

## · 临床研究 ·

## 闭合复位半环形外固定架与微创经皮钢板内固定治疗胫骨中下段骨折的疗效比较

伏敏睿, 史长龙, 高景华, 李路广, 李建国, 成永忠, 吴钟凯  
(中国中医科学院望京医院, 北京 100102)

**【摘要】** 目的: 比较闭合复位、弯针配合半环形外固定架与微创经皮钢板内固定 (minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis, MIPPO) 治疗胫骨中下段骨折的临床疗效。方法: 回顾性分析 2019 年 1 月至 2022 年 11 月收治的 60 例胫骨中下段骨折患者, 分为外固定组和内固定组, 各 30 例。外固定组男 18 例, 女 12 例; 年龄 (49.29±2.35) 岁; 左侧 14 例, 右侧 16 例; 采用闭合复位、弯针配合半环形外固定架治疗。内固定组男 20 例, 女 10 例; 年龄 (48.96±1.87) 岁; 左侧 15 例, 右侧 15 例; 采用 MIPPO 治疗。治疗前后观察并比较两组患者相关指标, 包括受伤至手术时间、手术时长、切口长度、术中出血量、主动活动时间和切口愈合等级等围手术期资料, Johner-Wruhs 评分, 最小疼痛完全负重时间, 疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS), SF-36 量表和并发症, 比较两组临床疗效。结果: 外固定组切口长度 (1.36±0.86) cm 和术中出血量 (10.83±5.73) ml, 优于内固定组的切口长度 (12.74±3.12) cm 及出血量 (86.47±8.90) ml ( $P<0.05$ )。两组患者随访时间 (6.23±1.89) 个月。外固定组术后开始主动活动时间 (1.50±0.54) d 和最小疼痛完全负重活动时间 (108.87±3.43) d, 晚于内固定组开始主动活动时间 (1.15±0.98) d 和最小疼痛完全负重活动时间 (105.27±3.68) d ( $P<0.05$ )。随术后时间推移, 两组 SF-36 量表评分均逐渐增加, VAS 均逐渐降低, 术后 1、6、3 个月两组 VAS 及 SF-36 量表评分差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。术中手术时间外固定组 (35.42±9.31) min, 短于内固定组 (74.22±7.81) min ( $P<0.05$ )。术中均无血管神经损伤, 术后皮肤坏死外固定组为 0 例, 内固定组为 6 例, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ )。结论: 外固定架与钢板内固定均为治疗胫骨中下段骨折的较好方法, 外固定架固定具有手术创伤小、并发症少的优势。

**【关键词】** 胫骨骨折; 外固定架; 钢板内固定; 回顾性分析

中图分类号: R683

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2023.09.005

开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):



### Comparison of clinical efficacy between closed reduction combined with semi-circular external fixator and minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO) in the treatment of middle and distal tibia fractures

FU Min-rui, SHI Chang-long, GAO Jing-hua, LI Lu-guang, LI Jian-guo, CHENG Yong-zhong, WU Zhong-kai (Wangjing Hospital of China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100102, China)

**ABSTRACT Objective** To compare the clinical efficacy between closed reduction combined with semi-circular external fixator and minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO) in the treatment of middle and distal tibia fractures. **Methods** The clinical data of sixty patients with middle and distal tibia fractures admitted between January 2019 and November 2022, were retrospectively analyzed. These patients were categorized into external fixation group ( $n=30$ ) and internal fixation group ( $n=30$ ). There were 18 males and 12 females in the external fixation group, with an average age of (49.29±2.35) years old. Among them, 14 patients presented with fractures on the left side, and 16 patients presented with fractures on the right side. Closed reduction, arched wire, and semi-circular external fixator were used for treatment. There were 20 males and 10 females in the internal fixation group, with an average age of (48.96±1.87) years old. Among them, 15 patients presented with fractures on the left side, and 15 patients presented with fractures on the right side. MIPPO technique was used for the treatment. Perioperative parameters, including time injury to surgery, surgical duration, incision length, intraoperative bleeding, time to active activity, and incision healing level, were compared between the two groups. Clinical outcomes were also assessed, including Johner-Wruhs scores, time to minimum pain-adapted full weight-bearing, visual analog scale (VAS), SF-36 scale, and complications. **Results** The external fixation group exhibited a significantly shorter incision length (1.36±0.86) cm and lower intraoperative bleeding (10.83±5.73) ml compared to the internal fixation group (12.74±3.12) cm and (86.47±

基金项目:北京市科技计划课题(编号:Z211100002921021)

Fund program: Beijing Science and Technology Plan Project (No. Z211100002921021)

通讯作者:史长龙 E-mail:shichanglong126@126.com

Corresponding author: SHI Chang-long E-mail: shichanglong126@126.com

8.90) ml, respectively ( $P<0.05$ ). The postoperative active activity time (1.50±0.54) days and minimum pain-adapted full weight-bearing activity time (108.87±3.43) days in the external fixation group were slightly delayed than the internal fixation group (1.15±0.98) days and (105.27±3.68) days, respectively ( $P<0.05$ ). Over a mean postoperative follow-up duration of (6.23±1.89) months, both groups showed improved VAS and SF-36 scale scores. There were no statistically significant differences in VAS and SF-36 scale scores 1, 3, 6 months post-operatively between the two groups ( $P>0.05$ ). The intraoperative surgical time in the external fixation group (35.42±9.31) minutes was shorter than that in the internal fixation group (74.22±7.81) minutes ( $P<0.05$ ). There was no intraoperative vascular or nerve injury, nor postoperative skin necrosis in the external fixation group. However, skin necrosis was observed in 6 patients in the internal fixation group, representing a statistically significant difference ( $P<0.05$ ). **Conclusion** Both external fixation and plate internal fixation are effective methods for the treatment of middle and distal tibia fractures. External fixation exhibits the advantage of less surgical trauma and a lower incidence of complications.

**KEYWORDS** Tibial fractures; Semi-circular external fixation; Plate internal fixation; Retrospective analysis

胫骨骨折是临床最常见的长管状骨骨折，发生率占全身骨折的 8%~15%<sup>[1]</sup>。胫骨骨折好发于任何年龄，受伤原因多为遭受高能量冲击<sup>[2]</sup>。胫骨中下段 1/3 内侧血运差，多发生骨折延迟愈合、不愈合和软组织坏死<sup>[3]</sup>。恢复小腿的长度及力线是治疗胫骨中下段骨折的主要目标<sup>[4]</sup>。治疗方法有多种方式，保守治疗如石膏、支具固定、跟骨牵引等<sup>[5]</sup>，其应用较为局限，仅适用于低能量外伤引起的微小移位骨折；手术包括钢板、髓内钉、微创经皮钢板内固定 (minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis, MIP-PO)、外固定支架，均为有效固定方式，可用于高能量损伤导致的骨折<sup>[6]</sup>。对于胫骨中下段长骨折，因骨折范围较长，钢板固定时手术创伤大，骨折血运破坏较多，延迟愈合及皮肤坏死概率较高。髓内钉置入导致髓腔内压力增高，增加了脂肪栓塞的风险，且扩髓也严重损伤了髓腔内的血运，不利于骨折愈合<sup>[7]</sup>。外固定架固定术为半侵入固定方法，操作方便、创伤小、固定可靠，弯针为其提供额外的生物力学稳定点，弥补单一外固定架不稳定的不足，疗效确切。本研究回顾性分析 2019 年 1 月至 2022 年 11 月收治的 60 例胫骨中下段骨折患者的临床资料，比较半环形外固定架与钢板内固定治疗胫骨中下段骨折的临床疗效，现报道如下。

**1 资料与方法**

**1.1 病例选择**

纳入标准：有外伤史或由于其他原因出现伤侧

小腿疼痛、肿胀及活动受限；年龄 ≥ 18 岁；胫骨干远端 1/3 的闭合性或 I - II 级开放性骨折 (AO42 型)。排除标准：病理性骨折或陈旧性骨折；术前患有严重基础疾病者；术前患肢有骨折史、功能障碍或其他影响骨折愈合的疾病者。诊断标准：(1) 外伤史明确。(2) 具有患肢肿胀、疼痛、功能障碍等骨折一般症状。(3) 具备骨折的特有体征，即患肢畸形、异常活动，骨擦音和骨擦感。(4) 影像学检查：X 线片显示胫骨中下段骨皮质不连续，可明确胫骨骨折及其类型和移位情况。

**1.2 一般资料**

2019 年 1 月至 2022 年 11 月收治 60 例胫骨中下段骨折患者，符合标准，纳入本次研究。将患者分为外固定组 (30 例) 和内固定组 (30 例)。两组患者年龄、性别、身体质量指数 (body mass index, BMI)、骨折分型差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )，有可比性，见表 1。本研究获医院伦理委员会批准 (伦理批件号：WJEC-KT-2021-063-P002)，患者均知情同意。

**1.3 手术方法**

两组患者入院给予常规骨科对症治疗择期手术，常规消毒铺巾后，均采用椎管内麻醉，手术时均采取仰卧位。

**1.3.1 外固定组** 采用闭合复位及弯针配合外固定架治疗。步骤：(1) 预弯 1 枚直径 2.5~3.5 mm 克氏针成弧形，制成弯针，从近胫距关节或内踝尖进入骨髓腔。(2) 闭合复位骨折断端，继续进入弯针，使弧顶

表 1 两组胫骨中下段骨折患者一般资料比较

Tab.1 Comparison of general data of patients with middle and lower tibia fractures between the two groups

组别	例数	年龄 ( $\bar{x}\pm s$ )/岁	性别/例		BMI ( $\bar{x}\pm s$ )/(kg·m <sup>2</sup> )	伤侧/例		骨折 AO/OTA 分型/例		
			男	女		左	右	A	B	C
外固定组	30	49.29±2.35	18	12	21.28±1.78	14	16	22	8	0
内固定组	30	48.96±1.87	20	10	21.35±1.66	15	15	21	9	0
检验值		$t=0.654$	$\chi^2=3.680$		$t=0.610$	$\chi^2=5.680$		$\chi^2=4.310$		
P 值		0.079	0.191		0.175	0.203		0.140		

位于骨折处，针尖抵达近端髓腔内侧壁。透视满意后，顺势敲击弯针，使针尖插入内侧壁固定。(3)取直径 3.0 mm 光针 2 枚，横行穿透胫骨近、远端骨皮质，平行于膝踝关节面，安装半环形外固定架，通过连接杆固定，牵引后锁定。(4)距近端骨折线 3~5 cm 处拧入半螺纹钛针 1 枚，以万向针座锁定于近端固定架，通过锁针器将弯针与远端固定架锁定。

**1.3.2 内固定组** 采用 MIPPO 治疗。闭合复位骨折断端，取小腿远端内侧切口，长 5~8 cm，逐层切开至骨膜表面，自内踝尖端向近端剥离骨膜表面软组织，于胫骨内侧放置合适长度的钢板至适当位置，依次钻孔、测深并拧入远近端螺钉固定，冲洗切口，分层缝合切口。

术后两组患者均予骨科常规护理，采用抗凝、抗感染治疗，每 3 d 常规换药。术后次日可进行踝部屈伸功能锻炼，内固定组术后 2 周拆线，两组均关注疼痛及渗血情况。

**1.4 观察项目与方法**

(1)记录两组围手术期资料，包括受伤至手术时间、手术时长、切口长度、术中出血量及切口愈合情况。(2)采用患肢 Johner-Wruhs 评分<sup>[8]</sup>、最小疼痛完全负重时间、SF-36 量表评分、疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS) 评价临床疗效<sup>[9-10]</sup>。其中, Johner-Wruhs 胫骨骨折评分主要根据骨折愈合、神经血管损伤、畸形、疼痛、活动度等 12 个方面进行评定, 分为优、良、中、差 4 个等级。见表 2。SF-36 量表评分包括生理功能、生理职能、躯体疼痛、总体健康、活力、社会功能、情感职能、精神健康 8 个方面。(3)行影像检查评估骨折复位质量<sup>[11]</sup>。评价方法: 优, 解剖复位; 良, 侧方移位 ≤ 4 mm, 无成角或旋转移位; 差, 侧方移位 > 4 mm, 或伴成角旋转移位。定期行影像检查, 以 X 线片显示骨折端有连续性骨痂形成时间为骨折愈合时间。观察内固定物的改变情况。

**1.5 统计学处理**

采用 SPSS 22.0 软件进行统计分析，患者年龄、BMI、受伤至手术时间、手术时长、切口长度、术中出血量、主动活动时间、最小疼痛完全负重时间等定量

**表 2 Johner-Wruhs 胫骨骨折疗效评定标准**  
**Tab.2 Evaluation standard of tibia fracture (Johner-Wruhs)**

评定项目	优	良	中	差
不愈合/感染	无	无	无	有
神经血管损伤	无	轻度	中度	严重
畸形				
内翻/外翻(°)	0	2~5	6~10	>10
前倾/后屈(°)	0~5	6~10	11~20	>20
旋转(°)	0~5	6~10	11~20	>20
短缩(mm)	0~5	6~10	11~20	>20
关节活动度				
膝关节	正常	>80%	>75%	<75%
踝关节	正常	>75%	>50%	<50%
距下关节	正常	>75%	>50%	<50%
疼痛	无	偶尔	中度	严重
步态	正常	正常	轻度跛行	明显跛行
日常活动	不受限	受限	严重受限	不能自理

资料以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示, 组间比较采用成组设计定量资料的 *t* 检验。Johner-Wruhs 胫骨骨折疗效比较采用秩和检验。不同时间两组 VAS 与 SF-36 量表比较采用重复测量方差分析。患者性别、伤侧、骨折分型、切口愈合等级、骨折复位质量、影像骨折愈合等定性资料采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 确切概率检验。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

**2 结果**

**2.1 围手术期情况比较**

两组患者均顺利完成手术，未发生血管神经损伤。两组患者围手术期资料比较见表 3。外固定组受伤至手术时间、手术时长、切口长度、术中出血量均小于内固定组 (*P*<0.05)。术后主动活动时间及切口愈合等级两组比较, 差异无统计学意义 (*P*>0.05)。

**2.2 随访结果**

**2.2.1 主要观察指标比较** 于末次随访采用胫骨骨折 Johner-Wruhs 评分作为主要观察指标, 对两组患者进行疗效评定, 外固定组优 22 例, 良 5 例, 中

**表 3 两组胫骨中下段骨折患者围手术期资料比较**

**Tab.3 Comparison of perioperative data between two groups of patients with middle and lower tibia fractures**

组别	例数	受伤至手术时间( $\bar{x} \pm s$ )/d	手术时长( $\bar{x} \pm s$ )/min	切口长度( $\bar{x} \pm s$ )/cm	术中出血量( $\bar{x} \pm s$ )/ml	主动活动时间( $\bar{x} \pm s$ )/d	切口愈合等级/例		
							甲级	乙级	丙级
外固定组	30	2.26±1.78	35.42±19.31	1.36±0.86	10.83±5.73	1.50±0.54	29	1	0
内固定组	30	10.36±2.65	74.22±7.81	12.74±3.12	86.47±8.90	1.15±0.98	28	2	0
检验值		<i>t</i> =11.54	<i>t</i> =17.14	<i>t</i> =4.437	<i>t</i> =25.12	<i>t</i> =0.074	$\chi^2=7.31$		
<i>P</i> 值		<0.05	<0.001	<0.001	<0.001	0.310	0.554		

3 例;内固定组优 20 例,良 7 例,中 3 例。术后外固定组与内固定组 Johner-Wruhs 胫骨骨折疗效对比,差异无统计学意义( $Z=-1.968, P=0.449$ )。

**2.2.2 次要观察指标比较** 两组术后最小疼痛完全负重活动时间差异无统计学意义( $P>0.05$ )。随术后时间推移,两组患者 SF-36 量表评分均逐渐增加, VAS 均逐渐降低,但术后各时间点两组间 VAS 及 SF-36 量表评分差异无统计学意义( $P>0.05$ )。见表 4。末次随访时皮肤坏死外固定组 0 例,内固定组 6 例,两组差异有统计学意义( $\chi^2=5.31, P<0.05$ )。两组均无骨折延迟愈合及骨不连者,无膝、踝关节挛缩、僵直等并发症。

**2.3 影像评估结果比较**

两组影像评估结果见表 5。术后影像结果显示两组患者骨折复位质量差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ), 外固定组骨折愈合时间早于内固定组 ( $P<0.05$ )。典型病例影像图片见图 1。

**3 讨论**

高能量损伤导致的胫骨中下段骨折,考虑其移位较大,骨折性质复杂,手术已成为其首选治疗方案,治疗时需根据软组织条件和骨折类型选择合适的手术方式<sup>[12]</sup>。切开复位钢板螺钉内固定术是治疗胫骨骨折的可靠方法<sup>[13]</sup>,在轴向载荷下,解剖型钢板是髓内钉强度的 2 倍<sup>[14-15]</sup>,可做到坚强固定。但切开复位内固定术需大切口切开皮肤,并广泛剥离骨膜,

胫骨中下段局部血运较差,容易造成感染或坏死,增加骨折延迟愈合甚至不愈合风险<sup>[16]</sup>。再者,钢板内固定为偏心固定,易引起应力遮挡效应<sup>[17]</sup>,影响骨痂的形成和通过,延迟骨性愈合。有报道称在手术取出内固定后,骨折愈合部位因强度不够或骨质疏松而发生再骨折<sup>[18]</sup>。

外固定架已充分应用于四肢骨折<sup>[19-21]</sup>。采用弹性固定,存在一定微动,可实现骨折愈合的“适应性刚度”,具有操作简单、软组织损伤小、手术环境要求相对较低的特点,尤其适用于有严重的软组织损伤或严重伤口污染的开放性复杂骨折。外固定架具备牵引、复位、固定、调整骨折端等功能,有效避免二次手术及损伤<sup>[22]</sup>,支持术后再次调整,有利于术后早期功能活动。

然而,外固定架尚存在复位困难、稳定性欠佳的问题。笔者结合临床总结出相关治疗经验,加用弯针固定于髓腔,通过弧顶和两端的 3 个接触点,产生支撑力及压力,增加骨折断端的抗弯曲、扭转的力量,减小术后活动产生的位移,保证横向、轴向及扭转方向的稳定性,为外固定架提供了额外的力学稳定点。配合外固定架,可加压骨折断端或游离骨块,亦可牵开复位嵌插、压缩的骨块,增加骨折断端稳定性,以达到良好的解剖复位目的。此外,单一外固定架出现复位不理想时,可调整弯针的方向从而改变下肢的力线,可以降低术式操作难度,提高复位的成功率。

表 4 两者胫骨中下段骨折患者治疗后不同时间次要观察指标比较 ( $\bar{x}\pm s$ )

**Tab.4 Comparison of secondary indexes between the two groups of patients with middle and lower tibia fractures at different times after treatment ( $\bar{x}\pm s$ )**

组别	例数	最小疼痛完全负重时间/d	VAS/分			SF-36 量表/分		
			术后 1 周	术后 3 个月	术后 6 个月	术后 1 个月	术后 3 个月	术后 6 个月
外固定组	30	108.87±3.43	7.36±1.78	1.74±0.80	1.32±0.31	32.27±10.00	65.14±6.32	80.35±4.14
内固定组	30	105.27±3.68	8.26±0.51	1.91±1.12	1.55±0.74	41.25±9.30	71.11±5.21	84.58±3.94
<i>t</i> 值		11.540	1.476	0.182	0.386	3.480	8.112	8.576
<i>P</i> 值		0.211	0.160	0.087	0.102	0.424	0.505	0.795

注:各时间点间,  $F_{VAS}=89.184, P<0.001$ ;各时间点与组间交互,  $F_{VAS}=39.918, P<0.001$ ;各时间点间,  $F_{SF-36}=128.017, P<0.001$ ;各时间点与组间交互,  $F_{SF-36}=22.581, P=0.030$

表 5 两组胫骨中下段骨折患者影像评估结果比较

**Tab.5 Comparison of imaging evaluation between the two groups of patients with middle and lower tibia fractures**

单位:例(%)

组别	例数	骨折复位质量			影像骨折愈合		
		优	良	差	<10 周	10~16 周	>16 周
外固定组	30	19(63.33)	9(30.00)	2(6.66)	7(23.33)	20(66.66)	3(10.00)
内固定组	30	24(80.00)	5(16.66)	1(3.33)	2(6.66)	17(56.66)	11(36.66)
$\chi^2$ 值			9.42			7.11	
<i>P</i> 值			0.357			0.022	

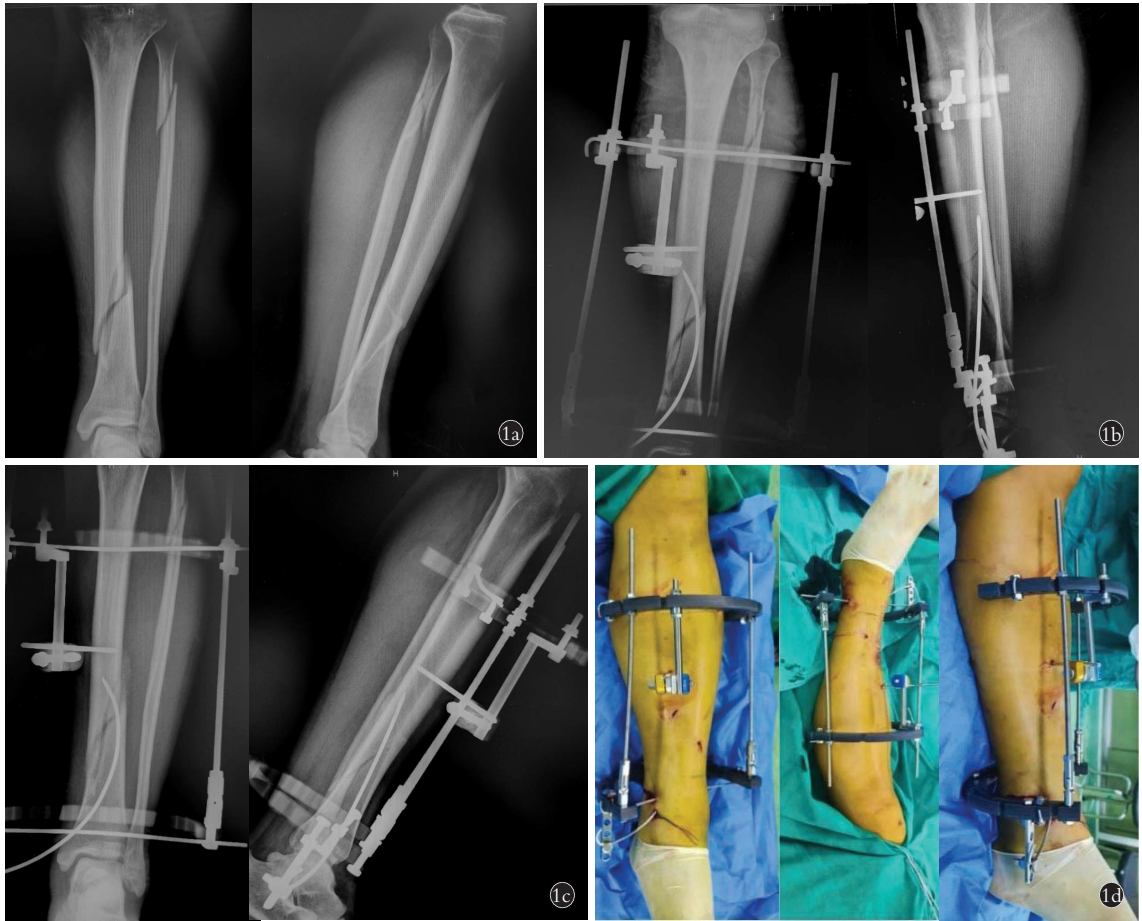


图 1 患者,男,29 岁,左胫骨中下段螺旋形骨折,行闭合复位外固定架及固定手术 1a. 术前正侧位 X 线片 1b,1c. 术后 1 d 及 5 个月正侧位 X 线片示骨折对位、对线良好,外固定架位置满意 1d. 术后外观像

Fig.1 MA 29-year-old male patient, with the spiral fracture of the middle and distal part of the left tibia, underwent closed reduction and external fixation 1a. Pre-operative AP and lateral X-ray films 1b,1c. AP and lateral X-ray films 1 d and 5 months post-operatively, showed good fracture reduction and alignment, with satisfactory positioning of the external fixator 1d. Post-operative appearance

“筋骨并重”是中医骨伤治疗应始终遵循的原则,阐述了筋肉与骨的相互依存性,首先“筋束骨”理论揭示了骨骼周围软组织的健壮、牢固及对称平衡性有利于维持骨骼合理的位置<sup>[23]</sup>,主营养四肢及整体活动,并提供缓冲,避免骨骼受损;再者,骨支撑筋、肉,为筋肉提供了附着点,作为骨干支撑躯体形态,二者保证日常复杂活动,这一理论不仅指导骨折的整复、固定,更延伸到诊断、康复的各治疗阶段中。“筋骨并重”同样应用于手术过程,强调同一部位尽量减少复位次数,避免多次复位造成的局部软组织损伤。《正骨心法要旨》记载:“夹缚肢体,勿伤其筋”,即固定骨折断端时,应特别注意保护周围肌肉、神经及血管等软组织。弯针配合半环形外固定架基于祖国医学的“筋骨并重”理论,预先植入弯针,使手术过程中尽量减少手法复位次数。同时,微创切口是半环形外固定架术式的特点,具有术区开口小、无须皮下游离、不剥离骨膜的优势,该术式提高稳定性,保留

软组织存在,是“勿伤其筋”的具体表现。因此,弯针配合半环形外固定架治疗胫骨中下段骨折是对“筋骨并重”理论生动的实践。

未来应探讨该术式疗效与弯针直径及形态、进针部位、材料强度等之间的关系,建立更精确的关联;结局指标除了聚焦疼痛和功能指标,还应关注社会和经济效益。此外,未来将进一步开展多中心、大样本、高质量的随机对照试验,为弯针配合外固定架治疗胫骨中下段骨折提供更可靠的依据,为其运用于临床实践提供高质量证据支撑。

综上所述,弯针配合半环形外固定架与钢板内固定均是治疗闭合性胫骨中下段骨折的可靠方法,弯针配合半环形外固定架具有创伤小、并发症少的优势,骨折可早期愈合。

#### 参考文献

[1] LI Y C,JIANG X,GUO Q H,et al. Treatment of distal tibial shaft fractures by three different surgical methods;a randomized, prospective study [J]. International Orthopaedics (SICOT),2014,38 (6):

- 1261-1267.
- [2] 冯传汉,张铁良. 临床骨科学[M]. 第 2 版. 北京:人民卫生出版社,2004:1172-1173.  
FENG C H,ZHANG T L. Clinical Orthopaedics[M]. 2nd Edition. Beijing:People's Medical Publishing House,2004:1172-1173. Chinese.
- [3] GUO J J,TANG N,YANG H L, et al. A prospective, randomised trial comparing closed intramedullary nailing with percutaneous plating in the treatment of distal metaphyseal fractures of the tibia [J]. J Bone Joint Surg Br, 2010, 92(7):984-988.
- [4] GUARINO J, TENNYSON S, MCCAIN G, et al. Rapid prototyping technology for surgeries of the pediatric spine and pelvis [J]. J Pediatr Orthop, 2007, 27(8):955-960.
- [5] GASTON P, WILL E, MCQUEEN M, et al. Analysis of muscle function in the lower limb after fracture of the diaphysis of the tibia in adults [J]. J Bone Joint Surg Br, 2000, 82(3):326-331.
- [6] YOO J H, KWAK Y H, JUNG J K. Short oblique tibial shaft fracture combined with anterior cruciate ligament tear and posteromedial plateau fracture [J]. Eur Orthop Traumatol, 2015, 6(3):243-246.
- [7] CHITNIS A S, VANDERKARR M, SPARKS C, et al. Complications and its impact in patients with closed and open tibial shaft fractures requiring open reduction and internal fixation [J]. J Comp Eff Res, 2019, 8(16):1405-1416.
- [8] FREEDMAN E L, JOHNSON E E. Radiographic analysis of tibial fracture malalignment following intramedullary nailing [J]. Clin Orthop Relat Res, 1995, (315):25-33.
- [9] WANG C J, LIU H C, FU T H. The effects of extracorporeal shock-wave on acute high-energy long bone fractures of the lower extremity [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2007, 127(2):137-142.
- [10] 陈孝平. 外科学[M]. 第 2 版. 北京:人民卫生出版社,2010.  
CHEN X P. Surgery[M]. 2nd Edition. Beijing:People's Medical Publishing House, 2010. Chinese.
- [11] WHELAN D B, BHANDARI M, STEPHEN D, et al. Development of the radiographic union score for tibial fractures for the assessment of tibial fracture healing after intramedullary fixation [J]. J Trauma Inj Infect Crit Care, 2010, 68(3):629-632.
- [12] KREB D L, BLOKHUIS T J, VAN WESSEM K J, et al. Intramedullary nailing without interlocking screws for femoral and tibial shaft fractures [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2013, 133(8):1109-1113.
- [13] GRIFFET J, LEROUX J, BOUDJOURAF N, et al. Elastic stable intramedullary nailing of tibial shaft fractures in children [J]. J Child Orthop, 2011, 5(4):297-304.
- [14] CASSTEVENS C, LE T, ARCHDEACON M T, et al. Management of extra-articular fractures of the distal Tibia; intramedullary nailing versus plate fixation [J]. J Am Acad Orthop Surg, 2012, 20(11):675-683.
- [15] STRAUSS E J, ALFONSO D, KUMMER F J, et al. The effect of concurrent fibular fracture on the fixation of distal Tibia fractures: a laboratory comparison of intramedullary nails with locked plates [J]. J Orthop Trauma, 2007, 21(3):172-177.
- [16] 叶浩波,孙亮,薛汉中等. 钢板内固定术治疗胫骨骨不连的最新进展 [J]. 国际外科学杂志, 2020, 47(3):192-196.  
YE H B, SUN L, XUE H Z, et al. Latest progress of plate internal fixation in the treatment of tibial nonunion [J]. Int J Surg, 2020, 47(3):192-196. Chinese.
- [17] 王福顺,张琳,王志奇,等. 钢板内固定术前不同处理方案对复杂胫骨平台骨折患者疗效及安全性的影响 [J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2019, 34(12):1310-1312.  
WANG F S, ZHANG L, WANG Z Q, et al. Effect of different treatment schemes before plate internal fixation on curative effect and safety of patients with complex tibial plateau fracture [J]. Chin J Bone Jt Inj, 2019, 34(12):1310-1312. Chinese.
- [18] ZHEN P, LIU X Y, LU H, et al. Fixation and reconstruction of severe tibial shaft fractures with vascularized fibular grafting [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2011, 131(1):93-99.
- [19] 郑清. 单臂外固定支架固定治疗胫腓骨中下段骨折 70 例 [J]. 中医临床研究, 2019, 11(13):122-123.  
ZHENG Q. Treating 70 cases of middle and distal fractures of tibia and fibula by unilateral external fixation [J]. Clin J Chin Med, 2019, 11(13):122-123. Chinese.
- [20] 张磊,张其海,赵斌,等. Ilizarov 环形外固定器治疗儿童胫骨远侧干骺端骨折的疗效分析 [J]. 临床小儿外科杂志, 2019, 18(2):151-153, 158.  
ZHANG L, ZHANG Q H, ZHAO B, et al. Curing metaphyseal fracture of distal tibia by Ilizarov annular external fixator in children [J]. J Clin Pediatr Surg, 2019, 18(2):151-153, 158. Chinese.
- [21] 袁术鹏,张兴平,孙研,等. 外固定架与切开复位内固定治疗桡骨远端骨折 Meta 分析 [J]. 中国骨伤, 2021, 34(5):429-437.  
YUAN S P, ZHANG X P, SUN Y, et al. Meta-analysis of external fixator and open reduction and internal fixation for the treatment of distal radius fracture [J]. China J Orthop Traumatol, 2021, 34(5):429-437. Chinese.
- [22] 聂少波,吴韬光,郝明,等. 单边和环形外架在感染性胫骨骨不连治疗中的对比研究 [J]. 中国骨伤, 2022, 35(10):908-913.  
NIE S B, WU T G, HAO M, et al. Comparative study of monolateral and circular fixator in the treatment of infectious tibial nonunion [J]. China J Orthop Traumatol, 2022, 35(10):908-913. Chinese.
- [23] 陈彦飞,鲁超,赵勇,等. 基于筋束骨理论钛钉松解髌骨外侧支持带改善髌股关节应力集中的有限元分析 [J]. 中国骨伤, 2021, 34(2):126-130.  
CHEN Y F, LU C, ZHAO Y, et al. Finite element analysis on stress concentration improvement in patellofemoral joint by releasing lateral patellar retinaculum with stiletto needle based on the theory of Jinshugu [J]. China J Orthop Traumatol, 2021, 34(2):126-130.

(收稿日期:2023-08-26 本文编辑:连智华)