

· 综 述 ·

胫腓骨感染性骨缺损治疗的研究现状[△]

焦振华, 刘飞*, 范文浩, 闫秀中

(日照市中医医院矫形骨科, 山东日照 276800)

摘要: 骨缺损常由高能量损伤、开放性损伤合并感染、骨原发、继发性肿瘤、骨髓炎手术清创、先天性骨骼发育异常等导致。随着人类社会进步和人民生活水平不断提高, 小腿复杂开放性骨折患者也呈逐年增多趋势。因胫腓骨特殊的解剖位置及特征, 外伤性、开放性粉碎性骨折, 导致胫腓骨骨缺损在骨缺损病例中占较大比例。而复杂开放性胫腓骨骨折, 传统治疗方法为二期严格清创复位, 二期行植骨、内/外固定治疗, 由于创面污染较重、软组织坏死缺损, 后期易进展为感染性骨缺损。目前, 对于胫腓骨感染性骨缺损治疗方式有许多种, 但各技术均有利弊。本文拟对国内外胫腓骨感染性骨缺损治疗研究现状作一综述, 为临床医生采用适当的治疗方法处理胫腓骨感染性骨缺损提供参考, 最大程度有益于患者治疗, 减轻患者病痛。

关键词: 胫腓骨, 感染性骨缺损, Papineau 技术, Masquelet 技术, Ilizarov 技术

中图分类号: R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 06-0541-06

Current research on treatment of infected tibiofibular bone defects // JIAO Zhen-hua, LIU Fei, FAN Wen-hao, YAN Xiu-zhong.
Orthopedic Department, Rizhao Hospital of Traditional Chinese Medicine, Rizhao 276800, China

Abstract: Bone defects are often caused by high-energy injury, open injury combined with infection, primary and secondary bone tumors, surgical debridement of osteomyelitis, and congenital skeletal dysplasia. With the progress of human society and the continuous improvement of people's living standards, the number of patients with complex open fracture of the lower leg is also increasing year by year. Due to the special anatomical position and characteristics of the tibia and fibula, traumatic and open comminuted fractures lead to bone defects of the tibia and fibula, which account for a large proportion of bone defects. However, the traditional treatment for complex open tibia and fibula fractures is strict debridement and fracture reduction in the first stage, and bone grafting and internal or external fixation in the second stage. Due to heavy wound contamination and soft tissue defect, it is prone to be infectious bone defect in the later stage. At present, there are many treatment methods for infected tibiofibular bone defects, but each technique has advantages and disadvantages. This article aims to review the current research status of treatment of infected tibiofibular bone defects at home and abroad, so as to provide a necessary reference for clinicians to handle the infected tibiofibular bone defects in the proper ways, which is beneficial to the patients to the greatest extent and reduce the pain of patients.

Key words: tibia and fibula, infectious bone defect, Papineau technique, Masquelet technique, Ilizarov technique

骨缺损指骨的结构完整性被破坏, 导致骨折畸形愈合、延迟愈合甚至不愈合, 单纯采用内、外固定手术治疗效果较差。骨缺损常由高能量损伤、开放性损伤合并感染、骨原发、继发性肿瘤、骨髓炎手术清创、先天性骨骼发育异常等导致。因胫腓骨特殊的解剖位置及特征, 外伤性、开放性粉碎性骨折, 导致胫腓骨骨缺损在骨缺损病例中占较大比例。有研究表明, 开放性骨折内固定术后感染的发生率 1%~55%^[1]; 感染率与损伤程度呈正比^[2]。而复杂开放性胫腓骨骨折, 一期虽经严格清创复位, 由于创面污染

较重、软组织坏死缺损, 后期易进展为感染性骨缺损。由于胫腓骨感染性骨缺损病例数量不断增多, 国内外学者越来越关注胫腓骨感染性骨缺损的治疗研究^[3]。目前, 治疗方法有 Papineau 技术、Masquelet 诱导膜技术联合外科手术自体骨和异体骨移植、Ilizarov 外固定架技术、组织工程技术和基因治疗及生长因子、物理治疗法的辅助治疗等。但各技术均有利弊, 如何根据患者自身原因制定最优方案, 最大程度提高患者生活质量? 因此, 本文拟对国内外胫腓骨感染性骨缺损治疗研究现状作一综述, 从而为胫腓

DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2024.06.11

[△]基金项目: 经皮浓缩自体骨髓注射促进骨延长区成骨作用的临床研究项目(编号: 2018WS349)

作者简介: 焦振华, 硕士研究生, 研究方向: 骨创伤修复, (电话)18906333579, (电子信箱)564182706@qq.com

* 通信作者: 刘飞, (电话)18963372068, (电子信箱)397733026@qq.com

骨感染性骨缺损患者接受更完善的治疗提供必要参考。

1 胫腓骨骨折易发展为感染性骨缺损骨折不愈合的原因

随着人类社会不断进步和人民生活水平不断提高, 出行交通工具汽车的普及, 车祸发生率提高, 小腿复杂开放性骨折患者逐年增多。因小腿特殊的解剖: 胫腓骨属于长骨且胫骨前内侧缺乏肌肉组织, 软组织覆盖较表浅, 胫骨中下 1/3 交界处骨折断端营养血管易断裂, 骨折断端血运较差, 复杂开放性粉碎性胫腓骨骨折常合并小腿软组织碾挫伤、骨折块大范围缺损污染失活, 传统治疗为一期急诊清创手术, 清除损伤坏死的软组织、污染较重失活的游离骨块, 彻底清创后应用内/外固定装置固定骨折端; 但完全清创后会造成创面软组织、骨折断端骨缺损, 因创面软组织缺损、骨折端外漏、创面污染较重后期演变成感染性骨缺损、关节僵硬、畸形愈合^[4]的可能性也较高, 后期处理起来也比较困难。感染灶常为多重耐药菌、混合菌感染, 单纯应用抗生素难以控制, 效果较差, 往往需要多次清创才好转。但是反复清创也会产生许多问题: 较多的坏死骨组织被清除, 会导致断端骨质缺损, 会出现骨折延迟愈合甚至不愈合, 尤其是复杂创伤性开放性骨折合并大面积软组织坏死后合并骨与软组织感染、大段骨缺损治疗难度更大, 处理不当会有截肢风险^[5]。

2 胫腓骨感染性骨缺损治疗研究现状

胫腓骨感染性骨缺损, 多由高能量损伤引起胫腓骨开放性骨折, 创面污染重, 后期出现骨感染导致, 是骨科难题之一。胫腓骨髓炎和骨肉瘤手术切除等可引起的胫腓骨骨缺损, 严重影响患者的生活质量。目前, 绝大多数开放性胫腓骨骨折合并局部软组织碾挫伤传统处理方法是一期急诊手术清创旷置、覆盖辅料引流或 Vsd 覆盖封闭负压吸引, 术后联合应用敏感抗生素预防感染治疗, 待局部组织愈合、炎症消退后二期行植骨、内/外固定治疗。然而, 由于严重创伤后机体会产生应激反应, 导致机体免疫力低下, 开放伤口易受到细菌入侵, 易发生术后感染、骨髓炎, 若感染控制不佳, 骨折愈合延迟、不愈合、骨坏死, 进而演变成胫腓骨感染性骨缺损。

2.1 Papineau 技术

1973 年, Papineau 率先提出一种治疗长骨感染

性假关节的分期手术方案, 被称为 Papineau 技术, 治疗过程分为 3 期: (1) 行严格扩大清创术清除坏死骨和软组织, 保证清创后软组织、骨组织绝对正常, 后应用合适外固定装置固定患肢, 同时术中提取分泌物送细菌培养和药敏实验, 选用骨组织穿透性较强且根据培养结果选用敏感有针对性的抗生素抗感染治疗, 术后患处定期换药或应用 Vsd 覆盖封闭持续负压吸引^[2, 6]; (2) 待患处创口基底部长出新鲜肉芽组织后, 于骨缺损处皮下植入自体的松质骨颗粒; (3) 创面被新鲜肉芽组织填充后即可关闭创口 (如果软组织缺损范围较大, 可行游离皮瓣覆盖缝合创口)^[7]。

Papineau 技术植骨后创面旷置, 随着肉芽组织增生填充创面, 局部上皮化, 创面逐渐愈合, 若创面较大可植皮覆盖。有学者指出, Papineau 技术可用于长度 <4.0 cm 骨缺损, 超过 4.0 cm 的骨缺损一般不建议应用^[8, 9]。自体骨因良好的组织相容性, 不产生免疫排斥反应, 且具有良好的骨诱导、附着性及通透性等特性, 可防止微生物附着及繁殖, 从而降低局部感染率^[10], 是目前最好的植骨材料^[11]。在处理骨折断端时可以保留不规则未失活骨组织, 可以减少骨缺损长度及范围, 还可增大骨折创面, 利于骨折愈合^[12]。

Papineau 技术相比其他技术, 操作简单, 引流充分, 通过提供良好的生长环境及生物活性更有利于局部组织生长, 促进骨折愈合; 同时应用自体骨移植, 避免出现排斥反应, 也能增强局部组织的抗感染能力^[13]。但该技术也存在一定弊端: 开放创面再次感染的概率相对较高; 使用范围相对有限, 适用于 <4.0 cm 感染性骨缺损的治疗; 植骨量、骨吸收情况都需要考虑到; 恢复时间较长, 治疗花费也比较高^[14], 有时需多种技术共同治疗。

2.2 Masquelet 诱导膜技术

Masquelet 诱导膜技术: 应用抗生素-骨水泥填充骨缺损部位, 利用骨水泥异物特性, 效诱导骨水泥填充部位出现膜结构^[15], 从而利于缺损的修复。Muhlhauser 等^[16]研究指出, 具有丰富血管网的诱导膜, 保证后期植入骨组织有良好的血运营养支持, 减少移植骨再吸收风险, 且能促进松质骨成骨并皮质化, 促进愈合。诱导膜能分泌与骨膜相似的结构和生长因子, 可诱导成骨细胞成骨, 促进骨的再生与骨折愈合^[17, 18]; 此外, 诱导膜有包裹、固定移植骨的作用, 防止局部发生松动, 降低骨吸收及不愈合风险^[17, 19]。Masquelet 膜诱导技术成功与否与多种因素密切相关^[20], 包括诱导膜活性、完整性、植骨质量、骨缺损断端稳定性等。抗生素-骨水泥组成: 根

据病变感染程度一般每 40.0 g 骨水泥混合 2.0~4.0 g 万古霉素, 最多可混合 10.0 g 万古霉素。要注意控制抗生素使用量, 过量使用会出现相关药物毒性损伤^[21]; 黄进成等^[22] 建议骨水泥与万古霉素的比例不能大于 5:1, 抗生素过量使用有肾损伤风险, 同时也会影响骨水泥的塑形强度, 影响愈合。

Masquelet 膜诱导技术治疗胫腓骨感染性骨缺损方法: 术前完善患肢胫腓骨全长正侧位 X 线、CT 检查, 必要时完善 MRI 检查, 评估病损情况; 一期麻醉成功后, 患处彻底清创后, 再次术区常规消毒, 将抗生素-骨水泥混合物填充于胫骨缺损处, 诱导形成具有丰富血管网的膜结构, 配合稳定的外固定器保证填充后断端的稳定性, 直至骨缺损处软组织愈合良好、同时局部、血相关炎症指标正常, 感染得到控制; 二期手术取出填充物, 同时诱导膜内应用自体骨移植, 填充骨缺损, 可配合应用合适内固定以加强断端稳定性, 若创面缺损软组织范围较大可予以软组织创面覆盖^[23]; 对于植骨不足、骨缺损较大患者二期也可应用髓内钉内固定治疗^[21], 可避免骨折延迟愈合及再骨折的发生^[13]。Cho 等^[24] 提出, 对于多发节段骨缺损二期时可应用部分植骨配合明胶海绵填充, 可相对减少植骨量。

Masquelet 膜诱导技术较其他技术的优势: 操作相对简单, 创伤相对较小, 骨缺损部位应用抗生素-骨水泥填充, 可持续局部抗感染治疗, 控制感染; 诱导膜有较丰富的血管系统, 能分泌与骨膜相似的结构和生长因子, 骨折愈合也较快; 较 Papineau 技术二期需植骨量相对较少。但也存在相对不足: 诱导膜有赖于患者自体膜结构, 移植骨存在一定的被吸收可能; 二期手术取出抗生素-骨水泥填充物时会破坏原有、形成的诱导膜结构, 影响骨折愈合, 治疗周期会一定程度延长。

2.3 Ilizarov 外固定骨搬移技术

Ilizarov 骨搬移术基于张力-应力法则^[25], 通过缓慢持续牵拉作用, 刺激缺损两端局部组织细胞分裂增生, 使缺损部位骨、软组织再生, 治疗骨、软组织缺损^[26], 同时可治疗多种合并症^[27]。曹建明等^[28] 研究指出, Ilizarov 技术在治疗骨缺损的同时能够促进软组织缺损恢复及创面愈合。

Ilizarov 外固定骨搬移技术手术方法: 术前完善患肢胫腓骨全长正侧位 X 线、CT 检查, 必要时完善 MRI 检查, 通过影像学检查评估骨缺损长度、设计合适外固定方案, 术前即组装消毒备用, 可明显缩短手术时间减少术后并发症。严格遵守无菌原则, 彻底

清创, 清除坏死骨、软组织, 保证骨端有良好血运前提下尽可能减少截骨、减少骨缺损。术中安装外固定装置方法: 于胫骨远近端及足踝相应位置分别穿入固定的全针或半针, 近端穿针时注意保护腓总神经。保证截骨断端活性在干骺端平面进行截骨。搬移骨段应用平行针固定, 若患者跟腱张力较大可行适度跟腱松解。分别在胫骨的近端及远端干骺端各安放 2 个全环, 搬移部位骨段应用 1 个全环^[28], 最后连接固定外环形固定器, 确保截骨段三维固定, 避免在搬移过程中发生骨端偏移。术后 1 周左右开始进行骨搬移, 一般每天延长 1 mm (即 1 个螺纹距), 分 4~6 次进行。术后第 1 d 开始每天进行针道护理, 避免感染和松动; 术后 7、14、21、30、45、60、90 d 定期进行患肢正侧位 X 线片检查, 评估骨搬移恢复情况及患肢力线, 若不理想及时调整外固定装置, 直至骨搬移结束。

Ilizarov 骨搬移技术治疗胫腓骨感染性骨缺损相较于其他技术的优势: 应用外固定支架手术创伤较小; 骨段搬移同时缺损皮肤也可延长^[29]; 因该技术通过缓慢持续牵拉作用, 使缺损部位骨、软组织再生, 一般不需大量植骨, 避免大量取骨而造成其他部位损伤; 应用全针或半针损伤小, 可避免骨膜大范围剥离, 血运干扰小, 保证骨折端血运, 骨延迟愈合或骨不连发生率也较低; 外固定装置操作空间较大 (术后亦可根据恢复情况进行调整), 内外翻、旋转或成角等畸形愈合发生率相对较低, 可最大程度恢复患肢功能; 但 Ilizarov 骨搬移技术也存在相应的缺点: Ilizarov 骨搬移术骨搬移过程较慢, 搬移过快会出现血管及神经危像, 一般经过一段时间搬移后需暂停搬移^[30]; 骨搬移是外固定系统不合适会出现轴向偏移, 若骨折端应力集中则会导致再次骨折^[31]; 术后患者需多次复诊, 治疗周期也相对较长; 由于克氏针切割皮肤及肌肉组织、患处长期外固定造成克氏针张力丢失等可引起针道感染、钢针松动。若关节周围固定可诱发关节僵直、关节感染。

2.4 新型组织工程材料置入技术

随着医疗水平的不断进步, 越来越多新的技术被应用于治疗胫腓骨感染性骨缺损。新型可吸收生物载体联合 3D 打印技术可利用生物载体的可吸收、强抗菌能力及诱导成骨作用, 极低的置入物周围感染率 (infection around implants, IAI), 配合 3D 打印技术, 满足患者胫腓骨感染性骨缺损的个体性差异, 能够最大程度解决各种技术短板。但因为高昂的治疗费用, 常不被予以采用。近期有学者利用 Ag⁺ 和 Co²⁺ 的显

著抗菌特性,制成由钴、银纳米颗粒和生物陶瓷 β -磷酸三钙 (β -TCP) 组成的新型多功能置入物 ($\text{Ag@Co}/\beta$ -TCP), 并通过体外细胞实验表明 $\text{Ag@Co}/\beta$ -TCP 具有良好的生物相容性和促细胞生长能力, 可使该置入物在不使用抗生素的条件下达到抗菌和成骨的目的^[32]。但该技术目前尚未应用于临床治疗中。

3 小 结

胫腓骨感染性骨缺损处理不当有截肢的风险^[13], 有多种治疗方式, 手术方式也各有利弊。笔者认为对于骨折端软组织覆盖良好、血运供应良好的感染性胫腓骨骨缺损的植骨首选是自体骨移植。对于胫腓骨感染性骨缺损的治疗, 最根本最重要的是彻底规范清创, 保证失活软组织、骨组织彻底清除, 选用敏感抗生素抗感染治疗, 这才能为后续的处理提供必要的条件, 否则预后也较差。感染控制后根据患者个体化差异, 多学科协作^[33], 选取最优方案, 才能最大程度提高患者生活质量。对于简单胫腓骨骨折合并骨髓炎, 可应用 Papineau 技术治疗; 胫腓骨感染性骨缺损长度较大 (<4.0 cm)、合并小范围软组织缺损的可采用 Masquelet 膜诱导技术治疗; 而对于胫腓骨感染性骨缺损长度>4.0 cm、合并大范围软组织缺损的可优先考虑采用 Ilizarov 骨搬移技术治疗, 可以减少植骨的创伤, 避免骨量不足的问题。笔者认为 Ilizarov 骨搬移技术由于有手术创伤小、骨段搬移同时患肢缺损皮肤也可延长、外固定装置操作空间较大等优点, 应首先予以考虑, 必要时可 Ilizarov 骨搬移技术联合 Masquelet 膜诱导技术^[34]、Ilizarov 骨搬移技术联合 Papineau 技术治疗。但胫腓骨远近端感染性骨缺损治疗时需要注意观察膝关节、踝关节的功能, 避免关节僵直及跟腱挛缩等并发症发生, 而影响患肢功能恢复。随着医疗技术不断进步, 若患者条件允许, 新型药物支架、骨延长区域注射促细胞生长因子、经皮浓缩自体骨髓等也可应用到胫腓骨感染性骨缺损的治疗中, 缩短治疗周期。

参考文献

[1] Aidan H, Heppert VG, Suda AJ. Osteomyelitis [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2013, 133 (9): 1183-1196. DOI: 10.1007/s00402-013-1785-7.
[2] 姜楠, 覃承诃, 余斌. 骨折内固定术后感染抗生素治疗的新进展 [J]. 中国矫形外科杂志, 2015, 23 (16): 1489-1492. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2015.16.10.

Jiang N, Qin CK, Yu B. Current antibiotic treatment options for fracture implant-associated infection [J]. Orthopedic Journal of China, 23 (16): 1489-1492. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2015.16.10.
[3] Zhou CH, Ren Y, Song HJ, et al. One-stage debridement and bone transport versus first-stage debridement and second-stage bone transport for the management of lower limb post-traumatic osteomyelitis [J]. J Orthop Transl, 2021, 28: 21-27. DOI: 10.1016/j.jot.2020.12.004.
[4] Jain AK, Sinha S. Infected nonunion of the long bones [J]. Clin Orthop Relat Res, 2005, 431: 57-65. DOI: 10.1097/01.blo.0000152868.29134.92.
[5] Schmolders J, Koob S, Schepers P, et al. Lower limb reconstruction in tumor patients using modular silver-coated megaprotheses with regard to perimegaprosthesis joint infection: a case series, including 100 patients and review of the literature [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2017, 137 (2): 149-153. DOI: 10.1007/s00402-016-2584-8.
[6] Landersdorfer CB, Bulitta JB, Kinzig M, et al. Penetration of antibacterials into bone: pharmacokinetic, pharmacodynamic and bioanalytical considerations [J]. Clin Pharmacokinet, 2009, 48 (2): 89-124. DOI: 10.2165/00003088-200948020-00002.
[7] 祝勇刚, 张大伟, 赵广跃, 等. 抗生素骨水泥联合自体骨移植及环形外固定架修复骨髓炎后胫骨缺损 [J]. 中国组织工程研究, 2015, 19 (25): 3942-3946. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2015.25.002.
Zhu YG, Zhang DW, Zhao GY, et al. Post-osteomyelitis posterior tibial bone defects repaired with antibiotic bone cement combined with autologous bone graft and Ilizarov external fixator [J]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 2015, 19 (25): 3942-3946. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2015.25.002.
[8] Deng Z, Cai L, Jin W, et al. One-stage reconstruction with open bone grafting and vacuum-assisted closure for infected tibial nonunion [J]. Arch Med Sci, 2014, 10 (4): 764-772. DOI: 10.5114/ao.ms.2013.34411.
[9] Bao T, Han F, Xu F, et al. Papineau technique combined with vacuum-assisted closure for open tibial fractures: clinical outcomes at five years [J]. Int Orthop, 2017, 41 (11): 2389-2396. DOI: 10.1007/s00264-017-3620-1.
[10] Sen MK, Miclau T. Autologous iliac crest bone graft: should it still be the gold standard for treating nonunions [J]. Injury, 2007, 38 (Suppl 1): S75-80. DOI: 10.1016/j.injury.2007.02.012.
[11] 李霞, 徐永清. 骨组织工程在感染性骨缺损的临床应用 [J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2013, 28 (5): 498-500. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2013.05.053.
Li X, Xu YQ. Clinical application of bone tissue engineering in infectious bone defects [J]. Chinese Journal of Bone and Joint Injury, 2013, 28 (5): 498-500. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2013.05.053.
[12] 刘福尧, 潘圆, 董志军, 等. 骨搬移技术治疗下肢长骨骨缺损的并发症 [J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28 (20): 1910-1912.

- DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.20.21.
- Liu FY, Pan Y, Dong ZJ, et al. Complications of bone transfer in the treatment of long bone defects in the lower limbs [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2020, 28 (20): 1910-1912. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.20.21.
- [13] 王伟, 李文波, 张亚强, 等. 感染性骨缺损的诊断与临床治疗进展 [J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2022, 37 (3): 331-334. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2022.03.034.
- Wang W, Li WB, Zhang YQ, et al. Progress in diagnosis and clinical treatment of infectious bone defects [J]. *Chinese Journal of Bone and Joint Injury*, 2022, 37 (3): 331-334. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2022.03.034.
- [14] 杨华清, 章耀华, 杨云, 等. Ilizarov 技术治疗马蹄内翻足的手术技巧与治疗原则 [J]. *中国临床医生杂志*, 2021, 49 (8): 886-890. DOI: 10.3969/j.issn.2095-8552.2021.08.002.
- Yang HQ, Zhang YH, Yang Y, et al. Classification and surgical treatment strategies of talipes equinovarus [J]. *Chinese Clinical Doctor*, 2021, 49 (8): 886-890. DOI: 10.3969/j.issn.2095-8552.2021.08.002.
- [15] 张超, 李文波, 孙英杰, 等. 感染性骨缺损的手术治疗现状 [J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2017, 32 (10): 1116-1118. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2017.10.043.
- Zhang C, Li WB, Sun YJ, et al. Current status of surgical treatment for infectious bone defects [J]. *Chinese Journal of Bone and Joint Injury*, 2017, 32 (10): 1116-1118. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2017.10.043.
- [16] Mhlhuser J, Winkler J, Babst R, et al. Infected tibia defect fractures treated with the Masquelet technique [J]. *Medicine*, 2017, 96 (20): e6948. DOI: 10.1097/MD.0000000000006948.
- [17] 丁国成, 刘欣伟, 刘兵, 等. 膜诱导技术结合被覆抗生素骨水泥髓内钉治疗下肢感染性骨缺损 [J]. *中华骨科杂志*, 2018, 38 (9): 530-535. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2018.09.004.
- Ding GC, Liu XW, Liu B, et al. Masquelet technique combined with antibiotic coated intramedullary nail fixation for the treatment of lower limb infected bone defects [J]. *Chinese Journal of Orthopaedics*, 2018, 38 (9): 530-535. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2018.09.004.
- [18] Verboket RD, Leiblein M, Janko M, et al. From two stages to one: acceleration of the induced membrane (Masquelet) technique using human acellular dermis for the treatment of non-infectious large bone defects [J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2020, 46 (2): 317-327. DOI: 10.1007/s00068-019-01296-x.
- [19] 傅景曙, 汪小华, 吴宏日, 等. 膜诱导技术结合锁定加压钢板外置治疗胫骨感染性骨缺损 [J]. *中华骨科杂志*, 2018, 38 (9): 536-541. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2018.09.005.
- Fu JS, Wang XH, Wu HR, et al. Induced membrane technique combined with locking compression plate for the treatment of tibia infected defects [J]. *Chinese Journal of Orthopaedics*, 2018, 38 (9): 536-541. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2018.09.005.
- [20] 殷渠东, 顾三军, 孙振中, 等. Masquelet 技术体外制作骨水泥堵塞物治疗骨缺损的临床应用 [J]. *中华创伤杂志*, 2016, 32 (4): 370-372. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2016.04.019.
- Yin QD, Gu SJ, Sun ZZ, et al. Clinical application of Masquelet in vitro for the production of bone cement fillers for the treatment of bone defects [J]. *Chinese Journal of Traumatology*, 2016, 32 (4): 370-372. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2016.04.019.
- [21] 徐永清, 范新宇. Ilizarov 技术和 Masquelet 技术在长骨大段骨缺损治疗中的应用比较 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2019, 21 (8): 733-736. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2019.08.017.
- Xu YQ, Fan XY. Comparison of Ilizarov and Masquelet techniques in the treatment of long bone defects [J]. *Chinese Journal of Orthopaedic Trauma*, 2019, 21 (8): 733-736. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2019.08.017.
- [22] 黄进成, 刘曦明, 蔡贤华, 等. Masquelet 技术治疗感染性骨缺损的研究进展 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2017, 25 (20): 1867-1871. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2017.20.10.
- Huang JC, Liu XM, Cai XH, et al. Current research in Masquelet technology for the treatment of infected bone defect [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2017, 25 (20): 1867-1871. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2017.20.10.
- [23] Zhang LF, Lu CY, Lv YQ, et al. Three-dimensional printing-assisted masquelet technique in the treatment of calcaneal defects [J]. *Orthop Surg*, 2021, 13 (3): 876-883. DOI: 10.1111/os.12873.
- [24] Cho JW, Kim J, Cho WT, et al. Circumferential bone grafting around an absorbable gelatin sponge core reduced the amount of grafted bone in the induced membrane technique for critical-size defects of long bones [J]. *Injury*, 2017, 48 (10): 2292-2305. DOI: 10.1016/j.injury.2017.08.012.
- [25] 秦泗河, 郭保逢, Catagni MA. Ilizarov 技术在欧洲的传播发展 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2023, 31 (11): 961-966. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.11.01.
- Qin SH, Guo BF, Catagni MA. Advances of Ilizarov technique in Europe [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2023, 31 (11): 961-966. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.11.01.
- [26] 臧建成, 秦泗河. 从 Wolff 定律和 Ilizarov 张力-应力法则到骨科重建理念 [J]. *中国骨伤*, 2013, 26 (4): 287-290. DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2013.04.007.
- Zang JC, Qin SH. From Wolff law, Ilizarov technology to Natural Reconstruction theory [J]. *China Journal of Orthopaedics and Traumatology*, 2013, 26 (4): 287-290. DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2013.04.007.
- [27] Kinik H, Kalem M. Ilizarov segmental bone transport of infected tibial nonunions requiring extensive debridement with an average distraction length of 9.5 centimetres. Is it safe [J]. *Injury*, 2021, 52 (8): 2425-2433. DOI: 10.1016/j.injury.2019.12.025.
- [28] 曹建明, 张庆喜, 尹志改, 等. Ilizarov 外固定架骨搬移技术联合皮瓣、VSD 技术治疗胫骨长段骨缺损及骨外露的疗效分析 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2016, 24 (6): 563-566. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2016.06.17.
- Cao JM, Zhang QX, Yin ZG, et al. Analysis of the effect of Ilizarov external fixator combined with skin flap and VSD in the treatment of long tibial bone defects and bone exposure [J]. *Orthopedic Jour-*

- nal of China, 2016, 24 (6) : 563-566. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2016.06.17.
- [29] 杨永强, 李军, 万值颖, 等. Ilizarov 技术治疗下肢长骨感染性骨缺损 [J]. 中华骨科杂志, 2018, 38 (9) : 542-548. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2018.09.006.
- Yang YQ, Li J, Wan ZY, et al. Clinical research of Ilizarov technique for treatment of lower limb infected bone defect [J]. Chinese Journal of Orthopaedics, 2018, 38 (9) : 542-548. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2018.09.006.
- [30] Wu YW, Yin QD, Rui YJ, et al. Ilizarov technique: Bone transport versus bone shortening-lengthening for tibial bone and soft-tissue defects [J]. J Orthop Sci, 2018, 23 (2) : 341-345. DOI: 10.1016/j.jos.2017.12.002.
- [31] Li G, Virdi AS, Ashhurst DE, et al. Tissues formed during distraction osteogenesis in the rabbit are determined by the distraction rate: localization of the cells that express the mRNAs and the distribution of types I and II collagens [J]. Cell Biol Int, 2000, 24 (1) : 25-33. DOI: 10.1006/cbir.1999.0449.
- [32] 何帅, 刘昱辰, 韩秋阳, 等. 载银/钴 β -磷酸三钙的抗菌性能评估及其应用于感染性骨缺损治疗研究 [J]. 功能材料, 2022, 53 (10) : 10032-10038. DOI: 10.3969/j.issn.1001-9731.2022.10.005.
- He S, Liu YC, Han QY, et al. Ag and Co elements endow beta-tricalcium phosphate with the boosted bactericidal ability for bone defect contagion therapy [J]. Journal of Functional Materials, 2022, 53 (10) : 10032-10038. DOI: 10.3969/j.issn.1001-9731.2022.10.005.
- [33] Bauer S, Bouldouyre MA, Ouffla A, et al. Impact of a multidisciplinary staff meeting on the quality of antibiotherapy prescription for bone and joint infections in orthopedic surgery [J]. Med Mal Infect, 2012, 42 (12) : 603-607. DOI: 10.1016/j.medmal.2012.09.005.
- [34] 曾文容, 陈卫, 陈志达, 等. 环形外固定和膜诱导治疗胫骨近端感染性骨缺损 [J]. 中国矫形外科杂志, 2022, 30 (13) : 1234-1237. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.13.19.
- Zeng WR, Chen W, Chen ZD, et al. Circular external fixator combined with membrane induction for postoperative infectious bone defect secondary to internal fixation of proximal tibia fractures [J]. Orthopedic Journal of China, 2022, 30 (13) : 1234-1237. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.13.19.

(收稿:2023-06-15 修回:2024-01-12)

(同行评议专家: 史永安, 周振宇)

(本文编辑: 宁桦)

读者 · 作者 · 编者

本刊网站新增骨关节健康教育版块

本刊网站作为杂志的重要传播平台, 一直致力于促进专业学术进步。同时, 我们还承担着社会责任。为更好地将本刊资源服务于新时代社会主义建设事业, 服务于全民健康, 近期, 本刊网站将新增骨关节健康教育版块, 以促进全民自我健康管理, 养成科学生活习惯, 科学健身运动, 预防和减少骨关节损伤和疾病, 理性就医。

新版块主要由骨关节健康视频和小贴士组成, 我们将采用生动、直观的视频和短文形式, 通过形象化展示和简洁明快的语言, 使得复杂的医学概念和知识易于被公众理解和接受, 从而了解如何正确地进行骨关节保健, 享受更健康、更舒适的生活。

我们诚挚邀请各位骨科同仁积极参与此版块的建设, 贡献您的体验与经历, 只有广大同行专家的热心参与, 新版块才能持续发展。我们也诚挚期待公众提出宝贵的意见和建议, 只有大家的参与和支持, 才能引起更多的关注和共鸣, 使这个新的版块真正发挥其价值和意义, 起到更好的传播效果。

感谢您的关注和支持, 让我们一起为健康中国贡献力量。

敬请关注《中国矫形外科杂志》网站, <http://jxwk.ijournal.cn>

《中国矫形外科杂志》编辑部

2024 年 2 月 4 日