

令和 5 年 6 月 7 日現在

機関番号：34315

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K19433

研究課題名（和文）Breathing out Ankle Instability: Addressing Impairments in Diaphragm Function associated with Chronic Ankle Instability

研究課題名（英文）Breathing out Ankle Instability: Addressing Impairments in Diaphragm Function associated with Chronic Ankle Instability

研究代表者

寺田 昌史 (Terada, Masafumi)

立命館大学・スポーツ健康科学部・講師

研究者番号：50779064

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は足関節捻挫既往歴や慢性足関節不安定症（CAI）を有する者を対象に、呼吸トレーニング介入の効果を検証することを目的とした。6週間の呼吸エクササイズプログラムはCAIを有する者の主観的足関節安定性を向上させることが明らかになった。また、6週間の呼吸トレーニングは、足関節既往歴を有する競技者の動的バランス、呼吸パターン、および横隔膜の機能の改善に有効である可能性が示唆された。横隔膜機能の改善を目的とした呼吸エクササイズをCAIや足関節捻挫のリハビリテーションや予防トレーニングに取り入れることは、CAIや足関節既往歴を有する者に対して有益な効果をもたらす可能性がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、横隔膜の機能を改善することを目的とした呼吸エクササイズ処方により慢性足関節不安定症を有する者の横隔膜の機能が改善され、身体的・主観的機能が向上する可能性が高いと期待される。また、本研究の成果は、慢性足関節不安定症の継続による二次的障害の予防、捻挫後の安定性の再獲得および向上に有効な治療プログラムを開発することにつながる。さらには、本研究により得られた知見は、効果的な足関節捻挫の再発予防のトレーニングやリハビリテーションの指導現場に提案することができ、足関節捻挫再発予防の介入方法に対して新たな科学的知見を加えることができると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to investigate the effectiveness of a diaphragmatic breathing exercise program in improving self-reported instability, dynamic postural control, diaphragm function, and breathing patterns among individuals with chronic ankle instability (CAI) and a history of lateral ankle sprain. A 6-week diaphragmatic breathing exercise program improved outcome measures related to self-reported instability, dynamic postural control, diaphragm function, and breathing patterns in the diaphragmatic breathing exercise program group while these outcome measures did not change in the control group. A 6-week MBEP may be effective in improving self-reported stability, dynamic balance, diaphragm function, and a biomechanics dimension of breathing patterns. Incorporating diaphragmatic breathing exercises in rehabilitation and prevention programs may have beneficial effects in individuals with CAI and a history of lateral ankle sprain.

研究分野：リハビリテーション科学

キーワード：横隔膜 呼吸 足関節捻挫

1. 研究開始当初の背景

足関節捻挫は、我々の日常生活や、運動、スポーツの中で最も頻繁に生じる運動器外傷である (Doherty et al, 2014). さらに、足関節捻挫の再受傷率は 80%と高く、不安定感や疼痛などの後遺障害が残存し慢性足関節不安定症 (Chronic Ankle Instability, 以下 CAI) などの二次的障害に進行するとされている (Gribble et al, 2016). 加えて、繰り返しの足関節捻挫により、将来の変形性足関節症の発症リスクを高め、社会的損失および健康寿命の低下に繋がることが示唆されている (Gribble et al, 2016). よって、足関節捻挫およびその後遺症である CAI に対してより効果的な治療・予防戦略の立案および検証が最重要課題の一つであると言える。

足関節捻挫後に伴う感覚入力の異常が慢性的に続くと、本来「異常」である感覚入力および運動成果を「通常」と認識するようになり (Needle et al, 2017), 小脳内に蓄積された運動記憶が書き換えられ、中枢神経系による代償運動が行われると考えられている (Terada et al, 2019). 近年の先行研究にて、CAI 症例において、中臀筋や大臀筋等の近位筋の活動パターンが健常者と異なることが報告されている (McCann et al, 2017). また、Terada et al. (2016) は健常者と比較して、CAI を有する者は横隔膜の機能が低下していることも観察している。横隔膜は呼吸のみならず姿勢制御にも関わる重要な筋肉であるといわれているため (Hodges et al, 1997), この研究結果により CAI 患者における横隔膜の機能低下が姿勢制御に影響を及ぼす可能性が示唆されている。

これまでの足関節捻挫および CAI の運動療法では主に筋力やバランス能力の向上を目的としたエクササイズが用いられることが多い (Song et al, 2018). しかし、先行研究からは従来の筋力やバランストレーニングでは、明確に足関節捻挫後および CAI で確認されている心身の機能障害の改善につながるとはいえない (Song et al, 2018). 先行研究により呼吸と横隔膜がもたらす姿勢および体幹の安定性への貢献が明らかになり (Hodges et al, 1997), 慢性腰痛を有する患者を対象とした先行研究では、呼吸を活用したエクササイズや横隔膜の機能改善を目的としたエクササイズの有用性が報告されている (Courtney, 2016). しかしながら、足関節捻挫既往歴や CAI を有する者を対象とし呼吸および横隔膜の機能改善を目的とした呼吸トレーニングプログラム効果を検証した研究はない。

2. 研究の目的

本研究では足関節捻挫既往歴や CAI を有する者を対象に、呼吸トレーニング介入の効果を検証することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究の目的を達成するために、研究課題①～②を検証した。

(1) 研究課題①

研究課題①では、横隔膜機能を改善することを目的とした呼吸エクササイズの処方が CAI を有する者の主観的足関節安定性に及ぼす影響を検証した。研究課題①は、一重盲検ランダム化比較試験にて実施した。CAI を有する者 16 名をランダムに呼吸トレーニング群とバランストレーニング群に割り当てた。研究参加者は、呼吸エクササイズ、または、バランストレーニングを 45 分間、週 2 回連続 6 週間実施した。介入前後において、運動時における主観的足関節不安定性評価質問票 (Cumberland ankle instability tool, 以下 CAIT) を用いて主観的安定性を評価した。

(2) 研究課題②

研究課題②では、足関節捻挫の既往歴を有するアスリートを対象とし、呼吸トレーニングが動的バランス、呼吸パターン、および横隔膜の機能にもたらす効果を検証した。足関節捻挫の既往歴を有した大学生アスリート 38 名をランダムに (i)呼吸トレーニング群 (n=17 名; age=20.1±1.1yrs; height=176.5±7.0cm; mass=69.8±8.4kg), または、(ii)統制群 (n=21 名; age=20.5±1.2yrs; height=172.6±6.3cm; mass=66.7±5.9kg) の 2 条件に割り振った。呼吸トレーニングの介入は横隔膜機能の改善・向上を目的とした呼吸エクササイズを 30 分、週 2 回を連続 6 週間実施した (介入セッション回数=12 回)。呼吸トレーニング群：横隔膜機能の改善・向上を目的とした呼吸エクササイズを 30 分間、週 2 回連続 6 週間実施する。呼吸エクササイズのリストは、表 1 に示す。介入開始前および介入終了後にて、動的バランス、呼吸パターン、横隔膜機能の測定を計 2 回実施し介入効果を検証した。

表 1. 呼吸エクササイズリスト

| ID# | エクササイズ | 回数または時間 | セット数 | ID# | エクササイズ | 回数または時間 | セット数 | ID# | エクササイズ | 回数または時間 | セット数 |
|----------|------------|----------|----------|-----|-----------------|----------|------|-----|-------------|----------|------|
| Week 1-2 | | | Week 3-4 | | | Week 5-6 | | | | | |
| 1 | 息止め | 1回 | 1 | 1 | 息止め | 1回 | 1 | 1 | 息止め | 1回 | 1 |
| 2 | 息止め 歩行 | 10回 | 1 | 2 | 息止め 歩行 | 10回 | 1 | 2 | 息止め 歩行 | 10回 | 1 |
| 3 | 息止め ジョギング | 10回 | 1 | 3 | 息止め ジョギング | 10回 | 1 | 3 | 息止め ジョギング | 10回 | 1 |
| 4 | ボディスキヤン | 呼吸回数:10回 | 3 | 4 | ボディスキヤン | 呼吸回数:10回 | 3 | 4 | ボディスキヤン | 呼吸回数:10回 | 3 |
| 5 | 覚醒呼吸 | 呼吸回数:10回 | 3 | 5 | 覚醒呼吸 | 呼吸回数:10回 | 3 | 5 | 覚醒呼吸 | 呼吸回数:10回 | 3 |
| 6 | 赤ちゃん呼吸 | 呼吸回数:10回 | 3 | 6 | 赤ちゃん呼吸 | 呼吸回数:10回 | 3 | 6 | 赤ちゃん呼吸 | 呼吸回数:10回 | 3 |
| 7 | 横隔膜呼吸チェック | 呼吸回数:10回 | 3 | 7 | 横隔膜呼吸チェック/腹圧アップ | 呼吸回数:10回 | 3 | 7 | ダウンドッグ | 呼吸回数:10回 | 3 |
| 8 | 膝抱え | 呼吸回数:10回 | 3 | 8 | キャットバック | 呼吸回数:3回 | 3 | 8 | 側屈/後屈/前屈 | 呼吸回数:10回 | 3 |
| 9 | スフィンクス | 呼吸回数:10回 | 3 | 9 | オール4ペリー | 呼吸回数:5回 | 5 | 9 | ランジツイスト | 呼吸回数:3回 | 3 |
| 10 | 鎌のポーズ | 呼吸回数:5回 | 3 | 10 | チャイルドポーズ | 呼吸回数:6回 | 3 | 10 | ロールアップ&ダウン | 呼吸回数:10回 | 3 |
| 11 | 吹き矢 (50cm) | 呼吸回数:10回 | 3 | 11 | 吹き矢 (100cm) | 呼吸回数:10回 | 3 | 11 | 吹き矢 (150cm) | 呼吸回数:10回 | 3 |
| 12 | 吹上パイプ | 1分 | 3 | 12 | 吹上パイプ | 1分 | 3 | 12 | 吹上パイプ | 1分30秒 | 3 |

動的バランス能力は、スター・エクスカージョン・バランス・テスト (Star Excursion Balance Test : SEBT) を用いて評価し、特に下肢関節外傷後の身体機能測定に有用とされる前方・後内側・後外側方向を実施した。安静時の呼吸パターンは、Hi-Lo テストおよび胸郭拡張テストを用いて評価した。Hi-Lo テストでは、立位姿勢の研究参加者の右手を胸部に左手を腹部に置き、安静呼吸中の胸部および腹部に置かれている手の動きを視診することで、呼吸パターンの評価を行った。胸郭拡張テストでは、実験測定者が第9肋骨と第10肋骨を側方から触診を行い、安静呼吸中の肋骨の運動から評価を行った。安静呼吸中の横隔膜の吸気と呼気における筋厚および筋厚変化率、可動性、呼吸時間を超音波診断装置 (LOGIQ S7 Expert, GE Healthcare) にて評価した。筋厚の撮像では、左右の第9肋骨と前腋窩線と中腋窩線の間で交わる点で胸郭に対して垂直にプローブを当てた。可動性は右側の肋骨下縁と右側の鎖骨中央線が交わる地点にて計測した。超音波画像の撮像は、背臥位 (膝関節 90° 屈曲位) にて実施した。

4. 研究成果

(1) 研究課題①

CAITにおいて有意な交互作用が認められ ($P=0.039$)、呼吸トレーニング群においてのみ主観的足関節安定性が向上した。

(2) 研究課題②

SEBT の前方 ($P=0.030$) および後内側スコア ($P=0.010$) において有意な交互作用が認められ、呼吸エクササイズ群においてのみ SEBT の前方 ($P=0.003$) および後内側スコア ($p<0.001$) が有意に向上した。統制群では、SEBT の前方および SEBT 後内側のスコアに有意な変化は認められなかった (図 1)。

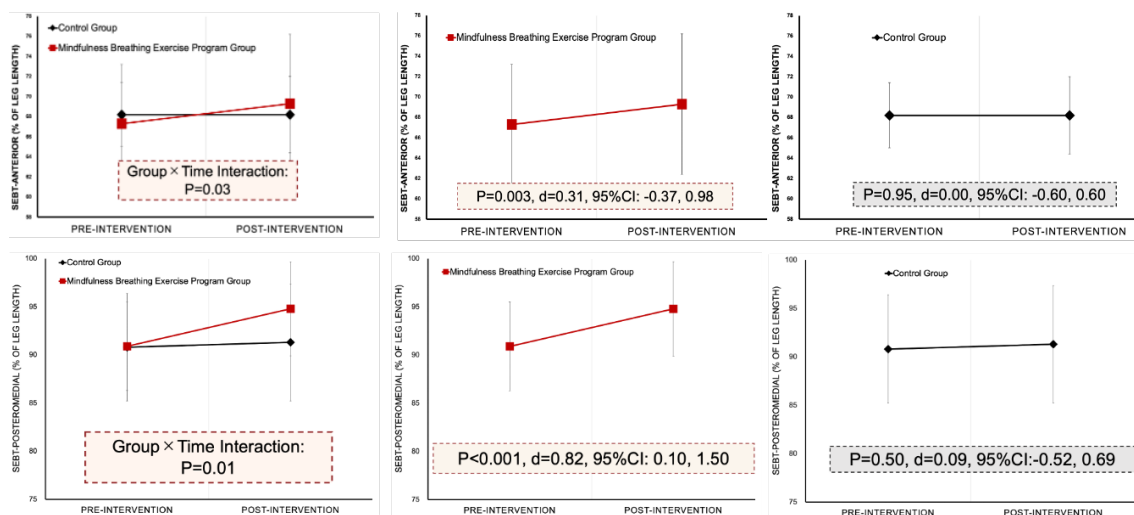


図 1. Star Excursion Balance Test : SEBT

Hi-Lo の呼吸パターンカテゴリーの分布 (P=0.004) において有意な相互作用が認められ、呼吸トレーニング群においてのみ適切な呼吸パターンを有する研究参加者の割合が介入前と比較して有意に介入後に増加した (介入前= 5.9%, 介入後=70.6%, P<0.001) . 統制群では、呼吸パターンの変数において有意な変化は認められなかった (介入前=28.6%, 介入後=28.6%, P=1.000) . 横隔膜の筋厚変化率(P<.001), 可動性 (P=0.049) (図 2), および吸気時間 (P<0.001) (図 2) において有意な交互作用が認められた. 介入前と比較して、呼吸トレーニング群においてのみ筋厚変化率(P<.001), 可動性 (P=0.049), および吸気時間 (P<0.001) が有意に介入後に増加した.

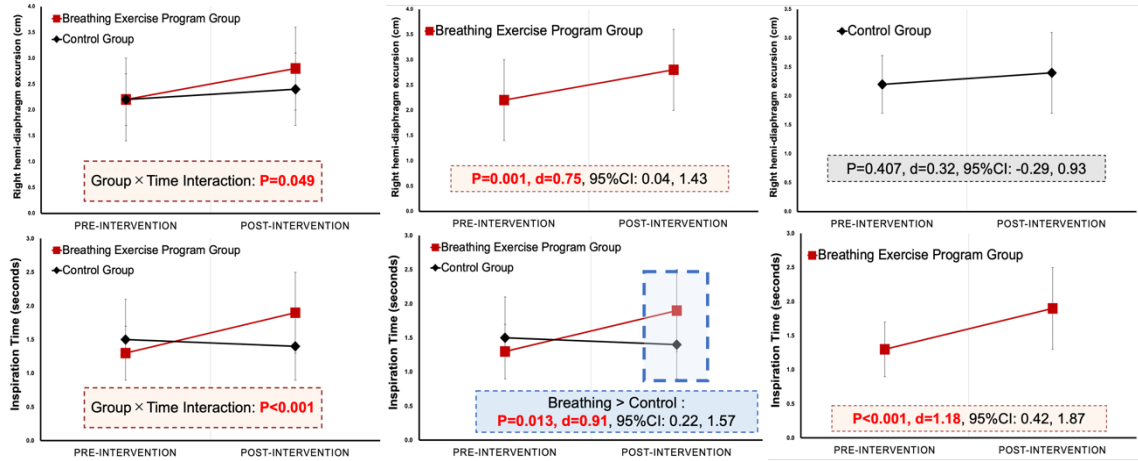


図 2. 横隔膜の可動性および吸気時間

本研究の結果より、6週間の呼吸エクササイズプログラムはCAIを有する者の運動時における主観的足関節安定性に好影響を及ぼす可能性が示唆された。また、本研究により6週間の呼吸トレーニングは、足関節既往歴を有する競技者の動的バランス、呼吸パターン、および横隔膜の機能の改善に有効である可能性が示唆された。横隔膜機能の改善・向上を目的とした呼吸エクササイズをCAIや足関節捻挫のリハビリテーションや予防トレーニングに取り入れることは、CAIや足関節既往歴を有する者に対して有益な効果をもたらす可能性がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Shimozawa Y, Isaka T, Kurihara T, Kusagawa Y, Hori M, Numasawa S, Suga T, Sugiyama T, Shiroma R, Tanaka T, Terada M. | 4. 巻 37 |
| 2. 論文標題 Point Prevalence of the Biomechanical Dimension of Dysfunctional Breathing Patterns Among Competitive Athletes | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 J Strength Cond Res. | 6. 最初と最後の頁 270-276 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1519/JSC.0000000000004253 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 Terada M, Kosik KB, Gribble PA. | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Association of Diaphragm Contractility and Postural Control in a Chronic Ankle Instability Population: A Preliminary Study | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Sports Health | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1177/19417381221147304 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 該当する |

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 6件）

| |
|--|
| 1. 発表者名 Terada M, Mizumoto K, Isaka T |
| 2. 発表標題 A Six-Week Diaphragmatic Breathing Exercise Program Improves Diaphragm Function and Breathing Patterns in Collegiate Soccer Players with Lateral Ankle Sprain History |
| 3. 学会等名 The 73rd National Athletic Trainers' Association Clinical Symposia & AT Exp (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Mizumoto K, Terada M, Isaka T. |
| 2. 発表標題 A Mindfulness Breathing Exercise Program Improves Dynamic Postural Control in Collegiate Soccer Athletes With a History of Lateral Ankle Sprain |
| 3. 学会等名 The 73rd National Athletic Trainers' Association Clinical Symposia & AT Exp (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shimozawa Y, Terada M, Kurihara T, Sugiyama T, Kusagawa Y, Tanaka T, Hori M, Mori N, Ueta K, Isaka T |
| 2. 発表標題 The Association between Injury-Related Fear and Drop-Landing Kinetics in Dysfunctional Breathers with Chronic Ankle Instability |
| 3. 学会等名 The 73rd National Athletic Trainers' Association Clinical Symposia & AT Exp (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 野々山隼弥, 大久保咲帆美, 寺田昌史 |
| 2. 発表標題 横隔膜機能を改善することを目的とした呼吸エクササイズの処方が足関節内反捻挫の既往歴を有する者の主観的足関節安定性及び動的姿勢制御に及ぼす影響 |
| 3. 学会等名 第77回日本体力医学会大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 下澤結花, 寺田 昌史, 杉山 敬, 田中 貴大, 草川 祐生, 栗原 俊之, 堀 美幸, 森 菜々子, 上田憲嗣, 伊坂 忠夫 |
| 2. 発表標題 ジュニア期における女性アスリートの呼吸パターンと感情・恐怖感の心理的状態の関係 |
| 3. 学会等名 第10回日本アスレティックトレーニング学会学術大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 寺田 昌史, 栗原 俊之, 杉山 敬, 下澤 結花, 草川 祐生, 田中 貴大, 堀 美幸, 森 菜々子, 上 田 憲嗣, 伊坂 忠夫 |
| 2. 発表標題 足関節内反捻挫の既往歴を有する青年期アスリートにおける呼吸パターンと足底表在感覚機能および片脚着地動作時の力学的負荷との関連について |
| 3. 学会等名 第10回日本アスレティックトレーニング学会学術大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Terada M, Hori M, Kurihara T, Kusagawa Y, Shimozawa Y, Sugiyama T, Tanaka T, Isaka T. |
| 2. 発表標題 Altered Postural Control in Dysfunctional Breathers With a History of Lateral Ankle Sprain. |
| 3. 学会等名 72nd National Athletic Trainers' Association Clinical Symposia & AT Expo (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Shimozawa Y, Isaka T, Kurihara T, Kusagawa Y, Hori M, Numasawa S, Suga T, Sugiyama T, Shiroma R, Tanaka T, Terada M. |
| 2. 発表標題 Prevalence of Dysfunctional Breathing Patterns in Youth Female Athletes |
| 3. 学会等名 72nd National Athletic Trainers' Association Clinical Symposia & AT Expo (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Terada M, Kosik KB, Gribble PA |
| 2. 発表標題 Associations of Diaphragm Contractility with Postural Control, Health-Related Quality of Life, and Perceived Instability in a Chronic Ankle Instability Population |
| 3. 学会等名 2020 National Athletic Trainers Association Virtual Clinical Symposia & AT Expo (国際学会) |
| 4. 発表年 2020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 9th International Ankle Symposium | 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 |
|---------|---------|
|---------|---------|