

文章编号:1004-7220(2011)04-0310-05

局部低频振动刺激对手部运动功能的瞬时影响

刘 强¹, 杨雯雯¹, 王子玮¹, 陈全寿², 相子元³

(1. 台北市立体育学院, 台北 11100; 2. 台湾体育学院, 台中 40404; 3. 台湾师范大学, 台北 11677)

摘要: 目的 探讨局部低频振动刺激对手部控制能力、柔韧性、握力及肌肉兴奋程度的瞬时影响。方法 10位受试者以最大等长收缩握住手部振动器20s,在此过程中随机给予12.5Hz振动频率(振动组)或无振动刺激(对照组)。在介入前后分别进行手部控制能力、柔韧性、握力及手部肌肉兴奋程度等测验,并采用配对 t 检验比较前后测试的差异和各组变化率。结果 组内比较发现振动组在控制能力与柔韧性表现上进步显著($P < 0.05$),对照组在握力与肌肉活化上出现显著下降($P < 0.05$);组间变化率比较结果显示振动组在握力与肌肉兴奋程度变化率皆显著大于对照组($P < 0.05$)。结论 局部低频振动刺激可瞬时提升手部控制能力与柔韧性表现,未来可运用于各种需要手部执行工作的相关人员。

关键词: 低频; 振动刺激; 控制能力; 肌肉; 肌电信号; 生物力学

中图分类号: R 318.01 文献标志码: A

Acute effect of local vibration stimulus with low frequency on hand motor function

LIU Chiang¹, YANG Wen-wen¹, WANG Tzu-wei¹, CHEN Chuan-show², SHIANG Tzyy-yuang³ (1. Taipei Physical Education College, Taipei 11100, China; 2. Taiwan Sport University, Taichung 40404, China; 3. Taiwan Normal University, Taipei 11677, China)

Abstract: **Objective** To investigate the acute effect of local vibration stimulus with low frequency on hand control ability, flexibility, grip strength, and muscle EMG activity. **Methods** 10 subjects in this study held a vibrator for 20 seconds with isometric contraction at the vibration frequency of 12.5 Hz (vibration group, VIB) or with only isometric contraction (control group, CON). The same procedure measurement, including control ability, flexibility, grip strength, and muscle activity, were recorded both at pre-stimulus (pre-test) and 60-second after stimulus (post-test), respectively. Paired- t test was used to compare the values between pre-test and post-test and the changing rate between groups. **Results** The control ability and flexibility in pre-post test showed significant improvement after VIB intervention in VIB ($P < 0.05$). The changing rate of grip strength and EMG in VIB was significantly higher than those in CON ($P < 0.05$). **Conclusions** Acute local vibration stimulus with low frequency can be used to improve the hand control ability and flexibility for those who need better hand functional ability in the future.

Key words: Low frequency; Vibration stimulus; Control ability; Muscle; Electromyography (EMG); Biomechanics

随着时代的变迁与科技的进步,生物力学被注入新的元素,且与医学领域相结合(如运动医学、复

健医学等),产生了有别以往的复健与训练方式,并发展出新的器材^[1];其中,全身振动刺激(whole

收稿日期:2011-05-02; 修回日期:2011-05-24

基金项目:行政院国家科学委员会专题研究计划(编号 NSC 97-2410-H-028-005)。

通讯作者:相子元, Tel: +886-2-77346869; E-mail: tyshiang@gmail.com。

body vibration, WBV)就是融合下的产物之一。现今许多研究表明全身振动刺激是有益的:适当的振动介入下,无论是长期或短期的刺激对人体都有正面效益,如在健身与竞技体育表现方面,能有效提升一般人与运动员的肌力与柔韧性表现^[2-3];在康复方面,可有效改善老年人的平衡、动作控制与活动能力^[4]。为了让振动刺激有效运用在人体,就必须考虑振动处方的设计,操控参数包含频率、振幅、时间、强度等^[5],其中振动频率为重要因素之一。依据过去研究可知,频率的高低对人体有不同的影响,如频率 15~44 Hz 为可以改善人体运动表现的范围^[6],而近年来关于老年人或停经后妇女研究的振动介入频率约介于 10~20 Hz 之间^[7-8],此范围较相对高频更加温和与容易适应,并有正面的效应。

现今振动刺激器材大多针对下肢,鲜有手部振动刺激器材,原因是当站在 WBV 机器上进行上肢训练时,会因振动源太远而无法直接刺激到较远的手部^[5];而若将手放置于振动源较近的地方,则会限制手部动作,不能满足手部动作肌肉训练的需求。过去研究曾尝试以 WBV 应用于手部,发现握力表现并无改善^[3]。因此,Cochrane 等^[9]特别使用较符合手部动作模式的手部振动哑铃,探讨对握力与药球掷远等肌力表现的瞬时影响,结果发现并无任何影响;然而,其所测得的手部运动表现虽没有任何改变,但推测手部生理变化与其他手部运动表现可能有所变化。由于手部活动有别于下肢的大肌肉运动模式,主要是以精细动作执行日常功能的的活动,如使用筷子、计算机等,甚至一些专业性活动如手术、投篮比赛等,不只需要肌力,还需要有准确的控制能力,方能顺利完成动作。所以,好的手部操作表现对人的生活或是专业活动相当的重要。

手部控制的执行过程是由大脑接收不同感觉受器的信息,整合处理后才执行动作或是调整动作。振动刺激的过程借由肌梭、皮肤受器与关节的接受器接收刺激后,再经由单突触与多突触的方式,传递到 α 与 γ 运动神经元^[6],引发强直性振动反射(tonic vibration reflex, TVR)^[10],增加肌缩敏感度,募集更多运动单位的神经讯号传至肌群^[11]。推断此种传递过程可增进本体感觉接受器、中枢神经与肌肉彼此间的协调性;再加上振动时会令体内组织彼此间摩擦,产生热效应,瞬时提升人体的热身效果^[12],

可增进振动后肌肉执行动作时的流畅度与柔韧性,最后得以增进操作表现。因此,本研究将探讨手部低频振动刺激介入是否能瞬时增进手部控制能力、柔韧性、握力及肌肉兴奋程度的表现。

1 方法

1.1 受试者

以 10 位一般健康的志愿者(5 位男性,5 位女性;年龄 23.5 岁;身高 (168.7 ± 8.23) cm;体重 (61.1 ± 11.34) kg)惯用手进行实验,且受试者于半年内均无上肢肌肉骨骼及神经系统上的损伤,并于实验期间未进行重量训练。

1.2 振动刺激处方

将受试者随机分为进行 12.5 Hz 振动组(振动组, VIB)与无振动等长收缩组(对照组, CON)。受试者采用坐姿并将其惯用手置于膝盖上,身体稍微前倾,手肘弯曲 90°,手腕维持在正中位置,前臂维持旋后的姿势(见图 1),用最大等长收缩用力握住振动训练器(型号:V-ball, TVR-340;期美科技股份有限公司;重量约 300 g),维持 20 s,该过程中给予振动组(VIB) 12.5 Hz 的振动刺激,对照组(CON)没有给予任何振动刺激。

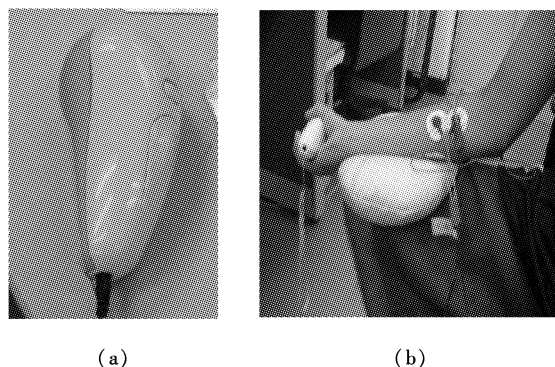


图1 手部振动器(a)与介入姿势(b)

Fig.1 Hand vibration machine (a) and the posture during intervention (b)

1.3 实验流程

在受试者手部热身 5 min 后,进行各测验项目各 2 次,以避免学习效应;再于休息 10 min 后,测试控制能力、柔韧性、握力及肌肉兴奋程度的测试;而后休息 1 h,开始进行振动或是无振动的介入,于介入后 1 min 再进行后测。两种介入之间间隔 2 d 的休息时间以避免疲劳。

1.4 测验方法与数据处理

本研究包含4项测验功能性测验参数,每项皆测验2次,测验流程与数据处理说明如下:

1.4.1 控制能力 为了解日常生活中的手部控制能力,本研究以东方人操控筷子夹取食物的动作为测验项目,利用筷子夹取3颗绿豆的时间做为控制能力指标。请受试者手持筷子,将3颗绿豆逐粒移至另一个容器中,当筷子接触到第1颗豆子瞬间开始计时,于放下第3颗豆子时停止计时;花费的时间越短表示控制能力越好。

1.4.2 柔韧性 利用量角器测量腕关节伸展时的柔韧性,将受试者前臂旋前放置于水平桌面,请受试者手腕伸展至极限量测其角度;关节角度越大表示柔韧性越好。

1.4.3 握力 利用握力计测量受试者惯用手的握力。受试者采站立姿势,手自然垂于身体侧边,尽全力用力持续5s后,记录握力器的数值;数值越大表示握力越好。

1.4.4 肌肉活化 进行握力测试的同时采集肌电信号(electromyography, EMG),以Biopac MP150连接肌电测量仪器(Biovision, 德国),表面电极贴于屈腕肌上,以采集频率1kHz的条件下^[13],测得屈腕肌之肌电信号,如图1(b)所示;肌电讯号之,再以

AcqKnowledge 3.8.1版软件进行10~500Hz的带通滤波(band pass filter)以及全波整流,并选取中间的2s计算出均方根肌电值(rmsEMG, root mean square EMG);数值越大表示肌肉活化量愈多。

1.5 统计分析

将两次测验值平均为各参数前测或后测的表现值,并以SPSS 12.0软件进行配对t检验(paired-t test)比较前后测差异;换算各组变化率 $[(后测 - 前测)/前测 * 100\%]$,再取此数值之绝对值,若表现为退步情况,则给予负号,再以成对样本t检定比较两组变化率之差异。显著水平定为 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果与讨论

比较振动刺激前后发现,振动组于控制能力与柔韧性表现上达显著差异($P < 0.05$) (见表1),肌肉活化表现虽未达显著差异($P > 0.05$),却有增加趋势($P = 0.075$);对照组仅于柔韧性表现达显著增加($P < 0.05$),于握力和肌肉活化表现皆出现明显下降($P < 0.05$)。比较组间变化率发现,振动组在握力与肌肉兴奋程度表现皆显著高于对照组($P < 0.05$);在柔韧性表现上,振动组的变化率有高于对照组的趋势($P = 0.075$) (见表2)。

表1 组内前后测之比较

Tab.1 Comparison between the pre and post tests

	控制能力/s		柔韧性/(°)		握力/kg		肌肉活化/mv	
	前测	后测	前测	后测	前测	后测	前测	后测
VIB	11.6 ±4.0	9.1 ±2.8*	66.4 ±3.6	72.2 ±2.9*	36.79 ±12.7	36.25 ±10.9	0.48 ±0.11	0.52 ±0.11
CON	10.4 ±2.6	8.3 ±1.8	66.1 ±4.1	69.6 ±4.6*	37.70 ±13.4	33.2 ±11.8 [#]	0.61 ±0.17	0.50 ±0.11 [#]

注:VIB: 振动组,CON:对照组;* $P < 0.05$ 表现提升;[#] $P < 0.05$ 表现下降

表2 组间变化率之比较

Tab.2 Comparison of changing rate between the two interventions

	控制能力		柔韧性		握力		肌肉活化	
	VIB	CON	VIB	CON	VIB	CON	VIB	CON
变化率 (%)	15.53 ±21.99	14.60 ±30.61	9.67 ±5.62	5.45 ±4.49	0.42 ±7.89	-11.84 ±4.72	9.08 ±15.23	-16.60 ±9.79
	0.471		0.075		0.002*		0.001*	

注:VIB: 振动组,CON:对照组;* $P < 0.05$ 振动组表现好于对照组

本研究旨在探讨运用振动刺激是否能瞬时改善手部控制能力、柔韧性、握力及肌肉兴奋程度的表现。结果发现,振动组不仅改善控制能力与柔韧性表现,在握力表现没有出现退步情形,肌肉活化有增加的趋势,而对照组仅改善了柔韧性表现,但握力和肌肉活化表现皆降低。比较两组握力与肌肉兴奋程度表现,振动组优于对照组。在柔韧性部分,振动组的改善效果也有优于对照组的趋势。Cochrane 等^[9]提出,手部振动哑铃(26 Hz)对手部肌力表现并无任何瞬时影响,但或许对于手部生理变化与其他手部运动表现会有所影响。因此,本研究不仅针对握力表现,还分别加测手控制能力、柔韧性与肌肉活化,确实发现振动组在握力表现并没有进步,但在其他控制能力与柔韧性表现上却有进步。

振动组经过等长收缩加上局部低频振动介入,使人体产生类似牵张反射(stretch reflex)的强直性振动反射(TVR)^[10];通过振动刺激不仅能兴奋肌梭以 Ia 与 Ib 传入神经纤维传递,也能透过人体皮肤接受器与关节机械接受器,以单突触和多突触的方式传至中枢神经系统;再由 γ 与 α 运动神经元接收神经讯号传至肌梭与肌肉中^[6],因而增进肌梭的敏感度与改变运动单位的募集状况^[11]。此过程可能会增进本体感觉、中枢神经与肌肉三者间的协调性,再配合振动刺激后所产生的热效应,可提高肌肉温度^[12],也可增进神经传导速度与神经肌肉协调性^[14],最终改善人对手部控制能力的表现。

在固定姿势下做最大力量的收缩,比动态的等张收缩更具有诱发神经池的效果^[15],更容易达到肌肉疲劳。本实验对照组在给予等长收缩 20 s 持续介入后,经 1 min 休息后,握力与肌肉活化量表现仍下降,故推论肌肉还是处在疲劳的状态下;但振动组却没有此情形发生。振动组在局部低频振动刺激后,增加肌肉温度与肌梭敏感度,并增进运动单位的募集,反而在肌肉活化上明显增加;然而,握力与肌肉兴奋程度有正相关性^[16-17]。当握力越大时,则肌肉兴奋程度越高;反之,则兴奋程度越低。但振动组增加肌肉活化表现,理因改善握力表现,但握力却没有提升,故推测本研究是以最大自主性等长收缩的方式介入,为维持关节动作稳定不变。此时主作用肌(flexor)与拮抗肌(extensor)会产生共同收缩(co-contraction)^[18],同时受到振动刺激的影响后,不只

屈肌的活化量升高外,拮抗肌的活化也可能同时增加,而后进行等长收缩的握力测验时,在两者的一拉一扯间,让握力表现不能得以提升。

对照组在执行等长收缩的同时,使主动肌与拮抗肌产生本体感神经肌肉促进术(proprioception neuromuscular facilitation, PNF)手法中的用力-放松(hold-relax)的效果,使肌群达到放松的状态,柔韧性增加,对于也有执行等长收缩的振动组来说,有相同增进的效果。此外,过去振动刺激对于下肢柔韧性影响的研究发现,单纯振动刺激后可瞬时增进下肢柔韧性表现^[19],并提出振动刺激使组织摩擦生热^[20],提高组织的延展性,更能促进关节活动度进步。因此,本研究振动组在 PNF 与热效应的同时促进下,对于柔韧性的增进效果,虽在统计上相较于对照组未达显著差异,但却有优于对照组的趋势。

由上述得知,一般传统的等长收缩训练,仅能改善柔韧性表现,但容易造成肌肉疲劳,减少肌肉活化的程度,降低握力的表现;而一般等长收缩训练加上局部低频振动刺激后,不仅能提高柔韧性的效果,增加手部的控制能力,还能改变肌肉活化的特性,是一个可瞬时有效增进手部运动功能的方法。手部功能不管是一般人生活或是特殊专业人员的需求,如一般人使用筷子、外科医生开刀与桌球选手挥拍等,都扮演着不可或缺的角色。对于手部损伤的病人来说,恢复手部功能十分重要。手部损伤后,如:韧带扭伤、肌腱炎等,其肌力、柔韧性与本体感觉皆会受到影响。而本研究发现,一般等长收缩训练加上手部振动刺激后,振动刺激诱发 TVR、提高肌温等机制,可同时改善神经肌肉、柔韧性与本体感觉的瞬时表现,不仅可以应用于生活与专业需求,更可以提供手部损伤者一个有效的复健方式。

3 结语

局部低频振动刺激介入可瞬时改善手部控制能力、柔韧性与握力表现;且相较于传统训练,有振动刺激介入可改善肌肉活化的特性,未来可运用于手部的热身活动、训练与复健等方面。希冀本研究能为各种需要手部参与的人员,透过手部振动刺激达到良好的热身与改善手部功能的训练效果。

致谢:感谢期美科技股份有限公司(Tonic Fitness Technology Inc.)提供掌上型振动训练器(V-bell, TVR-3400)。

参考文献:

- [1] 刘平,于长隆. 生物力学在运动医学领域应用现状和展望 [J]. 医用生物力学, 2008, 23(2): 99-102.
Liu P, Yu CL. State and prospect of biomechanics in sports medicine [J]. J Med Biomech, 2008, 23(2): 99-102.
- [2] Delecluse C, Roelants M, Verschueren S. Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training [J]. Med Sci Sports Exerc, 2003, 35(6): 1033-1041.
- [3] Cochrane DJ, Stannard SR. Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players [J]. Br J Sports Med, 2005, 39(11): 860-865.
- [4] Bautmans I, Van Hees E, Lemper JC, et al. The feasibility of whole body vibration in institutionalised elderly persons and its influence on muscle performance, balance and mobility: A randomised controlled trial [J]. BMC Geriatr, 2005, 5(1): 17.
- [5] Luo J, McNamara B, Moran K. The use of vibration training to enhance muscle strength and power [J]. Sports Med, 2005, 35(1): 23-41.
- [6] Cardinale M, Bosco C. The use of vibration as an exercise intervention [J]. Exerc Sport Sci Rev, 2003, 31(1): 3-7.
- [7] Kawanabe K, Kawashima A, Sashimoto I, et al. Effect of whole-body vibration exercise and muscle strengthening, balance, and walking exercises on walking ability in the elderly [J]. Keio J Med, 2007, 56(1): 28-33.
- [8] Gusi N, Raimundo A, Leal A. Low-frequency vibratory exercise reduces the risk of bone fracture more than walking: A randomized controlled trial [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2006, 7: 92.
- [9] Cochrane DJ, Hawke EJ. Effects of acute upper-body vibration on strength and power variables in climbers [J]. J Strength Cond Res, 2007, 21(2): 527-531.
- [10] Eklund G, Hagbarth KE. Normal variability of tonic vibration reflexes in man [J]. Exp Neurol, 1966, 16(1): 80-92.
- [11] Romaguere P, Vedel JP, Pagni S. Effects of tonic vibration reflex on motor unit recruitment in human wrist extensor muscles [J]. Brain Res, 1993, 602(1): 32-40.
- [12] Cochrane DJ, Stannard SR, Sargeant AJ, et al. The rate of muscle temperature increase during acute whole-body vibration exercise [J]. Eur J Appl Physiol, 2008, 130(4): 441-448.
- [13] 张希安, 聂文忠, 叶铭, 等. 俯卧撑中前臂旋转对上肢肌肉电活动的影响 [J]. 医用生物力学. 2009, 24(3): 174-177.
Zhang XA, Nie WZ, Ye M, et al. Effects from forearm-rotation during push-up on muscle electric activities of upper-limb [J]. J Med Biomech, 2009, 24(3): 174-177.
- [14] Bishop D. Warm up I: Potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance [J]. Sports Med, 2003, 33(6): 439-454.
- [15] Mottram CJ, Maluf KS, Stephenson JL, et al. Prolonged vibration of the biceps brachii tendon reduces time to failure when maintaining arm position with a submaximal load [J]. J Neurophysiol, 2006, 95(2): 1185-1193.
- [16] Disselhorst-Klug C, Schmitz-Rode T, Rau G. Surface electromyography and muscle force: Limits in sEMG-force relationship and new approaches for applications [J]. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2009, 24(3): 225-235.
- [17] Kamavuako EN, Farina D, Yoshida K, et al. Relationship between grasping force and features of single-channel intramuscular EMG signals [J]. J Neurosci Methods, 2009, 185(1): 143-150.
- [18] 付春江, 王如彬. 肌肉共同收缩对手臂屈伸运动末端阻抗的影响 [J]. 医用生物力学, 2009, 24(6): 427-423.
Fu CJ, Wang RB. Contribution of co-contraction to arm impedance in the free planar movement [J]. J Med Biomech, 2009, 24(6): 427-433.
- [19] Sands WA, McNeal JR, Stone MH, et al. Flexibility enhancement with vibration: Acute and long-term [J]. Med Sci Sports Exerc, 2006, 38(4): 720-725.
- [20] Oliveri DJ, Lynn K, Hong CZ. Increased skin temperature after vibratory stimulation [J]. Am J Phys Med Rehabil, 1989, 68(2): 81-85.