

原著論文

受付：2014. 9.19

受理：2015. 1.15

ロコモマットトレーニングが高齢者の体力および認知機能に及ぼす影響に関する研究

原 田 妙 子

日本福祉大学 健康科学研究所
浜松医科大学子どもこころの発達研究センター

山 本 芳 樹

(株)イノアックコーポレーション グローバル技術開発本部 技術管理部

比田井 隆 雄

(株)イノアックコーポレーション グローバル技術開発本部 技術管理部 管理グループ

Locomo-mat exercises influences physical and cognitive functions in the elderly

Taeko Harada

The Research Institute for Health Sciences Nihon Fukushi University
Hamamatsu University School of Medicine Research Center for Child Mental Development

Toshiki Yamamoto

Business Administration Manager, Gloval Technical Division, INOAC Corporation

Takao Hidai

Business Administration Group, Gloval Technical Division, INOAC Corporation

Abstract: Preventing falls, declined locomotor and cognitive functions are critical factors for maintaining independent life in older adults. Exercise intervention is known to bring a beneficial effect in their life. Here, we examined whether a home-based exercise using Locomo-mat affects physical and cognitive functions in elderly or not. We measured physical performance tests (balance, time up and go test and walking speed) and cognitive test (working memory and dual task performances) in twenty-four older people. Twelve subjects in the exercise group performed fifteen minutes of Locomo-mat training about three times per week, whereas other subject in the control group did not perform any particular trainings. After two months of training, the exercise group significantly improved in balance, walking speed and dual task performances than in the control group. The results demonstrate that the home-based Locomo-mat exercise may be useful training for preventing age-related physical and cognitive decline in the elderly.

Keywords: ロコモティブシンドローム, ロコモマット, 転倒予防, 認知機能, 運動機能

1. はじめに

現在、我が国の高齢化の急速な進行に伴い、日常生活に支援や介護を必要とする要支援・要介護者数が著しく増加し、高齢者に対する健康管理、健康寿命延伸がきわめて重要な課題となっている。本研究ではこの課題につき、特にロコモティブシンドロームの予防を念頭に、高齢者を対象にイノアック社製のロコモマットを用いた足踏みトレーニングを実施し、運動機能および認知機能の改善について観察した。

厚生労働省の調査によれば、現在の要支援・要介護者数は450万人に達するとされている¹⁾。その原因として脳卒中、心疾患、認知症のほか、運動器疾患では関節疾患が約12%、転倒・骨折が約10%であり、運動器疾患を原因とするものは全体の約4分の1に達する状況である。さらに要介護の中で介護度が低い要支援・要介護1に関しては認知症に加え運動器疾患の占める割合は約30%とさらに高く²⁾、認知機能低下および運動器疾患対策により、要介護者数を減少させることができると考えられる。

認知症高齢者への対策にも運動介入は重要である。我が国で主流となっているアルツハイマー型認知症は、軽度認知障害の高齢者からの移行率が正常高齢者と比較して著しく高いことが報告されている^{3),4)}。このような高齢者に対し、継続的な運動を実施すると認知症発症時期の遅延および認知機能低下の抑制に効果があることが明らかになっており^{5),6)}、日常の身体活動の向上を促す運動支援が急がれる。

一方、運動器疾患対策としては、2006年に日本整形外科学会を筆頭に3学会が国の介護予防・健康対策などの方針を受け、「運動器症候群」(locomotive syndrome (以下、ロコモティブシンドロームという。))を提唱⁷⁾し、ロコモティブシンドロームを回避するための、足・腰を中心とした運動器機能低下を予防することの重要性が指摘された。さらに、2012年7月、厚生労働省は国として進める健康づくり運動「健康日本21(第2次)」[平成25~34年度(2013~2022年)]を告示し、健康寿命の延伸の具体的数値目標の一つにロコモティブシンドロームの認知度の向上を取り上げている。このような疾病概念を提示し、それらに対する予防や改善方法として運動療法やパワーリハビリテーションが奨励され、さらには運動器障害を予防することが最も重要な課題と指摘されている⁸⁾。

高齢者の健康で自立した生活維持に重要な、バランス能力、歩行能力および認知機能は、ロコモティブシンドロームと密接な関係がある。ロコモティブシンドロームとは「運動器の障害」により「要介護になる」リスクの高い状態になることとされている。ロコモティブシンドロームの運動機能評価としては開眼片脚起立時間、Timed Up and Go Test (TUG) が用いられている⁷⁾。運動機能評価基準として採用された開眼片脚起立時間ならびにTUGは、転倒リスクにつながる運動機能の評価として利便性が高いと報告されている⁹⁾。また、バランス調節および歩行の機能低下は転倒の主要因である^{10),11)}。さらに、転倒の経験を有する多くの高齢者では、歩行能力や筋力などの身体機能の低下のみならず、認知機能の低下も認められている^{12),13)}。事実、バランス調節や歩行速度の調節に認知機能を司る前頭前野が関与するという報告^{14),15)}からも、このロコモティブシンドロームに関与するバランスや歩行機能と前頭前野性認知機能との相互関係が示唆される。

ロコモティブシンドロームの予防として、一般的には、継続的な筋力トレーニングが効果的とされている^{8),9)}。先行研究では、数か月間という比較的短期間の筋力トレーニングにより高齢者の運動機能を改善させるとの報告があるが¹⁶⁾、障害の予防や再発予防のためには、より長期の継続的な介入が必要となる。しかしながら、このような高齢者では運動開始後、約50%が半年以内に運動の継続を断念しているというのが現状である¹⁷⁾。この理由として、運動継続のための目標設定の難しさ、楽しさの低下、利便性の低さの影響に加え、運動を行う時間やスケジュールの難しさや天候要因などが挙げられる¹⁸⁾。そのため、高齢者にとって運動の継続が可能な以下の条件を整備した運動支援が望まれる。その条件とは、1. 目標設定しやすく、2. 効果が期待でき、3. 柔軟な時間設定が可能で天候などの影響を受けにくく、4. 習慣化しやすいことである。

そこで我々は、このような条件の充足が可能なイノアック社製のロコモマットを用いた足踏みトレーニングの実施を試みた。このロコモマットは、天候に左右されず、自宅でトレーニング時間や運動目標が柔軟に設定できることから継続的にトレーニングが実施できるという利点がある。これに加え、密度 $45 \pm 5 \text{ kg/m}^3$ のポリエーテル系軟質ポリウレタンフォームでできた軽度低反発性のウレタンマットの足踏みでは、足がゆっくりとウレタンに

埋もれていき、田んぼの泥の中に足を入れたような、“やや重い感触”が脚に残るのが特徴である。つまり、自重負荷による筋力トレーニング効果およびバランス調節機能の向上が期待でき、ロコモティブシンドロームの予防として有効なツールとなる可能性がある。したがって、本研究では地域高齢者に対しイノアック社製のロコモマットを用いた2ヶ月間の足踏みトレーニングを実施し、運動機能および認知機能への影響について検証した。

2. 方法

2.1. 対象

対象は日本福祉大学の生涯学習センターに通っている高齢者24名（男性11名，女性13名，平均年齢 68.2 ± 5.1 歳）である。選定にあたっては、地域在住（愛知県半田市周辺地域）で日常生活が自立している60歳以上の人のうち、重度の認知機能低下が認められない（Frontal assessment battery: FAB¹⁹⁾にて14点以上（18点満点）こと、本研究で行うすべての測定が行えることという条件を満たす者とした。本研究の参加者のうち、トレーニングの同意が得られた12名（男性4名，女性8名，平均年齢 69.3 ± 6.0 歳）は自宅にて2ヶ月間のロコモマット（イノアックシルバライフ「ロコモマット」（以下、ロコモマットという）、密度 $45 \pm 5\text{kg/m}^3$ ポリウレタンフォーム、 $6 \times 50 \times 50$ cm、株イノアックコーポレーション、図1）を用いた足踏みトレーニングを実施した。残りの12名は対照群とし、足踏みトレーニングを含まいかなるトレーニングの実施を指示しなかった。なお、本研究は日本



図1 イノアック社製 ロコモマット

福祉大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認（14-08）を得た後、対象者には実施前に本研究の目的や方法を十分に説明し同意を得た。

2.2. 測定方法

2ヶ月間のトレーニング期間の前後2回、日本福祉大学半田キャンパスにおいて、全被験者に対して次の測定を実施した。ロコモティブシンドロームの診断基準に関連して、運動機能評価テスト（開眼片足立ちテストとTimed Up and Go Test (TUG)) および歩行能力評価テスト（10m 最速歩行時間）、および認知機能評価テスト（FAB および前頭前野機能テスト）である。以下に詳細を説明する。

a. 運動機能評価テスト

運動機能の測定はデジタルストップウォッチを用いて以下のように実施した。開眼片足立ちテストでは、左右どちらでも立ちやすい側の足で片足立ちを180秒を上限として2回行い、その持続時間を測定した。測定は2回行い最大値を代表値とした。TUGの測定には座面の高さ40cmの肘掛けのないパイプ椅子を用いて行った。対象者は椅子座位から起航し、3m先にある目印を回り、椅子に着座するという一連の動作をできるだけ早く行い、その所要時間を測定した。測定は2回行い最小値を代表値とした。10m最速歩行時間の測定は、助走路と減速路をそれぞれ2mずつ設けた約14mの直進路を快適・最大歩行速度で歩行し、助走路と減速路を排除した部分にかかった所要時間を測定した。対象者への指示は「できるだけ早く歩いてください」と統一した。測定は2回行い最小値を代表値とした。

b. 認知機能テスト

認知機能のスクリーニングテストとしてFABを用いた。FABは、Duboisらによって考案され、概念化課題、知的柔軟性課題、行動プログラム課題、反応の選択課題、Go/No-Go課題、把握行動課題の6つの課題で構成された前頭葉性のテストで、約10分程度で終了する簡易検査である¹⁹⁾。さらにその他の認知機能テストとして、前頭前野の行動執行系の認知機能を評価するための課題を実施した（約15分）。テストは前頭前野の基礎的な働きであるワーキングメモリーを

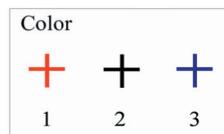
評価する課題（単純ワーキングメモリ課題と混合ワーキングメモリ課題）と前頭極の機能を評価できるデュアル課題を用いた²⁰⁾。デュアル課題は、記憶とその手続きの順番を適切に協調して実行することが必要な課題で、精神活動や行動を協調的に執行する行動執行系の最高次の機能を評価する課題である²¹⁾。測定は個別の部屋で行い、できるだけ他の刺激が入らない場所で実施した。ワーキングメモリを評価する前頭前野機能テストの課題は、3つの色とそれに対応する3つのテンキー（1, 2, 3）を押して反応する、色の単純ワーキングメモリ課題（15試行）と、3つの図形と対応する3つのテンキー（1, 2, 3）を押して反応する形の単純ワーキングメモリ課題（15試行）である（図2-A）。この2つの単純ワーキングメモリで用いた刺激をランダムに混ぜて示す課題で、色もしくは形の6つの刺激に対して、それに対応した1-3のテンキーを使って反応する混合ワーキングメモリ課題（30試行）（図2-B）を用いた。さらに、デュアル課題は、色のついた形が提示され、ワーキングメモリ課題で実施したルール（色で判別してテンキーを押すものと、形を判別してテンキーを押すもの）を用いて反応することに加え、色と形の各刺激に対して対応する反応ボタンが同じ番号となった場合には、もう一つのボタンを押すという2つのルールを含む課題（45試行×2）（図2-C）である。課題プログラムは、対象者が机の上に設置されたコンピューター画面を見て、刺激に対して決められたルールに従って反応ボタンを押すことにより、正答であったか誤答であったかのフィードバック音が出る仕組みとなっている。各タスクの成績として、それぞれ総正答率と反応時間を算出したが、デュアル課題では、二つのルールの正答率のバランスをとるため調和平均（harmonic mean）をとって総正答率とした。

c. ロコモマットトレーニング

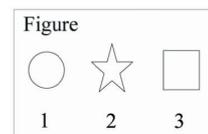
ロコモマットトレーニング群の各被験者にロコモマット（図1）を配布し、ロコモマット上での足踏み運動（一分間に60-90回程度の速さの足踏み）を1セット3分、1日15分（5セット）を目標とし、週3回以上、できるだけ多く実施するよう指示した。初回測定時、ロコモマットを使った3分間の足踏みを実施し、足踏み運動中の心拍数を携帯型心拍計（Aculex Plus;

A. 単純ワーキングメモリ課題

色で判断

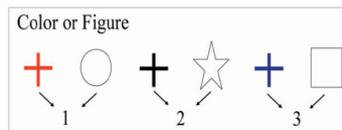


形で判断



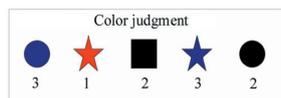
B. 混合ワーキングメモリ課題

色と形のうち呈示された刺激のどちらかで判断

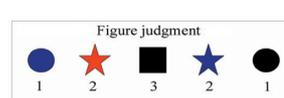


C. デュアル課題

色で判断



形で判断



+ 色形とも同じ番号となる場合は、もう一つのボタンを押す。

課題のシーケンス

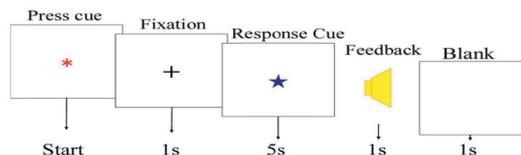


図2 課題のデザイン

PolarCo, Kempere, Finland) を装着し記録した。トレーニング実施時には、各トレーニング実施日時、継続時間およびボルグ・スケール（Borg scale²²⁾）を用いた主観的運動強度（RPE）をトレーニング記録紙へ記載するよう依頼した。このトレーニング記録紙の結果をもとに、被験者がトレーニングをした日時およびトレーニング時間を確認した。また、各被験者に対して、トレーニング記録紙を1ヶ月毎に受け取ることに加え、トレーニング状況についての聞き取りを行った。さらに、被験者全員に対して、可能な限り実験期間中に特別な身体活動の負荷（定期的なスポーツのクラブやダンスサークル等への参加）を行わず、実験介入前と変わらない生活を心掛けるよう指示した。

2.3. 統計解析

トレーニング開始前の身体的属性および FAB スコアにおけるトレーニング群と対照群の差異を Mann-Whitney U 検定により比較した。トレーニング前後の運動機能（開眼片足立ち時間、TUG、10m 最速歩行時間）および前頭前野機能テストの成績（単純ワーキングメモリー課題、混合ワーキングメモリー課題、デュアル課題のそれぞれの総正答率および反応時間）における、ロコモマットトレーニングの効果については、介入の有無（被験者間要因；トレーニング群、対照群）×測定時期（被験者内要因；トレーニング前、トレーニング後）の2要因分散分析を行った。さらに、トレーニング群においては、トレーニング時間、トレーニング時の心拍数および主観的運動強度が運動機能および前頭葉機能テストの成績の変化にどのような影響があるのかを検討するために、トレーニング群におけるロコモマットによるトレーニングの結果とトレーニング前後での成績の変化率との関係について、ピアソンの相関係数によって評価した。有意水準は5%とした。

3. 結果

3.1. 身体特性

トレーニング開始前のトレーニング群および対象群の身体特性および FAB スコアを表1に示した。トレーニング群および対象群における年齢 ($P=0.35$)、身長 ($P=0.178$)、体重 ($P=0.24$) に有意な差は認められなかった。また、FAB による認知機能においても、両群間に差は見られなかった ($P=0.84$)。

3.2. トレーニングの強度、時間、頻度、および主観的運動強度 (RPE)

トレーニング前、トレーニング群で実施した3分間のロコモマットでの足踏み運動中の平均心拍数は 100.0 ± 11.0 (拍/分) で、相対強度 $35.3 \pm 4.0\%$ であっ

表1 対象の身体特性および FAB スコアの初期値比較

	トレーニング群	対象群
年齢	69.3 ± 6.0	67.0 ± 3.9
身長 (cm)	156.5 ± 6.2	160.0 ± 7.4
体重 (kg)	57.0 ± 8.7	60.8 ± 6.8
FAB スコア	15.3 ± 0.9	15.3 ± 1.3

平均 ± 標準偏差

表2 トレーニング群におけるロコモマットによるトレーニングの結果

	平均	標準偏差	最小 - 最大
トレーニング時間数 (分/月)	240.1 ± 84.1		(163.5 - 446.5)
トレーニング時間数 (分/週)	60.5 ± 20.7		(40.9 - 111.6)
トレーニング頻度 (回/週)	3.8 ± 0.9		(2.7 - 7.4)
運動中の主観的運動強度 (RPE)	12.0 ± 1.1		(10.0 - 14.2)

た。トレーニング群における2ヶ月間のトレーニング時間、頻度、トレーニング中の RPE について、トレーニング記録紙をもとに表2に示した。トレーニング群の被験者は、RPE 平均 12 “楽である”~“ややきつい”と感じる程度のロコモマット運動を実施していた。

3.3. 運動機能評価

ロコモマットトレーニングによる運動機能への影響に関しては、3つの運動機能評価項目（開眼片足立ち時間、TUG、10m 最速歩行時間）を従属変数とした2要因分散分析を行った結果、運動介入の有無における主効果は、TUG [$F(1,22) = 5.65, P < 0.05$] でみられたが、開眼片足立ち時間 [$F(1,22) = 1.97, n.s.$] および 10m 最速歩行時 [$F(1,22) = 0.92, n.s.$] ではみられなかった。測定時期の主効果については、開眼片足立ち時間 [$F(1,22) = 3.29, n.s.$]、TUG [$F(1,22) = 1.64, n.s.$] および 10m 最速歩行時 [$F(1,22) = 3.60, n.s.$] のいずれにおいても見られなかった。一方で、介入の有無×測定時期の交互作用効果は、開眼片足立ち時間 [$F(1,22) = 12.86, P < 0.002$] および 10m 最速歩行 [$F(1,22) = 4.56, P < 0.05$] で見られたものの TUG テスト [$F(1,22) = 2.61, n.s.$] では見られなかった。交互作用効果が見られた開眼片足立ち時間および 10m 最速歩行について単純主効果を検討した結果、トレーニング群では、開眼片足立ち時間でトレーニング前（平均 114.19 秒, $SD = 61.02$ ）からトレーニング後（平均 143.00 秒, $SD = 57.19$ ）に有意な機能の向上がみられた ($F = 14.58, p < 0.001$) が、対照群では有意な変化がみられなかった ($F = 1.57, ns.$)。トレーニング群の 10m 最速歩行においては、トレーニング前（平均 4.77 秒, $SD = 0.72$ ）からトレーニング後（平均 4.29 秒, $SD = 0.63$ ）へと有意な速度の改善効果がみられた ($F = 8.14, p < 0.01$) が、対照群では有意な変化がみられなかった ($F = 0.03, n.s.$)。

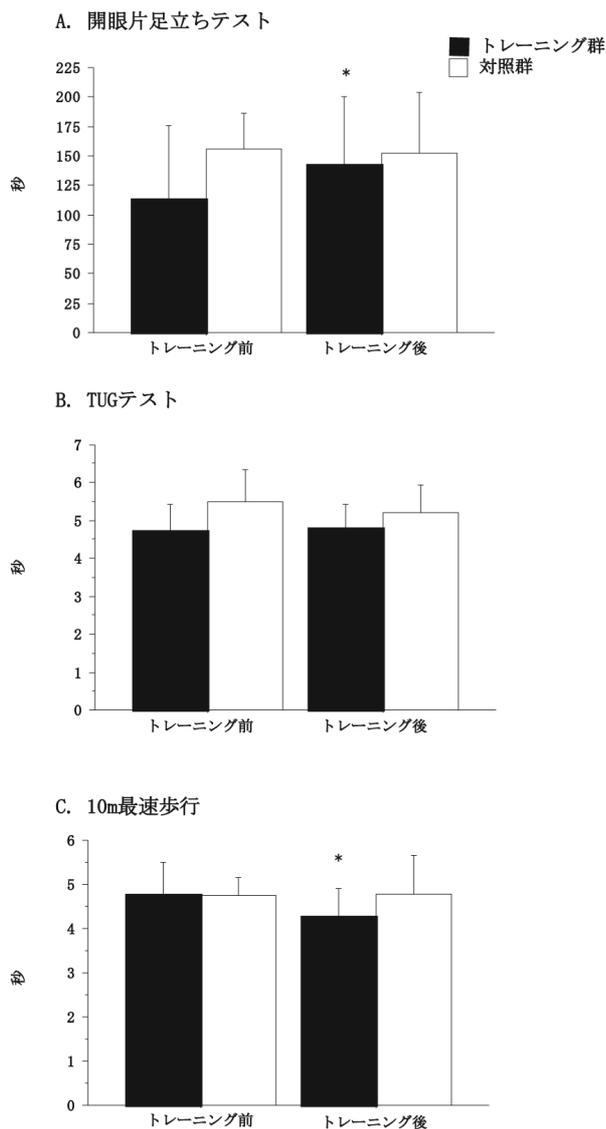


図3 トレーニング前後での運動機能評価テストの成績変化

3.4. 認知機能評価

前頭前野機能テストの正答率によるトレーニング効果については、3種類の課題（単純ワーキングメモリー課題、混合ワーキングメモリー課題、デュアル課題）の正答率および反応時間を従属変数とした2要因分散分析を行った。その結果、運動介入の有無による正答率の主効果は、単純ワーキングメモリー課題 [F (1,22) = 1.17, n.s.], 混合ワーキングメモリー課題 [F (1,22) = 0.79, n.s.] およびデュアル課題 [F (1,22) = 0.05, n.s.] の全ての項目でみられなかった。測定時期の主効果についても単純ワーキングメモリー課題 [F (1,22) = 2.13, n.s.], 混合ワーキングメモリー課

題 [F (1,22) = 1.19, n.s.] およびデュアル課題 [F (1,22) = 1.47, n.s.] のいずれにおいても見られなかった。一方で、介入の有無×測定時期の交互作用効果は、デュアル課題 [F (1,22) = 6.75, P < 0.02] で見られたものの単純ワーキングメモリー課題 [F (1,22) = 1.53, n.s.] および混合ワーキングメモリー課題 [F (1,22) = 0.01, n.s.] では見られなかった。交互作用効果が見られたデュアル課題について単純主効果を検討した結果、トレーニング群では、トレーニング前（平均 61.03%, SD = 16.82）からトレーニング後（平均 70.69%, SD = 16.43）に有意な正答率の改善がみられた (F = 14.58, p < 0.001) が、対照群では有意な変化がみられなかった (F = 7.28, P < 0.02)。

運動介入の有無による反応時間の主効果は、単純ワーキングメモリー課題 [F (1,22) = 0.39, n.s.], 混合ワーキングメモリー課題 [F (1,22) = 3.60, n.s.] およびデュアル課題 [F (1,22) = 0.37, n.s.] の全ての項目でみられなかった。測定時期の主効果についても単純ワーキングメモリー課題 [F (1,22) = 2.30, n.s.], 混合ワーキングメモリー課題 [F (1,22) = 0.01, n.s.] およびデュアル課題 [F (1,22) = 0.15, n.s.] のいずれにおいても見られなかった。また、介入の有無×測定時期の交互作用効果についても、全ての項目（単純ワーキングメモリー課題 [F (1,22) = 0.93, n.s.], 混合ワーキングメモリー課題 [F (1,22) = 2.02, n.s.] およびデュアル課題 [F (1,22) = 2.77, n.s.] で見られなかった。

3.5. トレーニング群におけるロコモマットによるトレーニングの結果と運動機能および認知機能の変化量との関係

トレーニング群において、トレーニング時間、頻度、運動中の心拍数およびRPEは全ての運動機能および前頭前野機能の改善効果に関係はみられなかった。

4. 考 察

本研究は、高齢者におけるロコモマットを用いた足踏みトレーニングが、認知機能およびロコモティブシンドローム（運動器症候群）に關与するバランス調節や歩行能力の機能低下の予防に有効なトレーニングであるかを検討する目的で、地域高齢者に対し、ホームベースでの

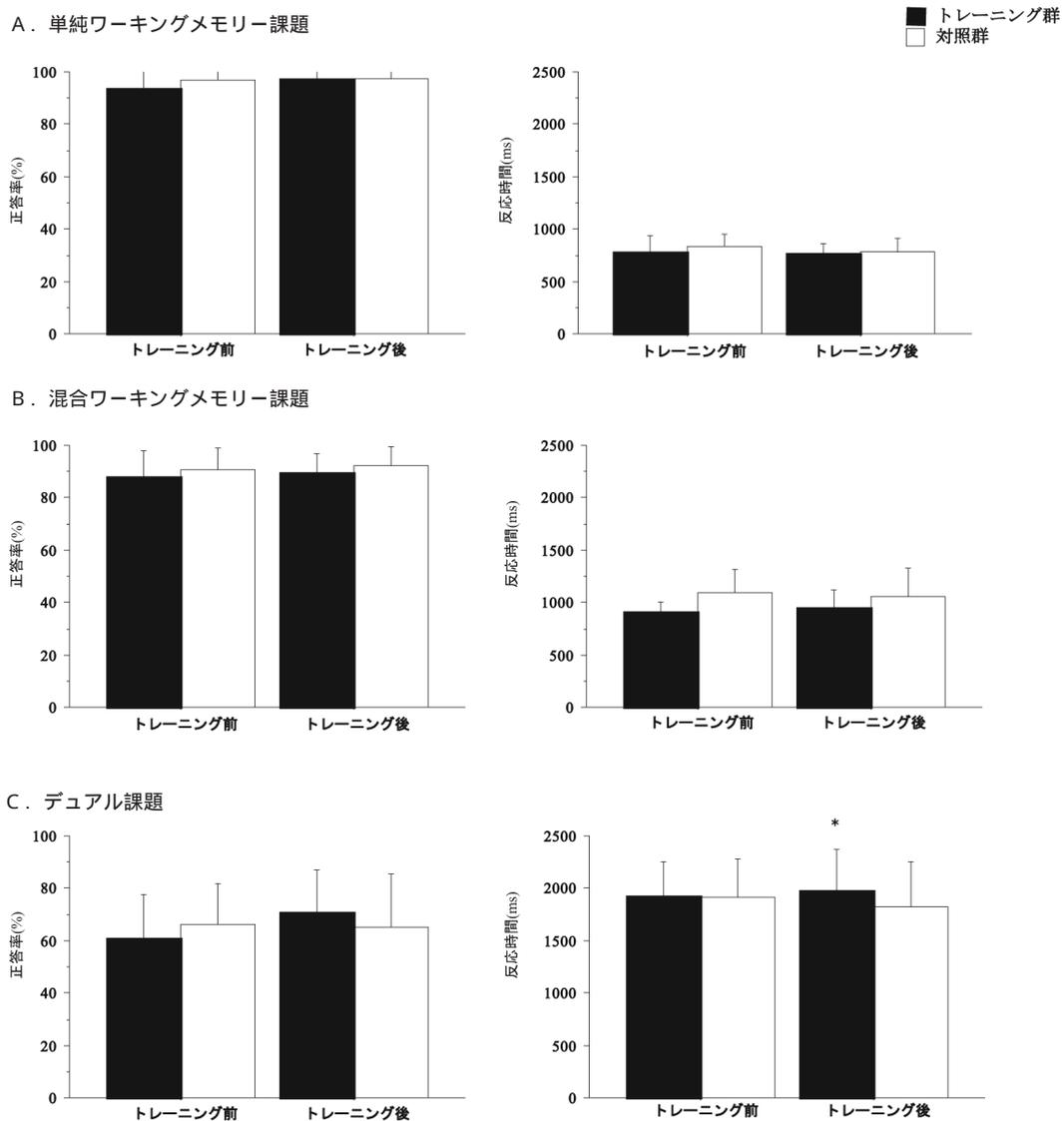


図4 トレーニング前後における前頭前野機能テストの成績変化

二ヶ月間のロコモマットトレーニングを実施し、運動機能の成績（開眼片足立ち時間、Timed Up and Go Test (TUG) および 10m 最速歩行）および 2 種のワーキングメモリー課題とデュアル課題による前頭前野機能テストの成績を測定した。この結果、トレーニング群において、開眼片足立ち時間、10m 最速歩行およびデュアル課題の成績が対象群に比べ有意に改善した。このように、2ヶ月間のロコモマットトレーニングが認知機能およびロコモティブシンドロームの改善に有効である可能性を示した。

高齢者は筋骨格系、神経系、感覚受容器の退行変性による姿勢調節機能の低下が認められる。高齢者の姿勢調

節機能の低下による問題の 1 つに転倒がある。転倒はアルツハイマー型認知症患者では、記憶障害よりも早期に現れる顕著な兆候として報告されている^{23), 24)}。本研究において、ロコモマットトレーニングにより改善が認められたバランス調節機能の指標である開眼片足立ち時間は、歩行機能の低下と同様な転倒の主要因であり、これらの問題を有する高齢者は転倒の危険性が 1.6 ~ 5.4 倍高くなる²⁵⁾ことから、転倒予防としてロコモマットを利用したトレーニングがアルツハイマー型認知症患者の認知機能低下をも食い止める手段の一つとなる可能性がある。

開眼片足立ち時間の評価となる片脚立位の保持時間は、一定の支持基底面内に重心（足圧中心）をとどめておけ

る時間を意味しており、この時間を計測することによって静的バランス能力を表すことが可能になるといえる。この静的バランス調節機能については、下肢筋力に加え、足把持力の影響が高いとの報告がある^{26), 27)}。足把持力とは、地面を足趾・足底で掴む力であり、短母趾屈筋、長母趾屈筋、虫様筋、短趾屈筋、長趾屈筋などの作用により起こる複合運動である²⁸⁾が、高齢者では、この機能低下が著しく転倒を引き起こす要因となる²⁹⁾。このため、現在、高齢者への足指機能訓練実施の試みがなされ、転倒予防としての有効性が示唆されている^{30), 31)}。本研究のトレーニングで使用したロコモマットは、軽度低反発性のウレタンマットでできており、足がマットに埋もれていくため、バランスを維持しながら脚の持ち上げが必要とされるのが特徴である。つまり、このマットの上で繰り返し足踏みをすることは、地面を足趾・足底で掴むのと同様な筋を利用し、姿勢の調節を行いながら脚の上げ下げを行っているため脚筋力の向上のみならず、足把持力の向上に寄与すると思われる。この結果、一側下肢での支持の安定性を向上させることになり、バランス調節機能の指標である開眼片足起立時間の向上がトレーニング群に見られたものと考えられる。

これに加え、今回トレーニング効果がみられた歩行機能も転倒の重要な指標である。歩行機能と転倒との関係に関しては、体の動揺、バランス能力、下肢筋力との関連などが報告³²⁾され、歩行中の姿勢調節という歩行と動的バランス調節機能の低下も転倒を引き起こす重要な要因³³⁾であると思われる。バランス調節機能を強化するトレーニングとして、日本整形外科学会が、「ロコトレ」という開眼片足立ちとスクワットの2種類の簡単な運動に加え、自分で選択したウォーキングなどの運動を加えた運動を推奨している⁷⁾が、これは静的姿勢保持に関する静的バランス調節機能の強化が期待されるものである。この点ロコモマット運動は、やや不安定なマットの上でバランスを取りながらの足踏みとなるため、常に重心の位置を調節する重心制御に加え、支持基底面を変えながら対応することが必要な下肢運動であり、動的バランス調節のトレーニングが行えるという利点がある。したがって、本研究におけるバランス調節機能と歩行機能の両改善効果が見られたのは、このような支持基底面を調節しながらの動的姿勢制御を行うトレーニングの成果であると思われる。

本研究の対象者ではトレーニング効果が見られなかつ

たTUGはPodsiadloら³⁴⁾により高齢者のバランス能力の評価を行うために開発され、中枢神経疾患や整形外科や内部障害系患者など、動的バランスの能力指標として広く用いられている。この検査は立ち上がり、歩行、方向転換、着席の一連の動作を含み、この遂行時間がバランス能力に関連する。一連の動作を素早く行うためには、速く変化する動的な調節を行う必要があり、より高い姿勢調節能力が要求される。したがって課題動作の遂行時間の測定を通して、動的なバランス能力を評価することができる。TUGの評価としては、11秒がロコモティブシンドロームの境界値⁷⁾とされている他、転倒経験との関係においては、TUG > 8.5 秒では約20%程度の転倒経験者が含まれるとの報告がある³⁵⁾。本研究では、トレーニング群で平均4.7秒、対象群では5.6秒と、もともと両群ともに高い動的バランス能力を維持している被験者であったと思われる。本研究に参加した被験者は、日常生活で自立した生活を営んでいるだけでなく、様々な社会活動にも参加する活動的な高齢者である。したがって、TUGテストで評価した歩行、方向転換、着席といった日常生活で通常行っている動作に関しては、十分な力を保持しており、TUGパフォーマンスへのトレーニングの効果の影響は見られなかった可能性がある。

歩行速度は60歳を超えたあたりから加速的に低下し、高齢になるほどにその低下率は大きくなる³⁶⁾。高齢期における歩行速度の低下は様々な認知機能や将来の生存率³⁷⁾を評価する上で非常に重要な指標である。多くの研究で歩行機能の低下が認知機能の低下^{38), 39)}や痴呆と関連する^{40), 41)}ことを示している。また、より高い速度の歩行で前頭前野の活動が高まるとの報告⁴⁵⁾もあり、歩行の速度に前頭前野の機能が関与している。

本研究における前頭前野機能テストへのトレーニング効果については、デュアル課題の成績のみ改善し、その他の課題におけるトレーニングの効果は見られなかった。また、歩行速度と認知機能の変化間の関係も見られなかった。本研究で用いた、デュアル課題は、ワーキングメモリーをもとにした二つの記憶を操作する高次の認知機能を有し、前頭極(BAs10)が担う²⁰⁾。この脳領域の働きは、加齢で低下し⁴²⁾、運動で改善される⁴³⁾ことが報告されている。本研究の結果から、ロコモマットを用いた足踏み運動でもこの脳領域の機能の改善が起こる可能性が示唆された。前頭極は、自発性の運動執行系の最高次の中枢と考えられ、特に強い意思による行動の具現化に重

要な働きを担う⁴⁴⁾。また、いくつかの課題を一つの行動セットとして上手くマネジメントするなど、記憶をもとにした行動と環境との整合性調整およびその実現にも関与する領域²¹⁾であることから、ロコモット運動時に足踏みをしながらの姿勢調節と自己の内因的欲求との調節などいくつかの情報の調節を行っているという点に加え、日々の生活の中で自分の決めたトレーニングを強い意志をもって上手くスケジュール調整しながら実行できたという運動行動がトレーニング効果としてのデュアル課題の成績の改善として現れた可能性がある。

5. 結語

本研究は、高齢者の認知機能低下およびロコモティブシンドロームを防ぐために有効なトレーニングとしてロコモットを用いた2か月間の足踏みトレーニングを実施し、運動機能および認知機能への影響をトレーニング群および対照群の2群で比較検討した。トレーニング群は、1日15分を目標としたトレーニングを週3回程度実施した。その結果、バランス調節と歩行速度および前頭前野性の認知機能であるデュアル課題の成績がトレーニング群で有意に改善した。以上の結果より、ロコモットトレーニングが認知症の予防およびロコモティブシンドロームの予防に有効である可能性を示した。

謝辞

本研究は、(株)イノアックコーポレーションによる研究助成により取り組んだものである。

参考文献

- 1) 厚生労働省：平成21年度介護給付費実態調査。
- 2) 厚生労働省：国民生活基礎調査，2010 介護の状況
- 3) J Bowen, L Teri, W Kukull, W McCormick, SM McCurry, EB Larson: Progression to dementia in patients with isolated memory loss. *Lancet*, 349 (9054), pp. 763-5 (1997)
- 4) RC Petersen, GE Smith, SC Waring, RJ vnik, EG Tangalos, E Kokmen: Mild cognitive impairment: clinical characterization and outcome. *Arch Neurol*, 56 (3), pp. 303-8 (1999)
- 5) T Suzuki, H Shimada, H Makizako, T Doi, D Yoshida, K Ito, H Shimokata, Y Washimi, H Endo, T Kato: A randomized controlled trial of multicomponent exercise in older adults with mild cognitive impairment. *PLoS One*, 8 (4) pp. e61483 (2013).
- 6) Y Maki, C Ura, T Yamaguchi, T Murai, M Isahai, A Kaiho, T Yamagami, S Tanaka, F Miyamae, M Sugiyama, S Awata, R Takahashi, H Yamaguchi: Effects of intervention using-community-based walking program for prevention of mental decline: a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc*, 60 (3), pp. 505-10 (2012).
- 7) 日本整形外科学会：ロコモティブシンドロームとは。 <http://www.joa.or.jp/jp/edu/locomo/> (2014年6月30日参照)。
- 8) 石井直方：サルコペニア予防のための運動プログラム。 *老年医学*, 48, pp. 201-204 (2010)。
- 9) 星野雄一：サルコペニアと運動器不安定症。 *老年医学*, 48, pp. 185-189 (2010)
- 10) M Tinetti, M Speechley, SF Ginter: Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N. Engl. J. Med*, 319, pp. 1701-1707 (1988)
- 11) J Verghese, R Holtzer, RB Lipton, C Wang: Quantitative gait markers and incident fall risk in older adults. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci*, 64, pp. 896-901 (2009)
- 12) S Marquis, MM Moore, DB Howieson, G Sexton, H Payami, JA Kaye: Independent predictors of cognitive decline in healthy elderly persons. *Arch. Neurol*, 59, pp. 601-606 (2002)
- 13) A Mirelman, T Herman, M Brozgol, M Dorfman, E Sprecher, A Schweiger: Executive function and falls in older adults: new findings from a five-year prospective study link fall risk to cognition. *PLoS ONE*, 7, pp. e40297 (2012)
- 14) M Mihara, I Miyai, M Hatakenaka, K Kubota, S Sakoda: Role of the prefrontal cortex in human balance control. *NeuroImage*, 43, 2 (1), pp. 32-336 (2008)
- 15) T Harada, I Miyai, M Suzuki, K Kubota: Gait capacity affects cortical activation patterns related to speed control in the elderly. *Exp Brain Res*, 193

- (3), pp. 445-54 (2009)
- 16) 新井武志, 大淵修一, 小泉基永, 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連. 日老医誌, 43, pp. 781-788 (2006)
- 17) RK Dishman, JF Sallis, DR Orenstein: The determinants of physical activity and exercise. *Public Health Rep*, 100 (2), pp. 158-171 (1985)
- 18) SG Trost, N Owen, AE Bauman, JF Sallis, W Brown: Correlates of adults participation in physical activity: review and update. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34 (12), pp. 1996-2001 (2002)
- 19) B Dubois, A Slachevsky, I Litvan, B Pillon: The FAB: Frontal Assessment Battery at bedside. *Neurology*, 55 (11), pp. 1621-6 (2000)
- 20) K Etienne, B Gianpaolo, P Pietro, P Seth, G Jordan: The role of the anterior prefrontal cortex in human cognition. *Nature*, 399, pp. 148-151 (1999)
- 21) E Koechlin, A Hyafil: Anterior prefrontal function and the limits of human decision-making. *Science*, 26; 318 (5850): 594-8 (2007)
- 22) GA Borg: Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand. J. Rehabil. Med*, 2, 92-29 (1970)
- 23) SL Stark, CM Roe, EA Grant, H Hollingsworth, TL Benzinger, AM Fagan, VD Buckles, JC Morris: Preclinical Alzheimer disease and risk of falls. *Neurology*. 81 (5): 437-43 (2013)
- 24) BB Koo, P Bergethon, WQ Qiu, T Scott, M Hussain, I Rosenberg, LR Caplan, RA Bhadelia: Clinical prediction of fall risk and white matter abnormalities: a diffusion tensor imaging study. *Arch Neurol*. 69 (6): 733-8 (2012)
- 25) JC Masdeu, L Sudarsky, L Wolfson: Gait disorders of aging: falls and therapeutic strategies. p. 13-36, Lippincott-Raven, Philadelphia: (1997-6)
- 26) 村田伸: 開眼片足立ち位での重心動揺と足部機能との関連 健常女性を対象とした検討. 理学療法科学, 19 (3), pp. 245-249 (2004)
- 27) 奥住秀之, 古名丈人, 西澤哲, 杉浦美穂, 青柳幸利: 静的平衡機能と筋力との関連 高齢者を対象とした検討. *Equilibrium research*, 59 (6), pp. 574-578 (2000)
- 28) 村田伸, 忽那龍雄: 足把持力測定の試み 測定器の作成と測定値の再現性の検討. 理学療法科学, 17 (4), pp. 243-247 (2002)
- 29) SR Lord, RD Clark, IW Webster: Physiological factors associated with falls in an elderly population. *J Am Geriatr Soc*, 39 (12), pp. 1194-200 (1991)
- 30) 木藤伸宏, 井原秀俊, 三輪恵, 神谷秀樹, 島沢真一, 馬場八千代, 田口直彦: 高齢者の転倒予防としての足指トレーニングの効果. 理学療法科学, 28 (7), pp. 313-319 (2001)
- 31) 加辺憲人, 黒澤和生, 西田裕介 [他], 岸田あゆみ, 小林聖美, 田中淑子, 牧迫飛雄馬, 増田幸泰, 渡辺観世子: 足趾が動的姿勢制御に果たす役割に関する研究. 理学療法科学, 17 (3), pp. 199-204 (2002).
- 32) WC Graafmans, ME Ooms, HMA Hofstee, PD Bezemer, LM Bouter, P Lips: Falls in the elderly: A prospective study of risk factors and risk profiles. *Am J Epidemiol*, 143: 1129-1136 (1996)
- 33) F Lauretani, CR Russo, S Bandinelli, B Bartali, C Cavazzini, A Di Iorio, C AM orsi, T Rantanen, JM Guralnik, L Ferrucci: Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility; an operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol*, 95, pp. 1851-1860 (2003)
- 34) D Podsiadlo, S Richardson: The timed "up and go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J. Am. Geriatr. Soc*, 39, pp. 142-148 (1991)
- 35) 島田裕之, 古名丈人, 大淵修一, 杉浦美穂, 島田裕之, 杉浦美穂, 吉出祐子, 古名丈人, 吉田英世, 西澤哲, 大淵修, 金憲経, 鈴木隆雄: 高齢者を対象とした地域保健活動における Timed Up & Go Test の有用性. 理学療法科学, 33, pp. 105-111 (2006)
- 36) SE Hardy, S Perera, YF Roumani, JM Chandler, SA Studenski: Improvement in usual gait speed predicts better survival in older adults. *J Am Geriatr Soc*, 55, pp. 1727-34 (2007).
- 37) A Ble, S Volpato, G Zuliani, JM Guralnik, S Bandinelli, F Lauretani, B Bartali, C Maraldi, R

- Fellin, L Ferrucci: Executive function correlates with walking speed in older persons: the INCHIANTI study. *J Am Geriatr Soc*, pp. 53: 410-5 (2005)
- 38) R Holtzer, J Verghese, X Xue, RB Lipton: Cognitive processes related to gait velocity: results from the Einstein Aging Study. *Neuropsychology*, 20, pp. 215-223 (2006)
- 39) J Weuve, JH Kang, JE Manson, MM Breteler, JH Ware, F Grodstein: Physical activity, including walking, and cognitive function in older women. *JAMA*, 292, pp.1454-1461 (2004)
- 40) HK Kuo, SG Leveille, YH Yu, WP Milberg: Cognitive function, habitual gait speed, and late-life disability in the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 1999-2002. *Gerontology*, 53, pp. 102-110 (2007)
- 41) J Verghese, C Wang, RB Lipton, R Holtzer, X Xue: Quantitative gait dysfunction and risk of cognitive decline and dementia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 78, pp. 929-35 (2007)
- 42) T Harada, I Nose, T Jubault, M Taira, K Kubota, E Koechlin: The frontopolar cortex, cognitive branching and aging. 12th Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping, Florence, Italy (2006-6)
- 43) T Harada, S Okagawa, K Kubota. Jogging improved performance of a behavioral branching task: implications for prefrontal activation. *Neurosci Res*, 49 (3), pp. 325-37 (2004)
- 44) P Haggard: Human volition: towards a neuroscience of will. *Nat Rev Neurosci*, 9 (12), pp. 934-46 (2008)