

- of Alzheimer type is independent to memory deterioration. *International Journal of Geriatric Psychiatry* 22: 1217-1222.
- Shibuya-Tayoshi, S., Sumitani, S., Kikuchi, K., Tanaka, T., Tayoshi, S., Ueno, S., Ohmori, T (2007) Activation of the prefrontal cortex during the Trail-Making Test detected with multichannel near-infrared spectroscopy. *Psychiatry and Clinical Neurosciences* 61: 616-621.
- 下中順子 (1992) 知能の発達差をもたらすもの. 折茂肇 (編), *新老年学* (pp. 1052-1053), 東京大学出版会, 東京.
- Stern, Y., Gurland, B., Tatemichi, TK., Tang, MX., Wilder, D., Mayeux, R (1994) Influence of Educational and Occupation on the Incidence of Alzheimer's Disease. *Journal of the American Medical Association* 271: 1004-1010.
- 辰巳格 (1992) 高次脳機能の加齢変化. *バイオメカニズム学会誌* 16 : 24-30.
- 矢富直美 (2003) 認知的アプローチによるアルツハイマー病の予防. *Cognition and Dementia* 2: 128-133.
- 矢富直美 (2010) 集団認知検査ファイブ・コグ. *老年精神医学雑誌* 21 : 215-220.
- 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 (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.
- Zunzunegui, MV., Alvarado, BE., Beland, F., Vissandjee, B (2009) Explaining health differences between men and women in later life: A cross-city comparison in Latin America and Caribbean. *Social Science & Medicine* 68: 235-242.

パフォーマンステストである認知機能評価法 “Trail Making Peg test”の妥当性と信頼性の検討

阿部 巧¹⁾ 神藤 隆志²⁾ 相馬 優樹²⁾ 角田 憲治³⁾
北濃 成樹²⁾⁴⁾ 尹 智暎⁵⁾ 大藏 倫博⁵⁾

要約

目的：新たに開発した、パフォーマンステストを用いた認知機能評価法“Trail Making Peg”(TMP) testの妥当性と信頼性を検討する。また、認知機能低下者を把握するための基準を作成する。**方法：**妥当性および基準作成の検討における対象者は、2009年から2012年にかけて開催された健診事業に参加した地域在住高齢者632名(73.3±5.2歳)とした。認知機能評価の妥当基準にはファイブ・コグ検査を使用し、当該検査の5要素合計得点を認知機能スコアとした。妥当性を検討するためPearsonの積率相関係数を算出した。さらに、TMPの測定結果に性差があるかを検討するため、年齢および認知機能スコアを共変量とした共分散分析を使用した。認知機能スコアが平均-1標準偏差以下に該当する者を認知機能低下者と定義した。ROC解析を用いて認知機能低下者を判別するためのカットオフ値を求めた。また、信頼性の検討は、2009年から2013年に開催された健診事業において、初めて参加した年から2年続けて健診事業に参加しTMPの測定をおこなった319名(73.1±5.2歳)を対象者とした。信頼性を検討するため級内相関係数(intraclass correlation coefficient: ICC)を算出した。**結果：**TMPと認知機能スコアの積率相関係数は $r = -0.63$ であった。また、男女のTMPの測定結果に有意差はみとめられなかった($P = 0.951$)。ROC解析の結果、 $AUC = 0.855$ 、認知機能低下者を判別するための感度は85%、特異度は69%であった。ICCを算出したところ0.746であった。**結論：**新たに開発した、パフォーマンステストである認知機能評価法TMPは十分な妥当性および信頼性を有することが確認された。また、TMPの測定結果に性差はないことが示唆された。TMPは、認知機能低下者を把握する方法として有用である可能性がある。

Key words trail making, パフォーマンステスト, 認知機能評価, 認知機能低下, スクリーニングテスト

(日老医誌 2015; 52: 71-78)

緒言

認知症は高齢期における主要な問題の一つである。認知症を予防するためには、認知機能低下がみられた時点で早期介入をすることが望ましいとされている¹⁾。このことから、認知機能低下を早期に発見することが重要といえる。

地域において認知機能評価をおこなう場合には、簡便

に認知機能低下者を把握できることが求められる²⁾³⁾。世界中で広く使用されている認知機能評価法である mini-mental state examination⁴⁾(以下MMSEと略す)は、軽度の認知機能低下の把握には適さないと報告されている⁵⁾。それだけではなく、MMSEは一人当たり10分前後の時間を要するため、多数の高齢者を対象とした地域における健診事業で用いる場合には、時間が掛かりすぎるといった欠点を有している。

- 1) 筑波大学大学院人間総合科学研究科体育学専攻
- 2) 筑波大学大学院人間総合科学研究科体育科学専攻
- 3) 公益財団法人明治安田厚生事業団体力医学研究所
- 4) 日本学術振興会特別研究員
- 5) 筑波大学体育系

受付日: 2014. 10. 16, 採用日: 2014. 11. 19

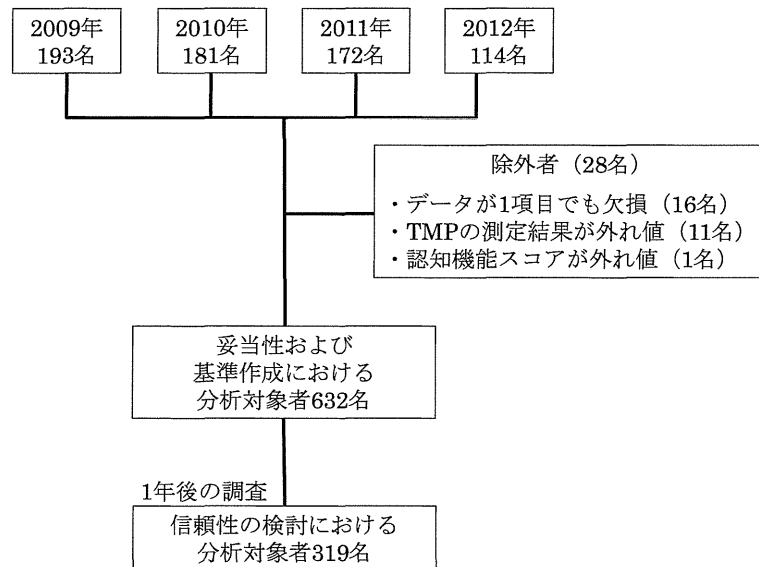


図1 分析対象者のフローチャート

ファイブ・コグ検査⁶⁾は、集団を対象とした認知機能評価法であるため、多数の高齢者を同時に評価することが可能である。ファイブ・コグ検査により、認知機能低下者を把握することは可能であるが、評価に要する時間が約45分と対象者の負担が大きいが問題である。

近年、身体機能と認知機能の関連性が報告されており⁷⁾、認知機能の低下と巧緻性の低下が関連することが報告されている⁸⁾⁹⁾。尹ら¹⁰⁾は複数の身体機能要素の中で、ペグ移動テストを用いて評価した巧緻性が最も認知機能と関連すると報告している。

そこで我々は、認知機能を反映するパフォーマンステストであるペグ移動テストに、注意機能を中心とした認知機能評価法である trail making test¹¹⁾(以下 TMT と略す)の part A の要素を組み合わせた Trail Making Peg test (以下 TMP と略す)を開発した。これら認知機能を反映する評価法を組み合わせることで、より認知機能を反映する新たな評価法となることが予想される。TMP はペグ移動テストを基にしているため従来の認知機能評価法とは異なり、パフォーマンステストによって認知機能を評価する方法である。さらに、TMP は短時間で測定可能なテストを組み合わせているため、時間を掛けずに認知機能の評価が可能であると考えられる。

そこで本研究の目的は、新たに開発した TMP の認知機能評価法としての妥当性を検討し認知機能低下者を把握するための基準を作成すること、および信頼性を検討

することとした。

方法

1. 対象者

妥当性および認知機能低下者を把握するための基準値作成の検討は、2009年から2012年にかけて茨城県笠間市で開催された健診事業「かさま長寿健診」(以下健診と略す)に参加し TMP の測定をおこなった660名のうち632名(73.3±5.2歳)を対象者とした(図1)。本健診は笠間市の住民基本台帳から系統抽出法により抽出された高齢者に案内を送付し、参加者を募集した。分析時の除外基準は、検討に必要なデータが1項目でも欠損(16名)、TMP の測定結果が外れ値(11名)、認知機能検査であるファイブ・コグ検査の5要素合計得点が外れ値(1名)とした。なお、本研究における外れ値は平均値±3標準偏差以内に含まれない値とした¹²⁾。

信頼性の検討は2009年から2013年にかけて、初めて健診に参加した年から2年続けて健診に参加し TMP の測定をおこなった高齢者319名(73.1±5.2歳)を対象者とした。なお、3年以上続けて健診に参加している者については、初年度と2年目のデータを使用し、3年目以降のデータは含めなかった。

本研究は筑波大学体育系研究倫理委員会の承認の下で実施された。対象者には書面および口頭にて説明をおこ

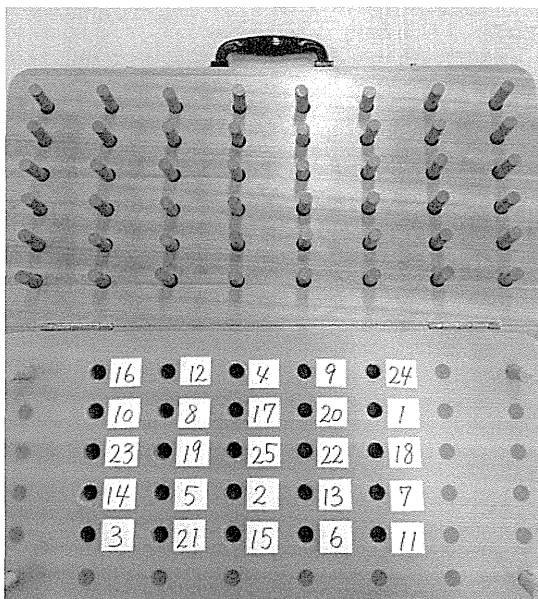


図2 Trail Making Peg test : TMP

ない，同意書の署名を得た。

2. 測定項目

1) TMP

TMPは手腕作業検査器の近位盤上に1~25までの数字が特定の位置に配置されたシートを取り付けた機器を使用する(図2)。遠位盤のペグを片手で1本ずつ取り、シート上の数字の順(1→2→3…24→25)に差し込む測定である。遠位盤のペグはどこから取ってもよいものとして、25本全てを入れ終わるまでの時間を計測する。始めに、測定方法を理解する目的で1~9までの数字が特定の位置に配置された練習用のシートで練習をおこなう。その後、本番用の1~25までのシートを用いて測定をおこなうという手順である。なお、本研究では竹井機器社製の手腕作業検査器を使用した。

2) ファイブ・コグ検査

認知機能評価の妥当基準として、十分な妥当性と信頼性を有することが報告されているファイブ・コグ検査を使用した。集団を対象とした認知機能検査として開発されたファイブ・コグ検査は、映像と音声を用いて高齢者の認知機能を評価する。ファイブ・コグ検査は注意、記憶、視空間認知、言語、思考の5つの項目が測定可能である。本研究では、それら5つの要素を合計したスコアを5要素合計得点(以下認知機能スコアと略す)として

分析時に使用した。

3. 統計解析

基本属性の検討をするため、妥当性および基準作成においては対応のないt検定(男性vs.女性)、信頼性検討においては対応のあるt検定を用いた。TMPの測定結果に対する性差の有無を検討するため、共変量を年齢と認知機能スコアとして共分散分析を使用した。

認知機能評価法としての妥当性を検討するため、TMPの測定結果とファイブ・コグ検査の各要素および認知機能スコアとのPearsonの積率相関係数を算出した。認知機能評価法についての妥当性を報告している先行研究⁶⁾に準じて、全般的な認知機能を示す認知機能スコアとTMPの積率相関係数が絶対値0.6を上回った場合に妥当であると判断した。

本研究では、認知機能スコアが平均-1標準偏差(以下standard deviation:SDと略す)以下の者を認知機能低下者と定義した。認知機能低下者を把握するための基準となるカットオフ値を求めるためにreceiver operating characteristic analysis(以下ROC解析と略す)を用いた。

また、級内相関係数(intraclass correlation coefficient:ICC)を算出することで信頼性の検討をおこなった。統計処理にはSPSSver.21 statistic for Windowsを使用し、有意水準はいずれも5%とした。

結果

表1に妥当性および基準作成の検討における対象者の基本属性を示した。TMPの測定結果は男性が平均80.6±20.5秒、女性が平均79.5±19.5秒であった。年齢と認知機能スコアで調整した共分散分析の結果、有意差はみとめられなかった(P=0.951)。

表2に男女別および全対象者のTMPとファイブ・コグ検査の各項目および認知機能スコアとの相関を示した。対象者全体では、TMPとファイブ・コグ検査の注意(r=-0.58)、記憶(r=-0.44)、視空間認知(r=-0.28)、言語(r=-0.44)、思考(r=-0.48)および認知機能スコア(r=-0.63)の全ての項目において有意な関連(P<0.05)がみとめられ、TMPの測定結果が速い者ほど認知機能スコアが良好であった。

対象者632名中107名が認知機能低下者に該当した。

表1 妥当性および基準作成における分析対象者

	全体 (n=632) Mean SD	男性 (n=290) Mean SD	女性 (n=342) Mean SD	P value*
年齢 (歳)	73.3±5.2	73.7±5.4	73.0±5.1	0.110
教育年数 (年)	11.4±2.4	11.6±2.7	11.2±2.2	<0.05
身長 (cm)	155.1±8.7	162.1±6.0	149.1±5.6	<0.05
体重 (kg)	56.1±9.2	61.0±8.4	51.9±7.7	<0.05
BMI (kg/m ²)	23.3±3.1	23.2±2.8	23.4±3.4	0.404
TMP (秒)	80.0±20.0	80.6±20.5	79.5±19.5	0.470
認知機能スコア	62.6±17.6	62.1±17.4	63.1±17.8	0.475

SD : standard deviation

BMI : body mass index

TMP : Trail Making Peg test

* : 対応のないt検定 (男性 vs. 女性) のP値

表2 TMPの測定結果とファイブ・コグ検査の相関係数

	注意	記憶	視空間認知	言語	思考	認知機能スコア
	r	r	r	r	r	r
男性	-0.56*	-0.39*	-0.22*	-0.46*	-0.43*	-0.59*
女性	-0.61*	-0.48*	-0.34*	-0.42*	-0.53*	-0.66*
全体	-0.58*	-0.44*	-0.28*	-0.44*	-0.48*	-0.63*

r : Pearsonの積率相関係数 * : P<0.05

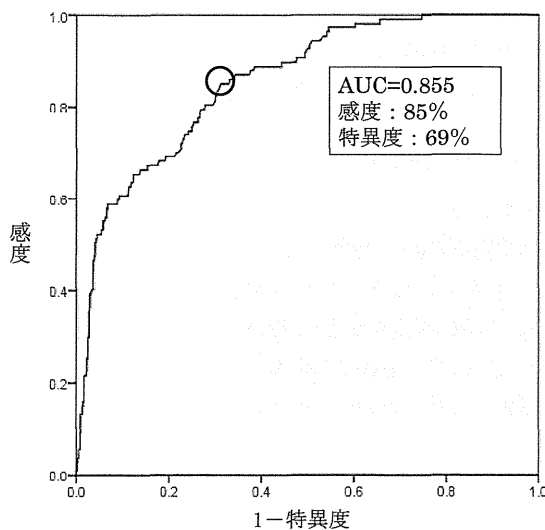
○はカットオフ値 (81.0秒) を示す
AUC : area under the curve

図3 ROC曲線

ROC解析の結果, area under the curve (以下AUCと略す)は0.855であった(図3). ROC解析では慣例的に感度と特異度の和が最大となる点を基準値として設定

することが多い. 本研究においても同様の方法で算出したところ, TMPの測定結果が81.0秒をカットオフ値とした場合に感度85%, 特異度69%であった.

表3に信頼性の検討における対象者の基本属性およびTMPの測定結果と認知機能スコアを示した. 健診に参加した初年度および2年目のTMPの平均値はそれぞれ76.4±19.1秒と77.3±22.6秒であり有意差はみとめられなかった(P=0.276). 一方, 認知機能スコアは67.9±16.7から70.5±18.0となり初年度から2年目にかけて有意に向上した(P<0.05). TMPの信頼性の級内相関係数は, 0.746であった.

考察

本研究は, 新たに開発したパフォーマンステストを用いた認知機能評価法TMPの妥当性と認知機能低下者を把握するための基準作成および信頼性の検討をおこなった. その結果, 十分な妥当性と信頼性が確認され, 81.0秒をカットオフ値とすることで, 認知機能低下者を把握できることが示唆された.

妥当性の検討では認知機能スコアが12点から106点

表3 信頼性検討の対象者の基本属性

	n	初年度 Mean SD	2年目 Mean SD	P value [†]
年齢 (歳)	319	73.1 ± 5.2		
女性, n (%)	319	163 (51.1)		
教育年数 (年)	319	11.7 ± 2.4		
身長 (cm)	319	155.8 ± 8.6	155.6 ± 8.7	<0.05
体重 (kg)	319	56.0 ± 9.2	55.8 ± 9.2	0.098
BMI (kg/m ²)	319	23.0 ± 2.9	22.9 ± 2.8	0.401
TMP (秒)	319	76.4 ± 19.1	77.3 ± 22.6	0.276
認知機能スコア	319	67.9 ± 16.7	70.5 ± 18.0	<0.05

SD : standard deviation

BMI : body mass index

TMP : Trail Making Peg test

† : 対応のある t 検定の P 値

までと、幅広い認知機能水準の高齢者を対象とした。認知機能スコアが低値の者ほど TMP の測定結果が遅くなる傾向を示し、TMP とファイブ・コグの各測定項目および認知機能スコアとの間に有意な関連がみとめられた。さらに、相関係数も 0.6 を上回り、十分な妥当性を有することが確認された。TMP を構成する要素の一つである TMT は、数字を探す際に注意力を必要とするため前頭前野機能を要する評価法である¹³⁾。また、TMP は数字を探す動作からペグを入れる動作へ切り替える力や、集中力が求められるため、前頭前野の働き¹⁴⁾と関連すると言える。これらのことから、TMP は認知機能を反映すると考えられる。

本研究では、幅広い認知機能水準の高齢者を対象とした中で、認知機能スコアが平均-1 SD の高齢者を認知機能低下者と定義した。平均-1 SD ということは、認知機能スコアが下位約 16% に相当する。

ROC 解析の結果、AUC が 0.855 であった。AUC は 0.70 以上で十分とされていることから¹⁵⁾、TMP は認知機能低下者を把握するための評価法として有用であることが示唆された。

信頼性は認知機能評価法において重要な要素の一つである¹⁶⁾。認知機能評価法は測定の間隔が短いと学習効果が結果に影響する可能性がある。そのため認知機能評価法の信頼性を検討する場合には測定の間隔を空けることが必要となる。本研究では、先行研究¹⁷⁾に準じて1年の間隔を空けて信頼性を検討した。1年後の結果をみると、ファイブ・コグ検査に基づく認知機能スコアは有意に向上する一方で、TMP は有意差がみとめられなかった。

信頼性は級内相関係数が 0.70 以上であれば十分とされており¹⁸⁾、級内相関係数が 0.746 である TMP は十分な信頼性を有する評価法であるといえる。

高齢期においてもパフォーマンステスト項目によっては性差が生じる¹⁹⁾。TMP もパフォーマンステストを用いた測定法のため、測定結果に性差が生じる可能性がある。しかし、共分散分析の結果から TMP の測定結果に性差はないことが示唆された。TMP はペグ移動テストを基に開発された測定法であるため、身体機能の要素としては巧緻性が必要となる。巧緻性は、手先の器用さと定義できる²⁰⁾。握力や腕力などの筋力を最大発揮する必要があるパフォーマンステストでは性差が生じるが²¹⁾、手先の器用さが求められるパフォーマンステストの場合は性差が生じにくいと考えられる。同様に、TMT の part A も性差はみられない評価法であるとされている¹¹⁾。これら性差のない評価法を組み合わせているため、TMP は性差がみられなかったといえるだろう。

新たに開発された TMP は、パフォーマンステストを用いた認知機能評価法である。面接法のように測定中に検者が被験者に問いかけることはなく、時間計測によっておこなわれる簡便な評価法であるため、専門的なスキルを要さず測定誤差が生じにくい。このことが、MMSE や長谷川式簡易知能スケール²²⁾のように検者のスキルが結果に影響するという問題点を解決することにつながる。

TMP は測定時間が短いことも特徴として挙げられる。MMSE は約 10 分、ファイブ・コグ検査は約 45 分をかけ認知機能を評価する。それに対し、TMP は説明、練習、本番を合わせても約 5 分と、短時間で測定がおこなえる。認知機能評価法は短時間でおこなえることが求められており¹⁶⁾、測定が短時間でおこなえるということは、被験者の負担軽減につながる。時間の面でも TMP は優れているといえるだろう。

介護予防の現場では、医療機関での評価のみではなく、前臨床的な認知機能評価の重要性が指摘されている²³⁾。特に地域で認知機能評価をおこなう場合には、簡便かつ有効であることが求められている²³⁾。TMP は測定を短時間でおこなえることを踏まえると、地域での活用に適した認知機能評価法であると考えられる。TMP の結果のみでどの程度認知機能が低下しているかを正確に判断することは難しいが、認知機能低下者を把握することは可能である。地域では TMP を用いて認知機能を把握し、

TMPの結果から認知機能低下が疑われる場合には、医療機関でより精度の高い認知機能検査をおこなうことが望ましいといえよう。

TMPはパフォーマンステストであるが故に、言語や文化の影響を受けることはない。海外で作成された認知機能評価法の原版を日本語版に翻訳して使用する場合がある。しかし、日本語版に翻訳する際に、言語や文化が影響し適切に表現できているかが問題になるとされている²⁴⁾。特に言語は認知機能の評価結果に影響を与えうる一因であり、認知機能評価には言語が影響しないことが必要である¹⁶⁾。このような問題が起こらないこともパフォーマンステストを用いる利点であろう。

本研究は、巧緻性に着目し、パフォーマンステストを用いて認知機能の評価できる可能性を示した点が意義深い。また、巧緻性動作と認知課題とを組み合わせることで、新たな形式での認知機能評価法となりうることを提案するものである。そのため、今後、さらに精度の高い発展した方法を検討するための端緒となりうる。

本研究の限界として、対象者が地域在住高齢者であり、要介護認定を受けていない高齢者がほとんどであることが挙げられる。このことからサンプリングバイアスが生じていることは否めず、本研究の結果は地域在住高齢者に適用されるものであるといえる。

また、本研究ではTMPの有用性を認知機能低下者という括りで検討をおこなったが、今後は明確な基準に基づく軽度認知障害(mild cognitive impairment: MCI)や認知症の高齢者を対象として、検討をおこなう必要がある。

TMPはパフォーマンステストを用いた認知機能評価法であるため、運動障害や視覚的な障害を有する対象者には適応できない可能性がある。加えて、手腕作業検査器は一般的に普及しているとは言いがたいため、地域では巧緻性を評価する機器がないことが想定される。これらの課題を解決するため、TMPの着想を基に、現場で使用しやすい形態でのパフォーマンステストである認知機能評価法について検討していく必要がある。

結 語

新たに開発したパフォーマンステストである認知機能評価法“TMP”は認知機能評価法としての妥当性と信頼性を十分有することが確認された。また、測定結果に

性差はみられない評価法であることが示唆された。本研究は全般的な認知機能の評価するためのパフォーマンステストの先駆けになりうる。TMPは認知機能の評価する簡便な測定法であるため、地域での健診事業に用いられることが望まれる。

謝 辞

本研究にご協力戴きました笠間市の住民の皆様および市職員・スタッフに厚くお礼を申し上げます。なお、本研究は、文部科学省科学研究費補助金挑戦的萌芽研究(平成24~25年度)「体力と認知機能との関連性に着目した認知症予防運動プログラム開発に関する挑戦的研究」(課題番号24650437, 研究代表者:大藏倫博)の研究助成を受けて実施しましたことをここに記し、感謝申し上げます。

文 献

- 1) Borson S, Frank L, Bayley PJ, Boustani M, Dean M, Lin P-J, et al: Improving dementia care: the role of screening and detection of cognitive impairment. *Alzheimer's & dementia. the journal of the Alzheimer's Association* 2013; 9: 151-159.
- 2) 小長谷陽子, 渡邊智之, 高田和子, 太田壽城: 新しい認知機能検査, TICS-Jによる地域在住高齢者のスクリーニング. *日老医誌* 2008; 45: 532-538.
- 3) 齊藤 潤, 井上 仁, 北浦美貴, 谷口美也子, 木村有希, 佐藤智明ほか: 認知症予防教室における対象者の判別法と評価法の検討. *Dementia Japan* 2005; 19: 177-186.
- 4) Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR: "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of psychiatric research* 1975; 12: 189-198.
- 5) Mitchell AJ: A meta-analysis of the accuracy of the mini-mental state examination in the detection of dementia and mild cognitive impairment. *Journal of psychiatric research* 2009; 43: 411-431.
- 6) 矢富直美: 集団認知検査ファイブ・コグ. *老年精神医学* 2010; 21: 215-220.
- 7) Okura T, Saghadzadeh M, Soma Y, Tsunoda K: Physical fitness, physical activity, exercise training and cognitive function in older adults. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine* 2013; 2: 275-286.
- 8) Kluger A, Gianutsos JG, Golomb J, Ferris SH, George AE, Franssen E, et al: Patterns of motor impairment in normal aging, mild cognitive decline, and early Alzheimer's disease. *The journals of gerontology. Series B, Psychological sciences and social sciences* 1997; 52: 28-39.

- 9) Sunderland A, Bowers MP, Sluman SM, Wilcock DJ, Ardron ME: Impaired dexterity of the ipsilateral hand after stroke and the relationship to cognitive deficit. *Stroke; a journal of cerebral circulation* 1999; 30: 949-955.
- 10) 尹 智暎, 大藏倫博, 角田憲治, 辻 大士, 鴻田良枝, 三ツ石泰大ほか: 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.
- 11) Tombaugh TN: Trail Making Test A and B: normative data stratified by age and education. *Archives of clinical neuropsychology. the official journal of the National Academy of Neuropsychologists* 2004; 19: 203-214.
- 12) 出村慎一: 健康・スポーツ科学のための研究方法 研究計画の立て方とデータ処理方法, 第1版, 杏林書院, 東京, 2007, p95.
- 13) Moll J, de Oliveira-Souza R, Moll FT, Bramati IE, Andreiuolo PA: The cerebral correlates of set-shifting: an fMRI study of the trail making test. *Arquivos de neuro-psiquiatria* 2002; 60: 900-905.
- 14) Logue SF, Gould TJ: The neural and genetic basis of executive function: Attention, cognitive flexibility, and response inhibition. *Pharmacology, biochemistry, and behavior* 2013
- 15) Akobeng AK: Understanding diagnostic tests 3: Receiver operating characteristic curves. *Acta paediatrica* 2007; 96: 644-647.
- 16) Shulman KI: Clock-drawing: is it the ideal cognitive screening test? *International journal of geriatric psychiatry* 2000; 15: 548-561.
- 17) Onoda K, Hamano T, Nabika Y, Aoyama A, Takayoshi H, Nakagawa T, et al: Validation of a new mass screening tool for cognitive impairment: Cognitive Assessment for Dementia, iPad version. *Clinical interventions in aging* 2013; 8: 353-360.
- 18) 対馬栄輝: SPSSで学ぶ医療系データ解析, (第9刷2013), 東京図書, 東京, 2007, p212.
- 19) 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: 347-356.
- 20) Wiesendanger M, Serrien DJ: Toward a physiological understanding of human dexterity. *News in physiological sciences: an international journal of physiology produced jointly by the International Union of Physiological Sciences and the American Physiological Society* 2001; 16: 228-233.
- 21) 中比呂志, 出村慎一: 高齢者における体格 体力の加齢に伴う変化及びその性差. *体育学研究* 1997; 42: 84-96.
- 22) 加藤伸司: 改訂長谷川式簡易知能評価スケール (HDS-R) の作成. *老年精神医学雑誌* 1991; 2: 1339-1347.
- 23) Rodakowski J, Skidmore ER, Reynolds CF, Dew MA, Butters MA, Holm MB, et al: Can Performance on Daily Activities Discriminate Between Older Adults with Normal Cognitive Function and Those with Mild Cognitive Impairment? *Journal of the American Geriatrics Society* 2014.
- 24) 杉下守弘: 認知機能評価バッテリー. *日本老年医学会雑誌* 2011; 48: 431-438.

Validity and reliability of the “Trail Making Peg” test as a performance measurement for evaluating the cognitive function

Takumi Abe¹⁾, Takashi Jindo²⁾, Yuki Soma²⁾, Kenji Tsunoda³⁾, Naruki Kitano²⁾⁴⁾, Ji-Yeong Yoon⁵⁾ and Tomohiro Okura⁵⁾

Abstract

Aim: To investigate the validity and reliability of a novel performance test, called the “Trail Making Peg” (TMP) test, for evaluating the cognitive function.

Methods: We recruited 632 community-dwelling older adults (mean age: 73.3 ± 5.2 years) as subjects for the assessment of the validity of the test and 319 adults (mean age: 73.1 ± 5.2 years) as subjects for the assessment of reliability. Five cognitive tests (5-Cog) were used to evaluate the cognitive function, and the degree of cognitive decline was delineated for subjects scoring below 1 SD from the mean 5-Cog score. A receiver operating characteristic analysis was employed to calculate the cut-off point.

Results: There were no sex differences in the TMP scores ($P=0.951$), and the TMP and 5-Cog scores were found to correlate significantly ($r = -0.63$) with each other. The Trail Making Peg test demonstrated an area under the curve of 0.855 for discriminating between non-cognitive decline and cognitive decline. At this cutoff point, the sensitivity was 85% and the specificity was 69%. The intraclass correlation coefficient of the TMP was 0.746.

Conclusions: The TMP exhibits sufficient validity and reliability. Our results suggest that TMP is a useful screening test for detecting cognitive decline.

Key words: Trail making, Performance test, Cognitive function, Cognitive decline, Screening test
(Nippon Ronen Igakkai Zasshi 2015; 52: 71–78)

-
- 1) Master's Program in Physical Education, Health and Sports Sciences, University of Tsukuba
 - 2) Doctoral Program in Physical Education, Health and Sports Sciences, University of Tsukuba
 - 3) Physical Fitness Research Institute, Meiji Yasuda Life Foundation of Health and Welfare
 - 4) Research Fellow of Japan Society for the Promotion of Science
 - 5) Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

脳機能賦活運動“スクエアステップ”が地域在住女性高齢者の認知機能に与える影響
—介入前の認知機能水準および年齢に着目して—阿部 巧¹⁾ 辻 大士²⁾³⁾ 北濃 成樹³⁾⁴⁾ 村木 敏明⁵⁾ 堀田 和司⁵⁾ 大藏 倫博⁶⁾

要約

目的：介入前の認知機能水準および年齢が、運動を中心とした介入に伴う女性高齢者の認知機能の変化に及ぼす影響を検討する。**方法：**対象者は介護予防運動教室に参加した地域在住女性高齢者88名(70.5±4.2歳)。脳機能賦活運動：Square-Stepping Exercise (スクエアステップ：SSE)を主とした週1回、120分間、全11回の運動介入を実施した。介入前後にはファイブ・コグ検査をおこない、当該検査の5要素合計得点(認知機能スコア)を認知機能と定義した。介入前後の認知機能の差(Δ認知機能：介入後-介入前)を算出した。年齢は2群(70歳未満 vs. 70歳以上)に分類した。介入前の認知機能水準により2群(上位群 vs. 下位群)を設定し、2要因分散分析を用いてΔ認知機能を比較した。**結果：**4群全てにおいて介入前後での認知機能スコアの有意な向上が確認された。年齢×介入前の認知機能における有意な交互作用および年齢による有意な主効果はみとめられなかったが、介入前の認知機能(P=0.007, η²=0.08)において有意な主効果がみとめられた。**結論：**Square-Stepping Exerciseを主とした運動介入によって認知機能の向上がみられた。介入前の認知機能水準が低い者ほど認知機能が向上することが示唆された。認知機能の向上には、介入前の認知機能水準の方が年齢よりも大きく影響する可能性がある。

Key words 認知機能水準, 年齢, 脳機能賦活運動, 認知症予防, Square-Stepping Exercise

(日老医誌 2015; 52: 162-169)

緒言

厚生労働省の調査により、我が国における2012年時点での認知症有病者数は462万人と推定され、2010年の推定人数である439万人から2年間で22万人も増加している¹⁾。我が国のみならず、世界的にも急増している認知症を予防することは現代社会において喫緊の課題である²⁾。

認知機能が正常に維持されている状態と認知症との間の状態を mild cognitive impairment³⁾(以下 MCI と略す)と呼び、MCI から認知症に移行するまでには数年かか

るとされている⁴⁾。可能な限り早期の MCI のうちに認知機能の更なる低下を予防する手立てを講じることが、認知症への移行を防ぐうえで重要であることが指摘されている⁵⁾。

昨今、認知機能を維持・向上させる介入手段として運動が注目されている⁶⁾。最近の研究では、対象が MCI 高齢者であっても、運動介入によって認知機能が向上し得ることが報告されている⁷⁾⁸⁾。また、高齢者への運動介入に伴う認知機能の向上効果は、おおよそ70歳を境として、年齢が若い高齢者の方が得られやすいと報告されている⁹⁾。すなわち、年齢の観点からもより早期に介入し

1) 筑波大学大学院人間総合科学研究科体育学専攻

2) University of Jyväskylä, Gerontology Research Center

3) 日本学術振興会特別研究員

4) 筑波大学大学院人間総合科学研究科体育科学専攻

5) 茨城県立医療大学保健医療学部作業療法学科

6) 筑波大学体育系

受付日：2014. 9. 30, 採用日：2015. 1. 8

た方が効果的であることを示している。このように認知機能と年齢の二つの観点から早期介入の重要性が示唆されている。

体力については認知機能と年齢の両要因が介入に伴う体力への効果を規定することが報告されている¹⁰⁾。しかし、認知機能に焦点を当てたこれまでの研究では、介入前の認知機能水準もしくは年齢のいずれか単独の観点からの検証にとどまっている現状にある⁹⁾¹¹⁾。

そのため、影響があると考えられる介入前の認知機能水準と年齢の両方を考慮し、運動介入の効果を検討する必要がある。そこで本研究の目的は、介入前の認知機能水準および年齢が、運動に伴う認知機能の変化に及ぼす影響を検討することとした。

方法

1. 対象者

2009年1月から2013年1月に茨城県笠間市において開催された、運動器の機能向上および認知機能低下予防支援を目的とした介護予防事業（以下運動介入と略す）に参加した地域在住中年・高齢者243名のうち女性高齢者88名（70.5±4.2歳）を分析対象者とした。

本研究における分析時の除外基準は、男性（n=12）、65歳未満（n=1）、データに1項目でも欠損がある（n=124）、出席率が70%未満¹²⁾（n=7）、介入開始時点でうつ状態にある¹³⁾（n=5）、脳血管疾患の既往を有する¹⁴⁾（n=6）とした。

本研究は筑波大学体育系研究倫理委員会の承認の下で実施された。対象者には書面および口頭にて説明をおこない、同意書の署名を得た。

2. 評価項目

1) 基本属性

運動介入の初回に対象者の基本属性（年齢、性、既往歴）を調査する問診をおこない、教育年数と下記の心理状態の評価を調査する質問紙を配布した。

2) 認知機能

認知機能の評価には、注意、記憶、視空間認知、言語、思考の5要素の課題から構成されるファイブ・コグ検査¹⁵⁾を使用した。ファイブ・コグ検査は集団を対象として作成された音声と映像による認知機能検査である。認知機能検査は運動介入の前後でおこなった。ファイブ・コグ

検査の各要素の得点を合計した5要素合計得点（認知機能スコア）を算出し、これを本研究においては認知機能と定義した。

3) 心理状態

心理状態の評価には Geriatric Depression Scale（以下GDSと略す）短縮版¹⁶⁾を使用した。GDSはうつ状態の評価として世界的にも広く使用されている評価法であり、点数が高いほど抑うつ度が高いことを意味する。本研究では、GDSの得点が10点以上（15点満点）である高齢者をうつ状態と判定した¹⁷⁾。

3. 運動介入

本研究の運動介入では脳機能賦活運動を企図した Square-Stepping Exercise（以下スクエアステップ：SSEと略す）が主運動としておこなわれた。SSEは25cm四方の升目で区切られた、横4マス、縦10マスのマットを使用し、決められたステップパターンに従い連続的にステップする運動である。SSEのステップパターンは単純なものから複雑なものまで多段階に難易度が設定され、対象者の到達度に合わせて徐々に難易度を上げることが可能である。SSEは転倒予防¹⁸⁾や体力の向上¹⁹⁾などの身体機能に関する効果だけでなく、認知機能の向上にも一定の効果がみとめられている²⁰⁾。

運動介入は週1回（全11回）、1回あたり120分間とし、プログラムは、準備運動（15分間）、SSE（40分間）、レクリエーション（20分間）、整理運動（15分間）、健康に関する講話（30分間）から構成された。

4. 統計解析

分析時に、年齢を70歳未満と70歳以上の2群に分けた。さらに介入前の認知機能を基に中央値で認知機能上位群（72点以上）と下位群（72点未満）に二分した。これに基づき、70歳未満・認知機能下位群（以下U70・Low群と略す）、70歳未満・認知機能上位群（以下U70・High群と略す）、70歳以上・認知機能下位群（以下O70・Low群と略す）、70歳以上・認知機能上位群（以下O70・High群と略す）を設定した。

各群の属性を比較するため、出席率および既往歴は χ^2 検定を、その他の項目は二要因分散分析を用いた。さらに、 χ^2 検定の下位検定としてBonferroni調整を用いて多重比較検定をおこなった。各群の介入前後での認知機能の変化を検討するため、対応のあるt検定および既往

表1 各群の基本属性

		(n)	認知機能 下位 Mean±SD	(n)	認知機能 上位 Mean±SD	交互作用 (P)	年齢の主効果 (P)	介入前の 認知機能の 主効果 (P)
年齢 (歳)	70歳未満	18	67.6±1.9	30	67.4±1.4	0.324	<0.001	0.186
	70歳以上	26	74.6±3.2	14	73.3±3.5			
身長 (cm)	70歳未満	18	152.5±5.5	30	151.8±4.8	0.158	0.064	0.400
	70歳以上	26	148.6±6.0	14	151.3±4.8			
体重 (kg)	70歳未満	18	54.7±9.4	30	54.4±6.7	0.271	0.351	0.356
	70歳以上	26	51.0±8.1	14	54.7±9.1			
BMI (kg/m ²)	70歳未満	18	23.5±3.3	30	23.6±2.8	0.620	0.995	0.504
	70歳以上	26	23.1±3.4	14	24.0±4.4			
教育年数 (年)	70歳未満	18	11.6±1.6	30	12.7±1.7	0.817	0.022	0.001
	70歳以上	26	10.6±1.6	14	11.9±1.4			
高血圧 n, (%)	70歳未満	18	10 (55.6)	30	5 (16.7)	0.049 [‡]		
	70歳以上	26	9 (34.6)	14	5 (35.7)			
脂質異常症 n, (%)	70歳未満	18	3 (16.7)	30	5 (16.7)	0.979 [‡]		
	70歳以上	26	5 (19.2)	14	3 (21.4)			
糖尿病 n, (%)	70歳未満	18	4 (22.2)	30	2 (6.7)	0.062 [‡]		
	70歳以上	26	0 (0)	14	1 (7.1)			
心臓疾患 n, (%)	70歳未満	18	1 (5.6)	30	2 (6.7)	0.613 [‡]		
	70歳以上	26	0 (0)	14	1 (7.1)			
腰痛症 n, (%)	70歳未満	18	5 (27.8)	30	6 (20.0)	0.892 [‡]		
	70歳以上	26	7 (26.9)	14	4 (28.6)			
股関節症 n, (%)	70歳未満	18	2 (11.1)	30	0 (0)	0.214 [‡]		
	70歳以上	26	2 (7.7)	14	0 (0)			
膝関節症 n, (%)	70歳未満	18	4 (22.2)	30	5 (16.7)	0.613 [‡]		
	70歳以上	26	6 (23.1)	14	1 (7.1)			
出席率 (%) [†]	70歳未満		90.9		93.9	0.082 [‡]		
	70歳以上		92.3		97.4			
GDS (点)	70歳未満	18	3.6±2.3	30	3.2±2.4	0.255	0.489	0.618
	70歳以上	26	3.3±2.4	14	4.2±3.0			
介入前の認知機能スコア (ファイブ・コグ検査)	70歳未満	18	55.3±15.0	30	85.5±9.6	0.395	0.906	<0.001
	70歳以上	26	57.7±11.6	14	83.6±8.1			

[†]出席率は教室に参加した延べ人数を、教室が開催された回数と分析対象者数の積で除した値である

[‡] χ^2 二乗検定の P 値

SD : standard deviation

BMI : body mass index

GDS : Geriatric Depression Scale

歴に関する χ^2 検定の結果から有意差がみとめられた項目を、ダミー変数として共変量に投入した共分散分析を用いた。介入前後の認知機能の差 (Δ 認知機能 : 介入後 - 介入前) を使用し、 Δ 認知機能に及ぼす介入前の認知機能 (上位群 vs. 下位群) と年齢 (U70 vs. O70) の影響を検討するため二要因分散分析 (二要因とも対応なし) を使用した。算出された値から効果量 (η^2) を算出し、0.01 以上 0.06 未満を効果量小、0.06 以上 0.14 未満を効果量中、0.14 以上を効果量大とした²¹⁾。統計処理には SPSS ver.21 statistic for Windows を使用し、有意水準は

いずれも 5% とした。

結果

各群の基本属性を表 1 に示した。教室に参加した延べ人数 (904 名) を、教室が開催された回数と分析対象者数の積 (11 回 \times 88 名) で除した値を出席率として求めたところ、分析対象者全体の出席率は 93.4% であった。4 群すべてにおいて出席率が 90% 以上となった。基本属性の教育年数は、介入前の認知機能 ($P = 0.001$) お

表2 介入前後の認知機能スコア（ファイブ・コグ検査）

	(n)	介入前の認知機能スコア (ファイブ・コグ検査) Mean ± SE	介入後の認知機能スコア (ファイブ・コグ検査) Mean ± SE	t検定 P-Value	共分散分析† P-Value
U70・Low群	18	55.3 ± 3.5	69.4 ± 3.8	<0.001	<0.001
U70・High群	30	85.5 ± 1.7	93.4 ± 2.1	<0.001	<0.001
O70・Low群	26	57.7 ± 2.3	67.8 ± 2.8	<0.001	<0.001
O70・High群	14	83.6 ± 2.2	90.4 ± 3.0	0.008	0.007

SE: standard error

U70・Low群: 70歳未満・認知機能下位群

U70・High群: 70歳未満・認知機能上位群

O70・Low群: 70歳以上・認知機能下位群

O70・High群: 70歳以上・認知機能上位群

†: 高血圧の既往歴を調整した共分散分析

よび年齢 ($P=0.022$) による有意な主効果がみとめられた。また、高血圧の既往歴において有意差 ($P=0.049$) がみとめられ、U70・Low群がU70・High群に比して有意に割合が高かった。その他の項目においては有意差、交互作用および有意な主効果がみとめられなかった。

表2には各群の介入前後の認知機能を示した。対応のあるt検定の結果、全ての群において介入期間中に認知機能の有意な向上が確認された。Δ認知機能はU70・Low群が14.2±8.5点、U70・High群が7.9±6.4点、O70・Low群が10.1±8.5点、O70・High群が6.8±8.0点であった。高血圧の既往歴を調整した共分散分析においても、t検定の結果と同様に、全ての群で介入前後の認知機能スコアの有意な向上がみとめられた ($P<0.05$)。二要因分散分析 (介入前の認知機能×年齢) の結果、有意な交互作用および年齢による有意な主効果はみとめられなかったが、介入前の認知機能 ($P=0.007$) において有意な主効果が観察された (図1)。介入前の認知機能による主効果は中程度 ($\eta^2=0.08$) であり、年齢による主効果は小さかった ($\eta^2=0.03$)。

考 察

本研究では、介入前の認知機能水準および年齢が運動に伴う認知機能の変化に及ぼす影響を検討した。

運動プログラムの内容も認知機能の向上にとって重要な因子である。認知機能の向上に運動が有効であると報告されている反面⁶⁾、運動様式によっては、認知機能低下者は運動課題の理解が難しく運動の効果を十分に得られない可能性が指摘されている¹²⁾²²⁾。

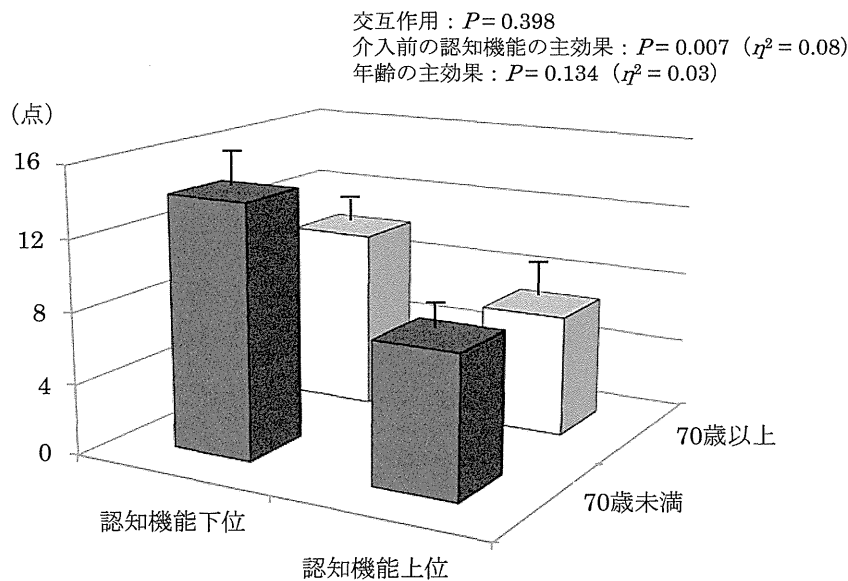
本研究で主運動に選択したSSEは、ステップパターンを事前に記憶し、パターンを思い出しながら決められた升目の中に足を接地することが要求されるため脳機能賦活が促され、認知機能の向上に効果的な運動である²⁰⁾。また、多様な段階別難易度が設定されているため各自の認知機能に合わせた難易度で運動を実践することが可能である。

本研究では全ての群において認知機能が向上する結果が得られ、認知機能低下者に対してもSSEを運動介入の手段として用いることが彼らの認知機能向上に寄与することを確認した。群間差がみとめられた高血圧の既往歴を調整した共分散分析においても、全ての群で介入後の有意な認知機能の向上がみとめられた。このことから、高血圧の既往歴が運動介入の効果に与えた影響は小さいといえよう。

本研究の認知機能下位群の認知機能スコアは、認知機能が低下傾向にある対象者にファイブ・コグ検査を実施した先行研究²³⁾の平均点(62.3点)よりも、約6点低かった。このことから、本研究の認知機能下位群は認知機能水準が低い傾向にあると考えられる。

介入前の認知機能において有意な主効果がみとめられた。すなわち、認知機能水準の低い者は認知機能が高水準に維持されている高齢者に比べ、運動介入に伴う認知機能向上の効果を得やすいことが示唆された。これは、先行研究²⁴⁾を支持する結果である。しかしながら、なぜ認知機能低下者は運動に伴う認知機能向上の効果を得やすいかについては詳細なメカニズムが解明されておらず、今後の課題である。

一方、運動に伴う認知機能向上の効果は、認知機能が



Error barはstandard errorを示す

$$\eta^2 = SS_{\text{effect}} / SS_{\text{total}}$$

SS_{effect} : 要因の平方和 SS_{total} : 全体の平方和

図1 認知機能スコア（ファイブ・コグ検査）の介入前後の変化量

低下するにつれ、得にくくなるとの報告がある²⁵⁾。この報告は、ウォーキング、レジスタンストレーニング、太極拳など様々な運動様式による認知機能への効果のシステマティックレビューを基にしている。本研究ではSSEを主体としており、運動様式の差異が結果に影響を及ぼした可能性がある。運動に伴う認知機能向上の効果と認知機能水準の関連について、運動様式にも着目したさらなる検討が必要であろう。

本研究で提供された運動プログラムは週1回という低頻度であり、かつ運動強度も低強度であった。運動の頻度や強度は認知機能向上に関係する因子であるため⁷⁾、認知機能を高水準に維持している高齢者にとっては運動強度や認知的負荷が不足していた可能性がある。高齢者の中でも認知機能が低下している者に対しては、本研究で提供したSSEを中心としたプログラム単独でも、効果的に認知機能を高めることができると考えられる。近年は、認知機能を高める介入手段として、様々な運動様式を組み合わせた複合プログラムが推奨されている²⁶⁾。そこで、認知機能を良好に保っている高齢者では、SSEにとどまらず、その他の運動様式、例えば有酸素運動やレジスタンストレーニングなどと組み合わせた複合プロ

グラムの実践や認知的負荷を高めた運動がより効果的である可能性がある。

一方、年齢による有意な主効果はみとめられず、年齢が認知機能の向上に及ぼす影響は小さいことが示唆された。加齢に伴い、認知機能向上に要する期間が長くなり、得られる効果が限定的となることが報告されている²⁷⁾。本研究の対象者の大半は前期高齢者（81.8%）であり、70歳以上の群においても平均年齢が75歳以下であった。そのため、本研究では対象者の年齢の幅が狭く、年齢の影響が小さかったと考えられる。

著者らの知る限り、本研究は運動介入に伴う認知機能向上の効果に与える影響を介入前の認知機能水準と年齢の二要因で比較検討した初めての研究である。検討の結果、認知機能の向上に与える影響力は、介入前の認知機能水準が年齢よりも大きいことが示唆された。近年は認知機能低下者、特にMCI高齢者に対する運動介入の効果が多数報告されている⁷⁾²⁸⁾。運動介入により、Brain-derived neurotrophic factorが増加し、その結果脳機能が高められることで認知機能の向上につながるとされる²⁴⁾。しかし、この点について言及するためには、本研究の結果だけでは十分といえず、今後さらなる検討が必

要である。

本研究の限界として、MCIの定義に基づいて認知機能低下者を定義していないことが挙げられる。本研究では、介入前の認知機能の中央値で二分しているため、認知機能低下者の中にMCI高齢者とMCIではないものの認知機能が低下傾向にある高齢者が混在している可能性がある。このため、対象集団が異なれば結果も異なる可能性がある。今後は、標準化された基準に基づき認知機能低下者を定義し、検証を進めることが必要である。また、運動習慣や身体活動量は認知機能と関連する因子であるが²⁹⁾³⁰⁾、介入前および介入期間中におけるこれらの因子の調査は実施されなかった。

今後は、介入前の認知機能や年齢以外の因子も踏まえ、認知機能の向上に影響を及ぼす因子についてより多面的に検証する必要がある。さらに本研究では、出席率が70%未満の者を除外しており、教室参加による効果を十分得られると考えられる者のみを分析対象者としている。そのため、現場への適用を考慮した場合、教室を途中でドロップアウトした者や、出席率が低かった者を考慮した検討も必要となる。

また、本研究はrandomized controlled trialではない。自治体の介護予防事業と連携した運動介入であったため、コントロール群を設定することが困難であった。その反面、介護予防の現場で得られたデータを基にした報告であり、現場の状況を加味した知見を得られた点が、本研究の特徴でもある。

結 語

認知症予防を目的としてSSEを中心とした運動介入を実践する場合、介入前の認知機能水準が低い者ほど認知機能が向上しやすいことが示唆された。なお、介入前の認知機能水準と年齢の両要因の影響を比較すると、介入前の認知機能水準の方が影響力は大きい可能性がある。本研究の知見は、専門職および行政が主体となって実施される地域での効果的な認知症予防活動の資料として活用されることが望まれる。

謝 辞

本研究にご協力いただきました参加者および笠間市高齢福祉課の職員の方々に厚く御礼申し上げます。本研究は、平成24年度文部科学省科学研究費補助金(挑戦的萌芽研究:課題番号2465037)「体力と認知機能との関連

性に着目した認知症予防運動プログラム開発に関する挑戦的研究」(研究代表者:大藏倫博)の研究助成を受けて実施したことを記し、併せて御礼申し上げます。

文 献

- 1) 研究代表者 朝田 隆:厚生労働科学研究費補助金 認知症対策総合研究事業,「都市部における認知症有病率と認知症の生活機能障害への対応」平成23年度~平成24年度総合研究報告書.
- 2) Alzheimer's Disease International: Policy Brief for Heads of Government The Global Impact of Dementia 2013-2050, 2013, p1-8.
- 3) Petersen RC, Smith GE, Waring SC, Ivnik RJ, Tangalos EG, Kokmen E: Mild Cognitive Impairment. Archives of Neurology 1999; 56: 303.
- 4) Reisberg B, Shulman MB, Torossian C, Leng L, Zhu W: Outcome over seven years of healthy adults with and without subjective cognitive impairment. Alzheimer's & dementia: Journal of Alzheimer's Association 2010; 6: 11-24.
- 5) 厚生労働省:介護予防マニュアル. 厚生労働省ホームページ. 2012; http://www.mhlw.go.jp/topics/2009/05/dl/tp0501-1_08.pdf
- 6) Plassman BL, Williams JW, Burke JR, Holsinger T, Benjamin S: Systematic review: factors associated with risk for and possible prevention of cognitive decline in later life. Annals of Internal Medicine 2010; 153: 182-193.
- 7) Gates N, Fiatarone Singh MA, Sachdev PS, Valenzuela M: The effect of exercise training on cognitive function in older adults with mild cognitive impairment: a meta-analysis of randomized controlled trials. The American journal of geriatric psychiatry: Journal of American Association for Geriatric Psychiatry 2013; 21: 1086-1097.
- 8) Baker LD, Frank LL, Foster-Schubert K, Green PS, Wilkinson CW, McTiernan A, et al: Effects of aerobic exercise on mild cognitive impairment: a controlled trial. Archives of Neurology 2010; 67: 71-79.
- 9) Colcombe S, Kramer AF: Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. Psychological Science 2003; 14: 125-130.
- 10) 神藤隆志, 角田憲治, 相馬優樹, 北濃成樹, 辻 大士, 村木敏明ほか: 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.
- 11) Borson S, Frank L, Bayley PJ, Boustani M, Dean M, Lin P-J, et al: Improving dementia care: the role of screening and detection of cognitive impairment. Alzheimer's & dementia: Journal of Alzheimer's Association 2013; 9: 151-159.
- 12) De Andrade LP, Gobbi LTB, Coelho FGM, Christofolletti

- G, Costa JLR, Stella F: Benefits of multimodal exercise intervention for postural control and frontal cognitive functions in individuals with Alzheimer's disease: a controlled trial. *Journal of American Geriatrics Society* 2013; 61: 1919-1926.
- 13) Persad CC, Jones JL, Ashton-Miller JA, Alexander NB, Giordani B: Executive function and gait in older adults with cognitive impairment. *Journals of gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences* 2008; 63: 1350-1355.
 - 14) Deary IJ, Corley J, Gow AJ, Harris SE, Houlihan LM, Marioni RE, et al: Age-associated cognitive decline. *British Medical Bulletin* 2009; 92: 135-152.
 - 15) 矢富直美: 集団認知検査ファイブ・コグ。老年精神医学 2010; 21: 215-220.
 - 16) Yesavage JA, Sheikh JI: Geriatric Depression Scale (GDS): Recent evidence and development of a shorter version. *Clinical Gerontologist* 1986; 5: 165-173.
 - 17) Ina K, Hayashi T, Nomura H, Ishitsuka A, Hirai H, Iguchi A: Depression, quality of life (QoL) and will to live of community-dwelling postmenopausal women in three Asian countries: Korea, China and Japan. *Archives of Gerontology and Geriatrics* 2011; 53: 8-12.
 - 18) Shigematsu R, Okura T, Nakagaichi M, Tanaka K, Sakai T, Kitazumi S, et al: Square-stepping exercise and fall risk factors in older adults: a single-blind, randomized controlled trial. *Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences* 2008; 63: 76-82.
 - 19) 角田憲治, 尹 智暎, 辻 大士, 鴻田良枝, 真田育依, 村木敏明ほか: 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. 厚生指標 2011; 58: 6-13.
 - 20) 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.
 - 21) Cohen J: STATISTICAL POWER ANALYSIS for the BEHAVIORAL SCIENCES, 2nd Edition, Psychology Press, New York, 1988, p283-287.
 - 22) Uemura K, Shimada H, Makizako H, Doi T, Yoshida D, Tsutsumimoto K, et al: Cognitive function affects trainability for physical performance in exercise intervention among older adults with mild cognitive impairment. *Clinical Interventions in Aging* 2013; 8: 97-102.
 - 23) Sugano K, Yokogawa M, Yuki S, Dohmoto C, Yoshita M, Hamaguchi T, et al: Effect of cognitive and aerobic training intervention on older adults with mild or no cognitive impairment: a derivative study of the nakajima project. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders Extra* 2012; 2: 69-80.
 - 24) Smith PJ, Blumenthal JA, Hoffman BM, Cooper H, Strauman TA, Welsh-Bohmer K, et al: Aerobic exercise and neurocognitive performance: a meta-analytic review of randomized controlled trials. *Psychosomatic Medicine* 2010; 72: 239-252.
 - 25) 山田 実: 身体活動性と認知症の関係について教えてください. *Geriatric Medicine* 2014; 52: 797-801.
 - 26) Suzuki T, Shimada H, Makizako H, Doi T, Yoshida D, Ito K, et al: A randomized controlled trial of multicomponent exercise in older adults with mild cognitive impairment. *PLOS ONE* 2013; 8: e61483.
 - 27) Fillit HM, Butler RN, O'Connell AW, Albert MS, Birren JE, Cotman CW, et al: Achieving and maintaining cognitive vitality with aging. *Mayo Clinic Proceedings* 2002; 77: 681-696.
 - 28) Law LLF, Barnett F, Yau MK, Gray MA: Effects of functional tasks exercise on older adults with cognitive impairment at risk of Alzheimer's disease: a randomised controlled trial. *Age and Ageing* 2014; 43: 813-820.
 - 29) Larson EB, Wang L, Bowen JD, McCormick WC, Teri L, Crane P, et al: Exercise is associated with reduced risk for incident dementia among persons 65 years of age and older. *Annals of Internal Medicine* 2006; 144: 73-81.
 - 30) Etgen T, Sander D, Bickel H, Förstl H: Mild cognitive impairment and dementia: the importance of modifiable risk factors. *Deutsches Ärzteblatt International* 2011; 108: 743-750.

Effects of Square-Stepping Exercise inducing activation of the brain's cognitive function in community-dwelling older Japanese females—Focus on the baseline cognitive function level and age—

Takumi Abe¹⁾, Taishi Tsuji²⁾³⁾, Naruki Kitano³⁾⁴⁾, Toshiaki Muraki⁵⁾, Kazushi Hotta⁵⁾ and Tomohiro Okura⁶⁾

Abstract

Aim: The purpose of this study was to investigate whether the degree of improvement in cognitive function achieved with an exercise intervention in community-dwelling older Japanese women is affected by the participant's baseline cognitive function and age.

Methods: Eighty-eight women (mean age: 70.5 ± 4.2 years) participated in a prevention program for long-term care. They completed the Square-Stepping Exercise (SSE) program once a week, 120 minutes/session, for 11 weeks. We assessed participants' cognitive function using 5 cognitive tests (5-Cog) before and after the intervention. We defined cognitive function as the 5-Cog total score and defined the change in cognitive function as the 5-cog post-score minus the pre-score. We divided participants into four groups based on age (≤ 69 years or ≥ 70 years) and baseline cognitive function level (above vs. below the median cognitive function level). We conducted two-way analysis of variance.

Results: All 4 groups improved significantly in cognitive function after the intervention. There were no baseline cognitive function level \times age interactions and no significant main effects of age, although significant main effects of baseline cognitive function level ($P = 0.004$, $\eta^2 = 0.09$) were observed.

Conclusion: Square-Stepping Exercise is an effective exercise for improving cognitive function. These results suggest that older adults with cognitive decline are more likely to improve their cognitive function with exercise than if they start the intervention with high cognitive function. Furthermore, during an exercise intervention, baseline cognitive function level may have more of an effect than a participant's age on the degree of cognitive improvement.

Key words: Cognitive function, Age, Brain functional activation, Dementia prevention, Square-Stepping Exercise
(Nippon Ronen Igakkai Zasshi 2015; 52: 162–169)

1) Master's Program in Physical Education, Health and Sports Sciences, University of Tsukuba

2) University of Jyväskylä, Gerontology Research Center

3) Research Fellow of Japan Society for the Promotion of Science

4) Doctoral Program in Physical Education, Health and Sports Sciences, University of Tsukuba

5) Department of Occupational Therapy, Ibaraki Prefectural University of Health Sciences

6) Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba



Pedometers Affect Changes in Lower-Extremity Physical Function During a Square-Stepping Exercise Program in Older Japanese Adults

Takashi Jindo, MS¹; Kenji Tsunoda, PhD²; Naruki Kitano, MS^{1,3};
Taishi Tsuji, PhD^{3,4}; Takumi Abe, BD⁵; Toshiaki Muraki, PhD⁶;
Kazushi Hotta, PhD⁶; and Tomohiro Okura, PhD⁷

ABSTRACT

Background and Purpose: Pedometers are often used as motivational tools to increase physical activity. Hence, providing a pedometer during an exercise intervention may enhance the benefit of exercise on lower-extremity physical function (LEPF) by maintaining or increasing daily physical activity. The purpose of this study was to compare the effect on LEPF between an exercise intervention with and without the use of a pedometer.

Methods: The subjects of this study were 68 community-dwelling older adults (mean age: 70.0 ± 3.6 years) in Kasama City, rural Japan. All subjects participated in a fall-prevention exercise program called square-stepping exercise (SSE) conducted once a week for 11 weeks. Participants were allocated to 2 groups: SSE with pedometer group (n = 34) and SSE

without pedometer group (n = 34). We matched the participants of both groups by their standardized score of physical function tests. To ascertain the LEPF benefits induced by the exercise intervention, we measured 5 physical function tests: single-leg balance with eyes open, 5-repetition sit-to-stand, timed up and go, 5-m habitual walk, and choice stepping reaction time. We used a 2-way analysis of variance to confirm the interaction between the 2 groups.

Results: Significant group-by-time interactions were observed on timed up and go ($P < .01$) and 5-m habitual walk ($P = .02$); participants in the SSE with pedometer group enhanced their physical function more than the SSE without pedometer group participants.

Conclusions: This study suggests that providing a pedometer during an exercise intervention is an effective addition to an exercise program to improve LEPF.

Key Words: exercise of older adults, lower-extremity physical function, pedometer, physical activity

(*J Geriatr Phys Ther* 2015;38:1–6.)

¹Doctoral Program in Physical Education, Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, Ibaraki, Japan.

²Physical Fitness Research Institute, Meiji Yasuda Life Foundation of Health and Welfare, Tokyo, Japan.

³Japan Society for the Promotion of Science, Tokyo, Japan.

⁴Gerontology Research Center, University of Jyväskylä, Jyväskylä, Finland.

⁵Master's Program in Physical Education, Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, Ibaraki, Japan.

⁶Department of Occupational Therapy, Ibaraki Prefectural University of Health Sciences, Ibaraki, Japan.

⁷Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, Ibaraki, Japan.

This study was supported by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan, Grant-in-Aid for Scientific Research (B), 25282213, 2013-2016.

Previously presented by Jindo et al (Pedometers Affect Physical Fitness Changes During a Fall-Prevention Program in Older Japanese Adults) at the 19th Annual Congress of the European College of Sport Science, Amsterdam, the Netherlands, July 2014.

The authors declare no conflicts of interest.

Address correspondence to: Takashi Jindo, MS, Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8574, Japan (s1430522@u.tsukuba.ac.jp).

Bernadette Williams-York was the decision editor

DOI: 10.1519/JPT.0000000000000054

INTRODUCTION

Lower-extremity physical function (LEPF) is needed to maintain activities of daily living, such as walking, standing up from a chair, and maintaining stable balance. In addition, because declining LEPF is a predictor for the onset of functional dependence,¹ falls,² disability,³ hospitalization,⁴ and all-cause mortality,⁵ maintaining and enhancing LEPF has become a key global issue.

Exercise is a well-known tool used to reverse physical decline, and many fields of study conduct exercise programs for research and therapy. However, not all exercise programs are effective, and they may not produce a significant physical benefit for the participant; a moderate to high frequency of intervention is needed.⁶ Nakamura et al⁶ have reported that a once-weekly exercise program is insufficient, and at least 3 times per week of exercise is needed to obtain an adequate physical benefit. However, increasing frequency increases the cost and burden for field staff and participants. From the aspects of both cost and benefit, it is important that participants not only perform in the exercise classroom but also continue movement in

daily life. Pedometers are often used as motivational tools to increase physical activity.⁷ Hence, providing a pedometer during an exercise intervention may enhance the benefit to LEPF by maintaining or increasing daily physical activity. If this addition augments the effect of a low-frequency exercise intervention, it can help provide an efficient exercise program for older adults. The purpose of this study was to compare the effect on LEPF between an exercise intervention alone and an exercise program that included a pedometer for participants.

METHODS

Study Participants

We conducted the present study from September 2009 to March 2013 in Ibaraki Prefecture, Japan. Participants in this study were 117 independent living older adults aged 65 years and older recruited through local advertisements or invited by municipal employees. All subjects participated in an exercise program that utilized a square-stepping exercise (SSE) technique.⁸ Participants were divided into an SSE with pedometer group (n = 59) or an SSE without pedometer group (n = 58) according to the recruitment cycle in which they participated. Participants had their measurements taken before and after the exercise intervention period. The participants had to meet the following inclusion criteria for the study: (1) aged 65 years or older, (2) able to walk, and (3) living independently. We excluded 9 participants in the SSE with pedometer group and 1 participant in the SSE without pedometer group who did not attend posttest measurements and 4 participants who had missing data. The remaining 103 (average age: 70.6 ± 4.3 years) participants were included in this study (Figure 1).

All participants provided a signed, informed consent. The Ethics Committee of University of Tsukuba approved this study.

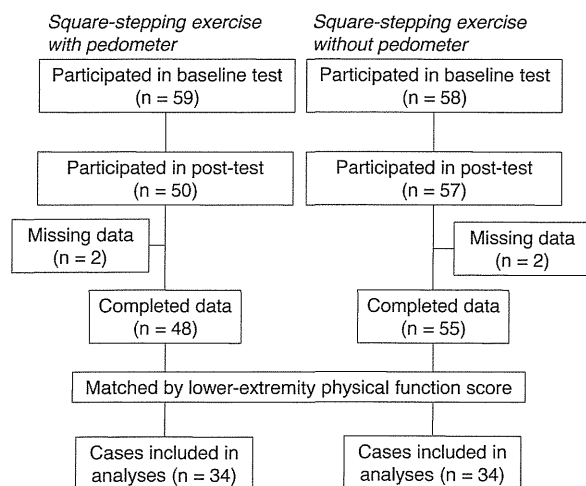


Figure 1. Flow of analysis participants in this study.

Exercise Intervention

All participants were engaged in a fall-prevention exercise program called square-stepping exercise⁸ conducted at a community center once a week for 11 weeks. For 11 participants, 1 lesson was called off because of bad weather. Experienced instructors supervised the exercise programs. Square-stepping exercise is performed on a thin felt mat (250 × 100 cm) divided into 40 small squares (25 × 25 cm). The exercise technique includes forward, backward, lateral, and oblique steps, and step patterns become progressively more complex. A previous study showed that SSE improves physical function, especially LEPF in older adults.⁹ Although SSE is typically performed for 30 minutes,⁸ we had participants perform SSE for 40 minutes to increase its effect. The SSE program consisted of a warm-up activity (15 minutes), SSE (40 minutes), a recreational activity (20 minutes), and cool-down (15 minutes). The warm-up activity included static and dynamic stretching exercises, and the cool-down consisted of static stretching exercises and relaxation. Recreational activity included ball games and hand games that were fun for the participants and combined participant interaction and communication with physical activity.

Measurement Variables

Demographic variables included age, sex, and body mass index (kg/m²). To ascertain the LEPF benefits induced by the exercise intervention, we measured 5 physical function tests¹⁰:

1. *Single-leg balance with eyes open*:¹¹ Participants put both hands on their waist and gradually raised their preferred foot in front of them to approximately 20 cm above the floor. They maintained this position as long as possible (up to 60 seconds).
2. *Five-repetition sit-to-stand*:¹² Participants sat on the chair with their arms over chest. They carried out 5 consecutive sit-to-stand cycles as quickly as possible.
3. *Timed up and go (TUG)*:¹³ Participants rose from a chair, walked 3 m as quickly as possible, turned around, walked back, and sat down.
4. *5-m habitual walk (HW)*:¹ Participants walked at their typical speed on an 11-m straight course. To eliminate acceleration phases, we calculated walking time between the 3- and 8-m marks of the course.
5. *Choice stepping reaction time*:¹⁴ Participants stood on the center of a cross-shaped mat switch in front of a light stimulator equipped with a 4-way signal. The light would signal either forward, backward, right, or left and participants stepped in the indicated direction as quickly as possible.

In addition, we calculated a comprehensive LEPF score by averaging the 5 tests' Z scores.¹⁵

Pedometer

Both groups participated in the same exercise program over 11 weeks. However, we also provided a pedometer

(Omron Walking Style HJ-700IT) for the SSE with pedometer group. They were asked to wear the pedometer at their hips at all times while they were awake, except while swimming or bathing (nonwear time). We divided the exercise intervention into 3 periods and calculated the average daily step counts in each period: the early period (second to fourth weeks), middle period (fifth to eighth weeks), and late period (ninth to eleventh weeks). For inclusion in the analysis, we defined a valid day as a day on which the participant wore the monitor for 10 or more hours.¹⁶ The time spent wearing the pedometer was determined by subtracting the nonwear time from 24 hours. Nonwear time was defined as an interval of at least 60 consecutive minutes with a 0 step count.¹⁷ We included data in the analysis from participants who had 5 or more valid days per week (valid week)¹⁶; we calculated average daily step counts only from valid weeks during each period.

Matching

At baseline, we observed significant differences in single-leg balance, TUG, and choice stepping reaction time between participants in the 2 groups (Table 1). Because a previous study reported that baseline physical function level influences the intervention effects,¹⁸ we conducted matching by the Z score to unify the baseline physical function level in the 2 groups. We decided that the matching accorded within ± 0.1 standard deviation. As a result of matching, 34 participants remained in each group and were included in the analysis. We used R 3.1.0 with package “Matching”¹⁹ for the matching process.

Table 1. Comparisons of Baseline Characteristics Between 2 Groups Before Matching

Baseline Characteristics	SSE with Pedometer (n = 48)	SSE Without Pedometer (n = 55)	P
	Mean (SD)	Mean (SD)	
Demographic items			
Age, y	70.4 (3.6)	70.5 (4.6)	.835
Women, n (%)	41 (85.4)	45 (81.8)	.465
Body mass index, kg/m ²	23.6 (3.4)	23.1 (3.0)	.472
LEPF items			
Single-leg balance with eyes open, s	44.9 (19.9)	36.5 (21.1)	.041
5-repetition sit-to-stand, s	7.5 (1.3)	7.4 (2.1)	.917
Timed up and go, s	5.5 (0.8)	6.2 (1.6)	.007
5-m habitual walk, s	3.6 (0.5)	3.6 (0.8)	.583
Choice stepping reaction time, ms	975 (91)	1043 (157)	.009
LEPF score, point	0.18 (0.59)	-0.08 (0.83)	.079
Abbreviations: LEPF, lower-extremity physical function; SD, standard deviation, SSE, square-stepping exercise.			

Statistical Analysis

A power analysis, using G*Power version 3.1.9 (Franz Faul, Universitat Kiel, Germany), revealed that a sample size of 52 participants was needed to detect significant time \times intervention interactions ($\alpha = 0.05$; $1 - \beta = 0.80$; medium effect size²⁰; $f = 0.40$). We obtained 68 participants for our analysis, which was a statistically adequate sample size.

We compared the study participants' characteristics between the groups by independent *t* tests or chi-square tests. We used a 2-way repeated-measures analysis of variance to evaluate the differences in the effect of the exercise intervention on the LEPF outcome measures between groups, and a post hoc test on variables showing significant group-by-time interaction to determine which groups improved more. We calculated effect sizes with Cohen's *d*.²⁰ For Cohen's *d*, 0.30 indicates a small effect, 0.50 a medium effect, and 0.80 or greater a large effect.²⁰ In addition, we evaluated the changes of step counts during the exercise program in the SSE with pedometer group using one-way analysis of variance. We used IBM SPSS Statistics 22 for Windows with the level of significance set at $P < .05$.

RESULTS

Table 2 lists the characteristics of the 2 groups. The SSEs with and without pedometer groups were comparable and well matched with regard to the baseline demographic. The mean percentages of classes attended were $97.0\% \pm 1.1\%$ (range, 72.7%-100.0%) for the SSE without pedometer

Table 2. Comparison of Baseline Characteristics Between 2 Groups After Matching

Baseline Characteristics	SSE with Pedometer (n = 34)	SSE Without Pedometer (n = 34)	P
	Mean (SD)	Mean (SD)	
Demographic items			
Age, y	70.0 (3.3)	70.0 (3.9)	.947
Women, n (%)	31 (91.2)	31 (91.2)	1.000
Body mass index, kg/m ²	23.0 (3.0)	22.9 (3.2)	.969
LEPF items			
Single-leg balance with eyes open, s	46.5 (19.0)	40.5 (19.9)	.211
5-repetition sit-to-stand, s	7.5 (1.2)	6.9 (1.4)	.076
Timed up and go, s	5.5 (0.6)	5.6 (0.6)	.327
5-m habitual walk, s	3.6 (0.5)	3.5 (0.5)	.421
Choice stepping reaction time, ms	981 (82)	998 (68)	.364
LEPF score, point	0.16 (0.51)	0.14 (0.51)	.883
Abbreviations: LEPF, lower-extremity physical function; SD, standard deviation, SSE: square-stepping exercise.			