

新型下肢可调负重康复支具在股骨近端防旋髓内钉术后康复中的临床疗效

黄砖枝, 陈志达, 宋超, 吴进, 蔡骏艺, 林斌

(中国人民解放军联勤保障部队第 909 医院全军骨科中心 厦门大学附属东南医院, 福建 漳州 363000)

【摘要】 目的: 研究分析自研新型下肢可调负重康复支具在下肢股骨转子间骨折行股骨近端防旋髓内钉(proximal femoral nail anti-rotation, PFNA)术后康复中的临床疗效。**方法:** 自 2015 年 7 月至 2017 年 6 月收治 62 例 II 型(Evans-Jensen 分型)股骨转子间骨折患者行 PFNA 内固定术, 按随机数字法分为常规康复组 30 例和支具康复组 32 例。其中常规康复组, 男 11 例, 女 19 例, 年龄(70.73±6.09)岁; 支具康复组, 男 17 例, 女 15 例, 年龄(71.25±6.60)岁。常规康复组患者术后按常规方法康复, 支具康复组患者应用自研新型下肢可调负重康复支具辅助早期康复。记录并比较分析两组患者随访过程中的疼痛强度(VAS 评分)、患肢负重情况、骨折临床愈合时间、Harris 评分及并发症发生情况。**结果:** 9 例患者半年后失访, 其余 53 例患者获得随访, 时间 9~18 个月。支具康复组在术后 1、3、6 个月 VAS 评分均低于常规康复组($P<0.05$); 支具康复组在各时间点的患肢负重情况均明显大于常规康复组($P<0.05$), 但支具康复组的骨折临床愈合时间较常规康复组更短($P<0.05$); 此外, 在术后支具康复组的 Harris 评分均优于常规康复组($P<0.05$), 而并发症的发生率则较常规康复组更低($P=0.048$)。**结论:** 自研新型下肢可调负重康复支具在 Evans-Jensen II 型股骨转子间骨折行 PFNA 内固定术后康复中能明显缓解术后疼痛, 调节并适度增加骨折端应力刺激, 从而促进骨折愈合, 加速髋关节功能恢复, 降低并发症发生率, 其临床效果安全可靠。

【关键词】 股骨骨折; 髌骨骨折; 康复; 支架(骨科); 骨折固定术, 髓内

中图分类号: R683.42

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2020.04.004

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



A new type of adjustable weight-bearing rehabilitation brace for lower limbs in postoperative rehabilitation of proximal femoral nail anti-rotation HUANG Zhuan-zhi, CHEN Zhi-da, SONG Chao, WU Jin, CAI Tao-yi, and LIN Bin. Department of Orthopaedics, the 909th Hospital of PLA, Affiliated Southeast Hospital of Xiamen University, Orthopaedic Center of People's Liberation Army, Zhangzhou 363000, Fujian, China

ABSTRACT Objective: To study and analyze the clinical effect of the self-developed new adjustable weight-bearing rehabilitation brace in the rehabilitation of the femoral intertrochanteric fracture after the operation of PFNA. **Methods:** From July 2015 to June 2017, 62 patients with type II (Evans-Jensen classification) intertrochanteric fracture of femur were treated with PFNA internal fixation. There were 11 males and 19 females in the routine rehabilitation group, with an average age of (70.73±6.09) years; 17 males and 15 females in the brace rehabilitation group, with an average age of (71.25±6.60) years. Among them, the patients in the routine rehabilitation group recovered according to the routine method, and the patients in the support rehabilitation group used the self-developed new adjustable weight-bearing rehabilitation support of lower limbs to assist the early rehabilitation. The pain intensity (VAS score), weight-bearing of affected limb, clinical healing time of fracture, Harris score and complications were recorded and analyzed. **Results:** Nine patients lost their visit half a year later, the other 53 patients were followed up for 9 to 18 months. The VAS score at 1, 3, 6 months after operation of brace rehabilitation group was lower than that of routine rehabilitation group ($P<0.05$). The weight-bearing of the limbs in the rehabilitation group was significantly higher than that in the conventional rehabilitation group ($P<0.05$), but the clinical healing time of fracture in the brace rehabilitation group was shorter than that in the routine rehabilitation group ($P<0.05$). In addition, the Harris score of the postoperative brace rehabilitation group was better than that of the conventional rehabilitation group ($P<0.05$). The incidence of complications was lower than that of the conventional rehabilitation group ($P=0.048$). **Conclusion:** In the rehabilitation of Evans Jensen type II intertrochanteric fracture after PFNA internal fixation, the new self-developed adjustable weight-bearing re-

基金项目: 全军后勤科研项目(编号: CNJ16J012); 漳州市科技拥军项目(编号: ZZ2017KD05); 第 909 医院青年苗圃项目(编号: 18Y003)
Fund program: Scientific Research Project of the Whole Army Logistics (No. cnj16j012)

通讯作者: 林斌 E-mail: linbin813@163.com

Corresponding author: LIN Bin E-mail: linbin813@163.com

habilitation brace can significantly relieve postoperative pain, regulate and moderately increase the stress stimulation at the fracture end, so as to promote fracture healing, accelerate the recovery of hip joint function, reduce the incidence of complications, and its clinical effect is safe and reliable.

KEYWORDS Femoral fractures; Hip fractures; Rehabilitation; Braces; Fracture fixation, intramedullary

股骨转子间骨折是老年髋部骨折中的常见类型,多为间接暴力引起,通常保守治疗会引起诸多并发症,因此目前首选手术治疗,从而能够获得良好复位以及快速功能恢复^[1-2]。随内固定技术的发展及 BO 固定理念的推广,股骨近端防旋髓内钉(proximal femoral nail anti-rotation, PFNA) 内固定因具有微创及良好的生物力学稳定性成为骨科医生首选方案^[3-5]。然而,股骨转子间骨折 PFNA 术后骨折仅处于相对稳定状态,患肢过早或过度负重都会导致内固定失败。而不负重或负重过晚则会延迟骨折愈合及关节功能恢复,并增加并发症发生风险^[6]。随着外科术后快速康复 (enhanced recovery after surgery, ERAS) 的理念越来越受到重视。因此,老年患者转子间骨折术后如何安全有效的达到快速康复已成为目前骨科研究热点之一。支具矫形器技术已成为与物理治疗、作业治疗和语言治疗一样重要的 4 项康复技术之一。为确保患者术后能够安全有效的完成早期功能锻炼,笔者研制出一种新型的下肢可调节负重康复支具。为评价其临床可行性,前瞻性的比较分析自 2015 年 7 月至 2017 年 6 月共 30 例常规康复及 32 例应用新型支具患者在 PFNA 术后康复中的临床疗效,现报告如下。

1 资料与方法

1.1 病例选择

纳入标准:年龄>60 岁;单侧新鲜闭合性骨折;转子间骨折 Evans-Jensen 分型^[7]中 II 型;术前髋关节功能及肌力正常。排除标准:陈旧性骨折;伴其他多处骨折或开放性骨折;髋部病理性骨折;有其他严重并发症不能耐受手术者;伴有血管神经损伤;神经或精神合并症。

1.2 一般资料

自 2015 年 7 月至 2017 年 6 月按纳入标准和排

除标准共纳入 62 例股骨转子间骨折行 PFNA 内固定术患者,按照随机数字法分为两组:常规康复组 30 例,PFNA 术后予常规康复治疗;支具康复组 32 例,PFNA 术后予自研支具辅助康复治疗。所有患者签署知情同意书并经我院医学伦理委员会批准。所有患者入院后经详细查体及影像学检查后,并确诊为 II 型(Evans-Jensen 分型)股骨转子间骨折,所有患者由同一术者完成手术。两组患者术前一般资料比较见表 1,差异均无统计学意义($P>0.05$),两组具有可比性。

1.3 手术方法

硬膜外麻醉后将患者仰卧位置于骨科牵引床上,适度牵引、复位骨折端,透视见骨折复位满意后患肢常规消毒、铺单,自大转子顶点向近端作一长 3~4 cm 弧形皮肤切口,钝性分离皮下组织至大转子顶点,于顶点处钻入克氏针,C 形臂 X 线机透视进针点位置合适后,开口、插入导针,近端扩大后,取直径、长度合适的 PFNA 主钉沿导针插入髓腔后拔除导针。安置导向器后于股骨外侧取纵行约 2 cm 切口,向股骨头打入导针,C 形臂 X 线透视提示导针位置良好,沿导针打入合适长度的抗螺旋刀片,放松患肢牵引后,锁紧螺旋刀片,同时在定位器下打入远端交锁钉,退出导向器,锁入长短合适的尾帽,再次透视骨折复位满意、内固定位置合适后冲洗并逐层关闭切口。

1.4 术后康复计划

所有患者术后常规予预防感染、抗凝、消肿、止痛和换药等治疗。常规康复组:进行常规功能锻炼,即在医师指导下术后第 3 天开始,进行股四头肌持续、间断等长收缩,踝膝关节行主动屈曲伸展活动锻炼。术后 1 周扶双拐下地活动,定期于术后第 1、3、6、12 个月复查 X 线片,根据骨折愈合情况决定患肢

表 1 两组 Evans-Jensen II 型股骨转子间骨折行 PFNA 内固定术患者术前临床资料比较

Tab.1 Comparison of preoperative clinical data of patients with Evans-Jensen II intertrochanteric fracture treated with PFNA internal fixation between two groups

组别	例数	性别(例)		年龄($\bar{x}\pm s$, 岁)	随访时间($\bar{x}\pm s$, 月)	受伤至手术时间($\bar{x}\pm s$, h)	术前 VAS($\bar{x}\pm s$, 分)
		男	女				
常规康复组	30	11	19	70.73±6.09	12.87±4.23	38.00±17.28	6.18±1.06
支具康复组	32	17	15	71.25±6.60	12.63±4.46	42.47±13.69	6.34±1.23
检验值		$\chi^2=1.694$		$t=0.322$	$t=0.217$	$t=1.133$	$t=0.547$
P 值		0.193		0.581	0.999	0.051	0.134

是否负重及负重大小^[8]。支具康复组:在常规治疗基础上,应用自研下肢可调负重支具辅助康复治疗(发明专利号:ZL201510500926.1)。术后 1 周开始至骨折临床愈合,患者佩戴该支具早期负重锻炼。依据个体化负重原则,支具的负重阈值由 0 至患者体重的 40%间逐渐递增,从完全不负重至部分负重,最终达到完全负重。术后第 2 周至术后第 1 个月,负重阈值由 0 至患者体重 10%间逐渐递增,每天 3 次,每次 10 min,每次间隔 3 h。术后 1~2 个月,负重阈值由 10%至患者体重 20%间逐渐递增,每天 4 次,每次 15 min,每次间隔 3 h。术后第 2 个月至骨折临床愈合,负重阈值由患者体重 20%~40%逐渐递增,每天 5 次,每次 20 min,每次间隔 2 h。

1.5 观察项目与方法

采用 VAS 评分评价疼痛程度,观察记录术后患肢负重情况(足部受力/体重×100%)、骨折临床愈合时间、并发症发生情况(包括髓内翻、内固定失败、褥疮、切口感染)。术后 6 个月采用 Harris^[9]评分评价髋关节功能,包括疼痛、功能、关节活动度和畸形 4 个方面。

1.6 统计学处理

应用 SPSS 17.0 软件进行统计学分析,年龄、随访时间、受伤至手术时间、VAS 评分、患肢负重时间、骨折临床愈合时间、Harris 评分等定量资料用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验,组内手术前后不同时间点之间的比较采用重复测量方差分析;两组患者性别比例及并发症发生率等比较采用 χ^2 检验;以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

9 例患者术后半年失访,其中两组各 2 例患者因其他内科疾病死亡,5 例患者不配合支具辅助治疗退出本研究,其中常规康复组 2 例,支具康复组

3 例,其余患者随访时间 9~18 个月。两组患者手术均获成功,术后均无深静脉血栓等严重并发症发生。两组术前 VAS 差异无统计学意义(*P*>0.05),但术后 1、3、6 个月时支具康复组 VAS 评分较常规康复组更低(*P*<0.05);支具康复组在术后 1、3、6 个月时患肢负重均较常规康复组更高(*P*<0.05)。常规康复组手术前后不同时间点之间 VAS 评分和患肢负重比较,差异均有统计学意义(*F*=6.228, *P*<0.01; *F*=10.751, *P*<0.01);支具康复组 VAS 评分和患肢负重术前术后不同时间点之间比较,差异均有统计学意义(*F*=7.418, *P*<0.01; *F*=16.513, *P*<0.01)。此外,支具康复组的骨折临床愈合时间也较常规康复组更短(*P*<0.05),表明该支具能促进骨折愈合(见表 2)。支具康复组 Harris 评分在术后 6 个月时均较常规康复组更高(见表 3),差异有统计学意义(*P*<0.05),这也表明该支具能促进关节的功能恢复。并发症发生情况:常规康复组髓内翻 2 例,内固定失败 2 例,褥疮 1 例,切口感染 1 例;支具康复组髓内翻 1 例;支具康复组并发症发生明显低于常规康复组(*P*=0.036),见表 4。典型病例见图 1。

3 讨论

股骨转子间骨折是老年髋部骨折中的常见类型,多为间接暴力引起,通常保守治疗会引起诸多并发症,因此目前首选治疗为手术治疗,从而能够获得良好复位以及快速功能恢复^[1-2]。目前 PFNA 内固定因具有微创及良好的生物力学稳定性成为骨科医生首选方案^[3-4]。然而,随着外科近年来术后快速康复理念的提出,而术后康复无疑是快速康复中的重要环节之一,如何选择对患者最优化的康复方式显的尤为重要。

支具属于骨科外固定矫形器的另类设计,它组装于肢体外部,依靠于肌肉及关节辅助患肢进行锻

表 2 两组 Evans-Jensen II 型股骨转子间骨折行 PFNA 内固定患者术后 VAS、患肢负重和骨折临床愈合时间比较($\bar{x}\pm s$)
Tab.2 Comparison of postoperative VAS, weight bearing status and clinical healing time of patients with Evans-Jensen II intertrochanteric fracture treated with PFNA internal fixation between two groups($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	VAS 评分(分)				患肢负重(%)			临床愈合时间(周)
		术前	术后 1 个月	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	
常规康复组	30	6.18±1.06	3.96±1.04	2.71±0.81	1.64±0.49	8.61±1.59	38.29±1.92	71.32±2.14	15.50±2.05
支具康复组	32	6.34±1.23	3.10±0.56	2.07±0.59	1.10±0.82	9.79±2.04	41.48±2.67	73.83±3.83	13.69±2.56
<i>t</i> 值		0.547	4.089	3.572	3.121	2.529	5.370	3.156	3.06
<i>P</i> 值		0.134	0.001	0.030	0.013	0.040	0.019	0.001	0.045

注:常规康复组手术前后不同时间点间比较, VAS 评分 *F*=6.228, *P*<0.01;患肢负重 *F*=10.751, *P*<0.01。支具康复组手术前后不同时间点间比较, VAS 评分 *F*=7.418, *P*<0.01;患肢负重 *F*=16.513, *P*<0.01

Note: Compared among different time points in the routine rehabilitation group, VAS score *F*=6.228, *P*<0.01; weight bearing *F*=10.751, *P*<0.01. Compared among different time points in brace rehabilitation group before and after operation, VAS score *F*=7.418, *P*<0.01; weight-bearing *F*=16.513, *P*<0.01

表 3 两组 Evans-Jensen II 型股骨转子间骨折行 PFNA 内固定术患者术后 6 个月 Harris 评分比较 ($\bar{x} \pm s$, 分)

Tab.3 Comparison of 6 months postoperative Harris scores of patients with Evans-Jensen II intertrochanteric fracture treated with PFNA internal fixation between two groups ($\bar{x} \pm s$, score)

组别	例数	疼痛	功能	畸形	运动范围	总分
常规康复组	30	29.22±3.26	40.62±3.73	3.67±0.93	3.88±0.93	81.50±3.23
支具康复组	32	27.01±2.95	44.41±3.09	3.71±0.69	4.12±1.22	84.83±2.14
t 值		2.802	4.368	0.193	0.867	4.814
P 值		0.007	0.001	0.848	0.389	0.004



图 1 患者,男,68 岁,摔伤致左股骨转子间骨折,行左股骨闭合复位髓内钉内固定术 1a,1b,1c,1d,1e. 术前正侧位 X 线及 CT 片示左股骨转子间粉碎性骨折

Fig.1 A 68-year-old male patient with left femoral intertrochanteric fracture caused by fall underwent closed reduction and intramedullary nail fixation 1a,1b,1c,1d,1e. Preoperative AP and lateral X-ray and CT films showed left intertrochanteric comminuted fracture

表 4 两组 Evans-Jensen II 型股骨转子间骨折行 PFNA 内固定术患者术后并发症比较 (例)

Tab.4 Comparison of postoperative complication of patients with Evans-Jensen II intertrochanteric fracture treated with PFNA internal fixation between two groups (case)

组别	例数	髓内翻	内固定失败	褥疮	切口感染
常规康复组	6	2	2	1	1
支具康复组	1	1	0	0	0
χ^2 值			4.402		
P 值			0.036		

炼活动,有着预防及矫正患肢畸形的重要作用。随着康复医学和材料科学的发展进步,个体化定制的支具在临床获得了极大的推广和应运^[10-12],但针对老年患者特别是髋部骨折患者的术后康复锻炼目前仍缺乏相应策略。因此,在现有基础上利用弹簧调控原理设计了可调负重支具。该支具在不妨碍关节活动的前提下实现了负重可调控,以便于更好的实现对骨折端的应力刺激,促进骨折愈合,同时能够促进关节功能恢复。

目前大部分学者认为,患者在术后疼痛缓解时,即可行床边患肢的主被动活动^[13]。但此时患者过早下地行负重锻炼仍存在一定风险,然而不负重活动则不能对骨折端产生应力刺激,这会极大的影响骨



图 1 患者,男,68 岁,摔伤致左股骨转子间骨折,行左股骨闭合复位髓内钉内固定术 1f,1g,1h。术后 3 d 正侧位 X 线片示骨折断端对位良好,髓内钉位置良好 1i,1j。术后 6 周复查 X 线正侧位片示:骨折断端骨痂形成,髓内钉位置良好 1k,1l。术后 12 周复查正侧位 X 线片示骨折已达到临床愈合,髓内钉位置良好 1m,1n。术后 12 个月复查正侧位 X 线片示骨折已完全愈合,髓内钉位置良好

Fig.1 A 68-year-old male patient with left femoral intertrochanteric fracture caused by fall underwent closed reduction and intramedullary nail fixation 1f,1g,1h. At 3 days after operation, AP and lateral X-rays showed the fractures were well aligned and the intramedullary nails were in good position 1i,1j. At 6 weeks after operation, AP and lateral X-rays showed the bone callus was formed and the intramedullary nail was in a good position 1k,1l. At 12 weeks after operation, AP and lateral X-rays showed the fracture had obtained clinical healing and the intramedullary

nail was in good position 1m,1n. At 12 months after operation, AP and lateral showed the fracture had been completely healed and the intramedullary nail was still in good position

折愈合的进程,尤其是在原始骨痂和血肿机化组织对力学环境的变化很敏感的骨折早期^[14]。Chao 等^[15]认为在骨折愈合早期,纵向载荷产生的压应力能促使成纤维细胞、成骨细胞和成软骨细胞向成骨方向发展。在骨折愈合的中后期,负重产生的应力刺激具有骨痂改建作用。随着骨折端修复组织的刚度逐渐增加,其对外界应力产生应变的耐受能力不断下降。若负重大小超过骨组织耐受程度,则损伤形成的骨

痂及毛细血管网,不利于骨折的愈合。所以,骨折内固定术后早期负重促进骨折愈合的最有效时期在骨折愈合的早期^[16-18]。总而言之,老年患者在 PFNA 术后早期下地行负重锻炼能够有效促进骨折愈合,避免严重并发症的发生,但需要提供安全可靠的有效支持手段。因此,本研究的负重支具能够安全有效的帮助患者完成早期康复锻炼。

在本研究中,支具康复组的术后 VAS 评分低于

常规康复组,这得益于支具的支撑平衡作用,它能明显减少支撑所需肌肉力量,从而缓解肌肉牵拉所致的患者疼痛,这也进一步促进了患者的主观锻炼意愿,更有效的疼痛缓解也使得患者关节功能恢复更好,同时有效缩短了骨折愈合时间,这也在本研究的结果中得到了验证,支具康复组的髋关节评分优于常规康复组,骨折临床愈合时间也更短。同时良好的术后康复锻炼也有效避免了相关并发症的发生,在本研究中支具康复组的并发症发生率明显低于常规康复组。当然本研究支具设计仍存在诸如纳入病例数过少,随访时间较短,且患者骨折类型单一等不足。此外,在可调负重的实行上仍需更为具体的量化研究,这也是进一步研究的方向所在。

综上所述,自研新型下肢可调负重康复支具在 Evans-Jensen II 型股骨转子间骨折行 PFNA 内固定术后康复中能明显缓解术后疼痛,调节并适度增加骨折端应力刺激,从而促进骨折愈合,加速髋关节功能恢复,降低并发症发生率,其临床效果安全可靠。

参考文献

- [1] Sharma V, Babhulkar S, Babhulkar S. Role of gamma nail in management of pertrochanteric fractures of femur[J]. Indian J Orthop, 2008, 42(2): 212-216.
- [2] 彭焱,唐佩福,张立海. 髋部股骨转子间骨折的分型与治疗策略[J]. 中国骨伤, 2018, 31(5): 6-10.
PENG Y, TANG PF, ZHANG LH. Classification and treatment strategy of hip intertrochanteric fractures[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2018, 31(5): 6-10. Chinese with abstract in English.
- [3] Hu SJ, Chang SM, Ma Z, et al. PFNA-II protrusion over the greater trochanter in the Asian population used in proximal femoral fractures[J]. Indian J Orthop, 2016, 50(6): 641-646.
- [4] Zeng X, Zhang N, Zeng D, et al. Proximal femoral nail antirotation versus dynamic hip screw fixation for treatment of osteoporotic type 31-A1 intertrochanteric femoral fractures in elderly patients[J]. J Int Med Res, 2017, 45(3): 1109-1123.
- [5] 朱立军,李晓飞,刘超,等. 不同手术方法治疗高龄股骨粗隆间骨折的病例对照研究[J]. 中国骨伤, 2017, 30(7): 607-611.
ZHU LJ, LI XF, LIU C, et al. Clinical analysis of LPFP, PFNA and BPH in treating femoral intertrochanteric fractures in elderly patients[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2017, 30(7): 607-611. Chinese with abstract in English.
- [6] Brauer CA, Coca-Perrailon M, Cutler DM, et al. Incidence and mortality of hip fractures in the United States[J]. JAMA, 2009, 302(14): 1573-1579.
- [7] Andersen E, Jorgensen LG, Heddam LT. Evans' classification of trochanteric fractures: an assessment of the interobserver and intraobserver reliability[J]. Injury, 1990, 21(6): 377-378.
- [8] Clarke HA, Katz J, McCartney CJ, et al. Perioperative gabapentin reduces 24 h opioid consumption and improves in-hospital rehabilitation but not post-discharge outcomes after total knee arthroplasty with peripheral nerve block[J]. Br J Anaesth, 2014, 113(5): 855-864.
- [9] Harris WH. Results of uncemented cups: a critical appraisal at 15 years[J]. Clin Orthop Relat Res, 2003, 417(417): 121-125.
- [10] 陈华,李宇卫,姜宏,等. 镇痛下三维整复支具外固定治疗胸腰椎骨折[J]. 中国骨伤, 2018, 31(8): 9-14.
CHEN H, LI YW, JIANG H, et al. Treatment of thoracolumbar fractures with three dimensional reduction method and external fixation devices under analgesia[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2018, 31(8): 9-14. Chinese with abstract in English.
- [11] 林斌,陈志达,吴进,等. 自行研制的胫骨可调负重支具在 AO 分型 42-B 型胫骨干骨折髓内钉固定术后的应用[J]. 中华创伤骨科杂志, 2017, 19(1): 47-53.
LIN B, CHEN ZD, WU J, et al. Self-designed adjustable tibial weight-bearing brace for AO type 42-B tibial shaft fracture[J]. Zhonghua Chuang Shang Gu Ke Za Zhi, 2017, 19(1): 47-53. Chinese.
- [12] Pollo FE, Otis JC, Backus SI, et al. Reduction of medial compartment loads with valgus bracing of the osteoarthritic knee[J]. Am J Sports Med, 2002, 30(3): 414-421.
- [13] Yu X, Guo Y, Kang Q, et al. Effects and mechanisms of mechanical stress on secondary fracture healing[J]. Front Biosci, 2013, 18(4): 1344-1348.
- [14] Zhang P, Malacinski GM, Yokota H. Joint loading modality: its application to bone formation and fracture healing[J]. Br J Sports Med, 2008, 42(7): 556-560.
- [15] Chao EY, Inoue N, Elias JJ, et al. Enhancement of fracture healing by mechanical and surgical intervention[J]. Clin Orthop Relat Res, 1998(355 Suppl): S163-S178.
- [16] 陈德旺,丁真奇,翟文亮,等. 骨应力刺激仪叩击治疗促进小腿骨干骨折术后骨愈合的前瞻性研究[J]. 中华创伤骨科杂志, 2012, 14(4): 304-308.
CHEN DW, DING ZQ, ZHAI WL, et al. Postoperative rapping by bone stress stimulator on bone healing following shaft fracture of lower leg[J]. Zhonghua Chuang Shang Gu Ke Za Zhi, 2012, 14(4): 304-308. Chinese.
- [17] Braun BJ, Bushuven E, Hell R, et al. A novel tool for continuous fracture aftercare-Clinical feasibility and first results of a new telemetric gait analysis insole[J]. Injury, 2016, 47(2): 490-494.
- [18] Kubiak EN, Beebe MJ, North K, et al. Early weight bearing after lower extremity fractures in adults[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2013, 21(12): 727-738.

(收稿日期:2019-6-18 本文编辑:王玉蔓)