

· 临床研究 ·

核心稳定性训练对腰椎间盘突出症的疗效

张芳 龚剑秋 司马振奋 陈争一 严晓波

浙江省绍兴市人民医院康复中心, 绍兴 312000

通信作者: 龚剑秋, Email: j.gong609@yahoo.com

【摘要】 目的 观察核心稳定性训练治疗腰椎间盘突出症患者的疗效和对三维步态时间、时空参数的影响。**方法** 选取符合入选和排除标准的腰椎间盘突出症患者 61 例,按随机数字表法分为实验组 31 例和对照组 30 例。2 组患者均接受常规物理治疗,实验组在此基础上增加核心稳定性训练,对照组则增加倒走训练,每周治疗 5 d,连续治疗 8 周。于治疗前、治疗 4 周和 8 周后采用目测类比法(VAS)、日本骨科协会(JOA)下背痛评定量表和 Oswestry 功能障碍指数(ODI)分别评估 2 组患者的疼痛程度、腰部功能和日常生活活动能力,并同时采用三维步态系统对 2 组患者进行步态分析。**结果** 治疗 4 周和 8 周后,2 组患者的 VAS 评分、JOA 评分和 ODI 与组内治疗前比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),且实验组治疗 8 周后,其 VAS 评分、JOA 评分和 ODI 分别为(1.43±1.67)分、(25.96±3.15)分 and (6.99±8.15)%,与组内治疗 4 周后和对照组治疗 8 周后比较,差异均有统计学意义($P<0.05$)。治疗 4 周后,实验组的步速、步频、跨步长与组内治疗前比较,差异均有统计学意义($P<0.05$);治疗 8 周后,2 组患者的步速、步频、跨步长与组内治疗前比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),且实验组治疗 8 周后的步速、步频、跨步长与组内治疗 4 周后和对照组治疗 8 周后比较,差异均有统计学意义($P<0.05$)。治疗 4 周后,实验组的支撑相时间和摆动相时间与组内治疗前和对照组治疗 4 周后比较,差异均有统计学意义($P<0.05$)。治疗 8 周后,2 组患者的支撑相时间、支撑相百分比、摆动相时间和摆动相百分比与组内治疗前比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),且实验组的支撑相时间、支撑相百分比、摆动相时间和摆动相百分比与组内治疗 4 周后和对照组治疗 8 周后比较,差异均有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 应用核心稳定性训练治疗腰椎间盘突出症,可显著缓解患者的腰痛症状,改善其腰部功能、步态和日常生活活动能力。

【关键词】 腰椎间盘突出症; 支撑相; 摆动相; 步态分析; 核心稳定训练

基金项目:浙江省医药卫生科技计划适宜技术培育与推广项目(2020ZH057);浙江省医药卫生一般研究计划 A 类(2015KYA221)

Funding: Appropriate Technology Cultivation and Promotion Project of Zhejiang Medical and Health Science and Technology Program(2020ZH057); Zhejiang Medicine and Health General Research Program Class A(2015KYA221)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.12.011

据报道,约 70%~85% 的人有慢性腰痛的经历^[1],且在白领和长期从事坐姿工作的人群中呈显著上升趋势。研究证实,慢性腰痛患者常因肌肉软组织或骨质病变等导致腰背部或腿部疼痛、麻木和不适,致使其行走时步态异常,而持续的异常步态会影响骨盆的对称性,造成腰背部肌肉活化不对称,从而加重腰痛^[2]。有研究认为,腰背部和腹部核心区域肌肉力量的减弱、脊柱结构的稳定性差是慢性腰痛反复发作的重要原因,因此加强核心肌群的稳定性训练可作为腰痛治疗和预防的有效手段^[3]。目前,针对各类型腰痛患者的步态分析研究多以疼痛和功能评估的方式进行评估^[4-5],具有一定的主观性,而采用客观性指标(如步态时空参数)进行评估的对比性研究较少。本研究采用三维步态分析对腰椎间盘突出症患者经核心稳定性训练后的进行时间和时空参数进行了分析,旨在更客观地评价核心稳定性训练对腰椎间盘突出症患者的临床疗效。

对象与方法

一、研究对象

纳入标准:①符合 2007 年第 3 版《实用骨科学》中关于腰

椎间盘突出症的诊断标准^[6];②临床表现为腰部疼痛,腿部麻木和(或)疼痛,下肢活动受限或障碍;③影像学证实为 L4/L5 和/或 L5/S1 椎间盘突出;④年龄 18~70 岁,病程>3 个月,无其他并发症;⑤无腰部手术史;⑥意识清楚,认知功能正常,依从性好,所有患者经测试均能完成规定训练动作并坚持训练、定期复查者;⑦本人或其授权代理人同意并签署知情同意书。

排除标准:①伴有腰椎骨折、腰椎滑脱、肿瘤、结核、单纯坐骨神经痛等病变;②髓核脱垂或严重马尾综合征;③伴有中枢神经损伤,无法进行步态分析者;④心、肺、肝、肾等重要脏器功能严重减退或衰竭者;⑤急性发作期患者;⑥其他有明显手术指征者。

本研究获浙江省绍兴市人民医院医学伦理学委员会批准,编号为 ZDL20180066。2018 选取 2018 年 1 月至 2020 年 3 月在浙江省绍兴市人民医院康复科就诊且符合上述标准的腰椎间盘突出症患者 61 例,采用随机数字表法分为实验组 31 例和对照组 30 例。2 组患者的例数、性别、平均年龄、平均身高、平均体重、疼痛侧别和平均病程等一般资料经统计学分析比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性,详见表 1。

表 1 2 组患者一般资料

组别	例数	性别(例)		平均年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	平均身高 (cm, $\bar{x}\pm s$)	平均体重 (kg, $\bar{x}\pm s$)	痛侧(例)		平均病程 (月, $\bar{x}\pm s$)
		男	女				左	右	
实验组	31	16	15	46.52±15.70	169.61±7.15	66.93±11.98	14	17	30.25±40.15
对照组	30	17	13	45.50±11.90	168.45±7.13	66.85±8.87	16	14	29.09±36.95

二、研究方法

2 组患者均接受常规物理治疗(超短波和中频脉冲),实验组在此基础上给予核心肌群稳定性训练治疗,对照组则给予倒走训练治疗。

(一)超短波治疗

采用上海产 LDT.CD31 型落地式超短波治疗仪,患者取仰卧位,采用腰部前、后对置法将 2 块直径 20 cm 的圆形电极放置于患者腰部和腹部,取微热量至温热量,每日治疗 1 次,每次 10 min,每周治疗 5 d,连续治疗 8 周。

(二)中频脉冲治疗

采用北京产 BA 2008 III 型电脑中频治疗仪,患者取俯卧位,选用 3 号处方,采用腰部并置法,强度以患者可耐受为宜,每日治疗 1 次,每次 20 min,每周治疗 5 d,连续治疗 8 周。

(三)核心肌群稳定性训练

1.基础训练:①搭桥运动训练——患者取仰卧位,双下肢屈髋屈膝,以头、双肘关节和双足为支撑点,作桥式运动,撑起躯干,和大腿保持一条直线,维持 10 s 后缓慢复位,重复 10 次;②背伸运动训练——患者取俯卧位,腹部可垫枕,双手背后交握,双下肢绷直,下巴收紧,缓慢背伸腰部以上躯干,停留 10 s,再缓慢复位,重复 10 次;③侧方搭桥运动训练——患者取侧卧位,下方的手外展 90°、屈肘 90°作支撑,上方的手自然伸直置于体侧,双下肢伸直,以下方手肘和足部为支点,缓慢撑起躯干,至双下肢、躯干和头在同一直线上,维持 10 s 后缓慢复位,重复 10 次;④上下肢交叉伸展运动训练——患者取四点跪位,同时伸展一侧上肢和对侧下肢至水平,停留 10 s,缓慢复位;再交换,伸展另外一侧上下肢,重复 10 次。

2.进阶训练:①巴氏球外推训练——患者跪在巴氏球前,双手放在球上,高度与髋部齐平,缓慢将球往外推,同时伸展身体,直到身体完全展开,保持背部平直,膝盖保持不动,将球向回滚,回到开始位置。每组重复 15 次。②巴氏球上抛球训练——患者仰卧,将头部与肩部支撑在巴氏球上,双脚与肩同宽,双膝屈曲,双臂完全伸展,双手握住篮球举起至胸部上方,肘部伸直前屈上肢将球送至头部尽可能远的位置,再回到开始姿势,每组重复 15 次。③巴氏球平板支撑训练——患者四点支撑身体,将巴氏球放脚边,双手支撑地面,肘关节伸直,将左小腿放在巴氏球顶上,随后将右小腿也放在球上,完全伸直双腿,将右脚抬离巴氏球,保持平板支撑 10 s,随后放回原来位置,再抬离左脚,每组重复 15 次。

以上动作均由治疗师指导,患者在治疗室内训练,首先做基础训练,训练 3~4 周后根据患者身体情况和疼痛程度增加进阶训练。核心肌群稳定性训练每日训练 1 次,每次 30~40 min,每周治疗 5 d,连续治疗 8 周。

3.倒走训练:采用广州产 1588-10 型电动跑步机,坡度为 0°,患者在跑步机上以舒适步速倒走,每日 1 次,每次 30 min,每周治疗 5 d,连续治疗 8 周。

三、评定方法

于治疗前、治疗 4 周和 8 周后采用目测类比法(visual analogue scale, VAS)、日本骨科协会(Japanese orthopaedic association, JOA)下背痛评定量表和 Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)分别评估 2 组患者的疼痛程度、腰部功能和日常生活活动能力,并同时采用三维步态系统对 2 组患者进行步态分析。

1. VAS 评分:采用中华医学会监制的 VAS 卡,卡上印有 10 cm 长线段,线段上有可移动游标,线段两边分别表示无痛(0 分)和最剧烈疼痛(10 分),嘱患者根据自身疼痛情况移动游标至相应位置并计分^[7]。

2. JOA 下背痛评定量表:该量表包括患者主观症状、体征、日常生活活动能力和膀胱功能等内容,总分最高 29 分,最低 0 分。分数越低则腰部功能障碍越重^[8]。

3. ODI 调查问卷:该问卷包括腰和腿痛程度、个人生活料理状况、提举重物状况、行走状况、坐立状况、站立状况、睡眠状况、性生活状况、社会生活状况和旅行状况共 10 个条目。每个条目按受影响程度评为 0~5 分,总分=所得分数/5×回答的问题数×100%。ODI 百分值越高则日常生活活动能力越差^[9]。

4. 三维步态测试:采用意大利 BTS 公司研发的 Smart-Clinic 系统进行三维步态分析。调用 Smart-Analyzer 软件检测运动学、动力学参数。将 8 部高分辨率红外线摄像机固定于室内墙上进行动作捕捉,采样频率为 100 Hz,误差<0.1 mm,选用 Davis 三维模型。受试者穿紧身衣,穿习惯性鞋,适应环境后,粘贴体表标记物(直径 10 mm 荧光球),分别在双侧肩峰、第 7 颈椎、双侧髂前上棘、骶骨上缘、双侧股骨大转子、双侧股骨外上髁、双侧腓骨小头、双侧足外踝、双侧第五跖骨及双侧足跟贴荧光球,在双侧大腿、小腿中部用弹性带于身体外侧固定与地面平行的荧光小棒,小棒远离身体端固定荧光球,共 22 个位点。粘贴标记物后,受试者站在力台中央 5 s 以上,获取其静止站立位时各参数值,随后去掉双侧足跟荧光球,在步行道上进行行走测试,要求受试者尽量直线匀速行走,双脚通过测力台时,内侧脚在力台上,外侧脚在力台外行走,左右腿各记录 3 次,选择 2 个患者舒适步速的完整步行周期作为最终数据分析。分析指标为时间参数指标(包括支撑相时间、摆动相时间、支撑相占步态周期百分比及摆动相占步态周期百分比)和时空参数指标(包括步速、步频和跨步长)。

四、统计学分析

应用 SPSS 19.0 版统计学软件包进行数据处理,计量资料以($\bar{x}\pm s$)表示,符合正态和方差齐性的资料组间多时点比较采用方差分析,两两比较采用 *t* 检验,否则用秩和检验;计数资料采用 χ^2 检验。以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

一、2 组患者治疗前、后不同时间点的功能评分比较

治疗前,2 组患者的 VAS 评分、JOA 评分和 ODI 组间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。治疗 4 周和 8 周后,2 组患者的 VAS 评分、JOA 评分和 ODI 与组内治疗前比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),且实验组治疗 8 周后,其 VAS 评分、JOA 评分和 ODI 与组内治疗 4 周后和对照组治疗 8 周后比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),详见表 2。

表 2 2 组患者治疗前、后的各项功能评定比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	VAS(分)	JOA(分)	ODI(%)
实验组				
治疗前	31	4.98±2.14	19.89±5.89	22.72±15.13
治疗 4 周后	31	3.13±1.87 ^a	22.78±4.43 ^a	13.78±8.79 ^a
治疗 8 周后	31	1.43±1.67 ^{abc}	25.96±3.15 ^{abc}	6.99±8.15 ^{abc}
对照组				
治疗前	30	5.06±1.89	20.14±5.87	22.56±16.69
治疗 4 周后	30	3.45±1.34 ^a	22.12±5.34 ^a	17.68±11.45 ^a
治疗 8 周后	30	3.09±1.27 ^a	22.78±4.79 ^a	14.78±9.34 ^a

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.05$;与组内治疗 4 周后比较,^b $P<0.05$;与对照组治疗 8 周后比较,^c $P<0.05$

二、2 组患者治疗前、后的步态时间和时空参数分析

治疗前,2 组患者的步速、步频、跨步长组间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。治疗 4 周后,实验组的步速、步频、跨步长与组内治疗前比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),而对照组治疗 4 周后的步速、步频、跨步长与组内治疗前比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。治疗 8 周后,2 组患者的步速、步频、跨步长与组内治疗前比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),且实验组治疗 8 周后的步速、步频、跨步长与组内治疗 4 周后和对照组治疗 8 周后比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),详见表 3。

治疗前,2 组患者的支撑相时间、支撑相百分比、摆动相时间和摆动相百分比组间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。治疗 4 周后,实验组的支撑相时间和摆动相时间与组内治疗前和对照组治疗 4 周后比较,差异均有统计学意义($P<0.05$)。治疗 8 周后,2 组患者的支撑相时间、支撑相百分比、摆动相时间和摆动相百分比与组内治疗前比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),且实验组的支撑相时间、支撑相百分比、摆动相时间和摆动相百分比与组内治疗 4 周后和对照组治疗 8 周后比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),详见表 4。

表 3 2 组患者治疗前、后的步态时空参数比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	步速(m/s)	步频(step/min)	跨步长(m)
实验组				
治疗前	31	1.22±0.10	110.66±7.66	1.25±0.17
治疗 4 周后	31	1.35±0.16 ^a	118.50±8.65 ^a	1.33±0.13 ^a
治疗 8 周后	31	1.42±0.18 ^{abc}	123.71±9.17 ^{abc}	1.43±0.16 ^{abc}
对照组				
治疗前	30	1.23±0.22	107.72±9.05	1.24±0.28
治疗 4 周后	30	1.28±0.18	111.68±9.45	1.28±0.22
治疗 8 周后	30	1.32±0.22 ^a	113.52±8.89 ^a	1.34±0.31 ^a

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.05$;与组内治疗 4 周比较,^b $P<0.05$;与对照组治疗 8 周比较,^c $P<0.05$

讨 论

本研究结果显示,4 周的核心稳定性训练和倒走训练均可改善腰椎间盘突出症患者的腰痛症状和功能障碍情况,但治疗 8 周后,实验组患者的腰部功能、日常生活活动能力、时间参数指标(包括支撑相时间、支撑相百分比、摆动相时间和摆动相百分比)和时空参数指标(包括步速、步频和跨步长)等不仅较组内治疗前显著改善,也显著优于对照组治疗 8 周后。以上结果提示,长期的核心稳定性训练可显著提高腰椎间盘突出症患者腰背部肌纤维募集和肌肉的耐疲劳性,缓解疼痛,还可改善其功能障碍和步态,这与本课题组前期的研究结果相符^[10]。

核心肌群稳定性是指当身体在完成某些运动或者高负荷活动时,能够很好地控制躯干和骨盆,将力量以最优化的方式从躯干传递到四肢,使运动表现和姿势维持达到最佳水平的一种能力^[11]。不同于普通的倒走训练,核心稳定性训练强调在不稳定的状态下对运动及感觉器官的诱发,尤其是躯干表层运动肌和深层稳定肌群力量的训练,使身体重心及核心稳定性加强。有研究发现,腰痛患者的核心肌群稳定性减弱^[12],且核心肌群尤其是双侧椎旁肌存在病理改变^[13]。Fei 等^[14]的研究也显示,腰椎间盘突出症患者与正常人相比腰椎前突减少约 16°,骶骨倾斜减少约 7°,骨盆倾斜增加约 6°,而各种骨性结构的微小改变最终可引起肌肉肌腱的运动力学改变,尤其是脊柱周围的核心肌群。有研究显示,腰椎间盘突出症患者受腰痛的影响,会致使其步长和跨步长减小^[15]。故核心肌群的稳定性训练,在增强核心肌群耐力的同时还可微调腰部骨性力学结构,缓解疼痛,改善功能障碍。

表 4 2 组患者治疗前、后的步态时间参数比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	支撑相时间(s)	支撑相占比(%)	摆动相时间(s)	摆动相占比(%)
实验组					
治疗前	31	0.59±0.44	59.2±1.91	0.44±0.63	41.45±1.60
治疗 4 周后	31	0.58±0.34 ^{ac}	58.6±1.70	0.45±0.55 ^{ac}	41.74±1.28
治疗 8 周后	31	0.56±0.30 ^{abc}	57.23±1.90 ^{abc}	0.46±0.57 ^{abc}	42.24±1.83 ^{abc}
对照组					
治疗前	30	0.59±0.38	59.72±2.6	0.44±0.60	41.01±1.76
治疗 4 周后	30	0.59±0.32	59.27±2.30	0.44±0.46	41.42±1.61
治疗 8 周后	30	0.58±0.30 ^a	58.16±2.15 ^a	0.45±0.55 ^a	41.76±1.40 ^a

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.05$;与组内治疗 4 周比较,^b $P<0.05$,与对照组治疗同期比较,^c $P<0.05$

本研究的步态时空和时间参数结果显示,连续 4 周的腰背部核心肌群训练仅能改善步态的时空参数和部分时间参数(支撑百分比和摆动百分比未显著改善),而训练 8 周后,实验组患者的时空参数和时间参数均显著改善,该结果提示,通过一定时间的核心训练可提高核心肌群的控制性和协调性,增强躯干姿势调节和躯干的稳定性,从而使步行稳定性增加。Bagheri 等^[16]对慢性非特异性腰痛患者进行了连续 6 周的核心稳定性训练,结果发现,患者步行期间的躯干、骨盆在额状面和横截面的运动模式均达到了健康组的水平。国内的研究也发现,与正常人比较,坐骨神经痛的腰椎间盘突出症患者,其单支撑、双支撑相和步态周期时间增加,而单双腿支撑时间比减少,患侧与健侧相比,单支撑时间缩短,步长缩短^[17]。以上研究结果均为本研究结果提供了理论依据。腰椎间盘突出症引起的疼痛和感觉异常会降低腰背部肌肉肌力、耐力、关节位置觉和运动觉,持续的肌肉异常收缩,会破坏腰部本体感觉,损伤躯干周围软组织,致使椎间盘退变,进而导致脊柱不稳^[4]。同时,大部分腰椎间盘突出症患者存在骶髂关节紊乱或错位^[18],可致使人身体重力线偏移,身体两侧应力失衡^[19-20],最终会影响患者的步态类型^[21]。

综上所述,应用核心稳定性训练治疗腰椎间盘突出症,可显著缓解患者的腰痛症状,改善腰部功能、日常生活活动能力,以及步态模式和步行稳定性。受随访时间的限制,本研究的远期疗效还有待下一步的观察。

参 考 文 献

- [1] Sahin N, Albayrak I, Durmus B, et al. Effectiveness of back school for treatment of pain and functional disability in patients with chronic low back pain: a randomized controlled trial[J]. J Rehabil Med, 2011, 43(3): 224-229. DOI: 10.2340/16501977-0650.
- [2] Daffada PJ, Walsh N, McCabe CS, et al. The impact of cortical remapping interventions on pain and disability in chronic low back pain: a systematic review [J]. Physiotherapy, 2015, 101(1): 25-33. DOI: 10.1016/j.physio.2014.07.002.
- [3] Van der Meer S, Trippolini MA, Van der Palen J, et al. Which instruments can detect submaximal physical and functional capacity in patients with chronic nonspecific back pain? A systematic review[J]. Spine, 2013, 38(25): 1608-1615. DOI: 10.1097/01.brs.0000435028.50317.33.
- [4] 陈晓蓝,王琳,梁孝天,等.青年慢性非特异性腰痛患者步态:时空和动力学参数特征[J].中国组织工程研究, 2019, 23(4): 556-561. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.1036.
- [5] Sung PS, Danial P. A kinematic symmetry index of gait patterns between older adults with and without low back pain[J]. Spine, 2017, 42(23): E1350-E1356. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002161.
- [6] 胥少汀,葛宝丰,徐印坎.实用骨科学[M].北京:人民卫生出版社, 2007: 1693-1697.
- [7] Faiz KW. VAS--visual analog scale[J]. Tidsskr Nor Laegeforen, 2014, 134(3): 323. DOI: 10.4045/tidsskr.13.1145.

- [8] Ando W, Sakai T, Fukushima W, et al. Japanese Orthopaedic Association 2019 Guidelines for osteonecrosis of the femoral head[J]. J Orthop Sci, 2021, 26(1): 46-68. DOI: 10.1016/j.jos.2020.06.013.
- [9] Fairbank JC, Pynsent PB. The Oswestry Disability Index [J]. Spine, 2000, 25(22): 2940-2952. DOI: 10.1097/00007632-200011150-00017.
- [10] 龚剑秋,张芳,司马振奋,等.基于表面肌电分析的核心稳定性训练治疗腰椎间盘突出症的康复疗效分析[J].中华物理医学与康复杂志, 2018, 40(2): 132-137. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2018.02.013.
- [11] Tong TK, Wu S, Nie J. Sport specific endurance plank test for evaluation of global core muscle function[J]. Phys Ther Sport, 2014, 15(1): 58-63. DOI: 10.1016/j.ptsp.2013.03.003. Epub 2013 Jul 11.
- [12] Lee CW, Hwangbo K, Lee IS. The effects of combination patterns of proprioceptive neuromuscular facilitation and ball exercise on pain and muscle activity of chronic low back pain patients[J]. J Phys Ther Sci, 2014, 26(1): 93-96. DOI: 10.1589/jpts.26.93. Epub 2014 Feb 6.
- [13] 龚剑秋,范顺武.单侧症状腰椎间盘突出患者双侧多裂肌的病理生理改变[J].中华物理医学与康复杂志, 2014, 36(1): 31-35. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2014.01.008.
- [14] Fei H, Li WS, Sun ZR, et al. Analysis of spino-pelvic sagittal alignment in young Chinese patients with lumbar disc herniation[J]. Orthop Surg, 2017, 9(3): 271-276. DOI: 10.1111/os.12340.
- [15] 宋沙沙,石润琇,林磊同,等.腰椎间盘突出症患者步态特征的研究[J].中国康复医学杂志, 2020, 35(3): 306-312. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2020.03.010.
- [16] Bagheri R, Parhampour B, Pourahmadi MR, et al. The effect of core stabilization exercises on trunk-pelvis three-dimensional kinematics during gait in non-specific chronic low back pain[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2019, 44(13): 927-936. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002981.
- [17] 郑陈帆,刘艳成,闰松华,等.坐骨神经痛患者的步态特征[J].医用生物力学, 2016, 31(1): 73-77. DOI: 10.3871/j.1004-7220.2016.01.073.
- [18] 师宁宁,沈国权,何水勇,等.骶髂关节紊乱与腰椎间盘突出之间相关性的流行病学研究与生物力学分析[J].中医正骨, 2014, 27(7): 560-564. DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2014.07.007.
- [19] 刘慧,张喜林,周楠,等.步态仿真下腰椎间盘突出退变合并骶髂关节紊乱的有限元分析[J].医用生物力学, 2017, 32(1): 46-53. DOI: 10.16156/j.1004-7220.2017.01.008.
- [20] Lee JH, Fell DW, Kim K. Plantar pressure distribution during walking: comparison of subjects with and without chronic low back pain [J]. J Phys Ther Sci, 2011, 23(6): 923-926. DOI: 10.1007/s00586-004-0824-z.
- [21] Simon AL, Ilharreborde B, Souchet P, et al. Dynamic balance assessment during gait in spinal pathologies-a literature review [J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2015, 101(2): 235-246. DOI: 10.1589/jpts.28.511.

(修回日期:2022-10-06)

(本文编辑:阮仕衡)