

· 临床论著 ·

抗生素骨水泥联合负压闭合治疗胫腓骨 Gustilo-Ⅲ型骨折[△]

张阳, 董树行, 刘中浩*

(山东大学第二医院创伤骨科, 山东济南 250000)

摘要: [目的] 评价抗生素骨水泥联合负压辅助创面闭合 (vacuum-assisted closure, VAC) 治疗胫腓骨 Gustilo-Ⅲ型骨折的临床效果。[方法] 回顾性分析 2020 年 3 月—2021 年 9 月本院收治的胫腓骨 Gustilo-Ⅲ型骨折 60 例患者的临床资料。依据术前医患沟通结果, 31 例采用抗生素骨水泥联合 VAC 治疗 (联合组), 29 例采用单一 VAC 治疗 (VAC 组)。比较两组围手术期、检验结果与随访情况。[结果] 两组均顺利完成手术, 术中无严重并发症。两组患者的一期手术时间和 VAS 评分无明显差异 ($P>0.05$)。联合组的二期术前时间 [(9.9±1.7) d vs (11.0±1.9) d, $P=0.014$]、渗出评级 [0/I/II/III/IV, (6/17/5/3/0) vs (2/11/10/4/2), $P=0.017$]、肉芽评级 [I/II/III/IV, (18/8/4/1) vs (9/12/6/2), $P=0.048$]、细菌培养转阴率 [阳/阴, (1/23) vs (6/17), $P=0.035$]、创面闭合方式 [缝合/植皮/皮瓣, (24/5/2) vs (13/11/5), $P=0.034$]、创面愈合时间 [(25.8±5.1) d vs (29.6±5.5) d, $P=0.007$]、住院时间 [(29.6±4.5) d vs (33.0±5.5) d, $P=0.011$] 和治疗费用 [(6.3±0.5) 万元 vs (6.7±0.6) 万元, $P=0.003$] 均显著优于 VAC 组。实验室检查方面, 随时间推移, 两组患者的 WBC、NEU、CRP 和 ESR 均显著下降 ($P<0.05$)。二期术前联合组的上述指标均显著优于 VAC 组 ($P<0.05$)。联合组的骨折愈合时间 [(6.2±1.7) 个月 vs (7.3±1.5) 个月, $P=0.011$] 和骨折愈合情况 [良好/延迟/骨不连/骨髓炎, (25/4/1/1) vs (17/6/2/4), $P=0.016$] 显著优于 VAC 组。随时间推移, 两组患者的局部瘢痕情况和患肢功能均显著改善 ($P<0.05$)。术后 3 个月联合组的局部瘢痕情况和患肢 Johner-Wruh 功能评级显著优于 VAC 组 ($P<0.05$), 术后 6、12 个月两组间局部瘢痕情况和患肢功能的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。联合组的患者满意度明显高于 VAC 组 ($P<0.05$)。[结论] 与单一采用 VAC 治疗相比, 抗生素骨水泥联合负压辅助创面闭合具有缩短治疗周期, 降低感染风险和促进骨折愈合等优点。

关键词: 胫腓骨, Gustilo-Ⅲ型骨折, 抗生素骨水泥, 负压辅助创面闭合, 临床效果

中图分类号: R683.42 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) 22-2022-07

Antibiotic-loaded bone cement combined with vacuum-assisted closure for Gustilo type III tibiofibular fractures // ZHANG Yang, DONG Shu-xing, LIU Zhong-hao. Department of Traumatic Orthopaedics, The Second Hospital, Shandong University, Jinan 250000, China

Abstract: [Objective] To evaluate the clinical outcomes of antibiotic-loaded bone cement combined with vacuum-assisted closure (VAC) for Gustilo-Ⅲ tibiofibular fractures. **[Methods]** A retrospective study was conducted on 60 patients who received treatments for Gustilo type III tibiofibular fractures in our hospital from March 2020 to September 2021. According to preoperative doctor-patient communication, 31 patients were treated with antibiotic-loaded bone cement combined with VAC (the combination group), while the remaining 29 patients were treated with VAC only (the VAC group) after a thorough debridement and external fixation in the first stage. The documents regarding perioperative period, laboratory tests and follow-up were compared between the two groups. **[Results]** All patients in both groups had operations performed smoothly without serious complications. Although there were no significant differences in the first-stage operation time and VAS scores between the two groups ($P>0.05$), the combination group proved significantly superior to the VAC group in terms of the time elapsed prior to the second stage of preoperative time [(9.9±1.7) days vs (11.0±1.9) days, $P=0.014$], exudation scale [0/I/II/III/IV, (6/17/5/3/0) vs (2/11/10/4/2), $P=0.017$], granulation scale [I/II/III/IV, (18/8/4/1) vs (9/12/6/2), $P=0.048$], the bacterial culture before the second stage of surgery [positive/negative, (1/23) vs (6/17), $P=0.035$], wound closure mode [suture/skin graft/flap, (24/5/2) vs (13/11/5), $P=0.034$], wound healing time [(25.8±5.1) days vs (29.6±5.5) days, $P=0.007$], hospital stay [(29.6±4.5) days vs (33.0±5.5) days, $P=0.011$] and the treatment costs [(6.3±0.5) ten thousand yuan vs (6.7 + 0.6) ten thousand yuan, $P=0.003$]. Regarding laboratory tests, the WBC, NEU,

DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.22.02

[△]基金项目: 山东省重点研发计划项目 (编号: 2017GSF218068)

作者简介: 张阳, 在读硕士研究生, 研究方向: 创伤骨科, (电话) 15506682432, (电子信箱) zhangyangyay@163.com

* 通信作者: 刘中浩, (电话) 17660081681, (电子信箱) liuzh5981@163.com

CRP and ESR were significantly decreased over time in both groups ($P<0.05$), which in the combination group were significantly better than those in the VAC group just before the second stage of surgery ($P<0.05$). In addition, the combination group was significantly better than the VAC group in terms of fracture healing time [(6.2±1.7) months vs (7.3±1.5) months, $P=0.011$] and fracture union state [good/delayed/non-union/osteomyelitis, (25/4/1/1) vs (17/6/2/4), $P=0.016$]. The local scar grade and limb function based on Johner–Wruh criteria significantly improved over time in both groups ($P<0.05$), which in the combination group were significantly better than those in the VAC group at 3 months after surgery ($P<0.05$), but became not statistically significant between the two groups at 6 and 12 months after surgery ($P>0.05$). Moreover, the combination group was also significantly superior to the VAC group in term of the patient satisfaction ($P<0.05$). [Conclusion] The antibiotic-loaded bone cement combined with vacuum assisted closure has the advantages of shortening treatment period, reducing the risk of infection and promoting fracture healing over the VAC only.

Key words: tibia and fibula, Gustilo type III fractures, antibiotic-loaded bone cement, vacuum assisted closure, clinical outcome

胫腓骨 Gustilo III 型骨折一直以来是创伤骨科中的难点和热点问题, 其中软组织重建和创面封闭是治疗的重要环节^[1, 2]。美国 (Kinetic Concepts Inc, KCI) 公司研发的负压辅助创面闭合 (vacuum-assisted closure, VAC) 技术是一种改良的负压封闭引流技术, 具有增加局部血流量、激活伤口细胞活性和直接封闭创面的效果, 在各类创面修复中显现优势^[3, 4]。抗生素骨水泥可以持续长效释放抗生素作用于病灶局部, 在起到高效控制感染效果的同时还避免了损害其他脏器的毒副作用, 显著提高治疗方案的安全性^[5, 6]。此外, 骨水泥可以填充残腔, 发挥机械支撑的作用, 作为异物刺激局部组织形成诱导膜, 发挥生物保护作用, 促进骨的重建和再血管化, 为二期修复创造更好的骨与软组织条件, 在预防和治疗骨感染中作用明确^[7, 8]。VAC 对创面愈合有诸多优势, 但限于吸附炎性渗液及细菌毒素, 本身并无杀菌作用, 抗感染作用有限。抗生素骨水泥虽能有效控制感染, 但无法有效引流渗出物, 难以保证软组织成活, 后期大概率需行皮瓣移植等治疗。二者联合应用于开放性骨折的研究尚少, 且缺乏系统性的疗效评估。本研究回顾性分析了 2020 年 3 月—2021 年 9 月本院骨科创伤患者 60 例的临床资料, 分别采用抗生素骨水泥联合 VAC 与单一 VAC 治疗, 探讨抗生素骨水泥联合 VAC 在治疗胫腓骨 Gustilo-III 型骨折中的临床效果, 现报道如下。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 年龄 18~70 岁; (2) 符合单侧胫腓骨骨折的影像学诊断标准 (图 1a); (3) 符合 Gustilo III 型开放性骨折诊断标准^[9]; (4) 有保肢手术指征; (5) 患者及家属知情研究, 且自愿参与。

排除标准: (1) 合并严重感染、凝血异常、多脏

器功能衰竭等手术禁忌的严重疾病; (2) 合并其他全身多发伤或内脏损伤; (3) 依从性差, 精神异常、意识障碍不能配合; (4) 术后未定期返院复查, 随访资料不完整; (5) 研究期间因其他合并症死亡者。

1.2 临床资料

回顾性分析 2020 年 3 月—2021 年 9 月本院创伤骨科收治的胫腓骨 Gustilo-III 型骨折患者, 共 60 例符合上述标准的患者, 纳入本研究。根据医患沟通结果将患者分为两组, 31 例采用抗生素骨水泥联合 VAC 治疗 (联合组), 29 例采用单纯 VAC 治疗 (VAC 组)。两组患者术前一般资料见表 1, 两组在年龄、性别、体质指数 (body mass index, BMI)、受伤至手术时间、受伤原因、Gustilo-Anderson 分型、创面面积的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。本研究通过医院伦理委员会批准备案, 所有患者均知情同意。

表 1 两组患者术前一般资料与比较

Table 1 Comparison of preoperative general data between the two groups

指标	联合组 (n=31)	VAC 组 (n=29)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	48.8±14.0	47.3±12.4	0.664
性别 (例, 男/女)	22/9	18/11	0.465
BMI (kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	24.1±2.1	23.7±1.8	0.407
受伤至手术时间 (h, $\bar{x} \pm s$)	7.2±2.1	7.7±1.9	0.319
伤因 (例, 车祸/坠落伤/砸伤/其他)	17/4/6/4	14/8/4/3	0.551
骨折分型 (例, III A/III B/III C)	8/17/6	11/13/5	0.597
创面面积 (cm^2 , $\bar{x} \pm s$)	60.2±6.3	58.7±6.8	0.364

1.3 手术方法

联合组: 麻醉后观察损伤情况。行清创术, 清除污染坏死组织与异物, 尽可能保留神经、肌腱、大血管等, 必要时予以修复, 以外固定架固定骨折。40 g 骨水泥粉末加入 2 g 万古霉素粉末, 与 PMM 液体充

分搅拌成糊状。在凝固前将其填塞于创腔并塑形，注意留有缺口方便引流或放置引流管，保护周围组织，避免烫伤。将聚氨酯泡沫敷料（美国 KCI 公司）按创面形状及大小进行剪裁，完全覆盖抗生素骨水泥，以生物半透膜密封，边缘覆盖范围超出敷料边缘 3 cm 以保证密封效果，连接 VAC 负压治疗仪。常规 3 d 后拆除 VAC，根据创面情况更换 VAC 敷料，定期检查装置运行及敷料封闭情况。术后合理应用抗生素控制感染。

VAC 组：清除污染坏死组织与异物，尽可能保

留神经、肌腱、大血管等，必要时予以修复，以外固定架固定骨折。将聚氨酯泡沫敷料（美国 KCI 公司）按创面形状及大小进行剪裁，填充或覆盖于创面，以生物半透膜密封，处理同上。

两组患者待创面稳定后行二次手术，再次清创，两组均去除外固定架，更换钢板内固定，根据创面情况置放 VAC，条件允许可直接缝合、植皮或皮瓣移植术封闭创面（图 1c~1e）。联合组等创面完全愈合后，第三期手术，取出骨水泥块，植自体骨，闭合创口（图 1f~1h）。



图 1 患者，男，58 岁，车祸伤，右胫腓骨 Gustilo III 型骨折，行抗生素骨水泥联合 VAC 治疗。1a: 术前影像学所见；1b: 一期手术清创、外固定架固定，填充抗生素骨水泥，VAC 治疗；1c, 1d: 二期去除外固定架，行钢板内固定，保留骨水泥填充创腔；1e: 二期内固定术后 X 线所见；1f~1h: 三期手术骨水泥取出，自体髂骨残腔植骨，缝合创面；1i, 1j: 末次随访 X 线复查，见骨折愈合。

Figure 1. A 58 year-old male suffered from Gustilo III type B fracture of the right tibia and fibula in a car accident, and treated with antibiotic bone cement combined with vacuum-assisted closure (VAC). 1a: Preoperative imaging findings. 1b: In the first-stage surgery, debridement, external fixator fixation, antibiotic bone cement filling and VAC were conducted. 1c, 1d: At the second stage, the external fixator was removed, and internal fixation with plate was performed, while the bone cement was retained to fill the wound cavity. 1e: X-ray findings secondary to internal fixation. 1f~1h: In the third stage of operation, the bone cement was removed, while the iliac bone autografting was performed with wound closure by suture. 1i, 1j: The X-ray review at the last follow-up showed that the fracture was healed.

1.4 评价指标

记录围手术期资料，采用视觉模拟疼痛评分 (visual analogue scale, VAS) 评估疼痛程度。行创面分泌物细菌培养；渗出评级 0 级为无明显渗出，I 级

为少量黄白粘稠分泌物，II 级为较多黄浊稠厚分泌物，III 级为大量稀薄分泌物，IV 级为大量臭秽流液分泌物。肉芽评级 I 级为红活，II 级暗红，III 级晦暗，IV 级光白板亮^[10]。检验白细胞计数 (white blood cell,

WBC)、中心粒细胞比值 (neutrophil percentage, NEU%)、C 反应蛋白 (C-reactive protein, CRP) 和红细胞沉降率 (erythrocyte sedimentation rate, ESR)。采用 Johner-Wruh 疗效评价标准评价患肢功能^[11]; 记录局部瘢痕情况, I 级为平整瘢痕, II 级为萎缩性瘢痕, III 级为增生性瘢痕, IV 级为瘢痕疙瘩; 记录患者满意度, 包括满意、较满意、一般和不满意。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 26.0 统计软件进行统计分析。计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 资料呈正态分布时, 两组间比较采用独立样本 *t* 检验; 组内时间点间比较采用单因素方差分析, 两两比较采用 *LSD* 法; 资料呈非正态分布时, 采用秩和检验, 等级资料采用 *Mann-whitney U* 检验, 组内比较采用多个相关资料的 *Friedman* 检验。计数资料采用 χ^2 检验或 *Fisher* 精确检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 围手术期情况

两组患者均顺利完成一期和二期手术, 术中未出现严重并发症。两组患者围手术期资料见表 2, 联合组一期手术时间稍长于 VAC 组, 但差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 两组的二期手术间 VAS 评分无明显差异 ($P > 0.05$)。但是, 联合组二期术前时间、渗出评级、肉芽评级、创面细菌转阴率、创面闭合方式、创面愈合时间、住院时间和住院费用均显著优于 VAC 组 ($P < 0.05$)。

表 2 两组患者围手术期资料与比较

Table 2 Comparison of perioperative data between the two groups			
指标	联合组 (n=31)	VAC 组 (n=29)	P 值
一期手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	146.1±21.8	137.2±18.6	0.096
VAS 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	3.1±0.7	3.3±0.6	0.205
二期术前时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	9.9±1.7	11.0±1.9	0.014
渗出评级 (例, 0/II/III/IV)	6/17/5/3/0	2/11/10/4/2	0.017
肉芽评级 (例, I/II/III/IV)	18/8/4/1	9/12/6/2	0.048
细菌培养转阴例数 (例, 阳性/阴性)	1/23	6/17	0.035
创面闭合方式 (例, 缝合/植皮/皮瓣)	24/5/2	13/11/5	0.034
创面愈合时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	25.8±5.1	29.6±5.5	0.007
住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	29.6±4.5	33.0±5.5	0.011
治疗费用 (万元, $\bar{x} \pm s$)	6.3±0.5	6.7±0.6	0.003

2.2 实验室检查

两组患者血液检测结果见表 3。随时间推移, 两组患者的 WBC、NEU、CRP 和 ESR 均显著下降 ($P < 0.05$)。初次术前两组间各项血液检测指标的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 二次术前联合组的上述指标均显著优于 VAC 组 ($P < 0.05$)。出院前两组间各项血液检测指标的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

表 3 两组患者血液检验结果 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

Table 3 Comparison of blood test data between the two groups ($\bar{x} \pm s$)

指标	联合组 (n=31)	VAC 组 (n=29)	P 值
WBC ($10^9/L$)			
一期术前	16.9±3.5	17.4±3.2	0.526
二期术前	9.3±1.8	12.1±2.0	<0.001
出院前	7.8±1.4	8.1±1.8	0.385
P 值	<0.001	<0.001	
NEU (%)			
一期术前	88.5±5.5	87.6±5.1	0.517
二期术前	75.1±3.8	77.8±4.2	0.012
出院前	73.8±2.9	74.5±3.3	0.362
P 值	<0.001	<0.001	
CPR (mg/L)			
一期术前	39.4±9.0	38.2±8.3	0.569
二期术前	10.2±4.6	14.6±3.7	<0.001
出院前	7.2±1.6	7.5±1.8	0.446
P 值	<0.001	<0.001	
ESR (mm/h)			
一期术前	45.6±5.6	44.9±5.2	0.602
二期术前	16.3±3.2	21.7±3.6	<0.001
出院前	12.7±2.8	13.2±3.1	0.573
P 值	<0.001	<0.001	

2.3 随访结果

两组患者均获随访 12~18 个月, 平均随访 (15.2±2.5) 个月。两组患者随访结果见表 4。联合组的骨折愈合时间和骨折愈合情况均显著早于 VAC 组 ($P < 0.05$)。随访过程中, 骨折延迟愈合的患者在复查时采取富血小板血浆 (platelet-rich plasma, PRP) 植入治疗, 骨折愈合改善。骨不连患者经二次手术病灶清除, 植骨治疗后康复, 骨髓炎患者经抗生素骨水泥链珠治疗后康复, 术后 1 年随访患者恢复可。

随时间推移, 两组患者的局部瘢痕情况和患肢功能均显著改善 ($P < 0.05$)。术后 3 个月联合组的局部瘢痕情况和患肢功能显著优于 VAC 组 ($P < 0.05$), 术后 6、12 个月两组间局部瘢痕情况和患肢功能的差异

均无统计学意义 ($P>0.05$)。联合组的患者满意度明显高于 VAC 组 ($P<0.05$)。

表 4 两组患者随访结果 ($\bar{x} \pm s$) 与比较

Table 4 Comparison of follow-up data between the two groups

指标	联合组 (n=31)	VAC 组 (n=29)	P 值
骨折愈合时间 (月)	6.2±1.7	7.3±1.5	0.011
骨折愈合 (例, 良好/延迟/骨不连/骨髓炎)	25/4/1/1	17/6/2/4	0.016
瘢痕 (例, I/II/III/IV)			
术后 3 个月	7/8/14/2	3/6/12/8	0.041
术后 6 个月	11/9/8/3	8/9/10/5	0.239
术后 12 个月	19/6/5/1	16/6/4/3	0.352
P 值	<0.001	<0.001	
患肢功能 (例, 优/良/中/差)			
术后 3 个月	8/14/5/4	4/7/11/7	0.027
术后 6 个月	12/12/4/3	8/11/7/5	0.160
术后 12 个月	18/10/2/1	16/6/4/3	0.508
P 值	<0.001	<0.001	
患者满意度 (例)			0.039
满意	16	9	
较满意	8	6	
一般	5	6	
不满意	2	8	

3 讨论

分型较高的 Gustilo III 型骨折多为高能量致伤, 软组织损伤和骨折情况严重, 治疗困难且周期较长, 预后欠佳, 常导致软组织感染、骨髓炎、骨愈合不良等并发症, 处理不当甚至会面临导致截肢或死亡等严重结局^[12]。Gustilo III 型骨折治疗的两个核心内容是骨折固定和软组织修复。骨折稳定固定可防止软组织二次损伤, 降低感染风险, 为软组织修复提供了条件。软组织重建为骨折愈合提供血运, 有效防止骨折并发症, 直接影响骨折预后^[13]。有学者研究了负压技术对抗生素骨水泥药物释放的影响, 结果表明负压可以促进骨水泥中万古霉素的释放, 且不影响周围组织对药物的吸收, 这为两种技术的联合应用提供了理论依据^[14]。

小腿前内侧缺乏软组织覆盖, 高能量创伤直接作用造成胫腓骨开放性骨折, 其中创伤严重的 Gustilo

III 型骨折常伴有广泛的软组织缺损, 创腔深大, 污染严重, 有极高的感染风险, 即使对于经验丰富的创伤骨科医生也是一项严峻挑战。在开放性骨折治疗过程中, 彻底清创后仍有感染风险, 若能及时控制感染, 则有利于组织的恢复, 否则软组织再次坏死, 需要多次清创并更换负压装置, 延长治疗周期^[15, 16]。抗生素骨水泥的联用可以增强杀菌效果且不易产生耐药菌, 填充后产生的诱导膜能分泌多种活性因子, 促进创面愈合。Liu 等^[17]用负压引流与抗生素骨水泥联合治疗软组织缺损和感染, 研究表明与单一使用负压引流相比, 抗生素骨水泥与负压引流联合应用可以减少负压敷料的更换次数, 伤口愈合更快, 有效缩短伤口闭合前时间、抗生素使用时间和住院时间, 降低了患者的经济负担。此外, Sun 等^[18]用抗生素骨水泥结合 VAC 治疗 Wagner 3~4 级糖尿病足溃疡, 结果证实抗生素骨水泥与 VAC 联用相较于单纯使用 VAC 治疗, 溃疡创面愈合时间更短, 且术后 1 周的感染率更低, 以上结论与本研究结果相一致。Jiang 等^[19]的病例报告中指出, 抗生素骨水泥联合负压引流可以有效治疗心脏手术后胸骨深部伤口感染, 是治疗深部伤口感染有效且安全的方法。本研究中, 抗生素骨水泥联合 VAC 技术可以有效地控制创面感染, 特别是深部创腔感染。

自 2000 年 Masquelet 教授成功利用诱导膜技术治愈感染性骨缺损以来, 该技术在骨折领域已取得显著效果, 被广泛应用于各种原因导致的骨缺损。骨水泥植入刺激机体形成诱导膜, 可分泌骨形态发生蛋白-2、血管内皮生长因子和转化生长因子- β 1 等多种生长因子, 促进骨重建和血管重塑, 加速骨折愈合和软组织修复^[20-22]。开放性外伤往往导致血清炎症指标异常升高, Novelli 等^[23]研究表明, 炎症指标的升高与创伤的严重程度密切相关。骨水泥释放的万古霉素经 1 周可达到浓度高峰, 随后缓慢释放, 4~6 周时局部仍能够达到最低有效药物浓度^[24]。Wilairatana 等^[25]比较了抗生素骨水泥和普通骨水泥对全膝关节置换术后 CRP、ESR 以及 IL-6 的血清水平, 研究表明抗生素骨水泥在 TKA 术后 72 h 显著降低炎症因子的水平。局部感染的控制对全身炎症指标有明显改善, 并可能发挥有利的免疫调节作用。此外, Ugras 等^[26]报告了关节内炎症因子与功能结局评分之间的相关性, 他们的研究表明控制局部炎症反应对于早期肢体功能恢复很重要, 减少炎症反应可获得更好的术后结局。与本研究结果一致, 抗生素骨水泥的联用有效促进软组织修复和局部炎症控制, 改善了术后患肢

功能。

但本研究仍存在有待完善的不足之处：(1) 样本量有限，研究持续时间较短，可能影响研究的准确性；(2) 虽然所有手术均由同一医疗组完成，但所有患者的主刀医生并不是同一人，不同术者的熟练程度和手术习惯对研究结果会产生一定影响；(3) 所有患者术后均接受抗生素治疗，未对静脉输注抗生素的影响进行统计学分析。因此，未来需要大样本并延长研究周期的前瞻性研究来证实本研究结果的可靠性。

综上所述，在胫腓骨 Gustilo III 型骨折的治疗中，与单一应用 VAC 治疗相比，抗生素骨水泥联合 VAC 能够缩短治疗周期，减少治疗费用，有效控制创面感染，促进肉芽组织生长和软组织修复，降低血液炎症指标，加快骨折愈合并改善术后肢体功能，患者满意度更高，是胫腓骨 Gustilo III 型骨折患者的理想治疗方法，值得临床推广应用。

参考文献

- [1] 武豪杰, 张明辉, 洪成智, 等. 两种方式处理胫腓骨开放骨折创面的初期结果 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (24) : 2275-2278. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.24.16.
Wu HJ, Zhang MH, Hong CZ, et al. Initial results of two techniques for treatment of wound secondary to open tibiofibular fractures [J]. Orthop J Chin, 2021, 29 (24) : 2275-2278. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.24.16.
- [2] Costa ML, Achten J, Parsons NR. Five-year outcomes for patients sustaining severe fractures of the lower limb: mid-term results from the Wound management for Open Lower Limb Fracture (WOLLF) trial [J]. Bone Joint J, 2022, 104-b (5) : 633-639. DOI: 10.1302/0301-620X.104B5.BJJ-2021-1568.R2.
- [3] Agarwal P, Kukrele R, Sharma D. Vacuum assisted closure (VAC) /negative pressure wound therapy (NPWT) for difficult wounds: A review [J]. J Clin Orthop Trauma, 2019, 10 (5) : 845-848. DOI: 10.1016/j.jcot.2019.06.015.
- [4] Hawthorne B, Simmons JK, Stuart B, et al. Enhancing wound healing dressing development through interdisciplinary collaboration [J]. J Biomed Mater Res B Appl Biomater, 2021, 109 (12) : 1967-1985. DOI: 10.1002/jbm.b.34861.
- [5] 高立胜, 姜厚森, 曹振昊, 等. 抗生素骨水泥地塞米松棕榈酸酯治疗糖尿病足溃疡 [J]. 中国矫形外科杂志, 2023, 31 (5) : 459-462. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.05.15.
Gao LS, Jiang HS, Cao ZH, et al. Antibiotic-loaded bone cement combined with dexamethasone palmitate for diabetic foot ulcer [J]. Orthop J Chin, 2023, 31 (5) : 459-462. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.05.15.
- [6] 谢利军, 李杭, 潘志军, 等. Masquelet 诱导膜技术修复胫骨感染性缺损 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2018, 20 (10) : 860-865. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2018.10.007.
- [7] Xie LJ, Li H, Pan ZJ, et al. Masquelet induced membrane technology for repairing tibial infectious defects [J]. Chin J Trauma Orthop, 2018, 20 (10) : 860-865. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2018.10.007.
- [7] 张宝成, 元玲, 蔡贤华, 等. 抗生素骨水泥联合负压封闭引流术治疗软组织感染 [J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28 (23) : 2190-2192. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.23.19.
Zhang BC, Yuan L, Cai XH, et al. Antibiotic bone cement combined with negative pressure sealing drainage for the treatment of soft tissue infections [J]. Orthop J Chin, 2020, 28 (23) : 2190-2192. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.23.19.
- [8] Peñalba Arias P, Furustrand Tafin U, Bétrisey B, et al. Activity of bone cement loaded with daptomycin alone or in combination with gentamicin or PEG600 against Staphylococcus epidermidis biofilms [J]. Injury, 2015, 46 (2) : 249-253. DOI: 10.1016/j.injury.2014.11.014.
- [9] 中华医学会骨科学分会创伤骨科学组, 中华医学会骨科学分会外固定与肢体重建学组, 中国医师协会创伤外科医师分会创伤感染专业委员会, 中国医师协会骨科医师分会创伤专家工作委员会. 中国开放性骨折诊断与治疗指南 (2019 版) [J]. 中华创伤骨科杂志, 2019, 21 (11) : 921-928. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2019.11.001.
Traumatic Orthopedics Group, Society of Orthopedics, Chinese Medical Association; Group of External Fixation and Limb Reconstruction, Society of Orthopedics, Chinese Medical Association; Professional Committee of Traumatic Infection, Society of Traumatic Surgeons, Association of Chinese Doctors; Trauma Experts Working Committee, Society of Orthopaedists, Association of Chinese Doctors. Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Open Fractures in China (2019 Edition) [J]. Chin J Trauma Orthop, 2019, 21 (11) : 921-928. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2019.11.001.
- [10] 张阳, 董树行, 刘中浩. 清创后负压辅助肢体创面闭合与常规治疗的比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2023, 31 (1) : 26-31. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.01.05.
Zhang Y, Dong SH, Liu ZH. Vacuum-assisted closure versus conventional dressing change for limb wound after debridement [J]. Orthop J Chin, 2023, 31 (1) : 26-31. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.01.05.
- [11] Johner R, Wruhs O. Classification of tibial shaft fractures and correlation with results after rigid internal fixation [J]. Clin Orthop Relat Res, 1983, 178 (178) : 7-25. DOI: 10.1097/00003086-198309000-00003.
- [12] Ukai T, Hamahashi K, Uchiyama Y, et al. Retrospective analysis of risk factors for deep infection in lower limb Gustilo-Anderson type III fractures [J]. J Orthop Traumatol, 2020, 21 (1) : 10. DOI: 10.1186/s10195-020-00549-5.
- [13] Loh B, Lim JA, Seah M, et al. Perioperative management of open fractures in the lower limb [J]. J Perioper Pract, 2022, 32 (5) : 100-107. DOI: 10.1177/17504589211012150.

- [14] 朱海涛, 朱余龙, 丁德刚, 等. 持续负压引流 (VSD) 对万古霉素骨水泥链珠中药物释放的影响 [J]. 影像研究与医学应用, 2018, 2 (9) : 27-29.
Zhu HT, Zhu YL, Ding DG, et al. Effect of Vacuum sealing drainage(VSD) on drug release from vancomycin-loaded acrylic bone cement [J]. J Imaging Res Med Appl, 2018, 2 (9) : 27-29.
- [15] Zalavras CG. Prevention of infection in open fractures [J]. Infect Dis Clin North Am, 2017, 31 (2) : 339-352. DOI: 10.1016/j.idc.2017.01.005.
- [16] Foote CJ, Tornetta P, 3rd, Reito A, et al. A reevaluation of the risk of infection based on time to debridement in open fractures: results of the GOLIATH Meta-analysis of observational studies and limited trial data [J]. J Bone Joint Surg Am, 2021, 103 (3) : 265-273. DOI: 10.2106/JBJS.20.01103.
- [17] Liu X, Liang J, Zao J, et al. Vacuum sealing drainage treatment combined with antibiotic-impregnated bone cement for treatment of soft tissue defects and infection [J]. Med Sci Monit, 2016, 22 (19) : 59-65. DOI: 10.12659/MSM.896108.
- [18] Sun YW, Li L, Zhang ZH. Antibiotic-loaded bone cement combined with vacuum-assisted closure facilitating wound healing in Wagner 3-4 diabetic foot ulcers [J]. Int J Low Extrem Wounds, 2022, 2022: 15347346221109045. DOI: 10.12659/MSM.896108.
- [19] Jiang X, Bu F, Xu Y, et al. Antibiotic-loaded bone cement combined with vacuum sealing drainage to treat deep sternal wound infection following cardiac surgery: the first case report [J]. J Cardiothorac Surg, 2021, 16 (1) : 292. DOI: 10.21203/rs.3.rs-665707/v1.
- [20] Tarchala M, Harvey EJ, Barralet J. Biomaterial-stabilized soft tissue healing for healing of critical-sized bone defects: the masquelet technique [J]. Adv Health Mater, 2016, 5 (6) : 630-640. DOI: 10.1002/adhm.201500793.
- [21] Khaled A, El-Gebaly O, El-Rosasy M. Masquelet-Ilizarov technique for the management of bone loss post debridement of infected tibial nonunion [J]. Int Orthop, 2022, 46 (9) : 1937-1944. DOI: 10.1007/s00264-022-05494-y.
- [22] Zhang L, Lu C, Lv Y, et al. Three-dimensional printing-assisted masquelet technique in the treatment of calcaneal defects [J]. Orthop Surg, 2021, 13 (3) : 876-883. DOI: 10.1111/os.12873.
- [23] Novelli G, Daleffe F, Birra G, et al. Negative pressure wound therapy in complex cranio-maxillofacial and cervical wounds [J]. Int Wound J, 2018, 15 (1) : 16-23. DOI: 10.1111/iwj.12802.
- [24] Calhoun JH, Anger DM, Ledbetter BR, et al. The Ilizarov fixator and polymethylmethacrylate-antibiotic beads for the treatment of infected deformities [J]. Clin Orthop Relat Res, 1993, 295 (295) : 13-22. DOI: 10.1097/00003086-199310000-00004.
- [25] Wilairatana V, Sinlapavilawan P, Honsawek S, et al. Alteration of inflammatory cytokine production in primary total knee arthroplasty using antibiotic-loaded bone cement [J]. J Orthop Traumatol, 2017, 18 (1) : 51-57. DOI: 10.1007/s10195-016-0432-9.
- [26] Ugraş AA, Kural C, Kural A, et al. Which is more important after total knee arthroplasty: Local inflammatory response or systemic inflammatory response [J]. Knee, 2011, 18 (2) : 113-116. DOI: 10.1016/j.knee.2010.03.004.

(收稿: 2023-04-14 修回: 2023-05-22)
(同行评议专家: 李杰, 西永明, 臧全金)
(本文编辑: 闫承杰)