doi:10.11659/jjssx.07E019165

·临床研究·

Masquelet 技术二期髓内钉固定重建术治疗胫骨感染性骨缺损

贾 超,喻胜鹏,吴宏日,沈 杰,谢 肇 (陆军军医大学第一附属医院骨科,重庆 400038)

[摘 要] **目的** 探讨 Masquelet 技术二期髓内钉固定重建术治疗胫骨感染性骨缺损的临床疗效。**方法** 回顾性分析 2013 年 6 月至 2017 年 12 月我院应用 Masquelet 技术行二期髓内钉固定重建术治疗的 53 例胫骨感染性骨缺损患者的临床资料。所有患者在一期清创术后应用抗生素骨水泥填塞骨缺损并稳定断端,二期手术取出抗生素骨水泥,更换固定器械为髓内钉,诱导膜内充分植骨。随访观察术后感染复发率、骨愈合率及并发症发生情况。**结果** 所有患者术后随访 15~66 个月,平均(46.3±11.5)个月,均无感染复发、轴线偏移、再骨折现象。51 例(96.2%)骨愈合;2 例(3.8%)出现肥大性骨不连,翻修辅助重建锁定钢板后均愈合;1 例(1.9%)出现髂后供骨区切口感染。**结论** 胫骨感染性骨缺损应用 Masquelet 技术二期髓内钉固定重建术可获得良好的临床疗效,具有增加稳定性、减少植骨量、避免轴线偏移等优势。

[关键词] 感染;胫骨;骨缺损;骨重建;髓内钉;Masquelet 技术

[中图分类号] R681.2;R681.8;R687.3 [文献标识码] A [收稿日期] 2019-07-28

Masquelet technique for reconstruction of infected tibial defects with intramedullary nail in the second stage

JIA Chao, YU Sheng-peng, WU Hong-ri, SHEN Jie, XIE Zhao (Department of Orthopedics, First Hospital Affiliated to Army Medical University, Chongqing 400038, China)

Abstract: Objective To evaluate the clinical effect of Masquelet technique for reconstruction of infected tibial bone defect with intramedullary nail in the second stage. **Methods** The clinical data of 53 patients suffered with infected tibial bone defect from June 2013 to December 2017 in our hospital were retrospectively analyzed. In the first stage, the defects were stabilized with antibiotic-loaded bone cement after

[基金项目] 国家自然科学基金面上项目(81672160);国家重点研发计划项目(2016YFC1102005)

[通信作者] 谢 肇,E-mail:xiezhao54981@163.com

[6] Lee JW, Choi BJ, Nam OH, et al. Minimal invasive treatment using patient-specific template for pediatric mandibular fracture: "Wing-splint" by CAD/CAM technology[J]. Brit J Oral Max Surg, 2016, 55(3): 1140. doi:10.1016/j.bjoms.2017.01.004.

[7] Oliveira MR, Fernandes D, Gabrielli MA, et al. Pathological mandibular fracture associated with diffuse large B-cell lymphoma in HIV-positive patient[J]. J Craniofac Surg, 2016, 27(8): 2084-2087. doi:10.1097/SCS.0000000000003058.

[8] 鄢荣曾,骆丹媚,秦晓宇,等. 3D 打印制作个性化下颌骨三维网状修复体支架数字化建模方法的研究[J]. 中华口腔医学杂志,2016,51(5):280-285. doi:10.3760/cma.j.issn.1002-0098.2016.05.006.

[9] 范 军. 下颌骨骨折应用钛板坚强内固定治疗的对比分析[J]. 贵州医药,2016,40(4):383-384. doi:10.3969/j.issn.1000-744X.2016.04.018.

[10] 王建忠,谷永成,蔡晓芳,等. 下颌骨骨折内固定术临床疗效及对颞下颌关节功能的影响[J]. 西南国防医药,2016,26(8):904-906. doi:10.3969/j.issn.1004-0188.2016.08.028.

[11] 苏凤花,黄主宝. 一种新型张口训练装置的设计与应用[J]. 医疗卫生装备,2017,38(12):37-39. doi:10.7687/j.issn1003-8868.2017.12.037.

[12] 杨 悦,李 楠,安金刚,等. 髁突骨折患者术后下颌运动康复训练的效果评价[J]. 中华创伤杂志,2013,29(10):937-939. doi:10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2013.10.010.

[13] 赵 旻,刘 琳. 耳屏前拐杖切口内固定治疗下颌骨髁状突低位骨折的效果[J]. 齐鲁医学杂志,2015,30(6):745. doi:10.13362/j.qlyx.201506045.

[14] 欧洪波,刘 芳,张 宇,等. 医院口腔颌面部骨折患者的临床特征分析及治疗效果调查[J]. 现代生物医学进展,2015,15(26):5139-5142. doi:10.13241/j.cnki.pmb.2015.26.036.

[15] 张余生,张春燕,周院庭,等. CBCT 在颌骨骨折诊断中的应用[J]. 口腔颌面外科杂志,2017,27(3):207-210. doi:10.3969/j.issn.1005-4979.2017.03.012.

[16] 赵 璧,尹 林,张继生,等. 下颌骨髁突骨折早期康复治疗的疗效[J]. 江苏医药,2014,40(15):1803-1805. doi:10.19460/j.cnki.0253-3685.2014.15.027.

[17] 郑 聪,刘 蔚,彭小玲,等. 不同治疗方法下的下颌骨髁状突骨折患者的细节管理效果[J]. 解放军护理杂志,2017,34(10):66-68. doi:10.3969/j.issn.1008-9993.2017.10.016.

[18] 赵 坤,姚忠军,杨 帆. 下颌骨骨折 78 例临床疗效观察[J]. 口腔颌面外科杂志,2017,27(3):185-188. doi:10.3969/j.issn.1005-4979.2017.03.007.

(编辑:杨 颖)

debridement. In the second stage, the antibiotic cement was removed, the fixation instrument was replaced by intramedullary nail, with adequate bone grafting. The recurrence of infection, bone healing and complications were observed. **Results** All patients were followed up for 15 ~ 66 months, with an average of (46.3 ± 11.5) months, no recurrence of infection, axis deviation nor re-fracture was found. Among all patients, 51 patients(96.2%) had bone union, 2 patients(3.8%) had hypertrophic nonunion, who were treated by revision combined with reconstructive locking plate, and 1 patient(1.9%) had incision infection in the posterior iliac donor site. **Conclusion** Masquelet technique for reconstruction of infected tibial bone defect with intramedullary nail in the second stage has a good clinical effect, which has the advantages of enhancing stability, reducing bone graft volume and avoiding axis deviation.

Keywords: infection; tibia; bone defect; bone reconstruction; intramedullary nail; Masquelet technique

感染性骨缺损多由严重创伤、手术感染或骨髓炎引起,发生部位以胫骨多见[1]。控制感染、重建骨缺损、恢复肢体功能是感染性骨缺损治疗的最终目标。Masquelet 技术是一种感染性骨缺损治疗方法,分两期进行,一期手术为彻底清创,以抗生素骨水泥填充骨缺损区,在骨水泥周围诱导形成高生物活性的诱导膜;二期手术是在 6 ~ 8 周后取出骨水泥,在诱导膜内植入松质骨,通过诱导膜内松质骨较快成骨并皮质化来修复骨缺损[2]。传统的 Masquelet 技术两期手术均使用外固定支架以提供稳定性,但不是坚强固定,植骨术后易松动,进而导致骨不连及力线改变[3-4],且存在钉道感染、患肢疼痛、佩戴困难、护理难度大等缺陷[5-6]。控制感染后行 Masquelet 技术二期骨重建时使用髓内钉固定,可提供良好的力学稳定性,减少二期植骨量及早期负重[7-8]。目前临床对二期进行骨缺损重建过程中的固定方式存在分歧[9-10]。本研究采用回顾性研究方法,探讨我院骨科应用 Masquelet 技术二期髓内钉固定重建术治疗胫骨感染性骨缺损的临床疗效,分析 Masquelet 技术二期髓内钉固定的优势,以期为临床提供参考。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选择 2013 年 6 月至 2017 年 12 月应用 Masquelet 技术二期髓内钉固定重建术治疗胫骨感染性骨缺损的患者 53 例,其中男 47 例,女 6 例;年龄 21 ~ 65 岁,平均(41.4 ± 9.8)岁;左侧 25 例,右侧 28 例;骨缺损长度 1 ~ 16.5 cm,平均(6.8 ± 3.5)cm;胫骨上段 12 例,中段 28 例,下段 13 例。感染原因:血源性骨髓炎 6 例;创伤性骨髓炎 47 例,其中开放性骨折术后 29 例,闭合骨折术后 18 例。既往手术 0 ~ 6 次,平均(2.4 ± 1.3)次。感染部位组织细菌培养:阳性 37 例,阴性 16 例;多种细菌混合感染 13 例,单一细菌感染 24 例,其中金黄色葡萄球菌感染 10 例,铜绿假单胞菌 3 例,表皮葡萄球菌 3 例,人葡萄球菌 1 例,大肠埃希菌 1 例,嗜麦芽窄食单胞菌 1 例,奇异变形杆菌 1 例,肺炎克雷伯菌 1 例,路邓葡萄球菌 1 例,阿尔莱特葡萄球菌 1 例,近平滑念珠菌 1 例。活动性窦道形成 38 例。

纳入标准:明确为胫骨感染性骨缺损,有明确病史、创伤史或手术史;二期手术单独使用髓内钉固定;术后随访 1 年以上。排除标准:下肢血管神经损伤;骨缺损涉及干骺端不适合髓内钉固定;随访资料不全。本研究获得本院伦理委员会审定批准(审批号 KY201878),患者及家属均知情同意。

1.2 手术方法

手术分两期进行,一期彻底清创,植入抗生素骨水泥形成诱导膜;二期植骨重建骨缺损。所有患者均采用腰硬联合麻醉,取仰卧位,止血带结扎于肢体根部,常规消毒、铺巾。一期术前结合影像学检查确定病灶的大致范围,术中去除所有异物,彻底清除坏死或感染的骨组织、软组织,使用硬杆扩髓器扩髓,直至出现红辣椒征[11]。多点位取深部组织做细菌培养及病理学检查,反复使用双氧水、碘伏、生理盐水冲洗。更换术中使用的手术器械,重新消毒、铺单,更换手套。每 40 g 含庆大霉素骨水泥中加入 5 ~ 10 g 万古霉素,填塞骨缺损处。骨水泥发热时使用冰生理盐水降温。4 例采用外固定支架,19 例采用微创内固定系统(less invasive stabilization system, LISS)外固定,16 例采用锁定加压钢板(locking compression plate, LCP)外固定,14 例采用锁定钢板被覆抗生素骨水泥内固定。伤口留置引流管,术后延长引流时间至 2 周。如感染复发,则需重复行一期手术。一期清创后至少 6 周,当局部无感染征象,红细胞沉降率及 C-反应蛋白恢复正常,局部软组织覆盖良好后开始行二期骨重建。

二期手术前通过 CT 三维重建预估骨重建所需骨量,自体松质骨取自单侧(37 例)或双侧(16 例)髂后,15 例自体骨量不足者,采用混合同种异体骨植骨,植骨颗粒大小约为 3 mm × 3 mm。二期术中沿原手术切口切开,充分显露骨水泥并小心取出,保护诱导膜,减少对诱导膜新生血管的损害。清理骨缺损断端,取两

端髓腔内外及骨缺损中段软组织行病理学快速冰冻检查及细菌学培养,碘伏、生理盐水冲洗,清洗完毕后重新铺单,更换手套及碘伏消毒手术器械。以胫骨结节上缘开口器开口置入导针,骨锥穿过皮质后,依次扩髓,植入髓内钉主针,远端及近端各使用2枚螺钉锁定。诱导膜内充分植骨,抗菌微乔线缝合诱导膜后,再缝合手术切口。

1.3 术后处理

一期术后根据术中深部病变组织的细菌培养结果应用敏感抗生素,培养结果为阴性的患者应用第三代头孢菌素。术后7 d首次换药,随后每隔3 d换药1次。鼓励患者行主动关节屈伸训练,避免患侧肢体负重。术后2~3周拆除伤口缝线。二期术后根据一期术中培养结果预防性使用抗生素。植骨后复查X射线片显示骨痂生长后开始负重并逐步增加。

1.4 观察指标

于术后4个月内每月行临床症状体征、影像学及实验室检查,此后每2个月随访检查1次,直至临床骨愈合。观察术后局部一般情况(有无红、肿、热、痛、渗出及窦道形成),实验室检查(血常规、红细胞沉降率、C-反应蛋白)。记录患者完全负重时间、下肢力线及再骨折情况。

感染控制标准:①局部无红肿热痛,或伤口持续渗液不愈合,或窦道形成。②实验室检查白细胞计数、红细胞沉降率、C-反应蛋白正常。③影像学检查无死骨形成及内固定松动迹象。

影像学骨愈合定义为患肢正、侧位X射线片显示植骨区有3侧连续性骨痂桥接骨断端[12]。临床骨愈合定义为无痛性负重,体格检查无压痛[13]。

1.5 统计学方法

采用SPSS 23.0统计学软件进行数据处理。计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,数据符合正态分布采用配对样本t检验,不符合正态分布采用*Wilcoxon*符号秩和检验,$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 手术结果

53例患者随访15~66个月,平均(46.3±11.5)个月。所有患者均治愈,患者末次随访复查白细胞、红细胞沉降率、C-反应蛋白均恢复正常,术前与术后末次随访比较差异有统计学意义($P<0.05$),见表1。51例(96.2%)二期植骨术后获得骨愈合,骨愈合时间3~9个月,平均(6.13±1.8)个月,完全负重时间3.5~10个月,平均(6.7±1.7)个月。2例(3.8%)患者出现肥大性骨不连,分别于二期术后12个月、14个月行翻修手术,辅助重建锁定钢板固定后均骨愈合。1例(1.9%)患者出现髂后供骨区切口感染,经局部清创后感染得到控制。所有患者末次随访时无感染复发、下肢力线改变,患者可负重行走无疼痛。内固定已取出患者无术后骨折,内固定未取出患者无固定松动、断裂的迹象。

表1 患者手术前后炎症指标比较($\bar{x} \pm s$)

时间	白细胞计数 ($\times10^9$/L)	血细胞沉降率 (mm/h)	C-反应蛋白 (mg/L)
术前	10.11±4.25	58.88±28.65	57.93±46.46
末次随访	6.05±1.14	6.94±3.57	3.83±1.73
Z/t	-6.038	13.340	-6.334
P	0.000	0.000	0.000

2.2 典型病例

患者,男,40岁,高处坠落伤致胫骨骨折,于当地医院行胫骨髓内钉内固定术后感染2年收入我院。细菌培养提示为阴沟肠杆菌、金黄色葡萄球菌感染。术前常规影像学检查及核素检查判断病灶范围广泛,一期行病灶骨段截骨,清创后骨缺损8.3 cm。患者术后22个月取出髓内钉,可正常负重行走,见图1。

3 讨论

胫骨感染性骨缺损多因严重创伤及内固定手术后感染反复发作引起。Ilizarov骨延长术是目前最广泛采用的骨重建办法,其局限性在于骨重建过程缓慢而痛苦,且面临带架困难、钉道感染、关节僵硬、断端硬化不连、神经血管损伤等问题[14-15]。传统的自体骨移植术依靠移植骨细胞的爬行替代骨修复,受移植区微环境、骨移植材料及细胞因子等因素影响很大,因此不适合大节段骨缺损与感染性骨缺损的修复[16-17]。Masquelet技术是一种分期解决方案,一期手术旨在感染控制、解决植骨区微环境和细胞因子的问题;二期手术在感染得到有效控制的前提下诱导膜内植骨,借助诱导膜的物理屏障作用阻止软组织侵入,并分泌调节因子调节细胞行为,使移植骨快速血管化,避免吸收、坏死,促进骨愈合[18]。

Masquelet技术进行感染性骨缺损分期重建时,于二期术中更换内固定,可以提供坚强固定,促进骨愈合[19]。传统的Masquelet技术两期治疗均采用外固定支架,在早期报道的一批采用Masquelet技术的患者中有11.43%(4/35)发生了再骨折[2],有研究认为这与外固定支架的使用有关[20]。本研究中,患者行二期重



a:清创术前外观,局部肿胀明显伴窦道形成;b:入院时行髓内钉固定,X 射线片示局部死骨形成;c:清创术后 X 射线片示抗生素骨水泥占位;d:清创术后锁定钢板外固定;e、f:植骨术后正、侧位 X 射线片示骨折稳定,植骨充分;g、h:植骨术后 9 个月正、侧位 X 射线片示获得影像学骨愈合及临床骨愈合;i、j:术后 22 个月正、侧位 X 射线片示去除髓内钉后无再骨折发生;k:末次随访双下肢外观;l:末次随访单足站立位外观,患者邻近膝踝关节功能良好

图 1 典型患者资料

建时采用了髓内钉固定术后未出现再骨折、力线偏移的情况,同时避免了外固定架并发症的发生。Apard 等[9]采用 Masquelet 技术二期髓内钉固定治疗 12 例胫骨创伤后骨缺损患者,移植骨愈合,功能恢复良好。Yu 等[21]治疗 13 例股骨骨髓炎所致骨缺损患者,感染治愈后,二期全部更换髓内钉进行固定,骨愈合良好,未发生感染复发。提倡在二期手术采用髓内钉固定的原因为髓内钉在移植骨成熟时分担轴线载荷,允许更早活动,并且减少了第二阶段所需的移植骨量[22-24]。因此,髓内钉被许多学者推荐为最有利于移植骨愈合的稳定方法,能为移植骨的愈合和重塑提供良好的生物力学环境,使移植骨的愈合更均匀[25]。本研究患者骨愈合时间为(6.13 ± 1.8)个月,完全负重时间为(6.7 ± 1.7)个月,可能与骨缺损范围较大、胫骨特殊解剖特点有关。本研究中发生 2 例骨不连,骨缺损均位于胫骨中段,长度分别为 8.2 cm、7.4 cm,原因是 1 例选择的髓内钉直径偏细,1 例出现远端螺钉松动(部分退钉),2 例患者再次手术采用重建锁定钢板辅助内固定后骨愈合。

髓内钉固定属于中心固定,可起到髓腔内占位效应,减少二期植骨的需求量,一定程度上解决了 Masquelet 技术移植骨来源的瓶颈问题。与钢板的偏心固定相比,可避免对诱导膜的遮挡,使诱导膜与移植骨直接接触,促进移植骨快速血管化,避免吸收或坏死。髓内钉固定的力学优势明显,允许更早负重。Apard 等[9]研究表明使用髓内钉进行重建可以提前负重,平均负重时间为 4 个月。本研究中患者使用髓内钉固定获得良好疗效是建立在以下几个前提下:①患者术前常规行 MRI、核素等辅助检查定位病灶,术中去除所有异物,彻底清除坏死或感染的骨组织、软组织,类似肿瘤的扩大切除[24];②在清创术中和第二次术中植骨前使用软钻行彻底的扩髓、灌洗,确保髓内无任何病灶残留;③制定植骨计划前严格评估患者的感染控制情况,依赖于影像学、实验室检查和病理学检查;④植骨前术中行快速冰冻病理学检查确认排除感染,并在扩髓后更换手术器械[25];⑤术前测量髓腔直径,避免使用过细的髓内钉。

综上所述,髓内钉适合于 Masquelet 技术二期的骨重建固定,具有增加稳定性、减少植骨量、避免轴线偏移的优势。本研究主要的不足之处在于患者病例数较少、随访时间相对较短、缺少对照等。今后将对 Masquelet 技术二期应用髓内钉固定的适用条件、单独髓

内钉和髓内钉结合重建锁定钢板固定长节段骨缺损的力学稳定性进行深入研究,从而为感染性骨缺损重建提供新策略和新方法。

[参考文献]

[1] Reichert JC, Saifzadeh S, Wullschleger ME, et al. The challenge of establishing preclinical models for segmental bone defect research[J]. Biomaterials, 2009, 30(12): 2149 - 2163. doi: 10.1016/j.biomaterials.2008.12.050.

[2] Masquelet AC, Fitoussi F, Begue T, et al. Reconstruction of the long bones by the induced membrane and spongy autograft[J]. Ann Chir Plast Esthet, 2000, 45(3): 346 - 353.

[3] Mauffrey C, Giannoudis PV, Conway JD, et al. Masquelet technique for the treatment of segmental bone loss have we made any progress? [J]. Injury, 2016, 47(10): 2051 - 2052. doi: 10.1016/j.injury.2016.09.018.

[4] Tarchala M, Harvey EJ, Barralet J. Biomaterial-stabilized soft tissue healing for healing of critical-sized bone defects: the masquelet technique[J]. Adv Healthc Mater, 2016, 5(6): 630 - 640. doi: 10.1002/adhm.201500793.

[5] Karger C, Kishi T, Schneider L, et al. Treatment of posttraumatic bone defects by the induced membrane technique[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2012, 98(1): 97 - 102. doi: 10.1016/j.otsr.2011.11.001.

[6] Masquelet AC, Kishi T, Benko PE. Very long-term results of post-traumatic bone defect reconstruction by the induced membrane technique[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2019, 105(1): 159 - 166. doi: 10.1016/j.otsr.2018.11.012.

[7] Jennison T, McNally M, Pandit H. Prevention of infection in external fixator pin sites[J]. Acta Biomater, 2014, 10(2): 595 - 603. doi: 10.1016/j.actbio.2013.09.019.

[8] Yildirim A, Kapukaya A, Atic R, et al. The use of an "internal fixator technique" to stabilize pathologic fractures developing secondary to osteomyelitis[J]. J Pediatr Orthop, 2017, 37(3): 222 - 226. doi: 10.1097/BPO.0000000000000619.

[9] Apard T, Bigorre N, Cronier P, et al. Two-stage reconstruction of post-traumatic segmental tibia bone loss with nailing[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2010, 96(5): 549 - 553. doi: 10.1016/j.otsr.2010.02.010.

[10] 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. doi: 10.1016/j.injury.2017.04.052.

[11] Hogan A, Heppert VG, Suda AJ. Osteomyelitis[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2013, 133(9): 1183 - 1196. doi: 10.1007/s00402 - 013 - 1785 - 7.

[12] Prasarn ML, Ahn J, Achor T, et al. Management of infected femoral nonunions with a single-staged protocol utilizing internal fixation[J]. Injury, 2009, 40(11): 1220 - 1225. doi: 10.1016/j.injury.2009.06.009.

[13] Morshed S, Corrales L, Genant H, et al. Outcome assessment in clinical trials of fracture-healing[J]. J Bone Joint Surg Am, 2008, 90(Suppl 1): 62 - 67. doi: 10.2106/JBJS.G.01556.

[14] 黄小俊,薛健康,张洪瑞,等. Ilizarov 技术治疗股骨感染性骨不连或骨缺损[J]. 局解手术学杂志, 2016, 25(7): 494 - 497. doi: 10.11659/jjssx.12E015205.

[15] 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. doi: 10.1302/0301 - 620X.92B4.23475.

[16] Lasanianos NG, Kanakaris NK, Giannoudis PV. Current management of long bone large segmental defects[J]. Orthop Trauma, 2010, 24(2): 149 - 163. doi: 10.1016/j.mporth.2009.10.003.

[17] 蔡善保,孟祥晖. 大段骨缺损治疗的研究进展[J]. 中华创伤杂志, 2015, 31(4): 376 - 379. doi: 10.3760/cma.j.issn.1001 - 8050.2015.04.020.

[18] 郭 骏,刘欣伟,解 冰,等. 膜诱导技术治疗胫骨大段骨缺损的临床研究[J]. 局解手术学杂志, 2016, 25(12): 738 - 741. doi: 10.11659/jjssx.04E016014.

[19] Siboni R, Joseph E, Blasco L, et al. Management of septic non-union of the tibia by the induced membrane technique. What factors could improve results? [J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2018, 104(6): 911 - 915. doi: 10.1016/j.otsr.2018.04.013.

[20] Taylor BC, French BG, Fowler TT, et al. Induced membrane technique for reconstruction to manage bone loss[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2012, 20(3): 142 - 150. doi: 10.5435/JAAOS - 20 - 03 - 142.

[21] Yu X, Wu HR, Li JH, et al. Antibiotic cement-coated locking plate as a temporary internal fixator for femoral osteomyelitis defects[J]. Int Orthop, 2017, 41(9): 1851 - 1857. doi: 10.1007/s00264 - 016 - 3258 - 4.

[22] Olesen UK, Eckardt H, Bosemark P, et al. The Masquelet technique of induced membrane for healing of bone defects. A review of 8 cases[J]. Injury, 2015, 46(8): S44 - S47. doi: 10.1016/s0020 - 1383(15)30054 - 1.

[23] 谢 肇. 对骨感染控制瓶颈问题的思考[J]. 中华骨科杂志, 2018, 38(9): 519 - 522. doi: 10.3760/cma.j.issn.0253 - 2352.2018.09.002.

[24] Morgenstern M, Athanasou NA, Ferguson JY, et al. The value of quantitative histology in the diagnosis of fracture-related infection[J]. Bone Joint J, 2018, 100 - B(7): 966 - 972. doi: 10.1302/0301 - 620X.100B7.BJJ - 2018 - 0052.R1.

[25] Villemagne T, Bonnard C, Accadbled F, et al. Intercalary segmental reconstruction of long bones after malignant bone tumor resection using primary methyl methacrylate cement spacer interposition and secondary bone grafting: the induced membrane technique[J]. J Pediatr Orthop, 2011, 31(5): 570 - 576. doi: 10.1097/BPO.0b013e31821ffa82.

(编辑:魏 源)