

〔博士論文要約〕

論 文 題 目 名

足関節不安定性を伴う姿勢制御能力の評価法

令和2年度

野 津 将 時 郎

筑波大学大学院人間総合科学研究科スポーツ医学専攻

足関節捻挫は、発生率・再発率ともに高い確率を示すスポーツ傷害である。ひとたび足関節捻挫を引き起こすと、慢性的に症状が残存し、自覚的不安定感と複数回の捻挫を繰り返すことを特徴とする慢性足関節不安定症（Chronic ankle instability : CAI）へと進行する。CAI は、競技パフォーマンスのみならず、変形性足関節症への進行が早いことや生活の質を低下させることから、世界的に捻挫再発予防の関心が高まっている。

足関節捻挫を有したアスリートは、感覚運動機能不全によって生じる足関節不安定性が残存している状態で競技復帰する可能性が高い。足関節不安定性を伴う競技動作中の姿勢制御不全は、足関節捻挫の再発危険因子になり得ると懸念されている。したがって、足関節捻挫後の感覚運動機能不全に対する介入法の開発は急務となっている。

しかし現状として、足関節捻挫後の感覚運動機能不全に対する効果的な介入法のエビデンスはまとめられていない。その理由は、過去のランダム化比較試験（Randomized controlled trial : RCT）によって用いられた感覚運動機能を評価するためのアウトカムが多種多様であることが挙げられる。RCT 間でアウトカムが異なると、研究間における異質性が高まり、結果の統合と解釈は困難である。また、RCT で用いるべきアウトカムは一般的に、共通で統一的事であること、また、測定信頼性や評価の妥当性が担保されていることが重要である。さらに、スポーツ傷害予防を目的とした介入研究において、評価を基に問題の所在を明らかにし、介入効果の検討を行う必要があると言われている。したがって、足関節捻挫再発に関する問題は、感覚運動機能に対する適切な評価に関する理解にある。よって本研究の目的を、足関節不安定性の評価に関するエビデンス構築とした。

第一課題として、近年の RCT における足関節捻挫および CAI の感覚運動機能評価をまとめ、共通的に用いられているアウトカムに関する情報を整理する目的で、スコーピングレビューを行った。2008 年から 2018 年に公表された RCT を収集した結果、計 31 件の論文が採用された。それぞれの研究が用いたタスクを分類し、アウトカムを抽出した。結果として、Star Excursion Balance Test (SEBT) の後内方リーチ距離が研究者によって最もよく用いられていたことが判明した。SEBT のリーチ距離は、動的姿勢制御能力を反映すると解釈されている。

しかし、SEBT 後内方リーチ動作時の姿勢制御戦略に関する研究には、バイオメカニクスの研究の方法論に問題があったため、実際にリーチ距離の増減が姿勢制御能力を反映し得るかに関する根拠が不足していた。ゆえに、SEBT 後内方リーチにおける足関節不安定性を伴う姿勢制御戦略に関して、動作中のバイオメカニクス変数を説明するエビデンスは十分に確立されておらず、アウトカムである後内方リーチ距離を用いた介入法検討への応用は困難であることが考えられた。

そこで第二課題では、床面条件を二つに分け、安定面条件と不安定面条件における SEBT 後内方リーチ距離と動作中の姿勢制御戦略を比較する目的でバイオメカニクス研究を行った。本研究では、健常人に対して不安定な床面で動作を行わせ、姿勢制御戦略を変化させる目的でフォームパッドを用いた。

男女 20 名の健常成人に対して、安定な床面と不安定な床面条件の両条件下で SEBT 後内方リーチ動作を 3 秒で最大リーチに達するよう行わせた。3 次元動作解析装置と赤外線カメラ 10 台、床反力計を用いて、SEBT 後内方リーチ中の 1) 後内方最大リーチ距離 (Maximum reach distance : MRD)、2) 矢状面・前額面・水平面における足関節・膝関節・股関節・体幹角度、3) 重心および足圧中心の前後左右における位置・偏位データを収集した。各条件間の最大リーチ距離比較には、対応のある t 検定を用いた。リーチ距離に伴う姿勢制御戦略の評価には、条件とリーチ距離に応じた局面 (MRD に対して 10 分割 : 10%MRD から 100%MRD) における交互作用を確認するために二元配置反復測定分散分析を用いた。事後検定にはボンフェローニ法を用いた。有意水準は 5%未満とした。

結果として、不安定な床面条件で最大リーチ距離は有意に低下した。また、足関節背屈角度、足関節外旋角度、体幹屈曲角度において、条件間とリーチ距離に交互作用を認め、不安定な床面条件がリーチ動作中の姿勢制御戦略を変化させたことが示唆された。不安定な床面条件における重心と足圧中心は全局面において外側に位置しており、また、いくつかの局面において前方偏位していたことが確認された。

不安定な床面上で SEBT 後内方リーチ動作を行った際に、リーチ距離に伴う関節キネマティクスと重心および足圧中心の動態が変化することを確認した。特に、リーチ動作局面の 50%MRD 以降において、足関節外旋角度に交互作用を認め、不安定な床面条件では有意に低値を示した。つまり、リーチ動作後半において足関節における制御戦略が変化したことが示唆された。また、不安定な床面条件における重心および足圧中心の外側位置や前方偏位は、後内方向に移動する身体がバランスを崩さないための過度な代償応答であると考えられた。そして、代償動作の結果として最大リーチ距離が低下したことが考えられる。これらの結果は、アウトカムとしての SEBT 後内方リーチ距離と姿勢制御戦略に関する理解に役立つと考えられる。今後の応用として、SEBT 後内方最大リーチ距離や最大リーチ時点の動作評価のみならず、動作中の足関節制御や重心および足圧中心を評価することが、足関節不安定性の評価および介入検討の一助となり得ると考える。

本研究の成果は、1) 過去の RCT において、足関節捻挫後および CAI における感覚運動機能評価のアウトカムには、SEBT の後内方リーチ距離が最もよく用いられていたことを明らかにしたこと、2) SEBT の後内方リーチ距離は、姿勢制御戦略変化を評価するアウトカムになり得るという新たなエビデンスを提供したことが挙げられる。

今後は、本研究の解析的方法論を用いて、実際に足関節捻挫および CAI を有する者の姿勢制御戦略を健常者と比較検証する必要がある。また、本研究の知見を用いて、足関節制御に注目した姿勢制御向上に対する介入法の開発と効果検証が必要である。本研究は、SEBT 後内方リーチ距離というアウトカムが、足関節捻挫後に起こる足関節不安定性を伴う姿勢制御能力の評価になり得るエビデンスを一部提供したものとする。