

骨搬运联合骨水泥分段填塞与骨短缩-延长术治疗创伤后胫骨大段骨缺损的疗效比较

皮秀敏¹ 张云鹏² 屈伟¹ 胡宏宇²

【摘要】 目的 探究骨搬运技术联合骨水泥分段填塞与骨短缩-延长术治疗创伤后胫骨大段骨缺损患者的临床疗效比较。方法 回顾性分析2018年1月至2023年8月我院收治的63例[男40例,女23例,平均年龄(48.75±6.13)岁]创伤后胫骨大段骨缺损患者,按照手术方式不同分为对照组(采用骨搬运技术联合骨水泥分段填塞进行治疗,30例)、试验组(采用骨短缩-延长术进行治疗,33例),比较两组一般情况、骨愈合程度、下肢功能评分、并发症和骨折愈合时间。结果 试验组术中术后出血量和总引流量明显高于对照组($P<0.05$);试验组和对照组骨愈合优良率比较(90.91%,96.67%),差异无统计学意义($P>0.05$);试验组和对照组术后1、3、6个月美国特种外科医院(HSS)膝关节评分、踝关节Baird-Jackson评分经重复测量方差分析显示,组间差异有统计学意义($F=5.085, P=0.025; F=6.129, P=0.014$),除术前以外,不同时间点差异均有统计学意义($F=203.151, P<0.001; F=189.122, P<0.001$),组间和时间无交互作用($F=1.339, P=0.262; F=2.262, P=0.082$);试验组和对照组主要、次要并发症发生情况(主要:12.12%,23.33%;次要:30.30%,46.67%)比较均差异无统计学意义($P>0.05$);试验组骨缺损端自然愈合时间明显短于对照组($P<0.05$)。结论 骨搬运技术联合骨水泥分段填塞与骨短缩-延长术均能有效促进创伤后胫骨大段骨缺损患者的骨愈合,改善患者膝关节和踝关节功能,具有相似并发症发生率,但骨搬运技术联合骨水泥分段填塞术中术后出血量和引流量较少,骨短缩-延长术的骨折愈合时间相对更短。

【关键词】 胫骨大段骨缺损; 骨搬运技术; 骨水泥分段填塞; 骨短缩-延长术; 临床疗效

Comparison of efficacy of bone transport technology combined with segmented filling with bone cement and the bone shortening-lengthening surgery in treating large tibial bone defects after trauma

Pi Xiumin¹, Zhang Yunpeng², Qu Wei¹, Hu Hongyu². ¹Department of Operating Room, ²Department of Hands, Tangshan Second Hospital, Tangshan 063000, China

Corresponding author: Pi Xiumin, Email: yao57668@163.com

【Abstract】 Objective To compare efficacy of bone transport technology combined with segmented filling with bone cement and the bone shortening-lengthening surgery in treating patients with large tibial bone defects after trauma. **Methods** A total of 63 patients (there were 40 males and 23 females with an average age of (48.75±6.13) years) with post-traumatic large tibial bone defect admitted to our hospital from January 2018 to August 2023 were divided into control group (30 cases were treated by bone handling technology combined with bone cement segmental packing) and experimental group (33 cases were treated by bone shortening and lengthening) according to different surgical methods. The general condition, the degree of bone healing, lower limb function score, complications, and fracture healing time were compared between the two groups. **Results** The intraoperative and postoperative blood loss and total drainage volume in the experimental group were significantly higher than those in the control group ($P<0.05$); There was no statistically conspicuous difference in excellent rate of bone healing between experimental group and control group (90.91%, 96.67%) ($P>0.05$). The knee score and ankle Baird-Jackson score obtained by the Hospital for Special Surgery (HSS) of the experimental group and the control group at 1, 3 and 6 months after surgery by repeated measurement ANvariance analysis showed statistically significant differences between the experimental group and the control group ($F=$

DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-0263.2025.04.007

基金项目:河北省医学科学研究重点课题计划项目(20250213)

作者单位:063000 唐山市第二医院手术室¹,手一科²

通信作者:皮秀敏,Email: yao57668@163.com

5.085, $P=0.025$; $F=6.129$, $P=0.014$), except before surgery, the difference was statistically significant at different time points ($F=203.151$, $P<0.001$; $F=189.122$, $P<0.001$), there was no interaction between groups and time ($F=1.339$, $P=0.262$; $F=2.262$, $P=0.082$) There was no statistically conspicuous difference in incidence of primary and secondary complications between experimental group and control group (primary: 12.12%, 23.33%; secondary: 30.30%, 46.67%) ($P>0.05$). The natural healing time of bone defects in experimental group was conspicuously shorter than that in control group ($P<0.05$). **Conclusions** Bone transport technology combined with segmented bone cement packing and bone shortening - lengthening surgery can both effectively promote bone healing in patients with large tibial bone defects after trauma, improve the functions of the knee and ankle joints of patients, and have similar complication rates. However, the intraoperative and postoperative blood loss and drainage volume of bone transport technology combined with segmented bone cement packing are less, and the fracture healing time of bone shortening - lengthening surgery is relatively shorter.

【Key words】 Large tibial bone defect; Bone transport technology; Segmented filling with bone cement; Bone shortening-lengthening surgery; Efficacy

随着国家发展的日新月异,交通、建筑等行业发展也展现出欣欣向荣的态势,因交通事故和高空坠落造成的高能量暴力损伤事件也逐年增多^[1-2]。高能量暴力损伤不仅会造成机体软组织、皮肤损伤,还可因骨块丢失造成大量骨缺损现象,其中以胫骨大段骨缺损较为常见^[3-4]。创伤后胫骨大段骨缺损具有病程迁延难愈、治疗难度大、治疗效果欠佳等特点,严重影响患者的预后恢复和生活质量^[5-6]。手术是针对创伤后胫骨大段骨缺损患者的主要治疗手段,其中Ilizarov骨搬运技术被认为是长管状骨缺损的治疗金标准^[7-8]。但由于Ilizarov骨搬运技术常存在骨折处会师端愈合困难的不足之处,因此常需联合其他方式共同治疗^[9]。有研究指出,在骨搬运手术中采用骨水泥进行分段填塞可缩短患者治疗时间,有效解决会师端愈合困难的问题^[10]。此外,骨短缩-延长术同样为临床胫骨大段骨缺损患者常用手术治疗方案,在临床应用中具有良好应用效果^[11-12]。但临床有关骨搬运技术联合骨水泥分段填塞与骨短缩-延长术在创伤后胫骨大段骨缺损患者中的疗效比较研究较少见。

本研究目的:(1)了解骨搬运技术联合骨水泥分段填塞与骨短缩-延长术何种手术方式在创伤后大段骨缺损患者中应用效果更优;(2)为临床治疗提供循证依据,推动个体化治疗方案选择。通过比较两种治疗方案,探究其分别在患者中的应用效果。具体见下文。

资料与方法

一、纳入及排除标准

纳入标准:(1)影像学检查发现存在长度 $>4\text{ cm}$

的单侧开放性胫骨骨缺损;(2)患者年龄 >18 岁,患者伤后至入院时间 $\leq 3\text{ d}$,术前检查可见白细胞计数正常,患肢无感染征象。排除标准:(1)合并骨质疏松、骨性关节炎等骨质疾病,周围血管性疾病;(2)凝血、免疫功能异常;(3)恶性肿瘤;(4)不耐受本研究中的手术治疗方案,如患者全身状况较差,存在低蛋白血症、贫血等影响手术耐受和术后恢复的症状或存在伤口感染、严重软组织损伤、休克患者、合并全身其他部位骨折患者等;(5)精神、认知异常患者。

二、一般资料

将选取的63例于2018年1月至2023年8月我院收治的创伤后胫骨大段骨缺损患者按照手术方式不同分为对照组30例、试验组33例,其中3例因合并骨质疏松、骨性关节炎等骨质疾病排除,1例因凝血功能异常被排除,2例因全身状况较差被排除,1例因精神异常被排除。两组一般资料比较无统计学意义($P>0.05$),见表1。

所有手术均由同一组医师完成,本研究已获得本院医学伦理委员会批准(批号2018-0154)及所有入选患者的知情同意。

三、方法

两组患者术前均完善相关检查,密切检测患者生命体征变化,开放静脉通路,对拟进行手术区域进行常规消毒铺巾。对照组:(1)根据“扩大清创”原则,对患者进行麻醉后切开骨折位置皮肤及皮下组织,对周围坏死软组织进行彻底清除,仔细检查骨折部位周围是否存在游离碎骨块,并将其进行有效清除;(2)使用YD-MJGQ-01型截骨器(生产厂家:湖南悦达生物医药有限公司;注册证编号:湘械注准20202040932)对骨折断端进行修整,切除感染坏死

表1 两组创伤后胫骨大段骨缺损患者的一般资料比较

组别	例数	性别[例(%)]		年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	骨缺损长度 (cm, $\bar{x} \pm s$)	骨折部位[例(%)]			骨折原因[例(%)]	
		男	女			胫骨上段	胫骨中段	胫骨下段	交通事故	高空坠落
试验组	33	19(57.58)	14(42.42)	37.24±6.90	6.30±1.11	4(12.12)	25(75.76)	4(12.12)	23(69.70)	10(30.30)
对照组	30	21(70.00)	9(30.00)	37.47±6.75	6.37±1.02	3(10.00)	22(73.33)	5(16.67)	24(80.00)	6(20.00)
t/χ^2 值		1.046		0.134	0.260		0.303		0.880	
P 值		0.306		0.894	0.796		0.859		0.348	

骨段,保证髓腔畅通;(3)大量使用生理氯化钠溶液(生产厂家:河北天成药业股份有限公司;批准文号:国药准字H20143077;规格:18 g/2 000 mL)和过氧化氢溶液(生产厂家:乐泰药业有限公司;批准文号:国药准字H23021831;规格:3%)对清创后的创面进行冲洗,直至骨皮质渗血,创面新鲜;(4)根据术前检查结果准备合适的Ilizarov外固定架及相关配件;(5)剥离骨膜,使用微创截骨器将胫骨阶段后于胫骨近端、截骨线下方搬运骨、胫骨缺损远端打入外固定架螺钉,共计8枚,随后对下肢力线进行调整,安装延长连接杆,固定外固定架;(6)在C臂机下再次对外固定架固定效果进行检查,并对活动出血情况进行观察;(7)创面无出血后使用PALACOS LG型骨水泥(生产厂家:江苏乐铠生物技术有限公司;注册证编号:国械注准20223130968)对骨缺损两端进行封堵,并对骨水泥进行塑形,使其制成约3 cm高,直径约与患者个人胫骨两端相同的圆柱,对骨缺损部位进行填塞连接;(8)切口旷置,便于后期将骨水泥取出,使用骨水泥片对外露骨质进行覆盖,对创面进行负压封闭引流,必要时可对体表皮肤缺损处进行二期植皮处理;(9)术后常规应用抗生素预防感染,指导患者进行股四头肌等长功能训练;(10)根据患者下肢血运和软组织情况在术后1周时进行骨搬运,速度为1 mm/d,4次/d;(11)嘱患者2周进行1次胫骨X片检查,由专业医师结合检查结果对搬运方向、频率、速度进行调整,适时取出骨水泥块;(12)断端对接后可对接两端适当加压,以加快会师端愈合速度;(13)当X片显示存在3面及以上连续骨皮质形成,则可将外固定架去除,嘱患者每隔2个月进行一次入院随访检查。

观察组:(1)同对照组(1)~(3)操作;(2)清创后对胫骨两断端进行压缩复位,使用外固定架进行固定,对创口进行一期缝合;(3)在胫骨缺损和截骨位置上、下端各安装1枚钢环,交叉置入2枚克氏针,针长约2 mm,将其固定于钢环上使骨折端保持受压状

态,以加快骨折端愈合;(4)一期骨短缩长度应 <4 cm,术后对骨缺损状况进行密切观察,术后3 d每日短缩量为1 mm,直至骨缺损端无外漏,创面基本愈合;(5)术后1周时进行骨延长,1 mm/d,根据患者情况进行4~8次处理,期间密切观察患者骨折部位疼痛及下肢血液循环状态,若出现异常则立即停止操作,随后根据患者状况进行骨延长调整;(6)术后常规应用抗生素,嘱患者每隔2个月进行一次入院随访检查。两组均对患者进行为期1年随访检查

四、观察指标

(一)骨愈合程度

通过Ilizarov技术研究与应用学会(Association for Study and Application of Method of Ilizarov, ASAMI)^[13]对患者术后半年时的骨愈合情况进行评价。ASAMI评价标准中包括(1)骨愈合程度;(2)是否存在感染;(3)成角畸形矫正;(4)下肢不等长程度。当上述4项均达到标准(骨愈合、无感染、成角小于 7° 、对位对线均良好)则记为优;除骨愈合外,其余3项满足2项为良;满足1项为中;4项均未达标为差。优良率=(优例数+良例数)/总例数 $\times 100\%$ 。

(二)下肢功能评分

通过美国特种外科医院(Hospital for Special Surgery, HSS)膝关节评分^[14]、踝关节Baird-Jackson评分^[15]分别对患者术前、术后1、3、6个月时的膝、踝关节功能进行评估。其中HSS评分共计6项,Baird-Jackson评分共计7项,两个量表满分均为100分,患者得分与其膝、踝关节功能呈正相关。

(三)并发症

通过Paley提出的分类标准^[16]将术后并发症分为主、次要两种类型。其中主要并发症包括:(1)邻近关节挛缩;(2)会师端不愈合;(3)马蹄足畸形;(5)反射性交感神经营养不良综合征。次要并发症包括:(1)针道感染;(2)软组织下陷;(3)外固定架松动。

(四)骨折愈合时间

对两组患者进行术后随访,嘱患者于术后1、3、

6、12个月时进行入院随访检查,拍摄患者患肢正、侧位X线片,根据患者首次复诊时的步态进行指导、纠正,并根据其恢复状态更改功能锻炼计划,二次复诊时对上述内容加以巩固并再次拍摄正、侧位X线片,随访至患者患肢负重功能恢复、力线正常、步态恢复良好,期间每1个月进行一次电话随访,了解患者患肢功能改善情况,直至患者的骨缺损端自然愈合,记录愈合时间。随后每年进行1次随访检查即可。

五、统计分析

本研究中创伤后胫骨大段骨缺损患者数据均经SPSS 26.0 (IBM, 美国)处理,计量资料(骨愈合程度、骨折愈合时间)符合正态分布,以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用 *t* 检验;不同时间点比较(下肢功能评分)采用重复测量方差分析;计数资料(并发症)为[例(%)],采用 χ^2 检验; $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、一般情况

研究中纳入患者59例(试验组30例、对照组29例)均获得完整随访,随访时间6~15个月,平均(8.74 ± 1.22)个月。其中试验组随访时间8~15个月,平均(10.43 ± 1.58)个月;对照组随访时间6~13个月,平均(9.84 ± 1.67)个月。试验组平均术中术后出血量(518.43 ± 63.62) mL、平均总引流量(423.17 ± 52.27) mL;对照组平均术中术后出血量(389.42 ± 44.75) mL、平均总引流量(224.77 ± 38.64) mL,试验组术中术后出血量和总引流量明显高于对照组($P < 0.05$)。

二、两组骨愈合程度比较

试验组和对照组骨愈合优良率(90.91%, 96.67%)比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),见表2。

三、两组下肢功能评分比较

HSS评分、Baird-Jackson评分经重复测量方差分析得到,试验组和对照组间差异有统计学意义($F = 5.085, P = 0.025; F = 6.129, P = 0.014$),不同时间点差异有统计学意义($F = 203.151, P < 0.001; F =$

189.122, $P < 0.001$),组间和时间不存在交互作用($F = 1.339, P = 0.262; F = 2.262, P = 0.082$)。说明不同时间点,随着时间延长,两组的评分结果不全相同,且术后1、3、6个月时试验组评分高于对照组,见表3。

四、两组并发症发生情况比较

试验组和对照组主、次要并发症发生情况(主要:12.12%, 23.33%;次要:30.30%, 46.67%)比较均无统计学意义($P > 0.05$),见表4。

五、两组骨折愈合时间比较

试验组骨缺损端自然愈合时间明显短于对照组($P < 0.05$),见表5。典型病例见图1~7。

讨 论

一、研究背景

骨骼作为机体中重要的组成部分,首先具有强大的支撑作用,不仅能够有效保护内脏器官和神经系统,还能协调机体运动,起到杠杆作用,此外骨骼中的有机物、无机物、红骨髓等成分可参与调节机体储存、代谢和造血,维持机体动态平衡^[17]。骨缺损是指骨组织结构完整性被破坏,骨组织局部缺失的情况,根据缺损的大小和部位不同,对骨骼的强度和功能可产生不同程度的影响^[18]。作为严重程度较高的骨骼疾病,骨缺损常由高能量创伤引起的骨组织粉碎性骨折、反复手术失败所致的骨不连和骨坏死、因骨肿瘤侵犯切除的骨质、由骨髓炎引起的骨大段摘除等多种病因引起^[19]。针对较小的骨缺损(≤ 2 cm)情况,临床多不建议采用手术进行治疗,骨组织可通过自我修复、再生来促进缺损愈合^[20]。而大段骨缺损作为致使肢体功能丧失的重要原因之一,仍为目前临床骨科治疗的棘手问题,采用有效方式促进骨缺损修复,尽可能恢复肢体功能在临床研究中具有重要意义^[21-22]。

二、临床意义与应用价值

胫骨骨折指胫骨在外力作用下突发断裂的骨折类型,主要包括胫骨干、胫骨平台骨折两种类型,其中以胫骨平台骨折在膝关节骨折创伤中最为常见,

表2 两组创伤后胫骨大段骨缺损患者的骨愈合程度比较[例(%)]

组别	例数	优	良	中	差	优良率
试验组	33	21(63.64)	9(27.27)	3(9.09)	0(0.00)	30(90.91)
对照组	30	19(63.33)	10(33.33)	1(3.33)	0(0.00)	29(96.67)
χ^2 值				0.175		
<i>P</i> 值				0.675		

表3 两组创伤后胫骨大段骨缺损患者的下肢功能评分比(分, $\bar{x} \pm s$)

组别	例数	HSS评分				F值	P值
		术前	术后1个月	术后3个月	术后6个月		
试验组	33	57.85±8.64	67.53±7.66 ^a	75.36±7.80 ^{ab}	89.82±5.95 ^{abc}	104.919	<0.001
对照组	30	58.13±8.25	63.79±7.20 ^a	71.18±7.34 ^{ab}	88.97±6.44 ^{abc}	110.309	<0.001
F值		0.131	1.991	2.185	0.545		
P值		0.896	0.051	0.033	0.588		

组别	例数	Baird-Jackson评分				F值	P值
		术前	术后1个月	术后3个月	术后6个月		
试验组	33	60.09±8.77	74.43±7.45 ^a	83.64±8.83 ^{ab}	91.33±5.36 ^{abc}	99.631	<0.001
对照组	30	60.73±8.26	69.46±7.02 ^a	78.99±8.24 ^{ab}	90.87±5.60 ^{abc}	101.919	<0.001
F值		0.297	2.718	2.155	0.333		
P值		0.767	0.009	0.035	0.740		

注：“a”表示与术前同组相比， $P < 0.05$ ；“b”表示与术后一个月同组相比， $P < 0.05$ ；“c”表示与术后3个月同组相比， $P < 0.05$

表4 两组创伤后胫骨大段骨缺损患者的并发症发生情况比较[例(%)]

组别	例数	主要并发症				发生率
		邻近关节挛缩	会师端不愈合	马蹄足畸形	反射性交感神经营养不良综合征	
试验组	33	1(3.03)	1(3.03)	1(3.03)	1(3.03)	4(12.12)
对照组	30	2(6.67)	3(10.00)	2(6.67)	0(0.00)	7(23.33)
χ^2 值				1.371		
P值				0.242		

组别	例数	次要并发症			发生率
		针道感染	软组织下陷	外固定架松动	
试验组	33	5(15.15)	2(6.06)	3(9.09)	10(30.30)
对照组	30	6(20.00)	4(13.33)	4(13.33)	14(46.67)
χ^2 值				1.784	
P值				0.182	

表5 两组创伤后胫骨大段骨缺损患者的骨折愈合时间比较(年, $\bar{x} \pm s$)

组别	例数	骨折愈合时间
试验组	33	0.92±0.18
对照组	30	1.08±0.23
t值		3.090
P值		0.003

约占全身骨折的1%^[23-24]。开放性胫骨骨折是在胫骨断裂基础上伴有皮肤破损,骨折端暴露于外界环境中的骨折情况,约占总开放性骨折病例数量的11%,具有发生率高、粉碎度高、暴力损伤能量高、创面污染程度高、软组织损伤严重等特点^[25]。该部分骨折患者常表现为骨折端外露皮肤、明显出血、剧烈疼痛、局部肿胀、畸形等症状,若患者未接受及时有效

处理则可增加感染、血管神经损伤、骨不连、筋膜室综合症等并发症发生概率,加重骨缺损症状,严重影响患者下肢活动功能^[26-27]。相关研究统计得到,临床开放性胫骨骨折发生率约为3.4/10 000^[28]。骨搬运技术联合骨水泥分段填塞与骨短缩-延长术均为胫骨大段骨缺损患者常用治疗术式,但有关二者何者疗效更佳的临床研究较少见。

三、研究结果及与既往研究对比

由于创伤后胫骨大段骨缺损及相关手术操作均可影响患者的下肢功能,因此,选择何种方式对患者下肢功能进行有效评估对临床判断骨折患者预后恢复具有重要意义。HSS评分为临床评估膝关节功能状态和手术效果的评分工具,Baird-Jackson评分为临床评估踝关节骨折或关节手术后功能恢复情况的评分工具,二者因其全面性、实用性、敏感性的优点,

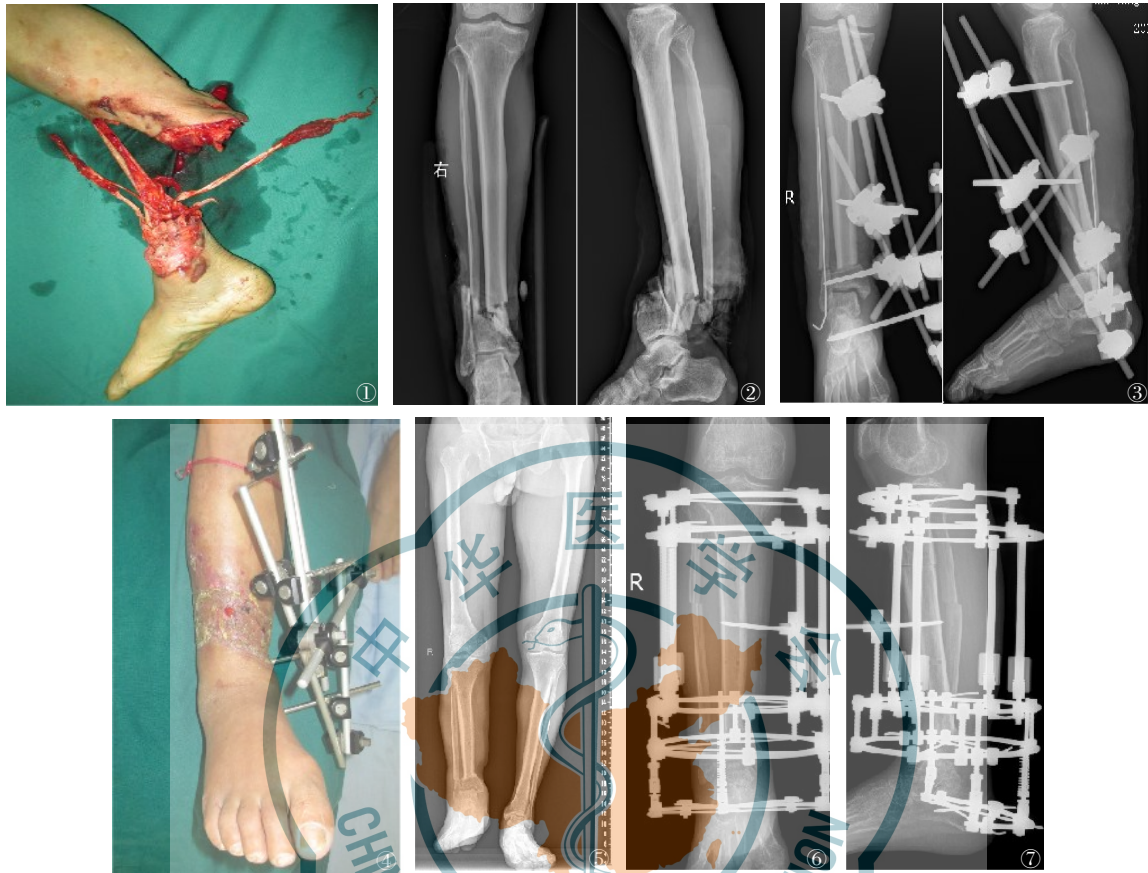


图1~7 患者57岁,男性,诊断为小腿远端离断伤,受伤时的伤口外观,伤口远端肢体仅残留少许皮条与近端肢体相连,几乎为完全离断畸形(图1),患者受伤后右小腿X线片,胫腓骨远端粉碎骨折、对位对线差(图2),清创短缩再植术后右小腿X线片,右小腿外架固定、肢体短缩、骨折对位对线好(图3),右小腿再植术后1个月伤口外观,肢体成活良好,伤口愈合良好(图4),术后5个月X线片显示右小腿骨折端愈合良好、肢体短缩畸形,右小腿短缩7 cm(图5),右小腿环式外架固定胫骨截骨骨延长术后1周X线片,胫骨近端截骨线、右小腿力线好(图6、7)

在临床下肢功能恢复的评估中得到了广泛应用^[29-30]。结果显示试验组术中术后出血量和总引流量明显高于对照组,提示骨短缩-延长术较骨搬运技术联合骨水泥分段填塞技术能够更有效减少术中术后出血,降低术后引流量。究其原因,骨短缩-延长术需对患者的病变骨段进行截除、短缩,有较大范围的软组织剥离和髓腔、骨断面暴露,炎性渗出、水肿形成风险较高,故有较多出血和术后引流,而骨搬运技术联合骨水泥分段填塞能够通过应用骨水泥来对髓腔进行封闭,进而减少创面出血,引流液主要为血清渗出,引流量较少。此外,本研究结果显示,试验组和对照组骨愈合优良率比较无统计学意义,术后半年时两组 HSS 评分、Baird-Jackson 评分比较无统计学意义。提示骨搬运技术联合骨水泥分段填塞与骨短缩-延长术二者均能有效促进创伤后胫骨大段骨缺损患者膝、踝关节功能改善,加快骨折断端愈合。分

析其原因,骨搬运技术^[31]可通过外固定架对骨段进行逐步牵拉来刺激骨缺损区域新骨形成,同时在搬运过程中矫正下肢力线,改善畸形情况,提高患者下肢功能,骨水泥分段填塞^[32]能够在骨搬运过程中为骨缺损区域提供机械支撑,以稳定骨折端,促进骨愈合。二者联合应用^[33],不仅能够恢复下肢力线,促进骨愈合和软组织修复,还可在骨搬运过程中加快早起功能锻炼进程,减少因长期制动造成的关节僵硬,加快改善患者关节功能。骨短缩-延长术^[34]中,骨短缩阶段通过使骨缺损端直接接触,松弛软组织,减少局部张力,促进骨折愈合。骨延长阶段通过使用外固定架对骨段进行牵拉来刺激新骨形成,进而逐步恢复正常肢体长度,并在逐步恢复过程中促使周围血管、神经、软组织适应新的肢体长度,经该方式亦可有效恢复下肢力线,通过骨短缩降低软组织张力,以改善关节活动度,避免瘢痕形成和肢体挛缩。通

过骨延长,促进患者早期功能锻炼,减少关节僵硬,提高关节稳定性和活动度,进而促使患者下肢功能提高。此外,研究结果指出,试验组骨缺损端自然愈合时间明显短于对照组。提示骨短缩-延长术较骨搬运技术联合骨水泥分段填塞能够加速患者骨缺损端愈合。该结论与陈伟强等^[35]的研究结果具有相似之处。究其原因,在骨搬运技术联合骨水泥分段填塞中骨水泥能够对骨端进行封堵以避免骨端纤维化、髓腔封闭;成骨细胞生长和再生骨移行速度不及周围软组织再生和蔓延速度,在延长过程中逐步将断端间水泥块取出,有效避免骨折缺损部分被周围软组织嵌入充填,影响骨缺损愈合。骨搬运技术与骨短缩-延长术均是通过对干骺端截骨进行缓慢持续牵张,刺激局部细胞再生,进而加快新骨形成,促进骨缺损修复的治疗手段。但骨短缩-延长术可在首次进行4 cm左右骨短缩,加之后续不间断骨短缩,可有效促进骨缺损端靠拢,而骨搬运技术联合骨水泥分段填塞则需要较长时间。此外,在两种手术式后均可见靠拢时一端尖细或两端不平行,针对间隙较大者需再次进行处理(如进行二次清理或植骨)才能达到理想骨愈合状态,骨短缩-延长术骨断端靠拢较早,问题出现也相对较早,可尽早进行症状处理,以加快后期骨愈合速度,故骨短缩-延长术具有较骨搬运技术联合骨水泥分段填塞更短的骨折愈合时间。此外,研究中两组主、次要并发症发生情况比较无统计学意义,提示两种手术式在应用中具有相似安全性。

综上所述,骨搬运技术联合骨水泥分段填塞与骨短缩-延长术均能有效促进创伤后胫骨大段骨缺损患者的骨愈合,改善患者膝关节和踝关节功能,具有相似并发症发生率,但骨搬运技术联合骨水泥分段填塞术中术后出血量和引流量较少,骨短缩-延长术的骨折愈合时间相对更短。本研究存在样本数量较少的不足之处,需后续研究治疗中扩大样本量继续研究,以提高文章严谨性。

参 考 文 献

- 1 Yu AH, Xu W, Lu X, et al. Development and characterization of graded porous Titanium scaffolds for bone defect repair based on selective laser melting technology [J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2023, 33(6): 1755-1767.
- 2 Ma L, Zhang XG, Wang HC, et al. A nanoplatform based on two-dimensional Nb2C enhances acoustic-dynamic antimicrobial therapy and promotes bone repair [J]. Sci.China Mater, 2023, 66(7): 2913-2924.
- 3 Bai J, Shen S, Liu Y, et al. Magnesium and Gallium co-loaded microspheres accelerate bone repair through osteogenesis and antibacterial activity [J]. Bio-Des.Manuf, 2025, 8(1): 150-169.
- 4 Lu Y, Wang Q, Ren C, et al. Proximal versus distal bone transport for the management of large segmental tibial defect: a clinical case series [J]. Sci Rep, 2023, 13(1): 3883.
- 5 湖北省医学会创伤学分会, 湖北省细胞外囊泡学会转化医学研究与应用专业委员会, 中华医学会创伤学分会, 等. 胞外囊泡在创伤性骨缺损中的应用及临床转化专家共识 [J]. 中华实验外科杂志, 2025, 42(1): 156-163.
- 6 高苗苗, 李成科, 王伟, 等. 四肢骨干大段骨缺损重建的现状与研究进展 [J]. 实用骨科杂志, 2025, 31(1): 51-55.
- 7 郑浩, 王丽丽, 刘勇, 等. 3D打印导航辅助Ilizarov骨搬运技术治疗胫骨骨缺损的疗效分析 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2023, 25(7): 617-623.
- 8 邵牧, 罗俊浩, 吴永伟, 等. 外固定结合髓内钉固定的骨搬运技术治疗胫骨骨缺损临床疗效 [J]. 中国临床解剖学杂志, 2023, 41(2): 224-229.
- 9 李明恒, 黄谋璋, 陈功群, 等. 单边外固定支架骨搬运治疗胫骨大段骨缺损的疗效分析 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2023, 25(11): 999-1002.
- 10 路鑫哲, 于超群, 李晨恺, 等. 骨水泥涂抹时间、方式及温度对单踝胫骨固定强度的影响 [J]. 中华实验外科杂志, 2023, 40(8): 1574-1576.
- 11 马会旭, 赵丽红, 隆晓涛, 等. Ilizarov短缩加压、再延长骨搬运术治疗创伤性股骨干骨缺损 [J]. 中华创伤杂志, 2021, 37(8): 708-714.
- 12 姬帅, 马腾, 王谦, 等. 改良混合骨搬运技术与传统骨搬运技术治疗胫骨远端骨髓炎伴骨缺损的疗效比较 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2022, 24(08): 650-657.
- 13 Qin LL, Yang SH, Zhao C, et al. Prospects and challenges for the application of tissue engineering technologies in the treatment of bone infections [J]. Bone Res, 2024, 12(1): 28.
- 14 Kang Y, Lim D, Sun DH, et al. Design, fabrication, and structural safety validation of 3D-printable biporous bone augments [J]. Bio Des Manuf, 2023, 6(1): 26-37.
- 15 缪徐建, 黄银生, 徐若飞, 等. 胫骨截骨骨搬运联合含万古霉素骨水泥垫块填充治疗胫骨外伤后骨感染软组织缺损的效果 [J]. 中华医院感染学杂志, 2024, 34(21): 3301-3305.
- 16 Paley D, Maar DC. Ilizarov bone transport treatment for tibial defects [J]. J Orthop Trauma, 2000, 14(2): 76-85.
- 17 滕星, 杨胜松, 王陶, 等. 顺行性骨搬运术治疗胫骨骨缺损合并膝内翻畸形 [J]. 中华骨科杂志, 2023, 43(18): 1215-1222.
- 18 黄超, 王浩洋, 曾伟南, 等. 金属填充物重建全膝关节翻修术中严重骨缺损的研究进展 [J]. 中华骨科杂志, 2024, 44(4): 270-278.
- 19 蒋武强, 黄卓, 刘晓辉, 等. 甲强龙应用史对大鼠颅骨缺损修复和股骨骨折愈合的影响 [J]. 中华实验外科杂志, 2025, 42(1): 87-90.
- 20 薛立铭, 艾合买提江·玉素甫, 阿不来提·阿不拉, 等. 远端截骨搬运治疗胫骨近端感染性骨缺损的疗效分析 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2025, 27(04): 358-362.
- 21 聂井君, 张楠, 罗玉文, 等. 不同尺寸羟基磷灰石/骨形态发生蛋白2活性骨植入物促骨缺损再生修复 [J]. 中华骨与关节外科杂志, 2025, 18(2): 162-170.
- 22 张晓艳, 徐永清, 王毅, 等. 3D打印微孔钛假体修复股骨开放性骨折后骨感染致股骨中下段大段骨缺损的疗效 [J]. 中华创伤杂志, 2025, 41(3): 282-288.

- 23 赵斌, 骆巍, 叶松庆, 等. 数字骨科技术辅助胫骨高位截骨治疗胫骨骨折畸形愈合继发内翻型膝骨关节炎的疗效分析 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2025, 27(2): 117-124.
- 24 Reátiga Aguilar J, Rios X, González Edery E, et al. Epidemiological characterization of tibial plateau fractures [J]. J Orthop Surg Res, 2022, 17(1): 106.
- 25 孙涛, 张健, 唐伟, 等. 基于 Wnt/ β -连环蛋白通路研究姜黄素对胫骨骨折模型大鼠骨折的修复作用机制研究 [J]. 中华实验外科杂志, 2025, 42(3): 500-503.
- 26 于浩淼, 董继祥, 李海鹏, 等. 基于人工智能深度学习的CT-MRI多模态影像自动融合分割技术在交叉韧带重建术前规划中的应用 [J]. 中华骨与关节外科杂志, 2025, 18(1): 27-35.
- 27 李金凤, 路玉峰, 陈李泽成, 等. 基于CT数据的数字六轴外固定器复位联合锁定外固定器固定治疗胫骨干骨折的临床效果 [J]. 中华骨与关节外科杂志, 2024, 17(12): 1100-1105.
- 28 薛宝宝, 王欢博, 杨超, 等. 膜诱导技术联合改良植骨技术治疗伴节段性骨缺损的 Gustilo-Anderson III B型胫骨开放性骨折的疗效分析 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2025, 27(03): 189-196.
- 29 高明明, 刘庆军, 朱建非, 等. 胫骨远端逆行髓内钉内固定治疗胫骨远端近踝部骨折 [J]. 中华骨科杂志, 2024, 44(19): 1280-1287.
- 30 代秀松, 张杨西贝, 叶龙飞, 等. 诱导膜技术与骨搬运技术治疗创伤性下肢长骨大段骨缺损的疗效比较 [J]. 中华解剖与临床杂志, 2023, 28(12): 829-832.
- 31 吴权, 杨凯, 施海峰, 等. 采用体外制作骨水泥填充物方式应用诱导膜技术修复上肢骨缺损 [J]. 中华手外科杂志, 2021, 37(5): 333-336.
- 32 谢杰伟, 陈谱, 管华, 等. 骨水泥填充联合 Ilizarov 技术分期治疗感染性第1跖趾关节痛风石并骨缺损 [J]. 中华骨与关节外科杂志, 2023, 16(9): 813-817.
- 33 韩晓飞, 孙振中, 王建兵, 等. Ilizarov 技术骨短缩-延长治疗无血管损伤的胫骨与软组织缺损 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2020, 22(4): 309-314.
- 34 邓书贞, 付喆, 魏武增, 等. 儿童胫骨短缩延长矿化期钢板辅助内固定的临床效果 [J]. 中华骨科杂志, 2024, 44(06): 362-371.
- 35 陈伟强, 李国华, 王振宇, 等. 骨搬运术与单边支架序贯延长治疗胫骨感染性骨缺损的疗效对比 [J]. 中华骨科杂志, 2022, 42(8): 701-708.

(收稿日期: 2024-12-03)

(本文编辑: 吕红芝)

皮秀敏, 张云鹏, 屈伟, 等. 骨搬运联合骨水泥分段填充与骨短缩-延长术治疗创伤后胫骨大段骨缺损的疗效比较 [J/CD]. 中华老年骨科与康复电子杂志, 2025, 11(4): 237-244.

中华医学会
CHINESE MEDICAL ASSOCIATION
1915