文章编号:1000-5404(2012)18-1811-03

论著

高速小口径步枪弹致防弹衣后猪背部钝性损伤特点

李晓霞,赖西南,王建民,张 波,李冠桦,黄艺峰,苏正林,王丽丽 (400042 重庆,第三军医大学大坪医院野战外科研究所第六研究室,创伤、烧伤与复合伤国家重点实验室,武器杀伤生物效应评估军队重点实验室)

[摘要] **目的** 研究某型高速小口径步枪弹(简称某步枪弹)致复合防弹衣保护下的长白猪背部钝性损伤的特点及力学机制。**方法** 17头长白猪随机数字表法分为实验组($n=9$)、对照组($n=5$)和压力测定组($n=3$)。实验组采用复合防弹衣(陶瓷防弹板+超高分子量聚乙烯)防护猪背部,以某步枪弹瞄准背部T8椎体射击防弹衣,观察射击前、后猪心率、动脉血压和血氧饱和度,检测脑电、心电;射击后6 h活杀解剖,观察猪病理损伤特点。对照组除射击无弹头的等量弹药的空包弹外,余处理同实验组。压力测定组仅测定某步枪弹射击猪背部时局部压力。**结果** 实验组、压力测定组防弹衣均未击穿,步枪弹命中防弹衣瞬间,防弹衣后局部肌肉组织压力升高明显,猪心率、动脉收缩压、心电与对照组相比无明显变化,防弹衣后脊髓呈钝挫伤病理改变,心内膜、肺脏、肝脏、肾、脾脏轻度出血。**结论** 某型高速小口径步枪弹击中猪背部复合防弹衣时,防弹衣虽未击穿,但防弹衣后脊髓及胸腹腔脏器组织存在不同程度钝性损伤,这可能与防弹衣快速变形造成的背部钝性撞击,局部压力升高有关。

[关键词] 高速小口径步枪弹;背部;复合防弹衣;钝性损伤
[中图法分类号] R-332;R642;R826.5 [文献标志码] A

Features of blunt wound in back of pig wearing composite armour hit by high speed microstomia Rifle bullet

Li Xiaoxia, Lai Xinan, Wang Jianmin, Zhang Bo, Li Guanhua, Huang Yifeng, Su Zhenglin, Wang Lili (State Key Laboratory of Trauma, Burns and Combined Injury, Department 6, Key Laboratory of Weapon Bioeffect Assessment, Institute of Surgery Research, Daping Hospital, Third Military Medical University, Chongqing, 400042, China)

[**Abstract**] **Objective** To investigate the features of back wounds and mechanical mechanism of experimental pigs protected by composite armour hit by high speed microstomia Rifle bullet. **Methods** A total of 17 pigs were randomly divided into experimental group ($n=9$), control group ($n=5$) and pressure testing group ($n=3$). Pigs of the experimental group adopt composite armour (ceramic bulletproof plates + ultra-high molecular weight polyethylene) to protect their back and get shoot by high speed microstomia Rifle bullets aim at T8 back centrum vertebrae. Control group received same procedures as experimental group except shooting equivalence cartridge without bullet. Pressure test group was used to measure local timely pressure shooting by Rifle bullet. The pigs were observed for heart rate (HR), systolic arterial pressure (SAP), and electrocardiography and electroencephalography were performed. In 6 h after shooting, the pigs of the experiment and control groups were sacrificed for pathological observation. **Results** Composite armour was not broken in the experimental and pressure test groups. Local muscle tissue received obviously increased pressure at the shooting time. No obvious change was found in HR, SAP, and electrocardiogram between the experimental and control groups. Significant blunt injury was seen in the spinal cord covered by armour. Mild bleeding was found in the endocardium, lung, liver, kidneys, and spleen. **Conclusion** When high speed microstomia Rifle bullet shoots pig back with composite armour, the spinal cord, cavitas thoracis, and peritoneal cavity tissues have blunt injuries with different severities though the armour was not disrupted. This may be due to back passive state impact caused by the armour distorted quickly and increase of local pressure.

[**Key words**] high speed microstomia Rifle bullet;back;composite armour;blunt wound

Supported by the Special Foundation of Medical Research of PLA (06Z034). Corresponding author: Lai Xinan, Tel: 86-23-68757463, E-mail:laixinan@163.com

[基金项目] 全军医学科研"十一五"计划专项课题(06Z034)
[通信作者] 赖西南,电话:(023)68757463,E-mail:laixinan@163.com

高速小口径步枪弹是指初速在760 m/s以上,口径小于6 mm的枪弹。自上世纪60年代美军率先使用M-193 5.56 mm弹以来,目前国际上轻武器枪弹以高速小口径枪弹为主,如美军M-193 5.56 mm、俄国5.45 mm、北大西洋公约组织SS109 5.56 mm等。高速小口径枪弹速度高,动能大,侵彻能力强,命中组织造成的损伤重。目前可阻止高速枪弹侵彻的防弹衣多采取复合结构,即采用氧化铝陶瓷复合板和超高分子量聚乙烯材料,通过耗散、吸收弹头动能,防止枪弹对人体的伤害。以往研究已证实,虽然防弹衣能阻止弹头侵彻机体,但防弹衣耗散的弹头的动能可以钝性载荷的方式作用于防弹衣后机体组织,造成防弹衣后钝性损伤(behind armour blunt trauma, BABT)。以往对这一损伤的研究主要集中于胸部[1-7],对背部防弹衣的后效损伤特点尚少见报道。本实验观察高速步枪弹撞击猪背部防弹衣时,猪背部皮肤软组织、脊髓和胸、腹腔损伤特点,检测背部软组织的压力变化,为防弹衣后效应损伤的救治与防弹衣改进提供依据。

1 材料与方法

1.1 实验动物及分组

雄性长白猪17头,体质量(52.67±6.27)kg,随机数字表法分为实验组($n=9$)、对照组($n=5$)和压力测定组($n=3$)。3组间一般资料无差异,具有可比性。

1.2 复合防弹衣

复合防弹衣是由陶瓷防弹插板(购于浙江宁波大成公司)和软式防弹衣组成(为超高分子量聚乙烯材料,购于江西九江5727厂),防护等级为NIJ Ⅲ级。

1.3 致伤模型

将已麻醉(3%戊巴比妥钠)长白猪侧卧于致伤实验台,陶瓷防弹插板、超高分子量聚乙烯材料依次紧贴猪背部,采用弹道枪发射某型高速小口径步枪弹射击防弹衣覆盖下的猪,瞄准点为背部T8椎体,射击距离25 m。以非接触式激光靶测试枪弹撞击速度。对照组除射击无弹头的等量弹药的空包弹外,余处理同实验组。压力测定组仅测定某步枪弹射击猪背部时局部压力。

1.4 检测指标及仪器

1.4.1 生理指标 射击前及射击后2、5、10、15、20 min,采用Suresigns VM8生理检测仪(Philips公司,荷兰)检测猪股动脉血压、心率、血氧饱和度;福田720型6通道心电记录仪记录心电变化;NuampsⅡ型便携式64道脑电图仪(Neuroscan公司,美国)记录左、右额叶脑电变化,以Neuroscan 4.3软件对脑电图进行频谱分析法,获取0~30 Hz对应的功率幅度均值。

1.4.2 病理解剖 射击后6 h以过量戊巴比妥钠麻醉猪后活杀解剖,观察防弹衣后皮肤肌肉、脊柱及胸腹腔脏器大体损伤情况。取防弹衣后脊髓和脑组织(皮层、海马、垂体等部位),分别以4%多聚甲醛和2.5%戊二醛固定后,以光镜、电镜观察损伤显微、超微结构改变。

1.5 压力检测

在T8棘突旁软组织内放置压力传感器(113B24, PCB Piezotronics Inc.,美国),传感器感受面与棘突垂直。检测高速步枪弹击中防弹衣瞬间棘突旁软组织压力变化。

1.6 统计学方法

数据以$\bar{x}\pm s$表示,采用SPSS 10.0统计软件行多因素方差分析。

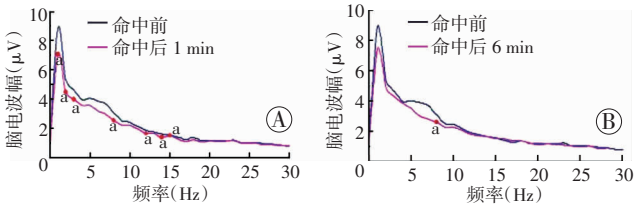
2 结果

2.1 防弹衣与长白猪一般情况

某型高速步枪弹头命中防弹衣时撞击速度为890 m/s,弹头均未穿过陶瓷防弹插板,弹孔后插板半球形凸起,后凸高度为(9.33±1.51)mm,后凸面积为(50.75±11.66)cm^2。实验组长白猪均活存,防弹衣后脊柱完整,无断裂或破裂;命中防弹衣后心率、动脉压和血氧饱和度与命中前相比均无明显改变。防弹衣弹着点下方背部皮肤呈圆形苍白缺血区[(27.17±11.18)cm^2]和红晕充血区[(72.50±14.00)cm^2]改变,苍白区皮肤破损,渗血明显,皮下组织完整。

2.2 心电、脑电图变化

命中防弹衣后长白猪心电图无心肌缺血、心电传导异常。命中防弹衣后1 min,在额叶和顶叶部位记录的不同频率脑电功率值波幅强度均下降,与命中前有明显差异($P<0.01$);3~6 min后脑电活动逐渐恢复正常(图1)。



a: $P<0.05$,与命中前比较;A:命中前与命中后1 min脑电功率值;B:命中前与命中后6 min脑电功率值

图1 命中前与命中后长白猪脑电功率值的动态变化

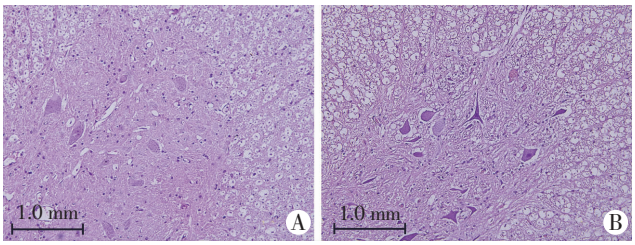
2.3 压力结果

高速步枪弹击中防弹衣瞬间棘突旁软组织压力为(144.44±97.81)kPa。

2.4 病理损伤

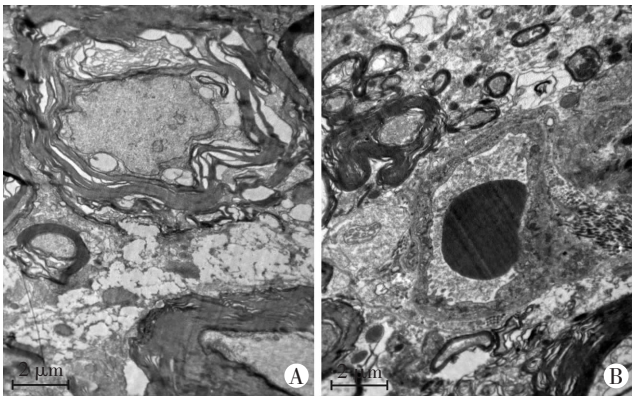
2.4.1 大体病理 对照组长白猪脊髓及胸腹腔脏器无肉眼观损伤。实验组6头猪脊髓出现局灶性钝挫性蛛网膜下腔出血(66.7%),6头猪心脏出血(66.7%),9头猪肺出血(100.0%),6头猪肝出血(66.7%),3头猪肾出血(33.3%),4头猪脑出血(44.4%),1头猪脾出血(11.1%)。

2.4.2 脊髓显微与超微病理 光镜观察示,对照组脊髓前角神经元形态正常(图2A);实验组命中防弹衣后脊髓前角细胞神经元变形皱缩,细胞质和细胞核深染,有些细胞的细胞核消失,尼氏体溶解,轴突变形并崩解(图2B)。电镜观察示实验组有髓神经纤维内有空泡和板层小体形成,脊髓前角血管内皮肿胀(图3)。



A:对照组;B:实验组

图 2 光镜观察 2 组长白猪脊髓形态变化 (HE)



A:脊髓前角有髓神经纤维内空泡、板层小体形成;B:脊髓前角血管内皮肿胀

图 3 电镜观察实验组长白猪脊髓形态变化

3 讨论

由于新材料、新技术在防弹衣的应用,目前新型防弹衣可防高动能步枪弹损伤。如 NIJ Ⅲ 级(美国司法学会防弹衣防护标准)复合结构防弹衣可防 AK-47、56 式步枪发射的 7.62 mm 步枪弹。现代高技术战争中,防弹衣已作为作战人员的基本装备广泛应用,大幅度减低了胸部战伤的发生率。美军在伊拉克战争、索马里军事行动中胸部战伤的发生率,已由朝鲜战争 17% 分别下降到 10% 和 8%。可防步枪弹的 NIJ Ⅲ级防弹衣主要是通过陶瓷防弹插板高硬度、高模量、高压缩强度消耗枪弹动能,充分破坏弹体,吸收枪弹的大部分能量,同时利用超高分子量聚乙烯纤维材料快速变形,迅速将冲击能向冲击点以外区域传播,并将弹头和碎片捕获,从而有效减少枪弹穿透机体的伤害。以往研究已证实,防弹衣快速变形可挤压、撞击防弹衣后组织,造成防弹衣后钝性伤。本实验证实,某型高速步枪弹射击覆盖在长白猪背上的 NIJ Ⅲ级防弹衣,防弹衣快速变形可造成背部防弹衣后胸腹腔脏器组织损伤,这主要与撞击点处压力骤升,压力波在胸腹腔传播、反射有关[8-9]。

本实验注意到,背部防弹衣着弹发生的快速变形不仅可造成胸腹腔脏器组织损伤,同时可造成脊髓挫伤。由于脊髓损伤以前角神经元变性和有髓神经纤维空泡、板层小体形成等类脱髓鞘病变为主,故推测作战人员背部防弹衣中弹后有可能出现运动障碍[10-11]。

文献[12]报道,高速枪弹击中猪肢体软组织产生的弹道压力波可引起脑电波幅短暂抑制,抑制幅度可为伤前波幅的 50%,持续时间约为 30 s。本实验采用脑电图频谱分析的方法证实,高速枪弹击中背部防弹衣 1 min 内,对应脑电 0~30 Hz 的功率幅度值均有明显抑制,击中后 6 min 基本恢复。实验动物脑电改变是否与高速枪弹撞击防弹衣产生的压力波传播导致的脑损伤有关,尚需进一步研究。

参考文献:

[1] 郝宁. 防弹衣:综合防护、轻柔舒适[J]. 现代军事, 2001, (1): 52-53.

[2] 王雷, 黄献聪. 防弹衣安全性能评估方法[J]. 警察技术, 2011, (2): 16-17.

[3] 彭刚, 孙非, 高明珠, 等. 软质防弹复合材料抗弹性能试验研究[J]. 警察技术, 2011, (2): 4-7.

[4] 甄建伟, 安振涛, 陈玉成, 等. 陶瓷-钢板组合式防护层抗弹性能仿真研究[J]. 兵工自动化, 2011, 30(3): 39-41.

[5] Stuhmiller J H, Shen W, Niu E *et al*. Modeling for military operational medicine scientific and technical objectives[R]. 2004, AD430253: 13-20.

[6] 康建毅, 赵德春, 王建民, 等. 投射物钝挫伤的研究进展[J]. 创伤外科杂志, 2009, 11(5): 468-470, 473.

[7] 焦新旭, 冯世庆. 创伤性脊髓损伤的流行病学研究进展[J]. 实用医学杂志, 2011, 27(7): 1303-1305.

[8] Drobin D, Gryth D, Persson J K, *et al*. Electroencephalogram, circulation, and lung function after high-velocity behind armor blunt trauma[J]. J Trauma, 2007, 63(2): 405-413.

[9] Gryth D, Rocksen D, Arborelius U P, *et al*. Bilateral vagotomy inhibits apnea and attenuates other physiological responses after blunt chest trauma[J]. J Trauma, 2008, 64(6): 1420-1426.

[10] Sharma H S. New perspectives for the treatment options in spinal cord injury[J]. Expert Opin Pharmacother, 2008, 9(16): 2773-2800.

[11] Christophi G P, Hudson C A, Panos M, *et al*. Modulation of macrophage infiltration and inflammatory activity by the phosphatase SHP-1 in virus-induced demyelinating disease[J]. J Virol, 2009, 83(2): 522-539.

[12] Courtney A C, Courtney M W. A thoracic mechanism of mild traumatic brain injury due to blast pressure waves[J]. Med Hypotheses, 2009, 72(1): 76-83.

(**收稿**:2012-03-15;**修回**:2012-04-19)

(编辑 龙 亮)