

骨搬运技术对下肢大段骨缺损的临床疗效研究

林昌靖¹ 桑莉莉² 梁武胜² 郑臣校^{2△}

[摘要] 目的:探究 Ilizarov 骨搬运技术对下肢大段骨缺损的临床疗效。方法:回顾性分析 2015 年 1 月至 2015 年 12 月中山市中医院采用 Ilizarov 骨搬运技术治疗下肢大段骨缺损 17 例患者的临床资料,根据末次随访 Paley 和肢体功能评定标准进行临床疗效评定。结果:本组 17 例资料中 2 例失访,1 例失效,共 14 例获得 35~46 个月随访,中位数 42 个月。14 例获得随访的患者均得到骨性愈合,骨延长长度 2~18 cm,中位数 4.75 cm,软组织缺损得到不同程度修复。末次随访根据 Paley 和肢体功能评定标准优良率分别为 78.57% 和 85.71%。结论:Ilizarov 骨搬运技术是治疗下肢大段骨缺损的有效方法。

[关键词] 骨缺损;骨搬运;下肢;单边外固定支架

[中图分类号] R68 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2019)10-0048-06

The Clinical Effect of Ilizarov Technology on Large Bone Defections of Lower Extremities

LIN Changqing¹ SANG Lili² LIANG Wusheng² ZHENG Chenxiao^{2△}

¹Graduate School of Guangzhou University of Traditional Chinese Medicine, Guangzhou 510006, China;

²Hospital of Traditional Chinese Medicine of Zhongshan, Zhongshan 528400, Guangdong China.

Abstract Objective: To explore the clinical effect of Ilizarov technology on large bone defections of lower extremities **Methods:** As a case study of 17 patients, with massive bone defects of lower limbs, who have been treated by Ilizarov technology in our hospital from January 2015 to December 2015 and have been retrospectively analyzed, follow-up statistics and efficacy studies. Clinical efficacy was assessed according to the final follow-up Paley and limb function assessment criteria. **Results:** Of the 17 patients in the group, 2 were lost to follow-up and 1 was ineffective. A total of 14 patients were followed up for 35 to 46 months with a median of 42 months. All the 14 patients who were followed up had bone healing. The length of bone extension was 2-18 cm, the median was 4.75 cm, and the soft tissue defects were repaired to different extents. The excellent follow-up rates of the final follow-up according to Paley and limb function were 78.57% and 85.71%, respectively. **Conclusion:** Ilizarov technology is an effective ways to treat the patients who suffer from large bone defects of lower limbs.

Keywords: bone defect; bone transfer; lower limb; orthofix

骨缺损一直是创伤骨科的重要研究课题,传统的治疗骨缺损的方法有带血管蒂的骨瓣移植、自体或异体骨移植、含抗生素的人工骨移植等,但存在治疗时间长,手术次数多,愈合时间久,经济代价高,肢体功能欠佳等缺点^[1,2]。Masquelet 诱导膜技术治疗骨缺损,对骨感染控制良好,但手术次数增多,且产生的骨量有限,为大段的骨缺损提供充足的骨量存在一定的难度^[3,4]。Ilizarov 骨搬运技术通过在骨缺损区的远端或近端截骨,以外固定支架沿着长骨纵轴逐渐牵开截骨端,以使松质骨带生成的同时逐步消灭骨缺损。Ilizarov 骨搬运技术因疗效显著,已成骨科医师治疗大段骨缺损的首要选择。笔者采用回顾性分析 2015 年

1 月至 2015 年 12 月中山市中医院采用 Ilizarov 骨搬运技术治疗下肢大段骨缺损 17 例患者的临床资料,进行随访统计和疗效研究,现报告如下。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

回顾性分析研究 2015 年 1 月至 2015 年 12 月中山市中医院采用 Ilizarov 骨搬运技术治疗下肢大段骨缺损 17 例患者的临床资料,全部使用单边外固定支架,其中 2 例患者出院后失访,1 例患者出院 2 月后骨搬运失效手术拆除外固定支架。

1.2 诊断标准

参照《实用骨科学》^[5]中的标准:1)经 X 线正侧位片及其他方位显示骨缺损部位、范围;2)根据患者病史、症状、体征及相关辅助检查确诊。

1.3 纳入标准

1)下肢长骨骨缺损且缺损长度>2 cm;2)采用单边外固定支架 Ilizarov 骨搬运技术治疗;3)年龄≥18

基金项目:中山市社会公益科技项目(2018131084)

¹ 广州中医药大学研究生院(广州,510006)

² 中山市中医院

[△]通信作者 E-mail:944614470@qq.com

岁;4)同意参与此项研究,已签署知情同意书。

1.4 排除标准

1)合并严重内科或精神疾病;2)病理性骨缺损;3)下肢有烧伤;4)长期服用激素;5)采用环形外固定支架。

1.5 术前准备

全面评估患者全身体征,认真判断神经及血管损伤情况,着重观察软组织缺损、伤口污染以及骨质外露,注意截骨区皮肤状况。测量肢体长度,完善影像学检查,术前明确清除坏死组织以及死骨的范围。检查感染指标,留取创面分泌物做细菌培养和药敏实验,选择敏感抗生素抗感染。选择合适的外固定支架,制定个性化的手术方案,做好术前告知,取得患者及其家属理解与配合。

1.6 方法

患者取仰卧位,麻醉方式选择腰硬联合麻醉或全身麻醉,消毒,铺巾,使用止血带止血。将原有内固定或外固定取出,清除失活或污染严重的软组织及死骨,修整截平骨折断端,直到肉眼可见新鲜渗血,注意断端骨膜的保护。依次使用双氧水、生理盐水、碘伏、生理盐水反复充分冲洗伤面,彻底止血。

1.6.1 胫骨骨缺损 选择单边外固定支架安装在胫骨的前内侧,明确膝关节面位置,单边外固定支架垂直于胫骨纵轴,于距长骨 1.5~2.0 cm 且与胫骨平台关节面平行处横行拧入 1 枚 Schanz 螺钉,调整力线。然后在踝穴以近 1.5~2.0 cm 处拧入 1 枚 Schanz 螺钉,再度调整力线。连接单边外固定延长杆,将可滑动的夹块安装在延长杆上,并预留截骨位置。截骨的位置可选在胫骨的远近干骺端,软组织状况较好,骨膜未受损的区域。于截骨区小腿前内侧切开约 2 cm 的切口,切开骨膜并注意保护,用摆锯截断胫骨,常规使用 C 臂机确定截骨是否完全,放置引流条后,逐层缝合切口。在截骨线的下方植入 2~3 枚螺钉,为增加支架稳定性,在胫骨的远近干骺端植入 2~3 枚螺钉。

1.6.2 股骨骨缺损 单边外固定支架安装方法及原则与胫骨大致相同,单边支架安装在股骨前侧,于股骨远近端拧入 1 枚 Schanz 螺钉,做力线调整,依次安装延长杆和可滑动夹块,在截骨线下方及股骨远近干骺端分别植入 2~3 枚螺钉,并截骨后依次缝合切口。对合并有皮肤缺损,缺损范围小的创面以直接缝合或自

体皮瓣移植缝合,缺损范围大的创面以负压封闭引流技术(VSD)覆盖。

1.7 术后处理

术后立即指导足趾屈伸、踝泵运动、直腿抬高、股四头肌收缩训练。术后第 7 天开始进行骨搬运,搬运的速度为 1 mm/d,4 次/d 进行。在骨搬运过程中根据情况适当调整搬运速度,若患者搬运过程出现疼痛,可暂停牵拉 5~7 d;若两断端接触面积不理想,应行植骨术;若两断端接触面积理想,可密切观察 3~4 个月,骨痂生长不良应行植骨术。每 4 周拍 X 线片,观察新生骨生长情况、滑动骨段有无偏移长骨轴位线,根据实际情况及时调整固定。鼓励早期下床活动,待新生骨和滑动骨段骨痂生长牢固,可从拄双拐部分负重行走走到完全负重行走。术后常规针道护理和消毒,预防针道感染和钢针松动。

1.8 疗效评定方法^[1,6]

1.8.1 Paley 标准 1)骨愈合情况;2)有无感染;3)肢体畸形是否<7°;4)双肢不等长是否<2.5 cm。根据 Paley 评定标准:优为骨质愈合,无感染,肢体畸形<7°,双肢体不等长<2.5 cm。良为骨愈合,合并 2)3)4)中任意 2 项要求。可为骨愈合,合并 2)3)4)中任意 1 项要求。差为骨不愈合或再发骨折或骨愈合但不具备 2)3)4)中的任意 1 项要求。

1.8.2 肢体功能标准 1)明显跛行或短缩畸形;2)邻近关节僵硬;3)软组织营养障碍;4)肢体疼痛;5)肢体运动功能障碍。优为未出现 2)3)4)5)中任意 1 项。良为出现 2)3)4)5)中不超过 2 项。一般为 2)3)4)5)中出现 3 到 4 项。差为出现明显跛行或短缩畸形。

2 结果

2.1 一般资料

本组纳入研究的患者共 17 例,男 11 例,女 6 例;年龄 19~71 岁,中位数 41 岁;骨搬运术前手术 0~9 次,中位数 2 次;骨搬运手术时间 1.3~6.3 h,中位数 3.7 h;骨搬运术中出血量 30~600 mL,中位数 100 mL;16 例患者合并有不同程度的皮肤及软组织缺损,缺损面积约 2 cm×2 cm~21 cm×10 cm,平均约 8 cm×6 cm;6 例患者植入人工骨,其中抗生素人工骨 4 例,磷酸钙人工骨 2 例,见表 1-2。

表 1 Ilizarov 骨搬运患者一般资料(̄x±s)

性别		年龄/岁	致伤原因/例				骨搬运术前 手术次数	手术时间/h	术中出血量/mL
男	女		交通伤	砸伤	其他伤	先天性			
11	6	38.8±15.6	7	2	7	1	2.8±1.1	3.7±1.4	163.9±171.7

表 2 患者骨缺损部位、长度及原因统计

缺损部位		缺损长度/cm (̄x±s)	感染		术后骨外露 胫骨	术后肢体短缩		先天性畸形 胫骨
股骨	胫骨		股骨	胫骨		股骨	胫骨	
14	3	6.4±4.9	4	2	7	2	1	1

2.2 随访及并发症情况

本组 17 例资料中 14 例患者获得 35~46 个月随访,中位数 42 个月,其中 2 例患者出院后失访,1 例患者出院 2 个月后骨搬运失效手术拆除外固定支架;14 例获

得随访的患者均得到骨性愈合,软组织缺损均得到不同程度修复;佩带外固定支架时间为 6~39 个月,中位数 19 个月;骨延长长度 2~18 cm,中位数 4.75 cm;末次随访时钉道感染 7 例,均通过换药后感染得到控制;钉口

松动 3 例,均通过重新调整外固定加固;13 例患者有不同程度的邻近关节僵硬;1 例患者发生截骨区软组织瘢痕挛缩,住院通过行瘢痕挛缩松解术后松解,见表 3-4.

表 3 患者随访时间、佩带外固定支架时间及骨延长长度(̄±s)

随访时间/月	佩带外固定支架 时间/月	骨延长长度/cm
40.5±4.3	19±10.2	6.5±5.4

表 4 患者末次随访并发症情况[n(%)]

钉道感染	疼痛	钉口松动	关节僵硬		组织瘢痕挛缩
			膝关节	踝关节	
7(50.00%)	12(85.71%)	3(21.43%)	7(50.00%)	6(46.15%)	1(7.14%)

2.3 疗效评定

14 例患者末次随访根据 Paley 评定标准:优 5 例,良 6 例,可 3 例,差 0 例,优良率 78.57%. 肢体功能评定结果:优 4 例,良 8 例,一般 2 例,差 0 例,优良率 85.71%,见表 5.

表 5 患者末次随访根据 Paley 和肢体功能评定结果[n(%)]

评定标准	例数	优	良	可	差	优良率/%
Paley	14	5(35.71%)	6(42.86%)	3(21.43%)	0(0.00%)	78.57
肢体功能	14	2(14.29%)	10(71.43%)	2(14.29%)	0(0.00%)	85.71

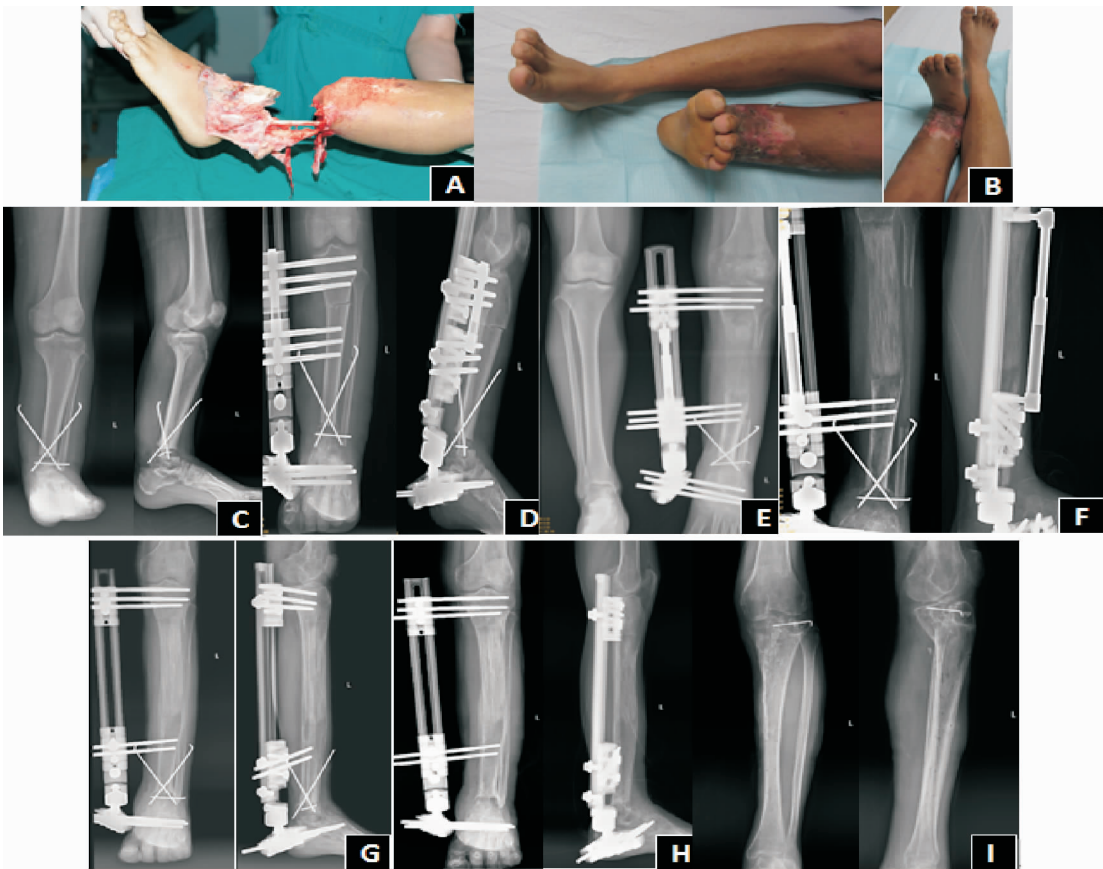
2.4 典型病例

典型病例 1 见图 1,男,23 岁,重物砸伤,2014-12-08 送院急诊,左小腿下段完全离断伤,急诊行清创、断肢缩短再植、踝关节融合、肌腱血管神经吻合术;2015-01-15 行左小腿清创、取皮植皮术;2015-03-06 行左胫骨骨搬移术。

典型病例 2 见图 2,女,47 岁,车祸伤,2014-02-05 至院急诊,左股骨左髌骨粉碎性开放性骨折,急诊行清创、左跟骨牵引术;2014-02-12 行左股骨左髌骨切开复

位内固定术、人工骨植骨术、股直肌修复术;2015-01-14 行左股骨下段感染性骨不连内固定取出术、骨搬移术、抗生素人工骨植入术。

典型病例 3 见图 3,男,27 岁,车祸伤,2013-02-17 送院急诊,左胫腓骨粉碎性开放性骨折,急诊行清创、简易外固定支架、肌腱神经修复术;受伤至骨搬移术前,已行清创、内固定、同种异体骨、髌骨植骨等 9 次手术;2015-01-16 行骨搬移术、碳酸钙人工植骨术。



A 2014-12-08急诊术前; B-C 2015-03-05左小腿骨搬移术前外观、术前左胫腓骨X线正侧位片; D 2015-03-06骨搬移术后左胫腓骨X线正侧位; E 2015-08-28骨搬移术后双下肢全长X线片; F 2015-12-16骨搬移术后左胫腓骨X线正侧位; G 2016-09-16骨搬移术后左胫腓骨X线正侧位; H 2017-01-04骨搬移术后左胫腓骨X线正侧位; I 2017-11-12骨搬移术后左胫腓骨X线正侧位,单边外固定支架已拆除,骨延长区骨质愈合.

图 1 典型病例 1

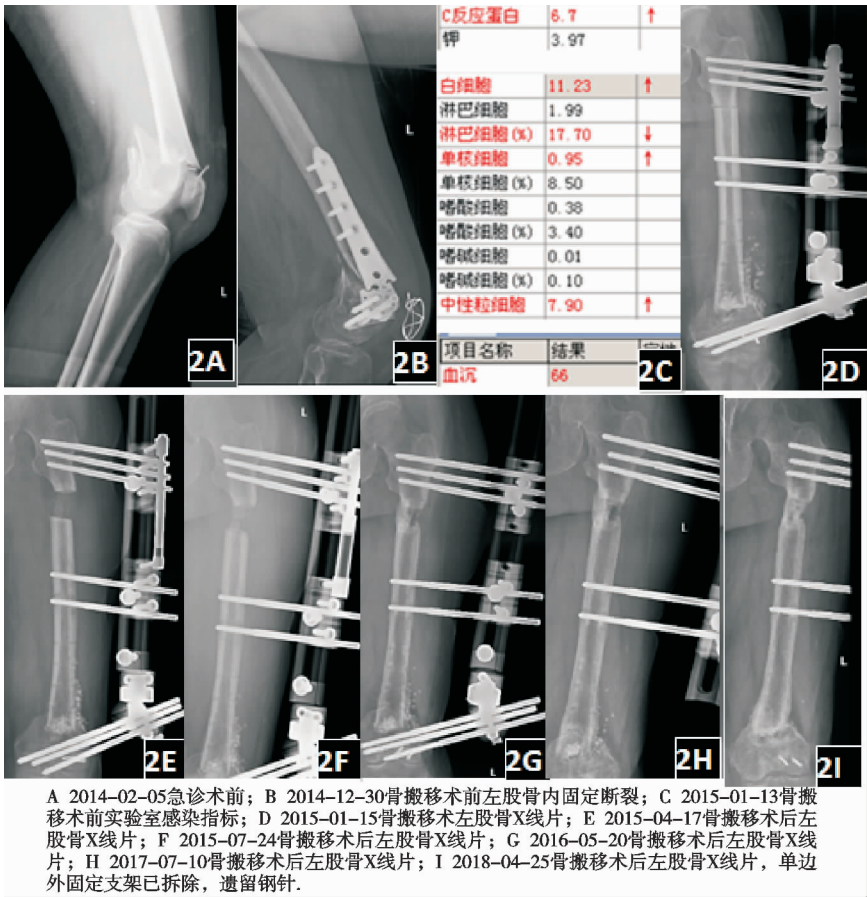


图 2 典型病例 2

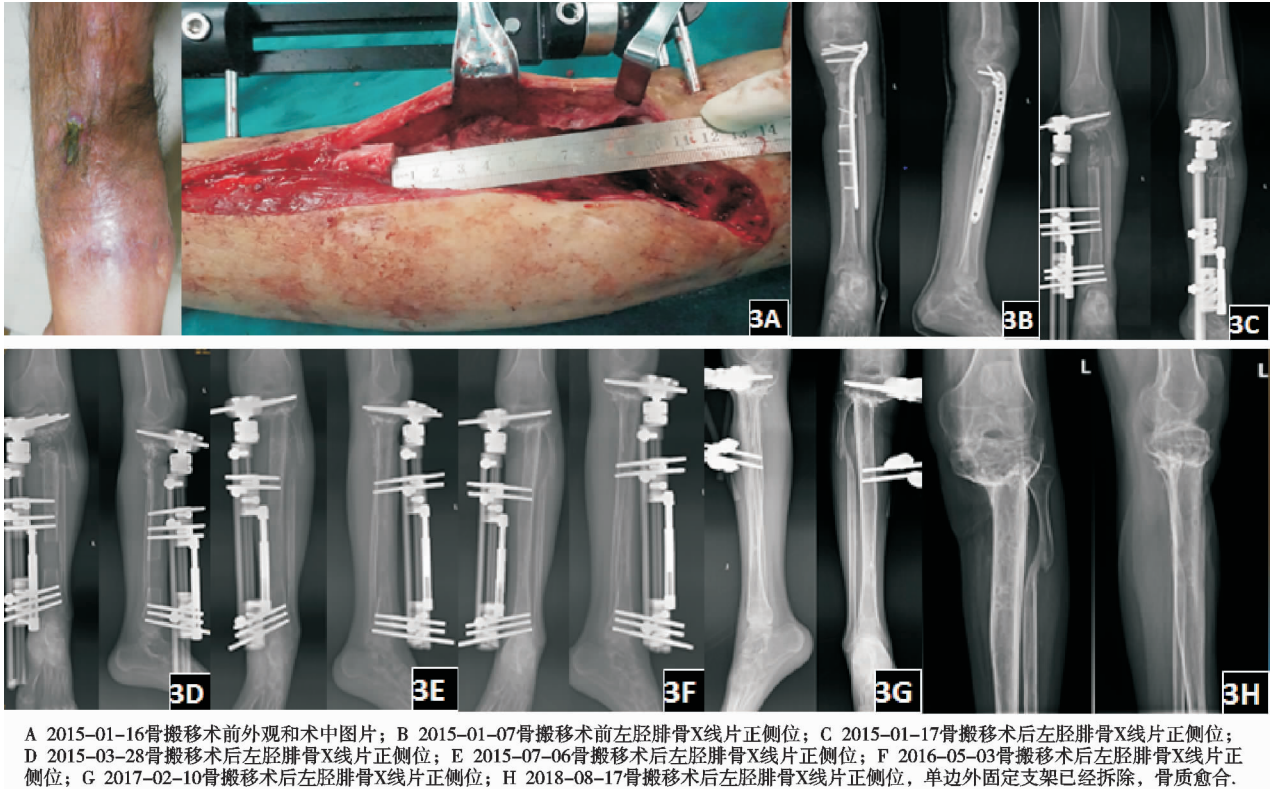


图 3 典型病例 3

3 讨论

近些年来,随着经济社会的发展和交通工具的普及,高能量的交通伤、严重创伤后骨不连、骨感染、骨肿

瘤等常造成骨缺损^[7]。通常认为,骨缺损量 ≥ 6 cm 属于大段骨缺损^[8],骨缺损量 < 6 cm 属于中小段骨缺损。大段骨缺损往往伴随着大量软组织的丢失,缺乏

软组织的覆盖和营养,骨缺损的局部环境持续恶化,传统的手术难以治疗,甚至导致截肢。

传统的治疗方法常一期手术清创,对合并皮损旋转皮瓣覆盖和固定,二期手术骨移植,上述方法常遗留感染、再骨折、骨不愈合、畸形等问题^[1]。传统的治疗骨缺损的方法常面临骨量不足等问题,适用于骨缺损 $<2\text{ cm}$ 的治疗,对于大段骨缺损的疗效则较差^[9]。Ilizarov 骨搬移技术源自前苏联医学家 Ilizarov 的张力—应力法则原理,通过坚强外固定去成角、去移位、去旋转,实施轴向加压,在松质骨带形成的同时消灭骨缺损^[10]。Ilizarov 骨搬移技术通过外固定支架避免了使用自体或异体骨的移植,利用膜内成骨原理,在缓慢搬移的过程中,促进组织代谢,刺激骨细胞生长因子,细胞合成功能旺盛,牵张区胶原纤维生长,在骨小梁形成后逐渐钙化,于牵张成骨的基础上消灭骨缺损,可以减少感染的发生和促进软组织的修复,周围血管、神经、肌腱、皮肤不断增生改变,适应肢体牵拉延长的变化。同时骨搬移术后患者早期下床活动,有效预防血栓形成,避免长久卧床导致骨质疏松、褥疮、肺炎等并发症。

Ilizarov 骨搬移技术目前常选择环形外固定支架和单边外固定支架^[11]。其中,环形外固定支架具有三维多平面结构,稳固性高,能及时调整搬移力线,纠正成角、移位和旋转^[12]。单边外固定支架平面则较为单一,手术及安装难度相对较低,术后护理方便^[13]。骨搬移使用外固定支架时间较长,通常可分为三个阶段,首先是 7 d 左右的静息期,其次是根据骨缺损量及病情的不同导致牵搬移时间也各不相同,最后是漫长的矿化期。长时间的牵移过程会产生一定程度的疼痛。长期使用外固定支架可能合并临近关节功能障碍,给患者造成生活及护理的不便,软组织营养障碍,钉道感染,钉口流血流脓,钉口松动,甚至脱落的风险。需要长时间的精心护理,定期消毒,积极治疗并发症,若出现轴位偏移需及时调整外固定支架。如搬移的骨段与远端骨端最终相合时,出现不愈合的现象,可应用“手风琴”技术在两骨端来回加压牵张,促进新生骨的形成,最终使两骨端愈合^[14]。环形外固定支架术中操作较为复杂,容易在穿针时候造成血管神经损伤;单边外固定支架稳定性相对较低,不利于保持搬移骨块与长管状骨纵轴的位置关系,在出现对位对线偏移时调整相对较难^[13]。本组病例全部使用单边外固定支架进行骨搬移,患者术后护理均较为方便,但未发生明显的力线偏倚,黄永军等^[15]使用单边外固定支架治疗 19 例下肢骨缺损患者中也无 1 例出现力线偏倚,单边外固定支架只要精准手术和精心护理,在保持支架稳定性和维持力线方面,可以接近环形外固定支架水平。如若在骨搬移中出现力线偏倚的问题,有研究者认为环形外固定支架上需要把持支架与长骨干正确的空间

几何关系,重新调整力线,保持环与肢体的相对距离,环与长骨纵轴相垂直,可以采用全针与半针相结合的方式,两者接近垂直,可以有效的稳定空间架构^[16]。在单边外固定支架上笔者的经验是需要保持滑移杆与长骨纵轴平行,钢针与长骨纵轴垂直,在重新调整钢针时避免二次损伤重要血管神经和肌腱。

在本组并发症之中,钉道感染 7 例和钉口松动 3 例。钉道感染是骨搬移过程中最为常见的并发症^[17],主要原因是在持续的骨搬移过程中钢针与皮肤产生切割力,皮肤慢性损伤。针孔与外界相通,易导致从外向内感染。术后钢针张力降低,导致钢针的松弛出现钉口松动。应在骨搬移牵拉期间应定期检查钢针张力,拧紧钢钉和螺栓。严格每日钉口消毒 1~3 次不等,保持钉口及周围皮肤干燥与清洁,对严重感染的,必要时停止搬移,去除钢针,在感染控制后重新调整加固外固定支架;12 例患者出现不同程度的肢体疼痛,考虑骨搬移过程中钢针切割软组织,易出现肢体疼痛。在常规骨搬移过程中肢体疼痛难以避免,笔者尝试过斜拉钢针牵引,但在减少钢针切割软组织 and 有效控制骨搬移两者之间难以取得平衡。有研究者^[18]指出利用滑轮牵引法、完全髓内延长法能有效避免钢针切割软组织产生疼痛,值得进一步探讨;13 例患者有不同程度的邻近关节僵硬。关节僵硬总体发生率较高,Yin 等^[19]通过 Meta 分析报道,骨搬移技术治疗下肢骨缺损后膝关节僵硬发生率 9%~30%,踝关节僵硬发生率 13%~56%。有动物研究实验表明,在骨搬移过程中,适度的牵拉力使肌肉具备再生能力,过度的牵拉力致使肌肉软组织再生功能紊乱,使肌肉萎缩僵硬^[20]。由于在骨搬移过程中牵拉力不均,过度牵拉力造成肌肉挛缩、关节僵硬,因此选择适度的牵拉力显得尤为重要。外固定支架钢针穿过肌肉及肌腱,造成软组织粘连,患者早期功能锻炼疼痛,本能放弃积极锻炼,在选择穿针点时应尽量从肌间隙穿入,避免过多穿过肌肉肌腱,对减少肌肉及关节挛缩僵硬有一定帮助。患者佩戴外固定支架时间长,影响后期的关节功能锻炼,应积极引导患者带支架行功能锻炼;1 例患者发生截骨区软组织瘢痕挛缩。由于截骨操作中软组织损伤,局部张力过大,未行减张缝合,术后组织粘连,软组织受到牵拉而挛缩,住院通过行瘢痕挛缩松解术后松解。术中应注意柔和操作,摆锯注意减少对周围软组织损伤;1 例患者出院 2 个月后骨搬移失效,手术拆除外固定支架。考虑患者年龄偏大(女,71 岁),身体器官功能衰退,严重创伤和骨搬移手术在一定程度上削弱了机体的防御功能。2016 年 1 篇样本总量为 30 526 例的中国老年人骨质疏松症患病率 Meta 分析报道,大于 60 岁的老年女性骨质疏松症患病率为 49%,且随着年龄增大而增高^[21]。老年人骨质疏松会使骨量减少,骨微结构改变,术后难以长期维持固定和满足搬移条件,

对于年龄与 Ilizarov 骨搬运疗效的关系,这需要后期增加样本量加以论证。

本组佩带单边外固定支架时间平均为(19±10.2)个月,其中 1 例患者最长的佩带时间为 39 个月,曹建明等^[22] 18 例佩带外固定支架时间平均为 6 个月。笔者认为佩带外固定支架的时间受到本组患者搬移速度和皮肤软组织缺损影响。在搬移过程中,搬移速度普遍共识为 1 mm/d,每日分 4~6 次进行。而在实际中,搬移速度 1 mm/d 仍会出现骨矿化不良情况,直接导致外固定支架佩带时间延长。骨痂直径率(CDR)是指矿化骨痂直径与水平面截骨直径的比值。有研究者指出 CDR>85%、身体状况较好、年纪较小的患者搬移速度可为 1.2 mm/d;CDR<80%、身体状况较差、年纪较大的患者搬移速度可减到 0.5 mm/d,每日搬移频率适当增加^[23]。患者合并有不同程度的皮肤及软组织缺损,徐永清等^[24]提出皮瓣等大面积软组织的缺损不利于骨搬移,大段骨缺损合并软组织缺损使搬移过程中并发症增多,导致延长佩带外固定支架时间。笔者的经验是手术清创后,皮肤软组织具备闭合创面、可一期植皮的患者选择闭合创面以减少感染机率,对于创面严重感染的患者选择封闭负压技术、带抗生素骨水泥链珠控制感染,再进行骨搬移外固定支架安装。本研究在治疗大段骨缺损的同时软组织缺损也得到不同程度修复。

综上所述,本研究末次随访根据 Paley 评定标准优良率 78.6%,肢体功能评定结果优良率 85.7%,论证了 Ilizarov 骨搬运技术治疗下肢大段骨缺损优势明显,疗效显著,未发生对合端不愈合、骨不连、血管神经危象、足下垂畸形等严重并发症。但是术后要积极功能锻炼,及时处理相关并发症,促进大段骨缺损的修复。然本组回顾性分析研究存在回忆性偏倚,病例较少,欠同组病例对照研究,未能进一步对骨搬运技术治疗骨缺损的机制进行探讨,下一步将进行动物实验以研究 Ilizarov 骨搬运技术治疗骨缺损的作用机制。

参考文献

- [1] 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.
- [2] JAIN A K, SINHA S. Infected nonunion of the long bones[J]. Clin Orthop Relat Res,2005,431:57-65.
- [3] 周子红,冯德宏,徐可林,等. 诱导膜技术的手术失误和并发症:44 例感染性骨缺损治疗分析[J]. 中国组织工程研究,2018,22(26):4162-4167.
- [4] MASQUELET A C, OBERT L. Induced membrane technique for bone defects in the hand and wrist[J]. Chirurgie de la Main,2010,29(1):221-224.
- [5] 李茂华. 实用骨科学[M]. 长春:吉林科学技术出版社,2016:261-265.
- [6] PALEY D, CAIAGNI M A, ARGNANI F, et al. Ilizarov treatment of tibial nonunions with bone loss[J]. Clin Orthop Relat Res,1989,241:146-165.

- [7] 韩成龙,温洪鹏,黄科,等. Ilizarov 重建外固定架结合锁定钢板骨延长术治疗下肢骨缺损临床研究[J]. 中国伤残医学,2018,26(20):14-15.
- [8] 张树立,张勇,王景彦,等. 应用 Ilizarov 双段骨搬运技术治疗大段胫骨骨缺损[J]. 中国中医骨伤科杂志,2018,26(10):60-62.
- [9] 蒲超,朱红,唐付林,等. 应用 Ilizarov 技术修复胫骨慢性骨髓炎并骨缺损[J]. 中国骨与关节损伤杂志,2013,28(2):168-169.
- [10] 高伟,林震迅,镇普祥,等. 胫骨横向骨搬移后巨噬细胞促进重度糖尿病足创面的愈合[J]. 中国组织工程研究,2018,22(36):5811-5815.
- [11] 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.
- [12] 闫秀中,王燕,焦绍锋,等. Ilizarov 环形外固定架治疗胫腓骨开放骨折的临床研究[J]. 中国矫形外科杂志,2017,25(4):321-324.
- [13] 朱绍瑜,陈华,陈林,等. 弹性稳定髓内钉与 Ilizarov 外固定支架治疗儿童胫骨干骨折的疗效比较[J]. 中华创伤骨科杂志,2015,17(3):274-276.
- [14] ILIZAROV G A. Clinical application of the tension stress effect for limb lengthening[J]. Clin Orthop,1990,250:8-26.
- [15] 黄永军,黄东,江奕恒,等. Ilizarov/Ilizarov 支架治疗胫骨骨缺损的疗效分析[J]. 中华创伤骨科杂志,2017,19(7):634-636.
- [16] 傅德皓. Ilizarov 技术治疗胫骨大段感染性骨缺损并发症分析[J]. 创伤外科杂志,2018,20(7):559-561.
- [17] 闫厚军,马志国,郭永军,等. 清创后同期骨延长术治疗胫骨骨折患者骨不连的临床疗效[J]. 中国骨与关节杂志,2017,6(12):943-946.
- [18] QUINNAN S M, LAWRIE C. Optimizing bone defect reconstruction -balanced cable transport with circular external fixation[J]. Journal of Orthopaedic Trauma,2017,31(10):E347-E355.
- [19] YIN P, JI Q, LI T, et al. A Systematic review and meta-analysis of ilizarov methods in the treatment of infected nonunion of tibia and femur[J]. PLoS One,2015,10(11):e141973.
- [20] TSUJIMURA T, KINOSHITA M, ABE M. Response of rabbit skeletal muscle to tibial lengthening[J]. Journal of Orthopaedic Science,2006,11(2):185-190.
- [21] 贺丽英,孙蕴,要文娟,等. 2010-2016 年中国老年人骨质疏松症患病率 Meta 分析[J]. 中国骨质疏松杂志,2016,22(12):1590-1596.
- [22] 曹建明,刘建敏,王福川,等. Orthofix 外固定支架骨搬运技术治疗胫骨骨缺损 18 例临床研究[J]. 重庆医学,2015,44(27):3832-3835.
- [23] 梁强,张锴. 牵拉成骨过程中并发症及截骨端骨痂血运情况:多普勒超声监测可行[J]. 中国组织工程研究,2015,19(20):3226-3230.
- [24] 徐永清,朱跃良,林玮,等. 胫骨截骨骨搬移治疗胫骨大段感染性骨缺损伴软组织缺损[J]. 中华创伤骨科杂志,2018,20(8):666-670.

(收稿日期:2019-02-10)