

低频振动介入太极拳无极式练习 对肌肉生物力学特征的影响研究^①

王 纯¹, 陈 璟²

1. 成都体育学院, 成都 610041; 2. 四川建筑职业技术学院, 四川 德阳 610339

摘要: 探讨振动介入太极拳无极式对受试者触觉灵敏度、本体感觉及神经肌肉功能的影响机制。将 24 位健康男大学生随机分为太极拳与低频振动组(TCV)、单纯太极拳组(TC)及控制组(CON), 通过为期 12 周、每周 3 次的干预训练, 并于训练前、后对各组别的触觉灵敏度、伸膝肌本体感觉及神经肌肉功能等指标进行测试。结果表明: 1) TCV 及 TC 两种训练模式均能显著提升受试者触觉灵敏度及本体感觉机能, 但 TCV 模式对两项指标的提升效率优于单纯 TC 模式; 2) TCV 训练模式对膝关节最大等长肌力矩有显著效果, 而 TC 训练对此效果不明显, TCV 及 TC 均对降低目标力矩误差比率有效, 但 TCV 比 TC 模式效率更优; 3) TCV 及 TC 两种训练模式对提升普通健康大学生下肢爆发力有效, 但 TCV 训练模式效率更优。因此, 12 周太极拳无极式辅以低频振动刺激训练, 对于有效增进触觉灵敏度、本体感觉、肌力控制以及爆发力等表现均比单纯太极拳训练更具成效。

关 键 词: 振动训练; 太极拳; 感觉神经; 肌肉功能

中图分类号: G852

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2018)12-0122-08

太极拳是一项传统的武术运动, 近年来深受各年龄层喜爱。其缓慢及柔和的运动模式已被证实可促进心肺功能、增进柔软度、平衡能力及降低血压等^[1-5]。另一方面, 由于太极拳动作缓慢且柔和、对肌肉刺激强度相对较低及动作缺乏冲击性, 故无法有效刺激快缩运动单位, 对肌力与爆发力的促进不利。全身式振动训练(whole-body vibration training, WBVT)目前已属相当流行的神经肌肉训练方法^[6], 它的原理是张力性振动反射, 即通过人工方式对人体肌腹或肌腱进行振动刺激进而诱发出神经反射功效。有研究显示^[7-9], 振动刺激能提升静态半蹲时下肢肌肉活性, 且长期振动训练后能增进年轻运动选手的肌力与爆发力以及未受肌力训练女性的伸膝肌肌力。

假若将太极拳与振动训练相结合, 即在全身振动平台上进行太极拳练习, 便可借由振动训练对神经肌肉的刺激, 来弥补太极拳对肌肉刺激强度的不足。然而, 就目前而言, 针对太极拳与振动训练相结合的研究文献不多。据孙铭等^[10]研究结果显示, 8 周太极拳结合振动训练能显著提升 60°/s 等速向心肌力, 而单纯太极拳训练则无显著差异。Yu M 等^[11]研究认为: 单纯太极拳训练可增进肌力控制及触觉灵敏度表现, 而在与振动训练结合后, 除可增进触觉灵敏度表现外, 还可额外增进连续两次垂直跳高度, 但在肌力控制上则没有差异。综合目前国内外学者这方面的研究结果, 基本可以肯定太极拳在结合振动训练后, 的确可以借振动刺激所引起的张力性振动反射来刺激神经肌肉, 进而增进肌力以及爆发力的表现, 但似乎也会因

① 收稿日期: 2017-11-02

基金项目: 四川省科技厅重点研发项目(2017SZ0018)。

作者简介: 王 纯(1961-), 女, 教授, 博士研究生导师, 主要从事全民健身及运动促进健康的研究。

此影响太极拳对于肌力控制的效益。而造成此影响的原因可能与两者运动方式不同有关。即太极拳强调从精神到躯体的全面放松,肌肉不要用力;而高强度振动训练则能是诱发人体肌肉用力,因此较低强度的振动刺激或许更适合与太极拳相结合。

振动刺激训练强度,可通过控制频率、振幅与加速度 3 种参数来设定^[12],而频率则是强度设定的关键因素,据相关研究报道:外在扰动振频达到人体自身各部位的自然频率(固有频率)时会引发该部位出现共振现象,从而造成潜在破坏应力(引起组织损伤)。其中眼球共振频率为 20 Hz,头部为 18 Hz,肌肉为 7~15 Hz,内脏器官与脊椎为 8 Hz 以及全身为 5 Hz^[13-14]。故为了避开眼球、头部、肌肉的共振频率范围,有必要将振频降至 5 Hz 左右。尽管 5 Hz 频率是全身共振频率,但在进行 WBV 时,下肢关节会产生如弹簧或阻尼效果,可以减缓振动传递(衰减效应),从而大大降低实际冲击^[13]。对太极拳运动者而言,除了需要良好的下肢肌力与爆发力外,触觉灵敏度、本体感觉及肌力控制能力也是相当重要的。因为练习太极拳动作,需要通过下肢触觉去感受步法移动,足部与地面接触的压力、每个关节角度的变化、身体各部位以及重心移动等都需要良好的本体感觉与肌力控制能力。基于此,本研究假设:低频振动介入太极拳练习可以辅助太极拳对于下肢肌力与爆发力训练的不足,并透过振动刺激可以在太极拳原有的训练效益基础上进一步获得提升。故以相关文献为依据,选择 5Hz 低频振动刺激,经 12 周训练后探讨这种组合模式对受试者触觉灵敏度、本体感觉、肌力控制及爆发力的影响,为未来全民健身及运动训练提供重要的方法学基础。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

24 位普通男性大学生自愿参与本次研究,他们先前均没有太极拳及振动训练经验,且半年内所有受试者皆无下肢神经肌肉及骨骼疾患。将 24 位受试者随机均匀分配至“太极拳与低频振动组”(TCV)、单纯太极拳组(TC)及对照组(CON),并分别进行为期 12 周的干预训练。本干预研究遵守赫尔辛基宣言相关法规的要求实施,并要求每位受试者实验前填写同意书,并由实验人员告知其相关实验目的、流程、检测步骤、运动操作方式与注意事项等应有的权益保护。

1.2 研究方法

1.2.1 实验设计

1) TCV 及 TC 组所有受试者于第一次训练前皆先于平地上进行无极式动作的练习,以预先熟悉动作要领,待熟悉后才正式开始进行本研究的干预实验。

2) 单纯太极拳组(TC)。太极拳无极式动作与心法要领:双脚平行朝前,脚掌平贴地面,两脚与肩同宽,重心置于足跟,膝关节微屈,松腰敛臀、裆胯撑开、脊柱松拔挺立,手指自然引直、指尖下垂、两手心向后、拇指贴近大腿外侧,肘关节自然微屈坠开、两肩松沉、含胸拔背、虚灵顶劲、头容正直,两眼平视,唇轻闭、齿轻合、舌平伸、舌尖轻抵齿际、舌面平贴上颚,保持自百会穴至会阴穴与两足跟联机的中点在同一垂直线上。站定后,全身意守丹田,上有虚灵顶劲,下有气沉丹田,导引气沉至脚底,之后松脊柱,松全身。

受试者于训练过程中,除需注意姿势正确性外,仍需随时检视全身是否放松,并进行一系列放松冥想;每次训练过程,皆由一位太极拳老师从旁指导,并监控训练动作是否正确、全身是否放松,以及引导受试者进行放松冥想。TC 组进行每周 3 次、共 12 周单纯太极拳无极式训练。

3) TCV 组受试者与 TC 组训练计划相同,每周 3 次、为期 12 周的太极拳训练。但每次训练时,让受试者站立于垂直式振动平台 Power Plate(产地:美国)上,振动台设置频率 5 Hz、振幅 1 mm。且受试者于训练期间皆穿着同一双平底鞋进行训练,动作采用太极拳中最基本且重要桩功无极式,以避免复杂动作导致受试者仅为强记内容,而忽略太极拳训练要领。每次训练过程依渐进训练原则,分为 3 个阶段,第一阶段为每次训练 1 min,共 3 次;第二阶段为每次 2 min,共 3 次;第三阶段为每次 3 min,共 2 次,每次训练皆

间隔 1 min 休息时间。所有受试者于训练前后皆进行标准式的暖身与收操活动。

4) 四式: 提手上式→搂膝拗步→白鹤亮翅→揽雀尾。五式: 提手上式→搂膝拗步→白鹤亮翅→揽雀尾→雲手。六式: 提手上式→搂膝拗步→白鹤亮翅→揽雀尾→雲手→金鸡独立。其中前 2 周太极拳动作是采用定式(站椿)训练, 3~4 周采用动态的单招训练, 5~7 周则是动作组合, 第 8 周训练同第 1 周。

5) 控制组(CON)。8 位受试者不接受任何振动与太极拳训练, 其日常生活方式维持原状。

1.2.2 测试方法

分别于 12 周训练前、后对受试者完成标准式热身后进行触觉敏感度、本体感觉、等长肌力、肌力控制及爆发力等指标测试。

1) 触觉敏感度。触觉测量器(产地: 美国)测量受试者惯用脚第五跖骨解剖位置的皮肤两点觉阈。让受测者蒙眼并说出施测部位被碰触的感觉为“一点”或是“两点”, 接着慢慢缩小两点间的宽度, 直到受测者感觉施测部位的碰触为一点, 当受测者感觉到“一点”的距离, 即为两点阈值的最小测量值, 距离越小表示触觉敏感度越佳。一共测试 2 次, 将 2 次测试数值取平均数。

2) 本体感觉。使用 Biodex(产地: 德国)来检测受试者惯用脚膝关节角度的本体感觉能力, 以被动关节复位测试来进行评估^[15]。受试者坐于可调整姿势的测试椅上, 以皮带固定其踝关节, 并为受试者戴上眼罩及耳罩以去除其听觉与视觉影响。测验时, 首先将膝关节起始角度定为 30° , 然后以手动方式移至 45° 位置停留 3 s(避免受试者因先行习惯机器的移动速度而产生学习效应), 让受试者记住此关节角度的感觉, 再移动至起始角度 30° 。接着让受试者自行按下控制键, 此时机器会自行以角速度 $3^\circ/\text{s}$ 开始慢慢增加角度, 当受试者自觉已经达 45° 时, 便立即按下停止钮。以上为一个测试循环, 共测试 3 次, 每次间休息 1 min。借由受试者按钮得到的角度值减去默认的目标角度值(45°), 所得之数据取其绝对值为绝对误差角度, 并将 3 次测试的数值取其平均。此计算的绝对误差角度为本研究所定义之本体感觉, 绝对误差角度值越小表示本体感觉功能越佳。

3) 最大等长肌力测试。将 Biodex 测试仪收缩模式设为等长收缩模式, 膝关节角度固定于 60° , 看施测者灯泡信号指示, 灯亮后受试者尽最大自主收缩持续 3 s 并测试 3 次, 每测试间给予 30 s 休息时间, 测试过程中给予口头激励以尽最大力量。

4) 肌力控制。以 Biodex 及配套多功能信号获取系统及信号撷取软件 Acqnowledge, 对受试者惯用脚伸膝肌肌力控制能力进行检测(频率设为 1 000 Hz)。先让受试者坐在 Biodex 的测试椅上, 进行膝关节 MIVC(称之最大等长自主收缩)测试以求得最大肌力, 随后计算出 50% 的力矩值, 以此力矩值为目标力矩, 先给予视觉回馈练习 3 次以熟悉该用力程度; 休息 1 min, 正式测试时, 不给予任何视觉回馈, 施测者口令开始后, 请受试者依自觉进行 1RM50% 的用力并维持 3 s, 共测验 3 次, 每次间休息 5 s。将所测得之 3 次结果取平均, 数值越小表示肌力控制能力越好^[16]。

5) 爆发力。本研究采用连续两次垂直跳的方式来评估下肢的爆发力。受试者站立于三维测力台上(产地: 中国埃力)上, 进行双手插腰最大努力连续两次垂直跳跃。第一跳受试者主动做一个下蹲跳, 第二跳借第一跳落地后, 下肢肌肉先产生离心收缩, 再进行向心收缩使肌肉产生牵张缩短循环(SSC), 因此两次跳跃会有不同的表现机制^[17]。在跳跃腾空过程中, 双脚必须自然垂下不可弯曲, 且若出现双手放开或跳出测力板则视为失败。所有受试者须成功完成 3 次动作。为了避免肌肉疲劳, 每次测验过程中间隔休息 1 min。测力台采样频率 1 000 Hz。将测力板测得的第一跳与第二跳起跳时的腾空时间计算出连续二次跳跃的高度, 取 3 次测得的平均值进行分析。

1.2.3 数理统计方法

经数据处理后, 使用 SPSS16.0 统计软件包进行处理。独立样本 t 检验、单因素和双因素方差分析被运用于对前、后测触觉敏感度、本体感觉、等长肌力、肌力控制及爆发力等指标的分析, 所有指标显著水平设置为 $\alpha=0.05$ 。

2 研究结果

2.1 触觉及本体感觉特征分析

见表 1.

表 1 不同组别及运动前后触觉与本体感觉特征统计表

	触觉灵敏度/cm				本体感觉/°			
	TCV 组(a)	TC 组(b)	控制组(c)	LSD 多重比	TCV 组(a)	TC 组(b)	控制组(c)	LSD 多重比
前测	2.72±0.54	2.74±0.87	2.73±0.74	Pab; Pbc; Pac	3.89±1.71	3.91±1.64	4.11±1.87	Pab; Pbc; Pac
后测	1.28±0.68	1.81±0.69	2.81±0.49	Pab* ; Pbc* ; Pac*	1.87±1.63	2.49±1.83	3.86±1.79	Pab* ; Pab* ; Pab*
t 检验	P<0.05	P<0.05	P>0.05		P<0.05	P<0.05	P>0.05	

注: * 表示差异有统计学意义, $p<0.05$.

1) 双因素方差分析结果表明, 12 周训练后, 不同组别及不同测试时间点对惯用脚足底触觉灵敏度有显著交互影响作用($F=5.45$; $P=0.009<0.01$). 前测结果经单因素方差分析及 LSD 多重比较发现触觉灵敏度差异无统计学意义, 而后测结果发现不同组别间触觉灵敏度差异有统计学意义(Pab^* ; Pbc^* ; Pac^*), 且一致表现为 TCV 组显著优于 TC 组, 而 TC 组显著优于 CON 组. 进一步分析可知, 12 周训练结束后 TCV 组触觉灵敏度从前测值 2.72 ± 0.54 cm 迅速降为 1.28 ± 0.68 cm, 灵敏度提升率达 52.95%; TC 组从前测值 2.74 ± 0.87 cm 降为 1.81 ± 0.69 cm, 提升率为 33.95%.

2) 12 周训练后, 不同组别及不同测试时间点对惯用脚膝关节本体感觉的影响与足底触觉的影响几乎一致. 前测结果各组差异无统计学意义, 后测值经单因素方差分析及 LSD 多重比较差异有统计学意义(Pab^* ; Pbc^* ; Pac^*), 同样表现为 TCV 组显著优于 TC 组, 而 TC 组显著优于 CON 组. 进一步分析可知, 12 周训练结束后 TCV 组膝关节本体感觉从前测值 $(3.89\pm1.71)^{\circ}$ 迅速下降为 $(1.87\pm1.63)^{\circ}$, 下降率达 51.93%; TC 组从前测值 $(3.91\pm1.64)^{\circ}$ 降为 $(2.49\pm1.83)^{\circ}$, 下降率为 36.32%.

2.2 最大等长肌力矩及肌力控制分析

见表 2.

1) 12 周训练后, 不同组别及不同测试时间点对膝关节最大等长肌力矩有交互影响作用($F=3.42$; $P=0.045<0.05$). 前测结果组别差异无统计学意义, 后测值经方差分析及 LSD 多重比较发现 TCV 组显著高于 TV 级及 CON 组; 进一步比较发现, TCV 最大等长肌力矩后测值显著高于前测值, 从 169.77 ± 32.14 N·m 提升至 187.56 ± 32.09 N·m, 提升率达 10.48%; 而单纯 TC 组提升作用无统计学意义.

2) 12 周训练后, TCV 组目标力矩误差比率由 $(0.23\pm0.18)\%$ 下降至 $(0.10\pm0.05)\%$, 有统计学意义, 其进步率达 56.53%; TC 组也有明显进步, 从前测 $(0.19\pm0.07)\%$ 下降至后测的 $(0.14\pm0.06)\%$, 进步率为 26.32%; 经 LSD 组间比较发现: TCV 组进步率显著优于 TC 组, 而 TC 组明显优于 CON 组.

表 2 不同组别及训练前后最大等长肌力矩及目标力矩误差比特征统计表

	最大等长肌力矩/N·m				目标力矩误差比/%			
	TCV 组(a)	TC 组(b)	控制组(c)	LSD 多重比	TCV 组(a)	TC 组(b)	控制组(c)	LSD 多重比
前测	169.77±32.14	172.14±35.05	174.23±30.78	Pab; Pbc; Pac	0.23±0.18	0.19±0.07	0.20±0.13	Pab; Pbc; Pac
后测	187.56±32.09	174.85±29.26	171.97±29.66	Pab* ; Pbc; Pac*	0.10±0.05	0.14±0.06	0.21±0.19	Pab* ; Pab* ; Pab*
t 检验	P<0.05	P>0.05	P>0.05		P<0.05	P<0.05	P>0.05	

注: * 表示差异有统计学意义, $p<0.05$.

2.3 爆发力特征分析

见表 3 显示.

1) 12 周训练后, 不同组别及不同测试时间点对第一跳腾空高度的显著交互影响($F=6.12$; $P=0.000<$

0.05); 前测结果组别差异无统计学意义, 后测值经方差分析及 *LSD* 多重表明: TCV 组显著高于 TV 组及 CON 组, 其中 TCV 腾空高度由 33.58 ± 6.15 cm 增加到 41.06 ± 8.47 cm ($P < 0.05$), 提升率达 22.38%; TC 组从 35.06 ± 6.27 cm 提升至 37.17 ± 7.36 cm ($P > 0.05$), 提升率为 5.93%; 从提升率看, TCV 组显著高于 TC 组.

2) 12 周训练后, 不同组别及不同测试时间点对第二跳腾空高度有显著交互影响 ($F = 4.12$; $P = 0.015 < 0.05$); 同样地, 前、后独立样本 *t* 检验发现: TCV 由前测值 32.85 ± 8.19 cm 显著增加到 41.89 ± 7.23 cm, 提升率达 27.52%, 而 TC 组则从前测值 33.28 ± 5.71 cm 显著提升至 35.88 ± 6.12 cm, 提升率为 7.82%; 经 *LSD* 多重比较发现, TCV 组的提升率显著高于 TC 组, 而 TC 组显著高于 CON 组.

表 3 不同组别及训练前后第一跳及第二跳高度变化特征统计表

	第一跳腾空高度/cm				第二跳腾空高度/cm			
	TCV 组(a)	TC 组(b)	控制组(c)	<i>LSD</i> 多重比	TCV 组(a)	TC 组(b)	控制组(c)	<i>LSD</i> 多重比
前测	33.58± 6.15	35.06± 6.27	34.51± 5.74	<i>P</i> ab; <i>P</i> bc; <i>P</i> ac	32.85± 8.19	33.28± 5.71	32.91± 5.48	<i>P</i> ab; <i>P</i> bc; <i>P</i> ac
后测	41.06± 8.47	37.17± 7.36	35.18± 6.63	<i>P</i> ab* ; <i>P</i> ab* ; <i>P</i> ab*	41.89± 7.23	35.88± 6.12	33.51± 7.15	<i>P</i> ab* ; <i>P</i> ab* ; <i>P</i> ab*
<i>t</i> 检验	<i>P</i> < 0.05	<i>P</i> > 0.05	<i>P</i> > 0.05		<i>P</i> < 0.05	<i>P</i> < 0.05	<i>P</i> > 0.05	

注: * 表示差异有统计学意义, $p < 0.05$.

3 分析与讨论

3.1 从触觉灵敏度改变特征看

研究结果显示, TCV 训练模式能显著提升触觉灵敏度, 提升率达 52.95%, 明显优于 TC 组的提升率 33.95%. 过去有研究显示^[11,18]: 单独振动训练(振率 32 Hz, 振幅 1 mm)、太极拳训练及两者组合训练皆能显著提升一般年轻人的触觉灵敏度, 而太极拳与振动训练组合似乎效果更明显, 这与本研究所获得的结果基本一致, 由于本研究使用的是低频振动(振率 5 Hz, 振幅 1 mm), 故可推知太极拳辅加高频或低频振动组合皆可增进触觉灵敏度. 另据洪金昌等及陈怡璇等的研究报道^[19-20], 练习太极拳的老年人, 皮肤血流量、皮肤体温及血管传导性均优于一般老年人, 因而对减缓皮肤循环老化程度有益. 这是否与太极拳练习提升了触觉灵敏度有关值得继续探讨. 因为振动刺激促进触觉灵敏度的相关机制恰与振动可能影响皮肤的空间灵敏敏感有关, 而皮肤层里有许多不同类型的感受器, 其中牟克耳氏小体可感测 0.4~100 Hz 的振动, 而本研究采用 5 Hz 的振动刺激, 恰能刺激牟克耳氏小体, 进而增进皮肤表层的触觉.

3.2 从本体感觉改变特征看

研究结果发现, TCV 组显著提升了 45°被动膝关节复位本体感觉表现, 其进步率同样表现为 TCV 组 (51.93%) 显著优于 TC 组 (36.32%). 本体感觉是一种神经肌肉的控制机制, 它包括关节的动作感觉与位置感觉, 此机制是由本体感受器与压力感受器(如肌梭、腱梭)等接收外界刺激与变化, 并通过适当回馈控制而产生动作与协调肌肉收缩, 以维持精准的动作与关节稳定性^[21-22]. Souza 等^[15] 研究显示, 练习太极拳 3 年以上的老人, 在惯用脚膝关节被动关节复位测试中, 绝对关节误差角度显著低于控制组. 显示长期练习太极拳的人, 对于肢段角度有较好的自我知觉. 这与太极拳本身的运动特性有关——太极拳练习要领中, 要求将身体与四肢维持在相对特定的位置, 动作过程中, 必须强调肢体在空间中的位置, 这可增加表皮关节的感知. TCV 组效果之所以优于 TC 组, 正是由于在练习太极拳无极式过程中有了低频振动刺激介入, 使下肢产生轻微振荡, 让原本静止的动作有微小动态变化, 借此增加了对本体感受器与压力感受器的刺激, 进而取得对本体感觉的促进效应. Orr^[23], 关晓燕^[24] 的研究也显示: 全身振动训练(WBVT)可提升肌肉对身体稳定改变的反应, 这种振动刺激可能活化了大脑皮质的辅助运动区, 此区在复合动作的控制中扮演了重要角色.

3.3 从最大等长肌力效果看

研究结果发现: 12 周后, TCV 组下肢伸膝肌最大等长肌力矩比前测提升了 10.48%, 而 TC 组未有明显提升作用。据 Yu 等^[25]研究发现, 8 周不同振动频率与振幅模式训练, 高频低幅(振率 32 Hz, 振幅 1 mm)、中频中幅(振率 18 Hz, 振幅 3 mm)及低频高幅(振率 3 Hz, 振幅 14 mm)对伸膝肌的运动表现结果是: 高频低幅能显著提升伸膝肌最大等长肌力。本研究中采用低频振动介入太极拳练习, 在训练 12 周后同样获得了类似的效果, 而单纯太极拳练习(TC 组)中却未能发现明显的伸膝肌肌力的提升价值。

肌力控制包含了关节位置感觉及肌肉力量调控。在 Lebrun 等^[16]的研究中, 以两种不同振动刺激(振率 32 Hz, 振幅 1 mm; 振率 18 Hz, 振幅 3 mm)进行了 8 周训练, 结果发现这两种振动刺激对于伸膝肌肌力控制表现上差异无统计学意义; Yu 等^[11]研究指出, 将振动训练(振率 32 Hz, 振幅 1 mm)与太极拳相结合, 对普通年轻人肌力控制能力无影响, 而单纯太极拳训练却能提升肌力控制表现; Martin 等^[26]研究亦表明振动训练(振率 35 Hz, 振幅 2 mm)能有效增进肌力、爆发力等肌肉力量, 但对于肌力控制能力没有帮助, 且干扰了原本太极拳对于肌力控制的效果。本研究结果与上述学者结论不一致, TCV 组训练后对肌力控制能力比训练前进步显著, 且其进步率(56.53%)显著优于 TC 组(26.32%), 究其原因可能是本研究所采用的是以低频振动刺激与太极拳无极式相结合, 而上述学者都是采用高频的原因。低频振动刺激的神经肌肉系统适应及肌力控制机制是否与高频振动机制不同? 其确切的作用机制仍需后续实验进一步验证。

3.4 从下肢爆发力效果看

本研究采用连续两次垂直跳方式评估下肢爆发力, 第一跳受试者主动做一个下蹲跳, 第二跳借由第一跳落地后, 下肢肌肉先产生离心收缩, 再进行向心收缩(SSC 收缩)。实验结果显示: TCV 组经 12 周训练后, 连续两次垂直跳第一跳与第二跳高度(进步率为 22.38%与 27.52%)皆达显著水平, 且显著优于 TC 组(进步率为 5.93%与 7.82%)。Chen 等^[27]研究显示, 单纯振动训练(振率 32 Hz, 振幅 1 mm)可有效增进垂直跳表现以及主动与被动跳跃高度。洪金昌等^[18]研究表明, 优秀足球运动员经 6 周高频(振率 50 Hz, 振幅 1.5 mm)和低频(振率 25 Hz, 振幅 1.5 mm)的全身振动伸展训练, 柔软度与爆发力表现均显著优于仅伸展运动的控制组。Watanabe 等^[28]利用单纯太极拳训练, 则不能显著提升连续两次垂直跳的高度, 但在结合振动训练(振率 32 Hz, 振幅 1 mm)后, 却可显著提升连续两次垂直跳的高度, 这说明振动刺激能有效诱发肌梭反射使肌肉产生 SSC, 进而促进爆发力的表现, 且与太极拳相结合后仍有其训练效果。综合上述学者的研究, 基本上使用的是 20~45 Hz 振动频率, 但本研究所用的是低频振动(5 Hz), 同样也发现能有效促进其表现。因此, 笔者认为 5 Hz 低频振动刺激结合太极拳无极式动作, 经 12 周的训练可以促进下肢爆发力的表现。

4 结 论

1) TCV 及 TC 两种训练模式均能显著提升普通健康大学生惯用脚的触觉灵敏度及膝关节本体感觉, 但 TCV 训练模式对触觉灵敏度及膝关节本体感觉进步率(52.95%与 51.93%)显著优于 TC 组(33.95%与 36.32%)。

2) TCV 训练模式对膝关节最大等长肌力矩有显著提升作用, 提升率达 10.48%, 而单纯 TC 训练效果不明显; TCV 及 TC 两种训练模式均有降低目标力矩误差比率的能力, 但 TCV 模式的进步率(56.53%)显著优于单纯 TC 组(26.32%)。

3) TCV 及 TC 两种训练模式均能提升普通健康大学生下肢爆发力, 但 TCV 训练模式所获得的效果明显优于 TC 组; TCV 组在第一及第二跳腾空高度的提升率(22.38%及 27.52%)显著高于 TC 组的提升率(5.93%及 7.82%)。

参考文献:

- [1] RITTWEGER J. Vibration as an Exercise Modality: How It May Work, and What Its Potential Might be [J]. *Eur J Appl Physiol*, 2010, 108: 877—904.
- [2] BOKAEIAN H R, BAKHTIARY A H, MIRMOHAMMADKHAN M, et al. The Effect of Adding Whole Body Vibration Training to Strengthening Training in the Treatment of Knee Osteoarthritis: A Randomized Clinical Trial [J]. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*, 2016, 20(2): 334—340.
- [3] 黄泰谕, 方进隆. 八周太极拳训练对老年女性下肢肌力与平衡表现之影响 [J]. *体育学报*, 2010, 43(1): 23—36.
- [4] LU F Z, HARMER P, McAULEY E, et al. An Evaluation of the Effects of Tai Chi Exercise on Physical Function Among Older Persons: A Randomized Controlled Trial [J]. *Annals of Behavioral Medicine*, 2001, 23(2): 139—146.
- [5] LU W A, KUO C D. Effect of 3-Month Tai Chi Chuan on Heart Rate Variability, Blood Lipid and Cytokine Profiles in Middle-Aged and Elderly Individuals [J]. *International Journal of Gerontology*, 2012, 6(4): 267—272.
- [6] KANG H Y, LU J, XU G S. The Effects of Whole Body Vibration on Muscle Strength and Functional Mobility in Persons with Multiple Sclerosis: A Systematic Review and Meta-Analysis [J]. *MultipleSclerosis and Related Disorders*, 2016(7): 1—7.
- [7] YANG F, KING G A, DILLON L, et al. Controlled Whole-Body Vibration Training Reduces Risk of Falls Among Community-Dwelling Older Adults [J]. *Journal of Biomechanics*, 2015, 48(12): 3206—3212.
- [8] MOHAMMADI V, ALIZADEH M, GAIENI A. The Effects of Six Weeks Strength Exercises on Static and Dynamic Balance of Young Male Athletes [J]. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2012, 31: 247—250.
- [9] GLOECKL R, JAROSCH I, BENGSCH U, et al. What's the Secret Behind the Benefits of Whole-Body Vibration Training in Patients with COPD? A Randomized, Controlled Trial [J]. *Respiratory Medicine*, 2017, 126: 17—24.
- [10] 孙 铭, 刘 强, 庄荣仁, 等. 太极拳结合震动训练对膝伸肌神经肌肉特性之影响 [J]. *体育学报*, 2010, 44(2): 173—191.
- [11] YU M, PIAO Y J, KIM S H, et al. Effects of Tendon Vibration During One Legged and Two-Legged Stance in Elderly Individuals [J]. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 2010, 11(6): 969—977.
- [12] 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 [J]. *BMC Geriatrics*, 2010(10): 74—87.
- [13] 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.
- [14] TSUJI T, YOON J, AIBA T, et al. Effects of Whole-Body Vibration Exercise on Muscular Strength and Power, Functional Mobility and Self-Reported Knee Function in Middle-Aged and Older Japanese Women with Knee Pain [J]. *The Knee*, 2014, 21(6): 1088—1095.
- [15] SOUZA R B, FANG C, LUKE A, et al. Relationship Between Knee Kinetics During Jumping Tasks and Knee Articular Cartilage MRI T1rho and T2 Relaxation Times [J]. *Clinical Biomechanics*, 2012, 27(4): 403—408.
- [16] LEBRUN R B, JOYCE S M, CONSTANTINI N W. Effects of Female Reproductive Hormones on Sports Performance [J]. *Endocrinology of Physical Activity and Sport*, 2013(22): 284—291.
- [17] AVELA J, FINNI J, KOMI P V. Excitability of the Soleus Reflex are During Intensive Stretch-Shortening Cycle Exercise in Two Power-Trained Athlete Groups [J]. *Eur J Appl Physiol*, 2006, 97: 486—493.
- [18] 洪金昌, 吴柏翰, 王顺正. 全身性振动伸展训练频率对足球运动员柔软度、爆发力及敏捷性之影响 [J]. *体育学报*, 2013, 46(1): 13—22.
- [19] 陈怡璇, 林松佑, 周玟玲. 太极拳对老年人平衡及行走能力之疗效: 统合分析 [J]. *FJPT*, 2008, 33(1): 49—58.
- [20] KEKONI J, HIMILIINEN H, RAUTIO J, et al. Mechanical Sensibility of the Sole of the Foot Determined with Vibratory Stimuli of Varying Frequency [J]. *Exp Brain Res*, 1989, 78(2): 419—424.
- [21] REBEL M, PAESSLER H H. The Effect of Knee Brace on Coordination and Neuronal Leg Muscle Control: an Early

Postoperative Functional Study in Anterior Cruciate Ligament Reconstructed Patients [J]. Knee Surg, Sports Traumatol, Arthrosc, 2001(9): 272—281.

[22] 李 秀. 传播学视野下杨式太极拳成功传播的研究 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2012, 37(4): 175—180.

[23] ORR R. The Effect of Whole Body Vibration Exposure on Balance and Functional Mobility in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis [J]. Maturitas, 2015, 80(4): 342—358.

[24] 关晓燕. 太极拳在重庆市健身娱乐市场开展的现状及对策研究 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2009, 34(2): 185—188.

[25] YU D H, YANG H X. The Effect of Tai Chi Intervention on Balance in Older Males [J]. Journal of Sport and Health Science, 2012, 1(1): 57—60.

[26] MARTIN B J, PARK H S. Analysis of the Tonic Vibration Reflex: Influence of Vibration Variables on Motor Unit Synchronization and Fatigue [J]. Eur J Appl Physiol, 1997, 75(6): 504—511.

[27] CHEN C H, LIU C, CHUANG L R, et al. Chronic Effects of Whole-Body Vibration on Jumping Performance and Body Balance Using Different Frequencies and Amplitudes with Identical Acceleration Load [J]. Journal of Science and Medicine in Sport, 2014, 17(1): 107—112.

[28] WATANABE T, YABUMOTO T, SHIN S, et al. Effect of Short-Term Whole-Body Vibration Training on Metabolic Risk Factors, Inflammatory Markers, and Arterial Stiffness [J]. Advances in Bioscience and Biotechnology, 2014, 5(5): 438—445.

On Effects of Low Frequencies Vibration Training with Promise-Style Taichi Exercise on Sensory Nerve and Muscle Performance

WANG Chun¹, CHEN Jin²

1. Chengdu Sport Institute, Chengdu, Sichuan 610041, China;

2. Sichuan College of Architectural Technology, Deyang Sichuan 610399, China

Abstract: To explore the mechanism of vibration training combined with promise-style Taichi exercise on tactile sensitivity, proprioception and neuromuscular performance on healthy adult. Twenty-four healthy college students were randomly assigned to Taichi+Low frequency vibration group (TCV) , Taichi group (TC) , control group (CON), the intervention experiment lasted for 12 weeks and 3 sessions per week. The related parameters on tactile sensitivity, proprioception of extensor muscles, and neuromuscular performance was measured before and after experiment. Results show that ① there were significantly improve on tactile sensitivity and proprioception in TCV and TC, however, those indicators were better TCV than in TC, ② TCV had obvious impact on the maximal isometric torque of knee joint, and TC little impact; there were positive effective on the reduction of error ration of target torque in both TCV and TC, however, the TCV was better than the TC, ③ both TVC and TC can improved the power of lower extremities in college students, and the TCV mode was better. It is Concluded that the effects of promise-style Taichi exercise combined with low frequency vibration training on tactile sensitivity, propriception, muscle control performance and power were better than that of single Taichi exercise.

Key words: vibration training; Taichi; sensory nerve; muscle performance