

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2018.09.010

## 筋膜切开减压术治疗挤压综合征家兔模型的实验研究 \*

张 伟 曹志强<sup>△</sup> 高国梁 张启福 邵景立 李胜学 王丰梅

(青海大学附属医院创伤骨科 青海 西宁 810000)

**摘要 目的:**观察筋膜切开减压术在挤压综合征家兔模型的治疗中能否起到积极作用,并指导临床救治工作。**方法:**选取健康成年新西兰家兔(不分雌雄)70只。随机分为未行切开减压的实验对照组(10只)和切开减压组(即减压组60只),2组均在挤压4h后解压,减压组根据解压后行筋膜切开减压时间将其分为6个亚组(每个亚组10只):即刻切开组(0h)、2h后切开组、4h后切开组、6h后切开组、8h后切开组及10h后切开组,分别标为A-F组,对照组设为G组;测量A-G组挤压4h后及减压组(A-F组)减压术后第2h、6h、12h的静脉血,检测血BUN、Cr、AST、ALT、CK、CK-MB、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、MYO等生化指标;24小时后取挤压处的肌肉、肾脏、肝脏、心肌并立即做切片处理,并在光镜下进行检测分析。**结果:**两组挤压后4h血BUN、Cr、AST、ALT、CK、CK-MB、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、MYO差异无统计学意义(P>0.05);两组资料具有可比性。挤压伤组与对照组在各时间点生化指标差异均无统计学差异(P>0.05);各亚组之间在相同时刻生化指标也无统计学差异(P>0.05)。各亚组内随时间变动其BUN、Cr、AST、ALT、CK、CK-MB指标均呈上升趋势;而差异K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、MYO指标呈下降趋势;有统计学意义(P<0.05),有一定的时间依赖性。**结论:**早期行筋膜切开减压术在挤压综合征家兔模型的早期治疗中无明显的疗效;筋膜切开减压术并不可以改善患机体全身多脏器损伤情况。

**关键词:**切开减压;挤压综合征;家兔模型;疗效

中图分类号:R-33;R642 文献标识码:A 文章编号:1673-6273(2018)09-1646-08

## To Explore the Curative Effect of Incision Decompression to Crush Syndrome of Rabbit Model\*

ZHANG Wei, CAO Zhi-qiang<sup>△</sup>, GAO Guo-liang, ZHANG Qi-fu, SHAO Jing-li, LI Sheng-xue, WANG Feng-mei

(Qinghai University Affiliated Hospital, Xining, Qinghai, 810000, China)

**ABSTRACT Objective:** Aim to observe the treatment effect of Fascia incision decompression in the crush syndrome of rabbit model, which could guide the clinical treatment. **Methods:** A total of 70 healthy adult New Zealand rabbits (both male and female) were selected, Randomly divided into control group without Incision decompression (10) and Incision group (60). In crush injury group the Squeezed limb was decompression after extrusion 4 hours, then according the times of Fascia incision decompression, we divided into six subgroups (10 in each group): 0 hour, after 2 hours, after 4 hours, after 6 hours, after 8 hours, labeled A - F group, Respectively, control group is set to group G. Measuring BUN, Cr, AST, ALT, CK, CK - MB, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> and MYO in group A - G after decompression 4 hours and Incision group (group A - F) after Incision decompression 2 hours, 6 hours and 12 hours. After 24 hours the location of the extrusion quadriceps, kidneys, liver, myocardium were taken for pathological analysis. **Results:** The BUN, Cr, AST, ALT, CK, CK - MB, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, MYO after decompression 4 hours and at various time points after Incision decompression had no statistical significance in Incision group (including subgroups) and control group (P>0.05); Crush injury group and the control group at various time points and biochemical index difference had no statistical difference (P>0.05); The biochemical index such as BUN, Cr, AST, ALT, CK, and CK-MB was rising over the time in each subgroups and K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, MYO was decline, On the contrary (P<0.05). **Conclusion:** There is no obvious curative effect in the rabbit model with crush syndrome for incision decompression treatment in early time and multiple organ injury has no significance.

**Key words:** Incision decompression; Crush syndrome; Rats model; Curative effect

**Chinese Library Classification(CLC):** R-33; R642 **Document code:** A

**Article ID:** 1673-6273(2018)09-1646-08

### 前言

挤压综合征(crush syndrome, CS)是肢体肌肉受到石头等重物长时间不断的挤压,在解除外物挤压后,组织被破坏后所

产生的有害物质进到血液里面,继而导致急性肾小管坏死、肌红蛋白尿、电解质紊乱、低容量性休克等为特点病理生理改变<sup>[1]</sup>。该病在地震及泥石流等自然灾害中较为常见。正如相关文献统计,四川省汶川县在2008年的地震灾害中死于震中混合伤

\* 基金项目:青海省科技厅科技创新能力促进计划项目(2014-ZJ-746)

作者简介:张伟(1990-),硕士,研究方向:创伤骨科,电话:18203775028, E-mail: liuliangfa123@126.com

<sup>△</sup> 通讯作者:曹志强,主任医师,研究方向:创伤骨科,电话:13099795810

(收稿日期:2017-09-23 接受日期:2017-10-18)

(包括骨折、颅脑综合伤、挤压综合征、脏器损伤)占住院死亡患者的一半以上<sup>[2]</sup>,严重颅脑综合伤和挤压综合征是震后 7 天内患者死亡的主要原因,7 天以上的存活率也仅为 17.6%<sup>[3]</sup>。对于挤压综合征的治疗主要体现在以下方面,一是现场的及时救援,二是后方医院专科治疗挤压肢体,三是多科室联合治疗多系统综合性损伤。具体可以分为全身治疗和挤压肢体的局部治疗。全身治疗主要是早期利用药物缓解或解除有效循环血量灌注不全的障碍,防止造成 ARF<sup>[4]</sup>。目前在进行挤压伤肢体局部治疗时,目前国内外都有很多分歧和争论,尤其是在是否所有挤压综合征患者都需要切开减压以及切开减压的疗效上。

为此,本研究采用家兔建立肢体挤压伤模型,观察发生挤压综合征后不同时间段切开减压肢体,血清生化指标的变化,及重要脏器的病理变化趋势。以研究切开减压术能否阻止或减少毒性物质入血,减轻其对肾功能的损害。明确筋膜切开减压术在挤压综合征的治疗中是否起到了积极、有效地作用,并指导临床治疗。

## 1 材料与方法



图 1 自制挤压模具挤压家兔双后肢  
Fig.1 The self-made crush model

### 1.3 实验主要设备及试剂

主要设备有电子秤(上海精工衡器仪器有限公司)、Leica-RM2435 石蜡切片机、Heraeus-6645 高温烘烤箱(Made in Germany)、生物摄影显微镜(Olympus company)、TBA-150FR 全自动生化分析仪。主要试剂有伊红染液、10%中性福尔马林固定液、不同浓度乙醇及二甲苯(全部由青海大学附属医院病理科提供);乌来糖 25%。

### 1.4 实验方法及分组

所有家兔正常饲养稳定 5 天后,术前禁食水 12 h,随机分为实验对照组(10 只)和切开减压组(即减压组 60 只),2 组均在挤压 4 h 后解压,减压组根据解压后行筋膜切开减压时间将其分为 6 个亚组(每个亚组 10 只):即刻切开组、2 h 后切开组、4 h 后切开组、6 h 后切开组、8 h 后切开组及 10 h 后切开组,分别标为 A-F 组,对照组设为 G 组;测量 A-G 组挤压 4 h 后及减压组(A-F 组)减压术后第 2 h、6 h、12 h 的静脉血,检测血 BUN、Cr、AST、ALT、CK、CK-MB、 $K^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、MYO 等生化指标;24 小时后取挤压处的肌肉、肾脏、肝脏、心肌并立即做切片处

### 1.1 实验动物

选取健康成年新西兰家兔 70 只,雌雄不分,体重在 2.5~3.0 kg,由青海大学医学院动物饲养中心提供,喂养环境:海拔高度 2260 米(西宁市),湿度 60%,室温 18~24℃,每 12 小时日光灯光暗交替照明,同种饲料定时喂养。

### 1.2 动物模型的制作及切开减压 VSD 负压吸引

采用自制挤压模具(图 1),模具由兔台、承重板、轻质四方木板、增砣试验砣码、固定线等组成。兔台规格约长 60 cm、宽 25 cm、高 15 cm。兔台四边底侧固定有数个螺丝栓,可以从任意方向固定家兔四肢及头部。兔台后端中间有一直径 3 cm 大小圆孔。承重板由硬质塑料薄板制成,大小约 20 cm。承重板由,承重板直接接触家兔后肢,本实验重量要求放置 20 kg 的砣码,为增加其稳定性,于砣码中间加用一块轻质木板。

将挤压完成后的家兔仰卧位于兔台上,固定后侧肢体,将大腿内侧皮肤备皮,取大腿内侧肌肉丰富部位纵行切口长约 2 cm,锐性分离阔筋膜张肌、股内侧肌、缝匠肌、股薄肌等各肌层间膜,充分减压后,于皮下放置切口面积大小的 VSD 并用缝线固定,半透膜严密覆盖,连接负压吸引。(图 2)。



图 2 挤压家兔模型的切开减压 VSD 负压吸引  
Fig.2 Open decompression negative pressure attraction

理,并在光镜下进行检测分析。

### 1.5 检测指标

1.5.1 一般情况 观察挤压伤组家兔在挤压至解除压迫后 24 小时内的存活情况,实验前记录每只家兔的重量、麻醉时间、麻醉剂量以及家兔实验过程中出现的非正常死亡的原因。

1.5.2 血生化检测 所有家兔于挤压后 4 h 及不同时间减压术后第 2 h、6 h、12 h 抽取 3 mL 静脉血作生化指标检测,检测项目包括:反应心肌损伤的 CK、CK-MB,反应肝功能的 ALT 和 AST,以及反应肾功能的 BUN 和 Cr,还有电解质  $K^+$ 、 $Ca^{2+}$  和反映肌肉损伤的 MYO。对未到采血时间而家兔死亡的,则不抽血化验。

1.5.3 病理检查 待解除压迫满 24 小时后耳缘静脉注射空气处死家兔,取挤压部位肌肉、肾脏、肝脏组织,于 10%福尔马林溶液内固定 48 小时,不同浓度的酒精脱水,浸蜡并包埋切片,片厚 7  $\mu$ m,最后在光镜下对染色后的切片做普通病检。如果实验家兔在解压后 24 小时内死亡的则于死亡当时取其组织。另空白对照组于相应时间点取材行组织病理检查。

## 1.6 统计学分析

采用 SPSS19.0 统计软件进行数据分析, 对计量资料以均值 $\pm$ 标准差(X $\pm$ S)表示, 组间比较采用单因素方差分析, 组内比较采用重复测量方差分析; 计数资料换用百分数 (%)表示, 采用卡方检验; 以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 一般情况

所有家兔平均体重 3.42 平均体重, 对照组家兔实验过程均存活。挤压伤组共 60 只家兔, 挤压期间及解除压迫后至行筋膜切开减压术前家兔均存活。行减压术后家兔的死亡率为 10%(6 只), 其中减压术后 16 h 死亡 2 只包括解压后第 8 h 亚组的本组死亡率 10%(1 只), 解压后第 10 h 亚组的本组死亡率

10%(1 只); 减压术后 24 h 死亡 4 只包括解压后第 8 h 亚组的本组死亡率为 10%(1 只), 解压后第 10 h 亚组的本组死亡率为 30%(3 只)。

### 2.2 血生化指标

两组挤压后 4 h 血 BUN、Cr、AST、ALT、CK、CK-MB、 $K^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、MYO 差异无统计学意义( $p>0.05$ ), 两组资料具有可比性。切开减压组家兔与对照组在减压后不同时间点切开测得生化指标差异均无统计学差异( $P>0.05$ ), 各亚组之间在相同时间点生化指标也无统计学差异 ( $P>0.05$ )。各亚组内随时间变化其 BUN、Cr、AST、ALT、CK、CK-MB 指标均呈上升趋势 (图 1、2、3), 而  $K^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、MYO 指标呈下降趋势 (图 3、4), 且有一定的时间依赖性, 差异有统计学意义( $P<0.05$ )。

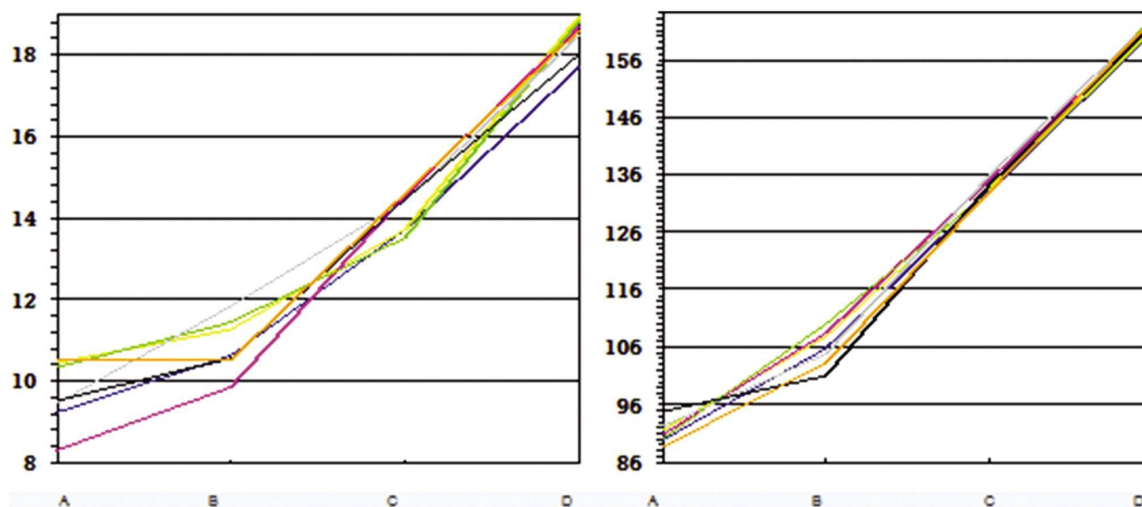


图 1 减压后不同时间点 BUN、Cr 改变

Fig. 1 The change of BUN and Cr after decompression

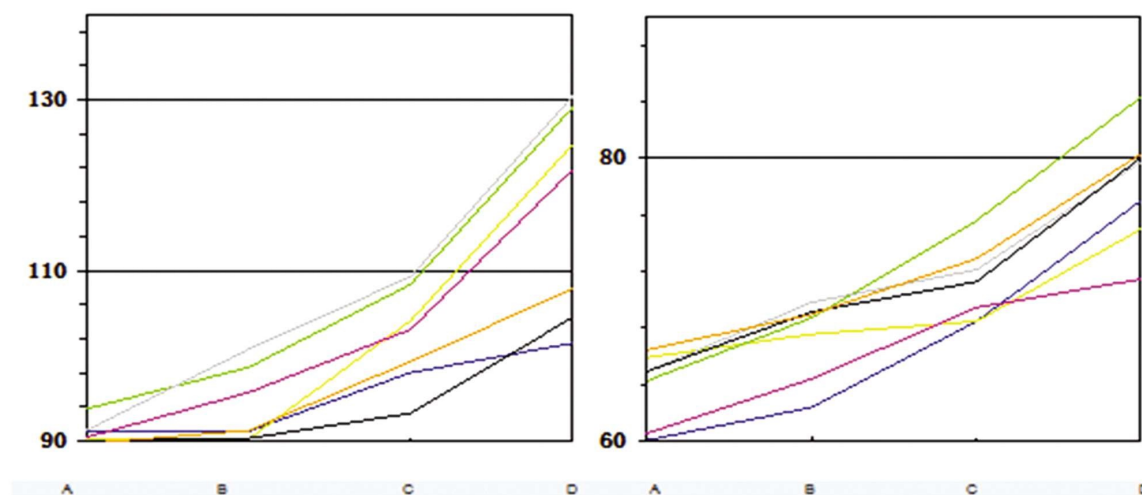


图 2 减压后不同时间点 AST、ALT 改变

Fig. 2 The changes in AST and ALT after decompression

切开减压组对不同切开时间的家兔在切开后同一时间测得的 BUN、Cr、AST、ALT、CK、CK-MB、MYO、 $K^+$ 、 $Ca^{2+}$  与对照组结果相似, 差异有统计学意义。不同时间点及各(亚)组之间的比较结果见表 1-4。

### 2.3 病理学

两组挤压部位肌肉病理改变均表现为受压处肌肉局部水肿明显、血管扩张, 局部可见有部分灶性坏死; 横纹肌纹理模糊不清, 并部分伴有少至中量的炎性细胞浸润 (见图 0、0)。两组

肾脏病理改变均表现为肾小球有不同程度的充血肿胀,部分可见少量微血栓形成,局部入球小动脉及出球小动脉可见脱落的内皮细胞,髓旁皮质区边缘细胞核呈溶解坏死,肾小管远端、集合管有浅红色管型及近端小管,细段和远端小管的不同程度扩张。(见图②、③)。两组肝脏病理切片均表现为肝细胞以及肝小

叶肿胀,胞质松散呈网状,局部可见散在点灶状坏死,肝窦内可见白细胞浸润,小叶间静脉及中央静脉扩张充盈(见图④、⑤)。两组心脏病理改变均表现为部分心肌纤维断裂,伴轻度肌间水肿、心肌纤维轻微肿胀心肌结构紊乱及炎性细胞浸润(见图⑥、⑦)。

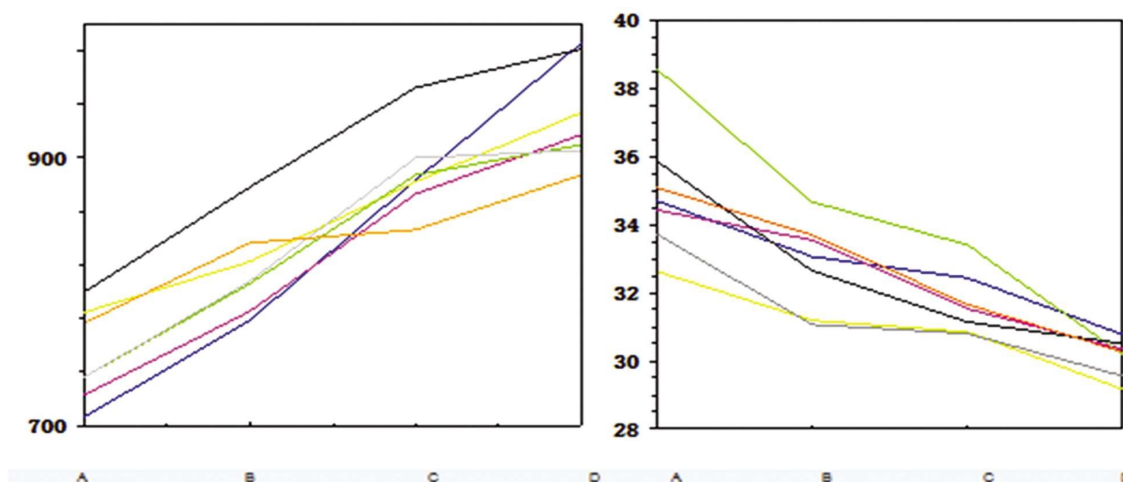


图3 减压后不同时间点 CK-MB、MYO 改变

Fig.3 Changes of ck-mb and MYO at different time after decompression

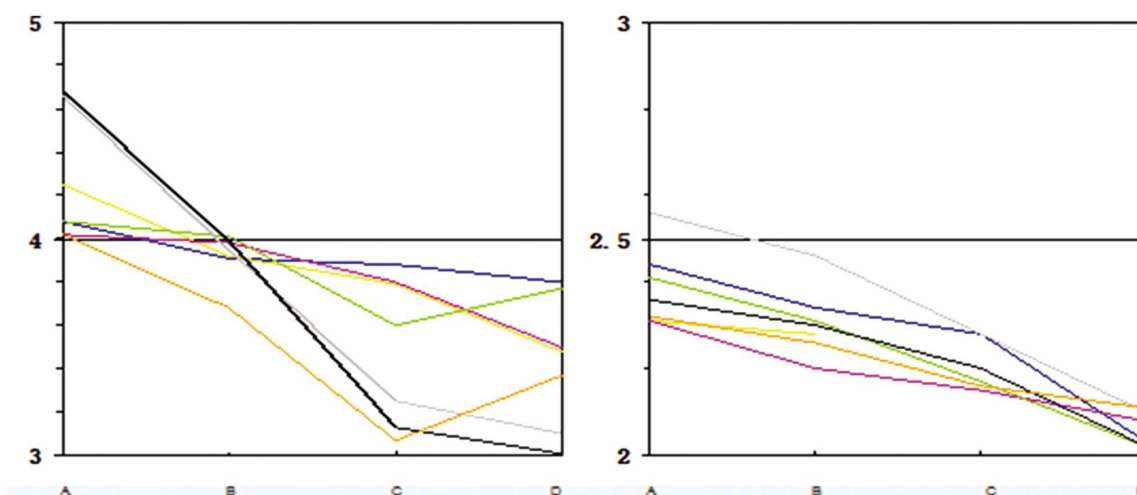


图4 减压后不同时间点 K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup> 改变

Fig.4 Different time points K<sup>+</sup> and Ca<sup>2+</sup> change after decompression

Note: A: draw blood 4 h after squeeze B: draw blood 2 h after incision C: draw blood 6 h after incision d: Draw blood 12 h after incision

The control group Immediately cut 2 hours after decompression 4 hours after decompression 6 hours after decompression 8 hours after decompression 10 hours after decompression.

### 3 讨论

挤压综合征是肢体肌肉受到石头等重物长时间不断的挤压,在解除外物挤压后,组织被破坏后所产生的有害物质进入到血液里面,继而导致急性肾小管坏死、肌红蛋白尿、电解质紊乱、低容量性休克等为特点的危急重症病<sup>[1]</sup>。目前已知挤压综合征的始发诱因是所被挤压肌群的缺血再灌注损伤。肾脏是在受到挤压伤后首先损伤的机体器官,而心脏损伤的严重程度也不亚于肾的损伤<sup>[5-7]</sup>。在挤压伤之后,一定时间内,受挤压的肌肉发生水肿,肌肉组织内的血管也受到不同程度损伤,以致使组织发生缺血缺氧的病变。缺血导致了机体低容量性的休克,而

再灌注则是机体自身代谢所产生的有害物质进入机体的循环系统,伤及心肾,然而随着部分氧自由基增多也使有害物质更容易通过心肌细胞,从而使其损伤的程度越来越重<sup>[8]</sup>。目前认为肌酸激酶是敏感度在肌肉损伤前期特异性很高的指标,肌酸激酶增长常发生在肌肉损伤的前几个小时,24~72 h达峰值。挤压综合征其临床表现为低血压、高血钾、酱油色尿(肌红蛋白尿)、受累肢体的血运障碍等全身病变症状。挤压综合征患者急性肾功能衰竭发生率及死亡率均升高<sup>[9]</sup>。随着地震、山体塌陷等自然灾害的多发,以及煤矿、隧道塌方和交通事故的发生,挤压伤后肾功能心功能的相互影响倍受医务工作者的关注。

表 1 不同行筋膜切开减压术时间家兔模型血 BUN、Cr 的变化

Table 1 Changes of the blood BUN and Cr in the time of the unaccompanied fascial incision

| Groups   | Draw<br>blood      | After decompression the blood |                              |                              |                              | f-valued | p-valued                     | Draw<br>blood                 | After decompression the blood |                               |                               |                               | f-valued                      | p-valued                      |
|----------|--------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|          | after<br>squeezing | time point BUN                |                              |                              | after<br>squeezing           |          |                              | time point Cr                 |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
|          |                    | 2 h                           | 6 h                          | 12 h                         |                              |          |                              | 2 h                           | 6 h                           | 12 h                          |                               |                               |                               |                               |
|          | 4 h                |                               |                              |                              |                              |          | 4 h                          |                               |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
| A        | 9.23±<br>1.38*     | 10.63±<br>3.88*               | 13.72±<br>3.21* <sup>Δ</sup> | 17.69±<br>3.95* <sup>Δ</sup> | 31.355                       | 0.00     | 89.89±<br>5.09*              | 105.80±<br>2.99* <sup>Δ</sup> | 133.17±<br>3.45* <sup>Δ</sup> | 160.60±<br>3.89* <sup>Δ</sup> | 618.911                       | 0.00                          |                               |                               |
|          | B                  | 10.46±<br>3.78*               | 11.28±<br>3.92*              | 13.73±<br>3.63* <sup>Δ</sup> |                              |          | 18.94±<br>4.64* <sup>Δ</sup> | 11.843                        | 0.00                          | 91.65±<br>3.06*               |                               |                               | 107.83±<br>3.01* <sup>Δ</sup> | 133.57±<br>2.76* <sup>Δ</sup> |
| C        |                    | 8.32±<br>1.29*                | 9.85±<br>1.35*               | 14.56±<br>1.74* <sup>Δ</sup> | 18.70±<br>2.45* <sup>Δ</sup> | 154.155  | 0.00                         |                               |                               | 90.87±<br>2.86*               | 108.50±<br>3.58* <sup>Δ</sup> | 135.00±<br>3.41* <sup>Δ</sup> | 161.75±<br>8.19* <sup>Δ</sup> | 333.310                       |
|          | D                  | 10.35±<br>2.23*               | 11.44±<br>2.70*              | 13.52±<br>3.40* <sup>Δ</sup> | 18.83±<br>3.87* <sup>Δ</sup> |          |                              | 12.933                        | 0.00                          | 90.33±<br>2.96*               | 110.00±<br>2.46* <sup>Δ</sup> | 133.00±<br>2.31* <sup>Δ</sup> | 163.00±<br>7.71* <sup>Δ</sup> |                               |
| E        |                    | 9.46±<br>7.12*                | 11.84±<br>3.25*              | 14.43±<br>2.41* <sup>Δ</sup> | 18.46±<br>4.93* <sup>Δ</sup> | 8.981    | 0.00                         |                               |                               | 92.34±<br>2.86*               | 104.80±<br>2.78* <sup>Δ</sup> | 135.80±<br>3.33* <sup>Δ</sup> | 162.75±<br>7.25* <sup>Δ</sup> | 410.252                       |
|          | F                  | 9.52±<br>2.89*                | 10.56±<br>3.29*              | 14.48±<br>3.12* <sup>Δ</sup> | 18.00±<br>2.47* <sup>Δ</sup> |          |                              | 10.439                        | 0.00                          | 94.86±<br>2.06*               | 101.00±<br>3.78* <sup>Δ</sup> | 134.25±<br>4.49* <sup>Δ</sup> | 161.85±<br>5.54* <sup>Δ</sup> |                               |
| G        |                    | 10.52±<br>2.54                | 10.52±<br>2.79               | 14.60±<br>2.13 <sup>Δ</sup>  | 18.61±<br>3.14 <sup>Δ</sup>  | 11.716   | 0.00                         |                               |                               | 88.67±<br>1.98                | 103.29±<br>3.06 <sup>Δ</sup>  | 132.98±<br>6.87 <sup>Δ</sup>  | 162.95±<br>2.43 <sup>Δ</sup>  | 369.366                       |
|          | f-valued           | 2.157                         | 1.914                        | 1.185                        | 1.368                        |          |                              |                               |                               | 4.879                         | 13.267                        | 0.181                         | 0.325                         |                               |
| p-valued | 0.059              | 0.092                         | 0.326                        | 0.241                        |                              |          | 0.563                        | 0.781                         | 0.981                         | 0.921                         |                               |                               |                               |                               |

Note: Group A: Open the group immediately after decompression, Group B: Decompression 2 h open section, Group C: Decompression 4 h open section, Group D: Decompression 6h open section, Group E:Decompression 8h open section, Group F: Decompression 10 h open section, Group G: The control group; Compare with open section: \*P>0.05 In each group, compared to before incision: <sup>Δ</sup> P<0.01.

表 2 不同行筋膜切开减压术时间家兔模型血 AST、ALT 的变化

Table 2 Changes of blood AST and ALT in rabbit model of rabbit model

| Groups   | Draw<br>blood             | After decompression the blood |                  |                               |                               | f-valued | p-valued                      | Draw<br>blood   | After decompression the blood |                              |                 |                 | f-valued                     | p-valued        |
|----------|---------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------|-----------------|
|          | after<br>squeezing<br>4 h | time point AST                |                  |                               | after<br>squeezing<br>4 h     |          |                               | time point ALT  |                               |                              |                 |                 |                              |                 |
|          |                           | 2 h                           | 6 h              | 12 h                          |                               |          |                               | 2 h             | 6 h                           | 12 h                         |                 |                 |                              |                 |
| A        | 91.21±<br>9.28*           | 91.13±<br>8.48*               | 98.03±<br>3.27*  | 101.43±<br>5.74* <sup>Δ</sup> | 20.70                         | 0.00     | 60.09±<br>1.99*               | 62.40±<br>2.20* | 68.43±<br>2.32*               | 76.98±<br>3.71* <sup>Δ</sup> | 51.36           | 0.00            |                              |                 |
|          | B                         | 90.28±<br>2.28*               | 90.22±<br>8.50*  | 104.06±<br>5.70*              |                               |          | 124.78±<br>8.19* <sup>Δ</sup> | 126.72          | 0.00                          | 65.93±<br>1.75*              |                 |                 | 67.52±<br>2.20*              | 68.44±<br>2.20* |
| C        |                           | 90.45±<br>3.98*               | 95.65±<br>3.03*  | 103.10±<br>3.33*              | 121.80±<br>8.91* <sup>Δ</sup> | 116.55   | 0.00                          |                 |                               | 60.55±<br>1.45*              | 64.40±<br>1.51* | 69.43±<br>2.34* | 71.45±<br>4.46* <sup>Δ</sup> | 48.67           |
|          | D                         | 93.74±<br>4.28*               | 98.65±<br>5.44*  | 108.40±<br>3.68*              | 129.10±<br>4.04* <sup>Δ</sup> |          |                               | 107.08          | 0.00                          | 64.25±<br>3.05*              | 68.70±<br>4.55* | 75.56±<br>4.18* | 84.25±<br>3.27* <sup>Δ</sup> |                 |
| E        |                           | 91.21±<br>5.48*               | 100.77±<br>5.76* | 109.23±<br>5.77*              | 130.45±<br>3.44* <sup>Δ</sup> | 130.32   | 0.00                          |                 |                               | 64.95±<br>1.45*              | 69.78±<br>6.50* | 72.10±<br>5.13* | 79.70±<br>2.30* <sup>Δ</sup> | 25.22           |
|          | F                         | 90.01±<br>5.28*               | 90.32±<br>4.27*  | 93.27±<br>2.82*               | 104.52±<br>6.45* <sup>Δ</sup> |          |                               | 24.05           | 0.00                          | 64.95±<br>5.05*              | 69.15±<br>6.29* | 71.25±<br>4.45* | 80.00±<br>5.07* <sup>Δ</sup> |                 |
| G        |                           | 89.65±<br>3.55                | 91.21±<br>3.28   | 99.35±<br>3.08                | 107.81±<br>3.02 <sup>Δ</sup>  | 64.03    | 0.00                          |                 |                               | 66.45±<br>1.05               | 68.95±<br>2.05  | 72.91±<br>2.68  | 80.26±<br>5.07 <sup>Δ</sup>  | 28.11           |
|          | f-valued                  | 1.66                          | 14.23            | 26.87                         | 71.99                         |          |                               | 13.75           | 3.93                          | 6.20                         | 10.55           |                 |                              |                 |
| p-valued | 0.32                      | 0.67                          | 0.17             | 0.54                          |                               |          | 0.41                          | 0.51            | 0.16                          | 0.23                         |                 |                 |                              |                 |

Note: Group A: Open the group immediately after decompression, Group B: Decompression 2 h open section, Group C: Decompression 4 h open section, Group D: Decompression 6h open section, Group E: Decompression 8 h open section, Group F: Decompression 10 h open section, Group G: The control group.

表 3 不同行筋膜切开减压术时间家兔模型血 CK、CK-MB 的变化

Table 3 Changes of the blood CK and CK - MB of rabbit model in the time of the unaccompanied fasciotomy

| Groups   | Draw<br>blood             | After decompression the blood |                       |                       |                           | f-valued | p-valued | Draw<br>blood    | After decompression the blood |                     |       |      | f-valued | p-valued |
|----------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|----------|----------|------------------|-------------------------------|---------------------|-------|------|----------|----------|
|          | after<br>squeezing<br>4 h | time point CK                 |                       |                       | after<br>squeezing<br>4 h |          |          | time point CK-MB |                               |                     |       |      |          |          |
|          |                           | 2 h                           | 6 h                   | 12 h                  |                           |          |          | 2 h              | 6 h                           | 12 h                |       |      |          |          |
|          |                           |                               |                       |                       |                           |          |          |                  |                               |                     |       |      |          |          |
| A 组      | 8786.26                   | 9219.20                       | 10224.83              | 12706.40              | 536.18                    | 0.00     | 706.75±  | 778.40±          | 883.50±                       | 985.40±             | 65.43 | 0.00 |          |          |
|          | ±                         | ±                             | ±                     | ±                     |                           |          | 13.79*   | 13.86*           | 77.56* <sup>△</sup>           | 46.21* <sup>△</sup> |       |      |          |          |
|          | 104.18*                   | 295.98*                       | 242.47* <sup>△</sup>  | 342.45* <sup>△</sup>  |                           |          |          |                  |                               |                     |       |      |          |          |
| B 组      | 8876.26                   | 9110.33                       | 10234.00              | 12534.60              | 589.41                    | 0.00     | 784.63±  | 822.83±          | 882.29±                       | 933.40±             | 4.64  | 0.00 |          |          |
|          | ±                         | ±                             | ±                     | ±                     |                           |          | 73.77*   | 131.90*          | 99.95* <sup>△</sup>           | 89.59* <sup>△</sup> |       |      |          |          |
|          | 106.18*                   | 242.27*                       | 541.09* <sup>△</sup>  | 435.69* <sup>△</sup>  |                           |          |          |                  |                               |                     |       |      |          |          |
| C 组      | 8936.26                   | 9296.75                       | 9500.00               | 10698.75              | 34.87                     | 0.00     | 722.94±  | 785.50±          | 873.00±                       | 917.25±             | 14.89 | 0.00 |          |          |
|          | ±                         | ±                             | ±                     | ±                     |                           |          | 73.21*   | 43.49*           | 92.71*                        | 80.37* <sup>△</sup> |       |      |          |          |
|          | 102.88*                   | 585.32*                       | 303.12* <sup>△</sup>  | 235.28* <sup>△</sup>  |                           |          |          |                  |                               |                     |       |      |          |          |
| D 组      | 8991.65                   | 9418.60                       | 10796.00              | 12237.40              | 340.12                    | 0.00     | 736.68±  | 806.20±          | 887.00±                       | 909.60±             | 38.72 | 0.00 |          |          |
|          | ±                         | ±                             | ±                     | ±                     |                           |          | 25.05*   | 72.23*           | 49.29*                        | 35.18* <sup>△</sup> |       |      |          |          |
|          | 101.22*                   | 181.83*                       | 211.48* <sup>△</sup>  | 457.22* <sup>△</sup>  |                           |          |          |                  |                               |                     |       |      |          |          |
| E 组      | 8950.12                   | 9578.20                       | 10639.00              | 11730.25              | 37.82                     | 0.00     | 736.68±  | 807.80±          | 899.80±                       | 905.25±             | 27.03 | 0.00 |          |          |
|          | ±                         | ±                             | ±                     | ±                     |                           |          | 73.66*   | 22.07*           | 28.83*                        | 37.15* <sup>△</sup> |       |      |          |          |
|          | 108.91*                   | 651.03*                       | 654.75* <sup>△</sup>  | 673.59* <sup>△</sup>  |                           |          |          |                  |                               |                     |       |      |          |          |
| F 组      | 9001.33                   | 9685.00                       | 10499.00              | 11288.00              | 202.91                    | 0.00     | 800.18±  | 878.00±          | 952.50±                       | 981.00±             | 21.80 | 0.00 |          |          |
|          | ±                         | ±                             | ±                     | ±                     |                           |          | 81.32*   | 43.66*           | 79.12*                        | 82.84* <sup>△</sup> |       |      |          |          |
|          | 103.88*                   | 338.18*                       | 168.77* <sup>△</sup>  | 279.53* <sup>△</sup>  |                           |          |          |                  |                               |                     |       |      |          |          |
| G 组      | 8965.14                   | 9786.26                       | 10561.22              | 11746.28              | 245.38                    | 0.00     | 776.68±  | 836.68±          | 846.25±                       | 887.34±             | 4.42  | 0.00 |          |          |
|          | ± 188.78                  | ± 204.18 <sup>△</sup>         | ± 325.17 <sup>△</sup> | ± 180.50 <sup>△</sup> |                           |          | 62.31    | 73.61            | 62.30                         | 19.85 <sup>△</sup>  |       |      |          |          |
|          |                           |                               |                       |                       |                           |          |          |                  |                               |                     |       |      |          |          |
| f-valued | 6.91                      | 7.56                          | 10.25                 | 47.17                 |                           |          | 5.33     | 3.57             | 5.03                          | 11.12               |       |      |          |          |
| p-valued | 0.14                      | 0.22                          | 0.42                  | 0.31                  |                           |          | 0.12     | 0.07             | 0.22                          | 0.24                |       |      |          |          |

Note: Group A: Open the group immediately after decompression, Group B: Decompression 2 h open section, Group C: Decompression 4 h open section, Group D: Decompression 6 h open section, Group E: Decompression 8h open section, Group F: Decompression 10 h open section, Group G: The control group; Compare with open section: \*P>0.05 In each group, compared to before incision: <sup>△</sup> P<0.01.

表 4 不同行筋膜切开减压术时间家兔模型血 K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、MYO 的变化Table 4 Changes of the blood K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> and MYO of the rabbit model of rabbit model

| Groups | Draw blood | After decompression the blood time point |           |                         |           | f-val-ued | p-val-ued  | Draw blood       | After decompression the blood time point |                         |       |      | f-val-ued  | p-val-ued  |           |                          |       |      |
|--------|------------|------------------------------------------|-----------|-------------------------|-----------|-----------|------------|------------------|------------------------------------------|-------------------------|-------|------|------------|------------|-----------|--------------------------|-------|------|
|        | after      | K <sup>+</sup>                           |           |                         | after     |           |            | Ca <sup>2+</sup> |                                          |                         |       |      |            |            |           |                          |       |      |
|        | squeezing  | 2 h                                      | 6 h       | 12 h                    | squeezing |           |            | 2 h              | 6 h                                      | 12 h                    |       |      |            |            |           |                          |       |      |
|        | 4 h        |                                          |           |                         | 4h        |           |            |                  |                                          |                         |       |      |            |            |           |                          |       |      |
| A 组    | 4.08±0.89* | 3.91±0.79*                               | 3.88±1.10 | 3.80±1.46* <sup>△</sup> | 1.64      | 0.00      | 2.44±0.48* | 2.34±0.51*       | 2.28±0.38*                               | 2.03±0.56* <sup>△</sup> | 2.15  | 0.00 | 34.70±5.42 | 33.06±5.60 | 32.4±5.27 | 30.78±1.43* <sup>△</sup> | 2.16  | 0.00 |
|        |            |                                          |           |                         |           |           |            |                  |                                          |                         |       |      |            |            |           |                          |       |      |
| B 组    | 4.25±0.33* | 3.92±0.31*                               | 3.79±0.72 | 3.48±0.69* <sup>△</sup> | 1.39      | 0.00      | 2.31±0.21* | 2.28±0.18*       | 2.11±0.24*                               | 2.02±0.21* <sup>△</sup> | 5.91  | 0.00 | 32.62±2.22 | 31.20±1.23 | 30.8±2.93 | 29.18±1.40* <sup>△</sup> | 3.82  | 0.00 |
|        |            |                                          |           |                         |           |           |            |                  |                                          |                         |       |      |            |            |           |                          |       |      |
| C 组    | 4.02±0.49* | 3.98±0.51*                               | 3.80±0.69 | 3.50±0.10* <sup>△</sup> | 2.58      | 0.00      | 2.31±0.61* | 2.20±0.18*       | 2.15±0.22*                               | 2.08±0.35* <sup>△</sup> | 0.57  | 0.00 | 34.43±2.55 | 33.56±3.25 | 31.5±0.50 | 30.33±2.36* <sup>△</sup> | 7.70  | 0.00 |
|        |            |                                          |           |                         |           |           |            |                  |                                          |                         |       |      |            |            |           |                          |       |      |
| D 组    | 4.08±0.46* | 4.01±0.87*                               | 3.60±1.20 | 3.77±0.12* <sup>△</sup> | 0.34      | 0.00      | 2.41±0.08* | 2.31±0.09*       | 2.17±0.10*                               | 2.02±0.07* <sup>△</sup> | 42.68 | 0.00 | 38.56±4.67 | 34.66±3.92 | 33.4±5.09 | 30.20±2.86* <sup>△</sup> | 17.80 | 0.00 |
|        |            |                                          |           |                         |           |           |            |                  |                                          |                         |       |      |            |            |           |                          |       |      |

|               |                |                |               |                 |       |      |                |                |                |                 |       |      |                 |                 |                 |                      |       |      |
|---------------|----------------|----------------|---------------|-----------------|-------|------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-------|------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------|-------|------|
|               |                |                |               |                 |       |      |                |                |                |                 |       |      |                 |                 | 29.55           |                      |       |      |
| E 组           | 4.66±<br>0.39* | 3.95±<br>0.07* | 3.25±<br>0.27 | 3.10±<br>0.28*± | 60.91 | 0.00 | 2.56±<br>0.08* | 2.46±<br>0.10* | 2.28±<br>0.08* | 2.10±<br>0.09*± | 35.03 | 0.00 | 33.71<br>± 4.21 | 31.06<br>± 4.15 | 30.8±<br>4.40   | ±<br>0.41*±          | 7.31  | 0.00 |
|               |                |                |               |                 |       |      |                |                |                |                 |       |      | ±               |                 |                 |                      |       |      |
| F 组           | 4.68±<br>1.19* | 3.99±<br>1.13* | 3.13±<br>0.66 | 3.01±<br>1.38*± | 7.31  | 0.00 | 2.36±<br>0.06* | 2.30±<br>0.12* | 2.20±<br>0.32* | 2.02±<br>0.13*± | 18.02 | 0.00 | 35.85<br>± 0.62 | 32.6±<br>0.49*  | 31.1±<br>1.20   | 30.50<br>±<br>1.17*± | 70.67 | 0.00 |
|               |                |                |               |                 |       |      |                |                |                |                 |       |      | ±               |                 |                 |                      |       |      |
| G 组           | 4.02±<br>0.69  | 3.68±<br>0.39  | 3.07±<br>0.66 | 3.37±<br>0.77±  | 5.98  | 0.00 | 2.32±<br>0.58  | 2.26±<br>0.28  | 2.16±<br>0.39  | 2.11±<br>0.38±  | 0.24  | 0.00 | 35.09<br>± 1.65 | 33.70<br>± 2.40 | 31.64<br>± 3.05 | 30.26<br>± 3.17<br>± | 12.94 | 0.00 |
|               |                |                |               |                 |       |      |                |                |                |                 |       |      | ±               |                 |                 |                      |       |      |
| F 值           | 1.90           | 0.42           | 4.07          | 2.06            |       |      | 1.69           | 1.04           | 1.93           | 0.73            |       |      | 5.99            | 2.11            | 3.78            | 2.95                 | 2.16  | 0.00 |
| p-val-<br>ued | 0.09           | 0.86           | 0.02          | 0.07            |       |      | 0.13           | 0.40           | 0.09           | 0.62            |       |      | 0.02            | 0.06            | 0.03            | 0.13                 |       |      |

Note: Group A: Open the group immediately after decompression, Group B: Decompression 2 h open section, Group C: Decompression 4 h open section, Group D: Decompression 6 h open section, Group E: Decompression 8h open section, Group F: Decompression 10 h open section, Group G: The control group; Compare with open section: \* $P>0.05$  In each group, compared to before incision: <sup>a</sup>  $P<0.01$ .

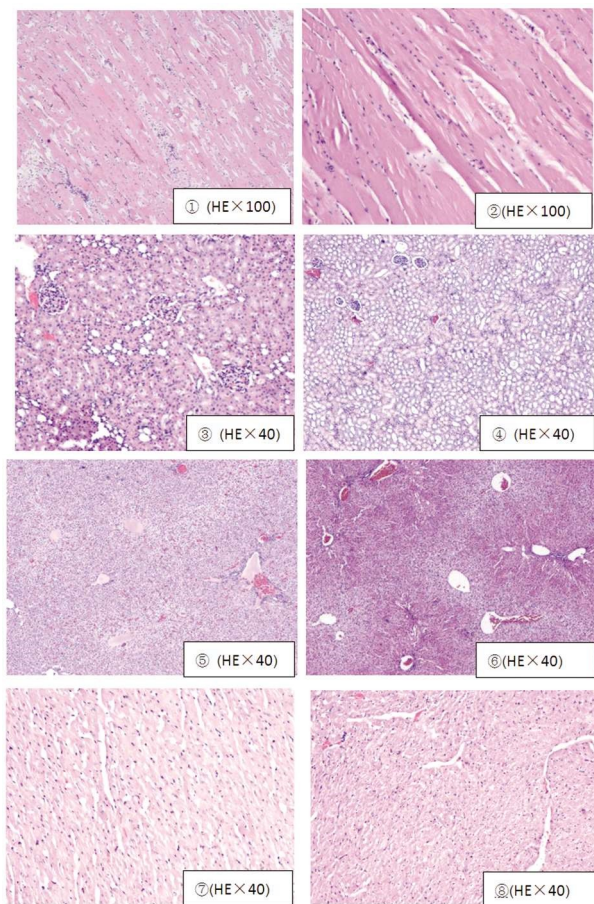


图 5 对照组和实验组家兔肌肉、肾、肝、心病理改变

Fig.5 Morphological changes of rabbit muscular, nephritic, hepatic, cardiac tissues in the control group and the experimental group

目前对于挤压综合征是否切开减压,目前国内外都有很多分歧和争论。有研究认为,挤压伤处的切开对早期肢体发生的挤压综合征具有很不错的疗效,不仅改缓解了受压肢体的血液循环障碍,而且降低了 MYO、CK、UA、K<sup>+</sup> 等代谢有害物质进入血液,减轻肾脏和心脏的急性损害,等到病情转稳后行一期切口的清创缝合术<sup>[10]</sup>。然而海姆斯坦<sup>[11]</sup>认为在长期战乱中发生挤压伤的治疗中,早期的治疗过程中使用脱水剂,可以有效地减

少受压肢体的组织间水肿所产生的压力<sup>[12]</sup>,从而否定了这种想法。国外一项流行病学调查分析了发生在 Turkey 地震中的 379 例行切开减压术治疗的患者,结果显示筋膜切开术的手术概率和脓毒症发生率以及其造成的死亡率有一定的关系。Tetsuya 等在其文章中写道切开减压治疗挤压伤疗效未得到肯定,这与 Huang<sup>[13]</sup>和 Nadjafi 等人<sup>[14]</sup>的对此问题的说法基本一致<sup>[15,16]</sup>。里斯等<sup>[17]</sup>对两组挤压伤患者疗效做了对比,传统的切开减压组出现了很高的脓毒症情况,严重者甚至截肢,然而对照组却很少出现脓毒症和截肢情况。从而认为当肌肉组织已经坏死时并能作为切开减压的适应症。因此我们为了进一步研究,观察发生挤压综合征后不同时间段切开减压肢体,血清生化指标的变化,及重要脏器的病理变化趋势,以了解切开减压术是否能够阻断恶性循环并减少毒性物质入血,减轻肾功能、心脏及其他脏器的损害。探讨筋膜切开减压术在挤压综合征的治疗中是否起到了积极、有效地作用,并对指导临床治疗有一定价值。本研究中,切开减压组家兔与对照组在各时间点生化指标均无明显差异,说明筋膜切开减压术在治疗作用上不明显,这与韩清民等人<sup>[18]</sup>在大鼠坐骨神经受到挤压伤后,对其减压后功能修复的研究结论基本一致,并且各亚组之间在相同时间点生化指标也无统计学差异,表明不同时段<sup>[19]</sup>的切开解压其治疗作用无明显差别,与时间没有明显的相关性。但是各亚组内随时间变化其 BUN、Cr、AST、ALT、CK、CK-MB 指标均呈上升趋势。这与国内赖小今、刘跃洪等人研究家兔挤压模型中其心激酶学、肝生化指标变化结果一致<sup>[18,19]</sup>,与邹圣强报道的大鼠挤压模型中 BUN、Cr 变化结果一致,而 K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、MYO 指标呈下降趋势也与邹圣强报道的变化结果一致,考虑 K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、MYO 在挤压早期可能就会出现高峰。但是,我们将切开减压组数据与未切开组实验数据比较发现,切开减压并不能阻止各生化指标的升高或减低<sup>[18-20]</sup>。此外,本研究切开减压的病理改变也与潘鑫、毕胜等人的挤压未切开病理模型表现无明显差别<sup>[21]</sup>。相比较一些临床研究,宋传祥等人利用血浆置换术并结合筋膜减压术共同治疗伴有挤压伤患者发现可以减少 ARF 发生率及死亡率。因此,关于挤压综合征的发生及病理生理机制还需进一步探究。不仅如此,本研究对比其他研究时也发现,目前国内外研究挤压综

合征切开减压的动物及临床实验较少,此次研究结论尚需得到更多大样本研究的支持。

综上所述,早期行筋膜切开减压术在挤压综合征家兔模型的早期治疗中无明显的疗效;筋膜切开减压术不能改善患机体整体多脏器损伤情况。切开减压术能否治疗挤压综合征,其临床治疗作用需有待进一步证实。

#### 参考文献(References)

- [1] Reis N D, Better O S. Crush Injury and Crush Syndrome in an Earthquake Disaster Zone [M]. Orthopedics in Disasters, Springer Berlin Heidelberg, 2016
- [2] Yin Y, Zhu T. Ventricular fibrillation during anesthesia in a Wenchuan earthquake victim with crush syndrome [J]. Anesthesia & Analgesia, 2010, 110(3): 916-917
- [3] Bartal C, Zeller L, Miskin I, et al. Crush Syndrome: Saving More Lives in Disasters: Lessons Learned From the Early-Response Phase in Haiti[J]. Archives of Internal Medicine, 2011, 171(7): 694
- [4] 秦春妮,黑飞龙.心脏术后急性肾损伤的防治研究进展[J]. 医学综述, 2012, 18(17): 2807-2809  
Qin Chun-ni, Hei Fei-long. Dragon Research on the prevention and treatment of acute kidney injury after heart surgery [J]. Medical review, 2012, 18(17): 2807-2809
- [5] 姚光强.急性肾衰竭大鼠血小板功能变化及机制研究[D]. 华中科技大学, 2016  
Yao Guang-qiang. Study on the changes and mechanism of platelet function in rats with acute renal failure [D]. Huazhong university of science and technology, 2016
- [6] 郭进春,赖小今,廖明松,等.家兔挤压伤后心肌组织与心功能变化的对比研究[J]. 西南国防医药, 2012, 22(5): 473-476  
Guo Jin-chun, Lai Xiao-jin, Liao Ming-song, et al. Comparative study on the changes of myocardial tissue and cardiac function after the rabbit crush injury[J]. Western defense medicine, 2012, 22(5): 473-476
- [7] 郭进春,邓旦,梁燕,等.家兔挤压伤后心脏整体功能与心肌超微结构的变化[J]. 解放军医学杂志, 2012, 37(7): 699-701  
Guo Jin-chun, Deng Dan, Liang Yan, et al. Changes in cardiac function and myocardial ultrastructure after the injury of rabbits in rabbits [J]. PLA medical journal, 2012, 37(7): 699-701
- [8] 刘涛,白祥军.挤压伤和挤压综合征[J]. 创伤外科杂志, 2016, 18(7): 447-449  
Liu Tao, Bai Xiang-jun. Crush injury and crush syndrome[J]. Trauma surgery journal, 2016, 18(7): 447-449
- [9] 孙莉姬.挤压综合征的研究进展[C]. 中华中医药学会补肾活血法分会暨天津市中西医结合学会肾脏病分会学术会, 2014  
Sun Li-ji. Research progress of crush syndrome[C]. Chinese traditional Chinese medicine association and the association of kidney and blood circulation and the academic meeting of the association of Chinese and western medicine in tianjin, 2014
- [10] Sheng ZY. Medical support in the Tangshan earthquake: a review of The management of mass casualties and certain major inuries [J]. J Trauma, 1987, 27: 1130-1135
- [11] Stein H, Hoerer D, Weisz L, et al. Musculoskeletal in injuries in earthquake victims: an update on orthopedic management[J]. Orthopedics, 2000, 10: 1085-1087
- [12] Better OS, Stein JH. Early management of shock and prophylaxis of acute renal failure in trauma ticrhab domyolysis [J]. N Eng l JM ed 1990, 322: 825-829
- [13] Huang KC, Lee TS, Shu K H. Clinical features and outcome of crush syndrome caused by the chi chi earthquake [J]. J Formos Med Assoc, 2002, 101: 249-256
- [14] Nad jafi I, A terMR, Broum B, et al. Suggested guidelines for treatment of acute renal failure in earthquake victims [J]. Ren Fail, 1997, 19: 655-664
- [15] Dursun F E, Yildirim A M. Distribution of Infections and Bacteriological Spectrum in Crush Syndrome [J]. Turkish Nephrology, 2015, 24(1): 93-97
- [16] Tetsuya M, Toshiharu Y, Tanaka H, et al. Long term physical outcome of patients who suffered crush syndrome after the 1995 hansh in-Awaji earthquake: prognostic indicators in retrospect[J]. J Trauma, 2002, 52: 33-39
- [17] Reis ND, Better OS. Mechanical muscle crush injury and acute muscle crush compartment syndrome: with special reference to earthquake casualties[J]. J Bone Joint Surg Br, 2005, 87(4): 450-453
- [18] 赖小今,廖明松,郭进春,等.家兔挤压伤后心脏节段旋转功能评价的实验研究[J]. 西南国防医药, 2012, 22(6): 585-588  
Lai Xiao-jin, Liao Ming-song, Guo Jin-chun, et al. An experimental study on the evaluation of the rotation function of the heart segment after the rabbit crush injury[J]. Southwest defense medicine, 2012, 22(6): 585-588
- [19] 陈曦,刘跃洪,徐巍,等.简易大鼠挤压伤、挤压综合征模型建立的实验研究[J].中国修复重建外科杂志, 2013(1): 77-82  
Chen Xi, Liu Yu-hong, Xu Wei, et al. Simple rat crush injury. Experimental study of crush syndrome model [J]. Journal of China rehabilitation and reconstruction surgery, 2013(1): 77-82
- [20] 邹圣强,魏超,苏兆亮,等.大鼠下肢挤压伤模型不同挤压时间的生化指标观察[J].中华灾害救援医学, 2015, 3(2): 72-75  
Zou Sheng-qiang, Wei Chao, Su Zhao-liang, et al. Observation of biochemical indexes of different squeezing time of lower extremity crush injury model of rats [J]. Chinese disaster relief medicine, 2015, 3(2): 72-75
- [21] 潘鑫,邹圣强,魏超,等.双下肢不同时间大鼠挤压伤-挤压综合征模型生化与病理观察[J]. 中国矫形外科杂志, 2015, 23(2): 156-159  
Pan Xin, Zou Sheng-qiang, Wei Chao, et al. The model biochemical and pathological observation of the compression and crush syndrome model in different time[J]. Chinese orthopaedic surgery journal, 2015, 23(2): 156-159