

· 临床研究 ·

体外冲击波联合扩髓骨泥回植对股骨干骨折骨不连的影响

孙英华 陈连旭 李冰 焦兆德

【摘要】目的 观察体外冲击波(ESW)联合扩髓骨泥回植对股骨干骨折骨不连的影响。**方法** 选取股骨干骨折骨不连患者 30 例,按随机数字表法将其分为 ESW 组、扩髓骨泥组和联合治疗组,每组 10 例。ESW 组丢弃扩髓骨泥,于交锁髓内钉固定术后 14 d 开始行 ESW 治疗,扩髓骨泥组则在交锁髓内钉固定术中,将扩髓骨泥回植于骨折断端,联合治疗组在扩髓骨泥回植基础上辅以 ESW 治疗。交锁髓内钉固定术后第 4、8、12 和 16 周,采用 X 线对 3 组患者的骨痂及骨折线愈合情况进行评定。**结果** 术后第 4 周,联合治疗组、扩髓骨泥组骨痂及骨折线评分分别为 (1.55 ± 0.52) 分和 (1.25 ± 1.03) 分、 (1.50 ± 0.71) 分和 (1.20 ± 1.01) 分,显著高于 ESW 组骨痂及骨折线评分 (1.11 ± 0.32) 分和 (0.21 ± 0.63) 分, $P < 0.05$;术后第 8 周,联合治疗组骨痂及骨折线评分增高至 (3.01 ± 0.22) 分和 (4.00 ± 1.46) 分, $P < 0.05$,显著高于 ESW 组和扩髓骨泥组的骨痂及骨折线评分 (2.01 ± 0.67) 分和 (2.03 ± 1.33) 分、 (2.10 ± 0.57) 分和 (2.40 ± 1.14) 分, $P < 0.05$;术后第 12 和 16 周,ESW 组骨痂及骨折线评分分别为 (3.99 ± 0.67) 分和 (5.81 ± 1.33) 分、 (4.85 ± 0.57) 分和 (8.50 ± 1.03) 分,扩髓骨泥组骨痂及骨折线评分分别为 (3.10 ± 0.63) 分和 (3.51 ± 1.26) 分、 (4.05 ± 0.63) 分和 (6.30 ± 1.26) 分,联合治疗组骨痂及骨折线评分分别为 (4.95 ± 0.24) 分和 (8.02 ± 1.48) 分、 (5.75 ± 0.24) 分和 (10.90 ± 1.05) 分,3 组患者骨痂及骨折线评分均较前逐渐增高($P < 0.05$),同时间点比较后发现,联合治疗组评分显著高于 ESW 组和扩髓骨泥组,且 ESW 组评分高于扩髓骨泥组,差异均具有统计学意义($P < 0.05$)。术后第 16 周,ESW 组、扩髓骨泥组及联合治疗组的治疗有效率分别为 60.0%、50.0% 和 100.0%,联合治疗组疗效优于 ESW 组和扩髓骨泥组($P < 0.05$),ESW 组与扩髓骨泥组疗效差异无统计学意义($P > 0.05$)。**结论** ESW 联合扩髓骨泥回植对股骨干骨折骨不连具有积极的治疗意义,可更好地促进其愈合。

【关键词】 体外冲击波; 骨泥植骨; 髓内钉; 股骨干骨折; 骨不连

The effects of extracorporeal shock wave treatment combined with expanding bone marrow autografts in the treatment of nonunion of femoral shaft fractures with interlocking intramedullary nails SUN Ying-hua*, CHEN Lian-xu, LI Bing, JIAO Zhao-de. * Department of Orthopedics of the Affiliated Yidu Central Hospital, Weifang Medical University, Shandong 262500, China

Corresponding author: JIAO Zhao-de, Email: qzydsyh@163.com

【Abstract】Objective To investigate the effect of extracorporeal shock waves (ESWs) combined with expanding bone marrow autografts in treating nonunion of femoral shaft fractures with interlocking intramedullary nails. **Methods** Thirty patients with femoral shaft fractures which had not united were divided into an ESW group, an expanding bone marrow group, and a combined treatment group using a table of random numbers. Each group had 10 cases. In the ESW group, no expanding bone marrow was employed in fixing the intramedullary nails and ESW therapy was begun at day 14 after the operation. In the expanding bone marrow group, bone marrow was grafted around the broken ends of fractured bones. In the combined treatment group patients underwent both treatments. The conditions of the callus and the fracture lines in the 3 groups were separately evaluated using X-rays at the 4th, 8th, 12th and 16th week after the operation. **Results** At week 4, the average callus and fracture line scores in the combined treatment and expanding bone marrow groups were significantly better than those in the ESW group. At the 8th week after the operation, the average callus and fracture line scores in the combined treatment group were significantly higher than in the ESW group and expanding bone marrow groups. Later, the callus and fracture scores in all 3

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2013.02.014

基金项目:山东省卫生厅科技发展计划青年基金(373)

作者单位:262500 潍坊,潍坊医学院附属益都中心医院骨科(孙英华、李冰、焦兆德);北京大学运动医学研究所(陈连旭)

通信作者:焦兆德,Email: qzydsyh@163.com

groups continued to rise significantly. At the 12th and 16th week the scores in the combined treatment group were significantly better than those in the ESW group and the expanding bone marrow group, while the scores in the ESW group were significantly better than those in the expanding bone marrow group. The cure rates in the ESW, bone marrow and combined treatment groups were 60%, 50% and 100% respectively at week 16. **Conclusions** The combined treatment was significantly more effective than either treatment alone. There was no significant difference in effectiveness between the ESW and expanding bone marrow treatments. ESW combined with expanding bone marrow autograft is an effective way to promote bone knitting in the treatment of nonunion of femoral shaft fractures with interlocking intramedullary nails.

【Key words】 Extracorporeal shock waves; Bone marrow autografts; Intramedullary nails; Femoral fractures

自 20 世纪 90 年代初发现体外冲击波 (extracorporeal shock wave, ESW) 有刺激成骨作用以来, ESW 已被广泛应用于治疗骨折后骨不连, 且获得满意疗效^[1]。有研究报道, 在交锁髓内钉治疗股骨干骨折时辅以扩髓骨泥自体回植可有效降低骨不连的发生率^[2]。而应用 ESW 联合扩髓骨泥回植是否对股骨干骨折骨不连有积极的治疗意义, 尚鲜见报道。在上述研究基础上, 本研究观察了 ESW 联合扩髓骨泥回植对股骨干骨折骨不连的影响, 取得了满意疗效, 现报道如下。

资料与方法

一、一般资料

入选标准: ①符合传统肥大型骨不连的诊断标准^[3], 即骨折端具有再生能力, 骨膜下骨痂形成较多, 骨折端粗大, 出现骨折间隙但未钙化; ②年龄 22 ~ 65 岁; ③病程 9 ~ 24 个月; ④股骨干骨折无进一步愈合倾向 > 3 个月; ⑤初次骨折采用国产不锈钢钢板固定, 骨不连发生后再手术改用顺行交锁髓内钉固定; ⑥患者均签署知情同意书。排除标准: ①有严重的心、肝、肺、肾疾病; ②正在服用影响凝血功能药物或凝血功能异常者; ③骨不连部位有感染或皮肤软组织条件较差者; ④治疗不配合。

选取 2008 年 5 月至 2011 年 6 月在我院骨科住院治疗且符合上述标准的股骨干骨折骨不连患者 30 例, 按随机数字表法将其分为 ESW 组、扩髓骨泥组和联合治疗组, 每组 10 例。3 组患者的年龄、性别、病程、患肢侧别、骨不连断端间隙等一般资料经统计学分析比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 详见表 1。

二、治疗方法

交锁髓内钉固定术: 手术均由同一主刀医师实施。患者取侧卧位, 给予连续硬膜外麻醉后, 沿后外侧原骨折治疗切口入路, 取出钢板, 清理骨折断端, 开髓腔, 扩髓并收集骨泥约 10 g 后备用。顺行打入潍坊产 WSGD 型磁力声控导航交锁髓内钉, 复位骨折, 锁定髓内钉。冲洗伤口, 依据术前随机分组情况将骨泥予以丢弃或回植, 合并有膝关节僵直者行术中松解。术后第 1 天对股四头肌及腓绳肌进行收缩放松练习, 第 3 天后开始做膝关节主动活动, 1 周后练习屈膝至 90°, 4 周后练习非负重扶拐行走, 5 周后练习被动屈膝至 120°。X 线影像学提示骨痂生长、骨折线模糊后加大功能锻炼强度, 一般于 12 周后鼓励患者弃拐行走。

ESW 治疗: 采用深圳产 HK. ESWO-AJ II 型 ESW 骨科治疗机进行电磁式高能治疗, 最大能量输出为 13 kV。于术后 14 d 开始治疗, 先在骨折线上横向往选取 3 个基准点为参照, 再沿股骨纵轴方向选定距其远、近各 1 cm 处的 2 个点作为 ESW 作用点, 共 6 个, 定位时焦点中心需注意避开大血管及神经, 于透视下调整第 2 焦点位置, 置水囊于合适高度, 消毒并涂耦合剂, 按约定顺序依次对每个作用点行 2000 次脉冲治疗, 隔日 1 次, 每次持续 30 min, 共 6 次。

三、疗效评定标准

骨痂量化评分标准^[4]: 骨折端无影像学骨痂出现计为 0 分; 骨折端云雾状骨痂计为 1 分; 骨折端正侧位片一端存在骨痂计为 2 分; 骨折端正侧位片两端均存在骨痂计为 3 分; 有结构性骨痂形成计为 4 分; 外骨痂中度吸收计为 5 分; 外骨痂完全吸收计为 6 分。

表 1 3 组患者一般资料比较

组别	例数	年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	性别(例)		患肢侧别 (例)		病程 (月, $\bar{x} \pm s$)	体重指数 (kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	初次骨折类型 (例)		骨折部位(例)			膝关节活动度 (例)		断端间隙(例)	
			男	女	左	右			横行	粉碎	上段	中段	中下段	僵直	正常	$\leq 5 \text{ mm}$	$> 5 \text{ mm}$
ESW 组	10	41.3 $\pm$ 18.7	6	4	4	6	13.1 $\pm$ 2.7	24.1 $\pm$ 5.8	3	7	4	4	2	3	7	2	8
扩髓骨泥组	10	41.5 $\pm$ 18.2	5	5	4	6	13.4 $\pm$ 2.5	23.9 $\pm$ 5.1	4	6	5	4	1	2	8	3	7
联合治疗组	10	41.2 $\pm$ 18.6	6	4	5	5	13.2 $\pm$ 2.6	24.0 $\pm$ 5.5	3	7	4	5	1	3	7	2	8

表 2 3 组患者不同时间骨痂及骨折线评分比较(分, $\bar{x} \pm s$)

组别	例数	骨痂评分				骨折线评分			
		术后第 4 周	术后第 8 周	术后第 12 周	术后第 16 周	术后第 4 周	术后第 8 周	术后第 12 周	术后第 16 周
ESW 组	10	1.11 ± 0.32	2.01 ± 0.67 ^a	3.99 ± 0.67 ^b	4.85 ± 0.57 ^c	0.21 ± 0.63	2.03 ± 1.33 ^a	5.81 ± 1.33 ^b	8.50 ± 1.03 ^c
扩髓骨泥组	10	1.50 ± 0.71 ^d	2.10 ± 0.57 ^a	3.10 ± 0.63 ^{bd}	4.05 ± 0.63 ^{cd}	1.20 ± 1.01 ^d	2.40 ± 1.14 ^a	3.51 ± 1.26 ^{bd}	6.30 ± 1.26 ^{cd}
联合治疗组	10	1.55 ± 0.52 ^f	3.01 ± 0.22 ^{ae}	4.95 ± 0.24 ^{bef}	5.75 ± 0.24 ^{cef}	1.25 ± 1.03 ^f	4.00 ± 1.46 ^{aef}	8.02 ± 1.48 ^{bef}	10.90 ± 1.05 ^{cef}

注:与术后第 4 周比较,^a $P < 0.05$;与术后第 8 周比较,^b $P < 0.05$;与术后第 12 周比较,^c $P < 0.05$;与 ESW 组同时时间点比较,^d $P < 0.05$;与扩髓骨泥组同时时间点比较,^e $P < 0.05$;与 ESW 组同时时间点比较,^f $P < 0.05$

骨折线量化评分标准^[4]:骨折线清晰没有变化计为 0 分;骨折线变模糊计为 2 分;骨折线模糊但没有消失,且已出现牢固连接计为 4 分;骨折线消失,骨折线被高密度骨痂取代计为 6 分;骨髓腔密度减低计为 8 分;骨髓腔密度明显减低计为 10 分;骨髓腔完全再通计为 12 分。

股骨干骨折疗效评定标准^[5]:骨折愈合牢固,骨折处髓腔开通,肢体短缩 < 2 cm,成角畸形 $< 10^\circ$,无旋转畸形,膝关节屈曲 $> 90^\circ$ 评定为优;骨折处有致密性及连续性骨痂生成,骨折线不清楚,肢体短缩 2 ~ 4 cm,成角在 $10^\circ \sim 15^\circ$,旋转畸形 $< 5^\circ$,膝关节伸屈范围在 $30^\circ \sim 90^\circ$ 评定为良;骨折处单侧骨痂形成,骨折线仍可见,肢体短缩 > 4 cm,成角 $> 15^\circ$,旋转畸形 $> 5^\circ$,膝关节屈伸 $< 30^\circ$ 评定为中;骨不连或假关节形成评定为差。

四、统计学分析

本研究采用 SPSS 13.0 版统计学软件包进行数据分析,计量资料采用($\bar{x} \pm s$)表示,计数资料采用秩和检验, $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

结 果

一、3 组患者不同时间骨痂及骨折线评分比较

术后第 4 周,联合治疗组、扩髓骨泥组骨痂及骨折线评分分别为[(1.55 ± 0.52)分]和[(1.25 ± 1.03)分]、[(1.50 ± 0.71)分]和[(1.20 ± 1.01)分],显著高于 ESW 组骨痂及骨折线评分[(1.11 ± 0.32)分]和[(0.21 ± 0.63)分], $P < 0.05$],而扩髓骨泥组与联合治疗组评分差异无统计学意义($P > 0.05$);术后第 8 周,联合治疗组骨痂及骨折线评分增高至[(3.01 ± 0.22)分]和[(4.00 ± 1.46)分], $P < 0.05$],显著高于 ESW 组和扩髓骨泥组的骨痂及骨折线评分[(2.01 ± 0.67)分]和[(2.03 ± 1.33)分]、[(2.10 ± 0.57)分]和[(2.40 ± 1.14)分], $P < 0.05$],而 ESW 组与扩髓骨泥组评分差异无统计学意义($P > 0.05$);术后第 12 和 16 周,ESW 组骨痂及骨折线评分分别为[(3.99 ± 0.67)分]和[(5.81 ± 1.33)分]、[(4.85 ± 0.57)分]和[(8.50 ± 1.03)分],扩髓骨泥组骨痂及骨折线评分分别为[(3.10 ± 0.63)分]和[(3.51 ± 1.26)分]、[(4.05 ± 0.63)分]和[(6.30 ± 1.26)分],联合治疗组骨痂及骨折线评分分别为[(4.95 ±

0.24)分]和[(8.02 ± 1.48)分]、[(5.75 ± 0.24)分]和[(10.90 ± 1.05)分],3 组患者骨痂及骨折线评分均较前逐渐增高($P < 0.05$),同时时间点比较后发现,联合治疗组评分显著高于 ESW 组和扩髓骨泥组,且 ESW 组评分高于扩髓骨泥组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。详见表 2。

二、3 组患者疗效评定情况

术后第 16 周,ESW 组、扩髓骨泥组及联合治疗组的治疗有效率分别为 50.0%、60.0% 和 100.0%,联合治疗组疗效优于 ESW 组和扩髓骨泥组($P < 0.05$),ESW 组与扩髓骨泥组疗效相比差异无统计学意义($P > 0.05$)。详见表 3。

表 3 3 组患者疗效评定情况

组别	例数	股骨干骨折评定结果(例)				有效率(%)
		优	良	中	差	
ESW 组	10	3	3	4	0	60.0
扩髓骨泥组	10	2	3	5	0	50.0 ^b
联合治疗组	10	9	1	0	0	100.0 ^a

注:与 ESW 组和扩髓骨泥组相比,^a $P < 0.05$;与 ESW 组相比,^b $P > 0.05$

讨 论

交锁髓内钉固定是治疗成人股骨干骨折的金标准^[6-7],但部分基层医院由于条件受限,目前仍采用加压钢板固定进行治疗,后者因存在组织剥离多和应力遮挡效应等缺点,术后骨不连发生率较高。骨不连发生后,及时更换交锁髓内钉固定和取自体髂骨植骨是治疗本病的常规方法。本研究采用 ESW 联合扩髓骨泥回植对 30 例骨折骨不连患者进行治疗后,证实 ESW 联合扩髓骨泥回植可更好地促进骨不连愈合。

自体骨移植具有良好的骨传导性和诱导性,其移植材料主要包括自体松质骨、皮质骨及骨髓。扩髓骨泥的成分大部分为松质骨,小部分为皮质骨和骨髓组织,其可用于植骨材料的理论依据可能为^[8]:①骨泥中含大量松质骨,骨内含成骨细胞,移植后可存活成骨;②在血管化和骨不连愈合过程中,松质骨植骨的疗效明显优于皮质骨植骨,具有一定的抗感染能力;③骨髓是具有多种细胞成分的复杂器官,其基质干细胞可分化为成骨细胞、成纤维细胞和网状细胞,具有很强的增殖能力和成骨作用;④自体皮质骨虽无骨诱导性,但具

有较好的成骨作用与支撑能力。综上所述,扩髓骨泥具有自体骨移植材料所涵盖的所有优势,在一定程度上可提高骨折骨不连的治疗效果。

ESW 是一种由电极高压放电产生的兼具声、光、力学特性的机械波。因其在不同密度物质中的声阻抗和传导速度不同,故可在界面处产生应力作用。ESW 具有光的传播特性,可通过特定的半椭圆球反射体聚焦,经水囊内液体传递后作用于患者局部。目前关于 ESW 促进骨折愈合的机理尚不明确,推测其有以下可能^[9]: ①因人体软组织与骨不连骨折端处的声阻抗差异较大,ESW 传播至此时会释放能量,产生不同的机械应力,从而对细胞产生拉应力和压应力,拉应力可引起组织松解,促进微循环;而压应力可使细胞发生弹性形变,使细胞摄氧量增加;②增强骨组织的机械应力,产生极化电位,从而引起压电效应,激发的高能量可引起骨折端微骨折,进而刺激骨痂生成;③人体组织内所含的大量微小气泡在 ESW 的作用下急速膨胀破裂,出现高速液体微喷射,产生撞击后空化效应,有利于疏通闭塞微细血管,松解粘连组织;④直接抑制神经末梢细胞,改变痛觉感受器的接受频率和周围化学介质组成,从而抑制疼痛信息的传递,缓解疼痛,有利于术后早期功能锻炼。Schaden 等^[10]研究表明,ESW 对骨组织的直接作用可造成骨膜下点状出血,产生血肿、微骨折、微骨折和大量细小的骨碎片($0.1 \sim 3.0 \text{ mm}^3$),产生新鲜骨折,刺激骨痂形成,促进骨折愈合。高能 ESW 产生的新鲜骨折还伴随产生了大量的细胞因子^[11],如骨形态发生蛋白、 β 转化生长因子、胰岛素样生长因子、成纤维细胞生长因子及血小板衍生生长因子等。Wang 等^[12]研究证实,上述生长因子对细胞的增殖分化及新骨形成均有诱导和调节作用。骨折愈合分为 3 个阶段,即血肿机化期、原始骨痂形成期和骨痂改造塑形期。术后 14 d 尚处于血肿机化期,本研究于术后 14 d 给予骨折端 ESW 刺激,造成骨折端微骨折效应,形成新的血肿,使利于骨折愈合的大量细胞因子再次聚集,从而加速骨折骨不连的愈合进程。

骨不连主要分为肥大型和萎缩型两大类,肥大型骨不连骨折端血运较丰富,有一定的再生能力,故植骨时所需骨泥不多。本研究搜集每例患者约 10 g 骨泥,取量足够,满足研究要求。针对治疗中可能出现的不良反应,本研究制订了以下应对措施:①术后疼痛,给予患者止痛药物处理;②ESW 后冲击部位皮下淤

血^[13],采用舒缓患者情绪等心理安慰方式,减轻其心理负担,告知患者淤血可自行吸收;③因长期卧床所引起的静脉血栓栓塞,应协助患者尽早进行康复训练。

综上所述,ESW 联合扩髓骨泥回植对股骨干骨折骨不连具有积极的治疗意义,可更好地促进其愈合。扩髓骨泥组的早期疗效虽优于 ESW 组,但晚期疗效不如扩髓骨泥组,将 ESW 与扩髓骨泥回植联合应用充分发挥了内源性因素与外源性因素的互补优势,提高了治疗效果,此外,本研究将扩髓骨泥“废物利用”,减轻了自体髂骨植骨给患者所造成的创伤与痛苦。

参 考 文 献

- [1] 邢星, 冯培. 体外冲击波治疗骨折延迟愈合及骨不连: 动物实验及临床病例随访. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14: 1625-1628.
- [2] 孙英华, 王莉, 刘洪艳, 等. 带锁髓内钉固定股骨干骨折中扩髓骨泥的临床应用. 中国临床实用医学, 2009, 3: 35-36.
- [3] 曾炳芳, 康庆林. 四肢骨不连外科学. 北京: 人民军医出版社, 2010: 97-102.
- [4] 董业强, 武兴杰, 韩菊, 等. 根据长骨线性骨折愈合 X 线表现与骨折时间推算. 中国法医学杂志, 2010, 25: 262-264.
- [5] 刘兴炎, 葛宝丰, 王宏东, 等. 解剖钢板治疗股骨近远端粉碎性骨折的疗效分析. 中华创伤杂志, 2004, 20: 250-252.
- [6] 吕德强, 马德年, 傅春明. 磁力导航下交锁髓内钉内固定治疗股骨干骨折. 中国骨与关节损伤杂志, 2010, 25: 636-637.
- [7] 汤长华, 周崇勇, 周晓宇, 等. 关节镜监视下交锁髓内钉内固定结合植骨微创治疗闭合性股骨干骨折. 中国骨与关节损伤杂志, 2010, 25: 1110-1111.
- [8] 樊仕才, 王宏波, 刘世学, 等. 交锁髓内钉内固定结合扩髓之骨泥回植治疗股骨干骨折不愈合. 中国骨与关节损伤杂志, 2008, 23: 841-842.
- [9] 王五洲, 邢更彦. 体外冲击波与成骨细胞生长因子的研究进展. 中华物理医学与康复杂志, 2006, 28: 67-69.
- [10] Wang L, Qin L, Lu HB, et al. Extracorporeal shock wave therapy in treatment of delayed bone-tendon healing. Am J Sports Med, 2008, 36: 340-347.
- [11] Zelle BA, Gollwitzer H, Zlowodzki M, et al. Extracorporeal shock wave therapy: current evidence. J Orthop Trauma, 2010, 24: S66-70.
- [12] Schaden W, Fischer A, Sailler A. Extracorporeal shock wave therapy of nonunion or delayed osseous union. Clin Orthop Relat Res, 2001, 387: 90-94.
- [13] 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: 387-396.

(修回日期: 2012-12-28)

(本文编辑: 凌 琛)