

损伤控制技术诊断急性肢体骨筋膜室综合征

解杰 杨帆 陈驾君 李辉 赵鸿 白祥军

【摘要】 目的 研究损伤控制技术(damage control techniques, DCTs)在急性肢体骨筋膜室综合征(acute extremity compartment syndrome, AECS)诊断中的作用。**方法** 回顾性分析2012年6月至2018年6月我科收治的66例AECS病人的临床资料。其中男42例(63.64%)、女24例(36.36%),年龄为(35.42±14.16)岁(16~67岁)。根据AECS病人诊断过程中是否采用DCTs将病人分为非DCTs诊断组(常规组15例+DCTs治疗组13例)和DCTs治疗组(38例),对比分析组间诊断指标的差异。**结果** ①AECS早、中期确诊率:DCTs治疗组显著高于非DCTs诊断组($\chi^2=10.866, P=0.001$);②晚期6“P”临床表现:非DCTs诊断组显著高于DCTs治疗组($\chi^2=13.630, P<0.001$);③检验结果:非DCTs诊断组的血钾、肌酐、尿素氮和pH值异常率均显著高于DCTs治疗组($\chi^2=5.332, P=0.021$; $\chi^2=10.739, P=0.001$; $\chi^2=5.992, P=0.014$ 和 $\chi^2=4.962, P=0.026$);④并发症:非DCTs诊断组急性肾功能不全(acute renal failure, ARF)和多器官功能障碍综合征(multiple organ dysfunction syndrome, MODS)发生率显著高于DCTs治疗组($\chi^2=5.120, P=0.024$ 和 $\chi^2=4.189, P=0.041$)。**结论** DCTs优于传统方式,通过早期精准诊断AECS,及时开展损伤控制性治疗,可预防AECS进展为缺血晚期,有利于后续确定性治疗的开展。

【关键词】 挤压伤;挤压综合征;急性肢体骨筋膜室综合征;诊断

Clinical application of damage control techniques in diagnosis of acute extremity compartment syndrome. XIE Jie, YANG Fan, CHEN Jia-jun, LI Hui, ZHAO Hong, BAI Xiang-jun. Department of Traumatic Surgery, Affiliated Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China

Corresponding author: YANG Fan, Email: yf_tjh@163.com

【Abstract】 Objective To study the role of damage control techniques (DCTs) in the diagnosis of acute extremity compartment syndrome (AECS). **Methods** The clinical data of 66 AECS patients admitted to our center from June 2012 to June 2018 were retrospectively analyzed. Among them, there were 42 males (63.64%) and 24 females (36.36%). The age was (35.42±14.16) years (16-67 years). According to whether DCTs were used in diagnosis, patients were divided into the non-DCTs group (15 patients with conventional diagnosis and treatment, 13 patients with conventional diagnosis and DCTs treatment) and DCTs group (51 patients). The difference in diagnostic indicators between groups was analyzed and compared. **Results** (1) The early and middle diagnosis rate of AECS in the DCTs group was significantly higher than in the non-DCTs diagnosis group ($\chi^2=10.866, P=0.001$); (2) The incidence of late 6 “P” clinical manifestations in the non-DCTs diagnosis group was significantly higher than in the DCTs group ($\chi^2=13.630, P<0.001$); (3) The abnormal rate of serum potassium, creatinine, urea nitrogen and pH in the non-DCTs diagnosis group was significantly higher than in the DCTs group ($\chi^2=5.332, P=0.021$; $\chi^2=10.739, P=0.001$; $\chi^2=5.992, P=0.014$ and $\chi^2=4.962, P=0.026$); (4) The incidence of acute renal failure and multiple organ dysfunction syndrome in the non-DCTs diagnosis group was significantly higher than that in the DCTs group ($\chi^2=5.120, P=0.024$ and $\chi^2=4.189, P=0.041$). **Conclusion** DCTs are superior to the traditional methods. Through accurate diagnosis of AECS in the early stage, the timely implementation of damage control treatment prevents the progression of AECS to late ischemic stage, and facilitates the development of subsequent deterministic treatment.

【Key words】 Crush injury; Crush syndrome; Acute extremity compartment syndrome; Diagnosis

临床上,死亡的病人中50%是因为伤后早期的

严重生理功能紊乱和后期的多器官功能衰竭,因此创伤急救逐步衍生,并发展出损伤控制的概念^[1]。下肢挤压伤是临床常见的损伤类型,原发伤可仅为不同程度的软组织和肌肉损伤,伤后却可因急性肢体骨筋膜室综合征(acute extremity compartment syn-

DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2019.05.013

基金项目:湖北省科技计划项目(2018CFB743)

作者单位:华中科技大学同济医学院附属同济医院创伤外科,武汉 430030

通信作者:杨帆, E-mail: yf_tjh@163.com

drome, AECS) 诱发坏疽而截肢, 亦可因合并挤压综合征 (crush syndrome, CS)、全身炎症反应综合征 (systemic inflammatory response syndrome, SIRS) 和多器官功能障碍综合征 (multiple organ dysfunction syndrome, MODS) 而直接危及生命^[2]。AECS 发病的个体差异化较大, 潜伏期和典型临床症状因人而异, 伤肢外观的完整亦具有极大的欺骗性, 特别是当病人存在休克、意识障碍或截(偏)瘫时, 极易发生延迟诊断和漏诊。一旦错过干预窗口期, 则伤情进展极快, 当晚出现内环境紊乱和生理储备耗竭时, 疗效和预后欠佳^[3]。因此, AECS 重在早期诊断、及时治疗和预防器官损伤, 以降低病人的致残和死亡率。

随着科技的发展, 微创和微创技术在创伤急救中发挥着越来越重要的作用^[4]。这些诊疗技术对机体的损伤极小, 不仅可以高效、快捷、精准地评估伤情, 更是避免了对内环境的干扰和生理储备的破坏, 为后续确定性治疗创造了机会, 我们将这些符合损伤控制原则的新技术统称为损伤控制技术 (damage control techniques, DCTs)^[5]。我科近年来在下肢挤压伤的诊疗中, 联合应用了一系列的 DCTs, 现报告如下, 以期今后 DCTs 的持续改进和应用推广提供理论依据。

资料与方法

一、纳入与排除标准

纳入标准: ①伤后 6 h 内入院, 确诊为下肢挤压伤, 可合并闭合性、Gustilo I 型或 II 型骨折, 无急诊血管探查指征; ②入院时伤肢即存在骨筋膜室高压状态或 AECS 早期表现。

排除标准: ①既往存在影响下肢循环、感觉和运动的疾病; ②住院期间发生致死性合并伤影响预后 (简明损伤评分均 ≤ 3 分); ③出院时仍有意识障碍 (格拉斯哥昏迷评分 ≥ 13 分) 和截(偏)瘫影响肢体功能评价。

二、一般资料

本研究共有 66 例病人入选, 其中男 42 例 (42/

66, 63.64%)、女 24 例 (24/66, 36.36%), 年龄为 (35.42 \pm 14.16) 岁 (16~67 岁)。致伤原因: 交通事故伤 30 例, 重物压砸伤 22 例, 高处坠落伤 10 例和钝器毆击伤 4 例。合并伤: 颅脑损伤 17 例, 胸部损伤 14 例, 脊柱和骨盆损伤 11 例, 腹部损伤 8 例, 多处软组织损伤 46 例; 损伤严重度评分 (injury severity score, ISS) 为 (19.52 \pm 6.38) 分 (10~27 分); 骨折情况: 伤肢骨折 50 例, 无骨折病人 16 例, 其中胫骨骨折 44 例、股骨骨折 17 例、腓骨骨折 15 例、跟骨骨折 10 例和跖骨骨折 7 例; 多发性骨折 27 例。

根据病人诊断过程中是否采用 DCTs 将病人分为非 DCTs 诊断组 (常规组 15 例 + DCTs 治疗组 13 例) 和 DCTs 诊疗组 (38 例)。常规组 15 例, 诊断和治疗采用常规方法, 均未应用 DCTs; DCTs 治疗组 13 例, 用常规方法诊断但是采用 DCTs 治疗 AECS; DCTs 诊疗组 38 例, 同时采用 DCTs 诊断和治疗 AECS。

经比较分析, 非 DCTs 诊断组和 DCTs 诊疗组病人的性别、年龄、ISS 评分、伤后入院时间、肢体骨折例数和入院时 AECS 例数等一般资料指标比较, 差异均无统计学意义 (P 均 > 0.05), 具有可比性 (表 1)。AECS 确诊时间为伤后 (25.69 \pm 14.88) h (4.0~57.5 h)。

三、损伤控制技术

(一) 诊断技术

①肢端氧饱和度监测夹 (迈瑞, 中国)^[6]: 对照健侧肢体, 动态监测伤肢末梢循环情况; ②非接触式红外波谱仪 (鱼跃, 中国)^[7]: 检测皮温变化, 间接反映伤肢血供和末梢循环情况; ③疼痛视觉模拟量表评分: 按 10 分制将主观疼痛和牵引痛程度分级, 并记录其变化; ④微电流针刺仪 (贝朗, 德国)^[8]: 利用间断微电流刺激局部肌肉, 定量记录肌肉收缩时的电流值, 监测和反馈肌肉活力; ⑤剪切波弹性成像多普勒超声仪 (通用, 美国)^[9]: 检测局部骨骼肌的血流灌注变化, 以及伤肢组织弹性变化, 通过杨式模量公式计算量化局部骨骼肌的硬度; ⑥筋膜间室内压监护仪 (史赛克, 美国)^[10]: Whiteside 改良法通过三通阀

表 1 两组病人一般资料的比较

| 组别 | 例数 | 男性 [例(%)] | 女性 [例(%)] | 年龄 ($\bar{x}\pm s$, 岁) | ISS 评分 ($\bar{x}\pm s$, 分) | 伤后入院时间 ($\bar{x}\pm s$, h) | 肢体骨折 [例(%)] | 入院时 AECS [例(%)] |
|---------------|----|--------------|--------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------|--------------------|
| 非 DCTs 诊断组 | 28 | 20(71.43) | 8(28.57) | 34.98 \pm 16.75 | 18.89 \pm 7.66 | 3.87 \pm 2.31 | 19(67.86) | 4(14.29) |
| DCTs 诊疗组 | 38 | 22(57.89) | 16(42.11) | 34.57 \pm 15.07 | 19.10 \pm 6.53 | 3.75 \pm 1.65 | 31(81.58) | 2(5.26) |
| $\chi^2(t)$ 值 | - | 1.276 | 1.276 | 0.696 | 0.944 | 0.538 | 1.653 | 1.588 |
| P 值 | - | 0.259 | 0.259 | 0.552 | 0.134 | 0.863 | 0.199 | 0.208 |

将微创测压针头、压力转换器和心电监护仪相连接,可持续、动态和精准地监测筋膜间室内压的变化,避免了传统方法带来的不便和误差。

(二)治疗技术

①负压封闭引流(vacuum sealing drainage, VSD)技术^[11]:利用VSD技术早期覆盖和保护筋膜室切开减压的伤口,同时辅以-125 mmHg(13.3 kPa)的持续负压吸引和抗生素生理盐水间断滴注冲洗,以降低室内压、预防伤口感染和清除组织的毒性代谢物;②单切口有限切开减压技术^[12]:对于大腿、小腿处的减压,可利用5 cm的单切口潜行剥离皮下组织,将深筋膜全层彻底切开减压,辅以VSD保护伤口;③网眼状小切口减压技术^[13]:对于足部减压,可于足背行多个深达筋膜层的1 cm小切口,形成网眼状减轻皮肤张力和利于释放室内压,辅以VSD保护伤口;④弹性鞋带伤口闭合技术^[14]:利用皮钉和皮筋,连续十字交叉连接伤口,肢体消肿后利用皮筋向心力主动收敛伤口;⑤LED光疗技术^[15]:通过不同波长频率的LED照射伤肢,刺激血液循环,促进肢体消肿,收敛组织渗出,加快伤口愈合。

四、诊断方法和标准

(一)开放性骨折的诊断和分型

根据2012年Gustilo-Anderson修正版标准进行诊断和分型^[16]。

(二)挤压综合征及并发症的诊断

①临床表现:病人全身症状为意识淡漠、发热和腰酸背痛,严重时出现意识障碍、酱油色尿和少(无)尿,局部症状为肌肉酸胀和张力性水泡;②实验室检查:血常规提示红细胞、血红蛋白降低,血生化及尿常规检测提示血钾、肌酐、尿素氮和肌红蛋白尿等特异性指标超标,尿常规可见肌红蛋白,血气分析pH值异常,即可判断高钾血症、横纹肌溶解(rhabdomyolysis, RM)、酸中毒和急性肾功能不全(acute renal failure, ARF),诊断CS^[17]。

(三)SIRS和MODS的诊断

根据2012年Fry修正版的MODS评分标准进行诊断^[18]。

(四)AECS的诊断和分期

诊断:①非DCTs诊断组:主动观察伤肢肿胀程度、末梢循环和足背动脉搏动变化,以及病人是否存在进行性静息痛、被动牵拉痛、足趾挛缩和6“P”症状(无痛,异型体温,苍白或发绀、花斑纹等,感觉异常或减退,麻痹,无脉)等临床表现来经验性诊断AECS^[19],属于定性诊断;②DCTs诊疗组:利用DCTs量化指标实时监测伤肢的循环、感觉和运动变化,当任一项量化指标出现异常值时(表2),则立即应用改良Whiteside法测量伤肢筋膜间室内压(P),利用下列公式计算灌注压(ΔP)值: $\Delta P = \text{动脉舒张压} - P$,若 $\Delta P \leq 30 \text{ mmHg}$ (4.0 kPa)可确诊AECS^[20],若 $\Delta P > 30 \text{ mmHg}$ 则行持续监测直至排除AECS,属于定量诊断。

分期:依据AECS的病理生理特点,特别是伤肢 ΔP 和肌肉的缺血程度分为期:①潜伏期: ΔP 处于30~50 mmHg之间,尚未发生肌肉缺血的骨筋膜室高压状态,可保守治疗和动态观察;②早期: $\Delta P \leq 30 \text{ mmHg}$,且缺血时间小于4 h,若及时手术减压,可逆转濒临缺血性肌挛缩,可无或罕有后遗症;③中期: $\Delta P \leq 20 \text{ mmHg}$,或缺血时间4~8 h,即使减压仍有缺血性肌挛缩等后遗症,尚可保肢;④晚期: $\Delta P \leq 10 \text{ mmHg}$,肌肉严重缺血 $> 8 \text{ h}$,即使减压亦继发坏疽,多截肢致终生残疾,亦可合并多种并发症危及生命。

五、治疗方法

(一)一般治疗

动态观察伤肢伤情变化,积极治疗合并伤^[21]。①伤口处理,对存在开放性伤口者,入院后急诊清创控制污染,缝合伤口并安置引流管;②局部制动,合并骨折者,伤肢抬高至心脏平面后予以骨牵引制动,动态观察伤情变化;③药物治疗,在AECS潜伏期以加强脱水等保守治疗为主,予以抗生素预防伤口感染,同时辅以消肿、解痉、利尿、镇痛等对症支持治疗,根据实验室检查结果纠正水电解质平衡紊乱和酸中毒,休克者还应使用血管活性药物;④伤肢护理,预防垂足,及时进行伤口换药,定期监测伤肢血运变化、肌肉缺血坏死和神经功能;⑤康复训练,积

表2 AECS诊断中DCTs的观察指标

| 类别 | 循环 | | 感觉 | | 电针电流值 | 模量值 | 灌注压 | |
|-----|-------|--------|------------|------------|------------|------------|---------|----------|
| | 血氧饱和度 | 皮温 | 肌肉灌注量 | 静息痛评分 | | | | 牵引痛评分 |
| 正常值 | >95% | 同体温 | 同健侧 | 0分 | 0分 | 同健侧 | 同健侧 | >50 mmHg |
| 异常值 | ≤70% | 低于体温2℃ | 明显下降,甚至无灌注 | 升高,镇痛治疗无缓解 | 升高,可伴有阈值减低 | 最大电流时肌肉无收缩 | >健侧2.2倍 | ≤30 mmHg |

极预防废用性肌萎缩和关节僵硬,以利于伤愈后早日恢复行走和负重。

(二)手术治疗

一经确诊 AECS,应立即行手术治疗。筋膜室切开减压术:①常规组,采用单个大切口或双切口完全松解筋膜,使所有深部间隙达到充分减压,筋膜间隙留置引流,伤口行凡士林和纱布覆盖,定期换药;②DCTs 治疗组和 DCTs 诊疗组,采用 DCTs 小切口减压、VSD 和鞋带技术处理伤口,术后定期辅以光疗,定期更换 VSD 敷料;再次清创和截肢术,若术后组织仍发生不可逆性坏死,为避免毒素进入血液循环和发生感染性休克,应再次或多次进行清创术,若保肢无望时则应截肢。骨折内固定术,合并骨折者根据伤肢软组织恢复情况和骨折类型,酌情选择确定骨折内固定方案,长骨骨折优先选择髓内钉。伤口闭合术,根据伤口大小、张力和愈合速度选择合适的方法,例如:①伤口缺损小、张力低且愈合快,可待其自行愈合或直接缝合;②伤口缺损中、张力低但愈合慢,可行植皮或推移皮瓣;③伤口缺损大、张力高且愈合困难,可采用旋转或游离皮瓣。

(三)特殊治疗

①透析治疗,根据生化指标和尿量的变化,如存在高钾和 ARF 可酌情透析;②机械通气,对于合并急性呼吸窘迫综合征者,应使用呼吸机辅助维持氧饱;③高压氧治疗,可间歇辅以高压氧治疗,提高组织氧分压,改善肌肉缺氧、促进神经修复,但同时应预防再灌注损伤。

六、研究指标

对照比较组间下列指标的异同:①一般资料;②

AECS 诊断分期和临床表现;③检验结果和并发症。

七、统计学方法

应用 SPSS 统计学软件(IBM 公司,美国)进行统计学分析,计量资料采用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用 *F* 检验比较组间方差齐性后,采用 *t* 检验进行两两比较;根据样本量和最小理论频数,分别采用 χ^2 检验(含其校正公式)或 Fisher 确切概率法进行构成比(率)的比较,均以 $P < 0.05$ 作为具有统计学意义的标准。

结 果

一、确诊 AECS 时的临床分期和各期典型临床表现的比较

非 DCTs 诊断组的早、中期 AECS 确诊率显著低于 DCTs 诊疗组,差异有统计学意义($\chi^2=10.866, P=0.001$);非 DCTs 诊断组晚期确诊时的“6“P”临床表现率显著高于 DCTs 诊疗组,差异有统计学意义($\chi^2=13.630, P < 0.001$);而两组在早、中期临床表现率的差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 3。

二、确诊 AECS 时实验室检验结果和全身并发症的比较

非 DCTs 诊断组的血钾、肌酐、尿素氮和 pH 值检验结果异常率均显著高于 DCTs 诊疗组($\chi^2=5.332, P=0.021$; $\chi^2=10.739, P=0.001$; $\chi^2=5.992, P=0.014$ 和 $\chi^2=4.962, P=0.026$);非 DCTs 诊断组 ARF 和 MODS 发生率显著高于 DCTs 诊疗组($\chi^2=5.120, P=0.024$ 和 $\chi^2=4.189, P=0.041$);而两组在 RM 和 SIRS 发生率的差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 4。最终,本研究中共 5 例病人死亡,死亡原因均为 AECS 相关

表 3 两组确诊 AECS 临床分期和各期典型临床表现的比较[例(%)]

| 组别 | 例数 | 早、中期 AECS 确诊 | 进行性静息痛(早期) | 牵拉痛或足趾挛缩(中期) | 6“P”(晚期) |
|------------|----|--------------|------------|--------------|-----------|
| 非 DCTs 诊断组 | 28 | 15(53.57) | 14(50.00) | 11(39.29) | 12(42.86) |
| DCTs 诊疗组 | 38 | 34(89.47) | 27(71.05) | 6(15.79) | 2(5.26) |
| χ^2 值 | - | 10.866 | 3.037 | 4.654 | 13.630 |
| <i>P</i> 值 | - | 0.001 | 0.081 | 0.969 | < 0.001 |

表 4 两组确诊 AECS 时实验室检验结果异常和全身并发症的比较[例(%)]

| 组别 | 例数 | 检验结果异常 | | | | CS | | 失控性炎症反应 | |
|------------|----|----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| | | 血钾 | 肌酐 | 尿素氮 | pH 值 | RM | ARF | SIRS | MODS |
| 非 DCTs 诊断组 | 28 | 7(25.00) | 21(75.00) | 11(39.29) | 8(28.57) | 12(42.86) | 8(28.57) | 19(67.86) | 6(21.43) |
| DCTs 诊疗组 | 38 | 2(5.26) | 13(34.21) | 5(13.16) | 3(7.89) | 8(21.05) | 2(5.26) | 22(57.89) | 1(2.63) |
| χ^2 值 | - | 5.332 | 10.739 | 5.992 | 4.962 | 3.629 | 5.120 | 0.311 | 4.189 |
| <i>P</i> 值 | - | 0.021 | 0.001 | 0.014 | 0.026 | 0.057 | 0.024 | 0.577 | 0.041 |

MODS,死亡率为7.58%。

三、典型病例

病人,男,32岁,“交通事故伤后出现左侧小腿循环障碍3h”,病人于2017年8月11日凌晨左右发生车祸,外院急诊行“剖腹探查术+部分肠切除术”后,因左侧下肢严重肿胀转至我院中法新城院区创

伤中心,X线片提示右足内侧楔骨骨折、左侧胫骨中上段粉碎性骨折(图1)。

该病人诊断AECS后立即行“双下肢清创+左胫腓骨折克氏针内固定+外固定+骨筋膜切开减压+腓窝神经血管探查+VSD术”,术后使用Shoelace+VSD技术,逐渐闭合伤口,未行植皮。出院前,病人左侧



图1 病人,男,32岁,因“交通事故伤后出现左侧小腿循环障碍3h”入院 a,b:术前右足正斜位X线片,提示右足内侧楔骨骨折;c,d:术前左膝及左侧胫腓骨侧位X线片,提示左侧胫骨中下段粉碎性骨折;e,f:左膝正侧位X线片;g,h:左侧胫腓骨正侧位X线片,均提示经外固定治疗后骨折端对位对线满意;i:左小腿外侧筋膜室切开减压切口;j:左小腿切口采用Shoelace技术;k,l:左小腿切口采用VSD技术后贴膜行持续负压吸引;m:左小腿消肿后缩小的筋膜室切开减压切口;n:左小腿进一步消肿后缩小的筋膜室切开减压切口

肢体远端活动及感觉均恢复。

讨 论

AECS 是挤压伤中常见的临床急性综合征,发病后主要经历濒临缺血性肌挛缩、缺血性肌挛缩和坏疽三个时期;当错过其发病的早、中期(干预窗口期)后,伤肢则陷入了肿胀-压迫-缺血-再肿胀的恶性循环^[22]。AECS 的传统诊断方式主要依据牵拉痛等典型临床表现进行经验性诊断,但是由于损伤机制和挤压时长不同,AECS 的发生和发展存在较大个体差异性,导致其潜伏期长短不一,临床症状不尽相同,特别是当病人合并有意识障碍或截瘫时,由于静息痛等主观症状的缺失,容易发生延迟诊断和漏诊,难以在窗口期内开展精准诊疗^[23]。由于肌肉、神经缺血 6~8 h 后即为不可逆性损伤,一旦错过干预窗口期,病人不但面临截肢,而且还会因为 CS 和 MODS 而危及生命^[24]。因此,创伤急救医师长久以来都渴求一套能精准诊断 AECS 的诊疗技术来指导如何救治^[25]。

随着现代科技发展,各种先进的医学技术层出不穷,我科近年来分批引进和使用了一系列 DCTs 用于 AECS 临床诊疗,并取得了较好效果。本研究结果证明了在 AECS 诊疗中使用 DCTs 的可行、有效性和安全性:①早期诊断:DCTs 诊疗组通过各种先进技术结合量化指标诊断 AECS,所以提升了 AECS 诊断的时效性和精准度,同时避免了假阳性和假阴性诊断;而非 DCTs 诊断组主要依据 AECS 的典型临床表现来定性诊断,导致其晚期 6“P”发生率显著高于 DCTs 诊疗组,显著影响后续治疗和病人预后。②并发症防治:AECS 在早、中期对机体内环境的破坏尚不明显,所以 DCTs 诊疗组检验结果基本正常,全身并发症少;而非 DCTs 诊断组应用传统方式确诊时,病人多已是 AECS 中、晚期,在 CS 和 SIRS 的长时间损害下,器官损伤难以避免。

由于目前急诊减压手术指征的压力阈值标准尚未统一,同时基于筋膜室自我减压现象,有学者提出了“肌释扼定律”,并强调其会通过张力性水疱释放筋膜室内过高的压力,无需人为切开筋膜^[26]。所以,AECS 在伤后发生、发展的个体差异性较大,传统方式尚存不足,难以在早期有效开展 AECS 的精准诊疗。而 DCTs 能在窗口期及时诊断 AECS,在达到保肢、保命治疗目标的同时,为最大程度的保肢和改善伤肢功能提供可能,提升挤压伤病人伤愈后的生活质量。

参 考 文 献

- [1] Sharrock AE, Midwinter M. Damage control-trauma care in the first hour and beyond: a clinical review of relevant developments in the field of trauma care[J]. *Ann R Coll Surg Engl*, 2013, 95(3): 177-183.
- [2] Pierce SM. Acute lower extremity compartment syndrome: avoiding limb loss and long-term complications[J]. *Adv NPs Pas*, 2012, 3(4): 21-24.
- [3] Sellei RM, Hildebrand F, Pape HC. Acute extremity compartment syndrome: current concepts in diagnostics and therapy[J]. *Unfallchirurg*, 2014, 117(7): 633-649.
- [4] 白祥军. 微创诊疗技术在创伤急救中的应用[J]. *创伤外科杂志*, 2011, 13(5): 385-388.
- [5] Roberts DJ, Zygun DA, Kirkpatrick AW, et al. A protocol for a scoping and qualitative study to identify and evaluate indications for damage control surgery and damage control interventions in civilian trauma patients[J]. *BMJ Open*, 2014, 4(7): e005634.
- [6] Weick JW, Kang H, Lee L, et al. Direct measurement of tissue oxygenation as a method of diagnosis of acute compartment syndrome[J]. *J Orthop Trauma*, 2016, 30(11): 585-591.
- [7] Schmidt AH, Bosse MJ, Frey KP, et al. Predicting acute compartment syndrome (PACS): the role of continuous monitoring[J]. *J Orthop Trauma*, 2017, 31(Suppl 1): S40-S47.
- [8] Neyroud D, Temesi J, Millet GY, et al. Comparison of electrical nerve stimulation, electrical muscle stimulation and magnetic nerve stimulation to assess the neuromuscular function of the plantar flexor muscles[J]. *Eur J Appl Physiol*, 2015, 115(7): 1429-1439.
- [9] Sellei RM, Hingmann SJ, Kobbe P, et al. Compartment elasticity measured by pressure-related ultrasound to determine patients “at risk” for compartment syndrome: an experimental *in vitro* study[J]. *Patient Saf Surg*, 2015, 9(1): 4.
- [10] Masquelet AC. Acute compartment syndrome of the leg: pressure measurement and fasciotomy[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2010, 96(8): 913-917.
- [11] Li W, Ji L, Tao W. Effect of vacuum sealing drainage in osteofascial compartment syndrome[J]. *Int J Clin Exp Med*, 2015, 8(9): 16112-16116.
- [12] Ebraheim NA, Siddiqui S, Raberding C. A single-incision fasciotomy for compartment syndrome of the lower leg[J]. *J Orthop Trauma*, 2016, 30(7): e252-e255.
- [13] Dodd A, Le I. Foot compartment syndrome: diagnosis and management[J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2013, 21(11): 657-664.
- [14] Zorrilla P, Marín A, Gómez LA, et al. Shoelace technique for gradual closure of fasciotomy wounds[J]. *J Trauma*, 2005, 59(6): 1515-1517.
- [15] Dungal P, Hartinger J, Chaudary S, et al. Low level light therapy by LED of different wavelength induces angiogenesis and improves ischemic wound healing[J]. *Lasers Surg Med*, 2014, 46(10): 773-780.
- [16] Kim PH, Leopold SS. In brief: Gustilo - Anderson classification. [corrected] [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2012, 470(11): 3270-3274.
- [17] Genthon A, Wilcox SR. Crush syndrome: a case report and review of the literature[J]. *J Emerg Med*, 2014, 46(2): 313-319.

(下转第 456 页)

阻滞是一种安全、有效的术后镇痛方式,且并发症较少,值得临床推广。

参 考 文 献

- [1] Dhir S, Sondakkopam RV, Sharma R, et al. A comparison of combined suprascapular and axillary nerve blocks to interscalene nerve block for analgesia in arthroscopic shoulder surgery: an equivalence study [J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2016, 41(5): 564-571.
- [2] Lee SM, Park SE, Nam YS, et al. Analgesic effectiveness of nerve block in shoulder arthroscopy: comparison between interscalene, suprascapular and axillary nerve blocks [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2012, 20(12): 2573-2578.
- [3] Ritchie ED, Tong D, Chung F, et al. Suprascapular nerve block for postoperative pain relief in arthroscopic shoulder surgery: a new modality? [J]. *Anesth Analg*, 1997, 84(6): 1306-1312.
- [4] Fredrickson MJ, Krishnan S, Chen CY. Postoperative analgesia for shoulder surgery: a critical appraisal and review of current techniques [J]. *Anaesthesia*, 2010, 65(6): 608-624.
- [5] Balaban O, Dülgeroğlu TC, Aydın T. Ultrasound-guided combined interscalene cervical plexus block for surgical anesthesia in clavicular fractures: a retrospective observational study [J]. *Anesthesiol Res Pract*, 2018: 7842128.
- [6] Verelst P, van Zundert A. Respiratory impact of analgesic strategies for shoulder surgery [J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2013, 38(1): 50-53.
- [7] Price DJ. The shoulder block: a new alternative to interscalene brachial plexus blockade for the control of postoperative shoulder pain [J]. *Anaesth Intensive Care*, 2007, 35(4): 575-581.
- [8] Bergmann L, Martini S, Kesselmeier M, et al. Phrenic nerve block caused by interscalene brachial plexus block: breathing effects of different sites of injection [J]. *BMC Anesthesiol*, 2016, 16(1): 45.
- [9] Urmev WF, McDonald M. Hemidiaphragmatic paresis during interscalene brachial plexus block: effects on pulmonary function and chest wall mechanics [J]. *Anesth Analg*, 1992, 74(3): 352-357.
- [10] Kessler J, Schafhalter-Zoppoth I, Gray AT. An ultrasound study of the phrenic nerve in the posterior cervical triangle: implications for the interscalene brachial plexus block [J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2008, 33(6): 545-550.

(收稿日期: 2019-04-04)

(本文编辑: 龚哲妮)

(上接第 439 页)

- [18] Fry DE. Sepsis, systemic inflammatory response, and multiple organ dysfunction: the mystery continues [J]. *Am Surg*, 2012, 78(1): 1-8.
- [19] Mauser N, Gissel H, Henderson C, et al. Acute lower-leg compartment syndrome [J]. *Orthopaedics*, 2013, 36(8): 619-624.
- [20] von Keudell AG, Weaver MJ, Appleton PT, et al. Diagnosis and treatment of acute extremity compartment syndrome [J]. *Lancet*, 2015, 386(10000): 1299-1310.
- [21] Wall CJ, Lynch J, Harris IA, et al. Clinical practice guidelines for the management of acute limb compartment syndrome following trauma [J]. *ANZ J Surg*, 2010, 80(3): 151-156.
- [22] Via AG, Oliva F, Spoliti M, et al. Acute compartment syndrome [J]. *Muscles Ligaments Tendons J*, 2015, 5(1): 18-22.
- [23] Glass GE, Staruch RM, Simmons J, et al. Managing missed lower extremity compartment syndrome in the physiologically stable patient: a systematic review and lessons from a level I trauma center [J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2016, 81(2): 380-387.
- [24] Prasarn ML, Ahn J, Achor TS, et al. Acute compartment syndrome in patients with tibia fractures transferred for definitive fracture care [J]. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*, 2014, 43(4): 173-177.
- [25] Schmidt AH. Acute compartment syndrome [J]. *Orthop Clin North Am*, 2016, 47(3): 517-525.
- [26] 侯志勇, 王鑫贵, 尹英超, 等. 肌释扼定律 [J]. *中华创伤杂志*, 2019, 35(1): 83-86.

(收稿日期: 2019-02-28)

(本文编辑: 龚哲妮)