

· 临床研究 ·

不同运动方式对腰腹部肌群表面肌电信号的影响

毕霞 王雪强 刘志浩 宋磊 孙丹 张金明

【摘要】目的 探讨腰腹部肌肉在稳定平面与不稳定平面运动时表面肌电信号的变化。**方法** 采用 FlexComp Infiniti 十通道表面肌电分析系统测试 33 例健康青年人腰腹部肌肉的肌电信号。所有受试者分别在稳定平面和不稳定平面下各完成端坐、双桥运动、屈膝双桥运动、反桥运动、俯卧撑等 5 个动作。**结果** ①双桥运动,竖脊肌在不稳定平面上运动时的激活率显著大于稳定平面($P < 0.05$);②屈膝双桥运动,竖脊肌、腹外斜肌、腹内斜肌/腹横肌在不稳定平面的激活率显著大于稳定平面($P < 0.05$);③反桥运动,竖脊肌、腹直肌在不稳定平面的激活率显著大于稳定平面($P < 0.05$);④俯卧撑,腹直肌、腹外斜肌、腹内斜肌/腹横肌在不稳定平面的激活率显著大于稳定平面($P < 0.05$)。**结论** 腰腹部肌群在不稳定平面比在稳定平面下更容易激活。

【关键词】 表面肌电图; 不稳定平面; 瑞士球; 脊柱; 腰腹部肌群

The impact of using a Swiss ball to exercise the lumbo-abdominal muscles BI Xia*, WANG Xue-qiang, LIU Zhi-hao, SONG Lei, SUN Dan, ZHANG Jin-ming. * Department of Rehabilitation Medicine, Gongli Hospital of Pudong New Area, Shanghai 200135, China

Corresponding author: BI Xia, Email: bxxb1123@163.com

【Abstract】 Objective To explore any changes in surface electromyogram (sEMG) signals from the lumbo-abdominal muscles during exercise on stable and unstable surfaces. **Methods** sEMG signals from the lumbo-abdominal muscles of 33 healthy young persons [18 male and 12 female; average age (26.5 ± 4.3) years] were measured with the FlexComp Infiniti apparatus. Each subject performed 5 exercises on and off a Swiss ball: sit, bridge, bridge with both knees flexed, reverse bridge as well as press-up. **Results** ①In bridging there was a significant increase in the activation of the erector spinae during exercise on the ball compared with on the stable surface. ②Bridging with both knees flexed gave a significant increase in activations of the erector spinae, the external obliques and the transverses abdominus/internal obliques during exercise on the unstable surface compared with the stable surface. ③During reverse bridging there was a significant increase in activation of the erector spinae and rectus abdominus during exercise on the unstable surface compared with the stable surface. ④During press-ups there was a significant increase in activation of the rectus abdominus, the external obliques and the transverses abdominus/internal obliques during exercise on the ball compared with the stable surface. **Conclusion** The unstable surface provides better training stimulus for the activation of the lumbo-abdominal muscles.

【Key words】 Surface electromyography; Unstable surfaces; Swiss balls; Spine; Lumbo-abdominal muscles

利用不稳定平面训练脊柱核心稳定性的有效性已被研究所证实^[1]。脊柱核心稳定性训练与传统力量训练的本质在于前者在训练过程中增加了一个“不稳定因素”。这一“不稳定因素”不仅增加了肌肉力量训练的难度,而且弥补了传统力量训练在提高协调、灵

敏、平衡能力等方面的不足^[2-3]。但是关于其作用机制却很少报道。

目前,国外虽有采用表面肌电图评价腰背部功能的研究报道^[4-6],但国内有关在人体稳定平面和不稳定平面状态下,腰背部肌肉的活动水平及募集情况的研究却很少。

本研究采用表面肌电图,动态观察 33 例健康志愿者在不同平面(稳定平面、不稳定平面)训练时,腰腹部核心肌群表面肌电信号的募集与激活情况,为临床利用瑞士球等不稳定平面训练脊柱核心稳定性提供理论依据。

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2012.03.014

基金项目:上海市浦东新区优秀学科带头人培养计划(TWRd2010-06)

作者单位:200135 上海,上海浦东新区公利医院康复医学科(毕霞、刘志浩、宋磊、孙丹、张金明);上海体育学院(王雪强)

通信作者:毕霞,Email:bxxb1123@163.com

资料与方法

一、研究对象

选取健康志愿者(我院职工与实习生)30 例作为受试者,其中男 18 例,女 12 例;平均年龄(26.5 ± 4.3)岁;身高(170.4 ± 10.7)cm;体重(61.8 ± 13.5)kg;职业为康复医生 3 例,治疗师 10 例,实习生 13 例,其他人员 7 例。所有受试者均无慢性腰背痛病史,无胸膜炎、妇科疾病、脊柱占位性病变和腰椎其他骨病等引起腰背痛病史,测试前 24 h 内无剧烈运动,对实验均知情同意,并签署知情同意书,实验方案经上海市浦东新区公利医院伦理委员会批准。

二、运动方式

依次按照端坐、双桥运动、屈膝双桥运动、反桥运动和俯卧撑的前后顺序进行运动。每种运动方式重复 3 次,每次间隔休息 1 min,每种运动方式持续 4 s。

1. 端坐:坐于直径为 55 cm 的瑞士球(不稳定平面)或同等高度的木质凳子(稳定平面)上,双手平放在身体的两侧,保持平衡且需肩部、髋部成一条直线。

2. 双桥运动:仰卧,双手平放在身体的两侧,双侧足跟放于直径为 55 cm 的瑞士球(不稳定平面)或同等高度的木质凳子(稳定平面)上,抬起骨盆,保持平衡并且使双侧肩部、骨盆与双足成一条直线。

3. 屈膝双桥运动:仰卧,双手平放在身体的两侧,双足放于直径为 55 cm 的瑞士球(不稳定平面)或同等高度的木质凳子(稳定平面)上,屈曲膝关节,使膝关节、骨盆与肩部成一条直线。

4. 反桥运动:仰卧位,双肩放置在直径为 55 cm 的瑞士球(不稳定平面)或同等高度的木质凳子(稳定平面)上,双足与肩同宽平放在地面上,膝关节屈曲 90°,使膝关节、髋部与肩部成一条直线。

5. 俯卧撑:俯卧,双侧小腿置于直径为 55 cm 的瑞士球(不稳定平面)或同等高度的木质凳子(稳定平面)上,双手撑于地面,保持双侧肩部、髋部、膝部置于同一直线。

三、设备及数据收集

1. 试验设备:选取加拿大 Thought Technology 公司研制的十通道表面肌电测试系统,型号 FlexComp Infiniti。参数设置:输入阻抗 $>100\text{ M}\Omega$,共模抑制比大于 100 dB,通道采样带宽为 20 ~ 500 Hz,肌电信号数据采集频率为 1500 Hz。表面肌电电极片:一次性纽扣式自粘三极电极片(Triode Self Adhesive Disposable Ag-AgCl surface Electrode, Thought 公司,加拿大)。

2. 表面电极放置^[4-5]:选取的腰腹部肌肉分别为竖脊肌、腹直肌、腹外斜肌、腹横肌/腹内斜肌。剃除测

试区域皮肤汗毛,用细砂纸和 75% 医用酒精擦拭皮肤。①竖脊肌,双侧髂嵴连线中点旁开 2 cm 处放置一测量电极片,另一测量电极片与该电极片间距为 2 cm,并与脊柱中线平行,参考电极放置于两测量电极片中点外侧 2 cm 处;②腹直肌上部,于身体中线旁开 2 cm,脐上方 1 cm 处及 3 cm 处各放置一测量电极片,两测量电极片中心间距 2 cm,参考电极置于测量电极中点外侧 2 cm 处;③腹外斜肌,髂前上棘的地面垂直线与肚脐的地面平行线的交点处放置一测量电极片,于该点内上方 45°方向放置另一测量电极片,两测量电极片中心间距 2 cm,参考电极置于测量电极中点外侧 2 cm 处;④腹横肌/腹内斜肌,于髂前上棘下方 2 cm,内侧 2 cm 处及 4 cm 处各放置一测量电极片,且间距为 2 cm,参考电极置于测量电极中点下方 2 cm 处。

3. 数据收集:在试验前每块肌群应进行最大自主等长收缩(maximal voluntary isometric contraction, MVIC),要求受试者被测定的肌群进行 5 s 的最大自主收缩,记录 5 s 收缩中出现的最大肌电信号,重复 3 次,每次间隔至少休息 2 min,取 3 次测定的最大值为定标。①腹直肌最大自主收缩的测试方法,受试者仰卧位,双髋、膝关节屈曲并固定足部,要求受试者躯干尽最大力量前屈,检测者双手施加阻力于受试者双侧肩关节,维持 5 s。②竖脊肌最大自主收缩的测试方法,受试者俯卧位,固定足部情况下,要求受试者尽力抬起上身,检测者两手施加阻力于受试者两侧肩胛骨,维持 5 s。③腹内、外斜肌最大自主收缩的测试方法,受试者仰卧位,双髋、膝关节屈曲并固定足部,要求受试者右侧肩部尽最大力量向左侧膝部运动(测试右腹外斜肌和左腹内斜肌),施测者施加阻力于受试者右侧肩部,维持 5 s。

四、观察指标

本研究以最大自主收缩作为参考定标,上述 5 种运动方式各持续 4 s,选取并分析各测试肌群最后 3 s 采集的数据,取 3 次测定的平均值,最终再取左右两侧测定的平均值与参考 MVIC 的百分比(%MVIC)作为肌肉激活率^[4,6]。肌肉激活率数值越大,表明肌肉激活的越多。

五、统计学分析

将收集得到的数据采用 Office Excel 2003 与 SPSS 17.0 版统计软件进行统计分析:①分析受试者在稳定平面与不稳定平面下腰部各肌群的激活率,统计结果以($\bar{x} \pm s$)表示,采用配对 *t* 检验进行比较, $P < 0.05$,为差异有统计学意义;②分析受试者腰部各肌群在不同运动方式中的激活率,对 5 种运动方式采用两因素重复测量方差分析(two-way ANOVA, 5 种运动方式 $\times$ 2 种平面), $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、不同平面对各项运动中腰腹部肌肉激活的影响

双桥运动中,竖脊肌在不稳定平面的激活率显著大于稳定平面($P < 0.05$);屈膝双桥运动中,竖脊肌、腹外斜肌、腹内斜肌/腹横肌在不稳定平面的激活率显著大于稳定平面($P < 0.05$);反桥运动中,竖脊肌、腹直肌在不稳定平面的激活率显著大于稳定平面($P < 0.05$);俯卧撑中,腹直肌、腹外斜肌、腹内斜肌/腹横肌在不稳定平面的激活率显著大于稳定平面($P < 0.05$)。见表 1。

二、不同运动方式对各项运动中腰腹部肌肉激活的影响

竖脊肌在不稳定平面下反桥运动激活率最高($P < 0.05$);腹直肌在不稳定平面下反桥运动激活率最高($P < 0.05$);腹外斜肌在不稳定平面下俯卧撑激活率最高($P < 0.05$);腹内斜肌/腹横肌在不稳定平面下屈膝双桥运动与反桥运动激活率最高($P < 0.05$)。见表 1。

讨 论

下背痛(low back pain, LBP)与腰背肌疲劳和收缩能力下降互为因果关系。因此,腰背肌功能的评价无论对于下背痛的诊断,还是疗效评价都具有十分重要的价值。表面肌电图是神经肌肉系统进行随意性和非随意性收缩性活动时的生物电变化经表面电极引导、放大、显示和记录所获得的一组电压时间序列信号。在评价神经肌肉功能方面,表面肌电可提供以下的客观信息:① 哪块肌肉参与活动;② 哪块肌肉活动水平高;③ 肌肉是何时开始/停止活动;④ 肌肉活动水平是多少;⑤ 肌肉是否疲劳。该技术因其在客观评价腰背肌功能方面具有特异性、可靠性、灵敏性、无创性、实时性和多靶点测量的优点,日益受到康复医学和运动医学研究者的关注^[7,9]。

本研究采用表面肌电图测试受试者进行的五个不

同方式的运动,结果发现:①双桥运动中竖脊肌在不稳定平面的激活率显著大于稳定平面。双桥运动中主要用力肌群为竖脊肌、臀大肌和腘绳肌,而腹部肌肉活动参与较少,所以腹部肌肉的激活率差异无统计学意义;②屈膝双桥运动中竖脊肌、腹外斜肌、腹内斜肌/腹横肌在不稳定平面的激活率显著大于稳定平面。该运动方式与双桥运动相比,背部与地面接触面积变小、腿部与稳定平面/不稳定平面接触面积变小,腰部各肌群的激活率都相应增高;③反桥运动中竖脊肌、腹直肌在不稳定平面的激活率显著大于稳定平面。此运动方式主要用力肌群为股四头肌、臀大肌和竖脊肌,但与双桥运动相比,受试者在反桥运动中还需更多的腹直肌和腹横肌收缩以维持身体的中立位。而由于腹横肌位于腹部肌群的深层,故表面电极片不能较好地监测到腹横肌的收缩,所以本研究在该运动中只发现竖脊肌和腹直肌有较高的激活率;④俯卧撑运动中腹直肌、腹外斜肌、腹内斜肌/腹横肌在不稳定平面的激活率显著大于稳定平面。可能与该运动方式下竖脊肌参与相对较少,导致竖脊肌激活率在稳定平面和不稳定平面无显著差异;⑤而在坐位时,不稳定平面和稳定平面相比腰部肌群的激活率并没有显著差异,这可能是由于该运动方式下,臀部和平面接触面积比较大,平衡性较好。

Marshall 和 Murphy^[10]对 8 例受试者分别在瑞士球和稳定平面中进行单腿伸直的反桥运动(即在反桥运动基础上,把其中一腿伸直)、俯卧撑(即双手支撑于地面,而双侧小腿置于测试平面中)、倾斜位的俯卧撑(即双手置于测试平面中,而双侧足部支撑于地面)、膝盖位下一侧上肢和对侧下肢抬起,在这 4 种运动方式下分别测试腰腹部肌群的肌电信号,结果发现在瑞士球平面做运动时腹直肌、腹内斜肌/腹横肌的激活率明显高于稳定平面。同时 Marshall 和 Murphy^[11]对腰痛患者进行 12 周的核心稳定性训练,结果发现腰部深层的肌群激活率明显增高。Desai 和 Marshall^[12]对 10 例健康受试者和 10 例腰痛患者分别测试躯干肌群的激活率,在稳定平面与不稳定平面下测试,结果发现健康人群和腰痛患者在不稳定平面下腹直肌、腹外斜肌和

表 1 不同运动方式腰部肌群在不同平面中的肌肉激活率(% MVIC, $\bar{x} \pm s$)

运动方式	竖脊肌		腹直肌上部		腹外斜肌		腹内斜肌/腹横肌	
	稳定平面	不稳定平面	稳定平面	不稳定平面	稳定平面	不稳定平面	稳定平面	不稳定平面
端坐	9.02 ± 4.37	11.38 ± 5.42	4.07 ± 2.75	5.25 ± 3.36	14.15 ± 8.40	16.42 ± 9.92	8.19 ± 5.68	9.31 ± 6.11
双桥运动	12.87 ± 6.55	18.39 ± 8.23 ^a	7.08 ± 2.34	8.30 ± 4.18	19.62 ± 12.04	25.78 ± 15.25	11.32 ± 8.81	13.60 ± 9.11
屈膝双桥运动	14.12 ± 8.16	21.31 ± 10.08 ^a	10.14 ± 5.06	13.37 ± 8.11	20.82 ± 14.76	28.01 ± 17.22 ^a	14.71 ± 8.79	22.92 ± 15.18 ^a
反桥运动	19.21 ± 8.65	28.87 ± 10.11 ^a	14.03 ± 4.78	27.53 ± 15.17 ^a	31.56 ± 14.03	33.93 ± 15.29	21.66 ± 11.34	23.82 ± 12.59
俯卧撑	12.52 ± 7.48	14.81 ± 10.22	8.42 ± 4.36	13.08 ± 7.39 ^a	29.14 ± 10.30	40.88 ± 18.51 ^a	18.02 ± 7.77	22.63 ± 9.85 ^a
主体效应 F 值 [*]	3.88 ($P < 0.05$)		7.12 ($P < 0.001$)		1.88 ($P > 0.05$)		2.45 ($P < 0.05$)	

注:与稳定平面的肌肉激活率比较,^a $P < 0.05$;对 5 种运动方式采用两因素重复测量方差分析(5 种运动方式 × 2 种平面), $P < 0.05$

竖脊肌的激活率都显著高于稳定平面。本研究的结果与国外研究基本一致。

本研究利用表面肌电图研究在稳定平面与不稳定平面中腰腹部肌群(竖脊肌、腹直肌、腹外斜肌、腹内斜肌/腹横肌)的“肌肉活动水平情况”,结果证实,在不稳定平面下腰部肌群的激活率大于稳定平面,且具有统计学意义。同时研究也证实了核心稳定性训练更易激活肌肉活动水平,所谓的核心是指膈肌以下、盆底肌及髋关节以上的区域^[13],Hodges^[14]认为,核心稳定性训练不仅需要训练核心区域的肌肉力量,也需增加中枢神经系统参与的感觉输入训练。

表面肌电图作为一种非创伤性检查方法,具有实时性、多靶点测量等优点,可用于临床监测康复训练效果、指导制定康复训练计划等方面,在有条件的医疗单位值得推广。同时本研究得出的数据表明腰腹部肌群在不稳定平面比在稳定平面下更容易激活,对医务人员及教练制定腰部核心稳定训练方案,具有一定的现实指导意义。

参 考 文 献

- [1] 王雪强,戴敏辉,冯颜,等. 核心稳定性训练用于慢性腰椎间盘突出症的疗效观察. 中国康复医学杂志,2010,25:756-759.
- [2] Akuthota V, Ferreiro A, Moore T, et al. Core stability exercise principles. *Curr Sports Med Rep*, 2008 ;7:39-44.
- [3] Baerga-Varela L, Abréu Ramos AM. Core strengthening exercises for low back pain. *Bol Asoc Med P R*, 2006,98:56-61.
- [4] 王丽,刘加海,王健. 表面肌电与腰背功能评价方法研究进展. 中国康复医学杂志,2006,21:84-87.
- [5] Kramer M, Ebert V, Kinzl L, et al. Surface electromyography of the paravertebral muscles in patients with chronic low back pain. *Arch Phys Med Rehabil*, 2005,86:31-36.
- [6] Ambroz C, Scott A, Ambroz A, et al. Chronic low back pain assessment using surface electromyography. *J Occup Environ Med*, 2000, 42:660-669.
- [7] Cram JR. The history of surface electromyography. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 2003,28:81-91.
- [8] Fauth ML, Petushek EJ, Feldmann CR, et al. Reliability of surface electromyography during maximal voluntary isometric contractions, jump landings, and cutting. *J Strength Cond Res*, 2010,24:1131-1137.
- [9] Hogrel JY. Clinical applications of surface electromyography in neuromuscular disorders. *Neurophysiol Clin*, 2005,35:59-71.
- [10] Marshall PW, Murphy BA. Core stability exercises on and off a Swiss ball. *Arch Phys Med Rehabil*, 2005,86:242-249.
- [11] Marshall PW, Murphy BA. The validity and reliability of surface EMG to assess the neuromuscular response of the abdominal muscles to rapid limb movement. *J Electromyogr Kinesiol*, 2003,13:477-489.
- [12] Desai I, Marshall PW. Acute effect of labile surfaces during core stability exercises in people with and without low back pain. *J Electromyogr Kinesiol*, 2010,20:1155-1162.
- [13] Akuthota V, Ferreiro A, Moore T, et al. Core stability exercise principles. *Curr Sports Med Rep*, 2008, 7:39-44.
- [14] Hodges PW. Core stability exercise in chronic low back pain. *Orthop Clin North Am*, 2003,34:245-254.

(修回日期:2012-02-02)

(本文编辑:松 明)

· 外刊摘英 ·

A novel fibronectin-aggrecan complex in the synovial fluid of painful knees

BACKGROUND: Molecular biomarkers associated with knee pain may be useful as diagnostic modalities, prognostic indicators, and surrogate end points for therapeutic trials. The present study describes a novel complex of fibronectin and aggrecan that is present in the affected knee of patients with pain and meniscal abnormality.

METHODS: The present prospective study included thirty patients with knee pain, mechanical symptoms, and magnetic resonance imaging findings that were positive for a meniscal tear who chose arthroscopic partial meniscectomy after unsuccessful nonoperative management. Synovial fluid was aspirated at the time of surgery and was assayed for the fibronectin-aggrecan complex with use of a heterogeneous enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). The results were compared with knee aspirates from ten asymptomatic volunteers with no pain who underwent magnetic resonance imaging of the knee.

RESULTS: The mean optical density (and standard deviation) of the fibronectin-aggrecan complex was significantly greater in synovial fluid from knees undergoing arthroscopic surgery as compared with fluid from asymptomatic controls (13.29 ± 8.48 compared with 0.03 ± 0.09 ; $P < 0.001$). The mean age in the study group was significantly greater than in control group (46.0 ± 12.6 compared with 38.5 ± 6.0 years; $P = 0.02$), but controlling for age did not affect the results. Post hoc, an optical density cutoff value of 0.3 distinguished the study group from the control group with 100% accuracy.

CONCLUSIONS: A novel fibronectin-aggrecan complex is present in the synovial fluid of painful knees with meniscal abnormality. The fibronectin-aggrecan complex may prove to be useful as a clinical biomarker or therapeutic target. Further research is warranted to correlate functional outcome after surgery with the fibronectin-aggrecan complex and other cartilage biomarkers.

【摘自:Scuderi GJ, Golish SR, Cook FF, et al. Identification of a novel fibronectin-aggrecan complex in the synovial fluid of knees with painful meniscal injury. *J Bone Joint Surg Am*, 2011,93:336-340.】