

骨搬运技术治疗慢性骨髓炎伴骨缺损并发症的研究进展

刘亦杨, 林炳远, 黄凯, 沈立锋, 张春, 郭峭峰
(浙江省立同德医院骨科, 浙江 杭州 310012)

【摘要】 搬运技术(Illizarov 技术)有效解决了慢性骨髓炎伴结构性骨缺损这一临床难题,但该方法存在对合端不愈合、延长间隙矿化不良等严重骨性愈合相关的并发症。术中对搬运骨段力线的维持、截骨端组织的保护;术后合适的搬运速率和应力刺激,以及“手风琴技术”的应用,是降低此类并发症的关键。目前对于外固定架的拆除时机仍有较大争议,一旦因过早拆除引起再发骨折仍需尽早积极手术治疗。此外,需减少术中钉道局部热损伤以及加强术后钉道护理,以预防钉道感染的发生。而全程合理的镇痛方案结合积极的功能锻炼,是避免邻近关节功能障碍发生的重要方法。

【关键词】 Illizarov 技术; 骨髓炎; 手术后并发症; 综述

中图分类号:R681

DOI:10.12200/j.issn.1003-0034.2020.03.022

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Progress on complications of chronic osteomyelitis with bone defect treated by bone transportation LIU Yi-yang, LIN Bing-yuan, HUANG Kai, SHEN Li-feng, ZHANG Chun, and GUO Qiao-feng. Department of Orthopaedics, Tongde Hospital of Zhejiang Province, Hangzhou 310012, Zhejiang, China

ABSTRACT Bone transportation technology (Illizarov technique) effectively solves the clinical problem of chronic osteomyelitis with structural bone defect. The paper combined with own clinical experience and a large number of literatures, the results showed that this method had some complications related to severe bone healing, such as non-union of the joint ends and poor mineralization of the extended gap. Maintenance of force line during operation, protection of osteotomy end tissues, appropriate transporting velocity and stress stimulation after operation, and application of "accordion technology" are the keys to reduce such complications. At present, there is still much controversy about the timing of removal of external fixator. Once the refracture is caused by early removal, it must be treated actively as soon as possible. In addition, it is necessary to reduce the local thermal injury of nail canal during operation and strengthen the nursing of nail canal after operation in order to prevent nail canal infection. Reasonable analgesic regimen combined with active functional exercise is an important method to avoid the occurrence of adjacent joint dysfunction.

KEYWORDS Illizarov technique; Osteomyelitis; Postoperative complications; Review

随着社会现代化进程的加快,慢性骨髓炎的发病率随之上升,传统治疗方法往往在清创后将造成不同程度的骨缺损,甚至造成大范围的节段性骨缺损。针对慢性骨髓炎伴骨缺损的治疗有着明确的目标^[1]:骨折和软组织愈合、感染根治、肢体长度恢复及功能重建。对此,应用 Illizarov 技术^[2]牵张成骨,不仅可以有效解决这一难题^[2-4],而且是最佳的选择^[2]。但该治疗方法并发症繁多且发生率高^[5-6],从而影响临床疗效。本文就骨搬运技术治疗慢性骨髓炎伴骨缺损的并发症及其防治进行系统综述。

1 对合端不愈合

骨搬运对合端骨性愈合的时间和质量是影响骨

搬运治疗周期长短的最关键因素^[6-8],而对合端不愈合也被认为是骨搬运的最主要并发症之一^[1],其临床发生率报道差异较大^[1,3,6,8-11],不幸的是,目前更多的临床报道认为^[3,8,12-13],骨搬运的对合端多不能自然愈合。如何在术中维持搬运骨段的力线,并在术后合理的搬运速率下给予合适的应力刺激,是减少并发症的重要方法。而一旦发生对合端不愈合,应及时干预和治疗。

通常需要在彻底清创并截除病灶骨段后安装外固定架。此时由于远近端骨质之间节段性骨缺损的存在,力线的掌控极其困难。目前术中对于力线评估尚无客观、统一的标准,基本是凭借术者的经验进行操作,同时由于病灶部位的不同,外固定架安放位置以及固定针的穿针角度选择也没有明确的准则。因此,极易引起力线的偏移,从而在搬运过程中出现轴

通讯作者:刘亦杨 E-mail:orthopaedic_liuyy@163.com

Corresponding author: LIU Yi-yang E-mail: orthopaedic_liuyy@163.com

向偏移^[11,14],进而导致对合端完全错位或因对合端接触面积过小造成不愈合,但国内相关文献^[7-9,11,14]报道的发生率差距较大,可能与各自不同的手术方法有关。有学者^[10]提出在安装外固定时辅助插入髓内钉以保持搬移骨段的对线,但感染病灶内采用髓内固定,即使是临时性固定,显然与传统观念相悖,难以被广泛接受^[15]。同时髓内固定势必破坏骨内血供,进一步增加了对合端不愈合发生的概率^[3-4,6,12]。笔者通常在术中以钢板临时固定以维持力线,虽然能够在一定程度上控制旋转,但对于成角的纠正并不十分理想^[7,16-19]。如何有效地在术中操作过程中尽可能保持对线,仍是一个亟待解决的问题。而在搬移过程中一旦发生轴向偏移,可以通过调整双皮质固定在搬移骨块上的单钉位置来纠正,但调整幅度有限,仅仅能够通过固定钉深浅的变化,对成角畸形及侧方以为进行非常有限的调整,对已经发生的较大程度的轴向偏移则无特别积极作用^[7]。对于因轴向偏移引起对合端无法会师,或对合端接触面积过小而造成不愈合,应尽早手术,病灶端以自体髂骨植骨,必要时更换固定装置,推荐采用锁定加压钢板(locking compression plate, LCP)外固定^[13,16,20-22],一方面避免传统外固定架外形上的不便,并可以提供稳定的低线性结构,同时对局部软组织提供最大程度的保护。当然局部软组织条件良好,无慢性炎症时,可以采用内固定治疗^[23-24]。

合适的力学刺激是对合端骨性愈合的必要因素之一。治疗过程中必须鼓励患者积极的负重活动,增加断端的应力刺激,使得骨缺损两端处于微小的不间断移动压缩状态,有利于成骨^[4,8],并且应及时矫正力线,尽可能保证术肢轴向负重^[2]。对合端会师后可以采取“手风琴技术”进一步促进对合端的愈合^[26]。经过以上方法,部分患者可以达到自然愈合,然而仍有部分患者需要进一步手术处理。对于对合端是否植骨争议较大^[1,7,9,11],目前认为,可先通过增加生理加压、物理应力以及“手风琴技术”观察,必要时可重复“手风琴技术”,经过 3~5 个月如仍无效时再行植骨^[8,25]。

在骨搬移过程中,节段性骨缺损部位局部皮肤下方无骨性结构支撑,且在搬移过程中受到外固定架向心性的缓慢挤压,引起皮肤卷曲、下陷,并在对合端之间嵌顿形成皱褶,阻碍对合端的愈合。有学者^[9]建议及早切开下陷的皮肤,用缝线将塌陷的皮肤悬吊在外固定架上。但下陷的皮肤组织位于原骨髓炎病灶,局部软组织条件相对差,瘢痕多,以手术切开的方法可能会引起局部皮肤坏死,而单纯以缝线悬吊,可能会因缝线的切割作用而最终导致失

效^[7,26-27]。笔者团队采用 2.0 mm 克氏针经皮穿刺后利用橡皮筋弹性固定于外固定架上,形成“扁担效应”,从而将下陷嵌顿的皮肤悬吊,同时可以避免缝线的切割作用,取得良好的临床疗效^[7,16,18]。

2 搬移间隙成骨矿化不良

搬移间隙成骨矿化不良也是骨搬移治疗的一个常见并发症^[1,4],但其发生率远低于对合端不愈合^[4,11,27]。其原因包括截骨时的热损伤对局部血供及骨膜的破坏、搬移速率等问题^[11]。术中保护软组织,术后合理的搬移速率以及合适的应力刺激,是改善搬移间隙骨质矿化质量的关键所在。

目前的截骨方式主要包括骨膜下截骨及骨膜外截骨,其选择仍然存在争议^[2-4,11,28]。摆锯截骨虽然断面平整,操作简单方便,但高速摆锯的热损伤已越来越多的被重视^[12,29-30]。电钻打孔后以骨刀骨膜下截骨的方式^[12]已逐渐被广泛接受。

术后骨搬移的速率则是骨搬移技术的最基本问题^[1-2,4],也是影响延长段骨演化的关键因素之一^[28]。适宜的搬移速度对组织的创伤较小,间质细胞会在适宜的牵拉力刺激下逐渐向骨细胞分化增殖,促进新骨的生长及成骨,搬移速度过快容易形成愈合不良,而搬移速度 <0.25 mm/d 时,虽然新骨的成骨能力旺盛,但骨搬移过程中再生骨会过早愈合,致使延长失败^[2]。实验证实每天牵拉长度不变的情况下,牵拉频率越高,成骨质量越好^[2]。目前所公认的最适宜的搬移速度为每天 1 mm,分 4~6 次。此外,肢体轴线负重以及“手风琴技术”不仅有益于对合端愈合,同时也有利于延长间隙矿化成骨^[25,31];将外固定装置“动力化”^[32-33]也是改善搬移间隙骨愈合的有效方法之一。通常通过上述各方法,尤其是对搬移间隙进行反复牵拉与压缩的“手风琴技术”,可以促进局部骨痂生长,达到局部骨质的满意矿化和愈合。但“动力化”目前尚缺乏明确的指征和标准,其需要以牺牲局部部分稳定性为代价,有造成局部骨折的可能,临床应用需谨慎。

3 对合端及搬移间隙骨折

对于经历了骨搬移漫长治疗周期的患者而言,在治疗终末期甚至已经拆除外固定架后发生对合端或搬移间隙骨折,无疑是灾难性的。新生骨及对合端骨性愈合强度的不足是发生骨折的重要原因,而其强度的增加,又与时间及延长距离具有密切的相关性^[2,22]。在延长距离一定的情况下,外固定架的带架时间成为了一个重要的可控因素。目前骨搬移后拆除外固定支架的影像学标准^[34]为:CT 证实对合端骨性愈合,同时延长的新生骨正侧位 X 线片可见至少 3 层连续的皮质。但近年来报道^[31,35]如果仅从上

述标准来判断拆除外固定架的时机,拆除外固定后搬移间隙新生骨变弯、骨折和对合端骨折发生率达 19%。根据笔者团队临床经验发现并经病理检验结果分析证实,搬移间隙确为具有分化能力的新生骨组织,但仍含有增生的纤维组织,说明骨组织的矿化并不充分^[7]。在没有达到完全的骨性愈合之前拆除外固定架,显然是造成新发骨折的重要原因。

目前临床报道的外固定指数^[36](external fixation index,EFI) [带架时间(月)/延长长度(cm)]在 1.2~2.6 月/cm^[9-15],差异较大,且缺少对 EFI 的大小与骨性愈合强度之间的相关性的研究。因此,对于搬移间隙骨性愈合标准^[34]的把握及外固定架的拆除时机的选择,依然是骨搬移治疗中所面临的主要问题之一。而鉴于邻近关节功能、钉道感染以及外观笨重、护理不便等因素,单纯的延长外固定时间并非解决问题的最佳方案,拆除外固定架后的保护方法及功能锻炼强度目前同样尚无定论^[2,12]。

一旦发生骨折,即使是无移位的骨折,也不推荐保守治疗^[12,16,19]。因为骨搬移本身易造成邻近关节活动障碍^[22],再予以跨关节石膏外固定必然导致关节活动的进一步受限,而若予以夹板固定,虽然无须跨关节固定,但夹板松紧调节相对不易控制,容易因夹板松动而导致外固定失效。此外,一旦发生骨折移位,常常难以纠正^[19]。因此,对于新发骨折应尽早实施积极的手术治疗,断端植骨并坚强固定。鉴于此类患者通常已接受多次手术,广泛瘢痕形成,软组织条件差,如改行内固定,将进一步造成局部软组织损伤并破坏骨膜血供^[12,29],增加组织坏死、感染、骨不连等风险,因此仍推荐使用外固定,尤其以 LCP 外固定较单纯的传统外固定架固定更具有优势^[13,16,20-22]。

4 钉道感染与周围软组织感染

钉道感染是外固定治疗所不可回避的并发症之一,其发生率甚至高达 96.6%^[37],有可能会诱发周围组织的蜂窝织炎,甚至造成钉道骨髓炎^[7,9,34,38],严重者须全身性抗感染治疗^[39]。钉道感染的诊断目前尚无统一标准,导致文献报道的发生率差异极大^[19,34,37,39-40]。通常出现钉道局部红肿热痛以及渗出等情况即可诊断为钉道感染^[18]。

钉道感染重在预防^[3,19],其发生的原因是多方面的^[3,34],包括术中置钉造成的热损伤,置钉部位软组织厚,固定针与周围软组织相对活动过多以及术后患者钉道观察和护理方面的欠缺等。推荐的预防方法:(1)安装外固定架穿针固定时,适当屈曲肢体关节。(2)术中经皮穿针时以尖刀在皮肤做小切口,而非直接将克氏针刺入皮肤。(3)电钻穿针时以冰盐水纱布包裹克氏针近端,当打穿对侧骨皮质后即停止

使用电钻,改用锤子敲击克氏针尾刺穿对侧皮肤。(4)术后每日以生理盐水或 75%乙醇擦拭钉道,擦净所有渗出及结痂。

5 其他

长期外固定骨搬移极易导致邻近关节功能障碍^[18,22],尤其对于胫骨骨搬移患者,马蹄内翻足畸形发生率高^[38-40]。为此针对已经出现垂足畸形的患者,在足部安装 1 个“U”形环,在骨搬移的同时矫正垂足畸形。矫形的目的不仅是因为足踝部的外观及功能,更重要的是通过矫形改善下肢力线,保证足底轴向负重,避免因软组织畸形影响负重活动^[2-3],继而影响延长间隙矿化成骨及对合端的愈合。此外,为避免术后屈膝活动时因软组织牵拉及切割而影响关节活动,术中安装外固定架时均采用屈膝位,术后鼓励患者积极进行关节功能锻炼。对于马蹄内翻足畸形复发者,踝关节融合的效果令人满意。

疼痛是导致患者在带架过程中关节功能锻炼不到位的一个重要因素,也是骨搬移治疗中相当普遍的并发症^[17]。引起疼痛的原因包括软组织切割、骨搬移时的组织牵拉、骨膜的牵扯及切割等多个方面。个体对疼痛的耐受不同,因此,对于疼痛的治疗必须遵循个体化治疗方案^[41]。首选非药物治疗,适当减缓搬移速率或增加调节频率^[17,19],但搬移速率不应 $< 0.25 \text{ mm/d}$ ^[2]。鉴于非甾体类消炎药(non-steroidal anti-inflammatory drugs,NSAIDs)药物可能影响骨折愈合^[42],故在药物选择上,首选弱阿片类,必要时才联合 NSAIDs 药物“多模式镇痛”^[41]。

因患肢多次手术,加之患者负重行走,下垂肢体不可避免出现肿胀,轻度肿胀无须特殊处理,但有部分患者因肢体进行性肿胀造成外固定架对软组织压迫,均发生小腿中下段。而该并发症往往发生在骨搬移的过程中,骨块尚未搬移到位,搬移间隙亦尚未矿化成骨,一旦发生软组织压迫几乎束手无策^[9]。其原因还包括外固定架环的规格限制了术中的选择,无法保持小腿与环之间有足够空隙;以及术中无法精确保证外固定支架与胫骨轴线共线等因素^[19]。

6 小结与展望

目前骨搬移技术已广泛应用于慢性骨髓炎的治疗中,其存在着骨性愈合相关的诸如对合端不愈合、延长间隙矿化成骨不良、外固定架拆除后再骨折等严重并发症,以及钉道感染、邻近关节功能障碍、慢性疼痛、进行性肿胀等非骨性愈合相关的并发症。在术中截骨方式、力线维持,以及术后拆除外固定架时机等关键问题上仍存在较大争议,缺乏统一的标准和认识。但相信随着生物力学、组织工程学等相关学科的发展,以及快速康复理念的深入人心,临床会出

现更多相关并发症的防治策略。

参考文献

- [1] El-Rosasy MA. Acute shortening and re-lengthening in the management of bone and soft-tissue loss in complicated fractures of the tibia[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2007, 89(1): 80-88.
- [2] Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues. Part I. The influence of stability of fixation and soft-tissue preservation[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1989, (238): 249-281.
- [3] Abulaiti A, Yilihamu Y, Yasheng T, et al. The psychological impact of external fixation using the Ilizarov or Orthofix LRS method to treat tibial osteomyelitis with a bone defect[J]. *Injury*, 2017, 48(12): 2842-2846.
- [4] Kendall J, McNally M. Septic Arthritis of the shoulder with proximal humerus osteomyelitis, treated by Ilizarov shoulder arthrodesis[J]. *J Bone Joint Infect*, 2017, 2(2): 90-95.
- [5] Blum AL, BongioVanni JC, Morgan SJ, et al. Complications associated with distraction osteogenesis for infected nonunion of the femoral shaft in the presence of a bone defect: a retrospective series [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2010, 92(4): 565-570.
- [6] Akgun U, Canbek U, Aydogan NH. Masquelet technique versus Ilizarov bone transport for reconstruction of lower extremity bone defects following posttraumatic osteomyelitis[J]. *Injury*, 2018, 49(3): 738.
- [7] 刘亦杨, 沈立锋, 张春, 等. 骨搬运技术治疗下肢长骨干慢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.
LIU YY, SHEN LF, ZHANG C, et al. Analysis and countermeasures of poorly bony union after the operations of bone transport technique in the treatment of chronic osteomyelitis of lower limbs with bone defects[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2018, 31(6): 556-561. Chinese with abstract in English.
- [8] 柴明祥, 臧建成, 吴天昊, 等. 胫骨骨搬运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.
CHAI MX, ZANG JC, WU TH, et al. Causes and management of bone nonunion at the docking sites after tibial bone transport [J]. *Zhonghua Chuang Shang Gu Ke Za Zhi*, 2013, 15(10): 840-844. Chinese.
- [9] 张朕, 黄雷, 徐鹏武, 等. 骨搬运术治疗慢性骨髓炎致下肢长骨骨缺损的并发症分析[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2015, 30(8): 839-842.
ZHANG Z, HUANG L, XU PW, et al. Complications of transport distraction osteogenesis to treat massive leg long bone defects of chronic osteomyelitis[J]. *Zhongguo Gu Yu Guan Jie Sun Shang Za Zhi*, 2015, 30(8): 839-842. Chinese.
- [10] Oh CW, Song HR, Roh JY, et al. Bone transport over an intramedullary nail for reconstruction of long bone defects in tibia [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2008, 128(8): 801-808.
- [11] 郭志民, 上官天丞, 张萌, 等. 骨搬运治疗胫骨骨缺损相关并发症的防治[J]. *中国骨伤*, 2016, 29(8): 756-760.
GUO ZM, SHANGGUAN TC, ZHANG M, et al. Prevention and treatment of the related complications of tibial fractures bone defect by bone transport[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2016, 29(8): 756-760. Chinese with abstract in English.
- [12] Yilihamu Y, Keremu A, Abulaiti A, et al. Outcomes of post-traumatic tibial osteomyelitis treated with an Orthofix LRS versus an Ilizarov external fixator [J]. *Injury*, 2017, 48(7): 1636-1643.
- [13] Maffuli N, Papalia R, Zampogna B, et al. The management of osteomyelitis in the adult[J]. *Surgeon*, 2016, 14(6): 345-360.
- [14] 王景双, 胡思斌, 孙宏辉, 等. Ilizarov 骨搬运技术轴向偏移的临床观察[J]. *中国骨伤*, 2016, 29(1): 73-76.
WANG JS, HU SB, SUN HH, et al. Clinical observation of axial offset after treatment by Ilizarov bone transport technology[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2016, 29(1): 73-76. Chinese with abstract in English.
- [15] Tosounidis TH, Calori GM, Giannoudis PV. The use of Reamer-irrigator-aspirator in the management of long bone osteomyelitis: an update[J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2016, 42(4): 417-423.
- [16] 刘亦杨, 沈立锋, 张春, 等. 锁定加压钢板外固定结合自体髂骨植骨治疗胫骨骨搬运后搬运间隙骨折[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2017, 19(12): 1088-1092.
LIU YY, SHEN LF, ZHANG C, et al. Treatment of tibial transport gap fracture after bone transport by external fixation with locking compression plate and autologous iliac grafting[J]. *Zhonghua Chuang Shang Gu Ke Za Zhi*, 2017, 19(12): 1088-1092. Chinese.
- [17] 林炳远, 郭峭峰, 黄凯, 等. 外固定支架骨搬运技术治疗股骨干骨髓炎大段骨缺损[J]. *中国骨伤*, 2015, 28(9): 850-853.
LIN BY, GUO QF, HUANG K, et al. Treatment of osteomyelitis and bone defect of femoral shaft by external fixation and bone transport [J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2015, 28(9): 850-853. Chinese with abstract in English
- [18] 闻君侠, 刘亦杨, 黄凯, 等. 截骨移位治疗下肢长骨慢性骨髓炎伴骨缺损[J]. *浙江临床医学*, 2018, 20(11): 1784-1786.
WEN JX, LIU YY, HUANG K, et al. Treatment of chronic osteomyelitis with bone defect in long bone of lower limbs by bone transfer technique[J]. *Zhe Jiang Lin Chuang Yi Xue*, 2018, 20(11): 1784-1786. Chinese.
- [19] 刘亦杨, 沈立锋, 郭峭峰, 等. 应用 Ilizarov 技术治疗小腿下段断肢再植术后肢体短缩[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2016, 18(10): 908-912.
LIU YY, SHEN LF, GUO QF, et al. Treatment of shortening deformity after replantation of severed lower leg by Ilizarov technique [J]. *Zhonghua Chuang Shang Gu Ke Za Zhi*, 2016, 18(10): 908-912. Chinese.
- [20] 章莹, 朱昌荣, 肖进, 等. 锁定加压钢板外置在胫骨感染性骨不连治疗中的应用[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2013, 15(7): 563-566.
ZHANG Y, ZHU CR, XIAO J, et al. Treatment of infected nonunion of the tibia using locking compression plate as external fixation [J]. *Zhonghua Chuang Shang Gu Ke Za Zhi*, 2013, 15(7): 563-566. Chinese.
- [21] Jose A, Suranigi SM, Deniese PN, et al. Unstable distal radius fractures treated by volar locking anatomical plates [J]. *J Clin Diagn Res*, 2017, 11(1): RC04-RC08.
- [22] Gulabi D, Eedem M, Cecen GS, et al. Ilizarov fixator combined with an intramedullary nail for tibial nonunions with bone loss: is it effective [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2014, 472(12): 3892-3901.
- [23] Luo F, Wang X, Wang S, et al. Induced membrane technique combined with two-stage internal fixation for the treatment of tibial osteomyelitis defects [J]. *Injury*, 2017, 48(7): 1623-1627.
- [24] Morgenstern M, Post V, Erichsen C, et al. Biofilm formation increases treatment failure in staphylococcus epidermidis device-re-

- lated osteomyelitis of the lower extremity in human patients[J]. *J Orthop Res*, 2016, 34(11):1905-1913.
- [25] 彭瑞健,张永红,李晓辉,等. 手风琴技术用于骨搬运治疗胫骨骨缺损[J]. *中国骨伤*, 2018, 31(9):824-828.
PENG RJ, ZHANG YH, LI XH, et al. Accordion operation for the bone transport in treating tibial bone defect[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2018, 31(9):824-828. Chinese with abstract in English.
- [26] Cavadas PC, Landin L. Treatment of recalcitrant distal tibial nonunion using the descending genicular corticoperiosteal free flap [J]. *J Trauma*, 2008, 64(1):144-150.
- [27] Tulner SA, Strackee SD, Kloen P. Metaphyseal locking compression plate as an external fixator for the distal tibia[J]. *Int Orthop*, 2012, 36:1923-1927.
- [28] 任志勇,徐潭潭,王辉. 胫骨远近端骨膜外截骨延长修复胫骨缺损的临床 X 线研究[J]. *实用手外科杂志*, 2014, 28(3):247-258.
REN ZY, XU TT, WANG H. The clinical imaging study of osteogenic in tibial metaphysis of periosteal osteotomy by external fixation[J]. *Shi Yong Shou Wai Ke Za Zhi*, 2014, 28(3):247-258. Chinese.
- [29] Siebenbürger G, Grabein B, Schenck T, et al. Eradication of acinetobacter baumannii/enterobacter cloacae complex in an open proximal tibial fracture and closed drop foot correction with a multidisciplinary approach using the taylor spatial frame: a case report [J]. *Eur J Med Res*, 2019, 24(1):2.
- [30] Akkurt MO, Demirkale I, Öznur A. Partial calcaneotomy and Ilizarov external fixation may reduce amputation need in severe diabetic calcaneal ulcers[J]. *Diabetic Foot Ankle*, 2017, 8(1):1264699.
- [31] 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.
- [32] 蒋守海,邱东新,董长红,等. 应用 Ilizarov 技术 I 期修复伴有皮肤缺损的胫骨创伤性骨髓炎骨缺损[J]. *中国骨伤*, 2015, 28(12):1125-1128.
JIANG SH, QIU DX, DONG CH, et al. Repairing tibial post-traumatic osteomyelitis with bone and skin defect by Ilizarov technique at stage I [J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2015, 28(12):1125-1128. Chinese with abstract in English.
- [33] Sala F, Thabet AM, Castelli F, et al. Bone transport for postinfectious segmental tibial bone defects with a combined ilizarov/taylor spatial frame technique [J]. *J Orthop Trauma*, 2011, 25(3):162-168.
- [34] 滕星,黄雷,杨胜松,等. 应用混合式外固定支架骨搬运技术治疗胫骨干骺端骨缺损[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2013, 15(10):834-839.
TENG X, HUANG L, YANG SS, et al. Management of bone defects at tibial metaphysis by bone transport technique with inear-circular hybrid external fixators[J]. *Zhonghua Chuang Shang Gu Ke Za Zhi*, 2013, 15(10):834-839. Chinese.
- [35] Lovisetti G, Sala F, Miller AN, et al. Clinical reliability of closed techniques and comparison with open strategies to achieve union at the docking site[J]. *Int Orthop*, 2012, 36(4):817-825.
- [36] Fischgrund J, Paley D, Suter C. Variables affecting time to bone healing during limb lengthening[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1994, (301):31-37.
- [37] Hamahashi K, Uchiyama Y, Kobayashi Y, et al. Delayed methicillin-resistant Staphylococcus aureus-induced osteomyelitis of the tibia after pin tract infection: two case reports [J]. *J Med Case Rep*, 2017, 11(1):23.
- [38] Kliushin NM, Sudnitsyn AS, Subramanyam KN, et al. Management of neurologic deformity of the ankle and foot with concurrent osteomyelitis with the Ilizarov method [J]. *Foot Ankle Int*, 2018, 39(2):226-235.
- [39] Ceroni D, Grumetz C, Desvachez O, et al. From prevention of pin-tract infection to treatment of osteomyelitis during paediatric external fixation [J]. *J Child Orthop*, 2016, 10(6):605-612.
- [40] 钟万润,汪春阳,韩培,等. 外固定支架骨搬运技术 I 期治疗胫骨缺损合并软组织缺损[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2014, 16(11):935-938.
ZHONG WR, WANG CY, HAN P, et al. Simultaneous treatment of tibial bone and soft-tissue defects with bone transport [J]. *Zhonghua Chuang Shang Gu Ke Za Zhi*, 2014, 16(11):935-938. Chinese.
- [41] 中华医学会骨科学分会. 骨科常见疼痛的处理专家建议 [J]. *中华骨科杂志*, 2008, 28(1):78-81.
Orthopaedic Society of Chinese Medical Association. Expert suggestions on the treatment of orthopaedic common pain [J]. *Zhonghua Gu Ke Za Zhi*, 2008, 28(1):78-81. Chinese.
- [42] Utvåg SE, Fuskevåg OM, Shegarfi H, et al. Short-term treatment with COX-2 inhibitors does not impair fracture healing [J]. *J Invest Surg*, 2010, 23(5):257-261.

(收稿日期:2019-04-13 本文编辑:李宜)