

·临床研究·

腰椎间盘突出症患者斜面站立平衡稳定性研究*

李金萍¹ 张 杨² 石润琇² 宋沙沙² 岳寿伟² 李 可^{1,3}

摘要

目的:探讨腰椎间盘突出症(LDH)对在斜面上静止站立时平衡稳定性的影响。

方法:10例腰椎间盘突出症患者,10例性别、年龄与患者相匹配的健康志愿者,在三种平面条件(下降面、水平面和上升面)下,睁眼和闭眼静止站立在Zebris压力平板指定位置各30s。使用健患肢承重比评价身体体重分配情况,使用全身、健肢、患肢的压力中心点(COP)轨迹的95%置信椭圆面积来评估身体的摆动情况,并对COP面积和功能障碍量表得分进行相关性分析。

结果:LDH组的健患肢承重比高于健康对照组且大于1,并且具有较高的变异性。LDH组的全身、健肢、患肢COP面积在所有平面及视觉条件下均高于对照组($P<0.05$),但在闭眼时组间差异更加显著。在下降面、闭眼条件下,COP面积与功能障碍量表得分表现出显著的相关性($P<0.05$)。

结论:LDH患者健肢承受的体重比例增加,COP面积增大,身体平衡控制能力下降,姿势稳定性降低,跌倒风险增加。闭眼、下降面的站立平衡测试设置对LDH进行定量诊断和评估的潜力。本研究揭示了LDH对在斜面上静止站立时平衡稳定性的影响,可为LDH的诊断和治疗评估提供新的思路。

关键词 腰椎间盘突出症;平衡稳定性;斜面;COP面积;健患肢承重比

中图分类号:R681.5,R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2019)-11-1292-05

A study on postural steadiness of patients with lumbar disc herniation when standing on slope/LI Jinping, ZHANG Yang, SHI Runxiu, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2019, 34(11): 1292—1296

Abstract

Objective: To investigate the changes in postural steadiness of patients with lumbar disc herniation (LDH) when standing on a slope.

Method: Ten patients with LDH (LDH group) and 10 gender- and age-matched healthy volunteers (control group) were recruited. They were asked to stand on slopes quietly with three different conditions (declining, flat and inclining surfaces) for 30 seconds with or without visual feedback. Foot pressure distributions were recorded simultaneously by force plate of Zebris. The body weight distribution was evaluated using the weight-bearing ratio of load on non-paretic to that on paretic limb. The 95% confidence ellipse area of center of pressure (COP) was used to assess the postural steadiness. Correlations between COP areas and dysfunction scale scores were tested.

Result: The weight-bearing ratios of load on non-paretic to that on paretic limb in LDH group were higher than those in healthy control group, with larger values and greater variability. The COP areas of whole body, non-paretic and paretic limb in LDH group were larger than those in control group on all support surfaces with or without visual feedback($P<0.05$). However, differences between the groups were more significant when the eyes of subjects were closed. Under the condition of declining surface and closed eyes, the COP areas

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2019.11.005

*基金项目:国家自然科学基金项目(31200744);山东省重点研发计划项目(2019GSF108164);山东省自然科学基金项目(ZR2017MF002)

1 山东大学控制科学与工程学院生物医学工程研究所人体运动控制与康复实验室,山东省济南市,250061; 2 山东大学齐鲁医院康复科; 3 通讯作者

作者简介:李金萍,女,硕士研究生; 收稿日期:2019-06-10

showed significant correlations with the dysfunction scale scores ($P < 0.05$).

Conclusion: In LDH group, non-paretic limb bore higher proportion of body weight, with the larger COP areas, the decreased ability of balance control and postural steadiness, and the increased risk of fall. The standing balance test conditioned of declining surface and closed eyes has the potential to be quantitative diagnosis and evaluation method for LDH. This study reveals the effects of LDH on postural steadiness when standing on slopes and may provide a new strategy for clinical diagnosis and evaluation of LDH.

Author's address Laboratory of Motor Control and Rehabilitation, Institute of Biomedical Engineering, School of Control Science and Engineering, Shandong University, 17923 Jingshi Avenue, Jinan, Shandong, 250061

Key word lumbar disc herniation; postural steadiness; slope; COP area; weight-bearing ratio

腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)是由腰椎退行性改变或外力作用引起椎间盘内、外压力平衡失调所致腰椎纤维环破裂、髓核突出,从而压迫椎管内神经根、血管、脊髓或马尾神经所致的一系列临床症状。在我国,LDH发病率逐年增高,腰腿痛门诊中大约10%—15%的患者被确诊为LDH^[1]。

体格、神经生理学和影像学检查已被广泛应用于LDH的临床诊断中^[2],但是寻找一个更加有效、简便的手段来诊断或评估LDH仍具有现实意义。人体神经生理条件的改变会使平衡控制机制发生相应的变化。尽管有研究已经证实LDH对人体运动行为有影响^[3-5],但由LDH引起的站立平衡控制机制的改变尚未得到很好的理解。近年来,研究者逐渐将站立平衡控制机制的研究条件设置在斜面上^[6-7],并且证实由斜面引起的生物力学变化与腰痛的发展密切相关^[8-9]。压力中心点(center of pressure, COP)能表征身体质心的运动并已广泛用于评估人体平衡控制能力。因此,本研究拟通过使用COP面积来分析LDH患者在斜面静止站立时的平衡稳定性的改变。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选择2018年4月—2019年4月,入住山东大学齐鲁医院骨外科拟行手术治疗的LDH患者10例作为LDH组,招募性别、年龄与患者相匹配的健康志愿者10例作为对照组。LDH组的纳入标准:①经影像学(CT或MRI)确诊患有LDH;②主要症状为腰痛伴下肢放射痛,腿痛重于腰痛;③无腰椎畸形性病变。所有受试者的排除标准:①患有严重心血管疾病者;②患有脑血管疾病后遗症影响认知功能及站立者;③患有下肢疾病,或已行下肢手术者;④患有前庭系统疾病或因视力原因等影响平衡或站立者。

由山东大学齐鲁医院康复科的医生对LDH患者进行了体格检查,并通过日本骨科协会评估治疗分数(Japanese Orthopaedic Association Scores, JOA)、Oswestry功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)和Roland-Morris功能障碍调查表(Roland Morris disability questionnaire, R_M)三个量表评估患者的功能障碍程度。JOA分数越低、ODI和R_M分数越高,代表患者功能障碍越严重。LDH患者的患肢通过体格检查来确定,如果一条腿的症状相较于

表1 受试者的一般资料

序号	性别	年龄(岁)	LDH患者				患肢	健康对照年龄(岁)
			突出节段*	JOA(分)	ODI(分)	R_M(分)		
1	女	56	L4—L5, L5—S1	18	16	12	左	55
2	男	50	L4—L5	10	32	22	左	49
3	女	35	L5—S1	15	23	17	左	32
4	女	69	L5—S1	15	24	17	右	68
5	男	43	L4—L5, L5—S1	14	19	9	左	44
6	女	61	L3—L4, L4—L5	10	23	15	左	62
7	男	45	L5—S1	16	26	13	右	45
8	男	65	L4—L5	13	28	18	右	64
9	女	39	L4—L5	16	10	6	右	42
10	女	45	L5—S1	15	16	11	左	44
均值		50.80		14.20	21.70	14.00		50.50
标准差		11.46		2.57	6.52	4.74		11.41

*L:腰椎;S:骶椎

另一条腿更严重,则这条腿被确定为患肢。LDH组和健康对照组受试者的一般特征见表1。

1.2 测试仪器

应用德国 Zebris 公司生产的 FDM-S 压力平板[传感器总表面积(540×330mm²),传感器个数 64×40],以 60Hz 的采样频率采集足底压力分布数据。压力平板放置在角度可调的支架上(-5°,下降面;0°,水平面;5°,上升面)。

1.3 测试程序

压力平板平放于支架上,受试者在压力平板侧面准备区内面向压力平板方向站立等候。受试者在听到系统发出的“一步踏至测力台上”提示音后,一步踏至压力平板上规定的位置;听到“开始”提示音后,双手自然下垂,双目平视,静止站立 30s;听到“闭眼”提示音后,闭上眼睛,继续保持静止站立 30s;听到“结束”提示音后,一步退回等候区域。将支架角度按随机化顺序调整为-5°和 5°,重复上述步骤。每种平面条件测试一次,两次测试之间,受试者静坐休息。该研究所有操作过程符合赫尔辛基宣言,入组者均于实验前签署知情同意书。

1.4 观察指标

为避免身体自由摆动对实验数据产生影响,将睁眼和闭眼静止站立过程中前后各 5s 的数据去除,保留中间 20s 数据。应用美国 Mathworks 公司生产的 MATLAB R2017b,使用窗长 10s、重叠 5s 的滑动窗对 COP 数据进行计算分析,三个窗得出数据的平均值作为受试者的实验结果。

健患肢承重比:根据足底压力分布数据,计算受试者每条腿的体重负荷,将健肢与患肢承受体重的比例作为下肢负荷不对称性的指标^[10]。对照组的患肢根据与之匹配的 LDH 组患者的患肢来确定,如果患者的患肢是左腿,那么与之相匹配的健康受试者的患肢是左腿,健肢是右腿,反之亦然^[11]。健患肢承重比接近 1 时,说明两腿承重相近;健患肢承重比越大,说明受试者将身体重量加载到健肢的状况越严重。

COP 面积:COP 面积使用包含 COP 轨迹中 95% 的点的椭圆面积来表示^[12],共有全身、健肢和患肢三种 COP 面积。高的 COP 面积代表身体平衡控制能力的下降,身体稳定性的降低^[12]。

1.5 统计学分析

采用 SPSS 23.0 统计软件进行统计分析。对于患、健肢以及全身 COP 的面积,使用独立样本 *t* 检验来进行 LDH 组和对照组之间差异的比较。计量数据用均数±标准差表示。使用相关性检验来对滑窗得到的 COP 面积和功能障碍量表评分进行相关性分析。*P* < 0.05 为差异具有显著性意义。

2 结果

对照组的健患肢承重比均值小于但接近 1 (0.95—1),LDH 组的健患肢承重比大于 1 (1—1.2),且 LDH 组的健患肢承重比的变异性远大于对照组。见表 2。

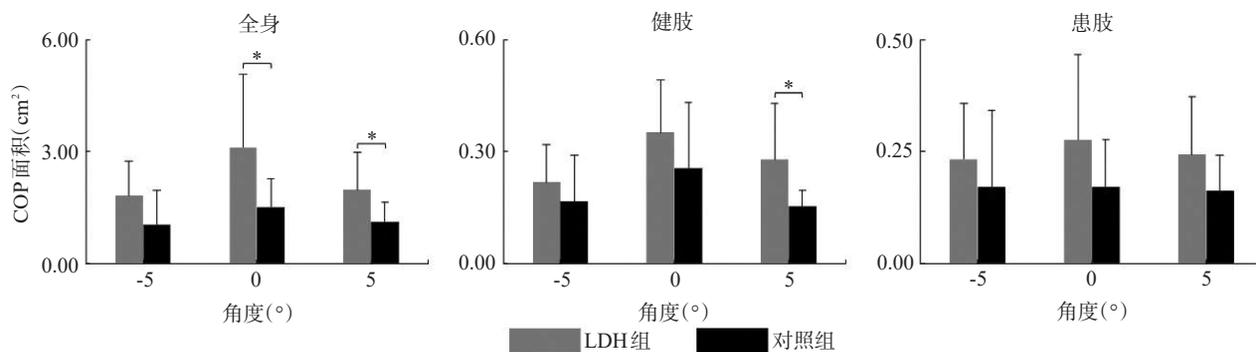
	-5°	0°	5°
睁眼条件			
LDH 组	1.152±0.284	1.086±0.282	1.151±0.332
对照组	0.982±0.147	0.982±0.137	0.962±0.178
闭眼条件			
LDH 组	1.127±0.294	1.114±0.300	1.163±0.347
对照组	0.985±0.173	0.981±0.140	0.960±0.243

在睁眼条件下,LDH 组的 COP 面积在所有平面条件下均高于对照组,但只在水平面和上升面的全身 COP 面积、上升面的健肢 COP 面积与对照组相比有显著性差异(*P* < 0.05)。见图 1。

在闭眼条件下,LDH 组的 COP 面积在所有平面条件下均高于对照组,除了上升面的患肢 COP 面积与对照组相比没有显著性差异外,其他的 COP 面积指标均显著大于对照组(*P* < 0.05)。见图 2。

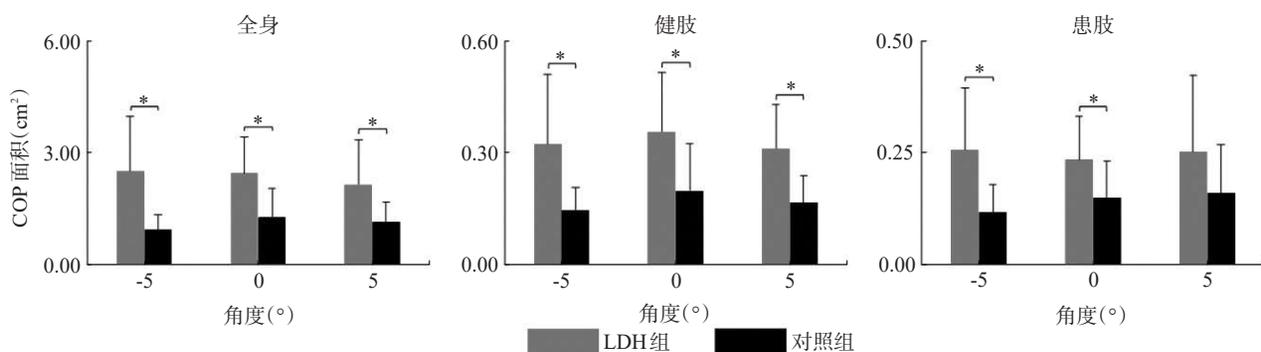
所有试验条件下的 COP 面积与量表的相关性测试显示,在睁眼条件下,只有下降面的患肢 COP 面积与 JOA 得分有显著的负相关性(*r* = -0.457, *P* = 0.011)。在闭眼条件下,下降面的所有类型 COP 面积皆与一或多个量表得分呈现出相关性:全身 COP 面积与 ODI 得分有显著的正相关性(*r* = 0.441, *P* = 0.015),与 R_M 得分有显著的正相关性(*r* = 0.422, *P* = 0.020);健肢 COP 面积与 JOA 得分有显著的负相关性(*r* = -0.391, *P* = 0.033),与 ODI 得分有显著的正相关性(*r* = 0.460, *P* = 0.010),与 R_M 得分有显著的正相关性(*r* = 0.443, *P* = 0.014);患肢 COP 面积与 ODI 得分有显著的正相关性(*r* = 0.404, *P* = 0.027)。其他条件设置下未发现显著的相关性。见图 3。

图1 睁眼条件下COP面积



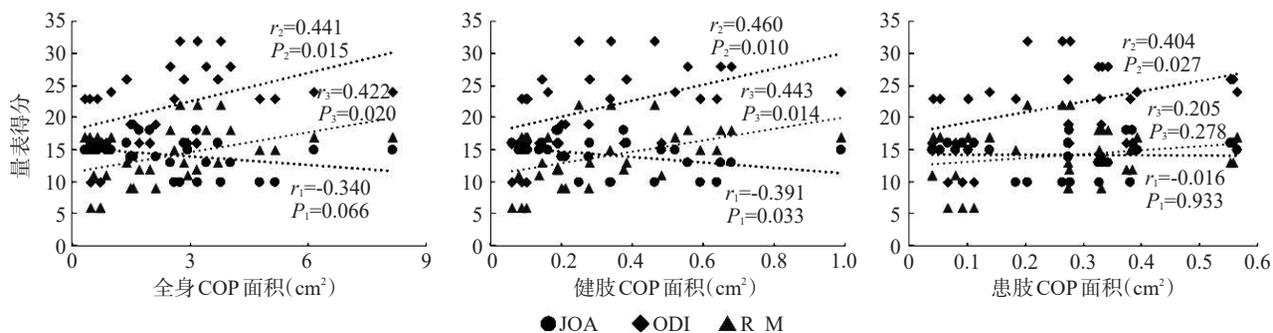
注:* $P < 0.05$

图2 闭眼条件下COP面积



注:* $P < 0.05$

图3 闭眼、下降面条件下COP面积与量表得分相关性



3 讨论

由于LDH对神经根、脊髓等压迫,改变了患者的神经生理条件,患者平衡控制能力会发生相应变

化。健康人尽管有一定程度的下肢负荷不对称性,但两腿的负重比,相较于LDH患者,更加接近于1:1。LDH患者,由于突出的腰椎间盘突出或刺激支

配患肢的神经引发疼痛,会趋向于使健肢来承担更大比例的体重来缓解患肢的疼痛,导致下肢负荷不对称性趋势的增加。

LDH患者的全身以及健、患肢COP面积总体上都大于健康对照组相应的COP面积,并且相较于睁眼条件下的结果,闭眼条件下的COP面积组间差异更多,表明LDH患者身体摆动加大,平衡控制能力下降,姿势稳定性降低。站立平衡控制是一个复杂的闭环控制过程,需要中枢神经系统整合多种感觉信息,例如视觉、前庭系统、本体感觉等,并根据这些感觉信息的反馈来及时、有效地调整神经肌肉活动来维持平衡^[13]。腰椎间盘突出内髓核突出对脊髓或附近神经根进行压迫会引起下肢感觉障碍,这种障碍会导致这个闭环控制系统得不到及时、有效的反馈,迫使LDH患者采取更多的前馈控制机制,平衡控制能力下降。另外,由于躯体感觉系统功能障碍,在平衡控制过程中,LDH患者会依赖更大程度的视觉反馈,而在闭眼条件下,视觉反馈被切断,使他们的整体平衡控制表现进一步恶化^[14]。

在组间总体平衡控制的比较方面,三种支撑面条件之间没有太大差异,但在与三种量表得分的相关性测试中,下降面(-5°)表现出了一定的优越性。水平面和上升面条件下所有类型的COP面积皆没有表现出与量表得分显著的相关性,而在下降面条件下,LDH患者在闭眼静止站立过程中的COP面积皆与一或多个量表得分呈现出显著相关性,其中健肢COP面积与三个量表得分皆有相关性。这表明了闭眼、下降面的条件设置有对LDH定量诊断和评估的潜力,其中对LDH健肢的测试是重点。

综上所述,LDH患者健肢承受的体重比例增加,COP面积增大,身体平衡控制能力下降,姿势稳定性降低,跌倒风险增加。闭眼、下降面的站立平衡测试条件设置有对LDH进行定量诊断和评估的潜力。本研究揭示了LDH患者在斜面站立时平衡稳定性的改变,可为LDH的诊断和治疗评估提供新的思路。这项研究的局限性在于:①纳入病例数相对较少,尚需更多的样本量;②对于LDH没有进行更详细的分类,尚未形成系统研究;③在患者身体状况允许的情况下,应增加试验的时间和次数。

参考文献

- [1] 鲁玉来, 刘晓光. 腰椎间盘突出症[M]. 第3版. 北京: 人民军医出版社, 2014.
- [2] Andersson GB, Brown MD, Dvorak J, et al. Consensus summary on the diagnosis and treatment of lumbar disc herniation[J]. Spine, 1996, 21(24 Suppl):75S—78S.
- [3] Huang YP, Bruijn SM, Lin JH, et al. Gait adaptations in low back pain patients with lumbar disc herniation: trunk coordination and arm swing[J]. Eur Spine J, 2011, 20(3):491—9.
- [4] Morag E, Hurwitz DE, Andriacchi TP, et al. Abnormalities in muscle function during gait in relation to the level of lumbar disc herniation[J]. Spine, 2000, 25(7):829—33.
- [5] 巫海鹏. 腰椎间盘突出症患者行走时运动协调的研究[D]. 福州: 福建医科大学, 2014.
- [6] Sasagawa S, Ushiyama J, Masani K, et al. Balance control under different passive contributions of the ankle extensors: quiet standing on inclined surfaces[J]. Exp Brain Res, 2009, 196(4):537—44.
- [7] Li J, Li K, Wei N, et al. Effects of aging on muscle activation during quiet standing on a slope with different angles [C].//proceedings of the 2017 Chinese Automation Congress (CAC), 2017.
- [8] Gallagher KM, Callaghan JP. Standing on a declining surface reduces transient prolonged standing induced low back pain development[J]. Appl Ergon, 2016, 56:76—83.
- [9] Nelson-Wong E, Callaghan JP. The impact of a sloped surface on low back pain during prolonged standing work: a biomechanical analysis[J]. Appl Ergon, 2010, 41(6):787—795.
- [10] Kinsella-Shaw JM, Harrison SJ, Carello C, et al. Laterality of quiet standing in old and young[J]. Exp Brain Res, 2013, 231(4):383—396.
- [11] Wang W, Li K, Yue S, et al. Associations between lower-limb muscle activation and knee flexion in post-stroke individuals: A study on the stance-to-swing phases of gait[J]. PLoS One, 2017, 12(9):e0183865.
- [12] Prieto TE, Myklebust JB, Hoffmann RG, et al. Measures of postural steadiness: differences between healthy young and elderly adults[J]. IEEE Trans on Biomed Eng, 1996, 43(9):956—966.
- [13] Hansson EE, Beckman A, Håkansson A. Effect of vision, proprioception, and the position of the vestibular organ on postural sway[J]. Acta Otolaryngol, 2010, 130(12):1358—1363.
- [14] Lord SR, Clark RD, Webster IW. Postural stability and associated physiological factors in a population of aged persons[J]. J Gerontol, 1991, 46(3):M69—76.