

## 地域在住高齢者を対象とした集団型二重課題運動による 身体機能と認知機能への効果

幸福恵吾<sup>1)</sup>, 藤田英二<sup>2)</sup>, 中本浩揮<sup>2)</sup>, 竹島伸生<sup>3)</sup>, 中垣内真樹<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 鹿屋体育大学大学院

<sup>2)</sup> 鹿屋体育大学

<sup>3)</sup> 朝日大学保健医療学部健康スポーツ科学科

キーワード: 地域在住高齢者, 二重課題運動, 認知機能

### 【要旨】

地域在住高齢者を対象にモトタイルを用いて、運動と認知課題を併用した二重課題運動を集団で週2回、12週間実施し、身体機能と認知機能、生活機能への効果を検討した。高齢者21人を基本チェックリスト(KCL)の認知領域の低下に該当がない12人(1群)、該当した9人(2群)に分けた。この結果、チェアスタンド、ファンクショナルリーチ、アップアンドゴーに経時効果が認められた。20秒間マーチ時の歩行周期(左脚)の変動係数が小さくなった。KCLの総合点、運動領域点、認知領域点に経時効果が認められた。しかし、認知機能テスト(単純反応課題、Go/Nogo反応、Flanker課題、Stroop課題)に有意な変化が認められなかった。KCL総合点、KCL認知領域点は2群が1群に比べて運動後の変化が大きかった。一方、認知機能テストは両群で有意な変化が認められなかった。地域在住高齢者に対する集団型による二重課題運動で身体機能、生活機能(KCL総合点と認知領域点)の一部改善が認められ、地域型運動として有効とみられたが、認知機能への効果についてはさらなる検討が求められる。

スポーツパフォーマンス研究, 13, 195-208, 2021年, 受付日: 2020年11月1日, 受理日: 2021年4月12日

責任著者: 中垣内真樹 819-2393 鹿屋市白水町1 鹿屋体育大学 gaichi@nifs-k.ac.jp

\*\*\*\*

### **Effects of dual-task exercises using Moto tiles on the functional fitness and cognitive function of older adults living in the community**

Keigo Kofuku<sup>1)</sup>, Eiji Fujita<sup>2)</sup>, Hiroki Nakamoto<sup>2)</sup>,

Nobuo Takeshima<sup>3)</sup>, Masaki Nakagaichi<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Graduate School, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

<sup>2)</sup> National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

<sup>3)</sup> Asahi University

Key words: older adults living in the community, dual-task exercise, cognitive function, Moto tile exercises

**[Abstract]**

The purpose of the present study was to examine effects on the physical and cognitive functions of older adults living in the community of a dual-task exercise that combines exercise and cognitive tasks using Moto tiles, that is, 10 interactive tiles with built-in LED lights that are said to improve the balance, strength, endurance, mobility, and agility of older adults. The participants, 21 older adults, completed the memory domain items of the basic checklist (KCL) of the Ministry of Health, Labour and Welfare and, on the basis of the results, were divided into two groups: 12 with no decline (Group 1) and 9 with decline (Group 2). The following functional fitness parameters were examined: 30-sec chair stand (CS30), functional reach (FR), timed up-and-go (TUG), and 20-sec march test cycle time (pace, right foot, left foot), and the coefficient of variation (CV) was calculated. Cognitive function was evaluated using a simple reaction task, a Go/No-go reaction time task, the Eriksen flanker task, and the color-word Stroop task. The participants did the exercises twice a week for 12 weeks at the local community center. A repeated measures ANOVA showed a time effect for the 30-second chair stand, functional reach, timed up-and-go, checklist total scores, and the memory and physical domain scores on the checklist. The coefficient of variation of the left leg walking cycle during the 20-sec march test decreased significantly. After exercise, the changes in checklist total scores and cognitive region scores were larger in Group 2 than in Group 1. However, no significant change was observed on any of the cognitive function tests. In the present study, the group-based dual-task exercise for these older adults was associated with some improvement in their functional fitness and living function, so these exercises seem to be useful as a community-based exercise. However, further studies are required on the effects of the exercises on cognitive function.

## I. 研究目的

高齢者の健康づくりや機能的自立維持に対して、運動やスポーツの効用が報じられてからかなりの年数が経過している。とりわけ身体機能の加齢に伴う低下を遅延させるため、これまで世界中で多くの介入研究が試みられてきた (Palmer et al., 2016; Zubala et al., 2017)。最近では、身体機能の維持向上に加えて高齢者の認知機能の低下、さらには認知症の発症や重症化に伴う介護リスクの増大が大きな課題となっている。このために厚生労働省は、認知症の高齢者やその家族の視点を重視した認知症施策を推進する「新オレンジプラン」を策定し、それには認知症の予防法・診断法・治療法・リハビリテーションモデルや介護モデル等の研究開発、およびその成果の普及推進を柱の一つとして盛り込んでいる。

こうした背景の中で、高齢者における運動実践が、軽度認知症や加齢による認知機能低下に対し、予防や改善効果を持つことが報告されている (Colcombe et al., 2003; Sanders 2019)。Nakamoto, et al. (2012) は、認知機能テストと膝伸展筋力との間に相関が認められることを報告し、加えて同じ研究グループにてレジスタンストレーニングによる膝伸展筋力の向上が、認知機能の改善に効果的であったと報告している (Ikudome et al., 2017)。また、記憶を司る海馬のサイズと持久力との間にも相関があること (Ericson et al., 2009) や、短期的な有酸素性運動の実践によって認知機能の改善が認められたとの報告もある (Ericson et al., 2011; Langlois et al., 2013)。こうしたことから、高齢者には運動の実践が勧められるが、全ての高齢者が単調な運動を好むという状況には至っていない現状もある。

最近では高齢者において、身体機能と認知機能の向上を目指す「二重課題 (デュアルタスク) 運動」と呼ばれる運動方法が注目されている。これまでの研究における二重課題運動の多くは、歩行とバランス運動、歩行と単純な計算もしくは音読などの認知課題の併用という組み合わせが多い。しかし、これらの運動様式は対象者の興味や運動意欲、さらに実用性や継続性の点での課題が指摘されている。一方で、テレビゲーム、ビデオゲームやコンピュータゲームなどのデジタルゲームが、認知機能に与える影響も検討されている (Ogawa et al., 2020)。Anguera et al. (2013) は、高齢者がビデオゲームを実践することにより、複数課題の同時遂行能力が 20 代と同程度に改善したと報告している。デジタルゲーム機器は、子供や若年層に向けて国内外で開発されているが、今後は高齢者の認知機能の維持と向上へのツールとしての有用性も期待される (玉宮, 2016)。

前述したデジタルゲームの一つに、ロボット工学と遊びが融合し、デンマークで開発された「モトタイトル」がある。モトタイトルは、LED ライトが組み込まれた 10 枚のタイルをタブレットで操作し、ゲーム様式で「考える+運動する」、つまり二重課題運動が可能となっている。岡田ら (2020) は、介護保険を利用している認知機能がやや低下した人も含めた虚弱高齢者に対し、モトタイトルによる運動介入を行ったところ、アップアンドゴー、ステッピング、5 回椅子起居時間、趾指把持力の身体機能とともに、Flanker 課題 (不一致ミス) と Stroop 課題 (ミス) での認知機能に対しても改善が認められたとし、モトタイトルを用いた二重課題運動の有効性を示している。しかし、より認知症の予防という観点からみれば、地域で自立した生活を営んでいる高齢者に対する効果についても明らかにすべきである。また、地域に居住している高齢者の多くは自立しているが、独居や高齢者のみの家族構成などの理由により、社会から孤立している人も少なくない。地域のサステナビリティが今日的課題となっている状況で、地域の中で運動やコミュニケーションの場における運動の新たなプログラム作成は、運動実践者の増加をもたらす機

会となり、またゲーム感覚で行う新しい運動で心身の機能の回復が得られるものであれば、さらなる運動の実践の働きかけが増すものと期待できる。

そこで本研究では、地域に在住し、いずれも自立して生活を営んでいる高齢男女を対象として、12週間に亘ってモトタイルによる二重課題運動を指導し、身体機能と認知機能および生活機能への運動介入効果を検討した。

## II. 方法

### 1. 対象者

対象は、K 県 T 市地域包括支援センターの協力により、T 市内の 2 地区に対して市役所広報を通じた 60 歳以上を条件とした公募により集まった男女 34 人(男 11 人, 女 23 人)であった。全ての人が地域に居住し、自立した生活を営んでいた。対象者に対し事前に行った生活機能評価(基本チェックリスト:KCL)の総得点は、 $3.97 \pm 3.2$  であった。このうち、運動領域の評価で低下とみなされる(5 項目のうち 3 項目で該当)人が 4 人(11%)、認知領域の評価で低下とみなされる人(3 項目のうち 1 項目で該当)が 11 人(32%)であった。我々は認知機能の状況によって運動効果が異なる可能性があるかと仮定し、KCL による認知領域項目の結果から対象者を 2 群に分けた。1 群は認知領域の評価で低下に該当するものがないと答えた 23 人( $72.8 \pm 7.5$  歳)であり、もう一方の 2 群は低下に該当すると回答した 11 人( $78.8 \pm 4.9$  歳)としたが、2 群間の年齢には、有意差が認められた(表 1)。本研究は、朝日大学保健医療学部健康スポーツ科学科倫理委員会による承認(承認番号:2019-1)を受けて実施されたものであり、対象者には研究の内容を説明し、研究に参加することの同意を書面にて得た。

表 1. 参加者の身体特性

	全体(n=34)		1 群(n=23)		2 群(n=11)	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
年齢(歳)	74.8	7.3	72.8	7.5	78.8*	4.9
身長(cm)	152.9	7.9	152.9	8.2	152.9	7.7
体重(kg)	56.3	8.9	55.9	8.8	57.2	9.5
BMI	24.1	3.5	24.0	3.8	24.4	2.7
KCL 総合点	3.97	3.22	2.35	1.77	7.36*	2.94
KCL 運動領域点	1.26	1.29	0.83	0.89	2.18*	1.54
KCL 認知領域点	0.47	0.75	0.0	0.0	1.45*	0.52
男女比	11/23		8/19		3/4	

1 群:生活機能評価(基本チェックリスト:KCL)で 18 から 20 番目の項目が 0, 2 群:KCL で 18 から 20 番目の項目が 1 以上, \*: 群間比較で有意差あり( $P < 0.05$ )

### 2. 身体機能の測定

身体機能は機能的体力テストにて評価した。竹島とロジャース(2006)による「機能的体力テスト」から下肢筋力の指標として「チェアースタンド(CS30)」, 動的バランスの指標として「ファンクショナルリーチ(FR)」, 動的バランスと敏捷性の指標として「アップアンドゴー(TUG)」を用いた。また、動的平衡性の評価としてマーチ(その場足踏み)テストを運動介入前後で行った。

チェアースタンド(CS30):CS30 は, 両手を胸の前で交差し, 座面高 42 cm の椅子に少し浅く腰かけて背中を伸ばした状態で座らせ, 合図とともに背中と膝が完全に伸びた状態になるように立ち上がり, 開始時と同じ状態に座った時を 1 回として数え, 30 秒間で行える起居回数を測定した.

ファンクショナルリーチ(FR):FR は, 歩隔を肩幅に開いた立位で両腕を肩の高さまで上げた姿勢とし, 目線や肩の位置をできるだけ水平に保った状態から, 上体をできる限り前に倒させて両手の第 3 指の到達位を開始肢位からの距離として測定した. その際に, 足を前に出したり, 倒れたりすることが無いように指示した.

アップアンドゴー(TUG):TUG は, 椅子に背中を伸ばし, 手は大腿部に置いてわずかに片足を前にした姿勢で待機させ, 検者の合図で椅子から立ち上がり, できるだけ速く 2.44 m 先のコーンをまわり, 椅子に完全に座るまでの時間を計測した. この際に決して走らないように指示した.

マーチ(その場足踏み):開眼にて 20 秒間に亘るマーチ(その場足踏み)を行わせ, その間の左右の脚の歩行周期(cycle/sec)および歩行周期の変動係数(CV)を調べた. 測定は, オプトゲイト(Optogait, Microgate, Bolzano, Italy)を利用し, テストの説明と予行練習を行った後, 本測定を 1 回実施した足踏みの足の高さや, それに伴う腕の振りなどに対しては特別な指示をせず, 対象者自身が普段の歩行と同じ感覚で足踏みを行うように指示した.

### 3. 認知機能の測定

脳の認知機能は, 記憶・学習, 注意, 集中, 思考(問題解決), 視空間認知, 言語などがあり, これらの評価を行う種々のテストが作成されている. また, 認知症や認知機能の障害を判断する上では, ミニメンタルステート検査(MMSE)などが使用されている. 一方, 運動による認知機能の改善の有無などの評価には, 単純反応課題(SR), Go/Nogo 反応課題, Flanker 課題, Stroop 課題などを用いて情報処理速度, 抑制能力, 注意能力などが使用されていることも多い. 本研究では, 高齢者のレジスタンストレーニングが認知機能へ及ぼす効果を検討した先行研究(Nakamoto et al., 2012; Ikudome et al., 2017)に準じ, これらの指標を用いて運動介入効果を評価した.

単純反応課題(SR)では, 画面中央に 3 秒間の予告刺激(+記号)が呈示された後に円形刺激が呈示された. 対象者は, 円形刺激に対して出来る限り素早く手元のボタンを押すことが求められた. 刺激は合計で 5 回呈示し, 円形刺激の呈示からボタン押しまでの時間を単純反応時間とし, 5 回分の平均値を情報処理速度の指標として用いた. なお, 予告刺激の呈示は以降の全ての課題で共通であった.

Go/Nogo 反応課題では, 予告刺激の後に画面中央に橙色あるいは紫色の円形刺激が呈示された. 対象者は, 橙色の場合は素早くボタンを押し(Go 反応), 紫色の場合はボタンを押さないこと(Nogo 反応)を求められた. 各 5 回ずつ呈示され, Go 反応に対する 5 回分の平均反応時間や Nogo 反応でのミス回数を抑制能力の指標として用いた.

Flanker 課題では, 予告刺激の後に画面中央に呈示される横一列に並んだ 5 つの不等号記号のうち, 真ん中に位置する記号の向き(右または左)を左右のボタンを素早く押すことで回答させた. 条件として, 5 つの記号の向きが左右どちらかに統一されている一致条件('<<<<<' または '>>>>>')と不統一な不一致条件('<<><<' または '>><>>')を設けた. 各 10 回ずつ呈示され(うち 5 回は右, 残り 5 回は左), 各条件における平均反応時間やミス回数を注意能力の指標として用いた.

Stroop 課題では、予告刺激の後に画面中央の上段と下段に 1 つずつ漢字が呈示された。漢字の種類は、赤、青、黄、緑のいずれかであり、上段の漢字は赤、青、黄、緑のいずれかの色のインクで描かれていた一方、下段の漢字は黒色のインクで描かれていた。対象者は、上段の漢字のインクの色、および下段の漢字の種類を判断し、両者が同じか異なるかをボタンで素早く回答することが求められた。条件として、上段の漢字についてその種類とインクの色が同一である一致条件とそれらが異なる不一致条件を設けた。一致条件は 16 回呈示され(うち 8 回は同じ、残り 8 回は異なる)、不一致条件は 32 回呈示された(うち 8 回は同じ、残り 16 回は異なる)。平均反応時間やミス回数を注意能力の指標として用いた。

#### 4. 生活機能の測定

本研究では、厚生労働省が介護予防策として近い将来介護状態に陥る可能性の高いハイリスク高齢者を抽出することや、生活機能を評価することを目的に作成した基本チェックリスト(KCL)を用いて生活機能を評価した(鈴木, 2009)。この指標はフレイルチェック指標にも利用され、日常生活動作、運動器、低栄養状態、口腔機能、閉じこもり、認知機能、抑うつ の 7 領域から構成されており、それぞれの領域で基準が示されている。運動領域の質問 5 項目中 3 項目以上が該当した場合や、認知領域に関する 3 項目の質問のうち 1 つ以上が該当した場合には、二次予防事業対象者(ハイリスク介護高齢者)に判定されることから、本研究の運動介入による変化については、KCL 総合点に加え、KCL 運動領域点ならびに KCL 認知領域点を加えて用いることとした。なお、この KCL を用いた生活機能の測定は、保健師によって対面で実施された。

#### 5. 運動プログラム

運動は、モトタイル(セノー, 千葉)を用いた(図 1)。モトタイルは、数字と色を示す 8 個の LED ライト(以下ライト)が付いたタイルを複数枚配置し、限られた時間と課題の中で、様々なゲームを用いてタイルを踏むステップ運動である。このためタイルを踏む(ステップ運動: 正しく反応できれば成功した結果が得られる)という運動が主課題であり、その他として考えながらできる限り速くタイルを踏むゲームを行う副課題との組み合わせとなっている。

運動プログラムは既製のソフトのうち、4 種類(カラーレース, スペシャル, カウントダウン, リーチ)を用いた。カラーレースは、全タイルにライトが点灯していない状態でスタートし、ライトが点灯したタイルを、限られた時間内にできるだけ多く踏むという課題である(動画 1)。スペシャルは、全タイルにライトが点灯している状態でスタートするが、一つのタイルのみ他と異なる色が点灯する。その色が異なるタイルを素早く発見し、限られた時間内にできるだけ多くのタイルを踏む課題である(動画 2)。カウントダウンは、全てのタイルを点灯させた状態でスタートし、ライトが点滅して、後に消えていくタイルを素早く発見し、限られた時間内にできるだけ多くのタイルを踏む運動である(動画 3)。リーチは、決められた位置に立った状態から、点灯したタイルを左右交互の足で踏み替えて、限られた時間内にできるだけ多くタイルを踏む運動である(動画 4)。本研究で使用したタイルの枚数と配置については、カラーレース, スペシャル, カウントダウンは、10 枚のタイルを使用し、タイルをコの字(正面 4 枚, 側面各 3 枚)に配置した。

リーチは、6枚のタイルを使用し、タイルを長方形(3枚 × 2枚)に配置した。これらの運動のスコアは、運動プログラムの設定を行うタブレットにすべて記憶されるようになっている。

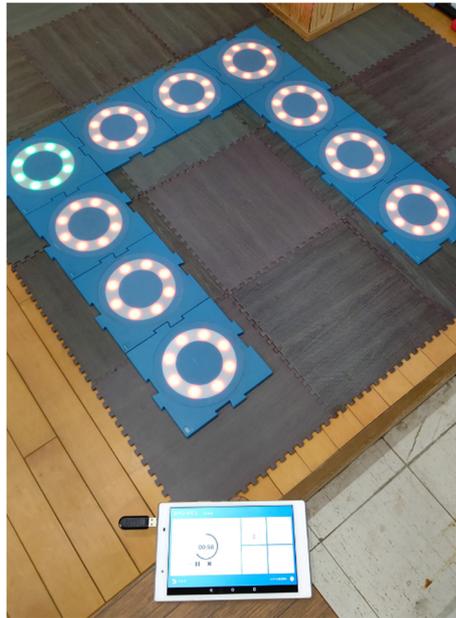


図 1. モトタイル(セノー, 千葉)

運動介入は2地区でそれぞれの公民館を利用し、週2回の頻度で12週間(計24回)の運動教室を開催した。モトタイルの機器は3台分を使用し、教室の第8回目までは運動に慣れるため、10枚のタイルを3人ずつに分けて行う集団型での運動様式を模索しながら実施した。本運動様式は、本来集団運動としての仕様にはなっていないことから、効率的な運動プログラムの遂行ため運動教室の初期では参加者がまずこのモトタイルを使用した運動に慣れることが必要と判断し、教室開始2週間(初回から8回目まで)は、10枚のタイルを3人に分けて使用し、1つのプログラムを3人で協力して行う形式とした。最初は3種類(カラーレース、スペシャル、カウントダウン)×1分×2セット実施した。運動教室の第9回目からは、リーチを加えた4種類のプログラムで、1人が10枚のタイルを使って1分間の運動を行い、交代で運動を実施するようにした。この週から操作するタブレット内での運動プログラム毎の個人記録(得点)を行なったが、1人が行なった総運動時間は10分程度であった。運動教室の17回目からは、カラーレース、スペシャル、リーチの3つのプログラムの運動時間を1分30秒に増やした。カウントダウンについては、設定時間内は全力で動き続けることが求められるため、この運動のみ設定時間を1分間のままとした。17回目以降の1人あたりの総運動時間は、11分30秒程度であった。なお、保健師による運動前の体調チェック等および準備運動と整理運動を含め、毎回の運動教室の開催時間は60分程度であった。

## 6. 統計処理

運動介入効果は、繰り返しのある分散分析により検討し、両群ともに運動を行っていることから経時効果を調べた。両群における各変数の変化率または量の比較は、対応のないt-検定を用いた。両群

で年齢に有意差が認められたために変化率や量の比較には年齢を共変数とした分散分析で群間の相違を検討した。年齢を考慮した男女比は、 $\chi^2$  検定を用いて検討した。また、介入前後の平均と標準偏差から効果量(ES)を求めた。ES の算出には Koizumi & Katagiri(2007)の式を利用し、効果の程度を  $0.20 \leq \text{小} < 0.50$ ,  $0.50 < \text{中} < 0.80$ ,  $0.80 \leq \text{大}$  として表した。なお、統計的有意水準は 5% とした。

### III. 結果

運動介入前の測定から, SR, Flanker 課題(一致, 不一致, 不一致ミス), Stroop 課題(ミス), FR, TUG, および KCL 総合点と年齢との間に有意な相関関係( $P < 0.05$ )が示された(表 2)。運動介入前で 1 群と 2 群との間には年齢, KCL 総合点, KCL 運動領域点, KCL 認知領域点に有意差が認められたが, それ以外の測定項目で平均値に有意差が認められなかった。2 群間の男女比においても有意差は認められなかった。

表 2. 年齢と測定項目間の相関係数(有意のみ, プレデータ使用, n=34)

	KCL 総合点	SR	Flanker 一致	Flanker 不一致	Flanker 不一致ミス	Stroop ミス	FR	TUG
年齢	0.530	0.524	0.695	0.717	0.445	0.674	-0.630	0.576

注:KCL:基本チェックリスト, SR:単純反応時間, FR:ファンクショナルリーチ, TUG:アップアンドゴー

対象者は運動教室に高い出席率(79.2%)を示したが, 他の用事や新型コロナウイルス感染予防対策などにより, 週 2 回の運動を完全に実施できなかった参加者が生じた。全体平均では, 運動教室参加回数が  $19.0 \pm 4.6$  回, 週当たりの運動日数が  $1.6 \pm 0.4$  日の実施であった。運動期間中に対象者の怪我や障害を生ずることは無く, 安全に運動教室の運営が出来た。データの分析は, 運動教室前後での測定を実施することができた 21 人を対象とした。運動介入後の測定を実施できなかった 13 人については, 1 人は病気による療養が理由であるが, その他の対象者では不明である。

#### 「身体機能および生活機能への効果」

12 週間の運動前後で身体機能(機能的体力)の評価項目である CS30, FR, TUG, 左脚の歩行周期の CV, 生活機能の評価項目の KCL 総合点, KCL 運動領域点, KCL 認知領域点に経時効果が認められた(表 3)。CS30, KCL 総合点の効果量は大きく, 特に 2 群では FR, TUG, KCL の運動領域および認知領域で効果量が大きかった。

両群における KCL 総合点, KCL 認知領域点に違いが認められ, 2 群が 1 群に比べて変化が大きかった。

表 3. モトバイクによる二重課題運動の身体機能および生活機能への運動効果

	運動前	運動後	変化率 (%) (運動後-前)	効果量 (ES)	経時効果 F 値
CS30(回/30秒)					
1群(n=11)	19.8±3.7	24.0±4.1	21.9	1.14	
2群(n=9)	18.4±5.2	25.0±6.3	41	1.27	61.197*
全体(n=20)	19.2±4.4	24.5±5.1	30.5	1.21	
FR(cm)					
1群(n=11)	24.9±9.0	28.6±6.3	22.7	0.41	
2群(n=9)	22.7±4.8	26.8±4.2	20.3	0.86	18.953*
全体(n=20)	23.9±7.3	27.8±5.4	21.6	0.54	
TUG(sec)					
1群(n=11)	6.46±1.13	5.37±0.97	-16.4	-0.97	
2群(n=9)	6.91±1.43	5.73±1.13	-16.8	-0.83	51.967*
全体(n=20)	6.67±1.26	5.54±1.03	-16.6	-0.9	
歩行周期左脚(cycles/s)					
1群(n=12)	0.943±0.095	0.957±0.088	1.48	0.15	0.282
2群(n=9)	0.947±0.100	0.887±0.156	-6.34	-0.6	
全体(n=21)	0.945±0.095	0.927±0.124	-0.35	-0.19	
歩行周期右脚(cycles/s)					
1群(n=12)	0.948±0.093	0.959±0.089	0.12	0.35	0.605
2群(n=9)	0.931±0.091	0.900±0.157	-0.34	-0.26	
全体(n=21)	0.940±0.090	0.934±0.123	0.52	-0.07	
歩行周期左脚 CV					
1群(n=15)	6.10±7.40	3.97±4.02	-2.13	-0.29	
2群(n=10)	5.50±5.34	2.86±0.65	-2.64	-0.48	5.372*
全体(n=25)	5.85±3.50	3.50±3.09	-2.35	-0.67	
歩行周期右脚 CV					
1群(n=15)	5.82±6.70	3.78±4.03	-2.04	-0.29	
2群(n=10)	5.00±5.48	3.29±0.94	-1.71	-0.48	3.334
全体(n=25)	5.48±6.11	3.57±3.08	-1.9	-0.67	
KCL 総合点(点)					
1群(n=12)	3.00±2.00	1.42±1.24	-1.58	-0.91	
2群(n=9)	7.67±3.16	3.22±2.10	-4.44	-1.61	64.389*
全体(n=21)	5.00±3.44	2.19±1.86	-2.85	-0.82	
KCL 運動領域点(点)					
1群(n=12)	1.08±1.08	0.58±0.90	-0.5	-0.46	
2群(n=9)	2.44±1.59	1.00±0.87	-1.44	-0.91	24.27*
全体(n=21)	1.67±1.46	0.76±0.89	-0.91	-0.62	
KCL 認知領域点(点)					
1群(n=12)	0±0	0±0	0	0	
2群(n=9)	1.44±0.53	0.56±0.53	-0.89	-1.66	15.792*
全体(n=21)	0.62±0.80	0.24±0.44	-0.38	-0.48	

注:1群:生活機能評価(基本チェックリスト:KCL)で18から20番目の項目が0,2群:KCLで18から20番目の項目が1以上,CS30:チェアスタンド,FR:ファンクショナルリーチ,TUG:アップアンドゴー,CV:変動係数,\* $P < 0.05$ , 平均値±標準偏差

「認知機能への効果」

SR, Go/Nogo 反応課題, Flanker 課題, Stroop 課題の運動前後の比較で有意な変化はなかった(表4)。また参加者の教室への出席日数と Stroop 課題ミスの変化量との間には有意な相関関係( $r = -0.523, P < 0.05$ )が示された。

表 4. モトバイクによる二重課題運動の認知機能への運動効果

	運動前	運動後	変化量 (運動後-前)	効果量 (ES)	経時効果 F 値
単純 RT (ms)					
1 群 (n=12)	483.9±128.2	428.2±119.1	-55.8	-0.44	
2 群 (n=9)	469.2±98.3	468.3±117.3	-0.9	-0.01	0.817
全体 (n=21)	477.6±113.9	445.3±117.1	-32.2	-0.28	
Go/Nogo RT (ms)					
1 群 (n=12)	536.4±152.2	627.5±224.7	90.9	0.6	
2 群 (n=9)	565.9±87.9	507.8±130.0	-58.1	-0.66	0.164
全体 (n=21)	549.1±126.7	576.2±195.5	27.1	0.21	
Go/Nogo ミス (回数)					
1 群 (n=12)	0.167±0.389	0.083±0.289	-0.083	-0.22	
2 群 (n=9)	0.222±0.667	0.111±0.333	-0.111	-0.17	0.473
全体 (n=21)	0.190±0.512	0.095±0.308	-0.952	-0.19	
Flanker 一致 RT (ms)					
1 群 (n=12)	978.0±296.0	1009.1±417.1	31.1	0.11	0.067
2 群 (n=9)	1081.9±333.4	1091.4±425.0	9.5	0.03	
全体 (n=21)	1022.6±308.9	1044.4±411.9	21.9	0.07	
Flanker 一致ミス (回)					
1 群 (n=12)	0.41±1.44	0.17±0.39	-0.25	-0.17	
2 群 (n=9)	0.44±0.53	1.11±1.97	0.67	1.27	0.256
全体 (n=21)	0.43±1.12	0.57±1.36	0.14	0.13	
Flanker 不一致 RT (ms)					
1 群 (n=12)	1010.4±321.2	1118.3±572.2	107.9	0.34	
2 群 (n=9)	1212.2±522.3	1156.0±472.4	-56.3	-0.11	0.08
全体 (n=21)	1096.9±419.9	1134.5±519.4	37.6	0.09	
Flanker 不一致ミス (回)					
1 群 (n=12)	0.75±1.48	0.42±2.17	-0.33	-0.22	
2 群 (n=9)	1.22±2.94	1.22±2.17	0	0	0.185
全体 (n=21)	0.95±2.18	0.76±1.55	-0.19	-0.09	
Stroop 一致 RT (ms)					
1 群 (n=12)	2097.8±812.1	2813.1±591.5	715.3	0.88	
2 群 (n=9)	2743.7±763.9	2682.9±630.1	-60.8	-0.08	0.005
全体 (n=21)	2374.5±838.7	2397.2±644.6	22.7	0.003	
Stroop 不一致 RT (ms)					
1 群 (n=12)	2423.4±950.7	2689.6±782.8	665.8	0.28	
2 群 (n=9)	2995.9±648.0	3229.2±816.2	233.3	0.36	1.835
全体 (n=21)	2669.0±865.6	2902.1±823.6	233.1	0.27	
Stroop 不一致時間 RT					
1 群 (n=9)	2646.2±957.5	2434.6±714.6	-211.6	-0.22	
2 群 (n=6)	3092.6±1011.1	3398.1±860.2	305.5	0.3	0.062
全体 (n=15)	2824.8±969.6	2820.0±891.5	-27.8	-1	
Stroop ミス(回)					
1 群 (n=12)	8.41±5.71	7.33±5.51	-1.08	-0.19	
2 群 (n=9)	13.00±7.71	10.89±5.16	-2.11	-0.27	2.625
全体 (n=21)	10.38±6.87	8.86±5.53	-1.52	-0.22	

注:1 群:生活機能評価(基本チェックリスト:KCL)で 18 から 20 番目の項目が 0, 2 群:KCL で 18 から 20 番目の項目が 1 以上, RT:反応時間, \* P<0.05, 平均値±標準偏差

#### IV. 考察

本研究は、地域に居住する高齢者に対して、主課題として遊び感覚で 10 枚のタイルを用いたステップ運動を行い、かつ 4 種類のゲームを使って考えるという副課題を与えるという二重課題の実践による運動介入が、身体機能、認知機能、および生活機能に与える効果について検証した。

近年、高齢者には生活の自立維持を目指す上で、レジスタンス運動や転倒予防を目的としたバランス運動の導入が必要とされ、虚弱者においても同様に推奨されている(ACSM, 2011)。しかし、対象者に対して強く努力を要することを求める運動様式では、その実践や継続に困難な場合も少なくない。介護保険を利用するやや虚弱な高齢者を対象に、事前に行った MMSE による点数にて 2 群に分け、モトタイルによる二重課題運動の介入研究を試みた岡田ら(2020)の結果では、TUG、ステップング、5 回起居、足指把持力において両群ともに経時効果が認められ、敏捷性、起居動作、移動能力などに変化がみられたという。特にステップングは、両群共に効果量が大を示し、考えながらできるだけ速く反応して足を動かすというモトタイルによる二重課題運動の有効性を示唆している。尹ら(2010)は、認知機能と関連のある身体機能は巧緻性、下肢筋力、歩行能力、反応力であったことを報告している。また、二重課題を用いた運動様式として、主運動課題としてステップ動作を用い、またステップパターンの組み合わせを複雑にすることで記憶や注意を必要とした副課題からなるスクエアステップと称する運動が開発されている。これらの対象は、比較的体力水準が高い人を対象にしており、その運動自体も実施が 40 分という時間での効果が示されている。

今回の対象者は、地域に居住し、基本的に自立した生活を営む人たちであり、岡田ら(2020)の対象者に比べて比較的元気な人たちとみられたが、年齢と FR( $r = -0.63$ )、TUG( $r = -0.576$ )、認知機能(SR:  $r = 0.524$ , Flanker 課題: 一致( $r = 0.695$ ), 不一致( $r = 0.717$ ), Stroop 課題: ミス( $r = 0.674$ )) および KCL 総合点( $r = 0.530$ )に有意な相関関係が認められた。しかし、短期間であったが運動の実践により、起居能力(CS30)、バランス能力(FR)、敏捷性(TUG)で有意な変化が示されており、生活機能やマーチにおいても一部(左脚の歩行周期の CV)であったが改善が示された。1 種類 1 回の運動は 1 分程度の短時間で行うが、立位姿勢で一方の足でタイルを強く踏む動作が求められ、その際には他方の足で立つということが要求される。さらに前後左右または斜めのステップが求められることから、素早い足踏み動作や速い移動が身体機能(起居動作、バランス、敏捷性など)の変化を生じさせる結果となったものと考えられる。

次に、本研究では KCL 認知領域に関する 3 項目の質問のうち、1 つ以上が該当する場合には二次予防事業対象者(ハイリスク介護高齢者)と判定されることなどを踏まえ、この該当の有無による運動介入効果の違いを 2 群に分けて検討したが、年齢補正後において KCL 総合点、KCL 認知領域点で低い群が、高い群に比べて変化が大きいという結果が得られた。このことは、より虚弱、あるいは認知機能のより低い人の方がより運動介入効果が生じやすいということかもしれない。今回の介入した運動は、短時間で行う二重課題運動であるが、介入前の体力水準や認知機能のより低い人に効果が生じやすかったということが明らかになれば、本運動様式の有用性はより高まるものといえるが、さらなる今後の研究が必要である。

一方で、認知機能への効果については明らかにならなかった。本研究で用いた運動様式は、運動と認知課題を組み合わせたものである。このような二重課題運動は、注意コントロールが強く求められるため、注意機能の向上が期待される。先行研究においても、Ogawa, et al.(2020)は、ボストンで転倒り

スクのある高齢者を対象に、8 週間のテレビゲームを用いた二重課題運動と従来の歩行運動のみによる運動介入の効果を比較したところ、歩行に関わる測定項目とトレイルメイキングテストの一部(注意力の評価)に運動介入の効果が違いがみられたとしている。よって本研究においても2つの認知機能テストを用いて、注意機能を評価した。Flanker 課題の不一致条件では、中央の矢印(ターゲット刺激)以外の4つの矢印が逆方向に向いている。この場合、常に注意をターゲット刺激に向け、周囲の情報に注意を奪われないようにすること(選択的注意)が必要である。また、Stroop 課題でも同様に、呈示された文字の色のみに注意に向け、意味情報への注意を抑制する必要があることから、選択的注意の指標となる(Eriksen and Eriksen, 1974)。しかし、両課題の課題成績は運動介入前後で有意な変化を認めなかった。よって、本研究で用いた二重課題運動が注意に及ぼす影響に関しては、更なる検証の必要性があると思われる。

今回は集団での運動が中心であり、運動量や運動頻度を正確に調整できる様式ではなかったという限界があった。3台のモトバイクを使っておよそ15人の参加者が交代で運動を行うという様式であり、こうした集団での運動実施という方法による影響が生じている可能性も考えられる。今後の課題として、さらなる集団用プログラムの工夫と検討が求められる。

運動後にモトバイクの操作タブレットに記憶された1人あたりの総運動時間を算出すると、毎回7分から10分程度であった。今回は前述したようにモトバイクを使用した集団と個人を組み合わせた運動様式であったため、正確な個人のスコアを毎回評価することが難しい環境であった。また、17回目以降は運動時間が一人1分から1分30秒へと増加させたために正確なスコアの比較はできなかったが、9回目、16回目、17回目および24回目において、4種類の運動で記録された平均得点を表5に示した。この変化から見ると、ゲーム得点や成功率などの運動パフォーマンスが向上しているとみられ、動きの改善が示され、その結果機能的体力などの変化をもたらしたものとも考えられる。

表5. モトバイクの運動種類別にみた9回目、16回目、17回目および24回目の得点の変化

運動の種類	群	9回目	16回目	17回目	24回目
カラーレース	1群	45.4 ± 6.3 n=13	47.9 ± 6.9 n=14	72.2 ± 9.4 n=14	74.9 ± 11.0 n=13
	2群	43.3 ± 9.1 n=10	47.7 ± 7.4 n=10	69.4 ± 11.2 n=9	71.2 ± 12.6 n=10
	全体	44.5 ± 7.5 n=23	47.8 ± 7.0 n=24	71.1 ± 10.0 n=23	73.3 ± 11.6 n=23
スペシャル	1群	30.3 ± 4.3 n=15	35.6 ± 4.4 n=14	53.7 ± 6.4 n=14	56.6 ± 7.5 n=13
	2群	29.0 ± 5.9 n=10	34.8 ± 5.2 n=10	49.9 ± 12.9 n=10	54.0 ± 10.2 n=11
	全体	29.8 ± 4.9 n=25	35.3 ± 4.7 n=24	52.1 ± 9.6 n=24	55.4 ± 8.7 n=24
カウントダウン	1群	96.7 ± 36.1 n=16	—	—	137.6 ± 56.6 n=13
	2群	84.6 ± 15.8 n=11	—	—	133.7 ± 44.7 n=11
	全体	91.8 ± 29.7 n=27	—	—	135.8 ± 50.4 n=24
リーチ	1群	25.1 ± 4.2 n=12	32.5 ± 7.5 n=14	51.1 ± 11.1 n=14	54.8 ± 8.9 n=13
	2群	22.0 ± 6.3 n=10	29.2 ± 4.8 n=12	45.6 ± 8.2 n=10	47.1 ± 11.5 n=9
	全体	23.7 ± 5.4 n=22	31.1 ± 6.6 n=26	48.8 ± 10.2 n=24	51.7 ± 10.5 n=22

今回のモトタイルを用いた運動教室の運営による取り組みでは、地域での集団様式の運動によるメリットが示された。運動への出席率は 79.2%となり、運動の継続が高かった。また、運動中に怪我や障害は生じなかった。この点から、モトタイルを使用した二重課題運動は、実践が容易で、続けられやすく、また安全に行うことができる運動プログラムであるとみられた。

本研究における限界について示す。研究期間内で運動群と非運動群の設定を図り、クロススタディとする計画も立案していたが、新型コロナウイルスによる感染予防対策等の要因が影響し、ポストテストが完了できずに欠損値が生じた。この点は予測できない事態であり、人を対象とした介入研究の困難さを改めて感じさせられた。今後はコントロール群の設定も踏まえて、さらに運動実践研究を継続し、運動効果の交差妥当性を検討することが必要である。その上で最終的に多くの地域在住高齢者が実践、継続できる運動プログラムの作成を図ることを今後の課題としたい。

加えて、運動は脚を使ってステップを踏むという様式であり、認知機能テストは手指の反応によるテストという形式になっている。こうした方法の違いによる影響も否定できないことから、認知機能テストのプロトコルについても検討を重ねる必要があり、今後の課題としたい。

本研究は、セノー株式会社から朝日大学への委託研究(代表:竹島伸生)としての助成を受けた。

## 引用文献

- ・ American College of Sports Medicine (2011) Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 43:1334-1359.
- ・ Anguera JA, Boccanfuso J, Rintoul JL (2013) Video game training enhances cognitive control in older adults. *Nature.* 501: 97-101.
- ・ Colcombe S, Kramer AF (2003) Fitness effects on the cognitive function of older adults: A meta-analytic study. *Psychol Sci.* 14:125-130.
- ・ Erickson KI, Prakash RS, Voss MW, et al. (2009) Aerobic fitness is associated with hippocampal volume in elderly humans. *Hippocampus.* 19:1030-1039.
- ・ Erickson KI, Voss MW, Prakash RS, et al. (2011) Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *PNAS.* 108: 3017-3022.
- ・ Eriksen BA, Eriksen CW (1974) Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Percept Psychophys.* 16:143-149.
- ・ Ikudome S, Mori S, Unenaka S, et al. (2017) Effect of long-term body-mass-based resistance exercise on cognitive function in elderly people. *J Appl Gerontol.* 36:1519-1533.
- ・ Koizumi R, Katagiri K. (2007) Changes in speaking performance of Japanese high school students: The case of an English course at a Selhi. *Arele.* 19:81-90.

- ・ Langlois F, Vu TT, Chasse K, et al. (2013) Benefits of exercise training on cognition and quality of life in frail older adults. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci.* 68:400-404.
- ・ Nakamoto H, Yoshitake Y, Takai Y, et al. (2012) Knee extensor strength is associated with Mini-Mental State examination scores in elderly men. *Eur J Appl Physiol*, 112: 1945-1953.
- ・ 岡田壮市, 小粥崇司, 中本浩揮, 幾留沙智, 竹島伸生 (2020) 高齢者におけるモトバイクを使用した二重課題運動による身体機能と認知能力への運動効果. *理学療法科学.* 35(3):1-9
- ・ Ogawa E, Huang H, Yu LF, et al. (2020) Effects of exergaming on cognition and gait in older adults at risk for falling. *Med Sci. Sports Exerc*, 52(3): 754-761.
- ・ Palmer RC, Batra A, Anderson C, et al. (2016) Implementation of an evidence-based exercise program for older adults in South Florida. *J Aging Res.* Volume 2016. Article ID 9630241. 7 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2016/9630241>
- ・ Sanders LMJ, Hortobágyi T, Bastide-van Gemert S, et al. (2019) Dose-response relationship between exercise and cognitive function in older adults with and without cognitive impairment: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 14: e0210036.
- ・ 鈴木隆雄 (2009) 介護予防のための生活機能評価に関するマニュアル (改訂版). [https://www.mhlw.go.jp/topics/2009/05/dl/tp0501-1c\\_0001.pdf](https://www.mhlw.go.jp/topics/2009/05/dl/tp0501-1c_0001.pdf)
- ・ 竹島伸生, ロジャースマイケル (2006) 高齢者のための地域型運動プログラムの理論と実際. pp24-39. NAP
- ・ 玉宮義之 (2016) デジタルゲームが認知機能に与える効果の分析と今後の展望. *情報学研究.* 5 巻: 94-98.
- ・ 尹智瑛, 大蔵倫博, 角田憲治ほか (2010) 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.* 59:313-322.
- ・ Zubala A, MacGillivray S, Frost H, et al. (2017) Promotion of physical activity interventions for community dwelling older adults: A systematic review of reviews. *Plos ONE.* 12(7), e0180902