DOI:10.16016/j.1000-5404.1984.04.022

两种弹丸致狗软组织伤的瞬时空腔的效应

刘荫秋 吴炳杰 唐承功 谢国平 王大田 陈作超

（野战外科研究所 六室）

提 要

本文研究了两种弹丸致狗软组织伤的瞬时空腔的特点。实验用狗35只，以350KV脉冲式高速X光机，分别在致伤后0.268～5.690毫秒拍摄的照片表明，5.56mm弹丸比7.62mm弹丸所致瞬时空腔形成的早而大，持续时间长，组织损伤重。这种空腔的特点与弹丸传递给组织的能量、弹丸的结构及其在组织内的性态有密切关系。

用微秒X光摄影技术研究火器伤的致伤原理，国外虽有些报导，但致伤后所形成的瞬时空腔的特点与组织损伤的关系，所见资料不多，国内尚未见报道。为此，我们与兵器工业部208所协作，采用自制LMX－1型连续脉冲X光机，观察两种制式弹丸致狗软组织伤的瞬时空腔形成和变化的过程与组织损伤的关系，为探讨投射物的致伤机理，认识战伤的特点，提高战伤的救治水平和改进武器设计提供依据。

实 验 方 法

实验动物与致伤条件 采用北京地区成年狗35只，体重15～25kg。武器系美制M16自动步枪和国产56式半自动步枪；美制M193和国产7.62mm弹丸。射距4.4m，致伤部位及分组（表1）。

表1 致伤部位与分组

组别	双后肢（例数）	左后肢（肢数）	右后肢（肢数）
7.62mm弹丸	8	3	4
5.56mm弹丸	16	4	5

摄影条件 采用350KV脉冲式X光机，每秒拍200～1000个画面。用同步计时器分别在伤后0.268、0.569、1.097、1.616、2.135、2.704、3.232、4.270、5.170和5.690毫秒，对致伤肢体拍摄单张照片，以探索瞬时空腔开始形成，最大及空腔收缩时间。

实验步骤 实验前将动物用2.5%硫苯妥钠静脉麻醉，将动物固定于致伤架上，呈仰卧位，臀部朝向X光机球管，双后肢缚紧并拢在一起。铜丝靶控制同步机记时器的启动，并放置在动物后肢右侧弹丸入口处。当弹丸击断靶网时，点火装置启动X光机球管，通过记时器控制拍摄照片的时间。

实 验 结 果

采用350KV脉冲式X光机拍摄的瞬时空腔的图像比较清晰。摄影时间能反应出两种弹丸所致瞬时空腔形成的全过程。在射击后0.268毫秒时，瞬时空腔就开始，M193-5.56mm弹丸比7.62mm弹丸略大。随着伤后时间的延长，两弹丸的瞬时空腔逐渐扩大，直

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

至1.616毫秒时，空腔扩大的范围最大，尤以5.56mm弹丸为甚，其空腔直径可达16.6cm，约为弹径的30倍，而7.62mm弹丸的空腔直径仅为弹径的10倍左右。2.135毫秒时，两种弹丸所致空腔都开始缩小，7.62mm弹丸缩小34.5%，5.56mm弹丸仅缩小12%。3.232毫秒时，7.62mm弹丸仅留有直径为0.9cm的空腔，而5.56mm弹丸在4.270毫秒时，其空腔直径仍持续在9cm左右，相当于弹径的17倍（表2）。

表2 伤后不同时间瞬时空腔最大直径（cm）

组别	伤后拍片的时间（毫秒）							
	0.268	0.569	1.097	1.616	2.135	2.704	3.232	4.270
7.62mm弹丸	3.5	5.0	7.6	8.4	5.5	5.5	0.7	—
5.56mm弹丸	5.2	9.0	15.1	16.6	14.6	9.6	9.5	9.0

软组织致伤后瞬时空腔形成的过程 伤道瞬时空腔开始呈轴向（弹轴方向）扩大，轴向和径向（弹轴的横向）基本相等，似球形。随着时间的延长，空腔持续向轴向扩大，直径大于轴径，似椭园形，以5.56mm弹丸为著。射击的双腿中，入口肢先收缩，甚致有的已完全收缩，但出口肢仍然保留有较大的空腔，以5.56mm弹丸伤后3.232毫秒为著。实验结果表明，单肢致伤形成的瞬时空腔较双肢要小。5.56mm弹丸瞬时空腔的入、出口常出现“鱼嘴”状或内陷现象，空腔向出口部扩大，肌肉皮肤向外冲出，致使出口部出现皮肤和肌肉外翻（“火炬”现象）。骨折时，其永久伤道大多数呈严重缺损性喇叭状。7.62mm弹丸所致空腔多为园形或椭园形，未见“火炬”现象，弹丸也未见破裂和变形，组织损伤亦较轻（图1—9）。

讨 论

采用350KV脉冲式X光机拍摄的图像较清晰，对分析瞬时空腔形成的过程，比较不同投射物的致伤特点，有一定的参考价值，有助于对损伤机理的探讨。两种弹丸瞬时空腔形成的开始时间为0.268毫秒，与Aebi所报导0.2～2毫秒相近似，而空腔持续的时间各家报导不一。长者为十几毫秒，短者为几毫秒。本组约在4～5毫秒之间。这种差异，可能与测试技术和记时方法有关。

表3 传递能量与瞬时空腔、组织损伤的关系

弹丸	传递能量 (kg·m)	空腔最大直径 (cm)	创腔容积 (cm^3)	组织失活量 (g)
5.56mm	40.2	16.6	41.6	59.6
7.62mm	20.9	8.4	9.3	42.8

瞬时空腔形成的特点与组织损伤程度有密切的关系。表3所示，两种弹丸在制式速度下致伤，5.56mm弹丸所致空腔直径为16.6cm，比7.62mm弹丸（8.4cm）约大一倍，而传递给组织的能量，空腔容积前者比后者大1和4倍以上，坏死组织清除量也有明显的差别。即，空腔的大小与组织吸收的能量，造成的永久伤道的大小及被清除的坏死组织量成正比。

从瞬时空腔形成的过程与特征来看，空腔开始是沿弹轴方向发展，继之向弹轴四周（径向）扩大，其直径比轴向大，呈椭园

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

形。5.56mm弹丸入、出口常出现“鱼嘴”状激溅现象和内陷现象（图3），这是由于空腔在脉动时腔内压力剧烈变化的结果。空腔向出口部扩大，肌肉、皮肤也随之向出口处冲出，即所谓“火炬”现象（图2）。因有强烈的前冲力和侧冲力，组织损伤广泛，其永久伤道多呈缺损性喇叭状。这种现象尤多见于弹丸破裂或骨折时。7.62mm弹丸空腔通常呈椭园形，损伤也较轻。

比较两种弹丸所致瞬时空腔的大小、形态特征时，所得印象，5.56mm弹丸比7.62mm弹丸所致瞬时空腔形成早而大，持续时间长，这是由于弹丸弹道学上的差别，故其空腔的特点也各异，空腔的形状、大小与弹丸在组织内的性态有密切关系。5.56mm弹丸速度快，质量轻，遇到稠密介质，容易翻滚和破碎。凡翻滚、破碎的弹丸都呈现特殊形状的空腔，这可以作为预测组织损伤的程度和选择治疗方案的参考。

参 考 文 献

1. 刘荫秋等：两种弹丸对狗软组织致伤的特点。解放军医学杂志 1983；8(4)：269.

2. Беркутов АИ и др: Современное учение об огнестрельном ране. Вест Акад Мед СССР 1979; 3:11

3. Aebi F, et al: Some abservation on the behaviour of small calibre projectiles in sope targets. Acta Chir Scand Suppl 1977; 477, 49

4. Давидовский И.В. и др: Опыт современного учения медицины в Великой Отечественой Войне 1941～1945 гг. Том 34, с 23～25, Медгиз Москва 1952

5. 田惠民：创伤弹道学（文献综述）国外军事医学资料 第一分册 1975

Characteristics of Temporary Cavitation due to Two Kinds of Bullets on Soft Tissues of Dogs

Liu Yinqiu, et al

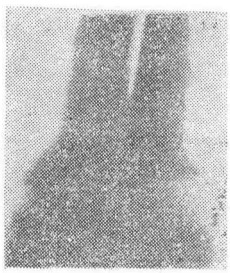
(Research Institute of Surgery,The Third Military Medical College)

This paper is to report the study of the characteristics of the temporary cavitations produced by two kinds of bullets on the soft tissues of dogs. The diameters of the bullets were 5.56mm and 7.62mm respectively. And the experiments were performed on 35 dogs. High speed roentgenography of the injured parts was taken 0.268～5.690 ms after injury. It was found that the cavity produced by 5.56mm bullet was formed earlier, existed longer, and was accompanied heavier soft tissue damage than that produced by 7.62mm bullet. It was also found that the characteristics of the temporary cavity were closely related to the amount of the energy transmitted from the bullet to the surrounding tissues, the construction of the bullet and its ballistic behavior in the tissues.

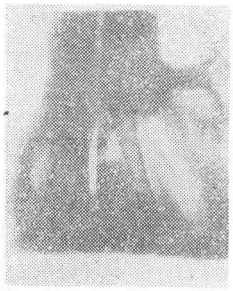
?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

两种弹丸致狗软组织伤的瞬时空腔的效应（正文见第401页）

5.56mm 弹 丸



1. 0.268mS空腔呈棒状，直径5.2cm



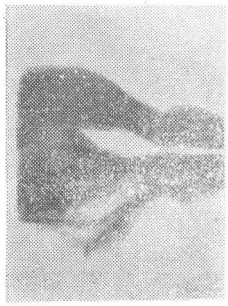
2. 1.616mS空腔直径16.6cm，皮肤肌肉冲出呈“火距”状



3. 2.135mS 空腔直径14.6cm，出口呈凹陷状，入口呈“鱼嘴”状

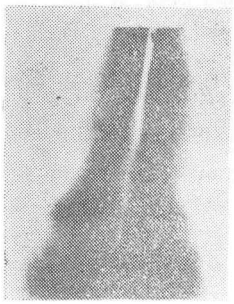


4. 3.232mS空腔直径9.5cm，空腔缩小

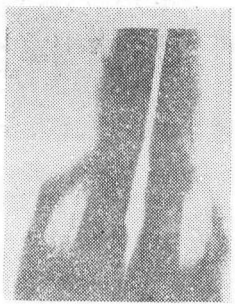


5. 4.27mS 空腔直径9.0cm，空腔仍较大

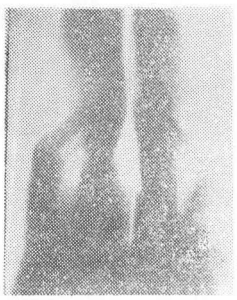
7.62mm弹丸



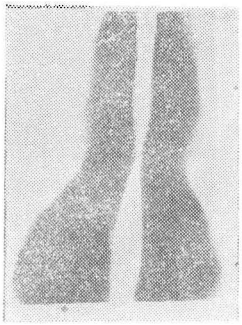
6. 0.268mS空腔呈管状，直径3.5cm



7. 1.616mS空腔直径8.4cm，直径大于横径



8. 2.135mS空腔直径5.5cm，空腔缩小



9. 3.232mS空腔消失

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