

# 骨搬移术中植入硫酸钙对促进对合端愈合的效果观察

郭学德, 孟红亚, 王辞山, 万德余, 柴雷子  
(亳州市人民医院骨科, 安徽 亳州 236800)

**【摘要】** 目的: 探讨骨搬移术中植入硫酸钙能否促进对合端自然愈合的临床疗效。方法: 回顾性分析 2013 年 1 月至 2018 年 1 月采用骨搬移和硫酸钙植入治疗的 27 例创伤性慢性骨髓炎患者, 其中男 23 例, 女 4 例; 年龄 20~61 (44.30±10.00) 岁; 病程 3~86 (13.26±16.47) 个月; 骨折内固定术后创伤性慢性骨髓炎 16 例, 开放性骨折创伤性慢性骨髓炎 11 例。清创后骨缺损长度 4~14 (9.11±2.57) cm。观察术后并发症、对合端自然愈合率、外固定指数, 采用 Checketts & Otterburn 针道感染分级标准评价针道感染情况, 并采用 Paley 评价标准观察骨性结果和功能结果。结果: 所有患者获得随访, 时间 26~41 (31.32±3.37) 个月。27 例患者均未发生对合端皮肤嵌顿, 术后 (17.78±5.43) 个月后获得骨性愈合, 其中 25 例对合端自然愈合, 2 例未自然愈合患者 (均依从性较差) 经对合端清理植骨后愈合, 发生马蹄足畸形 1 例, 无感染复发或再骨折病例。按照 Checketts & Otterburn 针道感染分级标准, 共有 22 例 (41 处) 发生不同程度的针道感染。外固定指数 1.6~2.4 (2.02±0.24) 月/cm。根据 Paley 评价标准, 骨性结果: 优 21 例, 良 5 例, 中 1 例; 功能结果: 优 19 例, 良 7 例, 中 1 例。结论: 骨搬移术中, 骨缺损区植入硫酸钙能够预防骨残端之间皮肤嵌顿, 有利于对合端的自然愈合, 可避免大多数病例对合端 II 期清理植骨, 但需要注意提高骨搬移手术患者的依从性。

**【关键词】** 硫酸钙; 骨髓炎; 手术后并发症

中图分类号: R681.2

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2022.01.017

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**Effect of calcium sulfate on promoting natural healing of docking sites during bone transport** GUO Xue-de, MENG Hong-ya, WANG Ci-shan, WAN De-yu, and CHAI Lei-zi. Department of Orthopaedics, the People's Hospital of Bozhou, Bozhou 236800, Anhui, China

**ABSTRACT Objective:** To observe clinical effect of calcium sulfate on promoting natural healing of docking sites during bone transport. **Methods:** A retrospective study was performed on the patients with posttraumatic chronic osteomyelitis treated by bone transport and calcium sulfate implantation from January 2013 to January 2018. There were 23 males and 4 females, aged from 20 to 61 years old with an average of (44.30±10.00) years, the courses of disease ranged from 3 to 86 months with an average of (13.26±16.47) months. Sixteen patients with posttraumatic chronic osteomyelitis were caused by internal fixation of closed fractures, and 11 patients were caused by open fractures. The length of bone defects after debridement ranged from 4 to 14 cm with an average of (9.11±2.57) cm. Postoperative complications, natural healing rate of the docking sites, external fixation index were observed, Checketts & Otterburn pin-tract infection classification was used to evaluate pin-tract infection, and Paley evaluation criteria was used to evaluate bone and function results. **Results:** Twenty-seven patients were followed up from 26 to 41 months with an average of (31.32±3.37) months. It did not happened skin embedded between bone stumps in all patients. All patients obtained bone union at (17.78±5.43) months after operation. Among them, 25 patients healed naturally in the docking sites, 2 patients with poor compliance healed after debridement and bone grafting in the docking sites. One patient occurred equines deformity, and no re-fracture or recurrence of infection occurred. According to Checketts & Otterburn pin tract infection classification, 22 patients (41 pin tracts) occurred pin-tract infection with varying degrees. The average external fixation index was (2.02±0.24) months/cm (ranged from 1.6 to 2.4 months/cm). According to Paley evaluation criteria, bony results showed 21 patients obtained excellent results, 5 good, and 1 moderate; functional results showed 19 patients got excellent results, 7 good, and 1 moderate. **Conclusion:** During bone transport, the implantation of calcium sulfate on the bone defect areas could prevent skin embedding between the bone stumps, benefit for the natural healing of the docking sites, and could avoid the second-stage debridement and bone grafting for most patients. However, it should be noted that compliance needs to be increased.

**KEYWORDS** Calcium sulfate; Osteomyelitis; Postoperative complications

通讯作者: 郭学德 E-mail: guoxuedecr@163.com

Corresponding author: GUO Xue-de E-mail: guoxuedecr@163.com

创伤性慢性骨髓炎的彻底治愈往往需要清除感染和坏死的骨质,从而形成较大骨缺损。骨搬移技术作为大段骨缺损的主要治疗手段,被广泛应用于临床<sup>[1]</sup>。由于骨搬移所需时间周期较长,待骨残端会师时,常出现骨残端成骨活性降低和骨吸收,加之骨残端之间皮肤软组织嵌顿等因素,部分病例对合端不能自然愈合。作为骨搬移术后主要并发症,对合端不愈合已引起较多关注<sup>[2-3]</sup>。医用硫酸钙具有良好的生物相容性和可降解性,不仅是一种良好的骨填充材料,也常作为药物载体应用于骨髓炎的治疗<sup>[4]</sup>。对于骨搬移术中植入硫酸钙能否促进对合端的自然愈合,目前尚无文献报道。本研究回顾性分析 2013 年 1 月至 2018 年 1 月采用骨搬移和硫酸钙植入治疗的 27 例创伤性慢性骨髓炎患者,现报告如下。

## 1 临床资料

### 1.1 病例选择

纳入标准:创伤性慢性骨髓炎病例;采用骨搬移手术治疗;清创后骨缺损长度 $\geq 3$  cm;清创后骨缺损区植入了硫酸钙;随访超过 2 年。排除标准:非创伤性慢性骨髓炎病例;行短缩-延长治疗的病例;清创后骨缺损 $< 3$  cm;骨缺损区未植入硫酸钙;随访 $< 2$  年或失随访病例。

### 1.2 一般资料

本组共 27 例,其中男 23 例,女 4 例;年龄 20~61(44.30 $\pm$ 10.00)岁;病程 3~86(13.26 $\pm$ 16.47)个月;闭合性骨折内固定术后创伤性骨髓炎 16 例,开放性骨折创伤性骨髓炎 11 例;胫骨 25 例,股骨 1 例,肱骨 1 例;16 例患者存在不同程度皮肤软组织缺损和骨外露,9 例患者有窦道形成。

## 2 治疗方法

### 2.1 手术方法

采用全麻或腰硬联合麻醉,患者取仰卧位,以护皮膜覆盖感染的创面,以单边轨道式外架固定,使外架与长管状骨机械轴平行,螺纹钉与机械轴垂直。拟搬移骨段固定 2 枚螺纹钉,上下干骺端各固定 3 枚螺纹钉。如果残存的干骺端骨段太短而不能固定 3 枚螺纹钉,或骨质疏松较重、固定后稳定性较差,则在干骺端与上述螺纹钉呈一定交叉角度另外加用 1~3 枚螺纹钉,以组合式外固定架将其与单边轨道式外架联合固定,以增加稳定性。采用连孔截骨法于干骺端行骨膜下单平面截骨,以备骨搬移。清除感染骨段、死骨和硬化骨质,骨残端尽量修整成相互平行的横断面,清创后骨缺损长度 4~14(9.11 $\pm$ 2.57) cm。再以双氧水、生理盐水交替冲洗病灶,以稀释的碘伏液浸洗。将粉末状医用硫酸钙(Osteoset, Wright Medical Technology, Inc)和盐酸万古霉素以质量比

10:1 混合,与配套的稀释液搅拌,呈糊状时涂于模具上,待其凝固成珠粒状后植入清创后的骨缺损区。

对于有内固定物的病例,先取出内固定物,彻底清创后重新消毒、铺巾,然后行外架固定和干骺端截骨。术前无皮肤软组织缺损或皮肤软组织缺损较小的患者 24 例,在感染骨段切除后直接拉拢缝合创口;3 例皮肤软组织缺损较大不能直接缝合的患者,给予负压封闭引流术(vacuum sealing drainage, VSD)覆盖,术后不做负压吸引。

### 2.2 术后处理

根据术前细菌培养结果选用敏感抗生素,细菌培养阴性患者选用广谱抗生素,术后静脉应用抗生素 1 周。指导患者进行肢体功能锻炼,特别是加强附近关节的锻炼,通过蹬踏动作等增加患肢轴向应力刺激。术后 1 周开始以每次 1/6 mm、每天 4~6 次进行骨搬移。以 VSD 覆盖的患者,术后每隔 10 d 更换 VSD 1 次。术后每月摄 X 线片复查,根据新生骨生长情况及患者耐受度调整骨搬移速度。骨残端会师后,逐渐减缓骨搬移速度,继续缓慢骨搬移 2 周(骨残端会师后共搬移 20~30 次),使对合端保持加压状态。骨残端会师后开始持拐下床部分负重行走,对合端临床愈合后逐步加大患肢负重,直至完全负重。完全负重行走而无对合端和新生骨部位疼痛时,逐渐拧松外固定架或减少外固定螺钉,结合影像表现,此后 3 个月拆除外架。出现以下情况时行对合端清理和自体植骨:停止骨搬移之后 1~2 个月摄 X 线片见对合端无愈合迹象;骨残端之间有皮肤软组织嵌顿;骨残端呈圆锥状,骨接触面积很小;搬移骨段侧方偏移较大。

## 3 结果

### 3.1 疗效评价标准

按照 Checketts & Otterburn<sup>[5]</sup>针道感染分级标准判定针道感染发生情况:Ⅰ级,针道周围有轻微红肿并伴有少量渗出,需要进行针道护理;Ⅱ级,针道处皮肤红肿、渗出和疼痛,需要加强针眼护理并短期使用抗生素;Ⅲ级,针道处症状与Ⅱ级相同,但针道护理和短期使用抗生素无法控制感染;Ⅳ级,严重的软组织感染,骨针松动且需要去除骨针;Ⅴ级,除了严重的软组织感染,X 线显示发生骨髓炎,需要去除骨针;Ⅵ级,严重的骨和软组织感染,需要去除骨针,切开引流。其中,Ⅰ-Ⅲ级为轻度感染,Ⅳ-Ⅵ级为重度感染。按照 Paley 等<sup>[6]</sup>感染性骨不连评价标准<sup>[6]</sup>观察骨性结果和功能结果,骨性标准基于以下 4 项指标:骨愈合,无感染,肢体成角畸形 $< 7^\circ$ ,双侧肢体长度差异 $< 2.5$  cm。优,具有以上 4 项标准;良,除骨性愈合外且具有另外 3 项中的 2 项;中,除骨性愈合外且具

有另外 3 项中的 1 项;差,除骨性愈合外其他 3 项均不具备,或骨不愈合、再骨折。功能标准基于以下 5 项指标:严重跛行,僵硬马蹄足,软组织营养障碍,疼痛,不能参加活动。优,能参加活动且合并其他 4 项指标;良,能参加活动但合并 1~2 项其他指标;中,能参加活动但合并 3~4 项其他指标或行截肢术;差,不能参加活动。

### 3.2 治疗结果

所有患者获得随访,时间 26~41(31.32±3.37)个月。未出现继发性血管、神经损伤。以 VSD 覆盖的 3 例患者,创口随着骨搬移的进行逐步缩小,术后 3~5 周获得愈合。硫酸钙珠粒在 X 线摄片上的显影随

着时间延长逐渐变淡,至术后 5~8 周消失。27 例患者均未发生对合端皮肤嵌顿,术后(17.78±5.43)个月获得骨性愈合,其中 25 例对合端自然愈合,2 例经对合端清理植骨后愈合,发生马蹄足畸形 1 例,无感染复发或再骨折发生。外固定指数 1.6~2.4 (2.02±0.24)月/cm。按照 Checketts & Otterburn 针道感染分级标准,22 例 41 处针道感染,其中轻度针道感染 20 例 39 处,重度针道感染 2 例 2 处,分别经加强针道护理、清创、去除骨针等处理后治愈。按照 Paley 感染性骨不连评价标准,骨性结果:优 21 例,良 5 例,中 1 例;功能结果:优 19 例,良 7 例,中 1 例。典型病例见图 1。



**图 1** 患者,男,28 岁,左胫骨创伤性慢性骨髓炎 **1a,1b**. 术前正侧位 X 线片示胫骨骨髓炎,骨质硬化 **1c**. 术前 MRI 见胫骨感染灶 **1d,1e**. 骨搬移术后正侧位 X 线片可见骨缺损区硫酸钙显影 **1f,1g**. 术后 1 个月正侧位 X 线片见少量硫酸钙显影 **1h,1i**. 术后 14 个月正侧位 X 线片示对合端自然愈合

**Fig.1** A 28-year-old male patient with posttraumatic chronic osteomyelitis **1a,1b**. Preoperative AP and lateral X-rays showed osteomyelitis and osteosclerosis of tibia **1c**. Preoperative MRI showed infection of tibia **1d,1e**. AP and lateral X-rays after bone transport showed calcium sulfate was visible on bone defect **1f,1g**. Postoperative AP and lateral X-rays at 1 month showed some calcium sulfate remained **1h,1i**. Postoperative AP and lateral X-rays at 14 months showed bone healed naturally on the docking site



对合端未自然愈合的 2 例患者依从性均较差,其中 1 例在骨残端接近会师时,有 1 处针道发生 Checketts & Otterburn III 级感染,患者拒绝继续骨搬运治疗,给予去除外架,针道清创,对合端清理和自体植骨,石膏外固定,最终针道感染治愈并获得对合端骨性愈合;另 1 例患者因个人原因不能遵医嘱进行骨搬运和肢体功能锻炼,骨残端会师严重推迟,对合端呈圆锥状,骨接触面积较小,经对合端清理和自体植骨后愈合,遗留马蹄足畸形。

## 4 讨论

### 4.1 关于对合端不愈合的预防和处理

对合端不愈合是骨搬运术后常见并发症,通常需 II 期清理和植骨以获得愈合。由于骨搬运术后对合端不愈合有较高的发生率<sup>[2-3]</sup>。因此,有学者<sup>[7-8]</sup>主张在骨残端会师后常规行对合端的清理植骨,以促进对合端的愈合,缩短外架佩戴时间。笔者认为,感染性骨缺损病例大多经历多次手术,局部瘢痕形成,软组织覆盖条件较差,二次手术不但增加了手术创伤和医疗费用,且有发生再感染或皮肤软组织坏死的风险。可针对骨残端硬化、轴向偏移、软组织嵌顿等导致对合端不愈合的主要危险因素采取针对性的预防措施,以提高对合端愈合率。

**4.1.1 骨残端硬化** 由于长期佩戴外架,在骨残端造成应力遮挡,骨残端缺乏应力刺激,成骨活性降低,逐渐硬化,不利于骨愈合。因此,骨搬运术后,对肢体施加一定的轴向应力,较早负重行走,有利于刺激成骨,促进对合端的愈合<sup>[2]</sup>。此外,“手风琴”技术也被证实有利于促进对合端的愈合<sup>[9-11]</sup>。笔者的方法是在骨残端会师前,通过蹬踏动作或轴向叩击等增加患肢轴向应力刺激;骨残端会师后,继续缓慢骨搬运 20~30 次(3~5 mm)以使对合端保持加压状态,并持拐下床部分负重行走,使嵌夹于骨残端之间的少量纤维组织凋亡,刺激成骨。需要注意的是,对于骨残端之间皮肤嵌顿的病例不宜施行对合端轴向加压或“手风琴”技术等措施,否则被挤压在骨残端之间的皮肤可能发生坏死,甚至导致骨外露。

**4.1.2 轴向偏移** 轴向偏移在骨搬运术后比较常见<sup>[2,12]</sup>,一旦发生骨段轴向偏移,不但改变了肢体力线,而且会导致骨残端接触面积下降或不相接触,影响了对合端的顺利愈合。轴向偏移较小的病例,尚可通过 II 期植骨的方法获得骨愈合,轴向偏移较大的病例,必须纠正偏移的骨段。对于预防轴向偏移,笔者的体会是,单边轨道式外架使用的螺纹针较粗且带有螺纹,与光滑的骨圆针相比,在控制骨段轴向偏移方面作用更好。针对残存骨段太短或其他原因导致单边轨道式外架固定稳定性不足的情况,可以加

装组合式外架,以增加固定的稳定性。另外,在使用单边轨道式外架固定时,应将钻头穿过外架模块上的钉道并紧贴钉道,以避免螺纹钉偏离模块上的预定轨道,否则,将导致骨段在拧紧外架后发生偏移。此外,除非患肢有内固定需要取出或力线异常需要调整的病例,手术顺序应是先以外架固定,再截骨,最后再进行清创。如果先清创、截骨,骨的完整性丧失,在固定时易出现轴向偏移。

**4.1.3 软组织嵌顿** 据临床报道,骨搬运术后,骨残端之间皮肤软组织嵌顿有较高的发生率<sup>[2]</sup>。究其原因,一方面,由于骨搬运周期较长,在感染和坏死骨段切除后,骨缺损区皮肤软组织缺乏支撑而下陷,局部纤维瘢痕组织生成;另一方面,随着骨段的滑移,软组织也在一定程度上被向前推进,在骨残端之间堆积,以上因素均导致骨残端之间易发生皮肤软组织嵌顿,使骨残端不易实现真正的“骨”接触,从而对对合端的愈合产生不利的影响。

### 4.2 硫酸钙促进对合端自然愈合的效果分析

本研究所有患者未发生对合端皮肤嵌顿,对合端自然愈合率较高,分析原因在骨搬运术中,以硫酸钙填充骨段切除后形成的空腔,能够对皮肤软组织起到支撑作用,在一定时期内防止皮肤软组织下陷以及骨残端之间纤维瘢痕组织生成,从而预防骨残端之间皮肤软组织嵌顿。在骨搬运过程中,随着硫酸钙被逐渐吸收,骨残端逐步靠近,直至会师,实现了骨残端的直接“骨”接触,从而有利于对合端的自然愈合。另外,硫酸钙作为常用的骨移植替代材料,具有良好的生物相容性、骨传导性和可降解性,降解时在局部形成微酸环境,有利于成骨<sup>[13]</sup>。

本研究随访期间观察到,硫酸钙在 X 线摄片上的显影时间为术后 5~8 周,与文献报道<sup>[13-15]</sup>基本一致。理论上,按照术后 1 周开始以 1 mm/d 的骨搬运速度计算,5 cm 的骨缺损在术后 8 周可实现骨残端会师,在此期间,硫酸钙可一直发挥预防骨残端之间皮肤软组织嵌顿的作用。但本组即使骨缺损>5 cm 的患者,也未出现骨残端之间皮肤软组织嵌顿,推测可能原因是,硫酸钙完全降解之后,周围的软组织在短期内不会完全占据硫酸钙降解形成的潜在“通道”。本研究发现,硫酸钙珠粒保留时间的长短与珠粒的大小存在一定的正相关性,珠粒较大,则保留时间较长,为减缓硫酸钙珠粒的降解,使其在更长时间内发挥预防皮肤软组织嵌顿的作用,对于骨缺损节段较长的病例,宜植入较大的硫酸钙珠粒。

### 4.3 本研究治疗体会

骨搬运术中植入硫酸钙,能较好地促进对合端自然愈合,但影响对合端自然愈合的并非单一因素。

因此,需要同时注意预防其他不利因素的影响,方能显著提高对合端自然愈合率。对于植入的硫酸钙,笔者推荐将其制成珠粒状,而不是棒状,原因是珠粒状硫酸钙为松散结构,随着骨搬移的进行,可以被骨残端向前推挤,不至于阻碍骨搬移的进行。由于骨搬移治疗周期较长,术后相当长时期内的骨搬移操作是在院外进行,需要患者严格按照医嘱进行操作和定期复查,否则容易导致针道感染、新生骨矿化不良、骨段轴线偏移、对合端不愈合、马蹄足畸形等并发症的发生,甚至导致治疗失败,因此,提高患者的依从性尤其重要。本组为回顾性临床观察,且未作分组对比,尚需严格的大样本前瞻性对照研究进一步观察。

#### 参考文献

- [1] 李朋,刘栋,王兆林,等.骨膜缺如对 Ilizarov 技术治疗下肢节段性骨缺损的影响[J].中华骨科杂志,2019,39(1):36-44.  
LI P, LIU D, WANG ZL, et al. The effect of periosteum deficiency on the treatment of lower extremity segmental bone defect with Ilizarov bone transport technique[J]. Zhonghua Gu Ke Za Zhi, 2019, 39(1):36-44. Chinese.
- [2] 刘亦杨,沈立锋,张春,等.骨搬移技术治疗下肢长骨干慢性骨髓炎伴骨缺损术后骨性愈合不良的原因分析及对策[J].中国骨伤,2018,31(6):556-561.  
LIU YY, SHEN LF, ZHANG C, et al. Causes and strategies for post-operative bone nonunion after bone transport of lower limb bone of chronic osteomyelitis with bone defect[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2018, 31(6):556-561. Chinese with abstract in English.
- [3] 王建兵,顾三军,周子红,等.骨搬运与诱导膜技术修复胫骨大段骨缺损的疗效比较[J].中华创伤骨科杂志,2019,21(5):398-403.  
WANG JB, GU SJ, ZHOU ZH, et al. Bone transport versus induced membrane technique for large segmental tibial defects[J]. Zhonghua Chuang Shang Gu Ke Za Zhi, 2019, 21(5):398-403. Chinese.
- [4] 张一,田晓滨,余荣峰,等.膜诱导技术结合抗生素硫酸钙颗粒治疗下肢感染性骨缺损[J].中华骨科杂志,2017,37(9):513-519.  
ZHANG Y, TIAN XB, SHE RF, et al. Induced membrane technique combined with antibiotic calcium sulfate pellets in treating infected bone defect in lower extremity[J]. Zhonghua Gu Ke Za Zhi, 2017, 37(9):513-519. Chinese.
- [5] Checketts RG, Maceuchem AG, Otterburn M. Pin Track Infection and the Principles of Pin Site Care[M]. London:Springer, 2000.
- [6] Paley D, Catagni MA, Argnani F, et al. Ilizarov treatment of tibial nonunions with bone loss[J]. Clin Orthop Relat Res, 1989, (241):146-165.
- [7] 刘军,罗利芳,张寿涛,等.单边外固定架骨搬移联合自体植骨治疗下肢创伤性慢性骨髓炎[J].中华创伤杂志,2016,32(3):229-233.  
LIU J, LUO LF, ZHANG ST, et al. Bone transport technique using mono-lateral external fixator plus bone grafting for treatment of post-traumatic chronic osteomyelitis of lower limbs[J]. Zhonghua Chuang Shang Za Zhi, 2016, 32(3):229-233. Chinese.
- [8] 胡居正,石展英,杨成志,等.骨搬移后对合端植骨内固定治疗下肢大段骨缺损的临床研究[J].中华骨科杂志,2018,38(5):280-287.  
HU JZ, SHI ZY, YANG CZ, et al. Clinical study of bone transport combined with bone graft and internal fixation at the docking site in the treatment of large segmental bone defect in lower limb[J]. Zhonghua Gu Ke Za Zhi, 2018, 38(5):280-287. Chinese.
- [9] 郭志民,上官天丞,张萌,等.骨搬移治疗胫骨骨缺损相关并发症的防治[J].中国骨伤,2016,29(8):756-760.  
GUO ZM, SHANGGUAN TC, ZHANG M, et al. Prevention and treatment of the related complications of tibial fractures bone defect by bone transport[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2016, 29(8):756-760. Chinese with abstract in English.
- [10] 彭瑞健,张永红,李晓辉,等.手风琴技术用于骨搬移治疗胫骨骨缺损[J].中国骨伤,2018,31(9):824-828.  
PENG RJ, ZHANG YH, LI XH, et al. Accordion operation for the bone transport in treating tibial bone defect[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2018, 31(9):824-828. Chinese with abstract in English.
- [11] Xu J, Jia YC, Kang QL, et al. Management of hypertrophic nonunion with failure of internal fixation by distraction osteogenesis[J]. Injury, 2015, 46(10):2030-2035.
- [12] 王景双,胡思斌,孙宏辉,等. Ilizarov 骨搬移技术轴向偏移的临床观察[J].中国骨伤,2016,29(1):73-76.  
WANG JS, HU SB, SUN HH, et al. Clinical observation of axial offset after treatment by Ilizarov bone transport technology[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2016, 29(1):73-76. Chinese with abstract in English.
- [13] 刘晓阳,李广润,刘洪涛,等.硫酸钙人工骨/骨髓间充质干细胞构建组织工程化骨诱导脊柱融合[J].中国组织工程研究,2014,18(21):3281-3286.  
LIU XY, LI GR, LIU HT, et al. Construction of calcium sulfate/bone marrow mesenchymal stem cells tissue-engineered bone for spinal fusion[J]. Zhongguo Zu Zhi Gong Cheng Yan Jiu, 2014, 18(21):3281-3286. Chinese.
- [14] 王硕,马剑雄,马信龙,等.医用硫酸钙治疗创伤性骨折的早期临床疗效评估[J].实用医学杂志,2017,33(14):2299-2302.  
WANG S, MA JX, MA XL, et al. Evaluation of the early clinical effect of medical calcium sulfate in traumatic fracture treatment[J]. Shi Yong Yi Xue Za Zhi, 2017, 33(14):2299-2302. Chinese.
- [15] 陈金民,陈穗生,丁晶,等.球囊扩张可注射硫酸钙骨水泥填充治疗胫骨平台塌陷骨折的可行性[J].中国组织工程研究,2018,22(18):2795-2799.  
CHEN JM, CHEN SS, DING J, et al. Feasibility of balloon dilation with injectable calcium sulfate cement for tibial plateau fractures[J]. Zhongguo Zu Zhi Gong Cheng Yan Jiu, 2018, 22(18):2795-2799. Chinese.

(收稿日期:2020-04-22 本文编辑:李宜)