

附加锁定钢板并植骨治疗保留髓内钉的下肢长骨干骨折不愈合

王圣睿¹, 于进洋², 王瑜豪¹, 王培召², 谭红略²

(1. 河南中医药大学, 河南 郑州 450046; 2. 河南省洛阳正骨医院 河南省骨科医院 膝关节外科中心, 河南 洛阳 471002)

【摘要】 目的: 探讨保留原有髓内钉基础上附加锁定钢板并植骨治疗下肢长骨干骨折髓内钉固定术后不愈合的临床疗效。方法: 回顾性分析 2015 年 6 月至 2020 年 6 月收治的 20 例下肢长骨干骨折髓内钉固定术后骨折不愈合患者, 均采用保留原髓内钉, 取自体髂骨植骨, 行陈旧性骨折切开复位钢板内固定并植骨术, 其中男 14 例, 女 6 例; 年龄 35~56(42.2±9.6)岁; 股骨干骨折 9 例, 胫骨干骨折 11 例。根据骨折端不愈合的特点分型: 稳定/萎缩型 6 例, 不稳定/肥大型 9 例, 不稳定/萎缩型 5 例。骨折不愈合时间为初次术后 8~12(9.8±2.0)个月。记录并比较术前及末次随访时疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS), 膝关节活动度, 骨愈合时间及并发症和骨折端愈合情况。结果: 所有患者获得随访, 时间 18~48(36.3±10.5)个月。所有患者术后切口 I 期愈合, 无感染及内固定断裂等并发症发生。骨折均达到骨性愈合, 股骨愈合时间(8.5±2.6)个月, 胫骨愈合时间(9.5±2.2)个月; 膝关节活动度由术前的(101.05±8.98)°提高至末次随访(139.35±8.78)°($t=-12.845, P<0.001$)。VAS 由术前(5.15±1.72)分降至末次随访(0.75±0.96)分($t=11.186, P<0.001$)。结论: 在保留原有髓内钉基础上, 附加锁定钢板内固定并取自体髂骨植骨术, 具有操作简单、创伤小、并发症少及骨折愈合率高等优点, 是治疗下肢长骨干骨折髓内钉固定术后骨不愈的有效手术方案之一。

【关键词】 股骨干骨折; 胫骨干骨折; 骨折不愈合; 髓内钉; 锁定钢板; 植骨

中图分类号: R683.42

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2023.12.016

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Augmenting locking plate with autologous bone graft for the treatment of nonunion of long bone fracture in the lower extremity with retaining of the original intramedullary nail

WANG Sheng-rui¹, YU Jin-yang², WANG Yu-hao¹, WANG Pei-zhao², TAN Hong-lue² (1. Henan University of Chinese Medicine Zhengzhou 450046, Henan, China; 2. Knee surgery Center, Luoyang Orthopedic-Traumatological Hospital of Henan Province, Henan Provincial Orthopedic Hospital, Luoyang 471002, Henan, China)

ABSTRACT Objective To explore clinical effect of attaching locking plate with bone grafting based on retaining the original intramedullary nail in treating non-union after intramedullary nail fixation of long shaft fractures of lower limbs. **Methods** A retrospective study was conducted on 20 patients treated with non-union fractures after intramedullary nailing of long shaft fractures of lower limbs from June 2015 to June 2020. All patients were treated with the original intramedullary nailing and bone grafting from the iliac bone, and were underwent open reduction plate internal fixation and bone grafting for old fractures. Among them, 14 were males and 6 were females, aged from 35 to 56 years old with an average of (42.2±9.6) years old. Nine patients were femoral shaft fracture and 11 patients were tibial shaft fracture. According to characteristics of fracture end nonunion, 6 patients were stable/atrophic, 9 patients were unstable/large, and 5 patients were unstable/atrophic. The nonunion time ranged from 8 to 12 months with an average of (9.8±2.0) months after the initial surgery. Visual analogue scale (VAS), knee range of motion, bone healing time, complications and fracture-end healing were recorded before and at the latest follow-up. **Results** All patients were followed up for 18 to 48 months with an average of (36.3±10.5) months. The incision of all patients were healed at stage I without complications such as infection or internal fixation ruptur. Healing time of femur and tibia was (8.5±2.6) months and (9.5±2.2) months. Knee joint motion increased from preoperative (101.05±8.98)° to postoperative (139.35±8.78)° at the latest follow-up ($t=-12.845, P<0.001$). VAS decreased from preoperative (5.15±1.72) to postoperative (0.75±0.96) at the latest follow-up ($t=11.186, P<0.001$). **Conclusion** On the basis of retaining the original intramedullary nail, the addition of locking plate internal fixation and autogenous iliac bone grafting have advantages of simple operation, less trauma, fewer complications and high fracture healing rate. It is one of the effective surgical schemes for the

通讯作者: 谭红略 E-mail: hncl.love@163.com

Corresponding author: TAN Hong-lue E-mail: hncl.love@163.com

treatment of nonunion after intramedullary nail fixation of long bone fracture of lower extremity.

KEYWORDS Femoral shaft; Tibial shaft; Bone nonunion; Intramedullary nail; Locking plate; Bone graft

髓内钉因其良好的形态学特点并且设计上符合下肢生物力学环境,是目前临床常用的治疗下肢长骨干骨折的手段之一,但髓内钉固定术后骨折不愈合在临床上也越发多见。针对此类术后并发症的治疗方式有很多,包括更换髓内钉、髓内钉动力化等,但传统方案有适应证较窄,术后导致患肢短缩等缺点,甚至有可能带来第 3 次手术。在保留原髓内钉基础上应用附加锁定钢板并植骨治疗长骨干骨折髓内钉固定术后骨折不愈合以其操作简单、创伤小等优点在临床中逐步得到应用。本研究自 2015 年 6 月至 2020 年 6 月回顾性分析 20 例采用在保留原髓内钉基础上,附加锁定钢板内固定并取自体髂骨植骨治疗下肢长骨干骨折髓内钉固定术后骨折不愈合患者,临床疗效满意,现报告如下。

1 临床资料

纳入标准:(1)符合美国食品与药品监督管理局(Food and Drug Administration, FDA)对骨折不愈合的诊断标准^[1]:骨折后 9 个月骨折处没有愈合并且连续 3 个月的影像学表现没有显示有愈合进展。(2)年龄 18~65 岁。(3)初次受伤后接受髓内钉内固定术治疗。(4)本次接受保留髓内钉附加锁定钢板并植骨手术技术治疗。排除标准:(1)合并其他骨折、神经损伤者。(2)有同侧膝关节创伤及手术史者。(3)有其他可能影响手术或难以对安全性做出准确评价的慢性系统性疾病者。(4)随访时间<12 个月或随访资料不完整者。

本研究共收治 20 例,男 14 例,女 6 例;年龄 35~56(42.2±9.6)岁;股骨干骨折 9 例,胫骨干骨折 11 例。开放性骨折 10 例(根据 GUSTILO 等^[2]制定的 Gustilo 分型:I 型 5 例,II 型 3 例,III 型 2 例),闭合性骨折 10 例(AO 分型^[3]:A 型 4 例,B 型 4 例,C 型 2 例)。致伤原因:车祸伤 10 例,直接暴力损伤 4 例,坠落伤 4 例,他伤 2 例。根据骨折端不愈合特点分型^[4]:稳定/萎缩型 6 例,不稳定/肥大型 9 例,不稳定/萎缩型 5 例。骨折不愈合时间为初次术后 8~12(9.8±2.0)个月。

2 治疗方法

全身麻醉,患者取仰卧位,常规消毒后沿髂棘远端逐层切开皮肤皮下,沿髂棘剥离,显露并取出部分髂骨,修整成骨板及骨粒备用。沿原有手术瘢痕切开,逐层分离皮下组织筋膜,牵开表层肌肉,显露骨折端。清除硬化骨痂和纤维结缔组织,使用刮匙、克氏针等予以折端新鲜化,注意保护骨膜与周围软组织,折端给予自体髂骨颗粒植入,局部加压。骨折端

复位后使用锁定钢板固定。生理盐水冲洗,放置负压引流管后逐层缝合切口。

术后使用支具将患肢固定,常规静脉使用抗生素 72 h 预防感染,应用低分子肝素预防下肢深静脉血栓形成,术后 48 h 内拔除引流管,麻醉消失后即指导患者积极进行下肢肌肉等长收缩和关节被动活动。术后 1 周解除支具,进行下肢关节的非负重主动活动锻炼。定期复查 X 线,待骨痂生长良好后可拄双拐部分负重行走,骨折线模糊后脱拐完全负重行走。

3 结果

3.1 疗效评价标准

记录并比较患者术前及末次随访时疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)^[5]。定期复查 X 线并记录骨性愈合时间。骨折的临床愈合标准^[6]:骨折局部无压痛与纵向叩击痛;无异常活动;影像学可见连续骨痂跨越骨折线;功能方面,不借助外固定情况下上肢平举 1 kg 达到 1 min,下肢连续步行 3 min 至少 30 步;符合前述标准基础上若影像学见骨小梁跨过骨折线则达到骨性愈合标准。

3.2 治疗结果

20 例患者获得随访,时间 18~48(36.3±10.5)个月。术后切口均 I 期愈合,无感染、内固定松动、断裂等并发症发生。20 例骨不连均达到骨性愈合。9 例股骨干骨折患者,再次手术时间 75~110(85.4±18.5) min,骨折愈合时间 8~10(8.5±2.6)个月。11 例胫骨干骨折患者,手术时间 70~105(82.5±12.7) min,骨折愈合时间 7~12(9.5±2.2)个月。20 例患者部分负重时间 13~19(14.9±0.2) d。膝关节活动度由术前的(101.05±8.98)°提高至术后末次随访时的(139.35±8.78)°($t=-12.845, P<0.001$)。VAS 由术前的(5.15±1.72)分降至术后末次随访的(0.75±0.96)分($t=11.186, P<0.001$)。典型病例影像学资料见图 1、图 2。

4 讨论

4.1 骨折髓内钉固定术后不愈合的原因

4.1.1 物理性因素 外部高能暴力引起的粉碎性骨折、合并有临近关节骨折的长骨干骨折等会增加术后骨折不愈合的风险^[7]。髓内钉在达到复位角度固定时,锁钉在锁定的时候与主钉存在间隙,所以对骨折端只是相对固定,存在部分旋转空间。而且受限于骨折部位,在偏向干骺端的长骨干骨折,髓内钉在锁定时锁钉与骨干的夹角减小,分散了锁定应力,可能会造成锁钉的断裂。在部分急诊或者开放性骨折中,为了尽快达到解剖复位标准,减轻患者痛苦,术

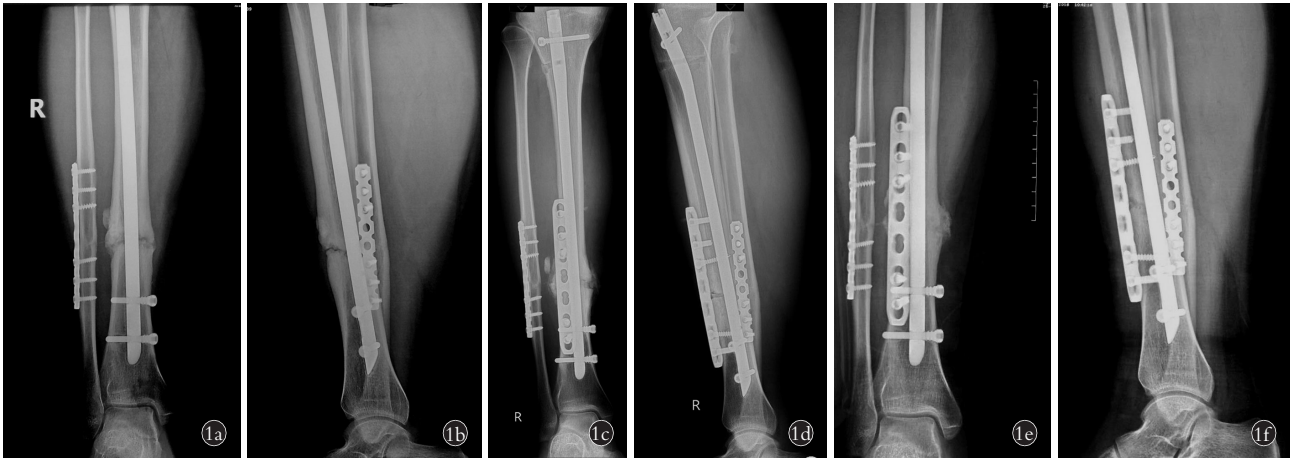


图 1 患者,男,42 岁,右胫腓骨下段闭合性骨折切开复位内固定术后胫骨骨折不愈合 **1a,1b**. 初次骨折术后 12 个月正侧位 X 线片示胫骨骨折端骨不连(不稳定/萎缩型) **1c,1d**. 术后第 5 天正侧位 X 线片示胫骨骨折端附加钢板内固定并髂骨植骨,折端对位对线良好 **1e,1f**. 术后 10 个月正侧位 X 线片示骨折端愈合

Fig.1 A 42-year-old male patient with tibial nonunion following open reduction and internal fixation of a closed fracture of the lower segment of the right tibia and fibula **1a,1b**. AP and lateral X-rays at 12 months after the initial fracture showed nonunion of tibial fracture end (unstable/atrophic type) **1c,1d**. Postoperative AP and lateral X-rays on the fifth day showed tibial fracture end was fixed with additional plate and iliac bone graft, and the fracture end was on good alignment **1e,1f**. Postoperative AP and lateral X-rays at 10 months showed the fracture healed well



图 2 患者,男,38 岁,左股骨中段闭合性骨折切开复位髓内钉内固定术后不愈合,保留原髓内钉,骨折端附加钢板固定并自体髂骨植骨治疗 **2a,2b**. 初次骨折术后 11 个月正侧位 X 线片示骨折端不愈合,远端锁定钉松动(不稳定/肥大型) **2c,2d**. 术后第 5 天正侧位 X 线片示骨折端附加钢板固定、髂骨植骨并远端锁钉再次植入表现 **2e,2f**. 术后 13 个月正侧位 X 线片示骨折线模糊,骨折端愈合

Fig.2 Patient, male, 38-year-old, a closed fracture in the middle of the left femur was treated with open reduction and intramedullary nailing after internal fixation. The original intramedullary nailing was retained, and the fracture end was fixed with plate and autogenous iliac bone grafting **2a,2b**. AP and lateral X-rays at 11 months after the initial fracture showed nonunion of the fracture end and loosening of distal locking nail (unstable/hypertrophic type) **2c,2d**. Postoperative AP and lateral X-rays on the fifth day showed additional plate fixation, iliac bone grafting and distal pin re-implantation **2e,2f**. Postoperative AP and lateral X-rays at 13 months showed fracture line was blurred and the fracture end healed well

者一般会选择较细的髓内钉, 如此则减少了髓内钉与骨干的接触面积, 从而增加折端旋转移位和成角移位的风险^[8]。本研究 20 例患者中, 有 2 例的髓内钉过细而导致术后固定的失败, 骨折端出现成角畸形生长, 使髓内钉也发生了部分弯折, 给患者造成了更大的痛苦, 也增加了二次手术的难度。

4. 1. 2 生物性因素 骨折端周围的血供不足是造成骨折不愈合的高危因素。在骨折前期纤维性骨痂

的形成过程中, 新生血管入侵血肿内纤维蛋白网状结构并增生分化出各类细胞以清除血肿是关键的一环。粗暴的解剖复位、闭合盲视野穿钉、过度扩髓、不恰当的骨折端清理等都会使骨折端血运被进一步破坏。复位前对骨折端清创的不彻底会使残余的骨块或异物进一步破坏骨折端周围软组织, 在带有碟形骨块的骨折中, 则会对骨折端周围的软组织与骨膜做较多剥离, 而软组织的严重损伤被认为与骨折不

愈合发生高度相关^[9-10]。另外,固定后骨折端间隙较大、骨折端感染造成的炎性细胞浸润也会相应地延长骨折愈合时间,进一步导致骨折不愈合^[11]。

4.1.3 机械性因素 过早的负重锻炼会增大骨折端周围肌肉的牵拉作用,造成骨折端不稳定,甚至造成髓内钉的断裂,如果患者本就患有使下肢力线异常的基础疾病(如膝骨关节炎),可相应地延后患者下地时间。

4.2 选择保留原髓内钉加用钢板治疗的原因

笔者认为,无论何种原因导致的骨不连,其病理基础都是骨折端不良的生物学或力学环境,因此,尽可能减少对骨折端环境的二次破坏是在保留髓内钉的基础上加用钢板的目的所在。目前临床上针对髓内钉固定术后骨不连的治疗方式较多,包括更换髓内钉、髓内钉动力化、移除髓内钉换用外固定等,更换或者移除髓内钉容易对折端血供和软组织产生二次伤害,且受限于骨不连部位和类型与术后并发症较多的缺点也是临床医生需要面对的问题^[12-17],髓内钉动力化的主要问题在于康复过程中造成肢体短缩的风险加大以及加重不稳定的旋转倾向,尤其是在斜型骨折和粉碎性骨折中。此外,对于肥大型骨不连,动力化也可能增大术后感染的风险^[18-19]。本研究术前 VAS 较高,原因可能是有 6 例术前已经发生骨折端感染,2 例出现骨折端畸形生长;2 例粉碎性骨折在首次复位时未彻底清理骨碎片,残余的骨碎片刺激伤口加重疼痛,此类患者并不适合选用上述治疗方式,原因是对于已经感染或畸形生长的断端进行扩髓或二次穿钉会进一步破坏骨折端的软组织,甚至造成术中医源性骨折,不仅增加术后各类并发症的风险,也使本就难以愈合的骨折端环境更加恶化。笔者选用保留髓内钉加用钢板既保留了髓内钉的轴向固定,同时钢板增加了对于旋转应力的控制,并且可以抵消部分骨折端的垂直应力,预防原始固定对位对线不良导致的畸形愈合,而且在一些复杂类型的骨折中,钢板也可以分担部分螺钉的锁定压力。有研究^[12]表明,增加钢板后的固定相较于原始固定的抗旋转与弯折强度均有成倍数的提升。而且手术出血量较少,手术时间短,术中方便清理折端异物与感染组织以尽可能减少术后并发症,可以为植骨提供更多的选择等也是其优势所在^[20-21]。本研究 20 例骨折端均 I 期愈合且未发生术后并发症。功能锻炼方面,20 例患者部分负重下地时间最迟不超过 3 周,平均(14.9±0.2) d,说明此术式可以较早进行功能锻炼。国外较多学者^[22-24]采用术后保留原髓内钉基础上加用钢板对于治疗髓内钉术后骨折不愈合,临床效果满意。

4.3 自体植骨的必要性

植骨常常用于治疗骨不连,骨折长期不愈合时,骨折端会生长部分骨赘,而手术中必须清理掉这部分骨质,这样就会导致骨折端的间隙加大,解剖复位较难。植入骨折端的骨质起到了很好的桥接作用,参与骨生成、骨传导、骨诱导的过程,促进骨折端的对向爬行生长^[25],大大加速术后骨折愈合的速度。自体骨与受体部位亲和力高,具有较少的排异反应和优秀的生物学活性,虽然可能引起供骨区的相关并发症,但就针对骨不连的疗效来说,自体骨移植仍然是较为可靠的手段^[26]。自体骨的来源包括髂骨、腓骨、扩髓后产生的骨碎屑等,笔者在术中对于 20 例骨缺损大小合理计算,均取自体髂骨植骨,术后供骨区无相关并发症出现,也有相关文献^[27-28]报道了自体骨移植在治疗长骨干骨折术后骨不连的满意效果。

4.4 手术注意事项

(1)在钢板的选择上推荐使用与原髓内钉材料相同的钢板以减少体液对材料的电解反应。(2)手术过程中对骨痂清理时要特别注意对骨折端周围软组织与骨膜的保护,有术者为追求完美解剖复位,习惯性地用器械将骨折端骨块拼接后直接固定,但导致骨膜剥离较多而失去对断端的血供,即使对位对线良好但也无法有效愈合。(3)置入钢板时可以评估骨折线走向后适度预弯钢板,一是使其能更好地与骨折端贴合并可以对骨折端施加回归正常轴线的应力,二是可以更加灵活地打入螺钉以达到更好的固定效果。(4)打入螺钉时注意避免与髓内钉撞击而导致髓内钉偏移或断裂,尽可能保证使螺钉能穿过对侧皮质,如果确实因为角度等原因只能单皮质固定时,可以临近加用 1 枚双皮质螺钉以保证固定效果。(5)植骨应确保充分并且适度加压,有文献^[8]结果表明植骨的最大延伸距离为 2.5 cm,在术中控制缺损距离在 3 cm 以内,并适度加压,取得了良好的效果。

综上所述,对于髓内钉完好的下肢长骨干骨折不愈合,采用附加锁定钢板固定并植骨治疗的方法可获得满意疗效。但本研究尚受限于样本量及研究时间的限制,未设对照组,有待进一步大样本随机对照研究来验证本研究结论;且本术式在生物力学等方面研究亦需进一步深入探讨。

参考文献

- [1] COURT-BROWN C M. Skeletal trauma: basic science, management and reconstruction[J]. J Bone J Surg, 2003, 85-B(7): 1089.
- [2] GUSTILO R B, MENDOZA R M, WILLIAMS D N. Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures[J]. J Trauma, 1984, 24(8): 742-746.
- [3] MEINBERG E G, AGEL J, ROBERTS C S, et al. Fracture and dislocation classification compendium-2018[J]. J Orthop Trauma, 2018, 32(Suppl 1): S1-S170.

- [4] PAPAKOSTIDIS C, PSYLLAKIS I, VARDAKAS D, et al. Femoral-shaft fractures and nonunions treated with intramedullary nails: the role of dynamisation[J]. *Injury*, 2011, 42(11): 1353-1361.
- [5] WOODFORDE J M, MERSKEY H. Some relationships between subjective measures of pain[J]. *J Psychosom Res*, 1972, 16(3): 173-178.
- [6] 孙振国, 翁伟, 杨红航, 等. 双钢板技术结合自体髂骨植骨治疗髓内钉术后股骨骨不连[J]. *中国骨伤*, 2021, 34(3): 288-292.
Sun ZG, Weng W, Yang HH, et al. Effect of double plate technique combined with autogenous iliac bone graft in the treatment of femoral nonunion after intramedullary nailing[J]. *China J Orthop Traumatol*, 2021, 34(3): 288-292. Chinese.
- [7] 范步新, 刘书茂, 刘长松, 等. 股骨干骨折髓内钉固定术后骨折不愈合及延迟愈合原因分析及手术治疗[J]. *中国骨与关节外科*, 2012, 5(6): 485-487.
FAN B X, LIU S M, LIU C S, et al. Reasons of femoral shaft fracture nonunion and delayed union after intramedullary nail fixation and surgical treatment[J]. *Chin J Bone J Surg*, 2012, 5(6): 485-487. Chinese.
- [8] NIU Y F, BAI Y S, XU S G, et al. Treatment of lower extremity long bone nonunion with expandable intramedullary nailing and autologous bone grafting[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2011, 131(7): 885-891.
- [9] HARLEY B J, BEAUPRE L A, JONES C A, et al. The effect of time to definitive treatment on the rate of nonunion and infection in open fractures[J]. *J Orthop Trauma*, 2002, 16(7): 484-490.
- [10] NOUMI T, YOKOYAMA K, OHTSUKA H, et al. Intramedullary nailing for open fractures of the femoral shaft: evaluation of contributing factors on deep infection and nonunion using multivariate analysis[J]. *Injury*, 2005, 36(9): 1085-1093.
- [11] WESTGEEST J, WEBER D, DULAI S K, et al. Factors associated with development of nonunion or delayed healing after an open long bone fracture: a prospective cohort study of 736 subjects[J]. *J Orthop Trauma*, 2016, 30(3): 149-155.
- [12] PARK J, KIM S G, YOON H K, et al. The treatment of nonisthmal femoral shaft nonunions with im nail exchange versus augmentation plating[J]. *J Orthop Trauma*, 2010, 24(2): 89-94.
- [13] MAIMAITIYIMING A, AMAT A, REHEI, et al. Treatment of the femoral shaft nonunion with double plate fixation and bone grafting: a case series of 14 patients[J]. *Injury*, 2015, 46(6): 1102-1107.
- [14] GELALIS I D, POLITIS A N, ARNAOUTOGLU C M, et al. Diagnostic and treatment modalities in nonunions of the femoral shaft: a review[J]. *Injury*, 2012, 43(7): 980-988.
- [15] KADHIM M, HOLMES L Jr, GESHEFF M G, et al. Treatment options for nonunion with segmental bone defects: systematic review and quantitative evidence synthesis[J]. *J Orthop Trauma*, 2017, 31(2): 111-119.
- [16] 蔡毁艺, 陈志达, 丁真奇, 等. 芯钻髓内钉治疗股骨干闭合骨折的并发症防治[J]. *中国骨伤*, 2021, 34(10): 965-970.
CAI T Y, CHEN Z D, DING Z Q, et al. Prevention and treatment of complications in the treatment of femoral shaft closed fracture with core drilling in-tramedullary nail[J]. *China J Orthop Traumatol*, 2021, 34(10): 965-970. Chinese.
- [17] KAZMERS N H, FRAGOMEN A T, . Prevention of pin site infection in external fixation: a review of the literature[J]. *Strat Traum Limb Recon*, 2016, 11(2): 75-85.
- [18] RUPP M, BIEHL C, BUDAK M, et al. Diaphyseal long bone nonunions - types, aetiology, economics, and treatment recommendations[J]. *Int Orthop*, 2018, 42(2): 247-258.
- [19] 韩超, 马剑雄, 马信龙. 股骨干骨折不愈合影响因素及其干预方法[J]. *中国矫形外科杂志*, 2018, 26(8): 728-733.
HAN C, MA J X, MA X L. The factors impacting femoral shaft nonunion and relative interference[J]. *Orthop J China*, 2018, 26(8): 728-733. Chinese.
- [20] 刘炎, 丁真奇. 锁定钢板辅助固定治疗股骨髓内钉术后骨不连[J]. *中国骨伤*, 2016, 29(12): 1150-1153.
LIU Y, DING Z Q. Interlock plate fixation for the treatment of femoral hypertrophic nonunions after intramedullary nailing fixation[J]. *China J Orthop Traumatol*, 2016, 29(12): 1150-1153. Chinese.
- [21] 翟利锋, 马苟平, 沈立锋, 等. 股骨近端骨折髓内钉术后感染性骨不连的手术治疗[J]. *中国骨伤*, 2018, 31(5): 413-419.
ZHAI L F, MA G P, SHEN L F, et al. Modified one-stage revision procedure for treating proximal femoral infected nonunion after intramedullary nail fixation[J]. *China J Orthop Traumatol*, 2018, 31(5): 413-419. Chinese.
- [22] CHEN C M, SU Y P, HUNG S H, et al. Dynamic compression plate and cancellous bone graft for aseptic nonunion after intramedullary nailing of femoral fracture[J]. *Orthopedics*, 2010, 33(6): 393.
- [23] HAKEOS W M, RICHARDS J E, OBREMSKEY W T. Plate fixation of femoral nonunions over an intramedullary nail with autogenous bone grafting[J]. *J Orthop Trauma*, 2011, 25(2): 84-89.
- [24] ATESCHRANG A, ALBRECHT D, STÖCKLE U, et al. High success rate for augmentation compression plating leaving the nail in situ for aseptic diaphyseal tibial nonunions[J]. *J Orthop Trauma*, 2013, 27(3): 145-149.
- [25] 李凯, 叶招明, 张中伟, 等. 自体骨移植治疗四肢骨折术后骨不连失败因素分析[J]. *中国骨伤*, 2013, 26(4): 272-276.
LI K, YE Z M, ZHANG Z W, et al. Factor analysis of the failed treatment for limb fracture nonunion after autologous bone transplantation[J]. *China J Orthop Traumatol*, 2013, 26(4): 272-276. Chinese.
- [26] BRANDOFF J F, SILBER J S, VACCARO A R. Contemporary alternatives to synthetic bone grafts for spine surgery[J]. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*, 2008, 37(8): 410-414.
- [27] 赵之孟, 周东生, 傅佰圣, 等. 增加钢板与更换髓内钉治疗股骨髓内钉失败骨不连的比较[J]. *中国矫形外科杂志*, 2018, 26(22): 2022-2026.
ZHAO Z M, ZHOU D S, FU B S, et al. Augmentation plating versus exchange nailing for hypertrophic nonunion of failed femoral nailing[J]. *Orthop J China*, 2018, 26(22): 2022-2026. Chinese.
- [28] SWANSON E A, GARRARD E C, BERNSTEIN D T, et al. Results of a systematic approach to exchange nailing for the treatment of aseptic femoral nonunions[J]. *J Orthop Trauma*, 2015, 29(1): 21-27.