

# 動的膝外反に影響する下肢の 身体因子—大学女子サッカー選手での検討—

原 著

Lower-extremity musculoskeletal characteristics of  
female college soccer players.

島本大輔\*1, 神頭 諒\*2, 森本将太\*2  
諸岡孝俊\*2, 吉矢晋一\*3

キー・ワード : women's college soccer players, dynamic valgus alignment of the knee, arch-height ratio  
大学女子サッカー選手, 動的膝外反, 足部内側縦アーチ高率

〔要旨〕 関西学生女子サッカーリーグ1部に所属する同一大学女子サッカー選手25名50足を対象に、筋力、関節可動域、形態測定、動的膝外反を評価し、動的膝外反とアーチ高率、足趾屈筋筋力の関係を検討した。動的膝外反の有無はフロントランジ動作で評価を実施した。統計解析は動的膝外反陰性群をA群、陽性群をB群とし、2群間で関節可動域、筋力、形態測定の平均値に有意差があるかどうかt検定を用いて検討した。測定の結果、動的膝外反陽性を認めたものは25名中13名、16足で、A群34足、B群16足となった。A群よりもB群の方が有意に低アーチであった。足趾屈筋筋力はA群よりもB群の方が低値ではあったが、有意差はなかった。本研究の結果から、大学女子サッカー選手の動的膝外反を呈する選手は低アーチであり、アーチ高率を高めるようなトレーニング指導が重要と考えられた。

## はじめに

女子日本代表サッカーチームが2011年にドイツで開催されたFIFA Women's World Cupで優勝した快挙により、国内では女子サッカーが注目され、選手人口も増加している。その中でも、メディカルサポートも重要視されているが、未だ十分とは言えない状況である。

また、スポーツ外傷の中で最も問題となるのは、膝前十字靭帯 (anterior cruciate ligament : ACL) 損傷である<sup>1)</sup>。本損傷の受傷機転についてKogaらは着地時のACL損傷は接地後30~40msecまでに急激な外反と脛骨の大腿骨に対する内旋が生じ、その後、緩やかに脛骨の外旋が生じると報告しており、最大のリスクファクターは膝外反とし

ている<sup>2)</sup>。この膝外反の要因について、外反母趾や下腿踵骨角と膝外反との関連についての報告<sup>3-5)</sup>は散見されるが、足部内側縦アーチ高率 (以下、アーチ高率) や足趾屈筋筋力と膝外反との関連を報告したものは少ない。当院スポーツ整形外科センターでも大学女子サッカーチームや女子フットサルチームのメディカルサポートを開始したが、動的膝外反を呈する選手が多く、その中に低アーチを呈する選手が多い印象を受けている。

そこで今回、関西学生女子サッカーリーグ1部に所属している大学女子サッカー選手を対象としたメディカルチェックの結果に基づき、大学女子サッカー選手の身体特性を調査し、動的膝外反と関連する下肢の身体因子を検討することを目的に本研究を行った。

## 対象および方法

### 対象

対象は関西学生女子サッカーリーグ1部に所属している同一大学女子サッカー選手25名(平均年

\*1 西宮回生病院スポーツ整形外科センターリハビリテーション科

\*2 兵庫医科大学整形外科

\*3 西宮回生病院整形外科

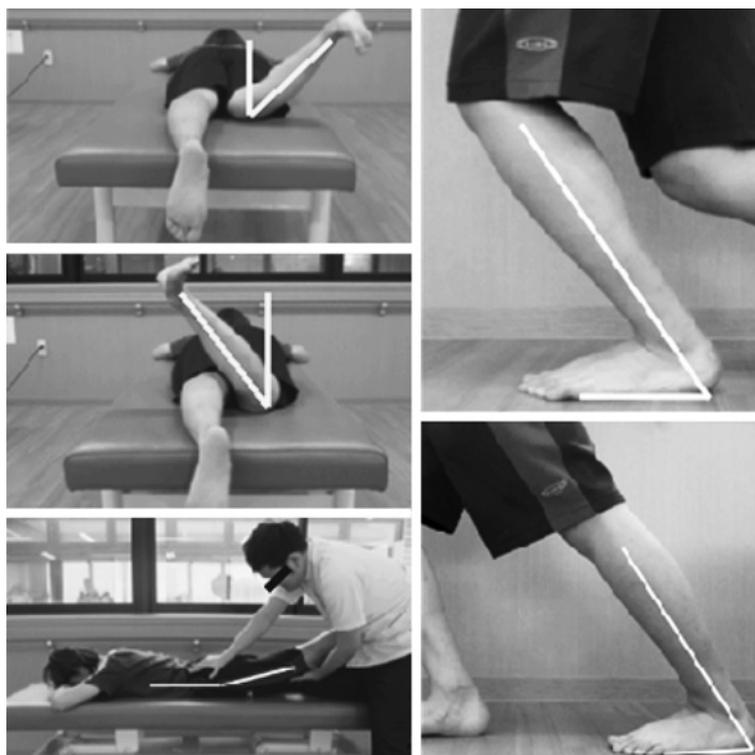


図1 関節可動域測定

検者2名（最終可動域を見る役とゴニオメーターを当てる役）で測定した。股関節内旋可動域は腹臥位にて、一側膝関節90°屈曲位で他動的に股関節を内旋させて測定した。同様に股関節外旋可動域は、他動的に股関節を外旋させて測定した。股関節伸展可動域は、腹臥位にて、一側下肢を他動的に股関節を伸展させて測定した。足関節背屈（膝関節屈曲位）は、一側下肢前方ステップ位で踵が床から離れないように注意しながら膝関節屈曲させ、足関節背屈角度を測定した。足関節背屈（膝関節伸展位）は、一側下肢後方ステップ位で踵が床から離れないように注意しながら膝関節伸展位で下腿前傾させ、足関節背屈角度を測定した。

齢  $20.5 \pm 1.3$  歳，平均身長  $162.2 \pm 4.5$ cm，平均体重  $55.6 \pm 4.5$ kg)，50 足とした。対象者においては，調査時に影響を与えるような整形外科疾患や疼痛が無い者とし，疲労が蓄積されるような合宿や公式戦の無いオフシーズンに実施した。本調査は，ヘルシンキ宣言に則りチームスタッフと選手に研究内容について説明し同意を得て実施した。また，本研究は当院倫理審査委員会の承認を受けて実施した（承認番号：第8号）。

#### 方法

全ての対象者において，身長，体重，股関節内・外旋，股関節伸展，足関節背屈（膝関節伸展位・屈曲位）の関節可動域と，股関節外旋筋群，股関節外転筋，膝関節伸展筋，膝関節屈曲筋，足趾屈筋の筋力，形態測定として外反母趾角，leg heel angle：LHA，Q角，アーチ高率，General joint lax-

ity test，動的膝外反の有無を測定した。また，3名の医師にて，整形外科的徒手検査（Lachman test，膝前方引き出しテスト，Posterior sagging test，膝外反ストレステスト，膝内反ストレステスト，McMurray test）を実施し，異常所見の有無を検査した。各々の測定方法の詳細を述べる。

#### 1) 関節可動域測定

関節可動域は，ゴニオメーターを使用し，図1に示す方法にて測定した。

#### 2) 筋力測定（股関節・膝関節筋力）

筋力測定はアニマ社製ハンドヘルドダイナモメーターの  $\mu$ TasF1 を使用し，図2に示す方法にて測定した。各々の測定前に正確に測定できるようデモンストレーションを実施した。その後3回測定した値の最大値を実測値とした。得られた筋力値は標準化するために，体重で除した値に100



図2 筋力測定（股関節・膝関節筋力）

股関節外旋筋群は、側臥位にて股関節 60°、膝関節 90° 屈曲位で、上側股関節を開排するように指示し、股関節外旋筋力を測定した。μTasF1 は大腿長遠位 80% の位置とした。股関節外転筋は、側臥位にて股関節屈伸中間位で膝関節伸展位で、股関節を外転するように指示し、股関節外転筋力を測定した。μTasF1 は大腿長遠位 80% の位置とした。膝関節伸展筋は、下垂座位にて股関節と膝関節を 90° 屈曲位で、膝関節を伸展するように指示し、膝関節伸展筋力を測定した。μTasF1 は下腿長遠位 85% の位置とした。同様に膝関節屈曲筋は、下垂座位にて膝関節を屈曲するように指示し、膝関節屈曲筋力を測定した。μTasF1 は下腿長遠位 85% の位置とした。

を乗して、単位を%とした。

### 3) 筋力測定（足趾屈筋筋力測定）

足趾屈筋筋力は村田<sup>6)</sup>や石坂<sup>7)</sup>、加辺ら<sup>8)</sup>の報告を参考に、足関節底背屈中間位で足趾屈筋筋力を測定できる木製の枠組みを作成した(図3)。また、様々な足長に合わせてるように、下腿を固定する支柱は可動式で、測定の際には固定できるように作成した。測定器のMP関節部より遠位底面にμTasF1を挿入し、DIP関節は屈曲させないようにMP関節より遠位でセンサー部分を押しように足趾屈筋筋力を測定した。足趾の「把持力」ではなく、床面を「押し力」を反映できるようにした。得られた足趾屈筋筋力は、標準化するために、体重で除した値に100を乗して、単位を%

とした。

### 4) 形態測定（図4）

外反母趾角は静止立位で、母趾と第1中足骨のなす角度を測定した。LHAは静止立位で、下腿長軸と踵骨の傾きを後方から測定した。Q角は静止立位で、大腿四頭筋の牽引方向と膝蓋腱のなす角度を測定した。アーチ高率は土居<sup>9)</sup>の報告を参考に、静止立位で床面から舟状骨までの高さを足長で除して100を乗した値をアーチ高率とした。低アーチの基準は清水<sup>10)</sup>の報告を参考に14.7%未満とした。

### 5) 動的膝外反

動的膝外反の有無を評価する方法として、藤井ら<sup>11)</sup>の動的A-testと、森口<sup>12)</sup>のフロントランジ



図3 筋力測定（足趾屈筋筋力）

$\mu$ TasF1のセンサーユニットは左下の図に示すように、MP関節部底面に挿入し、DIP関節を屈曲させないように、MP関節屈曲による足趾の「押し力」を測定した。右の図に示すように、測定中に足趾の関節が屈曲していないことが確認できる。



図4 形態測定

外反母趾角，LHA，Q角はゴニオメーターを使用し測定した。アーチ高率は舟状骨高を測定し，足長で除した値に100を乗して算出した。

動作を参考に評価を行った(図5)。動的膝外反テストは，両足先を前方に向け，一側下肢を前方へステップ(歩幅の約1.5倍)させ，膝関節約60°屈曲位を測定肢位とした。上前腸骨棘と膝蓋骨中心を結ぶ線の延長線が，足底面母趾側より内側にある場合を動的膝外反陽性とした。

#### 統計解析

統計解析は，動的膝外反陰性であった選手と，陽性であった選手での比較ではなく，動的膝外反陰性であった下肢と，陽性であった下肢での比較とし，動的膝外反陰性群をA群，陽性群をB群とした。2群間で，関節可動域，筋力，形態測定の平



図5 動的膝外反テスト

目線は前方に向け、1.5歩片脚を前方にステップさせた際に、上前腸骨棘と膝蓋骨中心を結ぶ線の延長線が、足底面母趾側より外側にある場合を陰性（左）、内側にある場合を陽性（右）とし、これを動的膝外反とした。

表1 大学女子サッカー選手膝外反陰性群A群と陽性群B群の身体特性

| 項目                | 全体 (50 足)    | A 群 (34 足)   | B 群 (16 足)   | P     |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|-------|
| 股関節内旋可動域          | 35.9 ± 17.49 | 34.4 ± 14.98 | 39.0 ± 21.57 | 0.199 |
| 股関節外旋可動域          | 38.4 ± 10.02 | 39.1 ± 8.11  | 36.8 ± 13.07 | 0.229 |
| 股関節伸展可動域          | 17.5 ± 4.65  | 17.0 ± 4.11  | 18.6 ± 5.49  | 0.134 |
| 足関節背屈可動域 (膝関節伸展位) | 37.0 ± 6.55  | 36.9 ± 4.65  | 37.1 ± 9.40  | 0.471 |
| 足関節背屈可動域 (膝関節屈曲位) | 39.3 ± 7.91  | 39.0 ± 7.64  | 39.8 ± 8.44  | 0.385 |
| 股関節外旋筋力           | 26.3 ± 10.11 | 26.6 ± 9.75  | 25.7 ± 10.83 | 0.385 |
| 股関節外転筋力           | 26.0 ± 7.72  | 26.3 ± 7.60  | 25.2 ± 7.91  | 0.312 |
| 膝関節伸展筋力           | 41.3 ± 9.32  | 41.2 ± 9.57  | 41.5 ± 8.76  | 0.471 |
| 膝関節屈曲筋力           | 23.1 ± 4.43  | 23.3 ± 4.67  | 22.5 ± 3.82  | 0.292 |
| 足趾屈筋筋力            | 18.8 ± 6.23  | 19.8 ± 5.82  | 16.7 ± 6.54  | 0.052 |
| 大腿四頭筋筋力体重比        | 0.75 ± 0.18  | 0.74 ± 0.18  | 0.76 ± 0.16  | 0.398 |
| 外反母趾角             | 18.1 ± 5.76  | 18.8 ± 5.37  | 16.8 ± 6.30  | 0.129 |
| LHA               | 3.3 ± 5.30   | 2.9 ± 5.25   | 4.3 ± 5.27   | 0.197 |
|                   | 外反           | 外反           | 外反           |       |
| Q 角               | 10.4 ± 3.63  | 10.0 ± 3.93  | 11.3 ± 2.73  | 0.139 |
| アーチ高率             | 0.145 ± 0.03 | 0.151 ± 0.02 | 0.132 ± 0.04 | 0.02  |

平均 ± 標準偏差

P: 対応のない t 検定を用いて分析した A 群と B 群の有意差を示す。

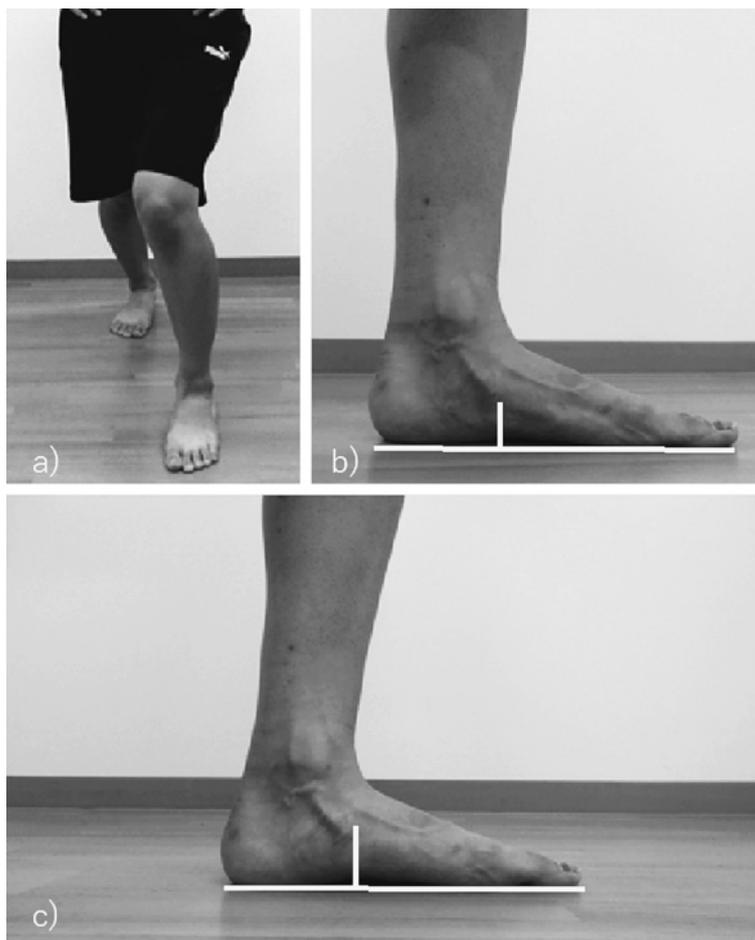


図6 動的膝外反と足部内側の扁平化

図6-aは動的膝外反を示す。この姿勢では、足部内側の軟部組織を伸張位にして、図6-bのように足部内側の扁平化を招くことが多い。図6-cに示すように、足部内側の軟部組織を伸張位にしていない状態と比較すると、図6-bでは、アーチ高率の低下を確認することができる。この姿勢では、軟部組織の伸張性を利用した姿勢制御であり、筋収縮の利用を軽減できることから、エネルギーを極力使わない姿勢であることが予測できる。

均値に有意差があるかどうかt検定を用いて検討した。A群とB群での膝関節弛緩性の比較では $\chi^2$ 検定を用いた。有意水準は5%未満とした。

## ■ 結 果

動的膝外反を認めたのは、25名中13名(両側陽性3名6足、片側陽性10名10足)で、16足であった。A群34足、B群16足という結果となった。整形外科的徒手検査で、異常所見を認めたものはいなかった。General joint laxity testで、膝関節弛緩性(膝関節伸展可動域 $10^\circ$ 以上)を認めたものは、25名中14名で、27足であった。A群とB群の膝関節弛緩性を示したのは、A群16足、B群11足で、有意差はなかった。Q角は、A群 $10.0$

$\pm 3.9^\circ$ 、B群 $11.3 \pm 2.7^\circ$ で、A群とB群の間に有意差はなかった。A群とB群の関節可動域測定、筋力測定、形態測定の結果を表1に示す。アーチ高率は、A群 $15.1 \pm 2.1\%$ 、B群 $13.2 \pm 4.1\%$ で、A群よりB群の方が有意に低値を示した( $p < .05$ )。足趾屈筋筋力体重比は、A群 $35.5 \pm 10.4\%$ 、B群 $30.7 \pm 12.5\%$ で、A群とB群の間に有意差はなかった。

## ■ 考 察

本研究は、女子サッカー選手の動的膝外反に影響する身体因子を、大学女子サッカー選手を対象に調査を行なった。整形外科的徒手検査で関節動揺を認めた対象はおらず、膝関節弛緩性テストと

Q 角の A 群と B 群の比較でも、動的膝外反への影響はなかった。

動的膝外反を認めた B 群は、膝外反を呈しない A 群と比べアーチ高率が有意に低下していた。吉田<sup>13)</sup>は、エネルギーをできるだけ使わないような姿勢づくりは、筋出力を不必要とし、静的支持機構の破綻を呈することがあり、足部では、多岐にわたるが、内側の支持機構を伸張位にすることで、足部を扁平化し Knee in & toe out 姿勢を保持することが多い(図 6)と報告している。今回の調査でも表 1 に示す通り、大腿四頭筋筋力体重比が低い結果となった。仁賀<sup>14)</sup>は女子のハイレベルなサッカーで十分なプレーをするためには、少なくとも 120% を上回ってから復帰させる必要があると述べている。この先行研究から考えても、今回対象とした大学女子サッカー選手の大腿四頭筋筋力体重比が約 75% (0.75±0.18) という結果は、サッカーで十分なプレーをするためには、不十分であると考えられた。大腿四頭筋筋力体重比の不足が示唆されたが、スポーツ動作を行う際に、静的支持機構に依存した姿勢保持が習慣化され、足部の内側支持機構が伸張位となったことで、アーチ高率が低下したのではないかと考えられた。これは、今回対象とした大学女子サッカーチームに今までメディカルサポートがなく、トレーニング指導などをされた経験がないことが理由として考えられる。

また、動的膝外反を呈した選手には内側縦アーチを挙上させるようなアーチトレーニングを指導する必要性が考えられた。

## まとめ

動的膝外反を呈する選手は、アーチ高率が有意に低下していた。これは、今回対象とした大学女子サッカーチームはフィジカルトレーニングを実施しておらず、メディカルサポートも受けた経験がないチームであり、大腿四頭筋筋力体重比も不十分であったことから、筋力を極力使わないような軟部組織の伸張性を利用した姿勢制御になっている可能性があり、筋力を利用した動的膝外反を呈さない姿勢制御練習などに加え、アーチ高率を改善するためのアーチトレーニングを指導する必要があると考えられる。また、対象チームは全日本学生選手権に多々出場しているチームであり、世間的イメージは、フィジカル面やメディカ

ル面も充実しているように思われるかも知れないが、今回の研究を通して、フィジカル面やメディカル面のサポートが不足している可能性が考えられた。

## 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) Miyasaka K, Daniel D, Stone M, et al. The incidence of knee ligament injuries in the general population. *The American Journal of Knee Surgery*. 1991; 4: 43-48.
- 2) 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. *The American Journal of Sports Medicine*. 2010; 38: 2218-2225.
- 3) 山本利春. VI章. アライメント. In: 山本利春(編). 測定と評価. 第2版. 東京: ブックハウス・エイチデイ; 81-96, 2004.
- 4) 小林寛和, 宮下浩二, 藤堂庫治. スポーツ動作と安定性—外傷発生に関係するスポーツ動作の特徴から—. *関西理学*. 2003; 3: 49-57.
- 5) 木下恵美, 浦部幸夫, 前田慶明, 他. 片脚着地動作時の足部運動と膝関節外反運動の関係. *理学療法科学*. 2016; 31: 227-231.
- 6) 村田 伸, 忽那龍雄. 足把持力測定の試み—測定器の作成と測定値の再現性の検討—. *理学療法科学*. 2002; 17: 243-247.
- 7) 石坂正大, 大好崇史, 秋山純和. 足趾圧迫練習が内側縦アーチに及ぼす影響. *理学療法科学*. 2007; 22: 139-143.
- 8) 加辺憲人, 黒澤和生, 西田裕介, 他. 足趾が動的姿勢制御に果たす役割に関する研究. *理学療法科学*. 2002; 17: 199-204.
- 9) 土居健次朗, 遠藤辰明, 大森茂樹, 他. 足部内側縦アーチ高と歩行の関係—静的足部評価の有用性の検討—. *臨床バイオメカニクス*. 2013; 34: 293-297.
- 10) 清水新悟, 後藤 慎, 伴 留亜, 他. 低アーチ足の衝撃吸収機能の検討—正常アーチ足と低アーチ足の機械的特性計測による比較—. *理学療法科学*. 2014; 41: 1086.
- 11) 藤井康成, 小倉 雅, 東郷泰久, 他. knee-in のメカニズム解明—動的 Trendelenburg test を用いた骨

- 盤機能評価と knee-in との関連性— 臨床スポーツ医学. 2004; 21: 827-831.
- 12) 森口晃一, 鈴木裕也. ACL 損傷と評価すべき動作. 理学療法ジャーナル. 2017; 51: 757-762.
- 13) 吉田昌平. ACL 損傷とスポーツパフォーマンス— ACL 再建術後のスポーツパフォーマンス向上のため— 理学療法ジャーナル. 2017; 51: 763-770.
- 14) 仁賀定雄. 膝関節の筋力—アイソキネティックマシンの利用—. 計測と制御. 1992; 31: 383-390.

(受付：2019年6月11日，受理：2020年5月13日)

## Lower-extremity musculoskeletal characteristics of female college soccer players.

Shimamoto, D.<sup>\*1</sup>, Kanto, R.<sup>\*2</sup>, Morimoto, S.<sup>\*2</sup>  
Morooka, T.<sup>\*2</sup>, Yoshiya, S.<sup>\*3</sup>

<sup>\*1</sup> Nishinomiya Kaisei Hospital

<sup>\*2</sup> The Hospital of Hyogo College of Medicine Orthopedic Surgery

<sup>\*3</sup> Nishinomiya Kaisei Hospital Orthopedic Surgery

**Key words:** women's college soccer players, dynamic valgus alignment of the knee, arch-height ratio

**[Abstract]** The purpose of this study was to examine the physical properties of the lower extremities in female soccer players, and to analyze the relationship between those properties and valgus knee alignment during movement that is known as a risk factor for injury. In total, 25 female soccer players in an age range of 18 to 22 years who belonged to the Kansai Women's College Football League were included in the study. The examined parameters were as follows: height, body weight, range of motion, muscle strength, alignment/geometry of the foot and the knee. Dynamic valgus alignment of the knee was evaluated based on the position of the knee in the coronal plane during front lunge. For data analysis, the average values measured for physical properties were statistically compared between the two groups with and without dynamic knee valgus using the independent t-test. The results showed that the foot arch height was significantly lower in the group with dynamic knee valgus alignment.