

糖尿病足部溃疡外科保肢治疗进展

李桥¹, 胡飞剑¹, 聂静², 祖罡³, 毕大卫⁴

(1. 浙江中医药大学第二临床医学院, 浙江 杭州 310053; 2. 杭州市萧山区中医骨伤科医院, 浙江 杭州 311261; 3. 浙江省中西医结合医院骨科, 浙江 杭州 310003; 4. 浙江大学医学院附属第二医院国际医学中心骨科, 浙江 杭州 311215)

【摘要】 糖尿病足部溃疡是糖尿病的一个严重并发症, 占非创伤性截肢的第 1 位。糖尿病足发病涉及足踝外科、血管外科、内分泌科、感染控制, 治疗方案需多学科联合诊治。清创术是治疗糖尿病足部溃疡的基础, 清创过程中须注意维持足部正常解剖结构; 负压封闭引流技术以及抗生素骨水泥在外科感染控制、溃烂创面愈合方面优势明显, 疗效满意; 肌腱延长术可缓解足底部应力集中导致的溃疡发生、进展等, 其适应证广泛, 优势在于既可预防足部溃疡形成也可治疗溃疡; 皮瓣移植虽可以解决创口愈合问题, 但是需要考虑移植皮瓣能否承担与足底组织相同的功能; 胫骨骨搬运是一项较新的技术, 具体机制还不清楚, 但从临床疗效看具有一定的应用前景。

【关键词】 糖尿病足; 溃疡; 外科手术; 综述

中图分类号: R681

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2020.10.020

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Surgical treatment for limbs salvaged of diabetic foot ulcers LI Qiao, HU Fei-jian, NIE Jing, ZU Gang, and BI Da-wei*.

*Department of Orthopaedics, the Second Affiliated Hospital International Medical Center of Zhejiang University, Hangzhou 311215, Zhejiang, China

ABSTRACT Diabetic foot ulcers (DFUs) is a severe complication of the diabetes mellitus, which is the first leading cause of non-traumatic lower limbs amputations. The pathogenesis of diabetic foot involves a variety of mechanisms, treatment involves the department of foot and ankle surgery, department of vascular surgery, endocrinology, and infection control. Treatment need multidisciplinary diagnosis and treatment. Debridement is the basis of treating diabetic foot ulcers, and the normal anatomical structure should be maintained during the process. Vacuum sealing drainage (VSD) and antibiotic-laden bone cement (ALBC) have more advantages of controlling infection and ulceration wound healing, which could receive good clinical effect. Tendon lengthening could alleviate the problem of ulcer occurrence and progression caused by stress concentration on the bottom of foot, which has widely application and has advantages of preventing formation of foot ulcers. Flap transplantation could solve the problem of wound healing, but it is necessary to consider whether the transplanted flap could bear the same function as plantar tissue. Tibial bone transverse distraction is a relatively new technique, and the mechanism is not clear, but it has certain application prospects from the perspective of clinical efficacy.

KEYWORDS Diabetic foot; Ulcer; Surgical procedures, operative; Review

糖尿病是一种严重终身性疾病, 其并发症远比糖尿病本身严重。大约有 25% 的糖尿病患者会进展成糖尿病足部溃疡(diabetic foot ulcers, DFUs)^[1], 有近一半的糖尿病足部溃疡会继发感染^[2], 发达国家有 0.03%~1.50% 的感染患者将要被截肢^[3]。而截肢多始于足部溃疡的形成, 大部分的截肢患者在最初形成溃疡时, 若经过糖尿病并发症危险因素排查, 则可预防以及避免截肢^[4]。及早发现高危人群, 及时治疗, 可挽救肢体, 提高患者生活质量。糖尿病足部溃疡的治疗需要跨学科团队, 提供早期详细的患者评

估、积极的治疗干预和宣教。有研究表明, 通过发现高危患者以及随后实施的侧重于预防措施的跨专业团队治疗方法, 截肢率可减少 40%~85%^[5]。许多学者致力于糖尿病足部溃疡的防治, 从其发病前的预测、诊断、治疗及预后等都有大量的研究成果^[6-10]。本文将阐述糖尿病足的病理生理以及多种外科手术干预方式, 为医生提供决策参考。

1 糖尿病足部溃疡的病理生理学

DFUs 的形成与发展是由多因素共同导致的。目前认为其病因包括周围神经病变、血管性疾病、炎性细胞因子的释放以及自身的易感性等。周围神经病变的发生发展当前存在 2 种假说: 一是一氧化氮合成受限学说。该假说认为高血糖、高血脂、胰岛素抵

通讯作者: 毕大卫 E-mail: 9360849925@qq.com

Corresponding author: BI Da-wei E-mail: 9360849925@qq.com

抗以及氧化应激会通过多种通路损伤细胞,造成血管内皮功能障碍及多种并发症。高血糖可通过阻碍内皮细胞上一氧化氮合酶的激活来抑制一氧化氮的合成,从而导致了活性氧种类的增加,尤其是超过氧化物。而超过氧化物在超氧化物歧化酶的催化下转变成过氧化氢,接着过氧化氢在铁离子与铜离子的作用下转变成羟自由基,造成内皮细胞的损伤。另外,超氧化物还可与强效血管扩张剂一氧化氮结合,产生过氧亚硝酸盐,从而限制了内皮源性血管扩张因子的生物效能^[1]。内皮调节血管功能的破坏不仅影响血管收缩反应,还会引起血小板聚集、内膜生长异常、炎症和动脉粥样硬化血栓形成^[11],导致下肢主要动脉及周围小动脉闭塞,最终在一系列复杂化学反应作用下形成了周围神经病。二是麦拉德反应(Maillard reaction)学说。麦拉德反应是还原性糖与分子生物氨基酸之间的一种缓慢而复杂的反应,它可产生一种复杂的高级糖化终产物(advanced glycation end products, AGEs), AGEs 及其修饰后的蛋白在动脉粥样硬化中扮演着重要的角色。另外,过量的糖也可以通过抑制烟酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸盐(nicotinamide adenine dinucleotide phosphate, NADPH)来抑制葡萄糖-6-磷酸脱氢酶的酶活性,限制烟酰胺腺嘌呤二核苷酸向 NADPH 的转化。最终使 NADPH 减少,而 NADPH 的减少反过来又影响关键的抗氧化剂,如谷胱甘肽的正常合成。抗氧化剂的减少和活性氧的增加在糖尿病的发病机制和并发症的进展中起着重要的调节作用^[12-13]。

神经病变可导致足部的畸形,限制关节的活动,导致了足底压力的变化,压力集中部位会形成胼胝。当胼胝与其他未被察觉的损伤叠加,就容易引起组织炎症、缺血坏死,最终形成溃疡。另外,由于神经病变,对痛觉的过敏也加剧了溃疡的形成。因为在正常人体当中,疼痛会限制溃疡形成所需的反复性损伤^[1]。总之,DFUs 是抗氧化剂的减少,活性氧的增加,神经病变,应力集中,炎症,缺血坏死等多因素、多重机制共同作用的结果。

2 糖尿病足部溃疡的外科干预

2.1 清创术

清创术是外科的发展的里程碑,是将感染性创口变为清洁创口的必要手段。清创术通过清除坏死的碎片、衰老的细胞、感染的组织和可能损害愈合的生物膜来改变伤口的环境。同时,清创可以把一个停滞的、慢性的溃疡转变成一个更有生物活性的急性伤口,逐步缩小创面,因此清创术是治疗糖尿病足部溃疡的基石。在此基础上增加其他治疗,比如持续氧弥散、负压创面治疗技术、抗生素骨水泥等,这些技

术可在清创的基础上单独应用,也可相互叠加,能缩短治疗时间,提高治疗效率。

2.1.1 清创联合持续氧弥散 氧在创口愈合的多种机制中扮演着不可或缺的角色。局部组织低的氧分压会限制创口的愈合,而高的氧分压可提高创面的愈合率。有学者^[14]在动物实验中发现组织高浓度氧分压可以增加细胞的增殖及表皮再植率,促进胶原的合成和提高组织的抗拉强度,以及促进血管的再生。Yu 等^[15]证实对于较大的创口及缺血组织,氧浓度越高,其创口愈合结果越好。清创术可清除坏死的碎片、衰老的细胞、感染的组织,降低了感染的可能性,同时清创后的清洁创口可为氧的渗透提供最佳通道,为组织的生长提供了良好的环境。基于此, Niederauer 等^[16]对 UT 分级 1A 级(浅表溃疡未深及肌腱),创口大小为 1.5~10 cm² 的糖尿病足患者进行了一项多中心、随机、双盲对照研究,结果表明相对于单纯湿化创口治疗组,湿化联合持续氧弥散组感染率明显降低,并且不会再增加其他部位溃疡的发生率,总体愈合率达到 46.2%,明显高于单纯湿化创口治疗组的 22.6%。局部清创联合持续氧弥散治疗糖尿病足部溃疡应用了高压氧,患者相当于随身携带了一个简易的高压氧舱。相比于高压氧舱治疗,持续氧弥散装置携带方便,患者可 24 h 不间断使用,其适应证较高压氧舱广泛,也不会出现气压伤、减压病等高压氧舱并发症。

持续氧弥散治疗糖尿病足的操作要点在于清创,清创不彻底,坏死组织会影响氧在组织内的弥散,如有必要甚至可清创至渗血创面,提高愈合效率。该技术目前适用 UT 分级 1A 型糖尿病足部溃疡患者,具有操作相对简单,护理方便,患者穿戴设备后可自由活动等优点。不足的是,目前该类设备仅在国外应用,国内缺乏使用报道。

2.1.2 清创术联合负压技术及皮瓣重建 负压封闭引流技术(vacuum sealing drainage, VSD)或负压创面治疗技术(negative pressure wound therapy, NPWT)的发明对外科尤其是骨外科的感染控制具有重要的意义,它被广泛应用于皮肤软组织的缺损及感染、内固定物感染,以及开放性骨折创面不适合 I 期闭合等情况。孙勇等^[17]采用 VSD 联合胰岛素溶液间断冲洗治疗糖尿病足部溃疡,结果显示,VSD 组肉芽组织覆盖率、肉芽组织生长厚度及细菌清除率均明显高于对照组。VSD 治疗糖尿病足部溃疡可能的机制是负压能够促进局部的血液循环,增加局部的血流量,促进肉芽组织生成以及提高了抗菌能力,从而加速创口的愈合。一项对比 VSD 与传统治疗手段的 Meta 分析表明,VSD 治疗能明显缩短创口愈合时间,促进

微粒组织生成,减少再住院率及缩短住院时间^[18]。其缺点是 VSD 的敷料更换较频繁,护理需要投入较多的精力,费用相对较高。

对于较小的溃疡创面,持续 VSD 吸引可促进组织增生直至创面闭合。但是对于较大的溃疡创面,须联合皮瓣移植。石磊等^[19]采用 VSD 联合股前外侧穿支皮瓣修复糖尿病足溃疡,治疗结果满意。游离皮瓣穿支血管与旁路血管吻合后,可作为病灶血供通道,由于皮瓣的阻力较下肢远端阻力小,皮瓣移植后,病灶血供较前增加。有学者发现,皮瓣移植术后,旁路的移植物流量增加 50%^[20]。另外,游离肌瓣在游离肌瓣手术后可向周围病灶缺血组织进行新血管生成,增加局部血液供应,发挥类似“营养瓣”作用,增加旁路手术的成功率。

糖尿病足部溃疡 Wagner III-V 期患者通常合并下肢血管不同程度的栓塞,病变肢体远端供血不足,加速了溃疡的进展,患者面临截肢风险,此问题可联合应用血管再通技术解决。Chang 等^[21]采用血管再通联合游离皮瓣移植治疗 55 例 Wagner III 和 IV 期 DFUs, 经过随访,5 年的保肢率达到 91%,5 年的无截肢生存率达到 68%。VSD 在临床上应用非常广泛,其禁忌证主要有癌性溃疡创口、活动性出血创面、凝血功能异常等。糖尿病足部溃疡患者几乎都合并有不同程度的患肢血管病变。因此,在联合血管介入,充分清创的基础上,对于较小的创面,VSD 可直接或者行残边缝合闭合创口;对于较大的创面,可联合皮瓣覆盖,往往能取得满意的效果。其操作难点在于负压吸引力的把控,目前认为 125~450 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa) 较为合适,但是临床医师应该根据创面的实际情况调整。另外,对于游离皮瓣移植,需要考虑的是,游离皮瓣移植后是否具备足底组织相等的耐磨性,如果耐磨性低,远期是否还会再发生溃疡? 这些需要临床远期观察。总之,清创联合 VSD 或皮瓣重建目前在临床应用技术相对成熟,作为控制感染,避免截肢的经典方法,在基层具有很强的可实施性。

2.1.3 清创术联合抗生素骨水泥 抗生素骨水泥既往多用于治疗骨感染性疾病。由于糖尿病足部溃疡患者足部皮肤缺损,局部缺血坏死,创面容易继发细菌感染,继而发生坏疽,进展为骨髓炎,最后导致截肢。段家章等^[22]采用抗生素骨水泥联合皮瓣治疗 9 例糖尿病足踝部创面,结果 9 例糖尿病足创面均愈合。黄红军等^[23]采用抗生素骨水泥治疗 18 例 Wagner III 和 IV 期糖尿病足部溃疡,术后均取得满意效果。抗生素骨水泥的使用范围较广泛,术者须对各类抗生素及病原学做详细的了解。以抗生素骨水

泥为载体的治疗方式具有简便、易操作的特点,其临床效果较满意,值得学习借鉴。

需要注意的是,针对糖尿病足部溃疡,在清创的过程中,术者应时刻秉持足踝外科的理念,结合患者的功能与生活需求,尽可能保留及重建患者的足部功能。因此,在治疗过程中,须考虑后期行走能力、步态以及维持前、中、后足的功能。如有些会造成足部结构破坏的病变组织必须清除,则可进行足部截骨等必要的足部结构重建手术,维持足部正常的力学结构,方可达到预期的治疗效果。

2.2 肌腱延长术

糖尿病足部溃疡是一个系统性疾病,其发生既有生物学因素,也有机械力学因素。一方面,神经病变导致的感觉减退使得足不但不能规避创伤,反而增加了足受伤的概率;运动神经病变使原有的肌肉萎缩,导致了足部屈肌和伸肌不平衡,从而加速了爪形趾的形成,爪形趾的形成会使趾骨下脂肪垫移位,造成行走过程中趾骨头受到的剪切力加大;另一方面,非酶糖基化造成跟腱硬化,踝背屈受限,影响关节活动度,进而将足底压力移向前足,导致前足应力集中^[24]。针对压力集中导致的糖尿病足部溃疡,可以通过穿戴矫正鞋、步行支具、全掌式接触支具以及肌腱延长术来治疗。肌腱延长术因其并发症较其他治疗方式少,在临床应用相对广泛^[25]。已经有很多文献报道采用肌腱延长术治疗足部溃疡并取得了很好的疗效^[26-28]。有学者推荐在高风险的人群中,采用肌腱延长术预防前足的溃疡^[29]。肌腱延长术主要包括:腓肠肌-比目鱼肌回缩术 (gastrocnemius soleus recession, GSR),跟腱延长术,腓骨长肌肌腱延长术以及胫后肌肌腱延长术。GSR 可应用于夏洛特足 (Charcot foot)、足底至跖骨头部溃疡、中足溃疡;联合胫后肌肌腱延长术可治疗第 5 跖骨头或基底部溃疡;联合腓骨长肌肌腱可治疗第 1 跖骨头或基底部溃疡。另外,足底溃疡常采用经皮足趾屈肌腱切除术治疗。中足外侧溃疡可联合胫骨后肌肌腱延长术,中足内侧溃疡可联合腓骨肌腱延长术^[25]。GSR 不仅可以治疗糖尿病足部溃疡,而且还能缓解由跟腱炎、足底筋膜炎、中足关节炎和跖骨痛等引起的足部疼痛^[30]。

跟腱延长术可缓解足底部应力集中导致的溃疡发生、进展等问题。后部肌群的延长可致暂时性足跖屈无力,减轻前足的压力。其常见的并发症包括跟腱断裂、微创创口愈合问题以及跖屈无力。术中操作尽可能仔细,避免跟腱断裂,术后可用石膏固定,同时须控制好血糖;对于过度延长导致的跖屈无力,可通过拇长屈肌腱转位治疗;对于爪形趾和锤状趾等可复性前足畸形,可通过跖屈肌腱切断术来缓解应力。

总之,肌腱延长术对于缓解应力集中导致的溃疡临床效果显著。因此,Cychosz 等^[24]在其系统评价中以最高等级推荐采用肌腱延长来治疗糖尿病足部溃疡。

2.3 胫骨骨搬运技术

糖尿病血管病变会导致足部血流量减少,进一步加速溃疡进展。Ilizarov 最早应用纵向骨搬运技术来治疗骨缺损,Matsuyama 等^[31]在动物实验中发现骨搬运能增加局部血流,并且能诱导血管再生以及促进细胞增殖。目前胫骨横向骨搬运已尝试应用于糖尿病足部溃疡患者。Chen 等^[32]采用胫骨搬运技术治疗 136 例 UT 分级 2B-3D 级(溃疡深及肌腱、骨面、关节)糖尿病足部溃疡患者,术后 2 年随访结果显示溃疡愈合率为 96%,下肢血流量以及血管容量均较术前增加。胫骨骨搬运是治疗糖尿病足部溃疡的一项新技术,其理论基础源自 Ilizarov 的张-应力法则,该法则认为在缓慢应力牵拉下,可促进组织再生。孙勇等^[33]采用胫骨横向骨搬运技术治疗了 20 例 Wagner III-IV 期糖尿病足部溃疡,术后 20 例患者溃疡创面均痊愈。胫骨骨搬运技术的缺点在于治疗周期较长,护理难度较大,针道易感染等。

骨搬运技术在临床应用时间较短,有许多问题需要引起注意:(1)其作用机制目前不清楚,猜测可能与张-应力法则下牵拉成骨、神经血管再生有关,其适应证与禁忌证也尚不明确,大多数患者为 Wagner III-IV、UT 分级 2B-3D 级患者。(2)有学者单纯应用该技术治疗 Wagner III-IV 期糖尿病足,结果愈合率仅为 47.4%,并且出现了搬运区皮肤开裂、胫骨骨折的并发症^[34],这些并发症在应用骨搬运过程中应密切关注。(3)针对不同的患者,骨窗的大小、牵拉的拉力、开始搬运的时间、搬运的速度以及去除外固定后开始负重时间目前暂无统一的标准。(4)骨搬运去除后,糖尿病足是否会复发。以上问题还需要临床与基础研究进一步解答。从临床观察到,胫骨横向骨搬运技术治疗糖尿病足部溃疡有一定的疗效,对于其他方法无效,要面临截肢的患者,不失为一种尝试。

3 结语

糖尿病足部溃疡的发病涉及到多种机制,治疗方式较多。国内外文献报道看,无论是氧弥散、VSD、游离皮瓣、抗生素骨水泥、肌腱延长术还是胫骨骨搬运,都具有一定的临床效果。清创术作为外科控制感染的重要治疗手段,在糖尿病足部溃疡的治疗中起着基石作用。但是在清创的过程中有一点需要明确的是,糖尿病足生理结构上隶属于足踝,因此,在清创的过程中,务必在脑海中秉持足踝外科的理念,切不能因为清创而破坏了足部的正常三维结构,这样

反而不能取得期望的疗效。如有必要,可以进行足踝结构的重建,维持正常的足部力线,让患者术后能穿鞋、能步行、无疼痛。肌腱延长的适应证非常广泛,从胼胝到溃疡的形成皆适用,手术方式较多,专科性较强,需要足踝专科医师参与。胫骨骨搬运是一项较新的技术,也是研究的热点,具体疗效还有待远期临床观察,可作为截肢前最后的尝试。虽然外科干预是取得疗效的前提,但一个由多学科跨专业团队之间的密切配合往往能取得比预期更好的结果。随着分子生物学尤其是干细胞的深入研究,或许在不久的将来一块创口贴大小的生物材料就可以完全治愈糖尿病足。

参考文献

- [1] Alavi A, Sibbald R G, Mayer D, et al. Diabetic foot ulcers: Part I. Pathophysiology and prevention[J]. J Am Acad Dermatol, 2014, 70(1): e1-e18.
- [2] Hobizal KB, Wukich DK. Diabetic foot infections: Current concept review[J]. Diabet Foot Ankle, 2012, 3: 18409.
- [3] Lazzarini PA, Hurn SE, Fernando ME, et al. Prevalence of foot disease and risk factors in general in patient populations: a systematic review and meta-analysis[J]. BMJ Open, 2015, 5(11): e008544.
- [4] Mishra SC, Chhatbar KC, Kashikar A, et al. Diabetic foot[J]. BMJ, 2017, 359: j5064.
- [5] Singh N, Armstrong DG, Lipsky BA. Preventing foot ulcers in patients with diabetes[J]. JAMA, 2005, 293(2): 217-228.
- [6] Mohammad Zadeh M, Lingsma H, van Neck JW, et al. Outcome predictors for wound healing in patients with a diabetic foot ulcer[J]. Int Wound J, 2019, 16(6): 1339-1346.
- [7] Nie X, Gao L, Wang L, et al. Atherogenic index of plasma: a potential biomarker for clinical diagnosis of diabetic foot osteomyelitis[J]. Surg Infect (Larchmt), 2020, 21(1): 9-14.
- [8] Ming A, Walter I, Alhajjar A, et al. Study protocol for a randomized controlled trial to test for preventive effects of diabetic foot ulceration by telemedicine that includes sensor-equipped insoles combined with photo documentation[J]. Trials, 2019, 20(1): 521.
- [9] Marston WA, Lantis JC, Wu SC, et al. An open-label trial of cryopreserved human umbilical cord in the treatment of complex diabetic foot ulcers complicated by osteomyelitis[J]. Wound Repair Regen, 2019, 27(6): 680-686.
- [10] Ferroni L, Gardin C, Paola LD, et al. Characterization of dermal stem cells of diabetic patients[J]. Cells, 2019, 8(7): E729.
- [11] Eslami MH, Zayaruzny M, Fitzgerald G, et al. The adverse effects of race, insurance status, and low income on the rate of amputation in patients presenting with lower extremity ischemia[J]. J Vasc Surg, 2007, 45(1): 55-59.
- [12] Ferreira AE, Ponces Freire AM, Voit EO. A quantitative model of the generation of N(epsilon)-(carboxymethyl) lysine in the Maillard reaction between collagen and glucose[J]. Biochem J, 2003, 376(Pt 1): 109-121.
- [13] Erbersdobler HF, Faist V. Maillard reaction products: uptake, metabolic transit and selected parameters of biopotency and safety[J]. Forum Nutr, 2003, 56: 353-355.
- [14] Hopf HW, Gibson JJ, Angeles AP, et al. Hyperoxia and angio-

- genesis. Wound repair and regeneration[J]. Wound Repair Regen, 2005, 13(6):558-564.
- [15] Yu J, Lu S, McLaren AM, et al. Topical oxygen therapy results in complete wound healing in diabetic foot ulcers[J]. Wound Repair Regen, 2016, 24(6):1066-1072.
- [16] Niederauer MQ, Michalek JE, Liu Q, et al. Continuous diffusion of oxygen improves diabetic foot ulcer healing when compared with a placebo control: a randomised, double-blind, multicentre study[J]. J Wound Care, 2018, 27(Suppl 9):S30-S45.
- [17] 孙勇, 范薇, 杨卫玺, 等. 胰岛素溶液间断冲洗联合封闭式负压持续引流治疗糖尿病下肢慢性溃疡创面的疗效观察[J]. 中国修复重建外科杂志, 2015, 29(7):812-817.
SUN Y, FAN W, YANG WX, et al. Effects of intermittent irrigation of insulin solution combined with continuous drainage of vacuum sealing drainage in chronic diabetic lower limb ulcers[J]. Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi, 2015, 29(7):812-817. Chinese.
- [18] Huang Q, Wang JT, Gu HC, et al. Comparison of vacuum sealing drainage and traditional therapy for treatment of diabetic foot ulcers: a Meta-analysis[J]. J Foot Ankle Surg, 2019, 58(5):954-958.
- [19] 石磊, 赵光彩. VSD 联合股前外侧穿支皮瓣治疗糖尿病足溃疡 12 例[J]. 中国骨伤, 2019, 32(6):574-577.
SHI L, ZHAO GC. Treatment of 12 patients with diabetic foot ulcers by VSD combined with anterior lateral perforator flap[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2019, 32(6):574-577. Chinese with abstract in English.
- [20] Lorenzetti F, Tukiainen E, Albeck A, et al. Blood flow in a pedal bypass combined with a free muscle flap[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2001, 22(2):161-164.
- [21] Chang CH, Huang CC, Hsu H, et al. Editor's choice-diabetic limb salvage with endovascular revascularisation and free tissue transfer: long-term follow up[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2019, 57(4):527-536.
- [22] 段家章, 何晓清, 徐永清, 等. 抗生素骨水泥联合螺旋浆皮瓣在修复糖尿病足踝部创面中的应用[J]. 创伤外科杂志, 2017, 19(11):809-813.
DUAN JZ, HE XQ, XU YQ, et al. Application of antibiotic cement combined with propeller flap in the repair of diabetic foot and ankle wound[J]. Chuang Shang Wai Ke Za Zhi, 2017, 19(11):809-813. Chinese.
- [23] 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.
HUANG HJ, NIU XH, YANG GL, et al. Clinical effects of application of antibiotic bone cement in wounds of diabetic foot ulcers[J]. Zhonghua Shao Shang Za Zhi, 2019, 35(6):464-466. Chinese.
- [24] Cychosz CC, Phisitkul P, Belatti DA, et al. Preventive and therapeutic strategies for diabetic foot ulcers[J]. Foot Ankle Int, 2016, 37(3):334-343.
- [25] Laborde JM. Is tendon lengthening underused for diabetic foot problems[J]. Orthopedics, 2019, 42(2):63-64.
- [26] Laborde JM, Philbin TM, Chandler PJ, et al. Preliminary results of primary gastrocnemius-soleus recession for midfoot Charcot arthropathy[J]. Foot Ankle Spec, 2016, 9(2):140-144.
- [27] van BK, van der TG, Claus L, et al. Gastrocnemius fascia release under local anaesthesia as a treatment for neuropathic foot ulcers in diabetic patients: a short series[J]. Acta Chir Belg, 2016, 116(6):367-371.
- [28] Laborde JM. Midfoot ulcers treated with gastrocnemius-soleus recession[J]. Foot Ankle Int, 2019, 30(9):842-846.
- [29] van Netten JJ, Price PE, Lavery LA, et al. Prevention of foot ulcers in the at-risk patient with diabetes: a systematic review[J]. Diabetes Metab Res Rev, 2016, (32 Suppl):84-98.
- [30] Laborde JM. Tendon lengthening for neuropathic foot problems[J]. Orthopedics, 2010, 33(5):319-326.
- [31] Matsuyama J, Ohnishi I, Kageyama T, et al. Osteogenesis and angiogenesis in regenerating bone during transverse distraction: quantitative evaluation using a canine model[J]. Clin Orthop Relat Res, 2005, (433):243-250.
- [32] 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.
- [33] 孙勇, 肖耀广, 王贺. 胫骨横向搬运治疗糖尿病足溃疡[J]. 中国骨伤, 2018, 31(10):949-952.
SUN Y, XIAO YG, WANG H. Transverse tibial bone movement for the treatment of diabetic foot ulcers[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2018, 31(10):949-952. Chinese with abstract in English.
- [34] 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.
QIN CK, ZHOU CH, ZHANG HA, et al. Observation of the therapeutic effect of tibial transverse bone transport technology on diabetic foot[J]. Zhongguo Jiao Xing Wai Ke Za Zhi, 2019, 27(19):1809-1812. Chinese.

(收稿日期:2020-01-18 本文编辑:李宜)