

· 临床研究 ·

Ilizarov 技术治疗感染性胫骨缺损伴垂足畸形[△]赵殿钊¹, 杨华清^{1*}, 郑学健², 章耀华¹, 韩庆海¹, 彭爱民¹, 杨云¹, 杨启昌¹

(1. 首都医科大学附属北京康复医院骨科, 北京 100144; 2. 国家康复辅具研究中心附属康复医院矫形外科, 北京 100176)

摘要: [目的] 探讨 Ilizarov 技术同期治疗胫骨感染性骨缺损伴垂足畸形的临床疗效。[方法] 2013 年 1 月—2020 年 9 月对 45 例胫骨感染性骨缺损伴垂足畸形行病灶清理、病变骨段切除、Ilizarov 外固定器骨搬运、足部牵拉矫形, 总结临床与影像结果。[结果] 所有患者顺利完成手术, 无重要血管、神经损伤。创面愈合时间 (36.22±11.24) d, 外架调整时间 (3.26±1.32) 个月, 骨搬运长度 (6.74±3.26) cm, 骨缺损愈合时间 (20.22±5.84) 个月。随访时间 (28.6±12.4) 个月, 随时间推移, VAS 评分显著下降 ($P<0.05$), AOFAS 评分和踝关节 ROM 显著增加 ($P<0.05$)。影像方面, 随时间推移, 胫骨干成角畸形显著矫正 ($P<0.05$), mMPT 和 mLDTA 均无显著改变 ($P>0.05$), 双侧胫骨长度差显著减小 ($P<0.05$), 所有患者骨缺损及截骨处均骨性愈合。[结论] 采用 Ilizarov 技术同期治疗骨髓炎、修复骨大段缺损和矫正垂足畸形临床效果良好。

关键词: 胫骨感染性骨缺损, 垂足, Ilizarov 技术, 骨搬运, 牵张矫正

中图分类号: R683.42 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2022) 14-1235-04

Ilizarov technique for treatment of infectious tibial defect complicated with foot drop // ZHAO Dian-zhao¹, YANG Hua-qing¹, ZHENG Xue-jian², ZHANG Yao-hua¹, HAN Qing-hai¹, PENG Ai-min¹, YANG Yun¹, YANG Qi-chang¹. 1. Department of Orthopedics, Beijing Rehabilitation Hospital, Capital Medical University, Beijing 100144, China; 2. Department of Orthopaedic Surgery, Affiliated Rehabilitation Hospital, National Rehabilitation and Aid Device Research Center, Beijing 100176, China

Abstract: [Objective] To investigate the clinical efficacy of Ilizarov technique for simultaneous treatment of tibial infectious bone defect accompanied with foot drop. [Methods] From January 2013 to September 2020, 45 patients received debridement, resection of infected bone segment, bone transport and foot stretch correction by Ilizarov external fixator for infectious tibial bone defect complicated with foot drop deformity. The clinical and imaging results were summarized. [Results] All patients were successfully operated on without any important vascular or nerve injury, while with wound healing time of (36.22±11.24) days, the external frame adjustment time of (3.26±1.32) months, the bone transport length of (6.74±3.26) cm, and the bone defect healing time of (20.22±5.84) months. As time went in the follow-up lasted for (28.6±12.4) months, the VAS score decreased significantly ($P<0.05$), whereas the AOFAS score and ankle ROM increased significantly ($P<0.05$). Radiographically, the tibial shaft angulation was corrected significantly over time ($P<0.05$), whereas the mMPT and mLDTA remained unchanged ($P>0.05$), and the discrepancy in bilateral tibial length was significantly decreased ($P<0.05$), with bony healing of the bone defects and osteotomy sites finally in all patients. [Conclusion] The Ilizarov technique does achieve satisfactory clinical outcomes for treating osteomyelitis, repairing large bone defect and correcting foot drop simultaneously.

Key words: tibial infectious bone defect, foot drop, Ilizarov technique, bone transport, stretch correction

胫骨感染性骨缺损临床并非少见, 且往往合并软组织缺损, 治疗较为棘手。若是一期处理不当或是反复的手术、长时间固定, 还容易继发垂足畸形^[1], 更增添了治疗的难度。传统方法多为分期进行治疗, 在一期彻底控制感染、修复骨缺损的基础上, 二期矫正垂足畸形, 治疗周期较长, 费用高^[2]。2013 年 1 月—2020 年 9 月, 笔者采用病灶清理、病变骨段切除、Ilizarov 外固定器骨搬运、延长矫形, 同期治疗

胫骨骨髓炎、骨缺损和垂足畸形患者共 45 例, 取得满意的治疗效果, 现报告如下。

1 临床资料

1.1 一般资料

回顾性总结 2013 年 1 月—2020 年 9 月本科采用 Ilizarov 技术治疗胫骨感染性骨缺损合并垂足畸形 45

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2022.14.20

[△]基金项目:首都卫生发展科研专项(编号:2022-2-2253);北京市石景山区医学重点专科建设项目

作者简介:赵殿钊, 主治医师, 研究方向:外固定与肢体重建, (电话)13439879732, (电子信箱)zhangyaohua1016@sina.com

* 通信作者:杨华清, (电话)13311225552, (电子信箱)yhq402@126.com

例患者的临床资料。所有患者均为外伤所致的单侧胫骨感染性骨缺损，Cierny-Mader分型均为Ⅲ~Ⅳ型^[3]，清创后骨缺损长度>3 cm；均伴有不同程度的垂足畸形。其中，左下肢21例，右下肢24例；年龄23~65岁，平均(41.07±11.42)岁；骨折原始部位在胫骨上1/3 3例，中1/3 25例，下1/3 17例；外伤后首次治疗使用接骨板内固定19例，髓内钉固定17例，外固定器固定9例；9例既往手术曾行转移皮瓣修复；本次治疗前骨外露18例，骨外露长度为0.8~7.7 cm，平均(3.80±1.24) cm。本研究经首都医科大学附属北京康复医院伦理委员会审核批准，所有患者均知情同意。

1.2 手术方法

术前行分泌物细菌培养及药敏试验。完善影像检查，确定骨缺损程度、下肢力线、术中截骨位置、垂足情况。

硬膜外麻醉下，取出原有内固定，彻底清创并再次送培养及药敏。皮肤缺损减张缝合，如张力较大，开放创口，油纱条填塞。于胫骨远端及足踝相应位置分别穿入固定的全针或半针。在干骺端平面用专用截骨器行闭合微创连孔截骨^[4]。平行针或斜拉针固定搬移骨段，张力较大创面可同时进行皮肤牵张，酌情跟腱松解。最后安装外固定器并在后踝处增加弹性牵伸装置。

1.3 术后处理

术后抗生素治疗2~3周。术后1周开始骨搬移，速度0.6~0.7 mm/d，分3~4次完成，并同时矫正垂足，先牵开踝关节间隙5 mm，再牵伸矫正畸形。牵伸速度1~2 mm/d，分3~4次进行。足下垂畸形矫正后可先拆除足踝外固定组件，支具保护。创面定期换药，复查X线片了解骨痂生长和力线情况。骨缺损愈合后拆除全部外固定组件，支具保护3个月。术后早期康复训练。术后1周进行不负重行走练习，根据骨痂生长情况逐渐开始术肢负重。

1.4 评价指标

记录围手术期资料，包括手术时间、术中失血量、手术并发症、创面愈合时间、下地行走时间、骨搬移长度、外固定架调整时间。采用恢复完全负重活动时间、疼痛视觉模拟评分法(visual analogue scale, VAS)、美国足踝骨科协会(American Orthopaedic Foot and Ankle Society, AOFAS)踝与后足评分^[5]、踝背伸-跖屈活动度(range of motion, ROM)评价临床效果。

行影像学检查，观察骨干畸形情况，测量机械轴

胫骨近端内侧角(mechanical medial proximal tibial angle, mMPTA)、机械轴胫骨远端外侧角(mechanical lateral distal tibial angle, mLDTA)和双侧胫骨长度差。

1.5 统计学方法

采用SPSS 21.0统计学软件对数据进行统计学处理，计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示，资料均符合正态分布，采用单因素方差分析；计数资料采用 χ^2 检验， $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床结果

所有患者均顺利完成手术，术中均无重要血管、神经损伤。平均手术时间(81.22±19.32) min、术中出血量(88.56±23.56) ml，下地行走时间(7.11±0.25) d。所有患者创面均最终愈合，其中，41例创面愈合良好；4例皮缘有少许坏死，经换药后愈合，创面愈合时间(36.22±11.24) d。外固定架调整时间(3.26±1.32)个月，骨搬移长度(6.74±3.26) cm，骨缺损愈合时间(20.22±5.84)个月。治疗过程中，5例出现针道感染，积极换药、使用抗生素及更换固定针治愈；1例出现下肢深静脉血栓，规范抗凝治疗后痊愈；1例牵伸过程中出现皮肤感觉异常，停止牵伸及反向调整后症状消失；总体并发症发生率15.55%，但无严重不良后果发生。

45例患者均获随访，随访时间12~60个月，平均(28.6±12.4)个月，所有患者骨缺损与垂足畸形均获一期矫治。随访资料见表1，随时间推移VAS评分显著减少($P < 0.05$)，而AOFAS评分和踝ROM显著增加($P < 0.05$)。

2.2 影像评估

影像评估结果见表1，随时间推移，胫骨干成角畸形显著矫正($P < 0.05$)，mMPT和mLDTA均无显著改变($P > 0.05$)，双侧胫骨长度差较显著减小($P < 0.05$)。末次随访时，无胫骨干成角畸形者，所有患者骨缺损及截骨处均达到骨性愈合，无复发性感染。典型病例影像见图1。

3 讨论

胫骨感染性骨缺损一直是骨科临床的难题之一。传统治疗方法包括自体骨、异体骨移植，吻合血管游离腓骨移植，带血管蒂的同侧腓骨移植、Masquelet膜诱导技术等^[6-8]。这些方法在闭合创面、控制感

染、促进骨愈合等方面各具优势和特点，但很难解决骨缺损造成的肢体短缩问题。同时，该类患者有很大一部分因既往处理方式不当继发垂足畸形。上述方法在控制感染、成骨愈合的同时，无法同期处理垂足畸

形，只能采取分阶段治疗模式，首先彻底控制感染、修复皮肤软组织缺损，二期植骨固定，最后行踝关节松解或跟腱延长解决垂足畸形，从而不可避免增加手术次数，延长治疗周期^[9]。

表1 45例患者临床及影像结果与比较

指标	术前	术后3个月	末次随访	P值
VAS评分(分, $\bar{x} \pm s$)	3.21±0.85	2.52±0.68	1.86±0.33	<0.001
AOFAS评分(分, $\bar{x} \pm s$)	29.32±6.76	55.28±8.72	85.65±10.45	<0.001
踝ROM(°, $\bar{x} \pm s$)	10.42±3.56	25.12±5.44	38.56±7.85	<0.001
胫骨干成角畸形(例, 有/无)	6/39	2/43	0/45	0.024
mMPTA(°, $\bar{x} \pm s$)	86.12±3.14	87.34±2.85	88.65±2.62	0.752
mLDTA(°, $\bar{x} \pm s$)	89.86±3.24	88.22±3.05	87.51±2.98	0.775
双侧胫骨长度差(cm, $\bar{x} \pm s$)	7.42±3.98	2.68±0.98	0.96±0.36	<0.001

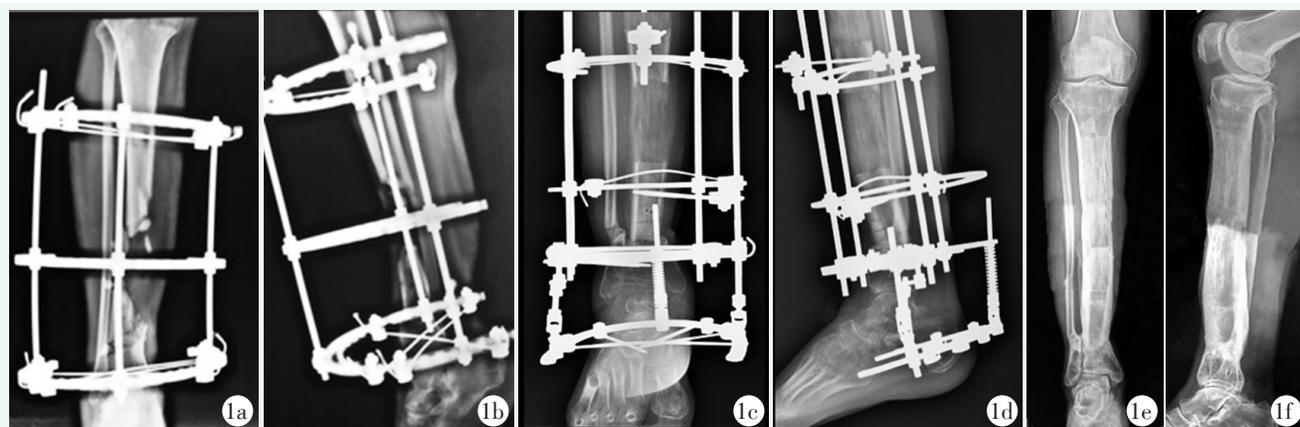


图1 患者,男,42岁 高处坠落致右胫骨远端粉碎性骨折,继发右胫骨骨髓炎,小腿远端软组织缺损,骨外露。清除感染骨段长约10 cm。采用 Ilizarov 技术治疗 1a, 1b: 此次治疗前正侧位 X 线片, 右胫骨远端感染性骨缺损, 骨外露 2 cm×3 cm 伴垂足畸形, 踝关节跖屈 20° 1c, 1d: 清除右胫骨远端感染骨, 骨缺损长约 10 cm。胫骨近、中 2 处截骨, Ilizarov 外固定器固定, 双骨段同向骨搬移, 术后 3 个月, 骨段会师, 加压固定, 同期缓慢调整足踝外固定器, 矫正垂足畸形 1e, 1f: 骨段会师后 10 个月, 胫骨骨愈合, 垂足矫正, 下肢力线良好

基于“张力-应力法则”的 Ilizarov 技术为感染性骨缺损的高效治疗提供了可能, 在彻底治愈骨感染的同时治疗各种合并症^[10]。利用肢体和皮肤延长技术可以同期治疗肢体短缩和皮肤缺损, 通过外固定器型的组合, 还可纠正垂足畸形。通过一次手术, 即可解决所有问题^[11]。本组患者均采用 Ilizarov 骨搬移技术治疗胫骨感染性缺损合并垂足畸形, 所有病例骨髓炎均治愈, 无复发性感染, 断端愈合, 患侧下肢力线好, 双下肢等长, 研究结果显示, 患者 AOFAS 踝-后足系统评分较术前显著改善, 差异具有统计学意义 ($P<0.05$), 且没有严重的并发症发生, 在一定程度上验证了 Ilizarov 骨搬移技术治疗胫骨感染性缺损合并垂足畸形的临床效果。

本组患者选择的外固定器均为 Ilizarov 环形外固定器, 主要是因为 Ilizarov 外固定器可以任意组合安装, 通过在足踝部增加外固定结构以及弹性牵伸器^[12], 在进行骨搬移治疗的过程中, 可以同期通过足踝部外固定的牵伸纠正垂足畸形。在完成垂足畸形的矫治后, 还可以早期拆除足踝部的外固定结构, 从而更加利于功能恢复。

由于治疗过程中外固定携带时间较长, 因而科学合理的早期康复训练对患肢功能恢复具有重要意义, 能有效减轻术肢水肿, 预防肌肉萎缩、下肢静脉血栓及关节挛缩僵硬等并发症的发生, 并促进新骨生成和矿化^[13-15]。同时, 尽早的足踝关节康复训练, 也有利于维持垂足畸形的矫正效果, 避免术后复发。

综上所述, Ilizarov 骨搬运技术治疗胫骨感染性骨缺损伴垂足畸形, 可同期完成治愈骨感染、修复骨缺损、矫正足畸形, 并且可减少手术次数, 改善远期功能, 为临床治疗胫骨感染性骨缺损伴垂足畸形提供了新的思路。但本研究也存在一定的不足, 如病例数偏少、缺少对照试验、没有对病例年龄进行分层等, 并且本研究为回顾性研究, 需进一步前瞻性对照研究验证。

参考文献

- [1] 张明焕, 毛文, 刘雷, 等. 骨搬运术治疗慢性骨髓炎致下肢长骨骨缺损中的并发症研究 [J]. 生物骨科材料与临床研究, 2021, 18 (1): 89-90, 94.
- [2] 杨华清, 章耀华, 杨云, 等. Ilizarov 技术治疗马蹄内翻足的手术技巧与治疗原则 [J]. 中国临床医生杂志, 2021, 49 (8): 886-890.
- [3] 赵玉峰. 四肢长骨创伤后慢性骨髓炎临床诊疗中若干问题的再认识 [J]. 创伤外科杂志, 2020, 22 (7): 481-485.
- [4] 杨华清, 章耀华, 韩庆海, 等. 微创截骨 Ilizarov 技术结合髓内钉行股骨延长的疗效观察 [J]. 中国修复重建外科杂志, 2018, 32 (12): 1524-1529.
- [5] Graf AN, Kuo KN, Kurapati NT, et al. A long-term follow-up of young adults with idiopathic clubfoot: Does foot morphology relate to pain [J]. J Pediatr Orthop, 2019, 39 (10): 527-533.
- [6] 李远辉, 杨运发, 胡汉生, 等. 带血管腓骨移植修复四肢大段骨缺损: 可有效促进骨愈合 [J]. 中国组织工程研究杂志, 2015, 11 (19): 1641-1646.
- [7] 喻胜鹏, 杨子洋, 傅景曙, 等. I 期自体松质骨移植修复胫骨创伤后骨髓炎骨缺损的临床研究 [J]. 第三军医大学学报, 2014, 36 (7): 700-703.
- [8] 余清文, 赵东升, 郑晓勇, 等. Masquelet 技术治疗骨折后骨缺损疗效的荟萃分析 [J]. 中国矫形外科杂志, 2018, 26 (24): 2254-2259.
- [9] 时培晟, 张瑜, 樊晓海, 等. 分期手术治疗胫骨慢性感染性骨缺损 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (21): 2001-2004.
- [10] Kinik H, Kalem M. Ilizarov segmental bone transport of infected tibial nonunions requiring extensive debridement with an average distraction length of 9.5 centimetres. Is it safe [J]. Injury, 2021, 52 (8): 2425-2433.
- [11] Jiang Q, Huang K, Liu Y, et al. Using the Ilizarov technique to treat limb shortening after replantation of a severed lower limb: a case report [J]. Ann Transl Med, 2020, 8 (16): 1025.
- [12] Yin P, Zhang Q, Mao Z, et al. The treatment of infected tibial nonunion by bone transport using the Ilizarov external fixator and a systematic review of infected tibial nonunion treated by Ilizarov methods [J]. Acta Orthop Belg, 2014, 80 (3): 426-435.
- [13] Alemdaroglu KB, Tiftikci L, Illtar S, et al. Factors affecting the fracture healing in treatment of tibial shaft fractures with circular external fixator [J]. Injury, 2009, 40 (11): 1151-1156.
- [14] Tang L, Gao X, Yang X, et al. Combination of weight-bearing training and anti-MSTN polyclonal antibody improve bone quality in rats [J]. Int J Sport Nutr Exerc Metab, 2016, 26 (6): 516-524.
- [15] Leppik L, Oliveira KMC, Bhavsar MB, et al. Electrical stimulation in bone tissue engineering treatments [J]. Eur J Trauma Emerg Surg, 2020, 46 (2): 231-244.

(收稿: 2022-01-04 修回: 2022-04-09)
(同行评议专家: 舒衡生 臧建成)
(本文编辑: 闫承杰)