

· 临床研究 ·

腰椎间盘突出症患者腰骶部多裂肌肌电的比较研究

赵焯^{1,2}, 胡零三^{1,2}, 张承哲^{1,2}, 张敏³, 詹红生^{1,2}, 元唯安^{1,2}

(1.上海中医药大学附属曙光医院石氏伤科医学中心,上海 201203;2.上海市中医药研究院骨伤科研究所,上海 201203;3.上海中医药大学附属曙光医院放射科,上海 201203)

【摘要】 目的:比较腰椎间盘突出症患者腰骶部多裂肌退变的情况。方法:2015年12月至2017年9月招募健康志愿者和单侧L_{4,5}腰椎间盘突出患者各35例,每组男20例,女15例,年龄25~55岁,其中健康志愿者组年龄(35.66±8.73)岁,BMI(21.85±1.94) kg/m²;腰椎间盘突出组年龄(36.09±7.70)岁,BMI(21.50±1.78) kg/m²,VAS评分(4.40±0.88)分,病程(11.20±7.14)个月,对两组的多裂肌进行表面肌电图测定分析,通过分析平均肌电振幅数值,比较两组多裂肌观察指标的差异。结果:健康志愿者多裂肌平均肌电振幅左侧为(48.84±7.77) μV,右侧为(49.13±7.86) μV,两侧差异无统计学意义(P>0.05);腰椎间盘突出症患者多裂肌平均肌电振幅健侧为(48.82±8.14) μV,患侧为(42.81±7.00) μV,两侧差异有统计学意义(P<0.05)。腰椎间盘突出症健侧与健康志愿者左侧多裂肌的平均肌电振幅,腰椎间盘突出症健侧与健康志愿者右侧多裂肌的平均肌电振幅,差异均无统计学意义(P>0.05);腰椎间盘突出症患者患侧与健康志愿者左侧多裂肌的平均肌电振幅,腰椎间盘突出症患者患侧与健康志愿者右侧多裂肌的平均肌电振幅,差异均有统计学意义(P<0.05)。结论:慢性期腰椎间盘突出症患者存在肌电活动失衡,患侧多裂肌肌力较明显下降。

【关键词】 椎间盘移位; 多裂肌; 表面肌电图

中图分类号:R681.5

DOI:10.12200/j.issn.1003-0034.2020.05.012

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



A comparative study on the surface electromyography of lumbosacral multifidus muscle in patients with lumbar disc herniation ZHAO Ye, HU Ling-san, ZHANG Cheng-zhe, ZHANG Min, ZHAN Hong-sheng, and YUAN Wei-an. Shi's Traumatology Medical Center of Shuguang Hospital Affiliated to Shanghai University of TCM, Shanghai 201203, China

ABSTRACT Objective: To compare the degeneration of lumbosacral multifidus muscle in patients with lumbar disc herniation. **Methods:** Thirty-five healthy volunteers and 35 patients with unilateral L_{4,5} lumbar disc herniation from December 2015 to September 2017 were recruited. There were 20 males and 15 females in each group, aged from 25 to 55 years old. In healthy volunteers group, the mean age was (35.66±8.73) years old and the BMI was (21.85±1.94) kg/m². In patients with lumbar disc herniation, the mean age was (36.09±7.70) years old, the BMI was (21.50±1.78) kg/m², the VAS score was 4.40±0.88, the course of disease was (11.20±7.14) months. Surface electromyography analysis was performed on the multifidus muscle of the two groups. The average myoelectric amplitude of the multifidus muscle in the two groups were compared. **Results:** The average myoelectric amplitude of the multifidus muscle of healthy volunteers was (48.84±7.77) μV on the left and (49.13±7.86) μV on the right. There was no significant difference between the two sides (P>0.05). The average myoelectric amplitude of multifidus muscle in patients with lumbar disc herniation was (48.82±8.14) μV on the healthy side and (42.81±7.00) μV on the affected side, and the difference was statistically significant between two sides (P<0.05). There was no significant difference in the average myoelectric amplitude of multifidus muscle between the healthy side of lumbar disc herniation and on the left of healthy volunteers, or between the healthy side of lumbar disc herniation and on the right of healthy volunteers (P>0.05). There was significant difference in the average myoelectric amplitude of multifidus muscle between the affected side of lumbar disc herniation and on the left of healthy volunteers, and also between the affected side of lumbar disc herniation and on the right of healthy volunteers (P<0.05). **Conclusion:** Patients with chronic lumbar disc herniation have an imbalance in myoelectric activity, and the muscle strength of the multifidus muscle on the affected side is significantly reduced.

KEYWORDS Intervertebral disk displacement; Multifidus muscle; Surface electromyography

基金项目:国家自然科学基金资助项目(编号:81403414)

Foud program: National Natural Science Foundation(No.81403414)

通讯作者:元唯安 E-mail:weian_1980@163.com

Corresponding author: YUAN Wei-an E-mail: weian_1980@163.com

腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)是临床上常见的腰腿痛疾病,研究表明慢性腰腿痛与多裂肌退变相关^[1],目前针对单侧腰椎间盘突出

症患者两侧多裂肌肌电图的相关研究较少。本研究对 2015 年 12 月至 2017 年 9 月的志愿者进行筛选最终得到 70 例, 健康志愿者和 LDH 患者各 35 例, 以表面肌电测定为技术手段, 比较单侧腰椎间盘突出症患者和健康志愿者两侧腰骶部多裂肌表面肌电平均肌电振幅的改变, 从多裂肌的功能状态来分析腰骶部多裂肌退变与腰椎间盘突出症之间的关系。

1 资料与方法

1.1 两组受试者入选标准

1.1.1 腰椎间盘突出症患者 (1) 纳入标准: ①符合腰椎间盘突出症诊断标准^[2]; ②年龄 25~55 岁, 性别不限; ③体重指数 (body mass index, BMI) 在 18~25 kg/m²; ④病史 3 个月以上; ⑤疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS)^[3] ≥ 3 分; ⑥腰椎 MRI 或腰椎间盘 CT 平扫提示 L_{4,5} 节段单侧腰椎间盘突出; ⑦自愿加入本研究并签署知情同意书。(2) 排除标准: ①参加研究时由腰椎间盘突出所致的股神经症状 (如大腿前内侧疼痛、感觉异常) 或马尾综合征者; ②既往患有腰肌劳损、腰椎管狭窄等退行性脊柱疾病引起腰痛的患者; ③既往有脊柱外科手术史及严重脊柱创伤史患者; ④合并脊柱骨质肿瘤、脊柱结核、骨质疏松、强直性脊柱炎等骨关节疾病; ⑤合并高血压、糖尿病、消化系统等严重内科疾病患者, 合并其他急、慢性感染者及精神病患者; ⑥有幽闭恐怖症而对磁共振扫描不能耐受者; ⑦既往有为治疗腰部疾病或其他原因而进行腰背部肌肉锻炼者; ⑧既往有连续佩戴腰围超过 2 周者; ⑨研究者认为不宜参加研究的其他情况。(3) 剔除标准: ①研究过程中因各种原因不愿意继续参加研究; ②对研究人员提供的各种与研究相关的问题不能完整理解; ③对研究过程中各种检查不能耐受。

1.1.2 健康志愿者 (1) 纳入标准: ①身体健康, 性别不限, 年龄 25~55 岁; ②BMI 18~25 kg/m²; ③自愿加入本研究并签署《知情同意书》。(2) 排除标准: ①参加研究前 3 个月内体重变化大于 5 kg; ②职业运动员或长期从事运动与重体力劳动者, 或既往有过有针对性的腰背部肌肉锻炼; ③ 2 年内发生过腰痛或以前曾发生过一定程度腰痛 (腰痛到需要干预的程度或影响腰椎功能活动); ④有幽闭恐怖症而对磁共振扫描不能耐受; ⑤既往有脊柱外科手术史、脊柱畸形; ⑥研究者认为不宜参加研究的其他情况。(3) 剔除标准: ①研究过程中因各种原因不愿意继续参加研究; ②对研究人员提供的各种与研究相关的问题不能完整理解; ③对研究过程中的各种检查不能耐受。

1.2 临床资料

总共招募到志愿者 85 例, 筛选符合要求受试者

70 例, 健康志愿者、腰椎间盘突出症各 35 例, 其中健康志愿者组男 20 例, 女 15 例, 腰椎间盘突出症组男 20 例, 女 15 例, 腰椎间盘突出症患者的疼痛 VAS 评分为 4.40±0.88, 病程 (11.20±7.14) 个月, 两组受试者年龄、性别及 BMI 经统计学处理, 差异无统计学意义 (P>0.05), 见表 1。

表 1 两组受试者基线资料比较

Tab.1 Comparison of baseline data of subjects between two groups

受试者	例数	性别 (例)		年龄 (x±s, 岁)	BMI (x±s, kg/m ²)
		男	女		
腰椎间盘突出症患者	35	20	15	36.09±7.70	21.50±1.78
健康志愿者	35	20	15	35.66±8.73	21.85±1.94

1.3 观察项目与方法

本试验采用病例对照研究, 通过上海中医药大学附属曙光医院伦理委员会伦理审查批准 (批件号: 2015-384-12-01)。比较单侧 L_{4,5} 腰椎间盘突出症患者患侧与健康志愿者左右两侧多裂肌表面肌电平均肌电振幅的差异, 由资深骨科医生和影像科医师共同完成腰骶部多裂肌表面肌电测定。

测量仪器: 采用 Telemetry 2400RG2 型表面肌电图遥测仪 (美国 Noraxon 公司), 软件版本为 MyoResearch XP Basic edition 1.07, 肌电信号数据采集频率 2 500 Hz, 应用美国 Noraxon 公司专用信号处理软件 MyoResearch 进行分析, 采用德国 TYCO HEALTH-CARE 生产的一次性心电电极, 用无线接收器将原始数据存储至电脑中。

测量准备: 将测试环境温度室温调至 22~28 ℃, 关闭手机等电子设备, 防止其他设备信号串扰, 告知受试者测试过程, 并嘱做腰背肌等长收缩训练 3~5 次。

测量方法^[4]: 采用国外改良版的索伦森测试 (Sorensen test) 方法检测多裂肌肌电信号。患者俯卧于检查床上, 双手自然放置于体侧, 暴露腰骶部皮肤, 用 75% 乙醇棉球脱脂、消毒, 以降低电极与体表的接触电阻, 如受试者腰骶部体毛较多, 则剃毛备皮处理, 待局部皮肤干燥后, 将测量电极置于 L₄、L₅ 棘突水平左右两侧 (约 L_{4,5} 间隙水平多裂肌位置), 中正线旁开 2 cm 的区域, 每侧贴 2 个测量电极片, 两电极中心间距约 3 cm, 与多裂肌纤维的长轴方向平行 (图 1), 参考电极放于测量电极中点外侧 4 cm 处。准备就绪后嘱受试者进行腰背肌等长收缩测试, 要求受试者取俯卧位, 髻棘以下固定于检查床上, 双手置于身体两侧, 抬起头颅距离床面约 15 cm, 尽最大努力做俯卧位背伸动作 (图 2), 维持 15 s 左右, 记录

表面肌电信号,休息 3 min 后重复测量 2 次,测量所得表面肌电图通过 signal process 进行滤波处理得出图像,然后选取振幅起始与结束段进行分析,读取平均肌电振幅数值。

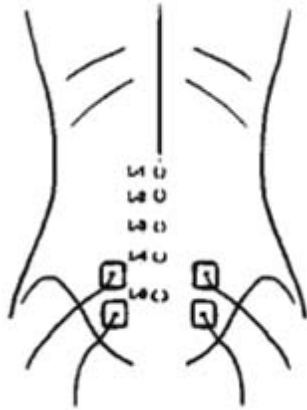


图 1 多裂肌表面肌电图测量图

Fig.1 Measured diagram of the multifidus muscles' surface electromyography

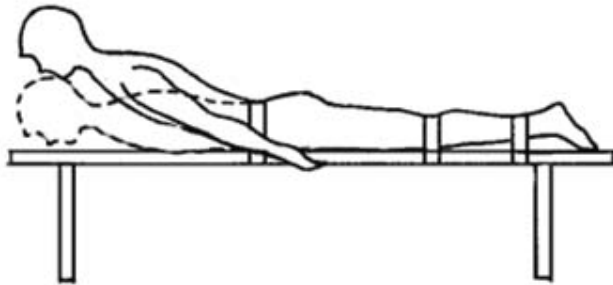


图 2 受试者操作体位

Fig.2 Subject operating position

测量指标:健康志愿者左右两侧及患者健患两侧 L_{4,5} 间隙水平多裂肌的平均肌电振幅,即单位时间内原始表面肌电信号振幅绝对值之和的平均值。

1.4 统计学处理

采用 SPSS 18.0 统计学软件进行数据分析,服从正态分布或近似正态分布,用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示;不服从正态分布,用中位数(M)和四分位间距 M(Q)等表示。患者多裂肌平均肌电振幅变化比较,采用配对样本 *t* 检验,腰椎间盘突出症患者健患两侧多裂肌差异比较,采用两独立样本 *t* 检验(校正 *t* 检验)。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

(1)健康志愿者左右两侧多裂肌平均肌电振幅比较差异无统计学意义($t=0.503, P > 0.05$)。(2)腰椎间盘突出症患者健患两侧多裂肌平均肌电振幅比较差异有统计学意义($t=14.67, P < 0.001$)。(3)腰椎间盘

突出症患者与健康志愿者左右两侧多裂肌平均肌电振幅比较,差异均有统计学意义。(4)腰椎间盘突出症健侧与健康志愿者左右两侧腰骶部多裂肌平均肌电振幅比较,差异均无统计学意义。见表 2。

表 2 腰椎间盘突出患者与健康志愿者多裂肌平均肌电振幅比较

Tab.2 Comparison of the average myoelectric amplitude of multifidus muscle between healthy volunteers and patients with lumbar disc herniation

组别	例数	平均肌电振幅($\bar{x} \pm s, \mu V$)		<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
		左侧(患侧)	右侧(健侧)		
健康志愿组	35	48.84±7.77	49.13±7.86	0.503	0.618
腰椎间盘突出组	35	42.81±7.00*	48.82±8.14 [▲]	14.67	<0.001

注:与健康志愿组左侧多裂肌平均肌电振幅比较,* $t=3.408, P < 0.001$; [▲] $t=0.011, P=0.991$;与健康志愿者右侧多裂肌平均肌电振幅比较,* $t=3.549, P < 0.001$; [▲] $t=0.161, P=0.872$

Note:Compared with the left side in healthy volunteers, * $t=3.408, P < 0.001$; [▲] $t=0.011, P=0.991$.Compared with the right side in healthy volunteers, * $t=3.549, P < 0.001$; [▲] $t=0.161, P=0.872$

3 讨论

3.1 腰骶段多裂肌的解剖结构和生物力学特征

从解剖结构分析,多裂肌由许多肌性和腱性束构成,是附着面积最大的椎旁肌,位于半棘肌深面、回旋肌的浅面,起于腰椎椎板、棘突,斜行向下止于下位椎体的关节突关节、横突和骶骨,在脊柱各节段均有分布。多裂肌与回旋肌、半棘肌一起组成一个连结不同椎体的横突和棘突的网,当脊柱活动时,它们起到稳定和控制各椎体的作用。腰骶多裂肌产生过度张力时,可以导致临床上观察到的腰椎过度前凸^[5]。多裂肌肌纤维的走行和形态决定了它的生物力学特征。浅层的多裂肌起于棘突向外下走行至骶骨和髂骨产生下外下的作用力。当一侧多裂肌主动收缩时,可以使椎体产生旋转,当两侧多裂肌同时收缩可以防止椎体旋转脱位。同时腰骶部多裂肌纤维短小且肌腹横截面积大的特点导致多裂肌在狭小的空间可以产生强大力量来维持脊柱稳定性^[6]。

3.2 多裂肌与腰椎间盘突出症的关联

多数的腰椎间盘突出症是在腰椎周围肌肉等软组织劳损基础上逐渐发展而成。多裂肌作为维持脊柱稳定的肌肉之一,其退变与 LDH 的发病互为因果。一方面,多裂肌是维持腰椎稳定的重要来源,浅层多裂肌参与脊柱活动为主,深层多裂肌维持稳定为主,当腰骶部多裂肌萎缩、痉挛,则会导致相应节段椎体失稳,增加腰椎受损的危险性。Wilke 等^[7]以尸体腰椎模拟腰椎肌肉收缩,并测量腰椎活动度变

化,发现多裂肌对腰椎活动度影响最大,且在中立位时多裂肌收缩承担保持脊柱硬度超过 2/3 的能力。另一方面,腰椎间盘突出症的发病也会造成多裂肌萎缩。LDH 产生的疼痛症状使得患者缺少功能锻炼,使多裂肌毛细血管反应能力降低,肌肉内毛细血管关闭时间延长,导致肌肉供血差,肌肉长期处于缺氧状态,并逐渐消瘦变性,被脂肪组织替代,产生废用性肌萎缩,进而影响多裂肌在脊柱失稳时的收缩^[8]。杜志峰等^[9]通过观察腰椎间盘突出症患者 MRI 不同时期多裂肌形态发现腰椎间盘突出症患者中晚期均有不同程度的多裂肌萎缩,且与患病时间呈正相关。刘邦忠等^[10]通过试验证明慢性腰痛患者多裂肌在脊柱突然失衡时收缩延迟,收缩力下降,腰椎稳定性降低,导致腰痛。

3.3 表面肌电图测定在腰椎间盘突出症诊断评价中的应用

表面肌电图(surface electromyography, sEMG)又称动态肌电图,是通过电极引导、记录肌肉表面的神经肌肉系统活动的生物电信号,在一定程度上反应神经肌肉的功能和状态,从而帮助区别病变是神经源性或是肌源性,具有良好的可靠性、特异性、灵敏性,对 LDH 诊断评估中具有重要的临床价值^[11]。表面肌电信号主要包括时域分析和频域分析,时域分析主要涉及 sEMG 信号的振幅、均方根值、积分肌电值,频域分析主要涉及基于 Fourier 变换的肌电功率谱和频谱及其特征参数、平均功率频率和中位频率等,主要反映肌肉收缩情况、疲劳程度^[12]。其中平均肌电振幅在一定程度上反映肌力的大小^[13],在肌肉活动过程中,平均肌电振幅越大说明肌肉活动能力和肌力大小越高,平均肌电振幅越小说明肌肉活动能力和肌力越弱,可能表现为肌肉萎缩。中位频率和平均功率频率反映了肌肉的疲劳度,随着肌肉疲劳的产生,频域分析及中位频值下降。在 LDH 辅助诊断方面,有研究证实 LDH 患者腰部肌肉在运动负荷下会出现患侧腰部肌肉的时域和频域指标改变^[14]。同时有研究表明^[15],疼痛可能影响肌纤维募集及肌肉收缩导致双侧椎旁肌肉出现不均衡收缩和肌电活动失衡,且腰部肌肉的不对称性是腰痛发作的一个重要危险因素,表面肌电图则可以评估静态姿势和动态姿势对腰部肌肉活动的影响,通过观察肌电平均振幅的对称性发现肌力的不平衡。

3.4 单侧 L_{4,5} 腰椎间盘突出症患者患侧腰骶部多裂肌存在退变

本研究采用腰骶部多裂肌等长负荷测试方法记录 sEMG 信号,限于仪器设备,多裂肌表面肌电检测只选取平均肌电振幅时域指标,主要反映肌肉收缩

状态,而不能反映肌肉疲劳情况。本研究结果显示健康志愿者左右两侧多裂肌平均肌电振幅,差异无统计学意义($P>0.05$)。单侧 LDH 患者健侧分别与健康志愿者两侧多裂肌平均肌电振幅比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。单侧 LDH 患者患侧平均肌电振幅较健侧减弱,患侧多裂肌平均肌电振幅小于健康志愿者两侧多裂肌($P<0.05$)。该结果显示慢性期 LDH 患者多裂肌肌电活动失衡,患侧多裂肌的肌力明显下降,间接可以说明慢性期 LDH 患者多裂肌存在萎缩。影像学研究显示^[16-17]慢性腰痛患者多裂肌厚度和横截面积明显降低,多裂肌的脂肪含量明显高于非腰痛人群,慢性腰痛患者的多裂肌存在萎缩,且多裂肌萎缩程度与病程、疼痛及功能障碍相关。多裂肌萎缩的机制通常分为废用和去神经。有研究表明^[18-19],卧床 2 周静养肌蛋白合成会减少 50%,多裂肌横截面积减少,并且安静卧床可以造成骨质丢失。Yaltirik 等^[20]对 LDH 患者的多裂肌进行术中活检发现,在椎间盘突出层面患侧与健侧的多裂肌肌纤维不同,患侧 I 型与 II 型肌纤维均细于正常侧,且 I 型纤维比例升高,但在未受累层面双侧肌纤维无明显差别,证实了由神经根挤压的去神经会导致肌肉纤维的萎缩,从而导致肌肉结构改变。Russo 等^[21]认为多裂肌萎缩多与关节源性肌肉抑制密切相关,它是指骨骺关节疼痛导致神经对运动或稳定关节的肌肉的驱动减弱的一种机制。当发生 LDH 时,由肿胀、炎症、关节松弛和关节受损等因素引起的关节感受器放电变化导致肌电活动减弱,从而多裂肌发生萎缩。总而言之,LDH 患者会出现多裂肌的萎缩导致脊柱失衡从而加重症状引起病症的恶性循环,尽早对多裂肌等核心肌群的功能锻炼可以有助于腰椎间盘突出症的改善。由于表面肌电图信度的大小与运动方式、运动负荷、受试肌的不同等多个因素有关,表面电极的走向、电极之间的位置、电极下皮肤的电阻、皮脂厚度、电极型号,采样过程中导联线及前置放大器的位置等常见的因素,都可影响表面肌电图结果,所以应尽可能地控制人为因素的影响,提高 sEMG 测试的稳定性、准确性,从而最大限度地减小变异。

参考文献

- [1] Dickx N, Cagnie B, Achten E, et al. Differentiation between deep and superficial fibers of the lumbar multifidus by magnetic resonance imaging[J]. *European Spine Journal*, 2010, 19(1): 122-128.
- [2] 唐农轩, 范清宇. 实用骨病学[M]. 北京: 人民军医出版社, 2006: 706-715.
TANG NX, FAN QY. *Practical Osteopathology*[M]. Beijing: People's Military Medical Publishing House, 2006: 706-715. Chinese.
- [3] Boonstra AM, Schiphorst Preuper HR, Balk GA, et al. Cut-off points for mild, moderate, and severe pain on the visual analogue scale for pain in patients with chronic musculoskeletal pain[J]. *Pain*, 2014,

- 155(12):2545-2550.
- [4] Sung PS. Multifidius muscles median frequency before and after spinal stabilization exercises[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2003, 84(9):1313-1318.
- [5] 凯尔 克里斯蒂. 功能解剖:肌与骨骼的解剖、功能及触诊[M]. 天津:天津科技翻译出版社, 2013:295.
Kyle Christie. Functional Anatomy: Musculoskeletal Anatomy, Kinesiology, and Palpation for Manual Therapists [M]. Tianjin: Tianjin Science and Technology Translation Press, 2013: 295. Chinese.
- [6] Freeman MD, Woodham MA, Woodham AW. The role of the lumbar multifidus in chronic low back pain: a review[J]. PM R, 2010, 2(2):142-146.
- [7] Wilke HJ, Wolf S, Claes LE, et al. Stability increase of the lumbar spine with different muscle groups: a biomechanical in vitro study[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1995, 20(2):192-198.
- [8] 吴巍巍, 胡志军, 范顺武, 等. 慢性腰痛对脊旁多裂肌萎缩影响的临床研究[J]. 中国骨伤, 2014, 27(3):207-212.
WU WW, HU ZJ, FAN SW, et al. Clinical study on the effect of chronic low back pain on multifidus muscles atrophy[J]. Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2014, 27(3):207-212. Chinese with abstract in English.
- [9] 杜志峰, 池红景, 李爱华, 等. 腰椎间盘突出症患者不同时期多裂肌形态变化[J]. 临床和实验医学杂志, 2012, 11(8):608-610.
DU ZF, CHI HJ, LI AH, et al. The morphologic changes of multifidus muscle in patients with lumbar disc herniation at different stages[J]. Lin Chuang He Shi Yan Yi Xue Za Zhi, 2012, 11(8):608-610. Chinese.
- [10] 刘邦忠, 李泽兵, 何萍, 等. 慢性腰痛患者在脊柱突然失衡时多裂肌的肌电表现[J]. 中国康复医学杂志, 2003, 18(10):33-35.
LIU BZ, LI ZB, HE P, et al. The emg findings of multifidus muscles in patients with chronic low back pain when the spine suddenly becomes out of balance[J]. Zhongguo Kang Fu Yi Xue Za Zhi, 2003, 18(10):33-35. Chinese.
- [11] 王茜茜. 肌电图检查在腰椎间盘突出症临床诊断中应用价值分析[J]. 现代诊断与治疗, 2017, 28(9):1712-1713.
WANG QQ. Analysis of the value of emg in the clinical diagnosis of lumbar disc herniation[J]. Xian Dai Zhen Duan Yu Zhi Liao, 2017, 28(9):1712-1713. Chinese.
- [12] 王健, 金小刚. 表面肌电信号分析及其应用研究[J]. 中国体育科技, 2000, 36(8):27-29.
WANG J, JIN XG. Surface EMG signal analysis and its application [J]. Zhongguo Ti Yu Ke Ji, 2000, 36(8):27-29. Chinese.
- [13] Arabadzchiev T, Solomonow M, Bing HZ, et al. Power spectra characteristics associated with static reflexive activation of the multifidus muscle in feline models[J]. Euro J Appl Physiol, 2008, 104(5):873-883.
- [14] Balasubramanian V, Jayaraman S. Surface EMG based muscle activity analysis for aerobic cyclist[J]. J Bodyw Mov Ther, 2009, 13(1):34-42.
- [15] 刘斯文, 李华南, 海兴华, 等. 慢性腰痛患者表面肌电图临床特征及数据分析[J]. 中国康复医学杂志, 2017, 32(12):1361-1365.
LIU SW, LI HN, HAI XH, et al. Clinical features and data analysis of surface electromyography in patients with chronic low back pain [J]. Zhongguo Kang Fu Yi Xue Za Zhi, 2017, 32(12):1361-1365. Chinese.
- [16] Hides J, Gilmore C, Stanton W, et al. Multifidus size and symmetry among chronic LBP and healthy asymptomatic subjects[J]. Man Ther, 2008, 13(1):43-49.
- [17] 钊大雄, 王君瑞, 陈绍东, 等. 单侧腰痛患者腰椎多裂肌萎缩相关因素研究[J]. 浙江医学, 2014, 36(10):847-849, 853.
DOU DX, WANG JR, CHEN SD, et al. Study on related factors of lumbar multifidus atrophy in patients with unilateral lumbago[J]. Zhe Jiang Yi Xue, 2014, 36(10):847-849, 853. Chinese.
- [18] 王小燕, 周蓉晖, 刘夫力. 运动对骨骼肌代谢的影响[J]. 现代康复, 2001, 5(1):8-10, 25.
WANG XY, ZHOU RH, LIU FL, et al. Effects of exercise on skeletal muscle metabolism[J]. Xian Dai Kang Fu, 2001, 5(1):8-10, 25. Chinese.
- [19] Hides JA, Belavy DL, Stanton SJ, et al. Magnetic resonance imaging assessment of trunk muscles during prolonged bed rest [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2007, 32(15):1687-1692.
- [20] Yaltirik K, Gudu BO, Isik Y, et al. Volumetric muscle measurements indicate significant muscle degeneration in single-level disc herniation patients[J]. World Neurosurg, 2018, 116:e500-e504.
- [21] Russo M, Deckers K, Eldabe S, et al. Muscle control and non-specific chronic low back pain[J]. Neuromodulation, 2018, 21(1):1-9.

(收稿日期:2019-06-11 本文编辑:王宏)