

· 临床研究 ·

全身振动训练对骨质疏松患者平衡功能及跌倒效能的影响

孙振双 曹留拴 邹丽丽 喻海洋 张留影 王昌 蔡西国

河南省人民医院, 郑州大学人民医院, 河南大学人民医院康复医学科, 郑州 450003

通信作者: 蔡西国, Email: caixiguo888@163.com

【摘要】 目的 观察全身振动(WBV)训练对骨质疏松(OP)患者平衡功能及跌倒效能的影响。**方法** 采用随机数字表法将 60 例 OP 患者分为观察组及对照组, 每组 30 例。2 组患者均常规口服药物(钙尔奇 D3 片), 观察组在此基础上辅以平衡训练及 WBV 训练, 对照组则辅以平衡训练。于治疗前、治疗 8 周后分别采用静态平衡测试、Berg 平衡量表(BBS)、起立-行走计时测试(TUGT)及跌倒效能量表(FES-I)对 2 组患者静态、动态平衡功能、跌倒效能情况进行评估。**结果** 干预后 2 组患者各项静态稳定参数、BBS 评分、TUGT 计时及 FES-I 评分均较干预前明显改善($P < 0.05$); 并且观察组患者各项静态稳定参数、BBS 评分[(49.93±2.08)分]、TUGT 计时[(7.50±0.74)s]及 FES-I 评分[(23.03±2.87)分]亦显著优于对照组水平($P < 0.05$)。**结论** WBV 训练可改善 OP 患者平衡运动控制能力, 减轻其跌倒恐惧心理, 该疗法值得临床推广、应用。

【关键词】 全身振动; 平衡; 骨质疏松; 跌倒**基金项目:** 河南省卫生健康委省部共建项目(SB201903017); 河南省医学科技攻关计划联合共建项目(LHGJ20220030)**Funding:** Provincial and Ministerial Co-construction Projects of Henan Provincial Health Commission (SB201903017); Joint Construction Project of Henan Medical Science and technology research plan(LHGJ20220030)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.10.011

骨质疏松(osteoporosis, OP)是一种好发于绝经后女性的老年代谢性疾病, 因骨脆性增加易发生骨折、疼痛、脊柱变形等, 严重影响患者的运动能力及日常生活^[1]。OP 患者最严重的并发症是骨折, 如骨质疏松性髋部骨折病死率高达 30%^[2]。跌倒是 OP 患者发生骨折的主要危险因素, 因此早期干预以预防 OP 患者跌倒具有重要临床意义^[3-4]。平衡训练常被作为 OP 患者的跌倒防治策略^[4], 在改善患者平衡功能方面具有一定疗效。全身振动(whole body vibration, WBV)训练是一种成本较低的 OP 防治康复手段, 目前正逐渐应用于 OP 患者康复干预领域。基于此, 本研究联合采用 WBV 训练及平衡训练治疗 OP 患者, 并观察对其平衡功能、身体活动能力及跌倒风险的影响, 发现康复疗效满意。

对象与方法

一、研究对象

患者纳入标准包括: ①均符合《原发性骨质疏松症诊疗指南(2017)》关于 OP 的诊断标准^[1]; ②为社区女性居民(独立生活), 年龄 50~76 岁, 近 1 年有跌倒史且未进行规律运动锻炼及康复训练, 能独立在社区内行走; ③患者对本研究知晓并签署知情同意书。患者排除标准包括: ①由各种原因引起的继发性 OP、严重脊柱疾病或骨折等; ②存在视野缺损、偏侧忽略、共济失调、疼痛等影响平衡功能的疾病; ③患有严重的心脏、肺或骨骼系统等疾病; ④存在认知障碍或精神异常等。患者脱落标准包括: ①干预期间出现影响结果的情况, 如突发疾病、肌肉骨骼疼痛、跌倒损伤等; ②不能配合训练或主动退出等。本研究同时经河南省人民医院伦理委员会审批[(2020)新技术伦审第(108号)]。

选取 2020 年 6 月至 2021 年 4 月期间在河南省人民医院门诊就诊且符合上述入选标准的 OP 患者 60 例, 采用随机数字表

法将其分为观察组及对照组, 每组 30 例。2 组患者年龄、身高、体重、体重指数(body mass index, BMI)等一般资料情况(详见表 1)经统计学比较, 发现组间差异均无统计学意义($P > 0.05$), 具有可比性。

表 1 入选时 2 组患者一般资料情况比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	年龄(岁)	身高(cm)	体重(kg)	BMI (kg/m ²)
观察组	30	62.6±6.2	160.2±5.3	60.0±6.5	23.4±2.4
对照组	30	63.1±5.8	159.8±5.2	60.8±7.4	23.7±2.3

二、治疗方法

入选后 2 组患者均给予 1 次骨质疏松及预防跌倒相关知识宣教, 2 组患者均常规服用惠氏制药有限公司生产的钙尔奇 D3 片(国药准字 H20110006, 每片含钙 600 mg, 维生素 D3 125 国际单位), 每次 1 片, 每天 1 次。

观察组患者在此基础上辅以平衡训练及 WBV 训练, 平衡训练方法如下^[5]: 患者先进行热身运动, 包括步行热身、对上、下肢及头颈肩部进行伸展训练; 通过椅子上起坐、扶墙蹲起、站立位侧抬腿等动作练习下肢力量, 训练 15~20 s 为 1 组, 每个动作练习 4 组; 通过单腿站、脚尖对脚跟行走、四向走、抬腿跨步、俯身捡物等动作练习平衡能力, 训练 15~30 s 为 1 组, 每个动作练习 4 组。根据患者个体情况循序渐进增加训练难度, 每次训练约 30 min, 隔日训练 1 次, 每周训练 3 次, 连续训练 8 周。WBV 训练选用 Galileo Med M 型立式振动训练系统(德国产), 要求患者赤脚站在 WBV 振动平台上, 双脚与肩同宽, 双腿略弯曲, 膝关节屈曲角度为 40°, 腹部肌肉收缩, 双手置于扶手上, 头部直立。治疗师首先设置振动频率为 5 Hz, 振幅 4 mm, 振动 30 s 后休息 30 s; 待患者适应后治疗师再将振动频率设置为 10 Hz,

表 2 干预前、后 2 组患者静态平衡功能比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	左右方向运动速度(mm/s)		前后方向运动速度(mm/s)	
		干预前	干预后	干预前	干预后
观察组	30	13.83±3.05	11.20±2.50 ^{ab}	14.53±3.49	11.23±2.34 ^{ab}
对照组	30	13.63±3.01	12.47±2.26 ^a	14.73±3.34	12.70±2.55 ^a

组别	例数	重心轨迹运动长度(mm)		重心轨迹运动面积(mm ²)	
		干预前	干预后	干预前	干预后
观察组	30	539.47±144.85	449.43±105.83 ^{ab}	727.53±174.43	604.17±122.94 ^{ab}
对照组	30	541.50±128.93	509.57±115.67 ^a	732.33±159.26	677.97±150.21 ^a

注:与组内干预前比较,^a $P<0.05$;与对照组干预后比较,^b $P<0.05$

表 3 干预前、后 2 组患者 BBS 及 TUGT 比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	BBS 评分(分)		TUGT 计时(s)	
		干预前	干预后	干预前	干预后
观察组	30	45.87±3.27	49.93±2.08 ^{ab}	8.33±0.89	7.50±0.74 ^{ab}
对照组	30	45.43±3.07	47.27±2.52 ^a	8.28±1.03	7.91±0.86 ^a

注:与组内干预前比较,^a $P<0.05$;与对照组干预后比较,^b $P<0.05$

共重复进行 8 次振动训练,每次振动持续 30 s 后休息 30 s,总训练时间为 8 min^[6]。放松阶段将振动频率调至 5 Hz,持续振动 30 s、休息 30 s 后结束训练。上述 WBV 训练隔日进行 1 次,每周训练 3 次,每次训练约 10 min,持续训练 8 周。对照组则辅以常规平衡训练,具体训练方法及疗程同观察组。

三、疗效评定方法

于治疗前、治疗 8 周后对 2 组患者进行疗效评定,具体评定内容包括以下方面。

1.静态平衡测试:选用 Pro-Kine Line 254P 型平衡测试训练仪,选择静态平衡模块对患者进行睁眼状态下的静态稳定性测试,要求患者以 A1、A5 为中心轴站立于平衡板上,挺胸抬头平视前方,双上肢自然下垂,双足左、右对称且足内侧缘相距 10 cm,重复测试 2 次,每次测试持续 60 s,记录患者静态稳定性相关参数,其中运动长度表示人体压力中心动态变化轨迹的总长度,长度越长提示人体重心越不稳定,运动速度反映人体压力中心的速度控制能力,运动面积指人体压力中心变化轨迹所包绕的运动面积,该数值越大表示患者平衡稳定性越差^[7]。

2.动态平衡测试:选用 Berg 平衡量表(Berg balance scale, BBS)进行评定,该量表评定内容包括站到坐、无支撑坐位、由坐到站、并脚站立、弯腰抬物、转移等 14 个评测项目(分值 0~4 分),满分 56 分,得分越高表示患者平衡能力越好^[8]。

3.行动能力评定:选用起立-行走计时测试(timed up and go test, TUG),在地面固定位置放置一把座椅,在距座椅 3 m 处地板上做一标记,要求患者先坐在椅子上,双脚与肩同宽,当听到“开始”口令后从座椅上站起,以最快速度走到标记处,再转身返回椅子前坐下,记录患者背部离开椅背到再次坐下臀部接触椅面时所需的时间,重复测试 3 次取平均值,所需时间越短提示患者行动能力越好^[9]。

4.跌倒效能评定:采用中文国际版跌倒效能量表(falls efficacy scale-International, FES-I)进行评定,该量表主要评价患者在不发生跌倒情况下,对从事简单或复杂身体活动的担忧程度,其评定内容共包括 16 项室内及室外活动,采用 1~4 分评分标准,如“根本不担心”计 1 分,“非常担心”计 4 分,量表分值范围 16~64 分,得分越高表示患者越害怕跌倒^[10]。

四、统计学方法

采用 SPSS 20.0 版统计学软件包进行数据分析,符合正态

分布的计量数据以($\bar{x}\pm s$)表示,计数资料组间比较采用 χ^2 检验,计量资料组内比较采用配对样本 t 检验,组间比较采用独立样本 t 检验, $P<0.05$ 表示差异具有统计学意义。

结 果

一、干预前、后 2 组患者静态平衡功能比较

干预前 2 组患者各项静态平衡指标组间差异均无统计学意义($P>0.05$)。干预后 2 组患者前后、左右方向运动速度、重心轨迹运动面积及运动长度均较干预前明显改善($P<0.05$)。通过进一步组间比较发现,干预后观察组前后、左右方向运动速度、重心轨迹运动面积及运动长度均较对照组显著改善,组间差异均具有统计学意义($P<0.05$),具体数据见表 2。

二、干预前、后 2 组患者 BBS、TUGT 结果比较

干预前 2 组患者 BBS 评分、TUGT 计时组间差异均无统计学意义($P>0.05$)。干预后 2 组患者 BBS 评分、TUGT 计时均较干预前明显改善($P<0.05$),并且干预后观察组患者 BBS 评分较对照组显著增加,TUGT 计时则显著缩短,组间差异均具有统计学意义($P<0.05$),具体数据见表 3。

三、干预前、后 2 组患者 FES-I 评分比较

干预前 2 组患者 FES-I 评分组间差异无统计学意义($P>0.05$);干预后 2 组患者 FES-I 评分均较干预前明显改善($P<0.05$),并且干预后观察组 FES-I 评分亦显著优于对照组水平,组间差异具有统计学意义($P<0.05$),具体数据见表 4。

表 4 干预前、后 2 组患者 FES-I 评分比较(分, $\bar{x}\pm s$)

组别	例数	干预前	干预后
观察组	30	26.23±4.18	23.03±2.87 ^{ab}
对照组	30	26.63±4.00	24.70±3.42 ^a

注:与组内干预前比较,^a $P<0.05$;与对照组干预后比较,^b $P<0.05$

讨 论

OP 防治强调预防脆性骨折,而防止跌倒是骨折预防的重要部分。平衡训练被认为是预防跌倒的有效方法,但基于 OP 患者的安全性考虑,其训练时难度及强度往往不足,导致疗效欠佳,故采取针对性强的多模式训练可能是更好的跌倒防治策

略^[11]。相关文献报道, WBV 训练可促进神经肌肉激活及肌肉力量增强^[12], 同时还能在一定程度上改善患者的姿态控制能力, 预防跌倒^[13]。平衡功能下降、肌力减弱、恐惧跌倒心理等是 OP 患者发生跌倒的常见危险因素^[14]。目前关于 WBV 训练对 OP 患者骨健康的保护作用报道较多, 但鲜见有研究关注其对 OP 患者平衡功能及跌倒心理的影响。本研究结果发现, WBV 训练可提高 OP 患者的平衡运动控制能力, 改善其跌倒恐惧心理, 能有效降低患者跌倒及骨折风险。

本研究选用具有较好信度及效度的平衡测试仪对患者静态平衡功能进行定量评估^[15], 采用 BBS 评分及 TUGT 测试评估患者运动平衡及活动能力, 结果显示干预后观察组患者各项静态稳定参数、BBS 评分、TUGT 计时等均较干预前及对照组明显改善 ($P < 0.05$), 表明 WBV 训练联合平衡训练具有协同作用, 能更好地改善 OP 患者静态稳定性、动态平衡能力及活动能力。其作用机制可能包括: WBV 训练能改善踝关节稳定性, 同时还能提高神经兴奋性及运动单位同步性, 增强肌梭敏感度, 缩短肌肉反应时间, 从而改善足踝运动控制能力^[16]; 另外 WBV 训练过程中不稳定的水平振动强化训练踝关节, 增强机体控制姿势横向摇摆能力及肌肉力量, 提高踝关节主动重新定位能力, 进而改善平衡功能^[17]。相关研究发现足底皮肤反馈的主要作用是控制直立姿态及步态, 在进行 WBV 训练时, 患者双脚与振动平台直接接触, 能刺激足底筋膜本体感受器, 增强患者本体感觉输入, 有助于提高运动神经兴奋性及协调性^[18]; 同时平板振动反复刺激患者臀部、膝盖及脚踝部位, 对其韧带及周围肌腱产生牵引力, 能增强本体感觉刺激, 引起股四头肌、臀大肌及背部肌肉等肌梭兴奋, 该过程能加速肌浆网 Ca^{2+} 释放, 促使肌群运动单位募集效率、肌肉收缩速率提高, 有助于增强肌肉力量、改善患者平衡能力及行走功能^[19]。

OP 患者对跌倒的恐惧心理会影响其日常生活活动表现, 与跌倒相关的自我效能感反映了人们日常生活中面对跌倒风险的信心表达。本研究观察组患者经干预后其 FES-I 评分明显降低, 同时亦显著优于对照组水平, 表明 OP 患者在不稳定振动平面上进行 WBV 训练, 在改善患者平衡及活动能力同时, 还能增强其平衡控制信心, 减弱对跌倒的恐惧心理, 提高生活质量^[20]。

综上所述, WBV 训练联合平衡运动训练可有效改善 OP 患者静态、动态平衡能力, 增强其对平衡控制的信心, 减少对跌倒的恐惧心理, 其疗效明显优于单一平衡运动训练, 为 OP 患者的跌倒防治策略提供了新思路。

参 考 文 献

- [1] 章振林, 金小岚, 夏维波. 原发性骨质疏松症诊疗指南 (2017 版) 要点解读 [J]. 中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志, 2017, 10(5): 411-412. DOI: 10.3969/j.issn.1674-2591.2017.05.001.
- [2] Leung F, Blauth M, Bavonratanevech S. Surgery for fragility hip fracture streamlining the process [J]. Osteoporos Int, 2010, 21(4): 519-521. DOI: 10.1007/s00198-010-1402-3.
- [3] Ito K. Cost-effectiveness of screening for osteoporosis in older men with a history of falls [J]. JAMA Netw Open, 2020, 3(12): 1-13. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2020.27584.
- [4] Skelton DA, Mavroei A. Which strength and balance activities are safe and efficacious for individuals with specific challenges (osteoporosis, vertebral fractures, frailty, dementia)? a narrative review [J]. J Frailty

- Sarcopenia Falls, 2018, 3(2): 85-104. DOI: 10.22540/JFSF-03-085.
- [5] Kocic M, Stojanovic Z, Nikolic D, et al. The effectiveness of group Otago exercise program on physical function in nursing home residents older than 65 years: a randomized controlled trial [J]. Arch Gerontol Geriatr, 2018, 75: 112-118. DOI: 10.1016/j.archger.2017.12.001.
- [6] Ramos LAX, Rodrigues FTM, Shirahige L, et al. A single whole body vibration session influences quadriceps muscle strength, functional mobility and balance of elderly with osteopenia and/or osteoporosis? pragmatic clinical trial [J]. J Diabetes Metab Disord, 2019, 18(1): 73-80. DOI: 10.1007/s40200-019-00392-4.
- [7] 陈瑜. 虚拟现实互动体感游戏训练对脑卒中偏瘫患者平衡功能的康复疗效观察 [D]. 苏州大学, 2017.
- [8] Lusardi MM, Fritz S, Middleton A, et al. Determining risk of falls in community dwelling older adults: a systematic review and meta analysis using posttest probability [J]. J Geriatr Phys Ther, 2017, 40: 1-36. DOI: 10.1519/JPT.000000000000099.
- [9] Benavent CV, Sendin MA, Lison JF, et al. Physical factors underlying the Timed "Up and Go" test in older adults [J]. Geriatr Nurs, 2016, 37(2): 122-127. DOI: 10.1016/j.gerinurse.2015.11.002.
- [10] 史晓红, 杨泽, 宋岳涛, 等. 中国老年人跌倒风险评估专家共识 (草案) [J]. 中国老年保健医学, 2019, 17(4): 47-48, 50. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2671.2019.04.013.
- [11] Sherrington C, Fairhall N, Kwok W, et al. Evidence on physical activity and falls prevention for people aged 65+ years: systematic review to inform the WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour [J]. Int J Behav Nutr Phys Act, 2020, 17(1): 144-152. DOI: 10.1186/s12966-020-01041-3.
- [12] Monteiro-Oliveira BB, Coelho-Oliveira AC, Paineiras-Domingos LL, et al. Use of surface electromyography to evaluate effects of whole-body vibration exercises on neuromuscular activation and muscle strength in the elderly: a systematic review [J]. Disabil Rehabil, 2021, 26: 1-10. DOI: 10.1080/09638288.2021.1994030.
- [13] 洪志楠, 魏秋实, 周广全, 等. 机械振动防治骨质疏松症的研究进展 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2017, 23(9): 1254-1260. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7108.2017.09.028.
- [14] Barron RL, Oster G, Grauer A, et al. Determinants of imminent fracture risk in postmenopausal women with osteoporosis [J]. Osteoporos Int, 2020, 31(11): 1-9. DOI: 10.1007/s00198-020-05294-3.
- [15] Miko I, Szerb I, Szerb A, et al. Effect of a balance training programme on postural balance, aerobic capacity and frequency of falls in women with osteoporosis: a randomized controlled trial [J]. J Rehabil Med, 2018, 50(6): 542-547. DOI: 10.2340/16501977-2349.
- [16] Pollock RD, Woledge RC, Martin FC, et al. Effects of whole body vibration on motor unit recruitment and threshold [J]. Appl Physiol, 2012, 112: 388-395. DOI: 10.1152/jappphysiol.01223.2010.
- [17] Chang WD, Chen S, Tsou YA. Effects of whole body vibration and balance training on female athletes with chronic ankle instability [J]. J Clin Med, 2021, 10(11): 1-14. DOI: 10.3390/jcm10112380.
- [18] 孙良文, 刘森, 卢敏, 等. 交替垂直振动训练对脑卒中偏瘫患者平衡功能及移动能力的影响 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2019, 41(7): 520-522. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2019.07.010.
- [19] 肖悦, 许光旭, 曹蓉, 等. 全身振动训练促进脑卒中偏瘫患者平衡功能和步行效率的研究 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2020, 42(4): 312-316. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2020.04.005.
- [20] Wadsworth D, Turnbull J, Lark S. Psychological effects of whole-body vibration training in frail older adults: an open, randomized control trial [J]. J Aging Phys Act, 2022, 30(1): 1-11. DOI: 10.1123/japa.2020-0400.

(修回日期: 2022-06-15)

(本文编辑: 易 浩)