DOI:10.16016/j.1000-5404.1984.04.021

三种投射物通过水和明胶时的压力变化

刘荫秋 郭瑞峰 吴炳杰 李曙光 王大田
程雪云 蒋苏平 徐贵文 傅小兵

（野战外科研究所六室）

提 要

本文研究了7.62mm和5.56mm弹丸、1.03g钢球射击水和20%明胶，并用BJ1000型传感器测定压力变化。实验结果表明，两种弹丸射击水可出现三个压力波形，各峰值间相隔的时间，以7.62mm弹丸为长，5.56mm弹丸较短；峰值的大小，多以5.56mm弹丸为高，依次为7.62mm弹丸和钢球。上述的这种差异取决于各投射物的弹道特点。测得的压力值及其变化过程与瞬时空腔效应和生物组织损伤特点，有密切关系。

高速投射物穿入软组织后，由于冲击波的作用，在组织内立即形成一个比弹丸直径大许多倍的瞬时空腔。当前多认为，这一空腔是造成组织损伤的重要因素之一。有关空腔的形成及空腔内的测压，国外虽有些报导，但各家所获数值不一[1][2]。为进一步探索瞬时空腔压力的大小及其变化过程与组织损伤关系，笔者对三种不同投射物在水和明胶块中压力效应进行了试验研究。

材料和方法

射击条件： 用56式步枪、7.62mm弹丸（初速730米/秒），M16A1步枪、M193－5.56mm弹丸（初速960米/秒），53式滑膛枪发射直径6.35mm的钢球重1.03g（初速1350米/秒）。射距：弹丸为20m，钢球为6.6m，室内靶道。

测试用的水箱为100×80×90cm，在弹丸入口处，将水箱开一直径6cm的圆孔，为防止在射击前流水，用废X光胶片堵住圆孔。水箱内面四周用泡沫塑料衬托，以减少冲击波反射对测压的影响。每次射击前，先将BJ1000型传感器布放在预定测试位置上（图1）。用DHF－6型电荷放大器接记忆示波器记录波型。

20%明胶块为17×15×12cm。7.62mm弹丸射击明胶时，传感器布放在距弹着点13cm（纵向），垂直弹道3cm，深7cm的位置（与弹道高度平行）。5.56mm弹丸传感器布放在距弹着点10cm（纵向）处，其它条件与7.62mm弹丸相同（图2）。

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

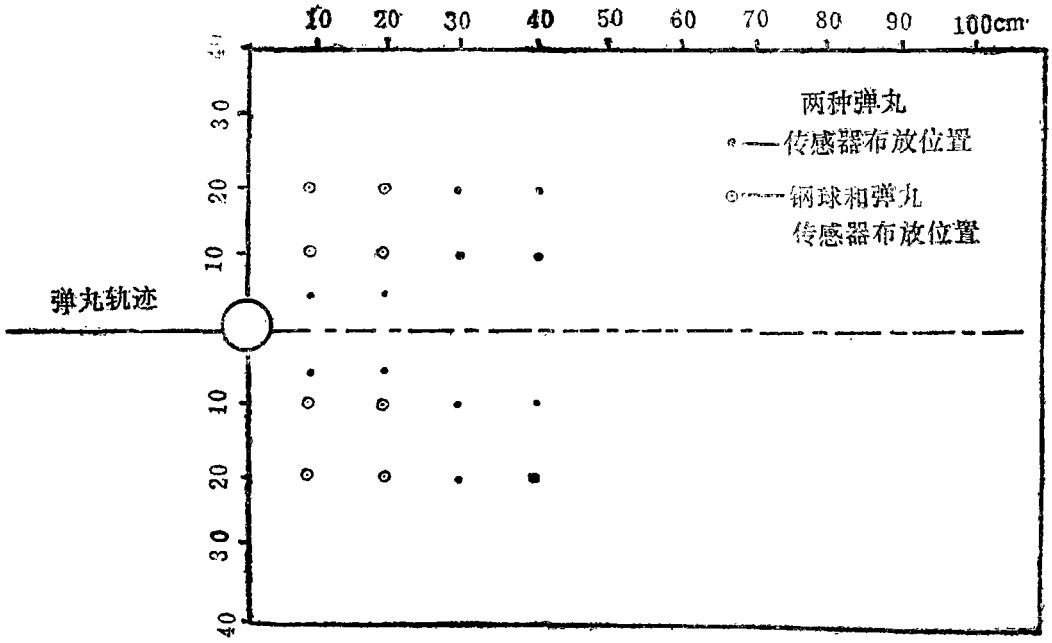


图1　水中测压传感器布放位置示意图

实验结果

试验发现，两种弹丸和钢球均未穿透水箱。其穿透深度7.62mm弹丸为80～90cm，5.56mm弹丸为60cm左右，钢球约为70cm。在射击水和20%明胶块中，7.62mm弹丸和钢球都完整，而5.56mm弹丸则全部破碎。两种弹丸在水中不同距离的测试位置上，一般都出现三个以上的压力峰值（图3、4），而钢球仅见第一峰值，第二、三峰值多不出现（图5）。三种投射物各峰值出现的时间如表1，钢球最早（4毫秒），5.56mm弹丸为6.2毫秒，7.62mm弹丸最晚（9毫秒）；各峰值之间相隔的时间，以7.62mm弹丸为长，5.56mm弹丸较短，钢球则仅有一个峰值（表1）。不管在哪一个布放点上，三种投射物各峰值出现的时间重复性均较好。它们的压力值变化从表2看出，无论是在沿弹丸飞行方向（纵向）的哪一布放点上，多以5.56mm弹丸的压力值为高，尤其在纵向10cm的点差别较为显著。钢球的压力在10cm处高于7.62mm弹丸，低于5.56mm弹丸。各种投射物的负压值多不明显。

在明胶的测压中，两种弹丸在明胶块内一般都只出现一个压力峰置。7.62mm弹丸

表1　三种不同投射物各峰值出现时间的比较

弹丸种类	各峰值出现时间（ms）			各峰值相隔的时间（ms）	
	第一峰值	第二峰值	第三峰值	第一至第二	第二至第三
7.62mm 弹丸	9	33	53	24	20
5.56mm 弹丸	6.2	28.2	44.2	22	16
直径6.35mm 钢球	4	—	—	—	—

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

表2 三种不同投射物在水中不同距离上压力变化值（kg）

横/纵距离（cm）	弹丸种类	10			20			30			40		
		第一峰值	第二峰值	第三峰值	第一峰值	第二峰值	第三峰值	第一峰值	第二峰值	第三峰值	第一峰值	第二峰值	第三峰值
	7.62	28.5	8.5	1.3	37.5	15.3	6.3						
5	5.56	35.8	7.2	1.4	36.2	19.0	2.3						
	钢球												
	7.62	12.8	4.6	2.9	30.5	12.8	4.5	32.3	15.8	8.0	17.0	11.3	5.1
10	5.56	21.8	9.1	1.5	32.0	12.8	4.4	33.3	18.8	6.1	21.5	10.8	2.5
	钢球	18.3			14.5								
	7.62				12.0	4.4	3.9	33.0	6.0	4.5	8.5	4.6	4.2
20	5.56	12.8	6.3	2.1	19.8	7.4	2.6	8.0	5.8	2.3	7.5	5.9	2.8
	钢球	4.3			4.9								

击中明胶后，7.3毫秒出现压力峰值，其压力为31.7kg，负压为4.7kg。5.56mm弹丸在5.1毫秒时出现最大压力峰值，其压力为25.6kg，负压为3.7kg。

讨　论

试验结果表明，两种弹丸在水中压力变化的趋向大致相同，二者的差异取决于各自的弹道学的特点[3]。7.62mm弹丸速度较低，质量较重，弹丸在介质内的运行相对稳定，侵彻的距离长，弹丸的能量也是随着侵彻深度逐渐均匀的释放，故其压力峰值出现较晚，较低，峰值间相隔的时间较长；5.56mm弹丸速度快，质量轻，入水后弹丸很快失稳破碎，其能量迅速大量地释放。因此，它的压力峰值出现时间早，并且迅速上升到一个较高的水平，峰值间相隔的时间虽较短，但脉动周期快；钢球呈球形，其阻力中心和重心在同一点上，投影面积不变，飞行稳定，但阻力大，又因其速度快（跨音速），并具有一定的重量（1.03g），遇到稠密介质后，能量立即迅速而大量地释放，所以入水后压力即刻上升到峰值。在肥皂和生物实验中见到的7.62mm弹丸弹道颈部长，呈园柱或园锥状伤道；5.56mm弹丸弹道颈部短，空腔大，呈缺损性喇叭状伤道，组织损伤重，以及钢球入口大、出口小的现象，都与其压力变化规律相吻合。因此，可以推论，在同样介质内，投射物的能量大小及其释放方式决定着压力值的变化，而压力值变化的规律又与瞬时空腔的形态特征和组织损伤的特点有密切关系[3]。

应当指出，实验中同种投射物在水中相同位置压力值变动的范围较大，影响因素较多，特别是传感器的灵敏度及其测试条件更为重要，本实验所得数据为平均值，与Orlowski等报导相近[2]。

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

参 考 文

1. Beyer JC, et al: Wound Ballistics Chapter Ⅲ, Washington DC 1962

2. Orlowski T, et al: Mechanisms of development of shot wounds caused by missiles of different initial velocity. Acta Chir Scand Suppl 1982; 508:123—127

3. 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

Pressure Changes in Water & 20% Gelatin Block due to Different Projectiles

Liu Yinqiu, et al

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

The pressure changes in water and in 20% gelatin blocks produced by bullets of 7.62 mm and 5.56 mm calibre and spherical steel balls of 1.03gm were studied. The pressure was measured by the BJ-100 model transducer.

It was demonstrated that there were three peak waves produced when the two kinds of bullets were fired through a water tank. The interval between the two peaks was longer in the waves produced by 7.62mm bullet than in those produced by 5.56mm bullet. the value of The pressure due to 5.56mm bullet was the largest, that due to 7.62mm bullet was the second, and that due to the spherical steel ball was the lowest.

The fore-mentioned differences among the pressures produced by different projectiles were closely related to characteristic ballistics of the projectiles. And the pressure value detected and the pattern of the pressure change vary with the transient space effect and the characteristics of tissue damage.

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

三种投射物通过水和明胶时的压力变化 （正文见第397页）



图2　明胶中内传感器布放的位置

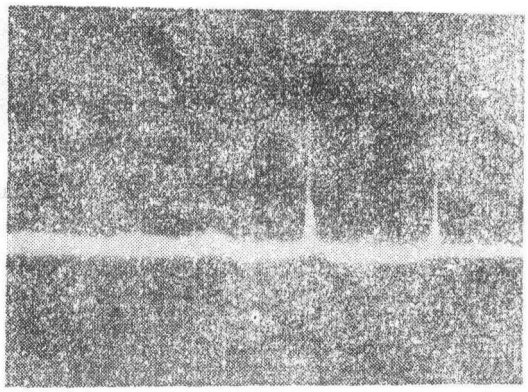


图3　7.62mm弹丸在水中距入口20cm，垂直弹道10cm处的压力波形

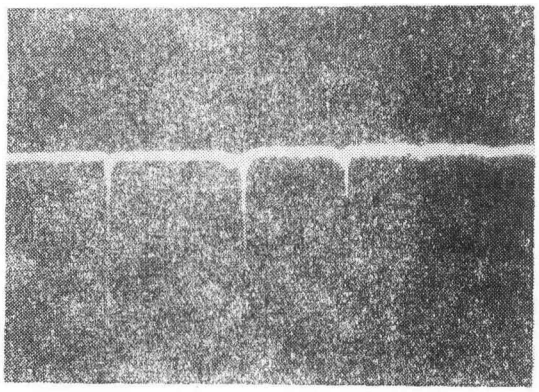


图4　5.56mm弹丸在水中距入口20cm，垂直弹道10cm处的压力波形

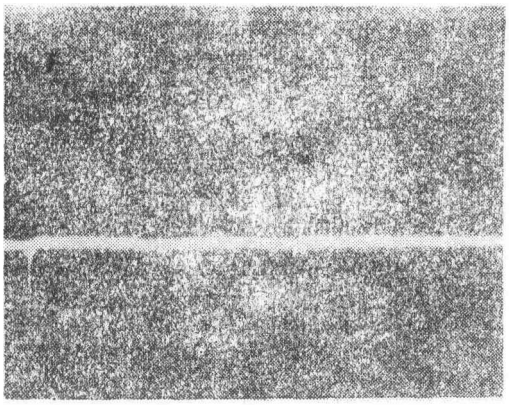


图5　直径6.35mm钢球入口10cm，垂直弹道10cm处的压力波形

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