

· 临床研究 ·

全身振动训练对高龄肌少症患者下肢运动功能的影响

张海霞¹ 褚付成² 马玉宝³¹北京小汤山医院物理治疗科,北京 102211; ²山东华宇工学院基础教学部,德州 253034;³首都医科大学附属北京康复医院肌骨康复中心,北京 100144

通信作者:马玉宝,E-mail:myb-sreha@ccmu.edu.cn

【摘要】 目的 观察侧交替全身振动训练对高龄肌少症患者下肢肌力、平衡及步行能力的影响。**方法** 选取符合标准的高龄肌少症患者 40 例,采用随机数字表法将其分为观察组及对照组,每组 20 例。2 组患者均给予常规康复训练(包括平衡功能训练和下肢肌力训练),观察组患者在此基础上辅以侧交替全身振动训练(振动频率 9~14 Hz,振幅 2~3 mm,1 min/组,5 组/次,5 次/周)。于训练前、训练 8 周后评估 2 组患者下肢肌力、6 m 步速、起立-行走计时(TUGT)、压力中心运动椭圆面积以及运动轨迹长度等指标。**结果** 经 8 周干预后观察组髂腰肌肌力较训练前显著改善($P<0.05$),其余肌群肌力、6 m 步速、TUGT 计时、运动椭圆面积以及运动轨迹长度均较训练前极显著改善($P<0.01$);对照组闭眼运动椭圆面积和睁眼运动轨迹长度均较治疗前显著改善($P<0.05$),股四头肌、胫前肌肌力、6 m 步速、TUGT 计时、睁眼时运动椭圆面积和闭眼时运动轨迹长度均较治疗前极显著改善($P<0.01$)。通过组间比较发现,干预后观察组双侧股四头肌[(24.35±6.20) kg 和 (24.38±6.12) kg]、左侧腓绳肌和胫前肌肌力[(24.99±3.78) kg 和 (24.32±5.42) kg]以及闭眼时运动轨迹长度[(655.85±94.56) mm]均极显著优于对照组水平($P<0.01$);右侧腓绳肌和胫前肌肌力[(25.15±5.05) kg 和 (24.67±5.10) kg]、6 m 步速[(0.84±0.17) m/s]、TUGT 计时[(15.22±5.69) s]、睁眼及闭眼时运动椭圆面积[(456.30±94.32) mm² 和 (803.10±79.19) mm²]、睁眼时运动轨迹长度[(404.70±66.18) mm]亦显著优于对照组水平($P<0.05$)。**结论** 低频侧交替全身振动训练对高龄肌少症患者下肢肌力、平衡及步行功能均具有显著改善作用,可作为防治高龄肌少症患者的有效干预手段。

【关键词】 高龄肌少症; 侧交替振动训练; 运动功能**基金项目:**首都医科大学附属北京康复医院博士科研基金专项课题(2020-066);国家自然科学基金面上项目(61773042)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.11.010

Whole body vibration can improve the muscle strength, balance and walking ability of elderly persons with sarcopenia

Zhang Haixia¹, Chu Fucheng², Ma Yubao³¹Physical Therapy Department, Beijing Xiaotangshan Hospital, Beijing 102211, China; ²Department of Basic Education, Shandong Huayu Institute of Technology, Dezhou 253034, China; ³Musculoskeletal Rehabilitation Center of Beijing Rehabilitation Hospital, Capital Medical University, Beijing 100144, China

Corresponding author: Ma Yubao, Email: myb-sreha@ccmu.edu.cn

【Abstract】 Objective To observe any effect of alternate side whole body vibration on the muscle strength, balance and walking ability of persons with sarcopenia. **Methods** Forty elderly persons with sarcopenia were randomly divided into an experimental group and a control group, each of 20. Both groups received conventional balance and lower-limb muscle strength training, but the experimental group also received 9–14 Hz whole body vibration treatment with an amplitude of 2–3 mm, 5 one-minute groups a day, 5 times a week. Before and after 8 weeks of treatment, both groups' lower limb strength, 6 m step speed, exercise ellipse area, exercise track length, and Up and Go test (TUGT) time were measured. **Results** In the experimental group the average bilateral iliopsoas muscle strength and all the other measurements had improved significantly. In the control group, the exercise ellipse area with the eyes closed and the exercise track length with the eyes open and all the other measurements had improved significantly compared with before the training. But all of the experimental group's outcomes were, on average, significantly

better than those of the control group. **Conclusion** Low frequency vibration training can better improve the muscle strength, balance and walking ability of elderly persons with sarcopenia. It can be used for prevention as well as treatment.

【Key words】 Senility; Sarcopenia; Vibration training; Motor function

Funding: a special project of the Doctoral Research Fund of Beijing Rehabilitation Hospital (2020-066); the National Natural Science Foundation of China (61773042)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.11.010

肌少症(sarcopenia)是一种以骨骼肌力量、肌纤维数量及面积渐进性和普遍性丧失为主要表现、并伴有躯体功能障碍的增龄性疾病,具有高发病率、高致残率等特点,是导致老年人跌倒、虚弱、残疾及死亡的重要危险因素。据相关资料统计,目前全球约有5000万人罹患肌少症,预计到2050年患病人数将高达5亿,已成为全球老年健康问题之一^[1]。然而我国对肌少症的研究尚处于初级阶段,还存在对肌少症危害性认知不足、干预方式缺乏等问题。2020年我国卫生健康委员会老龄健康司提出“针对老年肌少症所致失能开展预防干预项目”^[2],呼吁医护人员积极防治老年肌少症以降低老年人失能的风险,促进健康老龄化。

近年来全身振动训练(whole-body vibration training, WBVT)作为新的干预手段逐渐引起临床重视,由于其操作简单、运动强度低、潜在风险小,开始尝试应用于改善老年人群运动功能以降低跌倒失能的风险^[3],但目前采用WBVT手段治疗老年肌少症患者的相关研究鲜见报道。基于此,本研究拟采用WBVT治疗高龄肌少症患者,并观察对其下肢运动功能的影响,为临床防治肌少症患者提供实践参考。

对象与方法

一、对象及分组

选取2021年2月至2021年9月期间在辽宁省金秋医院治疗的高龄肌少症患者作为研究对象,患者纳入标准包括:①均符合2019年亚洲肌少症工作组制订的肌少症诊断标准^[4];②能独立行走;③无交流功能障碍;④年龄80~90岁;⑤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体内有心脏起搏器或近期有骨折或血栓形成;②伴有进展性疾病;③不能配合训练;④患有严重心、脑血管系统等慢性疾病。本研究同时经我院伦理学委员会审批(批准文号:2019-046)。采用随机数字表法将符合上述条件的40例高龄肌少症患者分为观察组及对照组,每组20例。2组患者年龄、身高、体重、体质指数(body mass index, BMI)及微营养评定(mini nutritional assessment short-form, MNA-SF)结果(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。

二、训练方法

对照组患者每天进行常规康复锻炼,康复锻炼项目包括平衡功能训练和下肢肌力训练,其中平衡功能训练包括闭目站立、单腿站立、站立位上肢前伸及重心转移训练等;下肢肌力训练包括小腿三头肌训练(如站立提踵训练)、股四头肌训练(如抗阻伸膝训练)及核心肌力训练(如臀桥训练)等,每次训练约30 min,并于常规康复锻炼结束后辅以10 min自由活动,上述训练每天1次,每周训练5 d,连续训练8周。

观察组患者在常规康复锻炼后辅以10 min WBVT治疗,采用德国产Wellengang谐振系统并设置为侧交替振动模式,治疗时患者保持站姿,双脚均置于距离振动平台中心20 cm处以确保双侧下肢振动刺激强度一致,双手握住平台正上方的扶手,膝关节屈曲45°(见图1),平台振动频率为9~14 Hz,振动幅度为2~3 mm,具体训练方案见表2,连续振动1 min为1组,每次训练5组,组间休息60 s,每天训练1次,每周训练5 d,连续训练8周^[5]。

表1 入选时2组患者一般资料情况比较

组别	例数	性别(例)		年龄 (年, $\bar{x} \pm s$)	身高 (m, $\bar{x} \pm s$)	体重 (kg, $\bar{x} \pm s$)	BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	MNA-SF (分, $\bar{x} \pm s$)
		男	女					
对照组	20	10	10	85.45 $\pm$ 4.07	1.59 $\pm$ 0.07	50.95 $\pm$ 6.11	20.29 $\pm$ 2.34	12.20 $\pm$ 1.01
观察组	20	10	10	84.50 $\pm$ 4.01	1.60 $\pm$ 0.09	52.52 $\pm$ 5.27	20.74 $\pm$ 2.52	12.35 $\pm$ 1.04

表 2 本研究采用的振动训练方案

周次	振动频率 (Hz)	振幅 (mm)	组/次	次/d	组间间歇 时间(s)
1~2	9~10	2	5	1	60
3~4	10~12	2	5	1	
5~6	12~14	3	5	1	
7~8	12~14	3	5	1	



图 1 本研究患者振动训练示意图

三、疗效观察分析

于入选时、干预 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. 下肢肌力测试:采用 FET3 型手持式电子肌力测试仪检测患者双下肢髂腰肌、股四头肌、腓绳肌及胫前肌肌力,当检查者发出“预备、开始”指令后,患者在 5 s 内全力抵抗测力计,检查者同时尽力保持测试仪位置不变,确保目标肌肉进行等长收缩^[6],共测试 2 次(间隔休息 2~3 min)取最佳成绩。

2. 6 m 步速测试(6 m gait speed test):选择 12 m 长的直线区域,同时在该区域起点、3 m、9 m 及 12 m 处进行标记,患者被告知以常规步速行走,中途不加、减速,记录患者前脚接触 3 m 标记点至后脚离开 9 m

标记点的时间^[6]。

3. 平衡能力测试:包括静态平衡测试及动态平衡测试。采用意大利产 Pro-Kin254 型平衡仪测试患者静态平衡功能,检测指标包括患者身体压力中心运动椭圆面积及轨迹长度,输入患者个人信息后让其脱鞋站在测力板指定区域,要求其双脚第二脚趾分别对准 A2、A8 标线,脚跟并拢于 A5 标线处;本次测试分为睁眼测试和闭眼测试两部分,每个部分测试时间均为 30 s,嘱患者调整好站姿后双手自然垂于体侧,先进行睁眼平衡测试、再进行闭眼测试,测试结果数值越小表示患者平衡能力越好。采用计时“起立-行走”测试(timed up to go test,TUGT)评估患者动态平衡能力,嘱患者坐在约 46 cm 高椅子上,背部紧贴椅背,双臂自然搭在扶手上,双脚置于起始线内,告知患者听到“开始”指令后迅速站起,以最快、最稳速度向前走到 3 m 标记处并绕过障碍物,再走到座椅前并坐下,当其后背紧贴椅背时计时停止,测试 2 次(间隔休息 2~3 min)取最佳成绩。

四、统计学分析

本研究所得计量资料以($\bar{x}\pm s$)表示,采用 SPSS 22.0 版统计学软件包进行数据分析,所得数据经 K-S 检验均符合正态分布,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,计数资料比较采用 χ^2 检验, $P<0.05$ 表示差异具有统计学意义。

结 果

一、训练前、后 2 组患者下肢肌力比较

训练前 2 组患者下肢肌力组间差异均无统计学意义($P>0.05$);训练后观察组髂腰肌肌力显著提高($P<0.05$),其余 3 组肌群肌力均极显著提高($P<0.01$),对照组只有股四头肌和胫前肌肌力极显著提高($P<0.01$)。通过进一步组间比较发现,训练后观察组双侧股四头肌、左侧腓绳肌和胫前肌肌力均较对照组极显著增加($P<0.01$),右侧腓绳肌和胫前肌肌力亦较对照组显著增加($P<0.05$),具体数据见表 3。

表 3 治疗前、后 2 组患者下肢肌力比较(kg, $\bar{x}\pm s$)

组别	例数	髂腰肌		股四头肌		腓绳肌		胫前肌	
		左侧	右侧	左侧	右侧	左侧	右侧	左侧	右侧
对照组									
训练前	20	20.43±4.53	21.15±4.20	18.36±4.44	18.63±4.16	20.19±4.72	21.11±4.34	18.89±5.65	19.66±5.25
训练后	20	21.13±4.72	21.79±4.69	19.46±4.50 ^b	19.71±4.49 ^b	20.65±5.21	21.55±5.19	19.81±5.04 ^b	20.36±5.39 ^b
观察组									
训练前	20	22.60±3.89	22.92±3.80	20.08±4.29	20.31±4.02	21.02±4.09	21.20±4.41	20.33±4.90	20.56±4.50
训练后	20	23.90±4.93 ^a	24.32±5.50 ^a	24.35±6.20 ^{bd}	24.38±6.12 ^{bd}	24.99±3.78 ^{bd}	25.15±5.05 ^{bc}	24.32±5.42 ^{bd}	24.67±5.10 ^{bc}

注:与组内训练前比较,^a $P<0.05$,^b $P<0.01$;与对照组训练后比较,^c $P<0.05$,^d $P<0.01$

二、训练前、后 2 组患者 6 m 步速比较

训练前 2 组患者 6 m 步速组间差异无统计学意义 ($P>0.05$); 训练后 2 组患者 6 m 步速均显著提高 ($P<0.01$), 并且观察组 6 m 步速亦较对照组明显增加 ($P<0.05$), 具体数据见表 4。

表 4 训练前、后 2 组患者 6 m 步速比较 ($s, \bar{x} \pm s$)

组别	例数	训练前	训练后	<i>t</i> 值	<i>P</i>
对照组	20	0.67±0.17	0.70±0.19 ^b	-4.720	<0.001
观察组	20	0.76±0.16	0.84±0.17 ^{bc}	-4.107	0.001

注: 与组内训练前比较, ^a $P<0.05$, ^b $P<0.01$; 与对照组训练后比较, ^c $P<0.05$, ^d $P<0.01$

三、训练前、后 2 组患者平衡能力比较

训练前 2 组患者压力中心运动椭圆面积、轨迹长度及 TUGT 计时组间差异均无统计学意义 ($P>0.05$); 训练后观察组 TUGT 计时、运动椭圆面积及运动轨迹长度均较训练前极显著改善 ($P<0.01$), 对照组仅有 TUGT 计时、睁眼运动椭圆面积及闭眼运动轨迹长度较训练前极显著改善 ($P<0.01$), 剩余指标较训练前显著改善 ($P<0.05$)。通过进一步组间比较发现, 训练后观察组 TUGT 计时、睁眼及闭眼时运动椭圆面积、睁眼时运动轨迹长度亦显著优于对照组水平 ($P<0.05$), 闭眼时运动轨迹长度则极显著优于对照组水平 ($P<0.01$), 具体数据见表 5。

讨 论

本研究显示, 训练后观察组患者下肢肌力、TUGT 计时、步速及平衡功能均较训练前显著改善, 且上述指标改善幅度亦明显优于对照组水平, 表明 WBVT 干预能增强高龄肌少症患者下肢肌肉收缩力量, 提高平衡及步行能力, 从而改善运动功能, 可作为防治肌少症的新型干预手段。

肌少症患者多出现平衡、转移以及步行等运动功能严重减退, 导致患者跌倒、骨折风险显著增加, 当发生骨折后, 老年人恢复慢, 且易引起并发症, 轻者产生运动功能障碍, 重者导致死亡, 故如何防治老年肌少症患者具有重要临床意义。有研究发现^[7], 传统运动干

预只适用于能安全移动的肌少症患者, 同时还具有依从性差、安全性低等缺点。Chisari 等^[8] 研究后发现, WBVT 能产生不同振幅及频率的振动波, 通过足底传递途径使肌肉-肌腱复合体长度发生变化, 并以单突触和多突触介导方式改善神经肌肉性能, 可作为抗阻运动的替代手段用于防治肌少症患者, 具有依从性好、安全性高、易实施、应用范围广等优点。但目前 WBVT 在临床中的应用尚处于初期阶段, 其振动频率、强度、时间、患者治疗姿势等参数仍未明确。Lienhard 等^[9] 提出较小振动加速度的 WBVT 干预不仅能显著提高下肢肌肉性能, 还可减少高频振动潜在的有害风险, 建议高龄患者选用较低频率的 WBVT 干预以促进神经肌肉性能改善。此外还有学者证实^[10-11], 患者在站姿屈膝 45° 情况下进行振动训练, 有类似阻尼的作用, 能抑制振动波向上半身传递, 进而减少振动对头部及心脏组织的危害, 同时还可以进一步激活踝关节及膝关节周围肌群功能, 故本研究选取在膝关节屈曲 45° 情况下对高龄肌少症患者进行低频 WBVT 干预。

本研究观察组患者经 8 周干预后, 发现其髂腰肌、股四头肌、腓绳肌及胫前肌肌力均较训练前及同期对照组明显提高, 证实 WBVT 干预是改善肌少症患者下肢肌力的有效手段, 其治疗机制可能包括: 当人体组织受到一定幅度的振动刺激时, 会上调肌梭内感受装置的敏感性, 导致 I α 型和 II 型神经纤维传入冲动增加, 能提高神经中枢兴奋性并诱发更多的神经冲动, 促使潜在未激活的运动神经元得以激活, 能增加运动神经元发放冲动频率及强度, 有助于改善肌群间协调性及肌肉收缩功能^[5]。

颜航等^[12] 证实, WBVT 是改善老年人平衡功能的新型锻炼方法。本研究结果显示, 经 8 周干预后观察组患者 TUGT 计时、压力中心运动椭圆面积及轨迹长度均较训练前和同期对照组明显改善, 进一步证实了 WBVT 干预能改善高龄肌少症患者平衡功能。其治疗机制可能包括: ①在振动治疗过程中, 神经-肌肉组织通过反射弧不断进行自身调节, 能增加神经系统的反应能力及灵活性, 提高机体快速反应及应变能力, 增强

表 5 治疗前、后 2 组患者平衡功能情况比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	重心运动椭圆面积 (mm^2)		重心运动轨迹长度 (mm)		TUGT 计时 (s)
		睁眼	闭眼	睁眼	闭眼	
对照组						
训练前	20	554.25±70.80	903.75±82.73	474.05±67.06	803.10±77.87	19.45±5.68
训练后	20	521.90±76.37 ^b	876.80±94.45 ^a	455.50±85.96 ^a	774.35±91.45 ^b	19.13±5.73 ^b
观察组						
训练前	20	544.55±82.90	925.40±82.89	463.10±55.96	813.95±83.11	19.00±6.09
训练后	20	456.30±94.32 ^{bc}	803.10±79.19 ^{bc}	404.70±66.18 ^{bc}	655.85±94.56 ^{bd}	15.22±5.69 ^{bc}

注: 与组内训练前比较, ^a $P<0.05$, ^b $P<0.01$; 与对照组训练后比较, ^c $P<0.05$, ^d $P<0.01$

机体对不稳定情况的预判及姿势控制,对维持平衡功能具有明显促进作用。②本体感觉对维持机体姿势稳定、平衡具有重要作用,WBVT 治疗时的振动波通过激活本体感受器,使中枢神经系统感受姿势动态变化,并发放神经冲动对下肢肌肉进行紧张性调控以维持姿势及身体平衡^[13]。③刘北湘等^[14]发现,在调控神经系统对运动神经元的募集和在改进肌肉内及肌肉间同步激活方面,侧交替振动模式较单一垂直振动更占优势,能避免神经-肌肉系统过早对振动刺激产生适应,从而提高人体侧向重心稳定性,减少侧向跌倒的风险,有利于改善老年肌少症患者肌力及平衡功能。

Mason 等^[15]对多发性硬化症患者进行 8 周侧交替 WBVT 干预后,发现其 10 m 步速显著提高。本研究也获得类似结果,如观察组患者经 8 周干预后其 6 m 步速显著提高,进一步验证了 WBVT 干预能改善肌少症患者步行功能,有利于降低跌倒发生风险。本研究观察组患者步行功能改善可能与其平衡及下肢肌力提高有关,能缩短患者行走过程中站立相及摆动相时间,提高其在大幅度向前迈步时的身体稳定性。

综上所述,侧交替全身振动训练能有效提高高龄肌少症患者下肢肌力、平衡以及步行等功能,可作为一种安全有效、实用性强的新型肌少症防治手段。需要指出的是,本研究还存在诸多不足,包括样本量偏少、疗效评价标准有待优化、针对肌少症的最佳振动参数尚未明确、治疗机制还需深入探究等,后续研究将针对上述不足进一步完善。

参 考 文 献

- [1] 于普林,高超,周白瑜,等.预防老年人肌少症核心信息中国专家共识(2021)[J].中华老年医学杂志,2021,40(8):953-954.DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-9026.2021.08.002.
- [2] 石婧,陈术强,高超,等.预防老年人肌少症核心信息解读[J].中华老年医学杂志,2021,40(8):955-957.DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-9026.2021.08.003.
- [3] Jo NG, Kang SR, Ko MH, et al. Effectiveness of whole-body vibration training to improve muscle strength and physical performance in older adults: prospective, single-blinded, randomized controlled trial [J]. Healthcare, 2021, 9(6):652. DOI: 10.3390/healthcare9060652.
- [4] Chen LK, Woo J, Assantachai P, et al. Asian working group for sar-

- copenia; 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment [J]. J Am Med Dir Assoc, 2020, 21(3):300-307. DOI: 10.1016/j.jamda.2019.12.012.
- [5] 谭景旺.坐姿振动训练对高龄老年人下肢肌肉力量、平衡和步行能力的影响研究[D].上海体育学院,2017.
- [6] Zhu Y, Peng N, Zhou M, et al. Tai Chi and whole-body vibrating therapy in sarcopenic men in advanced old age: a clinical randomized controlled trial [J]. Eur J Ageing, 2019, 16(3):273-282. DOI: 10.1007/s10433-019-00498-x.
- [7] Fielding RA, Vellas B, Evans WJ, et al. Sarcopenia: an undiagnosed condition in older adults. Current consensus definition: prevalence, etiology, and consequences. International working group on sarcopenia [J]. J Am Med Dir Assoc, 2011, 12(4):249-256. DOI: 10.1016/j.jamda.2011.01.003.
- [8] Chisari E, Pavone V, Sessa G, et al. Electromyostimulation and whole-body vibration effects in elder sarcopenic patients [J]. Muscles Ligam Tend J, 2019, 9(3):433. DOI: 10.32098/mltj.03.2019.18.
- [9] Lienhard K, Vienneau J, Nigg S, et al. Older adults show higher increases in lower-limb muscle activity during whole-body vibration exercise [J]. J Biomech, 2016, 52:55-60. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2016.12.009.
- [10] Nawayseh N, Hamdan S. Power absorbed by the standing human body during whole-body vibration training [J]. J Biomech Eng, 2020, 142(7):74501. DOI: 10.1115/1.4045809.
- [11] 张帆,王长生,袁艳,等.不同屈膝角度与 g 值全身振动刺激对下肢肌肉影响的研究[J].北京体育大学学报,2014,37(11):86-91. DOI: 10.19582/j.cnki.11-3785/g8.2014.11.015.
- [12] 颜航,镇雪婷,黄青青,等.全身振动训练对老年人平衡能力效果的 Meta 分析[J].中华护理杂志,2020,55(2):243-249. DOI: 10.3761/j.issn.0254-1769.2020.02.015.
- [13] 张莉,许建文,黄浪,等.全身振动结合运动训练对前交叉韧带重建术后患者早期康复的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2021,43(2):158-161. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.02.013.
- [14] 刘北湘,周瑾,刘晓亚,等.振动波方向影响肌肉振动训练效果的实验研究[J].成都体育学院学报,2015,41(2):100-105. DOI: 10.15942/j.jcsu.2015.02.019.
- [15] Mason RR, Cochrane DJ, Denny GJ, et al. Is 8 weeks of side-alternating whole-body vibration a safe and acceptable modality to improve functional performance in multiple sclerosis? [J]. Disabi Rehabil, 2011, 34(8):647-654. DOI: 10.3109/09638288.2011.615370.

(修回日期:2022-03-15)

(本文编辑:易 浩)