 ml/kg)经耳缘静脉注入进行麻醉。按爆震源(8# 纸质瞬发电雷管)与家兔前正中中线胸骨中点的距离分为轻度致伤组(致伤距离 13 cm)、中度致伤组(致伤距离 10 cm)及重度致伤组(致伤距离 7 cm),每组各 15 只,余 5 只作为病理对照组(非致伤组)。

2.胸部爆震伤模型建立:将实验兔置于特质的 L 型不锈钢致伤平台,将 8# 纸质瞬发电雷管放于实验兔前正中中线与胸骨中点交点同一水平,并由专业爆破人员使用爆发器予以引爆,同时在实验兔同一水平肋缘两侧放置冲击波感应器检测冲击波压力峰值。爆炸致伤后立即观察胸壁有无损坏,实验兔是否立即死亡。

3.超声检查:爆震前超声探查肺脏各部位表面回声、胸腔内有无积液及胸壁完整情况。致伤后即刻行超声检查观察兔肺部和胸腔声像图有无变化,寻找并记录各组肺部及胸腔损伤的声像图特征。

4.肿瘤坏死因子(TNF- α)检测:于爆震前和致伤后即刻经耳缘静脉抽取实验兔静脉血检测 TNF- α 值的变化。

5.病理检查:致伤后存储图像,处死实验兔,取出

肺组织,对伤情进行大体评估,常规石蜡包埋,HE 染色,光镜下观察病理变化。

三、统计学处理

应用 SPSS 统计软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,行独立样本 t 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、实验兔爆震及损伤情况

轻、中、重度致伤组爆震时的冲击波压力峰值分别为 (235.6 ± 25.5) kPa、 (601.4 ± 256.8) kPa 及 (1143.2 ± 167.4) kPa,三组测得的冲击波压力峰值呈递增趋势。非致伤组、轻度致伤组及中度致伤组实验兔无死亡情况,重度致伤组爆震死亡 8 只。

二、各组爆震前后超声表现

爆震前各组行常规超声扫查提示双侧肺部可见正常的胸膜强回声带和与其平行的数条高回声线(A 线),双侧胸壁完整,脏层胸膜随呼吸周期相对于壁层胸膜做相对运动,双侧胸腔未见积液。爆震后,非致伤组未见明显变化;轻度致伤组超声提示出现少许散在“彗星尾”征,即同一切面少于 3 处(图 1),其中 4 只出现在上胸部两侧,余 11 只均出现在下肺部两侧,胸壁完整,未见肺搏动征,未见胸腔积液;中度致伤组超声提示 12 只实验兔上、下肺部两侧均出现“彗星尾”征,即同一切面彗星尾征占据整个切面 1/2 及以上(图 2),3 只出现“白瀑布”征,胸壁完整,未见胸腔积液;重度致伤组超声提示 13 只出现“白瀑布”征并伴有“彗星尾”征出现(图 3),2 只出现少许胸腔积液(图 4),其中 1 只胸壁连续性中断,肺点出现(图 5)。

三、各组爆震后病理检查结果

1.大体解剖比较:①非致伤组,肺脏表面未见异常,切面完整,挤压未见异常液体流出;②轻度致伤组,一叶或数叶有斑片状出血,肺脏表面未见肿胀,挤压切面可见少量粉色泡沫样液体流出(图 6A);③中度致伤组,肺脏表面整体均匀分布着弥漫的片状出血,呈红白

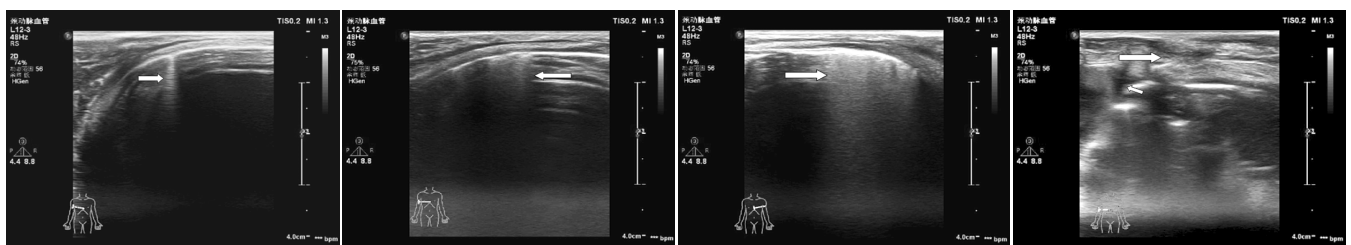


图 1 轻度致伤组超声检查示右侧肺部近边缘处单一“彗星尾”征(箭) 图 2 中度致伤组超声检查示右侧肺部近边缘处单一“彗星尾”征(箭) 图 3 重度致伤组超声检查示左侧下肺部数条“彗星尾”征(箭头示) 图 4 重度致伤组超声检查示右侧下肺部边缘出现“白瀑布”征(箭头示) 下肺部少量胸腔积液(箭头示)

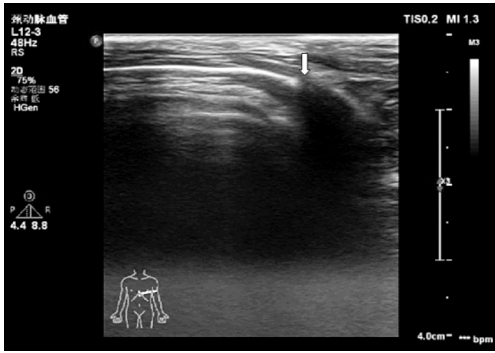
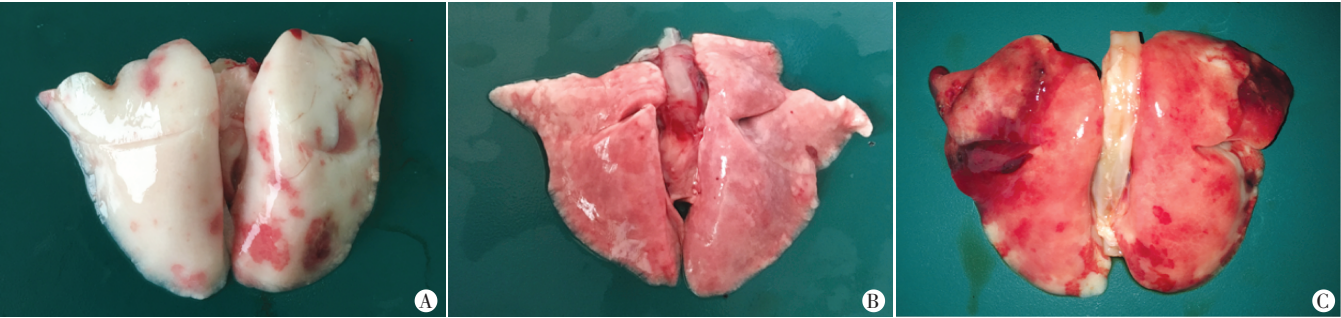


图 5 重度致伤组超声示肺点出现(箭头示)

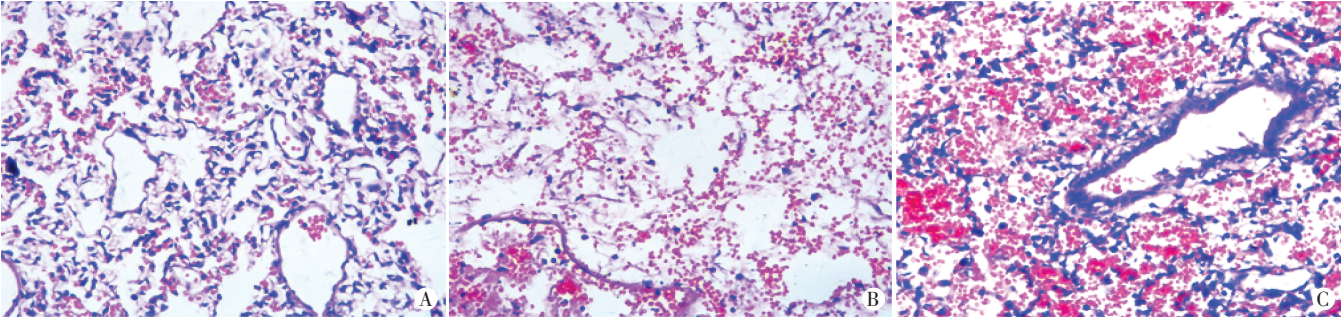
相间,肺脏表面未见明显肿胀,挤压切面可见粉红色泡沫液体流出(图 6B);④重度致伤组,肺脏表面弥漫分布着斑片状出血,其中一叶或数叶有 1 处以上的大片状出血,其表面明显膨胀,发亮,呈淤血状,切面小支气管管腔内可见较多红色泡沫样液体流出(图 6C)。

2.HE 染色结果比较:①轻度致伤组,大部分均为正常肺泡结构,部分毛细血管周围可见少量红细胞及炎性细胞浸润,肺泡腔内轻微水肿(图 7A);②中度致伤组,肺水肿及肺出血较重度致伤组轻,肺泡腔内水肿明显,红细胞浸润,肺毛细血管内可见淤血,毛细血管外可见散在灶状出血,终末支气管炎性细胞浸润明显(图 7B);③重度致伤组,HE 染色镜下见肺毛细血管高度扩张淤血,肺水肿及肺出血明显,肺泡腔内含有大量红细胞及水肿液,终末支气管周围可见大量炎性细胞浸润(图 7C)。



A:轻度致伤组;B:中度致伤组;C:重度致伤组。

图 6 各致伤组兔肺大体解剖图



A:轻度致伤组;B:中度致伤组;C:重度致伤组。

图 7 各致伤组病理图(HE 染色,×200)

四、不同程度致伤组 TNF-α 测值比较

轻、中、重度致伤组爆震前后 TNF-α 测值比较,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);爆震后各组两两比较,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。见表 1。

表 1 各致伤组爆震前后 TNF-α 测值比较($\bar{x}\pm s$) ng/ml

时间	轻度致伤组	中度致伤组	重度致伤组
爆震前	4.19±0.65	4.43±0.48	4.50±0.50
爆震后	6.70±0.48	8.62±0.48	10.73±0.69
<i>t</i> 值	-15.44	-51.85	-25.48
<i>P</i> 值	0.000	0.000	0.000

讨 论

爆震伤也称为冲击伤,是由于空气迅速从爆炸点向外扩散并代替周围的介质(空气或水),导致压力的急速增加产生冲击波作用于动物体或人体造成损伤。爆震伤伤情复杂,外表可无伤痕,内部器官却已发生了严重的损伤,给临床诊断带来了极大的困难^[3]。目前胸部损伤检查主要以 CT 这类大型设备影像学检查为主,限制了在特殊致伤环境和大型意外事故的检查效率,在一定程度上降低了临床的救治率。超声具有便捷、无创的特点,在肺爆震伤伤情诊断方面有巨大的潜力^[4]。本实验旨在探讨不同程度兔肺部爆震伤的超声显像特征。

根据文献及前期预实验^[5-6]对爆震距离与相应损

伤程度相关性的摸索探讨,本实验按 3 个距爆震源不同的距离对实验兔致伤,轻、中、重度致伤组距爆震源的距离分别约 13 cm、10 cm 及 7 cm,爆震冲击检测仪测得轻、中、重度致伤组爆震时的冲击波压力峰值呈递增趋势,随着致伤距离的缩短,肺部发生肺出血、肺淤血及肺水肿的病理表现依次加重并呈现出明显差异,其伤情与本实验分组预期大致吻合,验证了分组的合理性。

本实验研究中,不同程度致伤组的超声图像有明显的差别:轻度致伤组超声表现为同一扫查切面“彗星尾”征少于 3 处,未出现气胸及胸腔积液图像;中度致伤组超声表现为同一扫查切面内“彗星尾”征占据整个切面 1/2 以上,3 只出现小面积不可计数的“彗星尾”征,表现为融合“彗星尾”征,即文献^[7]所指的“白瀑布”征,未见气胸及胸腔积液图像;重度致伤组超声表现为 13 只出现“白瀑布”征,呈气胸声像图特点,2 只出现胸腔积液,其中 1 只出现肺搏动消失。本实验中,上述“彗星尾”征在上、下肺部的分布出现了明显的差异,上肺部出现“彗星尾”征的程度及数量轻于下肺部,重度致伤组的“白瀑布”征主要集中在下肺部两侧,而上肺部基本表现为轻、中度“彗星尾”征声像图。超声能定位肺部损伤情况并对伤情程度做出大致判断,能对早期肺爆震伤进行实时有效的伤情评估,可为临床的早期诊断提供更为强而有力的影像学证据。

临床上肺挫伤研究^[8]显示,肺损伤后支气管灌洗液和血清中的 TNF- α 、IL-1 及 IL-6 浓度显著增加,其浓度水平与肺部损伤的严重程度成正比,能够准确判断肺部炎症的发展程度。TNF- α 是肺部炎症反应的关键因子,其能刺激粒细胞和单核巨噬细胞产生大量蛋白酶和炎性递质产生炎症反应,启动炎症级联反应,导致过度炎症反应,并且可以与相应受体结合,引发溶酶体破裂,导致肺组织损伤^[9]。本实验结果提示各致伤组 TNF- α 水平按致伤程度由轻到重呈递增关系,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),提示肺部存在明显炎症反应,且随着肺部受损程度的增加而升高。

本实验中大体病理观察发现,肺表面淤血、出血均以下肺区为明显,这与超声常规扫查结果相符,初步探讨造成此现象的原因应该与实验兔爆震的体位和解剖结构有关。光镜下病理观察肺表面出血区及镜下组织

学改变大致对应。肺淤血是指局部血管出现淤积,与左心腔内压升高,阻碍肺静脉回流有关;肺水肿是肺内血管与组织之间液体交换功能紊乱所致肺含水量增加而严重影响呼吸功能,肺爆震伤中出现肺水肿及肺淤血两种现象应是几乎同时出现,并且相互作用,文献^[10-11]提示肺水肿、肺淤血及肺出血是产生弥漫性“彗星尾”征的直接病理基础。病理解剖肺表面出血及淤血与超声下肺水肿征象位置大致吻合。

综上所述,兔肺爆震伤表现主要集中在“彗星尾”征的显示,胸腔积液及气胸表现占少数。中、重度肺爆震伤声像图特征明显,检出敏感性高,肺部发生肺淤血、肺出血的位置与程度与病理解剖较一致。超声能较准确地评判肺部损伤的范围和程度,为伤情判断奠定了较好的基础,可为临床早期诊断和后期救治提供重要的参考价值。

参考文献

- [1] Jambrik Z, Monti S, Coppola V, et al. Usefulness of ultrasound lung comets as a nonradiologic sign of extravascular lung water [J]. *Am J Cardiol*, 2004, 93(10):1265-1270.
- [2] 查长松, 董磊. 肺超声在危重症患者中的临床应用 [J]. *实用医药杂志*, 2015, 32(2):139-142.
- [3] Sasser SM, Sattin RW, Hunt RC, et al. Blast lung injury [J]. *Prehosp Emerg Care*, 2006, 10(2):165-172.
- [4] 叶熊, 张睢扬. 肺超声的临床应用进展 [J]. *国际呼吸杂志*, 2012, 32(14):1117-1120.
- [5] 邹晓防, 李斌, 宋卫平, 等. 肺部中度冲击伤模型的建立 [J]. *中华损伤与修复杂志(电子版)*, 2013, 8(3):241-244.
- [6] 白俊清, 宋敬锋, 白璐, 等. 家兔肺爆震伤的实验研究 [J]. *中国煤炭工业医学杂志*, 2013, 16(12):2048-2050.
- [7] 黄丽娜, 倪衡建, 姜建威. 肺爆震伤的影像学表现 [J]. *中国医学影像学杂志*, 2015, 23(6):458-460, 465.
- [8] 严家川, 杨志焕, 冯刚, 等. 冲击伤复合破片致伤后血浆和肺组织 IL-8、IL-6、TNF- α 的变化及其意义 [J]. *中华创伤杂志*, 1999, 15(S1):30-33.
- [9] 张波, 卢兆桐, 袁未, 等. 家兔轻中度肺爆震伤相关指标及早期主要死亡原因的研究 [J]. *创伤外科杂志*, 2012, 14(6):535-538.
- [10] 闫丹丹, 张丹, 李燕东, 等. 家兔胸部弥漫性彗星尾征模型的建立 [J]. *中华临床医师杂志(电子版)*, 2014, 8(24):102-105.
- [11] Baldi G, Gargani L, Abramo A, et al. Lung water assessment by lung ultrasonography in intensive care: a pilot study [J]. *Intensive Care Med*, 2013, 39(1):74-84.

(收稿日期:2017-11-06)