

文章编号: 1004-7220(2022)04-0713-07

# 腰椎间盘突出症患者坐立时的运动学特征分析

周鑫<sup>1,2</sup>, 朱清广<sup>1,2</sup>, 孔令军<sup>1,2</sup>, 宋朋飞<sup>1</sup>, 吴志伟<sup>1,2</sup>, 张帅攀<sup>3</sup>, 曹奔<sup>1</sup>,  
孙武权<sup>1</sup>, 程艳彬<sup>1,2</sup>, 房敏<sup>1,2,4</sup>

(1. 上海中医药大学附属岳阳中西医结合医院 推拿科, 上海 200437; 2. 上海市中医药研究院 推拿研究所, 上海 200437;  
3. 上海中医药大学 针灸推拿学院, 上海 201203; 4. 上海中医药大学附属曙光医院, 上海 201203)

**摘要:**目的 研究腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)患者在坐-立-坐任务中腰部和臀部的运动学与关节协调性变化。**方法** 应用Vicon三维运动捕捉系统采集20例健康对照与20例LDH受试者的运动学数据,通过统计参数映射(statistical parametric mapping, SPM)比较两组在坐立任务中腰椎与髋关节的运动模式差异。**结果** 在坐立任务中,LDH受试者腰椎屈伸活动度与髋关节外展角度明显受限,髋关节屈曲角度增加;SPM分析显示,两组在从坐到立的起始阶段(10%~13%),腰椎屈曲角度存在统计学差异,LDH受试者屈曲角度明显减少,而2%~14%阶段LDH受试者髋关节屈曲角度明显增加;在从坐到坐阶段(65%~68%),LDH受试者则表现为髋关节外展角度增加。**结论** LDH受试者在坐立过程中腰椎屈曲及髋关节外展功能受限,需代偿以髋关节屈曲活动增加来完成功能任务。在临床评估中,应重点关注脊柱与臀部的运动功能改变。

**关键词:** 腰椎间盘突出症; 脊柱; 髋关节; 统计参数映射; 运动学

**中图分类号:** R 318.01 **文献标志码:** A

**DOI:** 10.16156/j.1004-7220.2022.04.021

## Analysis on Kinematic Characteristics of Patients with Lumbar Disc Herniation During Sitting and Standing

ZHOU Xin<sup>1,2</sup>, ZHU Qingguang<sup>1,2</sup>, KONG Lingjun<sup>1,2</sup>, SONG Pengfei<sup>1</sup>, WU Zhiwei<sup>1,2</sup>,  
ZHANG Shuaipan<sup>3</sup>, CAO Ben<sup>1</sup>, SUN Wuquan<sup>1</sup>, CHENG Yanbin<sup>1,2</sup>, FANG Min<sup>1,2,4</sup>

(1. Tuina Department, Yueyang Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200437, China; 2. Institute of Tuina, Shanghai Institute of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200437, China; 3. School of Acupuncture and Tuina, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China; 4. Shuguang Hospital Affiliated to Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China)

**Abstract: Objective** To study changes in kinematics and joint coordination of the waist and hips during sit-to-stand and stand-to-sit tasks in patients with lumbar disc herniation (LDH). **Methods** The Vicon 3D motion capture system was used to collect the kinematics data from 20 healthy controls and 20 LDH subjects, and differences in movement patterns of the lumbar spine and hip joints during sitting and standing tasks were compared between two groups through statistical parametric mapping (SPM). **Results** During sit-to-stand task,

收稿日期:2021-08-23; 修回日期:2021-08-29

基金项目:国家自然科学基金项目(82030121,81973973,81874512),国家重点研发计划项目(2018YFC1707800),顶尖优势创新团队(A2-C18205010113)

通信作者:房敏,教授,主任医师,E-mail:fm-tn0510@shutcm.edu.cn

the lumbar spine flexion and extension range and hip joint abduction angle of LDH subjects were significantly limited, and the hip flexion angle increased. SPM analysis showed that for both groups at initial stage of sit-to-stand (10%-13%), there was a statistically significant difference in flexion angle of the lumbar spine, and lumbar flexion angle of LDH subjects was significantly reduced, while hip flexion angle at 2%-14% phase was significantly increased. During stand-to-sit phase (65%-68%), LDH subjects showed increased hip abduction angle.

**Conclusions** LDH subjects have limited lumbar flexion and hip abduction functions during sitting and standing, and they need to be compensated with increased hip flexion activities to complete functional tasks. In clinical evaluation, changes in motor function of the spine and hips should be focused on.

**Key words:** lumbar disc herniation (LDH); lumbar spine; hip joint; statistical parametric mapping (SPM); kinematics

腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)作为临床常见病之一,已成为世界范围内的一项重要公共健康问题,其脊髓活动功能受损导致的功能障碍问题,严重影响患者的生活质量<sup>[1-3]</sup>。LDH引起的疼痛不仅会使患者静态姿势改变,更会影响动态任务(例如坐立)的表现<sup>[4]</sup>。其中,坐立运动作为日常生活中的常见活动,是很重要的功能任务,且与LDH症状的恶化有关。因此,有必要对LDH患者进行坐立任务研究<sup>[4-5]</sup>。

许多研究都旨在观察腰痛患者从坐到站运动过程中生物力学方面的适应性改变。Claeys等<sup>[4]</sup>研究发现,患有腰痛的受试者需要更多时间来执行从坐到站的运动任务,而且会表现出骨盆前倾姿势的延迟。Shum等<sup>[5]</sup>研究表明,腰痛患者表现出腰椎和髋关节的运动速度和范围降低,腰椎相对于髋关节的运动贡献下降,这些区域之间的运动协调性显著改变。另一方面,Crosbie等<sup>[6]</sup>研究发现,腰痛患者并不表现出躯干活动度(range of motion, ROM)受限,而是腰部区域活动延迟,下胸椎段ROM减少和髋关节ROM增加。

由此可见,从坐姿到站立的一些运动学特征在文献中仍然呈现出不同结果,这阻碍了对LDH患者功能运动机制的真正理解,无法正确指导临床诊疗。且以往研究局限在比较离散参数,如ROM和所分析任务周期特定瞬间的值等,没有考虑整个测量域,忽略了任务沿着时间维度的差异。本文对LDH患者和无腰腿痛健康受试者坐立过程中不同的关节运动学特征进行对比,并且将分析扩展到给定运动任务的整个时间序列,提高对姿势控制策略的理解,以及不同人群如何使用不同自由度来实现相同的功能任务,从而为临床精

准评估和治疗LDH提供生物力学基础理论依据。

## 1 研究对象

于上海中医药大学附属岳阳中西医结合医院筛选出符合临床试验标准的20例LDH患者和20例健康对照受试者,所有受试者入组前签署知情同意书。上海中医药大学附属岳阳中西医结合医院伦理委员会批准本项研究。

### 1.1 健康对照受试者纳入标准

① 年龄18~55岁,性别不限;② 半年内无腰腿痛、无神经肌肉病变;③ 腰椎影像无突出、椎间隙狭窄、无许莫氏结节及腰椎旋转侧弯;④ 腰椎无峡部裂、隐裂;⑤ 测试前24h无剧烈运动;⑥ 自愿参加本研究并签署知情同意书。

### 1.2 LDH患者纳入标准

① 年龄18~55岁,性别不限;② 有反复的腰腿部疼痛病史,病程超过3个月;③ 有4种神经体征中(肌肉萎缩、运动无力、感觉减退和反射减弱)的两种征象;④ 磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)显示L4~5、L5~S1突出;⑤ 自愿参加本研究并签署知情同意书。

### 1.3 排除标准

具有下列情况之一,不能纳入本试验:① 既往严重脊柱创伤史;② 影像学所见有脊柱骨质肿瘤、结核、骨质疏松等患者;③ 合并心血管、脑血管、造血、消化系统等严重疾病或精神病患者;④ 有其他自身免疫性疾病、变态反应性疾病和急、慢性感染者;⑤ 妊娠期妇女;⑥ 不宜进行核磁共振检查者,如带有心脏起搏器、神经刺激器、体内有金属异物(金属植入物、避孕环)、胰岛素泵等;⑦ 近3个月内参加其他临床试验者。

## 2 实验方法

### 2.1 仪器设备

应用红外高速运动捕捉系统(Oxford Metrics 公司,英国)进行数据采集。主要硬件包括:1台 Vicon Vue 高速同步摄像机,可将清晰的视频图像合并到运动捕捉中,同步校准以获得更精细的运动细节;15台 Vicon Vero 2.2 红外超宽幅摄像机,以捕捉反射的标记点,该相机拥有 220 万像素( $2\ 048 \times 1\ 088$ ),最高采样频率可达 330 Hz,本实验选用的采样频率为 100 Hz;配件红外反光标记点(19 mm)。实验在国家中医药管理局推拿生物力学三级实验室进行,实验场地空间设置见图 1。

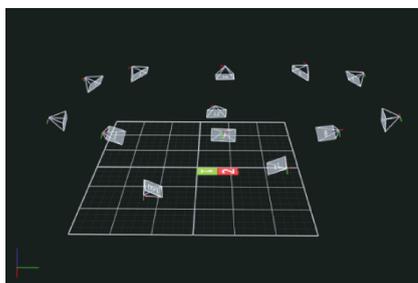


图 1 实验室空间架设

Fig. 1 Laboratory space setup

### 2.2 模型贴点

选择 Vicon Nexus 运动捕捉系统的 Plug-in Gait 模型进行相应体表位置的贴点,主要包括胸骨柄的颈静脉切迹、剑突、第 7 颈椎(C7)棘突、第 10 胸椎棘突、双侧髂前、髂后上棘、股骨大转子与股骨外上髁连线中点、股骨外上髁等。具体标记点粘贴位置见图 2。



图 2 Plug-in Gait 模型标记位置

Fig. 2 Anatomical placement of Plug-in-Gait markers

### 2.3 实验步骤

在系统校准以及受试者基本参数(身高、体重、腿长等)采集和标志点贴点完成后,首先进行静态站立位的数据采集,以完成坐标标定与模型创建。然后,在动态任务测试前,让受试者热身并熟悉测试环境。研究发现,使用上肢和初始脚摆放位置不同均会显著影响运动学、动力学变量以及运动策略<sup>[7-8]</sup>。为了确保活动尽可能自然,未对坐着站起和站着坐下的过程设置限制,但不允许受试者用双手向上推,并且脚必须待在地板上。受试者需要坐在既没有扶手也没有靠背的凳子上,双腿处于垂直位置,以直立的姿势向前看,两臂自然垂于身旁。测试过程中,受试者被要求以自己舒适的速度从坐姿到站立位,达到站立位后需要保持一个舒适的直立姿势 3 s,再以自己舒适的速度坐回凳子上,重复 3 次。在测试过程中,全由受试者自主完成,不纠正任何偏差或身体动作(见图 3)。



图 3 坐-立-坐动作采集

Fig. 3 Collection of sitting-standing-sitting movement

## 3 数据处理

使用 Nexus 软件进行数据预处理。首先,执行静态建模,将计算出的对象测量结果输出到对象测量文件中,即在内部计算新值以使模型能够运行。然后,对动态采集的数据进行处理,包括重建、标记、间隙填充和标记轨迹过滤。其中,标记轨迹的过滤由 Woltring 的通用交叉验证 5 次平滑样条(预测均方误差为 15 mm)实现<sup>[9]</sup>。再进行 Plug-in Gait 模型分析计算得出相应的关节角度等信息,并使用定制的 Matlab 例程对数据进一步处理。使用样条插值法,将所有的运动学和动力学数据归一化为 1 个由 100 个数据点组成的完整任务周期。坐立任务的起止则基于 C7 标记物的垂直轴位移进行定

义,可分为从坐到站再从站回到坐两个阶段,约占整个周期的前 50% 与后 50%<sup>[10]</sup>。

运动学变量为脊柱(腰部)和髋关节在矢状面的屈伸以及冠状面的内收外展 ROM,该变量通过运动过程中关节角度的变化来计算。其中,髋关节屈伸指大腿矢状轴围绕穿过髋关节中心的骨盆横轴与矢状骨盆轴线之间的角度,正值代表髋关节屈曲。髋关节内收外展在髋关节冠状轴和膝关节中心的平面内测量,该角度通过股骨长轴和投影到该平面的骨盆横轴进行计算,正值对应内收。脊柱屈伸则是胸矢状轴与骨盆矢状轴围绕固定骨盆横轴的夹角,正值对应向前屈曲状态。

## 4 统计分析

### 4.1 统计参数映射

本文采用统计参数映射(statistical parametric mapping, SPM)方法比较健康对照组和 LDH 组组间的整个时间序列,髋关节为 LDH 受试者患侧与无腰痛受试者优势侧对比。

使用自定义 Matlab 代码(MathWorks 公司,美国)进行 SPM 分析,以实现来自开源 spm1d 软件包(www.spm1d.org)的功能。在进行推理过程前,使用内置函数“spm1d.stats.normality.ttest”进行数据正态性评估。根据数据正态性,采用参数或非参数的 Hotelling's T2 检验比较脊柱、髋关节的时变关节运动学矢量( $\alpha=0.05$ )。SPM 69Hotelling's T2 的检验属于矢量场,等效于两样本的  $t$  检验<sup>[11]</sup>,即在每个单独的时间点分别计算标量输出的统计信息 SPM{T2} 或 SnPM{T2} (非参数版本)。为了检验组间无差异的原假设,只有计算出的平滑随机曲线超过设置的  $\alpha%$  (5%) 临界阈值才能拒绝假设。如果观察到显著差异,则将三维时变联合的关节运动学矢量分解为它们的矢量分量(如矢状面、冠状面、水平面的角度),进行后续分析。具体而言,分别对矢状面、冠状面角度进行参数或非参数的双侧独立样本  $t$  检验(SPM{t} 或 SnPM{t}),当 SPM 曲线(SPM{T2} 或 SnPM{T2}; SPM{t} 或 SnPM{t}) 在任意时间节点上跨越临界阈值,就会发生统计显著性。由于相邻点的相互依赖性,曲线上的多个相邻点也往往超过临界阈值,被称为“超阈值聚类”。沿着 SPM 曲线确定超阈值簇,并使用随机场理论计算

相关  $P$  值。对于所有非参数 SPM 检验,迭代次数设置为 10 000 次<sup>[12]</sup>。

### 4.2 常规统计

采用独立样本  $t$  检验或 Mann-Whitney  $U$  检验( $\alpha=0.05$ )比较受试者的计量资料,包括人口学特征(年龄、身体质量指数)和主要观察指标等。使用  $Q-Q$  图和 Shapiro-Wilk 检验验证数据的正态性。采用卡方检验、Fisher 精确检验比较计数资料(男女比例)。所有的统计分析均使用 SPSS 21.0 进行,双侧  $P<0.05$  表示差异有统计学意义。

## 5 研究结果

### 5.1 一般情况

选取符合临床试验标准的 40 例受试者,对照组与 LDH 组各 20 例,入组时签署知情同意书,两组在人口学特征上基线可比( $P>0.05$ ),具体信息见表 1。

表 1 受试者一般情况

Tab. 1 General information of the subjects

| 组别    | 男     | 女 | 年龄/岁             | BMI/( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) |
|-------|-------|---|------------------|---------------------------------------|
| 对照组   | 14    | 6 | 31.33 $\pm$ 7.21 | 23.38 $\pm$ 2.31                      |
| LDH 组 | 13    | 7 | 33.40 $\pm$ 5.93 | 24.42 $\pm$ 2.97                      |
| $P$   | 0.736 |   | 0.233            | 0.284                                 |

### 5.2 脊柱 ROM 变化

从坐姿到站立以及站立回到坐姿阶段,LDH 组脊柱屈曲最大角度及在矢状面活动 ROM 与对照组相比都有统计学差异,而伸展与侧屈最大角度则差异无统计学意义(见表 2)。SPM 分析显示,两组在从坐到立起始阶段(10%~13%)的脊柱屈曲角度存在统计学差异( $P=0.044$ ),对照组相较 LDH 组的屈曲角度更大(见图 4)。

### 5.3 髋关节 ROM 对比

从坐姿到站立以及站立到坐姿阶段,LDH 组髋关节最大屈曲、伸展角及 ROM 与对照组相比都有统计学差异。在冠状面活动中,从坐到立阶段髋关节最大内收角、ROM,以及从立到坐阶段髋关节最大内收角存在统计学差异,最大外展角则差异无统计学意义(见表 3)。SPM 分析显示,两组在从坐到立起始阶段(2%~14%)髋关节屈曲角度存在统计学差异( $P=0.011$ ),LDH 组屈曲角度更大;在从立到坐阶段(65%~68%),LDH 组髋关节外展角度较对照组小,存在统计学差异( $P=0.048$ ),见图 5。

表2 不同阶段两组脊柱角度对比(\* $P < 0.05$ )

Tab.2 Comparison of spine angles between two groups during different phases

单位:(°)

| 组别   | 从坐到立阶段      |             |             |            |            |           | 从立到坐阶段      |             |              |            |            |           |
|------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|-----------|-------------|-------------|--------------|------------|------------|-----------|
|      | 矢状面(屈曲-伸展)  |             |             | 冠状面(内收-外展) |            |           | 矢状面(屈曲-伸展)  |             |              | 冠状面(内收-外展) |            |           |
|      | 最大          | 最小          | ROM         | 最大         | 最小         | ROM       | 最大          | 最小          | ROM          | 最大         | 最小         | ROM       |
| LDH组 | 11.30±4.17  | -11.28±5.39 | 22.58±4.78  | 1.26±2.53  | -1.42±1.90 | 2.68±1.02 | 11.51±3.04  | -10.81±5.66 | 22.32±4.12   | 1.81±2.56  | -1.93±1.69 | 3.75±1.52 |
| 对照组  | 20.38±7.07* | -13.04±5.60 | 33.42±8.56* | 2.14±1.16  | -1.28±1.79 | 3.43±1.43 | 20.86±8.91* | -12.62±5.56 | 33.48±10.21* | 2.02±1.26  | -1.26±1.90 | 3.28±1.64 |

注:正值对应脊柱的屈曲或右侧屈,负值对应脊柱的背伸或左侧屈。

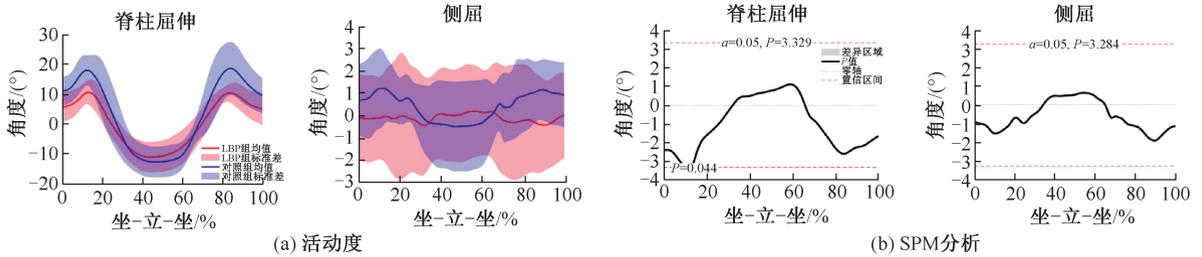


图4 不同阶段两组脊柱活动度对比

Fig.4 Comparison of spine mobility between two groups during different phases (a) Range of motion, (b) SPM analysis

注:SPM分析图中红色虚线代表置信区间,超阈值聚类的灰色区域显示为两组存在统计性差异的时间段与P值。

表3 不同阶段两组髋关节角度对比(\* $P < 0.05$ )

Tab.3 Comparison of hip joint angles between two groups during different phases

单位:(°)

| 组别   | 从坐到立阶段       |             |              |             |             |            | 从立到坐阶段     |              |              |             |             |           |
|------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|------------|------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-----------|
|      | 矢状面(屈曲-伸展)   |             |              | 冠状面(内收-外展)  |             |            | 矢状面(屈曲-伸展) |              |              | 冠状面(内收-外展)  |             |           |
|      | 最大           | 最小          | ROM          | 最大          | 最小          | ROM        | 最大         | 最小           | ROM          | 最大          | 最小          | ROM       |
| LDH组 | 85.17±7.79   | -0.49±7.61  | 85.67±8.27   | 0.98±4.60   | -8.95±7.52  | 9.93±5.06  | 85.19±7.30 | 0.62±7.56    | 84.57±7.25   | 1.03±4.52   | -8.44±7.16  | 9.47±4.53 |
| 对照组  | 72.54±15.12* | 7.48±12.10* | 65.06±18.90* | -3.99±4.54* | -10.52±6.64 | 6.53±3.75* | 82.02±7.90 | 10.07±12.73* | 71.95±15.56* | -4.17±4.90* | -11.44±7.55 | 7.27±4.40 |

注:正值对应髋关节的屈曲或内收,负值对应髋关节的伸展或外展。

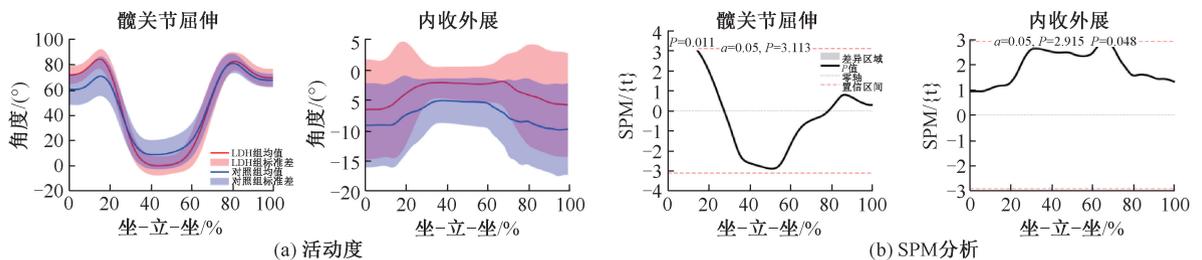


图5 不同阶段两组髋关节活动度对比

Fig.5 Comparison of hip joint mobility between two groups during different phases (a) Range of motion, (b) SPM analysis

注:SPM分析图中红色虚线代表置信区间,超阈值聚类的灰色区域显示为两组存在统计性差异的时间段与P值。

## 6 讨论

研究显示,LDH受试者在从坐到立初始阶段腰部屈曲ROM明显受限,相应的髋关节屈曲角度则增加,回到坐位时腰部最大屈曲角相较于健康受试者而言也明显降低,髋关节屈曲角度则无显著差异,但是髋关节外展角度明显减少。这种脊柱活动受限的性质显然与病理有关<sup>[13-14]</sup>;并且与髋关节运

动之间的关系也发生改变,与以往的研究结果一致<sup>[5,15]</sup>。这种运动学变化可能是减轻疼痛或保护受伤组织的代偿反应,疼痛会导致持续增加的肌肉激活(肌肉痉挛),从而限制运动范围,阻止受伤结构的过度运动<sup>[16-17]</sup>。

通过时相分析发现,在最开始的坐起过程中,腰部与臀部的联合协调有显著变化,并且在站立过程中,LDH受试者髋关节相对存在伸展趋势,最小

屈曲角明显下降。本文推测,这种差异是由于不同的肌肉激活模式以及拮抗肌和激动肌之间施加的肌肉力矩存在不同比例导致<sup>[16-17]</sup>。而在坐下阶段中,LDH 受试者腰部依然存在屈曲受限,但髋关节屈曲角度与健康受试者相比无显著性差异,外展角度则明显减少,推测与髋关节外展肌受 LDH 影响导致相应功能下降有关。研究表明,有腰痛的患者更容易表现出髋关节外展肌力量下降,髋关节外展力输出减少和肌肉募集改变<sup>[18-20]</sup>。本文认为,与健康受试者相比,LDH 患者在坐-立-坐过程中表现出不同的运动模式,相应的肌肉活动模式也会发生改变,这种改变可能与腰椎间盘突出引起的疼痛与功能障碍有关。

总体来说,LDH 受试者在坐起过程中腰部活动受限,需要调动更多的髋关节活动来完成任务,而坐下时 LDH 受试者骨盆稳定功能受到影响,髋关节外展能力明显下降。因此,坐立运动作为日常生活中必不可少的功能活动,临床上对 LDH 患者的治疗不仅应包括恢复主要运动学变量的策略,还应包括恢复关节间运动协调的策略。这些策略包括缓解疼痛的药物和物理疗法,以及恢复肌肉激活模式和伸展紧绷组织的锻炼计划等。希望本研究能够帮助临床医生更好评估 LDH 患者的功能障碍,并设计精准的治疗方案来改善患者的运动异常和运动协调。

本文仅从坐立运动进行分析,进一步研究还可涉及其他的日常活动。并且从结果可以看出,髋关节外展内收角度的个体差异性相对较大,这可能与男女性坐姿差别有关。未来研究可将性别因素进行考虑,同时对关节力矩以及相应的肌肉激活情况进行验证。

## 7 结论

本文通过对 LDH 患者坐立测试的运动学分析发现,LDH 受试者腰部的屈伸 ROM 明显受限,屈曲角度显著减少,需代偿以髋关节屈曲角度增加来完成,并且髋关节外展角度也明显受限。研究结果提示,临床针对 LDH 患者的评估诊疗中除腰部功能外,还需重点关注臀部(骨盆-髋关节复合体)的功能变化。

## 参考文献:

- [ 1 ] GBD 2016 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990-2016: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016 [ J ]. *Lancet*, 2017, 390(10100): 1211-1259.
- [ 2 ] DEYO RA, MIRZA SK. Clinical practice. Herniated lumbar intervertebral disk [ J ]. *N Engl J Med*, 2016, 374(18): 1763-1772.
- [ 3 ] COX ME, ASSELIN S, GRACOVETSKY SA, *et al.* Relationship between functional evaluation measures and self-assessment in nonacute low back pain [ J ]. *Spine*, 2000, 25(14): 1817-1826.
- [ 4 ] CLAEYS K, DANKAERTS W, JANSSENS L, *et al.* Altered preparatory pelvic control during the sit-to-stance-to-sit movement in people with non-specific low back pain [ J ]. *J Electromyogr Kinesiol*, 2012, 22(6): 821-828.
- [ 5 ] SHUM GL, CROSBIE J, LEE RY. Effect of low back pain on the kinematics and joint coordination of the lumbar spine and hip during sit-to-stand and stand-to-sit [ J ]. *Spine*, 2005, 30(17): 1998-2004.
- [ 6 ] CROSBIE J, NASCIMENTO DP, FILHO R, *et al.* Do people with recurrent back pain constrain spinal motion during seated horizontal and downward reaching? [ J ] *Clin Biomech*, 2013, 28(8): 866-872.
- [ 7 ] CARR J, GENTILE A. The effect of arm movement on the biomechanics of standing up [ J ]. *Hum Mov Sci*, 1994, 13(2): 175-193.
- [ 8 ] KHEMLANI M, CARR J, CROSBIE J. Muscle synergies and joint linkages in sit to stand under two initial foot positions [ J ]. *Clin Biomech*, 1999, 14(4): 236-246.
- [ 9 ] WOLTRING HJ. A Fortran package for generalized, cross-validated spline smoothing and differentiation [ J ], *Adv Eng Soft*, 1986, 8(2): 104-113.
- [ 10 ] PAPI E, BULL MJ, MCGREGOR AH. Spinal segments do not move together predictably during daily activities [ J ]. *Gait Posture*, 2019, 67(1): 277-283.
- [ 11 ] CAO J, WORSLEY KJ. The detection of local shape changes via the geometry of Hotelling's T<sup>2</sup> fields [ J ]. *Ann Stat*, 1999, 27(3): 925-942.
- [ 12 ] PATAKY TC, VANRENTERGHEM J, ROBINSON MA, *et al.* Zero-vs. one-dimensional, parametric vs. non-parametric, and confidence interval vs. hypothesis testing procedures in one-dimensional biomechanical trajectory analysis [ J ]. *J Biomech*, 2015, 48(7): 1277-1285.
- [ 13 ] PEYDRO MF, LÓPEZ J, CORTÉS A, *et al.* Kinetic and kinematic analysis of the 'getting up from a chair' movement in patients with low back pain [ J ]. *Rehabilitación*, 2011, 45(2): 99-105.
- [ 14 ] SANCHEZ-ZURIAGA D, LOPEZ-PASCUAL J, GARRIDO-

- JAEN D, *et al.* Reliability and validity of a new objective tool for low back pain functional assessment [J]. *Spine*, 2011, 36(16): 1279-1288.
- [15] PAQUET N, MALOUIN F, RICHARDS CL. Hip-spine movement interaction and muscle activation patterns during sagittal trunk movements in low back pain patients [J]. *Spine*, 1994, 19(5): 596-603.
- [16] DIEËN JH, CHOLEWICKI J, RADEBOLD A. Trunk muscle recruitment patterns in patients with low back pain enhance the stability of the lumbar spine [J]. *Spine*, 2003, 28(8): 834-841.
- [17] LUND JP, DONGA R, WIDMER CG, *et al.* The pain-adaptation model: A discussion of the relationship between chronic musculoskeletal pain and motor activity [J]. *Can J Physiol Pharmacol*, 1991, 69(5): 683-694.
- [18] ARAB AM, NOURBAKHSH MR. The relationship between hip abductor muscle strength and iliotibial band tightness in individuals with low back pain [J]. *Chiropr Osteopat*, 2010, 18(1): 1-5.
- [19] KENDALL K, SCHMIDT C, FERBER R. The relationship between hip-abductor strength and the magnitude of pelvic drop in patients with low back pain [J]. *J Sport Rehabil*, 2010, 19(4): 422-435.
- [20] NELSON-WONG E, POUPORE K, INGVALSON S, *et al.* Neuromuscular strategies for lumbopelvic control during frontal and sagittal plane movement challenges differ between people with and without low back pain [J]. *J Electromyogr Kinesiol*, 2013, 23(6): 1317-1324.

· 致读者 ·

## 关于论著文稿中中、英文摘要的书写要求

文摘是以提供文献内容梗概为目的,不加评价和解释,简明确切地记述文献重要内容的短文。摘要应具有自明性和独立性,并拥有与一次文献同等量的主要信息。即不阅读全文就能获得必要的信息。它的详简程度取决于文献的内容,通常中文文摘以不超过 400 字为宜。应以第 3 人称的语气书写。不要使用“本人”、“作者”、“我们”等作为陈述的主语。

摘要的内容应包括 4 个要素,即目的、方法、结果、结论。(1)目的:指研究的前提和缘起,即为什么要作此项研究,可以有简单的背景材料。(2)方法:指研究所用的原理、对象、观察和实验的具体方法等。(3)结果:指研究的结果、效果、数据等,着重反映创新性的、切实可行的成果,包括本组研究中的重要数据。(4)结论:指对结果进行综合分析,逻辑推理得出的判断。有的可指出实用价值和推广价值;如有特殊例外的发现或难以解决的问题,可以提出留待今后深入探讨。英文摘要的内容与中文摘要的内容要求大体一致。

英文摘要要求做到语法正确,用词准确,与中文摘要对应,方法、结果可略详于中文摘要。

本刊编辑部