

NRD 辅助 Ilizarov 技术治疗胫骨感染性骨与软组织缺损

杨华清, 章耀华, 李强, 张鸿悦, 赵殿钊, 韩庆海, 杨云, 杨启昌, 曲龙
(首都医科大学附属北京康复医院骨科, 北京 100144)

【摘要】 目的:探讨 NRD 辅助 Ilizarov 技术治疗胫骨感染性骨与软组织缺损的临床疗效。方法:选取 2013 年 3 月至 2020 年 12 月治疗的胫骨感染性骨与软组织缺损患者 48 例,男 34 例,女 14 例,年龄 24~55(40.54±11.64)岁,分为研究组与对照组。研究组患者 25 例,男 17 例,女 8 例,年龄 31~55(41.36±9.69)岁,采用 NRD 辅助 Ilizarov 骨搬运技术治疗。对照组 23 例患者,男 17 例,女 6 例,年龄 24~53(38.61±8.76)岁,采用传统骨搬运技术治疗。通过两组患者的治愈率、复发率、针道感染发生率、抗生素使用时间、创面愈合时间、外固定携带时间、骨搬运时间、骨愈合情况、术后功能等指标评价治疗效果。结果:随访时间 12~62(33.0±7.2)个月,末次随访时,两组患者的治愈率比较,差异无统计学意义($P>0.05$),研究组复发率低于对照组($P<0.05$),针道感染发生率低于对照组($P<0.05$)。研究组的抗生素使用时间、创面愈合时间均少于对照组($P<0.05$),两组之间的骨搬运时间、外固定携带时间差异无统计学意义($P>0.05$),两组骨愈合情况、术后功能差异无统计学意义($P>0.05$)。结论:NRD 辅助 Ilizarov 技术治疗胫骨感染性骨与软组织缺损,可以达到满意的治疗效果,缩短了治疗周期及抗生素使用时间。

【关键词】 Ilizarov 技术; 骨搬运; 骨髓炎; 骨缺损; 骨不连; NRD

中图分类号:683.42

DOI:10.12200/j.issn.1003-0034.2022.10.004

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



NRD assisted Ilizarov technique in the treatment of infected bone and soft tissue defect of tibia YANG Hua-qing, ZHANG Yao-hua, LI Qiang, ZHANG Hong-yue, ZHAO Dian-zhao, HAN Qing-hai, YANG Yun, YANG Qi-chang, and QU Long. Department of Orthopaedics, Beijing Rehabilitation Hospital, Capital Medical University, Beijing 100144, China

ABSTRACT Objective: To investigate the clinical effect of NRD assisted Ilizarov technique in the treatment of infected bone and soft tissue defect of tibia. **Methods:** All 48 patients with infected bone and soft tissue defect of tibia were randomly divided into study group and control group from March 2013 to December 2020. There were 34 males and 14 females, aged from 24 to 55 years old with an average of (40.54±11.64) years old. There were 25 patients in the study group, including 17 males and 8 females, aged from 31 to 55 years old with an average of (41.36±9.69) years old. The study group were treated with NRD assisted with Ilizarov bone transport technique. There were 23 patients in control group, including 17 males and 6 females, aged from 24 to 53 years old with an average of (38.61±8.76) years old. The control group were treated with traditional bone transport technique. The curative rate, recurrence rate, incidence rate of pin track infection, time of using antibiotics, time of wound healing, time of carrying external fixation, time of bone transport, time of bone healing and postoperative function were used to evaluate the therapeutic effect of the two groups. **Results:** The follow-up period was from 12 to 62 months with an average of (33.0±7.2) months. At the final follow-up, there was no significant difference in the curative rate between the two groups ($P>0.05$). The recurrence rate in the study group was lower than that in the control group ($P<0.05$). The incidence of pin track infection in the study group was lower than that in the control group ($P<0.05$). The time of using antibiotics and wound healing in the study group was shorter than that in the control group ($P<0.05$). There was no significant difference in the time of bone transport and carrying of external fixation between the two groups ($P>0.05$). There was no significant difference in bone healing and postoperative function between the two groups ($P>0.05$). **Conclusion:** NRD assisted Ilizarov technique can achieve satisfactory results in the treatment of infected bone and soft tissue defect of tibia and shorten the treatment period and the time of using antibiotics. It is worthy of development in clinic.

KEYWORDS Ilizarov technique; Bone transport; Osteomyelitis; Bone defect; Bone nonunion; Nose ring drainage

基金项目:首都临床特色应用研究(编号:Z141107002514040);首都临床特色应用研究与成果推广(编号:Z161100000516126)

Fund program: Application of Clinical Features of Capital City of Science and Technology Commission China(No. Z141107002514040)

通讯作者:章耀华 E-mail:zhangyao-hua1016@sina.com

Corresponding author:ZHANG Yao-hua E-mail:zhangyao-hua1016@sina.com

Ilizarov 骨搬移技术是目前临床治疗骨缺损、骨不连的主要方法之一，优点是大段骨缺损无须进行复杂的大块骨移植，完全利用自身的再生修复骨缺损，21 世纪初被广泛应用，并被称为大段骨缺损治疗的“金标准”^[1-2]。而对于感染性的骨与软组织缺损，往往结合负压封闭引流 (vacuum sealing drainage, VSD) 或创口灌洗引流^[3]，但也存在治疗周期较长，需要长时间使用抗生素，需要 II 期皮瓣移植以修复软组织缺损等问题^[4]。本研究在采用 Ilizarov 骨搬移技术治疗骨髓炎、骨缺损的基础上，改进传统灌洗引流方法，采用 NRD 技术^[5]，可同期处理骨髓炎、骨与软组织缺损，缩短了抗生素的使用时间，并且无须增加手术次数和皮肤、骨骼的供区损伤。现报告如下。

1 资料与方法

1.1 病例选择

纳入标准：(1)符合骨髓炎的诊断标准。(2)病变部位在胫骨。(3)局部皮肤软组织缺损或骨外露。(4)原有疾病、创伤造成骨缺损，或清创后存在骨缺损。(5)患者全身情况稳定，能够耐受手术。(6)随访时间 ≥ 12 个月。(7)患者依从性好，能够配合治疗和完成定期随访。

排除标准：(1)不符合骨髓炎诊断标准者。(2)其他部位的骨髓炎，或无皮肤软组织缺损者。(3)全身情况较差，不能耐受手术者。(4)哺乳妊娠或正准备妊娠的妇女。(5)患者不配合治疗及随访，或随访资料不完整。

1.2 一般资料

选取 2013 年 3 月至 2020 年 12 月住院治疗的 48 例符合纳入排除标准的胫骨骨髓炎合并骨与软组织缺损的患者，将 48 例患者分为研究组和对照组，年龄 24~55(40.54±11.64)岁。其中研究组 25 例，采用 NRD 辅助 Ilizarov 骨搬移技术治疗；对照组 23 例，采用传统骨搬移技术治疗。两组患者均由同一术者实施手术。

研究组男 17 例，女 8 例；年龄 31~55 (41.36±

9.69)岁；原始损伤为闭合性骨折 9 例，开放性骨折 16 例；初次治疗使用钢板内固定 13 例，髓内针 8 例，外固定器 4 例；切除感染骨段后骨缺损 5.2~11.6 (7.56±2.12) cm，软组织缺损面积 24.6~55.7 (39.20±12.00) cm²。

对照组男 17 例，女 6 例；年龄 24~53 (38.61±8.76)岁，原始损伤为闭合性骨折 7 例，开放性骨折 16 例；初次治疗使用钢板内固定 11 例，髓内针 7 例，外固定器 5 例；切除感染骨段后骨缺损 5.5~12.1 (6.91±1.98) cm，软组织缺损面积 22.4~50.8 (36.87±10.41) cm²。两组患者的性别、年龄、原始损伤，初次治疗方法，骨缺损长度、软组织缺损面积等比较，差异均无统计学意义 ($P>0.05$)，有可比性，见表 1。

本研究经过首都医科大学附属北京康复医院伦理委员会审核通过(伦理号:2017bkkyLW012)，所有入组患者签署知情同意书。

1.3 治疗方法

所有手术及治疗由同一组医师完成。研究组采用 NRD 辅助 Ilizarov 骨搬移技术治疗，对照组采用传统骨搬移技术治疗。两组患者均由同一术者实施手术。术前两组患者均常规摄双侧胫骨正侧位及双下肢全长 X 线片，以便确定需延长长度和截骨平面，创面留取分泌做培养及药敏试验。

1.3.1 对照组

(1)手术方法。采用连续硬膜外麻醉，取出原手术内置物，彻底清除创口坏死组织、游离死骨至正常组织，切取组织再次送细菌培养和药敏试验。双氧水、碘伏溶液和生理盐水冲洗、浸泡创口，油纱条填充创面。更换手术器械和无菌单，C 形臂 X 线机透视下，在小腿远近端分别穿入固定钢针，保证所有固定钢针在同一平面及清创后两断端力线一致。干骺端进行截骨，穿针固定搬移骨段，采用平行针或斜拉针固定搬移骨段，最后安装预先组装好的外固定器。

(2)术后处理。根据培养及药敏予以敏感抗生素治疗 3 周。保持创面充分引流，定期换药，根据创面肉芽生长情况进行 II 期植皮或皮瓣转移。术后 7 d

表 1 两组胫骨骨髓炎合并骨与软组织缺损患者一般资料比较

Tab.1 Comparison of general data of patients with tibial osteomyelitis complicated with bone and soft tissue defects between two groups

组别	例数	年龄($\bar{x}\pm s$, 岁)	性别(例)		原始损伤(例)		初次固定方法(例)			骨缺损长度($\bar{x}\pm s$, cm)	软组织缺损面积($\bar{x}\pm s$, cm ²)
			男	女	闭合	开放	钢板	髓内针	外固定		
研究组	25	41.36±9.69	17	8	9	16	13	8	4	7.56±2.12	39.20±12.00
对照组	23	38.61±8.76	17	6	7	16	11	7	5	6.91±1.98	36.87±10.41
检验值		$t=1.029$	$\chi^2=0.203$		$\chi^2=0.167$		$\chi^2=0.262$			$t=0.485$	$t=0.716$
P 值		0.309	0.653		0.683		0.877			0.630	0.478

左右开始骨延长，延长速度为 0.6~0.7 mm/d，可分 3~4 次完成。术后早期即可开始积极功能训练。X 线片示骨缺损完全愈合后，拆除外固定器，支具保护 3 个月。

1.3.2 研究组

(1) 手术方法。研究组麻醉及清创方式同对照组，清创满意后，创口不关闭，将 2~3 根直径约 5 mm 的塑料软管从创口近端开口置入，远端引出，位置较高的近端作为入水口，远端作为出水口。管与管之间形成“吕”字或“品”字结构，确保引流管部位位于清创后的骨缺损断端内。丝线缝合固定引流管(图 1)。然后安装外固定器，方法同对照组。对于皮肤软组织缺损，可在缺损两端安装皮肤牵伸装置，用数枚半针将皮肤钉在骨段上，当骨段搬移时，皮肤可同时延长生长。

(2) 术后处理。入水口 24 h 持续滴入生理盐水灌洗引流，根据引流液、创面情况及感染指标决定抗生素使用时间，注意保持敷料干燥及引流管通畅，持续灌洗 2 周，可逐渐减少引流管数量至创口炎症彻底控制，细菌培养结果阴性后拔出引流管。皮肤软组织缺损创面应用皮肤牵伸技术处理，缺损处可随骨段搬移逐渐缩小愈合，待创面肉芽组织新鲜，皮肤无明显张力时缝合。余处理同对照组。

1.4 观察项目与方法

(1) 观察两组患者治愈率、复发率，以及针道感染发生率。治愈标准：局部无窦道、渗出，软组织缺损处完全愈合，炎性指标恢复正常，连续 3 次细菌培养结果阴性，截骨及骨缺损处骨愈合矿化。(2) 观察两组各项临床指标。临床指标包括抗生素使用时间，创面愈合时间，外固定携带时间，骨搬移时间。(3) 观察

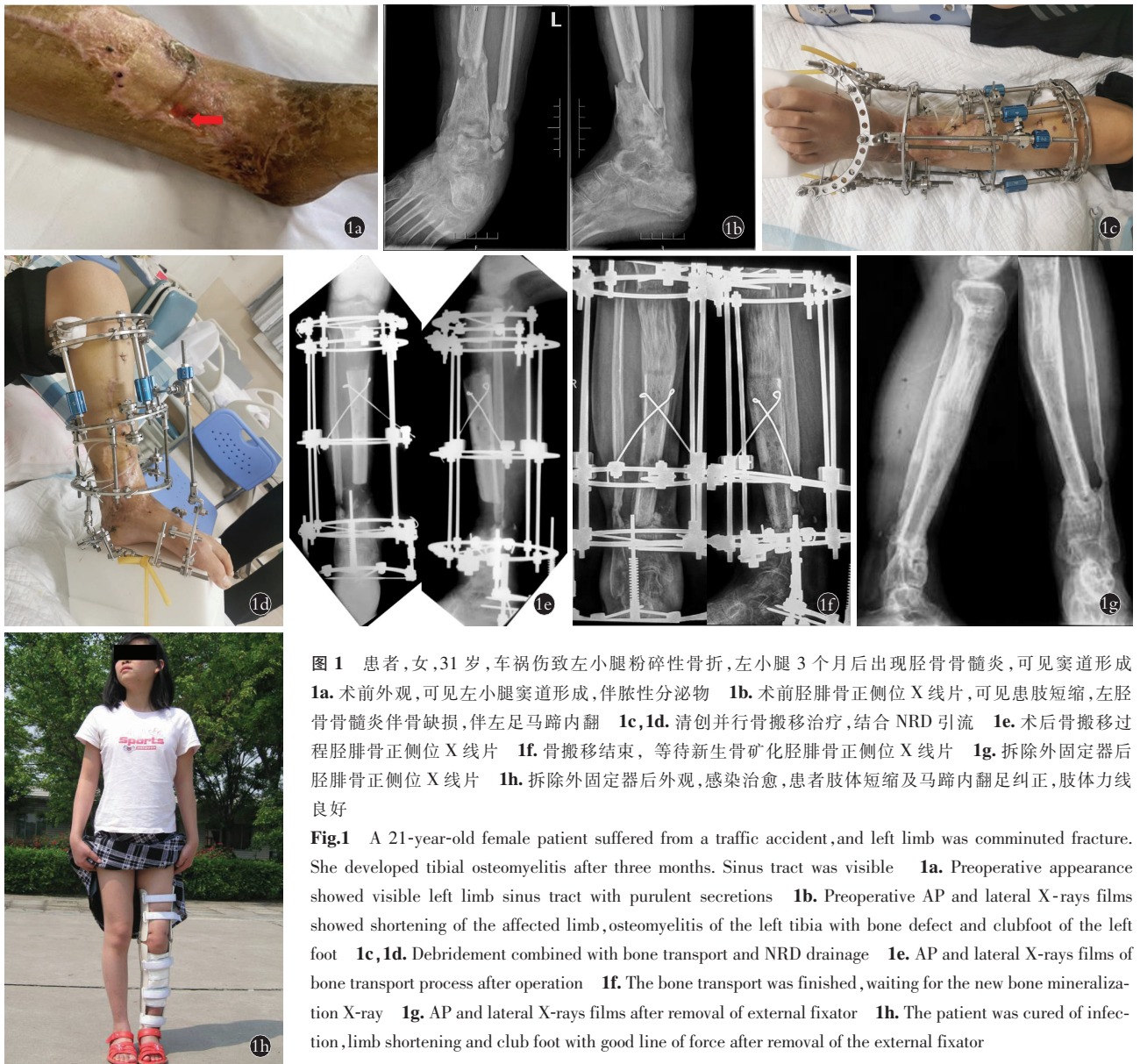


图 1 患者，女，31 岁，车祸伤致左小腿粉碎性骨折，左小腿 3 个月后发现胫骨骨髓炎，可见窦道形成 1a。术前外观，可见左小腿窦道形成，伴脓性分泌物 1b。术前胫腓骨正侧位 X 线片，可见患肢短缩，左胫骨骨髓炎伴骨缺损，伴左足马蹄内翻 1c, 1d。清创并行骨搬移治疗，结合 NRD 引流 1e。术后骨搬移过程胫腓骨正侧位 X 线片 1f。骨搬移结束，等待新生骨矿化胫腓骨正侧位 X 线片 1g。拆除外固定器后胫腓骨正侧位 X 线片 1h。拆除外固定器后外观，感染治愈，患者肢体短缩及马蹄内翻足纠正，肢体力线良好

Fig.1 A 21-year-old female patient suffered from a traffic accident, and left limb was comminuted fracture. She developed tibial osteomyelitis after three months. Sinus tract was visible 1a. Preoperative appearance showed visible left limb sinus tract with purulent secretions 1b. Preoperative AP and lateral X-rays films showed shortening of the affected limb, osteomyelitis of the left tibia with bone defect and clubfoot of the left foot 1c, 1d. Debridement combined with bone transport and NRD drainage 1e. AP and lateral X-rays films of bone transport process after operation 1f. The bone transport was finished, waiting for the new bone mineralization X-ray 1g. AP and lateral X-rays films after removal of external fixator 1h. The patient was cured of infection, limb shortening and club foot with good line of force after removal of the external fixator

两组临床疗效。采用 Paley^[6]建议的评定方法,分为骨愈合情况评定和功能评定。骨愈合情况评定标准分为 4 个观察指标,包括骨愈合情况、是否存在感染、延长骨是否有畸形、双下肢是否等长。优,骨端 I 期愈合,无感染,残留畸形<7°和肢体不等长<2.5 cm;良,骨端愈合,加上其他 3 项中的任意 2 项;可,骨端愈合,加上其他 3 项中的任意 1 项;差,骨端不愈合或再骨折,或其他 3 项均属异常。功能评定标准分为 5 个观察指标,包括是否疼痛,行走是否需要支具或拐杖,踝或膝关节是否有挛缩,踝关节及膝关节较术前减少的活动范围,是否能完成正常日常生活活动。优,肢体活动良好,无其他 4 项并发症;良,肢体活动良好,存在其他 4 项并发症中的任何 1~2 项;可,肢体活动良好,存在 3~4 项其他的并发症或截肢;差,无论有无其他 4 项并发症,只要有肢体的运动功能严重障碍即为差。

1.5 统计学处理

采用 SPSS 21.0 统计学软件进行统计学分析,两组治愈率等定性资料比较采用 χ^2 检验, 抗生素使用时间、创面愈合时间、骨搬移时间、外固定携带时间、术后功能等定量资料用均值±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,采用成组设计定量资料的 *t* 检验进行比较,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

患者均获得随访,时间 12~62(33.0±7.2)个月。

2.1 两组患者的治愈率及复发率比较

至末次随访结束,两组患者治愈率比较,差异无

统计学意义, ($P>0.05$); 研究组复发率低于对照组 ($P<0.05$), 针道感染发生率低于对照组 ($P<0.05$)。见表 2。

2.2 两组患者各项临床指标比较

研究组的抗生素使用时间、创面愈合时间均少于对照组 ($P<0.05$), 两组之间的骨搬移时间、外固定携带时间比较,差异无统计学意义 ($P>0.05$)。见表 3。

2.3 两组患者疗效比较

骨愈合情况:研究组优 21 例,良 2 例,可 1 例,差 1 例,优良率 92%(23/25);对照组优 17 例,良 3 例,可 1 例,差 2 例,优良率 86.96%(20/23)。两组骨愈合优良率比较差异无统计学意义 ($P=0.520$)。

术后功能情况:研究组优 19 例,良 3 例,可 2 例,差 1 例,优良率 88%(22/25);对照组优 16 例,良 3 例,可 2 例,差 2 例,优良率 82.61%(19/23)。两组术后功能优良率比较差异无统计学意义 ($P=0.759$)。

3 讨论

3.1 感染性骨与软组织缺损的传统治疗及不足

严重开放性粉碎骨折所造成的胫骨缺损合并骨髓炎在临床上非常常见,治疗时除了要彻底治愈感染,还要修复骨与皮肤软组织缺损,一直是临床上较为棘手的难题^[7]。临床治疗骨缺损伴有皮肤软组织缺损的慢性骨髓炎的方法很多,如在骨移植技术、Masquelet 膜诱导技术、VSD 技术结合肌皮瓣、骨皮瓣转移技术等^[8-11]。但这些技术均存在着无法一次性同期解决骨感染和软组织缺损的问题,需要在彻底控制骨感染的基础上 II 期修复软组织缺损,往往

表 2 两组胫骨骨髓炎合并骨与软组织缺损患者治愈率、复发率及针道感染发生率比较

Tab.2 Comparison of cure rate, recurrence rate and incidence of needle tract infection in patients with tibial osteomyelitis complicated with bone and soft tissue defects between two groups

组别	例数	治疗情况(例)		治愈率(%)	复发情况(例)		复发率(%)	针道感染情况(例)		发生率(%)
		治愈	未愈		复发	未复发		有	无	
研究组	25	24	1	96.00	1	23	4.17	2	23	8.00
对照组	23	21	2	91.30	5	16	23.81	7	16	30.43
χ^2 值				0.451			3.740			3.958
<i>P</i> 值				0.502			0.048			0.047

表 3 两组胫骨骨髓炎合并骨与软组织缺损患者抗生素使用时间、创面愈合时间、骨搬移时间、外固定携带时间比较($\bar{x}\pm s$)

Tab.3 Comparison of antibiotic use time, wound healing time, bone transfer time, and external fixation carrying time between two groups of patients with tibial osteomyelitis complicated with bone and soft tissue defects($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	抗生素使用时间(d)	创面愈合时间(d)	骨搬移时间(d)	外固定携带时间(月)
研究组	25	17.27±3.60	32.67±8.09	106.27±17.60	22.33±4.85
对照组	23	24.23±5.45	46.23±7.89	111.92±18.85	23.23±4.98
<i>t</i> 值		-2.114	-3.116	-1.001	-0.272
<i>P</i> 值		0.044	0.004	0.326	0.787

要经过反复多次的手术,并且难以解决彻底清创后骨缺损造成的肢体短缩的问题^[12]。以“张应力法则”为基础的 Ilizarov 骨搬移技术经过多年的临床验证,已成为治疗骨缺损合并慢性骨髓炎的主要方法之一,特别是对于清创后伴有大范围骨与皮肤软组织缺损的病例,可以不受骨缺损范围的限制,结合皮肤牵张技术,可同期解决肢体短缩和皮肤软组织缺损的问题^[13-15],减少患者的手术次数。

但单纯使用 Ilizarov 骨搬移技术治疗感染性骨缺损也存在一定的弊端,由于慢性骨髓炎通常有坏死骨与软组织、死腔形成,且有既往手术内固定物残留,往往需要长时间使用抗生素。而全身性使用的抗生素在骨局部骨组织内的浓度较低,导致抗生素难以将附着于坏死组织上的细菌彻底清除,还容易导致病菌耐药性的形成和抗生素相关性肠炎等并发症的发生,即使短期内症状有所缓解、消除,也很容易复发^[16]。

彻底清创、充分引流是 Ilizarov 骨搬移技术治疗感染性骨缺损的基础,在彻底去除作为细菌依附、生长载体的坏死组织,保留健康活性组织和良好的血运的基础上,结合创面的 VSD 引流或灌洗引流,将创面内肉眼难以发现的残留细菌、异物、坏死组织、渗血、渗液和炎性物质引流出体外,以保证局部创面的清洁^[17]。但彻底的清创往往导致局部骨与软组织的缺损范围增大,造成骨搬移时治疗周期漫长,若清创不彻底,又存在极高的复发概率^[18]。同时,传统的灌洗术引流方法通常入水管与出水管分开,但在引流期间,常因创面内的坏死组织、小血块造成出水管的堵塞,而 VSD 技术又由于费用较高,限制了其在广大基层医院的使用。

3.2 NRD 结合骨搬移治疗感染性骨与软组织缺损

本研究在 Ilizarov 骨搬移技术治疗感染性骨缺损的基础上,结合了 NRD 技术的使用。“NRD 的概念最早由哈尔滨医科大学骨外科黄殿栋教授提出”^[19],曲龙^[20]设计提出并用于治疗慢性骨与软组织等复杂感染创面的修复。因外形似牛的鼻环,故又被命名为“牛鼻子引流”。NRD 因操作简单、效果可靠,在很多基层医院慢性感染创面中广泛应用。与传统的灌洗引流技术不同,NRD 通常由 2~3 根引流管共同组成,且入水管和出水管为同一引流管,管与管之间形成“吕”字或“品”字形结构,借助管与管之间的微动,清创后创口内残留的坏死组织碎屑、渗血、渗液等可由管与管之间的间隙引出。由于引流物不从引流管内引出,从而不会造成引流管的堵塞,始终保持创口内的清洁,缩短抗生素使用和创面愈合的时间。本研究结果显示,研究组的抗生素使用时间、创

面愈合时间均少于对照组 ($P < 0.05$),有效的验证了这一点。同时,彻底的清创和持续通畅的引流降低治疗后的复发率,同时对于降低外固定器携带期间的针道感染发生率也有一定的作用。本研究结果显示,研究组的复发率和针道感染发生率低于对照组 ($P < 0.05$),创面愈合时间少于对照组 ($P < 0.05$)。

对于骨与软组织感染缺损的创面,本研究在进行骨搬移治疗的同时,同期还采用了皮肤牵张技术对创面边缘正常皮肤进行持续牵张,使皮肤、软组织在持续应力的作用下生长,达到最终封闭创面的目的,避免了 II 期的皮瓣移植手术,从而减少了患者的手术次数,避免供区的二次损伤。

综上,通过 NRD 辅助 Ilizarov 技术治疗胫骨感染性骨与软组织缺损,可同期处理骨髓炎以及骨与软组织感染缺损,缩短了治疗周期及抗生素使用时间,并且无须增加手术次数和皮肤、骨骼的供区损伤,极大减轻了患者的负担。但本次研究也存在一定的局限性,如总体纳入病例数偏少,随访时间较短,未对患者的年龄、骨与软组织缺损程度进行分层对照等,患者的基础疾病、营养状况等因素也可能造成结果的偏倚,远期疗效需要大样本和长时间的随访来证实。

参考文献

- [1] Yasui N, Kojimoto H, Shimizu H, et al. The effect of distraction upon bone, muscle, and periosteum [J]. *Orthop Clin North Am*, 1991, 22(4):563-567.
- [2] Catagni MA, Guerreschi F, Lovisetti L. Distraction osteogenesis for bone repair in the 21st century: lessons learned [J]. *Injury*, 2011, 42(6):580-586.
- [3] Yasheng T, Mijiti A, Yushan M, et al. Ozonated water lavage and physiological saline irrigation combined with vacuum-sealed drainage in the treatment of 18 cases of chronic osteomyelitis [J]. *J Int Med Res*, 2021, 49(3):300060521999530.
- [4] Ren GH, Li R, Hu Y, et al. Treatment options for infected bone defects in the lower extremities: free vascularized fibular graft or Ilizarov bone transport [J]. *J Orthop Surg Res*, 2020, 15(1):439.
- [5] Qu L, Du ZH, Wei ZY, et al. Effective treatment of external fixation with NRD for difficult bone infection [J]. *JJAEEFL*, 2013, 24:133.
- [6] Paley D. Treatment of tibial nonunion and bone loss with the Ilizarov technique [J]. *Instr Course Lect*, 1990, 39:185-197.
- [7] Arshad Z, Lau EJ, Aslam A, et al. Management of chronic osteomyelitis of the femur and tibia: a scoping review [J]. *EFORT Open Rev*, 2021, 6(9):704-715.
- [8] Mühlhäusser J, Winkler J, Babst R, et al. Infected tibia defect fractures treated with the Masquelet technique [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2017, 96(20):e6948.
- [9] Li J, Zhang H, Qi B, et al. Outcomes of vacuum sealing drainage treatment combined with skin flap transplantation and antibiotic bone cement on chronic tibia osteomyelitis: a case series study [J]. *Med Sci Monit*, 2019, 25:5343-5349.
- [10] Azi ML, Aprato A, Santi I, et al. Autologous bone graft in the treat-

- ment of post-traumatic bone defects: a systematic review and meta-analysis[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2016, 17(1): 465.
- [11] Feltri P, Solaro L, Di Martino A, et al. Union, complication, re-intervention and failure rates of surgical techniques for large diaphyseal defects: a systematic review and meta-analysis[J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 9098.
- [12] Wang X, Wang S, Fu J, et al. Risk factors associated with recurrence of extremity osteomyelitis treated with the induced membrane technique[J]. *Injury*, 2020, 51(2): 307-311.
- [13] Yin P, Zhang Q, Mao Z, et al. The treatment of infected tibial nonunion by bone transport using the Ilizarov external fixator and a systematic review of infected tibial nonunion treated by Ilizarov methods [J]. *Acta Orthop Belg*, 2014, 80(3): 426-435.
- [14] 曲龙, 施京辉, 刘黎亮, 等. 骨搬运法治疗骨感染、骨缺损及软组织缺损[J]. *中华外科杂志*, 2004, 42(23): 64.
- QU L, SHI JH, LIU LL, et al. Treatment of bone infection, bone defect and soft tissue defect by bone transport[J]. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*, 2004, 42(23): 64. Chinese.
- [15] 杨华清, 章耀华, 韩庆海, 等. 微创截骨 Ilizarov 技术结合髓内钉行股骨延长的疗效观察[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2018, 32(12): 1524-1529.
- YANG HQ, ZHANG YH, HAN QH, et al. Effectiveness of minimally invasive osteotomy Ilizarov technique combined with intramedullary nail for femoral lengthening[J]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*, 2018, 32(12): 1524-1529. Chinese.
- [16] Alikun A, Yushan M, Li W, et al Risk factors associated with infection recurrence of posttraumatic osteomyelitis treated with Ilizarov bone transport technique-a retrospective study of 149 cases[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2021, 22(1): 573.
- [17] 张彦龙, 王泳, 彭阿钦. 骨搬运联合开放植骨和负压封闭引流技术治疗胫骨感染性骨缺损[J]. *中华创伤杂志*, 2017, 33(2): 141-146.
- ZHANG YL, WANG Y, PENG AQ. Bone transport combined with open bone grafting and vacuum sealing drainage for treatment of infectious tibial bone defect [J]. *Zhonghua Chuang Shang Za Zhi*, 2017, 33(2): 141-146. Chinese.
- [18] 丁小方, 徐海林, 王元利, 等. 改良胫骨横向骨搬运微循环重建术治疗终末期糖尿病足[J]. *中国骨伤*, 2021, 34(5): 462-466.
- DING XF, XU HL, WANG YL, et al. Modified transverse tibial bone transplantation and microcirculation reconstruction for the treatment of end-stage diabetic foot [J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2021, 34(5): 462-466. Chinese with abstract in English.
- [19] 田林, 艾克拜尔·亚森, 谭玉忠, 等. 牛鼻子引流术在严重糖尿病足感染创面中的临床应用[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2020, 34(8): 990-993.
- TIAN L, AIKEBAIER YS, TAN YZ, et al. Clinical application of nose ring drain in severe diabetic foot infection [J]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*, 2020, 34(8): 990-993. Chinese.
- [20] 曲龙. 骨搬运—治疗骨缺损与骨不连[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2009: 44-48.
- QU L. Bone Transport—Treatment of Bone Defect and Nonunion [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2009: 44-48. Chinese.

(收稿日期: 2022-09-21 本文编辑: 朱嘉)