

文章编号:1004-7220(2012)03-0324-05

局部振动刺激对肱二头肌血红蛋白的影响

刘 强, 杨雯雯, 许明容, 王如凤
(台北市立体育学院 运动器材科技研究所, 台北 11100)

摘要: 目的 探讨局部振动刺激过程对肱二头总血红蛋白和氧合血红蛋白的影响。方法 利用手臂振动按摩带对12名女性志愿者进行局部振动刺激,用非侵入性近红外光谱仪于振动开始前10 min、振动中10 min与振动停止后15 min采集肱二头肌之总血红蛋白和氧合血红蛋白的数值,并了解每分钟变化趋势;以单因素方差分析进行统计检验。结果 振动停止后15 min会使手臂肱二头总血红蛋白显著性增加($P < 0.05$),振动中10 min与振动停止后15 min均会使手臂肱二头氧合血红蛋白显著性增加($P < 0.05$);在变化趋势方面,总血红蛋白和氧合血红蛋白约在振动中10 min的第5 min出现最大峰值,且在振动停止后15 min仍持续高于振动刺激前,并呈现稳定状态。结论 局部振动刺激会实时提升肱二头总血红蛋白和氧合血红蛋白;此外,必须至少持续振动刺激5 min以上总血红蛋白和氧合血红蛋白数量才会达到最大峰值。

关键词: 振动刺激; 氧合血红蛋白; 总血红蛋白; 肌肉; 生物力学

中图分类号: R 318.01 文献标志码: A

Effect from local vibration stimulus on hemoglobin change of biceps muscles

LIU Chiang, YANG Wen-wen, HSU Min-rong, WANG Lu-fon (Graduate Institute of Sports Equipment Technology, Taipei Physical Education College, Taipei 11100)

Abstract: Objective To investigate the effect from local vibration stimulus on the total hemoglobin and oxygen hemoglobin change of biceps muscles. **Methods** Arm Vibration Massage Band was used by twelve volunteers (female college students) to receive the local vibration stimulus. By using the Near Infrared Spectroscopy, the total hemoglobin and oxygen hemoglobin of biceps muscles were measured at 10th minute before vibration, 10th minute during vibration and at 15th minute after vibration, respectively, to get the variation tendency at each minute. Repeated measured one-way ANOVA was used to compare the differences in the test results. **Results** The total hemoglobin of biceps muscles was significantly increased at 15th minute after vibration ($P < 0.05$), and the total oxygen hemoglobin of biceps muscles was significantly increased at 10th minute during vibration and 15th minute after vibration ($P < 0.05$). The maximum value of the total hemoglobin and oxygen hemoglobin occurred at 5th minute during 10-minute vibration stimulus, and compared with 10th minute before vibration, the total hemoglobin and oxygen hemoglobin could continue to be higher at 15th minute after vibration with a stable tendency. **Conclusions** The local vibration stimulus can acutely increase the total hemoglobin and oxygen hemoglobin of biceps muscles, which can reach the maximum value with sustained vibration stimulus for at least 5 minutes.

Key words: Vibration stimulus; Oxygen hemoglobin; Total hemoglobin; Muscle; Biomechanics

振动刺激训练(vibration training, VT)是一项新兴的运动训练,其设计原理为给予运动者垂直扰动

以提供不稳定的环境,利用此技术将振动刺激传送到身体部位而达到训练效果。振动刺激对人体影响

收稿日期:2011-08-10; 修回日期:2011-09-26

通讯作者:刘强, Tel: +886-928874011; E-mail: chiangliu1974@yahoo.com.tw。

的机制可分为两部分:(1)振动刺激过程中,会刺激肌肉内的本体感受器(如肌梭,或是其他触觉感受器)产生强烈的兴奋性信号,该信号透过 Ia 感觉神经纤维以最短的时间直接传入脊髓的 α 运动神经纤维,产生类人体的牵张反射,引起肌肉非自主性收缩,此理论为张力性振动反射(tonic vibration reflex, TVR)^[1]; (2)振动刺激促使组织间相互摩擦生热,引起血管外围流通变化,致使肌肉内毛细血管变宽,促使更多微小分子容易通过^[2-3]。过去很多研究已发现振动刺激的影响机制对人体的生理指标具有正面的效益,如皮肤血液循环能力^[2-4]、身体内分泌协调^[5-6]、身体组成^[7],但对于总血红蛋白和氧合血红蛋白等未加以探讨;而总血红蛋白和氧合血红蛋白的变化,可了解肌肉组织的血流及氧气供给与运用的程度^[8]。因此,本研究旨在探讨振动开始前 10 min、振动中 10 min、振动停止后 15 min 局部振动刺激过程对肱二头肌总血红蛋白(total hemoglobin)和氧合血红蛋白(oxygen hemoglobin)的影响;研究结果预期可了解局部振动刺激介入是否能对肌肉具有刺激效应,以验证市售振动产品是否有实质的效果。

1 方法

1.1 志愿者

招募 12 名健康大专女学生为志愿者,平均年龄为(22.95 ± 1.88)岁、身高(159.17 ± 4.15)cm、体重(55.5 ± 7.15)kg。每位志愿者皆签署受测者同意书以同意参与本次实验,接受实验前不进行激烈运动,以避免影响研究结果。

1.2 实验设计

实验地点位于室内环境,环境温度控制在 23 ~ 25 °C,并在安静无活动情况下进行实验测试。手臂振动仪器为市售振动按摩带(PG-2001B3,攀高电子有限公司),振动频率为 84 Hz;同时利用非侵入性近红外光谱仪(near infrared spectroscopy, OxilixTS, ISS, Inc.,以下简称 NIRS)检测肱二头肌肉组织的总血红蛋白和氧合血红蛋白值^[8],单位为 mmol · mm,并记录实时的数值变化以了解组织的血流及氧气供给与利用的适应能力。若区域组织的总血红素增加,代表此组织正在作工,并且表示此人能量代谢的能力。其原理为将两种不同波长(690 和 830 nm)的近红外光,经由探头打入体内(约皮下 3 cm),散

射和碰撞区域组织内的血红蛋白,再由接收端接收至主机,以每 3 s 平均数值为 1 笔数据记录肌肉组织的总血红蛋白和氧合血红蛋白数值。

本研究参考 Colleen 等^[4]的实验设计进行。志愿者先将手臂平放于与心脏同高处后,研究者在其右手肱二头肌最大肌腹上放置 NIRS 探头并配戴振动按摩带,先进行坐姿休息 10 min 后再开始实验。为了进行有、无振动对照比较,先在无振动状态下开始采集 10 min(简称为振动开始前 10 min)的肱二头肌总血红蛋白和氧合血红蛋白的数值,作为对比较其基准值(baseline),而后进行振动刺激 10 min(简称为振动中 10 min)与停止振动后 15 min(简称为振动停止后 15 min),持续三阶段不间断地采集数据,共连续 35 min(为振动开始前 10 min、振动中 10 min、振动停止后 15 min)。通过此实验设计,可了解振动开始前、振动中与振动停止后手臂肱二头肌的总血红蛋白和氧合血红蛋白是否有差异性,以及总血红蛋白和氧合血红蛋白在实验过程中每分钟的变化趋势。

1.3 数据处理与统计分析

采集 NIRS 配套软件的原始信号,并计算每位志愿者在 3 个阶段(振动开始前 10 min、振动中 10 min与振动停止后 15 min)的平均数值,求出此三阶段各自的总平均值,再利用下列公式求出两者之间的总变化率:

$$\text{总变化率}(\%) = [(\text{振动中}10\text{ min或振动停止后}15\text{ min} \\ \text{总平均值} - \text{振动开始前}10\text{ min的总平均值}) / \text{振} \\ \text{动开始前}10\text{ min的总平均值} \times 100\%] + 100\%$$

使用 SPSS 12.0 版统计软件包进行单因素方差分析(repeated measured one-way ANOVA),检验振动开始前 10 min、振动中 10 min与振动停止后 15 min 三阶段间平均总血红蛋白和氧合血红蛋白是否有差异性,显著水平为 $\alpha = 0.05$;以 1 min 为单位,分别深入细分并测得每人于振动中 10 min(共 10 个单位)与停止振动后 15 min(共 15 个单位)阶段中每 1 min 总血红蛋白和氧合血红蛋白的数值,再将全部志愿者于每 1 min 的数值平均,并结合上述得到的振动开始前 10 min 总平均值,通过下列公式求出两者之间的每分钟变化率:

$$\text{每分钟变化率}(\%) = [(\text{振动中}10\text{ min或停止后}15\text{ min} \\ \text{每分钟平均值} - \text{振动开始前}10\text{ min总平均值}) / \text{振}$$

动开始前 10 min 总平均值 $\times 100\%$] + 100%

用以观察从给予振动到振动停止后的过程中每分钟变化的趋势。

2 结果

2.1 总血红蛋白

振动停止后 15 min 的肱二头总血红蛋白显著大于振动开始前 10 min ($P < 0.05$, 见图 1)。

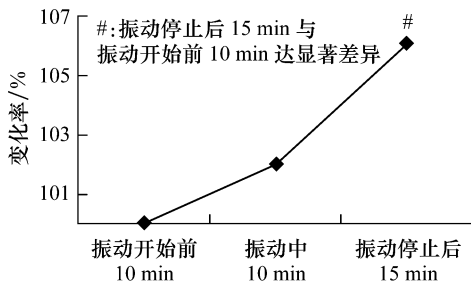


图1 震动刺激对总血红蛋白急性影响结果

Fig.1 Effect of vibration stimulus on the total hemoglobin at three different test time

在振动中 10 min 的变化趋势方面,总血红蛋白在振动刺激第 1~5 min 快速上升,在第 5 min 升至最大峰值,在振动刺激第 6~10 min 则呈现稳定状态;在振动停止后 15 min 的变化趋势方面,振动刺激结束后的第 1~2 min 总血红蛋白仍持续上升,增加了约 9%,上升至 109% 左右,且在振动刺激结束后第 3~15 min 仍可维持在 107%~108%,显示总血红蛋白并未因振动刺激停止而急剧地下降,反而对总血红蛋白的急性影响至少维持 15 min 以上(见图 2)。

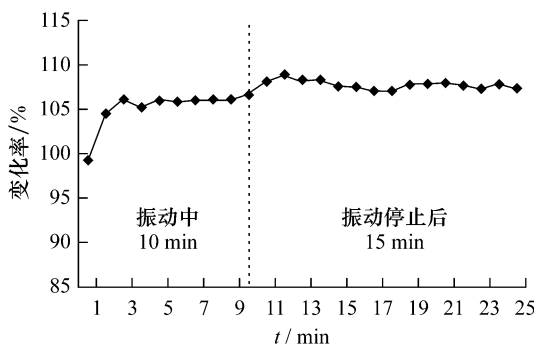
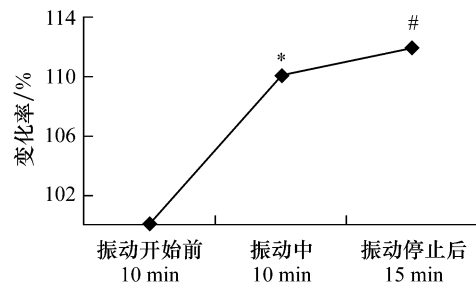


图2 振动中 10 min 与振动停止后 15 min 每分钟平均总血红蛋白的变化趋势

Fig.2 Tendency of the total hemoglobin during the 10-min vibration and the 15-min post-vibration

2.2 氧合血红蛋白

振动中 10 min 和振动停止后 15 min 的氧合血红蛋白均显著大于振动开始前 10 min ($P < 0.05$), 显示振动中 10 min 的过程中会快速地使肱二头肌氧合血红蛋白显著增加,且持续至振动停止后 15 min(见图 3)。



*: 振动中 10 min 与振动开始前 10 min 达显著差异; #: 振动停止后 15 min 与振动开始前 10 min 达显著差异

图3 震动刺激对氧合血红蛋白急性影响的结果

Fig.3 Effect of vibration stimulus on the oxygen hemoglobin at three different test time

在振动中 10 min 的变化趋势方面,氧合血红蛋白在振动刺激第 1~5 min 快速上升,在第 5 min 升至最大峰值,在振动中的第 6~10 min 开始下降;在振动停止后 15 min 的变化趋势方面,振动停止后的第 1~2 min 氧合血红蛋白会有所增加,约升至 110% 左右,在振动停止后第 3~15 min 则先降后升维持在 105%~108%,显示氧合血红蛋白并未因振动刺激停止而急剧地下降,反而对氧合血红蛋白的影响维持至少 15 min 以上(见图 4)。

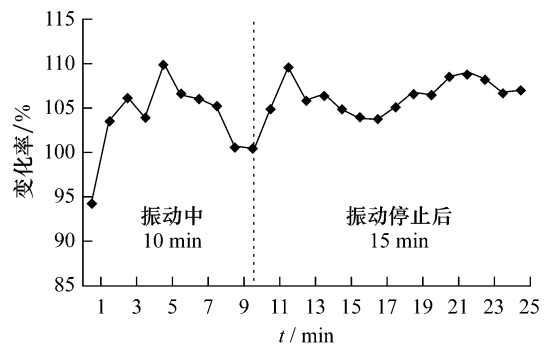


图4 每分钟平均氧合血红蛋白的变化趋势

Fig.4 Tendency of the oxygen hemoglobin during the 10-min vibration and the 15-min post-vibration

3 讨论

为了解局部振动刺激是否对肌肉有正面效益,以及了解市售振动产品是否有实质的刺激效果,本研究探讨了局部振动刺激过程对总血红蛋白和氧合血红蛋白的变化影响。结果发现,振动停止后 15 min,肱二头总血红蛋白显著大于振动前 10 min,且振动中 10 min 和振动后 15 min 的氧合血红蛋白均显著大于振动前 10 min,显示振动刺激 10 min 会快速使肱二头肌氧合血红蛋白显著增加,且持续至振动刺激结束后 15 min。由相关文献得知,振动刺激不仅可提升肌力^[9-10]、神经适应^[11]、控制能力^[12]等运动表现能力,且能促进皮肤血液循环能力^[2-4]、身体内分泌协调^[2,5]、身体组成^[7]等功能;本研究则进一步证实振动刺激会促使肌肉组织中的总血红蛋白和氧合血红蛋白提升,其原因可能在于振动刺激会引起血管外围流通变化,导致肌肉内毛细血管变宽,促使更多微小分子容易通过^[2-3],从而间接使局部血红蛋白增高。杨光瑜等^[13]研究发现,持续低频共振会引起大鼠的血压、心率、呼吸频率在振动 1 min 时迅速升高,1~3 min 达到最大值,之后逐渐下降,30 min 后低于正常值;而在振动初期,共振不会对大鼠体温造成影响,体温在振动 10 min 之后才缓慢降低。在振动初期 6 Hz 频率共振对大鼠血压、心率、呼吸频率的影响比较大,而在后期 3 Hz 频率共振影响比较大。李振坤等^[14]探讨了不同频率张力应变对于磷酸化热休克蛋白 27 (heat shock protein27, HSP27) 的表达与其对血管平滑肌细胞 (vascular smooth muscle cells, VSMCs) 迁移的影响,其研究结果发现,正常生理频率张力应变,如 1.25 Hz 张力应变,可能启动血管 HSP27 而抑制 VSMCs 迁移,以维持血管正常的结构及功能。而振动机设计概念为给予使用者肌肉的扰动以提供不稳定的环境,进而刺激肌肉增加代谢达到效果,故在振动过程中骨骼肌纤维收缩会消耗、释放身体的能量,进而分解糖类、蛋白质与脂肪,以及血管壁内沉积已久的脂肪。本研究也发现,持续 10 min 的局部振动刺激改善了总血红蛋白和氧合血红蛋白,增加了肌肉组织氧气供给与运用的能力;而从过去研究可知,振动刺激可促进血流量增加,进而增进血液循环能力^[2-4],依据以上推论血液运输功能的改善,可将废物迅速排出

或增进能量代谢的能力,有降低体脂肪效果。

在变化趋势方面,总血红蛋白和氧合血红蛋白约在振动刺激第 5 min 会出现最大峰值,在振动刺激结束后 15 min 内仍高于振动刺激前,且呈现先升后稳定状态。由于本研究实验设计是依照 Colleen 等^[4]的研究,其研究是探讨 30 与 50 Hz 振动频率对手臂皮肤血流量之影响,发现在振动过程中的第 1~10 min 受试者手臂皮肤血流量会逐渐增加,且手臂皮肤血流在第 5 min 出现最大峰值;此研究与本研究所发现的在第 1~5 min 肱二头肌总血红蛋白和氧合血红蛋白会上升,且在振动刺激第 5 min 会达到最大峰值的结果相似。然而,在振动刺激结束后的 15 min 方面,本研究结果发现,振动刺激结束后的第 1~2 min 总血红蛋白和氧合血红蛋白仍会有所增加,之后总血红蛋白会稍微下降并维持在 107%~108% 稳定状态,氧合血红蛋白则会先降后升并维持在 105%~108% 左右。Colleen 等^[4]研究结果则发现,振动频率 30 Hz 的皮肤血流量会渐渐减少,在第 7~8 min 几乎降低到基准值,但在振动频率 50 Hz 的皮肤血流量反而是保持在基准值之上,呈现增加的情形。因而,本实验结果与 Colleen 等^[4]振动频率 50 Hz 结果相似,手臂肱二头肌经过 10 min 振动刺激后,总血红蛋白与氧合血红蛋白并未因振动刺激结束而有所下降,显示局部振动刺激对总血红蛋白和氧合血红蛋白的急性影响维持至少 15 min 以上。

4 结论

振动后 15 min 肱二头总血红蛋白显著大于振动前 10 min;振动中 10 min 和振动后 15 min 的氧合血红蛋白均显著大于振动前 10 min,显示振动刺激 10 min 会立即显著使肱二头肌氧合血红蛋白增加,且持续至振动刺激结束后 15 min。另外,在变化趋势方面,总血红蛋白在振动刺激第 1~5 min 快速上升,约在第 5 min 升至最大峰值,在振动刺激第 6~10 min 则呈现稳定状态;振动刺激结束后的第 1~2 min 总血红蛋白仍有所增加,约升至 109%,在振动刺激结束后第 3~15 min 则维持在 107%~108%;氧合血红蛋白在振动刺激第 1~5 min 快速上升,约在第 5 min 升至最大峰值,在振动刺激第 6~10 min 则开始下降;振动刺激结束后的第 1~2 min 氧合血

红蛋白会有所增加,约升至110%,在振动刺激结束后第3~15 min则先降后升维持在105%~108%。因此,局部振动刺激会立即显著提升肱二头总血红蛋白和氧合血红蛋白,且在持续振动刺激5 min后,可使总血红蛋白和氧合血红蛋白数量达到最大峰值;此外,于振动停止后,效果仍可维持15 min。根据本研究结果预期,在实务应用方面,建议久卧病床、老年人、妇女等需运动或消耗能量族群,可利用振动刺激达到刺激肌肉与消耗能量的作用,并建议至少接受振动刺激5 min以上。然而,本研究仅探讨连续单次振动刺激的效应,但影响振动刺激效益的因素有振动频率、振动振幅、振动时间、振动部位等,仍有待进一步深入探讨。

参考文献:

- [1] Eklund G, Hagbarth KE. Normal variability of tonic vibration reflexes in man [J]. *Exp Neurol*, 1966, 16(1): 80-92.
- [2] Kerschman-Schindl K, Grampp S, Henk C, *et al.* Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume [J]. *Clin Physiol*, 2001, 21(3): 377-382.
- [3] Rittweger J, Beller G, Felsenberg D. Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man [J]. *Clin Physiol*, 2000, 20(2): 134-142.
- [4] Colleen M, Jerrold S, Grenith Z. The effect of 30 Hz vs. 50 Hz passive vibration and duration of vibration on skin blood flow in the arm [J]. *Med Sci Monit* 2008, 14(3): 112-116.
- [5] Bosco C, Iacovelli M, Tsarpela O, *et al.* Hormonal responses to whole-body vibration in men [J]. *Eur J Appl Physiol*, 2000, 81(6): 449-454.
- [6] Di Loreto C, Ranchelli A, Lucidi P, *et al.* Effects of whole-body vibration exercise on the endocrine system of healthy men [J]. *J Endocrinol Invest*, 2004, 27(4): 323-327.
- [7] Roelants M, Delecluse C, Goris M, *et al.* Effects of 24 weeks of whole body vibration training on body composition and muscle strength in untrained females [J]. *Int J Sports Med*, 2004, 25(1): 1-5.
- [8] Wariar R, Gaffke JN, Haller RG, *et al.* A modular NIRS system for clinical measurement of impaired skeletal muscle oxygenation [J]. *J Appl Physiol*, 2000, 88(1): 315-325.
- [9] Issurin VB, Tenenbaum G. Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes [J]. *J Sports Sci*, 1999, 17(3): 177-182.
- [10] Warman G, Humphries B, Purton J. The effects of timing and application of vibration on muscular contractions [J]. *Aviat Space Environ Med*, 2002, 73(2): 119-127.
- [11] 刘强, 杨贵羽, 陈婉菁, 等. 太极拳结合振动复合式训练对外围神经反射活动的影响 [J]. *医用生物力学*, 2011, 26(4): 329-334.
Liu C, Yang KY, Chen WC, *et al.* Effects of tai chi chuan combined with vibration training on the reflex activity of peripheral neuron [J]. *J Med Biomech*, 2011, 26(4): 42-47.
- [12] 刘强, 杨雯雯, 王子玮, 等. 局部低频振动刺激对手部运动功能的瞬时影响 [J]. *医用生物力学*, 2011, 26(4): 310-314.
Liu C, Yang WW, Wang TW, *et al.* Acute effect of vibration stimulus with low frequency on hand motor function [J]. *J Med Biomech*, 2011, 26(4): 310-314.
- [13] 杨光瑜, 周继红, 尹志勇, 等. 低频共振对大鼠生理功能影响研究 [J]. *医用生物力学*, 2011, 26(2): 163-167.
Yang GY, Zhou JH, Yin ZY, *et al.* Effects of low frequency resonance on physiological function in rats [J]. *J Med Biomech*, 2011, 26(2): 163-167.
- [14] 李振坤, 周瑾, 刘波, 等. 不同频率张应变作用下血管磷酸化 HSP27 的表达及其在血管平滑肌细胞迁移中的作用 [J]. *医用生物力学*, 2008, 23(6): 415-419.
Li ZK, Zhou J, Liu B, *et al.* Expression of p-HSP27 in vessel under different frequencies of cyclic tensile strain and its role in the migration of vascular smooth muscle cells [J]. *J Med Biomech*, 2008, 23(6): 415-419.