

· 临床论著 ·

胫骨横向骨搬运治疗重度感染糖尿病足[△]

苏永锋¹, 丁毅³, 赵永鑫², 刘杰¹, 陈业平¹, 曾道福², 韦桂政¹, 廖志东², 花奇凯^{3*}, 陈炎^{1, 2*}

(1. 广西医科大学第一附属医院骨关节外科, 广西南宁 530021; 2. 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; 3. 广西糖尿病足保肢工程研究中心, 广西南宁 530021)

摘要: [目的] 探讨胫骨横向骨搬运 (tibial transverse transport, TTT) 治疗合并脓毒症/脓毒症休克的重度糖尿病足的疗效。[方法] 回顾性分析 2015 年 4 月—2020 年 8 月本院治疗的合并脓毒症/脓毒症休克的重度糖尿病足 77 例患者的临床资料。首先所有患者均接受纠正休克, 改善全身情况, 应用敏感抗生素和局部清创等治疗; 然后根据医患沟通结果, 45 例行 TTT 治疗, 32 例行传统治疗。比较两组临床及辅助检查结果。[结果] TTT 组的住院时间 [(21.8±7.6) d vs (28.6±12.0) d, $P=0.007$]、清创次数 [(2.1±0.5) 次 vs (3.5±1.0) 次, $P<0.001$]、换药次数 [(19.7±7.5) 次 vs (25.1±11.1) 次, $P=0.013$]、出院时创面面积 [(68.2±27.4) cm² vs (105.2±20.5) cm², $P=0.003$]、住院期间截肢率 [8(17.8%) vs 15(46.9%), $P=0.006$] 和死亡率 [1(2.2%) vs 7(21.9%), $P=0.005$] 均显著低于传统组。随访时间 1~72 个月, 平均 (20.4±15.8) 个月。末次随访时足保留者死亡例数 TTT 组为 8 (22.2%) 例, 传统组为 6 (60.0%) 例, 差异有统计学意义 ($P=0.022$)。保肢成功例数 TTT 组为 26 (72.2%) 例, 传统组为 0 (0%) 例, 差异有统计学意义 ($P<0.001$)。截止末次随访时存活者 TTT 组的 PCS 评分 [(43.5±3.4) vs (40.6±2.1), $P=0.043$] 和 MCS 评分 [(46.4±3.6) vs (36.5±2.4), $P<0.001$] 均显著优于传统组。随着时间的推移, 两组的 PCS 评分和 MCS 评分均显著优于治疗前 ($P<0.05$)。辅助检查方面, 随着时间推移, 两组的 WBC、PCT、CRP、ESR、IL-6 均显著降低 ($P<0.05$)。出院时, TTT 组保肢者的 WBC、PCT、CRP、ESR、IL-6 均显著低于传统组 ($P<0.05$)。TTT 组出院时的 CTA 血管显像显著优于传统组 ($P<0.05$), 末次随访时 TTT 组的 CTA 血管显像显著优于出院时 ($P<0.05$)。[结论] 与传统治疗方法相比, TTT 治疗合并脓毒症或脓毒症休克的重度糖尿病足可明显提高创面愈合率, 降低截肢率和死亡率, 缓解疼痛, 改善患肢功能, 提高生活质量。

关键词: 糖尿病足, 脓毒症, Ilizarov 技术, 张力-应力法则, 胫骨横向骨搬运

中图分类号: R681.8 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) 19-1735-07

Tibia transverse transport for severely infected diabetic foot // SU Yong-feng¹, DING Yi³, ZHAO Yong-xin², LIU Jie¹, CHEN Ye-ping¹, ZENG Dao-fu², WEI Gui-zheng¹, LIAO Zhi-dong², HUA Qi-kai³, CHEN Yan^{1,2}. 1. Department of Orthopedics, The First Affiliated Hospital, Guangxi Medical University, Nanning 530021, China; 2. Provincial Collaborative Innovation Center for Regenerative Medicine and Development and Application of Medical Biological Resources, Guangxi Medical University, Nanning 530021, China; 3. Diabetic Foot and Limb Preservation Engineering Research Center of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530021, China

Abstract: [Objective] To explore the clinical outcomes of tibia transverse transport (TTT) for diabetic foot accompanied with sepsis or septic shock. **[Methods]** A retrospective study was conducted on 77 patients who received treatments for severe diabetic foot complicated with sepsis or septic shock in our hospital from April 2015 to August 2020. First of all, all the patients received treatments of anti-shock, improvement of general condition with sensitive antibiotics, and local debridement. Subsequently, 45 patients were treated with TTT, while the remaining 32 patients were with traditional treatment according to the doctor-patient communication. The documents regarding clinical condition and auxiliary examination were compared between the two groups. **[Results]** The TTT group proved significantly superior to the traditional group in terms of hospital stay [(21.8±7.6) days vs (28.6±12.0) days, $P=0.007$], debridement times [(2.1±0.5) times vs (3.5±1.0) times, $P<0.001$], dressing change times [(19.7±7.5) times vs (25.1±11.1) times, $P=0.013$], wound area at discharge [(68.2±27.4) cm² vs (105.2±20.5) cm², $P=0.003$], amputation rate during hospitalization [8(17.8%) vs 15(46.9%), $P=0.006$] and mortality in hospital [1(2.2%) vs 7(21.9%), $P=$

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.19.02

△基金项目: 国家自然科学基金项目 (编号: 82060406, 81601930, 82260448); 中国博士后科学基金项目 (编号: 2019M650235); 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 (编号: 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: 苏永锋, 硕士在读, 研究方向: 骨关节外科, (电话) 18587686981, (电子信箱) 1470626596@qq.com

*** 通信作者:** 陈炎, (电话) 0771-5319091, (电子信箱) cy003@connect.hku.hk; 花奇凯, (电话) 0771-5319091, (电子信箱) hqk100@yeah.net

0.005]。The follow-up period was 1~72 months with an average of (20.4±15.8) months. At the final follow-up, 8 (22.2%) patients in the TTT group and 6 (60%) patients in the traditional group died; the difference was statistically significant ($P=0.022$). And 26 (72.2%) patients in the TTT group while no patients (0%) in the traditional group were salvageable; the difference was statistically significant ($P<0.001$). At the final follow-up, PCS score [(43.5±3.4) vs (40.6±2.1), $P=0.043$] and MCS score [(46.4±3.6) vs (36.5±2.4), $P<0.001$] in the TTT group were significantly higher than those in the traditional group. As time went by, PCS score and MCS score in both groups were significantly higher than before treatment ($P<0.05$). As for auxiliary examination, WBC, PCT, CRP, ESR, and IL-6 in both groups were significantly decreased over time ($P<0.05$). At discharge, WBC, PCT, CRP, ESR, and IL-6 of limb salvage patients in TTT group were significantly lower than those in traditional group ($P<0.05$). The CTA angiography in the TTT group at discharge was significantly better than that in the traditional group ($P<0.05$), and the CTA angiography in the TTT group at the last follow-up was significantly better than that at discharge ($P<0.05$). [Conclusion] Compared with traditional therapy, TTT treatment for severe diabetic foot complicated with sepsis or septic shock can significantly improve the wound healing rate, reduce the amputation rate and mortality, relieve pain, improve the function of affected limb, and improve the quality of life.

Key words: diabetic foot, sepsis, Ilizarov technique, law of tension-stress, tibia transverse transport

糖尿病足 (diabetic foot) 是糖尿病的主要并发症之一, 主要表现为足部的溃疡和/或坏疽^[1, 2]。糖尿病足常合并感染, 即糖尿病足感染 (diabetic foot infection, DFI), 是糖尿病足迁延不愈乃至恶化的重要因素^[3, 4]。根据美国感染学会/国际糖尿病足工作组 (IDSA/IWGDF) 分级系统, DFI 可分为 4 级, 其中第 4 级/重度感染的诊断标准为合并全身炎症反应综合征 (systemic inflammatory response syndrome, SIRS)^[5-7]。但 SIRS 只是单独地反映炎症反应^[8], 因而并不能反映出机体可能处在更严重的感染阶段, 即脓毒症/脓毒症休克^[9, 10]。脓毒症 (sepsis) 是危及生命的器官功能障碍^[11], 而脓毒症休克 (septic shock) 则是感染引起以组织灌注不足和氧供缺乏为特征的全身性病理过程^[12], 是感染的最危重阶段^[13, 14]。DFI 发展至脓毒症或脓毒症休克, 是骨科的危急症之一, 常常导致截肢, 甚至危及生命^[15-17]。

基于 Ilizarov 牵张组织形成 (distraction histogenesis) 的原理^[18], 笔者团队应用胫骨横向骨搬运 (tibia transverse transport, TTT) 治疗重度糖尿病足 (Texas 大学分级 2B~3D), 取得了高愈合率、高保肢率 (均>95%) 及低复发率的良好效果^[19-21]。本团队还发现 TTT 用于治疗合并 SIRS 的重度糖尿病足, 可显著促进溃疡愈合, 避免截肢^[22], 这与 TTT 促进足部微血管再生, 改善微灌注相关^[20-23]。但 TTT 用于治疗处于脓毒症/脓毒症休克阶段的糖尿病足的效果如何, 尚未见有报道。现筛选于本院行 TTT 治疗合并脓毒症/脓毒症休克的重度糖尿病足患者, 对其资料进行回顾性分析, 旨在分析 TTT 治疗合并脓毒症/脓毒症休克的重度糖尿病足的临床疗效, 明确相关注意事项, 阐明其优势。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 年龄≥18 岁; (2) 重度糖尿病足 (Texas 大学分级 2B~3D); (3) 合并脓毒症或脓毒症休克; (4) 采用 TTT 或传统标准治疗。

排除标准: (1) 非糖尿病足溃疡; (2) 近期 (3 个月内) 发生过心梗、脑梗; (3) 依从性差, 不能配合 TTT 术后治疗。

1.2 一般资料

回顾性分析 2015 年 4 月—2020 年 8 月于本院治疗的合并脓毒症/脓毒症休克的重度糖尿病足, 共 77 例患者符合上述标准, 纳入本研究。根据医患沟通结果分为传统组 (n=32) 和 TTT 组 (n=45)。两组患者一般资料见表 1, 两组患者术前的性别、年龄、糖尿病病程、糖化血红蛋白 (HbA1c)、糖尿病足病程、溃疡的 Texas 大学分级、IWGDF/IDSA 感染分级以及合并症的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。本研究经医院伦理委员会批准, 所有患者纳入前均签署知情同意书。

1.3 治疗方法

所有患者均摄入糖尿病高蛋白饮食, 应用胰岛素控制血糖, 同时行急诊病灶局部切开引流清创, 创面较大者行真空封闭引流 (vacuum sealing drainage, VSD)。早期经验性给予全身性抗生素, 待细菌培养和药敏结果出来再调整为敏感抗生素。予静脉补液恢复灌注量, 调节水、电解质、酸碱平衡, 保持内环境稳定。若患者仍有低血压, 可使用血管升压药, 必要时输注白蛋白。

表 1 两组患者术前一般资料与比较

指标	TTT 组 (n=45)	传统组 (n=32)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	62.7±11.2	64.8±12.5	0.455
性别 (例, 男/女)	35/10	24/8	0.777
糖尿病病程 (年, $\bar{x} \pm s$)	9.8±6.5	8.2±5.8	0.272
HbA1c (% , $\bar{x} \pm s$)	10.5±2.2	9.9±2.2	0.206
糖尿病足病程 (d, $\bar{x} \pm s$)	121.2±127.2	126.6±170.2	0.874
溃疡 Texas 分级 (例, 3B/3D)	17/28	13/19	0.801
感染 I-IV 分级 (例, 1/2/3/4)	0/0/0/45	0/0/0/32	>0.999
程度 (例, 脓毒症/脓毒症休克)	28/17	17/15	0.425
合并症			
高血压病 [例 (%)]	29 (64.4)	24 (75.0)	0.324
冠心病 [例 (%)]	21 (46.7)	17 (53.1)	0.576
脑卒中 [例 (%)]	13 (28.9)	12 (37.5)	0.426
慢性肾衰 [例 (%)]	17 (37.8)	16 (50.0)	0.285
下肢动脉硬化 [例 (%)]	28 (62.2)	19 (59.4)	0.801

TTT 组：待患者全身和局部情况稳定，全麻或股神经阻滞下，定位截骨位置，位于胫骨内侧 1 cm，距胫骨结节下 2 cm 处；截骨块长约 5 cm，宽约 1.5 cm^[20, 21]。行小切口，暴露骨膜，用微型截骨器在设定的截骨区连续钻孔透一侧皮质，截骨。在截骨块两端置入 2 根直径为 2.5 mm 的固定针，仅穿透一侧皮质骨。然后在胫骨截骨区域近端和远端分别钻入 1 根直径为 4.5 mm 的固定针，穿透两侧皮质骨。最后安装骨搬移支架，逐层缝合皮下组织和皮肤。术后第 2 d 开始调节骨搬移支架，速率为 1 mm/d，分 4 次完成。先向小腿内侧调节 2 周，截骨块至最大内移位置；然后以相同速率向相反方向调整，使截骨块回到原位；X 线确认截骨块的位置满意后（图 1），拆除骨搬移支架^[20, 21]。继续相应药物治疗，必要时足部病灶再次清创。如出现 TTT 术后局部无愈合的趋势，无肉芽生成，且皮温冰凉、疼痛评分高，医患沟通后决定是否行截肢术。

传统组：在初次清创后，依据患者情况给予再次清创，换药治疗，并继续相应药物治疗。如局部与全身情况持续恶化，医患沟通后决定是否行截肢术。

1.4 评价指标

记录两组治疗期资料，包括住院时间、创面清创次数、换药次数、创面变化、截肢率和死亡率。记录随访期死亡率、保肢率、创面愈合时间，采用健康调查简表（36-item short form, SF-36）评估两组存活者的生活质量，包括躯体健康总评（physical component summary, PCS）和心理健康总评（mental component summary, MCS）两方面，分值越高表明生存质量越

高。采集静脉血，检测白细胞（white blood cell, WBC）计数、降钙素原（procalcitonin, PCT）、C 反应蛋白（C-reactive protein, CRP）、红细胞沉降率（erythrocyte sedimentation rate, ESR）、白介素-6（interleukin 6, IL-6）。术后 1 个月行双下肢计算机断层血管造影（computed tomography angiography, CTA）评估膝下动脉和微血管血管再生或再通情况，按“减少/不变/增加”3 个等级进行评价。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 26.0 统计软件进行分析。计量资料数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示，资料符合正态分布时，组间比较采用独立样本 *t* 检验，组内不同时间比较采用单因素方差分析检验；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，组内比较采用多个相关资料的 Friedman 检验。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 治疗期情况

TTT 组手术均顺利完成，未发生胫骨截骨处骨折、骨髓炎等严重并发症，术中出血量少，常规带架时间为 30 d。两组治疗期资料见表 2。TTT 组的住院时间、清创次数、换药次数、住院期截肢率和死亡率均显著低于传统组（*P*<0.05）。两组入院时创面面积差异无统计学意义（*P*>0.05），但出院时 TTT 组创面面积显著缩小（*P*<0.05），出院时 TTT 组的创面面积显著小于传统组（*P*<0.05）。TTT 组 1 例、传统组 7 例患者因局部和全身情况恶化而死亡（均合并慢性肾衰），TTT 组 8 例、传统组 15 例因局部情况恶化而截肢。

表 2 两组患者治疗期资料与比较

指标	TTT 组 (n=45)	传统组 (n=32)	P 值
住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	21.8±7.6	28.6±12.0	0.007
创面清创次数 (次, $\bar{x} \pm s$)	2.1±0.5	3.5±1.0	<0.001
换药次数 (次, $\bar{x} \pm s$)	19.7±7.5	25.1±11.1	0.013
创面面积 (cm ² , $\bar{x} \pm s$)			
入院时	82.1±32.6	86.7±35.9	0.558
出院时	68.2±27.4	105.2±20.5	0.003
P 值	<0.001	0.233	
出院时创面闭合 [例 (%)]	0	0	ns
截肢 [例 (%)]	8 (17.8)	15 (46.9)	0.006
死亡 [例 (%)]	1 (2.2)	7 (21.9)	0.005

2.2 随访结果

随访时间 1~72 个月，平均 (20.4±15.8) 个月。以截肢、死亡或末次随访先发生者为随访终点，两组随访期资料见表 3。随访过程中，TTT 组足保留者死亡为 8 (22.2%) 例，截肢后死亡 2 例；传统组足保留者死亡为 6 (60.0%) 例，截肢后死亡 12 例，差异有统计学意义 ($P<0.05$)。随访过程中，TTT 组截肢为 2 (5.6%) 例，传统组截肢为 4 (40.0%) 例，差

异有统计学意义 ($P<0.05$)。TTT 组患足保留 26 (72.2%) 例，传统组患足保留 0 (0%) 例，差异有统计学意义 ($P<0.05$)。截止末次随访时间点，TTT 组 (n=45) 存活 34 例，传统组 (n=32) 存活 7 例。存活者生存质量评分方面，末次随访时 TTT 组的 PCS 评分和 MCS 评分均显著优于传统组 ($P<0.05$)，随时间推移，两组的 PCS 评分和 MCS 评分均显著优于治疗前 ($P<0.05$)。

表 3 两组患者随访资料与比较

指标	时间点	TTT 组 (n=36)	传统组 (n=10)	P 值
末次随访死亡 [例 (%)]		8 (22.2)	6 (60.0)	0.022
末次随访保肢 [例 (%)]		26 (72.2)	0 (0)	<0.001
创面愈合时间 (月, $\bar{x} \pm s$)		8.0±2.8	-	-
存活者 PCS 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	治疗前	11.7±4.1 (n=45)	10.8±4.2 (n=32)	0.366
	治疗后 6 个月	36.1±4.7 (n=36)	38.0±3.6 (n=14)	0.184
	末次随访	43.5±3.4 (n=34)	40.6±2.1 (n=7)	0.043
	P 值	<0.001	<0.001	
存活者 MCS 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	治疗前	23.8±4.7 (n=45)	23.2±4.2 (n=32)	0.608
	治疗后 6 个月	37.4±4.1 (n=36)	32.8±2.6 (n=14)	<0.001
	末次随访	46.4±3.6 (n=34)	36.5±2.4 (n=7)	<0.001
	P 值	<0.001	<0.001	

2.3 辅助检查

比较两组患足保留患者的辅助检查结果 (表 4)。随时间推移，两组患足保留患者的 WBC、PCT、CRP、ESR、IL-6 均显著降低 ($P<0.05$)。两组入院时的 WBC、PCT、CRP、ESR、IL-6 差异无统计学意义 ($P>0.05$)，但 TTT 组出院时的 WBC、PCT、CRP、ESR、IL6 均显著低于传统组 ($P<0.05$)。TTT 组患足保留患者末次随访时的血管显像较出院时显著改善 ($P<0.05$)，TTT 组患足保留患者出院时的血管显像显著优于传统组患足保留患者 ($P<0.05$)。TTT 组典型影像见图 1。

征的糖尿病足，未发现死亡病例 [22]。但在本研究，两组患者在住院期间和术后随访期间均有病例死亡，且传统组的死亡率远高于 TTT 组，死因大部分为 DFI 相关的脓毒症/脓毒症休克，说明合并脓毒症/脓毒症休克是 DFI 的更高阶段，是危及糖尿病足患者生命的严重并发症。既往研究以 TTT 治疗合并全身炎症反应综合征的糖尿病足，发现相关指标 (白细胞计数、体温、心率、呼吸) 好转 [22]。而且，TTT 术后糖尿病足创面巨噬细胞由促炎型 (M1 型) 向抑炎型 (M2 型) 的转变 [24]。本研究发现两组术后感染指标 (WBC、PCT、CRP、ESR、IL-6) 的值均较术前显著降低，且 TTT 组术后的感染指标值都低于传统组，表明 TTT 组术后感染得到更好的控制。以上发现提示 TTT 可能对 DFI 具有抗炎作用，且该作用是 TTT 治疗降低死亡率的原因之一，但这还需要在后续的研究进一步证实。

3 讨论

既往研究应用 TTT 治疗合并全身炎症反应综合征的重度糖尿病足取得了愈合率增高、截肢率和死亡率降低的良好效果 [22]，但 TTT 对合并更严重感染如脓毒症/脓毒症休克的重度糖尿病足的作用如何，尚未见研究报道。本研究应用 TTT 治疗合并脓毒症/脓毒症休克的重度糖尿病足，取得了保肢率增高、死亡率降低的效果，说明 TTT 是一种有效的治疗方法。

既往研究发现，重度糖尿病足患者 TTT 术后随着创面顺利愈合，实现保肢，恢复了日常生活活动，生活质量大大改善 [20, 21]。与此相一致，本研究中，末次随访时 TTT 组保肢者的 PCS 评分和 MCS 评分显著增高，表明患者的生活质量大大改善。作者既往研究应用 TTT 治疗合并慢性肾病的糖尿病足，发现术

既往研究应用 TTT 治疗合并全身炎症反应综合

后患者肾功能得到改善^[25]。在本研究，两组的治疗期死亡均发生在合并慢性肾衰的患者，随访期 TTT 组合并慢性肾衰的患者部分死亡，而传统组合并慢性肾衰的患者全部死亡，且 TTT 组死亡率远低于传统

组，提示 TTT 可能对慢性肾衰有正性改善作用，与既往研究的发现一致^[25]，这可能是 TTT 组死亡率降低的另一原因。

表 4 两组患者辅助检查资料与比较

指标	时间点	TTT 组	传统组	P 值
WBC (10 ⁹ /L, $\bar{x} \pm s$)	入院时	22.5±7.3 (n=45)	22.4±8.3 (n=32)	0.914
	出院时	11.0±1.8 (n=36)	14.1±2.5 (n=10)	<0.001
	末次随访	6.9±1.5 (n=26)	(n=0)	-
	P 值	<0.001	<0.001	
PCT (ng/ml, $\bar{x} \pm s$)	入院时	18.8±26.4 (n=45)	21.4±27.8 (n=32)	0.681
	出院时	0.6±0.4 (n=36)	1.5±0.6 (n=10)	<0.001
	末次随访	0.3±0.2 (n=26)	(n=0)	-
	P 值	<0.001	<0.001	
CRP (mg/L, $\bar{x} \pm s$)	入院时	187.3±60.4 (n=45)	190.9±67.3 (n=32)	0.809
	出院时	39.8±20.4 (n=36)	81.5±21.6 (n=10)	<0.001
	末次随访	12.9±3.9 (n=26)	(n=0)	-
	P 值	<0.001	<0.001	
ESR (mm/h, $\bar{x} \pm s$)	入院时	105.4±28.0 (n=45)	103.8±27.7 (n=32)	0.811
	出院时	42.4±21.9 (n=36)	73.6±26.5 (n=10)	<0.001
	末次随访	16.7±4.8 (n=26)	(n=0)	-
	P 值	<0.001	0.004	
IL-6 (pg/ml, $\bar{x} \pm s$)	入院时	403.8±221.2 (n=45)	490.0±229.1 (n=32)	0.101
	出院时	71.8±18.5 (n=36)	117.4±26.0 (n=10)	<0.001
	末次随访	7.3±1.8 (n=26)	(n=0)	-
	P 值	<0.001	<0.001	
血管显像 (例, 增多/无变化/减少)	出院时	17/19/0 (n=36)	0/10/0 (n=10)	<0.001
	末次随访	26/0/0 (n=26)	(n=0)	-
	P 值	<0.001	-	

TTT 治疗重度糖尿病足的重要机制之一是促进足部微血管再生及增加微灌注^[20, 21]。本研究同样发现，TTT 治疗合并脓毒症/脓毒症休克的重度糖尿病足后足部微血管增生。由于 TTT 对创面愈合有较强的促进作用，作者在清创时敢于彻底清创，将感染或坏死的软组织和/或骨组织完全去除。而传统清创方法往往由于顾忌组织去除过多会造成过大和/过深的创面而后期无法愈合，清创不够彻底，从而导致感染无法得到有效或彻底控制，或者术后感染再次复发。因而，有 TTT 支持的及时、彻底的清创也可能是 TTT 治疗合并脓毒症/脓毒症休克的重度糖尿病足取得良好效果的原因之一。

根据本研究的结果，作者总结 TTT 治疗合并脓毒症/脓毒症休克的重度糖尿病足原则为：(1) 及

时、尽早（在入院或诊断后 6 h 之内）行足部感染灶的急诊清创术，以消除感染源，减轻毒素吸收入血，阻止多器官功能障碍的进展。强调清创必须充分、彻底地去除坏死的组织如深筋膜，清除和引流深部脓肿，筋膜室打开减压等。如果无条件或来不及送手术室进行清创手术，也可在床边局麻下进行。虽然这种清创可能难以达到彻底，但对减缓脓毒症/脓毒症休克及其进展仍具有重要意义，而彻底的清创可留给二期手术进行。彻底清创后的创面常常较大、较深，可放置引流或使用负压吸引疗法；(2) 患者全身情况（如血压、心率等）基本稳定后，再行二次清创及 TTT 术；(3) 尽早经验性使用静脉广谱抗生素，之后及时根据血培养、分泌物（清创术中获取）培养和药敏结果及时调整使用敏感抗生素。



图 1 患者,女,56 岁,患 2 型糖尿病 8 年,左侧糖尿病足 3 个月。入院时已意识模糊、血压下降、心率增快。1a:入院立即于床边行急诊清创引流,见感染沿着肌间隙蔓延至小腿下段;1b:清创引流后,VSD 处理,辅以静脉抗生素使用、支持治疗,4 d 后患者的全身情况逐渐稳定;1c,1d:TTT 术前左下肢 CTA 结果,可见术前腘动脉、胫后动脉、腓动脉、足底动脉显影不充分;1e,1f:行 TTT 术治疗,带架时间 30 d;1g:随着骨搬移的进行,创面的肉芽组织生长良好,创面逐渐缩小,术后 6 周创面已大部分愈合;1h:术后 10 周,左足已基本愈合;1i,1j:患者术后 1 个月左下肢 CTA 结果,可见胫后动脉、胫前动脉、及足底动脉显影更明显、更充分,提示动脉血供得到明显改善,末端循环的微血管增多,提示微血管增生。

本研究存在一定的局限性:(1)本研究纳入的病例数相对较少,随访时间也相对较短,故仍需大样本、长期随访的临床研究进一步验证;(2)本研究是回顾性研究,部分相关重要指标如血乳酸、足部微灌注等因大多数患者未检测而缺少,因而无法进行分析,这些指标有待在以后的前瞻性研究中完善并分析;(3)作者未能进行随机分组,虽然两组在常见的影响创面愈合的因素上无显著差异,但结果仍可能受其他一些因素如患者经济状况等影响而发生偏倚。

综上所述,本研究发现 TTT 治疗合并脓毒症/脓毒症休克的重度糖尿病足显著提高保肢率,降低死亡率,而手术无明显并发症,表明 TTT 是治疗合并脓毒症/脓毒症休克的重度糖尿病足的有效方法。但本研究的结果仍有待随机对照试验进一步证实。

参考文献

- [1] Chang M, Nguyen TT. Strategy for treatment of infected diabetic foot ulcers [J]. *Acc Chem Res*, 2021, 54 (5): 1080-1093.
- [2] Mishra SC, Chhatbar KC, Kashikar A, et al. Diabetic foot [J]. *BMJ*, 2017, 359: j5064.
- [3] Dörr S, Freier F, Schlecht M, et al. Bacterial diversity and inflammatory response at first-time visit in younger and older individuals with diabetic foot infection (DFI) [J]. *Acta Diabetol*, 2021, 58 (2): 181-189.
- [4] Hung SY, Chiu CH, Huang CH, et al. Impact of wound microbiology on limb preservation in patients with diabetic foot infection [J]. *J Diabet Invest*, 2022, 13 (2): 336-343.
- [5] Aragon-sanchez J, Viquez-molina G, Lopez-valverde ME, et al. Clinical, microbiological and inflammatory markers of severe diabetic foot infections [J]. *Diabet Med*, 2021, 38 (10): e14648.
- [6] Monteiro-soares M, Russell D, Boyko E, et al. Guidelines on the classification of diabetic foot ulcers (IWGDF 2019) [J]. *Diabetes Metab Res Rev*, 2020: e3273.

- [7] Wukich D, Hobizal K, Rasporic K, et al. SIRS is valid in discriminating between severe and moderate diabetic foot infections [J]. *Diabetes Care*, 2013, 36 (11) : 3706-3711.
- [8] Balk R. Systemic inflammatory response syndrome (SIRS) : Where did it come from and is it still relevant today [J]. *Virulence*, 2014, 5 (1) : 20-26.
- [9] Lipsky B, Senneville É, Abbas Z, et al. Guidelines on the diagnosis and treatment of foot infection in persons with diabetes (IWGDF 2019 update) [J]. *Diabetes Metab Res Rev*, 2020, 36 (Suppl 1) : e3280.
- [10] Simpson S. SIRS in the time of sepsis-3 [J]. *Chest*, 2018, 153 (1) : 34-38.
- [11] Evans L, Rhodes A, Alhazzani W, et al. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021 [J]. *Int Care Med*, 2021, 47 (11) : 1181-1247.
- [12] Singer M, Deutschman C, Seymour C, et al. The third international consensus definitions for sepsis and septic shock (Sepsis-3) [J]. *JAMA*, 2016, 315 (8) : 801-810.
- [13] Hotchkiss RS, Moldawer LL, Opal SM, et al. Sepsis and septic shock [J]. *Nat Rev Dis Primers*, 2016, 2 : 16045.
- [14] Manjappachar NK, Cuenca JA, Ramirez CM, et al. Outcomes and predictors of 28-day mortality in patients with hematologic malignancies and septic shock defined by sepsis-3 criteria [J]. *J Natl Compr Canc Netw*, 2022, 20 (1) : 45-53.
- [15] Ramirez-Acuna JM, Cardenas-Cadena SA, Marquez-Salas PA, et al. Diabetic foot ulcers: current advances in antimicrobial therapies and emerging treatments [J]. *Antibiotics (Basel)*, 2019, 8 (4) : 193.
- [16] Schirmer S, Ritter RG, Fansa H. Vascular surgery, microsurgery and supramicrosurgery for treatment of chronic diabetic foot ulcers to prevent amputations [J]. *PLoS One*, 2013, 8 (9) : e74704.
- [17] 许樟荣. 学习国际糖尿病足工作组 2019 版糖尿病足临床指南, 规范糖尿病足的诊治 [J]. *中华糖尿病杂志*, 2021, 13 (8) : 753-757.
- [18] 秦泗河, 曲龙. 骨外固定技术的发展史与骨科自然重建理念的形成 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2009, 17 (16) : 1262-1265.
- [19] 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.
- [20] Chen Y, Ding X, Zhu Y, et al. Effect of tibial cortex transverse transport in patients with recalcitrant diabetic foot ulcers: a prospective multicenter cohort study [J]. *J Orthop Transl*, 2022, 36 : 194-204.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] 高伟, 林震迅, 镇普祥, 等. 胫骨横向骨搬运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.
- [25] 刘杰, 花奇凯, 李山郎, 等. 胫骨横向骨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.
- [26] Pierrakos C, Velissaris D, Bisdorff M, et al. Biomarkers of sepsis: time for a reappraisal [J]. *Crit Care*, 2020, 24 (1) : 287.

(收稿:2023-01-18 修回:2023-05-10)

(同行评议专家: 吕维加, 黄永灿, 彭松林)

(本文编辑: 闫承杰)