

· 基础研究 ·

基于步态分析的击剑运动员膝损伤原因探讨

李 峰¹ 李 珩² 文 静² 张 蓉²

摘要 目的:分析击剑运动员的步态特征并对其异常步态可能导致膝损伤的机理进行探讨。**方法:**采用 Footscan 2m 板测试系统对 30 名健康北京击剑队运动员进行步态检测,测量其在赤足及穿鞋情况下进行正常行走和弓步出剑时的足底压力分布情况和足内、外翻程度,并对其动力学特征指标进行统计学分析。**结果:**弓步出剑时足底压力平衡曲线上的外翻峰值($97.62^{\circ} \pm 6.58^{\circ}$)与翻内谷值($-53.71^{\circ} \pm 6.31^{\circ}$)与正常值(外翻值 $<25^{\circ}$,内翻值 $>-10^{\circ}$)相比有显著增高($P<0.01$),且峰值与谷值多集中出现在足跟部位。**结论:**在弓步出剑时,足跟落地缓冲阶段的极短时间内足部出现过度内翻、外翻的转换,由此产生的扭力可能为击剑运动员慢性膝损伤的原因之一。

关键词 步态;平衡曲线;膝损伤

中图分类号:R318.01,R684 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-1242(2008)-03-0254-02

以膝骨关节炎为代表的膝损伤主要是关节软骨的病变^[1]。目前的研究认为,该病的发生不仅与年龄因素相关,更重要的是力学和生物学因素共同作用引起软骨代谢失衡的结果^[2]。由过度的下肢关节活动和长期异常应力作用导致膝损伤的问题已经越来越被运动医学界、运动康复界专家所重视。步态分析技术旨在通过生物力学和运动学测量手段揭示导致人体异常活动的关键环节及影响因素,并可以指导康复评估和治疗^[3]。足底压力测量为步态研究领域的支撑技术。力板与测力台是在换能器、传感器基础上发展起来的足底压力测量系统,可以准确测量足或鞋底压力及分布^[4]。本研究选取健康击剑运动员,检测其在正常行走和完成弓步出剑动作时的足底压力变化,并计算其足部内外翻情况,从生物力学角度分析长期训练与膝关节损伤的关系。

1 资料与方法

1.1 研究对象

2006 年北京队击剑运动员共 30 例。其中男 18 人,女 12 人。年龄 14—30 岁,平均年龄 22.6 ± 3.01 岁。男性身高(170.1 ± 5.2)cm,体重(60.1 ± 5.9)kg;女性身高(158.4 ± 2.5)cm,体重(50.0 ± 4.7)kg。以上运动员均无运动系统病史。

1.2 研究指标及方法

1.2.1 研究指标:对 30 名击剑运动员进行足底压力分布测试,提取的动力学特征指标为:①足底压力平衡曲线;②各阶段时间分布均值;③足底各主要区域与地面接触时间百分比均值;④足底各主要区域所受冲量百分比均值。

1.2.2 研究方法:测量足底压力分布。采用 Tekscan 公司生产 Footscan 2m 板测试系统(包括 2m 平板及相应跑道、3D 数据采集盒、分析软件及电脑),每位测试者赤足(bare walk)/穿鞋(shoe walk)在测试平板上各行走 5 次(126Hz),记录双足各 10 个区域的足底压力;赤足(bare jump)/穿鞋(shoe jump)在测试平板上各完成弓步出剑动作 5 次(500Hz),记录在前的支撑足的 10 个区域的足底压力。以上 10 个被测区域为:①第一足趾 T1;②第二—第四趾 T2-5;③第一跖骨 M1;④第二跖骨 M2;⑤第三跖骨 M3;⑥第四跖骨 M4;⑦第五跖骨 M5;⑧足中部(middle foot, MF);⑨足后跟内侧(heel medial, HM);⑩足后跟外侧(heel lateral, HL)。

使用 RSscan 程序计算内外翻程度。以第 2 足趾趾尖与脚跟中央连线将足分为内外两侧,内侧压强大于外侧时认为有足外翻,外侧压强大于内侧时认为有足内翻。测量不同部位足底压力,将数据导入 EXCEL 表中,再求各阶段均值。由公式 $(M1+M2+HM)-(M3+M4+M5+HL)/(M1+M2+HM)$ 得到步态分析比值,并以其测量值生成足底平衡曲线(footbalance),以反映是否存在可能损伤膝关节的足内外翻,及其内外翻程度。当足的平衡曲线上的内翻值 $<-10^{\circ}$ 或外翻值 $>+25^{\circ}$ 时,认为存在足的过度内/外翻。

1.3 统计学分析

步态分析比值用均数 $\pm$ 标准差的统计学方法描述,与正常步态分析比值的差异采用单样本 t 检验,比较赤足/穿鞋情况下步态分析比值的差异采用配对样本 t 检验。采用 Excel 2000、SPSS11.0 统计软件进行比较分析。

2 结果

2.1 不同过程中足底平衡曲线的外翻峰值及内翻谷值

作单样本单侧 t 检验,在赤足/穿鞋正常行走时,其翻外峰值与内翻谷值均处于正常值(外翻值 $<25^{\circ}$,内翻值 $>-10^{\circ}$)范围内。而在赤足/穿鞋弓步出剑时,其外翻峰值与正常峰值有显著差异($P<0.01$),其内翻谷值与正常谷值有显著差异($P<0.01$)。说明被测试者在弓步出剑时足内外翻平均值极大地偏离了正常值范围,足部出现了过度的内翻与外翻。作配对单侧 t 检验,赤足时外翻值大于穿鞋时($P<0.01$),而内翻值绝对值小于穿鞋时($P<0.01$),见表 1。

表 1 四种不同运动过程中内外翻平均值的比较 ($\bar{x} \pm s$)

	赤足正常行走	穿鞋正常行走	赤足弓步出剑	穿鞋弓步出剑
外翻峰值	23.99 ± 7.35	21.28 ± 6.58	97.62 ± 6.58	65.34 ± 6.56
内翻谷值	-12.62 ± 4.40	-14.6 ± 4.75	-53.71 ± 6.31	-110.91 ± 14.73

2.2 平衡曲线的外翻峰值、内翻谷值在足部不同部位的出现率

由表 2 可知,在四种不同的运动情况下,其外翻峰值、内

1 北京中医药大学基础医学院中医诊断系,100029

2 北京中医药大学基础医学院中医诊断系研究生

作者简介:李峰,男,博士,教授,博士生导师

收稿日期:2007-5-29

翻谷值在足不同部位出现率差异有显著性意义($P<0.01$)。在正常走的测试中,被测试者在赤足和穿鞋的两种状态下其足底的平衡曲线的外翻峰值多数分布在足前部,即在足蹬伸阶段有过度外翻;而在做弓步出剑的动作时,前方支撑足在赤足和穿鞋两种状态下其足底的平衡曲线的外翻峰值都出现在了足跟部,即在足落地缓冲阶段有过度的外翻,见表 2。

在正常走的测试中,被测试者在赤足和穿鞋两种状态下,足底的平衡曲线的内翻谷值基本较为均匀的分布在足运动过程中的各个阶段。其中赤足行走时在足落地缓冲阶段出现内翻的几率稍大;而在穿鞋走时在足支撑阶段出现内翻的几率稍大(应该通过卡方检验,才能知道出现率是否有显著意义)。而在完成弓步出剑的动作时,无论是赤足还是穿鞋的运动员其足底压力平衡曲线的内翻谷值都出现在了足跟部,即在落地缓冲阶段足底出现了过度的内翻,见表 2。

表 2 四种不同运动情况下峰值、谷值在足部不同部位的出现情况

	足跟部		足中部		足前部	
	例	%	例	%	例	%
峰值(外翻)^①						
赤足正常行走	4	13.3	9	30.0	17	56.7
穿鞋正常行走	7	23.3	6	20.0	17	56.7
赤足弓步出剑	28	93.3	0	0.0	2	6.7
穿鞋弓步出剑	23	76.6	2	6.7	5	16.7
谷值(内翻)^②						
赤足正常行走	13	43.3	9	30.0	8	26.7
穿鞋正常行走	9	30	11	36.7	10	33.3
赤足弓步出剑	26	86.6	2	6.7	2	6.7
穿鞋弓步出剑	22	73.3	3	10.0	5	16.7

① $\chi^2=56.1217, P<0.01$; ② $\chi^2=25.8514, P<0.01$

3 讨论

运动员慢性膝损伤是体育医学界长期关注的问题,其中长期生物力学失衡是造成膝损伤的重要原因之一^[5]。对于下肢力学系统而言:踝关节属于滑车关节,由于距骨前宽后窄,当足处于背屈时,距骨前较宽的关节面处于由胫骨和腓骨组成的关节窝内,将胫骨和腓骨锁定,使踝关节只能够前屈后伸,而不能够有轻微的内翻外转^[6]。击剑运动员的弓步出剑动作,足处于背屈位,踝关节被锁定。此时足有过度的内外翻转就会在胫骨和腓骨之间产生一个扭力,就会相应使胫骨出现内外翻,而胫骨的内外翻转会引起上端的胫骨内外侧髁的转动,牵拉半月板^[7]。由于膝关节囊内的半月板中间薄、边缘厚,在膝关节后伸时,半月板的较厚的边缘处于膝关节腔内,使关节腔内的活动空间减小。此时胫骨扭转力会引起膝关节过度的摩擦,长期会引起膝关节尤其是半月板的损伤^[8]。

步态分析是研究步行规律的检查方法,旨在通过生物力学和运动学手段,揭示步态异常的关键环节及影响因素,从而指导康复评估和治疗。目前,具有代表性的计算机化三维动态足底压力步态分析系统为 Tekscan 公司的 F-scan 系统,该系统可以计算机化测量人站立或行走中足底与测力台接

触面压力分布^[9],因其测量结果的直观性、实时性,近年来已在国外广泛应用于步态分析、高危足病的预防和术式评估等方面。

本研究通过 F-scan 系统对 30 例健康击剑运动员进行不同运动状态下足底压力的测试及分析。结果表明:击剑运动员完成弓步出剑动作时,身体重心急速前移。被测试者在弓步出剑时,足的内翻与外翻值极大地偏离了正常值范围,尤其在足落地缓冲瞬间存在明显的内翻到外翻的过程。根据对足落地各个阶段的划分,足落地缓冲阶段所占的时间是整个足落地时间的 15%,短时间内的力学转换使足跟部承受巨大的冲量。其上传的胫骨扭转力则会引起膝关节过度的摩擦,长期频繁完成这个动作有将有可能引起膝关节的损伤尤其是半月板的损伤。在穿着运动鞋后,弓步出剑时足底压力平衡曲线的外翻峰值有明显的降低,但内翻谷值的绝对值则有明显的增加。这说明被测试者穿着的训练鞋会对足外翻有明显的矫正作用,但却增加了其足内翻的程度。

根据以上分析,我们认为为了避免击剑运动员的慢性膝损伤,应当在其膝痛等症状出现之前及早调整运动步态。建议穿着有矫形作用的训练鞋,控制其足内翻、足外翻的程度,保持生物力学平衡;并在训练结束后对膝周围肌肉韧带进行按摩和热敷,在一定程度上达到松解局部紧张组织,改善血液循环及缓解力学失衡^[10]。以上举措可望对于预防击剑运动员慢性膝损伤,延长其赛龄起到积极作用。

参考文献

- [1] Cicuttini FM, Spector TD. Genetics of Osteoarthritis [J]. Ann Rheum Dis, 1996, 55: 665.
- [2] 张英, 崔磊, 刘伟, 等. 力学环境对软骨基质代谢的影响[J]. 中国生物工程志, 2003, 23(7): 80.
- [3] 励建安, 孟殿怀. 步态分析的临床应用[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2006, 28(7): 500.
- [4] 李建设, 王立平. 足底压力测量技术在生物力学研究中的应用与进展[J]. 北京体育大学学报, 2005, 28(2): 191.
- [5] Eric Eils, Stefan Nolte, Markus Tewes, et al. Modified pressure distribution patterns in walking following reduction plantar sensation[J]. Journal of Biomechanics, 2002, 35: 1307.
- [6] Moskowitz, Howell, Altman, Buckwalter Goldberg. Osteoarthritis Diagnosis and Medical Management[M]. 天津: 天津科技翻译出版公司, 2005. 311—313.
- [7] 黄涛, 黄昌林. 不同运动方式对骨性关节炎关节功能障碍的防治[J]. 中国康复, 1999, 14(1): 6.
- [8] 褚立希, 王锋. 膝关节 X 片生物力学及形态学测量分析[J]. 中西医结合学报, 2004, 11(2): 433.
- [9] 吴剑, 李建设. 青少年女性穿不同鞋行走时步态的动力学分析[J]. 北京体育大学学报, 2004, 27(4): 486.
- [10] 薛立功, 张海荣, 刘春山, 等. 经筋辨治膝退行性变合并膝痛 364 例分析[J]. 中医药学刊, 2003, 21(8): 1377—1378.