

非予測的な片脚着地動作時の 体幹・骨盤運動の性差の検討

Gender differences in trunk and pelvis motion during unanticipated single-leg landing task

柴田 聡*1, 竹村雅裕*2, 宮川俊平*2

キー・ワード：ACL injury, unanticipated single-leg landing, pelvic/trunk motion
前十字靭帯損傷, 3次元動作解析, 体幹・骨盤運動

〔要旨〕 ACL 損傷発生率には性差があることが知られており, その要因には動作に性差が見られることが挙げられている。しかし, 非予測的な着地動作中の体幹・骨盤運動の三次元的な詳細は明らかではない。そこで, 本研究の目的は, 非予測的な着地位置変更を伴った片脚着地動作の体幹・骨盤運動の性差を検討することとした。対象は大学体育会運動部の男女各 10 名とした。動作課題は, 30cm の台からの離地後に着地位置を非予測的に内側・外側・変更なしの 3 方向への変更を伴う片脚着地動作とし, 3次元動作解析装置およびフォースプレートにて下肢, 骨盤, 体幹の運動学的な性差を変更なしのみ検討した。非予測的課題における着地位置変更の影響は見られなかった。女性は, 骨盤の立脚側への回旋と股関節の内転が着地後の 100ms 以内に生じていた。これらの運動は女性の体幹—骨盤部での不安定性を表しており, 女性に特徴的な着地戦略があることを示しており, 女性の ACL 損傷発生リスクの一部であると考えられる。

はじめに

前十字靭帯 (ACL) 損傷は, スポーツ活動中の繰り返し動作や減速動作, 着地動作などの際に発生することが多く¹⁾, 受傷機転は他者との接触を伴わない非接触型の損傷が約 70% を占める外傷²⁾である。さらに, 女性の発生率が男性より約 2~7 倍高い³⁾ことが特徴である。損傷発生時のビデオ映像の分析から, ACL 損傷は膝関節が軽度屈曲位・外反位で接地直後の急激な回旋の組み合わせによって生じること²⁾が示唆されており, 接地後 50 ms 以内のごく短い時間で受傷すること⁴⁾が報告されている。さらに, 受傷時の動作には性差があることが指摘されており, 女性は男性に比べて膝関節外反角度が増大し, 体幹の前傾角度の減少と受傷側への側屈の増大が示されている⁵⁾。以上のよ

うに, ACL 損傷発生時には女性がとりやすい特徴的な肢位があり, これが発生率の性差につながっていると考えられる。さらに下肢だけでなく体幹や骨盤の挙動にも性差があることが推察される。

着地動作の分析では, 女性の体幹の肢位は男性よりも前傾角度が小さく直立した姿勢をとっている⁶⁾という矢状面上に関する報告が見られる。180°方向のカッティング動作では, 女性は男性よりも体幹の前傾角度が小さく, 支持脚側への傾斜が大きかったこと⁷⁾, 片脚スクワット動作では, 女性は男性よりも体幹の前傾角度が小さく, 立脚側への回旋角度が小さく, 骨盤の回旋が男性は遊脚側への回旋が生じるのに対し女性は立脚側への回旋が生じており, 男女で異なる方向への回旋が生じていること⁸⁾が報告されている。以上のように, 体幹や骨盤の挙動の性差は矢状面だけでなく前額面, 水平面においても観察されることが考えられるが, 片脚着地動作について体幹や骨盤の挙動を定量的かつ 3次元で解析した報告は見られない。

*1 筑波大学人間総合科学研究科スポーツ医学専攻

*2 筑波大学体育系

非接触型 ACL 損傷発生時には、身近に敵プレーヤーが存在することや、受傷時にはバランスが崩れ、注意が周囲に向いていること²⁾が報告されている。スポーツ活動中に選手は変化し続ける周囲の状況を正確に把握し、多くの選択肢の中から瞬時に適切なプレーを選択することが求められる。そのため、着地や方向転換に意識が向けられることはほとんどない。Besier ら⁹⁾は、実験室内であってもより実際のスポーツ動作に近い状況を作るために、ランニングののち直前で動作を選択させるような反応を含んだ非予測的な課題を設定している。それ以降、非予測的な課題による動作分析が行われており、特にカッティング動作においては、膝関節の外反・回旋角度やモーメントが増大することから、より ACL 損傷のリスクの高い動作をとりやすいことが示されている¹⁰⁾。しかし、非予測的な動作において、体幹・骨盤を含む全身的な挙動を定量的かつ 3 次元で解析した報告は見られない。

そこで、本研究の目的は、非予測的に着地位置の変更を行った片脚着地動作について、特に体幹・骨盤の挙動の性差を検討し、性別ごとの着地動作の特徴を明らかにすることとした。本研究の仮説として、着地時の体幹・骨盤運動に性差があり、女性は体幹前傾角度の減少・支持脚側への側屈の増大、骨盤の非支持脚への傾斜の増大が観察されるとした。

■ 方 法

1. 対象

対象者は、大学体育会運動部に所属する男性 10 名 (20.0±1.1 歳, 173.8±5.0cm, 64.6±5.1kg)、女性 10 名 (21.1±1.8 歳, 160.9±6.6cm, 53.9±4.9kg) で、その内訳はバドミントン部 (男性: 10 名, 女性: 5 名)、サッカー部 (女性: 5 名) であった。また、過去 6 か月間で運動に支障をきたす傷害や神経系の異常がなく、下肢に手術歴のない者とした。なお、本研究は筑波大学体育系研究倫理委員会の承認 (承認番号: 第体 25-81 号) を得て行われており、全ての対象者に研究内容に関する説明を行い、参加に同意を得た。

2. 実験デザイン

課題動作は、30cm の台から利き脚のみでの片脚着地動作とし、着地直前に非予測的に着地位置を変更する課題を設定した。利き脚はボールを蹴

る脚と定義し、右利き 17 名 (男性 8 名, 女性 9 名)、左利き 3 名 (男性 2 名, 女性 1 名) であった。3 次元動作解析装置及びフォースプレートを用い、下肢・体幹・骨盤の各関節角度および地面反力値を算出した。

3. 実験機器

3 次元動作解析システムは赤外線カメラ 10 台 (VICON, 250Hz) とフォースプレート (Kistler 社製, 1000Hz) からなり、各反射マーカーの座標値と地面反力データを記録した。30cm の台上にはフットスイッチを設置し離地のタイミングを同定した。対象者は台上でフットスイッチを踏んだ状態で片脚立位をとる。フットスイッチは PC に接続され、対象者が動作を開始し踵がスイッチから離れることで PC に入力がなされ、前方 4m に設置したモニター上に着地方向が示される仕組みとした (図 1, 図 2)。

4. 課題動作

対象者は台上に片脚立位をとり、跳び上がることなく前方のフォースプレートに利き脚で片脚着地を行う。動作開始後に着地位置の変更を行うこととした。対象者は自分のタイミングで動作を開始し、モニターの表示に合わせて着地位置を変更し着地することとした。変更される着地位置は、内側方向 (ML)、外側方向 (LL)、変更なし (NL) の 3 方向とし、ランダムに表示した。着地後 2 秒間は片脚立位を保持することとした。安全性を考慮し変更される着地位置の正確性は厳密には規定せず、着地後に片脚立位を保てる範囲での変更とした。動作中は両手を腸骨稜におき、着地後 2 秒間片脚立位を保てずに遊脚が地面についてしまった場合、体幹の回旋・側屈が大きく出現し上肢が離れてしまった場合を失敗試技とした。成功試技を各方向それぞれ最低 3 回記録できた時点で実験終了とした。対象者は、十分なウォーミングアップを行い快適に動作が行えるまで練習を行った後、計測を行った。

5. 動作解析

対象者には、Plug-In-Gait モデル (Helen Hays Markerset)^{17, 18)} ののっとり身体 35 点に反射マーカーを貼付した。VICON Nexus 1.6.1 を用いて股関節角度、膝関節角度、足関節角度を、体幹・骨盤角度は実験室のグローバル座標系に対しての角度として算出した。関節角度は、両脚静止立位時の関節角度で補正し分析を行った。地面反力値は

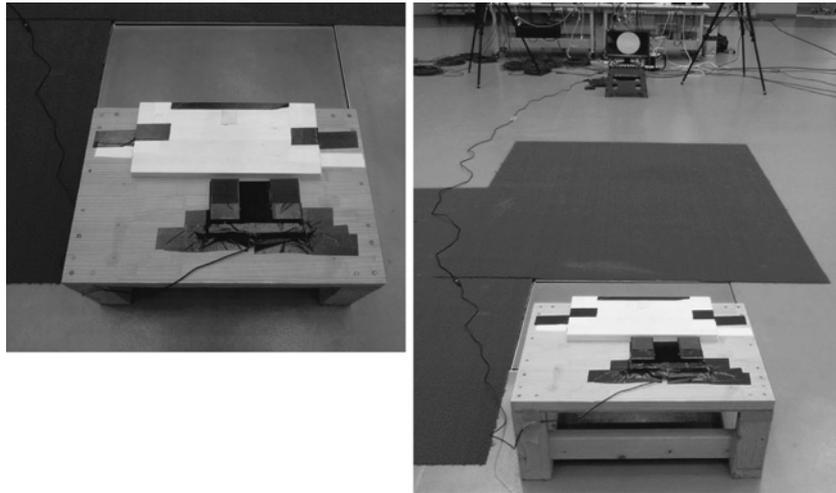


図1 実験機器（フットスイッチおよびモニター）

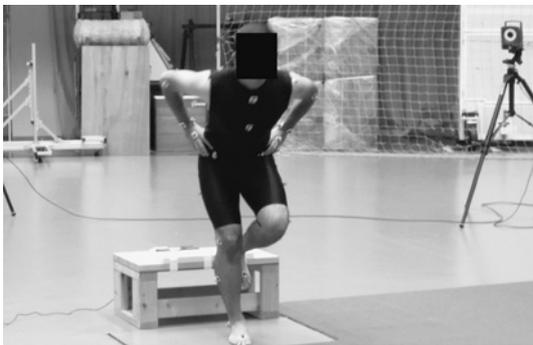


図2 課題動作（片脚着地動作）

対象者の体重で標準化した（Nm/kg）。

本研究では、ACL 損傷が生じると考えられる区間の動作を分析するため、接地（initial contact：IC）から接地後 100ms までを分析対象区間として設定した。関節角度は、IC から 100ms までの範囲における男女それぞれの平均値、IC から 40ms までの区間（IC～40ms）と IC から 100ms までの区間（IC～100ms）での各関節角度の変化量を算出した。地面反力値は、IC から 100ms までの区間の最大値を算出した。

6. 統計

ML, LL, NL のそれぞれの着地位置での各関節角度の比較のために、男女それぞれで反復測定分散分析（2×3）を行い、事後検定として Tukey 法を用いた。さらに、着地位置の変更がどの程度達成されていたのかの確認のために、離地から接地までの踵部に貼付した反射マーカの移動量を算出し、その平均値の差の検定に対応のない t 検定を行った。

表1 着地位置の変化量 男性/女性比較

	男性	女性
ML	-3.2 ± 28.9	-11.2 ± 39.0
NL	-3.4 ± 26.0	-8.0 ± 19.7
LL	8.0 ± 36.0	-0.5 ± 35.9

平均値 ± 標準偏差（mm）

+：外側方向への移動

男女間の各関節角度の比較のために、反復測定二元配置分散分析（性別×時間）を行った。その後、有意な交互作用の見られた項目について Bonferroni 法で性別間の差の検定を行った。さらに、IC～40ms と IC～100ms での各関節角度の変化量を算出し、男女間の平均値の差の検定に対応のない t 検定を行った。地面反力値は、男女間の最大値の差の検定に対応のない t 検定を行った。それぞれ有意水準は 0.05 未満とした。

結果

1. 非予測的課題における着地位置変更の影響

表1に離地～接地までの踵部の反射マーカの移動量を示した。また、図3、4に、ML・LL・NLの各着地位置によるIC～100msまでの膝関節、股関節、体幹、骨盤の矢状面・前額面・水平面での関節角度の時間変化を男女別に示した。着地位置の違いによる関節角度に有意な差は見られず、踵部のマーカの移動量にも有意な差は見られなかった（表1、図3、図4）。

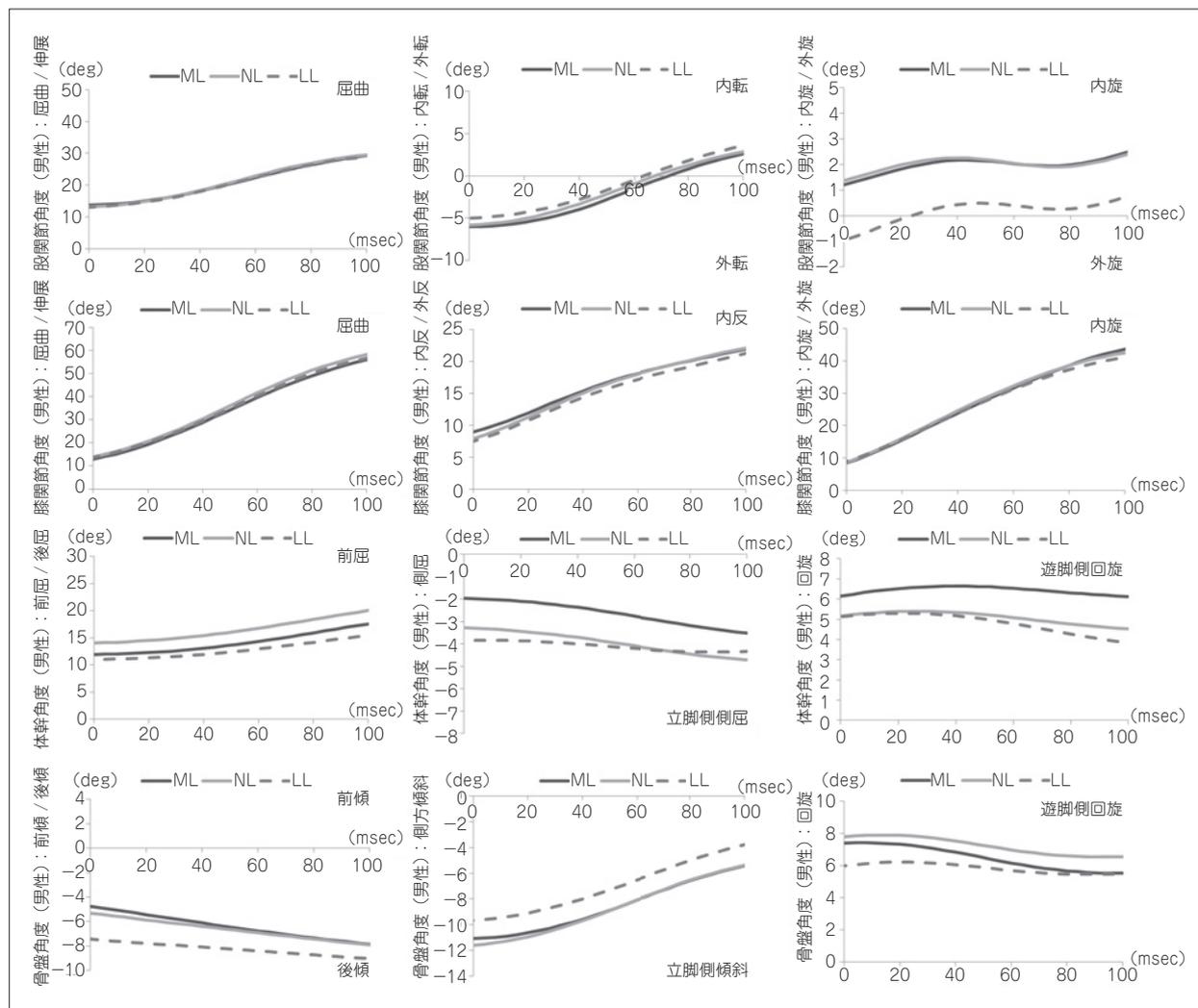


図3 各着地位置での関節角度の時間変化 (男性)

2. 関節角度の性差(股関節, 膝関節, 体幹, 骨盤角度)

図5に, NLの股関節, 膝関節, 体幹, 骨盤のIC~100msまでの各関節角度の時間変化を示した. 体幹の前傾/後傾角度は, IC~100msで女性は前屈角度が有意に大きかった($p < 0.05$). 回旋角度は, MLのみ接地後44~100msの間で男性は女性より大きな遊脚側への回旋角度を示した($p < 0.05$). 骨盤の前傾/後傾角度は, IC~100msで男性は後傾角度が有意に大きかった($p < 0.05$). 骨盤の側方傾斜角度は, ML・LLで有意な交互作用を認め, 男女で異なる時間変化パターンを示した($p < 0.05$). 回旋角度は, 有意な交互作用を認め, 男女で異なる時間変化パターンを示した($p < 0.05$). 股関節の屈曲/伸展角度は, IC~100msで女性は屈曲角度が有意に大きかった($p < 0.05$). 内転/外転角度は, 有意な交互作用を認め, 男女間で異なる

時間変化パターンを示した($p < 0.05$). 膝関節角度には, 男女に有意な差は認められなかった(図5).

3. 関節角度変化量

表2に膝関節, 股関節, 体幹, 骨盤のIC~40ms, IC~100msの各関節角度の変化量を示す. 膝関節屈曲角度変化量は, IC~40ms (男性: $16.5 \pm 3.2^\circ$, 女性 $19.8 \pm 2.6^\circ$)で女性が有意に大きな値を示した($p < 0.05$). 股関節内転角度変化量は, IC~40ms (男性: $2.1 \pm 2.1^\circ$, 女性: $4.0 \pm 1.6^\circ$), IC~100ms (男性: $7.7 \pm 4.9^\circ$, 女性: $14.9 \pm 2.4^\circ$)で女性が有意に大きな値を示した($p < 0.05$). 骨盤の立脚側への回旋角度変化量は, IC~40ms (男性: $0.3 \pm 0.9^\circ$, 女性: $1.2 \pm 2.4^\circ$), IC~100ms (男性: $1.2 \pm 2.4^\circ$, 女性: $4.6 \pm 1.9^\circ$)で女性が有意に大きな値を示した($p < 0.05$).

4. 地面反力値

表3に地面反力値の最大値の男女別平均値を

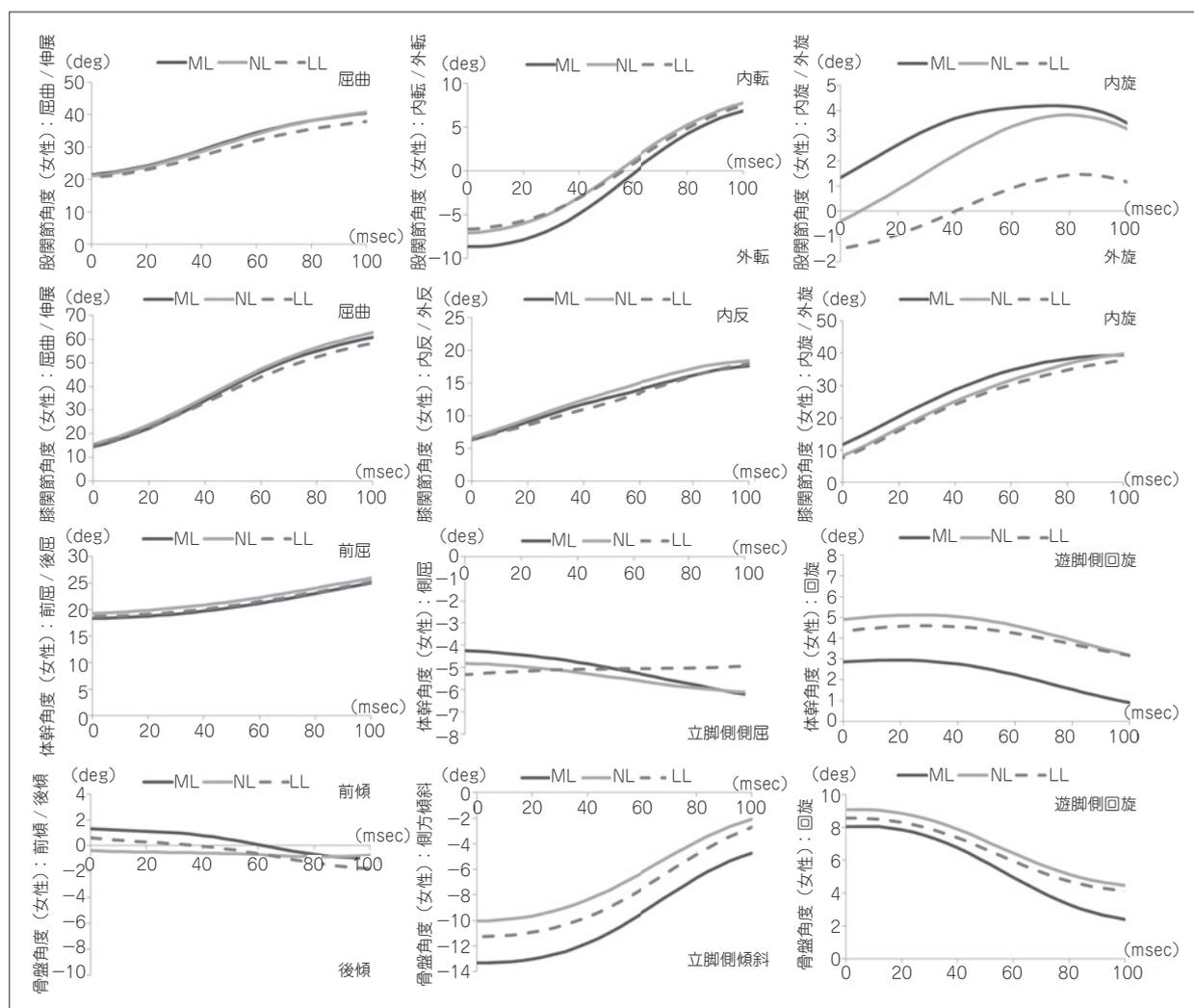


図4 各着地位置での関節角度の時間変化 (女性)

示す。垂直成分は、女性が男性よりも有意に大きな値を示した (男性: $4.36 \pm 1.71 \text{ Nm/kg}$, 女性: $8.02 \pm 1.74 \text{ Nm/kg}$, $p < 0.05$)。

考察

本研究の目的は、非予測的に着地位置の変更を行った片脚着地動作について、特に体幹・骨盤の挙動の性差を検討し、性別ごとの着地動作の特徴を明らかにすることであった。

1. 非予測的課題における着地位置変更の影響

着地位置による関節角度、踵部のマーカの移動量には統計的に有意な差は認められなかった。つまり本研究において着地位置の変更は十分になされておらず、さらに対象者の動作にも着地位置が変更されたことによる影響は生じていなかった。その要因として、本研究では変更後の着地位置を厳密には規定しなかったこと、さらに着地後

に片脚立位姿勢を保てなかった場合を失敗試技としたことにあると考える。以上より、本研究の課題の難易度は高く、着地位置を変更したうえで着地後に片脚立位を保って安定した着地を達成することは難しかったため、十分な着地位置の変更はなされなかったと考える。

また、着地方向の違いによって動作に何らかの影響を与えることを予測したが、動作への影響はほとんど見られなかった。着地位置の変更を行うことによって通常の着地動作とは異なる動作となったことが考えられるが、今回はその比較を行っていない。今後は、課題動作の難易度を調整すること、失敗試技も分析対象に含むこと、着地位置の変更課題を含まない着地動作との比較を行うことが必要であると考えられる。

2. 男女での比較

本研究では、女性は男性に比べて接地後に股関

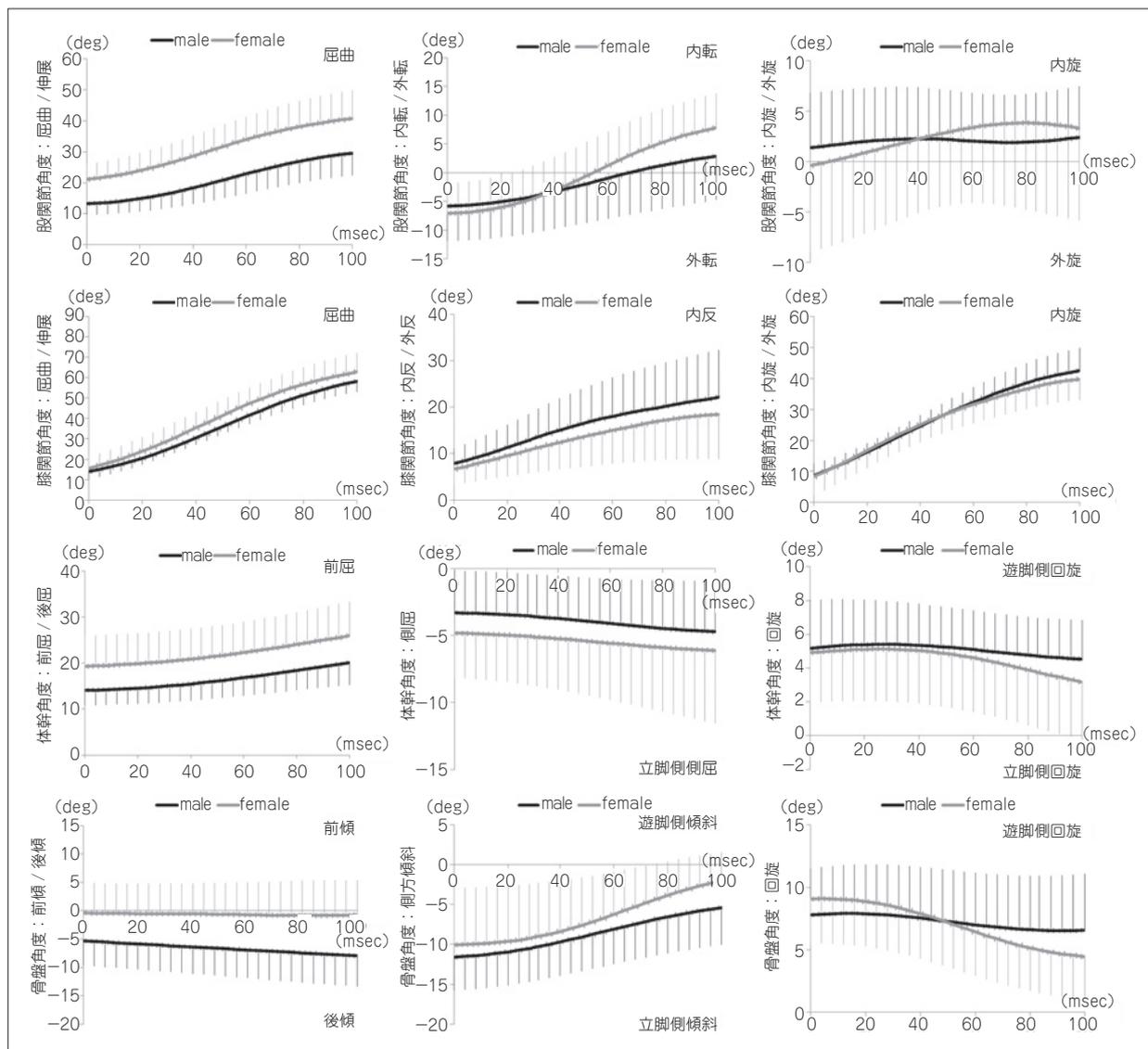


図5 NL条件での関節角度の時間変化(男女比較)

節の内転角度変化量と骨盤の立脚側方向への回旋角度変化量が大きいたことが示された。また、統計的な有意差はないものの女性は骨盤の遊脚側への傾斜が大きかった。

先行研究では女性の動作の特徴として、片脚着地動作で体幹の前傾角度が小さく直立した姿勢をとっている⁶⁾こと、180°方向のカッティング動作で体幹の前傾角度の減少と支持脚側への側屈角度が増大すること⁷⁾が報告されている。しかし、本研究のように片脚着地動作を対象に骨盤での回旋運動の性差を報告した先行研究は見られない。片脚スクワット動作では、体幹は男女とも支持脚側へ回旋するものの女性の回旋角度は小さく、骨盤では女性は体幹と同側の支持脚側へ回旋するのに対し男性は非支持脚側へと回旋していたという、女性

の骨盤の回旋方向は本研究と同様の結果を報告している。

股関節内転角度において、着地動作時の最大値は女性が大きという報告や男女差はないという報告があり一定の見解は得られていない¹³⁾。Zellerら¹⁴⁾は、片脚スクワット動作時の股関節内転角度と膝関節外反角度は女性で増大し、股関節内転と膝関節外反に関連があることを示している。小笠原ら¹⁵⁾は、片脚着地動作時の股関節内転角度と膝関節外反角度は女性で増大し、膝関節外反の抑制のために股関節の内転を制動する必要性を示唆している。本研究では、膝関節外反角度に性差は見られなかった。今回検討した股関節内転角度の性差はIC~40ms, IC~100msの変化量であり純粋な股関節の内転角度が増大したわけではなく、膝

表2 NLでのIC～40msとIC～100msの区間での各関節角度の変化量

	男性	女性
股関節		
屈曲		
IC～40ms	4.5±3.7	7.5±2.7
IC～100ms	14.8±7.2	19.7±5.5
内転		
IC～40ms	2.1±2.1	4.0±1.6*
IC～100ms	7.7±4.9	14.9±2.4*
内旋		
IC～40ms	0.8±1.2	2.6±2.0
IC～100ms	0.9±3.1	3.7±6.6
膝関節		
屈曲		
IC～40ms	16.5±3.2	19.8±2.6*
IC～100ms	44.2±6.5	47.3±4.4
内反		
IC～40ms	7.1±4.0	5.8±3.2
IC～100ms	14.2±7.5	11.8±7.3
体幹		
前屈		
IC～40ms	1.4±1.5	1.6±0.7
IC～100ms	6.0±3.7	6.7±2.1
遊脚側側屈		
IC～40ms	-0.4±0.5	-0.4±0.7
IC～100ms	-1.4±1.3	-1.3±2.4
遊脚側回旋		
IC～40ms	0.2±0.8	0.1±1.0
IC～100ms	-0.6±1.7	-1.7±2.4
骨盤		
前傾		
IC～40ms	-1.1±0.9	-0.2±1.8
IC～100ms	-2.6±1.9	-0.4±5.2
遊脚側側屈		
IC～40ms	1.9±1.2	1.7±1.2
IC～100ms	6.2±3.2	8.0±5.0
遊脚側回旋		
IC～40ms	-0.3±0.9	-1.2±1.0*
IC～100ms	-1.2±2.4	-4.6±1.9*

平均値±標準偏差 (°)

* : p<0.05

関節に外反を生じるためには十分ではなかった可能性がある。

本研究で観察された女性の動作の特徴として、地面反力値の垂直成分の増大とそれに伴う着地後の股関節内転角度の増大と骨盤の支持脚側への回旋が挙げられる。これらは、着地時の衝撃吸収が十分に行えず、股関節周囲筋の活動によって骨盤

表3 地面反力値の垂直成分の最大値の男女比較

	男性	女性
垂直成分	4.36±1.71	8.02±1.74*

平均値±標準偏差 (Nm/kg)

* : P<0.05

を水平に保つことができなかつたために生じたと考えられる。

Powers¹⁶⁾は、荷重位での動作中に股関節外転筋の弱化によって、対側の骨盤を落下させるいわゆる「トレンデレンブルグ徴候」と、対側の骨盤を挙上させ体幹を支持脚側に傾倒するという代償動作が生じることを示している。どちらも、身体質量中心を支持脚側へ偏位させ地面反力ベクトルを股関節中心に近づけ股関節外転筋の活動を減弱させることが目的であるとしている。先行研究では、等尺性股関節外転・外旋筋力の弱化¹⁷⁾や片脚着地動作中の大殿筋の筋活動の減少¹⁸⁾によって過度な股関節の内転や内旋、骨盤・体幹の回旋や傾斜が生じるという報告が見られる。本研究でも、女性は対側の骨盤の落下と支持脚側への回旋を組み合わせることで股関節外転、外旋筋の弱化を代償し、着地動作を安定させようとしていたと考えられる。このように、女性は着地時に骨盤回旋と股関節内転を組み合わせ、身体を「ねじる」ようにして着地直後に生じる衝撃を制御しようとする戦略をとっていたと考えられる。

また、Quatmanら¹⁹⁾は、男性と女性ではACL損傷のメカニズムが異なっている可能性を指摘している。女性は膝関節外反・回旋を主体とした多面的な負荷が要因となっており、男性では脛骨の前方変位を主体とした矢状面上の負荷も要因となっている。Fayadら²⁰⁾は、ACL損傷後のMRI画像における骨挫傷の位置から損傷メカニズムの推定を行っており、女性は男性より膝関節への外反ストレスが損傷時に生じていたことを示している。

本研究で、女性は着地時の衝撃吸収を骨盤回旋と股関節内転の組み合わせによって行っており、着地時の骨盤・股関節の安定性の低さを示しており、これらの運動は膝関節に対して外反と回旋を生じる可能性がある^{14,15)}。それに対して、男性は着地動作中の骨盤・股関節の運動は少なく、女性よりも安定した肢位を保っているといえる。これら

の着地時の衝撃吸収の制御方法の性差が ACL 損傷の発症に影響を与えている可能性がある。しかし、本研究では成功試技のみの分析を行っている。実際の ACL 損傷発生場面では動作やバランスの乱れが生じていることが多く²⁾、エラーが生じることで膝関節への負荷を増大させる可能性がある。女性は男性と比べて、着地時の安定性が低く代償的な戦略で衝撃吸収を行っていることから、エラーが生じた状況ではさらに不安定で危険な着地肢位となる可能性がある。今後は、失敗試技を含めて動作分析を行っていくことが必要であると考えられる。

一方、矢状面上では、女性は体幹・骨盤の前傾角度、股関節の屈曲角度が大きかった。着地動作時の体幹角度は、女性の前傾角度が小さくより直立した姿勢であることが報告⁶⁾されているが、本研究では異なる結果を示した。先行研究では単純な着地動作を対象としているのに対し、本研究では前方に設置したモニター上に動作方向が表示され、着地位置の変更を行うことを求めている。表示される指示を遂行するためには動作中はモニターを注視し続ける必要があり、体幹の前傾角度は本来の動作とは異なった可能性がある。以上より、体幹・骨盤運動は課題の違いによって、特徴は異なっている可能性があり、繰り返し動作など様々な課題動作での検討を行っていく必要があるといえる。

結 語

非予測的な着地位置の変更を伴った片脚着地動作の解析を行い、その動作の性差について特に骨盤・体幹運動の分析を行った。その結果、女性は着地後のごく短い期間の間で骨盤が立脚側へ回旋運動、股関節の内転運動が観察された。特に骨盤の回旋運動は女性の特徴的な動作と考えられ、動作を分析する上で着目する点であると考えられる。ACL 損傷の予防のためには膝関節、股関節の運動を制御することが必要であることが広く報告されているが、さらにその上位にある体幹・骨盤の水平面の運動についても着目して動作を考察していく必要がある。

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) Griffin, LY, Albohm, MJ, Arendt, EA, Bahr, R, Beynon, BD, Damaio, M, Dick, RW, Engebretsen, L, Garrett, WE Jr, Hannafin, JA, Hewett, TE, Huston, LJ, Ireland, ML, Johnson, RJ, Lephart, S, Mandelbaum, BR, Mann, BJ, Marks, PH, Marshall, SW, Myklebust, G, Noyes, FR, Powers, C, Shields, C Jr, Shultz, SJ, Silvers, H, Slauterbeck, J, Taylor, DC, Teitz, CC, Wojtys, EM, Yu, B. Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: a review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. *Am J Sports Med.* 2005; 34: 1512-1532.
- 2) Boden, BP, Dean, GS, Feagin, JA, Garrett, WE Jr. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics.* 2000; 23: 573-578.
- 3) Arendt, E, Dick, R. Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. NCAA data and review of literature. *Am J Sports Med.* 1995; 23: 694-701.
- 4) Krosshaug, T, Nakamae, A, Boden, BP, Engebretsen, L, Smith, G, Slauterbeck, JR, Hewett, TE, Bahr, R. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *Am J Sports Med.* 2007; 35: 359-367.
- 5) Hewett, TE, Torg, JS, Boden, BP. Video analysis of trunk and knee motion during non-contact anterior cruciate ligament injury in female athletes: lateral trunk and knee abduction motion are combined components of the injury mechanism. *Br. J. Sports Med.* 2009; 43: 417-422.
- 6) Huston, LJ, Vibert, B, Ashton-Miller, JA, Wojtys, EM. Gender differences in knee angle when landing from a drop-jump. *Am J Knee Surg.* 2001; 14: 215-219.
- 7) Nagano, Y, Ida, H, Akai, M, Fukubayashi, T. Relationship between three-dimensional kinematics of knee and trunk motion during shuttle run cutting. *J Sports Sci.* 2011; 29: 1525-1534.
- 8) Graci, V, Van Dillen, LR, Salsich, GB. Gender differences in trunk, pelvis and lower limb kinematics during a single leg squat. *Gait Posture.* 2012; 36: 461-466.
- 9) Besier, TF, Lloyd, DG, Cochrane, JL, Ackland, TR. External loading of the knee joint during running

- and cutting maneuvers. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2001; 33: 1168-1175.
- 10) Brown, SR, Brughelli, M, Hume, PA. Knee mechanics during planned and unplanned sidestepping: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2014; 44: 1573-1588.
 - 11) Kadaba, MP, Ramakrishnan, HK, Wootten, ME. Measurement of lower extremity kinematics during level walking. *J Orthop Res.* 1990; 18: 383-392.
 - 12) Davis, RB, Öunpuu, S, Tyburski, D, Gage, JR. A gait analysis data collection and reduction technique. *Hum Mov Sci.* 1991; 10: 575-587.
 - 13) Beaulieu, ML, McLean, SG. Sex-dimorphic landing mechanics and their role within the noncontact ACL injury mechanism: evidence, limitations and directions. *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol.* 2012; 4: 10.
 - 14) Zeller, BL, McCrory, JL, Kibler, WB, Uhl, TL. Differences in kinematics and electromyographic activity between men and women during the single-legged squat. *Am J Sports Med.* 2003; 31: 449-456.
 - 15) 小笠原一生, 宮川俊平. 片脚着地タスクにおける前額面上の下肢運動パターンの運動学的, 筋電図学的性差. *日本臨床バイオメカニクス学会誌.* 2008; 29: 45-52.
 - 16) Powers, CM. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010; 40: 42-51.
 - 17) Leetun, DT, Ireland, ML, Willson, JD, Ballantyne, BT, Davis, IM. Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2004; 36: 926-934.
 - 18) Zazulak, BT, Ponce, PL, Straub, SJ, Medvecky, MJ, Avedisian, L, Hewett, TE. Gender comparison of hip muscle activity during single-leg landing. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2005; 35: 292-299.
 - 19) Quatman, CE, Hewett, TE. The anterior cruciate ligament injury controversy: is 'valgus collapse' a sex-specific mechanism? *Br J Sports Med.* 2009; 43: 328-335.
 - 20) Fayad, LM, Parellada, JA, Parker, L, Schweitzer, ME. MR imaging of anterior cruciate ligament tears: is there a gender gap? *Skeletal Radiol.* 2003; 32: 639-646.
-
- (受付：2017年2月13日, 受理：2017年7月19日)

Gender differences in trunk and pelvis motion during unanticipated single-leg landing task

Shibata, S.^{*1}, Takemura, M.^{*2}, Miyakawa, S.^{*2}

^{*1} Graduate School of Comprehensive Human Sciences, Doctoral Program in Sports Medicine, University of Tsukuba

^{*2} Faculty of Health and Sports Sciences, University of Tsukuba

Key words: ACL injury, unanticipated single-leg landing, pelvic/trunk motion

[Abstract] There were gender differences in ACL injury incidence, and gender differences of motion were reported as a risk factor. However, trunk and pelvis motion during unanticipated single-leg landing is not clear. The purpose of this study was to analyze kinematic gender differences of trunk and pelvis motion during unanticipated single-leg landing. Twenty healthy athletes (10 males, 10 females) performed drop jump tasks from a 30-cm-high box. They landed on a force-platform according to a sudden request that one of three directions (inside, outside, no-change) was instructed as a landing position after taking their heel off the box. A three-dimensional motion analysis system was used to capture the motion of lower limbs, trunk, and pelvis. Simultaneously, the force-platform recorded ground reaction force data. As a result, there was no influence of the altered landing position. Female athletes demonstrated significantly greater alteration of hip adduction angle and pelvis rotation angle toward the landing leg until 100 ms after the initial foot contact. This result suggested that female athletes had a lesser stability of hip and trunk as well as different landing strategy. These characteristics would be a part of the reason why the ACL injury risk of the female athletes shows high.