

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月26日現在

機関番号：32301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16563

研究課題名(和文) 足関節捻挫再受傷に関する新たな評価指標の策定-皮質脊髄路の可塑的变化に着目して-

研究課題名(英文) Development of the neurophysiological assessment index focusing on the plasticity of corticospinal pathway to prevent recurrent ankle sprains

研究代表者

二橋 元紀 (Futatsubashi, Genki)

上武大学・ビジネス情報学部・講師

研究者番号：20738017

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は足関節捻挫再受傷を予防するための新たな評価指標の策定を目指し、大学スポーツ競技選手を対象に、慢性的足関節不安定性(CAI)に伴う皮質脊髄路の可塑的变化を検証した。併せて、前向きコホート研究により足関節捻挫再受傷のリスク要因を検討した。本研究により、CAI群では長腓骨筋における皮質脊髄路興奮性指標の閾値、最大傾斜が増大することが明らかになった。第二に、18ヶ月間の前向き検討期間において新たに足関節捻挫を受傷した群では、受傷前のサイレントピリオドが長いことが明らかになった。以上より、足関節捻挫再受傷に中枢神経系の可塑的变化が関与しており、新たな評価指標として重要である可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、足関節の運動制御に関与するより高次を含んだ中枢神経系が慢性的足関節不安定性に伴い変わっていること、さらに皮質レベルの抑制度合いがより強いほどその後の足関節捻挫再受傷のリスク要因となりうることを明らかにした点で非常に新規なものであり、学術的意義を有する。これら結果より、足関節捻挫再受傷に対する神経生理学的な新たな機能評価指標を策定することができ、実際のリハビリテーション・プログラムに対しても応用していくことが可能となる。スポーツ外傷・障害の慢性化を予防し、スポーツを通じたより健康的な生活を生涯にわたって送っていく上でも、社会的意義が期待される。

研究成果の概要(英文)：This research project was conducted with the aim of confirming whether the corticospinal excitability and inhibitory are modified in legs with chronic ankle instability (CAI) in the competitive sports cohort. We investigated the relationship between the input-output curves of the corticospinal pathway in the peroneal longus (PL) muscle. Furthermore, we also conducted a prospective cohort analysis to identify neurophysiological factors related to the recurrent ankle sprain over 18 months. First, we found that the maximum slope and active motor threshold of the PL muscles were significantly higher in CAI ankles than in non-CAI ankles. Second, results of 18 months prospective cohort study reveal that silent period might be involved in risk factor for recurrent ankle sprains. Thus, our findings suggest that neurophysiologic assessment such as evaluation of the corticospinal pathway should be introduced in sports rehabilitation programs for prevention of recurrent ankle sprain and CAI.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：足関節捻挫再受傷 慢性的足関節不安定性 神経生理学的評価 皮質脊髄路

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

日本の学校管理下だけでも足関節捻挫の年間総数は 13 万件以上を超え、中学生、高校生は他の外傷・障害に比較して一番高い発症率であり、その予防は重要な課題である。

足関節捻挫がどうして繰り返されるのか？その一つの観点として、申請者は発育期コホート研究において、“受傷頻度”と再受傷リスクの関係性を明らかにし、若年期からの予防対策と再受傷の機序解明の重要性を提言した(Futatsubashi et al. 2014)。

足関節捻挫の予防・リハビリテーションに関する先行研究は多岐にわたるが、神経生理学的視点を加えることで、研究がさらに発展すると考え、申請者は新たな視点から運動制御と関連がある皮膚反射を用いて足関節捻挫の機序について取り組んできた。その中で足関節捻挫後の慢性的足関節不安定性(Chronic ankle instability: CAI)に関して、足関節内反捻挫を予防する長腓骨筋の皮膚反射応答がより抑制性に变化しており、適切な運動修正をできないことを明らかにするとともに(Futatsubashi et al. 2013)、初回足関節捻挫と 2 回目以降の足関節捻挫において、中枢神経系の回復過程が異なることから、可塑的变化が“受傷頻度”に応じて引き起こされる可能性を示唆した(Futatsubashi et al. 2016)。

一方、中枢神経系である皮質脊髄路興奮性に関して、同様に可塑的变化が引き起こされている可能性が考えられる。特に、足関節捻挫の“受傷頻度”という観点から皮質脊髄路興奮性の可塑的变化について検討することにより、神経生理学的に足関節捻挫再受傷に対する運動制御の更なる指標を明らかにすることができ、リハビリテーションにとっても重要な知見になると考えられる。

2. 研究の目的

上述した背景を踏まえ、本研究では従来、足関節捻挫再受傷に関して注目されてこなかった中枢神経系、特に皮質脊髄路興奮性の可塑的变化に焦点をあて、神経生理学的な評価指標の確立を目指した。

具体的に、運動制御に重要な役割を担う皮質脊髄路興奮性の可塑的变化に関して、皮質脊髄路の入出力特性と足関節捻挫後の慢性的足関節不安定性(CAI)および足関節捻挫受傷頻度との関係を明らかにすることを第一の目的とした。

また、運動制御の制限因子でもある身体的機能特性(姿勢安定性等)に関して同様に検討することで、足関節捻挫再受傷に関する評価指標を策定することを第二の目的とした。

最終的に、これらのアプローチにより得られた結果に関して、前向きコホート研究により、その評価指標の信頼性の検証を行うことを第三の目的とした。

3. 研究の方法

方法として、大学スポーツ競技選手を対象に神経生理学的アプローチ、臨床評価アプローチ、コホート研究アプローチの 3 アプローチを用いた。

【神経生理学的アプローチ】

予防動作(運動修正)の運動制御に重要と思われる皮質脊髄路に着目し、足関節捻挫受傷頻度および慢性的足関節不安定性(CAI)に関連した皮質脊髄路興奮性の可塑的变化を経頭蓋磁気刺激(Transcranial magnetic stimulation; TMS)を用いて検証した。

大学スポーツ競技のコホート集団選手(左右両側)を対象とし、Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT)スコアおよび受傷頻度から、慢性的足関節不安定性(CAI)群、CAI 予備群、Copers 群、コントロール群に細分化して、群間を比較検証した。

被験者に対して、座位にて最大随意筋活動の 20%に相当する等尺性足関節外反筋力(長腓骨筋)を発揮させ、課題中にダブルコーンコイルを使用して、一次運動野に TMS を与え、長腓骨筋、前脛骨筋より運動誘発電位(Motor evoked potential; MEP)を記録した。TMS の刺激強度を閾値下 10%から 5%刻みで段階的に上げていき、MEP が、概ね定常値(Plateau value)に達するまで記録した。得られた MEP データの振幅値(peak to peak 値を Mmax で標準化)に対してシグモイダル・カーブをフィッティングすることにより入出力曲線(Input-Output curve)を描き、皮質脊髄路興奮性調節の指標である入出力特性として最大傾斜(Maximum slope)、定常値(Plateau value)、閾値(Threshold)の 3 つのパラメータを算出した。一方で、抑制性の指標として定常値に達した強度における Silent period(SP)を算出した。

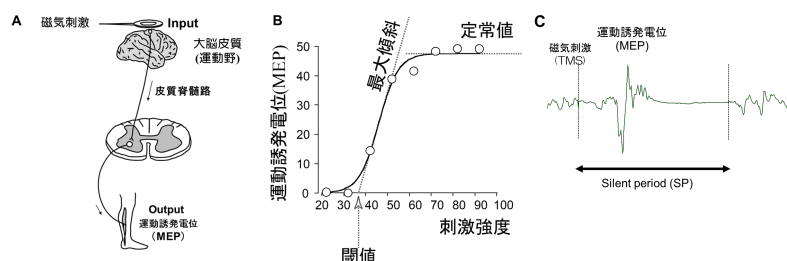
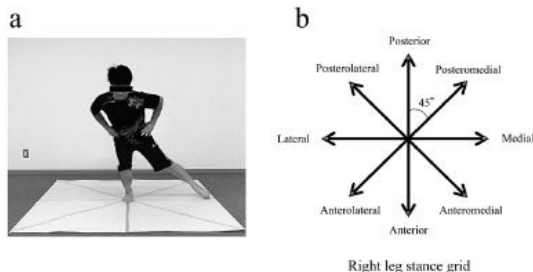


図 1. A. 経頭蓋磁気刺激(TMS)により、筋から応答(MEP)を記録するまでの神経経路(皮質脊髄路)。B. 皮質脊髄路入出力特性(Sekiguchi et al. 2007)。最大傾斜(Maximum slope)、定常値(Plateau value)、閾値(Threshold)の 3 つのパラメータを算出。C. 定常値に達した強度における Silent period(SP)を算出。

【臨床評価アプローチ】

CAIT を用いた慢性的足関節不安定性の評価、動的バランス評価(Star Excursion Balance Test : SEBT)および下肢関節可動域評価(股関節、膝関節、および足関節)、タイトネステスト、全身弛緩性テスト等を実施した。

図 2. Star Excursion Balance Test : SEBT (Yanagisawa et al. 2018)



【前向きコホートアプローチ】

上述した大学スポーツ競技のコホート集団選手を対象として、その後の足関節捻挫発生状況を継続的に 18 ヶ月間追跡調査(前向き検討)し、足関節捻挫発生のリスク要因を検証した。

4. 研究成果

【神経生理学的アプローチ】

皮質脊髄路興奮性調節の指標である入出力特性として最大傾斜(Maximum slope)、定常値(Plateau value)、閾値(Threshold)の 3 つのパラメータを算出した結果、コントロール群に比較して CAI 群、CAI 予備群および Copers では長腓骨筋における皮質脊髄路の閾値が高くなり、最大傾斜は CAI 群のみ増大することが明らかになった。一方で、定常値に関しては群間での相違は認められず、サイレントピリオドは CAI 群で潜時が長くなる傾向にあった。

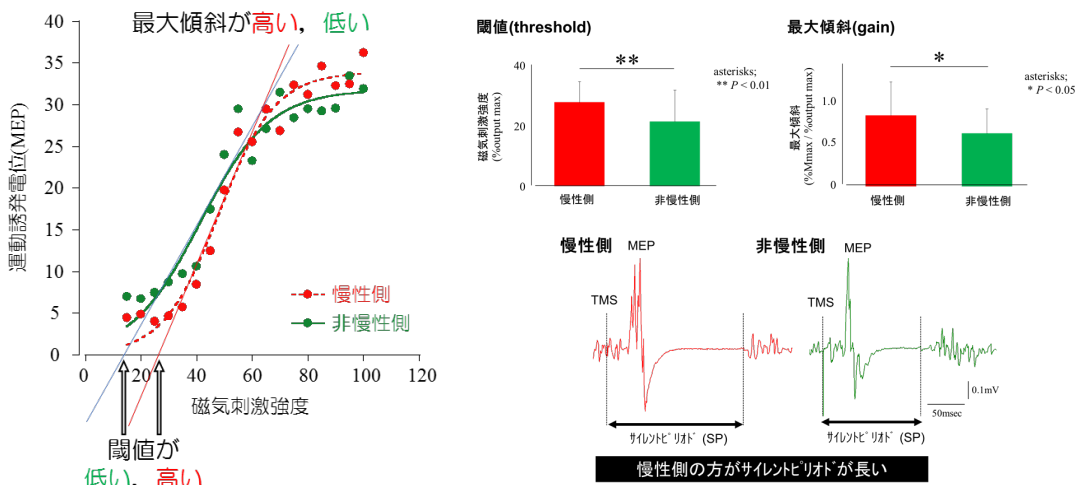


図 3. 慢性的足関節不安定性を示す慢性側では、長腓骨筋の皮質脊髄路の入出力特性として最大傾斜、閾値が増大した。また、慢性的足関節不安定性側で、サイレントピリオドが長くなった。(2017 日本体力医学会学会大会 in 愛媛にて学会発表)

一方で、受傷頻度別で比較した結果でも、一回も足関節捻挫を受傷したことがないコントロール群に比較して、1 回、2 回以上、4 回以上受傷している群では閾値が高かった。また、最大傾斜も 4 回以上受傷群では高くなった。

以上より、足関節捻挫の反復受傷に伴い、足関節内反捻挫の予防にも関与する長腓骨筋において、皮質脊髄路興奮性の閾値が高くなるとともに、最大傾斜の面でも可塑的变化を起こしていることが明らかになり、慢性的足関節不安定性(CAI)につながってくる可能性が示唆された。

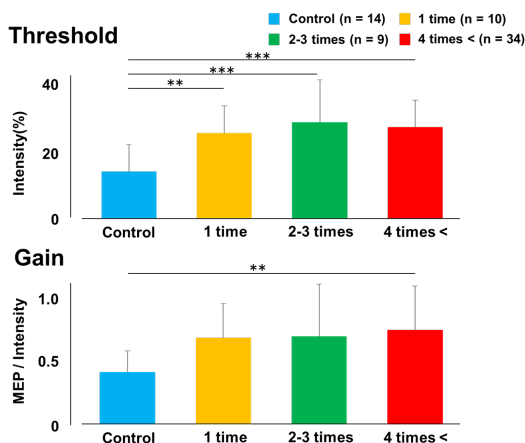


図 4. 慢性的足関節不安定性を示す慢性側では、長腓骨筋の皮質脊髄路の入出力特性として最大傾斜、閾値が増大した。(学会発表等は未発表)

【臨床評価アプローチ】

SEBT スコアでは、CAI 群と非 CAI 群との比較において顕著な相違を認めなかった。

一方で、各関節可動域評価、および下肢タイトネステストにおいて、股関節外旋可動域、足関節背屈可動域に群間で異なる傾向にあることが明らかになった。

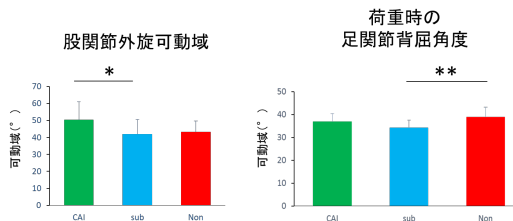


図 6. 股関節外旋可動域、足関節背屈角度に群間で相違点が認められた。(学会発表等は未発表)

【前向きコホートアプローチ】

18 ヶ月間の前向き調査の結果、足関節捻挫受傷が 18 例で、非受傷が 46 例であった。受傷群と非受傷群で比較検討すると、受傷群の閾値が高い傾向にあった。一方で、サイレントピリオドの潜時が長かったことが明らかになった。以上より、皮質における興奮性が低下し、抑制性が高まっていることが、その後の足関節受傷のリスク要因の一つとして考えられた。

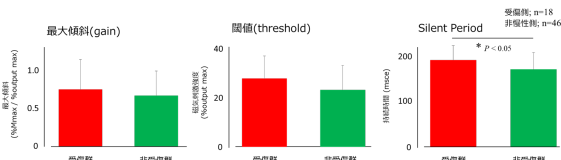


図 7. 前向き検討による外傷調査によって、受傷群ではサイレントピリオドが長かった。(学会発表等は未発表)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Side-to-side difference in dynamic unilateral balance ability and pitching performance in Japanese collegiate baseball pitchers. Yanagisawa O, Futatsubashi G, Taniguchi H. Journal of Physical Therapy Science, 30(1), 58-62, 2018 DOI: 10.1589/jpts.30.58

〔学会発表〕(計 4 件)

ドロップ着地における落下高が姿勢の安定性と筋活動に及ぼす影響. 2018. 9. 第 73 回日本体力医学会大会 (福井) 小倉彩音、松本奈々、二橋元紀、井田博史

慢性的足関節不安定性における皮質脊髄路興奮性の変容. 2017. 9. 第 72 回日本体力医学会大会 (愛媛) 二橋元紀、佐藤大志、箕輪洗洋、岡田卓也、関口浩文、小宮山伴与志

Change in the cutaneous reflexes during walking in patient with chronic ankle instability. 2016. 11. Neuroscience2016, San Diego (Society for neuroscience) Futatsubashi G, Suzuki S, Ohtsuka H, Komiyama T.

慢性的足関節不安定性における足関節肢位変化と皮膚反射機構との関係性. 2016. 9. 第 71 回日本体力医学会大会 (岩手) 二橋元紀、笹田周作、鈴木伸弥、小宮山伴与志

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：

番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。