

负重振动力量训练对提升下肢爆发力效果的历史梳理

段德鸿 曾理华 张严 管军

福建师范大学体育科学学院, 福建 福州 350108

[摘要] 振动力量训练是给人体施加机械性的刺激, 从而发生有规律的生物学反应的一种训练方式, 作为一种新颖的训练方法, 近些年受到科研人员的重视, 目前研究已证实振动力量训练效果显著, 高效提高最大力量和爆发力。而负重振动力量训练在振动力量训练的基础上增加负荷, 两种训练方式存在一定的区别, 目前研究人员对这种训练方式还处于探索阶段。本研究从负重振动力量训练的起源与发展、生理机制、训练的效果等几个方面进行梳理分析, 为把握理论发展动向提供借鉴, 并对未来研究进行展望。

[关键词] 快速力量; 振动训练; 振动频率; 下肢爆发力

DOI: 10.33142/fme.v3i1.5725

中图分类号: G820.2

文献标识码: A

Historical Review of the Effect of Weight-bearing Vibration Strength Training on Improving the Explosive Power of Lower Limbs

DUAN Dehong, ZENG Lihua, ZHANG Yan, GUAN Jun

School of Physical Education and Sports Science, Fujian Normal University, Fuzhou, Fujian, 350108, China

Abstract: Vibration strength training is a training method that applies mechanical stimulation to the human body to produce regular biological response. As a novel training method, it has attracted the attention of scientific researchers in recent years. At present, the research has confirmed that the effect of vibration strength training is remarkable and can effectively improve the maximum strength and explosive force. The weight-bearing vibration strength training increases the load on the basis of vibration strength training. There are some differences between the two training methods. At present, researchers are still in the exploratory stage. This study combs and analyzes the origin and development, physiological mechanism and training effect of weight-bearing vibration strength training, provides reference for grasping the theoretical development trend, and looks forward to the future research.

Keywords: fast power; vibration training; vibration frequency; explosive force of lower limbs

引言

负重振动力量训练作为一种新颖高效的训练手段, 是在振动力量训练的基础上增加负荷。振动力量训练是采用机械和仪器振动产生作用力施加于人体整体或局部, 使身体各个部位的位置发生有规律的运动, 使人体受到新异的良性刺激, 可以激活人体的身体功能, 从而达到保持和提高身体素质的目的, 是促进运动成绩提高的有效训练手段^[1]。研究已证实, 此训练方法能明显提高肌肉的最大力量和爆发力。文章主要以前人的研究为出发点, 梳理负重振动力量训练的发展历程, 对比分析国内外负重振动力量训练的发展现状, 探究此训练方法对下肢爆发力的影响在现实中的应用, 为振动训练理论发展提供有益的借鉴。

1 负重振动力量训练的起源与发展

振动力量训练概念最早出现在电生理学中提到的振动性张力反射 (Tonic vibration reflex)^[2]。对肌肉和肌腱进行局部振动刺激而引起肌肉的反射性收缩, 叫做振动性张力反射。最早将振动刺激用于训练的人是教练员 Nasarov, 他采用振动刺激对体操运动员进行训练, 发现振动刺激对柔韧性效果明显^[3]。

Fox 通过实验研究发现, 振动刺激能激活腱器, 提高肌肉弹性, 使肌肉收缩的速度加快^[4]。有学者在进行实验时, 实时分析振动刺激时受试者神经冲动的变化, 研究结论得出: 在特定的振动频率区间内, 受试者的神经冲动的发放频率与振动频率是成正相关的。利用电生理学上的振动性张力反射原理, 研究人员开始在运动训练中加入振动刺激, 经过不断的摸索, 取得了不错的效果。

研究学者还将振动训练应用于不同人群, 例如高校体育专业学生, 优秀运动员、健身人士等。大多数研究结果都是对人有积极的影响, 概括起来分为振动训练对人体力量即时、长期效应方面的研究、对人体骨密度影响方面的研究, 对身体素质和运动成绩的影响, 对人体激素方面的影响、对身体灵活性与核心稳定性、柔韧性、下肢爆发力影响、机体疲劳损伤的快速恢复等。目前国内主要是研究局部振动力量训练, 大多都是研究下肢力量为主。

樊家军^[5]选取跨栏跑运动员进行振动力量训练, 探究髌、膝、踝关节肌力变化影响; 2010年尹军^[6]等人进行实验研究踝关节局部振动训练与肌力变影响; 李盈盈^[7]等人研究在不同刺激下半蹲起踵练习对下肢爆发力的影响时,

他提出负重加振动刺激可以有效提高主动肌的力量和肌肉激活程度。这几位学者对下肢爆发力研究都是选取下肢的三个关节进行训练,实验得出的结论中都有提到振动训练比常规训练效果显著。也就是说,负重加振动刺激训练对提高下肢爆发力是一种很有效的训练方式。

袁艳^[8]提出振动刺激在力量训练中应用的进一步的研究应该集中在:对于不同运动项目,应针对性的设计最有效适宜的训练方案。王超君^[9]选取了足球、篮球、排球等14个专项的学生为实验对象进行了振动训练,同年袁艳(2016)对田径专修大学生进行振动训练。吴攀^[10]研究结果显示羽毛球专项学生下肢爆发力在振动训练下有显著性效果;鲍凯,高捷^[11]选取游泳运动员进行为期6周的振动训练,观察受试者下肢爆发力以及专项成绩的变化,对比分析振动训练对游泳运动表现的影响;邱凤晗^[12]探究负重振动训练对提高短跑运动员的下肢力量和运动能力的效果,挑选了20名男性短跑运动员为实验对象进行实验。

这些学者针对不同的运动项目进行振动力量训练,检验振动力量训练是否对各个运动项目的下肢爆发力、快速力量有显著性的提高,他们的实验结果得出振动力量训练对他们选择的运动项目测试指标有显著性的提高,可以推断出,振动力量训练方法适用于大多数运动。

大多数国内研究通常采用 Powerplate 振动平台, Juspt Jump 弹跳测试仪, 等速测力仪, 振动频率的选择在 20-50HZ 范围, 振动幅度在 2-4mm 的范围。振动训练模式分为两种:一种是负重振动刺激,另一种为不负重振动刺激,其中负重振动训练一般负荷 30%1RM 到 75%1RM 之间。大多数研究中所选取的实验对象都是不同专项体育专业学生、青年运动员等有训练基础的人群为样本进行为期 6 周、8 周或 9 周训练来展开实验。国内学者在进行振动训练方面的研究时一般会把振动台训练和传统力量训练作为对比,采用的测试指标通常原地纵跳的腾空高度和腾空时间、半蹲跳的腾空高度和腾空时间、腓肠肌反射、立定跳远、30 米快速跑、半蹲起踵、深蹲起、弓步跳等。

国内各研究学者对负重振动力量训练方面进行研究,大多是探讨对下肢爆发力的影响,揭示负重振动力量训练对不同专项学生下肢爆发力训练的规律,探究两者之间存在的作用机制,目的是完善和丰富负重振动力量训练体系,为运动员和专修大学生力量训练计划制订提高理论基础,更好的为教学和训练服务。

振动力量训练可以有效增强肌肉力量,不少学者提出振动训练对身体施加的刺激,可以显著提高运动员的最大力量。M. Roelants 在进行全身振动力量训练中,挑选女性作为受试者,进行长达 24 周训练,结果发现进行了振动力量训练的受试者膝关节力量增长明显高于进行传统训练的受试者^[13]。Delecluse 研究发现只有全身振动训练组的腿部力量有显著性的提高^[14]。Ritteger 等人提出振动

训练还可以提高运动员的反向跳的高度和延长运动员连续跳的时间^[15],效果显著。

Moiesde 研究振动训练对下肢爆发力的效果,在进行振动训练中所选取的振幅和振频与前人的研究不同。结果发现进行振动训练可以显著提高运动员半蹲跳和下蹲纵跳成绩,最后得出结论:振动训练的所选取的频率和振幅是影响训练成绩关键的因素,另外进行振动训练时,给运动员增加负重是否对成绩有更显著的效果,还需要更深入的研究。

国外学者 Pruceormie^[16]在进行的振动训练研究中,将受试者分为振动训练组和传统组,主要选取了能够反映下肢爆发力的测试指标。实验结果发现振动训练可以高效提高下肢爆发力,尤其是下肢弹跳方面,比传统力量训练效果更佳。

国外学者在进行振动训练的研究中,振动频率选择的范围大都在 20-50Hz 间,振动幅度范围在 1-6mm 内,其中提到过大的振幅会使神经系统的兴奋性下降。训练模式为负重和不负重的振动刺激训练,其中负重振动力量训练还分为动态训练与静态训练。测试指标主要为连续纵跳、反向半蹲跳、下蹲纵跳、助跑跳远、垂直方向弹跳和 30 米快速跑,这些都是反映下肢爆发力的有效指标。影响振动训练效果的因素有很多,如负重与否、负重的重量、训练动作的选择、振幅的选择、振频的选择等等这些因素,都是直接影响振动训练关键所在。

2 负重振动力量训练的生理机制

关于确切负重振动力量训练的生理机制仍未完全清楚,但是大多研究人员基本达成一共识,即负重振动训练后对肌肉最大力量、爆发力、快速力量提高效果显著的原因可能有以下几个方面。

一方面,负重振动力量训练高效地刺激神经细胞,从而促进整个神经系统的兴奋性,神经系统的兴奋可以使神经募集提高,使交互抑制的拮抗肌放松,同时协同肌加强,提高运动单位的发放速率。振动刺激可以激活大量肌梭传入纤维使肌纤维兴奋,肌肉积极主动收缩,振动刺激最大化的激活身体内潜在的运动单位,进而提高运动员肌肉力量。负重振动力量训练促进神经系统灵活性的提高,提高反应速度,爆发力,加大力量和功率。

另一方面,振动刺激会加速肌纤维的募集,募集的肌纤维越多,产生的力量就越大,振动训练还对身体的激活机制有着积极的影响,通过振动刺激,可以激活肌肉的本体感受器,使得肌肉收缩和舒张速度加快,反应能力可以得到提高^[17]。

但是同时,运动员进行传统抗阻训练时,就已经可以达到改变身体的内部机制了,有时过量负荷还会导致运动员产生运动损伤。而负重振动训练对机体施加的负荷和影响因素更多, Bongiovanni 也提出,长时间持续高频振动

刺激会导致肌梭 Ia 型神经释放的神经冲动由增强转为抑制^[18]，过长的振动训练会造成神经肌肉的疲劳。相关研究中表明，振动训练的时间不宜过长，振动频率和振动幅度也需要控制，不然会对人体造成不好的效果。

总的来说，负重振动力量训练可以提高神经系统的兴奋性，激活更多的运动单位参与活动，加速肌纤维的募集，提高肌肉收缩舒张速度，同时在训练过程中需要控制时间。有学者还提出，负重振动力量训练还应考虑对内分泌的影响，振动能刺激神经递质的释放，内分泌的变化还会影响机体代谢的变化，从而影响机体的最大力量，快速力量的释放。

3 负重振动力量训练的效果

3.1 负重振动力量训练与常规力量训练的比较

研究人员对负重振动力量训练的实际效果进行了多次验证，这些研究通常与传统力量训练与振动训练效果进行对比，所得出来的结论都是振动训练效果优于传统力量训练，在振动刺激训练的基础上增加负重，又比无负重振动训练组效果更好，且有显著的差异。负重加振动训练的复合刺激更能增加主动肌的激活程度和力量，显著提高受试者下肢爆发力的平均功率和最大功率，提高爆发力的平均速度和最大速度。

此外，国内学者还将负重振动训练运用到游泳、羽毛球、足球、篮球、短跑等专修班学生的下肢爆发力训练当中，通过研究结果显示，附加振动刺激对各个专项学生的下肢爆发力、快速反应能力、力量耐力有着显著的效果，所以推断，负重振动力量训练适用于各个运动项目。

3.2 不同干预时间下负重力量训练的比较

国内外学者，依据振动力量训练的干预时长的差异，可以将振动力量训练研究分为两类：一类是进行一次振动力量训练后所产生的即时效应的研究，另一类，是经过几周或更长时间振动力量训练后所产生的累积效应的研究^[19]。

王超君^[9]对比了不同频率振动刺激后不同专项运动员各项测试指标的变化情况，进行时间为 1 分钟的短期振动刺激，他提出短期振动刺激可以提高运动员的下肢爆发力、启动力量。

袁艳、高晓娟，吴攀、邱凤吟^[20-21, 10, 12]等学者，都是进行为期八周的下肢振动训练；鲍凯、高捷^[11]在研究振动训练时，进行了 6 周干预实验；赵庆海^[22]在分析单侧腿和双侧腿振动训练时，分别记录训练 4 周后和 8 周后的测试指标，实现结果显示 8 周振动训练比 4 周训练效果更为显著，他们认为机体进行训练，需要足够的训练时长，机体才能够形成长期效应，这样实验得出的各项指标更具有说服力和参考价值。

外国学者 M. Roelants^[13]等通过对普通女性进行 24 周的全身振动力量训练，Pruceormie 在这方面进行的研究中^[16]，安排受试者完成 5 周的振动训练，最终都取得了

不错的训练效果。

总的来说，进行一次振动力量训练所形成的效应为短暂性促进，使机体更好发挥运动成绩；进行几周训练，不同时间进行的实验结果显示，训练时间越长，运动员下肢力量的测试的相关指标的差异就越大。这里也说明了，不同的干预时长对实验结果有着显著性的差异，同时振动训练实验也需要足够的干预时长，使研究的结果更加严谨，得出的数据才会更有代表性和说服力。

3.3 不同振频下负重振动力量训练的比较

大量研究表明，振动频率的高低对振动力量训练效果具有较大影响，2007 年任满迎^[23]研究在同振幅下不同频率振动刺激对肌肉力量训练效果的差异，他提出在相同振幅下，次高频振动刺激效果比低频振动刺激效果显著，有效提高肌肉最大力量，爆发力及快速力量；王超君^[9]在实验中对对比了不同频率振动刺激后不同专项运动员各项测试指标的变化情况，他发现随着振动频率的变化，运动员下肢爆发力也有相应的变化，随着振动频率的上升，下肢爆发力随之下降；胡蓉^[24]在对运动员进行振动训练时，发现振动频率在 30Hz-45Hz 间变化时，随着振动训练频率的上升，振动训练效果反而下降；吴攀^[12]选取 30Hz 和 45Hz 的振动频率进行实验干预，发现 45Hz 高频振动训练组变化较明显，他认为较高振动频率对受试者的下肢爆发力的增长效果更为显著。

关于振幅选择对振动力量训练效果的影响，国内外相关研究较少，这可能是学者们已经达成一致，认为过大的振幅容易导致人体重心较大偏移，损伤风险几率随着增大，因此关于振动训练的研究中，振幅普遍不高。Moisesde 教练员在进行振动训练的实验中，选取振动频率 35Hz，振幅 4mm。他认为受试者的成绩很大程度上受振动台的频率和振幅的变化，Rittweger^[25]提出振幅不超过 6mm 的全身振动力量训练可以增强神经系统的兴奋性，超过 6mm 则效应下降。Torvinen^[26]比较了不同振幅情况下振动力量训练下肢肌群机电现象，实验结论得出：高振幅条件下可以激活更多的肌肉细胞，但同时也更容易导致疲劳现象的出现。

针对于负重振动力量训练的研究结果，有学者研究提出，随着振动频率的增加，运动员下肢爆发力呈反向下降趋势，40HZ 的振动频率为分界值，如果振动频率继续往上增加的话，下肢爆发力就有明显的下降趋势。但是同时，也有学者提出在振频为 30HZ 或者 45HZ 时，受试者的训练效果最佳，所以，在负重振动力量训练中，振动频率在什么范围对下肢爆发力增长效果最佳，还需进一步的探讨。其中，在前人的研究中，可以统一是：在 15Hz - 30Hz 振动频率范围内，随着振动频率的增加，肌力的训练效果就越好，30HZ-45HZ 振动频率之间，具体的效果还存在争议，而振动频率在 45Hz 以上进行训练，身体的反应机制

变化还需进一步探讨。

4 未来研究展望

负重振动力量训练作为一种新颖高效的训练方法,国外已经将这种训练方式在大众康复健身训练和高水平运动员力量训练方面进行较好的应用,而国内主要停留在力量训练方面,其他方面的相关研究都有待开发,需要开拓全新的训练方式,目前国内还处于一个刚刚起步的阶段,可以借鉴国外已有的先进研究,进一步探索新的研究思路。

负重振动力量训练研究应进一步探讨振动频率大小的选择对训练效果的影响,规范训练的每一个步骤,研究出对不同人群适用的最佳振动频率,提高训练效率,虽然前人的研究证明负重振动力量训练适用于大部分运动项目,但是针对不同运动项目,各个项目的专项素质是有区别的,如何具体地安排训练负荷、振动频率、幅度,探究各个项目最佳的负重振动训练方式,有针对性的提高专项素质,这也是值得深究的。对于身体肌肉力量遇到瓶颈期的运动员,以及优秀运动员身体素质出现“高原现象”时,最大力量、爆发力难以提升时,负重振动力量训练可以更好的刺激机体,以提高爆发力为突破口,突破屏障。

同时应考虑扩大实验对象的范围,目前国内外的研究中参与实验者大多是运动员,体育专业大学生等,恢复训练人群,不同年龄的训练人群的反应也有研究的价值。目前研究的样本数量都普遍偏小,可能较难体现负重振动力量训练的真实效果,另外振动训练仪器的成本较高也是制约研究进展的一个因素。目前大部分的研究实验安排在9周以内,研究的周期可以考虑适当延长,在不同的训练阶段,负重振动力量训练具体方式和方法是值得进一步探讨的。

【参考文献】

[1]袁艳. 负重振动力量训练的神经肌肉适应特征及其机制研究[D]. 上海:上海体育学院,2013.

[2]EKLUNDG, HAGBARTYKE. Normal Variability of Tonic Vibration Reflexes in Men[J]. *Experimental Neurology*, 1966(16): 80-92.

[3]Kunemeyer J, Schmidtbleicher D. Die neuromuskuläre stimulation RNS[J]. *Leistungssport*, 1997(2): 39-42.

[4]FOXELL IATHEWSDK. *The Physiological Basis of Physical Education and Athletics*[M]. Philadelphia, PA: Saunders College Publishers, 1981.

[5]樊家军. 振动力量训练对跨栏跑运动员髋、膝、踝关节肌力变化影响的实验研究[D]. 北京:首都体育学院,2009.

[6]尹军,钟家银,杜艳艳,等. 踝关节局部振动训练与肌力变化影响研究[J]. *北京体育大学学报*, 2010, 33(6): 66-70.

[7]李盈盈,彭莉. 负重与振动刺激下的半蹲起踵练习对下肢爆发力的即时影响及其作用机制研究[J]. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 2019, 44(2): 117-122.

学报(自然科学版), 2019, 44(2): 117-122.

[8]袁艳,苏彦炬. 振动力量训练国内外研究现状及发展趋势[C]. 北京:中国大学生田径协会:中国大学生体育协会田径分会,2012.

[9]王超君. 不同振频的振动训练对不同专项运动员下肢爆发力的即时影响研究[D]. 天津:天津体育学院,2016.

[10]吴攀. 振动训练对羽毛球专项学生下肢爆发力影响的研究[D]. 天津:天津体育学院,2018.

[11]鲍凯,高捷,刘旭蕊,等. 振动训练对优秀游泳运动员下肢爆发力和出发技术的影响[C]. 北京:中国体育科学学会,2019.

[12]邱凤晗. 负重振动训练对青少年短跑运动员下肢肌力影响的实验研究[D]. 长春:吉林大学,2020.

[13]M. Roelants. Effects of 24 Weeks of WBV Training on Body Composition and Muscle Strength in Untrained Females[J]. *International of Sports Medicine*, 2004(25): 1-5.

[14]Stophe Delecluse. Strength Increase after WBV Compared with Resistance Training[J]. *Medicine Science in Sports&Exercise*, 2003(22): 1033-1041.

[15]Jorn Rittger. Acute Changes in Neuromuscular Excitability after Exhaustive WBV Exercise as Compared to Exhaustion by Squatting Exercise[J]. *Clinical Physical&Functional Imaging*, 2003(23): 81-86.

[16]Cormie P, Deane R S, Triplett N T, et al. Acute Effects of Whole-Body Vibration on Muscle Activity, Strength, and Power[J]. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 2006, 20(2): 257.

[17]王瑞元. *运动生理学*[M]. 北京:人民体育出版社,2002.

[18]BONGIOVANNI LG, HAGBARTHKESTJERNBERGL. Prolonged Muscle Vibration Reducing Motor Output in Maximal Voluntary Contractions in Man[J]. *Physiol (Lond)*, 1990(423): 15-26.

[19]任满迎,赵焕彬,刘颖,等. 振动力量训练即时效应与结构性效应的研究进展[J]. *体育科学*, 2006(7): 63-66.

[20]袁艳,苏彦炬,吴贻刚. 负重振动训练对下肢快速力量的影响及其神经适应的特征[J]. *北京体育大学学报*, 2016, 39(11): 62-67.

[21]高晓娟,李文言,李建玲,等. 振动训练对下肢爆发力和平衡的影响[J]. *体育世界(学术版)*, 2017(2): 54-55.

[22]赵庆海. 负重抗阻振动训练对运动训练专业学生下肢爆发力影响研究[D]. 上海:上海体育学院,2020.

[23]任满迎. 同振幅下不同频率振动刺激对肌肉力量训练效果的对比研究[D]. 石家庄:河北师范大学,2007.

[24] 胡蓉. 振动力量训练对排球运动员上、下肢力量的影响研究[D]. 太原: 中北大学, 2018.

[25] Rittweger J, Mutschelknauss M, Felsenberg D. Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise[J]. *Clin Physiol Funct Imaging*, 2003, 3(23): 81-6.

[26] Torvinen S, Sievanen H, Jarvinen TA, et al. Effect of 4-min vertical whole body vibration on

muscle performance and body balance[J]. *Int J Sports Med*, 2002, 7(23): 374-9.

作者简介: 段德鸿(1998-)男, 汉族, 福建福州, 硕士, 福建师范大学, 研究方向: 体能训练; 曾理华(1996-)男, 汉族, 福建福州, 硕士, 福建师范大学, 研究方向: 体能训练; 张严(1997-)男, 汉族, 福建福州, 硕士, 福建师范大学, 研究方向: 体能训练; 管军(1996-)男, 汉族, 福建福州, 硕士, 福建师范大学, 研究方向: 体能训练。