

改良胫骨横向骨搬运技术治疗 Wagner 3~4 级糖尿病足患者的效果研究



扫描二维码
查看原文

董亚楠^{1,2}, 姜晓锐², 王凯², 宗传冲², 林国栋², 李香卿², 林春晓², 迟俊涛^{3*}

【摘要】 背景 糖尿病足是一种严重的糖尿病慢性并发症, 胫骨横向骨搬运 (TTT) 技术可促进血管组织再生, 改善微循环, 在治疗糖尿病足溃疡中取得良好效果, 但传统 TTT 技术并发症较多, 需对该技术进行改良来减少术后并发症。**目的** 探讨改良 TTT 技术即骨与骨膜联合搬运治疗 Wagner 3~4 级糖尿病足患者的疗效。**方法** 回顾性分析 2018 年 1 月—2021 年 5 月于烟台毓璜顶医院手足外科应用改良 TTT 技术治疗的 117 例糖尿病足患者的临床资料, 收集患者术后保足情况、功能性保肢情况、大截肢情况和溃疡愈合时间、并发症、足部皮温改善情况、静息痛情况及术前、术后 CT 血管造影 (CTA) 资料。随访时间截至 2022-03-31。**结果** 随访时间 5.5~24.0 个月, 平均 (14.21 ± 4.06) 个月。术后保足率 (未截肢或踝关节以下截肢) 为 95.73% (112/117), 功能性保肢率 (未截肢或中足中段以远部位小截肢) 为 83.76% (98/117), 大截肢率 (踝关节以上截肢) 为 4.27% (5/117), 除截肢患者外其余患者术后溃疡愈合良好, 愈合时间 6.0~14.5 周, 平均愈合时间为 (9.07 ± 2.02) 周。患者术后 1、2、4、8 周足温高于术前 ($P < 0.01$); 静息痛患者 35 例, 静息痛患者术后 1、2、4、8 周视觉模拟评分 (VAS) 低于术前 ($P < 0.01$); CTA 显示 70.34% (94/117) 的患者术后血管情况好转、微血管数量增加、足部血管网重建; 在骨搬运过程中并发症发生率为 11.97% (14/117), 其中截骨区域皮缘坏死、下肢静脉血栓、钉道感染的发生率分别为 5.98% (7/117)、4.27% (5/117)、1.71% (2/117)。**结论** 改良 TTT 技术将骨与骨膜联合搬运可以通过刺激下肢微循环的重建促进创面愈合, 短期内有效缓解糖尿病足患者静息痛, 改善足部温度, 且并发症发生率低, 为治疗糖尿病足提供了一种有效手段。

【关键词】 糖尿病足; 骨与骨膜联合搬运; 胫骨横向骨搬运; 外科手术; 糖尿病; 手术后并发症

【中图分类号】 R 587.29 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2022.0822

【引用本文】 董亚楠, 姜晓锐, 王凯, 等. 改良胫骨横向骨搬运技术治疗 Wagner 3~4 级糖尿病足患者的效果研究 [J]. 中国全科医学, 2023, 26 (27): 3411-3416. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2022.0822. [www.chinagp.net]

DONG Y N, JIANG X R, WANG K, et al. The effect of modified tibial transverse transport technique in the treatment of Wagner grade III and IV diabetic foot patients [J]. Chinese General Practice, 2023, 26 (27): 3411-3416.

The Effect of Modified Tibial Transverse Transport Technique in the Treatment of Wagner Grade III and IV Diabetic Foot Patients DONG Yanan^{1,2}, JIANG Xiaorui², WANG Kai², ZONG Chuanchong², LIN Guodong², LI Xiangqing², LIN Chunxiao², CHI Juntao^{3*}

1.School of Nursing, Weifang Medical University, Weifang 261053, China

2.Hand and Foot Surgery, Yantai Yuhuangding Hospital, Yantai 264000, China

3.Department of Nursing, Yantai Yuhuangding Hospital, Yantai 264000, China

*Corresponding author: CHI Juntao, Deputy chief nurse; E-mail: chijuntao@126.com

【Abstract】 **Background** Diabetic foot is a serious chronic complication of diabetes, tibial transverse transport (TTT) technique can promote the regeneration of vascular tissue, improve microcirculation, achieving good results in the treatment of diabetic foot ulcers, but traditional TTT technique has many complications, which needs to be improved to reduce postoperative complications. **Objective** To investigate the efficacy of modified TTT technique, that is, bone and periosteum combined transport technique, in the treatment of patients with Wagner grade III and IV diabetic foot. **Methods** The clinical data of 117 diabetic foot patients treated with modified TTT technique in the hand and foot surgery of Yantai Yuhuangding Hospital from January, 2018 to May, 2021 were retrospectively analyzed, and the postoperative foot preservation, functional

基金项目: 山东省自然科学基金资助项目 (ZR2019MH073); 烟台市科技计划项目 (19YD027)

1.261053 山东省潍坊市, 潍坊医学院护理学院 2.264000 山东省烟台市, 烟台毓璜顶医院手足外科 3.264000 山东省烟台市, 烟台毓璜顶医院护理部

*通信作者: 迟俊涛, 副主任护师; E-mail: chijuntao@126.com

本文数字出版日期: 2023-02-27

limb preservation, large amputation, ulcer healing time, complication, foot skin temperature improvement, resting pain, preoperative and postoperative CTA results were collected. The follow-up was till to March 31, 2022. **Result** The follow-up time ranged from 5.5 to 24.0 months, with an average of (14.21 ± 4.06) months. The postoperative foot preservation rate (no amputation or amputation below ankle) was 95.73% (112/117), the functional limb preservation rate (no amputation or minor amputation distal to midfoot) was 83.76% (98/117), the major amputation rate (amputation above ankle) was 4.27% (5/117), and the postoperative ulcers healed well in all patients except amputees, with an average time to healing of (9.07 ± 2.02) weeks, ranging from 6 to 14.5 weeks. The postoperative foot skin temperature at 1, 2, 4, and 8 weeks of the patients were significantly improved compared with the preoperative period ($P < 0.01$); The postoperative VAS scores of 35 patients with resting pain at 1, 2, 4, and 8 weeks compared with the preoperative period ($P < 0.01$); the CTA results showed improved postoperative vascular condition, increased microvascular vessels number and reconstructed vascular network of the foot in 70.34% (94/117) of included patients postoperatively; The incidence of complication during bone handling was 11.97% (14/117), among which the incidence of osteotomy area skin edge necrosis, deep vein thrombosis, and pin track infection was 5.98% (7/117), 4.27% (5/117), and 1.71% (2/117), respectively. **Conclusion** The modified TTT technique can promote wound healing through the stimulation of lower limb microcirculation reconstruction, to alleviate resting pain and improve foot skin temperature in diabetic foot patients effectively in the short term, with low incidence of complication, providing an effective approach for the treatment of diabetic foot.

【Key words】 Diabetic foot; Bone and periosteum combined transport technique; Transverse bone transport of the tibia technique; Surgical procedures, operative; Diabetes mellitus; Postoperative complications

糖尿病足是糖尿病的常见并发症之一，具有高发病率和高死亡率的特点，且治疗难度大、费用昂贵，对患者的健康造成了极大的影响。据统计，糖尿病患者在其一生中发生糖尿病足溃疡的概率约为 25%，国际糖尿病联盟报告称，每年有 910 万 ~ 2 610 万的糖尿病患者发生糖尿病足溃疡，其中 1/5 的糖尿病足溃疡患者需要截肢，且主要集中在 Wagner ≥ 3 级的患者，全世界每 30 s 就有 1 例患者因糖尿病而截肢，在发达国家中，超过 60% 小腿截肢患者的原因与糖尿病有关；此外，约 50% 的患者大截肢后将在 5 年内再次截肢，且截肢后 5 年死亡率仍高达 25%~50%^[1-4]。目前糖尿病足的治疗主要以改善局部血液循环、促进创面愈合、控制感染等为主^[5]，治疗措施包括清创、负压引流、抗生素骨水泥、高压氧、臭氧、血管介入等技术^[6-10]，通常需要多学科综合治疗，但最终效果均十分有限，临床中需要更多的治疗技术来促进糖尿病足溃疡愈合，提高保肢率。胫骨横向骨搬运 (tibial transverse transport, TTT) 是在俄罗斯医学专家 ILIZAROV 提出的张力 - 应力法则基础上发展而来的一项技术^[11]，其通过牵拉胫骨骨块刺激下肢微循环的重建，有效改善糖尿病足患者患肢的微循环障碍^[12]，从而减轻疼痛、改善足温、促进足溃疡愈合。但传统 TTT 技术采用的胫骨前大切口通常为 10~15 cm，对胫骨前单一骨块进行牵拉操作，存在皮缘坏死、医源性骨折、牵拉骨块游离坏死、下地行走时间晚等众多并发症，且发生率较高。本研究团队在传统 TTT 技术基础上进行改良，保留缝合骨膜，采用骨与骨膜联合搬运的方法治疗糖尿病足患者，可有效降低以上并发症的发生率，现报道如下。

1 资料与方法

1.1 研究对象及纳排标准 回顾性收集 2018 年 1 月—2021 年 5 月烟台毓璜顶医院手足外科应用改良 TTT 技术治疗的 117 例糖尿病足患者的临床资料。纳入标准：(1) Wagner 3~4 级的糖尿病足患者；(2) 具有行走能力；(3) 膝下至少 1 条主干血管至踝关节，并形成血管网，且血管通畅率 ≥ 70%。排除标准：(1) 有精神疾病不能配合治疗者；(2) 确诊患有其他难以控制的严重并发症者，如合并全身感染或深部感染未控制者；(3) 因心血管并发症或肾衰竭等不能耐受麻醉或患有严重基础性疾病不能耐受手术者；(4) 股浅动脉或腓动脉阻塞，或没有任何动脉分支 (胫骨前、胫骨后或腓动脉) 血供达小腿者；(5) 严重的心肺功能及肾功能异常者；(6) 严重凝血功能障碍者；(7) 临床资料不全者。本研究通过烟台毓璜顶医院伦理审批 (2022-108)，患者均知情同意。

1.2 术前处理 完善相关的术前检查，给予患者改善循环、营养神经、严格控制血糖等治疗。需要达到以下标准：(1) 空腹血糖 ≤ 8 mmol/L、餐后 2 h 血糖 ≤ 12 mmol/L；(2) 纠正全身营养状态，白蛋白 > 30 g/L，纠正内环境失衡，尤其是潜在电解质紊乱和胸腔积液；(3) 应用抗生素控制足部感染，避免“链式感染”；(4) 进行足部彻底清创、去除感染坏死组织；(5) 所有患者进行术前患肢足温测试、疼痛评估。

1.3 手术方法 麻醉方式选择周围神经阻滞，术中不用止血带，以免加重下肢循环障碍。采用 6 步法进行术前评估及手术操作。选择胫骨中上 1/3 段内侧面为截骨区，评估皮肤紧张度和松弛度，在体表预安置外固定架，

选择钻孔位置。第1步，位置的选择与评估：在预先设计安置牵拉杆的位置，采用2.7 mm直径钻头垂直骨面经皮钻孔，穿单侧骨皮质直至骨髓腔，若髓腔出血提示血运充足（图1A）；第2步，切口设计与保护：根据两牵拉杆的间距精准采用2.7 mm直径钻头钻两孔，根据此两孔位置分别行长约2 cm弧形切口，进行皮下剥离并充分保护骨膜（图1B）；第3步，排钻方向与截骨方式：根据需要截骨的胫骨面积设计截骨块大小，一般选择距离骨脊5 mm为截骨边界，垂直髓腔表面（图1C、1D），避免穿透两层骨皮质，一般情况可设计为 $(2.0\sim 2.5) \times (2.0\sim 2.5) \text{ cm}^2$ 正方形或长方形骨块（图1E）；第4步，保留骨膜与截骨方式：首先使用15号刀片切开钻孔S表面的骨膜于两侧推移约2 mm间隙，暴露排钻位置的骨孔，用超薄骨刀截骨形成可活动性骨瓣，采用5-0可吸收线缝合骨膜（图1F）；第5步，经皮固定牵拉杆（图1G）；第6步，安置外固定架，外固定架固定后间断缝合皮肤（图1H）。最后，用75%乙醇消毒切口，敷料包扎。

1.4 术后处理 术后抗感染、监测并严格控制血糖，维持空腹血糖 $\leq 8 \text{ mmol/L}$ ，餐后2 h血糖 $\leq 12 \text{ mmol/L}$ ，注意每日清洁消毒钉道口，每日换药。术后1周建议患者下地行走，术后12~14 d开始进行横向骨搬运，每天搬移1 mm，分4个时间段完成。外移至10 mm时复查X线片确定骨片位置，3 d后按照相同的速度、方法回牵2 mm，复查X线片确定并调整骨块位置，然后按照每天搬移1 mm的方式向外牵拉至15 mm，复查X线片确定骨块位置，3 d后牵回至正常。待骨窗初步愈合后可拆除外固定架。

1.5 评价指标 患者出院后通过门诊或微信进行随访，随访截至2022-03-31。评价指标包括（1）术后保足率（未截肢或踝关节以下截肢/趾）、功能性保肢率（未

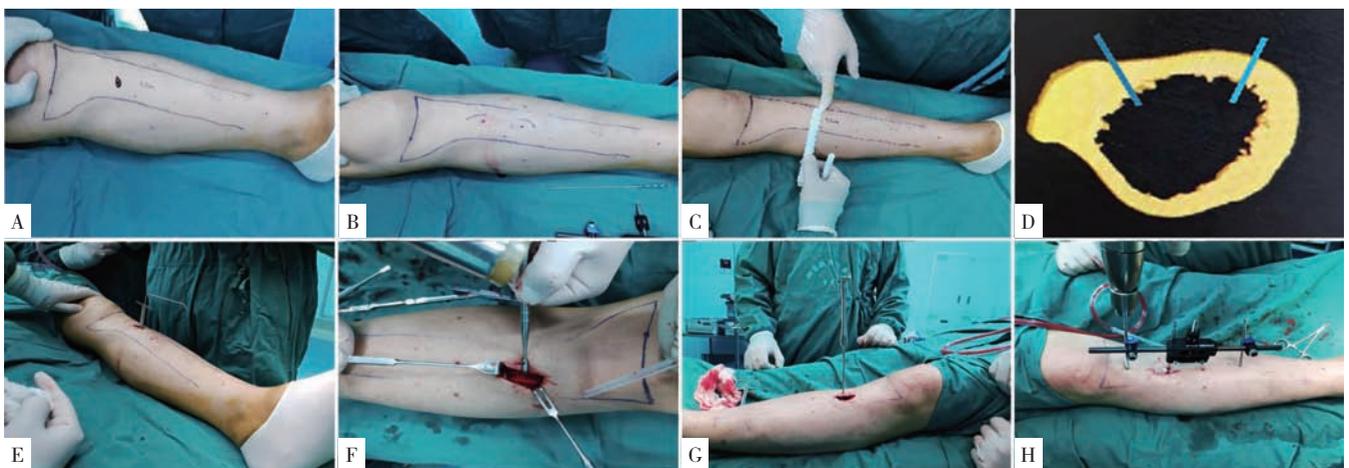
截肢或中足中段以远部位小截肢/趾）、大截肢率（踝关节以上截肢）；（2）溃疡愈合时间；（3）并发症；（4）足温改善情况：选择倍尔康牌皮温仪测量患足足背中点皮温，选择早、午、晚3个时间点测量，取平均值，测量前穿袜至少2 h，术前，术后第1、2、4、8周分别进行测量；（5）静息痛情况：使用视觉模拟评分（VAS）对伴静息痛患者进行疼痛评估，术前，术后第1、2、4、8周分别测量1次，评分越高表示疼痛越严重；（6）对比术前、术后半年CT血管造影（CTA），观察血管再通及血管网重建情况。

1.6 统计学方法 采用SPSS 23.0对数据进行分析，计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示，重复测量资料采用单因素重复测量方差分析，组间比较采用LSD-*t*检验；计数资料以相对数表示。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料 纳入患者男80例，女37例；年龄56~82岁，平均 (65.87 ± 6.17) 岁；糖尿病病程2~43年，平均 (14.88 ± 6.20) 年；糖尿病足病程1~24个月，平均 (8.20 ± 3.28) 年；Wagner分期：3期48例，4期69例；35例患者伴有静息痛。

2.2 效果观察 117例患者随访时间为5.5~24.0个月，平均 (14.21 ± 4.06) 个月，117例患者中，保足率95.73%（112/117），功能性保肢率为83.76%（98/117）。5例（4.27%）患者因严重感染或并发症最终行大截肢，其中4例为小腿截肢，1例为大腿截肢，随访中均未发现截肢平面上移。除截肢患者外，其余患者溃疡愈合良好（图2），愈合时间6.0~14.5周，平均 (9.07 ± 2.02) 周，随访中溃疡无复发，截肢患者伤口均实现一期愈合。CTA显示70.34%（94/117）的患者术后搬运侧肢体血管情况较前改善，微血管数量增加，侧支循环建立（图3）。



注：TTT=胫骨横向骨搬运；A为位置的选择与评估，B为切口的设计与保护，C为测量胫骨体表横径，D为截骨示例，E为排钻方向与截骨方式，F为保留骨膜与截骨方式，G为经皮固定牵拉杆，H为安置外固定架。

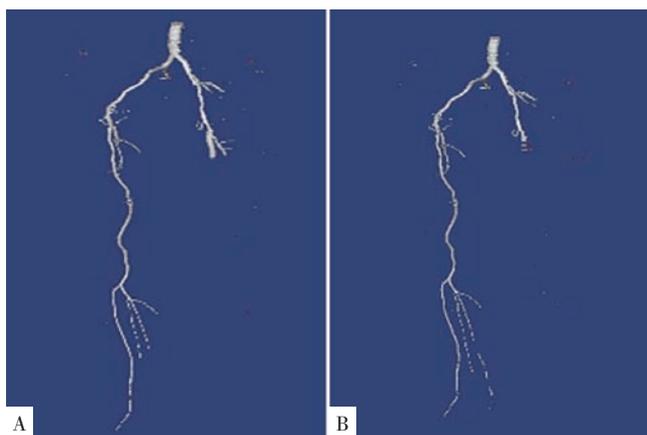
图1 改良TTT手术操作过程
Figure 1 Modified TTT technique procedure



注：A 为患者术前右足 2~4 趾坏死，B 为患者术后第 4 周右下肢外固定架牵拉骨块，局部骨块及皮肤隆起，钉眼干燥无红肿，C 为患者术后 4 周右足创面愈合外观，创面周缘皮肤色泽红润。

Figure 2 A patient with diabetic foot gangrene had preoperative and postoperative foot ulcers

11.97% (14/117) 的患者发生术后并发症，其中 5.98% (7/117) 患者为截骨区皮缘坏死；4.27% (5/117) 患者为下肢静脉血栓；1.71% (2/117) 患者在搬运过程中出现钉道感染。



注：CTA=CT 血管造影；A 为患者术前 CTA，B 为患者术后 CTA 可见患肢有新的侧枝形成。

Figure 3 Pre-operative and post-operative CTA performance of the affected side in a patient with diabetic foot

患者术前、术后足温比较，差异有统计学意义 ($P<0.05$)，其中术后 1、2、4、8 周足温高于术前，差异有统计学意义 ($P<0.05$)。静息痛患者术前、术后 VAS 评分比较，差异有统计学意义 ($P<0.05$)；其中静息痛患者术后 1、2、4、8 周 VAS 评分低于术前，差异有统计学意义 ($P<0.05$)，见表 1。

3 讨论

3.1 TTT 技术可促进侧支循环建立，短期改善足温、缓解

静息痛 糖尿病足溃疡难以愈合的主要因素为下肢循环障碍^[13]，本团队既往分析了本院 432 例 Wagner 3、4 级糖尿病足患者，其中约 2/3 的患者存在下肢循环障碍，与年龄、病史等因素呈正相关，因此有效改善下肢动脉通畅率及足部组织灌注，重建下肢闭塞血流是治疗糖尿病足溃疡的关键，也是保肢的决定性因素^[14]。目前，下肢血管腔内介入治疗作为改善下肢缺血的主流技术，效果确切，但该治疗仅可恢复下肢大动脉血流，对于足部微循环灌注效果欠佳，且存在医疗工作者暴露射线时间长、费用高昂、维持下肢循环时间短、切口液化坏死、需要长期服药等众多问题^[15]。TTT 技术作为我国学者自主创新开发的一种下肢微循环重建技术，以其较低的治疗成本，相对简单且创伤较少的手术操作，引起了临床医生的广泛关注，其可能原理主要有通过 TTT 技术可诱导下肢微血管网再生、胫骨开窗减压、动员干细胞迁徙足部重建等^[16]。

足部温度是下肢循环最直观的客观表现，早期监测足部温度有利于预防足部溃疡、坏疽的发生^[17]。目前临床发现当伤口床温度低于中心体温时，晚期炎症细胞和成纤维细胞的活动受到阻碍，导致愈合延迟^[18]。体外实验证明，中性粒细胞、成纤维细胞和上皮细胞的临界温度为 33℃，在此温度以下，上述细胞活力下降^[19]。如足部趾端体温较低，创面很难通过常规手段愈合，通常需要介入或其他手术干预提高局部温度，才能获得愈合机会。本研究选择术前及术后不同时间段进行足温比较，术后足温改善效果较为明显，证明患者应用改良 TTT 技术可以促进下肢循环，对于足部温度的改善短期内可以达到较好的效果。

表 1 患者术前、术后足温及 VAS 比较 ($\bar{x} \pm s$)

Table 1 Comparison of preoperative and postoperative foot temperature and VAS

项目	例数	术前	术后 1 周	术后 2 周	术后 4 周	术后 8 周	F 值	P 值
足温 (°C)	117	33.28 ± 0.95	35.68 ± 0.64 ^a	36.00 ± 0.79 ^a	35.91 ± 0.57 ^a	35.32 ± 0.79 ^a	219.330	<0.001
VAS (分)	35	5.01 ± 1.26	2.94 ± 0.91 ^a	3.00 ± 0.90 ^a	3.18 ± 0.81 ^a	3.62 ± 0.91 ^a	91.447	<0.001

注：VAS= 视觉模拟评分；^a 表示与术前比较 $P<0.05$ 。

改善术后肢体疼痛是 TTT 技术另一大优势, 绝大部分患者接受此类手术后, 肢体静息痛得到不同程度缓解, 此效果与下肢腔内治疗相似。本研究采用 VAS 进行静息痛评价, 该评分系统在糖尿病足疼痛^[20]中应用较为广泛。本研究结果显示患者在术后疼痛开始缓解, 这提示改良 TTT 技术可在短期内可有效缓解糖尿病足患者的静息痛, 这种疼痛的改善与胫骨开窗减压、缓解血管痉挛有直接关系。通常结合口服改善微循环药物和足部功能锻炼, 对长时间解除静息痛可起到很好的效果。

3.2 TTT 技术可提高功能性保肢率 功能性保肢是糖尿病足保肢的核心, 足部创面愈合效率是评估手术方案效果的重要指标。Wagner 3~4 级糖尿病足患者是保肢重点人群, 依照病情发展, 此类患者的已坏死及感染性肢体难以保全, 但在采用 TTT 技术基础上, 可最大限度保存肢体, 不依靠支具或假肢而实现行走, 即功能性保肢。本研究共有 83.76% (98/117) 患者实现功能性保肢, 即不截肢或中足中段以远截肢。有 14 例患者踝下截肢, 即跖骨中段至距骨和跟骨之间的区间, 对于此类患者一般建议术后采用足部支具协助行走, 整体保足率可达到 95.73% (112/117)。5 例患者行大截肢, 需要最终安装假肢才可行走。除截肢患者外, 其余病人溃疡均愈合, 平均愈合时间为 (9.07 ± 2.02) 周, 对比以往病例中患者平均 10 周以上的创面愈合时间^[21-22], 本研究足部创面愈合时间较短。

3.3 改良 TTT 技术可明显减少术后并发症 TTT 技术在糖尿病足保肢治疗中疗效确切, 其治疗效果及并发症与技术细节的操作及围术期的照护有关, 若无对此技术原理的深刻理解以及大宗糖尿病足病例的实操经验, 此技术并发症发生率较高且后果较为严重, 如胫前皮肤坏死、搬运骨块游离形成死骨、下肢深静脉血栓及肺栓塞、钉道感染和胫骨骨折等并发症, 处理常十分棘手。因此如何优化 TTT 操作技术且评估手术疗效迫切需要解决。

本研究采用改良 TTT 技术, 即骨与骨膜联合搬运, 与以往研究相比^[23-24], 该术式并发症明显减少, 优势明显。改良 TTT 技术采用保留缝合骨膜的形式, 可有效固定牵拉杆, 避免出现骨块牵拉歪斜或回纳脱位问题, 同时可有效减少局部骨髓腔出血, 激惹局部软组织造成皮缘坏死。本研究中仅 7 例患者术后出现截骨区皮缘坏死。为避免截骨区皮缘坏死的发生, 在应用改良 TTT 技术基础上, 术中要注意避免过度牵拉切口处皮肤; 术后密切观察搬移区皮肤情况, 发现局部张力过大或皮肤颜色改变时及时调整牵拉的速度。下肢静脉血栓主要是传统 TTT 技术术后创面大, 患者行动不便、疼痛或害怕固定架移位、脱落等原因长期无法下床活动导致。改良 TTT 技术采用“日”型双小骨块截骨, 截骨面积取决于胫骨面的横径, 采用胫骨相对胫骨面斜行截骨, 可有效避免医源性骨折, 患者可早期下地锻炼也可减少下肢静

脉血栓形成。本研究应用改良 TTT 技术治疗后, 大部分患者在 1 周内下床活动, 下肢静脉血栓的发生率较低, 为 4.27%。钉道感染主要由搬运处伤口愈合缓慢、细菌滋生较快、术后钉道护理不到位等原因造成。以往文献中钉道感染的发生率差异较大, 为 10%~89%^[25-28], 而本研究仅 1.71% 的患者出现术后钉道感染的现象, 且均为轻度感染, 这与治疗过程中血糖控制较好、外固定架时间较短、术后严格护理等均有关。2 位患者予钉道清洁、定期更换敷料处理后感染均得到控制。骨块脱落的主要原因为制作游离骨块时出现位置不正, 牵拉后出现歪斜, 不能有效回位而出现骨块脱位, 可出现畸形愈合或不愈合, 本研究采用骨膜缝合固定后, 降低了这一并发症的发生率, 117 例搬运患者均未出现骨块脱落情况。

4 总结

改良 TTT 技术 (骨与骨膜联合搬运) 的操作核心点有以下几个方面: (1) 在使用 CTA 观察下肢血运的基础上, 增加胫骨中上 1/3 处预先骨孔观察, 若有可流动骨髓腔血液流出, 则预期血运及搬运效果较好; 若预钻孔时无明显髓腔出血可能提示髓腔存在较多黄骨髓, 且牵拉位置无充足髓腔血运及干细胞, 最终采用 TTT 技术应用效果可能不理想。(2) 骨块选择面积以胫骨前内侧面横径为主要参考, 一般以两侧骨脊 0.5 cm 内斜向髓腔进行钻孔截骨, 且要求不能穿透 2 层皮质, 可减少手术损伤、缩短恢复期, 以帮助患者早期下地行走, 减少下肢深静脉血栓。(3) 保留缝合骨膜。操作中截骨四边骨膜依次进行, 凿开一边骨质, 采用 5-0 PDS 线缝合骨膜, 缝合后, 带牵拉杆的游离骨块可稳定在胫骨原位, 可有效避免骨块移位、搬运后不能复位及死骨形成。(4) 术后充分止血放置引流条及鼓励患者术后早期下地行走, 可有效避免皮缘感染坏死及下肢深静脉血栓形成。

本研究存在以下不足: (1) 本研究仅为自身前后对比研究, 未进行对照研究, 需要后期大样本随机对照试验。(2) 由于绝大部分患者 2 个月左右拆除外架, 且伤口得到有效愈合, 所以缺乏长时间观察糖尿病足患者的足部温度及静息痛数据, 有待进一步研究。(3) TTT 技术可再生下肢微循环系统, 重建足部血运, 有利于伤口的愈合, 但重建的微血管处于不稳定状态, 因此糖尿病足存在再次复发的可能。由于该技术仅对微循环重建有效, 对于合并大、中动脉闭塞的患者, 先予下肢介入治疗, 再行 TTT 技术治疗, 可能会有更好的中长期疗效。

作者贡献: 董亚楠、姜晓锐进行文章的构思与设计; 董亚楠进行数据整理、论文撰写及统计学分析; 王凯、宗冲涛进行研究的实施; 李香卿、林春晓进行论文修订; 林国栋、迟俊涛负责文章的质量控制与审校; 迟俊涛对文章整体负责, 监督管理。

本文无利益冲突。

参考文献

- [1] 薛耀明, 邹梦晨. 中国糖尿病足防治指南(2019版)解读[J]. 中华糖尿病杂志, 2019, 11(2): 88-91. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-5809.2019.02.003.
- [2] FEJFAROVÁ V, JIRKOVSKÁ A, PETKOV V, et al. Došlo v posledním desetiletí ke změně počtu a charakteristik pacientů se syndromem diabetické nohy hospitalizovaných vysoké amputaci na specializovaném podiatrickém pracovišti? [Has been changed numbers and characteristics of patients with major amputations indicated for the diabetic foot in our department during last decade?] [J]. Vnitr Lek, 2016, 62(12): 969-975.
- [3] LUNG C W, WU F L, LIAO F, et al. Emerging technologies for the prevention and management of diabetic foot ulcers [J]. Tissue Viability, 2020, 29(2): 61-68. DOI: 10.1016/j.jtv.2020.03.003.
- [4] SARI Y, UPOYO A S, ISWORO A, et al. Foot self-care behavior and its predictors in diabetic patients in Indonesia [J]. BMC Res Notes, 2020, 13(1): 38. DOI: 10.1186/s13104-020-4903-y.
- [5] LAAKSO M, HONKASALO M, KIISKI J, et al. Re-organizing inpatient care saves legs in patients with diabetic foot infections [J]. Diabetes Res Clin Pract, 2017, 125: 39-46. DOI: 10.1016/j.diabres.2017.01.007.
- [6] 陈存仁, 方团育, 莫泽纬, 等. 封闭负压引流联合微动力负压敷料促进糖尿病足创面愈合的效果[J]. 实用医学杂志, 2021, 37(9): 1164-1167. DOI: 10.3969/j.issn.1006-5725.2021.09.014.
- [7] 赵晨兵, 张会峰, 刘琳琳, 等. 载抗生素骨水泥治疗高龄糖尿病足患者2例[J]. 中华糖尿病杂志, 2022, 14(7): 711-716. DOI: 10.3760/cma.j.cn115791-20211214-00661.
- [8] 黄红军, 牛希华, 杨冠龙, 等. 抗生素骨水泥在糖尿病足溃疡创面应用的临床效果[J]. 中华烧伤杂志, 2019, 35(6): 464-466. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2019.06.013.
- [9] 黄涛, 洪焕玉, 马玉鹏, 等. 高压氧联合 Ilizarov 横向骨搬运技术治疗 Wagner 3、4 级糖尿病足 21 例疗效观察[J]. 中华航海医学与高气压医学杂志, 2021, 28(3): 395-397.
- [10] 孙梦婷, 封岩, 蒋立军, 等. 医用臭氧在治疗糖尿病足慢性创面中的应用研究[J]. 足踝外科电子杂志, 2021, 8(1): 57-61, 64. DOI: 10.3969/j.issn.2095-7793.2021.01.012.
- [11] ILIZAROV G A. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues: Part II. The influence of the rate and frequency of distraction [J]. Clin Orthop Relat Res, 1989, 239: 263-285.
- [12] 西立峰. 胫骨横向骨搬运技术治疗糖尿病足及下肢血管闭塞症的临床效果[J]. 中国实用医药, 2019, 14(15): 63-64. DOI: 10.14163/j.cnki.11-5547/r.2019.15.032.
- [13] 陈利鸿, 冉兴无. 中国糖尿病足病变临床特点与防治对策[J]. 中国临床医生杂志, 2021, 49(12): 1390-1393. DOI: 10.3969/j.issn.2095-8552.2021.12.002.
- [14] 王江宁, 高磊. 糖尿病足慢性创面治疗的新进展[J]. 中国修复重建外科杂志, 2018, 32(7): 832-837.
- [15] 中国糖尿病足细胞与介入治疗技术联盟, 中国介入医师分会介入医学与生物工程 技术委员会, 国家放射与治疗临床医学研究中心. 糖尿病足介入综合诊治临床指南(第六版) [J]. 介入放射学杂志, 2020, 29(09): 853-866.
- [16] 赵劲民, 李刚. 胫骨横向骨搬运技术治疗糖尿病足的专家共识(2020) [J]. 中国修复重建外科杂志, 2020, 34(8): 945-950.
- [17] ROBACK K. An overview of temperature monitoring devices for early detection of diabetic foot disorders [J]. Expert Rev Med Devices, 2010, 7(5): 711-718. DOI: 10.1586/erd.10.35.
- [18] DINI V, SALVO P, JANOWSKA A, et al. Correlation between wound temperature obtained with an infrared camera and clinical wound bed score in venous leg ulcers [J]. Wounds, 2015, 27(10): 274-278.
- [19] XIA Z, SATO A, HUGHES M A, et al. Stimulation of fibroblast growth in vitro by intermittent radiant warming [J]. Wound Repair Regen, 2000, 8(2): 138-144. DOI: 10.1046/j.1524-475x.2000.00138.x.
- [20] DE ALENCAR F SANTOS J, NICOLAU R A, SANT'ANNA L B, et al. Diabetic foot wounds treated with human amniotic membrane and low-level laser therapy: a pilot clinical study [J]. Wound Manag Prev, 2021, 67(8): 16-23.
- [21] 花奇凯, 秦泗河, 赵良军, 等. Ilizarov 技术胫骨横向骨搬运术治疗糖尿病足 [J]. 中国矫形外科杂志, 2017, 25(4): 303-307. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2017.04.04.
- [22] 丁小方, 徐海林, 王元利, 等. 改良胫骨横向骨搬运微循环重建术治疗终末期糖尿病足 [J]. 中国骨伤, 2021, 34(5): 462-466. DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2021.05.013.
- [23] 孙勇, 肖耀广, 王贺. 胫骨横向骨搬运治疗糖尿病足溃疡 [J]. 中国骨伤, 2018, 31(10): 949-952. DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2018.10.014.
- [24] 覃承河, 周春豪, 张红安, 等. 胫骨横向骨搬运技术治疗糖尿病足疗效观察 [J]. 中国矫形外科杂志, 2019, 27(19): 1809-1812. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2019.19.19.
- [25] YUSHAN M, REN P, ABULA A, et al. Bifocal or trifocal (double-level) bone transport using unilateral rail system in the treatment of large tibial defects caused by infection: a retrospective study [J]. Comparison Three Types Tha, 2020, 12(1): 184-193. DOI: 10.1111/os.12604.
- [26] 王长林, 魏星, 孙有荣, 等. 骨搬运技术治疗股骨大段感染性骨缺损的回顾性分析 [J]. 实用骨科杂志, 2019, 25(11): 1030-1034. DOI: 10.13795/j.cnki.sgkz.2019.11.019.
- [27] FADEL M, ALI AHMED M, AL-DARS A M, et al. Reply to comments on Fadel et al. Ilizarov external fixation versus plate osteosynthesis in the management of extra-articular fractures of the distal tibia [J]. International Orthopaedics (SICOT), 2015, 39(7): 1457-1458. DOI: 10.1007/s00264-015-2762-2.
- [28] 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): 398-404. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2019.05.007.

(收稿日期: 2022-08-08; 修回日期: 2023-02-01)

(本文编辑: 宋春梅)