

- [11] 汤伟忠,郑军,殷磊.腰腹肌锻炼结合理筋手法治疗下腰痛运动员腰椎失稳的临床疗效观察[J].中国运动医学杂志,2012,31(5):66.
- [12] 姚卫光,麦晓丹,陈清.视觉模拟疼痛量表在青少年非特异性下腰痛调查中的应用[J].中国学校卫生,2010,31(12):1486.
- [13] 中华医学会.临床技术操作规范物理医学与康复学分册[M].北京:人民军医出版社,2004:89—90.
- [14] 赵敬国,刘业鹏,王茂叶,等.不同速度重复训练期间腰背屈伸肌群等速肌力特征的研究[J].山东体育学院学报,2010,26(8):42.
- [15] 程继伟,王洪伟,郑文杰,等.慢性下腰痛疗效评价方法的应用现状[J].中国修复重建外科杂志,2014,28(1):119.
- [16] 李旭,郭险峰.慢性腰痛患者躯干旋转肌群肌力与腰部稳定性关系的研究[J].中国康复理论与实践,2010,16(11):58.
- [17] Mannion AF, Connolly B, Wood K, et al. The use of surface EMG power spectral analysis in the evaluation of back muscle function[J]. Rehab Res Dev, 2007, 34(2):427.
- [18] George SZ, Delitto A. Management of the athlete with low back pain[J]. Clin Sports Med, 2002, 21(1):105.
- [19] Malkia E, Ljunggren AE. Exercise programs for subjects with low back disorders[J]. Scand J Med Sci Sports, 2006, 6(2):73.
- [20] 刘邦忠.躯干肌在腰椎稳定性中的作用[J].中华物理医学与康复杂志, 2003, 25(1):47.
- [21] 成鹏,黄杰,仇瑶琴,等.躯干等速肌力测试重测信度研究[J].中国康复医学杂志, 2006, 21(1):101.
- [22] Kent P, Mjøsund HL, Petersen DH. Does targeting manual therapy and/or exercise improve patient outcomes in nonspecific low back pain? A systematic review[J]. BMC Med, 2010, 8(8):22.
- [23] 廖亮华,潘洁,王淑芬,等.躯干肌训练对脑卒中偏瘫患者平衡和运动功能的影响[J].中国康复理论与实践, 2011, 15(11):56.
- [24] Olivier N, Lepretre A, Caby I, et al. Does exercise therapy for chronic low-back pain require daily isokinetic reinforcement of the trunk muscles[J]. Ann Readapt Med Phys, 2008, 51(4):284.
- [25] 孟凡萍,钱雪华,唐占英.运动员慢性下腰痛发病机制和康复治疗研究进展[J].中国中医骨伤科杂志, 2011, 18(11):68.
- [26] Urzica I, Tiffreau V, Popielarz S, et al. Isokinetic trunk strength testing in chronic low back pain. The role of habituation and training to improve measures[J]. Ann Readapt Med Phys, 2007, 50(10):271.

·临床研究·

不同速度下功能性踝关节不稳者与常人步态参数的比较研究

章雨威¹ 张秋霞^{1,2} 袁金凤¹

摘要

目的:使用Zebris FDM-T步态分析系统,研究三种速度水平下功能性踝关节不稳者(FAI)与常人步态参数差异以及两组分别在三种速度水平下的差异。试图建立功能性踝关节不稳的评价体系。

方法:采用SAS V8对FAI组[n=15;年龄:(22.00±0.75)岁;身高:(179.33±3.75)cm;体重:(69.50±8.88kg)]和平行对照组[n=16;年龄:(21.63±0.80)岁;身高:(177.31±5.19)cm;体重:(69.50±5.41)kg]步态数据进行统计分析,对所有数据进行方差齐性检验,方差齐性下采用t检验。

结果:FAI组中速走时,左足偏角(股骨旋内旋外)标准差达到最大。FAI组不同速度下左步态线长、右步态线长、跨步长、跨步长/腿长的变异系数均大于对照组。慢走和中速走下,FAI组左跨步时间、右跨步时间显著性差异消失,且中速走和快走时左跨步时间也不存在显著性差异($P > 0.05$)。另外,FAI组左站立相在慢走和中速走时的显著性差异消失($P > 0.05$)。

结论:左侧踝关节受损肌肉的部位,需要右侧踝关节肌肉的代偿;肌肉无力影响步态的稳定性;FAI组患侧站立相存在异常。

关键词 功能性踝关节不稳;步态;足偏角;步速;站立相

中图分类号:R684.7, R493 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-1242(2015)-11-1151-04

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2015.11.013

1 苏州大学体育学院,苏州,215000; 2 通讯作者

作者简介:章雨威,女,在读硕士研究生;收稿日期:2013-10-13

步态(gait),一般被定义为人或动物在地面上的移动模式^[1]。步行的控制十分复杂,包括中枢命令、身体平衡和协调控制,涉及足、踝、膝、髋、躯干、颈、肩、臂的肌肉和关节的协同作用,任何一个环节的失调,都有可能引起步态失调^[2]。踝关节作为人体远端的承重轴,行走时,足部所承受的地面反作用力达到1.5倍体重,跑步时可以达到2—3倍体重^[3],对步态参数的影响最大。功能性踝关节不稳(functional ankle instability, FAI)^[4]是指关节活动不能随意控制,但没有超出正常运动范围。踝关节功能性不稳主要与踝关节扭伤时本体感受器损伤及损伤导致的关节周围相关肌群的力量缺失有关,表现为平衡协调能力差,空间位置觉判定能力明显下降^[5]。朱渊等^[6]研究指出步态分析平衡测试系统可以客观、量化地评价急性踝关节扭伤后的功能性踝关节不稳定,并可监测急性踝关节扭伤的转归。

直立行走使人类的步态不断的进化^[7],最终得到了优化的步态^[8]。在发生功能性踝关节不稳的物理过程中,大自然总会使某些最重要的量取最小值^[9]。功能性踝关节不稳影响步态的哪些方面无法进行主观判断,必须借助较为先进的实验设备和分析软件,才能量化功能性踝关节不稳患者步态的具体特点。本文采用Zebris FDM-T步态分析系统测量了无踝关节损伤和功能性踝关节损伤步态参数,基于Zebris软件测试的结果,进行数据挖掘,探讨功能性踝关节不稳者与常人行走参数的差异。为重建功能性踝关节不稳步态指标体系提供参考依据,为运动防护设备的设计提供科学依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

共选取15例患有单侧(左侧)功能性踝关节不稳的男大学生为功能性踝关节不稳组(FAI组,试验组),根据FAI组受试者的年龄、形态学指标、训练项目和运动成绩等选取16名无踝关节伤病的男大学生作为对照组。踝关节功能性不稳的判断标准根据Kaminski等^[10]所述的五个条件。所有受试者实验前24h无剧烈运动,被测肌肉无不良症状,配合良好。测试者身高一般资料见表1。

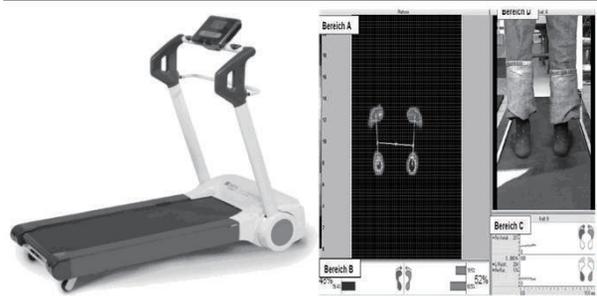
1.2 测试设备

Zebris FDM-T步态分析系统,传感器密度为0.62个/cm²,采集频率为100Hz。设备照片如图1。

1.3 实验步骤

测试在室内进行,首先测量身高、体重(要求被测者不穿

图1 Zebris步态分析设备



鞋),并记录受试者年龄。步态测试时,受试者换上统一的袜子,由站立姿势开始,测试者逐步提升跑台速度,根据实验要求,选择好行走速度,待受试者稳定后,开始动态采集,时间一般为30s。测试过程走出压力板或发现步态有明显的间断情况时,重新测试。采集最符合测试要求的一次结果记录(压力曲线选取连续步态较稳定的数据)。中速行走是实验对象以自己平时正常的步速行走,慢速行走是实验对象以小于平时正常的步速,快速行走是实验对象以大于平时正常步速。

1.4 统计学分析

本实验采用SAS软件对所有数据进行方差齐性检验,实验组和对照组不同速度下步态参数和步态参数变异系数采用混合重复测量方差分析,相同水平速度实验组和对照组采用独立样本t检验,不同速度下步态参数标准差的变化采用LSD两两对比,最后通过Logistic回归,确定影响踝关节不稳的主要因子。

2 结果

2.1 不同速度对步态参数和步态参数变异系数的影响

试验组和对照组不同速度下步态参数和步态参数变异系数进行2(分组)×3(不同步速)混合设计重复测量方差分析。变异系数是反映数据离散程度的一个关键因子,变异系数小参数的稳定性高。

数据导入SPSS进行统计分析,进行2(分组)×3(不同步速)混合设计重复测量方差分析,归纳不同速度下试验组和对照组差异不同的步态参数指标和有意义的指标,见表2。

从表2可以看出,随着速度的增加,两组足偏角与跨步时间均逐渐减小,不同速度下试验组的左右足偏角大于正常组,但通过试验组和对照组三水平下的足偏角进行独立样本t检验,不存在显著性差异($P > 0.05$)。

同时将这两组人的站立相、步态线长(足跟到足趾压力重重的轨迹线长)、跨步时间、跨步长输入SPSS 19.0,计算变异系数,试图找出速度是否会影响步态参数指标的离散程度,归纳两组数据在速度的影响下离散程度存在的差异的指标,见表3。

表1 受试者一般资料 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	年龄(岁)	身高(cm)	体重(kg)
试验组	15	22.00±0.75	179.33±3.75	69.50±8.88
对照组	16	21.63±0.80	177.31±5.19	69.50±5.41
F		0.347	1.048	1.408
P		0.546	0.315	0.234

从表3,两组指标变异系数的离散程度分析显示:对照组左站立相在中速走变异系数和慢走变异系数存在显著性差异($P < 0.05$),而试验组左站立相不存在差异($P > 0.05$)。左侧功能性踝关节不稳者左步态线长和右步态线长不存在显著性差异($P > 0.05$)。而对照组左步态线长变异系数在慢走和中速走时存在显著性差异($P < 0.05$),右步态线长仅在中速走和快走之间不存在差异($P > 0.05$)。试验组的跨步长即使在腿长标准化之后各速度下的变异系数都存在显著性差异($P < 0.05$)。而对照组跨步长变异系数在中速走和慢走下不存在显著性差异($P > 0.05$),腿长标准化后在中速走和快走下不存在显著性差异($P > 0.05$)。功能性踝关节不稳者跨步时间在三种步速下均不存在显著性差异($P > 0.05$)。

2.2 不同速度下步态参数标准差的变化

为了能探究步态参数的平均值的波动幅度是否与踝关节本体感受器损伤及损伤导致的关节周围相关肌群的力量缺失有关,将步态参数的标准差导入SPSS,采用LSD两两对比方法,归纳不同速度下两组差异存在不同的指标,见表4。标准差反映步态参数平均值的上下波动幅度,表4显示:试验组的右足偏角离散程度在慢走和快走时存在显著性差异($P=0.047$),而对照组不存在差异。随着速度的增大,对照组左右足偏角的标准差逐渐减小,试验组右足偏角也逐渐减小,但是试验组在中速走时,右足偏角却变大,虽然与慢走和

快走之间不存在显著性差异($P > 0.05$)。试验组中速走左足偏角标准差达到最大,即踝关节的旋内旋外的波动幅度最大。试验组左站立相的标准差在慢走和快走以及中速走和慢走之间不存在显著性差异($P > 0.05$)。对照组左单支撑和右单支撑标准差在慢走和中速走时存在差异($P < 0.05$),试验组左单支撑和右单支撑标准差在慢走和快走以及慢走和中速走之间存在显著性差异($P < 0.05$)。

2.3 相同水平速度试验组与对照组独立样本t检验

对步态参数的平均值进行独立样本t检验,试验组和对照组步速存在显著性差异,其平均值±标准差对照组为 6.49 ± 0.61 ,试验组为 5.99 ± 0.53 。可能由于每位受试者对于步走快速的定义不同而产生的显著性差异,对步态参数标准差进行独立样本t检验。其检验结果见表5,对步态参数变异系数进行独立样本t检验,其检验结果见表6。

表5—6示,标准差和变异系数独立样本t检验的结果几乎相同。通过Logistic对三个水平模拟方程,中速走时左足偏角点估计0.824,快走时步速点估计4.624,但受试者对快走定义不同,导致实验结果存在显著性差异。我们排除这个指标,只是认为中速走,对照组左足偏角是试验组左足偏角患功能性踝关节不稳的0.824倍。存在显著性差异的标准差和变异系数试验组的值均小于对照组。

表2 不同步速下两组步态参数的变化

指标	对照组(n=16)			试验组(n=15)		
	慢走	中速走	快走	慢走	中速走	快走
左跨步时间(s)	0.56±0.07	0.50±0.05 ^②	0.44±0.05 ^{①②}	0.54±0.15	0.52±0.04	0.46±0.03 ^②
右跨步时间(s)	0.55±0.06	0.47±0.12 ^②	0.43±0.05 ^②	0.53±0.15	0.52±0.04	0.46±0.03 ^②
左足偏角(°)	9.92±4.15	8.04±4.56	7.11±3.76	11.90±4.70	11.07±4.39	9.77±3.80
右足偏角(°)	11.38±4.71	9.62±4.91	9.33±4.33	13.15±4.38	12.00±5.67	10.92±5.04

①与中速走比较 $P < 0.05$; ②与慢走比较 $P < 0.05$

表3 试验组与对照组各指标变异系数

指标	对照组(n=16)			试验组(n=15)		
	慢走	中速走	快走	慢走	中速走	快走
左站立相	0.020	0.013	0.023	0.029	0.020	0.022
右站立相	0.024	0.013 ^②	0.022 ^②	0.023	0.015 ^②	0.023 ^②
左步态线长	0.121	0.133	0.137 ^②	0.151	0.149	0.163
右步态线长	0.133	0.143 ^②	0.150 ^②	0.163	0.147	0.175
跨步长	0.073	0.075	0.065 ^{①②}	0.128	0.104 ^②	0.085 ^{①②}
跨步长/腿长	0.095	0.070 ^②	0.070 ^②	0.143	0.115 ^②	0.102 ^{①②}
跨步时间	0.117	0.090 ^②	0.103	0.105	0.067	0.256

①与中速走比较 $P < 0.05$; ②与慢走比较 $P < 0.05$

表4 试验组与对照组步态参数各指标

指标	对照组(n=16)			试验组(n=15)		
	慢走	中速走	快走	慢走	中速走	快走
左足偏角(%)	2.12±0.78	1.98±0.34	1.86±0.38	1.95±0.48	2.17±1.00	1.87±0.58
右足偏角(%)	2.24±0.92	1.99±0.48	1.86±0.30	2.30±0.91	1.95±0.72	1.75±0.55 ^①
左单支撑(%)	1.62±0.49	1.06±0.25 ^①	1.32±0.58	1.35±0.29	0.88±0.19 ^①	1.07±0.54 ^①
右单支撑(%)	1.56±0.53	1.07±0.48 ^①	1.28±0.52	1.36±0.27	0.95±0.26 ^①	0.99±0.44 ^①

①与慢走比较 $P < 0.05$

3 讨论

本文通过测试患有左侧功能性踝关节不稳者与正常人在步态上的差异,筛选步态参数较稳定的31人的步态基本参数进行统计分析,计算出两组在不同速度下步态参数的平均值和标准差。

通过分析步速与足偏角的波动幅度的关系,FAI组不同速度下的左右足偏角均大于正常组,但不存在显著性差异。FAI组健侧足偏角波动幅度在中速走和慢走时存在显著性差

**表5 相同水平试验组与对照组步态参数
标准差独立样本t检验结果** ($\bar{x}\pm s$)

速度	指标	F值	Pr>F	对照组 (n=16)	试验组 (n=15)	P值
慢走	左载荷(%)	3.87	0.0154	1.33±0.43	1.03±0.22	0.0227
慢走	右摆动前期(%)	4.65	0.0064	1.36±0.45	1.05±0.21	0.0223
慢走	双支撑相(%)	4.68	0.0062	1.85±0.56	1.49±0.26	0.0309
中速走	左单支撑(%)	1.85	0.2592	1.06±0.25	0.88±0.19	0.2592
快走	步长(cm)	2.50	0.0943	1.94±0.77	1.33±0.49	0.0151
快走	左步长/腿长(%)	3.62	0.0208	2.06±0.93	1.33±0.49	0.0111
快走	右步长(cm)	1.50	0.4545	1.63±0.63	1.18±0.38	0.0159
快走	跨步长(cm)	3.81	0.0200	3.12±1.45	2.36±0.74	0.0421

*Pr>0.05, 方差齐性, Pr<0.05 方差不齐

**表6 相同水平试验组与对照组步态参数
变异系数独立样本t检验结果** ($\bar{x}\pm s$)

速度	指标	F值	Pr>F	对照组 (n=16)	试验组 (n=15)	P值
慢走	左载荷	3.29	0.0316	0.10±0.03	0.07±0.02	0.0239
慢走	右摆动前期	4.13	0.0114	0.10±0.03	0.07±0.02	0.0205
慢走	双支撑相	3.77	0.0173	0.07±0.02	0.05±0.01	0.0420
中速走	左单支撑	1.59	0.3923	0.03±0.01	0.02±0.01	0.0288
中速走	步速	11.03	< 0.001	0.02±0.01	0.02±0.00	0.0387
快走	步长	3.48	0.0250	0.03±0.01	0.02±0.01	0.0188
快走	左步长/腿长	6.08	0.0016	0.02±0.01	0.02±0.00	0.0171
快走	右步长	1.49	0.4636	0.03±0.01	0.02±0.01	0.0288
快走	步速	1.12	0.8234	0.02±0.00	0.02±0.00	0.0238

*Pr>0.05, 方差齐性, Pr<0.05 方差不齐

异($P < 0.05$)可以作为评价功能性踝关节不稳的指标,但对足偏角标准差的量化评价功能性踝关节不稳有待进一步的研究。FAI组健侧右足偏角存在异常可能是由于受损肌肉的部位代偿引起的。

FAI组左站立相存在异常,慢走和中速走的显著性差异消失,站立相承重期开始,足跟先着地,自足跟向前滚动(踝关节从背屈到跖屈),足跟接地时足背屈差,过度至足尖时足跖屈差,引起FAI组患侧站立相的异常。这与Fox等^[11]采用速度为90°/s的等速离心测试,发现FAI患者与对照组之间在相对跖屈离心峰值力矩存在差异,认为跖屈肌力不足是产生FAI的一个重要因素。张秋霞^[10]在2010年通过研究FAI组和对照组踝关节在矢状面内,不同速度、不同负荷形式下,跖屈、背屈向心和离心运动的肌力特征,发现FAI组向心跖屈肌力存在不足,并认为跖屈肌力不足可能是FAI的原因相一致。

FAI组左步态线长、右步态线长、跨步长、跨步长/腿长的变异系数均大于对照组,以及三种水平速度下存在显著性差异的标准差和变异系数试验组的值均小于对照组。可能是由于运动神经元数量类型及放电频率受影响致使相关肌群力量缺失,导致FAI组部分指标变异系数较正常组偏大。2007年Arnold^[12]发现FAI踝关节比正常的踝关节外翻肌力要差,2010年张秋霞^[10]选用25%的MVIC作为目标力,对FAI

组和健康对照组分别进行25% MVIC的力矩值的复制测试,发现FAI组的踝关节肌肉力觉存在不足。

本文的特点在于:对不同速度下的两组步态参数的波动幅度进行了分析,发现试验组和对照组步态参数的平均值的波动幅度有很大的不一样,而具体的量化步态参数波动幅度作为评价功能性踝关节不稳的指标有待进一步的研究。受试者的选取也严格按照Kaminski等^[10]所述的五个条件,根据FAI组受试者的特点选取平行对照组,排除了其他因素对步态参数的干扰。

以上研究分析表明,由于功能性踝关节不稳导致足底各参数发生变化,为了维持身体的稳定性,这种改变同时也使功能性踝关节不稳者步态参数和常人存在差异。踝关节作为人体远端的承重轴对足底步态压力参数的影响最大,有关踝关节生物力学研究是当前的热点,但是对功能性踝关节的定义并没有进行量化。本文正常组数据量较小,不能完全地将指标作为评价功能性踝关节不稳指标,而只能作为重建功能性踝关节不稳指标体系的参考依据。我国亟待建成一个以国人为参考的步态数据库,这将为临床的多种疾病预防、诊断、治疗和评估提供一个量化的标准。

参考文献

- [1] Adolph KE, Vereijken B, Shroud PE. What changes in infant walking and why[J]. Child Dev, 2003, 74(2):475—497.
- [2] 钱竞光,宋雅伟,叶强,等.步行动作的生物力学原理及其步态分析[J].南京体育学院学报(自然科学版),2006,5(4):32—39.
- [3] 任占兵,袁运平.不同健身跑速度对人体支撑阶段地面反作用力的影响研究[J].广州体育学院学报,2010,30(5):73-76.
- [4] Freeman MA. Instability of the foot after injuries to the lateral ligament of the ankle[J]. Journal of Bone and Joint Surgery, 1965, 47(4):669—677.
- [5] Hertel J. Functional anatomy, Pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability[J]. Journal of Athletic Training, 2002, 37(4):364—375.
- [6] 朱渊,徐向阳,钱龙杰,等.步态分析在急性踝关节扭伤临床治疗中的应用[J].中华创伤骨科杂志,2010,12(1):93—94.
- [7] Jenkins FA Jr. Chimpanzee bipedalism: cineradiographic analysis and implications for the evolution of gait[J]. Science, 1972, 178(4063):877—879.
- [8] Srinivasan M, Ruina A. Computer optimization of a minimal biped model discovers walking and running[J]. Nature, 2006, 439(7072):72—75.
- [9] Marion JB. Classical dynamics of particles and system[J]. 2 ed. New York: Academic Press, 1970.
- [10] 张秋霞.功能性不稳踝关节神经肌肉控制研究[D].苏州:苏州大学,2010.3.
- [11] Fox J, Docherty CL, Schrader J, et al. Eccentric plantarflexor torque deficits in participants with functional ankle instability[J]. J Athl Train, 2008, 43(1):51—54.
- [12] Arnold BL, Linens SW, de la Motte SJ, et al. Concentric evertor strength differences and functional ankle instability: a meta-analysis[J]. J Athl Train, 2009, 44(6):653—662.