

外傷・障害予防プログラム 「FIFA 11+」が大学女子サッカー選手の 膝前十字靭帯損傷危険率に与える影響

Efficacy of the FIFA 11+ Injury Prevention Program on the Risk Rate of Anterior Cruciate Ligament Injury in Japanese Female Collegiate Football Players

馬越博久*1, 干場拓真*2, 広瀬統一*3, 福林 徹*4

キー・ワード：“FIFA 11+” injury prevention program, movement pattern, ACL injury risk prediction algorithm
外傷・障害予防プログラム「FIFA 11+」、動作変容、ACL 損傷危険率予測指標

〔要旨〕 本研究は、大学女子サッカー選手に対する外傷・障害予防プログラム「FIFA 11+」の介入が、膝前十字靭帯（ACL）損傷危険率予測指標を用いて算出した ACL 損傷危険率に与える影響を調査した。関東大学女子サッカーリーグ1部に所属する7チーム235名を対象とし、介入群4チーム115名、コントロール群3チーム120名に割り当てた。介入期間は2013年4月から12月までの1シーズンとし、介入群とコントロール群における非無作為化比較試験を行った。測定項目として、介入前後に2次元計測による Drop Vertical Jump 時の膝内側変位量、膝屈曲角度変化量および脛骨長、体重、Quadriceps/Hamstrings 比の5項目を計測した。ACL 損傷危険率予測指標を用いて、計測した5項目から着地時の高い膝外反モーメントとなる確率を示す ACL 損傷危険率(pKAM)を算出した。膝内側変位量、膝屈曲角度変化量、pKAM を「FIFA 11+」の介入効果に対するアウトカムとし、プログラムの介入前後および群間の比較を行った。その結果、介入群はプログラム介入後に膝内側変位量の減少、膝屈曲角度変化量の増大を認め、pKAM の減少を示した。「FIFA 11+」は、大学女子サッカー選手において ACL 損傷危険率を下げる効果を示したことから、ACL 損傷の予防に対して期待できるプログラムであることが示唆された。

緒 言

サッカーは、男女ともに足関節や膝関節の靭帯損傷を主とした下肢の外傷・障害が全外傷・障害の約70%を占める^{1,2)}。そのため、国際サッカー連盟（FIFA）の医療評価研究センター（The FIFA Medical Assessment Research Center；F-MARC）はサッカーに特化した外傷・障害予防プログラム「FIFA 11+」を立案し、今日に至るまで

中学から高校までの男子³⁾や女子⁴⁾、大学男子⁵⁾、大学女子⁶⁾のサッカー選手における足関節や膝関節を主とした下肢の外傷・障害に対する予防効果を示している。疫学的効果に加え、「FIFA 11+」は、体幹や下肢筋力、バランス能力に代表される身体機能の改善^{7,8)}や運動中における下肢関節の動作不良を改善させる効果も認めている⁹⁾。これらの研究結果は、「FIFA 11+」の介入が身体機能の向上や動作時における適切な下肢関節運動を導くことで、下肢の外傷・障害予防に対して好影響を与えている可能性を示唆する。

一方で、女子サッカー選手に好発する重篤な外傷である膝前十字靭帯（Anterior Cruciate Ligament；ACL）損傷については、その発生率の高さ

*1 八王子スポーツ整形外科リハビリテーションセンター

*2 早稲田大学スポーツ科学研究センター

*3 早稲田大学スポーツ科学学術院

*4 早稲田大学名誉教授

表 1 身体特性 (平均±標準偏差)

	介入群 (n=96)	コントロール群 (n=84)	P 値
年齢 (歳)	19.8±1.2	19.5±1.0	0.109
身長 (cm)	159.6±5.5	159.7±4.8	0.253
体重 (kg)	54.5±5.2	55.3±6.0	0.898
競技歴 (年)	10.6±3.3	10.5±3.0	0.269

が問題視されているものの¹⁰⁾、未だ予防法が確立されていない。ACL 損傷は、接地直後に急激な膝外反と内旋が生じ損傷に至ると報告され¹¹⁾、膝関節の外反方向への大きなモーメントが ACL 損傷の危険因子であることが結論づけられている¹²⁾。したがって、予防には動作時における膝外反運動を回避させることが求められる。近年、「FIFA 11+」が思春期の女子選手に対して、運動中の膝外反角度や膝外反モーメントを減少させる効果を認め⁹⁾、運動学的観点から「FIFA 11+」が ACL 損傷に対する予防へ向けた一助となることが期待されている。

これまで、ACL 損傷予防に対する「FIFA 11+」の有用性について、思春期の女子選手を対象とした結果、予防効果があることを示す¹³⁾一方、予防効果がないとの報告もあり¹⁴⁾、一致した見解が得られていない。「FIFA 11+」による ACL 損傷予防へ向けた取り組みは僅少であり、今後、年代や競技レベルなどの選定条件に対する多角的な検討が望まれる。女性における ACL 損傷は成長に伴いその発生率が高まる特性を有し、特に大学女子選手はその受傷率の高さ¹⁰⁾から予防対策を講じることが急務とされている。そのため、我々は予防対策が急がれる大学女子選手を対象として、ACL 損傷予防に対する「FIFA 11+」の有用性を検証した。その結果、高い膝外反モーメントを受傷機序とする ACL 損傷と膝内側側副靭帯 (Medial Collateral Ligament; MCL) 損傷をまとめた膝急性外傷に対して予防効果があることを示した⁶⁾。ただし、「FIFA 11+」がどの程度、動作時における膝関節運動を適正化するかは明らかにできていない。動作変容に対する「FIFA 11+」の効果を検証した報告は少なく、更なる運動学的分析が求められる。

そこで本研究の目的は、大学女子サッカー選手に対する「FIFA 11+」の介入が、我々が先の研究¹⁵⁾で用いた ACL 損傷危険率予測指標¹⁶⁾より算出した ACL 損傷危険率に与える影響を調査し、動作変容に対する有用性を検討することとした。

■ 対象および方法

1. 対象

2013 年に関東大学女子サッカーリーグ 1 部に所属する全 10 チームのうち、本研究に対して同意を得られた 7 チームの女子サッカー選手 235 名を対象とした。7 チームを外傷・障害予防プログラム「FIFA 11+」の介入に対して承諾を得られた 4 チーム 115 名を介入群、承諾を得られなかった 3 チーム 120 名をコントロール群として割り当てた。介入期間は 2013 年 4 月から 12 月までの 1 シーズンとした。除外条件は①過去半年以内で下肢に外傷・障害の既往がある、②内科系、神経学的疾患がある、③現在、外傷・障害にて練習に参加できていない、④他の外傷・障害予防プログラムに参加している選手とした。その結果、除外条件および測定に参加できなかった 55 名が除外され、介入群 96 名、コントロール群 84 名を最終的な対象者とした (表 1)。対象者には事前に研究の目的、方法、倫理的配慮等に関する説明を十分に行い、文書にて参加の同意が得られた者を対象とした。また、本研究は早稲田大学「人を対象とする研究に関する倫理審査委員会」の承認を得て実施した。

2. 外傷・障害予防プログラム「FIFA 11+」

外傷・障害予防プログラムには「FIFA 11+」を用いて、計 20 分間のトレーニング (パート 1: 8 分、パート 2: 10 分、パート 3: 2 分) を練習前に実施させた (表 2)。実施頻度は、F-MARC が推奨する 2 回/週以上を参考にし、各チーム 2-3 回/週とした。パート 2 における難易度の設定は、介入群全チームにおいてレベル 1 より開始し、適切な姿勢でプログラムを遂行できた場合など選手の達成状況に応じて、各チームのコーチまたはトレーナーの判断のもと難易度を上げさせた。介入に際し、「膝をつま先に対して内側に入れない」「股・膝関節を深く曲げる」「骨盤を後傾させない」「体幹を側方に傾倒させない」「後方重心にしない」「母趾球

表2 外傷・障害予防プログラム「FIFA 11+」*のトレーニングメニュー（参照：http://f-marc.com/11plus/home/）

Part 1 ランニングエクササイズ		Part 2 ストレングス・プライオメトリクス・バランスエクササイズ		Part 3 ランニングエクササイズ	
初級		中級		上級	
1. ランニング スタート・アヘッド	7. ベンチ スタティック	7. ベンチ アルタネイト・レッグ	7. ベンチ ワンレッグリフト&ホールド	13. ランニング アクロス・サ・ピッチ	
2. ランニング ヒップ・アウト	8. サイドベンチ スタティック	8. サイドベンチ レイズ&ロウワーヒップ	8. サイドベンチ レッグリフト	14. ランニング バウンディング	
3. ランニング ヒップ・イン	9. ハムストリングス 初級	9. ハムストリングス 中級	9. ハムストリングス 上級	15. ランニング アラント&カット	
4. ランニング サーケリング・パートナ	10. シングルレッグスタンス ボールを持って	10. シングルレッグスタンス パートナートキヤッチボール	10. シングルレッグスタンス パートナート押し合い		
5. ランニング シヨルダー・コンタクト	11. スクワット + トロー・レイズ	11. スクワット ウォーキング・ランジ	11. スクワット ワンレッグ・スクワット		
6. ランニング 前後走	12. ジャンプ 垂直ジャンプ	12. ジャンプ ラテラルジャンプ	12. ジャンプ ボックスジャンプ		

*2006年にF-MARCによって開発され、科学的な研究結果をもとにランニング、ストレングス、プライオメトリクス、バランストレトレーニングを中心に3パート15項目から構成されている。

荷重」などを中心に、コーチまたはトレーナーが実践中に口頭指示によって動作指導を行った。介入チームには「FIFA 11+」の内容を熟知した者が事前にコーチ、トレーナーに指導するとともに、

定期的に介入チームへ訪問し、プログラムが正しく行えているか選手の実践方法およびトレーナーの指示方法について確認した。なお、コントロール群には通常のトレーニングのみを行わせた。

3. 測定方法

ACL 損傷危険率予測指標は、2次元計測による Drop Vertical Jump (DVJ) 時の運動学的解析（膝内側変位量、膝屈曲角度変化量）および身体特性（脛骨長、体重）、筋力(Quadriceps/Hamstrings : QH 比)の結果を総合的に評価し、数値化することによって ACL 損傷の危険因子とされる高い膝内反モーメント (>21.74Nm) を約 8 割予測できる指標である¹⁶⁾(図 1)。

本指標を用いるにあたり、介入前後に DVJ 測定¹⁶⁾および脛骨長、体重、QH 比を計測した。DVJ 測定は、はじめに高さ 31cm の台の上に 35cm 幅の線を引いて、対象者にその線に足を合わせ立つことを指示した。その後、任意のタイミングにて台から跳び降り、地面に着地後すぐにバスケットボールにおけるリバウンドのように両手を伸ばしながら最大に垂直ジャンプを行わせた。測定には、3 台のハイスピードカメラ (EX-FH20, CASIO 社) を用いて、前額面・矢状面 (左右) の 3 方向からの撮影を行った (サンプリング周波数: 210Hz)。カメラは、台に引いた足幅 35cm の中心から台の前方 30cm の地点より前方 4m および左右 4m、地上高 80cm の場所に設置した。また、全てのカメラの三脚に水平計を装着し、設置後、動作を水平に撮影できるようにカメラの位置調整を行った。2次元動作計測に際し、対象者には、両下肢の大転子、膝蓋骨中央、膝関節外側裂隙、外果の計 8ヶ所にマーカーを貼付した。計測は事前練習にて動作課題を習熟させた後に行った。両足着地から垂直ジャンプを行った試技を成功試技とし、成功試技 3 回の平均値を個人の値とした。測定はスパイクを着用後、サッカーの競技場所である人工芝にて実施した。

脛骨長はメジャーを用いて立位時の膝関節外側裂隙から外果までを計測し、QH 比は推定式(体重 × 0.01 + 1.10)¹⁶⁾を用いて算出した。すべての計測は、利き脚、軸脚の両脚とし、利き脚はボールを蹴る脚とした。

4. データ解析

フリーソフト Image J (National Institute of Health, USA) を用いて膝内側変位量および膝屈

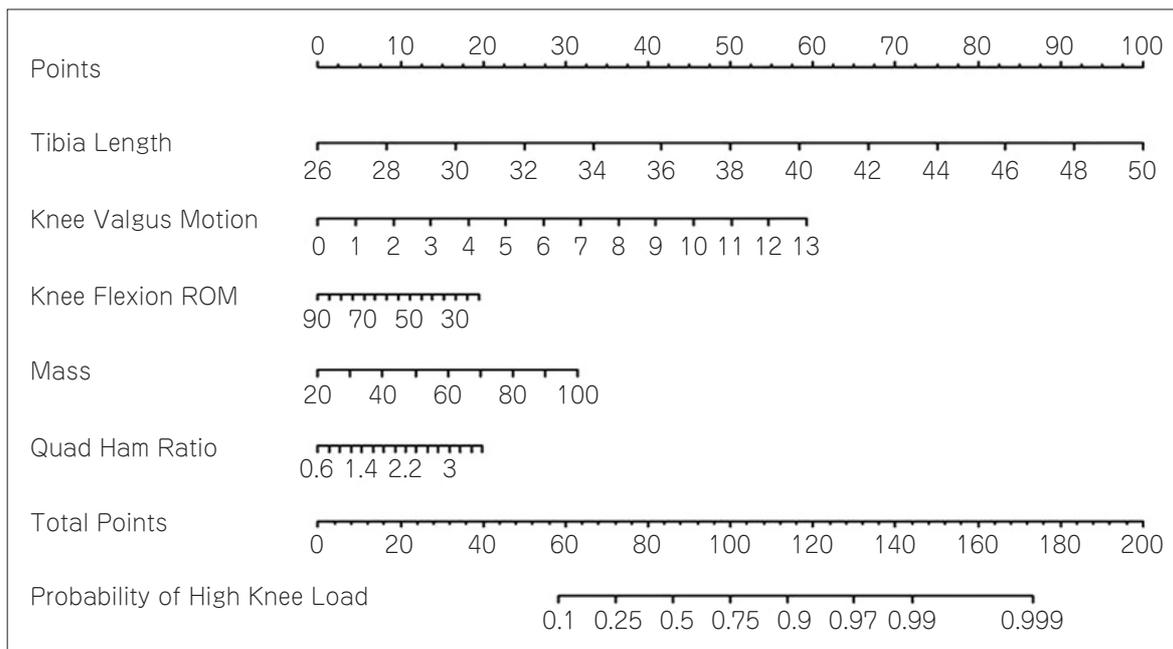


図1 ACL 損傷危険率予測指標 (文献 16 より引用)
 脛骨長 (cm), 膝内側変位量 (cm), 膝屈曲角度変化量 (°), 体重 (kg), QH 比より高い膝外反モーメント (pKAM) >21.74 Nm を約 8 割予測する。

曲角度変化量を計測した。膝内側変位量は、着地後の最大膝内側変位時の X 座標 (X_2) から接地直前の膝蓋骨中心の X 座標 (X_1) との差より算出した。膝屈曲角度変化量は、大転子、膝関節外側裂隙、外果のなす角を膝屈曲角度とし、接地直前の膝屈曲角度 (Θ_1) から着地時の最大膝屈曲角度 (Θ_2) との差より算出した (図 2)。

ACL 損傷危険率予測指標を用いて、脛骨長、膝内側変位量、膝屈曲角度変化量、体重、QH 比の値より、指標上にあるそれぞれのポイントから合計値を求め、着地時の高い膝外反モーメントとなる確率を示す ACL 損傷危険率 (probability of high knee abduction moment ; pKAM) を算出した¹⁶⁾ (図 3)。なお、解析は利き脚、軸脚の両脚を行った。

また、対象者全例 (n=180) に対して、解析における再現性の検討を行った。検者内の信頼性を検討するために、同一検者による解析を 3 回実施し、検者間の信頼性を検討するために、2 名の異なる検者にて解析を 1 回ずつ実施した。

5. 統計処理

身体特性である年齢、身長、体重および競技歴における群間比較には対応のない t 検定を用いて検討した。「FIFA 11+」の介入前後および群間の比較には、膝内側変位量、膝屈曲角度変化量、pKAM をアウトカムとし、反復測定による 2 元配

置分散分析 (測定時期 × プログラム有無 : 2 × 2) を用いて、介入前後とプログラム有無の主効果および交互作用の有無を検討した。交互作用が認められた場合、事後検定として Bonferroni の多重比較を行った。また、検者内信頼性を検討するために、級内相関係数 ICC (1, 1) を求め、検者間信頼性を検討するために、級内相関係数 ICC (2, 1) を求めた。統計解析ソフトには SPSS 21.0 J for Windows を用い、各検定の統計学的有意水準は 5% 未満とした。

■ 結 果

1. 解析における再現性

ICC (1, 1) および ICC (2, 1) の結果を表 3 に示す。膝内側変位量の級内相関係数は、ICC (1, 1) = 0.98 (利き脚), 0.98 (軸脚), ICC (2, 1) = 0.98 (利き脚), 0.97 (軸脚) であり、膝屈曲角度変化量の級内相関係数は、ICC (1, 1) = 0.97 (利き脚), 0.98 (軸脚), ICC (2, 1) = 0.98 (利き脚), 0.97 (軸脚) であった。

2. 外傷・障害予防プログラム「FIFA 11+」の介入効果

身体特性において、2 群間に統計学的有意差は認められなかった (表 1)。

「FIFA 11+」の介入前後における膝内側変位

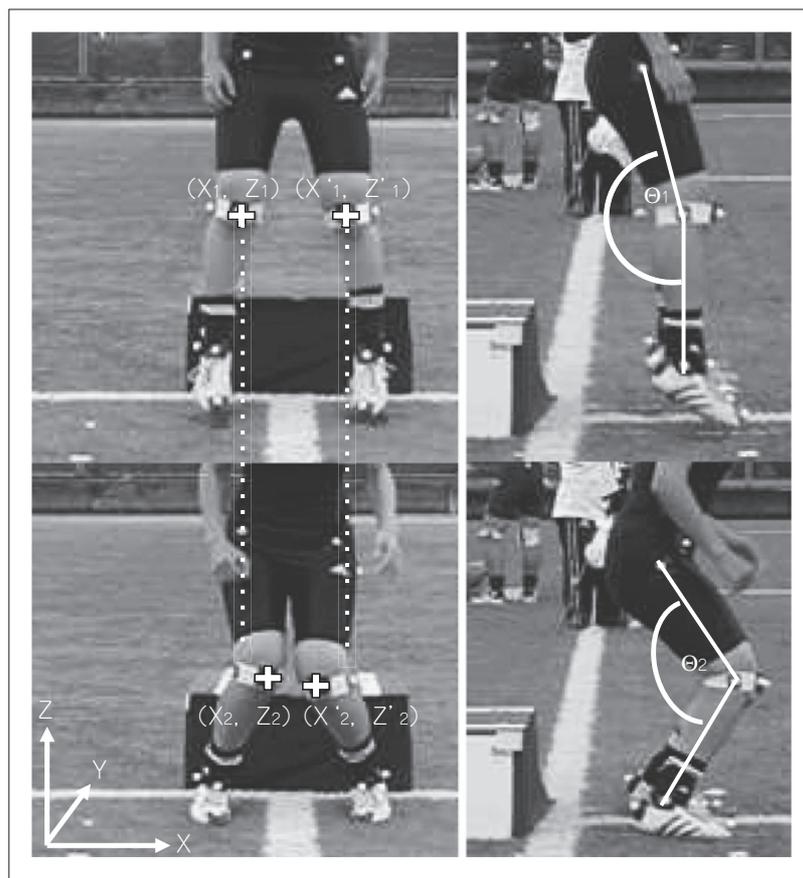


図2 膝内側変位量および膝屈曲角度変化量の算出方法（文献16より作図）
 膝内側変位量は、着地後の最大膝内側変位時のX座標（ X_2 ）から接地直前の膝蓋骨中心のX座標（ X_1 ）との差より算出した。膝屈曲角度変化量は、大転子、膝関節外側裂隙、外果のなす角を膝屈曲角度として、接地直前の膝屈曲角度（ θ_1 ）から着地時の最大膝屈曲角度（ θ_2 ）との差より算出した。

量、膝屈曲角度変化量、pKAMの結果を図4、表4に示す。膝内側変位量は、有意な交互作用があり（利き脚； $F(1, 178)=4.846, P=0.029$ 、軸脚； $F(1, 178)=7.302, P=0.008$ ）、介入群では有意なプログラム介入の主効果が認められ（利き脚； $F(1, 178)=14.830, P<0.001$ 、軸脚； $F(1, 178)=25.880, P<0.001$ ）、プログラム介入後に膝内側変位量の減少がみられた。また、プログラム介入後において有意な群間の主効果が認められ（利き脚； $F(1, 178)=4.808, P=0.03$ 、軸脚； $F(1, 178)=6.797, P=0.01$ ）、介入群はコントロール群に比べ有意に低値を示した。

膝屈曲角度変化量は、有意な交互作用があり（利き脚； $F(1, 178)=11.173, P=0.001$ 、軸脚； $F(1, 178)=6.051, P=0.015$ ）、介入群では有意なプログラム介入の主効果が認められ（利き脚； $F(1, 178)=31.308, P<0.001$ 、軸脚； $F(1, 178)=$

$20.660, P<0.001$ ）、プログラム介入後に膝屈曲角度変化量の増大がみられた。また、プログラム介入後において有意な群間の主効果が認められ（利き脚； $F(1, 178)=27.951, P<0.001$ 、軸脚； $F(1, 178)=15.708, P<0.001$ ）、介入群はコントロール群に比べ有意に高値を示した。

pKAMは、有意な交互作用があり（利き脚； $F(1, 178)=5.107, P=0.025$ 、軸脚； $F(1, 178)=7.048, P=0.009$ ）、介入群では有意なプログラム介入の主効果が認められ（利き脚； $F(1, 178)=21.953, P<0.001$ 、軸脚； $F(1, 178)=26.957, P<0.001$ ）、プログラム介入後にpKAMの減少がみられた。また、プログラム介入後において有意な群間の主効果が認められ（利き脚； $F(1, 178)=4.006, P=0.047$ 、軸脚； $F(1, 178)=5.498, P=0.02$ ）、介入群はコントロール群に比べ有意に低値を示した。

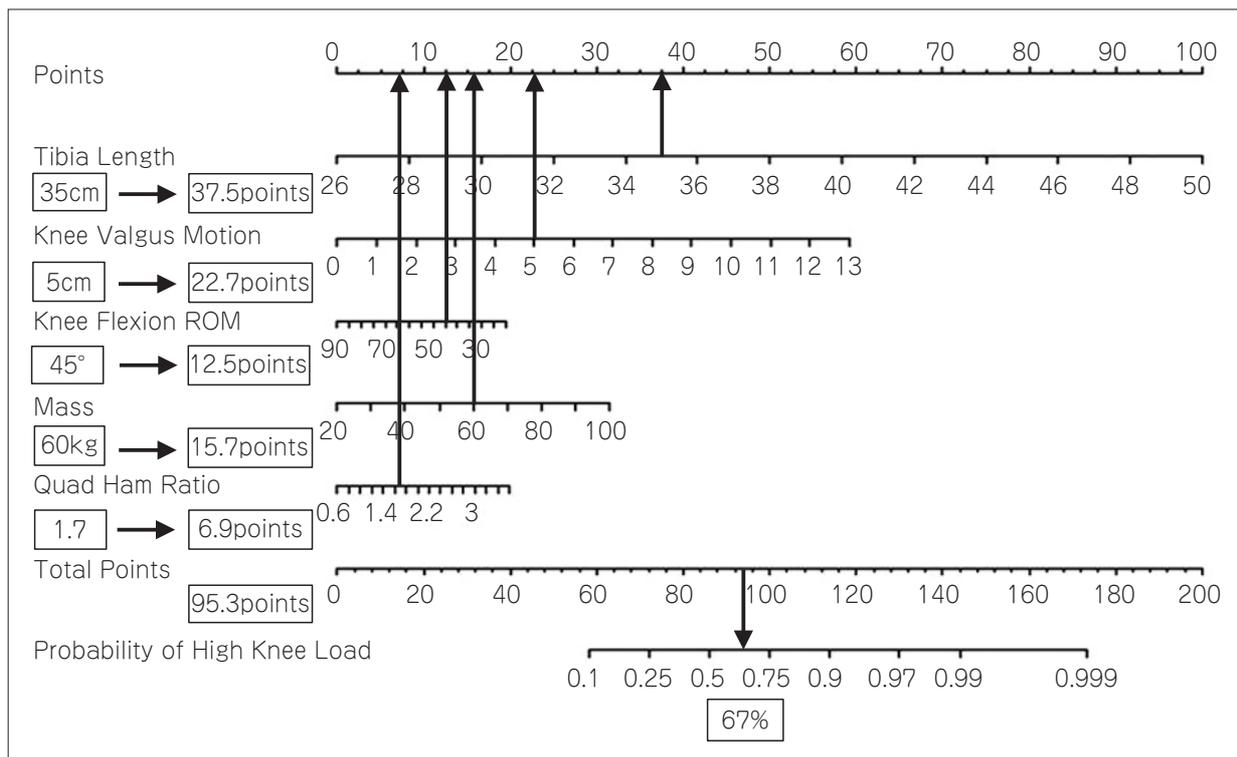


図3 ACL 損傷危険率予測指標の使用例

脛骨長 (cm), 膝内側変位量 (cm), 膝屈曲角度変化量 (°), 体重 (kg), QH 比それぞれの項目の数値から上方に垂線を引き、各項目のポイントを算出した。各項目のポイントの合計を求め、その値から下方に垂線を引き probability of high knee load=probability of high knee abduction moment (pKAM) を算出した。脛骨長 35cm, 膝内側変位量 5cm, 膝屈曲角度変化量 45°, 体重 60kg, QH 比 1.7 の場合, 67% の確率で高い膝外反モーメント (pKAM) >21.74 Nm を示す。

表3 膝内側変位量, 膝屈曲角度変化量における検者内信頼性と検者間信頼性 (n=180)

		検者内信頼性				検者間信頼性			
		ICC (1, 1)	95% 信頼区間		ICC (2, 1)	95% 信頼区間			
			上限	下限		上限	下限		
膝内側変位量	利き脚	0.98	0.95	0.99	0.98	0.95	0.99		
	軸脚	0.98	0.95	0.99	0.97	0.86	0.98		
膝屈曲角度変化量	利き脚	0.97	0.86	0.98	0.98	0.95	0.99		
	軸脚	0.98	0.95	0.99	0.97	0.86	0.98		

考 察

本研究は、「FIFA 11+」が大学女子サッカー選手の ACL 損傷危険率に与える影響を調査するために、介入群とコントロール群における非無作為化比較試験を行った。本研究の結果、介入群はプログラム介入後に着地時における膝内側変位量の減少、膝屈曲角度変化量の増大を認め、pKAM の減少を示した。

疫学調査において、女子サッカーは他の競技に比べ ACL 損傷の受傷率が高いことが明らかと

なっている¹⁰⁾。この主要因として、女子選手特有の身体機能や動作特徴とサッカーの競技特性が密接に関わっていることが挙げられる。女性は男性に比べ、方向転換や着地動作において膝関節運動をコントロールするためのハムストリングスや大殿筋、中殿筋の活動が低い^{17,18)}。さらに、女性は着地動作における最大膝外反角度が大きく¹⁹⁾、方向転換動作では体幹の小さい前傾角度や大きい外方傾斜²⁰⁾に加え、膝外反角度および膝外反モーメントが大きい¹⁸⁾ ことなどの ACL 損傷の危険因子である動作不良を有する者が多い。加えて、サッカー

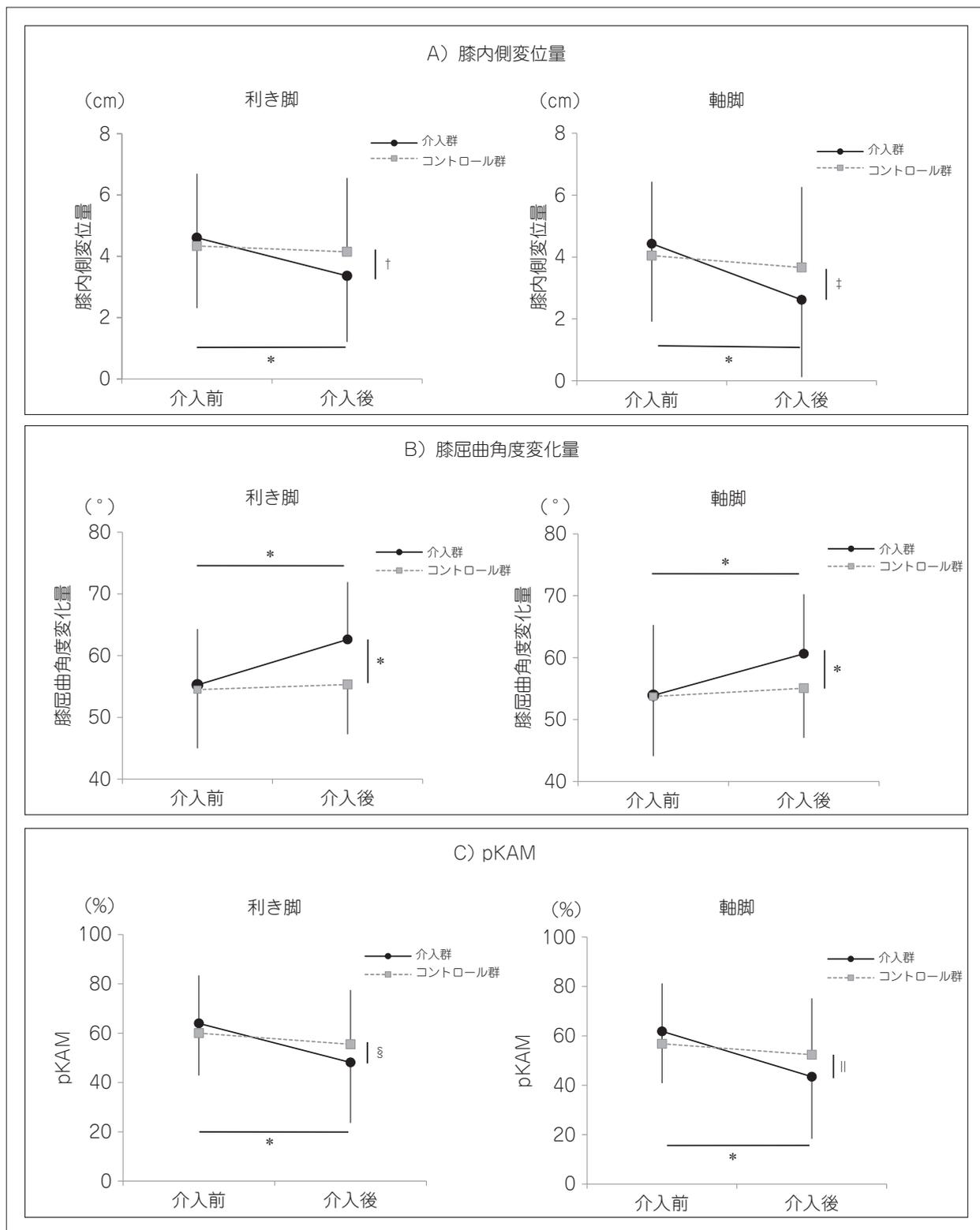


図4 「FIFA 11+」介入前後の膝内側変位量, 膝屈曲角度変化量, pKAM
 *P<0.001, †P=0.03, ‡P=0.01, §P=0.047, ||P=0.02

は主に脚（手以外）でボールを扱いながら、方向転換や着地動作を繰り返し、さらに激しい接触によりボールを奪取するといった競技特性に応じた能力が求められる。そのため、前述した体幹や下

肢筋力に代表される身体機能の脆弱さが潜在する場合、不適切な膝関節運動を招きやすく、結果としてACL損傷を引き起こす要因の一つになると推測する。

表 4 「FIFA 11+」介入前後の膝内側変位量, 膝屈曲角度変化量, pKAM (平均±標準偏差)

	利き脚					軸脚						
	介入前	介入後	差	P 値	95% 信頼区間		介入前	介入後	差	P 値	95% 信頼区間	
					上限	下限					上限	下限
膝内側変位量 (cm)	4.61±2.30	3.36±2.15	-1.25	<0.001	-1.88	-0.61	4.43±2.52	2.62±2.50	-1.81	<0.001	-2.52	-1.11
膝屈曲角度変化量 (°)	4.34±2.36	4.15±2.41	-0.19	0.595	-0.89	0.51	4.05±2.39	3.66±2.60	-0.39	0.328	-1.16	0.39
pKAM (%)	55.24±9.06	62.62±9.30	7.38	<0.001	4.77	9.98	53.91±11.38	60.63±9.62	6.72	<0.001	3.80	9.64
	54.49±9.51	55.33±8.07	0.84	0.564	-2.02	3.69	53.74±9.65	55.07±8.02	1.33	0.416	-1.88	4.53
	63.97±21.16	48.11±24.54	-15.86	<0.001	-22.54	-9.18	61.82±20.98	43.46±25.13	-18.36	<0.001	-25.34	-11.38
	59.99±23.46	55.49±22.00	-4.50	0.227	-11.84	2.82	56.79±24.45	52.36±22.85	-4.43	0.255	-12.09	3.23

このような女子選手に対し, 世界各国で ACL 損傷の予防プログラムが考案され, 疫学的効果に加え, 身体運動に与える影響を検証した報告が散見される. 身体運動に対して好影響を与えるプログラムは, ストレングス, プライオメトリクス, バランストレーニングおよび動作指導を組み合わせた複合的なプログラムであり, 着地時の膝外反モーメントを減少させる効果がある²¹⁾. 「FIFA 11+」は, 効果的なプログラムと同様の構成内容に加え, 方向転換や着地動作などサッカーに特化した動きに対して適正化を狙った動作指導によって構成されており, 課題の解決に向けた一助となることが期待されている. Thompson ら⁹⁾ は, 10-12 歳の女子サッカー選手を「FIFA 11+」介入群 28 名, コントロール群 23 名に割り当て, コーチによる指導のもと, 7-8 週間 (2 回/週) の無作為化比較試験を行った. その結果, 介入群では着地時の最大膝外反モーメントが有意に減少した. また, 12-14 歳の女子サッカー選手を対象とし, 着地時における膝関節運動の変化を調査した介入研究では, コントロール群は膝内側変位量が有意に増大する一方, 介入群では膝内側変位量の変化を認めなかった²²⁾. 成長期年代の女性は, 身体の急激な発育に反して膝関節運動をコントロールするための筋力の発達が乏しいことで不適切な膝関節運動が惹起され, ACL 損傷のリスクが高まる²³⁾. つまり, 「FIFA 11+」は動作時における適切な膝関節運動を導き, リスクの増大を抑制する効果があると推察する. 以上より, 大学女子サッカー選手を対象とした本研究でも, 同様の実践環境 (指導方法) であったことから先行研究と同様の結果が得られたと考える.

近年, 「FIFA 11+」が身体運動に対して好影響を与える要因を身体機能面から検討した報告が散見される. その効果として, 約 2 ヶ月間の介入によって大腿四頭筋とハムストリングスの筋力比や体幹の安定性^{7,8)}, 動的バランス能力⁸⁾などに代表される身体機能が向上することを認めている. また, 「FIFA 11+」は, 運動中の姿勢を適正化させるための動作指導も重視している. 先行研究では, ビデオフィードバックや口頭指示を用いた動作指導により, 動作時の膝関節運動を適正化させることが示されており²⁴⁾, 「FIFA 11+」を実践する際の動作指導においても同様の効果が期待できる. つまり, 「FIFA 11+」は, サッカーの競技特性を反映

した構成でサッカー特有の動作に適応した動作獲得ができること、そして、身体操作をコントロールするうえで重要な筋機能やバランス機能に代表される身体機能を向上させることができることなど総体的な効果により動作時における膝関節運動の適正化に対して好影響を与えたと考える。

本結果を含め、「FIFA 11+」は、各年代の女子サッカー選手における膝関節運動の適正化に対して、概ね有用的なプログラムであると言える。さらに、我々は本研究と同選手を対象とした先の研究において、ACL 損傷と MCL 損傷をまとめた膝急性外傷に対して予防効果があることを示した⁶⁾。つまり、本結果より「FIFA 11+」は、大学女子サッカー選手における高い膝外反モーメントを受傷機序とする外傷予防に対して有用的なプログラムであることを運動学的観点から示せたと考える。

本研究の限界として、膝関節以外の関節運動について分析できていないことが挙げられる。本調査では、「FIFA 11+」が身体運動に与える影響において膝関節運動に着目した結果、「FIFA 11+」は動作時における適切な膝関節運動を導き、リスクの増大を抑制する効果があることを示した。しかし、膝関節運動は股関節や足関節運動の影響を大きく受けるため、今後は他関節を含めた分析から包括的に膝関節運動に影響しうる要因を検討していく必要がある。さらに、本研究は無作為化および盲検化ができず、介入の効果を比較する際にバイアスが生じやすい研究デザインであったことを考慮しなければならない。

結 論

「FIFA 11+」は、大学女子サッカー選手に対して、着地時における膝内側変位量の減少、膝屈曲角度変化量の増大を認め、pKAM を減少させる効果を示した。運動学的観点から「FIFA 11+」の効果を検証した本研究は、先の研究で報告した疫学的効果に対する科学的根拠を示すことができ、ACL 損傷予防に対する「FIFA 11+」の有用性を理解するうえで有益な情報であると考えられる。

謝 辞

本著は、平成 25 年度日本体育協会スポーツ医・科学研究事業「ジュニア期におけるスポーツ外傷・傷害予防への取り組み」および早稲田大学スポーツ科学研究科グローバル COE プログラム「アクティブ・ライフを創出するス

ポーツ科学」の研究事業の一環として実施され、助成を受けている。また、本研究の実施にあたり、関東大学女子サッカーリーグ 1 部に所属し、ご協力をいただいたチームの方々に深謝致します。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

文 献

- 1) Engebretsen L, Soligard T, Steffen K, et al. Sports injuries and illnesses during the London Summer Olympic Games 2012. *Br J Sports Med.* 2013; 47: 407-414.
- 2) Dvorak J, Junge A, Derman W, et al. Injuries and illnesses of football players during the 2010 FIFA World Cup. *Br J Sports Med.* 2011; 45: 626-630.
- 3) Owoloye OB, Akinbo SR, Tella BA, et al. Efficacy of the FIFA 11 + Warm-Up Programme in Male Youth Football: A Cluster Randomised Controlled Trial. *J Sports Sci Med.* 2014; 13: 321-328.
- 4) Soligard T, Myklebust G, Steffen K, et al. Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. *BMJ.* 2008; 337: a2469.
- 5) Silvers-Granelli H, Mandelbaum B, Adeniji O, et al. Efficacy of the FIFA 11 + Injury Prevention Program in the Collegiate Male Soccer Player. *Am J Sports Med.* 2015; 43: 2628-2637.
- 6) 馬越博久, 干場拓真, 佐保泰明, 他. 傷害予防プログラム「FIFA11+」が大学女子サッカー選手の傷害発生率およびパフォーマンスに与える影響. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 2019; 27: 440-449.
- 7) Bizzini M, Impellizzeri FM, Dvorak J, et al. Physiological and performance responses to the “FIFA 11 +” (part 1): is it an appropriate warm-up? *J Sports Sci.* 2013; 31: 1481-1490.
- 8) Daneshjoo A, Mokhtar AH, Rahnema N, et al. The effects of comprehensive warm-up programs on proprioception, static and dynamic balance on male soccer players. *PLoS One.* 2012; 7: e51568.
- 9) Thompson JA, Tran AA, Gatewood CT, et al. Biomechanical Effects of an Injury Prevention Program in Preadolescent Female Soccer Athletes. *Am J Sports Med.* 2016; 45: 294-301.
- 10) Agel J, Rockwood T, Klossner D. Collegiate ACL Injury Rates Across 15 Sports: National Collegiate

- Athletic Association Injury Surveillance System Data Update (2004-2005 Through 2012-2013). *Clin J Sport Med.* 2016; 26: 518-523.
- 11) Koga H, Nakamae A, Shima Y, et al. Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries: knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball. *Am J Sports Med.* 2010; 38: 2218-2225.
 - 12) Hewett TE, Myer GD, Ford KR, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med.* 2005; 33: 492-501.
 - 13) Walden M, Atroshi I, Magnusson H, et al. Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial. *BMJ.* 2012; 344: e3042.
 - 14) Steffen K, Myklebust G, Olsen OE, et al. Preventing injuries in female youth football—a cluster-randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sports.* 2008; 18: 605-614.
 - 15) 馬越博久, 干場拓真, 佐保泰明, 他. 大学女子サッカー選手における膝前十字靭帯損傷危険度別にみた方向転換動作の特徴. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 2016; 24: 396-406.
 - 16) Myer GD, Ford KR, Hewett TE. New method to identify athletes at high risk of ACL injury using clinic-based measurements and freeware computer analysis. *Br J Sports Med.* 2011; 45: 238-244.
 - 17) Zazulak BT, Ponce PL, Straub SJ, et al. Gender comparison of hip muscle activity during single-leg landing. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2005; 35: 292-299.
 - 18) Malinzak RA, Colby SM, Kirkendall DT, et al. A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic tasks. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2001; 16: 438-445.
 - 19) Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Med Sci Sports Exerc.* 2003; 35: 1745-1750.
 - 20) Nagano Y, Ida H, Akai M, et al. Relationship between three-dimensional kinematics of knee and trunk motion during shuttle run cutting. *J Sports Sci.* 2011; 29: 1525-1534.
 - 21) Hewett TE, Stroupe AL, Nance TA, et al. Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques. *Am J Sports Med.* 1996; 24: 765-773.
 - 22) 佐保泰明, 加藤晴康, 中堀千香子, 他. 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 (No.I) ジュニア期におけるスポーツ外傷・障害予防への取り組み (第3報) 各競技におけるスポーツ外傷・障害予防プログラムの検証. *日本体育協会スポーツ医・科学研究報告集.* 2016; 5-16.
 - 23) Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Decrease in neuromuscular control about the knee with maturation in female athletes. *J Bone Joint Surg Am.* 2004; 86-A: 1601-1608.
 - 24) Mizner RL, Kawaguchi JK, Chmielewski TL. Muscle strength in the lower extremity does not predict postinstruction improvements in the landing patterns of female athletes. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2008; 38: 353-361.

(受付：2020年11月27日，受理：2021年7月7日)

Efficacy of the FIFA 11 + Injury Prevention Program on the Risk Rate of Anterior Cruciate Ligament Injury in Japanese Female Collegiate Football Players

Magoshi, H.*¹, Hoshiba, T.*², Hirose, N.*³, Fukubayashi, T.*⁴

*¹ Hachioji Sports Orthopaedic Clinic Rehabilitation Center

*² Waseda Institute for Sport Sciences, Waseda University

*³ Faculty of Sport Sciences, Waseda University

*⁴ Professor Emeritus, Waseda University

Key words: “FIFA 11 + ” injury prevention program, movement pattern, ACL injury risk prediction algorithm

[Abstract] This study investigated the efficacy of the FIFA 11 + injury prevention program on the risk rate of anterior cruciate ligament (ACL) injury in female collegiate football players using the ACL injury risk prediction algorithm. We studied 235 players from Division 1 of the Kanto University Women’s Football League and assigned 115 and 120 players to the intervention and control group, respectively. A non-randomized controlled trial was conducted between the intervention and control groups in the 2013 season. We measured knee valgus motion and knee flexion range of motion upon drop vertical jump before and after the intervention. Tibia length, weight, and hamstrings-to-quadriceps ratio were also measured. Using these measurements, we then calculated the risk rate of ACL injuries (pKAM), namely, the rate of high knee valgus moment at landing. Judging the intervention effect of this program, we compared knee valgus motion, knee flexion range of motion, and pKAM. The results showed that knee valgus motion decreased and knee flexion range of motion increased in the intervention group, with a resulting decrease in pKAM. Since the FIFA 11 + had a positive influence on knee joint movement at landing in female collegiate football players, it suggested its effectiveness to decrease the risk of ACL injury.