

# 骨膜瓣治疗创伤性骨外露创面的进展

袁宏谋

中国医科大学附属第四医院 辽宁沈阳

DOI:10.32629/ffcr.v3i9.20093

**[摘要]** 创伤性骨外露创面是临床外科高发的难愈性损伤，多由高能外伤、烧伤、感染等因素引发，其修复兼具复杂性与挑战性。传统修复方案如游离皮片移植、肌皮瓣转移等，存在供区损伤大、血运匹配度差、骨组织再生诱导不足等局限。骨膜瓣因富含成骨前体细胞、生长因子及立体血管网，兼具创面覆盖、骨再生诱导与抗感染的多重功能，成为该领域的研究热点。本文系统梳理骨膜瓣的解剖学基础、作用机制及在不同部位创伤性骨外露创面中的临床应用现状，深入分析当前研究存在的争议与技术瓶颈，并展望未来发展方向，旨在为临床优化修复策略、提升治疗效果提供参考依据。

**[关键词]** 骨膜瓣；创伤性骨外露；创面修复；成骨诱导；临床进展

**中图分类号：**R683.2 **文献标识码：**A

## Advances in Periosteal Flap Therapy for Traumatic Bone Exposure Wounds

Hongmou Yuan

The Fourth Affiliated Hospital of China Medical University

**Abstract:** Traumatic bone exposure wounds are a common and difficult to heal injury in clinical surgery, often caused by high-energy trauma, burns, infections, and other factors. Their repair is both complex and challenging. Traditional repair methods such as free skin graft transplantation and muscle flap transfer have limitations such as large donor site damage, poor blood supply matching, and insufficient induction of bone tissue regeneration. Periosteal flap has become a research hotspot in this field due to its rich content of osteogenic precursor cells, growth factors, and three-dimensional vascular network, as well as its multiple functions of wound coverage, bone regeneration induction, and anti infection. This article systematically reviews the anatomical basis, mechanism of action, and clinical application status of periosteal flaps in different locations of traumatic bone exposure wounds. It deeply analyzes the controversies and technical bottlenecks in current research and looks forward to future development directions, aiming to provide reference for optimizing repair strategies and improving treatment outcomes in clinical practice.

**Keywords:** periosteal flap; Traumatic bone exposure; Wound repair; Osteogenic induction; Clinical progress

## 引言

创伤性骨外露创面是指机体遭受外力作用后，骨组织失去皮肤、皮下组织等软组织的正常覆盖，直接暴露于外界环境的病理状态，常见于四肢、头面部及颌面部等部位。此类创面的核心修复难点在于骨组织血供特殊、再生能力弱，且外露骨面易引发感染、骨坏死、慢性溃疡等并发症，严重时可导致肢体功能障碍甚至截肢，给患者的生理健康与生活质量带来极大影响。随着工业、交通行业的快速发展，高能创伤的发生率逐年攀升，创伤性骨外露创面的临床治疗需求日益迫切。目前，临床常用的修复手段以皮瓣移植为主，但该术式对术者的显微操作技能要求严苛，且供区会不可避免地造成继发性损伤，部分患者还会出现皮瓣臃肿、感觉恢复

差等问题。骨膜作为覆盖于骨表面的致密结缔组织膜，其内层生发层富含成骨细胞、间充质干细胞及血管内皮生长因子、骨形态发生蛋白等多种生物活性因子，具备强大的成骨潜能与组织修复能力<sup>[1]</sup>。近年来，随着解剖学研究的深入与手术技术的革新，骨膜瓣在创伤性骨外露创面修复中的应用范围不断拓展，相关临床研究证实其在提升创面愈合率、促进骨缺损修复、减少并发症等方面具有显著优势。然而，当前关于骨膜瓣的最佳切取方式、适用创面指征、联合修复策略等关键问题，尚未形成统一的行业标准，部分基础研究成果向临床转化的效率也有待提升。基于此，本文通过系统梳理骨膜瓣治疗创伤性骨外露创面的相关研究进展，总结临床应用经验与现存问题，以期为该领域的进一步发展提供理论支撑

与实践指导。

## 1 骨膜瓣的解剖学基础与修复作用机制

### 1.1 解剖学特征

骨膜分为外层纤维层与内层生发层, 两层结构紧密贴合且功能互补。外层纤维层由致密的胶原纤维构成, 质地坚韧, 主要起固定骨膜、保护骨组织的作用, 同时通过 Sharpey 纤维与骨皮质相连, 增强骨膜与骨组织的连接稳定性; 内层生发层为疏松结缔组织, 富含成骨细胞、成软骨细胞、间充质干细胞及丰富的微血管网络, 是骨生长、修复与再生的核心功能区。骨膜的血供来源具有多样性与区域性特点, 不同部位骨膜的血供途径存在差异: 四肢长骨骨膜的血供主要来自骨旁动脉分支、肌皮动脉穿支及骨营养动脉的骨膜支, 这些血管相互吻合形成立体网状结构, 为骨膜及深层骨组织提供充足的营养供应; 头面部骨膜血供则主要依赖头皮血管、面动脉分支, 血运丰富且血管蒂位置表浅, 便于手术切取; 颌面部硬腭黏骨膜的血供来自腭大动脉, 血管走行恒定, 切取后对供区功能影响较小。这种解剖学特征决定了骨膜瓣的切取需遵循“因地制宜”的原则, 根据修复部位的解剖特点选择合适的血管蒂与切取范围。

### 1.2 修复作用机制

1.2.1 血管再生与血运重建: 骨膜瓣自身携带完整的微血管网络, 移植后可快速与受区血管建立吻合, 为缺血的骨外露创面提供即时血供, 改善局部微循环障碍, 缓解骨组织的缺血缺氧状态。同时, 骨膜组织分泌的血管内皮生长因子、碱性成纤维细胞生长因子等促血管生成因子, 可诱导受区新生毛细血管增殖、迁移, 加速肉芽组织形成, 为创面愈合奠定基础。

1.2.2 成骨诱导与骨组织再生: 骨膜内层的成骨前体细胞在创伤微环境的刺激下, 可快速分化为成熟成骨细胞, 直接参与骨基质的合成与钙化, 促进骨缺损的修复; 此外, 骨膜释放的骨形态发生蛋白、转化生长因子- $\beta$  等生长因子, 可通过旁分泌作用激活受区间充质干细胞的成骨分化通路, 加速骨痂形成, 降低骨坏死的发生率。

1.2.3 抗感染与炎症调控: 丰富的血运可增强局部免疫细胞的浸润与活性, 及时清除创面的病原体与坏死组织, 降低感染风险; 同时, 骨膜分泌的细胞因子可调控局部炎症反应, 促进炎症向修复期转化, 避免过度炎症反应对组织造成的二次损伤。

1.2.4 组织整合与功能重建: 骨膜瓣与受区骨组织、软组织具有良好的组织相容性, 移植后可快速与受区组织黏附、融合, 避免出现排斥反应或组织分离。对于手足、眼睑等功能部位的创面, 骨膜瓣可提供一定的力学支撑, 防止术后组织塌陷或挛缩, 兼顾创面修复与功能保留的双重目标。

## 2 骨膜瓣在创伤性骨外露创面修复中的临床应用现状

### 2.1 四肢创伤性骨外露创面的修复

四肢是创伤性骨外露的高发部位, 其中小腿下段、前足、手部因软组织覆盖薄弱, 损伤后极易出现骨外露, 且修复难度较大。针对此类创面, 临床多采用带血管蒂骨膜瓣移植, 或结合穿支皮瓣、肌瓣进行联合修复。在小腿下段骨外露创面修复中, 胫后动脉穿支骨膜瓣是常用的修复材料, 该骨膜瓣血管蒂恒定、血运可靠, 切取后可通过旋转转移覆盖创面, 同时保留供区的肌肉功能。临床显示, 采用胫后动脉穿支骨膜瓣联合小腿内侧皮瓣修复小腿下段骨外露创面, 皮瓣成活率可达 95% 以上, 术后随访 6~12 个月, 患者肢体功能恢复良好, 供区仅遗留轻微瘢痕。对于前足电烧伤合并骨外露的复杂创面, 携带骨膜的低位外踝上皮瓣具有独特优势, 该皮瓣质地柔软、厚度适中, 与前足皮肤匹配度高, 切取时携带部分胫骨远端骨膜, 可增强皮瓣的血供稳定性, 术后创面愈合质量高, 且足部外观与功能恢复满意。在手部骨外露创面修复中, 掌背动脉骨膜瓣是理想选择, 该骨膜瓣血管蒂短而粗, 操作简便, 可用于修复手指、手掌部位的中小面积骨外露创面。临床实践证实, 掌背动脉骨膜瓣移植后, 不仅能有效覆盖骨外露区域, 还可诱导指骨缺损的修复, 术后患者手部的抓握、精细操作功能恢复良好。对于合并骨折的手部骨外露创面, 采用骨膜瓣包绕骨折端联合内固定治疗, 可加速骨折愈合, 降低骨折不愈合的发生率。

### 2.2 头面部与颌面部骨外露创面的修复

头面部与颌面部骨外露创面多由外伤、肿瘤切除或烧伤引发, 修复时需兼顾功能恢复与外形美观, 骨膜瓣因组织薄、质地柔软、修复效果自然等优势, 在该领域应用广泛。在颅骨外露创面修复中, 帽状腱膜下骨膜瓣是常用材料, 该骨膜瓣血供来自头皮血管, 切取范围大, 可通过旋转或推进的方式覆盖颅骨外露区域。对于大面积颅骨外露合并颅骨缺损的创面, 采用骨膜瓣联合人工骨材料移植, 可实现颅骨的结构修复与皮肤覆盖, 术后患者头部外形恢复自然, 无明显畸形<sup>[2]</sup>。在眼睑部位骨外露创面修复中, 硬腭黏骨膜瓣具有不可替代的优势, 其质地与睑板相似, 可替代睑板的支撑功能, 联合颞颥侧穿支皮瓣移植, 既能修复骨外露创面, 又能恢复眼睑的开合功能, 术后患者眼部外观与功能均恢复满意。在颌面部骨外露创面修复中, 下颌骨骨膜瓣是常用的修复材料, 适用于下颌骨外伤或肿瘤切除术后的骨外露创面。采用带血管蒂下颌骨骨膜瓣移植, 可诱导下颌骨缺损的再生, 同时覆盖创面, 避免皮肤移植后的挛缩畸形。对于上颌骨外露创面, 腭大动脉供血的黏骨膜瓣是理想选择, 该骨膜瓣可通过旋转转移覆盖上颌骨外露区域, 术后患者的咀嚼、语言功能恢复良好。

### 2.3 特殊类型创伤性骨外露创面的修复

特殊类型创伤性骨外露创面主要包括感染性骨外露、电烧伤骨外露及放射性骨外露等,此类创面因局部组织损伤严重、血运差、感染风险高,修复难度极大,骨膜瓣在这类创面的修复中展现出显著优势。对于感染性骨外露创面,传统治疗方案多采用清创后负压引流联合皮瓣移植,但部分患者因感染控制不佳导致皮瓣坏死。采用带血管蒂骨膜瓣移植治疗感染性骨外露创面,可通过骨膜瓣的血运重建与抗感染作用,有效控制局部感染,同时诱导骨组织再生,加速创面愈合。采用骨膜瓣移植治疗慢性骨髓炎合并骨外露创面,术后感染复发率显著降低,骨髓炎治愈率明显提升。对于电烧伤骨外露创面,因局部组织呈“干性坏死”状态,血运破坏严重,传统皮瓣移植成活率低。采用携带骨膜的穿支皮瓣移植,可通过骨膜瓣的促血管生成作用,改善局部血运,提高皮瓣成活率,同时诱导坏死骨组织的修复与再生。对于放射性骨外露创面,因放疗导致局部血管闭塞、组织纤维化,修复难度极大,采用带血管蒂骨膜瓣联合高压氧治疗,可改善局部组织的缺氧状态,促进血管再生,提高创面愈合率。

## 3 当前研究存在的争议与技术瓶颈

### 3.1 骨膜瓣切取方式的争议

目前,骨膜瓣的切取方式主要分为带血管蒂移植与游离移植两种,两种方式的适用范围与疗效存在争议<sup>[3]</sup>。带血管蒂骨膜瓣的优势在于血运可靠,成活率高,适用于血运差、感染风险高的复杂创面,但该术式受血管蒂长度与旋转角度的限制,修复范围存在局限,且对术者的解剖学知识要求较高;游离骨膜瓣的优势在于切取灵活,修复范围广,可用于修复远离供区的创面,但该术式需要显微血管吻合技术,手术难度大,术后血管危象的发生率相对较高,且对受区的血管条件要求严格。此外,关于骨膜瓣的切取厚度也存在争议,部分认为切取包含外层纤维层与内层生发层的全层骨膜瓣,可保留更多的成骨细胞与生长因子,修复效果更好;仅切取内层生发层骨膜瓣即可满足修复需求,且能减少供区的损伤。

### 3.2 适用创面指征的不明确性

当前关于骨膜瓣修复创伤性骨外露创面的适用指征尚未形成统一标准,临床应用存在一定的随意性。骨膜瓣更适用于中小面积(皮肤缺损面积 $\leq 10\text{ cm} \times 8\text{ cm}$ )、无严重感染的骨外露创面;采用骨膜瓣联合其他修复技术,治疗大面积、感染性骨外露创面,并取得了一定的疗效。

### 3.3 技术瓶颈与转化障碍

骨膜瓣修复创伤性骨外露创面的技术瓶颈主要体现在两个方面:一是骨膜瓣的成活率受多种因素影响,如血管蒂损伤、受区血运差、术后感染等,如何进一步提高骨膜瓣的成活率,降低并发症发生率,是临床亟待解决的问题;二是对于合并大面积骨缺损的骨外露创面,单纯骨膜瓣的成骨诱导能力有限,难以实现骨缺损的完全修复,需要联合人工骨

材料、干细胞治疗等技术,但联合方案的优化与疗效评估仍需进一步研究<sup>[4]</sup>。目前,关于骨膜干细胞的分离、培养及定向分化机制的研究有一定进展,基因修饰骨膜干细胞、组织工程化骨膜瓣等前沿技术在动物实验中展现出良好的应用前景,但这些技术在临床应用中仍面临诸多挑战,如干细胞的安全性、组织工程化骨膜瓣的免疫原性、临床应用的伦理问题等,需要更多的研究突破技术壁垒,推动基础研究成果的临床转化。

## 4 结语

骨膜瓣凭借其独特的解剖学结构与生物学功能,在创伤性骨外露创面修复中展现出显著的优势,其兼具创面覆盖、骨再生诱导、抗感染与功能重建的多重作用,为临床治疗此类难愈性创面提供了新的思路与方法。从四肢到头面部,从普通创伤到特殊类型损伤,骨膜瓣的应用范围不断拓展。然而,当前骨膜瓣治疗创伤性骨外露创面的研究仍存在诸多亟待解决的问题:适用创面指征的不明确、切取方式的争议、技术瓶颈的制约,以及基础研究与临床转化的脱节,均限制了该技术的规范化发展。未来的研究方向应聚焦于以下几个方面:一是开展大样本、多中心的随机对照研究,明确骨膜瓣修复不同类型创伤性骨外露创面的适用指征与最佳切取方式,制定规范化的临床应用指南;二是深入研究骨膜干细胞的生物学特性,优化组织工程化骨膜瓣的制备工艺,结合基因治疗、干细胞治疗等前沿技术,增强骨膜瓣的成骨诱导能力与抗感染能力;三是探索骨膜瓣与负压创面疗法、高压氧治疗、生物材料等技术的联合应用策略,进一步提升创面愈合质量与肢体功能恢复效果。

综上,随着医学技术的不断进步,骨膜瓣修复创伤性骨外露创面的技术将不断完善,其在临床的应用前景将更加广阔,有望为更多创伤性骨外露患者带来福音,推动创面修复学科的持续发展。

## [参考文献]

- [1]黄中幅,茹能.骨膜瓣治疗创伤性骨外露创面的研究进展[J].中外医学研究,2024,22(4):177-180.
- [2]段其达,邵鸿运,骆宁,等.3D打印人工骨支架结合带血管蒂组织瓣移植修复大段骨缺损的研究进展[J].中国修复重建外科杂志,2025,39(5):639-646.
- [3]徐泽东,孙国文.应用岛状腭黏骨膜瓣联合邻近软组织瓣修复大型获得性口鼻瘘的临床研究[J].口腔医学研究,2024,40(8):722-726.
- [4]林向上,邓立才,王涛,等.旋转黏骨膜瓣在两瓣法修复“U”型宽裂隙中的应用[J].中国美容整形外科杂志,2023,34(4):200-202.

## 作者简介:

袁宏谋(1971.08-),男,蒙古族,辽宁沈阳,硕士,副主任医师,研究方向为骨科创伤。