DOI:10.16016/j.1000-5404.2000.09.014
第22卷第9期 第三军医大学学报 Vol. 22, No. 9
2000年9月 ACTA ACADEMIAE MEDICINAE MILITARIS TERTIAE Sep. 2000

文章编号:1000-5404(2000)09-0849-04

论著

火器伤合并海水浸泡兔肢体骨骼肌组织脂质过氧化反应

陈 蕾,赖西南,陈志强,张良潮 (第三军医大学附属大坪医院野战外科研究所第六研究室,重庆 400042)

提 要:目的 观察兔肢体火器伤合并海水浸泡后,伤道周围骨骼肌过氧化脂质与抗氧化酶活力的变化,为早期救治提供实验依据。方法 用滑膛枪发射250 mg钢珠,致伤兔后肢,伤后将致伤兔随机分为两组:一组为海水浸泡组(SIG),将兔浸泡于粗制海盐配制的人造海水中30 min。另一组为单纯致伤组(SWG),伤后不浸泡海水。伤后3、6、12、24 h手术取距伤道边缘0.5 cm(A区)、1.5 cm(B区)和2.5 cm(C区)处肌组织,测定ATP含量、丙二醛(MDA)和超氧化物歧化酶(SOD)活力。取伤前骨骼肌组织作为对照。结果 伤后SIG兔伤肢骨骼肌MDA含量明显较伤前升高,升高幅度与距伤道距离呈反比(A区>B区>C区),伤后3、6 h升高,12 h略有下降,24 h再次升高。SWG的MDA变化与SIG相似,但升高幅度低于SIG,两组SOD活力和ATP含量的改变与MDA变化呈相似趋势。结论 肢体火器伤合并海水浸泡加重了伤道周围骨骼肌微循环障碍,能量代谢紊乱,氧自由基生成增加,过氧化脂质反应增强,进而引起继发损伤。

关键词:火器伤;海水浸泡;过氧化脂质;骨骼肌
中图法分类号:R322.7;R340.5;R826 文献标识码:A

Lipid peroxidation reaction in rabbit limb skeletal muscle tissues with firearm wound and seawater immersion

CHEN Lei, LAI Xi-nan, CHEN Zhi-qiang, ZHANG Liang-chao (Research Institute of Field Surgery, Daping Hospital, Third Military Medical University, Chongqing 400042, China)

Abstract: Objective To study the changes of lipid peroxidation and antioxidase activity in seawater-immersed rabbit limbs after firearm injury. Methods Firearm wounded limbs were established by 250 mg steel ball shot by a gun. The rabbits were randomly divided into group SIG in which the animals had been immersed in artificial seawater for 30 min and group SWG with firearm wound only. The tissues around the wound sites with the distances of 0.5 (area A), 1.5 (area B) and 2.5 cm (area C) were resected respectively 3, 6, 12, 24 h after the firearm injury. ATP content, malondialdehyde (MDA) content and superoxide dismutase (SOD) activity were detected and those parameters in the tissues of contralimb (pre-wounded muscle tissues) were determined too as the controls. Results In SIG group, MDA content was much higher in post-wounded than in pre-wounded group in a reverse ratio with the distances from the wound site (area A> B> C) and it was increased in the 3rd, 6th h post wound, decreased slightly in the 12th h and elevated again in the 24th h. In SWG group, the change of MDA content was similar to that in SIG group, but the increase amplitude was lower than that of SIG group. The changes of ATP content and SOD activity was similar to that of MDA in the 2 groups. Conclusion Firearm wound, accompanied with seawater immersion deteriorates the disturbance of microcirculation and energy metabolism, increase the formation of oxygen free radical and lipid perioxidation reaction and then causes the secondary injuries.

Key words: firearm wound; seawater immersion; peroxide lipid; skeletal muscle

肢体火器伤合并海水浸泡常见于海战及登陆作战中。探讨海水浸泡肢体火器伤的病理生理机制,有助于提高战伤救治水平。本实验建立兔肢体火器伤合并海水浸泡的实验模型,探讨骨骼肌组织过氧化脂质反应的特点及机制,以期为防治继发损伤提供理论依据。

基金项目:全军"九五"医学科研规划指令性课题(96L004)
作者简介:陈 蕾(1972—),女,四川省成都市人,实验师,主要从事野战外科学方面的研究。电话:(023)68757564
收稿日期:1999-12-05;修回日期:2000-05-05

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

1 材料和方法

实验采用体重 2.5～3.0 kg 的健康大白兔 24 只，雌雄不拘，以戊巴比妥钠(3 mg/kg)耳静脉注射麻醉。后肢剪毛，参照 Paddle[1] 的兔肢体火器伤实验模型方法致伤。致伤武器采用 7.62 mm 滑膛枪，发射质量为 250 mg，初速为 600～800m/s 的钢珠，射距 3.5 m。以激光测速装置测定钢珠靶前、靶后速度，计算传递能量。钢珠弹着点为兔单侧后肢股部肌肉丰满处，避免直接伤及股骨、大血管及神经。伤后立即包扎止血，输入失血量 3～4 倍的平衡盐液。

伤后随机将兔分为两组，即海水浸泡组(SIG，n＝14)和单纯致伤组(SWG，n＝10)。浸泡组兔浸入由粗制海盐配制的人造海水中(盐度 25.4，pH 8.4，水温 21 ℃)，30 min 后出水，更换敷料，热风吹干水迹。实验室温度 25 ℃。

伤后 3、6、12、24 h，分别沿肌纤维走向，手术切取距伤道边缘 0.5 cm(A 区)、1.5 cm(B 区)和 2.5 cm(C 区)处的肌组织，伤前肌组织取自对侧未致伤肢体，将标本立即置于液氮保存待测下述项目：脂质过氧化物的反应产物丙二醛(Malondialdehyde，MDA；暨南大学医学院提供药盒测定)；超氧化物歧化酶(Superoxide desmulase，SOD)[2] 的活性(发光法检测)；ATP 含量(虫荧光素酶发光法测定)[3]。

单纯伤组不浸泡海水，但处理及取材测定项目同浸泡组。

所有实验数据均采用 $\bar{x}\pm s$ 表示，组间比较采用 t 检验。

2 结果

钢珠弹靶前速度为(775.24±45.9)m/s，靶后速度为(632.78±73.29)m/s，传递能量为(25.95±8.34)J，伤道长度 25 mm，平均传递能量为(1.03±0.33)J/mm。

海水浸泡组伤后兔骨骼肌 MDA 含量均较伤前明显升高，为伤前的 167.38%～498.74%，升高幅度与距伤道距离有关，以近伤道 A 区最明显，并出现伤后 3、6 h 升高，12 h 下降，24 h 再次升高的趋势。单纯伤组 MDA 变化与海水浸泡组相似，但升高幅度低，为伤前的 103.15%～387.41%。伤后 SOD 活性变化与 MDA 呈相反的趋势，见表 1、2。

表 1 伤后骨骼肌 MDA 变化(m_B/nmol·mg^{-1}，$\bar{x}\pm s$)

Tab 1 Changes of MDA content in wounded muscle (m_B/nmol·mg^{-1}，$\bar{x}\pm s$)

Group	Pre-wounded	Time of post-wounded			
		3 h	6 h	12 h	24 h
SIG(n=14)	4.376±1.271				
Area A		9.856±0.451 **#	21.825±3.519 **#	12.292±2.769 **#	18.791±4.331 **#
Area B		8.279±0.915 **##	12.331±2.232 **	9.045±1.549 **	11.658±1.885 **#
Area C		11.612±1.045 **##	10.870±3.361 **	7.106±1.929 *	10.626±2.032 **#
SWG(n=10)					
Area A		11.940±1.499 **	16.953±2.027 **	10.212±1.282 **	13.395±3.693 **
Area B		5.984±1.694	11.690±3.352 **	6.931±2.443	10.906±1.242 **
Area C		4.514±0.970	10.526±3.840 *	9.199±1.849 **	6.688±2.375

SIG：Seawater immersion group；SWG：Simple wounded group；Area A，B，C：0.5，1.5，2.5 cm around the wound sites；*：$P<0.05$，**：$P<0.01$ *vs* pre-wounded；#：$P<0.05$，##：$P<0.01$ *vs* SWG

表 2 伤后骨骼肌 SOD 活性变化(m_B/nmol·mg^{-1}，$\bar{x}\pm s$)

Tab 2 Changes of SOD activity in wounded muscle (m_B/nmol·mg^{-1}，$\bar{x}\pm s$)

Group	Pre-wounded	Time of post-wounded			
		3 h	6 h	12 h	24 h
SIG(n=14)	39.866±3.997				
Area A		4.475±0.389 **##	7.773±0.381 **#	24.744±0.972	20.781±0.751 **
Area B		5.474±0.497 **##	9.382±0.701 **#	31.497±3.719 **#	21.458±1.763 **##
Area C		6.711±0.963 **##	10.658±0.470 **##	36.531±2.304 ##	23.207±1.561 **##
SWG(n=10)					
Area A		6.375±0.321 **	9.027±0.706 **	26.847±0.754 **	20.081±0.924 **
Area B		7.380±0.298 **	10.704±0.481 **	38.508±1.367	28.992±2.347 **
Area C		9.335±0.582 **	12.406±0.407 **	59.218±4.495 **	35.627±4.295

**：$P<0.01$ *vs* pre-wounded；#：$P<0.05$，##：$P<0.01$ *vs* SWG

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

伤后两组骨骼肌组织 ATP 含量均较伤前明显下降, 见表 3, 海水浸泡组 ATP 含量下降大于单纯伤组, 海水浸泡组骨骼肌 MDA 与 ATP 之间呈负相关($r=-0.49$, $P<0.05$)。

表 3　伤后骨骼肌 ATP 含量变化(m_B/nmol·mg^{-1}, $\bar{x}\pm s$)

Tab 3　Changes of ATP content in wounded muscle (m_B/nmol·mg^{-1}, $\bar{x}\pm s$)

Group	Pre-wounded	The time of post-wounded			
		3 h	6 h	12 h	24 h
SIG($n=14$)	17.741±0.806				
Area A		1.436±0.145**##	4.146±0.104**#	8.471±0.322**##	5.482±0.208**
Area B		2.449±0.649**##	4.380±0.158**	10.007±0.608**##	6.341±0.287**##
Area C		2.270±0.327**##	5.753±0.370**##	11.118±0.880**##	7.370±0.846**##
SWG($n=10$)					
Area A		2.496±0.255**	3.840±0.174**	9.389±0.148**	6.972±0.306**
Area B		3.726±0.227**	4.096±0.050**	12.940±0.405**	7.817±0.327**
Area C		3.900±0.330**	7.957±0.347**	14.945±0.992*	10.096±0.691**

*: $P<0.05$, **: $P<0.01$ *vs* pre-wounded; #: $P<0.05$, ##: $P<0.01$ *vs* SWG

3　讨论

本实验由于条件受限制, 仅根据我国特定海域的盐度和年平均水温, 将粗制海盐溶解模拟海水环境, 建立海水浸泡火器伤的实验室研究模型。

3.1　海水浸泡火器伤骨骼肌过氧化反应明显增加的原因

可能与以下因素有关: ①海水的高渗性。本研究使用的模拟海水渗透压为 25.4 kPa, 高渗的海水进入局部损伤组织, 容易导致细胞内外环境离子浓度的变化, 加重细胞膜上的离子泵负担, 必然要消耗更多的 ATP, 进而使代谢更为活跃, 对氧和葡萄糖的需要也明显增加, 随着对能量需求增多, 细胞中的还原产物增加, 从而诱发氧化还原反应; ②海水的偏碱性。本研究使用的模拟海水 pH 值为 8.4, 偏碱性除了能引起细胞膜内外离子浓度的失衡以外, 尚能增加细胞的损伤反应, 偏碱性环境条件下的损伤细胞更易发生崩解, 细胞的崩解使得膜磷脂释放, 而膜磷脂则能参加活性氧化反应[4]。

3.2　海水浸泡火器伤骨骼肌过氧化反应增加的病理生理意义

"氧化应激"是细胞损伤的一种主要的生化机制[5]。在不断循环的氧化还原反应中, 嘌呤核苷是主要的消耗对象, 嘌呤核苷的缺失, 将降低氧化磷酸化, 减少 ATP 的生成。但是 ATP 的减少会反射性地刺激细胞代谢代偿性增加, 以弥补 ATP 的不足, 但超过细胞的代偿以后, 细胞的能量代谢最终会逐步降低。因此, 本研究中海水浸泡火器伤骨骼肌的 ATP 含量虽然在伤后逐步增高, 但仅在 12 h 达高峰, 24 h 则表现为明显的下降趋势, 可能就是这样一种先代偿, 后失代偿的表现。

超氧化物歧化酶(SOD)是一种抗氧化损伤的保护酶类, 本研究伤后 12 h 内, SOD 也表现出逐步增加的趋势, 而 24 h 后则明显降低, 可能也属于一种抗氧化损伤的代偿性反应, 但这种代偿性反应也主要以 12 h 为界限。因此, 根据以上分析, 对海水浸泡火器伤的处理, 伤后 12 h 内应是最佳时机, 而抗氧化损伤有可能延缓伤口的处理时间, 减轻组织的继发性损伤。

另外在本实验中, 伤后 24 h C 区的 MDA 含量也明显高于伤前($t=5.239$, $P<0.01$)。

肢体火器伤时伤道旁骨骼肌脂质过氧化反应增强, 一方面是由于致伤时瞬时空腔的脉动以及冲击波效应, 造成伤道周围组织微循环障碍[6], ATP 生成减少; 在催化次黄嘌呤氧化生成尿酸中, 黄嘌呤脱氢酶转变为黄嘌呤氧化酶; 以及氧合肌红蛋白变性, 中性白细胞吞噬细菌过程中均产生大量氧自由基(O^{2-})。另一方面本实验观察到肢体火器伤时抗氧化酶 SOD 活性下降, 而血管损伤, 出血, 血凝块内血红蛋白分解产生大量铁离子, 触发了 O^{2-} 与细胞及亚细胞器质膜不饱和脂肪酸的过氧化反应[7], 导致蛋白水解酶漏出, 呼吸链受损, 能量代谢进一步紊乱, ATP 生成减少[8], 从而启动了组织的继发损伤。

海水浸泡肢体火器伤时, 除上述因素外, 海水的高渗性还导致细胞内脱水, 组织间水肿, 浸泡在密度大于

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

人体的海水中可造成失重状态，周围血管收缩，血液潴积在心脏和大血管，不利于周边组织得到充分供给；在水中热量的丢失比在同温度的空气中增加3倍，但是浸泡于低于体温的海水中加重了组织能量代谢障碍[9,10]。因此海水浸泡火器伤时，伤肢的灌流状态更加恶化，ATP生成减少，过氧化脂质反应较单纯伤显著。

海水浸泡肢体火器伤时脂质过氧化变化的时相特征，表现为伤后3～6 h增强，12 h减轻，24 h再次增强，单纯伤时也有相同趋势。伤后SOD活性变化与MDA相似。表明肢体火器伤伤后12 h内骨骼肌损伤有可逆性的恢复，可能主要与肢体火器伤时骨骼肌损伤不均匀，早期微循环功能紊乱的代偿，SOD活性恢复有关。伤后24 h骨骼肌MDA再次升高，继发感染加重，微循环功能代偿失调可能是重要因素。在本实验中，伤后24 h各区骨骼肌组织ATP含量以及SOD活性均较伤后12 h下降。因此，对海水浸泡火器伤的处理，应在伤后12 h内尽早完成初期外科处理，同时开展抗感染、抗氧化、抗缺氧、改善肢体微循环状况的非外科处理，防止组织继发性损伤。

参考文献：

[1] Paddle B M, Freeman S E, Mawson I, *et al*. Fine-structure studies experimental skeletal muscle trauma[J]. Br J Exp Path, 1981, 62(6): 571－582.

[2] 陈毅军，赵晓刚，江观玉. 急诊多发伤患者血液SOD、LPO的测定及临床意义[J]. 急诊医学，1997，6(4)：205－207.

[3] 唐 政，陈劲松，黎磊石. 抗氧化酶及脂质过氧化物在肾移植中的意义[J]. 中华器官移植杂志，1998，19(1)：13－15.

[4] 金惠铭，卢 建 主编. 细胞分子病理生理学[M]. 昆明：云南科技出版社，1997. 18－22.

[5] Paradies G, Ruggiero F M, Petrosillo G, *et al*. Peroxidative damage to cardiac mitochondria: cytochrome oxidase and cardiolipin alterations[J]. FEBS Lett, 1998, 424(3): 155－158.

[6] Takahashi K, Lam T T, Fu J. The effect of high-dose methylprednisolone on laser-induced retinal injury in primates: an electron microscopic study[J]. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 1997, 235(11): 723－732.

[7] Nishida K, Ohta Y, Kobayashi T. Involvement of the xanthine-xanthine oxidase system and neutrophils in the development of acute gastric mucosal lesions in rats with water immersion stress [J]. Digestion, 1997, 58(4): 340－351.

[8] Reguena J R, Fu M X, Ahmed Mu, *et al*. Lipoxdation products as biomarkers of oxidation damage to proteins duing lipid peroxidation reaction[J]. Nephrol Dial Transplant, 1996, 11(1): 48－53.

[9] Shukla A, Rasik A M, Patnaik G K. Depletion of reduced glutathione, ascorbic acid, vitamin E and antioxidant defence enzymes in a healing cutaneous wound[J]. Free Radic Res, 1997, 26(2): 93－101.

[10] Tikuisis P. Prediction of survival time at sea based on observed body cooling rates[J]. Aviat Space Environ Med, 1997, 68(5): 441－448.

（编辑 薛国文）

经验与短篇

文章编号：1000-5404(2000)09-0852-01

大面积烧伤病人肠内喂养奥力康的护理

Nursing care of enteric Aolikang feeding in extensive burn patients

张 红，王洪春，刘海霞，肖康菊，汪仕良 （第三军医大学附属西南医院烧伤研究所，重庆 400038）

早期肠道喂养可以减少烧伤病人的并发症，改善伤后的营养状态[1]。进口营养制剂因其价格较贵，难以广泛应用。为此，我们研制了一种调理肠道功能，改善病人营养状况的肠道营养制剂奥力康。通过临床应用发现其效果较显著，患者反应良好，现将我们的应用情况介绍如下。

作者简介：张 红(1963－)，女，重庆市人，主管护师，主要从事烧伤护理方面的研究，发表论文10篇。电话：(023)68754670

收稿日期：1999-07-13；修回日期：2000-01-03

1 材料与方法

1.1 一般资料

选择烧伤病人24例，其中男性19例，女性5例。年龄27～52岁，平均烧伤面积75%(50%～96%)，其中深II度烧伤平均面积20%～85%，III度平均面积20%～62%。

1.2 奥力康成分

主要成分为蛋白质、牛奶、蔗糖、脂肪、中药、谷氨酰胺、维

(下转856页)

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