

博 士 論 文

地域在住高齢者の下肢機能の向上に有効な
運動プログラムに関する検討
— 歩数計を活用した身体活動促進の提案 —

平成 28 年度

筑波大学大学院

人間総合科学研究科 体育科学専攻

神藤 隆志

目次

第Ⅰ章 序論	1
第1節 背景.....	1
第2節 目的.....	4
第3節 用語の定義.....	5
第Ⅱ章 文献研究	10
第1節 身体機能, 下肢機能とライフイベントの関連に関する研究	10
第2節 下肢機能の測定法に関する研究.....	11
第3節 運動プログラムに関する研究	12
第4節 運動プログラムの効果と関連する要因に関する研究	22
第5節 スクエアステップ (square-stepping exercise) に関する研究.....	26
第Ⅲ章 検討手順	32
第1節 研究課題の設定.....	32
第2節 研究の限界.....	34
第Ⅳ章 方法	40
第1節 調査項目.....	40
第2節 運動教室.....	42
第Ⅴ章 課題1：運動教室実施期間中の身体活動量の減少が下肢機能への効果に及ぼす影響.....	44
第1節 緒言	44
第2節 方法.....	45
第3節 結果.....	47
第4節 考察.....	54

目 次

第5節 要約.....	55
第VI章 課題2－1：運動教室実施期間中の歩数計着用が下肢機能への効果に与える影響.....	56
第1節 緒言.....	56
第2節 方法.....	56
第3節 結果.....	60
第4節 考察.....	65
第5節 要約.....	66
第VII章 課題2－2：運動教室実施期間中の歩数計着用と目標設定の組み合わせによる 身体活動促進が下肢機能への効果に与える影響.....	67
第1節 緒言.....	67
第2節 方法.....	68
第3節 結果.....	74
第4節 考察.....	82
第5節 要約.....	84
第VIII章 総合討論.....	85
第1節 本研究と先行研究との比較－本研究の新規性－.....	85
第2節 地域で行われる運動プログラムへの知見の適用.....	90
第3節 今後の課題.....	93
第IX章 総括.....	95
結論.....	97
謝辞.....	98
参考文献.....	99
関連論文.....	112

第 I 章 序論

第 1 節 背景

1. 研究の動向

世界的な高齢化が進展しており、今後も高齢者人口の増加と平均寿命の延伸が予想されている¹⁾。このような社会においては、高齢者が介護を必要とせず自立した生活を営むことができる期間、すなわち健康寿命を延伸させることが重要である。高齢者の介護予防においては、転倒発生や日常生活動作の障害などの重大なライフイベント発生を未然に防ぐことが求められる。

わが国のみならず世界各国で、身体機能水準から高齢期における負のライフイベント発生を予測する研究が行われている²⁻⁶⁾。それらの研究から、身体機能のうち下肢機能は上肢機能と比べてライフイベント発生との関連が強く^{2,3,5)}、不良な下肢機能は高齢者の将来的な日常生活動作障害^{3,4)}、転倒発生^{5,6)}、要介護状態²⁾を予測することが明らかとなっている。これらを受けて、高齢期におけるライフイベントの予防のために、筋力増強運動⁷⁾やバランス運動⁸⁾、有酸素運動⁹⁾などの下肢機能の向上を目的とした運動プログラムが数多く行われている。近年では、ステップ運動の下肢機能向上および転倒予防に対する効果も報告されている¹⁰⁾。

様々な運動プログラムの下肢機能への効果が認められている一方で、全ての運動プログラムが効果を上げられるわけではないことも報告されている。その理由の一つとして、運動プログラムの実施頻度が挙げられており、週 1 回の実施頻度では身体機能への効果が認められなかったという報告がある^{11,12)}。しかしながら、わが国で行われている運動プログラムの多くは週 1, 2 回の実施頻度で行われており^{13,14)}、実施頻度を増やすことは、参加者である高齢者自身と運動プログラムを実施する自治体などの負

担が増大するため困難である。運動プログラムの実施頻度を増やすことなく、効果を上
げやすいプログラムを提供するためには、運動プログラム実施期間中に、参加者が運動
教室内だけでなく、日常生活においても身体活動量を維持あるいは向上させることが
重要だと考えられる。

しかし、運動プログラム実施期間中の身体活動量に関して、高齢者が運動プログラム
に参加することで、運動実践による疲労あるいは運動実践に備えて身体活動を抑制す
るために、日常生活の身体活動量が代償的に減少することが報告されている^{15,16)}。こ
のような運動実践による身体活動量の代償的な減少が起こるか否かを検討した報告は
少なく¹⁷⁻¹⁹⁾、身体活動量の減少が運動プログラムの下肢機能への効果に影響するかを
検討した報告は見当たらない。また、身体活動量の減少が下肢機能への効果に影響を及
ぼすことが明らかとなった場合、身体活動量を維持するための対策を講じる必要があ
る。身体活動を促進する技法には様々な種類があり²⁰⁾、専門知識が必要であるものも
多い。一方、身体活動を促進する簡便なツールとして歩数計がある。歩数計は着用する
ことで身体活動の動機づけにつながり、身体活動量向上に効果があることが明らかと
なっている²¹⁾。さらに、歩数計は目標設定やセルフモニタリングなどの技法を組み合
わせやすく、それらを組み合わせることで身体活動量向上の効果が得られやすくなる
可能性があることも示されている²²⁾。

スクエアステップ (square-stepping exercise)²³⁾は、下肢機能の向上に有効な運動
の一つであり、地域の運動プログラムの主運動課題として用いられている^{24,25)}。この
運動は、横幅 100 cm 奥行き 250 cm の面を 25 cm 四方の升目 (スクエア) で区切った
マットを使用し、前進・後退・左右・斜め方向への連続移動を伴うステップ運動である。
スクエアステップの効果としては、下肢を中心とした身体機能および認知機能の向上^{23,26)}、転倒発生リスクの軽減^{27,28)}などが報告されている。介護予防運動として普及が進
んでいるスクエアステップを主運動課題とした運動プログラムにおいて、高齢者が運
動教室に来た時だけでなく日常生活においても活動的に過ごすことの意義を示し、歩

数計を活用した身体活動促進を組み合わせることの効果を明らかにできれば、より多くの高齢者が健康効果を得るための有意義な知見となることが期待できる。

2. 着想に至った経緯

著者の所属する研究室では、自治体が主催する高齢者を対象とした介護予防運動教室（運動プログラム）に協力する形で運動指導を行っている。その運動教室の指導に携わる中で、参加者（高齢者）の中には身体機能への効果を得られにくい者がいることを知った。そのような高齢者は運動プログラム終了後の運動継続率が良好ではない可能性が高い。一方、身体機能の向上により、「日常生活において活力を取り戻した」などの声も聴いてきた。これらのことから、地域で行う運動プログラムに求められるものとは、より多くの高齢者にとって確かな効果が得られることであると感じた。自治体が主催する運動教室の頻度や期間を変更することは容易ではない。そこで、週 1 回の運動教室への参加に加えて、運動教室外においても身体活動量を維持、向上させることができれば介護予防効果をさらに高めることができるのではないかと考え、このような着想に至った。

3. 研究の意義

今後、わが国では介護予防事業に費やすことができる人的・経済的資源が不足していくと予想される。このような状況においては、より多くの高齢者が効率的に介護予防効果を得られる運動プログラムを考案し、広めていくことが重要である。これまで、身体機能向上の効果を確実に上げられるプログラムを行うために、運動の種類や実施頻度、運動プログラム前の対象者の特徴などの影響を検討する研究が多く行われてきた。しかし、地域で行われる運動プログラムの内容や実施頻度を変えることは難しく、効果を

第 I 章 序論

得られにくい対象者に対する具体的な対応策も報告されていない。一方、運動プログラム実施期間中の身体活動量は下肢機能への効果に影響を与える可能性があるが、これまで十分に検討されていない。身体活動量は客観的に評価が可能であり、身体活動促進技法を用いることで維持あるいは向上させることができる。運動プログラム実施期間中の身体活動量が下肢機能に与える影響を明らかにし、歩数計を活用した身体活動促進という一般化可能な対応策を提案することで、効果を上げやすい運動プログラムの実施に寄与すると考えられる。

また、運動プログラムで得られた効果を維持するためには、運動プログラム終了後の運動継続あるいは身体活動量維持が必要である²⁹⁾。高齢者が運動プログラム終了後に向上した身体機能を活かして活動的な生活を送ることで、さらなる介護予防効果を得るといった好循環が生まれる。本研究で用いるスクエアステップは、自主的な運動サークルの主運動課題としても普及が進んでおり^{30,31)}、運動プログラム終了後も継続実践が可能である。継続性に優れるスクエアステップと身体活動促進を組み合わせた運動プログラムは、地域在住高齢者を活動的な生活習慣に転換させる介護予防のモデルとなりうる。

第 2 節 目的

地域在住高齢者を対象とした介護予防運動プログラムの下肢機能への効果に対して、運動プログラム実施期間中の身体活動量の減少が与える影響を明らかにする。そして、運動プログラム実施期間中に歩数計を活用した身体活動を促進する技法を用いることで、下肢機能にもたらされる効果に違いがみられるか否かを検討する。本研究の目的は、高齢者の下肢機能向上に有効な運動プログラムを実施するために、運動プログラム実施期間中の歩数計を活用した身体活動促進の有用性を検討することである。

第 3 節 用語の定義

1. ライフイベント

人の生涯においては、日常生活の送り方や生活の質に対して強い影響を及ぼす重大な出来事があり、それらはライフイベントと呼ばれている。ライフイベントには健康に関することや結婚や離婚などの家族関係に関すること、就職や退職などの経済や仕事に関するものなどがある。

高齢期においては、生活の質に悪影響を及ぼすライフイベントが起こりやすい。本研究では、高齢期における主なライフイベントとして挙げられている自身の病気やけが、心身機能の低下、失業、家族との死別など³²⁾のうち「身体機能」に関連する部分を「ライフイベント」と定義した。身体機能に関連する主なライフイベントには、加齢による身体機能の低下や日常生活動作障害、転倒発生などがあり、これらのライフイベント発生は生活の質の低下を招き、自立した生活を営むことを困難にさせる可能性がある。

2. 身体機能

本研究では、高齢者が自立して日常生活を営むための身体の働きを「身体機能 (physical function)」と定義する (Fig. I -1)。高齢期における自立した日常生活には、日常生活動作 (activity of daily living: ADL)³³⁾と呼ばれる家庭における身の回りの動作 (self-care) だけでなく、屋外での歩行や家事、仕事や余暇までを含む生活関連動作 (activities parallel to daily living: APDL)³⁴⁾を支障なく行うことが必要である^{35,36)}。Bouchard et al³⁷⁾は高齢者における身体機能の基礎的な構成要素をまとめており、「筋力 (muscle strength)」、「平衡性 (balance)」、「協応性 (coordination)」、「柔軟性 (flexibility)」、「持久性 (endurance)」を挙げている。

また金ら³⁸⁾は高齢者の日常生活動作の構成要素を、「全身の移動」、「上肢の操作」、「手指の操作」、「起立・姿勢変換」に分類している。これらの動作は上述の身体機能の基礎的な構成要素が複合的に発揮されるため³⁹⁾、その構成要素の呼称は上述の 5 つよりもさらに多くなる。

高齢者の身体機能と同義で扱われる用語として「体力（生活体力）」があり、種田ら⁴⁰⁾は高齢者の生活体力を「機能的に自立して日常生活を円滑に過ごすための身体的動作能力」と定義している。高齢者を対象とした場合、身体機能と体力は同義で扱われることが多いため³⁵⁾、本研究では「身体機能」に統一して記載することとした。

本研究では、身体パフォーマンステストや質問紙調査票の測定調査結果により評価される機能の総称を「身体機能」とした。

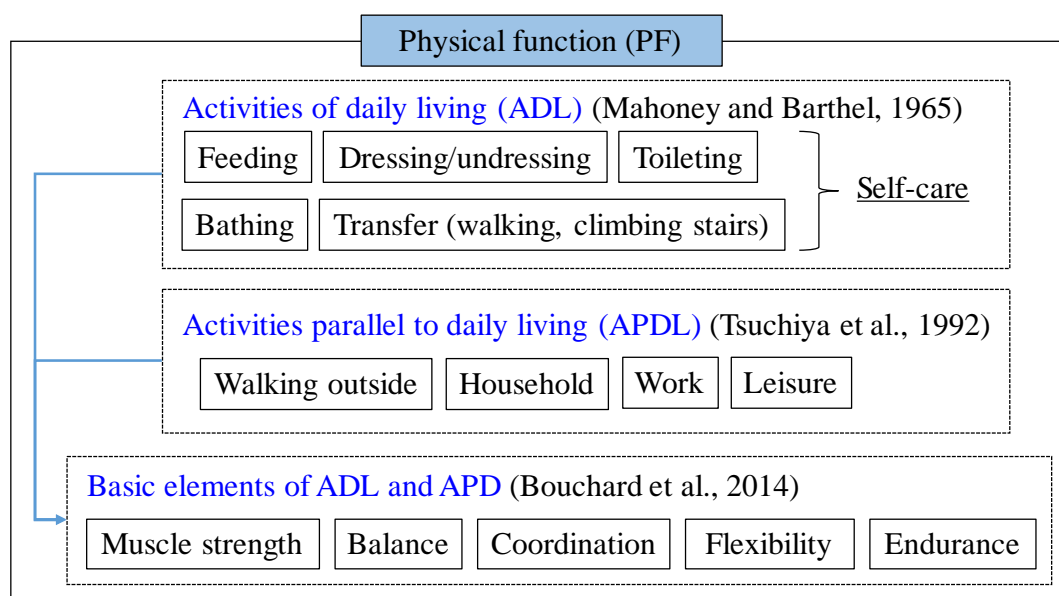


Fig. I -1. Summary of physical function in older adults

3. 下肢機能

高齢者における下肢機能（lower-extremity physical function）とは、身体のうち脚部（下肢）の働きを指す。

高齢者の身体機能の評価に用いられる身体パフォーマンステストは、身体機能のうち複数の構成要素を用いて遂行される³⁹⁾。すなわち、身体パフォーマンステストに関する単一の身体機能要素を解釈することは困難である⁴¹⁾。そこで本研究では、各身体パフォーマンステストが主に評価している身体機能要素について、先行研究^{25,42,43)}を参考に定義することとした。本研究で用いた下肢機能測定項目は、開眼片足立ち時間、5 回椅子立ち上がり時間、5 m 通常歩行時間、timed up and go、全身選択反応時間、6 分間歩行距離の 6 項目であり、開眼片足立ち時間は平衡性、5 回椅子立ち上がり時間は筋力、5 m 通常歩行時間は歩行能力、timed up and go は起居移動能力、全身選択反応時間は反応性、6 分間歩行距離は全身持久力と定義した（Table. I -1）。本研究でこれらの下肢機能測定項目を用いた理由は、日常生活動作との関連が報告されており^{33,44)}、将来の転倒^{5,6)}や日常生活動作障害^{3,4)}の発生と関連することが報告されているためである。なお、それぞれの下肢機能測定項目と日常生活動作およびライフイベントの関連については、「第 II 章文献研究」にて詳細に述べる。

LEPF items	Main element	Basic elements of physical function (Bouchard et al., 2014)
Single-leg balance with eyes open	Balance	<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px;"> Muscle strength Balance Coordination Flexibility Endurance </div>
5 repetition sit-to-stand	Muscle strength	
5 m habitual walk	Walking ability	
Timed up and go	Mobility	
Choice stepping reaction time	Reaction	
6-m walk	Endurance power	

LEPF: lower-extremity physical function

Table I -1. Main element of lower-extremity physical function items

4. 運動プログラム，運動教室

本研究では，高齢者の身体機能あるいは身体活動量の向上を目的として提供される運動の総称を「運動プログラム」と定義した。わが国の地域在住高齢者を対象とした運動プログラムは身体機能の向上を目的として行われており，身体機能の向上によって高齢者の生活の質を高めることを最終的な目的としている¹³⁾。

運動プログラムは，「運動教室型」と「日常生活型」に大別される^{18,19)}。運動教室型は公民館や保健センターなどの施設に集まって行われ，集団指導で行われることが多い。日常生活型は運動の内容を高齢者に伝え，各自が日常生活において個別に実践するというものである。本博士論文では，高齢者を対象とした運動プログラムとして運動教室を開催した。そのため，運動教室についてのみ述べる際は「運動教室」と記し，運動教室と身体活動促進を組み合わせたプログラムについて述べる際には，「運動プログラム」と記すこととした。また先行研究の引用に際し，「運動教室型」と「日常生活型」を区別せずに論を展開する場合においては「運動プログラム」と記載することとした。

5. 身体活動量

本研究では，歩数計を用いて測定された日常生活の歩数を身体活動量とした。身体活動量は，Caspersen et al⁴⁵⁾によって「身体を動かすことによって骨格筋が消費するエネルギー量」と定義されている。これを厳密に測定する場合，呼気ガス分析器や二重標識水法などが用いられる。一方，公衆衛生勧告や特定保健指導などにおいては，行動変容を支援するために「歩」や「分」という単位を用いて身体活動量を定量化している。その測定方法には，歩数計・加速度計法，身体活動記録・身体活動ログ，質問紙法などがある。歩数計はセルフモニタリングと身体活動量の評価を同時に行うことができ，使用が簡便であるため地域の一般的な運動プログラムにおいて使用が可能である。

歩数計は、課題 1 と課題 2-2 ではウォーキングスタイル HJ-710IT (オムロン社製) を用い、課題 2-2 ではライフコーダ GS (スズケン社製) を用いた。歩数計が歩数を感知する仕組みには「振り子式」と「加速度センサ式」に大別される⁴⁶⁾。振り子式は歩数計内の振り子が歩いた振動に応じて上下に動き、電気回路を開閉することを利用して歩数をカウントしている。加速度センサ式は、一定時間当たりの速度変化を計測し、機種独自のアルゴリズムに基づき歩数を計測している。本研究で用いたウォーキングスタイル HJ-710IT とライフコーダ GS はいずれも一軸の加速度計を搭載した加速度センサ式の歩数計であり、加速度センサ式は振り子式に比べて測定精度が高いことが報告されている⁴⁷⁾。

ウォーキングスタイル HJ-710IT はデータを記録できる日数が 7 日間であったため、毎回の運動教室の時間内にデータの抽出を行った。そのため、課題 1 と課題 2-1 の身体活動量は、運動教室内の身体活動量を含まない。ライフコーダ GS は 200 日間のデータを記録することができるため、運動教室内ではデータ抽出を行わず、参加者にそのまま着用させた。データ記録可能期間がライフコーダ GS の方が長かったため、課題 1、課題 2-1 の後に実施した課題 2-2 においてはライフコーダ GS を用いることとした。なお、ウォーキングスタイル HJ-710IT とライフコーダ EX (ライフコーダ GS の旧モデル) で測定された歩数には違いが見られないことが報告されている⁴⁸⁾。

第Ⅱ章 文献研究

第1節 身体機能、下肢機能とライフイベントの関連に関する研究

加齢により身体機能は低下し⁴⁹⁾、その個人差は加齢に伴い大きくなる⁵⁰⁾。このような身体機能の低下は、高齢期におけるライフイベントと関連することが知られている。

Shinkai et al.²⁾は6年間の縦断研究を行い、高齢者における身体機能の代表的指標である握力、開眼片足立ち時間、歩行速度は将来の日常生活動作の要介護状態を予測することを明らかにしている。さらに、それらの身体機能のうち、65歳から74歳の前期高齢者では最大歩行速度、75歳以上の後期高齢者では通常歩行速度による予測精度が高かったと報告している。Suzuki et al.³⁾は5年間の縦断研究から、手段的日常生活動作を維持していた群はそうでない群と比べてベースラインの握力、開眼片足立ち時間、歩行速度が良好な値であり、ステップワイズ法によるロジスティック回帰分析では歩行速度が手段的日常生活動作の予測因子として採択されたことを報告している。また、Guralnik et al.⁴⁾は4年間の縦断研究を行い、ベースラインの歩行時間、タンデムバランス、椅子立ち上がり時間は、将来の移動機能障害と日常生活動作障害の予測因子となることを報告している。

身体機能と転倒発生との関連も報告されている。Moreland et al.⁵⁾は低筋力と転倒の関連についてメタアナリシスを行い、低筋力は転倒のリスク要因となることを明らかにしている。さらに、下肢と上肢筋力の転倒発生に対するオッズ比を比べると下肢筋力において高いことを示している。反応時間に着目したLord et al.⁶⁾の報告では、選択反応時間は過去1年間の転倒発生を精度よく判別する指標であることが示されている。鈴木ら⁵¹⁾は転倒の内的因子をまとめており、筋力、平衡性、筋持久力の低下や反応時間の延長が歩行能力の低下をもたらし、転倒を誘発することを示している。

以上の先行研究より、身体機能のうち特に下肢機能は高齢者のライフイベントと強

く関連することが明らかとなっている。そこで本研究では、高齢期におけるライフイベントの予防という観点から、下肢機能の向上を目的とした運動プログラムについて検討することとした。

第2節 下肢機能の測定法に関する研究

前述の通り、歩行能力は様々なライフイベントの予測因子となる^{2,3)}。加えて、平衡性や筋力、反応性などの様々な要素が、それぞれ転倒発生や日常生活動作の障害などの予測因子となることが明らかとなっている⁴⁻⁶⁾。そのため、下肢機能は単一の評価指標ではなく、複数の指標を用いて多角的に評価することが望ましいと考えられる。また、高齢者の身体機能（下肢機能）の測定をおこなう際には、日常生活動作を反映する測定が望ましいとされている³⁸⁾。日常生活動作の代表的な評価尺度である Barthel index³⁹⁾では、日常生活動作の主要素を①食事（feeding）、②車椅子からベッドへの移乗（moving from wheelchair to bed and return）、③整容（personal toilet）、④トイレ動作（getting on and off toilet）、⑤入浴（bathing self）、⑥歩行（walking on level surface）、⑦階段昇降（ascend and descend stairs）、⑧着替え（dressing）、⑨排便コントロール（controlling bowels）、⑩排尿コントロール（controlling bladder）に分類している。地域で自立した生活を営む高齢者においては、主に⑥歩行（walking on level surface）や⑦階段昇降（ascend and descend stairs）に関連する下肢機能を向上させることで、活動的な生活への転換につながり、将来的な要介護化の予防になると考えられる。

下肢機能の評価のうち日常生活動作に近い測定としては、歩行時間あるいは速度^{2,3)}、椅子からの立ち上がり時間⁵²⁾、それらの2つの評価の動作と転回の動作を組み合わせた timed up and go⁵³⁾などの測定がある。これらの測定は特別な測定機器を必要とせず、地域のフィールド調査で広く用いられている。加齢による低下が顕著である平衡性

の評価としては、フィールドで用いられる方法は開眼あるいは閉眼片足立ち時間⁵⁴⁾やタンデムバランステスト⁴⁾などがあり、測定機器を使用する項目としては重心動揺検査⁵⁵⁾がある。反応性は、単一の刺激に反応する単純反応時間と、複数の課題に反応する選択反応時間⁶⁾の測定がある。選択反応時間は単純反応時間に比べて、早期から加齢による低下がみられると報告されている⁵⁶⁾。全身持久力の評価としては、最大酸素摂取量が有名な指標であるが、フィールド調査においては特別な機器を必要としない6分間歩行距離⁵⁷⁾の測定がよく行われている。

本研究では下肢機能の評価項目として、フィールド調査で実施可能な開眼片足立ち時間（平衡性）、5回椅子立ち上がり時間（筋力）、timed up and go（起居移動能力）、5m通常歩行時間（歩行能力）、全身選択反応時間（反応性）、6分間歩行距離（全身持久力）を用いることとした。

第3節 運動プログラムに関する研究

1. 下肢機能の向上を目的とした運動プログラム

（1）高齢者を対象とした運動プログラムの特徴

高齢者の下肢機能向上を目的とした運動プログラムの代表的な例として、筋力増強運動、バランス運動、有酸素運動があり、それぞれ多数の研究が行われている。それらの運動プログラムにおける、高齢者を対象とした場合と若年者を対象とした場合の実践方法の大きな違いは運動強度の設定の仕方にある。若年者では、運動強度はMETsを用いて評価されたり設定されたりすることが多いが、高齢者では身体機能水準の個人差が大きくなることから、主観的運動強度のスケールを用いて判断し、個人の体力に合った活動を行うことが望ましいとされている⁵⁸⁾。高齢者の運動プログラムは、対象者の身体機能を個別に評価し、プログラムを個別処方した場合に、より大きな効果が得

られることが報告されている⁵⁹⁾。

集団指導においても個別処方に近い形での運動実践を可能にする方法として自己裁量型の実践方法がある^{60,61)}。これは各自に合った頻度，強度で実践する方法であり，運動継続への意欲を高めることにもつながるとされている⁶¹⁾。このような自己裁量型の実践方法は，筋力増強運動，ウォーキングなど様々な運動に適用可能であるが⁶⁰⁾，この実践方法は参加者自身による安全や体調の管理が可能な場合に適用できる。

（２）筋力増強運動

筋力増強運動は効果が表れやすいことから，高齢者を対象とした運動で広く用いられている¹³⁾。その効果に関して，Liu et al.⁷⁾が下肢筋力増強運動を行ったランダム化比較試験のメタアナリシスを実施しており，下肢筋力の向上が認められ，歩行速度や椅子からの立ち上がりなどに対しても効果が認められたことを報告している。

（３）バランス運動

バランス運動に関して，Howe et al.⁶²⁾はバランスの向上を目的とした様々な運動プログラムの効果をまとめており，介入直後にはバランスの向上が認められたが，追跡調査時には効果が消失していたと報告している。また，Lesinski et al.⁸⁾はバランス運動の適切な期間や頻度についてメタアナリシスを用いて検討しており，期間は11週間から12週間，頻度は週3回，時間は30分から45分がバランスの向上に望ましいことを明らかにしている。

（４）有酸素運動

有酸素運動は，主な運動種目としてウォーキングが用いられており，その他にジョギング，サイクリング，階段昇降，ダンス，太極拳などが用いられている⁹⁾。その効果として，高齢者の最大酸素摂取量の向上に有効であり，特に最大酸素摂取量の60%から

70%の強度、20 週間以上の期間行った場合に、より効果が大きいことが明らかとなっている。また、ウォーキングは全身持久力以外の身体機能への効果も認められている。Rooks et al.⁶⁰⁾は各自のペースで行なう自己裁量型の実践方法によるウォーキングの効果を検討している。具体的な実践方法は、ウォーキングの実践時間は全ての参加者で同じとして、歩く速さは各参加者に委ねている。10 ヶ月間の介入終了後、開眼片足立ち時間、タンデムバランス、タンデム歩行時間、反応時間、階段昇降時間への効果を認めている。

一方、ウォーキングによって転倒発生が増加するという報告もなされている⁶³⁻⁶⁵⁾。その理由として、歩行時間が長くなることで転倒発生の機会が増えること、転倒予防に最も効果的であるバランス運動を行う時間がウォーキングの実践に充てられてしまうことなどが挙げられている⁶³⁾。大久保ら⁶⁶⁾は、ウォーキングと転倒発生の関連について、下肢機能を含む転倒リスクの保有数別に検討し、転倒リスクを多く保有しているものはウォーキング実践により転倒発生が多くなっている可能性を示唆している。これらのことから、ウォーキングを中心とした身体活動を促進するプログラムを実施する場合には、転倒予防の側面を含めるべきだと述べている報告もある⁶⁷⁾。近年では、ステップ運動の下肢機能および転倒予防に対する効果について、レビューとメタアナリシスが実施されており、刺激反応および自発的なステップ運動の介入は反応時間、歩行能力、平衡性を改善し、転倒発生を 50%低減させたことが報告されている¹⁰⁾。

(5) 歩数計を活用した運動プログラム

歩数計を活用して身体活動量を増加させることで、下肢機能の向上を目指した運動プログラムがいくつかある。Richeson et al.⁶⁸⁾は、身体活動を促進するために個別および集団のカウンセリングを行うことに加えて、日常生活において歩数計を着用させて目標設定を行うプログラムを 12 週間にわたって行った。目標設定は、1 ヶ月目はベースラインと比べて 1 日当たりの歩数を 5%増やすこととし、その後は毎月目標設定を個

別に見直すという方法で行われている。この 12 週間のプログラムによって、平衡性、下肢筋力、歩行能力の総合的評価指標である short physical performance battery⁵²⁾の得点が有意に向上したことを確認している。Snyder et al.⁶⁹⁾も同様に歩数計を活用して、1 日当たりの歩数を 1 週間に 5% ずつ増やすという目標設定を 4 週間にわたって行い、その下肢機能への効果を検討している。その結果、平衡性、起居移動能力、全身持久力の向上を認めている。山田ら⁷⁰⁾は要支援高齢者を対象に 6 ヶ月間の歩数計着用と目標設定、フィードバックを組み合わせたプログラムを行っている。目標歩数は各対象者において毎月 10% ずつ増やしていき、最終的にベースラインから 60% の増加を目指している。その結果、歩数は有意に増加し、歩行能力、起居移動能力、動的平衡性、さらに四肢筋量が向上したことを確認している。

以上の通り、歩数計を活用して身体活動量を向上させることで、下肢機能を向上できることが示唆されている。これらの運動プログラムは運動教室型ではなく日常生活型のプログラムで行われており、特定の運動課題を行う運動教室型のプログラムと歩数計着用を組み合わせることで下肢機能への効果を検討した報告は見当たらない。

2. 身体活動量の向上を目的とした運動プログラム

身体機能の低下を防ぐために、積極的な身体活動の実践が有効であることは多数の研究によって示されている。Patersen and Warburn⁷¹⁾によるシステマティックレビューでは、身体活動量が中水準（通常速度の歩行やガーデニングを 1 日 30 分以上、週 3 日から 5 日実践）以上の群において約 7 年後の日常生活動作や手段的日常生活動作の障害を発症するリスクが 50% 程度低いことをまとめている。わが国の研究では、Aoyagi et al.⁷²⁾によって身体活動量と歩行速度、膝伸展筋力が有意に関連することが示されている。この報告では、身体活動量と歩行速度の関連は 1 日約 7 千歩から 8 千歩、3 メッツ以上の身体活動を 1 日約 15 分から 20 分の実践までは正の相関を示し、それを超

えると関連性が見られなくなることを明らかにしている。このように身体活動量を高く保つことは良好な下肢機能を維持するために有効であり、身体活動量を向上させる運動プログラムが多数行われている²⁰⁾。

(1) 身体活動促進のための行動変容技法に関する研究

行動変容技法は人の身体活動や食行動などを良好な状態に変化させるために生み出されたものであり、その技法には様々なものがある²⁰⁾ (Table II-1)。行動変容技法は学習理論や意思決定理論、行動選択理論、社会的認知理論、生態学モデル、逆戻り予防モデルなどの心理学的理論やモデルに基づいて行われることが多く⁷³⁾、そのような理論やモデルを用いた介入はそうでない介入と比べて効果が大きいことが報告されている²⁰⁾。原田⁷⁴⁾は身体活動促進に関する心理学研究の動向を総説論文にまとめており、当該研究は1990年頃から発展し始め、近年では有効な行動変容技法が見出されつつあることを報告している。その総説論文の中で、行動変容技法はセルフモニタリングに加えて、4つの自己調整に関する技法（意図を形成すること、具体的な目標設定を行うこと、行動のフィードバックを行うこと、目標の達成状況を確認すること）のうち少なくとも1つを行うことが有効である⁷⁵⁾とまとめている。

行動変容技法で有効性が認められている目標設定は、運動心理学においても動機づけを高める方法として重要な役割を果たすものとして挙げられている⁷⁶⁾。目標は最終的な理想の目標、短期的な現実の目標、その間に中間目標を設定することが望ましく、明確かつ具体的に目標が提示された場合に効果的であることが示されている⁷⁶⁾。また、セルフモニタリングや目標設定、フィードバックなどの技法は、組織や個人の活動の継続的な発展を目指すPDSAサイクル(plan-do-study-act cycle)⁷⁷⁾という考え方にも共通している。PDSAサイクルは、企業の生産管理や品質管理などの管理業務を円滑に進める技法として生み出されたPDCAサイクル(plan-do-check-act cycle)を改良したものであり、現在では企業をはじめ教育現場などで広く用いられて

いる。

以上より、目標設定などの技法は様々な分野で用いられており、その有効性が認められていることが分かる。本研究では、身体活動促進で用いられることが一般的となっている行動変容技法を参考にし、身体活動促進の効果を上げやすいセルフモニタリング、目標設定、フィードバック⁷⁵⁾を用いて身体活動促進を行うこととした。

Table II-1. Definitions of behavior change techniques²⁰⁾

Variable	Definition
Barriers management	The intervention encourages participants to develop ways to overcome specific barriers that prevent them from engaging in PA. The report must specifically say “barriers management.”
Behavioral target	Whether intervention targeted only PA behavior or PA behavior and another health behavior (e.g., diet, medication adherence).
Behavioral-type intervention components	Interventions that engage participants to actively change physical behaviors.
Cognitive-type intervention components	Interventions that facilitate a change in cognitive processes, attitudes, or beliefs.
Counseling	The intervention must involve face-to-face or mediated (e.g., telephone) verbal interaction between the interventionist/provider and participant.
Disease education	Education may include topics such as disease education, symptom management, PA benefits related to chronic diseases, interaction of PA and disease, self-management strategies; safety and PA. The primary focus of the education is centered around disease management and disease education.
Feedback	Participants are given visual or verbal feedback based on (a) a comparison to a group of similar individuals, (b) past performance data and, (c) nationally recommended amounts of PA.
Goal setting by the interventionist	PA behavior goals are set by the provider/interventionist/research staff or through pre-determined study protocols.
Goal setting by the participant	The participant/patient sets the PA behavior goals that he/she wants to achieve.
Health education	Education may include topics related to staying healthy and maintaining function, PA benefits related to health promotion and illness prevention. The primary focus of the education is to stay healthy and free from chronic illnesses.
Motivational-type intervention	Interventions that promoted independent PA behavior change, without observed and verified exercise dose by the interventionist/researcher.
Problem solving	The participant/patient is prompted by the provider or interventionist to identify general problems and strategies to address these issues to PA behavior
Prompting	Prompting may include telephone calls, text messages, emails, calendars, reminder cues in the environment. The intervention must state that these are used to “prompt” participants.
Referral to community resources	Examples of community resources would include: Community centers, senior centers, gyms that may serve as places where the participant may engage in PA behavior. This item does not require referral to a specific exercise program.
Role modeling	This item entails involvement of an individual similar to the participant. This individual may model PA behavior for the participant. The intent of this intervention may be to motivate or increase the confidence of the subjects to perform PA behaviors.
Self-efficacy enhancement	The intervention intent is stated to “enhance,” “improve,” or “increase” self-efficacy. The study must state “self-efficacy” as either an intervention target or a theoretical construct. There may be a measure for exercise self-efficacy at outcome.
Self-monitoring	Participants are asked to keep track of their PA behavior. This may occur through different tools that are provided for the entire length of the intervention such as a pedometer, activity log/diary, calendar.
Supervised exercise intervention	Interventions that required observed and verified exercise dose by the interventionist/researcher.
Note: PA=physical activity.	

(2) 行動変容技法を用いた運動プログラム

Stewart et al.⁷⁸⁾は行動変容技法を用いた「CHAMPS II」という身体活動促進プログラムについて無作為化比較試験により効果を検討している。このプログラムは、中等度の身体活動を毎日 30 分以上ほぼ毎日実践することを目標として 1 年間行われ、参加者は介入スタッフのサポートを受けながら、身体活動量向上のための個別プログラムを作成した。また、身体活動に取り組むための情報や機会の提供が個別プラン作成セッション、グループ活動セッション、身体活動日誌、スタッフからの電話、月刊の情報誌、機能評価の場面で行われた。その結果、介入群においてのみ介入後に身体活動量の向上が認められ、個別プログラムの作成を中心とした行動変容技法の有効性を明らかにした。この介入で用いられた行動変容技法を Table II-1 と照らし合わせると、目標設定は“goal setting by the interventionist (介入者による目標設定)”，参加者自身による個別プログラム作成は“behavioral target (行動のターゲット)”あるいは“goal setting by the participant”，グループ活動は“supervised exercise intervention (監視型運動介入)”，身体活動日誌は“self-monitoring (セルフモニタリング)”，スタッフからの電話は“counseling (カウンセリング)”，月刊の情報誌は“health education (健康教育)”もしくは“motivational-type intervention (動機づけ介入)”，機能評価は“feedback (フィードバック)”にそれぞれ対応すると考えられる。これらの数多くの行動変容技法を適用するには、専門知識を持つスタッフを含む、非常に多くの人的、経済的資源が必要となると推察される。

(3) 歩数計

歩数計は身体活動促進に有効であり²¹⁾、使用が簡便なツールである。歩数計を着用することでセルフモニタリングを行うことができ、歩数による身体活動量評価や目標設定を実施することも可能である。歩数計着用の効果をまとめたシステマティックレビュー²¹⁾によれば、歩数計着用は身体活動量の向上に有効であることを述べられている。Marion et al.⁷⁹⁾は行動変容技法とそれに歩数計を加えた介入の身体活動量への効果を比較しており、歩数計着用による効果の増大は認められなかったが、研究からの脱落は歩数計を着用することで少なかった可能性があることを報告している。一方、Petersen et al.²²⁾は、歩数計着用と目標設定、目標設定に関する情報を含んだ冊子の配布の効果を検討している。目標設定は、1日当たり1万歩を歩くことの健康利益を教示し、その後各自に合った目標を設定するという手順で行っている。3ヵ月間の介入の結果、若年者では変化が見られなかったが、高齢者では日常生活の歩行時間が増加したと報告している。また、Kolt et al.⁸⁰⁾は、歩数計の着用に加えて、個人に合った目標設定（例：歩数を増やす、何か身体活動を始める）を併せて行うことで、歩行時間の増加が認められたことを報告している。

わが国では、奥野ら⁸¹⁾が運動教室型で行う運動プログラムと歩数計を用いた目標歩数設定の組み合わせの効果を検討している。運動教室は個別に筋力増強運動、有酸素運動、柔軟性の運動などを処方しており、目標歩数は8千歩に設定している。その結果、女性において歩数計の着用が身体活動の継続意欲を高めるために有効だと感じた群では、目標歩数を達成できていた者が多く、さらに目標歩数である8千歩を達成した者は運動プログラム前の6分間歩行距離、10m障害物歩行などの下肢機能が優れていたことを示している。

以上の通り、歩数計着用により身体活動量の向上がもたらされる可能性があること、目標設定などの行動変容技法を組み合わせることで効果が得られやすくなる可能性があることが示されている。歩数計はTable II-1に示した行動変容技法のうち“self-

monitoring（セルフモニタリング）”および“goal setting（目標設定）”の実施を容易にするツールである。歩数計は地域の運動プログラムにおいても適用可能なツールであることから、本研究の身体活動を促進するツールとして用いることとした。

（４）運動プログラム以外の公衆衛生勧告

上述のような運動プログラムの他に、身体活動量の向上を目指した公衆衛生勧告が示されている。その代表的な例として、WHO は 2010 年に「健康のための身体活動に関する国際勧告（Global recommendations on physical activity for health）」⁸²⁾を発表しており、65 歳以上の高齢者では余暇活動や移動、仕事関連活動、家事活動などを含む有酸素運動を中等度強度であれば 1 週間に 150 分以上、高強度であれば 1 週間に 75 分以上実践することを推奨している。

わが国では、「健康づくりのための身体活動基準 2013」⁸³⁾の基準を達成するための実践の手立てとして示されている国民向けのガイドライン「アクティブガイド」⁸⁴⁾において「+10（プラステン）：今より 10 分多く体を動かそう」というメッセージが掲げられており、高齢者では 1 日 40 分以上の身体活動を推奨している。また、健康日本 21（第二次）⁸⁵⁾では、2010 年時点で 65 歳以上の高齢者の 1 日当たりの平均歩数は男性では 5628 歩、女性では 4584 歩であり、2022 年までの目標歩数として男性 7 千歩、女性 6 千歩を定めている。

3. 日本で実施されている運動プログラム

（１）運動プログラムの効果

わが国では多くの自治体で運動プログラムが実施されている¹⁴⁾。運動器の機能向上マニュアル（改訂版）¹³⁾では、わが国で実施された運動プログラムの内容による効果の違いをまとめており、マシンを使用した筋力増強運動では下肢機能に対する効果が得

られるが、レクリエーションでは効果が得られにくいことを報告している。さらに、実施時間は1時間以上2時間未満において効果が上がりやすいという結果を示している。実施頻度に関しては、効果に大きく影響しないと述べられている。また、Suzuki et al.⁸⁶⁾による地域在住高齢者を対象とした無作為化比較試験による転倒予防介入では、6ヵ月間の運動プログラムにより下肢筋力、動的平衡性の向上を認めている。さらに、追跡調査を行い、2年間にわたって転倒発生が抑制されていたことを明らかにした。

(2) 運動プログラムとプログラム終了後の運動実践

介護保険法の平成26年改正⁸⁷⁾に伴い、高齢者が地域において自主的に、そして長期的に運動を実践することが望まれている⁸⁸⁾。そのため、自治体が提供する運動プログラムでは、運動実践方法を習得し、その後各自で継続していけるようにすることも重要な点である。現在、運動プログラム終了後に高齢者が運動実践を継続できる場として運動サークルの設置が進んでおり、その効果が報告され始めている^{30,31,89)}。このことから、自治体の運動プログラムでは、各参加者の運動実践方法の習得に加えて、運動サークルでの継続を見据えた運動種目の選択や実践方法の工夫などが必要になってくると考えられる。

第4節 運動プログラムの効果と関連する要因に関する研究

わが国で実施される自治体の運動プログラムは、実施期間は約3ヵ月程度、実施頻度は週1,2回、1回当たりの時間は1時間以上2時間未満で行われる場合が多い¹⁴⁾。そのような比較的实施頻度が低い運動プログラムにおいては効果を得られないとする報告^{11,12)}と、下肢機能の維持・向上に有効であるとする報告^{13,24,90)}がある。これらの効果の違いは対象者の特徴や運動プログラム実施期間中の身体活動量などに影響されている可能性がある。

1. 運動プログラム前の対象者の特徴

先行研究では、運動プログラム前の対象者の特徴の違いに着目した研究が多く行われている^{25,90-96)}。角田ら²⁴⁾はスクエアステップを用いた運動プログラムの効果は身体機能が低い者において大きく、身体機能が中から高水準にある高齢者においても運動課題の特性に応じた体力に対する効果が期待できるとしている。同様に、筋力増強運動とバランス運動を組み合わせた運動プログラムにおいて身体機能が低い者ほど効果を得られやすいことが報告されている⁹⁰⁾。これらの報告に関連して、矢野ら⁹⁷⁾は地域在住高齢者を対象とした運動プログラムは、身体機能レベル別に運動指導を行った方が効果を上げやすいことを示唆している。身体機能以外の対象者の特徴に着目したものとしては、認知機能が高い、また年齢が若いほど身体機能への効果が得られやすいことも報告されている²⁵⁾。

2. 運動プログラムの実施頻度

運動器の機能向上マニュアル¹³⁾においては、運動プログラムの実施頻度は効果に大きく影響しないとまとめられている。一方、Nakamura et al.¹²⁾は運動プログラムの実施頻度を週1回、週2回、週3回の3群に分けて12週間のプログラムを実施し、群間で身体機能への効果が異なるか否かを検討している。その結果、週3回実施群において筋持久力、動的バランスの有意な向上がみられたが、その他の群では向上がみられなかった。このことから、高齢者の身体機能向上のためには週3回以上の実施頻度が必要だと述べている。また、Stiggelbout et al.¹¹⁾も同様に、10週間の運動プログラムにおいて、週1回と週2回の実施頻度の運動プログラムは、実施頻度が低いためにいずれも身体機能への効果が認められなかったことを報告している。

以上より、運動プログラムの実施頻度がプログラムの効果に影響を与える可能性があることが分かる。地域で行われる運動プログラムの頻度を増やすことは容易でないことを考慮すると、運動プログラム実施期間中に、参加者が運動教室内だけでなく、日常生活においても身体活動量を維持あるいは向上させることが重要だと考えられる。

3. 運動プログラム実施期間中の身体活動量

高齢者が運動実践することで身体活動量が代償的に減少することが報告されており¹⁵⁾、このような代償的な身体活動量の減少が起きた場合、運動プログラムの効果が得られにくくなる可能性がある。Goran & Poehlman¹⁵⁾は高強度の有酸素運動を週 3 回、8 週間行ったところ、運動プログラム前後で総消費エネルギー量に変化が見られなかったことを報告している。Meijer et al.¹⁶⁾は有酸素運動と筋力増強運動を組み合わせた中等度強度の運動プログラムを個別指導と集団指導をそれぞれ週 1 回、12 週間にわたって実施し、運動プログラム実施日と非実施日の身体活動量を比較している。その結果、運動プログラム開始から 6 週間後では、実施日の身体活動量が非実施日と比べて有意に多かったが、12 週間後では非実施日の身体活動量が実施日の運動プログラム内を除く身体活動量より有意に多かった。この結果の説明として、12 週目時点の運動プログラムの運動強度が 6 週目時点と比べて高かったこと、6 週目時点では日常生活の身体活動量に対して運動プログラム実施の影響が及ぼされなかったことを理由として挙げている。またこれら 2 つの研究では、全身持久力の測定を行っており、Goran & Poehlman¹⁵⁾は最大酸素摂取量の有意な向上を認め、Meijer et al.¹⁶⁾は最大酸素摂取量の有意な向上は認められなかったものの最大酸素摂取量測定時の最大力発揮は有意な向上が認められたことを報告している。また、代償的な身体活動量の減少の理由について、Goran & Poehlman¹⁵⁾は運動プログラム後の疲労を挙げているが、Meijer et al.¹⁶⁾は運動プログラム前にエネルギー消費を抑えることを挙げており、見解は一致してい

ない。また、Meijer et al.¹⁷⁾は別の研究で、総エネルギー消費量と強度別の身体活動量との関連を検討している。その結果、座位行動の時間はエネルギー消費量と負の関連を示し、スポーツなどの高強度の身体活動量の時間はエネルギー消費量に影響を及ぼさないことを明らかにしている。すなわち、高強度の身体活動は代償的な身体活動量の減少を引き起こし、身体活動量全体の向上にはつながらないということである。

これらの研究を背景に、Tudor-Locke et al.¹⁸⁾は歩数計と身体活動記録を用いて、運動教室内と運動教室外の身体活動量の関係について詳細に検討している。身体活動量を運動教室内の運動、運動教室外の運動、それ以外の活動に分けて分析した結果、運動教室の実施日は非実施日と比べて身体活動量が有意に多く、筋力増強運動や柔軟性の運動を実践する唯一の機会となっていたことを明らかにしている。また、運動教室非実施日における運動は、ウォーキングの実践が最も多かったが、運動教室当日はあまりウォーキングを実践していなかったと報告している。

わが国の研究では、片山ら⁹⁸⁾が中高年の肥満者を対象に運動教室を行い、期間中の身体活動量の向上が健康度の改善と有意に関連したことを示しており、日常生活の身体活動量を考慮することは重要であると述べている。また、萩原ら¹⁹⁾は運動教室型でウォーキングを行うことで身体活動量の代償的な減少が起こるか否かを検討している。その結果、週1回、8週間の運動教室実施期間中において、運動教室当日は代償的な身体活動量の減少が認められたものの、当日以外はそのような代償的な身体活動量の減少は認められなかったとしている。またこの研究では、運動教室型の指導と自主的なウォーキング実践の指導との身体活動量への効果を比較しており、いずれも同様に身体活動量の向上に有効であったことを示している。このことから、身体活動量の向上を目的とした場合、ウォーキングに関しては必ずしも運動教室型で行う必要はなく、日常生活へのアプローチも有効であると述べている。

以上の通り、運動実践と身体活動量の関連に着目した研究が行われており、中等度および高強度の身体活動あるいは運動実践により代償的な身体活動量の減少が起こる可

能性が示唆されている。一方, そのような身体活動量の変化が運動プログラムの効果に与える影響については十分に検討されていない。

第5節 スクエアステップ (square-stepping exercise) に関する研究

1. スクエアステップとは

スクエアステップ (square-stepping exercise) とは, Shigematsu and Okura²³⁾によって開発された運動課題である。横幅 100 cm 奥行き 250 cm の面を 25 cm 四方の升目 (スクエア) で区切ったマットを使用し (Fig. II-2), 前進・後退・左右・斜め方向への連続移動を伴う運動である。移動方向の指示 (ステップパターン) はテキストに記載されており, 課題を達成するごとに難度が上がるように設定されている (Fig. II-3)。

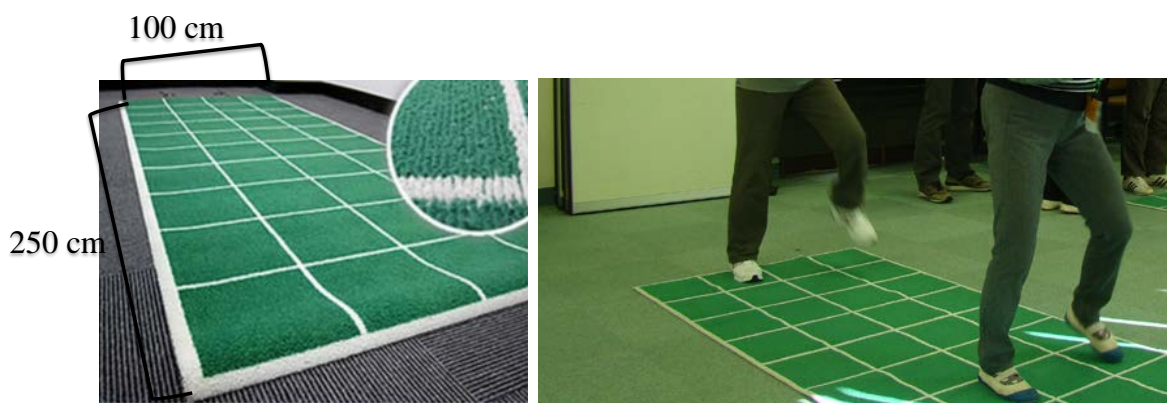


Fig. II-2. Square-stepping exercise

Fig. II-3. Step patterns for square-stepping exercise

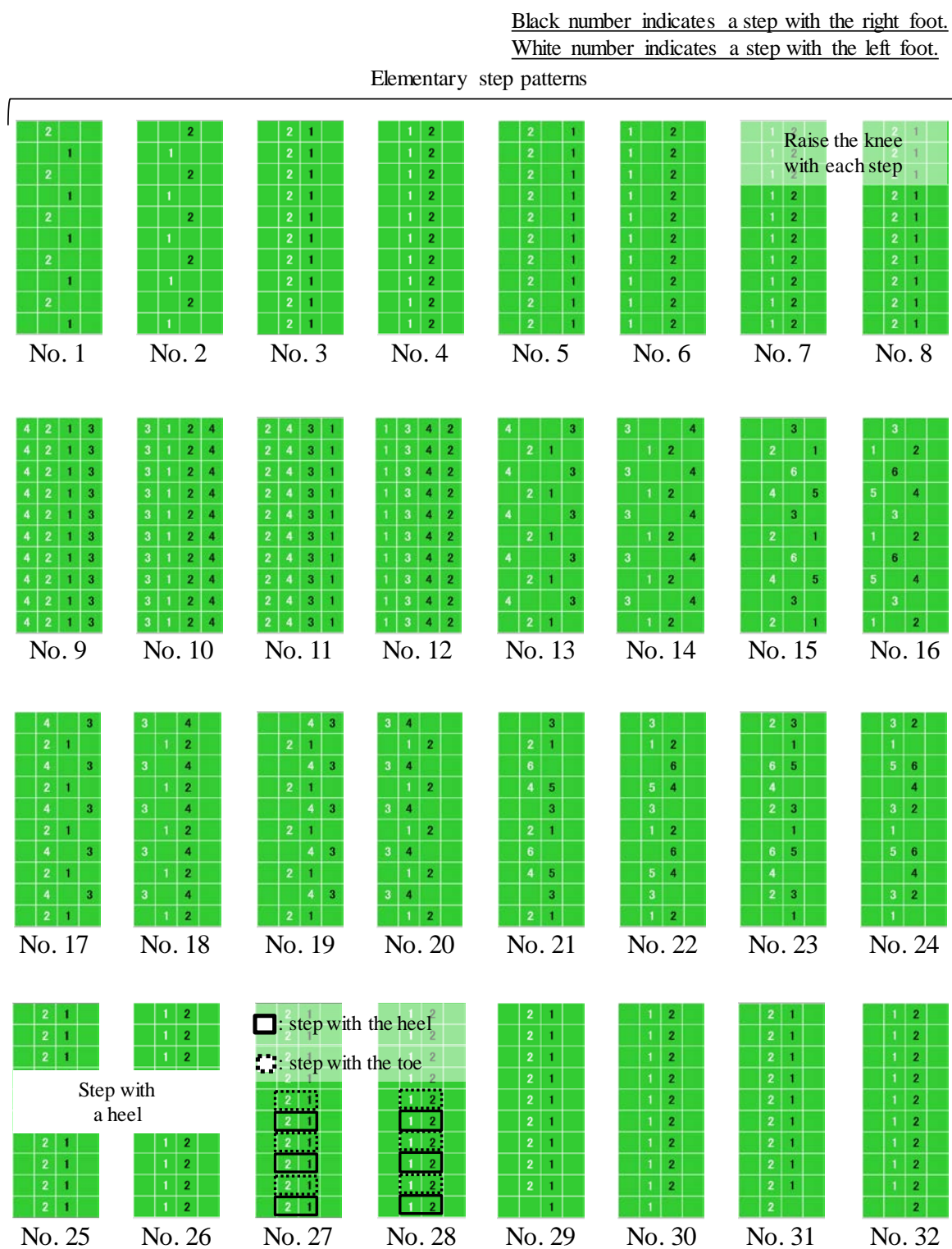
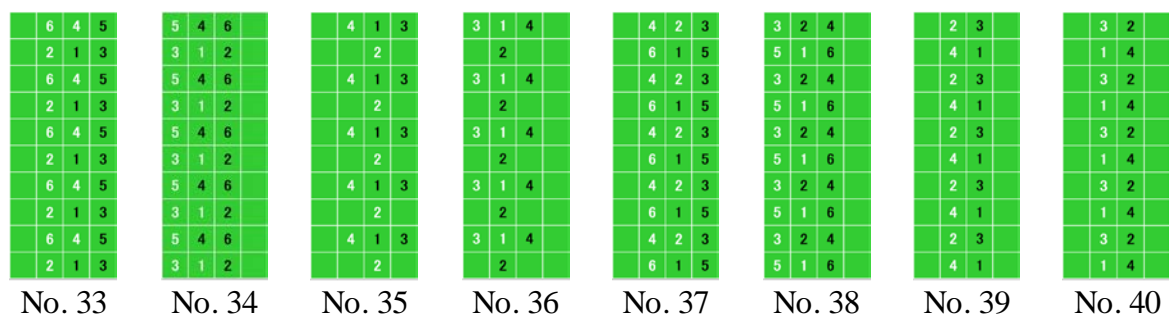
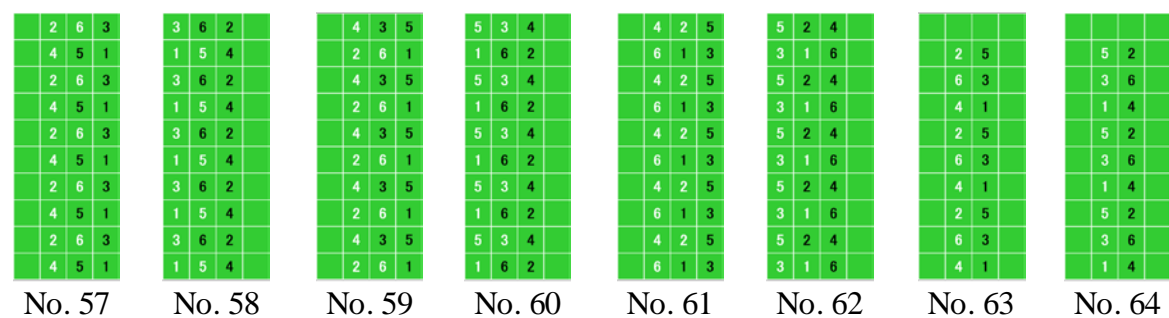
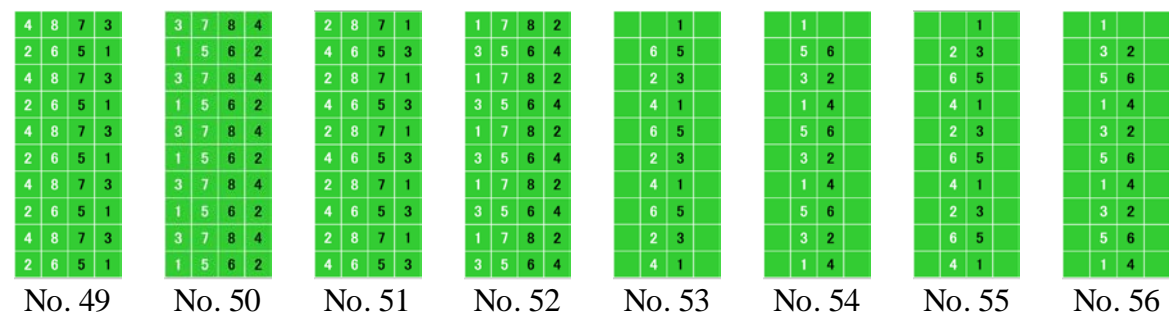
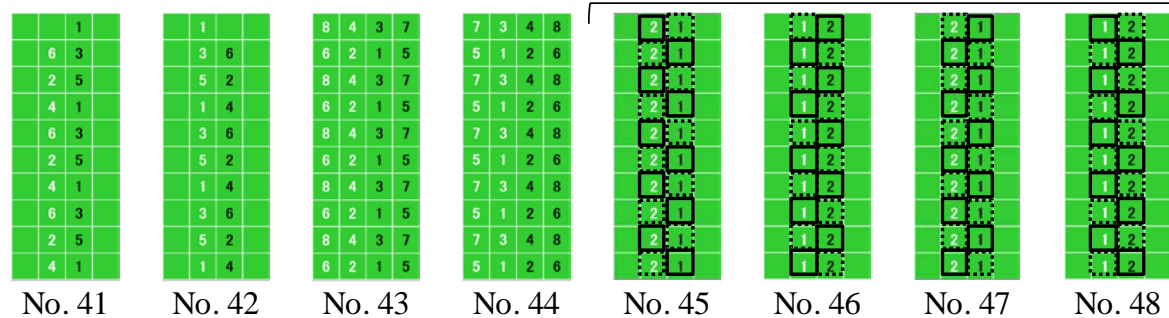
Institute for Square-Stepping Exercise (<http://square-step.org/en/home.html>)

Fig. II-3. Step patterns for square-stepping exercise (continued)

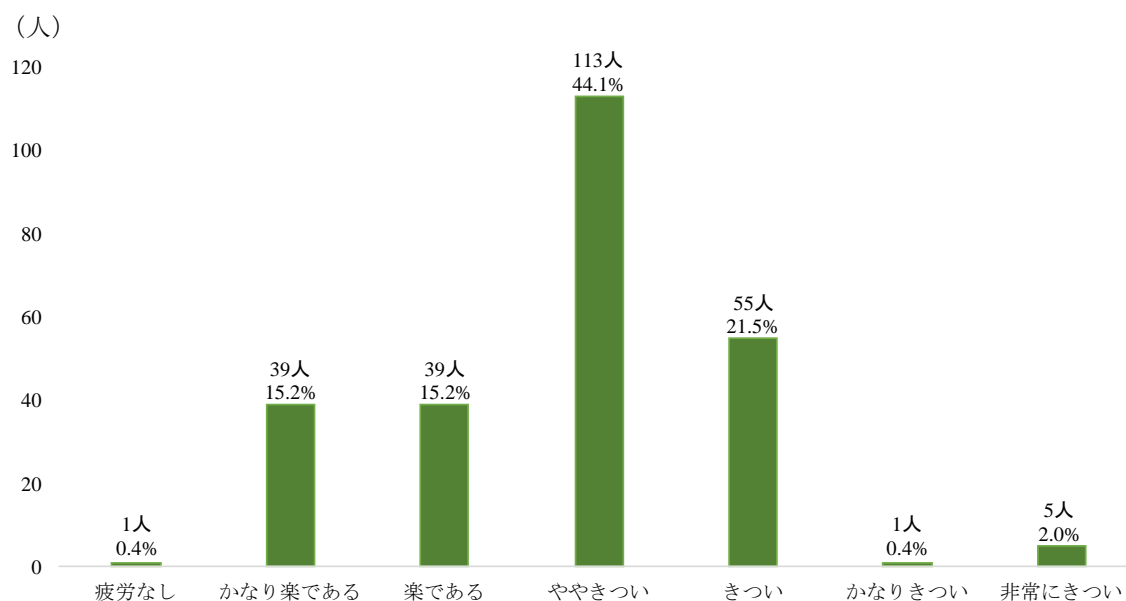


□ : step with the heel □ : step with the toe



筆者は、スクエアステップを継続している地域在住高齢者 256 名（平均年齢：70.6 ±5.9 歳，スクエアステップ継続年数：2.0±1.7 年）を対象に，スクエアステップの主観的運動強度を質問紙調査法によって評価した（未発表資料）。その結果，「ややきつい」が最も多く（113 人，44.1%），次に「きつい」という回答が多かった（55 人，21.5%）

（Fig. II-4）。高齢者を対象とした有酸素運動の強度は，主観的運動強度のカテゴリースケールで 12 から 13 程度で行うことが推奨されており⁹⁹⁾，スクエアステップは「ややきつい（カテゴリースケールの 13 に相当）」と「きつい（カテゴリースケールの 15 に相当）」¹⁰⁰⁾という回答が多かったことから，有酸素運動の強度として推奨されている水準にほぼ合致する強度の運動種目であることがわかる。



注) 回答スケールに対応する英訳が存在しないため，日本語で表記した¹⁰⁰⁾

Fig. II-4. Rating of perceived exertion in square-stepping exercise

2. スクエアステップの効果

角田ら²⁴⁾は、地域在住高齢者を対象にスクエアステップを主運動課題とした運動介入を週1回、全9回の頻度で行い、下肢筋力、手指の器用さ、反応能力の向上を認めている。また、Shigematsu et al.²⁸⁾は、スクエアステップと自重、伸縮性ゴムバンドを利用した筋力増強運動とバランス運動を組み合わせた運動の効果を比較し、それらは同等の効果があることを報告している。さらに、Shigematsu et al.²⁷⁾の上記とは別の研究では、スクエアステップは身体機能の維持・向上、転倒予防という点でウォーキングより効果的な運動であることを無作為化比較試験によって明らかにしている。加えて、スクエアステップはステップパターンの記憶、そして実践する際の選択と判断という認知的要素を含むことから、スクエアステップの実践により認知機能が向上したという報告もある^{26,101,102)}。

また、神藤ら¹⁰³⁾はスクエアステップを個人に合った難度のステップパターンに取り組むという自己裁量型の実践方法で運動プログラムを行い、3ヵ月間の運動プログラム中に達成されたステップパターンの数の違いにより下肢機能への効果が異なるか否かを検討している。その結果、ステップパターンの達成度にかかわらず、下肢機能への効果が見込める運動課題であることを明らかにしている。

3. スクエアステップの継続性

スクエアステップは、高齢者自身がその指導方法を学び、地域住民に対して指導を行うことができる運動課題であり、自主運動サークルの運動課題としても用いられている^{30,31)}。茨城県笠間市では、運動教室終了後に高齢者が自主的に運動を継続する場として「スクエアステップ・サークル」という運動サークルが2008年に設置され、現在まで活動が続いている³¹⁾。この運動サークルにおける運動指導のボランティア活動は、

高齢者に運動継続の場を提供するだけでなく、ボランティアを行っている本人の健康維持にも有効であることが報告されている³¹⁾。

以上の報告から、スクエアステップは確かな効果が認められた運動課題であること、実践者の運動継続の意欲を高めやすい自己裁量型の実践方法で取り入れられること、多くの市町村の運動教室において実行可能な運動課題であることから、本研究の主運動課題として採用した。

第Ⅲ章 検討手順

第1節 研究課題の設定

本博士論文では、地域在住高齢者の下肢機能の向上に有効な運動プログラムを提案するために、運動教室型で行われるプログラムの実施期間中の身体活動量の減少が下肢機能に与える影響を明らかにした上で、歩数計を活用した身体活動促進の有用性を検討する（Fig. III-1）。

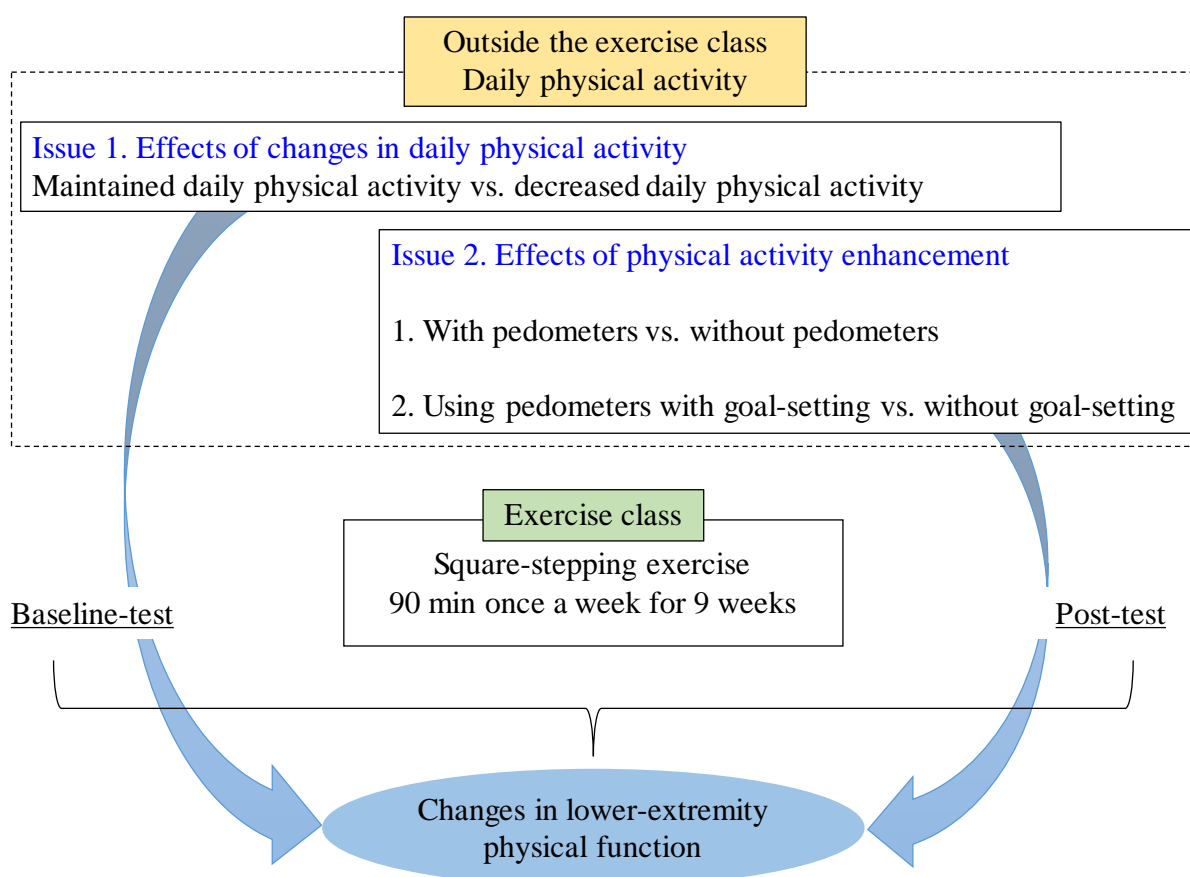


Fig. III-1. The procedure of the doctoral dissertation

課題 1：運動教室実施期間中の身体活動量の減少が下肢機能への効果に及ぼす影響

高齢者を対象とした運動教室について、多数の研究からその有効性が認められている。一方、高齢者が運動教室に参加することで、身体活動量が代償的に減少することが報告されている^{15,16)}。このような身体活動量の減少が起きた場合、運動教室参加による下肢機能への効果は表れにくくなる可能性がある。しかし、運動教室実施期間中の身体活動量の減少が運動教室の下肢機能への効果に与える影響については十分に検討されていない。

そこで本課題では、身体活動量の減少が運動教室の下肢機能への効果に影響を与えるか否かを検討する。本課題は、運動教室実施期間中の身体活動量を維持することの重要性を確認し、身体活動を促進する技法を用いる課題 2 の意義を確立する上で不可欠な課題である。

課題 2－1：運動教室実施期間中の歩数計着用が下肢機能への効果に与える影響

様々な運動教室の下肢機能への効果が認められている一方で、全ての運動教室が効果を上げられるわけではないことも報告されている。その理由の一つとして、運動教室の実施頻度が挙げられており、週 1 回の実施頻度では身体機能への効果が認められなかったという報告がある^{11,12)}。しかしながら、運動教室の実施頻度を増やすことは参加者である高齢者自身と運動教室を開催する自治体などの負担が増大するため困難である。そこで、実施頻度を変えることなく、運動教室の効果を得られやすくするためには、参加者が運動教室内だけでなく、日常生活においても活動的な生活を送ることが重要だと考えられる。

身体活動を促進する簡便なツールとして歩数計が知られている。歩数計は着用することで身体活動の動機づけにつながり、身体活動量向上に効果があることが明らかと

なっている²¹⁾。本課題では、運動教室実施期間中に歩数計を着用することで、下肢機能への効果が大きくなるか否かを検討する。

課題 2－2：運動教室実施期間中の歩数計着用と目標設定の組み合わせによる身体活動促進が下肢機能への効果に与える影響

歩数計は身体活動を促進する行動変容技法のうち、セルフモニタリングと目標設定の実施を容易にするツールであり、歩数計着用とそれらの技法を組み合わせることで身体活動量向上の効果が得られやすくなる可能性があることが示されている²²⁾。

これまで、運動教室実施期間中の身体活動促進が下肢機能への効果に与える影響は明らかになっていない。本課題では、運動教室実施期間中に歩数計を活用した目標設定を行い、身体活動量の減少を防ぐことで、下肢機能への効果が大きくなるか否かを検討する。

第 2 節 研究の限界

1. 標本抽出に伴う限界

本運動教室への参加募集は地域の広報誌および職員によって行われ、自立して生活しており、歩行が可能な地域在住高齢者を対象とした。本博士論文は、上記のような対象者に対しては有意義な知見を提供しうるが、日常生活動作に障害を有する者など、異なる健康水準の対象者へ適用する際には注意が必要である。また、参加者うちの男性の割合が課題 1 では 13.0%（46 名中 6 名）、課題 2－1 では 8.8%（68 名中 6 名）、課題 2－2 では 18.8%（32 名中 6 名）と少なかったことも標本抽出に伴う限界の一つである。このように男性の対象者が少なかったため、各研究課題で全対象者および女性のみ

の二通りの分析を行った。

本研究から得られた知見の適応範囲を明確にするために、Table III-1 に本研究の各課題の対象者における下肢機能の値と茨城県笠間市で実施された疫学調査（かさま長寿健診）¹⁰⁴⁾に参加した 65 歳から 85 歳の高齢者 630 名のデータを並べて示した。この疫学調査では、住民基本台帳から対象者を系統的抽出法により抽出しており、本研究と同地域（課題 1，課題 2-2）あるいは近隣地域（課題 2-2）で実施されているため、対象地域の一般的な地域在住高齢者を対象としていると判断し、下肢機能を比較することとした。なお、かさま長寿健診では 6 分間歩行距離の測定が行われていないため、それ以外の下肢機能測定項目を共分散分析により比較した。共変量には、年齢、性、body mass index を投入し、多重比較検定には Bonferroni 法を用いた。その結果、開眼片足立ち時間、5 m 通常歩行時間、全身選択反応時間において有意差が認められ、多重比較検定により、開眼片足立ち時間と全身選択反応時間において課題 1 の対象者がかさま長寿健診の値よりも良好であることが明らかとなった。その他の課題の対象者とかさま長寿健診の間に有意差は認められなかった。6 分間歩行距離に関しては、2014 年に文部科学省が実施した体力・運動能力調査¹⁰⁵⁾では、70 から 74 歳の男性の平均値は 603 ± 86 m、女性では 565 ± 71 m であることが報告されている。本研究では男女の平均値は 588 ± 76 m であり、概ね同世代の値と同程度であった。

先行研究において、介護予防事業として行われた運動教室参加者の身体機能水準は、一般的な値よりも高いことが示されている¹⁰⁶⁾。また、Bethancourt et al.¹⁰⁷⁾は起居移動能力の低下は運動プログラム参加の阻害要因となることを報告している。先行研究と同様に、本研究の対象者は同地域の一般的な高齢者の下肢機能水準と同等かやや高めの水準であったと考えられる。以上より、本研究から得られた知見は一般的な高齢者と同水準かやや高めの下肢機能を有する者に対して適用可能なものであるといえる。

Table III -1. Comparison of lower-extremity physical function between the study participants and sample of previous study (Tsunoda et al., 2013)¹⁰²⁾

Variables	The study participants Issue 1 (1)			The study participants Issue 2-1 (2)			The study participants Issue 2-2 (3)			Sample of Tsumoda et al., 2013 (4)		
	n	Mean ± SD	n	Mean ± SD	n	Mean ± SD	n	Mean ± SD	n	Mean ± SD		
Age, y	46	70.1 ± 3.5	103	70.4 ± 4.2	32	69.3 ± 3.7	630	73.3 ± 5.2				
Women, n (%)	46	40 (87.0)	103	86 (83.5)	32	26 (81.3)	630	345 (54.8)				
Body mass index, kg/m ²	46	23.6 ± 3.4	103	23.3 ± 3.2	32	23.7 ± 2.9	630	23.2 ± 3.1				
LEPF items												
Single-leg balance with eyes open, sec	45	46.7 ± 18.7	103	40.4 ± 20.9	32	42.6 ± 20.9	630	33.3 ± 22.2				
5 repetition sit-to-stand, sec	44	7.4 ± 1.4	103	7.4 ± 1.8	32	6.9 ± 0.9	630	7.9 ± 2.3				
Timed up and go, sec	46	5.6 ± 1.0	103	5.9 ± 1.3	32	5.3 ± 0.6	630	6.2 ± 1.4				
5 m habitual walk, sec	46	3.6 ± 0.5	103	3.6 ± 0.7	32	3.4 ± 0.5	630	3.7 ± 0.7				
Choice stepping reaction time, msec	46	971 ± 89	103	1,011 ± 134	32	1,026 ± 89	630	1,062 ± 166				
6 min walk, m		<u>Not applicable</u>		<u>Not applicable</u>	32	588 ± 76		<u>Not applicable</u>				
LEPF items after adjusted for covariates [†]	n	Estimated value ± SE	n	Estimated value ± SE	n	Estimated value ± SE	n	Estimated value ± SE			p-value	Post hoc
Single-leg balance with eyes open, sec	45	42.8 ± 2.9	103	36.8 ± 1.9	32	37.0 ± 3.4	630	34.5 ± 0.8			0.042	(1) > (4)
5 repetition sit-to-stand, sec	44	7.8 ± 0.3	103	7.8 ± 0.2	32	7.4 ± 0.4	630	7.8 ± 0.1			0.668	
Timed up and go, sec	46	5.7 ± 0.2	103	6.0 ± 0.1	32	5.6 ± 0.2	630	6.1 ± 0.1			0.043	
5 m habitual walk, sec	46	3.7 ± 0.1	103	3.7 ± 0.1	32	3.5 ± 0.1	630	3.7 ± 0.1			0.424	
Choice stepping reaction time, msec	46	993 ± 21	103	1,031 ± 14	32	1,060 ± 25	630	1,055 ± 6			0.023	(1) < (4)
6 min walk, m		<u>Not applicable</u>		<u>Not applicable</u>		<u>Not applicable</u>		<u>Not applicable</u>			-	-

SD: standard deviation, LEPF: lower-extremity physical function, SE: Standard error, [†]Adjusted for age, sex, and body mass index

2. 研究を実施した地域の特性に伴う限界

地域在住者の身体活動には、個人要因（基本属性、心理的要因など）だけでなく、環境要因（社会的、物理的、政策的など）が関連することが知られている⁷⁴⁾。本研究を実施した茨城県は農業就業人口が全国第2位であり、運動教室を開催した笠間市およびつくばみらい市は森林面積および農業用地面積が50%以上を占める農村地域であった（農林水産省，グラフと統計でみる農林水産業，<http://www.machimura.maff.go.jp/machi/map/08/index.html>）。そのため、本研究から得られた知見が都心部などの異なる特性の地域に適用できるかは不明である。今後の研究では、地域特性などの環境要因を考慮して検討を行っていく必要がある。

3. 研究デザインに伴う限界

本研究で行った研究課題はいずれも無作為化比較試験ではない。実験群と対照群の比較を行った課題2の内容に関しては、今後の研究で無作為化比較試験による検討が必要かもしれない。

本研究において、無作為化比較試験の実施が困難であった理由とそれに対して行った対処を課題ごとに挙げる。まず、課題1では運動教室実施期間中の身体活動量を後ろ向きに評価して、減少群と維持群に割り付けた。身体活動量の減少群を前向きに設定することは非倫理的である。無作為化比較試験の実施が困難である場合は、このように後ろ向きに検討することが1つの研究デザインとして認められている¹⁰⁸⁾。

次に課題2-1では、茨城県笠間市で2009年9月から2013年3月の間に複数回にわたって開催された運動教室において、開催時期により歩数計着用群と非着用群を設定した。同一の運動教室内で無作為に歩数計着用者と非着用者を設定することは、参加者同士を盲検化できないため実施が困難であった。これに対処する方法として1つの

運動教室をクラスターとして複数のクラスターを無作為に割り付けるクラスター無作為割り付けが挙げられる。しかしながら、本課題は 1 つの自治体と共同で行った運動教室に着目して検討を行ったため、クラスター数（運動教室の開催数と開催地区）が少なく、クラスター無作為割り付けの実施は困難であった。そこで本課題では、歩数計着用群と非着用群を運動教室前の下肢機能水準でマッチングさせることで、2 群間の運動教室前の特性の違いを消失させた。運動教室前の身体機能水準は、運動教室の身体機能への効果に最も強く影響する要因であり²⁵⁾、本課題で行ったマッチングは非無作為化比較試験でない場合に群間の比較可能性を高める手法として認められている¹⁰⁸⁾。

課題 2-2 は、目標設定あり群と目標設定なし群の運動教室を同日の午前、午後にそれぞれ 1 教室ずつ実施した。本課題では、運動教室への参加を希望した対象者数が少なく、対象者が参加を希望した時間帯を考慮すると、無作為割り付けは困難であった。そこで先行研究^{103,109)}を参考に、運動教室前の値に有意差が認められた項目については運動教室前の値で調整した分析を併せて行った。

以上の通り、本研究は無作為化比較試験を行っていないが、妥当な研究手法を用いて検討を行っている。さらに、本研究は地域で行われた運動介入研究であり、そこから得られた知見は現実社会に適用しやすい有効なものであると考えられる。

4. 測定機器に伴う限界

本研究では、身体活動量の評価に歩数計を用いたため、歩行以外の身体活動量を評価できていない。歩行以外の生活活動も身体活動量に影響を及ぼすことが報告されていること¹¹⁰⁾から、身体活動量の評価に誤差が生じる可能性を否定できない。今後の研究においては、生活活動を詳細に把握できる三軸加速度計を用いた検討が必要である。

5. 定義に伴う限界

第Ⅰ章, 第3節において本研究で使用する用語を定義した。本博士論文より得られた知見は, この定義の範囲内で検討し, 導き出されたものである。

第Ⅳ章 方法

第 1 節 調査項目

1. 基本属性

対象者の基本属性として、年齢、既往歴（脳血管疾患、心臓疾患、腰痛症、膝関節痛）、body mass index (kg/m^2)、運動教室への出席率（出席回数／教室開催数）を調査した。既往歴は測定会当日に面接法を用いて回答を得た。過去に脳血管疾患、心臓疾患、腰痛症、膝関節痛と診断されたり、治療を受けたことがある者を既往歴ありとした。

2. 下肢機能

本研究では下肢機能の評価項目として、以下の 6 項目の測定を行った。なお、6 分間歩行距離の測定は課題 2-2 のみ実施した。

（1）開眼片足立ち時間（平衡性）⁵⁴⁾

両手を腰に当て、片方の足を床面から離した状態でできるだけ長く立ち続けるよう教示した。計測は地面から足が浮いた時点から、バランスが崩れた時点とし、最大値は 60 秒とした。左右を問わず 0.01 秒単位で 2 回計測し、最良値を記録とした。

（2）5 回椅子立ち上がり時間（筋力）⁵²⁾

両腕を胸の前で交差し、背中を伸ばした状態で背もたれのついた椅子に浅く腰掛けさせた。合図とともに、椅子から立ち上がり直立姿勢をとらせ、再び椅子に腰掛ける動作を最大努力で素早く 5 回繰り返させた。合図してから 5 回目の直立姿勢をとるまで

の時間を 0.01 秒単位で 2 回計測し、最良値を記録とした。

(3) Timed up and go (TUG) (起居移動能力) ^{53,111)}

椅子に腰かけた状態から合図とともに立ち上がり、3 m 前方のコーンを回って再び椅子に腰かけるまで動作を最大速度で行うよう教示した。0.01 秒単位で 2 回計測し、最良値を記録とした。

(4) 5 m 通常歩行時間 (歩行能力) ²⁾

11 m の歩行路を日常生活における通常の速さで歩くよう指示し、3 m 地点から 8 m 地点の間の 5 m の歩行時間を 0.01 秒単位で計測した。計測は 2 回行い最良値を記録した。

(5) 全身選択反応時間 (反応性) ⁶⁾

上下左右の 4 ヲ所の光源が設置された発光器を使用し、発光器が点灯したのと同じ方向のマットに最大努力で素早く片足ずつ移動するよう教示した。0.001 秒単位で 8 回 (4 方向×2 回) 計測し、各方向の最良値の 4 回の平均値を記録とした。

(6) 6 分間歩行距離 (全身持久力) ^{44,57)}

6 分間歩行距離の測定は、上記の 5 項目の測定を全て終えた後に行った。15×10 m の長方形の歩行路を使用し、6 分間でなるべく長い距離を歩くように指示した。計測は 1 回行い、5 m 単位で記録した。

3. 身体活動量

参加者の運動教室実施期間中の身体活動量の評価として、歩数計を用いて歩数を測

第Ⅳ章 方法

定した。歩数計は前述の通り、課題 1 と課題 2-1 ではウォーキングスタイル HJ-710IT（オムロン社製）を用い、課題 2-2 ではライフコーダ GS（スズケン社製）を用いた。装着位置は腰とし、水泳や入浴を除いて起きている間、常時着用するように指示した。

1 日の平均歩数の算出のための歩数データ採用基準は、歩数計の着用時間が 1 日に 10 時間以上である日を有効日とし¹¹²⁾、週に 5 日以上有効日がある有効週のみ平均歩数の算出に用いることとした¹¹²⁾。着用時間は 24 時間から非着用時間を引くことで求めた。非着用時間は歩数が 0 である状態が 60 分間以上続いた場合とした¹¹³⁾。

第 2 節 運動教室

著者の所属研究室では自治体と協力して運動教室の運営や運動指導を行っており、同時に研究データの収集も行っている。本研究では、著者が研究室に所属する以前から蓄積されていたデータと所属中に収集したデータを併せて用いた。

本研究では全ての課題において同様の運動教室を行った。運動教室の主運動課題はスクエアステップとし、週 1 回、1 回 90 分間、9 週間にわたって開催した。運動教室の内容は準備運動 15 分間、スクエアステップ 40 分間、レクリエーション 20 分間、整理運動 15 分間により構成した。準備運動は静的および動的ストレッチを行い、整理運動は静的ストレッチを行った。レクリエーションは参加者同士の交流と脳賦活を目的として、ボールや手指を使った活動を行った。

スクエアステップは各自のペースで行う自己裁量型の実践方法¹⁰³⁾を用い、安全管理のために、途中で間違えてもスタートに戻らない、一つの枠内に両足を同時に入れない、マットの枠線を踏まない、前の人が半分まで進んでからスタートする、マットの右側から戻るという 5 つのルールを毎回の実践前に教示した。スクエアステップの移動方向の指示（ステップパターン）はテキストに記載されており、各ステップパターンを達成するごとに難度が上がるように設定されている。参加者の意欲を高めるために、ス

テップパターンを基本ステップ（8 種類）、チャレンジステップ（40 種類）、スペシャルステップ（16 種類）、プラチナステップ（32 種類）と名付けた。本運動教室では基本ステップからスペシャルステップまで記載されたパターン集 (Fig. II-3) を配布し、スペシャルステップまで達成した参加者に対してプラチナステップのテキストを配布した。参加者は配布されたテキストに従って、各自のペースでステップパターンを練習し、達成できると自身が判断した場合に、スタッフによる認定試験を受けた。認定試験はスタッフが右足、左足のどちらから開始するかを指示し、参加者がテキストを見ないでステップするという手順で行った。スタッフにより当該ステップパターンを達成していると認定された場合には次のステップパターンに進み、認定されなかった場合は同じステップパターンを再度練習することとした。この自己裁量型の実践方法により下肢機能への効果が見込めることが先行研究により確認されている¹⁰³⁾。

第Ⅴ章

課題 1：運動教室実施期間中の身体活動量の減少が下肢機能への効果に及ぼす影響

第 1 節 緒言

高齢期における負のライフイベントの予防のために、筋力増強運動⁷⁾やバランス運動⁸⁾、有酸素運動⁹⁾などの下肢機能の向上を目的とした運動プログラムが数多く行われている。近年では、ステップ運動の下肢機能向上および転倒予防に対する効果も報告されており¹⁰⁾、ステップ運動の一つであるスクエアステップもまた下肢機能向上の効果が報告されている²³⁾。スクエアステップに着目して行った先行研究では、運動教室前の身体機能水準がスクエアステップ実践に伴う身体機能の変化に影響を及ぼすことが報告されている^{24,25)}。これらの報告では運動教室前の対象者の特徴のみに着目しているが、運動教室実施期間中の身体活動量の変化も下肢機能の効果に影響を及ぼす可能性がある。

日常生活全体の身体活動量を増やすためには、運動教室に参加するよりも運動教室外の身体活動量を増加させる方が効果的であることがシステマティックレビューにより明らかとなっている¹¹⁴⁾。さらに、高齢者が運動教室に参加することで、身体活動量が代償的に減少することが報告されている^{15,16)}。このような身体活動量の減少が起きた場合、運動教室参加による下肢機能への効果は表れにくくなる可能性がある。しかし、運動実践による代償的な身体活動量の減少が起こるか否かを検討した報告は少なく¹⁷⁻¹⁹⁾、身体活動量の減少が運動教室の下肢機能への効果に影響するかを検討した報告は見当たらない。

そこで本課題では、運動教室実施期間中の身体活動量の減少が下肢機能への効果に与える影響を明らかにすることとした。

第2節 方法

1. 対象者

茨城県笠間市において2009年9月から2010年3月に開催された運動教室に参加した地域在住高齢者59名のうち、教室後の測定会に参加した50名を対象とした。運動教室の内容は「第Ⅲ章 第3節 運動教室」を参照されたい。分析には、データに欠損がある4名を除外し、46名（70.1±3.5歳）のデータを用いた。

本課題の対象者の選択基準は、(1) 65歳以上であること、(2) 自立歩行が可能であること、(3) 要支援・要介護認定をされていないこととした。本運動教室への参加募集は、自治体の広報誌および職員によって行われた。

なお、本博士論文に関わる全ての調査は筑波大学体育系研究倫理委員会の承認の下で行われ、対象者には口頭と文書による説明を行った上で、書面による同意を得た。

2. 身体活動量

前述の通り、本課題では対象者の身体活動量を歩数計（ウォーキングスタイル HJ-710IT, オムロン社製）により評価した。歩数計は運動教室前測定時あるいは運動教室の初回時に配布した。1日当たりの平均歩数は、運動教室前後の測定会をそれぞれ1回目と11回目として、運動教室の期間を初期（2回目から4回目）、中期（5回目から8回目）、後期（9回目から11回目）に分けて算出した。そして、初期から後期にかけて平均歩数が1千歩以上減少した者を身体活動量減少群、それ以外の者を維持群とした。これまでの先行研究において、運動教室実施期間中の身体活動量の変化によって群分けを行った報告は見当たらない。そこで、本研究では以下の2つの理由により1日当

たり 1 千歩の減少を基準に群分けを行うこととした。1 つ目は、わが国の公衆衛生勧告^{83,84)}において 10 分間の身体活動量（高齢者における約 1 千歩の歩数に相当⁵⁰⁾）を重要な基準として扱っていることである。「健康づくりのための身体活動基準 2013」⁸³⁾ではメタ解析を行い、身体活動量が 10 分増加することで身体機能低下のリスクが 3.2%減少することを明らかにしており、それを根拠として 1 日当たり 10 分間の身体活動量向上を目標値として定めている^{83,84)}。2 つ目に、0 歩を基準とすると身体活動量を維持していた者も減少群に含まれてしまうため、1 日当たり 1 千歩の減少を基準とすることとした。

3. 統計解析

身体活動量減少群と維持群の 3 地点（初期，中期，後期）の身体活動量を 2 要因分散分析により比較した。運動教室前の 2 群の基本属性の比較には対応のない t 検定およびカイ二乗検定を用いた。2 群の下肢機能の変化の比較には群×時間（運動教室前後）の 2 要因分散分析を用いた。運動プログラム前後の変化の大きさの程度を示すために効果量 d を算出した^{115,116)}。この値は一般に、0.2 が小さい、0.5 が中程度、0.8 が大きいと判断される^{115,116)}。交互作用が認められた項目については Bonferroni 法による多重比較検定を行った。なお、全ての分析は全対象者および対象者数が少なかった男性を除いた女性のための二通りで行い、結果を示した。

統計処理には IBM SPSS Statistics 22 for Windows を使用し、有意水準はいずれも 5 %未満とした。

第3節 結果

運動教室初期と後期の身体活動量を比較したところ、8名の対象者において1日当たりの平均歩数に1千歩以上の減少がみられ（初期：6971±2771，後期：5175±2132），38名の対象者は平均歩数を維持していた（初期：6326±2477，後期：6628±2636）（Fig. IV-1）。女性のみでみると，7名の対象者において減少がみられ（初期：6632±2807，後期：5032±2261），33名が維持していた（初期：6124±2375，後期：6488±2552）（Fig. IV-2）。

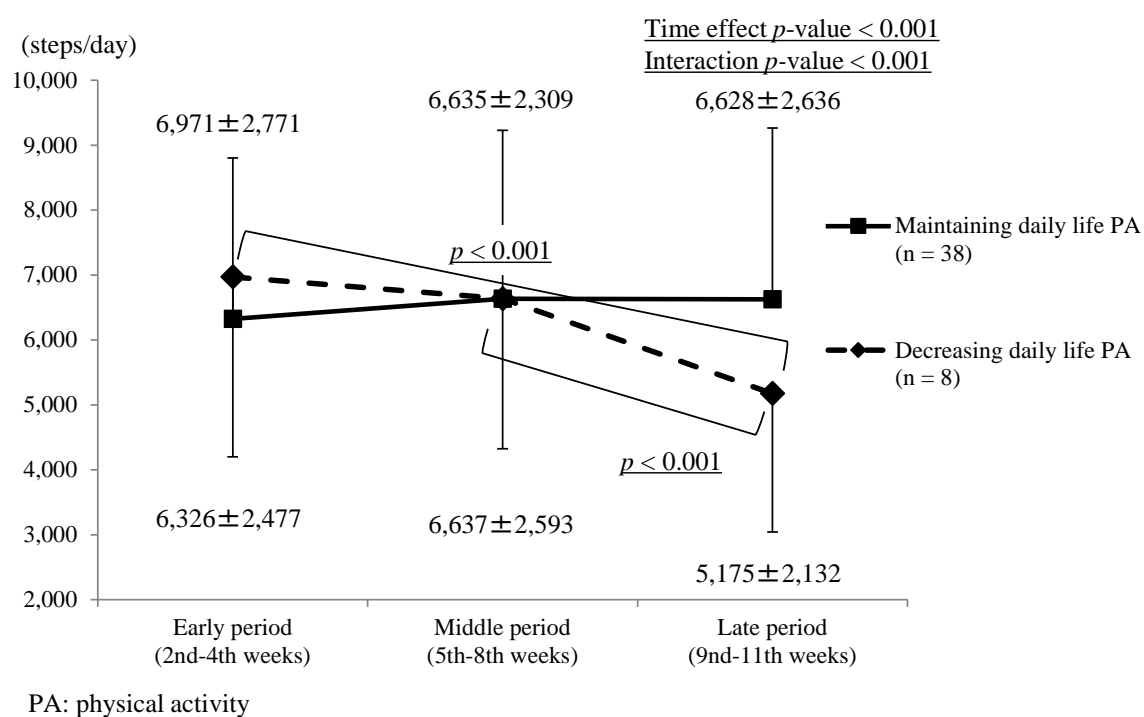


Fig. IV-1. Daily life physical activity by group during 3 periods

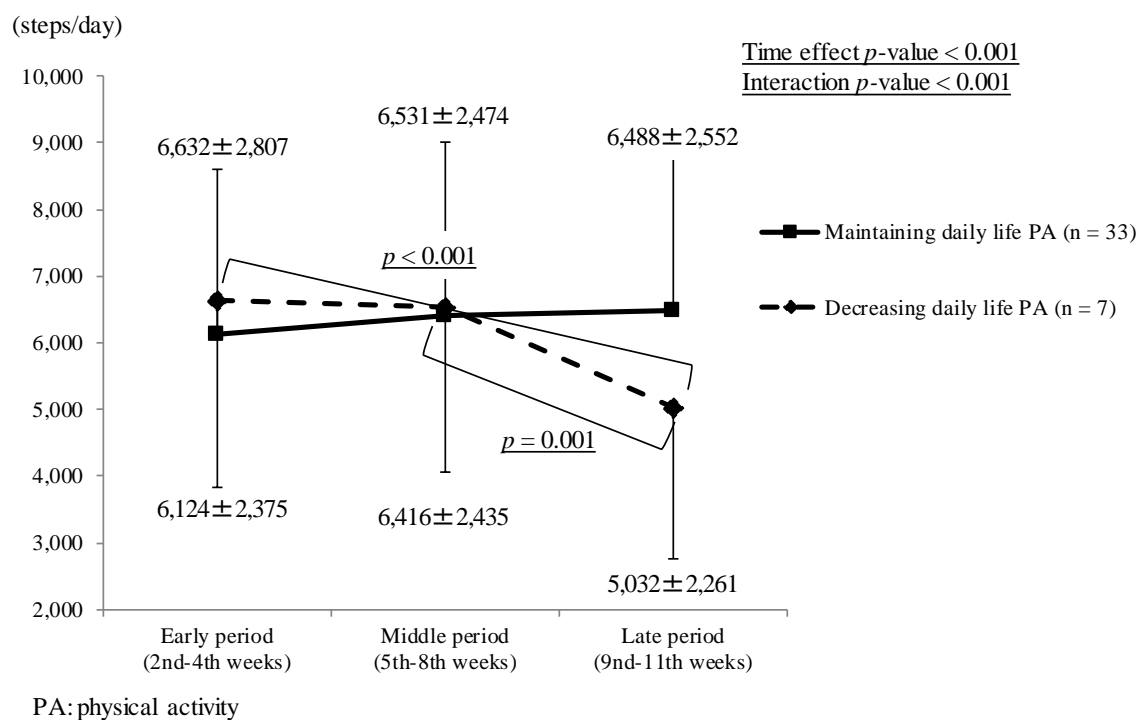


Fig. IV-2. Daily life physical activity by group during 3 periods in women

Table IV-1 に示した通り，身体活動量減少群と維持群の間には有意な基本属性の違いはみられなかった。各群の運動教室の出席率は，減少群では $89.8 \pm 7.6\%$ （最小値：81.8%，最大値：100.0%），維持群では $93.8 \pm 9.2\%$ （最小値：63.6%，最大値：100.0%）であり，群間の有意差は認められなかった（ $p=0.258$ ）。女性のみで群間の基本属性を比較したところ，全対象者の場合と同様にいずれの項目においても有意差は認められなかった（Table IV-2）。女性における各群の出席率は，減少群では $88.3 \pm 6.9\%$ （最小値：81.8%，最大値：100.0%），維持群では $93.1 \pm 9.7\%$ （最小値：63.6%，最大値：100.0%）であり，群間の有意差は認められなかった（ $p=0.221$ ）。

Table IV-1. Comparison of baseline characteristics between two groups

Baseline characteristics	Decreasing daily life PA (n = 8)	Maintaining daily life PA (n = 38)	<i>p</i> -value
	Mean ± SD	Mean ± SD	
Demographic items			
Age, y	70.3 ± 4.1	70.1 ± 3.4	0.917
Women, n (%)	7 (87.5)	33 (86.8)	0.960
Education, y	11.8 ± 1.2	11.8 ± 2.4	0.929
Heart disease, n (%)	1 (12.5)	2 (5.3)	0.451
Stroke, n (%)	0 (0.0)	2 (5.3)	0.757
Low back disease, n (%)	1 (12.5)	11 (28.9)	0.336
Knee disease, n (%)	3 (37.5)	7 (18.4)	0.234
Body mass index, kg/m2	24.0 ± 2.2	23.5 ± 3.6	0.708
Physical activity			
Daily step counts in the early period, steps/day	6,971 ± 2,771	6,326 ± 2,477	0.515
LEPF items			
Single-leg balance with eyes open, sec	45.1 ± 20.9	47.0 ± 18.5	0.793
5 repetition sit-to-stand, sec	7.1 ± 1.5	7.5 ± 1.4	0.451
Timed up and go, sec	5.7 ± 0.8	5.5 ± 1.1	0.740
5 m habitual walk, sec	3.5 ± 0.3	3.6 ± 0.5	0.633
Choice stepping reaction time, msec	964 ± 91	972 ± 89	0.833

PA: physical activity, SD: standard deviation, LEPF: lower-extremity physical function

Table IV-2. Comparison of baseline characteristics between two groups in women

Baseline characteristics	Decreasing daily life PA (n = 7)	Maintaining daily life PA (n = 33)	<i>p</i> -value
	Mean ± SD	Mean ± SD	
Demographic items			
Age, y	69.3 ± 3.3	69.8 ± 3.1	0.719
Education, y	12.1 ± 0.4	12.1 ± 2.3	0.967
Heart disease, n (%)	1 (14.3)	2 (6.1)	0.453
Stroke, n (%)	0 (0.0)	2 (6.1)	0.504
Low back disease, n (%)	1 (14.3)	11 (33.3)	0.318
Knee disease, n (%)	3 (42.9)	6 (18.2)	0.156
Body mass index, kg/m2	24.0 ± 2.4	23.8 ± 3.6	0.896
Physical activity			
Daily step counts in the early period, steps/day	6,632 ± 2,807	6,124 ± 2,375	0.621
LEPF items			
Single-leg balance with eyes open, sec	49.5 ± 18.0	46.7 ± 18.7	0.721
5 repetition sit-to-stand, sec	6.7 ± 1.2	7.5 ± 1.4	0.181
Timed up and go, sec	5.5 ± 0.8	5.5 ± 1.1	0.984
5 m habitual walk, sec	3.5 ± 0.3	3.6 ± 0.6	0.491
Choice stepping reaction time, msec	955 ± 94	967 ± 85	0.731

PA: physical activity, SD: standard deviation, LEPF: lower-extremity physical function

下肢機能においては、TUG と全身選択反応時間において有意な時間の主効果が認められ、両群で教室前から教室後にかけて向上がみられた (Table IV-3)。一方、5 m 通常歩行時間においては有意な交互作用が認められ、維持群においてのみ向上がみられた (減少群 : $d=0.33$ (悪化), 維持群 : $d=0.65$)。その他の項目においては、有意な交互作用および時間の主効果は認められなかった。女性のための分析においても、5 m 通常歩行時間において有意な交互作用が認められ、維持群においてのみ向上がみられた (減少群 : $d=0.43$ (悪化), 維持群 : $d=0.63$) (Table IV-4)。

Table IV-3. Lower-extremity physical function items by group at baseline and post-test

Lower-extremity physical function items	n	Baseline-test		Post-test		Time effect <i>p</i> -value	Effect size (Cohens' <i>d</i>)		Interaction <i>p</i> -value	Post hoc test	Comparison of post-test score Decreasing vs. Maintaining <i>p</i> -value
		Mean	± SD	Mean	± SD		Baseline vs.	Post-test			
Single-leg balance with eyes open, sec											
Decreasing daily life PA	8	45.1	± 20.9	52.4	± 12.9		0.42		0.608		0.981
Maintaining daily life PA	36	48.3	± 17.1	52.3	± 15.1	0.087	0.25				
5 repetition sit-to-stand, sec											
Decreasing daily life PA	8	7.1	± 1.5	7.0	± 1.5		0.08		0.329		0.719
Maintaining daily life PA	35	7.4	± 1.1	6.8	± 1.0	0.139	0.52				
Timed up and go, sec											
Decreasing daily life PA	8	5.7	± 0.8	4.9	± 0.6		1.06		0.292		0.842
Maintaining daily life PA	38	5.5	± 1.1	5.0	± 1.1	< 0.001	0.50				
5 m habitual walk, sec											
Decreasing daily life PA	8	3.5	± 0.3	3.7	± 0.5		0.36†		0.022	0.397	0.054
Maintaining daily life PA	38	3.6	± 0.5	3.3	± 0.5	0.421	0.63			< 0.001	
Choice stepping reaction time, msec											
Decreasing daily life PA	8	964	± 91	922	± 72		0.51		0.624		0.457
Maintaining daily life PA	38	972	± 89	943	± 73	0.017	0.35				

SD: standard deviation, PA: physical activity, †: Change for worse

Table IV-4. Lower-extremity physical function items by group at baseline and post-test in women

Lower-extremity physical function items	n	Baseline-test		Post-test		Time effect <i>p</i> -value	Effect size (Cohens' <i>d</i>)		Interaction <i>p</i> -value	Post hoc test	Comparison of post-test score Decreasing vs. Maintaining <i>p</i> -value
		Mean	± SD	Mean	± SD		Baseline vs. Post-test				
Single-leg balance with eyes open, sec											
Decreasing daily life PA	7	49.5	± 18.0	51.3	± 13.5		0.11				
Maintaining daily life PA	31	48.2	± 17.1	52.0	± 15.5	0.416	0.23		0.767		0.915
5 repetition sit-to-stand, sec											
Decreasing daily life PA	7	6.7	± 1.2	6.6	± 1.1		0.13				
Maintaining daily life PA	30	7.4	± 1.2	6.8	± 1.0	0.100	0.59		0.293		0.720
Timed up and go, sec											
Decreasing daily life PA	7	5.5	± 0.8	4.8	± 0.5		1.08				
Maintaining daily life PA	33	5.5	± 1.1	5.0	± 1.1	< 0.001	0.47		0.383		0.669
5 m habitual walk, sec											
Decreasing daily life PA	7	3.5	± 0.3	3.7	± 0.6		0.43 [†]			0.348	
Maintaining daily life PA	33	3.6	± 0.6	3.3	± 0.6	0.539	0.63		0.024	0.001	0.092
Choice stepping reaction time, msec											
Decreasing daily life PA	7	955	± 94	913	± 73		0.49				
Maintaining daily life PA	33	967	± 85	943	± 67	0.035	0.32		0.561		0.294

SD: standard deviation, PA: physical activity, †: Change for worse

SD: standard deviation, PA: physical activity, [†]: Change for worse

第4節 考察

本課題では、運動教室実施期間中の身体活動量減少が運動教室の下肢機能への効果に与える影響を検討した。運動教室実施期間中に身体活動量が減少した対象者は8名であり、維持した対象者は38名であった。運動教室前と運動教室初期の時点で、身体活動量減少群と維持群の間に下肢機能および身体活動量の群間差は認められなかった。両群においてTUGおよび全身選択反応時間の向上が認められ、5m通常歩行時間においては有意な交互作用が認められた。

両群においてTUGと全身選択反応時間の有意な向上が認められたことから、スクエアステップを主運動課題とした運動教室は身体活動量の減少、維持にかかわらず、複雑な動作を必要とする下肢パフォーマンスを向上させることが明らかとなった。TUGと全身選択反応時間の動作の遂行には、素早い動作と平衡性を必要とする複数の課題が含まれる^{6,111)}。先行研究では、虚弱高齢者を対象に行った運動プログラムにおいて、課題に特異的な効果がもたらされたことが報告されている¹¹⁷⁾。スクエアステップは素早い多方向への動きやスムーズな体重移動が求められるため、これらに特異的な下肢機能の向上に有効であったと考えられる。

一方、5m通常歩行時間においては有意な交互作用が認められ、身体活動量維持群においてのみ有意な向上が認められた。身体活動量は歩行速度と正の相関を示すことが報告されており⁷²⁾、運動教室実施期間中においても運動教室外の身体活動量が5m通常歩行時間に対してより強く影響していたと考えられる。歩行速度は将来の日常生活動作の要介護状態を予測することが報告されているため²⁾、本知見は重要である。

身体活動量と歩行速度の関連は1日約7千歩から8千歩までは正の相関を示し、それを超えると関連性が見られなくなることが報告されている⁷²⁾。身体活動量維持群では、運動教室後期において1日約7千歩を維持していたものの、減少群においては約5千歩程度まで減少していた。このような運動教室後期における身体活動量の違いが、

5 m 通常歩行時間の効果に違いがみられた理由であると考えられる。

本結果を考慮すると、運動教室実施期間中に起こりうる身体活動量減少を防ぐ必要があり、そのためには身体活動促進技法であるセルフモニタリングやフィードバック、目標設定²⁰⁾が有効であると考えられる。今後の研究においては、運動教室と身体活動促進を組み合わせた運動プログラムの効果を検討する必要がある。

本課題にはいくつかの限界がある。まず、運動実践による代償的な身体活動量の減少は、中等度および高強度の身体活動や運動実践の際に起こることが報告されている¹⁵⁻¹⁷⁾。運動教室の主運動課題として用いたスクエアステップは、主観的運動強度でみると低から中等度の運動強度であり、スクエアステップの実践により代償的な身体活動量の減少が引き起こされるか否かは不明である。これに関連して、8名の対象者において身体活動量の減少がみられたが、その減少が起きた理由までは明らかにできていない。本研究では下肢機能への効果に焦点を当てて検討を行ったが、今後の研究では質問紙調査法や面接法を用いて、身体活動量の減少が起きた場合の理由を明らかにする必要がある。最後に、本課題では身体活動量の評価に歩数計を用いたため歩行以外の身体活動量を評価できていないため、今後三軸加速度計を用いることでより詳細な検討ができると考えられる。

第5節 要約

本課題では、運動教室実施期間中の身体活動量減少が運動教室の下肢機能への効果に与える影響を検討した。その結果、身体活動量の減少にかかわらず、スクエアステップを主運動課題として行った本運動教室は複雑な動作が求められる下肢機能の向上に有効であることが明らかとなった。一方、通常歩行時間は身体活動量を維持した群においてのみ向上がみられたことから、運動教室実施期間中に身体活動量を維持することは歩行能力を向上させるために重要であることが示唆された。

第VI章

課題 2－1：運動教室実施期間中の歩数計着用が下肢機能への効果に与える影響

第1節 緒言

運動教室の身体機能への効果に影響を及ぼす要因の一つとして、運動教室の実施頻度が挙げられており、週 1 回の実施頻度では身体機能への効果が認められないという報告がある^{11,12)}。Nakamura et al.¹²⁾は高齢者を対象とした運動教室は週 1 回の頻度では不十分であり、少なくとも週 3 回の実施頻度が身体機能を向上させるために必要であることを報告している。しかし、運動教室の実施頻度を増やすことは、参加者である高齢者自身と運動教室を開催する自治体などの負担の増大につながる。それらの負担と身体機能向上への効果を考慮すると、参加者が運動教室内だけでなく、日常生活においても活動的な生活を送ることが下肢機能への効果を上げるために重要だと考えられる。

歩数計は身体活動を促進する簡便なツールとして知られている。そこで、運動教室実施期間中に歩数計を着用することで、身体活動量の維持あるいは向上につながり、下肢機能への効果が大きくなる可能性がある。週 1 回という比較的实施頻度が低い運動教室において歩数計着用による効果の増大が認められれば、地域の運動教室における効果を高める新たな方策の一つとなりうる。そこで本課題では、運動教室実施期間中の歩数計着用が下肢機能への効果に与える影響を明らかにすることとした。

第2節 方法

1. 対象者

茨城県笠間市において 2009 年 9 月から 2013 年 3 月に開催された運動教室に参加した地域在住高齢者 117 名を対象とした。運動教室の内容は課題 1 と同様である。本運動教室への参加募集は、自治体の広報誌および職員によって行われ、全ての参加者は課題 1 と同様の内容の運動教室に参加した。なお、運動教室の開催時期により、参加者を歩数計着用群（59 名）と歩数計非着用群（58 名）に割り付けた。

本課題の対象者の選択基準は課題 1 と同様に、(1) 65 歳以上であること、(2) 自立歩行が可能であること、(3) 要支援・要介護認定をされていないこととした。分析には運動教室後の測定会を欠席した 10 名（歩数計着用群 9 名、歩数計非着用群 1 名）とデータに欠損があった 4 名を除いた 103 名（ 70.6 ± 4.3 歳）のデータを用いた（Fig. V-1）。

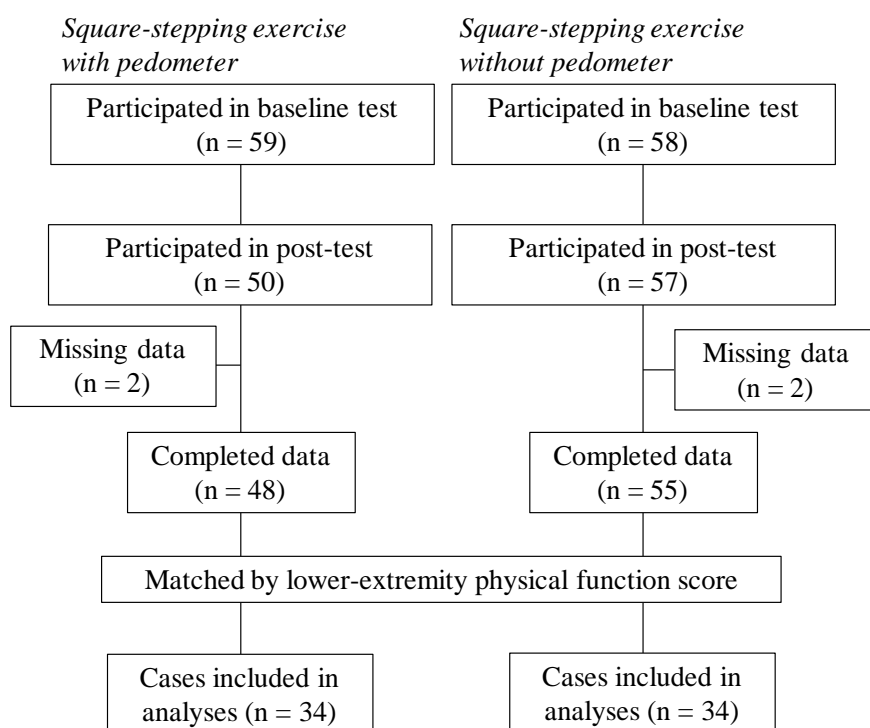


Fig. V-1. Flow of analysis participants in this study

2. 身体活動量

歩数計着用群および非着用群は全 9 回の同様の運動教室に参加し、歩数計着用群に対しては歩数計（ウォーキングスタイル HJ-710IT, オムロン社製）を運動教室前測定時あるいは運動教室の初回時に配布した。歩数計は入浴中・水中および睡眠中を除き、運動教室期間中に毎日装着するよう指示した。これらの対象者は、自身の歩数を確認することはできたが、目標設定やフィードバック、その他の身体活動促進技法は提供しなかった。歩数計着用群の 1 日当たりの平均歩数は、運動教室前後の測定会をそれぞれ 1 回目と 11 回目として、運動教室の期間を初期（2 回目から 4 回目）、中期（5 回目から 8 回目）、後期（9 回目から 11 回目）に分けて算出した。

3. マッチング

運動教室前の時点において、開眼片足立ち時間、TUG、全身選択反応時間に 2 群間の有意差が認められた（Table V-1）。先行研究において運動教室前の身体機能水準は運動教室の身体機能への効果に影響を与えることが報告されているため^{24,25,90}、本課題では運動教室前の両群の下肢機能が同水準になるよう下肢機能測定 5 項目の z スコアによるマッチングを性別に行った。マッチングは ± 0.1 標準偏差以内でペアができるように設定した。その結果、各群 34 名（男性 3 名、女性 31 名）の対象者が選定された。本課題ではこれらの対象者を最終的な分析対象者とした。なお、マッチングには R 3.1.0 の“Matching”パッケージを用いた¹¹⁸。

Table V-1. Comparison of baseline characteristics between two groups

Baseline characteristics	SSE with pedometer (n = 48)	SSE without pedometer (n = 55)	<i>p</i> -value
	Mean ± SD	Mean ± SD	
Demographic items			
Age, y	70.4 ± 3.6	70.5 ± 4.6	0.835
Women, n (%)	41 (85.4)	45 (81.8)	0.624
Education, y	11.8 ± 2.4	12.1 ± 1.9	0.455
Heart disease, n (%)	4 (8.3)	2 (3.6)	0.310
Stroke, n (%)	2 (4.2)	2 (3.6)	0.889
Low back disease, n (%)	12 (25.0)	11 (20.0)	0.543
Knee disease, n (%)	9 (18.8)	10 (18.2)	0.941
Body mass index, kg/m ²	23.6 ± 3.4	23.1 ± 3.0	0.472
LEPF items			
Single-leg balance with eyes open, sec	44.9 ± 19.9	36.5 ± 21.1	0.041
5 repetition sit-to-stand, sec	7.5 ± 1.3	7.4 ± 2.1	0.917
Timed up and go, sec	5.5 ± 0.8	6.2 ± 1.6	0.007
5 m habitual walk, sec	3.6 ± 0.5	3.6 ± 0.8	0.583
Choice stepping reaction time, msec	975 ± 91	1043 ± 157	0.009
LEPF score, point	0.18 ± 0.59	-0.08 ± 0.83	0.079

SD: standard deviation, SSE: square-stepping exercise, LEPF: lower-extremity physical function

4. 統計解析

歩数計着用群と非着用群の基本属性の比較には対応のない *t* 検定およびカイ二乗検定を用いた。2 群間の下肢機能の変化の比較には群×時間の 2 要因分散分析を用いた。交互作用が認められた項目については Bonferroni 法による多重比較検定を行った。また、運動教室前後の変化の大きさの程度を示すために効果量 *d* を算出した¹¹⁵⁾。歩数計着用群における運動教室実施期間中の歩数変化は一元配置分散分析により検討した。なお課題 1 と同様に、全ての分析は全対象者および女性のみで二通りで行い、結果を示した。統計処理には IBM SPSS Statistics 22 for Windows を使用し、有意水準はいずれも 5 %未満とした。

第3節 結果

Table X-2 に 2 群の基本属性と運動教室前の下肢機能測定項目の値を示した。マッチングにより 2 群の運動教室前の下肢機能はほぼ同水準の値となった。各群の運動教室の出席率は、歩数計着用群では $97.0 \pm 1.1\%$ （最小値：72.7%，最大値：100.0%），歩数計非着用群では $93.6 \pm 1.4\%$ （最小値：72.7%，最大値 100.0%）であり，群間の有意差は認められなかった（ $p=0.051$ ）。女性においても，マッチングにより 2 群の運動教室前の下肢機能はほぼ同水準の値となったが，出席率は歩数計着用群では $97.0 \pm 6.4\%$ （最小値：72.7%，最大値：100.0%），歩数計非着用群では 93.0 ± 8.0 （最小値：72.7%，最大値：100.0%）であり，群間の有意差が認められた（ $p=0.031$ ）（Table X-3）。

Table X-2. Comparison of baseline characteristics between two groups after matching

Baseline characteristics	SSE with pedometer (n = 34)	SSE without pedometer (n = 34)	<i>p</i> -value
	Mean ± SD	Mean ± SD	
Demographic items			
Age, y	70.0 ± 3.3	70.0 ± 3.9	0.947
Women, n (%)	31 (91.2)	31 (91.2)	1.000
Education, y	11.8 ± 2.3	12.0 ± 1.5	0.747
Heart disease, n (%)	3 (8.8)	2 (5.9)	0.642
Stroke, n (%)	2 (5.9)	1 (2.9)	0.555
Low back disease, n (%)	5 (14.7)	5 (14.7)	1.000
Knee disease, n (%)	7 (20.6)	5 (14.7)	0.525
Body mass index, kg/m ²	23.0 ± 3.0	22.9 ± 3.2	0.969
LEPF items			
Single-leg balance with eyes open, sec	46.5 ± 19.0	40.5 ± 19.9	0.211
5 repetition sit-to-stand, sec	7.5 ± 1.2	6.9 ± 1.4	0.076
Timed up and go, sec	5.5 ± 0.6	5.6 ± 0.6	0.327
5 m Habitual walk, sec	3.6 ± 0.5	3.5 ± 0.5	0.421
Choice stepping reaction time, msec	981 ± 82	998 ± 68	0.364
LEPF score, point	0.16 ± 0.51	0.14 ± 0.51	0.883

SD: standard deviation, SSE: square-stepping exercise, LEPF: lower-extremity physical function

Table X-3. Comparison of baseline characteristics between two groups after matching in women

Baseline characteristics	SSE with pedometer (n = 31)	SSE without pedometer (n = 31)	<i>p</i> -value
	Mean ± SD	Mean ± SD	
Demographic items			
Age, y	69.7 ± 3.1	69.4 ± 3.3	0.695
Education, y	12.0 ± 2.3	12.2 ± 1.4	0.639
Heart disease, n (%)	3 (9.7)	2 (6.5)	0.641
Stroke, n (%)	2 (6.5)	1 (3.2)	0.554
Low back disease, n (%)	5 (16.1)	5 (16.1)	1.000
Knee disease, n (%)	7 (22.6)	5 (16.1)	0.520
Body mass index, kg/m ²	23.2 ± 2.8	22.9 ± 3.0	0.701
LEPF items			
Single-leg balance with eyes open, sec	46.6 ± 18.8	40.4 ± 19.3	0.201
5 repetition sit-to-stand, sec	7.5 ± 1.2	6.9 ± 1.5	0.078
Timed up and go, sec	5.5 ± 0.6	5.6 ± 0.6	0.309
5 m Habitual walk, sec	3.6 ± 0.5	3.4 ± 0.5	0.275
Choice stepping reaction time, msec	973 ± 75	1000 ± 70	0.141
LEPF score, point	0.13 ± 0.51	0.11 ± 0.51	0.876

SD: standard deviation, SSE: square-stepping exercise, LEPF: lower-extremity physical function

Table X-4 に運動教室前後の 2 群の下肢機能の変化を示した。TUG と 5 m 通常歩行時間において有意な交互作用が認められ、歩数計着用群は非着用群と比べてより大きく向上していた。運動教室前後の変化の大きさを示す効果量は、TUG では歩数計着用群 ($d=1.00$)、非着用群 ($d=0.45$) であり、5 m 通常歩行時間では歩数計着用群 ($d=0.64$)、非着用群 ($d=0.06$) であった。なお、全ての項目において有意な時間の主効果が認められ、両群に向上がみられた。女性のみの分析においても、有意な交互作用と時間の主効果が認められた項目は同様であった (Table X-5)。

歩数計着用群における運動教室実施期間中の 1 日当たりの平均歩数は 6795 ± 2605 (初期)、 7037 ± 2630 (中期)、 6720 ± 2751 (後期) であった。なお、3 地点の歩数に有意差は認められなかった。女性のみの場合も、3 地点の歩数に有意差は認められなかった (初期： 6633 ± 2580 ，中期： 6851 ± 2503 ，後期： 6560 ± 2746)。

Table X-4. Lower-extremity physical function items by group at baseline and post-test

Lower-extremity physical function items	Baseline-test (n = 34)		Post-test (n = 34)		Time effect <i>p</i> -value	Effect size (Cohens' <i>d</i>)		Interaction <i>p</i> -value	Post hoc test	Comparison of post-test score With pedometer vs. Without pedometer <i>p</i> -value	
	Mean	SD	Mean	SD		Baseline vs.	Post-test				
Single-leg balance with eyes open, sec											
SSE with pedometer	46.5	± 19.0	48.9	± 16.8			0.14				
SSE without pedometer	40.5	± 19.9	48.2	± 18.5	0.01		0.40	0.153			0.866
5 repetition sit-to-stand, sec											
SSE with pedometer	7.5	± 1.2	6.8	± 1.1			0.63				
SSE without pedometer	6.9	± 1.4	6.5	± 0.9	<0.01		0.34	0.257			0.296
Timed up and go, sec											
SSE with pedometer	5.5	± 0.6	4.8	± 0.7			1.00				
SSE without pedometer	5.6	± 0.6	5.4	± 0.5	<0.01		0.45	0.001	<0.001 0.005		<0.001
5 m habitual walk, m/sec											
SSE with pedometer	3.6	± 0.5	3.3	± 0.5			0.64				
SSE without pedometer	3.5	± 0.5	3.4	± 0.6	<0.01		0.06	0.023	<0.001 0.640		0.231
Choice stepping reaction time, msec											
SSE with pedometer	981	± 82	933	± 72			0.62				
SSE without pedometer	998	± 68	966	± 76	<0.01		0.44	0.329			0.068
LEPF score, point											
SSE with pedometer	0.16	± 0.51	0.55	± 0.49			0.78				
SSE without pedometer	0.14	± 0.51	0.37	± 0.49	<0.01		0.46	0.073			0.138

SD: standard deviation, SSE: square-stepping exercise, LEPF: lower-extremity physical function

Table X-5. Lower-extremity physical function items by group at baseline and post-test in women

Lower-extremity physical function items	Baseline-test (n = 31)		Post-test (n = 31)		Time effect <i>p</i> -value	Effect size (Cohens' <i>d</i>) Baseline vs. Post-test	Interaction <i>p</i> -value	Post hoc test	Comparison of post-test score Decreasing vs. Maintaining <i>p</i> -value
	Mean	± SD	Mean	± SD					
Single-leg balance with eyes open, sec									
SSE with pedometer	46.6	± 18.8	48.9	± 17.0	0.011	0.12	0.136		0.948
SSE without pedometer	40.4	± 19.3	48.6	± 18.1		0.44			
5 repetition sit-to-stand, sec									
SSE with pedometer	7.5	± 1.2	6.7	± 1.1	< 0.001	0.69	0.217		0.302
SSE without pedometer	6.9	± 1.5	6.5	± 0.9		0.36			
Timed up and go, sec									
SSE with pedometer	5.5	± 0.6	4.8	± 0.7	< 0.001	0.98	0.001	< 0.001	< 0.001
SSE without pedometer	5.6	± 0.6	5.4	± 0.5		0.36			
5 m habitual walk, m/sec									
SSE with pedometer	3.6	± 0.5	3.3	± 0.5	0.008	0.60	0.046	0.001	0.445
SSE without pedometer	3.4	± 0.5	3.4	± 0.6		0.08			
Choice stepping reaction time, msec									
SSE with pedometer	973	± 75	930	± 67	< 0.001	0.60	0.859		0.094
SSE without pedometer	1000	± 70	961	± 74		0.55			
LEPF score, point									
SSE with pedometer	0.13	± 0.51	0.52	± 0.50	< 0.001	0.79	0.130		0.190
SSE without pedometer	0.11	± 0.51	0.36	± 0.50		0.49			
SD: standard deviation, SSE: square-stepping exercise, LEPF: lower-extremity physical function									

SD: standard deviation, SSE: square-stepping exercise, LEPF: lower-extremity physical function

第4節 考察

本課題では、運動教室の下肢機能への効果が歩数計着用有無により異なるか否かを検討した。その結果、両群で全ての下肢機能測定項目の向上がみられ、歩数計の着用有無にかかわらずスクエアステップを主運動課題とした運動教室は下肢機能の向上に有効であることが明らかとなった。

一方、TUG および 5 m 通常歩行時間においては有意な交互作用が認められ、歩数計着用群において、より大きな向上がみられた。すなわち、運動教室実施期間中における歩数計着用は身体活動量の維持あるいは向上につながり、運動教室の歩行能力や起居移動能力への効果を大きくできる可能性が示唆された。さらに効果量をみると、歩数計着用群が非着用群に比べ、開眼片足立ち時間を除く全ての項目で大きかった。このことから歩数計着用は下肢筋力や反応性を含む下肢機能全体に好影響を及ぼす可能性がある。先行研究において、歩数計を着用することで身体活動の動機づけにつながり、身体活動量が向上することが報告されている²¹⁾。一方、高齢者が運動実践することで運動実践以外の身体活動量が代償的に減少するという報告がある。今回、歩数計着用群において期間中の歩数に変化が見られなかったことから、歩数計着用は運動実践による代償的な身体活動量の減少を防ぐことができる可能性がある。本課題では、歩数計を着用させてセルフモニタリングの方法を教示しただけでフィードバックや目標設定などの身体活動促進技法は用いなかった。専門的な身体活動促進技法を用いることなく、歩数計を着用させるだけで効果が大きくなる可能性があるという知見は、自治体が主催する運動教室においても適用可能な有益なものである。

本課題の限界として、歩数計着用群と非着用群を無作為に割り付けていない点が挙げられる。マッチングにより運動教室前の下肢機能水準を調整したが、今後無作為化比較試験による検討が必要である。また、本課題では歩数計非着用群の身体活動量を評価できていない。そのため、下肢機能の変化と歩数変化の因果関係を明らかにできていな

い。今後の研究では、上記の点を考慮するとともに、歩数計着用のみで運動教室には参加しない群を設置することで歩数計着用による効果を詳細に検討できると考えられる。

第5節 要約

本課題は、運動教室実施期間中の歩数計着用が下肢機能への効果に与える影響を歩数計着用群と非着用群の比較により検討した。その結果、歩数計の着用有無にかかわらず、運動教室への参加により全ての下肢機能項目に向上がみられた。これは先行研究で報告されているスクエアステップ実践の下肢機能への効果を支持するものである。一方、歩数計着用群において起居移動能力、歩行能力のより大きな向上が認められた。

専門的な身体活動促進技法を用いることなく、歩数計を着用させるだけで効果が大きくなる可能性があるという知見は、自治体が主催する運動教室においても適用可能な有益なものである。

第Ⅶ章

課題 2－2：運動教室実施期間中の歩数計着用と目標設定の組み合わせによる身体活動促進が下肢機能への効果に与える影響

第 1 節 緒言

高齢者が運動教室に参加することで、身体活動量が代償的に減少するという報告がある^{15,16)}。このような身体活動量の減少が起きた場合、運動教室参加による下肢機能への効果は表れにくくなる可能性があるため、運動教室実施期間中の身体活動量を維持する必要がある。

身体活動を促進する簡便なツールである歩数計は、目標設定やフィードバックなどの行動変容技法を組み合わせやすく、それらを組み合わせることで身体活動量向上の効果が得られやすくなる可能性があることが示されている²²⁾。しかし、運動教室実施期間中に歩数計を活用した身体活動促進を行うことで下肢機能への効果が大きくなるか否かを検討した報告は見当たらない。

高齢者の身体活動を増加させることで転倒発生も増加することが報告されており⁶³⁻⁶⁵⁾、高齢者の身体活動を促進する場合には、プログラムに転倒予防の側面も含めるべきであると報告されている⁶⁷⁾。転倒予防と下肢機能向上の効果が認められているスクエアステップと身体活動促進を組み合わせることで、転倒予防を考慮した効果的な運動プログラムの提案につながると考えられる。本課題の目的は、運動教室実施期間中に歩数計を活用した目標設定を行うことで、下肢機能への効果が大きくなるか否かを明らかにすることとした。

第2節 方法

1. 対象者

茨城県つくばみらい市において 2015 年 5 月から 2015 年 8 月に開催された運動教室に参加した地域在住高齢者 35 名を対象とした。運動教室の内容は課題 1 および課題 2-1 と同様である。本運動教室への参加募集は、健康づくりイベントの参加者への案内チラシの配布と広報誌への募集案内の掲載により行った。対象者を非無作為に目標設定あり群（20 名）と目標設定なし群（15 名）に割り付けた。目標設定ありと目標設定なしの 2 つのプログラムは、同じ日の午前（目標設定あり群）・午後（目標設定なし群）に分けて行ったため、参加者の都合の良い時間帯に参加させた。なお、プログラム内容の違いによる選択を避けるため、2 つのプログラムの違いは参加者に知らせなかった。

本課題の対象者の選択基準は、課題 1、課題 2-1 と同様に（1）65 歳以上であること、（2）自立歩行が可能であること、（3）要支援・要介護認定をされていないこととした。分析には運動教室後の測定会を欠席した 2 名（目標設定あり群 1 名、目標設定なし群 1 名）と運動教室を半分以上欠席した目標設定なし群の 1 名を除いた目標設定あり群 19 名（ 68.9 ± 3.3 歳）と目標設定なし群 13 名（ 69.9 ± 4.2 歳）のデータを用いた。

2. 身体活動量

本課題では、対象者の身体活動量を歩数計（ライフコーダ GS、スズケン社製）により測定した。全ての対象者に歩数計を配布し、運動教室実施期間中、毎日装着するよう指示した。参加者は運動教室前の測定が終わった時点から歩数計の着用を開始した。なお、運動教室前の測定から運動教室初回までの 1 週間は、普段の身体活動量を評価するために普段通りの生活を送るよう指示した。

運動教室前後の測定会をそれぞれ 1 回目と 11 回目として、運動教室の期間をベースライン（運動教室前の測定から運動教室初回まで）、初期（2 回目から 4 回目）、中期（5 回目から 8 回目）、後期（9 回目から 11 回目）に分け、1 日当たりの平均歩数を算出した。分析に用いるデータは、Lifelyzer05 Coach ver. 2.1（スズケン社製）を使用して歩数計からダウンロードした。

3. 目標設定

目標設定あり群に対しては運動教室初回を 45 分間延長し、目標設定を行った。目標設定は運動教室前の測定会から運動教室初回までの 1 週間の歩数（普段の歩数）を基準に 1 日当たり 1 千歩増やすこととした。なお、目標設定で 1 日当たり 1 千歩増加を目指した理由は、「健康づくりのための身体活動基準 2013」⁸³⁾の基準を達成するための実践の手立てとして示されている国民向けのガイドライン「アクティブガイド」⁸⁴⁾を参考にしたためである。アクティブガイドでは、「+10（プラステン）：今より 10 分多く体を動かそう」というメッセージが示されており、高齢者における 10 分間の歩行を歩数に換算すると約 1 千歩になるため⁵⁰⁾、本研究ではこれを目標設定の基準とした。

身体活動を動機づけするために、2 つの目標設定シートを用意した。1 つ目は、身体活動の増減を確認できる折れ線グラフシートである（Fig. VI-1）。折れ線グラフの使用方法は、(1) 普段の歩数を真ん中の括弧に書き入れる、(2) その上下にある括弧にそれぞれ普段の歩数の ± 7000 、 ± 14000 の数字を書き入れる、(3) 毎週の合計歩数をグラフ中に書き入れるという手順とした。参加者に対して、真ん中の線より 1 つ上の線（1 日当たり 1 千歩の増加）に届くか超えることを奨励した。

2 つ目は目標設定の達成度を確認するための地図シートである（Fig. VI-2）。この地図シートは日本の実際の地図を使用しており（白地図 KenMap Ver 9. 11, <http://www5b.biglobe.ne.jp/~t-kamada/CBuilder/kenmap.htm>）、地図上の 1 目盛はそ

第Ⅶ章

れぞれ約 10km に相当する（例：“Point 1”は“Starting point”から約 50km を示す）。そして、参加者の歩幅を 1 歩 60cm と仮定し、普段の歩数を基準に 1 日当たり 1 千歩増やした場合に到達する地点を目標地点として設定した。参加者は 3 種類の地図シートから好みのものを 1 つ選んだ。運動教室のスタッフは参加者の毎週の総歩数にしたがって目盛を塗りつぶした。その際、スタッフは参加者の歩数が目標の達成に対して十分か否かをフィードバックした。運動教室の 4 回目から 5 回目、8 回目から 9 回目の間に施設が使用できず 1 週間の間が空いたため、これらの週は参加者自身に 1 週間の総歩数を記録させた。これらの目標設定は、熟練したスタッフが毎回の運動教室が始まる前に個別に行った。目標設定を見直すために、運動教室実施期間の真ん中で目標設定を再度行った。

目標設定なし群は自身の歩数を確認することはできたが、目標設定やフィードバック、その他の身体活動促進技法は提供しなかった。

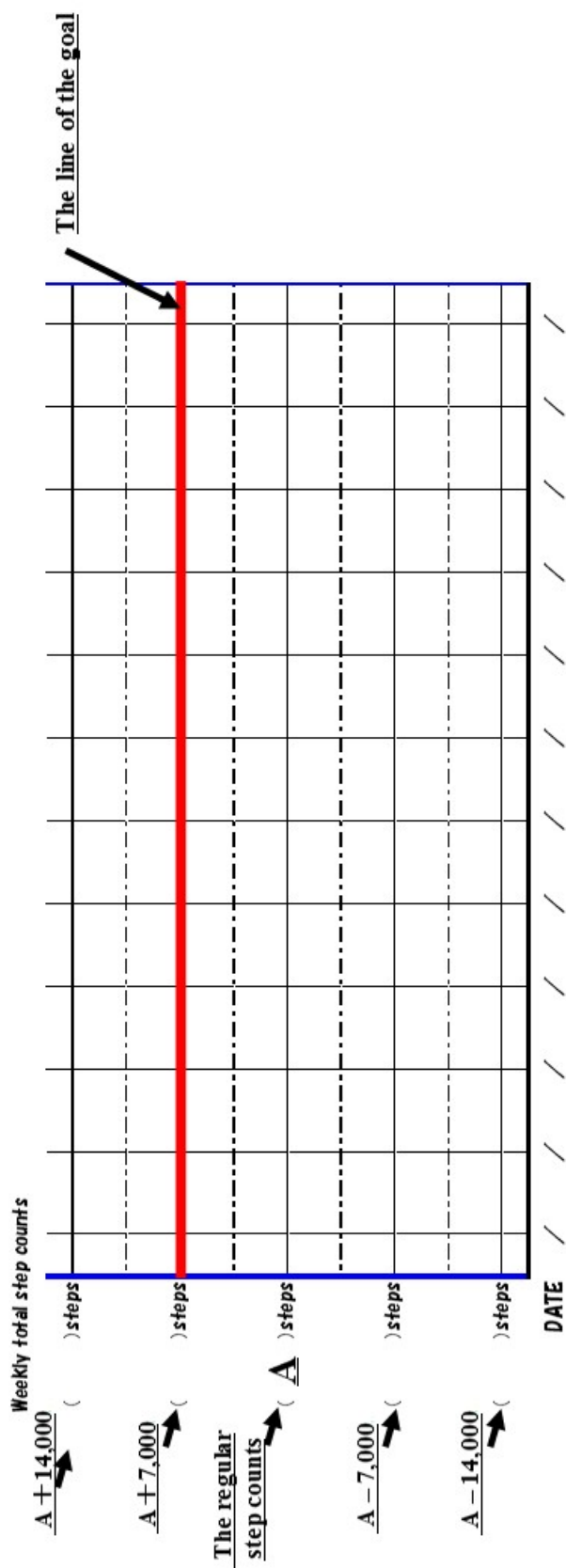


Fig. VI-1. Goal-setting: a line graph

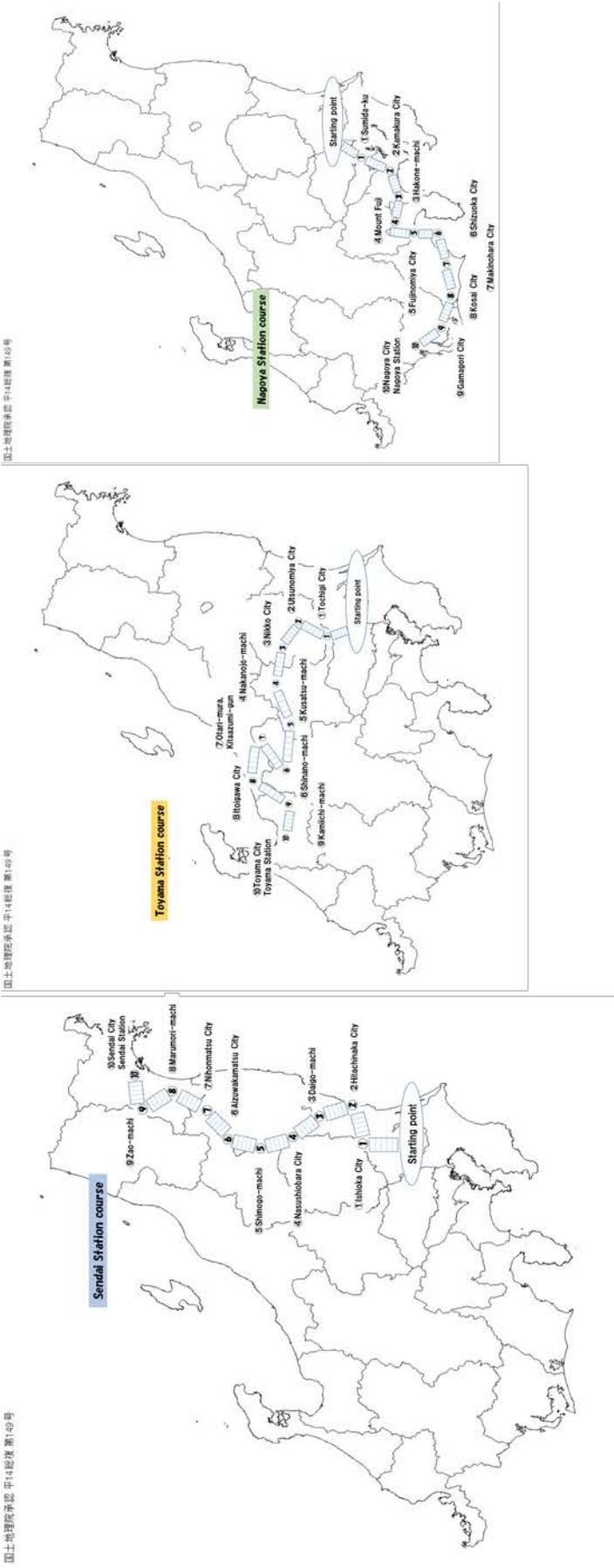


Fig. VI-2. Goal-setting maps

4. 統計解析

目標設定あり群と目標設定なし群の基本属性の比較には対応のない t 検定およびカイ二乗検定を用いた。2 群の身体活動量の変化の比較には群×時間（運動教室初期，中期，後期）の 2 要因分散分析を用いた。さらに 2 群の身体活動量の変化を詳細に検討するために，各群のベースラインから各時点（ベースライン，初期，中期，後期）までの 1 日当たり 1 千歩以上の増減有無（減少，維持，向上）の割合をカイ二乗検定により比較した。2 群の下肢機能の変化の比較には時間要因を運動教室前後の 2 時点とした 2 要因分散分析を用いた。交互作用が認められた項目については Bonferroni 法による多重比較検定を行った。なお，運動教室前の値に群間の有意差がみられた項目については，運動教室前の値を共変量とした共分散分析を行った。また，運動教室前後の変化の大きさの程度を示すために効果量 d を算出した¹¹⁵⁾。なお課題 1 および課題 2-1 と同様に，全ての分析は全対象者および女性のみで二通りで行い，結果を示した。

統計処理には IBM SPSS Statistics 22 for Windows を使用し，有意水準はいずれも 5 %未満とした。

第3節 結果

Table VI-1 に 2 群の基本属性と運動教室前の下肢機能測定項目の値を示した。過去 1 年間の転倒歴に群間の有意差が認められ、目標設定あり群において転倒歴を有する者が少なかった。5 m 通常歩行時間においても群間の有意差が認められ、目標設定あり群が良好な値を示した。女性のみにおいても同様に、過去 1 年間の転倒歴と 5 m 通常歩行時間で群間の有意差が認められた (Table VI-2)。各群の運動教室の出席率は、目標設定あり群では $95.9 \pm 8.5\%$ (最小値 : 77.8, 最大値 : 100.0%), 目標設定なし群では $94.0 \pm 10.7\%$ (最小値 : 66.7%, 最大値 : 100.0%) であり、群間の有意差は認められなかった ($p=0.582$)。女性のみにおける各群の出席率は、目標設定あり群では $94.8 \pm 9.3\%$ (最小値 : 77.8%, 最大値 : 100.0%), 目標設定なし群では $93.9 \pm 11.5\%$ (最小値 : 66.7%, 最大値 : 100.0%) であり、群間の有意差は認められなかった ($p=0.832$)。

Table VI-1. Comparison of baseline characteristics between two groups

Baseline characteristics	SSE with GS (n = 19)	SSE without GS (n = 13)	<i>p</i> -value
	Mean ± SD	Mean ± SD	
Demographic items			
Age, y	68.9 ± 3.3	69.9 ± 4.2	0.470
Women, n (%)	15 (78.9)	11 (84.6)	0.687
Education, y	12.0 ± 1.9	12.3 ± 1.3	0.623
Heart disease, n (%)	1 (5.3)	0 (0.0)	0.401
Stroke, n (%)	0 (0.0)	0 (0.0)	-
Low back disease, n (%)	4 (21.1)	3 (23.1)	0.892
Knee disease, n (%)	1 (5.3)	3 (23.1)	0.135
Fall in the last year, n (%)	0 (0.0)	4 (30.8)	0.010
Fall during the exercise program, n (%)	1 (12.5)	0 (0.0)	0.401
Body mass index, kg/m2	23.4 ± 3.1	24.3 ± 2.6	0.413
Physical activity			
Daily step counts, steps/day	8,312 ± 3,759	7,796 ± 2,708	0.696
LEPF items			
Single-leg balance with eyes open, sec	39.5 ± 19.9	47.1 ± 22.2	0.315
5 repetition sit-to-stand, sec	6.6 ± 0.6	7.2 ± 1.1	0.119
Timed up and go, sec	5.1 ± 0.5	5.5 ± 0.8	0.128
5 m habitual walk, sec	3.2 ± 0.5	3.6 ± 0.3	0.040
Choice stepping reaction time, msec	1,025 ± 105	1,027 ± 64	0.932
6-min walk, m	575 ± 72	560 ± 62	0.534

SD: standard deviation, SSE: square-stepping exercise, GS: goal-setting, LEPF: lower-extremity physical function

Table VI-2. Comparison of baseline characteristics between two groups in women

Baseline characteristics	SSE with GS (n = 15)	SSE without GS (n = 11)	<i>p</i> -value
	Mean ± SD	Mean ± SD	
Demographic items			
Age, y	68.6 ± 3.4	70.0 ± 4.6	0.378
Education, y	12.1 ± 2.0	12.5 ± 0.8	0.548
Heart disease, n (%)	0 (0.0)	0 (0.0)	-
Stroke, n (%)	0 (0.0)	0 (0.0)	-
Low back disease, n (%)	4 (26.7)	3 (27.3)	0.973
Knee disease, n (%)	1 (6.7)	3 (27.3)	0.150
Fall in the last year, n (%)	0 (0.0)	3 (27.3)	0.032
Fall during the exercise program, n (%)	1 (6.7)	0 (0.0)	0.382
Body mass index, kg/m2	23.4 ± 3.4	24.2 ± 2.6	0.489
Physical activity			
Daily step counts, steps/day	7,787 ± 2,512	7,814 ± 2,302	0.977
LEPF items			
Single-leg balance with eyes open, sec	43.3 ± 16.4	44.8 ± 23.5	0.852
5 repetition sit-to-stand, sec	6.7 ± 0.6	7.3 ± 1.1	0.097
Timed up and go, sec	5.2 ± 0.5	5.6 ± 0.8	0.103
5 m habitual walk, sec	3.1 ± 0.4	3.5 ± 0.4	0.014
Choice stepping reaction time, msec	1,018 ± 106	1,040 ± 51	0.491
6-min walk, m	561 ± 67	551 ± 64	0.712

SD: standard deviation, SSE: square-stepping exercise, GS: goal-setting, LEPF: lower-extremity physical function

Fig. VI-3 に各群の身体活動量の変化を示した。2 群の身体活動量の変化に有意な時間の主効果と交互作用が認められた。多重比較検定の結果、目標設定あり群においてベースラインから各地点に向けて有意な向上がみられ、目標設定なし群においては有意な変化はみられなかった。なお女性の場合、時間の主効果は認められなかったものの、有意な交互作用が認められ、目標設定あり群のみ向上がみられた (Fig. VI-4)。

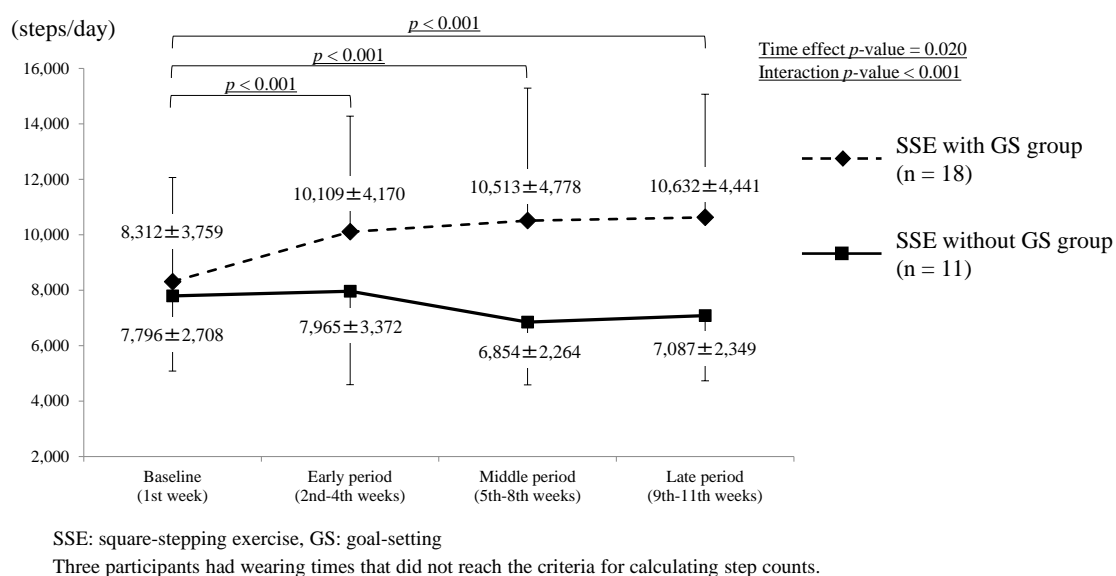


Fig. VI-3. Physical activity by group during the four periods

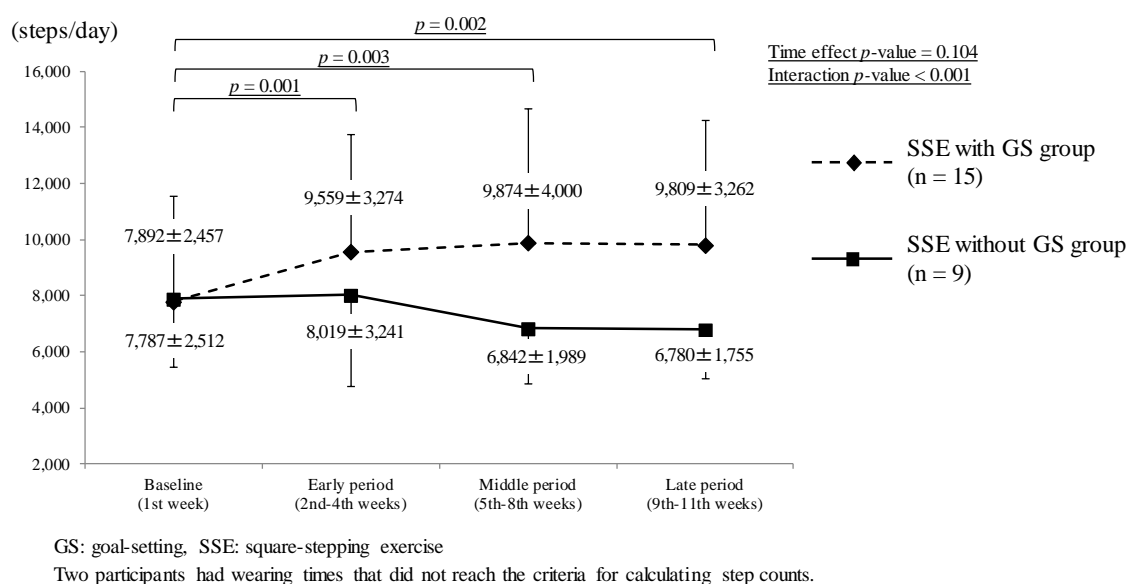


Fig. VI-4. Physical activity by group during the four periods in women

Table. VI-3 にベースラインの歩数を基準として、各地点の 1 日当たり 1 千歩以上の増減の有無の結果を示した。初期、中期、後期の各地点においてその割合に有意差が認められた。目標設定あり群においては、いずれの地点においてもベースラインと比較して 1 千歩以上増加している者が多かったが、目標設定なし群においては、初期と後期では 1 千歩以上の増減がない者が多く、中期では 1 千歩以上減少している者が多かった。女性のみにおいても同様の結果であった (Table. VI-4)。

Table. VI-3. Physical activity changes by group at during the three periods

Periods	n	Decreased PA by over 1,000 steps/day	Maintained PA	Increased PA by over 1,000 steps/day	<i>p</i> -value
Early period					
SSE with GS, n (%)	18	0 (0.0)	5 (27.8)	13 (72.2)	0.005
SSE without GS, n (%)	13	2 (15.3)	9 (69.2)	2 (15.3)	
Middle period					
SSE with GS, n (%)	18	1 (5.5)	4 (22.2)	13 (72.2)	< 0.001
SSE without GS, n (%)	13	7 (53.8)	6 (46.1)	0 (0.0)	
Late period					
SSE with GS, n (%)	18	1 (5.5)	5 (27.8)	12 (66.7)	0.021
SSE without GS, n (%)	11	4 (36.4)	5 (45.5)	2 (18.2)	

SSE: square-stepping exercise, PA: physical activity, GS: goal-setting

Physical activity changes during the three periods were compared to baseline step counts.

Table. VI-4. Physical activity changes by group at during the three periods in women

Periods	n	Decreased PA by over 1,000 steps/day	Maintained PA	Increased PA by over 1,000 steps/day	<i>p</i> -value
Early period					
SSE with GS, n (%)	15	0 (0.0)	5 (33.3)	10 (66.7)	0.027
SSE without GS, n (%)	11	2 (18.2)	7 (63.6)	2 (18.2)	
Middle period					
SSE with GS, n (%)	15	1 (6.7)	4 (26.7)	10 (66.7)	0.001
SSE without GS, n (%)	11	7 (63.6)	4 (36.4)	0 (0.0)	
Late period					
SSE with GS, n (%)	15	1 (6.7)	5 (33.3)	9 (60.0)	0.007
SSE without GS, n (%)	9	4 (44.4)	5 (55.6)	0 (0.0)	

SSE: square-stepping exercise, PA: physical activity, GS: goal-setting

Physical activity changes during the three periods were compared to baseline step counts.

運動教室前後の 2 群の下肢機能の変化を比較したところ、5 m 通常歩行時間、全身選択反応時間、6 分間歩行距離において有意な時間の主効果が認められ、両群に向上がみられた (Table VI-5)。運動教室前の値に有意差がみられた 5 m 通常歩行時間について、運動教室前の値で調整した共分散分析を行ったところ、有意な時間の主効果は消失した。5 回椅子立ち上がり時間においては有意な交互作用が認められ、目標設定なし群においてのみ向上がみられた。しかし、運動教室後に群間の値に有意差は認められた下肢機能測定項目はなかった。女性のみで分析した場合、有意な時間の主効果が認められた項目は全身選択反応時間であり、5 回椅子立ち上がり時間においては全対象者の分析と同様に有意な交互作用が認められた (Table VI-6)。

Table VI-5. Lower-extremity physical function items by group at baseline and post-test

Lower-extremity physical function items	Baseline-test		Post-test		Time effect <i>p</i> -value	Effect size (Cohen's <i>d</i>)		Interaction <i>p</i> -value	Post hoc test	Comparison of post-test score With GS vs. Without GS <i>p</i> -value
	Mean	± SD	Mean	± SD		Baseline vs. Post-test				
Single-leg balance with eyes open, sec										
SSE with GS	39.5	± 19.9	44.7	± 19.7		0.27				
SSE without GS	47.1	± 22.2	47.4	± 21.1	0.367	0.01	0.417			0.717
5 repetition sit-to-stand, sec										
SSE with GS	6.6	± 0.6	6.8	± 0.9		0.23			0.241	
SSE without GS	7.2	± 1.1	6.7	± 1.4	0.154	0.40	0.006		0.007	0.750
Timed up and go, sec										
SSE with GS	5.1	± 0.5	5.2	± 0.6		0.14				
SSE without GS	5.5	± 0.8	5.6	± 1.0	0.360	0.11	0.914			0.223
5 m habitual walk, sec										
SSE with GS	3.2	± 0.5	3.1	± 0.5		0.27				
SSE without GS	3.6	± 0.3	3.3	± 0.6	0.024 0.319 [†]	0.49	0.468 0.194 [†]			0.273
Choice stepping reaction time, msec										
SSE with GS	1,025	± 105	1,016	± 83		0.10				
SSE without GS	1,027	± 64	984	± 73	0.030	0.64	0.149			0.274
6-min walk, m										
SSE with GS	575	± 72	589	± 86		0.17				
SSE without GS	560	± 62	587	± 60	0.035	0.44	0.477			0.939

SD: standard deviation, SSE: square-stepping exercise, PA: physical activity, GS: goal-setting, [†]Analysis of covariance was adjusted for baseline value

Table VI-6. Lower-extremity physical function items by group at baseline and post-test in women

Lower-extremity physical function items	n	Baseline-test		Post-test		Time effect <i>p</i> -value	Effect size (Cohen's <i>d</i>)		Interaction <i>p</i> -value	Post hoc test	Comparison of post-test score Decreasing vs. Maintaining <i>p</i> -value
		Mean	± SD	Mean	± SD		Baseline vs.	Post-test			
Single-leg balance with eyes open, sec											
SSE with GS	15	43.3	± 16.4	46.4	± 18.8			0.17			
SSE without GS	11	44.8	± 23.5	45.1	± 22.3	0.575		0.02	0.652		0.880
5 repetition sit-to-stand, sec											
SSE with GS	15	6.7	± 0.6	7.1	± 0.9			0.41		0.069	
SSE without GS	11	7.3	± 1.1	7.0	± 1.4	0.742		0.31	0.010	0.049	0.835
Timed up and go, sec											
SSE with GS	15	5.2	± 0.5	5.3	± 0.6			0.29			
SSE without GS	11	5.6	± 0.8	5.8	± 0.9	0.114		0.22	0.879		0.158
5 m habitual walk, sec											
SSE with GS	15	3.1	± 0.4	3.0	± 0.5			0.18			
SSE without GS	11	3.5	± 0.4	3.4	± 0.6	0.168 0.819 [†]		0.29	0.706 0.829 [†]		0.122
Choice stepping reaction time, msec											
SSE with GS	15	1018	± 106	1000	± 83			0.20			
SSE without GS	11	1040	± 51	1003	± 58	0.026		0.68	0.434		0.915
6-min walk, m											
SSE with GS	15	561	± 67	566	± 74			0.08			
SSE without GS	11	551	± 64	574	± 56	0.200		0.39	0.417		0.764

SD: standard deviation, SSE: square-stepping exercise, PA: physical activity, GS: goal-setting, †Analysis of covariance was adjusted for baseline value

第4節 考察

本課題では、運動教室実施期間中に歩数計を活用した目標設定を行い、身体活動量の減少を防ぐことの下肢機能への効果を検討した。目標設定には視覚的に分かりやすい折れ線グラフシートと地図シートを用い、これにより参加者の身体活動量の減少を防ぐことができ、運動教室の初期、中期、後期において身体活動量は向上していた。しかし、運動教室実施期間中の身体活動促進による下肢機能への効果は認められなかった。

本運動教室への参加により、両群において 5 m 通常歩行時間、全身選択反応時間、6 分間歩行距離に有意な向上がみられた。スクエアステップはステップパターンを覚えて、記憶を保持しながら、マットの枠線を踏まないようにステップを実践するという手順で行うことから、歩行動作に加えて記憶や注意を必要とする副課題からなる複数課題条件下の運動¹¹⁹⁾と捉えられる。そのため 5 m 通常歩行時間だけでなく、即座の判断や動的な平衡性を必要とする全身選択反応時間⁶⁾への効果が認められたと推察される。さらに、身体活動量にかかわらず、スクエアステップ実践は 6 分間歩行距離の向上に有効である可能性が示唆された。スクエアステップを主運動課題とした運動教室は、先行研究で行われているウォーキングプログラム¹²⁰⁾と同様に高齢者の全身持久力の向上に有効であると考えられる。

一方、5 回椅子立ち上がり時間においては有意な交互作用が認められ、目標設定なし群においてのみ向上がみられた。先行研究では、運動教室前の身体機能水準が低いほど、運動教室による身体機能への効果が得られやすいことが示されている^{24,25,90)}。本課題において、目標設定なし群は目標設定あり群に比べて運動教室前における 5 m 通常歩行時間が有意に遅く、その他の項目においても有意ではないものの目標設定なし群の方が低水準であった。これは目標設定なし群において運動教室前の下肢機能の水準が低く、その向上の幅が大きかったことを示している。さらに、高齢者における歩行速度と身体活動量との関連は 1 日当たり 7 千から 8 千歩で天井効果に達し、8 千歩を

超えると関連性がみられなくなることが明らかとなっている⁷²⁾。目標設定あり群は運動教室後期において、1日当たりの平均歩数が1万歩を超えていた。目標設定により身体活動量の減少を防ぐことができたが、身体活動量向上による下肢機能向上の天井効果に達していた可能性がある。一方、目標設定なし群は運動教室後期において1日当たり約7千歩を維持していたため、下肢機能への効果を得ることができたと考えられる。しかし、運動教室初期においては身体活動量が減少している者は少なかったものの、中期では53.8%、後期では36.4%の対象者にベースラインと比較して1千歩以上の減少がみられた。このように運動教室への参加から一定期間経った後に、身体活動量の代償的な減少が起こることは先行研究においても報告されている¹⁶⁾。スクエアステップを主運動課題とした運動教室において、一定の割合の対象者において身体活動量の減少が起こりうることは新たな知見である。本課題の目標設定なし群における平均歩数は運動教室初期で約7800歩、後期で約7千歩であり、健康日本21（第二次）⁸⁵⁾に示されている65歳以上の高齢者の平均歩数（男性：5628歩、女性：4584歩）と比較すると多かった。本課題の対象者よりも身体活動量が少ない高齢者を対象に運動教室を行う場合、代償的な身体活動量の減少による下肢機能への効果の阻害が起こる可能性を考慮する必要があるかもしれない。

本課題の限界として、サンプルサイズが小さく、無作為化比較試験ではないことが挙げられる。また、本課題の対象者の下肢機能と身体活動量はわが国の一般的な高齢者の値^{85,121)}と同等か上回っていたことから、下肢機能の向上に対して天井効果に達していた可能性がある。5 m 通常歩行時間において、運動教室前の値で調整して分析した際に時間の主効果が消失したことからも、運動教室前の値が下肢機能への効果に強く影響していることが分かる。今後の研究においては、本課題で用いた技法が身体不活動や下肢機能水準が低い高齢者に対して適用可能か否かを検討する必要がある。最後に、本課題は3ヵ月間という短期間のプログラムであったため、目標設定の効果を検討するためには、より長期間のプログラムによる検討が必要かもしれない。

第5節 要約

本課題では運動教室実施期間中に歩数計を活用した目標設定を行い、身体活動量の減少を防ぐことの下肢機能への効果を検討した。その結果、目標設定の有無にかかわらず、スクエアステップ実践により歩行能力、反応性、全身持久力の向上がみられた。しかし、歩数計を活用した身体活動促進による下肢機能への効果は認められなかった。

一方、目標設定を行わなかった群においては、運動教室の中期から後期にかけて身体活動量が減少する者が一定の割合で現れることが明らかとなった。このような運動教室実施期間中の身体活動量減少による下肢機能への効果の阻害を防ぐために、本課題で行った目標設定の技法は有効であると考えられる。

第Ⅷ章 総合討論

本研究では、地域在住高齢者の下肢機能の向上に有効な運動プログラムを提案するために、運動教室実施期間中の身体活動量の影響を明らかにした上で、歩数計を活用した身体活動促進の有用性を検討した。本章では前章までに示した課題の知見をまとめ、先行研究を挙げながら討論を行う。

第 1 節 本研究と先行研究との比較—本研究の新規性—

1. 運動教室実施期間中の身体活動量の重要性について

本研究では、運動教室の実施頻度が低いと身体機能への効果が得られない可能性があること^{11,12)}を考慮し、参加者が運動教室内だけでなく日常生活においても身体活動量を維持することが重要であるという観点から検討を行った。

Shigematsu et al.²⁷⁾は 12 週間のスクエアステップを主運動課題とした運動教室の実施期間中の歩数を記録しており、ベースラインでは 1 日当たり約 7500 歩、初期（1 週目から 4 週目）は約 7400 歩、中期は約 7100 歩であったが、後期（9 週目から 12 週目）では約 6 千歩に減少していたことを報告している。この研究ではスクエアステップの下肢機能および転倒予防への効果をみており、実施期間中の歩数減少による下肢機能への効果の影響は検討されていない。これに対して本研究では、運動教室実施期間中に身体活動量を維持した者とそうでなかった者の下肢機能への効果を比較し、身体活動量の維持は歩行能力の向上のために重要であることを新たに示唆した。さらに課題 2-1 では、歩数計着用によるセルフモニタリングを行った群において、開眼片足立ち時間を除く全ての下肢機能測定項目で効果量が大きかった。先行研究において、一日の平均歩数が多い者においては中等度以上の身体活動の実践時間も多いことが報告さ

れており¹²²⁾、中等度以上の身体活動量は良好な下肢機能と関連することが報告されている⁷²⁾。運動教室実施期間中においては、歩数計を着用することで中等度以上の身体活動量を維持できた可能性があり、これにより下肢機能全体への効果が大きくなったことは先行研究と一致する結果である。

また、運動実践による身体活動量の代償的な減少に焦点を当てた Goran & Poehlman¹⁵⁾と Meijer et al.¹⁶⁾の研究では、代償的な身体活動量の減少は起きたものの、全身持久力の向上が認められたことを報告している。これらの報告では、身体機能測定項目として全身持久力の結果のみ示している。本研究では、複数の下肢機能測定項目を用いることで、身体活動量の減少の影響を詳細に検討した。これにより、スクエアステップを主運動課題とした運動教室は実施期間中の身体活動量の変化にかかわらず、複雑な動作が求められる下肢機能の向上をもたらし、身体活動量の維持は歩行能力の効果に対して影響している可能性があることを見出した。課題 2-2 では、歩数計着用と目標設定を組み合わせることで身体活動量が向上したが、下肢機能の効果の増大は認められなかった。この理由として、運動教室後期において 1 日当たりの平均歩数が 1 万歩を超えていたため、身体活動促進による下肢機能向上の天井効果に達していたことが推察される。高齢者における歩行速度と身体活動量との関連は 1 日当たり 7 千から 8 千歩で天井効果に達し、8 千歩を超えると関連性がみられなくなること⁷²⁾から、運動教室実施期間中の身体活動量は歩行速度との関連性がみられる 7 千から 8 千歩程度で維持あるいは向上させることで下肢機能への効果を大きくできるのかもしれない。

本研究で示した運動教室実施期間中の身体活動量を維持することの重要性は、今後より多くの高齢者が効率的に介護予防効果を得られるための貴重な資料となることが期待される。

2. 歩数計を活用した身体活動促進の提案

運動プログラムの効果に影響を与える要因を明らかにする研究は数多く報告されているが^{11,12,24,25,90,95)}、それらの知見を活かした具体的な対応策は示されてこなかった。これに対し、本研究では運動プログラムの下肢機能への効果を、より得られやすくするための「歩数計を活用した身体活動促進」という、地域で行われる運動教室においても実施可能な方法を提示することができた。身体活動促進に用いた技法はセルフモニタリング、目標設定、フィードバックであり、これらの技法のうちセルフモニタリングは身体活動促進に最も有効であることが示されており⁷⁵⁾、さらに歩数計を活用した場合には目標設定を組み合わせることが身体活動量向上の効果をを得るために重要であることが報告されている²¹⁾。

これまで歩数計を活用した身体活動促進は、身体活動量の向上を目的として行われる運動プログラムで行われてきた^{22,79-81)}。歩数計を活用した身体活動促進によって身体活動量を増加させるだけでなく、それによって下肢機能の向上がもたらされるか否かを検討した報告がいくつかあるが⁶⁸⁻⁷⁰⁾、それらは全て日常生活型のプログラムで歩数を増やすという方法で行われており、特定の運動課題は提供されていない。Tudor-Locke et al.¹⁸⁾は、高齢者が日常生活で行う身体活動は主にウォーキングであり、運動教室は筋力増強運動や柔軟性の運動を実践する唯一の機会となっていたことを報告している。高齢者がウォーキングを実践することによって転倒発生が増加するという報告もなされており⁶³⁻⁶⁵⁾、その理由の一つとして、転倒予防に最も効果的であるバランス運動を行う時間がウォーキングの実践に充てられてしまうことが挙げられている。また、Shigematsu et al.²⁷⁾は、スクエアステップはウォーキングよりも下肢機能の向上と転倒予防に有効であったことを報告している。このように、高齢者がよく行うウォーキングだけでなく、運動教室型の指導によって特定の運動課題を行うことで下肢機能をより効率的に向上させることができる。そして、運動教室では身体活動量の減少が起こりうる中等度から高強度の運動が行われる場合が多いため、歩数計を活用した身体活動促進は特に有用である。

本研究のように運動教室型のプログラムと歩数計着用を組み合わせ、下肢機能への効果に対する影響を検討した運動プログラムは、これまでにない新たな試みであると考えられる。そして、運動教室実施期間中に歩数計着用によるセルフモニタリングを行うことで下肢機能への効果が大きくなることを明らかにした点は特筆すべき知見といえよう。また、運動プログラムの効果に影響を与える要因（日常生活における身体活動量）を明らかにした上で、それに対する具体的で一般化可能性の高い方策（歩数計を活用した身体活動促進）を提案したことは本研究の新規性といえる。

3. 高齢期における複数の健康課題の解決につながる運動プログラムの提案

最後に、本研究で行った運動プログラムは高齢期における心身機能の向上や身体活動量の維持・向上などの複数の健康課題の解決につながるものと考えられる。わが国の地域在住高齢者を対象とした運動プログラムは身体機能の向上を目的として行われており、それによって介護予防のためのプロセスに好循環を生み出すことを目指している（Fig. VII-1）¹³⁾。本研究で行った運動プログラムの第一の目的も身体機能（下肢機能）の向上であるが、同時に Fig. VII-1 の介護予防の好循環のうち「習慣的な運動」、
「身体活動量の維持・向上」に対しても好影響を与えることができると考えられる。

スクエアステップはウォーキングと比べて下肢機能への効果が大きいことが確認されており²⁷⁾、筋力増強運動とバランス運動を組み合わせた運動プログラムと同等の効果が得られることが報告されている²⁸⁾。これらの先行研究と同様に、本研究においても下肢機能の向上を認めたことから、第一の目的である下肢機能の向上を達成できたと言える。さらに、運動教室実施期間中に歩数計を着用することで下肢機能への効果は増大し、目標設定を組み合わせることで身体活動量が向上した。すなわち、本運動プログラムは「身体活動量の維持・向上」に対しても好影響を及ぼしている。

運動教室で得られた効果を維持するためには、運動教室終了後の運動継続あるいは

身体活動量の維持が必要である²⁹⁾。スクエアステップは高齢者が自主的に継続することができる運動課題であり^{30,31)}、「簡単・気軽にできる運動であること」や「健康効果への期待ができること」、「仲間の存在や仲間との関わりを持つことができる」などの理由から、運動教室終了後も継続しやすいことが明らかとなっている¹²³⁾。一方、運動教室実施期間中の歩数計着用も運動教室終了後の身体活動量維持に貢献すると考えられる。運動教室実施期間中の歩数を記録しておくことで、運動教室終了後にも歩数計を活用してその歩数を維持するように動機づけすることが可能である。

このように継続性に優れるスクエアステップと身体活動促進を組み合わせた運動プログラムは、地域在住高齢者の介護予防プロセスにおいて効果的な好循環を生み出す一つの新たなモデルとなることが期待される。なお全ての課題において、女性のみで分析した場合と男女併せて分析した場合で同様の項目に有意な交互作用が認められたことから、本研究の結果は女性高齢者への運動プログラムの効果を反映したものと考えられる。すなわち本知見は、身体機能低下が進行しやすく¹²⁴⁾、身体活動量が男性と比べて少ない女性高齢者¹²²⁾の長期的な介護予防につながる有益なものといえる。

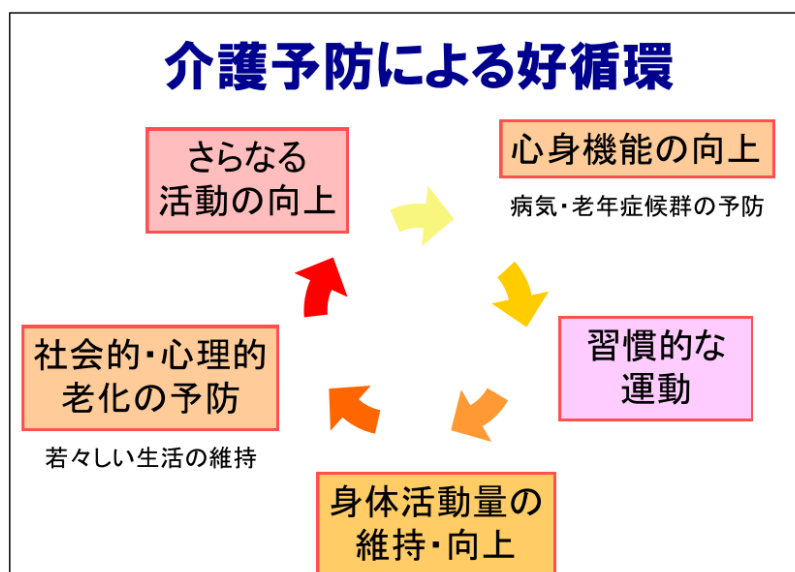


Fig. VII-1. Good circulation of preventive care (Ministry of Health, Labor and Welfare, 2009)¹³⁾

第2節 地域で行われる運動プログラムへの知見の適用

本研究では地域在住高齢者の下肢機能の向上を目的とした運動プログラムについて、その実施期間中の身体活動量維持の重要性について検討してきた。実際に地域で行われた運動プログラムから得られた知見は、今後地域で行われる運動プログラムに適用しやすいものであると考えられる。

まず、地域で行われる運動プログラムの実施期間中の身体活動をどのように考慮するかについて、本研究から得られた知見をもとに考察する。先行研究^{15,16)}および本研究の結果から、身体活動量の減少が起きたとしても、運動教室の運動課題の特性に応じた下肢機能の向上はもたらされると考えられる。すなわち、その運動プログラムが身体機能の中でも特にどのような機能の向上を目指すかによって、身体活動量の考慮の仕方は異なってくる。例えば、筋力増強運動を行った場合、向上を目指すのは主に筋力である。高齢者における運動実践による代償的な身体活動量の減少は、疲労あるいは運動実践に備えて身体活動を抑制するために起こると考えられている^{15,16)}。十分な休養を取る（代償的な身体活動量の減少が起きる）ことで筋力増強運動を行う運動プログラムにおいてパフォーマンスを発揮でき、目的とする筋力の向上は期待できるだろう。一方、歩行能力の向上を主な目的として行う場合、身体活動量を維持あるいは向上させることで効果が得られやすくなる可能性がある。このように目的によって身体活動量の考慮の仕方は異なってくるが、参加者の疲労の把握という観点からも身体活動量の評価は重要であると言える。

運動教室実施期間中に参加者が歩数計を着用することで、身体活動量の評価が可能になるだけでなく、参加者が自身の歩数を確認し、それが身体活動への動機づけにつながるという利点もある。本研究の運動プログラムに参加した多くの高齢者は、歩数計で自身の歩数を把握できることに興味を示していた。参加者が毎日の歩数を把握することで、参加者と運動教室スタッフが日々の活動について話す際の話題にもなるため、地


域の運動プログラムにおける導入が推奨される。なお本研究では、課題 1 で 46 名中 8 名 (17.4%)、課題 2-2 では目標設定を行わなかった 11 名中 4 名 (36.4%) の対象者において身体活動量の減少が起きていた。一定割合の参加者において身体活動量が減少する可能性があることを高齢者自身に伝えることでセルフモニタリングの効果を大きくできるかもしれない。

課題 2-2 では、日本の実際の地図を用いて目標設定シートを作成した (Fig. VI-2)。これは、参加者が住んでいる地域を出発地点として、参加者の歩いた歩数を距離に換算して、目標地点や途中で通過していく地点を振り返るものであった。これにより、次の地点に到達することが励みとなり、歩数を増加させることにつながっていたと考えられる。地域の運動プログラムで身体活動の目標設定シートを作成する際には、目標地点に到達することが楽しみになるような工夫が重要である。

運動教室終了後の身体活動量維持に関しては、歩数計を継続して着用するよう推奨し、目標設定シートを定期的に配布することも可能である。また、自治体の施策として、地域住民の身体活動などの健康行動に応じて得点を付与し、一定の得点が貯まると景品を渡すという施策（インセンティブ付与）を行っているところもある (Fig. VII-2)。運動教室終了後にこのような自治体の施策に結び付けて身体活動量の維持を図っていくことで、参加者自身の身体機能の維持だけでなく、運動プログラムがまちづくりの一環となることも期待できる。

とよはし健康マイレージ
ベーシックプラン用(高校生以上の方が参加)
チャレンジシート
 ポイント貯めて 楽しく 得して
健康GET!!

平成28年
3月1日
スタート!



毎日記録をつけてポイントを貯めよう!

記入例

日付	デイリーポイント▼8項目中5項目選択☑(1日最大5項目)								1日分合計	ボーナス ポイント	歩数ポイント 1歩=0.001ポイント	
	野菜 ☑	朝食 ☑	歯 ☑	睡眠 ☐	禁煙 ☐	体重 ☑	自由① ☑	自由② ☐			歩数	ポイント
3/1	1	1	1			1 60.5kg	☑		4		5,500 歩	5.5
3/2	1		1			1 61.0kg	1		4		10,000 歩	10
3/3	1	1				1 61.2kg	1		4	10	3,480 歩	3.4
3/4	1	1				kg			2		3000 歩	3.0
3/5	1		1			1 60.8kg	1		4		1230 歩	1.2
3/6	1	1	1			1 60.8kg	1		5		7,090 歩	7.0
3/7	1	1	1			kg	1		4		20,000 歩	10
1 週目ポイント(P)合計									77.1 P	デイリー 27	ボーナス 10	歩数 40.1

- デイリーポイントは1項目達成したら1ポイントです。(1日最大5ポイント)
- ボーナスポイントの詳細は、6ページに記載しましょう♪
- 歩数ポイントは1歩=0.001ポイント、1日最大10ポイント(10,000歩分)です。
- 記録用紙には4か月分の記録が可能です。5か月目以降は、7月1日配布予定のチャレンジシートに追加して記録してください。
- ポイントは平成29年3月以降も続けて貯めることが可能です。ただし、平成29年2月28日までに貯めたポイントはリセットされますのでご注意ください。

Fig. VII-2. Health promotion program “Toyohashi Health Mileage” in Toyohashi city, Aichi prefecture

This leaflet referred by Toyohashi city website.

<http://www.city.toyohashi.lg.jp/18987.htm#point>

第3節 今後の課題

1. 異なる下肢機能水準の対象における検討

「第1章第4節研究の限界」に示した通り、本研究では比較的下肢機能水準が高い高齢者を対象に検討を行った。下肢機能水準が低い高齢者を対象とした場合、身体活動量を増やすことで転倒発生が増える可能性がある⁶⁶⁾。今後はこのような下肢機能水準が低く、転倒リスクが高い高齢者を対象に、有効な運動プログラムを検討していく必要がある。

2. 性差を考慮した検討

「第1章第4節研究の限界」で述べた通り、本研究では男性の対象者が少なかったため、全対象者と女性のみでの二通りの分析を行った。今後は男性の対象者数を増やし、運動プログラムの効果の性差を考慮した検討が必要である。

3. 詳細な身体活動量データを用いた検討

本研究では、一軸の加速度計を搭載した加速度センサ式の歩数計を用いて評価された歩数を身体活動量として扱った。高齢者における歩数と身体活動量の相関は強いものの、身体活動量を歩数のみで評価した場合、歩行以外の生活活動を過小評価してしまう可能性がある¹¹⁰⁾。また、本研究で用いた歩数計は時間帯ごとの身体活動量のデータを出力することができないものであったため、運動教室内外の身体活動量の比較および運動教室内の参加者同士の比較ができなかった。今後の研究においては、歩行以外の身体活動量を詳細に評価でき、時間帯ごとのデータを出力できる三軸加速度計を用い

ることで、新たな視点から検討が可能になると考えられる。具体的には、運動教室内と運動教室外の身体活動の強度の違いを明確にし、下肢機能への効果にそれぞれが与える影響を区別して検討できることが挙げられる。

また対象者数を増やして、運動教室実施期間中の身体活動量がどの程度まで減少すると下肢機能への効果が得られなくなるか、あるいはどの程度まで向上させることで下肢機能への効果が大きくなるかを検討することも重要である。これを検討することで、身体活動を促進する際の目標値を明確に示すことが可能になると考えられる。

4. 運動教室実施期間中の身体活動量の変化に影響を与える要因の検討

課題 2-2 において、運動教室に参加した高齢者のうち一定割合の者において運動教室実施期間中の身体活動量の減少が起こることを明らかにした。しかし、それら的高齢者の身体活動量が減少した理由は明らかにできていない。身体活動量の減少を起こしやすい特徴を有する高齢者に対する具体的な対応の方法を提案するために、身体活動量が減少する理由や期間中の身体活動量の変化に影響を与える個人・環境要因を明らかにする必要がある。

5. 運動教室終了後の下肢機能、身体活動量の変化に関する検討

本研究では、下肢機能および身体活動量の評価を運動教室前後および実施期間中のみ行った。今後は、運動教室実施期間中に身体活動の促進を行った場合と行わなかった場合で、終了後の下肢機能、身体活動量の変化の仕方が異なるかを追跡調査により検討する必要がある。また、居住地域の特性の違いによって運動教室終了後の身体活動が異なるか否かを明らかにすることで、地域特性に応じた運動教室の開催方法や身体活動促進の提案につながる可能性がある。

第IX章 総括

課題 1：運動教室実施期間中の身体活動量の減少が下肢機能への効果に及ぼす影響

本課題では、運動教室実施期間中の身体活動量を維持することの重要性を確認するために、運動教室初期から後期にかけて身体活動量が減少した群と維持した群の下肢機能の変化を比較した。その結果、身体活動量の変化にかかわらず、複雑な動作が求められる下肢機能の向上が認められた。一方、通常歩行時間は身体活動量を維持した群においてのみ向上がみられたことから、運動教室実施期間中に身体活動量を維持することは歩行能力を向上させるために重要であることが明らかとなった。

課題 2－1：運動教室実施期間中の歩数計着用が下肢機能への効果に与える影響

本課題では、運動教室実施期間中に歩数計を着用することで、下肢機能向上の効果が大きくなるか否かを検討した。その結果、歩数計を着用した群と着用しなかった群の両群において、全ての下肢機能測定項目に向上がみられた。一方、歩数計着用群において起居移動能力、歩行能力のより大きな向上が認められた。本課題では、歩数計を着用させただけでフィードバックや目標設定などの身体活動促進は行わなかった。すなわち、運動教室実施期間中に歩数計を着用するだけで下肢機能への効果が大きくなる可能性があることを見出した。

課題 2－2：運動教室実施期間中の歩数計着用と目標設定の組み合わせによる身体活動促進が下肢機能への効果に与える影響

本課題では、運動教室実施期間中に歩数計を活用した目標設定を行い、身体活動量の減少を防ぐことで下肢機能への効果が大きくなるか否かを検討した。その結果、1日当たり1千歩の増加を目指した目標設定を行うことで、運動教室実施期間中の身体活動量減少を防ぐことができた。しかし、身体活動促進による下肢機能の効果の増大は認められなかった。一方、目標設定を行わなかった群においては、運動教室の中期と後期において身体活動量が減少する者が一定の割合で現れることが明らかとなった。このような運動教室実施期間中の身体活動量減少を防ぐために、本課題で行った歩数計を活用した身体活動促進は有効であると考えられる。

結論

本博士論文では、地域在住高齢者の下肢機能向上に有効な運動プログラムを提案するために、運動教室実施期間中の歩数計を活用した身体活動促進の有用性を検討した。一つ目の知見として、運動教室実施期間中の身体活動量を維持することは、下肢機能を向上させるために重要であることを明らかにした。二つ目に、運動教室実施期間中に身体活動を促進する簡便なツールである歩数計を着用することで下肢機能への効果の増大が見込めることを明らかにした。三つ目に、歩数計着用と目標設定を組み合わせることで、身体活動量の減少を防ぐことができることを明らかにした。しかし、身体活動量向上が下肢機能に与える効果には天井効果が存在する可能性がある。

本研究で見出した歩数計を活用した身体活動促進の有用性は、今後より多くの高齢者が健康づくりや介護予防を目的として運動を実践する際に効率よく健康効果を得る上で有益な情報となることが期待される。特に、継続性に優れるスクエアステップと身体活動促進を組み合わせた本運動プログラムは、地域在住高齢者をより活動的な生活習慣へと転換させる介護予防プロセスの新たなモデルとなるであろう。

謝辞

博士論文を終えるにあたり、大学 4 年次から今日まで懇切丁寧なご指導を賜りました筑波大学体育系の大藏倫博准教授に深甚なる謝意を表します。大藏先生はいつも私の新たな挑戦を応援してくださり、その都度的確なご助言をくださいました。研究指導においては、研究手法に関する事に留まらず、その研究の本質は何か、健康増進の研究に求められるものは何かを考える姿勢を学ばせていただきました。

体育系の西嶋尚彦教授、鍋倉賢治教授、武田文教授からは、主に論文全体の流れや研究の意義に関するご指導ご助言をいただきました。先生方のお力添えにより、論文の質を高められましたことを深く感謝申し上げます。

茨城県立医療大学保健医療学部作業療法学科の村木敏明元教授、堀田和司教授には、現場での姿勢から論文執筆に至るまで多くのことをご指導いただきました。折に触れて研究への取り組みを激励してくださったことは心の支えとなっていました。ここに深く謝意を表します。

本博士論文に関わるデータ収集に際して、貴重なお時間を割いてご協力いただいた笠間市役所高齢福祉課・地域包括支援センターの職員の皆様、つくばみらい市スポーツクラブみらいの職員の皆様、いつも笑顔で運動教室に参加してくださった参加者の皆様に厚く御礼申し上げます。

そして、数え切れぬほどの思い出がある大藏研究室の皆様には本当に感謝しております。皆様の存在なくしては、本博士論文は完成しえませんでした。大藏研究室で共に過ごし、学んだ日々を支えにこれからも努力を重ねていきたいと思ひます。

最後に、私の大学院生活を応援し、研究の内容にいつも興味を持ってくれた家族に心から感謝します。

平成 28 年 10 月

神藤 隆志

参考文献

1. 内閣府．平成 27 年版高齢社会白書 高齢化の国際的動向．2015;
http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2015/zenbun/pdf/1s1s_5.pdf (参照 2016.4.29).
2. 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.
3. Suzuki T, Yoshida H, Kim H, Yukawa H, Sugiura M, Furuna T, Nishizawa S, Kumagai S, Shinkai S, Ishizaki T, Watanabe S, Shibata H. 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:S6-S14.
4. Guralnik JM, Ferrucci L, Simonsick EM, Salive ME, Wallace RB. Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability. *N Engl J Med*. 1995;332(9):556-561.
5. Moreland JD, Richardson JA, Goldsmith CH, Clase CM. Muscle weakness and falls in older adults: a systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc*. 2004;52(7):1121-1129.
6. Lord SR, Fitzpatrick RC. Choice stepping reaction time: a composite measure of falls risk in older people. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2001;56(10):M627-632.
7. Liu CJ, Latham NK. Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *Cochrane Database of Syst Rev*. 2009(3):CD002759.
8. Lesinski M, Hortobagyi T, Muehlbauer T, Gollhofer A, Granacher U. Effects of Balance Training on Balance Performance in Healthy Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med*. 2015;45(12):1721-1738.
9. Huang G, Gibson CA, Tran ZV, Osness WH. Controlled endurance exercise training and VO2max changes in older adults: a meta-analysis. *Prev Cardiol*. 2005;8(4):217-225.
10. Okubo Y, Schoene D, Lord SR. Step training improves reaction time, gait and balance and

- reduces falls in older people: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2016.
11. Stiggelbout M, Popkema D, Hopman-Rock M, de Greef M, van Mechelen W. Once a week is not enough: effects of a widely implemented group based exercise programme for older adults: a randomised controlled trial. *J Epidemiol Community Health*. 2004;58(2):83-88.
 12. Nakamura Y, Tanaka K, Yabushita N, Sakai T, Shigematsu R. Effects of exercise frequency on functional fitness in older adult women. *Arch Gerontol Geriatr*. 2007;44(2):163-173.
 13. 厚生労働省「運動器の機能向上マニュアル」分担研究班. 運動器の機能向上マニュアル(改訂版). 2009; <http://www.mhlw.go.jp/topics/2009/05/dl/tp0501-1d.pdf> (参照 2016.4.29).
 14. 鶴川重和, 玉腰暁子, 坂元あい. 介護予防の二次予防事業対象者への介入プログラムに関する文献レビュー. *日本公衛誌*. 2015;62(1):3-19.
 15. Goran MI, Poehlman ET. Endurance training does not enhance total energy expenditure in healthy elderly persons. *Am J Physiol*. 1992;263(5 Pt 1):E950-957.
 16. Meijer EP, Westerterp KR, Verstappen FT. Effect of exercise training on total daily physical activity in elderly humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1999;80(1):16-21.
 17. Meijer EP, Goris AH, Wouters L, Westerterp KR. Physical inactivity as a determinant of the physical activity level in the elderly. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2001;25(7):935-939.
 18. Tudor-Locke C, Jones R, Myers AM, Paterson DH, Ecclestone NA. Contribution of structured exercise class participation and informal walking for exercise to daily physical activity in community-dwelling older adults. *Res Q Exerc Sport*. 2002;73(3):350-356.
 19. 萩原あいか, 林葉子, 中村好男, 村岡功. 日常生活活動量に及ぼすウォーキング奨励プログラムの効果. *体力科学*. 2000;49(5):571-579.
 20. Chase JA. Interventions to Increase Physical Activity Among Older Adults: A Meta-Analysis. *Gerontologist*. 2015;55(4):706-718.
 21. Bravata DM, Smith-Spangler C, Sundaram V, Gienger AL, Lin N, Lewis R, Stave CD, Olkin I, Sirard JR. Using pedometers to increase physical activity and improve health: a systematic

- review. *JAMA*. 2007;298(19):2296-2304.
22. Petersen CB, Severin M, Hansen AW, Curtis T, Gronbaek M, Tolstrup JS. A population-based randomized controlled trial of the effect of combining a pedometer with an intervention toolkit on physical activity among individuals with low levels of physical activity or fitness. *Prev Med*. 2012;54(2):125-130.
 23. Shigematsu R, Okura T. A novel exercise for improving lower-extremity functional fitness in the elderly. *Aging Clin Exp Res*. 2006;18(3):242-248.
 24. 角田憲治, 尹智暎, 辻大士. 体力水準の異なる高齢者に対する, 短期間, 低頻度の運動介入の効果- Square-Stepping Exercise を中心とした運動介入-. *厚生の指標*. 2011;58(2):6-13.
 25. 神藤隆志, 角田憲治, 相馬優樹, 北濃成樹, 辻大士, 村木敏明, 堀田和司, 大藏倫博. . 地域在住女性高齢者のスクエアステップを中心とした運動教室参加による体力への効果の規定要因. *日老医誌*. 2014;51:251-258.
 26. 大藏倫博, 尹智暎, 真田育依, 村木敏明, 重松良祐, 中垣内真樹. 新転倒・認知症予防プログラムが地域在住高齢者の認知・身体機能に及ぼす影響-脳機能賦活を意図した「スクエアステップ」エクササイズの検討. *日本認知症ケア学会誌*. 2010;9:519-530.
 27. Shigematsu R, Okura T, Nakagaichi M, Tanaka K, Sakai T, Kitazumi S, Rantanen T. Square-stepping exercise and fall risk factors in older adults: a single-blind, randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2008;63(1):76-82.
 28. Shigematsu R, Okura T, Sakai T, Rantanen T. Square-stepping exercise versus strength and balance training for fall risk factors. *Aging Clin Exp Res*. 2008;20(1):19-24.
 29. 衣笠隆, 芳賀脩光, 江崎和希, 古名丈人, 杉浦美穂, 勝村俊仁, 大野秀樹. 低体力高齢者の体力, 生活機能, 健康度に及ぼす運動介入の影響: 無作為化比較試験による場合. *日本運動生理学雑誌*. 2005;12(2):63-73.
 30. 重松良祐, 大藏倫博, 中垣内真樹. 効果検証された運動プログラムを地域に普及させるボランティア活動の評価. *健康支援*. 2013;15(1):13-24.

参考文献

31. 三ツ石泰大, 角田憲治, 甲斐裕子, 北濃成樹, 辻大士, 尹之恩, 尹智暎, 金泰浩, 大藏倫博. 地域在住女性高齢者の運動指導ボランティアとしての活動が身体機能と認知機能に与える影響. *体力科学*. 2013;62(1):79-86.
32. ピーターM.フェイヤーズ, デビッドマッキン著, 福原俊一, 数間恵子監訳. *QOL評価学 測定, 解析, 解釈のすべて*. 第16章 臨床のための解釈. pp.307-329. 東京: 中山書店; 2005.
33. Mahoney FI, Barthel DW. Functional evaluation: the Barthel index. *Maryland State Med J*. 1965;14:61-65.
34. 土屋弘吉, 今田拓, 大川嗣雄. 日常生活活動(動作)ー評価と訓練の実際ー第3版. 第5章 生活関連活動. pp.67-81. 東京: 医歯薬出版株式会社; 2005.
35. 田中喜代次, 木塚朝博, 大藏倫博. 健康づくりのための体力測定評価法〔第2版〕. 第12章 健康度の測定と評価. pp.106-123. 京都: 金芳堂; 2013.
36. 重松良祐, 田中喜代次, 中村容一, 坂井智明, 中垣内真樹, 盧昊成, 金憲経, 井上雅樹. 高齢者の生活自立度を反映する身体機能テストバッテリーの疾患別にみた適用可能性. *体力科学*. 2001;50(3):347-360.
37. Claude Bouchard, Steven N. Blair, William L. Haskell 著, 勝田茂監訳, 石川旦訳. 身体活動・体力と健康 第18章 身体活動, 体力と加齢. pp.173-185. 東京: 朝倉書店; 2014.
38. 金禧植, 松浦義行, 田中喜代次, 稲垣敦. 高齢者の日常生活における活動能力の因子構造と評価のための組テスト作成. *体育学研究*. 1993;38(3):187-200.
39. 出村慎一, 佐藤進, 松沢甚三郎, 野田洋平, 宮口尚義, 多田信彦, 小林秀紹, 郷司文男, 南雅樹. 在宅高齢者の日常生活動作能力評価に有効な ADL 項目の検討ー加齢, 体力テスト, 項目相互間の関係から. *体力科学*. 2000;49(2):237-246.
40. 種田行男, 荒尾孝, 西嶋洋子, 北畠義典, 永松俊哉, 一木昭男, 江橋博, 前田明. 高齢者の身体的活動能力(生活体力)の測定法の開発. *日本公衛誌*. 1996;43(3):196-208.
41. 重松良祐, 金憲経, 張美蘭, 上野リンダ, 田中喜代次. 高齢邦人女性の身体機能を評価するテストバッテリーの作成: 低水準から高水準への適用を目指して. *日本公衛誌*. 1999;46(1):14-24.

42. 尹智暎, 大藏倫博, 角田憲治, 辻大士, 鴻田良枝, 三ッ石泰大, 長谷川千紗, 金勳. 高齢者における認知機能と身体機能の関連性の検討. *体力科学*. 2010;59:313-322.
43. 西嶋尚彦, 大塚慶輔. 高齢者の運動能力とその測定法. *体力科学*. 2003;52(Supplement):97-103.
44. Solway S, Brooks D, Lacasse Y, Thomas S. A qualitative systematic overview of the measurement properties of functional walk tests used in the cardiorespiratory domain. *Chest*. 2001;119(1):256-270.
45. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep*. 1985;100(2):126-131.
46. 田中喜代次, 木塚朝博, 大藏倫博. 健康づくりのための体力測定評価法〔第2版〕. 第14章 身体活動量の測定と評価. pp.139-146. 京都: 金芳堂; 2013.
47. 熊原秀晃, Schutz Y, 吉岡真由美, 吉武裕, 進藤宗洋, 田中宏暁. 健康づくりのための運動基準に則した日常身体活動量評価における歩数の妥当性. *福岡大学スポーツ科学研究*. 2008;39(1):101-111.
48. 綾部誠也, 熊原秀晃, 青木純一郎, 内藤久士, 形本静夫, 田中宏暁. 歩行率による中等度身体活動時間の評価. *体力科学*. 2008;57(4):453-462.
49. 古名丈人, 長崎浩, 伊東元, 橋詰謙, 衣笠隆, 丸山仁司. 都市および農村地域における高齢者の運動能力. *体力科学*. 1995;44(3):347-356.
50. 市橋則明. 運動療法学各論 高齢者の機能障害に対する運動療法. I. 高齢者の運動機能. pp.1-14. 東京: 文光堂; 2010.
51. 鈴木隆雄. 転倒の疫学. *日老医誌*. 2003;40(2):85-94.
52. Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, Glynn RJ, Berkman LF, Blazer DG, Scherr PA, Wallace RB. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol*. 1994;49(2):M85-94.

参考文献

53. Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*. 1991;39(2):142-148.
54. Rikli R, Busch S. Motor performance of women as a function of age and physical activity level. *J Gerontol*. 1986;41(5):645-649.
55. 相馬優樹, 衣笠隆, 漆畑俊哉, 三好寛和. 重心移動課題における足関節筋の同時収縮に及ぼす加齢の影響. *体力科学*. 2010;59(1):143-156.
56. Der G, Deary IJ. Age and sex differences in reaction time in adulthood: results from the United Kingdom Health and Lifestyle Survey. *Psychol Aging*. 2006;21(1):62-73.
57. American Thoracic Society. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166(1):111-117.
58. アメリカスポーツ医学会編, 日本体力医学会体力科学編集委員会監訳. 運動処方 の指針 運動負荷試験と運動プログラム. 原書第 8 版. セクションⅢ 運動処方. pp.157-284. 東京: 南江堂; 2011.
59. Gillespie LD, Gillespie WJ, Robertson MC, Lamb SE, Cumming RG, Rowe BH. Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane Database of Syst Rev*. 2003(4):Cd000340.
60. Rooks DS, Kiel DP, Parsons C, Hayes WC. Self-paced resistance training and walking exercise in community-dwelling older adults: effects on neuromotor performance. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1997;52(3):M161-168.
61. 市橋則明. 運動療法学各論 高齢者の機能障害に対する運動療法. VIII. 地域での介護予防事業. pp.141-164. 東京: 文光堂; 2010.
62. Howe TE, Rochester L, Jackson A, Banks PM, Blair VA. Exercise for improving balance in older people. *Cochrane Database of Syst Rev*. 2007(4):CD004963.
63. Sherrington C, Whitney JC, Lord SR, Herbert RD, Cumming RG, Close JC. Effective exercise for the prevention of falls: a systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc*. 2008;56(12):2234-2243.

64. Ebrahim S, Thompson PW, Baskaran V, Evans K. Randomized placebo-controlled trial of brisk walking in the prevention of postmenopausal osteoporosis. *Age Ageing*. 1997;26(4):253-260.
65. Lawton BA, Rose SB, Elley CR, Dowell AC, Fenton A, Moyes SA. Exercise on prescription for women aged 40-74 recruited through primary care: two year randomised controlled trial. *BMJ*. 2008;337:a2509.
66. 大久保善郎, 清野諭, 藪下典子, 松尾知明, 大須賀洋祐, 金美芝, 鄭松伊, 根本みゆき, 大月直美, 田中喜代次. 地域在住高齢者のウォーキング実践と複数回または傷害を伴う転倒の関連 : 転倒リスク保有数による差異. *体力科学*. 2011;60(2):239-248.
67. Tiedemann A, Paul S, Ramsay E, O'Rourke SD, Chamberlain K, Kirkham C, Merom D, Fairhall N, Oliveira JS, Hassett L, Sherrington C. What is the effect of a combined physical activity and fall prevention intervention enhanced with health coaching and pedometers on older adults' physical activity levels and mobility-related goals?: Study protocol for a randomised controlled trial. *BMC public health*. 2015;15(1):477.
68. Richeson NE, Croteau KA, Jones DB, Bonnie Cashin F. Effects of a Pedometer-Based Intervention on the Physical Performance and Mobility-Related Self-Efficacy of Community-Dwelling Older Adults: An Interdisciplinary Preventive Health Care Intervention. *Ther Recreation J*. 2006;40(1):18-32.
69. Snyder A, Colvin B, Gammack JK. Pedometer Use Increases Daily Steps and Functional Status in Older Adults. *J Am Med Dir Assoc*. 2011;12(8):590-594.
70. 山田実, 森周平, 西口周, 梶原由布, 吉村和也, 園田拓也, 永井宏達, 荒井秀典, 青山朋樹. 要支援高齢者における歩数計を用いた行動変容プログラムによる運動機能向上効果・無作為化比較対照試験. *日本理学療法学会大会*. 2012;2011:Ec1052.
71. Paterson DH, Warburton DE. Physical activity and functional limitations in older adults: a systematic review related to Canada's Physical Activity Guidelines. *Int J Behav Nutr Phys*

- Act.* 2010;7:38.
72. Aoyagi Y, Park H, Watanabe E, Park S, Shephard RJ. Habitual physical activity and physical fitness in older Japanese adults: the Nakanojo Study. *Gerontology*. 2009;55(5):523-531.
 73. ベス H.マーカス, リーアン H.フォーサイス著, 下光輝一, 中村好男, 岡浩一朗監訳. 行動科学を活かした身体活動・運動支援. 第1部 行動変容ステージモデルの理論的背景. pp.1-38. 東京: 大修館書店; 2003.
 74. 原田和弘. 身体活動の促進に関する心理学研究の動向: 行動変容のメカニズム, 動機づけによる差異, 環境要因の役割. *運動疫学研究*. 2013;15(1):8-16.
 75. Michie S, Abraham C, Whittington C, McAteer J, Gupta S. Effective techniques in healthy eating and physical activity interventions: a meta-regression. *Health Psychol*. 2009;28(6):690-701.
 76. 松田岩男, 杉原隆編著. 新版 運動心理学入門. 第4章 運動と動機づけ. pp.54-87. 東京: 大修館書店; 1987.
 77. The Deming Institute. The PDSA Cycle. 2016; <https://www.deming.org/theman/theories/pdsacycle> (参照 2016.6.10).
 78. Stewart AL, Verboncoeur CJ, McLellan BY, Gillis DE, Rush S, Mills KM, King AC, Ritter P, Brown BW, Jr., Bortz WM, 2nd. Physical activity outcomes of CHAMPS II: a physical activity promotion program for older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2001;56(8):M465-470.
 79. McMurdo ME, Sugden J, Argo I, Boyle P, Johnston DW, Sniehotta FF, Donnan PT. Do pedometers increase physical activity in sedentary older women? A randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc*. 2010;58(11):2099-2106.
 80. Kolt GS, Schofield GM, Kerse N, Garrett N, Ashton T, Patel A. Healthy Steps trial: pedometer-based advice and physical activity for low-active older adults. *Ann Fam Med*. 2012;10(3):206-212.
 81. 奥野純子, 西機真, 松田光夫, 小川浩司, 大島秀武, 久野譜也. 中・高齢者の歩数計使用の主観的

- 有効感と歩行数増加・運動継続との関連. *体力科学*. 2004;53(3):301-309.
82. World Health Organization. Recommended levels of physical activity for adults aged 65 and above. 2010; http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_olderadults/en/ (参照 2016.4.29).
 83. 厚生労働省. 健康づくりのための身体活動基準 2013. 2013; <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple-att/2r9852000002xpqt.pdf> (参照 2016.4.29).
 84. 厚生労働省. アクティブガイド-健康づくりのための身体活動指針-. 2013; <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple-att/2r9852000002xpr1.pdf> (参照 2016.4.29).
 85. 厚生労働省. 健康日本 21 (第二次). 2012; http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/dl/kenkounippon21_01.pdf (参照 2016.4.29).
 86. Suzuki T, Kim H, Yoshida H, Ishizaki T. Randomized controlled trial of exercise intervention for the prevention of falls in community-dwelling elderly Japanese women. *J Bone Miner Metab*. 2004;22(6):602-611.
 87. 厚生労働省. 平成 26 年介護保険法改正. 2014; <http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-12300000-Roukenkyoku/201602H26kaisei.pdf> (参照 2016.4.29).
 88. 厚生労働省. 介護予防・日常生活支援総合事業のガイドライン. 2015; <http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-12300000-Roukenkyoku/0000088520.pdf> (参照 2016.4.29).
 89. 小澤多賀子, 田中喜代次, 藪下典子. 介護予防ボランティア活動に従事する地域在住高齢者の活力年齢. *健康支援*. 2014;16(2):21-28.
 90. 新井武志, 大淵修一, 小島基永, 松本侑子, 稲葉康子. 地域在住高齢者の身体機能と高齢者筋力向上トレーニングによる身体機能改善効果との関係. *日老医誌*. 2006;43:781-788.
 91. 新井武志, 大淵修一. 運動器の機能向上プログラム参加者の運動介入効果と栄養状態との関係.

参考文献

- 日老医誌. 2011;48(4):369-377.
92. 新井武志, 大渕修一, 佐藤むつみ, 野呂美文. 運動器の機能向上プログラム参加者の基本チェックリスト得点と介入効果に影響する要因の分析. *日老医誌*. 2010;47(6):585-591.
93. 新井武志, 大渕修一, 柴喜崇, 島田裕之, 後藤寛司, 大福幸子, 二見俊郎. 高負荷レジスタンストレーニングを中心とした運動プログラムに対する虚弱高齢者の身体機能改善効果とそれに影響する身体・体力諸要素の検討. *理学療法学*. 2003;30(7):377-385.
94. 新井武志, 大渕修一, 逸見治, 稲葉康子, 柴喜崇, 二見俊郎. 地域在住虚弱高齢者への運動介入による身体機能改善と精神心理面の関係. *理学療法学*. 2006;33(3):118-125.
95. Arai T, Obuchi S, Inaba Y, Shiba Y, Satake K. The relationship between physical condition and change in balance functions on exercise intervention and 12-month follow-up in Japanese community-dwelling older people. *Arch Gerontol Geriatr*. 2009;48(1):61-66.
96. Uemura K, Shimada H, Makizako H, Doi T, Yoshida D, Tsutsumimoto K, Anan Y, Suzuki T. Cognitive function affects trainability for physical performance in exercise intervention among older adults with mild cognitive impairment. *Clin Interv Aging*. 2013;8:97-102.
97. 矢野秀典, 楊光, 若居佐恵子, 島貫秀樹, 中島絹絵, 郭輝, 石井賢治, 張秀敏, 牛凱軍, 小野悠介, 齋藤輝樹, 東洋平, 松生香里, 鈴木玲子, 芳賀博, 辻一郎, 永富良一. 地域虚弱高齢者に対する体力レベル別運動指導の効果. *日老医誌*. 2006;43:390-397.
98. 片山靖富, 笹井浩行, 沼尾成晴, 新村由恵, 大河原一憲, 中田由夫, 田中喜代次. 運動介入期間中の日常生活における身体活動量の変化が活力年齢および体力年齢に及ぼす影響. *体力科学*. 2008;57(4):463-473.
99. Nelson ME, Rejeski WJ, Blair SN, Duncan PW, Judge JO, King AC, Macera CA, Castaneda-Sceppa C. Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*. 2007;116(9):1094-1105.
100. 小野寺孝一, 宮下充正. 全身持久性運動における主観的強度と客観的強度の対応性 : Rating of

- perceived exertion の観点から. *体育学研究*. 1976;21(4):191-203.
101. Gill DP, Gregory MA, Zou G, Liu-Ambrose T, Shigematsu R, Hachinski V, Fitzgerald C, Petrella RJ. The Healthy Mind, Healthy Mobility Trial: A Novel Exercise Program for Older Adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2016;48(2):297-306.
 102. Túbero GS, Gobbi S, Teixeira CVL, Pereira JR, Shigematsu R, Canonici AP. Effects of square stepping exercise in patients with sequel of cerebrovascular accident. *Fisioterapia em Movimento*. 2014;27(2):229-237.
 103. 神藤隆志, 藤井啓介, 北濃成樹, 角田憲治, 大藏倫博. 地域在住高齢者の運動教室におけるスクエアステップの達成度が体力変化に与える影響. *厚生の指標*. 2016;63(2):33-39.
 104. Tsunoda K, Soma Y, Kitano N, Tsuji T, Mitsuishi Y, Yoon JY, Okura T. Age and gender differences in correlations of leisure-time, household, and work-related physical activity with physical performance in older Japanese adults. *Geriatr Gerontol Int*. 2013;13(4):919-927.
 105. 文部科学省. 体力・運動能力調査, 平成26年度. 2015; http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa04/tairyoku/1261241.htm (参照 2016.4.29).
 106. 加藤智香子, 藤田玲美, 猪田邦雄. 二次予防事業対象者に対する運動器機能向上プログラムの参加者特性と介入効果の検証. *日老医誌*. 2013;50(6):804-811.
 107. Bethancourt HJ, Rosenberg DE, Beatty T, Arterburn DE. Barriers to and facilitators of physical activity program use among older adults. *Clin Med Res*. 2014;12(1-2):10-20.
 108. Mitchell H. Katz 著, 木原雅子, 木原正博訳. Evaluating Clinical and Public Health Interventions. 医学的介入の研究デザインと統計. 第5章 非ランダム化研究. pp.61-72. 東京: メディカル・サイエンス・インターナショナル; 2010.
 109. Oldridge N, Guyatt G, Jones N, Crowe J, Singer J, Feeny D, McKelvie R, Runions J, Streiner D, Torrance G. Effects on quality of life with comprehensive rehabilitation after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol*. 1991;67(13):1084-1089.
 110. 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

参考文献

- 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.
111. 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.
112. Masse LC, Fuemmeler BF, Anderson CB, Matthews CE, Trost SG, Catellier DJ, 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.
113. Matthews CE, Chen KY, Freedson PS, Buchowski MS, Beech BM, Pate RR, Troiano RP. Amount of time spent in sedentary behaviors in the United States, 2003-2004. *Am J Epidemiol*. 2008;167(7):875-881.
114. Dishman RK, Buckworth J. Increasing physical activity: a quantitative synthesis. *Med Sci Sports Exerc*. 1996;28(6):706-719.
115. Cohen J. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. Second Edition. Chapter 2. The t Test for Means. pp.19-74 Vol 2nd ed. New York: Psychology Press; 1988.
116. 水本篤;竹内理. 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. 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.
118. The R Foundation. Download and install the R software environment. <http://www.r-project.org> (参照 2016.5.1).
119. 山田実, 村田伸, 太田尾浩, 村田潤. 高齢者における二重課題条件下の歩行能力には注意機能が関与している: 地域在住高齢者における検討. *理学療法科学*. 2008;23(3):435-439.
120. Okubo Y, Osuka Y, Jung S, Rafael F, Tsujimoto T, Aiba T, Kim T, Tanaka K. Walking can be more effective than balance training in fall prevention among community-dwelling older adults. *Geriatr Gerontol Int*. 2015.

121. Seino S, Shinkai S, Fujiwara Y, Obuchi S, Yoshida H, Hirano H, Kim HK, Ishizaki T, Takahashi R. Reference values and age and sex differences in physical performance measures for community-dwelling older Japanese: a pooled analysis of six cohort studies. *PloS one*. 2014;9(6):e99487.
122. Aoyagi Y, Shephard RJ. Steps per day: the road to senior health? *Sports Med*. 2009;39(6):423-438.
123. 重松良祐, 中西礼, 齋藤真紀, 大藏倫博, 中垣内真樹, 中田由夫, 坂井智明, 中村容一, 栗本真弓, 田中喜代次. スクエアステップを取り入れた運動教室に参加した高齢者がその後も自主的に運動を継続している理由. *日本公衛誌*. 2011;58(1):22-29.
124. Murtagh KN, Hubert HB. Gender differences in physical disability among an elderly cohort. *Am J Public Health*. 2004;94(8):1406-1411.

関連論文

本論文は、以下に示した関連論文をまとめたものである。

課題 1 の関連論文

Jindo T, Kitano N, Tsunoda K, Kusuda M, Hotta K, Okura T. Daily life physical activity modulates the effects of an exercise program on lower-extremity physical function in Japanese older adults. Journal of Geriatric Physical Therapy. 2016 Apr 15 [Epub ahead of print].

課題 2-1 の関連論文

Jindo T, Tsunoda K, Kitano N, Tsuji T, Abe T, Muraki T, Hotta K, Okura T. Pedometers affect changes in lower-extremity physical function during a square-stepping exercise program in older Japanese adults. Journal of Geriatric Physical Therapy. 2016 Apr-Jun; 39(2): 83-88.

課題 2-2 の関連論文

Jindo T, Fujii K, Tsunoda K, Fujii Y, Sriramatr S, Okura T. Effect of increased daily physical activity on lower-extremity physical function during an exercise program for older adults. Journal of Physical Education and Sport. 2016; 3: 816-822.