

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）
総合研究報告書

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

本研究は、ロコモティブシンドローム（以下ロコモ）、フレイル、サルコペニアの関係性を整理し、簡便な診断法と介入法を開発して将来的に要介護となる者を未然に減らす施策を提言することを目的とした。そのため、ロコモのスクリーニング方法の検証（研究項目1）、運動と栄養に睡眠管理を加えた有効性の検証（研究項目2）、ロコモ、フレイル、サルコペニアの因果関係の検証（研究項目3）を三本柱とする研究デザインを採用了した。

研究項目1では、ロコモ非該当高齢者109名の握力、通常・最速歩行速度、Timed Up and Go テスト（TUG）の生データとブートストラップ法による95%信頼区間から男女別の基準範囲を作成した。また、857名のデータを使って、片脚立ち保持時間、握力、TUG等を組み合わせたスクリーニング方法であるL-treeS モデルを作成、改変し、中等度以上の診断精度を確認した。さらに、スマートフォン動画をAIで解析して歩行および片脚立ちの運動学的特徴からロコモ度を推定するモデルを開発し、高精度を確認した。

研究項目2では、運動・栄養（食）・睡眠管理に関するランダム化比較試験（Randomized Control Trial: RCT）論文10編をシステムティックレビューで評価し、現状では介入効果のエビデンスが限定的であることを明らかにした。また、若年者63名を対象としたRCTで、運動・栄養（食）・睡眠に介入した実験的介入群はコントロール群より2ステップテスト値を有意に改善させた。さらに、高齢者47名を対象としたRCTでは、運動と栄養（食）指導に睡眠への介入により2ステップテスト値の5歳分程度の改善が認められた。

研究項目3では、横断研究やコホート研究79編のシステムティックレビューを行い、短い片脚立ち保持時間、低い握力や背筋力、長いTUGの時間がロコモ発症のリスク因子として一貫して報告されていることを示した。若年者を含む325名のコホート研究では、サルコペニアと1年後のロコモ進行の関係は認められなかった。65歳以上の高齢者コホート253名のデータ解析ではロコモ度2以上がフレイル進行リスクを高めることを明らかにした。

最終的に本研究では3つの研究項目の成果を統合し、ロコモ予防の新たなプラットフォームを提示した。具体的には、研究項目1により、握力、歩行速度、TUGの95%CI下限値をロコモ予防の数値目標にしつつ、スマートフォン動画AI解析モデルでロコモリスクがない層を特定・除外し、L-treeS モデルによるスクリーニングを経てロコモリスクがある者を絞り込む手順が構築された。次に、研究項目2で行ったシステムティックレビューとRCTを通じて、運動や栄養の指導に睡眠衛生を組み合わせた多要素介入の効果が示された。さらに、研究項目3で行ったシステムティックレビューとコホート研究から、短い片脚立ち保持時間、筋力低下、およびロコモ度2以上がフレイル進行リスクを高める間接的、直接的な要因であることが明らかとなった。これらの成果を組み合わせることで、ロコモリスクがある者の特定からリスク層に応じた介入までの一連の診断・介入法を開発し、将来的に要介護となる者を未然に減らすための施策をエビデンスに基づいて提言した。

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

究科 准教授
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 准教授
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 准教授
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、以下の3つの研究項目を設定した。

- 研究項目1:ロコモのスクリーニング方法の検証
- 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
- 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

本研究ではロコモ対策の3つの課題に着目している。第1は、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あるため、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は、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、これまで睡眠に着目した介入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、研究開始時までにこれらの因果関係は我々に知る限り質の高いエビデンスが不足している。

第1の課題に対して、体力測定（握力、歩行テスト、片脚立ち保持時間）に着目し、基準範囲や診断閾値を作成した。また、歩行や片脚立ちの動画を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し、検証した。第2の課題に対して、運動や栄養に加え睡眠に着目した介入の有効

性に関する先行研究をレビューし、若年者あるいは高齢者を対象としたランダム化比較試験（Randomized Control Trial: RCT）を行った。第3の課題に対してはロコモやフレイルの危険因子に関するシステムティックレビューを行うとともに、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した。

B. 研究方法

研究項目1 ロコモティブシンドローム（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

ロコモ非該当の体力水準の目安を作成するため、体力測定の項目（握力、歩行、Timed Up and Go テスト: TUG、片脚立ち）の基準範囲を作成、検証した。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）、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】ロコモ度を推定する体力測定の診断閾値の作成

体力測定の結果からロコモの有無や重症度を推定するために、体力測定値を用いた臨床予測ルールである”L-treeS”（decision tree model for Locomotive syndrome）を作成し、精度を評価した。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。予測変数として片脚立ち保持時間、握力、通常歩行速度、TUGの4つの運動機能検査を実施した。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を転用した改変L-treeSを開発し、妥当性を再検証することとし、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。モデルの診断精度は Area under the receiver operating characteristic curve (AUROC)を用いて検討した。

【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

体力測定で実施される歩行および片脚立ちの動画を人工知能（機械学習）で解析して、ロコモをスクリーニングできるか検証した。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、片脚立ち動作はマーカレス三次元動作解析装置を用いて撮影した。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

【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

システムティックレビューを行い、ロコモに対する運動、栄養（食）、睡眠衛生の有効性のエビデンスを批判的に吟味した。6つの電子データベースを対象に論文検索を実施した。ロコモの評価には、ロコモ25、立ち上がりテスト、2ステップテストのいずれかを含むこととした。論文および結果の質的評価として、Cochrane risk of bias ツールおよびGRADEシステムを用いた。メタ解析における統計学的有意水準は5%とした。

【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－

若年者を対象にRCTを行い、運動、栄養（食）、睡眠衛生がロコモ度の改善に及ぼす効果を検証した。対象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た。コントロール群はこれまで通りの生活習慣を送った。標準的介入群は週3回の運動（スクワット）、食事指導、毎日の朝食摂取を行った。実験的介入群は標準的介入群の介入内容に加えて睡眠教育動画の視聴、睡眠促進行動の実行（2週間）とした。主要アウトカムは2ステップ値であり評価者を盲検化した。介入期間は8週間であり介入後の2ステップ値を群間で比較した。

【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－

高齢者を対象にRCTを行い、運動、栄養（食）、睡眠衛生がロコモ度の改善に及ぼす効果を検証した。対象者をランダムに標準的介入群、実験的介入A群、実験的介入B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（ロコトレを含むマルチコンポーネント運動）と食習慣（毎日のたんぱく質摂取）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）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。主要アウトカムは2ステップ値とし、副次アウトカムは睡眠の質（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。共分散分析を行い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

【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

システムティックレビューを行い、ロコモ、フレイル、サルコペニアの因果関係に関するエビデンスを批判的に吟味した。研究デザインはシステムティックレビューであった。5つの電子データベースを対象に論文検索を実施した。ロコモの評価にはロコモ25、立ち上がりテスト、2ステップテストのいずれかを含むこととした。フレイルについては筋量を含む体組成との関係に注目した。論文の質的評価にはCochrane risk of biasツールを用いた。

【課題 3-2】ロコモとサルコペニアの因果関係の検証

コホート研究を行い、サルコペニアが1年後のロコモの進行に及ぼす影響を検証した。対象は広島県に在住する移動動作が自立した18歳以上の者とした。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と定義した。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】ロコモとフレイルの因果関係の検証

コホート研究を行い、ロコモの有無が1年後のフレイルの発症や進行に及ぼす影響を検証した。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. 結果

研究項目1 ロコモティブシンドローム（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名（男性19名）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

857名が解析対象となった。若年・中年成人群が319名（女性240名、男性79名、年齢48.2±11.1歳）と高齢成人群が538名（女性433名、男性105名、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

解析対象者は79名であった。対象者の属性情報歩行モデルでは、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、ロコモ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 2-1】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

データベースより424編の論文が抽出され、手検索の1編を加えた10編の論文を対象とした。経口摂取の栄養補助食品による効果を検討したものが8編、電気刺激による効果を検討したものが2編であった。メタ解析の結果、有意な介入効果は認めなかった。

【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－

63名が登録され、コントロール群22名、標準的介入群20名、実験的介入群21名が割り付けられた。コントロール群1名が脱落したため最終的に解析された参加者数は62名であった。ベースラインの2ステップ値で調整した結果、実験的介入群の8週時の2ステップ値 1.62 ± 0.13 はコントロール群 1.58 ± 0.16 よりも有意に高かったが、標準的介入群 1.64 ± 0.11 と実験的介入群の間に有意差はなかった。

【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、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名が解析対象となった。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

めなかった。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った。ただし、実験的介入B群のベースラインからの変化量は0.04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3-1】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

ロコモに関してはデータベースより360編の論文が抽出され、最終的に79編（うちコホート研究8編、横断研究71編）を対象とした。コホート研究の結果より、短い片脚立ち保持時間、弱い背筋力、弱い握力など身体機能や筋力がロコモ発生の危険因子として挙げられた。フレイルに関しては検索により3871編の研究が検索された。最終的に77編の研究が該当し、その中で7編はコホート研究であった。これらのコホート研究では骨折の既往がある参加者の低除脂肪量、腹部周囲径で定義される腹部肥満、骨密度Tスコアがフレイルと有意に影響することが示唆された。横断研究では下肢筋が一貫してフレイルと有意な関係を示したが、上肢筋との関係性は認められなかった。腹部周囲径はコホート研究と同様にフレイルと有意な関係を示したが、骨関連因子は相反する結果が認められた。体水分関連はフレイルと有意に関係していた。

【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者は325名であった。そのうちロコモ度が悪化した者は52名であった（女性43名、男性9名）。男性は人数が少なかったため以降の解析では除外した。ベースライン時のサルコペニアは21名、プレサルコペニアは101名であった。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。プレサルコペニアの調整済みオッズ比は立ち上がりテストを従属変数にした場合に限り有意であった（調整後オッズ比:0.55、95%信頼区間:0.16-0.95）。

【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者は253名だった。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（調整後オッズ比:9.66、95%信頼区間: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った。

D. 考察

D-1. ロコモの早期発見の施策立案に役立つ簡便な診断法の確立および検証

本研究プロジェクトの課題1-1では、ロコモ非該当者の体力指標として、握力や歩行速度、TUGの男女別基準範囲を作成した。これらを下回る群は将来的なロコモのリスク層として位置づけられる。こうした定量的な維持目標の提示により「どこまで体力を保つべきか」が明確となった点が、本研究の早期発見の施策立案への貢献である。

課題1-2では、体力指標を説明変数とするスクリーニング方法を構築し、片脚立ち保持時間や握力、TUGからロコモ該当/非該当および重症度を推定するモデル（L-treeSモデル）を確立した。特に、閾値として設定された片脚立ち保持時間15秒あるいは60秒、握力28kg、TUG11秒といった測定値を組み合わせることで、体力指標を活用した再現性の高いスクリーニングを可能とした。妥当性の検証にも成功し、現場で即時に推定結果を得られる簡便性と妥当性を両立した点が大きな成果である。

課題1-3では、歩行や片脚立ちの動画を活用したスマート動画AI解析モデルを開発した。本モデルは動画だけでロコモ度の高精度な分類性能を示した。これにより、在宅や地域イベントなど、従来測定会が困難だった環境でもセルフチェックが可能となり、早期発見の網を大幅に拡張することが期待される。

以上の三つの課題成果を統合すると、「維持すべき体力指標の定義」（課題1-1）→「スマート動画AI解析モデルによる簡易セルフチェック手法の導入」（課題1-3）→「複数の体力指標による客観的スクリーニングモデルの確立」（課題1-2）という一連の診断フローが構築されることになる。これにより、地域健診から在宅モニタリングまで、段階的かつシームレスにロコモの早期発見と速やかな介入を実現するプラットフォームが整備されたと評価できる。

D-2. ロコモに介入するための施策立案に役立つ簡便な介入方法の確立および検証

課題 2-1 では、ロコモ改善を目的とした介入研究を体系的にレビューした結果、グルコサミン・コンドロイチン経口摂取や大腿四頭筋への電気刺激といった栄養・物理的刺激介入には、対照群と比較して有意な改善を示す報告があった。しかしながら、メタ解析可能な RCT 全体では統計学的有意差が認められず、GRADE 評価でも「low～moderate」にとどまることが判明した。加えて、運動介入を主題とする高品質な RCT の報告がほとんど存在しない点も明らかとなり、現時点でロコモ改善を目的とした介入の中核を担う運動に関して、エビデンスレベルの向上が急務であることが示された。

課題 2-2 における若年者 RCT では、週 3 回の運動や栄養(食)指導に加え睡眠衛生を付加した実験的介入群が、運動・栄養(食)指導のみの標準的介入群と比較して移動機能(2ステップテスト値)に有意な上積み効果を明確には示せなかったものの、睡眠衛生を組み入れた多要素介入プログラムを若年者の生活習慣改善の文脈で安全かつ実施可能であることを実証した。この成果は、これまで検証されなかった若年者を対象にした運動を含むロコモ対策の有効性を裏づけるエビデンスであり、簡便な介入としてのモデルケースとして活用が期待される。

課題 2-3 の高齢者 RCT では、運動と栄養(食)指導を行った標準的介入群に対して、栄養(食)指導を睡眠衛生に置き換えた群や睡眠衛生を追加した群と比較したが、主要アウトカムの 2ステップ値には群間で差が認められなかった。しかし、12 週間という中長期フォローワーで、睡眠衛生を並行して行つても安全性や参加継続率に問題がなかった点や運動・栄養(食)・睡眠衛生はロコモ(移動機能)を 5 歳分程度改善させたという結果は注目に値する。この結果は介護予防教室や地域包括ケアでの施策立案に際して、睡眠衛生を気軽に組み込める実証的基盤を提供したと言える。

以上の三つを総括すると、課題 2-1 で明らかになった運動介入の RCT の不足を受け、課題 2-2 で若年者に適用可能な運動介入を含む多要素介入プログラムの実現可能性を検証し、課題 2-3 で高齢者への睡眠衛生併用の安全性を確認した流れは、若年者を含めた介入法のモデルケースを示している。今後は、運動強度や介入期間、栄養・睡眠衛生モジュールの最適化と簡易化を図る高品質 RCT の実施が、ロコモ改善の施策のエビデンスと実装性を飛躍的に高める鍵であると考える。

D-3. フレイル・サルコペニア等の疾患概念との関係性

本研究の課題 3-1 からは、ロコモの主要な危険因子として、運動機能の測定値が報告されていることが明らかになった。具体的には、片脚立ち保持時間の短さ、背筋力や握力の低さ、TUG の所要時間の延長が、ロコモの発症リスクと強く関連していた。これらの因子はいずれも専門家が実施する定量的評価であり、質問紙や生活習慣データと比べて早期の機能低下を高感度に捉える点が特徴といえる。

課題 3-2 の解析では、サルコペニアそのものは 1 年後のロコモ進行の有意な因子とはならなかったものの、サルコペニアの前段階にあたるプレサルコペニアが、女性を対象とした立ち上がりテストに限りロコモ進行を抑制する可能性を示した。この結果は、たとえ筋量が低下していたとしても、筋力低下の進行を食い止められれば、ロコモの悪化を防ぐ余地があることを示唆している。

さらに課題 3-3 では、ロコモ度 2 以上の高齢者は、フレイル進行リスクが非ロコモ群に比べて高いことが明らかとなった。ロコモ度 1 では同様の関連は認められず、特に重度のロコモ(ロコモ度 2 以上)に対する早期介入の必要性が強く示された。

これら三課題の結果を総合すると、ロコモ、フレイル、サルコペニアの因果関係に関するエビデンスは必ずしも明確でないものの、ロコモ度とフレイル進行の因果関係は確からしいことが明らかとなった。そして、低い握力はロコモのリスクであったことから、サルコペニアのリスクもロコモを介して間接的にフレイル進行に影響を及ぼすことが考えられた。

D-4. 将来的に要介護となる者を未然に減らす施策

最後に、本研究で得られたエビデンスに基づき、将来的に要介護となる者を未然に減らす施策を提言する。

(1) 厚生労働省の施策への提言

課題 1-3 で開発されたスマートフォンの動画で解析し、高精度でロコモリスクの有無を判定できる。このモデルを健康日本 21 アクション支援システムの Web コンテンツに組み込み、利用者が動画をアップロードした時点で「リスクなし」と「リスクあり」に自動分類することで、適切な予防行動への誘導を促せる。「リスクなし」と判定された利用者には、「おうちで+10 超リフレッシュ体操」「毎日かんたん！ロコモ予防」

「睡眠教室ムービー」などの Web コンテンツを提示し、自宅での運動・栄養・睡眠衛生を継続しやすい環境を整えることが望ましい。一方、「リスクあり」と判定された利用者には、片脚立ち保持時間、握力、TUG の測定結果を入力してもらい、課題 2 で作成した L-treeS モデル（閾値：片脚立ち保持時間 15 秒／60 秒、握力 28kg、TUG11 秒を組み合わせたモデル）を用いてさらにロコモ度を推定することで、ロコモが進行している者の見逃しを減らし、必要な層に対して保健指導や運動プログラムを集中して提供できる。

成人が維持すべき運動器機能の最低基準として、課題 1-1 で作成された握力、歩行速度、TUG の下限値を成人の維持目標として設定し、健康日本 21 などにより「80%以上の成人がこれらの数値を維持する」という全国目標を掲げることで、自治体や企業の進捗管理を強化し、PDCA サイクルの運用を促進できる。さらに、特定健診を受診する前に AI セルフチェック機能へのリンクを予約サイトや案内メールに組み込むことで、受診者が事前にロコモリスクを把握しやすくなる。保健指導では、運動・栄養・睡眠衛生を組み合わせた多要素介入プログラムの効果を踏まえ（課題 2-3）、受診者の生活習慣に応じた運動指導や栄養指導に加えて、睡眠教育コンテンツを提供することが推奨される。

課題 3-3 のコホート研究では、ロコモ度 2 以上と判定された高齢者はフレイル進行リスクが高まることが示されている。このエビデンスを活用し、後期高齢者支援金制度の加算要件に「ロコモ度 2 以上の高齢者への個別フレイル予防プログラムの実施」を加えることで、要介護リスクの抑制効果が期待できる。具体的には、運動教室、栄養相談、睡眠講座を組み合わせ、半年ごとに効果を評価・改善する体制を地域包括支援センターや保健師と連携して構築することで、高齢者に対して継続的かつきめ細かな支援を提供できる。

（2）文部科学省の施策への提言

課題 1-1 で作成された握力、歩行速度、TUG の下限値は、成人が維持すべき運動機能の最低基準である。これらの数値を運動器検診や新体力テストの基準として明示することで、体力低下者の定義が明確化され、全国共通の判断基準として一貫した運用が可能となる。例えば、新体力テストで基準値を下回った場合には、地域の広域スポーツセンターや総合型地域スポーツクラブに相談を促す仕組みを構築し、早期の運動指導へとつなげることが望ましい。

課題 3-1 のシステムティックレビューでは、短い片脚立ち保持時間や握力の低下がロコモ発症の危険因子であることが示されている。また、課題 1-2 ではこれらに加えて TUG がスクリーニングに有用であることが確認されている。そのため、新体力テスト（65 歳～79 歳対象）に含める項目として開眼片脚立ちや握力に加えて TUG を導入することが合理的である。TUG は国際的にも使用されている運動機能検査であり、運動器不安定症の診断にも使われている。そのため、TUG は現在の新体力テストにある 10m 障害物歩行よりも実用性の高い項目と考えられる。

加えて、将来的に若年者への適用可能性を検証した後にはなるが、高等学校や大学にタブレット端末を設置することで、授業や健康診断の機会に学生の歩行や片脚立ちの動作をスマート動画 AI 解析モデルで事前スクリーニングを試行することが可能となる。「リスクあり」と判定された若年者には、課題 2-2 の成果に基づき、運動、栄養、睡眠習慣の見直しが勧められる。また、地域の広域スポーツセンターや総合型地域スポーツクラブが主催するイベントでもこのような取り組みを展開し、若年者がロコモリスクを自覚し、予防に取り組む機会を提供することが望ましい。

（3）自治体の施策への提言

地域支えあい事業や介護予防事業の拠点である地域サロンや公民館にタブレット端末を常設し、課題 1-3 のスマート動画 AI 解析モデルを活用した定期セルフチェックを導入することで、住民が手軽にロコモリスクを自己評価できる環境を整えることが可能となる。「リスクなし」と判定された住民には、地域サロン内の掲示や SNS を通じて「おうちで +10 超リフレッシュ体操」「毎日かんたん！ロコモ予防」などの家庭向け運動コンテンツを継続的に提供し、生活習慣の定着を促すことが望ましい。一方、「リスクあり」と判定された住民には、L-treeS モデル（片脚立ち保持時間 15 秒／60 秒、握力 28kg、TUG11 秒）を用いてロコモ度を推定し、ロコモ度 2 以上と判定された者は同会場で開催される運動教室、栄養相談、睡眠講座への参加を案内する。また、専門的な支援につなげてフォローアップの連続性を確保することで、必要な支援へスムーズに移行できる仕組みを構築できる。

さらに、地域ボランティアやサポートには、課題 1-1 で示された握力、歩行速度、TUG の下限値を用いた簡易スクリーニング研修を実施し、測定精度を担保した

うえで住民に必要な支援を案内できる体制を整備することが推奨される。地域包括支援センターと連携し、「ロコモ度2以上フォローアップチーム」を設立して個別訪問と半年ごとの再評価を行うことで、要介護転帰抑制に向けた地域ケアモデルの合理性を高めることができる。

E. 結論

本研究では3つの研究項目の成果を統合し、ロコモ予防の新たなプラットフォームを提示した。具体的には、研究項目1（課題1-1／課題1-2／課題1-3）により、握力、歩行速度、TUGの95%CI下限値をロコモ予防の数値目標にしつつ、スマート動画AI解析モデルでロコモリスクがない層を特定・除外し、L-treeSモデルによるスクリーニングを経てロコモリスクがある者を絞り込む手順が構築された。次に、研究項目2（課題2-1／課題2-2／課題2-3）で行ったシステムティックレビューとRCTを通じて、運動や栄養の指導に睡眠衛生を組み合わせた多要素介入プログラムの効果が示された。さらに、研究項目3（課題3-1／課題3-2／課題3-3）で行ったシステムティックレビューとコホート研究から、短い片脚立ち保持時間、握力低下、およびロコモ度2以上がフレイル進行リスクを高める間接的、直接的な要因であることが明らかとなった。これらの成果を組み合わせることで、ロコモリスクがある者の特定からリスク層に応じた介入までの一連の診断・介入法を開発し、将来的に要介護となる者を未然に減らすための施策をエビデンスに基づいて提言した。

F. 健康危険情報

該当なし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Tanaka S, Jung H, Yamashina S, Inoue Y, Nakashima N, Tanaka R. Clinical prediction rule for locomotive syndrome in older adults: A decision tree model. *Journal of Orthopaedic Science*, 12: S0949-2658(22)00112-9, 2022
- 2) Jung H, Tanaka S, Tanaka R. A cutoff value for body composition on the severity of locomotive syndrome in Japanese older women: A cross-sectional study. *Health Care Women Int*, 29, 1-13, 2022
- 3) Tanaka S, Jung H, Tanaka R. Identifying Target Values of Body Composition for Preventing Frailty: A Descriptive Study in

Older Adults. *Gerontol Geriatr Med*, 8, 23337214211064493, 2022

- 4) Yamashina S, Tanaka S, Jung H, Inoue Y, Higashi A, Tanaka R. Estimation of reference intervals for physical fitness indicators in healthy community-dwelling older adults. *Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze mediche*, 8(1):24, 2023
- 5) Iwamoto Y, Imura T, Takahashi M, Tanaka R. Interventions to improve locomotive syndrome: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nagoya Journal of Medical Science*, 85, 275-288, 2023
- 6) Jung H, Tanaka S, Kataoka S, Tanaka R. Association of sarcopenia, pre-sarcopenia, and dynapenia with the onset and progression of locomotive syndrome in Japanese older adults: A cross-sectional study. *Journal of Physiological Anthropology*, 42, 16, 2023
- 7) Tanaka S, Tanaka R, Jung H, Yamashina S, Inoue Y, Hirata K, Ushio K, Ikuta Y, Mikami Y, Adachi N. Temporal validation of a clinical prediction rule for distinguishing locomotive syndromes in community-dwelling older adults: A cross-sectional study from the DETECT-L Study. *Osteoporos Sarcopenia*, 10, 40-44, 2024
- 8) Hirohama K, Imura T, Hori T, Deguchi N, Mitsutake T, Tanaka R. The effects of nonpharmacological sleep hygiene on sleep quality in nonelderly individuals: a systematic review and network meta-analysis of randomized controlled trials. *Plos One*, 19, e0301616, 2024
- 9) Deguchi N, Tanaka R, Akita T. Association Between Sarcopenic Obesity and Frailty Risk in Community-Dwelling Older Women With Locomotive Syndrome: A Cross-Sectional Survey. *Cureus*, 16, e64612, 2024
- 10) Iwamoto Y, Imura T, Hirata K, Ikuta Y, Ushio K, Mikami Y, Adachi N, Takahashi M, Tanaka R. The risk factors for development or progression of locomotive syndrome: a systematic review. *Nagoya J Med Sci*, 87, 60-75, 2025
- 11) Hamada K, Mitsutake T, Hori T, Iwamoto Y, Deguchi N, Imura T, Tanaka R. 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) 山科俊輔, 田中繁治, 鄭勳九, 井上優, 東有明, 田中亮: 地域在住高齢者における体力指標の基準範囲の作成—ブートストラップ法を用いたシミュレーション推定— 第9回 日本地域理学療法学会学術大会 2022
- 2) 濱田和明, 井上優, 田中繁治, 鄭勳九, 山科俊輔, 廣濱賢太, 山崎諒, 田中亮: 片脚立位時の運動学的データを用いたロコモティブシンドローム判別モデル: 横断研究 第9回 日本地域理学療法学会学術大会 2022
- 3) 田中亮, 田中繁治, 鄭勳九, 平田和彦, 牛尾会, 生田祥也, 三上幸夫, 安達伸生: 地域在住高齢者におけるロコモティブシンドロームの判別のための臨床予測ルールの temporal validation 第34回日本運動器科学会 2023
- 4) 山崎諒, 井上優, 鄭勳九, 田中亮, 生田祥也, 安達伸生: 歩行の運動学的特徴からロコモティブシンドロームの重症度を判別するモデルの作成. 第96回 日整形外科学会学術総会 2023
- 5) 岩本義隆, 猪村剛史, 平田和彦, 生田祥也, 牛尾会, 高橋真, 三上幸夫, 安達伸生, 田中亮: ロコモティブシンドロームの新規発生および進行に関する危険因子: システマティックレビュー 第7回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会 2023
- 6) 田中亮, 渡邊夏未, 鄭勳九, 光武翼, 猪村剛史, 田中繁治, 出口直樹, 濱田和明, 廣濱賢太: 睡眠衛生は若年者の運動器の痛みを緩和させるか? 第27回 日本ペインリハビリテーション学会学術大会 2023
- 7) 濱田和明, 光武翼, 堀智成, 岩本義隆, 出口直樹, 猪村剛史, 田中亮: 体組成がフレイルに与える影響: システマティックレビュー. 第10回日本予防理学療法学会 2023
- 8) 鄭勳九, 田中繁治, 田中亮, 生田祥也, 安達伸生: 地域在住高齢者におけるロコモティブシンドロームとサルコペニア、プレサルコペニアおよびダイナペニアとの関連. 第96回日本整形外科学会学術総会 2023
- 9) 出口直樹, 田中亮, 鄭勳九, 生田祥也, 安達伸生: ロコモティブシンドロームを呈した地域在住女性高齢者におけるサルコペニア肥満とフレイルリスクの関連. 第96回日本整形外科学会学術総会 2023

会 2023

- 10) 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 2024
- 11) 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 2024
- 12) 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 2024
- 13) 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 2024
- 14) 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 2024
- 15) 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 2024
- 16) 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 2024
- 17) 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 2024
- 18) 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 2024

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