

皮瓣修复前足软组织损伤的应用进展

周斌 王利

【摘要】 前足是指足部跗跖关节以远的区域。该区域皮肤菲薄，软组织相对少，损伤后易造成肌腱、骨骼等深部组织外露，加之造成该区域软组织损伤的因素多为车祸伤、高处跌落伤等，损伤较严重，几乎不可能通过植皮修复，而需要用各种皮瓣修复。该文阐述了近年国内外应用皮神经营养血管皮瓣、穿支皮瓣及其他皮瓣修复前足软组织缺损的方法及其研究进展。

【关键词】 外科皮瓣；前足；软组织缺损；修复

Progress of application of skin flap to repair forefoot soft tissue injury Zhou Bin, Wang Li. *Brotherhood of Microsurgery, Shenzhen Nanshan Hospital Affiliated to Guangdong Medical University, Shenzhen 518052, China*

【Abstract】 The forefoot is the region distal from tarsometatarsal joint with thin skin and relatively few soft tissues. Forefoot injury is likely to cause the exposure of tendon, bone and deep tissues. In addition, forefoot soft tissue injury is primarily caused by traffic accident and high falling. It is extremely difficult to treat such severe injury by skin graft, whereas can be repaired by varying types of skin flaps. This article summarized the research progress of application of neurocutaneous vascular flap, perforator flap and other types of flaps to repair forefoot soft tissue defect.

【Key words】 Surgical flap; Forefoot; Soft tissue defect; Repair

随着人们生活节奏的不断加快，因交通意外及施工事故造成的前足软组织损伤呈上升趋势。前足（跗跖关节以远）皮肤软组织缺损的修复本身因具有以下特点，修复起来比较困难：①前足软组织损伤因距离供区较远，蒂部要求较长；②前足为身体负重区，血液循环不佳、伤口愈合时间长且兼具美观的需要，因此要求修复的皮瓣要薄、有弹性、致密且耐磨，臃肿且松弛的皮肤将使患者无法穿鞋及行走；③前足尤其是足背部皮肤软组织菲薄，其创伤类型多为高能量创伤，软组织缺损常合并肌腱、神经、骨质裸露，要同时满足外形及功能的修复、重建较为困难。综合以上特点，前足软组织损伤的修复应以皮瓣移植为首选，并需根据前足软组织损伤及术后预期功能恢复的程度选择合适的手术方法，以达到修复要求^[1]。在处理前足皮肤软组织缺损的过程中，张世民等在 2004 年提倡要摒弃随意、简单关闭创面的理念，修复时同其他区域一样，仍要遵循“能带蒂，不游离”“受区修复重建好，供区游离损伤小”的原则。目前，临床上同

一创面可有多种修复方法，其预后存在差异。本文阐述了近年国内外应用皮瓣修复前足软组织缺损的主要方法及其研究进展，以供临床参考。

一、皮神经营养血管皮瓣

自 20 世纪 90 年代由 Bertelli 和 Masquelet 等学者提出皮神经皮瓣的概念以来，皮神经营养血管皮瓣已在临床上广泛应用。皮神经营养血管皮瓣的设计可以皮神经的分布区域为依据，但需要足够的血供才能保证皮瓣的成活。Nakajima 等在 1998 年通过解剖基础研究认为，皮神经具有解剖学上独立意义的神经皮肤血管：①外部的血管网；②内部的血管网。内部血管网和外部血管网均有皮肤营养支、修复范围较广且能重建感觉等优点。在临床上常用于修复前足软组织缺损的皮神经营养血管皮瓣有：腓肠神经营养血管皮瓣、隐神经营养血管皮瓣、足背皮神经营养血管皮瓣等。

1. 腓肠神经营养血管皮瓣

自 Ponten 等在 1981 年首次报道采用近端蒂腓肠神经筋膜皮瓣修复下肢软组织缺损以来，该皮瓣

日益受到重视。国内王和驹等在 1996 年首次应用腓肠神经血管逆行岛状皮瓣转位修复了 15 例踝周及跟底部皮肤软组织损伤, 随后该皮瓣在临床上研究日益增多, 应用也越来越广泛。虽然多数国内外学者认为, 腓肠神经血管皮瓣具有解剖恒定、变异极少、手术操作简单、血供可靠、不损伤主干血管、供区损伤小等优点, 但顾玉东等认为营养腓肠神经血管最低的吻合支在外踝上约 5 cm 处, 故传统意义上的腓肠神经血管皮瓣不能修复中前足软组织损伤。2005 年林松庆等通过解剖基础研究发现, 在外踝尖上有较为粗大的腓动脉肌间隔穿支或腓动脉终末穿支, 与 1~2 支小隐静脉的深浅交通支相互交通, 在此基础上可把腓肠神经血管远端带蒂皮瓣的旋转点降至外踝尖上 1~3 cm 处, 蒂长为 3~7 cm, 在小腿中下 2/3 范围内切取皮瓣, 从而把腓肠神经血管皮瓣的修复范围拓展到中前足。2005 年张发惠等对 30 侧动脉灌注红色乳胶成人下肢标本的解剖学观察发现, 腓肠神经血管皮瓣在距外踝尖上 10 cm 范围内, 由远及近在此段的营养动脉穿支发出的皮支与皮神经浅静脉营养支和深筋膜支相互交通形成腓肠神经-小隐静脉营养血管链和深、浅筋膜血管网, 并在此解剖基础上运用腓肠神经-小隐静脉营养血管远端蒂皮瓣, 修复 8 例中前足创面缺损且均伴有骨、肌腱外露, 进一步证实了低旋转点的腓肠神经血管皮瓣可修复中前足皮肤软组织损伤。腓肠神经血管皮瓣降低旋转点后, 虽然扩展了该类皮瓣在前足创面缺损的应用范围, 但仍存在一定的局限性: 小腿后侧形成瘢痕和小腿外侧及足外侧感觉麻木, 移植皮瓣结构与前足受区仍存在较大差异, 对前足外观及活动仍有一定的负面影响。2011 年郑磊等^[2]应用腓动脉穿支筋膜蒂腓肠神经血管皮瓣修复 31 例足背皮肤软组织缺损, 其中跖骨中点以远 17 例, 其中 10 例达跖趾关节, 愈合效果较好, 认为腓动脉穿支筋膜蒂腓肠神经血管皮瓣适于修复足背偏外侧皮肤软组织缺损, 修复足背偏内侧缺损时应注意确保皮瓣及筋膜蒂无明显张力, 以保证皮瓣成活。2013 年易建华等^[3]根据软组织缺损部位及大小设计腓动脉逆行岛状皮瓣联合腓肠神经血管皮瓣, 成功修复 9 例前足底皮肤软组织缺损。2014 年徐建华等^[4]应用逆行腓动脉终末穿支蒂腓浅神经血管皮瓣修复 28 例足背大面积软组织缺损时, 将转轴点下移至外踝附近, 大大地提高了皮瓣的修复范围及安全性。

2. 隐神经营养血管皮瓣

1997 年 Cavadas 率先报道隐神经营养血管皮瓣的临床应用。其主要以远端蒂皮瓣的形式用于下肢小腿远端皮肤软组织缺损的修复与重建, 包括多种原因导致的皮肤软组织缺损及肌腱和骨外露、骨折内固定物外露、糖尿病并发溃疡坏死、骨髓炎窦道、血管性溃疡等^[5]。既往远端蒂隐神经营养血管皮瓣主要以胫后动脉肌间隙支为蒂。2005 年王玉发等提出, 隐神经营养血管皮瓣旋转点应设在内踝上 5~6 cm, 现已被广泛应用于修复下肢软组织缺损。随着四肢血管及神经解剖研究的不断深入, 隐神经营养血管皮瓣应用范围越来越广泛, 修复范围不仅局限于小腿远端、足跟、足踝等部位, 而逐渐应用在修复中前足软组织创面缺损上。张发惠等和吴农欣等先后在 2005 年和 2006 年通过解剖学报道了踝前内侧区的隐神经、大隐静脉、筋膜及皮肤营养血管同源, 呈明显的纵向性分布, 可设计以内踝前动脉筋膜穿支为蒂的隐神经-大隐静脉营养血管皮瓣, 其远端旋转点在内踝尖平面, 可用于修复中、前足的皮肤软组织缺损。张震平^[6]在上述研究基础上应用足内侧隐神经营养血管皮瓣, 成功修复了中前足皮肤软组织缺损。Zhuang 等^[7]和毛海蛟等^[8]通过对踝管区血供解剖研究发现, 可以将隐神经营养血管皮瓣的旋转点进一步下移至第一跖趾关节近端水平, 以修复前足皮肤软组织缺损。该皮瓣旋转点明显前移, 血管蒂不需明显加长, 不仅能修复足背前部创面, 还能修复跖趾趾端皮肤软组织损伤。术前应用彩色多普勒超声或 CT 检查营养隐神经的穿支血管, 明确其位置, 有助于定位皮瓣旋转点^[9-10]。如前所述, 隐神经营养血管皮瓣具有血管恒定的优点, 但是具体临床工作中需要使用隐神经营养血管皮瓣修复创面时, 主要是根据创面深度及大小、损伤部位、功能及技术条件要求而选择不同的皮瓣。与此同时, 也要注意皮瓣肿胀、静脉淤血及坏死等最常见的术后并发症的避免与处理^[11]。

3. 足背皮神经营养血管皮瓣

足背皮神经营养血管皮瓣是在手背皮神经营养血管皮瓣成功应用的基础上发展起来的。1998 年刘茂文等应用带足背皮神经营养血管蒂的足背皮瓣, 成功修复了 16 例前足部或踝部及足跟部软组织缺损。2006 年吴农欣等用乳胶灌注 32 侧成人下肢标本, 通过解剖足背内侧皮神经、足背中间皮神经和足背外侧皮神经走行及其营养血管研究发现, 足背内侧皮神经续于腓浅神经, 其远端营养血管主

要来源于底内侧动脉的皮支和第二跖背动脉的皮支,足背中间皮神经亦续于腓浅神经,分布于 2、3、4 跖背及足趾皮肤,其远端营养血管主要来自跖背动脉,位于第 4 趾蹠尖近端,而足背外侧皮神经是腓肠神经的延续,无分支支配第 3、4 趾相对缘和外侧支,分布于第 4、5 趾相对缘,其远端最为恒定的分支营养血管穿过深筋膜并位于第 5 跖趾关节外侧近端。在此基础上,临床应用足背皮神经逆行营养血管皮瓣转移修复足前端创面软组织损伤。2010 年 Xu 等^[12]应用足背皮神经(足背内侧皮神经、足背外侧皮神经、足背中间皮神经)营养血管皮瓣修复 30 例足远端缺损,术后皮瓣远端缺失 1 例,其余均成活。Huang 等^[13]将足背内侧皮神经营养血管皮瓣应用于前足软组织缺损的修复。李雯等^[14]报道了利用足背内侧皮神经营养血管超长皮瓣修复 10 例足跖趾软组织缺损。足背皮神经皮瓣和受区皮肤相似且具有感觉神经,神经吻合后也可恢复感觉功能,具有耐磨压、不磨伤、冻伤等优点,特别适用于受磨压部位的软组织修复,且该皮神经恒定,切取容易且不损伤主要血管。

二、穿支皮瓣

穿支皮瓣是显微外科皮瓣移植的新发展,最早在 1988 年由 Kroll 等报道。该皮瓣属轴型血管的皮瓣范畴,有肌皮穿支血管皮瓣、直接穿支皮瓣 2 种,具有受区修复重建好且不需要牺牲主干动脉、对供区损伤较小的优点。足部的穿支皮瓣(足内侧皮瓣、足底皮瓣、足背皮瓣及足外侧皮瓣)广泛应用于修复前足软组织缺损。2001 年 Koshima 等将穿支皮瓣的概念引入足内侧区,报道了足内侧穿支皮瓣的临床应用减少了供区损伤。2012 年 Beidas 等^[15]应用足内侧皮瓣转位修复足缺损 1 例,获得成功。国内尹光明^[16]应用逆行足背动脉蒂附外侧动脉皮瓣修复前足内侧软组织缺损。许亚军等^[17]分别采用了不同穿支蒂足(底)内侧逆行岛状皮瓣修复 8 例前足底软组织缺损。魏在荣等^[18]设计胫前动脉踝上穿支皮瓣,修复 12 例伴有足背动脉缺损的前足创面。2015 年朱如里等^[19]采用低位外踝上穿支皮瓣,修复 9 例前足足背皮肤软组织缺损。周小祥等^[20]应用第一跖背动脉穿支皮瓣带蒂皮瓣,修复 11 例跖趾、第 2 趾创面。杨庆达等^[21]在上述研究基础上,采用彩色超声多普勒血流仪探测跖趾内侧动脉在第一跖趾关节附近的皮穿支,并标记皮瓣旋转点,根据受区情况在足内侧设计远端蒂的跖趾底内侧动脉皮穿支血管蒂隐神经营

养血管,逆行皮瓣修复前足皮肤缺损。穿支皮瓣的出现使外科医师不再受限于皮瓣供区,可以完全按照需要在四肢任何含有穿支血管的部位获取穿支皮瓣。而且,穿支皮瓣是薄型皮瓣,具有不需要牺牲主干动脉、对供区损伤非常小等优点,已被临床医师广泛认同,尤其在未来有望成为前足创面修复的第一选择。临床上一般将前足底负重区软组织缺损再分成内侧、中央及外侧 3 个区域,分别采用不同穿支蒂供血的足内侧或足底内侧逆行岛状皮瓣作个体化设计及修复,做到尽可能就近转移,减少皮瓣的旋转半径,修复效果更为满意。如果修复较大范围的缺损,只要蒂部有足够的旋转度,旋转后不扭曲、折叠,有时可采用双穿支供血,使手术更为安全可靠。如果穿支蒂过短,则必需将主干血管游离,改制成为经典的逆行岛状皮瓣^[17]。

三、其他类型皮瓣或复合皮瓣

随着显微外科技术的不断发展和血管及神经基础解剖研究的不断深入,游离皮瓣移植、交腿皮瓣及某些复合皮瓣均应用于前足软组织损伤的修复中。2006 年 Bhattacharya 等报道应用交腿筋膜皮瓣修复足软组织缺损获得成功。魏在荣等^[22]采用带隐神经足底内侧动脉蒂交腿皮瓣修复 5 例前足软组织损伤。杨博贵等^[23]采用内踝上动脉为蒂的交腿皮瓣,转移修复 11 例各种原因所致足部皮肤、软组织缺损。王新江等(2013 年)应用胫后动脉穿支为蒂的隐神经营养血管皮瓣交腿修复 13 例中前足软组织缺损。El-Gammal 等^[26]应用股前外侧游离皮瓣修复 42 例前足部深部缺损。2004 年 Marekca 等采用较薄的股薄肌皮瓣、背阔肌皮瓣、腹直肌皮瓣修复前足部软组织创面缺损,避免了二期修补手术,减少了患者住院时间和经济负担,术后皮瓣成活率高,创面恢复效果满意。

四、结 语

前足软组织损伤在临床上较为常见,且往往伴有骨关节、肌腱、血管等的结构外露,单纯植皮不能覆盖创面,需用皮瓣修复皮肤软组织损伤。修复时,需注意避免医院内感染,尤其是多重耐药菌感染^[27]。围手术期可加用硫酸镁改善患者短期术后神经功能,特别是可以维持血流动力学平稳,降低常见围手术期并发症的发生率,例如全身性炎症反应、苏醒期躁动、术后心律失常等^[28]。随着生活水平不断提高,患者对创面修复的要求也不断提高,希望用最小的代价达到最满意的效果。传统的交腿皮瓣强迫固定双小腿,具有双小腿固定后不

适、固定位置难以较好维持、皮瓣需二次手术断蒂等缺点,且并发症多,患者不易接受。游离皮瓣修复缺损,因手术难度大、高风险,难以在基层医院开展,应用受到一定的限制。皮神经血管皮瓣及穿支皮瓣的出现一定程度上解决了上述难题,修复后外形美观、耐磨、感觉恢复理想,完全可满足穿鞋、负重等要求,更好地满足了前足软组织缺损修复、重建的需要。穿支动脉加强蒂皮神经血管皮瓣同时拥有穿支动脉与完整皮神经血管提供的血管网,可通过与其交通的静脉网完成静脉回流,且手术治疗安全,术后创面外形美观,是未来皮瓣发展的方向。未来随着解剖基础研究的不断深入,计算机成像、组织工程及导航技术将广泛应用于显微外科之中,皮瓣的解剖学研究从粗到细,必将呈现出不断微型化和随意化的趋势。

参 考 文 献

- [1] 王玉发,李玉祥,王大伟,朱清远,杨光. 前足软组织缺损的显微外科修复. 中华显微外科杂志, 2011, 34 (1): 63-65.
- [2] 郑磊,董忠根,郑稼,肖海滨,刘立宏. 腓动脉穿支筋膜蒂腓肠神经血管皮瓣修复足背皮肤软组织缺损. 中国修复重建外科杂志, 2011, 4 (25): 427-429.
- [3] 易建华,李智勇,胡军,牛晓锋,刘小林. 腓动脉逆行岛状皮瓣联合腓肠神经血管皮瓣修复巨大前足部软组织缺损. 中华显微外科杂志, 2013, 36 (4): 405-406.
- [4] 徐建华,刘廷刚,王和平,樊龙. 逆行腓动脉终末穿支蒂腓浅神经血管皮瓣修复足背大面积软组织缺损中的应用. 创伤外科杂志, 2014, 16 (4): 363.
- [5] Laurent B, Millon A, Richer de Forges M, Artru B, Lermusiaux P. Pedicled flaps in association with distal bypass for lower-limb salvage. *Ann Vasc Surg*, 2012, 26 (2): 205-212.
- [6] 张震平. 足内侧隐神经血管皮瓣远端蒂的临床应用. 当代医学, 2016, 22 (1): 57-58.
- [7] Zhuang YH, Zheng HP, Lin SQ, Xu DC. Vasculature at the medial aspect of the foot and clinical application of flaps based on it for forefoot reconstruction. *Plast Reconstr Surg*, 2011, 127 (5): 1967-1978.
- [8] 毛海姣,史增元,尹维刚,徐达传,刘振新. 逆行足内侧隐神经血管皮瓣修复足前部皮肤缺损的解剖与临床应用. 中国整形外科杂志, 2015, 31 (1): 25-28.
- [9] Lecours C, Saint-Cyr M, Wong C, Bernier C, Mailhot E, Tardif M, Chollet A. Freestyle pedicle perforator flaps: clinical results and vascular anatomy. *Plast Reconstr Surg*, 2010, 126 (5): 1589-1603.
- [10] Shen YM, Yu DN, Hu XH, Qin FJ, Li M, Ning FG. Repairing proximal and middle lower-leg wounds with retrograde sartorius myocutaneous flap pedicled by perforating branches of medial inferior genicular artery or posterior tibial artery. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2012, 65 (9): 1158-1164.
- [11] Nenad T, Reiner W, Michael S, Reinhard H, Hans H. Saphenous perforator flap for reconstructive surgery in the lower leg and the foot: a clinical study of 50 patients with posttraumatic osteomyelitis. *J Trauma*, 2010, 68 (5): 1200-1207.
- [12] Xu YQ, Zhu YL, Wu NX, Li J, Yang J, He XQ. Distal foot coverage with reverse dorsal pedal neurocutaneous flaps. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2010, 63 (1): 164-169.
- [13] Huang W, Liu D, Robb GL, Zhang Q. Distally based dorsal pedal neurocutaneous flap for forefoot coverage. *Ann Plast Surg*, 2011, 66 (3): 235-240.
- [14] 李雯,齐杰,生孟军,蔺利剑,苏伟海,王旭文. 足背内侧皮神经血管超长皮瓣在足踝趾软组织缺损修复中的应用. 河北医科大学学报, 2014, 35 (10): 1205-1207.
- [15] Beidas OE, Tan BK, Petersen JD. The rotational advancement of medial plantar flap for coverage of foot defect: a case report. *Microsurgery*, 2012, 32 (4): 322-325.
- [16] 尹光明. 逆行足背动脉蒂腓外侧动脉皮瓣修复前足内侧皮肤软组织缺损. 创伤外科杂志, 2012, 14 (2): 153-156.
- [17] 许亚军,周晓,柯尊山,周建东,陈学明. 不同穿支蒂足(底)内侧逆行岛状皮瓣修复前足底软组织缺损. 中华显微外科杂志, 2012, 35 (6): 501-502.
- [18] 魏在荣,邵星,雷国敏,孙广峰,金文虎,韩文杰,王达利,王玉明. 胫前动脉踝上穿支皮瓣的解剖基础及其修复足背动脉缺损的前足创面. 中华显微外科杂志, 2012, 35 (1): 60-62.
- [19] 朱如里,郑闽前,马永平,穆洪鑫,陈华琴. 低位外踝上穿支皮瓣修复前足足背皮肤软组织缺损. 实用骨科杂志, 2015, 21 (10): 937-939.
- [20] 周小祥,刘立春,李时军. 第一跖背动脉穿支皮瓣的临床应用. 中华显微外科杂志, 2015, 38 (4): 403-405.
- [21] 杨庆达,梁波,苏瑞鉴,张智钊,卢建国,曾麟杰,陈善豪,吴耀康. 踝跖底内侧动脉皮穿支血管蒂隐神经血管逆行皮瓣修复前足皮肤缺损. 中国修复重建外科杂志, 2011, 25 (3): 379-380.
- [22] 魏在荣,王达利,王玉明,孙广峰,唐修俊,韩文杰. 带隐神经足底内侧动脉蒂联合皮瓣修复对侧足底前跖区皮肤软组织缺损. 第二军医大学学报, 2010, 31 (4): 408-411.
- [23] 杨博贵,李昶,贾卫斗,赵明. 利用内踝上动脉为蒂的交腿皮瓣修复小腿下1/3及足部皮肤缺损. 华北国防医药, 2010, 22 (2): 109-110.
- [24] El-Gammal TA, El-Sayed A, Kotb MM, Saleh WR, Ragheb YF, El-Refai O, El Fahar MH. Dorsal foot resurfacing using free anterolateral thigh (ALT) flap in children. *Microsurgery*, 2013, 33 (4): 259-264.
- [25] 魏绪霞,陆平兰,黎利娟,安玉玲,吕海金,易小猛,刘剑戎,熊亮,周密,易慧敏. 外科 ICU 院内感染的病原菌及其耐药性分析. 新医学, 2014, 45 (11): 718-723.
- [26] 赵忠春,崔晓光. 硫酸镁在围手术期应用的研究进展. 新医学, 2015, 46 (7): 423-427.

(收稿日期: 2016-08-30)

(本文编辑: 林燕薇)