

4 种内固定方式治疗胫骨远端近踝部骨折的对比研究

许胜贵¹, 林成寿¹, 郭卫中¹, 朱建非², 石朋文², 丁真奇³, 林需枰³, 刘庆军³

(1. 福建医科大学附属闽东医院, 福建 福安 355000;

2. 淮安八二医院, 江苏 淮安 223001;

3. 中国人民解放军联勤保障部队第九〇九医院, 福建 漳州 363000)

摘要 目的:比较胫骨远端内侧锁定钢板(distal medial tibial locking plate, DMTP)、胫骨远端外侧锁定钢板(distal lateral tibial locking plate, DLTP)、胫骨逆行髓内钉(retrograde tibial intramedullary nail, RTN)及专家级胫骨髓内钉(expert tibial intramedullary nail, ETN)内固定治疗胫骨远端近踝部骨折的临床疗效与安全性。**方法:**回顾性分析 2021 年 1 月至 2024 年 1 月,在福建医科大学附属闽东医院、淮安八二医院和中国人民解放军联勤保障部队第九〇九医院接受内固定手术治疗的 120 例胫骨远端近踝部骨折患者的病例资料,其中 DMTP 内固定 35 例、DLTP 内固定 32 例、RTN 内固定 27 例、ETN 内固定 26 例,按照内固定方式分为 4 组。比较 4 组患者的术前等待时间、手术时间、术中出血量、住院时间、术后部分负重时间、术后完全负重时间、骨折愈合时间及并发症发生情况,采用美国足与踝关节协会(American Orthopaedic Foot and Ankle Society, AOFAS)踝与后足评分标准评价临床综合疗效。**结果:**①手术一般情况。DMTP 组术前等待时间短于 DLTP 组($P=0.047$),二者的术前等待时间均长于 RTN 组和 ETN 组($P=0.000, P=0.000; P=0.000, P=0.000$);RTN 组术前等待时间短于 ETN 组($P=0.000$)。DMTP 组手术时间短于 DLTP 组($P=0.000$)、长于 RTN 组($P=0.000$),与 ETN 组的差异无统计学意义($P=0.076$);DLTP 组手术时间长于 RTN 组和 ETN 组($P=0.000, P=0.002$);RTN 组手术时间短于 ETN 组($P=0.000$)。DMTP 组术中出血量少于 DLTP 组和 ETN 组($P=0.000, P=0.000$),多于 RTN 组($P=0.000$);DLTP 组术中出血量多于 RTN 组($P=0.000$),与 ETN 组的差异无统计学意义($P=0.478$);RTN 组术中出血量少于 ETN 组($P=0.000$)。DMTP 组住院时间与 DLTP 组的差异无统计学意义($P=0.148$),但二者的住院时间均长于 RTN 组和 ETN 组($P=0.000, P=0.000; P=0.000, P=0.000$);RTN 组住院时间短于 ETN 组($P=0.000$)。②术后负重及骨折愈合时间。120 例患者均获随访,随访时间 12~18 个月,中位数 15 个月。DMTP 组术后部分负重时间与 DLTP 组、ETN 组的差异均无统计学意义($P=0.086, P=0.213$),晚于 RTN 组($P=0.000$);DLTP 组术后部分负重时间晚于 RTN 组和 ETN 组($P=0.000, P=0.007$);RTN 组术后部分负重时间早于 ETN 组($P=0.038$)。DMTP 组术后完全负重时间与 DLTP 组的差异无统计学意义($P=0.563$),二者均晚于 RTN 组和 ETN 组($P=0.006, P=0.050; P=0.001, P=0.014$);RTN 组完全负重时间与 ETN 组的差异无统计学意义($P=0.459$)。4 组骨折愈合时间比较,差异无统计学意义($F=1.148, P=0.333$)。③临床综合疗效。末次随访时,临床综合疗效 DMTP 组优 30 例、良 3 例、可 2 例,DLTP 组优 28 例、良 2 例、可 2 例,RTN 组优 26 例、良 1 例,ETN 组优 24 例、良 1 例、可 1 例;4 组临床综合疗效比较,差异无统计学意义($Z=2.315, P=0.510$)。④安全性。DMTP 组发生切口感染 2 例、内固定物断裂 1 例、踝关节疼痛 2 例,DLTP 组发生切口感染 1 例、腓浅神经损伤 1 例、内固定物断裂 2 例,ETN 组发生螺钉退出致骨折不愈合 1 例、膝关节疼痛 2 例,RTN 组未发生上述并发症。4 组并发症发生率比较,差异无统计学意义($\chi^2=3.862, P=0.277$)。**结论:**DMTP、DLTP、ETN 及 RTN 内固定治疗胫骨远端近踝部骨折的临床综合疗效和安全性相当;但 RTN 内固定在缩短术前等待时间、手术时间、住院时间及实现术后早期负重方面更具有优势,且术中出血量最少。

关键词 胫骨骨折;骨折固定术,内;内固定器;骨板;骨钉;临床研究专题

A comparative study of four internal fixation methods for distal tibial fractures near the ankle

XU Shenggui¹, LIN Chengshou¹, GUO Weizhong¹, ZHU Jianfei², SHI Pengwen², DING Zhenqi³, LIN Xuping³, LIU Qingjun³

1. Mindong Hospital Affiliated to Fujian Medical University, Fu'an 355000, Fujian, China

2. Huai'an 82 Hospital, Huai'an 223001, Jiangsu, China

基金项目:2021 年福建省自然科学基金项目(2021J011448);2024 年度福建省自然科学基金联合资助项目(2024J011582)

通信作者:刘庆军 E-mail:lqjun175@163.com

3. The 909th Hospital of the Joint Logistics Support Force of the Chinese People's Liberation Army, Zhangzhou 363000, Fujian, China

ABSTRACT Objective: To compare the clinical efficacy and safety of distal medial tibial locking plate (DMTLP), distal lateral tibial locking plate (DLTLP), retrograde tibial intramedullary nail (RTN), and expert tibial intramedullary nail (ETN) in the treatment of distal tibial fractures near the ankle. **Methods:** The clinical data of 120 patients with distal tibial fractures near the ankle who underwent internal fixation surgery at Mindong Hospital Affiliated to Fujian Medical University, Huai'an 82 Hospital, and the 909th Hospital of the Joint Logistics Support Force of the Chinese People's Liberation Army from January 2021 to January 2024 were retrospectively analyzed. According to the internal fixation method, the patients were divided into DMTLP group (35 cases), DLTLP group (32 cases), RTN group (27 cases), and ETN group (26 cases). The preoperative waiting time, operative time, intraoperative blood loss, hospital stay, postoperative partial weight-bearing time, postoperative full weight-bearing time, fracture healing time, and complications were compared among the four groups, and the comprehensive clinical efficacy was evaluated using the American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) ankle-hindfoot score.

Results: ① General surgical conditions. The preoperative waiting time was shorter in the DMTLP group compared to DLTLP group ($P = 0.047$), while it was longer in DMTLP group and DLTLP group compared to RTN group and ETN group ($P = 0.000, P = 0.000; P = 0.000, P = 0.000$), with shorter preoperative waiting time in RTN group compared to ETN group ($P = 0.000$). The operative time was shorter in DMTLP group compared to DLTLP group ($P = 0.000$), but longer compared to RTN group ($P = 0.000$), with no significant difference compared to ETN group ($P = 0.076$). Furthermore, the operative time was longer in DLTLP group compared to RTN group and ETN group ($P = 0.000, P = 0.002$), with shorter operative time observed in RTN group compared to ETN group ($P = 0.000$). The intraoperative blood loss was less in DMTLP group compared to DLTLP group and ETN group ($P = 0.000, P = 0.000$), but more compared to RTN group ($P = 0.000$). Furthermore, the intraoperative blood loss was more in DLTLP group compared to RTN group ($P = 0.000$), with no significant difference compared to ETN group ($P = 0.478$). In addition, the intraoperative blood loss was less in RTN group compared to ETN group ($P = 0.000$). The hospital stay was similar between DMTLP group and DLTLP group ($P = 0.148$), but it was longer in DMTLP group and DLTLP group compared to RTN group and ETN group ($P = 0.000, P = 0.000; P = 0.000, P = 0.000$), with shorter hospital stay observed in RTN group compared to ETN group ($P = 0.000$). ② Postoperative weight-bearing and fracture healing time. All 120 patients were followed up for 12–18 months with a median of 15 months. The difference in postoperative partial weight-bearing time between DMTLP group and DLTLP group or ETN group was not statistically significant ($P = 0.086, P = 0.213$), but it was later in DMTLP group compared to RTN group ($P = 0.000$). Furthermore, the postoperative partial weight-bearing time was later in DLTLP group compared to RTN group and ETN group ($P = 0.000, P = 0.007$), with earlier postoperative partial weight-bearing time in RTN group compared to ETN group ($P = 0.459$). The postoperative full weight-bearing time was similar between DMTLP group and DLTLP group ($P = 0.563$), but both groups were later compared to RTN group and ETN group ($P = 0.006, P = 0.050; P = 0.001, P = 0.014$), with no significant difference observed between RTN group and ETN group ($P = 0.459$). The fracture healing time did not differ significantly among the four groups ($F = 1.148, P = 0.333$). ③ Comprehensive clinical efficacy. At the final follow-up, the comprehensive clinical efficacy in the DMTLP group was excellent in 30 cases, good in 3 cases, and fair in 2 cases; in the DLTLP group, it was excellent in 28 cases, good in 2 cases, and fair in 2 cases; in the RTN group, it was excellent in 26 cases and good in 1 case; and in the ETN group, it was excellent in 24 cases, good in 1 case, and fair in 1 case. No significant differences in clinical outcomes were observed among the four groups ($Z = 2.315, P = 0.510$). ④ Safety. Complications included incision infection (2 cases), implant breakage (1 case), and ankle pain (2 cases) were found in DMTLP group; incision infection (1 case), superficial peroneal nerve injury (1 case), and implant breakage (2 cases) were observed in DLTLP group; fracture nonunion caused by screw back-out (1 case) and knee pain (2 cases) were experienced in ETN group; while the aforementioned complications were not observed in RTN group. The incidence of complications did not differ significantly among the four groups ($\chi^2 = 3.862, P = 0.277$).

Conclusion: DMTLP, DLTLP, ETN, and RTN internal fixation techniques demonstrate comparable overall clinical efficacy and safety in treatment of distal tibial fractures near the ankle. However, the RTN internal fixation offers advantages in shortening preoperative waiting time, operative time, and hospital stay, as well as facilitating early postoperative weight-bearing, with the least intraoperative blood loss.

Keywords tibial fractures; fracture fixation, internal; internal fixators; bone plates; bone nails; clinical studies as topic

胫骨远端近踝部骨折通常指发生于踝穴上方 4~11 cm 范围内的骨折^[1]。此类骨折多由轴向或旋

转暴力所致,常呈螺旋形或粉碎性,约占全部胫骨骨折的 7.2%^[2]。小腿下 1/3 段软组织覆盖薄弱,易遭

受高能量损伤,且损伤后局部软组织条件常较差,从而制约着手术时机与术式的选择。随着内固定技术的不断发展,对胫骨远端近踝部骨折内固定方式的选择也日益丰富。目前临床常用的内固定方式主要有胫骨远端内侧锁定钢板(distal medial tibial locking plate, DMTLP)、胫骨远端外侧锁定钢板(distal lateral tibial locking plate, DLTLTLP)、胫骨逆行髓内钉(retrograde tibial intramedullary nail, RTN)、专家级胫骨髓内钉(expert tibial intramedullary nail, ETN)等。然而,上述内固定方式均存在各自的局限性与不足,随着临床应用日益广泛,诸如内固定失败、愈合不良、软组织刺激等问题逐渐凸显^[3-5]。因此,如何根据骨折特点合理选择最佳的内固定方式,已成为提高胫骨远端近踝部骨折临床疗效的关键。为此,我们开展了此项研究,旨在比较不同内固定方式的临床疗效与安全性,以期临床优化手术方案提供科学依据,现报告如下。

1 临床资料

1.1 一般资料

选取 2021 年 1 月至 2024 年 1 月在福建医科大学附属闽东医院、淮安八二医院和中国人民解放军联勤保障部队第九〇九医院住院治疗的胫骨远端近踝部骨折患者的病例资料进行研究。试验方案经福建医科大学附属闽东医院(组长单位,伦理批件号:2021032518H)、淮安八二医院和中国人民解放军联勤保障部队第九〇九医院医学伦理委员会审查通过。

1.2 纳入标准

①18 岁≤年龄≤65 岁;②经 CT、X 线检查确诊为胫骨远端近踝部骨折;③闭合性骨折或开放性骨折(Gustilo 分型^[6]为 I 型、II 型或 III a 型);④根据国际内固定研究学会(Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen, AO)骨折分型^[7]为 43-A1 型、43-A2 型、43-A3 型;⑤接受了 DMTLP、DLTLTLP、ETN 或 RTN 内固定手术治疗;⑥病例资料完整。

1.3 排除标准

①合并严重心脑血管疾病者;②合并免疫系统疾病或凝血功能障碍者;③病理性骨折者;④合并恶性肿瘤或严重营养不良者;⑤合并严重骨质疏松者。

2 方法

2.1 分组方法

按照内固定方式分为 DMTLP 组、DLTLTLP 组、RTN 组、ETN 组。

2.2 治疗方法

2.2.1 术前处理 患者入院后常规给予石膏外固定或跟骨牵引。Gustilo I 型、II 型、III a 型骨折,均一期行清创缝合术。经胫腓骨正侧位 X 线及 CT 三维重建检查评估神经、血管及周围软组织情况。均在患肢肿胀消退、皮肤出现“皱纹征”后行内固定术。

2.2.2 手术方式 采用连续硬膜外麻醉或全身麻醉,患肢常规上止血带。以闭合复位为主,闭合复位困难者辅以小切口辅助复位。合并腓骨骨折需行复位固定者,采用 1/3 管型钢板、腓骨解剖锁定钢板或髓内钉固定。

DMTLP 组:患者取仰卧位。骨折复位后,经皮用克氏针或复位钳临时固定。于内踝尖前上方约 3 cm 处做纵形或弧形切口,显露过程中注意保护大隐静脉。选取合适长度的锁定钢板,经切口于胫骨骨膜与深筋膜之间插入,置于胫骨前内侧。透视确认钢板位置满意后,依次置入锁定螺钉完成最终固定。

DLTLTLP 组:患者取仰卧位。骨折复位后,以胫骨前外侧结节(Chaput 结节)为中心,沿第 4 跖骨轴线做一长约 5 cm 的前外侧切口。再于胫骨近端做辅助小切口,用于置入近端锁定钉。经前外侧切口插入钢板,先以非锁定螺钉使钢板贴附骨面,再置入锁定螺钉完成固定。

RTN 组:骨折复位后,于胫骨远端内踝前后缘之间做一长约 2 cm 的纵形切口,显露并纵向分离三角韧带浅层。自内踝最高点与内踝尖连线的中点沿内侧皮质内壁平行置入导针,在 C 形臂 X 线机透视下确认导针位置满意后,沿导针经保护套筒用空心扩髓钻建立骨隧道。用试模确定主钉型号后,通过专用瞄准架置入主钉至满意位置。依次置入 3 枚远端松质骨锁钉和 2 枚近端皮质骨锁钉,最后安装尾帽。

ETN 组:患者取仰卧位,患肢屈髋、屈膝。骨折复位后,取髌韧带正中纵形切口,自胫骨结节向近端延伸。切开并分离髌韧带,于胫骨外侧髌间棘内侧确定进钉点并开口。逐级扩髓后,置入合适型号的髓内钉,依次置入远近端锁钉,最后安装尾帽。术中根据骨折复位情况,辅以阻挡钉技术维持骨折复位。

2.2.3 术后处理 术后密切观察引流量及创面情况,常规使用抗生素预防感染,并用低分子肝素预防下肢深静脉血栓形成。术后第 2 天开始扶拐不负重行走并行踝、膝关节功能锻炼,其中 ETN 组与 RTN 组

患者辅以支具或丁字鞋保护 8 ~ 12 周。

2.3 疗效与安全性评价方法

比较 4 组患者的术前等待时间、手术时间、术中出血量、住院时间、术后部分负重时间、术后完全负重时间、骨折愈合时间及并发症发生情况;采用美国足与踝关节协会(American Orthopaedic Foot and Ankle Society, AOFAS)踝与后足评分标准^[8]评价临床综合疗效,评分总分为 100 分,90 ~ 100 分为优、75 ~ 89 分为良、50 ~ 74 分为可、<50 分为差。

2.4 数据统计方法

采用 SPSS23.0 统计软件对所得数据进行统计分析。4 组患者年龄、术前等待时间、手术时间、术中出血量、住院时间、术后部分负重时间、术后完全负重时间、骨折愈合时间的组间总体比较均采用单因素方差分析,组间两两比较采用 LSD-*t* 检验;性别、AO 骨折分型、并发症发生率的组间比较均采用 χ^2 检验;临床综合疗效的比较采用秩和检验。检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

3 结果

3.1 分组结果

共纳入 120 例患者,其中 DMTLP 组 35 例、DLTLP 组 32 例、RTN 组 27 例、ETN 组 26 例。4 组患者基线

资料比较,差异无统计学意义,具有可比性(表 1)。

3.2 疗效与安全性评价结果

3.2.1 手术一般情况 4 组术前等待时间、手术时间、术中出血量及住院时间的比较,组间差异均有统计学意义。DMTLP 组术前等待时间短于 DLTLP 组 ($P = 0.047$),二者的术前等待时间均长于 RTN 组和 ETN 组 ($P = 0.000, P = 0.000; P = 0.000, P = 0.000$); RTN 组术前等待时间短于 ETN 组 ($P = 0.000$)。DMTLP 组手术时间短于 DLTLP 组 ($P = 0.000$)、长于 RTN 组 ($P = 0.000$),与 ETN 组的差异无统计学意义 ($P = 0.076$);DLTLP 组手术时间长于 RTN 组和 ETN 组 ($P = 0.000, P = 0.002$);RTN 组手术时间短于 ETN 组 ($P = 0.000$)。DMTLP 组术中出血量少于 DLTLP 组和 ETN 组 ($P = 0.000, P = 0.000$),多于 RTN 组 ($P = 0.000$);DLTLP 组术中出血量多于 RTN 组 ($P = 0.000$),与 ETN 组的差异无统计学意义 ($P = 0.478$); RTN 组术中出血量少于 ETN 组 ($P = 0.000$)。DMTLP 组住院时间与 DLTLP 组的差异无统计学意义 ($P = 0.148$),但二者的住院时间均长于 RTN 组和 ETN 组 ($P = 0.000, P = 0.000; P = 0.000, P = 0.000$); RTN 组住院时间短于 ETN 组 ($P = 0.000$)。见表 2。

表 1 4 组胫骨远端近踝部骨折患者的基线资料

组别	样本量/ 例	年龄/ ($\bar{x} \pm s$, 岁)	性别/例		AO ⁵⁾ 骨折分型/例		
			男	女	43-A1 型	43-A2 型	43-A3 型
DMTLP ¹⁾ 组	35	36.10 ± 5.52	20	15	9	14	12
DLTLP ²⁾ 组	32	37.43 ± 6.27	18	14	10	15	7
RTN ³⁾ 组	27	35.92 ± 4.34	17	10	12	8	7
ETN ⁴⁾ 组	26	36.10 ± 5.69	18	8	7	12	7
检验统计量		$F = 0.319$	$\chi^2 = 0.379$		$\chi^2 = 0.632$		
<i>P</i> 值		0.396	0.774		0.615		

注:1)胫骨远端内侧锁定钢板,2)胫骨远端外侧锁定钢板,3)胫骨逆行髓内钉,4)专家级胫骨髓内钉,5)国际内固定研究学会。

表 2 4 组胫骨远端近踝部骨折患者的手术一般情况

组别	样本量/ 例	术前等待时间/ ($\bar{x} \pm s$, d)	手术时间/ ($\bar{x} \pm s$, min)	术中出血量/ ($\bar{x} \pm s$, mL)	住院时间/ ($\bar{x} \pm s$, d)
DMTLP ¹⁾ 组	35	7.6 ± 1.8	63.4 ± 13.3	68.5 ± 16.0	12.6 ± 1.1
DLTLP ²⁾ 组	32	9.7 ± 2.4	77.0 ± 8.9	90.7 ± 26.4	13.3 ± 1.9
RTN ³⁾ 组	27	3.2 ± 1.1	39.4 ± 8.5	22.5 ± 15.1	8.0 ± 2.5
ETN ⁴⁾ 组	26	6.2 ± 1.5	68.2 ± 9.2	87.2 ± 12.5	10.2 ± 2.3
<i>F</i> 值		66.896	67.104	77.331	44.217
<i>P</i> 值		0.000	0.000	0.000	0.000

注:1)胫骨远端内侧锁定钢板,2)胫骨远端外侧锁定钢板,3)胫骨逆行髓内钉,4)专家级胫骨髓内钉。

3.2.2 术后负重及骨折愈合时间 120 例患者均获随访, 随访时间 12 ~ 18 个月, 中位数 15 个月。DMTLP 组术后部分负重时间与 DLTLP 组、ETN 组的差异均无统计学意义 ($P = 0.086, P = 0.213$), 晚于 RTN 组 ($P = 0.000$); DLTLP 组部分负重时间晚于 RTN 组和 ETN 组 ($P = 0.000, P = 0.007$); RTN 组部分负重时间早于 ETN 组 ($P = 0.038$)。DMTLP 组完全负重时间与 DLTLP 组的差异无统计学意义 ($P = 0.563$), 二者均晚于 RTN 组和 ETN 组 ($P = 0.006, P = 0.050; P = 0.001, P = 0.014$); RTN 组完全负重时间与 ETN 组的差异无统计学意义 ($P = 0.459$)。4 组骨折愈合时间比较, 差异无统计学意义。见表 3。

3.2.3 临床综合疗效 末次随访时, 4 组临床综合疗效比较, 差异无统计学意义 (表 3)。

3.2.4 安全性 DMTLP 组 2 例发生切口感染, 经换药后切口愈合; 1 例发生内固定物断裂而致骨折不愈合, 更换钢板并植骨后骨折愈合; 2 例发生踝关节疼痛, 取出钢板后症状明显缓解。DLTLP 组 1 例发生切口感染, 经换药后感染得到控制; 1 例发生腓浅神经损伤, 经针灸治疗及康复训练后神经功能恢复; 2 例发生内固定物断裂, 其中 1 例因不影响骨折愈合而未给予任何处理, 1 例因骨折端有吸收征象并伴有骨折延迟愈合而给予更换钢板和植骨处理后骨折愈合。ETN 组 1 例发生螺钉退出而致骨折不愈合, 更换螺钉并予以重建钢板固定和植骨处理后骨折愈合; 2 例发生膝关节疼痛, 待骨折愈合后取出髓内钉, 疼痛得以缓解。RTN 组未发生上述并发症。4 组并发症发生率比较, 差异无统计学意义 ($\chi^2 = 3.862, P = 0.277$)。

4 讨论

4.1 胫骨远端近踝部骨折的特点与治疗原则

在胫骨远端, 胫骨骨干由三棱柱状向远端逐渐移行成膨大的、以松质骨为主的四棱柱状。该移行区域

血供薄弱, 且解剖形态特殊, 手术剥离或高能量损伤极易破坏骨膜及周围软组织血供, 导致骨折复位不良、畸形愈合或不愈合等并发症^[9]。胫骨远端骨折的损伤类型与暴力性质关系密切: 高能量直接暴力多导致严重开放粉碎性骨折, 而低能量暴力 (如旋转暴力) 常引起闭合骨折。AO 分型 43A ~ 43C 型及 Gustilo 分型 I、II 型为常见的胫骨远端骨折类型^[10]。此类损伤合并腓骨骨折及韧带损伤的发生率高达 75% ~ 85%^[11]。胫骨骨折可单独发生, 亦可合并同平面的腓骨骨折、高位腓骨颈骨折、下胫腓联合后韧带附着点撕脱骨折及相关韧带结构的损伤。胫骨远端近踝部骨折的治疗原则为: 纠正骨折成角、旋转及移位畸形使骨折达到解剖复位, 以恢复下肢力线与肢体长度, 并为软组织修复提供稳定环境, 从而降低皮肤软组织感染、坏死及骨折不愈合的风险。在此基础上, 根据骨折稳定性及软组织条件循序渐进地开展早期功能锻炼^[12]。

4.2 胫骨远端近踝部骨折的内固定方式

近年来, 骨折固定理念已从传统的坚强内固定转变为注重骨折愈合环境的生物学固定, 保护骨折端血供的重要性日益凸显^[13-14]。唯有顺应骨折愈合的自然过程, 最大限度地减少对骨折端血供的干扰, 方能获得理想预后。为此, 间接复位技术被广泛采用, 即在远离骨折区域进行操作, 以维护骨折端的生物学环境。以不剥离骨膜、经骨膜外放置接骨板为特征的有限切开复位技术, 能实现对粉碎性骨折力线与长度的桥接固定, 既避免了直接暴露骨折端, 又无需追求加压固定^[15]。有研究认为, 以牺牲骨折端局部血运为代价的解剖复位, 反而会增加骨折延迟愈合或不愈合的风险^[16]。目前, 临床上治疗胫骨远端近踝部骨折的有限切开内固定方式主要分为锁定钢板内固定和髓内钉内固定两大类。

表 3 4 组胫骨远端近踝部骨折患者的术后负重时间、骨折愈合时间及临床综合疗效

组别	样本量/ 例	术后部分负重时间/ ($\bar{x} \pm s, d$)	术后完全负重时间/ ($\bar{x} \pm s, d$)	骨折愈合时间/ ($\bar{x} \pm s, 周$)	临床综合疗效/例		
					优	良	可
DMTLP ¹⁾ 组	35	53.2 ± 12.6	78.9 ± 11.0	16.85 ± 1.57	30	3	2
DLTLP ²⁾ 组	32	57.9 ± 13.3	80.5 ± 12.7	17.43 ± 1.53	28	2	2
RTN ³⁾ 组	27	43.2 ± 11.4	70.8 ± 13.4	16.78 ± 1.44	26	1	0
ETN ⁴⁾ 组	26	49.6 ± 1.5	73.1 ± 6.2	17.06 ± 1.47	24	1	1
检验统计量		$F = 9.088$	$F = 4.942$	$F = 1.148$	$Z = 2.315$		
P 值		0.000	0.003	0.333	0.510		

注: 1) 胫骨远端内侧锁定钢板, 2) 胫骨远端外侧锁定钢板, 3) 胫骨逆行髓内钉, 4) 专家级胫骨髓内钉。

4.2.1 锁定钢板内固定 胫骨远端锁定钢板通过多角度交错的螺钉与钢板形成稳定的内固定支架,实现应力的均匀分散;其在三维空间内构成的三角支撑体系,可有效把持骨折端,防止螺钉松动,从而维持骨折端的整体稳定性。生物力学研究表明,胫骨远端内侧与外侧解剖钢板在内固定强度上无明显差异,均能满足骨折愈合需求^[17]。胫骨远端内侧软组织覆盖薄弱,采用内侧入路进行钢板固定,虽经皮微创操作方便,但易发生感染或内固定物突出^[18]。胫骨远端前方软组织丰厚,采用前外侧入路进行钢板固定,并发症发生率较低,但穿板锁钉操作难度大,需行较多软组织剥离,存在损伤腓浅神经及胫前血管的风险,且术中出血量较多,对手术技术要求较高^[17]。因此,入路选择应综合考虑骨折类型、软组织条件等,实现个体化治疗。本研究中,采用钢板固定的 2 组均发生了内固定断裂,其原因可能是:①术中忽视胫骨远端近踝部内外侧骨性结构的双侧重建,仅行单侧固定,未达到生物力学稳定要求;②未遵循“长钢板,少螺钉”的固定原则,螺钉分布过于密集,造成应力集中;③个别患者术后依从性差,未能遵从康复指导。此外,DLTLP 组发生 1 例术后腓浅神经损伤,表现为足外翻与跖屈功能减弱,这可能与术中操作不精细和未妥善保护神经有关。

4.2.2 髓内钉内固定 作为长骨干骨折治疗的“金标准”^[19],髓内钉内固定虽在长螺旋骨折中具有良好的抗旋转稳定性,有利于早期负重行走,但其在胫骨远端的应用存在局限性。由于该部位髓腔在解剖学上明显扩大且以松质骨为主,主钉与皮质骨的接触面积显著减少,导致力学传导效能下降、结构稳定性降低,难以实现对骨折端的牢固固定。此外,受限于远端锁定孔数目少、钉孔间距偏大及钉尖距踝关节面较远等设计特点,螺钉往往仅能提供单平面锁定,从而增加了内固定失效的风险^[20]。因此,采用髓内钉内固定治疗胫骨远端骨折,需审慎评估骨折类型与髓腔形态。

ETN 采用微创顺行置钉方式,其解剖型设计更契合胫骨远端的形态与生物力学要求。通过将远端锁定孔邻近末端,ETN 可对远端骨折段提供有效支撑,从而拓展其在胫骨远端骨折中的应用指征;其多向三维锁定机制能更均衡地分散应力,减少局部微动,为骨折早期愈合与功能恢复创造稳定的力学环境^[21]。此外,联合应用阻挡钉技术可进一步降低术后畸形愈

合的风险^[22]。然而,ETN 术后膝关节疼痛并发症并不少见^[23],其确切机制仍需进一步临床研究加以阐明。

RTN 的设计顺应胫骨远端近踝部的解剖形态及生物力学特性^[22]。该技术以微创方式实现髓内中心性轴向固定,在最大限度减少软组织干扰的同时,强化了远端髓内支撑。由于不增加局部软组织容积,RTN 可为同期植骨术提供充裕空间,有效处理骨缺损,可促进骨折愈合、降低二次手术风险。与顺行髓内钉相比,RTN 无需进入相邻关节,亦无需辅以阻挡钉技术,从而规避了胫骨远端前正中入路相关的医源性软组织损伤风险。通过远端近踝部髓内固定,RTN 能有效管控骨折远端的短缩、成角、移位及旋转畸形,显著降低畸形愈合的发生率。然而,前期研究亦提示胫骨远端内踝逆行髓内钉存在一定局限性^[24]:①内踝进钉点皮质较薄、松质骨丰富,进钉点选择容错空间有限,对术者操作精度要求较高。②该技术不适用于骨骺未闭的青少年,且在老年骨质疏松患者中存在内踝医源性碎裂风险。③钉体自身弧度可使其自骨折间隙穿出,顶抵或冲破外侧骨皮质,亦可撬裂内踝上方皮质,从而加重骨折端碎裂、分离及成角畸形,严重时需改行其他内固定方式。上述局限性提示,严格把握适应证是确保该技术疗效的关键。目前,RTN 在胫骨远端近踝部骨折中的应用仍处于临床探索阶段,初步认识如下:①适应证方面,受钉体规格限制(最长 14 cm)^[24],RTN 主要适用于骨折线相对集中的低位损伤;②入路优势方面,以内踝为进钉点的微创设计,使其在处理合并软组织损伤的低位胫骨骨折时具有一定优势,可避免传统钢板内固定所需的软组织等待期或外固定过渡;③力学局限方面,RTN 主要依赖内侧柱支撑,外侧柱力学强度相对薄弱,抗旋转稳定性可能不足。因此,当合并腓骨骨折时,建议术中同期复位固定以增强外侧支撑,术后辅以支具或丁字鞋保护 8~12 周;④临床定位方面,RTN 可作为胫骨远端近踝部骨折的有效内固定选择,尤其适用于合并复杂软组织损伤的患者,是传统固定方式的重要补充。本研究结果显示,在缩短术前等待时间、住院时间及实现较早完全负重方面,ETN 组与 RTN 组的疗效均优于 DMTLP 组与 DLTLP 组,其中以 RTN 组的改善最为显著。这一差异主要源于不同内固定方式的软组织耐受性。钢板内固定对软组织条件要求较高,需待肿胀消退、软组织床成熟后方可实施,从而延长了术前

等待时间与整体治疗周期。相比之下,RTN 作为髓内固定系统,兼具微创操作与中心性固定的双重优势:一方面,其对软组织干扰小,在软组织条件不佳甚至 Gustilo III a 型开放性骨折中仍具应用可行性;另一方面,其生物力学稳定性优异,有利于早期功能锻炼。RTN 组更早实现完全负重的结果,正是其力学稳定性的有力佐证^[25]。在并发症方面,内固定失效见于 DMTLP 组、DLTLP 组及 ETN 组,经翻修联合植骨后均获骨折愈合,但增加了患者的痛苦与经济负担。切口感染仅发生于 DMTLP 组与 DLTLP 组,经换药后感染得到控制;ETN 组与 RTN 组未见此类并发症,提示髓内固定对软组织干扰小,在预防浅表软组织感染方面具有优势。然而,ETN 组术后发生了膝前痛,需引起临床重视。胫骨远端近踝部骨折局部解剖结构特殊、损伤复杂,临床决策应基于个体化损伤特征,综合骨折类型与致伤机制,选择适宜的内固定方案,以优化治疗策略。通过精准决策与规范操作,在实现有效固定与骨折愈合的同时,可最大限度地降低并发症风险,为患者提供安全、高效、个体化的治疗。

本研究结果表明,DMTLP、DLTLP、ETN 及 RTN 内固定治疗胫骨远端近踝部骨折的临床综合疗效和安全性相当;但 RTN 内固定在缩短术前等待时间、手术时间、住院时间及实现术后早期负重方面更具有优势,且术中出血量最少。但本研究的样本量较小,未来还需通过大样本量的高质量研究进一步验证本研究的结果。

参考文献

- [1] KC K M, PANGENI B R, MARAHATTA S B, et al. Comparative study between intramedullary interlocking nailing and minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis for distal tibia extra-articular fractures[J]. Chin J Traumatol, 2022, 25(2): 90-94.
- [2] 杜武军,徐彬,刘宸赫. 胫骨远端关节外骨折的治疗研究进展[J]. 中华临床医师杂志(电子版), 2017, 11(4): 671-674.
- [3] GILLI A, GHIRARDELLI S, POZZI P, et al. Do working length and proximal screw density influence the velocity of callus formation in distal tibia fractures treated with a medial bridge plate[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2024, 34(1): 523-528.
- [4] ELNEWISHY A, ELKHOLY M, HAMADA A, et al. Comparing minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis with interlocking intramedullary nail fixation for the management of adult extra-articular distal tibial fractures: a comprehensive systematic review and meta-analysis[J]. Cureus, 2023, 15(11): e49214.
- [5] WENGER R, OEHME F, WINKLER J, et al. Absolute or relative stability in minimal invasive plate osteosynthesis of simple distal meta or diaphyseal tibia fractures? [J]. Injury, 2017, 48(6): 1217-1223.
- [6] 中华医学会骨科学分会创伤骨科学组, 中华医学会骨科学分会外固定与肢体重建学组, 中国医师协会创伤外科医师分会创伤感染专业委员会, 等. 中国开放性骨折诊断与治疗指南(2019 版)[J]. 中华创伤骨科杂志, 2019, 21(11): 921-928.
- [7] RÜEDI T R, BUCKLEY R E, MORAN C G. 骨折治疗的 AO 原则 第 3 版. [M]. 危杰, 刘璠, 吴新宝, 等译. 上海: 上海科学技术出版社, 2019: 865.
- [8] CIAFFI J, BROGNARA L, GANGEMI G, et al. Prevalence and characteristics of fibromyalgia in patients with foot and ankle pain; the experience of an academic podiatry clinic[J]. Medicina (Kaunas), 2022, 59(1): 58.
- [9] WU H J, HE Y X, HANG C, et al. AO distractor and manual traction reduction techniques repair in distal tibial fractures: a comparative study[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2022, 23(1): 1081.
- [10] BLEEKER N J, VAN DE WALL B M, IJPM F F A, et al. Plate vs. nail for extra-articular distal tibia fractures; how should we personalize surgical treatment? A meta-analysis of 1332 patients[J]. Injury, 2021, 52(3): 345-357.
- [11] PENG J, LONG X, FAN J, et al. Concomitant distal tibia-fibula fractures treated with intramedullary nailing, with or without fibular fixation; a meta-analysis [J]. J Foot Ankle Surg, 2021, 60(1): 109-113.
- [12] KIM R G, AN V V G, PETCHELL J F. Fibular fixation in mid and distal extra-articular tibia fracture; a systematic review and meta-analysis [J]. Foot Ankle Surg, 2022, 28(7): 809-816.
- [13] 付刚, 李庭. 四肢骨折内固定物处理方式的研究进展[J]. 骨科临床与研究杂志, 2023, 8(5): 318-321.
- [14] 张月雷, 张琦, 林圆, 等. 胫骨近端关节外骨折的治疗选择及研究进展 [J]. 中国修复重建外科杂志, 2025, 39(11): 1485-1490.
- [15] CUI Y, REN G, WANG Y, et al. Percutaneous clamp reduction technique using plate as a position template during minimally invasive plate osteosynthesis for the treatment of tibial shaft fractures [J]. J Orthop Traumatol, 2025, 26(1): 40.
- [16] 吕鹏飞, 裴征, 刘家帮, 等. 内侧微创经皮锁定钢板和交

- 髓内钉治疗胫骨远端关节外骨折的疗效比较[J]. 中国骨与关节杂志, 2021, 10(8): 614-617.
- [17] CHANG C W, CHEN Y N, JHONG G H, et al. A biomechanical comparison of posterior malleolar fracture fixation using screws and locking plates in trimalleolar fractures: a finite element study[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2025, 26(1): 131.
- [18] KUMAR D, MITTAL A, SINGH J, et al. Anterolateral and medial locking compression plates for the management of distal tibial fractures: a comparative prospective study[J]. Cureus, 2023, 15(8): e44235.
- [19] BEKOS A, SIOUTIS S, KOSTROGLOU A, et al. The history of intramedullary nailing[J]. Int Orthop, 2021, 45(5): 1355-1361.
- [20] 陈庆贺, 邓玲珑, 喻爱喜. 胫骨远端骨折应用交锁髓内钉固定时远端不同锁定钉状态的有限元分析[J]. 骨科, 2024, 15(3): 235-242.
- [21] 许遵营, 刘晖, 徐维臻, 等. 逆行与顺行胫骨髓内钉治疗胫骨远端关节外骨折的疗效对比研究[J]. 中国临床解剖学杂志, 2025, 43(1): 82-89.
- [22] LI X, CHEN K, XUE H, et al. Efficacy comparison between intramedullary nail fixation and plate fixation in distal tibia fractures: a meta-analysis of randomized controlled trials[J]. J Orthop Surg Res, 2024, 19(1): 403.
- [23] 姚小涛, 刘庆军, 丁真奇, 等. 胫骨远端内踝逆行髓内钉治疗胫骨远端粉碎性骨折的生物力学有限元分析[J]. 中华解剖与临床杂志, 2024, 29(3): 193-198.
- [24] 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.
- [25] LIN X, ZHANG C, YANG Y, et al. Comparative experimental study of the biomechanical properties of retrograde tibial nailing and distal tibia plate in distal tibia fracture[J]. Front Bioeng Biotechnol, 2024, 12: 1322043.

(收稿日期: 2025-09-02 本文编辑: 杨雅)

(上接第 34 页)

- [7] ZHANG X, WEI M, FAN J, et al. Ischemia-induced upregulation of autophagy precludes dysfunctional lysosomal storage and associated synaptic impairments in neurons[J]. Autophagy, 2021, 17(6): 1519-1542.
- [8] HAO J, YANG Y, XIE L, et al. Act6a regulates autophagy via Sox2-dependent Atg5 and Atg7 expression to inhibit apoptosis in spinal cord injury[J]. J Adv Res, 2025, 77: 281-296.
- [9] YANG S, GU W, MA Z, et al. D1-3-n-Butylphthalide inhibits autophagy to alleviate the neuronal apoptosis after spinal cord injury by elevating YAP via inactivating the hippo signaling pathway[J]. Chem Biol Drug Des, 2025, 106(4): e70180.
- [10] ZHOU A F, LI Z Y, CUI X J, et al. Cross-cultural adaptation of the Japanese orthopaedic association back pain evaluation questionnaire: a methodological systematic review[J]. J Orthop Sci, 2023, 28(5): 984-991.
- [11] 张言旭, 战世强, 张正阳, 等. 微 RNA-301a-3p、微 RNA-146a-5p、微 RNA-142-5p 水平对脊柱骨折伴脊髓损伤预后不良的预测价值[J]. 脊柱外科杂志, 2025, 23(6): 382-386.
- [12] 杜媛媛, 杨好, 陈程程, 等. 脊柱骨折伴急性脊髓损伤 NOD 样受体蛋白 3 炎症小体及相关因子变化及其与预后的相关性[J]. 中国骨伤, 2024, 37(7): 684-688.
- [13] FREYERMUTH-TRUJILLO X, SEGURA-URIBE J J, SALGADO-CEBALLOS H, et al. Inflammation: a target for treatment in spinal cord injury[J]. Cells, 2022, 11(17): 2692.
- [14] DIPIRO N D, MURDAY D, CORLEY E H, et al. The primary and secondary causes of hospitalizations during the first five years after spinal cord injury[J]. Spinal Cord, 2022, 60(6): 574-579.
- [15] ZHANG M, CHEN L, GAO H, et al. Lamotrigine enhances autophagy and reduces post-traumatic spinal neural injury in mice[J]. J Integr Neurosci, 2025, 24(5): 37357.
- [16] CHEN G, SHANGGUAN Z, YE X, et al. STM2457 inhibits METTL3-mediated m6a modification of miR-30c to alleviate spinal cord injury by inducing the ATG5-mediated autophagy[J]. Neurospine, 2024, 21(3): 925-941.
- [17] XIAO J, TU B, ZHOU X, et al. Autophagy deficiency exacerbates acute lung injury induced by copper oxide nanoparticles[J]. J Nanobiotechnology, 2021, 19(1): 162.
- [18] VARGOVA I, MACHOVA URDZIKOVA L, KAROVA K, et al. Involvement of mTOR pathways in recovery from spinal cord injury by modulation of autophagy and immune response[J]. Biomedicines, 2021, 9(6): 593.
- [19] 米爽, 吴燕君, 洪正华, 等. TLR4/MyD88/NF-κB 通路基因及相关炎症因子在继发性脊髓损伤患者中的表达[J]. 浙江大学学报(医学版), 2019, 48(6): 609-616.
- [20] 余东洋, 何少波, 唐忠秋. 中性粒细胞与淋巴细胞比值及纤维蛋白原水平对创伤性脊柱骨折合并脊髓损伤临床预后的预测价值[J]. 国际检验医学杂志, 2022, 43(20): 2506-2509.

(收稿日期: 2025-05-21 本文编辑: 李晓乐)