

# 体外冲击波在促进骨愈合中的应用

孔繁荣, 李建军, 秦树光, 孔德明, 张玉祥  
(峰峰集团有限公司总医院放射科, 河北 邯郸 056200)

**【摘要】** 目的: 观察体外冲击波促进骨折愈合、治疗骨不连的疗效。方法: 选取 22 例外伤性骨折愈合延迟、骨不连患者进行体外冲击波冲击治疗, 治疗后每 4~6 周进行 X 线片复查, 观察骨折愈合情况。首次冲击波治疗 12 周后如骨折处无明显骨痂形成, 则进行第 2 次冲击波治疗。冲击波能量为 0.4 mJ/mm<sup>2</sup>, 每次脉冲总数为 1 600~2 400 次。结果: 22 例下肢外伤性骨折愈合延迟及骨不连经体外冲击波治疗后, 骨性骨痂形成的时间为 4~12 周, 20 例有明显骨痂形成, 其中 17 例在治疗后 3~6 个月内骨折完全愈合。2 例胫骨下段骨折冲击波治疗无效。结论: 体外冲击波在治疗骨不连, 促进骨折愈合方面效果满意, 有广阔的应用前景。

**【关键词】** 体外冲击波; 骨不连; 骨折; 骨愈合

**Application of extracorporeal shock wave to promote fracture healing** KONG Fan-rong, LI Jian-jun, QIN Shu-guang, KONG De-ming, ZHANG Yu-xiang Department of Radiology, the General Hospital of Fengfeng Co Ltd, Handan 056200, Hebei, China

**ABSTRACT Objective:** To observe the effect of extracorporeal shock wave (ESW) for the treatment of bone nonunion and promotion of fracture healing **Methods:** Twenty-two patients with fractures of delayed union and nonunion were treated with ESW. The X-ray of the fracture was taken every 4 - 6 weeks to observe condition of fracture healing. The second procedure of ESW was delivered to fractures while the X-ray did not show obvious callus formation at 12 weeks after the first treatment. The energy of ESW was 0.4 mJ/mm<sup>2</sup> and the total pulse of each time was 1 600 - 2 400 times. **Results:** The time of callus formation in the patients was 4 - 12 weeks after treatment. Twenty cases had obvious callus formation, in which 17 cases achieved fracture healing in 3 to 6 months. Two patients of distal tibial fracture showed no effect after treatment. **Conclusion:** ESW has marked effect for treating bone nonunion and promoting fracture healing, which is promising in the future.

**Key words** Extracorporeal shock wave; Bone nonunion; Fractures; Bone healing

Zhongguo Gushang/China J Orthop & Trauma, 2007, 20(4): 262-264 www.zggszz.com

体外冲击波 (ESW) 作为一种非侵入性治疗方法, 不仅用于治疗泌尿系结石, 而且可用于治疗外伤性骨折愈合延迟和骨不连<sup>[1]</sup>。我院自 2004 年 1 月 - 2005 年 6 月将体外冲击波应用于治疗骨折愈合延迟和骨不愈合, 疗效明显, 报告如下, 旨在推广体外冲击波在骨外伤领域中的应用。

## 1 临床资料

**1.1 一般资料** 本组 22 例, 其中男 14 例, 女 8 例; 年龄 14~74 岁, 平均 54.9 岁。均为单纯性外伤性下肢骨折, 其中胫骨 14 例, 股骨 8 例。外伤性骨折愈合延迟 12 例, 包括切开复位内固定 7 例, 其中双侧股骨中段骨折 1 例; 手法整复外固定 5 例。骨不愈合 10 例, 包括切开复位内固定术后骨不连 6 例; 手法整复外固定骨不连 4 例。患者下肢疼痛, 运动障碍、跛行。皮肤伤口未见感染。实验室检查: 白细胞 (5.5~9.8) × 10<sup>12</sup>/L, 血沉平均 6.5 mm/h。

**1.2 病例纳入标准** 骨折愈合延迟诊断标准<sup>[2]</sup>: 外伤性骨折 4~8 周后 X 线片上骨折端四周未见骨痂形成, 骨折线清晰,

则可诊断为骨折愈合延迟。骨不连诊断标准<sup>[3]</sup>: 骨折端 6 个月以上未见骨痂形成, X 线片显示骨折断端界线清晰, 无骨小梁贯通。

## 2 治疗方法

22 例治疗前均行计算机放射成像 (computed radiography, CR) 检查, 检查设备为日本产 SHMADZUCH-30GH-800MA X 线机, 日本产 FUJI CR 系统。治疗设备为上海申航仪器产 HX902 液电式体外冲击波碎石机。治疗方案: 股骨和胫骨应用的冲击波能量为 0.4 mJ/mm<sup>2</sup>。工作电压 28 kV。在骨折线上选 2~3 个点作为基准点, 该点对应的骨折远近端为冲击波作用的部位。透视下调整冲击波碎石机的第 2 焦点, 对准骨折远近端作用部位, 每处进行 800~1 200 次冲击波脉冲, 每次治疗脉冲总数为 1 600~2 400 次。观察疗效: 治疗前 CR 检查与治疗每 4 周 CR 复查作对比, 观察骨折愈合情况。第 1 次治疗 12 周后, 如骨痂无明显生长则再行第 2 次冲击波治疗, 治疗次数不超过 2 次。

## 3 结果

骨折临床愈合标准: 局部无压痛及纵向叩击痛; 局部

通讯作者: 孔繁荣 Tel: 0310-5285325 E-mail: qinsg888@sina.com

无异常活动; X线片示骨折端有连续性骨痂,骨折线已模糊; 拆除外固定后,下肢不扶拐,能在平地连续步行 3 min,并不少于 30步,连续观察 2周骨折处不变形。

首次冲击波冲击治疗,4~12周 CR检查,有 16例有较明显骨痂生长。其中 15例骨折完全愈合。6例首次冲击波治疗后 12周内无明显骨痂生长,进行第 2次冲击波治疗,4周后 CR复查,4例有明显骨痂生长,其中 2例 12周后愈合,2例经 2次冲击波治疗后 12周 CR复查骨折断端仍未见骨痂形成,采用临床手术植骨治疗。经 2次冲击波治疗无效 2例,均为胫骨下 1/3骨折,骨不连间隙大于 5 mm。典型病例见图 1-3。

#### 4 讨论

骨折愈合延迟或骨不连是骨科疑难病症之一,现认为骨折断端局部血液循环不良,多种生长因子缺乏或活性不足是形成骨不连,骨折愈合延迟的重要原因<sup>[4-5]</sup>。ESW在促进骨折愈合中的应用为骨不连、骨折愈合延迟带来了一种崭新的治疗手段,文献报道<sup>[6-7]</sup>,ESW治疗骨折愈合延迟和骨不连成功率达 60%~90%<sup>[8]</sup>。因此有学者<sup>[9-10]</sup>将 ESW作为促进外伤骨折愈合,治疗骨不连的首选方法。

**4.1 体外冲击波促进骨折愈合的作用原理** 选择适当能量标准的冲击波作用于外伤性骨折和骨不连、骨折愈合延迟,可刺激血管再生,血管是骨发育和修复过程中骨形成的重要成分。Haupt等<sup>[11]</sup>实验发现,冲击波冲击创口会使其内的毛细

血管、新形成的上皮细胞和血管外周的巨噬细胞数量明显增加。因此冲击波治疗能改善治疗区域内的血液循环,使病变区域的新陈代谢得以改善,促进伤口愈合。Wang等<sup>[12]</sup>认为,ESW除明显促进骨密度增加外,还与大量血管形成及促血管生长因子的形成有关,尤其骨形态发生蛋白(BMP),作用明显可靠,可用来修复骨缺损、骨折愈合延迟和骨不连<sup>[13]</sup>。高能 ESW作用骨组织产生微骨裂、微骨折和大量细小碎骨片,并有血肿形成,这些反应可刺激骨痂形成,促进骨折愈合<sup>[6,9]</sup>。同时新的血肿还带来大量的细胞因子,包括 BMP、胰岛素样生长因子(IGF)、成纤维细胞生长因子(FGF)、血小板衍生生长因子(PDGF)等,这些细胞因子对细胞的增殖和分化及新骨形成都有诱导和调节作用<sup>[8,14]</sup>。

体外冲击波的能量一般分低、中、高三级<sup>[15]</sup>,分别为 0.08、0.28、0.60 mJ/mm<sup>2</sup>,通常低、中能量无明显不良反应,高能冲击波在治疗中会出现出血和神经损伤等一些较小的不良反应,本组我们选用 0.4 mJ/mm<sup>2</sup>的中高能量,震波治疗中未观察到神经血管并发症,所以,冲击波能量的选择,要根据骨折部位的粗细不同,选择适量的能量流密度,一般较细的骨骼选较低能量,较粗的骨骼选高能量。胫骨、股骨 ESW参数为 28 kV、0.4 mJ/mm<sup>2</sup>,治疗次数 12 000次。

**4.2 体外冲击波在促进骨折愈合中的应用** ESW在骨及软组织疾患中的应用范围的不断扩大,治疗骨折的适应证包

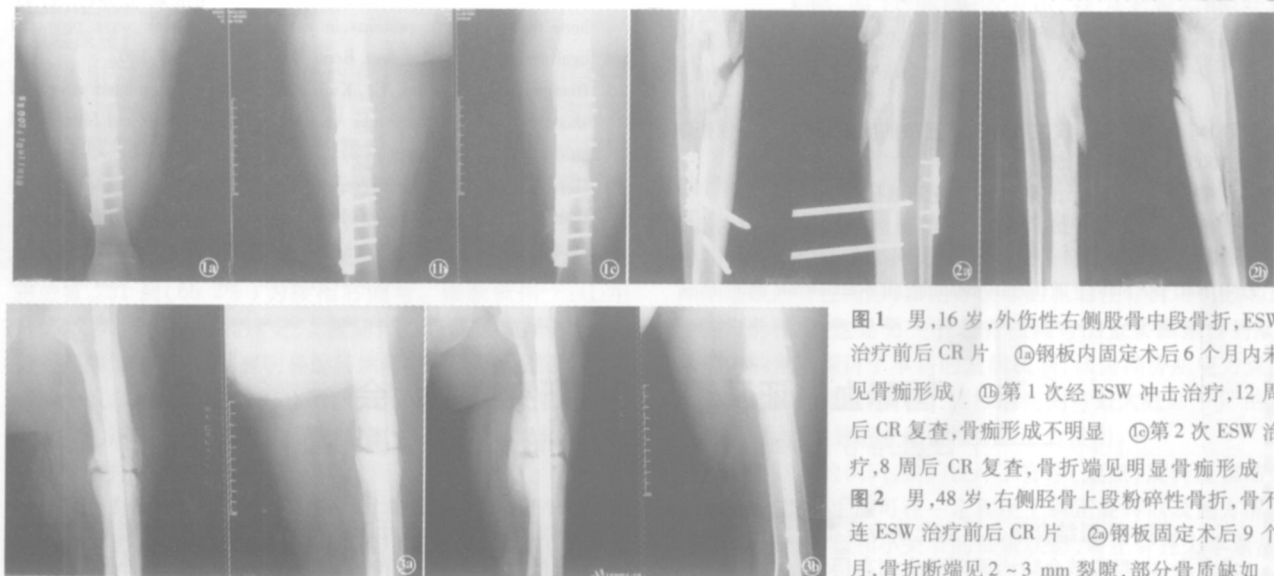


图 1 男,16岁,外伤性右侧股骨中段骨折,ESW治疗前后 CR片 ①钢板内固定术后 6个月内未见骨痂形成 ②第 1次经 ESW 冲击治疗,12周后 CR复查,骨痂形成不明显 ③第 2次 ESW 治疗,8周后 CR复查,骨折端见明显骨痂形成  
图 2 男,48岁,右侧胫骨上段粉碎性骨折,骨不连 ESW 治疗前后 CR片 ④钢板固定术后 9个月,骨折断端见 2~3 mm 裂隙,部分骨质缺损 ⑤ESW 治疗 4个月后,骨折端见明显骨痂形成,骨缺损消失

图 3 男,36岁,外伤性左侧股骨中段骨折,骨不连 ESW 治疗前后 CR片 ⑥钢针内固定术后 14个月,骨折端见 1~2 mm 裂隙,边缘光整,界线清晰 ⑦ESW 治疗 6个月后,骨折断端皮质旁见大量骨性骨痂形成

Fig. 1 Male, 16-year-old, the CR films of traumatic fracture of right femoral shaft before and after ESW ①The callus formation did not seen at 6 months after plate internal fixation ②The CR re-examination at 12 weeks after the first treatment with ESW showed that the callus formation was not marked ③The CR re-examination showed that the callus formation was markedly at 8 weeks after the second treatment with ESW Fig. 2 Male, 48-year-old. The CR films of bone nonunion caused by the right tibial comminuted fracture before and after ESW ④The CR showed the fractured ends had cleft of 2~3 mm and partial bone defect at 9 months after operation with plate internal fixation ⑤The callus formation were obvious in the fracture ends and the bone defect disappeared at 4 months after treatment with ESW the bone defect has disappeared Fig. 3 Male, 36-year-old, the CR films of traumatic fracture of left femoral shaft before and after treatment with ESW ⑥The CR showed the fractured ends had cleft of 1~2 mm, smooth border and clear limit at 14 months after operation with internal fixation ⑦The CR showed a large of callus formation beside the fracture ends at 6 months after ESW

括<sup>[9]</sup>:促进新鲜骨折愈合,选择合适能量的冲击波,能刺激成骨细胞成骨,引起新骨形成和新骨小梁的出现,而能量过高的冲击波则易造成骨髓坏死和骨细胞损伤,延缓骨折愈合。李晓林等<sup>[1]</sup>研究发现,高能量冲击波在治疗骨不连或骨折愈合延迟时,会刺激骨内膜和骨外膜的生发层细胞和未分化的间充质细胞,使骨小梁周围的成骨细胞胞质内 BMP呈较强阳性表达,骨折部位纤维和软骨组织骨化,获得骨折愈合。促进软组织伤口愈合,减轻疼痛。

**4.3 体外冲击波治疗的并发症和禁忌证** 冲击波治疗最大的优点就是它的非侵入性和非常小的并发症,冲击波治疗后的患者治疗部位会出现少量的方位瘀血和瘀斑,但 1周可自行消失。其他的常见并发症有疼痛、治疗部位局部麻木、针刺感、治疗部位血肿形成、瘀紫、点状出血,跖腱膜断裂,高能量冲击波误伤较大神经、血管,恶心、大汗、头晕。尽管冲击波治疗骨折十分安全,但如果应用不当可能会对人体造成伤害。因此,应对接受 ESW 治疗的骨折不愈合和延迟愈合患者进行选择。ESW 治疗禁忌证包括<sup>[16]</sup>:病理性骨折、骨骺部位肿瘤患者、感染活动期、骨骺未闭合的年轻人骨折、妊娠、安装起搏器的患者、骨折间隙 >5 mm、凝血障碍、应用非甾体类消炎止痛药,有血友病病史、缺血性疾病、肝炎。

综上所述,笔者认为 ESW 能促进骨愈合,治疗骨不连,不失为安全无创、简单有效的治疗手段。尽管有诸多机制有待解决,ESW 为骨骼肌肉系统的疾病提供了一个全新的治疗途径和研究方向。

**参考文献**

- 1 李晓林,余楠生.高能震波治疗骨不连接的实验研究.中华创伤杂志,2005,21(3):149-150.
- 2 吴在德,郑树.外科学.北京:人民卫生出版社,2000.804-820.
- 3 王亦璁,孟继懋,郭子恒,等.骨与关节损伤.北京:人民卫生出版社,1998.134-154.
- 4 Frost HM. The biology of fracture healing: an overview for clinicians

- part I Clin Orthop, 1989, 248(11): 283-293.
- 5 Quacci D, Dell Orbo C, Salvi M, et al Ultrastructural aspects of human nonunion. Histol Histopathol, 1991, 6(1): 87-93.
- 6 Schaden W, Fisher A, Sailer A. Extracorporeal shock wave therapy of nonunion or delayed osseous union. Clin Orthop Relat Res, 2001, 387(1): 90-94.
- 7 黄广林,王海,刘流,等.体外冲击波治疗骨不连的临床观察.中华手外科杂志,2005,21(3):149-150.
- 8 刘沐青,郭霞,邝适存,等.冲击波在骨折不愈合或延迟愈合中的应用.北京大学学报(医学版),2004,36(3):327-329.
- 9 Haupt G. Use of extracorporeal shock waves in the treatment of pseudarthrosis tendinopathy and other orthopedic disease. J Urol, 1997, 158(1): 4-11.
- 10 Valchanou VD, Michailov P, Kerin T, et al Extracorporeal exposure with shock waves on bone tissue as a factor for local osteogenesis. Endourology, 1991, 5(suppl 1): 22-26.
- 11 Haupt G, Chvapil M. Effect of shock waves on the healing of partial-thickness wounds in piglets. Surg Res, 1990, 49(1): 45-48.
- 12 Wang GJ, Swlect DE, Reger SI. Femoral head blood flow in long term steroid therapy: study of rabbit model. South Med, 1983, 76: 1530-1532.
- 13 Wozney JM, Rosen V. Bone morphogenetic protein and bone morphogenetic protein gene family in bone formation and repair. Clin Orthop, 1998, 346: 26-27.
- 14 Wang FS, Yang KD, Kuo YR, et al Temporal and spatial expression of bone morphogenetic proteins in extracorporeal shock wave promoted healing of segmental defect. Bone, 2003, 32(4): 387-396.
- 15 Rompe JD, Kirkpatrick CJ, Kullmer K, et al Does-related effects of shock waves on rabbit tendo Achilles. A sonographic and histological study. J Bone Joint Surg (Br), 1998, 80(3): 546-552.
- 16 Rompe JD, Buch M, Gerdesmeyer L, et al Musculoskeletal shock wave therapy: current database of clinical research. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 2002, 140(3): 267-274.

(收稿日期:2006-05-19 本文编辑:王宏)

## 国际血瘀证及活血化瘀研究学术大会 ——中西医结合防治循环系疾病高层论坛和继续医学教育班 征文通知

中国中西医结合学会活血化瘀专业委员会拟于 2007 年 8 月下旬在哈尔滨市召开“国际血瘀证及活血化瘀研究学术大会、中西医结合防治循环系疾病高层论坛,同时举办继续医学教育班”(授 类学分)。届时将邀请国内外知名专家就血瘀证及活血化瘀研究新成果、新理论、新方法作讲演。征文内容包括中西医结合防治心脑血管病研究、中西医结合防治其他血管源性疾病、中西医结合防治微循环疾病、血瘀证诊断标准研讨、活血化瘀方药(包括注射剂)的临床应用及开发、血瘀证相关的其他临床及实验研究。

大会同时举办“注射用丹参冻干粉针”专题研讨会,并设立“注射用丹参冻干粉”优秀学术论文奖。征文内容为该药在心、脑血管、肝、肾等重要脏器及外周循环疾病中的应用、安全性评价以及属于中医血瘀证的其他各科疾病的基础及临床研究。论文经大会专家评审委员会统一审稿评出特等奖 1 名,一等奖 2 名,二等奖 5 名,三等奖 10 名,分别给予 5 000、3 000、2 000、1 000 元的学术赞助。对优秀论文可向有关中国中西医结合系列杂志等推荐发表(注:不到会者不参与评奖)。

**征文要求:**来稿请寄全文及 1 000 字以内的摘要各 1 份,最好为电子版;请自留底稿,恕不退稿。**截止日期:**2007 年 6 月 30 日。无论文者,欢迎报名参加学习班。**来稿请寄:**卫生部中日友好医院全国中西医结合心血管病中心(100029);**联系人:**杜金行 刘燕;Tel:010-84205053,84205043;Fax:010-64284945;E-mail:shizaixiang@163.com