DOI:10.16016/j.1000-5404.2004.13.001
第26卷第13期 第三军医大学学报 Vol. 26, No. 13
2004年7月 ACTA ACADEMIAE MEDICINAE MILITARIS TERTIAE Jul. 2004

文章编号:1000-5404(2004)13-1127-03

论著

兔坐骨神经火器性断裂伤动物模型建立的影响因素分析

陈建梅[1],李兵仓[1],王建民[2],张良潮[1] (第三军医大学大坪医院野战外科研究所:[1]第六研究室,创伤、烧伤与复合伤国家重点实验室,[2]全军战创伤中心,重庆 400042)

提 要:目的 建立新西兰兔坐骨神经火器性断裂伤的动物模型。方法 成年新西兰兔30只,随机分成6组,每组5只,分别用53式滑膛枪发射不同装药量的0.37 g三角破片,给予不同的装药量:0.20、0.25、0.30、0.35、0.40、0.50 g。根据破片飞行特点、能量吸收,神经断裂率,感染率,死亡率等指标,选择出最佳参数,从而建立新西兰兔坐骨神经火器性断裂伤的动物模型。结果 使用装药量为0.30 g,初速度为(541.4±26.5) m/s的三角破片,坐骨神经断裂率高于80%,不会引起股骨骨折,无其他严重并发症,伤后15 d该组动物全部存活;装药量大于0.35 g,初速大于600 m/s的破片在引起坐骨神经断裂伤的同时,容易合并股骨骨折及周围组织严重坏死,动物不易长期存活;而装药量小于0.30 g,速度小于500 m/s的三角破片飞行不稳,坐骨神经断裂率低于40%。结论 装药量为0.30 g,质量0.37 g的三角破片在初速(541.4±26.5) m/s、射击距离1.5 m时可稳定建立兔坐骨神经火器性断裂伤,是一种良好的火器性坐骨神经断裂伤模型。

关键词:坐骨神经;火器伤;断裂伤;动物模型
中图法分类号:R-332;R651.3;R826.5 文献标识码:A

Establishment and assessment of a rabbit model of disruptive injury of the sciatic nerve by firearm

CHEN Jian-mei[1], LI Bing-cang[1], WANG Jian-min[2], ZHANG Liang-chao[1] (State Key Laboratory of Trauma, Burns and Combined Injury, [1]Department 6, [2]Trauma Center, Institute of Surgery Research, Daping Hospital, Third Military Medical University, Chongqing 400042, China)

Abstract: Objective To establish a rabbit model of disruptive injury of the sciatic nerve by firearm. Methods A total of 30 adult New Zealand rabbits were randomly divided into 6 groups according to the loaded doses of gunpowder: 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, and 0.50 g. A 53-type musket was employed to fire a 0.37 g triangle fragment at different velocity. The best parameters for the establishment of the animal model were selected according to the flying characteristics of the fragments, the energy absorption, the disruptive rates of sciatic nerves, the infection rates, and the death rates. Results The triangle fragment fired at the loaded dose of 0.30 g gunpowder and at the velocity of (541.4±26.5) m/s resulted in the disruptive rate of the sciatic nerve of above 80%, but no femur fracture or other severe complications. All of the five animals still survived at 15 d after injury. The loaded dose of gunpowder above 0.35 g and the velocity of more than 600 m/s resulted in femur fracture and other severe complications, leading to high death rate at 15 d after injury. The disruptive rates were less than 40% when the loaded dose of gunpowder was below 0.30 g and the velocity was under 500 m/s. Conclusion An animal model could be successfully established by a 0.37 g triangle fragment driven by 0.30 g gunpowder at the velocity of (541.4±26.5) m/s within the shot-distance of 1.5 m.

Key words: sciatic nerve; firearm injuy; disruptive injury; animal model

周围神经火器性断裂伤是一种常见的神经战伤,与切割伤相比有其自身的特点与规律。但因目前缺乏动物实验模型,因此对其损伤的特点及其机制缺乏相应的研究。本实验旨在建立1种新西兰兔坐骨神经火器性断裂伤模型,为探讨周围神经火器性断裂伤的特点及修复规律奠定基础。

1 材料与方法

1.1 实验动物及分组

选用新西兰成年大白兔30只,体质量(2.7±0.3) kg,雌雄不限,均来自大坪医院实验动物中心,随机分成6组,每组5只。其中装药量:A组:0.20 g;B组:0.25 g;C组:0.30 g;D组:0.35 g;E组:0.40 g;F组:0.50 g。

基金项目:国家重点基础研究发展规划资助项目("973"项目)(G199054206)
Supported by the National Key Basic Research and Development Plan of China ("973" Projects, G199054206)
作者简介:陈建梅(1971—),男,福建省莆田市人,博士研究生,主治医师,主要从事神经创伤与修复方面的研究。电话:(023)68757436, E-mail:tmmu2001@yahoo.com.cn
收稿日期:2004-01-08;修回日期:2004-03-16

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

1.2 不同装药量及射击距离的三角破片的分布范围测定

用53式7.62 mm滑膛枪，致伤弹为生铁造的边长6 mm，质量0.37 g的三角形破片，射距分别为1、1.5、3.0 m，装药量分别为0.20、0.25、0.30、0.35、0.40、0.50 g，每种药量的破片5发。

破片的分布范围测定根据：将靶点作为坐标原点，通过计算其弹着点与靶点的距离；计算其射击密集度By：公式[1]为 $B_y=\frac{2}{3}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\Delta y_i^{\,2}}{n-1}}$；同时检测射击时火焰是否对入口造成烧伤，确定适当的射击距离。

1.3 致伤方法

新西兰大白兔用速眠新0.4 ml/kg肌肉注射麻醉，左后肢剪毛后仰卧位捆绑固定于致伤架上，垂直悬吊。致伤武器为53式7.62 mm滑膛枪，射距1.5 m，致伤弹为生铁造的边长6 mm，质量0.37 g的三角形破片，自后肢外侧坐骨神经体表投影线中点为靶点射入，CSB Ⅱ型激光测速靶测破片致伤入、出口速度及能量吸收。干净纱布填充伤口止血，绷带包扎。火器伤应该早期清创，但伤后马上进行清创时，不易判断坏死组织。由于本项目是要确定创伤后组织坏死程度，故统一选择在伤后6 h常规清创。这样，既可以判断组织坏死程度，又不影响早期清创处理。

1.4 伤后处理

伤后6 h内常规清创，伤口内置引流条，包扎伤口；3 d后延迟缝合伤口，每天注射青霉素钠针4.0×10^5 U，持续1周。

1.5 观察指标

1.5.1 伤后即刻伤情 根据三角破片入、出口速度计算传递能量；测量伤道入、出口大小、肌肉组织损伤程度、合并骨折与血管损伤情况、坐骨神经断裂发生率。

1.5.2 伤后6 h清创时伤情情况 根据“4C”标准判断肌肉组织的坏死[2]：密度(consistency)疏松；出血(circulation bleeding)无；收缩性(contractility)无；颜色(colour)暗红。用电子天平测量坏死的肌肉组织量，并观察有无股四头肌血肿等。

1.5.3 致伤远端血循环情况 分别在伤后6 h、3、7 d观察远端的血液循环情况。

1.5.4 15 d后动物的存活情况 动物体质量降低比重、死亡发生率及伤口感染率。

1.6 统计学处理

计量数据用$\bar{x}\pm s$表示，应用SPSS10.0统计软件行双因素方差分析及均数间多重比较；计数资料用χ^2检验。

2 结果

2.1 不同初速的三角破片的分布范围

破片的分布范围随射击距离增加而增大。当射击距离1 m时，子弹的分布最集中，但是，由于其距离太近，各组都造成火焰烧伤；当射击距离为1.5 m时，破片分布范围仍较为集中，与1 m组相差不显著，且不易被火焰烧伤，而射击距离为3 m时，分布范围明显大于其他两组($P<0.01$)(表1)，存在着飞行不稳定，不易击中目标等问题。故选择1.5 m的距离作为射距。

2.2 致伤参数及伤后即刻伤情

装药量越大，能量吸收越多(表2)；各组伤情：A、B两组神经断裂率≤40%，C、D、E、F 4组神经断裂率≥80%，但D、E、F 3组随着能量的增高，除神经发生断裂外，出入口面积增大，股骨骨折的发生率增高(表3)。

表1 破片的分布范围(cm)($n=5$)

Tab 1 Distribution of the triangle fragments (cm) ($n=5$)

Group	Doses of gunpowder (g)	Distance of shooting (m)		
		1.0	1.5**	3.0
A	0.20	0.84±0.07	1.02±0.08	2.07±0.08
B	0.25	0.77±0.03	0.89±0.05	1.92±0.06
C	0.30	0.69±0.05	0.78±0.03	1.85±0.08
D	0.35	0.62±0.02	0.71±0.03	1.79±0.04
E	0.40	0.58±0.02	0.64±0.04	1.46±0.10
F	0.50	0.54±0.02	0.61±0.03	1.37±0.03
	$F=16.044$		$F=3540.64$	
	$P=0.005$		$P=0.000$	

**：$P<0.01$，*vs* 3.0

表2 致伤速度与能量吸收($\bar{x}\pm s$)

Tab 2 Velocity and the energy resorption ($\bar{x}\pm s$)

Group	First velocity(m/s)	End velocity (m/s)	Energy resorption (J)◆
A	412.1±9.39	233.9±9.4	21.30±1.12
B	480.5±11.7	267.2±8.6	29.54±2.29
C	541.4±26.5	312.1±16.4	36.10±3.56
D	613.9±48.7	347.6±18.5	47.66±12.11
E	766.6±9.10	446.7±10.4	71.82±1.01
F	862.9±15.7	685.2±12.9	86.80±2.27

◆：$F=73.67$，$P=0.000$

表3 装药量与动物伤情

Tab 3 Doses of gunpowder and severity of injuries

Group	Entry area (cm^2)	Exit area (cm^2)	Rates of femur fracture (%)	Rates of disruption (%)
A	1.02±0.06	0.80±0.15	20	1/5
B	1.06±0.12	1.48±0.14	0	2/5
C	1.37±0.32	2.70±1.48	0	4/5
D	1.44±0.30	2.77±1.68	60	4/5
E	1.87±0.33	6.63±3.33	60	5/5
F	1.76±1.22	13.9±3.91	80	4/5
	$F=13.396$	$F=41.587$	$\chi^2=12.46$	
	$P=0.000$	$P=0.000$	$P=0.026$	

2.3 伤后6 h清创时伤情

所有动物均未发现有脑动脉破裂或血栓形成。A、B、C组未合并股四头肌血肿，肌肉坏死量较D、E、F组明显减少；D、E、F组动物肌肉坏死量明显增多；合并股骨骨折动物，骨折周围股四头肌内有严重的血肿(表4)。

表4 伤后6 h清创时伤情

Tab 4 Degrees of injuries at 6 h after injury

	A	B	C	D	E	F
Weight of necro muscle(g)#	3.74±0.18	4.56±0.37	5.96±0.43	7.82±0.39	9.36±0.35	11.8±0.35
Rate of hematoma (%)	20	0	0	60	80	80

#：$F=5.78$，$P=0.000$

2.4 血循环情况

所有动物伤后6 h均未发现远端肢体缺血表现。伤后3 d E组延期清创时发现1个伤肢远端血供异常，F组2个伤肢出

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

现远端血供异常; 随后发现这 3 个伤肢出现干性坏疽; 解剖时在腘动脉发现血栓栓塞。

2.5　2 周后动物体质量、存活率及伤口感染情况

各组动物质量减轻情况(表 5), A、B、C 组无动物死亡 D、E、F 组中发生骨折的动物, 均在 3 d 内死亡, 死亡原因: 4 只动物清创后 12 h 内死于失血性休克, 另外 5 只动物伤情重, 清创后伤口内仍渗血, 不能进食, 而且合并感染死亡; 未死亡的动物, 在伤后两周, 其感染率也高于 A、B、C 组(表 5)。

表 5　伤后 15 d 实验兔存活情况

Tab 5　Survival data of rabbits at 15 d after injury

Group	Rates of loses of body weight(%) *	Amount of survival (n)	Rate of infection (%)
A	7.12±1.93	5	20
B	11.61±1.78	5	0
C	13.82±0.90	5	0
D	14.66±1.22#	2	50
E	16.16±1.39#	2	50
F	—	1	100

*: $F=18.88$, $P=0.000$

3　讨论

建立坐骨神经火器性断裂伤模型, 至少应符合如下要求: 较高的坐骨神经断裂率; 较低的严重并发症, 如股骨骨折、腘动脉损伤等; 动物可以长期生存, 便于长期观察。由于坐骨神经位于后肢肌肉的深层, 与股骨及股动脉、腘动脉相邻, 所以火器性坐骨神经断裂伤模型建立较难。我们在坐骨神经震荡伤研究的基础上, 采用不同速度的三角破片直接射击兔坐骨神经, 分析其不同的创伤特点, 选择合适的参数, 从而建立火器性兔坐骨神经断裂伤模型。

合适的破片类型是本模型建立的关键。尽管研究表明[3], 周围神经由神经外膜、束膜等结缔组织包绕, 具有很大的弹性与韧性, 一般情况下不易引起断裂。李兵仓等[4]发现, 用速度为 2 330 m/s 的圆柱形破片射击犬的双后肢, 在坐骨神经未被直接击中的情况下, 尽管其周围的软组织乃至骨盆都有较大的缺损, 但坐骨神经仍然象桥索一样悬挂在伤道之中。我们用装药量为 0.30 g, 初速度为(541.4±26.5) m/s 的三角破片, 坐骨神经的断裂率即达 80%(4/5), 同时不伴有骨折、重要血管损伤等并发症。我们分析这与三角破片边缘锐利, 通过在组织内的旋转, 同时存在切割、震荡、负压吸引等损伤因素有关[5]。

适当的射击距离对本模型的建立非常重要。三角破片飞行时受空气阻力作用, 存在旋转、翻滚等运动, 与圆形钢珠或圆柱相比不稳定[6]。通过缩短射距, 可以减少这种不稳定性对模型的影响。研究表明, 当初速度为(541.4±26.5) m/s, 射距为 1 m 时, 其分布范围为 0.69 cm, 射击时喷射的火焰对动物造成烧伤; 而用同样初速度, 射距为 1.5 m 时, 其分布范围为 0.78 cm, 动物实验时可以重复制造出坐骨神经断裂伤模型, 全部动物均未被烧伤; 但当射距为 3.0 m 时, 其分布范围扩大到 1.85 cm。从上述结果可以得出结论, 射距为 1.5 m 是合适的射距, 近了容易引起皮肤烧伤, 而超过这个距离则飞行更不稳定。

在一定的破片质量的情况下, 损伤程度与三角破片的初速度呈正相关[6]。我们研究发现, 当装药量超过 0.35 g, 初速度超过 600 m/s 时, 除引起坐骨神经断裂外, 股骨骨折、股动脉损伤等并发症发生率明显增高, 肌肉坏死量明显增高, 动物不易长期存活。研究表明, 合并股骨骨折的动物存活率较低, 发生了股骨骨折的 11 只动物, 全部存活时间不超过 1 周。这是由于动物合并有股骨骨折时, 所吸收的能量较非骨折的动物明显增高, 而且, 在骨折部位及周围有较大的血肿; 同时发现, 在损伤对侧肢体、背部也可发现明显的出血点, 这可能是通过远达效应引起能量通过血管向远端传递, 导致损伤[7]。同时, 股骨骨折时不易界定坏死范围, 达不到彻底清创的要求; 骨折时不易固定, 达不到制动的要求; 广泛的血肿是良好的培养基: 所有这些, 容易引起伤道发生感染。而当速度小于 500 m/s 时, 破片飞行不稳, 不易射中坐骨神经, 而且组织所传递的能量较低, 坐骨神经的切断率低, 不能符合实验要求。

所以, 本实验可得出如下结论: 质量为 0.37 g 的三角破片, 在装药量为 0.30 g, 初速度为(541.4±26.5) m/s, 射击距离为 1.5 m 时可稳定建立兔坐骨神经火器性断裂伤, 符合实验要求, 而且动物能够长期存活, 是一种较好的火器性坐骨神经断裂伤模型。

参考文献:

[1] 步兵自动武器及弹药设计手册[M]. 北京: 国院工业出版社, 1977. 372—386.

[2] Zajtchuk C R, Bellamny R F. Textbook of military medicine[M]. Washington D C. USA: Department of Army, Office of the Surgeon, General Department of Army, 1990. 165—167.

[3] Vrebalov-Cindro V, Reic P, Ognjenovic M, *et al*. Peripheral nerve war injuries[J]. Mil Med, 1999, 164(5): 351—352.

[4] 李兵仓, 杨志焕, 王正国. 爆炸性武器在现代战争中的应用及其致伤机制[J]. 解放军医学情报, 1996, 10(5): 251—253.

[5] Karger B, Hoekstra A, Schmidt P F. Trajectory reconstruction from trace evidence on spent bullets. I. Deposits from intermediate targets[J]. Int J Legal Med, 2001, 115(1): 16—22.

[6] Nanobashvili J, Kopadze T, Tvaladze M, *et al*. War injuries of major extremity arteries[J]. World J Surg, 2003, 27(2): 134—139.

[7] Oehmichen M, Meissner C, Konig H G. Brain injury after survived gunshot to the head: reactive alterations at sites remote from the missile track[J]. Forensic Sci Int, 2001, 115(3): 189—197.

（编辑　薛国文）

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