

·临床研究·

改良运动损伤预防方案在前交叉韧带损伤预防中的应用*

鲁智勇¹ 普江艳^{1,2} 解 强¹ 李 伟¹ 李国平¹

摘要

目的:分析优秀女橄榄球运动员(女橄)侧切跑中,下肢运动学和动力学特征,使用改良的运动损伤预防方案对女橄运动员 ACL 损伤进行预防性干预并评价其效果。

方法:优秀女运动员 14 例,随机分为实验组(REF)与对照组(CON),每组 7 例,实验组进行 12 周的康复训练,对照组不干预。采集侧切跑生物力学数据和 SEMG 数据。

结果:①着地时刻、峰值时刻指标:REF 组髋关节屈曲峰角度、力矩大于 CON 组($P<0.05$),膝关节外翻角度小于 CON 组($P<0.05$)。②REF 组峰 F 以及矢状面峰 F 均小于 CON 组,两者存在显著差异($P<0.05$)。③ F 以及矢状面 F 的峰值出现在侧切跑动作的支撑阶段早期(<30%)。

结论:①侧切跑动作的支撑阶段,落地时刻与峰值时刻的髋关节屈曲角度、力矩,膝关节外翻角度、力矩是导致 ACL 损伤重要风险因素。②侧切跑动作的支撑阶段早期(<30%)是女橄运动员 ACL 损伤的高发阶段。③运动损伤预防方案结合平衡能力训练可有效改善女橄运动员下肢生物力学指标,降低 ACL 受力,减少损伤发生。

关键词 女子橄榄球运动员;前交叉韧带损伤;运动学;动力学;康复;运动损伤预防方案

中图分类号:R493,G804.5 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2021)-04-0388-10

Application of improved prevention injury and enhance performance injury prevention programme in anteriorcruciate ligament injury prevention/LU Zhiyong, PU Jiangyan, XIE Qiang, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2021, 36(4): 388—397

Abstract

Objective: To identify the biomechanics characteristics of rugby player when side-cutting and analysis the injury mechanism of the knee for female rugby players. To evaluate the effect of improved prevention injury programme on female rugby players with anteriorcruciate ligament(ACL)injury.

Method: Totally 14 elite female athletes were divided into control group (CON) and rehabilitation group(REF) , 7 athletes in each group. The REF group was given 12-week rehabilitation training,while no intervention for CON group. Qualisys motion capture system was used to collect the biomechanical data and sEMG data.

Result: ①The REF group had the greater peak hip flexion angles and moment when compared with the group CON($P<0.05$). However, the knee valgus angle of REF group was smaller than that of the CON group ($P<0.05$).②The peak F and sagittal F of REF group were lower than those of CON group with significant difference ($P<0.05$).③The peak F and sagittal F appeared at the early stage of the supporting stage (<30%).

Conclusion: ①The hip flexion angle and moment of and knee valgus angle and moment are the important risk factors for the ACL injury when side-cutting. ②At the early stage of the supporting stage (<30%), the ACL injury incidence is high for female rugby players. ③PEP injury prevention programs combined with balance train-

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2021.04.002

*基金项目:国家体育总局重点课题(2014A004)

1 国家体育总局运动医学研究所,北京东城区体育馆路4号,100061; 2 通讯作者

第一作者简介:鲁智勇,博士,副主任医师; 收稿日期:2019-12-18

ing can effectively improve biomechanical indexes of lower limb, lower the ACL stress and reduce the change of injury for the female rugby athletes.

Author's address Institute of Sports Medicine, General Administration of Sport of China, No.4 Tiyyuguanlu Road, Dongcheng District, Beijing, 100061

Key word female rugby athletes; anteriorcruciate ligament injury; kinematics; dynamics; rehabilitation; prevention injury and enhance performance

橄榄球是一项身体对抗激烈、运动技巧繁多,并要求参与者具有顽强的意志品质,同时具有极强观赏性的团体运动。前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)损伤是橄榄球运动员在比赛中常见的严重运动损伤之一^[1]。根据研究报告,在橄榄球运动的前交叉韧带断裂伤中,78%为非接触性损伤^[2],这为我们了解前交叉韧带损伤的可预防性提供了有力的临床支持。而同时各种证据表明,前交叉韧带损伤与突然改变方向的运动有关^[2],例如侧切动作。研究同时发现,女运动员的前交叉韧带损伤发生的风险4倍于男运动员^[1]。橄榄球运动员侧切跑技术速度快、强度大、参与动作的下肢肌肉多,较多的肌肉参与维持膝关节在矢状面、冠状面及水平面的稳定性,而在侧切跑动作的运动周期中,从落地瞬间至足部离开地面的支撑阶段,此阶段各关节应力较大,因此是损伤的高发阶段。神经肌肉控制力、肌肉平衡对人体的结构与功能的稳定极为重要,对于侧切跑运动,高效的神经肌肉控制系统可有效协调各个肌肉、肌群的配合协调工作,发挥每块肌肉的最大功效,保护各关节,同时增加其运动表现。基于神经功能训练的运动损伤预防方案(prevention injury and enhance performance, PEP)的临床实践研究发现,其在预防 ACL 损伤方面具有显著的实践效果^[3]。另外,多项研究表明,本体感受器训练和平衡练习对运动损伤预防很重要^[4]。本研究拟通过对女子橄榄球运动员在侧切跑过程中,膝关节的受力分析,描述优秀女子橄榄球运动员的下肢受力,并且通过改良的 PEP 损伤预防措施对女橄榄球运动员康复训练进行干预,评估其效果,验证该方案在预防女性橄榄球运动员膝关节前交叉韧带损伤中的作用。

1 对象与方法

1.1 研究对象

女子橄榄球(以下简称女橄)运动员共 14 例,所

有的纳入标准由经验丰富的临床医生掌握。分组情况:用随机数字表法分为实验组(REF)与对照组(CON),每组 7 例,如表 1 各组间年龄、身高、体重、训练年限均无显著性差异。实验组进行为期 12 周的康复干预,对照组不进行康复干预,见表 1。

表 1 研究对象一般资料 ($\bar{x} \pm s$)

指标	REF 组(n=7)	CON 组(n=7)
年龄(岁)	18.4±1.4	16.8±0.8
身高(cm)	173±5.2	173±3.1
体重(kg)	66.3±3.9	63.2±4.4
专业训练年限(年)	9.0±1.4	8.5±1.0

纳入标准:①所有队员均为中国国家女子橄榄球队队员(运动等级至少为健将级);②研究期间运动员应处于常规训练状态,排除 3 个月以上未参加训练的运动员;③所有队员测试均为优势侧,无膝关节相关手术史;④运动员无任何影响其完成测试动作的相关疾病;⑤受试者均签署知情同意书。

1.2 研究方法

1.2.1 运动学测试:运用 Qualisys (瑞典)MCU500 红外光点运动捕捉系统对测试者侧切跑动作运动学指标进行测试,数据采集频率为 200Hz,采集时间 5s,8 个摄像头。

1.2.2 动力学测试:应用 Kistler 9281CA(瑞士)三维测力台对受试者侧切跑动作周期内,下肢所受的地面反作用力(GRF)及相关指标进行采集与处理,数据采集频率为 1000Hz。

1.2.3 表面肌电图(sEMG)测试系统:使用 8 通道 NORAXON 无线肌电系统(USA Inc, TeleMyo 900)。采样频率=1000Hz, A/D 变频器±5V 输入范围,带宽=30—500Hz,无陷波器。

1.3 测试步骤

1.3.1 测试方法:采用 Qualisys 动作捕捉系统与 EMG 肌电测试系统同步进行测试。被试采用侧切跑动作进行测试,同步采集运动周期内的相关数据

与实验资料。生物力学实验室的平均温度控制在26℃。

实验前准备:实验前告知受试者注意事项,穿戴平日训练用鞋、紧身运动短裤。将起跳腿定义为受试者的优势腿,并提前记录好受试者基本情况。依据身体各解剖定位,贴好各电极片与标记点,本研究中,研究对象优势侧均为右侧。

实验时,标定空间为测力台上方2.75m×2.25m×2.4m(长×宽×高)的范围。调试好所有的测试仪器,依据海伦海耶斯模型,进行反光标记点的粘贴,红外反光标志点用固定胶带粘贴于体表。在力台上用白胶布标记好运动员的侧切跑运动方向。所有受试者穿戴运动紧身背心与运动鞋,测试前,每位运动员进行至少与运动任务相似的三次预热准备活动,以减少力台对运动员的影响。

侧切跑动作定义:开始后,受试者距离测力台8m处进行助跑,当受试者还有一步左右距离到达测力台时,侧切跑准备,以优势腿为支撑腿,身体迅速变向沿原运动方向的左前45°方向继续奔跑,往前2—3步以后可以结束动作。要求受试者发挥自己最大的能力,完成测试。测速控制在 5.2 ± 0.5 m/s范围以内。

每位运动员分别进行有关关注的情况下和无关注的情况下两种情境下的直线跑、45°($45^\circ \pm 5^\circ$)变向跑,直至其成功完成3次测试动作,即完成无关注下的45°侧切跑。直线跑主要起到热身,熟悉测力台位置作用。有关关注的侧切跑即目视测力台状态下的侧切运动(有目视情况下的侧切跑与日常比赛侧切跑是有区别的,主要目的是熟悉场地以及侧切跑技术)。无关注的45°侧切跑即为模拟真实比赛中技术动作,在无目视情况下自然熟练完成动作,即为测试标准动作。

1.3.2 三维动作分析测试:按照通常规定,三维方向定标后,以前后向为X轴,垂直方向为Y轴,内外向为Z轴。标记点贴记见表2。本实验共29个标记点,受试者全身着紧身运动短裤。

1.3.3 肌电测试:首先采集各主要测试肌肉的最大自主收缩(maximal voluntary contraction, MVC)的肌电图数据,在贴敷有关电极前,首先清洁皮肤表面,以防止造成信号干扰与皮肤损伤,如有必要,用

表2 测试主要的解剖学标记点定位

肌肉	主要标记点位置
髂后上棘中点	第4、5腰椎之间
肩部	肩峰
双侧髂前上棘	髂前上棘
双侧股骨转子	股骨大转子
膝关节内侧	股骨内侧髁
膝关节外侧	股骨外侧髁
胫骨粗隆	胫骨粗隆
内踝	胫骨内踝点
外踝	腓骨外踝点
第一跖趾关节	第一跖趾关节处
跟骨结节	跟骨结节
第五跖趾关节	第五跖趾关节处

剃须刀刮除局部体毛并用酒精棉球擦拭。测试前要求所有阻抗必须低于3千欧,并将直径为1cm,间距为1.5cm的成对电极贴放于优势侧膝关节,测试所有电极片均按照平行于测试肌纤维放置,电极的贴敷位置参照使用的肌电型号的配套软件推荐方式。正式测试前,向受试者详细说明动作要求,并做到熟练掌握,同时进行适当的下肢关节准备活动。

MVC测试:股四头肌在David上进行抗阻伸膝测试,股后肌群由测试人员抗阻屈膝帮助完成,腓肠肌MVC通过提踵对抗双肩的负重,所有MVC持续5s,做3次,每次间隔10s,以避免肌肉疲劳。所有测试必须在实验实施者节拍指令下完成。

1.3.4 预防性康复训练方案:干预方案:选择PEP^[5]损伤预防康复训练方案结合平衡能力训练。3—5种动作为一组,动作间无休息。考虑到运动训练中存在的个体差异性,在正式开始训练前,由队医根据受试者情况给予相应训练指导,直至完全熟练掌握动作。频率:每周4次,共进行12周。所有的训练内容在队医指导监督下完成。见表3。

1.4 数据的统计分析处理

1.4.1 肌电指标的处理:用Noraxon MRXP1.06软件对肌电信号进行处理,按照相关的处理习惯与相应原则,为了避免和消除系统误差的影响,研究中采用单位时间内%MVIC进行标准化处理,定义侧切跑动作的每一肌肉的MVC%的平均值和标准差^[6]。

1.4.2 运动学与动力学指标的处理:本研究针对ACL不同平面的受力计算,利用膝关节力矩、腓肠肌肌力、腓绳肌肌力、股四头肌肌力(通过表面肌电测试单位时间内%MVIC进行标准化处理计算)、关

表3 康复训练方案

名称	距离	重复次数/时间
1. 热身		
直线慢跑	100m	0—1min
穿梭跑	100m	1—2min
倒背跑	100m	2—3min
2. 拉伸		
小腿拉伸	无	2×30s(3—4min)
股四头肌拉伸	无	2×30s(4—5min)
腓绳肌拉伸	无	2×30s(5—6min)
大腿内侧肌拉伸	无	2×30s(6—7min)
屈髋肌群拉伸	无	2×30s(7—8min)
3. 力量训练		
弓步走		来回两次(8—10min)
俄式腓绳肌训练	100m	3×30s(10—10.5min)
单腿抬足		单腿各30次(10.5—13min)
4. 增强式训练		
侧方起跳		30s(13—13.5min)
前方起跳		30s(13.5—14min)
单腿起跳	2—6个标志物	30s(14—14.5min)
纵跳	2—6个标志物	30s(14.5—15min)
剪式起跳	2—6个标志物	30s(15—15.5min)
5. 灵敏性训练		
穿梭跑	100m	16—17min
对角线跑	100m	17—18min
跳跃跑	100m	18—19min
6. 本体感觉训练		
平衡板练习		19—22min

节应力来建立模型,推断ACL在不同平面的受力。ACL矢状面的受力计算通过Kernozek模型^[7]计算,而冠状面与水平面的ACL受力通过Markolf^[8]的如下研究模型进行计算:

ACL矢状面受力:

$$F_{ACL-SP} = (F_P \times \sin \alpha - F_H \times \sin \beta - F_A) \eta / \cos \phi$$

ACL冠状面受力:内收力矩(MAD)与外展力矩(MAB)。

$$F_{ACL-FP} = -7.5003e^{(-0.041 \times M_{AD})} \times \theta_{knee}$$

$$F_{ACL-FP} = 3.8054e^{(-0.001 \times M_{AB})} \times \theta_{knee}$$

ACL水平面受力:内旋力矩(MIR)与外旋力矩(MER)。

$$F_{ACL-TP} = -24.57e^{(-0.045 \times M_{IR})} \times \theta_{knee}$$

$$F_{ACL-TP} = 8.6485e^{(-0.032 \times M_{ER})} \times \theta_{knee}$$

ACL的受力:

$$F_{ACL} = F_{ACL-SP} + F_{ACL-FP} + F_{ACL-TP}$$

测试主要指标:侧切跑动作支撑阶段,落地时刻、峰值时刻,髌/膝踝关节的冠状面、矢状面、水平面的角度与力矩;运动周期内,不同时刻的冠状面、

矢状面、额状面的角度与力矩;支撑阶段,冠状面、矢状面、水平面的ACL负荷。

1.4.3 动作周期的划分:本实验的所有数据来自处于侧切跑动作的支撑阶段,主要采用的是足部落地时刻到足部离开地面这一阶段。根据相关的研究,非接触性的前交叉韧带损伤通常发生在这一阶段的早期^[9]。

1.5 统计学分析

所有统计学分析使用SPSS 22.0软件包。正态分布计量资料用均数±标准差表示,两样本比较方差齐性时采用独立样本 t 检验,方差不齐采用校正 t 检验。

2 结果

2.1 康复干预前后女橄运动员运动参数峰值

见表4。在经过为期12周的有针对性的康复干预之后,REF组与CON组的髌关节屈曲峰角度、膝关节的外翻峰角度均存在显著性差异($P<0.05$),而其他各组参数与康复干预前均无显著性差异。提示经过有效的康复干预,实验组髌关节屈曲峰角度大于对照组,而膝关节外翻峰角度则小于对照组。

2.2 康复干预前后着地时刻女橄运动员运动参数

见表5,在12周的康复干预后,着地时刻REF组髌关节屈曲角度、膝关节的外翻角度,屈曲角度均存在显著性差异($P<0.05$),而其他各组间的数据均不存在显著差异。提示经过有效的干预后,运动员的髌关节屈曲角度大于康复训练前,髌关节屈曲力矩与膝关节外翻角度数值则小于康复干预前。

2.3 康复训练前后女橄运动员运动参数变化

图1—12显示了侧切跑动作周期内,CON(对照组)组与REF(实验组)组各关节力矩均值与关节角度均值的变化。经过为期12周的针对性的康复干预,女子橄榄球运动员的各项参数有了明显变化。从图1、图7可以看出,康复训练前后,REF组髌关节内翻角度与内翻力矩运动学参数变化趋势一致,两组峰角度以及内翻力矩的峰值均出现在动作周期的早期(<30%)。图2显示,支撑动作周期内,REF组髌关节屈曲角度运动学参数变化有逐渐减小的趋势,而峰角度与峰力矩时刻同时出现在着地时刻,提示着地时刻的屈曲角度控制将有利于减少髌关节受力。图8显示的在运动周期起始30%的阶段,REF

表4 干预前后运动参数峰值比较 ($\bar{x}\pm s$)

	CON(n=7)		REF(n=7)	
	康复前	康复后	康复前	康复后
髌关节				
内翻/外翻(°)	-13.17±8.27	-14.22±8.41	-13.4±8.19	-10.96±8.03
力矩(NM/kg)	1.84±0.43	1.85±0.49	1.95±0.89	1.43±0.53
屈曲/伸直(°)	47.67±7.51	43.27±8.33	46.42±11.8	56.49±9.25 ^{①②③}
力矩(NM/kg)	1.56±0.66	1.77±0.61	1.78±0.65	1.68±3.17
内旋/外旋(°)	11.01±6.68	10.91±6.54	10.93±6.85	10.89±6.79
力矩(NM/kg)	-1.01±0.17	-1.19±0.19	-1.04±0.26	-1.12±0.33
膝关节				
内翻/外翻(°)	-3.75±4.46	-3.87±4.36	-3.57±5.17	-1.38±6.3 ^{①②③}
力矩(NM/kg)	-0.57±0.09	-0.42±0.05	-0.65±0.02	-0.59±0.14
屈曲/伸直(°)	53.49±6.49	52.32±6.79	52.1±8.35	58.7±8.97
力矩(NM/kg)	2.19±0.16	2.19±0.17	2.02±0.27	2.39±0.19
内旋/外旋(°)	16.39±9.69	16.34±9.83	16.19±10.8	16.67±9.73
力矩(NM/kg)	0.52±0.22	0.55±0.31	0.58±0.27	0.59±0.31
踝关节				
跖屈/背伸(°)	26.02±6.48	26.47±7.57	26.78±6.53	26.54±6.14
力矩(NM/kg)	3.72±1.07	3.85±1.14	3.97±1.43	3.89±1.18
内翻/外翻(°)	4.32±7.23	5.12±6.88	4.45±7.32	4.74±7.53
力矩(NM/kg)	1.04±0.72	0.99±0.61	0.91±0.97	0.97±0.99
内旋/外旋(°)	6.15±7.62	6.34±4.78	6.33±7.47	6.97±7.57
力矩(NM/kg)	0.55±0.02	0.49±0.32	0.59±0.07	0.59±0.03

注:关节活动度正值代表:髌关节的屈曲、内收、内旋,膝关节的屈曲、内翻、内旋,踝关节的跖屈;力矩正值:髌关节的屈曲、内收、内旋,膝关节的屈曲、内翻、内旋,踝关节的跖屈;①与CON干预前组相比有显著性差异($P<0.05$);②与CON干预后组相比有显著性差异($P<0.05$);③与REF干预前组相比有显著性差异($P<0.05$)。

组髌关节的力矩即达到顶峰,并且经过干预后,测得REF组髌膝关节的力矩值均小于CON组,提示康复训练的有效性。图3、图9表明,在运动周期的早期阶段,REF组与CON组髌关节旋转角度与力矩差异更为明显,运动中的峰角度与峰力矩均出现在运动的着地瞬间,而在运动阶段后期,各项数值趋向一致,这也从另一角度提示康复训练的有效性。图4显示,REF组与CON组膝关节的外翻角度指标是各项指标中,干预前后变化最大的参数,变化曲线表明,膝关节的外翻角度变化在运动周期早期(<30%)达到峰值,两条曲线虽然趋势一致,但是外翻角度变化曲线存在明显差异,REF组角度绝对值明显小于CON组,提示外翻角度可能与干预效果有着一定的关联性。图5显示,干预前后,REF组与CON组的膝关节屈曲角度变化趋势一致,虽然不存在显著性差异,但是干预后,REF组的屈膝角度明显大于CON组。图10、图11显示的是膝关节屈曲力矩曲线与外翻力矩曲线,训练前后,女橄运动员膝关节的屈曲外翻峰力矩趋势一致,变化不大,峰值均出现在

表5 干预前后着地时刻运动员运动参数比较 ($\bar{x}\pm s$)

	CON(n=7)		REF(n=7)	
	干预前	干预后	干预前	干预后
髌关节				
内翻/外翻(°)	-4.36±1.27	-4.52±1.31	-4.46±1.19	-4.16±1.03
力矩(NM/kg)	0.14±0.14	0.15±0.09	0.15±0.29	0.13±0.12
屈曲/伸直(°)	44.8±6.69	43.7±6.47	46.42±11.8	55.49±9.5 ^{①②③}
力矩(NM/kg)	-0.56±0.16	-0.47±0.21	-0.58±0.15	-0.18±0.17 ^{①②③}
内旋/外旋(°)	11.01±6.67	10.91±6.33	10.93±6.85	7.39±6.79 ^{①②③}
力矩(NM/kg)	0.23±0.18	0.21±0.15	0.24±0.25	0.22±0.33
膝关节				
内翻/外翻(°)	-1.65±0.66	-1.55±0.53	-1.57±0.57	-0.78±0.33 ^{①②③}
力矩(NM/kg)	-0.42±0.07	-0.32±0.05	-0.25±0.02	-0.59±0.14
屈曲/伸直(°)	23.89±6.91	25.29±6.73	22.7±6.35	30.7±6.97 ^{①②③}
力矩(NM/kg)	0.07±0.16	0.12±0.13	0.11±0.17	0.09±0.19
内旋/外旋(°)	-0.28±0.89	-0.34±0.73	-0.19±0.82	-0.29±0.73
力矩(NM/kg)	-0.22±0.01	-0.25±0.03	-0.18±0.03	-0.19±0.03
踝关节				
跖屈/背伸(°)	6.2±1.68	6.4±1.57	6.01±1.53	6.54±1.14
力矩(NM/kg)	0.12±0.01	0.15±0.04	0.11±0.03	0.12±0.08
内翻/外翻(°)	21.32±7.08	20.22±6.88	21.45±7.32	22.74±7.53
力矩(NM/kg)	0.31±0.12	0.29±0.31	0.36±0.17	0.37±0.19
内旋/外旋(°)	6.15±3.78	6.34±3.58	6.33±7.47	6.97±7.57
力矩(NM/kg)	0.52±0.32	0.49±0.32	0.59±0.02	0.58±0.03

注:关节活动度正值代表:髌关节的屈曲、内收、内旋,膝关节的屈曲、内翻、内旋,踝关节的跖屈;力矩正值代表:髌关节的屈曲、内收、内旋,膝关节的屈曲、内翻、内旋,踝关节的跖屈;①与CON干预前组相比有显著性差异($P<0.05$);②与CON干预后组相比有显著性差异($P<0.05$);③与REF干预前组相比有显著性差异($P<0.05$)。

表6 干预前后女橄运动员ACL负荷比较 ($\bar{x}\pm s$)

指标	CON(n=7)		REF(n=7)	
	干预前	干预后	干预前	干预后
Peak F _{ACL} (N/kg)				
不同平面的ACL	12.53±3.83	12.47±3.75	12.37±3.64	10.67±0.23 ^{①②③}
负荷(N/kg)				
矢状面F _{ACL}	8.31±2.62	8.45±2.51	8.25±2.52	6.85±2.85 ^{①②③}
冠状面F _{ACL}	2.93±1.17	2.85±1.25	2.87±1.08	2.67±1.23
水平面F _{ACL}	1.24±0.85	1.17±0.78	1.25±0.89	1.15±0.78

注:①与CON干预前组相比有显著性差异($P<0.05$),②与CON干预后组相比有显著性差异($P<0.05$),③与REF干预前组相比有显著性差异($P<0.05$)。

表7 干预前后女橄球运动员地面反作用力峰值比较 ($\bar{x}\pm s$)

指标	CON(n=7)		REF(n=7)	
	干预前	干预后	干预前	干预后
垂直地面反作用力峰值(BW)	4.03±0.53	3.87±0.54	4.11±0.19	3.97±0.23
水平向后地面反作用力峰值(BW)	1.79±0.24	1.85±0.31	1.87±0.31	1.55±0.47
水平向左地面反作用力峰值(BW)	1.68±0.27	1.65±0.29	1.73±0.37	1.67±0.57

运动的早期(<30%)。图4、图12显示,干预前后,REF组运动曲线变化不大,峰力矩与峰角度均出现在运动的中后期,对ACL的受力影响不大。

2.4 康复干预前后女橄球运动员ACL负荷比较

见表6, CON组与REF组在侧切跑动作中, REF组与其他各组的Peak F以及矢状面Peak F均存在显著差异($P<0.05$), 而其他各组间数据无明显差异。经过干预后, 女橄运动员的ACL峰值负荷与矢状面峰值负荷明显小于干预前, 提示康复干预有效减少了膝关节ACL的峰值负荷与ACL在矢状面的负荷。另从图13可以发现, 在整个支撑阶段, 干预组运动员的膝关节ACL负荷呈现逐渐降低的趋势。提示通过有效干预, ACL的负荷减少, ACL的损伤概率降低。

2.5 康复干预前后女橄运动员地面反作用力峰值

见表7, CON组与REF组在侧切跑动作中, 地面反作用力的峰值无明显差异($P>0.05$)。即干预前后, 女橄榄球运动员在侧切跑动作中, 地面反作用力峰值指标没有差别, 但是从数值来看, 干预后水平向后的地面反作用力峰值明显减小。

3 讨论

ACL损伤目前是橄榄球运动员最为常见的较严重的运动损伤, 严重影响着运动员的运动表现与职业生涯。对于女橄运动员, 由于其自身存在的解剖结构、生理特点和与生物力学因素有关的运动控制等因素, 导致其包括ACL损伤在内的膝关节损伤

发病率较高。所以, 理想的下肢结构形态和良好的运动控制能力对于女橄运动员的膝关节损伤预防至关重要。

3.1 PEP损伤预防方案的研究分析

本实验主要采用损伤预防方案为PEP方案, 目前广泛应用在诸如足球、篮球、橄榄球等同场对抗的球类项目中, 有着很好的损伤预防作用, 但是针对该方案的临床实践科学研究有限, 有些类似的报道证明了该方案对于预防运动员ACL运动损伤方面具有良好的作用^[10]。PEP的损伤预防又称为防止损伤与增强运动表现的损伤预防方案, 计划主要包括以下5个方面: 热身、拉伸、力量练习、肌肉增强式训练、灵敏性训练等, 本研究方案中, 加入了平衡能力训练, 平衡能力是运动员的重要身体素质。目前对

图1 支撑阶段髌关节内翻角度变化

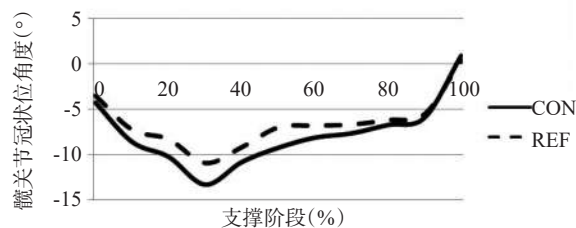


图2 支撑阶段髌关节屈曲角度变化

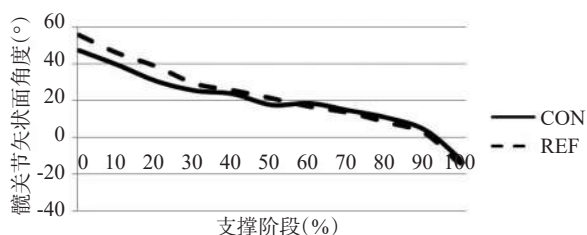


图3 支撑阶段髌关节旋转角度变化

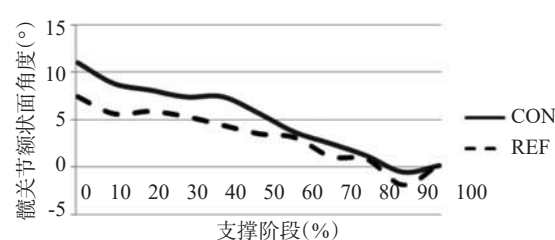


图4 支撑阶段膝关节外翻角度变化

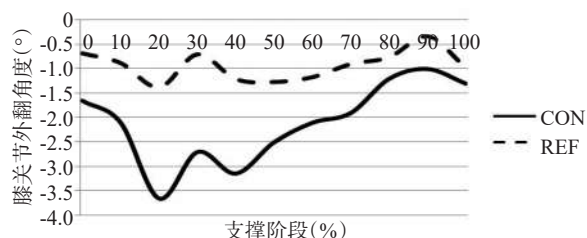


图5 支撑阶段膝关节屈曲角度变化

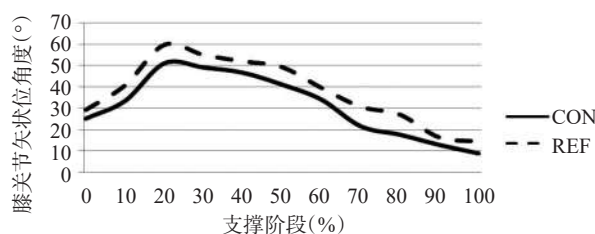


图6 支撑阶段膝关节旋转角度变化

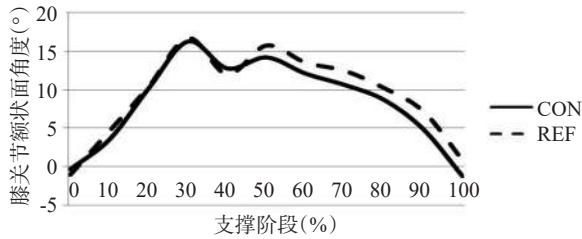


图7 支撑阶段髌关节内翻力矩变化

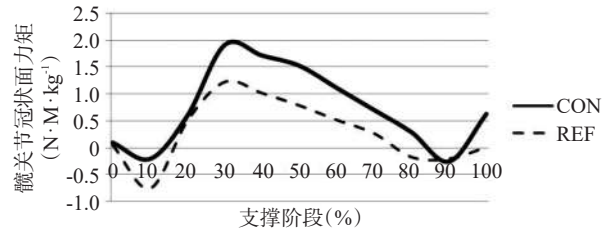


图8 支撑阶段髌关节屈曲力矩变化

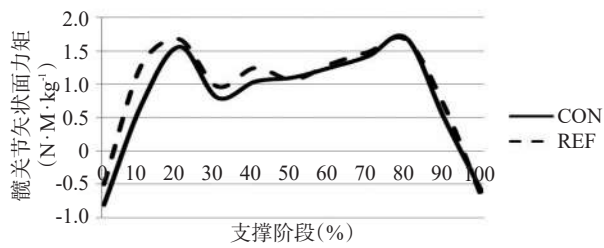


图9 支撑阶段髌关节旋转力矩变化

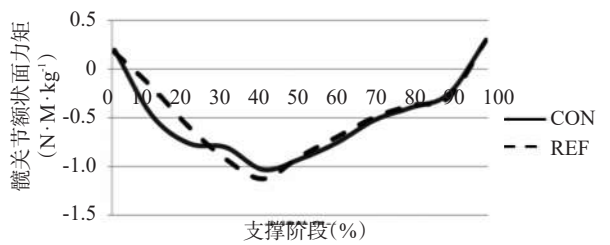


图10 支撑阶段膝关节屈曲力矩变化

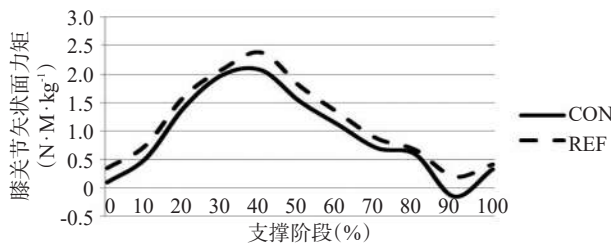


图11 支撑阶段膝关节外翻力矩变化

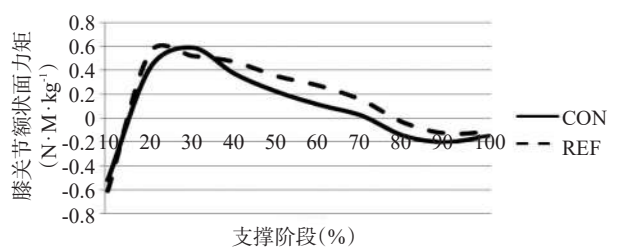


图12 支撑阶段膝关节旋转力矩变化

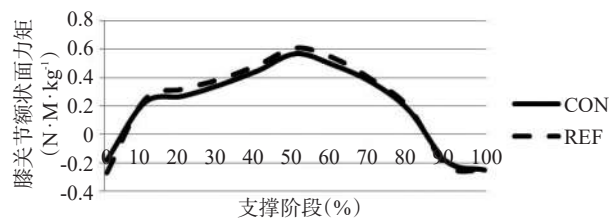
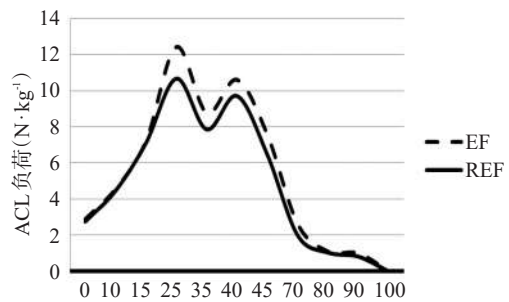


图13 支撑阶段膝关节ACL的负荷变化



于PEP损伤预防方案的临床实践研究发现其在预防ACL损伤方面具有显著的实践效果。最新的研究表明^[11],有中等证据来证明膝关节ACL损伤可以通过肌肉增强式训练,灵敏性训练来进行有效改善,但是目前对于对照实验的研究较少,从而降低了这些研究结果的信效度。

PEP损伤预防方案是在考虑到ACL损伤的主要的风险因素基础上,形成的损伤预防计划,考虑到风险因素的可控性,科学家们把主要的注意力放到生物力学因素风险因素上,采用PEP训练计划可以增强运动员的肌肉力量与落地技术的生物力学有关的运动表现。该损伤预防计划已经应用到足球、橄

榄球等多项运动实践中,将ACL的损伤的发生从89%减少到60%^[12]。Di Xie^[13]将这一计划用于篮球运动员的技术动作训练中,通过基础研究,验证了其对ACL损伤预防的有效性。Caraffa^[14]将运动本体感觉与平衡能力训练应用到600例意大利半职业化球员与业余球员,他将训练计划分为5个阶段以增加训练难度,这项研究持续了大约3年时间,研究发现,对照组的ACL损伤发病率为1.15例/年,实验组的数据则为0.15例/年,这一比例意味着3年内,这一康复训练计划将ACL的损伤率降低了87%。Heidt^[15]研究了300例年龄14—18岁的女足运动员,42例运动员使用了这一损伤预防方案,经过为期12周的训练安排,最终研究发现ACL损伤发病率从2.4%降至3.1%。另外,目前没有足够的研究来证实,多长时间的损伤预防方案能够达到有效的临床治疗效果。一些专家建议将训练安排周期为6周的小强度训练,这样的训练可以增加相关肌肉的运动募集,但是这样的训练持续不会长久的增加其肌肉耐力。也有研究指出,8周的康复训练对于训练神经肌肉的功能是足够的。依据以上的训练周期的安排,至少8周以上的持续的康复训练才能达到较好的预防效果,本研究将干预的周期定为12周。

传统认为,合理的膝关节ACL损伤预防方案至少包括以下几个方面:传统拉伸、力量练习、灵敏性、增强式训练、训练防伤意识等。PEP康复训练计划吸收以上的特点,同时相对于其他训练计划有一些优势,它完全完成只需要20min左右,而一般的损伤预防方案,一般为60—90min,Heidt^[15]的康复方案,实施的时间则长达60—90min。另外,目前的大量的损伤预防计划的训练时间往往超过30min,这对于运动员来说,时间较长,难以把控。目前研究,30min以内的训练内容较容易为队伍教练接受^[16]。依据以上这样的原则,本研究选择将运动时间控制在30min内。

PEP方案预防ACL损伤的本质,首先是前馈机制^[10]:预判外力或者负荷来维持关节稳定,保护内在的组织结构,即本体感觉机制,多个研究已经表明本体感觉训练对于减少损伤发生具有重要的意义。本体感受信号能产生运动控制,人体本能的将感受到外在刺激通过反馈机制或者前馈机制反应到人的大

脑,产生本体感觉的过程是相对较长的,因此它被认为是维持人体姿势和较慢的运动时极为重要的前馈机制。而神经肌肉控制^[11]被定义作为无意识的输出反应来维持关节周围的肌肉动态稳定,这两者是紧密相连的。因此,PEP结合本体感觉能力训练对于运动员的整体机能、神经肌肉控制力以及下肢稳定性具有重要的作用。

总之,PEP损伤训练方案强调神经肌肉控制能力与本体感觉训练来减少落地的受力或者关节的外翻力矩,该方案加入了拉伸、力量训练、平衡能力训练,通过这些训练来提高运动员的自我保护意识,提高运动敏捷性,改善提高技术动作,其在预防运动员损伤,降低运动损伤发生率,降低ACL发生率,改变神经肌肉风险因素方面具有重要的临床意义。

3.2 康复干预前后女橄运动员运动学参数分析

在经过为期12周的有针对性的康复干预之后,研究结果显示:①在完成侧切跑动作的支撑阶段,实验组优秀女橄运动员的膝、髌关节屈曲峰角度均大于干预实验前,而膝关节外翻峰力矩小于干预实验前。②在着地时刻,髌关节内翻力矩、屈曲角度数值均大于实验前,髌关节屈曲力矩与膝关节外翻角度数值则小于实验前。③干预后,运动员ACL矢状面上的峰负荷明显减小。总结各指标数值:①髌、膝关节的屈曲角度,膝关节的外翻角度是具有重要临床意义的风险因素。②髌、膝关节的落地时刻与峰值时刻的关节力矩也是ACL损伤需要考虑的指标。另外,向后地面反作用力经过干预后,数值有着减小的趋势。

峰值时刻与落地时刻,较大的髌、膝屈曲提示落地阶段运动员具有更大的缓冲,髌、膝遭受的应力更小,该验证指标从髌、膝关节的力矩变化可以观察得出相同的结果。膝关节外翻角过大,容易导致运动员外侧应力加大,增加冠状面应力,增加ACL损伤可能。运动员在完成侧切跑动作时,在髌关节旋转方面具有明显的性别差异,例如Lephart报道^[17],女运动员在侧切跑动作的支撑阶段,有着更大的髌关节内旋,另有研究发现^[18],PEP方案可以减少髌关节侧切跑动作中的内旋角度。本研究虽然髌关节内旋指标无显著性差异,但发现髌关节内旋角度经过康复训练后,角度有明显变小趋势。提示:通过有效的

康复干预,女橄榄运动员的相关指标朝着有利保护关节的生物力学特征发展,这基本符合实验预期。

追溯以往的多项研究,如Sherry MA等道^[19],女子职业运动员单纯的力量练习不能改变其膝、髌关节的动力学与运动学指标,力量训练结合平衡能力、灵敏性训练可以改善运动员的下肢的生物力学特征。实验室情境下的相关,女运动员的神经肌肉训练可以增加膝关节的稳定性,降低女运动员ACL损伤的发病率。这样的训练可以使女运动员适应在运动环节中膝关节过度负荷状态。Houck J^[20]报道,通过长期的神经肌肉训练方案的练习,能有效的改变在侧切跑的动作下肌肉控制策略,改善运动员的各项指标,此前的流行病学研究表明,神经肌肉训练方案可有效的预防ACL损伤风险,据此,本研究选用PEP损伤预防方案加平衡能力训练对优秀女子橄榄球运动员进行康复干预,期望能找到最为有效的预防ACL损伤的康复计划。另外,长时间的康复训练有助于运动员内分泌系统的良性刺激,增加女性运动员对于韧带损伤的可预防性信心^[21],所以长期的科学康复训练将使女性运动员的韧带更为强壮,增加ACL损伤的可预防性。负荷增加时,EMG信号也显示肌肉做功增加^[22],证明康复练习可逐渐增加负荷,也可以将这一原则应用到康复应用的实践中,逐步增加训练强度与训练量,这在以后的相关研究中可进一步探索。

在本研究中,PEP计划中的相关的力量训练与超等长训练,可有效改善保护ACL状态的肌肉功能,提高相关的肌肉力量,而平衡板练习可有效提高本体感觉能力与神经肌肉控制能力,牵拉准备,可增加身体柔韧性,降低意外损伤可能。将这一康复方案应用到临床实践中,经过系统有效的康复干预,获得良好的康复效果,即经过为期12周的PEP康复方案实施,可有效增加女橄榄运动员屈髌屈膝角度,减小膝关节外翻角度,减小膝、髌关节的关节受力,增加着地瞬间膝关节对突发应力的缓冲能力,减少ACL矢状面受力,从而有效预防ACL损伤的发生。

总之,改良的PEP损伤预防方案,可以有效的改善运动员在侧切跑动作中的肌肉协调收缩能力与神经肌肉控制能力,从而促进机体神经肌肉功能的协调一致,可有效增加女橄榄运动员屈髌屈膝角度,减小

膝关节外翻角度,减小膝、髌关节的关节受力,减少ACL矢状面受力,从而有效预防ACL损伤的发生。

4 结论

①侧切跑动作的支撑阶段,落地时刻与峰值时刻的髌关节屈曲角度、力矩,膝关节外翻角度、力矩是导致ACL损伤重要风险因素。②侧切跑动作的支撑阶段早期(<30%)是女橄榄运动员ACL损伤的高发阶段。③PEP损伤预防方案结合平衡能力训练可有效改善女橄榄运动员下肢生物力学指标,降低ACL损伤发病率。

参考文献

- [1] Fuller CW, Raftery M, Readhead C, et al. Impact of the international rugby board's experimental law variations on the incidence and nature of match injuries in southern hemisphere professional rugby union[J]. S Afr Med J, 2009, 99: 232—237.
- [2] Jaco RM, Puckree T. Injury incidence and balance in rugby players[J]. J Pakistan, 2014, 30(6):1346—1350.
- [3] Caplan N, Forbes A, Radha S, et al. Effects of 1 week of unilateral ankle immobilization on plantar-flexor strength, balance, and walking speed: a pilot study in asymptomatic volunteers[J]. Journal of Sport Rehabilitation, 2015, 24(2): 156—162.
- [4] Kim SJ, Cho HY, Kim KH, et al. Effects of ankle bio-feedback training on strength, balance, and gait in patients with stroke[J]. Journal of Physical Therapy Science, 2016, 28(9):2596—2600.
- [5] Bert RMandelbaum, Holly J Silvers, Diane S Watanabe, et al. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes[J]. The American Journal of Sports Medicine, 2005, 2:1003—1008.
- [6] Montalvo AM, Schneider DK, Webster KE, et al. Anterior cruciate ligament injury risk in sport: a systematic review and meta-analysis of injury incidence by sex and sport classification[J]. Journal of Athletic Training, 2019, 54(5): 472—482.
- [7] Kernozek TW, Ragan RJ. Estimation of anterior cruciate ligament tension from inverse dynamics data and electromyography in females during drop landing[J]. J Clin Biomech, 2008, 23: 1279—1286.
- [8] Markolf KL, Gorek JF, Kabo JM, et al. Direct measurement of resultant forces in the anterior cruciate ligament. An in vitro study performed with a new experimental technique[J]. J. Bone Joint Surg Am, 1990, 72: 557—567.
- [9] McLean SG, Huang XM, Su A, et al. Sagittal plane bio-

- mechanics cannot injure the ACL during sidestep cutting[J]. Clin Biomech, 2004, 19: 828—838.
- [10] Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2009, 17: 705—729.
- [11] Bien DP. Rationale and implementation of anterior cruciate ligament injury prevention warm-up programs in female athletes[J]. J Strength Cond Res, 2011, 25: 271—285.
- [12] Harmon KG, Ireland ML. Gender differences in noncontact anterior cruciate ligament injuries[J]. Clin Sports Med, 2010, 19: 287—302.
- [13] Di Xie, Yukio Urabe, Jyo Ochiai, et al. Sidestep cutting maneuvers in female basketball players: stop phase poses greater risk for anterior cruciate ligament injury[J]. J The Knee, 2013, 20: 85—89.
- [14] Caraffa A, Cerulli G, Proietti M, et al. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer: a prospective controlled study of proprioceptive training[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2014, 4: 19—21.
- [15] Heidt RS, Sweeterman LM, Carlons RL, et al. Avoidance of soccer injuries with preseason conditioning[J]. Am J Sports Med, 2000, 28: 659—662.
- [16] Czasche MB, Goodwin JE, Bull AM, et al. Effects of an 8-week strength training intervention on tibiofemoral joint loading during landing: a cohort study[J]. BMJ Open Sport & Exercise Medicine, 2017, 4(1).
- [17] Lephart SM, Abt JP, Ferris CM, et al. Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes: a plyometric versus basic resistance program[J]. Br J Sports Med, 2005, 39: 932—938.
- [18] Myklebust G, Engebretsen L, Braekken IH, et al. Prevention of noncontact anterior cruciate ligament injuries in elite and adolescent female team handball athletes[J]. Instr Course Lect, 2007, 56: 407—418.
- [19] Sherry MA, Best TM. A comparison of 2 rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains[J]. J Orthop Sports Phys Therapy, 2003, 34(3): 116—125.
- [20] Houck J. Muscle activation patterns of selected lower extremity muscles during stepping and cutting tasks[J]. J Electromyogr Kinesiol, 2003, 13: 545—554.
- [21] Shiavi R, Limbird T, Borra H, et al. Electromyography profiles of knee joint musculature during pivoting: changes induced by anterior cruciate ligament deficiency[J]. J Electromyogr Kinesiol, 2011, 1: 49—57.
- [22] Kvist J, Gillquist J. Sagittal plane knee translation and electromyographic activity during closed and open kinetic chain exercises in anterior cruciate ligament-deficient patients and control subjects[J]. Am J Sports Med, 2001, 29: 72—82.
- [23] 张美珍. 非接触性前交叉韧带损伤危险因素的生物力学研究[D]. 北京体育大学, 2012: 47—48.
- [24] Capin JJ, Zarzycki R, Ito N, et al. Gait mechanics in women of the ACL-sports randomized control trial: Interlimb symmetry improves over time regardless of treatment group[J]. Journal of Orthopaedic Research, 2019, 37 (8): 1743—1753.
- [25] Navacchia A, Ueno R, Ford KR, et al. EMG-informed musculoskeletal modeling to estimate realistic knee anterior shear force during drop vertical jump in female athletes[J]. Annals of Biomedical Engineering, 2019, 47(12): 2416—2430.

成都市第一人民医院诚聘儿童康复科学科带头人公告

因医院工作需要,现面向国内外诚聘儿童康复科学科带头人1名,详情如下:

一、岗位条件及要求:1.遵纪守法,具有良好的职业道德;2.硕士研究生及以上学历和学历相应学位,所学专业为儿科、发育行为儿科、康复医学与理疗学等专业。国外(境外)留学人员须取得教育部中国留学服务中心国外(境外)学历、学位认证证书;3.具有副主任医师及以上专业技术职称;4.市级及以上学术技术带头人或后备人选;5.年龄要求:45周岁以下(1976年1月1日以后出生,特别优秀者可适当放宽);6.适应岗位要求的身體条件。

二、岗位职责:负责儿童康复相关疾病诊断;指导康复医师、治疗师制定患者康复计划及开展日常工作;了解儿童康复各亚专业国际发展方向及技术新进展,带领团队开展国内先进康复技术;指导科室开展临床、科研、教学、人才培养等工作。

三、相关待遇:面议。

四、报名方式:如有意向,请将个人简历及相关证书及业绩佐证材料(电子版)发送到医院人力资源部邮箱(yyysrk@126.com),邮件名以“姓名+应聘儿童康复科学科带头人”命名。

五、联系人:苏老师;电话:028-85318902。