

高频全身振动训练及停练后对老年女性骨密度的影响

巴洪冰¹ 程亮^{2*}

1. 阿坝师范学院, 四川 水磨镇 623002

2. 四川省运动技术学院, 四川 成都 610041

中图分类号: R445 文献标识码: A 文章编号: 1006-7108(2017) 04-0428-04

摘要: **目的** 探讨 24 周高频全身振动训练及停练 8 周后对老年女性骨密度(BMD)的影响,为预防老年人骨质疏松症提供依据。**方法** 61 名 60~70 岁健康老年女性随机分成振动组(30 例)和对照组(31 例)。采用美国 Power-Plate 振动仪进行 24 周(3 次/周,20 分钟/次,频率 20~35 Hz,振幅 3 mm)的无负重全身振动训练。测试 0 周、24 周和 32 周所有受试者股骨近端 BMD。**结果** 1)24 周后振动组大转子和 Ward's 三角区 BMD 显著增大($P < 0.05$),且显著大于对照组($P < 0.05$);2)与 0 周相比,停练 8 周后振动组大转子 BMD 显著增大($P < 0.05$)且显著大于对照组($P < 0.05$)。**结论** 高频全身振动训练能改善老年女性股骨近端 BMD,但对股骨颈 BMD 影响不明显,停练 8 周后对大转子 BMD 提高仍起到维持作用。

关键词: 全身振动训练;老年人;骨密度;停练

Effects of high frequency vibration training and stop training on bone mineral density in elderly women

BA Hongbing¹, CHENG Liang^{2*}

1. Aba Teachers University, Shuimo 623002, China

2. Sichuan Sports Skills Institute, Chengdu 610041, China

Corresponding author: CHENG Liang, Email: xuelilantian@163.com

Abstract: **Objective** To investigate the effects of 24 weeks high frequency vibration training on bone mineral density (BMD) and to evaluate if the effects are maintained 8 weeks after stop training, with the aim of providing evidence for the prevention of osteoporosis in the elderly. **Methods** 60~70 years old women ($n=61$) were randomly divided into two groups: vibration group ($n=30$) and control group ($n=31$). 24 weeks (3 times/week, 20 min/time, Frequency 20~35 Hz, amplitude 3 mm) without weight bearing whole body vibration training were given to the vibration group. Proximal femur BMD was tested at week 0, 24 and 32. **Results** 1) At 24 weeks, vibration group's greater trochanter and Ward's triangle BMD increased significantly ($P < 0.05$); and was significantly greater than that of the control group ($P < 0.05$); 2) 8 weeks after stop training, vibration group's BMD significantly increased at the greater trochanter ($P < 0.05$), which was significantly greater than that of the control group ($P < 0.05$). **Conclusion** High frequency whole body vibration training can improve the BMD of the proximal femur in elderly women, but the effect on BMD of the femoral neck is not obvious. After the training stopped for 8 weeks, the BMD of the greater trochanter was still maintained.

Key words: Whole-body vibration training; Elderly; Bone mineral density; Stop training

研究发现随着年龄的增加,人体肌肉组织流失,进而导致肌肉力量和关节功能的衰退,甚至发生骨质疏松症^[1]。学者报道,有规律的运动或抗阻训练能有效改善骨质结构^[2-3],另外,适宜的全身振动训练(whole-body vibration training, WBVT)也能提高人

体 BMD,与运动或抗阻训练方式相比,WBVT 更适合运动功能丧失、有认知功能障碍或不习惯运动的人群^[4]。普遍的观点认为高频 WBVT 对人体 BMD 的提高优于低、中频,他们选择的振动频率分布在 20~40 Hz、振幅分布在 2~5 mm^[5-8]。遗憾的是,停止 WBVT 后对受试者的 BMD 有何影响缺乏文献报道。鉴于此,为了进一步验证和弥补现有研究的不足,本研究在前期研究基础上^[1],假设停止 WBVT 8

基金项目:四川省教育厅项目(16ZB0385)

* 通讯作者:程亮,Email: xuelilantian@163.com

周后对受试者 BMD 仍有积极影响。拟通过对绝经老年女性进行 24 周无负重的 WBVT,探讨停练 8 周后股骨近端 BMD 的变化,为社区、老年机构开展全身振动训练改善老年人 BMD 提供依据,将丰富预防老年人骨质疏松症的理论。

1 对象和方法

1.1 对象

2015 年 6 月,通过走访我校周边大型公园、社区以及我市养老机构,募集 68 例 60~70 岁健康老年女性。纳入标准:①通过健康体检;②签订知情同意书;③无特别健身爱好;④绝经,近 2 年未服用雌激素药物。排除标准:①有骨质疏松症;②体内有植入物或心脏支架、心脏起搏器;③有运动障碍、癫痫病及帕金森症状。在实验前 4 周有 7 例因家庭、个人原因离开(流失率 10.3%),最终 61 例受试者完成整个实验过程。随机分成振动组(30 例,年龄 64.8 ± 4.5 岁,身高 157.8 ± 7.2 cm,体重 57.0 ± 8.2 kg, BMI = 22.9 ± 2.1 kg/m²)和对照组(31 例,年龄 65.1 ± 3.9 岁,身高 158.0 ± 8.6 cm,体重 56.4 ± 7.9 kg, BMI = 22.6 ± 1.9 kg/m²),组间年龄、身高、体重和 BMI 差异无统计学意义。

1.2 方法

1.2.1 全身振动训练:本研究的振动频率和振幅借鉴前期研究^[1]和林长地^[4]的方案,频率为 20~35 Hz、振幅为 3 mm。实验配备 5 台 Power-Plate 振动仪(美国产),由实验人员进行指导,振动组进行为期 24 周(2015 年 7 月至 12 月,每周 3 次,每次约 20

min,下午 16:00~18:30)的 WBVT。借鉴巴洪冰^[1]的实验方案,振动组受试者在振动仪开启状态下完成半蹲、深蹲、提踵和单腿蹲 4 个动作(5 组、每组 10~12 次,组间休息 30 s)。振动仪处在关闭状态下,对照组完成实验组相同的动作。整个实验周期两组受试者保持原先的生活习惯,每隔 4 周有实验人员对受试者进行电话回访,纪录她们的生活情况。

1.2.2 骨密度测试:运用 Norland 产 XR~46 型双能 X 线骨密度仪,在 0 周、24 周和 32 周(停练 8 周)对所有受试者优势侧股骨近端的 BMD 进行测试,包括股骨颈、Ward's 三角区和大转子。被测试部位需进行 5 次无折返连续扫描,股骨颈和大转子误差系数为 1%~2%,Ward's 三角区误差系数为 2.5%~5%^[1]。

1.2.3 数据统计:采用 SPSS 18.0 对两组受试者测试数据进行平均值 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)处理,组内用单因素方差分析,组间用独立样本 *t* 检验,显著水平 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

对受试者进行 24 周 WBVT 干预,及停练 8 周后,测试结果如下。(1)0 周:振动组和对照组股骨近端 BMD 基线数据无显著差异($P > 0.05$);(2)24 周与 0 周:振动组大转子和 Ward's 三角区 BMD 显著增大($P < 0.05$);振动组大转子和 Ward's 三角区 BMD 显著大于对照组($P < 0.05$);(3)32 周与 0 周:振动组大转子 BMD 显著增大($P < 0.05$);振动组大转子 BMD 显著大于对照组($P < 0.05$)。见表 1。

表 1 受试者股骨近端骨密度结果($\bar{x} \pm s$)

Table 1 Proximal femur BMD of the study participants($\bar{x} \pm s$)

BMD (g/cm ²)	振动组(30 例)			对照组(31 例)		
	0 周	24 周	32 周	0 周	24 周	32 周
左股骨颈	0.79 $\pm$ 0.19	0.82 $\pm$ 0.26	0.81 $\pm$ 0.20	0.79 $\pm$ 0.18	0.80 $\pm$ 0.26	0.80 $\pm$ 0.29
大转子	0.65 $\pm$ 0.17	0.73 $\pm$ 0.22**	0.72 $\pm$ 0.19**	0.65 $\pm$ 0.13	0.66 $\pm$ 0.17	0.64 $\pm$ 0.24
Ward's 三角	0.61 $\pm$ 0.10	0.69 $\pm$ 0.18**	0.66 $\pm$ 0.27	0.59 $\pm$ 0.15	0.61 $\pm$ 0.21	0.62 $\pm$ 0.30

注:24 周与 0 周组内比较,* $P < 0.05$;24 周与 0 周组间比较,* $P < 0.05$;32 周与 0 周组内比较,* $P < 0.05$;32 周与 0 周组间比较,* $P < 0.05$

Note: From 0 to 24 weeks within group comparison * indicates $P < 0.05$; from 0 to 24 weeks between group comparison * $P < 0.05$; from 0 to 32 weeks within group comparison * $P < 0.05$; from 0 to 32 weeks between group comparison * $P < 0.05$.

3 讨论

预防老年人骨质疏松症的发生、提高生活质量十分有必要。目前已有学者报道定期的高频 WBVT 能提高老年人的 BMD^[8-11],但是停止 WBVT 练习

后对 BMD 有何影响尚无文献报道。本研究对老年女性进行 24 周的高频 WBVT,并分析停练 8 周后股骨近端 BMD 的变化,将进一步拓展 WBVT 对人体 BMD 影响的理论。结果显示:24 周后振动组大转子和 Ward's 三角区 BMD 显著增大($P < 0.05$);停练

后(相比 0 周基线数据)振动组大转子 BMD 显著增大($P < 0.05$),停练后振动组大转子 BMD 仍显著大于对照组($P < 0.05$)。本研究验证了部分假说,停止 WBVT 8 周后对受试者 BMD 仍有积极影响。

前人研究发现,当受试者进行 WBVT 时,会刺激到人体更多的感受器,激活了更多的运动单位并提高肌纤维募集的能力,进而促进神经递质的分泌、刺激肌腱^[4],这对人体受振动刺激部位肌力的改善有积极作用。而肌肉收缩会对骨骼产生压力负荷,成骨细胞的活性和骨的生成会通过压电效应增强,因此增加肌力能促进成骨生长,优化骨骼结构,进而增加骨强度和 BMD^[1]。目前有“肌动力”和“骨血灌注增加”两种学说解释 WBVT 能改善 BMD。Fritton^[9]认为年龄增加后肌肉出现萎缩,弱化了“低值高频”的力学刺激,骨质结构发生了变化。“肌动力”学说认为 WBVT 触发了肌肉发放“低值高频”的力学刺激,因此骨组织不断受到刺激。与此同时,Salai^[10]也认为 WBVT 能有效促进这种力学刺激,使肌肉进行了不随意的收缩、产生了牵张反射,对骨组织反复刺激进而引起 BMD 的变化。另外,“骨血灌注增加”学说认为 WBVT 改变了人体骨组织中的血流量,引起骨血灌注的增加。Huang^[11]认为 WBVT 会刺激受试者 IIa 型肌纤维收缩,有利于骨血灌注,促进骨生长、抑制骨量丢失。Stewart^[12]发现 WBVT 增加了受试者胸部、骨盆和小腿血流量,分别提高了 20%、26% 和 30%,该研究认为 WBVT 改变了受试者腿部血液动力学,产生高压,增加了外周淋巴和静脉引流量,引起骨血流灌注增加,进而改变了 BMD。

一系列研究证实了高频 WBVT 对老年人 BMD 有积极影响,Russo^[13]对 29 名老年女性进行 24 周的 WBVT(频率 28 Hz,振幅 2 mm)显示虽然对股骨近端(大转子)和腰椎 BMD 有显著影响,但对股骨颈 BMD 无显著变化。同时,巴洪冰^[1]也持相同的观点,认为 24 周的 WBVT(频率 20 ~ 35 Hz、振幅 3 mm)显著提高了老年女性 Ward's 三角区和大转子 BMD,而对股骨颈 BMD 无显著影响。也有学者持不同的观点,Ruan^[5]认为 24 周 WBVT(频率 30 Hz,振幅 5 mm)显著增加了老年女性股骨近端 BMD。本研究与 Russo^[13]和巴洪冰^[1]的结论一致,造成结果的差异,推测可能与采取的振动频率和振幅不同有关,提示论证不同的振动频率和振幅对 BMD 影响将是后续研究方向之一。

目前针对老年群体进行 WBVT 停练后 BMD 的

变化尚无文献报道。但在运动停练后对人体 BMD 的影响已有讨论,一项对 55 ~ 70 岁女性进行快走、慢跑和爬楼梯锻炼(36 周,每周 3 次)并分析在停练 42 周后 BMD 变化的研究,显示实验组骨矿物质含量出现显著下降(停练 42 周与 36 周比较),且只比 0 周时多 1.1%,作者认为持续运动有利于骨量的维持^[14]。鉴于此,我们推测停止 WBTV,增加的骨密度可能会再度丢失,本研究在 WBVT 停练 8 周后对受试者进行了跟踪分析,结果显示对大转子 BMD 提高仍能维持,但 Ward's 三角区 BMD 出现下降,提示不间断的持续 WBTV 对 BMD 的维持有积极作用。但本研究存在局限性,因受实验条件限制未能更加细化停练时间,如每隔 4 周来探讨停练对 BMD 的影响,未能比较与其他抗阻训练对 BMD 影响的差异,将是后续讨论的方向。

综上所述,24 周高频 WBTV 提高了老年女性股骨近端 BMD,对股骨颈 BMD 无显著变化。建议在老年社区增加全身振动训练仪,对有运动障碍或不习惯运动的人群提高 BMD 预防骨质疏松症有积极的意义。另外,本研究初步证实了 WBTV 停练 8 周后,对大转子 BMD 的维持仍有积极作用。

【参 考 文 献】

- [1] 巴洪冰,程亮. 全身振动训练对老年女性骨密度的影响[J]. 中国骨质疏松杂志, 2016, 22(3): 340-342.
Ba H B, Cheng L. Effects of whole body vibration training on bone mineral density in older women [J]. Chinese Journal of Osteoporosis, 2016, 22(3): 340-342. (in Chinese)
- [2] Hinton P S, Nigh P, Thyfault J. Effectiveness of resistance training or jumping-exercise to increase bone mineral density in men with low bone mass: A 12-month randomized, clinical trial [J]. Bone, 2015, 79: 203-212.
- [3] Tsang W W N, Hui-Chan C W Y. Comparison of muscle torque, balance, and confidence in older tai chi and healthy adults [J]. Med Sci Sports Exerc, 2005, 37(2): 280-289.
- [4] 林长地,程亮,林晔. 全身振动训练对老年女性平衡能力和下肢关节肌力的影响[J]. 首都体育学院学报, 2015, 27(6): 572-576.
Lin Z D, Cheng L, Lin X. Effects of whole-body vibration exercise on balance ability and lower extremity muscle strength in elderly women [J]. Journal of Capital University of Physical Education and Sports, 2015, 27(6): 572-576. (in Chinese)
- [5] Clinton R, Robert R, Diane C, et al. Prevention of postmenopausal bone loss by a low-magnitude, high-frequency mechanical stimuli: a clinical trial assessing compliance, efficacy, and safety [J]. J Bone Miner Res, 2004, 19(3): 343-351.

(下转第 463 页)

- [5] 席焕久,陈昭. 人体测量方法[M]. 第2版. 科学出版社, 2010;10.
Xi HJ, Chen Z. Anthropometric method [M]. (Version 2). Science Press, 2010;10. (in Chinese)
- [6] 白静雅,海向军,汪玉堂,等. 蒙古族大学生骨质状况及其相关影响因素分析[J]. 解剖学报, 2016, 47(4): 551-556.
Bai JY, Hai XJ, Wang YT, et al. The investigation of bone situation and correlated influencing factors in Mongolian undergraduate students[J]. AAS, 2016, 47(4): 551-556. (in Chinese)
- [7] 钟斌,浦洪琴,罗姮等. 广西壮族女大学生亚健康状态和年龄对跟骨骨密度的影响[J]. 中国妇幼保健, 2013, 28(5): 755-757.
Zhong B, Fu HQ, Luo Y, et al. Effects of sub-health state and age of female university students of Zhuang nationality on bone mineral density of calcaneus in Guangxi Zhuang Autonomous Region[J]. Maternal and Child Health Care of China, 2013, 28(5): 755-757. (in Chinese)
- [8] 钟斌,方晓燕,莫颂铁,等. 亚健康状态对广西民族地区医学生跟骨骨密度的影响[J]. 中国骨质疏松杂志, 2015, 21(3): 333-341.
Zhong B, Fang XY, Mo SY, et al. Effect of sub-health state on bone mineral density of the calcaneus in medical students in Guangxi minority areas. Chinese Journal of Osteoporosis, 2015, 21(3): 333-341. (in Chinese)
- [9] 白静雅,何焯,海向军,等. 回族大学生骨密度和体成分的变化特点[J]. 解剖学报, 2015, 46(3): 410-414.
Bai JY, He Y, Hai XJ, et al. Investigation of the characteristics of bone density and body composition in Hui university students [J]. AAS, 2015, 46(3): 410-414. (in Chinese)
- [10] 殷明月,聂四平. 贵阳地区体育与非体育专业大学生[J]. 中国骨质疏松杂志, 2008, 14(1): 55-57.
Yin MY, Nie SP. Comparison study of ultrasound calcaneus strength index of physical and non-physical college students in Guiyang [J]. Chinese Journal of Osteoporosis, 2008, 14(1): 55-57. (in Chinese)
- [11] Ferrari SL. Osteoporosis is a complex disorder of aging with multiple genetic and environmental determinants[J]. World Rev Nutr Diet, 2005, 95: 35-51.
(收稿日期: 2016-11-13, 修回日期: 2016-12-04)

(上接第430页)

- [6] Gusi N, Raimundo A, Leal A. Low-frequency vibratory exercise reduces the risk of bone fracture more than walking: a randomized controlled trial[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2006, 7(8): 782-782.
- [7] Lai C L, Tseng S Y, Chen C N, et al. Effect of 6 months of whole body vibration on lumbar spine bone density in postmenopausal women: a randomized controlled trial [J]. Clin Interv Aging, 2001, 27(1): 201-215.
- [8] Ruan X Y, Jin F Y, Liu Y L, et al. Effects of vibration therapy on bone mineral density in postmenopausal women with osteoporosis [J]. Chinese Medical Journal, 2008, 121(13): 1155-1158.
- [9] Fritton J C, Rubin C T, Qin Y X, et al. Whole-body vibration in the skeleton: development of a resonance-based testing device [J]. Ann Biomed Eng, 1997, 25(5): 831-839.
- [10] Saila T, Pekka K, Harri S, et al. Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance [J]. Med Sci Sports Exerc, 2002, 34(9): 1523-1528.
- [11] Huang R P, Rubin C T, Mcleod K J. Changes in postural muscle dynamics as a function of age [J]. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 1999, 54(8): 352-357.
- [12] Stewart J M, Karman C, Montgomery L D, et al. Plantar vibration improves leg fluid flow in perimenopausal women [J]. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol, 2005, 288(3): 623-629.
- [13] Russo C R, Lauretani F, Bandinelli S, et al. High frequency vibration training increases muscle power in postmenopausal women [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2003, 84(12): 1854-1857.
- [14] Zhao R, Zhao M, Xu Z. The effects of differing resistance training modes on the preservation of bone mineral density in postmenopausal women: a meta-analysis [J]. Osteoporos int, 2015, 26(5): 1605-1618.
(收稿日期: 2016-09-26, 修回日期: 2016-11-05)