

# 全身振动训练对慢性踝关节不稳影响的 Meta 分析

刘俏, 扈盛, 李永杰, 李若薇, 李海瑞, 卢悦

**【摘要】 目的:**系统评估全身振动训练对慢性踝关节不稳的影响。**方法:**计算机全面检索 PubMed、Embase、The Cochrane Library、Web of science、Science direct、知网、万方、维普数据库,搜索关于全身振动训练治疗慢性踝关节不稳的随机对照试验(RCT),检索时间控制从建库至2019年7月。由两位评审员独立的筛选文献、资料提取并进行质量评估,采用 Revman5.3 软件进行 Meta 分析。**结果:**最终纳入7篇文献,总计222例患者。Meta 分析结果显示,与对照组相比,全身振动训练可更有效地改善慢性踝关节不稳患者的 Y 平衡测试评分[WMD=5.69,95%CI(4.33,7.06), $P<0.01$ ]、患侧单足稳定指数[WMD=-0.13,95%CI(-0.17,-0.10), $P<0.01$ ]、腓骨长肌反应时[WMD=-7.14,95%CI(-13.41,-0.86), $P=0.03$ ];而基于当前证据,全身振动训练在提高功能量表方面与对照组差异无统计学意义[SMD=-0.16,95%CI(-0.63,0.31), $P=0.50$ ]。**结论:**当前证据表明,全身振动训练可有效改善慢性踝关节不稳患者的平衡能力,增强腓骨长肌的神经肌肉反应能力。

**【关键词】** 慢性踝关节不稳;全身振动训练;平衡;Meta 分析

**【中图分类号】** R49;R322.7 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2020.10.008

**Influence of Whole Body Vibration Training on Chronic Ankle Joint Instability: A Meta-Analysis** Liu Qiao, Hu Sheng, Li Yongjie, et al. Wuhan Sports University, Wuhan 430079, China

**【Abstract】 Objective:** To systematically evaluate the effects of whole body vibration training on chronic ankle instability. **Methods:** The randomized controlled trials (RCTs) about whole body vibration training on chronic ankle instability were searched from CNKI, WanFang, Vip, PubMed, Embase, The Cochrane Library, Web of Science, Science Direct until July 2019. Two judges independently screened literature, collected data and conducted quality assessment. Data were analyzed with RevMan5.3 software. **Results:** A total of 222 patients with 7 RCTs were included. The results of meta-analysis revealed that whole body vibration training was more effective in improving the Y balance test score of patients with chronic ankle instability [WMD=5.69, 95%CI(4.33, 7.06),  $P<0.00001$ ], unilateral stability index of the affected side [WMD=-0.13, 95%CI(-0.17, -0.10),  $P<0.00001$ ], response time of the long fibula muscle [WMD=-7.14, 95%CI(-13.41, -0.86),  $P=0.03$ ] than the control group. However, based on the current evidence, there was no statistically significant difference between whole body vibration training and the control group in improving the functional scale [SMD=-0.16, 95%CI(-0.63, 0.31),  $P=0.50$ ]. **Conclusion:** The current evidence shows that the whole body vibration training can effectively improve the balance ability of patients with chronic ankle joint instability and enhance the neuromuscular response ability of the long fibula muscle.

**【Key words】** chronic ankle instability; whole body vibration training; balance; meta-analysis

慢性踝关节不稳(Chronic Ankle Instability, CAI)是指踝关节反复发生不稳而导致多次出现踝关节单侧或双侧扭伤,临床表现为踝关节的慢性疼痛、活动受限及姿势稳定性下降等症状<sup>[1]</sup>。这不仅会影响患者的工作和生活,也给社会带来一定的经济和医疗负

担<sup>[2]</sup>。目前,CAI的治疗分为保守治疗和手术治疗,其中保守治疗作为CAI的首选方法,在预防及治疗CAI上取得了较好的临床疗效,主要包括运动治疗、理疗及护具的使用等<sup>[3]</sup>。全身振动训练(whole body vibration training, WBVT)作为一种新型的神经肌肉训练方法,通过振动平台释放不同振幅和频率的振动刺激,将振动刺激通过肢体传递到邻近肌群,使肌肉肌腱复合体的长度在短时间内产生快速变化,增加主动肌的激活程度,从而引起强直性振动反射,提高神经肌肉系统兴奋性<sup>[4-5]</sup>。研究表明,WBVT对CAI患者的肌肉

收稿日期:2019-11-30

作者单位:武汉体育学院,武汉 430079

作者简介:刘俏(1995-),女,硕士,主要从事运动康复方面的研究。

通讯作者:扈盛,9260629@qq.com

功能、神经肌肉控制、姿势稳定性等方面具有积极影响<sup>[6,7]</sup>。但现有的相关研究大多样本量小、方法学质量低,且研究结果不完全一致,故 WBVT 对 CAI 患者的影响尚存争议。本研究采用 Meta 分析的方法系统评价 WBVT 对 CAI 患者运动功能的影响,为临床实践提供可靠的循证医学证据。

## 1 资料与方法

### 1.1 文献纳入与排除标准

1.1.1 研究设计 选取全身振动训练治疗慢性踝关节不稳的随机对照试验(randomized controlled trials, RCTs)。

1.1.2 研究对象 ①纳入患者为慢性踝关节不稳,最早扭伤与实验间隔 12 个月以上,近期扭伤距离实验间隔 3 个月以上;②性别不限,年龄>18 岁;③踝关节无骨折、脱位、严重创伤;④患者依从性高,积极配合。

1.1.3 干预措施 实验组接受全身振动训练,振动的频率、振幅、干预时长不限;对照组接受常规康复训练,如拉伸、力量训练等。

1.1.4 结局指标 ①功能量表:踝关节功能评价量表(Ankle Joint Functional Assessment Tool Questionnaire, AJFAI), Cumberland 踝关节不稳定评价问卷(The Cumberland Ankle Instability Tool, CAIT);②平衡测试:Y 平衡测试(前侧、后内侧、后外侧),患侧单足稳定指数(总体、前后向、左右向);③肌肉反应时:腓骨长肌反应时。

1.1.5 排除标准 ①多次发表或被重复检索出的文献;②非随机对照试验;③相应的结局指标缺乏;④文献无法全文获取。

1.2 文献检索 计算机系统检索中英文数据库。中文数据库包含知网、万方及维普。英文数据库包含 PubMed、Web of Science、Cochrane Library、Embase、Science direct。控制检索时间从建库至 2019 年 7 月。采取主题词和自由词的检索策略,必要时并追查纳入文献的参考文献。具体的检索式如下:中文检索式——(振动 OR 全身振动 OR 全身振动训练) AND (踝关节 OR 踝关节不稳 OR 慢性踝关节)。英文检索式——(以 PubMed 为例):(Whole Body Vibration Training OR Body Vibration Training OR Vibration Training OR Vibration) AND (unstable lateral ankle OR unstable ankles OR chronic ankle instability OR ankle instability OR CAI)。

1.3 文献筛选、资料提取 首先使用 Endnote X7 对不同数据库检索到的文献进行合并和剔重,再由两位评审员根据拟定好的纳入和排除标准进行文献筛选和

资料提取,并交叉核对,如遇分歧进行讨论或参考第三者意见决定。提取的资料包括:纳入研究(第一作者、发表年份)、发表国、样本量、年龄、干预措施(实验组、对照组)、振动频率、干预时长、结局指标。

### 1.4 方法学质量评估

1.4.1 纳入研究的方法学质量评估 由两位评审员按照 Cochrane 系统评价手册设立的评估标准对纳入文献独立的进行方法学质量评价<sup>[8]</sup>。评价结束后,双方交换并对比评价结果,如果遇到分歧,由研究小组集体讨论解决。

1.4.2 证据质量 基于文献风险偏倚评估和 Meta 分析的结果,使用 GRADEpro 3.6.1 对所有结局的证据质量进行分级<sup>[9]</sup>,共分为高、中、低、极低级质量 4 个等级。质量评级标准为:质量不降级为高质量,降 1 级为中等质量,降 2 级为低级质量,降 3 级为极低级质量。

1.5 统计学方法 采用 Revman5.3 进行统计分析。本研究所有结局指标均为连续性变量,如同一结局指标为同一量表所评定,采用加权均数差(Weighted mean difference, WMD)为效应指标;若同一结局指标为不同量表所评定,则采用标准化均数差(Standard Mean Difference, SMD)。各效应量均以 95% CI 表达,检验水准为 0.05。通过  $\chi^2$  检验确定研究之间是否存在异质性,当  $P>0.1$ ,  $I^2<50%$ ,表示各研究之间具有同质性,采用固定效应模型进行 Meta 分析;反之,则表明各研究之间存在异质性,采用随机效应模型进行 Meta 分析,并通过亚组分析或者敏感性分析寻找异质性来源。

## 2 结果

2.1 文献检索结果 共检索到 254 篇文献,经 Endnote 7.0 软件去除重复文献 125 篇,经阅读文献的标题和摘要,剔除明显不相关的文献 114 篇,剩余 15 篇文献。进一步阅读剩余文献全文,排除文献 8 篇,最终纳入 7 篇文献<sup>[6,10-15]</sup>,总计 222 例患者,见图 1。

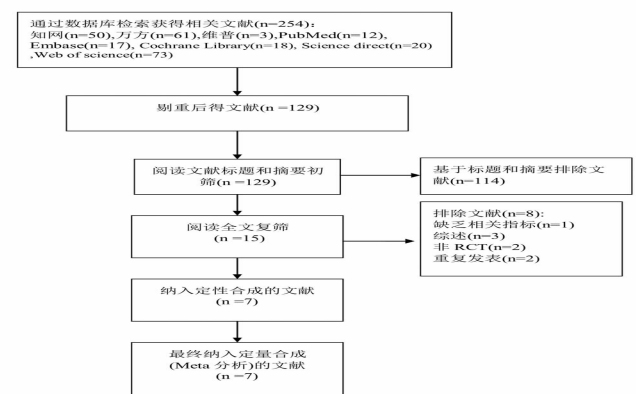


图 1 文献筛选流程

2.2 纳入研究的基本特征 纳入的7项研究<sup>[6,10-15]</sup>于2010年~2018年发表,文献的语种为中文和英文,研究分别来自中国<sup>[10-12]</sup>、丹麦<sup>[13-14]</sup>、西班牙<sup>[6,15]</sup>。共纳入患者222例,试验组均以全身振动训练为干预措施,对照组均采用常规康复训练。干预时长为6~8周。文献的基本特征见表1。

2.3 纳入研究的方法学质量评估和证据等级分级 由2名评审员对纳入的7篇文献进行评估<sup>[6,10-15]</sup>,其中5篇文献详细报告了随机序列产生的方式<sup>[6,12-15]</sup>,4篇文献指出实施了分配隐藏<sup>[6,12,14-15]</sup>;3篇文献指出实施单盲法<sup>[6,14-15]</sup>;3篇文献指出对结局评测者实施盲法<sup>[6,14-15]</sup>。所有纳入文献均未发现结局数据缺失和选择性报告结果,另外未有足够信息判断纳入文献是否存在其他偏倚来源。具体的偏倚风险评估见图2。本研究拥有4个结局指标,应用GRADE系统对所有指标的结局证据等级进行了分级,所有证据质量均降2级,因此证据质量均为低级。具体内容见表2。

汤晨曦 2017	徐姗姗 2018	张晓亚 2016	Sierra 2018	Sierra 2017	Cloak 2013	Cloak 2010	
+	+	+	+	+	+	+	Random sequence generation (selection bias)
+	+	+	+	+	+	+	Allocation concealment (selection bias)
+	+	+	+	+	+	+	Blinding of participants and personnel (performance bias)
+	+	+	+	+	+	+	Blinding of outcome assessment (detection bias)
+	+	+	+	+	+	+	Incomplete outcome data (attrition bias)
+	+	+	+	+	+	+	Selective reporting (reporting bias)
+	+	+	+	+	+	+	Other bias

图2 文献纳入风险总结图

2.4 Meta分析的结果

2.4.1 功能量表 2篇文献报告了WBVT对CAI患者功能量表评分的影响<sup>[10,12]</sup>,1项研究使用了AJFAI量表<sup>[10]</sup>,1项研究使用了CAIT量表<sup>[12]</sup>, $\chi^2$ 检验结果提示研究之间无明显统计学异质性( $I^2 = 17\%$ ,  $P = 0.27$ ),故采用固定效应模型进行合并分析。Meta分析结果显示,WBVT在提高功能量表评分方面与对照组差异无统计学意义 [ $SMD = -0.16, 95\% CI (-0.63, 0.31), P = 0.50$ ],见图3。

表1 纳入标准的基本特征

纳入研究	国家	样本量(例)		年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ )		干预措施		振动频率(Hz)	干预时长	结局指标
		T/C	T/C	T/C	T/C	T/C	T/C			
张晓亚 2016 <sup>[10]</sup>	中国	21/19	22.1±2.0/ 20.7±1.9	全身振动训练/ 常规康复训练		30~40	2次/周,6周	AJFAT、EMG(腓骨长肌)、Y平衡测试(前侧、后内侧、后外侧)		
徐姗姗 2018 <sup>[11]</sup>	中国	12/12	19.8±2.1/ 20.0±2.0	全身振动训练/ 常规康复训练		40	3次/周,8周	Y平衡测试(前侧、后内侧、后外侧)		
汤晨曦 2017 <sup>[12]</sup>	中国	15/15	21.9±2.5/ 22.0±1.9	全身振动训练/ 常规康复训练		30~40	3次/周,8周	CAIT、患侧单足稳定指数(总体、前后向、左右向)		
Cloak 2010 <sup>[13]</sup>	丹麦	19/19	19.0±0.8/ 19.0±1.3	全身振动训练/ 常规康复训练		30~40	2次/周,6周	Y平衡测试(前侧、后内侧、后外侧)		
Cloak 2013 <sup>[14]</sup>	丹麦	11/11	22.2±0.7/ 23.1±1.1	全身振动训练/ 常规康复训练		30~40	2次/周,7周	Y平衡测试(前侧、后内侧、后外侧)		
Sierra 2017 <sup>[15]</sup>	西班牙	17/17	22.4±2.6/ 23.6±3.4	全身振动训练/ 常规康复训练		30~40	3次/周,6周	EMG(腓骨长肌)		
Sierra 2018 <sup>[6]</sup>	西班牙	17/17	22.4±2.6/ 23.6±3.4	全身振动训练/ 常规康复训练		30~40	3次/周,6周	患侧单足稳定指数(总体、前后向、左右向)、Y平衡测试(前侧、后内侧、后外侧)		

注:T=实验组,C=对照组;AJFAI=踝关节功能评价量表;CAIT=Cumberland踝关节不稳定评价问卷;EMG(腓骨长肌)=腓骨长肌反应时

表2 GRADE推荐分级

结局指标	结局重要性	样本量	偏倚风险	不一致性	间接性	精确性	发表偏倚	绝对效应 WMD/SMD(95%)	总体证据质量
功能量表	重要结局	70	严重	无	无	严重	未发现	SMD -0.16 (-0.63, 0.31)	低
Y平衡测试	重要结局	132	严重	无	无	无	未发现	WMD 5.69 (4.33, 7.06)	低
患侧单足稳定指数	重要结局	76	严重	无	无	严重	未发现	WMD -0.13 (-0.17, -0.10)	低
腓骨长肌反应时	重要结局	64	严重	严重	无	无	未发现	WMD -7.14 (-13.41, -0.86)	低

2.4.2 Y平衡测试 5篇文献报告了WBVT对CAI患者Y平衡测试的影响<sup>[6,10-11,13-14]</sup>。 $\chi^2$ 检验结果提示研究之间无明显统计学异质性( $I^2=26\%$ ,  $P=0.17$ ),故采用固定效应模型进行合并分析。Meta分析结果显示,与对照组相比,WBVT在提高平衡能力方面更优,差异具有统计学意义[WMD=5.69,95%CI(4.33,7.06), $P<0.01$ ],见图4。根据Y平衡测试的内容分为前侧、后内侧、后外侧3个亚组。5项研究评估了前侧方向<sup>[6,10-11,13-14]</sup>,结果显示,WBVT在提高前侧方向的平衡能力方面优于对照组[WMD=3.13,95%CI(0.66,5.60), $P=0.01$ ];5项研究评估了后内侧方向<sup>[6,10-11,13-14]</sup>,结果显示WBVT在提高后内侧方向的平衡能力方面优于对照组[WMD=6.20,95%CI(3.37,9.04), $P<0.01$ ];5项研究评估了后外侧方向<sup>[6,10-11,13-14]</sup>,结果显示WBVT在提高后外侧方向的平衡能力方面优于对照组[WMD=7.13,95%CI(5.12,9.13), $P<0.01$ ]。

2.4.3 患侧单足稳定指数 2篇文献报告了WBVT对CAI患者患侧单足稳定指数的影响<sup>[6,12]</sup>。 $\chi^2$ 检验结果提示研究之间无明显统计学异质性( $I^2=0\%$ ,  $P=0.85$ ),故采用固定效应模型进行合并分析。Meta分析结果显示,与对照组相比,WBVT在降低患侧单足稳定指数方面更优,提示WBVT可有效提高CAI患者的平衡能力[WMD=-0.13,95%CI(-0.17,-0.10), $P<0.01$ ],见图5。根据患侧单足稳定指数的内容分为总体稳定指数、前后向稳定指数、左右向稳定指数3个亚组。2项研究评估了总体稳定指数<sup>[6,12]</sup>,结果显示WBVT在改善总体稳定指数方面优于对照组[WMD=-0.13,95%CI(-0.19,-0.06), $P=0.0002$ ];2项研究<sup>[6,12]</sup>评估了前后向稳定指数,结果显示WBVT在降低前后向稳定指数方面优于对照组[WMD=-0.12,95%CI(-0.17,-0.06), $P<0.01$ ];2项研究<sup>[6,12]</sup>评估了左右向稳定指数,结果显示WBVT在降低左右向稳定指数方面优于对照组[WMD=-0.15,95%CI(-0.19,-0.11), $P<0.01$ ]。

2.4.4 腓骨长肌反应时 2篇文献报告了WBVT对CAI患者腓骨长肌反应时的影响<sup>[10,15]</sup>。 $\chi^2$ 检验结果提示研究之间无统计学异质性( $I^2=0\%$ ,  $P=0.90$ ),故采用固定效应模型进行合并分析。Meta分析结果显示,与对照组相比,WBVT在降低腓骨长肌反应时方面优于对照组,差异具有统计学意义[WMD=-7.14,95%CI(-13.41,-0.86), $P=0.03$ ],见图6。

### 3 讨论

平衡是一种通过抵抗破坏平衡的外力来维持身体

稳定状态的能力<sup>[16]</sup>。CAI因其本体感觉缺失或神经肌肉控制能力缺陷,导致姿势控制能力受损、姿势稳定性下降<sup>[17-18]</sup>。因此,改善CAI患者的平衡能力可以降低脚踝扭伤的风险。本研究通过Y平衡测试和患侧单足稳定指数评估CAI患者的平衡能力。Meta分析结果显示,与对照组相比,WBVT在改善Y平衡测试和患侧单足稳定指数评分方面更优,说明WBVT能更有效地改善CAI患者的平衡能力。此外,王利等<sup>[19]</sup>通过Meta分析发现WBVT能降低骨质疏松患者跌倒的发生率,进一步表明WBVT在改善平衡能力方面有着积极影响。改善的原因可能是振动平台使肌肉肌腱复合体的长度发生快速变化,激活肌肉纺锤体的初级传入(Ia,IIa)末端,从而诱发强直振动反射<sup>[20]</sup>。另外,增强 $\alpha$ 和 $\gamma$ 运动神经元的兴奋性和运动单元的同步性也被认为是WBVT的可能效果<sup>[4]</sup>。这些生理变化可以导致更有效的本体感受反馈,从而改善踝关节的平衡能力和主动保护机制。本研究还通过功能量表进而评估WBVT的疗效,但结果显示WBVT与对照组的差异无统计学意义,原因可能与纳入研究数量少有关。这提示仍需要更多高质量RCT进一步论证。

神经肌肉反应时是指机体接受外界刺激信号到开始作出机械反应所用的时间。它能预估人们在紧急情况下,机体做出反应的时间,而反应时的延长会降低身体姿势控制能力,存在跌倒的风险<sup>[21]</sup>。Hoch等<sup>[22]</sup>发现CAI患者患侧腓骨肌在内翻试验扰动下,激活时间较健康受试者显著延长。Caulfield等<sup>[23]</sup>研究也发现CAI患者的腓骨长肌的肌电活动相比于正常人较弱,推测可能与腓骨长肌反应时间的延长有关,表明肌肉力量的下降与神经肌肉反应能力的减弱有关。本研究通过腓骨长肌反应时评估WBVT对CAI患者神经肌肉反应能力的影响。Meta分析结果显示,WBVT在减少腓骨长肌反应时方面优于对照组,说明WBVT可有效提高CAI患者腓骨长肌的反应能力,提示WBVT有助于提升患者快速激活踝周肌群肌肉的能力。与张丽等<sup>[24]</sup>研究发现WBVT能明显提高老年人下肢肌肉力量的结果相似。这可能与WBVT可反射性募集通过肌肉纺锤体诱导的先前不活跃的运动单元,增强活跃的运动单元之间的同步性有关;另外,WBVT刺激了肌肉纺锤体的初级传入(Ia,IIa)末端,增加了传入神经元的活性,从而降低了高尔基肌腱器官的兴奋阈值<sup>[25]</sup>,有助于运动单元的募集和肌肉的激活。使CAI患者在应对外界干扰时及时做出回应,避免发生扭伤。

WBVT的治疗效应与振动频率密切相关。研究

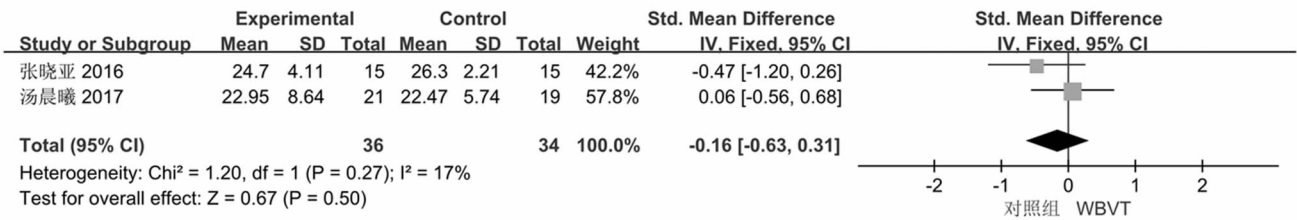


图3 WBVT对功能量表影响的Meta分析

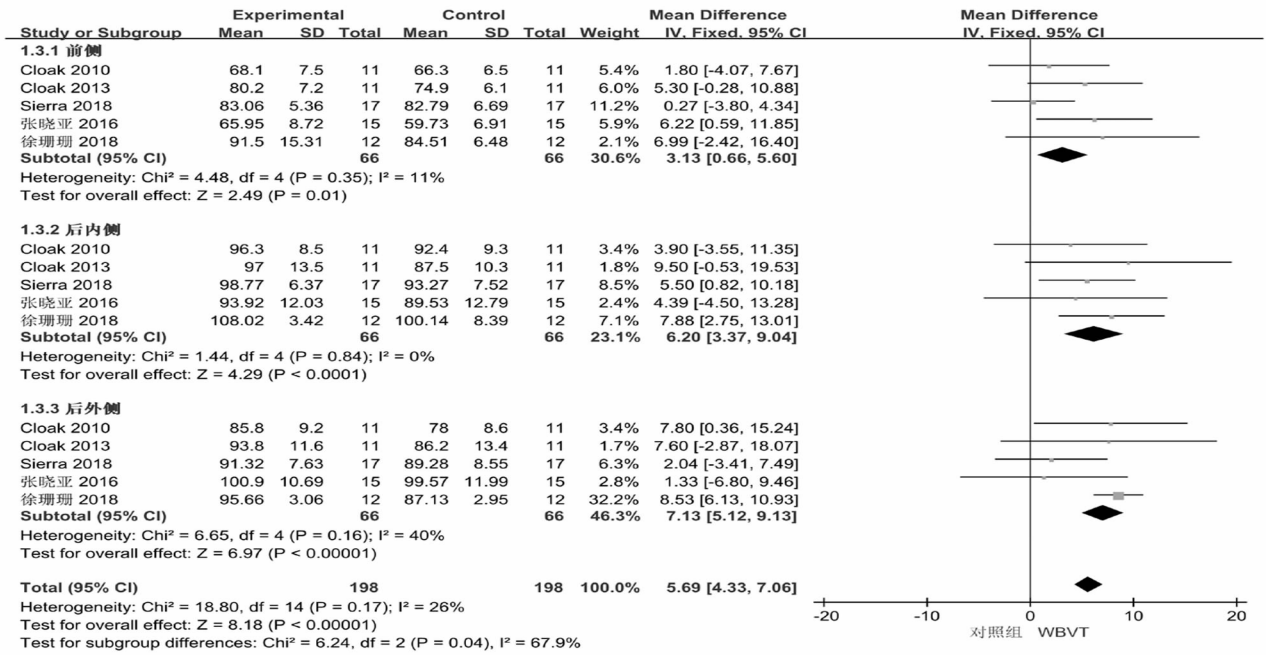


图4 WBVT对Y平衡测试影响的Meta分析

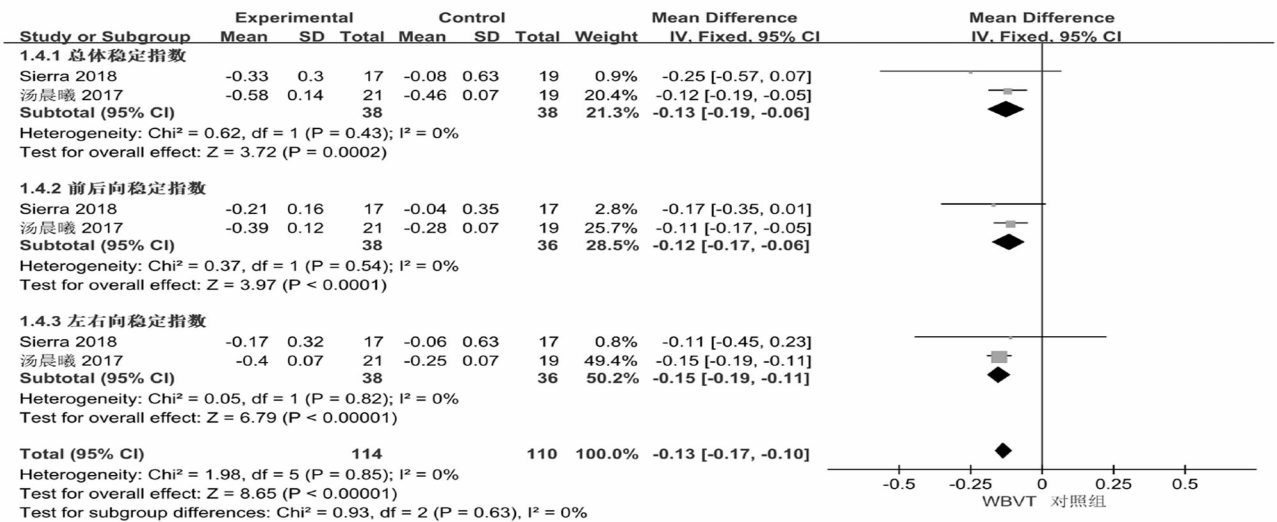


图5 WBVT对患侧单足稳定指数影响的Meta分析

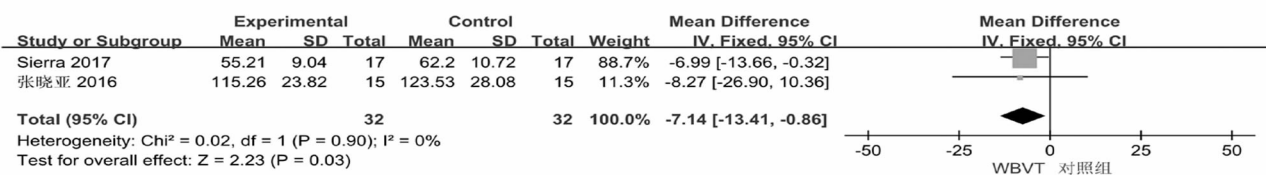


图6 WBVT对腓骨长肌反应时影响的Meta分析

表明,当 WBVT 的振动频率 $<20\text{Hz}$ 时,极易与人体本身的固有频率产生共振,对机体照成危害,而振动频率 $\geq 20\text{Hz}$ 的训练方案是较为推崇的<sup>[26]</sup>。本研究纳入的文献中频率在 $30\sim 40\text{Hz}$ 之间,结合研究结果,表明这一频率范围可以有效改善踝关节的不稳定状态。但是本研究无法证实哪种频率更优,合理规范的振动参数仍需进一步探讨。

本研究存在以下局限性:①未检索灰色数据库;②纳入研究患者的基线水平、振动频率、干预时长不完全一致,对结果的信度造成一定的影响;③部分纳入研究的方法学质量较低,未明确指出分配隐藏、盲法的实施情况,最终导致研究证据等级较低;④结局指标纳入研究数量均较少,因此未进行发表偏倚检验,这从一定程度上削弱了论证的强度。

综上所述,基于当前证据表明 WBVT 可有效改善 CAI 患者的平衡能力,增强腓骨长肌的神经肌肉反应能力。由于此次系统评价存在纳入研究质量不高和数量较少的问题,论证力度存在一定的偏倚。因此,上述结论仍需更多大样本、高质量的 RCT 研究明确其疗效。

### 【参考文献】

- [1] Doherty Cailbhe, Bleakley Chris, Hertel Jay, et al. Recovery From a First-Time Lateral Ankle Sprain and the Predictors of Chronic Ankle Instability: A Prospective Cohort Analysis [J]. *Am J Sports Med*, 2016, 44(4): 995-1003.
- [2] Thompson C, 张东云(译), 刘宏亮(译). 慢性踝关节不稳定的感觉运动控制[J]. *中国康复*, 2019, 34(6): 318-318.
- [3] 覃华生, 潘玮敏, 李然, 等. 慢性踝关节不稳的运动康复: 研究现状与特点[J]. *中国组织工程研究*, 2018, 22(36): 5865-5871.
- [4] Cardinale Marco, Bosco Carmelo. The use of vibration as an exercise intervention. [J]. *Exerc Sport Sci Rev*, 2003, 31(1): 3-7.
- [5] Huang Meizhen, Liao Lin-Rong, Pang Marco Yc. Effects of whole body vibration on muscle spasticity for people with central nervous system disorders: a systematic review [J]. *Clin Rehabil*, 2017, 31(1): 23-33.
- [6] Sierra-Guzmán Rafael, Jiménez-Díaz Fernando, Ramírez Carlos, et al. Whole-Body-Vibration Training and Balance in Recreational Athletes With Chronic Ankle Instability. [J]. *J Athl Train*, 2018, 53(4): 355-363.
- [7] 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(06): 418-420.
- [8] 李永杰, 扈盛. 水中运动训练对脑卒中患者下肢肢体功能和日常生活能力影响的 meta 分析 [J]. *中国康复医学杂志*, 2019, 34(10): 1209-1215.
- [9] 范斌, 刘琳, 朱欢. 肌内效贴对筋膜疼痛综合征疼痛治疗效果的 Meta 分析 [J]. *中国康复理论与实践*, 2018, 24(3): 347-352.
- [10] 张晓亚. 振动训练对功能性踝关节不稳患者的康复训练效果研究 [D]. 北京体育大学, 2016: 1-68.
- [11] 徐珊珊. 机械振动结合短时间小强度康复训练对功能性踝关节不稳的影响 [D]. 武汉体育学院, 2018.
- [12] 汤晨曦. 同振幅递进频率全身振动训练对功能性踝关节不稳的影响 [D]. 成都体育学院, 2017.
- [13] Cloak Ross, Nevill Alan, Day Stephen, et al. Six-week combined vibration and wobble board training on balance and stability in footballers with functional ankle instability. [J]. *Clin J Sport Med*, 2013, 23(5): 384-91.
- [14] Cloak R, Nevill A M, Clarke F, et al. Vibration training improves balance in unstable ankles. [J]. *Int J Sports Med*, 2010, 31(12): 894-900.
- [15] Sierra-Guzmán Rafael, Jiménez Jose Fernando, Ramírez Carlos, et al. Effects of Synchronous Whole Body Vibration Training on a Soft, Unstable Surface in Athletes with Chronic Ankle Instability. [J]. *Int J Sports Med*, 2017, 38(6): 447-455.
- [16] 张阳, 王强, 宋旭, 等. 功能性踝关节不稳者的动态平衡能力研究 [J]. *体育科学*, 2016, 36(9): 54-58.
- [17] Doherty C, Bleakley C, Hertel J, et al. Delahun E. Dynamic balance deficits in individuals with chronic ankle instability compared to ankle sprain copers 1 year after a first-time lateral ankle sprain injury [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2016; 24(4): 1086-1095.
- [18] Arnold Brent L, De La Motte Sarah, Linens Shelley, et al. Ankle instability is associated with balance impairments: a meta-analysis [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2009, 41(5): 1048-62.
- [19] 王利, 王云云, 赵雪, 等. 全身振动训练对骨质疏松患者治疗效果的 Meta 分析 [J]. *中国骨质疏松杂志*, 2017, 23(12): 1579-1586.
- [20] Pollock RD, Woledge RC, Martin FC, et al. Effects of whole body vibration on motor unit recruitment and threshold. *J Appl Physiol*, 2012, 112(3): 388-395.
- [21] 张阳, 袁金凤, 张秋霞, 等. 单侧功能性踝关节不稳者单腿下落过程的生物力学研究 [J]. *北京体育大学学报*, 2014, 37(8): 87-91.
- [22] Hoch MC, McKeon PO. Peroneal reaction time after ankle sprain: a systematic review and meta-analysis [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2014, 46(3): 546-556.
- [23] Delahun E, Monaghan K, Caulfield B. Changes in lower limb kinematics, kinetics, and muscle activity in subjects with functional instability of the ankle joint during a single leg drop jump [J]. *J Orthop Res*, 2006, 24(10): 1991-2000.
- [24] 张丽, 瓮长水, 赵占波. 全身振动训练对老年人下肢肌肉力量及功能干预效果的 Meta 分析 [J]. *中国康复理论与实践*, 2015, 21(10): 1222-1228.
- [25] 章丽莉, 杨玉珊, 郑洁皎. 慢性踝关节不稳姿势稳定性的研究进展 [J]. *中国康复理论与实践*, 2019, 25(08): 908-912.
- [26] Cardinale M, Wakeling J. Whole body vibration exercise: are vibrations good for you [J]. *Br J Sports Med*, 2005, 39(9): 585-589.