DOI:10.16016/j.1000-5404.1986.s1.013

小弹片致伤后早期血清肌酸激酶反应

郑立超 梁启中 刘荫秋 程雪云 （野战外科研究所）

提 要 肌酸激酶（CK，EC.2.7.3.2）对骨骼肌损伤反应很敏感，有较特异的指示作用。本文通过40只犬的实验研究，探讨了小弹片致伤早期血清肌酸激酶（SCK）活性增加值的变化及其与伤情，弹片质量、形状等的关系。结果表明：伤后半小时SCK就明显升高，并随时间延长而进行性上升，伤后6小时最显著；显示有肌细胞渐进性变性坏死。伤后6小时内SCK活性增加值的变化，与伤情相平行，与组织吸收动能，伤道周围坏死组织清除量等呈显著相关的线性关系。反映了组织损伤程度受弹片的形状、质量、撞击速度等的相互影响。

关键词 肌酸激酶（CK）；弹片伤

现代常规武器战争中的高速武器和新武器的应用不断进展，而高速投射物进入人体后，由于高压而造成暂时空腔，并造成软组织的挤压、撕裂，引起极为严重的组织损伤[1]；就发生率而言，弹片伤远较枪伤为高[2]。根据我军历次战争的资料，四肢火器伤的发生率最高，从量上看，骨骼肌受到的损伤最为严重[1]。很多酶与各种器官组织的损伤有着相关性，可以较特异地指示某器官组织的损伤及损伤程度。CK即为这类酶，CK在骨骼肌细胞中含量最高，且较特异[3]，对骨骼肌损伤反映很敏感。作者等观察了0.15g、0.44g弹片致伤犬大腿后，6小时内SCK活性增加值的变化，及其与伤情，弹片质量、形状、撞击动能的关系。借以探讨小弹片的致伤特点，以便为创伤弹道学的机理研究，估计火器伤致伤威力，以及为弹片伤早期诊断、治疗提供酶学理论参考。

材 料 和 方 法

动物为四川地区健康杂种犬，体重15～20kg。用53式滑膛枪单个发射0.15g方形，0.44g圆柱形、方形、三角形小弹片，致伤方法[4]及主要观察指标已有另文介绍。分组见表1。

表1：分组及物理、生物效应值

弹片质量(g)与形状	撞击速度(m/s)	动物(只)	撞击动能(kg·m)	组织吸收动能(kg·m)	组织清除量(g)
0.15 方形	796.43	5	4.87	4.87	4.40
	1016.84	5	7.93	7.93	6.10
	1600.75	5	19.76	19.76	13.23
0.44 圆柱	723.86	5	11.82	11.41	11.50
	1084.40	5	26.45	25.27	19.40
	1554.54	5	54.25	51.36	42.25
0.44 方形	1112.66	5	27.92	26.63	16.60
0.44 三角	1071.68	5	25.86	25.75	24.74

在麻醉后，致伤前、致伤后0.5、2及6小时，分别采静脉血2～3 ml，离心取血清，用逆向反应肌酸显色双波长比色法[5][6]，测试血清SCK活性值。以麻醉后致伤前的测试值为伤前对照值，伤后各测试值减去自身伤前对照值，即为伤后SCK活性增加值。

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

结 果 与 分 析

小弹片致伤后早期，血清中对骨骼肌损伤很敏感的CK活性的变化，均比伤前值升高。本文对SCK活性增加值的变化进行了分析，以探讨弹片致伤作用的规律。

一、SCK活性增加值的时相变化

各组SCK活性在伤后早期0.5小时，就明显升高（表2）。其活性增加值，伤后0.5小时<伤后2小时<伤后6小时，其变化非常明显（$F > F_{0.01}$），尤以0.44g弹片升高幅度为大。

在四肢火器伤，可使皮肤、结缔组织、神经、骨骼、血管和骨骼肌损伤，从量上看，骨骼肌受到的损伤最为严重。CK主要存在于骨骼肌细胞内，对肌组织损伤反映很敏感，有较特异的指示作用。

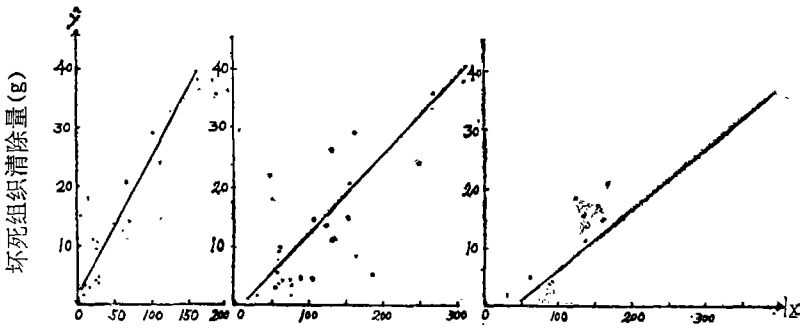
表2 伤后各组SCK活性增加值的变化（$\bar{X} \pm SE$）

弹片质量(g)与形状	撞击速度 (m/s)	伤前SCK活性值（单位）	SCK活性增加值（单位） 伤后0.5小时	伤后2小时	伤后6小时	F值	P值
0.15方形	796.43±12.95	81.99±9.61	14.62±7.58	65.38±9.36	87.86±14.73	9.93	(P<0.01)
	1016.84±23.73	113.05±7.54	21.82±8.28	75.76±10.66	107.97±16.76	12.91	(P<0.01)
	1600.75±69.10	105.64±14.54	45.12±11.25	107.84±23.52	143.49±10.12	9.51	(P<0.01)
0.44圆柱	723.86±29.94	78.09±5.70	43.02±14.12	96.43±27.65	206.53±34.95	9.82	(<0.01)
	1084.40±28.96	104.63±9.11	73.16±15.20	156.18±15.69	260.40±28.85	20.16	(<0.01)
	1554.54±4.05	84.60±12.12	153.72±12.96	284.22±11.66	365.09±10.79	81.20	(<0.01)
0.44方形	1112.66±36.68	113.85±11.10	92.18±31.57	244.42±23.35	301.04±22.35	16.17	(<0.01)
0.44三角	1071.68±28.03	91.81±10.91	105.36±20.41	333.80±69.63	398.51±45.16	9.69	(<0.01)

高速投射物进入组织后形成的压力波，所向之处的挫伤和震荡区，其肌纤维和细胞器变性坏死，线粒体失去正常结构，部分线粒体肿胀、空泡化或形成致密体[7]，从而大量释放CK于外周循环中。在原发性创伤后，由于肌组织缺血缺氧，发生肌细胞迟发性坏死，导致肌细胞CK的释放加剧，而特异地引起SCK活性不断升高。本实验所揭示的，伤后6小时内SCK活性增加值的时相变化规律，也就显示了迟发性肌细胞变性坏死的存在。反之亦然。在四肢火器伤治疗中，本酶活性增加值的时相变化，如果趋向伤前正常值，也就预示着创伤的好转。因此，测试SCK活性，可以帮助临床鉴别治疗。

二、SCK活性增加值与伤情的相关变化

0.15g方形、0.44g圆柱形两种弹片致伤后SCK活性增加值，均随组织吸收动能、伤道周围坏死组织清除量的增加而升高，它们间的变化相平行，呈非常显著的线性关系（图1，2）。

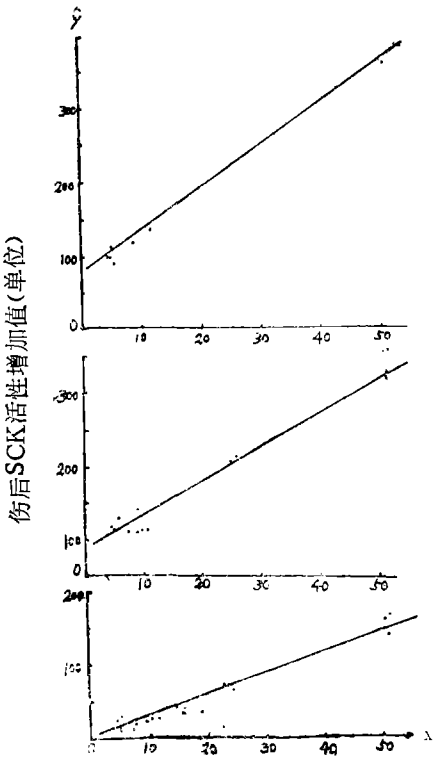


伤后SCK活性增加值（单位）

(1) 伤后0.5小时	(2) 伤后2小时	(3) 伤后6小时
n = 27	n = 29	n = 28
r = 0.669	r = 0.674	r = 0.645
p<0.001	p<0.001	p<0.001
$\hat{y} = 0.224X + 2.809$	$\hat{y} = 0.135X - 1.752$	$\hat{y} = 0.104X - 4.506$

图1 两种弹片致伤后SCK活性增加值与坏死组织清除量总体直线回归图

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



组织吸收动能(kg·m)

(1)伤后6小时	(2)伤后2小时	(3)伤后0.5小时
n = 29	n = 30	n = 29
r = 0.856	r = 0.877	r = 0.870
p<0.001	p<0.001	p<0.001
$\hat{y}$ = 5.644X + 80.397	$\hat{y}$ = 4.597X + 38.569	$\hat{y}$ = 2.853X + 0.394

图2　两种弹片致伤后SCK活性增加值与其组织吸收动能总体直线回归图

一般认为，高速投射物贯穿肢体时，以压力波形式释放出传递动能（组织吸收动能），组织吸收动能越高，伤情就越严重[8]，伤情轻重，根据组织吸收动能，直观地以伤道周围坏死组织清除量为标志。本实验所揭示的，伤后0.5、2及6小时SCK活性增加值，与组织吸收动能，伤道周围坏死组织清除量，呈非常显著的相关关系，表明伤后SCK活性增加值的变化与伤情变化平行相关。由CK对骨骼肌损伤特异的指示作用，根据SCK与伤情的相关变化规律，可以用本酶为指标，估计四肢火器伤伤情，这对临床诊断是有帮助的。

三、用SCK观察致伤中弹片质量与其动能和形状的相互关系

撞击动能相同的0.44g圆柱形、方形和三角形弹片致伤犬后，SCK活性增加值按圆柱形—方形—三角形顺序，在伤后0.5、2以及6小时分别逐渐升高图(3)，尤以伤后2、6小时为甚（$F > F_{0.05}$）。在观察时间内，圆柱形致伤犬SCK活性增加值平均增加163.35单位，方形弹片增长216.34单位，三角形弹片增长279.22单位，其增长三角形>方形>圆柱形。就此酶来看，撞击动能相同，质量一定的小弹片的致伤威力，与弹片形状有一定的关系。

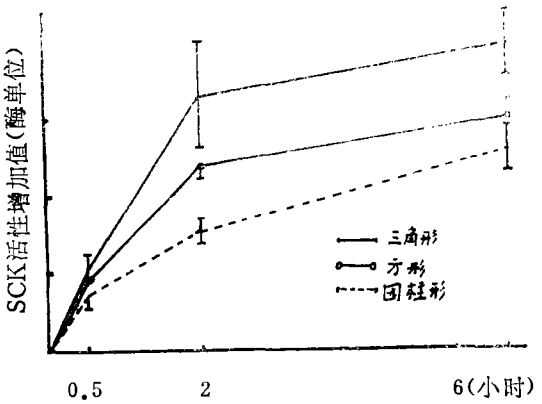


图3　0.44g不同形状弹片致伤后SCK活性增加值

在本实验中，撞击动能高的0.44g弹片致伤犬后，SCK活性增加值，均明显高于撞击动能低的0.15g方形弹片（表2）。然而撞击动能19.76kg·m的0.15g方形弹片(1600.75m/s组)，与11.82kg·m的0.44g圆柱形弹片（723.86m/s组）致伤犬相比较，由于伤道周围坏死组织清除量的变化较小($P > 0.05$)，各相应时相SCK活性增加值的变化都不明显($P > 0.05$)，就本酶全身反应来说，质量轻的弹片，在变换弹片形状的基础上，增加一定的撞击动能后，也有质量重的弹片类似的致伤作用。说明弹片质量、形状及撞击动能，对弹片的致伤威力，有着相互影响的关系[8]。

因此，在创伤弹道学研究弹片致伤威力和临床估计伤情时，要综合考虑弹片撞击动能，质量和形状。

（本文得以完成，承蒙一室田惠民主任的指导，计算机组张乔申工程师及检验科张志成同志的帮助，在此一并表示感谢。）

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

参 考 文 献

1. 吴公良，等。《野战外科学》。第1版。上海科技出版社，1981
2. Rich NM. Modern War Wounds. In: Mason JK. The Pathology of violent injury. London, Edward Arond 1978:100
3. 方允中、陈能乾。《医学酶学》。第1版。北京：人民卫生出版社 1984:243～246
4. 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
5. 魏明镜，等。血清肌酸磷酸激酶测定法的改进。中华医学检验杂志 1981；4(3):157
6. 黄尊波，等。双波长分光光度法在医学检验上的应用。中华医学检验杂志 1981；4(3):185
7. 王正国，等。创伤弹道的超微结构变化。解放军医学杂志 1982；7(3):129
8. 刘荫秋，等。不同形状、速度的小破片对狗软组织致伤特点。效二届全国创伤弹道学学术交流会会议文集 1985

Changes of Serum Creatine Kinase after Bullet Fragment Injury in Dogs

Zheng Lichao, et al (Research Institute of Surgery, Third Military Medical College)

The reaction of serum creatine kinase (SCK) to skeletal muscle injuries is very sensitive and specific. The changes of SCK levels were studied in 40 adult dogs after their hind legs were wounded with small bullet fragments. In addition, the relations between the changes of SCK levels and the mass and shape of the fragments and the severity of the tissue damage were also observed.

It was found that SCK level increased significantly 30 minutes after injury. It continued to increase and reached the peak in 6 hours. Pathological studies revealed that necrosis occurred in the skeletal muscle cells in the first 6 hours after injury. The increasing of SCK level was in good agreement with the extensiveness of the tissue damage. There was also a definite linear relationship between the SCK reaction and the amount of kinetic energy absorbed by the tissues, and the amount of the dead tissues excised.

Our results prove that the severity of tissue damage resulting from fragment injury is closely related to the shape, mass and impact velocity of the fragments.

Key words: Creatine kinase; Fragment wound

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