

# 腰背核心肌群在等速旋转运动中力矩和表面肌电的特征

刘夏<sup>1</sup> 王惠娟<sup>1</sup> 吴红璞<sup>1</sup> 杜东<sup>1</sup> 范建中<sup>1,2</sup>

## 摘要

**目的:**收集腰背核心肌群在等速旋转运动中的肌力矩和表面肌电图肌电信号,加以处理分析,研究受试者背阔肌、腹外斜肌、腹内斜肌在脊柱等速旋转运动中的改变,揭示其变化的规律及临床意义。

**方法:**健康男性受试者24名,分别收集其在30°/s、60°/s、120°/s速度下脊柱旋转运动中的旋转力矩,以及双侧背阔肌、腹外斜肌、腹内斜肌的肌电信号。

**结果:**等速旋转运动中,左右侧等速旋转力矩均随着速度的增大略微减小,但无显著性意义,各速度下左旋/右旋力矩差异无显著性意义;左右侧等速旋转过程中背阔肌、腹外斜肌、腹内斜肌肌电振幅的均方根值(RMS)亦随速度的增大而减少,30°/s与120°/s间差异有显著性意义( $P < 0.01$ );各肌肉间比较差异有显著性意义( $P$ 值均 $< 0.05$ );其中以腹外斜肌激活最为明显;速度与肌肉间存在交互效应,差异有显著性意义( $P < 0.05$ )。

**结论:**等速旋转运动中,正常人负责产生旋转动作的肌肉主要是对侧腹外斜肌、同侧背阔肌和腹内斜肌,尤以腹外斜肌为主;左旋/右旋时峰力矩值及背阔肌、腹外斜肌、腹内斜肌的RMS均随速度的增大而减少。

**关键词** 表面肌电图;等速;轴性旋转;核心肌;脊柱

中图分类号:R681.5, R337.5 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2013)-04-0315-04

**Isokinetic torque and surface electromyogram of lumbodorsal core muscles during isokinetic axial rotation/ LIU Xia, WANG Huijuan, WU Hongying, et al//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2013, 28(4): 315—318**

## Abstract

**Objective:** To collect the torques and surface myoelectric signals of lumbodorsal core muscles and to study the presentation and changes of bilateral latissimus dorsi, external oblique, internal oblique of normal subjects during isokinetic axial rotation, and to clarify the variability and clinical significance.

**Method:** Twenty-four males were involved. The rotation torques and surface electromyogram (sEMG) signals of bilateral latissimus dorsi, external oblique, internal oblique of normal subjects were collected in 30°/s, 60°/s, 120°/s during isokinetic axial rotation.

**Result:** In isokinetic axial rotation, the bilateral peak torques of isokinetic rotation decreased with increasing of velocity, but there was no significant difference ( $P > 0.05$ ). At each kind of velocity, there was no significant difference between muscles of left and right sides. The root mean square (RMS) of amplitude of myoelectric signals of bilateral latissimus dorsi, external oblique, internal oblique of normal subjects during isokinetic axial rotation with increasing of velocity. The difference was statistically significant ( $P < 0.01$ ), between 30°/s and 120°/s; and there were significant differences among all muscles ( $P < 0.05$ ). The external oblique muscle was activated most obviously. The interaction effects among different velocity and different muscles were statistically significant different

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2013.04.008

1 南方医科大学南方医院康复医学科,广州,510515; 2 通讯作者

作者简介:刘夏,男,硕士研究生;收稿日期:2012-07-05

( $P < 0.05$ ).

**Conclusion:** In normal subjects, the muscles for generating rotation movement are mainly contralateral external oblique and ipsilateral latissimus dorsi and internal oblique muscles, especially the external oblique, during isokinetic axial rotation. The peak torques and the RMS values of bilateral latissimus dorsi, external oblique, internal oblique of normal subjects decreased during isokinetic axial rotation with increasing of velocity.

**Author's address** Southern Hospital, Southern Medical University, Guangzhou, 510515

**Key word** surface electromyogram; isokinetic; axial rotation; core muscle; spine

核心肌是人体在运动中控制骨盆和躯干的核心力量的一组肌群,参与完成躯干矢状面上屈伸运动、额状面侧弯运动和水平面旋转运动,稳定的核心能够在各个平面上控制躯干的运动,因此核心肌的训练及功能评估受到越来越多的关注<sup>[1-3]</sup>。表面肌电图(surface electromyogram, sEMG)技术是近年来日渐完善的肌肉功能评价方法,该方法能够实时地、准确地和在非损伤状态下反映核心肌肌肉活动状态和功能状态,在评价肌肉功能状态方面具有良好的特异性、灵敏性、局部性的特点;它可直接提供靶肌肉的电学信息,能够反映肌肉的收缩协调性、疲劳程度以及收缩力量,在控制良好的条件下,信号活动的变化在很大程度上能够定量反映肌肉活动的局部疲劳程度、肌力水平、肌肉激活模式、运动单位兴奋传导速度、多肌群协调性等肌肉活动的变化规律<sup>[4-5]</sup>。目前关于脊柱旋转过程中核心肌群的肌电变化,已见少量报道,一些学者已将等速肌力测试技术和sEMG技术联合应用,以更加全面的了解关于核心肌肌肉收缩的神经肌肉特征<sup>[6-9]</sup>。本文即利用表面肌电技术来研究正常青年受试者腰背等速旋转运动过程中各肌肉的sEMG变化,借以揭示脊柱等速旋转运动过程中sEMG变化的规律及临床意义,并为核心肌的评定与康复治疗提供基础资料,进而来指导临床康复的评定与治疗。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

选取24名22—35岁无腰背疼痛、无慢性疾患、无等速肌力测试禁忌证(如严重的高血压、心脏疾病、外周血管疾病、呼吸系统疾病等)的健康男性受试者作为研究对象。平均年龄( $27.1 \pm 3.7$ )岁;平均身高( $173.0 \pm 4.4$ )cm;平均体重( $65.3 \pm 6.9$ )kg。

排除标准:①既往有慢性腰痛,尤其是有腰椎间

盘突出症的患者,无论是否发作期;②测试中出现腰背部不适或下肢放射性疼痛者,或在测试后2d内出现上述症状者。所有受试者均自愿参加本测试,自愿签署知情同意书。

### 1.2 方法

实验在南方医院康复医学科功能评定室进行,室温20—25℃,采用德国产IsoMed2000等速肌力测试训练系统及躯干旋转测试附件(D&R Ferstl GmbH, Germany)和芬兰Mega Electronics公司生产的ME6000-T8肌电信号采集系统(Mega 2.4),通过一个转换装置把IsoMed2000和ME6000-T8连接起来,等速运动过程中的角度信号和力矩信号可以和肌电信号同时在PC机上记录下来。

仔细处理肌肉表面,剃去皮肤表面体毛,75%医用酒精进行擦拭;使用一次性Ag-AgCl表面电极,频带100—5000Hz。表面电极片放置位置<sup>[9]</sup>:EO(腹外斜肌):脐旁10cm;IO(腹内斜肌):髂前上棘与耻骨联合中点上2cm;LD(背阔肌):肩胛下角垂直线与T10棘突水平的连线之交点。

测试体位,受试者放松端坐。具体方法:受试者端坐在无靠背坐椅上,固定骨盆、下肢和双肩,双足水平置于踏板上,双手置于手柄上。测试前,让受试者熟悉等速向心收缩的运动方式,充分了解测试过程和要求,并进行相应测试肌群5次亚最大收缩的热身。受试者在全范围内(ROM:  $-45^{\circ}$ — $+45^{\circ}$ )做最大用力的脊柱左旋/右旋运动,  $30^{\circ}/s \times 5$ 次;  $60^{\circ}/s \times 10$ 次;  $120^{\circ}/s \times 15$ 次。组间休息1min。所有测试严格按照IsoMed2000等速肌力测试系统及ME6000-T8的操作说明书中的要求进行,记录测试过程中的旋转力矩值及各肌肉的肌电振幅均方根值(root mean square, RMS)。

### 1.3 统计学分析

本实验数据采用SPSS 13.0统计软件包进行数

据处理,两组间比较采用两重复测量因素(3×6)的方差(ANOVA)分析,当不满足球形检验时采用 Geisser-Greenhouse  $\epsilon$  校正系数来校正自由度;附加亚组检验(Post-hoc)法比较组内差异。

## 2 结果

等速旋转力矩随着速度的增大略微减小。经统计分析,左旋/右旋旋转力矩配对  $t$  检验示,30°/s 时 ( $P=0.265 > 0.05, r=0.979$ ), 60°/s 时 ( $P=0.853 > 0.05, r=0.977$ ), 120°/s 时 ( $P=0.097 > 0.05, r=0.974$ ), 说明各速度间左旋/右旋旋转力矩呈显著正相关,且各组内差异无显著性意义。将左旋/右旋旋转力矩分别进行单因素 ANOVA,结果示左旋时各组间差异无显著性意义 ( $F=0.310, P=0.735 > 0.05$ );右旋时各组间差异亦无显著性意义 ( $F=0.197, P=0.821 > 0.05$ )。见表1。

在等速左旋运动中,30°/s时右侧腹外斜肌的

RMS最大,经分析发现不同运动速度间 ( $F=9.156, P=0.001 < 0.01$ ) 差异有显著性意义;不同肌肉间 ( $F=27.888, P=0.000 < 0.01$ ) 差异有显著性意义;速度与肌肉间存在交互效应 ( $F=3.988, P=0.006 < 0.01$ ), 差异有显著性意义。Post-hoc 组间比较:30°/s 与 120°/s 间 ( $P=0.002 < 0.01$ ) 差异有显著性意义。各肌肉间比较 ( $P$  值均  $< 0.05$ ) 差异有显著性意义;即 30°/s 时右侧腹外斜肌激活最为明显。

在等速右旋运动中,30°/s时左侧腹外斜肌的 RMS 最大,不同运动速度间 ( $F=15.507, P=0.000 < 0.01$ ) 差异有显著性意义;不同肌肉间 ( $F=26.411, P=0.000 < 0.01$ ) 差异有显著性意义;速度与肌肉间存在交互效应 ( $F=3.965, P=0.009 < 0.01$ ), 差异显著性意义。Post-hoc 组间比较:30°/s 与 120°/s 间 ( $P=0.002 < 0.01$ ) 差异有显著性意义。各肌肉间比较 ( $P$  值均  $< 0.05$ ) 差异有显著性意义;即 30°/s 时左侧腹外斜肌激活最为明显。见表2。

表1 不同运动速度间左旋/右旋的旋转力矩比较

速度	左旋			右旋		
	30°/s	60°/s	120°/s	30°/s	60°/s	120°/s
峰力矩(N·m)	109.50 ± 29.95	109.00 ± 30.53	103.41 ± 24.59	111.09 ± 31.54	108.73 ± 31.94	105.50 ± 24.89

表2 不同运动速度及不同肌肉间左旋/右旋的RMS比较

肌肉	左旋			右旋		
	30°/s	60°/s	120°/s	30°/s	60°/s	120°/s
左侧背阔肌	240.71 ± 89.00	194.25 ± 63.97	166.42 ± 50.49	48.58 ± 19.34	44.17 ± 18.37	40.38 ± 18.33
右侧背阔肌	49.79 ± 19.94	48.75 ± 24.80	42.29 ± 14.91	276.83 ± 105.07	234.29 ± 83.06	196.96 ± 84.57
左侧腹外斜肌	140.38 ± 66.18	137.13 ± 65.91	126.83 ± 59.90	317.17 ± 182.27	275.67 ± 150.26	246.21 ± 134.06
右侧腹外斜肌	325.46 ± 178.28	298.13 ± 169.86	246.13 ± 149.20	140.83 ± 97.04	135.08 ± 80.47	121.58 ± 83.22
左侧腹内斜肌	108.96 ± 46.31	93.04 ± 42.41	78.38 ± 37.91	57.63 ± 28.62	50.75 ± 24.67	43.25 ± 22.13
右侧腹内斜肌	60.50 ± 27.05	54.88 ± 21.65	52.79 ± 20.85	88.67 ± 45.85	81.08 ± 43.58	70.08 ± 32.98

## 3 讨论

核心肌群是指负责脊柱稳定的肌肉群,依其功能可分为两大群<sup>[10-11]</sup>。深层肌群又称局部稳定肌群(local stabilizing muscles),主要为各椎体提供稳定作用;表浅肌群又称整体稳定肌群(global stabilizing muscles),主要在于控制脊柱的运动方向,并产生较大的动作力矩,因此可对抗施加在躯干上的外来负荷,维持整个脊柱的姿势。Hudson 等指出膈肌几乎不参与脊柱的旋转运动<sup>[12]</sup>。负责脊柱旋转运动的核心肌群主要有腹外斜肌、背阔肌、腹内斜肌、胸大肌等<sup>[9,13]</sup>。

核心肌群等速肌力测试一直是等速肌力测试中

的重要内容之一,主要包括腰背屈伸和旋转两个方面,以往由于等速测试系统的腰背测试附件较昂贵,国内开展这方面的研究比较有限,且目前主要集中于腰背屈伸方面,旋转肌力的测试国内尚未见报道。核心肌群在维持脊柱稳定性方面起着举足轻重的作用,同时在与脊柱相关的疾病中占有一定的地位。

峰力矩(peak torque, PT)是等速肌力测试中的黄金指标,其准确性高、可重复性好,能真实地反映肌肉的最大力量。本研究证实随测试速度的增加,峰力矩值减少,对左/右旋均如此,但差异无显著性意义。研究认为<sup>[14-15]</sup>:骨骼肌纤维主要有 I 型纤维

和Ⅱ型纤维等不同类型;而在不同骨骼肌中二者的比例不同。Ⅰ型骨骼肌纤维直径小,含大量肌球蛋白,由于其肌凝蛋白ATP酶的活性低,故收缩速度慢,收缩的持续时间长,通常称为慢肌纤维;Ⅱ型骨骼肌纤维直径大小不等,但均有高的肌凝蛋白ATP酶活性,故收缩速度快,称为快肌纤维。肌力大小基本上取决于:①肌肉横截面积;②参与收缩的运动单位的多少;③参与收缩的运动单位收缩的同步性。等速肌力测试的力矩值主要反映肌群中不同类型肌肉纤维的募集情况,并非取决于运动速度而取决于收缩强度,本研究提示在30°/s慢速旋转运动时,肌肉的收缩强度较大,肌群同时募集Ⅰ型纤维和Ⅱ型纤维,故力矩值较大,随速度增加收缩强度变小,肌群以募集Ⅰ型纤维为主,力矩值减小。

RMS值用来描述一段时间内放电平均变化特征,是肌肉活动时放电的有效值,指一段时间内所有振幅的均方根值;反映了表面肌电信号振幅的变化特征,而振幅取决于肌肉负荷和肌肉本身的生理、生化过程之间的内在联系,目前认为其与运动单位的募集程度和兴奋节律的同步化高度相关,因此RMS通常作为首选<sup>[4-5]</sup>。以往研究表明<sup>[14-15]</sup>:运动单位指一个 $\alpha$ -运动神经元和受其支配的肌纤维所组成的最基本的肌肉收缩单位。人体中不同类型骨骼肌纤维由大小不同的 $\alpha$ 运动神经元所支配,Ⅰ型肌纤维由小 $\alpha$ 运动神经元所支配,其轴突较细,神经传导速度较慢,故一个小 $\alpha$ 运动神经元连同它支配的Ⅰ型肌纤维称为慢运动单位;Ⅱ型肌纤维由大 $\alpha$ 运动神经元所支配,其轴突较粗,神经传导速度快,故一个大 $\alpha$ 运动神经元连同它支配的Ⅱ型肌纤维称为快运动单位。骨骼肌纤维神经支配的上述差异决定了它们在不同运动速度下的收缩特征。肌肉收缩时产生肌力的大小与兴奋的肌纤维数目呈正相关,即参与肌肉收缩的肌纤维数目越多,产生的肌力就越大。本研究再次证实了随着测试速度的减慢,受试者在较高强度(慢速等速向心)收缩时,快、慢运动单位均被神经募集,故能募集到更多的肌纤维,激活更多的运动单位参与收缩活动,表现为RMS的增加;而在较低强度(等动向心快速)收缩时,快运动单位主要被募集,故表现为RMS的减小。

本研究表明:等速旋转运动过程中的主动肌是

同侧背阔肌、腹内斜肌,对侧腹外斜肌,主要是对侧腹外斜肌和同侧背阔肌完成旋转动作。Kumar等<sup>[6]</sup>研究表明等轴旋转的启动及维持由同侧背阔肌、腹内斜肌和对侧腹外斜肌来完成,同侧竖脊肌主要起到稳定性作用,指出在中立位姿势的等长旋转运动中,腹外斜肌和背阔肌呈现出高强度的肌电值,这与本研究的结果相一致;Kumar<sup>[17]</sup>在另一研究中发现躯干的旋转和屈曲角度显著影响相关肌肉的肌电值和力矩值,尤受旋转角度的影响,指出等长收缩过程中,随着旋转角度的增大,旋转肌群(对侧腹外斜肌、同侧腹内斜肌和同侧背阔肌)的肌电值逐渐减少,可能是由于肌肉最适初长度的改变。

#### 4 结论

本研究通过表面肌电图来反映旋转过程中核心肌变化规律,观察到正常受试者旋转过程中RMS均随速度的增大而减小,腹外斜肌的激活最为明显;同时亦为深入进行核心肌群等速力学和肌电研究奠定基础,进而为以腰椎间盘突出症为代表的腰痛患者的预防和康复治疗提供生物力学方面的依据。

#### 参考文献

- [1] Behm DG, Drinkwater EJ, Willardson JM, et al. The use of instability to train the core musculature[J]. *Appl Physiol Nutr Metab*, 2010, 35(1):91—108.
- [2] Christopher J. Standaert. core stabilization for low back pain and performance[J]. *Sports Orthopaedics and Traumatology*, 2011, 27(3):92—98.
- [3] Vrtovec T, Pernus F, Likar B. A review of methods for quantitative evaluation of axial vertebral rotation[J]. *Eur Spine J*, 2009, 18(8):1079—1090.
- [4] Pullman SL, Goodin DS, Marquinez AI, et al. Clinical utility of surface EMG: report of the therapeutics and technology assessment subcommittee of the American Academy of Neurology [J]. *Neurology*, 2000, 55(2):171—177.
- [5] Staudenmann D, Roeleveld K, Stegeman DF, et al. Methodological aspects of SEMG recordings for force estimation: a tutorial and review[J]. *J Electromyogr Kinesiol*, 2010, 20(3): 375—387.
- [6] 槐洪波,刘世文,陈颖,等.脑卒中躯干肌旋转肌群电生理研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2007, 22(3):230—233.
- [7] 李旭,郭险峰.慢性腰痛患者躯干旋转肌群肌力与腰部稳定性的

(下转第355页)