

·临床研究·

本文引用:李 武,艾 坤,蒋全睿,刘小卫,唐锦忠,曾莉华,李江山.负重离心收缩诱导人体肱二头肌延迟性肌肉酸痛模型的实验研究[J].湖南中医药大学学报,2018,38(3):330-334.

负重离心收缩诱导人体肱二头肌延迟性肌肉酸痛模型的实验研究

李 武¹,艾 坤¹,蒋全睿¹,刘小卫¹,唐锦忠²,曾莉华³,李江山^{1,2*}

(1.湖南中医药大学,湖南 长沙 410208;2.湖南中医药大学第一附属医院针灸推拿康复科,湖南 长沙 410007;
3.郴州市第一人民医院康复科,湖南 郴州 423000)

[摘要] 目的 观察利用负重状态下离心收缩的方式是否诱导人体肱二头肌延迟性肌肉酸痛症(DOMS)模型。方法 实验对象从在校大学生中招募志愿者60名,随机分为造模组和对照组,两组各30例;造模组做负重状态下离心收缩运动两组,每组25个,每个动作操作时间20秒,对照组不做任何处理,通过观察志愿者的血清磷酸肌酸激酶(CK)、主观酸痛阈、主观体力等级评定量表(RPE)、DOMS临床评价(CEC)等级来评价模型是否成功。结果 造模组与对照组比较,试验后24 h和48 h主观酸痛阈低于对照组,试验后72 h CK高于对照组,试验后即刻、24 h、48 h、72 h RPE明显高于对照组,试验后即刻、24 h、48 h、72 h、120 h CEC高于对照组,差异均有统计学意义($P<0.05$)。造模组试验后与试验前比较,试验后24 h、48 h和72 h主观酸痛阈明显低于试验前,试验后48 h、72 h和120 h CK高于试验前,试验后即刻、24 h、48 h、72 h RPE明显高于试验前,试验后即刻、24 h、48 h、72 h、120 h CEC高于试验前,差异均有统计学意义($P<0.05$)。结论 负重状态下离心收缩可以诱导肱二头肌DOMS模型,各项指标变化符合文献记载。

[关键词] 延迟性肌肉酸痛;肱二头肌疲劳模型;离心收缩;磷酸肌酸激酶;主观酸痛阈

[中图分类号]R24 **[文献标志码]**B **[文章编号]**doi:10.3969/j.issn.1674-070X.2018.03.024

Experimental Study on Human Biceps Delayed Onset Muscle Soreness Model Induced by Centrifugal Elbow Flexion

LI Wu¹, AI Kun¹, JIANG Quanrui¹, LIU Xiaowei¹, TANG Jinzhong², ZENG Lihua³, LI Jiangshan^{1,2*}

(1. Hunan University of Chinese Medicine, Changsha, Hunan 410208, China; 2. Acupuncture & Tuina and Rehabilitation Department, the First Affiliated Hospital of Hunan University of Chinese Medicine, Changsha, Hunan 410007, China; 3. Rehabilitation Department, the First People's Hospital of Chenzhou City, Chenzhou, Hunan 423000, China)

[Abstract] **Objective** To observe the method of eccentric contraction weight-bearing on inducing human biceps DOMS model. **Methods** Subjects, 60 volunteers, were recruited from college students, randomly divided into the model group and control group, 30 cases in each group. The model group was given two groups of movement of centrifugal contraction on weight-bearing, each group contains 25 movements, 20 seconds each movement. The control group was not taken any special movement. The serum creatine kinase (CK), subjective pain threshold, the rate of perceived exertion (RPE) and the volunteers of clinical evaluation criteria (CEC) were observed to evaluate the model. **Results** Comparing model group with

[收稿日期]2017-07-20

[基金项目]湖南省中医药科研计划重点项目(201721);湖南省教育厅一般项目(15C1056);湖南省中医药科研计划一般项目(2016106);湖南省发展和改革委员会课题(湘发改投资[2014]658号);湖南省高校创新平台开放基金项目(13K079)。

[作者简介]李 武,男,医学硕士,讲师。研究方向:按法治病机理的研究。

[通讯作者]*李江山,男,医学博士,教授,E-mail:duojiao1237@yahoo.com.cn。

control group, subjective pain threshold in the model group was lower than in the control group after test for 24 hours and 48 hours; CK in the model group was higher than the control group after test for 72 hours; RPE in the model group was higher than the control group at ending the test and after test for 24 hours, 48 hours and 72 hours; CEC in the model group was higher than the control group at ending of the test, after test for 24 hours, 48 hours, 72 hours and 120 hours; the differences were statistically significant ($P<0.05$). After test for 24 hours, 48 hours and 72 hours, subjective pain threshold in model group was lower than before test; after test for 48 hours, 72 hours and 120 hours, CK was higher than before test; at ending of the test and after test for 24 hours, 48 hours and 72 hours, RPE was higher than before test; at ending of the test and after test for 24 hours, 48 hours, 72 hours and 120 hours, CEC was higher than before test; the differences were statistically significant ($P<0.05$). **Conclusion** The method of eccentric contraction during weight-bearing could be used for establishing human biceps DOMS model, and the changes of various indicators are in accordance with the literature.

[**Keywords**] delayed onset muscle soreness; biceps fatigue model; centrifugal contraction; creatine kinase; subjective pain threshold

延迟性肌肉酸痛 (delayed onset muscle soreness, DOMS) 是指肌体承受了达到一定训练强度, 或者是某种时间周期内的非习惯性运动, 或者是训练强度突然增加, 运动负荷超量之后 8~24 h 发生的、能够持续 5~7 d 的一种独特的肌肉疲劳或损伤的现象^[1]。推拿是一种缓解 DOMS 症状的常用方法, 但可靠的临床对比研究较少, 并且推拿治疗 DOMS 的机制还不清楚。推拿要想在 DOMS 治疗上有所突破, 对诱导 DOMS 的人体模型研究至关重要^[2]。通过查阅文献, 以人体肱二头肌为对象研究疲劳比较多见, 本研究团队欲从人体肱二头肌着手, 开始研究推拿改善 DOMS 的机制, 通过对肱二头肌 DOMS 模型的研究, 为下一步推拿手法治疗 DOMS 的研究打下基础。参照文献^[3], 利用负重状态下离心收缩的运动方式可成功诱导肱二头肌产生 DOMS 人体模型, 本实验对该造模方法研究, 从中找出人体肱二头肌 DOMS 模型各项指标改变规律, 为下一步研究中指标选择提供参考依据。

1 对象和方法

1.1 研究对象

有研究表明^[4], 在校大学生中从事的体育活动相对较少, 出现 DOMS 时, 症状会比较典型而突出。还有研究报道^[4], 运动损伤发生后, 不同性别的受测人员血清肌酸激酶(CK)值表现出差异性, 女性受测人员的血清 CK 变化比男性受测人员的血清 CK 变化更不明显。为减少实验的复杂性, 可以排除性别因素带来的干扰, 仅选择男性实验对象。依据文献要求, 在湖南中医药大学招募 60 名男性志愿者, 身高 170~175 cm, 体质量 60~70 kg, 年龄 18~24 岁的

在校学生。此外, 要求志愿者身体健康, 实验前体力充沛、无明显疲劳感, 没有从事体能训练或者特色体育训练。

1.2 研究方法

1.2.1 实验方案 将招募的 60 名志愿者随机分成对照组 30 名、造模组 30 名。造模组志愿者年龄 (21.73 ± 1.53) 岁、体质量 (65.20 ± 2.61) kg、身高 (172.2 ± 1.5) cm, 对照组志愿者年龄 (21.33 ± 1.35) 岁, 体质量 (64.85 ± 3.29) kg, 身高 (172.8 ± 1.5) cm, 两组比较差异无统计学意义 ($P>0.05$), 具有可比性。造模组志愿者, 负重做离心收缩运动诱导肱二头肌 DOMS 模型, 对照组不做任何运动。两组分别于试验前、试验后即刻、24、48、72、120 h 检测相关指标。

1.2.2 造模方法 实验开始前志愿者先测出肘关节屈肌(肱二头肌)最大随意收缩力(maximum voluntary contraction, MVC), 每位志愿者测量 3 次, 每次间隔 5 min, 取最大值为个人 MVC, 单位 kg·m。将 MVC 换算成重量, 各组均按所测定的 MVC 的 60% 为负荷重量进行上肢屈肘肌(肱二头肌)的离心训练。调节组合哑铃的重量到个人 MVC 60% 的负荷重量, 志愿者手握哑铃运动。本试验参考马建等^[5]自行设计的离心训练装置的模式进行, 取用生活中相对较少运用的非利手, 如右利手者的左上肢进行屈肘离心收缩, 受试者取坐位, 屈髋屈膝, 左上肢外展 30°, 从起始 110° 屈肘位缓慢伸至 170° 的屈肘位, 然后由运动辅助人员带动哑铃让受试者在左上肢不负重的情况下自然屈肘回到起始位, 再进行下一次运动。每一次的训练经历约 20 s, 25 次离心收缩训练为 1 组, 每人进行 2 组训练, 2 组间休息 5 min。

1.3 观察指标

1.3.1 主观酸痛感觉阈 测量方法根据魏建设等^[6]

文中所讲的方法,加以改进后用自制的方法测量。让受试者仰卧,下肢伸直自然放松,上肢伸直放松放于体侧,按照测量血压的方法将水银压力计的袖带绑在受试者左上肢肱二头肌上,逐步加压,记录当触压上肢肱二头肌感到酸痛的程度时,看水银压力计对应的刻度,作为受试者的主观酸痛感觉阈。

1.3.2 血清 CK 活性测定 血清 CK 活性的变化可作为评定肌肉承受刺激和骨骼肌微细损伤及其适应与恢复敏感度的生化指标^[6]。静脉抽血 3 mL,送湖南中医药大学第一附属医院检验科离心取血清检测血清 CK 活性。

1.3.3 Brog 制定的主观体力等级评定量表(RPE)^[7] 这种方法是用主观心理体力感觉等级作为运动时心理负荷的标志,对受试者承受的运动强度进行评价,该评分表分为 7 个等级 20 分,让受试者根据主观体力感觉等级表中的各个等级对自己在运动前和运动后比较即刻自行评分。每次检测让志愿者左上肢负重 MVC 的 60%重量做 10 个屈肘运动,并立刻填写主观体力感觉量表,填写好即刻收回整理。本实验的运动中,把负荷运动强度(或疲劳度)确定为由“非常轻松”到“非常费力”7 个等级。7~8:非常轻松;9~10:很轻松;11~12:轻松;13~14:稍费力;15~16:费力;17~18:很费力;19~20:非常费力。

1.3.4 临床评价标准——六级评定法^[8] 0 级:不痛,

无不快感;1 级:肌肉酸痛感轻,手指捏压时明显;2 级:肌肉酸痛,动作幅度大时明显,动作受限轻微或没有,对夜间睡眠无影响;3 级:肌肉酸痛明显,活动受限,尚可忍受,夜间睡眠尚好;4 级:肌肉酸痛重于 3 级,入眠受影响;5 级:肌肉酸痛甚重,正常活动及动作受到干扰,持续痛,妨碍睡眠。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 16.0 统计软件,计量资料采用“ $\bar{x} \pm s$ ”表示,满足正态性、方差齐性检验者,用比较 t 检验,若不满足正态性、方差齐性检验者,采用两样本比较的秩和检验。等级资料采用两样本比较的秩和检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组志愿者造模前后主观酸痛感觉阈变化情况

两组志愿者试验前主观酸痛感觉阈比较差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。造模组试验后 24 h 和 48 h 主观酸痛感觉阈明显低于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。造模组试验后 24 h、48 h 和 72 h 主观酸痛感觉阈明显低于试验前,差异有统计学意义($P < 0.05$)。详见表 1,变化情况见图 1(横坐标时间-24 代表试验前,0 代表试验后即刻,后面图均如此)。

表 1 两组志愿者主观酸痛感觉阈变化情况

(mmHg, $\bar{x} \pm s$)

组别	<i>n</i>	试验前	试验后即刻	24 h	48 h	72 h	120 h
造模组	30	154.50±23.66	147.10±22.75	125.30±20.09*#	115.60±18.28*#	134.20±21.32#	155.70±22.54
对照组	30	152.40±19.26	150.70±20.46	150.30±20.26	152.60±21.08	153.10±19.76	151.80±19.96

注:与对照组比较,* $P < 0.05$;与试验前比较,# $P < 0.05$ 。

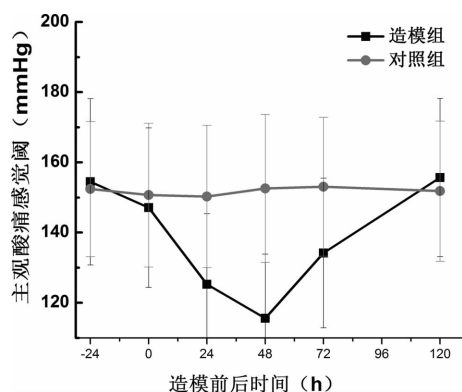


图 1 两组志愿者主观酸痛感觉阈变化情况

2.2 两组志愿者造模前后血清 CK 变化情况

两组志愿者试验前血清 CK 比较差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。造模组试验后 72 h 血清 CK 明显高于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。造模组试验后 48 h、72 h 和 120 h 血清 CK 明显高于试验前,差异有统计学意义($P < 0.05$)。详细数据见表 2,变化情况见图 2。

2.3 两组志愿者造模前后主观体力等级评定量表变化情况

两组志愿者试验前主观体力等级量表评分比较

表2 两组志愿者血清CK变化情况

(U/L, $\bar{x} \pm s$)

组别	n	试验前	试验后即刻	24 h	48 h	72 h	120 h
造模组	30	122.3±18.84	120.3±19.56	128.7±21.32	142.5±22.43 [#]	176.4±23.71 ^{*#}	146.8±24.39 [#]
对照组	30	131.2±19.11	127.8±19.57	121.8±21.09	135.7±22.38	139.9±23.98	141.5±24.58

注:与对照组比较,* $P < 0.05$;与试验前比较,# $P < 0.05$ 。

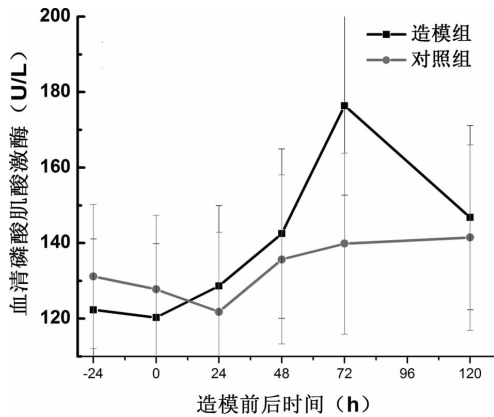


图2 两组志愿者血清CK变化情况

差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。造模组试验后即刻、24 h、48 h、72 h 主观体力等级量表评分明显高于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。造模组试验后即刻、24 h、48 h、72 h 主观体力等级量表评分明显高于试验前,差异有统计学意义($P < 0.05$)。详细数据见表3,变化情况见图3。

2.4 两组志愿者造模前后临床等级变化情况

两组志愿者试验前临床等级比较差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。造模组试验后即刻、24 h、48 h、72 h、120 h 临床等级均高于对照组,差

表3 两组志愿者主观体力等级评定变化情况

(分, $\bar{x} \pm s$)

组别	n	试验前	试验后即刻	24 h	48 h	72 h	120 h
造模组	30	12.80±2.82	18.50±2.74 ^{*#}	17.40±2.77 ^{*#}	17.50±2.54 ^{*#}	16.20±2.44 ^{*#}	13.20±2.93
对照组	30	12.40±2.64	12.60±2.72	12.40±2.64	12.50±2.66	12.40±2.64	12.40±2.64

注:与对照组比较,* $P < 0.05$;与试验前比较,# $P < 0.05$ 。

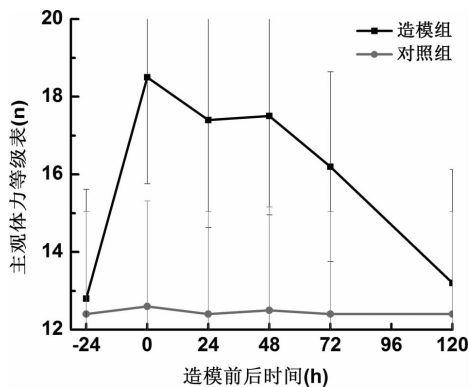


图3 两组志愿者主观体力等级评定变化情况

异有统计学意义($P < 0.05$)。造模组试验后即刻、24 h、48 h、72 h、120 h 临床等级均高于试验前,差异有统计学意义($P < 0.05$)。详细数据见表4。

2.5 志愿者肱二头肌表面肌电图信号改变情况

本实验过程中为了探索肱二头肌疲劳状态下表面肌电图(sEMG)信号改变情况,为下一步sEMG信号在评价DOMS的应用做前期准备,特检测一位志愿者肱二头肌DOMS造模前后的sEMG。分别在造模前、造模后即刻、造模后24 h、造模后48 h,让志愿者屈肘90°负重MVC的60%重量检测肱二头

表4 两组志愿者临床等级评价变化情况 (例)

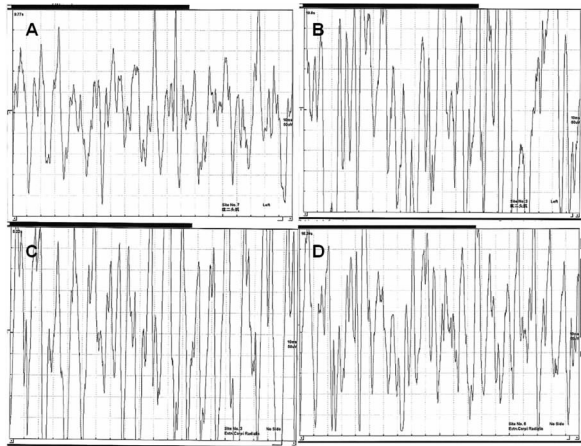
时间	组别	n	0级	1级	2级	3级	4级	5级
试验前	造模组	30	26	2	0	0	0	0
	对照组	30	24	6	0	0	0	0
试验后即刻	造模组 ^{*#}	30	0	24	6	0	0	0
	对照组	30	24	6	0	0	0	0
24 h	造模组 ^{*#}	30	0	4	20	6	0	0
	对照组	30	24	6	0	0	0	0
48 h	造模组 ^{*#}	30	0	4	14	12	0	0
	对照组	30	24	6	0	0	0	0
72 h	造模组 ^{*#}	30	4	12	8	6	0	0
	对照组	30	24	6	0	0	0	0
120 h	造模组 ^{*#}	30	12	14	4	0	0	0
	对照组	30	24	6	0	0	0	0

注:与对照组比较,* $P < 0.05$;与试验前比较,# $P < 0.05$ 。

肌肌腹隆起最高点的肌电信号。其sEMG信号改变如图4,从图中得知,肱二头肌在疲劳时sEMG信号的频率和波幅会改变,且波幅明显增高,由此说明sEMG信号可以用来评价肱二头肌DOMS模型。

3 讨论

本试验研究表明,志愿者做完离心屈肘运动后



注:A、B、C、D分别是造模前、造模后即刻、造模后24 h、造模后48 h的sEMG信号。

图4 肱二头肌DOMS造模前后的sEMG信号变化情况

即刻出现肱二头肌主观疲劳感觉,之后开始逐步恢复,120 h后开始恢复到正常水平。离心屈肘运动后即刻肱二头肌主观酸痛感觉阈变化不明显,于24 h开始出现酸痛敏感,48 h酸痛最敏感,主观酸痛感觉阈下降到最低值,72 h开始恢复,120 h恢复正常。离心屈肘运动后患者血清磷酸肌酸激酶24 h开始出现增高,72 h增高到最大值,之后开始下降,一直到120 h没有恢复到正常水平。离心屈肘运动后即刻肱二头肌出现疲劳酸痛症状,48 h达到高峰,之后开始恢复,120 h志愿者还没有恢复到正常水平。本试验志愿者出现症状、体征及CK值变化与文献^[1,5,8]记载的延迟性肌肉酸痛在运动锻炼后24 h内出现,24~48 h达高峰,5~7 d后疼痛基本消失相符合。故,离心屈肘可以诱导人体肱二头肌产生延迟性肌肉酸痛,此方法可以用于临床诱导肱二头肌DOMS模型。血清磷酸CK反应肌肉细胞结构功能受损的指标,细胞膜损伤或细胞膜渗透性改变导致CK流入血液循环中^[9],在DOMS模型造模后72 h达到高峰,故在实验过程中于造模72 h后进行观察效果最好。主观酸痛感觉阈可反映DOMS的酸痛症状^[9],临床等级评价是DOM主观症状和体征的综合体现^[8],在造模后48 h达到酸痛阈最低和临床等级最高,故在实验过程中于造模48 h后进行观察效果最佳。主观体力等级作为运动强度的预测指标^[10],其

表现形式是心理的,反映的却是生理功能的变化,可间接反应肌肉恢复正常功能的能力,随着时间延后,肌肉功能逐渐恢复,故在实验中于造模后即刻进行观察效果最能反应肌肉恢复正常功能的能力。大量研究证实^[11-12],无论四肢还是躯干肌肉,在运动疲劳过程中,sEMG信号各项分析指标均有一定的规律性变化,sEMG信号是反应肌肉疲劳状态的敏感客观指标^[13],肌肉疲劳后肌电信号的波幅和频率均会发生改变,利用表面肌电信号来研究DOMS有很广阔的前景。

参考文献:

- [1] 谢微,吴庆玲.延迟性肌肉酸痛人体模型制作的探讨[J].江西中医药大学学报,2012,24(4):68-70.
- [2] 马建,秦雪飞.延迟性肌肉酸痛症的国外治疗近况[J].中国运动医学杂志,2004,23(3):288-290.
- [3] 刘波,马建,罗小兵,等.中医消除运动性肌肉疲劳临床实验研究之三——肘屈肌连续递增负荷离心训练及中医恢复方法对肌肉工作能力的影响[J].中国运动医学杂志,2002,21(5):467-470.
- [4] 崔玉鹏.运动后骨骼肌损伤与血液CK活性变化的研究[D].北京:北京体育大学,2002:43.
- [5] 魏建设,金文泉.运动性延迟性肌肉酸痛的评定和防治[J].四川体育科学,1995(3):15-17.
- [6] 梁锡华,温庄,肖小邦,等.优秀散打运动员专项训练课前后血清肌酸激酶活性变化[J].中国运动医学杂志,2005,24(5):588-590.
- [7] 秦永生,郝占国,宋立新,等.新兵耐力训练强度的主观体力感觉与心率控制方程及其应用效果[J].中国康复医学杂志,2009,24(7):638-640.
- [8] 吴云川.推拿对延迟性肌肉酸痛的疗效评价和机理研究[D].南京:南京中医药大学,2009:41.
- [9] 孙扬,王然.延迟性肌肉酸痛检测指标及其变化特点[J].运动,2013(67):47-49.
- [10] 麦雪萍,王磊.BORG主观体力感等级量表的生理效度研究:一项元分析[J].广州体育学院学报,2012,32(3):78-83.
- [11] 王健,杨红春,刘加海.疲劳相关表面肌电信号特征的非疲劳特异性研究[J].航天医学与医学工程,2004,7(1):39-43.
- [12] 张海红,王健.单侧肢体运动对对侧肌肉肌电频率的影响[J].体育科学,2008,28(10):9-52.
- [13] 陈胜利,张立.表面肌电信号分析评价肌肉疲劳的有效性和敏感性[J].武汉体育学院学报,2011,45(12):72-77.

(本文编辑 匡静之)