DOI:10.16016/j.1000-5404.202101048

逆行岛状腓动脉穿支皮瓣联合 Masquelete 技术治疗跟骨骨折术后骨感染伴组织缺损

刘衍松[1],张允会[2],伊力扎提·伊力哈木[1],刘爱蓬[1],曹天勇[1],张文汉[1],冯 光[3] 221004 江苏 徐州,徐州仁慈医院:创面修复科[1],足踝外科[2];100080 北京,解放军第四临床医学中心烧伤整形科[3]

[**摘要**] **目的** 探讨逆行岛状腓动脉穿支皮瓣联合 Masquelete 技术对跟骨骨折术后骨感染伴组织缺损的临床疗效。**方法** 收集徐州仁慈医院 2017 年 12 月至 2020 年 6 月跟骨骨折术后骨感染伴组织缺损患者 18 例,其中男性 15 例,女性 3 例,年龄 33~64 岁,平均 42.2 岁,修复前骨质缺损 2 cm×2 cm×1 cm~3 cm×4 cm×3 cm,皮肤软组织缺损 5 cm×1 cm~7 cm×2.5 cm。采用分次住院手术的方式:第 1 次住院予以清创、病灶清除后载抗生素骨水泥填塞骨质缺损、腓动脉穿支皮瓣修复创面。第 2 次住院取出骨水泥、游离植骨修复骨质缺损。术后观察切口愈合、皮瓣存活情况,监测血降钙素原、C 反应蛋白、白介素 6 等的变化,随访观察评估皮瓣质地变化、骨质愈合、骨感染复发情况。**结果** 18 例患者创面均愈合,其中 3 例于皮瓣修复术前行 2 次清创,并辅助以封闭负压引流装置使用。术后各炎症指标均趋向正常,皮瓣均存活良好,各切口均一期愈合。1 例患者骨质缺损较浅,骨水泥取出后以富血小板血浆(PRP)凝胶机化填塞骨缺损空腔,未行髂骨植骨。平均住院次数 2.13 次,人均住院治疗时间 31.3 d。随访 6~35 个月,植骨处骨质愈合满意,无感染复发。**结论** 利用逆行岛状腓动脉穿支皮瓣联合 Masquelete 技术治疗跟骨骨折术后骨感染伴组织缺损创面覆盖成功率高,植骨愈合满意,感染控制佳,疗效显著,且手术难度相对较低,易在临床推广。

[**关键词**] 跟骨骨折;骨髓炎;骨水泥;皮瓣;Masquelete 技术

[**中图法分类号**] R619; R622.1; R683.42 [**文献标志码**] A

Retrograde island peroneal artery perforator flap combined with Masquelete technique in treatment of postoperative bone infection with tissue defect

LIU Yansong[1], ZHANG Yunhui[2], YILIZATI Yilihamu[1], LIU Aipeng[1], CAO Tianyong[1], ZHANG Wenhan[1], FENG Guang[3] [1]Department of Wound Repair, [2]Department of Foot and Ankle Surgery, Xuzhou Benevolent Hospital, Xuzhou, Jiangsu Province, 221000; [3]Department of Burns and Plastic Surgery, the Fourth Medical Center of Chinese PLA General Hospital, Beijing, 100080, China

[**Abstract**] **Objective** To investigate the clinical effectiveness of retrograde island peroneal artery perforator flap combined with Masquelete technique in the treatment of bone infection with tissue defect after calcaneal fracture. **Methods** A total of 18 patients with bone infection associated with tissue defect after calcaneal fracture surgery were collected from Xuzhou Benevolent Hospital from December 2017 to June 2020. They were 15 males and 3 females, and aged from 33 to 64 years (averagely 42.2 years). The bone defect was 2 cm×2 cm×1 cm ~ 3 cm×4 cm×3 cm, and skin and soft tissue defect was 5 cm×1 cm~7 cm×2.5 cm before repair. Multiple inpatient surgeries was adopted. Debridement was performed at the first hospitalization, bone defect was packed with antibiotic bone cement after lesion removal, and peroneal artery perforator flap was used to repair the wound. In the second hospitalization, bone cement was removed and free bone graft was used to repair the bone defect. After surgery, incision healing and flap survival were observed,

[**通信作者**] 冯 光,E-mail:fengguang_304@aliyun.com

1000-5404/Copyright © 2021, 陆军军医大学(第三军医大学)。这篇开放获取文章遵循 CC BY 许可协议(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

blood procalcitonin, C-reactive protein and interleukin-6 levels were monitored, and flap texture changes, bone healing and bone infection recurrence were observed and evaluated. **Results** Wounds of 18 patients were healed, and 3 of them underwent debridement twice before the flap repair and were assisted with a closed negative pressure drainage device. Postoperative inflammatory indexes tended to be normal, all flaps survived well, and all incisions healed in the first stage. One patient had a shallow bone defect, and after the bone cement was removed, platelet rich plasma (PRP) gel was used to mechanically fill the bone defect cavity without iliac bone graft. The patients had an average time of hospitalizations for 2.13, and an average length of hospitalization for 31.3 d. In the end of 6 to 35 months' follow-up period, satisfactory outcomes were achieved and no recurrences were observed. **Conclusion** Retrograde island peroneal artery perforator flap combined with Masquelete technique obtains good effectiveness in treatment of bone infection with tissue defect after calcaneal fracture, with quite high wound coverage, satisfactory bone graft healing, well infection control, and obvious curative effectiveness. It is easy to operate and worthy of clinical promotion.

[**Key words**] calcaneal fracture; osteomyelitis; bone cement; flap; Masquelete technique

Coressponding author: FENG Guang, E-mail:fengguang_304@aliyun.com

跟骨骨折在骨科临床较为常见,约占全身骨折的2%,占跗骨骨折的60%[1]。目前常用切开复位Y型钢板内固定术治疗跟骨骨折,其术后并发症较多,包括切口感染后软组织缺损、骨感染、骨缺损等[2-3]。常规换药治疗伤口愈合困难,一期植骨治疗失败风险较高。为了覆盖创面及填塞空腔[4],临床上常采用游离复合肌皮瓣移植来修复,其技术要求较高,推广难度较大;小腿肌瓣加植皮术式可能造成小腿肌肉不可逆的损伤,修复此类缺损代价太大[5]。腓动脉穿支皮瓣切取层次在肌肉外,组织损伤轻,手术操作难度相对较低。Masquelete技术又称骨诱导膜技术,是修复长骨创伤性、结构性骨缺损的一项新技术,以分期治疗骨缺损为特点。本研究采用穿支皮瓣联合Masquelete技术,分两次住院手术:一期清创后放置载抗生素骨水泥填塞骨质缺损空腔、逆行岛状腓动脉穿支皮瓣覆盖创面,二期取出骨水泥自体髂骨移植,以减少手术带来的损伤,降低手术的难度,避免目前跟骨骨折术后骨感染伴皮肤软组织缺损治疗的弊端或不足。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性收集徐州仁慈医院2017年12月至2020年6月跟骨骨折术后骨感染伴骨与软组织缺损的患者。纳入标准:存在明确感染,细菌培养为阳性,术前小腿血管超声检查明确腓动脉穿支存在。排除标准:跟骨骨折术后切口愈合不良一期以其他术式修复者。利用一期清创病灶清除后载抗生素骨水泥填塞骨质缺损、腓动脉穿支皮瓣修复创面,二期取出骨水泥游离植骨的方式进行治疗共18例,其中男性15例,女性3例,年龄33~64岁,平均42.2岁,修复前骨质缺损2 cm×2 cm×1 cm~3 cm×4 cm×3 cm,皮肤软组织缺损5 cm×1 cm~7 cm×2.5 cm。跟骨骨折内固定术后并发症16例,内固定物取出术后并发症1例,外伤后跟骨外侧骨与皮肤软组织缺损伴感染1例;出现并发症到实施首次清创术间隔5~22 d,平均9 d。

1.2 治疗方法

患者治疗均分为2次住院完成。第1次住院需要完成清创、病灶清除、骨水泥填塞及创面皮瓣覆盖的工作。第2次住院完成骨水泥取出、自体髂骨植骨术。

1.2.1 第1次住院 患者入院后完善各项术前检查,评估一般情况,如内固定条件允许,需辅查MRI明确跟骨感染情况及骨质愈合情况。术前完善创面细菌培养及药敏试验(表1)。手术取平卧位,在硬膜外麻醉或股神经、坐骨神经联合阻滞麻醉下进行,大腿气压止血带应用。术中根据骨质感染程度判断是否取出存在的内固定材料,彻底清创,清除坏死皮肤软组织及感染的骨质,取组织块送检细菌培养及药敏试验,脉冲式冲洗枪9 L生理盐水冲洗骨与软组织创面,可辅助以PVA负压材料填塞骨质及软组织缺损区域,贴膜封闭负压引流[6]。清创术后5 d去除创面负压材料,行含抗生素骨水泥填塞空腔、小腿岛状皮瓣修复创面手术。患者取俯卧位,手术于椎管内麻醉下进行,大腿气压止血带应用。再次清创创面,创缘疤痕组织也彻底切除,止血。

含抗生素骨水泥的制备:使用的骨水泥为成品骨水泥中混入敏感抗菌药物制备而成,骨水泥固液两相耦合后在拉丝期混入抗菌药物(表1),手动搅拌调和[7],于面团期填塞于骨质缺损处塑形,以保证缺损填塞完全、致密,不留残腔,冰盐水局部浸泡冷却骨水泥直至水泥硬化,至此骨水泥植入完成。

表 1 患者细菌培养结果及混入骨水泥的药物

细菌类型	*n*	混入骨水泥的敏感抗菌药物
葡萄球菌属	5	4 例使用万古霉素,1 例使用庆大霉素成品骨水泥,未添加其他抗菌药物
铜绿假单胞菌	5	4 例头孢他啶、1 例万古霉素
大肠杆菌	2	头孢曲松、哌拉西林各 1 例
粪肠球菌	2	2 例均使用万古霉素
摩根氏摩根菌	1	庆大霉素成品骨水泥,未添加其他抗菌药物
似马链球菌	1	头孢曲松
阴沟肠杆菌	1	庆大霉素成品骨水泥,未添加其他抗菌药物
鲍曼不动杆菌	1	哌拉西林

逆行岛状腓动脉穿支皮瓣切取:按照点线面的设计原则,外踝尖到腓骨小头的连线,即腓动脉的体表投影线为皮瓣的轴线,术前于皮瓣轴线上以多普勒血流探测仪检查寻找小腿中段以远腓动脉穿支[8-9],并选择合适的血管穿支作为皮瓣血管蒂,血管蒂水平皮肤软组织近端 1 cm 部位作为皮瓣旋转点。测量跟骨外侧软组织缺损面积,扩大 1 cm 设计皮瓣。皮瓣切取:先探查血管蒂,依照设计切开皮瓣血管蒂部的后侧皮肤全层,于脂肪层表面向两侧适当游离皮肤软组织,于小腿三头肌前缘切开深筋膜并向前方掀起,于趾长伸肌和腓骨短肌间隙内探查腓动脉穿支,明确穿支的位置及走行方向。依照穿支的具体位置在轴线上适当调整皮瓣设计,于深筋膜层切开皮瓣的后缘,上缘及前缘,依次游离至血管蒂部,保留血管蒂部周围 1 cm 组织,远端切开制备成螺旋桨皮瓣,皮瓣供区止血后一期缝合关闭。皮瓣转移修复:皮瓣切取完成后,皮瓣切口远端与足跟外侧创面之间以“Z”切开,明道逆行转移皮瓣覆盖跟骨外侧创面,要求完全覆盖骨水泥及创面,放置引流管,足踝支具外固定踝关节于背伸位 2 周。

1.2.2 第 2 次住院 骨水泥植入 8 周以后,患者再次入院,于原皮瓣缝合处切开,取出骨水泥,清理去除骨性空腔表面形成的诱导膜,暴露出新鲜骨质,完整保留皮瓣内侧面形成的诱导膜。于肢体同侧髂骨翼切取自体髂骨,填塞于骨质缺损处[10],以交叉克氏针或螺钉固定,皮肤软组织分层缝合修复,置负压引流球引流。

1.3 *术后处理及随访*

术后常规骨科治疗,足踝支局外固定足部创面处于静态,广谱或敏感抗菌药物静脉应用,若使用封闭负压装置,则负压管路内每日以生理盐水 2 000 mL 间断冲洗。观察各手术切口愈合情况,足外侧缝合处渗液情况及渗液性质,皮瓣血运及周边组织愈合情况,每周复查血降钙素原、C 反应蛋白、白介素 6 等指标。拆线后即开始足部康复治疗,植骨后前 3 个月每月复查 1 次跟骨侧轴位片,后调整复查周期为 3 个月至术后 1 年,视植骨愈合情况适时取出内固定材料,随访观察皮瓣改变、骨质愈合情况、感染是否复发。

2 结果

18 例患者均顺利完成治疗过程,其中 3 例患者因感染严重在皮瓣修复前经过 2 次手术清创、病灶清除术,并辅助使用创面负压引流装置。18 例患者腓动脉皮瓣均存活,各手术切口一期愈合,术后各项炎症指标均逐渐趋向正常。1 例患者骨质缺损较浅,骨水泥取出后以 PRP 凝胶填塞骨缺损空腔,未行自体髂骨移植术,术后复查 MRI 示组织机化后空腔被完全填充。患者平均住院 2.13 次,平均住院时间为 31.3 d。随访 6~35 个月,平均 10.4 个月,患者皮瓣质地良好,无明显萎缩,日常生活未导致磨损破溃,跟骨植骨处愈合完全,跟骨负重行走功能恢复正常,无跟骨感染复发。

典型病例

患者,男性,31 岁,工人,因坠落伤致左跟骨骨折术后 1 个月、术后切口软组织坏死伴脓性渗出 15 d 入院。入院后 2 d 予以清创、感染骨质病灶清除,封闭负压引流;入院后 8 d 行清创、骨水泥填塞、腓动脉穿支皮瓣逆行修复创面,创面细菌培养为表皮葡萄球菌,骨水泥中混入抗菌药物为万古霉素。术后患者皮瓣顺利存活,术后 12 周来院行骨水泥取出、自体髂骨移植术。持续随访 35 个月,皮瓣外形佳,无磨损破溃,跟骨植骨愈合良好,行走功能正常,跟骨感染未复发。治疗过程见图 1。

3 讨论

3.1 *跟骨术后并发症的治疗*

足外侧足底皮肤软组织交界处血管分布的典型性是足外侧切口治疗跟骨骨折术后出现切口并发症的解剖学基础所在[11]。切口皮肤软组织坏死,在经过清创及感染控制后通常会存在皮肤软组织缺损,因为局部软组织结构致密,延展性欠佳,直接缝合困难、失败率高[12]。较小的缺损可以通过皮肤扩张后缝合,大多数需要皮瓣修复,腓肠神经营养皮瓣或外踝上腓动脉穿支皮瓣因解剖位置临近,皮瓣切取相对容易,通常作为首选的方案[13-14]。

3.2 *空腔填塞及创面覆盖术式选择*

跟骨松质骨占比高,骨感染在行病灶清除术后往往会出现骨质缺损,在行创面修复时需要填塞骨质空腔,以避免空腔残存影响感染控制,术中可选择的填塞材料有肌肉、载抗生素人工骨、筋膜、载抗生素骨水泥等[15]。如使用肌肉来填充,可行游离的肌皮瓣或者小腿的肌瓣加植皮的方式来处理,但游离肌皮瓣技术难



A、B:入院时局部情况及X线表现;C、D:清创、病灶清除术后局部情况及X线表现;E、F、G:清创、抗生素骨水泥填塞X线表现及腓动脉穿支皮瓣修复术中、术后外观;H:第2次手术取出骨水泥自体髂骨移植术后X线表现;I:取出所有内固定材料后X线表现;J、K:随访35个月后小腿外观及跟骨X线表现

图1 含抗生素骨水泥联合逆行岛状腓动脉穿支皮瓣治疗跟骨感染伴骨与软组织缺损患者效果

度较高,对术者手术水平要求高,相对风险更高,供区损伤也更重。腓骨短肌肌瓣逆行转移填塞加植皮修复是比较安全的术式,但对小腿肌肉的损伤无法挽回。比较而言,腓动脉穿支皮瓣切取层次在肌肉外,组织损伤轻,手术操作难度相对较低,临床上推广实施容易。同时,较其他材料而言,载抗生素骨水泥易于获得,价格低廉,不会损伤身体其他组织。在术后并发症的治疗中,简单、安全的术式选择对患者和术者都是更好的选择。因此,本研究采用腓动脉穿支皮瓣及载抗生素骨水泥填塞缺损并修复创面。

3.3 Masquelete技术的应用

载抗生素骨水泥的使用,能有效填塞骨性空腔,避免空腔残存,同时作为载体,缓释敏感的抗菌药物,在不提高血清药物浓度的同时让创面局部形成较高的药物浓度,更好地杀灭可能残存的致病菌。目前成品的抗生素骨水泥已经应用于临床,比如掺入0.55 g硫酸庆大霉素的44.9 g装骨水泥粉,此类抗生素骨水泥抗菌药物浓度偏低,预防感染的目的强于治疗目的。在实际临床应用中,常需另行混入抗菌药物,制备成需要的抗生素骨水泥。对于混入骨水泥的抗菌药物[16],需要具备以下几个要求:①对致病菌有效或者为广谱抗菌药物;②有稳定的洗脱曲线,缓释过程明了;③能在局部达到高浓度,不易产生耐药菌株;④粉剂且易溶解;⑤聚合反应过程中热稳定,能耐受制备过程中产热而不会被破坏(耐95~100 ℃高温);⑥无局部或全身不良反应。因为术中制备骨水泥时使用冰盐水,耐热与否可以不作要求。骨水泥中混入的抗菌药物缓释是通过浓度差来实现的,理论上,混入的抗菌药物浓度越高,其造成的局部药物浓度也会越高,高浓度形成的时间也会越早[17],但临床实际中抗菌药物浓度越高,骨水泥固液两项耦合成形的难度就会越大,制备成形越困难,本研究采用的抗菌药物均依据细菌培养及药敏试验来确定,与骨水泥的配比为40 g骨水泥中混入3 g的抗菌药物,均未出现不良反应。置入后,局部的异物反应会让与骨水泥接触的空腔组织壁上形成与滑膜组织类似的诱导膜,诱导膜光滑致密,血运丰富,二

次手术所植骨质均于膜内包裹,为骨质愈合提供相对稳定、独立的环境[18]。

在感染创面的治疗中,彻底清创是重中之重。使用封闭负压引流装置对局部创面的感染控制起正向加强的作用,使治疗成功率更高,但不是必须。在彻底清创的基础上,也可一期行骨水泥植入、皮瓣修复。骨水泥的作用更多的在于空腔的完整填塞并促进诱导膜形成。若无可选择的抗菌药物也可不添加。但骨水泥填塞的最大弊端在于引流不畅,若清创不彻底,填塞骨水泥不仅不能帮助控制感染,反而会造成深部感染组织的聚集,加重病情。

含抗生素骨水泥填塞空腔后以腓动脉穿支皮瓣覆盖创面,既解决骨质与软组织缺损的问题,同时,皮瓣覆盖保证骨水泥不暴露在外,对于病房环境菌群不会造成影响。皮瓣逆行转移后,创面的面积要超出骨水泥覆盖区域 0.5 cm,以保证皮瓣与创面软组织有足够的接触,保证皮瓣与创面顺利的愈合。

3.4 二期自体骨移植修复跟骨骨缺损

皮瓣愈合后患者即完成第 1 次住院治疗,术后 8~12 周来院取出骨水泥行自体骨移植术。本组 1 例患者因骨质缺损较浅,取出骨水泥后以 PRP 灌注于缺损处,原位激活为 PRP 凝胶,填塞了空腔,后期 MRI 检查示组织机化完全,无残留空腔,愈合满意。植骨所用内固定可使用交叉克氏针或者螺钉,骨折愈合后取出。部分患者因术后并发症出现的时间较早,跟骨骨折尚不稳定,一期清创时仅剪去感染部位涉及的内固定钢板部分,未将内固定完全取出,待植骨及骨折端愈合后再次住院行跟骨内固定取出术。

综上所述,在跟骨术后并发骨感染伴骨质、软组织缺损时,利用穿支皮瓣联合 Masquelete 技术,一期清创、病灶清除后以载抗生素骨水泥填塞骨性空腔,小腿腓动脉穿支岛状皮瓣修复,二期取出骨水泥、诱导膜内自体骨移植,手术操作简单,组织损伤较小,治疗效果稳妥,值得在临床推广。

参考文献:

[1] 熊雁, 王子明. 跟骨骨折的临床治疗进展[J]. 创伤外科杂志, 2020,22(4): 241-244. DOI:10.3969/j.issn.1009-4237.2020.04.001.
XIONG Y, WANG Z M. Progress in clinical treatment of calcaneal fractures[J]. J Trauma Surg, 2020, 22(4): 241-244. DOI:10.3969/j.issn.1009-4237.2020.04.001.

[2] 李博, 孙立, 韩伟, 等. 外侧延长"L"形切口治疗跟骨骨折常见并发症及相关因素分析[J]. 中国矫形外科杂志, 2017, 25(2): 178-180. DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2017.02.17.
LI B, SUN L, HAN W, *et al*. Analysis of common complications and related factors in the treatment of calcaneal fracture with lateral extended "L" shaped incision[J]. Orthop J China, 2017, 25(2): 178-180. DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2017.02.17.

[3] 张勇, 杨立峰, 应霁翀, 等. 跟骨骨折外侧钢板内固定术后中期随访和并发症分析[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2016, 31(8): 832-835. DOI:10.7531/j.issn.1672-9935.2016.08.014.
ZHANG Y, YANG L F, YING J C, *et al*. Mid-term postoperative follow-up for lateral plate fixation of calcaneal fractures and its complications[J]. Chin J Bone Jo Inj, 2016, 31(8): 832-835. DOI:10.7531/j.issn.1672-9935.2016.08.014.

[4] 周武, 夏天, 刘梦非, 等. Ⅰ期清创联合抗生素骨水泥珠链填塞治疗骨折后慢性感染[J]. 中华创伤杂志, 2018,34(11): 1001-1006. DOI:10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2018.11.009.
ZHOU W, XIA T, LIU M F, *et al*. Phase I debridement combined with antibiotic bone cement bead chain packing for chronic infection after fracture[J]. Chin J Traumatol, 2018, 34(11): 1001-1006. DOI:10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2018.11.009.

[5] 俞华军, 黄凯, 马苟平, 等. 腓动脉穿支蒂螺旋桨皮瓣修复跟骨骨折术后 L 形感染创面 17 例[J]. 中华整形外科杂志, 2018,34(2): 134-136. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-4598.2018.02.013.
YU H J, HUANG K, MA G P, *et al*. Treatment of postoperative infected unhealed wounds in calcaneus fractures using L-shaped flap pedicled with peroneal artery perforator[J]. Chin J Plast Surg, 2018,34(2): 134-136. DOI:10.3760/cma.j.issn.1009-4598.2018.02.013.

[6] 许伟凡, 王谦, 许国星, 等. 吸盘式可冲洗 VSD 在慢性骨髓炎手术治疗中的应用[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2019, 34(5): 547-548. DOI:10.7531/j.issn.1672-9935.2019.05.039.
XU W F, WANG Q, XU G X, *et al*. Application of sucker flushable VSD in the surgical treatment of chronic osteomyelitis[J]. Chin J Bone Jo Inj, 2019, 34(5): 547-548. DOI:10.7531/j.issn.1672-9935.2019.05.039.

[7] 胡汉, 刘欣伟, 田竞, 等. 抗生素 PMMA 骨水泥研究进展[J]. 创伤与急危重病医学, 2016, 4(4): 253-256. DOI:10.16048/j.issn.2095-5561.2016.04.15.
HU H, LIU X W, TIAN J, *et al*. Research progress of antibiotic PMMA bone cement[J]. Trauma Crit Care Med, 2016, 4(4): 253-256. DOI:10.16048/j.issn.2095-5561.2016.04.15.

[8] 施晓成, 于鹏丽, 王淑琴, 等. 腓动脉穿支皮瓣及其穿支血管超声定位的临床应用[J]. 中国美容整形外科杂志,

2018, 29(10): 623-626. DOI:10.3969/j.issn.1673-7040.2018.10.014.
SHI X C,YU P L,WANG S Q, *et al*. Clinical application of ultrasound positioning of peroneal artery perforator flap and its perforating vessel[J]. Chin J Aesthetic Plast Surg, 2018, 29(10): 623-626. DOI:10.3969/j.issn.1673-7040.2018.10.014.

[9] 汪坤菊, 石小田, 丁自海,等. 腓动脉皮支链皮瓣的应用解剖[J]. 解剖学杂志,2020,43(4):309-312. DOI:10.3969/j.issn.1001-1633.2020.04.008.
WANG K J,SHI X T,DING Z H, *et al*. Applied anatomy of cutaneous branches-chain flap of the peroneal artery[J]. Anatomy J,2020,43(4):309-312. DOI:10.3969/j.issn.1001-1633.2020.04.008.

[10] 杜虎羽, 刘君, 郭志坚, 等. 应用 Masquelet 技术治疗跟骨骨髓炎的临床研究[J]. 中国矫形外科杂志, 2017, 25(15): 1435-1437. DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2017.15.18.
DU H Y, LIU J, GUO Z J, *et al*. Clinical study of Masquelet technique in the treatment of calcaneal osteomyelitis[J]. Orthop J China, 2017, 25(15): 1435-1437. DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2017.15.18.

[11] 高许斌, 池征璘, 官建中,等. 足外侧血管链在防治跟骨外侧 L 型切口皮肤坏死中的临床应用[J]. 蚌埠医学院学报, 2019,44(2):158-159,163. DOI:10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2019.02.005.
GAO X B,CHI Z L,GUAN J Z, *et al*. Clinical application of lateral vascular chain of foot in the prevention of cutaneous necrosis in lateral L-shaped incision of calcaneus[J]. J Bengbu Med Coll,2019,44(2):158-159,163. DOI:10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2019.02.005.

[12] 黄凯, 郭峭峰, 沈立锋, 等. 93 例跟骨骨折术后创伤性骨髓炎诊治分析[J]. 中华创伤杂志, 2016(5): 427-429. DOI:10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2016.05.010.
HUANG K, GUO Q F, SHEN L F, *et al*. Diagnosis and treatment of 93 cases of traumatic osteomyelitis after calcaneal fracture[J]. Chin J Traumatol, 2016(5): 427-429. DOI:10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2016.05.010.

[13] 王新卫, 张磊, 万明才, 等. 腓动脉蒂复合组织瓣逆行转位治疗跟骨骨髓炎骨与软组织缺损[J]. 中华创伤骨科杂志, 2017,19(3): 256-260. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2017.03.013.
WANG X W, ZHANG L, WAN M C, *et al*. Retrograde transposition of composite tissue flap pedicled with peroneal artery to treat bone and soft tissue defects following calcaneal osteomyelitis[J]. Chin J Orthop Trauma, 2017,19(3): 256-260. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2017.03.013.

[14] 黄凯, 张春, 郭峭峰, 等. 腓动脉穿支蒂螺旋桨皮瓣治疗跟骨骨折术后感染创面 28 例[J]. 中华显微外科杂志, 2016, 39(1): 85-87. DOI:10.3760/cma.j.issn.1001-2036.2016.01.025.
HUANG K, ZHANG C, GUO Q F, *et al*. Treatment of 28 cases of postoperative infected wound with peroneal artery perforator pedicle screw flap for calcaneal fracture[J]. Chin J Microsurg, 2016, 39(1): 85-87. DOI:10.3760/cma.j.issn.1001-2036.2016.01.025.

[15] 周江军, 杨俊, 赵敏, 等. 一期彻底清创负载抗生素硫酸钙治疗跟骨骨髓炎[J]. 生物骨科材料与临床研究, 2017, 14(2): 49-51,I0002. DOI:10.3969/j.issn.1672-5972.2017.02.012.
ZHOU J J, YANG J, ZHAO M, *et al*. Treatment of calcaneus osteomyelitis by one-stage debridement and compound grafting of antibiotic-impregnated calcium sulfate[J]. Orthop Biomech Mater Clin Study, 2017, 14(2): 49-51,I0002. DOI:10.3969/j.issn.1672-5972.2017.02.012.

[16] 李涛, 史占军, 王健, 等. 两种抗生素复合骨水泥的材料学性能及抗菌活性研究[J]. 中华关节外科杂志(电子版), 2016, 10(4): 47-51. DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-134X.2016.04.009.
LI T, SHI Z J, WANG J, *et al*. Effects of bone cement impregnated with two antibiotics on matierial and antibacterial properties[J]. Chin J Jo Surg Electron Version, 2016, 10(4): 47-51. DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-134X.2016.04.009.

[17] 宋夏楠, 韩天宇, 纪振钢, 等. 不同品牌骨水泥中抗生素的释放特性研究[J]. 局解手术学杂志, 2020,29(7): 529-532. DOI:10.11659/jjssx.03E020177.
SONG X N, HAN T Y, JI Z G, *et al*. Release characteristics of antibiotics in different brands of bone cement[J]. J Reg Anat Oper Surg, 2020,29(7): 529-532. DOI:10.11659/jjssx.03E020177.

[18] 董晖, 许建民, 马磊, 等. Masquelet 技术治疗胫骨慢性骨髓炎[J]. 临床骨科杂志, 2017, 20(2): 191-194. DOI:10.3969/j.issn.1008-0287.2017.02.023.
DONG H, XU J M, MA L, *et al*. Masquelet technique in the treatment of chronic tibial osteomyelitis[J]. J Clin Orthop, 2017, 20(2): 191-194. DOI:10.3969/j.issn.1008-0287.2017.02.023.

(**收稿**:2021-01-06;**修回**:2021-03-02)
(编辑 汪勤俭)