

· 专家论坛 ·

本文亮点:

针对足踝部复杂组织缺损的精准修复难题,依据缺损累及部位与是否合并深部组织缺损进行系统分类,并针对缺损类型提出相应的显微重建策略,旨在进一步提升足踝部复杂组织缺损的修复重建水平。

Highlights:

To address the challenge of precise repair for complex tissue defects in the ankle and foot, this paper systematically classifies these defects based on their location and whether they are accompanied by deep tissue defects, and proposes corresponding microsurgical reconstruction strategies for each defect type. The aim is to further enhance the level of repair and reconstruction of such compound tissue defects.



足踝部复杂组织缺损的临床分型与显微重建策略

唐举玉

中南大学湘雅医院骨科-手显微外科,老年疾病国家临床医学研究中心(湘雅医院),长沙 410008

Email: tangjuyu7749@163.com

【摘要】 足踝部解剖结构特殊,承担重要的人体负重、行走、跑跳等功能,高能损伤后伤情复杂,临床组织重建困难。足踝部复杂组织缺损多表现为累及皮肤软组织、肌腱、骨、关节等多元组织的缺损和巨大面积的皮肤软组织缺损。笔者根据足踝部各区域解剖特点与生理功能,将该部位划分为9个区域,然后根据组织缺损累及区域的不同和是否合并深部组织缺损,将该部位缺损划分为10种临床类型。对于每一种临床类型,都可依据其显微重建要求的不同选择合适的皮瓣供区和适宜的特殊形式穿支皮瓣术式,以实现个性化精准重建,达到以最小的供区损害获得最佳的足踝部外形与功能的恢复。

【关键词】 足; 踝; 穿支皮瓣; 显微外科手术; 组织缺损; 临床分型; 个性化重建

基金项目:国家自然科学基金面上项目(82572774)

Clinical categorization and microsurgical reconstructive algorithm for complex tissue defects of the ankle and foot

Tang Juyu

Department of Orthopedics, Hand & Microsurgery, National Clinical Research Center for Geriatric Disorders (Xiangya Hospital), Central South University, Changsha 410008, China
Email: tangjuyu7749@163.com

【Abstract】 The ankle and foot have a special anatomical structure and undertake crucial functions of body such as weight bearing, walking, running, and jumping. High-energy injuries often lead to complicated conditions and pose challenges to clinical tissue reconstruction. Complex tissue defects of the ankle and foot mostly present as multicompartmental defects involving skin and soft tissue, tendons, bones, and joints, as well as large-area skin and soft tissue defects. We divided the ankle and foot into nine regions based on the anatomical characteristics and physiological functions of different sites.

DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20260407-00143

收稿日期 2026-04-07

引用本文:唐举玉.足踝部复杂组织缺损的临床分型与显微重建策略[J].中华烧伤与创面修复杂志,2026,42(5):1-6. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20260407-00143.

Tang Juyu. Clinical categorization and microsurgical reconstructive algorithm for complex tissue defects of the ankle and foot[J]. Chin J Burns Wounds, 2026, 42(5): 1-6. DOI: 10.3760/cma. j. cn501225-20260407-00143.



Ten clinical types were then classified according to the involved regions of tissue defects and the presence of combined deep tissue defects. For each clinical type, appropriate flap donor sites and suitable special form of perforator flap procedures can be selected based on the requirements of microsurgical reconstruction, so as to achieve personalized and precise reconstruction and obtain optimal restoration of the appearance and function of the ankle and foot with minimal donor-site morbidities.

【Key words】 Foot; Ankle; Perforator flap; Microsurgery; Tissue defects; Clinical categorization; Personalized reconstruction

Fund program: General Program of National Natural Science Foundation of China (82572774)

足踝部作为人体负重与行走的重要解剖结构,也是交通事故、机器损伤常见的受累部位。足踝部高能损伤容易造成皮肤软组织、肌腱、骨、关节的多元组织缺损或大面积的皮肤软组织缺损,此类损伤伤情复杂,临床重建困难,如果不能得到及时正确处理,往往会导致残疾甚至是截肢,对患者及其家庭乃至社会都将造成严重影响。随着显微外科技术的发展和患者需求的不断提高,当今对于足踝部复杂组织缺损的救治目标已不再局限于修复创面保住肢体,而是要求在保住肢体的同时恢复足踝部稳定的力学支撑结构、平衡的伸屈动力、接近正常的外形(能穿正常尺码鞋子),使患者行走步态稳定,皮瓣耐磨有感觉、不继发溃疡,还要尽可能减少皮瓣供区损害,争取以最小的供区代价获得最佳的受区功能与外形效果。

1 特殊形式穿支皮瓣简介

特殊形式穿支皮瓣是基于传统穿支皮瓣“微创与美学”理念,根据受区重建需要对皮瓣供区一级源血管及其分支供养的组织(皮肤、筋膜、肌肉、骨)进行优化设计、无创解剖、分割重组,切取不同组织块(嵌合)或相同组织块(分叶),削薄、组装、拼接成的与受区精准匹配的新型皮瓣,包括血流桥接穿支皮瓣、显微削薄穿支皮瓣、分叶穿支皮瓣、嵌合穿支皮瓣、联体穿支皮瓣这 5 种基本类型和血流桥接-显微削薄穿支皮瓣、显微削薄-分叶穿支皮瓣、血流桥接-显微削薄-分叶穿支皮瓣、血流桥接-显微削薄-分叶-嵌合穿支皮瓣等 18 种衍生类型,每一种类型都有其特定的适应证,可以成功解决足踝部各种复杂组织缺损个性化精准重建的临床难题^[1-6]。已有较多文献报道,将特殊形式穿支皮瓣应用于足踝部复杂组织缺损的修复,取得了较好的临床效果^[7-20]。但

足踝部复杂组织缺损目前没有统一、规范的临床分型,皮瓣供区与术式的选择随意性大,临床疗效差异显著。

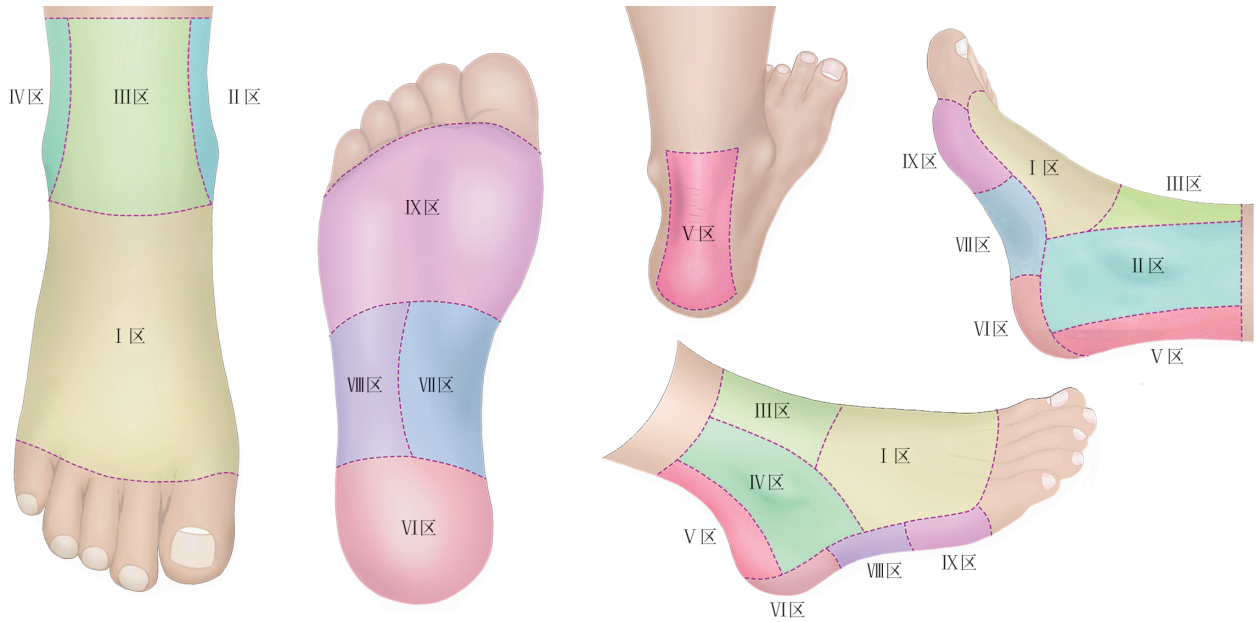
2 足踝部分区及其复杂组织缺损的临床分型

Hollenbeck 等^[20]根据足踝部的解剖结构和生理功能特点,将足踝部皮肤软组织划分为 7 个区域:第 1~5 趾为 I 区,前足负重区为 II 区,足背、中足负重区为 III 区,足内侧、足底非负重区为 IV 区,足跟为 V 区,内踝为 VI 区,外踝为 VII 区。该分区方法对临床有一定指导意义,但存在很多问题,III 区、IV 区、V 区划分不合理,分区没有包含踝前区。笔者在前述分区方法基础上深入研究,探索出更加合理更为实用的足踝部分区方法,将其划分为 9 个区域,包括 I 区:足背区,II 区:内踝区,III 区:踝前区,IV 区:外踝区,V 区:跟后区,VI 区:足跟负重区,VII 区:足底内侧非负重区,VIII 区:中足足底外侧负重区,IX 区:前足负重区(图 1)。其中 VII 区为低功能区,I 区、II 区、III 区、IV 区为中功能区,V 区、VI 区、VIII 区、IX 区为高功能区。足踝部高能损伤所致复杂组织缺损表现为跨越多个功能区的大面积皮肤软组织缺损和累及皮肤、肌腱、骨、关节的复合组织缺损,依据缺损累及部位与是否合并深部组织缺损可分为 10 种临床类型,每一种类型都有其独特临床特点和组织重建要求,可根据个性化精准重建原则选择适宜的皮瓣供区和重建术式。

3 各临床分型足踝部复杂组织缺损的显微重建策略

I 型为中低功能区跨区皮肤软组织缺损,其临床特点为皮肤软组织缺损跨越 I 区、II 区、III 区、IV 区、VII 区中的 2 个或多个区域,创面浅表、面积大;组织重建要求皮瓣质地薄、弹性好、覆盖面积大;皮瓣常用供区包括腹部、髂腹股沟部、肩背部及股前外侧,常用术式为显微削薄-分叶穿支皮瓣移植(图 2)或血流桥接-显微削薄穿支皮瓣与显微削薄穿支皮瓣组合移植。

II 型为单一中低功能区皮肤软组织缺损合并深部组织缺损,其临床特点是皮肤软组织缺损位于 I 区、II 区、III 区、IV 区或 VII 区中的单一区域,同时合并肌腱、关节囊、骨、关节等深部组织缺损,创面面积并非巨大,但损伤程度加深;组织重建要求皮瓣质地薄、弹性好,重建体表皮肤软组织缺损的同



注:第1行从左至右各图分别为足背观、足底观、足后侧观、足内侧观,第2行图为足外侧观

图1 右足踝部分区示意图

Figure 1 Schematic diagram of the right ankle and foot region division

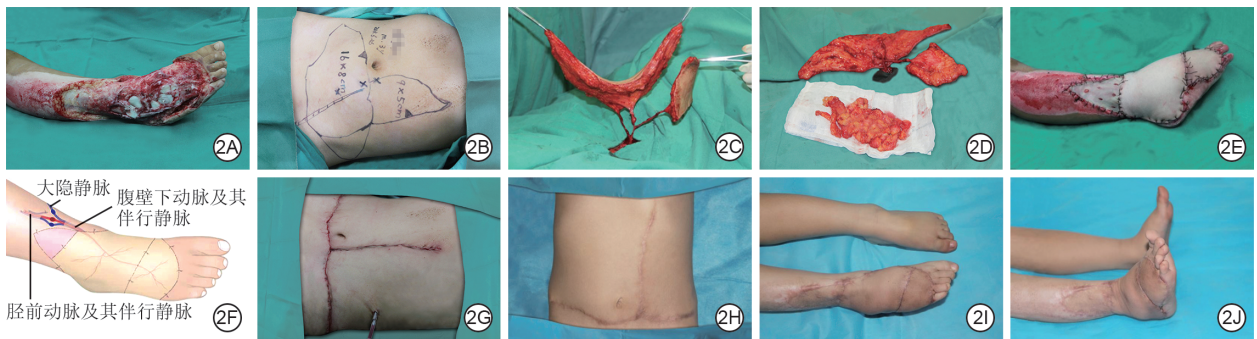


图2 采用显微削薄-分叶腹壁下动脉穿支皮瓣修复患儿I型右足踝部复杂组织缺损的效果。2A.术前见右足背、踝部大面积皮肤软组织缺损并骨关节外露,累及I区、III区和IV区;2B.皮瓣设计;2C.皮瓣切取完成即刻;2D.皮瓣削薄后即刻;2E.皮瓣移植后即刻;2F.皮瓣血液循环重建示意图;2G.皮瓣供区直接闭合后即刻;2H.术后1年皮瓣供区恢复情况;2I、2J.分别为术后1年足部背伸、屈曲情况,踝关节屈伸功能恢复良好

Figure 2 Effects of a microdissected thinned-polyfoliate deep inferior epigastric artery perforator flap in repairing a type I complex tissue defect of the right ankle and foot in a pediatric patient

时一期重建深部组织缺损;皮瓣常用供区包括股前外侧、髂腹股沟部和小腿外侧,常用术式为嵌合穿支皮瓣或显微削薄-嵌合穿支皮瓣移植。

III型为中低功能区跨区皮肤软组织缺损合并深部组织缺损,其临床特点为皮肤软组织缺损跨越I区、II区、III区、IV区、VII区中的2个或多个区域,皮肤软组织缺损面积大而浅表,但合并有深部组织缺损;组织重建要求皮瓣质地薄、弹性好、覆盖面积大,同时需要一期重建深部组织缺损;皮瓣常用供区包括股前外侧、髂腹股沟部和小腿外侧,常用术式为血流桥接穿支皮瓣与嵌合穿支皮瓣组合移植或血流桥接-显微削薄穿支皮瓣与显微削薄-嵌合穿

支皮瓣组合移植。

IV型为高功能区跨区皮肤软组织缺损,其临床特点为跨越V区、VI区、VIII区、IX区中的2个或多个区域的皮肤软组织缺损,未累及跟腱、跟骨等深部组织。高功能区V区为跟后区,重建要求皮瓣质地薄、弹性好、有感觉、耐摩擦;高功能区VI区、VIII区、IX区为足底负重区,重建要求皮瓣有一定厚度、稳定性好、有感觉、耐摩擦。用于修复IV型足踝部复杂组织缺损的皮瓣常用供区为小腿和股前外侧。对于跨V区、VI区的创面,常用重建感觉的腓动脉穿支蒂腓肠神经血管皮瓣或重建感觉的显微削薄旋股外侧动脉降支穿支皮瓣(图3)移植修复;

对于跨 V 区、VI 区、VIII 区、IX 区的超长创面,常用重建感觉的联体旋股外侧动脉降支穿支皮瓣移植修复。对于重建 V 区的皮瓣,大多需要同时行显微削薄术。

V 型为单一高功能区皮肤软组织缺损合并深部组织缺损,其临床特点为既有跟后区或足底负重区的皮肤软组织缺损,又合并跟腱、跟骨等深部组织缺损。跟后区 V 区重建要求皮瓣质地薄、弹性好、有感觉、耐摩擦,同时需要一期重建深部组织缺损;皮瓣常用供区为股前外侧,特殊情况亦可选择腹部供区^[15],常用术式为重建感觉的嵌合穿支皮瓣、显微削薄-嵌合穿支皮瓣移植等。足底负重区 VI 区、VIII 区、IX 区重建要求皮瓣有一定厚度、稳定性好、有感觉、耐摩擦,皮瓣常用供区为股前外侧、髂腹股沟部和小腿,常用术式为重建感觉的血流桥接旋股外侧动脉降支穿支皮瓣与吻合血管的髂骨瓣或腓骨瓣组合移植。

VI 型为高功能区跨区皮肤软组织缺损合并深部组织缺损,其临床特征为足跟、足底的皮肤软组织撕脱缺损合并局部深部组织缺损;组织重建要求皮瓣有一定厚度、稳定性好、有感觉、耐摩擦,皮瓣覆盖面积大,同时能一期重建深部组织缺损;皮瓣常用供区为股前外侧,骨瓣常用供区为髂腹股沟部和小腿,常用术式为联体-嵌合旋股外侧动脉降支穿支皮瓣移植和血流桥接-联体旋股外侧动脉降支穿支皮瓣与吻合血管的髂骨瓣或腓骨瓣组合移植。

VII 型为高功能区合并中低功能区皮肤软组织缺损,其临床特点为皮肤软组织缺损累及范围大,同时累及高功能区和中低功能区,但深部组织完好;组织重建要求皮瓣覆盖面积大,中低功能区重建要求皮瓣质地薄、弹性好,高功能区(足底负重区)重建要求皮瓣有一定厚度、稳定性好、有感觉、耐摩擦;皮瓣常用供区包括股前外侧、腹部、肩背部,常用术式为重建感觉的血流桥接旋股外侧动脉

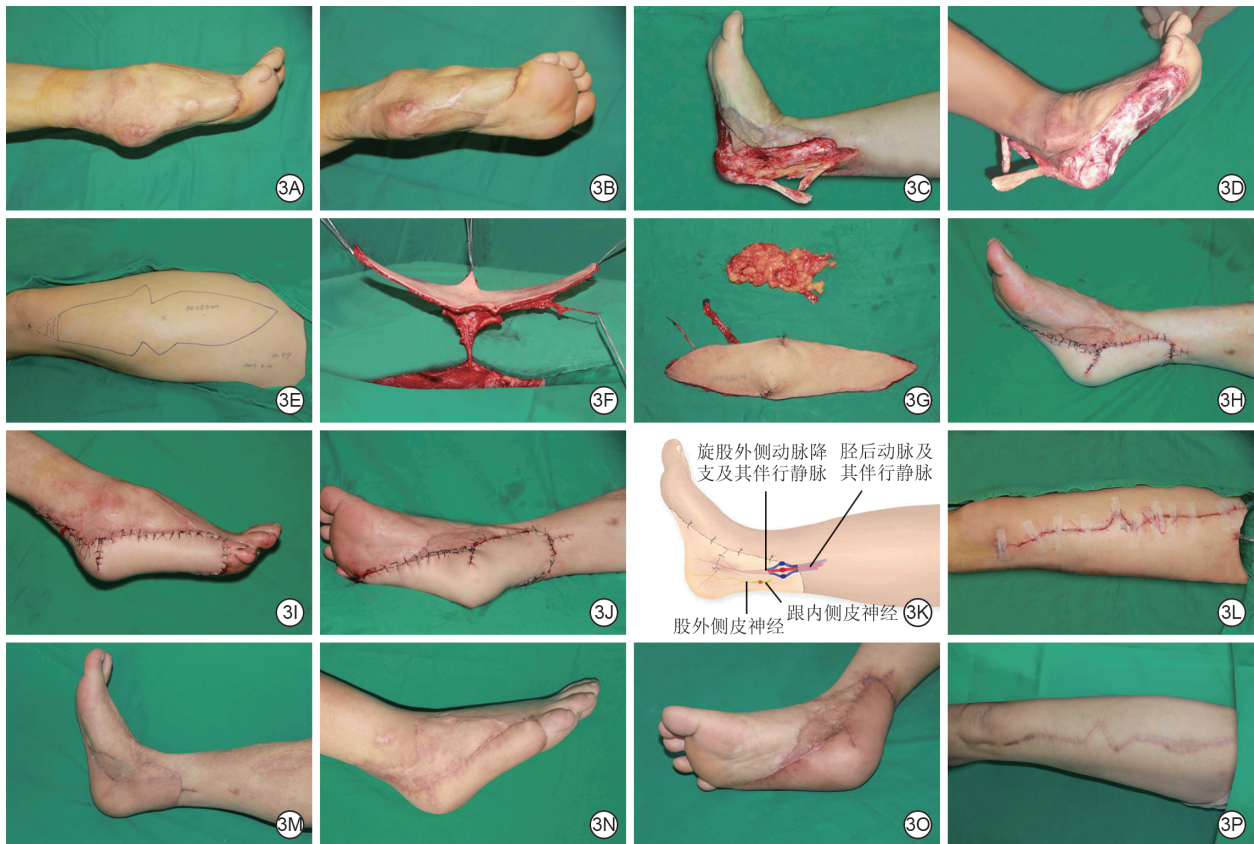


图 3 采用重建感觉的显微削薄旋股外侧动脉降支穿支皮瓣整复患者右足外伤后瘢痕挛缩伴踝关节背伸障碍、足跟溃疡的效果。3A、3B. 分别为瘢痕切除前足外侧观、足底观;3C、3D. 分别为切除瘢痕组织后足内侧观、外侧观,可见皮肤软组织缺损累及 V 区、VI 区、VIII 区,为 IV 型右足踝部复杂组织缺损;3E. 皮瓣设计;3F. 皮瓣切取中;3G. 覆盖跟后区皮瓣去脂后即刻;3H、3I、3J. 分别为皮瓣移植术后即刻足内侧观、足外侧观与足底观,受区外形与血运良好;3K. 皮瓣血液循环重建示意图;3L. 皮瓣供区美容缝合后即刻;3M、3N、3O. 分别为皮瓣移植术后 18 个月足内侧观、足外侧观与足底观,受区外形良好;3P. 术后 18 个月皮瓣供区恢复良好

Figure 3 Effects of a sensate, and microdissected thinned descending branch of the lateral circumflex femoral artery perforator flap in reconstructing post-traumatic right foot scar contracture with ankle dorsiflexion limitation and heel ulceration in a patient

降支穿支皮瓣与显微削薄腹壁下动脉穿支皮瓣、胸背动脉穿支皮瓣或旋肩胛动脉穿支皮瓣组合移植。

VIII型为高功能区合并中低功能区皮肤软组织缺损同时合并深部组织缺损,其临床特点为皮肤软组织缺损面积巨大,同时累及高功能区和中低功能区,且合并深部组织缺损;组织重建要求皮瓣覆盖面积大,中低功能区重建要求皮瓣质地薄、弹性好,高功能区中V区重建要求皮瓣有感觉、质地薄、弹性好,VI区、VIII区、IX区重建要求皮瓣有一定厚度、稳定性好、有感觉、耐磨擦,同时各区均要求一期重建深部组织缺损;皮瓣常用供区包括股前外侧、腹部、肩背部,骨瓣常用供区为髂腹股沟部和小腿,常用术式为重建感觉的血流桥接旋股外侧动脉降支穿支皮瓣与显微削薄腹壁下动脉穿支皮瓣、胸背动脉穿支皮瓣、旋肩胛动脉穿支皮瓣及吻合血管的髂骨瓣或腓骨瓣组合移植。对于特殊创面,可选择行重建感觉的血流桥接-显微削薄-分叶-嵌合旋股外侧动脉降支穿支皮瓣移植(图4)。

IX型为全足皮肤撕脱缺损,其临床特征为I区~IX区的皮肤软组织缺损,创面巨大;组织重建要求多个皮瓣组合移植,中低功能区重建要求皮瓣质地薄、弹性好,高功能区中V区重建要求皮瓣有感觉、质地薄、弹性好,VI区、VIII区、IX区重建要求皮瓣有一定厚度、稳定性好、有感觉、耐磨擦;皮瓣常用供区包括股前外侧、腹部、肩背部,常用术式为双侧

重建感觉的血流桥接旋股外侧动脉降支穿支皮瓣与显微削薄腹壁下动脉穿支皮瓣、胸背动脉穿支皮瓣或旋肩胛动脉穿支皮瓣组合移植。

X型为全足皮肤软组织缺损合并深部组织缺损,其临床特征为创面特别巨大且合并深部组织缺损;组织重建要求在IX型基础上一期重建深部组织缺损;皮瓣常用供区包括股前外侧、腹部、肩背部,骨瓣常用供区包括髂腹股沟部和小腿,常用术式为双侧重建感觉的血流桥接-嵌合旋股外侧动脉降支穿支皮瓣与显微削薄腹壁下动脉穿支皮瓣、胸背动脉穿支皮瓣或旋肩胛动脉穿支皮瓣组合移植,需要骨重建时则同时与吻合血管的髂骨瓣或腓骨瓣组合移植。

4 总结

将足踝部划分为9个区域,依据组织缺损累及区域及合并组织缺损成分将该部位缺损划分为10种临床类型,根据9个区域和10种类型的临床特点与重建要求,可以选择单一特殊形式穿支皮瓣移植或2种及以上特殊形式穿支皮瓣组合移植,实现个性化精准重建,在获得最佳受区功能与外形的同时最大限度减少皮瓣供区损害。建议广大显微重建外科医师掌握好特殊形式穿支皮瓣移植技术,进一步提升足踝部复杂组织缺损的显微重建水平。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突



图4 采用血流桥接-显微削薄-分叶-嵌合旋股外侧动脉降支穿支皮瓣修复患者VIII型右足踝部复杂组织缺损的效果。4A、4B、4C.分别为术前足内侧观、足后侧观、足外侧观,可见皮肤软组织缺损合并部分跟骨缺损,累及II区、IV区、V区、VI区,局部存在深部无效腔;4D.皮瓣设计;4E、4F.分别为皮瓣切取与显微削薄、皮瓣拼接;4G、4H、4I.分别为皮瓣移植术后足内侧观、足底观、足外侧观,受区血运良好;4J.皮瓣血液循环重建示意图;4K.皮瓣供区美容缝合后即刻;4L、4M、4N.分别为皮瓣移植术后24个月足内侧观、足后侧观、足外侧观,受区外形良好;4O.术后24个月皮瓣供区恢复良好

Figure 4 Effects of a flowthrough-microdissected thinned-polyfoliate-chimeric descending branch of the lateral circumflex femoral perforator flap in repairing type VIII complex tissue defects of the right ankle and foot in a patient

参考文献

- [1] 唐举玉,章伟文,张世民,等.特殊形式穿支皮瓣的名词术语与定义[J].中国临床解剖学杂志,2013,31(2):121-122. DOI: 10.13418/j.issn.1001-165x.2013.02.002.
- [2] 唐举玉.特殊形式穿支皮瓣的临床应用教程[J].中华显微外科杂志,2013,36(2):201-205. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2036.2013.02.038.
- [3] 唐举玉,吴攀峰,俞芳,等.特殊类型穿支皮瓣在创伤骨科的临床应用[J].中华创伤杂志,2014,30(11):1085-1088. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2014.11.006.
- [4] 唐举玉,魏在荣,张世民,等.穿支皮瓣的临床应用原则专家共识[J].中华显微外科杂志,2016,39(2):105-106. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2036.2016.02.001.
- [5] 唐举玉,徐达传,徐永清,等.特殊形式穿支皮瓣及其衍生术式命名专家共识[J].中华显微外科杂志,2022,45(1):5-13. DOI: 10.3760/cma.j.cn441206-20220114-00010.
- [6] 唐举玉.特殊形式穿支皮瓣[M].北京:人民卫生出版社,2024.
- [7] Zeiderman MR, Pu LLQ. Contemporary approach to soft-tissue reconstruction of the lower extremity after trauma[J/OL]. Burns Trauma, 2021, 9: tkab024[2026-04-07]. <https://academic.oup.com/burnstrauma/article/doi/10.1093/burnst/tkab024/6330939?searchresult=1>. DOI: 10.1093/burnst/tkab024.
- [8] 金文虎,张子阳,吴祥奎,等.旋股外侧动脉嵌合皮瓣在足踝部复杂创面中的应用[J].中国修复重建外科杂志,2021,35(7):891-895. DOI: 10.7507/1002-1892.202102039.
- [9] 刘安铭,周鑫,欧昌良,等.携带双侧旋髂浅动脉的腹部游离皮瓣修复足踝部大面积皮肤软组织缺损[J].中国修复重建外科杂志,2021,35(7):886-890. DOI: 10.7507/1002-1892.202103023.
- [10] 孙琪博,陈默迪,郇国梁,等.带神经股前外穿支削薄皮瓣修复足踝大面积创面[J].中国矫形外科杂志,2022,30(14):1307-1310. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.14.12.
- [11] 石玲玲,吴进,郭志民,等.游离股前外侧皮瓣修复足底负重区软组织缺损的效果[J].组织工程与重建外科杂志,2023,19(6):541-543,548. DOI: 10.3969/j.issn.1673-0364.2023.06.004.
- [12] 杜轩宇,陈勇,王倩,等.应用顺行和逆行足背皮瓣修复小腿和足部创面[J].组织工程与重建外科杂志,2023,19(4):371-375. DOI: 10.3969/j.issn.1673-0364.2023.04.007.
- [13] 葛成伟,蒋国栋,程俊楠,等.以旋股外侧动脉斜支为蒂并携带阔筋膜肌的股前外侧穿支皮瓣修复手足毁损性创面并重建功能的效果[J].中华烧伤与创面修复杂志,2024,40(9):842-848. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20240508-00163.
- [14] 羊奕杰,仲海燕,崔磊,等.逆行足底内侧皮瓣修复前足底创面后感觉运动功能恢复的远期随访研究[J].组织工程与重建外科杂志,2025,21(4):331-336. DOI: 10.3969/j.issn.1673-0364.2025.04.001.
- [15] 唐举玉.掌握嵌合穿支皮瓣技术进一步提升复合组织缺损重建水平[J].中华烧伤与创面修复杂志,2025,41(1):5-10. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20241106-00435.
- [16] 杨亮,周荣,巨积辉,等.游离双侧股前外侧内增压型串联皮瓣修复足踝部大面积创面的临床疗效[J].中华烧伤与创面修复杂志,2025,41(1):61-69. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-20240508-00164.
- [17] 李海,邓呈亮,肖顺娥,等.旋股外侧动脉嵌合穿支皮瓣修复足踝部复合组织缺损的效果[J].中华烧伤与创面修复杂志,2025,41(4):370-377. DOI: 10.3760/cma.j.cn501225-202402-00045.
- [18] 胡智玉,宋力,周明武,等.串联组合式穿支嵌合组织瓣修复重建足踝部复合组织缺损六例[J].中华显微外科杂志,2021,44(1):68-71. DOI: 10.3760/cma.j.cn441206-20191219-00393.
- [19] 王绍钱,王徽,贾其余.膜诱导技术联合游离超薄股前外侧穿支皮瓣修复足踝部创面的临床疗效分析[J].解放军医学杂志,2025,50(11):1407-1413. DOI: 10.11855/j.issn.0577-7402.1121.2025.0716.
- [20] Hollenbeck ST, Woo S, Komatsu I, et al. Longitudinal outcomes and application of the subunit principle to 165 foot and ankle free tissue transfers[J]. Plast Reconstr Surg, 2010, 125(3):924-934. DOI: 10.1097/PRS.0b013e3181cc9630.