·老年人衰弱与肌少症专栏·

# 坐位低频全身振动训练对老年下肢残疾者肌肉力量及行走能力的影响

杨德洪,吴雪萍*,闻一鸣,孟杰
(上海体育学院体育教育训练学院,上海 200438)

【摘 要】 **目的** 探讨坐位低频全身振动训练(WBVT)对老年下肢残疾者肌肉力量及行走能力的影响。**方法** 募集上海市杨浦区殷行街道自愿报名的老年下肢残疾者20例(因外伤致残,残疾等级为42~44),其中男性9例,女性11例,年龄(66.6±4.8)岁,所有受试者接受每周3 d共计8周的WBVT,比较训练前后受试者膝关节屈、伸肌肌力、6分钟步行测试(6 MWT)、10米行走测试(10 MWT)和计时起立-行走(TUG)测试结果。应用SPSS 22.0统计软件对数据进行分析,训练前后比较采用配对$t$检验。**结果** 所有受试者皆顺利完成振动训练及测量,无缺失及不适、不安全情况发生。受试者WBVT训练后相比训练前膝关节屈肌肌力[(39.36±16.09) *vs* (37.37±16.12)Nm]、伸肌肌力[(58.18±21.31) *vs* (56.49±21.69)Nm]增高,TUG[(7.73±2.17) *vs* (9.70±2.22)s]和10 MWT[(7.51±2.26) *vs* (7.86±2.30)s]水平降低,6 MWT[(438.74±125.10) *vs* (401.99±114.08)m]水平升高,差异具有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 8周坐位低频WBVT可明显提高老年下肢残疾者膝关节屈、伸肌肌力,显著改善行走平衡能力和提高速度。

【关键词】 老年人;残疾人;肌肉;行走;振动训练
【中图分类号】 R87;R68;R592 【文献标志码】 A 【DOI】 10.11915/j.issn.1671-5403.2018.05.075

# Effect of low-frequency whole-body vibration training at sitting position on muscle strength and walking ability in the elderly with lower limb disability

YANG De-Hong, WU Xue-Ping*, WEN Yi-Ming, MENG Jie
(School of Physical Education and Sport Training, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China)

【**Abstract**】 **Objective** To determine the effect of low-frequency whole-body vibration training (WBVT) at sitting position on muscle strength and walking ability of the elderly patients with lower limb disability. **Methods** Twenty elderly patients with lower limb disability (due to accidents, at a disable class of 42-44) who were volunteered to our study were recruited. They were 9 males and 11 females, at an age of (66.6±4.8) years. They all received WBVT at sitting position for 3 d per week, totally 8 weeks. Flexion and extensor strengths of the knee joint, 6-min walking test (6 MWT), 10-meter walking test (10 MWT) and timed up and go (TUG) test were measured before and after the training, and the results were compared. SPSS statistics 22.0 was used to perform the statistical analysis. Paired $t$ test was employed for the comparison of the data before and after training. **Results** All the subjects successfully completed the training and measurement, and no loss, discomfortableness, or unsafe conditions occurred. After the training, knee flexion [(39.36±16.09) *vs* (37.37±16.12) Nm] and extension muscles strengths [(58.18±21.31) *vs* (56.49±21.69) Nm] were increased, while the results of TUG [(7.73±2.17) *vs* (9.70±2.22) s] and 10 MWT [(7.51±2.26) *vs* (7.86±2.30) s] were decreased, and that of 6 MWT [(438.74±125.10) *vs* (401.99±114.08) m] was elevated, with significant differences in all these data ($P<0.05$). **Conclusion** WBVT at sitting position for 8 weeks can obviously promote the flexion and extension muscles strengths of the knee joint, and improve the balance and speed of walking in the elderly with lower limb disability.

【**Key words**】 aged; disabled persons; muscles; walk; vibration training
*This work was supported by the Scientific Research Program of Shanghai Science and Technology Commission* (14490503600) *and the Project of Shanghai Key Laboratory of Development and Guarantee of Human Sports Ability* (*Shanghai University of Sport*) (11DZ2261100).
*Corresponding author*: *WU Xue-Ping*, *E-mail*: *wuxueping@sus.edu.cn*

骨骼肌组织约占人体总质量的一半,其收缩功能是人体运动及维持正常姿势的必备条件,亦是维持肢体平衡的关键因素。除此之外,骨骼肌还包含人体50%~75%的蛋白质,是机体免疫系统、疾病康复及损伤愈合过程中重要的能量及营养来源[1]。随着年龄增长,骨骼肌质量及功能会逐步衰减与退

**收稿日期**:2018-01-26;**修回日期**:2018-03-01
**基金项目**:上海市科学技术委员会科研计划项目(14490503600);上海市人类运动能力开发与保障重点实验室(上海体育学院)项目(11DZ2261100)
**通信作者**:吴雪萍,E-mail:wuxueping@sus.edu.cn

化,骨骼肌的衰退与慢性肺疾病、动脉硬化症、高血压、糖尿病、骨质疏松症及跌倒等密切相关,甚至增加死亡风险。而对下肢残疾的老年人来说,其活动能力由于受限,骨骼肌萎缩及肌力降低会进一步加剧,因此对健康状况及日常生活能力的影响更严重。提高骨骼肌质量与力量的传统训练方式为高强度抗阻训练,但其容易诱发老年人心脑血管疾病,增加健康风险。因此,可提高老年人骨骼肌质量及功能的安全有效的干预方式,改善老年人健康状况及提高生活质量。

全身振动训练(whole-body vibration training, WBVT)是一种利用振动台按照设定的振动频率及幅度产生的机械振动波刺激机体,以引起肌肉振动并使神经肌肉系统产生调节适应,从而提高其功能的训练方法。它类似于"被动训练",无需骨骼肌剧烈收缩,而且运动强度亦可精确控制(通过调节振频和振幅大小实现),因此用于一些特殊群体的身体锻炼及慢性疾病康复具有安全易行的优势。许多研究者已从不同人群及角度对WBVT的应用进行了探索,如运动员训练、大众健身、老年人慢性疾病防治及康复等,其中多数研究表明WBVT是安全可行的,并且在提高骨骼肌力量及质量方面具有积极作用[2-4]。

尽管关于WBVT应用的研究已有很多,但在绝大多数研究中,被试者都采取站立体位(伴随不同角度的膝关节屈曲),而其他训练体位(如坐位或躺位)则少见,国内尚未发现相关研究。通过谷歌学术搜索引擎筛查国际研究,截至2017年1月,仅有1篇针对脑瘫儿童躯干肌群干预的仰卧位振动训练研究[5]。根据WBVT原理及参考已有研究结果推测,坐位低频WBVT应是安全可行的。为此,笔者探索性进行了针对老年下肢残疾者(因外伤致残)的轮椅振动训练实验,以观察坐位低频WBVT对该人群的康复效果,期望通过此训练方式提高该人群的下肢肌肉力量及行走能力,从而为该人群寻求一种安全易行且有效的康复途径。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

募集上海市杨浦区殷行街道自愿报名的老年下肢残疾者20例(因外伤致残,残疾等级为42~44),其中男性9例,女性11例,年龄(66.6±4.8)岁,身高(160.37±9.83)cm,体质量(68.74±12.66)kg。纳入标准:所有受试者都因下肢残疾而存在行走障碍,但具备至少持续行走6 min的能力。经过体检均符合WBVT要求,并与其沟通后签订知情同意书并购买保险。排除标准:有人工关节或金属植入物;患有严重心、肝、肺、肾等脏器疾病。

### 1.2 方法

1.2.1 振动训练装置及方法 振动训练装置采用法国产BodyGreen振动台。把轮椅完全放置于振动台上并加以固定,确保振动时轮椅无前后左右移动。振动方式为垂直上下振动。训练时受试者被要求直立坐于轮椅上,双脚踏实轮椅踏板,膝关节角度接近90°,肘关节放松并置于轮椅两侧扶手。

受试者日常生活习惯及活动范围基本保持不变,除WBVT外无新增身体训练,正式训练前通过预训练熟悉及适应WBVT。所有受试者进行8周的WBVT,每周训练3 d,间隔休息1 d。为保证安全,振频及每次训练时间采取递增方式,振幅固定为2 mm。第1~2周,振频为6 Hz,每天训练3次,每次持续振动3 min,间隔休息1 min(休息时停止振动);第3~4周,振频增加为9 Hz,其他不变;第5~8周,振频为9 Hz,每次持续振动5 min,间隔休息1 min。所有受试者都完成实验,无中途退出。

1.2.2 测量内容及方法 训练开始前1天及结束后第2天分别测量受试者膝关节屈、伸肌力,进行6分钟步行测试(6-min walking test,6 MWT)、10米行走测试(10-meter walking test,10 MWT)和计时起立-行走(timed up and go,TUG)测试,比较受试者训练前后膝关节屈、伸肌力、行走耐力和速度及行走平衡的变化。

膝关节屈、伸肌力测量:采用德国产PHYSIOMED CON-TREX TP1000人体肌力评估和训练系统,在120°/s的速度下对受试者膝关节屈、伸肌肌力进行测量。测量前受试者需热身,由专业人员对受试者进行指导预测量并调试机器,采用屈、伸肌肌力峰力矩作为肌力结果评价指标。

TUG测量:受试者穿平底鞋,坐在高约46 cm,扶手高约20 cm的靠背椅,背靠椅背,双手自然搭于扶手上。离座椅3 m远的地面做标记,并放置标志桶。当受试者听到"开始"后站直(可以使用日常生活中所用的助行器如手杖等),以正常步速前行,绕过标志桶后转弯,回到座椅坐下,以背靠于背椅上为测量结束,过程中不能给予任何躯体协助。用秒表记录所用时间,每人各练习1次,正式测量3次,以时间长短来评估受试者平衡功能。评定时测量3次,中间休息1 min,取其均值进行统计分析。

10 MWT测量:将标记带在直线距离为20 m平地上,标记出测量的起点、3 m线、13 m线和终点。让受试者以最快的速度从起点走到终点,在过程中

使用秒表记录受试者 3 m 至 13 m 期间所需时间。测量共进行 3 次,每次步行测量间隔休息 1 min,测量 3 次取平均数值。

6 MWT 测量方法:在地面平坦笔直距离至少 30 m室内走廊内,每 3 m 进行标记,转向处显示标识,测定 6 min 内所行走的距离。间隔 30 min 再进行 1 次。取两者中最高值。

### 1.3 统计学处理

应用 SPSS 22.0 统计软件对数据进行分析。计量资料用均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,干预前后比较采用配对 $t$ 检验。$P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

## 2 结 果

### 2.1 受试者基本情况

所有受试者皆顺利完成振动训练及测量,无缺失及不适、不安全情况发生。训练过程中受试者生活习惯无大幅改变,体质量无明显变化,且活动时间、种类及活动场所固定,无新增大幅身体活动。实验前后部分受试者需服用降压药物,但不影响振动训练,且对运动能力无明显影响。

### 2.2 振动训练前后膝关节屈、伸肌力比较

相比 WBVT 训练前,训练后受试者膝关节屈、伸肌肌力增高,差异具有统计学意义($P<0.05$;表 1)。

### 2.3 振动训练前后 TUG、6 MWT 和 10 MWT 比较

相比 WBVT 训练前,振动训练后受试者 TUG 和 10 MWT 水平降低,6 MWT 水平升高,差异具有统计学意义($P<0.05$;表 2)。

## 3 讨 论

WBVT 增加肌肉力量及体积的机制可能是振动台产生的机械振动波可刺激肌肉的本体感受器,引起肌梭初级传入神经纤维末梢的兴奋性增强,使募集肌肉运动单位的方式发生改变;同时由于振动使神经发放冲动的频率加快和强度增大、皮肤感觉传入冲动以及振动对耳前庭机械刺激感受器和神经中枢等的影响,在运动过程中导致高阈值的运动单位与低阈值的运动单位几乎同时激活[6],从而募集更多的运动单位参与活动,增大肌肉力量的同时提高了对Ⅱ型肌纤维的训练效果,导致肌肉爆发力和肌肉体积增加。并且 WBVT 简便易行,肢体无需大幅度活动,尤其适用于下肢残疾老年人的肌肉锻炼。

本研究通过对受试者进行坐位 WBVT,结果表明受试者膝关节屈、伸肌肌力明显改善,与站立位振动训练相关研究[7-9]结果一致,尽管这些研究中,WBVT 后老年人的下肢爆发力和(或)膝关节伸肌肌力皆明显改善,但受试者均为正常的非残疾老年人,而且训练体位皆为站立位(膝关节呈不同角度弯曲),振动强度、振动时间和周期亦不相同。如 Bogaerts等[8]研究中采取的振动周期为 24 周,每天训练 30 min;Roelants 等[9]研究中采取的振频为 35~40 Hz,振动周期达 48 周。而本研究中受试者为下肢残疾老年人,训练体位为坐位,振频为 6~9 Hz,振幅 2 mm,每天训练时间为 9~15 min,振动周期为 8 周,训练后肌肉力量亦有明显提高,与站立位振动训练结果一致,这亦为 WBVT 选择不同体位提供了参考。

平衡能力是影响行走的关键因素,本研究结果显示,经过 8 周坐位 WBVT,受试者的 TUG 和 10 MWT时间减少,提示行走平衡能力及速度明显改善。而 Bogaerts 等[10]和 Kawanabe 等[11]的研究结果与本研究相类似。在他们的研究中,振动训练后实验组老年受试者的 TUG 和10 MWT亦显著改善。另外本研究结果表明受试者训练后 6 MWT 水平升高,与 Pollock 等[12]的研究结果相一致,该研究证实,经过 8 周 WBVT,实验组老年受试者的 TUG 和 6 MWT 显著改善,成绩分别提高 38% 和 36%。除肌力因素外,

**表 1 训练前后患者膝关节屈、伸肌肌力比较**

Table 1 Comparison of knee flexion and extension muscles strength before and after training ($n=20$, Nm, $\bar{x} \pm s$)

| Item | Before training | After training | $t$ | $P$ value |
|---|---|---|---|---|
| Knee extension muscles strength | 56.49 ± 21.69 | 58.18 ± 21.31 | −2.40 | 0.027 |
| Knee flexion muscles strength | 37.37 ± 16.12 | 39.36 ± 16.09 | −2.70 | 0.014 |

**表 2 训练前后患者 TUG、6MWT 和 10MWT 比较**

Table 2 Comparison of TUG, 6 MWT and 10 MWT before and after training ($n=20$, $\bar{x} \pm s$)

| Item | Before training | After training | $t$ | $P$ value |
|---|---|---|---|---|
| TUG(s) | 9.70 ± 2.22 | 7.73 ± 2.17 | 6.46 | 0.000 |
| 6 MWT(m) | 401.99 ± 114.08 | 438.74 ± 125.10 | −3.36 | 0.003 |
| 10 MWT(s) | 7.86 ± 2.30 | 7.51 ± 2.26 | 2.16 | 0.043 |

TUG: timed up and go; 6 MWT: 6-min walking test; 10 MWT: 10-meter walking test

WBVT改善平衡的机制可能还需从躯体感觉、视觉及前庭感觉整合来考虑。Okada等[13]认为振动刺激能导致神经发放冲动频率加快、强度增大,从而导致耳前庭机械刺激感受器和神经中枢发生适应性变化。Ko等[14]在针对脑瘫儿童的WBVT实验中指出,连续3周的WBVT可使实验组患者踝关节本体感觉显著改善。因此,WBVT提高平衡能力的机制还可能是神经对肌肉的支配能力更加精细和高效所致。

老年人骨骼肌质量和力量(功能)退化严重时易导致肌少症。目前针对肌少症的干预方式主要有药物、营养及运动[15]。药物治疗主要使用激素类药物,有文献证实睾酮可提高骨骼肌质量和功能,但会引起体液潴留、前列腺体积增大、红细胞增多等不良反应[16];营养治疗以补充优质蛋白质或维生素D为主,但短期内效果并不明显,而且不同的蛋白质种类效果存在较大差异[17];运动干预中,渐进性抗阻训练可提高肌肉力量,但高负荷的运动并不适合老年人群体,容易诱发心脑血管疾病,不宜作为临床治疗方式。而WBVT安全易行,已有研究者开始把WBVT应用于肌少症。Machado等[18]对老年女性肌少症患者进行了10周WBVT,结果发现股内侧肌和股二头肌横截面积分别增加8.7%和15.5%,同时表明WBVT可明显抑制和延缓患者骨骼肌质量损失及行走能力的退化。Roelants等[9]对老年受试者进行长达12个月的WBVT,结果发现受试者大腿肌群等长肌力、最大爆发力及肌肉质量分别显著提高9.8%、10.9%和3.4%,提示WBVT对因年龄增长导致的肌少症具有潜在预防作用。上述研究中受试者进行WBVT皆采用站立体位,而本研究结果显示坐位WBVT在提高骨骼肌肌力及功能方面与站立体位训练具有类似效果,因此我们推测坐位WBVT对老年肌少症患者亦应该具有潜在预防和治疗作用。后续研究如能证实这一点,老年肌少症患者预防、治疗与康复领域无疑又增加一个更安全易行的新途径。

**【参考文献】**


[1] Rasmussen BB, Phillips SM. Contractile and nutritional regulation of human muscle growth[J]. Exerc Sport Sci Rev, 2003, 31(3): 127-131.

[2] 彭春政. 全身振动刺激对肌肉力量和柔韧性的影响[J]. 北京体育大学学报, 2004, 27(3): 349-351. DOI: 10.3969/j.issn.1007-3612.2004.03.022.
Peng CZ. Effects of muscular strength and flexibility by whole-body vibration stimulation[J]. J Beijing Sport Univ, 2004, 27(3): 349-351. DOI: 10.3969/j.issn.1007-3612.2004.03.022.

[3] Issurin VB, Tenenbaum G. Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes[J]. J Sports Sci, 1999, 17(3): 177-182. DOI: 10.1080/026404199366073.

[4] 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]. Disabil Rehabil, 2012, 34(8): 647-654. DOI: 10.3109/09638288.2011.615370.

[5] Unger M, Jelsma J, Stark C. Effect of a trunk-targeted intervention using vibration on posture and gait in children with spastic type cerebral palsy: a randomized control trial[J]. Dev Neurorehabil, 2013, 16(2): 79-88. DOI: 10.3109/17518423.2012.715313.

[6] Mealing D, Long G, McCarthy PW. Vibromyographic recording from human muscles with known fibre composition differences[J]. Br J Sports Med, 1996, 30(1): 27-31.

[7] Russo CR, 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.

[8] Bogaerts A, Delecluse C, Claessens AL, *et al*. Impact of whole-body vibration training *versus* fitness training on muscle strength and muscle mass in older men: a 1-year randomized controlled trial[J]. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2007, 62(6): 630-635.

[9] Roelants M, Delecluse C, Verschueren SM. Whole-body vibration training increases knee-extension strength and speed of movement in older women[J]. J Am Geriatr Soc, 2004, 52(6): 901-908. DOI: 10.1111/j.1532-5415.2004.52256.x.

[10] Bogaerts A, Delecluse C, Boonen S, *et al*. Changes in balance, functional performance and fall risk following whole-body vibration training and vitamin D supplementation in institutionalized elderly women. A 6 month randomized controlled trial[J]. Gait Posture, 2011, 33(3): 466-472. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2010.12.027.

[11] Kawanabe K, Kawashima A, Sashimoto I, *et al*. Effect of whole-body vibration exercise and muscle strengthening, balance, and walking exercises on walking ability in the elderly[J]. Keio J Med, 2007, 56(1): 28-33.

[12] Pollock RD, Martin FC, Newham DJ. Whole-body vibration in addition to strength and balance exercise for falls-related functional mobility of frail older adults: a single-blind randomized controlled trial[J]. Clin Rehabil, 2012, 26(10): 915-923. DOI: 10.1177/0269215511435688.

[13] Okada A, Naito M, Ariizumi M, *et al*. Experimental studies on the effects of vibration and noise on sympathetic nerve activity in skin[J]. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1991, 62(5): 324-331.

[14] Ko MS, Sim YJ, Kim DH, *et al*. Effects of three weeks of whole-body vibration training on joint-position sense, balance, and gait in children with cerebral palsy: a randomized controlled study[J]. Physiother Can, 2016, 68(2): 99-105. DOI: 10.3138/ptc.2014-77.

[15] Ogawa M, Mitsukawa N, Loftin M, *et al*. Association of vigorous physical activity with age-related, site-specific loss of thigh muscle in women: the HIREGASAKI study[J]. J Trainol, 2011, 1(1): 6-9. DOI: 10.17338/trainology.1.1_6.

[16] Travison TG, Basaria S, Storer TW, *et al*. Clinical meaningfulness of the changes in muscle performance and physical function associated with testosterone administration in older men with mobility limitation[J]. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2011, 66(10): 1090-1099. DOI: 10.1093/gerona/glr100.

[17] Kim JS, Wilson JM, Lee SR. Dietary implications on mechanisms of sarcopenia: roles of protein, amino acids and antioxidants[J]. J Nutr Biochem, 2010, 21(1): 1-13. DOI: 10.1016/j.jnutbio.2009.06.014.

[18] Machado A, García-López D, González-Gallego J, *et al*. Whole-body vibration training increases muscle strength and mass in older women: a randomized-controlled trial[J]. Scand J Med Sci Sports, 2010, 20(2): 200-207. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2009.00919.x.


(编辑:王彩霞)