

## 足関節不安定性を有する大学サッカー選手における 器具なしトレーニングの効果

松葉 開\*、諸橋 勇\*\*、田中 結貴\*\*\*、佐藤 晋樹\*\*\*\*

山下 浩樹\*\*、斎藤 誠\*\*\*\*\*、鎌田 安久\*\*\*\*\*

(2015年2月12日受理)

Kai MATSUBA, Isamu MOROHASHI, Yuki TANAKA, Shinki SAITOH

Hiroki YAMASHITA, Makoto SAITOH, Yasuhisa KAMADA

Effects of Training Without the Tools on University Soccer Players with Ankle Instability

### I. 緒言

足関節捻挫はスポーツ外傷のうち、多くのスポーツで最も損傷頻度の高い外傷であることが報告されている(時崎ら, 2003)。スポーツ安全協会によるスポーツ等活動中の傷害調査においても、部位別傷害発生頻度では足関節は捻挫が69.7%で最も多く、単独傷害においても足関節捻挫の発生件数が14,376件(14.4%)とすべての傷害の中で第1位であった(財団法人スポーツ安全協会, 2004)。サッカーについてみると、「FIFA医学評価研究センター(F-MARC)サッカー医学マニュアル」より、サッカーによる傷害は主に足関節、膝関節のほか、大腿とふくらはぎの筋肉に起こることが示されている。また、トレーニングや試合を休まねばならなくなった傷害の場合、最多の傷害の種類は捻挫と肉ばなれであることが示されている。サッカーにおいて最多の傷害と言える足関節捻挫について桜庭は、足関節捻挫は高頻度で継続的に発生し反復することが特徴であり、その治療・予防が大切となると述べている(桜庭, 2006)。

足関節捻挫受傷後、不適切な応急処置や治療が行われる、またアスレティックリハビリテーシ

ョンが十分に行われないと疼痛や腫脹、不安定感などの足関節不安定性が残存する。足関節不安定性が残存する割合は約15~60%であり(石井ら, 2001)、不安定性が残ることにより本来の競技能力を十分に発揮できなくなり、長期にわたって競技から離れることを余儀なくされてしまうこともある(櫻庭ら, 2002)。足関節不安定性の特徴としては、外反筋力の低下(Konradsen and Ravn, 1990; Tropp et al., 1985)、重心動揺の増大(Tropp and Odenrick, 1988)などが報告されており、捻挫再発の危険因子としてもよく挙げられる。足関節不安定性が残存することでの捻挫再発やパフォーマンスの低下などが起こらないようにするために、これまで多くの研究者が、足関節不安定性を有する者に対するトレーニング方法やその効果を報告してきた。Troppらは、不安定板訓練が反復する足関節捻挫と不安定感による悪循環を断ち切るため、不安定性が残存している者に対して有効であると報告している(Tropp et al., 1985)。また、井原らは、バスタオルやビー玉、ゴムバンドを用いた足指・足底訓練により、足関節底屈・背屈筋力の増加や重心動揺に改善がみられたことなどを報告している(井原ら, 1995)。ストレッチ

\*\*筑波大学大学院、\*\*財団法人いわてリハビリテーションセンター、\*\*\*岩手県立中央病院リハビリテーション科

\*\*\*\*北上市立病院リハビリテーション科、\*\*\*\*\*Athle、\*\*\*\*\*岩手大学教育学部保健体育科

ボードを用いた足関節背屈可動域拡大のためのストレッチやカーフレイズなども効果的であるという報告もある(林ら, 2007)。これらの報告から、有効なトレーニング方法やその効果は明らかになってきたと判断できる。しかし、不安定性を有する者に対して、トレーニング器具を全く使わずにトレーニングを行い、その効果を報告した例は見当たらない。器具を全く使わずにトレーニング効果を出すことができれば、器具が不足している、または器具が無い環境にいる者が、場所や時間を問わずにトレーニングを実施することが可能になる。

本研究は、足関節不安定性を有する大学サッカー選手に対する器具なしのトレーニングの効果を明らかにするとともに、トレーニング環境が整備されていない者(器具がある場所でのトレーニングが時間や場所的に厳しい者)などに対して、トレーニングを実施可能にすることを目的とする。

## II. 方法

### 1. 対象

I大学サッカー部に所属する大学サッカー選手のうち、足関節捻挫の受傷経験があり、理学療法士(以下、PT)3名による足関節スペシャルテスト(前方引き出しテスト・内反ストレステスト)で、どちらか一方でも動揺性ありとなった者、または、Karlsson and Petersonによって作成された足関節機能的不安定性の主観的評価法で不安定性ありとなった者を対象とする(Karlsson and Peterson, 1991)。この主観的評価法と足関節スペシャルテストの結果より7名10足(トレーニング群6足、コントロール群4足)を対象とした。

機械的不安定性の程度は靭帯の損傷の程度によるとされ、スペシャルテストやストレス下のレントゲンなどで評価・診断される(上松, 2010)。本研究では、足関節スペシャルテストのうち、前方引き出しテストと内反ストレステストをそれぞれ行い、PT 3名のうち、2名以上が動揺性ありと判断した場合に不安定性ありとする。

主観的評価法は「痛み」、「腫脹」、「主観的不

安定感」、「硬さ」、「階段昇降」、「ランニング」、「日常生活」、「装具の使用」の8項目で構成される。各項目の程度により点数配分がされ、対象者の主観によって項目ごとに該当する状態を選ぶものである。合計得点の満点は100点であり、左右別々に評価する。この評価方法では91~100点が「Excellent」、81~90点が「Good」、61~80点が「Fair」、60点以下が「Poor」と規定されている。なお、合計点が81点以上であれば、足関節機能的不安定性は「なし」とされている。

### 2. 研究期間

プレテストを平成23年6月28日に、中間テストを平成23年8月5日に、ポストテストを平成23年9月4日に実施した。トレーニングは平成23年7月5日から8週間、週4日(火曜日~金曜日)実施した。

### 3. トレーニング方法・内容

本研究に協力頂いたPTとフィジカルトレーナーの助言を元にトレーニングを作成した。

#### 1) ストレッチ

ストレッチは一般に、筋や腱などの身体組織を伸張する行為と理解されているが、その目的は身体の柔軟性向上や関節可動域の拡大であり、ストレッチの具体的方法を鑑みるに、単に筋・腱を伸張することだけではなく、広義には運動療法に含まれる徒手療法や関節可動域運動の一種として位置づけることができる(加賀屋, 2012)。したがって、本研究のストレッチは、徒手療法などの関節誘導手技を含めたものとする。なお、ストレッチは自分自身で実施可能な「アクティブな方法」を用いる。

足関節不安定症が、ヒラメ筋、前脛骨筋などの神経筋機能の異常に関連しているという報告から(上松, 2010)、ヒラメ筋と前脛骨筋のストレッチを取り入れた。また、PTの助言から、足関節不安定性に関連する筋として下腿三頭筋が挙げられた。よって、下腿三頭筋のストレッチも取り入れた。ストレッチを行うことで筋機能を正常に近づけることを目的の1つとした。

#### 2) 足指・足底訓練

バスタオルやビー玉、ゴムバンドを用いた足

指・足底訓練により、足関節底屈・背屈筋力の増加や重心動揺に改善がみられたという報告や（井原ら，1995）、足底の受容器からの情報は、姿勢調整機構の安定化に重要であり、足底訓練は動的バランスを改善するという報告から（井原，1990）、足指・足底訓練が足関節不安定性の特徴である筋力低下や重心動揺の増大の改善に繋がると考え、足指でのじゃんけん動作と芋虫歩行をトレーニングとして取り入れた。

### 3) 足関節のコーディネーション（基礎編・応用編）

コーディネーション能力とは、状況を五感で察知し、それを頭で判断し、筋肉を動かすという一連の流れをスムーズにおこなうための能力であり、コーディネーショントレーニングはこの能力を高めるためのものである。ストレッチにおいて正常に近づいた神経筋機能に対し、コーディネー

ショントレーニングを行い、運動時の筋感覚や筋の入出力の循環をよくすることを目的とする。

フィジカルトレーナーの助言のもと、基礎編としてランジウォークを、応用編として両足その場でのリバウンドジャンプと片足バウンディングジャンプをトレーニングとして取り入れた。

### 4. 測定項目・内容

#### 1) 主観的足部不安定感

Karlsson and Peterson によって作成された足関節機能的不安定性の主観的評価法を日本語訳したものをを用いた（岡崎ら，2010）（表1）。

#### 2) ルーズニング

PT3名が前方引き出しテストと内反ストレステスト時におけるルーズニング（足関節のゆるみ）を、それぞれ1…みられない、2…ややみられる、3…みられる、4…つよくみられるの4段階で評価

	チェック項目	右	左
痛み	なし	20	20
	練習中に	15	15
	不整地を歩いている時	10	10
	整地を歩いている時	5	5
	常に痛む	0	0
腫脹	なし	10	10
	練習後に	5	5
	いつも	0	0
	なし	25	25
主観的不安定感	年に1～2回練習中に	20	20
	月に1～2回練習中に	15	15
	不整地を歩いている時	10	10
	整地を歩いている時	5	5
	いつも	0	0
硬さ	なし	5	5
	起床時または練習中に	2	2
	常に	0	0
階段昇降	問題なし	10	10
	不安定性があり不安	5	5
	できない	0	0
ランニング	問題なし	10	10
	不安定性のため不安を感じる	5	5
	できない	0	0
日常生活	問題なし	15	15
	スポーツを除いては問題なし	10	10
	スポーツによっては行うことが難しい	5	5
	日常生活に支障をきたす	0	0
装具の使用	使用なし	5	5
	練習中は使用	2	2
	日常生活でも使用	0	0

表1 足関節機能的不安定性 評価法

した。その段階評価をそのまま得点とし、3名の合計を6で割った（3名がそれぞれ前方引き出し・内反ストレスの2種目を評価するので）平均点を測定値として使用した。

### 3) 外反筋力

株式会社日本メディックス（製造元：米国HOGGAN）のポータブルタイプの筋力測定器MICRO FIT2（ハンドヘルドダイナモメータ）を用い、PT1名が徒手筋力検査法（MMT）で足関節外反筋力を測定した。ハンドヘルドダイナモメータを用いた筋力測定の信頼性に関する検討から、2回の平均値を用いることで信頼性の高いデータが得られるという報告を参考にし（田中ら、2007）、本研究では、最大努力にて3秒間の計測を2回行い、その平均を測定値とした。測定間の休息は30秒とした。測定肢位は座位で、この際に上肢で机を押すなどして足関節外反筋力以外の力が加わらないよう、上肢は前胸部で組むことを指示した。また、株式会社日本メディックス社の提示する筋力テストポジションマニュアルより、足関節外反筋力の測定ではトランスデューサを踵骨から約2.5cmの足部側面に当てる、というものを参考した。

### 4) 関節可動域

関節可動域の測定には、日本整形外科学会および日本リハビリテーション医学会が作成した「関節可動域表示ならびに測定法」に則り（左海、1988）、足関節の背屈と底屈の2種目をPT1名が測定した。測定肢位は座位で、二関節筋の緊張を除くため膝関節を屈曲位で行った。背屈・底屈ともに基本軸は「腓骨への垂直線」であり、移動軸は「第5中足骨」である。測定は各種目2回行いその平均を測定値とした。

### 5) 重心動揺

重心動揺検査は、重心動揺計（グラビコーダGS-10 TYPE A, アニマ社製）を用いて、重心動揺計上に30秒間の片脚起立させたときの重心動揺を測定した。山本らが同様の重心動揺計を用いた際の測定方法に準じて、上肢を前胸部で組ませ、一方の脚の膝を曲げた姿勢をとらせた（山本ら、

2007）。また、対象者の眼の高さで、3m前方の壁に取り付けられた視標を注視するように指示をした。測定項目は、重心が移動した総距離を示す総軌跡長（LNG：cm：以下LNG）とした。測定は2回行いその平均を測定値とした。

### 6) リバウンドジャンプにおけるコンタクトタイム

MyotestSA社のマイオテスト・スポーツを用いてリバウンドジャンプを行わせる。

マイオテスト・スポーツでは7つのパフォーマンステストが実施可能である。その中の1つであるリバウンドジャンプでは下肢の筋肉の諸機能（柔軟性、弾性、剛性）を測定できる。測定項目は跳躍高（cm）、接地時間（m秒）、弾性指数・剛性指数（kN/m）である。測定では、専用のベルトを使いMYOTESTを腰部側面に装着、腰に手を置き、信号音を合図に連続5回のジャンプを行わせた。ジャンプは高く、かつ接地時間を短くすることを意識させた。5回のジャンプ後に信号音が鳴り、結果が自動的に表示される。

吉田らの、リバウンドドロップジャンプの際に足関節不安定性の不安定感やバランス能力の低下などによって接地時間が延長するという報告を参考に（吉田ら、2010）、本研究では、リバウンドジャンプを行わせ、その際の接地時間（コンタクトタイム）を測定するものとする。なお、測定は2回行いその平均を測定値とした。

### 5. 統計処理

統計処理は主観的足部不安定感、ルーズニング、外反筋力、関節可動域（背屈・底屈）、重心動揺、コンタクトタイムについて、プレテスト終了後、コントロール群とトレーニング群の比較のためF検定ならびに対応のないt検定を行った。また、トレーニング前（プレテスト）とトレーニング後（中間・ポストテスト）の比較のため、コントロール群、トレーニング群ともに、測定項目ごとに対応のあるt検定を行った。なお、有意水準は全て5%とした。

### Ⅲ. 結果

プレテスト終了後、主観的足部不安定感、ルーズニング、外反筋力、関節可動域（背屈・底屈）、重心動揺、コンタクトタイムについて、2群間で対応のないt検定を行ったところ、全ての測定項目で有意な差は認められなかった。

#### 1. 主観的足部不安定感（図1）

コントロール群の主観的足部不安定感はプレテストで $61.3 \pm 10.6$ 点、中間テストで $59.8 \pm 11.5$ 点、ポストテストで $61.0 \pm 10.9$ 点であった。プレテストと中間テスト、プレテストとポストテスト、中間テストとポストテストをそれぞれ比べたところ有意な差は認められなかった。トレーニング群の主観的足部不安定感はプレテストで $68.3 \pm 11.9$ 点、中間テストで $77.3 \pm 11.6$ 点であり有意な増加が認められた。また、ポストテストでは $81.8 \pm 10.1$ 点であり、中間テストと比べると有意な増加が認められた。ポストテストとプレテストの比較においても、有意な増加が認められた（ $p < 0.05$ ）。

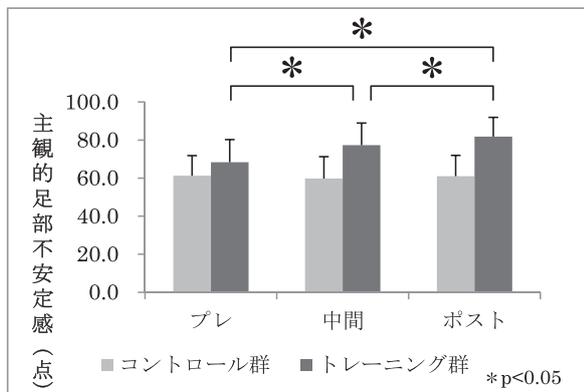


図1 各テストにおける主観的足部不安定感の変化

#### 2. ルーズニング（図2）

コントロール群のルーズニングはプレテストで $2.3 \pm 0.7$ 点、中間テストで $2.4 \pm 0.3$ 点、ポストテストで $2.3 \pm 0.4$ 点であった。プレテストと中間テスト、プレテストとポストテスト、中間テストとポストテストをそれぞれ比べたところ有意な差は認められなかった。トレーニング群のルーズニングはプレテストで $2.2 \pm 0.4$ 点、中間テストで $1.9 \pm 0.3$ 点であり有意な減少が認められた。また、ポストテストでは $1.6 \pm 0.3$ 点であり、プレテストと比べ

ると有意に減少していたが、中間テストと比べると測定値は減少したものの有意な差は認められなかった（ $p < 0.05$ ）。

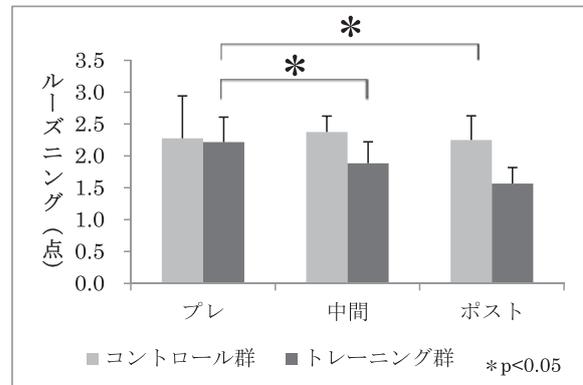


図2 各テストにおけるルーズニングの変化

#### 3. 外反筋力（図3）

コントロール群の外反筋力はプレテストで $24.9 \pm 1.7$ kgf、中間テストで $25.3 \pm 2.0$ kgf、ポストテストで $26.6 \pm 3.5$ kgfであった。プレテストと中間テスト、プレテストとポストテスト、中間テストとポストテストをそれぞれ比べたところ有意な差は認められなかった。トレーニング群の外反筋力はプレテストで $25.2 \pm 3.7$ kgf、中間テストで $28.1 \pm 4.1$ kgfであり有意な増加が認められた。また、ポストテストでは $31.2 \pm 3.6$ kgfであり、中間テストと比べると有意な増加が認められた。ポストテストとプレテストの比較においても、有意な増加が認められた（ $p < 0.05$ ）。

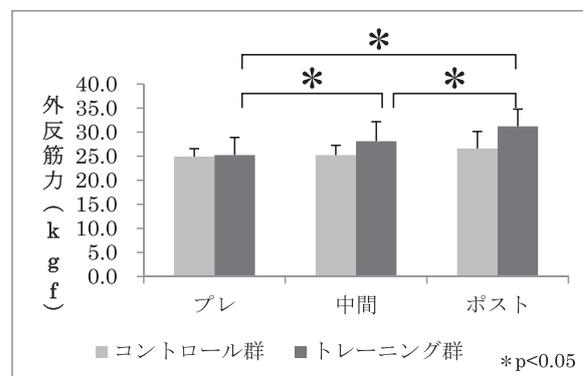


図3 各テストにおける外反筋力の変化

#### 4. 関節可動域

##### 1) 関節可動域・背屈 (図4)

コントロール群の関節可動域・背屈はプレテストで $16.9 \pm 4.3$ 度、中間テストで $18.1 \pm 3.8$ 度、ポストテストで $18.8 \pm 3.2$ 度であった。プレテストと中間テスト、プレテストとポストテスト、中間テストとポストテストをそれぞれ比べたところ有意な差は認められなかった。また、トレーニング群の関節可動域・背屈はプレテストで $18.8 \pm 5.2$ 度、中間テストで $18.3 \pm 2.6$ 度、ポストテストで $18.8 \pm 2.6$ 度であった。プレテストと中間テスト、プレテストとポストテスト、中間テストとポストテストをそれぞれ比べたところコントロール群と同様に有意な差は認められなかった ( $p < 0.05$ )。

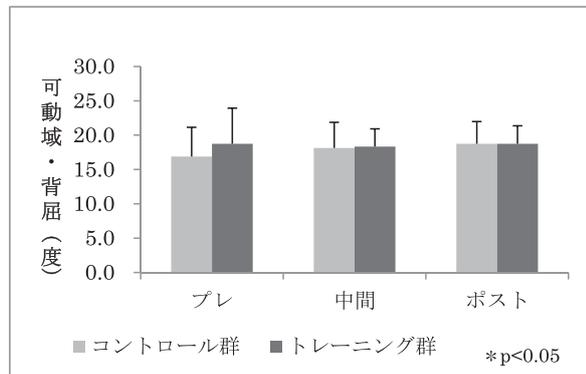


図4 各テストにおける関節可動域・背屈の変化

##### 2) 関節可動域・底屈 (図5)

コントロール群の関節可動域・底屈はプレテストで $54.4 \pm 7.7$ 度、中間テストで $57.5 \pm 6.5$ 度、ポストテストで $56.9 \pm 4.7$ 度であった。プレテストと中間テスト、プレテストとポストテスト、中間テストとポストテストをそれぞれ比べたところ有意な差は認められなかった。また、トレーニング群の関節可動域・底屈はプレテストで $50.0 \pm 6.3$ 度、中間テストで $53.3 \pm 6.1$ 度、ポストテストで $51.7 \pm 2.6$ 度であった。プレテストと中間テスト、プレテストとポストテスト、中間テストとポストテストをそれぞれ比べたところコントロール群と同様に有意な差は認められなかった ( $p < 0.05$ )。

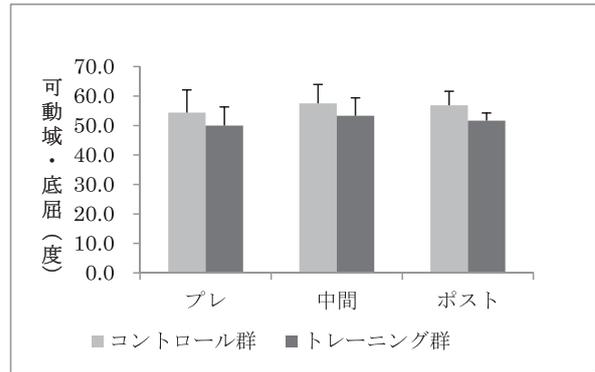


図5 各テストにおける関節可動域・底屈の変化

##### 5. 重心動揺 (図6)

コントロール群の重心動揺 (LNG) はプレテストで $133.6 \pm 43.3$ cm、中間テストで $132.8 \pm 43.4$ cm、ポストテストで $133.5 \pm 45.6$ cmであった。プレテストと中間テスト、プレテストとポストテスト、中間テストとポストテストをそれぞれ比べたところ有意な差は認められなかった。トレーニング群の重心動揺 (LNG) はプレテストで $165.3 \pm 39.4$ cm、中間テストで $150.3 \pm 32.0$ cmであり有意な減少が認められた。また、ポストテストでは $133.5 \pm 21.0$ cmであり、中間テストと比べると有意な減少が認められた。ポストテストとプレテストの比較においても、有意な減少が認められた ( $p < 0.05$ )。

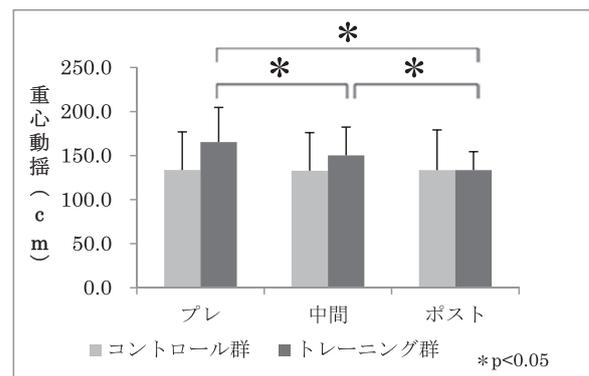


図6 各テストにおける重心動揺の変化

##### 6. リバウンドジャンプにおけるコンタクトタイム (図7)

コントロール群のコンタクトタイムはプレテストで $135.1 \pm 22.6$ ms、中間テストで $134.1 \pm 12.9$ ms、

ポストテストで $131.0 \pm 8.4\text{ms}$ であった。プレテストと中間テスト、プレテストとポストテスト、中間テストとポストテストをそれぞれ比べたところ有意な差は認められなかった。トレーニング群のコンタクトタイムはプレテストで $161.4 \pm 44.8\text{ms}$ 、中間テストで $121.8 \pm 10.1\text{ms}$ であり有意な減少が認められた。また、ポストテストでは $115.8 \pm 6.4\text{ms}$ であり、中間テストと比べると有意な減少が認められた。ポストテストとプレテストの比較においても、有意な減少が認められた ( $p < 0.05$ )。

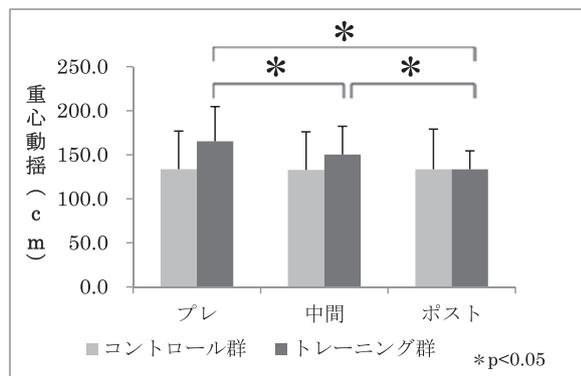


図7 各テストにおけるコンタクトタイムの変化

#### IV. 考察

##### 1. 主観的足部不安定感

足関節の機能的不安定性とは「構造的不安定性の有無に関係なく、足関節捻挫受傷後に不安定感“giving way”（突然の脱力状態）が残存している状態」と定義されている (Freeman et al., 1965)。機能的不安定性の臨床症状としては、患者の主観的な「不安定感」と「繰り返しの捻挫」による自覚症状から判断される (佐保, 2010)。本研究の主観的足部不安定感は Karlsson and Peterson の足関節機能的不安定性の評定法を用い、8項目の合計が81点未満であった場合に機能的不安定性ありとした。コントロール群ではプレテストで $61.3 \pm 10.6$ 点の「Fair」、中間テストで $59.8 \pm 11.5$ 点の「Poor」、ポストテストで $61.0 \pm 10.9$ 点の「Fair」であり、比較したところ有意な差は認められなかった。それに対しトレーニング群は、プレテストで $68.3 \pm 11.9$ 点の「Fair」、中間テストでも $77.3 \pm 11.6$ 点の「Fair」であったが有意な増加が認め

られた。また、ポストテストでは $81.8 \pm 10.1$ 点の「Good」となり、中間テストと比較しても有意な増加が認められ、機能的不安定性なしの値を示した。関節の損傷はメカノレセプターの機能や関節周囲筋の機能を低下させ、神経運動器の悪循環に繋がるが、動的関節制御訓練を行うことで悪循環を断ち切ることができる (井原, 1990)。本研究のトレーニングで取り入れたストレッチや、単に筋力向上を目的としない足指・足底訓練（動的関節制御訓練）をすることで神経筋機能が正常に近づき、正常に近づいた神経筋機能に運動時の筋感覚や筋の入出力の循環をよくすることを目的としたコーディネーショントレーニングを行ったことで、対象者の主観的な不安定感を取り除いた、または軽減させたと考えられる。さらに、足関節の再発予防にも固有受容器トレーニング（動的関節制御訓練）が推奨されている (Freeman et al., 1965)。足関節機能的不安定性の臨床症状である主観的な「不安定感」を本研究のトレーニングで軽減させることができたとなると、反復する足関節捻挫と不安定感による悪循環を断ち切るためにも本研究のトレーニングは有効であると考えられる。

##### 2. ルーズニング

本研究では、機械的不安定性と機能的不安定性どちらかまたはその両方を有している者を対象とした。そのうち、機械的不安定性の有無を確認するため、足関節スペシャルテストを行った。ここでは前方引き出しテストと内反ストレステストを行い動揺性の有無を確認した。その際、各テスト時におけるルーズニングも測定し、それを本研究の測定項目の1つとして取り入れた。スペシャルテストやルーズニングの測定では主観的な判断を伴うものが多く、その正確性に否定的な意見もあるが、本研究では、3名のPTに測定を行ってもらうことで評価の正確性・信頼性を高めることができたと考える。

機械的不安定性の要素であり、最も理解しやすいものとされる過弛緩性をルーズニングの測定によって数値化することで、本研究のトレーニング

によって機械的不安定性（過弛緩性）を改善することが可能かを検討した。コントロール群では有意な差が認められなかったが、トレーニング群ではプレテストと中間テストを比較したところ有意な減少が認められた。中間テストとポストテスト間では有意な差は認められなかったが測定値は減少した。これらのことからトレーニングによって機械的不安定性の要素である過弛緩性を正常な方向に向けたと判断できる。また、過弛緩性の問題は反復性の足関節内反捻挫によって靭帯・関節包の損傷が慢性化し関節への不安定性へと至るというものであるが（上松，2010）、本研究の測定値の減少を見ると、損傷の慢性化からの不安定性へ至るという悪循環をトレーニングによって断ち切ることも可能ではないかと考えられる。トレーニング群において、中間テストとポストテスト間で測定値は減少したものの有意な差とならなかった理由には以下の2点が考えられる。1つ目は測定の際1~4の段階評価をそのまま得点化したことで数値の変化が小さくなってしまったこと。2つ目は、ルーズニングはトレーニング開始から4週間はトレーニング効果が急激にあらわれるが、その後はトレーニング効果のあらわれ方が緩やかになるのではないかとということである。

### 3. 外反筋力

足関節不安定性の特徴として外反筋力の低下が報告されており（Konradsen and Ravn,1990 ; Tropp et al.,1985）、外側の動的安定化機構となっている外反筋（腓骨筋）の筋力強化は重要視されている。外反筋の強化が重要視される理由は、内反捻挫に対する予防策として外反筋が内反方向へ働く外力に対して強く収縮し、抵抗しなければならぬからである（上松，2010）。足関節捻挫の理学療法プログラムでは、外反筋力の強化トレーニングとして弾性バンドを使用している（川島，2008）。また、井原らは、ゴムバンドを用いた足指・足底訓練により、足関節底屈・背屈筋力といった足関節周囲筋が強化されたことを報告している（井原ら，1995）。本研究の結果をみるとプレテスト  $24.9 \pm 1.7\text{kgf}$ 、中間テスト  $25.3 \pm 2.0\text{kgf}$ 、ポストテ

スト  $26.6 \pm 3.5\text{kgf}$  と、比較しても有意差が認められなかったコントロール群に対し、トレーニング群ではプレテスト  $25.2 \pm 3.7\text{kgf}$ 、中間テスト  $28.1 \pm 4.1\text{kgf}$ 、ポストテスト  $31.2 \pm 3.6\text{kgf}$  となり、有意な筋力の増加が認められた。外反筋力の強化においては、足関節外反筋力エクササイズでは腓骨筋の筋力の向上は得られなかったという報告から（Greenwood et al.,2007）、単なる筋力トレーニングのみでは効果がないと判断し、足指でのじゃんけん動作・芋虫歩行（足指・足底訓練）やコーディネーショントレーニングといった動的関節制御訓練を取り入れたことが外反筋力の増加に繋がったと考えられる。上記のバンドを用いた場合の報告と同様に、本研究の器具を用いないトレーニングでも、外反筋力は増加すると言えるであろう。

### 4. 関節可動域

小林らは、足関節捻挫受傷後の回復状況が悪い者は関節可動域値が小さくなるという報告をしているが（Tropp et al.,1984）、岡崎らは、背屈の関節可動域値は、捻挫足が健常足よりも大きな値を示したと報告している（岡崎ら，2010）。このように捻挫足と健常足の関節可動域の比較については様々な見解がある。また岡崎らはその研究で、日本整形外科学会および日本リハビリテーション医学会が示している各可動域の参考域（背屈20度、底屈45度）と比較している。その結果、背屈で捻挫足約1度、健常足約2.5度の小さい値、底屈で両足とも約4度の大きい値を示したが、参考域とほとんど変わらなかったと報告している。本研究では、捻挫足と健常足を比べるものではなく、足関節不安定性を有する足の関節可動域がトレーニングによってどのような変化を示すかを検証した。プレテストの段階でコントロール群の背屈は  $16.9 \pm 4.3$  度、トレーニング群の背屈は  $18.8 \pm 5.2$  度であり、岡崎らの捻挫足と同じように日本整形外科学会および日本リハビリテーション医学会が示している各可動域の参考域（背屈20度）より小さい値を示したものの、参考域とほとんど変わらなかった。トレーニング後の中間テスト・ポストテストの測定値もプレテストとほとんど変わらない値

を示し、有意な変化は認められなかった。

プレテストの段階でコントロール群の底屈は $54.4 \pm 7.7$ 度、トレーニング群の底屈は $50.0 \pm 6.3$ 度であり、これも岡崎らの捻挫足と同じように日本整形外科学会および日本リハビリテーション医学会が示している各可動域の参考域（底屈45度）より大きい値を示した。本研究の背屈の結果と同じようにトレーニング後の中間テスト・ポストテストの測定値を比較したところ有意な変化は認められなかった。これらの結果から、本研究のトレーニングでは背屈・底屈ともに関節可動域に影響を与えないと判断できる。

背屈の場合が参考域から約1度～3度しか変わらないのに対し、底屈は参考域から約5度～10度離れた値を示した。これにあたっては、なぜこのような値を示したのか、スポーツ特性が関係しているのかなどを検討する研究や、各スポーツにおける参考域となる数値を明らかにするような研究も必要であろう。

## 5. 重心動揺

足関節不安定性の特徴の1つである重心動揺の増大に関する報告としては、井原らの、バスタオルやビー玉、ゴムバンドを用いた足指・足底訓練により、重心動揺に改善がみられたという報告や（井原ら、1995）、足底の受容器からの情報は、姿勢調整機構の安定化に重要であり、足底訓練は動的バランスを改善するという報告がある（井原、1990）。また、Troppらは、足関節不安定性のあるサッカー選手について、片脚立位時の重心動揺面積は、6週間の不安定板訓練で改善すると報告している（Tropp et al.,1984）。これらの報告から足指・足底訓練や不安定板訓練が足関節不安定性の特徴である筋力低下や重心動揺の増大の改善に繋がると考えた。そこで本研究では、器具を使わないトレーニングとして足指・測定訓練（足指でのじゃんけん動作と芋虫歩行）と、思ったように身体をコントロールする能力を高めるためのコーディネーショントレーニングを取り入れた。結果は、有意な差が認められなかったコントロール群の重心動揺（LNG）に対し、トレーニング群で

は有意な重心動揺（LNG）の減少が認められた。この重心動揺改善の結果はトレーニング器具を用いている井原らまたはTroppらの研究と一致した。これまでの報告では重心動揺を測定する際、面積に関する指標を用いて比較するものが多いが、本研究では山本らの研究と同様に距離に関する項目（LNG）で有意な差が認められた（山本ら、2007）。

足底には身体の運動遂行と状況変化に対する情報源である多数のメカノレセプターが存在する。足底のメカノレセプターについて井原は、足底のメカノレセプターは、接地した足底部が身体の微妙な反応を数々の床反力を介して力学的情報を受け取り、刻々と変化する身体や地面の状況に対応している。足底が受けている刺激が抗重力筋の緊張を誘発し、自動的・無意識的に立位動作を維持し、上肢を開放しているのである。それゆえ、足でしっかり地面をつかむということは、地面に対して姿勢を制御している身体の情報を的確に得ることを意味している、と述べている（井原、1990）。これにより姿勢制御には足底のメカノレセプターが重要性であると判断でき、足底機能の改善は重心動揺の改善にも繋がると考えられる。本研究の対象者は機能的不安定性を有しているため、メカノレセプターの機能が低下していると考えられる。重心動揺（LNG）に有意な変化が認められなかったコントロール群に対して、トレーニング群は足指・足底訓練を含むトレーニングが足底のメカノレセプターを賦活させ、それが結果的に重心動揺（LNG）の改善に繋がったと考えられる。

## 6. リバウンドジャンプにおけるコンタクトタイム

足関節不安定性を有する者は、足関節不安定性の不安定感やバランス能力の低下などによって接地時間が延長することが推測される。また、足関節周囲筋力の低下やメカノレセプターの機能の低下は、リバウンドジャンプ時の筋力発揮や運動連鎖に悪影響を与えると考えられる。吉田ら<sup>21)</sup>は、リバウンドドロップジャンプの際に足関節不安定

性を有する足は健常足より接地時間が延長すると報告している。しかし本研究は、足関節不安定性を有するものだけを対象とし、不安定性を有しない者との比較を行う研究ではない。足関節不安定性を有する者のリバウンドジャンプにおけるコンタクトタイムがトレーニングによって短縮されるかを検討するものである。結果は、コントロール群で有意な差が認められなかったのに対し、トレーニング群ではプレテストで $161.4 \pm 44.8\text{ms}$ 、中間テストで $121.8 \pm 10.1\text{ms}$ 、ポストテストで $115.8 \pm 6.4\text{ms}$ となり、中間・ポストテストともに有意なコンタクトタイムの短縮が認められた。トレーニング群でこのような結果になったのには、足指・足底訓練を含む本研究のトレーニングによるメカノレセプターの機能改善や主観的足部不安定性の改善が理由として考えられる。さらに、メカノレセプターの機能改善による、バランス能力の向上や神経-筋機能の悪循環の改善がコンタクトタイムを短縮したことの理由として考えられる。しかし、コーディネーション訓練としてリバウンドジャンプと片足バウンディングジャンプを取り入れているため、単にジャンプ動作の慣れがコンタクトタイムの短縮という結果に繋がったということも考えられる。本研究の実験系ではこのジャンプ動作の慣れがコンタクトタイムの短縮に繋がっているのかどうかを明確にすることはできず、対象群を設定した実験系の研究も必要であろう。

## V. 結語

本研究は、足関節不安定性を有する大学サッカー選手に対する器具なしのトレーニングの効果を明らかにするとともに、トレーニング環境が整備されてない者（器具がある場所でのトレーニングが時間や場所的に厳しい者）などに対して、トレーニングを実施可能にすることを目的とした。

今回の研究からは以下のような知見が得られた。

プレテストと中間テストを比較したところ、トレーニング群の主観的足部不安定性、ルーズニン

グ、外反筋力、重心動揺、リバウンドジャンプにおけるコンタクトタイムの5項目で有意な改善が認められた。また、中間テストとポストテストを比較したところ、トレーニング群の主観的足部不安定性、外反筋力、重心動揺、リバウンドジャンプにおけるコンタクトタイムの4項目で有意な改善が認められた。ルーズニングでは測定値は中間テスト時より改善の方向に向かったものの有意な差とまではならなかった。

関節可動域は背屈・底屈ともにトレーニング後の有意な変化は認められなかった。

以上の結果から、足関節不安定性を有する大学サッカー選手に対する器具なしのトレーニングは、主観的足部不安定性、ルーズニング、外反筋力、重心動揺、リバウンドジャンプにおけるコンタクトタイムの5項目に対して効果的であることが明らかとなった。これにより、トレーニング環境が整備されていない場などでも、足関節不安定性を有する者に対して有効なトレーニングが実施可能になると考えられる。変化が見られなかった関節可動域に関しては、捻挫足が健常足より可動域値が小さくなるという報告<sup>???</sup>や、逆に健常足より可動域値が大きくなるという報告<sup>???</sup>がありその見解は様々である。また、日本整形外科学会および日本リハビリテーション医学会が示している各可動域の参考域（背屈20度、底屈45度）はあるものの、各スポーツ特性を考慮した参考域が明らかになっているわけではないので、トレーニングによって測定値がどう変化すれば効果があったと言えるのかの判断は難しい。よって、各スポーツにおける参考域となる数値を明らかにするような研究も必要であろう。

本研究では、トレーニング効果の信頼性を高めるため、対象者を取り巻く環境をできるだけ揃えるように同じ部活に所属し同じ活動をしている者を対象とした。それにより対象者の数が少なくなってしまった。また、本研究では対象となる脚をより多く確保するため、数名は左右の脚を対象として測定を行った。それにより、一個人の特性が結果に大きく影響を与えた可能性がある。今後は

対象者の数を増やすことや、対象とする脚、対象者の損傷レベルなどの状態を合わせることでさらに信頼性の高いデータをとることが課題として挙げられる。さらに、本研究でも対象とした大学サッカー選手のような競技者は、プレーできる期間が定められているため、トレーニング効果を早期に出すことも重要視される。したがって、効果を早期に発揮するには何が必要となるのかを検討するような研究も求められるであろう。

### 参考文献

- 時崎暢, 竹田秀明, 鮫島康仁 他 スキーブーツ内で発生したスキー外傷 臨床スポーツ医学 2003; 20: 1080-1082.
- 財団法人スポーツ安全協会編 スポーツ等活動中の傷害調査18 財団法人スポーツ安全協会 2004; 84.
- 「FIFA 医学評価研究センター (F-MARC) サッカー医学マニュアル」国際サッカー連盟 財団法人日本サッカー協会【監訳】大島襄【訳】青木治人・河野照茂・土肥美智子3.1 急性足関節捻挫161
- 櫻庭景植. 成長期下腿・足のスポーツ外傷(足関節捻挫・腓腹筋挫傷・腓脱臼)の治療(2006) 骨・関節・靭帯 19(4): 311-325.
- 石井朝夫, HAL K-M, 坂根正孝. 足関節機能的不安定性の病態 日整会誌 2001; 75(3): S398.
- 櫻庭景植. 足関節靭帯損傷の受傷機転と診断(定量的評価、画像診断を含む) 臨床スポーツ医学2002; 19(2): 113-121
- Konradsen, L. Ravn, J. B. Ankle instability caused by prolonged peroneal reaction time. Acta. Orthop. Scand. 1990; 61: 388-390.
- Tropp, H. et al. Prevention of ankle sprains. Am. J. Sports. Med 1985; 13: 259-262.
- Tropp, H. Odenrick, P. Postal control in single-limb stance. J. Orthop. Res. 1988; 6: 833-839.
- 井原秀俊, 吉田拓也, 高柳清美 他 足指・足底訓練が筋力・筋反応・バランス能に及ぼす効果. 1995; 15: 268.
- 林光俊, 岩崎由純編 ナショナルチームドクター・トレーナーが書いた種目別スポーツ傷害の診療. 南江堂. 2007; 136-138.
- Karlsson J, Peterson L. Evaluation of ankle joint function: the use of a scoring scale. The foot, 1991; 1: 15-19.
- 上松大輔. 足関節捻挫が繰り返されるのはなぜか - 受傷後にどのような機能低下が起こるのか Training Journal July 2010
- 加賀屋善教. ストレッチング. スポーツ外傷学 I スポーツ外傷学総論(黒澤尚・他編). 医歯薬出版. 2012; 62 - 277.
- 井原秀俊 著 関節トレーニング[改訂第2版] 神経運動器協調訓練 共同医書出版社 1990; 314
- 岡崎昌典・桜庭景植 足関節捻挫後の主観的足部不安定感と下肢動的アライメントの関係. 高校生バレーボール選手を対象として 順天堂スポーツ健康科学研究 第2巻第2号(通巻56号). 2010; 55-64
- 田中基隆, 杉原敏道, 三島誠一, 他 ハンドヘルドダイナモメータを用いた筋力測定信頼性に関する検討 Japanese physical Therapy Association. 2007; 34: 689.
- 左海伸夫 関節可動域 臨床スポーツ医学. 5(臨時増刊号) 1988; 72-76.
- 山本純, 宮川俊平, 向井直樹, 他. 足関節不安定症に対する足関節冷却浴の効果 日本臨床スポーツ医学会誌. 2007; 15: 1
- 吉田成仁, 宮川俊平, 白木仁, 他. 全身反応時間とリバウンドドロップジャンプの関連と足関節不安定性による影響 日本臨床スポーツ医学会誌: 2010; 18: 4.
- Freeman MA et al. Instability of the foot after injuries to the lateral ligament of the ankle. J Bone Joint Surg 47-B(4). 1965; 678-685.
- 佐保泰明. 機能的不安定 Sports Physical Therapy seminar Series 足関節捻挫予防プログラムの科学的基礎(福林徹, 蒲田和芳監修) 2010; 82-

## 88. NAP.

- 井原秀俊 著 関節トレーニング[改訂第2版]  
神経運動器協調訓練 共同医書出版社 第1章  
神経運動器協調訓練とは何か. 1990 ; 3 : 1
- Freeman MA et al . Instability of the foot after  
injuries to the lateral ligament of the ankle. J Bone  
Joint Surg 47-B(4) . 1965 ; 669-677.
- 川島敏生 足関節捻挫の理学療法プログラム 理  
学療法 2008 ; 25 : 1
- Greenwood, L. et al. The effects of a 6 week resistance  
tubing program on eversion ankle strength and static  
balance. J. Athletic Training 42(2) (Supplement) .  
2007 ; S-13,
- Tropp H et al : Factors affecting stabilometry  
recording of single limb stance. Am J Sports Med  
12 . 1984 ; 185-188.
- 井原秀俊 著 関節トレーニング[改訂第2版]  
神経運動器協調訓練 共同医書出版社 第3章  
神経運動器協調訓練とは何か. 1990 ; 91-95.