

· 临床论著 ·

# Masquelet 与 Ilizarov 技术修复感染性胫骨骨缺损比较<sup>△</sup>

张文韬, 陈 勋, 宋 涛, 杜晓龙, 江仁其, 王宇飞, 刘亚飞, 喻姿瑞

(西安市红会医院骨显微修复外科, 陕西西安 710054)

**摘要:** [目的] 比较 Masquelet 技术与 Ilizarov 技术治疗胫骨感染性骨缺损的临床效果。[方法] 回顾性分析 2017 年 8 月—2020 年 8 月, 本院治疗的胫骨感染性骨缺损 60 例患者的临床资料。依据术前医患沟通结果, 35 例采用 Masquelet 诱导膜技术, 25 例采用 Ilizarov 骨搬运技术。比较两组围手术期、随访及影像结果。[结果] 两组均顺利完成手术, Masquelet 组中透视总次数、手术切口愈合等级均显著优于 Ilizarov 组 ( $P<0.05$ )。早期并发症方面, Masquelet 为 3/35 (8.57%), 而 Ilizarov 组为 9/25 (36.00%), 两组差异有统计学意义 ( $P<0.05$ )。两组平均随访时间 ( $24.54\pm 5.86$ ) 个月。Masquelet 组恢复下地行走时间及完全负重活动时间显著早于 Ilizarov 组 ( $P<0.05$ )。术后随时间推移, 两组患者 VAS 评分均显著减少 ( $P<0.05$ ), 而 Iowa 膝关节评分、Iowa 踝关节评分、SF-36 得分均显著增加 ( $P<0.05$ )。术后 6 个月和末次随访时, Masquelet 组的 VAS 评分显著优于 Ilizarov 组 ( $P<0.05$ ); 相应时间点, 两组 Iowa 膝关节评分、Iowa 踝关节评分、SF-36 得分差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。影像方面, Masquelet 组骨缺损影像愈合时间显著早于 Ilizarov 组 ( $P<0.05$ )。[结论] Masquelet 技术与 Ilizarov 技术均可有效治疗胫骨感染性骨缺损, 但本研究中 Masquelet 技术的临床效果优于 Ilizarov 技术。

**关键词:** 胫骨, 感染性骨缺损, Masquelet 技术, Ilizarov 技术

**中图分类号:** R687      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005-8478 (2022) 10-0883-05

**Comparison of Masquelet method versus Ilizarov technique for repairing infectious tibial bone defects // ZHANG Wen-tao, CHEN Xun, SONG Tao, DU Xiao-long, JIANG Ren-qi, WANG Yu-fei, LIU Ya-fei, YU Zi-ru.** Department of Orthopaedics and Microsurgery, Xi'an Honghui Hospital, Xi'an 710054, China

**Abstract: [Objective]** To compare the clinical outcomes of Masquelet technique versus Ilizarov technique for treatment of infectious tibial bone defects. **[Methods]** A retrospective study was conducted on 60 patients who received surgical treatment for infectious tibial bone defect in our hospital from August 2017 to August 2020. According to the results of preoperative doctor-patient communication, 35 patients received Masquelet treatment, the induced membrane technique, while the other 25 patients received Ilizarov therapy, the bone transportation. The perioperative, follow-up and imaging documents were compared between the two groups. **[Results]** All patients in both groups had operations completed smoothly. The Masquelet group proved significantly superior to the Ilizarov group in terms of total number of intraoperative fluoroscopy and incision healing grade ( $P<0.05$ ). The early complications were of 3/35 (8.57%) in the Masquelet group, whereas 9/25 (36.00%) in the Ilizarov group, which was statistically significant between the two groups ( $P<0.05$ ). During follow-up period lasted for ( $24.54\pm 5.86$ ) months on an average, the Masquelet group resumed walking and full weight-bearing activity significantly earlier than the Ilizarov group ( $P<0.05$ ). The VAS score significantly decreased ( $P<0.05$ ), while Iowa knee score, Iowa ankle score and SF-36 score significantly increased in both groups over time ( $P<0.05$ ). VAS score in Masquelet group was significantly better than those of Ilizarov group at 6 months after surgery and the latest follow-up ( $P<0.05$ ), although there were no significant differences in Iowa knee score, Iowa ankle score and SF-36 score between the two groups at any corresponding time points ( $P>0.05$ ). Radiographically, the Masquelet group got healing of the bone defect significantly earlier than the Ilizarov group ( $P<0.05$ ). **[Conclusion]** Both Masquelet technique and Ilizarov technique are effective for treatment of infectious tibial bone defects, by contrast, the Masquelet technique does achieve considerably better clinical results than the Ilizarov technique in this study.

**Key words:** tibia, infectious bone defect, Masquelet technique, Ilizarov technique

随着现代社会的发展与科技的进步, 各种高能暴力损伤的患者不断增多, 导致了越来越多的胫骨开放

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2022.10.04

△基金项目: 西安交通大学医学院附属红会医院基金项目(编号: YJ2013012)

作者简介: 张文韬, 副主任医师, 研究方向: 创伤及骨病诊疗, (电话)13299166759, (电子信箱)niuniu6906@163.com

性骨折患者，并常伴有骨髓炎等感染性并发症，其主要表现为骨与软组织损伤坏死<sup>[1]</sup>。对于这类患者，彻底清创后会遗留大片骨缺损，即胫骨感染性骨缺损<sup>[2]</sup>。因胫骨本身血运较差，且存在死骨形成的现象，常规静脉给药难以在病灶处达到有效的抗生素抑菌浓度，故胫骨感染性骨缺损治疗难度较大<sup>[3]</sup>。传统治疗感染性骨缺损的方法为二期清创联合抗生素控制感染，待感染控制后二期覆盖创面并行松质骨植骨<sup>[4]</sup>，但传统方法需行多次手术治疗，治疗周期较长，对于长距离的胫骨缺损效果不明显，且易发生骨折不愈合、患肢肢体短缩等严重并发症<sup>[5]</sup>，严重影响患者的身心健康。近些年来，Ilizarov骨搬运技术与Masquelet诱导膜技术在治疗骨缺损领域发展迅速，其中Ilizarov技术基于“张力-应力”原则，安装外固定支架于骨缺损处，并不断进行渐进式的牵拉，促进膜内化骨转化为骨组织，实现骨生长，恢复患肢长度<sup>[6]</sup>。Masquelet技术分两期进行，一期手术为彻底清创后在骨缺损处填充抗生素骨水泥，闭合伤口后可在缺损处形成诱导膜。待感染控制后可行二期手术，清除抗生素骨水泥后在诱导膜内植骨以修复骨缺损<sup>[7]</sup>。以上两种技术在临床上均广泛应用于胫骨感染性骨缺损的治疗，本研究对胫骨感染性骨缺损患者分别采用Masquelet技术与Ilizarov技术治疗，比较两种方法的临床有效性与安全性，获得了较好的临床效果，现报告如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 纳入与排除标准

纳入标准：(1) 年龄 $\geq 18$ 岁；(2) 临床、影像学和细菌鉴定培养确诊为胫骨感染性骨缺损。

排除标准：(1) 存在其他原因引起的胫骨疾病史、畸形史或手术史；(2) 存在神经系统并发症或恶性肿瘤等疾病；(3) 因患者自身原因而无法耐受手术。

### 1.2 一般资料

回顾性分析2017年8月—2020年8月本院治疗的胫骨感染性骨缺损患者的临床资料，共60例符合上述标准，纳入本研究。依据术前医患沟通结果将患者分为两组，35例采用Masquelet诱导膜技术，25例采用Ilizarov骨搬运技术。两组术前一般资料见表1，两组年龄、性别、BMI、侧别、胫骨缺损部位的差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。本研究获医院伦理委员会批准，所有患者均签署知情同意书。

表1 两组患者术前一般资料与比较

指标	Masquelet 组 (n=35)	Ilizarov 组 (n=25)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$ )	38.26 $\pm$ 5.11	40.37 $\pm$ 6.11	0.337
性别 (例, 男/女)	19/16	14/11	0.287
BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ , $\bar{x} \pm s$ )	21.76 $\pm$ 2.11	21.84 $\pm$ 2.54	0.301
侧别 (例, 左/右)	17/18	15/10	0.174
缺损部位 (例, 上段/ 中段/下段)	13/8/14	10/5/10	0.189

### 1.3 手术方法

完善术前检查，通过胫骨正侧位X线片确定骨折类型，设计手术方案。取骨缺损处分泌物进行细菌鉴定培养和药敏试验，针对性使用敏感抗生素。

Masquelet组：一期手术，对胫骨感染区域进行彻底清创，更换原有内固定。清除死骨及硬化骨，再通髓腔通道，脉冲冲洗术野。按10:1的比例将甲基丙烯酸甲酯(PMMA)骨水泥与万古霉素混合制成抗生素骨水泥，凝固前将其填充于骨缺损区，并使用冰生理盐水冲洗，以避免骨水泥凝固时产热灼伤周围软组织，使骨折断端完全被骨水泥包裹。通常可直接闭合切口，若存在皮肤缺损，可采用皮瓣修复创面。二期手术，在一期手术6~8周后，实验室检查确定感染完全控制后可行二期手术。沿原切口切开，可见一层白色膜结构(即诱导膜)。切开并保护好诱导膜，完整取出骨水泥并彻底清理周围瘢痕组织，再次清除死骨及硬化骨，使髓腔通道再通。植入自体髂骨，或自体骨联合异体骨进行植骨，缝合假膜。对于软组织条件较好的患者，使用钢板固定以增加稳定性，软组织条件较差的患者，可采用锁定钢板外置的方法固定。最后留置引流管，闭合切口。常规给予敏感抗生素治疗，术后1d即可进行相邻关节运动。术后半年内每月进行影像学复查，根据愈合情况逐步增加负重至完全负重。

Ilizarov组：彻底清除坏死组织，使用过氧化氢溶液、生理盐水、碘伏溶液反复冲洗创面。根据术前X线片所确定的截骨部位在骨膜下进行截骨。安装Ilizarov外固定器，通过X线确定骨缺损两端力线正常。一期闭合切口。术后1周后以1mm/d的速度进行骨搬运，4次/d。每2周复查胫骨X线片，根据结果调整搬运的方向、频率和速度。骨缺损区域愈合后拆除外固定器并进行负重训练。

### 1.4 评价指标

记录两组患者的围手术期指标。采用疼痛视觉模

拟评分法 (visual analogue scale, VAS)<sup>[8]</sup>、Iowa 膝关节评分、Iowa 踝关节评分<sup>[9]</sup>、SF-36 量表评分<sup>[10]</sup>评价临床效果。定期影像检查, 评估骨愈合时间<sup>[11]</sup>、测量胫骨近端内侧角 (medial proximal tibial angle, MPTA) 和胫骨远端外侧角 (lateral distal tibial angle, LDTA)<sup>[12]</sup>。

### 1.5 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件对数据进行统计处理。计量数据以  $\bar{x} \pm s$  表示, 资料呈正态分布时, 两组间比较采用独立样本 *t* 检验, 组内两时间点比较采用单因素方差分析; 资料呈非正态分布时, 采用秩和检验。计数资料采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 精确检验。等级资料两组比较采用 Mann-whitney *U* 检验。  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 围手术期情况

两组患者均顺利完成手术。两组围手术期资料见表 2, 两组初次手术清创后的骨缺损程度的差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。Masquelet 组术中透视总次数、手术切口愈合等级明显优于 Ilizarov 组 ( $P < 0.05$ ); 但前者的手术总时间、术中总失血量和总住院时间均显著大于后者 ( $P < 0.05$ ); 两组患者手术次数的差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

表 2 两组患者围手术期资料与比较

指标	Masquelet 组 (n=35)	Ilizarov 组 (n=25)	<i>P</i> 值
清创后骨缺损 (cm, $\bar{x} \pm s$ )	8.12±1.96	8.53±1.87	0.416
手术次数 (次, $\bar{x} \pm s$ )	2.36±0.12	2.34±0.16	0.315
手术总时间 (min, $\bar{x} \pm s$ )	66.74±18.67	55.06±20.31	<b>0.030</b>
术中透视总次数 (次, $\bar{x} \pm s$ )	2.54±0.41	4.16±1.21	<b>0.027</b>
术中总失血量 (ml, $\bar{x} \pm s$ )	74.11±20.07	65.17±16.51	<b>0.031</b>
切口愈合等级 (例, 甲/乙/丙)	29/5/1	18/5/2	<b>0.022</b>
总住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$ )	12.50±2.27	8.87±1.61	<b>0.036</b>

并发症情况, Masquelet 组共 3 例 (8.57%), 其中 1 例为钉道感染, 经加强局部护理后好转; 1 例为术后感染复发, 再次行彻底清创手术后感染控制; 1 例髂骨取骨处感染, 切口处加强换药后好转。Ilizarov 组共 9 例 (36.00%), 其中 5 例为钉道感染, 加强钉道护理后好转; 3 例出现骨轴向偏移, 调整外固定支架后轴向偏移矫正; 1 例出现胫骨下段骨不连, 经手术植骨治疗 8 个月后愈合。两组并发症发生率的差异

有统计学意义 ( $P=0.017$ )。

### 2.2 随访结果

所有患者均获随访, 随访时间 17~28 个月, 平均 (24.54±5.86) 个月。随访期间, 两组共出现 2 例翻修手术, 术后恢复良好。两组患者疼痛逐步减缓, 功能逐步改善, 生活质量逐渐提高。随访资料见表 3, Masquelet 组恢复下地行走时间及完全负重活动时间显著早于 Ilizarov 组 ( $P < 0.05$ )。术后随时间推移, 两组 VAS 评分均显著减少 ( $P < 0.05$ ), Iowa 膝关节评分、Iowa 踝关节评分、SF-36 得分均显著增加 ( $P < 0.05$ )。术前两组间 VAS 评分差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 但术后 6 个月和末次随访时, Masquelet 组的 VAS 评分显著优于 Ilizarov 组 ( $P < 0.05$ )。相应时间点, 两组 Iowa 膝关节评分、Iowa 踝关节评分、SF-36 得分的差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

末次随访时, Masquelet 组 35 例患者中, 32 例完全无痛, 3 例行走时轻度疼痛; 34 例行走正常, 无跛行, 1 例轻度跛行; 35 例下蹲活动正常; 34 例恢复伤前运动和劳动能力, 1 例未恢复至伤前运动和劳动能力水平。Ilizarov 组 25 例患者中, 21 例完全无痛, 4 例行走时轻度疼痛; 23 例行走正常, 无跛行, 2 例轻度跛行; 23 例下蹲活动正常, 2 例下蹲活动轻度受限; 22 例恢复伤前运动和劳动能力, 3 例未恢复至伤前运动和劳动能力水平。

### 2.3 影像评估

两组影像评估结果见表 4, 至末次随访时, 两组患者均达到胫骨缺损的骨性愈合, Masquelet 组患者的骨愈合时间明显早于 Ilizarov 组 ( $P < 0.05$ )。末次随访时, 两组均无明显胫骨畸形, 两组间 MPTA、LDTA 和胫骨短缩距离的差异均无统计学意义。

## 3 讨论

本研究发现, 术后两组患者的 Iowa 膝关节评分、Iowa 踝关节评分、SF-36 得分均显著改善, 其影像学指标如 MPTA、LDTA 和胫骨短缩距离等也基本恢复正常, 但 Masquelet 组患者的下地行走时间、完全负重活动时间及影像骨愈合时间均显著早于 Ilizarov 组, 且 Masquelet 组患者的 VAS 评分在术后 6 个月及末次随访时均低于 Ilizarov 组。本研究证明 Masquelet 技术与 Ilizarov 技术均可有效治疗胫骨感染性骨缺损, 但应用 Masquelet 技术在缩短患者的恢复时间, 降低术后疼痛方面明显优于 Ilizarov 组。分析原因: Ilizarov 骨搬运技术需长时间多次调整外固

定架，且骨缺损越大所需愈合时间越长，长期的治疗及调整导致术后疼痛持续时间长，影响患者身心健康<sup>[13]</sup>。而膜诱导技术由 Masquelet 等<sup>[14]</sup>于 1986 年描述并于 2000 年利用 Masquelet 技术进行了大段的骨缺损修复手术，取得了良好的治疗效果。Masquelet 技术的优势在于形成诱导膜后成骨因子分泌达到高峰，后通过植骨重建骨缺损，骨愈合时间会大大缩

短<sup>[15]</sup>，故 Masquelet 技术修复骨缺损所需时间不与骨缺损长度成正相关<sup>[16]</sup>，更适用于重度骨缺损的患者。并且将抗生素骨水泥植入骨缺损区域，维持正常结构力线的同时阻止瘢痕组织生长，形成诱导膜后还可避免移植骨的重吸收及软组织的长入，可快速促进成骨。

表 3 两组患者随访结果 ( $\bar{x} \pm s$ ) 与比较

指标	时间点	Masquelet 组 (n=35)	Ilizarov 组 (n=25)	P 值
下地行走时间 (周)		6.74±2.67	7.04±2.81	<b>0.039</b>
完全负重活动时间 (周)		26.74±4.67	35.06±6.31	<b>0.011</b>
VAS 评分 (分)	术前	7.64±2.67	7.89±2.14	0.157
	术后 6 个月	1.84±0.40	3.17±1.43	<b>0.037</b>
	末次随访	1.62±0.37	2.77±1.13	<b>0.021</b>
	P 值	<b>0.023</b>	<b>0.019</b>	
Iowa 膝关节评分 (分)	术前	44.71±5.27	45.36±4.88	0.415
	术后 6 个月	85.74±5.40	86.03±5.21	0.327
	末次随访	91.23±5.31	90.17±5.22	0.263
	P 值	<b>0.027</b>	<b>0.010</b>	
Iowa 踝关节评分 (分)	术前	34.24±4.23	33.64±4.94	0.142
	术后 6 个月	78.91±4.90	79.21±5.03	0.279
	末次随访	84.61±5.53	85.31±4.21	0.403
	P 值	<b>0.020</b>	<b>0.034</b>	
SF-36 得分 (分)	术前	56.39±9.65	55.47±9.61	0.376
	术后 6 个月	72.51±9.88	72.74±9.87	0.157
	末次随访	78.07±10.67	77.31±10.07	0.162
	P 值	<b>0.039</b>	<b>0.027</b>	

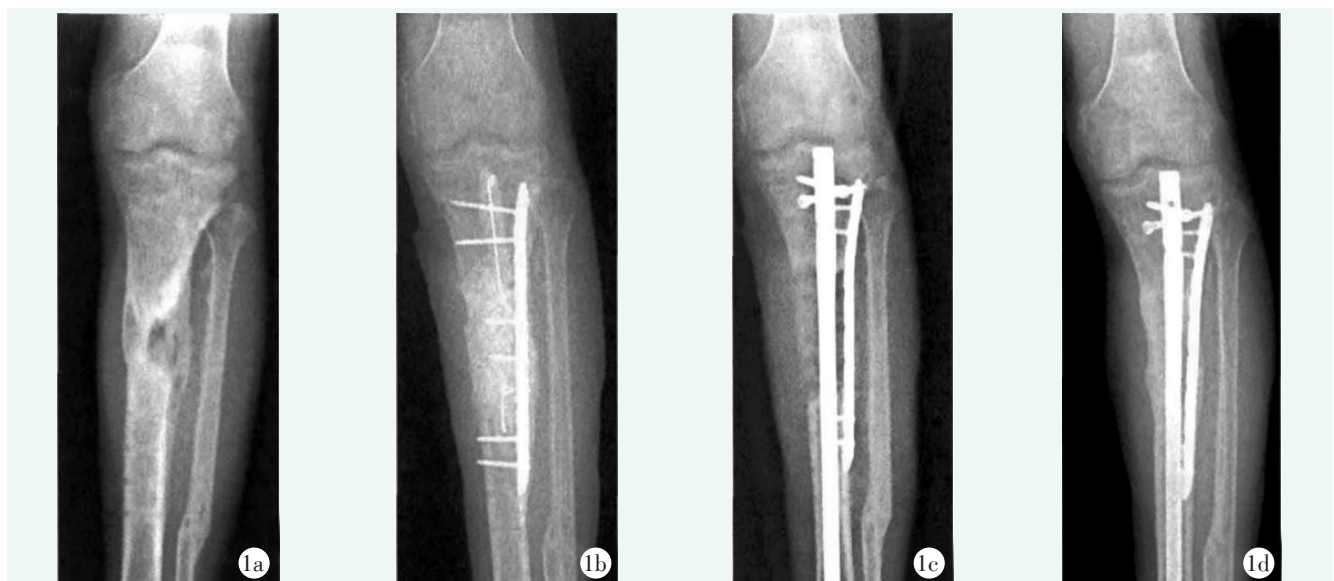


图 1 患者，男，30 岁，因外伤导致左胫骨上段骨折，并发性骨髓炎，采用 Masquelet 诱导膜技术治疗 1a: 本次术前胫骨正位 X 线片示胫骨上端感染骨段长度约 6.8 cm 1b: 一期手术清创后填充抗生素骨水泥，同时行钢板固定 1c: 二期手术，取出骨水泥，植入自体骨 1d: 术后 24 个月随访，显示骨折基本愈合

表4 两组患者影像评估结果与比较

指标	Masquelet 组 (n=35)	Ilizarov 组 (n=25)	P 值
影像骨愈合时间 [例 (%)]			
<20 周	5 (14.29)	1 (4.00)	<b>0.023</b>
20~30 周	21 (60.00)	13 (52.00)	<b>0.016</b>
>30 周	9 (25.71)	11 (44.00)	<b>0.041</b>
末次随访 MPTA ( $^{\circ}$ , $\bar{x} \pm s$ )	87.03 $\pm$ 2.41	87.50 $\pm$ 2.22	0.247
末次随访 LDTA ( $^{\circ}$ , $\bar{x} \pm s$ )	89.01 $\pm$ 3.13	89.11 $\pm$ 2.89	0.472
末次随访胫骨短缩 (mm, $\bar{x} \pm s$ )	6.06 $\pm$ 2.21	6.43 $\pm$ 2.42	0.382

Ilizarov 组患者的手术总时间、术中总失血量和总住院时间等指标均明显优于 Masquelet 组 ( $P < 0.05$ )。分析原因为 Masquelet 组需行二期手术, 故手术总时间及总住院时间较长, 术中总失血量较多。Masquelet 组的并发症发生率远低于 Ilizarov 组 ( $P < 0.05$ ), Ilizarov 组的并发症发生率较高的原因为钉道长时间与外界相通及外固定架术后管理所需时间较长, 而 Masquelet 组的总体治疗时间短于 Ilizarov 组, 所以并发症的发生率较低。两组均需手术时彻底清创来降低患者术后再发感染的发生率<sup>[17]</sup>, 可在术前进行详细影像学检查分析清创范围, 术后严密监控感染指标以减少再发感染的发生<sup>[18]</sup>。

本研究仍存在部分有待完善的问题, 包括: (1) 本研究为回顾性单中心研究; (2) 本研究病例数量较少, 随访时间不长; (3) 未对胫骨感染性骨缺损的病因及分型进行研究。因此, 最终的结论有待后续改进研究方法后进一步证实。

综上所述, 在胫骨感染性骨缺损的患者中应用 Masquelet 诱导膜技术与 Ilizarov 骨搬运技术均具有临床有效性, 但应用 Masquelet 技术可以显著缩短患者的愈合时间及完全负重时间, 明显降低各种并发症的发生率, 并且在降低术后疼痛方面更有优势。因此, 建议依据患者具体病情优先选择 Masquelet 技术治疗。

#### 参考文献

[1] Pabm A, Am B, Pygf A. Induced membrane technique (Masquelet) for bone defects in the distal tibia, foot, and ankle: systematic review, case presentations, tips, and techniques [J]. *Foot Ankle Clin*, 2020, 25 (4): 537-586.

[2] Rohilla R, Sharma PK, Wadhvani J, et al. Prospective randomized comparison of bone transport versus Masquelet technique in infected gap nonunion of tibia [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2021, 12 (5): 1-10.

[3] Hichem I, Reda FM, Jamous M, et al. Modified Masquelet tech-

nique using allogeneic graft for a Gustilo-Anderson type III-A open fracture of the femur with an 8cm bone defect [J]. *Case Rep Orthop*, 2021, 18 (12): 257-266.

[4] Vugt T, Geurts J, Blokhuis T. Treatment of infected tibial non-unions using a BMAC and S53P4 BAG combination for reconstruction of segmental bone defects: a clinical case series [J]. *Injury*, 2020, 10 (24): 102-119.

[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] Choufani C, Demoures T, L'Escalopier ND, et al. Application of the masquelet technique in austere environments: experience from a french forward surgical unit deployed in Chad [J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2020, 9 (21): 122-138.

[7] Varsegova TN, Diuriagina OV, Emanov AA, et al. Morphological changes in the tibial nerve during the treatment of large tibia defects using Ilizarov apparatus combining with the Masquelet technique: experimental study [J]. *Traumatol Orthop Russia*, 2020, 26 (4): 93-101.

[8] 李林, 林达生, 郝健明, 等. Masquelet 技术治疗胫骨大段骨缺损的疗效分析 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2014, 16 (1): 3-8.

[9] Mathieu L, Bilichtin E, Durand M, et al. Masquelet technique for open tibia fractures in a military setting [J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2019, 25 (12): 193-208.

[10] Sahu AK, Lenka BS, Panda CK. Masquelet technique for treatment of open tibia fracture with bone loss: an observational study [J]. *Int J Orthop Sci*, 2019, 8 (7): 20-36.

[11] Oguzkaya S, Misir A, Kizkapan TB, et al. A comparison of clinical, radiological, and quality-of-life outcomes of double-plate internal and Ilizarov external fixations for Schatzker type 5 and 6 tibia plateau fractures [J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2021, 10 (2): 76-88.

[12] Siddiqui EH, Forhad S, Alam MS, et al. Treating open fracture of lower one third of tibia by Ilizarov technique: a study in a tertiary care hospital of Bangladesh [J]. *Am J Biomed Life Sci*, 2021, 9 (2): 128-140.

[13] Wu YJ, Zhang YB, Zhang WJ, et al. The role of perforating artery pedicled neurotrophic flap in the treatment of compound tissue defect of tibia with Ilizarov technique [J]. *Res Square*, 2020, 14 (5): 58-71.

[14] Masquelet AC, Fitoussi F, Begue T, et al. Reconstruction of the long bones by the induced membrane and spongy autograft [J]. *Ann Chir Plast Esthet*, 2000, 45 (3): 346-353.

[15] Vvd A, Mb B, Gg B, et al. Use of the induced membrane technique for bone tissue engineering purposes: animal studies [J]. *Orthop Clin North Am*, 2010, 41 (1): 49-56.

[16] Masquelet AC, Begue T. The concept of induced membrane for reconstruction of long bone defects [J]. *Orthop Clin North Am*, 2010, 41 (1): 27-37.

[17] Vivek C, Mark H, Cyril M. Innovative strategies for the management of long bone infection: a review of the Masquelet technique [J]. *Patient Safety Surg*, 2015, 9 (32): 89-99.

[18] 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.

(收稿: 2021-11-01 修回: 2022-04-11)  
(同行评议专家: 杨华清)  
(本文编辑: 郭秀婷)