

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2023.15.002  
文章编号: 1005-8982 (2023) 15-0008-07

骨折专题·论著

## 振动疗法对骨质疏松骨折患者骨矿含量、骨钙素及骨折愈合的影响\*

刘凯<sup>1</sup>, 郭美玲<sup>2</sup>, 朱婷<sup>1</sup>

(1. 苏州大学附属第一医院 康复医学科, 江苏 苏州 215001; 2. 苏州明基医院 康复医学科, 江苏 苏州 215000)

**摘要: 目的** 研究振动疗法对骨质疏松骨折患者骨矿含量、骨钙素及骨折愈合的影响。**方法** 选取2018年1月—2021年5月苏州大学附属第一医院和苏州明基医院康复医学科收治的60例骨质疏松性椎体压缩性骨折(OVCF)患者为研究对象, 按照随机数字表法分为观察组和对照组, 每组30例。患者入院后均行经皮椎体成形术治疗。对照组术后口服碳酸钙(600 mg/d)与强骨胶囊(2粒/次, 3次/d); 观察组在对照组基础上给予振动疗法。两组均治疗6个月。比较两组患者临床疗效, 比较两组患者治疗前后骨密度、甲状旁腺素(PTH)、25-羟维生素D<sub>3</sub>[25(OH)D<sub>3</sub>]、骨钙素(BGP)、骨碱性磷酸酶(BALP)、I型前胶原羧基端肽(PICP)、抗酒石酸酸性磷酸酶(TRAP)、视觉模拟评分法(VAS)、Fugel-Meyer运动功能评估量表(FMAS)、Barthel指数、骨痂生长评分的差值。两组均随访6个月, 记录随访期间两组患者跌倒、再次骨折及并发症发生率。**结果** 观察组临床疗效优良率高于对照组( $P < 0.05$ )。观察组治疗前后腰椎、股骨颈、大转子、全髌的骨密度差值高于对照组( $P < 0.05$ )。观察组治疗前后PTH、25(OH)D<sub>3</sub>、BGP差值高于对照组( $P < 0.05$ )。观察组治疗前后BALP、PICP差值高于对照组, TRAP差值低于对照组( $P < 0.05$ )。观察组治疗前后VAS评分差值低于对照组( $P < 0.05$ ), FMA评分、Barthel指数差值高于对照组( $P < 0.05$ )。观察组治疗前后骨痂量、骨痂密度、骨痂边缘、断端边缘评分差值高于对照组( $P < 0.05$ )。两组跌倒、再次骨折及并发症发生率比较, 差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。**结论** 振动疗法治疗OVCF可促进患者骨折愈合, 提高骨密度, 改善骨代谢, 促进骨形成, 提高肢体运动功能及日常生活能力, 促进骨痂生长, 值得临床推广应用。

**关键词:** 骨质疏松骨折; 振动疗法; 骨矿含量; 骨钙素; 骨折愈合

**中图分类号:** R580; R683

**文献标识码:** A

## Effect of vibration therapy on bone mineral content, osteocalcin, and fracture healing in patients with osteoporotic fractures\*

Liu Kai<sup>1</sup>, Guo Mei-ling<sup>2</sup>, Zhu Ting<sup>1</sup>

(1. Department of Rehabilitation Medicine, The First Affiliated Hospital of Suzhou University, Suzhou, Jiangsu 215001, China; 2. Department of Rehabilitation Medicine, BenQ Medical Center, Suzhou, Jiangsu 215000, China)

**Abstract: Objective** To study the effect of vibration therapy on bone mineral content, osteocalcin, and fracture healing in patients with osteoporotic fractures. **Methods** A total of 60 patients with osteoporotic vertebral compression fracture (OVCF) admitted to the Department of Rehabilitation Medicine, The First Affiliated Hospital of Soochow University and Suzhou Benji Hospital from January 2018 to May 2021 were selected and divided into

收稿日期: 2023-03-11

\* 基金项目: 江苏省自然科学基金面上项目(No: SBK2021022619)

[通信作者] 朱婷, E-mail: blue\_900613@sina.com; Tel: 15306138531

observation group ( $n = 30$ ) and control group ( $n = 30$ ) by random number table method. The two groups were treated with percutaneous vertebroplasty after admission. The control group was treated with calcium carbonate (600 mg/d) and Qianggu capsules (2 capsules/time, 3 times/day). On the basis of the control group, the observation group was given vibration therapy and used vibration therapeutic apparatus. Both groups were treated for 6 months. The clinical efficacy of the two groups was compared. Before and after treatment, bone mineral density, calcium and phosphorus metabolism [parathyroid hormone (PTH), 25(OH) vitamin D<sub>3</sub> (25(OH)D<sub>3</sub>) ], osteocalcin (BGP), osteoblast markers bone alkaline phosphatase (BALP), type I procollagen carboxyl terminal peptide (PICP), osteoclast markers [tartrate-resistant acid phosphatase (TRAP) ], visual Sensory analogue pain (VAS) score, Fugel-Meyer (FMA) scale of limb motor function, Barthel index, callus growth score, and the incidence of falls, re-fractures and complications in the two groups were recorded during the follow-up period of 6 months. **Results** The excellent and good rate of observation group was higher than that of control group ( $P < 0.05$ ). The BMD differences of lumbar spine, femoral neck, greater trochanter, and total hip in the observation group before and after treatment were higher than those in the control group ( $P < 0.05$ ). The differences of PTH, 25(OH)D<sub>3</sub>, and BGP in the observation group before and after treatment were higher than those in the control group after treatment ( $P < 0.05$ ). The difference of BALP and PICP before and after treatment in the observation group was higher than that in the control group, and the difference of TRAP was lower than that in the control group ( $P < 0.05$ ). The VAS score difference before and after treatment in the observation group was lower than that in the control group, and the FMAS score and Barthel index difference were higher than those in the control group ( $P < 0.05$ ). The differences in callus volume, callus density, callus edge, and broken end edge scores before and after treatment in the observation group were higher than those in the control group ( $P < 0.05$ ). There was no significant difference in the incidence of falls, re-fractures, and complications between the two groups ( $P > 0.05$ ). **Conclusion** Vibration therapy for OVCF patients can accelerate fracture healing, improve bone mineral density, improve bone metabolism and limb motor function as well as daily living ability, promote callus growth, and is worthy of application.

**Keywords:** osteoporosis fracture; vibration therapy; bone mineral content; osteocalcin; fracture healing

原发性骨质疏松症多发于老年群体且多集中于绝经后妇女,起病后主要表现为骨量降低、骨强度受损、骨微结构异常及骨脆性增加,也正是由于骨质层变薄、骨密度降低、骨小梁变细及骨脆性的增加,大大增加了骨质疏松患者发生骨折的风险<sup>[1-2]</sup>。椎体骨折、桡骨远端骨折及髌部骨折均为常见骨质疏松骨折类型,因骨质疏松多为钙沉积、流失导致,随着老龄化加快,椎体压缩性骨折发生率在骨质疏松骨折的占比也随之增加<sup>[3-4]</sup>。椎体压缩性骨折为脊柱损伤,经皮椎体成形术为其常用术式<sup>[5]</sup>,即经皮穿刺后注入骨水泥,增加胸腰椎强度,其效果已有研究证实,但注入骨水泥会对骨代谢造成影响并加重骨质疏松,因此常于术后口服钙剂以减少骨量丢失。振动疗法即通过振动治疗仪进行治疗,《肌肉、骨骼与骨质疏松专家共识》<sup>[6]</sup>中提到振动训练为骨质疏松患者的有效训练方式,可提高患者肌肉力量。本研究对振动疗法用于骨质疏松性椎体压缩性骨折(osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF)的疗效加以探究,分析振动疗法对成骨细胞、破骨细胞标志物及骨痂生长评分的影响,

现报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 基础资料

选取2018年1月—2021年5月苏州大学附属第一医院和苏州明基医院康复医学科收治的60例OVCF患者为研究对象,按照随机数字表法分为观察组和对照组,每组30例。观察组男性11例,女性19例;年龄59~79岁,平均(68.31±5.15)岁;合并症:糖尿病7例,高血压15例,冠心病2例,高脂血症6例;文化程度:小学及以下5例,初中11例,高中9例,大专及以上5例。对照组男性14例,女性16例;年龄59~79岁,平均(69.82±5.77)岁;合并症:糖尿病8例,高血压16例,冠心病3例,高脂血症3例;文化程度:小学及以下7例,初中13例,高中8例,大专及以上2例。两组的性别、年龄、合并症、文化程度比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),具有可比性。本研究经医院医学伦理委员会批准(伦理审批号:2018-6号),患者及其家属签署知情同意书。

## 1.2 纳入和排除标准

①符合《原发性骨质疏松症诊治指南(2011年)》<sup>[7]</sup>的骨质疏松诊断标准,骨密度T值均 $< -2.5$ SD;②有明确创伤史;③均为OVCF,且有经皮椎体成形术适应证。排除标准:①心、肾功能不全;②病理性骨折或代谢性骨病;③神经根功能障碍;④合并椎体肿瘤;⑤合并凝血功能障碍;⑥合并精神疾病;⑦对本研究用药过敏;⑧继发性骨质疏松;⑨入院前半个月内使用过影响骨代谢的药物;⑩不适宜行振动锻炼,如脑出血、安装心脏起搏器、新发性深静脉血栓等。

## 1.3 方法

患者入院后均行经皮椎体成形术治疗。对照组术后口服碳酸钙D<sub>3</sub>片(中国惠氏制药有限公司,国药准字:H10950029,规格:每片含钙600mg,维生素D<sub>3</sub>125国际单位)与强骨胶囊(北京岐黄制药有限公司,国药准字:Z20030007,规格:每粒0.25g)。口服剂量:碳酸钙D<sub>3</sub>片600mg/d,强骨胶囊2粒/次,3次/d。观察组在对照组基础上给予振动疗法,使用振动治疗仪(北京迈康达医疗设备有限公司,型号:ZD10型),术后1周患者平躺于仪器上。振动方式:上下运动;频率30Hz;振幅0.5mm;振动时间10min。3次/周。两组均治疗6个月。

## 1.4 观察指标

①临床疗效:参照张殿乙等<sup>[8]</sup>研究,比较两组治疗6个月后临床疗效,通过X射线测量患者椎体后凸Cobb角,计算Cobb角恢复率[Cobb角恢复率=(治疗前Cobb角-治疗后Cobb角)/治疗前Cobb角],将疗效分为优(腰背部无疼痛,骨密度显著增加,Cobb角恢复率显著增加)、良(腰背部疼痛减轻,骨密度增加,Cobb角恢复率增加)、差(疼痛无改善、骨密度、Cobb角恢复率均无明显改善)。优良率=(优+良)例数/总例数 $\times 100\%$ 。②骨密度:于治疗前及治疗6个月通过骨密度仪测定两组患者腰椎、股骨颈、大转子、全髌骨密度。③钙磷代谢及骨矿含量:于治疗前及治疗6个月取空腹静脉血10mL,电化学发光法测定甲状旁腺素(PTH)、25-羟维生素D<sub>3</sub>[25-hydroxyvitamin, 25(OH)D<sub>3</sub>]、骨钙素(BGP),试剂盒由德国罗氏诊断有限公司提供。④成骨细胞、破骨细胞标志物水平:留取血样本后化学发光法测定骨碱性磷酸酶(bone alkaline phosphatase,

BALP),试剂盒由美国贝克曼库尔特有限公司提供;酶法测定I型前胶原羧基端肽(carboxyl terminal peptide, PICP),试剂盒由上海联祖生物科技有限公司提供;多功能酶标仪(瑞士Tecan公司,型号:CM-200)测定抗酒石酸酸性磷酸酶(tartrate resistant acid phosphatase, TRAP)水平。⑤疼痛、运动能力及日常生活能力评分:于治疗前及治疗6个月通过视觉模拟评分法(visual analogue scale, VAS)<sup>[9]</sup>评价疼痛程度, $\leq 2$ 分为疼痛轻微,3~4分为尚能忍受, $\geq 5$ 分为疼痛难以忍受。通过Fugel-Meyer运动功能评估量表(Fugel-Meyer assessment scale, FMAS)<sup>[10]</sup>评价患者上肢、下肢运动功能,上肢功能共计10个条目,下肢项目共计7个条目,每个条目0~2分,总分与运动功能呈正比。通过Barthel指数<sup>[11]</sup>评估患者日常生活能力,共计10个条目,每个条目0~10分,总分与日常生活能力呈正比。⑥骨痂生长评分:参照周明明等<sup>[12]</sup>研究,于治疗前及治疗6个月拍摄骨痂X射线片,对骨痂量、骨痂密度、骨痂边缘、断端边缘骨痂生长进行评分,分值越高愈合越好。⑦随访6个月,记录随访期间两组患者跌倒、再次骨折及并发症发生率。

## 1.5 统计学方法

数据分析采用SPSS 22.0统计软件。计量资料以均数 $\pm$ 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,比较用 $t$ 检验;计数资料以构成比或率(%)表示,比较用 $\chi^2$ 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组临床疗效比较

观察组与对照组临床疗效优良率比较,经 $\chi^2$ 检验,差异有统计学意义( $\chi^2=4.320, P=0.038$ );观察组临床疗效优良率高于对照组。见表1和图1。

表1 两组临床疗效比较 [n=30, 例(%)]

组别	优	良	差	优良率
观察组	20(66.67)	8(26.67)	2(6.67)	28(93.33)
对照组	17(56.67)	5(16.67)	8(26.67)	22(73.33)

### 2.2 两组治疗前后骨密度的差值比较

两组治疗前后腰椎、股骨颈、大转子、全髌骨的骨密度差值比较,经 $t$ 检验,差异均有统计学意义( $P <$

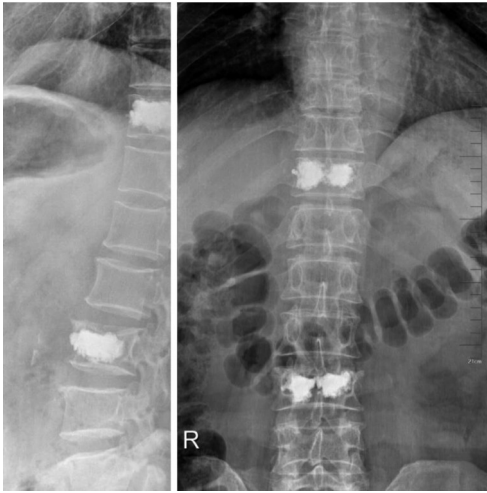


图 1 两组患者治疗前后 X 射线片

0.05); 观察组治疗前后腰椎、股骨颈、大转子、全髌的骨密度差值高于对照组。见表 2。

2.3 两组治疗前后钙磷代谢及骨矿含量的差值比较

两组治疗前后 PTH、25(OH)D<sub>3</sub>、BGP 的差值比较, 经 *t* 检验, 差异均有统计学意义 (*P* < 0.05); 观察组治疗前后 PTH、25(OH)D<sub>3</sub>、BGP 的差值高于对照

组。见表 3。

2.4 两组治疗前后成骨细胞、破骨细胞的差值比较

两组治疗前后 BALP、PICP、TRAP 的差值比较, 经 *t* 检验, 差异均有统计学意义 (*P* < 0.05); 观察组治疗前后 BALP、PICP 的差值高于对照组, TRAP 的差值低于对照组。见表 4。

2.5 两组治疗前后 VAS、FMAS 评分及 Barthel 指数的差值比较

两组治疗前后 VAS、FMAS 评分及 Barthel 指数的差值比较, 经 *t* 检验, 差异均有统计学意义 (*P* < 0.05); 观察组治疗前后 VAS 评分的差值低于对照组, FMAS 评分、Barthel 指数的差值高于对照组。见表 5。

2.6 两组治疗前后骨痂生长评分的差值比较

两组治疗前后骨痂量、骨痂密度、骨痂边缘、断端边缘评分的差值比较, 经 *t* 检验, 差异均有统计学意义 (*P* < 0.05); 观察组治疗前后骨痂量、骨痂密度、骨痂边缘、断端边缘评分的差值高于对照组。见表 6。

表 2 两组治疗前后骨密度的差值比较 (n=30, g/cm<sup>2</sup>,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	腰椎骨密度差值	股骨颈骨密度差值	大转子骨密度差值	全髌骨密度差值
观察组	0.096 ± 0.025	0.072 ± 0.021	0.045 ± 0.015	0.056 ± 0.016
对照组	0.046 ± 0.010	0.037 ± 0.011	0.037 ± 0.012	0.029 ± 0.012
<i>t</i> 值	10.171	8.086	2.281	7.394
<i>P</i> 值	0.000	0.000	0.026	0.000

表 3 两组治疗前后钙磷代谢及骨矿含量的差值比较

(n=30,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	PTH 差值/ (pmol/L)	25(OH)D <sub>3</sub> 差值/ (ng/mL)	BGP 差值/ (ng/mL)
观察组	1.73 ± 0.46	6.33 ± 2.11	2.12 ± 0.69
对照组	0.82 ± 0.27	3.92 ± 1.20	1.21 ± 0.35
<i>t</i> 值	9.345	5.438	6.442
<i>P</i> 值	0.000	0.000	0.000

表 4 两组治疗前后成骨细胞、破骨细胞的差值比较

(n=30,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	BALP 差值/ (u/L)	PICP 差值/ (ng/mL)	TRAP 差值/ (μg/L)
观察组	115.62 ± 30.39	93.78 ± 28.44	0.85 ± 0.22
对照组	82.44 ± 24.16	75.46 ± 18.74	1.32 ± 0.31
<i>t</i> 值	4.681	3.521	6.772
<i>p</i> 值	0.000	0.001	0.000

表 5 两组治疗前后 VAS、FMAS 评分及 Barthel 指数的差值比较 (n=30,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	VAS 评分差值	FMAS 评分差值	Barthel 指数差值
观察组	3.55 ± 1.17	17.03 ± 4.29	30.71 ± 6.18
对照组	4.22 ± 1.23	13.41 ± 3.00	23.65 ± 5.49
<i>t</i> 值	2.162	3.788	4.678
<i>P</i> 值	0.035	0.000	0.000

表 6 两组治疗前后骨痂生长评分的差值比较 ( $n=30$ , 分,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	骨痂量评分差值	骨痂密度评分差值	骨痂边缘评分差值	断端边缘评分差值
观察组	2.74 ± 0.82	2.67 ± 0.81	2.69 ± 0.85	2.54 ± 0.88
对照组	2.26 ± 0.69	1.98 ± 0.55	2.15 ± 0.73	2.04 ± 0.55
<i>t</i> 值	2.453	3.860	2.640	2.639
<i>P</i> 值	0.017	0.000	0.011	0.011

### 2.7 两组随访期间跌倒、再次骨折及并发症发生率比较

两组随访期间跌倒、再次骨折及并发症发生率

比较, 经  $\chi^2$  检验, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 7。

表 7 两组随访期间跌倒、再次骨折及并发症发生率比较 [ $n=30$ , 例(%)]

组别	跌倒	再次骨折	并发症			总发生率
			腹胀便秘	压疮	下肢深静脉血栓	
观察组	1(3.33)	2(6.67)	1(3.33)	0(0.00)	2(6.67)	3(10.00)
对照组	4(13.33)	6(20.00)	2(6.67)	1(3.33)	2(6.67)	5(16.67)
$\chi^2$ 值	0.873	1.298				0.144
<i>P</i> 值	0.350	0.255				0.704

## 3 讨论

经皮椎体成形术为 OVCF 的常见术式, 但无法缓解骨质疏松、提高骨密度<sup>[13]</sup>。双磷酸盐类药物为治疗骨质疏松的有效骨吸收抑制剂, 可通过抑制破骨细胞增加骨密度, 但胃肠道吸收较差, 须空腹服用, 且服用后需直立 30 min 以降低药物对上消化道产生的刺激, 因此对患者依从性要求较高<sup>[14]</sup>。振动疗法对运动功能的提升研究较多<sup>[15]</sup>, 本研究观察振动疗法对 OVCF 患者骨矿含量、骨钙素及骨折愈合的影响。

PTH、25(OH) $D_3$  为钙磷代谢指标, BGP 作为激素样多肽类物质<sup>[16]</sup>, 主要由成骨细胞分泌, 可反映骨质矿化水平, 且稳定性较好。本研究结果显示, 观察组临床疗效优良率高于对照组, 且观察组治疗前后腰椎、股骨颈、大转子、全髌的骨密度及 PTH、25(OH) $D_3$ 、BGP 的差值高于对照组, 提示振动疗法用于 OVCF 患者可促进患者骨折愈合, 提高骨密度。本研究所使用强骨胶囊中含有骨碎补总黄酮, 可促进骨缺损部位的血管生成, 抑制破骨细胞活性, 增加骨密度, 因此两组患者恢复相对较快, 赵盾等<sup>[17]</sup>也通过大鼠实验证实骨碎补总黄酮可加速骨缺损区骨质矿化, 增强骨密度。同时

本研究所选振动频率可起到较佳刺激骨骼生长的作用, 且骨密度与骨血流灌注也有一定联系。本研究通过全身振动产生机械应力, 不仅可以作用于骨骼肌, 还可增加肌肉血供, 促进骨血液循环, 加速营养供应, 增强成骨细胞对营养物质和矿物质的吸收, 从而增强骨密度, 李汇明<sup>[18]</sup>也报道了全身振动对骨密度的增强作用。

骨代谢包含骨吸收及骨形成两大过程, 二者相互作用维持状态平衡, 当骨质疏松患者骨吸收大于骨形成, 状态失衡时表现出骨量减少<sup>[19-20]</sup>。BALP、PICP 均为成骨细胞, 骨形成过程中成骨细胞起加速新骨形成的重要作用, BALP 可反映骨基质矿化程度与成骨细胞活性, 提升局部磷酸含量<sup>[21]</sup>; PICP 可反映 I 型胶原水平<sup>[22]</sup>。TRAP 则为破骨细胞, 何跃辉等<sup>[23]</sup>研究表明, 与骨量正常患者相比, 骨质疏松患者 TRAP 水平显著提高。本研究结果显示, 观察组治疗前后 BALP、PICP 的差值高于对照组, TRAP 的差值低于对照组, 提示振动疗法用于椎体压缩性骨折患者可改善骨代谢。分析如下: 骨碎补总黄酮可通过激活  $\beta$ -连环蛋白信号通路, 促进成骨细胞分化与增殖, 抑制破骨细胞活性, 促进骨愈合。孙景春等<sup>[24]</sup>也证实了其功效。同

时振动疗法所使用机械振动可作为力学刺激信号转化为骨吸收/形成的生物信号, 激活其活性, 提高成骨效应, 抑制骨溶解, 加速骨重建。刘艳伟等<sup>[25]</sup>研究也表明低频机械振动可通过影响细胞骨架, 加速成骨细胞增殖, 可佐证本研究。

OVCF 患者主要表现为腰背部疼痛、肢体运动功能受限及日常生活能力降低<sup>[26]</sup>, 腰背部疼痛是椎体骨折后神经根受压迫与损伤, 且局部炎症因子大量释放, 腰背部神经受刺激所致。本研究观察组治疗前后 VAS 评分的差值低于对照组, FMAS 评分、Barthel 指数的差值高于对照组, 且观察组治疗前后骨痂量、骨痂密度、骨痂边缘、断端边缘评分的差值高于对照组, 结果表明振动疗法用于椎体压缩性骨折患者, 可通过加强肌肉力量、锻炼反应能力提高肢体运动功能及日常生活能力, 促进骨痂生长。分析如下: 手术可恢复椎体结构, 缓解神经根受压迫与损伤程度<sup>[27]</sup>。手术注入的骨水泥也通过产生热效应而减轻疼痛, 且研究用骨碎补总黄酮可改善骨质量, 抑制骨吸收并发挥止痛、抗炎功效, 因此两组术后疼痛评分降低, FMAS 评分、Barthel 指数升高。振动疗法所使用低强度、高频率的复合型振动可加速骨形成, 通过正弦波能量传导增加肌肉力量, 激活肌梭、腱梭功能, 促进肌肉间合作与肌肉组织微循环, 锻炼反应能力, 增强神经血流量, 改善本体感觉及关节代谢, 因此运动功能及日常生活能力显著提升。王艳等<sup>[28]</sup>的研究所选振幅较大, 但是所选振动频率与本研究一致, 也证实振动疗法可改善患者运动能力。

本研究不足之处在于纳入病例数较少, 未明确不同振动参数及振动时间是否有不同影响。对于全身振动如何通过力学刺激调控骨代谢及加速骨组织修复也知之甚少, 需进行大样本、多层次、多方面的完善研究。

综上所述, 振动疗法治疗 OVCF 可促进患者骨折愈合, 提高骨密度, 改善骨代谢, 促进骨形成, 并通过加强肌肉力量, 锻炼反应能力提高肢体运动功能及日常生活能力, 促进骨痂生长, 值得临床推广应用。

#### 参 考 文 献 :

[1] LV F, CAI X L, YANG W J, et al. Denosumab or romosozumab

therapy and risk of cardiovascular events in patients with primary osteoporosis: systematic review and meta-analysis[J]. *Bone*, 2020, 130: 115121.

- [2] CHIBA K, YAMADA S, YODA I, et al. Effects of monthly intravenous ibandronate on bone mineral density and microstructure in patients with primary osteoporosis after teriparatide treatment: the MONUMENT study[J]. *Bone*, 2021, 144: 115770.
- [3] EISMAN J, CLAPHAM S, KEHOE L, et al. Osteoporosis prevalence and levels of treatment in primary care: the Australian BoneCare study[J]. *J Bone Miner Res*, 2004, 19(12): 1969-1975.
- [4] WÄNDELL P, LI X, CARLSSON A C, et al. Osteoporotic fractures in second-generation immigrants and Swedish natives[J]. *Osteoporos Int*, 2021, 32(7): 1343-1350.
- [5] YANG J J, KOO K H, KIM K, et al. Efficacy of postural reduction of vertebral compression fracture with extension lateral radiograph before vertebroplasty[J]. *World Neurosurg*, 2020, 143: e430-e441.
- [6] 黄宏兴, 吴青, 李跃华, 等. 肌肉、骨骼与骨质疏松专家共识[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2016, 22(10): 1221-1229.
- [7] 中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会. 原发性骨质疏松症诊治指南(2011年)[J]. *中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志*, 2011, 4(1): 2-17.
- [8] 张殿乙, 张楠, 刘世珑, 等. 仙灵骨葆胶囊联合唑来膦酸治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折的临床研究[J]. *现代药物与临床*, 2017, 32(4): 698-701.
- [9] BRAZIER J, MCCABE C. 'Is there a case for using visual analogue scale valuations in CUA' by Parkin and Devlin. A response: 'yes there is a case, but what does it add to ordinal data?'[J]. *Health Econ*, 2007, 16(6): 645-647.
- [10] AHN M H, AHN C S, KIM M C. Effect of selective-task vs set-task program on balance and weight bearing of stroke patient[J]. *J Phys Ther Sci*, 2011, 23(5): 707-711.
- [11] ORIVE M, AGUIRRE U, GARCÍA-GUTIÉRREZ S, et al. Changes in health-related quality of life and activities of daily living after hip fracture because of a fall in elderly patients: a prospective cohort study[J]. *Int J Clin Pract*, 2015, 69(4): 491-500.
- [12] 周明明. 补肾壮骨通络中药联合碳酸钙 D3 治疗骨质疏松性骨折疗效及对 ALP、BGP、BMP-2 的影响[J]. *现代中西医结合杂志*, 2016, 25(34): 3839-3841.
- [13] ZHU J J, ZHANG K, LUO K F, et al. Mineralized collagen modified polymethyl methacrylate bone cement for osteoporotic compression vertebral fracture at 1-year follow-up[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2019, 44(12): 827-838.
- [14] 林华, 夏维波. 双膦酸盐治疗骨质疏松症的依从性管理和药物假期选择[J]. *中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志*, 2020, 13(2): 103-109.
- [15] 史智君, 严隽陶, 孔亚敏. 振动疗法在康复中的应用及其影响因素[J]. *中国医学物理学杂志*, 2019, 36(1): 102-107.
- [16] BEREZOVSKA O, YILDIRIM G, BUDELL W C, et al.

- Osteocalcin affects bone mineral and mechanical properties in female mice[J]. *Bone*, 2019, 128: 115031.
- [17] 赵盾, 方斌, 易春智, 等. 骨碎补总黄酮对骨组织重建及骨形态发生蛋白 2、血管内皮生长因子、CD31 的影响[J]. *中国组织工程研究*, 2022, 26(29): 4638-4642.
- [18] 李汇明. 低强度全身振动与绝经后骨质疏松症[J]. *生物医学工程杂志*, 2018, 35(2): 301-306.
- [19] 翁科迪, 蒋国华, 石钢, 等. 阿仑膦酸钠联合鲑鱼降钙素对老年髋部骨质疏松性骨折患者的疗效及对骨密度和骨代谢标志物的影响[J]. *中国老年学杂志*, 2020, 40(21): 4597-4599.
- [20] 杜保卫, 韩鹏飞, 刘宇, 等. TNFAIP3 基因多态性与老年性骨质疏松性骨折及骨代谢指标的相关性研究[J]. *中华内分泌外科杂志*, 2022, 16(1): 103-107.
- [21] LIU H Z, SU H, WANG X, et al. MiR-148a regulates bone marrow mesenchymal stem cells-mediated fracture healing by targeting insulin-like growth factor 1[J]. *J Cell Biochem*, 2019, 120(2): 1350-1361.
- [22] WESKE S, VAIDYA M, von WNUCK LIPINSKI K, et al. Agonist-induced activation of the SIP receptor 2 constitutes a novel osteoanabolic therapy for the treatment of osteoporosis in mice[J]. *Bone*, 2019, 125: 1-7.
- [23] 何跃辉, 陈狄, 高谦, 等. 原发性骨质疏松与 TGF- $\beta_1$ 、CaM、骨代谢指标的相关性分析[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2020, 35(5): 467-469.
- [24] 孙景春, 金辉, 杨雯棋, 等. 骨碎补总黄酮对骨质疏松大鼠骨组织中硬化蛋白表达的影响及其作用机制[J]. *吉林大学学报(医学版)*, 2020, 46(5): 911-916.
- [25] 刘艳伟, 朱东. 低载荷机械振动下细胞骨架及 MAPK 信号通路对成骨细胞增殖影响的实验研究[J]. *医用生物力学*, 2019, 34(S1): 103.
- [26] ZHAI G W, LI A, LIU B F, et al. A meta-analysis of the secondary fractures for osteoporotic vertebral compression fractures after percutaneous vertebroplasty[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2021, 100(16): e25396.
- [27] SENTURK S, UNSAL U U. A new technique that percutaneous endoscopic decompression and vertebroplasty in a patient with osteoporotic vertebral fracture: a case report[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2020, 45(15): E967-E971.
- [28] 王艳, 吴珊红, 戚彪, 等. 振动疗法结合常规康复训练对前交叉韧带重建术后膝关节本体感觉及动态稳定性的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2021, 36(7): 858-862.

(张西倩 编辑)

**本文引用格式:** 刘凯, 郭美玲, 朱婷. 振动疗法对骨质疏松骨折患者骨矿含量、骨钙素及骨折愈合的影响[J]. *中国现代医学杂志*, 2023, 33(15): 8-14.

**Cite this article as:** LIU K, GUO M L, ZHU T. Effect of vibration therapy on bone mineral content, osteocalcin, and fracture healing in patients with osteoporotic fractures[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2023, 33(15): 8-14.