

· 临床研究 ·

骨搬运治疗严重创伤性胫骨缺损[△]

刘晓旭¹, 杨晨媛², 杨胜松^{3a}, 滕星^{3a}, 刘坤^{3b}, 黄雷^{3a}, 景尚斐^{4*}

(1. 内蒙古医科大学, 内蒙古呼和浩特 010107; 2. 内蒙古医科大学附属人民医院影像科, 内蒙古呼和浩特 010013;
3. 北京积水潭医院 a: 创伤骨科, b: 手外科, 北京 100035; 4. 内蒙古医科大学第二附属医院手足显微外科 B 区,
内蒙古呼和浩特 010090)

摘要: [目的] 探讨应用骨搬运技术治疗严重创伤性胫骨缺损的临床疗效。[方法] 回顾性分析 2018 年 5 月—2022 年 7 月本科收治的 12 例严重创伤性胫骨缺损患者的临床资料。骨缺损长度 (6.9±1.2) cm, 均采取骨搬运技术治疗, 评价围手术期和随访结果。[结果] 所有患者均顺利完成手术, 术中无重要神经、血管损伤。外固定架固定时间 (606.3±55.2) d, 骨愈合指数 (62.4±5.0) d/cm。随访时间 (26.3±7.5) 个月, 与术后 1 个月及拆架时相比, 末次随访时 HSS 评分 [(71.4±7.5), (85.3±5.7), (90.2±3.2), $P<0.001$]、AOFAS 评分 [(70.4±4.9), (83.1±4.4), (89.8±3.2), $P<0.001$]、膝伸展-屈曲 ROM [(98.8±5.2)°, (112.6±6.0)°, (123.6±4.3)°, $P<0.001$] 和踝背伸-跖屈 ROM [(44.1±2.6)°, (51.4±3.3)°, (58.8±2.8)°, $P<0.001$] 显著增加, 双侧胫骨长度差 [(4.9±1.2) cm, (1.3±0.2) cm, (0.9±0.2) cm, $P<0.001$] 显著减小, 胫骨力线 [(例, 优/良/可/差) (8/4/0/0), (12/0/0/0), (12/0/0/0), $P=0.009$] 显著改善。所有患者骨缺损及对接口处均愈合。[结论] 骨搬运是治疗严重创伤性胫骨缺损有效的方法。应用骨搬运技术需提早设计对接口的处理方案, 可有效促进对接口的愈合。

关键词: 胫骨缺损, 骨搬运技术, 对接口, 愈合

中图分类号: R683.42 文献标志码: A 文章编号: 1005-8478 (2024) 04-0372-05

Bone transport for severe traumatic tibial defect // LIU Xiao-xu¹, YANG Chen-yuan², YANG Sheng-song^{3a}, TENG Xing^{3a}, LIU Kun^{3b}, HUANG Lei^{3a}, JING Shang-fei⁴. 1. Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010107, China; 2. Department of Imaging, Cancer Hospital, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010013, China; 3a. Department of Traumatic Orthopedics, 3b. Department of Hand Surgery, Beijing Jishuitan Hospital, Beijing 100035, China; 4. Section B of Hand and Foot Microsurgery, The Second Affiliated Hospital, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010090, China

Abstract: [Objective] To explore the clinical outcome of bone transport for severe traumatic tibial defect. **[Methods]** A retrospective study was done on 12 patients who received bone transport for severe traumatic tibial defect in our departments from May 2018 to July 2022. The perioperative and follow-up results were evaluated. **[Results]** All patients had the operation performed successfully without important nerve and vascular injury during the operation. The length of bone defect was of (6.9±1.2) cm, the carrying time of external fixator was of (606.3±55.2) days, with the bone healing index of (62.4±5.0) day/cm. With time of 1 month after operation, frame removed and the latest follow-up lasted for (26.3±7.5) months, the HSS score [(71.4±7.5), (85.3±5.7), (90.2±3.2), $P<0.001$], AOFAS score [(70.4±4.9), (83.1±4.4), (89.8±3.2), $P<0.001$], knee extension-flexion ROM [(98.8±5.2)°, (112.6±6.0)°, (123.6±4.3)°, $P<0.001$] and ankle dorsal extension-metatarsal flexion ROM [(44.1±2.6)°, (51.4±3.3)°, (58.8±2.8)°, $P<0.001$] increased significantly. The tibial length discrepancy between bilateral sides decreased significantly [(4.9±1.2) cm, (1.3±0.2) cm, (0.9±0.2) cm, $P<0.001$], the tibial alignment [excellent/good/fair/poor, (8/4/0/0), (12/0/0/0), (12/0/0/0), $P=0.009$] improved significantly over time. In addition, all patients got sound bony healing at both ends of the transported bone segment at the latest follow-up. **[Conclusion]** Bone transport is an effective method for the treatment of severe traumatic tibial defect. Designing the transport scheme in advance, especially the distal interface, is necessary to achieve smooth healing of the interface area.

Key words: tibial bone defect, bone transport, interface, healing

由高能量、高暴力造成的创伤性胫骨缺损同时合并皮肤软组织脱套缺损, 是临床诊疗中较为棘手的难

DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2024.04.15

△基金项目: 2021 年内蒙古医科大学联合项目 (编号: YKD2021LH024); 2022 年西部之光访问学者人才计划项目

作者简介: 刘晓旭, 硕士研究生, 研究方向: 手足创伤外科, (电话) 15144886800, (电子信箱) 2937661433@qq.com

* 通信作者: 景尚斐, (电话) 13214069405, (电子信箱) 84770316@qq.com

题^[1]。骨搬运技术通过控制牵拉骨组织的张应力，刺激骨与软组织再生，从而恢复骨与软组织的完整性^[2,3]。近年来，骨搬运技术的不断改进，使得该技术逐步成为解决这一难题的有效手段。但在诊疗过程中，骨搬运对接口骨端及创面的处理同样也是整个诊疗过程中不可忽视的环节。

现对收治于内蒙古医科大学第二附属医院手足显微外科2018年5月—2022年7月12例严重创伤性胫骨缺损的患者资料进行分析，探讨应用骨搬运技术治疗严重创伤性胫骨缺损的临床疗效，报告如下。

1 临床资料

1.1 一般资料

对内蒙古医科大学第二附属医院手足显微外科2018年5月—2022年7月治疗的12例严重创伤性胫骨缺损的患者资料进行回顾性分析。患者均由高能量、高暴力损伤造成（Gustilo III A型4例，Gustilo III B型7例，Gustilo III C型1例），伤后在治疗过程中后遗不同程度胫骨骨坏死、骨缺损、皮肤软组织缺损。其中男8例，女4例，年龄25~61岁，平均 (42.5 ± 12.1) 岁。骨缺损长度5.5~9.8 cm，平均 (6.9 ± 1.2) cm。上述患者均应用骨搬运技术。骨搬运环形外固定架选自北京瑞朗医疗器械有限公司。在治疗过程中曾得到北京积水潭医院创伤骨科和手外科医师指导。本研究获得医院伦理委员会批准，所有患者均签署相关知情同意书。

1.2 治疗方法

一期急诊行清创探查，待患者病情平稳后二期行胫骨骨搬运术，术前完善相关检查，确定骨缺损长度。根据影像学资料测量下肢力线，明确截骨位置。

硬膜外麻醉后，取仰卧位，消毒、铺巾。拆除原有外固定架，取出骨缺损区占位骨水泥，彻底清创，直至骨质断端出现点状、均匀渗血（Paprika征阳性）^[4]。此时应注意搬运骨、对应骨横径的大小，必要时可进一步扩创，以增加套接面积。环形胫骨骨搬运外固定架固定胫骨近、远端及足部功能位。选择健康的干骺端作为截骨点，在该处取横行切口^[5]。半针固定后环形打孔截断胫骨，术中透视见胫骨截断完整。缝合骨膜，闭合切口。

术后创面定期换药，针道酒精消毒处理。术后1周行骨搬运，每天1 mm（即螺母旋转1圈）的牵引速度分4次完成，搬运速度 $0.16 \text{ mm}/6 \text{ h}$ ^[6]。术后每周复查X线片。术后第2 d即开始进行关节主被动锻

炼。

1.3 评价指标

观察并记录手术时间、术中失血量、外固定架固定时间、远近对接端横径比值、骨愈合时间、骨愈合指数等围手术期指标。采用美国特殊外科医院（Hospital for Special Surgery, HSS）膝评分量表、美国足踝外科协会（American Orthopaedic Foot and Ankle Society, AOFAS）踝-后足评分量表、膝伸展-屈曲关节活动度（range of motion, ROM）、踝背伸-跖屈 ROM、双侧胫骨长度差、胫骨力线评价临床效果。

1.4 统计学方法

采用SPSS 20.0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 治疗期情况

所有患者均顺利完成手术，术中无重要神经、血管损伤。手术时间 (190.6 ± 17.6) min、术中失血量 (240.3 ± 15.6) ml。所有患者对接口创面最终均愈合，其中3例对接口创面行皮瓣修复，5例行游离植皮覆盖，4例给予创面定期换药实现创面闭合。外固定架固定时间 (606.3 ± 55.2) d，远近对接端横径比值 (1.1 ± 0.1) 、骨愈合时间 (426.3 ± 55.2) d，骨愈合指数 (62.4 ± 5.0) d/cm。治疗过程中，8例患者对接口自然愈合，其中3例在修复对接口创面时对骨折端预行新鲜化处理。4例患者在骨搬运过程中发生对接口不愈合，二期手术应用骨折端新鲜化处理实现对接口愈合。对接口未愈合原因如下：对接口硬化3例、软组织嵌插1例。3例在骨搬运早期出现疼痛，给予口服止痛药并停止搬运3 d后症状缓解，后续无上述症状出现。1例在骨搬运时发生针道感染，给予口服抗生素并完善针道护理，感染得到有效控制。典型病例资料见图1。

2.2 随访结果

12例患者均获随访，随访时间平均 (26.3 ± 7.5) 个月，所有患者骨缺损与对接口骨端均愈合。随访资料见表1，随治疗及康复时间推移，HSS评分、AOFAS评分显著增加 $(P < 0.05)$ ，膝伸展-屈曲ROM、踝背伸-跖屈ROM显著增加 $(P < 0.05)$ 。影像方面，随着治疗及康复时间推移，双侧胫骨长度差显著减小 $(P < 0.05)$ ，胫骨力线显著矫正 $(P < 0.05)$ 。



图 1 患者，男，43 岁，右小腿不完全离断。1a: 入院后右下肢外观照；1b: 入院后右下肢侧位 X 线片；1c: 清创修复后，行骨搬运术外观照；1d: 骨搬运前胫腓骨正位 X 线片；1e: 骨搬运术后第 136 d 右下肢外观照；1f: 骨搬运术后第 136 d 右胫腓骨正位 X 线片示搬运骨与对应骨对接口套接完全，延长区域骨痂进行矿化；1g: 末次随访右下肢外观；1h: 末次随访右胫腓骨正位 X 线片示延长区域骨痂矿化，搬运骨段对位及愈合良好。

Figure 1. A 43-year-old male suffered from a traumatic incomplete right leg amputation. 1a: Gross appearance of the right lower limb at admission; 1b: Findings in the lateral X-ray; 1c: Gross appearance as external frame was installed for bone transportation after debridement; 1d: Anteroposterior X-ray findings before bone transportation; 1e: Gross appearance of the lower limbs with external frame on right side 136 days after bone transportation; 1f: Anteroposterior X-ray showed that the transported bone was fully connected with the distal end, and the callus in the extended area was mineralized 136 days after bone transportation; 1g: Appearance of right lower limb at last follow-up; 1h: X-ray at the last follow-up showed callus mineralization in the extended area with good alignment and healing at both ends of the transported bone segment.

表 1 12 例患者临床及影像资料与比较

Table 1 Comparison of clinical and imaging data among time points in the 12 patients

指标	术后 1 个月	拆架时	末次随访	P 值
HSS 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	71.4±7.5	85.3±5.7	90.2±3.2	<0.001
膝伸展-屈曲活动度 ROM (°, $\bar{x} \pm s$)	98.8±5.2	112.6±6.0	123.6±4.3	<0.001
AOFAS 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	70.4±4.9	83.1±4.4	89.8±3.2	<0.001
踝背伸-跖屈活动度 ROM (°, $\bar{x} \pm s$)	44.1±2.6	51.4±3.3	58.8±2.8	<0.001
双侧胫骨长度差 (cm, $\bar{x} \pm s$)	4.9±1.2	1.3±0.2	0.9±0.2	<0.001
胫骨力线 (例, 优/良/可/差)	8/4/0/0	12/0/0/0	12/0/0/0	0.009

3 讨论

骨搬移在截骨后牵伸所形成“牵拉性骨再生”很好地解决了缺损区域骨组织来源的问题，但对接口的套接、愈合却又成为难题^[7]。对接口是指截取的搬移骨与对应骨端端汇合所形成的对接区域^[8, 9]。在行骨搬移前应测量评估搬移骨、对接骨的横径，比值近似为 1 则预行骨折端新鲜化处理。这样既使断端清创彻底，又增加远近端横径比值，使对接口更易套接。本组患者术前均测量评估远近端横径比值，对 3 例比值近似为 1 的患者预行骨折端新鲜化处理，术后对接口愈合良好，避免了二次手术骨折端新鲜化处理。对接口无法愈合常见因素包括对接口对接错位、对接口硬化和软组织嵌插等^[10]。对接口对接错位可改用手风琴法^[11]，若保守治疗 3 个月后 X 线片上仍未见连续骨痂形成、无骨愈合征象，则提示对接口可能提前硬化或皮肤及皮下组织嵌入对接口^[12]。此时需行骨折端新鲜化处理。

根据张力-应力法则，骨搬移同时也在牵张周围的皮肤软组织^[13, 14]。软组织缺损程度约等于骨缺损长度，骨搬移结合创面定期换药可实现创面闭合，无需再行植皮或皮瓣移植术覆盖创面；对于皮肤软组织大面积脱套、严重缺损者则需根据患者实际情况行上述手术来闭合创面。

骨搬移治疗周期长，外固定架的固定会给患者带来不同程度的关节活动障碍。因此制定科学合理的康复计划至关重要。术后第 2 d 即鼓励患者进行膝、踝关节主被动活动，由不负重逐渐增加患肢负重，负重程度根据骨痂生长情况决定。随治疗及康复时间推移，本研究患者 HSS 评分、AOFAS 评分及膝伸展-屈曲 ROM、踝背伸-跖屈 ROM 均显著增加 ($P < 0.05$)，双侧胫骨长度差显著减小 ($P < 0.05$)。末次随访所有患者胫骨力线无偏移，骨缺损及对接口处均愈合，无严重并发症发生，一定程度上验证了骨搬移手术治疗严重创伤性胫骨缺损的临床效果。

综上所述，胫骨骨搬移是治疗严重创伤性胫骨骨缺损有效的方法，在治疗过程中需提早设计对接口的处理方案。从对接口骨折端考虑，提早测量评估远近端横径比值，预行骨折端新鲜化处理更利于对接口套接愈合。从软组织角度考虑，骨搬移可促进创面闭合，尽可能避免皮瓣或植皮手术。由于本研究为回顾性分析，样本量偏小，其结论仍需进一步大样本量的对照研究证实。

参考文献

- [1] Hohmann E, Birkholtz F, Glatt V, et al. The "Road to Union" protocol for the reconstruction of isolated complex high-energy tibial trauma [J]. *Injury*, 2017, 48 (6): 1211-1216. DOI: 10.1016/j.injury.2017.03.018.
- [2] 秦泗河. 读《骨搬移治疗骨缺损与骨不连》有感 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2009, 17 (24): 1919-1920.
Qin SH. Comments on reading "Bone transplantation for the treatment of bone defects and non union" [J]. *Orthopedic Journal of China*, 17 (24): 1919-1920.
- [3] Aktuglu K, Erol K, Vahabi A. Ilizarov bone transport and treatment of critical-sized tibial bone defects: a narrative review [J]. *J Orthop Traumatol*, 2019, 20 (1): 22. DOI: 10.1186/s10195-019-0527-1.
- [4] Mader JT, Cripps MW, Calhoun JH. Adult posttraumatic osteomyelitis of the tibia [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1999, 360 (360): 14-21. DOI: 10.1097/00003086-199903000-00004.
- [5] Thakeb MF, Mahran MA, El-Motassem el-HM. Bone transport for the management of severely comminuted fractures without bone loss [J]. *Strategies Trauma Limb Reconstr*, 2016, 11 (1): 19-24. DOI: 10.1007/s11751-016-0241-y.
- [6] 周涛, 尚希福, 周洪翔. 显微外科技术结合 Ilizarov 骨搬运技术治疗小腿 Gustilo III C 型损伤 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2020, 28 (6): 548-552. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.06.14.
Zhou T, Shang XF, Zhou HX. Microsurgical repair combined with Ilizarov technique for Gustilo type III C injuries in leg [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2020, 28 (6): 548-552. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.06.14.
- [7] 梅晓龙, 万春友, 徐卫国, 等. Ilizarov 骨搬运术后对合端延迟愈合的研究进展 [J]. *中华骨与关节外科杂志*, 2021, 14 (6): 563-566. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2021.06.21.
Mei XL, Wan CY, Xu WG, et al. Research progress of delayed union of the docking site after Ilizarov bone transport [J]. *Chinese Journal of Bone and Joint Surgery*, 2021, 14 (6): 563-566. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2021.06.21.
- [8] 梁斌, 张轶. 骨搬移并发症对接点不愈合的研究与进展 [J]. *中国组织工程研究*, 2018, 22 (8): 1275-1280. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.0148.
Liang B, Zhang K. Complications associated with bone transport: a literature review of nonunion at the docking site [J]. *Chinese Journal of Tissue Engineering Research*, 2018, 22 (8): 1275-1280. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.0148.
- [9] Garcia FL, Picado CH, Garcia SB. Histology of the regenerate and docking site in bone transport [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2009, 129 (4): 549-558. DOI: 10.1007/s00402-008-0587-9.
- [10] 柴明祥, 臧建成, 吴天昊, 等. 胫骨骨搬运术后对合端不愈合的原因与治疗 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2013, 15 (10): 840-844. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2013.10.004.
Chai MX, Zang JC, Wu TH, et al. Causes and management of bone nonunion at the docking sites after tibial bone transport [J]. *Chi-*

- nese Journal of Orthopaedic Trauma, 2013, 15 (10) : 840-844.
DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2013.10.004.
- [11] 卢炎君, 张永红, 王栋, 等. 手风琴技术治疗胫骨骨折延迟愈合或不愈合 [J]. 中华骨科杂志, 2019, 39 (1) : 30-35. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2019.01.005.
- Lu YJ, Zhang YH, Wang D, et al. Accordion technique in the treatment of tibial delayed union or nonunion [J]. Chinese Journal of Orthopaedics, 2019, 39 (1) : 30-35. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2019.01.005.
- [12] Lowenberg DW, Feibel RJ, Louie KW, et al. Combined muscle flap and Ilizarov reconstruction for bone and soft tissue defects [J]. Clin Orthop Relat Res, 1996, 332 (332) : 37-51. DOI: 10.1097/00003086-199611000-00007.
- [13] 王宏亮, 干阜生, 李超, 等. 骨-软组织复合搬移技术治疗伴有皮肤缺损的胫骨骨缺损 [J]. 中国矫形外科杂志, 2016, 24 (8) : 748-750. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2016.08.16.
- Wang HL, Gan HS, Li C, et al. Treatment of tibial bone defects with skin defects using bone soft tissue composite transfer technology [J]. Orthopedic Journal of China, 2016, 24 (8) : 748-750. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2016.08.16.
- [14] 黄雷, 赵刚, 王慎东, 等. 缩-延长肢体治疗胫骨缺损合并软组织缺损 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2007, 9 (12) : 1115-1119. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2007.12.005.
- Huang L, Zhao G, Wang SD, et al. Management of defects of tibia and soft-tissue with the shortening-lengthening technique [J]. Chinese Journal of Orthopaedic Trauma, 2007, 9 (12) : 1115-1119. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2007.12.005.
- (收稿: 2023-03-30 修回: 2023-11-08)
(同行评议专家: 杨华清, 刘坤, 吴冯胜)
(本文编辑: 郭秀婷)

读者 · 作者 · 编者

如何提高向本刊投稿的成功率

为了提高向本刊投稿的成功率, 避免稿件反复修改而延长刊用周期, 投稿前一定要认真研读本刊近期出版的杂志, 特别是应检索相关内容的文章, 并注意参考其内容。可登录《中国矫形外科杂志》官网 (<http://jxwk.ijournal.cn>) 点击“期刊浏览”栏目, 按提示阅读。在网站首页点击来稿要求, 即可查看最新的《中国矫形外科杂志》稿约, 在下载区查看 2021 年本刊各栏目样稿, 并按照稿约及样稿的要求书写。稿件格式一定要按拟投栏目的格式要求撰写, 字数、图表、参考文献要完全符合相应栏目要求。在投稿系统上传稿件的同时, 必须上传 2 个基本附加文件 (单位介绍信、学术诚信承诺书)。如有基金支持一定要标注清楚, 在读研究生、住院医师投稿必须要有导师或上级医师推荐函。

除以上附加文件外, 如作者能提供同行专家推荐意见 (2 名), 对文稿内容的科学性、创新性、实用性、可读性做出评价。可提升本刊来稿审评效率, 缩短审稿周期, 使优质稿件尽快发表。

以上附加文件的参考样式请登录《中国矫形外科杂志》官网 (<http://jxwk.ijournal.cn>) 首页下载专区下载。填写并签名或加印章后, 需制成 JPG 或 PDF 文件, 上传至本刊投稿系统, 或将原件快递至编辑部。必备文件齐全后, 本刊方对稿件进行处理。

投稿步骤如下:

(1) 点击网站左侧“作者登录”按钮。(2) 输入您已注册的账号及密码。(3) 如您不需要修改您的信息, 请点击下一步跳过。(4) 点击页面左侧“投稿”按钮。(5) 依次点击“下一步”及“已阅读并同意”。(6) 上传全文。(7) 在附件中上传单位介绍信、学术诚信承诺书、基金证明文件、导师推荐函 (适用于在读研究生)、上级医师推荐函 (适用于高级职称以下人员), 以及同行评议函 (限非本单位专家)。文中有图片时, 必须将每一个独立画面的图像文件, 以高清质量 (300dpi) 的 JPG 格式, 按在正文中的名称, 如: 1a, 1b, 3c 等命名文件, 在附件中同时上传。然后点击下一步。(8) 填写稿件基本信息, 完成投稿。

《中国矫形外科杂志》编辑部

2022 年 1 月 25 日