

复合振动仪治疗原发性骨质疏松症的短期临床疗效观察

裴卫卫 陈建庭 郑锦畅 庞广兴

中图分类号: R681 文献标识码: A 文章编号: 1006-7108(2009)09-0657-04

摘要:目的 初步探讨复合振动仪治疗原发性骨质疏松症的有效性。方法 筛选了 70 例骨质疏松志愿者,治疗组 35 例,给予全身复合振动仪治疗,振动强度 0.5~0.8 g,频率 45~55 Hz,每周 3~4 次,每次 30 min,连续治疗 6 个月。对照组 35 例,该组从观察开始到结束,维持原生活规律未作任何治疗。观察两组治疗前后腰椎 L₂₋₄ BMD 及髋部 Neck、大转子 Troch、Wards 三角区骨密度变化情况。结果 6 个月后,治疗组腰椎 L₂₋₄ BMD 及髋部 Neck、大转子 Troch、Wards 三角区骨密度分别平均增长了 6.9%、5.9%、5.9%、6.9%。对照组腰椎 L₂₋₄ BMD 及髋部 Neck、大转子 Troch、Wards 三角区骨密度分别平均降低了 4.7%、4.8%、4.9%、5.1%。两组治疗前后 BMD 的变化差异均有显著性($P < 0.01$)。治疗组和对照组的 BMD 改变差异均有显著性($P < 0.01$)。结论 复合振动仪对原发性骨质疏松症患者的骨密度增加有促进作用。

关键词: 骨质疏松症; 全身复合振动; 骨密度; 治疗

DOI: 10.3969/j.issn.1006-7108.2009.09.008

Short period clinical observation of compound vibration machine on the treatment of osteoporosis PEI

Weiwei, CHEN Jianting, ZHENG Jinchang, et al. Department of Orthopaedic Surgery and Spine, Nanfang Hospital, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China

Abstract: **Objective** To observe the effect of Compound Vibration Machine on the treatment of Osteoporosis.

Methods Seventy volunteers of osteoporosis were selected from a gerocomium and were randomly assigned to a whole body Compound vibration training group (WBCV, n=35) or a control group (CON, n=35). The intervention of WBCV group consisted of an 6-month whole body compound vibration (30 min/day, 4-5 times per week). During the 30-minute vibration program, the platform oscillated in an ascending order from 45 to 55 Hz, corresponding to estimated maximum compound accelerations from 0.5 g to 0.8 g. The CON group did not participate in any training just keeping the normal life as before. Bone mineral density (BMD) was measured at the lumbar 2-4 spine, femoral neck, trochanter, Wards triangle region of hip using DXA at baseline and after the 6-month intervention. **Results** The BMD in WBCV group after 6-months was showed an increase by 6.9% in lumbar 2-4 spine (L₂₋₄), 5.9% in femur neck, 5.9% in trochanter and 6.9% in wards triangle region of the hip, respectively. However, it was decreased by 4.7%, 4.8%, 4.9%, 5.1% correspondingly in CON group. BMD changes in inter-group before and after treatment or between the two groups are significantly different (all $P < 0.01$). **Conclusion** These findings suggest that the whole body compound vibration training may be a feasible and effective way to raise the BMD of Osteoporosis.

Key words: Osteoporosis; Whole body compound vibration; Bone mineral density (BMD); Treatment

骨质疏松症 (osteoporosis, OP)^[1] 是以骨量减少、

骨的微观结构退化为特征的,致使骨的脆性增加以及易于发生骨折的一种全身性骨骼疾病。它是当今影响人们生活的一类常见骨病,是老年患者,尤其是绝经后妇女的常见疾病。近年来物理疗法(力学、电磁学)成为骨质疏松症的防治研究热点^[2-6]。机

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目(06024394)

作者单位: 510515 广州,南方医科大学附属南方医院脊柱骨病科

通讯作者: 陈建庭, Email: chenjt99@sina.com

械振动是力学刺激形式之一 ,相关研究表明 ,振动因具有良好的促进骨形成效应^[7,8] ,是一种新型治疗骨质疏松的模式 ,在防治老年性骨丢失中有广阔的应用前景^[9-12]。本课题采用自行研制的复合振动仪对有骨质疏松症的志愿者进行治疗 ,观察全身复合振动仪对骨质疏松症志愿者的骨密度的影响 ,初步评估其临床应用前景 ,总结如下。

1 资料与方法

1.1 对象

2008 年 9 月至 2009 年 1 月在养老院生活的 70 例骨质疏松志愿者。纳入标准 :参照 WHO 的诊断标准 ,选取志愿者中骨密度 (bone mineral density , BMD) 低于年轻人 BMD 峰值 2.5 个标准差^[13] ,同时伴有或者不伴有骨质疏松症临床症状 ,精神状态好 ,行动灵活方便并可以坚持完成整个实验的志愿者。排除标准 :药物控制下 ,血压高于 160/110 mm Hg 或收缩压小于 90 mm Hg ;有心脑血管病、癫痫及肾结石 ;血栓或过去 6 个月有血栓史 ;体内有植入物或者心脏支架 ;腰椎间盘突出或滑脱、腰椎神经管狭窄或压迫 ;各种手术未愈 ;关节外伤、骨折、肌肉拉伤未愈 ;体弱多病、严重平衡障碍或眩晕 ;患有痛风、类风湿、糖尿病血糖控制欠佳 ,或其他严重影响骨代谢的疾病 ;近一个月内曾服用过治疗骨质疏松药物者或其他影响骨代谢的药物 ;继发性 and 特发性骨质疏松症患者及严重肝肾疾病不适合做复合振动治疗的志愿者。

观察共纳入患者 70 例。其中女性 54 人 ,男性 16 人。女性年龄最高 89 岁 ,最低 52 岁 ,平均 71.5 岁 ,平均绝经年龄 48.9 岁 ,平均身高 150.6 cm ,平均体重 53.5 kg ;男性患者年龄最大 93 岁 ,最小 51 岁 ,平均年龄 72.4 岁 ,平均身高 163.7 cm ,平均体重 60.8 kg。选定的患者在观察期间未接受其他针对骨质疏松症和疼痛的理疗或者药物治疗。

1.2 仪器

选用自制(发明专利公开号 :CN101224159)复合振动仪 ;测量用 XR-46 双能 X 线吸收 BMD 仪 (Lorland)。

1.3 方法

将 70 例骨质疏松志愿者随机分成复合振动组 (WBCV)35 例和对照组 (CON)35 例。WBCV 和 CON 在年龄、身高、体重及体重指数无统计学意义 ($P > 0.05$) ,见表 1。

WBCV 使用复合振动仪连续进行 6 个月的全身

复合振动治疗 ,振动强度 0.5 ~ 0.8 g、频率 45 ~ 55 Hz ,每周 3 ~ 4 次 ,每次 30 min。CON 从观察开始到结束 维持原生活规律未作任何治疗。

表 1 治疗组和对照组基本情况 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	年龄 (岁)	身高 (cm)	体重 (kg)	体重指数 (kg/m ²)
WBCV	35	72.1 ± 12.6	153.8 ± 7.6	53.7 ± 11.3	22.7 ± 4.3
CON	35	71.4 ± 11.1	153.4 ± 8.4	56.6 ± 10.2	24.0 ± 3.6
<i>t</i> 值		0.252	0.209	- 1.120	- 1.306
<i>P</i> 值		0.802	0.835	0.267	0.196

1.4 疗效评估的指标

BMD 测定 :测定前后腰椎 L₂₋₄ BMD 及髋部 Neck、大转部 Troch、Wards 三角区骨密度 ,治疗组、对照组均为间隔 6 个月测定骨密度 ,由专人测定。

1.5 统计学处理

统计方法采用 SPSS 13.0 软件进行分析 ,数据以均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示 ,治疗组和对照组基本情况采用独立样本 *t* 检验分析 ,两组治疗前后均数比较采用配对样本 *t* 检验 ,治疗组与对照组均数比较采用协方差分析 (ANCOVA) , *P* 值均取 0.05 为差异有显著性。

2 结果

实验结束 ,治疗组和对照组各骨密度测定部位治疗前和治疗后比较差异均有显著性 ($P < 0.01$) ,而且治疗组和对照组比较差异亦有显著性 ($P < 0.01$) ,见表 2 ~ 6。

表 2 6 个月后两组各个骨密度测定部位变化率 (%)

组别	例数	L ₂₋₄	Neck	Troch	Wards 区
WBCV	34	6.9	5.9	5.9	6.9
CON	35	- 4.7	- 4.8	- 4.9	- 5.1

表 3 两组腰椎骨密度比较 (g/cm² , $\bar{x} \pm s$)

组别	例数	开始前	6 个月后	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
WBCV	34	0.781 ± 0.147	0.835 ± 0.159	- 8.925 ^a	0.000 ^a
CON	35	0.809 ± 0.124	0.771 ± 0.121	6.601 ^a	0.000 ^a
<i>F</i> 值			118.372 ^b		
<i>P</i> 值			0.000 ^b		

注 :^a 6 个月后两组各自分别与治疗前配对样本 *t* 检验 , $P < 0.01$;^b 6 个月后治疗组和对照组比较的协方差分析 , $P < 0.01$ 。

表 4 两组股骨颈骨密度比较 (g/cm² , $\bar{x} \pm s$)

组别	例数	开始前	6 个月后	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
WBCV	34	0.611 ± 0.127	0.645 ± 0.127	- 9.345 ^a	0.000 ^a
CON	35	0.627 ± 0.111	0.598 ± 0.110	7.427 ^a	0.000 ^a
<i>F</i> 值			136.450 ^b		
<i>P</i> 值			0.000 ^b		

注 :^a 6 个月后两组各自分别与治疗前配对样本 *t* 检验 , $P < 0.01$;^b 6 个月后治疗组和对照组比较的协方差分析 , $P < 0.01$ 。

表 5 两组大转子部骨密度($\text{g}/\text{cm}^2 \bar{x} \pm s$)

组别	例数	开始前	6 个月后	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
WBCV	34	0.509 ± 0.125	0.537 ± 0.126	-10.343 ^a	0.000 ^a
CON	35	0.524 ± 0.116	0.500 ± 0.116	7.820 ^a	0.000 ^a
<i>F</i> 值			156.918 ^b		
<i>P</i> 值			0.000 ^b		

注：^a 6 个月后两组各自分别与治疗前配对样本 *t* 检验，*P* < 0.01；^b 6 个月后治疗组和对照组比较的协方差分析，*P* < 0.01

表 6 两组 Wards 三角区骨密度比较($\text{g}/\text{cm}^2 \bar{x} \pm s$)

组别	例数	开始前	6 个月后	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
WBCV	34	0.414 ± 0.120	0.441 ± 0.123	-10.723 ^a	0.000 ^a
CON	35	0.443 ± 0.114	0.422 ± 0.114	8.359 ^a	0.000 ^a
<i>F</i> 值			176.814 ^b		
<i>P</i> 值			0.000 ^b		

注：^a 6 个月后两组各自分别与治疗前配对样本 *t* 检验，*P* < 0.01；^b 6 个月后治疗组和对照组比较的协方差分析，*P* < 0.01

3 讨论

本研究表明治疗 6 个月后，治疗组腰椎 L₂₋₄ BMD 及髋部 Neck、大转子 Troch、Wardps 三角区骨密度均有不同程度的提高，对照组相应的有不同程度的下降，无论是两组分别治疗前后比较还是治疗组和对照组比较差异均有显著性，这就提示：复合振动仪对 OP 志愿者骨密度的增加有促进作用。

机械振动是力学刺激形式之一，振动因具有良好的促进骨形成效应^[7,8]已被众多研究所证明，但振动频率及振动强度影响振动成骨效果。目前国内对外对振动频率和振动强度的研究因实验方法及实验模型不同，得出的结论有很大区别^[14-24]。其中 Oxlund 等^[19]分别采用 1.7 Hz (0.5 g)、30 Hz (1.5 g)、45 Hz (3.0 g) 3 种频率，对去卵巢 1 年后的大鼠进行振动训练，结果发现 3 种频率的刺激都能促进骨形成，但 45 Hz 频率促进骨形成、抑制骨吸收以及保持骨的生物力学性能的作用最显著。Rubin 等^[6,21]动物实验证实绵羊每天 20 min 的 0.3 g ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$)、30 Hz 振动 1 年后骨股近段松质骨密度增加 34.2%，与对照组差异有显著性，而且振动对骨组织影响远远低于损伤水平。其后的临床研究也证实振动可以安全、有效的预防绝经后骨丢失。而且本实验前期由查丁胜等^[20]研究的细胞学实验显示将振动强度 0.5 g (g 为加速度)，不同频段 3 ~ 10、15 ~ 30、25 ~ 45、50 ~ 80 和 80 ~ 100 Hz 振动应变分别作用于成骨细胞，发现振动应变促进成骨细胞增殖及分化的最佳频率为 15 ~ 45 Hz；前期由邓轩赓等^[24]研究的复合振动预防去势大鼠骨质疏松的动物学实验显示：振动频率为 45 ~ 55 Hz 时增加去势 SD 大鼠腰椎骨

密度最为明显，故本实验采用 45 ~ 55 Hz 作为振动频率，0.5 ~ 0.8 g 作为振动强度，每次 30 min 的实验参数进行实验。

本研究采用自行研制的复合振动仪，其主要特点在垂直正弦振动基础上增加了小幅随机多轴运动装置，与垂直振动相比较，其优点在于：①复合振动时，站立于振动平台上的人体处于轻微的不平衡状态，使用者在被动振动的同时主动姿势调节维持身体平衡，从而强化了神经-肌肉系统的参与和锻炼，在一定程度上维持或加强人体的平衡能力和反应的敏捷性，可能有助于降低非暴力跌倒的几率；②复合振动时人体反复不间断的姿态调节增加了肌肉的收缩，加大了对骨组织的力学刺激，同时通过主动肌肉收缩锻炼对人体体质可能有一定促进作用；③由于平台的不稳定，使用者关节处于紧张、直立姿势，避免了单纯垂直振动人体容易懈怠而关节松弛或屈曲，有效地维持了振动传递率^[25]；④已知振动成骨作用取决于应变环境的不同参数如应变数量、应变速率、应变强度、应变方向和应变分布^[26,27]；复合振动使组织应变的空间性发生改变，可能更有利于成骨，使降低振动强度成为可能。

目前对振动的成骨作用机制并不是十分清楚。主要有肌动力学说、骨血灌注增加学说。国内外的研究^[22-28]比较认同的是振动所至 BMD 的增加不是振动干预抑制了骨吸收，作者认为可能是振动干预扭转了骨钙负平衡形成了正性平衡，振动对 BMD 的正性作用也可能是局部作用的结果。另外 Rubin 等^[29]推测骨对高频刺激的适应反应可能是高频应变信号的旁作用，诸如液体流动的剪切应力增加刺激成骨作用的结果。宏观上一定的振动可以显著增加外周和全身血供及外周淋巴回流^[30]，为成骨提供有利条件。

整个观察实验期间治疗组 1 名志愿者中途因内科疾病住院而弃治疗出现的骨密度继续降低的问题，原因可能为无效，或者有一定疗效，而疗效仅仅体现在原有骨量丢失速度的减缓，而尚未能够实现逆转或其住院期间接受其他药物治疗引起药物性骨质疏松。但是，由于样本例数过少，而且缺乏远期疗效评估，所以不能否认复合振动仪治疗 OP 的疗效，其骨密度的影响如何尚需要进一步的实验来验证。

综上所述，本研究在前期细胞实验和动物实验基础上进一步证明了复合垂直振动具有成骨效应，可以提高 OP 患者的骨密度。但本实验也存在一些不足之处：①样本量不大，使结果说服力减弱；②考

虑到志愿者能长期坚持治疗选择了人群集中的养老院,年龄选择可能偏大。今后进一步扩大样本量、降低年龄组继续研究,同时继续详细阐明振动刺激对骨作用的机制,使其能成为一种简单、经济的OP治疗方式。

【参 考 文 献】

- [1] Kanis JA, Melton LJ, Christiansen C, et al. The diagnosis of osteoporosis. *J Bone Miner Res*, 1994, 9 :1137-1141.
- [2] Xiong Qian, Zhao Xue. Effects of low frequency pulsed electromagnetic fields on patients with osteoporosis. *Jiangxi Medi J*, 2007, 42(03):196-197(in Chinese).
- [3] Qin Yin, Li Ling, Zhang Yuanju. Clinical observation of low frequency pulse electromagnetic field on treatment of osteoporosis. *Chin J Bone Tumor & Bone Disease*, 2007, (6): 348-349(in Chinese).
- [4] Yang Lin, Lei Zhongjie, He Chengqi. Clinical observation of low-frequency pulse electromagnetic field on treatment of osteoporosis. *Chin J Osteoporos* 2006, 12(6):592-594(in Chinese).
- [5] Robling AG, Hinant FM, Burr DB, et al. Shorter, more frequent mechanical loading sessions enhance bone mass. *Med Sci Sports Exerc* 2002, 34(2):196-202.
- [6] Rubin C, Turner AS, Bain S, et al. Low mechanical signals strengthen long bones. *Nature* 2001, 412 :603-604.
- [7] Jordan J. Good vibrations and strong bones? *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2005, 288(3):555-556.
- [8] Rittweger J, Just K, Kautzsch K, et al. Treatment of chronic lower back pain with lumbar extension and whole-body vibration exercise : a randomized controlled trial. *Spine* 2002, 27(17):1829-1834.
- [9] NSBRI Bone Loss Team Strategic Plan. [2003] [http://www.nsbri.org/research/strategic plans/bone loss](http://www.nsbri.org/research/strategic%20plans/bone%20loss).
- [10] Judex S, Boyd S, Qin YX, et al. Adaptations of trabecular bone to low magnitude vibrations result in more uniform stress and strain under load. *Ann Biomed Eng* 2003, 31(1):12-20.
- [11] Rubin CT, Sommerfeldt DW, Judex S, et al. Inhibition of osteopenia by low magnitude, high-frequency mechanical stimuli. *Drug Discov Today* 2001, 6(16):848-858.
- [12] Rubin C, Recker R, Cullen D, et al. Prevention of postmenopausal bone loss by a low-magnitude, high-frequency mechanical stimuli : a clinical trial assessing compliance, efficacy, and safety. *J Bone Miner Res* 2004, 19(3):343-351.
- [13] Claude DA, Claus C, Steven R, et al. Consensus Development Conference :Diagnosis, prophylaxis and treatment of osteoporosis. *Am J Med* 1993, 94 :646-650.
- [14] Xie L, Jacobson JM, Choi ES, et al. Low-level mechanical vibrations can influence bone resorption and bone formation in the growing skeleton. *Bone* 2006, 39(5):1059-1066.
- [15] Tanaka SM, Li J, Duncan RL, et al. Effects of broad frequency vibration on cultured osteoblasts. *J Biomech* 2003, 36(1):73-80.
- [16] Nagatomi J, Arulananandam BP, Metzger DW, et al. Frequency and duration dependent effects of cyclic pressure on select bone cell functions. *Tissue Eng*, 2001, 7(6):717-728.
- [17] Gilsanz V, Wren TA, Sanchez M, et al. Low-level, high-frequency mechanical signals enhance musculoskeletal development of young women with low BMD. *J Bone Miner Res* 2006, 21(9):1464-1474.
- [18] Rubin CT, Sommerfeldt DW, Judex S, et al. Inhibition of osteopenia by low magnitude, high-frequency mechanical stimuli. *Drug Discov Today*, 2001, 6(16):848-858.
- [19] Oxlund BS, Ortoft G, Andreassen TT, et al. Low-intensity, high-frequency vibration appears to prevent the decrease in strength of the femur and tibia associated with ovariectomy of adult rats. *Bone*, 2003, 33(1):69-77.
- [20] Zha Dingsheng, Chen Jianting, Deng Xuandeng, et al. Effects of different frequency of vibration strain on proliferation and differentiation potency in osteoblast *in vitro*. *Chin J Osteoporos* 2008, 14(05):303-307(in Chinese).
- [21] Rubin C, Recker R, Cullen D, et al. Prevention of postmenopausal bone loss by a low-magnitude, high-frequency mechanical stimuli : a clinical trial assessing compliance, efficacy, and safety. *J Bone Miner Res* 2004, 19(3):343-351.
- [22] Verschueren SM, Roelants M, Delecluse C, et al. Effect of 6-month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women : a randomized controlled pilot study. *J Bone Miner Res* 2004, 19(3):352-359.
- [23] Torbinen S, Kannus P, Siebenan H, et al. Effect of 8-month vertical whole body vibration on bone, muscle performance, and body balance : a randomized controlled study. *J Bone Miner Res* 2003, 18(5):876-884.
- [24] Chen Jianting, Deng Xuangeng, Feng Ying, et al. Preliminary experimental study on the effect of compound vibration on ovariectomized SD rats with osteoporosis. *Chin J Gerontology*, 2008, 23(09):842-844(in Chinese).
- [25] Clinton R, Malcolm P, Chris F, et al. Transmissibility of 15-hertz to 35 - hertz vibrations to the human hip and lumbar spine : determining the physiologic feasibility of delivering low-level anabolic mechanical stimuli to skeletal regions at greatest risk of fracture because of osteoporosis. *Spine* 2003, 28(23):2621-2627.
- [26] Rubin CT, Lanyon LE. Regulation of bone formation by applied dynamic loads. *J Bone Joint Surg Am* 1984, 66(3):397-402.
- [27] Rubin CT, Lanyon LE. Regulation of bone mass by mechanical strain magnitude. *Calcif Tissue Int*, 1985, 37(4):411-417.
- [28] Iwamoto J, Takeda T, Sato Y, et al. Effect of whole-body vibration exercise on lumbar bone mineral density, bone turnover, and chronic back pain in post-menopausal osteoporotic women treated with alendronate. *Aging Clin Exp Res* 2005, 17(2):157-163.
- [29] Rubin C, Turner AS, Mallinckrodt C, et al. Mechanical strain, induced noninvasively in the high frequency domain, is anabolic to cancellous bone, but not cortical bone. *Bone*, 2002, 30(3):445-521.
- [30] Stewart JM, Karman C, Montgomery LD, et al. Plantar vibration improves leg fluid in perimenopausal women. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 2005, 288(5):623-629.

(收稿日期 2009-06-02)