

# 大学女子サッカー選手における膝前十字靱帯損傷予防の科学的検証

## The Scientific Substantiation of Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Collegiate Soccer Players

スポーツ医科学研究領域

5012A052-1 馬越 博久

研究指導教員：福林 徹 教授

### 【緒言】

膝前十字靱帯（ACL）損傷は、競技復帰するまでに長期的な競技離脱を余儀なくされる重篤な傷害であるため、予防対策の確立が急務である。予防するにあたって、ACL 損傷の発生機序をバイオメカニクスの観点から理解することが重要である。これまでの ACL 損傷の発生メカニズムの解明に向けた報告によって、ジャンプ着地動作における危険因子は解明されつつあるが、方向転換動作に関しては、未だコンセンサスが得られない部分も多い。それは、これまでの研究が実験室環境下にて行われているため、スピードに制約が加わり、競技動作特有のバイオメカニクスの特徴を十分に評価できていないことに起因する。以上を踏まえて本論文では、ACL 損傷が女性選手に好発し、サッカーでは方向転換動作時に多発するという疫学的事実に基づき、サッカーの通常のトレーニング環境下における動作分析（ACL 損傷危険率予測指標およびサッカー特有の動作）から、ACL 損傷予防トレーニングの効果を科学的に検証することを目的として研究を進めた。通常のトレーニング環境下で競技特有の動作を評価することで、ACL 損傷のバイオメカニクスの危険因子を理解する上で有益な情報を提供したい。

### 実験 1. ACL 損傷バイオメカニクスのリスクファクターの検討

【目的 1】Myer らが報告する ACL 損傷危険率予測指標を用いて算出した ACL 損傷危険率と方向転換動作

時の体幹・下肢キネマティクスとの関係性について検証し、SR における最大膝外転角度の増大に関係する因子について明らかにすることを目的とした

【方法 1】関東大学女子サッカーリーグ 1 部に所属する女子サッカー選手 35 名を対象に、トレーニング環境下において、二次元撮影にて Drop vertical jump (DVJ) を行わせ、ACL 損傷危険率を算出した。さらに 10m×5 shuttle run (SR) を三次元撮影し、接地前 50ms から接地後 150ms までの体幹外方傾斜、股関節屈曲/外転、膝屈曲/外転角度を Frame-DIAS V (DKH 社) を用いて算出した。ACL 損傷危険率と SR 時の最大外転角度、SR 時の最大膝外転角度とその際における他のキネマティクスとの関連性を検証した (Pearson の相関係数)。

【結果および考察】ACL 損傷危険率と SR 時の最大膝外転角度との間には正の相関関係が認められ ( $r=0.669, p<0.001, n=35$ )、SR 時の最大膝外転角度とその際の体幹外方傾斜角度との間には負の相関関係が認められた ( $r=0.616, p<0.001, n=35$ ) (Fig. 1)。

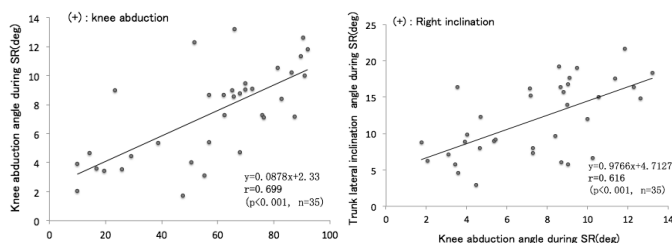


Fig. 1 Correlation between maximum knee abduction and ACL injury risk, maximum knee abduction and trunk lateral inclination.

本結果より、ACL 損傷危険率が高い選手は、SR においても膝外転角度が増大し、ACL 損傷の危険度が高くなる傾向にあることが示唆された。

【目的2】ACL 損傷 High-risk と予測された選手の方向転換動作時の体幹および下肢キネマティクスにおける時系列変化の特徴を通常のトレーニング環境下において明らかにすることを目的とした。

【方法2】方法1の対象者において、ACL 損傷危険率の平均値より 1 SD 以上の選手を High-risk (> 70%, 11 名), 1 SD 以下を Low-risk (< 45%, 10 名) とし、SR のキネマティクスに関して 10ms ごとに 2 群間で比較した (Mann-Whitney U 検定)。

【結果および考察】両群とも膝外転角度のピークは接地後 40ms であった。ただし、High-risk は Low-risk に対して高値を示し ( $p < 0.01$ ), 特に接地後 30~50ms における膝外転角度は有意に高値を示した ( $p < 0.001$ ) (Fig. 2)。また体幹外方傾斜では、High-risk は、膝外転角度のピークと右側方傾斜角度のピークが同じ時期で観察され、Low-risk は接地前に体幹側方傾斜角度のピークが観察された。本結果より High-risk は、

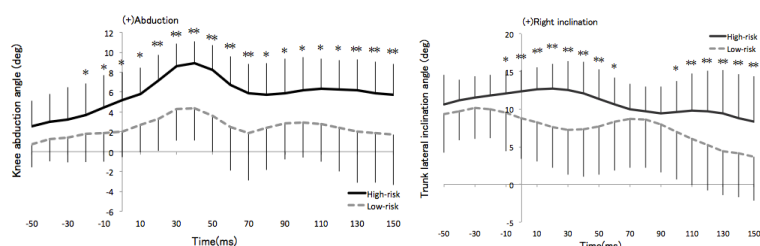


Fig. 2 Comparison of High-risk and Low-risk during SR  
\*:  $p < 0.01$     \*\*:  $p < 0.001$

Low-risk に比べ、膝外転角度が常に大きい状態で方向転換しており、接地後 40ms にかけて急速に増大する膝外転角度は、体幹の外方傾斜が関連していることが示唆された。接地後にて体幹外方傾斜角度がピークを迎えた場合、膝外転角度の増大を助長させる可能性がある」と推察する。

## 実験 2. ACL 損傷予防プログラム「The11+」の効果検証

【目的】女子サッカー選手において、サッカーの傷害予防として国際サッカー連盟 (FIFA) より提唱されている「The 11+」が、DVJ および SR における体幹・下肢キネマティクスに与える影響について通常のト

レーニング環境下にて検証することを目的とした。

【方法】関東大学女子サッカーリーグ 1 部に所属する 7 チーム (155 名) を対象に、Training 群 (TR) 90 名、control 群 (CTRL) 65 名に分け、TR には半年間「The 11+」を行った。ACL 損傷危険率 (155 名) および SR (46 名) 時の体幹・下キネマティクスを用いて、「The 11+」の効果を 2 群間において pre-post 期にて比較した (反復測定による二元配置分散分析)。

【結果および考察】TR は CTRL と比べ、DVJ 時の下肢キネマティクスが改善し、ACL 損傷危険率は有意に減少した ( $p < 0.001$ ) (Fig. 3)。また SR においても、膝外転角度および体幹外方傾斜角度は有意に減少し ( $p < 0.001, p < 0.05$ ) (Fig. 4)、股外転角度は有意に増大した ( $p < 0.05$ )。本結果から、「The 11+」による

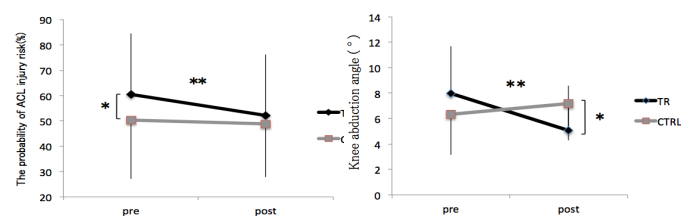


Fig. 3 Comparison of ACL injury risk between TR and CTRL at the DVJ  
\*:  $p < 0.05$     \*\*:  $p < 0.001$

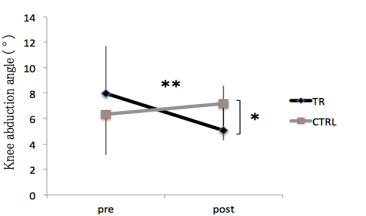


Fig. 4 Comparison of knee abduction angle between TR and CTRL at the SR  
\*:  $p < 0.05$     \*\*:  $p < 0.001$

着地や SR 時における体幹・下肢キネマティクスの改善は、動作時に加わる ACL への張力や歪みを軽減させることになり、ACL 損傷の予防に効果的である可能性が示唆された。動作中におけるキネマティクスの改善は、「The 11+」内のバランス・プライオメトリックトレーニングによってプリアクティビティーが向上したことが要因であると推察する。

## 【結語】

・トレーニング環境下の測定では、ACL 損傷危険率が高い選手は、SR においても ACL 損傷リスクである膝外転角度が増大する傾向にあり、その際の膝外転には体幹外方傾斜が関連していることが示唆された。

・「The 11+」は、着地や SR 時における体幹・下肢キネマティクスを改善させ、ACL 損傷の予防効果として一定の効果を示した。