DOI:10.16016/j.1000-5404.1990.04.017



军事医学

# 四肢火器伤对犬周围神经影响的研究

刘荫秋 陈 革 郭瑞峰 程学明 李曙光 王大田 熊仁平 吴国萍（野战外科研究所）

**提 要** 本文采用5.56和7.62mm两种弹头射击肥皂和狗双后肢，观察其瞬时空腔和压力波对外周神经的影响。实验表明，神经移位和神经牵拉率与瞬时空腔容积，压力峰值及能量吸收之间呈指数回归关系。神经损伤程度取决于瞬时空腔大小和能量吸收的多寡。5.56mm弹头能量吸收量为40.67kg·m，是7.62mm弹头的2.5倍，最大压力峰值是7.62mm弹头的1.8倍。因此，5.56mm弹头所致神经损伤较7.62mm弹头严重。组织学检查可见神经纤维断裂，束膜出血，轴索变形，线粒体肿胀，髓鞘与轴索膜分离。脊髓诱发电位检查，5.56mm弹头致伤组电位潜伏期延长，波幅下降明显。结果提示，高速投射物间接神经损伤是不完全性的，在这种火器性间接神经损伤治疗中，早期进行手术探查，清除肌间及筋膜间血肿缓解神经内压，促进微循环恢复是提高治愈率及减少后肢并发症的关键。

**关键词** 创伤和损伤；周围神经；肢

历次战争中四肢伤并发外周神经伤约占15%[1]，近年来报导，高速小质量投射物致伤时由于瞬时空腔的脉动和压力波作用，不仅伤道组织损伤严重，而且远离伤道的重要组织如神经、血管也会受到损伤，有人将其称之为震荡伤[2]。尽管这种损伤对局部伤口的修复与受伤肢体的功能恢复都具有重要的临床意义，但迄今尚未见较为详细的研究。本文采用两种弹头致伤模拟介质和狗后肢。目的在于：

（1）分析两种弹头所致的瞬时空腔对神经移位的影响和神经损伤的关系，探索其间接损伤的机理；

（2）探讨这种间接外周神经损伤的早期病理特点和对肢体功能恢复的影响；

（3）分析神经在肥皂内和生物体内移位的状态及其相关性，为研究外周神经间接伤发生的条件和临床诊断提供依据。

## 1 实验方法

用5.56和7.62mm弹头致伤，DS-8型智能测速仪记录速度和能量吸收。将肥皂切成20×20×15cm³，在沿弹轴距入口9.5cm，弹道旁左侧1.5和3.0cm处，分别埋置离体尺神经和尺、桡骨，与骨对称的弹道右旁3cm处埋传感器后射击；成年健康狗麻醉下致伤双后肢，弹着点选在肢体肌肉丰满避开股骨和犬的神经与血管。局部测压用BJ-1000型压力传感器，记忆示波器记录于犬坐骨神经干主束鞘膜内注入碘代苯（Iodobenzene）1.5～2.0ml造影后，用400kv脉冲高速X光机摄影，观察伤后神经移位的方向和幅度。肥皂块内离体神经移位观察是将射击后的肥皂冠状剖开，测量空腔直径和神经位移幅度并计算神经伸长率。用TQ-19A型医用数据处理计算机叠加200次，x-y函数记录仪，分别记录伤前和伤后即刻30min、3、6、12、24h脊髓电位变化。伤后24h活杀，分别取双侧坐骨神经干距伤道最近外0、3、6cm的标本，做光镜和透射电镜检查。

## 2 实验结果

### 2.1 两种弹头的能量传递与组织损伤关系

#### 2.1.1 能量与容积的关系

两种弹头射击肥皂和狗后肢时，能量吸收愈多，空腔愈大，组织损伤愈明显（如表1、2）。

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

表1　两种弹头射击肥皂时能量与空腔容积比较

| 弹头类型 | 标本数 | 能量吸收 kg·m | 空腔容积 ($cm^3$) | 入口面积 ($cm^2$) | 出口面积 ($cm^2$) | 出口/入口 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5.56mm | 11 | 146.2±32.8 | 506.1±204.8 | 5.6±1.7 | 172.1±83.8 | 30.9 |
| 7.62mm | 6 | 69.4±71.1 | 134.5± 66.9 | 6.2±2.3 | 9.8± 4.4 | 1.6 |

表2　两种弹头射击狗后肢时能量与组织损伤的比较

| 弹头类型 | 标本数 | 能量吸收 kg·m | 坏死组织清除量(g) | 入口面积 ($cm^2$) | 出口面积 ($cm^2$) | 出口/入口 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5.56mm | 7 | 40.7±26.0 | 146.5±64.6 | 0.26±0.1 | 30.1±38.5 | 115.9 |
| 7.62mm | 7 | 16.0± 3.2 | 74.5±48.6 | 0.43±0.1 | 3.8± 3.4 | 8.9 |

2.1.2　空腔容积与压力变化的关系

空腔大小取决于传递给组织能量的多少，能量是以压力波的形式传递给组织的[3][4]。两种弹头的压力波形变化基本相似，但最大压力峰值5.56mm弹头为6.56MPa，是7.62mm弹头的1.8倍，并且出现的时间早，脉动周期短。

2.2　神经移位与空腔容积和压力值的关系

两种弹头致伤后神经都有移位，在肥皂块中，神经向弹道的侧方及入口方向移位；射击狗双后肢时，用高速X光机于中弹后1.5ms拍片显示，7.62mm弹头致伤，神经通常向入口侧移位，5.56mm弹头移位更为明显而复杂，多呈“S”形移位，扭曲显著（图1a、b）

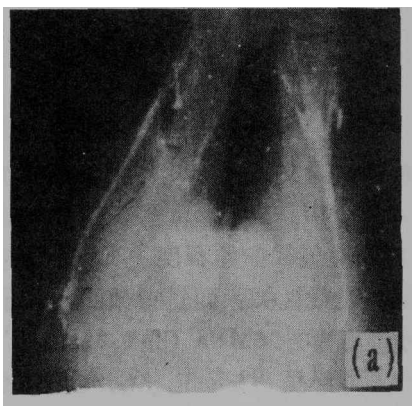



图1a　伤前神经造影

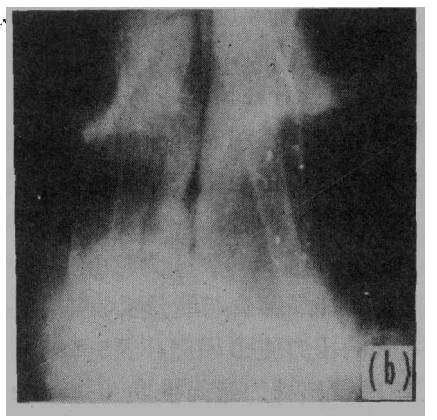



图1b　瞬时空腔形成，神经向入口侧移位，5.56mm弹头致伤犬坐骨神经移位情况

5.56mm弹头射击肥皂时，空腔直径6.50cm，压力峰值为6.56MPa，神经移位1.5cm。上述参数存在一定的指数回归关系。两种弹头比较，5.56mm弹头比7.62mm弹头大1倍以上。

5.56mm弹头　$\Delta X_{max} = 1.2497 \times 10^{-3} W_{max}^{1.1039}$

n　7　　$r = 0.9245$

7.62mm弹头　$\Delta X_{max} = 3.0599 \times 10^{-3} W_{max}^{1.1340}$

n　8　　$r = 0.9830$

$\Delta X$——最大神经移位。

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

### 2.3 病理形态变化

肉眼观察，神经干连续，距伤道0.5～2.5cm神经干鞘膜下弥漫性出血，出口肢较入口肢广泛，7.62mm弹头比5.56mm弹头损伤较轻，若合并骨折则两种弹丸均较严重。光镜检查距伤道3.6cm均可见神经束内纤维断裂、相邻纤维连续或断裂不在同一侧面上，纤维间分离，束膜内毛细血管扩张及灶性出血。5.56mm弹头距伤道9cm处的坐骨切迹处可见上述病变。电镜发现距伤道3、6cm及更远在坐骨切迹处均可见轴索变形，线粒体肿胀、空泡化，轴索与髓鞘分离，板层结构灶性融合毛细血管破裂等（图2）。

### 2.4 脊髓诱发电位变化

两种弹丸致伤后30min，3、6h潜伏期有明显延长（$P<0.05$和0.01），6～12h有恢复趋势。波幅：5.56mm弹头致伤后6h内波幅持续降低（$P<0.05$），出口肢神经干12h最低，24h无恢复趋势（图8）；7.62mm弹头伤后6h内双侧波幅降低，但无显著性（$P>0.05$），12h有回升趋势。

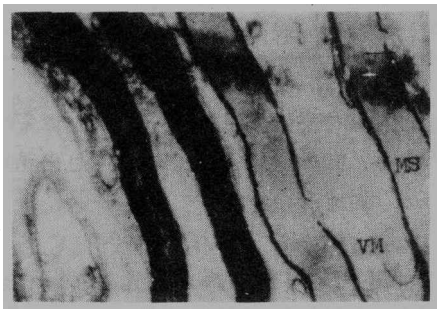



图2 有髓鞘纤维线粒体空泡化(VM)、髓鞘水肿(MS)、板层结构融合(入口肢坐骨切迹处取材) ×100000

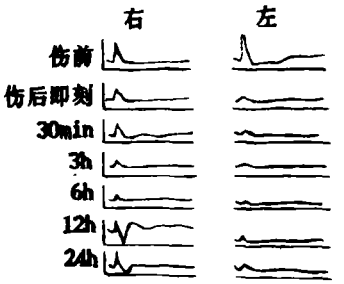



图3 脊髓诱发电位波的变化 (5.56mm弹，8825)

## 3 讨论

### 3.1 火器性神经间接伤的致伤机理

当投射物贯穿组织时释放出大量的能量[5]，形成一个较大的瞬时空腔，该空腔的急剧地脉动，引起伤道周围组织牵拉和移位，造成神经的间接损伤。文献报导，神经牵拉伸长10%将引起功能障碍，伸长15～20%会出现形态改变[6]。本实验中，5.56mm弹头造成的神经伸长为12.08%，7.62mm弹头为6.98%。两种弹头所致神经间接损伤的程度，取决于神经移位的幅度，而神经移位与能量吸收，空腔容积及压力值不是线性关系而呈指数回归关系。比较两种弹头的压力波形相似，但5.56mm弹头最大压力值高为6.56MPa（是7.62mm弹头的1.8倍），峰值出现的时间早为0.078ms，空腔脉动快，神经呈“S”形移位，损伤较重，7.62mm弹头压力值低3.70MPa，出现时间较迟0.106ms，空腔脉动慢，神经呈侧向移位，故损伤较轻。

### 3.2 火器性神经间接伤的损伤特点

火器性神经间接损伤是以广泛性和不均匀性以及功能和形态改变并存为特点。从形态上看：神经鞘膜下广泛出血，呈节段性分布，有时可见距伤道10cm处的神经周围有较大血肿压迫神经，出现缺血坏死。电镜下显示神经脱鞘，华氏变性，纤维束断裂以及束膜内外出血、水肿等，这种改变以近伤道或位于弹道和股骨之间的神经较为严重。特别有时在坐骨切迹和腘窝处的神经仍可见点状出血灶。

两组动物的脊髓电位检查表明，5.56mm弹头组电位波幅伤后3h为伤前的48%，12h最

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

低，以后明显恢复，7.62mm组电位下降幅度小，在伤后6 h已有恢复趋势。

3.3 周围神经间接性火器伤的临床意义

本实验发现，几乎100%的神经都有不同程度的损伤，其损伤程度5.56mm弹头致伤80%以上为重度，7.62mm弹头大部分为轻和中度。这种神经间接伤发生率将给临床治疗带来新问题。根据火器性神经间接伤发生机理，是由于空腔脉动时牵拉，震荡造成不均匀性的出血水肿，这种病理改变在一定时间内是可逆的，处理得当及时是可以恢复的，因此，对火器性神经间接伤的处理关键是提高初期处理的质量，对伤道周围做适当的探查，清除肌间、筋膜间以及神经干周围的血肿，减低神经组织压力，改善微循环，以促进其功能恢复，减少并发症。

## 参 考 文 献


1. 吴公良、赵连璧主编。野战外科学。第一版。上海科学技术出版社。 1981:700
2. 刘荫秋，等。创伤弹道学概论。第一版。新时代出版社。1985:29
3. 刘荫秋。两种弹丸对狗软组织致伤特点。解放军医学杂志 1983；(4):269
4. Kraus M. Studies in wound ballistic:temporaty cavity effects in softe tissue. Milit Med 1957: 121:221
5. Tikka S. Local effects of three standard assault rifle projectile in live tissue. Acta Chir Scand Suppl 1982: 508:61
6. 翁龙江。神经暂时性牵拉伤的实验研究。中华骨科杂志 1983；5:311


（收稿：1988.11.24；修回：1990.02.04）

# The Effects of Gunshot Wound of Extremities on Peripheral Nerves in Dogs

Liu Yinqiu,et al (Research Institute of Surgery, Third Military Medical College)


The effects of the temporary cavities and pressure waves of peripheral nerves were studied following 5.56mm and 7.62mm bullets shooting the soap block and both thighs of dogs. The studies indicated that there was an exponential regression correlation among the displacement and stretching ratio of nerves and temporary cavity, the maximum of pressure peak(MPP), and energy absorption (EA). The degree of nervous injuries depended on the temporary cavity volume and amounts of EA. The amounts of EA of 5.56mm bullets were 40.67kg·m,2.5 times as much that of 7.62mm bullets.MPP of 5.56mm bullets was 1.8 times as of 7.62mm.This suggested that the nerve injuries caused by 5.56mm bullets were more severe than of 7.62mm bullets. Pathological examination showed that the microstructure of nerves was damaged though the microstructure unchanged. Fibre-broken-up, bleeding in perineurium, deformation of axon, mitochondria swelling and axon membrane dividing from its myelin sheath could be seen. In 5.56 bullet wounding group the potential latency was prolonged and the amplitude decreased remarkedly. This indicated that the nerves were only damaged partially. In early management it is important to release intraneural pressure, remove the hematoma in the fascia to recover microcirculation.


**Key words**, wounds and injuries; peripheral nerves/IN; extremities/IN

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