

全身振动训练对亚急性期脑卒中患者上肢运动功能的影响

李宏波¹ 周谋望^{1,2}

摘要

目的:观察并探讨全身振动训练对亚急性期脑卒中偏瘫患者上肢运动功能的影响。

方法:选取2018年8月—2019年1月北京大学第三医院康复医学科住院治疗的亚急性期脑卒中偏瘫患者28例,随机分为试验组(n=14)和对照组(n=14)。试验组接受常规康复训练与全身振动训练,方案为常规康复训练每次45min,每日2次,全身振动训练每次30min,每日1次,每周5天,治疗周期为3周。对照组仅接受常规康复训练,每次60min,每日2次,每周5天,治疗周期为3周。治疗开始前采集所有患者的一般情况。治疗前,治疗3周后分别采用Fugl-Meyer评定量表上肢部分(FMA-UE),Wolf运动功能测试(WMFT),以及表面肌电图(sEMG)测定的肘关节屈、伸最大等长收缩(MIVC)时肱二头肌、肱三头肌积分肌电值(IEMG)及由此计算的协同收缩率(CR)来评定患者偏瘫侧上肢运动功能。

结果:治疗前,试验组与对照组患者在一般情况、FMA-UE评分、WMFT评分及肘关节屈、伸MIVC时,肱二头肌、肱三头肌CR均无显著差异($P>0.05$)。治疗3周后,试验组和对照组患者上肢FMA、WMFT评分较治疗前均显著提高($P<0.05$),肘关节屈、伸MIVC时肱二头肌、肱三头肌CR均较治疗前下降($P<0.05$)。治疗3周后,试验组患者FMA和WMFT评分明显高于对照组患者($P<0.05$),试验组患者肘伸展MIVC时肱三头肌CR显著低于对照组患者,试验组与对照组患者肘屈曲MIVC时肱二头肌CR无明显差异($P>0.05$)。

结论:全身振动训练在提高亚急性期脑卒中患者上肢运动功能方面具有潜在优势。

关键词 脑卒中;偏瘫;全身振动;上肢

中图分类号:R743.3, R681.7, R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2020)-09-1055-06

Effects of whole body vibration training on upper limb motor function in hemiplegic patients with subacute stroke/LI Hongbo, ZHOU Mouwang//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2020, 35(9): 1055—1060

Abstract

Objective:To investigate the effect of whole body vibration on upper limb motor function in hemiplegic patients with subacute stroke.

Method: Twenty-eight hemiplegic patients with subacute stroke who were hospitalized in the department of rehabilitation medicine, Peking University Third Hospital from August 2018 to January 2019 were selected and randomly divided into the control group (n=14) and the experimental group (n=14). The subjects in the control group received 1 hour conventional rehabilitation therapy twice a day, 5 days per week, for 3 weeks. The subjects in the experimental group received 45 minutes conventional rehabilitation therapy twice a day and 30 minutes whole body vibration training once a day, 5 days per week, for 3 weeks. General information of all patients was collected before the start of treatment. All patients were assessed before and 3 weeks after treatment with Fugl-meyer assessment scale of upper limb (FMA-UE), Wolf motor function test (WMFT). Surface electromy-

DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2020.09.006

1 北京大学第三医院康复医学科,北京市,100191; 2 通讯作者

第一作者简介:李宏波,男,硕士研究生; 收稿日期:2019-02-23

ography was used to measure the integrated EMG(IEMG) of the biceps and triceps during maximum isometric voluntary contraction(MIVC) of the affected elbow flexion and then extension and the co-contraction rate(CR) was calculated.

Result: Before treatment, there was no significant difference in general information, FMA-UE, WMFT, CR of the biceps flexion and CR of the triceps extension of the affected elbow between the two groups ($P>0.05$). After 3 weeks treatment, FMA and WMFT in the experimental group and the control group were significantly increased compared with that before treatment ($P<0.05$), and the CR of the triceps and the CR of the biceps were significantly decreased compared with that before treatment ($P<0.05$). After 3 weeks treatment, compared with control group, experimental group had significantly greater improvements on FMA-UE and WMFT ($P<0.05$). The CR of the triceps in the experimental group was significantly lower than that in the control group ($P<0.05$). There was no significant difference in CR of biceps between the experimental group and the control group ($P>0.05$).

Conclusion: Whole body vibration training has potential advantages in improving upper limb motor function in patients with subacute stroke.

Author's address Dept. of Rehabilitation Medicine, Peking University Third Hospital, Beijing, 100191

Key word stroke; hemiplegia; whole body vibration; upper extremity

脑卒中是一组突然发病,以局灶性神经功能缺失为共同特征的急性脑血管疾病。根据中国卒中协会2015年发布的中国卒中流行报告,我国每年新发脑血管病患者270万,每年死于脑血管病的患者约130万,脑卒中是中国居民的第一位死因^[1]。除此之外80%的脑卒中幸存者遗留有不同程度的功能障碍^[2],其中超过2/3的患者存在上肢运动功能障碍^[3]。上肢功能恢复与下肢相比具有时间长,难度大,效果有限等特点,因此脑卒中患者上肢功能的恢复一直是卒中康复过程中的重点与难点。

近年来,全身振动作为一种新兴的训练方式与治疗方法在康复领域得到了广泛的关注。研究显示全身振动训练对于改善卒中偏瘫患者下肢肌张力,步行能力,平衡功能等方面具有一定的作用。但是有关全身振动训练对于卒中患者上肢功能影响的相关研究较少,仅有的几项研究也多是针对慢性期的患者,尚无针对亚急性期患者的研究。因此,本研究旨在观察并探讨全身振动训练对亚急性期卒中偏瘫患者上肢运动功能的影响。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2018年8月—2019年1月北京大学第三医院康复医学科住院治疗的符合纳入标准的脑卒中偏瘫患者28例,采用随机数字表法将患者随机分为试验组($n=14$)和对照组($n=14$)。两组患者年龄、性别、病程、病变性质、偏瘫侧别等方面均无显著差异($P>0.05$),具有可比性。两组患者一般资料见表1。

回顾以往全身振动训练对于卒中患者上肢功能影响的文献,按照文献中主要测量指标Fugl-Meyer评定量表上肢部分估算样本含量。设定假设检验的Ⅰ类错误为0.05,Ⅱ类错误为0.2,试验组和对照组样本量比例为1,根据样本量双侧检验计算公式:

$$n_2 = [Z(1 - \alpha/2) + Z(1 - \beta)]^2 \cdot (\sigma_1^2 + \sigma_2^2)(1 + 1/k) / \delta^2$$

$n_1 = n_2$ 得到试验组样本量为12,对照组样本量为12。考虑到失访的问题,最终确定预计招募28例受试者。

纳入标准:①年龄18—70岁;②首次脑卒中并导致一侧肢体功能障碍;③符合1995年第四届全国脑血管病会议脑卒中诊断标准,并经头颅CT或MRI证实;④一般情况与生命体征平稳,意识水平正常,能理解并完成动作性指令;⑤患侧上肢Brunnstrom分期Ⅱ—Ⅳ期;⑥病程1—6个月;⑦患者自愿参加本研究,签署知情同意书。

表1 两组患者一般情况与病情比较

组别	例数	性别(例)		年龄(岁)	病程(d)	病变性质(例)		偏瘫侧别(例)	
		男	女			出血	梗死	左	右
试验组	14	12	2	55.00±10.90	45.71±7.83	4	10	10	4
对照组	14	10	4	56.93±9.93	46.07±6.81	5	9	10	4

排除标准:①病情不稳定;②伴有重要脏器(如心、肝、肺、肾)功能不全或恶性肿瘤;③存在全身振动训练禁忌证;④合并其他引起上肢功能障碍的疾病。

1.2 治疗方法

对照组接受常规康复治疗,试验组接受常规康复治疗与全身振动训练。具体康复治疗方为对照组接受每次60min,每天2次,每周5天的常规康复治疗,共3周。试验组接受每次45min,每天2次的常规康复治疗以及每次30min,每天1次的全身振动训练,每周治疗5天,共3周。

常规康复训练主要包括神经肌肉促进技术、良肢位摆放、运动疗法、作业治疗等。

全身振动训练由接受过培训的治疗师与患者一对一进行。采用德国生产的Galileo®MED M PLUS训练平台。患者在治疗师的帮助下,坐于55×44×11.5cm的木制平台上,身体前倾,双手放于振动平板上,肩关节屈曲,肘关节略微屈曲避免完全伸直,腕关节背曲,指间关节伸直,两手掌等距的放在振动平板中线的两侧,对于不能自己维持上述训练姿势的患者,由治疗师协助完成训练。振动频率范围为5—20Hz,振幅为4mm。每次振动训练依照频率设置分为7组,各组振动频率范围分别为5—8Hz,9—12Hz,13—16Hz,17—20Hz,13—16Hz,9—12Hz,5—8Hz。每组训练时间为2min,每组中间休息1min,振动训练前后分别进行5min的热身与收尾。治疗期间时刻关注患者的状态与感受,一旦出现眩晕等不良反应立刻停止训练并采取相应措施。

1.3 评定指标

治疗开始前和治疗3周后采用Fugl-meyer评定量表上肢部分(Fugl-Meyer assessment-upper extremities, FMA-UE), Wolf运动功能测试(Wolf motor function test, WMFT),以及表面肌电图测定的肘关节屈、伸最大等长收缩(maximum isometric voluntary contraction, MIVC)时肱二头肌、肱三头肌积分肌电值(integrated EMG, IEMG)及由此计算的协同收缩率(co-contraction, rate CR)来评定患者偏瘫上肢运动功能。

Fugl-Meyer评定量表上肢部分包含上肢反射活动,肩肘腕屈伸肌共同运动,分离运动,腕稳定性,手功能,协调性与速度等10大项,33小项,量表总分为

66分。分数越高表示上肢功能越好。多项研究显示其具有较高的信效度,被国内外广泛应用与脑卒中患者上肢运动功能的评定^[4]。

Wolf运动功能测试总共包含15个项目,其中1—6为简单关节活动,7—15为复合的功能性动作。动作质量分为6个等级(0,1,2,3,4,5),总分75分,评分越高代表上肢功能越好^[5]。

表面肌电图的检测设备和过程如下,①检测设备:采用FlexComp表面肌电分析系统,型号为SA1150,应用BioNeuro Infiniti肌电信号处理软件对肌电信号进行分析。电极片为上海韩洁电子科技有限公司生产的一次性Ag/AgCl心电极片,型号为CH55RD。借助Biodex System等速测试训练系统进行肘关节屈曲与伸展最大等长收缩;②检测过程:患者坐位,躯干经绑带固定在椅子上,患侧肘关节屈曲45°放置于肘关节固定支架上,肱骨外侧髁与动力头轴心相对。腕关节处于中立位,握住肘关节测试操纵杆把手。酒精棉球擦拭脱脂后将电极片分别贴于患侧肱三头肌与肱二头肌肌腹最膨隆处。测试前,告知患者具体流程,并在正式测试前进行一次试验。测试时,嘱患者用最大力量屈曲或伸展肘关节并坚持5s,共测试3次,每次测试中间休息10s。通过信号接收器采集并储存数据,经表面肌电分析系统内置的BioNeuro Infiniti肌电分析软件分析处理后可直接获得肱二头肌,肱三头肌积分肌电值(IEMG),并由此计算协同收缩率(CR),计算公式:CR=拮抗肌IEMG/主动肌IEMG+拮抗肌IEMG^[6]。

1.4 统计学分析

本研究采用SPSS24.0版统计学软件对研究数据进行统计分析。每组计量资料均采用K-S检验对其进行正态性检验,符合正态分布的计量资料采用均值±标准差的形式进行描述。不符合正态分布的计量资料采用中位数进行描述。符合正态分布的计量资料组间比较采用独立样本 t 检验,不符合正态分布的计量资料组间比较采用非参数检验进行。同组治疗前后计量资料比较采用配对 t 检验。所有检验以双侧 $P<0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果

2.1 两组患者FMA-UE评分比较

治疗前试验组与对照组FMA-UE评分差异无显著性意义($P>0.05$),具有可比性。经3周康复治疗,两组FMA-UE评分均高于治疗前,差异具有显著性($P<0.05$)。治疗后,试验组FMA-UE评分高于对照组,且差异具有显著性($P<0.05$)。见表2。

2.2 两组患者WMFT评分比较

治疗前试验组与对照组WMFT评分差异无显著性意义($P>0.05$),具有可比性。经3周康复治疗,两组WMFT评分均高于治疗前,差异具有显著性($P<0.05$)。治疗后,试验组WMFT评分高于对照组,且差异具有显著性($P<0.05$)。见表3。

2.3 两组患者肘屈曲MIVC时肱二头肌CR比较

治疗前试验组与对照组肘屈曲MIVC时肱二头肌CR无显著差异($P>0.05$),具有可比性。经3周康复治疗,两组患者肘屈曲MIVC时肱二头肌CR较治疗前均降低,差异具有显著性($P<0.05$)。治疗后,试验组与对照组CR无显著差异($P>0.05$)。见表4。

2.4 两组患者肘伸展MIVC时肱三头肌CR比较

治疗前试验组与对照组肘伸展MIVC时肱三头肌CR无显著差异($P>0.05$),具有可比性。经3周康复治疗,两组患者肘伸展MIVC时肱三头肌CR较治疗前均下降,差异具有显著性($P<0.05$)。治疗后,试验组CR低于对照组,且差异具有显著性($P<0.05$)。见表5。

表2 两组患者FMA-UE评分比较 ($\bar{x}\pm s$,分)

组别	例数	治疗前	治疗后	P_1
试验组	14	29.22±7.87	40.79±8.51	0.003
对照组	14	30.28±5.61	34.71±6.84	0.045
P_2		0.506	0.047	

注: P_1 代表治疗前后差异; P_2 代表试验组与对照组组间差异

表3 两组患者WMFT评分比较 ($\bar{x}\pm s$,分)

组别	例数	治疗前	治疗后	P_1
试验组	14	37.43±5.75	44.64±4.09	0.000492
对照组	14	38.21±4.28	41.14±3.63	0.039
P_2		0.685	0.024	

注: P_1 代表治疗前后差异; P_2 代表试验组与对照组组间差异

表4 两组患者肘屈曲MIVC时肱二头肌CR比较($\bar{x}\pm s$,分)

组别	例数	治疗前	治疗后	P_1
试验组	14	19.54±6.64	16.17±4.75	0.000738
对照组	14	18.38±5.48	14.52±5.35	0.00195
P_2		0.619	0.396	

注: P_1 代表治疗前后差异; P_2 代表试验组与对照组组间的差异

表5 两组患者肘伸展MIVC时肱三头肌CR比较($\bar{x}\pm s$,分)

组别	例数	治疗前	治疗后	P_1
试验组	14	31.52±12.47	19.21±6.02	0.000887
对照组	14	30.68±10.28	24.62±6.54	0.000595
P_2		0.849	0.031	

注: P_1 代表治疗前后差异; P_2 代表试验组与对照组组间差异

3 讨论

脑卒中可导致运动、感觉、言语等方面的功能障碍。其中运动功能障碍最为常见,主要表现为病变半球对侧肢体的中枢性偏瘫,包括肌张力增高,腱反射亢进,病理反射阳性,肢体运动时出现粗大的病理模式和协同运动等。大约80%的脑卒中幸存者可以恢复独立步行,但是超过65%的患者在脑卒中6个月后仍然存在上肢功能障碍^[7-8]。参考美国永久性功能障碍分级标准,上肢功能占人体全身功能的60%,因此上肢功能障碍会严重影响患者的生活质量,给家庭与社会带来沉重的负担。运动功能恢复在脑卒中后1—6个月最为显著,这段时期也被称为脑卒中亚急性期。研究显示与慢性期相比,亚急性期恢复的运动功能更有可能被患者用于日常生活活动中^[9-10]。近年来,振动训练作为一种新兴的训练方式与治疗方法在康复领域得到了广泛的关注,振动训练是将机械振动作用于人体以达到治疗疾病与改善功能为目的物理治疗方法。根据振动作用范围的不同,可以将振动训练分为局部振动与全身振动训练。局部振动疗法的作用范围相对比较局限,除振动源直接接触的部位外,身体其余部位所接受的振动十分微弱^[11]。全身振动疗法的机械振动通常是由振动平板产生,通过足部,手部,臀部与平板接触将机械振动传导至全身^[12]。本研究结果显示全身振动训练在提高亚急性期脑卒中患者上肢运动功能方面具有潜在优势。

Fugl-Meyer评定量表上肢部分(FMA-UE)和Wolf运动功能测试(WMFT)被广泛用来评估脑卒中患者上肢功能。FMA-UE侧重于反映脑卒中患者上肢运动模式的变化,WMFT通过评估患者完成动作的质量与时间来反映患者上肢功能性的变化。本研究显示3周康复训练后,试验组与对照组FMA-UE与WMFT评分均较治疗前有所改善。但试验组评分高于对照组,且差异具有显著性。

如何定量的评价脑卒中患者神经功能肌肉状态以及康复效果,一直是脑卒中康复中的重要课题。表面肌电图被认为是一种可以选择的方法。目前常用的表面肌电指标可以分为频域指标与时域指标两类。协同收缩率(CR)是时域指标之一,CR可以反映拮抗肌在主动肌收缩过程中所占比例的多少。脑卒中患者患侧屈、伸肘的协同收缩率显著高于健侧以及健康人群,肱三头肌协同收缩率升高最为显著^[19]。本研究结果显示3周康复治疗后,试验组与对照组患者肘屈曲MIVC时肱二头肌CR和肘伸展MIVC时肱三头肌CR均低于治疗前,差异具有显著性。此外,接受全身振动训练的试验组患者伸肘MIVC时肱三头肌CR显著低于对照组。这说明常规康复训练结合全身振动训练可以更好的改善患侧肘关节屈伸运动的协调性,并且对于改善脑卒中患者上肢屈肌肌张力增高的偏瘫模式有好的效果。

全身振动训练改善脑卒中患者上肢功能的具体机制目前尚无定论,但目前认为可能与以下因素有关。首先,人体在接受全身振动训练时,肌肉会发生周期性的拉长与缩短,进而兴奋肌梭并将产生的感觉信息通过Ⅰa以及Ⅱ类传入神经纤维传导至位于脊髓前角的 α 与 γ 运动神经元。 α 运动神经元兴奋后会引引起骨骼肌收缩。而 γ 运动神经元兴奋后会引导致梭内肌的收缩,进而使肌梭的兴奋性进一步增强,募集更多的 α 运动神经元与肌纤维,导致肌肉收缩进一步增强^[20]。振动通过交互抑制和脊髓上抑制降低拮抗肌肌肉活动,这有助于改善肢体运动的协调性^[21]。除此之外,全身振动训练激活Ⅰa传入神经纤维会引起大脑皮层以及皮质脊髓传导通路的兴奋性变化,对于大脑功能重塑具有积极的意义^[22]。

全身振动训练是否安全以及对于人体有无不良影响,一直是备受研究人员与康复从业者关注的问题。本研究中所有受试者在接受全身振动训练期间均未出现明显不适。截至目前,绝大多数关于全身振动训练的研究并未报道患者在全身振动训练期间以及训练后出现不良反应。除此之外,一些研究结果显示患者对于全身振动训练的耐受性与依从性甚至要优于抗阻训练等运动形式。这可能是由于全身振动训练平台产生的机械振动为有序的正弦机械振动且振动强度较低,并且大部分全身振动训练方案

为短期且间断式的训练方案。但是仍有少数研究显示全身振动训练会导致部分受试者出现眩晕、皮肤红斑伴有瘙痒以及关节不适感等不良反应。

以往对于脑卒中患者全身振动训练的研究多采取双足接触振动平板的训练方式且多观察其对于患者下肢功能的影响。而采取患者双手接触振动平板的方式对脑卒中患者进行全身振动训练的研究较少,仅有的几项研究选取的研究对象均为慢性期脑卒中偏瘫患者。本研究结果显示将全身振动训练应用于亚急性期脑卒中偏瘫患者可以有效提高患者的上肢运动功能。除此之外,本研究首次应用表面肌电技术评估全身振动训练对于脑卒中偏瘫患者患侧肱二头肌、肱三头肌的影响,结果显示全身振动训练能够降低肘屈伸运动时肱二头肌、肱三头肌的CR,改善肘屈伸运动的协调性。

本研究同时也存在一些不足:3周的治疗时间可能不充分,治疗效应不能被认为是全身振动训练的长期效果;本研究只观察了全身振动训练对于脑卒中患者患侧肱二头肌、肱三头肌表面肌电信号的影响。

4 结论

与常规康复训练相比,在常规康复训练的基础上进行全身振动训练可以明显提高亚急性期脑卒中患者FMA-UE评分与WMFT评分,并且可以降低肘屈伸运动时肱二头肌、肱三头肌CR。提示全身振动训练在提高亚急性期脑卒中患者上肢功能方面具有潜在优势。

参考文献

- [1] 吴亚哲, 陈伟伟. 中国脑卒中流行概况[J]. 心脑血管病防治, 2016, 16(6):410—411.
- [2] 吴兆苏, 姚崇华, 赵冬. 我国人群脑卒中发病率、死亡率的流行病学研究[J]. 中华流行病学杂志, 2003, 24(3):236—239.
- [3] Nakayama H, Jorgensen HS, Raaschou HQ, et al. Recovery of upper extremity function in stroke patients: the copenhagen stroke study[J]. Arch Phys Med Rehabil, 1994, 75(4): 394—398
- [4] Gladstone DJ, Danells CJ, Black SE. The Fugl-meyer assessment of motor recovery after stroke: a critical review of its measurement properties[J]. Neurorehabil Neural Repair, 2002, 16(3):232—240.

- [5] Gladstone DJ, Danells CJ, Black SE. The Fugl-Meyer assessment of motor recovery after stroke: a critical review of its measurement properties[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2002, 16(3):232—240.
- [6] Hammond MC, Fitts SS, Kraft GH, et al. Co-contraction in the hemiparetic forearm: quantitative EMG evaluation[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1988, 69(5):348—351.
- [7] Dobkin BH. Clinical practice. Rehabilitation after stroke[J]. *N Engl J Med*, 2005, 352(16):1677.
- [8] Kwakkel G, Kollen BJ, van der Grond J, et al. Probability of regaining dexterity in the flaccid upper limb: impact of severity of paresis and time since onset in acute stroke[J]. *Stroke*, 2003, 34(9):2181—2186.
- [9] Zeiler SR, Krakauer JW. The interaction between training and plasticity in the poststroke brain[J]. *Curr Opin Neurol*, 2013, 26(6):609—616.
- [10] Tomori K, Nagayama H, Ohno K, et al. Comparison of occupation-based and impairment-based occupational therapy for subacute stroke: a randomized controlled feasibility study [J]. *Clin Rehabil*, 2015, 29(8):752—762.
- [11] Seo HG, Oh BM, Leigh JH, et al. Effect of focal muscle vibration on calf muscle spasticity: a proof-of-concept study [J]. *PMR*, 2016, 8(11):1083—1089.
- [12] Cochrane DJ. Vibration exercise: the potential benefits[J]. *Int J Sports Med*, 2011, 32(2):75—99.
- [13] Park C, Park ES, CHoi JY, et al. Immediate effect of a single session of whole body vibration on spasticity in children with cerebral palsy[J]. *Ann Rehabil Med*, 2017, 41(2): 273—278.
- [14] Miyara K., Matsumoto S, Uema T, et al. Effect of whole body vibration on spasticity in hemiplegic legs of patients with stroke[J]. *Top Stroke Rehabil*, 2018, 25(2):90—95.
- [15] Lai Z, Wang X, Lee S, et al. Effects of whole body vibration exercise on neuromuscular function for individuals with knee osteoarthritis: study protocol for a randomized controlled trial[J]. *Trials*, 2017, 18(1):437.
- [16] Kaut O, Breniq D, Marek M, et al. Postural stability in Parkinson's disease patients is improved after stochastic resonance therapy[J]. *Parkinsons Dis*, 2016, 2016:7948721.
- [17] Yang F, Finlayson M, Bethoux, et al. Effects of controlled whole-body vibration training in improving fall risk factors among individuals with multiple sclerosis: A pilot study[J]. *Disabil Rehabil*, 2018, 40(5):553—560.
- [18] Alev A, Mihriban A, Bilge E, et al. Effects of whole body vibration therapy in pain, function and depression of the patients with fibromyalgia[J]. *Complement Ther Clin Pract*, 2017, 28:200—203.
- [19] 齐瑞, 严隽涛, 房敏, 等. 脑卒中偏瘫患者肱二、三头肌表面肌电特征的研究[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2006, 28(6): 399—401.
- [20] Cardinale M, Bosco C. The use of vibration as an exercise intervention[J]. *Exer Sport Sci Rev*, 2003, 31(1):3—7.
- [21] Cheng HY, Yu YC, Wong AM, et al. Effects of an eight-week whole body vibration on lower extremity muscle tone and function in children with cerebral palsy[J]. *Res Dev Disabil*, 2015, 38:256—261.
- [22] Lee JS, Kim CY, Kim HD. Short-term effects of whole-body vibration combined with task-related training on upper extremity function, spasticity and grip strength in subjects with poststroke hemiplegia: a pilot randomized controlled trial[J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2016, 95(8):608—617.