doi:10.11659/jjssx.10E021131

·临床研究·

膜诱导技术联合内固定治疗儿童四肢长骨慢性血源性骨髓炎

张 虎[1],徐永清[1],陈星宇[1],杨晓勇[1],张曦娇[1],岳正华[1],何晓清[1],李 军[1],蔡东辉[2],石 健[1] (1.解放军联勤保障部队第920医院全军创伤骨科研究所,云南 昆明 650032;2.云南省彝医医院/云南省楚雄彝族自治州中医院骨科,云南 楚雄 675000)

[摘 要] **目的** 探讨膜诱导技术联合内固定治疗儿童四肢长骨慢性血源性骨髓炎的临床疗效。**方法** 回顾性分析采用膜诱导技术联合内固定治疗的17例四肢长骨慢性血源性骨髓炎患儿的临床资料。所有患儿均接受两期手术,Ⅰ期手术为清创、抗生素骨水泥填塞骨缺损区域,Ⅱ期手术为去除骨水泥,并在诱导膜内植入自体松质骨和同种异体骨颗粒。术后观察患儿伤口及骨缺损愈合情况,末次随访时观察感染控制及并发症发生情况,并根据Paley评分评价临床疗效。**结果** 所有患儿均随访26~47个月,平均31.6个月。术后所有患儿手术切口均一期愈合。16例患儿骨缺损在术后3~6个月骨愈合,患肢完全负重时间4~8个月,1例患儿术后3个月钢板断裂,更换钢板后骨愈合。末次随访时,无感染复发,1例出现骨缺损区域成骨不全,1例出现患侧踝关节内翻畸形。Paley评分优15例,良2例。**结论** 应用膜诱导技术联合内固定治疗儿童四肢长骨慢性血源性骨髓炎可取得较好的临床疗效,能够有效控制感染,实现骨愈合,促进患儿康复。

[关键词] 慢性血源性骨髓炎;骨缺损;内固定;儿童;膜诱导技术

[中图分类号] R726.1 [文献标识码] A [收稿日期] 2021-10-26

Induced membrane technique combined with internal fixation for the treatment of chronic haematogenous osteomyelitis of long bones of extremities in children

ZHANG Hu[1],XU Yong-qing[1],CHEN Xing-yu[1],YANG Xiao-yong[1],ZHANG Xi-jiao[1],YUE Zheng-hua[1],HE Xiao-qing[1],LI Jun[1],CAI Dong-hui[2],SHI Jian[1] (1. Institute of Orthopedic and Trauma,920th Hospital of PLA Joint Logistic Support Force,Kunming Yunan 650032,China;2. Department of Orthopedics,Traditional Yi Medicine Hospital of Yunnan Province/Traditional Chinese Medicine Hospitial of Chuxiong Yi Autonomous Prefecture,ChuxiongYunan 675000,China)

Abstract: Objective To investigate the clinical effect of induced membrane technique combined with internal fixation for the treatment of children with chronic haematogenous osteomyelitis of long bones of extremities. **Methods** The clinical data of 17 pediatric patients with chronic haematogenous osteomyelitis of long bones of extremities treated by induced membrane technique combined with internal fixation were retrospectively analyzed. All the pediatric patients underwent two-stage operation. The stage Ⅰ operation included debridement and implantation of antibiotic bone cement in the bone defect area,and the stage Ⅱ operation included bone cement removal and morselized autogenous cancellous bone and/or allogeneic bone implantation in the induced membrane. The wound and bone defect healing were observed after operation,the infection control and complications were observed at the last follow-up,and the clinical efficacy was evaluated according to the Paley score. **Results** All the pediatric patients were followed up for 26 to 47 months,with an average of 31.6 months. All wounds of the pediatric patients healed in one stage after operation. The bone defects of 16 pediatric patients healed 3 to 6 months after operation,and the total weight-bearing time of the affected limb was 4 to 8 months. In 1 patients,the plate broken occurred 3 months after operation,and the bone healed after replacement of the plate. At the last follow-up,there was no recurrence of infection,1 case had osteogenesis insufficiency in the bone defect area,and 1 case had varus deformity of ankle joint on the affected side. Paley score was excellent in 15 cases and good in 2 cases. **Conclusion** The application of induced membrane technique combined with internal fixation in the treatment of chronic hematogenous osteomyelitis of long bones of extremities in children can achieve good clinical outcomes,which can effectively control infection,achieve bone healing,and promote the recovery of children.

Keywords: chronic haematogenous osteomyelitis;bone defect;internal fixation;children;induced membrane technique

儿童四肢长骨慢性血源性骨髓炎一直是临床治疗的难题。若治疗措施不当,会造成慢性疼痛、窦道、骨外露和病理性骨折等严重并发症,病变甚至会侵犯整个长骨,导致肢体畸形、关节僵硬,影响儿童肢体发育[1-2]。目前,手术是治疗儿童四肢长骨慢性血源性骨髓炎的主要手段,但传统的开窗治疗方法由于清创范围有限,往往无法彻底消除骨质上定植的生物膜状态

[基金项目] 云南省创伤骨科临床中心项目(ZX20191001);解放军联勤保障部队第920医院科技计划发展项目(2019YGB07)

[通信作者] 石 健,E-mail:doctorshijian920@sina.com

的致病菌,易造成感染反复发作,严重影响患儿的身心健康[3]。彻底清创是消除感染的关键,然而彻底清创需要扩大截骨范围,会造成大段骨缺损,术后患儿将面临感染控制、断端稳定和骨缺损重建等诸多难题。目前尚缺乏一种简单有效且并发症较少的手术方法提高儿童四肢长骨慢性血源性骨髓炎的临床疗效[4]。近年来,膜诱导技术被广泛用于治疗成人感染性骨缺损。膜诱导技术具有操作简单、成骨迅速及并发症少等优点,且骨愈合的速度与骨缺损的长度无关,因此特别适合较大范围骨缺损的治疗[5-8]。Ⅰ期彻底清创、Ⅱ期骨重建的分期治疗方式使感染控制更加彻底,联合内固定有利于保持局部稳定,促进感染控制和骨缺损愈合,增加患者的舒适性[9-11]。但目前尚未见膜诱导技术联合内固定治疗儿童慢性血源性骨髓炎的报道,其疗效仍不明确。本研究回顾性分析四肢长骨慢性血源性骨髓炎患儿的临床资料,通过观察其感染控制情况、骨愈合时间以及并发症发生情况等指标,探讨膜诱导技术联合内固定治疗儿童四肢长骨慢性血源性骨髓炎的临床疗效,现报告如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料

纳入2017年1月至2019年1月解放军联勤保障部队第920医院全军创伤骨科研究所采用膜诱导技术联合内固定治疗的17例四肢长骨慢性血源性骨髓炎患儿的临床资料,其中男11例,女6例;年龄3~16岁,平均9.4岁;病程3~16个月,平均5.9个月;伴病理性骨折1例,伴窦道形成9例;感染部位:肱骨1例,尺骨1例,股骨5例,胫骨8例,腓骨2例;Cinery-Mader分型:Ⅲ型8例,Ⅳ型9例。纳入标准:①年龄2~16岁;②四肢长骨血源性骨髓炎,病史≥3个月;③Cinery-Mader Ⅲ型病灶范围均超过骨皮质周径三分之一;④采用膜诱导技术分期手术治疗,两期手术均使用内固定;⑤术后随访时间≥18个月。排除标准:①合并严重心肺功能不全、肝肾功能不全、自身免疫性疾病、HIV或肢体畸形等疾病;②术后随访资料不完整。本研究方案经解放军联勤保障部队第920医院医学伦理委员会批准[2019-091(科)-01],手术方式及术后可能出现的并发症及不良情况术前已告知患儿监护人。

1.2 方法

入院后完善相关检查,包括骨感染部位X射线片、CT、核磁共振及全身核素骨扫描,实验室检测各项感染指标(白细胞计数、C-反应蛋白及红细胞沉降率),排除手术禁忌证,术前停用抗生素2周以上,随后分两期进行手术。

Ⅰ期手术:采用全身麻醉,肢体近端使用止血带,彻底清除感染和坏死的软组织,根据术前X射线片、CT、核磁共振及核素扫描情况局部(Ⅲ型)或节段性(Ⅳ型)切除死骨和周围感染的皮质骨,直至骨断端有点状渗血(辣椒征),留取至少3处病灶周围组织进行细菌培养、药敏试验和病理学检测。双氧水冲洗,1∶1稀释的碘伏浸泡伤口10 min,脉冲冲洗术野。在骨缺损远近端放置重建锁定板,稳定骨断端,并以X射线透视确认螺钉未置入骺板内。配制抗生素骨水泥(德国HERAEUS),每40 g骨水泥放置2 g万古霉素(日本礼来),对于怀疑髓腔有感染的患儿,彻底清理髓腔后(X射线透视下进行,避免损伤骨骺),使用直径1.2 mm的克氏针制作相应长度的抗生素骨水泥棒,冷却后填塞髓腔。抗生素骨水泥在面团期放入骨缺损部位,并包裹部分骨端及整个钢板,待骨水泥发热时使用冰水降温。完成后逐层封闭创面,留置负压引流管2根,若无法缝合创面,则在邻近部位设计相应皮瓣予以覆盖。术后经验性应用第三代头孢菌素静脉滴注,待细菌培养及药敏试验完成后选用敏感抗生素滴注2周,随后口服4周。引流管留置7~14 d,待持续3 d每天引流量少于20 mL、感染指标持续下降后拔除。患肢不可负重,每2周抽血复查一次感染指标,连续2次以上正常方可行Ⅱ期手术。

Ⅱ期手术:一般在Ⅰ期手术后6~8周之后进行。采用全身麻醉,沿原切口切开皮肤、皮下组织,纵行锐性切开诱导膜到达骨水泥,沿骨水泥表面小心剥离,避免损伤诱导膜,用骨刀凿碎骨水泥后取出,取出钢板和髓腔内的骨水泥棒。彻底冲洗,更换锁定钢板或髓内钉固定两断端,然后将预先从髂后上棘取下的髂骨松质骨剪成2~3 mm大小,放入骨缺损区域内,若自体骨质不够,可填充同种异体骨(自体骨和同种异体骨比例最高可达1∶1),留置引流管2根,紧密缝合诱导膜,逐层关闭伤口。术后继续应用敏感抗生素1周,术后患肢不可负重,术后1、2、3、6、9、12个月复查患肢X射线片,根据X射线片复查结果确定患肢负重时间,同时抽血检测感染指标。

1.3 随访及疗效评价

术后观察患儿伤口及骨缺损愈合情况,末次随访时观察感染控制及并发症发生情况,并根据Paley评分评价临床疗效。根据Blum标准[12],骨缺损区正侧位X射线片上累计有3层皮质桥接定义为骨愈合。病灶局部出现红肿、发热及窦道形成等症状,并伴有白

细胞计数、红细胞沉降率和 C-反应蛋白升高定义为感染复发。按照 Paley 等[13]评分标准评价骨缺损治疗效果,优:骨折愈合,无复发感染,局部畸形 <7°,肢体不等长 <2.5 cm;良:骨折愈合,并满足上述后三者中的任意两项;可:骨折愈合,并满足上述后三者中的任意一项;差:骨折未愈合或再骨折,或上述后三者均不满足。

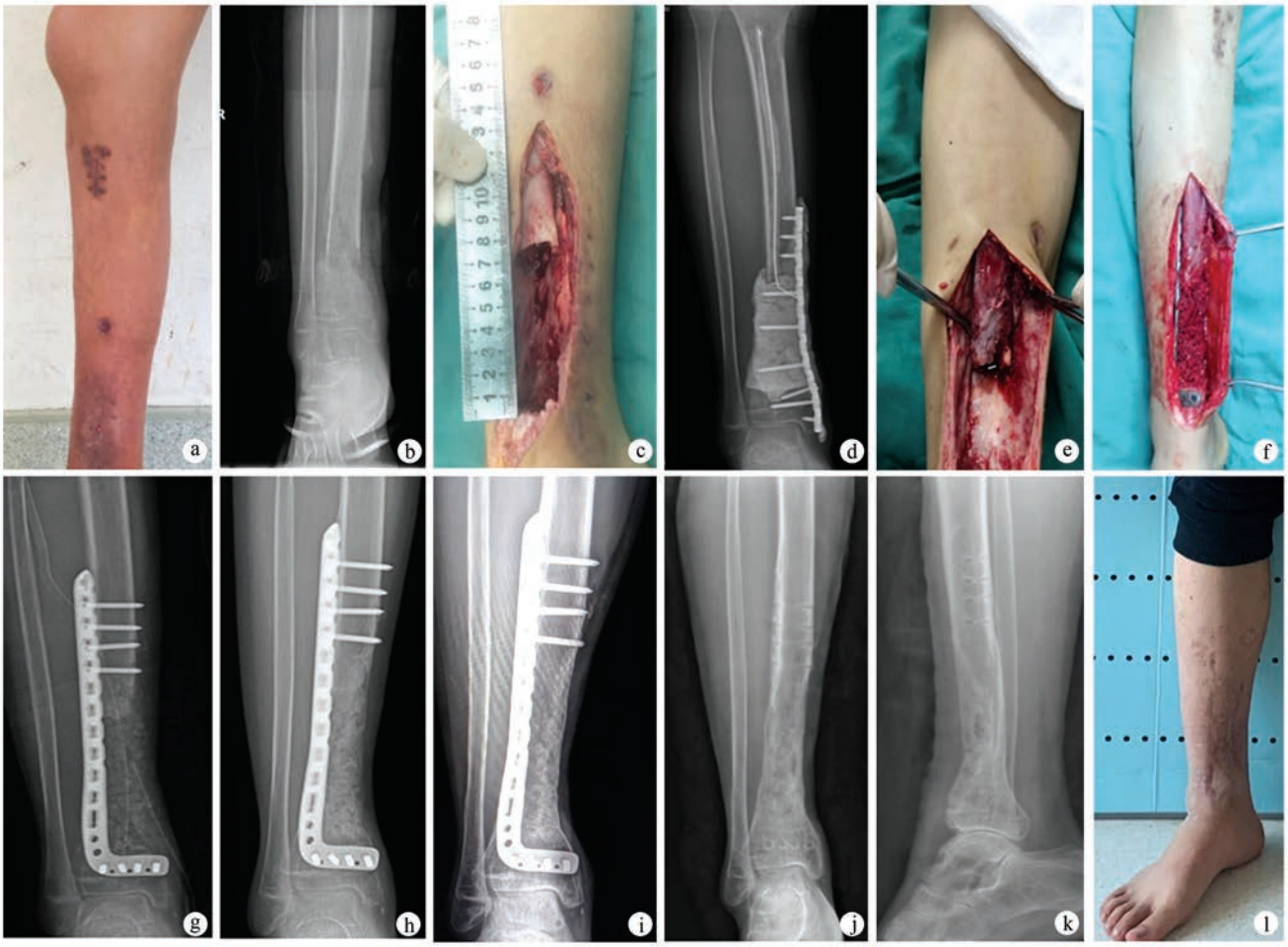
2 结果

2.1 随访结果

所有患儿均随访 26 ~ 47 个月,平均 31.6 个月。Ⅰ期手术后 3 例患儿因清创后皮肤缺损较大而使用神经营养皮瓣覆盖;2 例患儿感染复发,再次行清创手术后感染得到控制。所有患儿Ⅱ期手术后手术切口均一期愈合。随访期间,1 例患儿术后 3 个月不慎摔伤,导致钢板断裂,再次行手术更换钢板后骨愈合;经影像学检查确认,其他16例患儿骨缺损均在术后3 ~ 6个月骨愈合,且均未出现感染复发。术后患肢完全负重时间 4 ~ 8 个月。末次随访时,所有患儿患肢无红肿热痛或窦道形成,1 例出现骨缺损区域成骨不全,接受了自体骨植骨治疗;1 例出现患侧踝关节内翻畸形,无临床症状,故未予处置。Paley 评分:优 15 例,良 2 例。

2.2 典型病例

患儿,男,13 岁,因右小腿下段疼痛、红肿、流脓、活动受限 5 个月入院。诊断为右胫骨下段慢性血源性骨髓炎并病理性骨折。入院后完善检查,予以彻底清创,清创后骨缺损长度为 8 cm,予重建锁定钢板固定断端,抗生素骨水泥填充骨缺损部位,并包裹钢板表面。Ⅱ期手术取髂后上棘松质骨及同种异体松质骨颗粒填充骨缺损区域,并以钢板螺丝钉内固定。术后患儿伤口愈合良好,术后 4 个月患肢完全负重,术后 26 个月复查未见感染复发,骨愈合良好,关节功能良好,予以拆除内固定,见图 1。



a:术前创面外观;b:术前 X 射线片;c:清创后骨缺损情况;d:Ⅰ期术后 X 射线片;e:Ⅱ期手术时诱导膜形成情况;f:Ⅱ期手术植骨后情况;g:Ⅱ期手术后 X 射线片;h:Ⅱ期手术后 4 个月 X 射线片;i:Ⅱ期手术后 14 个月 X 射线片;j、k:Ⅱ期手术后 26 个月取出内固定后 X 射线片;l:Ⅱ期手术后 26 个月外观

图 1 右胫骨下段慢性血源性骨髓炎典型病例

3 讨论

四肢长骨慢性血源性骨髓炎的发病率占四肢慢性骨髓炎总发生率的15.98%～17.9%[14-15],其发病多与卫生条件差有关,炎热、潮湿等环境因素也是其发病的可能原因[2,14]。四肢长骨慢性血源性骨髓炎早期病变主要侵犯长骨的干骺端,多数情况下只在某一部位单发,多见于股骨和胫骨[14-16]。随着病情发展,细菌沿髓腔或骨膜下播散,造成骨膜剥离,局部骨质缺血、坏死,形成死骨。由于缺少血供,免疫细胞及抗生素难以到达感染局部,导致病程迁延,难以治愈,必须通过手术彻底清除病灶才能控制感染。根据Simpson等[17]的骨感染清创原则,需要切除超过感染病灶周围5 mm正常骨组织及2 mm正常软组织才能明显降低感染的复发率。根据上述清创原则,本研究中对Cinery-Mader Ⅲ型骨髓炎患儿采用局部骨切除,对Ⅳ型骨髓炎患儿则进行节段性骨切除,清创后出现的2例复发病例主要与局部软组织条件较差有关,通过再次清创,最终感染得到了有效控制。对于Ⅲ型骨髓炎患儿,采用局部骨切除可以减少骨质丢失,降低Ⅱ期骨重建的难度。对于Ⅳ型骨髓炎患儿,由于感染范围广泛,采用节段性切除可以保证清创彻底,降低感染的复发率。

彻底清创后造成的骨缺损需要进行重建。目前Ilizarov技术被认为是重建感染性骨缺损的金标准,利用外固定支架进行牵张成骨,利用骨与软组织搬运,修复骨与软组织缺损[18-19],但整个搬运、骨愈合过程较长,钉道感染、延长区成骨不良等并发症易影响临床疗效[12]。本研究未采用Ilizarov技术,主要与本组病例均为儿童有关,特别是3名低龄儿童(≤5岁)骨质矿化不足,若进行骨搬运,易出现克氏针切割搬运骨段,造成治疗失败。此外,对于本研究中8例Cinery-Mader Ⅲ型骨髓炎患儿,切除部分骨质即可实现彻底清创,若行骨搬运,则需要进行节段性骨切除,会加大重建难度。

近年来,膜诱导技术被逐步应用于儿童各类骨缺损的治疗。Pannier等[20]及Fitoussi等[21]分别应用膜诱导技术治疗儿童先天性胫骨假关节和恶性肿瘤,所有患儿都获得了骨愈合,故他们认为膜诱导技术是治疗这类疾病的一种有效方式。Canavese等[22]及Rousset等[23]成功应用膜诱导技术治疗儿童骨髓炎,结果表明对骨骼未成熟的患者应用膜诱导技术治疗大段感染性骨缺损能够获得较好的临床疗效,证实膜诱导技术可以有效应用于儿童感染性骨缺损的治疗,但他们的病例为创伤性骨髓炎或感染性骨不连,并不包括慢性血源性骨髓炎。Wang等[24]运用膜诱导技术治疗胫骨慢性血源性骨髓炎,所有患者(其中包括6岁的儿童患者)都获得了骨愈合,并且没有感染复发。而本研究中所有病例均为年龄小于16岁的骨骼未成熟患者,在随访过程中未出现感染复发,实现了骨愈合,提示膜诱导技术是治疗儿童四肢长骨慢性血源性骨髓炎的有效手段。

以往认为骨感染性疾病是应用内固定的禁忌证,这是因为即使对感染部位进行了彻底清创,仍会有残存的浮游细菌,其会黏附于内固定物表面,增殖后以生物膜状态生存,并且无法通过全身应用抗生素或局部冲洗等方式消除,从而导致感染复发。外固定可以使固定钉远离感染部位,避免细菌的黏附,防止感染复发,因此以往认为外固定是稳定感染性骨缺损断端的首选方式。但外固定支架的长期应用会影响患儿活动及社会交往,进而影响其身心发育,因此,对于儿童患者外固定不是理想的选择。同时,还有研究发现外固定钉道感染会导致感染复发,而锁定钢板由于减少了与骨质的接触面积,并不会增加感染复发率[25]。有学者在感染性骨缺损的治疗中采用抗生素骨水泥包裹的锁定钢板作为一期临时内固定,由于钢板表面的骨水泥可在一定时间内局部持续释放高浓度抗生素,杀灭浮游细菌,抑制生物膜的形成,从而避免了感染的复发,取得了良好的效果[9-10]。在前期的研究中,我们将抗生素骨水泥包裹的锁定钢板用于骨感染的治疗,证实了这一方法的可靠性[26-27]。在本研究中,所有患儿在两期手术中都应用了锁定钢板内固定来稳定骨断端,患儿的感染复发率并未增加,且稳定的力学环境有利于骨愈合,同时也降低了术后护理的难度,患儿可早期回归社会,到学校参与课堂学习以及部分游戏等社会活动,有利于患儿的身心发育。

应用膜诱导技术治疗儿童四肢长骨慢性血源性骨髓炎过程中,仍有一些技术要点需要关注:①术前应根据各项检查结果做好截骨范围的预判,以免遗漏死骨块,导致清创不彻底,感染复发;②死骨大多位于干骺端靠近骺板的位置,因此在清创取出死骨时要尽量避免损伤骺板;③清创切除感染骨质后,若骨皮质切除范围超过骨周径的三分之一,要进行断端固定,以便早期进行肢体功能锻炼,避免关节僵硬,固定钉需要注意避开骺板,以免影响患儿肢体的发育。

综上所述,采用膜诱导技术联合内固定治疗儿童四肢长骨慢性血源性骨髓炎能够有效控制感染,加速骨愈合,增加患儿的舒适性,有利于患儿尽早回归社

会。但是本研究为回顾性研究,缺乏与其他治疗方法的对照研究;且病例数有限,尚需要进行多中心前瞻性随机对照研究,以进一步确定其临床疗效。

[参考文献]

[1] Beckles VL,Jones HW,Harrison WJ. Chronic haematogenous osteomyelitis in children:a retrospective review of 167 patients in Malawi[J]. J Bone Joint Surg Br,2010,92-B(8):1138 - 1143. doi:10.1302/0301 - 620X.92B8.23413.

[2] Jones HW,Beckles VL,Akinola B,et al. Chronic haematogenous osteomyelitis in children:an unsolved problem[J]. J Bone Joint Surg Br,2011,93(8):1005 - 1010. doi:10.1302/0301 - 620X.93B8.25951.

[3] Stevenson AJ,Jones HW,Chokotho LC,et al. The Beit CURE classification of childhood chronic haematogenous osteomyelitis:a guide to treatment[J]. Orthop Surg Res,2015,10:144. doi:10.1186/s13018 - 015 - 0282 - 9.

[4] Masquelet AC. The induced membrane technique[J]. Orthop Traumatol Surg Res,2020,106(5):785 - 787. doi:10.1016/j.otsr.2020.06.001.

[5] Masquelet A,Kanakaris NK,Obert L,et al. Bone repair using the Masquelet technique[J]. J Bone Joint Surg Am,2019,101(11):1024 - 1036. doi:10.2106/JBJS.18.00842.

[6] 傅景曙,汪小华,王舒琳,等. 膜诱导技术治疗成人胫骨平台骨折术后感染的临床疗效[J]. 中华创伤杂志,2020,36(4):335 - 340. doi:10.3760/cma.j.issn.1001 - 8050.2020.04.010.

[7] 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.

[8] 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.

[9] Jia C,Wang X,Yu S,et al. An antibiotic cement-coated locking plate as a temporary fixation for treatment of infected bone defects:a new method of stabilization[J]. J Orthop Surg Res,2020,15(1):44. doi:10.1186/s13018 - 020 - 1574 - 2.

[10] 李 洋,胡 适,喻胜鹏,等. 膜诱导技术一期应用不同固定方式治疗胫骨远端创伤后骨髓炎的疗效比较[J]. 局解手术学杂志,2021,30(1):35 - 39. doi:10.11659/jjssx.08E020103.

[11] Gouron R. Surgical technique and indications of the induced membrane procedure in children [J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2016, 102(Suppl 1):S133 - S139. doi:10.1016/j.otsr.2015.06.027.

[12] Blum AL,Bongio Vanni 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.

[13] 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.

[14] Wang X, Yu S, Sun D, et al. Current data on extremities chronic osteomyelitis in southwest China:epidemiology,microbiology and therapeutic consequences[J]. Sci Rep,2017,7(1):16251. doi:10.1038/s41598 - 017 - 16337 - x.

[15] Jiang N,Ma YF,Jiang Y,et al. Clinical characteristics and treatment of extremity chronic osteomyelitis in southern China: a retrospective analysis of 394 consecutive patients[J]. Medicine(Baltimore),2015,94(42):e1874. doi:10.1097/MD.0000000000001874.

[16] Lew DP,Waldvogel FA. Osteomyelitis[J]. Lancet,2004,364(9431):369 - 379. doi:10.1016/S0140 - 6736(04)16727 - 5.

[17] Simpson AHRW,Tsang STJ. Non-union after plate fixation[J]. Injury,2018,49(Suppl 1):S78 - S82. doi:10.1016/S0020 - 1383(18)30309 - 7.

[18] El-Alfy B, El-Mowafi H, El-Moghazy N. Distraction osteogenesis in management of composite bone and soft tissue defects[J]. Int Orthop,2010,34(1):115 - 118. doi:10.1007/s00264 - 008 - 0574 - 3.

[19] 徐永清,朱跃良,范新宇,等. 二处截骨骨搬运治疗胫骨干大段感染性骨缺损合并软组织缺损的再认识[J]. 中华创伤骨科杂志,2015,17(10):850 - 853. doi:10.3760/cma.j.issn.1671 - 7600.2015.10.005.

[20] Pannier S,Pejin Z,Dana C,et al. Induced membrane technique for the treatment of congenital pseudarthrosis of the tibia:preliminary results of five cases[J]. J Child Orthop,2013,7(6):477 - 485. doi:10.1007/s11832 - 013 - 0535 - 2.

[21] Fitoussi F, Ilharreborde B. Is the induced-membrane technique successful for limb reconstruction after resecting large bone tumors in children? [J]. Clin Orthop Relat Res,2015,473(6):2067 - 2075. doi:10.1007/s11999 - 015 - 4164 - 6.

[22] Canavese F,Corradin M,Khan A,et al. Successful treatment of chronic osteomyelitis in children with debridement, antibiotic-laden cement spacer and bone graft substitute[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol,2017,27(2):221 - 228. doi:10.1007/s00590 - 016 - 1859 - 7.

[23] Rousset M,Walle M,Cambou L,et al. Chronic infection and infected non-union of the long bones in paediatric patients:preliminary results of bone versus beta-tricalcium phosphate grafting after induced membrane formation[J]. Int Orthop,2018,42(2):385 - 393. doi:10.1007/s00264 - 017 - 3693 - x.

[24] Wang X,Wang Z,Fu J,et al. Induced membrane technique for the treatment of chronic hematogenous tibia osteomyelitis[J]. BMC Musculoskelet Disord,2017,18(1):33. doi:10.1186/s12891 - 017 - 1395 - 6.

[25] Yildirim A,Kapukaya A,Atiç 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.

[26] 石 健,吕 乾,陈星宇,等. Masquelet 技术结合小腿皮瓣治疗胫骨感染性骨缺损伴广泛软组织缺损的疗效分析[J]. 中华创伤骨科杂志,2021,23(1):62 - 67. doi:10.3760/cma.j.cn115530 - 20200422 - 00279.

[27] 石 健,杨晓勇,陈星宇,等. 膜诱导技术结合内固定分期治疗股骨感染性骨不连[J]. 中华创伤杂志,2021,37(6):555 - 561. doi:10.3760/cma.j.cn501098 - 20210402 - 00218.

(编辑:魏 源)