

非接触性前交叉韧带损伤生物力学机制的研究

Research on the Biomechanical Mechanism of Non-contact Anterior Cruciate Ligament Injury

郑荣强¹ 周静怡²

Rongqiang Zheng¹ Jingyi Zhou²

1. 山东省体育科学研究中心 中国·山东 济南 250001

2. 济南市第五人民医院 中国·山东 济南 250011

1. Shandong Sports Science Research Center, Jinan, Shandong, 250001, China

2. The Fifth People's Hospital of Jinan City, Jinan, Shandong, 250011, China

摘要: **目的:** 研究跆拳道项目运动员前交叉韧带损伤多发且明显性别差异的生物力学机制。**方法:** 随机挑选 14~19 岁的 28 名跆拳道青少年运动员, 按性别分组, 进行双脚高处落地、单足高处落地、单腿下蹲三个动作, 应用 Vicon 动作分析系统; Kistler 三维测力台对动作过程中膝关节角度, 地面作用力进行评估。**结果:** 男女运动员在双足落地和单足落地过程中存在膝关节生物力学差异。**结论:** 跆拳道女性运动员多发前交叉韧带损伤存在膝关节生物力学机制, 可通过神经肌肉控制训练进行预防。

Abstract: Objective: To study the biomechanical mechanism of taekwondo athletes with frequent anterior cruciate ligament injuries and obvious gender differences **Methods:** 28 young Taekwondo athletes aged 14~19 are randomly selected, group by gender, perform three movements: landing at high places with two feet, landing at high places with one foot, and squatting with one leg, using Vicon motion analysis system; The Kistler three-dimensional force plate evaluates the angle of the knee joint and the force on the ground during the action. **Results:** There are differences in knee biomechanics between male and female athletes in the process of landing on both feet and on one foot. **Conclusion:** Multiple anterior cruciate ligament injuries in female Taekwondo athletes have knee biomechanical mechanisms, which can be prevented through neuromuscular control training.

关键词: 膝关节; 前交叉韧带; 生物力学; 损伤机制

Keywords: knee; anterior cruciate ligament; biomechanics; damage mechanism

DOI: 10.12346/pmr.v3i6.4878

1 引言

非接触性前交叉韧带 (Anterior Cruciate Ligament, ACL) 损伤是指在没有外力作用的情况下, 由于自身动作导致前交叉韧带应力异常而造成的损伤。大约 80% 前交叉韧带损伤是非接触性事件造成的^[1]。流行病学研究显示, 女性运动员相对男性运动员发生前交叉韧带损伤的几率高 2 至 8 倍^[2]。青春期前交叉韧带损伤没有性别差异, 并且发生的几率很小。在青春期 (14~19 岁) 男女性别在解剖、内分泌和神经肌肉控制方面存在很多差异, 这可能是导致损伤发生性别差异的因素。

2 研究方法

2.1 研究对象

跆拳道队运动员, 男 15 名, 女 15 名, 年龄在 14~19 岁之间,

男女之间年龄、身高、体重及运动年限的差别, 如表 1 所示。

表 1 男女运动员在身高、体重、年龄和运动年限方面的比较

	年龄	身高 (cm)	体重 (kg)	运动年限 (年)
男 (n=13)	16.2±2.7	178±6.8	68.6±9.5	6.3±3.1
女 (n=15)	16.5±2.9	175±5.6	65.7±7.3	5.9±2.9

由于男女运动选择相应级别的运动员进行比较, 在身高、体重方面没有明显差别。所有运动员没有前交叉韧带损伤史、无严重膝关节损伤史 (如半月板损伤、侧副韧带损伤、创伤性滑膜炎等)。

2.2 实验方法

高处落地生物力学测试方法。由于跆拳道项目运动员 ACL 损伤大多发生在支撑腿跳跃落地或前后移动时, 因此测试高处落地时下肢的髌关节、膝关节、踝关节的排列等运

【作者简介】郑荣强 (1973-), 男, 中国山东平原人, 博士, 副研究员, 从事运动损伤的预防与康复研究。

动力学改变,对监测膝关节 ACL 损伤的风险十分必要。国际上有研究证实,在高处落地时,髌关节的内旋、膝关节外翻和旋转是 ACL 损伤的风险因素,落地时地面反作用力峰值较大缺乏有效的缓冲也是风险因素之一。我们通过进行高处落地的生物力学测试来探讨对跆拳道项目男女运动员是否存在差异,我们设计的高处落地的动作包括:双足落地、单足落地、单腿下蹲。研究假设:男女运动员在高处落地时存在下肢生物力学的差异;男女运动员落地时地面缓冲存在差异;男女运动员专项动作时下肢生物力学指标存在差异。

2.3 统计分析

采用混合方差分析方法确定性别、动作和训练前后对下肢生物力学指标的影响。方差分析的因变量包括受试者脚接触地面后,第一次地面反作用力峰值时刻的地面反作用力前、后方向和上、下方向的冲击峰值以及膝关节外翻角度、膝关节屈曲角度。统计分析的显著性标准定义为一类误差概率不大于 0.05,所有统计分析在 SPSS16.0 软件完成。

3 研究结果

根据中国的研究在落地过程中足着地开始的 30~100ms 内,膝关节内扣外翻和伸展角度过大、缺乏缓冲是发生 ACL 损伤的主要生物力学因素,有研究直接把落地膝关节的外翻角度作为 ACL 损伤的预测风险因素。因此,论文采用地面垂直反作用力、地面水平向后反作用力、膝关节屈曲角度、膝关节外翻角度作为测量指标对运动员的落地动作进行测试。其中,单足下蹲过程中对地面的压力近似于体重,所以只对膝关节角度进行测量。测量指标取足着地过程中地面反作用力最大的时候的值。双足落地中去左右下肢膝关节角度平均值。地面作用力与体重的比值进行标准化处理。

如表 2 显示,男女运动员在双足落地中,地面垂直反作用力和落地时膝关节屈曲角度男女存在显著性差异,女性大

于男性。膝关节屈曲角度明显性别差异,女性小于男性。水平向后作用力和膝关节外翻角度没有明显差异。

在单足落地动作中,女性运动员地面垂直反作用力较男性大,存在明显差异。膝关节屈曲角度、地面水平向后作用力没有明显差别。膝关节外翻角度男女性之间没有明显差别。单腿下蹲膝关节屈曲角度和外翻角度没有明显差异。

4 结语

论文主要研究了在落地过程的膝关节的生物力学,包括双足落地、单足落地、单腿蹲,这与跆拳道项目的技术特点相关。在落地过程中测试指标的截取时间我们采用足接触地面到地面达到最大反作用力的这段时间,这与国际上研究,非接触性 ACL 损伤通常发生在落地后足最初接触地面的 30~100ms 的时间段内^[3]。

单腿下蹲已被在几个研究中用于临床检测膝关节控制髌关节肌肉功能。运动员单腿站立,将他们的手放置在髌部,尽最大力量下蹲,然后重新站立起来而不失平衡。站在运动员前面,观察运动员下蹲过程中下肢和膝关节的位置^[4]。

在非接触性 ACL 损伤多发生在,如切步、旋转、加速、减速或高处落地中,疲劳出现会增加损伤发生率。膝关节屈曲角度变小、髌关节屈曲角度变大、膝关节外翻、髌关节内旋增加、髌骨的内、外旋转、扁平足被报道是 ACL 损伤发生或即将发生时的机制。争论的焦点是关于哪一个才是发生在损伤的当时,哪一个是发生在损伤后的瞬间。从 ACL 损伤的录像分析看 ACL 损伤大多发生在足着地后的 30~100ms。非接触性 ACL 损伤发生在足触地后的当时,髌关节的内旋、内收,较强的股四头肌的收缩,膝关节屈曲角度小于 30°。膝关节的外翻位是发生在 ACL 损伤后的旋转移位的代偿。

表 2 男、女运动员训练前后高处落地下肢生物力学指标

	双足落地		单足落地		单腿下蹲	
	男	女	男	女	男	女
地面垂直反作用力	4.35 ± 0.64	6.48 ± 0.87*	5.06 ± 0.96	6.81 ± 1.24		
地面水平向后反作用力	1.18 ± 0.56	1.45 ± 0.63	1.34 ± 0.75	1.67 ± 0.53		
膝关节屈曲角度	43.4 ± 5.4	35.6 ± 5.1*	14.2 ± 3.1	13.8 ± 4.7	89.4 ± 10.4	81.4 ± 8.1
膝关节外翻角度	7.5 ± 1.5	8.4 ± 2.4	9.7 ± 2.1	8.6 ± 1.6	13.7 ± 3.7	13.2 ± 4.7

注: * 表示男女运动员之间有显著性差异, (p < 0.05)。

参考文献

- [1] Faigenbaum AD, Kraemer WJ, Blimkie CJ, et al. Youth resistance training: updated position statement paper from the National Strength and Conditioning Association[J]. Strength Cond Res, 2009, 23(5): 60-79.
- [2] Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene JV, et al. The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes: A prospective study[J]. Am. J. Sports Med, 1999(27): 699-706.
- [3] Kim S, Bosque J, Meehan JP, et al. Increase in outpatient knee arthroscopy in the United States: A comparison of National Surveys of Ambulatory Surgery.[J]. Bone Joint Surg Am, 2011(93): 994-1000.
- [4] Miyasaka KC, Daniel DM, Stone ML. The incidence of knee ligament injuries in the general population[J]. Am J Knee Surg, 1991(4): 43-48.