

厚生労働科学研究費補助金（循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業）
総括研究報告書

エビデンスに基づいたロコモティブシンドローム早期対策の実践に資する包括的研究

研究代表者 田中 亮 広島大学大学院人間社会科学研究科 教授

研究要旨

【目的】本研究の目的は、ロコモティブシンドローム（ロコモ）、フレイル、サルコペニアの関係性を整理し、エビデンスに基づいて簡便な診断法や介入方法を確立し、将来的に要介護となる者を未然に減らす施策の提言を行うことである。

【方法】令和5年度に引き続き令和6年度も本研究のために3つの研究項目を設定した。研究項目1は「ロコモのスクリーニング方法の検証」とした。横断研究を行ってロコモ非該当を基準個体とした体力測定の基準範囲を検証した。また、若年者を含む非高齢者を対象にロコモ度を推定する体力測定の診断閾値を検証した。さらに、スマートフォンのカメラを使って歩行の運動学的特徴からロコモ度を推定できるか検討した。研究項目2は「運動と栄養に睡眠管理を加えた有効性の検証」とした。ランダム化比較試験（RCT）を行い、地域在住高齢者を対象に運動、栄養、睡眠に着目した生活習慣の見直しが移動機能の改善に及ぼす効果を検証した。研究項目3は「ロコモ、フレイル、サルコペニアの因果関係の検証」とした。コホート研究を実施し、サルコペニアの有無と1年後のロコモ進行の関係、および、ロコモの有無と1年後のフレイル進行の関係を検討した。

【結果】研究項目1ではロコモ非該当を基準個体とした握力、歩行速度、Timed up & go (TUG) テストの基準範囲が再評価された。また、若年者を含む非高齢者であってもロコモ度を推定する精度が著しく低下しないようスクリーニング方法を改変した。さらに、歩行の運動学的特徴からロコモの有無や重症度を推定できる可能性が示唆された。研究項目2ではRCTの結果、運動および食に加えて睡眠にも着目した生活習慣の見直しには地域在住高齢者の移動機能を5歳分程度改善させる効果があることが示唆された。研究項目3ではロコモ度2以上であることと1年後のフレイルの進行の有意な関連が示された。

【結論】体力測定の結果を活かしたスクリーニング方法が確立された。睡眠管理を含めた生活習慣の見直しは地域在住高齢者のロコモの改善に有効であることを示すエビデンスが得られた。ロコモとフレイルの因果関係の一部が認められた。

研究分担者氏名・所属研究機関名及び所属研究

機関における職名

安達 伸生	広島大学大学院医系科学研究科 教授
三上 幸夫	広島大学病院皮膚・運動器診療 科 教授
高橋 真	広島大学大学院医系科学研究科 教授
緒形 ひとみ	広島大学大学院人間社会科学研究科 準教授
秋田 智之	広島大学大学院医系科学研究科 講師
光武 翼	佐賀大学医学部付属病院臨床研 究センター 準教授
猪村 剛史	広島都市学園大学健康科学部リ ハビリテーション科 講師
生田 祥也	広島大学病院皮膚・運動器診療 科 助教
岩本 義隆	広島大学病院リハビリテーショ ン部門 理学療法士
田中 繁治	東京家政大学健康科学部リハビ リテーション学科 準教授
牛尾 会	広島大学病院皮膚・運動器診療

科 助教

平田 和彦	広島大学病院リハビリテーション部門 部門長
井上 優	吉備国際大学人間科学部人間科学科 准教授
山科 俊輔	広島大学大学院人間社会科学研究科 研究員
出口 直樹	広島大学大学院人間社会科学研究科 研究員／東京都健康長寿医療センター研究所 研究員

A. 研究目的

本研究の目的はロコモティブシンドローム（ロコモ）、フレイル、サルコペニアの関係性を整理し、エビデンスに基づいて簡便な診断法や介入方法を確立し、将来的に要介護となる者を未然に減らす施策の提言を行うことである。この目的を実現するため令和4年度から以下の3つの研究を行っている（表1）。研究項目1は「ロコモのスクリーニング方法の検証」である。研究項目2は「運動と栄養に睡眠管理を加えた有効性の検証」である。研究項目3は「ロコ

モ、フレイル、サルコペニアの因果関係の検証」である。本研究ではロコモ対策の3つの問題意識に着目している。第1に従来の評価方法（ロコモ度テスト）はロコモ判定を目的として実施することが前提で、このテストなしではロコモの疑いが見落とされる点である。見落としを防ぐためには簡便なスクリーニング方法を確立する必要がある。第2に従来の研究では介入方法として運動や栄養が注目されていたが、睡眠管理は見過ごされてきた点である。睡眠とロコモの可能性は指摘されているものの、これまで睡眠管理の有効性は検証されていない。第3はロコモ、フレイル、サルコペニアの関係を調べた従来の研究は横断研究であった点である。そのため現在までにこれらの因果関係は証明されていない。第1の問題意識に対して、体力測定（握力、歩行テスト、片脚立ち保持時間）に着目し、令和4年度に基準範囲や診断閾値を作成した。令和5年度に引き続き令和6年度もその妥当性を検証する。また、歩行の動画をAIで解析してロコモ度を推定する簡便かつ革新的なモデルを確立検証する。第2の問題意識に対して、令和5年度に若年者を対象としたランダム化比較試験（RCT）を行った。令和6年度は地域在住高齢者を対象としたRCTを行う。第3の問題に対しては3年間を通じてコホート研究を実施し、ロコモ、フレイル、サルコペニアの因果関係を解析する。

表1 本研究の研究課題

研究項目	研究課題
1. ロコモのスクリーニング方法の検証	【課題1-1】ロコモ非該当を基準個体とした体力測定の基準範囲の作成
	【課題1-2】ロコモ度を推定する体力測定の診断閾値の作成
	【課題1-3】歩行および片脚立ちの動画からロコモ度を推定するモデルの確立検証
2. 運動と栄養に睡眠管理を加えた有効性の検証	【課題2-1】運動、栄養、睡眠管理がロコモに及ぼす効果のエビデンスの評価
	【課題2-2】運動と栄養に睡眠管理を加えた効果の検証－若年者を対象に－
	【課題2-3】運動と栄養に睡眠管理を加えた効果の検証－高齢者を対象に－
3. ロコモ、フレイル、サルコペニアの因果関係	【課題3-1】ロコモ、フレイル、サルコペニアの因果関係のエビデンスの評価
	【課題3-2】ロコモとサルコペニアの因果関係の検証

係の検証	【課題3-3】ロコモとフレイルの因果関係の検証
------	-------------------------

B. 研究方法

研究項目1「ロコモのスクリーニング方法の検証」

令和6年度は以下の課題に取り組んだ。

【課題1-1】ロコモ非該当を基準個体とした体力測定の基準範囲の作成

【課題1-2】ロコモ度を推定する体力測定の診断閾値の作成

【課題1-3】歩行の動画からロコモ度を推定するモデルの確立検証

課題1-1の研究デザインは横断研究であった。令和5年度に引き続きサンプルを収集、追加した。対象者は日常生活が自立している65歳以上の地域在住高齢者とした。体力測定項目は、握力、片脚立ち保持時間、歩行速度（通常、最速）、Timed up and Go test（TUG）とした。生データによる基準範囲の作成とシミュレーションによる作成を行った。各体力測定項目について正規性の検定を行ない、正規分布を示した場合は95%信頼区間（CI）を算出した。正規分布を示さなかった体力測定項目については、Box-Cox変換を実施し、再度正規性の検定を行なった。Box-Cox変換後に正規分布を示した項目については、95%CIを算出し、逆変換を行なうことで元の値の95%CIを算出した。シミュレーションではこれらの方法に加えて、ブートストラップ法による95%CIの算出を行った。

課題1-2の研究デザインは横断研究であった。令和4年度に引き続きサンプルを収集、追加した。データは、2021年5月から2024年7月の間に参加者を募集した。65歳未満の若年・中年成人群、65歳以上の高齢成人群を設定した。ロコモティップシンドロームを従属変数とし、ロコモ度テストを用いてロコモ非該当、ロコモ度1-3で評価した。年齢や性別などの属性の他に、予測変数として片脚立ち保持時間、握力、快適歩行速度、TUGの4つの運動機能検査を測定した。先行研究や運動器不安定症およびフレイルの診断基準の閾値に基づいた改変L-treeSを開発し、domain validationを検証することとし、それぞれのモデルについてReceiver operating characteristic曲線解析を実施した。また、感度、特異度を用いて陽性尤度比、陰性尤度比、検査後確率（陽性的中率、陰性的中率）を算出し、モデルの診断性能を検討した。モデルの診断

精度については Area under the receiver operating characteristic curve (AUROC)を用いて検討した。

課題 1-3 の研究デザインは横断研究とし、対象は地域在住高齢者とした。歩行動作はスマートフォンカメラで撮影し、片脚立ち動作は三次元動作解析装置（AKIRA）を用いて撮影した。骨格推定点の座標から体幹傾斜角度、肩・股・膝関節の屈曲伸展角度とその左右比を算出し、ロコモ非該当／該当を判別するモデル（モデル 1）と、ロコモ度 1 以下／2 以上を判別するモデル（モデル 2）に投入した。モデルの精度は混合行列を作成し、正解率、適合率、再現率、特異度、F 値、AUROC で評価した。

研究項目 2 「運動と栄養に睡眠管理を加えた有効性の検証」

令和 6 年度は以下の課題に取り組んだ。

【課題 2-3】運動と栄養に睡眠管理を加えた効果の検証－高齢者を対象に－

課題 2-3 の研究デザインはランダム化比較試験だった。参加者の選択基準は 60 歳以上男女とした。参加者をランダムにコントロール群、標準的介入群、実験的介入群に割り付け、介入を 12 週間行った。標準的介入群は運動習慣（週 3 回のロコトレなど）と食習慣（プロテイン 15g の追加摂取など）に介入した。実験的介入 A 群は運動習慣と睡眠習慣（睡眠教育の動画の視聴や睡眠促進行動の実施など）に介入した。実験的介入 B 群は運動習慣、睡眠習慣、食習慣のいずれにも介入した。主要評価項目は 2 ステップ値とし、副次評価項目は睡眠の質（ピツツバーグ睡眠質問票総合得点）、立ち上がりテスト、ロコモ 25、30 秒椅子立ち上がりテストとした。分散分析を行い 12 週時のアウトカムを 3 群間で比較した。

研究項目 3 「ロコモ、フレイル、サルコペニアの因果関係の検証」

令和 6 年度は以下の課題に取り組んだ。

【課題 3-2】ロコモとサルコペニアの因果関係の検証

【課題 3-3】ロコモとフレイルの因果関係の検証

課題 3-2 の研究デザインは前向きコホートであった。令和 5 年度に引き続きサンプルを収集、追加した。対象は広島県に在住す

る移動動作が自立した者とした。サルコペニアは Asian Working Group for Sarcopenia (AWGS) 2019 に準じて診断した。加えて、筋量の低下は認めるが筋力の低下は認めないプレサルコペニアを分析に含めた。ロコモは日本整形外科学会が提唱しているロコモ度テスト（立ち上がりテスト、2 ステップテスト、ロコモ 25）を用いて診断した。1 年後のロコモ度がベースライン時から増加した者を進行群とした。ベースライン時のサルコペニアの有無を独立変数とし、1 年後のロコモ度の進行を従属変数としたロジスティック回帰分析を行った。

課題 3-3 の研究デザインは前向きコホートであった。ロコモの重症度は、標準化された評価に基づき「非ロコモ」「ロコモ度 1」「ロコモ度 2 以上」の 3 群に分類した。身体的フレイルは、日本語版 Cardiovascular Health Study 基準により評価し、1 年間での「健常からプレフレイルまたはフレイルへの移行」または「プレフレイルからフレイルへの移行」をフレイル進行と定義した。ロジスティック回帰分析により、年齢、性別、BMI、疼痛、転倒歴、TUG、片脚立ち保持時間、ベースラインのフレイル状態などの交絡因子を調整し、ロコモ度とフレイル進行との関連を検証した。

C. 研究結果

研究項目 1 「ロコモのスクリーニング方法の検証」

【課題 1-1】ロコモ非該当を基準個体とした体力測定の基準範囲の作成

解析対象者は 109 例（男性 19 例）であった。いずれの解析においても最終的に正規分布を示した体力測定項目は、握力、通常歩行速度、最速歩行速度であった（男女の片脚立ち保持時間はいずれの解析においても正規分布を認めなかった）。算出した基準範囲は、握力が男性 35.82 - 40.83（シミュレーション：36.14 - 40.83）kg、女性 21.30 - 22.90（シミュレーション：20.43 - 22.02）kg、通常歩行速度が男性 1.33 - 1.58（シミュレーション：1.33 - 1.57）m/s、女性 1.52 - 1.63（シミュレーション：1.52 - 1.63）m/s、最速歩行速度が男性 1.79 - 2.12（シミュレーション：1.82 - 2.12）m/s、女性 1.94 - 2.06（シミュレーション：1.93 - 2.06）m/s、TUG テストが男性 5.00 - 5.51（シミュレーション：5.03 - 5.49）秒、女性 5.44 - 5.77（シミュレーション：5.44 - 5.77）秒であった。

【課題 1-2】ロコモ度を推定する体力測定の診断閾値の作成

本研究では、最終的に 857 人が解析対象となつた。両群の内訳は、若年・中年成人群が 319 名（女性 240 名、男性 79 名、平均年齢 48.2 ± 11.1 歳）と高齢成人群が 538 名（女性 433 名、男性 105 名、平均年齢 74.3 ± 5.2 歳）であった。若年・中年成人群では、モデル 1、2、3 において、それぞれ AUROC 値は 0.765 (95%CI、0.712-0.818、 $p < 0.01$)、0.680 (95%CI、0.540-0.821、 $p < 0.01$)、0.650 (95%CI、0.434-0.867、 $p = 0.12$) となり、低～中等度の診断精度が確認された。

【課題 1-3】歩行の動画からロコモ度を推定するモデルの確立検証

歩行モデルでは、モデル 1 が高い感度と F 値を示し、ロコモ該当の抽出において高い分類性能を示した。モデル 2 も AUROC が 0.9 を超える精度を示し、重症度推定にも一定の有用性が認められた。片脚立ちモデルも良好な分類精度を示し、今後の応用可能性を示唆した。

研究項目 2 「運動と栄養に睡眠管理を加えた有効性の検証」

【課題 2-3】運動と栄養に睡眠管理を加えた効果の検証－高齢者を対象に－

49 名が登録され（男性 6 名、女性 39 名、年齢 71.5 ± 5.4 歳）、標準的介入群 15 名、実験的介入 A 群 17 名、実験的介入 B 群 17 名が割り付けられた。その後 2 名が脱落し、47 名が解析対象となつた。ベースライン時の 2 ステップ値は標準的介入群 1.41 ± 0.12 、実験的介入 A 群 1.41 ± 0.13 、実験的介入 B 群 1.40 ± 0.12 であり、3 群間に有意差は認めなかつた。12 週時の 2 ステップ値は標準的介入群 1.43 ± 0.12 、実験的介入 A 群 1.40 ± 0.17 、実験的介入 B 群 1.44 ± 0.13 であり、3 群間の有意差は認めなかつた。睡眠の質を含めた副次評価項目も同様であった。

研究項目 3 「ロコモ、フレイル、サルコペニアの因果関係の検証」

【課題 3-2】ロコモとサルコペニアの因果関係の検証

ベースラインから 1 年後まで追跡可能だ

った 325 名を解析に含めた。ベースライン時にサルコペニアと診断された者は 21 名 (6.5%) であった。1 年後のロコモ度の改善群・維持群は 273 名 (84.0%)、進行群は 52 名 (16.0%) であった。ロジスティック解析の結果、サルコペニアの調整済みオッズ比は有意でなかった。女性に限り、立ち上がりテストによるロコモ度を従属変数にすると、プレサルコペニアのオッズ比が有意であり（調整オッズ比[OR] : 0.39、95%信頼区間[CI] : 0.16-0.95）、ロコモ度の進行に抑制的であった。

【課題 3-3】ロコモとフレイルの因果関係の検証

ベースラインから 1 年後まで追跡可能だった 253 名を解析に含めた。参加者の年齢中央値は 74 歳（範囲：65～89 歳）、女性が 85.0% を占めた。ロコモ度 1 の割合が最も高く (53.8%)、ロコモ度 2 以上が 21.7%、ベースライン時にプレフレイルであった者は 33.2% であった。1 年後、16.9% の参加者にフレイル進行が認められ、70.9% は状態が安定していた。非ロコモ群と比較して、ロコモ度 2 以上の群ではフレイル進行リスクが有意に高かった（調整オッズ比[OR] : 9.66、95%信頼区間[CI] : 2.70-34.5）。一方、ロコモ度 1 はフレイル進行との有意な関連を示さなかつた。

D. 考察

研究項目 1 「ロコモのスクリーニング方法の検証」のために令和 6 年度は課題 1-1、課題 1-2、課題 1-3 に取り組んだ。課題 1-1 では、本研究では健常な地域在住高齢者（ロコモ非該当の高齢者）の体力指標の基準範囲を推定および検証した。今回作成した体力測定項目の中で握力、通常・最速歩行速度は、一定の妥当性を有した基準範囲であった。サンプル数の確保の課題があるため、今後もデータの収集が必要である。課題 1-2 では、改変 L-treeS における domain validation を検討した結果、若年・中年成人群においては低～中等度の診断精度であった。これは、これまでの L-treeS の精度を上回る値であった。本研究で開発した改変 L-treeS は運動器不安定症やフレイルの診断基準に用いられている項目や閾値を使用していることから、これらの状態を予測する上でも活用できる可能性が示唆された。課題 1-3 では、スマートフォンカメラによる歩行評価は、精度と実装性の両面でスクリーニング手法として有望であることが示された。片脚立ちは省スペースな評価動作として将来性があり、今後はスマ

一トフォンによる計測への適用や、歩行との組み合わせによる多面的な活用が検討されるべきことであることがうかがわれた。

研究項目2「運動と栄養に睡眠管理を加えた有効性の検証」のために令和6年度は課題2-3を取り組んだ。課題2-3では、運動および食に加えて睡眠にも着目した生活習慣の見直しによるロコモの改善は臨床的に無視できない大きさであることが明らかになった。ただし、運動習慣と食習慣の見直しによるロコモの改善の効果と比べて、食習慣の見直しを睡眠習慣の見直しに置き換えたことによって得られる効果は大きくなかった。

研究項目3「ロコモ、フレイル、サルコペニアの因果関係の検証」のために令和6年度は課題3-2、課題3-3を取り組んだ。課題3-2では、サルコペニアが1年後のロコモの進行に及ぼす影響は示唆されなかつた。課題3-3では、ロコモ度2以上は、地域在住高齢者におけるフレイル進行の有意なリスク因子であることが示された。より進行したロコモを有する者に対する早期介入の重要性が示唆され、ロコモの重症度評価がフレイル予防戦略の立案に有用である可能性がある。

E. 結論

体力測定の結果を活かしたスクリーニング方法が確立された。睡眠管理を含めた生活習慣の見直しは地域在住高齢者のロコモの改善に有効であることを示すエビデンスが得られた。ロコモとフレイルの因果関係の一部が認められた。

F. 健康危険情報

該当なし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Iwamoto Y, et al., The risk factors for development or progression of locomotive syndrome: a systematic review Nagoya J Med Sci, 87:60-75, 2025
- 2) Hamada K, et al., A systematic review of the relationship between body composition including muscle, fat, bone, and body water and frailty in Asian residents Nagoya J Med Sci, 87, 1-21, 2025

2. 学会発表

- 1) 田中亮、他：若年者を含む非高齢者を対象にしたロコモティブシンドロームスクリーニングツール（L-treeS）のdomain validation の検証 第31回日本予防理学療法学会（令和6年）
- 2) 廣濱賢太、他：ロコモ5と比較したロコモ25痛み項目のロコモティブシンドロームのスクリーニング精度－横断研究－ 第28回日本ペインリハビリテーション学会学術大会（令和6年）
- 3) 濱田和明、他：地域在住中高齢者の運動器疼痛とフレイル構成因子の関連：横断研究 第28回日本ペインリハビリテーション学会学術大会（令和6年）
- 4) 田中亮、他：ロコモ25痛み項目はロコモティブシンドロームをスクリーニングできるか？ 第35回日本運動器科学会（令和6年）
- 5) 田中亮、他：運動および食に加えて睡眠にも着目した生活習慣の見直しが若年者の移動機能に及ぼす効果－多機関共同ランダム化単盲検試験 第35回日本運動器科学会（令和6年）
- 6) 田中亮、他：地域在住高齢女性の骨格筋量および体脂肪率がロコモティブシンドロームのリスクに及ぼす影響：構造方程式モデリング 第37回日本臨床整形外科学会学術集会（令和6年）
- 7) 廣濱賢太、他：地域在住高齢者の歩行速度および握力とロコモティブシンドローム進行との関連－横断研究－ 第37回中国ブロック理学療法士学会（令和6年）
- 8) 濱田和明、他：地域在住高齢者のロコモティブシンドローム進行がフレイルリスクに与える影響－横断研究－ 第37回中国ブロック理学療法士学会（令和6年）
- 9) 出口直樹、他：地域在住中高年における不良な体組成とフレイルリスクにロコモティブシンドロームの重要度が及ぼす影響 第10回日本栄養・嚥下理学療法学会学術大会（令和6年）

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得
該当なし
2. 実用新案登録
該当なし
3. その他
該当なし