

体外冲击波治疗骨搬运术后对接端不愈合 17 例

王石林¹ 钟文龙² 郭冉冉² 陈江非² 王新卫^{2△}

[摘要] **目的:**探讨体外冲击波(Extracorporeal Shock Wave, ESW)治疗骨搬运术后对接端不愈合的临床疗效。**方法:**回顾性分析 2018 年 8 月至 2019 年 9 月采用体外冲击波治疗骨搬运术后对接端不愈合患者 17 例,男 13 例,女 4 例;年龄 23~65 岁,平均(40.06±12.28)岁;交通伤 11 例,高处坠落伤 5 例,压砸伤 1 例;开放性骨折 13 例,闭合性骨折 4 例;骨缺损长度为 5~10 cm,平均缺损长度为(7.55±1.80)cm。不愈合时间 3~6 个月,平均(3.48±1.57)个月。记录患者外固定佩戴时间、冲击波治疗后骨痂形成时间及骨愈合时间。末次随访时采用 ASAMI 骨与肢体功能评分和 Paley 功能评价对优良率进行评价。**结果:**本组患者均获随访,随访时间为 14~23 个月,平均为(18.11±1.99)个月。外固定佩戴时间为 11~18 个月,平均为(14.29±1.57)个月。骨痂形成时间为 14~21 d,平均为(16.31±1.64) d。骨愈合时间为 9~16 个月,平均为(12.46±1.58)个月。1 例患者愈合后再次骨折,行自体髂骨植骨后痊愈;其余均骨愈合,无再次骨折。ASAMI 骨愈合结果:优 12 例,良 3 例,可 1 例,差 1 例,优良率为 88%。ASAMI 功能结果:优 13 例,良 2 例,可 1 例,差 1 例,优良率为 88%。Paley 功能评价:优 12 例,良 3 例,可 1 例,差 1 例,优良率为 88%。**结论:**体外冲击波治疗骨搬运术后对接端不愈合,疗效确切,安全性高,值得临床推广应用。

[关键词] 冲击波;骨搬运术;对接端不愈合;延迟愈合

[中图分类号] R681.8 **[文献标志码]** B **[文章编号]**1005-0205(2022)02-0061-05

17 Cases of Nonunion of the Butt End after Bone Transfer Treated by Extracorporeal Shock Wave

WANG Shilin¹ ZHONG Wenlong² GUO Zairan² CHEN Jiangfei² WANG Xinwei^{2△}

¹Luoyang Pingle Orthopedic College, Henan University of Traditional Chinese Medicine, Luoyang 471002, Henan China;

²Henan Luoyang Orthopedic Hospital, Luoyang 471002, Henan China.

Abstract Objective: To investigate the clinical efficacy of extracorporeal shock wave (ESW) on the treatment of nonunion of the butt end after bone transfer. **Methods:** 17 patients with nonunion of the butt end after bone transfer treated by extracorporeal shock wave from August 2018 to September 2019 were retrospectively analyzed. There were 13 male and 4 female, aged from 23 to 65 years old, with an average of (40.06±12.28) years old. There were 11 traffic injuries, 5 falling injuries and 1 crushing injuries. There were 13 open fractures and 4 closed fractures. The length of the bone defect was 5 to 10 cm, with an average length of (7.55±1.80) cm. The nonunion time was 3 to 6 months, with an average of (3.48±1.57) months. Patients with external fixation time wearing, callus formation time after shock wave treatment, bone healing time were recorded. The ASAMI bones and body function score and Paley function assessment were used to evaluate excellent rate at the time of the last follow-up. **Results:** All patients were followed up for 14 to 23 months, with an average of (18.11±1.99) months. The wearing time of external fixation was 11 to 18 months, with an average of (14.29±1.57) months. Callus formation time was 14 to 21 d, with an average of (16.31±1.64) d. Bone union time ranged from 9 to 16 months, with an average of (12.46±1.58) months. 1 patient recovered from the second fracture after healing by autogenous iliac bone grafting, and the rest

were bone healing without the second fracture. Results of ASAMI bone healing: excellent was 12 cases, good was 3 cases, acceptable was 1 case, poor was 1 case, excellent and good rate was 88%. Results of ASAMI function: excellent was 13 cases, good was 2 cases, acceptable was 1 case, poor

基金项目:2020 年洛阳市医疗卫生计划项目(2040005A)

¹ 河南中医药大学洛阳平乐正骨学院(河南 洛阳,471002)

² 河南省洛阳正骨医院(河南省骨科医院)

[△]通信作者 E-mail:lywwwxw188@163.com

was 1 case, excellent and good rate was 88%. Paley functional evaluation: excellent was 12 cases, good was 3 cases, fair was 1 case, poor was 1 case, excellent and good rate was 88%. **Conclusion:** Extracorporeal shock wave is effective and safe in treating nonunion of the butt end after bone transfer, which is worthy of clinical promotion.

Keywords: extracorporeal shock wave; bone transported surgery; refractured healing; bone delayed union

对接端不愈合是骨搬运术后常见的并发症^[1],其发生多与骨缺损长度较大,搬运时间较长,折端矿化有关^[2]。目前治疗对接端不愈合以“手风琴技术”^[3]及折端切新联合自体髂骨植骨^[4]为主。“手风琴技术”目前缺乏应用操作规范,尚无统一的“手风琴”操作方案^[5]。折端切新联合自体髂骨植骨为有创性治疗,增加了患者的手术次数和再感染风险。体外冲击波(Extracorporeal Shock Wave, ESW)是一种新型的微创治疗方法,适当强度的 ESW 作用于四肢骨折断端的局部,造成微骨折诱发成骨及骨痂形成,可促进骨折愈合^[6]。笔者自 2018 年 8 月至 2019 年 9 月采用体外冲击波治疗骨搬运术后对接端不愈合患者 17 例,疗效满意,现报告如下。

1 临床资料

1.1 一般资料

2018 年 8 月至 2019 年 9 月,河南省洛阳正骨医院骨髓炎研究中心收治骨搬运术后对接端不愈合患者 17 例,男 13 例,女 4 例;年龄为 23~65 岁,平均为 (40.06 ± 12.28) 岁;交通伤 11 例,高处坠落伤 5 例,压砸伤 1 例;开放性骨折 13 例,闭合性骨折 4 例;骨缺损长度为 5~10 cm,平均缺损长度为 (7.55 ± 1.80) cm。不愈合时间为 3~6 个月,平均为 (3.48 ± 1.57) 个月。

1.2 诊断标准

符合《实用骨科学》^[7]中骨折延迟愈合或不愈合标准者;骨折术后 3 个月 X 线片仍可见明显骨折间隙且患肢不能正常活动者。

1.3 纳入标准

1)因创伤或骨感染造成的胫骨骨缺损,长度 ≥ 4 cm;2)采用 Ilizarov 骨搬运技术搬运到位后对接端不愈合,无明显软组织嵌顿;3)随访资料完整,随访时间 ≥ 12 个月。

1.4 排除标准

1)合并周围神经、血管损伤;2)下肢动、静脉血管血栓栓塞;3)出血性疾病患者;4)伴有严重心、肺、肝、肾等内科疾病及其他内分泌疾病;5)骨感染复发;6)明显软组织嵌顿、力线偏移、骨折断端严重营养不良等需早期术后干预者;7)依从性差,如合并严重认知障碍和精神疾病及治疗期间仍然吸烟、饮酒的患者。

2 方法

2.1 治疗方法

患者取仰卧位,选取患肢对接端不愈合区及其相

邻骨质为治疗点,每个疗程中选择 4~5 个治疗点,使用聚焦式冲击波,每个治疗点进行 1 000 次冲击,共 4 000~5 000 次,设备工作压力为 150~350 kPa,一般冲击频率为 8~10 Hz。间隔 5 d 进行 1 次,1 个疗程共进行 3 次治疗(15 d),治疗 6 个疗程,共 3 个月。

2.2 观察指标

1)记录患者外固定佩戴时间(环形外架安装到去除外架时间),冲击波治疗后骨痂形成时间,骨愈合时间(骨搬运开始到骨愈合时间)。

2)采用 Ilizarov 技术研究与应用学会(ASAMI)^[8]评分评估骨与肢体功能情况。ASAMI 骨评价标准包括骨愈合程度、有无感染、成角畸形角度及下肢不等长程度 4 个指标,分为优、良、可、差;ASAMI 肢体功能评价标准包括日常活动恢复情况、疼痛程度、有无跛行、局部组织营养情况、膝踝关节挛缩畸形角度及膝踝关节活动度减少度数 6 个指标,分为优、良、可、差。采用疼痛视觉模拟评分量表(VAS)评估症状改善情况。

3)采用 Paley 功能评价标准^[9]观察冲击波治疗后情况:1)骨愈合;2)延长骨段畸形 $< 7^\circ$;3)双下肢长度差值 < 2.5 cm;4)对接端一期愈合。满足 1)2)3)4)评价为优,满足 1)2)3)4)中任意两项为良,满足 1)2)3)4)中任意一项为可,骨不愈合或愈合后再骨折或 2)3)4)均不满足评价为差。

2.3 统计学方法

采用 SPSS26.0 进行统计学分析。符合正态分布的计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,比较采用 t 检验;计数资料以频数和百分比表示,采用秩和检验进行比较, $P < 0.05$ 差异有统计学意义。

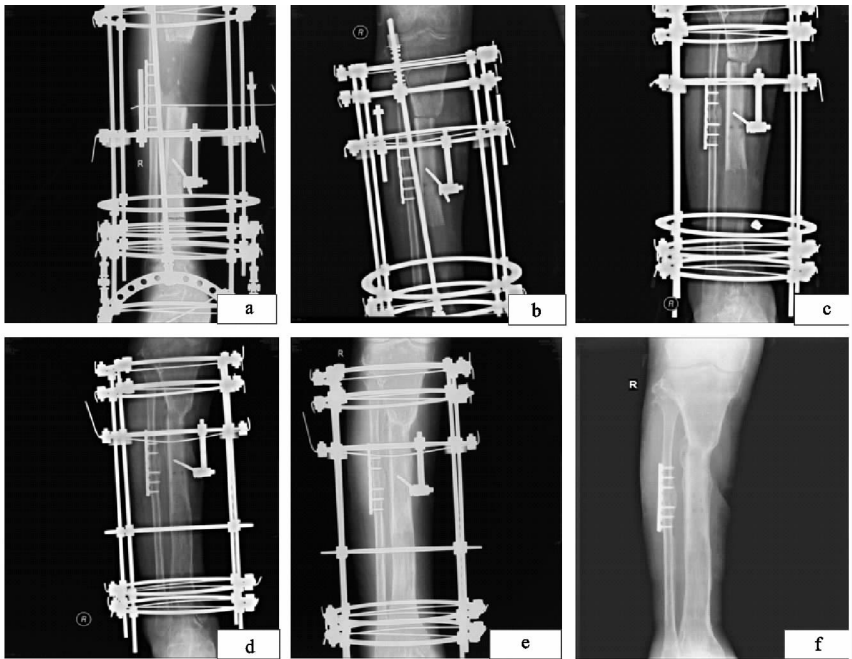
3 结果

纳入符合条件的患者共 17 例,所有患者均获随访,随访时间为 14~23 个月,平均为 (18.11 ± 1.99) 个月。外固定佩戴时间为 11~18 个月,平均为 (14.29 ± 1.57) 个月。骨痂形成时间为 14~21 d,平均为 (16.31 ± 1.64) d。骨愈合时间为 9~16 个月,平均为 (12.46 ± 1.58) 个月。1 例患者愈合后再次骨折,行自体髂骨植骨后痊愈;其余均临床骨愈合,无再次骨折。ASAMI 评分骨愈合结果:优 12 例,良 3 例,可 1 例,差 1 例,优良率为 88%。ASAMI 评分功能结果:优 13 例,良 2 例,可 1 例,差 1 例,优良率为 88%。Paley 功能评价结果:优 12 例,良 3 例,可 1 例,差 1 例,优良率

为 88%。治疗前后 ASAMI 评价与 Paley 功能评价比较见表 1。典型病例影像资料见图 1-图 3。

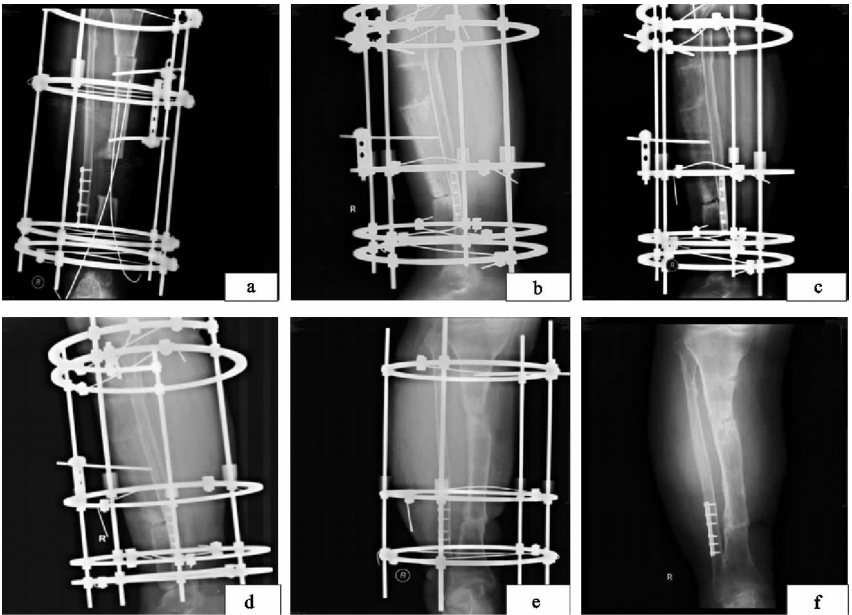
表 1 治疗前后 ASAMI 评价与 Paley 功能评价比较(例)

时间	例数	骨和功能评价				肢体功能评价				Paley 功能评价			
		优	良	可	差	优	良	可	差	优	良	可	差
治疗前	17	0	0	3	14	0	0	4	13	0	0	2	15
治疗后	17	12	3	1	1	13	2	1	1	12	3	1	1
<i>t</i>		4.915				4.870				5.003			
<i>P</i>		<0.001				<0.001				<0.001			



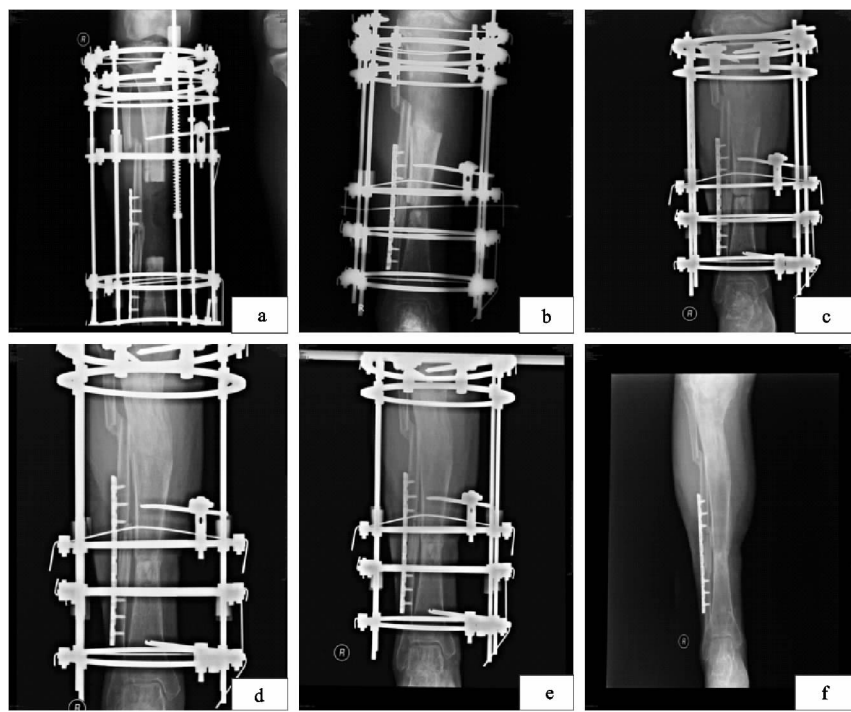
(a) 骨搬运术后测量骨缺损长度为75.6 mm；(b) 骨搬运3个月后到达对接点；(c) 对接点到位后3个月未见明显骨痂生成，诊断为骨折延迟愈合；(d) 体外冲击波治疗1个疗程后对接点内侧可见明显骨痂生成，骨折线有骨痂通过；(e) 体外冲击波治疗3个疗程后可见骨痂硬化，骨折线模糊；(f) 骨折愈合拆除外固定架后情况

图 1 患者 1,男,40 岁,右胫骨开放骨折术后胫骨骨髓炎并骨缺损



(a) 骨搬运术后测量骨缺损长度为59.21 mm；(b) 骨搬运2个月后到达对接点；(c) 对接点到位后3个月折端未见明显骨痂生成，诊断为骨折延迟愈合；(d) 体外冲击波治疗1个疗程后对接点两侧折端可见微骨折；(e) 体外冲击波治疗3个疗程后折端可见骨痂包裹折端，骨痂硬化，骨折线模糊；(f) 骨折愈合拆除外固定架后情况

图 2 患者 2,男,43 岁,右胫骨开放骨折术后胫骨骨髓炎并骨缺损



(a) 骨搬移术后测量骨缺损长度为10.05 cm; (b) 骨搬移3.36个月后到达对接点; (c) 对接点到位后3个月折端未见明显骨痂生成, 诊断为骨折延迟愈合; (d) 体外冲击波治疗1个疗程后对接点两侧折端可见微骨痂生成, 有连续骨痂通过骨折线; (e) 体外冲击波治疗3个疗程后折端可见骨痂硬化, 骨折线模糊; (f) 骨折愈合拆除外固定架后情况

图3 患者3,男,52岁,右胫骨开放骨折术后胫骨骨髓炎并骨缺损

4 讨论

目前临床上治疗胫骨大段骨缺损仍以 Ilizarov 技术为主^[10],但骨搬移到位后常出现对接端矿化,从而影响对接端愈合。临床上治疗搬移到位后对接点不愈合的方式多样,常用的有“手风琴技术”^[3]、折端切新及自体骨植骨^[4]等。卢炎君等^[11]用手风琴技术治疗 11 例胫骨骨折延迟愈合或不愈合患者,疗效满意。但目前缺乏“手风琴”操作应用条件的规范,尚未有统一的“手风琴”操作方案^[5]。而折端切新与自体骨植骨治疗均为有创性治疗,增加了患者的手术次数和再感染风险,在搬移后应首先选择无创性保守治疗,保守治疗 3 个月无效后考虑手术治疗。

体外冲击波(ESW)是在体外产生的压力波,可以聚焦在体内的特定部位,以达到治疗目的。目前 ESW 治疗影响骨组织修复的作用机制主要有:1)造成断端局部微骨折,激活骨折愈合系统^[12]。ESW 作用于软组织和骨骼的交界处,使骨折断端出现微骨折,打通硬化闭塞的髓腔,激活间充质干细胞,促进其向成骨细胞的聚集和分化,让断端局部再次出现炎症水肿,重新激活断端骨折愈合过程,促进骨痂形成^[13]。2)诱导多种生长因子释放。研究发现 ESW 能够促进血管内皮生长因子(VEGF)、骨形态发生蛋白(BMP)、转化生长因子- β (TGF- β)、肿瘤坏死因子- α (TNF- α)释放。VEGF 是血管内皮细胞特异性的肝素结合生长因子;FGF 能刺激细胞的 DNA 合成增强,促进细胞的分裂与增殖;

PDGF 则能通过调节巨噬细胞凋亡,促进平滑肌细胞增殖,从而促进血管新生^[14],而血管再生重建有利于促进骨折愈合^[15];BMP 能够促进组织细胞增殖、分化,募集间充质细胞,定向诱导成骨细胞前体细胞向成骨细胞分化,促进骨折愈合。有研究发现 TGF- β 也可以加快骨折断端血管再生^[16],TGF- β 作为一种生长因子是通过诱导成骨细胞、软骨细胞及间充质干细胞增殖分化,促进骨折部位膜内成骨和骨痂形成,使骨折愈合^[17]。有动物实验证实^[18],TNF- α 在骨骼重塑中占据重要地位,其能通过抑制成骨细胞功能及上调破骨细胞水平,维持机体骨代谢平衡。3)镇痛作用。ESW 形成的压力波作用于细胞膜的机械刺激可以改变细胞膜表面的离子通道,导致细胞膜的离子通道微观极性发生变化,加快细胞内外离子流动速度,从而抑制神经膜去极化作用,减轻患者的痛苦^[19]。

本研究通过观察 17 例采用体外冲击波治疗骨搬移术后对接端不愈合的患者发现,冲击波治疗 1 个疗程后患者 X 线片上可见对接端有少量骨痂生成,骨痂通过折线,在治疗结束后 X 线片上可见骨痂硬化,折线模糊。笔者认为体外冲击波治疗有以下几点优势:1)体外冲击波为非手术治疗,可以减少患者手术次数,降低患者再感染风险;2)体外冲击波可造成对接端微骨折,使矿化端重启骨愈合过程,促进对接端愈合;3)体外冲击波可松解软组织并使其发生弹性变形,从而减轻肌肉痉挛及疼痛^[20],改善因长时间佩戴环形外

架关节僵硬的情况。虽然体外冲击波治疗骨搬运术后对接端不愈合具有显著的治疗效果,但仍有一些问题需要探讨:例如骨搬运术后对接端存在软组织嵌顿情况,是否可以选择体外冲击波治疗;如何选择体外冲击波治疗最佳时机,是否可与“手风琴”等非手术治疗方法联合使用也是今后需要研究的问题。

综上所述,体外冲击波治疗骨搬运术后对接端不愈合,疗效确切,安全性高,值得临床推广应用。

参考文献

- [1] 秦泗河,郭保逢,彭爱民,等.成人胫骨缺损新分型与骨搬运治疗策略:附 58 例报告[J].中华骨与关节外科杂志,2020,13(5):402-408.
- [2] 刘彬,王超,王新光,等. Ilizarov 骨搬运联合髓内引导针技术治疗胫骨创伤性骨缺损的疗效[J].中华创伤杂志,2020,36(4):321-326.
- [3] XING H,ZHANG Y H,WANG D,et al. Clinical observation of accordion technique in promoting bone transport and prolonging newborn bone mineralization[J]. China Journal of Orthopaedics and Traumatology,2021,34(2):131-136.
- [4] 魏奇峰,马克.骨搬运术治疗胫骨骨折术后感染性大段骨缺损的疗效分析[J].中国现代医生,2017,55(15):70-72.
- [5] 殷海阳,张永红.骨搬运术后对合端延迟愈合、不愈合的机制研究与规范化临床应用技术[J].中国组织工程研究,2020,24(36):5858-5863.
- [6] 樊涛,郭荣,郑彭.体外冲击波结合骨髓间充质干细胞移植治疗兔骨不连的疗效[J].实用医学杂志,2019,35(18):2874-2877.
- [7] 胥少汀,葛宝丰,徐印坎.实用骨科学[M].4 版.北京:人民军医出版社,2012:1153-1156.
- [8] PALEY D,CATAGNI M A,ARGNANI F,et al. Ilizarov treatment of tibial nonunions with bone loss[J]. Clin Orthop,1989,241:146-165.
- [9] JUBBAL K T,ZAVLIN D,DOVAL A F,et al. Immediate soft-tissue reconstruction for chronic infected tibia nonunions treated with an ilizarov frame[J]. Plastic and Recon

structive Surgery Global Open,2019,7(3):e2180.

- [10] 宁钰,秦文,任亚辉,等.载淫羊藿苷/凹凸棒石/Ⅰ型胶原/聚己内酯复合支架修复兔胫骨缺损的实验研究[J].中国修复重建外科杂志,2019,33(9):1181-1189.
- [11] 卢炎君,张永红,王栋,等.手风琴技术治疗胫骨骨折延迟愈合或不愈合[J].中华骨科杂志,2019,39(1):30-35.
- [12] 王小璐,崔宇,张令强.促进骨折愈合的治疗策略及机制研究进展[J].生命科学,2021,33(1):121-130.
- [13] PATAL S,PEARSON D,BHALLAH A,et al. Changes in bone mineral density in patients with PAgrt's disease treated with risedronate[J]. Ann Rheum Dis,1997,56(7):405-409.
- [14] 马理元,姜劲挺,张伦广,等.体外冲击波治疗骨伤科常见疾病的研究进展及体会[J].中医临床研究,2018,10(5):144-146.
- [15] 钱洲曜,王勇平.血管内皮生长因子有望成为加速骨折愈合的全新治疗手段[J].中国组织工程研究,2020,24(17):2759-2769.
- [16] 万伦,刘类高,朱定川,等.骨搬运术联合对合端植骨内固定术治疗下肢大段骨缺损的效果及对血清 bFGF、PDGF、VEGF、TGF- β 表达的影响[J].河北医科大学学报,2020,41(11):1266-1270.
- [17] 李祥泽,卜宪敏,李冬梅,等.创伤性脑外伤促进骨折愈合中的干细胞、细胞因子、激素、神经肽及基因[J].中国组织工程研究,2021,25(19):3057-3063.
- [18] WEI W,TANG H Y,LI Y Z,etal. Effwctiveness of extracoporeal shock wave for low back pain:a protocol of systematic review[J]. Medicine (Baltimore),2019,98(7):e14511.
- [19] WILLEMS A,VAN DER JAGT O P,MEUFFELS D E. Extracorporeal shock wave treatment for delayed union and nonunion fracture:a systematic review [J]. J Arthrop Trauma,2019,33(2):97-103.
- [20] 孙凌梅,童迅,彭文娟,等.体外冲击波联合手法松解治疗膝关节粘连的临床研究[J].中国中医骨伤科杂志,2021,29(6):9-12.

(收稿日期:2021-08-08)