

· 临床论著 ·

开放获取

逆行髓内钉与钢板固定胫骨远端关节外骨折比较[△]

廖明新, 林伟明*, 叶剑, 吴冯春

(福建医科大学附属南平第一医院, 福建南平 353000)

摘要: [目的] 比较胫骨逆行髓内钉 (retrograde tibial intramedullary nailing, RTIN) 与微创经皮钢板接骨 (minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis, MIPPO) 治疗胫骨远端关节外骨折的临床疗效。[方法] 回顾性分析 2021 年 6 月—2022 年 12 月本院收治的 40 例胫骨远端关节外骨折患者的临床资料。按照术前医患沟通结果, 将患者分为两组, RTIN 组 18 例, MIPPO 组 22 例。比较两组围手术期、随访与影像资料。[结果] 所有患者均顺利完成手术。RTIN 组的切口总长度 [(6.7±0.5) cm vs (10.4±1.1) cm, $P<0.001$] 和住院时间 [(13.9±1.9) d vs (15.6±2.0) d, $P=0.012$] 显著少于 MIPPO 组; 而 RTIN 组术中透视次数显著多于 MIPPO 组 [(14.0±2.7) 次 vs (11.6±2.6) 次, $P=0.006$]。所有患者均获 12~20 个月随访。RTIN 组完全负重活动时间 [(85.9±11.3) d vs (98.6±23.5) d, $P=0.042$] 显著早于 MIPPO 组, 随时间推移, 两组 VAS 评分、AOFAS 评分、踝 ROM 均显著改善 ($P<0.05$), 相应时间点, 两组间上述指标的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。RTIN 组软组织激惹显著优于 MIPPO 组 [否/是, (18/0) vs (15/7), $P=0.008$]。末次随访时, 两组下蹲能力和 Johner-Wruh 评分的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。影像方面, 与术前相比, 末次随访时两组双侧胫骨长度差、胫骨远端外侧角 (lateral distal tibial angle, LDTA)、胫骨远端前侧角 (anterior distal tibial angle, ADTA) 均显著减小 ($P<0.05$)。相应时间点, 两组间上述影像指标的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。所有病例均获得骨性愈合。[结论] 两种经皮内固定技术均可有效治疗胫骨远端骨折, 逆行髓内钉的临床疗效更佳。

关键词: 胫骨远端关节外骨折, 逆行髓内钉, 微创经皮钢板接骨, 临床结果

中图分类号: R683.42 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2025) 04-0293-06

Comparison of retrograd intramedullary nail versus plate fixation for distal tibial extraarticular fractures // LIAO Ming-xin, LIN Wei-ming, YE Jian, WU Feng-chun. Nanping First Hospital, Fujian Medical University, Nanping, Fujian 353000, China

Abstract: [Objective] To compare the clinical efficacy of retrograde tibial intramedullary nail (RTIN) versus minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO) in the treatment of extraarticular fractures of the distal tibia. **[Methods]** A retrospective research was done on 40 patients who received surgical treatment for distal tibial extraarticular fractures in our hospital from June 2021 to December 2022. According to the preoperative doctor-patient communication, 18 patients received RTIN, while the remaining 22 patients were treated with MIPPO. The perioperative, follow-up and imaging data of the two groups were compared. **[Results]** All patients were operated on successfully. The RTIN cohort was significantly less than the MIPPO cohort in terms of total incision length [(6.7±0.5) cm vs (10.4±1.1) cm, $P<0.001$] and hospital stay [(13.9±1.9) days vs (15.6±2.0) days, $P=0.012$], whereas the former consumed significantly more intraoperative fluoroscopy times than the latter [(14.0±2.7) times vs (11.6±2.6) times, $P=0.006$]. All patients in both cohorts were followed up from 12 months to 20 months, and the RTIN group regained full weight-bearing activity significantly earlier than the MIPPO group [(85.9±11.3) days vs (98.6±23.5) days, $P=0.042$]. The VAS and AOFAS scores, as well as ankle flexion-extension ROM in both groups were significantly improved over time ($P<0.05$), whereas which were not statistically significant between the two groups at any time points accordingly ($P>0.05$). The RTIN cohort proved significantly superior to the MIPPO in terms of soft tissue irritation [no/yes, (18/0) vs (15/7), $P=0.008$], while, the squat capacity and Johner-Wruh scale were not significantly different between the two groups at the last follow-up ($P>0.05$). With respect of imaging, the bilateral tibial length discrepancy, lateral distal tibial angle (LDTA) and anterior distal tibial angle (ADTA) were significantly improved in both groups at the latest follow-up compared with those preoperatively ($P<0.05$), while which were not significantly different between the two groups at time point accordingly ($P>0.05$). All patients in both cohorts had bone healed well at the latest follow-up. **[Conclusion]** Both percutaneous internal fixation techniques do effectively treat distal tibial extraarticular fractures, in comparison, the retrograde intramedullary nailing achieves better clinical consequence over the minimal invasive percutaneous plate osteosynthesis.

DOI:10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.110130

△基金项目:福建省自然科学基金项目(编号:2021J011430)

作者简介:廖明新,副主任医师,硕士,研究方向:创伤骨科、足踝外科,(电子信箱)lmxin_2009@163.com

*通信作者:林伟明,(电子信箱)741446011@qq.com

Key words: distal tibial extraarticular fractures, retrograde tibial intramedullary nail, minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis, clinical outcome

胫骨远端骨折是临床上较为常见的下肢骨折。因小腿远端肌肉组织覆盖少,在胫骨远端骨折发生的同时极易造成骨折周围的皮肤软组织损伤,严重者出现开放性骨折。如何在保证胫骨远端骨折复位固定质量的同时,最大限度地避免软组织相关并发症是目前临床上较为棘手的问题。微创经皮钢板接骨技术(minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis, MIPPO)和顺行胫骨髓内钉技术(antegrade tibial intramedullary nail, ATIN)是目前临床上最常使用的治疗手段^[1-3],但二者均有一定的缺陷。MIPPO 技术虽然切口小、创伤少,但其对局部软组织的刺激高,术后亦可出现局部切口愈合不良、感染及皮肤坏死、骨外露等^[4, 5]。相对来说,ATIN 技术则可以更好地保护骨折周围的软组织,减少医源性软组织损伤,但其存在膝前疼痛和骨折畸形愈合等相关并发症^[6-11]。为增加髓内钉固定胫骨远端关节外骨折的稳定性,多需要联合阻挡钉技术^[12, 13],这就增加了内固定技术的难度及手术时间。近年来, Kuhn 等^[14]推出的胫骨逆行髓内钉技术(retrograde tibial intramedullary nailing, RTIN)在临床上逐步开始应用,获得了良好的治疗效果^[15, 16];但其与 MIPPO 的疗效对比资料较少。本文通过回顾性分析临床病例资料,对比分析这两种经皮内固定技术的临床疗效,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准:(1)单侧胫骨远端骨折,近端骨折线高度不超过胫骨远端关节面 10 cm;(2)年龄>18 岁;(3)闭合性骨折, AO/OTA 分型为 43A1~A3 型, Tscheme 分级 0、1、2 级者;(4)受伤至手术时间<3 周者;(5)依从性良好,愿意接受 12 个月以上随访者。

排除标准:(1)双侧胫骨远端骨折,或合并其他部位骨折者;(2)开放性骨折或闭合骨折 Tscheme 分级 3 级、病理性骨折,有胫骨陈旧性骨折病史;(3)年龄<18 岁或身体状况无法耐受手术者;(4)手术方案选择顺行髓内钉固定者;(5)无法配合随访者。

1.2 一般资料

回顾性分析 2021 年 6 月—2022 年 12 月收治的胫骨远端骨折患者的病例资料,根据上述纳入与排除标准,共 40 例纳入本研究。按照术前医患沟通结

果,18 例采用 RTIN,另外 22 例采用 MIPPO。两组患者一般资料见表 1,两组患者年龄、性别、BMI、侧别、AO 分型的差异均无统计学意义($P>0.05$),RTIN 组的损伤至手术时间显著短于 MIPPO 组($P<0.05$)。本研究已获得南平市第一医院伦理委员会批准(批准号:NPSY202401016),所有患者均签署知情同意书。

表 1. 两组患者术前一般资料比较
Table 1. Comparison of preoperative general data between the two groups

指标	RTIN 组 (n=18)	MIPPO 组 (n=22)	P 值
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	49.8±11.8	50.3±10.8	0.881
性别(例,男/女)	10/8	12/10	0.949
BMI(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	24.8±3.1	25.9±3.0	0.257
损伤至手术时间(d, $\bar{x} \pm s$)	7.6±1.8	9.7±2.4	0.003
侧别(例,左/右)	11/7	9/13	0.204
AO 分型(例, A1/A2/A3)	6/5/7	8/7/7	0.895

1.3 手术方法

根据术前评估分别给予腰麻或全麻。合并腓骨远端骨折者,术中先取小腿远端外侧切口进行腓骨骨折的复位及内固定。

RTIN 组:取内踝尖以远纵行切口,长 2~3 cm,显露内踝尖后探及丘间沟, C 形臂 X 线机透视下确定入针点(正、侧位透视入针点均位于内踝中点)。再平行内踝内侧皮质钻入直径 2 mm 的导针至内踝,闭合复位骨折端,必要时经皮钳夹复位,正侧位透视骨折复位满意。再继续置入导针直至其尖端到达胫骨远端外侧皮质,针尖沉在皮层内。C 形臂 X 线机透视:正位见导针平行于内踝中线;侧位见导针位于胫骨远端中轴线上。保护套筒下经导针钻孔,经内踝隧道插入髓内钉试模,透视观察试模位置大小合适。安装合适规格的髓内钉主钉,末端刚好没入内踝皮质。C 形臂 X 线机再次透视确认骨折复位情况与髓内钉位置良好,使用体外瞄准架分别置入远端 3 枚锁钉及近端 2 枚锁钉,透视确认螺钉长度合适,最后安装尾帽。

MIPPO 组:取内踝做弧形手术切口,长约 5 cm,显露胫骨远端内侧面。闭合手法复位骨折端,经皮钳夹固定,必要时经皮 2~3 枚克氏针临时固定以维持复位。C 形臂 X 线机透视骨折端复位满意后

于骨膜外剥离软组织，后插入合适长度的解剖型锁定钢板。于钢板近端做长约 1 cm 切口，辅助钢板贴附于胫骨内侧面，克氏针固定钢板，透视钢板位置、长度满意，骨折复位良好。经内踝切口和近端小切口分别置入远、近端锁定螺钉，远端 5~6 枚，近端 4 枚；再次透视确认钢板螺钉长度合适。

术后常规使用一代头孢预防感染，手术后 24 h 内小腿远端至足部均使用弹性绷带加压包扎，手术 48 h 后指导股四头肌功能锻炼及踝关节功能锻炼。术后第 1、2、3、6、9 个月复查 X 线片，评估骨折愈合情况，指导后期康复训练。

1.4 评价指标

记录围手术期指标，包括手术时间、切口总长度、术中失血量、腓骨固定、透视次数、下地行走时间、切口愈合情况、总住院天数。采用完全负重活动时间、疼痛视觉模拟评分（visual analogue scale, VAS）、美国骨科足踝外科协会（American Orthopaedic Foot and Ankle Society, AOFAS）踝及后足评分以及 Johner-Wruh 量表评分评价临床效果。行影像学检查，记录胫骨远端外侧角（lateral distal tibial angle, LDTA）、胫骨远端前侧角（anteriof distal tibial angle, ADTA）及骨折愈合时间段；若出现 5° 以上的冠状面或矢状面成角、10° 以上的旋转移位、5 mm 以上的短缩或平移，即判定存在骨折畸形愈合。

1.5 统计学方法

应用 SPSS 20.0 统计软件进行数据分析。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；组内比较采用配对 *T* 检验；资料呈非正态分布时，采用非参数统计。计数资料采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。等级资料采用秩和检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 围手术期情况

40 例均顺利完成手术，未损伤主要血管、神经。两组的围手术期资料见表 2。RTIN 组的手术切口总长度和住院时间显著少于 MIPPO 组（ $P < 0.05$ ）；而 RTIN 组术中透视次数显著多于 MIPPO 组（ $P < 0.05$ ）。两组手术时间、术中失血量、腓骨固定、下地活动时间及切口愈合的差异均无统计学意义（ $P > 0.05$ ）。MIPPO 组有 2 例出现踝部切口愈合不良，细菌培养未见致病菌生长。经延长换药时间后切口顺利愈合，拆除缝线。其余病例术后均未发生手术相关并发症，术后 14 d 拆除缝线。

表 2. 两组患者围手术期资料与比较

Table 2. Comparison of peroperative data between the two groups

指标	RTIN 组 (n=18)	MIPPO 组 (n=22)	P 值
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	77.0±8.9	77.9±8.9	0.762
切口总长度 (cm, $\bar{x} \pm s$)	6.7±0.5	10.4±1.1	<0.001
术中失血量 (mL, $\bar{x} \pm s$)	87.2±28.5	90.0±26.4	0.751
腓骨固定 (例, 有/无)	10/8	13/9	0.822
术中透视次数 (次, $\bar{x} \pm s$)	14.0±2.7	11.6±2.6	0.006
下地活动时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	5.4±0.8	6.1±1.3	0.073
切口愈合 (例, 甲/乙/丙)	18/0/0	20/2/0	0.189
住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	13.9±1.9	15.6±2.0	0.012

2.2 随访结果

术后所有患者均获 12~20 个月随访。两组病例随访资料见表 3。RTIN 组完全负重活动时间显著早于 MIPPO 组（ $P < 0.05$ ）；随时间推移，两组 VAS 评分显著减少（ $P < 0.05$ ），AOFAS 评分和踝 ROM 显著增加（ $P < 0.05$ ），相应时间点，两组间上述指标的差异均无统计学意义（ $P > 0.05$ ）。RTIN 组软组织激惹显著优于 MIPPO 组（ $P < 0.05$ ）。末次随访时，两组下蹲能力和 Johner-Wruh 评分的差异均无统计学意义（ $P > 0.05$ ）。

表 3. 两组患者随访资料与比较

Table 3. Comparison of follow-up data between the two groups

指标	RTIN 组 (n=18)	MIPPO 组 (n=22)	P 值
完全负重活动时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	85.9±11.3	98.6±23.5	0.042
疼痛 VAS 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)			
术后 3 个月	2.2±0.7	2.5±0.9	0.303
末次随访	0.6±0.5	0.7±0.4	0.279
P 值	<0.001	<0.001	
AOFAS (分, $\bar{x} \pm s$)			
术后 3 个月	82.6±5.4	81.4±4.5	0.451
末次随访	92.4±3.3	92.9±2.5	0.646
P 值	<0.001	<0.001	
踝 ROM (°, $\bar{x} \pm s$)			
术后 3 个月	43.3±2.1	42.7±2.4	0.422
末次随访	47.8±2.2	48.4±1.9	0.386
P 值	<0.001	<0.001	
软组织激惹 (例, 无/有)	18/0	15/7	0.008
末次随访下蹲 (例, 正常/部分受限/受限)	14/3/1	17/3/2	0.893
末次随访 Johner-Wruh 评级 (例, 优/良/可/差)	13/3/2/0	13/6/3/0	0.668

2.3 影像评估

两组影像评估结果见表 4，与术前相比，末次随访时两组双侧胫骨长度差、LDTA、ADTA 均显著减小 ($P<0.05$)。相应时间点，两组间上述影像指标的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。骨折愈合方面，术后 10 周骨折愈合的病例数，两组间无明显差异 ($P>$

0.05)，但术后 10~14 周骨折愈合的病例数，RTIN 组显著多于 MIPPO 组 ($P<0.05$)；14 周以上骨折愈合的病例数，RTIN 组显著少于 MIPPO 组 ($P<0.05$)。所有病例均获得骨性愈合，均未出现骨折不愈合、畸形愈合、内固定失效等并发症。末次随访时，两组均已取出内固定物，疼痛感消退。典型影像见图 1、2。



图 1. 患者女性，60 岁，摔伤致左侧胫腓骨远端骨折。1a, 1b: 术前正侧位 X 线片示胫骨远端关节外骨折；1c, 1d: RTIN 术后 18 个月随访正侧位 X 线片示胫腓骨骨折愈合。

Figure 1. A 60-year-old female suffered from distal tibiofibular fractures following fall-down. 1a, 1b: Preoperative anteroposterior and lateral radiographs showed a distal tibiofibular fractures without involving the ankle; 1c, 1d: X rays 18 months after RTIN showed the fractures reduced and healed well with implants in proper position.



图 2. 患者女性，59 岁，摔伤致左侧胫腓骨远端骨折。2a, 2b: 术前正侧位 X 线片示胫骨远端关节外骨折；2c, 2d: MIPPO 术后 20 个月随访正侧位 X 线片示骨折愈合。

Figure 2. A 59-year-old female had distal tibial extrarticular fractures caused by fall down. 2a, 2b: Preoperative anteroposterior and lateral radiographs showed extraarticular fractures of the distal tibia and fibula; 2c, 2d: X rays 20 months after MIPPO showed the fractures reduced and healed well with implants in good position.

3 讨论

胫骨远端骨折容易合并局部皮肤挫伤、皮下瘀斑、张力性水泡，严重者则出现开放性骨折、血管神经损伤。考虑到严重软组织损伤病例的治疗过程较为复杂，影响因素较多，故未纳入本研究。本研究仅针

对软组织损伤相对较轻的闭合性胫骨远端骨折类型进行回顾性分析 (AO/ASIF 分型 43A1~A3 型及 Tscheme 分级 0~2 级)，研究内容的范围较为狭窄，干扰因素也相对减少。

MIPPO 技术适用于各种类型的胫骨远端关节外骨折的固定，尤其是针对骨质疏松者和 (或) 粉碎性

骨折者。RTIN 由 Kuhn 等推出, 各项力学参数优于锁定钢板^[17, 18]。其适应证主要是 AO43A1~A3 型胫骨远端骨折以及小部分的 43C1、43C2 型胫骨远端骨折。Greenfeld 等^[19]通过生物力学研究发现, 使用 2 枚远端锁钉后, 骨折端抗压刚度下降至 60%~70%, 扭转刚度下降至 90%。因此在选择病例时, 需确保远端骨折线高于关节面 3 cm 以上, 以确保远端 3 枚锁钉固定, 避免术后出现骨折端复位丢失及畸形愈合。RTIN 技术临床应用时间较短, 精确的入钉点是髓内钉置钉成功的关键, 因此术中相比于 MIPPO 固定, 需要较多的透视次数 ($P < 0.05$)。但本研究中两组病例的手术时间无明显差异 ($P > 0.05$), 是由于髓内钉手术是在透视下完成。髓内钉经内踝骨道置入, 无需对胫骨髓腔进行扩髓处理, 术中出血量少。本研究显示两组术中失血量无明显差异 ($P > 0.05$)。

短。本研究中, RTIN 组的术前平均等待时间显著少于 MIPPO 组; 术后切口愈合好, 恢复快, 未发生切口并发症, 总住院时间亦显著少于 MIPPO 组。MIPPO 技术的远期软组织并发症主要为内置物引发的软组织激惹, 文献报道其发生率为 32%~52%^[21, 22]。本研究 MIPPO 引起小腿远端软组织激惹, 出现局部疼痛 7 例 (31.8%), 均通过保守治疗, 待骨折愈合后取出内置物而消失。RTIN 技术由于临床应用时间不长, 尚无大宗病例报道相关软组织并发症的发生率。本研究中亦未出现术后内踝切口处压痛及踝关节屈伸活动后疼痛的患者。另外, RTIN 技术为中心固定, 力学优势明显, 且经骨隧道置入主钉, 对骨膜血供影响小, 有利于骨折愈合。本研究 RTIN 组的骨折愈合时间、下地负重时间均早于 MIPPO 组, 与其他学者的研究结果相近^[1, 23, 24]。

综上所述, RTIN 对软组织条件要求低, 创伤小, 可以明显缩短术前等待时间及住院时间。在临床中, 通过严谨的术前评估及病例筛选后, 采用 RTIN 技术治疗胫骨远端关节外骨折, 可以获得更好的临床效果。

利益冲突声明 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 廖明新: 课题实施和论文写作、分析和解释数据、统计分析、获取研究经费; 林伟明: 课题设计与实施、论文审阅、提供行政及技术或材料支持、支持性贡献; 叶剑: 课题设计与实施、提供行政及技术或材料支持、支持性贡献; 吴冯春: 数据采集及分析和解释、论文写作、统计分析

参考文献

- [1] 陈帆成, 敖荣广, 黄晓微, 等. 髓内钉与内侧锁定钢板对胫骨中下段骨折固定的效果比较 [J]. 中华创伤杂志, 2018, 34 (7): 597-604. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2018.07.005. Chen FC, Ao RG, Huang XW, et al. Comparative study on fixation effects of intramedullary nail and medial locking plate for distal tibial fractures [J]. Chinese Journal of Trauma, 2018, 34 (7): 597-604. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2018.07.005.
- [2] 吴溢峰, 李朝福, 钟姣红, 等. 三种钢板内固定技术治疗胫骨远端骨折的比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2018, 26 (16): 1452-1456. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2018.16.03. Wu YF, Li CF, Zhong JH, et al. Comparison of three techniques of internal fixation with plate for distal tibial fractures [J]. Orthopedic Journal of China, 2018, 26 (16): 1452-1456. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2018.16.03.
- [3] 陈安富, 唐旭东, 黄凯. 髓内钉与钢板内固定治疗成人胫骨干远端骨折的疗效比较 [J]. 中华创伤骨科杂志, 2019, 21 (8): 706-709. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2019.08.011. Chen AF, Tang XD, Huang K. Intramedullary nail versus plate in osteosynthesis of distal tibial shaft fractures in adults [J]. Chinese Journal of Orthopaedic Trauma, 2019, 21 (8): 706-709. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2019.08.011.

指标	RTIN 组 (n=18)	MIPPO 组 (n=22)	P 值
双侧胫骨长度差 (mm, $\bar{x} \pm s$)			
术前	3.7±1.0	3.8±0.9	0.632
末次随访	1.2±0.5	1.3±0.6	0.592
P 值	<0.001	<0.001	
LDTA (°, $\bar{x} \pm s$)			
术前	94.9±2.1	93.8±1.9	0.083
末次随访	89.2±1.9	89.5±1.9	0.600
P 值	<0.001	<0.001	
ADTA (°, $\bar{x} \pm s$)			
术前	83.9±3.8	84.5±1.9	0.548
末次随访	81.0±1.2	80.1±1.3	0.572
P 值	<0.001	<0.001	
骨折愈合 [例 (%)]			
≤10 周	5 (27.8)	7 (31.8)	0.781
10~14 周	12 (66.7)	7 (31.8)	0.028
>14 周	1 (5.6)	8 (36.4)	0.020

临床报告显示, 即使使用 MIPPO 技术治疗胫骨远端骨折, 术后亦可出现切口愈合不良、皮肤坏死、钢板外露等并发症^[4, 5, 20]。本研究中, MIPPO 组患者术前平均等待时间超过 1 周以获得较为合适的软组织条件, 但术后仍有 2 例出现切口并发症, 可能与术中剥离损伤区域的软组织有关。RTIN 技术是经内踝骨隧道-胫骨髓腔置钉, 手术切口远离骨折损伤区域, 且无需剥离软组织损伤区域, 术前等待时间可以缩

- [4] Joveniaux P, Ohl X, Harisboure A, et al. Distal tibia fractures: management and complications of 101 cases [J]. *Int Orthop*, 2010, 34 (4): 583–588. DOI: 10.1007/s00264-009-0832-z.
- [5] 王春秋, 王新国, 王俊, 等. 两种微创手术治疗胫骨下段骨折的临床对比研究 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2016, 24 (22): 2049–2053. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2016.22.08.
Wang QG, Wang XG, Wang J, et al. Two minimally invasive surgeries for treatment of distal tibial fracture: a clinical comparative study [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2016, 24 (22): 2049–2053. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2016.22.08.
- [6] 李孟杰, 赵岩, 任军, 等. 髓内钉与微创经皮接骨板治疗胫骨远端骨折疗效的 Meta 分析 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2021, 23 (7): 622–626. DOI: 10.3760/cma.j.cn115530-20210527-00249.
Li MJ, Zhao Y, Ren J, et al. Intramedullary nailing versus minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis in treatment of distal tibial fracture: a meta-analysis [J]. *Chinese Journal of Orthopaedic Trauma*, 2021, 23 (7): 622–626. DOI: 10.3760/cma.j.cn115530-20210527-00249.
- [7] Fawdington RA, Lotfi N, Beaven A, et al. Does the use of blocking screws improve radiological outcomes following intramedullary nailing of distal tibia fractures [J]. *Strategies Trauma Limb Reconstr*, 2019, 14 (1): 11–14. DOI: 10.5005/jp-journals-10080-1418.
- [8] Lee C, Brodke DJ, Stefanski JT, et al. Staying out of trouble with intramedullary nailing of distal tibia fractures [J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2021, 29 (2): e62–e71. DOI: 10.5435/JAAOS-D-20-00309.
- [9] Baseri A, Bagheri MA, Rouhi G, et al. Fixation of distal tibia fracture through plating, nailing, and nailing with Poller screws: a comparative biomechanical-based experimental and numerical investigation [J]. *Proc Inst Mech Eng H*, 2020, 234 (10): 1129–1138. DOI: 10.1177/0954411920941664.
- [10] 曹鑫, 孟险峰, 崔华安, 等. 髌下与髌上入路髓内钉固定胫骨骨折的荟萃分析 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2023, 31 (4): 331–335. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.04.09.
Cao X, Meng XF, Cui HA, et al. A meta-analysis on intramedullary nailing through infrapatellar approach versus suprapatellar approach for tibial shaft fractures [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2023, 31 (4): 331–335. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.04.09.
- [11] 陈琦, 杨东辉, 邓志钦, 等. 髌上与髌下置入髓内钉固定胫骨干骨折的比较 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (6): 481–484. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.06.01.
Chen Q, Yang DH, Deng ZQ, et al. Comparison of suprapatellar and infrapatellar intramedullary nails for internal fixation of tibial shaft fractures [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2021, 29 (6): 481–484. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.06.01.
- [12] Koller T, Mühlebach J, Livingston A, et al. The poller screw technique: a method of fine-tuning the reduction in locked nailing [J]. *J Foot Ankle Surg*, 2020, 59 (3): 638–640. DOI: 10.1053/j.jfas.2019.09.014.
- [13] 张聪明, 段宁, 王谦, 等. 新型阻挡钉联合髓内钉治疗胫骨远端骨折的生物力学分析 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2021, 23 (10): 890–895. DOI: 10.3760/cma.j.cn115530-20210507-00219.
Zhang CM, Duan N, Wang Q, et al. Treatment of distal tibial fractures with novel blocking screws plus intramedullary nails: a biomechanical analysis [J]. *Chinese Journal of Orthopaedic Trauma*, 2021, 23 (10): 890–895. DOI: 10.3760/cma.j.cn115530-20210507-00219.
- [14] Kuhn S, Appellmann P, Pairon P, et al. A new angle stable nailing concept for the treatment of distal tibia fractures [J]. *Int Orthop*, 2014, 38 (6): 1255–1260. DOI: 10.1007/s00264-013-2267-9.
- [15] 何敏, 李正茂, 谭文甫, 等. 新型逆行胫骨髓内钉治疗胫骨远端骨折的初步疗效分析 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2022, 24 (4): 334–338. DOI: 10.3760/cma.j.cn115530-20211014-00444.
He M, Li ZM, Tan WP, et al. A novel retrograde tibial nail for treatment of distal tibial fracture: preliminary results [J]. *Chinese Journal of Orthopaedic Trauma*, 2022, 24 (4): 334–338. DOI: 10.3760/cma.j.cn115530-20211014-00444.
- [16] 熊远飞, 刘晖, 许遵营, 等. 胫骨逆行髓内钉在高危人群胫骨远端关节外骨折中的应用研究 [J]. *骨科*, 2024, 15 (1): 71–75. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2024.01.014.
Xiong YF, Liu H, Xu ZY, et al. Application of tibial retrograde intramedullary nail to distal tibial extrarticular fracture in high risk population [J]. *Orthopaedics*, 2024, 15 (1): 71–75. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2024.01.014.
- [17] Kuhn S, Appellmann P, Mehler D, et al. Retrograde tibial nailing: a minimally invasive and biomechanically superior alternative to angle-stable plate osteosynthesis in distal tibia fractures [J]. *J Orthop Surg Res*, 2014, 13 (9): 35. DOI: 10.1186/1749-799X-9-35.
- [18] 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 (13): 1–7. DOI: 10.3389/fbioe.2024.1322043.
- [19] Greenfield J, Appellmann P, Wunderlich F, et al. Retrograde tibial nailing of far distal tibia fractures: a biomechanical evaluation of double-versus triple-distal interlocking [J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2022, 48 (5): 3693–3700. DOI: 10.1007/s00068-021-01843-5.
- [20] Gupta RK, Rohilla RK, Sangwan K, et al. Locking plate fixation in distal metaphyseal tibial fractures: series of 79 patients [J]. *Int Orthop*, 2010, 34 (8): 1285–1290. DOI: 10.1007/s00264-009-0880-4.
- [21] Cheng W, Li Y, Manyi W. Comparison study of two surgical options for distal tibia fracture—minimally invasive plate osteosynthesis vs. open reduction and internal fixation [J]. *Int Orthop*, 2011, 35 (5): 737–742. DOI: 10.1007/s00264-010-1052-2.
- [22] Lau TW, Leung F, Chan CF, et al. Wound complication of minimally invasive plate osteosynthesis in distal tibia fractures [J]. *Int Orthop*, 2008, 32 (5): 697–703. DOI: 10.1007/s00264-007-0384-z.
- [23] 王义昌, 林文杰, 林涛, 等. 胫骨远端骨折三种内固定方式的有限元分析 [J]. *中国组织工程研究*, 2023, 27 (36): 5760–5765.
Wang YC, Lin WJ, Lin T, et al. Finite element analysis of three internal fixation methods for distal tibial fractures [J]. *Chinese Journal of Tissue Engineering Research*, 2023, 27 (36): 5760–5765.
- [24] Kuhn S, Appellmann P, Pairon P, et al. Retrograde tibial nail: anatomical implantation and surgical feasibility study [J]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*, 2015, 82 (3): 203–208.

(收稿:2024-02-19 修回:2024-09-13)

(同行评议专家: 李建鹏, 明晓锋, 林臻, 罗鸿斌)

(本文编辑: 闫承杰)