

•运动人体科学•

单侧功能性踝关节不稳者的单足静态平衡能力

张阳^{1, 2}, 张秋霞¹, 金超¹

(1.苏州大学 体育学院, 江苏 苏州 215021; 2.合肥师范学院 体育科学学院, 安徽 合肥 230601)

摘 要: 为探讨单侧功能性踝关节不稳者的单足静态平衡能力特征, 使用 WIN-POD 平衡仪对 15 名单侧功能性踝关节不稳者和 15 名正常人进行单足睁眼和单足闭眼状态下的静态平衡能力测试, 测试时间为 10 s。结果发现: (1)左侧足睁眼站立时, 实验组包络面积和 Y 轴平均摆幅与对照组间的差异有统计学意义($P < 0.05$), 闭眼站立时, 除 X 和 Y 轴动摇速度, 实验组其它指标与对照组间的差异均有统计学意义($P < 0.05$); (2)右侧足闭眼站立时, 实验组包络面积和 Y 轴平均摆幅与对照组的差异有统计学意义($P < 0.05$); (3)实验组睁眼站立时, 患侧足与健侧足间包络面积的差异有统计学意义($P < 0.05$), 闭眼站立时, 患侧足包络面积和 Y 轴平均摆幅与健侧足间的差异有统计学意义($P < 0.05$); (4)对照组闭眼站立时, 除 X 和 Y 轴动摇速度, 左足其它指标与右足间的差异均有统计学意义($P < 0.05$)。结果表明: 与正常人相比, 单侧功能性踝关节不稳者患侧足的平衡能力略弱于正常人相应侧足, 并且也弱于健侧足; 而健侧足的平衡能力则由于患侧足平衡能力的缺失, 具有了一定的代偿功能, 使其平衡能力有略好于正常人相应侧足的趋势。

关 键 词: 运动生物力学; 功能性踝关节不稳; 平衡能力; 单足

中图分类号: G804.6 文献标志码: A 文章编号: 1006-7116(2014)05-0131-05

The single foot static balancing ability of people suffering from single side functional ankle joint instability

ZHANG Yang^{1, 2}, ZHANG Qiu-xia¹, JIN Chao¹

(1.School of Physical Education, Soochow University, Suzhou 215021, China;

2.School of Physical Education, Hefei Normal University, Hefei 230601, China)

Abstract: In order to probe into the characteristics of the single foot static balancing ability of people suffering from single side functional ankle joint instability, the authors used a WIN-POD balancing instrument to test the static balancing ability of 15 people suffering from single side functional ankle joint instability and 15 normal people in eyes opened and shut single foot standing conditions for 10, and revealed the following findings: 1) in an eyes opened left foot standing condition, the differences in envelop area and axis Y shaking amplitude between the people in the experiment group and the people in the control group were statistically significant ($P < 0.05$); in an eyes shut standing condition, except axes X and Y shaking speeds, the differences in other indexes between the people in the experiment group and people in the control group were statistically significant ($P < 0.05$); 2) in an eyes shut right foot standing condition, the differences in envelop area and axis Y shaking amplitude between the people in the experiment group and the people in the control group were statistically significant ($P < 0.05$); 3) for the people in the experiment group, in an eyes opened standing condition, the difference in envelop area between the ill foot and the healthy one was statistically significant ($P < 0.05$), in an eyes shut standing condition, the differences in envelop area and average axis Y shaking amplitude between the ill foot and the healthy one were statistically significant ($P < 0.05$); 4) for the people in the control group, in an eyes shut standing condition, except axes X and Y shaking speeds, the differences in other indexes between the left foot and the right one were all statistically significant ($P < 0.05$). The

收稿日期: 2013-10-28

作者简介: 张阳(1987-), 男, 助教, 硕士, 研究方向: 运动生物力学。通讯作者: 张秋霞。E-mail: sdjzy1987_@126.com

said findings indicate the followings: for people suffering from single side functional ankle joint instability, the balancing ability of the ill foot is slightly weaker than that of the corresponding foot of normal people, and also weaker than that of the healthy foot, while the balancing ability of the healthy foot has a certain compensation function due to the lack of balancing ability of the ill foot, which results in that its balancing ability tends to be slightly better than that of the corresponding foot of normal people.

Key words: sports biomechanics; functional ankle joint instability; balancing ability; single foot

踝关节扭伤是体育运动中最常见的运动损伤^[1], 大约占运动员总损伤比例的 25%, 并且其中 85% 的损伤涉及到踝关节单侧韧带损伤^[2], 尤其是在篮、排、足球等体育运动中损伤比例更大。人在第一次出现踝关节扭伤后人体体会出现短暂的结构不稳定性, 这种不稳定性会在 12 周后康复^[3], 研究同时发现踝关节在第一次扭伤后, 大约有 30%~78% 的人会出现踝关节的再次扭伤^[4], 久而久之形成功能性踝关节不稳(functional ankle instability, FAI), 它的主要表现症状为疼痛、肌肉无力以及反复扭伤等。目前, FAI 已经普遍存在于运动员当中, 而 FAI 对人体平衡能力的影响直接关系到运动员成绩的优劣。Ross S 等^[5]通过单足站立实验发现, FAI 者与正常人之间的平衡能力没有差异性; 而 Linens S 等^[6]通过对 FAI 者和正常人进行 20 s 单足站立实验, 发现 FAI 者的单足平衡能力明显弱于正常人。这些研究客观地反映了 FAI 对人体平衡能力的影响, 但是并未得出统一的结论, 其主要原因是测试仪器不同、测试时视觉的控制以及测试过程中是否赤足等原因所致。对单侧 FAI 者来说, 由于患侧足的存在, 日常活动中对健侧足的依赖性可能更大, 而学者却未对健侧足进行研究。

有鉴于此, 本研究以 FAI 者与正常人的单足静态平衡能力为研究内容, 采用 WIN-POD 平衡功能检测系统对两者间单足静态平衡能力进行测试, 通过包络面积和平均摆幅等运动学参数来反映功能性踝关节不稳对人体平衡能力的影响, 为运动损伤的预防和康复训练提供理论依据。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

通过调查问卷等方法, 挑选 15 名左侧有 FAI 的体育学院学生为实验组, 匹配 15 名无踝关节伤病的体育学院学生作为对照组。受试者的年龄和形态学指标: 实验组年龄(21.8 ± 0.6)岁、身高(179.1 ± 4.2) cm、体重(68.7 ± 5.4) kg; 对照组年龄(21.6 ± 0.9)岁、身高(178.1 ± 5.1)cm、体重(67.5 ± 5.8) kg, 两组受试者除了左足间存在显著性差异外, 其它无显著性差异。

功能性踝关节不稳的选取原则依 Delahunt 等^[7]所

述, 需同时满足以下 5 个条件: (1)踝关节反复扭伤 2 次以上, 功能活动中踝关节有失控感; (2)踝关节功能评价问卷(AJFAT)分值 ≤ 26 分; (3)无下肢手术、骨折等病史; (4)最后一次踝关节扭伤 ≥ 1 个月; (5)前抽屉试验、距骨倾斜试验阴性。

1.2 研究方法

1) 实验仪器。

运用法国生产的平衡检测系统 WIN-POD 采集相关指标数据。该系统包括测试平台、USB 模块和平衡分析软件 3 部分。测试平台内含 48×48 个传感器, 能灵敏地检测出受试者足底接触部分的力学信号; USB 模块主要功能是将力学信号转化为数字信号; 平衡分析软件主要由数据处理、数据存储和图像显示等模块构成, 通过该系统能直观形象地反映人体的平衡能力。本研究选取的测试指标均由该系统直接测得, 无需其它计算。

2) 实验步骤。

受试者测试前先进行 5 min 的热身活动, 然后按照相应的测试要求进行单足测试。测试分左侧足测试和右侧足测试, 测试顺序随机决定, 测试时受试者一足(赤足)立于平衡仪中心线上, 另一足抬起约 20~30 cm, 双手叉腰, 测试时间为 10 s, 每个动作测 3 次; 测试分有视觉条件(睁眼)和无视觉条件(闭眼)两种情况, 每两次测试间隔为 1 min。

3) 测试指标。

本研究主要通过压力中心在测试平台内的移动来反映人体的平衡能力。具体指标为压力中心动摇总轨迹长, 即压力中心所形成曲线的总长度; 包络面积, 即压力中心所形成曲线的最大闭合面积; 平均动摇速度, 即压力中心单位时间内的平均动摇速度; X 轴动摇速度和 Y 轴动摇速度, 即压力中心在左右和前后方向偏移的快慢程度; X 轴平均摆幅和 Y 轴平均摆幅, 即压力中心在左右和前后方向上单位时间内偏移距离。

4) 数据处理。

实验数据用均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 数据采用 SPSS17.0 统计软件进行处理, 使用单因素方差分析测试各指标在两组间的差异, 而对两组组内的差异采用配对 t 检验进行分析, 检验水准都为 $\alpha=0.05$ 。

2 结果及分析

2.1 左侧足站立时两组间的平衡能力比较

表 1 显示了左侧足单足站立时两组间平衡能力比较的结果,在睁眼状态下,两组在包络面积和 Y 轴平均摆幅两指标间的差异有统计学意义($P < 0.05$),其它指标间差异则没有统计学意义($P > 0.05$);而在闭眼状态下,除了 X 轴和 Y 轴动摇速度,其它指标在两组间的

差异都有统计学意义($P < 0.05$)。

2.2 右侧足站立时两组间的平衡能力比较

表 2 反映了在右侧足单足站立时两组间平衡能力比较的结果,在睁眼时,两组间在 7 个指标的比较中均没有统计学意义($P > 0.05$);而在闭眼时,对照组的包络面积和 Y 轴平均摆幅显著高于实验组($P < 0.05$),并且对照组其它指标的值也略高于实验组。

表 1 左侧足站立时两组间平衡能力 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n/人	眼睛状态	压力中心动摇总轨迹长/mm	包络面积/mm ²	平均动摇速度/(mm·s ⁻¹)	X 轴动摇速度/(mm·s ⁻¹)	Y 轴动摇速度/(mm·s ⁻¹)	X 轴平均摆幅/mm	Y 轴平均摆幅/mm
实验组	15	睁眼	229.6±29.3	393.2±59.8 ¹⁾	21.3±2.7	14.3±2.3	16.2±2.3	4.0±1.2	5.9±1.1 ¹⁾
		闭眼	537.9±63.4 ¹⁾	1 754.5±295.0 ¹⁾	49.1±5.9 ¹⁾	31.7±7.7	33.2±5.0	9.3±1.3 ¹⁾	12.2±2.0 ¹⁾
对照组	15	睁眼	253.1±53.8	322.0±90.9	23.7±5.3	16.7±3.9	15.5±3.4	4.0±0.7	4.7±1.3
		闭眼	476.9±42.2	1 386.2±345.2	44.2±2.7	31.8±6.2	33.5±9.3	8.1±0.8	10.3±1.5

1)与对照组同眼睛状态比较, $P < 0.05$

表 2 右侧足站立时两组间平衡能力 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n/人	眼睛状态	压力中心动摇总轨迹长/mm	包络面积/mm ²	平均动摇速度/(mm·s ⁻¹)	X 轴动摇速度/(mm·s ⁻¹)	Y 轴动摇速度/(mm·s ⁻¹)	X 轴平均摆幅/mm	Y 轴平均摆幅/mm
实验组	15	睁眼	234.0±62.7	326.1±67.3	22.2±5.0	15.1±4.4	15.6±3.6	4.1±1.3	5.0±2.0
		闭眼	525.5±142.4	1 327.3±354.3 ¹⁾	47.1±12.3	32.3±9.8	33.9±8.8	8.5±1.4	10.3±1.3 ¹⁾
对照组	15	睁眼	226.6±48.1	307.1±125.4	21.1±4.5	15.3±3.6	14.4±3.3	4.1±1.2	4.6±1.7
		闭眼	593.7±146.5	1 722.5±461.4	53.1±13.7	35.4±8.4	38.8±13.5	9.3±1.1	12.3±2.2

1)与对照组同眼睛状态比较, $P < 0.05$

2.3 实验组组内单足站立时两足间平衡能力比较

表 3 显示了实验组在睁眼和闭眼时,单足站立时两足间平衡能力的比较结果。由表可知,实验组在睁

眼单足站立时,两侧在包络面积间的差异有统计学意义($P < 0.05$);而在闭眼单足站立时,两侧在包络面积和 Y 轴平均摆幅间的差异有统计学意义($P < 0.01$)。

表 3 实验组组内单足站立时两足间平衡能力 ($\bar{x} \pm s$)

足别	n/人	眼睛状态	压力中心动摇总轨迹长/mm	包络面积/mm ²	平均动摇速度/(mm·s ⁻¹)	X 轴动摇速度/(mm·s ⁻¹)	Y 轴动摇速度/(mm·s ⁻¹)	X 轴平均摆幅/mm	Y 轴平均摆幅/mm
患侧足	15	睁眼	229.6±29.3	393.2±59.8 ¹⁾	21.3±2.7	14.3±2.3	16.2±2.3	4.0±1.2	5.9±1.1
		闭眼	537.9±63.4	1 754.5±295.0 ²⁾	49.1±5.9	31.7±7.7	33.2±5.0	9.3±1.3	12.2±2.0 ²⁾
健侧足	15	睁眼	234.0±62.7	326.1±67.3	22.2±5.0	15.1±4.4	15.6±3.6	4.1±1.3	5.0±2.0
		闭眼	525.5±142.4	1 327.3±354.3	47.1±12.3	32.3±9.8	33.9±8.8	8.5±1.4	10.3±1.3

与健侧足同眼睛状态比较, 1) $P < 0.05$; 2) $P < 0.01$

2.4 对照组组内单足站立时两足间平衡能力比较

表 4 显示了对照组在睁眼和闭眼时,单足站立时两足间平衡能力的比较结果。由表可知,对照组在睁

眼单足站立时,两侧间平衡能力没有统计学意义;而在闭眼单足站立时,除 X 轴动摇速度和 Y 轴动摇速度,其它指标在两侧间的差异都有统计学意义($P < 0.05$)。

表 4 对照组组内单足站立时两足间平衡能力 ($\bar{x} \pm s$)

足别	n/人	眼睛状态	压力中心动摇总轨迹长/mm	包络面积/mm ²	平均动摇速度/(mm·s ⁻¹)	X 轴动摇速度/(mm·s ⁻¹)	Y 轴动摇速度/(mm·s ⁻¹)	X 轴平均摆幅/mm	Y 轴平均摆幅/mm
左侧足	15	睁眼	253.1±53.8	322.0±90.9	23.7±5.3	16.7±3.9	15.5±3.4	4.0±0.7	4.7±1.3
		闭眼	476.9±42.2	1 386.2±345.2	44.2±2.7	31.8±6.2	33.5±9.3	8.1±0.8	10.3±1.5
右侧足	15	睁眼	226.6±48.1	307.1±125.4	21.1±4.5	15.3±3.6	14.4±3.3	4.1±1.2	4.6±1.7
		闭眼	593.7±146.5 ¹⁾	1 722.5±461.4 ¹⁾	53.1±13.7 ¹⁾	35.4±8.4	38.8±13.5	9.3±1.1 ¹⁾	12.3±2.2 ¹⁾

与左侧足同眼睛状态比较, 1) $P < 0.05$

3 讨论

目前,对功能性踝关节不稳的研究主要集中于本体感觉、肌肉力量、中枢神经肌肉控制和平衡能力等方面^[8-10],其中,静态平衡能力就是平衡能力的一种,它是指人在维持某一特定姿势时,控制身体重心的能力,如站立姿势的维持。本研究选用的评价指标主要是包络面积、平均动摇速度、X轴动摇速度和Y轴动摇速度等,各指标数值越大,表明人体的静态平衡能力越差。

人体在步行时80%的时间都处于单足支撑的状态^[11],而且单足支撑的平衡能力比双足支撑时要差,为此单足站立将更好的挑战平衡控制系统,发现两者间潜在的平衡缺失。由表1可知,在左侧足站立时,实验组大部分指标的值都高于对照组,尤其在闭眼站立时,这说明FAI者患侧足的静态平衡能力明显弱于正常人;同时,由表3和表4组内对比发现,对于正常人来说,闭眼时左足的平衡能力明显好于右足,而对于单侧FAI者,闭眼时患侧足(左足)的平衡能力明显弱于健侧足(右足),这说明单侧FAI者患侧足平衡能力的缺失是由于该足患有功能性踝关节不稳造成的。其原因可能在于,踝关节的反复损伤致使踝关节周围肌腱、皮肤等结构中的运动感受器受损,破坏其运动感觉功能^[12],最终导致人体平衡能力的减弱。Carrie L. Docherty等^[13]使用平衡误差评分系统对30名单侧FAI者和30名正常人进行平衡能力测试,结果发现单侧功能性踝关节不稳者在单足闭眼时,其静态平衡能力明显弱于正常者,这也证实本研究的准确性。SCOTT E. ROSS等^[5]对14名(7男和7女)功能性踝关节不稳者和14名无踝关节损伤者进行单腿平衡实验来研究其静态平衡能力,结果发现两者间的静态平衡能力不存在显著性差异,但是作者认为,实验过程中受试者的测试时间相对较长和着运动鞋进行测试都影响两者间的差异;而本文研究过程中则有效地避开了这两点,更体现了研究的严谨性和科学性。Lauren C等^[14]通过对20单侧慢性踝关节不稳者(CAI)和20名无踝关节损伤者进行星偏移测试,结果发现单侧CAI者患侧足的平衡能力不仅弱于正常人,也弱于单侧FAI者的健侧足,而本研究的结论正好与其一致。综上所述,对于单侧FAI者患侧足的静态平衡能力已基本达成共识:即患侧足的静态平衡能力不仅弱于正常人,也弱于单侧FAI者的健侧足。

通过对健侧足站立的研究发现(表2),在健侧足睁眼站立时,两组间的平衡能力没有显著性差异;而在健侧足闭眼时,发现FAI者压力中心所形成曲线的最大闭合面积和在前后方向的平均偏移量明显小于正常

人的相应侧,并且其它指标的值也都小于正常人的相应侧,这说明FAI者健侧足的平衡能力有略好于正常人的趋势。其可能原因是单侧FAI者患侧足的平衡能力缺失使其健侧足具备了一定的代偿功能以及闭眼测试时视觉的缺失放大了两组间平衡能力的差异性。Lauren C等^[14]对单侧CAI者和正常人进行星偏移测试,结果却发现单侧CAI者健侧足的平衡能力与正常人匹配侧足之间无显著性变化,并且还略有降低的趋势,而造成这种结果的原因可能为星偏移测试主要用于动态平衡能力的评价或者受试者略有不同所致。与此同时,也有研究发现,单侧踝关节损伤后,患侧的姿势控制能力明显降低,而健侧的姿势控制缺失却在损伤后的第四周才能发现^[9],并且另有研究证实双侧的姿势控制缺失确实存在,只是双侧的缺失程度不同而已^[16]。而本研究结果与国外研究的不同对单侧踝关节损伤者的临床康复具有一定的启示作用,即临床上用健侧肢体的平衡作为正常姿势控制的参照物应当慎重^[17],因为双侧平衡能力的缺失可能掩盖姿势控制的障碍;如用健侧的平衡能力作为患侧康复的标准,可能会对病人平衡能力产生不恰当的结论,进而导致患者提前活动,诱导踝关节重复扭伤。所以,临床上最好用一个健康群体或者是损伤前的平衡能力基线作为恢复的标准。

目前,通过进一步的研究发现,平衡能力的缺失不仅是运动损伤产生的一个危险因素,而且平衡控制的缺失更有可能导致踝关节未来损伤的再次发生^[18]。所以,一些球队已经用赛季前平衡能力的状况来预测赛季中运动员新韧带损伤情况^[19],而这些也证明了对功能性踝关节不稳者进行平衡能力研究的重要性和实用性。但是,本研究依然存在一些不足,如所选单侧FAI者的患侧足全部为左足,受试者相对较单一(都为男性);静态平衡测试可能相对较简单不能很好检测出单侧FAI者中患侧与健侧之间的差异,并且静态平衡控制也不是日常生活动作的最佳选择^[20],而对FAI者进行动态平衡测试可能更有实用价值;鉴于本研究对单侧FAI者健侧足的研究结论与国外研究的不一致以及健侧足在单侧踝关节损伤者的临床康复中具有重要参考性的价值,所以,对单侧踝关节不稳者健侧足的研究尤为重要;而这些亦是未来对功能性踝关节不稳者平衡能力研究的主要方向。

参考文献:

- [1] Arnold B, Wright C, Ross S. Functional ankle instability and health-related quality of life[J]. Journal Of Athletic Training, 2011, 46(6): 634-641.
- [2] Eisenhart A W, Gaeta T J, Yens D P. Osteopathic

- manipulative treatment in the emergency department for patients with acute ankle injuries[J]. *Journal of the American Osteopathic Association*, 2003, 103(9): 417-421.
- [3] Konradsen L, Olesen S, Hansen H M. Ankle sensorimotor control and eversion strength after acute ankle inversion injuries[J]. *The American Journal of Sports Medicine*, 1998, 26(1): 72-77.
- [4] Evans L, Clough A. Prevention of ankle sprain: A systematic review[J]. *International Musculoskeletal Medicine*, 2012, 34(4): 146-158.
- [5] Ross S, Guskiewicz K. Examination of static and dynamic postural stability in individuals with functionally stable and unstable ankles[J]. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 2004, 14(6): 332-338.
- [6] Ross S, Linens S, Wright C, et al. Balance assessments for predicting functional ankle instability and stable ankles[J]. *Gait & Posture*, 2011, 34(4): 539-542.
- [7] Delahunt E, Coughlan G F, Caulfield B, et al. Inclusion criteria when investigating insufficiencies in chronic ankle instability[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2010, 42(11): 2106-2121.
- [8] Groeters S, Groen B E, van Cingel R, et al. Double-leg stance and dynamic balance in individuals with functional ankle instability[J]. *Gait & Posture*, 2013, 38(4): 968-973.
- [9] Arnold B, Linens S, de la Motte S, et al. Concentric evertor strength differences and functional ankle instability: a meta-analysis[J]. *Journal of Athletic Training*, 2009, 44(6): 653-662.
- [10] Zhu Y, Qiu M, Ding Y, et al. Effects of electroacupuncture on the proprioception of athletes with functional ankle instability[J]. *World Journal of Acupuncture-Moxibustion*, 2013, 23(1): 4-8.
- [11] 卓大宏. 中国康复医学[M]. 北京: 华夏出版社, 2003.
- [12] Munn J, Sullivan S J, Schneiders A G. Evidence of sensorimotor deficits in functional ankle instability: a systematic review with meta-analysis[J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2010, 13(1): 2-12.
- [13] Docherty C L, McLeod T C V, Shultz S J. Postural control deficits in participants with functional ankle instability as measured by the balance error scoring system[J]. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 2006, 16(3): 203-208.
- [14] Olmsted L, Carcia C, Hertel J, et al. Efficacy of the star excursion balance tests in detecting reach deficits in subjects with chronic ankle instability[J]. *Journal of Athletic Training*, 2002, 37(4): 501-506.
- [15] Wikstrom E, Naik S, Lodha N, et al. Balance capabilities after lateral ankle trauma and intervention: a meta-analysis[J]. *Medicine And Science In Sports And Exercise*, 2009, 41(6): 1287-1295.
- [16] Evans T, Hertel J, Sebastianelli W. Bilateral deficits in postural control following lateral ankle sprain[J]. *Foot & Ankle International*, 2004, 25(11): 833-839.
- [17] McKeon P, Hertel J. Systematic review of postural control and lateral ankle instability. Part 1: can deficits be detected with instrumented testing[J]. *Journal of Athletic Training*, 2008, 43(3): 293-304.
- [18] Arnold B, De la Motte S, Linens S, et al. Ankle instability is associated with balance impairments: A meta-analysis[J]. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 2009, 41(5): 1048-1062.
- [19] McGuine T A, Greene J J, Best T, et al. Balance as a predictor of ankle injuries in high school basketball players[J]. *Clin J Sport Med*, 2000, 10(4): 239-244.
- [20] Jonsson E, Seiger A, Hirschfeld H. One-leg stance in healthy young and elderly adults: a measure of postural steadiness?[J]. *Clin Biomech*, 2004, 19(7): 688-694.

