

NewsLetter

Sports Medicine Research Center, Keio Univ.

No. 25

慶應義塾大学スポーツ医学研究センター
ニュースレター 第25号
[2017年3月発行]

おもな活動報告

12月 自転車競技部 VO₂・乳酸測定、体脂肪率測定
国民体育大会冬季神奈川県代表選手健康診断
大学ボクシング部 VO₂・乳酸測定、血液検査、体脂肪率測定（9～12月研究）
慶應高校・志木高校蹴球部体脂肪率測定
セイコーエプソン株式会社 VO₂測定
椅子座位における身体運動と筋活動および疲労度に関する研究（12～3月）
大学蹴球部体脂肪率測定・血液検査

1月 大学水上スキー部体脂肪率測定
大学体育会女子部員を対象とした、スポーツによる疲労骨折発生の調査（研究）
大学蹴球部体脂肪率測定
2月 相撲力士定期検診心電図検査（両国）
大学ラクロス部栄養講座
3月 大学蹴球部体脂肪率測定・血液検査
高校蹴球部体脂肪率測定

特集



研究紹介

下腿果部捻転角の左右差による着地動作の特徴 —テーピングによる横足根間関節から足部安定性へのアプローチ—

常葉大学健康プロデュース学部心身マネジメント学科准教授
慶應義塾大学スポーツ医学研究センター 兼任所員

今井 丈

はじめに

臨床で、脛骨の捻れの指標となる果部の捻転（malleolar torsion）は、脛骨捻転の臨床的な指標で、足関節の内外果を結んだ線と前額面との回旋量として定義しており、正常値13°～18°外旋位で、13°未満を捻転減少、19°以上を捻転増大としている¹⁾（図1）。

果部捻転角と下肢傷害の関連を調べた先行研究によると、捻転増大を呈する者は変形性股関節症が生じやすく、捻転減少では変形性膝関節症が生じやすいと報告されている。

足部は唯一地面と接している部位であるため、足部の状態が足部やその上部の運動器へ運動連鎖として影響を与えていることは知られており、荷重下では下腿内旋に伴い距骨が内転・底屈、踵骨は回内し、下腿外旋に



図1 果部の捻転

伴い距骨が外転・背屈、踵骨は回外することは知られている。

果部の捻転は、両果を結んだ線と前額面との回旋量であるため、運動連鎖の観点から考えると、荷重時に水平面で生じる下腿の回旋に影響することも考えられる。

現在、臨床上で用いられている果部捻転角の簡易な計測方法は、Seibelら²⁾の方法を用いたゴニオメーターを使用した計測方法がある（図2）。そして、臨床応用するためには得られた計測値の信頼性と妥当性を明らかにする検討を行い、3°以上を「真の左右差」とし報告した³⁾。これらの先行研究を元に果部捻転角の左右差によるスポーツ傷害の傾向を果部捻転角の計測とアンケート調査により下肢の傷害発生との関連について検討した結果、果部捻転角の左右差から果部捻転角の増大側に傷害発生が多く占めていたことを報告した⁴⁾。

果部捻転角はスポーツ



図2 果部捻転角

傷害と関連し、特に足底で大きな床反力を受ける着地動作時には様々な影響を及ぼすことが考えられ、加えてジャンプ動作では離床から着地までの一連の動作における運動連鎖の形態が異なる。滞空時は「開放性の運動連鎖」であるが、準備状態として、つま先接地に先行して下腿の筋放電がみられ、着地直後に「閉鎖性の運動連鎖」へと切り替わることから果部捻転角による影響を受けやすいと考えられる。実際に、先行研究ではスポーツ傷害の中でもジャンプ着地時の足関節捻挫は発生頻度が高く、受傷機転では、ジャンプ後の着地時が90%以上を占めていることが報告されている。着地時は足関節底屈位にあり、距腿関節において距骨の関節が脛骨と腓骨で構成されているホゾ穴 (mortise) との間に遊びができるため不安定になるとされる。さらに足関節はその構造上、外果より内果が上方に位置するために後足部が内側に動き易いことや内側の靭帯は強靱なのに対し外側は弱いため、底屈内反位での捻挫が多いとされている。先行研究による果部捻転角の計測とアンケート調査でも果部捻転角の増大側に傷害発生が多く占める傾向があり、果部捻転角の左右差が着地動作時の足部の安定性に影響を及ぼす場合、それを軽減する方策を提案し障害予防に役立てることが必要と考える。

足関節の靭帯損傷では、内反位での受傷が多いため安定性を目的としたテーピングは踵部を外反位へ誘導させる方法が多いが、その操作により足部が回内し「横足根間関節」の可動性が増し、不安定性を生じさせることがある (図3)。

足部の回内外による下肢の傷害に「シンスプリント (脛骨過労性骨膜炎: 以下SS)」がある。SSの発生要因に関する先行研究の中で、Messier⁵⁾は、足関節背屈可動域が小さい傾向と足部の回内可動域・最大回内速度が大きいことを、Sommer⁶⁾は、回内足傾向と後足部あるいは前足部の内反傾向を、鳥居⁷⁾は、回内可動域が大きい傾向を報告している。しかしながら、実際の現場では足関節・足部の堅い者にも柔らかい者にもSSが発生しており、詳細な分析が望まれている。

たとえば、下腿の捻転が大きい側が足部の内反捻挫をした場合、再発予防の目的で外反のテーピングを施行したケースの着地動作を想定してみる。つま先が外側を向いた「Toe-out」の状態では前足部接地、同時に踵部外反位誘導のため「横足根間関節」の可動性が増し不安定となり「過回内」が生じることが予測される。これらの連鎖を捻転角の左右差から観察できるのか、また、テーピングを用いての足部へのアプローチが果部捻転角やアライメントを調整することが可能であるか検討する必要性を感じていた。

目的

本研究では、果部捻転角における「真の左右差」の有無が着地動作時の足部へどのような影響を与えているのかを分析し、その影響を軽減する方策としてのテーピングにより足部のアライメントを調整することで安定性に関与するのかを解析し、下肢

傷害発生メカニズムの推察や予防に役立てる。

解析には、床反力計と三次元動作解析システム VICONMX を用いて計測し、床反力鉛直方向成分と足関節底背屈および内外反モーメントを算出し比較検討することを目的とした。

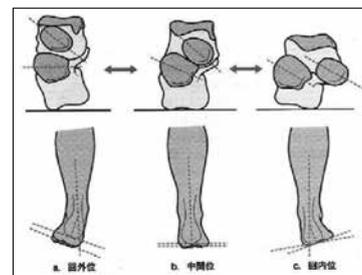


図3 横足根間関節¹⁾

方法

1. 対象者

女子学生14名 (年齢 21.1 ± 0.9 歳, 身長 159.2 ± 4.4 cm, 体重 50.9 ± 3.7 kg)。本研究は、国際医療福祉大学倫理審査委員会の承認を得て実施した。

2. 測定方法

30cmの台から自由落下両脚着地動作とした (図4)。足部を両側裸足と果部捻転増大側に安定性を目的としたテーピング (図5) を施した2条件を設定した。

テーピングによる操作では着地時において、前足部と下腿部をつなぐ「後足部」をコントロールする目的とし、踵骨内反および足部の回外誘導により横足根間関節を堅固にさせ足部の支持性や安定性が得られる方法とした。計測の設定順は被検者をそれぞれ半数ずつ入れ替えて設定し、実験の順序によって練習・順応・疲労といった順序効果が生じないよう順不動とした。

測定には赤外線カメラ10台を含む三次元動作解析システム VICONMX (VICON社製) と床反力計6枚 (AMTI社製) を同期させ使用した。

サンプリング周波数は200Hzとし、臨床歩行分析研究会が推奨するマーカーの貼付方法を参考にし、直径14mmの赤外線反射マーカーを第1・5中足骨頭内外果、膝関節外側、内側 (膝関節裂隙の高さで膝蓋骨を除く前後径の中心)、股関節 (大転子中央と上前腸骨棘を結ぶ線上で大転子から1/3の点) 上前腸骨棘・後上腸骨棘・肩峰・尺骨茎状突起・上腕骨外側上顆・第7頸椎・頭頂・右肩甲骨部に貼付した。

計測した赤外線反射マーカーの座標位置と床反力値はローパスフィルターを用いてノイズを除去した。カットオフはマーカーの座標位置6Hz、床反力値を18Hzに設定した。その後、床反力と関節モーメントは、三次元動作解析装置ソフト VICON Body Builder ver36を用いて、体幹・骨盤・大腿・下腿そして足部座標系を定義した後、体節間の三次元角度をオイラー角を用いて計算した。関節モーメントはマーカーの座標位置と床反力値を使用し、逆運動学分析により算出した。

3. 計測条件

着地時に果部捻転角の左右差がおよぼす影響を観察するために、いずれの着地動作も意図的な着地の準備は行なわず、台上にある身体の位置がそれ以上高くさせないために台の端から

跳躍はさせず、また足部より上部部でのリカバリーの影響を受けないように非努力にて両脚で前方に着地をするよう指示した。2条件ともに、試技を数回実施後、安定した着地動作3回と予備1回の各計4回を測定し解析した。

先行研究で得られた計測の結果より、3°より大きな差は「真の角度差」と判断し、臨床に应用できる範囲の左右差を認めたもの「左右差有群」それ以外を「左右差無群」とし群分けをし、さらに、捻転角の小さい側を「捻転小側」、捻転の大きい側を「捻転大側」とし比較した。

また、テーピングの「有」と「無」でも群分けし解析対象とした。テープの種類は粘着性が高く伸縮力のある着着性タイプを用いた。貼る部位は踵部外側・外果下方部から足関節底背屈角度0°での二等分線、約45°後下方にむかい踵部を包み込むように内側面を上行し踵骨載距突起部上を走行させ、下腿部外側斜め上方にむかい螺旋状に貼りつけた。次に、テープ幅を約半分ずらし、1本目よりやや垂直方向に同じく螺旋状に計2本、張力を持たせ貼りつけた(図5)。

今回、テーピングは、不安定性が予測される捻転が大きい側「捻転大側」に施した。

4. 解析方法

動作解析では、つま先接地後の床反力鉛直方向成分の最大値と到達時間、その時の足関節底背屈、内外反のモーメントを算出した。

計測値は、中央値に近い安定した3値の平均を用いた。また、床反力鉛直方向成分と足関節における各モーメントは体重で正規化した値を用いた。

数値の統計処理は Willcoxon の符号付順位検定を用い、有意性は危険率5%水準未満 ($p<0.05$) で判断した。

結果

分類別による果部捻転角は表1に示す。

左右差による比較では床反力鉛直方向成分の最大値は、両群共に有意差はみられなかった(表2)。足関節モーメント底背屈・内外反も両群共に有意差はみられなかった(表3)。

テーピング実施の有無による比較では、床反力鉛直方向成分最大値は、有意差はみられなかった(図6)。足関節モーメント底背屈・内外反では、内外反にのみ有意差が認められた(図7, 8)。

考察

果部捻転角の増大側は反対側と比較して「つま先」が相対的に外側方向、すなわち「Toe-out」「下腿外旋」傾向にあり、前足部からの着地動作では足部が回外位から回内位への変化量の増大がみられるとともに下腿の内旋が観察されることがある。

今回の「左右差による比較」では、動作の特徴の観察が予測された「左右差有群」の「捻転小側」と「捻転大側」において、臨床で観察される動作の特徴は認められなかった。



図4 着地動作(台上)

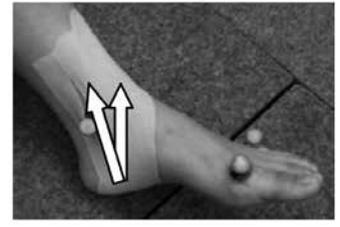


図5 足部のテーピング

表1 果部捻転角(°)

	全体	左右差無群	左右差有群
捻転小側	14.8±7.0	13.3±5.0	17.0±8.5
捻転大側	18.3±7.4	13.9±4.9	22.2±7.7
差	3.1±2.4	2.3±0.8	5.2±1.5

Mean ±SD

表2 床反力鉛直方向成分最大値と到達時間

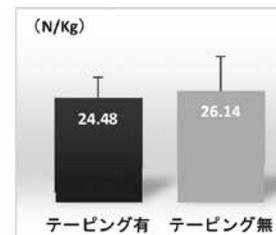
	左右差無群	左右差有群
捻転小側(N/Kg)	24.58±5.45	30.51±2.97
捻転大側(N/Kg)	26.18±4.44	28.98±2.62
到達時間(秒)	0.057±0.01	0.057±0.01

Mean ±SD

表3 足関節モーメント(Nm/Kg)

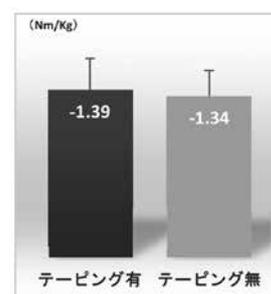
	左右差無群		左右差有群	
	底背屈	内外反	底背屈	内外反
捻転小側	-1.23±0.14	0.26±0.12	-1.23±0.29	0.41±0.29
捻転大側	-1.20±0.23	0.26±0.13	-1.33±0.26	0.37±0.17

Mean ±SD 底屈(+), 内反(+)



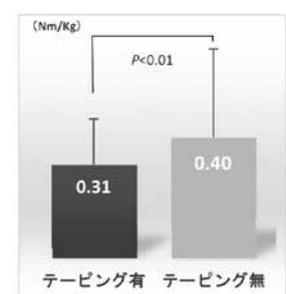
Mean ±SD.

図6 床反力鉛直成分(最大値)



Mean ±SD. 底屈(+)

図7 足関節モーメント(底背屈)



Mean ±SD. 内反(+)

図8 足関節モーメント(内外反)

床反力鉛直方向成分最大値は、左右差無群の平均値は捻転大側が大きく、左右差有群では捻転小側が大きい数値を示したが、いずれも有意差は無かった。

到達時間は200分の1秒刻みの数値から得た平均値では同値となった。

足関節モーメントの底背屈および内外反において、左右差有群の捻転大小側では、ほぼ同数値を示し有意差は無かった。

臨床上では、捻転角の増大側に着地後の足部過回内などの不安定な動作が観察されることがあるが、今回は角度差による動作の特徴は得られなかった。

理由として考えられることに「リカバリー動作」がある。着地動作時などの足底部が不安定な状況下にみられる股関節周囲の近位筋の姿勢応答である「ヒップストラテジー」が、わずかでも作用していた可能性も考えられる。また、左右差の平均値は $3.4 \pm 1.9^\circ$ と比較的角速度の小さい健常者だったためと考えられる。しかしながら、もし仮に左右差が大きく障害を有しているものが対象であれば、変化が観察される可能性も考えられた。

「テーピング実施の有無」による比較では、足関節内外反モーメントにのみ有意差が認められた。床反力鉛直方向成分最大値における有意差は無かったことから、足部が堅固になったことによる着地時の衝撃の増加はなかったと考えられる。また、足関節底背屈モーメントも有意差は無かったことから底背屈筋の収縮に影響は与えなかったと考えられる。

テーピングによる操作では、足関節の踵部を内反、足部を回外位に誘導し横足根間関節を堅固な状態にした(図3)。貼る部位は踵部外側・外果下方部から踵部を包み込むように内側面を上行し、踵骨載距突起部上を走行させた(図5)。この踵骨と距骨の固定性が「横足根間関節」のコントロールに関与したと考えられる。このことはテーピング実施の有無による比較で、足関節内外反モーメントに有意差が認められことにより確認できた。

さらに、テーピングの効果を検討するのであれば、同側における裸足条件とテーピングの有無の比較を行なう必要がある。しかしながら、今回は臨床上の観察から不安定性が予測される捻転角が大きい側「捻転大側」に実施したことで、ある一定のテーピング効果が得られたと考える。

足関節の捻挫では内反位での受傷が多いため、その再発予防には踵部を外反位へ誘導させる方法が施されることが多い。しかしながら、踵部外反に伴ない足部が回内することで「横足根間関節」が可動性を持ち不安定性を生じることがあり「内反捻挫に対して外反のテーピング」といった短絡的な判断は疑問を感じていた。今回の結果から、内反捻挫後にテーピングを実施する際の方策が示されたと考えている。

また、過度な足部の回内外が誘因で生じる下肢の傷害にSSがある。先行研究の中でも、足部の回内可動域が大きいことや回内足傾向と後足部あるいは前足部の内反傾向がSSの要因として報告されている⁵⁻⁷⁾。近年まで臨床では足関節・足部の堅い者にSSが発生している傾向があり柔軟性を獲得することを目的としたストレッチを指導することが多かった。しかしながら、柔らかい者にも発生していることから、足部の過回内外による発生機序を推察し、シューズやテーピング、インソールな

どにより横足根間関節のコントロールにより改善された臨床例があり、実際の動作での詳細な分析の必要性を感じていた。

今回用いたテープの種類は粘着性が高く伸縮力のある自着性タイプを用いたが、実際のスポーツ現場で使用しているものより支持性が低い。それでも螺旋状に2本貼りつけた操作だけで横足根間関節を堅固にし、足部の安定性への誘導を可能にしている。

本研究において、水平面上の動きである下腿の回旋が、それと同じ水平面上で下肢の長軸に対しての捻れである「果部の捻転」が足部へ与える影響は確認できなかった。しかしながら、何らかの影響を与え足部の不安定性に関与していた場合、踵骨載距突部にポイントをおいた「横足根間関節」のコントロールにより、足部の安定性が獲得されることを確認できた。このことは、足関節の不安定性が原因となり誘発されている傷害への治療アプローチとして有効であると思われる。

結語

果部捻転角の左右の角度差を 3° をもって「真の角度差」と判断および群分けをし、着地動作への影響を検討したが特徴は得られなかった。足部の安定性を目的としたテーピングにおいては、足関節の内外反モーメントを減少させる効果がみられた。

参考文献

- 1) 山口光國, 福井 勉, 入谷 誠: 結果の出せる整形外科理学療法, メジカルビュー社, 東京, 2009, pp181-236.
- 2) Seibel MO: フットファンクション, 入谷 誠(訳), ダイナゲイト, 東京, 2004, p212.
- 3) 今井 丈, 丸山仁司, 勝平純司: 果部捻転角計測の妥当性. 理学療法科学 Vol29 (3) 455-457, 2014
- 4) 今井 丈, 勝川史憲, 橋本健史: 果部捻転角とスポーツ傷害調査. 第23回日本臨床スポーツ医学会学術集会, 2012, 11
- 5) Messier SP, Pittala KA: Etiologic factors Associated with selected running injuries. Med Sci Sports Exerc, 1988, 20 (5): 501-505.
- 6) Sommer HM, Vallentyne SW: Effect of foot posture on the incidence of medial tibial stress syndrome. Med Sci Sports Exerc, 1995, 27 (6): 800-804.
- 7) 鳥居 俊, 酒井宏哉, 松本高明ら: 陸上競技選手における足部アーチ形態と回内度—疲労骨折を中心に—. 関節外科, 1991, 10 (12): 1389-1393.

Newsletter No.25

慶應義塾大学スポーツ医学研究センター ニュースレター 第25号

慶應義塾大学スポーツ医学研究センター Sports Medicine Research Center, Keio University

発行日: 2017年3月31日

代表: 勝川史憲

〒223-8521 横浜市港北区日吉4-1-1 慶應義塾大学スポーツ医学研究センター TEL:045-566-1090 FAX:045-566-1067 <http://sports.hc.keio.ac.jp/>