

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4949.2026.12.041

• 综述 •

穿支皮瓣技术在四肢复杂创面及瘢痕修复中的研究现状

刘洋, 贺利成, 戴圆

(中国人民武装警察部队湖南省总队医院烧伤整形科, 湖南 长沙 410006)

[摘要] 四肢复杂创面及瘢痕修复属于整形外科和显微外科领域的重要研究方向, 其干预目的以创面覆盖为主, 同时涉及肢体功能恢复及外观重建。传统植皮和肌皮瓣修复虽然具备一定疗效, 但是存在供区损伤较大、组织臃肿、功能恢复有限及瘢痕挛缩等问题。随着显微外科技术和血管解剖学的发展, 穿支皮瓣技术因具备保留主干血管、供区损伤较小、皮瓣设计灵活、组织匹配度较高等优势, 已成为四肢复杂创面与瘢痕修复的重要方式。近些年, 股前外侧穿支皮瓣、胫后动脉穿支皮瓣、螺旋桨穿支皮瓣等技术被广泛应用, 在创面愈合、肢体功能恢复、美观改善等方面具有优势。本文针对穿支皮瓣技术在四肢复杂创面和瘢痕修复中的应用现状进行综述, 重点探讨其临床应用特点、技术优势和未来进展, 为相关临床治疗和研究提供参考。

[关键词] 穿支皮瓣; 四肢复杂创面; 瘢痕修复; 显微外科; 组织重建

[中图分类号] R658

[文献标识码] A

[文章编号] 1004-4949 (2026) 12-0163-04

Research Status of Perforator Flap Technique in the Repair of Complex Extremity Wounds and Scars

LIU Yang, HE Licheng, DAI Yuan

(Department of Burn and Plastic Surgery, Hunan Provincial Corps Hospital of the Chinese People's Armed Police Force, Changsha 410006, Hunan, China)

[Abstract] The repair of complex extremity wounds and scars is an important research direction in the fields of plastic surgery and microsurgery, which aims to achieve wound coverage, as well as limb function recovery and appearance reconstruction. Although conventional skin grafting and musculocutaneous flap repair have certain curative effects, they are associated with obvious deficiencies including severe donor site injury, bulky tissue appearance, limited functional recovery and scar contracture. With the development of microsurgical techniques and vascular anatomy, perforator flap technique has become a crucial method for the repair of complex extremity wounds and scars due to its superiorities of preserving main blood vessels, minimizing donor site damage, flexible flap design and high tissue matching degree. In recent years, various perforator flap techniques, such as anterolateral thigh perforator flap, posterior tibial artery perforator flap and propeller perforator flap, have been widely applied, achieving favorable effects in wound healing, limb functional recovery and aesthetic improvement. This paper reviews the application status of perforator flap technique in the repair of complex extremity wounds and scars, focusing on its clinical application characteristics, technical advantages and future research progress, so as to provide references for relevant clinical treatment and related research.

[Key words] Perforator flap; Complex extremity wounds; Scar repair; Microsurgery; Tissue reconstruction

穿支皮瓣技术(perforator flap technique)属于近年来显微外科与整形修复外科领域发展较快的重要组织重建技术, 其以穿支血管为供血基础, 在保留主干血管及肌肉组织完整性的前提下完成

皮瓣切取与移植, 具备供区损伤小、组织利用率高、血供可靠、外观修复效果良好等优势^[1]。随着交通事故、高能量损伤、烧伤烫伤、糖尿病足等疾病发生率不断提高, 四肢复杂创面的临床

治疗需求也在随之提升。复杂创面往往带有皮肤、软组织、肌腱等组织,部分患者还存在感染、血供障碍、组织坏死等状况,不仅会对创面的愈合造成影响,还容易出现肢体功能障碍和外观缺损。对此,如何有效覆盖创面并促进功能恢复、重建美观度成为了整形外科和显微修复外科的重要研究方向^[2]。随着相关技术的发展,穿支皮瓣技术逐渐应用于四肢复杂创面和瘢痕修复中,这一技术以穿支血管为基础,在保留主干血管、肌肉组织的前提下进行组织转移,具备供区损伤较小、血供稳定、组织匹配度较高、皮瓣设计灵活等技术优势,在上肢、下肢、足踝部等复杂创面的修复中具备良好的局部功能、外观修复优势^[3]。本文围绕穿支皮瓣的定义与分类、在四肢复杂创面、瘢痕修复中的应用现状以及技术优势与局限性等情况,总结临床应用价值及研究进展,以期对相关领域临床实践和技术发展提供参考。

1 穿支皮瓣的定义及分类

穿支皮瓣主要是指源于深部主干血管的穿支血管为基础供血,在保留主干血管和部分肌肉组织完整性的基础上设计并转移皮瓣。穿支血管穿过肌肉、肌间隔、筋膜之后达到皮肤和皮下组织,从而为局部组织供血。和传统肌皮瓣相比,穿支皮瓣可以最大程度减少供区损伤,同时能够达到创面修复后的功能和美学效果,所以近些年在整形修复外科中有着相对广泛的应用^[4]。

按照穿支血管的走行方向,穿支皮瓣可以分为肌皮穿支皮瓣、肌间隔穿支皮瓣、直接皮穿支皮瓣。肌皮穿支血管需要穿越肌肉组织之后达到皮肤,血供更加丰富,但是解剖分离的难度相对较高^[5]。肌间隔穿支血管可以根据肌间隔的走行,解剖层次更加清晰,操作也更加方便。直接皮穿支血管不需要经过肌肉便可以达到皮肤,解剖的损伤更小。按照转移方向的差异,穿支皮瓣可以划分为游离穿支皮瓣、带蒂穿支皮瓣、螺旋桨穿支皮瓣等类型^[6]。从技术优势来看,游离穿支皮瓣更适用于大面积复杂创面修复,带蒂穿支皮瓣更适用于邻近区域缺损覆盖,螺旋桨穿支皮瓣具备旋转灵活、供区损伤小等优势。

2 穿支皮瓣在四肢复杂创面修复中的应用

2.1 上肢复杂创面的修复 手部、前臂区等上肢区域的解剖结构相对复杂,功能更加精细,对于感觉和活动度要求较高。针对创面、烧伤、感染等因素所导致的软组织缺损,如果缺少肌腱、神经、骨组织外露,传统植皮往往无法达到理想的修复效果。穿支皮瓣因为组织较薄、柔软度较好、血液供应稳定等优势在上肢复杂创面修复中有着明显的优势^[7]。

有研究认为^[8, 9],对于手部创面修复而言,穿支皮瓣不仅可以达到创面覆盖效果,还能够更好地恢复手部外形和功能,股前外侧穿支皮瓣、前臂穿支皮瓣、尺动脉穿支皮瓣等技术均可用于手部和腕部的缺损修复。在肘部、前臂大面积软组织缺损修复方面,游离穿支皮瓣能够提供较充足的组织量并能够有效减少供区功能损伤,对于肌腱、钢板及血管神经外露的复杂创面具有较好的修复价值。

2.2 下肢复杂创面的修复 胫前、踝部、足部软组织等下肢部位相对薄弱,血供条件较差,复杂创面修复难度更大。传统肌皮瓣虽然具备丰富血供,但是存在组织臃肿、供区损伤明显等问题,穿支皮瓣能够在保证血供的基础上减少组织冗余,能够更好地满足下肢功能、外观修复的需求^[10]。

胫后动脉穿支皮瓣和腓动脉穿支皮瓣属于当前下肢修复中应用最多的干预方法,其中胫后动脉穿支皮瓣血供更加稳定,可以更好地应用于踝部、跟部、小腿下段创面修复。腓动脉穿支皮瓣具备旋转范围大、供区隐蔽等优势,可以应用于足背、足跟部复杂创面的覆盖^[11]。对于伴有骨外露、钢板外露、慢性感染的创面,穿支皮瓣能够改善局部血供,可以有效促进感染控制及组织愈合。

近年来,螺旋桨穿支皮瓣在下肢创面修复中的应用逐渐增多,这一手术方式优势在于不需要吻合血管,能够以穿支血管为轴进行旋转覆盖创面,操作更加简便,能够有效减少供区损伤及手术时间,对于中小面积创面具备较好修复效果^[12]。

2.3 慢性难愈性创面的修复 糖尿病足、慢性感染创面、放射性损伤创面等慢性难愈性创面往往伴有局部血供不足、组织修复能力下降、反复感染

等问题,传统治疗方法疗程相对较长,存在较高截肢风险。穿支皮瓣能够通过提供新的血液供应改善局部微循环,为创面愈合创造条件,所以在慢性难愈性创面修复中具有重要应用价值^[13]。

在糖尿病足修复方面,穿支皮瓣不仅能够覆盖缺损组织,还能够有效改善局部缺血状态,以此降低感染扩散的风险^[14]。对于长期感染、骨髓炎患者而言,术前充分清创与穿支皮瓣修复的结合应用能够有效促进创面稳定愈合并减少复发。另外,对于放射性损伤创面,局部组织纤维化严重、血供较差,穿支皮瓣可以更好地引入到健康组织中,以此提供稳定血供,从而提高修复成功率^[15]。

随着显微外科技术不断发展,穿支皮瓣在复合组织缺损修复中的应用范围也逐渐扩大。既往研究认为^[16],骨组织、肌腱、神经重建的联合复合穿支皮瓣技术的应用能够明显提高肢体保留率及功能恢复效果,可以为复杂创面治疗提供新的发展方向。

3 穿支皮瓣在瘢痕修复中的应用

3.1 瘢痕挛缩畸形修复 瘢痕挛缩属于烧伤、创伤、术后愈合期间比较常见的并发症,在关节周围时可能会导致肢体活动受限及功能障碍。传统瘢痕切除与植皮的结合虽然能够在一定程度上改善局部外观,但是因为植皮组织弹性较差,术后容易出现再次挛缩及功能受限等问题。穿支皮瓣的血供丰富、组织弹性较好、抗挛缩能力较强,所以在瘢痕挛缩修复中有着相对广泛的应用。对于手部、肘部、膝部、踝部等功能区的瘢痕挛缩,穿支皮瓣不仅可以提供稳定软组织覆盖,还能够改善局部组织延展性,从而促进关节活动功能恢复,这一结论已有研究得到论证^[17, 18]。

3.2 功能与美学重建 伴随着整形修复理念持续发展,单纯创面闭合处理方式依然无法满足复杂创面和瘢痕修复需求,功能恢复和美学效果的需求越发明显。穿支皮瓣因为组织薄、柔软度较好、颜色质地匹配度较高等优势能够满足功能和外观重建的需求。既往研究认为^[19],在四肢暴露部位修复期间,穿支皮瓣能够有效减少传统肌皮瓣术后臃肿感,局部外形更加自然,通过超薄皮瓣修

整技术能够进一步改善术后轮廓和肢体协调性。对于部分带有感觉缺失的患者而言,能够通过引入感觉神经吻合技术促进感觉的恢复,以此提高患者功能水平。另外,部分游离穿支皮瓣在修复期间能够达到肌腱、神经、骨组织的重建,对复杂复合组织缺损的修复效果较好。

3.3 术后瘢痕管理 术后瘢痕管理对于提升穿支皮瓣修复效果以及降低并发症风险有着重要作用。虽然穿支皮瓣可以降低瘢痕增生的风险,但是术后仍然可能会出现局部色素沉着、瘢痕增生、轻度挛缩等问题,所以规范化干预仍然非常重要。当前瘢痕管理措施主要是以压力治疗、外用硅凝胶、激光治疗、功能康复训练为主,其中压力治疗可以有效减少局部毛细血管扩张和胶原过度增生,以此减少瘢痕肥厚程度^[20]。

4 穿支皮瓣技术的优势与局限性

4.1 技术优势 穿支皮瓣技术在显微外科和血管解剖学基础上发展而来的修复技术,相对于传统植皮和肌皮瓣修复而言在功能恢复、美学重建方面优势明显。首先,穿支皮瓣能够在保留主干血管和肌肉组织完整性的同时实现组织转移,从而降低供区功能损伤,避免术后并发症风险。对于下肢这一类负重区域保留主要血管对于维持肢体远端供血有着重要意义。其次,穿支皮瓣血供相对稳定,可以根据创面的大小、形态、位置等进行个性化设计,灵活性较高,在复杂创面修复中皮瓣可以实现精准覆盖,以此减少组织浪费。

4.2 技术局限性 穿支皮瓣技术虽然发展速度快,但是仍然存在一定局限性。首先,穿支血管的解剖变异性较大,不同的患者血管位置、口径、走行等方面均存在差异,这也间接提升了术前设计和术中分离操作的难度。其次,穿支皮瓣手术的操作相对复杂,手术时间较长,对于显微外科设备和团队协作技术要求较高,在修复期间血管吻合技术会直接影响皮瓣存活率,所以在基层医院和技术条件相对有限的地区推广难度较大。

5 总结

穿支皮瓣属于现代显微修复外科的重要构成部分,在四肢复杂创面、瘢痕修复方面具备较高

的应用优势,能够在保留主干血管、减少供区损伤的情况下覆盖创面,可以兼顾肢体功能恢复和美学重建的需求。近些年随着显微外科技术、数字化影像技术的发展,穿支皮瓣在复杂创面修复方面的适应范围不断提升,术后疗效和安全性也得到提高。当前穿支皮瓣技术仍然存在血管解剖变异较大、手术操作难度较高、长期循证依据不足等问题,今后可以进一步加强穿支血管的解剖学研究,构建规范化手术方案设计和疗效评价体系,尝试结合数字化、人工智能等新型技术,以此推动穿支皮瓣向着个性化、精准化、功能化方向发展,从而进一步提高修复效果,改善患者生活质量。

[参考文献]

- [1]张卫东,张伟,余刚,等.腓肠内侧动脉穿支皮瓣游离移植修复手足电烧伤创面的效果[J].中华烧伤与创面修复杂志,2025,41(4):386-393.
- [2]牛雪涛,赵举辉,何晓,等.足底外侧动脉第5跖骨穿支皮瓣修复前足外侧创面的效果[J].中华烧伤与创面修复杂志,2025,41(4):364-369.
- [3]陈占斌,石荣剑,曹广超,等.游离腓肠内侧动脉穿支皮瓣美学修复足部创面10例[J].中华显微外科杂志,2025,48(5):505-510.
- [4]罗桦杰,王锦辉,余卓安,等.负压创面治疗技术辅助游离股前外侧穿支皮瓣修复四肢软组织缺损[J].中华显微外科杂志,2025,48(2):156-160.
- [5]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.
- [6]王正理,张天浩,王之江,等.踝前穿支蒂跨区供血皮瓣的设计与临床应用[J].中国临床解剖学杂志,2020,38(2):146-149.
- [7]吴贞天,沈文川,汤俊,等.穿支皮瓣修复大面积烧伤后瘢痕挛缩的临床效果观察[J].转化医学杂志,2025,14(7):141-144.
- [8]郑华梁,王润龙,陈立明,等.自由穿支皮下带蒂皮瓣修复足踝部创面的临床疗效[J].医学理论与实践,2025,38(19):3323-3326.
- [9]杜伟力,熊枫,车可心,等.多种特殊形式旋股外侧动脉降支穿支皮瓣修复腕部高压电烧伤创面的临床效果[J].中华烧伤与创面修复杂志,2025,41(1):18-27.
- [10]阿不来提·阿不拉,古丽阿依夏木·赛买提,程二林,等.带蒂尺动脉腕上穿支皮瓣在修复腕部软组织缺损中的应用[J].创伤外科杂志,2025,27(9):671-674.
- [11]张楚林,周泽,王怀胜.自由穿支皮瓣转移修复臀骶部III、IV期压疮的临床研究[J].中国美容医学,2025,34(10):55-58.
- [12]唐怀龙,谢久虎,吴信举,等.股前外侧嵌合穿支肌皮瓣在修复下肢软组织缺损合并深部死腔创面中的应用[J].实用手外科杂志,2025,39(3):275-279.
- [13]李海,邓呈亮,肖顺娥,等.腓肠内侧动脉穿支皮瓣联合“星形”膈窝瘢痕松解改善儿童膈窝瘢痕挛缩畸形的临床疗效[J].中国美容整形外科杂志,2025,36(7):404-407.
- [14]华振,荆银磊,戴炜,等.游离股前外侧穿支皮瓣与旋股外侧动脉降支组织瓣移植治疗糖尿病足的效果比较[J].国际医药卫生导报,2024,30(10):1638-1642.
- [15]蒋玲丽,李海,魏在荣,等.股前外侧嵌合穿支皮瓣修复糖尿病足溃疡创面[J].中华显微外科杂志,2021,44(2):141-145.
- [16]潘丁,唐举玉,俞芳,等.游离桡侧副动脉嵌合穿支皮瓣修复腓甲瓣供区复合组织缺损[J].中国修复重建外科杂志,2022,36(2):254-256.
- [17]薛佳杰,王耀军,任忠亮,等.Flow-through旋股外侧动脉降支穿支皮瓣在上肢高压电击伤保肢治疗中的应用[J].中国临床解剖学杂志,2021,39(6):707-710.
- [18]唐举玉,孙念哲,吴攀峰,等.股前外侧穿支皮瓣的个性化精准设计:十年1079例临床疗效分析[J].中国临床解剖学杂志,2024,42(5):510-516.
- [19]姚春香,赵凤娥,赵淑芳,等.穿支皮瓣修复四肢皮肤软组织缺损临床护理路径模式的应用效果[J].实用手外科杂志,2022,36(2):276-278.
- [20]霍达.双侧股前外侧穿支皮瓣联合移植修复四肢大面积皮肤软组织缺损的临床研究[D].长春:吉林大学,2021.

收稿日期: 2026-5-14 编辑: 张孟丽