

# 诱导膜联合骨搬运技术治疗胫骨骨髓炎并节段性骨缺损的疗效分析

李树源<sup>1</sup> 周琦石<sup>1△</sup> 李悦<sup>1</sup> 陈超<sup>1</sup> 周宏亮<sup>1</sup> 陈家齐<sup>1</sup>

**[摘要]** 目的:探讨采用诱导膜技术联合骨搬运技术治疗胫骨骨髓炎并节段性骨缺损的临床疗效。方法:回顾分析 2013 年 1 月至 2017 年 9 月本院创伤骨科采用诱导膜技术联合骨搬运技术治疗的 18 例胫骨骨髓炎并节段性骨缺损患者的临床资料。其中 7 例为左侧胫骨骨缺损,11 例为右侧胫骨骨缺损。术后分析所有患者的骨临床愈合时间、愈合率、并发症的发生例数、Karistrom 和 Olemid 膝、踝关节功能评分、术后疼痛视觉模拟评分(VAS)等情况。结果:第一阶段手术后,1 例出现小腿深部感染,因感染未能控制,后期行截肢手术。第二阶段手术后,3 例在牵张后期出现对合端愈合不良,3 例遗留膝关节僵硬并疼痛,4 例出现针孔感染,经治疗后感染、僵硬及疼痛症状好转。末次随访,17 例患者最终实现了骨与软组织的愈合,骨愈合率为 94.4%。按照 Karistrom 和 Olemid 膝、踝关节功能评定标准,本组病例术后患肢功能恢复优良率为 83.3%。结论:诱导膜技术联合骨搬运技术治疗胫骨骨髓炎并节段性骨缺损愈合效果肯定,感染控制率高,后期患肢功能恢复良好。

**[关键词]** 诱导膜;骨搬运;骨髓炎;骨缺损

**[中图分类号]** R681.2 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1005-0205(2019)03-0033-04

长骨骨髓炎合并大段骨缺损的治疗仍然是创伤领域的重大挑战,诱导膜技术(Masquelet 技术)与骨搬运技术(Ilizarov 技术)都是修复骨缺损的有效方法。近年来,这两种技术被广泛应用于创伤、骨肿瘤、骨髓炎等导致的节段性骨缺损的治疗中,并取得满意疗效<sup>[1,2]</sup>。本院于 2013 年 1 月至 2017 年 9 月,采用诱导膜技术联合骨搬运技术治疗 18 例胫骨骨髓炎并节段性骨缺损患者,疗效满意,现报告如下。

## 1 临床资料

回顾分析 2013 年 1 月至 2017 年 9 月本院创伤骨科采用诱导膜技术联合骨搬运技术治疗的 18 例胫骨骨髓炎并节段性骨缺损患者的临床资料。其中男 11 例,女 7 例;年龄为 17~62 岁,平均(41.2±2.4)岁。致伤原因:2 例为开放性骨折后细菌直接侵入骨与软组织所致,16 例为骨折内固定术后继发感染等因素所致。骨缺损侧别:7 例为左侧胫骨骨缺损,11 例为右侧胫骨骨缺损。清创后,骨缺损的长度为 5~18 cm,平均(11.8±6.7)cm。起病到手术治疗前,病程为 2~34 个月,平均(11.1±3.2)个月。入院后,结合患者的临床表现,完善 X 线、CT 及 MRI 等影像学检查,血液

分析、红细胞沉降率、C-反应蛋白等抽血项目以及窦道分泌物的细菌培养+药敏学检查,并针对性使用抗生素治疗。对软组织条件较差的病灶区,需进行皮瓣或肌瓣移植,本组 4 例进行了皮肌瓣移植。所有患者或家属均签署了知情同意书,本研究经广州中医药大学第一附属医院伦理委员会许可。

## 2 方法

### 2.1 手术方法

患者取仰卧位,硬腰联合麻醉满意后,常规消毒、铺巾,患肢抬高上止血带。

1)第一阶段手术:(1)取骨缺损区合适长度的纵形切口,切开皮肤、皮下组织及筋膜,显露骨质。切除骨质周缘增生的肉芽肿及窦道,刮除失活组织,取出物做细菌培养+药敏及病理检查,取出原钢板等内固定物。(2)根据术前测量,取合适的截骨平面,在该平面近侧及稍远侧分别打入 1~2 枚直径 2 mm 克氏针,贯通对侧,再固定于延长架上。再从该平面往下取合适的搬运骨的长度后,该位置锯断胫骨。接着,在病灶骨远端的正常骨打入三枚直径 2.5 mm 克氏针,贯通对侧并固定于延长架上,折断过长克氏针。外固定架安装完毕后,锯断病灶骨远端,取出病灶骨,用脉冲冲洗器反复冲洗取出病灶骨后的腔隙。(3)调聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)骨水泥(每 20 g 骨水泥加入万古霉素 3~4 g)至膏状,将骨水泥按截骨区大小制成柱状或块状,

基金项目:国家自然科学基金资助项目(81674001)

<sup>1</sup> 广州中医药大学第一附属医院一骨科(广州,510405)

<sup>△</sup>通信作者 E-mail:2410685058@qq.com

填充于截骨区骨缺损区域,最后闭合创口。

2)第二阶段手术:6周后,沿原切口取适当长度,纵形切开皮肤、皮下组织及诱导膜,用骨刀将骨水泥块凿碎后,依次取出填充的骨水泥块,缝合诱导膜。在原设计的截骨平面取长约3 cm的纵形切口切开,钝性分离骨膜,于该平面上横行截断骨质,闭合术口,1周后在外固定架的辅助下开始进行骨搬运。

## 2.2 术后处理

一期手术术后第1天即进行患肢膝、踝关节屈伸功能锻炼,并根据药敏结果予常规抗生素治疗,骨水泥填充后,分别于第3和6周复查X线片,密切观察骨与软组织愈合情况。二期 Ilizarov 外固定架固定术后1周开始骨搬运,每天搬运0.75~1.00 mm,分4次进行。牵张过程中每3~4周复查X线片,及时调整牵张的速度、频率和方向,搬运至4 cm以上时,每周暂停搬运1~2 d,做好针孔处的换药护理,防止针孔感染,牵张期间患肢可部分负重。搬运骨两端对接后,以0.25 mm/d的速度继续搬运2周,对骨端加压,刺激骨痂生长与愈合,随后拆除外固定架,开始完全负重。

## 2.3 疗效评价

随访期间,密切关注并记录术口愈合、皮瓣成活、感染复发、骨质生长、功能恢复等情况。分析所有患者的骨临床愈合时间、愈合率、并发症的发生例数(感染、关节僵硬、疼痛、下肢短缩等)、术后疼痛视觉模拟评分(VAS)<sup>[3]</sup>及 Karistrom 和 Olemd 膝、踝关节功能评分<sup>[4]</sup>等情况。其中,VAS 评分范围为0~10分,评分越高,表明疼痛越严重。计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示。

## 3 结果

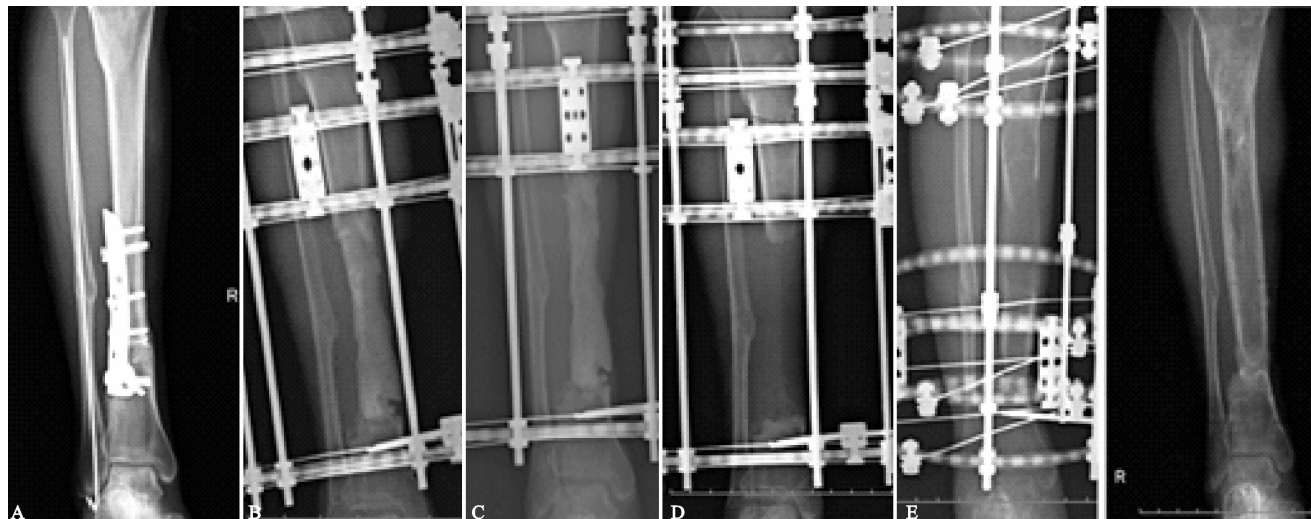
所有患者均获得随访,随访时间为14~38个月,平均随访(21.5±3.2)个月。并发症方面,抗生素骨水

泥填充术后,1例出现小腿深部感染,因感染严重未能控制,周围软组织条件较差,后期行截肢手术。4例出现外固定架固定区针孔感染,经局部反复清创换药及口服抗生素后,感染控制。3例出现膝关节僵硬伴中度疼痛,经麻醉下手法松解后,患肢关节功能恢复。3例在牵张后期出现对合端愈合不良,经局部小切口切开,对合端纤维组织清除、自体髂骨植骨并股骨干锁定板外固定后,对合端实现愈合,无术口愈合不良、皮瓣坏死、下肢短缩的发生。牵张完成,对合端骨临床愈合后 VAS 疼痛视觉模拟评分为1~5分,平均(2.8±1.3)分。骨临床愈合时间为22~58周,平均(36.50±4.29)周。末次随访,17例患者最终实现了骨与软组织的愈合,骨愈合率为94.4%。依据 Karistrom 和 Olemd 膝、踝关节功能评定标准,本组病例优4例,良11例,可3例,患肢功能恢复优良率为83.3%。典型病例见图1-2。

## 4 讨论

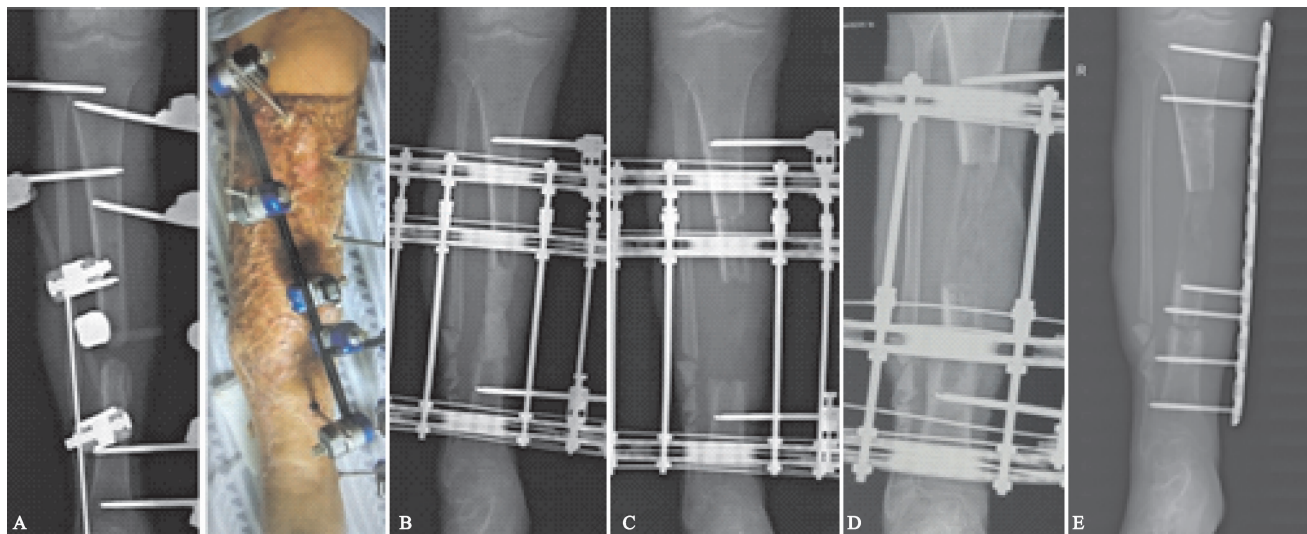
骨髓炎是创伤骨科最具挑战性的疾病之一,是由感染性微生物通过创伤、术后定植等途径侵袭骨与骨髓组织所引起的破坏性炎症疾病<sup>[5]</sup>,金黄色葡萄球菌和其他革兰氏阳性菌是最常见的致病菌<sup>[6]</sup>。治疗骨髓炎需要对坏死的骨组织进行彻底的清创,随后修复清创后所形成的骨缺损。

目前,最常用的修复骨缺损方法是 Ilizarov 骨搬运技术<sup>[7]</sup>。该技术主要基于生物学“张力-应力”原则,通过对骨与软组织进行缓慢而持续牵张,促进牵张区组织细胞的再生和活跃生长,从而实现骨与软组织的同步生长,修复骨缺损。目前,Ilizarov 技术已经不局限于下肢骨缺损的治疗,对于肱骨、尺骨、桡骨等上肢骨缺损也取得了良好的治疗效果,但临床应用中也存



A 术前胫腓骨X线正位片提示骨髓炎改变; B 骨髓炎病灶骨切除、内植物取出+骨水泥旷置术后2 d, 胫腓骨X线正位片示骨缺损长度为18 cm, 骨水泥占位器与骨缺损端对合良好; C 骨水泥旷置后6周, 胫腓骨X线正位片示骨水泥占位器与骨缺损端未见移位; D 骨水泥取出+骨搬运术后1 d; E 骨搬运术后9个月余, 外固定架拆除前后, 胫腓骨X线正位片示搬运骨矿化成骨良好, 骨端对合, 愈合良好

图1 患者,男,54岁,主诉:右胫腓骨折术后10年,局部皮肤红肿2个月余。诊断:右胫骨创伤性骨髓炎



A 术前创面外观及X线影像学结果提示右小腿皮肤脱套伤植皮术后创面基本愈合，右侧胫骨骨髓炎合并骨缺损形成；B 骨髓炎病灶骨切除+骨水泥旷置术后8周，右侧胫腓骨X线正位片示骨水泥与骨缺损端对合良好；C 骨水泥取出+骨搬运术后1周；D 骨搬运术后5个月余，右侧胫腓骨X线正位片示搬运骨端对线良好，但对合端轻微骨质硬化，愈合不良；E 骨对合端清理+自体骨植骨+股骨干锁定板外固定术后1个月余，右侧胫腓骨X线正位片示对合端临床愈合

图 2 患者，男，23 岁，主诉：右胫腓骨折术后半年，局部渗液 4 个月余。诊断：右胫骨创伤性骨髓炎

在问题，行 Ilizarov 牵张成骨前需要截骨以清除感染坏死的骨组织，但仍然可能会有蜚蜉菌潜藏在骨与软组织腔隙中，在牵张过程中造成反复感染。诱导膜技术也是治疗多种原因导致骨缺损的有效方法，由 Masquelet 首先提出和使用<sup>[8]</sup>。该手术包括一期骨与软组织清创，并在骨缺损处填充 PMMA 抗生素骨水泥，诱导生物膜形成和二期清除骨水泥，在骨缺损处植骨修复骨缺损两个阶段。Masquelet 在 2000 年首次采用该治疗干骺端长达 25 cm 的胫骨骨缺损，术后平均 8.5 个月就恢复正常行走并完全负重<sup>[9]</sup>。近年来，这项技术修复多种原因所导致的骨缺损的临床疗效越来越受到肯定。但诱导膜技术在二期手术植骨后，也面临植骨溶解、骨质吸收的并发症。

采用 Masquelet 联合 Ilizarov 骨搬运技术治疗大段骨缺损也有研究者做过相关研究。任鹏等<sup>[10]</sup>采用诱导膜技术结合骨搬运技术两阶段治疗的 14 例创伤后胫骨骨髓炎的患者，术后所有患者均实现愈合，无骨髓炎的复发，平均治疗时间为 14.7 个月，Paley 功能评分的优良率为 100%。薛有地等<sup>[11]</sup>采用 Ilizarov 骨搬运技术结合抗生素骨水泥间隔物治疗胫骨感染性不愈合患者 58 例，术后平均随访 31.6 个月，所有创面和骨缺损区均实现愈合，无感染复发，Paley 骨折愈合评分优良率为 91.4%，功能评分优良率为 79.3%。本组病例显示，骨临床愈合平均时间为 $(36.50 \pm 4.29)$ 周，愈合率可达 94.4%，患肢关节功能恢复优良率为 83.3%，说明诱导膜联合骨搬运技术是修复下肢骨缺损的有效方法，且对术后患肢远期功能活动的恢复较好。

诱导膜联合骨搬运技术在一定程度上综合了两种术式的优势：1) 抗生素骨水泥填充骨缺损处后能源源

不断地释放抗生素，在骨缺损区形成高浓度抗生素释放区域<sup>[12]</sup>，避免单纯使用 Ilizarov 技术在截骨清除坏死骨组织后，残余蜚蜉菌潜伏于骨与软组织腔隙中再次造成感染，对细菌的清除更彻底、持久，使反复感染的机会降低。2) 第二阶段的手术取出骨水泥时，切口较小，不需要进行过多的组织剥离，也不需要植入内固定物，依靠一期放置的外固定架就可以实现断端稳定，减少了诱导膜内及其周围软组织的血供破坏。3) 自体松质骨是骨移植材料的金标准<sup>[13]</sup>，在合并大段骨缺损时，单纯使用 Masquelet 技术往往存在自体松质骨来源不足的问题，以及增加供区创伤和并发症的发生，若改用同种异体骨，其来源也受到一定限制，还存在免疫排斥反应和潜在的传染性疾病传播的风险等<sup>[14]</sup>，二期应用 Ilizarov 技术直接牵拉成骨，可以避免植骨材料有限和相关免疫排斥反应的发生。4) 骨水泥诱导出的生物膜内含有丰富的微血管系统和大量的成骨生长因子<sup>[15]</sup>，包括骨形态发生蛋白-2 (BMP-2)、转化生长因子- $\beta$ 1 (TGF- $\beta$ 1) 和血管内皮生长因子 (VEGF) 等，微血管系统可以为牵张骨的生长提供丰富的血运来源，成骨因子可以促进成骨细胞分化，诱导骨再生，促进牵张区骨质的重塑与皮质化。5) Ilizarov 技术在缓慢牵张过程中直接成骨，并维持下肢的力线，避免了 Masquelet 技术二期直接植骨存在的植骨溶解、骨质吸收问题。6) 单纯采用 Ilizarov 牵张成骨技术时，截骨后骨缺损周围的软组织下方因缺乏骨性结构的支撑<sup>[16]</sup>，钢针又不能垂直切割皮肤，牵张过程中对合端之间的软组织容易卷曲下陷，嵌顿于对合端之间，影响对合端愈合或发生轴向偏移，一期骨水泥间隔器的置入及其诱导出的生物膜具有占位和隔绝作用，避免纤维结缔组织进入骨缺损部位，为骨搬运创造了良好的微环境。

综上所述, Masquelet 联合 Ilizarov 技术治疗下肢骨髓炎愈合率高, 骨愈合时间和下肢负重时间早, 是下肢骨髓炎并大段骨缺损的有效替代治疗方法。然而, 和单纯 Ilizarov 技术治疗一样, Masquelet 联合 Ilizarov 技术治疗节段性骨缺损也存在牵张后期骨对合端不愈合或愈合不良的问题。对此, 有研究者建议实施对合端交替压缩—牵拉的“手风琴技术”加速骨愈合<sup>[17-19]</sup>。笔者认为, 骨缺损端对合后, 继续实施手风琴技术, 所需骨愈合时间较长, 并且容易发生轴向偏移, 真正的愈合效果也存在争议, 因此建议牵张后期发生对合端不愈合或延迟愈合, 应尽早进行对合端清理并植骨, 辅以长股骨干锁定加压钢板(LCP)跨越搬移间隙微创外固定, 术后保护下负重, 可以提供轴向微动的环境和压缩力, 促进骨痂形成, 缩短骨愈合时间。

### 参考文献

- [1] HAKE M E, OH J K, KIM J W, et al. Difficulties and challenges to diagnose and treat post-traumatic long bone osteomyelitis[J]. *Eur J Orthop Surg* *Tramadol*, 2015, 25 (1): 1-3.
- [2] OBREMSKEY W, MOLINA C, COLLINGE C, et al. Current practice in the management of open fractures among orthopedic trauma surgeons. Part B: management of segmental long bone defects, a survey of orthopaedic trauma association members[J]. *J Orthop Trauma*, 2014, 28: 203-207.
- [3] TATUM R L. Lateral pressure and VAS pain score analysis for the lateral lumbar underbody fusion procedure [J]. *Into Spine Surg*, 2015, 9: 48.
- [4] 王亦聰, 姜保国. 骨与关节损伤[M]. 5 版. 北京: 人民卫生出版社, 2015: 1353.
- [5] QIN C H, ZHANG H A, CHEE Y H, et al. Comparison of the use of antibiotic-loaded calcium sulphate and wound irrigation-suction in the treatment of lower limb chronic osteomyelitis[J]. *Injury*, 2018, 10: 36.
- [6] ZIMMERLI W, SENDI P. The role of rifampin against staphylococcal biofilm infections in vitro, in animal models, and in orthopedic device-related infections[J]. *Antimicrob Agents Chemother*, 2018, 19: 1-25.
- [7] ZHANG H, XUE F, JUN XIAO H, et al. Ilizarov method in combination with autologous mesenchymal stem cells from iliac crest shows improved outcome in tibial non-union[J]. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2018, 25 (4): 1-21.
- [8] HARA A, YOKOYAMA M, ICHIHARA S, et al. Masquelet technique for the treatment of acute osteomyelitis of the PIP joint caused by clenched-fist human bite injury: a case report[J]. *International Journal of Surgery Case Reports*, 2018, 51: 282-287.
- [9] WALKER M, SHARAREH B, MITCHELL S A. Masquelet reconstruction for posttraumatic segmental bone defects in the forearm[J]. *J Hand Surg*, 2018, 7: e1-e8.
- [10] 任鹏, 阿不来提·阿不拉, 夏依买尔旦·买买提, 等. 诱导膜技术结合骨搬运技术两阶段治疗胫骨创伤后骨髓炎[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2017, 19(10): 880-885.
- [11] 薛有地, 张晖, 黄富国. Ilizarov 骨搬运技术结合抗生素骨水泥间隔物治疗胫骨感染性不愈合[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2014, 16(7): 581-585.
- [12] COOK G E, MARKEL D C, REN W, et al. Infection in orthopedics[J]. *J Northup Trauma*, 2015, 29: 19-23.
- [13] MASQUELET A C. Induced membrane technique: pearls and pitfalls[J]. *J Orthop Trauma*, 2017, 31: 36-38.
- [14] 邱贵兴, 孙世荃. 同种异体骨植入材料的临床应用[J]. *中华骨科杂志*, 2004, 24(10): 635-637.
- [15] CHADAYAMMURI V, HAKE M, MAUFFREY C. Innovative strategies for the management of long bone infection: a review of the Masquelet technique[J]. *Patient Saf Surg*, 2015, 9(32): 2-10.
- [16] 刘亦杨, 沈立锋, 张春, 等. 骨搬运技术治疗下肢长骨干良性骨髓炎伴骨缺损术后骨性愈合不良的原因分析及对策[J]. *中国骨伤*, 2018, 31(6): 556-561.
- [17] MARAIS LC, FERREIRA N. Bone transport through an induced membrane in the management of tibial bone defects resulting from chronic osteomyelitis[J]. *Strategies Trauma Limb Reconstr*, 2015, 10(1): 27-33.
- [18] MAKHDOM A M, HAMDY R C. The role of growth factors on acceleration of bone regeneration during distraction osteogenesis[J]. *Tissue Eng Part B Rev*, 2013, 19(5): 442-453.
- [19] XU J, JIA Y C, KANG Q L, et al. Management of hypertrophic nonunion with failure of internal fixation by distraction osteogenesis[J]. *Injury*, 2015, 46(10): 2030-2035.

(收稿日期: 2018-12-01)