

文章编号:1004-7220(2013)04-0410-08

双手提放前后重物时躯干肌肌电活动规律

范 帅, 黄强民, 王凤湖, 汤 莉

(上海体育学院 运动医学教研室, 上海 200438)

摘要: 目的 观察躯干前屈和后伸运动过程提放体前和体后重物时腰腹臀肌的肌电活动规律和人体运动学特征。方法 10位正常健康的男性受试者直腿站立于试验平台内提放体前后的重物,同时监测双侧腰腹臀10块肌肉的肌电活动、躯干角运动和足底力系变化。分析肌电平均振幅、肌肉做功百分比和足底中心压力(center of pressure, COP)的位移,并进行常规的参数统计分析。结果 重物在前时,背肌活动较强,并且负重后背肌做功百分比增大,腹肌活动减小;重物在后时,腹肌活动较强,背肌和腹肌的做功百分比接近相等,负重后腹肌的做功百分比增大,背肌活动减小;臀中肌负重后肌电活动增加,但做功百分比基本一致。结论 躯干在前屈后伸的动态动作中,肌肉活动随负载大小、位置的不同而变化。前方负重时背肌主动,腹肌拮抗;后方负重时腹肌主动,背肌协同。臀中肌在动态任务中起的是稳定作用。

关键词: 躯干肌; 前屈; 后伸; 表面肌电图; 均匀负重

中图分类号: R 318.01 文献标志码: A

Patterns for EMG activity of trunk muscles during front and back lifting and lowering with two hands

FAN Shuai, HUANG Qiang-min, WANG Feng-hu, TANG Li (*Department of Sports Medicine, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China*)

Abstract: Objective To observe electromyography (EMG) activity and kinematic characteristics of the dorsal and ventral muscles during extension-flexion of the trunk. **Methods** Ten healthy male subjects stood on a test platform, performing the front and back lifting and lowering. The EMG activity of 10 muscles (rectus abdominus, external oblique, gluteus medius, erector spinae, multifidus), the angular movement, the plantar center of pressure (COP) were recorded at the same time. The average amplitude of EMG, contribution ratio of muscles, and COP displacement were calculated, and statistical analyses of all the data were conducted. **Results** During front lifting and lowering, the activity of dorsal muscles was greater than that of ventral muscles under both loading and unloading, and the contribution ratio of dorsal muscles was increasing with loading. During back lifting and lowering, the activity of ventral muscles was slightly greater, but the contribution ratio of both dorsal and ventral muscles was very close. The contribution ratio of ventral muscles was increasing with loading, while the activity of dorsal muscles decreased. The activity of gluteus medius was increasing with loading, but the contribution ratio was basically consistent under both loading and unloading. **Conclusions** During extension-flexion of the trunk, muscle activation varies with the load size and trunk position. Under loading at front, dorsal muscles are working as an agonist, while ventral muscles as antagonist; under loading at back, ventral muscles become an agonist and dorsal muscles as a co-activator. The activity of gluteus medius might play a role of stabilization during front and back lifting and lowering.

Key words: Trunk muscle; Flexion; Extension; Surface electromyography (sEMG); Symmetric loading

收稿日期:2012-12-31; 修回日期:2013-03-27

基金项目:上海市自然科学基金项目(09ZR1430300),上海市人类运动能力开发与保障重点实验室项目(11DZ2261100)。

通信作者:黄强民,教授,主任医师, E-mail:huaqia404@aliyun.com。

不论在发达国家还是在发展中国家,有许多人由于腰痛被迫离开工作岗位,因腰部损伤造成的劳动力丧失和经济损失严重。据统计,70%~80%的人在一生中曾经有过下腰痛的经历,每年的发生率占人口的30%^[1-4],仅有不到5%的下腰痛患者能完全治愈^[5]。研究者们从不同方向去研究引起下腰痛的机制,如运动参数(活动度、速度、加速度等)、脊柱的负载(压力和剪切力)、任务的不同(负重与不负重、均匀或不均匀负重、有无干扰)等^[6-9],但是下腰痛的机制仍不十分明确。和其他动物相比,直立人体更需要神经系统准确地对躯干稳定和姿势加以控制。研究腰部骨骼肌的生理活动是间接追踪神经运动控制的手段,利用脊柱和足底反应力系的关系可以更明确地指导肌电活动的原因。调查这些因素和找到不可知因素,能够帮助更好地理解腰部躯干肌的神经运动特性和生理运动功能,深入了解躯干稳定和下腰段损伤的机制,利于工作和生活中预防下腰段的损伤,帮助损伤后的诊断和治疗。国内对于躯干均匀负重的研究多见于正常人和下腰痛患者在较小角度范围内从单一直立到前屈或后伸运动过程中肌电活动的情况,然而正常人由前屈到后伸或者后伸到前屈运动过程中的肌电活动情况和脊柱稳定控制机制仍不甚明了。本文通过表面肌电研究躯干从前屈到后伸(或后伸到前屈)在均匀负重和不负重条件下肌肉活动规律和神经控制情况。

1 材料与方法

1.1 研究对象

10位正常健康、惯用右手男性受试者,无急慢性腰肌劳损等疾病史,实验前24h未从事剧烈运动。平均年龄(23.2 ± 1.7)岁,身高(172.2 ± 2.6)cm,体重(67.1 ± 5.2)kg,实验前向受试者详细说明本实验的要求和测定方法,并签署知情同意书。

1.2 材料与方法

表面肌电(surface electromyography, sEMG)数据采集采用Biovision肌电图与生物信号测量分析系统(Biovision Inc, 德国),采样频率1kHz,选用Ag-AgCl电极,每个记录部位的两电极中心相距2cm,参考电极在胸骨柄中间,电极置于肌腹,且与

肌纤维平行。所采肌肉包括:腹直肌(RA)、腹外斜肌(EO)、臀中肌(GM)、竖脊肌(ES)和多裂肌(MF),左、右各1块,共计10块肌肉^[9-12],肌电片的贴放位置如图1所示。贴肌电片前,先处理好贴放处的毛发,用酒精搽拭皮肤以减低阻抗。

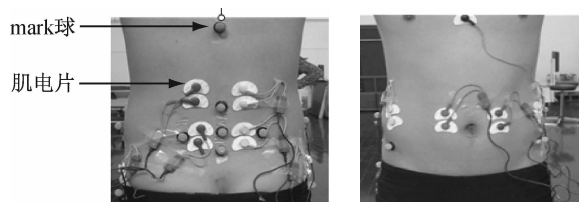


图1 表面肌电位置

Fig.1 Placement of sEMG electrodes

三维测力平台(Kistler, 瑞士;采样频率1.2kHz)记录人体在不同任务下三维方向上的地面反作用力的改变,并通过它们计算压力中心(center of pressure, COP)的位移。在受试者身上贴放若干标记点,用于模拟人体节段, VICON 三维运动分析系统(16台高解析度摄像机, MX13, Workstation 5.1, 英国;采样频率100Hz)同步记录身体的运动,用于开展运动学分析^[12]。

实验前受试者做10min热身运动,并且让受试者熟悉试验流程。然后,做受试肌最大自主静态收缩(maximal voluntary contraction, MVC),并记录和储存其肌电活动,以利后续的肌电分析^[13]。接下来做1~2次预试验,让受试者熟悉动作和时间节奏,操作者校准仪器。受试者休息5min后正式试验。受试者站到测力台后,两脚开立,与肩同宽。执行任务时保持膝盖伸直,双足跟不能离开地面。受试者按照动作要求抓好手柄后准备姿势站好,当听到“开始”命令后,在节拍器(60拍/min)的指示下执行4s的任务:2s上提(由前屈位到后伸位或后伸位到前屈位),2s放下(由后伸位到前屈位或前屈位到后伸位)。每次动作完成后,受试者离开测力台,休息1min,每个动作任务重复3次。

按照实验设计,将动作任务分为4个任务:受试者站在测力台上,双手抓连接手柄。①双手提放体前0kg重物,躯干由前屈位→直立→后伸位再返回到前屈位;②双手提放体前20kg重物,动作过程同

①;③双手提放体后 0 kg 重物,躯干由后伸位→直立→前屈位再返回到后伸位置;④双手提放体后 20 kg 重物,动作过程同③。如图 2 所示,受试者在特制的实验平台中作业。实验平台包括实验架、两个滑轮、负载(0, 20 kg)、固定架(防止负载晃动)、绳索、手柄(可调与绳索连接的长度,以方便受试者在前屈或后伸位都能握住手柄)。

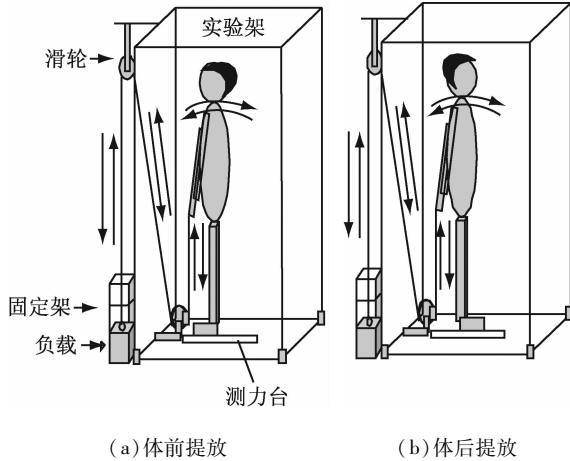


图 2 实验方案示意图

Fig. 2 Diagram of the experimental setup (a) Front lifting and lowering, (b) Back lifting and lowering

1.3 数据处理

将所测得的数据应用 MicroCal Origin 7.0、Excel、SPSS 18.0 进行处理和分析。计量资料采用均数 ± 标准差表示,肌电标准化值、COP 位移和肌肉贡献率值采用双因素方差分析,显著性水平均定在 $P < 0.05$ 。对于肌电标准化值,若整体比较后,统计结果显示不同肌肉和不同负重对躯干肌电标准化值的影响有显著性差异,则再将 0 kg 和 20 kg 任务在同一时期的同一肌肉肌电标准化值进行配对 t 检验,显著性水平均定在 $P < 0.05$ 。

1.3.1 运动学分析 利用上海体育学院生物力学实验室的 Vicon 系统工作站和 Visual 3D 软件对数据进行处理。首先建立躯干、骨盆、大腿的骨骼模型。以躯干为 1 个刚体建立 1 个躯干坐标系,并且以实验室空间坐标为参考坐标系,计算躯干矢状面躯干角度的运动曲线。

利用所得出的躯干角度的运动曲线作为肌电图分期的标准(见图 3),分为 A、B、C、D 4 个阶段。定

义躯干角 0° 时为直立位置,前屈/后伸为末端位置,给同一动作不同负重的比较提供依据。

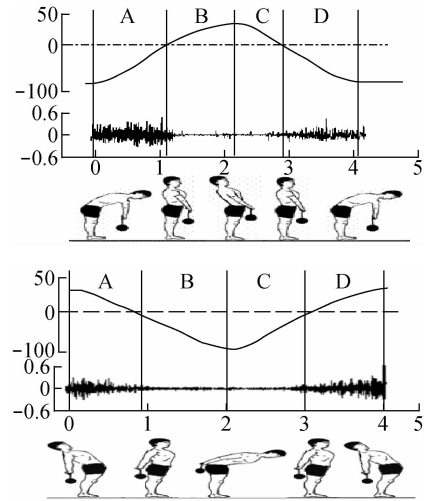


图 3 肌电分期定义

Fig. 3 Definition of different EMG phases

COP 两个方向(前后和左右)的位移曲线可以通过 Vicon 系统工作站,直接导出 COP 在 X、Y 轴方向的数据,然后对所得数据通过 MicroCal Origin 7.0 进行 5 点的平滑处理,计算测量最大与最小值之间的幅度,并计算平均值和标准差。

1.3.2 肌电分析 MVC 的肌电数据处理:①将原始 MVC 肌电信号通过 10 ~ 400 Hz 的带通滤波;②经过绝对值使其正波化;③做 50 点平均的平滑处理;④计算 4 s 内 MVC 的平均值;⑤每块肌肉取 3 次实验的平均值,命名并保存^[24]。

非 MVC 的肌电数据处理:①与 MVC 的肌电数据处理的前 3 步相同;②计算所测各肌各阶段的肌电平均值和标准差。将每次试验的肌电图数据与对应肌肉的 MVC 平均值做标准化处理^[14]。

肌肉做功百分比:1 块肌肉完成某一动作时,整个动作过程的积分肌电值($iEMG$)与所测参与完成该动作所有肌肉的积分肌电总和的百分比,也称为肌肉活动贡献率^[15-16],即

$$\text{肌肉做功百分比} = \frac{iEMG_k}{iEMG_1 + iEMG_2 + \dots + iEMG_n}$$

1 名受试者的典型肌电活动、躯干角度和 COP 位移如图 4 所示。

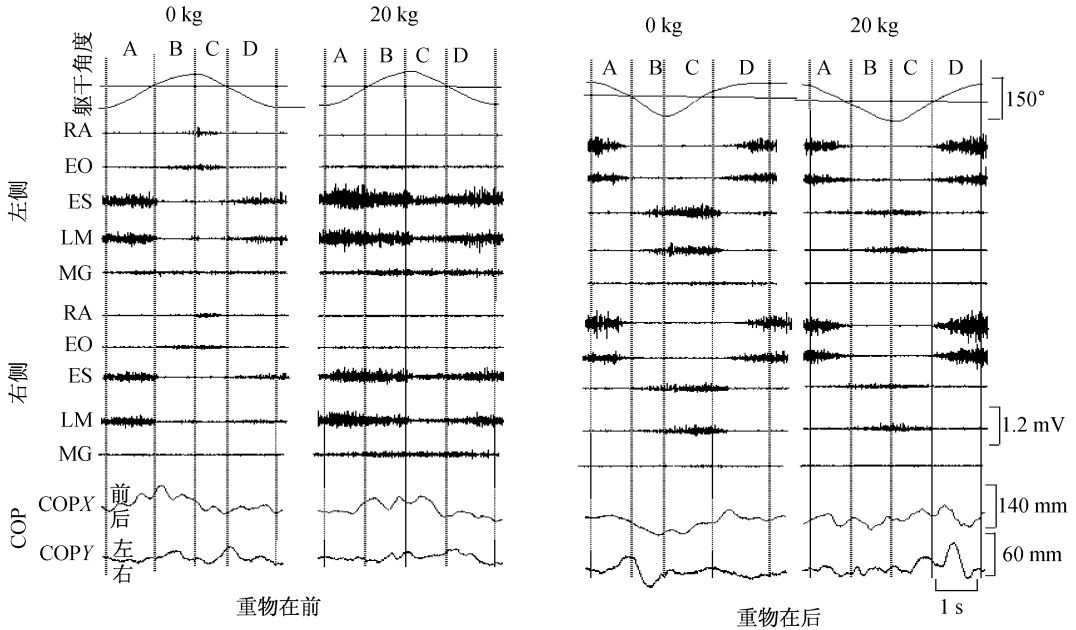


图4 受试者典型肌电活动、躯干角度和COP位移示意图

Fig. 4 Typical EMG activity, angular movement of trunk and COP displacements of the subject

根据任务所得的躯干角运动曲线,将肌电图分为A、B、C、D期;肌电图分为左侧肌和右侧肌,依次为腹直肌(RA)、腹外斜肌(EO)、竖脊肌(ES)、多裂肌(LM)、臀中肌(MG);COP为位移轨迹曲线,COPY为前后方向,COPY为左右方向

2 结果

2.1 肌电图

体前负重与不负重的躯干屈伸运动过程中,每个阶段不同肌肉的肌电活动表现不同(见表1)。同一时期,负重与不负重相比肌电活动也有差异,表现为A阶段竖脊肌、多裂肌和臀中肌表现为负重后肌电活动增加($P < 0.05$),腹外斜肌和腹直肌无差异;B阶段竖脊肌、多裂肌和臀中肌表现为负重后肌电活动增加($P < 0.05$),腹直肌和腹外斜肌肌电活动减小($P < 0.05$);C阶段竖脊肌、多裂肌和臀中肌表现为负重后肌电活动增加($P < 0.05$),腹直肌和腹外斜肌肌电活动减小($P < 0.05$);D阶段竖脊肌、多裂肌表现为负重后肌电活动增加($P < 0.05$);腹直肌和腹外斜肌和臀中肌无差异。

体后负重与不负重的躯干屈伸运动过程中,每个阶段不同肌肉的肌电活动表现不同(见表2)。同一时期,负重与不负重相比肌电活动也有差异,表现为A阶段腹肌和竖脊肌的肌电活动在负重后增加($P < 0.05$),其他肌肉肌电活动无差异;B阶段腹直

肌和竖脊肌的肌电活动在负重后增加($P < 0.05$),其他肌肉肌电活动无差异;C阶段腹直肌的肌电活动在负重后增加($P < 0.05$),背肌和臀肌减小,除竖脊肌外都有差异($P < 0.05$);D阶段腹肌的肌电活动在负重后增加($P < 0.05$),背肌和臀肌无差异($P < 0.05$)。

执行不同任务时,每块肌肉的做功百分比均不同(见表3)。臀中肌的做功百分比在7.6%~13.7%之间;重物在体前时,主要以背肌为主(60.4%),并随负重增大,做功百分比增大(75.9%);重物在体后时,腹肌和背肌做功百分比接近,但随负重增大,腹肌做功百分比呈现增大趋势(42%~56.6%)。

2.2 运动学分析

由表4可知,不负重时,COP位移前后变化为72~98 mm,左右变化为31~50 mm。负重20 kg时,COP位移前后变化为90~135 mm,左右变化为30~52 mm。COP位移在负重时前后方向的变化比不负重大,但并不具有显著差异($P > 0.05$)。体前和体后提放任务下COP位移变化无差异($P > 0.05$)。

表1 重物在体前时负重与不负重各个时期的肌电活动和标准差(%MVC)

Tab.1 Normalized average EMG and standard deviation under the symmetric loading and unloading during front lifting and lowering

肌肉	A		B		C		D	
	0 kg	20 kg	0 kg	20 kg	0 kg	20 kg	0 kg	20 kg
右腹直肌	2.6 ± 2.1	3.0 ± 2.2	5.8 ± 2.7	3.5 ± 2.3 *	7.0 ± 3.5	3.3 ± 2.3 *	4.0 ± 3.3	3.2 ± 2.5
右腹外肌	4.7 ± 4.8	4.7 ± 1.8	10.0 ± 3.8	5.7 ± 1.8 *	11.0 ± 2.6	5.2 ± 2.2 *	4.2 ± 1.8	4.1 ± 1.4
右竖脊肌	26.1 ± 12.4	43.2 ± 20.9 *	5.5 ± 2.8	35.8 ± 13.6 *	5.3 ± 2.5	19.4 ± 10.5 *	15.4 ± 7.9	25.6 ± 13.4 *
右多列肌	30.7 ± 5.7	49.7 ± 10.3 *	5.6 ± 2.5	29.9 ± 11.2 *	6.7 ± 2.8	17.5 ± 6.7 *	14.7 ± 5.8	28.9 ± 7.8 *
右臀中肌	10.3 ± 4.8	14.1 ± 4.0 *	7.9 ± 8.4	13.7 ± 4.9 *	4.7 ± 1.7	9.1 ± 1.8 *	8.7 ± 4.4	10.6 ± 2.9
左腹直肌	2.3 ± 1.7	2.6 ± 1.7	8.9 ± 4.7	3.4 ± 2.1 *	9.3 ± 4.3	2.8 ± 2.0 *	3.5 ± 2.8	2.6 ± 1.6
左腹外肌	3.4 ± 1.6	4.5 ± 2.2	7.7 ± 3.4	6.2 ± 1.7	8.7 ± 4.4	5.7 ± 2.0 *	3.7 ± 1.9	4.4 ± 2.7
左竖脊肌	25.6 ± 5.2	46.3 ± 9.1 *	5.6 ± 2.7	40.3 ± 13.2 *	6.1 ± 2.9	21.5 ± 6.5 *	13.2 ± 5.7	28.0 ± 6.3 *
左多列肌	37.1 ± 12.8	56.0 ± 13.4 *	8.3 ± 5.7	40.3 ± 18.3 *	10.9 ± 7.7	21.4 ± 9.5 *	15.2 ± 3.5	34.5 ± 10.9 *
左臀中肌	11.3 ± 4.6	17.4 ± 6.5 *	8.2 ± 3.7	19.7 ± 8.0 *	7.9 ± 4.1	12.8 ± 3.6 *	8.9 ± 4.7	10.7 ± 3.7
$F^{\#}$	10.2		40.5		25.0		15.6	
P	<0.01		<0.01		<0.01		<0.01	

注: #:同一时期,不同肌肉和不同负重对肌电活动影响有显著意义($P < 0.05$), *:同一时期,同一肌肉不同负重之间的肌电活动有差异($P < 0.05$)

表2 重物在体后时负重与不负重各个时期的肌电活动和标准差(%MVC)

Tab.2 Normalized average EMG and standard deviation under the symmetric loading and unloading during back lifting and lowering

肌肉	A		B		C		D	
	0 kg	20 kg	0 kg	20 kg	0 kg	20 kg	0 kg	20 kg
右腹直肌	16.3 ± 5.7	31.0 ± 8.1 *	2.9 ± 2.4	7.3 ± 4.0 *	2.8 ± 2.0	5.0 ± 2.3 *	12.1 ± 4.8	29.8 ± 7.7 *
右腹外肌	13.0 ± 4.1	19.1 ± 5.0 *	4.8 ± 2.1	5.9 ± 2.0	4.0 ± 1.4	5.7 ± 1.7 *	13.9 ± 7.1	24.2 ± 11.4 *
右竖脊肌	4.5 ± 2.5	10.9 ± 4.5 *	13.6 ± 6.9	23.2 ± 9.4 *	14.2 ± 7.5	12.1 ± 5.3	5.0 ± 3.9	7.4 ± 5.9
右多列肌	4.8 ± 2.2	4.8 ± 1.8	13.5 ± 5.2	15.2 ± 5.5	21.6 ± 4.2	14.8 ± 5.5 *	4.8 ± 2.3	5.8 ± 3.0
右臀中肌	3.8 ± 1.1	4.3 ± 2.1	7.5 ± 3.5	5.2 ± 3.0	11.3 ± 6.3	8.1 ± 4.8 *	4.2 ± 2.7	6.5 ± 4.1
左腹直肌	19.9 ± 8.9	36.7 ± 13.7 *	3.4 ± 4.5	14.2 ± 5.6 *	2.8 ± 2.3	7.2 ± 3.4 *	15.1 ± 6.8	38.9 ± 13.5 *
左腹外肌	9.9 ± 4.1	18.1 ± 8.0 *	5.2 ± 4.2	7.5 ± 5.3	3.5 ± 1.8	6.4 ± 4.7 *	7.5 ± 4.5	19.3 ± 12.2 *
左竖脊肌	4.8 ± 2.2	8.0 ± 2.3 *	13.2 ± 4.4	24.1 ± 9.3 *	17.5 ± 4.7	14.6 ± 5.6	6.2 ± 2.9	5.5 ± 2.6
左多列肌	4.6 ± 2.2	5.3 ± 2.2	15.7 ± 5.5	20.0 ± 9.8	24.5 ± 7.4	17.5 ± 8.2 *	4.0 ± 1.9	5.7 ± 3.5
左臀中肌	5.8 ± 1.8	6.3 ± 1.4	9.5 ± 6.7	6.8 ± 3.4	11.5 ± 5.4	7.8 ± 3.0 *	9.9 ± 4.9	10.7 ± 7.3
$F^{\#}$	10.6		6.2		5.2		17.1	
P	<0.01		<0.01		<0.01		<0.01	

注: #:同一时期,不同肌肉和不同负重对肌电活动影响有显著意义($P < 0.05$), *:同一时期,同一肌肉不同负重之间的肌电活动有差异($P < 0.05$)

3 讨论

3.1 肌电活动与任务的关系

实验结果显示,人体在躯干前屈后伸的活动过

程中,躯干肌的肌电活动会因重物所在的方位、负载的大小而变化,并且各肌肉的肌电活动也有区别^[18-21]。

背部肌肉一直是躯干运动学或者下腰痛研究的

表3 执行4种任务时肌肉的做功百分比(%)

Tab.3 Contribution of muscles during performance of four tasks

	体前提放		体后提放		主体效应 F^*
	0 kg	20 kg	0 kg	20 kg	
左臀中肌	6.18 ± 1.51	6.15 ± 1.16	6.0 ± 0.89	3.57 ± 1.31	15.1 ($P < 0.01$)
右臀中肌	7.48 ± 2.77	7.58 ± 2.35	7.26 ± 3.3	4.06 ± 1.43	6.7 ($P < 0.05$)
左竖脊肌	13.15 ± 2.97	17.59 ± 4.63	9.43 ± 1.91	7.71 ± 1.71	16.2 ($P < 0.01$)
右竖脊肌	15.05 ± 6.12	20.08 ± 6.81	10.57 ± 2.66	12.6 ± 6.94	1 ($P > 0.05$)
左多裂肌	14.87 ± 2.48	18.47 ± 4.65	11.99 ± 2.05	6.68 ± 2.23	34 ($P < 0.01$)
右多裂肌	17.38 ± 6.74	19.65 ± 8.96	12.84 ± 3.23	8.73 ± 5.76	3.8 ($P > 0.05$)
左腹外斜肌	5.54 ± 1.37	3.34 ± 0.87	7.27 ± 2.19	7.59 ± 2.12	8.8 ($P < 0.05$)
右腹外斜肌	6.22 ± 2.03	2.56 ± 0.51	9.15 ± 1.94	8.12 ± 4.56	4.1 ($P < 0.05$)
左腹直肌	7.02 ± 2.69	2.17 ± 0.93	13.0 ± 2.64	22.45 ± 7.4	50.1 ($P < 0.01$)
右腹直肌	7.0 ± 1.6	2.40 ± 1.07	12.6 ± 3.6	18.5 ± 6.2	34 ($P < 0.01$)
臀中肌总和	13.7 ± 3.2	13.7 ± 2.6	13.3 ± 3.5	7.6 ± 2.6	14.6 ($P < 0.01$)
背肌总和	60.46 ± 5.76	75.8 ± 2.4	44.8 ± 4.5	35.72 ± 5.47	110 ($P < 0.01$)
腹肌总和	25.8 ± 5.7	10.4 ± 2.4	42.1 ± 3.9	56.65 ± 7.4	137.1 ($P < 0.01$)

注:负重大小与重物位置对躯干肌电活动的影响, * $P < 0.05$

表4 压力中心的位移

Tab.4 Displacements of the plantar COP

	体前提放		体后提放		主体效应 F^*
	0 kg	20 kg	0 kg	20 kg	
COP 前后位移/mm	89.3 ± 17.9	110.6 ± 20.1	96.3 ± 19.0	115.1 ± 23.2	0.281 ($P > 0.05$)
COP 左右位移/mm	41.8 ± 9.2	40.5 ± 10.2	38.4 ± 8.8	44.1 ± 9.8	1.548 ($P > 0.05$)

注:负重大小与重物位置对压力中心位移的影响, * $P < 0.05$

重点对象。负载在体前时动态 0 kg 的任务下,竖脊肌和多裂肌由前屈到直立(A 阶段)和直立到前屈位(D 阶段)时肌肉处于积极活动(13.2% ~ 37.1%)状态,提示背肌作为主动肌在 A 阶段做积极的向心活动,加速躯干的直立;在 D 阶段做积极的离心活动,减速躯干的前屈;而由直立到后伸(B 阶段)或后伸到直立(C 阶段)肌电活动小(5.3% ~ 10.9%);相比有 20 kg 负载后,背肌在 4 个阶段都表现为处于积极活动状态(17.5% ~ 56%)。这是由于负载加重,需募集更多的背肌活动才能抵抗阻力来完成动作任务。负载在体前的两个任务中,前屈到后伸过程(A、B 阶段)比后伸到前屈过程(C、D 阶段)的肌电活动大,这是由于后伸到前屈阶段脊柱的被动组织和肌肉本身的张力参与了抵抗负载,同时被动结构上机械感受器向中枢传导张力信息,

中枢神经系统判断其可以承载的阻力,并决定降低腰背肌的活动对运动的控制以保持能量^[20];而且肌肉做退让性的离心收缩时更有效率,所以需要募集的肌纤维会比 A、B 阶段少。冯能等^[22]测量发现,正常人执行由直立到屈曲、再由屈曲到直立的活动过程中也存在此现象。负载在体后的两个任务中,背肌从直立到前屈(B 阶段)和从前屈到直立(C 阶段)的肌电活动为 12.1% ~ 24.1%,而从后伸到直立(A 阶段)和从直立到后伸(D 阶段)的肌电活动(4.5% ~ 10.9%)很小。这可能是直立位置时由于负载在后能起到促进后伸的作用,因此需要募集的肌肉减少,此时主要是腹肌做退让性的离心收缩。黄强民等^[12]测试正常人在静态姿势下均匀负重与非负重的动作任务,发现负重和非负重前屈时,都是背侧肌活动较大;非负重后伸时,腹侧肌活动也较

大;负重后,背侧肌和臀中肌活动增加,腹肌活动减少。静、动态姿势下的任务结果有不同之处,推测静态姿势下躯干肌以稳定姿势位置为目的,而动态任务中更多的是涉及到主动肌和拮抗肌的协调配合。本研究中负载在体前时,动态负重0 kg时,背肌做功百分比占比例最大(60%),并且随着负重增大到20 kg,背肌的做功百分比进一步增大(76%),这从一定程度上证实生活中不屈膝体前提放重物对背肌负担较大,易导致腰部损伤。负载在体后时,动态0 kg任务下,背肌的做功百分比相对负载在体前较小(45%),在负重增加到20 kg时,背肌的做功百分比减小到35%。这是由于负载在体后时,腹肌在力臂不变的情况下,阻力增大,而体后负载在一定程度上减轻了背肌的阻力,故背肌做功百分比相比重物在体前时减少,然而在此动态任务下背肌和腹肌的做功百分比接近,两者对姿势控制和脊柱稳定都具有重要的作用。

腹肌对保持脊柱稳定和运动起着特殊的作用。当用力运动时,腹肌收缩使腹腔内压升高,腹腔可与脊柱共同承受对脊柱的压力,从而明显减轻脊柱伸肌负荷,对脊柱起到保护作用^[12,23]。腹肌无力可使生理前凸增加,骨盆倾斜,造成下腰椎不稳,故此时增强腹肌尤为重要。本实验结果显示,负载在体前0 kg时,腹肌主要是直立到后伸的B阶段(5.8%~10%)和后伸到直立的C阶段(7%~11%)有明显活动,此时的活动主要是一种减速活动,以控制躯干过快运动的冲击性损伤。随着负载增加到20 kg时,腹肌作为拮抗肌受到抑制,腹肌的肌电活动在4个阶段下降(3.3%~6.2%)。负载在体后0 kg时,躯干从后伸到直立的A阶段和直立到后伸的D阶段腹肌活动(腹直肌12.1%~19.9%、腹外斜肌7.5%~13.9%)比负载增加到20 kg的腹肌活动(腹直肌29.8%~39.9%、腹外斜肌18.1%~24.2%)小。腹肌所表现出的肌电活动情况与黄强民等^[12]所测静态姿势下腹肌肌电情况不一致。可能是动、静态姿势下,机体的生物力学因素改变,如躯干运动中的力矩刚体变化,可以使神经肌肉控制策略有所改变。因此,在临床康复过程中要从静、动态姿势两方面综合考虑对背腹肌的锻炼,以求从复杂的下腰痛的病症中找出真正较弱的肌肉,并通过合理的锻炼以促进康复的效果。

涉及到站立姿势控制时,臀中肌在躯干和髋关节的功能上起很重要的作用,甚至有可能作为下腰痛的评定指标之一^[24]。本实验研究结果显示,在4种动态任务条件下,臀中肌一直保持着一定的肌肉做功百分比(7.6%~13.7%),反映出臀中肌在躯干运动过程中姿势控制的重要比例。Bewyer等^[25]在对妊娠女性的研究中发现,妊娠使脊柱的受力重心远离中轴线,增加了背部肌肉的负担,同时臀肌肌力减弱也可引起下腰痛,故在下腰痛的康复过程中,不能忽视臀肌肌力的练习。下腰痛的治疗性锻炼应包括骨盆倾斜或翘起、仰卧起坐、侧向仰卧起坐及架桥等4部分的一整套骨盆节律运动和腹肌及背伸肌的锻炼,以达到比较好的效果^[12,22]。

3.2 COP位移与任务的关系

髋、膝、踝关节是控制身体平衡稳定的3大节段。本实验所设计的动作对受试者的髋关节活动没有限制,踝关节半限制,膝关节全部限制。因此,能通过COP位移和其他参数间接推断受试者在执行任务时的姿势调节模式。本实验结果显示,在进行屈伸运动时,COP位移变化主要是前后方向为主,并且负重时COP位移前后的变化大于无负重。由此可见,当躯干负重增加时,似乎只有保持重心向前才能维持整个机体的直立平衡^[17,26],这是踝关节维持机体姿势平衡的结果。

4 结论

在执行均匀条件下负重和非负重的任务中,负载大小、位置不同时,躯干的神经肌肉控制也会不同。负载在身体前方时,背肌为主要做功肌,其做功百分比随负重的增加而增大,通过表面肌电层面证实不屈膝体前提放可能导致腰肌损伤;负载在身体后方时,背肌和腹肌的贡献比率接近相等,腹肌的做功百分比随负重的增加而增大,背肌减小;臀中肌在动态任务中起的是稳定和协调作用,贡献比率基本一致。较大的COP前后位移,稍微较小的COP侧方位移。

参考文献:

- [1] Wipf JE, Deyo RA. Low back pain [J]. Med Clin North Am, 1995, 79(2): 231-246.
- [2] Deyo RA, Rainville J, Kent DL, et al. What can the history

- and physical examination tell us about low back pain [J]. *JAMA*, 1992, 268(6): 760-765.
- [3] Silfies SP, Squillante D, Maurer P, *et al.* Trunk muscle recruitment patterns in specific chronic low back pain populations [J]. *Clin Biomech*, 2005, 20(5): 465-473.
- [4] Walsh K, Cruddes M, Coggon D, *et al.* Low back pain in eight areas of Britain [J]. *J Epidemiol Community Health*, 1992, 46(3): 227-230.
- [5] Negrini S, Fusco C, Atanasio S, *et al.* Low back pain: State of art [J]. *Euro J Pain Suppl*, 2008, 2(1): 52-56.
- [6] Davis KG, Marras WS, Waters TR. Evaluation of spinal loading during lowering and lifting [J]. *Clin Biomech*, 1998, 13(3): 141-152.
- [7] Ferguson SA, Marras WS, Burr D. Workplace design guidelines for asymptomatic vs. low-back-injured workers [J]. *Appl Ergonom*, 2005, 36(1): 85-95.
- [8] Butler HL, Hubley-Kozey CL, Kozey JW. Electromyographic assessment of trunk muscle activation amplitudes during a simulated lifting task using pattern recognition techniques [J]. *J Electromyogr Kinesiol*, 2009, 19(6): 505-512.
- [9] Arjmand N, Gagnon D, Plamondon A, *et al.* A comparative study of two trunk biomechanical models under symmetric and asymmetric loadings [J]. *J Biomech*, 2010, 43(3): 485-491.
- [10] McGill SM. Electromyographic activity of the abdominal and low back musculature during the generation of isometric and dynamic axial trunk torque: Implications for lumbar mechanics [J]. *Orthop Res*, 1991, 9(1): 91-103.
- [11] Gardner-Morse MG, Stokes IA. The effects of abdominal muscle coactivation on lumbar spine stability [J]. *Spine*, 1998, 23(1): 86-91.
- [12] 黄强民, 王凤湖, 范帅. 静态姿势下均匀负重和非负重时躯干和表面肌电活动[J]. *医用生物力学*, 2012, 27(4): 369-374.
- Huang QM, Wang FH, Fan S. Movement of trunk and surface electromyography under symmetric loading and unloading with static posture [J]. *J Med Biomech*, 2012, 27(4): 369-374.
- [13] Konrad P. The ABC of EMG: A practical introduction to kinesiological electromyography [M]. Boston: Noraxon EMG & Sensor Systems, 2005.
- [14] Vera-Garcia FJ, Moreside JM, McGill SM. MVC techniques to normalize trunk muscle EMG in healthy women [J]. *J Electromyogr Kinesiol*, 2010, 20(1): 6-10.
- [15] 孙世杰, 闫松华, 刘志成, 等. 传统武术站桩肩背部负载分配的力学效果评价[J]. *医用生物力学*, 2011, 26(1): 24-28.
- Sun SJ, Yan SH, Liu ZC, *et al.* Mechanical evaluation of load distribution on human shoulder and dorsal muscles during traditional Chinese Gongfu stance [J]. *J Med Biomech*, 2011, 26(1): 24-28.
- [16] 吴瑛, 刘海瑞, 张庆文, 等. 我国优秀男子拳击运动员后手直拳击打环节相关肌群的 EMG 特征及其运动学分析[J]. *中国体育科技*, 2012, 48(2): 57-62.
- [17] Palmieri R, Ingersoll CD, Stone MB, *et al.* Center-of-pressure parameters used in the assessment of postural control [J]. *J Sport Rehabil*, 2002, 11(1): 51-66.
- [18] Huang QM, Andersson E, Thorstensson A. Intramuscular myoelectric activity and selective coactivation of trunk muscles during lateral flexion with and without load [J]. *Spine*, 2001, 26(13): 1465-1472.
- [19] Silfies SP. Trunk control during standing reach: A dynamical system analysis of movement strategies in patients with mechanical low back pain [J]. *Gait Posture*, 2009, 29(3): 370-376.
- [20] Olson MW, Li L, Solomonow M. Flexion-relaxation response to cyclic lumbar flexion [J]. *Clin Biomech*, 2004, 19(8): 769-776.
- [21] 黄强民, 爱娃·安得森, 阿尔福·托斯同森. 躯干侧屈时腰背肌、腹肌的肌电活动及其稳定脊柱的生理功能[J]. *中华骨科杂志*, 2003, 23(5): 303-307.
- [22] 冯能, 李跃红, 缪芸, 等. 慢性腰痛患者站立位躯干屈伸运动时腰背肌的功能变化研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2012, 27(7): 600-604.
- [23] 朱玉莲. 下腰痛与腹背肌肌力训练的研究进展[J]. *中国康复医学杂志*, 1998, 13(2): 91-93.
- [24] Nelson-Wong E, Gregory DE, Winter DA, *et al.* Gluteus medius muscle activation patterns as a predictor of low back pain during standing [J]. *Clin Biomech*, 2008, 23(5): 545-553.
- [25] Bewyer KJ, Bewyer DC, Messenger D, *et al.* Pilot data: Association between gluteus medius weakness and low back pain during pregnancy [J]. *Iowa Orthop J*, 2009, 29: 97-99.
- [26] Winter DA. Biomechanics and motor control of human movement [M]. San Francisco: John Wiley & Sons, 1990.