

· 临床研究 ·

# 腰椎间盘突出症患者步态周期中的脊柱-骨盆参数变化及其与腰腿疼痛的相关性分析

张楚阔<sup>1</sup>, 王兆瀚<sup>1</sup>, 薛原<sup>2</sup>, 刘轩汇<sup>2</sup>, 刘昊明<sup>2</sup>, 张雪丽<sup>3</sup>, 宋凯<sup>1</sup>, 吴兵<sup>1</sup>, 王征<sup>1</sup>

(1. 中国人民解放军总医院第四医学中心, 北京 100048;

2. 南开大学医学院, 天津 300071;

3. 中国人民解放军总医院第一医学中心, 北京 100853)

**摘要** 目的: 分析腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)患者步态周期中的脊柱-骨盆参数变化及其与腰腿疼痛的相关性。方法: 纳入 14 例 LDH 患者(LDH 组)和 17 例健康人(健康对照组)。在运动捕捉场地采用光学运动捕捉系统记录 2 组受试者的行走过程, 采用特定的算法处理数据, 绘制步态周期中脊柱-骨盆参数变化趋势图, 提取并比较 2 组受试者步态周期中冠状面平衡距离、矢状面轴向距离、胸椎后凸角、腰椎前凸角、骨盆倾斜角、骨盆入射角的均值(步态周期中某项指标的所有数据之和与数据数量的比值)和范围(步态周期中某项指标的数据最大值与最小值的差)。采用 Pearson 相关分析, 分析 LDH 患者步态周期中的脊柱-骨盆参数与腰部疼痛视觉模拟量表(visual analogue scale, VAS)评分、腿部疼痛 VAS 评分的相关性。结果: ①步态周期中脊柱-骨盆参数变化分析结果。步态周期中, 冠状面平衡距离呈现周期性增减, 矢状面轴向距离、胸椎后凸角、腰椎前凸角、骨盆倾斜角呈余弦曲线, 骨盆入射角保持基本不变; 步态周期中, LDH 组冠状面平衡距离、腰椎前凸角的均值均小于健康对照组[(0.0, 23.9)mm, (2.0, 1.8)mm,  $Z = -2.024, P = 0.043$ ; (37.1°, 19.2°), (42.1°, 15.6°),  $Z = -1.945, P = 0.043$ ], 矢状面轴向距离、骨盆倾斜角的均值均大于健康对照组[(35.4, 30.0)mm, (13.0, 28.1)mm,  $Z = -2.898, P = 0.004$ ; (18.6°, 12.5°), (9.2°, 13.4°),  $Z = -2.104, P = 0.035$ ], 2 组胸椎后凸角、骨盆入射角的均值的差异均无统计学意义[(10.1°, 11.3°), (12.8°, 8.7°),  $Z = -0.913, P = 0.361$ ; (44.1°, 14.8°), (49.4°, 7.9°),  $Z = -1.429, P = 0.153$ ]; 步态周期中, LDH 组矢状面轴向距离、骨盆倾斜角的范围均大于健康对照组[(29.7, 15.6)mm, (15.8, 2.1)mm,  $Z = -2.898, P = 0.004$ ; (5.3°, 0.7°), (3.3°, 1.3°),  $Z = -3.971, P = 0.000$ ], 胸椎后凸角、腰椎前凸角的范围均小于健康对照组[(4.5°, 0.9°), (5.3°, 1.1°),  $Z = -2.541, P = 0.011$ ; (7.4°, 2.0°), (11.3°, 1.1°),  $Z = -4.010, P = 0.000$ ], 2 组冠状面平衡距离、骨盆入射角的范围的差异无统计学意义[(37.5, 17.0)mm, (34.8, 5.2)mm,  $Z = -0.595, P = 0.552$ ; (0.6°, 0.1°), (0.6°, 0.1°),  $Z = -1.155, P = 0.262$ ]。②LDH 患者步态周期中的脊柱-骨盆参数与腰腿疼痛的相关性分析结果。LDH 患者步态周期中腰椎前凸角范围与腰部疼痛 VAS 评分呈负相关( $r = -0.880, P = 0.000$ ), 胸椎后凸角范围、骨盆倾斜角范围与腰部疼痛 VAS 评分呈正相关( $r = 0.766, P = 0.001$ ;  $r = 0.833, P = 0.000$ ), 矢状面轴向距离均值、冠状面平衡距离范围与腿部疼痛 VAS 评分呈正相关( $r = 0.653, P = 0.011$ ;  $r = 0.752, P = 0.002$ ), 其他脊柱-骨盆参数的均值和范围与腰部疼痛 VAS 评分、腿部疼痛 VAS 评分均无相关性。结论: LDH 患者步态周期中冠状面平衡距离、矢状面轴向距离、腰椎前凸角、胸椎后凸角、骨盆倾斜角等脊柱-骨盆参数与健康人存在显著差异, 且腰椎前凸角范围、胸椎后凸角范围、骨盆倾斜角范围与腰部疼痛程度相关, 矢状面轴向距离均值和冠状面平衡距离范围与腿部疼痛程度相关。

**关键词** 椎间盘移位; 步态; 脊柱; 骨盆; 三维运动; 参数; 动态捕捉技术; 疼痛; 数据相关性

## Changes of spino-pelvic parameters during a gait cycle in patients with lumbar disc herniation and their correlations with lumbago-leg pain

ZHANG Chuyue<sup>1</sup>, WANG Zhaohan<sup>1</sup>, XUE Yuan<sup>2</sup>, LIU Xuanhui<sup>2</sup>, LIU Haoming<sup>2</sup>, ZHANG Xueli<sup>3</sup>, SONG Kai<sup>1</sup>, WU Bing<sup>1</sup>, WANG Zheng<sup>1</sup>

1. The Fourth Medical Center of Chinese PLA General Hospital, Beijing 100048, China

2. School of Medicine of Nankai University, Tianjin 300071, China

3. The First Medical Center of Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China

基金项目: 北京市自然科学基金-海淀原始创新联合基金资助项目(I212049)

通讯作者: 王征 E-mail: wangzheng301@163.com

**ABSTRACT Objective:** To analyze the changes of spino-pelvic parameters (SPPs) during a gait cycle in patients with lumbar disc herniation (LDH), and to explore their correlations with lumbago-leg pain. **Methods:** Fourteen LDH patients (LDH group), and 17 healthy individuals (healthy control group) were enrolled in the study. The walking processes of the subjects in the 2 groups were recorded by optical motion capture system (OMCS) in the motion capture experimental site. The collected data was processed by using specific algorithms, and the curve charts of changing trend of SPPs throughout the gait cycle was plotted. After that, the mean values (the ratio of the sum of the values to the number of values of a index) and ranges (the difference between the maximum and minimum values of a index) of coronal balance distance (CBD), sagittal vertical axis (SVA) distance, thoracic kyphosis (TK), lumbar lordosis (LL), pelvic tilt (PT), and pelvic incidence (PI) during the gait cycle were extracted and compared between the 2 groups. Furthermore, the correlations between the SPPs in the gait cycle and the visual analogue scale (VAS) scores of low back pain and leg pain in LDH patients were analyzed by using Pearson correlation analysis. **Results:** ① During the gait cycle, the CBD presented a periodic increase or decrease trend, the SVA distance, TK, LL, and PT exhibited a trend manifesting as cosine curve, while the PI remained essentially unchanged. During the gait cycle, the mean values of CBD and LL were smaller, while the mean values of SVA distance and PT were greater in LDH group compared to healthy control group ((0.0, 23.9) vs (2.0, 1.8) mm,  $Z = -2.024$ ,  $P = 0.043$ ; (37.1, 19.2) vs (42.1, 15.6) degrees,  $Z = -1.945$ ,  $P = 0.043$ ; (35.4, 30.0) vs (13.0, 28.1) mm,  $Z = -2.898$ ,  $P = 0.004$ ; (18.6, 12.5) vs (9.2, 13.4) degrees,  $Z = -2.104$ ,  $P = 0.035$ ), and the comparison of the mean values of TK and PI revealed no significant differences between the 2 group ((10.1, 11.3) vs (12.8, 8.7) degrees,  $Z = -0.913$ ,  $P = 0.361$ ; (44.1, 14.8) vs (49.4, 7.9) degrees,  $Z = -1.429$ ,  $P = 0.153$ ). During the gait cycle, the ranges of SVA distance and PT were greater, while the ranges of TK and LL were smaller in LDH group compared to healthy control group ((29.7, 15.6) vs (15.8, 2.1) mm,  $Z = -2.898$ ,  $P = 0.004$ ; (5.3, 0.7) vs (3.3, 1.3) degrees,  $Z = -3.971$ ,  $P = 0.000$ ; (4.5, 0.9) vs (5.3, 1.1) degrees,  $Z = -2.541$ ,  $P = 0.011$ ; (7.4, 2.0) vs (11.3, 1.1) degrees,  $Z = -4.010$ ,  $P = 0.000$ ), and the comparison of the ranges of CBD and PI revealed no significant differences between the 2 group ((37.5, 17.0) vs (34.8, 5.2) mm,  $Z = -0.595$ ,  $P = 0.552$ ; (0.6, 0.1) vs (0.6, 0.1) degrees,  $Z = -1.155$ ,  $P = 0.262$ ). ② The results of Pearson correlation analysis showed that the low back pain VAS score was negatively correlated with the range of LL ( $r = -0.880$ ,  $P = 0.000$ ), but was positively correlated with the ranges of TK and PT, respectively, during the gait cycle in LDH patients ( $r = 0.766$ ,  $P = 0.001$ ;  $r = 0.833$ ,  $P = 0.000$ ); furthermore, the leg pain VAS score was positively correlated with the mean value of SVA distance and the range of CBD, respectively ( $r = 0.653$ ,  $P = 0.011$ ;  $r = 0.752$ ,  $P = 0.002$ ), whereas the mean values and ranges of other SPPs were not correlated with the low back and leg pain VAS scores during the gait cycle in LDH patients. **Conclusion:** The differences in SPPs such as CBD, SVA distance, LL, TK and PT during the gait cycle are significant between LDH patients and healthy individuals. The ranges of LL, TK and PT are associated with the degree of low back pain, whereas the mean value of SVA distance and the range of CBD are correlated with the degree of leg pain in LDH patients.

**Keywords** intervertebral disc displacement; gait; spine; pelvis; three dimensional motion; parameters; dynamic capture technology; pain; correlation of data

腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)是一种常见的脊柱退行性疾病,严重影响患者的生活质量<sup>[1]</sup>。既往研究发现,LDH 会伴随脊柱-骨盆参数异常<sup>[2-3]</sup>,且脊柱-骨盆参数改变与 LDH 患者生活质量存在一定的相关性<sup>[4-6]</sup>。然而,目前关于脊柱-骨盆参数的研究多依赖于静态影像学检查<sup>[7-9]</sup>,存在不能反映日常活动中脊柱-骨盆参数变化、姿势改变对数据影响较大、数据重复性较差等问题<sup>[10]</sup>。为此,本研究采用光学运动捕捉系统测量步态周期中的脊柱骨盆参数变化,并对 LDH 患者步态周期中的脊柱-骨盆参数变化及其与腰腿疼痛的相关性进行分析,现总结报告如下。

## 1 临床资料

### 1.1 一般资料

选取 2022 年 1—12 月在中国人民解放军总医院接受治疗的 LDH 患者及本院健康工作人员为研究对象。试验方案经中国人民解放军总医院医学伦理委员会审查通过,伦理批件号:S2023-066-01。

### 1.2 纳入标准

①年龄 20~50 岁;②体质指数  $20 \sim 35 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ;③LDH 患者符合 LDH 诊断标准<sup>[11]</sup>,责任节段明确,且能够连续步行  $\geq 50 \text{ m}$ ,持续站立  $\geq 10 \text{ min}$ ;健康工作人员近 1 个月内无腰部疼痛及下肢放射痛;④同意参与本研究,签署知情同意书。

### 1.3 排除标准

①有脊柱相关疾病史或脊柱、骨盆及下肢手术史者;②LDH 患者合并腰椎滑脱症、腰椎峡部裂、腰椎管狭窄症等疾病者,健康工作人员有潜在 LDH 者;③合并严重心脑血管疾病、肝肾疾病及神经系统疾病者;④妊娠或哺乳期妇女;⑤合并精神疾病者。

## 2 方 法

### 2.1 步态周期中的脊柱-骨盆参数测定方法

步态周期中脊柱-骨盆参数测定在运动捕捉场地进行。运动捕捉场地长 5.2 m、宽 4 m、高 3 m,场地四周上方共布置 8 个 M3 高速红外光学运动捕捉摄像头(像素为 500 万,采样频率为每秒 120 帧,购自上海青瞳视觉科技有限公司),见图 1(1)。开启光学运动捕捉系统后,先采用 T 型动态采点校准仪进行动态空间校正,再采用 L 型三维空间坐标校准仪进行坐标标定,并在场地中心及四角放置 5 个体表反光标记点[直径 15 mm,具有金属内芯,一侧可通过双面胶粘贴于地面或人体表面,见图 1(2)]以校正地面。参照国际生物力学学会提出的人体关节坐标系通用标

准<sup>[12]</sup>,在受试者体表粘贴 50 个体表反光标记点,具体分布为头部 4 个, C<sub>7</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>5</sub>、T<sub>7</sub>、T<sub>9</sub>、T<sub>12</sub>、L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub>、L<sub>5</sub> 棘突各 1 个,双侧髂前上棘、髂后上棘各 1 个,双侧肩峰、上臂外侧中点、肱骨外侧髁、肱骨内侧髁、前臂外侧中点、桡骨茎突、尺骨茎突、第 2 及第 5 掌指关节各 1 个,双侧股骨大转子、膝关节内外侧、胫骨前侧中点、外踝、第 1 及第 5 趾骨各 1 个,脐下 1 个(图 2)。受试者粘贴体表反光标记点后,先拍摄站立位脊柱全长正侧位 X 线片,随后进入运动捕捉场地。受试者先站立于场地中央,面向 X 轴方向,双臂向两侧平举,摆出 T 型姿势进行人体标定;标定后,受试者沿场地中央中轴线往返正常步行 5 min;最后,受试者依次以 T 形姿势面向 Y 轴和 X 轴方向站立 5 s,结束测试。测试期间维持室温在 27 ~ 28 ℃。

### 2.2 数据处理和收集

参考文献[13]中脊柱-骨盆参数的测量方法在脊柱全长正侧位 X 线片上测量静态脊柱-骨盆参数,并测量棘突体表反光表标记点中心到对应椎体中心的三维空间距离,以校正体表反光标记点中心与对应

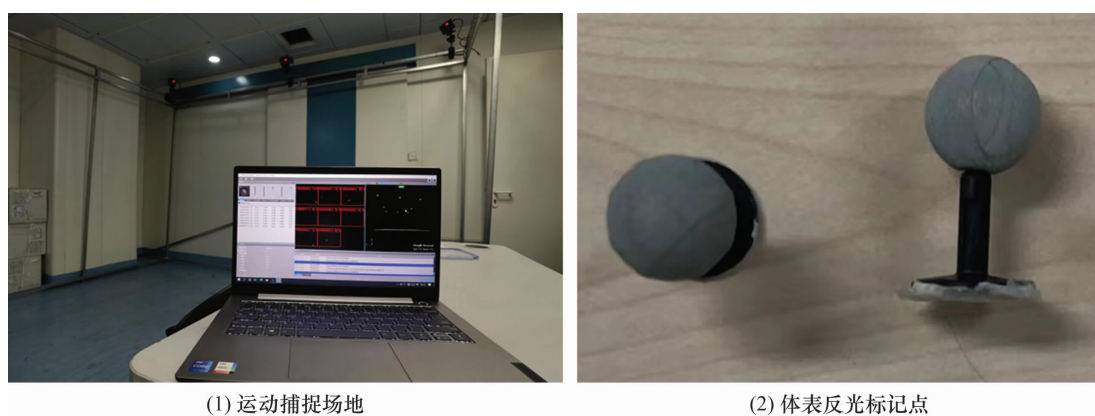


图 1 步态周期中的脊柱-骨盆参数测定场地和设备图

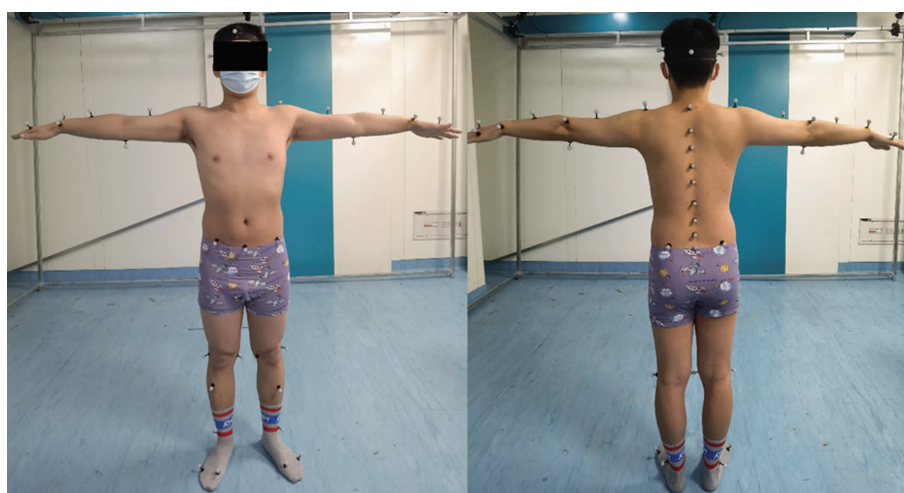


图 2 体表反光标记点粘贴位置图

椎体的相对空间位置。将测量的步态周期中的脊柱-骨盆参数数据通过四阶低通巴特沃斯滤波器(截止频率 10 Hz)进行滤波,将滤波后的数据导入青瞳光学定位系统数据处理软件,将体表反光表标记点的位置数据转换为动态参数数据。将动态参数数据导入 Python 软件中,利用特定算法过滤混杂因素,绘制步态周期中的脊柱-骨盆参数变化趋势图;提取步态周期中的动态冠状面平衡距离、矢状面轴向距离、胸椎后凸角、腰椎前凸角、骨盆倾斜角、骨盆入射角的均值(步态周期中某项指标的所有数据之和与数据数量的比值)和范围(步态周期中某项指标的数据最大值与最小值的差)。

从 LDH 患者的病例资料中提取腰部和腿部疼痛视觉模拟量表(visual analogue scale, VAS)评分。

### 2.3 数据统计

采用 SPSS26.0 统计软件对所得数据进行统计学分析。2 组受试者性别的比较采用  $\chi^2$  检验,年龄、体质指数及步态周期中冠状面平衡距离、矢状面轴向距离、胸椎后凸角、腰椎前凸角、骨盆倾斜角、骨盆入射角的均值和范围的组间比较均采用 Wilcoxon 符号秩检验。LDH 患者步态周期中的脊柱-骨盆参数与腰部疼痛 VAS 评分、腿部疼痛 VAS 评分的相关性分

析均采用 Pearson 相关分析。检验水准  $\alpha = 0.05$ 。

## 3 结果

### 3.1 分组结果

共纳入受试者 31 例,其中 LDH 患者 14 例(LDH 组),健康人 17 例(健康对照组)。2 组受试者的基线资料比较,差异无统计学意义(表 1)。

### 3.2 步态周期中的脊柱-骨盆参数变化分析结果

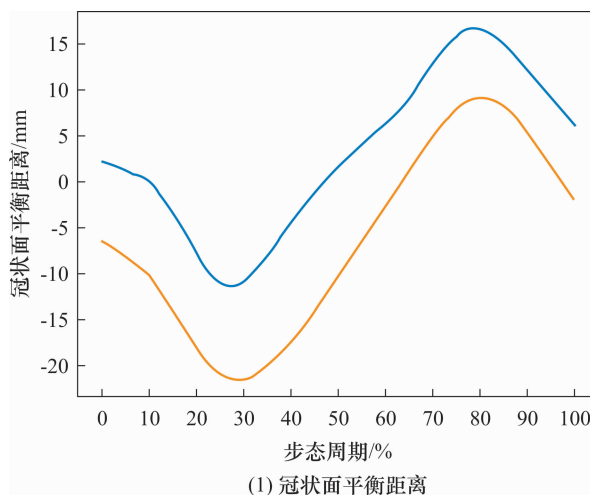
**3.2.1 步态周期中的脊柱-骨盆参数变化趋势** 步态周期中,冠状面平衡距离呈现周期性增减,矢状面轴向距离、胸椎后凸角、腰椎前凸角、骨盆倾斜角呈余弦曲线,骨盆入射角保持基本不变(图 3)。

**3.2.2 步态周期中的脊柱-骨盆参数均值** 步态周期中,LDH 组冠状面平衡距离、腰椎前凸角的均值均小于健康对照组,矢状面轴向距离、骨盆倾斜角的均值均大于健康对照组,2 组胸椎后凸角、骨盆入射角的均值的差异均无统计学意义(表 2)。

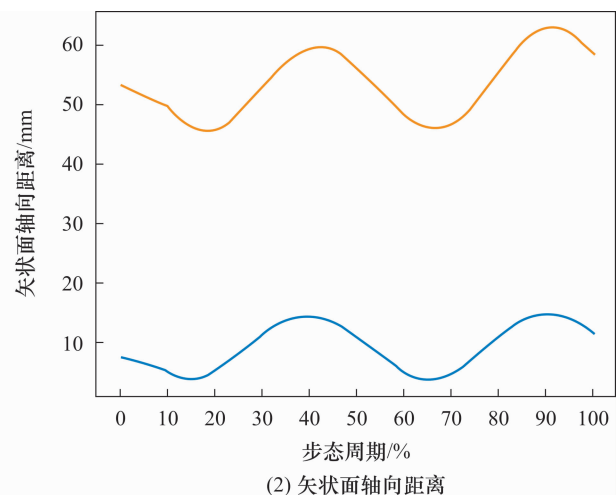
**3.2.3 步态周期中的脊柱-骨盆参数范围** 步态周期中,LDH 组矢状面轴向距离、骨盆倾斜角的范围均大于健康对照组,胸椎后凸角、腰椎前凸角的范围均小于健康对照组,2 组冠状面平衡距离、骨盆入射角范围的差异无统计学意义(表 3)。

表 1 2 组受试者的基线资料

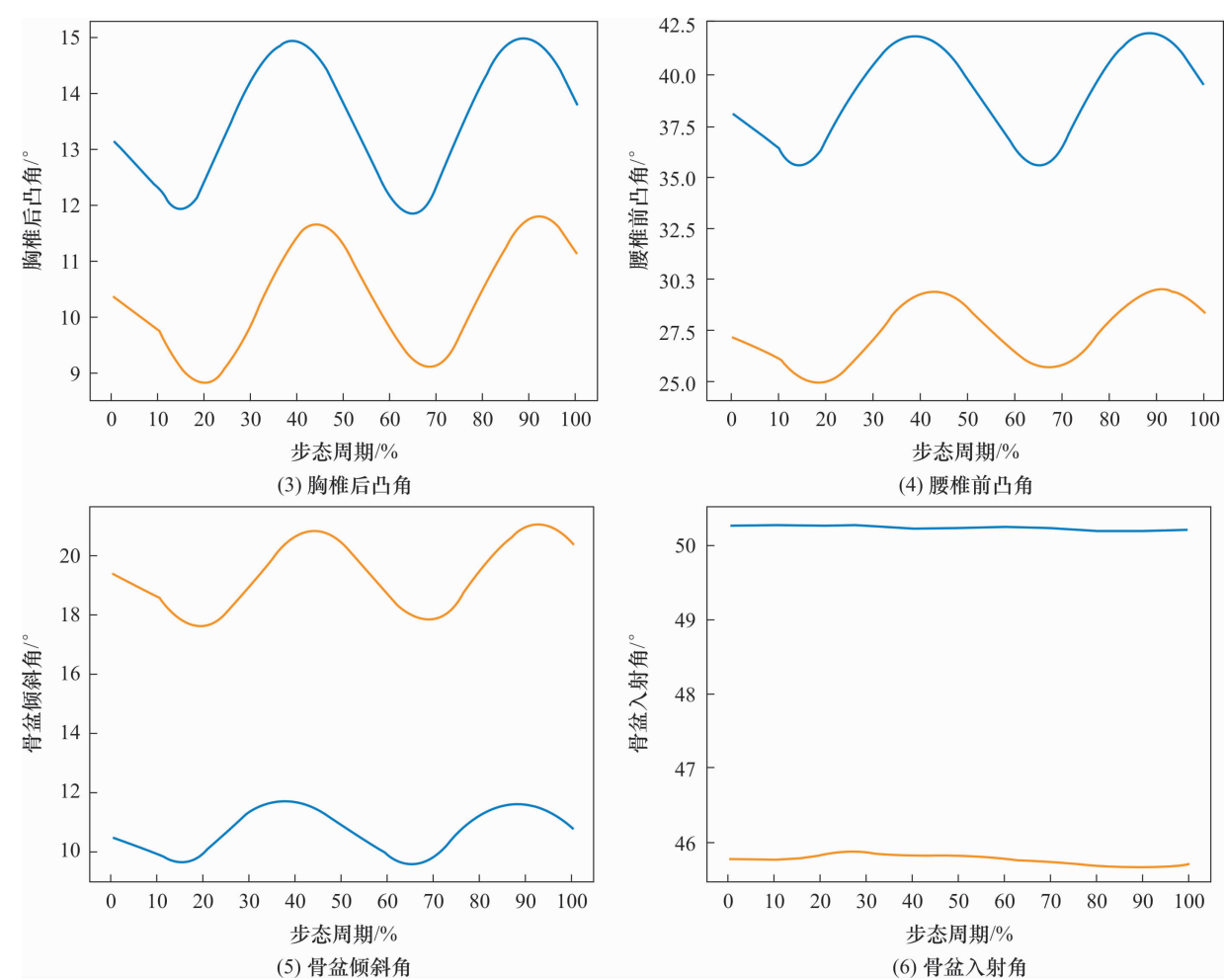
组别	样本量/例	性别/例		年龄/[ $(M, Q)$ , 岁]	体质指数/[ $(M, Q)$ , $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ]
		男	女		
腰椎间盘突出症组	14	8	6	39.5, 13.0	24.1, 3.3
健康对照组	17	9	8	37.0, 13.0	26.5, 4.7
检验统计量		$\chi^2 = 0.055$		$Z = -1.173$	$Z = -1.945$
P 值		0.815		0.241	0.052



(1) 冠状面平衡距离



(2) 矢状面轴向距离



橙色线为腰椎间盘突出症组,蓝色线为健康对照组。

图 3 步态周期中的脊柱-骨盆参数变化趋势图

表 2 2 组受试者步态周期中的脊柱-骨盆参数均值

组别	样本量/ 例	冠状面平衡 距离/ [(M,Q),mm]	矢状面轴向 距离/ [(M,Q),mm]	胸椎后凸角/ [(M,Q),°]	腰椎前凸角/ [(M,Q),°]	骨盆倾斜角/ [(M,Q),°]	骨盆入射角/ [(M,Q),°]
腰椎间盘突出 突出症组	14	0.0,23.9	35.4,30.0	10.1,11.3	37.1,19.2	18.6,12.5	44.1,14.8
健康对照组	17	2.0,1.8	13.0,28.1	12.8,8.7	42.1,15.6	9.2,13.4	49.4,7.9
Z 值		-2.024	-2.898	-0.913	-1.945	-2.104	-1.429
P 值		0.043	0.004	0.361	0.043	0.035	0.153

表 3 2 组受试者步态周期中的脊柱-骨盆参数范围

组别	样本量/ 例	冠状面平衡 距离/ [(M,Q),mm]	矢状面轴向 距离/ [(M,Q),mm]	胸椎后凸角/ [(M,Q),°]	腰椎前凸角/ [(M,Q),°]	骨盆倾斜角/ [(M,Q),°]	骨盆入射角/ [(M,Q),°]
腰椎间盘突出 突出症组	14	37.5,17.0	29.7,15.6	4.5,0.9	7.4,2.0	5.3,0.7	0.6,0.1
健康对照组	17	34.8,5.2	15.8,2.1	5.3,1.1	11.3,1.1	3.3,1.3	0.6,0.1
Z 值		-0.595	-2.898	-2.541	-4.010	-3.971	-1.155
P 值		0.552	0.004	0.011	0.000	0.000	0.262



### 3.3 LDH 患者步态周期中的脊柱-骨盆参数与腰腿疼痛的相关性分析结果

LDH 患者步态周期中的腰椎前凸角范围与腰部疼痛 VAS 评分呈负相关,胸椎后凸角范围、骨盆倾斜角范围与腰部疼痛 VAS 评分呈正相关,矢状面轴向距离均值和冠状面平衡距离范围与腿部疼痛 VAS 评分呈正相关,其他脊柱-骨盆参数的均值和范围与腰部疼痛 VAS 评分、腿部疼痛 VAS 评分均无相关性(表 4)。

## 4 讨 论

脊柱退行性疾病与脊柱-骨盆参数变化之间关系密切,脊柱-骨盆参数变化对脊柱退行性疾病的诊断和预后评估有重要意义<sup>[14]</sup>。传统脊柱-骨盆参数测量多通过静态影像学检查进行,测量结果受姿势影响较大,临床参考价值有限。为此,我们应用光学运动捕捉系统测量人体运动状态下的脊柱-骨盆参数,进而能够更真实、客观地分析 LDH 患者的脊柱-骨盆参数特点。光学运动捕捉技术在 20 世纪 70 年代由 Johansson 首先提出<sup>[15]</sup>,目前已成为公认的进行人体动态数据测量的可靠方法。既往关于人体动态数据测量的研究多集中在膝、肘等四肢关节的运动特点<sup>[16-18]</sup>,较少关注脊柱-骨盆参数的动态变化<sup>[19]</sup>。我们测定了 LDH 患者和健康受试者步态周期中的脊柱-骨盆参数变化,以期为 LDH 的诊断和预后评估提供更加全面客观的数据支持。

脊柱在人体行走过程中发挥了“弹簧效应”,能够有效地维持重心的前移、实现身体平衡及缓冲压力。本研究结果显示,LDH 患者和健康受试者在行走过程中,脊柱-骨盆参数的变化趋势基本一致,但部分参数

的数值变化存在显著差异。本研究发现,步态周期中 LDH 患者的腰椎前凸角均值小于健康受试者。由于突出的椎间盘会压迫神经根引起腰部及下肢疼痛,LDH 患者在行走过程中会通过轻度弯腰缓解腰椎后方压力,减轻疼痛。因此,LDH 患者行走过程中腰椎前凸角会减小。LDH 患者矢状面轴向距离均值大于健康受试者,与 LDH 患者为缓解疼痛而主动前倾身体有关。LDH 患者的骨盆倾斜角均值大于健康受试者,提示机体可能通过增加骨盆后倾代偿腰椎曲度减小,进而维持躯体平衡。这些结果与既往关于 LDH 患者静态脊柱-骨盆参数的研究结果一致<sup>[5,20]</sup>。LDH 患者的冠状面平衡距离均值小于健康受试者,该结果与临床经验存在冲突。我们进一步分析发现 LDH 患者的冠状面平衡距离均值的四分位数间距显著大于健康受试者,提示 LDH 患者冠状面重心偏移较大;但由于纳入 LDH 患者可能出现向左或向右重心偏移,而左右重心偏移分别对应了冠状面平衡距离的正负值,最终 LDH 组患者整体的冠状面平衡距离趋近于 0。我们认为,根据 LDH 患者疼痛侧别进行分组或进一步增大样本量,则能够得出与临床经验相一致的结果。LDH 患者腰椎前凸角和胸椎后凸角范围小于健康受试者,提示 LDH 患者的脊柱曲度减小。脊柱曲度减小在一定程度上能够降低突出椎间盘对神经根的刺激,但为了维持躯体平衡,骨盆会通过增加摆动幅度以代偿脊柱的这种变化。因此,LDH 患者骨盆倾斜角范围、矢状面轴向距离范围显著大于健康受试者,这也提示 LDH 患者矢状面的不稳定性增加。既往研究结果表明,骨盆入射角增大是腰椎滑脱的危险

表 4 腰椎间盘突出症患者步态周期中的脊柱-骨盆参数与腰腿疼痛的相关性分析结果

动态脊柱-骨盆参数	腰部疼痛视觉模拟量表评分		腿部疼痛视觉模拟量表评分	
	r 值	P 值	r 值	P 值
冠状面平衡距离均值	0.049	0.867	-0.380	0.180
矢状面轴向距离均值	0.232	0.425	0.653	0.011
胸椎后凸角均值	-0.202	0.489	-0.394	0.164
腰椎前凸角均值	-0.456	0.101	-0.413	0.142
骨盆倾斜角均值	0.234	0.421	0.160	0.584
骨盆入射角均值	-0.391	0.167	-0.017	0.953
冠状面平衡距离范围	-0.053	0.856	0.752	0.002
矢状面轴向距离范围	0.105	0.720	0.532	0.050
胸椎后凸角范围	0.766	0.001	-0.188	0.519
腰椎前凸角范围	-0.880	0.000	0.137	0.640
骨盆倾斜角范围	0.833	0.000	-0.270	0.351
骨盆入射角范围	0.281	0.330	-0.055	0.853

因素<sup>[21]</sup>,骨盆入射角减少是 LDH 的危险因素<sup>[22]</sup>。但本研究结果显示,LDH 患者和健康受试者步态周期中骨盆入射角的均值和范围均无显著差异。LDH 会引起患者腰腿部疼痛,甚至导致患者不同程度的残疾,严重影响患者的生活质量<sup>[23]</sup>。我们认为,疼痛是导致 LDH 患者步态改变,进而影响脊柱-骨盆参数变化的主要因素。本研究相关性分析结果显示,部分脊柱-骨盆参数与腰腿疼痛程度存在相关性。

本研究结果表明,LDH 患者步态周期中的冠状面平衡距离、矢状面轴向距离、腰椎前凸角、胸椎后凸角、骨盆倾斜角等脊柱-骨盆参数与健康人存在显著差异,且腰椎前凸角范围、胸椎后凸角范围、骨盆倾斜角范围与腰部疼痛程度相关,矢状面轴向距离均值和冠状面平衡距离范围与腿部疼痛程度相关。但本研究存在样本量较小,未根据年龄、临床症状等进行分组等不足,所得结论尚需进一步验证。

### 参考文献

- [1] LENG Y, TANG C, HE B, et al. Correlation between the spinopelvic type and morphological characteristics of lumbar facet joints in degenerative lumbar spondylolisthesis [J]. J Neurosurg Spine, 2022, 38(4): 425 - 435.
- [2] KNEZEVIC N N, CANDIDO K D, VLAHEYEN J W S, et al. Low back pain [J]. Lancet, 2021, 398(10294): 78 - 92.
- [3] WU W, CHEN Y, YU L, et al. Coronal and sagittal spinal alignment in lumbar disc herniation with scoliosis and trunk shift [J]. J Orthop Surg Res, 2019, 14(1): 264.
- [4] CASTILHOS R M, BLANK D, NETTO C B O, et al. Severity score system for progressive myelopathy: development and validation of a new clinical scale [J]. Braz J Med Biol Res, 2012, 45(7): 565 - 572.
- [5] YOKOYAMA K, TANAKA H, ITO Y, et al. Analgesic posture and pelvic morphology in patients with lumbar disc herniation [J]. World Neurosurg, 2021, 147: e411 - e415.
- [6] HU W, SONG Y, MA H, et al. Correlation analysis of the characteristics of spino-pelvic parameters and health-related quality of life after long-segment fixation for lenke-silva type 5 or 6 degenerative scoliosis [J]. J Pain Res, 2022, 15: 2171 - 2179.
- [7] SEVERIJNS P, MOKE L, OVERBERGH T, et al. Dynamic sagittal alignment and compensation strategies in adult spinal deformity during walking [J]. Spine J, 2021, 21(7): 1059 - 1071.
- [8] SEVERIJNS P, OVERBERGH T, DESLOOVERE K, et al. Spinopelvic movement strategies during sit-to-stand and stand-to-sit in adult spinal deformity [J]. Gait Posture, 2022, 92: 15 - 23.
- [9] 李博, 宋凯, 吴兵, 等. 年龄、体位与性别对骶骨影像形态参数的影响 [J]. 解放军医学院学报, 2022, 43(6): 675 - 680.
- [10] OBEID I, BOISSIÈRE L, YILGOR C, et al. Global tilt: a single parameter incorporating spinal and pelvic sagittal parameters and least affected by patient positioning [J]. Eur Spine J, 2016, 25(11): 3644 - 3649.
- [11] ZHANG A S, XU A, ANSARI K, et al. Lumbar disc herniation: diagnosis and management [J]. Am J Med, 2023, 136(7): 645 - 651.
- [12] WU G, SIEGLER S, ALLARD P, et al. ISB recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion—part I: ankle, hip, and spine. International Society of Biomechanics [J]. J Biomech, 2002, 35(4): 543 - 548.
- [13] PARK C, AGARWAL N, MUMMANENI P V, et al. Spinopelvic alignment: importance in spinal pathologies and realignment strategies [J]. Neurosurg Clin N Am, 2023, 34(4): 519 - 526.
- [14] LI X Y, WANG Y, YANG K, et al. Four types of global spine sagittal alignment and compensation mechanism in adult patients with lumbar degenerative disease [J]. J Orthop Sci, 2023, 28(1): 98 - 104.
- [15] JOHANSSON G. Visual perception of biological motion and a model for its analysis [J]. Percept Psychophys, 1973, 14(2): 201 - 211.
- [16] KANG K T, KOH Y G, PARK K M, et al. Effects of the anterolateral ligament and anterior cruciate ligament on knee joint mechanics: a biomechanical study using computational modeling [J]. Orthop J Sports Med, 2022, 10(4): 23259671221084970.
- [17] INO T, SAMUKAWA M, ISHIDA T, et al. Validity of AI-based gait analysis for simultaneous measurement of bilateral lower limb kinematics using a single video camera [J]. Sensors (Basel), 2023, 23(24): 9799.
- [18] GOLDFARB N, LEWIS A, TACESCU A, et al. Open source Vicon toolkit for motion capture and gait analysis [J]. Comput Methods Programs Biomed, 2021, 212: 106414.
- [19] KAMATA K, OZAWA H, SEKIGUCHI Y, et al. Spino-pelvic-lower extremity balance during walking in elderly patients with spinal kyphosis [J]. J Orthop Sci, 2019, 24(5): 793 - 797.

- [61] 李浩,张天臣. 强骨通痹胶囊对大鼠骨关节炎氧化应激的影响及作用机制[J]. 中国新药杂志, 2023, 32(14): 1472-1477.
- [62] 王振凯,孙滋璞,陶盼,等. 乌头汤治疗膝关节骨性关节炎作用机制研究进展[J]. 江苏中医药, 2023, 55(4): 83-86.
- [63] 陈长兴,仲卫红,金灵璐,等. 乌头汤抑制膝关节炎软骨细胞氧化应激反应的作用研究[J]. 风湿病与关节炎, 2022, 11(11): 1-4.
- [64] WANG S, DING P, XIA X, et al. Bugan Rongjin decoction alleviates inflammation and oxidative stress to treat the postmenopausal knee osteoarthritis through Wnt signaling pathway[J]. Biomed Eng Online, 2021, 20(1): 103.
- [65] 付长龙,谢新宇,邱志伟,等. 基于 Incrna NEAT1 与 Nrf2/ARE 通路研究荣筋拈痛方延缓膝关节炎软骨退变作用机制[J]. 康复学报, 2022, 32(4): 332-337.
- [66] 王翠平,梁翼,余文景,等. 消增强骨片联合西药治疗对膝关节炎患者疼痛症状、关节功能及氧化应激的影响[J]. 成都医学院学报, 2023, 18(6): 732-735.
- [67] 滕元平,时宝振,赵全阳,等. 穿龙骨刺片联合艾瑞昔布治疗膝关节炎的疗效及对氧化应激的影响[J]. 现代药物与临床, 2021, 36(8): 1674-1677.
- [68] 程园园,刘健,万磊,等. 新风胶囊对膝关节炎患者 B、T 淋巴细胞衰减因子及氧化应激的影响[J]. 免疫学杂志, 2013, 29(5): 416-421.
- [69] 张斌山. 独活寄生汤对风寒湿痹型关节炎患者关节液中炎症因子、氧化应激及脂肪细胞因子的影响[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(6): 186-191.
- [70] 吕颖智. 化瘀除湿通痹方对肾虚血瘀型膝关节炎患者疗效观察及对关节液中炎症因子、氧化应激因子的影响[J]. 辽宁中医药大学学报, 2018, 20(3): 205-208.
- [71] 张月清,周宗波,黄健. 脊蛇祛湿胶囊联合消肿通痹贴膏治疗膝关节炎临床疗效及对血清中炎症因子的影响探究[J]. 中华中医药学刊, 2020, 38(5): 96-99.
- [72] 周京华. 金乌骨通胶囊对骨性关节炎患者关节液中氧化应激指标及炎症因子水平的影响[J]. 现代中西医结合杂志, 2019, 28(4): 409-412.
- [73] 陈瑜,王锐卿,刘敬萱,等. 艾灸对膝关节炎患者炎症因子及氧化应激因子的影响:随机对照研究[J]. 中国针灸, 2020, 40(9): 913-917.
- [74] 戚天臣,罗开民,侯洁,等. 辨证取穴温针灸联合揠针治疗肝肾亏虚型膝关节炎的临床研究[J]. 湖南中医药大学学报, 2023, 43(9): 1693-1698.
- [75] 谈倩,李佳,李柏村,等. 温针灸减轻膝骨性关节炎大鼠软骨组织的氧化损伤和炎症反应[J]. 针刺研究, 2022, 47(4): 321-328.
- [76] 唐利,曾鹏,胡再吉. 针刺加隔姜灸治疗膝关节炎疗效及对血清炎症因子和血液流变学影响[J]. 实用医院临床杂志, 2022, 19(5): 69-73.
- [77] 曹文吉,吴群,瞿群威,等. 电热针对膝关节炎患者氧化应激水平的影响[J]. 上海针灸杂志, 2017, 36(2): 218-221.
- [78] 聂克勤,张忠文,罗刚,等. 银质针导热疗法治疗膝关节炎的疗效观察[J]. 上海针灸杂志, 2021, 40(5): 620-624.
- [79] 李献国,于瑞娟. 中药熏洗辅助治疗寒湿痹阻型膝关节炎的疗效及对关节局部炎症应激反应的影响[J]. 实用中西医结合临床, 2020, 20(16): 134-136.
- [80] 方涛,周晓红. 循经刮痧联合针刺治疗内侧间室膝关节炎[J]. 中医正骨, 2021, 33(10): 74-76.

(收稿日期:2024-01-24 本文编辑:时红磊)

(上接第 25 页)

- [20] LABELLE H, ROUSSOULY P, BERTHONNAUD E, et al. Spondylolisthesis, pelvic incidence, and spinopelvic balance: a correlation study[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2004, 29(18): 2049-2054.
- [21] BECK J, BRISBY H, BARANTO A, et al. Low lordosis is a common finding in young lumbar disc herniation patients[J]. J Exp Orthop, 2020, 7(1): 38.
- [22] WEI X, GENGWU L, CHAO C, et al. Correlations between the sagittal plane parameters of the spine and pelvis and lumbar disc degeneration[J]. J Orthop Surg Res, 2018, 13(1): 137.
- [23] DEANE J A, LIM A K P, PHILLIPS A T M, et al. Symptomatic individuals with Lumbar Disc Degeneration use different anticipatory and compensatory kinematic strategies to asymptomatic controls in response to postural perturbation[J]. Gait Posture, 2022, 94: 222-229.

(收稿日期:2024-03-29 本文编辑:吕宁)