

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：32620

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2021～2023

課題番号：21K21229

研究課題名（和文）足関節捻挫既往者における姿勢制御不全機構の解明—根拠ある介入法樹立を目指して—

研究課題名（英文）The mechanism of postural control deficit in patients with an ankle sprain:
Toward the establishment of evidence-based intervention methods

研究代表者

野津 将時郎（Nozu, Shojiro）

順天堂大学・スポーツ健康科学部・助教

研究者番号：60909571

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、足関節捻挫後に起こる姿勢制御不全機構の解明を目的とし、バイオメカニクス手法を用いて、足関節捻挫既往者における姿勢制御戦略の特徴を明らかにしました。

臨床的バランステストを用いて、動作中の関節キネマティクス・身体重心・足圧中心・筋活動量などのバイオメカニクス変数を統合的に解析した結果、足関節捻挫既往者の姿勢制御能力が健常者よりも劣る特徴が浮き彫りとなりました。具体的には、足関節捻挫既往者は健常者と比較して、動作中における「前脛骨筋の筋活動量」・「内側広筋の筋活動量」が低く、「膝関節屈曲角度が小さい」ために、「身体重心の移動が制限されている」ことが示唆されました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、足関節捻挫後の姿勢制御不全機構を量的および質的（動作特徴）に解釈できることを世界で初めて立証したことに意義があります。また、本成果は、足関節捻挫後の姿勢制御不全に対する根拠に基づいた臨床的介入法の立案に繋がり、足関節捻挫再発予防プログラム開発への発展が期待されます。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to identify the mechanisms of postural control deficits that occur after an ankle sprain, and by using biomechanical methods, we characterized the postural control strategies in individuals with previous ankle sprains. We analyzed biomechanical variables such as joint kinematics, center of mass, center of pressure, and muscle activities throughout a clinical balance test. The results highlighted the characteristics of poor postural control ability in those with a previous ankle sprain compared to healthy subjects. Specifically, our findings suggested that “muscle activities in the tibialis anterior and the vastus medialis” were lower and “the knee joint flexion angle” was smaller, which “limited the shift of the body center of mass” in individuals with an ankle sprain compared to healthy people.

研究分野：スポーツリハビリテーション

キーワード：足関節捻挫 姿勢制御不全 動作分析 バランステスト

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ひとたび足関節捻挫を起こすと、足関節の安定性が失われ、異常な姿勢制御（姿勢制御不全）を呈する。姿勢制御不全それ自体が足関節捻挫再発のリスク因子であると考えられているため、リハビリテーション分野では評価に基づいた介入法の確立が求められている。

姿勢制御不全の機序については、①足関節の靭帯損傷による感覚入力阻害、②中枢神経系（脊髄や脳）による感覚情報統合と運動指令の不適合化、③足関節周囲筋の神経筋抑制および筋力低下、④筋による関節制御不全、が報告されている。上記①～④が破綻することにより、身体重心を支持基底面内に保持させることが困難となる。

スポーツ現場における姿勢制御能力の臨床的な評価法として、Star Excursion Balance Test (SEBT) が広く用いられている (図1)。対象者は片脚支持となり遊脚側を線に沿って最大限にリーチする課題をとる。このテストは、アウトカムである最大リーチ距離を姿勢制御能力として解釈する。特に、身体に対して後方および内方向にリーチさせる課題（後内側リーチ）において、足関節捻挫既往者は、健常者と比較して有意にリーチ距離の低値を示すことが明らかとなっている。リーチ距離を指標にして、リハビリテーションへ応用（評価に基づいた介入）するためには、リーチ距離という量的解釈だけでなく、リーチ動作の質的解釈も必要となる。

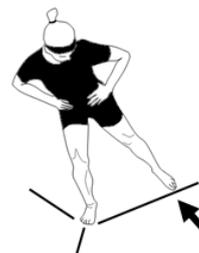


図1. SEBTリーチ動作
(図中→：最大リーチ距離)

動作の質的解釈には、身体キネマティクスの理解が重要である。申請者は、「足関節捻挫既往者は、足関節周囲筋の神経筋抑制によって足関節制御が不調となり身体重心位置が変わり、姿勢制御不全になる」と仮説を立てた。この仮説を実証するためには、評価項目として身体キネマティクスおよび足圧中心・筋活動データを同時に測定する必要がある、この仮説証明はリハビリテーション最適化にむけた介入点を明確にするという意義がある。

2. 研究の目的

本研究は、「足関節捻挫既往者における姿勢制御不全機構の解明」を目的とした。

3. 研究の方法

目標1) バイオメカニクス測定法の確立

前述した機序①～④の説明および解釈するためには、身体の関節キネマティクス、身体重心・足圧中心、筋活動などのバイオメカニクス変数を統合的に解析する必要がある。これらバイオメカニクス変数を統合解釈するために、複数の実験機器を同期させ、取得したデータを一つの解析セットに収束させるためのプログラム作成と実験手順を構築した。具体的には、三次元動作軌跡装置、床反力計、筋電計を同期し、取得したデータを一つのデータセットとして統合した。そして、SEBTリーチ動作を「動作の局面」で分け、各変数をまとめるためのプログラムを作成した。さらに、バイオメカニクス測定法の確立と並行して、被験者のリクルートおよび予備実験を実施した。予備実験の結果からサンプルサイズに関するパワー解析を行い、本実験で獲得すべきサンプルサイズを計算した。

目標2) 足関節捻挫既往者の身体重心制御の特徴解明

目標1で作成したプログラムを用い、三次元動作移籍装置、床反力計、筋電計を用い、キネマティクスデータと足圧中心位置、関節モーメント、筋活動量を計測した。まず、足関節捻挫群と健常群のキネマティクスデータを比較し、仮説である足関節運動と身体重心位置が異なっていることを検証した。さらに、2群における下肢筋活動と膝関節・股関節角度、関節モーメントも併せて解析し、リーチ動作の各動作局面におけるバイオメカニクス変数を、2群間で比較した。

目標3) バイオメカニクス変数とその他測定項目の統合的解釈

目標2によって得たデータをもとに、バイオメカニクス変数およびその他の測定項目に関して、探索的な解析を行い、足関節捻挫既往者における姿勢制御の機序を包括的に解析した。目標2で導き出した結果を基に、キネマティクスデータと足圧中心、筋活動データ、足関節柔軟性や足関節筋力との関係性を説明するために、共分散分析を用いて両群における各アウトカムの比較を行った。

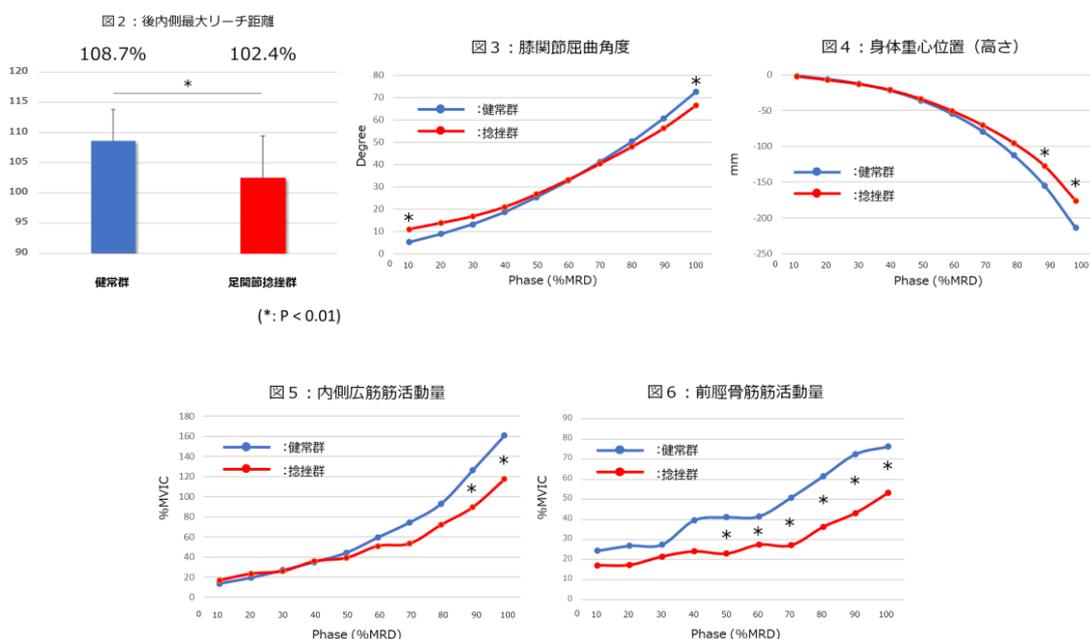
4. 研究成果

目標 1 に対する成果

バイオメカニクス測定法の確立について、複数の実験機器から得られたデータを一つのデータセットに集約させるためのプログラムを構築した。これによって、1名の解析者だけでなく、研究分担者誰もが解析できるシステムにすることができ、かつ、一度の解析によって多量のデータを整理することが可能となった。さらに、14名（捻挫群：7名、健常群：7名）に対して予備実験を行った結果、検出力90%、有意水準5%のパワー解析によって最低22名（各群11名）の被験者が必要であることが分かった。

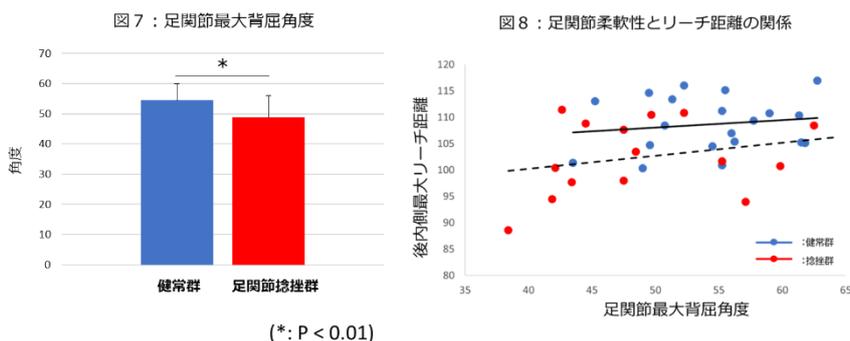
目標 2 に対する成果

最終的に研究参加可能となった被験者は、捻挫群15名、健常群20名であった。先行研究が示した通り、足関節捻挫群は健常群に比して、後内側リーチ距離が有意に低値を示した（図2）。また、足関節捻挫群と健常群のキネマティクスデータを比較した結果、捻挫群は健常群に比して、SEBTリーチ動作中の膝関節屈曲角度が小さく（図3）、身体重心位置が高かったことが明らかとなった（図4）。さらに、捻挫群は健常群と比較して、内側広筋（図5）および前脛骨筋（図6）の筋活動が低い、という結果が得られた。



目標 3 に対する成果

動作中の測定項目以外に、足関節柔軟性を評価し、比較解析した結果、捻挫群は健常群と比較して有意に足関節最大背屈可動域が低いことが明らかとなった（図7）。本研究におけるSEBTの動作試技は、片脚スクワット様の動作を取ることから、足関節背屈可動域制限は、膝関節屈曲角度および身体重心位置に影響を及ぼし、最大リーチ距離の低値に関連することが考えられた。しかし、足関節最大背屈可動域は、SEBT後内方最大リーチ距離に影響を及ぼさない因子であることが明らかとなった（図8）。上記目標2成果の結果と併せて考察すると、この結果は、足関節捻挫既往者の姿勢制御不全は、足関節の柔軟性低下に寄るところではなく、足関節あるいは膝関節の神経筋活動不全による関節不安定性が影響している可能性があるとして示唆された。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Nozu Shojiro, Johnson Kristin A., Tanaka Tsukasa, Inoue Mika, Nishio Hirofumi, Takazawa Yuji	4. 巻 18
2. 論文標題 The Accuracy of Ankle Eccentric Torque Control Explains Dynamic Postural Control During the Y-Balance Test	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Sports Physical Therapy	6. 最初と最後の頁 1113-1122
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.26603/001c.87760	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Shojiro Nozu
2. 発表標題 The accuracy of force control while ankle muscle is lengthening explains dynamic balance ability assessed by a clinical test
3. 学会等名 World Physiotherapy Congress 2023（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Shojiro Nozu
2. 発表標題 Comparison of Sensorimotor Control Strategies between Individuals with/without Chronic Ankle Instability during the Star Excursion Balance Test
3. 学会等名 2023 ASICS SMA Conference（国際学会）
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計1件

国際研究集会 The 2022 Combined Sections Meeting (CSM)	開催年 2022年～2022年
--	--------------------

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------