DOI:10.16016/j.1000-5404.1986.03.011

军事医学

弹片伤伤道的早期形态学特点

王正国 唐承功 程雪云 (野战外科研究所)

施同舟 (校电镜室)

提 要 用0.35g方形小弹片射击21只狗的双后肢，撞击速度约为700～1500m/s，伤后6小时作清创和大体观察，并切取伤道组织作光镜和电镜检查。结果表明，大多数伤道为盲管伤；损伤程度与撞击速度有关；高速组伤道呈喇叭形，组织损伤呈不规则性和不均匀性，“跳跃式”或“相嵌式”分布。对其发生机理作了分析，并提出清创时应考虑到上述形态学特点。

关键词 弹片伤；伤道；形态学特点

有关枪弹伤伤道的病理变化，文献上已有一些报道[1-4]，但对弹片伤伤道的形态特点，却介绍得很少。现代常规武器战争中，弹片伤的发生率远较枪弹伤为高[5]。因此，作者等在以小弹片致伤的实验中，观察了伤道早期大体、组织学和超微结构的变化，并与枪弹伤作一比较，以便为弹片伤的诊治提供依据。

材料和方法

致伤武器为53式7.62mm滑膛弹导枪，发射物为方形破片，重0.35g，室内靶道射击，射击距离3.5m，调整发射药药量以得到所需的撞击速度，用枪口线在铜丝靶测定靶标前后的速度。实验动物为21只成年雄性狗，体重为14.5±2.3kg，分组及有关参数见表1。动物致伤后6小时，对伤道作大体观察和清创。清创前，分别在伤腔最大部距伤道壁0.5、1.5、2.5和4.0cm处切取组织块作光镜和电镜检查。致伤方法和标本制备技术已另有专文介绍[3][6]。

实验结果

一、大体观察

（一）入口和出口：入口形状和大小，因弹片着靶时的速度和姿态不同而有所差异。低速组多呈正方形或长方形，边缘较整齐，入口面积平均为1.52cm²；中速组和高速组多为椭圆形，边缘不整，略呈锯齿状，有时可见皮肤撕裂和缺损，肌肉外翻，皮下出血，入口面积平均分别为2.49和6.85cm²（表2）。出口较入口小，损伤轻，边缘整齐，常见皮下有瘀血斑。

表1 实验分组及有关参数（平均值±标准差）

组 别[Δ]	动物数	枪口速度 (m/s)	撞击速度 (m/s)	动能 (kg·m)
低速	7	890.6±143.3	715.6±119.4	8.3±2.7
中速	8	1162.8±138.5	1015.0±158.8	18.7±5.8
高速	6	1697.9±154.7	1505.7± 98.9	40.6±5.2

[Δ]本实验中的低、中、高速各组是相对而言，实际都属高速组。

*此文曾在第五届国际创伤弹道学会议大会上宣读。

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

（二）伤道：伤腔因速度不同而具有不同的形态：低速组呈圆筒形，中速组多呈圆锥形，高速组则多呈特征性的浅而宽的喇叭形或漏斗形，其伤腔最大处就在或接近入口处。组织损伤程度亦与弹片速度有关：速度愈高，组织损伤量愈大，挫伤区愈宽（表2）。

伤道的另一特点是盲管伤居多，共16例，占76.2%，其中低速组6例，中速组7例，高速组3例。盲管伤的发生率较高，显然与弹片进入体内后易于将能量传给周围组织有关。

表2 平均入口面积和组织坏死情况

组别	动物数	入口面积 (cm^2)	坏死组织清量(g)	挫伤区宽度(镜下)(mm)
低速	7	1.52±0.71	6.50±2.39	11.80±4.06
中速	8	2.49±1.29	8.68±2.69	15.10±4.38
高速	6	6.85±4.35	14.42±4.69	19.20±1.50

切开伤道壁，用临床“4C”法[7]判定失活组织（即暗红色，软泥样，夹之不收缩，剪开不出血）。结果表明，挫伤区宽约0.5～2.0cm；稍远距离处，有时可见有肌组织撕裂，肌间或肌膜下出血。此类波及性损伤主要见于高速组，并随弹片穿深距离增加而逐渐减轻。

二、光镜及电镜检查

（一）0.5 cm处：相当于挫伤区。光镜下见肌纤维肿胀，均质性红染，或断离成碎片，周围有较多的中性白细胞浸润和纤维蛋白渗出，一些小静脉内有中性白细胞附壁，偶见微血栓形成和管壁破坏，周围有大量红细胞逸出。电镜下，见大部分肌原纤维均发生不同程度的变性坏死，部分肌原纤维离散和溶解；肌浆网扩张；线粒体失去正常结构而出现针状结晶，部分线粒体肿胀，嵴断裂，或相反致密化；Z线模糊不清，或呈锯齿状；核染色质凝聚；血管外有较多的渗液和游离的细胞器。高速组中，曾见一些肌原纤维间和核旁出现大的空泡或空隙（图1），可能是高速弹片穿入体内时，伤腔内气体在高压下被挤入肌组织中所致。

三组相比，高速和中速两组损伤较重，低速组较轻。此外，各组均可见有一些形态正常或病变较轻的肌原纤维及细胞器。

（二）1.5cm处：相当于挫伤区外层或震荡区。光镜下，见挫伤区与震荡区的交界尚清楚，分界线处有许多中性白细胞浸润。在震荡区一侧，变性的肌纤维间常混杂有少许坏死的肌纤维，间质充血，并有少量纤维蛋白渗出。电镜下，见肌原纤维和细胞器多有变性，Z线呈特征性的“阶梯形”分布（图2），少数肌原纤维断裂及溶解（图3），间质内仍可见有渗液、红细胞和游离的细胞器，毛细血管内皮饮液作用增强（图4）。各组相比，高速组最重，中速组次之，低速组最轻。

（三）2.5cm处：相当于震荡区外层或正常区。光镜下，见高速组和中速组的变化与1.5cm处相似，但略轻；低速组无明显异常。电镜下，见高速组与中速组的改变与1.5cm处相同（图5）；低速组中，肌原纤维结构基本正常，部分呈波纹状，少数线粒体呈气球样变（图6），间质中可见有少数膜性结构。

（四）4 cm处：亦相当于震荡区外层或正常区。光镜下仅见高速组中有个别肌纤维变性坏死，周围有中性白细胞浸润，间质轻度充血，其余未见异常。电镜下见高速组和中速组中有个别肌原纤维溶解（图7），部分细胞器的变化仍较明显，也可见到毛细

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

血管内皮饮液作用增强，间质内有渗液及少许破碎的细胞器；低速组中，这些改变较轻。

讨　论

近年来，一些国家不断研制和发展带有预制弹片的小型爆炸武器和高速小弹片武器。因此，未来战争中，弹片伤的发生率可能会进一步增高。高速小弹片所致的损伤与枪弹伤有所不同，在形态上有一定的特点。结合本次实验结果，可归纳为以下几点：1.盲管伤较枪弹伤更为多见；2.伤腔呈喇叭形或漏斗形，空腔最大部就在或紧靠入口处；3.挫伤区不规整，宽度约在0.5～2.0cm间，较枪弹伤略宽；4.稍远距离处仍可见有出血和灶性坏死，而较近处却可能损伤较轻，即病变呈“跳跃式”或“相嵌式”分布（图8）。这些特点可能与高速小弹片的稳定性差及截面密度（sectional density）（即投影面积/重量）较大有关。

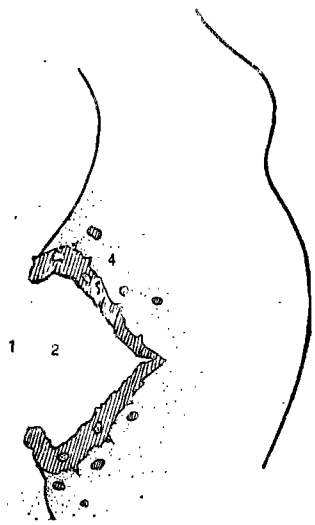


图8　高速小弹片伤伤道图解，图中显示损伤的不规则性和均匀性。
1—入口；2—伤腔；
3—挫伤区；4—震荡区。

Berlin等[8]曾指出，很不稳定的弹丸形成的空腔，其最大部与入口间的距离较稳定的弹丸为短；如弹丸在撞击机体或其他靶标时变形或破碎，其空腔最大部与入口部更为接近；如为钢珠，虽然其稳定性好，但因横截密度较大，进入肌组织或其模拟物后遇到的阻力也较大，易于将能量释放给周围组织，故入口部就是伤腔的最大部。与高速枪弹或弹珠相比，高速小弹片的不稳定性和截面密度均更大，穿透能力差，因此，更易将能量传给入口部周围组织，伤腔形状更接近于喇叭形。

Charters[9]在高速钢珠的实验中看到，在撞击动能相似的情况下，质量轻而速度快的钢珠较质量重而速度慢的钢珠在近距离内更易释放出能量，故形成的暂时空腔更表浅、宽阔，伤道深度缩短。对于高速小弹片来说，其致伤机理与高速钢珠是相同的，只是进入体内后，能量释放更快而已。

本次实验中还曾看到，挫伤区厚度差异很大，有时在距伤道壁6～7cm处仍可见有出血和组织撕裂，损伤呈明显的不规则性和不均匀性，其原因可能是高速而质轻的小弹片在进入体内后的极短时间内就释放出巨大的能量，并沿疏松的肌间隙或撕裂的肌纤维向远处传播所致。由于力的传播方向并非都与伤道垂直，因此在组织学和电镜标本中，可能出现稍远处损伤重而稍近处损伤轻的“跳跃式”或“相嵌式”分布。在高速组紧贴伤腔壁处，一些肌原纤维间和核旁出现大的空泡或空隙，可能是高速弹片穿入体内时产生的高压，将气体挤压至邻近的肌组织所致。

本次实验再次证明，高速小弹片的致伤力是很强的，其致残率亦较枪弹伤为高。此外，小弹片常以多发的形式（如预制破片的手榴弹等）射击人体，造成多发伤，因而救治上更为困难。如何根据高速小弹片所致伤道的形态特点进行有效的清创，是个值得认真研究的课题。

（张桂香、刘大维同志协助制片，特此致谢）

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

参 考 文 献

1. Wang ZG, et al. Pathomorphological observations of gunshot wounds. Acta Chir Scand 1982; Suppl 508:185

2. Wang ZG, et al. Pathological changes of gunshot wounds at various intervals after wounding. Acta Chir Scand 1982; Suppl 508:197

3. 王正国，等。创伤弹道的超微结构变化。解放军医学杂志 1982; 7(5):257

4. Berlin R, et al. Local effects of assault rifle bullets in live tissues. Acta Chir Scand 1976; Suppl 459

5. Rich NM. Modern war wounds. In: Mason JK. The Pathology of violent injury. London, Edward Arnord 1978:100

6. 刘荫秋，等。两种弹丸对狗软组织致伤特点。解放军医学杂志 1983; 8(4):269

7. Hagelin KW, et al. Missile injury to muscle tissue — a method for facilitating debridement of devitalized muscle tissue by increased colour contrast. Acta Chir Scand 1979; Suppl 489:159

8. Berlin R, et al. Missile injury to live muscle tissue. Acta Chir Scand 1979;Suppl 480

9. Charters AR III, et al. Wounding mechanism of very high velocity projectiles. J Trauma 1976; 16:464

Early Morphological Characteristics of the Wound Track Caused by Fragments

Wang Zhengguo, et al

(Research Institute of Surgery, Third Military Medical College)

Twenty-one adult male dogs weighing from 11.5 to 20 kg (14.15±2.32) were used for this study. The soft tissue wounds on the upper parts of the both hind limbs were inflicted by fragments fired with a smooth-bore testing rifle. The fragment was square in shape and 0.35 g in weight. The distance from the muzzle to the skin was 3.5 m. There were three impact velocities "High"(1,500 m/s, 6 dogs), "Middle" (1,000 m/s, 8 dogs) and "Low" (700 m/s, 7 dogs). Debridement and gross examination were carried out 6 hours after injury. The main conclusions were as follows: 1. Grossly, most of the wound tracks were blind. The primary wound track in the "High" velocity group looked like a funnel in shape. The wound cavity near the entrance was the largest in diameter. 2. The severity of the tissue damage depended on the impact velocity. The higher the velocity, the larger the wound cavity, the more were the debrided damaged

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

tissues, and the wider was the area of tissue damage around the cavity. 3. Based on the gross inspection, and light and electron microscope observations it was found that one of the predominant characteristics of tissue damage caused by fragments was the irregularity or unevenness. It was especially true in the case of the "High" velocity group. The distribution of tissue damage seemed to be "Jumping" or "Mosaic". It probably resulted from the irregularity of energy delivery from fragments of high velocity and light mass. 4. The difference in morphological characteristics between wound tracks by bullets and those by fragments was pointed out and its causes discussed.

Key words: Fragment wound; Wound tract; Morphological characteristics

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

弹片伤伤道的早期形态学特点

（正文见第255页）





图1　肌原纤维间出现气泡(A)。0.5cm处，高速组，4000×

图2　Z线呈阶梯形分布。1.5cm处，中速组，10,000×

图3　肌原纤维（My）断离溶解，肌浆网（Sr）扩张，肌原纤维间有少量液体（F）。1.5cm处，中速组，8,000×

图4　毛细血管内皮饮液现象增强。V-饮液小泡，CL-毛细血管腔，1.5cm处，中速组，8,000×

图5　间质内有游离的RBC、髓样体(Mf)和其他膜性结构(Me)。2.5cm处，中速组，6,000×

图6　线粒体（M）显示有气球样变（Bd）。N-细胞核，2.5cm处，低速组，15,000×

图7　肌原纤维（My）灶性溶解。4.0cm处，中速组，15,000×

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