

大学女性バレーボールアタッカー における片脚前方ドロップ着地中の垂直床反力の 左右差

原 著

Asymmetry of Vertical Ground Reaction Force during Single-leg Anterior Drop Landing among Female Collegiate Volleyball Attackers

川崎智子*^{1,2}, 大路駿介*², 相澤純也*², 打越健太*^{2,3}
廣幡健二*², 大見武弘*², 小笠原一生*⁴, 小関博久*^{1,5}
柳下和慶*², 中田 研*⁴

キー・ワード：Single-leg Anterior Drop Landings, Ground Reaction Force, Volleyball
片脚前方着地, 床反力, バレーボール

【要旨】 バレーボールでは、片脚でのジャンプ着地中の過大な衝撃によって膝外傷が発生しやすく、膝スポーツ外傷の予防に向けた着地衝撃の評価では、床反力の左右差が注目されている。アタッカーは、普段の練習や試合でポジションごとに左右で異なる着地パターンをとりやすいため、ポジションによって片脚着地中の衝撃の左右差が異なることが推察される。本研究の目的は、片脚前方着地中の衝撃の左右差をポジションごとに明らかにすることで、着地緩衝の評価・指導に役立つ情報を得ることとした。大学女性バレーボールアタッカー 21 名を対象とし、片脚前方ドロップ着地中の垂直床反力最大値、初期接地から垂直床反力が最大値に達するまでにかかる時間、Loading rate を計測・算出した。アタッカーのポジションごとに各床反力パラメーターを対応のある t 検定を用いて左右で比較した。アウトサイドヒッター（ライト）でのみ、初期接地から垂直床反力が最大値に達するまでにかかる時間と Loading rate に有意な左右差が認められた。アウトサイドヒッターはミドルブロッカーに比べて習慣的に左右で偏りのある着地を繰り返しており、これが研究結果に反映された可能性が考えられる。アウトサイドヒッター（ライト）の着地評価・指導では垂直床反力最大値がピークに達するまでの時間に左右差が生じやすいことを考慮する必要がある。

はじめに

バレーボールでは、ジャンプ着地中に前十字靭帯 (Anterior Cruciate Ligament：以下 ACL) 損傷のような膝外傷が発生しやすく、特に大学レベルの女性選手ではそのリスクが高い¹⁻³⁾。バレーボール選手における膝靭帯損傷の疫学調査では、ACL 損傷の多くがアタックやブロックでの足底着地時

に発生していることが報告されている⁴⁾。この理由の一つとして、接地後約 40ms の短時間に過大な衝撃が生じることにより⁵⁾、ACL に過度なストレーンが加わることが挙げられる⁶⁾。これらのことから、大学女性バレーボール選手の膝スポーツ外傷を予防するためには、着地中の衝撃の大きさや時間的要素を評価することが重要といえる。

膝スポーツ外傷の予防に向けた着地衝撃の評価では、床反力の大小に加えて、左右差が注目されている。バレーボール選手を含めた球技アスリートにおける前向きコホート研究によると、ACL 損傷者は非損傷者と比べて垂直床反力 (vertical ground reaction force：VGRF) が 20% 大きく、膝

*1 広尾整形外科

*2 東京医科歯科大学スポーツ医歯学診療センター

*3 災害医療センターリハビリテーション科

*4 大阪大学大学院医学系研究科健康スポーツ科学講座

*5 東都リハビリテーション学院

外転モーメントの非対称性が6.4倍大きかった⁷⁾。女性バレーボール選手のACL損傷発生率は左側で多く⁸⁾、着地中のVGRFや関節モーメントを右脚と左脚または利き脚と非利き脚で比較した報告や、対称性指数で示したもの、左右差をACL損傷者と非損傷者で比較した報告が散見される^{7,9,10-13)}。これらのことから、バレーボール選手の着地衝撃の評価では、VGRFや関節モーメントを左右で比較することが重要といえる。

バレーボール選手の着地衝撃の左右差を評価する上では、選手のポジションやそれによる着地動作特性を考慮する必要がある。バレーボールの公式戦においてジャンプを要するプレーは、アウトサイドヒッターではアタックの割合が多く、ミドルブロッカーではブロックの割合が最も多い¹⁴⁾。また、アタック後は片脚での着地になりやすく、ブロック後は両脚での着地になりやすい¹⁵⁾。特に現代では、プレースタイルの変遷により、空中で移動しながら低いトスをアタックすることが多く求められ、片脚着地をせざるを得ない場面が多い。これらのことから、アウトサイドヒッターでは練習や試合における着地頻度が左右で非対称となっていることが考えられ、床反力のような運動学的変数に左右差が潜在している可能性がある。よって、女性バレーボール選手の膝スポーツ外傷の予防に向けた着地動作の評価や指導では、アタックポジションごとの着地衝撃の左右差に関して、利き手や利き脚を考慮した情報が重要といえる。しかし、ポジションごとの着地衝撃の左右差について検討した報告はない。

バレーボール選手の着地衝撃の左右差を分析する際には、計測で用いる着地課題の影響を考慮する必要がある。女性バレーボール選手を対象に、リーグ中に発生したACL損傷の受傷機転や受傷側を調査した研究によると、損傷者の62%がアタックからの着地時に受傷しており、全損傷の65%が左膝に発生していた⁷⁾。アタック後は左脚で着地することが多く、この片脚着地時に膝スポーツ外傷は発生しやすい¹⁵⁾。これらのことから、女性バレーボール選手の膝スポーツ外傷の予防に向けた特異的な動作指導を計画するためには、競技特性を考慮して片脚着地課題における着地衝撃の左右差を明らかにすることが重要といえる。バレーボール選手における着地中のVGRFを右脚と左脚で比較した研究については、両脚着地を課

題とした分析がいくつか報告されているが¹¹⁻¹³⁾、片脚着地を課題とした分析の報告は少ない。

本研究の目的は、大学女性バレーボールアタッカーを対象として、片脚前方着地中の着地衝撃の左右差をポジションごとに明らかにすることで、着地緩衝の評価・指導に役立つ情報を得ることとした。片脚での着地になりやすい¹⁵⁾アタックジャンプがより多く求められる¹⁴⁾アウトサイドヒッター（レフトとライト）において着地衝撃の左右差を認めるといふ仮説を立てた。

■ 対象および方法

対象

対象は関東大学バレーボール連盟1部チームに所属し、アタッカーが主なポジションである健康女性選手とした。計測を終了した対象者は21名（年齢 19.9 ± 1.0 歳、身長 170.2 ± 5.4 cm、体重 63.1 ± 5.4 kg、body mass index 21.8 ± 1.6 ）であった。除外基準は、ジャンプ着地に影響する明らかな疾患や外傷の既往が四肢、体幹にある者、手術歴を有する者、ジャンプ着地中に恐怖心や痛みを訴える者とした。各対象者には事前に研究内容を口頭と書面で説明し、研究参加の同意を得た。本研究は東京医科歯科大学医学部附属病院倫理審査委員会の承認を得た後に開始した（承認番号：M2016-054）。

方法

計測課題は、両腕を組んだ片脚立位から、同側の下肢でドロップ着地をする動作とした。対象者はセルフストレッチを5分実施した後、動作課題を左右とも3回練習した。計測は裸足で実施した。

計測には、高さ31cmのステップ台と、高さ11cmのフォースプレート（TFP-4040A, Technology Service, Nagano, Japan）を用い、ステップ台の前縁から20cm前方にフォースプレートの中央が位置するよう設置した（図1）。対象者の計測開始肢位はステップ台の前縁に計測脚のつま先を位置した自然片脚立位とした。上肢運動による影響を取り除くため、両上肢を前胸部で組ませた¹⁶⁾。

課題は上方へのジャンプを最小限とし、ステップ台上からフォースプレート中央部へ直線的に落下するような踏切とした。着地後は可能な限りフォースプレートを注視せず、着地姿勢を保持するように指示した（図2）。着地後にフォースプレー

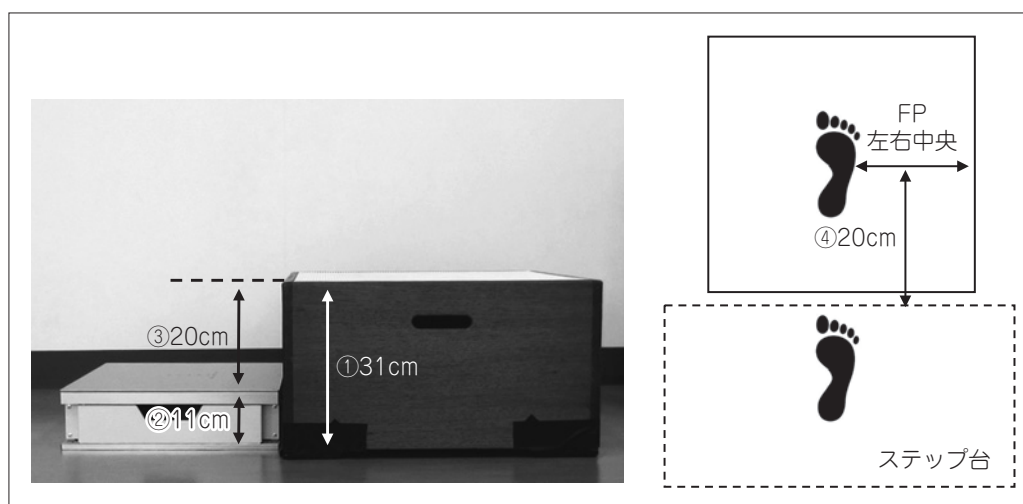


図1 計測機器の設置

- ①ステップ台の高さ：31cm
- ②フォースプレート（FP）の高さ：11cm
- ③ステップ台上縁からFP上縁の高さ：20cm
- ④ステップ台前縁からFP中央までの距離：20cm

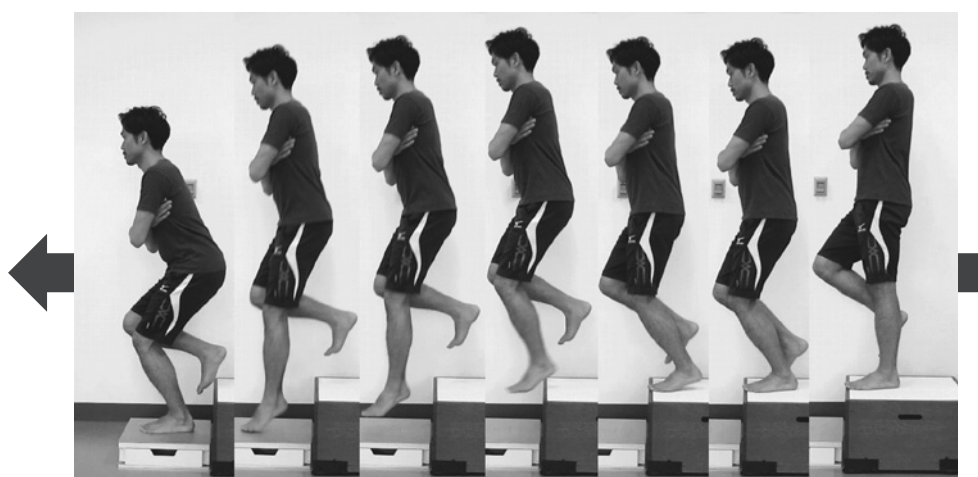


図2 片脚前方ドロップ着地課題

上方へのジャンプを最小限として直線的にフォースプレートへ落下し、着地後は静止立位を保持する。

ト上で姿勢を8秒間維持できた場合を成功とした。フォースプレートや床に遊脚側の足底が接地した場合、フォースプレート上で足部の位置が動いた場合、腕組みが外れた場合を失敗試技とした。右脚、左脚で各々6回計測し、最低3回の成功試技を記録した。

フォースプレートのサンプリング周波数を1000Hzとし、動的バランス評価ソフト(SS-FPSW 01, スポーツセンシング, Fukuoka, Japan)を使用して片脚着地中のVGRFを計測し体重で正規化した。VGRFは遮断周波数70HzのLow pass but-

terworth filterによって平滑化した。VGRFパラメーターとして、垂直床反力最大値(peak vertical ground reaction force: pVGRF)、初期接地からpVGRFまでにかかる時間(Time to pVGRF)を計測し、衝撃の時間的要素を含む変数としてpVGRFをTime to pVGRFで除したLoading rateを算出した。初期接地はVGRFが10Nを超えた時点と定義した¹⁷⁾。

成功試技のうち前半3回分のデータの平均値を分析対象とした。利き手はアタックを打つ手、利き脚は前方へ転倒しそうな時に先に出しやすい脚

表 1 大学女性バレーボールアタッカーのポジションの内訳

| | 人数 (名) | 年齢 (歳) | 身長 (cm) | 体重 (kg) | BMI |
|------------------|--------|----------|-----------|----------|----------|
| 全体 | 21 | 19.9±1.0 | 170.2±5.4 | 63.1±5.4 | 21.8±1.6 |
| アウトサイドヒッター (レフト) | 8 | 19.8±1.2 | 170.4±5.4 | 63.0±3.9 | 21.8±1.8 |
| ミドルブロッカー (センター) | 7 | 20.1±0.8 | 173.3±5.1 | 66.0±5.7 | 22.0±1.5 |
| アウトサイドヒッター (ライト) | 6 | 19.8±0.7 | 166.3±2.4 | 59.7±4.8 | 21.6±1.3 |

平均値±標準偏差

表 2 大学女性バレーボール選手 (アタッカー全体) の片脚前方ドロップ着地中の床反力パラメーターの左右比較

| 床反力パラメーター | 右脚 | 左脚 | P 値 | 効果量 |
|-----------------------|------------|------------|------|------|
| pVGRF (%BW) | 377.4±79.7 | 368.7±59.5 | 0.30 | 0.12 |
| Time to pVGRF (ms) | 66.7±8.8 | 66.4±8.9 | 0.82 | 0.03 |
| Loading rate (%BW/ms) | 6.0±2.1 | 5.8±1.8 | 0.53 | 0.07 |

pVGRF : peak vertical ground reaction force, Time to pVGRF : 初期接地から pVGRF までの時間, Loading rate = pVGRF/Time to pVGRF, BW : body weight

表 3 アウトサイドヒッター (レフト) の片脚前方ドロップ着地中の床反力パラメーターの左右比較

| 床反力パラメーター | 右脚 | 左脚 | P 値 | 効果量 |
|-----------------------|------------|------------|------|------|
| pVGRF (%BW) | 405.6±87.7 | 395.0±64.2 | 0.47 | 0.14 |
| Time to pVGRF (ms) | 65.6±7.1 | 62.7±9.0 | 0.18 | 0.37 |
| Loading rate (%BW/ms) | 6.5±2.1 | 6.6±2.0 | 0.61 | 0.08 |

pVGRF : peak vertical ground reaction force, Time to pVGRF : 初期接地から pVGRF までの時間, Loading rate = pVGRF/Time to pVGRF, BW : body weight

と定義した¹⁸⁾. アンケートに基づいて対象者をアウトサイドヒッター(レフト), ミドルブロッカー(センター), アウトサイドヒッター(ライト)に分類した. アタッカーの全体と, ポジションごとに各 VGRF パラメーターを対応のある t 検定を用いて左右で比較した. 統計学的解析には SPSS Ver.21 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) を使用し, 有意水準は 5% とした. 平均値の差を標準化するために全項目の効果量 (Cohen の *d*) を算出した. 本研究では, 左右の統計学的な差をもって左右差ありと定義した.

結 果

ポジションの内訳は, アウトサイドヒッター(レフト) 8 名, ミドルブロッカー(センター) 7 名, アウトサイドヒッター(ライト) 6 名であり, 利き手と利き脚は全対象者で右であった. ポジションごとの基本属性に統計学的な有意差はなかった(表 1).

アタッカーの全体とポジションごとの VGRF パラメーターの記述統計値と左右の比較結果を表 2~5 に示す. アタッカー全体での VGRF パラメーターは左右で有意差を認めなかった. VGRF パラメーターをポジションごとに左右で比較したところ, pVGRF はすべてのポジションで有意差を認めなかった(表 3~5). Time to pVGRF はアウトサイドヒッター(ライト)のみ左脚課題と比較して右脚課題で有意に低値を示し ($p < .05, d = .50$) (表 5), アウトサイドヒッター(レフト)およびミドルブロッカー(センター)では左右で有意差を認めなかった(表 3, 4). Loading rate はアウトサイドヒッター(ライト)でのみ左脚課題と比較して右脚課題で有意に高値を示し ($p < .05, d = .61$) (表 5), アウトサイドヒッター(レフト)およびミドルブロッカー(センター)では左右で有意差を認めなかった(表 3, 4).

表4 ミドルブロッカー（センター）の片脚前方ドロップ着地中の床反力パラメーターの左右比較

| 床反力パラメーター | 右脚 | 左脚 | P 値 | 効果量 |
|-----------------------|------------|------------|------|------|
| pVGRF (%BW) | 381.7±85.4 | 378.3±49.2 | 0.86 | 0.05 |
| Time to pVGRF (ms) | 67.2±11.7 | 67.0±8.9 | 0.94 | 0.02 |
| Loading rate (%BW/ms) | 6.2±2.6 | 5.9±1.5 | 0.65 | 0.12 |

pVGRF : peak vertical ground reaction force, Time to pVGRF : 初期接地から pVGRF までの時間, Loading rate = pVGRF/Time to pVGRF, BW : body weight

表5 アウトサイドヒッター（ライト）の片脚前方ドロップ着地中の床反力パラメーターの左右比較

| 床反力パラメーター | 右脚 | 左脚 | P 値 | 効果量 |
|-----------------------|------------|------------|-------|------|
| pVGRF (%BW) | 334.9±24.0 | 322.6±30.4 | 0.25 | 0.45 |
| Time to pVGRF (ms) | 67.6±6.3 | 70.8±6.4 | 0.04* | 0.50 |
| Loading rate (%BW/ms) | 5.0±0.6 | 4.6±0.7 | 0.03* | 0.61 |

平均値±標準偏差. * : $p < .05$.

pVGRF : peak vertical ground reaction force, Time to pVGRF : 初期接地から pVGRF までの時間, Loading rate = pVGRF/Time to pVGRF, BW : body weight

考 察

本研究では大学女性バレーボールアタッカーにおける着地中の VGRF パラメーターの左右差をポジションごとに検討した。アタッカー全体では VGRF パラメーターに左右差は認められなかったが、ポジションで分けて分析した結果、アウトサイドヒッター（ライト）でのみ Time to pVGRF と Loading rate に左右差が認められた。本研究の結果は、仮説の一部を支持した。

過去には、健常大学女性バレーボール選手における片脚ドロップ着地中の VGRF パラメーターの左右差をポジションごとに検証した報告はない。Sinsurin K ら¹⁹⁾ は健常大学女性バレーボール選手の片脚ドロップ着地中の pVGRF に利き脚と非利き脚で差が認められなかったと報告している。しかし、この研究ではバレーボール選手のポジションは考慮されていないため、ポジションごとの VGRF 特性は不明であった。本研究において、アタッカー全体では着地中の VGRF パラメーターには左右差が認められなかったが、ポジションごとに分けて分析した結果、特定のポジションの選手のみに左右差が認められた。これらのことから、着地衝撃の左右差の有無を明らかにする上では、スポーツ種目だけでなく同一スポーツ内でのコートポジションにも着目する必要があると示された。

pVGRF はすべてのポジションで有意な左右差を認めなかった。平均値はいずれも左脚課題と比較して右脚課題で高値を示したものの、統計学的な有意差はなく、効果量も小さかったため、これらに特徴的な差異があるとはいえない。本研究の結果から、アウトサイドヒッター（ライト）において Time to pVGRF と Loading rate に有意な左右差を認めた。理論的には Time to pVGRF が短いほど、単位時間あたりの VGRF である Loading rate が大きくなり、着地中の下肢スティフネスが増大する²⁰⁾。ACL 損傷が接地後極めて短い時間で生じること⁵⁾をふまえると、着地衝撃の評価では衝撃の大きさだけでなく、時間的要素を含めて解釈することが重要である。

アウトサイドヒッター（ライト）で着地中の Time to pVGRF と Loading rate に左右差を認めた理由として、ポジションごとに求められるプレーの特性が異なることが考えられる。アウトサイドヒッターではアタックジャンプの割合がブロックジャンプに比べて多く¹⁴⁾、アタック後は利き手と反対の脚での着地になりやすく、利き手が右の場合は左脚で着地することが多い¹⁵⁾。ミドルブロッカーはブロックジャンプの割合がアタックジャンプと比較して多く¹⁴⁾、ブロック後は両脚での着地になりやすい¹⁵⁾。これらの報告から、アウトサイドヒッターはミドルブロッカーに比べて習慣的に左右で偏りのある着地を繰り返しているとい

える。このようなポジションによる着地習慣の左右差が本研究の結果に反映された可能性が考えられる。

アウトサイドヒッター（レフト）についても同様な理由から着地衝撃の左右差が認められるという仮説を立てたが、本研究では統計学的な有意差を認めなかった。着地頻度の左右差や膝スポーツ外傷発生率について、ポジション別に比較した報告や、アウトサイドヒッター（ライト）の膝スポーツ外傷の左右差について検証した報告は過去にない。本研究での分析のみではその理由を立証することは困難である。アウトサイドヒッター（ライト）はアウトサイドヒッター（レフト）と比較して、低いトスやバックアタックを打つことが多い。特に、アウトサイドヒッター（ライト）の中でも攻撃を専門とするオポジットの選手はジャンプ頻度が多く、高いジャンプが求められる。これらのプレー特性の違いが結果に反映された可能性がある。

本研究は、過去にジャンプ着地に影響する明らかな疾患や外傷の既往が四肢、体幹にない右利きのバレーボール選手を対象にしているため、左脚での着地に対する緩衝能力が習慣的に高い対象であった可能性がある。しかし、大学女性ハンドボール選手を対象とした前向きコホート研究では、約2年間の追跡中にACLを損傷した選手は、しなかった選手と比較して片脚前方ドロップ着地中のLoading rateが高値と低値の両極に分布したことが示された²¹⁾。この研究からは、Loading rateが極端に小さいこともACL損傷に関わることが示されているが、左右差の影響は不明であった。この報告を考慮すると、アウトサイドヒッター（ライト）の左脚のACL損傷リスクが低いとは言い切れない。今後、前向きコホート研究によって本研究でみられた左右差とACL損傷発生との関連性を詳細に分析することで、Loading rateの絶対値の大小に加えて、左右差に着目したバレーボール選手の膝外傷リスクを明らかにすることができる。

着地衝撃の左右差の減少を目的としたトレーニングは、膝スポーツ外傷の発生を減少させることが報告されている²²⁾。そのため、バレーボールアタッカーの膝スポーツ外傷の予防に向けた着地緩衝の評価や指導においては、特にアウトサイドヒッター（ライト）でTime to pVGRFやLoading

rateに左右差が生じやすいことを考慮する必要があるかもしれない。

本研究では対象を大学女性選手に限定したため、競技レベルや性別の影響は不明である。Time to pVGRFやLoading rateの左右差と膝スポーツ外傷との関連を分析した報告は過去にない。本研究は、VGRFパラメーターの左右差に着目し、左右差の有無についてアタックポジションごとに分析したに過ぎない。これらのことから、本研究で計測したVGRFパラメーターと関節角度や筋活動、関節モーメントとの関連および着地緩衝能の左右差と実際の膝スポーツ外傷や膝関節へのメカニカルストレスとの関連は不明である。今後は、アタックポジションごとの着地衝撃の左右差と膝スポーツ外傷との関連性を明らかにする。また、関節角度や関節モーメントなどの受傷リスクとの関連性を明らかにする必要がある。

結 語

片脚前方ドロップ着地中の着地衝撃の左右差について、大学女性バレーボールアタッカーを対象として、ポジションごとに検討した。アウトサイドヒッター（ライト）でのみTime to pVGRFとLoading rateに左右差がみられた。

謝 辞

本研究はスポーツ庁のスポーツ研究イノベーション拠点プロジェクトの助成を受け実施したものである。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

文 献

- 1) Ferretti A, Papandrea P, Conteduca F, et al. Knee ligament injuries in volleyball players. *Am J Sports Med.* 1992; 20: 203-207.
- 2) Renstrom P, Ljungqvist A, Arendt E, et al. Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement. *Br J Sports Med.* 2008; 42: 394-412.
- 3) Reeser JC, Gregory A, Berg RL, et al. A Comparison of Women's Collegiate and Girls' High School Volleyball Injury Data Collected Prospectively Over a 4-Year Period. *Sports Health.* 2015; 7: 504-510.
- 4) Watkins J, Green BN. Volleyball injuries: a survey

- of injuries of Scottish National League male players. *Br J Sports Med.* 1992; 26: 135-137.
- 5) 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.
 - 6) Cerulli G, Benoit DL, Lamontagne M, et al. In vivo anterior cruciate ligament strain behaviour during a rapid deceleration movement: case report. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2003; 11: 307-311.
 - 7) 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.
 - 8) Devetag F, Mazzilli M, Benis R, et al. Anterior cruciate ligament injury profile in Italian Serie A1-A2 women's volleyball league. *J Sports Med Phys Fitness.* 2018; 58: 92-97.
 - 9) Wang J, Fu W. Asymmetry between the dominant and non-dominant legs in the lower limb biomechanics during single-leg landings in females. *Advances in Mechanical Engineering.* 2019; 11: 1-8.
 - 10) Aizawa J, Hirohata K, Ohji S, et al. Limb-dominance and gender differences in the ground reaction force during single-leg lateral jump-landings. *J Phys Ther Sci.* 2018; 30: 387-392.
 - 11) Schot PK, Bates BT, Dufek JS. Bilateral performance symmetry during drop landing: a kinetic analysis. *Med Sci Sports Exerc.* 1994; 26: 1153-1159.
 - 12) Tillman MD, Criss RM, Brunt D, et al. Landing Constraints Influence Ground Reaction Forces and Lower Extremity EMG in Female Volleyball Players. *Journal of Applied Biomechanics.* 2004; 20: 38-50.
 - 13) Zahradnik D, Jandacka D, Uchytel J, et al. Lower extremity mechanics during landing after a volleyball block as a risk factor for anterior cruciate ligament injury. *Phys Ther Sport.* 2015; 16: 53-58.
 - 14) 岡野憲一, 谷川 聡. バレーボール国内男子トップリーグの試合中における跳躍頻度に関する研究. *バレーボール研究.* 2016; 18: 27-31.
 - 15) Tillman MD, Hass CJ, Brunt D, et al. Jumping and Landing Techniques in Elite Women's Volleyball. *J Sports Sci Med.* 2004; 3: 30-36.
 - 16) Popovich JM, Kulig K. Lumbopelvic landing kinematics and EMG in women with contrasting hip strength. *Med Sci Sports Exerc.* 2012; 44: 146-153.
 - 17) Walsh M, Boling MC, McGrath M, et al. Lower extremity muscle activation and knee flexion during a jump-landing task. *J Athl Train.* 2012; 47: 406-413.
 - 18) 鈴木陽介, 世良田拓也, 森 大志, 他. 動的バランスにおける上肢のバランス反応が姿勢保持能に与える影響—片脚ドロップジャンプ着地テストによる床反力の検討—. *理学療法.* 2018; 25: 17-21.
 - 19) Sinsurin K, Srisangboriboon S, Vachalathiti R. Side-to-side differences in lower extremity biomechanics during multi-directional jump landing in volleyball athletes. *Eur J Sport Sci.* 2017; 17: 699-709.
 - 20) 木村佳記, 小笠原一生, 杉山恭二, 他. 片脚ドロップジャンプ着地テストによる動的バランス評価. *臨床スポーツ医学.* 2019; 36: 492-497.
 - 21) 小笠原一生, 小柳好生, 木村佳記, 他. 片脚着地時の姿勢戦略に基づく非接触型前十字靭帯損傷の潜在的リスク同定. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 2017; 25: 346-353.
 - 22) Hewett TE, Ford KR, Myer GD. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 2, a meta-analysis of neuromuscular interventions aimed at injury prevention. *Am J Sports Med.* 2006; 34: 490-498.

(受付：2020年3月3日，受理：2021年8月18日)

Asymmetry of Vertical Ground Reaction Force during Single-leg Anterior Drop Landing among Female Collegiate Volleyball Attackers

Kawasaki, T.^{*1,2}, Ohji, S.^{*2}, Aizawa, J.^{*2}, Uchikoshi, K.^{*2,3}
Hirohata, K.^{*2}, Ohmi, T.^{*2}, Ogasawara, I.^{*4}, Koseki, H.^{*1,5}
Yagishita, K.^{*2}, Nakata, K.^{*4}

*1 Hiro-o Orthopedics Clinic

*2 Clinical Center for Sports Medicine and Sports Dentistry, Tokyo Medical and Dental University

*3 National Hospital Organization Disasters Medical Center

*4 Department of Health and Sport Sciences, Osaka University Graduate School of Medicine

*5 Touto Rehabilitation College

Key words: Single-leg Anterior Drop Landings, Ground Reaction Force, Volleyball

[Abstract] Volleyball attackers land asymmetrically and in different ways according to their position during practice and games, suggesting that the characteristics of such asymmetry cause a difference in the impact of a single landing. The present study was aimed to characterize the asymmetry of the single-leg anterior landing impact in each attacker position, and to apply it to evaluate and guide landing impact attenuation. Female collegiate volleyball attackers (n=21) made single-leg drop landings on a force plate from a 20cm high platform. The magnitude of the peak vertical ground reaction force (pVGRF), and the time from initial contact to pVGRF and the loading rates were measured during single-leg landing. Left-right differences in ground reaction force parameters were analyzed in each attacker position using the paired t-test. Significant left-right differences were identified in the time to pVGRF and the loading rate of players only among outside hitters (right-sided position). Outside hitters habitually repeat landing with a left-right bias compared with middle blockers, which might have been reflected in the present results. This asymmetric tendency in pVGRF should be considered when evaluating and instructing outside hitters (right-sided position) on landing.