

· 临床报道 ·

# Ilizarov 技术治疗复杂跟骨骨髓炎合并骨缺损

陈江非<sup>1</sup>, 王新卫<sup>1</sup>, 张磊<sup>1</sup>, 郭冉冉<sup>1</sup>, 钟文龙<sup>1</sup>, 严培军<sup>2</sup>

(1. 河南省洛阳正骨医院/河南省骨科医院, 河南 洛阳 471002;

2. 江苏省中医院, 江苏 南京 210029)

**摘 要** **目的:**观察 Ilizarov 技术治疗复杂跟骨骨髓炎合并骨缺损的临床疗效及安全性。**方法:**2015 年 6 月至 2020 年 2 月采用 Ilizarov 技术治疗复杂跟骨骨髓炎合并骨缺损患者 7 例, 均为男性。年龄 35 ~ 67 岁, 中位数 44 岁。病程 6 ~ 52 个月, 中位数 8 个月。既往手术次数 2 ~ 6 次, 中位数 4 次。骨髓炎 Cierny - Mader 分型均为 IV 型(弥散型), 跟骨骨缺损范围大于跟骨的 1/3。采用美国足与踝关节协会(American Orthopaedic Foot and Ankle Society, AOFAS)踝与后足评分标准评价踝关节功能, 随访观察骨髓炎复发及并发症发生情况。**结果:**所有患者均顺利完成治疗。患者佩戴 Ilizarov 固定架时间 23 ~ 49 周, 中位数 24 周。所有患者均获随访, 随访时间 12 ~ 36 个月, 中位数 18 个月。术前 AOFAS 评分 31 ~ 59 分, 中位数 42 分。术后 12 个月 AOFAS 踝与后足评分 74 ~ 94 分, 中位数 84 分, 优 2 例、良 4 例、可 1 例。1 例清创术中怀疑距骨坏死, 未立即安装 Ilizarov 固定架, 清创术后感染未控制, 发射单光子计算机断层扫描显示距骨坏死, 二次手术清创、行胫骨截骨骨搬运术, 最终胫骨、距骨、跟骨融合良好; 1 例骨搬运后足弓高度恢复不佳, 需调整并继续佩戴 Ilizarov 固定架, 但患者因针道处疼痛而拒绝继续佩戴固定架。至末次随访时, 所有患者均未出现神经或血管损伤症状, 且骨髓炎未复发。**结论:**Ilizarov 技术治疗复杂跟骨骨髓炎合并骨缺损, 可以较好地恢复患足功能、防止骨髓炎复发, 且安全性较高。

**关键词** 伊利扎罗夫技术; 跟骨; 手术后并发症; 骨髓炎; 骨缺损

跟骨骨髓炎是跟骨手术的常见并发症, 多需进行清创治疗, 但操作不当容易导致骨髓炎复发, 而反复清创容易造成大范围骨缺损, 最终影响患肢运动功能。跟骨骨髓炎合并骨缺损的治疗方法较多, 常用的有病灶清除载抗生素生物陶瓷(磷酸钙、硫酸钙等)填充术、一期或二期植骨术、Masquelet 技术, 以及病灶清除腓肠神经血管皮瓣移植、腓骨瓣游离移植、腓骨短肌肌瓣移植、腓动脉组织瓣移植、腓动脉穿支皮瓣移植等。自体骨移植存在骨组织来源有限和易造成供区损伤等缺点, 因此不适合治疗大范围的骨缺损。同种异体骨的骨组织来源充足, 且容易获取, 但其植骨融合效果不理想, 远期容易出现应力性骨折和骨不连<sup>[1]</sup>。Masquelet 技术修复跟骨骨缺损的效果较好, 但该技术对局部软组织的条件要求较高。腓骨肌瓣或肌皮瓣修复跟骨骨缺损, 不能恢复跟骨的解剖结构, 远期容易影响足部的负重功能, 且臃肿的皮瓣影响足部感觉及外观。Ilizarov 技术在骨科临床的应用范围广泛, 但是有关该治疗骨髓炎合并骨缺损的报道较为少见。2015 年 6 月至 2020 年 2 月, 我们采用 Ilizarov 技术治疗复杂跟骨骨髓炎合并骨缺损患者

7 例, 并对其临床疗效及安全性进行了观察, 现报告如下。

## 1 临床资料

本组 7 例, 均为在河南省洛阳正骨医院(河南省骨科医院)住院治疗的跟骨骨髓炎合并骨缺损患者。均为男性。年龄 35 ~ 67 岁, 中位数 44 岁。病程 6 ~ 52 个月, 中位数 8 个月。所有患者均有足部损伤手术史, 均符合术后感染的诊断标准<sup>[2]</sup>, 骨髓炎 Cierny - Mader 分型<sup>[3]</sup>均为 IV 型(弥散型), 跟骨骨缺损范围大于跟骨的 1/3。均排除骨髓炎急性发作者, 跟骨骨骺未闭合者, 合并全身感染性疾病者, 长期使用免疫抑制剂者, 严重肝肾功能障碍者, 重度骨质疏松者。患者详细资料见表 1。

表 1 7 例复杂跟骨骨髓炎合并骨缺损患者的临床资料

序号	性别	年龄/岁	病程/月	既往手术次数/次	细菌培养结果
1	男	42	7	5	金黄色葡萄球菌
2	男	60	9	4	金黄色葡萄球菌
3	男	44	8	3	溶血性葡萄球菌
4	男	50	6	3	大肠杆菌
5	男	67	7	2	大肠杆菌
6	男	35	13	4	阴沟肠杆菌
7	男	42	52	6	铜绿假单胞菌

## 2 方 法

**2.1 治疗方法** 所有患者术前均根据细菌培养及药敏试验结果应用敏感抗生素治疗 3 d。术前常规进行影像学检查,明确跟骨缺损范围、计算骨搬移长度、设计 Ilizarov 固定架进针点,并组装 Ilizarov 固定架。

采用腰硬联合麻醉,患者取仰卧位,患肢使用止血带,常规消毒铺巾。经创面或窦道口注入稀释的亚甲蓝标记感染范围,去除骨水泥等内固定物,彻底清除感染的骨质及坏死的软组织,凿除硬化骨质至骨面有新鲜出血为止。从术中切除的骨质及软组织中选取部分样本进行细菌培养及病理学检查。用双氧水和生理盐水反复冲洗术区。清理后再次消毒,更换手术器械、无菌巾及无菌手套。根据跟骨缺损情况设计跟骨或胫骨截骨平面,行跟骨或胫骨微创截骨。将踝关节置于中立位安装 Ilizarov 固定架,采用克氏针及半钉固定。无软组织缺损者,放置引流管,闭合切口。软组织缺损范围较大,无法闭合切口者,用凡士林纱布填充。

术后常规进行抗感染治疗,并注意预防下肢深静脉血栓形成。保持克氏针清洁,防止针道感染。术后 5~7 d 开始调整 Ilizarov 固定架行骨搬移,每日 1 mm,分 3~4 次进行。搬移过程中注意观察患肢血液循环情况,根据搬移后局部软组织张力改变及成骨情况调整搬移速度。开放切口 2~3 d 更换 1 次凡士林纱布。

嘱患者定期来院复查,发现异常情况及时就医。佩戴 Ilizarov 固定架期间适度进行功能锻炼,避免患肢完全负重锻炼。佩戴 Ilizarov 固定架后 2~3 个月,根据牵张成骨情况去除固定架,患肢开始部分负重锻炼,待影像学检查结果提示骨质愈合良好后再进行完全负重锻炼。

**2.2 疗效及安全性评价方法** 采用美国足与踝关节协会(American Orthopaedic Foot and Ankle Society, AOFAS)踝与后足评分标准<sup>[4]</sup>评价踝关节功能,90~100 分为优、75~89 分为良、50~74 分为可、< 50 分为差。随访观察骨髓炎复发及并发症发生情况。

## 3 结 果

所有患者均顺利完成治疗和随访,患者佩戴 Ilizarov 固定架时间、随访时间、AOFAS 踝与后足评分见表 2。术后 12 个月,优 2 例、良 4 例、可 1 例。1 例清创术中怀疑距骨坏死,未立即安装 Ilizarov 固定架,清创术后感染未控制,发射单光子计算机断层扫描显

示距骨坏死,二次手术清创、行胫骨截骨骨搬移术,最终胫骨、距骨、跟骨融合良好;1 例骨搬移后足弓高度恢复情况不佳,需调整并继续佩戴 Ilizarov 固定架,但患者因针道处疼痛而拒绝继续佩戴固定架。至末次随访时,所有患者均未出现神经或血管损伤症状,且骨髓炎未复发。典型病例图片见图 1、图 2。

表 2 7 例复杂跟骨骨髓炎合并骨缺损患者的治疗结果

序号	佩戴 Ilizarov 固定架时间/周	随访时间/月	美国足与踝关节协会踝与后足评分/分	
			术前	术后 12 个月
1	47	16	42	79
2	24	12	38	84
3	23	18	46	90
4	49	14	31	74
5	28	21	59	94
6	24	24	44	86
7	24	36	33	77

## 4 讨 论

跟骨周围皮下组织薄弱,具有“皮包骨”的特点,且跟骨内部多为松质骨,病菌容易潜伏在骨小梁形成的腔隙中,甚至透过腔隙扩散到整个跟骨<sup>[5]</sup>。由于跟骨解剖结构特殊,跟骨骨髓炎的治疗较为困难,存在疗程长、费用高、病情顽固且易复发等问题。跟骨骨折术后局部感染容易扩散,需要大范围清除坏死组织,可造成跟骨骨质缺损,若感染未控制,需要多次清创,可能会部分或全部切除跟骨,严重时截肢。手术是治疗骨髓炎的有效方法,术中彻底清除感染坏死组织可以避免骨髓炎复发。手术治疗跟骨骨髓炎,术中切除跟骨骨质时应谨慎操作,既要彻底清除坏死骨质防止感染扩散,又要保留足够骨质维持残留骨端的稳定性。

跟骨骨髓炎合并骨缺损的治疗,主要目的是控制感染、恢复足的负重和行走功能。足跟部的形态可影响步态,因此治疗跟骨骨缺损时应注意尽量恢复其形态<sup>[6]</sup>。生物陶瓷作为可生物降解的抗生素载体,已在骨科临床应用多年<sup>[7]</sup>。有研究<sup>[8-10]</sup>发现,采用硫酸钙人工骨治疗慢性骨髓炎,拔除引流管后局部仍有渗出,直到人工骨完全吸收后渗出物才消失,这一现象可能与人工骨在体内的降解速度、机体的免疫排斥反应等有关。在控制感染的同时良好保持跟骨的完整性,有利于患肢功能恢复。Masquelet 技术治疗跟骨骨髓炎合并骨缺损,可以在控制感染的同时修复骨缺损<sup>[11-12]</sup>。但是自体骨移植的骨吸收风险较高,远期容

易出现骨不连和应力性骨折<sup>[13-14]</sup>。此外, Masquelet 技术对软组织的条件要求较高, 需要良好的软组织覆盖整个填充物<sup>[15]</sup>。带血管蒂腓骨移植术修复跟骨骨缺损的效果良好, 但是其与 Masquelet 技术一样对软组织的条件要求较高, 且其对供区的损伤较大<sup>[16-18]</sup>。腓动脉蒂复合组织瓣逆行转位术是治疗跟骨髓炎的有效方法, 但是其操作复杂, 且不适用于治疗大范围的骨缺损<sup>[19]</sup>。

将踝关节固定于中立位行骨搬运术, 有助于维持患侧关节的稳定性。由于足跟部皮肤的弹性较差, Ilizarov 固定架上应尽量应用直径较小的克氏针, 减轻对局部皮肤的损伤。跟骨的形状不规则, 进行骨搬运时应注意跟骨体后部及跟骨结节部骨缺损的恢复情况, 必要时通过调整 Ilizarov 固定架来恢复足弓的形态。Ilizarov 固定架的不足之处在于需要长期佩戴, 以及有针道感染风险。指导患者在佩戴 Ilizarov 固定架期间适当锻炼, 可以提高骨搬运效果, 有利于缩短治

疗周期。当影像检查显示有连续的骨小梁通过搬运段骨缺损区时, 即可去除 Ilizarov 固定架。在不能确定去除 Ilizarov 固定架是否安全时, 可以松开搬运段的固定针, 观察患足负重锻炼后是否出现异常, 确定无异常后再去除 Ilizarov 固定架。

Ilizarov 技术具有操作相对简单, 对骨移植的需求较少, 且手术成本相对较低等优点。Ilizarov 技术的理论基础是张力-应力理论, 即通过持续、缓慢、稳定地牵引产生张力, 从而刺激组织的再生或生长, 最终达到使拉伸的骨骼和软组织再生和重建的目的。Ilizarov 固定架主要通过圆环和连杆为患肢提供稳定性, 其良好的固定效果有利于患者早期进行功能锻炼, 可以促进骨质愈合<sup>[20-21]</sup>。Ilizarov 技术治疗经久难愈的创面, 可以通过微血管再生改善血液循环, 促进创面愈合<sup>[22]</sup>。佩戴 Ilizarov 固定架期间应定期复查, 可以根据影像学等检查结果调整固定架。

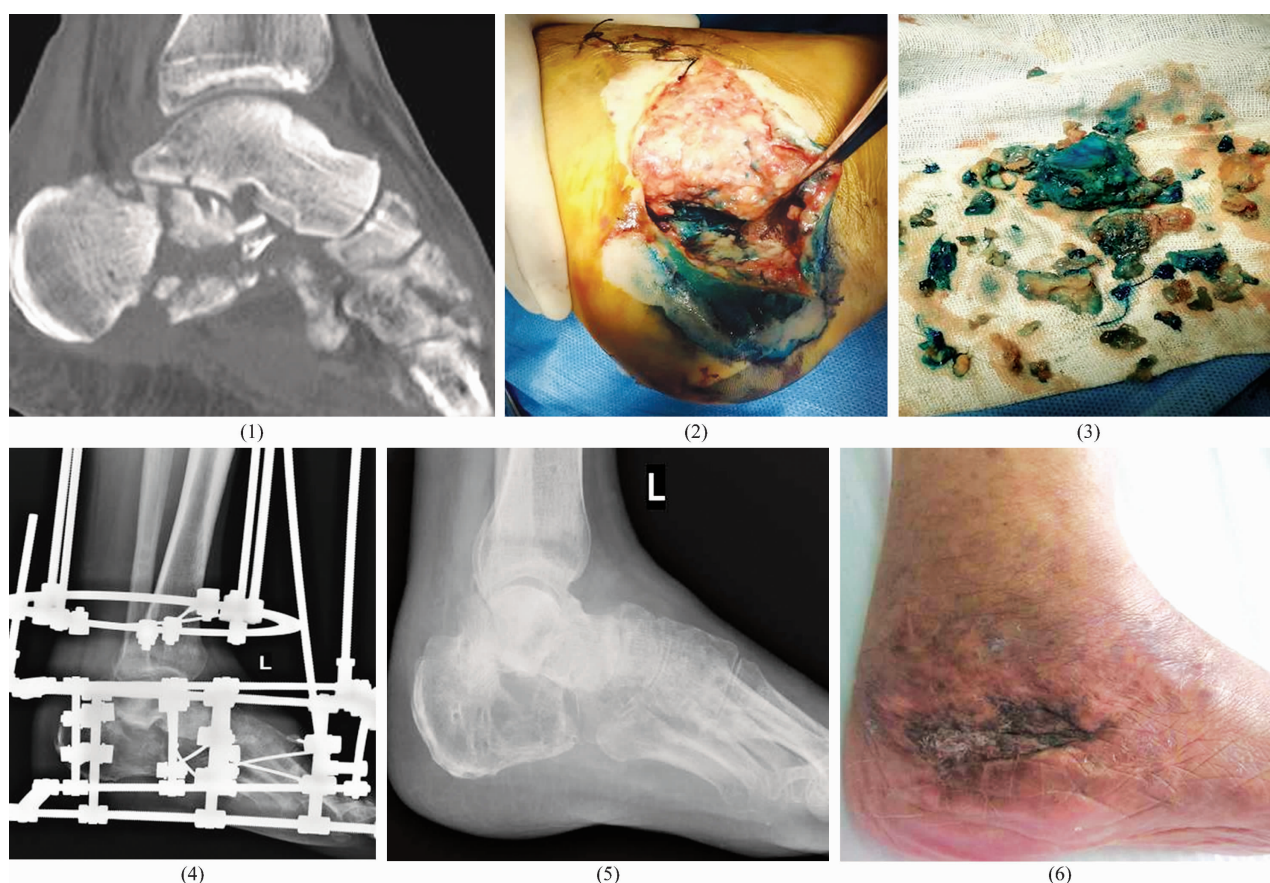


图 1 左侧复杂跟骨髓炎合并骨缺损患者 Ilizarov 技术治疗前后图片

注: (1) 术前 X 线片显示足跟部窦道形成, 跟骨骨质不连续; (2) 术前经创面注入亚甲蓝染色; (3) 术中清除的感染骨质; (4) 术后 5 个月 X 线片显示跟骨截骨处骨搬运情况良好; (5) 术后 6 个月 X 线片显示骨缺损恢复; (6) 术后 12 个月足跟部创面愈合。



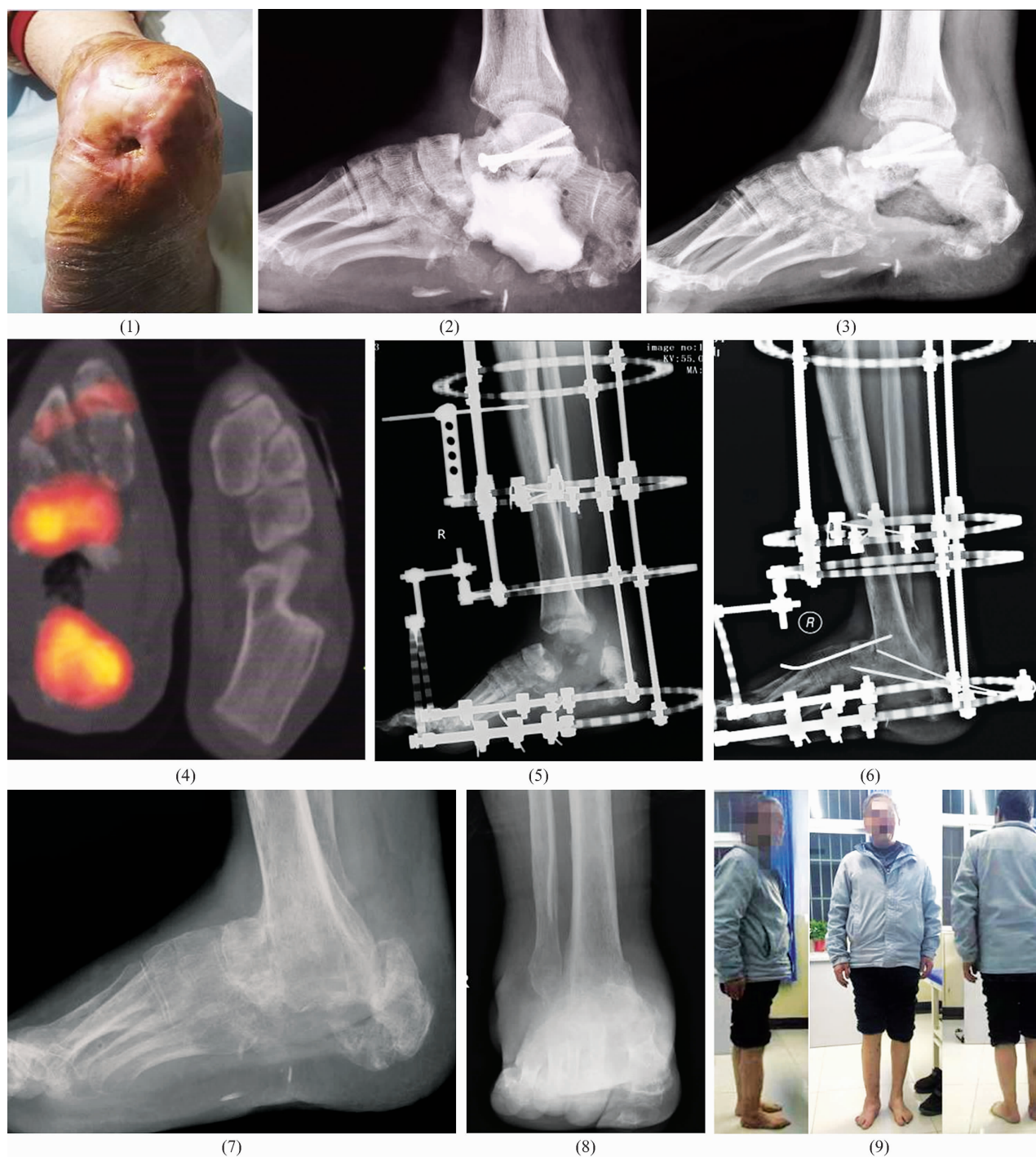


图 2 右侧复杂跟骨骨髓炎合并骨缺损患者 Ilizarov 技术治疗前后图片

注:(1)术前足跟部有窦道形成;(2)术前 X 线片显示跟骨缺损,局部有骨水泥填充;(3)清创术后即刻 X 线片显示骨水泥彻底清除;(4)清创术后发射单光子计算机断层扫描检查显示距骨坏死;(5)二次手术后 1 周,X 线片显示胫骨截骨处骨搬移情况良好;(6)二次手术后 12 个月,X 线片显示胫骨、距骨、跟骨融合良好;(7)(8)(9)二次手术后 3 年,X 线片显示跟骨骨质愈合良好,足部可负重行走。

Ilizarov 技术治疗复杂跟骨骨髓炎合并骨缺损的优点:①多数患者可通过一次手术完成病灶清理及骨与软组织重建;②可良好恢复足跟部外观,且可以避免皮瓣移植造成的穿鞋困难;③新生骨的质量较高,感染或坏死风险较低<sup>[23]</sup>;④可良好恢复足跟部负重

功能,能够避免自体骨移植带来的供区损伤。但 Ilizarov 技术治疗复杂跟骨骨髓炎合并骨缺损也有不足之处:①需要定期观察固定架是否松动,骨搬移段骨质是否生长;②固定架的体积较大,会影响患者行走,且针道处长期疼痛会影响患者的心理健康;③针

道处护理不当有感染风险;④需要患者良好配合,如定时调整固定架及规范进行功能锻炼等。

本组患者治疗结果显示,Ilizarov 技术治疗复杂跟骨骨髓炎合并骨缺损,可以较好地恢复患足功能、防止骨髓炎复发,且安全性较高。但是我们认为,Ilizarov 技术并不适用于所有类型的跟骨骨髓炎患者,对于骨质破坏范围较小的患者,可选择肌皮瓣移植、载抗生素生物陶瓷填充、骨水泥填充、自体骨移植等方法治疗。

## 参考文献

- [1] GUBIN A V, BORZUNOV D Y, MARCHENKOVA L O, et al. Contribution of G. A. Ilizarov to bone reconstruction: historical achievements and state of the art [J]. *Strategies Trauma Limb Reconstr*, 2016, 11(3): 145 – 152.
- [2] 中华医学会骨科学分会创伤骨科学组, 中华医学会骨科学分会外固定与肢体重建学组, 中国医师协会创伤外科医师分会创伤感染专家委员会, 等. 中国骨折内固定术后感染诊断与治疗专家共识(2018 版) [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2018, 20(11): 929 – 936.
- [3] AZAR F M, BEATY J H, CANALE S T. 坎贝尔骨科手术学(第 2 卷·骨病骨肿瘤) [M]. 唐佩福, 王岩, 卢世壁, 译. 13 版. 北京: 北京大学医学出版社, 2018: 723.
- [4] 胡永成, 邱贵兴, 马信龙, 等. 骨科疾病疗效评价标准 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2012: 231 – 232.
- [5] 李树源, 周琦石, 黄学员, 等. 带蒂腓肠神经营养皮瓣联合诱导膜技术治疗跟骨骨髓炎的疗效分析 [J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2019, 34(4): 354 – 357.
- [6] DEMIRALP B, EGE T, KOSE O, et al. Amputation versus functional reconstruction in the management of complex hind foot injuries caused by land – mine explosions: a long-term retrospective comparison [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2014, 24(4): 621 – 626.
- [7] FERGUSON J, DIEFENBECK M, MCNALLY M. Ceramic biocomposites as biodegradable antibiotic carriers in the treatment of bone infections [J]. *J Bone Jt Infect*, 2017, 2(1): 38 – 51.
- [8] JIANG N, ZHAO X Q, WANG L, et al. Single – stage debridement with implantation of antibiotic – loaded calcium sulphate in 34 cases of localized calcaneal osteomyelitis [J]. *Acta Orthop*, 2020, 91(3): 353 – 359.
- [9] 周江军, 杨俊, 赵敏, 等. 一期彻底清创负载抗生素硫酸钙治疗跟骨骨髓炎 [J]. *生物骨科材料与临床研究*, 2017, 14(2): 49 – 51.
- [10] 颜瑞健, 张春, 郭峭峰, 等. 载抗生素硫酸钙结合自体骨 I 期植骨治疗慢性跟骨骨髓炎 [J]. *中国骨伤*, 2014, 27(10): 854 – 857.
- [11] 杜虎羽, 刘君, 郭志坚, 等. 应用 Masquelet 技术治疗跟骨骨髓炎的临床研究 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2017, 25(15): 1435 – 1437.
- [12] 李树源, 周琦石, 黄学员, 等. 带蒂腓肠神经营养皮瓣联合诱导膜技术治疗跟骨骨髓炎的疗效分析 [J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2019, 34(4): 354 – 357.
- [13] WANG X, LUO F, HUANG K, et al. Induced membrane technique for the treatment of bone defects due to post – traumatic osteomyelitis [J]. *Bone Joint Res*, 2016, 5(3): 101 – 105.
- [14] ATEF A, EL – TANTAWY A. Management of open infected comminuted tibial fractures using Ilizarov concept [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2014, 24(3): 403 – 408.
- [15] AZI ML, TEIXEIRA A A A, COTIAS R B, et al. Induced – membrane technique in the management of posttraumatic bone defects [J]. *JBJS Essent Surg Tech*, 2019, 9(2): e22.
- [16] OZOLS D, BLUMS K, KRUMINS M, et al. Entire calcaneus reconstruction with pedicled composite fibular growth plate flap in a pediatric patient [J]. *Microsurgery*, 2021, 41(3): 280 – 285.
- [17] REN G H, LI R, HU Y, et al. Treatment options for infected bone defects in the lower extremities: free vascularized fibular graft or Ilizarov bone transport? [J]. *J Orthop Surg Res*, 2020, 15(1): 439.
- [18] CAI G, LIU W, XIONG J, et al. Functional reconstruction of hindfoot with total calcaneus and talus loss by ilizarov technique: a case report [J]. *J Foot Ankle Surg*, 2020, 59(1): 142 – 148.
- [19] 王新卫, 张磊, 万明才, 等. 腓动脉蒂复合组织瓣逆行转位治疗跟骨骨髓炎骨与软组织缺损 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2017, 19(3): 256 – 260.
- [20] 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. Ilizarov [J]. *World J Orthop*, 2020, 11(6): 304 – 318.
- [21] QUINNAN S M. Segmental bone loss reconstruction using ring fixation [J]. *J orthop trauma*, 2017, 31 Suppl 5: S42 – S46.
- [22] 朱跃良, 徐永清, 秦泗河. Ilizarov 器械、技术和哲学蠡测 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2018, 32(10): 1238 – 1240.
- [23] 朱跃良, 浦绍全, 夏燊, 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.

(收稿日期: 2022-04-25 本文编辑: 郭毅曼)