

## · 技术创新 ·

诱导膜技术联合双钢板治疗胫骨骨干大段骨缺损<sup>△</sup>

李卓伟, 高峻青\*, 王朝辉, 詹晓欢, 李鲜慧

(广州中医药大学附属佛山中医院, 广东佛山 528000)

**摘要:** [目的] 介绍诱导膜技术 (Masquelet) 联合双钢板固定胫骨骨干大段骨缺损的手术技术和初步效果。[方法] 2016年1月—2019年1月, 采用诱导膜技术联合双钢板固定 18 例胫骨骨干大段骨缺损患者。术前评估畸形, 胫骨骨缺损部彻底清创, 控制感染后填塞骨水泥, 并同时覆盖创面, 必要时皮瓣修复。待诱导膜形成后, 去除骨水泥, 缺损处植骨, 同时从同一切口行胫骨内、外侧钢板固定后关闭切口。[结果] 18 例患者均顺利完成手术, 无严重并发症。除 2 例患者伤口浅部感染, 通过增加换药次数、使用抗感染药物后愈合, 其余患者均在二期术后创面愈合良好。术后随访 12 个月以上, 临床骨愈合时间为 (4.44±0.98) 个月。末次随访患者 VAS 评分、Lowa 膝关节功能评分、Lowa 踝关节功能评分较术前均显著改善 ( $P<0.05$ )。[结论] 诱导膜技术联合双钢板可有效治疗胫骨骨干大段骨缺损, 术后愈合良好, 具有操作简单、患者接受度高、并发症少等优点。

**关键词:** 胫骨骨干大段骨缺损, 诱导膜技术, 双钢板, 内固定

**中图分类号:** R683.42      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005-8478 (2022) 08-0737-04

**Membrane induction technique combined with double-plate internal fixation for large segment bone defect of tibial shaft //**  
*LI Zhuo-wei, GAO Jun-qing, WANG Zhao-hui, ZHAN Xiao-huan, LI Xian-hui. Foshan Hospital of Traditional Chinese Medicine, Guangzhou University of Chinese Medicine, Foshan 528000, China*

**Abstract:** [Objective] To introduce the surgical technique and preliminary results of membrane induction (Masquelet technique) combined with double-plate internal fixation for large segmental bone defect of tibial shaft. [Methods] From January 2016 to January 2019, 18 patients with tibial diaphysis defect were treated with induction membrane technique combined with double-plate internal fixation. The deformity was evaluated before surgery, and the defect of tibia bone was thoroughly debrided. After infection control, bone cement was filled and the wound was covered at the same time, skin flap was used if necessary. After the membrane induced was formed properly, the bone cement was removed and bone grafting was performed at the defect site, simultaneously, internal fixation with lateral and medial plates in the same incision was conducted. [Results] All the 18 patients were successfully operated on without serious complications. Except 2 patients who had postoperative superficial wound infection, which healed after dressing change and using anti-infective drugs, all the patients got sound wound healing after the second-stage operation. All the patients were followed up for more than 12 months, and got clinical bone healing in (4.44±0.98) months. At 12 months postoperatively the VAS score, Lowa knee function score and Lowa ankle function score significantly improved compared with those preoperatively ( $P<0.05$ ). [Conclusion] This membrane induction technique combined with double-plate for internal fixation does effectively treat the large-segment bone defect of tibial shaft with good clinical outcomes, and has the advantages of simple operation, high acceptance by patients, and few complications.

**Key words:** large-segment bone defect of tibial shaft, membrane induction technique, double plates, internal fixation

作为下肢主要承重骨之一, 胫骨大段骨缺损治疗中表现出难度大、治疗周期长、患者依从性差等特点, 常用治疗技术包括非血管化骨移植、游离腓骨瓣移植技术、Ilizarov 骨搬运技术、诱导膜技术 (Mas-

quelet 技术) 等<sup>[1-6]</sup>。近几年, 诱导膜技术在骨干和干骺端缺损重建中的地位逐渐超过了血管化骨搬运, 或称 Ilizarov 技术<sup>[7-9]</sup>, 尤其治疗大段骨缺损的疗效颇为显著。

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2022.08.13

**△基金项目:** 广东省重点领域研发计划项目 (编号:2020B1111150001); 广东省中医药科研项目 (编号:20211370); 佛山市重点领域科技攻关项目 (编号:2020001006106); 佛山市医学类科技攻关项目 (编号:1920001000570)

**作者简介:** 李卓伟, 副主任中医师, 研究方向: 肢体矫形, (电话)0757-83061113, 13827759568 (电子信箱) fsscat@163.com

\* **通信作者:** 高峻青, (电话)13902803577, (电子信箱) gao-7950@163.com

诱导膜技术包括两个阶段，都需要选择合适的肢体固定的方法。何种固定方式能够维持肢体的轴向和侧方稳定性、最有利于患肢功能的远期恢复？在大段骨缺损的情况下，单钢板固定的稳定性不够、钢板易断裂，髓内钉固定易导致成角畸形等<sup>[10]</sup>。因此，2016年1月—2019年1月，本院采用诱导膜技术结合双钢板治疗胫骨大段骨缺损，现将手术技术与结果报告如下。

## 1 手术技术

### 1.1 术前准备

与患者进行良好沟通，评估患者心、肺等功能情况，排除手术禁忌证；明确患者感染情况，如血常规等指标；明确患者骨缺损情况，对骨缺损处完善X线片、CT、MR等影像学检查，初步评估植骨量；评估小腿软组织缺损情况；对过敏体质者行骨水泥过敏试验。

### 1.2 麻醉与体位

均取仰卧位，腰麻，消毒铺巾后用无菌止血囊于患侧大腿近端止血。

### 1.3 手术方法

诱导膜技术结合双钢板内固定主要分为两大阶段。

第一阶段：在骨水泥填充前，对骨缺损处进行彻底清创修整，完全清除坏死组织、异物、游离碎骨、骨髓炎形成的窦道等，骨断端修剪至能看到点状新鲜血液渗出，打通髓腔后用安尔碘、盐水反复冲洗伤口直至冲洗液变清，计算患肢正常的轴线和长度并选择合适外固定架稳定断端，裁剪合适的负压海绵覆盖创面。若创面感染严重，炎症控制不佳，可反复进行上述清创过程。创面炎症控制良好，肉芽生长新鲜红润，血供丰富，沿原切口分离皮下组织，按上述清创过程再次清创后，用安尔碘浸泡骨折断端约1~2 min，再用生理盐水冲洗至冲洗液变清。根据肢体轴线调整外固定支架位置无误且稳定后，用无菌卡尺测量缺损长度，调制骨水泥（常用混有万古霉素的聚甲基丙烯酸甲酯骨水泥，40 g 聚甲基丙烯酸甲酯骨水泥混1~2 g 万古霉素），填充骨缺损时完全包裹骨折断端2 cm以上，类似“套筒状”包裹。在填充骨水泥的过程中由于骨水泥聚合放热，需要用大量的生理盐水浸泡降温冷却。填充完毕后，再次检查外固定支架确保稳定。填充固定后，创面尽量无张力缝合，若创面较大可选择植皮或皮瓣封闭创面，最后用负压海绵封闭创面进行封闭引流，术后3 d更换负压装置。

第二阶段：一般在第一阶段术后的6~8周，诱导膜形成基本完整，先判断患肢软组织情况，要求皮肤完整，厚度适宜，提拉松软，评估皮肤延展性满足二期缝合。对一期皮瓣患者观察皮瓣颜色、血供等。皮肤条件满足后，确定感染情况控制较好就可以进行外固定支架的拆除。外固定支架拆除后再次复查患者的血沉、感染二项等指标，待感染指标正常即可进行二期植骨。手术沿原切口部位直接切开诱导膜，将一期骨水泥敲碎取出后，再通髓腔，冲洗创面，松开止血带，行创面止血，将远近端骨清理至新鲜点状渗血，整个操作过程注意保护诱导膜完整性。评估骨缺损量，取对侧髂骨进行植骨，逐层分开各组织层，暴露髂骨，先利用50 ml注射器抽取骨髓组织备用。根据术前预计骨量，骨刀凿取髂骨全层骨块，刮出松质骨备用。彻底止血后，缝合髂部各层组织，4/0可吸收线缝合皮肤。利用咬骨钳、骨刀将髂骨块粉碎成颗粒状，将骨髓组织同髂骨颗粒混匀。可根据骨量混入同种异体骨，异体骨与自体骨比例约1:3<sup>[11]</sup>，也可混入自体富血小板血浆备用<sup>[12]</sup>。继而矫正肢体的力线，进行内固定。先从切口将合适钢板置于胫骨外侧，选择数枚相应长度螺钉进行固定；再从同一切口放入胫骨内侧钢板固定。检查钢板固定稳定后，将预备的植骨颗粒放入缺损处进行充分填充。完毕后尽量将两块内固定钢板包裹于诱导膜内，完整缝合诱导膜，切口放置引流管后逐层缝合，无菌敷料加压包扎。

### 1.4 术后处理

第一阶段术后，严禁患肢负重，术后2周后复查患者感染指标、X线片等情况；若患者连续2次复查感染指标均增高，需注意感染复发，可再次扩创、病灶清理，直至伤口无感染征象、炎症指标下降。

植骨后，常规镇痛、消炎、中药外敷消肿，皮下放置引流管2~3 d，充分引流。后期注意伤口清洁，定期更换敷料。术后第1 d患者即可在医生指导下被动屈伸患肢关节，循序渐进，至少前3个月每月复查一次X线片，观察骨痂形成及植骨处愈合情况。

## 2 临床资料

### 2.1 一般资料

2016年1月—2019年1月，共收治18例胫骨大段骨缺损患者，均为单侧胫骨骨干或干骺端骨缺损，清创后骨缺损范围大于正常侧胫骨骨干直径2倍及以上<sup>[13]</sup>。男12例，女6例；年龄18~71岁，平均(39.94±17.21)岁；初始损伤原因：交通伤9例，跌

伤5例，重物砸伤3例，高处摔落伤1例；骨缺损部位，左胫骨8例，右胫骨10例。12例患者均伴有小腿软组织缺损，3例腓总神经损伤，4例胫前动脉损伤，均急诊清创缝合；清创后骨缺损长度6.0~14.5 cm，平均(9.15±2.56) cm。本研究经医院伦理委员会批准(伦理号：[2018] 140号)，所有患者均知情同意。

## 2.2 初步结果

所有患者均顺利完成手术，2例伤口浅部感染，通过增加换药次数、使用抗感染药物后愈合，无新发血管、神经损伤等严重并发症。本组2例单纯植皮术，6例腓肠营养皮瓣移植术，4例腓动脉穿支皮瓣移植术，6例无皮肤缺损。两阶段间隔时间39~90 d，平均(54.33±14.73) d。

所有患者均获随访，随访时间12~30个月，平均(18.56±5.95)个月。负重时间(3.17±0.95)个月，临床骨性愈合时间(4.44±0.98)个月。18例患者临床随访资料表1。末次随访时疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)较术前显著减少<sup>[14]</sup>，Lowa踝关节功能评分(Lowa's ankle function score, LAFS)、Lowa膝关节功能评分(Lowa's knee function score, LKFS)均较术前显著增加，差异具有统计学意义( $P<0.05$ )。典型病例见图1。

表1 18例患者临床评分结果(分,  $\bar{x} \pm s$ ) 与比较

时间点	VAS 评分	LKFS 评分	LAFS 评分
术前	7.65±1.09	37.28±4.69	26.61±3.31
末次随访	0.79±0.62	93.17±3.29	91.89±4.09
P值	<0.001	<0.001	<0.001



图1 患者，男，71岁，因车祸致右胫骨中上段粉碎性骨折并骨缺损11 cm，行诱导膜技术联合双钢板治疗 1a: 术前侧位X线片示胫骨干部中段大段骨缺损 1b: 术中骨水泥套筒样填充 1c: 第一阶段腓肠肌内侧头肌皮瓣移植后同侧大腿取皮植皮覆盖创面 1d: 第一阶段术后8周骨水泥填充，形态好 1e: 第一阶段术后8周皮瓣、植皮存活良好 1f: 第二阶段术前拆除外固定支架后正位X线片示骨水泥包裹满意 1g, 1h: 第二阶段术后1周正侧位X线片示骨折复位对线齐，力线好 1i: 第二阶段术后1个月，外观好 1j: 第二阶段术后1年正位X线片示骨折处愈合良好

### 3 讨 论

诱导膜技术在骨科节段重建领域应用广泛,其并发症和供体部位后遗症的风险低<sup>[15]</sup>。而诱导膜技术中,内固定方式会直接影响患肢的稳定性和骨重塑,决定治疗效果,是该技术成功或失败的关键变量<sup>[16]</sup>。

现有的诱导膜技术治疗胫骨大段骨缺损,通常胫骨干骺端大段骨缺损用单钢板固定时稳定性不够、易出现钢板再断裂等风险,骨干部用髓内钉固定易出现断端对线不齐导致成角畸形、骨不连等并发症<sup>[10]</sup>。为此,笔者将诱导膜技术与双钢板结合起来。诱导膜技术联合双钢板内固定,操作简单、切口单一、美观度好、患者接受度高,且患肢稳定性好、断端对位齐、相对治疗周期短、并发症少。本研究患者第一阶段结束后诱导膜形成完整,胫骨软组织情况良好,第二阶段诱导膜技术结合双钢板内固定骨缺损修复良好,末次随访时所有患者未见成角畸形、骨不连等情况。

研究表明,感染会显著降低骨愈合率<sup>[17]</sup>,因此诱导膜技术能完成的前提是确保患肢无感染。笔者坚持扩大清创范围,清理软组织至正常约2 mm,清理骨组织至缺损端出现“辣椒征”,通髓腔后反复安尔碘和生理盐水冲洗,清创后伤口负压海绵引流。

其次,形成完整的诱导膜、修复软组织缺损是诱导膜技术的基础。笔者经验是填充骨水泥时包裹骨断端以上2 cm,形成类似“套筒”的膜;取骨水泥时注意保护诱导膜完整;修复缺损软组织可选择皮瓣或植皮;通常创口内部稳定之后再软组织覆盖,笔者选择与骨水泥填充同时覆盖创面。

最后,选择恰当的内固定是诱导膜技术成败的决定因素。笔者使用双钢板对胫骨干骺端、干部进行固定,两个钢板可从同一切口进入,一般先固定胫骨外侧,再固定内侧。钢板选择据术者经验,笔者干骺端双钢板多用前外侧钢板和重建锁定钢板。

综上所述,诱导膜技术联合双钢板治疗胫骨大段骨缺损疗效安全可靠,患者满意度高,接受度高。但由于开展初期,且长期随访中病例数在减少,诱导膜联合双钢板内固定对皮肤要求高,创伤部软组织厚度、弹性、延展性的具体数值有待进一步多中心、大样本研究。

### 参考文献

[1] Cano-Luís P, Andrés-Cano P, Ricón-Recarey FJ, et al. Treatment

of posttraumatic bone defects of the forearm with vascularized fibular grafts. Follow up after fourteen years [J]. *Injury*, 2018, 49 (suppl 1): 27-35.

[2] Aktuglu K, Erol K, Vahabi A, Ilizarov bone transport and treatment of critical-sized tibial bone defects: a narrative review [J]. *J Orthop Traumatol*, 2019, 20 (1): 1-14.

[3] Yin P, Zhang L, Li T, et al. Infected nonunion of tibia and femur treated by bone transport [J]. *J Orthop Surg Res*, 2015, 10 (1): 1-9.

[4] Ronga M, Ferraro S, Fagetti A, et al. Masquelet technique for the treatment of a severe acute tibial bone loss [J]. *Injury*, 2014, 45: 111-115.

[5] 余清文,赵东升,郑晓勇,等. Masquelet 技术治疗骨折后骨缺损疗效的荟萃分析 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2018, 26 (24): 2254-2259.

[6] 黄进成,刘曦明,蔡贤华,等. Masquelet 技术治疗感染性骨缺损的研究进展 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2017, 25 (20): 1867-1871.

[7] Masquelet A, Kanakaris NK, Obert L, et al. Bone repair using the masquelet technique [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2019, 101 (11): 1024-1036.

[8] Vigouroux F, Mezzadri G, Parot R, et al. Vascularised fibula or induced membrane to treat congenital pseudarthrosis of the tibia: a multicentre study of 18 patients with a mean 9.5-year follow-up [J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2017, 103 (5): 747-753.

[9] Tong K, Zhong Z, Peng Y, et al. Masquelet technique versus Ilizarov bone transport for reconstruction of lower extremity bone defects following posttraumatic osteomyelitis [J]. *Injury*, 2017, 48 (7): 1616-1622.

[10] Vallier HA, Cureton BA, Patterson BM. Randomized, prospective comparison of plate versus intramedullary nail fixation for distal tibia shaft fractures [J]. *J Orthop Trauma*, 2011, 25 (12): 736-741.

[11] 殷渠东,孙振中,顾三军. 应用 Masquelet 技术修复骨缺损的研究进展 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2013, 27 (10): 1273-1276.

[12] 高峻青,王朝辉,詹晓欢,等. Masquelet 技术联合富血小板血浆修复胫骨大段骨缺损 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2020, 22 (4): 315-321.

[13] 谢利军,李杭,潘志军,等. Masquelet 诱导膜技术修复胫骨感染性缺损 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2018, 20 (10): 860-865.

[14] 周继红. 创伤评分学 [M]. 北京: 科学出版社, 2018.

[15] Mi M, Papakostidis C, Wu X, et al. Mixed results with the Masquelet technique: a fact or a myth [J]. *Injury*, 2020, 51 (2): 132-135.

[16] Kombate NK, Walla A, Ayoub G, et al. Reconstruction of traumatic bone loss using the induced membrane technique: preliminary results about 11 cases [J]. *J Orthop*, 2017, 14 (4): 489-494.

[17] Hsu CA, Chen SH, Chan SY, et al. The induced membrane technique for the management of segmental tibial defect or nonunion: a systematic review and meta-analysis [J]. *Biomed Res Int*, 2020, 2020: 1-9.

(收稿:2021-07-01 修回:2021-10-20)

(同行评议专家: 杨华清 冯亚高)

(本文编辑: 闫承杰)