

## 骨研究专题

可调节组合式外固定器治疗  
胫腓骨干开放性骨折的效果观察

马明亮, 周楠, 刘宏智, 赵冬阳, 王志刚, 张 锴

(滨州医学院附属医院 创伤骨科, 山东 滨州, 256603)

**摘要:**目的 观察可调节组合式外固定器治疗胫腓骨干开放性骨折的临床效果。方法 回顾性分析 38 例 Gustilo I、II 型开放性胫腓骨干骨折患者的临床资料,患者均采用可调节组合式外固定器治疗,早期清创安装外固定器于胫骨上,当 X 线片显示有少量骨痂形成后调整简化构型,直至达到临床愈合标准,当 X 线片显示骨痂通过骨折线,骨折线已消失或接近消失时去除外固定器。结果 本组 38 例患者平均年龄为  $(43.89 \pm 10.99)$  岁,平均随访  $(47.84 \pm 9.20)$  周,除 1 例患者在随访过程中出现骨髓炎外,其余患者骨折断端均达到骨性愈合标准。本组患者外固定器平均固定时间为  $(17.53 \pm 2.95)$  周,平均带架时间为  $(21.53 \pm 2.63)$  周。末次随访时采用 Johner-Wruhs 功能评分标准评估疗效,优 23 例,良 8 例,可 6 例,差 1 例,优良率为 81.58%。2 例患者发生钉道周围轻度感染,经反复清创换药并联合应用抗生素后痊愈;1 例患者拆除外固定器后再次骨折,给予石膏外固定联合后期护具固定后骨折愈合良好;1 例患者出现伤口感染并演变为骨髓炎,给予清创及截骨延长手术治疗,预后良好。结论 可调节组合式外固定器治疗作为胫腓骨干开放性骨折的终极治疗方式,可减少骨折端血运破坏,降低感染发生率及二次手术概率,缩短外固定器固定时间及骨折断端愈合时间。

**关键词:** 胫腓骨干骨折; 开放性骨折; 外固定器; 终极治疗

中图分类号: R 683.42; R 687.3 文献标志码: A 文章编号: 1672-2353(2021)04-073-04 DOI: 10.7619/jcmp.20200966

Effect of adjustable combined external fixator  
in treating open tibiofibular shaft fracturesMA Mingliang, ZHOU Nan, LIU Hongzhi, ZHAO Dongyang,  
WANG Zhigang, ZHANG Kai

(Department of Traumatic Orthopedics, Affiliated Hospital of Binzhou Medical College, Binzhou, Shandong, 256603)

**Abstract: Objective** To observe the clinical efficacy of an adjustable combined external fixator in treating open tibiofibular shaft fractures. **Methods** The data of 38 open tibiofibular shaft fractures patients with grading Gustilo I and II was retrospectively analyzed, and all the patients were treated with adjustable combined external fixators. The wounds got debrided and the external fixator got installed on the tibia. The fixator would be simplified when a small amount of porosis was observed by X ray. Clinical healing standard was achieved when X ray findings showed that the callus passed through the fracture and the line of fracture had disappeared or almost disappeared, and fixator got removed. **Results** The average age of 38 patients was  $(43.89 \pm 10.99)$  years, and the mean follow-up period was  $(47.84 \pm 9.20)$  weeks. Fracture broken ends of all cases achieved bone union except one of them occurred osteomyelitis. The average fixation time was  $(17.53 \pm 2.95)$  weeks, and average time of wearing external fixator was  $(21.53 \pm 2.63)$  weeks. The clinical evaluation of the latest follow-up was performed by Johner-Wruhs score, which included excellent efficacy in 23 cases, good efficacy in 8 cases, fair efficacy in 6 cases and bad efficacy in 1 case, with excellent rate of 81.58%. Two cases got slight infection around the nail paths, and were cured after debridement and antibiotics treatment. One case got refracture after the fixator removed and healed well after plaster external fixation combined with protective devices in latter healing period. One case occurred wound infection and developed into

收稿日期: 2020-09-25

基金项目: 山东省自然科学基金(联合专项)(ZR2015HL026); 山东省滨州市软科学研究计划项目(2018BRK39)

通信作者: 张锴, E-mail: 13905430151@139.com

osteomyelitis finally, and had better prognosis after debridement and osteotomy. **Conclusion** The adjustable combined external fixator as a ultimate treatment for open tibiofibular shaft fractures can reduce the blood supply damage of the fracture end, decrease the incidence of infection and the probability of second operation, and shorten the fixation time of the external fixator and the healing time of the fracture end.

**Key words:** tibiofibular shaft fractures; open fracture; external fixator; ultimate treatment

胫腓骨及其周围结构的生理构造较为特殊,其前内侧区域直接与皮肤相贴,少有肌肉及软组织的覆盖保护,当该区域发生高能量损伤时,骨折断端经常会刺破皮肤而形成开放性骨折<sup>[1-2]</sup>。外固定可以对骨折端进行早期固定,并减轻手术对骨折端及周围组织造成的伤害,降低术后感染风险,对患肢术后快速康复具有良好的促进作用<sup>[3]</sup>。目前,临床常用的外固定方式包括单边及双边外固定器、Taylor 空间支架、Ilizaro 环形外固定器、Orthofix 单臂外固定支架、Hybrid 外固定支架固定以及锁定加压接骨板(LCP)皮外固定等。本研究将可调节外固定器作为终极治疗手段用于胫腓骨开放性骨折患者的治疗中,现将结果报告如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

回顾性分析 2016 年 5 月—2018 年 12 月本院收治的应用组合式外固定器治疗的 38 例胫腓骨开放性骨折患者的临床资料。纳入标准:①有明确外伤史者;②仅存在单侧胫腓骨中下段新鲜骨折者;③无血管损伤及神经损伤者;④可耐受手术治疗,无明显手术禁忌证者;⑤入院后经影像学检查明确骨折类型者。排除标准:①有精神疾患不能配合治疗者;②术后依从性差或不能定期随访者;③病理性骨折患者;④存在严重内科疾病、消耗性疾病或皮肤病者。38 例患者中,男 35 例,女 3 例;年龄 19~60 岁,平均(43.89±10.99)岁;致伤原因为车祸伤 24 例,重物砸伤 8 例,高处坠落伤 6 例;左侧 18 例,右侧 20 例;开放性骨折 Gustilo 分型标准为 I 型 25 例,II 型 13 例;胫骨骨折 AO 分型标准为 A 型 15 例,B 型 19 例,C 型 4 例。本研究经本院医学伦理委员会审核批准。

### 1.2 处理方法

① 26 例开放性骨折患者于急诊清创后接受一期外固定器固定治疗,受伤至手术固定骨折时

间平均为(6.23±1.69)h。具体方法为腰硬联合麻醉或全身麻醉下对开放伤口进行彻底清创,后于骨折断端的近端、远端分别透视下置入 3 枚半针并行手法牵引复位,必要时可行撬拨复位或经开放创口直视下复位,再于透视下连接直杆或斜拉杆构成“H”形或“井”字形组合式外固定器。② 12 例患者入院后先行简单清创及跟骨结节牵引术,排除手术禁忌证后择期行外固定手术治疗,受伤至手术固定骨折断端时间平均为(3.50±0.76)d。具体方法为患者先于病房接受清创并缝合开放创口,患肢行跟骨结节牵引,择期再行手术外固定治疗。手术方式同样为 3 枚半针固定骨折断端的近端、远端并于透视下连接直杆或斜拉杆构成“H”形或“井”字形组合式外固定器。本研究所用外固定器械均由北京外固定研究所提供,固定针直径为 4.5 mm,半针距离骨折端软组织破损处最近为 3.0 cm。

### 1.3 术后调节方法

外固定器固定后,尽早鼓励患者负重锻炼,术后 4 周复查 X 线片观察骨折愈合情况,若提示少量骨痂形成,可逐渐简化构型并嘱患者部分负重,若 X 线片提示骨痂形成较少,可先简化“井”字构型为“H”构型,若为“H”构型则可继续固定约 3 周,待再次复查见骨痂增多后再行简化构型治疗。第 1 次复查后,每 4~6 周复查 1 次,并简化外固定器构型。外固定器拆除标准:患者外固定器完全松开后继续带架负重行走 1 个月,再次复查若患者无纵向叩击痛,局部无异常活动,X 线片提示骨折线模糊并有连续骨痂通过,可拆除外固定器,使用拐杖、支具或助行器保护患肢行动,并逐渐恢复正常活动。

## 2 结果

一期急诊手术患者手术时间为 90~165 min,平均(126.19±22.61)min,一期清创二期手术固定患者手术时间为 60~100 min,平均(78.25±12.80)min,患者平均(4.84±0.93)周开始部分

负重, ( $17.53 \pm 2.95$ )周开始完全负重。本组患者术后平均( $4.84 \pm 0.93$ )周开始调节并简化外固定器构型,外固定器平均固定时间为( $17.53 \pm 2.95$ )周,平均带架时间为( $21.53 \pm 2.63$ )周。38例患者均获得随访,随访时间28~60周,平均( $47.84 \pm 9.20$ )周。所有患者骨折均愈合,无畸形愈合者。2例患者发生轻度钉道感染,经清创换药及联合应用抗生素后治愈;1例患者在拆除外架后再次骨折,给予石膏外固定联合后期护具固定后,骨折愈合效果良好;1例患者出现伤口感染最终发展为骨髓炎,给予清创及截骨延长手术治疗后,预后效果为可。末次随访时采用Johner-Wruhs功能评分标准<sup>[4]</sup>评定疗效,优23例,良8例,可6例,差1例(疗效差者表现为踝关节活动受限,伤口感染并发展为骨髓炎),优良率为81.58%。

### 3 讨论

胫骨开放性骨折通常由车祸伤、高处坠落伤、爆炸伤及重物砸伤等高能量创伤导致,患者多合并全身多发伤或存在局部软组织缺损及污染<sup>[5-6]</sup>。相关研究<sup>[7-8]</sup>认为,该类型骨折通常存在1个不稳定的中间骨折段且合并软组织损伤,血供破坏严重,后期创面感染、骨髓炎及骨不连的发生率也较高。如果采用钢板、髓内钉等进行内固定治疗,患者常会因高感染风险导致切口不愈合、钢板外露、骨折延迟愈合或骨髓炎等情况发生,往往需软组织条件允许后才可行手术治疗,而在手术切开复位及固定过程中还存在着小骨块丢失可能,从而延长愈合时间<sup>[9-10]</sup>。

随着骨折外固定技术的发展及固定理念的逐渐成熟,医学界普遍认可生物学固定的观念,即骨折早期需坚强固定,使骨内、外膜增生,刺激新生血管长入及成骨细胞的生长,促进骨痂形成;中期需有轴向和综合应力刺激骨生长<sup>[11]</sup>;后期需逐渐降低固定强度,保持平衡固定,使骨折端均匀受力,加速骨痂重建及骨折二期愈合,减少应力性骨折的发生。外固定器可以将适应性刚度这一理念更好地应用于骨生长方面<sup>[12-13]</sup>,通过调节作用于骨的应力来调整骨的生长与吸收,进而促进骨折愈合与肢体功能重建<sup>[14-15]</sup>。因此,外固定器松解过程中,医师将固定针松动后可暂时不取出,嘱患者继续负重行走以刺激骨痂生长。RODRIGUES F L等<sup>[16]</sup>认为,外固定器具有微创、

快捷、简便等特点,可最大程度减少对周围软组织的破坏,保留骨折愈合所需生物细胞学环境与生物力学微环境,促进骨折愈合,降低感染的发生率。

本研究中,12例患者因入院时存在腹痛等症状,急诊手术风险较大,经充分评估后医师决定先行清创及骨牵引,排除手术禁忌证后再行外固定治疗。随访结果显示,有2例患者术后出现感染,分析原因与合并基础疾病(糖尿病)和钉道消毒频率低有关,经控制血糖、加强换药以及联合应用抗生素等处理后,患者伤口均愈合。本研究认为,适时有效的钉道消毒及体质的提升可有效降低钉道感染的发生率。同时,固定器简化松解过程中若存在钉道感染松动情况,可考虑间断去除部分半针。

本研究有1例患者出现再次骨折,分析原因显示,该患者依从性较差,在第1次复查拆除横行连杆后失访,未系统按序简化构型,并于术后4个月在外院全部拆除外固定器且过早过多负重,导致再次骨折。由于患者拒绝行手术治疗,本院给予患者石膏外固定治疗6周后更换护具,12周后拆除护具,患者骨折愈合效果为可。初步分析认为,该情况与骨痂形成的强度不足相关,也说明不断调节组合式外固定器的固定强度可在促进骨痂形成的同时刺激骨折端二期愈合,提升骨的强度与稳定性<sup>[17]</sup>。

本研究中,1例患者出现伤口感染并最终发展为骨髓炎,该患者受伤时创面较大,创面周围软组织损伤及污染严重,虽经清创去除肉眼可见污染及失活组织并一期行外固定器治疗,但由于断端碎骨块较多,完全清除骨缺损较大,无法彻底清创,间接导致后期创面感染及骨髓炎的发生。经反复换药后,该患者于术后2个月行截骨延长手术治疗,术后愈合效果为可。本研究认为,对于存在开放性损伤的患者来说,一期清创需尽量彻底,但也需考虑周围软组织附着及骨折断端条件,大范围清创不仅不利于伤口愈合,而且不利于骨折愈合。

传统单边外固定器治疗周期较长,且治疗后仍会存在钉道感染、固定针松动、固定针断裂、血管神经损伤、肌肉损伤、关节软骨损伤、肌肉疼痛、瘢痕及再次骨折等可能<sup>[18]</sup>。BAUER J等<sup>[19]</sup>认为,单边固定的固定系统整体不稳定,复位丢失的发生率较高,因此有必要在此基础上进行改进,通过对骨折愈合不同时期所需应力强度进行调节,

使得愈合过程更合理有效。目前,传统外固定器治疗中多存在半针与全针并存使用的情况,而本研究采用的可调节组合式外固定器仅使用 6 枚半针固定,极大地减少了全针使用过程中对皮肤及皮下组织的切割力,减轻了患者活动过程中的不适感<sup>[20]</sup>。优化后,该组合式外固定器构型更加简单,且不需要固定针相互平行,降低了手术难度,使得术中操作更加方便快捷,缩短手术时间的同时也减少了固定过程中的透视次数。同时,环形外固定器相较于传统单边外固定器具有更高的稳定性,操作时通常会在临近关节处打入固定针增加力臂长度,而改良后的组合式外固定器并不需要将固定针打入关节周围,在减轻肌肉刺激的同时也使固定流程更加简化。另外,改良外固定架作为开放性骨折的一种终末治疗方案,能让患者早期进行功能锻炼,减少再次手术的可能,并减轻患者的经济负担。

综上所述,将可调节组合式外固定器治疗作为终极治疗方式应用于 Gustilo I、II 型开放性胫腓骨骨折患者中,可降低感染发生率及二次手术概率,缩短治疗时间,促进骨折愈合。

#### 参考文献

[1] ZENIOS M. The use of the Taylor spatial frame for the treatment of unstable tibial fractures in children[J]. *J Orthop Trauma*, 2013, 27(10): 563-568.

[2] SALA F, ELBATRAWY Y, THABET A M, *et al.* Taylor spatial frame fixation in patients with multiple traumatic injuries: study of 57 long-bone fractures[J]. *J Orthop Trauma*, 2013, 27(8): 442-450.

[3] O'TOOLE R V, GARY J L, REIDER L, *et al.* A prospective randomized trial to assess fixation strategies for severe open Tibia fractures[J]. *J Orthop Trauma*, 2017, 31(9): e307.

[4] JOHNER R, WRUHS O. Classification of tibial shaft fractures and correlation with results after rigid internal fixation[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1983(178): 7-25.

[5] AL-HOURANI K, STODDART M, KHAN U, *et al.* Orthoplastic reconstruction of type IIIB open tibial fractures retaining debrided devitalized cortical segments: the Bristol experience 2014 to 2018[J]. *Bone Joint J*, 2019, 101-B(8): 1002-1008.

[6] MENAKAYA C U, RIGBY A S, HADLAND Y, *et al.* Fracture healing following high energy tibial trauma: Ilizarov ver-

sus Taylor Spatial Frame[J]. *Ann R Coll Surg Engl*, 2014, 96(2): 106-110.

[7] YASUDA T, ARAI M, SATO K, *et al.* A gustilo type 3B open tibial fracture treated with a proximal flexor hallucis longus flap: a case report[J]. *J Orthop Case Rep*, 2017, 7(2): 70-73.

[8] HERNIGOU P. History of external fixation for treatment of fractures[J]. *Int Orthop*, 2017, 41(4): 845-853.

[9] FU Q G, LIU X W, XU S G, *et al.* Stress-shielding effect of nitinol Swan-like memory compressive connector on fracture healing of upper limb[J]. *J Mater Eng Perform*, 2009, 18(5/6): 797-804.

[10] WOLF J W, WHITE A A, PANJABI M M, *et al.* Comparison of cyclic loading versus constant compression in the treatment of long-bone fractures in rabbits[J]. *J Bone Jo Surg Am Vol*, 1981, 63(5): 805-810.

[11] 卢庆威, 万春友, 张骏, 等. 轴向载荷力学测试在胫腓骨骨折术后外固定器拆除中的临床应用[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2016, 30(9): 1085-1088.

[12] 王德龙, 刘志成. 家兔骨延长术中固定刚度对骨愈合的影响[J]. *北京生物医学工程*, 2017, 36(5): 488-494.

[13] 秦泗河. 骨外固定技术的发展与创新[J]. *中医正骨*, 2012, 24(9): 3-7.

[14] 夏和桃. 外固定器刚度对骨折愈合的影响[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2007, 9(12): 1170-1172.

[15] 葛启航, 万春友, 刘亚北, 等. 胫腓骨开放骨折 Taylor 空间支架外固定术后轴向应力刺激对骨折愈合的影响研究[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2017, 31(8): 931-935.

[16] RODRIGUES F L, DE ABREU L C, VALENTI V E, *et al.* Bone tissue repair in patients with open diaphyseal tibial fracture treated with biplanar external fixation or reamed locked intramedullary nailing[J]. *Injury*, 2014, 45(Suppl 5): S32-S35.

[17] DUDA G N, ECKERT-HÜBNER K, SOKIRANSKI R, *et al.* Analysis of inter-fragmentary movement as a function of musculoskeletal loading conditions in sheep[J]. *J Biomech*, 1997, 31(3): 201-210.

[18] 郭小磊, 余恒, 李文祥, 等. 顺序降低组合式外固定架固定强度治疗开放性胫骨干骨折[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2018, 33(12): 1313-1315.

[19] BAUER J, HIRZINGER C, METZGER R. Quadruple ESIN (elastic stable intramedullary nailing): modified treatment in pediatric distal tibial fractures[J]. *J Pediatr Orthop*, 2017, 37(2): e100-e103.

[20] 张洪亮, 万春友, 张涛, 等. 转换 Taylor 空间支架治疗胫腓骨骨折单臂外固定术后对位不良[J]. *中国矫形外科杂志*, 2019, 27(14): 1316-1320.

(本文编辑: 陆文娟)