

## 外固定架骨搬移系统修复糖尿病足：功能与影像学评价

洗 呈, 赵劲民, 苏 伟, 劳 山, 杨 鑫, 花奇凯(广西医科大学第一附属医院骨关节外科, 广西壮族自治区南宁市 530021)

### 文章亮点:

- 1 糖尿病足溃疡的病因为神经病变: 感觉、运动和自主神经病变; 血管病变; 循环障碍; 免疫障碍; 皮肤中促进皮肤生长的胰岛素生长因子 1 减少, 其中主要是神经和血管病变。
- 2 试验证实外固定胫骨横向骨搬移能有效治疗 wagner3-4 期糖尿病足部溃疡, 能够使下肢的血管神经再生, 避免截肢。

### 关键词:

组织构建; 组织工程; 糖尿病足; Ilizarov 张力应力法则; 胫骨横向骨搬移; 保肢; 截肢; Wagner 分期; 外固定架; 溃疡; 广西壮族自治区自然科学基金

### 主题词:

糖尿病足; 溃疡; 外固定器; 组织工程

### 基金资助:

广西壮族自治区自然科学基金(2014GXNSFAA118229)

### 摘要

背景: 既往治疗糖尿病足的方法不仅效果不理想, 而且花费也较大, 常常需要截肢。

目的: 通过对 Wagner 3-4 期糖尿病足患者行外固定架骨搬移, 观察其保肢情况。

方法: 选取 2013 年 12 月至 2015 年 6 月期间在广西医科大学第一附属医院骨关节科住院的 18 例 Wagner3-4 期糖尿病足患者, 行外固定骨搬移治疗。

结果与结论: 18 例患者均获得随访, 随访时间 3-20 个月, 溃疡均已愈合; 与治疗前相比, 治疗后患者踝肱指数和 10 g 尼龙线测试结果均明显提高, 而目测类比评分明显下降。提示外固定骨搬移治疗 Wanger3-4 期糖尿病足的有效方法之一。

洗呈, 赵劲民, 苏伟, 劳山, 杨鑫, 花奇凯. 外固定架骨搬移系统修复糖尿病足: 功能与影像学评价[J]. 中国组织工程研究, 2015, 19(46):7539-7544.

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2015.46.029

## Ilizarov bone transport for repair of diabetic foot: a functional and imaging evaluation

Xian Cheng, Zhao Jin-min, Su Wei, Lao Shan, Yang Xin, Hua Qi-kai (Department of Bone and Joint Surgery, First Affiliated Hospital of Guangxi Medical University, Nanning 530021, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China)

### Abstract

**BACKGROUND:** Previous therapies for diabetic foot are not ideal with large cost, and moreover, amputation is often required.

**OBJECTIVE:** To perform the Ilizarov bone transport in the treatment of patients with diabetic foot (Wanger grades 3-4), and to observe the limb salvage conditions.

**METHODS:** Eighteen patients with diabetic foot, Wanger grades 3-4, admitted in the Department of Bone and Joint Surgery, First Affiliated Hospital of Guangxi Medical University from December 2013 to June 2015 were enrolled in this trial. All of patients were subjected to Ilizarov bone transport.

**RESULTS AND CONCLUSION:** All the 18 patients were followed up for 3 to 20 months, and presented with ulcer healing. Scores on ankle-brachial index and 10-g nylon line test were both increased significantly in the patients after treatment, but the visual analog scale scores were reduced. These findings indicate that the Ilizarov bone transport is an effective method for treating ulcer of diabetic foot at Wanger grades 3-4.

**Subject headings:** Diabetic Foot; Ulcer; External Fixators; Tissue Engineering

**Funding:** the Natural Science Foundation of Guangxi Zhuang Autonomous Region, No. 2014GXNSFAA118229

Xian C, Zhao JM, Su W, Lao S, Yang X, Hua QK. Ilizarov bone transport for repair of diabetic foot: a functional and imaging evaluation. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2015;19(46):7539-7544.

洗呈, 男, 1989 年生, 汉族, 广西壮族自治区贺州市人, 广西医科大学在读硕士。

通讯作者: 花奇凯, 博士, 硕士生导师, 副主任医师, 广西医科大学第一附属医院骨关节外科, 广西壮族自治区南宁市 530021

中图分类号:R318

文献标识码:B

文章编号:2095-4344

(2015)46-07539-06

稿件接受: 2015-10-08

http://www.crter.org

Xian Cheng, Studying for master's degree, Department of Bone and Joint Surgery, First Affiliated Hospital of Guangxi Medical University, Nanning 530021, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China

Corresponding author: Hua Qi-kai, M.D., Master's supervisor, Associate chief physician, Department of Bone and Joint Surgery, First Affiliated Hospital of Guangxi Medical University, Nanning 530021, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China

Accepted: 2015-10-08

## 0 引言 Introduction

糖尿病足是由于糖尿病血管、神经病变引起下肢异常的总称, 是糖尿病发展的一个严重阶段<sup>[1]</sup>。糖尿病足的分级方法有很多, 最常采用的为Wagner分期法。Wagner 0期: 患足无破溃。但有下肢缺血性疾病高危因素, 如皮温低、感觉减退、足背动脉搏动减弱等; Wagner 1期: 患足有破溃, 合并胼胝、皮肤表皮破损、水疱、烫伤等局限于表皮的损伤; Wagner 2期: 感染已侵犯皮下组织, 如皮下脓腔、伴随窦道形成、蜂窝织炎, 但未破坏深层组织; Wagner 3期: 深层组织破坏, 脓腔增大, 分泌物及坏死组织增多, 深部骨髓炎; Wagner 4期: 缺血性坏死, 局部出现坏疽; Wagner 5期: 患足大部或全部感染, 合并患足大部坏疽, 甚至波及踝关节及小腿。糖尿病的世界患病率已经超过10%, 其中有25%的糖尿病患者会发生足部溃烂<sup>[2-3]</sup>。糖尿病患者发生足部溃疡后治疗很困难, 最终将有40%~50%的糖尿病并发足部溃烂的患者需要面临截肢的风险<sup>[4]</sup>。并且Gulan等<sup>[5]</sup>报道, 不管截肢与否, 糖尿病足部溃疡患者的死亡率高达29%, 而在Wagner分级中4级上而未行手术治疗严重患者死亡率达54%。糖尿病并发足部溃烂的治疗将对患者家庭及社会造成了很大的负担, 据统计糖尿病并发足部溃烂的花费是单纯糖尿病患者的5.4倍, 如果发生第2次溃烂, 治疗花费将再次提高2.8倍<sup>[6]</sup>。糖尿病足最高治疗境界是保肢治疗, 并使得保存下来的肢体有相当一部分的功能<sup>[7]</sup>。糖尿病足最好要保肢治疗, 且需保存相当一部分肢体的功能。但保肢治疗始终是一个世界性的难题。

外固定架骨搬移系统最早被开发来治疗伴有大块骨缺损的骨髓炎患者, 骨组织在外固定架骨搬移的治疗下能够得到很好的再生<sup>[8]</sup>。生理条件下的应力是人体生长发育所必须的要素之一, 与骨组织的形成息息相关, 与自身修复损伤骨组织密不可分<sup>[9]</sup>。但在长期临床观察中发现, 很多患者通过自身生理条件下的应力无法承担损伤骨组织的修复功能, 考虑主要是因为缺乏力量强度<sup>[10]</sup>。外固定架骨搬移系统能够很好的解决强度缺乏的问题。本试验采用Ilizarov张力应力法则, 即牵拉组织再生<sup>[11]</sup>, 首次使用外固定架骨搬移的方法治疗糖尿病足, 很好的解决了保肢困难的问题, 取得了良好的保肢效果。

## 1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 回顾性研究。

1.2 时间及地点 试验于2013年12月至2015年6月在广西医科大学第一附属医院完成。

1.3 对象 选取病例为2013年12月至2015年6月期间在广西医科大学第一附属医院骨关节科住院的糖尿病足患者。

**诊断标准:** 糖尿病诊断按2005年WHO糖尿病专家委员会提出的糖尿病诊断标准<sup>[12]</sup>。

**纳入标准:** 确诊糖尿病足部溃疡Wagner3-4期患者<sup>[13]</sup>。

**排除标准:** ①近期存在糖尿病酮症酸中毒、高渗性昏

迷或严重慢性糖尿病并发症及其他应激情况如急性心、脑血管意外。②外周动脉病变中动脉以上无法再通者。③严重肝、肾功能损害者, 如谷草转氨酶或谷丙转氨酶高于正常上限2.5倍; 肌酐高于正常上限1.5倍或血清肌酐浓度 $\geq 133 \mu\text{mol/L}$ (男)/ $124 \mu\text{mol/L}$ (女)或肌酐清除率 $< 60 \text{ mL/min}$ 。④严重的肺部感染、心肺功能不全控制不良者。⑤严重低蛋白血症者(白蛋白水平低于 $30 \text{ g/L}$ )。⑥血红蛋白低于 $90 \text{ g/L}$ 者。

**剔除标准:** 对已被选入本临床研究, 属于以下情况之一者, 作为剔除病例。①不符合纳入标准, 或符合排除标准者。②无任何记录者。

**脱落标准:** 对已被选入本临床研究, 属于以下情况之一者, 作为脱落病例。①受试者依从性差。②受试者不愿意继续进行临床试验, 向主管医生提出退出者。

最终获得18例糖尿病足患者, 其中男7例, 女11例; 年龄47-72岁, 平均 $(57.0 \pm 9.4)$ 岁, 糖尿病病程36-120个月, 平均 $(65.0 \pm 5.1)$ 个月, 糖尿病足病程14-90 d, 平均 $(32.6 \pm 5.4)$  d。Wagner 3期12例(67%), 4期6例(33%); 右足11例, 左足7例; 溃疡部位足趾10例, 足底4例, 足背4例。伴有明显的足部疼痛12例, 伴有足部感觉障碍6例, 足部完全失去知觉2例。

1.4 材料 外固定架骨搬移系统, 外固定架由大博公司提供, 固定杆为碳素杆, 针杆夹为不锈钢。搬移装置为自行设计, 不锈钢材料(图1a)。

### 1.5 方法

1.5.1 常规治疗 对Wagner3-4期糖尿病足患者, 使用胰岛素治疗, 血糖控制标准为餐前 $< 7.2 \text{ mmol/L}$ 、餐后 $10 \text{ mmol/L}$ ; 同时改善微循环, 纠正水肿和营养不良。

1.5.2 术前处理 所有患者均在治疗前行下肢动静脉超声排除下肢中动脉病变。如患者感染严重先给予患肢行彻底清创, 并使用持续负压吸引控制感染, 同时坏死组织培养后应用敏感抗生素(7 d)后行胫骨横向骨搬移。

1.5.3 手术方式 患者麻醉平稳后, 以胫骨中下1/3为骨搬移区, 在胫骨内侧做一长12-15 cm弧形皮肤切口, 锐性分离皮下组织至骨膜, 再沿胫骨内侧切开骨膜, 向胫骨两侧完整剥离骨膜, 确定胫骨搬移骨窗的范围, 长10-12 cm, 宽1.8-2.0 cm, 在骨窗内拧入2枚3 mm搬移外固定针, 用于搬移骨块, 用钻头和摆锯分离骨搬移骨块, 注意不要损伤髓腔内骨髓, 使其形成可活动的骨瓣, 在骨窗近、远端胫骨侧各拧入2枚4 mm的外固定针, 安装并调整胫骨搬移架并拧紧针夹, 标记骨搬移方向, 逐层缝合骨膜、皮下组织及皮肤, 术口敷料包扎(图1b-e)。

1.5.4 术后处理 治疗后第5天开始骨搬移, 每天向外搬移1 mm, 分3次完成, 21 d后胫骨骨窗搬移21 mm, 复查X射线片, 维持3 d后每天往回搬移1 mm, 分3次完成, 再21 d后结束搬移, 此方法应用手风琴技术刺激组织生长<sup>[14]</sup>。固定4周, 复查X射线, 待骨窗初步愈合后拆除外固定架。

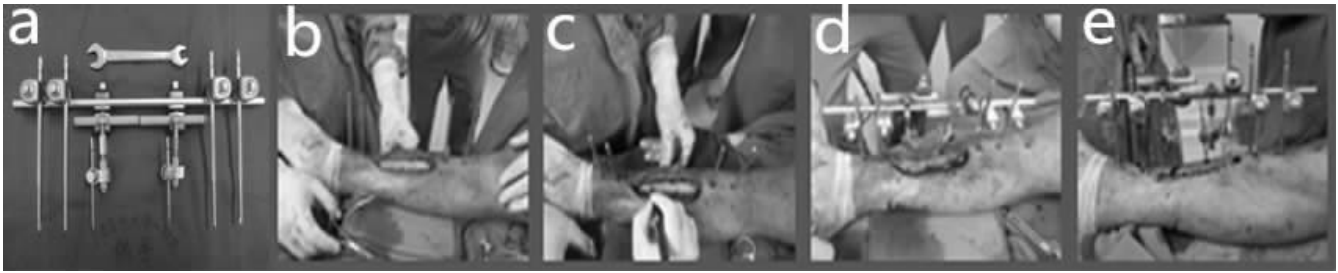


图1 外固定架骨搬移系统及手术过程

Figure 1 Bone transport system and operating procedure

图注: 图中 a 为外固定架器械, b 是开骨窗大小及位置, c 是外固定架固定杆安装位置, d 是搬移杆安装位置, e 是横搬外固定架安装结束后。

表1 糖尿病足溃疡大小及分布

Table 1 Ulcer size and distribution in diabetic foot patients

部位	大小(cm×cm)	程度	患者数量
足趾间	> 5×5	骨髓炎	2
	< 5×5	骨髓炎	4
足背	> 5×5	坏疽	4
	> 5×5	骨髓炎	2
	< 5×5	骨髓炎	1
足底	> 5×5	坏疽	1
	> 5×5	骨髓炎	2
	< 5×5	骨髓炎	1
		坏疽	1

表2 糖尿病足患者创面愈合情况

Table 2 Ulcer healing in patients with diabetic foot

Wagner 分期	治疗前(n)	创面愈合(n)	治愈(n)	治愈率(%)
3期	12	12	12	100
4期	6	6	6	100
合计	18	18	18	100

表3 糖尿病足患者疼痛、皮肤感觉及血管的恢复 ( $\bar{x}\pm s, n=18$ )

Table 3 Recovery of pain, feeling and blood vessel in patients with diabetic foot

时间	目测类比分	踝肱指数	10 g 尼龙线测试
治疗前	4.38±0.25	0.52±0.19	4.97±2.35
治疗后 3 个月	0.44±0.31	0.89±0.21	8.04±1.68
t	0.501	0.291	2.172
P	< 0.05	< 0.05	< 0.05

治疗后针道口滴体积分数75%乙醇预防感染。治疗后仍需有效控制血糖, 高血糖仍是特征性血管病的高风险因素, 糖尿病患者在使用胰岛素规范治疗且接近预期值时, 其血管方面并发症也显著降低<sup>[15]</sup>, 同时溃疡面给予每日换药, 使用表皮生长因子促进愈合。

1.5.5 治疗效果评价 治疗前后, 以目测类比分、Wagner分期、踝肱指数、10 g尼龙线测试及创面愈合情况评价疗效<sup>[16]</sup>。

1.5.6 血管造影 18例病例中3例行治疗前后造影对比, 治疗后45 d血管造影复查。

1.5.7 不良反应评价标准 以钉道感染, 外固定架松动, 切口坏死, 溃疡复发情况来判断并发症情况。

1.6 结局观察指标 主要观察指标为溃疡愈合情况。

1.7 统计学分析 数据以 $\bar{x}\pm s$ 表示。采用SPSS 16.0统计学软件分析, 应用单因素分析及配对t检验进行比较,  $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

## 2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 所有患者均进入结果分析。

2.2 随访情况 患者随访3-20个月, 未见出现再次糖尿病足部溃疡复发情况。

2.3 结果

2.3.1 溃疡愈合 所有18例患者足部溃疡均得到愈合, 搬移后1周创面开始形成新鲜肉芽, 3周后可以看到创面明显缩小。3个月内18例患者的溃疡面均能得到愈合。溃疡大小分布情况见表1, 溃疡愈合情况见表2。行外固定系统骨

搬移后, 足趾远端溃疡等够愈合, 面积巨大的溃疡能都得到愈合, 溃疡深度达到骨面的溃疡能够得到愈合。其中最大溃疡面达到12 cm×12 cm, 最深溃疡深达距骨。

2.3.2 疼痛缓解 清创后, 患者疼痛得到缓解, 随着搬移开始患者疼痛渐渐消失, 到治疗结束后, 患者疼痛均未再次出现。患者目测类比分明显改善( $P < 0.05$ ; 表3)。

2.3.3 皮肤感觉 6例伴有足背皮肤感觉障碍的患者在3个月后, 麻木感明显减轻, 但仍不能完全消退。使用10 g尼龙线测试结果见表3。2例足部完全失去知觉的患者, 3个月后溃疡能完全愈合, 皮肤感觉得到改善, 开始有放点痒感觉, 但仍旧无法达到使用10 g尼龙线测试的程度。1例随访达半年的患者, 足背开始出现知觉。

2.3.4 血管恢复情况 搬运后45 d血管造影复查发现胫骨迁移段起始端纵行向下新生出众多直径0.5-1.0 mm小动脉, 并横向、斜向延伸到肌肉和皮下组织。见图2。患者治疗后踝肱指数较治疗前好转( $P < 0.05$ ; 表3)。

2.3.5 患肢功能 18例患者溃疡愈合后肌力肌张力均能恢复正常, 并且能够独立下地行走, 无需借助拐杖轮椅等工具, 独立行走距离均能> 2 000 m, 未出现明显不适情况。

2.3.6 截肢情况 除2例行足趾坏死趾解脱外, 18例患者均未截肢。

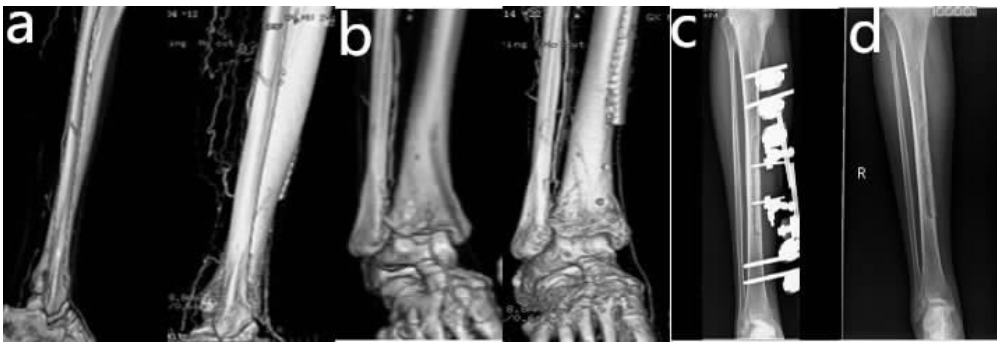


图 2 胫骨横向骨搬移前行 CT 血管成像及 X 射线情况

Figure 2 X-ray and CT angiography of the tibia before and after lateral bone transport

图注: 图中 a 是动脉期, 可见搬移 3 个月后动脉数量明显增多; b 是动脉期静脉可见循环恢复良好; c 为手术结束后开始调整时候骨块的位置; d 为搬移结束后拆除外固定架时骨块能回到原位。



图 3 胫骨横向骨搬移影响的范围

Figure 3 The scope affected by lateral tibia bone transport

图注: 图中 a-e 是治疗前情况, f-j 是治疗后 3 个月情况。图中 a 和 f 说明足底横向溃疡能得到良好愈合, b 和 g 说明足跟负重区溃疡能得到愈合, c 和 h 说明肢体最远端的溃疡能得到愈合, d 和 i 说明深达距骨面的巨大溃疡能得到愈合, e 和 j 说明足背的溃疡能得到愈合。



图 4 糖尿病足典型患者治疗前脚部影像图片

Figure 4 Image of the diabetic foot before treatment

图注: X 射线结果显示第 2 趾远节坏死并感染。

2.3.7 胫骨横向骨搬移治疗糖尿病足部溃疡影响的范围  
行外固定系统骨搬移后, 足趾远端溃疡等够愈合, 面积巨大的溃疡能都得到愈合, 溃疡深度达到骨面的溃疡能够得到愈合。其中最大溃疡面达到 12 cm×12 cm, 最深溃疡深达距骨。胫骨横向骨搬移所能影的肢体范围见图 3。

2.4 典型病例 患者, 女, 58 岁, 确诊糖尿病 11 年, 自行皮下注射生物合成人胰岛素控制血糖, 用量为餐前 8 U, 血糖控制不理想。餐前血糖为 5.1-11.1 mmol/L, 餐后血糖为 4.1-15.6 mmol/L。半年前开始出现足部破溃, 伴有疼痛及皮肤感觉减退。患者未在意, 自行处理后破口逐渐增大, 右足第二足趾至右足足跟部可见长约 12 cm, 深 2.0-3.0 cm 裂隙, 裂隙有少量脓性分泌物, 创面表面可见少量坏死组织, 腱膜、肌筋膜、肌肉活性减退伴部分坏死; 第 2 趾远节坏死并感染(图 4)。入院后给予清创封闭负压吸引置入, 同

时请糖尿病专科医师会诊协助控制血糖及感染。后行胫骨横向骨搬移治疗糖尿病足溃疡, 治疗前见图 3d。治疗后给予换药、改善循环治疗。3 个月后溃疡得到愈合(图 3i)。

2.5 不良反应 18 例患者糖尿病足在 3 个月内溃疡均得到愈合, 有 2 例患者进行了坏死趾解脱术。1 例患者于治疗后半年再次出现窦道, 有分泌物渗出, 分泌物细菌培养结果阴性, 但经过 1 周换药后能自行愈合。6 周搬移后骨块能够回到正常位置(图 2)。所有患者均未出现切口不愈合, 感染加重等情况。所有患者未出现钉道感染, 并未出现皮肤切口坏死等情况, 外固定架未出现松动, 固定杆断裂等情况。伴有骨髓炎的患者在搬移过程中骨髓炎能够得到治愈, 并没有出现迁移的情况。18 例患者的钉道均出现不同程度的脂肪液化, 但并未出现感染, 脂肪液化后结痂能覆盖钉道口, 防止进一步的坏死。搬移过程中有 1 例患者出现调整方向相反, 2 周后复查时发现, 给予及时纠正后再按正常速度调整, 能够得到良好的溃疡愈合。1 例患者出现调整速度过快, 以每次 1 mm, 3 次/d 的速度调整。1 周后出现搬移部位疼痛, 切口愈合不良, 及时复查, 给予一次性回位后再按照正常速度调整, 能够得到良好愈合, 未遗留不适。

### 3 讨论 Discussion

3.1 外固定架骨搬移系统治疗 Wagner 3-4 期糖尿病足的机制 外固定架骨搬移系统是基于 Ilizarov 张力应力法则开发

出来的治疗下肢缺血性疾病的技术。Ilizarov 医生进行犬腿牵拉成骨研究时观察到在截骨断端牵拉区域的间隙发生成骨之前, 首先出现微血管网的活跃再生, 血管造影也证实了肢体牵拉区域“新生血管与微循环”的重建<sup>[17-20]</sup>。这个理论被学者证明能够重复, 并且进一步研究发现, 毛细血管再生现象以搬移7-21 d时候最为显著<sup>[21]</sup>。缓慢持续的牵伸会使细胞的增殖和生物合成功能受到激发, 组织新陈代谢变得活跃, 该技术通过给骨骼一个合适的牵伸应力, 能够调动组织自然修复潜能, 使骨骼及其附着的肌肉、筋膜、血管和神经同步生长<sup>[22]</sup>, 从而实现受损组织微循环的自然重建。循环的重建进一步促进神经的再生, 从而使得糖尿病足得到治愈。在Ilizarov张力应力法则的基础上, 曲龙等<sup>[23]</sup>对胫骨横向搬移技术再生血管(网)的动物实验进行了详细的研究后提出: 张力作用于活性组织, 以每天1 mm左右的速度牵拉搬移骨块能使得组织尤其是毛细血管能得到良好的生长。在此基础上徐显章等<sup>[24]</sup>使用胫骨横向骨搬移的方法治疗血栓闭塞性脉管炎, 取得了良好的效果。血栓闭塞性脉管炎和糖尿病足部溃疡相似, 都是肢体血管受损导致肢体缺血引起难以控制的坏死, 继发感染等严重问题。本试验则应用此方法治疗Wagner3-4期糖尿病足部溃疡, 取得良好效果。

**3.2 糖尿病足的治疗选择及注意事项** 糖尿病足病情复杂, 多因素共同治病, 治疗方式多样, 但是一旦发生严重感染、坏疽时有超过20%的截肢概率<sup>[25]</sup>。并且部分情况下需要进行多次截肢。对于糖尿病足部的保肢治疗国内外学者尝试过相当多的办法, 希望达到保肢效果。有学者尝试使用游离皮瓣治疗<sup>[26]</sup>, 但效果并不理想, 并且存在极大感染的风险。大多数的医生仍然选择加强患者的足部护理来希望达到保肢的可能, 但对截肢率无显著影响<sup>[27]</sup>。而如射频消融、经腔内血管成形、经腔内血管成形联合支架植入、介入性溶栓治疗、血管腔内支架植入、干细胞移植治疗糖尿病足等血管内科治疗方式相对手术难度大、费用高、创伤大, 并且效果依然不理想。以往治疗效果不佳的原因在于糖尿病破坏的足部微循环并没有得到改善, 虽然以往的方法可以让坏死区域得到一定血供, 但局部组织并不能得到营养, 体内的血管内皮因子也无法达到正常水平。外固定架骨搬移的方法很好的解决了微循环重建的问题, 在搬移之后使得血管再生从而从根本上解决了糖尿病引起的组织缺血坏死。达到良好的治疗效果。因为糖尿病足是由于糖尿病血管、神经性病变引起下肢异常, 或合并感染而引起肢端坏疽<sup>[28]</sup>。所以, 无论采取什么样的外科手术治疗糖尿病足部溃疡, 最重要的是要控制患者血糖水平, 这需要糖尿病专科医生的协助。只有在患者血糖得到有效控制的情况下, 才能保证有足够的血管重新生成, 并且新生的血管能够起到良好的功能。在控制好血糖基础上, 如果患者有心泵功能障碍, 中动脉狭窄或者堵塞, 必须先解决好这些疾病后才能行外固定架骨搬移系统治疗糖尿病足。因为如果患者心泵功能障碍或者中动脉堵塞, 就算骨搬移

重建了下肢微循环系统, 依旧无法有足够的血流到病变区域, 从而达不到良好的效果。

**3.3 随访情况** 本试验随访中未出现溃疡复发。理论上搬移后存在溃疡复发的可能, 因为搬移只是重建足部的血运, 促进溃疡的愈合。并没有治疗患者的糖尿病。患者再生的血管依旧处于异常的血运环境中, 因此存在再次复发的可能性。患者搬移结束后, 骨块是能回到起始位置并能得到良好骨愈合的, 因此如果患者再次出现糖尿病足部溃疡, 可以在原部位再次经行骨搬移治疗。本试验18例患者均为固定后5 d开始进行连续6周的搬移, 再固定4周后拆除外固定架, 均能达到良好疗效。其中出现了患者搬移方向相反和速度错误等原因, 延迟了一两周开始正常搬移的情况, 但最终也能得到良好效果。这说明何时搬移并不起到决定性作用, 只要能起到应力刺激的作用就能促进溃疡的愈合。对于何时开始进行骨搬移和搬移多长时间能达到最好的疗效, 本试验并不能给出结论。作者认为仍然需要进行大量的动物实验进行尝试, 方能得出最好的搬移时间和搬移速率。

**3.4 外固定架骨搬移系统治疗Wagner3-4期糖尿病足的并发症** 外固定架系统最常见的并发症为钉道感染。管西亮<sup>[29]</sup>发现外固定架出现感染率约为11.4%, 其中钉道感染最为常见。钉道感染的发生与患者的年龄、支架固定时间、合并复合伤口、患有糖尿病等因素相关, 其中又以糖尿病患者最为容易出现钉道感染。本试验18例患者并未出现钉道感染, 可能的原因有: ①病例数量仍较少, 并未出现感染的患者。②胫骨横向骨搬移能够很好的刺激周围血管再生, 血管再生后促使局部血流增多, 促使机体在这个部位的抵抗力明显增强, 并且伴随血管再生, 使用抗生素等药物在这部分机体的血药浓度能得到明显的提高, 增强了机体抗感染的能力。因此明显降低了感染的风险。③在安装支架固定针时, 进针处先用尖刀切开皮肤和筋膜, 分开皮下组织和肌肉, 血管钳触及骨皮质后, 插入保护钻套, 然后再置入螺钻钻孔和安装固定针, 这样可以避免钻头和螺钉绞伤皮肤软组织。穿针时要稳住电钻, 不要使针尾有较大摆动, 防止固定针和骨髓界面扭矩增加, 从而导致明显的骨组织热损害发生局部骨坏死。如果出现骨针打入后出现一侧皮肤绷得过紧, 应给与皮肤切开小口松解, 这样减少皮肤压力能减少感染风险。

**3.5 外固定架骨搬移系统治疗Wagner3-4期糖尿病足的不足** 胫骨横向骨搬移治疗糖尿病足部溃疡需要患肢佩戴外固定支架约3个月时间, 期间需要按时调整外固定支架, 对患者日常生活造成一定的影响。需要患者的依从性较高。并且, 外固定架骨搬移技术只能使得微循环系统及小动静脉系统再生, 目前没有证据能支持外固定架系统能够再生中动脉系统。因此如果是伴有中动脉无法再通的患者, 此方法达不到应有的效果。本试验排除了中动脉堵塞、心泵功能障碍、严重肝肾功能异常的患者, 因而存在着选择偏

倚, 在实际工作中可能存在搬运治疗后溃疡依然无法愈合的情况, 因此溃疡愈合率不能达到100%。

总之, 外固定架骨搬运治疗糖尿病足部溃疡能达到极高的保肢概率, 但治疗过程较长, 需要患者及家属良好配合。

**作者贡献:** 花奇凯进行试验设计, 实施为洗呈及花奇凯, 实验评估为劳山及苏伟, 资料收集为杨鑫, 洗呈成文, 赵劲民审核。

**利益冲突:** 所有作者共同认可文章无相关利益冲突。

**伦理问题:** 试验方案经广西医科大学第一附属医院伦理委员会批准, 试验方案已经患者/家属知情同意。

**文章查重:** 文章出版前已经过 CNKI 反剽窃文献检测系统进行3次查重。

**文章外审:** 本刊实行双盲外审制度, 文章经国内小同行外审专家审核, 符合本刊发稿宗旨。

**学术术语:** 糖尿病足溃疡? 主要指糖尿病初期, 没有出现周围神经病变和周围血管病变的人群, 却已出现足部感染如甲沟炎、脚气感染等所造成的足部感染、化脓、溃烂等症状。糖尿病患者中 15%-20%在病程中发生足溃疡, 根据引发溃疡的主要原因分为神经足病、缺血足病和混合性足病(神经-血管性)。

**作者声明:** 文章第一作者对研究和撰写的论文中出现的不良行为承担责任。论文中涉及的原始图片、数据(包括计算机数据库)记录及样本已按照有关规定保存、分享和销毁, 可接受核查。

**文章版权:** 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

#### 4 参考文献 References

- Alberti KG, Zimmet PZ. Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part 1: diagnosis and classification of diabetes mellitus provisional report of a WHO consultation. *Diabet Med.* 1998;15(7):539-553.
- Boulton AJ. The diabetic foot: from art to science. The 18th Camillo Golgi lecture. *Diabetologia.* 2004;47(8):1343-1353.
- Bendermacher BL, Teijink JA, Willigendael EM, et al. A clinical prediction model for the presence of peripheral arterial disease--the benefit of screening individuals before initiation of measurement of the ankle-brachial index: an observational study. *Vasc Med.* 2007;12(1):5-11.
- 白丽娜, 周旻, 李月红. 前列地尔脂微球载体制剂的药理作用机制的研究进展[J]. *中日友好医院学报*, 2008, 22(1): 47-50.
- Gulam-Abbas Z, Lutale JK, Morbach S, et al. Clinical outcome of diabetes patients hospitalized with foot ulcers, Dar es Salaam, Tanzania. *Diabet Med.* 2002;19(7):575-579.
- Driver VR, Fabbi M, Lavery LA, et al. The costs of diabetic foot: the economic case for the limb salvage team. *J Vasc Surg.* 2010;52(3 Suppl):17S-22S.
- Salahuddin O, Azhar M, Imtiaz A, et al. A developing world experience with distal foot amputations for diabetic limb salvage. *Diabet Foot Ankle.* 2013;4.
- 郭保逢, 秦泗河, 任龙喜. 牵拉成骨技术治疗慢性骨髓炎[J]. *中华骨科杂志*, 2012, 32(3): 283-285.
- 任可, 张春才, 赵建宁, 等. 持续动态压应力对实验性骨折愈合的影响及相关信号转导通路研究[J]. *中国矫形外科杂志*, 2010, 18(4): 327-332.
- 于大森. 骨搬运技术治疗骨不连的分子机制研究初探[J]. *医学综述*, 2014, 20(7): 1156-1158.
- 郭保逢, 秦泗河. 后Ilizarov时代的微循环重建术[J]. *中国矫形外科杂志*, 2013, 21(15): 1546-1550.
- Department of Noncommunicable Disease Surveillance, World Health Organization. Definition, Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus and its Complications. Geneva, 1999.
- Wagner FW Jr. The dysvascular foot: a system for diagnosis and treatment. *Foot Ankle.* 1981;2(2):64-122.
- 柴明祥, 臧建成, 吴天昊, 等. 胫骨骨搬运后对合端不愈合的原因与治疗[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2013, 15(10): 840-844.
- 程莹, 潘长玉. 糖尿病和中间高血糖的定义和诊断(WHO/IDF评议报告)[J]. *中华内分泌代谢杂志*, 2007, 22(6): 10006-0017.
- 潘珺, 郑娟, 廖庆红, 等. 10g尼龙丝检查在糖尿病周围神经病变中的诊断价值[J]. *中国乡村医药*, 2014, (17): 5-6.
- Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues. Part I. The influence of stability of fixation and soft-tissue preservation. *Clin Orthop Relat Res.* 1989; (238): 249-281.
- Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues: Part II. The influence of the rate and frequency of distraction. *Clin Orthop Relat Res.* 1989; (239): 263-285.
- Scott BW. Transosseous osteosynthesis, theoretical and clinical aspects of the regeneration and growth of tissue: G. A. Ilizarov Springer-Verlag, 1992. 800 pages. *Foot.* 1992;2(3): 183.
- 秦泗河. Ilizarov 技术概述[J]. *中华骨科杂志*, 2006, 26(9): 642-645.
- 杨大威, 徐玉东, 周冬枫. 骨搬运法对下肢缺血性疾病疗效的基础研究[J]. *哈尔滨医科大学学报*, 2003, 37(2): 137-139.
- Barker KL, Lamb SE, Simpson AH. Functional recovery in patients with nonunion treated with the Ilizarov technique. *J Bone Joint Surg Br.* 2004;86(1):81-85.
- 曲龙, 王爱林, 汤福刚. 胫骨横向往搬运血管再生术治疗血栓闭塞性脉管炎[J]. *中华医学杂志*, 2001, 81(10): 622-624.
- 徐显章, 王爱林, 靖冬梅. 胫骨迁移血管再生治疗血栓闭塞性脉管炎35例分析[J]. *中国实用外科杂志*, 2011, 31(6): 523-524.
- 涂静. 糖尿病周围血管病变及糖尿病足的危险因素分析[D]. 武汉: 华中科技大学, 2013.
- Ferguson JY, Sutherland M, Pandit HG, et al. The rate of symptomatic venous thromboembolism in patients undergoing elective Ilizarov surgery and the cost of chemical prophylaxis. *Bone Joint J.* 2014;96-B(3):426-430.
- Atef A, El-Tantawy A. Management of open infected comminuted tibial fractures using Ilizarov concept. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2014;24(3):403-408.
- Apelqvist J, Bakker K, van Houtum WH, et al. International consensus and practical guidelines on the management and the prevention of the diabetic foot. *International Working Group on the Diabetic Foot. Diabetes Metab Res Rev.* 2000;16 Suppl 1:S84-92.
- 管西亮. 骨科外固定支架针道感染原因分析及防治措施[J]. *中华医院感染学杂志*, 2013, 23(24): 6029-6030.