

地域理学療法学

Japanese Journal of Community-based Comprehensive Physical Therapy



一般社団法人

日本地域理学療法学会

ISSN 2758-0318

地域理学療法学 第 1 卷

目 次

講座

理学療法ガイドライン第 2 版ー地域理学療法ガイドラインを中心にー	池添 冬芽・ 1
--	----------

研究論文（原著）

在宅要介護高齢者の座位行動の類型化と生活機能の特徴 ー座位 Bout を用いた試みー.....	石垣 智也・他・ 7
地域在住高齢者における骨量低下と階段使用頻度との関連性	谷口 善昭・他・ 18

理学療法ガイドライン第2版 —地域理学療法ガイドラインを中心に—

池添 冬芽^{1,2,*}

Clinical practice guidelines on physical therapy: revision 2021

Tome IKEZOE^{1,2,*}

キーワード：理学療法ガイドライン，地域理学療法，高齢者，筋力トレーニング

はじめに

2021年10月，ガイドライン作成組織メンバーの多大な努力の結果，6年近くの歳月をかけて「理学療法ガイドライン第2版」¹⁾が発行された．理学療法ガイドライン第1版が発表された2011年から，実に10年ぶりの改訂となった．21領域で作成が進められた理学療法ガイドライン第2版のひとつに，「地域理学療法ガイドライン」がある．本稿では理学療法ガイドライン第2版および地域理学療法ガイドラインについて概説した後，地域理学療法ガイドラインのクリニカル・エビデンス・レビュー（CQ）の内，CQ1「地域在住健康高齢者に対する低強度筋力トレーニングは有用か」に焦点を絞り，メタアナリシスの結果を踏まえながら解説する．

I 理学療法ガイドライン第2版の概要

1. 作成組織

ガイドライン作成組織の編成について，まず日本理学療法士学会における各分科学会の代表者および担当審議員で構成されたガイドライン・用語策定委員会（ガイドライン統括委員会）が設置され，ガイドライン作成班が当該分科学会の会員等で編成された．システマティックレビュー（SR）班は，これらの組織の構成員とは異なる日本理学療法士協会会員によって，それぞれ2班構成で結成された．それぞれの役割について，図1に示す．

2. ガイドラインの作成方法

理学療法ガイドライン第2版はすべての領域において公益財団法人日本医療機能評価機構 EBM 医療情報

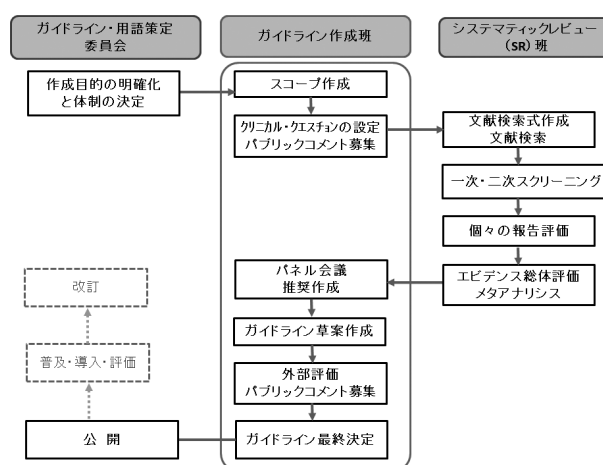


図1 理学療法ガイドライン第2版の作成組織と役割

事業（Minds）²⁾のガイドライン作成法に準じて作成された。

1) クリニカル・エビデンス・レビュー（CQ）の設定

各ガイドライン作成班は担当領域における重要臨床課題を基にCQを立案した．このCQ案について，日本理学療法士協会のホームページを利用してパブリックコメントを募集し，さらに外部評価委員による評価を受け，これらの意見を反映させてCQを決定した．

2) 文献検索および1次・2次スクリーニング

各CQについて文献検索式を立て，英語および日本語の文献検索を網羅的に行った．まず各文献につき，SR班班員が2名のペアとなり，それぞれが論文タイトルや抄録等から必要文献を選択する1次スクリーニングを行った．次に，1次スクリーニングで選択した論文の全文を精読する2次スクリーニングについても，

¹⁾ 関西医科大学リハビリテーション学部（Faculty of Rehabilitation, Kansai Medical University）

²⁾ 理学療法ガイドライン第2版 地域理学療法ガイドライン作成班班長

* 責任著者連絡先：関西医科大学リハビリテーション学部

〒573-1136 大阪府枚方市宇山東町18-89 TEL：072-856-2237, FAX：072-856-2237 E-mail：ikezoet@makino.kmu.ac.jp

各文献につき2名のSR班班員で行い、SRを行うための文献を確定した。

3) エビデンスの評価と統合

個々の文献について、バイアスリスクや非直接性等の評価を行った後、エビデンス総体の評価を行った。具体的には各CQのアウトカムごとにバイアスリスク、非一貫性、非直接性、不精確、出版バイアス等を考慮して評価した(表1)。これらの結果および効果指標の定量的統合(メタアナリシス)結果を総括して、エビデンスの強さ(確実性)を「強い(A)」、「中程度(B)」、「弱い(C)」、「非常に弱い(D)」の4段階で評価した。

4) 推奨策定

推奨策定の手順について、まず「エビデンスの総括的な確実性」「エビデンスの益と害のバランス」「対象者・家族の価値観や希望」「コストや資源」の4つの観点から総合的に検討して推奨草案が作成された(表2)。この推奨草案やエビデンス総体評価等の資料をもとにパネル会議が開かれ、投票により推奨案が決定

された。各CQの推奨案について、ガイドライン・用語策定委員会にて確認・修正がされた後、日本理学療法士協会のホームページによりパブリックコメントを募集し、さらに外部評価委員による評価を受けた。これらの意見を参考に修正を加え、推奨最終版が作成された。

II 地域理学療法ガイドラインの概要

地域理学療法ガイドラインでは重要臨床課題に基づいて6つのCQが設定された(表3)。パネル会議は医師・他職種を含む地域理学療法の専門家11名で開かれ、資料を基に十分な議論を行った後、投票により推奨案が決定された。表4に6つのCQの推奨の要約を示す。

1. CQ1「地域在住高齢者に対する低強度筋力トレーニング」

地域在住高齢者に対する低強度筋力トレーニングの

表1 エビデンス総体の評価

バイアスリスク	論文で報告されている結果が、その方法論によって偏っていないか、つまり研究が適切に行われているかを評価する。具体的には、選択バイアス(ランダム割付されているか、対象者の特徴などが割付担当者に隠蔽化されているか)、実行バイアス(どの介入がされているか介入者・被介入者に盲検化されているか)、検出バイアス(アウトカム測定者は盲検化されているか)などがあるとグレードダウン
非直接性	結果がクリニカルクエスション(CQ)と直接的な関係があるかを評価する。具体的には、CQで設定したPICO[対象集団(P)、介入(I)や対照(C)、アウトカム(O)]と当該研究のPICOとの違いがあるとグレードダウン
非一貫性	結果が研究間で一致しているか、「異質性」がないかを評価する。具体的には、メタアナリシスのフォレストプロットを確認し、研究間で点推定値がかなり異なる、信頼区間の重なりがほとんどない、統計学的な異質性(異質性検定のp値が小さい、 I^2 値が大きい)等が確認された場合はグレードダウン
不精確	効果推定値(エフェクトサイズ)は精確か、ランダム誤差はないかを評価する。具体的には、メタアナリシスの95%信頼区間について、0をまたいでいる、区間の下限が臨床的決断の閾値より小さい、区間の幅が大きい等が確認された場合やサンプルサイズが小さい場合はグレードダウン
出版バイアス	出版バイアスとは研究が選択的に出版されることにより、本来ある有益もしくは有害な効果を系統的に過小もしくは過大評価してしまうことであり、すべての研究が含まれていて得られた研究に偏りがいないかを評価する。具体的にはファンネルプロットを確認し、分布が左右対称性でなければグレードダウン

表2 推奨作成

エビデンスの総括的な確実性	重大なアウトカム(アウトカム重要度が7点以上)のエビデンスの強さ(確実性)で判断する。重大なアウトカムがすべて介入にとって望ましい効果である場合、それらのアウトカムのうち最も高いエビデンスの強さを「エビデンスの総括的な確実性(全体的なエビデンスの強さ)」とする。
益と害のバランス	「望ましい効果(益)は十分か?」、「望ましくない効果(害)は大きいのか?」、「望ましい効果と望ましくない効果のバランスはどうか?」について、アウトカム重要度も含めて判断する。
対象者の価値観や希望	「対象者が主アウトカムに置く価値の大きさにはばらつきや多様性があるか?」、「アウトカムの重要度に関して、多くの対象者が同じ価値観を持っていると考えられるか?」を判断する。
コストや資源	「必要とされるコスト(資源)はどれほど大きいのか?」を判断する。

表3 地域理学療法ガイドラインのクリニカルクエスション

	CQ	介入	コントロール	アウトカム
CQ1	地域在住健常高齢者に対する低強度筋力トレーニングは有用か	低強度筋力トレーニング (60% 1 RM 以下)	非介入	筋力, 筋量, 歩行能力, バランス能力, 身体活動量, 動作能力, 精神心理機能
CQ2	地域在住健常高齢者に対するウォーキングは有用か	ウォーキング実施	非実施	身体活動量, 筋力, 歩行能力, 生活の質 (QOL), 持久力, 社会活動, 日常生活動作能力, 精神心理機能
CQ3	通所リハビリテーション施設利用者に対して運動療法は推奨されるか	運動療法 (筋力強化運動, バランス練習, 歩行・ADL 練習, 有酸素運動)	非介入あるいはレクリエーション	筋力, 歩行能力, バランス能力, 日常生活動作能力, 身体活動量, 精神心理機能
CQ4	施設入所高齢者に対して運動療法は推奨されるか	運動療法 (筋力強化運動, バランス練習, 歩行・ADL 練習, 有酸素運動)	非介入あるいは通常ケア	筋力, 歩行能力, バランス能力, 日常生活動作能力, 身体活動量, 精神心理機能
CQ5	身体的障害を有する中高齢者に対して訪問での理学療法は推奨されるか	訪問による理学療法 (運動療法, 動作指導, 生活指導)	非介入あるいは通常介入	日常生活動作能力, 筋力, 歩行能力, 身体活動量, 生活の質 (QOL), 転倒発生
CQ6	家族介護者への効果という観点から, 身体的障害を有する中高齢者に対して訪問での理学療法は推奨されるか	訪問による理学療法 (運動療法, 動作指導, 生活指導)	非介入あるいは通常介入	生活の質 (QOL), 精神心理機能, 介護負担感

ADL: 日常生活活動 (Activities of Daily Living)

RM: Repetition Maximum

表4 各 CQ の推奨とエビデンスレベル

CQ	該当論文	推奨文	推奨の強さ	エビデンスの強さ
CQ1	18編	地域在住健常高齢者に対して, 筋力や歩行能力, バランス能力の改善を目的に, 低強度筋力トレーニングを行うことを条件付きで推奨する	条件付き推奨	C (弱い)
CQ2	19編	地域在住健常高齢者に対して, 歩行能力や持久力, 身体活動量や ADL, QOL の改善を目的に, ウォーキングを行うことを条件付きで推奨する	条件付き推奨	C (弱い)
CQ3	9 編	通所リハビリテーション施設利用者に対して, ADL の改善を目的に, 運動療法を行うことを条件付きで推奨する	条件付き推奨	C (弱い)
CQ4	23編	施設入所高齢者に対して, ADL の改善を目的に, 運動療法を行うことを条件付きで推奨する	条件付き推奨	C (弱い)
CQ5	33編	身体的障害を有する中高齢者に対して, ADL や筋力, 歩行能力の改善を目的に, 訪問での理学療法を行うことを条件付きで推奨する	条件付き推奨	C (弱い)
CQ6	0 編	「家族介護者への効果という観点から, 身体的障害を有する中高齢者に対して訪問での理学療法は推奨されるか」という CQ に対して, エビデンスに基づく明確な推奨を提示することはできない	推奨なし	なし

ADL: 日常生活活動 (Activities of Daily Living), QOL: 生活の質 (quality of life)

効果について, メタアナリシスの結果, 筋力 (膝伸展筋力) や歩行能力 (Timed Up & Go: TUG), バランス能力 (ファンクショナルリーチ) において有意な効果が認められている。一方, 低強度筋力トレーニングの

重大な有害事象について報告している研究はなく, 本 CQ の推奨文は「筋力や歩行能力, バランス能力の改善を目的に, 低強度筋力トレーニングを行うことを条件付きで推奨する」とした。

2. CQ2「地域在住高齢者に対するウォーキング」

地域在住高齢者に対するウォーキングの効果について、メタアナリシスの結果、歩行能力 (TUG) や持久力 (6分間・12分間歩行距離, 2分間ステップ), 身体活動量 (質問紙, 加速度計), 日常生活活動 (Activities of Daily Living; ADL), 生活の質 (quality of life; QOL) などにおいて有意な効果を認めている。ウォーキングは特別な機器や設備を必要とせず, コスト負担や資源は少なく実施可能であることなども鑑みて, 本CQの推奨文は「歩行能力や持久力, 身体活動量やADL, QOLの改善を目的に, ウォーキングを行うことを条件付きで推奨する」とした。

3. CQ3・CQ4「通所リハビリテーション施設利用者・施設入所高齢者に対する運動療法」

CQ3およびCQ4の通所リハビリテーション施設利用者および施設入所高齢者に対する運動療法の効果に関するメタアナリシスの結果, いずれもADL向上に有意な効果を認めている。施設利用・入所者にとってADL向上効果の意義は非常に大きいと考え, CQ3およびCQ4の推奨文はいずれも「ADLの改善を目的に運動療法を行うことを条件付きで推奨する」とした。しかし, 通所リハビリテーション施設利用者および施設入所高齢者に対する運動療法の効果について, 質の高いエビデンスは国内・国外を問わず非常に少なく, また対象者の介護度や疾患・障害, 病期ごとの効果や運動療法の種類や運動量ごとの効果については知見が十分ではないため, 今後はより大規模サンプルでの臨床研究が行われることが望まれる。

4. CQ5・CQ6「訪問での理学療法」

CQ5の身体的障害を有する中高齢者に対する訪問での理学療法の効果として, ADLや筋力 (膝伸展筋力, 立ち上がりテスト), 歩行能力 (TUG, 6分間歩行距離) に対する有意な効果がメタアナリシスで確認されている。一方, CQ6の家族介護者への効果については, 該当するランダム化比較試験 (RCT) が存在しなかったことから, エビデンスに基づく明確な推奨を提示することはできなかった。

訪問リハビリテーションは様々な職種が関わるが, 理学療法に焦点を当てて効果を検討したエビデンスレベルの高い報告は少ない。そのため, 多施設での大規模調査によりデータベースを構築して科学的根拠を蓄積し, 質の高い理学療法を確立することが重要な課題と考える。

III CQ1「地域在住健康高齢者に対する低強度筋力トレーニングの効果」

1. 本CQを設定した背景

一般的に, 低強度と比較して高強度の筋力トレーニングの方が, 筋力や筋量, 身体機能向上に対する効果は高いとされている。実際に, 高齢者の筋力増強・筋肥大に効果的なトレーニング条件について, 運動強度は1RMの60~80% (8~15RM) あるいはBorg主観的運動強度スケールで15~17 (きつい~かなりきつい) が推奨されている³⁻⁵⁾ (表5)。しかし, 高強度になると筋骨格系傷害や循環器系のリスクが高くなる^{6,7)}。そのため, 本邦では傷害発生や血圧上昇の予防あるいはコンプライアンスなどの点を考慮して, 高齢者に対しては運動強度を60% 1RM以下程度とした低強度の筋力トレーニングが処方されることが多い。しかしながら, 高齢者に対する低強度筋力トレーニングの有効性を示す報告は限られているのが現状であり, ガイドラインも存在しなかった。

2. 筋力および筋量に対する効果

CQ1のメタアナリシスの結果, 低強度筋力トレーニングの効果として, 膝伸展筋力に対する有意な効果を認めたが, 筋量に対する効果は認められなかった。筋力トレーニングにおける負荷は主として運動強度と運動量 (反復回数, セット数等) によって規定される (図2)。そのため, 比較的軽い強度であっても, 反復回数やセット数を増やすことによって, 高強度と同程度の筋肥大・筋力増強効果が得られることが多くの報告で証明されている⁸⁻¹⁰⁾。Vincentら⁹⁾は高齢者に対して24週間の筋力トレーニングを高強度 (80% 1RM)・反復回数8回と中等度強度 (50% 1RM)・反復回数13回で実施した結果, 筋力増加率は中等度の強度で17.2%, 高強度で17.8%と差はなく, 中等度の強度でも反復回数を増やすことによって, 筋力増強効果が高められることを示唆している。また, Roieら¹⁰⁾は高齢者に対する筋力トレーニングの筋肥大効果について, 高強度 (80% 1RM), 反復回数10~15回と低強度 (20% 1RM), 反復回数80~100回で効果は同程度であったことを報

表5 高齢者の筋力増強に効果的なトレーニング条件

運動強度	70~79% 1RM
反復回数	7~9回/セット
セット数	2~3セット
頻度	2回/週
筋収縮時間	6秒/回

文献3より改変引用

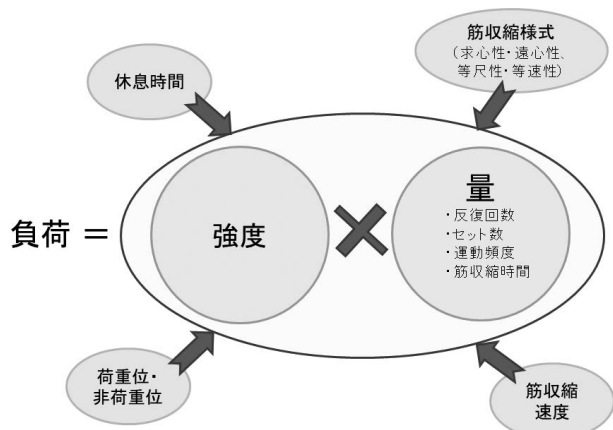


図2 トレーニング負荷に影響を及ぼす因子

告している。さらに、健常高齢者を対象にした研究¹¹⁾において、低強度・低速度反復（挙上4秒，降下6秒）のスロートレーニングおよび高強度・通常速度反復（挙上2秒，降下2秒）の通常トレーニングを実施した結果，最大等尺性筋力は両群ともに有意に向上し，両群に違いはみられなかったこと，すなわち，低強度であってもゆっくり運動を反復して筋収縮時間を長く保つことによって，高強度と同程度の効果が得られることが報告されている。このように，低強度であっても反復回数や筋収縮時間を変化させることによって筋力・筋量向上が可能であることが報告されているものの，CQ1のメタアナリシスの結果，筋量に対する効果は認められなかった。そのため，今回メタアナリシスに採用された論文は強度あるいは運動量のどちらかが筋肥大効果を得るには不十分であったことが考えられる。

3. バランス・歩行能力に対する効果

CQ1のメタアナリシスの結果，ファンクショナルリーチに対する有意な効果を認めたが，片脚立位保持時間に対する効果は認められなかった。片脚立位保持のような静的バランス能力と比較して，ファンクショナルリーチのような動的バランス能力の方が筋力の影響が強いとされている。実際に，高齢者のファンクショナルリーチの測定値に影響を及ぼす因子を調べた報告によると，リーチ時の足圧中心移動距離で説明できるのは15%程度であり，残りの85%程度は筋力や関節可動域などの要因が関与していることが示されている¹²⁾。これらのことから，筋力トレーニングに伴う筋力増強によって，ファンクショナルリーチに対する効果も期待できると考えられる。

また，歩行能力に関するメタアナリシスの結果，通常・最大歩行速度，6分間歩行距離のいずれも有意な

効果は認められなかった。下肢筋力は歩行速度と強い関連性がみられるものの，その関係は必ずしも比例関係とはいえないことが多数報告されている¹³⁻¹⁵⁾。例えば，地域在住高齢者を対象に通常歩行速度と等速性下肢筋力との関連について調査を行った Buchner ら¹³⁾の報告によると，筋力が弱い群では歩行速度と下肢筋力との関連がみられたのに対して，筋力が強い群では関連がみられなかったことを示している。歩行速度と等速性膝伸展筋力との関連をみた Kwon ら¹⁵⁾は，通常歩行速度では130 Nm，最大歩行速度では190 Nm以上の筋力値になると歩行速度はプラトーになると報告している。これらの報告を鑑みると，地域在住健常高齢者のような下肢筋力が比較的強い高齢者においては，筋力向上が歩行速度に及ぼす影響は少ない可能性が考えられる。

4. 身体活動量および精神心理機能に対する効果

CQ1のメタアナリシスの結果，身体活動量および精神心理機能いずれも有意な効果を認めなかった。藤田ら¹⁶⁾は多重ロジスティック回帰分析を用いて外出頻度に関連する要因について分析した結果，年齢や歩行持久力（1 kmの連続歩行），転倒不安等が関連因子として抽出されたことを報告している。島田ら¹⁷⁾は近隣に週1日以上外出しているかどうかには，年齢，TUG，歩行持久力，健康状態，外出に対する自己効力感などが関与していることを報告している。このように，地域在住高齢者の身体活動量向上のためには歩行持久力や転倒不安といった精神心理機能の維持向上が極めて重要であることがうかがえる。そのため，歩行持久力（6分間歩行距離）や精神心理機能に対する低強度筋力トレーニング効果は少ないことも，身体活動量に対する効果に影響しているのかもしれない。

5. 今後の課題

本CQの膝伸展筋力以外のアウトカムについてのRCTは少なく，ADLや転倒のアウトカムについては該当するRCTが存在しなかった。また，どのような条件（頻度，セット数，休息時間，収縮速度，筋収縮の種類，期間，運動順序等）で低強度筋力トレーニングを実施すれば効果的であるのかについては知見が十分ではない。今後は低強度筋力トレーニングの内容を明確化したうえで，引き続き知見の蓄積が必要である。

おわりに

理学療法ガイドライン第2版および地域理学療法ガイドラインについて概説した。本ガイドラインを是非とも有効に活用し，地域理学療法の実践に役立ててい

ただければ幸いである。

地域理学療法学分野において、質の高いエビデンスは少ないのが現状であり、エビデンス構築に向けて取り組むべき課題は多い。エビデンスを蓄積するために、われわれ自身も臨床データを発信していくことが求められる。

文 献

- 1) 公益社団法人日本理学療法士協会（監修）：理学療法ガイドライン第2版。医学書院，東京，2021。
- 2) 小島原典子，中山健夫，他（編）：Minds 診療ガイドライン作成マニュアル2017。公益財団法人日本医療機能評価機構，東京，2017。
- 3) Borde R, Hortobágyi T, et al. Dose-response relationships of resistance training in healthy old adults: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2015; 45: 1693-1720.
- 4) Nelson ME, Rejeski WJ, et al. Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc.* 2007; 39: 1435-1445.
- 5) Rhea MR, Alvar BA, et al. A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Med Sci Sports Exerc.* 2003; 35: 456-464.
- 6) Mazzeo RS, Tanaka H, et al. Exercise prescription for the elderly: current recommendations. *Sports Med.* 2001; 31: 809-818.
- 7) Harding AT, Weeks BK, et al. A comparison of bone-targeted exercise strategies to reduce fracture risk in middle-aged and older men with osteopenia and osteoporosis: LIFTMOR-M semi-randomized controlled trial. *J Bone Miner Res.* 2020; 35: 1404-1414.
- 8) Schoenfeld BJ, Grgic J, et al. Strength and hypertrophy adaptations between low- vs. high-load resistance training: A systematic review and meta-analysis. *J Strength Cond Res.* 2017; 31: 3508-3523.
- 9) Vincent KR, Braith RW, et al. Resistance exercise and physical performance in adults aged 60 to 83. *J Am Geriatr Soc.* 2002; 50: 1100-1107.
- 10) Van Roie E, Delecluse C, et al. Strength training at high versus low external resistance in older adults: effects on muscle volume, muscle strength, and force-velocity characteristics. *Exp Gerontol.* 2013; 48(11): 1351-1361.
- 11) Mukaimoto T, Han I, et al. Effects of low-intensity and low-velocity resistance training on lower limb muscular strength and body composition in elderly adults. *Jpn J Phys Fitness Sports Med.* 2006; 55 Suppl S: 209-212.
- 12) Jonsson E, Henriksson M, et al. Does the functional reach test reflect stability limits in elderly people? *J Rehabil Med.* 2003; 35(1): 26-30.
- 13) Buchner DM, Larson EB, et al. Evidence for a non-linear relationship between leg strength and gait speed. *Age Ageing.* 1996; 25(5): 386-391.
- 14) Ferrucci L, Guralnik JM, et al. Departures from linearity in the relationship between measures of muscular strength and physical performance of the lower extremities: the Women's Health and Aging Study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 1997; 52(5): M275-M285.
- 15) Kwon IS, Oldaker S, et al. Relationship between muscle strength and the time taken to complete a standardized walk-turn-walk test. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2001; 56A: B398-B404.
- 16) 藤田幸司，藤原佳典，他：地域在宅高齢者の外出頻度別にみた身体・心理・社会的特徴。日本公衆衛生雑誌。2004; 51(3): 168-180.
- 17) Shimada H, Ishizaki T, et al. How often and how far do frail elderly people need to go outdoors to maintain functional capacity? *Arch Gerontol Geriatr.* 2010; 50(2): 140-146.

原 著

在宅要介護高齢者の座位行動の類型化と生活機能の特徴

—座位 Bout を用いた試み—

Clustering the sedentary behavior of elderly requiring care at home and the characteristics of functioning: an attempt by using sedentary behavior bout

石垣 智也^{1,*}, 高濱 祐也², 中本 貴大², 尾川 達也³

Tomoya ISHIGAKI, Yuya TAKAHAMA, Takahiro NAKAMOTO, Tatsuya OGAWA

【目的】連続した座位行動を意味する座位 Bout から在宅要介護高齢者の座位行動を類型化し、各群の生活機能の特徴を検討すること。【方法】訪問リハビリテーションを利用する在宅要介護高齢者の生活機能と身体活動量を横断的に調査した。33名のデータが分析に用いられ、座位行動時間と30分未満、30～59分、60分以上の座位 Bout から階層的クラスター解析を行った。【結果】座位行動時間と60分以上座位 Bout が多く、30分未満座位 Bout が少ない持続座位群、これとは対照的な短時間座位群、これらの中間の特徴を示す中間座位群に類型化された。持続座位群は他の群に比べ歩行能力、応用日常生活活動が低く、日常生活活動も低い傾向にあった。短時間座位群と中間座位群は生活機能に明確な違いを認めなかった。【結論】座位 Bout により在宅要介護高齢者の座位行動の類型化が行え、生活機能だけでは説明できない座位行動を示す者も存在することが明らかとなった。

This research aimed to cluster the sedentary behavior of the elderly requiring home-care by using sedentary behavior bout, which means continuous sedentary behavior, and the characteristics of functioning by these clusters. A cross-sectional survey was conducted on the physical activity and functioning of the elderly who require care and use home-visit rehabilitation. Hierarchical cluster analysis was conducted based on the total time of sedentary behavior and three types of the sedentary bout: less than 30 minutes, 30 to 59 minutes, and more than 60 minutes. The results showed that there were three groups: the prolonged sedentary group, which had more sedentary time in the bout of more than 60 minutes and less in the bout of less than 30 minutes; the short sedentary group, which contrasted with the prolonged sedentary group; and the intermediate sedentary group. The individuals in the prolonged sedentary group showed lower gait ability, applied ADL, and lower tendency in ADL than the other groups. On the other hand, there were no significant differences in functioning between individuals in the short and intermediate sedentary groups. The sedentary bouts can categorize the characteristics of sedentary behavior of the elderly requiring care, and some elderly showed sedentary behavior that is hard to explain based only on their functioning.

キーワード：要介護高齢者 Long Term Care, Elderly, 身体活動 Physical activity, 座位行動 Sedentary behavior, 生活機能 Functioning

¹ 名古屋学院大学 リハビリテーション学部理学療法学科 (Department of Physical Therapy, Faculty of Rehabilitation Sciences, Nagoya Gakuin University)

² 社会福祉法人慶生会 慶生会訪問看護ステーション (Keiseikai Home-visit Nursing Station, Keiseikai Social Welfare Corporation)

³ 西大和リハビリテーション病院リハビリテーション部 (Department of Rehabilitation, Nishiyamato Rehabilitation Hospital)

* 責任著者連絡先：名古屋学院大学リハビリテーション学部理学療法学科
〒456-0062 愛知県名古屋市熱田区大宝3丁目1番17号 名古屋キャンパスひびの
TEL: 052-678-4078 (内線: 5806), FAX: 052-682-6804, E-mail: ishigaki@ngu.ac.jp
(受付日 2021年12月3日/受理日 2022年2月21日)

はじめに

高齢者の様々な健康指標（死亡，がん，動脈硬化，日常生活の障害，転倒，骨折，認知障害，抑うつなど）に対して，良好な身体活動量は肯定的に作用する¹⁾．身体活動量は実施する運動や生活活動の代謝当量（Metabolic Equivalents: METs）に応じて活動強度別に分類されており²⁾，世界保健機関では65歳以上の高齢者や慢性疾患を有する成人および高齢者，障害のある成人に対して，1) 少なくとも150～300分／週の中強度（3.0～5.9 METs），もしくは少なくとも75～150分／週の高強度（6.0 METs 以上）の身体活動，または中強度と高強度の身体活動量の組み合わせによる同等量の身体活動を行うこと，2) 低活動な座位行動（覚醒している1.5 METs以下の活動）を最小限にとどめ，軽強度の身体活動（1.6～2.9 METs）であっても良いので座位行動と置き換えることの2つの指針を推奨している³⁾．すなわち，一定強度以上の身体活動量を確保することと座位行動の削減の双方を含むものが，良好な身体活動量の適正化となる．

このような身体活動量の適正化は，地域理学療法の主たる対象者のひとつである在宅要介護高齢者（以下，要介護高齢者）の健康や生活機能にも有効に作用する可能性がある．しかし，身体的障害のある者は運動や動作に困難さを有しているため，一般的に推奨される中強度や高強度の身体活動量（例：ウォーキングや階段昇降など）を得ることに難渋する⁴⁾．また，身体機能の低下した虚弱かつ低活動な高齢者では，より低い活動強度である軽強度活動（例：立位やゆっくりした歩行に相当）の多さや座位行動の少なさが，将来的な歩行能力の低下を予防することも知られている⁵⁾．すなわち，対象者の身体機能や動作能力が低い場合には，得られる身体活動量や推奨される身体活動量もより低くなるという階層性があると考えられる．

これら背景を踏まえ要介護高齢者の身体活動量の適正化をより細分化すると，中高強度活動を積極的に実施できない者では，軽強度活動による座位行動の置き換えや長時間の座位行動を分割化する対応，すなわち座位行動の適正化に重きが置かれる可能性がある．実際，身体機能の低下した高齢者⁶⁾や施設入居高齢者⁷⁾を対象として，座位行動の削減や分割化を目的とした介入研究も報告されるようになっており，座位行動の適正化への関心が高まってきている．座位行動を軽強度活動で置き換え削減することや，長時間の座位行動を分割化することは，運動や動作に困難さを有し中高強度活動が行いにくい要介護高齢者でも比較的行いやすく，地域理学療法における現実的かつ有用なアプ

ローチ方略になり得る可能性がある．

近年では座位行動の多さが高齢者の虚弱状態と関係すること⁸⁾，そして，座位行動の量だけではなく，一定時間連続した座位行動を意味する座位 Bout^{9,10)}や，座位行動を軽強度活動以上の活動で中断する Break¹¹⁾も高齢者の身体機能や歩行能力に関係することが知られている．特に，低活動かつ Short Physical Performance Battery にて平均9.4点と虚弱な高齢者の身体機能や歩行能力には，座位行動の総量よりも60分以上の長い座位 Bout が強く関連するため¹⁰⁾，要介護高齢者においても，座位行動を構成する座位 Bout にも着目する必要があると考えられる．

一方，高齢者の座位行動に対する認識は様々であり，状況によって座位行動は生活を営む上で必要かつ有益なこととして，肯定的な認識を伴って生活に組み込まれている¹²⁾．さらに，高齢者の座位行動の多寡は健康状態だけではなく，生活状況，周辺環境にも影響されており¹³⁾，座位行動の特徴別に異なる生活活動や行動習慣，身体機能を示す下位集団に類型化されることも知られている^{14,15)}．例えば，Compernelle ら¹⁴⁾は座位行動の内訳（テレビ，コンピューター，車や電車などを利用した移動，読書，趣味，社会活動，食事）から類型化を行い，テレビ視聴のための座位行動が多い群では，Body Mass Index が高く，握力や健康に関連した生活の質が低いことを報告している．また，本邦の Mitsutake ら¹⁵⁾も類似した調査を行っており，テレビ視聴のために座位行動が多い群では握力，歩行速度が低く，片脚立位時間が短いことを報告している．いずれにしても，これら知見は，座位行動の適正化を図るためには座位行動を詳細に評価し背景にある要因を把握することで，個別性に配慮した適正化方略を講じる必要があることを示している．

このように高齢者の座位行動には様々な要因が関係するものの，要介護高齢者の座位行動に関係する要因は知られていない．しかし，身体機能や動作能力が低下した要介護高齢者の座位行動を考えた場合には，生活の基盤を担う日常生活活動（以下，ADL）や歩行能力，基本的動作能力も含めた生活機能が座位行動に関する主たる要因のひとつになると仮説立てできる．このためには要介護高齢者の座位行動を詳細に評価し，類型化された下位集団（以下，各群）の生活機能を比較する必要があるが，未だそのような報告は見当たらない．また，高齢者を対象に座位行動の類型化を試みた先行研究^{14,15)}では，質問紙を用いて座位行動の評価を行っている．質問紙を用いた身体活動量の評価はその内容を評価できるメリットがある一方，高齢者を対象とした場合には測定誤差が大きいことが指摘されて

おり¹⁶⁾、本研究で着目している座位 Bout の評価も困難である。そこで本研究では、身体活動量計による客観的評価から座位 Bout を用いて要介護高齢者の座位行動の類型化を行い、類型化された各群の生活機能の特徴を検討することを目的とした。本研究には座位行動の適正化を考察するための基礎的知見を見出せる可能性があり、この点が本研究の意義となる。

方 法

1) 研究デザイン

本研究では同一法人内の訪問看護ステーション事業所 4 施設を協力施設として、横断的調査研究を実施した。

2) 調査概要

調査対象者は各施設の訪問リハビリテーション（以下、訪問リハビリ）を含む介護保険サービスを利用する要介護高齢者とした。対象者となる包含基準は以下の 7 条件とした。1) 65 歳以上である。2) 急性期的な医学的処置や管理がなく、終末期医療の対象ではない。3) 自宅（高齢者専用賃貸住宅や老人ホーム、ケアハウスを除く）に居住している。4) 訪問リハビリを利用して 30 日以上が経過している。5) 認知機能障害の有無に関係なく本人または主介護者が身体活動量計の管理を適切に行える。6) 少なくとも起居動作と端座位保持が自立している。7) 研究参加の提案が行われ参加同意が本人または代諾者から得られた者。

全ての調査は 2020 年 6 月～11 月までの期間において、研究内容と調査方法を理解した担当の理学療法士または作業療法士（以下、担当療法士）が対象者からの同意取得後に実施した。なお、この期間は新型コロナウイルス感染症の感染拡大に伴う緊急事態宣言の期間には該当していない。この間の総利用者数は 571 名であり、上述した包含基準を満たし調査対象となった者は 36 名であった（図 1）。なお、包含基準ごとの詳細な該当者数は調査できていない。

データは各施設の研究代表者が集計し、個人情報削除したうえでデータを統合した。その後、研究責任者がデータチェックを行った。なお、データチェックで整合性の取れないデータがあった場合には各研究代表者に問い合わせ、施設内で独立して管理されている対応表から担当療法士を同定し、対象者に関する追加の情報を得て修正を行った。

本研究はヘルシンキ宣言を遵守し、対象者もしくは代諾者には口頭および書面での説明と同意を得て実施した。データの統合には各施設における所属長の承認を得て実施した。また、本研究は名古屋学院大学医学

研究倫理委員会の承認を得て実施した（承認番号 2019-31）。

3) 調査項目

1. 基本情報

調査項目は基本情報として、年齢、性別、主疾患種別（脳血管疾患、運動器疾患、内部障害、パーキンソン病、その他）、併存疾患数（主治医からの指示書に記載されているもの）、要介護度、障害高齢者の日常生活自立度（以下、寝たきり度）¹⁷⁾、認知症高齢者の日常生活自立度（以下、認知症自立度）¹⁸⁾、同居介護力（介護力として換算できる同居者の人数）、訪問リハビリ利用期間、訪問リハビリ頻度（週あたりの訪問回数）、訪問リハビリ時間（週あたりの訪問時間）、各介護保険サービスの利用状況とした。要介護度は支援 1 と支援 2、介護 1 と介護 2、介護 3 以上に分類し、寝たきり度は生活自立（ランク J1, J2）、準寝たきり（ランク A1, A2）、寝たきり（ランク B1, B2, C1, C2）と分類した。

2. 生活機能

生活機能は基本的動作能力、歩行能力、ADL、応用的 ADL を評価した。

基本的動作能力は Bedside Mobility Scale（以下、BMS）¹⁹⁾ と Rivermead Mobility Index 日本語版（以下、RMI）^{20,21)} を評価した。BMS は重度要介護者を対象としてベッド上、ベッド周囲、居室内での基本的動作の 10 項目から構成される「できる動作」について 40 点満点で評価するものであり、検者内および検者間信頼性と妥当性が確認されている¹⁹⁾。一方、RMI は起居動作や移乗動作、階段昇降、入浴、屋内歩行、屋外歩行、さらには走行などの 15 項目から構成される「している移動能力」の自立状況について 15 点満点で評価するものであり、検査者間信頼性と妥当性が確認されている^{20,21)}。

歩行能力は歩行自立度と連続歩行距離を評価した。歩行自立度は邦訳版の Functional Ambulation Classification of the Hospital at Sagunto（以下、FACHS）で歩行自立度を評価した^{22,23)}。FACHS は日常生活における歩行の自立度や移動範囲から、日常生活での「している歩行能力」について、0) 歩行不可（介助下でも歩行ができない）、1) 機能的歩行不可（持続的な介助が必要）、2) 家庭内歩行（自宅のような熟知した統制のとれた領域内のみ歩行が可能）、3) 近隣屋外歩行（屋内外の歩行が可能であり、歩行距離に制限があるが通りを歩行することが可能）、4) 地域歩行（歩行距離に制限がなく買い物や雑用を遂行することが可能）、そして 5) 正常歩行の 6 段階に分類する評価指標であり、検者間信頼性と妥当性が確認されている²²⁾。なお、

歩行自立度の分類として FACHS の 0) と 1) を歩行不可・介助歩行, 2) を屋内歩行自立, 3) 以上を屋外歩行自立とした。また, 連続歩行距離は日本理学療法士協会が作成した E-SAS²⁴⁾にある「休まずに歩ける距離」を参考に, 7段階 (0: 歩行不可, 1: 10 m 未満, 2: 10~50 m 未満, 3: 50~100 m 未満, 4: 100~500 m 未満, 5: 500 m~1 km 未満, 6: 1 km 以上) で評価した。連続歩行距離は対象者からの聴取と通常臨床から得た情報をもとに担当療法士の判断により評価し, 評価に難渋する場合には直接的な歩行観察から判断した。

ADL は Functional Independence Measure (以下, FIM)²⁵⁾ を評価し, 合計点126点満点とは別に運動項目91点 (以下, FIM 運動) と認知項目35点 (以下, FIM 認知) の点数を求めた。

応用的 ADL は改訂版 Frenchay Activities Index 自己評価表 (以下, FAI)^{26,27)} を用いて, 担当療法士が対象者からの聴取と通常臨床から得た情報をもとに評価を行った。FAI は合計点45点満点であるが, 屋内家事15点 (食事の用意, 食事の後片付け, 洗濯, 掃除や整頓, 力仕事), 屋外家事9点 (買い物, 庭仕事, 家や車の手入れ), 戸外活動12点 (外出, 屋外歩行, 交通手段の利用, 旅行), 趣味6点 (趣味活動, 読書), 勤労3点 (有償での仕事) の下位尺度別にも点数を求めた。

3. 身体活動量

身体活動量計は加速度センサを内蔵した身体活動量計 (Active style PRO HJA-750C, オムロンヘルスケア社) を使用し²⁸⁾, 就寝時および入浴時を除く日中 (起床から就寝まで) の身体活動 (METs) を基本的には6日間, もしくは最大で7日間の計測を行った。6日間の計測を基本とした理由は, 訪問リハビリで訪問した際に身体活動量計を配布し, 翌週の訪問時に回収するため, 配布日と回収日を除く間の6日間を計測期間としたためである。そして, 何かしらの理由で翌週に回収出来なかった場合には7日間を計測期間の上限とした。身体活動量計の装着部位は対象者の右側もしくは左側の腰部とし, 装着忘れを防止する目的から記録用紙も配布し, 日々の着脱時間を記録させた。

身体活動量のデータ解析は5時~23時59分までの時間帯を解析対象時間とし, 10秒エポックで記録された METs を1ブロック6データとしてブロックごとに平均化し, 60秒エポックの値へ加工した。その後, 近年推奨されている高齢者の非装着判定を行うアルゴリズム「連続して90分以上連続して0 METs が記録された時間を非装着時間とする」を用いて^{29,30)}, 装着時間と非装着時間を判別した。そして, 600分以上の装着時間がある計測日を採用日として, これが少なくとも3

日以上ある対象者のデータを採用データとした³¹⁾。身体活動量の各指標は採用日ごとに値を求め, 採用日数で平均化した値を代表値とした。具体的指標として, 活動強度別 (座位行動: 1.5 METs 以下, 軽強度活動: 1.6~2.9 METs, 中高強度活動: 3.0 METs 以上) に1日あたりの平均値 (分) を算出し^{2,32)}, それぞれ座位行動時間, 軽強度活動時間, 中高強度活動時間とした。また, 座位行動は先行研究¹⁰⁾を参考に座位 Bout を30分未満, 30~59分, 60分以上の3種を設定し, 各座位 Bout 時間の1日あたりの平均値 (分) を算出した。加えて, 各活動強度の時間および座位 Bout 時間は装着時間や座位行動時間による影響 (例: 装着時間が長いほど座位行動時間も長い) を受ける可能性があるため, 装着時間で除して標準化した座位行動時間割合 (%), 軽強度活動時間割合 (%), 中高強度活動時間割合 (%) と座位行動時間で除して標準化した各座位 Bout 時間割合 (%) も求めた。なお, 各割合の内訳を実データ (分) として解釈できるように, 各活動強度の時間および各座位 Bout 時間も結果として用いた。さらに, 座位行動の中断を意味する Break 回数 (1分以上座位行動が継続した後に, 軽強度活動以上の活動が1分以上生じた回数)³²⁾の1日あたりの平均値 (回) を算出し, 座位行動時間で除することで, 座位行動1時間あたりの回数へと標準化した Break 頻度 (回/座位行動1時間) とした¹⁰⁾。なお, これら身体活動量の一連のデータ処理には, Microsoft Excel[®] VBA によるマクロプログラムを用いて行った。

4) 統計解析

統計解析では各記述統計量を示すとともに, 座位行動の類型化には Z スコア化した座位行動時間割合, 30分未満座位 Bout 時間割合, 30~59分座位 Bout 時間割合, 60分以上座位 Bout 時間割合の4変数による階層的クラスター解析 (Word 法, ユークリッド距離) を行った。その後, 各クラスター間での調査項目の比較を行った。いずれも Jarque-Bera 検定にて正規性が確認されなかったため, χ^2 検定もしくは Fisher の正確確率検定, Kruskal-Wallis 検定 (多重比較検定法: Holm 法) にて比較を行った。なお, 有意水準は5%未満とし, 統計解析のソフトウェアには HAD (ver. 17.104)³³⁾ を使用し, 2×3 以上の Fisher の正確確率検定のみ WEB 上の統計解析プログラム³⁴⁾を使用した。

結 果

1) 対象者および類型化前の身体活動量

調査対象となった36名のうち, 3名が身体活動量の採用日要件を満たさず, 統計解析から除外となった

(図1). データ分析の対象者情報として, 基本情報および生活機能の記述統計量を表1と表2に示す. 全体として要介護1もしくは要介護2(21名, 64%)で, 少なくとも屋内歩行が自立(30名, 91%)している後期高齢者(中央値82.0歳)という特徴が確認された(表1).

類型化前の身体活動量を表3に示す. 代表値から求めた座位行動時間割合の中央値は75.0%であった. また, 同じく軽強度活動時間と中高強度活動時間の装着時間に対する割合の中央値は, それぞれ23.9%, 0.4%であった. そして, 座位 Bout 時間割合は30分未満で40.8%, 30~59分で25.6%, 60分以上で33.8%であった.

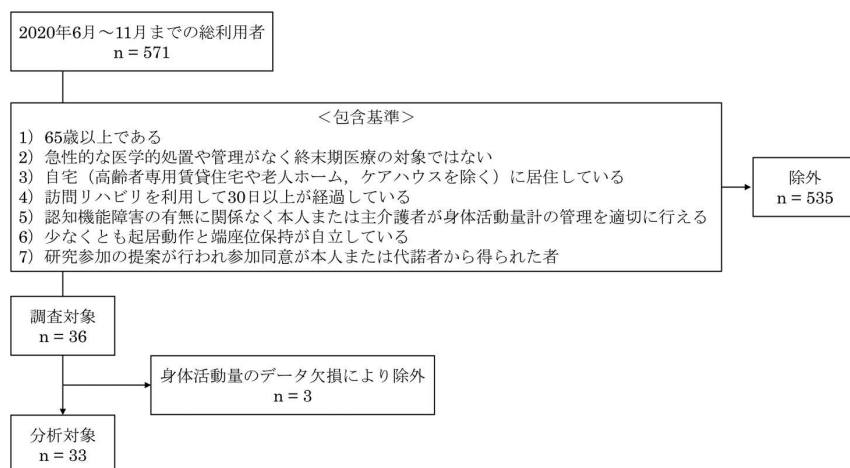


図1 対象者選択のフローチャート

表1 基本情報の記述統計量と群間比較の結果

	全体 (n = 33)	クラスターⅠ 短時間座位群 (n = 8)	クラスターⅡ 中間座位群 (n = 13)	クラスターⅢ 持続座位群 (n = 12)	p 値
年齢 [歳]	82.0 (76.0-88.0)	80.0 (68.8-86.0)	77.0 (74.0-84.0)	84.0 (80.8-88.3)	0.13 ^{§§}
性別: 女性 [名 (%)]	20 (61)	7 (88)	8 (62)	5 (42)	0.14 [§]
主疾患種別 [名]					
脳血管疾患/運動器疾患/内部障害/ パーキンソン病/他	9/13/6/2/3	4/2/1/1/0	4/5/3/0/1	1/6/2/1/2	0.53 [§]
併存疾患数 [個]	2 (2-2)	1.5 (1-2.3)	2 (2-2)	2 (2-2.3)	0.39 ^{§§}
要介護度 [名]					
要支援1-2/要介護1-2/要介護3-5	3/21/9	0/5/3	2/8/3	1/8/3	0.93 [§]
障害高齢者の日常生活自立度 [名]					
生活自立/準寝たきり/寝たきり	15/15/3	5/3/0	7/5/1	3/7/2	0.47 [§]
認知症高齢者の日常生活自立度 [名]					
正常/I/II a/II b	17/10/3/3	6/1/0/1	7/5/1/0	4/4/2/2	0.40 [§]
同居介護力 [名]					
なし/1名/2名	17/13/3	5/2/1	6/6/1	6/5/1	0.94 ^{§§}
訪問リハビリ期間 [日]	673 (336-1327)	1411.5 (548.3-2413.3)	673 (336-916)	486.5 (351.2-1114.5)	0.33 ^{§§}
訪問リハビリ頻度 [回/週]	2 (1-3)	2 (1.8-2.3)	2 (1-2)	2 (2-2.3)	0.30 ^{§§}
訪問リハビリ時間 [分/週]	80 (60-120)	100 (75-120)	80 (60-120)	100 (80-120)	0.64 ^{§§}
訪問看護: あり [名 (%)]	14 (42)	4 (50)	3 (23)	7 (58)	0.21 [§]
訪問入浴: あり [名 (%)]	3 (9)	0 (0)	1 (8)	2 (17)	0.60 [§]
訪問介護: あり [名 (%)]	15 (45)	4 (50)	7 (54)	4 (33)	0.67 [§]
通所介護: あり [名 (%)]	12 (36)	3 (38)	4 (31)	5 (42)	0.90 [§]
通所リハビリ: あり [名 (%)]	6 (18)	3 (38)	1 (8)	2 (17)	0.24 [§]
ショートステイ: あり [名 (%)]	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	—

主疾患種別: 他 (廃用症候群・認知症・うつ), 障害高齢者の日常生活自立度: 生活自立 (ランク J1, J2)/準寝たきり (ランク A1, A2)/寝たきり (ランク B1, B2, C1, C2)

中央値 (第1四分位数-第3四分位数)

[§] χ^2 検定もしくは Fisher の正確確率検定, ^{§§}Kruskal-Wallis 検定

表 2 生活機能の記述統計量と群間比較の結果

	全体 (n=33)	クラスター I 短時間座位群 (n=8)	クラスター II 中間座位群 (n=13)	クラスター III 持続座位群 (n=12)	p 値	多重比較
BMS [点]	40 (38-40)	40 (38.8-40)	40 (39-40)	37.5 (27.5-40)	0.17 ^{§§}	—
RMI [点]	9 (7-13)	12 (10.3-13.3)	12 (9-14)	6.5 (5-8.3)	0.02 ^{§§}	I>III*, II>III*
FACHS [点]	3 (2-3)	3 (2.8-3.3)	3 (2-4)	2 (2-2.3)	0.02 ^{§§}	II>III*
歩行自立度分類 [名]						
歩行不可・介助歩行／屋内歩行	3/12/18	1/1/6	0/4/9	2/7/3	0.06 [§]	—
自立／屋外歩行自立						
連続歩行距離 [点]	4 (2-4)	4 (3.8-5)	4 (3-4)	2 (1-3)	<0.001 ^{§§}	I>III*, II>III*
FIM 合計 [点]	114.5 (109.8-118.5)	114.5 (109.8-118.5)	110 (106-120)	96.5 (87-109.8)	0.03 ^{§§}	I>III [†] , II>III [†]
FIM 運動 [点]	79 (66-86)	82 (78-86.5)	81 (73-87)	65 (57-80.3)	0.07 ^{§§}	—
FIM 認知 [点]	34 (31-35)	34.5 (33.3-35)	34 (33-35)	31.5 (29.3-34.3)	0.19 ^{§§}	—
FAI 合計 [点]	8 (1-20)	17.5 (13-23.3)	13 (4-24)	3 (0-6.5)	0.02 ^{§§}	I>III*, II>III*
FAI 屋内家事 [点]	4 (0-12)	11.5 (6.8-12.3)	10 (1-12)	0.5 (0-4.3)	0.02 ^{§§}	I>III*
FAI 屋外家事 [点]	0 (0-2)	1.5 (0-3.3)	2 (0-3)	0 (0-0.3)	0.10 ^{§§}	—
FAI 戸外活動 [点]	2 (2-5)	4.5 (2.3-6.3)	4.0 (1-6)	0 (0-2)	0.02 ^{§§}	I>III*
FAI 趣味 [点]	0 (0-2)	1.5 (0-3)	0 (0-3)	0 (0-0)	0.18 ^{§§}	—
FAI 勤労 [点]	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)	0.39 ^{§§}	—

BMS, Bedside Mobility Scale; RMI, Rivermead Mobility Index; FACHS, Functional Ambulation Classification of the Hospital at Sagunto; 連続歩行距離, 休まず歩ける距離; FIM, Functional Independence Measure; FAI, Frenchay Activities Index.

中央値 (第 1 四分位数 - 第 3 四分位数)

[§] χ^2 検定もしくは Fisher の正確確率検定, ^{§§}Kruskal-Wallis 検定, Holm 法による多重比較検定 **p<0.01, *p<0.05, [†]p<0.10

表 3 身体活動量の記述統計量と群間比較の結果

	全体 (n=33)	クラスター I 短時間座位群 (n=8)	クラスター II 中間座位群 (n=13)	クラスター III 持続座位群 (n=12)	p 値 ^{§§}	多重比較
採用日数 [日]	6 (6-6)	6 (5.8-6)	6 (6-6)	6 (5-6)	0.18	—
装着時間 [分]	858.8 (819.5-967.0)	852.9 (822.3-959.3)	858.8 (835.0-961.8)	874.5 (806.7-1017.4)	0.94	—
非装着時間 [分]	581.2 (473.0-620.5)	587.1 (480.7-617.7)	581.2 (478.2-605.0)	565.5 (422.6-633.3)	0.94	—
座位行動時間 [分]	673.5 (560.7-764.7)	513.5 (483.9-568.9)	652.7 (562.3-702.0)	769.3 (714.0-891.4)	<0.01	I<III**, II<III**
座位行動時間割合 [%]	75.0 (66.5-86.4)	61.0 (57.1-67.3)	73.1 (66.5-76.0)	88.5 (85.6-91.3)	<0.01	I<III**, II<III**
座位 Bout 時間 [分]						
30分未満	252.0 (187.8-326.5)	362.5 (307.6-380.7)	252.0 (201.3-300.5)	164.9 (143.1-213.6)	<0.01	I>III**, II>III*
30~59分	161.2 (119.3-216.4)	119.4 (103.5-129.5)	161.2 (134.3-196.0)	217.0 (154.5-238.7)	0.04	I<III*
60分以上	228.3 (110.3-339.0)	53.2 (23.1-100.6)	219.0 (182.7-229.2)	388.6 (337.5-476.5)	<0.01	I<II*, I<III**, II<III**
座位 Bout 時間割合 [%]						
30分未満	40.8 (26.6-50.6)	65.8 (59.6-71.3)	41.6 (40.0-48.9)	22.7 (16.9-27.9)	<0.01	I>II**, I>III**, II>III**
30~59分	25.6 (21.5-29.0)	23.4 (21.3-24.5)	27.5 (22.7-29.7)	27.7 (23.9-28.7)	0.30	—
60分以上	33.8 (20.4-46.7)	10.0 (4.8-16.0)	31.6 (28.4-33.8)	50.3 (43.9-58.1)	<0.01	I<II*, I<III**, II<III**
Break 頻度 [回/座位行動 1 時間]	4.7 (3.0-6.6)	8.4 (6.8-9.3)	5.3 (4.6-6.0)	2.9 (2.5-3.2)	<0.01	I>II*, I>III**, II>III**
軽強度活動時間 [分]	215.8 (133.5-278.5)	331.1 (299.6-397.9)	258.3 (201.5-278.2)	115.5 (74.9-134.3)	<0.01	I>III**, II>III**
軽強度活動時間割合 [%]	23.9 (13.0-32.9)	38.4 (31.5-41.5)	25.3 (23.5-32.9)	11.4 (8.5-14.2)	<0.01	I>III**, II>III**
中高強度活動時間 [分]	3.0 (1.3-9.8)	6.4 (1.2-14.1)	7.0 (3.5-20.3)	1.3 (1.0-2.0)	0.02	II>III*
中高強度活動時間割合 [%]	0.4 (0.1-1.1)	0.7 (0.2-1.6)	0.7 (0.4-2.3)	0.1 (0.1-0.3)	<0.01	II>III**

中央値 (第 1 四分位数 - 第 3 四分位数)

^{§§}Kruskal-Wallis 検定, Holm 法による多重比較検定 **p<0.01, *p<0.05, [†]p<0.10

2) クラスター解析による類型化

階層的クラスター解析により得られたデンドログラムより, 3つのクラスターに分類することが妥当であると判断した(図 2 a). 分類された各クラスター(以下, 各群)の Z スコアから, 座位行動時間割合と 60分

以上座位 Bout 時間割合が多く, 30分未満座位 Bout 時間割合が少ない「持続座位群 (12名)」, これとは対照的な特徴を示す「短時間座位群 (8名)」, これらの中間的特徴を示す「中間座位群 (13名)」の 3 群と解釈された(図 2 b).

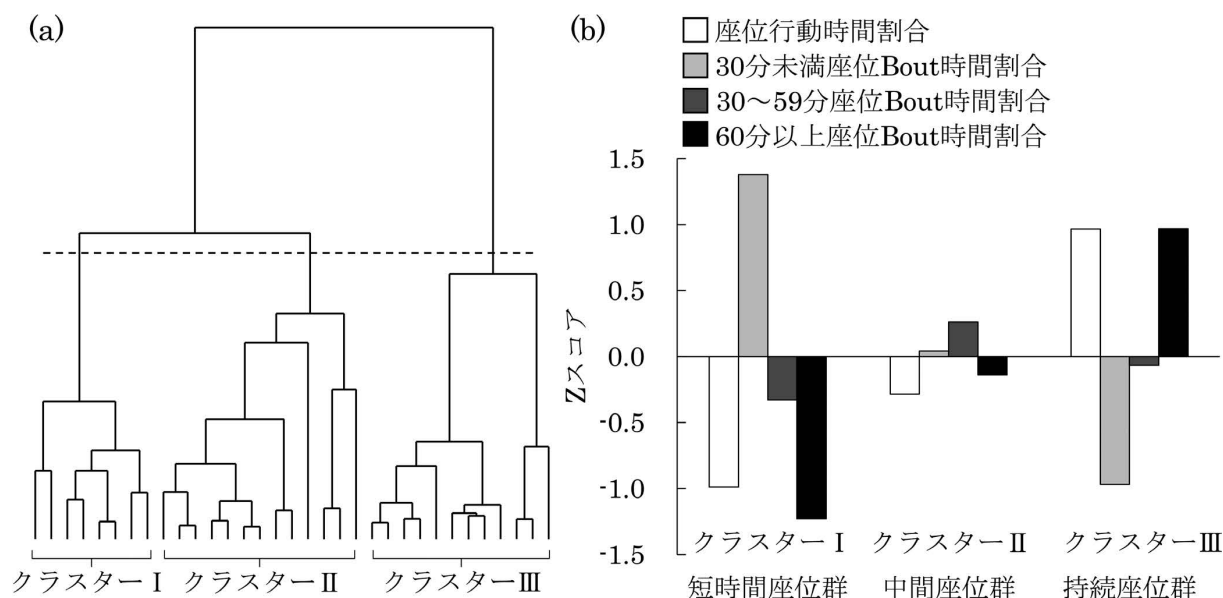


図2 階層的クラスター解析の結果

(a) デンドログラムより3つのクラスターに分類した(点線).

(b) 各座位行動指標の特性より, クラスター I は短時間座位群, クラスター II は中間座位群, クラスター III は持続座位群とした.

3) 類型化後の各群における基本情報および生活機能の比較

基本情報および生活機能の群間比較の結果を表1および表2に示す. 基本情報では, いずれも有意な群間差は確認されなかった.

基本的動作能力について, 起居移乗動作を中心に評価するBMSは有意な群間差を認めなかったが, 階段昇降や屋外歩行までも評価するRMIでは, 持続座位群は他の2群よりも有意に低かった(いずれの群間比較とも $p < 0.05$).

次いで歩行能力について, FACHSで評価した歩行自立度では持続座位群は中間座位群よりも有意に低く($p < 0.05$), 歩行自立度分類では有意ではないものの($p = 0.06$), 持続座位群は他の2群よりも屋外歩行自立の割合が低く(短時間座位群: 6/8名 [75%], 中間座位群: 9/13名 [69%], 持続座位群: 3/12名 [25%]), 屋内歩行自立の割合が高い傾向が示された(短時間座位群: 1/8名 [13%], 中間座位群: 4/13名 [31%], 持続座位群: 7/12名 [58%]). また, 連続歩行距離では持続座位群は他の2群よりも有意に少なかった(いずれの群間比較とも $p < 0.05$).

ADLでは運動FIM, 認知FIMの下位尺度別で有意な群間差は認められないが, FIM合計点は検定では有意であり($p = 0.03$), 多重比較検定において, 持続座位群は他の2群よりも低い傾向を示した(短時間座位群 vs. 持続座位群 $p = 0.05$, 中間座位群 vs. 持続座位群 $p = 0.06$).

最後に応用的ADLでは, FAI屋内家事とFAI戸外活動で持続座位群は短時間座位群よりも有意に低かった(いずれの項目とも $p < 0.05$). また, FAI合計点では, 持続座位群は他の2群よりも有意に低かった(いずれの群間比較とも $p < 0.05$).

4) 類型化後の各群における身体活動量の比較

身体活動量の群間比較の結果を表3に示す. 短時間座位群では座位行動時間割合が61.0%, 座位Bout時間割合では30分未満: 65.8%, 30～59分: 23.4%, 60分以上: 10.0%, 中間座位群では座位行動時間割合が73.1%, 座位Bout時間割合では30分未満: 41.6%, 30～59分: 27.5%, 60分以上: 31.6%, 持続座位群では座位行動時間割合が88.5%, 座位Bout時間割合では30分未満: 22.7%, 30～59分: 27.7%, 60分以上: 50.3%であった.

採用日数, 装着時間, 非装着時間には有意な群間差を認めないものの, 座位行動時間および座位行動時間割合は, 持続座位群が他の2群に比べ有意に高かった(どちらの項目のいずれの群間比較とも $p < 0.01$). 30分未満座位Bout時間について, 持続座位群は中間座位群($p < 0.05$), 短時間座位群($p < 0.01$)よりも有意に少なかったが, 中間座位群と短時間座位群に有意な差は認めなかった. また, 30分未満座位Bout時間割合は持続座位群が最も低く, 次いで中間座位群, そして短時間座位群が最も高かった(いずれの群間比較とも $p < 0.01$). 一方, 60分以上座位Bout時間および

60分以上座位 Bout 時間割合は持続座位群が最も高く、次いで中間座位群、そして短時間座位群が最も低かった（どちらの項目のいずれの群間比較とも $p < 0.01$ ）。なお、30～59分座位 Bout 時間では、持続座位群は短時間座位群よりも有意に多かったが（ $p < 0.05$ ）、30～59分座位 Bout 時間割合では有意な群間差を認めなかった。最後に、Break 頻度は持続座位群が最も少なく、次いで中間座位群、そして短時間座位群が最も多かった（いずれの群間比較とも $p < 0.01$ ）。

軽強度活動時間および軽強度活動時間割合について、持続座位群は他の2群に比べ有意に低かった（どちらの項目のいずれの群間比較とも $p < 0.01$ ）。また、中高強度活動時間および中高強度活動時間割合は持続座位群に比べ、中間座位群でのみ有意に高かった（それぞれ $p < 0.05$, $p < 0.01$ ）。

考 察

本研究の目的は座位 Bout を用いて要介護高齢者の座位行動の類型化を行い、類型化された各群の生活機能の特徴を検讨することであった。この目的のために、座位行動時間に加え、30分未満、30～59分、60分以上の3種の座位 Bout も用いて類型化を行ったところ、異なる座位行動を示す短時間座位群、中間座位群、持続座位群の3群に分類された。また、持続座位群は他の群に比べ歩行能力、応用的 ADL が低く、ADL も低い傾向にあった。短時間座位群と中間座位群は生活機能に明確な違いを認めなかった。

まず、類型化前の対象者全体の身体活動量として、座位行動時間割合は75.0%であり、軽強度活動と中高強度活動の割合はそれぞれ23.9%、0.4%であった。同系統の身体活動量計を用いて日本人健常高齢者の標準値を示した研究³⁵⁾では、装着時間に占める座位行動時間の割合は80～84歳の男性64.0%、女性55.4%、軽強度活動時間は男性32.1%、女性42.2%、そして、中高強度活動時間は男性2.2%、女性2.4%となっている。さらに、異なる身体活動量計を用いた海外の報告¹⁰⁾となるが、少なくとも2分以上は自立歩行が可能かつ低活動な虚弱高齢者では、座位行動時間の割合は78.8%、軽強度活動時間18.6%、中高強度活動時間2.6%とされている。これらより、本研究で対象とした要介護高齢者は虚弱高齢者と同程度の座位行動を示しつつ、健常高齢者や虚弱高齢者より中高強度活動が少なく、軽強度活動の実施は比較的可能であるが中高強度活動を得ることに難渋する者と解釈できる。本研究の対象者は屋内歩行あるいは屋外歩行が自立している者が9割であり、要介護度としても比較的軽度な者（要介護1もしくは2）が多くを占めている。しかし、

ウォーキングや階段昇降などで認められる中高強度活動において、前述の健常高齢者³⁵⁾や虚弱高齢者¹⁰⁾よりも少ない値となっていた。本邦の高齢者において中高強度活動の多さは歩行速度と密接に関連し³⁶⁾、フレイルの重度化に伴い中高強度活動は減少するため³⁷⁾、本研究で対象となった要介護高齢者は、健常高齢者や虚弱高齢者よりもさらに歩行能力の低い身体的障害を有した者と解釈できる。そして、このことが本研究の要介護高齢者において、より低水準の身体活動量を示した主たる理由と考えられる。

本研究で設定した3種の座位 Bout として、各群の座位行動の違いを最も反映していたのは60分以上座位 Bout であり、次いで30分未満座位 Bout であった。一方、30～59分の座位 Bout は Bout 時間で短時間座位群よりも持続座位群で多いという違いはあったものの、Bout 時間割合では群間差は認められず、各群の違いを捉えにくいことが示された。一方、座位行動の中断を意味する Break 頻度も各群の違いを反映しており、短時間座位群で最も Break 頻度が多く、次いで中間座位群、持続座位群となっていた。この結果と座位 Bout の結果を統合すると、座位行動を中断する Break 頻度が多いことが、30分未満座位 Bout の多さや60分以上座位 Bout の少なさを説明していると解釈できる。つまり、Break により座位行動を分割する機会の多い者ほど短時間の Bout が多く、長時間の Bout が少ないということである。虚弱高齢者の各座位 Bout 時間割合は30分未満で67.9%、30～59分で13.8%、60分以上で6.2%となっており、60分以上の長い座位 Bout 時間割合の多さは2分間歩行距離といった歩行能力と関連する¹⁰⁾。本研究の座位 Bout 時間割合は、全対象者では30分未満で40.8%、30～59分で25.6%、60分以上で33.8%と、先行研究¹⁰⁾より長時間の座位 Bout の占める割合が大きい。これは虚弱高齢者よりも歩行能力が低いと解釈される本研究の場合、座位行動時間の内訳がさらに長時間の座位 Bout へ偏重するものと考えられる。一方、虚弱高齢者¹⁰⁾と本研究の座位行動時間割合は、それぞれ78.8%と75.0%と大きな違いが認められない。つまり、座位行動時間だけでは虚弱高齢者と同程度の座位行動という解釈になってしまうが、より歩行能力の低下した要介護高齢者の座位行動を詳細に捉えるには、30分未満座位 Bout や60分以上座位 Bout を用いた座位行動の評価が求められるということである。すなわち、座位 Bout を用いて要介護高齢者の座位行動を類型化する本研究の試みは、妥当なものであったといえる。

一方、類型化後の短時間座位群では、30分未満座位 Bout 時間割合が65.8%、30～59分が23.4%、60分以

上は10.0%と虚弱高齢者¹⁰⁾と類似した値となっていた。さらに、短時間座位群の座位行動時間割合は61.0%と同年代の健常高齢者相当の値(男性64.0%, 女性55.4%)となっている³⁵⁾。つまり、要介護高齢者であったとしても、虚弱高齢者もしくは健常高齢者に近い座位行動の適正化を実施できる者が存在するということである。これは、要介護高齢者においても座位行動の適正化が実現可能であることを示唆する重要な結果であるとともに、座位行動の視点において、要介護高齢者の中では短時間座位群が最も好ましい状態にある者と解釈できる。これに対して、中間座位群、持続座位群と長時間の座位 Bout に偏重していくため、持続座位群は中間座位群へ、そして中間座位群は短時間座位群への移行を目指すことが、要介護高齢者における座位行動の適正化に向けた指針になり得ると考えられる。これは「座位行動の削減もしくは他の身体活動への置き換える」という従来の指針³⁾に加え、Break による座位 Bout の短時間化、すなわち座位行動の分割化という座位行動の適正化^{6,7)}を支持するものである。

このような類型化された座位行動に関わる要因として、最も大きなものは歩行能力であると考えられる。ベッド上動作や起居・移乗動作を中心とする BMS では群間差が認められず、各群ともにほぼ満点の値となっていた。一方、持続座位群は短時間座位群と中間座位群よりも RMI や FACHS、連続歩行距離が低く、その内訳としても屋外歩行自立の者が他の2群よりも少ない傾向にあった。これらより、短時間座位群と中間座位群は主として屋外歩行自立であることに對し、持続座位群は主として屋内歩行自立という歩行能力に大きな差があると解釈できる。歩行能力を含む基本的動作能力は ADL や応用的 ADL の基盤となるものであり³⁸⁾、この違いが持続座位群で他の2群よりも FIM の合計点が低い傾向にあることや、FAI の低さに影響していると考えられる。また、日常生活における軽強度活動は動的な座位や立位動作、比較的ゆっくりした歩行動作などで構成される生活活動で示されやすいものである²⁾。このため、持続座位群よりも他の2群で軽強度活動時間が長いという結果は、上記の歩行能力や ADL、応用的 ADL の違いを反映したものと考えられる。つまり、各群ともに Break を実施するような起立や移乗動作は概ね可能であるものの、歩行能力に影響される ADL や応用的 ADL といった生活活動の制限が、持続座位群を特徴づけているということである。基本的動作能力として座位行動の中断が可能であったとしても、その後に続く生活活動が少なければ結果的に Break 頻度は少なくなってしまう。すなわち、要介護高齢者における歩行能力は、結果的として Break を

生じさせる生活活動の選択肢や頻度の多さを反映しているものと位置づけられる。これらより、歩行能力の向上により生活活動の制限を軽減し活動の選択肢や頻度を向上させること、あるいは歩行能力に問題があったとしても、生活活動の実施や座位行動を中断することへの障壁を緩和する住宅環境の整備や福祉用具の活用、さらにはデイサービス等の利用や介助者の支援といった物的・人的環境要因から座位行動を適正化し、持続座位群を脱する関わりが必要な視点になり得るといえる。

一方、短時間座位群と中間座位群では生活機能に明確な違いを認めなかったが、30分未満座位 Bout や60分以上座位 Bout、Break 頻度といった座位行動には差があり、中間座位群のみ持続座位群よりも中高強度活動が多かった。この違いを本研究結果から直接的に考察することは困難であるが、いくつか考えられる可能性がある。ひとつは、FAI では生活活動の個人差を適切に捉えることができなかった可能性である。FAI は応用的 ADL の各項目に対して、その実施頻度から0～3点の4段階で評価するものであるが^{26,27)}、本研究で比較的点数の得られていた屋内家事と戸外活動を構成する各下位項目の最高点の基準は「週に1回以上している」であり、それ以上の実施頻度があった場合の差を捉えることができない。そのため、実際には短時間座位群は中間座位群よりも屋内家事や戸外活動の頻度が多く、それを30分未満座位 Bout や60分以上座位 Bout、Break 頻度が反映していたとしても、FAI の点数には表れなかったことが想定される。もう一つは、座位行動に対する認識や行動習慣、そして運動習慣の違いである。短時間座位群は Break 頻度が最も多く、短い座位 Bout で座位行動が構成されており、座位行動を中断するような行動習慣が形成されていたことが想定される。高齢者の座位行動の削減や中断には、身体的利点(例:身体のこわばりを軽減するため)、心理的利点(例:座り続けることの罪悪感を減らすため)、対人的利点(例:電話に出るため)、知識的利点(例:座ることを中断することが健康に良いと知っているため)、日常生活活動的利点(例:飲み物を飲むため)のように、個々で異なる動機が関わっている³⁹⁾。要介護高齢者においても、このような座位行動に対する動機づけが生活機能とは別に Break を生じる行動習慣を形成し、短時間の座位 Bout を規定している可能性が考えられる。さらに、中間座位群のみ持続座位群よりも中高強度活動が多かった。中高強度活動はウォーキングや階段昇降といった、比較的高い強度の運動でなければ得られない身体活動である²⁾。要介護高齢者で示される中高強度活動が具体的にどのような

ものかは推測の域を出ないが、対象者は共通して訪問リハビリの利用者であることを考慮すると、担当療法士から指導された自主練習やウォーキング、階段昇降の実施といった運動習慣を反映している可能性が考えられる。

本研究にはいくつかの限界点がある。はじめに、本研究で扱ったデータ数は小規模かつ訪問リハビリを利用する要介護高齢者に限られている。さらに、4施設の総利用者から調査対象者を選択する際、包含基準ごとの該当者数まで詳細に調査できていないため、サンプリングバイアスの可能性を否定できない。真に要介護高齢者の母集団特性を反映した類型化や各群の特徴を明らかにするためには、より大規模かつ多様な要介護高齢者を対象としつつ、調査対象者を選択する過程も詳細に調査する必要がある。さらに、短時間座位群と中間座位群の座位行動を特徴づける要因の考察は推測の域に留まっており、今後の検討では更なる調査項目の追加を検討する必要がある。具体的には、FAIよりも生活活動の個人差を感度よく捉える評価や、健常高齢者の先行研究で報告されている周辺環境の評価¹³⁾、そして座位行動に対する認識や動機づけに関する評価^{12,38)}、さらにはウォーキングや自主練習に関するアドヒアランスの評価などである。しかし、これらは健常高齢者を対象にしたものが多く、場合によっては要介護高齢者を対象にした評価尺度の開発が求められることも想定される。このように本研究には複数の限界点があるものの、要介護高齢者の座位行動に関する知見は限られているため、本研究成果を基礎的知見とすることで更なる研究に発展することが期待される。

結 論

座位 Bout を用いて要介護高齢者の座位行動を類型化したところ、60分以上の座位 Bout が多く、30分未満の座位 Bout が少ない持続座位群、持続座位群と対照的な短時間座位群、中間座位群の3群に分けられた。持続座位群は他の群に比べ歩行能力、応用的 ADL が低く、ADL も低い傾向にあったが、短時間座位群と中間座位群は生活機能に明確な違いを認めなかった。座位 Bout を用いることで要介護高齢者の座位行動を類型化でき、歩行能力や生活活動といった生活機能により特徴づけられる者がいる一方で、生活機能だけでは説明できない座位行動を示す者も存在することが明らかとなった。

利 益 相 反

開示すべき利益相反はない。

謝 辞

本研究は名古屋学院大学研究助成（2020年度）を受けて行われたものである。また、本研究で実施した調査は社会福祉法人慶生会に所属するスタッフと、その訪問リハビリ利用者の協力により行われたものである。ここに研究助成および研究協力への感謝を申し上げる。

文 献

- 1) Cunningham C, O'Sullivan R, et al. Consequences of physical inactivity in older adults: A systematic review of reviews and meta-analyses. *Scand J Med Sci Sports*. 2020; 30: 816-827.
- 2) Ainsworth BE, Haskell WL, et al. 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Med Sci Sports Exerc*. 2011; 43: 1575-1581.
- 3) Bull FC, Al-Ansari SS, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med*. 2020; 54: 1451-1462.
- 4) de Hollander EL, Proper KI. Physical activity levels of adults with various physical disabilities. *Prev Med Rep*. 2018; 10: 370-376.
- 5) Mankowski RT, Anton SD, et al. Device-measured physical activity as a predictor of disability in mobility-limited older adults. *J Am Geriatr Soc*. 2017; 65: 2251-2256.
- 6) Thralls Butte K, Levy SS. Stand Up Now: A Sedentary Behavior Intervention in Older Adults of Moderate to Low Physical Function. *J Aging Phys Act*. 2020; 29: 516-528.
- 7) Forster A, Airlie J, et al. An intervention to increase physical activity in care home residents: results of a cluster-randomised, controlled feasibility trial (the REACH trial). *Age Ageing*. 2021; 50: 2063-2078.
- 8) Kehler DS, Hay JL, et al. A systematic review of the association between sedentary behaviors with frailty. *Exp Gerontol*. 2018; 114: 1-12.
- 9) Liao Y, Hsu H-H, et al. Associations of total amount and patterns of objectively measured sedentary behavior with performance-based physical function. *Prev Med Rep*. 2018; 12: 128-134.
- 10) Wilson JJ, McMullan I, et al. Associations of sedentary behavior bouts with community-dwelling older adults' physical function. *Scand J Med Sci Sports*. 2021; 31: 153-162.
- 11) Sardinha LB, Santos DA, et al. Breaking-up sedentary time is associated with physical function in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2015; 70: 119-124.
- 12) Compernelle S, De Cocker K, et al. Older Adults' Perceptions of Sedentary Behavior: A Systematic Review and Thematic Synthesis of Qualitative Studies. *Gerontologist*. 2020; 60: 572-582.
- 13) Chastin SFM, Buck C, et al. Systematic literature review of determinants of sedentary behaviour in older adults: a DEDIPAC study. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2015; 12: 127.
- 14) Compernelle S, De Bourdeaudhuij I, et al. Sex-specific

- typologies of older adults' sedentary behaviors and their associations with health-related and socio-demographic factors: a latent profile analysis. *BMC Geriatr*. 2021; 21: 66.
- 15) Mitsutake S, Shibata A, et al. Clustering of Domain-Specific Sedentary Behaviors and Their Association With Physical Function Among Community-Dwelling Older Adults. *J Phys Act Health*. 2020; 17: 709-714.
 - 16) Sattler MC, Jaunig J, et al. Current Evidence of Measurement Properties of Physical Activity Questionnaires for Older Adults: An Updated Systematic Review. *Sports Med*. 2020; 50: 1271-1315.
 - 17) 厚生省大臣官房老人保健福祉部長通知, 老健第102-2号: 「障害老人の日常生活自立度(寝たきり度)判定基準」. 1991年(平成3年11月18日).
 - 18) 厚生省老人保健福祉局長通知, 老発第0403003号: 「認知症高齢者の日常生活自立度判定基準」の活用について. 2006年(平成18年4月3日).
 - 19) 牧迫飛雄馬, 阿部勉, 他: 要介護者のための bedside Mobility Scale の開発—信頼性および妥当性の検討—. *理学療法*. 2008; 35: 81-88.
 - 20) 前島伸一郎, 柚木脩, 他: Rivermead Mobility Index 日本語版の作成とその試用について. *総合リハビリテーション*. 2005; 33: 875-879.
 - 21) 小山淳司, 森安真, 他: 整形外科疾患における日本語版 Rivermead Mobility Index の信頼性と妥当性について. *理学療法ジャーナル*. 2006; 40: 487-490.
 - 22) Viosca E, Martínez JL, et al. Proposal and validation of a new functional ambulation classification scale for clinical use. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005; 86: 1234-1238.
 - 23) Shumway-Cook A, Wollacott MH: 移動性障害をもつ患者の臨床的管理, モーターコントロール 運動制御の理論から臨床実践へ (第3版). 田中繁, 高橋明 (監訳), 医歯薬出版, 東京, 2009, pp. 395-445.
 - 24) 日本理学療法士協会ホームページ: 平成20年度老人保健事業推進費等補助金事業介護予防事業における運動器の機能向上と生活空間等に関する調査研究事業報告書「介護予防を有効に評価するための E-SAS (無作為化比較試験デザインによる多角的検証)」. http://jspt.japanpt.or.jp/esas/05_download/index.html (2021年11月28日引用)
 - 25) 千野直一, 里宇明元, 他: 脳卒中患者の機能評価 SIAS と FIM の実際. シュプリンガー・フェアラーク東京, 東京, 1997.
 - 26) 末永英文, 宮永敬市, 他: 改訂版 Frenchay Activities Index 自己評価表の再現性と妥当性. *日本職業・災害医学会会誌*. 2000; 48: 55-60.
 - 27) 蜂須賀賀二, 千坂洋巳, 他: 応用的日常生活動作と無作為抽出法を用いて定めた在宅中高年齢者の Frenchay Activities Index 標準値. *リハビリテーション医学*. 2001; 38: 287-295.
 - 28) Ohkawara K, Oshima Y, et al. Real-time estimation of daily physical activity intensity by a triaxial accelerometer and a gravity-removal classification algorithm. *Br J Nutr*. 2011; 105: 1681-1691.
 - 29) Chudyk AM, McAllister MM, et al. Are we missing the sitting? Agreement between accelerometer non-wear time validation methods used with older adults' data. *Cogent Med*. 2017; 4: 1313505.
 - 30) Heesch KC, Hill RL, et al. Validity of objective methods for measuring sedentary behaviour in older adults: a systematic review. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2018; 15: 119.
 - 31) Kocherginsky M, Huisinigh-Scheetz M, et al. Measuring Physical Activity with Hip Accelerometry among U.S. Older Adults: How Many Days Are Enough? *PLoS One*. 2017; 12: e0170082.
 - 32) Owen N, Healy GN, et al. Too much sitting: the population health science of sedentary behavior. *Exerc Sport Sci Rev*. 2010; 38: 105-113.
 - 33) 清水裕士: フリーの統計分析ソフト HAD: 機能の紹介と統計学習・教育, 研究実践における利用方法の提案. *メディア・情報・コミュニケーション研究*. 2016; 1: 59-73.
 - 34) 青木繁伸ホームページ: Fisher's exact test (Extended). <http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/exact/fisher/getpar.html> (2021年11月28日引用)
 - 35) Yatsugi H, Chen T, et al. Normative Data of Objectively Measured Physical Activity and Sedentary Time in Community—Dwelling Older Japanese. *Int J Environ Res Public Health*. 2021; 18: 3577.
 - 36) Yatsugi H, Chen T, et al. The Associations between Objectively Measured Physical Activity and Physical Function in Community-Dwelling Older Japanese Men and Women. *Int J Environ Res Public Health*. 2021; 19: 369.
 - 37) Chen S, Chen T, et al. Associations of objectively measured patterns of sedentary behavior and physical activity with frailty status screened by the frail scale in Japanese community-dwelling older adults. *J Sports Sci Med*. 2020; 19: 166-174.
 - 38) Lawton MP. Assessing the competence of older people. *Research Planning and Action for the Elderly: the Power and Potential of Social Science*. Kent DP et al. (eds.), Behavioral Publications, New York, 1972, pp. 122-143.
 - 39) Leask CF, Sandlund M, et al. Modifying older adults' daily sedentary behaviour using an asset-based solution: Views from older adults. *AIMS Public Health*. 2016; 3: 542-554.

原 著

地域在住高齢者における骨量低下と階段使用頻度との関連性

Relationship between bone mass and the frequency of
stair usage in community-dwelling older adults谷口 善昭^{1,2}, 中井 雄貴³, 富岡 一俊⁴, 窪園 琢郎⁵,
竹中 俊宏⁴, 大石 充⁵, 牧迫飛雄馬^{6,*}Yoshiaki TANIGUCHI, Yuki NAKAI, Kazutoshi TOMIOKA, Takuro KUBOZONO,
Toshihiro TAKENAKA, Mitsuru OHISHI, Hyuma MAKIZAKO

【目的】本研究は、地域在住高齢者における踵骨の骨量と階段使用頻度との関連性を調べることを目的とした。【方法】地域コホート研究（垂水研究2018）に参加した高齢者169名を横断的に分析した。骨量は%YAMが70%以下を骨量低下とした。階段使用頻度について、自宅内階段は1日0回と1回以上の2群、自宅外階段は週0～2回・3～7回・8回以上の3群に分類した。【結果】従属変数を骨量低下の有無、独立変数を階段使用頻度としたロジスティック回帰分析の結果、自宅内の階段使用頻度に有意な関連は認められなかったものの、自宅外の階段使用頻度0～2回を参照とし、8回以上では有意に骨量低下が減少した（オッズ比0.32, 95%信頼区間0.11-0.97, $p=0.045$, 共変量：年齢, 性別, ASMI, 握力, 歩行速度）。【結論】自宅外での階段の使用頻度が多いと骨量低下の抑制に有用となり得る可能性が示唆された。自宅内の階段使用頻度は関連しておらず、外出を含めた階段の使用が骨量に影響を与えている可能性がある。

Objective: The purpose of this study was to determine the relationship between the measured mass of the calcaneus bone and the number of stairs used by community-dwelling older adults.

Methods: Data obtained from 169 older adults who participated in a community-based health-check survey (Tarumizu Study 2018) were analyzed. Bone mass was measured using the speed of sound of the calcaneal bone and the obtained values were considered to be low when the percentage of the %YAM of the SOS was $\leq 70\%$. The frequency of stair usage was classified into two groups: 0 and 1 or more times per day at home, and three sub-groups comprising of: 0-2, 3-7, and 8 or more times per week outside home.

Results: The results of logistic regression analysis, in which the dependent variable was the presence or absence of bone loss, and the independent variable was the number of stairs used, showed no significant association with the number of stairs used at home. The number of times the stairs were used outside home was set at 0-2 times as a reference, and bone loss was significantly reduced by 8 times or more (odds ratio 0.32, 95% confidence interval 0.11-0.97, $p=0.045$, covariates: age, gender, ASMI, grip strength, walking speed).

Conclusion: It was suggested that the frequent use of stairs outside the home may aid in suppressing bone loss. It could be concluded that the use of stairs in activities including going out may affect bone mass as the frequency of stair usage in the house is not relevant.

キーワード：骨粗鬆症 osteoporosis, 階段 stairs, 外出 going out, QUS QUS

¹ 鹿児島大学大学院保健学研究科 (Graduate School of Health Sciences, Kagoshima University)

² 鹿児島医療技術専門学校 (Department of Physical Therapy, Kagoshima Medical Professional College)

³ 第一工科大学工学部機械システム工学科 (Department of Mechanical Systems Engineering, Faculty of Engineering, Daichi Institute of Technology)

⁴ 垂水市立医療センター垂水中央病院 (Tarumizu Municipal Medical Center Tarumizu Chuo Hospital)

⁵ 鹿児島大学大学院医歯学総合研究科心臓血管・高血圧内科学 (Department Cardiovascular Medicine and Hypertension, Graduate School of Medical and Dental Sciences, Kagoshima University)

⁶ 鹿児島大学医学部保健学科 (Department of Physical Therapy, School of Health Sciences, Faculty of Medicine, Kagoshima University)

* 責任著者連絡先：鹿児島大学医学部保健学科理学療法学専攻基礎理学療法学講座

〒890-8544 鹿児島市桜ヶ丘8-35-1

TEL : 099-275-6175, FAX : 099-275-6175, E-mail : makizako@health.nop.kagoshima-u.ac.jp

(受付日 2021年12月30日／受理日 2022年2月23日)

はじめに

骨粗鬆症は、低骨量と骨組織の微細構造の異常により、骨折リスクが増大した状態である¹⁾。骨量の低下は脆弱性骨折の危険因子であり、大腿骨近位部骨折や椎体骨折などのリスクを高める^{2,3)}。さらに、骨粗鬆症は骨折による生活機能の低下をもたらすだけでなく、生命予後が悪くなること^{4,5)}や生活の質の低下⁶⁾をもたらす。今後、高齢者の増加に伴い、脆弱性骨折の増加が見込まれるため、骨量の低下を予防することが重要となる。

骨量低下に対して、薬物療法や栄養療法、運動療法が推奨されている⁷⁾。運動においては、レジスタンストレーニングや複合的なトレーニング、体重を負荷した状態での運動、身体活動などが骨量の維持や改善に効果があると示されている⁸⁻¹¹⁾。特に、Frostらが提唱しているメカノスタット理論は、荷重負荷が骨のひずみを増加させ、床反力の伝達によって機械的負荷が増加し、骨強度が増加するとされている¹²⁾。先行研究において、ウォーキングやジョギング、階段昇降による床反力を介して骨にストレスをかける運動を行ったグループと、ウェイトリフティングなどのレジスタンストレーニングを行ったグループでは、床反力を利用した運動グループの方が、有意に大腿骨頸部の骨密度を改善させた¹³⁾。このように、骨量を増加させるためには、骨に対して荷重による負荷を与える動作が重要であると考えられる。

骨に負荷が加わる日常生活動作の一つとして、階段昇降が挙げられる。45歳から61歳の閉経後女性を対象とした先行研究において、日常生活における階段の使用回数が多いほど、大腿骨転子部と全身の骨密度が高かったことが示されている¹⁴⁾。しかし、65歳以上の高齢者においては、骨量と階段の使用頻度との関連性は明らかにされていない。骨粗鬆症は60歳以降に増加することから¹⁵⁾、高齢者の骨量低下を予防することが重要である。高齢者の骨量低下と階段の使用頻度との関連性を調査することにより、骨量低下を抑制するための高齢者への生活指導の一助となり得る可能性がある。さらに、身体活動の向上を目的として、エレベーターやエスカレーターではなく、階段を使用することが推奨されている。しかし、実際にはショッピングモールにおいて、92.4%が階段を避けるという報告がある¹⁶⁾。そこで、外出時にも階段の使用を推奨する意義を確認するために、自宅内での階段使用頻度と自宅外での階段使用頻度をそれぞれ聴取し、骨量低下と階段使用頻度との関連性を明らかにすることを目的とした。

対象および方法

1. 対象

本研究は、鹿児島県垂水市における40歳以上の地域在住一般住民を対象としたコホート研究（垂水研究）の2018年データを用いた横断研究である。参加者の募集は郵送にて実施した。40歳以上の参加者は1,145名であり、そのうち65歳以上で骨量を測定した者は262名であった。その中から、骨粗鬆症の診断を受けたことがある者、骨粗鬆症治療薬を服用している者、筋量・歩行速度・握力未測定者93名を除外し、最終的に169名（平均年齢74.6±6.1歳、女性45.6%）を解析対象とした。全員歩行可能であり、そのうち杖使用者は2名であった。

2. 方法

骨量は定量的超音波測定法（quantitative ultrasound: QUS, FURUNO, CM-200）を用いて、右踵骨の超音波伝搬速度（speed of sound: SOS）を測定した。測定方法は、右踵骨側面をアルコール綿で拭き、スタンドオフの先端部分に超音波用ゼリーを塗布し、座位にて足のサイズに合わせた足置き台に右足を乗せ、スタンドオフで右踵骨中央を挟みSOSを測定した¹⁷⁾。本研究では、SOSとともにパラメータとして算出された若年者平均値（young adult mean: YAM）が70%以下を骨量低下とした⁷⁾。

階段の使用頻度は、理学療法士が面談にて聴取した。自宅内の階段については平均的な1日の階段の使用頻度、自宅外の階段は平均的な1週間の階段使用頻度を聴取した。階段は1階から2階まで上る程度の段数とし、1往復を1回とした。さらに、自宅内の階段については、1日の階段使用頻度を0回と1回以上に分類した。自宅外の階段については、1週間の使用頻度を0～2回、3～7回、8回以上の3群に分類した。

その他の変数として、年齢、性別、既往歴、膝痛の有無、服薬数（種類／日）、Body Mass Index (BMI)、四肢骨格筋指数（Appendicular Skeletal Muscle Mass Index: ASMI）、握力、快適歩行速度を測定した。膝痛の有無に関しては、現在の膝の痛みの有無を聴取した。服薬数は1日6種類以上服用している者を多剤併用とした¹⁸⁾。ASMIは、生体電気インピーダンス法による体成分分析装置（インボディ・ジャパン、InBody470）を用いて測定した。握力は、デジタル握力計（竹井機械工業、グリッパD T.K.K.540）を使用し、利き手の最大握力を1回測定した。歩行速度の測定は、計測区間10mの前後に2mの加速・減速路を設けた歩行路で快適歩行時間を1回計測し、10mを快適歩行時間で除した値を用いた。

3. 解析方法

骨量の結果より、正常群と骨量低下群に分け、年齢、BMI、ASMI、握力、歩行速度、%YAM を対応のない t 検定、性別、既往歴、膝痛の有無、多剤併用の割合を χ^2 検定で比較した。また、自宅内階段 2 群の骨量低下の割合を χ^2 検定、自宅外階段 3 群の骨量低下の割合を Mantel-Haenszel の傾向性の検定を用いて解析した。さらに、従属変数に骨量低下、独立変数に自宅内階段、自宅外階段とした二項ロジスティック回帰分析を行った（共変量：年齢、性別、ASMI、握力、歩行速度）。統計解析は SPSS version 25.0 を使用し、有意水準は 5 % 未満とした。

4. 研究倫理

本研究は、鹿児島大学疫学研究等倫理委員会の承認（170351 疫）、鹿児島医療技術専門学校研究倫理委員会の承認（18012）を得て実施した。事前に書面と口頭にて研究の目的・趣旨を説明して同意を得た者を対象者とし、ヘルシンキ宣言に基づく倫理的配慮を十分に行った。

結 果

骨量で群分けした 2 群の各変数の特性を表 1 に示す。正常群 104 名（61.5%）、骨量低下群 65 名（38.5%）であった。2 群間に有意差を認めた変数として、女性の割合（ $p < 0.001$ ）、握力（ $p = 0.002$ ）、ASMI（ $p = 0.004$ ）、%YAM（ $p < 0.001$ ）であった（表 1）。

自宅内階段、自宅外階段の骨量低下の割合を図 1 に示す。自宅内階段での骨量低下の割合は 0 回/日で 40.4%、1 回以上/日で 35.0% と有意差は認められなかった（ $p = 0.49$ ）。一方、自宅外階段では、骨量低下の割合は 0~2 回/週で 44.8%、3~7 回/週で 32.5%、8 回以上/週で 20.8% と有意な傾向を認めた（ $p = 0.02$ ）（図 1）。

さらに、二項ロジスティック回帰分析の結果において、自宅外階段の 0~2 回/週を参照とした場合、8 回以上/週では骨量低下に対するオッズ比が 0.32（95% CI 0.11-0.97, $p = 0.045$ ）と有意な関連性を認めた（表 2）。

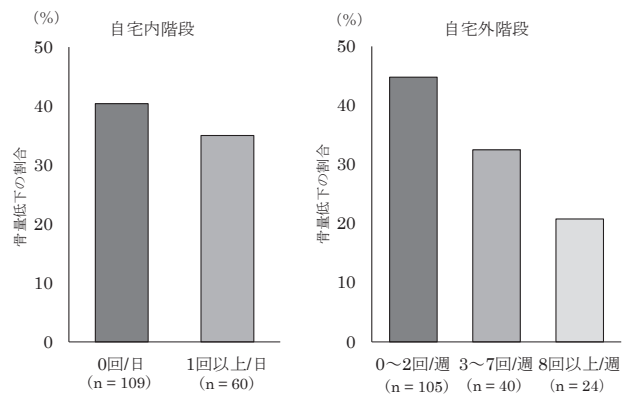


図 1 自宅内、自宅外階段使用回数と骨量低下者の割合
 自宅内階段： χ^2 検定（ $p = 0.49$ ）
 自宅外階段：Mantel-Haenszel の傾向性の検定（ $p = 0.02$ ）

表 1 正常群、骨量低下群における各変数の特性

	全体 (n = 169)	正常 (n = 104)	骨量低下 (n = 65)	p 値
年齢、歳	74.6 ± 6.1	74.2 ± 5.6	75.1 ± 6.9	0.412 ^a
性別、女性 (%)	77 (45.6)	37 (35.6)	40 (61.5)	<0.001 ^b
既往歴、名 (%)				
心疾患	17 (10.1)	12 (11.5)	5 (7.7)	0.419 ^b
脳血管疾患	10 (5.9)	6 (5.8)	4 (6.2)	0.582 ^b
糖尿病	28 (16.6)	21 (20.2)	7 (10.8)	0.109 ^b
変形性膝関節症	16 (9.5)	10 (9.6)	6 (9.2)	0.934 ^b
膝痛、名 (%)	47 (27.8)	31 (29.8)	16 (24.6)	0.464 ^b
多剤併用、名 (%)	30 (17.8)	19 (18.3)	11 (16.9)	0.824 ^b
BMI, kg/m ²	24.0 ± 3.2	24.3 ± 2.9	23.6 ± 3.8	0.173 ^a
握力, kg	26.7 ± 7.7	28.1 ± 7.5	24.3 ± 7.4	0.002 ^a
歩行速度, m/s	1.3 ± 0.3	1.3 ± 0.3	1.2 ± 0.3	0.057 ^a
ASMI, kg/m ²	6.7 ± 1.0	6.9 ± 0.9	6.4 ± 1.1	0.004 ^a
%YAM, %	75.1 ± 10.5	81.5 ± 8.0	65.0 ± 4.3	<0.001 ^a

a：対応のない t 検定，b： χ^2 検定

平均値 ± 標準偏差，人数 (%)

BMI: Body Mass Index, ASMI: Appendicular Skeletal Muscle Mass Index, YAM: Young Adult Mean

表2 骨量低下における自宅内階段、自宅外階段のオッズ比

自宅内階段	OR (95%CI)	p 値	自宅外階段	OR (95%CI)	p 値
0 回/日	reference		0~2 回/週	reference	
1 回以上/日	0.73 (0.36-1.46)	0.373	3~7 回/週	0.67 (0.29-1.51)	0.331
			8 回以上/週	0.32 (0.11-0.97)	0.045

OR: Odds ratio, CI: Confidence interval

共変量：年齢、性別、ASMI、握力、歩行速度

考 察

本研究は、地域在住高齢者における骨量と自宅内階段および自宅外階段の使用頻度との関連性を調査した。その結果、自宅内階段使用頻度と骨量低下の関連性は示されなかったが、自宅外階段の使用頻度が週 8 回以上の場合、週 0~2 回と比較して有意に骨量低下になる者が少ないことが示された。この結果より、自宅外の階段使用頻度が多い者は、骨量低下を起こしにくい可能性がある。

QUS を使用して骨粗鬆症 (T-score < -2.5) の有病率を調査した先行研究では、65~69 歳で 11.5%、70~74 歳で 23.6%、75 歳以上で 40.4% であった¹⁹⁾。また、日本における大腿骨頸部の骨粗鬆症の有病率は、70 歳台において男性 22.3%、女性 44.6% とされている。本研究における骨量低下の割合は 38.5% であり、QUS を使用した先行研究や二重エネルギー X 線吸収測定法 (dual-energy X-ray absorptiometry: DXA) で測定された先行研究と同等の有病率であった。

階段昇降は、日常生活において下肢の骨に負荷のかかる動作の一つである。20 cm の高さから階段を下りた場合、大腿骨近位部にかかる圧縮力は膝の衝撃吸収の状態で変化するが、体重の約 1.4 倍から 1.8 倍となる²⁰⁾。骨への負荷は骨密度を高めるだけでなく、オステオサイトからプロスタグランジン E2 を分泌し、骨芽細胞を配列化させ、骨強度に深くかわる骨配向性 (コラーゲン線維とアパタイト結晶の配列) を調整することが示唆されている²¹⁾。日常的な階段の使用頻度が多いほど、筋収縮による骨への負荷や、直接的な重力による負荷が増加し、骨量を高める可能性がある。

階段の使用頻度と骨量を調査した研究は限られている。閉経前および閉経後の女性を対象とした先行研究では、閉経後の女性において毎日の階段昇降頻度が多いほど (2 回以上/日)、QUS で測定した踵骨の T-score が高かった²²⁾ とされており、本研究も同様の結果であった。しかし、本研究では自宅内の階段使用回数とは関連しておらず、自宅外での階段使用回数のみ関連性が認められた。自宅外の階段を使用する者は、外出による身体活動が高い可能性がある。中高強度の身体

活動時間は大腿骨頸部の骨密度と関連していることが示されており²³⁾、外出時における階段の使用が、高い身体活動を起こし、骨量に影響したと考えられる。また、50~85 歳の女性を対象とした先行研究において、階段の使用回数が 8 回未満の者は 8 回以上の者と比較し、非脊椎骨折のリスクが有意に高かった²⁴⁾。このように日常生活における階段の使用頻度が低いほど、骨量低下を招き骨折を引き起こす可能性がある。

先行研究において女性を対象としたものが多いが、本研究では性別を分けての解析は行わず、ロジスティック回帰分析の共変量として性別を投入し調整した。そのため、性別に関わらず自宅外の階段使用頻度が多い者は、骨量が低下しにくいことが示唆された。しかし、男女において骨量低下の要因が異なるため、性別を分けての解析も必要と考えられる。

本研究の限界として、以下について考慮する必要がある。第一に、階段の使用頻度は面接によって聴取したため、正確な階段の使用頻度は不明であり、過大評価された可能性がある。さらに、階段の段数も異なる可能性があり、同じ 1 回でも負荷は異なる。また、階段以外の自宅内および自宅外の段差は聴取しておらず、細かな段差も骨量に影響した可能性がある。第二に、自宅外の階段使用頻度が多い者は、日常から健康志向の高い者に偏っている可能性があり、骨量に影響したことが推測される。さらに、対象者はランダムに選択されておらず、サンプルサイズも計算されていない。第三に、骨量に影響する栄養因子²⁵⁾やホルモンの影響²⁶⁾、下肢筋力²⁷⁾など交絡因子として考慮していないことが挙げられる。第四に、本研究では骨量測定を踵骨の QUS で測定しているが、骨粗鬆症診断において DXA での大腿骨頸部や腰椎の骨密度が推奨されており²⁸⁾、本研究とは相違する可能性がある。第五に、本研究では自宅内階段を 0 回と 1 回以上、自宅外階段を 0~2 回、3~7 回、8 回以上と操作的に群分けを行った。これは人数の分布や提案のしやすさなどを考慮して群分けを行ったため、違う基準で群分けを行った場合、異なる結果になった可能性がある。また、本研究は地方都市をフィールドとしており、階段の無い住宅が多くみられ、自宅外の階段についても 2 階以上ある

建物が少なく、一般化するには注意が必要である。今回、骨量と自宅外での階段使用回数の関連性が認められたが、外出の頻度や身体活動は調査しておらず、さらに横断的な分析であり、今後は縦断的な研究を行い、骨量と階段の使用頻度についての因果関係を明らかにしていく必要がある。

結 論

本研究において、自宅外の階段使用頻度が週8回以上の者は、骨量低下の抑制に有用となり得る可能性が示唆された。地域在住高齢者への生活指導として、外出を含めた階段使用を推奨することが、骨量低下の予防・改善に有用かもしれない。

利 益 相 反

本研究において開示すべき利益相反はない。

謝 辞

本研究の実施にあたり、調査にご協力いただきました市民の皆様ならびに垂水市保健課、垂水市立医療センター垂水中央病院の関係各位に深謝いたします。

文 献

- 1) Kanis JA. Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis: Synopsis of a WHO report. *Osteoporos Int.* 1994; 4: 368-381.
- 2) Marshall D, Wedel H, et al. Meta-analysis of how well measures of bone mineral density predict occurrence of osteoporotic fractures Swedish. *BMJ.* 1996; 312: 1254-1259.
- 3) Johnell O, Kanis JA, et al. Predictive value of BMD for hip and other fractures. *J Bone Miner Res.* 2005; 20: 1185-1194.
- 4) Iki M, Fujita Y, et al. Incident fracture associated with increased risk of mortality even after adjusting for frailty status in elderly Japanese men: the Fujiwara-kyo Osteoporosis Risk in Men (FORMEN) Cohort Study. *Osteoporos Int.* 2017; 28: 871-880.
- 5) Suzuki T, Yoshida H. Low bone mineral density at femoral neck is a predictor of increased mortality in elderly Japanese women. *Osteoporos Int.* 2010; 21: 71-79.
- 6) Miyakoshi N, Kudo D, et al. Comparison of spinal alignment, muscular strength, and quality of life between women with postmenopausal osteoporosis and healthy volunteers. *Osteoporos Int.* 2017; 28: 3153-3160.
- 7) 折茂肇：骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン2015年版。
http://www.josteo.com/ja/guideline/doc/15_1.pdf (2021年12年11日引用)
- 8) Kemmler W, Shojaa M, et al. Effects of Different Types of Exercise on Bone Mineral Density in Postmenopausal Women: A Systematic Review and Meta-analysis. *Calcif Tissue Int.* 2020; 107: 409-439.
- 9) Martyn-St James M, Carroll S. A meta-analysis of impact exercise on postmenopausal bone loss: The case for mixed loading exercise programmes. *Br J Sports Med.* 2009; 43: 898-908.
- 10) Pinheiro MB, Oliveira J, et al. Evidence on physical activity and osteoporosis prevention for people aged 65+ years: a systematic review to inform the WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2020; 17: 1-53.
- 11) Zhao R, Zhang M, et al. The effectiveness of combined exercise interventions for preventing postmenopausal bone loss: A systematic review and meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2017; 47: 241-251.
- 12) Frost HM. Bone "mass" and the "mechanostat": a proposal. *Anat Rec.* 1987; 219: 1-9.
- 13) Kohrt WM, Ehsani AA, et al. Effects of exercise involving predominantly either joint-reaction or ground-reaction forces on bone mineral density in older women. *J Bone Miner Res.* 1997; 12: 1253-1261.
- 14) Coupland CA, Cliffe SJ, et al. Habitual physical activity and bone mineral density in postmenopausal women in England. *Int J Epidemiol.* 1999; 28: 241-246.
- 15) Yoshimura N, Muraki S, et al. Prevalence of knee osteoarthritis, lumbar spondylosis, and osteoporosis in Japanese men and women: The research on osteoarthritis/osteoporosis against disability study. *J Bone Miner Metab.* 2009; 27: 620-628.
- 16) Eves FF. Is there any Proffitt in stair climbing? A headcount of studies testing for demographic differences in choice of stairs. *Psychon Bull Rev.* 2014; 21: 71-77.
- 17) Chin KY, Soelaiman IN, et al. The effects of age, physical activity level, and body anthropometry on calcaneal speed of sound value in men. *Arch Osteoporos.* 2012; 7: 135-145.
- 18) Kojima T, Akishita M, et al. High risk of adverse drug reactions in elderly patients taking six or more drugs: Analysis of inpatient database. *Geriatr Gerontol Int.* 2012; 12: 761-762.
- 19) Chul HK, Young IK, et al. Prevalence and risk factors of low quantitative ultrasound values of calcaneus in Korean elderly women. *Ultrasound Med Biol.* 2000; 26: 35-40.
- 20) Obuchi S, Sato H, et al. Analysis of compression force in the hip joint during impulsive exercises: A preliminary study for developing exercise protocol for osteoporosis. *J Jpn Phys Ther Assoc.* 2000; 3: 7-11.
- 21) Pescatello LS, Murphy DM, et al. Daily physical movement and bone mineral density among a mixed racial cohort of women. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34: 1966-1970.
- 22) Matsuzaka T, Matsugaki A, et al. Control of osteoblast arrangement by osteocyte mechanoresponse through prostaglandin E2 signaling under oscillatory fluid flow stimuli. *Biomaterials.* 2021; 279: 121203.
- 23) Jain RK, Vokes T. Physical activity as measured by accelerometer in NHANES 2005-2006 is associated with better bone density and trabecular bone score in older adults. *Arch Osteoporos.* 2019; 14: 29
- 24) Finigan J, Greenfield DM, et al. Risk factors for vertebral and nonvertebral fracture over 10 years: A population-based

- study in women. *J Bone Miner Res.* 2008; 23: 75-85.
- 25) Liu C, Kuang X, et al. Effects of combined calcium and vitamin D supplementation on osteoporosis in postmenopausal women: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Food Funct.* 2020; 11: 10817-10827.
- 26) Cummings SR, Browner WS, et al. Ettinger. Endogenous hormones and the risk of hip and vertebral fractures among older women. *Study of Osteoporotic Fractures Research Group. N Engl J Med.* 1998; 339: 733-738.
- 27) Kim KM, Lim S, et al. Longitudinal changes in muscle mass and strength, and bone mass in older adults: Gender-specific associations between muscle and bone losses. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2018; 73: 1062-1069.
- 28) Lewiecki EM, Watts NB, et al. Official positions of the International Society for Clinical Densitometry. *J Clin Endocrinol Metab.* 2004; 89: 3651-3655.