

全身振动训练对老年人下肢功能和慢性疾病影响的研究与进展

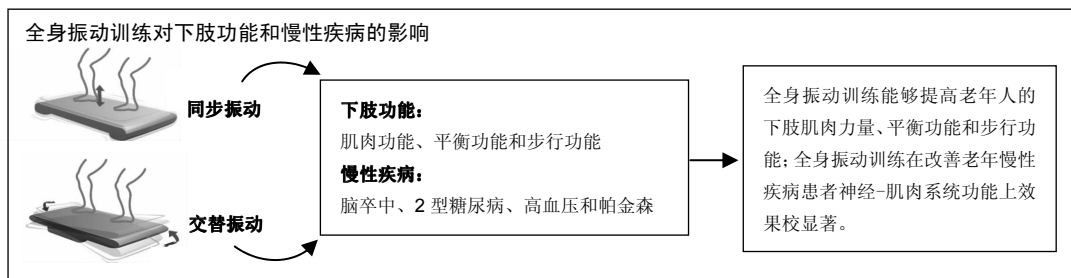
谭景旺, 吴雪萍(上海体育学院体育教育训练学院, 上海市 200438)

引用本文: 谭景旺, 吴雪萍. 全身振动训练对老年人下肢功能和慢性疾病影响的研究与进展[J]. 中国组织工程研究, 2017, 21(8): 1288-1293.

DOI:10.3969/j.issn.2095-4344.2017.08.024

ORCID: 0000-0001-6789-6591(谭景旺)

文章快速阅读:



谭景旺, 男, 1990年生, 山东省人, 汉族, 上海体育学院在读硕士, 主要从事老年人健身方面的研究。

通讯作者: 吴雪萍, 博士, 教授, 博士生导师, 上海体育学院体育教育训练学院, 上海市 200438

文题释义:

全身振动训练: 全身振动训练或称全身振动疗法是指一种通过振动仪器产生振动波并作用于人体, 使神经系统、肌肉-骨骼系统以及心血管系统产生适应性反应进而提高部分身体功能的训练方法。

全身振动训练的开展方式: 全身振动训练没有固定的开展方式, 操作者可采用躺、蹲和站等方式使身体全部置于振动台上, 也可采用撑、扶和趴等方式使身体一部分接触振动台另一部分接触地面。站姿振动普遍采用的操作方式是锻炼者双脚接触于振动台并呈微蹲状站立, 双手握住扶手以保持身体平衡, 通过下肢各关节的角度变化来缓冲振动波。采取微蹲姿势的原因是振动波通过踝、膝、髋和脊柱达到头部时可以得到明显减弱, 能够减轻头部的震荡。

中图分类号:R318

文献标识码:A

文章编号:2095-4344

(2017)08-01288-06

稿件接受: 2017-01-07

摘要

背景: 近些年关于全身振动训练的研究在逐年增多, 全身振动仪器也开始逐渐流行, 全身振动训练的价值正在逐渐被挖掘, 特别是不便于参加常规锻炼的体质弱势群体被认为能够在全身振动训练中受益, 其中老年人占了较大比重。

目的: 阐述全身振动训练在下肢功能和慢性疾病两个方面对老年人产生的影响并对相应机制进行探讨, 为其他全身振动训练研究提供参考。

方法: 由第一作者以“whole body vibration”为主题词在 Web of Science 核心合集数据库和 PubMed 数据库检索 1998 年至 2015 年的全身振动训练文献, 然后以“older adult”、“elderly”、“seniors”和“aging”为关键词进行筛选; 中文数据库选择中国知网(CNKI), 以“振动训练”、“老年”、“高龄”为主题词进行检索, 其中振动之于肺部疾病的研究除外。文献筛选时以 60 岁为标准来界定老年人群, 下肢功能方面选择与老年人跌倒相关且易在全身振动训练中产生效果的“神经肌肉功能”、“平衡功能”和“步行功能”, 慢性疾病方面选择与全身振动训练作用机制联系紧密的神经肌肉系统类和心血管系统类疾病, 包括脑卒中、II 型糖尿病、高血压和帕金森病。

结果与结论: 老年人在全身振动训练中的下肢肌力增强效果显著, 平衡和步行功能都得到了不同程度的提高。在慢性疾病(脑卒中、2 型糖尿病、高血压及帕金森病)方面, 全身振动训练的效用主要表现在神经-肌肉系统功能上, 如肌力增强、肌肉僵硬和震颤程度减轻等, 全身振动训练对老年人慢性疾病的部分指标也存在着改善效应。全身振动训练是一种安全、有效的训练方法, 在肌肉力量、平衡和步行功能方面有提升需求的老年人可以使用此训练方法。老年人在选择全身振动训练时要衡量其投入-产出比, 不能因其耽误常规治疗, 关于全身振动训练未来还需要大量深度研究来明确已有效益及发现更多适用领域。

关键词:

组织构建; 组织工程; 老年人; 下肢力量; 平衡功能; 步行功能; 脑卒中; 2 型糖尿病; 高血压; 帕金森; 全身振动训练

主题词:

组织工程; 振动; 老年人

基金资助:

上海市科学技术委员会科研计划项目(14490503600); 上海体育学院研究生教育创新基金(yjscx2015059)

Tan Jing-wang, Studying for master's degree, School of Physical Education and Training, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China

Corresponding author: Wu Xue-ping, M.D., Professor, Doctoral supervisor, School of Physical Education and Training, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China

Effect of whole body vibration on low extremity functions and chronic diseases in the elderly

Tan Jing-wang, Wu Xue-ping (School of Physical Education and Training, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China)

Abstract

BACKGROUND: Whole body vibration (WBV) training has gained increased attention at the beginning of 21st century as a sort of exercise. WBV instruments are popularized gradually; in the meanwhile, WBV training has showed its values especially for people who are too feeble to attend conventional exercises, among whom, the elderly accounts a lot.

OBJECTIVE: To summarize the effects of WBV training on low extremity functions and chronic diseases in older individuals, and to explore the underlying mechanism, thus providing reference for the study on WBV training.

METHODS: Web of Science, PubMed and CNKI databases were searched for the literatures addressing WBV training published between 1998 and 2015 with the subject word of "whole body vibration" and the keywords of "older adult, elderly, seniors, aging" in English and Chinese, respectively. The articles related to the lung diseases were excluded. The subjects were more than 60 years old, the low extremity functions included neuromuscular function, balance and walking abilities, and the chronic diseases included stroke, type 2 diabetes mellitus, hypertension and Parkinson disease.

RESULTS AND CONCLUSION: WBV training is likely to increase muscle strength, body balance and functional mobility. In terms of chronic diseases, WBV training contributes to muscle strength, relieving muscle stiffness, amyostasia, enhancing improving some indexes of chronic diseases. WBV training is a safe and feasible exercising way for elderly people scheduled for improving the muscle strength, balance and walking abilities. Considering the existed evidences, WBV cannot replace the conventional therapy to treat chronic diseases in the elderly. Furthermore, a large number of high quality trials should be conducted in the future to clarify its effectiveness and application values.

Subject headings: Tissue Engineering; Vibration; Aged

Funding: the Science and Technology Plan of Shanghai Science and Technology Commission, No. 14490503600; the Postgraduate Innovation Foundation of Shanghai University of Sport, No. yjscx2015059

Cite this article: Tan JW, Wu XP. Effect of whole body vibration on low extremity functions and chronic diseases in the elderly. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2017;21(8):1288-1293.

0 引言 Introduction

全身振动训练(Whole Body Vibration Training)或全身振动疗法(Whole Body Vibration Therapy)是一种通过振动仪器产生振动波并作用于人体,使神经系统、肌肉-骨骼系统以及心血管系统产生适应性反应进而提高部分身体功能的训练方法。作为一种新型训练方法,全身振动训练正在临床医学、运动训练以及航天等领域发挥着作用,第61届美国运动医学会(American College of Sports Medicine, ACSM)年会暨第五届运动即良医(Exercise Is Medicine, EIM)世界科学大会研究报告显示全身振动训练研究主要集中在体育学领域和康复医学领域^[1]。当前,随着老年慢性病患者人数不断增多,老年人因此产生功能损伤的概率也随之增大,虽然老年人康复欲望强烈,但年龄增长和人体功能衰退等因素造成老年人在体育运动中获得的益处越来越小,老年人锻炼时总是很小心。全身振动训练作为一种比较安全的以被动方式开展的锻炼手段凭借其低负荷、易操作、效果佳的特点可以弥补这一不足。

文章就老年人下肢功能和慢性疾病这两个方面梳理全身振动训练的效用并对机制做相应探讨。

1 资料和方法 Data and methods

1.1 资料来源 第一作者于2016年1月对Web of Science核心合集数据库、PubMed数据库和CNKI数据库进行检索,检索时限为1998年至2015年。外文数据库以“whole body vibration”为主题词进行第一次检索,以“older adult”、“elderly”、“seniors”和“aging”为关键词在第一次检索的基础上再次筛选。中文数据库以“振动训练”、“老年”、“高龄”为主题词进行检索,其中振动

之于肺部疾病的研究除外。在中英文结果中筛选与“肌肉”、“力量”、“下肢”、“平衡”、“稳定”、“移动”、“步行”、“脑卒中”、“II型糖尿病”、“高血压”和“帕金森病”有关的研究,共检索到文献152篇,检索文献类型为研究原著、系统综述和Meta分析。

1.2 纳入和排除出标准

纳入标准: ①与老年人有关的全身振动训练实验研究(包括随机对照实验和非随机对照实验);②系统综述和Meta分析;③发表在国内外权威杂志的文献。

排除标准: ①工程学、力学等非体育学或医学领域的全身振动训练研究;②受试者年龄在60岁以下的研究;③单组样本量在10例以下的研究。

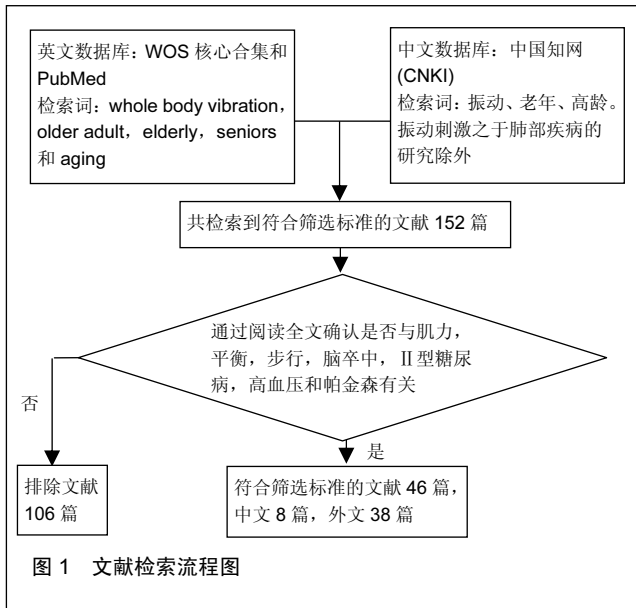
1.3 文献质量评估 文献检索与质量评价由第一作者进行,首先通过主题词和关键词进行第一次检索,然后通过阅读摘要或全文的方式对检索结果进行二次筛选,直至所得文献全部符合文章需要,整个过程由通讯作者监督并对检索结果进行复核。

1.4 数据的提取 通过主题词和关键词共检索到文献152篇,去除摘要、会议论文、农业类、工程类、力学类研究和不符合入选标准与排除标准的研究后得到文献46篇^[1-46],其中中文文献8篇,外文文献38篇。文献检索流程见图1。

2 结果 Results

2.1 全身振动训练对老年人下肢功能的影响

2.1.1 神经肌肉功能 肌肉力量是指神经肌肉系统工作时克服或对抗阻力(如重力、惯性力、外力等)的能力^[2],以绝对力量和爆发力为两种主要表现形式。在全身振动训练对老年人下肢功能产生的影响中肌力提升是相对明确



的一种, 近十年国外学者通过实验发现, 不管是在等速肌力测试还是在功能性肌力测试(如坐下-站立功能测试)上, 全身振动训练都显示出了提高效应^[3-4], 且Meta分析结果也表明老年人下肢肌力在全身振动训练中提高显著, 其中各个关节肌力提高的程度不尽相同, 伸膝肌力的提高程度较伸髋肌力明显^[5-6], 踝关节跖屈肌力提高程度高于伸膝肌力和伸髋肌力^[7]。

基于“神经源性因素”的TVR (Tonic Vibration Reflex, 振动牵张反射)^[8]适应增强理论是目前众多学者比较认可的导致老年人下肢肌力提升的原因。研究表明等长收缩条件下本体感觉输入对肌力提升有很大帮助^[9], 当老年人以微蹲姿势站在振动台接受振动刺激时, 肌梭被反复牵拉使得Ia传入纤维兴奋性加强, 兴奋通过单突触闭合传导途径能够激活高阈值快运动单位^[10]。同时, 振动刺激触发的多突触传导途径也能够增强神经中枢系统对协同肌的支配, 这两者导致的结果是主动肌收缩效率的提高, 进而肌力被增强^[11]。另一方面, 肌力提升在“肌源性因素”方面也有证据支持, Bogaerts的研究中82例老年男性在经过为期1年的全身振动训练(35-40 Hz, 2.5-5.0 mm, 30-60 s/次)后, 肌肉含量增加了3.4%^[12], Machado进行的10周全身振动训练(20-40 Hz, 2-4 mm, 30-60 s/次)实验中受试者股内侧肌和股二头肌的肌肉含量都有显著性提高^[3], 这些研究表明全身振动训练同样能够使肌肉发生明显的形态学变化。进行肌力训练时一个普遍的规律是在训练初期增速明显, 之后增速会逐渐减慢, 原因是肌力增强会先从神经适应开始, 然后过渡到形态学变化, Roelants发现全身振动条件下(35-40 Hz, 2.5-5.0 mm, 60 s/次)受试者肌力的增长也同样遵循先快后慢的规律^[6], 说明全身振动训练和常规训练在改变肌肉功能和结构方面具有相似性。

在比较全身振动训练和常规训练对老年人下肢肌

力的提高效果时, Delecluse认为2.5-5.0 mm, 35-40 Hz的振动刺激所达到的效果与中等强度的阻力训练相当^[13], 但更多研究认为全身振动训练可以达到与常规训练相近的效果但并不具有明显优越性^[5, 14], 部分研究还发现常规训练与全身振动训练组合使用时比单纯使用其中任何一种更容易取得显著效果^[4, 15]。

2.1.2 平衡功能 姿势控制是指控制身体在空间的位置以达到稳定性和方向性的目的, 平衡属于其稳定性目的, 是指控制身体中心与支撑面关系的能力^[16]。姿势控制是神经系统和肌肉骨骼系统共同作用的结果, 前人对描述姿势控制的内容进行总结后形成了如图2的概念模式, 其中肌肉骨骼成分包括关节活动度、脊柱柔韧性等, 神经成分包括神经肌肉协同、感觉系统及认知过程。因为不同的任务和环境对稳定性、方向性的需求会有所不同, 如守门员有时会因为接住球而摔倒, 即为了方向性而损失了稳定性, 故不同环境和任务对图1各因素的需要会有所不同。由于全身振动训练主要是垂直方向上的机械运动, 几乎不涉及水平方向上的位置变化, 因此只需探讨姿势控制的稳定性目的即平衡。

众多研究结果显示, 全身振动训练导致老年人平衡功能提高体现在静态平衡、动态平衡以及功能性平衡3方面。静态平衡方面, Iwamoto等^[17]的研究表明全身振动训练能提高单脚站立成绩; 动态平衡方面, Beck等^[18]采取的是脚跟贴脚尖行走测试, 发现实验前后平衡成绩有10.4%的提高; 功能性平衡方面, TUGT(起立-行走计时测试)^[19]、Berg平衡测试^[20]、Tinetti平衡测试、FRT(功能性前伸测试)^[20], 以及各种姿势描记法都表明全身振动训练能够提高受试者的平衡功能^[21]。并且, Meta分析显示老年人在全身振动训练中动态平衡的提高程度要优于静态平衡^[22]。以上结果表明, 老年人的平衡功能可以在全身振动训练中得到提高。

在机制上全身振动训练导致老年人平衡功能提高的原因可能有以下几个方面(图2中深颜色部分^[16]): ①肌肉骨骼成分方面: 已有研究表明下肢肌肉力量与平衡能力关系密切^[23], 全身振动训练导致下肢肌力增加的状况在上文已有叙述, 因此可以认为老年人能够在增强下肢肌力的基础上提高克服重心偏移的能力进而改善平衡功能, 同时全身振动训练增加膝关节稳定性的实验结果进一步解释了这种训练方法在提高机体稳定性上的作用^[24]; ②神经肌肉协同方面: 在进行全身振动训练时, 肌梭会被反复牵伸, 使得振动后肌肉感知牵伸的敏感度提升^[25], 长期训练后老年人能够对体重心的偏移快速做出反应, 进而提高平衡能力; ③感觉系统: 已有研究发现全身振动训练能够对前庭系统及本体感觉系统产生作用^[26-27], 使这些系统在感知外界刺激后能快速做出反应, 提高机体主动运动时的效率。

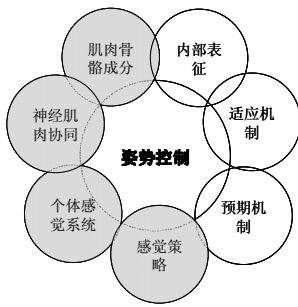


图2 用来描述姿势控制众多内容的概念模式

2.1.3 步行功能 在有关老年人步行功能的全身振动训练研究中, 步长、步频和步速类测试指标最常被研究者们所采用。研究者Orr^[19]总结了全身振动训练研究中评价老年人步行功能的指标, 包括TUGT(起立-行走计时测试)、Tinetti测试、10 m步行速度测试以及6 min步行试验等。其中, 有在TUGT这一指标上得到显著性结果(同常规训练相比)的实验^[21], 也有提高但是未达到组间显著性(与常规训练进行对照)的研究^[17], 步态参数方面(包括规定时间: 6 min步行、2 min步行; 规定距离: 10 m步行; 规定步数: 25步)有显著性提高的研究^[17], 但也存在无显著提高的结果^[28], 进一步分析实验人群发现身体虚弱或下肢功能有过损伤的老年人能比健康老年人在全身振动训练中收获更多^[19]。

与年轻人相比, 老年人在蹬地时跖屈肌群会产生较少的能量, 这可以解释老年人步长缩短、扁平足的全足着地以及支撑相时间的增加, 这种结果一方面由肌力流失导致, 另一方面是因为较小的跖屈肌力可以减少身体的前后晃动, 会让老年人行走起来更加稳定^[16]。前文论述过全身振动训练可以增强老年人的跖屈肌力, 因此步速提高的机制可能在于振动刺激使跖屈肌力增强, 让老年人在行走过程中能够快速蹬离地面, 进而提高步速^[17]。同时, 在提高平衡的前提下, 移动时站立相时间增加, 老年人有更多的时间进行异侧腿的摆动^[15], 步长也就因此而得到提高。在全身振动训练提升步行功能的效果方面, 研究者认为与常规训练相比全身振动训练并不具优越性, 但有过功能损伤的老年人干预前后的变化普遍较没有过损伤的老年人明显, 这提示在讨论全身振动训练的效果时有必要对人群进行区分^[19]。

根据上文对肌肉功能、平衡功能以及步行功能的分析和探讨, 应该说全身振动训练能够作为一种提升老年人下肢功能的手段来实施。不过, 为了使老年人更好地获益, 有一些事项还需要注意: 一是全身振动训练在提高老年人肌肉力量上可能无法比肩常规训练, 但在常规训练无法开展或者常规训练无法满足老年人健身需求时, 全身振动训练可以用来帮助提升老年人提高肌肉力量; 二是不同体质状况老年人在全身振动训练中收获的效益不同, 总体而言对于比较虚弱的老年人来说效果会比较明显。对于功能正常、无任何障碍的老年人来说, 全身振动训练的主要作用在于维持, 毕竟随着年龄的增

长老年人下肢功能会逐渐减弱, 而全身振动训练则可以作为一种缓解手段。因此, 老年人在使用全身振动训练时要因人而异、因病而异, 以免达不到预期效果。

2.2 全身振动训练对老年人慢性疾病的影响

2.2.1 脑卒中 老年人是脑卒中的高发人群, 脑卒中后老年人下肢运动功能常会受到损害, 在脑卒中病后康复中阻力训练经常被用来恢复患者的下肢功能, 但这种方法存在一些局限性, 如患者依从性不高、动力不足等^[29], 依从性指的是在临床试验或干预试验中受试者对试验所规定项目的遵从程度^[30]。近些年部分专家学者开始尝试使用全身振动训练对脑卒中患者进行康复, 但当前证据显示治疗效果并不显著。Liao在此方面做的系统评价可以比较全面地呈现全身振动训练在脑卒中患者康复中的效果^[31], 他认为全身振动训练在脑卒中患者功能恢复上作用有限。其他相关研究中脑卒中患者在全身振动训练中能够获得的最明显的治疗效果是肌力提高^[32], 在其他方面收获微弱。

2.2.2 2型糖尿病 美国糖尿病协会(American Diabetes Association, ADA)在总结糖尿病和运动的关系时认为“所有的糖尿病患者都应当有机会从各种各样有价值的运动中获益”。然而, 临床治疗过程中患者往往对药物治疗的依从性较好, 运动治疗由于缺乏专业医务人员的监督指导, 患者“较为盲从, 甚至方法错误”或“出现不良反应”使运动疗法难以实施^[33]。

研究表明, 有氧运动能够提高2型糖尿病患者的血流速度和血糖消耗量^[34], 部分学者研究后发现有氧运动是在促使骨骼肌对血液中葡萄糖的直接摄取和利用, 提高胰岛素转运血糖活性的基础上进行降糖^[35], Del等^[36]的研究证实了全身振动训练在降低糖化血红蛋白水平上的功效, 而且这一点在动物实验上也得到了验证^[37]。Sañudo等^[38]发现全身振动训练也具有提高血流速度的功能, 这意味着全身振动训练与有氧运动在提高血流速度上具有相似效果。目前解释这种现象的理论有两种, 一是振动刺激促使身体产生了与内皮细胞有关的代谢物质, 二是振动刺激导致体内一氧化氮水平提高, 使血管舒张进而提高了血流速度^[38]。

2.2.3 高血压 高血压是老年人中比较常见的慢性疾病, 它和动脉硬化互为因果关系, 血压过高导致动脉硬化的发生和发展, 已发生硬化的血管又会造成血压升高。对于高血压患者来说, 动脉硬化是导致死亡的重要因素, 尤其是臂踝动脉和股踝动脉。当前, 脉搏波传导速度(PWV)作为评估动脉硬化的指标正逐渐被引起重视, 且Logistic回归分析表明PWV是心血管死亡事件的独立预测因子^[39]。Figuerola发现振动刺激能够导致大腿脉搏波传导速度(LegPWV)发生改变, 使踝部收缩压降低, 值得注意的是踝部收缩压可以独立预测动脉硬化^[40]。Lai等^[41]的研究表明3个月的全身振动训练可以降低平均年龄61.9岁老年人的臂踝脉搏波传导速度, 同时老年

人的动脉硬化症状也有所改善。Robbins等^[42]的研究发现, 全身振动训练对足背动脉的血流速度有显著提高作用, 足背动脉的血流速度受中枢心血管系统和外周心血管系统的影响, 但是该实验中被试的心率、血压没有发生变化意味着血流速的改变应该是因为全身振动训练对外周心血管系统产生了影响。

2.2.4 帕金森病 帕金森病是一类多发于老年人群的中枢神经系统变性疾病, 随着中国老龄化趋势的不断发展, 该病患病人人数也在不断增多。该病虽然在药物治疗、外科治疗、细胞和组织移植治疗、基因治疗等方面均已取得了显著的进展, 但目前仍以药物治疗为主^[43]。虽然药物对僵硬、震颤和失动症状疗效显著, 但是对语言障碍、复杂步态和平衡障碍效果甚微^[44]。法国传奇神经学家 Jean-Martin Charcot(1825-1893)受帕金森患者反映疼痛和不适在乘坐马车或火车一段时间后能得到很大程度缓解的启发, 发明了振动设备为患者缓解病痛并取得卓越成效^[45]。目前, 大部分与帕金森病有关的全身振动训练研究着重于患者的震颤、僵硬、平衡和移动能力。全身振动训练能够减轻帕金森患者的震颤、僵硬及姿势障碍程度, 这些功能的改善通过帕金森综合评定量表、TUGT(起立-行走计时测试)及10 m步行速度测试等指标得以反映^[46], 这些结果固然可喜但所产生的效果同常规物理疗法相比并无明显优势^[44], 并且相关研究还报道了全身振动训练导致的良性结果很有可能是出于安慰剂效应^[46]。

通过上文对老年人慢性疾病的描述, 应该说全身振动训练对慢性疾病部分指标有一定效果。但是, 作者在研读过相关文章后发现与慢性疾病有关的研究存在以下两个问题: 一是全身振动训练研究总体不算深入, 表现在研究数量总体偏少、高质量随机对照试验研究相对匮乏、研究方案方法学质量总体偏低以及样本量较小等方面; 二是不同研究者之间所使用的振动设备和振动参数差异较大, 造成实验结果不易被横向比较, 从而影响疗效的判断。因此, 对于全身振动训练是否能够作为老年人改善慢性疾病症状的一种手段还无法做出定论, 未来还需要更多、更深入的研究来证实已有结果。

3 小结 Conclusion

全身振动训练对提高老年人肌肉力量、平衡和步行功能有帮助, 患有脑卒中、II型糖尿病、高血压和帕金森病的老年人在全身振动训练中可以使部分症状得到改善。全身振动训练是一种安全、易行、较有效的训练方法, 在肌肉力量、平衡和步行功能方面有提升需求的老年人可以使用此训练方法, 但在选择时需要衡量其投入-产出比, 不能因其耽误常规治疗。随着国内外相关研究的不断深入, 全身振动训练应该能够在未来的健康事业里发挥一定作用。未来, 关于全身振动训练还需要大量深度研究来明确已有效益及发现更多适用领域。同

时, 也需要制定一套科学的振动标准来使参与者放心接受振动训练, 并且在人体工效学方面改进全身振动训练设备及其辅助设施, 使得锻炼者能更舒适的接受振动刺激, 进一步增强科学性和依从性。

致谢: 感谢上海体育学院体育教育训练学院吴雪萍教授对文章框架和终稿审核做出的贡献。

作者贡献: 文章由通讯作者提供设计思路, 第一作者完成初稿写作, 随后由第一作者和通讯作者共同修改, 最后由通讯作者审核。

利益冲突: 所有作者共同认可文章无相关利益冲突。

伦理问题: 文章内容不涉及伦理问题。

文章查重: 文章出版前已经过 CNKI 反剽窃文献检测系统进行 3 次查重。

文章外审: 文章经国内小同行外审专家双盲外审, 符合本刊发稿宗旨。

作者声明: 谭景旺对研究和文章出现的不端行为承担责任。文章中涉及的原始图片、数据(包括计算机数据库)记录及样本已按照有关规定保存、分享和销毁, 可接受核查。

文章版权: 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

开放获取声明: 这是一篇开放获取文章, 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享3.0”条款, 在合理引用的情况下, 允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展, 同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献, 并为之建立索引, 用作软件的输入数据或其他任何合法用途。

4 参考文献 References

- [1] 卜淑敏, 韩天雨. 全身振动训练在运动训练和康复领域中的应用及研究进展[J]. 北京体育大学学报, 2014, 37(8): 65-70.
- [2] 王清, 李汀, 魏星. 肌肉力量测量方法[J]. 体育科学, 1993, 13(1): 18-27.
- [3] Machado A, Garcialópez D, Gonzálezgallego J, et al. Whole-body vibration training increases muscle strength and mass in older women: a randomized-controlled trial. Scand J Med Sci Sports. 2010; 20(2): 200-207.
- [4] Osugi T, Iwamoto J, Yamazaki M, et al. Effect of a combination of whole body vibration exercise and squat training on body balance, musclepower, and walking ability in the elderly. Ther Clin Risk Manag. 2014; 10(1): 131-138.
- [5] Lau RW, Liao LR, Yu F, et al. The effects of whole body vibration therapy on bone mineral density and leg muscle strength in older adults: a systematic review and meta-analysis. Clin Rehabil. 2011; 25(11): 975-988.
- [6] Roelants M, Delecluse C, Verschueren SM. Whole-body-vibration training increases knee-extension strength and speed of movement in older women. J Am Geriatr Soc. 2004; 52(6): 901-908.
- [7] Rees SS, Murphy AJ, Watsford ML. Effects of whole-body vibration exercise on lower-extremity muscle strength and power in an older population: a randomized clinical trial. Phys Ther. 2008; 88(4): 462-470.
- [8] Hagbarth KE, Eklund G. Tonic vibration reflexes (TVR) in spasticity. Brain Res. 1966; 2(2): 201-203.
- [9] Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. Physiol Rev. 2001; 81(4): 1725-1789.
- [10] Hori Y, Hiraga K, Watanabe S. The effects of thiamylal sodium on the tonic vibration reflex. Brain Res. 1989; 497(2): 291-295.

- [11] Matyas TA, Galea MP, Spicer SD. Facilitation of the maximum voluntary contraction in hemiplegia by concomitant cutaneous stimulation. *Am J Phys Med.* 1986;65(3):125-134.
- [12] 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 Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2007;62(6):630-635.
- [13] Delecluse C, Roelants M, Verschueren S. Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(6):1033-1041.
- [14] Sitjà-Rabert M, Rigau D, Fort VA, et al. Efficacy of whole body vibration exercise in older people: a systematic review. *Disabil Rehabil.* 2012;34(11):883-893.
- [15] 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. *Keio J Med.* 2007;56(1):28-33.
- [16] Shumway-Cook A, Woollacott MH. 运动控制原理与实践[M]. 北京:人民卫生出版社, 2009.
- [17] Iwamoto J, Sato Y, Takeda T, et al. Whole body vibration exercise improves body balance and walking velocity in postmenopausal osteoporotic women treated with alendronate: Galileo and Alendronate Intervention Trail (Gait). *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2012;12(3):136-143.
- [18] Beck BR, Norling TL. The effect of 8 mos of twice-weekly low- or higher intensity whole body vibration on risk factors for postmenopausal hip fracture. *Am J Phys Med Rehabil.* 2010; 89(12):997-1009.
- [19] Orr R. The effect of whole body vibration exposure on balance and functional mobility in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Maturitas.* 2015;80(4):342-358.
- [20] Lee K, Lee S, Song C. Whole-body vibration training improves balance, muscle strength and glycosylated hemoglobin in elderly patients with diabetic neuropathy. *Tohoku J Exp Med.* 2013;231(4):305-314.
- [21] Zhang L, Weng C, Liu M, et al. Effect of whole-body vibration exercise on mobility, balance ability and general health status in frail elderly patients: a pilot randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2014;28(1):59-68.
- [22] Rogan S, Hilfiker R, Herren K, et al. Effects of whole-body vibration on postural control in elderly: a systematic review and meta-analysis. *BMC Geriatr.* 2011;11(1):72-89.
- [23] 庄洁, 陈佩杰, 邓晓敏. 老年人跌倒与运动干预研究现状[J]. 中国运动医学杂志, 2009, 28(4):456-459.
- [24] Melnyk M, Kofler B, Faist M, et al. Effect of a whole-body vibration session on knee stability. *Int J Sports Med.* 2008;29(10):839-844.
- [25] Cardinale M, Bosco C. The use of vibration as an exercise intervention. *Exerc Sport Sci Rev.* 2003;31(1):3-7.
- [26] Dzurková O, Hlavacka F. Velocity of body lean evoked by leg muscle vibration potentiate the effects of vestibular stimulation on posture. *Physiol Res.* 2007;56(6):829-832.
- [27] Brunetti O, Filippi GM, Lorenzini M, et al. Improvement of posture stability by vibratory stimulation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(11):1180-1187.
- [28] Mikhael M, Orr R, Amsen F, et al. Effect of standing posture during whole body vibration training on muscle morphology and function in older adults: a randomised controlled trial. *BMC Geriatr.* 2010;10(10):1-13.
- [29] Tihanyi TK, Horváth M, Fazekas G, et al. One session of whole body vibration increases voluntary muscle strength transiently in patients with stroke. *Clin Rehabil.* 2007;53(11): 782-793.
- [30] 刘福龄. 现代医学辞典[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1990.
- [31] Liao LR, Huang M, Lam FM, et al. Effects of whole-body vibration therapy on body functions and structures, activity, and participation poststroke: a systematic review. *Phys Ther.* 2014;94(9):1232-1251.
- [32] Tankisheva E, An B, Boonen S, et al. Effects of intensive whole-body vibration training on muscle strength and balance in adults with chronic stroke: a randomized controlled pilot Study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2014;95(3):439-446.
- [33] 黄晖明, 曹维明. 2型糖尿病的运动疗法及发展趋势[J]. 福建体育科技, 2005, 24(2):35-38.
- [34] Okada S, Hiuge A, Makino H, et al. Effect of exercise intervention on endothelial function and incidence of cardiovascular disease in patients with type 2 diabetes. *J Atheroscler Thromb.* 2010;17(8):828-833.
- [35] 李明子, 纪立农, 郑修霞等. 中等强度急性运动对2型糖尿病餐后血糖的影响[J]. 中国糖尿病杂志, 1999, 7(5):297-302.
- [36] Del PB, Alfonso-Rosa RM, Pozo-Cruz JD, et al. Effects of a 12-wk whole-body vibration based intervention to improve type 2 diabetes. *Maturitas.* 2014;77(1):52-58.
- [37] Yin H, Berdel HO, Moore D, et al. Whole body vibration therapy: a novel potential treatment for type 2 diabetes mellitus. *Springerplus.* 2015;4(1):1-8.
- [38] Sañudo B, Alfonso-Rosa R, Del PB, et al. Whole body vibration training improves leg blood flow and adiposity in patients with type 2 diabetes mellitus. *Eur J Appl Physiol.* 2013;113(9):2245-2252.
- [39] Vlachopoulos C, Aznaouridis K, Terentes-Printzios D, et al. Prediction of cardiovascular events and all-cause mortality with brachial-ankle elasticity index: a systematic review and meta-analysis. *Hypertension.* 2012;60:556-562.
- [40] Figueroa A, Kalfon R, Wong A. Whole-body vibration training decreases ankle systolic blood pressure and leg arterial stiffness in obese postmenopausal women with high blood pressure. *Menopause.* 2014;22(4):423-427.
- [41] Lai CL, Chen HY, Tseng SY, et al. Effect of whole-body vibration for 3 months on arterial stiffness in the middle-aged and elderly. *Clin Interv Aging.* 2013;9(1):821-827.
- [42] Robbins D, Yoganathan P, Gossampson M. The influence of whole body vibration on the central and peripheral cardiovascular system. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2014; 34(5):364-369.
- [43] 汪锡金, 张煜, 陈生弟. 帕金森病发病机制与治疗研究十年进展[J]. 中国现代神经疾病杂志, 2010, 10(1):36-42.
- [44] Ebersbach G, Edler D, Kauffhold O, et al. Whole body vibration versus conventional physiotherapy to improve balance and gait in parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008;89(3):399-403.
- [45] Kapur SS, Stebbins GT, Goetz CG. Vibration therapy for Parkinson's disease: charcot's studies revisited. *J Parkinsons Dis.* 2012;2(1):23-27.
- [46] Gaßner H, Janzen A, Schwirtz A, et al. Random whole body vibration over 5 weeks leads to effects similar to placebo: a controlled study in parkinson's disease. *Parkinsons Dis.* 2014; 2014(2014):1-9.