

· 综 述 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2023.09.027

网络首发 [https://kns.cnki.net/kcms/detail//50.1097.R.20221228.1515.009.html\(2022-12-29\)](https://kns.cnki.net/kcms/detail//50.1097.R.20221228.1515.009.html(2022-12-29))

胫骨横向搬移治疗难愈性创面的临床研究进展*

颜 玺,王 倩,黄 鑫 综述,简华刚[△] 审校

(重庆医科大学附属第二医院急诊外科,重庆 400010)

[摘要] 慢性难愈性创面有治疗周期长、治疗费用高、治疗效果不佳的特点,已逐渐成为当今医疗界亟须解决的难题。目前临床上常见的治疗措施包括彻底清创、局部抗感染、血管介入、持续负压吸引等方法,然而疗效均不尽如人意。胫骨横向搬移技术是基于 Ilizarov 技术进行的创新,因其在改善下肢血供、重建局部微循环等方面均能起到良好效果,国内越来越多的医师选择该方法治疗慢性难愈性创面。但胫骨横向搬移技术有再发骨折、溃疡复发等问题,且其在促进创面修复的生物学原理、手术方式、术后疗效评价等方面仍未取得共识。本文通过回顾国内外有关胫骨横向搬移治疗难愈性创面的研究,总结该技术的优势、不足及手术相关注意事项,为难愈性创面治疗提供新的思路。

[关键词] 胫骨横向骨搬移; Ilizarov 夫技术; 难愈性创面; 糖尿病足; 缺血性创面; 综述

[中图法分类号] R641 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2023)09-1424-04

Progress of clinical study on the treatment of refractory wound by tibial transverse bone transfer*

YAN Xi, WANG Qian, HUANG Xin, JIAN Huagang[△]

(Department of Emergency Surgery, The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China)

[Abstract] Chronic refractory wounds are characterized by long treatment period, high treatment cost and poor treatment effect, which have gradually become an urgent problem in today's medical field. At present, the common clinical treatment measures include thorough debridement, local anti-infection, vascular intervention, continuous negative pressure suction and other methods, but the curative effect is not satisfactory. Tibial transverse bone transfer technique is an innovation based on Ilizarov technique. Because it can improve the blood supply of lower limbs and reconstruct local microcirculation, more and more physicians in China choose this method to treat chronic refractory wounds. However, tibial transverse bone transfer technique has some problems such as recurrent fracture and ulcer recurrence, and there is still no consensus on its biological principle, surgical method and postoperative efficacy evaluation in promoting wound repair. In this paper, by reviewing the domestic and foreign studies on the treatment of refractory wounds by tibial transverse bone transfer, the advantages and disadvantages of this technique and the matters needing attention in surgery were summarized, so as to provide a new idea for the treatment of refractory wounds.

[Key words] tibial transverse bone transfer; Ilizarov technology; refractory wound; diabetic foot; ischemic wound; review

慢性难愈性创面通常指在伤口愈合过程中因各种原因导致伤口愈合进入病理性炎性反应状态,愈合时间超过 4~6 周的创面^[1]。据统计,全球每年有 1%~2% 的人群正在遭受慢性难愈性创面的折磨,仅美国就有 650 多万确诊病例。慢性难愈性创面不仅给患者造成心理、生理上的巨大负担,而且对社会经济造成巨大损失,美国每年卫生保健系统花费 200 多

亿美元用于治疗慢性难愈性创面。慢性难愈性创面个体伤口差异巨大,一般分为 3 类:腿部血管性溃疡(静脉/动脉缺陷)、压疮和糖尿病创面^[2]。因为绝大多数患者通常合并神经、血管病变,即使经过专业的创面专科护理,仍有很多患者不得不选择截肢^[3]。目前临床上对慢性难愈性创面常见的治疗方法有彻底清创、抗感染、改善循环、减轻局部压力、持续负压吸

* 基金项目:重庆市卫生适宜技术推广项目(2021jstg028)。 作者简介:颜玺(1996—),在读硕士研究生,主要从事急诊外科工作。

[△] 通信作者, E-mail: hgjian@soho.com。

引等,通常只能起到延缓病情进展的作用,截肢率依然很高。在因慢性难愈性创面所致的下肢截肢病例中,糖尿病足是最主要的原因^[4]。除上述常规治疗方法外,还有一部分医师尝试过用高压氧治疗、下肢动脉腔内介入治疗、下肢动脉旁路移植、自体干细胞移植等方法来保全患者肢体^[5],但因为并没有改善创面局部循环,保肢效果均不如人意^[6]。寻找一种新的治疗方法来有效改善难愈性创面局部循环以达到保肢目的,减轻患者治疗费用及痛苦迫在眉睫。胫骨横向骨搬移技术作为一项能有效改善局部血液循环的手术方式,正在被越来越多的医师应用于慢性难愈性创面治疗中。因此,本文就国内外有关胫骨横向搬移治疗难愈性创面的研究进展作一综述,总结这项技术的优势、不足及手术相关注意事项,为难愈性创面治疗提供新的思路。

1 Ilizarov 技术到胫骨横向骨搬移技术的演化

1954年 Ilizarov 教授在使用外固定装置治疗 1 例胫骨骨不连的过程中发现外固定装置可明显减少骨折愈合时间,并发明了用于骨延长的牵张成骨术,在 1968 年通过多次牵张成骨成功治愈了 1 例合并感染性不愈合的胫骨骨折^[7]。在后续实验中 Ilizarov 教授发现这项技术在改善局部微循环上可以取得良好效果,提出了持续牵拉组织可显著促进其再生的主张,并以此为基础开展了一系列通过横向搬移胫骨促进下肢血管再生的动物实验,最终总结出“张力-应力”法则。即如果组织有充足的血液供应^[8],持续缓慢地牵引组织,可以增强细胞的分裂、增殖、合成能力,从而促进组织的新陈代谢,激活组织的自然修复能力,促使骨骼及附着在骨骼上的血管、神经、筋膜、肌肉重新生长^[9]。这项技术相比传统外科治疗的优点是:(1)组织剥离程度较轻,避免创面周围皮肤、血管及肌肉组织遭受过多破坏;(2)无须内固定也可以起到坚强固定的效果,同时因为没有内固定装置,降低了术后感染风险;(3)不同患者可以进行不同的外固定装置设计,在主动调试后可进一步减轻剪切力,使应力均匀分布于多个平面,达到促进骨折愈合的目的^[10]。我国医生在 Ilizarov 教授的动物实验结果基础上,进一步改善了手术术式、方法,并改良了外固定装置,命名为胫骨横向搬移技术^[11]。这项技术的生物学原理为:(1)予以胫骨截骨后,髓内水肿压迫血管的情况得到缓解;(2)机械刺激促进小血管重生,改善局部血供,促进创面修复;(3)胫骨横向搬移对全身干细胞的调动有促进作用,尤其是促进干细胞向损伤组织的募集,参与调解并降低局部炎症反应,改善创面局部微环境,有利于局部干细胞的激活和加速创面修复^[12]。

2 胫骨横向骨搬移术的手术方式

胫骨横向骨搬移的适应证包括:(1)股动脉、股浅动脉开放;(2)胫骨前、后动脉及髂动脉至少 1 条开放;(3)静息状态下踝肱指数 <0.40 或踝关节动脉压

不高于 50 mmHg 或足趾动脉压不高于 30 mmHg^[13]。对于腘动脉及以上的下肢近端血管不畅的患者暂不能开展此项手术。

术前准备包括:(1)监测血糖并评估下肢血管情况,保证血糖波动范围在餐前血糖 <7 mmol/L,餐后血糖 <11 mmol/L;(2)根据创面分泌物结果选用敏感抗生素;(3)患者均行创面坏死组织彻底清创,清创术后常规护理^[14]。

2.1 常规手术方式

在胫骨中上部内侧面作一长约 3.0 cm 的弧形切口,分离组织至骨膜浅面,保证截骨窗大小约为长 5.0 cm、宽 1.5 cm。在微创 4 连孔截骨器的导向下,以 2.5 mm 钻头按确定的骨窗范围行间断打孔,在骨窗上以 2.0 cm 间隔钻孔后,依次固定 1 枚 4 mm 不锈钢针来移动骨块,并以骨刀撬动骨窗保证其活动度良好。在骨窗纵向两端约 2 cm 的胫骨上各固定 1 枚 5 mm 外固定不锈钢针(穿透 2 层皮质),组合安装胫骨横向骨搬移装置^[15]。外固定装置固定后第 5 天开始横向搬移骨窗,每次 0.125 mm,1 d 总计搬动 1 mm,总共搬动 14~21 mm 后结束搬移,复查胫骨 X 线片确定骨搬移距离;维持 5 d 后回纳骨窗,以相同的搬移速度完成复位;维持固定 4~6 周,复查胫骨 X 线片,待骨窗初步愈合后拆除外固定架^[16]。此种手术方式的优点是手术切口较大,术野清晰操作方便;缺点是胫骨中上部组织薄、血运差,对于下肢慢性缺血性疾病患者局部血液循环更差,术区创面恢复能力更弱,有更易感染的风险^[17]。

2.2 经皮微创胫骨截骨术

设定截骨块大小约为 10.0 cm \times 1.5 cm \times 2.0 cm,在胫骨内前方中下段作 3 条长约 3 cm 纵行皮肤切口,切口间隔 2 cm,锐性分离皮下组织至骨膜,依据设定的截骨范围纵行切开骨膜,掀开骨膜后显露截骨区域,在确定的截骨范围周围钻孔,再以骨刀切开骨皮质,截骨过程中保护髓腔内骨内膜的连续性,确定其形成可活动的骨瓣,在预定截骨块上钻入 2 根 3 mm 的不锈钢针用于搬移骨块,在骨窗近、远端平行各钻入 2 根 4 mm 的固定针,组合安装胫骨横向骨搬移装置,标记搬移方向,清洗创面,缝合骨膜、皮下组织及皮肤,术口敷料包扎^[18]。此种手术方式采用微创小切口,避免过多剥离软组织,保护了局部血供,术中出血相对少,后恢复更快。

3 胫骨横向骨搬移技术的疗效分析

3.1 胫骨横向骨搬移改善下肢循环

对于糖尿病足合并下肢动脉硬化闭塞的患者,血管闭塞往往局限于胫动脉和腓动脉的起始段,远端动脉多保持通畅,微循环表现为功能失调但无闭塞,在上游动脉保持通畅的前提下,予以患者胫骨横向搬移治疗,可以通过促进全身分泌炎症介质和重建局部微循环,改善下肢远端微循环的功能状态,从而改善远

端血供^[19]。国内有学者在进行胫骨横向骨搬移治疗糖尿病足的过程中发现骨搬移期间,促进了血管重建、新生,并恢复血清血管生成相关因子表达,如血管内皮生长因子(VEGF)、表皮生长因子(EGF)、血小板源性生长因子(PDGF)表达水平均明显升高,起到了促进创面愈合的作用^[20]。LIU 等^[21]发现胫骨横向骨搬移术后 3 个月,患者溃疡足的微血管数量较术前明显增加,进行胫骨横向骨搬移可使胫骨远端血流增加 7~8 倍,在术后 17 周内,血流持续增加 2~3 倍,明显改善了溃疡足远端血供,有效促进创面愈合。对于髂动脉闭塞的患者,采用胫骨横向骨搬移术可明显提升下肢远端的微循环血管数量,膝关节动脉网血流就可通过增生的微血管网到达足部,解决了远端循环缺血缺氧的问题,达到促进创面愈合的目的^[22]。

3.2 胫骨横向骨搬移治疗骨缺损

AKTUGLU 等^[23]回顾性分析了胫骨横向骨搬移治疗感染或非感染胫骨临界骨缺损的研究,得出结论:无论是否存在骨感染,对于临界尺寸内的骨缺损,胫骨横向骨搬移在截肢率、畸形愈合率、复发感染率、重复压裂率均优于常规清创及抗生素治疗。TETSWORTH 等^[24]对 42 例创伤后胫骨骨不连的患者采用急性缩短/延长或骨搬移进行对照试验,发现对于骨缺损处超过 10 cm 的患者,采取胫骨横向骨搬移治疗在外固定指数、减少并发症及后遗症、影像学效果评估等方面均可获得明显优于急性缩短/延长治疗的临床效果,有效解决了感染性胫骨节段缺损难愈合的临床问题。

3.3 胫骨横向骨搬移治疗创伤后缺血性创面

ZUO 等^[25]在治疗下肢创伤后缺血性创面时,通过将胫骨横向骨搬移治疗与经皮球囊血管成形术治疗作对比,发现胫骨横向骨搬移组在扩张下肢主动脉、提高足背皮温、促进创面肉芽生长、减轻局部疼痛等方面均明显优于经皮球囊血管成形术,证明了胫骨横向骨搬移治疗创伤后缺血创面可有效扩张下肢动脉,激活局部血管生长能力,提高局部皮温,缓解临床症状,促进创面愈合。创伤后缺血性创面皮瓣修复效果差,且创面周围存在广泛的硬化和瘢痕组织,邻近较难取得带蒂皮瓣,如果进行游离皮瓣手术,同样会因为创周缺少通畅的血管,不能显微吻合。因此,对于烧伤后肢体再发的瘢痕创面或创伤后缺血创面,采取胫骨横向骨搬移技术治疗,能更好地达到促进创面愈合的目的^[26]。

3.4 胫骨横向骨搬移治疗糖尿病足

董书男等^[27]通过对 20 例糖尿病足患者进行胫骨横向骨搬移联合负压吸引治疗后发现,胫骨横向骨搬移技术可有效促进下肢血运重建,减少创面分泌物,避免创面液体积聚,减少菌落形成,促进创面肉芽组织生长,减少换药次数,减轻患者负担。余杰等^[28]在对重度糖尿病足患者的治疗中发现,对于合并深部组

织感染或存在潜在腔隙、窦道的患者,行常规治疗后联合胫骨横向骨搬移技术,其抗生素使用时间明显缩短,截肢率明显下降。

3.5 胫骨横向骨搬移治疗骨髓炎

骨髓炎是指化脓性细菌感染骨髓、骨皮质和骨膜引起的炎症性疾病,对于骨髓炎的治疗通常选择手术切除,然后长期静脉注射抗生素^[29]。传统清创术的手术过程中多因担忧过多切除感染灶引发术后骨缺损,而容易出现清创不彻底的情况,导致创面愈合不佳,骨髓炎反复发作。予以胫骨横向骨搬移治疗骨髓炎,在控制血糖、抗感染的基础上进行手术,无论是糖尿病足骨髓炎或创伤后骨髓炎,手术重建的局部微循环给坏死的骨组织提供了新鲜血供,不仅带来了抗炎细胞也提高了抗生素的抗炎效果,从而快速控制感染。在此基础上,炎症介质、炎症细胞重新分化,增强了血管网的再生效应。手术保肢率令人满意,且骨髓炎愈合后再发率较传统手术明显下降^[30]。

4 胫骨横向骨搬移的技术缺陷

回顾国内外进行胫骨横向骨搬移的研究可以发现,胫骨横向骨搬移只能改善肢体远端小、微动脉系统重建,对于大动脉及中动脉重建收效甚微。同时进行胫骨横向骨搬移治疗的过程中存在较多的并发症,可以分为短期和长期两个方面。最常见的即时并发症为外固定装置所带来的疼痛、皮肤刺激^[31]。长期的并发症包括:(1)佩戴外固定支架给患者带来的心理压力及钉道感染,外固定松动导致下肢骨性结构、局部软组织损害;(2)胫骨横向骨搬移后足踝创面皮肤为再生而非瘢痕增生,因此足底皮肤耐磨性仍低于正常组织^[32];(3)深静脉血栓及长骨轴向偏移,需加强术后护理和定期随访下肢 X 线片^[33]。但是随着生物力学测试技术的进步,特别是外固定装置刚度和稳定性方面的提升,可有效减少外固定装置所带来的并发症^[34]。

5 小 结

胫骨横向骨搬移技术治疗下肢难愈性创面,可有效提高血管局部生长能力,改善下肢微循环,达到促进创面修复的目的。相对于传统的清创、血管介入等治疗,其优势有治疗费用低、手术难度小、保肢率高等,同时存在治疗周期较长、溃疡复发、外固定装置损害局部组织等缺点。目前临床上关于胫骨横向骨搬移治疗下肢难愈性创面还没有统一的标准,且其促进下肢微循环重建的生物学机制还有待进一步研究,这都是其广泛应用于临床前需解决的问题。因此,胫骨横向骨搬移技术目前可以作为难愈性创面治疗的一种新思路,近远期疗效及安全性仍需临床试验进一步证实^[33]。

参考文献

[1] ATKIN L. Chronic wounds: the challenges of ap-

- propriate management [J]. *Br J Community Nurs*, 2019, 24(Suppl. 9):26-32.
- [2] LI S, MOHAMEDI A H, SENKOWSKY J, et al. Imaging in chronic wound diagnostics[J]. *Adv Wound Care (New Rochelle)*, 2020, 9(5):245-263.
- [3] TAKAHARA M. Diabetes mellitus and lower extremity peripheral artery disease [J]. *JMA J*, 2021, 4(3):225-231.
- [4] JIANG L, MENDAME EHYA R E. Effectiveness of a collaborative nursing care model for the treatment of patients with diabetic foot disease by transverse tibial bone transport technique: a pilot study[J]. *J Perianesth Nurs*, 2020, 35(1):60-66.
- [5] GERHARD-HERMAN M D, GORNIK H L, BARRETT C, et al. 2016 AHA/ACC guideline on the management of patients with lower extremity peripheral artery disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines[J]. *Circulation*, 2017, 135(12):726-779.
- [6] CONTE M S, BRADBURY A W, KOLH P, et al. Global vascular guidelines on the management of chronic limb-threatening ischemia[J]. *J Vasc Surg*, 2019, 69(Suppl. 6):3-125.
- [7] SPIEGELBERG B, PARRATT T, DHEERENDRA S K, et al. Ilizarov principles of deformity correction[J]. *Ann R Coll Surg Engl*, 2010, 92(2):101-105.
- [8] GUBIN A V, BORZUNOV D Y, MALKOVA T A. The Ilizarov paradigm: thirty years with the Ilizarov method, current concerns and future research [J]. *Int Orthop*, 2013, 37(8):1533-1539.
- [9] BORZUNOV D Y, KOLCHIN S N, MALKOVA T A. Role of the Ilizarov non-free bone plasty in the management of long bone defects and nonunion: problems solved and unsolved [J]. *World J Orthop*, 2020, 11(6):304-318.
- [10] 娄盛涵, 张里程, 唐佩福. Ilizarov 技术治疗骨不连的研究进展[J]. *解放军医学院学报*, 2016, 37(12):1308-1311.
- [11] 曲龙, 王爱林, 汤福刚. 胫骨横向搬移血管再生术治疗血栓闭塞性脉管炎[J]. *中华医学杂志*, 2001, 81(10):622-624.
- [12] 杨永康, 李刚. 胫骨横向骨搬移技术促进微循环再生及组织修复生物学机制的初步探索[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2020, 34(8):964-968.
- [13] HUA Q, ZHANG Y, WAN C, et al. Chinese Association of Orthopaedic Surgeons (CAOS) clinical guideline for the treatment of diabetic foot ulcers using tibial cortex transverse transport technique (version 2020)[J]. *J Orthop Translat*, 2020, 25:11-16.
- [14] YUAN Y, DING X, JING Z, et al. Modified tibial transverse transport technique for the treatment of ischemic diabetic foot ulcer in patients with type 2 diabetes [J]. *J Orthop Translat*, 2021, 29:100-105.
- [15] 镇普祥, 陈炎, 高伟, 等. 应用 Ilizarov 技术胫骨横向骨搬移术治疗合并全身性炎症反应综合征的重度糖尿病足[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2018, 32(10):1261-1266.
- [16] 贾中伟, 余建平, 苏云星, 等. 胫骨横向骨搬移结合负压引流治疗糖尿病足溃疡的临床疗效分析[J]. *中国骨伤*, 2018, 31(3):232-236.
- [17] 刘铮, 许超, 俞益康, 等. 胫骨横向骨搬移技术治疗下肢慢性缺血性疾病的研究进展[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2020, 34(8):994-999.
- [18] 欧栓机, 齐勇, 孙鸿涛, 等. 经皮微创胫骨截骨横向骨搬移术治疗糖尿病足[J]. *中国矫形外科杂志*, 2018, 26(15):1385-1389.
- [19] 王斌, 刘伟, 宫中平, 等. 胫骨横向骨搬移技术的血管条件及重建的探讨[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2020, 34(12):1579-1584.
- [20] 欧栓机, 许长鹏, 李贵涛, 等. 胫骨横向骨搬移对血清血管生成相关因子表达的影响[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2020, 34(1):98-101.
- [21] LIU G, LI S, KUANG X, et al. The emerging role of tibial cortex transverse transport in the treatment of chronic limb ischemic diseases [J]. *J Orthop Translat*, 2020, 25:17-24.
- [22] 王斌, 刘伟, 霍永新, 等. 股-股动脉旁路移植联合胫骨横向骨搬移术治疗下肢动脉硬化闭塞症或合并糖尿病足[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2018, 32(12):1576-1580.
- [23] 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.
- [24] TETSWORTH K, PALEY D, SEN C, et al. Bone transport versus acute shortening for the management of infected tibial non-unions with bone defects [J]. *Injury*, 2017, 48(10):2276-2284.
- [25] ZUO Q, GAO F, SONG H, et al. (下转第 1432 页)

modified rapid-Insufflation ventilatory exchange (THRIVE): a physiological method of increasing apnoea time in patients with difficult airways[J]. *Anaesthesia*, 2015, 70(3): 323-329.

- [25] 邱瑾,段光友,陈兵,等. 经鼻湿化快速充气交换通气:一种新的窒息氧合技术[J]. *局解手术学杂志*, 2021, 30(4): 362-368.
- [26] CHU D I, AGARWAL S. Postoperative complications[M]//DOHERTY G M. *Current diagnosis & treatment: surgery*. 15th ed. New York: McGraw-Hill, 2020.
- [27] KOO C H, PARK E Y, LEE S Y, et al. The effects of intraoperative inspired Oxygen fraction on postoperative pulmonary parameters in patients with general anesthesia: a systemic review and meta-analysis[J]. *J Clin Med*, 2019, 8(5): 583.
- [28] LIM C H, HAN J Y, CHA S H, et al. Effects of high versus low inspiratory oxygen fraction on postoperative clinical outcomes in patients undergoing surgery under general anesthesia: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *J Clin Anesth*, 2021, 75: 110461.

- [29] ZHANG Q F, ZHOU Q H, ZHANG J F, et al. Gentle facemask ventilation during induction of anesthesia[J]. *Am J Emerg Med*, 2020, 38(6): 1137-1140.
- [30] CAJANDER P, EDMARK L, AHLSTRAND R, et al. Effect of positive end-expiratory pressure on gastric insufflation during induction of anaesthesia when using pressure-controlled ventilation via a face mask: a randomised controlled trial[J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2019, 36(9): 625-632.
- [31] WHITE L, THANG C, HODSDON A, et al. Cricoid pressure during intubation: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials[J]. *Heart Lung*, 2020, 49(2): 175-180.
- [32] GAUTIER N, DANKLOU J, BRICHANT J F, et al. The effect of force applied to the left paratracheal oesophagus on air entry into the gastric antrum during positive-pressure ventilation using a facemask[J]. *Anaesthesia*, 2019, 74(1): 22-28.

(收稿日期:2022-06-08 修回日期:2023-01-12)

(上接第 1427 页)

al. Application of Ilizarov transverse tibial bone transport and microcirculation reconstruction in the treatment of chronic ischemic diseases in lower limbs[J]. *Exp Ther Med*, 2018, 16(2): 1355-1359.

- [26] 朱跃良,浦绍全,夏桑,等. Ilizarov 微循环重建技术在创伤后缺血性肢体创面修复中的初步应用[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2020, 34(8): 974-978.
- [27] 董书男,黄东,祝李霖,等. 封闭式负压引流联合胫骨横向骨搬移术治疗难治性糖尿病足[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2020, 34(7): 869-873.
- [28] 余杰,花奇凯,邝晓聪,等. 胫骨横向骨搬移联合牛鼻子引流术治疗重度糖尿病足溃疡[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2021, 35(8): 984-988.
- [29] JOHNSON M J, SHUMWAY N, BIVINS M, et al. Outcomes of limb-sparing surgery for osteomyelitis in the diabetic foot: importance of the histopathologic margin [J/OL]. *Open Forum Infectious Diseases*, 2019, 6(10): ofz382 [2022-07-11]. <https://doi.org/10.1093/ofid/ofz382>.

- [30] 林震迅. 胫骨横向骨搬移术治疗足部骨髓炎 100 例疗效分析[D]. 南宁: 广西医科大学, 2018.
- [31] MIRAJ F, NUGROHO A, DALITAN I M, et al. The efficacy of ilizarov method for management of long tibial bone and soft tissue defect [J]. *Ann Med Surg (Lond)*, 2021, 68: 102645.
- [32] 王栋,张永红,贺国宇,等. 胫骨横向骨搬移术结合抗生素骨水泥治疗下肢慢性缺血性疾病伴足踝部慢性感染[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2020, 34(8): 979-984.
- [33] HOSNY G A, SINGER M S, HUSSEIN M A, et al. Refracture after Ilizarov fixation of infected ununited tibial fractures-an analysis of eight hundred and twelve cases[J]. *Int Orthop*, 2021, 45(8): 2141-2147.
- [34] BLIVEN E K, GREINWALD M, HACKL S, et al. External fixation of the lower extremities: biomechanical perspective and recent innovations[J]. *Injury*, 2019, 50(Suppl. 1): 10-17.

(收稿日期:2022-10-18 修回日期:2022-12-28)