

# 全身振动治疗改善脑瘫患者步行能力的 Meta 分析

彭康龙<sup>1</sup>, 梁显荣<sup>1</sup>, 曹建国<sup>1,2</sup>, 黄美欢<sup>1</sup>, 战玉军<sup>2</sup>

**【摘要】** 目的:探究全身振动疗法(WBV)对于脑瘫患者的步行能力的疗效以及相关的作用机理分析。方法:本文检索的文献均来源于 PUBMED、Google Scholar、EMBASE 以及 The Cochrane Library 上,检索近十年来的文献报道,截止 2016 年 12 月,由 2 位评价员独立检索、筛选文献,对符合纳入标准的文献进行方法学质量评估并对各被研究患者的基本特征、干预措施、疗效观察指标等治疗进行提取和统计分析。结果:共纳入 7 个随机对照试验,Meta 分析结果显示,WBV 能够有效显著改善患者步行速度。结论:基于现有的荟萃分析结果,WBV 能够改善脑瘫患者步行能力,应纳入常规的脑瘫患者物理治疗的参考治疗方法之一。

**【关键词】** 脑瘫;全身振动疗法;步行能力;随机对照试验;Meta 分析

**【中图分类号】** R49;R742 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2017.05.004

**Meta-analysis of walking ability in children with cerebral palsy treated by whole body vibration therapy** Peng Kanglong, Liang Xianrong, Cao Jianguo, et al. Department of Rehabilitation Medicine, Shenzhen Children's Hospital, Shenzhen 518038, China

**【Abstract】 Objective:** To systematically review the effect of the whole body vibration (WBV) on walking abilities of the cerebral palsy children as well as the mechanism. **Method:** Electronic database such as PUBMED, Google Scholar, EMBASE as well as the Cochrane Library was searched (from Dec. 2006 to Dec. 2016) for randomized controlled trials (RCTs), and studies were independently searched and chosen by two reviewers. The methodological quality of literatures meeting the inclusion criteria was assessed and the basic characteristics, interventions, efficacy indicators, etc., were extracted and analyzed. **Result:** Seven RCTs were included in the Meta-analysis. The gait speed was significantly increased. On the other hand, the difference of the muscle tone evaluated by Modified Ashworth Scale (MAS) and the muscle strength evaluated by handheld dynamometer showed no statistical significance. **Conclusion:** Based on the available Meta-analysis results, we argue that WBV can improve the walking ability of children with cerebral palsy and it should be included as part of the conventional physical treatment of children with cerebral palsy.

**【Key words】** cerebral palsy; whole body vibration; walking function; randomized controlled trials; Meta-analysis

脑性瘫痪是一组持续存在的中枢性和姿势发育障碍、活动受限症候群,这种症候群是由于发育中的胎儿或婴幼儿脑部非进行性损伤所致<sup>[1-3]</sup>。学龄期的脑性瘫痪患者的运动障碍常伴有感觉、知觉障碍,以及继发性肌肉、骨骼问题,导致早期的步行能力受到影响<sup>[4]</sup>。因此,对于这些患者,步行能力训练是一项十分重要的训练项目<sup>[5-6]</sup>。全身振动疗法(Whole Body Vibration, WBV)的研究在近期逐渐受到了广泛的关注,以往关于 WBV 的文献报道均认为这一类训练的方式在提高一般健康人群的骨骼状况、平衡能力、本体感觉以及生活质量上均有显著的效果<sup>[7-9]</sup>。我们运用 Meta

分析方法对以往发表的关于 WBV 对脑瘫患者的步行能力的影响的随机对照试验(Random Control Trails, RCTs)进行探究,为 WBV 在脑瘫患者下肢步行功能恢复提供进一步的证据支持,分析 WBV 对于脑瘫患者的步行能力的疗效以及相关的作用机理。

## 1 资料与方法

1.1 研究对象 国内外生物医学期刊已公开发表的探究 WBV 对脑瘫患者步行能力的影响的 RCTs。年龄 2~18 岁,种族、国籍、性别不限,英文文献所选患者符合 2015 年脑性瘫痪康复指南上的诊断标准<sup>[3]</sup>。

1.2 方法 ①文献选择:a. 文献纳入标准:所有纳入的 RTCs 均以研究 WBV 对于脑瘫患者步行能力的相关作用的研究目的。b. 研究设计:RCTs, 无论是否采用盲法。c. 干预措施:WBV 组干预措施为全身振动疗法,其他临床治疗与康复治疗与对照组相同;对照组采用常规脑瘫患者康复治疗技术。d. 结局指标:步行速

基金项目:深圳市卫生计生系统科研项目(201607052)

收稿日期:2017-02-22

作者单位:1. 深圳市儿童医院康复医学科,深圳 518038;2. 深圳市大鹏新区妇幼保健院,深圳 518108

作者简介:彭康龙(1992-),男,技师,主要从事儿童康复治疗方面的研究。

通讯作者:曹建国,caojgsz@126.com

度,测量方法可以是步态分析、10m 步行试验及 6min 步行试验;肌张力,测量方法为改良 Ashworth 肌肉张力评估量表(Modified Ashworth Scale, MAS);肌力,测量方法为动态肌力测量仪。e. 文献排除标准:重复发表,未提供充分原始数据且索取无果,原始文献实验设计不严谨,动物实验,无法获得全文。②文献检索方法:本文检索的文献均来自于 PUBMED、Google Scholar、EMBASE 以及 The Cochrane Library 近十年来的文献报道,截至 2016 年 12 月。我们选择英文检索词为"Whole Body Vibration"、"WBV"、"Cerebral Palsy"、"Children"、"Adolescent"等,同时运用布尔运算符进行关键词的组合,提高对于文献检索的准确性以及完整性<sup>[10]</sup>。中文相关文献数量欠缺,因此不进行中文文献的检索。对所有纳入文献的参考文献进行二次检索,以确保文献检索的完整性;对于没有提供原始数据的研究或者需要进一步研究后的实验结果的研究,均以邮件联系相关的作者了解本文所需的相关信息以及实验数据。③数据收集与分析:前文提及的检索方法仅仅用于获取与本系统回顾相关的文献的题目与摘要,两位作者相互不干扰下,依据相关标准的准入准则与排除准则评价全文文献。所有的决议的通过均经过作者间协商。所纳入的文献数据均用 the Cochrane Collaboration 模式进行数据的收集与提取<sup>[10]</sup>,主要考虑以下方面:a. 受试者的基本资料,例如平均年龄、性别;b. 处理方法的设计,例如样本量、振动频率、振动时长;c. 随访记录;d. 失访;e. 结果的评估与量化;f. 成果的展示。荟萃分析的相关文献质量分析均通过 PEDro 量表进行评价<sup>[11-12]</sup>,共 11 个项目,其中一项 PEDro 量表的评估标准与外在效度相关,通常不作为评价方法的考虑范围,因此纳入文献的分数在 0~10,任何产生的异议均由其他的作者协商解决<sup>[13-14]</sup>。④数据分析:进行 Meta 分析时,我们对度量衡单位相同的连续性变量采用加权均数差值,对度量衡单位不相同的连续性变量采用标准化均数差值,所有的数据分析均运用随机效应模型。其中, WBV 组与对照组作为基本的对比组合。以 alpha 值 0.05 为具有统计学意义。统计学异质性检验则运用 Cochran's Q 检验以及值,当  $P < 0.1$ ,  $I^2 > 50\%$  考虑具有明显的异质性,所有的分析均运用 Review Manager Version 5.0 (Cochrane Collaboration)<sup>[12,15]</sup>。发表偏倚采用倒漏斗图显示。

2 结果

2.1 文献的纳入 图 1 展示本系统回顾的纳入文献的筛选流程图。表 1 展示了经过 PEDro 量表评价后

的文献相关方法的质量状况。

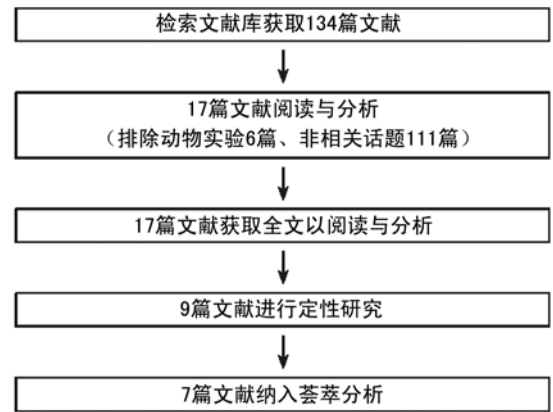


图 1 根据 PRISMA 准则进行文献的检索与筛查

表 1 纳入文献 PEDro 量表评价结果

文献	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	总分
Ruck <sup>[42]</sup>	✓	✓	✓	✓						✓	✓	5
Wren <sup>[43]</sup>	✓	✓	✓	✓			✓	✓		✓	✓	7
Lee <sup>[44]</sup>	✓	✓	✓	✓			✓	✓		✓	✓	7
Ko <sup>[45]</sup>	✓	✓	✓	✓			✓			✓	✓	6
Ibrahim <sup>[29]</sup>	✓	✓		✓						✓	✓	4
El-Shamy <sup>[46]</sup>	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	8
Cheng <sup>[24]</sup>	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	8

注:1. 受试者纳入标准;2. 随机分配;3. 隐藏分配;4. 基线一致性;5. 受试者盲性;6. 治疗师盲性;7. 评估者盲性;8. 随访;9. 主观性治疗;11. 个体多异性。项目 1 的分数不计入总分

2.2 实验相关情况 表 2 展示了所有纳入文献的随机对照实验的基本相关情况。

2.3 异质性检验(齐性检验) 所纳入的 RCTs 均符合相对应的纳入和排除标准,且所有研究都对治疗前性别、年龄等因素进行了基线一致性分析,结果说明无临床异质性,即试验组与对照组具有可比性。异质性检验结果显示,纳入的 RCTs 同质性较差,均采用随机效应模型进行 Meta 分析。

2.4 发表偏倚分析 本研究纳入的文献的偏倚较小。可认为倒漏斗图是对称的,纳入的文献可以进行 Meta 分析。见图 2。

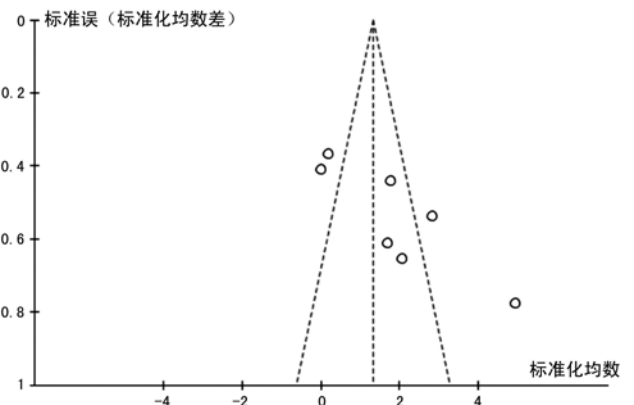


图 2 Meta 分析发表偏倚漏斗图

2.5 WBV组处理情况 WBV的疗程持续范围在8~24周,且一次WBV的治疗时间范围在10~60min,振动疗法的治疗频率范围在3~7次/周。

2.6 步态参数变化 4篇文献以步行速度作为阐述结果的数据。WBV组与对照组相比下,WBV组内受试者的步行速度显著性提高。见图3。

2.7 肌肉张力变化情况 2篇文献以MAS作为阐述结果的数据,且均以伸膝肌为评估肌肉,WBV组与对照组相比,差异不具有显著性。见图4。

2.8 肌力变化情况 3篇文献以肌力作为阐述结果的数据。WBV组与对照组比较,差异并不具有统计学意义。见图5。

### 3 讨论

#### 3.1 全身振动疗法(Whole body vibration WBV)

WBV是康复治疗中新兴的治疗工具以及手段<sup>[16]</sup>,目前,并没有大量高质量的RCTs报道关于WBV在脑瘫患者康复中的运用,而且对于WBV的作用效果结论并不一致。

#### 3.2 WBV组内受试者的步行能力的改善机理探究

WBV能显著提高脑瘫患者的步行速度<sup>[17]</sup>。步行速度是患者日常步行能力的重要的相关因素,步行速度的改善与脑瘫患者的日常步行能力息息相关,提高脑瘫患者的步行能力通常是其康复治疗的主要目标<sup>[18-19]</sup>。

表2 纳入文献的基本情况

文献	患者(诊断,例数,年龄,性别,功能状况)	干预方法		评估工具	结果
		WBV组	对照组		
Ruck <sup>[42]</sup>	脑瘫;入组18人;年龄6.2~12.3岁;70%男性;GMFCS=2~4	常规康复治疗结合WBV	常规康复治疗	10米步行试验;粗大运动功能;骨密度	运动功能提高;骨密度无变化
Wren <sup>[43]</sup>	脑瘫;入组36人;年龄9.4岁;42%男性;GMFCS=1~4	WBV	站立	骨密度;肌力	肌力并无变化;骨密度无变化
Lee <sup>[44]</sup>	脑瘫;入组30;年龄10岁;50%男性	常规康复治疗结合WBV	常规康复治疗	粗大运动功能;肌肉围度;步态分析	运动功能提高;肌肉围度增加
Ko <sup>[45]</sup>	脑瘫;入组24人;年龄7~13岁;GMFCS=1~3	常规康复治疗结合WBV	常规康复治疗	膝关节本体感觉;姿势平衡;步态分析	膝关节本体感觉提高;步态有改善
Ibrahim <sup>[29]</sup>	痉挛型偏瘫;入组30人;年龄9.3岁	常规康复治疗结合WBV	常规康复治疗	伸膝肌肌力;步速;步行平衡;粗大运动功能	伸膝肌肌力、粗大运动功能、步行功能均有提高
El-Shamy <sup>[46]</sup>	痉挛型偏瘫;入组30人;年龄9.93岁;76.6%男性	常规康复治疗结合WBV	常规康复治疗	伸膝肌肌力;平衡与姿势稳定	肌力与姿势平衡有改善
Cheng <sup>[24]</sup>	脑瘫;入组16人;年龄9.2岁	WBV	常规康复治疗	关节活动度;MAS;TUG;6MWT	关节活动度改善;活动功能提高

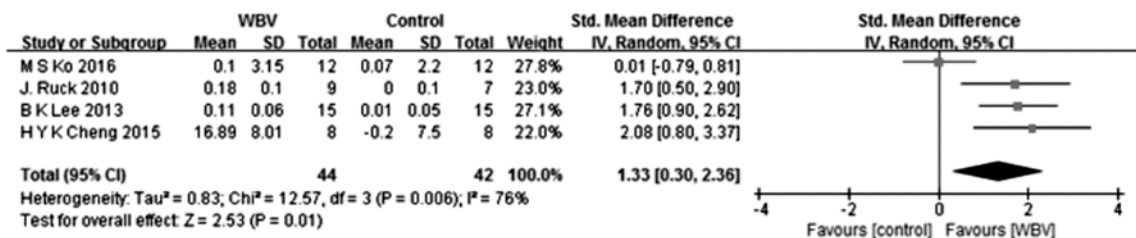


图3 WBV组与对照组:步速

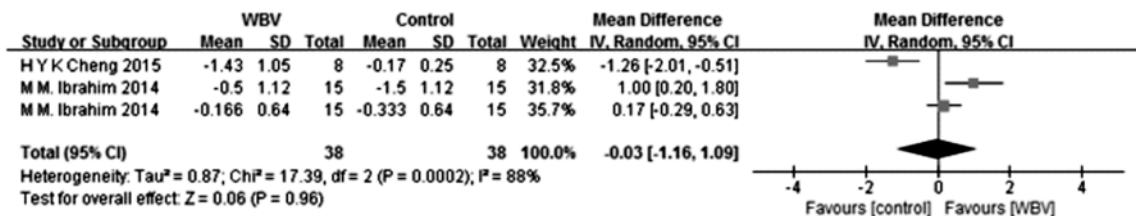


图4 WBV组与对照组:MAS

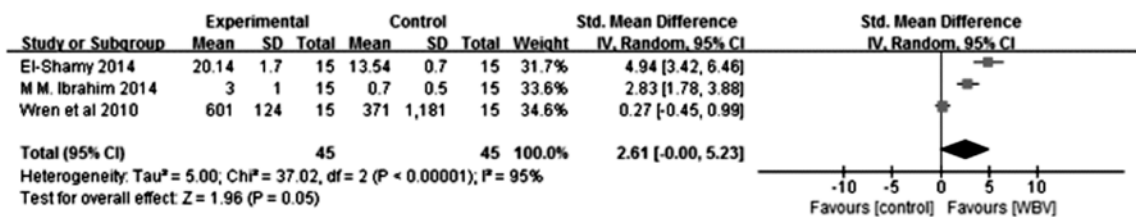


图5 WBV组与对照组:肌力

WBV 可以增加下肢肌肉体积以及改善骨骼骨质,提高下肢生物结构的负重能力,从而改善患者的步行能力<sup>[17]</sup>。足底的机械性感受机理学说认为, WBV 也可以改善足底感觉,提高患者的平衡控制能力,从而改善患者的步态<sup>[20-22]</sup>。

3.3 WBV 组内受试者的肌张力变化 WBV 对肌张力的作用目前仍存在争议<sup>[23]</sup>。WBV 的振动刺激直接作用于受试者痉挛肌肉,以此达到最大的治疗效果,主要表现于肌肉张力、肌电信号以及运动能力(主动关节活动度、被动关节活动度、手功能)的改善,从而改善了受试者的步行能力,表现在步行速度、步宽的改善上<sup>[24-25]</sup>。抑制假说认为一个 WBV 的振动刺激信号通过增强 Ia 突触前抑制效应,以此减少 Ia 神经冲动的释放,因此抑制了单个神经突触的兴奋性<sup>[26-27]</sup>。占线假说认为振动刺激信号引起的占线现象也减少了牵伸相关的神经冲动输入, Ia 类神经集中于振动刺激信号的处理,而不能很好地处理高频振动信号引起的反射性牵伸相关的神经冲动以及自身的动作电位信号<sup>[28]</sup>。

3.4 WBV 组中受试者肌力提高的作用机理探究 WBV 对肌力的作用上也具有争议<sup>[16,23,29-30]</sup>。反射通路处理机制认为 WBV 振动产生直接刺激通过躯干传递至各个肌肉成分,包括肌腹、肌腱甚至延伸至肌纤维<sup>[20,31-32]</sup>。同时机械振动也刺激了运动相关的 ALPHA 神经元,从而产生肌肉的收缩,从而提高相对应的收缩肌肉的肌力<sup>[32-33]</sup>。此反射回路也作用于本体感觉传导通路,对于自身本体感觉能力也有相对应的增强作用,这些反射性传导通路将神经纤维冲动传导至脊髓背侧核群,相对应的反射性冲动则传导至相关的肌肉群,形成相对应的肌肉活动<sup>[34-37]</sup>。

3.5 WBV 的安全性分析 在 Semler et al、Ward et al 的研究内,均没有报道患者出现不适以及后续的副作用<sup>[38-39]</sup>。

3.6 WBV 的治疗方案探讨 对于 WBV 相关的一些治疗方案, WBV 的强度取决于振动的频率与振幅,不同的参数组合对骨骼肌肉神经系统产生的作用均不同,因此,建立一系列有效的参数组合以及其疗效是一项十分具有挑战性的研究工作<sup>[37]</sup>。进一步的研究需针对如何在保证有效的治疗效果下,规范或提出与治疗参数(模式、频率、强度以及时长)相关的参考意见<sup>[40]</sup>。

WBV 能有效提高脑瘫患者的步行能力,由于纳入文献的局限性以及样本量的限制,仍需要更高质量的 RCTs 进行进一步的研究。同时,关于 WBV 对于脑瘫患者的肌张力、肌力、关节活动度的影响,目前的文献仍不具有代表性,不能很好地阐述 WBV 在这些方面的作用,也需要更多高质量的 RCT 文献进行探究<sup>[41]</sup>。

## 【参考文献】

- [1] Duquette SA, Guiliano AM, Starmer DJ. Whole body vibration and cerebral palsy: a systematic review[J]. The Journal of the Canadian Chiropractic Association, 2015, 59(3): 245-252.
- [2] Gusso S, Munns CF, Colle P, et al. Effects of whole-body vibration training on physical function, bone and muscle mass in adolescents and young adults with cerebral palsy[J]. Scientific reports, 2016, 6(1): 22518-22532.
- [3] 唐久来, 秦炯, 邹丽萍, 等. 中国脑性瘫痪康复指南(2015): 第一部分[J]. 中国康复医学杂志, 2015, 30(7): 747-754.
- [4] Yabumoto T, Shin S, Watanabe T, et al. Whole-body vibration training improves the walking ability of a moderately impaired child with cerebral palsy: a case study[J]. Journal of physical therapy science, 2015, 27(9): 3023-3025.
- [5] Damiano DL. Activity, Activity, Activity: Rethinking Our Physical Therapy Approach to Cerebral Palsy[J]. Physical Therapy, 2006, 86(11): 1534-1540.
- [6] Scholtes VA, Becher JG, Comuth A, et al. Effectiveness of functional progressive resistance exercise strength training on muscle strength and mobility in children with cerebral palsy: a randomized controlled trial[J]. Developmental medicine and child neurology, 2010, 52(6): 107-113.
- [7] Diloreto C, Ranchelli A, Lucidi P, et al. Effects of whole-body vibration exercise on the endocrine system of healthy men[J]. Journal of endocrinological investigation, 2004, 27(1): 323-327.
- [8] Rehn B, Lidstr MJ, Skoglund J, et al. Effects on leg muscular performance from whole body vibration exercise: a systematic review [J]. Scandinavian journal of medicine & science in sports, 2007, 17(1): 2-11.
- [9] Gerodimos V, ZafeIridis A, Karatrantou K, et al. The acute effects of different whole-body vibration amplitudes and frequencies on flexibility and vertical jumping performance[J]. Journal of Science and Medicine in Sport, 2010, 13(4): 438-443.
- [10] Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement [J]. Annals of internal medicine, 2009, 151(4): 264-269.
- [11] Sherrington C, Herbert R, Maher C, et al. PEDro. A database of randomized trials and systematic reviews in physiotherapy [J]. Manual therapy, 2000, 5(4): 223-226.
- [12] Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, et al. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials[J]. Physical therapy, 2003, 83(8): 713-721.
- [13] Olivo SA, Macedo G, Gadotti IC, et al. Scales to assess the quality of randomized controlled trials: a systematic review[J]. Physical therapy, 2008, 88(2): 156-175.
- [14] Verhagen AP, Vet HC, Bie RA, et al. The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomized clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus[J]. Journal of clinical epidemiology, 1998, 51(12): 1235-1241.
- [15] Higgins JP, Thompson SG, Deeks JJ, et al. Measuring inconsistency in meta-analyses[J]. Bmj, 2003, 327(7414): 557-560.
- [16] Saquetto M, Carvalho V, Silva C, et al. The effects of whole body

- vibration on mobility and balance in children with cerebral palsy; a systematic review with meta-analysis[J]. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*, 2015, 15(2): 137-144.
- [17] Gusso S, Munns CF, Colle P, et al. Effects of whole-body vibration training on physical function, bone and muscle mass in adolescents and young adults with cerebral palsy[J]. *Scientific reports*, 2016, 6(1): 22518-22532.
- [18] Smith DW, Gorter JW, Ketelaar M, et al. Relationship between gross motor capacity and daily - life mobility in children with cerebral palsy [J]. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 2010, 52(3): 60-66.
- [19] An S, Lee Y, Shin H, et al. Gait velocity and walking distance to predict community walking after stroke[J]. *Nursing & health sciences*, 2015, 17(4): 533-538.
- [20] Fallon JB, Morgan DL. Fully tuneable stochastic resonance in cutaneous receptors[J]. *Journal of neurophysiology*, 2005, 94(2): 928-933.
- [21] Moss F, Ward LM, Sannita WG. Stochastic resonance and sensory information processing; a tutorial and review of application[J]. *Clinical neurophysiology*, 2004, 115(2): 267-281.
- [22] Schlee G, Reckmann D, Milani TL. Whole body vibration training reduces plantar foot sensitivity but improves balance control of healthy subjects[J]. *Neuroscience letters*, 2012, 506(1): 70-73.
- [23] Chanou K, Gerodimos V, Karatrantou K, et al. Whole-body vibration and rehabilitation of chronic diseases: a review of the literature[J]. *J Sports Sci Med*, 2012, 11(2): 187-200.
- [24] 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]. *Research in developmental disabilities*, 2015, 38(1): 256-261.
- [25] Miyara K, Matsumoto S, Uema T, et al. Feasibility of using whole body vibration as a means for controlling spasticity in post-stroke patients: a pilot study[J]. *Complement Ther Clin Pract*, 2014, 20(1): 70-73.
- [26] Katz R. Presynaptic inhibition in humans: a comparison between normal and spastic patients [J]. *Journal of Physiology-Paris*, 1999, 93(4): 379-385.
- [27] Schieppati M. The Hoffmann reflex: a means of assessing spinal reflex excitability and its descending control in man[J]. *Progress in neurobiology*, 1987, 28(4): 345-376.
- [28] Hagbarth K, Wallin G, Lfstedt L. Muscle spindle responses to stretch in normal and spastic subjects[J]. *Scandinavian journal of rehabilitation medicine*, 1972, 5(4): 156-159.
- [29] Ibrahim MM, Eid MA, Moawd SA. Effect of whole-body vibration on muscle strength, spasticity, and motor performance in spastic diplegic cerebral palsy children[J]. *Egyptian Journal of Medical Human Genetics*, 2014, 15(2): 173-179.
- [30] 杨建玲, 周文芳, 毕胜, 等. 机械振动在神经康复训练中的作用[J]. *中国康复医学杂志*, 2016, 31(7): 825-828.
- [31] Bosco C, Colli R, Introini E, et al. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure[J]. *Clinical Physiology-Oxford-*, 1999, 19(1): 183-187.
- [32] Delecluse C, Roelants M, Verschueren S. Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training[J]. *Medicine and science in sports and exercise*, 2003, 35(6): 1033-1041.
- [33] Delecluse C, Roelants M, Diels R, et al. Effects of whole body vibration training on muscle strength and sprint performance in sprint-trained athletes[J]. *International journal of sports medicine*, 2005, 26(8): 662-668.
- [34] Burke D, Schiller HH. Discharge pattern of single motor units in the tonic vibration reflex of human triceps surae[J]. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 1976, 39(8): 729-741.
- [35] Hagbarth KE, EKLUND G. Tonic vibration reflexes (TVR) in spasticity[J]. *Brain research*, 1966, 2(2): 201-203.
- [36] 张国兴, 刘四文. 全身振动训练对脑卒中患者平衡及步行能力的影响[J]. *中国康复*, 2011, 26(6): 418-420.
- [37] 朱娟, 许光旭, 张文通, 等. 全身振动刺激对脑卒中偏瘫患者步行效率的影响[J]. *中国康复*, 2014, 29(6): 430-432.
- [38] Ding M, Dalstra M, Danielsen CC, et al. Age variations in the properties of human tibial trabecular bone[J]. *Bone & Joint Journal*, 1997, 79(6): 995-1002.
- [39] Wakeling JM, Nigg BM. Modification of soft tissue vibrations in the leg by muscular activity[J]. *Journal of applied physiology*, 2001, 90(2): 412-420.
- [40] Faust KA. The acute effect of whole-body vibration on gait parameters in adults with cerebral palsy[J]. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*, 2013, 13(1): 19-26.
- [41] S-caputo DC, Costa-cavalcanti R, Carvalho-Lima RP, et al. Systematic review of whole body vibration exercises in the treatment of cerebral palsy: Brief report[J]. *Developmental neurorehabilitation*, 2016, 19(5): 327-333.
- [42] Ruck J, Chabot G, Rauch F. Vibration treatment in cerebral palsy: A randomized controlled pilot study[J]. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*, 2010, 10(1): 77-83.
- [43] Wren TA, Lee DC, Hara R, et al. Effect of high-frequency, low-magnitude vibration on bone and muscle in children with cerebral palsy[J]. *J Pediatr Orthop*, 2010, 30(7): 732-738.
- [44] Lee BK, Chon SC. Effect of whole body vibration training on mobility in children with cerebral palsy: a randomized controlled experimenter-blinded study[J]. *Clinical rehabilitation*, 2013, 27(7): 599-607.
- [45] 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]. *Physiotherapy Canada*, 2016, 68(2): 99-105.
- [46] El-shamy SM. Effect of whole-body vibration on muscle strength and balance in diplegic cerebral palsy: a randomized controlled trial [J]. *American journal of physical medicine & rehabilitation/Association of Academic Physiatrists*, 2014, 93(2): 114-121.