

# 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

王绍钱<sup>1</sup>, 王徽<sup>1</sup>, 贾其余<sup>2</sup>

<sup>1</sup>合肥市第二人民医院显微手足修复重建科, 安徽合肥 230031; <sup>2</sup>合肥市第二人民医院骨科, 安徽合肥 230031

[临床试验注册号] ChiCTR2500104224

[中图分类号] R658.3

[文献标志码] A

[DOI] 10.11855/j.issn.0577-7402.1121.2025.0716

[声明] 本文所有作者声明无利益冲突

[引用本文] 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.

[收稿日期] 2024-07-24

[录用日期] 2024-09-09

[上线日期] 2025-07-16

**[摘要]** **目的** 探讨膜诱导技术(Masquelet)联合游离超薄股前外侧穿支皮瓣(ALTP)在修复足踝部创面中的应用效果。**方法** 本研究为前瞻性研究。选取2022年1月—2023年6月合肥市第二人民医院收治的63例足踝部创面合并骨缺损患者, 随机分为对照组( $n=32$ )与研究组( $n=31$ ), 对照组采用传统植骨术联合超薄ALTP治疗, 研究组采用Masquelet技术联合超薄ALTP治疗。收集两组临床资料, 比较两组术后6、12个月皮瓣疗效、骨愈合情况、踝关节功能情况及日常生活能力。术后随访至少12个月, 比较两组并发症发生情况。**结果** 两组年龄、性别、受伤原因、受伤部位、创面面积等临床资料比较差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。截至随访结束, 中位随访时间为17(12~28)个月, 术后12个月随访率为100.0%。研究组与对照组皮瓣存活率比较差异无统计学意义[100.0%(31/31) vs. 87.5%(28/32),  $P=0.129$ ]。两组术后6个月创面愈合、皮瓣感觉、皮瓣形态、皮瓣温度、供区瘢痕优良率, 以及术后12个月创面愈合、皮瓣温度、供区瘢痕优良率和骨愈合优良率比较差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。研究组术后6个月骨愈合优良率, 术后12个月皮瓣感觉、皮瓣形态优良率, 以及术后6、12个月美国足踝骨科协会(AOFAS)、日常生活能力评定量表(ADL)评分均明显高于对照组( $P<0.05$ )。研究组术后12个月并发症发生率明显低于对照组( $P<0.05$ )。**结论** Masquelet技术联合超薄ALTP修复足踝部创面有助于皮瓣存活、骨愈合以及踝关节功能恢复, 可提升患者日常生活能力, 降低术后并发症发生率。

**[关键词]** 足踝部创面; 游离超薄股前外侧穿支皮瓣; 膜诱导技术

## Clinical efficacy of membrane induction technique combined with free ultrathin anterolateral thigh perforator flap for reconstruction of foot and ankle wounds

Wang Shao-Qian<sup>1</sup>, Wang Hui<sup>1</sup>, Jia Qi-Yu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Microscopic Hand and Foot Repair and Reconstruction Surgery, <sup>2</sup>Department of Orthopedics, Hefei Second People's Hospital, Hefei, Anhui 230031, China

This work was supported by the Bengbu Medical College Natural Science Key Project (2023byzd253)

**[Abstract]** **Objective** To investigate the clinical efficacy of membrane induction technique (Masquelet) combined with free ultrathin anterolateral thigh perforator flap (ALTP) in reconstructing foot and ankle wounds. **Methods** This is a prospective study. Sixty-three patients with foot and ankle wounds complicated with bone defects admitted to Hefei Second People's Hospital from January 2022 to June 2023 were selected and randomly divided into control group ( $n=32$ ) and study group ( $n=31$ ). Control group was treated with traditional bone grafting combined with ultrathin ALTP, while study group was treated with Masquelet technique combined with ultrathin ALTP. Clinical data of both groups were collected, and flap efficacy, bone healing, ankle joint function, and daily living ability were compared at 6 and 12 months after surgery. The incidence of complications was compared between the two groups after 12 months of postoperative follow-up. **Results** There were no statistically significant differences in clinical data such as

[基金项目] 蚌埠医学院自然科学重点项目(2023byzd253)

[作者简介] 王绍钱, 硕士研究生, 副主任医师, 主要从事手足修复重建方面的研究

age, gender, cause of injury, injury site, and wound area between the two groups ( $P>0.05$ ). By the end of follow-up, the median follow-up time was 17 (12-28) months, and the follow-up rate at 12 months after surgery was 100.0%. There was no statistically significant difference in flap survival rate between study group and control group [100.0% (31/31) vs. 87.5% (28/32),  $P=0.129$ ]. There were no statistically significant differences in the excellent and good rates of wound healing, flap sensation, flap morphology, flap temperature, donor site scar at 6 months after surgery, as well as wound healing, flap temperature, donor site scar, and bone healing at 12 months after surgery between the two groups ( $P>0.05$ ). The excellent and good rates of bone healing at 6 months after surgery, the excellent and good rates of flap sensation and flap morphology at 12 months after surgery, and the scores of American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) and Activities of Daily Living (ADL) scale at 6 and 12 months after surgery in study group were significantly higher than those in control group ( $P<0.05$ ). The incidence of complications in study group at 12 months after surgery was significantly lower than that in control group ( $P<0.05$ ). **Conclusion** Masquelet technique combined with ultrathin ALTP in reconstructing foot and ankle wounds is beneficial to flap survival, bone healing, and recovery of ankle joint function, which can improve patient's daily living ability and reduce the incidence of postoperative complications.

**[Key words]** foot and ankle wounds; free ultrathin anterolateral thigh perforator flap; membrane induction technique

足踝部创面指发生在足部和踝关节区域的皮肤和软组织损伤,涉及皮肤表层或深达肌肉、骨骼,甚至影响关节和韧带<sup>[1]</sup>。足踝部创面形成原因复杂多样,主要包括外伤、糖尿病足、压力性溃疡、血管疾病等<sup>[2]</sup>。研究发现,传统植骨通常需从患者身体其他部位获取骨组织,会在供骨区造成额外的创伤,导致疼痛、感染、血肿、神经损伤等并发症<sup>[3-4]</sup>。若患者骨缺损较大,手术治疗时往往难以从供骨区获取足量的骨组织,骨量不足则影响骨愈合和功能恢复。游离超薄股前外侧穿支皮瓣(anterolateral thigh perforator flap, ALTP)和膜诱导技术(Masquelet)是修复足踝部创面的两种重要方法<sup>[5]</sup>。超薄ALTP采取显微镜下削薄、多穿支分叶等方法改良股前外侧皮瓣,可达到修复多个洞穿型创面的目的,还可改善传统股前外侧皮瓣臃肿的缺点,具有供区损伤小、手术操作简便、血管蒂长、可切取面积大等优点,在修复足踝部创面中具有较高的应用价值<sup>[6]</sup>。Masquelet技术是一种基于膜诱导的骨再生技术,具有手术创伤小、术后恢复快、成功率高等优点,在修复足踝部骨缺损方面具有较好的临床效果<sup>[7-8]</sup>。Masquelet技术以骨水泥占位引发异物反应生成诱导膜,该膜中富含多种细胞,具备良好的血运功能,可作为机械屏障阻止软组织长入,同时还可分泌骨生长因子,在植入自体松质骨后发挥促进骨传导、骨诱导及骨生成的作用<sup>[9]</sup>,为新骨形成提供支架与细胞来源,促进骨缺损的再生修复。传统植骨方法往往单独针对皮肤软组织或骨缺损进行治疗,Masquelet技术的骨再生与超薄ALTP的软组织修复联合应用有望实现同步修复,提高治疗的整体性和有效性,为足踝部复杂创面的修复提供一种新型治疗方案。基于此,本研究将Masquelet技术与超薄ALTP相结合,旨在探讨其应用于足踝部创面的修复效果,以期为临床治疗提供参考依据。

## 1 资料与方法

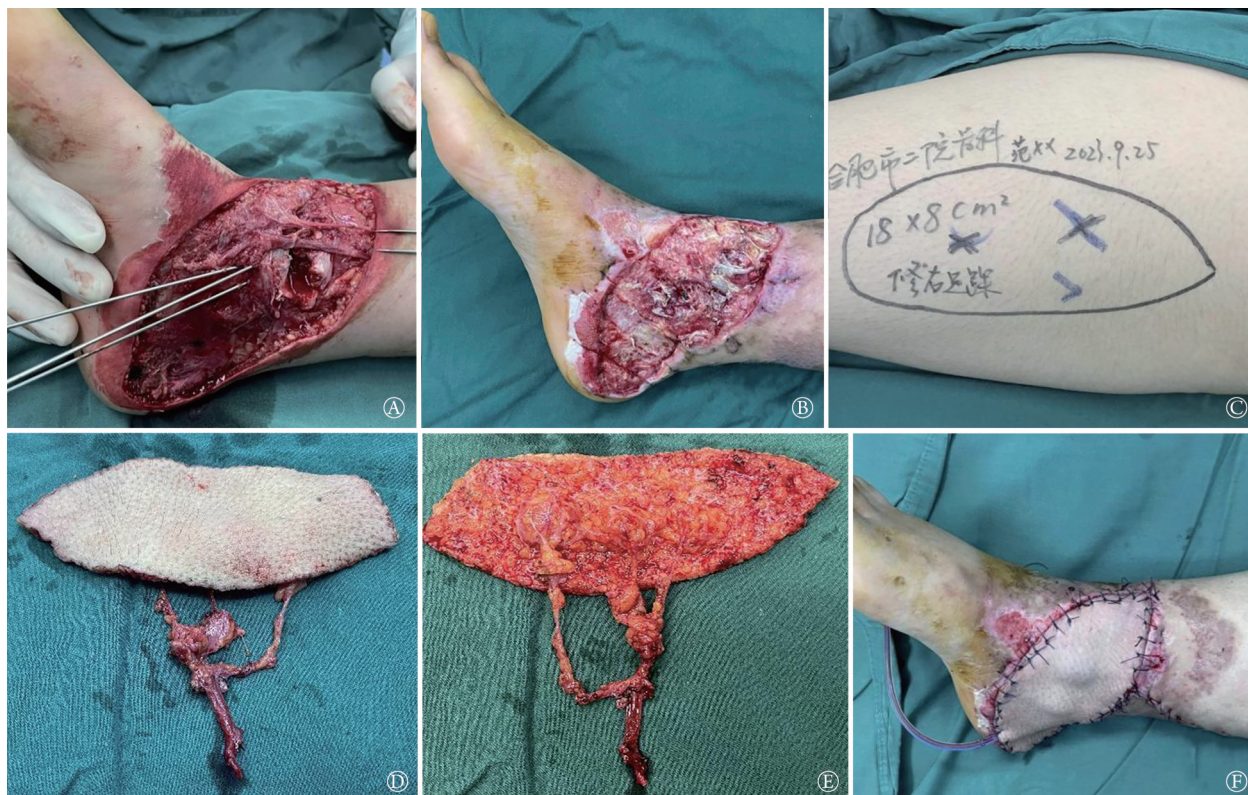
**1.1 研究对象** 本研究为前瞻性研究(临床试验注册号:ChiCTR2500104224)。选取2022年1月—2023年6月合肥市第二人民医院收治的63例足踝部创面合并骨缺损患者,按照随机数字表法分为对照组( $n=32$ )与研究组( $n=31$ )。纳入标准:(1)足踝部大面积软组织缺损,无法应用单纯植皮处理;(2)经影像学检查诊断为合并骨缺损;(3)年龄27~65岁。排除标准:(1)合并重要脏器功能障碍、糖尿病控制不良等全身性疾病;(2)合并恶性肿瘤或正在接受化疗、放疗;(3)其他部位存在活动性感染;(4)对本研究使用的药物或材料过敏;(5)凝血功能异常;(6)供区皮肤条件差,无法覆盖创面;(7)合并其他部位创伤。所有患者自愿签署知情同意书,本研究通过合肥市第二人民医院伦理委员会审批(2024-科研-079)。

**1.2 治疗方法** 研究组采用Masquelet技术联合超薄ALTP治疗。(1)I期:协助患者取平卧位或侧卧位,行腰硬联合麻醉并使用止血带控制出血量,切开皮肤及皮下组织,暴露创面缺损区域后进行清创治疗。按照比例充分混合万古霉素与聚甲基丙烯酸甲酯(polymethylmethacrylate, PMMA)骨水泥(德国贺利氏医疗有限公司,国械注进20143136033;每40g骨水泥中加入3g万古霉素),将混合均匀的材料倒入模具中,凝固后植入骨缺损处,使用1500AB型封闭负压引流(VSD)设备(山东威高集团医用高分子制品股份有限公司)引流5~7d。(2)II期:I期术后1~2周应用多普勒超声诊断仪(南京左右脑医疗科技集团有限公司,型号Digi-Lite IP)确定股前外侧皮瓣穿支血管部位,设计分叶皮瓣,切取皮瓣并游离血管蒂,显微镜下削薄皮瓣,若需分叶则切断为独立分叶皮瓣,确认血运后结扎离断血管蒂,移植皮瓣至受区缝合固定,吻合动静脉及神经,冲洗术区,放置负压引流并缝合切口。I期术后6~8周,患者取平卧位或侧

卧位，行腰硬联合麻醉，使用止血带控制出血，逐层切开皮肤以暴露骨缺损部位，切开骨水泥表面的类骨膜物质移除骨水泥，同时清除周围硬化区域，以促进血液流动。从髂骨处取适量的骨头，将其修剪成颗粒状后植入骨缺损处的诱导膜内，填充并压实骨缺损空腔后缝合诱导膜，放置引流管，缝合切口。手术过程如图1所示。

对照组采用传统植骨术联合超薄ALTP治疗。(1) I期：患者于健侧卧位行腰硬联合麻醉后转仰卧位，对足踝部位消毒铺巾，使用驱血带对足踝部位驱血后

绑止血带，清创至创缘、骨端出现新鲜血液，清除感染软组织和坏死硬化骨质，用医用脉冲冲洗器和生理盐水冲洗创面，以封闭负压引流泡沫材料填充骨缺损部位并封闭创面维持负压引流。(2) II期：创面出现新鲜肉芽后(约2周)植骨，取自体髂前或髂后上棘作为植骨所用骨块，将骨块修剪成适合骨缺损的形状和大小并将其填充到骨缺损部位，术后负压引流并进行抗感染治疗。超薄ALTP治疗方法同研究组。术后密切观察两组患者的生命体征和皮瓣的血液循环情况，定期更换敷料，保持创面清洁。



A. I期手术清创，创面处开窗(约18cm×8cm)，病灶清除；B. 植入聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)骨水泥；C. 皮瓣设计；D、E. 皮瓣切取完成；F. 皮瓣修复术后即刻

图1 膜诱导技术(Masquelet)联合超薄股前外侧穿支皮瓣(ALTP)手术过程

Fig.1 Membrane induction technique (Masquelet) combined with ultra-thin anterolateral thigh perforator flap (ALTP) procedure

**1.3 观察指标** (1)临床资料，包括年龄、性别、受伤原因(高空坠落、交通事故、机械损伤)、受伤部位(足、足踝)、创面面积等。(2)皮瓣疗效。术后6、12个月，根据文献[10]制定的疗效满意度评分表对创面愈合、皮瓣感觉、皮瓣形态、皮瓣温度及供区瘢痕等5个方面进行评估，分为4个等级：优，2分；良，1分；可，0分；差，-1分。分数越高表明皮瓣疗效越好。优良率(%)=(优+良)例数/总例数×100%。(3)骨愈合情况。术后6、12个月，采用Paley评分标准<sup>[11]</sup>评估X线片中骨的愈合情况：优，骨愈合良好，骨痂形成完整，无畸形愈合；良，骨愈合尚可，骨痂形成大部分完整，有轻微畸形愈合；一般，骨愈

合不佳，骨痂形成不完整，有明显畸形愈合；差，骨未愈合，骨痂形成极少或无。计算优良率。(4)踝关节功能恢复情况。术后6、12个月，采用美国足踝骨科协会(American Orthopaedic Foot & Ankle Society, AOFAS)踝与后足功能评分<sup>[12]</sup>评估，包括疼痛、功能和稳定性3个方面，总分为100分，评分越高表明踝关节功能恢复越好。(5)日常生活能力。术后6、12个月，采用日常生活能力评定量表(activities of daily living, ADL)<sup>[13]</sup>评估，涉及做家务、服药、吃饭、穿衣、梳头、刷牙等方面，满分为100分，分数越高表明日常生活能力越好。(6)并发症发生情况。由医护人员通过电话、门诊复诊的方式对患者

术后恢复情况进行随访，随访时间为从手术开始至术后至少12个月，截至2024年6月30日，记录骨愈合延迟、切口感染、皮瓣部分坏死、踝关节僵硬的发生情况。

**1.4 统计学处理** 采用SPSS 22.0软件进行统计分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示，组间比较采用独立样本或配对样本 $t$ 检验；不符合正态分布的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示，组间比较采用Mann-Whitney  $U$ 检验；计数资料以例(%)表示，组间比较采用校正 $\chi^2$ 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 两组临床资料比较** 两组年龄、性别、受伤原因、受伤部位、创面面积等临床资料比较，差异均无统计学意义( $P>0.05$ ，表1)。

**2.2 两组皮瓣疗效比较** 截至随访结束，中位随访时间为17(12~28)个月，术后12个月的随访率为100.0%。随访结果显示，研究组与对照组皮瓣存活率比较差异无统计学意义[100.0%(31/31) vs. 87.5%(28/32)，校正 $\chi^2=3.303$ ， $P=0.129$ ]。术后6个月，两组创面愈合、皮瓣感觉、皮瓣形态、皮瓣温度及供区瘢痕优良率比较，差异均无统计学意义( $P>0.05$ )；术后12个月，研究组皮瓣感觉、皮瓣形态优良率均

表1 两组足踝部创面合并骨缺损患者临床资料比较

Tab.1 Comparison of the general data of two groups of patients with foot and ankle trauma combined with bone defects

指标	对照组(n=32)	研究组(n=31)	$\chi^2/t$	P
年龄(岁, $\bar{x}\pm s$ )	36.6 $\pm$ 4.3	37.3 $\pm$ 4.5	0.619	0.538
性别[例(%)]			0.207	0.649
男	21(65.6)	22(71.0)		
女	11(34.4)	9(29.0)		
受伤原因[例(%)]			0.494	0.781
高空坠落	5(15.6)	7(22.6)		
交通事故	18(56.3)	16(51.6)		
机械损伤	9(28.1)	8(25.8)		
受伤部位[例(%)]			0.129	0.719
足	20(62.5)	18(58.1)		
足踝	12(37.5)	13(41.9)		
创面面积( $\text{cm}^2$ , $\bar{x}\pm s$ )	4.32 $\pm$ 1.24	4.54 $\pm$ 1.32	0.682	0.498

对照组采用传统植骨术联合超薄股前外侧穿支皮瓣(ALTP)治疗；研究组采用Masquelet技术联合超薄ALTP治疗

高于对照组( $P<0.05$ )，两组创面愈合、皮瓣温度、供区瘢痕优良率比较，差异均无统计学意义( $P>0.05$ ，表2)。一例43岁男性患者接受Masquelet技术联合超薄股前外侧穿支皮瓣(ALTP)治疗术后6、12个月随访皮瓣恢复情况如图2所示。

表2 两组足踝部创面合并骨缺损患者皮瓣疗效比较[例(%)]

Tab.2 Comparison of flap efficacy between two groups of patients with foot and ankle trauma combined with bone defects [n(%)]

组别	术后6个月					术后12个月				
	创面愈合	皮瓣感觉	皮瓣形态	皮瓣温度	供区瘢痕	创面愈合	皮瓣感觉	皮瓣形态	皮瓣温度	供区瘢痕
对照组(n=32)	24(75.0)	23(71.9)	22(68.8)	23(71.9)	21(65.6)	29(90.6)	26(81.3)	25(75.8)	27(84.4)	26(81.3)
研究组(n=31)	27(87.1)	27(87.1)	25(80.7)	26(83.9)	25(80.6)	31(100.0)	31(100.0)	30(96.8)	30(96.8)	28(87.5)
$\chi^2$	1.494	2.228	1.176	1.311	1.803	1.334	4.433	4.233	1.555	0.474
P	0.222	0.136	0.278	0.252	0.179	0.248	0.035	0.040	0.212	0.491

对照组采用传统植骨术联合超薄ALTP治疗；研究组采用Masquelet技术联合超薄ALTP治疗

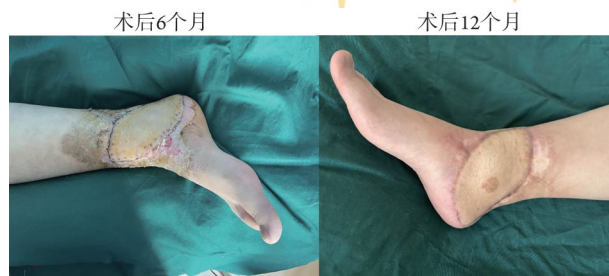


图2 一例43岁男性患者接受Masquelet技术联合超薄股前外侧穿支皮瓣(ALTP)治疗术后6、12个月随访皮瓣恢复情况

Fig.2 A 43-year-old male patient were followed up for flap recovery at 6 and 12 months post-Masquelet combined with free ultra thin anterolateral thigh perforator flap (ALTP)

**2.3 两组骨愈合情况比较** 术后6个月，研究组骨愈合优、良、一般、差依次为19例(61.3%)、8例(25.8%)、3例(9.7%)、1例(3.2%)，对照组依次为13例(40.6%)、7例(21.9%)、8例(25.0%)、4例(12.5%)，研究组骨愈合优良率高于对照组[87.1%(27/31) vs. 62.5%(20/32)， $\chi^2=5.028$ ， $P=0.025$ ]；术后12个月，研究组骨愈合优、良、一般、差依次为24例(77.4%)、5例(16.1%)、2例(6.5%)、0例，对照组依次为20例(62.5%)、6例(18.8%)、4例(12.5%)、2例(6.3%)，两组骨愈合优良率比较差异无统计学意义[93.6%(29/31) vs. 81.3%(26/32)， $\chi^2=1.182$ ， $P=0.277$ ]。Masquelet技术联合ALTP治疗手术前后骨愈合X线片如图3所示。

**2.4 两组踝关节功能恢复情况和日常生活能力比较** 研究组术后6、12个月AOFAS、ADL评分明显

高于对照组，差异有统计学意义( $P < 0.05$ )，两组术后12个月 AOFAS、ADL 评分均高于术后6个月，差异有统计学意义( $P < 0.05$ ，表3)。

**2.5 两组术后并发症发生情况比较** 研究组术后12个月出现1例皮瓣部分坏死、1例踝关节僵硬，对照组

出现3例骨愈合延迟、2例切口感染、2例皮瓣部分坏死、1例踝关节僵硬，研究组并发症发生率明显低于对照组，差异有统计学意义[6.5%(2/31) vs. 25.0%(8/32)， $\chi^2 = 4.057$ ， $P = 0.044$ ]。



R. 右侧；A. Masquelet 技术联合超薄股前外侧穿支皮瓣(ALTP)治疗的X线片；B. 清创骨折复位内固定骨水泥占位术后X线片；C. 皮瓣移植术后X线片；D. 术后1年X线片

**图3** 足踝部创面合并骨缺损患者 Masquelet 技术联合 ALTP 治疗手术前后骨愈合 X 线片

**Fig. 3** Pre- and post-surgical bone healing radiographs of the patient with Masquelet technique combined with ultra-thin anterolateral femoral perforator flaps (ALTP) for foot and ankle wound

**表3** 两组足踝部创面合并骨缺损踝关节功能恢复情况和日常生活能力比较(分,  $\bar{x} \pm s$ )

**Tab.3** Comparison of ankle function recovery and daily living ability between the two groups of patients with foot and ankle wound ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	AOFAS 评分				ADL 评分			
	术后6个月	术后12个月	t	P	术后6个月	术后12个月	t	P
对照组(n=32)	63.06±4.14	75.72±6.61	9.182	<0.001	52.92±4.16	80.46±5.95	21.459	<0.001
研究组(n=31)	67.95±5.07	82.21±7.74	8.581	<0.001	61.06±5.24	86.99±6.41	17.438	<0.001
t	4.199	3.583			6.840	4.193		
P	<0.001	<0.001			<0.001	<0.001		

AOFAS. 美国足踝骨科协会；ADL. 日常生活能力评定量表；对照组采用传统植骨术联合超薄ALTP治疗；研究组采用 Masquelet 技术联合超薄ALTP治疗

### 3 讨 论

鉴于工业、建筑业、交通运输业等领域中高能量损伤日益增多,足踝部创面的发生原因呈现多样化和复杂化<sup>[14]</sup>。足踝部是外伤骨折、皮肤损伤的高发部位,其局部解剖特点属于典型的“皮包骨”结构,皮肤薄,皮下组织少,肌腱、血管、神经密集,骨骼外观突出<sup>[15]</sup>。研究发现,足踝部损伤除骨折外常合并不同程度的软组织损伤,导致皮肤坏死、缺损、感染等,临床治疗十分棘手<sup>[16]</sup>。

传统植骨治疗足踝部创面具有并发症发生率高、再手术发生率高及功能结果差等缺点,临床应用具有一定局限性<sup>[17]</sup>。近年来研究发现, Masquelet 技术联合超薄 ALTP 治疗足踝部创面修复是新的治疗方向<sup>[18]</sup>。随着穿支皮瓣技术的进步,超薄 ALTP 无须切取阔筋膜和肌肉,且可进行显微削薄处理,缝合供区与受区的神经以重建皮瓣,改进传统游离股前外侧皮瓣的臃肿和无感觉等不足。一项针对 45 例四肢软组织缺损患者的研究显示,采用超薄 ALTP 修复后,皮瓣成活率达 84.4%,且所有患者术后均恢复良好,皮瓣吻合较好<sup>[19]</sup>。Masquelet 技术在彻底清创后使用 PMMA 骨水泥间隔器放置于骨和皮肤软组织缺损处形成诱导膜,PMMA 骨水泥可占据无效腔,覆盖创面,提供机械力学支撑,防止纤维组织长入骨缺损区域,为后期植骨的生长创造良好的微环境。此外,PMMA 骨水泥作为一种透明、耐磨、耐候性好的热塑性塑料,可刺激周围组织形成诱导膜,起到生物保护作用。Masquelet 技术联合超薄 ALTP 可预防并抵抗感染,还可修复足踝部创面中涉及骨和软组织等复合组织的缺损。本研究结果显示,截至随访结束,两组皮瓣存活率,术后 6 个月创面愈合、皮瓣感觉、皮瓣形态、皮瓣温度和供区瘢痕优良率,以及术后 12 个月创面愈合、皮瓣温度、供区瘢痕优良率比较差异均无统计学意义( $P>0.05$ );研究组术后 12 个月皮瓣感觉、皮瓣形态优良率均高于对照组( $P<0.05$ )。与 Ye 等<sup>[20]</sup>仅采用 Masquelet 技术治疗胫骨远端、足部和踝部骨缺损的研究结果相比,本研究采用 Masquelet 技术联合超薄 ALTP 治疗足踝部创面合并骨缺损在术后皮瓣存活方面更具优势,分析原因因为超薄 ALTP 将具有感觉功能的 ALTP 从供区游离并转移到足踝部创面,利用其良好的血供和感觉神经吻合,实现了皮瓣的修复,且 Masquelet 技术中诱导膜的形成有利于为患者足踝部提供更好的血供和营养支持,对于皮瓣感觉及皮瓣形态的修复至关重要,尤其是在对血液供应要求高的足踝部。本研究结果显示,研究组术后 6 个月骨愈合优良率高于对照组,提示 Masquelet 技术与超薄 ALTP 的联合更有利于骨

愈合。进一步分析其原因,相较于传统的植骨术, Masquelet 技术通过诱导膜技术为 ALTP 皮瓣提供了良好的血供条件和生物学环境,从而促进了骨缺损的修复和愈合<sup>[21-22]</sup>。综上, Masquelet 技术联合超薄 ALTP 在实现足踝部创面皮瓣修复的同时还可修复足踝部创面中涉及骨和软组织的缺损,协同促进患者术后康复。

踝关节作为下肢的重要负重关节,在日常生活中起着关键作用,主要在下坡、上坡、急转、急停等情况下人体行走、跑跳时维持平衡,其较膝关节、髌关节小,但对全身影响较大,是身体平衡的基础。本研究结果显示,研究组术后 6、12 个月 AOFAS、ADL 评分均高于对照组,提示 Masquelet 技术联合超薄 ALTP 可有效改善患者踝关节功能,促进踝关节功能恢复,提高患者日常生活能力。分析原因可能为 Masquelet 技术中诱导膜紧贴于骨水泥表面且处于肌肉组织以下,机械包裹松质骨,隔离软组织并提供丰富的血供,最终改善足踝部的功能,提高患者日常生活能力<sup>[23]</sup>。本研究结果显示,研究组并发症发生率明显低于对照组,表明 Masquelet 技术联合超薄 ALTP 修复足踝部创面引起的并发症较少,可能与 Masquelet 技术形成的诱导膜可促进局部血液循环,促进创面愈合有关,而且超薄 ALTP 的厚度较薄,可更好地适应受区,减少创面愈合过程中的并发症,有利于患者早日康复。

综上所述,本研究结果表明, Masquelet 技术联合超薄 ALTP 具有精准确定皮瓣穿支血管和显微镜下精细操作等优势,不仅术后并发症较少,而且明显提高了皮瓣存活率,生成的诱导膜及自体松质骨移植可有效促进骨缺损修复,有助于踝关节功能恢复,提升患者日常生活能力。但本研究存在一定局限性,研究对象仅为中青年患者,老年人群及全年龄段人群中 Masquelet 技术联合超薄 ALTP 的疗效有待进一步探索,未来将扩大研究对象的年龄范围,为足踝部创面修复的临床治疗提供更多证据支持。

#### 【参考文献】

- [1] Şahbat Y, Bekiroğlu GN, Koç E, et al. Foot and ankle forklift injuries; diagnosis to treatment options, return to work and functional outcomes[J]. J Foot Ankle Surg, 2023, 62(6): 967-973.
- [2] Nguyen MQ, Dalen I, Iversen MM, et al. Ankle fractures: a systematic review of patient-reported outcome measures and their measurement properties[J]. Qual Life Res, 2023, 32(1): 27-45.
- [3] Jungmann PM, Schaeffeler C. Bone stress injuries at the ankle and foot[J]. Semin Musculoskelet Radiol, 2023, 27(3): 283-292.
- [4] 黄艺轩,郭铭滨,麦健斌,等.同种异体腓骨植骨术后股骨头早期塌陷进展的影响因素及其预测价值[J].解放军医学杂志, 2024, 49(11): 1272-1280.
- [5] 顾珺,印飞,王军,等.基于 3D 打印的 Masquelet 技术联合皮瓣

- 移植治疗小儿足踝部骨与软组织缺损[J]. 中华手外科杂志, 2023, 39(3): 203-205.
- [6] 计鹏, 曹涛, 张智, 等. 股前外侧嵌合穿支皮瓣修复足踝部复杂创面的效果[J]. 中华烧伤与创面修复杂志, 2023, 39(10): 926-932.
- [7] 徐伟华, 何峰, 吴昌荣. 改良 Masquelet 技术结合组织瓣修复小腿骨软组织复合缺损的效果及对骨缺损愈合的影响[J]. 中国医学创新, 2023, 20(18): 52-56.
- [8] Mathieu L, Mourtialon R, Durand M, et al. Masquelet technique in military practice: specificities and future directions for combat-related bone defect reconstruction[J]. *Military Med Res*, 2023, 10(3): 369-382.
- [9] 张昊, 刘传宏, 于苗苗, 等. 钛网结合 Masquelet 技术治疗创伤后干骺端大段骨缺损临床效果分析[J]. 临床军医杂志, 2023, 51(1): 8-11.
- [10] jarragh A, Alawadhi K, Shammasi A, et al. Splint versus no splint after ankle fracture fixation; results from the multi-centre post-operative ankle splint trial (PAST) [J]. *Injury*, 2023, 54(12): 111084.
- [11] Du S, Wei S, Zhang H, et al. Comparison of "complications" and functional outcome of anterolateral thigh flap and sural neurofasciocutaneous flap for foot and ankle reconstruction: a single center cohort study[J]. *Injury*, 2022, 53(11): 3843-3848.
- [12] Tapaninaho K, Saارينen AJ, Ilves O, et al. Structural validity of the foot and ankle outcome score for orthopaedic pathologies with Rasch Measurement Theory[J]. *Foot Ankle Surg*, 2022, 28(2): 193-199.
- [13] O'Brien MW, Mallery K, Rockwood K, et al. Impact of hospitalization on patients ability to perform basic activities of daily living[J]. *Can Geriatr J*, 2023, 26(4): 524-529.
- [14] Zhang H, Zhao X, Yang X, et al. Comparison of internal and external fixation after debridement in the Masquelet technique for cierny-mader type IV tibial post-traumatic osteomyelitis[J]. *Injury*, 2023, 54(2): 422-428.
- [15] Gopinath R, Pigott M, Lindsey B, et al. Medial ankle instability: review of anatomy, evaluation, and treatment[J]. *Foot Ankle Spec*, 2022, 15(6): 573-578.
- [16] Li P, Zhang H, Zhu J, et al. Foot and ankle reconstruction using the lateral supramalleolar flap versus the anterolateral thigh flap in the elderly: a comparative study[J]. *Int Wound J*, 2022, 19(6): 1518-1527.
- [17] Du Q, Zang M, Zhu S, et al. Improving the outcome of distally based anterolateral thigh flap reconstruction: new classification and surgical guidelines[J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2023, 87: 229-237.
- [18] 兰荣玉, 江吉勇, 喻田, 等. 显微修薄股前外侧穿支皮瓣游离移植修复足踝部软组织缺损[J]. 中国骨伤, 2023, 36(8): 701-707.
- [19] Son TT, Dung PTV, Thuy TTH, et al. One-stage reconstruction of the massive overlying skin and achilles tendon defects using a free chimeric anterolateral thigh flap with fascia lata[J]. *Microsurgery*, 2022, 42(7): 659-667.
- [20] Ye S, Jin N, Sun J, et al. Delayed reconstruction of the perforator pedicle propeller flap after the induced membrane technique for Gustilo IIIB open distal tibial fracture[J]. *Z Orthop Unfall*, 2024, 162(5): 493-503.
- [21] 胡锐, 严立, 李善庆, 等. Masquelet 诱导膜技术结合锁定钢板外置治疗胫骨感染性骨缺损的疗效分析[J]. 中华创伤骨科杂志, 2023, 25(8): 718-722.
- [22] 陈大康, 张博, 李义贵, 等. 游离超薄股前外侧穿支皮瓣修复手足软组织缺损的临床研究[J]. 临床外科杂志, 2022, 30(1): 82-84.
- [23] 郭晓峰, 邓鑫鑫, 黄治虎, 等. 带蒂皮瓣联合膜诱导技术修复糖尿病患者足踝部创面的效果[J]. 中华烧伤与创面修复杂志, 2023, 39(4): 325-329.

(责任编辑: 纪方方)



解放军医学杂志®