DOI:10.16016/j.1000-5404.2003.05.002
第25卷第5期 第三军医大学学报 Vol. 25, No. 5
2003年3月 ACTA ACADEMIAE MEDICINAE MILITARIS TERTIAE Mar. 2003

文章编号:1000-5404(2003)05-0373-04

论著

海水浸泡兔股动脉火器伤的病理学研究

刘 鹏[1],赖西南[2],彭学良[1],刘晋才[1],吴国萍[2],张良潮[2],王丽丽[2] (第三军医大学附属大坪医院野战外科研究所:[1]骨科;[2]第六研究室,重庆 400042)

提 要:目的 观察兔股动脉火器伤合并海水浸泡的病理形态学特点。方法 将大白兔30只随机均分为单一致伤组、海水浸泡30 min组和海水浸泡60 min组,用钢珠弹致伤兔单侧股动脉后,将海水浸泡组动物置于海水中浸泡30 min或60 min,单一致伤组动物不浸泡,于伤后2、4、6、8、12 h取弹着点中心两端股动脉,做光镜、电镜观察。结果 动脉损伤类型主要为完全断裂伤和挫伤。完全断裂伤的动脉分为原发伤道区、挫伤区和震荡区。与单一致伤组相比,海水浸泡组的原发伤道区和挫伤区的血管壁显著肿胀,以中膜外2/3为甚,肌浆内空泡样结构常见,内皮细胞之间纵行皱褶紊乱、变平。浸泡30 min组与60 min组之间病变程度无明显差异。3组中动脉挫伤和完全断裂伤的震荡区的病理表现类似。结论 兔股动脉完全断裂伤合并海水浸泡时,其原发伤道区和挫伤区的细胞、细胞间隙显著肿胀。

关键词:火器伤;海水;浸泡;血管;病理学
中图法分类号:R123;R654.3;R826.61 文献标识码:A

Pathological characteristics of seawater immersion following gunshot wounds of rabbit femoral arteries

LIU Peng, LAI Xi-nan, PENG Xue-liang, LIU Jin-cai, WU Guo-ping, ZHANG Liang-chao, WANG Li-li (Department of Orthopedics, Daping Hospital, Third Military Medical University, Chongqing 400042, China)

Abstract: Objective To investigate the pathological characteristics of a compound trauma, which refers to seawater immersion following gunshot wound of femoral artery. Methods A total of 30 rabbits were divided randomly into 3 groups: single-wounded group (SWG, $n=10$), seawater immersion for 30 mins group (SIG-Ⅰ, $n=10$) and seawater immersion for 60 mins group (SIG-Ⅱ, $n=10$). Femoral arteries were impacted by 0.38 g steel balls fired from 7.62 mm rifle. After being wounded, rabbits in SIG-Ⅰ, Ⅱ were immersed in seawater (saline 25.4, pH 8.2~8.4, temperature 21 ℃) for 30 or 60 mins. At 2 h, 4 h, 6 h, 8 h and 12 h following injury, segments of arteries measuring 40 mm on each side of the hit spot were extracted (every 10 mm as a unit) for the examination by light (H.E. and Verhoff's stain) and electron (TEM, SEM) microscopy. Results Types of arterial injury were contusion, complete and incomplete transection. Completely transected artery was divided as primary-wound-tract area, contused area and shocked area. Compared to those of SWG, primary-wound-track and contused area of artery of SIG manifested obvious swelling of arterial wall, especially at 2/3 outside of media. Balloon structures were often detected in smooth muscle cells of media, and intercellular space among smooth muscle cells were fulfilled by homogeneous, acidiphilic substance. Deep rugae among endothelial cells became flattened or rugal folds lost their strict longitudinal orientation, and marked fibrin and platelet deposition were noticed. No significant difference was detected between SIG-Ⅰ and SIG-Ⅱ. Pathological changes of contused artery were similar in 3 groups. Conclusion The pathological characteristics of seawater immersion following gunshot wounds of rabbit femoral arteries are obviously cellular and intercellular edema of arterial wall in primary-wound-track and contused area of completely transected artery.

Key words: wound; gunshot; seawater; immersion; blood vessel; pathology

四肢大动脉火器伤在历次战争中的发生率为0.07%~2.4%[1]。海上及登陆作战中四肢大动脉火器伤的发生率与陆战类似[2]。由于特殊的作战环境,伤口常合并不同程度的海水浸泡[3]。大动脉火器伤合并海水浸泡的病理学变化,目前尚未见报道。本实验

基金项目:全军"九五"医药卫生指令性课题(96L004)
作者简介:刘 鹏(1973-),男,河北省沧州市人,硕士,主治医师,讲师,主要从事脊柱关节外科及肢体火器伤方面的研究。电话:(023)68757244
收稿日期:2001-10-04;修回日期:2002-03-06

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

以兔股动脉火器伤合并海水浸泡为实验模型，研究四肢大动脉火器伤合并海水浸泡的病理形态学特点，为该伤情的外科修复可行性研究提供实验依据。

1 材料与方法

1.1 实验动物与分组

健康成年新西兰大白兔 30 只，雌雄不拘，体重(3.29±0.94) kg，随机分为单一致伤组(Single-wounded group，SWG，n=10)、海水浸泡 30 min 组(Seawater-immersion group-Ⅰ，SIG-Ⅰ，n=10)和海水浸泡 60 min 组(Seawater-immersion group-Ⅱ，SIG-Ⅱ，n=10)。

1.2 动物模型

将麻醉状态下的兔固定在实验架上。用 7.62 mm 滑膛枪发射质量 380 mg 的钢珠，射击兔单侧股动脉中点，射距 3.5 m。伤后立即局部加压包扎。将海水浸泡组兔双后肢及胸腹部浸入人工海水(盐度 25.3，pH 8.4，水温 21 ℃)中，SIG-Ⅰ组浸泡 30 min，SIG-Ⅱ组浸泡 60 min，SWG 不浸泡。浸泡组出水后擦干水迹，更换敷料，复温。

1.3 取材

于火器伤后 2、4、6、8、12 h 在手术显微镜下(×10 倍)探查股动脉伤情，以断端或损伤最重点为中心，取远、近端各 40 mm 股动脉，每 10 mm 为单位，置于 4%多聚甲醛或 3%戊二醛中，4 ℃下固定 24 h。

1.4 光镜标本的制作

酒精逐级脱水、浸蜡、石蜡包埋、连续切片，HE 及 Verhoff 染色。

1.5 电镜标本的制作

1.5.1 透射电镜　标本经丙酮系列脱水后经环氧树脂包埋，切片，超薄切片经醋酸铅染色后在 JEOL JEM-100SX 透射电子显微镜下观察。

1.5.2 扫描电镜　标本经酒精系列脱水及液态 CO_2 培养点干燥，喷铂后在 JEOL JSE-T300 扫描电子显微镜下观察。

2 结果

2.1 大体观察

动脉损伤类型在各实验组中分布见表 1。3 组的损伤表现及范围类似。

表1 不同类型血管伤在实验各组中的分布

Tab 1 Types of arterial injuries in three groups

Types of injuries	Single-wounded group	Sea-water immersion group		Total
		group-Ⅰ	group-Ⅱ	
Complete transection	3	4	4	11
Incomplete transection	1	0	0	1
Contusion	6	6	6	18
Total	10	10	10	30

完全断裂伤：断端参差不齐，质软，损伤重者触之如泥，范围达 2~5 mm，外膜出血达 6~15 mm，取材时断端多已有血栓形成。不完全断裂伤：仅 1 例，断裂超过周径 1/3，破口边缘收缩，出血不止，无血栓形成，纵行剖开见距断端约 1.5 mm 范围内内膜粗糙。挫伤：距弹着点最近处动脉外膜出血，范围达 5~12 mm，损伤处未见明显内膜粗糙，偶见内皮与内皮下层分离，损伤严重者动脉呈梭形或动脉瘤样改变，多于伤后 2 h 内形成血栓阻塞全部或部分管腔。值得注意的是海水浸泡组弹道周围软组织显著水肿。

2.2 光镜观察

2.2.1 海水浸泡组

2.2.1.1 完全断裂伤可分为原发伤道区、挫伤区、震荡区[4]

(1)原发伤道区(距断端 0~10 mm)：伤后 2 h，血管壁显著肿胀，尤以中膜外 2/3 为甚，平滑肌肌浆内空泡常见，中膜平滑肌细胞(Smooth muscle cell，SMC)弥漫性嗜酸性坏死增强，见图 1A；广泛的内皮细胞(Endothelial cell，EC)缺失，内弹力膜(Internal elastic membrane，IEM)断裂，溶解，严重者可见内膜、中膜破碎，断裂，甚至完全崩解，外膜有少量中性粒细胞浸润。伤后 6~12 h，内膜、中膜细胞坏死更加明显。外膜有大量中性粒细胞浸润。

(2)挫伤区(距断端 5~20 mm)：伤后 2 h，管壁肿胀程度明显弱于原发伤道区，可见局灶性 EC 脱落，IEM 平直，失去原有波浪状结构，严重者局部断裂、溶解，SMC 广泛或局灶性嗜酸性增强，仍可见肌浆内空泡。外膜有少量出血。伤后 6~12 h，内膜中膜病变未见加重，外膜中性粒细胞浸润明显。

(3)震荡区(距断端 15~30 mm)：伤后 2~4 h，偶见 EC 自 IEL 上掀起、IEL 紊乱及 SMC 嗜酸性变；未见血管壁肿胀及 SMC 肌浆内空泡。伤后 6~12 h，病变未见加重。

2.2.1.2 挫伤

(1)血管壁变性和出血：伤后 2 h，EC 突向管腔，严重者脱落，片状缺失，IEM 紊乱，严重者局部溶解、断裂，SMC 局灶或广泛性嗜酸性变，外膜出血，中性粒细胞浸润，有红细胞、纤维素粘附在 EC 损伤处。未见血管壁肿胀及 SMC 肌浆内空泡。

(2)血栓形成：挫伤严重者多可见血栓形成，为混合血栓或红色血栓。

上述病变海水浸泡Ⅰ、Ⅱ组之间无明显程度差异。

2.2.2 单一致伤组

2.2.2.1 完全断裂伤　伤后 2 h，原发伤道区内 EC 广泛缺失，IEM 断裂，溶解，SMC 弥漫性嗜酸性变，外膜有少量中性粒细胞浸润。伤后 6~12 h，内膜中膜细胞坏死更加明显。外膜有大量中性粒细胞浸润；挫伤区内见局灶性 EC 脱落、IEM 紊乱、SMC 广泛或局灶性嗜酸性坏死；震荡区内见局灶性内膜和中膜细胞变性。未见血管壁肿胀及 SMC 肌浆内空泡。

2.2.2.2 不完全断裂伤　动脉各层细胞有不同程度的变性和坏死，其严重程度及范围介于完全断裂伤和挫伤之间。

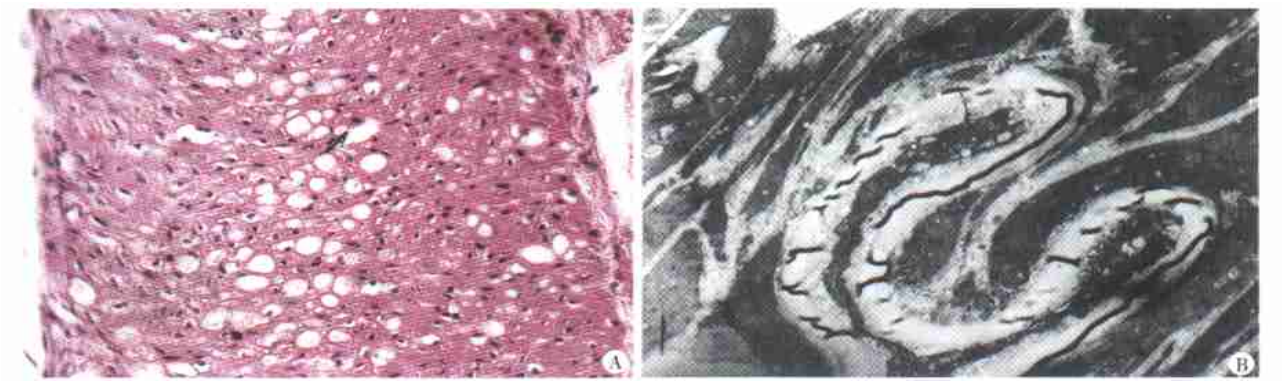
2.2.2.3 挫伤　其病变表现与海水浸泡组类似。

2.3 电镜观察

2.3.1 透射电镜　海水浸泡组：完全断裂伤的原发伤道区内可见 EC 肿胀，细胞器消失，核膜皱缩，核固缩、碎裂、细胞连

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

接间隙增宽, 严重者 EC 缺失, IEM 肿胀、增厚、扭曲变形, 呈叠纸样, 胶原纤维变性, 见图 1B, 内皮下层水肿。挫伤区 EC 核固缩、碎裂少见, 原发伤道区和挫伤区内 SMC 显著肿胀, 平滑肌肌浆内有大小不等的空泡, 见图 2, 细胞器消失, 染色质深染, 细胞间隙显著增宽。震荡区内偶见 EC 及 SMC 变性。挫伤: EC 变性: 细胞肿胀、线粒体空泡化、核膜皱缩, 染色质边集, 核固缩、碎裂少见。IEM 肿胀、增宽, 未见断裂、溶解。SMC 肌丝紊乱或融合, 胞核变小拉长, 肌纤维断裂少见。



A: The obvious edema of the artery wall, especially the outer two thirds of the media; Balloon structures can be detected in smooth muscle cells of media, and intercellular space among smooth muscle cells is fulfilled by homogeneous acidiphilic substance(HE× 200); B: The internal elastic lamina looks like the folded paper due to obvious edema, the deep dyed part suggests the degeneration of collagen(TEM× 5 000)

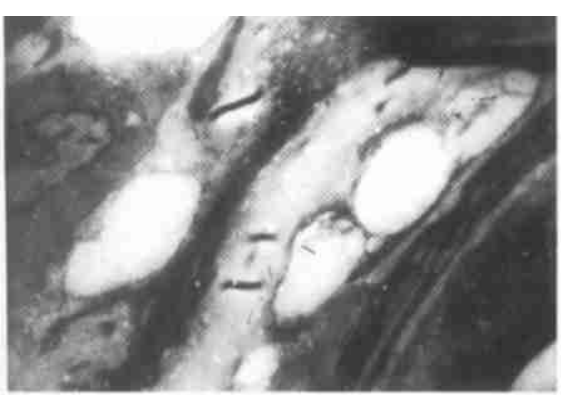
图 **1**　海水浸泡组原发伤道区

Fig 1　Primary wound track area of SIG

单一致伤组: 完全断裂伤的原发伤道区和挫伤区内SMC 及细胞间肿胀程度明显低于海水浸泡组, 其余病变类似。挫伤的病变表现与海水浸泡组类似。

2.3.2　扫描电镜

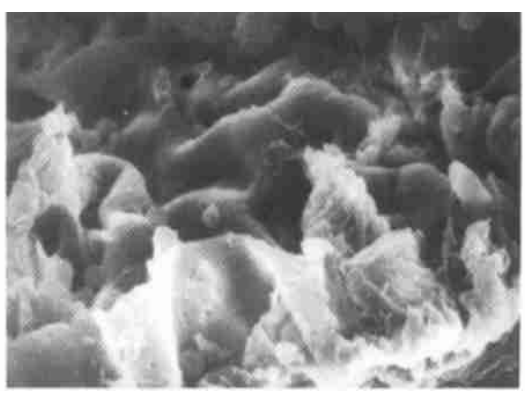
完全断裂伤: 原发伤道区可见 EC 片状缺失, IEM 裸露, 血栓形成, 阻塞管腔, 挫伤区内微血栓附壁多见; 震荡区见 EC 形态基本正常, 排列整齐、规则。在海水浸泡组中尚可见到原发伤道区和挫伤区的 EC 之间原有的纵行皱襞变浅, 排列紊乱, 呈沟回交错状, 见图 3, 血细胞附壁亦较单一致伤组明显增多。



The balloon structure in the plasma of smooth muscle cells in the media of femoral artery

图 **2**　海水浸泡组挫伤区　(TEM× 5 000)

Fig 2　Primary wound track area of SIG　(TEM× 5 000)



Deep rugae among endothelial cells becomes flattened or rugal folds lost their strict longitudinal orientation

图 **3**　海水浸泡组原发伤道区与挫伤区的内皮细胞　(SEM× 1 400)

Fig 3　Primary wound track area of SIG　(SEM× 1 400)

挫伤: 可见较多微血栓形成, 类似于完全断裂伤中的挫伤区。未见 EC 片状缺失。海水浸泡组与单一致伤组之间表现类似。

3　讨论

3.1　火器伤造成动脉管壁细胞变性或坏死, 其中肉眼观损伤段病变呈不可逆性

在各实验组中, 均可观察到 EC 脱落、缺失, IEM 紊乱、断裂、溶解, SMC 嗜酸性变性或坏死, 外膜出血、炎

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

细胞浸润等病理改变，说明上述病变是动脉火器伤的基本病理改变。研究[5]业已证实，高速投射物致伤时，瞬时空腔的形成、脉动和衰减是造成动脉壁广泛损伤的主要原因，说明机械性致伤因子是造成上述基本病变的主要致伤因素。

各实验组中，基本病变的严重程度及范围在不同类型的动脉损伤及其病理分区中有所不同，其中肉眼观损伤段动脉的基本病变随着观察时间的延长而加重，呈不可逆性。根据对大体标本和组织学检查的对比结果来看，完全断裂伤的肉眼观损伤段大致与光镜下的原发伤道区和挫伤区近端相对应。伤后 2～4 h，上述分区内可见广泛和严重的基本病变；伤后 6～12 h，病变（主要是细胞的坏死）进一步加重，说明此区的损伤为不可逆性，提示清创时应该将该段彻底切除。肉眼观有明显动脉瘤样扩张的挫伤动脉经组织学检查可见广泛的 EC 脱落和 SMC 嗜酸性变性或坏死，随观察时间延长，有混合或红色血栓形成，细胞变性和坏死加重，亦呈不可逆性，提示对此类挫伤亦应进行积极的外科处理。

高速投射物的直接致伤作用和瞬时空腔效应均会造成组织损伤，前者的致伤作用明显大于后者[6]。动脉完全断裂伤是由投射物直接挤压、撕裂或切断血管所致，故动脉原发伤道区及相邻的挫伤区近端损伤最重；瞬时空腔的形成、脉动和衰减以及能量沿血管管腔的传递与吸收则导致上述部位以外的血管亦有损伤，但能量传递随距离增加呈递减趋势，故挫伤区远端和震荡区病变轻微。血管挫伤则主要与瞬时空腔效应有关，其损伤的严重程度与组织的能量吸收及血管与弹道的距离相关。

3.2 海水浸泡导致动脉管壁细胞与细胞间隙肿胀

本实验根据我国特定海域海水盐度和年平均水温配置成人工海水，并建立了海水浸泡肢体主要动脉火器伤的实验动物模型。通过对海水浸泡动脉火器伤的病理形态学进行系统观察，发现其组织损害的程度明显重于单一动脉火器伤，组织细胞及其间隙水肿明显加重，特别是血管完全断裂伤的原发伤道区可见动脉壁显著肿胀，SMC 内有大小不等的空泡，SMC 间隙显著增宽，扫描电镜发现原发伤道区和挫伤区的 EC 间纵行皱襞变浅、紊乱，呈沟回状。

血管火器伤后合并海水浸泡的病理学变化尚未见报道，但以往的相关研究[6～9]证实，被浸泡一定时间的其他组织无一例外地发生细胞及其间隙肿胀。赖西南等[8]发现，经 30～60 min 的海水浸泡，弹道周围的骨骼肌组织出现显著的细胞肿胀，肌间隙亦明显增宽，有较多的纤维蛋白渗出。王育红等[9]研究腹腔和胸腔内脏器经海水浸泡后的病理变化，发现各脏器显著水肿。

3.3 海水的高渗和碱性特性是造成组织肿胀的主要致伤因素

海水是一种高渗、碱性、低温的液体[3]。海水浸泡使动脉壁处于局部高渗环境中，管壁组织细胞内的水份不断弥散到细胞间隙中，细胞内脱水，细胞内溶质浓度和渗透压增高。细胞内、外的高渗状态可能从内、外两侧损伤细胞膜，使膜蛋白表面的水分脱失，蛋白质变性；此外，浸泡前火器伤的冲击波已经造成不同程度的细胞膜破坏和膜蛋白凝固[6]；碱性、低温环境则可能导致膜表面酶的活性进一步下降或丧失[10]，最终造成细胞膜通透性增高，大量金属离子和水份进入胞内，从而引起细胞肿胀。光镜和 TEM 观察到 SMC 内大小不等的空泡可能系细胞器极度肿胀的结果，而细胞间隙中的均质、淡嗜伊红染物质则可能是水肿渗出液。EC 之间原有规则、纵行的皱襞变浅，紊乱，则可能是由于局部非生理状态渗透压、酸碱度引起 EC 肿胀，细胞间连接紊乱的表现[11]。在海水浸泡引起的弹道周围组织继发性损伤中，高渗和碱性这两个化学因素更加重要。

参考文献：

[1] Cambria R P. Vascular Surgery: etiology, incidence and clinical pathology [M]. Philadelphia: Rutherford R B, Saunder, 1984. 22－29.

[2] 赖西南，王丽丽. 海上及登陆作战的战伤救治[J]. 人民军医，2000，43(9)：498－499.

[3] 龚锦涵. 航海医学[M]. 北京：人民军医出版社，1996. 558－560.

[4] 黄 宏，王正国，赖西南，等. 海水浸泡弹道伤骨骼肌组织的病理变化[J]. 第三军医大学学报，2001，23(7)：753－755.

[5] 刘荫秋，王正国，马玉媛. 创伤弹道学[M]. 北京：人民军医出版社，1991. 249－250.

[6] 陈 菁，赖西南，黄 宏，等. 火器伤合并海水浸泡时坏死肌组织判定的实验研究[J]. 第三军医大学学报，1999，21(10)：723－724.

[7] 叶映祥，巫发祥，郑集义，等. 海水浸泡伤口的外科清创缝合的动物实验初步报告[J]. 海军医学，1983，1(4)：45－48.

[8] 赖西南，黄 宏，吴国萍，等. 海水浸泡火器伤失活肌组织的外科判定标准[J]. 中华航海医学杂志，2000，7(1)：33－35.

[9] 王育红，鹿尔驯，虞积耀，等. 腹部开放性损伤犬经海水浸泡后血液动力学及病理学的变化[J]. 中华外科杂志，2000，38(9)：700－702.

[10] 魏文汉. 病理生理学[M]. 上海：上海科学技术出版社，1984. 575.

[11] O'Connell T X, Sanchez M, Mowbray J F, *et al*. Effects on artial intima of saline infusions[J]. J Surg Res, 1974, 16(3): 197－203.

（编辑 薛国文）

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