

足関節背屈制限を有する大学生 捻挫既往者におけるジャンプ着地動作および ストップ動作中の下肢キネマティクス

原 著

Lower Extremity Kinematics in College Students with a History of Ankle Sprain and Limited Dorsiflexion Range of Motion during Landing and Stopping Tasks

青木章乃*1, 綿木沙耶*2, 星 賢治*3, 蒲田和芳*4

キー・ワード：ankle sprain, knee, kinematics
足関節捻挫, 膝関節, キネマティクス

〔要旨〕 (目的) 足関節捻挫はスポーツ障害の中で最も多く発生する外傷であり, 足関節背屈制限と前十字靭帯損傷 (ACL 損傷) リスクとの関連が示されている. 本研究では, 足関節背屈制限を有する捻挫既往者と非既往者において, 着地動作, ストップ動作時の下肢キネマティクスの相違を明らかにすることを目的とした.

(方法) 足関節捻挫既往者 20 名と非既往者 18 名を対象とした. 足関節捻挫既往者は慢性足関節不安定症 (CAI) を判別する IdFAI の質問紙にて CAI に該当せず, かつ健側と比較して 5° 以上の足関節背屈制限を有する者として, 健常者と比較した. 足関節背屈筋力と着地動作, 減速ストップ動作を測定した. 各動作はビデオカメラで側方から撮影し, 初期接地, 初期接地から 33ms 後, 膝関節最大屈曲時の股関節, 膝関節, 足関節屈曲角度を算出した.

(結果) 着地動作では足関節捻挫既往群と健常群の間で, 下肢屈曲角度に有意な差はなかった. 減速ストップ動作では, 捻挫既往群にて初期接地から 33ms 後の足関節底屈角度が有意に小さかった ($p = 0.015$).

(結論) 背屈制限を有する捻挫既往者において減速ストップ動作の接地直後の足関節運動戦略に違いがあることが示された. その一方で, 着地動作, 減速ストップ動作での膝関節および股関節屈曲角度に差はなく, 捻挫既往者において ACL 損傷危険因子とされる膝関節浅屈曲位の動作を示さないことが明らかとなった.

はじめに

足関節捻挫はスポーツ障害全体の 15~30% と最も多く発生する外傷である^{1,2)}. 初回の足関節捻

*1 国際医療福祉大学成田保健医療学部

*2 たまメディカルリハビリテーションクリニックリハビリテーション科

*3 かとう整形外科スポーツ運動器クリニックリハビリテーション部門

*4 広島国際大学総合リハビリテーション学部

Corresponding author: 蒲田和芳 (gamada@realine.info)

挫の後, 繰り返し受傷することにより慢性足関節不安定症 (chronic ankle instability: CAI) へと移行し, 機械的不安定性や機能的不安定性が残存することがあり, 足関節背屈制限にもつながるとされている¹⁻⁵⁾. 接地面から下肢のコントロールを行う足部・足関節の不安定性や機能異常は, 上位関節である膝関節のキネマティクスに影響を与えることが推察される. 膝関節の重大なスポーツ外傷の一つである前十字靭帯 (anterior cruciate ligament: ACL) 損傷は, アメリカでは年間に約 80,000 件~250,000 件発生すると推定された⁶⁾. こ

のACL損傷は非接触型損傷が60%以上を占め⁷⁾、繰り返し動作やジャンプ着地動作、減速動作時に最も多く発生している⁸⁾。ACL損傷におけるバイオメカニクスの危険因子の抽出を目的に、これまで多くの研究が報告されているが、一致した見解として膝関節軽度屈曲位や外反位が挙げられている^{7,9)}。したがって、足関節の機能異常と膝関節キネマティクスとの関連を知ることは、ACL損傷リスクの軽減のためにも重要であるといえる。

足関節捻挫後には足関節背屈制限や腓骨筋などの外がえし筋力の低下などの運動学的異常を呈する^{4,5)}。また、足関節捻挫既往歴とACL損傷との間には強い関連があることが報告された⁸⁾。その理由の一つとして、足関節背屈制限が動作中の膝関節屈曲運動の減少に繋がることから、ACLを保護するための膝関節屈曲運動を阻害することが考えられる。中でも、CAIとACL損傷の関連性として、しばしば下肢キネマティクスの変化が注目されている。片脚着地動作やストップ・ジャンプ動作において、CAIでは膝関節屈曲角度が減少したことが示されている^{10,11)}。しかし、CAIへ移行した足関節捻挫既往者とCAIではない足関節捻挫既往者を区別し、足関節捻挫既往者のキネマティクスを健常者と比較した論文はない。特に、足関節捻挫既往者の中で、不安定性を訴えず、競技遂行可能である者をCoperと呼ぶが、動作中の異常キネマティクスの有無について明らかにされていない。足関節捻挫後においては、下肢機能やキネマティクスの左右差はしばしば着目される¹²⁾。足関節背屈制限を伴う足関節捻挫既往足においては、下腿の前傾が十分に起こらず、ジャンプ着地時や減速ストップ動作時に膝関節屈曲角度の減少が起これらと考えられる。

以上より、本研究ではCAIと判断されない、足関節背屈制限のある足関節捻挫既往者と非既往者における着地動作、減速ストップ動作時の下肢キネマティクスの相違を明らかにすることを目的とした。本研究の仮説は、CAIと判断されないが足関節背屈制限を伴う足関節捻挫既往者において、ジャンプ着地動作時、減速ストップ時の膝関節の屈曲角度が健常者に比べて小さくなるとした。本研究は足関節背屈制限を有する捻挫既往者において、隣接下肢関節運動への影響を明らかにするとともに、そのメカニズムやCAI予防の重要性に關

する知見をもたらす意義がある。

対象および方法

1. 対象

本研究は、広島国際大学「人を対象とする医学系研究倫理委員会」の承認を受けた後に開始された。全対象者の人権保護に関するヘルシンキ宣言を遵守し、リスク・不利益に対する説明を行い、全対象者から同意を得た。大学に在学中の18~30歳に対し、リクルートを行った。捻挫既往群の包含基準は、1)球技経験者、2)捻挫既往者、3)Identification of functional ankle instability (IdFAI)¹³⁾において両側ともに11点未満の者、4)荷重時足関節背屈角度に5°以上の左右差がある者、とした。反対側の捻挫既往については、影響を避けるため、捻挫既往がない、または対象となる側よりも軽症かつ捻挫既往回数が少ないものとした。CAIの有無を判定するため、International Ankle Consortiumにより統一されたCAIの選択基準(IAC基準)¹⁴⁾に基づき、日本語版IdFAIの質問紙¹⁵⁾を採用した。荷重位背屈角度については、カットオフ値が証明されていないため、左右差を基にして包含基準を設定した。健常群の包含基準は1)球技経験者、2)両側ともに足関節捻挫の既往のない者、とした。両群の除外基準は、1)下肢に整形外科的疾患(ACL損傷、骨折等)がある者、2)下肢に手術歴がある者、3)現在、下肢に何らかの疼痛や違和感などがある者、とした。以上の選択基準を満たした男女40名(各群20名)を対象とした(図1)。測定期間中に健常群2名が除外基準に該当し、除外となった。測定対象とした足については捻挫既往者では捻挫既往側とし、健常者においては左右側が均等になるよう、ランダムに測定足を決定した。

2. 方法

1) 足関節捻挫既往群に対するスクリーニング

まず、口頭にて足関節捻挫の既往の有無を確認した。その後、既往ありと答えた対象者に対し、CAIを判定するための質問紙であるIdFAI¹³⁾を実施した。このテストは11点以上をCAIと判定することから、本研究では片側でも11点以上の者をCAIあり、として除外した。続いて、CAIには該当せず、捻挫既往歴がある者を捻挫既往群として、荷重位足関節背屈角度を測定した。測定は30cm台に片足を乗せ、下腿を最大に前傾させることで

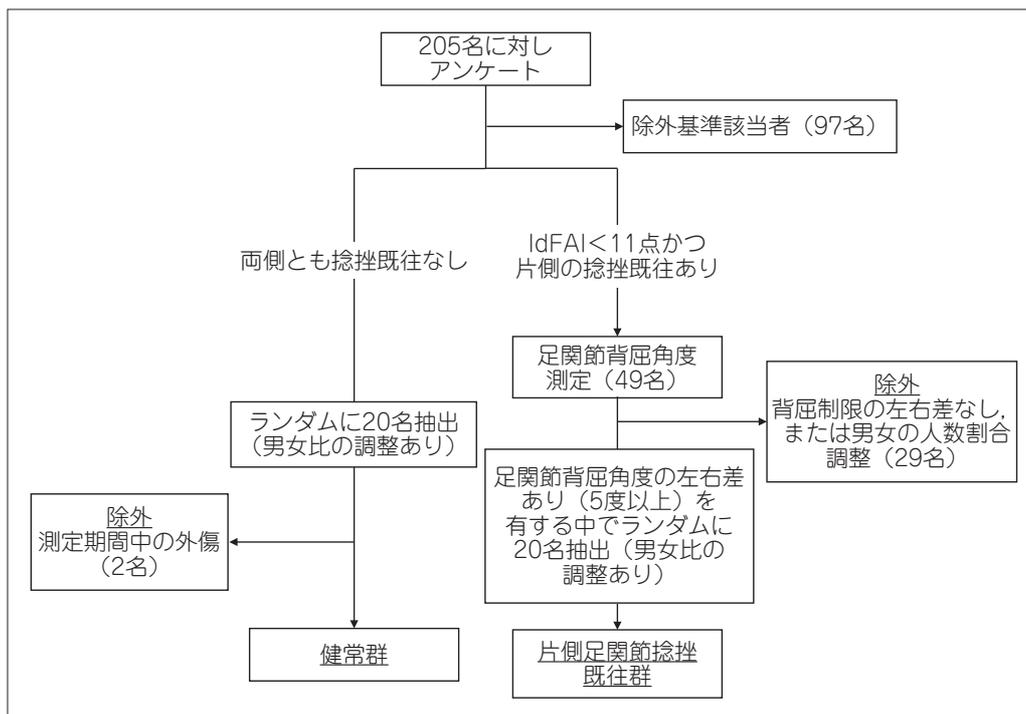


図1 被験者取り込みフローチャート
包含基準，除外基準に基づき，被験者の取り込みを行った。

足関節の最大背屈を行わせ、踵が浮く直前の下腿前傾角度をデジタル傾斜計にて計測した。捻挫後の急性期以降、約5度の背屈制限が残存するという報告⁵⁾を参考に、左右の背屈可動域に5度以上の差がある者を捻挫既往群として取り込んだ。

2) 足関節背屈筋力測定

測定肢位は足底が床につかない高さの椅子を用いた端座位とし、ハンドヘルドダイナモメーター (MicroFET, 日本メディックス社) を用いて足関節背屈筋力を測定した。第3中足骨への抵抗に対し、最大努力で背屈をさせ、最大背屈筋力を算出した。最大背屈筋力は体重で正規化した値を採用した。

3) キネマティクス測定

着地動作と減速ストップ動作中の下肢キネマティクス測定を実施した (図2)。対象者は上下ともにスパッツを着用した。シューズはスパイクシューズなどの特殊なシューズを除き、履き慣れたシューズを着用した。着地動作は、30cm 台上の立位から、身長50%の距離で前方に設置した枠内に向けて片足で着地し、3秒間静止させた。減速ストップ動作は5歩の助走の後に、ライトの点灯の合図で片足ストップし、3秒静止するものとした。対象者には、スタート直後からできる限り加

速するように指示した。足関節捻挫は、試合の予測不可の環境における急激なストップや繰り返し動作での受傷が多く¹⁶⁾、減速動作ではそれを誘発するために、ライトを用いて予測不可のタイミングでのストップ動作を行った。各動作課題は3回成功するまで実施した。ただし、減速ストップ動作においては、3秒間の片足立位での静止に加え、ストップ足を含め4歩が解析画面内に入っているものを成功とした。いずれの動作においても、反対の下肢が床に接地した場合には失敗として再度測定を行った。また、両動作間で統一するため、上肢は固定せずに測定を行った。

各動作は汎用ビデオカメラ (Casio EX-FH25, CASIO) を用いて、120Hzにて矢状面から撮影した。被写体位置に対し、3mの距離にビデオカメラを設置した。減速ストップ動作においては、およそそのストップ位置を床面の印で示し、真っ直ぐに走るように指示することで、カメラに対し、直交する映像を撮影した。撮影に際し、肩峰、大転子、膝関節外側裂隙、外果、シューズの先端部に反射マーカを付けた。

4) 関節角度算出

下肢関節屈曲角度は画像解析ソフト Dartfish (Dartfish Japan Co, LTD) を用いて反射マーカ

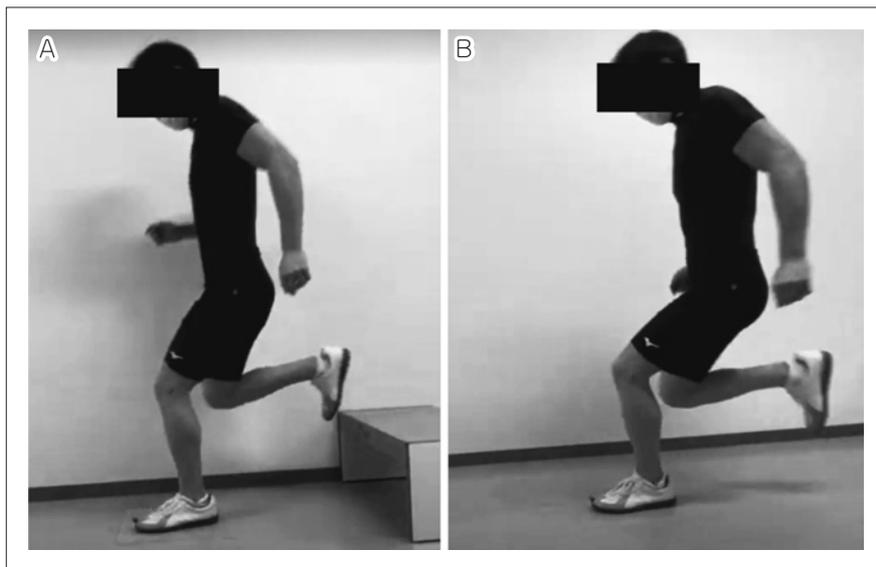


図2 測定動作
測定動作は30cm台からの着地動作(A)と、減速ストップ動作(B)を行った。

の位置から算出した。股関節屈曲角度については、大転子と膝関節外側裂隙、肩峰を結んだ角度、膝関節屈曲角度は膝関節外側裂隙と大転子、外果を結んだ角度、足関節背屈角度は外果と膝関節外側裂隙、シューズ先端部を結んだ角度から算出した。股関節屈曲、膝関節屈曲、足関節背屈方向の角度を正の値として表記した。撮影された動画を基に、2種類の動作において、足底の一部でも接地した瞬間を Initial contact (以下 IC) として、IC の 33 ms 後 (以下 IC33)、膝関節最大屈曲時 (maximum knee flexion: 以下 MKF) の 3 時点での各関節角度を算出した。いずれの動作においても、各時点における 3 回の動作の平均値を個々の代表値として採用し、統計解析を行った。

5) 統計解析

全ての統計は IBM SPSS Statistics v21 (SPSS Inc.) を用いた。Shapiro-Wilk 検定にて正規性を確認後、正規性があつた足関節背屈筋力の群間差には対応のない t 検定を、正規性がなかつたパラメータに対しては Mann-Whitney の U 検定を採用した ($\alpha = 0.05$)。また、2 群間の男女の人数の差については、カイ二乗検定にて検討した。

結果

1. 基本情報

捻挫既往群には男性 10 名、女性 10 名 (20.2 ± 0.7 歳) が対象となり、健常群では男性 11 名、女性 7 名 (20.6 ± 0.5 歳) が対象となった。カイ二乗検定

により、群間の男女の割合に有意差はなかつた ($p = 0.492$)。対象者の基本情報は、捻挫既往群、健常群それぞれ、身長が $165.2 \pm 8.9\text{cm}$, $167.2 \pm 10.1\text{cm}$ ($p = 0.407$)、体重が $58.5 \pm 8.8\text{kg}$, $60.5 \pm 11.4\text{kg}$ ($p = 0.371$)、BMI が $21.4 \pm 2.5\text{kg/m}^2$, $21.5 \pm 2.4\text{kg/m}^2$ ($p = 0.761$) であつた。捻挫既往群における Id-FAI スコアは 6.4 ± 3.0 点、背屈可動域の左右差は $8.5 \pm 4.0^\circ$ であつた。

2. 足関節背屈筋力

捻挫既往群の平均値は $2.57 \pm 0.53\text{Nm}$ 、健常群の平均値は $2.52 \pm 0.66\text{Nm}$ で、足関節背屈筋力に有意な群間差はなかつた ($p = 0.838$)。

3. キネマティクス

着地動作における膝関節屈曲角度は、IC で捻挫既往群 30.4° 、健常群 28.4° であり、有意差はなかつた ($p = 0.133$)。IC33, MKF においても健常群と捻挫既往群との間に有意差はなかつた ($p = 0.696$, $p = 0.303$)。足関節背屈角度は IC で捻挫既往群 -8.8° 、健常群 -9.6° であり、有意差はなかつた ($p = 0.264$)。IC33, MKF においても、健常群と捻挫既往群に有意差はなかつた ($p = 0.176$, $p = 0.228$)。股関節屈曲角度は IC で捻挫既往群 28.3° 、健常群 25.4° であり、有意差はなかつた ($p = 0.409$)。IC33, MKF においても、健常群と捻挫既往群との間に有意差はなかつた ($p = 0.696$, $p = 0.409$; 表 1)。

減速ストップ動作における膝関節屈曲角度は、IC で捻挫既往群 15.7° 、健常群 12.7° であり、有意差

表 1 健常者と捻挫既往者の着地動作時の下肢キネマティクスの比較

		捻挫既往群	健常群	P 値
膝関節屈曲角度 (°)	IC	15.7 (7.7-24.0)	12.7 (10.3-23.4)	0.209
	IC33	29.1 (22.2-68.9)	27.4 (24.1-40.2)	0.331
	MKF	54.6 (30.6-75.9)	56.5 (47.7-68.6)	0.303
足関節背屈角度 (°)	IC	-38.2 (-49.3-14.7)	-39.0 (-50.6-(-26.8))	0.407
	IC33	-8.0 (-16.7-4.8)	-10.1 (-19.1-(-1.0))	0.206
	MKF	3.6 (-9.9-56.4)	2.0 (-26.5-13.7)	0.228
股関節屈曲角度 (°)	IC	17.5 (3.0-32.0)	16.7 (7.3-32.9)	0.478
	IC33	21.0 (2.9-64.4)	19.6 (9.8-37.4)	0.874
	MKF	42.4 (26.6-76.7)	49.7 (33.4-81.7)	0.409

中央値 (範囲)

MKF: 膝関節最大屈曲時

それぞれ負の値は、膝関節伸展、足関節底屈、股関節伸展を示す

表 2 健常者と捻挫既往者のストップ動作時の下肢キネマティクス比較

		捻挫既往群	健常群	P 値
膝関節屈曲角度 (°)	IC	66.6 (13.1-92.3)	66.7 (9.4-89.9)	0.998
	IC33	26.0 (13.6-67.1)	26.1 (13.6-67.1)	0.426
	MKF	34.9 (25.8-47.6)	32.1 (22.5-56.0)	0.239
足関節背屈角度 (°)	IC	0.0 (-33.8-10.5)	-4.5 (-37.1-11.7)	0.093
	IC33	-18.9 (-34.8-(-2.0))	-24.4 (-35.1-(-12.2))	0.015*
	MKF	-13.1 (-4.2-25.8)	-12.0 (-12.1-45.3)	0.942
股関節屈曲角度 (°)	IC	21.5 (3.8-38.4)	23.3 (11.0-40.2)	0.186
	IC33	21.4 (6.7-38.6)	24.1 (13.2-40.8)	0.158
	MKF	35.1 (20.5-69.7)	30.5 (18.3-47.0)	0.276

中央値 (範囲)

MKF: 膝関節最大屈曲時

* $p < 0.05$

それぞれ負の値は、膝関節伸展、足関節底屈、股関節伸展を示す

はなかった ($p = 0.209$). IC33, MKF の膝関節屈曲角度においても健常群と捻挫既往群との間に有意差はなかった ($p = 0.331$, $p = 0.303$). 足関節背屈角度は, IC, MKF では健常群と捻挫既往群との間で有意差はなかった ($p = 0.093$, $p = 0.942$). IC33 においては, 足関節背屈角度が捻挫既往群において -18.9° であり, 健常群 -24.4° と比べて, 有意に底屈角度が小さかった ($p = 0.015$). 股関節屈曲角度は IC にて捻挫既往群が 21.5° , 健常群が 23.3° であり, 有意差はなかった ($p = 0.186$). IC33, MKF においても, 股関節屈曲角度に健常群と捻挫既往群との間で有意差はなかった ($p = 0.158$, $p = 0.276$; 表 2).

■ 考 察

本研究では足関節背屈制限を有する足関節捻挫既往者と健常者とでジャンプの片脚着地時, 減速ストップ時の膝関節のキネマティクスの相違を明

らかにすることを目的とした. 本研究の結果, 背屈制限を有する捻挫既往群と健常群におけるジャンプの片脚着地時, 減速ストップ動作の IC, IC33, MKF の 3 時点での膝関節, 股関節屈曲角度に有意差はなかった. 減速ストップ動作中, IC33 における足関節底屈角度のみ, 健常群と比べて捻挫既往群において有意に小さかった.

本研究ではジャンプ着地時の下肢関節屈曲角度に群間差がなかった. 片脚着地動作を分析した先行研究では, 健常者と比較し, CAI において膝関節屈曲角度が減少したことが報告された¹¹⁾. 本研究では CAI を除外し, 足関節背屈制限を有する捻挫既往者において膝関節屈曲角度に有意差はなく, 先行研究と異なる結果となった. 捻挫既往群では, 既往側に背屈制限があったものの, 健常者と比較して, 背屈筋力の低下がみられなかったこと, IdFAI にて自覚的不安定感が強くなかったことから, CAI における先行研究の結果と異なると

考えられる。本研究では前方への着地動作を課題としたため、足部接地後、足関節背屈筋により下腿前傾させ重心を支持基底面内に制御する必要があった。足関節背屈筋力に差がなかったため、両群ともに同程度に下腿前傾させることが可能であり、背屈角度に群間差がなかった可能性がある。また健常者との差がなかった要因として、矢状面運動のみの解析であり、足部を含めた前額面や水平面の動きで代償された可能性¹⁷⁾があることが考えられる。本研究から足関節背屈制限を有する足関節捻挫既往者では、健常群と同程度の足関節底背屈角度、膝関節、股関節の屈伸角度を示す可能性が示唆された。

減速ストップ動作においては、健常群と比較して、捻挫既往群においてICから33ms時点のみ足関節底屈角度が小さかった。本研究では、両群ともに減速ストップ動作中、足関節軽度底屈位または背屈位で接地したのち、33ms後までに足関節底屈角度を増大させ、最大膝屈曲までには足関節底屈角度を減少させる形で、足関節軽度底屈位から底背屈中間位の運動範囲にて動作を遂行していた。そのため、足関節背屈を強く要求する動きとはならず、仮説に反して、足関節背屈制限が影響しなかったと考えられる。構造的不安定性を持つ足では、機能的不安定性を有する足や、足関節捻挫Coperと比較して、着地動作やストップジャンプ動作、歩行中の足関節底背屈角度変化量が小さかったことが報告されている¹⁸⁾。このことは足関節底背屈変化量を減少させることで、骨性の安定性に依存し、外側靭帯への依存を減少させる戦略と考えられている。本研究では捻挫既往があるものを対象としたため、着地動作と比較して、減速ストップ動作では進行方向に向かう水平方向の加速度が足関節底屈位で骨性の安定を得られにくい足関節に対して、内反、距骨前方せん断ストレスとして伝わりやすかったと考えられる。その結果、外側靭帯への依存を軽減させる戦略として足関節底屈角度が減少し、減速ストップ動作を通して足関節底背屈角度の変化量が小さくなった可能性がある。今後、不安定性を含めた足関節機能の検証とともに、足関節捻挫既往群の中でもCoperとCAIとの違いについて明らかにしていくことが、CAIへの進行の予防につながると考えられる。

本研究はいくつかの限界を包含する。1つ目として、本研究ではCAIの有無をアンケートのみで

判断した。しかし、先行研究では足関節捻挫既往者に対して、CAIとの判別を行っておらず、CAIのない捻挫既往者に限定して分析をした点で意義がある。2つ目として、床反力計などを用いていないため、初期接地のタイミング判断を肉眼観察に依存した点が挙げられる。しかしながら、ICの判断は1人の分析者のみが行ったため、その誤差は系統誤差であると考えられる。その一方で、本研究は体育館での測定としたため、助走距離を長く確保し、よりスポーツ活動時の状況に近い環境で行った。3つ目に、今回男女を含めた計測を行った。本研究では群間において男女の比率に差はなかった。しかし、近年、足関節捻挫の危険因子の男女差について報告されているため、今後、男女差についても検討する必要がある。4つ目に、二次元分析に限られたことである。近年、動作分析のゴールドスタンダードである三次元動作解析に対して、二次元動作分析は簡便で、臨床においても汎用性が高いことが認められており、重要性が高まっている。また、本研究で分析した下肢関節屈曲角度に対して、信頼性、精度についても報告されている。着地動作を、二次元と三次元動作解析で相関を分析した研究では、膝関節屈伸角度にて $r=0.77$ と、内外反角度よりも高い相関が示された¹⁹⁾。スクワット動作を分析した研究においても、同様に、下肢関節屈伸角度に対して高い相関($r=0.51-0.93$)が報告され、二次元と三次元動作解析の平均差異について、股関節で 2.6° 、膝関節で 0.7° 、足関節において 3.1° と高い一致性が示された²⁰⁾。本研究と試技の違いはあるものの、先行研究と同様に矢状面運動を主とした動作を選択している。それに加えて、本研究では減速ストップ動作、着地動作ともストップ後に3秒間静止できたものを解析し、試技の整合性を統一している。また、マーカーのsoft tissue artifactについては、体表に密着したスパッツを着用させることで最小限になるよう配慮した。

結 語

本研究では足関節背屈制限を有する足関節捻挫既往群と健常群において減速ストップ時のIC33にて足関節底屈角度に差があったものの、ジャンプの片脚着地時の足関節背屈角度、両動作における膝関節、股関節屈曲角度に有意差はなかった。このことは足関節背屈制限を有する捻挫既往者で

は減速ストップ動作や、着地動作での膝関節屈曲角度に健常者との差はなく、ACL 損傷危険因子とされる膝関節浅屈曲位の動作を示さないことが明らかとなった。初回の足関節捻挫後、CAI へ移行することを防ぐことは、日常生活動作やパフォーマンスの低下のみならず、ACL 損傷発生のリスクも軽減させうると考えられる。今後の研究では、CAI の動作中の前額面・水平面キネマティクスや床反力の測定、足関節捻挫既往後の CAI 移行に対する予防プログラムの確立・検証が必要である。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

著者貢献

青木章乃：概念化，方法論，指導，検証，草稿の執筆，原稿の見直しとエディティング

綿木沙耶：概念化，データ管理，正式な分析，調査，草稿の執筆

星賢治：概念化，指導，原稿の見直しとエディティング

蒲田和芳：概念化，方法論，指導，プロジェクト管理，原稿の見直しとエディティング

文 献

- 1) Garrick JG, Requa RK. The epidemiology of foot and ankle injuries in sports. *Clin Sports Med.* 1988; 7: 29-36.
- 2) Wilkerson LA. Ankle injuries in athletes. *Prim Care.* 1992; 19: 377-392.
- 3) Tropp H, Odenrick P, Gillquist J. Stabilometry recordings in functional and mechanical instability of the ankle joint. *Int J Sports Med.* 1985; 6: 180-182.
- 4) Denegar CR, Miller SJ 3rd. Can chronic ankle instability be prevented? Rethinking management of lateral ankle sprains. *J Athl Train.* 2002; 37: 430-435.
- 5) Aiken AB, Pelland L, Brison R, et al. Short-term natural recovery of ankle sprains following discharge from emergency departments. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2008; 38: 566-571.
- 6) Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA, et al. Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: a review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. *Am J Sports Med.* 2006; 34: 1512-1532.
- 7) Boden BP, Torg JS, Knowles SB, et al. Video analysis of anterior cruciate ligament injury: abnormalities in hip and ankle kinematics. *Am J Sports Med.* 2009; 37: 252-259.
- 8) Kramer LC, Denegar CR, Buckley WE, et al. Factors associated with anterior cruciate ligament injury: history in female athletes. *J Sports Med Phys Fitness.* 2007; 47: 446-454.
- 9) Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, et al. Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. *Am J Sports Med.* 2004; 32: 1002-1012.
- 10) Terada M, Pietrosimone B, Gribble PA. Individuals with chronic ankle instability exhibit altered landing knee kinematics: potential link with the mechanism of loading for the anterior cruciate ligament. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2014; 29: 1125-1130.
- 11) Gribble PA, Robinson RH. Alterations in knee kinematics and dynamic stability associated with chronic ankle instability. *J Athl Train.* 2009; 44: 350-355.
- 12) Doherty C, Bleakley C, Hertel J, et al. Lower extremity coordination and symmetry patterns during a drop vertical jump task following acute ankle sprain. *Hum Mov Sci.* 2014; 38: 34-46.
- 13) Simon J, Donahue M, Docherty C. Development of the identification of functional ankle instability (Id-FAI). *Foot Ankle Int.* 2012; 33: 755-763.
- 14) Gribble PA, Delahunt E, Bleakley C, et al. Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: a position statement of the International Ankle Consortium. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2013; 43: 585-591.
- 15) Mineta S, Inami T, Fukano M, et al. The reliability, and discriminative ability of the identification of functional ankle instability questionnaire, Japanese version. *Phys Ther Sport.* 2019; 35: 1-6.
- 16) Fong DT, Hong Y, Chan LK, et al. A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports. *Sports Med.* 2007; 37: 73-94.
- 17) Tiberio D. The effect of excessive subtalar joint pronation on patellofemoral mechanics: a theoretical model. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1987; 9: 160-165.
- 18) Brown C, Padua D, Marshall SW, et al. Individuals with mechanical ankle instability exhibit different

- motion patterns than those with functional ankle instability and ankle sprain copers. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2008; 23: 822-831.
- 19) Belyea BC, Lewis E, Gabor Z, et al. Validity and intrarater reliability of 2-dimensional motion analysis using a handheld tablet compared to traditional 3-dimensional motion analysis. J Sport Rehabil. 2015; 24.
- 20) Schurr SA, Marshall AN, Resch JE, et al. Two-dimensional video analysis is comparable to 3D motion capture in lower extremity movement assessment. Int J Sports Phys Ther. 2017; 12: 163-172.
-
- (受付：2023年6月20日，受理：2024年3月9日)

Lower Extremity Kinematics in College Students with a History of Ankle Sprain and Limited Dorsiflexion Range of Motion during Landing and Stopping Tasks

Aoki, A.^{*1}, Wataki, S.^{*2}, Hoshi, K.^{*3}, Gamada, K.^{*4}

^{*1} School of Health Sciences at Narita, International University of Health and Welfare

^{*2} Department of Rehabilitation, Tama Medical Rehabilitation Clinic

^{*3} Department of Rehabilitation, Kato Orthopedic Sports Clinic

^{*4} Faculty of Rehabilitation, Hiroshima International University

Key words: ankle sprain, knee, kinematics

[Abstract] (Purpose) Ankle sprains are the most common sports injuries, and limited ankle dorsiflexion is related to anterior cruciate ligament (ACL) injury. This study sought to identify differences in lower-extremity kinematics between healthy athletes and athletes having previous ankle sprains and limited ankle dorsiflexion (excluding chronic ankle instability (CAI)), during landing and stopping tasks.

(Methods) Twenty subjects with previous ankle sprains and 18 subjects without were included. In athletes with previous ankle sprains, and limited ankle dorsiflexion ($\geq 5^\circ$) in comparison with the uninjured ankle, but without CAI, the injured ankle was compared to ankles of uninjured athletes. Ankle dorsiflexion strength was measured, and stop and landing tasks were captured using a 2D video camera. Knee, hip, and ankle flexion/dorsiflexion angle at initial contact (IC), 33ms after IC, and maximum knee flexion were calculated.

(Results) There were no significant differences in lower-extremity kinematics during landing and stopping tasks between these groups, except for less ankle planter flexion in the ankle-sprain group 33ms after IC ($p = 0.015$).

(Conclusion) Ankle-sprain history necessitates a different ankle movement strategy during stopping tasks. On the other hand, knee and hip flexion angle, which affect the risk of ACL injury, were not significantly different.