

· 临床论著 ·

胫骨横搬移和介入治疗重度下肢动脉闭塞症[△]

赵永鑫¹, 覃忠^{2a}, 丁毅³, 余杰^{2b}, 苏永锋^{2b}, 刘杰¹, 陈业平^{2b}, 花奇凯^{3*}, 陈炎^{2b*}

(1. 广西医科大学再生医学与医用生物资源开发应用省部共建协同创新中心, 广西南宁 530021; 2. 广西医科大学第一附属医院 a: 血管外科; b: 骨关节外科, 广西南宁 530021; 3. 广西糖尿病足保肢工程研究中心, 广西南宁 530021)

摘要: [目的] 比较胫骨横向搬移 (tibia transverse transport, TTT) 联合介入与单纯介入治疗重度下肢动脉硬化闭塞症 (arteriosclerosis obliterans, ASO) 的临床疗效。[方法] 回顾性分析 2018 年 5 月—2021 年 1 月于本院治疗的 86 例重度 ASO, 根据医患沟通结果, 46 例采用 TTT 联合介入治疗 (复合组), 40 例采用单纯介入治疗 (介入组), 比较两组治疗期、随访及影像结果。[结果] 复合组手术时间 [(116.4±11.1) min vs (88.1±13.4) min, $P<0.05$] 显著长于介入组, 但是, 前者在住院时间 [(21.5±4.0) d vs (24.7±4.5) d, $P<0.05$]、局部清创次数 [(1.4±0.5) 次 vs (2.3±0.9) 次, $P<0.05$] 和抗生素使用时间 [(14.5±3.7) d vs (21.2±3.4) d, $P<0.05$] 均显著优于后者。随访时间平均 (18.8±4.3) 个月, 复合组恢复完全负重活动时间 [(5.0±1.6) 个月 vs (6.6±2.2) 个月, $P<0.05$]、创面愈合时间 [(4.2±1.8) 个月 vs (5.6±2.7) 个月, $P<0.05$]、创面愈合率 (92.9% vs 76.3%, $P<0.05$) 和最终截肢率 (13.0% vs 35.0%, $P<0.05$) 均显著优于介入组。随时间推移, 两组疼痛 VAS 评分、自我感受 VAS 评分、局部病灶评级均显著改善 ($P<0.05$), 术前及术后 1 个月, 两组间上述指标的差异均无统计学意义 ($P>0.05$), 术后 3 个月及末次随访时, 复合组上述指标均显著优于介入组 ($P<0.05$)。影像方面, 随时间推移, 两组血管显像均显著改善 ($P<0.05$), 术前两组间血管造影情况的差异无统计学意义 ($P>0.05$), 术后相应时间点复合组血管造影情况均显著优于介入组 ($P<0.05$)。[结论] 介入联合 TTT 治疗下肢重度 ASO 可显著提升治疗效果, 是一种有效和安全的治疗方法。

关键词: 下肢动脉硬化闭塞症, 胫骨横向骨搬移, 介入治疗, 溃疡, 牵张成骨

中图分类号: R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) 15-1368-06

Tibial transverse transport combined with endovascular intervention for severe arteriosclerosis obliterans of the lower extremity // ZHAO Yong-xin¹, QIN Zhong^{2a}, DING Yi³, YU Jie^{2b}, SU Yong-feng^{2b}, LIU Jie¹, CHEN Ye-ping^{2b}, HUA Qi-kai³, CHEN Yan^{2b}. 1. Collaborative Innovation Centre of Regenerative Medicine and Medical BioResource Development and Application Co-constructed by the Province and Ministry, Guangxi Medical University, Nanning, Guangxi 530021, China; 2a. Department of Endovascular Surgery; 2b. Department of Orthopedics and Joint Surgery, The First Affiliated Hospital of Guangxi Medical University, Nanning 530021, China; 3. Diabetes Foot Salvage Engineering Research Center, Nanning 530021, China

Abstract: [Objective] To compare the clinical efficacy of tibial transverse transport (TTT) combined with endovascular intervention (EVI) versus EVI only for severe arteriosclerosis obliterans (ASO) of the lower extremity. [Methods] A retrospective study was performed on 86 patients who received surgical treatment for severe ASO in our hospital from May 2018 to January 2021. According to doctor-patient communication, 46 cases received TTT combined EVI (the combined group), while the remaining 40 patients received EVI only (the EVI group). The documents regarding treatment period, follow-up and imaging were compared between the two groups. [Results] Although the combined group consumed significantly longer operation time than the EVI group [(116.4±11.1) min vs (88.1±13.4) min, $P<0.05$], the former proved significantly superior to the latter in terms of hospital stay [(21.5±4.0) days vs (24.7±4.5) days, $P<0.05$], local debridement times [(1.4±0.5) times vs (2.3±0.9) times, $P<0.05$] and longevity of antibiotic use [(14.5±3.7) days vs (21.2±3.4) days, $P<0.05$]. All patients in both groups were followed up for (18.8±4.3) months on a mean. The combined group was significantly better than the EVI group in terms of time to resume full weight-bearing activity [(5.0±1.6) months vs (6.6±2.2) months, $P<0.05$], wound healing time [(4.2±1.8) months vs (5.6±2.7) months, $P<0.05$], wound healing rate (92.9% vs 76.3%, $P<0.05$) and final amputation rate (13.0% vs 35.0%, $P<0.05$). The pain VAS score, self-perceived VAS score and local lesion grade significantly improved in both group over time ($P<0.05$), which were not statistically signifi-

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.15.05

△基金项目: 国家自然科学基金项目 (编号: 82060406; 81601930); 中国博士后科学基金项目 (编号: 2019M650235); 广西医科大学高水平创新团队及杏湖学者计划项目; 广西壮族自治区自然科学基金项目 (编号: 2017GXNSFAA198318); 广西壮族自治区南宁市青秀区重点研发计划项目 (2021003, 2020053); 广西医科大学第一附属医院临床研究攀登计划项目 (编号: YYZS2020010)

作者简介: 赵永鑫, 硕士在读, 研究方向: 骨关节外科, (电话) 18978112847, (电子信箱) 1036756137@qq.com

*** 通信作者:** 陈炎, (电子信箱) cy003@connect.hku.hk; 并列通信作者: 花奇凯, (电子信箱) hqk100@yeah.net

cant between the two groups before surgery and one month after surgery ($P>0.05$), while became statistically significant between the two group 3 months after surgery and at the last follow-up ($P<0.05$). As for imaging, vascular imaging presentations in both groups was significantly improved over time ($P<0.05$), which was no significant difference between the two groups preoperatively ($P>0.05$), whereas in the combined group was significantly better than that in the EVI group at all corresponding time points after surgery ($P<0.05$). [Conclusion] This tibial transverse transport combined with endovascular intervention does considerably improve the therapeutic effect, is an effective and safe treatment for severe arteriosclerosis obliterans of the lower extremity.

Key words: lower extremity, arteriosclerotic obliterans, tibial transverse transport, endovascular intervention, ulcer, distraction osteogenesis

下肢动脉硬化闭塞症 (arteriosclerosis obliterans, ASO) 是下肢动脉粥样硬化引起动脉管腔狭窄、闭塞, 导致肢体慢性缺血的外周动脉疾病 (peripheral arterial disease, PAD), 初期主要表现为间歇性跛行、静息痛, 逐渐出现下肢破溃、坏疽, 成为重度 ASO (Rutherford 分级 5 或 6 级, 即合并小块或大块组织缺损)^[1, 2], 或称严重下肢缺血 (critical limb ischemia, CLI)^[3]。目前全球 ASO 患者多达 2 亿, 且重度 ASO 发病率呈上升趋势^[4]。重度 ASO 的传统治疗主要为采用介入手术再通肢体近端的大血管, 但对肢体远端 (如踝关节以远) 较小血管的再通存在技术困难, 虽然对下肢近端大血管血运改善较好, 但对肢体远端, 尤其是足部的血运改善效果较差, 最终的效果并不理想, 常导致截肢甚至死亡, 给患者家庭和社会带来沉重的负担^[5, 6]。

由 Ilizarov 医师首先发现的“牵张成骨 (distraction osteogenesis, DO)”现象是指截骨后对骨质进行缓慢、持续的牵张, 可以生成新生骨^[7, 8]。在牵张成骨过程中, 骨组织本身和周围组织还生成大量微血管, 即存在“牵张成微血管”^[7-9]。基于此理论, 本团队既往以胫骨横向搬运 (tibial transverse transport, TTT) 治疗糖尿病足, 取得了高愈合率、保肢率和低复发率的良好效果^[10-15]。该技术的机制与其重建足部微血管网, 改善微灌注相关^[16]。应用 TTT 的血管前提条件是下肢主干动脉未严重狭窄 (腘动脉及以上大动脉直径狭窄 $<80\%$), 尚有部分血运到达足部^[11, 17, 18]。因而, 对于重度 ASO, 如果首先通过介入较好地恢复大血管血运, 再联合 TTT 改善足部微循环, 可能是一种新的治疗思路。既往已有研究采用 TTT 联合介入治疗轻度 ASO (Rutherford 分级 1~4 级, 即不合并溃疡或坏疽)^[18, 19], 取得了一定的疗效, 但重度 ASO (合并溃疡、坏疽或感染等) 的治疗更加困难, 该方法对重度 ASO 的疗效如何, 尚未见有报道。因此, 本科采用 TTT 联合介入方法治疗重度 ASO 患者, 取得较好疗效, 对其资料进行回顾

性分析, 报道如下。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 年龄 >40 岁; (2) 单侧下肢符合 ASO 的诊断标准, 有吸烟、高血压、高脂血症等高危因素; 缺血肢体远端动脉搏动减弱或消失^[1, 2]; 下肢 ASO 的 Rutherford 分级为 5 或 6 级, 即合并小块或大块软组织缺损 (图 1a)^[1, 2]; (3) 采用介入或 TTT 联合介入治疗; (4) 下肢血管超声检查显示患肢腘动脉及/或以上主干血管直径狭窄 $\geq 80\%$ 甚至闭塞 (图 1b)。

排除标准: (1) 双下肢 ASO; (2) 膝关节以上血管状况良好, 腘动脉及以上主干动脉直径狭窄 $<80\%$; (3) 单纯行 TTT 治疗者; (4) 合并糖尿病足; (5) 3 个月内发生过心梗、脑梗; (6) 合并严重的基础疾病, 不能耐受手术; (7) 临床资料不完整。

1.2 一般资料

回顾性分析 2018 年 5 月—2021 年 1 月于本院治疗的重度 ASO (Rutherford 分级 5 或 6 级) 的患者, 共 86 例符合上述标准, 纳入本研究。根据医患沟通结果, 46 例采用 TTT 联合介入治疗 (复合组), 40 例只采用介入治疗 (介入组)。两组患者术前一般资料见表 1。两组年龄、性别、体重指数 (body mass index, BMI)、ASO 病程、吸烟史以及合并症方面的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。本研究获医院伦理委员会批准, 所有患者均签署知情同意书。

1.3 治疗方法

复合组: 股动脉穿刺, 向下肢置入导管, 行血管造影。将导管经动脉送达狭窄部位, 根据狭窄程度选择相应直径和长度的球囊对狭窄或闭塞段进行扩张。若经扩张后残余狭窄仍 $>30\%$ 直径时, 则置入相应直径和长度的支架。在介入治疗后先抗凝治疗 5 d, 再行 TTT 术。参照既往手术方案^[11], 采用同侧股神经阻滞麻醉或全麻下手术, 在胫骨结节以远 2 cm、胫

骨嵴以内 1 cm 处作 4 cm 的弧形切口，钝性分离皮下软组织，暴露并保护骨膜。使用电钻和微创截骨器在胫骨皮质上连续密集钻孔，形成 5.0 cm×1.5 cm 的长方形皮质截骨块，之后用骨刀沿钻孔轻轻撬拨截骨块使其能上下移动。将 2 枚直径 3 mm 的螺钉拧入截骨块用于骨搬移，再将 2 枚直径 4 mm 的螺钉拧入截骨块两侧的胫骨干以固定骨搬移外支架（图 1c）^[11, 16]。之后行足部溃疡、坏死组织清创术。术后第 2 d 开始骨搬移，先向内侧搬移截骨块，即截骨块远离胫骨干，持续 14 d（图 1d）；从第 15 d 开始往回搬移，即截骨块靠近胫骨干；整个搬移过程持续 4 周，最后截骨块回到原位^[11, 16]。搬移速率为 1 mm/d，分 4 次完成，4 周后拆除外固定架。术后创面均常规换药，若创面有继发局部坏死时，行床边简单清创，如涉及范围较大，至手术室再次清创^[13]。

表 1 两组患者术前一般资料与比较

指标	复合组 (n=46)	介入组 (n=40)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	69.5±7.8	71.3±10.2	0.344
性别 (例, 男/女)	37/9	32/8	0.960
BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	23.5±3.1	23.7±3.1	0.824
吸烟史 (例, 有/无)	38/8	30/10	0.387
合并症 [例 (%)]			
高血压	28 (60.9)	27 (67.5)	0.523
冠心病	10 (21.7)	6 (15)	0.423
肾衰	2 (4.3)	1 (2.5)	0.999
病程 (d, $\bar{x} \pm s$)	33.9±24.1	32.4±34.8	0.807
侧别 (例, 左/右)	31/15	21/19	0.159
病灶部位 (例, 足端/非足端)	42/4	34/6	0.567

介入组：介入治疗同上。之后行足部溃疡、坏死组织清创术。术后常规抗凝、改善循环、营养神经。术后换药或再清创同上，但不行 TTT 治疗。

1.4 评价指标

记录治疗期情况，包括手术时间、术中并发症、住院时间、局部清创次数、抗生素使用时间、切口愈合和复合组带架时间。采用恢复完全负重活动时间、疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS)、患者自我满意度视觉模拟评分创面愈合时间、局部病灶分级，以及是否截肢^[20]、死亡评价临床效果。

行双下肢 CT 血管造影 (computed tomography angiography, CTA) 或动脉超声评估血管再生或再通情况，按“加重/无变化/改善/显著改善”4 个等级进行评价 (加重：血管减少>25%；无变化：血管增加<10%或减少<10%；改善：25%<血管增加<50%；显著改善：血管增加>50%)。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 26.0 统计软件进行统计分析。计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示，资料呈正态分布时，两组间比较采用独立样本 *t* 检验，组内时间点间比较采用单因素方差分析；资料呈非正态分布时，采用秩和检验。计数资料采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。等级资料两组比较采用 Mann-whitney *U* 检验。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 治疗期情况

两组手术均顺利完成，未出现支架置入后血管堵塞、胫骨截骨处骨折或感染等严重手术并发症。两组患者临床资料见表 2。复合组手术时间显著长于介入组 (*P*<0.05)，但是复合组住院时间、局部清创次数和抗生素使用时间均显著优于介入组 (*P*<0.05)。复合组术后带架时间平均 (28.1±3.8) d，所有患者截骨部位切口均愈合良好，无钉道感染或骨髓炎等并发症。

表 2 两组患者治疗期资料与比较

指标	复合组 (n=46)	介入组 (n=40)	P 值
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	116.4±11.1	88.1±13.4	<0.001
住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	21.5±4.0	24.7±4.5	0.001
带架时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	28.1±3.8	34.6±5.3	<0.001
局部清创次数 (次, $\bar{x} \pm s$)	1.4±0.5	2.3±0.9	<0.001
抗生素使用时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	14.5±3.7	21.2±3.4	<0.001
创面愈合率 [例 (%)]	39 (92.9)	29 (76.3)	0.039
创面愈合时间 (月, $\bar{x} \pm s$)	4.2±1.8	5.6±2.7	0.007

2.2 随访结果

两组患者均获随访，随访时间 12~24 个月，平均 (18.8±4.3) 个月。随访期间，复合组有 4 例患者死亡，其中 3 例死于心脑血管疾病，1 例死于严重肺部感染；介入组有 2 例患者死亡，均死于心脑血管疾病，两组死亡率差异无统计学意义 (*P*=0.805)。两组患者随访期资料见表 3。复合组恢复完全负重活动时间显著早于介入组 (*P*<0.05)，复合组创面愈合率、创面愈合时间 (图 1e) 和最终截肢率均显著优于介入组 (*P*<0.05)。随时间推移，两组疼痛 VAS 评分、自我感受 VAS 评分、局部病灶评级均显著改善 (*P*<0.05)。术前及术后 1 个月，两组间上述指标的差异均无统计学意义 (*P*>0.05)，术后 3 个月及末次随访时，复合组上述指标均显著优于介入组 (*P*<0.05)。

2.3 影像评估

术后 8 周复合组搬移骨块均恢复原位，并骨性愈

合(图1g, 1h)。术后3个月CTA显示复合组同侧已堵塞的大血管复通, 足部有新的微血管生成(图1f); 而介入组只有大动脉血流的恢复, 而足部无明显新生血管生成。血管造影情况见表3, 随时间推

移, 两组血管显像均显著改善($P<0.05$), 术前两组间血管造影情况的差异无统计学意义($P>0.05$), 术后相应时间点, 复合组血管显像改善均显著优于介入组($P<0.05$)。



图1 患者, 男, 62岁, 右下肢重度ASO(Rutherford分级6级), 足部坏疽5个月余。1a: 术前足底大面积坏死, 第5趾坏疽; 1b: 术前患肢CTA检查可见腘动脉、胫后动脉、腓动脉、足底动脉显影不充分, 部分节段完全不显影; 末端血管稀疏; 1c: 术后第1d X线片示截骨块大小、位置及螺钉的位置均适合; 1d: 术后2周X线片示截骨块已向外搬移达到最大位移; 1e: 术后10周创面已完全愈合; 1f: 末次随访时患肢CTA检查胫后动脉、腓动脉及足底动脉显像清晰, 末端血管增多; 1g: 术后4周X线片示截骨块返回原位, 外固定架已拆除; 1h: 术后8周截骨块已完全愈合。

3 讨论

既往研究将TTT用于治疗下肢缺血性疾病如糖尿病足、血栓闭塞性脉管炎等, 取得了较好的疗效^[11, 15, 16, 18, 19, 21, 22], 杨大威等^[18]使用单纯TTT治疗轻度ASO患者, 发现术后肢体疼痛等症状有所改善, 足部皮温升高。赵威等^[19]则联合介入和TTT治疗轻度ASO和血栓闭塞性脉管炎患者, 发现患者术后疼痛减轻, 足部皮温升高, 生活质量部分改善。但由于他们将轻度ASO患者和血栓闭塞性脉管炎患者混合分析, 尚难以明确介入联合TTT对轻度ASO的

疗效^[19]。而且, 这两项研究都没有确定患者的ASO严重程度(如Rutherford分级), 因而彼此间的对比分析存在一定困难。

本研究纳入的全部为重度ASO患者, 通过对比发现介入联合TTT术后3个月患肢的VAS评分更低, 提示TTT治疗可缓解疼痛。另外, 复合组患者的愈合率更高, 愈合时间更短, 复发率更低, 这与作者既往应用TTT治疗重度糖尿病足的结果呼应^[11]。作者前期研究还发现, TTT治疗合并全身炎症反应综合征(systemic inflammatory response syndrome, SIRS)的重度糖尿病足, 可以大大减轻创面的炎症并促进溃疡愈合^[23]。本研究复合组术后抗生素使用时

间更短，创面感染明显消退，再次验证了 TTT 具有抑制炎症从而促进溃疡愈合的作用。

表 3 两组患者随访结果与比较

指标	时间点	复合组 (n=46)	介入组 (n=40)	P 值
恢复完全负重活动时间 (月, $\bar{x} \pm s$)		5.0±1.6	6.6±2.2	<0.001
创面愈合率 [例 (%)]		39 (92.9)	29 (76.3)	0.039
创面愈合时间 (月, $\bar{x} \pm s$)		4.2±1.8	5.6±2.7	0.007
最终截肢率 [例 (%)]		6 (13.0)	14 (35.0)	0.016
疼痛 VAS 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	术前	6.1±0.8	6.0±0.9	0.406
	术后 1 个月	4.0±1.0	4.4±1.1	0.067
	术后 3 个月	1.7±0.8	3.4±0.9	<0.001
	末次随访	1.1±0.3	2.8±0.8	<0.001
	P 值	<0.001	<0.001	
自我感受 VAS 评分 (°, $\bar{x} \pm s$)	术前	5.9±1.0	5.9±1.0	0.685
	术后 1 个月	4.0±0.9	4.4±1.1	0.064
	术后 3 个月	1.7±0.8	3.4±0.9	<0.001
	末次随访	1.1±0.3	2.8±0.9	<0.001
	P 值	<0.001	<0.001	
局部病灶 (例, 0/I/II/III/IV)	术前	0/0/0/21/25	0/0/0/19/21	0.865
	术后 1 个月	0/0/22/18/6	0/0/18/14/8	0.598
	术后 3 个月	10/21/9/4/2	5/9/15/7/4	0.008
	末次随访	32/8/5/1/0	20/9/6/3/2	0.041
	P 值	<0.001	<0.001	
血管造影 (例, 加重/无变化/改善/明显改善)	术前	0/46/0/0	0/40/0/0	ns
	术后 1 个月	0/0/19/27	0/0/31/9	<0.001
	术后 3 个月	0/0/5/41	0/0/24/16	<0.001
	末次随访	0/0/4/42	0/0/19/21	<0.001
	P 值	<0.001	<0.001	

本研究采用了改良后的方案：将截骨部位上移至胫骨近端，因为该部位的直径更大，血运更丰富，截骨块术后更容易愈合^[11-13, 16, 21, 23]；。另外，在向外搬移 14 d 后再向内搬移 14 d，使截骨块回到原位（即手风琴技术^[24]），避免了胫骨增粗畸形^[21]。本研究中外固定架在搬移结束后即拆除，增加了患者的舒适性和依从性。

介入在术中、术后需常规使用药物抗血小板和抗凝治疗^[1, 2]，若同时行 TTT 有手术部位术中或术后大出血的风险；介入治疗后，大血管的血运得到改善，但要血灌注到达足部并发挥营养作用尚需一定的时间，故在等待数天后再行 TTT 和清创术将更有利于创面的生长愈合。所以，本研究方案是在停用阿司匹林并改用皮下注射低分子肝素 5 d 后方进行 TTT 手术，这不同于赵威等^[19]在进行介入后马上进行 TTT 手术，尽管他们并未提及是否有相关并发症，但本研究认为，分期手术方案既达到了治疗的有效性，同时

又保证了安全性。

通过 CTA 发现，与介入组相比，复合组术后 3 个月的足部微血管增多，提示 TTT 可促进微血管增生、改善微循环，这可能是其发挥疗效的主要机制。这与既往应用 TTT 治疗重度糖尿病足的发现一致^[11]。建议在术中截骨时，尽可能保持骨膜的完整，且避免对骨髓的损伤^[25]。此外，TTT 促进创面愈合、治疗重度 ASO 可能还有其他的机制，如胫骨开窗截骨后，髓内压力迅速降低，解除了一部分小血管因为髓内水肿压力而出现的血管痉挛，可快速缓解患肢疼痛^[26]。这有待进一步深入研究。

综合本研究的发现，初步总结 TTT 联合介入治疗 ASO 的适应证：（1）重度 ASO（Rutherford 5 或 6 级）；（2）腘动脉及以上大动脉狭窄≥80%；（3）不合并足部溃疡或坏疽但临床症状明显的 ASO；（4）无胫骨手术部位感染。禁忌证：（1）腘动脉及以上大动脉急性血栓栓塞，肢体急剧严重缺血；（2）患者不

能配合 TTT 术后的骨搬运治疗；(3) 胫骨手术部位感染；(4) 其他常见手术禁忌证如合并近期心梗、脑梗 (<3 个月) 等。

本研究存在一定的局限性：(1) 病例分组并非随机，结果可能受一些混杂因素影响；(2) 为回顾性研究，部分评估指标因当时未记录或未测量而缺失；(3) 入组病例数偏少；(4) 根据 Rutherford 5、6 级均有溃疡/坏疽形成的特点，作者将其定义为重度 ASO，但这一表述仍需将来进一步论证。

综上所述，本研究发现介入联合 TTT 治疗下肢重度 ASO 显著提高愈合率，降低复发率、愈合时间、住院时间、抗生素使用时间，而无明显手术并发症，是一种有效和安全的治疗方法。但本研究的结果仍有待随机对照试验进一步验证。

参考文献

- [1] Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, et al. Inter-society consensus for the management of peripheral arterial disease (TASC II) [J]. *J Vasc Surg*, 2007, 45 (Suppl S): S5-67.
- [2] 中华医学会外科学分会血管外科学组. 下肢动脉硬化闭塞症诊治指南 [J]. *中华普通外科学文献 (电子版)*, 2016, 10 (1): 1-18.
- [3] Conte MS, Bradbury AW, Kolh P, et al. Global vascular guidelines on the management of chronic limb-threatening ischemia [J]. *J Vasc Surg*, 2019, 69 (6S): 3S-125S e140.
- [4] Criqui MH, Aboyans V. Epidemiology of peripheral artery disease [J]. *Circ Res*, 2015, 116 (9): 1509-1526.
- [5] Gerhard-Herman MD, Gornik HL, Barrett C, et al. 2016 AHA/ACC guideline on the management of patients with lower extremity peripheral artery disease: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2017, 69 (11): 1465-1508.
- [6] Aboyans V, Ricco JB, Bartelink MEL, et al. 2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases, in collaboration with the European Society for Vascular Surgery (ESVS): Document covering atherosclerotic disease of extracranial carotid and vertebral, mesenteric, renal, upper and lower extremity arteries Endorsed by: the European Stroke Organization (ESO) The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases of the European Society of Cardiology (ESC) and of the European Society for Vascular Surgery (ESVS) [J]. *Eur Heart J*, 2018, 39 (9): 763-816.
- [7] 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 [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1989, 238: 249-281.
- [8] Ilizarov GA. 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.
- [9] Pacicca DM, Patel N, Lee C, et al. Expression of angiogenic factors during distraction osteogenesis [J]. *Bone*, 2003, 33 (6): 889-898.
- [10] 刘杰, 花奇凯, 李山郎, 等. 胫骨横向搬运治疗合并慢性肾病的糖尿病足 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30 (12): 1063-1069.
- [11] Chen Y, Kuang X, Zhou J, et al. Proximal tibial cortex transverse distraction facilitating healing and limb salvage in severe and recalcitrant diabetic foot ulcers [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2020, 478 (4): 836-851.
- [12] 刘杰, 花奇凯, 李山郎, 等. 骨膜牵张技术用于糖尿病足治疗的理论基础及临床结果验证 [J]. *中国组织工程研究*, 2022, 26 (32): 5236-5241.
- [13] 余杰, 花奇凯, 邝晓聪, 等. 胫骨横向骨搬运联合牛鼻子引流术治疗重度糖尿病足溃疡 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2021, 35 (8): 984-988.
- [14] 李山郎, 花奇凯, 刘光炜, 等. 胫骨横向骨搬运治疗下肢难愈性创面的研究进展 [J]. *中华骨科杂志*, 2021, 41 (11): 705-713.
- [15] Liu G, Li S, Kuang X, et al. The emerging role of tibial cortex transverse transport in the treatment of chronic limb ischemic diseases [J]. *J Orthop Translat*, 2020, 25 (20): 17-24.
- [16] Nie X, Kuang X, Liu G, et al. Tibial cortex transverse transport facilitating healing in patients with recalcitrant non-diabetic leg ulcers [J]. *J Orthop Translat*, 2021, 27: 1-7.
- [17] 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.
- [18] 杨大威, 纪效民, 石健. 胫骨横向骨搬运法治疗下肢动脉硬化闭塞症的临床应用 [J]. *哈尔滨医科大学学报*, 2004, 38 (2): 201-202.
- [19] 赵威, 鲁志超, 王新栋, 等. 介入联合胫骨横向搬运治疗下肢缺血性疾病 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2019, 27 (9): 809-814.
- [20] Van Netten JJ, Bus SA, Apelqvist J, et al. Definitions and criteria for diabetic foot disease [J]. *Diabetes Metab Res Rev*, 2020, 36 (Suppl 1): e3268.
- [21] 花奇凯, 王林, 洗呈, 等. Ilizarov 胫骨横向骨搬运微循环重建技术治疗下肢慢性缺血性疾病的临床疗效 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2015, 23 (21): 2007-2011.
- [22] 杨思捷, 陈炎, 邝晓聪, 等. 胫骨横向骨搬运术治疗下肢血栓闭塞性脉管炎 [J]. *中医正骨*, 2020, 32 (7): 58-61.
- [23] 镇普祥, 陈炎, 高伟, 等. 应用 Ilizarov 技术胫骨横向骨搬运术治疗合并全身性炎症反应综合征的重度糖尿病足 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2018, 32 (10): 1261-1266.
- [24] Baruah RK, Patowary S. Accordion maneuver: a bloodless tool in ilizarov [J]. *J Limb Length Reconstr*, 2018, 4: 11-19.
- [25] 花奇凯, 秦泗河, 邝晓聪, 等. 胫骨横向骨搬运术治疗 516 例糖尿病足的经验总结 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2020, 34 (8): 959-963.
- [26] 杨永康, 李刚. 胫骨横向骨搬运术促进微循环再生及组织修复生物学机制的初步探索 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2020, 34 (8): 964-968.

(收稿:2022-10-14 修回:2023-05-05)

(同行评议专家: 杨华清 黄永灿 吕维加)

(本文编辑: 郭秀婷)