

文章编号:1004-7220(2016)01-0073-05

坐骨神经痛患者的步态特征

郑陈帆¹, 刘艳成², 闫松华¹, 夏群², 苗军², 白剑强², 张宽¹

(1. 首都医科大学 生物医学工程学院, 临床生物力学应用基础研究北京市重点实验室, 北京 100069;

2. 天津市天津医院 脊柱外科, 天津 300211)

摘要: **目的** 分析总结坐骨神经痛患者的步态特征, 辅助临床的诊断评估。**方法** 连续住院治疗的43例伴有坐骨神经痛的腰椎间盘突出症患者, 佩戴便携式步态分析仪后自由下平地行走120 m, 同时纳入性别、年龄、身体质量指数(body mass index, BMI)匹配的43例健康受试者作为对照组。采集受试者的步态数据, 包括7个时空参数(单支撑时间、双支撑时间、单双腿支撑时间比、步态周期时间、步速、步频、步长)以及4个加速度参数(拔腿强度、摆腿强度、地面冲击、足落地控制), 对比患者与正常人、患者患侧与健侧下肢之间的步态差异。**结果** 患者单支撑时间、单双腿支撑时间比、步速、步频、步长及4个加速度参数明显小于正常人, 而双支撑时间延长。相比于患者健侧下肢, 患侧下肢支撑时间、步频及4个加速度参数显著性减小, 步长增加。**结论** 坐骨神经痛患者患侧下肢运动功能出现障碍, 影响步行能力。便携式步态分析仪可反映坐骨神经痛患者下肢的异常步态特征, 为临床诊断评估提供参考。

关键词: 坐骨神经痛; 步态; 腰椎间盘突出; 便携式步态分析仪

中图分类号: R318.01 文献标志码: A

DOI: 10.3871/j.1004-7220.2016.01.073

Gait characteristics of patients with sciatica

ZHENG Chen-fan¹, LIU Yan-cheng², YAN Song-hua¹, XIA Qun², MIAO Jun²,
BAI Jian-qiang², ZHANG Kuan¹ (1. School of Biomedical Engineering, Capital Medical University,
Beijing Key Laboratory of Fundamental Research on Biomechanics in Clinical Application, Beijing 100069,
China; 2. Department of Spinal Surgery, Tianjin Hospital, Tianjin 300211, China)

Abstract: **Objective** To analyze and summarize the gait characteristics of patients with sciatica, so as to assist with diagnosis and evaluation for such patients in clinic. **Methods** Forty-three patients with lumbar disc herniation accompanied by sciatica were fitted with portable gait analyzer, and required to walk at the self-selected comfortable speed for a distance of 120 m. Forty-three healthy subjects with matched age, gender and body mass index (BMI) were recruited as control. The gait data including 7 spatial-temporal parameters (single-support duration, double-support duration, ratio of single-support duration to double-support duration, duration of gait cycle, step speed, step frequency, step length) and 4 acceleration parameters (pulling acceleration, swing power, ground impact, foot fall) were collected to compare the gait differences between patients and healthy subjects, as well as between affected and healthy limbs of patients. **Results** The single-support duration, ratio of single-support duration to double-support duration, step speed, step frequency, step length and four acceleration parameters of patients with sciatica were obviously smaller than those of healthy subjects, while the double-support duration of patients with sciatica was increased. The affected limb of patients with sciatica showed a significant decrease in single-support duration, step frequency and all four acceleration parameters but increase in step length as compared

收稿日期:2015-08-12; 修回日期:2015-09-26

基金项目:国家自然科学基金项目(31170900),北京市教育委员会科技计划重点项目(KZ20130025010),高等学校博士学科点专项科研基金(博导类)(20121107110018)。

通信作者:张宽,教授,博士研究生导师,E-mail: kzhang@ccmu.edu.cn。

to their healthy limbs. **Conclusions** Patients with sciatica have significant gait abnormalities due to their affected limbs, which influence their walking ability. Portable gait analyzer can be used for objectively characterizing the walking abnormalities of patients, so as to provide additional information for the clinical diagnosis and evaluation.

Key words: Sciatica; Gait; Lumbar disc herniation; Portable gait analyzer

坐骨神经痛 (sciatica) 是一种沿坐骨神经通路阵发或持续性疼痛的临床症状, 多从臀部向大腿后侧、小腿外侧及足背外侧放射^[1], 其 90% 以上由腰椎间盘突出引起^[2]。当腰椎间盘的纤维环破裂, 髓核组织从破裂处突出时, 会使一侧或双侧的腰骶神经受压, 引起坐骨神经痛, 可出现下肢疼痛、神经支配区域感觉异常, 甚至肌肉萎缩、足下垂等^[1], 造成患者不同程度的行走困难, 出现跛行。目前, 临床上对腰椎退行性疾病患者的运动功能大多应用量表进行评估^[3-4], 然而这些量表容易受到患者主观因素及医生临床经验的影响, 其结果具有一定的主观性。随着运动生物力学的发展, 步态分析广泛应用于临床疾病的诊断评估^[5-8]。患者步态参数与正常值的偏差程度提示了病情的严重程度, 可以为患者的术前诊断及术后评估提供定量客观的辅助信息。本研究旨在通过使用一种便携式步态分析方法, 测量一组伴有坐骨神经痛的腰椎间盘突出症患者, 并以性别、年龄、体重质量指数 (body mass index, BMI) 匹配的正常人做对照, 分析和总结坐骨神经痛患者的步态特征。

1 对象和方法

1.1 受试者

2013年5月~2015年3月于天津医院连续住院的43例单侧腰椎间盘突出所致坐骨神经痛患者纳入研究。纳入标准: ① 单侧下肢疼痛; ② 经过核磁共振检查示下腰段椎间盘突出压迫坐骨神经; ③ 能够独立行走超过120 m。排除标准: ① 伴有脊髓空洞症、脊髓肿瘤等脊髓内源性疾病者; ② 严重的呼吸系统或心脏系统疾病, 活动能力有限者; ③ 伴有其他骨关节或神经肌肉系统等疾病者。选择性别、年龄、BMI匹配的43例健康受试者作为对照组。所有受试者签署测试知情同意书, 且实验经过天津医院伦理委员会的批准。所有受试者的基本资料见表1。

表1 受试者的基本资料

Tab. 1 Basic information of the subjects

项目	患者组	对照组
年龄/岁	39.95 ± 13.70	39.25 ± 12.77
性别 (男性: 女性)	30 : 13	30 : 13
身高/m	1.72 ± 0.08	1.70 ± 0.07
体重/kg	73.32 ± 11.84	71.67 ± 9.75
BMI/(kg · m ⁻²)	24.82 ± 2.95	24.61 ± 2.63

1.2 研究设备

使用美国 Minisun 公司生产的基于多传感器的便携式步态测试系统 (intelligent device for energy expenditure and activity, IDEEA) 进行步态参数测量。IDEEA 由1个主机和7个肢体三维加速度传感器组成, 通过粘贴在患者双大腿、双踝、双足以及胸骨上的微型传感器采集受试者行走时的步态参数, 并及时无线传输至腰部的主机 (见图1), 采样频率64 Hz。其体型小巧、佩戴方便, 适用于临床研究。测试系统测量加速度的精度高于99% (即误差 < 1%); 测量步数的精度高于99%; 测量步频的精度高于98%; 测量步速的精度: 正常人高于97%, 病人高于95%; 测量步长的精度为3 cm^[9]。



图1 IDEEA 组成及佩戴方法

Fig. 1 Construction and fitting measurement of IDEEA

1.3 实验方案

受试者佩戴仪器并开启后, 令其在30 m的平地上来回行走120 m 采集步态数据; 数据采集结束后,

将其导入个人电脑进行处理分析。根据分析软件 ActView3, 输出所采集数据的平均结果, 共计 11 个步态参数纳入研究, 包括单支撑时间、双支撑时间、单双腿支撑时间比、步态周期时间、速度、步频和步长 7 个时空参数, 以及拔腿强度 (pulling acceleration, PA)、摆腿强度 (swing power, SP)、地面冲击 (ground impact, GI) 和足落地控制 (foot fall, FF) 4 个加速度参数。

如图 2 所示, 4 个加速度参数主要通过观察正常人和患者的步态特点定义: ① 拔腿强度, 位于摆动前期足底传感器向前的最大加速度; ② 摆腿强度, 摆动末期足底传感器前后方向的平均加速度; ③ 地面冲击, 负重反应期足-地接触瞬间的足底向上的最大加速度; ④ 足落地控制, 在足底传感器的前后方向, 摆动末期的终末有一小段加速度下降过程的平均加速度^[10]。

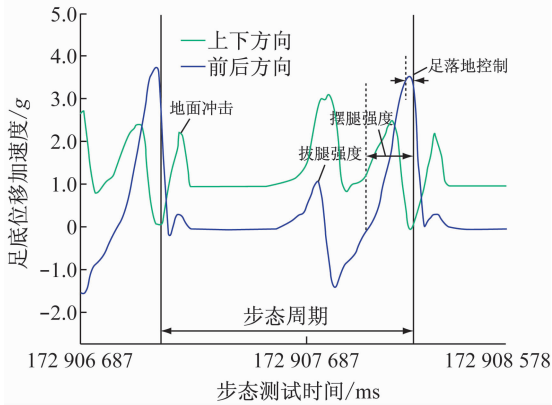


图 2 加速度参数示意图

Fig. 2 Schematic of acceleration parameters during a gait cycle

1.4 统计学分析

使用 SPSS 17.0 软件对患者与正常人双侧的步态参数、患者患侧与健侧下肢的步态参数进行资料配对 *t* 检验, 显著性检验标准为 $P < 0.05$ 。

2 结果

2.1 坐骨神经痛患者与正常人的步态差异

对比患者与正常人的步态参数发现, 坐骨神经痛患者的单、双支撑时间以及步态周期时间明显大于正常人, 而单双腿支撑时间比、步速、步频、步长以

及拔腿强度、摆腿强度、地面冲击和足落地控制均明显小于正常人 (见表 2)。

表 2 坐骨神经痛患者和健康者步态参数对比
($\bar{x} \pm s, n = 43, * P < 0.05$)

Tab. 2 Comparison of gait parameters between patients and healthy subjects

步态参数	患者	正常人	<i>P</i>
单支撑时间/ms	435.29 ± 48.25	405.03 ± 19.85	<0.001*
双支撑时间/ms	173.32 ± 64.78	116.00 ± 24.78	<0.001*
单双腿支撑时间比/%	286.73 ± 75.78	370.26 ± 71.38	<0.001*
步态周期时间/s	1.22 ± 0.19	1.03 ± 0.07	<0.001*
拔腿强度/g	1.02 ± 0.36	1.23 ± 0.40	0.002*
摆腿强度/g	0.53 ± 0.21	0.77 ± 0.23	<0.001*
地面冲击/g	1.22 ± 0.41	1.65 ± 0.33	<0.001*
足落地控制/g	3.08 ± 1.02	4.27 ± 0.97	<0.001*
速度/(m · min ⁻¹)	54.24 ± 19.27	79.32 ± 13.96	<0.001*
步频/(步数 · min ⁻¹)	99.92 ± 14.90	114.51 ± 7.62	<0.001*
步长/m	0.54 ± 0.13	0.71 ± 0.10	<0.001*

2.2 坐骨神经痛患者患侧与健侧下肢的步态差异

对比患者组患侧与健侧下肢的步态参数发现, 患侧的单支撑时间、步频显著性减小, 而步长增加 (见表 3), 拔腿强度、摆腿强度、地面冲击和足落地控制存在明显减小 (见图 3)。

表 3 坐骨神经痛患者患侧与健侧下肢步态参数对比
($\bar{x} \pm s, n = 43, * P < 0.05$)

Tab. 3 Comparison of gait parameters between affected and healthy limb of patients

步态参数	患侧	健侧	<i>P</i>
单支撑时间/ms	415.55 ± 42.89	455.06 ± 69.90	<0.001*
双支撑时间/ms	170.10 ± 52.38	178.67 ± 81.24	0.171
单双腿支撑时间比/%	279.10 ± 97.92	289.88 ± 67.84	0.381
步态周期时间/s	1.22 ± 0.18	1.22 ± 0.20	0.896
拔腿强度/g	0.95 ± 0.40	1.09 ± 0.39	0.013*
摆腿强度/g	0.46 ± 0.27	0.60 ± 0.24	<0.001*
地面冲击/g	1.07 ± 0.49	1.35 ± 0.49	<0.001*
足落地控制/g	2.77 ± 1.21	3.37 ± 0.96	<0.001*
速度/(m · min ⁻¹)	52.94 ± 17.44	54.29 ± 18.79	0.075
步频/(步数 · min ⁻¹)	96.11 ± 15.13	103.04 ± 15.25	<0.001*
步长/m	0.55 ± 0.11	0.53 ± 0.12	0.008*

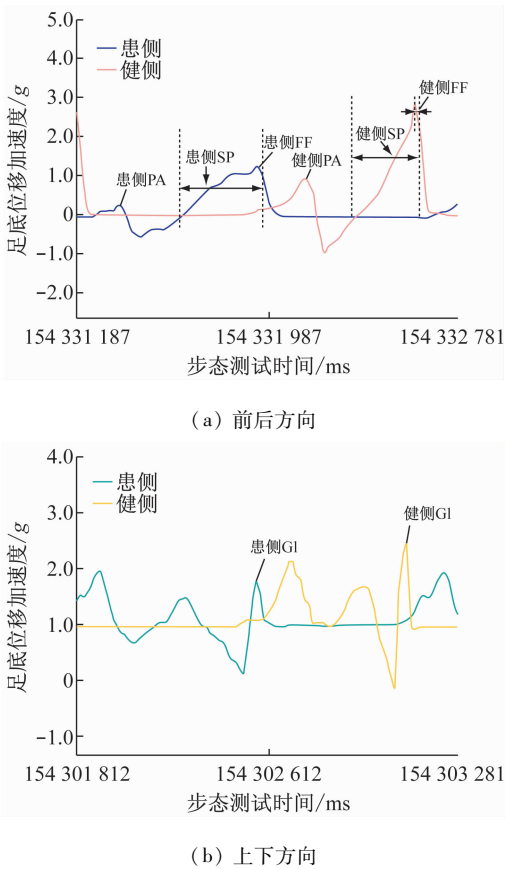


图3 典型患者一个步态周期中的足部加速度

Fig. 3 Foot acceleration of one typical patient during a gait cycle

(a) In the anterior-posterior direction, (b) In superior-inferior direction

3 讨论

坐骨神经是人体最粗大的神经^[11],在其分支以上的部位走行中,由于各种原因的刺激和压迫,均易引起坐骨神经痛^[12]。从功能上来看,坐骨神经是支配下肢感觉和运动功能的主要神经干。当坐骨神经受挤压时,引起神经传导功能障碍,主要表现为患侧下肢的感觉和运动功能减退或丧失,造成踝关节跖屈和背屈肌肉功能障碍,影响患者的步行能力而出现明显的步态异常。

目前临床步态分析的标准技术是三维步态实验室,它一般由三维动作捕捉系统、力平台及动态肌电图组成,可获得详细的步态时空参数、运动学参数、动力学参数以及肌电参数。然而三维动作捕捉系统操作复杂,耗时长,无法得到患者自由状态下的步态特征,并且仪器价格昂贵,对测量环境要求苛刻,其

临床应用存在着较大的局限性^[13]。随着近年来便携式设备的发展,便携式的步态分析仪器逐渐受到关注,IDEAA则是其中一种基于微型三维加速度传感器的新型便携式研究设备。吴建贤等^[14]利用IDEAA对8例腰椎间盘突出患者与9例正常人进行步态实验,发现患者相比于正常人步态周期时间、步速、摆腿强度以及地面冲击有着明显差异,与本文结果相一致;但该研究样本量较小,且未对步态参数的临床意义进行系统阐释。

本文对43例坐骨神经痛患者开展便携式步态分析,并测量性别、年龄、BMI匹配的43例正常人进行对比分析,重点研究坐骨神经痛患者的步态变化,总结其步态特征。结果表明,患者的步长、步频、步速相比于正常人明显减小,步态周期时间则明显增加,说明患者的步行能力明显受限;由于步态周期时间的增加,患者的单、双支撑时间都相应增加,故患者的单双腿支撑时间比明显减小(患者:286.73%;正常人:370.26%),说明患者需要在一个步态周期中增加双支撑期的时间来保证人体的重心平稳前进;患者步行能力下降,抬腿力量、踢腿力量、触地时的缓冲力量也都相应减小,拔腿强度、摆腿强度、地面冲击以及足落地控制能够明显反映步行时这些力量的减弱,可定量地评估患者相比于正常者步行能力下降的程度。

对比患者患侧与健侧的步态参数发现,患侧下肢由于坐骨神经痛而使负重能力减弱,出现了与健侧下肢不平衡的现象;表现为患侧的单支撑时间短、步频减小以及步长增加;4个加速度参数拔腿强度、摆腿强度、地面冲击以及足落地控制相比于健侧均明显减小。具体分析如下:

(1) 拔腿强度是指位于摆动前期足底传感器向前的最大加速度。此时病人的前足逐渐抬起,位于步态的推动期,原动力主要来源于小腿跖屈肌肉(腓肠肌、比目鱼肌及胫骨后肌等)。由于腰椎间盘突出导致患侧坐骨神经损伤,其相应支配的小腿肌肉出现不同程度的麻木无力,从而使前足推进能力减退,患侧拔腿强度则明显减少。

(2) 摆腿强度是指摆动末期脚底前后方向的平均加速度。摆动末期小腿向前摆动并踢腿,此时股四头肌开始活动,足的向前加速度主要依靠股四头肌收缩伸展膝关节,带动足部向前。而患者伸膝和

前屈髋的动作类似于临床的直腿抬高试验,会引起坐骨神经的牵拉痛,故病人保护性减少摆腿的动作,摆腿强度减小。

(3) 地面冲击指负重反应初期足向上的最大加速度。Murley 等^[15]通过肌电研究发现,此时胫骨前肌和趾长伸肌的收缩力量达到峰值。胫前肌收缩以防止前足拍地,延长足跟触地的时间,从而缓冲足跟触地过程,使小腿能够以足跟为支点平稳地向前滚动。坐骨神经痛患者胫前肌受累使肌力减弱,同时为了减少足跟触地时的瞬时地反力,会轻抬患足轻着地以缓解疼痛,地面冲击参数则明显减小。

(4) 足落地控制指摆动末期足落地之前,一段加速度减小过程的平均加速度。摆动末期大腿肌群(股四头肌、髂肌等)推动下肢向前摆动,从而使最终足跟抬高、向前而后平稳落地。坐骨神经痛患者步行时患侧过度摆动会加重坐骨神经痛,故足落地前会保护性减小足下降的速度,从而使落地控制减小。

4 结语

坐骨神经是支配下肢感觉和运动功能的主要神经干,坐骨神经受损后必然导致下肢运动功能障碍,严重影响步行能力。坐骨神经痛患者的步态可通过便携式步态分析仪进行敏感、量化的评估,拔腿强度、摆腿强度、地面冲击以及足落地控制较传统的步态参数更加灵敏和特异,较好地反映了坐骨神经痛患者每个步态周期内的异常。便携式步态分析方法进一步量化了坐骨神经痛患者与正常对照者步行能力的不同,以及患侧和健侧下肢的运动功能差异,有助于对患者的下肢运动功能进行客观、量化的评估和随访。

参考文献:

[1] Koes BW, van Tulder MW, Peul WC. Diagnosis and treatment of sciatica [J]. *BMJ*, 2007, 334(7607): 1313-1317.
[2] Lewis RA, Williams NH, Sutton AJ, et al. Comparative clinical effectiveness of management strategies for sciatica: Systematic review and network meta-analyses [J]. *Spine J*, 2015, 6(15): 1461-1477.
[3] Fujiwara A, Kobayashi N, Saiki K, et al. Association of the Japanese Orthopaedic Association score with the Oswestry Disability Index, Roland-Morris Disability Questionnaire,

and short-form 36 [J]. *Spine*, 2003, 28(14): 1601-1607.
[4] Conrad BP, Shokat MS, Abbasi AZ, et al. Associations of self-report measures with gait, range of motion and proprioception in patients with lumbar spinal stenosis [J]. *Gait Posture*, 2013, 38(4): 987-992.
[5] Lee JH, An JH, Lee SH, et al. Three-dimensional gait analysis of patients with weakness of ankle dorsiflexor as a result of unilateral L5 radiculopathy [J]. *J Back Musculoskelet Rehabil*, 2010, 23(2): 49-54.
[6] 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): 491-499.
[7] Malone A, Meldrum D, Bolger C. Gait impairment in cervical spondylotic myelopathy: Comparison with age- and gender-matched healthy controls [J]. *Eur Spine J*, 2012, 21(12): 2456-2466.
[8] Malone A, Meldrum D, Bolger C. Three-dimensional gait analysis outcomes at 1 year following decompressive surgery for cervical spondylotic myelopathy [J]. *Eur Spine J*, 2015, 24(1): 48-56.
[9] 张昊华, 闫松华, 方沉, 等. 用便携式步态分析仪评估全髋关节置换术手术效果 [J]. *医用生物力学*, 2015, 30(4): 73-78.
Zhang HH, Yan SH, Fang C, et al. To evaluate the operation effect of total hip arthroplasty with portable gait analyzer [J]. *J Med Biomech*, 2015, 30(4): 73-78.
[10] 刘艳成, 夏群, 胡永成, 等. 便携步态分析量化评价脊髓型颈椎病患者的步态特征 [J]. *中国组织工程研究*, 2014, 18(11): 1774-1779.
[11] 沈素红, 吕海霞, 鄂占森, 等. 正常成人坐骨神经及其周围关系的高频超声研究 [J]. *中国骨伤*, 2013, 26(3): 107-110.
[12] 姜志钊, 李毅中. 腰椎间盘突出所致坐骨神经痛发病机制 [J]. *国际骨科学杂志*, 2010, 31(2): 102-104.
[13] 陈金灵, 顾冬云. 轻便低成本型人体平衡功能测量系统研究与开发进展 [J]. *医用生物力学*, 2013, 28(6): 671-676.
Chen JL, Gu DY. Research progress on the light-weight and low-cost systems for human motion balance measurement [J]. *J Med Biomech*, 2013, 28(6): 671-676.
[14] 吴建贤, 黄俊, 江蔚, 等. 智能能量和日常活动记录仪在动态评估腰椎间盘突出症患者运动功能中的应用 [J]. *中国康复理论与实践*, 2008, 14(3): 260-262.
[15] Murley GS, Menz HB, Landorf KB. Electromyographic patterns of tibialis posterior and related muscles when walking at different speeds [J]. *Gait Posture*, 2014, 39(4): 1080-1085.