

# 髓内钉联合辅助钢板内固定和微创经皮钢板内固定治疗难复性胫骨干骨折的比较研究

闫英杰, 白丁文, 贾刚, 杨林

(富平朱老二骨伤医院, 陕西 富平 711700)

**摘要** **目的:**比较髓内钉联合辅助钢板内固定和微创经皮钢板内固定治疗难复性胫骨干骨折的临床疗效和安全性。**方法:**回顾性分析 41 例难复性胫骨干骨折患者的病例资料,其中采用髓内钉联合辅助钢板内固定治疗 22 例(联合内固定组)、采用微创经皮钢板内固定治疗 19 例(微创经皮钢板内固定组)。比较 2 组患者的手术时间、术中出血量、术后引流量、住院时间、术后 1 个月胫骨冠状面和矢状面成角、下地行走时间、完全负重时间、骨折临床愈合时间、骨折骨性愈合时间、术后 12 个月膝关节活动度和综合疗效及并发症发生情况。**结果:**①一般指标。2 组患者手术时间、术中出血量、术后引流量、住院时间比较,组间差异均无统计学意义[(75.65 ± 12.51) min, (81.15 ± 14.89) min,  $t = 1.308$ ,  $P = 0.306$ ; (210.54 ± 42.36) mL, (220.85 ± 30.56) mL,  $t = 1.216$ ,  $P = 0.233$ ; (120.65 ± 20.73) mL, (130.34 ± 25.47) mL,  $t = 1.323$ ,  $P = 0.195$ ; (10.28 ± 2.52) d, (9.15 ± 1.46) d,  $t = 1.721$ ,  $P = 0.096$ ]。②下肢力线评价指标。联合内固定组患者术后 1 个月胫骨冠状面成角和矢状面成角均小于微创经皮钢板内固定组(2.28° ± 0.85°, 3.75° ± 1.92°,  $t = 3.086$ ,  $P = 0.004$ ; 2.45° ± 0.92°, 3.58° ± 1.76°,  $t = 2.517$ ,  $P = 0.018$ )。③骨折恢复情况评价指标。联合内固定组患者下地行走时间、完全负重时间均短于微创经皮钢板内固定组[(7.23 ± 1.17) 周, (8.15 ± 1.58) 周,  $t = 2.033$ ,  $P = 0.048$ ; (12.54 ± 2.25) 周, (14.15 ± 2.74) 周,  $t = 2.036$ ,  $P = 0.049$ ]。术后 12 个月膝关节活动度大于微创经皮钢板内固定组(123.28° ± 10.26°, 108.98° ± 15.46°,  $t = -3.432$ ,  $P = 0.002$ )。2 组患者骨折临床愈合时间和骨性愈合时间比较,组间差异均无统计学意义[(16.25 ± 2.48) 周, (17.53 ± 3.41) 周,  $t = 1.356$ ,  $P = 0.185$ ; (23.58 ± 3.26) 周, (25.25 ± 4.19) 周,  $t = 1.408$ ,  $P = 0.168$ ]。④综合疗效。术后 12 个月,联合内固定组优 13 例、良 7 例、可 2 例,微创经皮钢板内固定组优 9 例、良 7 例、可 1 例、差 2 例;2 组患者综合疗效比较,差异无统计学意义( $Z = -0.874$ ,  $P = 0.382$ )。⑤并发症发生率。联合内固定组患者切口延迟愈合 2 例、骨折延迟愈合 1 例,微创经皮钢板内固定组切口感染 3 例、钢板断裂并骨折不愈合 1 例、骨折畸形愈合 1 例。2 组患者并发症发生率比较,差异无统计学意义( $\chi^2 = 0.392$ ,  $P = 0.531$ )。**结论:**髓内钉联合辅助钢板内固定治疗难复性胫骨干骨折,与微创经皮钢板内固定治疗比较,能更好地恢复下肢力线、缩短下地行走和完全负重时间、增加膝关节活动度,但二者在手术时间、术中出血量、术后引流量、住院时间、骨折愈合时间、综合疗效及安全性等方面相当。

**关键词** 胫骨骨折;骨折固定术,内;髓内钉;钢板;回顾性研究

## A comparative study of intramedullary nail combined with auxiliary plate internal fixation and minimally invasive percutaneous plate internal fixation in the treatment of refractory tibial shaft fractures

YAN Yingjie, BAI Dingwen, JIA Gang, YANG Lin

Fuping Zhulao'er Orthopaedic Hospital, Fuping 711700, Shaanxi, China

**ABSTRACT** **Objective:** To compare the clinical efficacy and safety of intramedullary nail combined with auxiliary plate internal fixation and minimally invasive percutaneous plate internal fixation in the treatment of refractory tibial shaft fractures. **Methods:** The medical data of 41 patients with refractory tibial shaft fractures were retrospectively analyzed, including 22 cases treated with intramedullary nail combined with auxiliary plate internal fixation (combined internal fixation group) and 19 cases treated with minimally invasive percutaneous plate internal fixation (minimally invasive percutaneous plate internal fixation group). The operation time, intraoperative blood loss, postoperative drainage volume, hospitalization time, tibial coronal plane and sagittal plane angles at one month after operation, bed rest time, full weight-bearing time, clinical fracture healing time, bone healing time, range of motion of knee joint at 12 months after operation, comprehensive curative effect, and incidence of complications were compared between the two groups. **Results:** ① General indicators. There was no significant difference between the two groups in operation time, intraoperative blood loss, postoperative drainage volume, and hospitalization time (75.65 ± 12.51 vs 81.15 ± 14.89 min,  $t = 1.308$ ,  $P = 0.306$ ; 210.54 ± 42.36 vs 220.85 ± 30.56 mL,  $t = 1.216$ ,  $P = 0.233$ ; 120.65 ± 20.73

vs  $130.34 \pm 25.47$  mL,  $t = 1.323$ ,  $P = 0.195$ ;  $10.28 \pm 2.52$  vs  $9.15 \pm 1.46$  d,  $t = 1.721$ ,  $P = 0.096$ ). ②Evaluation indicators of the mechanical axis of lower limbs. The tibial coronal and sagittal plane angles at one month after operation in the combined internal fixation group were smaller than those in the minimally invasive percutaneous plate internal fixation group ( $2.28 \pm 0.85$  vs  $3.75 \pm 1.92$  degrees,  $t = 3.086$ ,  $P = 0.004$ ;  $2.45 \pm 0.92$  vs  $3.58 \pm 1.76$  degrees,  $t = 2.517$ ,  $P = 0.018$ ). ③Evaluation indicators of fracture recovery. The bed rest time and full weight-bearing time in the combined internal fixation group were shorter than those in the minimally invasive percutaneous plate internal fixation group ( $7.23 \pm 1.17$  vs  $8.15 \pm 1.58$  weeks,  $t = 2.033$ ,  $P = 0.048$ ;  $12.54 \pm 2.25$  vs  $14.15 \pm 2.74$  weeks,  $t = 2.036$ ,  $P = 0.049$ ). The range of motion of the knee joint at 12 months after operation in the combined internal fixation group was greater than that of the minimally invasive percutaneous plate internal fixation group ( $123.28 \pm 10.26$  vs  $108.98 \pm 15.46$  degrees,  $t = -3.432$ ,  $P = 0.002$ ). There was no significant difference between the two groups in clinical fracture healing time and bone healing time ( $16.25 \pm 2.48$  vs  $17.53 \pm 3.41$  weeks,  $t = 1.356$ ,  $P = 0.185$ ;  $23.58 \pm 3.26$  vs  $25.25 \pm 4.19$  weeks,  $t = 1.408$ ,  $P = 0.168$ ). ④Comprehensive curative effect. At 12 months after operation, 13 cases got an excellent result, 7 good and 2 fair in the combined internal fixation group; while 9 cases got an excellent result, 7 good, 1 fair and 2 poor in the minimally invasive percutaneous plate internal fixation group. There was no statistically significant difference between the two groups in comprehensive curative effect ( $Z = -0.874$ ,  $P = 0.382$ ). ⑤Incidence of complications. In the combined internal fixation group, 2 cases had delayed incision healing and 1 case had delayed fracture healing. In the minimally invasive percutaneous plate internal fixation group, 3 cases had incision infection, 1 case had plate fracture and fracture non-healing, and 1 case had fracture malunion. There was no significant difference in the incidence of complications between the two groups ( $\chi^2 = 0.392$ ,  $P = 0.531$ ).

**Conclusion:** Compared with minimally invasive percutaneous plate internal fixation, intramedullary nail combined with auxiliary plate internal fixation in the treatment of refractory tibial shaft fractures can better restore the mechanical axis of lower limbs, shorten bed rest time and full weight-bearing time, and increase the range of motion of the knee joint. However, the two methods are comparable in terms of operation time, intraoperative blood loss, postoperative drainage volume, hospitalization time, fracture healing time, comprehensive curative effect, and safety.

**Keywords** tibial fractures; fracture fixation, internal; intramedullary nail; bone plates; retrospective studies

胫骨干骨折多由高能量损伤引起,严重的暴力会导致胫骨干出现 2 条及以上骨折线,并造成严重的软组织损伤<sup>[1]</sup>。胫骨干多段骨折复位困难,是创伤骨科常见难题之一。微创经皮钢板内固定是治疗胫骨干骨折的常用方法,具有切口小、保护骨折端血运等优点,但亦存在术后肢体肿胀严重、下肢力线不良、骨折不愈合、内固定断裂等并发症<sup>[2]</sup>。随着骨折固定技术的不断发展,髓内钉内固定逐渐在胫骨干骨折中被广泛应用<sup>[3-4]</sup>。髓内钉内固定能够更好地恢复下肢的长度和力线、维持骨折端的稳定,骨折愈合率高、感染发生率低<sup>[5]</sup>。但在髓内钉内固定治疗难复性胫骨干骨折时,术中反复闭合复位可能导致骨折端软组织二次损伤、破坏血运,增加感染及骨折不愈合的发生率<sup>[6]</sup>。在髓内钉内固定治疗难复性胫骨干骨折的手术中采用骨折端切开复位、辅助钢板单皮质内固定,能够降低手术难度、增加骨折端的稳定性。为了进一步比较髓内钉联合辅助钢板内固定和微创经皮钢板内固定治疗难复性胫骨干骨折的临床疗效和安全性,我们进行了此项研究,现总结报告如下。

## 1 临床资料

**1.1 一般资料** 选取 2018 年 6 月至 2021 年 1 月在

富平朱老二骨伤医院住院治疗的胫骨干骨折患者的病例资料进行研究。试验方案经富平朱老二骨伤医院伦理委员会审查通过,伦理批件号:伦审 2018 (006)号。

**1.2 纳入标准** ①诊断为胫骨干骨折;②年龄 > 20 岁;③胫骨干骨折 AO/OTA 分型<sup>[7]</sup>为 42B 型或 42C 型;④骨折前膝关节功能正常;⑤随访时间 ≥ 12 个月;⑥病例资料完整。

**1.3 排除标准** ①合并胫骨平台骨折或脱位者;②骨折线波及关节面者;③病理性骨折者;④开放性骨折 Gustilo 分型<sup>[8]</sup>为Ⅲ型者及闭合性骨折 Tscherne 分型<sup>[9]</sup>为Ⅲ型者;⑤病例资料存在常识性或逻辑性错误者。

## 2 方法

**2.1 分组方法** 根据采用的治疗方法,将符合要求的患者分为联合内固定组和微创经皮钢板内固定组。

### 2.2 手术方法

**2.2.1 联合内固定组** 采用腰硬联合麻醉。患者取仰卧位,膝关节屈曲  $15^\circ \sim 30^\circ$  位。以髌骨上缘中点为起点向上做长 3 ~ 4 cm 的纵形切口,逐层切开皮肤、皮下组织,显露膝关节腔;对于髌股关节间隙狭窄患

者,选用髌旁内侧入路,通过切开髌骨内侧支持带将髌骨向外侧脱位,显露胫骨结节内侧缘。在 X 线透视下确认进针点,进针点在正位片上位于胫骨外侧髁间结节的内缘,在侧位片上位于胫骨前侧骨皮质与胫骨平台交界处。以螺纹导针插入进针点,确认导针位置满意后,经保护套管开口。置入球头导针,将导针通过骨折端直至胫骨远端关节面上方。在助手牵引胫骨远端的同时,术者将髓内复位器经胫骨髓腔插入远端,旋转髓内复位器辅助骨折端复位。X 线透视确认骨折端复位情况,在胫骨前外侧或后内侧未能良好复位的骨折端做 6~8 cm 的纵形切口,显露骨折端,有限剥离骨膜,直视下以复位钳复位骨折端。确认骨折端复位满意后,将 3.5 mm 锁定钢板以单皮质螺钉固定于骨折端。置入主钉,安装远近端锁定钉。X 线透视下确认骨折复位及固定满意后,安装主钉尾帽。冲洗切口,逐层缝合,无菌敷料包扎。

**2.2.2 微创经皮钢板内固定组** 采用腰硬联合麻醉。患者取仰卧位。膝关节屈曲 30° 位,于胫骨前外侧骨折端做长约 5 cm 的纵形切口,分离皮下组织至骨膜,尽可能不暴露骨折端。牵引胫骨远端,经皮采用复位钳复位骨折端;对于复位困难者可暴露骨折端以克氏针撬拨复位或以复位钳复位。选择长度合适的锁定钢板,于钢板远端锁定孔处做长 3~4 cm 的纵形切口。采用骨膜剥离子建立皮下隧道,将锁定钢板自胫骨近端经皮下隧道插入。X 线透视确认骨折复位满意后,安装远近端锁定螺钉。对于骨折线较长、下肢力线内翻及内侧骨缺损较大的患者,于胫骨后内侧再置入 1 块 3.5 mm 重建或锁定钢板,以增加内固定的稳定性。

**2.3 术后处理方法** 术后常规行消肿、止痛、抗感染、抗凝治疗。闭合性骨折患者术后 24 h 内应用抗生素,开放性骨折患者术后 2 周内应用抗生素。术后 2 d 复查 X 线片,鼓励患者行踝关节及足趾主动屈伸、股四头肌等长收缩等锻炼;术后 1 周开始行膝关节

主、被动屈伸功能锻炼。术后 1 个月、3 个月、6 个月、12 个月门诊复查,拍摄 X 线片检查骨痂生长情况。术后 8~10 周患肢部分负重行走,术后 12~14 周完全负重行走。

**2.4 疗效及安全性评价方法** 比较 2 组患者手术时间、术中出血量、术后引流量、住院时间、术后 1 个月胫骨冠状面成角和矢状面成角<sup>[10]</sup>、下地行走时间、完全负重时间、骨折临床愈合时间、骨折骨性愈合时间、术后 12 个月膝关节活动度和临床疗效及并发症发生情况。

**2.5 数据统计方法** 采用 SPSS19.0 统计软件对所得数据进行统计学分析。2 组患者性别、致伤原因、骨折类型、骨折 AO/OTA 分型、并发症发生率的组间比较均采用  $\chi^2$  检验;年龄、手术时间、术中出血量、术后引流量、住院时间、胫骨冠状面成角、胫骨矢状面成角、下地行走时间、完全负重时间、骨折临床愈合时间、骨折骨性愈合时间、术后 12 个月膝关节活动度的组间比较均采用  $t$  检验,术后 12 个月综合疗效的组间比较采用秩和检验。检验水准  $\alpha=0.05$ 。

### 3 结果

**3.1 分组结果** 共纳入 41 例患者,联合内固定组 22 例、微创经皮钢板内固定组 19 例。2 组患者基线资料比较,差异无统计学意义,有可比性(表 1)。

**3.2 一般指标评价结果** 2 组患者手术时间、术中出血量、术后引流量、住院时间比较,组间差异均无统计学意义(表 2)。

### 3.3 疗效和安全性评价结果

**3.3.1 下肢力线评价指标** 联合内固定组患者术后 1 个月胫骨冠状面成角和矢状面成角均小于微创经皮钢板内固定组(表 3)。

**3.3.2 骨折恢复情况评价指标** 联合内固定组患者下地行走时间、完全负重时间均短于微创经皮钢板内固定组,术后 12 个月膝关节活动度大于微创经皮钢板内固定组;2 组患者骨折临床愈合时间和骨性愈合时间比较,组间差异均无统计学意义(表 4)。

表 1 2 组难复性胫骨干骨折患者基线资料

组别	样本量/ 例	性别/例		年龄/ ( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	致伤原因/例				骨折类型/例		AO/OTA 分型/例	
		男	女		车祸伤	坠落伤	砸伤	摔伤	闭合性骨折	开放性骨折	42-B	42-C
联合内固定组	22	12	10	41.65 ± 12.85	8	6	4	4	15	7	10	12
微创经皮钢板 内固定组	19	11	8	42.86 ± 11.71	7	7	2	3	13	6	9	10
检验统计量		$\chi^2=0.465$		$t=0.715$	$\chi^2=0.738$				$\chi^2=0.000$		$\chi^2=0.015$	
P 值		0.829		0.754	0.864				0.987		0.902	

表 2 2 组难复性胫骨干骨折患者一般指标

组别	样本量/例	手术时间/ ( $\bar{x} \pm s$ , min)	术中出血量/ ( $\bar{x} \pm s$ , mL)	术后引流量/ ( $\bar{x} \pm s$ , mL)	住院时间/ ( $\bar{x} \pm s$ , d)
联合内固定组	22	75.65 ± 12.51	210.54 ± 42.36	120.65 ± 20.73	10.28 ± 2.52
微创经皮钢板内固定组	19	81.15 ± 14.89	220.85 ± 30.56	130.34 ± 25.47	9.15 ± 1.46
<i>t</i> 值		1.308	1.216	1.323	1.721
<i>P</i> 值		0.306	0.233	0.195	0.096

表 3 2 组难复性胫骨干骨折患者术后 1 个月胫骨冠状面成角和矢状面成角

组别	样本量/例	冠状面成角/ ( $\bar{x} \pm s$ , °)	矢状面成角/ ( $\bar{x} \pm s$ , °)
联合内固定组	22	2.28 ± 0.85	2.45 ± 0.92
微创经皮钢板内固定组	19	3.75 ± 1.92	3.58 ± 1.76
<i>t</i> 值		3.086	2.517
<i>P</i> 值		0.004	0.018

表 4 2 组难复性胫骨干骨折患者骨折恢复情况评价指标

组别	样本量/例	下地行走时间/ ( $\bar{x} \pm s$ , 周)	完全负重时间/ ( $\bar{x} \pm s$ , 周)	骨折临床愈合 时间/( $\bar{x} \pm s$ , 周)	骨折骨性愈合时间/ ( $\bar{x} \pm s$ , 周)	术后 12 个月膝关节 活动度/( $\bar{x} \pm s$ , °)
联合内固定组	22	7.23 ± 1.17	12.54 ± 2.25	16.25 ± 2.48	23.58 ± 3.26	123.28 ± 10.26
微创经皮钢板 内固定组	19	8.15 ± 1.58	14.15 ± 2.74	17.53 ± 3.41	25.25 ± 4.19	108.98 ± 15.46
<i>t</i> 值		2.033	2.036	1.356	1.408	-3.432
<i>P</i> 值		0.048	0.049	0.185	0.168	0.002

**3.3.3 综合疗效** 术后 12 个月,根据 Johner - Wruhs 胫骨干骨折疗效评价标准<sup>[11]</sup>,联合内固定组优 13 例、良 7 例、可 2 例、微创经皮钢板内固定组优 9 例、良 7 例、可 1 例、差 2 例。2 组患者综合疗效比较,差异无统计学意义( $Z = -0.874, P = 0.382$ )。

**3.3.4 并发症发生率** 联合内固定组患者切口延迟愈合 2 例,给予持续换药后切口愈合;骨折延迟愈合 1 例,给予自体髂骨移植治疗,术后 13 个月骨折愈合。微创经皮钢板内固定组切口感染 3 例,2 例给予换药处理后切口愈合,1 例清创后感染仍未能完全控制,于术后 8 个月取出钢板,切口逐渐愈合;钢板断裂并骨折不愈合 1 例,采用髓内钉内固定联合自体髂骨移植进行二次手术,术后骨折愈合;骨折畸形愈合 1 例,膝关节内翻并发创伤性关节炎,采用胫骨高位截骨治疗。2 组患者并发症发生率比较,差异无统计学意义( $\chi^2 = 0.392, P = 0.531$ )。

**3.4 典型病例** 典型病例手术前后 X 线片见图 1。

## 4 讨论

难复性胫骨干骨折的影像学资料显示,骨折端可能存在短缩、旋转移位、骨折块交锁、软组织卡压等问题;术中单纯采用牵引、旋转、挤压、提拉等手法,难以

获得良好的复位效果<sup>[12]</sup>。Krettek 等<sup>[13]</sup>基于胫骨干的解剖特点提出阻挡钉技术,该技术在骨折端成角凹面的合适位置,置入阻挡钉改变主钉钉道,纠正复位不良;研究表明,阻挡钉能够明显减少胫骨矢状面成角畸形的发生率。然而,该技术需反复透视,且不能维持 2 个骨折断端的稳定。因此,对于难复性胫骨干骨折,可先采用切开复位、辅助钢板单皮质内固定进行处理,进而将复杂的胫骨干骨折转变成简单的胫骨干骨折,再采用髓内钉内固定治疗;该方法能够缩短手术时间,增加骨折端的稳定性<sup>[14-16]</sup>。此外,有研究<sup>[17]</sup>表明,髓内钉治疗胫骨干骨折,存在一定的骨不连发生率,其原因与髓内钉与胫骨髓腔未能完全匹配导致骨折端“微动”有关。Ueng 等<sup>[18]</sup>采用辅助钢板治疗髓内钉内固定术后发生的骨不连,取得良好的治疗效果。因此,辅助钢板内固定在一定程度上能够弥补髓内钉内固定术后骨折端旋转稳定性不足的问题,为骨折端提供稳定的愈合环境,且双重固定更加牢靠,有利于术后早期开展功能锻炼,避免膝关节僵硬<sup>[17]</sup>。本研究结果显示,髓内钉联合辅助钢板内固定在减小胫骨冠状面成角和矢状面成角、增加膝关节活动度方面有明显优势。



图 1 难复性胫骨干骨折髓内钉联合辅助钢板内固定治疗前后 X 线片

注:患者,男,32 岁,车祸致右侧胫骨干多段骨折,AO/OTA 分型为 42-C2 型。

采用髓内钉联合辅助钢板治疗难复性胫骨干骨折需注意以下事项:①髓内钉内固定治疗胫骨干骨折常采用的手术入路有髌下入路、髌上入路和髌旁内侧入路<sup>[19]</sup>。髌下入路易出现骨折块移位,导致复位和置钉难度增加,而反复复位和置钉会加重创伤;而髌

上入路更有利于靠近胫骨近端的骨折复位及复位的维持<sup>[20-21]</sup>。但对于髌股关节间隙狭窄患者,可选用髌旁内侧入路。②辅助钢板技术有助于稳定骨折复位,但对于存在影响骨折愈合的骨缺损,应该积极采取自体骨移植,进而促进骨折愈合<sup>[22]</sup>。③术中应根

据患者软组织损伤情况选择是否扩髓,对于软组织损伤程度较小者,可适当扩髓以采用强度更大的髓内钉,但对于软组织损伤较大者,尽量避免扩髓,采用非扩髓髓内钉以降低扩髓引起感染发生的概率。④辅助钢板选择 3.5 mm 的重建钢板或锁定钢板,可以微创置入,既能够减少出血、降低感染发生率,又可避免钢板体积较大导致术后小腿肿胀严重。⑤髓内钉内固定治疗难复性胫骨干骨折对手术操作要求较高,术者应熟练掌握髓内钉内固定技术,以获得满意的疗效<sup>[16]</sup>。

本研究结果表明,髓内钉联合辅助钢板内固定治疗难复性胫骨干骨折,与微创经皮钢板内固定治疗比较,能够更好地恢复下肢力线、缩短下地行走和完全负重时间、增加膝关节活动度,但二者在手术时间、术中出血量、术后引流量、住院时间、骨折愈合时间、综合疗效及安全性等方面相当。

### 参考文献

- [1] SEYHAN M, UNAY K, SENER N. Intramedullary nailing versus percutaneous locked plating of distal extra-articular tibial fractures: a retrospective study[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol Orthop Traumatol, 2013, 23(5): 595-601.
- [2] 谭文杰, 朱成明, 吴昊, 等. 两种内固定方式治疗胫骨多段骨折的疗效比较[J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28(6): 496-500.
- [3] HESSMANN M H, BUHL M, FINKEMEIER C, et al. Suprapatellar nailing of fractures of the tibia[J]. Oper Orthop Traumatol, 2020, 32(5): 440-454.
- [4] 赵志辉, 任琳慧, 李毅, 等. 髓内钉治疗胫骨近端骨折: 解剖学、生物力学及钉的设计原理[J]. 中国组织工程研究, 2018, 22(7): 1126-1132.
- [5] GKOUVAS G, AGATHANGELIDIS F, NAKAS C, et al. Biomechanical comparison of six intramedullary nails, for the treatment of extra-articular, proximal tibial fractures[J]. Hippokratia, 2019, 23(2): 58-63.
- [6] 许新忠, 赵耀, 张积森, 等. 难复性胫骨干骨折影像学特点及临床意义[J]. 中华创伤骨科杂志, 2019, 21(8): 722-726.
- [7] 张世民, 李海丰, 黄铁刚. 骨折分类与功能评定[M]. 北京: 人民军医出版社, 2008: 55-58.
- [8] GUSTILO R B, MENDOZA R M, WILLIAMS D N. Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fracture[J]. J Trauma, 1984, 24(8): 742-746.
- [9] TSCHERNE H, OUSTER H J. A new classification of soft-tissue damage in open and closed fractures (author's transl)[J]. Unfallheilkunde, 1982, 85(3): 111-115.
- [10] BHANDARI M, GUYATT G, TORNETTA P, et al. Study to prospectively evaluate reamed intramedullary nails in patients with tibial fractures (S. P. R. L. N. T): study rationale and design[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2008, 9: 91.
- [11] JOHNER R, WRUHS O. Classification of tibial shaft fractures and correlation with results after rigid internal fixation[J]. Clin Orthop Relat Res, 1983(178): 7-25.
- [12] SEMENISTYY A A, LITVINA E A E A, FEDOTOVA A G, et al. Fixator-assisted nailing of tibial fractures: new surgical technique and presentation of first 30 cases[J]. Injury, 2019, 50(2): 515-520.
- [13] KRETTEK C, MICLAU T, SCHANDELMAIER P, et al. The mechanical effect of blocking screws ("Poller screws") in stabilizing tibia fractures with short proximal or distal fragments after insertion of small-diameter intramedullary nails[J]. J Orthop Trauma, 1999, 13(8): 550-553.
- [14] 高伟强, 罗俊, 罗毅, 等. 急诊带锁髓内钉结合钢板治疗胫骨多段骨折的疗效[J]. 重医医学, 2020, 13(49): 2164-2166.
- [15] 李杰, 王谦, 路遥, 等. 髓内钉附加小钢板或阻挡钉治疗胫骨近端骨折比较[J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28(10): 870-875.
- [16] 郭皖莹, 马腾, 任程, 等. 传统入路髓内钉附加小钢板和阻挡钉治疗胫骨近端干性骨折的对照分析[J]. 中国骨与关节杂志, 2020, 9(6): 413-418.
- [17] 盛鹏, 沈为苟, 马运宏. 辅助钢板治疗胫骨骨折髓内钉术后骨不连的临床疗效[J]. 创伤外科杂志, 2019, 21(4): 299-303.
- [18] UENG S W, SHIH C H. Augmentative plate fixation for the management of femoral nonunion with broken interlocking nail[J]. J Trauma, 1998, 45(4): 742-752.
- [19] 钟海波, 郭祥, 刘亦恒. 髌上入路髓内钉治疗胫骨多段骨折[J]. 临床骨科杂志, 2021, 24(3): 439-441.
- [20] 魏新程, 杨凌云, 刘军, 等. 髌上入路、髌下入路胫骨髓内钉治疗胫骨干骨折的对比研究[J]. 创伤外科杂志, 2020, 22(3): 181-184.
- [21] 杨育生, 叶家宽, 方勇. 半伸直位髌上入路髓内钉治疗胫骨骨折[J]. 中国骨伤, 2021, 34(5): 452-457.
- [22] SEN M K, MICLAU T. Autologous iliac crest bone graft: should it still be the gold standard for treating nonunions[J]. Injury, 2007, 38(Suppl 1): S75-S80.

(收稿日期: 2022-10-20 本文编辑: 吕宁)