

博士論文

ロコモティブシンドロームを有する高齢者
における身体活動の特性と介入効果
(Physical activity characteristics and
intervention effects in older people
with locomotive syndrome)

2022 年 9 月

立命館大学大学院スポーツ健康科学研究科
スポーツ健康科学専攻博士課程後期課程

西村 朋浩

立命館大学審査博士論文

ロコモティブシンドロームを有する高齢者
における身体活動の特性と介入効果
(Physical activity characteristics and intervention
effects in older people with locomotive syndrome)

2022 年 9 月

September 2022

立命館大学大学院スポーツ健康科学研究科

スポーツ健康科学専攻博士課程後期課程

Doctoral Program in Sport and Health Science

Graduate School of Sport and Health Science

Ritsumeikan University

西村 朋浩

NISHIMURA Tomohiro

研究指導教員：真田 樹義 教授

Supervisor: Professor SANADA Kiyoshi

博士論文要旨

論文題名：ロコモティブシンドロームを有する高齢者における身体活動の特性と介入効果

立命館大学大学院スポーツ健康科学研究科
スポーツ健康科学専攻博士課程後期課程

ニシムラ トモヒロ
西村 朋浩

背景および目的

ロコモティブシンドローム（ロコモ）は、運動器の障害のために移動機能の低下をきたした状態であり、転倒リスクの増加、Activity of daily living（ADL）および身体機能の低下との関連が認められている。身体機能の低下はサルコペニアの併発を招き、ロコモを重症化させる可能性が考えられる。歩行介入は導入が比較的容易であるとともに、ロコモの予防改善としても有効である可能性が考えられる。しかし現在のところ、ロコモとサルコペニアの併発における転倒リスク、ADL および身体機能への影響は不明であり、ロコモ高齢者を対象とした歩行介入の効果についても不明である。そこで、本研究は、ロコモ高齢者のサルコペニア併発による身体機能への影響を明らかにし、歩行による身体活動量の増加が身体機能およびロコモの改善に有効であるかどうかを検討することを目的とした。

方法

研究課題 1 では、ロコモとサルコペニアの併発が高齢者の身体機能、転倒リスクおよび ADL におぼす影響を検討した。研究課題 2 では、ロコモ高齢者の 1 日の歩数と歩行活動量の関連、および歩行活動と身体機能との関連を横断的に検討した。研究課題 3 では、ロコ

モ高齢者に対する歩数の増加が中高強度歩行活動量および中高強度身体活動量の増加に有効であるか否か、および歩数の増加が身体機能へ与える効果を縦断的に検討することとした。

結果および考察

研究課題 1 では、ロコモとサルコペニアの併発はロコモを重症化させることを示した。研究課題 2 では、歩行障害のあるロコモ高齢者においても歩行が中高強度歩行活動量を増加させ、歩行速度およびバランス機能に関連することを示した。研究課題 3 では、歩行による中高強度歩行活動量の増加は、高齢者の健康の維持改善に必要な中高強度身体活動量の確保に有効であり、バランス機能および筋力の改善効果が期待できることを示した。

結論

ロコモ高齢者のサルコペニアの併発は転倒リスクの増加、身体機能および ADL の低下を招くため、ロコモを重症化させる可能性が考えられる。ロコモ高齢者に対する歩行介入は、高齢者が健康維持および身体機能の改善に必要な中高強度身体活動量の確保に有効であり、歩行速度、バランス機能および筋力の改善が期待できると考えられる。

Abstract of Doctoral Thesis

Title : Physical activity characteristics and intervention effects in older people with locomotive syndrome

Doctoral Program in Sport and Health Science
Graduate School of Sport and Health Science
Ritsumeikan University

ニシムラ トモヒロ
NISHIMURA Tomohiro

Introduction

Locomotive syndrome (LS) is a condition of reduced mobility due to a disorder of the locomotive system. LS has associated with falls risk, activities of daily living (ADL), and physical function. Low physical function leads to sarcopenia, which may increase the severity of LS. Walking intervention is simple and may be effective in preventing and improving LS. However, the effectiveness of walking interventions in older people with LS remains unclear. Therefore, the aim of this study was to examine the effects of sarcopenia coexistence on physical function in older people with locomotive syndrome and to examine whether increasing physical activity through walking is effective in improving physical function and locomotive syndrome.

Methods

In Study 1, I examined the effects of the coexistence of LS and sarcopenia on physical function, fall risk, and ADL in the elderly. In Study 2, I examined the association between physical function and the locomotive PA. PA was measured divided into the locomotive and non-locomotive PA, and further classified by the intensity of PA. In study 3, we examined the impact on physical function and PA obtained from walking intervention.

Results and Discussion

In study 1, the coexistence of LS and sarcopenia had associated with increased fall risk and worsened ADL. And Fall risk was associated with muscle mass, muscle strength, and gait speed. In study 2, increasing locomotive moderate to vigorous intensity of PA (MVPA) was effective for increasing PA. In addition, gait speed in LS groups had associated with locomotive MVPA. In study 3, increasing locomotive MVPA was effective for improved balance function and muscle strength in older people with/without LS.

Conclusion

Walking interventions for older people with LS may be effective in ensuring MVPA that need to maintain their health and improve their physical function, and may improve LS.

論文一覧

本博士学位申請論文は、以下の副論文をまとめたものである。

【副論文】

研究課題 1

1. Tomohiro Nishimura, Aiko Imai, Masahiro Fujimoto, Toshiyuki Kurihara, Kentaro Kagawa, Taketoyo Nagata, Kiyoshi Sanada,
Adverse effects of the coexistence of locomotive syndrome and sarcopenia on the walking ability and performance of activities of daily living in Japanese elderly females: a cross-sectional study, *The Journal of Physical Therapy Science*, 32: 227–232, 2020

研究課題 2

2. Tomohiro Nishimura, Atsushi Hagio, Kanako Hamaguchi, Toshiyuki Kurihara, Motoyuki Iemitsu, Kiyoshi Sanada,
Associations between locomotive and non-locomotive physical activity and physical performance in older community-dwelling females with and without locomotive syndrome: a cross-sectional study. *Journal of Physiological Anthropology*, 40, 18, 2021

研究課題 3

3. 西村朋浩、萩尾敦史、浜口佳奈子、栗原俊之、家光素行、真田樹義
ロコモティブシンドロームを有する高齢者における歩行介入が身体機能および生活活動に及ぼす効果、*日本サルコペニア・フレイル学会雑誌*、Vol15: No.1:131-137, 2021

略語一覽

ADL	Activity of daily living
AMM	Appendicular muscle mass
AWGS	Asian Working Group for Sarcopenia
BIA	Bioelectrical impedance analysis
BMI	Body mass index
EWGSOP	European Working Group on Sarcopenia in Older People
IADL	Instrumental activity of daily living
METs	Metabolic equivalents
QOL	Quality of life
SMI	Skeletal muscle index
TMIG-IC	Tokyo metropolitan institute of gerontology index of competence
TUG	Timed up and go test

目次

第1章 序論	5
1.ロコモティブシンドロームの定義および現状と課題	5
2.ロコモの判定と歩行機能およびADLとの関係	8
2-1 ロコモの判定	8
2-2 ロコモと歩行機能	11
2-3 ロコモとADL	12
3.ロコモとサルコペニア	13
3-1.サルコペニアの定義と有病率	13
3-2.ロコモとサルコペニアの関係	15
4.ロコモ改善のための歩行介入	19
4-1 ロコモの原因疾患と身体活動量との関係	19
4-2 ロコモ高齢者の身体活動量の測定	21
4-3 歩行活動量と生活活動量	22
4-4 健常高齢者に対する歩行介入	25
4-5 ロコモ高齢者に対する歩行介入	27
5.本研究の目的	28
6.研究の意義	30
第2章 ロコモとサルコペニアの併発が高齢者の身体機能、転倒リスクとADLにおよぼす影響の検証：横断的研究（研究課題1）	31
1. 緒言	31
2. 方法	33
3. 結果	36

4. 考察.....	39
5. 結論.....	41
第3章 ロコモ高齢者の歩数と中高強度歩行活動量および身体機能との関連の検討： 横断研究（研究課題2）	42
1. 緒言.....	42
2. 方法.....	43
3. 結果.....	46
4. 考察.....	51
5. 結論.....	55
第4章 ロコモ高齢者における歩行介入が身体活動量および身体機能におよぼす効果 （研究課題3）	56
1. 緒言.....	56
2. 方法.....	57
3. 結果.....	59
4. 考察.....	64
5. 結論.....	66
第5章 総合討論.....	67
第6章 結論.....	76
謝辞.....	77
参考文献	78

第1章 序論

1. ロコモティブシンドロームの定義および現状と課題

ロコモティブシンドローム (Locomotive syndrome : ロコモ) は、2007年に日本整形外科学会により制定された概念であり、「運動器の障害のために移動機能の低下をきたした状態」と定義され、加齢に伴う筋力低下、関節や脊椎の疾患および骨粗鬆症などにより運動機能が低下し、要介護や寝たきりになること、それらになるリスクの高い状態を表すものとした [1]。2014年には、「ロコモティブシンドロームとは運動器の障害のため、移動能力の低下をきたした状態で、進行すると介護が必要となるリスクが高まるもの」と定義されている [1-3]。Nakamura らは、運動器は骨、関節、筋肉および神経の3つに分けられるとし、それらの3つの運動器に起因するロコモの概念を図で説明している (図1) [4]。

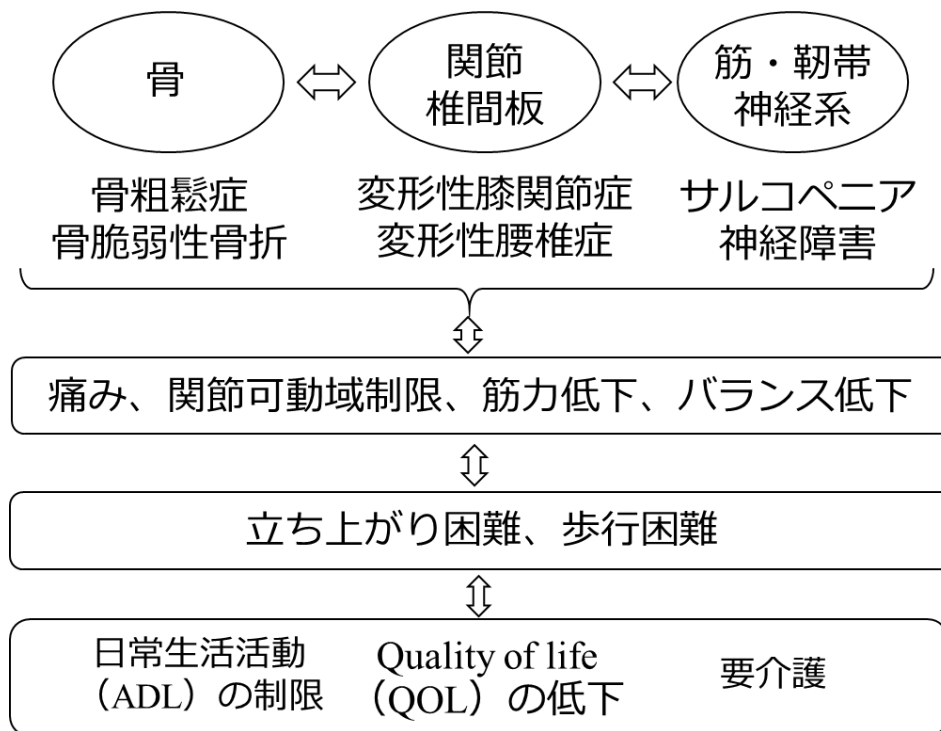


図1. ロコモの概念図

Nakamura K. Clinic Rev Bone Miner Metab. 2016 [4]

この図によると、運動器に骨粗鬆症、骨脆弱性骨折、変形性膝関節症、変形性股関節症、サルコペニアおよび神経障害などの運動器疾患が発生すると、それらが影響し運動器の痛み、関節可動域制限、筋力低下およびバランス低下などの運動機能の低下が生じ、主に下肢に関係する動作である立ち上がり動作および歩行動作が困難となる[4]。さらに、これらの運動器の障害および動作困難が進行することによって、最終的には日常生活活動（Activity of daily living: ADL）の制限や生活の質（Quality of life: QOL）の低下、さらには要介護に至る可能性を指摘している[4]。また、帖佐によると、ロコモは運動器の障害によりさまざまな運動器疾患が引き起こされやすくなった状態や、すでに骨粗鬆症、骨脆弱性骨折、変形性膝関節症、変形性股関節症、およびサルコペニアを有している状態も含んでおり、放置すると寝たきりになる可能性があり、予防や治療が重要であると指摘している[5]。

令和2年度版高齢社会白書（全体版）によると、我が国の総人口は、長期の人口減少過程に入っているものの、2019年10月1日時点の65歳以上の高齢者人口は3,589万人となっている。65歳以上の高齢者人口は、今後も増え続け2025年には3,677万人、2042年には3,935万人となりピークに達すると予想されている[6]。Yoshimuraらは、2015年時点の40歳以上の山村および漁村在住の一般住民1,575名を対象とし、日本整形外科学会が提唱するロコモ度テストを用いて各年代別のロコモの有病率を検討した（図2）[7]。その結果、ロコモの有病率は男女ともに60歳代から急増し、70歳代で80%、80歳代で90%と加齢に伴って増加するとし、これらの有病率を日本の人口に当てはめると4,590万人がロコモに罹患している可能性があるとして報告している[7]。これらのことから、ロコモ高齢者は今後の高齢人口の増加によりさらに増加することが予想できる。したがって、ロコモの効果的な予防および改善方法を確立することは、高齢化が進む現代において重要な課題といえる。

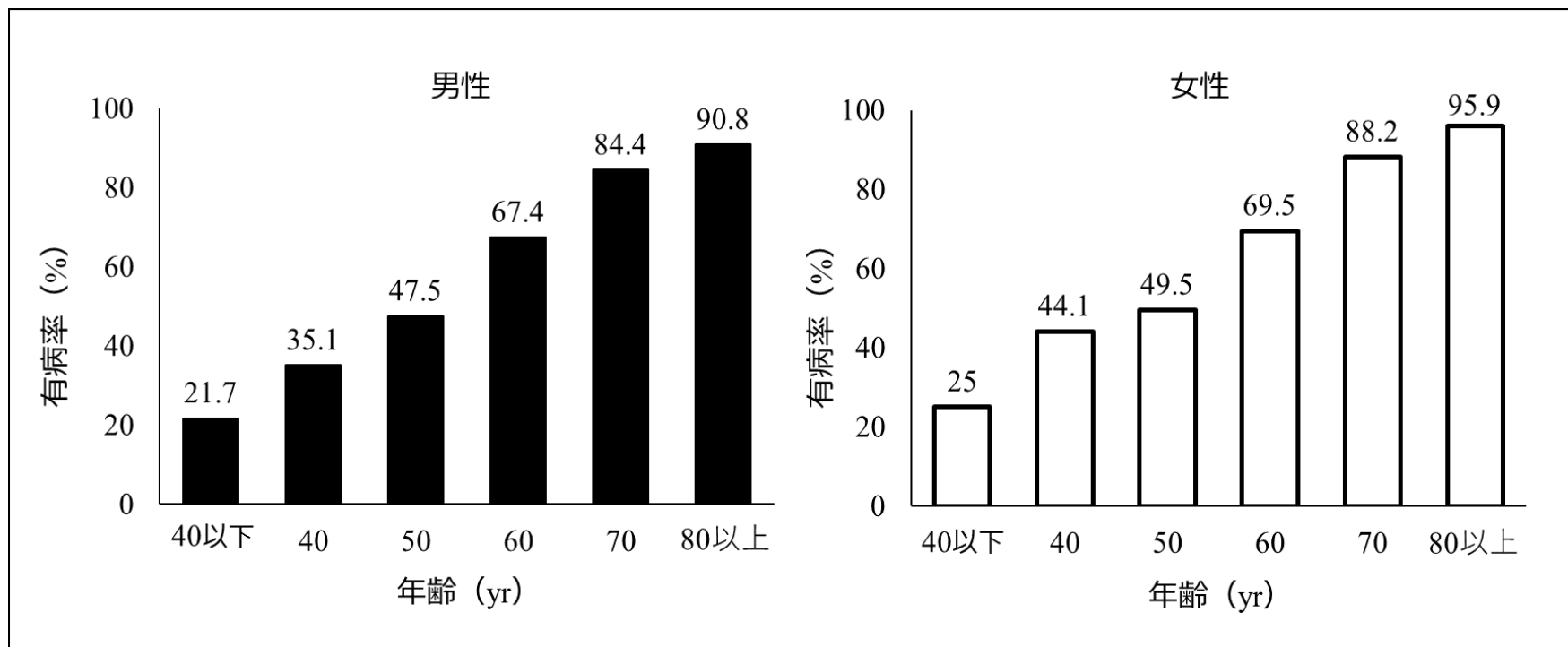


図 2. 日本人男女におけるロコモの年代別有病率

Yoshimura N, et al. Mod Rheumatol. 2017 [7]

2. ロコモの判定と歩行機能および ADL との関係

2-1 ロコモの判定

ロコモの判定には、2ステップテスト、立ち上がりテストおよび25項目の自記式尺度であるロコモ25の3つで構成されるロコモ度テストが推奨される[3, 8]。ロコモ度テストは、それぞれが歩行能力の低下および将来の歩行能力と関連すると報告されている[9]。2ステップテストは、2歩の歩幅から簡易的にロコモを判定するテストであり、下肢筋力、バランス能力および柔軟性などを含めた歩行能力を総合的に評価する[3]。2ステップテストは、スタートラインにつま先を揃えたのち、できる限り大股で2歩踏み出して両足を揃えて立ったつま先までの距離を計測する[3, 10]。その2歩幅を身長で除した値を2ステップ値として算出する[10]。結果の判定は、2ステップ値が1.3以上ではロコモと判定されず、1.1から1.3未満の場合はロコモ度1、0.9から1.1未満の場合はロコモ度2、0.9未満の場合はロコモ度3と判定される[8]。立ち上がりテストは、台に座った姿勢から片脚または両脚で立ち上がれるか否かによってロコモを判定するテストであり下肢筋力を評価する[3]。下肢筋力が弱まると移動機能が低下するため、立ち上がりが困難である場合はロコモの可能性が考えられる[3]。立ち上がりテストでは、両腕を胸の前で組み両脚を肩幅に広げて台に腰をかけ、床に対して下腿が70度になるようにしてから、反動を付けずに台から立ち上がり、そのまま3秒間保持することが求められる[11]。立ち上がりテストの結果の判定は、40cm台の片脚の立ち上がりはできないが20cm台で両脚の立ち上がりが可能な場合はロコモ度1、20cm台で両脚の立ち上がりが困難な場合はロコモ度2、30cm台の両脚の立ち上がりが困難な場合はロコモ度3と判定される[8]。ロコモ25は、身体の状態、生活状況に関する25問の質問からロコモを判定するものである[3]。25問の質問に対する回答は、0点（困難でない）から4点（ひどく困難である）までの5段階に等級付けされ合計値（最小=0、最大=100）を算出する[12]。ロコモ25の合計値が高いほど、運動機能の障害が大きくなる[12]。合計値が7点以上から13点未満の場合はロコモ度1、16点以上から24点未満の場合はロコモ度2、24点以上の場合はロコモ度3と判定される[8]。また、

ロコモ 25 より簡易な判定法としてロコモ 5 が用いられている[12]。ロコモ 5 は、「階段の昇り降りほどの程度困難ですか。」「急ぎ足で歩くのはどの程度困難ですか。」「2 kg 程度の買い物（1 リットルの牛乳パック 2 個程度）をして持ち帰ることはどの程度困難ですか。」「家のやや重い仕事（掃除機の使用、ふとんの上げ下ろしなど）は、どの程度困難ですか。」の 4 問に対しては、0 点（困難でない）、1 点（少し困難）、2 点（中等度困難）、3 点（かなり困難）、4 点（ひどく困難）の 5 段階から 1 つ選び、「休まずにどれくらい歩き続けることができますか。」の問いには、0 点（2km～3km 以上）、1 点（1km 程度）、2 点（300m 程度）、3 点（100m 程度）、4 点（10m 程度）の 5 段階から 1 つ選ぶ[12, 13]。これらの 5 問の合計値を算出し、合計値が高いほど日常生活の活動性が制限されている度合いが大きくなる。日常生活が制限されると判断するカットオフ値は 6 点であり、6 点以上はロコモと判定される[12]。ロコモ 5 の 6 点以上はロコモ度 2 と判定される[13]。ロコモ 25 を使用した平均年齢 67.6 歳のロコモの有病率は 17.0%であり[14]、インターネットを使用したロコモ 25 によるロコモの有病率の大規模調査では 40～70 歳代の成人全体で 10.2%、60 歳代で 8.3%、70 歳代では 16.3%がロコモに該当したと報告されている[15]。一方、ロコモ 5 を使用した調査では、平均年齢 72.4 歳のロコモの有病率は 17.2%[16]と報告されており、ロコモ 5 はロコモ 25 を用いた場合と同等の判別率を示していることから、ロコモ 5 はロコモ 25 に準じた判定方法であると言える[17]。

ロコモの有無の判定においては、ロコモ度テストの 3 つのうちいずれか 1 つでもロコモ度 1 から 3 と判定された場合にロコモと判定される。重症度は、各ロコモ度テストの結果からそれぞれロコモ度 1、ロコモ度 2、ロコモ度 3 のどの段階に該当するかを判定し、最も高い結果が対象者のロコモ度として判定される[3]。ロコモの重症度である各ロコモ度の状態は、ロコモ度 1 は筋力やバランス能力が低下してきている状態で、移動機能の低下が始まっている状態を示す。ロコモ度 2 は自立した生活が出来なくなるリスクが高まった状態で、移動機能の低下が進行している状態を示し、ロコモ度 3 は自立した生活が出来なくなるリスクが非常に高まった状態であり、移動機能の低下が非常に進行し社会生活に支障

を来している状態を示している[3]。Yoshimura らは、40 歳以上のロコモ度 1 の有病率は全体の 69.8%であると明らかにし[7]、きわめて多くの中老年男女が自覚のないまま移動機能の低下を有していると報告している[18]。つまり、ロコモ度 1 は疼痛や関節可動域制限など整形外科疾患の症状が現れていない状態であり、今後の重症化を予防することが重要な状態であると言える。これらのことから、本研究においてはロコモ度テストの結果に基づいて、2 ステップテストは 1.3 未満[3, 10]、立ち上がりテストは 40 cm 台からの片脚での立ち上がりテストが困難であった場合[3, 11]、ロコモ 5 は合計 6 点以上[3, 12, 13]を判定基準として、3 つのテストのうちいずれか 1 つでも該当した場合にロコモと判定した。したがって、本研究のロコモ度テストの判定によるロコモ度は、2 ステップテストと立ち上がりテストにおいてはロコモ度 1、ロコモ 5 においてはロコモ度 2 に該当する。

2-2 ロコモと歩行機能

歩行速度は、1.0m/秒[19, 20]や 0.8m/秒[21]が先行研究で身体機能低下の指標[20]、および転倒リスクのカットオフ値[19]として用いられている。Yoshimura らはロコモ度テストと歩行速度の関係を検討する研究の中で、0.8m/秒を基準値として通常歩行速度群と低歩行速度群の 2 群に分類し目的変数とし、ロコモ度テストの各テストによるロコモの有無を説明変数として、年齢、性別、体型指数 (Body mass index: BMI) および居住地域を調整したロジスティック回帰分析を実施し、歩行速度は 2 ステップテスト (オッズ比=4.24, CI: 2.18–8.22, $p<0.001$)、立ち上がりテスト (オッズ比=2.01, CI: 1.35–3.16, $p<0.001$)、ロコモ 25 (オッズ比=2.65, CI: 1.82–3.86, $p<0.001$) と独立的に関連していると報告している[9]。加えて、通常歩行速度群と低歩行速度群の 2 群を目的変数とし、ロコモ度テストでロコモと判定された数を説明変数とし、年齢、性別、BMI および居住地域を調整したロジスティック回帰分析では、ロコモと判定されたテストの数が 1 つの場合 (オッズ比=5.73, CI: 1.71–19.16, $p<0.005$)、2 つの場合 (オッズ比=9.82, CI: 2.96–32.52, $p<0.001$)、3 つ全ての場合 (オッズ比=32.21, CI: 9.64–107.7, $p<0.001$) となりロコモ度テストの複数のテストでロコモと判定されるごとに歩行機能の障害が指数関数的に増加すると報告している[9]。また、湯村らは地域在住高齢者 765 名を対象に転倒歴の有無により 2 群に分け転倒歴とロコモ度テストの関連を調査した研究を実施し、ロコモ度テスト、握力、膝伸展筋力、足趾把持力、5 回立ち上がり時間、開眼片脚起立時間、バランス機能の指標である Functional Reach Test、および歩行速度において「転倒あり群」が有意に劣っており、転倒歴とロコモ度テストが関連していることを報告している[22]。さらに鈴木は、健常高齢者 44 名とロコモ高齢者 10 名を対象に、三次元動作計測装置と床反力計を用いてロコモ高齢者の歩行の特徴を調査する研究を実施し、ロコモ高齢者の歩行は健常高齢者との比較で、歩行速度が有意に遅く、歩幅が有意に短く、歩行周期の時間が有意に長いという特徴を報告している[23]。したがって、ロコモ高齢者は、健常高齢者に比べて歩行速度が遅く、下肢筋力が弱く、片脚立位時間が短いことから歩行機能が低下しており、転倒リスクが高いことが考えられる。

2-3 ロコモと ADL

ADL は、基本的 ADL と手段的 ADL (Instrumental ADL: IADL) に分けられ、基本的 ADL の評価には Barthel index[24]、Katz Index[25]、IADL の評価には Lawton の尺度[26]、老研式 活動能力指標 (Tokyo metropolitan institute of gerontology index of competence: TMIG-IC) [27] が広く用いられている。

ロコモ高齢者の ADL に関する先行研究は、著者の知るところ多くない。Iwaya らは、地域在住高齢者 314 名を対象に、ロコモ 25 の合計点数を基に 7 群に分類し、群ごとのロコモ 25 の質問に対する回答を比較した研究で、ロコモによる活動制限はスポーツ活動、ウォーキング、日常の歩行、セルフケアの順序で発生する可能性があると報告している[28]。また、中越らは運動機能障害を有し整形外科病院に外来通院している高齢者 30 名を対象に、ロコモと生活活動量および QOL との関連性を明らかにすることを目的に、握力、IADL、生活活動量、転倒恐怖感、抑うつ度、QOL をロコモの有無で比較検討する研究を実施した[29]。その結果、ロコモ高齢者は、健常高齢者に比べ握力、IADL、生活活動量、抑うつ度および QOL が有意に低く ($p < 0.05$)、ロコモ高齢者では身体的要因のみならず、抑うつなどの心理的要因により、日常の生活動作が難しくなり、健康状態が良くなく、疲れを感じ、憂鬱な気分の状態になる可能性があると報告している[29]。さらに、新井らは地域在住中高年者 338 名を対象に、ロコモ 5 を使用してロコモ群と非ロコモ群の 2 群に分類し、握力、片脚立位時間、5 回立ち上がり時間、最大歩行速度、長座位体前屈による運動機能と高齢者が一人で自立して活動的に生活する能力である生活機能を比較検討した[30]。その結果、ロコモ群は非ロコモ群との比較で、運動機能すべてで有意に低い値を示したと報告している ($p < 0.05$)。生活機能では、新しい機器の利用、情報収集、家族を含めた生活の管理、地域の行事などへの社会参加で有意差がみられ ($p < 0.01$)、ロコモ群の方が有意に低い得点であったとし、ロコモは生活機能に関連することを報告している[30]。これらのことから、ロコモ高齢者は、移動を伴う ADL である IADL から制限され、生活機能、QOL も制限されることは明らかである。

3.ロコモとサルコペニア

3-1.サルコペニアの定義と有病率

サルコペニアは、1989年に Rosenberg により提唱された加齢に伴う筋肉量の低下に関する概念である[31]。2010年に発表された European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP) において、加齢に伴う筋肉量の減少に加えて、筋力低下および身体機能低下のどちらか一方、もしくは両方が合わさって起こると定義された[31, 32]。2018年に改訂された EWGSOP2 では筋力低下が重視され、筋力低下に低筋肉量加わることでサルコペニアと判定され、そこに身体機能の低下加わると重症サルコペニアと判定される[33, 34]。アジアにおける判定基準は、2014年に Asian Working Group for Sarcopenia (AWGS) により初版 [21]、2019年に改訂版[20] が報告されている。改訂版では、男性の握力が 26kg 未満から 28kg 未満に、歩行速度が男女ともに 0.8m/s 未満から 1.0 m/s 未満に判定基準が見直され、より多くのサルコペニア有病者を判定できるように改訂されている。現在、日本サルコペニア・フレイル学会では AWGS2018 年度改訂版によるサルコペニアの判定ガイドラインが推奨されているが、本研究においては 2014 年度版の AWGS 基準を用い 2018 年度改訂版よりも厳しい判定基準で実施している。2014 年度版の AWGS 基準のそれぞれのカットオフ値は、筋肉量では、生体インピーダンス法 (Bioelectrical impedance analysis: BIA) で測定した骨格筋指数 (Skeletal muscle index: SMI) (男性:7.0 kg/m² 未満、女性:5.7 kg/m² 未満)、筋力では握力 (男性:26kg 未満、女性:18 kg 未満) および身体機能低下では、通常の歩行速度 (男女ともに 0.8m/s 未満) である。2014 年度版の AWGS 基準におけるサルコペニアの判定は、筋肉量の低下は必須であり筋肉量の低下のみの場合はプレサルコペニア、筋肉量低下に握力低下もしくは歩行速度低下のどちらか一方が該当する場合はサルコペニア、3 つすべてに該当する場合は重度サルコペニアと判定される[21]。

Landi らは、地域在住高齢者 260 名を対象にサルコペニアと転倒歴の関係を調査した研究を実施し、サルコペニアを有する高齢者は、サルコペニアを有しない高齢者と比較して、転倒リスクが 3.23 倍高いことを報告している[35]。日本人の地域在住高齢者を対象としたサ

ルコペニアの有無と転倒リスクの関係を検討した先行研究では、サルコペニアを有する高齢者は男性ではおよそ3倍から4倍、女性でおよそ1.5倍から2倍も転倒リスクが高かったと報告されている[36,37]。また、日本人地域在住高齢者のサルコペニアの有無とADLの関係を検討した先行研究においては、サルコペニアとADLが有意に関連し、サルコペニアを有する高齢者のうち男性では約40%、女性では30%が、IADLが制限されていたと報告している[36,38]。これらのことから、サルコペニアを有する高齢者は、転倒リスクが高く移動能力が障害されている状態であり、かつADLが制限されていることが考えられる。

Yoshimuraらは、山村、漁村在住の60歳以上の男女1,099人を対象としたサルコペニアの年齢別、男女別の有病率を示している(図3)[39]。2014年度版のAWGSを用いて判定したサルコペニアの有病率は、60歳以上の高齢者全体で8.2%であり、70歳から74歳で男女ともに有病率が増加し、75歳から79歳で男女とともに有病率は10%を超え、80歳以上で20%を超える。男女差は無く加齢と共に増加すると報告している[39]。

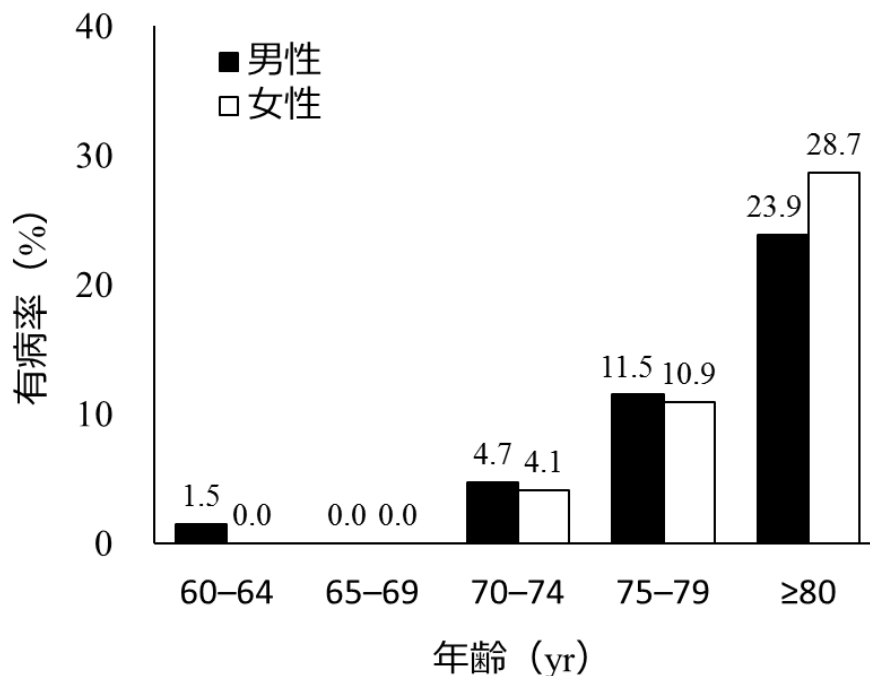


図3. 日本人男女におけるサルコペニアの年代別有病率

Yoshimura N, et al. Osteoporos Int. 2017 [39]

3-2.ロコモとサルコペニアの関係

ロコモの原因は、大別すると①加齢による運動機能低下と②運動器疾患の発症に分類できる[1, 2, 40, 41]。①加齢による運動機能低下は、骨、関節および筋が加齢による影響を受け骨強度の低下、関節可動域の制限、および筋肉量・筋力の低下が起こる[2]。②運動器疾患の発症は、骨粗鬆症、変形性関節症およびサルコペニアによりバランス機能、体力、移動能力の低下をきたす[4, 40]。表1は、ロコモの原因である①加齢による運動機能低下と②運動器疾患のメカニズムと発生時期をまとめたものである。①加齢による運動機能低下は、筋肉量および筋力低下が40歳頃から始まり、60歳頃からは筋肉量・筋力低下に加えて骨強度の低下、および関節可動域制限が合わせて起こると考えられる。②運動器疾患では、骨粗鬆症および変形性関節症(腰椎症、膝関節症など)は40歳頃から有病率が増加し始め、AWGS2014年度版の基準で判定されたサルコペニアは70歳で急激に増加する。Yoshimuraらは、2012年から2013年の間の山村および漁村在住の60歳以上の男女963名を対象としたロコモとサルコペニアの有病率、および併発率を調査した研究の中で、ロコモの有病率は81.0%、サルコペニアの有病率は8.7%であり、ロコモとサルコペニアの併発率は6.5%であったと報告している[42]。さらにサルコペニアを有する84名のうち98%にあたる83名がロコモを併発していることに加え、ロコモの有病者の平均年齢が73.2歳であり、サルコペニア有病者の平均年齢が81.2歳であったことから、移動能力の低下を示すロコモはサルコペニアの前駆症状でありうると報告している[42]。また、Kobayashiらは、地域在住日本人高齢者113名を対象に、ロコモの重症度の経時的な変化を調査するため5年間の追跡研究を実施し、ロコモの罹患は経時的な運動機能の低下に関連すると報告している[43]。つまり、60歳以上になると、①加齢による運動機能低下と②運動器疾患が併発する可能性が高く、サルコペニアの併発は70歳以上で増加する可能性が高くなり、ロコモがさらに重症化することが予想される。したがって、ロコモの予防は、ロコモが重症化する前の早期から開始することが重要であると考えられる。これらのことから、①加齢による運動機能低下と②運動器疾患の発症によりロコモが起こり、加齢や疾患により身体機能が低下することでサルコペニアを併発す

ると考えた（図 4）。したがって、ロコモとサルコペニアの併発は、ロコモ単独よりさらに筋肉量、筋力、歩行速度および ADL を低下させ、転倒リスクを有意に増加させることが考えられる。しかしながら、ロコモとサルコペニアの転倒リスクおよび ADL との関連については、それぞれ個別に検討されており[3, 4, 9, 22, 23, 28-30, 35-38]、両者の併発による転倒リスクおよび ADL への影響については現在のところ不明である（表 2）。

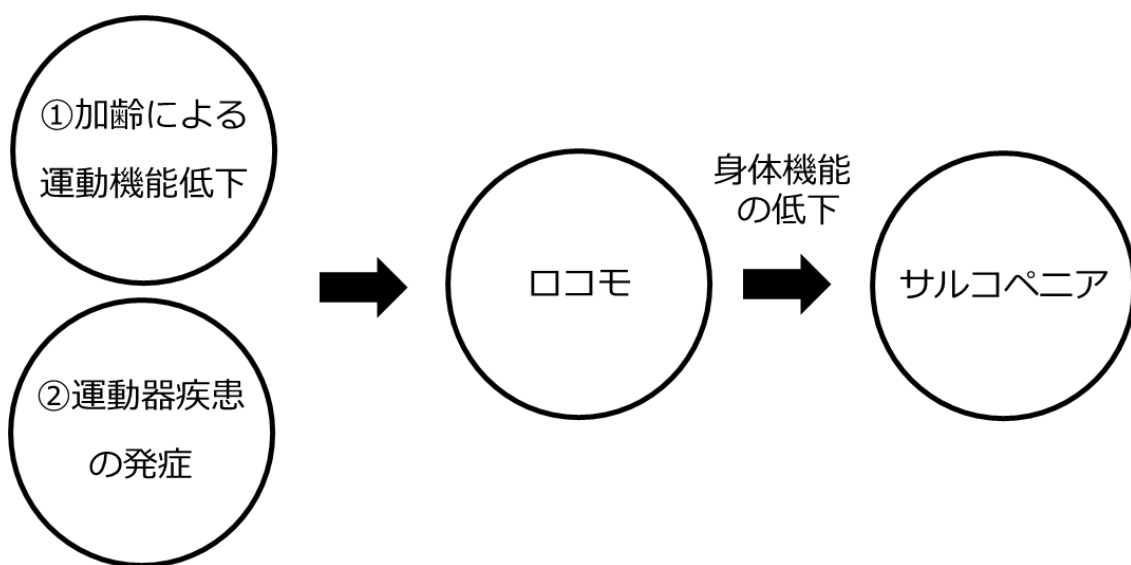


図 4. 本研究で考えるロコモとサルコペニアの関係性

表 1. 加齢による運動機能低下と運動器疾患のメカニズムおよび発生時期のまとめ (文献レビュー)

	①加齢による運動機能低下			②運動器疾患		
	骨	関節	筋	骨粗鬆症 骨脆弱性骨折	変形性関節症	サルコペニア
現象	骨強度の低下	関節可動域制限	筋肉量・筋力の低下	骨密度が若年成人の 平均骨密度 70% 未満	疼痛、可動域制限、 局所的な炎症	筋肉低下、筋力低下、 身体機能の低下
メカニズム	骨代謝の低下 ↓ 骨密度の低下 ↓ 骨強度の低下 [44]	<p>関節の弾性の低下 疼痛、炎症</p> <p>↓</p> <p>姿勢の変化 ↔ メカニカル ストレスの増加</p> <p>↓</p> <p>関節可動域制限</p> <p>[45-47]</p>	中枢神経刺激の低下 身体活動量の低下 性ホルモンの減少 成長ホルモンの減少 蛋白質摂取量の減少 炎症反応の増加 ↓ 筋肉量・筋力の低下[48]。	骨強度の低下 + 骨脆弱性の増大 ↓ 骨折の危険性が増大 [44, 49, 50]	運動開始時の疼痛 ↓ 関節のこわばり ↓ 歩行時痛みが増強 可動域制限の増大 [46, 47, 51]	筋肉量の低下 + 握力低下 or 歩行速度低下 ↓ サルコペニア[21]。
発生時期	骨密度は、加齢に伴い 60 歳から 65 歳以降に緩やかに減少する[52]。女性の場合は、閉経後、年齢に伴って低下する[53, 54]。	男性は股関節伸展・内外転・内外旋、および膝関節伸展が 40 歳以降、女性は股関節内転、膝関節伸展、足関節底屈、および足関節外がえしが 60 歳以降で制限される[55]。	筋肉量は 25 歳ころから減少が始まり、40 歳を過ぎると急速に加速し 80 歳では 20 歳の時より平均 40%減少する[56]。筋力は、中年から男性では 0.59kg/年ずつ、女性では 0.31kg/年ずつ、ほぼ直線的に低下するとされている[57]。	女性に好発する運動器疾患であり、40 歳以降に加齢による有病率の増加が知られている[39, 58]。年齢別では、60 歳代で 7.6%と急増し、年齢とともに受傷率が増加する[59]。	変形性膝関節症は、女性に好発する運動器疾患であり、40 歳以降の中年期より加齢と共に有病率が増加する[58]。変形性股関節症の発症年齢は 40 歳から 50 歳で女性に多い[59, 60]。	60 歳以上の高齢者全体で 8.2%であり、70 歳から 74 歳で男女ともに有病率が増加し、75 歳から 79 歳で男女とともに有病率は 10%を超え、80 歳以上で 20%を超える。男女差は無く加齢と共に増加する[39]。

表 2. ロコモおよびサルコペニアと身体機能、転倒リスクおよび ADL の関係

	ロコモ	サルコペニア	併発
身体機能	低下 [3, 4, 9, 22, 23, 30]	低下 [20, 21, 31-34]	不明
転倒リスク	増加 [3, 4, 9, 22, 23, 30]	増加 [35-37]	不明
ADL	低下 [3, 4, 8, 28-30]	低下 [36, 38]	不明

4.ロコモ改善のための歩行介入

4-1 ロコモの原因疾患と身体活動量との関係

骨粗鬆症は身体活動量の増加により、骨密度が増加[61]し、骨折リスクが抑制されること[62, 63]が報告されており、吉村は運動による筋力維持、筋肉量の増加、バランス機能および関節の柔軟性の向上が骨折リスクおよび転倒リスクを低下させると報告している[64]。運動介入により骨折が増加したという報告はなく、Martynらは、一般中高年者に自己管理させるには歩行による運動介入は転倒リスクが低いと報告している[65]。一方で、身体活動量の減少が骨量の低下[66]、骨密度の低下[67]、骨折リスクの増大[67]に関連し骨粗鬆症を増悪させることが報告されている。

変形性関節症を有する高齢者は中高強度身体活動量が少なく、中高強度身体活動量を増加させることの必要性が指摘されている[68]。身体活動量の増加が、痛みの軽減、身体機能およびQOLの改善に有効であることが報告されており[69, 70]、運動介入においても、有酸素運動による身体活動量の増加により疼痛軽減や筋力増強効果が得られること[47, 71, 72]、在宅での筋力強化練習と同程度の効果が得られること[73, 74]、閉眼両下肢立位や片脚立位での重心動揺の改善に有効であること[75]が報告されている。これらのことから、変形性関節症を有する高齢者における身体活動量の増加は、疼痛の改善、筋力強化およびバランス機能の改善に対して自主トレーニングによる筋力強化と同等の効果を期待することができ、対象者自身が管理できる運動介入として重要であることが分かる。

サルコペニアを有する高齢者に対する身体活動量の影響においては、身体活動量の増加が、高齢者の健康的な生活に不可欠であり、筋肉量の減少、筋力低下、バランス機能低下を含む身体機能低下および移動機能低下の予防に有効であると報告されている[76, 77]。さらに、Sánchezらは、加速度計で測定された客観的な身体活動量とサルコペニアの有無およびサルコペニア判定基準との関連を検討するために、地域在住高齢者497名を2群に分類し、サルコペニアの有無およびサルコペニア判定基準と1.5 Metabolic equivalents

(METs)未満のSedentary behavior、1.5METsから2.99METsの低強度身体活動量、3METs

以上の中高強度身体活動量との関係を検討し、健常高齢者と比較してサルコペニアを有する高齢者は、**Sedentary behavior** 時間が有意に長く ($p<0.01$) 低強度身体活動量時間 ($p<0.01$) および中高強度身体活動量時間 ($p<0.001$) が有意に短いことを明らかにし、**Sedentary behavior** および低強度身体活動量に代わる中高強度身体活動量の増加はサルコペニアの判定基準である筋肉量、歩行速度、および筋力を向上させると報告している[78]。これらのことから、身体活動量の減少はサルコペニアリスクをさらに増悪させるが、身体活動量の増加は高齢者の筋肉量、筋力および歩行速度を改善し、サルコペニアの予防および改善が期待できると考えられる。

これらのことから、ロコモの原因である運動器疾患による身体機能低下は、身体活動量の増加により維持改善が期待できることは明らかであり、運動器疾患の併発を予防することが期待できる。したがって、ロコモ高齢者に対する身体活動量の増加は、身体機能の維持改善に有効であることが期待できる。

4-2 ロコモ高齢者の身体活動量の測定

ロコモ高齢者の身体活動量を調査した研究は、筆者の知る限り多くない。身体活動量の調査には、日本語版 Frenchay Activities Index 自己評価表や日本語版 Life-Space Assessment [29]、特定検診標準的質問票[79]、およびロコモ 25 などの質問紙が使用されているが[28, 80]、近年では身体活動量の調査に身体活動量計を使用した研究が増えてきている。

Oshima らは地域在住日本人高齢者 50 名を対象に、地域在住高齢者が自立した生活を送るための 1 週間の歩行活動量および生活活動量を検討し、歩行活動量および生活活動量は、それぞれ 11.8 ± 6.8 METs-h /週 (1.6 METs-h /day)、および 14.3 ± 9.2 METs-h /週 (2.0 METs-h /day) であったと報告している[81]。ロコモによる活動制限はスポーツ活動、ウォーキング、日常の歩行、セルフケアの順序で発生する可能性があること[28]に加えて、ロコモ高齢者は歩行障害を伴うため歩幅が小さく[23, 82]、歩行速度が遅いこと[9, 23]から 1 日の歩行活動量が少ないことが予想できる。

これらのことから、歩行障害を伴い歩行活動量の減少が予想されるロコモ高齢者の身体機能と身体活動量の関連について検討する際には、身体活動量を歩行活動量と生活活動量に分類し測定することにより、ロコモ高齢者に対する効果的な身体活動介入プログラムの科学的根拠を得ることができると考えられる。

4-3 歩行活動量と生活活動量

身体活動量を歩行活動量と歩行以外の生活活動量に分割し総合的に身体活動量を分析する方法が、Oshima らにより開発され、近年では身体活動量の測定には 3 軸加速度計付きの身体活動量計が用いられることが増えてきている。

Oshima らは、66 名のボランティアを対象に 12 の身体活動（パソコン作業、洗濯、食器洗い、小さな荷物の移動、掃除機をかける、ゆっくり歩く、通常歩行、速歩、バッグを持つての通常歩行、ジョギング、階段昇降）を行い、3 軸加速度計からの 3 方向からの周波数を解析し、垂直方向と水平方向の加速度の比率を計算することで歩行活動と生活活動を分類するアルゴリズムを開発したと報告している[83]。歩行活動と生活活動の分類は、活動強度に関わらず活動時に上半身の傾斜角度に変化が見られない場合は歩行および走行に分類し、活動時に上半身の傾斜角度に変化が見られる場合は荷物運びや掃除機掛けなどの生活活動に分類するとしている（表 3）。さらに、それぞれの身体活動時における垂直方向と水平方向の合成加速度と活動強度の関係式から歩行活動強度および歩行以外の生活活動強度を計測することが可能であると報告している[81, 83]。

表 3. 歩行活動と生活活動

	身体活動	測定方法
歩行活動	ゆっくり歩く 通常歩行 速歩 バッグを持つての通常歩行 ジョギング 階段昇降	活動時に上半身の傾斜角度に変化が見られない場合
生活活動	パソコン作業 洗濯 食器洗い 小さな荷物の移動 掃除機をかける	上半身の傾斜角度に変化が見られる場合

Oshima, et al.2010, Oshima, et al.2012 より作成 [81, 83]

Tanaka らは、Oshima らのアルゴリズムを用いて 18 歳から 92 歳までの女性 571 名および男性 315 名を対象とし、18 歳から 49 歳、50 歳から 69 歳、70 歳以上の 3 群に分け、低強度身体活動量と中高強度身体活動量をそれぞれ生活活動量と歩行活動量に分類し年齢相別および性別で比較する研究を実施し、女性において中高強度身体活動量は年齢を重ねるごとに有意に減少することを報告している[84]。また、女性では中高強度歩行活動量は中高年で、中高強度生活活動量は高齢者で減少することを示し、男性では中高強度歩行活動量および中高強度身体活動量は年齢とともに減少することを報告している[84]。これらのことから、中高強度身体活動量は年齢に伴い減少するが、歩行活動量と生活活動量の減少は性別により異なることが考えられる。また、Tanaka らは、同じ研究の中で 1 日の中高強度身体活動量と中高強度歩行活動量および中高強度生活活動量の割合を報告している。18 歳から 49 歳の男性では 1 日の中高強度身体活動量 (81 ± 38 min/day) のうち、中高強度生活活動量が 24 ± 23 min/day (30%) であり、50 歳から 69 歳では 1 日の中高強度身体活動量 (80 ± 48 min/day) のうち、中高強度生活活動量が 26 ± 21 min/day (33%)、70 歳以上では 1 日の中高強度身体活動量 (38 ± 43 min/day) のうち、中高強度生活活動量が 18 ± 27 min/day (47%) であったと報告している。一方で 18 歳から 49 歳の女性では 1 日の中高強度身体活動量 (87 ± 36 min/day) のうち、中高強度生活活動量が 46 ± 27 min/day (53%) であり、50 歳から 69 歳では 1 日の中高強度身体活動量 (75 ± 47 min/day) のうち、中高強度生活活動量が 46 ± 37 min/day (61%)、70 歳以上では 1 日の中高強度身体活動量 (49 ± 28 min/day) のうち、中高強度生活活動量が 27 ± 16 min/day (55%) であったと報告している。つまり、女性では男性よりも中高強度生活活動の割合が高く、1 日の中高強度身体活動量の半数以上を占めているため、中高強度身体活動量の分析には歩行活動量および生活活動量の両方を評価することが重要であると報告している[84]。また、生活活動量においては、職業により中高強度身体活動量に対する寄与率が異なるため歩行活動量のみでの比較は、中高強度身体活動量を過小評価する可能性があることも報告されている[85]。

これらのことから、歩行介入においては、中高強度身体活動量による分析では正確に歩行

による中高強度歩行活動量の効果を分析することは困難であり、歩行活動量と生活活動量に分類し分析することで、より効果的な歩行による中高強度身体活動を増加させる身体活動介入プログラムの科学的根拠を構築できることが考えられる。特に 1 日の中高強度身体活動量に占める生活活動の割合が多い女性では意義が大きいと考えられる。しかし現在のところ、ロコモ高齢者に対して身体活動量を客観的な指標を用いて歩行活動量と生活活動量に分類し分析した研究は、筆者の知るところ認められない。

4-4 健常高齢者に対する歩行介入

高齢者に対する運動介入には、運動の種類と強度の選択が必要であり、安全性への配慮が重要となる[4]。高齢者は筋組織が若者に比べてダメージを受けやすいこと[86]、運動強度と機能改善との間にU字型の相関関係が成立することから[87]、高齢者に対する高強度の運動介入の実施には注意が必要である[88]。加えて、トレーニング効果は介入頻度に正比例するということや[89]、片足立ち、椅子からの立ち上がりや歩行などを組み合わせた運動や太極拳を利用したバランス練習などが、高齢者の転倒リスクを軽減することなど[90]、中高強度身体活動量により身体機能の改善が得られることが知られている。

高齢者が取り組む中高強度身体活動量の目安は、World Health Organization では1日30分[91]、日本の「健康づくりのための身体活動基準2013」では1日60分[92]の中高強度身体活動量を維持すること、「健康日本21（第2次）」では1日6,000歩（高齢者の場合）[93]を推奨し、中高強度身体活動が高齢者の身体機能の改善に効果的であると報告している。高齢者にとって最も実施頻度が高く、日常生活に取り入れやすい身体活動は歩行であり、平成26年度国民基礎調査（2010）では回答者の約60%が「1日の歩数は意識すれば増やすことが可能である」と答えている[94]。ゆっくりとした速度でなければ歩行は3 METsの中強度の運動に分類されることが知られており[95]、Miyachiらは、日常生活にプラス10分（1,000～1,500歩）の歩行を加えることで、1日6,000歩に達することが出来ると報告している[92]。これらのことから、歩行による身体活動介入が高齢者の身体機能の改善に有効であることは明らかであり、導入のしやすさや継続性の面からも有効であると言える。

健常高齢者を対象とした歩行介入研究においては、歩数の増加が下肢筋力[96]、握力、歩行速度[97,98]、下肢筋肉量[99]、およびバランス機能[98,100]などの身体機能の改善だけでなく、心血管系疾患や糖尿病の発生率[101]および死亡率[102]とも関連することが報告されている。Aoyagiらは、地域在住日本人高齢者170名を対象に高齢者の習慣的な身体活動量と身体機能との関連を調査した研究において、7,000歩/day以上、および/または3 METs以上の運動を1日あたり15～20分実施する高齢者は、歩行速度、下肢筋力およびバランス能

力が良好に維持されると報告している[98]。また、渋谷らは地域在住高齢者 339 名を対象に 1 日の歩数と身体機能および ADL の関連を調査した研究において、1 日の歩数は歩行速度、バランス機能、筋肉量、および筋力と関連することを報告している[100]。

Snyder らは、65 歳以上の高齢者を対象とし、1 日の歩数を毎週 5%増やすよう指示した歩行介入を 4 週間実施し、介入前後で平均 1,600 歩の歩数の増加が得られ、バランス機能が有意に改善したと報告している[103]。Kubo らは、57 歳から 77 歳の日本人男女 45 名を対象に、6 カ月間の日常の歩行時間を漸増的に増加させる歩行介入研究を実施した。歩行介入は、研究開始から 2 週間の間は週 3 回の歩数増加時間を 15 分実施し、3 週目と 4 週目は週 3 回 20 分から 30 分、5 週目から 8 週目は週 5 回 30 分、9 週目からは週 3 回 40 分を研究終了まで継続させた。その結果、歩行増加群は対照群との比較で、膝関節屈曲、足関節背屈および足関節底屈の下肢筋力に有意な改善が認められたと報告している[99]。

これらの先行研究から、健常高齢者において、1 日の歩数や中高強度身体活動量を増加させることで運動機能の維持改善が可能であり、体力の維持向上にも有用であると期待できる（表 4）[104]。一方で身体活動不足は高齢者の自立度の低下や虚弱の危険因子であることが、先行研究で報告されている[105]。

4-5 ロコモ高齢者に対する歩行介入

ロコモの予防・改善のための運動は、片足立ちとスクワットで構成されるロコモーショントレーニングが推奨され、バランス機能と下肢筋力の改善が報告されているが[4, 8]、ロコモ高齢者を対象とした歩行介入研究はYoshiharaらの1編のみである。

Yoshihara らは、ロコモ高齢者 24 名を対象に 4 カ月間の歩行エクササイズによる介入研究を実施し、身体機能への効果を検討した。強度は心拍数予備の 55%から 80%、頻度は週 3 から 4 回、漸増的に強度、歩行速度および時間を増加させた[106]。その結果、介入前後で歩行速度、バランス機能および下肢筋力が有意に向上し、下肢筋力の向上による膝関節の安定性の向上がバランス機能の有意な向上に影響していると結論付けている[106]。Yoshihara らは、この研究の中で歩行による運動介入は運動経験がない高齢者においても運動の最初のステップとして効果的であると報告している[106]。しかし、ロコモ高齢者に対して歩行により身体活動量を増加させる介入研究はこの 1 編が報告されているだけであり[106]、日常生活の中での歩行を使用した介入研究は見られない。ロコモ高齢者は歩行制限があり、健常高齢者と同様に日常生活の中での歩行による身体機能の改善効果が認められるかどうかについては不明である。このことが本研究のロコモ高齢者に対する身体活動介入の実施において歩行活動に着目した理由でもある（表 4）。

表 4. 中高強度歩行活動量と歩数および身体機能との関係

横断研究	歩数	筋肉量	バランス機能	歩行速度	筋力
ロコモ高齢者	不明	不明	不明	不明	不明
健常高齢者	関連あり [92, 95]	関連あり [100]	関連あり [98, 100]	関連あり [98, 100]	関連あり [98, 100]
縦断研究	歩数	筋肉量	バランス機能	歩行速度	筋力
ロコモ高齢者	不明	不明	不明 高強度は関連あり[106]	不明 高強度は関連あり[106]	不明 高強度は関連あり[106]
健常高齢者	関連あり [92, 103, 104]	関連あり [99]	関連あり [103]	関連あり [97]	関連あり [96, 99]

5.本研究の目的

本研究では、ロコモ高齢者を対象に日常生活における身体活動量を増加させることで、身体機能の低下によるサルコペニアの併発を予防するとともに、ロコモの改善が期待できると考えた。健常高齢者に対しては、歩行活動は経済的で導入しやすく継続可能な運動であり、これまでの研究では歩行活動の増加による身体機能への効果が数多く報告されている[96, 97, 99, 103]。しかしながら、歩行障害を伴うロコモ高齢者は、歩行速度が遅く[23]、歩幅が小さいことから[23, 82]、日常生活における歩行活動の増加によって健常高齢者と同等の効果が得られるかどうかは不明である。以上の点を踏まえて、本研究は、ロコモ高齢者のサルコペニア併発による身体機能への影響を明らかにし、歩行による身体活動量の増加が身体機能およびロコモの改善に有効であるかどうかを検討することを目的とした。この目的を達成するために以下の研究課題 1、研究課題 2 および研究課題 3 を実施した。

研究の構成

研究課題 1 ロコモとサルコペニアの併発が高齢者の身体機能、転倒リスクと ADL におよぼす影響の検証：横断的研究

研究課題 1 では、ロコモとサルコペニアの併発が高齢者の身体機能、転倒リスクおよび ADL におよぼす影響を検証した。

研究課題 2 ロコモ高齢者の歩数と中高強度歩行活動量および身体機能との関連の検討：横断研究

研究課題 2 では、ロコモ高齢者の 1 日の歩数と歩行活動量の関連、および歩行活動と身体機能との関連を横断的に検討した。

研究課題 3 ロコモ高齢者における歩行介入が身体活動量および身体機能におよぼす効果

研究課題 3 ではロコモ高齢者に対する歩数の増加による中高強度歩行活動量の増加がロコモ高齢者の身体機能の維持改善に必要な中高強度身体活動量の増加に有効であるか否か、

および歩数の増加が身体機能へ与える効果を縦断的に検討することとした。本研究の目的を達成するための課題を図5にまとめた。

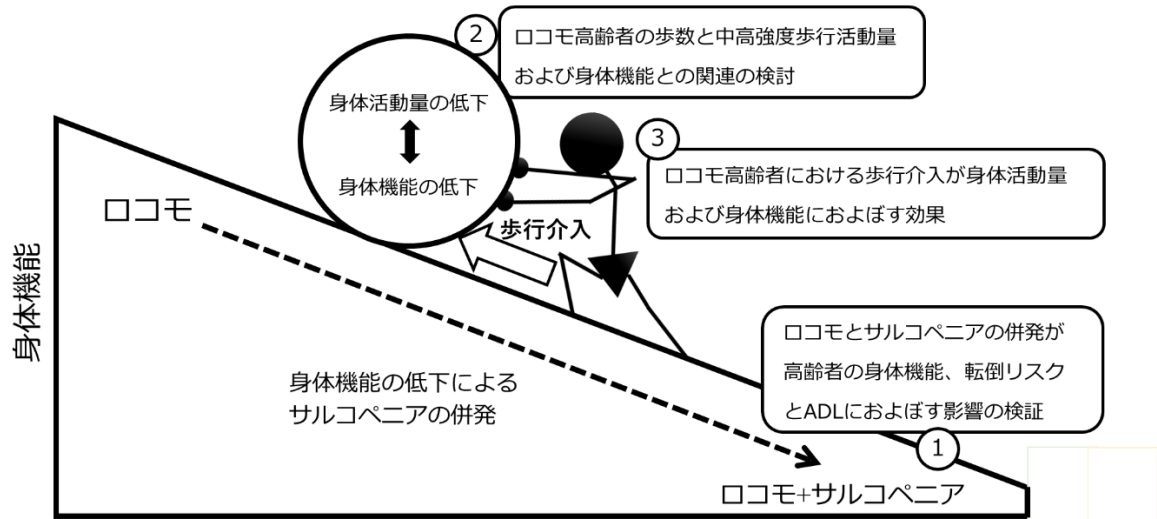


図5. 本研究で注目するロコモ高齢者の身体活動量低下と身体機能の関係

6.研究の意義

以上の研究課題の検討により、ロコモ高齢者のサルコペニアの併発が身体機能、転倒リスクおよびADLにおよぼす影響を明らかにし、ロコモ高齢者の身体機能の低下によるサルコペニアの併発を予防し転倒リスクの増加およびADLの低下を防ぐための、日常での歩行による身体活動量の増加による対処方法を提示できると考える。ロコモ高齢者の身体機能の低下による転倒リスクの増加およびADLの低下の予防および改善という観点から、ロコモ高齢者に対する歩行による身体活動量の増加を目的とした身体運動介入を実施するうえで、本研究は有益なエビデンスを提供できる可能性がある。

第2章 ロコモとサルコペニアの併発が高齢者の身体機能、転倒リスクとADLにおよぼす影響の検証：横断的研究（研究課題1）

1. 緒言

高齢者が要介護状態となる原因のおよそ40%が「高齢による衰弱」、「関節疾患」、「骨折および転倒」による運動器の障害であることが報告されている[107]（図6）。

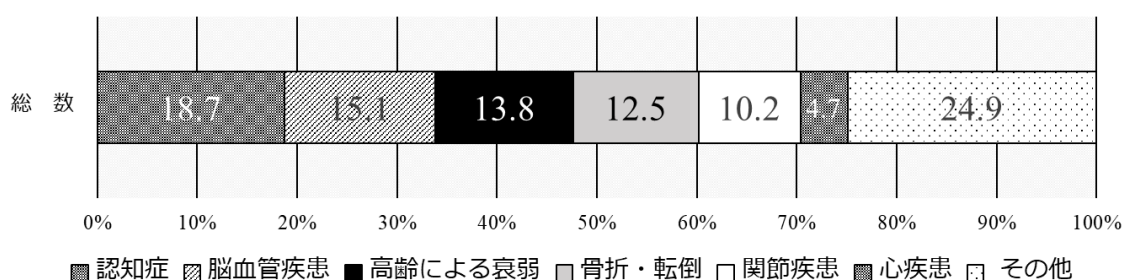


図6. 高齢者の要介護化の原因

内閣府. 平成28年度版高齢社会白書. [107]

これらの原因のうち、「高齢による衰弱」はサルコペニアとの関連が考えられ、「関節疾患」、「骨折および転倒」はロコモとの関連が考えられる。サルコペニアとロコモは密接に関係しており、サルコペニアはロコモの原因の一つであることが先行研究により報告されている[2, 108]。しかしながら、ロコモは主に運動器疾患と関連しているのに対し、サルコペニアは加齢と強く関連しているため、ロコモとサルコペニアの主な原因は異なることが考えられる。ロコモ度テストでは、筋肉量、筋力および歩行速度を測定することはできないためサルコペニアを評価することは困難である。そのため、ロコモ高齢者がサルコペニアを有するかどうかは、ロコモ度テストとは別にサルコペニアの有無を明らかにする判別テストの実施が必要である。

サルコペニアが転倒リスクの増加とADLの低下に関連することは先行研究で報告されており[9, 38, 109]、サルコペニアを有する高齢者は、有しない高齢者よりも男性で4.4倍、女性で2.3倍の転倒リスクを有すると報告している[36]。ロコモにおいても、ロコモ度テスト

の結果は転倒リスクの増加を予測し、転倒リスクを指数関数的に増加させるとし[9]、ADLとも関連することが報告されている[17, 109]。サルコペニアを有する高齢者のロコモの有病率は、サルコペニアを有しない高齢者と比較して 4.6 倍になると報告されている[9, 110]。ロコモにおいても、サルコペニアの有病率に関連していると報告されている[111]。

しかしながら、現在ロコモとサルコペニアの併発が転倒リスクの増加および ADL の低下に関係しているかどうかは不明である。研究課題 1 の仮説として、ロコモとサルコペニアの併発は、筋肉量、筋力および歩行速度を低下させ、高齢者の転倒リスクの増加と ADL の低下をさらに増大させると考えた。そこで、研究課題 1 はロコモとサルコペニアの併発が身体機能の低下、転倒リスクの増加および ADL の低下に関連しているか否かを調査することを目的とした。

2. 方法

2-1 対象者

対象者は、地域在住日本人高齢者 88 名と骨折から回復した入院中の高齢者患者 24 名を含めた 112 名（平均年齢 77.3 ± 5.7 歳）であった。対象者から心血管疾患および代謝性疾患を有する者を除外した。対象者に対して、研究課題 1 に関わる全ての測定を開始する前に、研究の目的、方法、予測されるリスク、個人情報保護、成果の公表、任意の参加と途中離脱が可能であること、調査に協力しないことで不利益が生じないことなどについて口頭および文書で対象者に説明した。参加同意書への署名によるインフォームドコンセントを実施した。この研究は、正風病院倫理委員会によって承認された（承認番号 29-7-025）。

2-2 身体特性および身体機能測定

対象者の身体特性は、身長、体重、BMI、腹囲を測定し、身体機能は四肢筋肉量 (Appendicular muscle mass: AMM)、SMI、握力および歩行速度を測定した。BMI は、体重を身長²で除し算出した。AMM は、BIA 法により体組成計 InBodyS10（株式会社インボディ・ジャパン）を使用して測定し、上下肢の筋肉量を合計して算出した。SMI は AMM (kg) を身長² (m²) で除して算出した。握力の測定は、握力計を用いて座位で上肢を体側に真っ直ぐに伸ばし、握力計を身体に押し付けたり、肘を曲げたりせず 3 秒間できるだけ強く握るよう伝えた。左右 2 回ずつ測定し最大値を握力値として採用した。歩行速度は、普通歩行速度を測定した。対象者に普段の速度で 10 メートルの歩行路を直進するように求め、ストップウォッチを使用して中央の 6 メートルの歩行時間を測定し歩行速度を算出した。2 回測定のうち最速値を歩行速度に採用した。

2-3 ロコモおよびサルコペニアの分類

ロコモの判定には、ロコモ度テストを用いた[3]。2 ステップテストは 2 回実施した最大値を採用し、1.3 未満の場合をロコモと判定した。立ち上がりテストは、2 回実施し 40cm の高

さの椅子から片脚での立ち上がりが2回とも困難な場合をロコモと判定した。ロコモ25は、質問項目が多くなるようにするためロコモ5を使用し合計6点以上をロコモと判定した[12]。サルコペニアの判定は、2014年度版のAWGSを使用した。

対象者は、ロコモとサルコペニアの判定基準に基づいて、健常群(n=75)、ロコモ群(n=30)、およびサルコペニアを併発したロコモ高齢者である併発群(n=10)に分類した。サルコペニア単独群の該当者はいなかった。

2-4 転倒リスクの評価

転倒リスクは、Timed up and go test (TUG) を用いて評価した。TUGは、American Geriatric Society および British Geriatric Society によって発行されたガイドラインにおいて、転倒リスクを判定する有用なスクリーニング検査であるとされている[112]。TUGは、ストップウォッチを使用して高さ40cmの椅子から立ち上がり、3m離れたマーカを往復し着座するまでの時間を測定した。TUGのカットオフ値は13.5秒であり、これを超えると転倒リスクが高いと判定される[113]。13.5秒を転倒のハイリスクと定義することは先行研究などで示されている[112-114]。研究課題1においても、13.5秒をカットオフ値とした。

2-5 ADLの測定

ADLの評価は、TMIG-ICを使用した。TMIG-ICは、13項目の質問紙法であり、IADL(5項目)、知的ADL(4項目)、および社会的ADL(4項目)の3つのサブスケールで構成される[36]。各項目に対して、「はい」(実行可能; 1点)または「いいえ」(実行不可能; 0点)で回答し、合計スコアは最大13ポイントになる。合計スコアが高い程、より高いADL能力であると判定される[36]。それぞれの項目および合計スコアで、満点でない場合は障害があると判定される。

2-6 統計処理

研究課題 1 における結果は、すべて平均値±標準偏差で表した。身体特性、身体機能、転倒リスク、および ADL の比較は、1 元配置分散分析、および年齢を共変量とした共分散分析により検討した。その後、有意差が認められた項目において Bonferroni の事後検定にて、有意な差がある箇所を同定した。正規性の検定において非正規分布であった場合は、Kruskal-Wallis 検定を用い、続けて Mann-Whitney 検定を用いて有意な差がある箇所を同定した。また、身体機能と転倒リスクおよび ADL の関係を把握するためにピアソンの相関係数および年齢を共変量とした偏相関係数を算出した。ピアソンの相関係数および年齢に合わせて調整された偏相関係数を使用して、筋肉量、筋力、通常の歩行速度、転倒リスクの関係を分析した。さらに各群の転倒リスクを比較するために、TUG のカットオフ値である 13.5 秒を使用して、各群を転倒高リスク群と転倒低リスク群に分類しカイ二乗検定を実施した。いずれの場合も、有意水準は両側検定で危険率 5%未満とした。研究課題 1 の被験者数は 112 名であった。一元配置分散分析を用いる場合の G*power ver3.1[115]を用いたサンプルサイズは 66 名 ($\alpha = 0.05$ 、検出力=0.8、効果量=0.40) [116]であり、本研究の被験者数は妥当であったと考えられる。データは市販の統計ソフト (SPSS Version 25; SPSS, Tokyo, Japan) を用いて分析した。

3. 結果

身体特性測定値では、年齢を共変量とした共分散分析による比較において、SMI、握力および歩行速度において3群間で有意な差が認められた ($p<0.01$; 表5)。転倒リスクにおいては、TUGで群間差が認められた ($p<0.01$; 表5)。

表6は、TUGから転倒リスクの高リスク群(13.5秒以上)および低リスク群(13.5秒未満)に分類した対象者の人数を示した。3群間の転倒リスクを比較するために、カイ二乗検定を実施し、有意な相互作用が明らかとなった ($\chi^2(2) = 73.77; p<0.01$)。併発群の10名のうち9名のTUGの結果が13.5秒以上であり、併発群は、健常群およびロコモ群と比較して有意に転倒リスクが高いことが示された。年齢を共変量とした偏相関係数では、3群共に歩行速度と筋肉量および握力の間で有意な正の相関関係を認めた ($p<0.05$)。対象者全体において、TUGとSMI、握力および歩行速度の間で有意な負の相関が認められた ($p<0.05$) (表7)。

ADL合計値および社会的ADLでは、SMIおよび歩行速度の間で有意な正の相関関係を認め、IADLではSMI、握力、および歩行速度との間に有意な正の相関関係が認められたが、知的ADLはいずれとも相関関係を認められなかった。TUGとADLの間では、TUGとADL合計、IADLおよび社会的ADLの間で有意な負の相関関係が認められた ($p<0.05$) (表7)。

表 5. 対象者と身体特性

	健常群 n=72		口口毛群 n=30		併発群 n=10		ANOVA	Post hoc test	ANCOVA [#]	Post hoc test
年齢 (yr)	75.6 ± 5.0	78.8 ± 4.0	85.4 ± 7.1	<0.01	a,b,c					
身長 (cm)	150.5 ± 5.1	150.3 ± 4.1	149.2 ± 4.0	0.734	n.s.	0.663	n.s.			
体重 (kg)	50.6 ± 7.1	52.1 ± 6.9	43.8 ± 4.6	0.005	b,c	0.059	n.s.			
BMI (kg/m ²)	22.3 ± 2.9	23.1 ± 3.1	19.7 ± 2.3	0.008	b,c	0.035	b			
AMM (kg)	18.5 ± 1.9	17.6 ± 2.8	11.4 ± 0.9	<0.01	b,c	<0.01	b,c			
SMI (kg/m ²)	8.2 ± 0.6	7.8 ± 1.2	5.1 ± 0.4	<0.01	b,c	<0.01	b,c			
握力 (kg)	24.1 ± 4.0	19.7 ± 4.9	11.9 ± 1.3	<0.01	a,b,c	<0.01	a,b,c			
歩行速度 (m/s)	1.40 ± 0.20	1.20 ± 0.30	0.80 ± 0.20	<0.01	a,b,c	<0.01	a,b,c			
TUG (秒)	5.9 ± 1.1	8.4 ± 3.9	17.5 ± 4.3	<0.01	a,b,c	<0.01	a,b,c			
TMIG-IC (score)	12.5 ± 0.8	10.8 ± 2.8	8.0 ± 2.8	<0.01	a,b,c	<0.01	a,b,c			
IADL (score)	5.0 ± 0.1	4.1 ± 1.5	3.0 ± 1.4	<0.01	a,b,c	<0.01	a,b,c			
知的ADL (score)	3.8 ± 0.5	3.4 ± 0.8	3.2 ± 0.8	0.01	a,c	0.093	n.s.			
社会的ADL (score)	3.7 ± 0.6	3.3 ± 1.1	1.8 ± 1.0	<0.01	b,c	<0.01	b,c			

平均値±標準偏差. BMI: body mass index, AMM: appendicular skeletal muscle mass, SMI: skeletal muscle mass index, TUG: Timed Up and Go Test, TMI-IC: Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology Index of Competence, ADL: activity of daily living, IADL: instrumental ADL, Post hoc test: a: 健常群と口口毛群の間, b: 口口毛群と併発群の間, c: 健常群と併発群の間, n.s.:有意差無し, #: 共変量: 年齢

表 6. TUG 時間で分類した転倒高リスク群 (13.5 秒以上)と
低リスク群 (13.5 秒未満)における X² 検定

	健常群 n=72	ロコモ群 n=30	併発群 n=10	X ² 検定
高リスク群 (13.5秒以上)	0	3	9	p<0.01
低リスク群 (13.5秒未満)	72	26	1	

TUG: Timed Up and Go Test

表 7. 対象者全体の TUG および ADL と身体機能の関係

n=112	TUG	SMI	握力	歩行速度
TUG		-0.721 *	-0.540 *	-0.743 *
ADL合計	-0.530 *	0.408 *	0.184	0.396 *
IADL	-0.545 *	0.468 *	0.246 *	0.430 *
知的ADL	-0.073	-0.021	-0.033	0.023
社会的ADL	-0.505 *	0.386 *	0.149	0.373 *

SMI: skeletal muscle mass index, TUG: Timed up and go test,
ADL: activity of daily living, IADL:instrumental ADL, *p<0.05

4. 考察

研究課題 1 の目的は、ロコモとサルコペニアの併発が身体機能および ADL の低下、転倒リスクの増加に関連しているか否かを調査することであった。研究課題 1 の主な知見は以下のとおりである。(1) SMI、握力および歩行速度は、併発群が健常群およびロコモ群と比較して有意に低値であった。(2) TUG は、筋肉量、筋力および歩行速度と強い相関関係を示し、併発群が健常群およびロコモ群と比較して有意に遅い値を示した。(3) 併発群の 90% 以上が転倒高リスク群に該当した。(4) ADL の結果では、併発群が健常群およびロコモ群と比較して有意に低値を示し、対象者全体の IADL は SMI、握力、歩行速度および TUG と有意に関連する。これらの主な結果は、ロコモとサルコペニアの併発が身体機能および ADL を低下させ、転倒リスクを増加させるという研究課題 1 の仮説と一致している。一般的に転倒リスクは、歩行速度、TUG およびバランス能力によって評価される。転倒経験のある者、歩行やバランス能力が低下している者は転倒リスクが高いこと[113]、ロコモとサルコペニアの両方がそれぞれ転倒リスクと関係することが報告されている[9, 109]。

歩行速度は、3 群間すべてに有意差を示した。健常群の歩行速度 1.4 ± 0.20 m/s は、75 歳上の女性を対象とした先行研究の歩行速度 1.4 ± 0.14 m/s と同等の結果を示した[36]。年齢で調節した AMM と SMI の結果は、健常群と併発群の間およびロコモ群と併発群の間で有意な差を認めた。握力においても 3 群間すべてで有意な差を認めた。これらのことから、転倒リスクは明らかに筋肉量、筋力および歩行速度と関連していることを示している。

TUG は併発群が健常群およびロコモ群と比較して有意に遅い値を示し、対象者全体の TUG は筋肉量、筋力および歩行速度と強い相関関係を示した (表 7)。また併発群の 90% 以上が、TUG のカットオフ値である 13.5 秒以上の転倒高リスク群に分類された (表 6)。TUG は、健常群; 5.9 ± 1.1 秒、ロコモ群; 8.4 ± 3.9 秒、併発群; 17.5 ± 4.3 秒であり、先行研究で報告された転倒リスクを有する高齢者の TUG[117]と研究課題 1 の併発群の結果は同等であった。したがって、研究課題 1 における TUG の結果は、併発群が健常群およびロコモ群と比較して転倒リスクが高いことを示唆している。

筋機能は、バランス能力、歩行および転倒の発生において重要な因子であると示されている[117]。Hayashidaらは、地域在住高齢者を対象に筋肉量および筋力と歩行速度の関連を調査した研究で、筋力が歩行速度と関連することを報告している[118]。研究課題1においては、年齢を調整因子とした偏相関係数を用いた分析において、3群共にSMI、握力および歩行速度の間に有意な相関関係を認めた。これは先行研究と同様の結果であった[119]。

ロコモとサルコペニアはADLに関連していることが報告されている[9, 109]。65歳以上の高齢者は最大歩行速度がIADLに関連し[118]、75歳以上の日本人高齢者の歩行速度は将来のADLの予測因子であると報告されている[120]。研究課題1のTMIG-ICの、ADL合計およびIADLにおいて、3群間すべてで有意な差を認めたこと、ADL合計およびIADLと歩行速度との間で有意な正の相関関係を認めたことは、これらの先行研究の関係性と一致する。さらに、歩行速度における3群間すべてでの有意差は、IADLおよびADL合計との関係を示唆している可能性が考えられる。ADL合計値、IADLおよび社会的ADLとサルコペニアのリスク因子であるSMI、握力および歩行速度との間に有意な相関関係を認めたことは、サルコペニアを有する高齢女性はTMIC-IGの合計および項目の能力低下と関連するとする先行研究と一致する[38]。研究課題1の結果からTUGはSMI、握力および歩行速度と関連し、ADLおよびIADLはTUG、SMI、握力および歩行速度と関連することから、サルコペニアの併発により歩行に関連するADLが低下することが考えられる。

研究課題1では、年齢が健常群:75.6±5.0歳、ロコモ群:78.8±4.0歳、併発群:85.4±7.1歳であり、それぞれの群間で有意な差を認めた。これは、ロコモがサルコペニアの前駆症状であり[42]、経時的な運動機能の低下に関連する[43]とする先行研究を支持する結果となった。これらのことから、ロコモ高齢者のサルコペニアの併発は、ロコモをさらに重症化させることは明らかであり、重症化する前段階からの予防が重要であると考えられる。

研究課題1にはいくつかの制限がある。第一に対象者が高齢女性のみであり、高齢男性およびサルコペニア単独群が含まれていない。第二にサンプルサイズが小さい横断研究であることである。したがって、より多くの参加者による前向き研究で検証する必要がある。

5. 結論

結論として、ロコモとサルコペニアの併発は、高齢者の身体機能を低下させ、転倒リスクの増加および ADL の低下に関連していることが明らかとなった。さらに、転倒リスクは、明らかに筋肉量、筋力、および歩行速度に関連している。同様に、ADL は筋肉量、筋力および歩行速度に関連付けられ、転倒リスクとも関連していることが明らかとなった。これらの発見は、ロコモ高齢者の転倒リスクの増加および ADL の低下の理由を特定することにより、高齢者の治療に貢献する可能性がある。

第 3 章 ロコモ高齢者の歩数と中高強度歩行活動量および身体機能との関連の 検討：横断研究（研究課題 2）

1. 緒言

研究課題 1 では、健常群、ロコモ群およびロコモとサルコペニアの併発群を比較し、ロコモとサルコペニアの併発は筋肉量、筋力、歩行速度および ADL を低下させ、転倒リスクを増大させることを明らかにした。特に転倒リスクにおいては、筋肉量、筋力および歩行速度がバランス機能に関連することを示し、バランス機能が ADL の低下にも関連していることを示した。また、ロコモ高齢者のサルコペニアの併発を予防することの重要性を示し、サルコペニア有病率が急増する 70 歳以前の年齢層での対応が重要と考えた。

ロコモは、高齢者の ADL 低下、自立度の低下、および虚弱の要因であることが、いくつかの先行研究により報告されている[14, 109]。ロコモの改善には、日常生活における中高強度身体活動量を増加させることが推奨されており、1 週間で 23METs[105]、1 日 30 分[91]の中高強度身体活動量の実施や 65 歳以上では 1 日あたり 6,000 歩を推奨している[93]。しかしながら、歩行障害を有するロコモ高齢者の場合は、歩行の増加が健常者と同様に中高強度歩行活動量の増加と関連するかは不明である。また、女性では歩行と走行を除いた家事労働などの生活活動量が 1 日の中高強度身体活動量の大部分を占めることは、Oshima らや Tanaka らの先行研究で報告されているが[81, 84]、ロコモ高齢者の 1 日の歩行活動量および生活活動量を客観的な指標を用いて評価した報告は認められていない。

そこで研究課題 2 では、ロコモ高齢者の歩数と中高強度歩行活動量および身体機能との関連を調べることを目的に、1) ロコモを有しない高齢者女性と比較して、ロコモ高齢者の身体活動量の特性を調査すること。2) ロコモ高齢者の中高強度歩行活動量と筋肉量、筋力、歩行速度、バランス機能および ADL との関連を調べることにした。

2. 方法

2-1 対象者

対象者は、2019年の京都府八幡市の健康イベントや滋賀県草津市で実施された健康教室に参加した60歳以上の地域在住高齢者143名（平均年齢 68.2 ± 4.8 歳）であった。対象者に対して、研究課題2に関わる全ての測定を開始する前に、研究の目的、方法、予測されるリスク、個人情報の保護、成果の公表、任意の参加と途中離脱が可能であること、調査に協力しないことで不利益が生じないことなどについて口頭及び文書で対象者に説明を実施した。対象者に同意書への署名によるインフォームドコンセントを実施した。なお研究課題2の実施にあたっては、世界医師会「ヘルシンキ宣言」を遵守し、「立命館大学人を対象とする医学系研究倫理審査委員会」の承認を得た（承認番号 BKC-IRB-2018-074）。

2-2 身体特性、身体機能の測定

身体特性および身体機能の測定項目および測定方法の詳細は、研究課題1と同様とした。BMIは、体重を身長²で除し計算した。AMMは、両上肢と両下肢の筋肉量を合計して算出し、SMIはAMMを身長²で除し算出した。握力の測定は、握力計（TKK 5401、竹井医科機器）を使用した。計測は、左右2回ずつ実施し最大値を握力値とした。歩行速度は、「普段の速度で歩くよう」と伝え10mの歩行路の中央6mの歩行時間を計測し歩行速度を算出した。計測は2回実施し、最高速度を歩行速度とした。

バランス機能においては、2ステップテストを実施した。2ステップテストは、研究課題1で転倒リスクの指標として実施したTUGと相関することが報告されており[121]、山口らは65歳以上の地域在住高齢者258人を対象としたTUGと2ステップテストとの関連を検討した研究においても、TUGと2ステップテストの間に有意な負の相関($r=-0.37, p<0.01$)があることが報告されている[122]。これらのことから、バランス機能の指標として2ステップテストを使用した。

2-3 ロコモの分類

研究課題 2 では、立ち上がりテストの結果で健常群 (n=86) ロコモ群 (n=57) の 2 群に分類した。研究課題 2 ではロコモの分類から 2 ステップテストとロコモ 5 を除外した。2 ステップテストは歩行能力を評価するためのテストであり[10]、ロコモ 5 は ADL の活動性低下を評価するテストであるため[123]、それぞれバランス機能と ADL の評価として実施した。

2-4 ADL の評価

ADL の評価においても研究課題 1 と同様に TMIG-IC を使用し、ロコモ 5 を ADL の評価に含めた[36, 123]。TMIG-IC は、地域で自立して生活する能力を評価する 13 項目の質問紙で合計値が高い程、より高い ADL 能力であると判定される[36]。ロコモ 25 の簡易版であるロコモ 5 は研究課題 2 では ADL の評価として実施した[12]。

2-5 身体活動量の測定

身体活動量は、3 軸加速度センサを搭載した活動量計 Active style Pro (オムロン株式会社: HJA-350IT) を使用して測定した。対象者は、活動量計を腰部に装着して平日 5 日間と土日を含み 3 週間に渡って身体活動量を測定した。身体活動量のデータは 3 週間以内の平日 5 日間と土日の 2 日間の 7 日間に収集された場合に採用した。装着時間は、先行研究と同様の少なくとも 600 分の装着時間が確認された場合を 1 日のデータとした [124, 125]。身体活動は、歩行活動と歩行と走行以外の生活活動に分類し、運動強度は Sedentary behavior (1~1.5 METs)、低強度身体活動量 (1.6~2.9 METs)、および中高強度身体活動量 (3 METs 以上) に分類した。身体活動量の強度は、例えば低強度歩行活動は分速 54m の遅い歩行であり、中高強度歩行活動は分速 67m の歩行である。一方で、低強度生活活動は事務仕事や料理であり、中高強度生活活動は掃除や庭仕事が該当する。

2-6 統計処理

研究課題 2 の結果は、すべて平均値±標準偏差で表示した。身体特性、身体機能、ADL および身体活動量の平均値は、最初にシャピロ-ウィルク正規性検定を使用して正規分布をチェックした。その結果、年齢、体重、AMM、歩行速度、2 ステップ値、ロコモ 5、TMIG-IC、1 日の歩数、Sedentary behavior、低強度歩行活動量、中高強度歩行活動量、中高強度生活活動量、中高強度身体活動量、および総歩行活動量において、正規分布が確認できなかった。そのため、測定結果の対数変換を実施した。対数変換後、対応のない t 検定を使用して 2 つのグループ間で比較した。ロコモ群と健常群の間で年齢と体重に有意差があったため、2 群間で年齢と体重を調整した共分散分析を使用して統計分析を実行した。歩行能力と身体活動量の間関係においては、年齢と体重を共変量とした偏相関係数を用いて関係性を分析した。いずれの場合も、有意水準は両側検定で危険率 5%未満とした。研究課題 2 の被験者数は 143 名であった。対応の無い t 検定を用いる場合の G*power ver3.1[115]を用いたサンプルサイズは 52 名 ($\alpha=0.05$ 、検出力=0.8、効果量=0.40) [116]であり、2 群それぞれ 26 名であった。本研究の被験者数は妥当であったと考えられる。データは市販の統計ソフト (SPSS Version 25; SPSS, Tokyo, Japan) を用いて分析した。

3. 結果

身体特性の測定結果を表 8 に示す。年齢と体重を除いた全ての測定値は、年齢と体重を調整した共分散分析を用いて統計分析を行った。身長、BMI、AMM、および SMI においては、2 群間で有意な差は認められなかった。歩行能力において、2 ステップテストから算出した 2 ステップ値は、対応の無い t 検定では健常群と比較してロコモ群が有意に短い結果となったが、年齢と体重を共変量とした共分散分析では、2 ステップ値と歩行速度ともに 2 群間で有意な差は認められなかった。ロコモ 5 では、健常群と比較してロコモ群が有意に高い結果となったのに対し、TMIG-IC 得点においては、2 群間で有意な差は認められなかった。年齢と体重を共変量とした共分散分析においても TMIG-IC は有意な差を認めなかったが、ロコモ 5 においては、年齢と体重を共変量とした共分散分析において 2 群間で有意差が認められた (表 8)。1 日の歩数、中高強度身体活動量、歩行活動量、および身体活動量は、対応の無い t 検定では健常群と比較してロコモ群が有意に低い結果となったが、年齢と体重を共変量とした共分散分析では、1 日の歩数と身体活動量 の間で 2 群間ともに有意な差は認められなかった (表 9)。

歩行速度は、ロコモ群において中高強度歩行活動量 ($r=0.293, p<0.05$)と中高強度身体活動量 ($r=0.299, p<0.05$) で有意な正の相関を認めたが、健常群では認められなかった (図 7)。また、両群において中高強度生活活動量と歩行速度の間には有意な相関関係は認められなかった。2 ステップ値と中高強度身体活動量の関係においては、ロコモ群の 2 ステップ値は中高強度歩行活動量 ($r=0.282, p<0.05$) との間に有意な正の相関を認めたが (図 88)、中高強度生活活動量とは認められなかった。一方で、健常群の 2 ステップ値は中高強度生活活動量 ($r=0.216, p<0.05$) との間に有意な正の相関を認めたが、中高強度歩行活動量とは認められなかった。1 日の歩数と中高強度歩行活動量 (図 9)、中高強度生活活動量、中高強度身体活動量の間で有意な正の相関関係が認められた。ロコモ高齢者においては、1 日の歩数を増やすることにより歩行速度およびバランス機能が向上する可能性を示す結果となった。

表 8. 対象者の身体特性と身体機能

	健常群	ロコモ群	p-value	
	(n=86)	(n=57)	t-test	ANCOVA
年齢 (yr)	67.3 ± 4.8	69.6 ± 4.5	0.005 *	-
身長(cm)	154.5 ± 5.6	155.7 ± 5.5	0.216	0.398
体重 (kg)	52.0 ± 6.9	55.2 ± 8.4	0.018 *	-
BMI (kg/m ²)	21.8 ± 2.7	22.7 ± 2.9	0.055	0.398
四肢筋量 (kg)	15.8 ± 1.5	16.3 ± 1.8	0.108	0.394
SMI (kg/m ²)	6.62 ± 0.55	6.71 ± 0.65	0.414	0.127
握力 (kg)	24.4 ± 3.5	24.0 ± 3.1	0.540	0.163
歩行速度 (m/s)	1.54 ± 0.16	1.49 ± 0.20	0.076	0.135
2-step test	1.39 ± 0.14	1.31 ± 0.15	0.002 *	0.061
locomo5 (score)	1.07 ± 1.49	2.26 ± 2.94	0.009 *	0.046 *
TMIG-IC (score)	12.7 ± 0.8	12.6 ± 0.7	0.968	0.664

平均値±標準偏差, BMI: body mass index, SMI: skeletal muscle mass index, TMIG-IC : Tokyo Metropolitan Institute of Gerontology Index of Competence, SD: 標準偏差, p-value: the unpaired t-test, ANCOVA: 共分散分析, 共変量: 年齢、体重, *p<0.05

表 9. 2 群間における歩数と身体活動量

	健常群	ロコモ群	p-value
	(n=86)	(n=57)	ANCOVA
歩数 (steps/day)	6994 ± 2418	6025 ± 2409	0.144
SB (hours)	7.0 ± 1.5	7.1 ± 1.2	0.586
身体活動量 (METs·h)	18.9 ± 3.7	17.6 ± 3.2	0.256
歩行活動 (METs·h)	3.5 ± 1.6	3.1 ± 1.3	0.377
生活活動 (METs·h)	15.4 ± 3.4	14.5 ± 3.0	0.330
低強度身体活動量 (METs·h)	14.9 ± 2.8	14.2 ± 2.8	0.261
歩行活動 (METs·h)	1.5 ± 0.6	1.5 ± 0.6	0.931
生活活動 (METs·h)	13.4 ± 2.7	12.8 ± 2.7	0.233
中高強度身体活動量 (METs·h)	4.0 ± 2.0	3.4 ± 1.6	0.561
歩行活動 (METs·h)	2.0 ± 1.2	1.6 ± 1.1	0.213
生活活動 (METs·h)	2.0 ± 1.1	1.8 ± 1.0	0.830

平均値±標準偏差, SB: sedentary behaviour, h: hour, p-value: the unpaired t-test, ANCOVA : 共分散分析: 共変量, 年齢、体重, *p<0.05

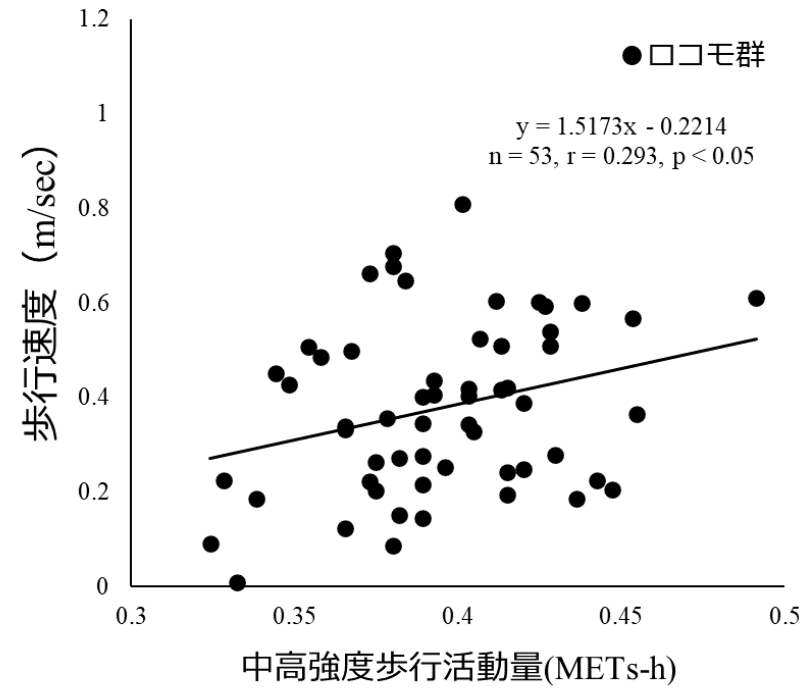
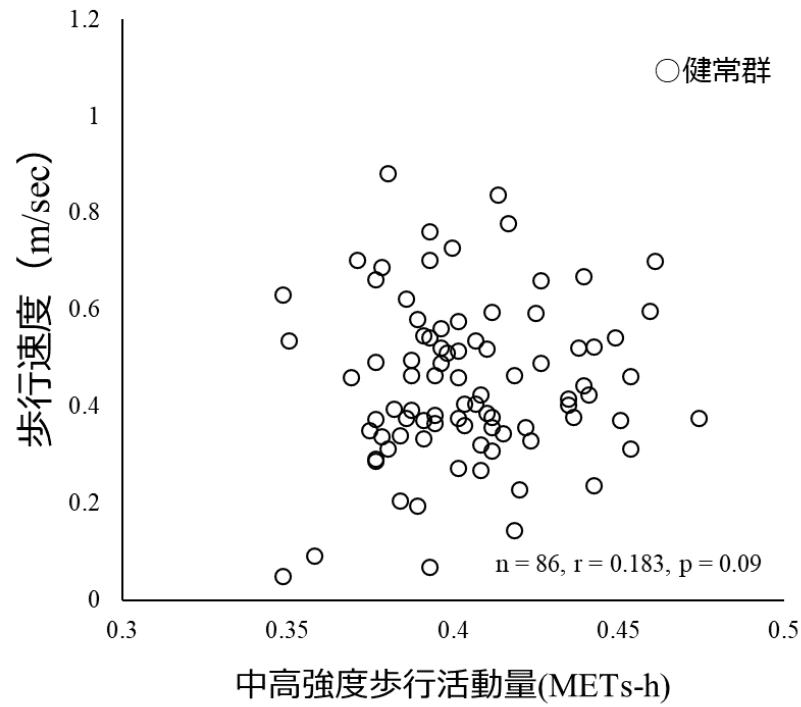


図 7. 健全群とリコモ群の歩行速度と中高強度身体活動の関係

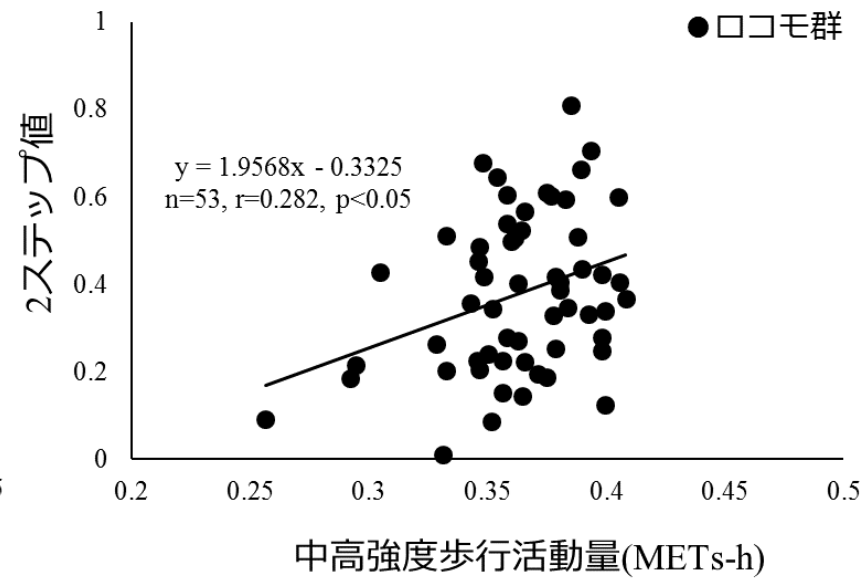
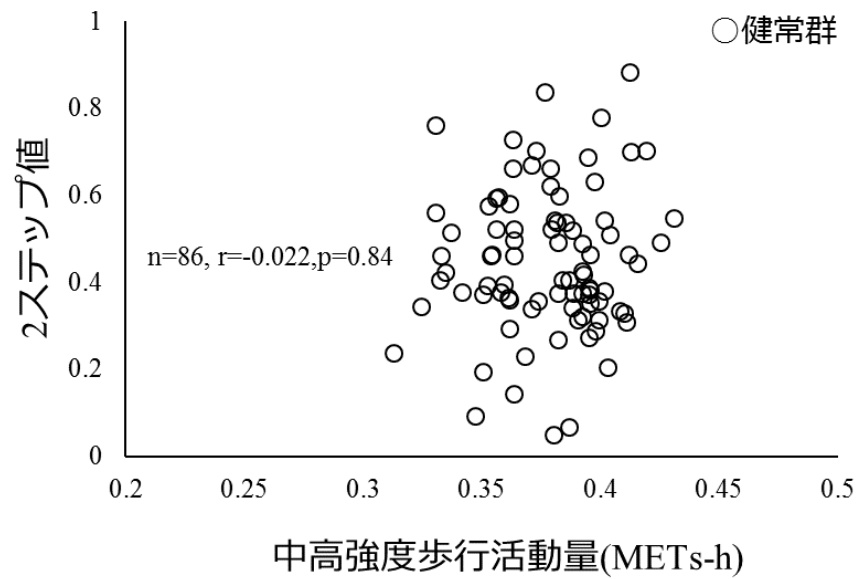


図 8. 健全群とロコモ群の 2 ステップ値と中高強度歩行活動の関係

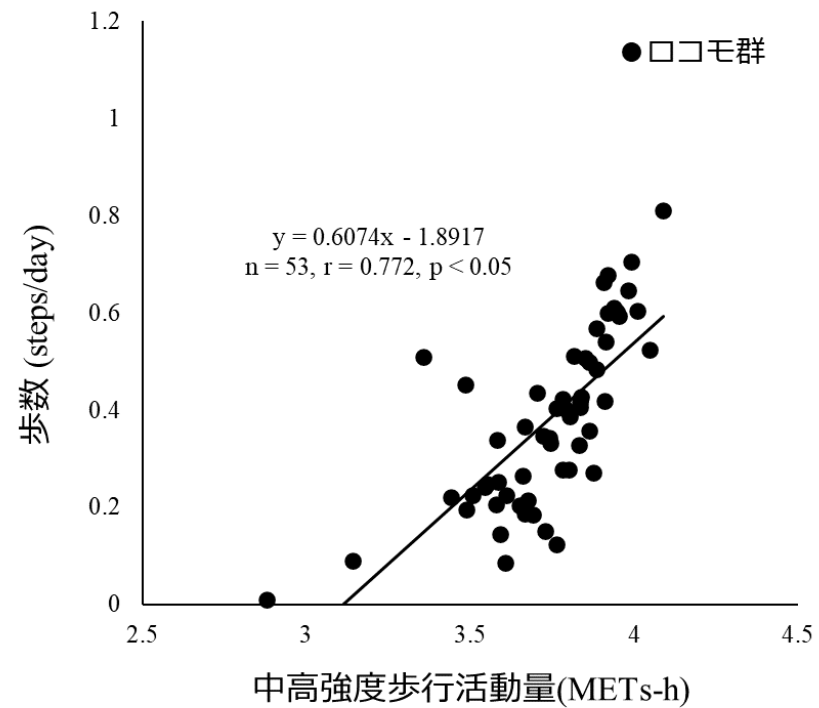
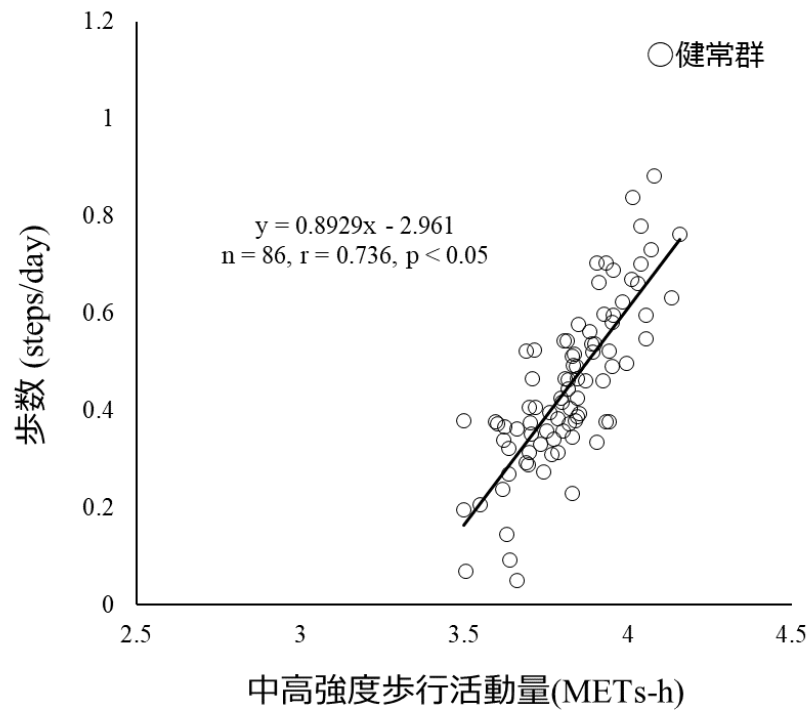


図9. 健全群とリコモ群の1日の歩数と中高強度身体活動の関係

4. 考察

研究課題 2 では、ロコモ高齢者の歩数と中高強度歩行活動量および身体機能との関連性を調べることを目的に、1) ロコモを有しない高齢者と比較して、ロコモ高齢者の身体活動量の特性を調査すること。2) ロコモ高齢者の中高強度歩行活動量と筋肉量、筋力、歩行速度、バランス機能および ADL との関連を調べることとした。その主な知見は、次の通りである。(1) 3 軸加速度センサ付きの活動量計で測定したロコモ高齢者の 1 日の歩数、および身体活動量は、ロコモを有さない高齢者と比較して有意差は認められなかった。(2) ロコモ群で歩行速度と中高強度歩行活動量、2 ステップ値と中高強度歩行活動量との有意な関係性が認められた。(3) ロコモの有無に関わらず、1 日の歩数と中高強度歩行動作量、中高強度身体活動量の有意な正の相関関係が認められた。

これらの調査結果は、ロコモの有無に関わらず地域在住高齢者の中高強度生活活動量は維持されており、移動が困難なロコモ高齢者であっても歩行速度とバランス機能は、健常高齢者と同じように中高強度歩行活動量と関連することを示した。これらは、客観的な指標を用いてロコモ高齢者の身体活動量を評価した初めての知見である。

1 日の歩数とすべての身体活動量は、年齢と体重を共変量とした共分散分析では 2 群において有意な差は認められなかった。ロコモ群の中高強度身体活動量 3.4 ± 1.6 METs-h/day においても、健常群の中高強度身体活動量 4.0 ± 2.0 METs-h/day と比較しての有意な差は認められなかった (表 9)。これらの数値は、「健康づくりのための身体活動基準 2013」が推奨する身体機能を改善するための中高強度身体活動量 (23 METs-h/week から算出した 3.2 METs-h/day) を満たしていた[105]。Oshima らは、地域在住日本人高齢女性 50 名を対象に、地域在住高齢者が地域で自立した生活送るための 1 週間の歩行活動量および生活活動量を検討し、歩行活動量および生活活動量は、それぞれ 11.8 ± 6.8 METs-h/週 (1.6 METs-h/day)、および 14.3 ± 9.2 METs-h/週 (2.0 METs-h/day) であると報告している[81]。これは、研究課題 2 のロコモ群および健常群の生活活動量と同等の結果であった。中高強度身体活

動量の加齢に伴う低下を考慮すると、両群の中高強度生活活動量は先行研究と同等の値に達していたが、ロコモ群の中高強度歩行活動量のみが先行研究の値よりも低かった。Iwayaらは、ロコモによる活動制限は、スポーツ活動、ウォーキング、日常の歩行、セルフケアの順序で発生する可能性があるとして報告している[28]。研究課題2では、1日の歩数と両群の中高強度歩行活動量（健常群： $r=0.736$ 、 $p<0.05$ 、ロコモ群： $r=0.772$ 、 $p<0.05$ ）、および中高強度生活動作（健常群： $r=0.396$ 、 $p<0.05$ 、ロコモ群： $r=0.256$ 、 $p<0.05$ ）で有意な相関関係が認められた。Osukaらは、地域在住日本人高齢者における中高強度身体活動量とADLの関係性を調査した研究で、日常生活の質と活動の範囲が中高強度身体活動量に影響をおよぼし、生活活動量は1日の歩数とともに増加したことを報告している[126]。これらの先行研究の結果は、研究課題2の結果と一致している。したがって、ロコモの有無にかかわらず地域で自立した生活を送るためには、一定の身体活動量を維持する必要があることが考えられる。一方で、ロコモ群の歩行活動量と1日の歩数との間に有意な相関が認められたことは、歩行障害を有するロコモ高齢者であっても健常高齢者と同様に歩行活動量の増加が、身体機能の維持改善に必要な中高強度身体活動量を満たすために効果的であることを示唆する結果であると考えられる。

1日の歩数は、ロコモ群（ $6,024\pm 2,408$ 歩/day）と健常群（ $6,994\pm 2,417$ 歩/day）の間に有意な差は無いことが明らかとなった。高齢者の身体機能の維持改善には、1日6,000歩/dayが必要である[93]。健常群のほとんどの対象者はこの要件を満たしたが、ロコモ群の一部の対象者は要件を満たしていなかった。新開らは、たとえ歩行能力が高い場合であっても、高齢者の身体活動量の減少に伴って移動能力が低下すると報告している[127]。研究課題2では歩数と中高強度歩行活動量および中高強度身体活動量の間には有意な正の相関関係を認められたことから、ロコモ群の歩数が1日6,000歩/dayに満たなかった一部の者の身体機能および移動能力は今後低下していくことが予想される。これらのことから、地域在住のロコモ高齢者は、中高強度生活活動量は維持されるものの中高強度歩行活動量から徐々に

制限されることが示唆される。

ロコモ群において、中高強度歩行活動量と歩行速度の間に有意な正の相関関係が認められたが ($r=0.293$, $p<0.05$)、健常群では認められなかった ($r=0.183$, $p=0.478$)。先行研究において、中高強度身体活動量が歩行速度に影響すること[128]、歩行速度は ADL 障害の予測因子であり[129]、ADL の独立性に影響すること[120, 130] が報告されている。研究課題 2 では、先行研究の結果と一致して、中高強度身体活動量とロコモ群の歩行速度の間に有意な相関が認められたが、両群で中高強度生活活動量と歩行速度の間に有意な相関関係は認められなかった。つまり、ロコモ高齢者の歩行速度の低下は、中高強度歩行活動量の低下に関連していることが考えられる。したがって、ロコモ高齢者が十分な歩行速度を達成するためには、歩行障害を有するロコモ高齢者であっても中高強度歩行活動量に関連する可能性が考えられる。

ロコモ群において、中高強度歩行活動量と 2 ステップ値の間に有意な正の相関関係が認められたが ($r=0.282$, $p<0.05$)、健常群では認められなかった ($r=-0.022$, $p=0.84$)。2 ステップテストは歩行耐容能を判定する指標である 6 分間歩行距離と強い相関関係があり、ロコモ高齢者の歩行耐容能を評価できると報告されている[131]。また、石垣らは在宅環境での歩行能力評価としての 2 ステップテストの有用性を検討した研究において、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歩行能力を評価する **Functional Ambulation Classification of the Hospital at Sagunto** と 2 ステップ値が関連することを報告している[132]。これらのことから、ロコモ高齢者の 2 ステップ値は日常生活での中高強度歩行活動量に関連することが考えられ、歩行障害を有するロコモ高齢者であっても中高強度歩行活動量が 2 ステップ値に重要である可能性が考えられる。

研究課題 2 の結果から、中高強度歩行活動量と歩行速度、および 2 ステップ値の間に有意な正の相関関係を認め、ロコモ高齢者の中高強度歩行活動量の増加による歩行速度およびバランス機能の改善の可能性を示した。しかしながら、研究課題 2 は横断研究であり因

果関係を示すことはできない。したがって、ロコモ高齢者の中高強度歩行活動量の増加による歩行速度およびバランス機能の改善の効果を証明するためには介入研究が必要である。

研究課題 2 にはいくつかの制限がある。第一に、研究課題 2 の対象者は地域で開催された健康増進イベントに自発的に参加した対象者であり、健康志向の高い対象者が含まれていること。第 2 に、身体活動量データはバイアスがかかる可能性があること。対象者は通常の生活を指示されていても、加速度計を装着した結果として毎日の歩数が増加した可能性があること。第 3 に、研究課題 2 では横断研究による研究デザインを採用したため、より大きなサンプルサイズの縦断研究で結果を検証する必要があることである。最後に、先行研究における加速度計を使用した高齢者の歩行活動と生活活動を区別する方法は、健康な高齢者を対象としている。したがって、研究課題 2 の加速度計を使用した身体活動量の測定値は、ロコモ高齢者を対象とした場合の測定値と健康な高齢者を対象とした測定値とは異なる場合がある。

5. 結論

結論として、中高強度歩行活動量はロコモ高齢者の歩数、歩行速度とバランス機能に相関していた。研究課題2での調査結果は、歩行速度とバランス機能の改善において、1日の歩数を増加させることはロコモ高齢者においても効果的な方法である可能性を示している。これらの発見はロコモ高齢者の治療に貢献する可能性があるが、介入研究の実施による縦断的な確認が必要である。

第4章 ロコモ高齢者における歩行介入が身体活動量および身体機能におよぼす効果（研究課題3）

1. 緒言

研究課題2では、ロコモ高齢者の歩数と中高強度歩行活動量および身体機能との関連を調べることを目的に、ロコモ高齢者の身体活動量の特性、および歩行活動量と筋肉量、筋力、歩行速度、バランス機能およびADLとの関連を調べることにした。その結果、客観的な指標を用いてロコモ高齢者の歩数と歩行活動量および身体機能関係を横断的に分析し、歩行障害を有するロコモ高齢者において歩行が中高強度歩行活動量を増加させることに加えて、中高強度歩行活動量と歩行速度およびバランス機能が関連することを示した。

歩行は高齢者が取り入れやすく[94]、高齢者の健康維持に必要な中高強度身体活動量[92]、および歩数の確保が可能であることが報告されている[93]。健常高齢者を対象とした歩行介入研究は、下肢筋力[96]、握力、歩行速度[97]、下肢筋肉量[99]、およびバランス機能[98]との関連が報告されている。さらに、バランス機能と下肢筋力の強化がロコモの改善に有効であることが認められている[4]。ロコモ高齢者は健常高齢者と比較して定期的な運動習慣が少ないことが報告されているが[133]、歩行による介入は取り入れやすいと考えた。

しかしながら、歩行障害を伴うロコモ高齢者は、歩行速度が遅く[23]、歩幅が小さいことから[23, 82]、通常の歩行による同じ歩数の増加でも健常高齢者と同等の効果が得られるのかは不明である。また、ロコモ高齢者の歩数と歩行活動量の関係を客観的な指標を用いて縦断的に分析した報告は認められず、ロコモ高齢者における歩行による身体活動量の増加が身体機能の改善におよぼす効果についても不明である。

そこで研究課題3は、ロコモ高齢者に対する歩行介入が、1) 中高強度歩行活動および身体活動量におよぼす効果、および 2) 歩行速度、バランス機能におよぼす効果、について検討することを目的とした。

2. 方法

2-1 対象者

研究課題 3 の対象者は、2018 年に京都府八幡市の健康イベントに参加した 60 歳以上の地域在住高齢者 81 名であった。研究課題 3 に関わる全ての測定を開始する前に、事前に研究の目的・測定内容・生じうる不利益などについて文書および口頭で説明し、文書にて同意の得られた者を対象者とした。これらの研究実施の手続きに関しては、立命館大学における BKC 生命倫理審査委員会（承認番号 BKC-IRB-2018-074）の承諾を得て実施した。9 週間の介入後に身体活動量の分析を行うために、下記に記す身体活動量計の装着基準を達成できなかった 35 名を除いた 46 名（年齢 68.7 ± 3.3 歳）を対象として解析を行った。

2-2 身体特性、身体機能の測定

身体的特性として身長、体重、BMI、腹囲、SMI を測定し、身体機能として握力および歩行速度を測定した。身体特性および身体機能の測定の詳細は研究課題 2 と同様とした。介入前の 2018 年 12 月、介入後の 2019 年 3 月に身体特性および身体機能の測定を実施した。

2-3 ロコモの判定と対象者の群分け

ロコモ度テストを使用し [8]、その結果によって健常群とロコモ群の 2 群に分類した。2 ステップテスト、立ち上がりテスト、およびロコモ 5 の詳細な測定方法およびロコモの判定基準は研究課題 1 と同様とした [10-12]。3 つのテストのいずれか 1 つでもロコモと判定された対象者はロコモ群に、すべてにおいてロコモと判定されなかった対象者を健常群に分類した。

2-4 歩数および身体活動量の測定

歩数および身体活動量の測定には、3 軸加速度センサ付きの活動量計を搭載した活動量計 Active style Pro（オムロン株式会社: HJA-350IT）を使用した。測定方法、身体活動量の分類および運動強度の判別は研究課題 2 と同様とした。介入期間は、2018 年 12 月から 2019 年 2 月であり、初回測定から 2 週間は普段通りの生活を実施させ、3 週目からは「1 日 10 分間の歩行時間の増加（2 週間の平均歩数+約 1500 歩）」を目標とした歩行介入を 8 週間実施させた。活動量計は、初回測定日の次の日から 2 週間および 4 週目から 10 週目までの 7 週間（計 9 週間）装着させ、それぞれの期間の 1 日 10 時間以上で土日を含む 7 日間を分析した。

2-5 統計処理

すべての数値は、平均値±標準偏差で表示した。健常群とロコモ群の介入前後の身体的特性、身体機能および身体活動量の比較は、初期測定時の群間比較では対応のない t 検定を使用し、介入前後の比較では 2 要因分散分析（群×時間）を用い、正規性が認められなかった場合は、Kruskal-Wallis 検定を用いた。健常群とロコモ群の各身体活動量指標（歩数、中高強度身体活動量、低強度身体活動量）の変化量の関連は、ピアソン相関係数を用いて分析した。いずれの場合も、有意水準は危険率 5%未満とした。2 要因分散分析を用いる場合の G*power ver3.1[115]を用いたサンプルサイズは 52 名（ $\alpha = 0.05$ 、検出力=0.8、効果量=0.40）[116] で各群 26 名の対象者が必要であった。研究課題 3 の対象者数は 46 名（健常群：13 名、ロコモ群 33 名）であったため、G*power ver3.1 を用いて決定力分析の事後の検定（total sample size=46、 $\alpha = 0.05$ 、効果量=0.40）を実施し、決定力は 0.75 であった。データは市販の統計ソフト（SPSS Version 25.0; SPSS 社製）を用いて分析した。

3. 結果

ロコモ度テストの結果により、対象者を健常群およびロコモ群の2群に分類した。対象者の介入前後の身体特性の結果を表10、介入前後の2ステップ値の結果を図10に、中高強度身体活動量変化量と骨格筋量、筋力、歩行速度、2ステップ値およびロコモ5の変化量の関係を表11に示す。介入前後の身体活動量および歩数の結果は図11、12および表12に示す。

介入前後の比較で、8週間の歩行介入期間に1日の歩数は健常群で約1,400歩 ($p<0.05$)、ロコモ群で約1,600歩 ($p<0.05$) 増加した (図11)。両群共に中高強度歩行活動量 (ロコモ群： $p<0.05$ 、健常群： $p<0.05$) および低強度歩行活動量と中高強度歩行活動量の合計 (ロコモ群： $p<0.05$ 、健常群： $p<0.05$) は有意に増加したが、他の身体活動量に有意な変化は認められなかった (図12)。介入前後の身体活動量の変化量の相関関係では、両群ともに歩数変化量と中高強度歩行活動量変化量および中高強度身体活動量変化量 (ロコモ群： $p<0.05$ 、 $p<0.05$ 、健常群： $p<0.05$ 、 $p<0.05$) の間に有意な正の相関関係が認められ、歩行介入による中高強度歩行活動量および中高強度身体活動量の増加が明らかとなった (表12)

介入前後の身体機能の変化においては、2ステップ値 (ロコモ群： $p<0.05$ 、健常群： $p<0.05$) で両群ともに有意に改善し時間の主効果が認められたが (図10)、歩行速度に変化は見られなかった。ロコモ高齢者においては、中高強度歩行活動量変化量および中高強度身体活動量変化量と握力変化量との間に有意な正の相関関係を認めたが、筋肉量変化量、歩行速度変化量、2ステップ値変化量、ロコモ5変化量の間には相関関係は認められなかった。健常群ではいずれにおいても相関関係は認められなかった (表12)。

表 10. 2 群間の身体特性とロコモ度テストの介入前後の比較

	健常群 (n=13)				ロコモ群 (n=33)			
	介入前		介入後		介入前		介入後	
年齢(yr)	68.6 ± 3.6	68.8 ± 3.7	68.7 ± 3.2	69.1 ± 2.9				
身長 (cm)	153.6 ± 5.0	154.0 ± 5.2	155.8 ± 5.0	156.0 ± 4.9				
体重 (kg)	49.6 ± 6.6	49.1 ± 6.8	54.0 ± 7.5	54.5 ± 7.4				
BMI (kg/m ²)	21.0 ± 2.6	20.7 ± 2.7	22.3 ± 2.9	22.4 ± 2.9				
腹囲 (cm)	77.7 ± 9.0	79.9 ± 8.2	84.7 ± 9.2	83.1 ± 9.9 †				
SMI (kg/m ²)	6.6 ± 0.5	6.5 ± 0.4	6.5 ± 0.6	6.5 ± 0.6				
握力 (kg)	23.5 ± 3.4	24.9 ± 4.0	24.6 ± 3.3	25.3 ± 3.2				
歩行速度 (m/s)	1.55 ± 0.21	1.60 ± 0.20	1.65 ± 0.15	1.63 ± 0.23				
2ステップ値	1.41 ± 0.08	1.52 ± 0.10 *	1.29 ± 0.13	1.42 ± 0.12 †*				
ロコモ5(score)	1.5 ± 1.8	2.0 ± 2.9	1.5 ± 1.7	0.8 ± 1.0				

平均値±標準偏差, BMI: body mass index, SMI: skeletal muscle mass index. †p<0.05:介入前の 健常群とロコモ群のt-testによる比較, *p<0.05: 健常群およびロコモ群の介入前後の二元配置分散分析による比較

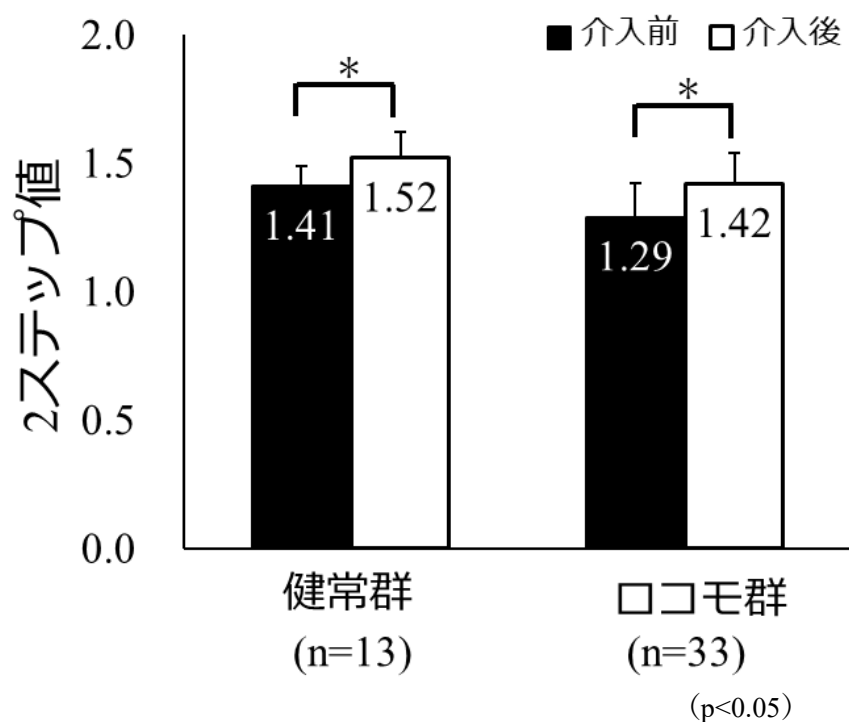


図 10.介入前後のステップ値の変化

表 11. 2 群間の中高強度身体活動量変化量と身体機能、
2 ステップ値およびロコモ5 との関連

健常群	SMI	握力	歩行速度	2ステップ値	ロコモ5
	変化量	変化量	変化量	変化量	変化量
中高強度歩行活動変化量	-0.079	-0.123	0.105	-0.496	-0.027
中高強度生活活動変化量	-0.165	-0.179	0.196	0.151	-0.333
中高強度身体活動変化量	-0.154	-0.207	0.196	-0.455	-0.173
ロコモ群	SMI	握力	歩行速度	2ステップ値	ロコモ5
	変化量	変化量	変化量	変化量	変化量
中高強度歩行活動変化量	-0.209	0.379 *	-0.100	-0.017	-0.059
中高強度生活活動変化量	0.201	0.124	-0.168	-0.160	0.166
中高強度身体活動変化量	-0.059	0.454 *	-0.216	-0.130	0.061

(p<0.05)

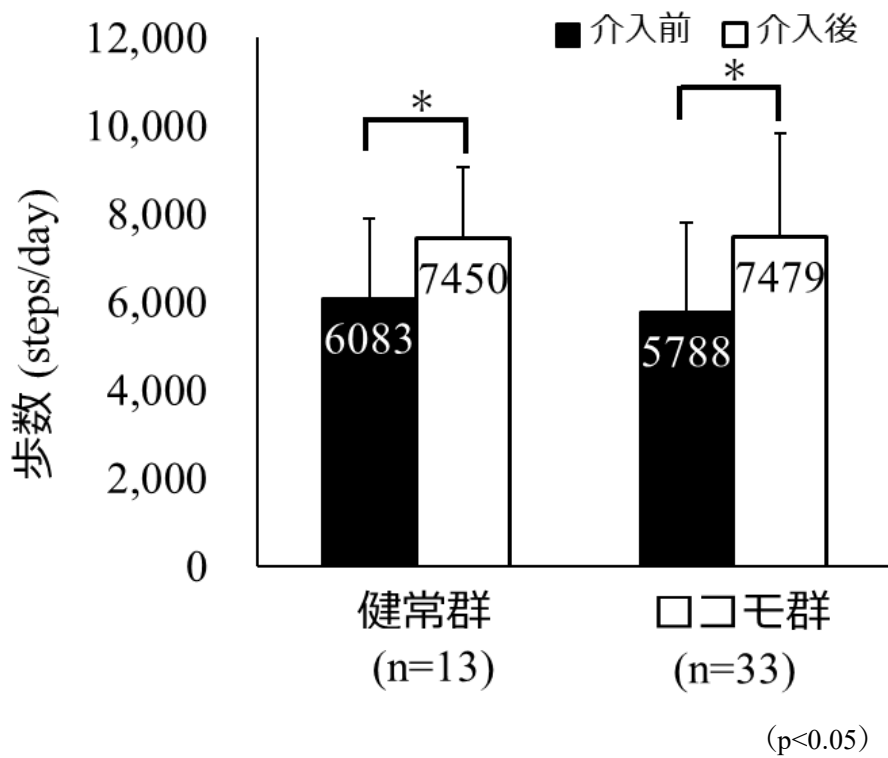


図 11.2 群の介入前後の 1 日の歩数の変化

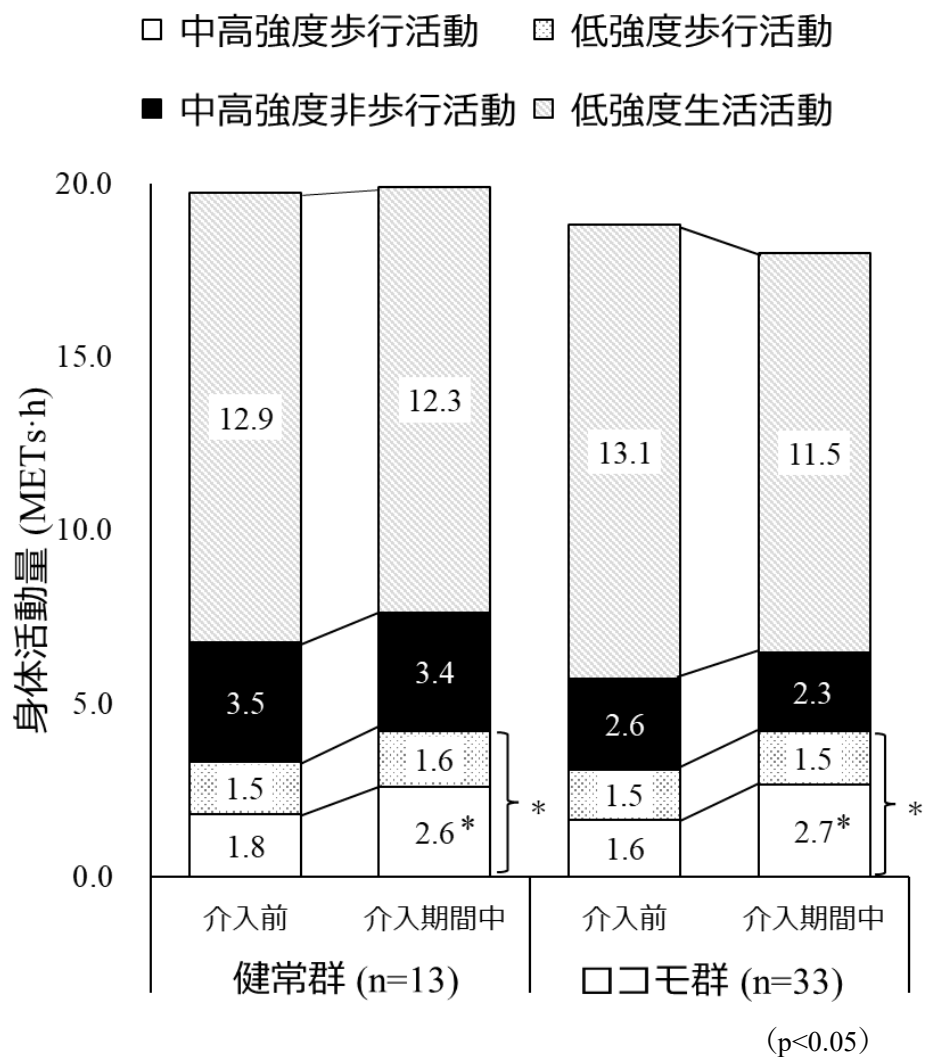


図 12. と健常群のロコモ群歩行速度と中高強度身体活動の関係

表 12. 2 群間の歩数変化量と中高強度身体活動量との関係

歩数変化量	中高強度身体活動 変化量	中高強度歩行活動 変化量	中高強度生活活動 変化量
健常群 (n=13)	0.758 *	0.871 *	-0.360
ロコモ群 (n=33)	0.811 *	0.817 *	0.030

p<0.05

4. 考察

研究課題3は、ロコモ高齢者に対する歩行介入が、1) 中高強度歩行活動量および身体活動量におよぼす効果、および2) 歩行速度、バランス機能におよぼす効果について検討することを目的とした。研究課題3の主な知見は以下の通りである。1) ロコモ高齢者に対する歩数増加による歩行介入は中高強度歩行活動量を増加させる。2) 歩数増加による歩行介入によりロコモの有無にかかわらず2ステップ値および筋力の改善に有効であった。

研究課題3では、介入期間に1日の歩数が、健常群では約1,400歩、ロコモ群では約1,600歩と有意に増加し、両群ともに約7,500歩となり、Miyachiらが推奨するプラス10分(1,000歩～1,500歩)の歩数増加を達成し(図11)[92]、高齢者に推奨される1日6,000歩を上回った[93]。加えて、ロコモの有無にかかわらず歩数変化量と中高強度歩行活動量変化量および中高強度身体活動量変化量の間有意な正の相関関係が認められた(表12)。これらの結果は、横断研究である研究課題2において歩数と中高強度歩行活動量および中高強度身体活動量の間で有意な正の相関関係を示した知見を縦断的に証明する結果となった。

以上のことから、ロコモ高齢者においても、健常高齢者と同様に歩行介入により中高強度歩行活動量および中高強度身体活動量が増加すること、身体機能を維持改善することに有効な歩数を獲得することが可能であることを示した。これらの知見は、客観的な指標を用いてロコモ高齢者の歩行介入による中高強度歩行活動量および中高強度身体活動量への効果を評価した数少ない知見の1つとなり、より強固なエビデンスを示すことができた。

Snyderらは、健常高齢者を対象とし歩行介入とバランス機能の関連を検討した研究を4週間実施し、介入前後で平均1,600歩の歩数の増加が得られ、バランス機能($p<0.01$)が有意に改善したと報告している[103]。この結果は、研究課題3と同様の結果であった。介入により増加した歩数は、研究課題3で増加した歩数と変わらず、介入期間は4週間と研究課題3より短期間であるが、介入強度および介入頻度は同じであった。

Yoshiharaらは、ロコモ高齢男女を対象に歩行速度、介入時間(1回20–25分から1回30–45分)、頻度(週3回から週4–5回)および介入強度(心拍数予備能の55–60%から

65–80%) を漸増的に増加させる高強度身体活動介入を 4 か月間実施し、介入前後で 2 ステップ値 ($p<0.05$)、膝屈曲筋力 ($p<0.05$) が有意に向上したと報告し、膝屈筋群の筋力向上による膝関節の安定性の向上が 2 ステップ値の有意な向上に影響していると結論付けている[106]。Yoshihara らの 2 ステップ値は、1.36 から 1.43 で改善率は 5%であった。研究課題 3 においては、健常群では 1.41 から 1.52、ロコモ群では 1.29 から 1.42 で、改善率はそれぞれ 7%、10%であった。Yoshihara らの研究では対照群を設定していないが、研究課題 3 においては対照群である健常群を設定しロコモ群と比較した。2 ステップ値は、ロコモの有無に関わらず有意に改善し、Yoshihara らの研究と比較して同等かそれ以上の改善率であった。これは、歩行介入がロコモの有無に関わらず 2 ステップ値の改善に有効であることを示す結果となった。研究課題 3 は、Yoshihara らの研究と比べて短期間であるが、介入頻度が多いこと、介入前のロコモ群の 2 ステップ値が低いことに違いがあり、介入頻度の多さと介入前のロコモ群のバランス機能の低値が、Yoshihara らの改善率を上回った要因であると考えられる。研究課題 3 では、介入前後の握力の変化は認められていないものの、中高強度身体活動量変化量と握力変化量、中高強度歩行活動量変化量と握力変化量との間に有意な正の相関関係を認め、中高強度歩行活動の増加による握力の増加が認められた。握力は全身の筋力の代表値であると先行研究で報告されており[134]、筋力の向上によりバランス機能が向上した結果は Yoshihara らの研究と同様の結果であった。これらのことから、ロコモ高齢者の中高強度歩行活動量の増加によりサルコペニアの予防改善を期待できることを示した。

研究課題 3 では、2 ステップ値変化量と中高強度歩行活動量の間には有意な相関関係は認められなかった (表 11)。これらのことから、歩行により増加した中高強度歩行活動量が 2 ステップ値の改善の要因であることを示すことはできず、2 ステップ値は歩行活動量に依存しない可能性を示す結果となった。

5. 結論

ロコモ高齢者における1日の歩行による身体活動量の増加は、中高強度歩行活動および中高強度身体活動量の増加に有効であった。さらに、ロコモの有無にかかわらず歩行介入はバランス機能および筋力の改善に有効であった。

第5章 総合討論

本研究の目的は、ロコモ高齢者のサルコペニア併発による身体機能への影響を明らかにし、歩行による身体活動量の増加が身体機能およびロコモの改善に有効であるかどうかを検討することを目的とした。本研究課題1から3の結果、サルコペニアの併発は、ロコモ高齢者の筋肉量、筋力および歩行速度を低下させるが、歩行による中高強度歩行活動量の増加により身体機能の維持改善に有効な中高強度身体活動量を確保することが可能であり、ロコモの改善に有効である可能性を示唆した。

ロコモは、「運動器の障害のために移動能力の低下をきたした、進行すると要介護状態に陥る危険が高い状態である」と定義される[1-3]。ロコモは、加齢とともに増加し[7]、転倒リスクの増加[9, 17, 109, 135]、ADLの低下[12, 109]を招き、自立した生活が困難になる要介護化の原因[59, 107]となることが報告されている。今後の高齢人口の増加によりロコモ高齢者がますます増加すること、それに伴い要介護者が増加することが予想できる。したがって、高齢者の要介護化の原因であるロコモの効果的な予防および改善方法を確立することは、高齢化が進む現代において重要な課題といえる。

一方で、サルコペニアは「加齢に伴う筋肉量の減少に加えて、筋力低下および身体機能低下のどちらか一方、もしくは両方が合わさっている状態」と定義される[31, 32]。サルコペニアもロコモと同様に、加齢とともに増加し[39]、転倒リスクの増加[35-37]、ADLの低下に関連することが明らかとなっている[27, 36, 38, 136]。

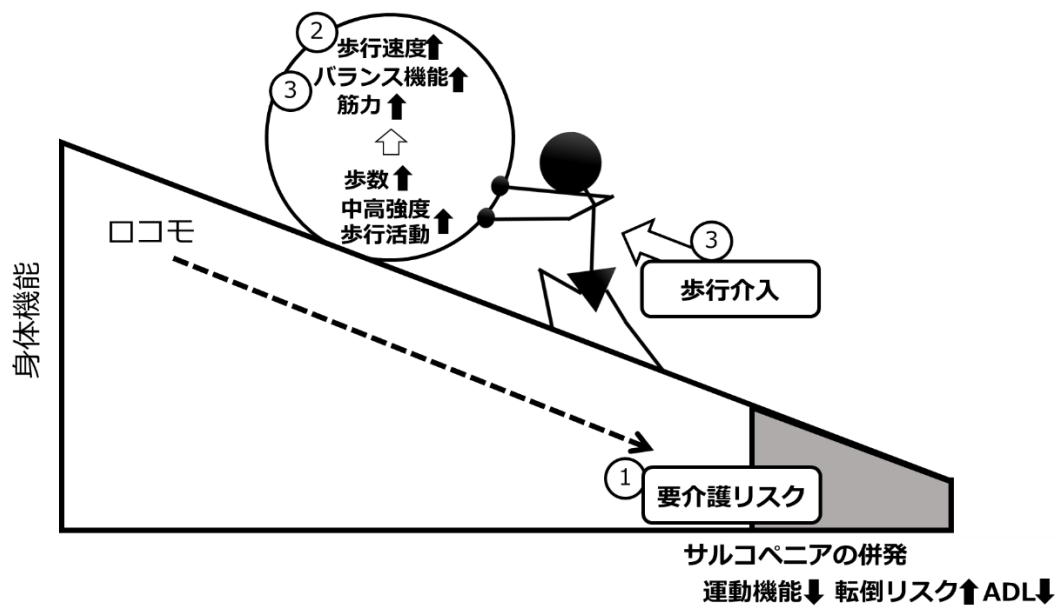


図 13. 本研究において示唆されたロコモ、身体機能および身体活動量の関係

表 13. 本研究で明らかとなったロコモとサルコペニアの併発による
身体機能、転倒リスクおよび ADL への影響

	ロコモ	サルコペニア	併発
身体機能	低下 [3, 4, 9, 22, 23, 30]	低下 [20, 21, 31-34]	低下
転倒リスク	増加 [3, 4, 9, 22, 23, 30]	増加 [35-37]	増加
ADL	低下 [3, 4, 8, 28-30]	低下 [36, 38]	低下

※ 太字は本研究によって明らかとなった新たな知見を示す。

表 14. 本研究で明らかとなったロコモ高齢者の中高強度歩行活動量と歩数および身体機能との関係

横断研究	歩数	筋肉量	バランス機能	歩行速度	筋力
ロコモ高齢者	関連あり	関連無し	関連あり	関連あり	関連無し
健常高齢者	関連あり [92, 95]	関連あり [100]	関連あり [98, 100]	関連あり [98, 100]	関連あり [98, 100]
縦断研究	歩数	筋肉量	バランス機能	歩行速度	筋力
ロコモ高齢者	関連あり	関連無し	関連あり 高強度は関連あり [106]	関連無し 高強度は関連あり [106]	関連あり 高強度は関連あり [106]
健常高齢者	関連あり [92, 103, 104]	関連あり [99]	関連あり [103]	関連あり [97]	関連あり [96, 99]

※ 太字は本研究によって明らかとなった新たな知見を示す。

図 13 は、本研究の研究課題 1 から 3 で明らかとなった、ロコモと身体機能および身体活動量の関係を示している。研究課題 1 では、ロコモ高齢者のサルコペニアの併発が身体機能と ADL の低下、および転倒リスクの増加に関連しているか否かを検証するために、ロコモとサルコペニアの併発が高齢者の身体機能、転倒リスクおよび ADL におぼす影響を検証する横断研究を行い、健常群、ロコモ群および併発群の 3 群を比較した。その結果、ロコモ高齢者のサルコペニアの併発は、ロコモ単独よりさらに筋肉量、筋力、歩行速度および ADL を有意に低下させ、転倒リスクを有意に増加させることを示した (表 13)。この研究課題 1 の結果を受けて、バランス機能には筋肉量、筋力および歩行速度が関連し、それらの低下を予防および改善することが転倒リスクおよび ADL の改善に重要であることを示した。

ロコモ高齢者の身体活動量は、歩行障害による歩行活動量の減少が予測され[28]、女性の中高強度身体活動量は生活活動量が大半を占めることから[84]、ロコモ高齢者の身体活

動量を歩行活動と生活活動に分け[81, 83, 137]、歩行活動量と身体機能の間の関係性を横断的および縦断的に検討することが必要であると考えた。研究課題 2 では、ロコモ高齢者の歩数と中高強度歩行活動量および身体機能との関連を調べることを目的とし、歩行障害を有するロコモ高齢者において歩行が中高強度歩行活動量および中高強度身体活動量を増加させることに加えて、中高強度歩行活動量と歩行速度およびバランス機能が関連することを横断的に示した（表 14）。研究課題 3 は、ロコモ高齢者に対する歩行介入が中高強度歩行活動量および身体機能におよぼす効果を検討することを目的とし、ロコモ高齢者に対する歩行介入は中高強度歩行活動量および中高強度身体活動量を増加させ、バランス機能の改善に有効であること、筋力を改善させる可能性があることを縦断的に示した（表 14）。

ロコモ高齢者の身体機能の低下を予防および改善するための、歩行による身体活動量の増加と身体機能との関係において、研究課題 1 の結果より、ロコモ高齢者のサルコペニアの併発は、筋肉量、筋力、歩行速度および ADL を低下させ、転倒リスクを増加させることを明らかとした。筋肉量、筋力および歩行速度とバランス機能は、有意な負の相関関係を示し、筋肉量、筋力および歩行速度の低下がバランス機能の低下に関連するとともに、筋肉量、筋力、歩行速度およびバランス機能の低下が ADL の低下に関連することを示し、ロコモ高齢者のサルコペニアの併発がロコモを重症化させることが明らかとなった。身体機能の低下の予防および改善には、1 日 6,000 歩、30 分以上の中高強度身体活動量が推奨される[92, 93]。研究課題 2 によりロコモ高齢者においても歩数と中高強度歩行活動量および中高強度身体活動量に有意な正の相関関係を認め、さらに研究課題 3 において歩数の変化量と中高強度歩行活動量変化量および中高強度身体活動量変化量の間に関連関係を認めたことにより、ロコモ高齢者に対する歩行による身体活動量の増加が中高強度歩行活動量および中高強度身体活動量の増加に有効であることを横断的、縦断的に明らかにした。加えて、研究課題 3 ではロコモ高齢者においても健常高齢者と同様に 1 日の身体活動量に 10 分の歩行活動を加えることで、1,500 歩の歩数の増加[92]、および 1 日 6,000 歩

[93]を達成し、身体機能の低下の予防および改善に必要な歩数および中高強度身体活動量を確保することが可能であることを示した。以上のことから、ロコモ高齢者に対する歩行介入による身体活動量の増加は、身体機能の低下を予防し、サルコペニアの併発によるロコモの重症化を予防および改善するための中高強度身体活動量を確保することが可能であることを示した。これらのことは、ロコモ高齢者の身体活動量を客観的な指標を用いた評価した初めての知見である。

ロコモ高齢者に対する歩行介入による歩行活動量の増加が筋肉量、筋力、歩行速度およびバランス機能におよぼす効果については、研究課題2において中高強度歩行活動量と歩行速度およびバランス機能の間で有意な正の相関関係を示し、中高強度歩行活動量を増加せる歩行介入により歩行速度とバランス機能が改善する可能性を示し、研究課題3においてロコモ高齢者に対する歩行介入により、介入前後のバランス機能が有意に改善したことを示し、ロコモ高齢者に対する歩行介入によるバランス機能の改善効果が証明された。しかしながら、研究課題3において、2ステップ値変化量と中高強度歩行活動量変化量との間に有意な相関関係は認められず歩数の増加により増えた中高強度歩行活動量がバランス機能の改善に有効であることを示すことはできなかった。高齢者のバランス機能は、歩行練習などの運動介入による動的バランス練習が有効であることが報告されている[138]。研究課題2の中高強度歩行活動と2ステップ値の間の有意な正の相関関係が認められたことは、この先行研究を支持する結果であると考えられる。また島田らは、高齢者34名を対象にバランスボードや片足立ちなど支持基底面内でバランスを維持する静的バランス練習、および歩行練習や継ぎ足歩行など支持基底面を移動させつつ重心を保持する動的バランス練習の介入方法の違いによるバランス機能への効果を検討した研究を週2回から3回の頻度で12週間実施した[139]。その結果、静的バランス練習を実施した群では片足立ち保持時間などの静的バランスで有意な向上を認め、動的バランス練習群ではTUGなど動的バランスが有意に改善したとし、低下しているバランス機能に対応した介入を行うことで、効率的

なバランス機能の改善が期待できると報告している[139]。これらのことから、本研究では毎日の歩数を増加させるとした介入頻度の多さが、バランス機能の改善につながったと考えられる。しかし、本研究では中高強度歩行活動変化量と2ステップ値変化量との間に相関関係は見られなかった。この結果からはバランス機能の向上が歩行による身体活動量の増加に依存しない可能性も考えられる。今後の研究によって、運動を行わないコントロール群を設定したランダム化比較試験によってさらに検討する必要があると考えられる。

研究課題2では中高強度歩行活動量と握力との相関関係が認められなかったが、研究課題3において中高強度歩行活動量変化量および中高強度身体活動量変化量と握力変化量との間に有意な正の相関関係を認め、歩行介入による筋力の改善の可能性を示した。ロコモ高齢者に対する高強度の歩行介入による筋力の改善は先行研究により報告されており、中高強度の歩行介入による筋力の改善効果を示す知見となったと考える。握力は全身の筋力の代表値であり[134]、サルコペニアの判定基準に含まれる。これらのことは、ロコモ高齢者に対する歩行介入により筋力が改善し、サルコペニアの予防改善が期待できることを示すと考えられる。

歩行速度においては、研究課題3において変化を認めることは無かった。高齢者の歩行速度は、歩行速度が遅い場合は神経反応速度が、速い場合は膝伸展筋力が関連すると報告されており[140]、研究課題3の対象者の歩行速度（ロコモ群 $1.65 \pm 0.15\text{m/s}$ 、健常群 $1.55 \pm 0.21\text{m/s}$ ）は十分な歩行速度を有しているため、膝伸展筋力との関連を検証する必要があるが、本研究における膝伸展筋力は不明であり詳細を分析することはできなかった。歩行介入により筋力および筋肉量の改善を認めた研究は、健常高齢者に対して4カ月[106]および6ヶ月[99]の期間を実施している。研究課題3の8週間の介入期間をより延長し、膝関節伸展筋に焦点をあてた検証が必要であると考えられる。これらのことから、歩行介入と膝伸展筋力との関係の詳細、およびロコモ高齢者の歩行速度への歩行介入の効果の詳細については今後の課題である。

歩行速度において中原らは、高齢男女 365 名を対象とし握力、歩数、歩行速度の関係を調査した研究を実施し、年齢別の歩行速度を報告している(表 11) [141]。Tanimoto らは、75 歳上の女性を対象とした歩行速度は 1.4 ± 0.14 m/s であると報告している[36]。研究課題 1 では健常群(平均年齢 75.6 ± 5.0 歳)で歩行速度 1.40 ± 0.20 m/s、ロコモ群(平均年齢 78.8 ± 4.0 歳)で歩行速度 1.20 ± 0.30 m/s、併発群(平均年齢 85.4 ± 7.1 歳)で歩行速度 0.8 ± 0.20 m/s であり、表 15 の年代別三段階区分表では健常群とロコモ群は 75 歳から 79 歳に入り歩行速度は普通に分類される。併発群は 85 歳から 89 歳で歩行速度は下位に分類される。これはサルコペニアの併発による影響であると考えられる。研究課題 2 では健常群(平均年齢 67.3 ± 4.8 歳)で歩行速度 1.54 ± 0.16 m/s、ロコモ群(平均年齢 69.6 ± 4.5 歳)で歩行速度 1.49 ± 0.20 m/s であり、健常群およびロコモ群は共に 65 歳から 69 歳に入り、歩行速度は共に普通に分類される。研究課題 3 では、健常群(平均年齢 68.6 ± 3.6)で歩行速度 1.55 ± 0.21 m/s、ロコモ群(平均年齢 68.7 ± 3.2 歳)で歩行速度 1.65 ± 0.15 m/s であり、研究課題 2 と同様に 65 歳から 69 歳に入り歩行速度は共に普通に分類された。ロコモ度 1 は 40 歳以上の 69.8%が有している可能性があり[7]、きわめて多くの中老年男女が自覚のないまま移動機能の低下を有している[18] と報告されていることから、研究課題 1 の併発群を除いた対象者の歩行速度は地域在住高齢者の標準値に該当すると言える。

表 15. 歩行速度の年代別三段階区分表

歩行速度 (m/s)

年齢	60~64	65~69	70~74	75~79	80~84	85~89
上位						
	2.24	1.94	1.80	1.69	1.59	1.48
普通	2.24	1.94	1.80	1.69	1.59	1.48
下位	1.52	1.47	1.29	1.20	0.91	1.05

上位：平均+標準偏差、普通：平均±標準偏差、下位：平均-標準偏差

中原ら.1995, デザントスポーツ科学より作成[141]

研究課題 2 の歩数と中高強度歩行活動量、中高強度歩行活動量と 2 ステップ値および歩行速度の有意な正の相関関係、研究課題 3 の歩数変化量と中高強度歩行活動量変化量の有意な正の相関関係、握力変化量と中高強度歩行活動量変化量の正の相関関係、介入前後の 2 ステップ値の有意な改善結果から、ロコモ高齢者に対する歩行介入は、ロコモの重症化に関連する身体機能の低下を予防および改善するための中高強度歩行活動量の確保に有効であり、筋力および歩行速度を改善することによりサルコペニア併発の予防が期待できることに加え、バランス機能の改善によりロコモを予防および改善させる可能性があると考えられる。

本研究には、いくつかの限界がある。本研究では、京都府八幡市の健康イベントの折り込みチラシや滋賀県草津市で実施された健康教室の参加を募る地域のお知らせによって対象者を募集している。研究に参加した者は、自身の健康や健康づくりについて意欲的であった可能性がある。したがって、本研究結果を解釈するには、こうした対象者の偏りを加味する必要がある。また、本研究は高齢女性を対象としており、高齢男性を対象とした場合には異なる結果が得られる可能性がある。したがって、男性への介入研究の実施が必要である。なお、今回は就労の有無について調整していない。就労内容によっては、身体活動量への影響が予測されるため[126]、今後は就労状況を含めた分析が必要となる。また、研究課題 1 においては、高齢男性およびサルコペニア単独群が含まれていないこと。サンプルサイズが小さいこと。横断研究であることが挙げられる。次に研究課題 2 および 3 で使用した身体活動量データはバイアスがかかる可能性があることが挙げられる。対象者は通常の生活を指示されていても、加速度計を装着した結果として、毎日の歩数が増加した可能性があること。加えて、先行研究における加速度計を使用した高齢者の歩行活動と生活活動を区別する方法は、健康な高齢者を対象としている[83]。したがって、本研究の加速度計を使用した身体活動量の測定値は、ロコモ高齢者を対象とした場合の測定値と健康な高齢者を対象とした測定値とは異なる場合がある。したがって、研究課題 2 の調査結果

は、より多くの参加者により検証する必要がある。研究課題 3 では、G*power ver3.1 で算出したサンプルサイズ 52 名で各群 26 名の対象者が必要であった。研究課題 3 の対象者 46 名（健常群：13 名、ロコモ群 33 名）で、決定力分析の事後の検定における検定力は 0.75 であった。このため健常群の対象者を増やした検討が必要であると考ええる。

今後の課題においては、対照群を設定したランダム化比較試験が必要であり、長期間の介入研究によりロコモ高齢者の身体機能の低下がサルコペニアの併発に繋がることの縦断的な検証と、歩行介入による筋肉量および筋力に対する効果を検証する必要がある。また、中高強度歩行活動量に限らず、低強度歩行活動量を含めた歩行介入がバランス機能と関連することが考えられるため、介入頻度によるバランス機能への効果を詳細に分析する必要があると考えている。

第6章 結論

研究課題1では、ロコモとサルコペニアを併発した高齢者は身体機能が低下し、転倒リスクの増加およびADLの低下が認められた。研究課題2では、ロコモ高齢者の歩数と中高強度歩行活動および中高強度身体活動量との間の有意な正の相関関係を認めた。さらに中高強度歩行活動と歩行速度およびバランス機能との間の有意な相関関係を明らかにし、歩行による身体活動の増加が歩行速度およびバランス機能の改善に有効である可能性を示した。研究課題3では、ロコモ高齢者に対する歩行介入により、身体機能の改善に有効な1日1,500歩の歩数増加、1日6,000歩を確保することが可能であり、さらにバランス機能の改善に有効であることを示した。しかしながら、2ステップ値変化量と中高強度歩行活動量変化量との間に有意な相関関係は認められず、歩行介入によるバランス機能の改善の原因を特定することができなかった。握力では介入前後の有意な変化を示すことはできなかったが、中高強度歩行活動量変化量と握力変化量との間に有意な正の相関関係を認め、中高強度歩行活動量による握力の改善の可能性を示した。

本学位論文は、ロコモ高齢者に対する身体機能の低下によるサルコペニアの併発を予防改善するための効果的な歩行介入方法についてのエビデンスを蓄積するとともに、今後のロコモ高齢者のロコモの重症化の予防および介護予防への貢献が期待できると考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、指導教員である真田樹義先生には親身で丁寧なご指導を賜り、心より御礼申し上げます。研究計画の立案から測定の実施まで、変貴重なご指導をいただき心より感謝申し上げます。また、社会人として働きながらで研究のペースが上がらずスローペースな私をいつも優しく見守りご助言をくださり、研究者の心構えを丁寧に教えてくださったことに深く感謝の意を表します。精神的に焦りがある中で、心強く支えていただいたことに深謝いたします。真田研究室では、数多くの人に出会い、貴重な体験をするなど充実した時間を過ごさせていただきました。

国土舘大学の栗原俊之先生、国立研究開発法人産業技術総合研究所の藤本雅大先生には、本研究の計画の段階から実行、分析、学会発表から論文の執筆における文章の構成や書き方に至るまで、熱心なご指導のみならず、多くの支えとなる言葉をいただきました。行き詰まっているところに、解決方法を提示し、進む方向を示して頂けたことに心より御礼申し上げます。家光素行先生、家光研究室の皆様には、測定の遂行に際し、多大なご協力とご意見をいただきました。誠にありがとうございます。家光素行先生および後藤一成先生、東京大学医学部附属病院特任教授の吉村典子先生には、副査をお引き受けくださり、貴重なご指導をいただきました。博士論文の執筆に当たり多くのことを学び、考えを深めることに繋がりました。深く御礼申し上げます。

実験にご協力いただいた参加者の皆さまに厚く御礼申し上げます。快くご協力くださり誠にありがとうございました。京都府八幡市健康推進課の理学療法士の萩尾敦史先生、正風病院の塩崎嘉樹理事長、理学療法士の香川健太郎先生、永田武豊先生、リハビリテーション科のスタッフの皆様には感謝いたします。実験の補助、スケジュール調整や大学院での様々な事柄で親身な手助けをしていただいた岸上慶子さんに心より感謝を申し上げます。浜口佳奈子さん、今井あい子さん、中村由紀さんにも感謝の意を表します。最後になりましたが、いつも支えてくれた家族、友人、職場の同僚、お世話になった立命舘大学スポーツ健康科学研究科・スポーツ健康科学部の皆様には心より感謝申し上げます。

参考文献

1. Nakamura K: A "super-aged" society and the "locomotive syndrome". J Orthop Sci 2008, 13(1):1-2.
2. Nakamura K: The concept and treatment of locomotive syndrome: its acceptance and spread in Japan. J Orthop Sci 2011, 16(5):489-491.
3. ロコモ ONLINE 日本整形外科学会 ロコモティブシンドローム予防啓発公式サイト <https://locomo-joa.jp/locomo/>
4. Nakamura K, Ogata T: Locomotive Syndrome: Definition and Management. Clin Rev Bone Miner Metab 2016, 14:56-67.
5. 悦男 帖: ロコモティブシンドローム: 運動器疾患を取り囲む新たな概念ーロコモ予防とリハビリー. Jan J Rehabil Med 2013, 50:48-54.
6. 令和 2 年度版高齢社会白書 (全体版) https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2020/zenbun/02pdf_index.html
7. Yoshimura N, Muraki S, Nakamura K, Tanaka S: Epidemiology of the locomotive syndrome: The research on osteoarthritis/osteoporosis against disability study 2005–2015. Modern Rheumatology 2017, 27(1):1-7.
8. ロコモパンフレット 2020 年度版 https://locomo-joa.jp/assets/pdf/index_japanese.pdf
9. Yoshimura N, Muraki S, Oka H, Tanaka S, Ogata T, Kawaguchi H, Akune T, Nakamura K: Association between new indices in the locomotive syndrome risk test and decline in mobility: third survey of the ROAD study. J Orthop Sci 2015, 20(5):896-905.
10. Singo M, Kiyotaka H: Development of a convenient way to predict ability to walk, using a two-step test. Journal of The Showa Medical Association 2003, 63(3):301-308.
11. Singo M: EVALUATION OF THE MUSCULAR STRENGTH OF THE LOWER EXTREMITIES USING THE STANDING MOVEMENT AND CLINICAL APPLICATION. Journal of The Showa Medical Association 2001, 61(3):362-367
12. Seichi A, Hoshino Y, Doi T, Akai M, Tobimatsu Y, Iwaya T: Development of a screening tool for risk of locomotive syndrome in the elderly: the 25-question Geriatric Locomotive Function Scale. J Orthop Sci 2012, 17(2):163-172.
13. 亜都司 星, 力 岩: ロコモティブシンドローム判定ツール簡易版ロコモ 5 カットオフ値の検討. 運動器リハビリテーション 2015, 26(4):409-413.
14. Hirano K, Imagama S, Hasegawa Y, Ito Z, Muramoto A, Ishiguro N: The influence of locomotive syndrome on health-related quality of life in a community-living population. Mod Rheumatol 2013, 23(5):939-944.
15. Kimura A, Seichi A, Konno S, Yabuki S, Hayashi K: Prevalence of locomotive syndrome in Japan: a nationwide, cross-sectional Internet survey. J Orthop Sci 2014, 19(5):792-797.

16. 佐々木浩一, 高田潤一, 花香恵: 臨床 ロコモティブシンドロームと骨脆弱性骨折リスクの調査. 整形・災害外科 2014, 57(5):571-576.
17. 松本浩美, 中祖直之, 松浦晃宏, 秋田朋子, 荻野浩: ロコモティブシンドロームの重症度と転倒頻度, 低骨密度およびサルコペニアの関連性について. 理学療法科学 2016, 43:38-46.
18. 吉村典子: ロコモの簡易測定法とその頻度. 理学療法学 2018, 45(5):342-343.
19. Kyrdaen IL, Thingstad P, Sandvik L, Ormstad H: Associations between gait speed and well-known fall risk factors among community-dwelling older adults. Physiother Res Int 2019, 24(1):e1743.
20. Chen L, Woo J, Assantachai P, Auyeung T, Chou M, Iijima K, Jang H, Kang L, Kim M, Kim S *et al*: Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 Consensus Update on Sarcopenia Diagnosis and Treatment. J Am Med Dir Assoc 2020, 21(3):300-307 e302.
21. Chen L, Liu L, Woo J, Assantachai P, Auyeung T, Bahyah K, Chou M, Chen L, Hsu P, Krairit O *et al*: Sarcopenia in Asia: consensus report of the Asian Working Group for Sarcopenia. J Am Med Dir Assoc 2014, 15(2):95-101.
22. 湯村良太, 石橋英明, 藤田博暁: 地域在住中高年者における転倒歴とロコモ度テストおよび運動機能測定値との関連. 理学療法－臨床・研究・教育 2016, 23:40－46.
23. 鈴木漠, 小林吉之, 持丸正明, 藤本浩志: ロコモティブシンドローム該当者に特徴的な歩行中の下肢関節運動. バイオメカニズム学会誌 2016, 40(3):183-193.
24. Mahoney FI, Barthel DW: Functional Evaluation: The Barthel Index. Md State Med J 1965, 14:61-65.
25. Katz S, Ford AB, Moskowitz RW, Jackson BA, Jaffe MW: Studies of Illness in the Aged. The Index of Adl: A Standardized Measure of Biological and Psychosocial Function. JAMA 1963, 185:914-919.
26. Lawton MP, Brody EM: Assessment of older people: self-maintaining and instrumental activities of daily living. Gerontologist 1969, 9(3):179-186.
27. 古谷野亘, 柴田博, 中里克治, 芳賀博, 須山靖男: 地域老人における活動能力の測定－老健式活動能力指標の開発－. 日本公衆衛生誌 1987, 34(3):109－114.
28. Iwaya T, Doi T, Seichi A, Hoshino Y, Ogata T, Akai M: Characteristics of disability in activity of daily living in elderly people associated with locomotive disorders. BMC Geriatr 2017, 17(1):165.
29. 中越竜馬, 武政誠一, 中山宏之, 森勇介: 整形外科に通院している地域在住高齢者のロコモティブシンドロームと生活活動量および健康関連 QOL との関連. 理学療法科学 2015, 30(4):557-561.
30. 新井智之, 高塚奈津子, 丸谷康平, 三浦佳代, 細井俊希, 藤田博暁: 地域在住中高年者におけるロコモティブシンドロームと高次生活機能の関連. 理学療法科学 2019, 34(4):417-422.

31. Rosenberg I: Sarcopenia: origins and clinical relevance. *J Nutr* 1997, 127(5 Suppl):990S-991S.
32. Cruz-Jentoft A, Baeyens J, Bauer J, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, Martin F, Michel J, Rolland Y, Schneider S *et al*: Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing* 2010, 39(4):412-423.
33. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyere O, Cederholm T, Cooper C, Landi F, Rolland Y, Sayer AA: Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and ageing* 2019, 48(1):16-31.
34. 荒井秀典, 木下かほり, 吉村芳弘, 石井好二郎, 小川純人, 葛谷雅文, 重本和宏, 山田実, 鈴木規雄, 上島順子 *et al*: サルコペニア: 定義と診断に関する欧州のコンセンサス改定の翻訳と Q and A. In: 日本サルコペニア・フレイル学会誌. Edited by 吉村芳弘, vol. 3: メディカルレビュー社; 2019: 37-66.
35. Landi F, Liperoti R, Russo A, Giovannini S, Tosato M, Capoluongo E, Bernabei R, Onder G: Sarcopenia as a risk factor for falls in elderly individuals: results from the iLSIRENTE study. *Clin Nutr* 2012, 31(5):652-658.
36. Tanimoto Y, Watanabe M, Sun W, Sugiura Y, Hayashida I, Kusabiraki T, Tamaki J: Sarcopenia and falls in community-dwelling elderly subjects in Japan: Defining sarcopenia according to criteria of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Arch Gerontol Geriatr* 2014, 59(2):295-299.
37. Yamada M, Nishiguchi S, Fukutani N, Tanigawa T, Yukutake T, Kayama H, Aoyama T, Arai H: Prevalence of sarcopenia in community-dwelling Japanese older adults. *J Am Med Dir Assoc* 2013, 14(12):911-915.
38. Tanimoto Y, Watanabe M, Sun W, Sugiura Y, Tsuda Y, Kimura M, Hayashida I, Kusabiraki T, Kono K: Association between sarcopenia and higher-level functional capacity in daily living in community-dwelling elderly subjects in Japan. *Arch Gerontol Geriatr* 2012, 55(2):e9-13.
39. Yoshimura N, Muraki S, Oka H, Iidaka T, Kodama R, Kawaguchi H, Nakamura K, Tanaka S, Akune T: Is osteoporosis a predictor for future sarcopenia or vice versa? Four-year observations between the second and third ROAD study surveys. *Osteoporos Int* 2017, 28(1):189-199.
40. 荒井秀典: サルコペニアとフレイル～ロコモとの相違について考える～. *体力科学* 2016, 65:337-341.
41. Nakamura K: Locomotive syndrome: disability-free life expectancy and locomotive organ health in a "super-aged" society. *J Orthop Sci* 2009, 14(1):1-2.
42. Yoshimura N, Muraki S, Iidaka T, Oka H, Horii C, Kawaguchi H, Akune T, Nakamura K, Tanaka S: Prevalence and co-existence of locomotive syndrome, sarcopenia, and

- frailty: the third survey of Research on Osteoarthritis/Osteoporosis Against Disability (ROAD) study. *J Bone Miner Metab* 2019, 37(6):1058-1066.
43. Kobayashi K, Imagama S, Ando K, Machino M, Tanaka S, Morozumi M, Kanbara S, Ito S, Inoue T, Ishiguro N *et al*: Locomotive Syndrome Stage 1 Predicts Significant Worsening of Future Motor Performance: The Prospective Yakumo Study. *Biomed Res Int* 2019:1970645.
 44. 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン作成委員会: 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン 2015 年版. 東京: ライフサイエンス出版; 2015.
 45. 日本老年医学会: 高齢者の肥満症診療ガイドライン 2018. *Nihon Ronen Igakkai Zasshi* 2018, 55(4):464-538.
 46. Lane N, Brandt K, Hawker G, Peeva E, Schreyer E, Tsuji W, Hochberg M: OARSI-FDA initiative: defining the disease state of osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage* 2011, 19(5):478-482.
 47. 理学療法診療ガイドライン 第 1 版 (2011) Japanese Guidelines for the Physical Therapy <http://jspt.japanpt.or.jp/guideline/1st/>
 48. Roubenoff R: Sarcopenia and its implications for the elderly. *Eur J Clin Nutr* 2000, 54 Suppl 3:S40-47.
 49. Kanis J: Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis: synopsis of a WHO report. WHO Study Group. *Osteoporos Int* 1994, 4(6):368-381.
 50. Panel NCD: Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy, March 7-29, 2000: highlights of the conference. *South Med J* 2001, 94(6):569-573.
 51. 津村弘: 変形性膝関節症の管理に関する OARSI 勧告 OARSI によるエビデンスに基づくエキスパートコンセンサスガイドライン (日本整形外科学会変形性膝関節症診療ガイドライン策定委員会による適合化終了版). *日本内科学会雑誌* 2017 106(1):75-83.
 52. 大内尉義: 標準理学療法学・作業療法学 専門基礎分野 老年学, vol. 第 5 版: 医学書院; 2020.
 53. Orito S, Kuroda T, Onoe Y, Sato Y, Ohta H: Age-related distribution of bone and skeletal parameters in 1,322 Japanese young women. *J Bone Miner Metab* 2009, 27(6):698-704.
 54. Waugh E, Lam M, Hawker G, McGowan J, Papaioannou A, Cheung A, Hodsman A, Leslie W, Siminoski K, Jamal SA *et al*: Risk factors for low bone mass in healthy 40-60 year old women: a systematic review of the literature. *Osteoporos Int* 2009, 20(1):1-21.
 55. 松村将司, 宇佐英幸, 小川大輔, 市川和奈, 昌昌史, 清水洋治, 古谷英孝, 竹井仁, 篠田瑞生: 下肢の関節可動域と筋力の年代間の相違およびその性差 -20-70 代を対象とした横断研究-. *理学療法科学* 2015, 30(2):239-246.
 56. Lexell J, Taylor C, Sjostrom M: What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from

- 15- to 83-year-old men. *J Neurol Sci* 1988, 84(2-3):275-294.
57. Frederiksen H, Hjelmberg J, Mortensen J, McGue M, Vaupel JW, Christensen K: Age trajectories of grip strength: cross-sectional and longitudinal data among 8,342 Danes aged 46 to 102. *Ann Epidemiol* 2006, 16(7):554-562.
58. Yoshimura N, Muraki S, Oka H, Mabuchi A, En-Yo Y, Yoshida M, Saika A, Yoshida H, Suzuki T, Yamamoto 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(5):620-628.
59. Kadono Y, Yasunaga H, Horiguchi H, Hashimoto H, Matsuda S, Tanaka S, Nakamura K: Statistics for orthopedic surgery 2006-2007: data from the Japanese Diagnosis Procedure Combination database. *J Orthop Sci* 2010, 15(2):162-170.
60. 日本整形外科学会, 日本股関節学会: 変形性股関節症 診療ガイドライン 2016 改訂第2版. In. Edited by 南江堂; 2016.
61. Howe TE, Shea B, Dawson LJ, Downie F, Murray A, Ross C, Harbour RT, Caldwell LM, Creed G: Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women. *Cochrane Database Syst Rev* 2011(7).
62. Gregg EW, Pereira MA, Caspersen CJ: Physical activity, falls, and fractures among older adults: a review of the epidemiologic evidence. *J Am Geriatr Soc* 2000, 48(8):883-893.
63. Joakimsen RM, Magnus JH, Fonnebo V: Physical activity and predisposition for hip fractures: a review. *Osteoporos Int* 1997, 7(6):503-513.
64. 吉村典子: 運動、身体活動改善による骨折・骨粗鬆症予防のエビデンス. *日本公衆衛生誌* 2003, 58:328-337.
65. Martyn-St James M, Carroll S: Meta-analysis of walking for preservation of bone mineral density in postmenopausal women. *Bone* 2008, 43(3):521-531.
66. Carter MI, Hinton PS: Physical activity and Bone Health. *Missouri Medicine* 2014, 111(1):59-64.
67. Park H, Togo F, Watanabe E, Yasunaga A, Park S, Shephard RJ, Aoyagi Y: Relationship of bone health to yearlong physical activity in older Japanese adults: cross-sectional data from the Nakanojo Study. *Osteoporos Int* 2007, 18(3):285-293.
68. Farr JN, Going SB, Lohman TG, Rankin L, Kastle S, Cornett M, Cussler E: Physical activity levels in patients with early knee osteoarthritis measured by accelerometry. *Arthritis Rheum* 2008, 59(9):1229-1236.
69. Kraus VB, Sprow K, Powell KE, Buchner D, Bloodgood B, Piercy K, George SM, Kraus WE, Physical Activity Guidelines Advisory C: Effects of Physical Activity in Knee and Hip Osteoarthritis: A Systematic Umbrella Review. *Med Sci Sports Exerc* 2019, 51(6):1324-1339.
70. 小野玲, 西山隆之, 瀧川悟史, 平出総一郎, 山田実: 女性変形性股関節症患者における

- 股関節機能障害、身体活動量、健康関連 QOL. 理学療法学 2005, 32(1):34-40.
71. Talbot LA, Gaines JM, Huynh TN, Metter EJ: A home-based pedometer-driven walking program to increase physical activity in older adults with osteoarthritis of the knee: a preliminary study. *J Am Geriatr Soc* 2003, 51(3):387-392.
 72. Esser S, Bailey A: Effects of exercise and physical activity on knee osteoarthritis. *Curr Pain Headache Rep* 2011, 15(6):423-430.
 73. Roddy E, Zhang W, Doherty M: Aerobic walking or strengthening exercise for osteoarthritis of the knee? A systematic review. *Ann Rheum Dis* 2005, 64(4):544-548.
 74. Evcik D, Sonel B: Effectiveness of a home-based exercise therapy and walking program on osteoarthritis of the knee. *Rheumatol Int* 2002, 22(3):103-106.
 75. Messier SP, Royer TD, Craven TE, O'Toole ML, Burns R, Ettinger WH, Jr.: Long-term exercise and its effect on balance in older, osteoarthritic adults: results from the Fitness, Arthritis, and Seniors Trial (FAST). *J Am Geriatr Soc* 2000, 48(2):131-138.
 76. Billot M, Calvani R, Urtamo A, Sanchez-Sanchez JL, Ciccolari-Micaldi C, Chang M, Roller-Wirnsberger R, Wirnsberger G, Sinclair A, Vaquero-Pinto N *et al*: Preserving Mobility in Older Adults with Physical Frailty and Sarcopenia: Opportunities, Challenges, and Recommendations for Physical Activity Interventions. *Clin Interv Aging* 2020, 15:1675-1690.
 77. Steffl M, Bohannon R, Sontakova L, Tufano J, Shiells K, Holmerova I: Relationship between sarcopenia and physical activity in older people: a systematic review and meta-analysis. *Clin Interv Aging* 2017, 12:835-845.
 78. Sanchez-Sanchez JL, Manas A, Garcia-Garcia FJ, Ara I, Carnicero JA, Walter S, Rodriguez-Manas L: Sedentary behaviour, physical activity, and sarcopenia among older adults in the TSHA: isotemporal substitution model. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 2019, 10(1):188-198.
 79. 山崎敦史, 柳瀬愛, 弘中雅美, 庄田圭佑, 田中真理子, 鈴木正臣, 川本周司, 藤澤大, 松山真由美, 瀬川昂生: 特定健診標準的質問票を評価基準とした身体活動量と健診データの対比— 病院に併設する運動教室開設に向けた検討—. *総合健診* 2017, 44(5):613-619.
 80. 田中真一, 古後晴基, 久保温子, 村田伸: ロコモ 25 におけるロコモティブシンドローム調査と身体的特徴について-65 歳未満の女性を対象として. *ヘルスプロモーション理学療法研究* 2019, 9(2):77-81.
 81. Oshima Y, Hikiyama Y, Ohkawara K, Takata K, Miyake R, Ebine N, Tabata I, Tanaka S: Daily steps corresponding to the reference quantity of physical activity of Exercise and Physical Activity Reference for Health Promotion 2006 (EPAR2006) assessed by accelerometer (in Japanese). *Jpn J Phys Fitness Sports Med* 2012, 61(2): 193-199.
 82. Kobayashi Y, Ogata T: Association between the gait pattern characteristics of older

- people and their two-step test scores. *BMC Geriatr* 2018, 18(1):101.
83. Oshima Y, Kawaguchi K, Tanaka S, Ohkawara K, Hikihara Y, Ishikawa-Takata K, Tabata I: Classifying household and locomotive activities using a triaxial accelerometer. *Gait Posture* 2010, 31(3):370-374.
 84. Tanaka C, Fujiwara Y, Sakurai R, Fukaya T, Yasunaga M, Tanaka S: Locomotive and non-locomotive activities evaluated with a triaxial accelerometer in adults and elderly individuals. *Aging Clin Exp Res* 2013, 25(6):637-643.
 85. 田中千晶, 田中茂穂: 日本人勤労者の日常の身体活動量における歩・走行以外の身体活動の寄与. *体力科学* 2012, 61(4):435-441.
 86. Ploutz-Snyder L, Giamis E, Formikell M, Rosenbaum A: Resistance training reduces susceptibility to eccentric exercise-induced muscle dysfunction in older women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2001, 56(9):B384-390.
 87. Hans H, Luc V, H S, J P: Physical activity and low back pain: A U-shaped relation? *PAIN* 2009, 143:21-25.
 88. Pahor M, Guralnik J, Ambrosius W, Blair S, Bonds D, Church T, Espeland M, Fielding R, Gill T, Groessl E *et al*: Effect of structured physical activity on prevention of major mobility disability in older adults: the LIFE study randomized clinical trial. *JAMA* 2014, 311(23):2387-2396.
 89. Hashimoto M, Yasumura S, Nakano K, Kimura M, Nakamura K, Fujino K, Ito H: [Feasibility study of locomotion training in a home-visit preventive care program]. *Nihon Ronen Igakkai Zasshi* 2012, 49(4):476-482.
 90. Faber M, Bosscher R, Chin A, MJ P, van Wieringen P: Effects of exercise programs on falls and mobility in frail and pre-frail older adults: A multicenter randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2006, 87(7):885-896.
 91. Global recommendations on physical activity for health <https://www.who.int/publications/i/item/global-recommendations-on-physical-activity-for-health>
 92. Miyachi M, Tripette J, Kawakami R, Murakami H: "+10 min of Physical Activity per Day": Japan Is Looking for Efficient but Feasible Recommendations for Its Population. *J Nutr Sci Vitaminol* 2015, 61:7-9.
 93. Healthy Japan 21" final evaluation. https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/kenkou/kenkounipp/on21.html
 94. 平成 26 年度国民基礎調査 <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa14/>
 95. 改訂版『身体活動のメッツ (METs) 表』 <http://www.nibiohn.go.jp/files/2011mets.pdf>
 96. Hasegawa J, Suzuki H, Yamauchi T: Impact of season on the association between muscle

- strength/volume and physical activity among community-dwelling elderly people living in snowy-cold regions. *J Physiol Anthropol* 2018, 37(1):25.
97. Pancani S, Vannetti F, Sofi F, Cecchi F, Pasquini G, Fabbri L, Mosca IE, Macchi C, Mugello Study Working, Group: Association between physical activity and functional and cognitive status in nonagenarians: results from the Mugello study. *Int Psychogeriatr* 2018:1-8.
 98. Aoyagi Y, Park H, Watanabe E, Park S, Shephard R: Habitual physical activity and physical fitness in older Japanese adults: the Nakanojo Study. *Gerontology* 2009, 55(5):523-531.
 99. Kubo K, Ishida Y, Suzuki S, Komuro T, Shirasawa H, Ishiguro N, Shukutani Y, Tsunoda N, Kanehisa H, Fukunaga T: Effects of 6 months of walking training on lower limb muscle and tendon in elderly. *Scand J Med Sci Sports* 2008, 18(1):31-39.
 100. 渋谷孝裕: 地域高齢者の健康づくりにおける1日平均歩数の有用性について. *日本老年医学雑誌* 2007, 44:726-733.
 101. Kraus W, Janz K, Powell K, Campbell W, Jakicic J, Troiano R, Sprow K, Torres A, Piercy K, Physical Activity Guidelines Advisory C: Daily Step Counts for Measuring Physical Activity Exposure and Its Relation to Health. *Med Sci Sports Exerc* 2019, 51(6):1206-1212.
 102. Yamamoto N, Miyazaki H, Shimada M, Nakagawa N, Sawada S, Nishimuta M, Kimura Y, Kawakami R, Nagayama H, Asai H *et al*: Daily step count and all-cause mortality in a sample of Japanese elderly people: a cohort study. *BMC Public Health* 2018, 18(1):540.
 103. Snyder A, Colvin B, Gammack J: Pedometer use increases daily steps and functional status in older adults. *J Am Med Dir Assoc* 2011, 12(8):590-594.
 104. de Vries NM, van Ravensberg C, Hobbelen J, Olde Rikkert M, Staal J, Nijhuis-van der Sanden M: Effects of physical exercise therapy on mobility, physical functioning, physical activity and quality of life in community-dwelling older adults with impaired mobility, physical disability and/or multi-morbidity: a meta-analysis. *Ageing Res Rev* 2012, 11(1):136-149.
 105. 健康づくりのための身体活動基準 2013
<https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple.html>
 106. Yoshihara T, Ozaki H, Nakagata T, Natsume T, Kitada T, Ishihara Y, Deng P, Osawa T, Ishibashi M, Ishijima M *et al*: Effects of a progressive walking program on the risk of developing locomotive syndrome in elderly Japanese people: a single-arm trial. *J Phys Ther Sci* 2018, 30(9):1180-1186.
 107. 平成 28 年度版高齢社会白書 (全体版) <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa16/>
 108. Sasaki E, Ishibashi Y, Tsuda E, Ono A, Yamamoto Y, Inoue R, Takahashi I, Umeda T,

- Nakaji S: Evaluation of locomotive disability using loco-check: a cross-sectional study in the Japanese general population. *J Orthop Sci* 2013, 18(1):121-129.
109. Akahane M, Maeyashiki A, Yoshihara S, Tanaka Y, Imamura T: Relationship Between Difficulties in Daily Activities and Falling: Loco-Check as a Self-Assessment of Fall Risk. *Interact J Med Res* 2016, 5(2):20.
 110. Baumgartner R, Koehler K, Gallagher D, Romero L, Heymsfield S, Ross R, Garry P, Lindeman R: Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol* 1998, 147(8):755-763.
 111. Momoki C, Habu D, Ogura J, Tada A, Hasei A, Sakurai K, Watanabe H: Relationships between sarcopenia and household status and locomotive syndrome in a community-dwelling elderly women in Japan. *Geriatr Gerontol Int* 2017, 17(1):54-60.
 112. Panel on Prevention of Falls in Older Persons American Geriatrics Society British Geriatrics S: Summary of the Updated American Geriatrics Society/British Geriatrics Society clinical practice guideline for prevention of falls in older persons. *J Am Geriatr Soc* 2011, 59(1):148-157.
 113. Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M: Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. *Phys Ther* 2000, 80(9):896-903.
 114. Ganz D, Bao Y, Shekelle P, Rubenstein L: Will my patient fall? *JAMA* 2007, 297(1):77-86.
 115. Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang AG: Statistical power analyses using G*Power 3.1: tests for correlation and regression analyses. *Behav Res Methods* 2009, 41(4):1149-1160.
 116. 水本篤: 研究論文における効果量の報告のために-基礎的概念と注意点. *英語教育研究* 2008, 31:57-66.
 117. Zasadzka E, Borowicz A, Roszak M, Pawlaczyk M: Assessment of the risk of falling with the use of timed up and go test in the elderly with lower extremity osteoarthritis. *Clin Interv Aging* 2015, 10:1289-1298.
 118. Hayashida I, Tanimoto Y, Takahashi Y, Kusabiraki T, Tamaki J: Correlation between muscle strength and muscle mass, and their association with walking speed, in community-dwelling elderly Japanese individuals. *PLoS One* 2014, 9(11):e111810.
 119. Cuoco A, Callahan D, Sayers S, Frontera W, Bean J, Fielding R: Impact of muscle power and force on gait speed in disabled older men and women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2004, 59(11):1200-1206.
 120. Okabe T, Abe Y, Tomita Y, Mizukami S, Kanagae M, Arima K, Nishimura T, Tsujimoto R, Tanaka N, Goto H *et al*: Age-specific risk factors for incident disability in activities of daily living among middle-aged and elderly community-dwelling Japanese women during an 8-9-year follow up: The Hizen-Oshima study. *Geriatr Gerontol Int* 2017, 17(7):1096-

- 1101.
121. 早田剛, 古山喜一, 前川真姫, 宮川健, 飯出一秀, 安田従生, 三浦隆: ロコモ度テストと体力テストの関係. 環太平洋大学研究紀要 2017, 11:191-196.
 122. 山口寿, 金子秀雄, 高野吉朗, 中原雅美, 永井良治, 江口雅彦, 枡田憲亮, 池田拓郎, 岡真一郎, 下田武良: 地域在住高齢者の座位における下肢反応時間と運動機能との関連. 理学療法科学 2017, 32(6):787-791.
 123. Koyano W, Shibata H, Nakazato K, Haga H, Suyama Y: Measurement of competence: reliability and validity of the TMIG Index of Competence. Arch Gerontol Geriatr 1991, 13(2):103-116.
 124. Masse L, Fuemmeler B, Anderson C, Matthews C, Trost S, Catellier D, Treuth M: Accelerometer data reduction: a comparison of four reduction algorithms on select outcome variables. Med Sci Sports Exerc 2005, 37(11 Suppl):S544-554.
 125. Clemes S, Griffiths P: How many days of pedometer monitoring predict monthly ambulatory activity in adults? Med Sci Sports Exerc 2008, 40:1589-1595.
 126. Osuka Y, Yabushita N, Kim M-j, Seino S, Jung S, Ohkubo Y, Nemoto M, Matsuo T, Tanaka K: Cross-sectional analysis of hierarchy of higher-level functional capacity and quantity/intensity of physical activity in older women. Jpn J Phys Fitness Sports Med 2012, 61(3):327-334.
 127. Shinkai S, Watanabe S, Kumagai S, Fujiwara Y, Amano H, Yoshida H, Ishizaki T, Yukawa H, Suzuki T, Shibata H: Walking speed as a good predictor for the onset of functional dependence in a Japanese rural community population. Age Ageing 2000, 29(5):441-446.
 128. Adachi T, Kono Y, Iwatsu K, Shimizu Y, Yamada S: Duration of moderate to vigorous daily activity is negatively associated with slow walking speed independently from step counts in elderly women aged 75 years or over: A cross-sectional study. Arch Gerontol Geriatr 2018, 74:94-99.
 129. Suzuki T: Walking speed as a good predictor for maintenance of I-ADL among the rural community elderly in Japan : A 5-year follow-up study from TMIG-LISA. Geriatr Gerontol Int 2003, 3:6-14.
 130. Nakamoto M, Otsuka R, Yuki A, Nishita Y, Tange C, Tomida M, Kato Y, Ando F, Shimokata H, Suzuki T: Higher gait speed and smaller sway area decrease the risk for decline in higher-level functional capacity among middle-aged and elderly women. Arch Gerontol Geriatr 2015, 61(3):429-436.
 131. 村永信吾, 平野清孝: 2 ステップテストを用いた簡便な歩行能力推定法の開発. 昭和医学会誌 2003, 63(3):301-308.
 132. 石垣智也, 尾川達也, 宮下敏紀, 平田康介, 岸田和也, 知花朝恒, 篠宮健, 市川雄基, 竹村真樹, 松本大輔: 在宅環境での歩行能力評価としての 2 ステップテスト— 信頼性・妥当性の検討および歩行自立に関する基準値の作成—. 理学療法学 2021:11957.

133. Nishimura A, Ito N, Asanuma K, Akeda K, Ogura T, Sudo A: Do exercise habits during middle age affect locomotive syndrome in old age? *Mod Rheumatol* 2018, 28(2):334-338.
134. Lauretani F, Russo CR, Bandinelli S, Bartali B, Cavazzini C, Di Iorio A, Corsi AM, Rantanen T, Guralnik JM, Ferrucci L: Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol* (1985) 2003, 95(5):1851-1860.
135. Ishibashi H: Fall risk and fracture. Locomotive syndrome and fall. *Clin Calcium* 2013, 23(5):669-677.
136. Go SW, Cha YH, Lee JA, Park HS: Association between Sarcopenia, Bone Density, and Health-Related Quality of Life in Korean Men. *Korean J Fam Med* 2013, 34(4):281-288.
137. 大島秀武, 引原有輝, 大河原一憲, 高田和子, 三宅理江子, 海老根直之, 田畑泉, 田中茂穂: 加速度計で求めた「健康づくりのための運動基準 2006」における身体活動の目標値 (23 メッツ・時/週) に相当する歩数. *体力科学* 2012, 61(2): 193-199.
138. Roberts BL: Effects of walking on balance among elders. *Nursing research* 1989, 38(3):180-182.
139. 島田裕之, 内山靖: 高齢者に対する 3 ヶ月間の異なる運動が静的・動的姿勢バランス機能に及ぼす影響. *理学療法学* 2001, 28(2):38-46.
140. Tainaka K, Aoki J: Fitness-Related Factors Associated with Changes in Walking Speed in Elderly Women. *Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine* 2002, 51(2):245-251.
141. 中原凱文, 北川淳, 樋口雄三: 高齢者の歩行速度に関する検討. *デサントスポーツ科学* 1995, 16:160-170.