

文章编号: 1004-7220(2023)01-0176-06

慢性非特异性腰痛患者足底压力特征分析和平衡研究

杨倩倩^a, 孟宪中^b, 颜雯婷^a, 任凤^a, 胡文清^a
(河北医科大学第三医院 a. 康复医学科; b. 脊柱外科, 石家庄 050051)

摘要:目的 探究慢性非特异性腰痛(chronic nonspecific low back pain, CNLBP)患者和健康受试者的平衡能力差异,以及患者疼痛症状、腰椎灵活性、腹肌耐力、总体功能、生存质量和恐惧逃避心理与平衡能力的相关性,从而指导临床康复评价。**方法** 选取34例CNLBP患者作为实验组,另选取34例无腰痛史健康志愿者作为对照组,使用足底压力测量系统采集两组受试者静止站立时前足/后足压力比、足底压力中心位移路径长度(L)、前后向位移长度(L_{AP})、侧向位移长度(L_{ML})、平均速度(v)、前后向位移速度(v_{AP})、侧向位移速度(v_{ML})、椭圆摆动面积(S)。另外,实验组采用视觉模拟评分法(visual analogue scale, VAS)、指地距离(finger floor distance, FFD)、1 min卷腹个数、Oswestry功能障碍指数问卷表(Oswestry disability index, ODI)、健康状况调查简表(36-item short form survey, SF-36)和恐惧-回避信念问卷(fear avoidance beliefs questionnaire, FABQ)进行评估,并与足底压力参数进行相关性分析。**结果** 两组受试者各项足底压力指标均有显著性差异($P < 0.05$),其中实验组前足/后足压力比显著低于对照组($P < 0.05$), L 、 L_{AP} 、 L_{ML} 、 v 、 v_{AP} 、 v_{ML} 和 S 显著高于对照组($P < 0.05$)。在睁闭眼时,实验组VAS评分和 L 、 L_{AP} 、 L_{ML} 呈正相关关系($P < 0.05$),FFD、FABQ评分分别和 L 、 L_{ML} 呈正相关关系($P < 0.05$);睁眼时,ODI和 L 、 L_{AP} 、 L_{ML} 呈正相关关系($P < 0.05$),SF-36评分和 L 、 L_{ML} 呈负相关关系($P < 0.05$);闭眼时,1 min卷腹个数和 L_{AP} 、 S 呈负相关关系($P < 0.05$),ODI和 L 、 L_{ML} 呈正相关关系($P < 0.05$),SF-36评分和 L 呈负相关关系($P < 0.05$)。**结论** CNLBP患者的静态平衡能力下降,且与疼痛症状、腰椎功能、生存质量和心理状态有一定的相关性。研究结果可为功能活动的评估提供参考。

关键词: 慢性非特异性腰痛; 足底压力; 平衡能力; 视觉模拟评分法

中图分类号: R 318.01 文献标志码: A

DOI: 10.16156/j.1004-7220.2023.01.026

Analysis on Characteristics of Plantar Pressure and Balance in Patients with Chronic Nonspecific Low Back Pain

YANG Qianqian^a, MENG Xianzhong^b, YAN Wenting^a, REN Feng^a, HU Wenqing^a

(a. Department of Rehabilitation Medicine; b. Department of Spinal Surgery, the Third Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050051, China)

Abstract: Objective To explore the difference of balance ability between patients with chronic nonspecific low back pain (CNLBP) and healthy individuals, and the correlation between patients' pain symptoms, lumbar flexibility, abdominal muscle endurance, overall function, quality of life and fear of avoidance with balance ability, so as to guide clinical rehabilitation evaluation. **Methods** A total of 34 patients with CNLBP were selected as the experimental group, and 34 healthy volunteers without history of low back pain were selected as control group. The plantar pressure measurement system was used to collect the ratio of forefoot to hindfoot pressure, path

收稿日期: 2022-04-27; 修回日期: 2022-05-17

基金项目: 河北省医学适用技术跟踪项目(GL201628)

通信作者: 胡文清, 教授, E-mail: 18533112315@163.com

length (L) of plantar center of pressure (COP), displacement length in anteroposterior direction (L_{AP}), displacement length in mediolateral direction (L_{ML}), mean velocity (v), displacement velocity in anteroposterior direction (v_{AP}), displacement velocity in mediolateral direction (v_{ML}) and elliptical swing area (S). In addition, the experimental group was assessed by the visual analogue scale (VAS), the finger floor distance (FFD), the number of sit-ups in 1 minute, the Oswestry disability index (ODI), the 36-item short form survey (SF-36) and the fear avoidance beliefs questionnaire (FABQ), and correlated with plantar pressure parameters. **Results** All plantar pressure parameters were significantly different between the two groups ($P < 0.05$). The ratio of forefoot to hindfoot pressure in experimental group was significantly lower than that in control group ($P < 0.05$), and the parameters L , L_{AP} , L_{ML} , v , v_{AP} , v_{ML} and S were significantly higher than those of control group ($P < 0.05$). With eyes open or closed, the VAS score of experimental group was positively correlated with L , L_{AP} , L_{ML} ($P < 0.05$), and FFD and FABQ scores were positively correlated with L and L_{ML} , respectively ($P < 0.05$). With eyes open, ODI was positively correlated with L , L_{AP} and L_{ML} ($P < 0.05$), and SF-36 score was negatively correlated with L and L_{ML} ($P < 0.05$). With eyes closed, the number of 1-min sit-ups was negatively correlated with L_{AP} and S ($P < 0.05$), ODI was positively correlated with L and L_{ML} ($P < 0.05$), and the SF-36 score was negatively correlated with L ($P < 0.05$). **Conclusions** The static balance ability of patients with CNLBP is decreased, and it is correlated with pain symptoms, lumbar function, quality of life and psychological status. The result can provide references for the assessment of functional activities.

Key words: chronic nonspecific low back pain (CNLBP); plantar pressure; balance ability; visual analogue scale (VAS)

下腰痛(low back pain, LBP)是以下腰部、腰骶部和臀部疼痛为主的综合征,可伴有下肢放射痛。LBP 发病率随年龄的增长而增加,其中 40~69 岁人群的发病率高达 28%~42%,且高收入国家的发病率(30.3%)高于中等(21.4%)或低收入国家(18.2%)^[1-2]。LBP 中有一类称为慢性非特异性腰痛(chronic nonspecific low back pain, CNLBP),其病理原因诊断不明,且病程大于 12 周。CNLBP 的发病机制较为复杂,可分为躯干核心肌群无力和协调性差、腰椎骨性结构异常和神经肌肉控制系统改变等,常导致平衡能力下降。目前,临床上主要采用 Berg 平衡量表、计时起立-行走测试和功能性伸展测试等评估 CNLBP 患者的平衡能力,缺乏客观性^[3-4]。

足底压力测量系统将关节力矩间的相互作用简化为足底压力中心(center of pressure, COP)的位移,并且可分析前后足、左右足重量分布等,达到量化静态平衡能力的目的^[5]。已有研究将足底压力特征分析应用于 LBP 患者。Cyr 等^[6]研究发现,在坐姿条件下慢性腰痛患者 COP 位移速度大于健康受试者;崔永攀等^[7]研究表明,青年 CNLBP 患者静止站立时,COP 位移路径长度、平均速度和摆动面积都显著大于健康受试者。以上研究选用的足底

压力参数较为单一,且分析时未结合功能量表。本文在上述研究的基础上定量分析 CNLBP 患者的足底压力参数,比较 CNLBP 患者和健康对照组的差异;并分析评价量表等多种测试指标与足底压力参数的相关性,探究 CNLBP 患者临床疗效指标与平衡能力的关系,为 CNLBP 患者的功能评估和康复治疗计划制定提供客观依据。

1 研究对象和方法

1.1 研究对象

2021 年 1 月~2022 年 1 月在河北医科大学第三医院康复医学科和脊柱外科就诊的 34 例 CNLBP 患者。纳入标准:①符合慢性腰痛的诊断标准^[1],即腰背部第 12 肋节段至臀下皱裂间出现 3 个月以上间断性或持续性疼痛;②影像学检查可显示腰椎椎体旋转、关节突关节不对称等轻度改变外,无其他明显异常表现;③年龄 40~60 岁。排除标准:①腰椎骨折、感染、肿瘤、结核、腰椎间盘突出症、强直性脊柱炎、类风湿性关节炎等;②认知功能不全或精神疾病等;③妊娠期妇女等。招募性别、年龄、身高、体重、身体质量指数(body mass index, BMI)与实验组相匹配的 34 例健康受试者作为对照组。本

研究经河北医科大学第三医院伦理委员会批准,所有受试者均详细了解研究目的并签署知情同意书。

1.2 测量指标及方法

首先,收集所有受试者的足底压力参数;其次,采用视觉模拟评分法(visual analogue scale, VAS)、指地距离(finger floor distance, FFD)、1 min 卷腹个数、Oswestry 功能障碍指数问卷表(Oswestry disability index, ODI)、健康状况调查简表(36-item short form survey, SF-36)和恐惧-回避信念问卷(fear avoidance beliefs question-naire, FABQ)对实验组患者进行评估。

1.2.1 静态平衡能力测试 使用 Medtrack-Gait 型足底压力测量系统(芯康生物医学科技有限公司)采集所有受试者的足底压力数据,测力平板尺寸 140 cm×100 cm,最小采集频率 400 Hz,最小测量面积 0.768 m²,传感器数量为 13 728 个。测量前对系统进行检查校准,测量过程中受试者赤脚站立于测力平板的中心,双脚对称且形成 30° 夹角,两脚跟间距 5 cm,双上肢自然垂于躯干两侧,静止不动,保持 10 s。在睁、闭眼状态下各进行 1 组测试,每组测量 3 次,每次间隔休息 1 min,取 3 次测量数据均值作为最终结果。

1.2.2 VAS 该量表的分数范围为 0~10 分,代表从无任何疼痛到难以忍受的剧烈疼痛。分数越高,则疼痛水平越高。

1.2.3 FFD CNLBP 患者取直立位,躯干尽力前屈,双上肢伸直并垂直于地面,待稳定时测量中指指尖与地面的距离,距离越小,则躯干前屈活动范围越大。

1.2.4 1 min 卷腹个数 CNLBP 患者取仰卧位,屈髋屈膝,双脚踩于床面、间距与肩同宽,双上肢伸直并指向膝关节,腹肌收缩使躯干抬离床面,直至双

手触及膝关节。完成卷腹动作的个数越多,则腹肌的动态肌耐力越大。

1.2.5 ODI 该量表由疼痛强度、坐站行走能力、社会生活、旅游等 9 个问题组成,每个问题共 6 个选项,最高分为 5 分,最低分为 0 分。记分方法:实际得分/最高可能得分(45 分)×100%,该比值越高,则功能障碍越严重。

1.2.6 SF-36 该量表包括躯体疼痛、生理功能、社会功能、总体健康等 8 个维度,总分为 145 分。分数越高,则生存质量越好。

1.2.7 FABQ 该问卷分为两部分,分别是体力活动和工作对腰痛的影响;共由 16 个问题组成,每个问题的分数范围为 0~6 分,0 分代表完全不同意,6 分代表完全同意。得分越高,表示患者的恐惧回避信念程度越高。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 22.0 进行统计学分析。计量资料采用 Shapiro-Wilk 检验判断正态性,若服从正态分布,两组间比较采用独立样本 *t* 检验,相关性分析采用 Pearson 检验;若不服从正态分布,两组间比较采用 Mann-Whitney *U* 检验,相关性分析采用 Spearman 检验;计数资料采用 χ^2 检验。显著性检验标准为 $P < 0.05$ 。

2 结果

2.1 基本情况

两组受试者性别、年龄、身高、体重和 BMI 差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。另外,实验组患者 VAS 评分为(5.41±1.28)分、FFD 为(11.87±10.24)cm、1 min 卷腹动作为(14.24±7.88)个、ODI 为(29.98±10.45)%、SF-36 评分为(100.92±10.54)分、FABQ 评分为(56.47±15.80)分。

表 1 受试者一般情况

Tab. 1 General information of the subjects

组别	性别(例)		年龄/岁	身高/m	体重/kg	BMI/(kg·m ⁻²)
	男	女				
实验组	7	27	50.68±5.35	1.64±0.06	65.28±10.61	24.17±3.28
对照组	11	23	51.59±4.98	1.67±0.08	67.24±7.60	24.21±2.47
<i>P</i>	0.272		0.479	0.104	0.078	0.451

在睁、闭眼条件下,两组受试者各项足底压力指标差异均有统计学意义($P < 0.05$)。其中,实验组

前足/后足压力比显著低于对照组($P < 0.05$),COP 位移路径长度(length, *L*)、前后向位移长度(length

in anteroposterior direction, L_{AP})、侧向位移长度 (length in mediolateral direction, L_{ML})、平均速度 (velocity, v)、前后向位移速度 (velocity in

anteroposterior direction, v_{AP})、侧向位移速度 (velocity-mediolateral direction, v_{ML})、椭圆摆动面积 (square, S)均显著高于对照组($P<0.05$),见图 1。

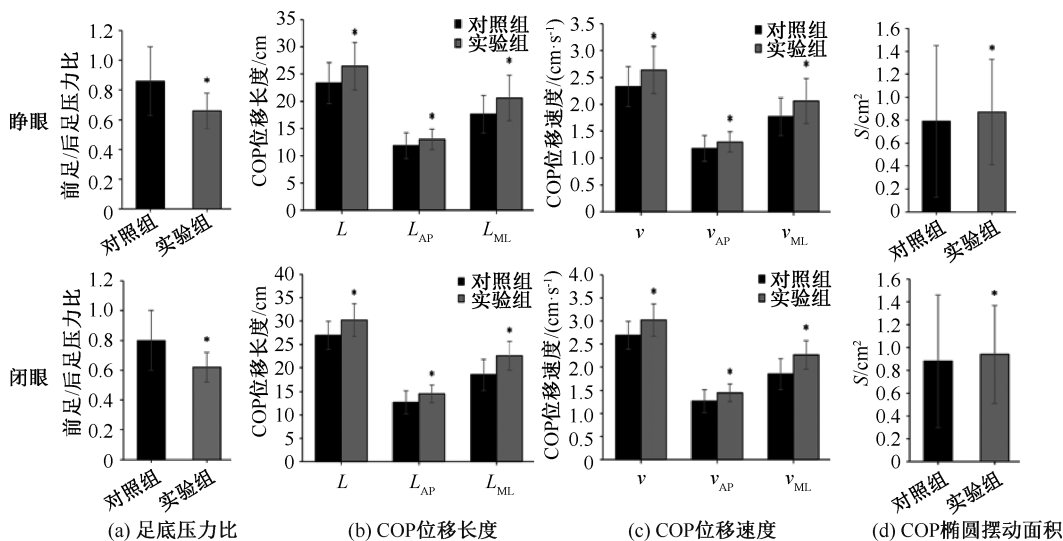


图 1 睁、闭眼状态下两组受试者足底压力参数比较

Fig. 1 Comparison of plantar pressure parameters between the two groups with eyes open or closed

- (a) Plantar pressure load ratio, (b) Displacement length of COP, (c) Displacement velocity of COP, (d) Ellipse swing area of COP

注:与对照组比较, * $P<0.05$ 。

2.2 相关性分析

睁眼时,实验组 VAS 评分、ODI 分别和 L 、 L_{AP} 、 L_{ML} 呈正相关关系($P<0.05$),FFD、FABQ 评分分别和 L 、 L_{ML} 呈正相关关系($P<0.05$),SF-36 评分和 L 、 L_{ML} 呈负相关关系($P<0.05$);闭眼时,实验组的 VAS 评

分和 L 、 L_{AP} 、 L_{ML} 呈正相关关系($P<0.05$),FFD、ODI、FABQ 评分分别和 L 、 L_{ML} 呈正相关关系($P<0.05$),1 min 卷腹个数和 L_{AP} 、 S 呈负相关关系($P<0.05$),SF-36 评分和 L 呈负相关关系($P<0.05$)。其余指标未发现显著相关关系($P>0.05$),见表 2。

表 2 实验组临床疗效指标与足底压力参数的相关性

Tab. 2 Correlation of clinical efficacy indicators with plantar pressure parameters in experimental group

参数	睁眼						闭眼					
	VAS	FFD	卷腹	ODI	SF-36	FABQ	VAS	FFD	卷腹	ODI	SF-36	FABQ
压力比	-0.150	0.057	0.052	-0.172	0.199	0.052	0.065	0.184	-0.140	0.094	-0.110	0.049
L	0.576*	0.516*	-0.252	0.528*	-0.359*	0.543*	0.564*	0.520*	-0.079	0.551*	-0.356*	0.401*
L_{AP}	0.442*	0.293	-0.308	0.366*	-0.221	0.330	0.351*	0.149	-0.372*	0.294	-0.290	0.285
L_{ML}	0.566*	0.585*	-0.230	0.532*	-0.354*	0.524*	0.551*	0.475*	-0.060	0.431*	-0.241	0.418*
S	0.163	-0.130	-0.335	-0.108	0.165	0.124	0.121	-0.108	-0.379*	-0.126	0.192	0.155

注: * $P<0.05$;压力比指前足/后足压力比。

3 讨论

3.1 CNLBP 患者足底压力分布特征改变

理想的足底压力负荷分布是前、后足各占比 50%^[8]。本文结果显示,实验组前足/后足压力比显著低于对照组,提示 CNLBP 患者前足的压力分布

占比减少、后足增加,这与以往的研究结果一致。Vitor 等^[9]采用 ODI 和数字式气压仪对妊娠晚期女性进行评估,发现其左、右脚后足压力占比分别为 61.80% 和 60.90%,且 ODI (腰椎功能) 和后足压力呈正相关。Martínez-Martí 等^[10]也认为,在妊娠中期足跟压力增高和腰痛的发生有相关性。结合以上

研究,本文推测原因如下:① CNLBP 患者常由于髂腰肌紧张、腹直肌松弛等原因出现腰椎前凸增加,骨盆前倾,导致下肢生物力线异常,重心后移,后足区域接触面积增大、承重增加。② 后足压力增大,则身体质心投影点向后偏移,导致代偿性姿势失衡,改变腰椎的正常生理曲度,进而引发退行性变和机械性腰痛。因此,后足压力增大和腰痛有一定的相关性,但两者究竟何为因果尚需进一步探讨。

本文结果表明,实验组足底压力参数 L 、 L_{AP} 、 L_{ML} 、 v 、 v_{AP} 、 v_{ML} 和 S 均显著大于对照组,这说明 CNLBP 患者的身体摆动增加,姿势控制能力下降。该结果与 Ge 等^[11]的研究结论相似,后者研究老年女性 CNLBP 患者和健康人平衡能力的差异,发现在认知功能和视觉挑战双任务下,CNLBP 患者单腿站立时 COP 位移路径长度显著大于健康人。另外,本文结果显示,闭眼状态下 COP 参数较睁眼时更大,提示视觉信息剥夺会影响平衡的维持。Nogueira 等^[12]研究发现,腰痛患者在睁眼时 COP 位移路径长度和摆动面积比健康受试者分别高 14.3% 和 46.5%、闭眼时分别高 21.9% 和 48.7%。

CNLBP 患者平衡能力异常的机制可能如下:

① CNLBP 患者常出现腰骶部本体感受器和上位本体感受中枢(如小脑)受损^[13],或者痛阈降低、痛觉信息通过增强肌肉传入的突触前抑制使肌梭激活下降^[14],两者均可导致本体感觉信息传入反馈减少,中枢神经系统对躯干和下肢空间位置信息的感知能力下降,进而出现运动调控不精确,姿势摆动增加。② 鉴于疼痛症状或与疼痛相关的运动恐惧意识、躯干周围深层肌肉的厚度减小和脂肪浸润增加而出现力量下降^[12,15]、神经肌肉系统功能下降而出现腹横肌激活延迟等原因,CNLBP 患者的多裂肌和臀大肌共收缩增强,躯干僵硬增加,腰椎、骨盆和髋关节区域灵活性降低,运动幅度减小,髋调节策略的使用受到限制^[16]。因此,患者倾向于使用踝关节调节策略进行运动控制,而自我选择的本体感觉控制策略变异性降低,导致姿势控制障碍,COP 相关参数提高。③ 腰痛患者的初级躯体感觉皮层的灰质密度降低,表示感觉运动功能可能存在异常;腰背部和下肢的皮层代表区模糊,说明神经元活性下降^[17]。因此,CNLBP 患者大脑功能和感觉运动系统的适应性改变,可能导致本体感觉信息的

中枢整合功能障碍,运动策略改变,影响运动输出的精确性,降低平衡控制能力。

3.2 CNLBP 患者临床疗效指标与足底压力参数之间的相关性分析

本文发现,实验组 VAS 评分、FFD、ODI 指数、SF-36 评分分别和 L 、 L_{ML} 有一定的相关性。Ruhe 等^[18]以 77 例非特异性腰痛患者为研究对象,发现在闭眼、脚跟对着脚尖静止站立时,数字疼痛评分量表每增加 1 分,COP 前后向位移速度增加 1.27 mm/s,侧向位移速度增加 1.53 mm/s,90% 的圆直径位移增加 0.6 mm。这可能是由于痛觉传入信号干扰脊髓运动通路和运动皮质,CNLBP 患者的感觉运动调节能力下降;或者由于疼痛适应模型,即 CNLBP 患者的中枢神经系统结构重塑,痛觉敏感性增加,形成慢性疼痛,从而降低姿势稳定性^[19]。由于疼痛症状,CNLBP 患者常出现疼痛-痉挛-疼痛的恶性循环,腰背部浅层肌肉过度紧张,同时深层局部稳定肌的肌力和肌耐力下降,导致躯干活动范围、平衡能力异常,并且限制完成日常活动的的能力,降低与健康相关的生存质量。另外,本文发现,躯干的屈肌动态肌耐力与 COP 参数的相关性较弱,推测原因是 CNLBP 患者对运动产生恐惧,无法在疼痛状态下尽最大努力完成卷腹动作,使结果出现偏倚。最后,本文结果显示,FABQ 评分和 L 、 L_{ML} 存在相关性。Zhang 等^[20]研究认为,CNLBP 患者在闭眼状态下 COP 摆动面积和疼痛灾难化量表评分呈正相关。这可能是由于 CNLBP 患者与疼痛预期相关的内侧额叶皮层和小脑、与疼痛注意相关的前扣带皮层和与疼痛情绪相关的屏状核活动增加^[21],对疼痛的感知增强,对疼痛的情绪反应提高或对疼痛的调节能力减弱,出现恐痛恐动心理,进而通过引起躯干肌肉过度活动加重腰痛,降低躯体稳定性。

因此,在 CNLBP 患者的功能评估中,可以采用足底压力测量系统对平衡能力进行量化,并由此推测疼痛强度、躯体功能、生存质量和负性心理状态;在 CNLBP 患者的康复治疗中,首先可以使用高能量激光、冲击波等物理因子疗法缓解疼痛症状,其次可进行躯干核心肌群和髋周肌群的稳定性训练以增强肌力,最后可辅以太极拳、全身振动训练等提高神经肌肉控制能力和平衡能力,全面改善功能状态。

本文仅对 CNLBP 患者的静态平衡能力进行评估,有一定的局限性。后续将探究 CNLBP 患者的动态足底压力参数,并分析与影像学指标的相关性,以进一步研究足底压力分布改变的机制。

4 结论

本文对 CNLBP 患者的足底压力分布特征进行探讨。结果表明,CNLBP 患者的静态平衡功能下降,并且姿势控制能力与疼痛、功能活动、生存质量、恐惧逃避心理状态有一定的相关性。本实验测试结果可以帮助临床工作者对 CNLBP 患者的平衡能力进行客观、量化的评估,为康复目标的制定、个体化运动方案的设计提供理论依据和数据参考。

参考文献:

- [1] KNEZEVIC NN, CANDIDO KD, VLAEYEN JWS, *et al.* Low back pain [J]. *Lancet*, 2021, 398(10294): 78-92.
- [2] MAHER C, UNDERWOOD M, BUCHBINDER R. Non-specific low back pain [J]. *Lancet*, 2017, 389(10070): 736-747.
- [3] GAO P, TANG F, LIU W, *et al.* The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation in treating chronic low back pain: A systematic review and meta-analysis [J]. *J Back Musculoskelet Rehabil*, 2021, 35(1): 21-33.
- [4] KIM C, KIM B. The Effects of abdominal strength training using proprioceptive neuromuscular facilitation on the balance ability and pain of patients with chronic lower back pain [J]. *PNF Mov*, 2017, 15(2): 141-148.
- [5] 赵晨曦, 朱文斐, 孙方君, 等. 老年人身体活动及久坐时间与静态平衡能力的相关性 [J]. *医用生物力学*, 2022, 37(5): 828-832.
- [6] ZHAO CX, ZHU WF, SUN FJ, *et al.* Correlation of physical activity, sedentary time with static balance ability in the elderly [J]. *J Med Biomech*, 2022, 37(5): 828-832.
- [7] CYR KM, WILSON SE, MEHYAR F, *et al.* Trunk control response to unstable seated posture during various feedback conditions in people with chronic low back pain [J]. *J Allied Health*, 2019, 48(1): 54-60.
- [8] 崔永攀, 韩秀兰, 张勇, 等. 青年慢性非特异性腰痛患者的姿势稳定性特征分析 [J]. *中国民康医学*, 2021, 33(14): 56-58.
- [9] BERNARDELLI RS, SCHEEREN EM, FUENTES FA, *et al.* Effects of kinesio taping on postural balance in patients with low back pain, a randomized controlled trial [J]. *J Bodyw Mov Ther*, 2019, 23(3): 508-514.
- [10] VITOR G, DIBAI AV, DIBAI DB, *et al.* Correlation between baropodometric variables, disability, and intensity of low back pain in pregnant women in the third trimester [J]. *J Bodyw Mov Ther*, 2021, 25: 24-27.
- [11] MARTÍNEZ-MARTÍ F, OCÓN-HERNÁNDEZ O, MARTÍNEZ-GARCÍA MS, *et al.* Plantar pressure changes and their relationships with low back pain during pregnancy using instrumented insoles [J]. *J Sens*, 2019(3): 1-10.
- [12] GE L, YU Q, WANG C, *et al.* How cognitive loads modulate the postural control of older women with low back pain? [J]. *BMC Geriatr*, 2021, 21(1): 82-94.
- [13] NOGUEIRA JF, CARRASCO AC, PELEGRINELLI A, *et al.* Posturography comparison and discriminant analysis between individuals with and without chronic low back pain [J]. *J Manipulative Physiol Ther*, 2020, 43(5): 469-475.
- [14] POURAHMADI M, SAHEBALAM M, BAGHERI R. Effectiveness of proprioceptive neuromuscular facilitation on pain intensity and functional disability in patients with low back pain: A systematic review and meta-analysis [J]. *Arch Bone Jt Surg*, 2020, 8(4): 479-501.
- [15] AZADINIA F, EBRAHIMI-TAKAMJANI I, KAMYAB M, *et al.* Comparing lumbosacral orthosis to routine physical therapy on postural stability in patients with chronic low back pain: A randomized trial [J]. *Med J Islam Repub Iran*, 2017, 31(1): 150-157.
- [16] ITO T, SAKAI Y, YAMAZAKI K, *et al.* Relationship between L4/5 lumbar multifidus cross-sectional area ratio and fall risk in older adults with lumbar spinal stenosis: A retrospective study [J]. *Geriatrics*, 2019, 4(2): 38.
- [17] AREEUDOMWONG P, BUTTAGAT V. Proprioceptive neuromuscular facilitation training improves pain-related and balance outcomes in working-age patients with chronic low back pain: A randomized controlled trial [J]. *Braz J Phys Ther*, 2019, 23(5): 428-436.
- [18] AZADINIA F, EBRAHIMI-TAKAMJANI I, KAMYAB M, *et al.* Effects of lumbosacral orthosis on dynamical structure of center of pressure fluctuations in patients with non-specific chronic low back pain: A randomized controlled trial [J]. *J Bodyw Mov Ther*, 2019, 23(4): 930-936.
- [19] RUHE A, FEJER R, WALKER B. Is there a relationship between pain intensity and postural sway in patients with non-specific low back pain? [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2011, 12(1): 162-169.
- [20] SIPKO T, KUCZYŃSKI M. Intensity of chronic pain modifies postural control in low back patients [J]. *Eur J Pain*, 2013, 17(4): 612-620.
- [21] ZHANG C, ZHANG Z, LI Y, *et al.* Pain catastrophizing is related to static postural control impairment in patients with nonspecific chronic low back pain: A cross-sectional study [J]. *Pain Res Manag*, 2020, doi: 10.1155/2020/9629526. eCollection 2020.
- [22] GRACEY RH, GEISSER ME, GIESECKE T, *et al.* Pain catastrophizing and neural responses to pain among persons with fibromyalgia [J]. *Brain*, 2004, 127(4): 835-843.