

令和 5 年 6 月 30 日現在

機関番号：34438

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2022

課題番号：17K01704

研究課題名（和文）足関節底屈位による片脚立ちバランストレーニングが足関節神経筋調節機能に及ぼす影響

研究課題名（英文）Effects of Single-Leg Balance Training with Ankle Plantar Flexion on Ankle Neuromuscular Regulation

研究代表者

井口 理（Iguchi, Makoto）

関西医療大学・保健医療学部・講師

研究者番号：00531253

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：足関節が構造的に不安定となり、足関節捻挫が最も発生しやすい足関節底屈位での片脚立ちバランストレーニングによって、片脚立ち中の足関節安定性に及ぼす影響を検証した。4週間のトレーニングでは、足圧中心を前後方向に移動させることでバランスを保とうとすることが明らかとなった。また、足趾力は向上し、さらに軸足と蹴り脚とでは片脚立ち中の神経筋調整機能に違いがあることが明らかとなった。同時に、蹴り脚に対するトレーニングの効果は4週間である程度は期待できるが、軸足に対するトレーニング効果は4週間では十分でないことが明らかとなった。トレーニング8週間で行った際の知見はこれから明らかにする予定である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、足関節底屈位での4週間の片脚立ちバランストレーニングによって、足関節の安定性の指標である足圧中心軌跡長が増加するという結果を得た。本来、足圧中心軌跡長はトレーニングによって低下するというのが一般的な理解であるが、逆の結果を得たことは非常に意義深いと考えられる。また、軸足と蹴り足とでは足関節神経筋調整機能に相違があるため、トレーニングを行う際は蹴り足と軸足とでは帰る必要があることが示唆された。これらの知見がトレーニング期間を8週間に延長した際にどのように変わるかを明らかにする。また、新たな知見が明らかになることが期待される。

研究成果の概要（英文）：The effect on ankle joint stability while standing on single leg was examined by training the ankle joint in plantar flexion position, where the ankle joint becomes structurally unstable and ankle sprains are most likely to occur. 4 weeks of training revealed that the subjects attempted to maintain balance by moving the foot pressure center in the anteroposterior direction. The toe strength was also improved. The toe strength was improved, and the neuromuscular coordination function during one-leg stand was different between the axis leg and the kicking leg. At the same time, it became clear that the effect of training on the kicking leg could be expected to a certain extent after 4 weeks, but that 4 weeks was not sufficient for the effect of training on the axis leg. Findings from an 8-week training period will be presented in the near future.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：足関節動揺性 足関節捻挫 片脚立位 バランストレーニング SLBT

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

足関節捻挫予防のトレーニングは片脚立ちや両脚立ちを足関節が中立位または背屈位となる姿勢で通常行われる。しかし、足関節捻挫で最も多い内返し捻挫は、足関節が中立位ではなく底屈位で発生することが多い。即ち、通常の予防トレーニングでは捻挫が発生しやすい肢位での改善ができず、予防効果が十分に得られない可能性がある。

足関節中立位はクローズドバックポジションとなるため、下肢遠位の自由度が制限され足関節は安定する。それに対して、足関節底屈位はオープンバックポジションとなり、足関節は構造的に不安定となる。即ち、矢状面上においては脛骨の距骨関節面と距骨滑車との接触面積が足関節中立位と比較して小さくなるため関節は不安定となる。また、前顎面上においても足関節底屈位では距骨滑車の幅が狭い後部が脛骨の距骨関節面と関節するため、やはり関節は不安定となる。従って、足関節捻挫予防のトレーニングの効果をより高めるためには、足関節が不安定となり内かえし捻挫が発生しやすい底屈位における神経筋機能を強化する必要がある。

また、足関節捻挫の予防トレーニング効果は足関節の安定性に何らかの有効性を示したものの、そのメカニズムについては明らかにされていない。その理由として、予防トレーニングを行う際の足関節肢位と同様に、通常の片脚起立テストでは難易度が低すぎるため CAI 患者と健常者を識別することはできず、評価の妥当性を上げるためにはより難易度の高いタスクを行わせる必要がある。

2. 研究の目的

矢状面における足関節肢位及び床面を不安定にしてタスクの難易度を上げた片脚立ちバランストレーニングを 8 週間行い、同じく難易度を上げた条件で足関節の動揺度合いに与える影響を検証し、足関節捻挫予防のトレーニング方法に示唆を与える。

3. 研究の方法

(1) 4 週間の足関節底屈位で不安定となる床面上での片脚立ちバランストレーニングが、足関節の安定性に及ぼす影響

一般大学生 11 名(男性 5 名、女性 5 名、身長 167.3 ± 10.8 cm、体重 58.8 ± 12.8 kg、年齢 20.7 ± 1.4 歳)が実験に参加した。介入は開眼片脚立ちバランストレーニングを、足関節底屈 39° の傾斜台にバランスマットを置いた上で、1 回のトレーニング時間は合計 20 分、頻度は 1 日 1 回として週に 5 日、4 週間連続して行った。コントロール群は対側の脚とした。計測は、平坦な床上(中立位条件: C1)、中立位条件にバランスマットを置いた床上(中立位マット条件: C2)、足関節が 25° 底屈位となる床上(底屈位条件: C3)、底屈位条件にバランスマットを置いた床上(底屈位マット条件: C4)の 4 条件で開眼片脚立を行い、足圧中心 (COP) の軌跡長をインソール型足圧分布測定装置(F-scan II :Nitta 社製)で測定した。分析は、介入前後で各床上における COP 軌跡長の変化を検証するために対応のある t 検定($p < .05$)を行った。さらに、軸足群と蹴り足群、3 回以上捻挫群と 2 回以下捻挫群に群分けし同様に分析した。

(2) 足関節底屈位となる不安定な床面上における片脚立ちバランストレーニングが左右の足趾力に及ぼす影響

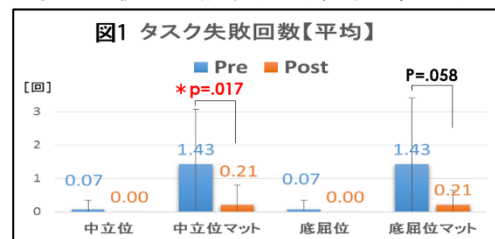
トレーニングの前後で足趾力計を用いて足趾力を計測した。統計処理はトレーニング前後における足趾力の変化を検証し、その後、軸足と蹴り足に分けてトレーニングによる変化を検証した。各々対応のある t 検定 ($p < .05$) を用いて検証した。

(3) 足関節底屈位による片脚立ちバランストレーニングが足関節神経筋調節機能に及ぼす影響

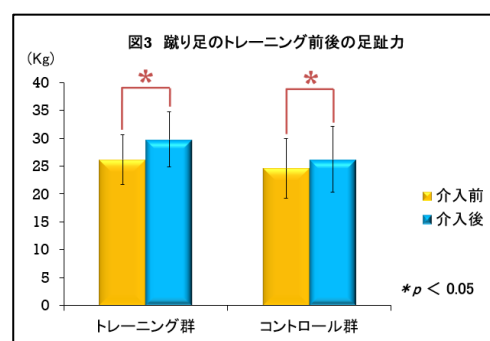
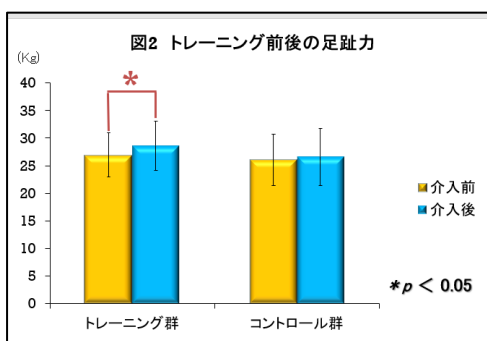
トレーニング介入前の実験には一般男子大学生 25 名が参加し、そのうち 12 名がトレーニング介入とその後の計測に参加した。1 回のトレーニング時間は片脚の合計時間を 5 分間、頻度は 1 日 1 回として週に 5 日、8 週間連続して左右の脚で行った。トレーニング群は片脚つま先立ちバランストレーニング、コントロール群はバランスマットトレーニングを行った。3 次元動作解析のデータ収集には VICON、表面筋電計は Delsys、床反力計を用いて、上記 4 床条件での片脚立ちバランステスト(SLBT)、落とし床装置、ドロップジャンプなどを行っている際のキネティック、キネマティックデータを採取した。これらの計測はトレーニング前後で行った。

4. 研究成果

(1)床条件ごとにトレーニング前後の足関節の動揺度合いに差があるかを検証した結果、中立位条件における COP 軌跡長(前-後)がトレーニング後に大きくなる結果を示した。これは、片脚起立時の COP の位置変化は、足関節のトルク発揮の大きさを変化させることで生じるが、関節位置を意図的に保つタスクでは、筋紡錘の活性化による伸張反射が生じる。本トレーニング介入で用いた床面条件は、トルク発揮が得られにくく反射性の神経筋機構が働いたと考えられる。そのため、両床条件では発揮する筋収縮様式が異なり、負の逆行性転移が働いたと考えられる。また、タスクの失敗回数を床条件ごとにトレーニング前後で比較した結果(図 1)、中立位マット条件で有意に減少したことから、COP が前後方向に大きく崩れながらも台の上に乗続けられるようになったことが明らかとなった。即ち、バランス能力の高さは必ずしも COP 軌跡長が小さいということではないことが示唆された。今後はトレーニング期間を長くすることでこれらの値がどのように変化するかを検証する必要がある。



(2)トレーニング群は統制群と比較して有意に高い値 ($p = .026$) を示した(図 2)。また、蹴り足においてはトレーニング群、コントロール群ともに有意に高い値 ($p = .029$) を示した(図 3)。



即ち、足関節が構造的に不安定となる肢位による 4 週間のバランストレーニングによって足趾力は向上することが示された。同時に、片脚立ち中の足趾筋力発揮に関わる神経筋調整

機能には左右差があることが示された。蹴り足はバランス能力が未熟な脚であり、高い静的バランス能力を要求した実験条件に対して、足趾力によりバランスを調節したと考えられる。日常的に体重支持やバランス保持に働くとされる軸足については、4週間ではトレーニング効果が現れなかった。また、蹴り足に生じたバランストレーニングの効果が両側性転移によって、軸足に正の運動転移をもたらしたことが示唆された。従って、足趾力を向上させるためには左右差を考慮したトレーニングを行う必要があることが示唆された。

(3)コロナの影響により実験が滞り、トレーニング介入後のデータが採取できないなど遅れが生じたが、現在は全てのデータの採取が完了し分析を進めているところである。今後は、研究から得られた知見を学会発表や雑誌論文投稿を行い、広く世間に公開する予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 井口理、二又彩華、高須菜摘
2. 発表標題 足関節底屈位で不安定となる床面上での片脚立ちバランストレーニングが足首の動揺性に及ぼす影響
3. 学会等名 日本柔道整復接骨医学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 渡辺泰平、二又彩華、高須奈摘、三好翔馬、東依里奈、井口理
2. 発表標題 足関節底屈位となる不安定な床面上における片脚立ちバランストレーニングが左右の足趾力に及ぼす影響
3. 学会等名 日本柔道整復接骨医学会
4. 発表年 2017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
研究分担者	下河内 洋平 (shimokouchi yohei) (80465632)	大阪体育大学・体育学部・教授 (34411)	
研究分担者	篠原 純司 (shinohara junji) (40622048)	九州共立大学・スポーツ科学部・教授 (37101)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究 分 担 者	寺田 昌史 (terada masahumi) (50779064)	立命館大学・スポーツ健康科学部・講師 (34315)	

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0件

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