

【資料】

転倒予防や認知機能向上のための運動プログラム“スクエアステップ”： 日本運動疫学会プロジェクト研究“介入研究によるエビデンス提供”

重松 良祐¹⁾

1) 三重大学教育学部

【要約】筆者は共同研究者とともにスクエアステップ(SSE)という運動プログラムを開発し、ランダム化比較試験を含む複数の検討を通じて、転倒や認知機能に一定の効果があることを確認してきた。ある自治体の協力を得てこのプログラムを5年間普及したところ、ターゲットにした高齢者の11.3%に届けることができた。参加した高齢者はSSEの課題を達成することに関する満足感や脳の活性化といった効果を得ていた。長期にわたって継続できることも確認しており、4年経過時でもベースライン時の63%の高齢者が継続していた。彼らの転倒リスク要因はベースライン時と同程度か、それよりも有意に改善していた。高齢者だけでなく子どもでの効果や音楽を使った効果を検証する研究者も現れている。現在はSSEを普及する指導者の養成システムを構築し、国内の介護予防に繋げている。2015年末までに4,490人の指導員やリーダーを養成したこともあり、SSEは多くの自治体で介護予防事業に取り入れられている。また、国外にも広がっており、これまでに7つの国・地域で研究されたり、高齢者への運動プログラムとして導入されたりしている。このうち4つの国・地域で協会支部を立ち上げており、介護予防事業にSSEを導入している。残りの3つの国ではSSEの効果が検証されている。以上のことから、SSEは高齢者の転倒予防や認知機能向上という効果をもたらすだけでなく、継続しやすく、また国内外で普及できるといえる。

Key words : スクエアステップ, 転倒, 認知機能, 普及

1. 国内外での研究の動向ならびに目的

高齢者が要支援状態になってしまう主な原因に骨折・転倒がある¹⁾。転倒のリスク要因として低体力が挙げられてきたことから²⁾、体力を向上させる運動は転倒予防策の1つとみなされてきた。また、転倒を引き起こす直前の動作を調査した報告によると、半数を超える53%がつまずきだった³⁾。つまずいても足を一步前に素早く踏み出して体重を支えることができると、転倒を回避することができる。転倒回避に必要な素早い動作や体重を支える脚力を向上させるという意味からも運動の有用性が認められる。しかし、これまで運動プログラムにはウォーキングや筋力トレーニング、バランストレーニング、太極拳等が上げられるに過ぎず、選択できるプログラム数の少ないことが問題だった。ここ数年間では、バランスジャ

ンプトレーニング⁴⁾や、筋力・バランス・歩行を組み合わせたトレーニング⁵⁾、音楽を付加したマルチタスクトレーニング⁶⁾など、既存のプログラムを基盤とした介入の効果が検証されている。

筆者は共同研究者たちとスクエアステップというユニークなプログラムを2001年頃に考案し、転倒予防に対する効果を2006年より報告してきた。スクエアステップには集中力や記憶力も必要になるという特徴を有していることから、認知機能への効果も検討するようになった。本稿では、スクエアステップを用いた介入方法の詳細を解説するとともに、転倒予防と認知機能への効果や、普及への取り組みについて述べることにする。

2. スクエアステップとは

スクエアステップは一辺25cmの正方形を横4個、奥行き10個並べたマットを使う運動プログラムである。スクエアステップの指導者が196種類のステップパターンから任意に1つのパターンを選び、ステップする。参加者はそのステップを

連絡先：重松良祐，三重大学教育学部，〒514-8507
三重県津市栗真町屋町1577，rshige@edu.mie-u.ac.jp
投稿日：2016年6月30日，受理日：2016年7月13日



図1 スクエアステップ

- A: 指導者がステップパターンを示している様子。参加者は観察によってパターンを把握・記憶する。
- B: 上手にステップできたら参加者同士で思わずハイタッチすることがある。
- C: 仲間のステップを褒めたり訂正したりする中で、自然とコミュニケーションが生まれる。
- D: ステップパターンの例（右足スタートのパターンのみ）。マットには奥行き 10 個の正方形があるがここでは割愛している。

じっと観察し、パターンを把握・記憶する。指導者のデモンストレーションが終わり次第、参加者は記憶に従ってステップしていく。初心者には簡単なパターンから始め、次第に難しいパターンを紹介していく。間違った箇所にステップしてしまった場合、すぐに一步戻って正しいパターンでステップを再開してもらうようにしている。1つのパターンを3~5回、繰り返してもらう。そのため、認知機能を賦活させるとともに、身体活動量を多く増やすことができるという特徴を有している。

ステップパターンをうまく記憶できない参加者にヒントを出したり教えたりすることがあるが、その役目を指導者だけでなく他の参加者が自然と（指導者が依頼しなくても）務めることもある。うまくステップできるようになると、できなかった参加者は喜び、達成感を味わう。教えてあげた参加者は満足感を得る。難しいステップをしているときは、参加者同士のコミュニケーションも更に活発になり、ゴールしたときには思わずハイタッチしたり拍手を送ったりする(図1)。

3. 方法

スクエアステップを用いた介入研究はこれまでに複数、実施している。そのため本稿では、ラン

ダム化比較試験の1つ⁷⁾に基づいて介入方法を解説し、効果の解説については別のランダム化比較試験^{8,9)}や非ランダム化比較試験¹⁰⁾、ランダム化比較試験後の追跡調査¹¹⁾の内容も含めることとする。また、普及については筆者による先行研究¹²⁾を引用しつつ、指導者の養成システムや国内外での普及・研究についても触れることとする。

3-1. 対象者の募集方法と適格条件⁷⁾

三重県津市河芸町(旧・安芸郡河芸町)に在住している65~74歳の男性1,061名、女性1,043名の中から150名ずつを無作為に抽出した。身体的に自立していることを取り込み規準に設定し、神経や関節の疾患がある場合は除外した。男女併せて300名に研究内容を説明するダイレクトメールを送ったところ、41名が申し込んだ。このうち、女性1名に腰痛があり、男性1名が都合がつかなくなったという理由で辞退した。残りの39名をスクエアステップ群(女性10名、男性10名)と対照群である筋力&バランストレーニング群(女性8名、男性11名)に無作為に割り付けた。

3-2. 評価項目

転倒とつまずきの回数を主要アウトカムとした。転倒とつまずきの定義^{13,14)}をあらかじめ伝えた。対象者は毎月往復はがきを受け取り、復信面に印

刷されたカレンダーに転倒とつまずきの回数を毎日記録した。毎月末に復信はがきを筆者に返送した。この記録と返送は、12週間の介入終了時から14か月にわたって行われた。転倒やつまずきがあった場合、電話で確認した。

副次アウトカムとして、転倒リスク要因である体力を測定した。測定項目は椅子の座り立ち、レッグエクステンション、閉眼片足立ち、ファンクショナルリーチ、タンデム歩行、起立時間、ステップ回数、8の字歩行、10m歩行、長座位体前屈、単純反応時間、選択反応時間とした。

3-3. 介入の概要

三重県津市の河芸保健センター内で毎週火・金曜日に1回70分間のトレーニングを12週にわたって提供した。70分のうち、40分を主運動に充て、残りの30分で準備運動と整理運動を実施した。スクエアステップ群と筋力&バランストレーニング群は同時期・同会場で同じ指導者によって、異なった時間帯に指導された。トレーニング以外の身体活動量は変えないように指示した。各群の内容を自宅で練習することも指示しなかった(ただし、後述する認知機能の研究¹⁰⁾は除く)。

3-4. 介入の内容

3-4-1. スクエアステップ群

上述したように、指導者のデモンストレーションを観察し、パターンを把握・記憶した後にステップすることを繰り返した。パターンを図示しないため、対象者には集中力が求められた。パターンを記憶できない場合、何度もデモンストレーションをした。各パターンには、前方向以外に後・横・斜め方向への移動が含まれている。ステップ

の速さは指定しなかったが最初はゆっくりやってもらうように指示した。1つのパターンを3~5回繰り返した後、次のパターンを提示した。196パターンは複雑さに応じて初級1~上級3に分類されているが、介入が終了する3か月後には中級3に到達していた。なお、中級3のパターンには前後・左右・斜め方向への移動が含まれ、6~8歩のステップで構成されている。

3-4-2. 筋力&バランストレーニング

筋力&バランストレーニング群には筋力とバランスのトレーニングを20分間ずつ提供した。筋力トレーニングでは体重やゴムバンドを用いてスクワットやフロントランジ、レッグエクステンション、ヒップアブダクション・アダクション、カーフレイズ、腹筋、背筋を10回3セット実施した。各種目とも8回目から「やや疲れる」と感じるように関節の曲げ角度やゴムバンドの張り具合を調節した。バランストレーニングでは片足や両足でのつま先・踵立ち、タンデム立位・歩行を実施した。また、長座位姿勢の状態から手と足を床から離し、臀部だけでバランスを保つという種目も実施した。いずれの種目もできる限りバランスを崩さずに10秒間の保持、あるいは5m歩くことを繰り返した。

4. 結果の概要

4-1. 転倒予防効果

介入が終了して14か月間にスクエアステップ群の6名がつまずきによって転倒した。この群における転倒者率は30.0%だった。6名のうち1名は2回転倒していた。筋力&バランストレーニング群では11名がつまずきによって転倒していた。

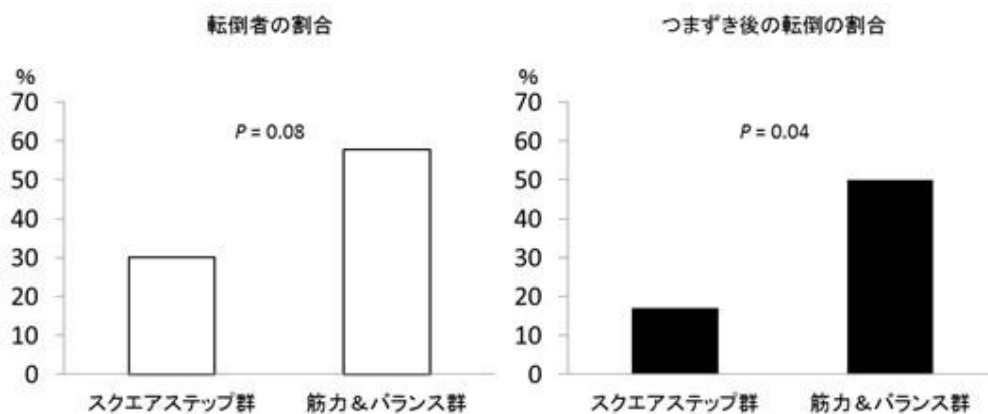


図2 転倒リスクへの効果⁷⁾

転倒者率は 57.9%だったが、スクエアステップ群の転倒者率との差は有意ではなかった ($P = 0.08$)⁷⁾。ちなみに、有意ではない理由としてサンプルサイズ不足によるものと指摘されている¹⁵⁾。一方、つまずき回数はスクエアステップ群で 34 回、筋力 & バランストレーニング群で 12 回発生していた。つまずき後の転倒率を(転倒回数)/(転倒回数+つまずき回数)で算出したところ、17.1%と 50.0%となり、スクエアステップ群の転倒率が有意に低かった ($P = 0.04$) (図 2)。

4-2. 関連研究の結果：体力改善効果と運動継続状況

転倒リスク要因である低体力の改善を報告した別のランダム化比較試験⁸⁾では、ウォーキングを対照群に提供した。12 週間後に再測定したところ、多くの体力項目がスクエアステップ群で有意に改善し、その改善量はウォーキング群よりも有意に大きかった。例えば変数調整後のレッグエクステンションパワーは、スクエアステップ群で 27.4 watts (95%信頼区間 6.9-47.9) 増加したのに対して、ウォーキング群では 5.5 watts (同 -26.0-15.0) 低下した。同じような変化を示した項目はバランス (ファンクショナルリーチ, タンデム歩行) と反応 (単純反応時間, 選択反応時間) だった。両群ともに改善した項目は敏捷性 (起立時間, ステッピング回数, 8 の字歩行) だった。

この研究が終了してからも参加者は自主的にスクエアステップを継続したことから、4 年経過時の継続率と体力を測定した¹¹⁾。その結果、スクエアステップ群 32 名のうち 63% が継続しており、対照群に設定したウォーキング群 36 名に対する 65% と同程度であることを確認した。体力測定値を intention-to-treat 法で解析したところ、スクエア

ステップ群ではウォーキング群と同程度か優れていることが示された。

4-3. 関連研究の結果：認知機能の改善効果

ファイブコグを用いて認知機能への効果を検討した非ランダム化比較試験によると¹⁰⁾、文字位置照合課題 (並行処理) と手がかり再生課題 (短期記憶) に効果が認められた。この検討では毎週スクエアステップ教室に出席する群 (毎週群) 22 名、隔週に出席する群 (隔週群) 29 名が対象となり、6 か月間の教室に参加した。各対象者にはあらかじめスクエアステップのマットを自宅に 1 枚ずつ配布するとともに、教室で提供したパターンのプリントも毎回配布した。対象者には、難しいと感じたパターンを教室の翌日から 7 日間、1 日 10 分、自宅でステップしてもらうように依頼した。すなわち、毎週群では介入期間中、毎日自宅でステップし、隔週群では 1 週間実施し、次の 1 週間は実施しないことになる。

文字位置照合課題では文字の意味する内容と文字の位置の適切さを確認して印をつける課題と、印に順序番号を割り振る課題を同時に実施する。6 か月後の再測定では、毎週群で 5.6 点 (同 2.8-8.3) 向上したのに対し、隔週群では 1.3 点 (同 -1.7-4.3) の変化だった。手がかり再生課題では 8 つのカテゴリから 4 単語ずつ記憶することを求めたが、毎週群で 2.7 点 (同 1.1-4.4)、隔週群で 2.4 点 (同 0.9-4.0) と両群ともに向上した (図 3)。一方、時計描写課題や動物名想起課題、共通単語課題での変化は両群とも有意ではなかった。

認知課題をスクエアステップに付加した際の効果を検証したランダム化比較研究によると⁹⁾、認知機能にもたらされる効果は更に大きくなることが明らかとなった。この研究ではスクエアステッ

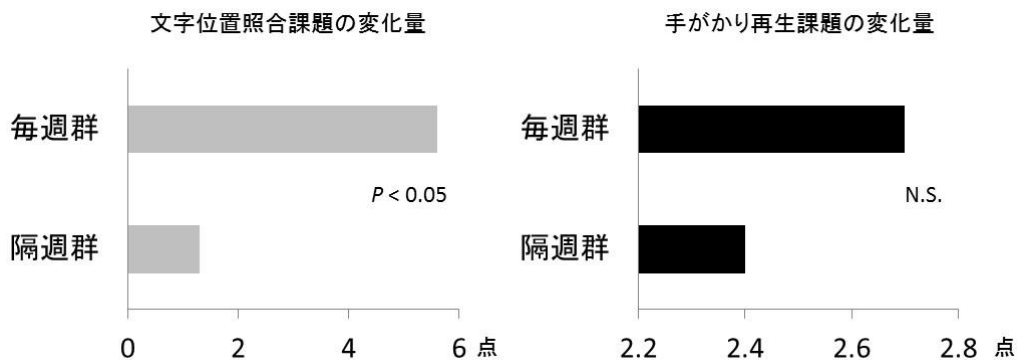


図 3 認知機能への効果¹⁰⁾

プのみを実施する群(EO 群)21名と、スクエアステップに認知課題を付加した群(EDT 群)23名を対象に、週2~3回、1回45分間のスクエアステップを提供した。EO 群には上記で紹介した研究と同じようにスクエアステップを提供する一方で、EDT 群にはスクエアステップ中に計算や言語の課題を実行してもらった。具体的には、3桁の数字と2桁の数字の足し算・引き算や、指定された条件を満たす単語をできるだけ多く口に出して言うという課題である。課題の成就是問わないが、正答するように努めてもらった。

26週間後、認知機能全般と短期記憶のスコアは両群で改善し、EDT 群の改善量がEO 群よりも有意に大きかった。言語流ちょう性はEDT 群でのみ有意な改善が認められた。処理速度は両群とも改善し、変化量の群間差は有意でなかった。一方、実行機能は両群とも変化しなかった。

これらの研究^{9,10}から、スクエアステップによって短期記憶や並行処理、処理速度を含む認知機能が改善することを確認できた。

5. 介入手法の一般化可能性

転倒予防プログラムの効果は多くの臨床的研究で確認されているが、重要なことは社会における転倒率の低減に繋がっているかの確認である¹⁶。認知機能低下の予防についても同様である。この確認の一環として、スクエアステップの一般化の可能性を検討することが必要となる。

5-1. 指導者の養成

普及促進のため、共同研究者とともに特定非営利活動法人スクエアステップ協会を2007年に設立した。健康運動指導士や保健師、理学療法士、研究者等に取得してもらい指導員資格と、ボランティアに取得してもらいリーダー資格を、講習会を通じて定期的に付与している。2015年末までに指導員2,676名、リーダー1,814名、合計4,490名を養成しており、介護予防事業を中心に全国各地で取り入れられている。指導員資格を取得できる講習会の予定は、スクエアステップ協会のホームページに掲載されている(<http://square-step.org>)。

5-2. 普及を担うボランティアの活動

筆者は2つの自治体でリーダーを養成し、彼らの活動状況を測定することで、スクエアステップ

の一般化可能性をRE-AIMモデルに沿って検討した¹²。

要介護・要支援を除いた高齢者をターゲットに設定したうえで、三重県志摩市で5年間、津市で1年間、リーダーの活動を支援した。リーダーが既存のサロン等にスクエアステップの指導提供を申し出たところ、志摩市では90.0%、津市では94.5%が申し出を受け入れてくれた(Adoption: 採用)。リーダーたちはスクエアステップの指導方法をおおむね守っていると内省しており、筆者の観察でもそのことを確認できた(Implementation: 実施)。サロン等での定期的な教室開催を中心に、健康祭り等での単発的な紹介も経たところ、志摩市のターゲット13,113名の11.3%、津市のターゲット18,528名の4.7%にスクエアステップを実践してもらうことができた(Reach: 到達)。スクエアステップによる効果を質問紙調査とフォーカスグループインタビューを通して把握した結果、難しいパターンをうまくステップできたことで満足感を得たり、脳が活性化したと嬉しく感じているという声を得たりした(Efficacy/Effectiveness: 効果)。一方、他者の視線が気になってやりづらいという意見も聴取した。スクエアステップは長期にわたって継続されており、調査の時点で志摩市では19箇所、津市では36.3±14.2か月間、指導が継続されていた。津市ではリーダーを養成して間もなかったが3箇所で9.3±4.6か月間、継続されていた。ここでの継続とは、自治体職員ではなくリーダーが主導する教室型形態によるものである。なお、継続によって得られた効果は上述の効果と同様であった(Maintenance: 継続)。

5-3. 国内外での普及および研究

香港の社会サービス機関(Baptist Oi Kwan Social Service)、台湾の国立台北護理健康大学、ドイツの理学療法アカデミアとそれぞれ提携し、スクエアステップ協会の支部を設立している。現地でこれまでに何度も指導員養成講習会が開催されており、認定された指導者たちが介護予防事業にスクエアステップを取り入れている。また、香港では隔年でスクエアステップ大会を開催しており、高齢者が日頃の活動の成果を互いに披露し合う機会を設け、継続への動機を高めている。また、現在はタイのチェンマイ大学と支部設立を準備している。

研究においてはカナダのウエスタンオンタリオ大学で認知機能への効果検証⁹、ブラジルのサン

パウロ州立大学で認知機能と体力への効果検証¹⁷⁾、アメリカのイリノイ大学で神経疾患患者への効果検証(進行中)が行われている。国内では、他研究グループによる子どもへの適用や、音楽を併用した効果検証が試行されている。筆者はこれらの普及・研究活動を直接的、あるいは間接的に支援しており、スクエアステップの国内外での普及に努めている。

5-4. 今後の課題

実社会における転倒率の低減や認知機能低下の予防への効果については未検討であり、今後の課題となっている。ところで、スクエアステップをやっている最中は笑い声や話し声が絶えず、楽しそうに取り組んでおり、体験後も続けて参加する人が多い¹⁸⁾。結果として継続率が高くなっている。自治体職員もその点に着目し、介護予防事業等に取り入れられるようになってきている。スクエアステップ中に笑ったり話したりすることが継続への大きな要因になっていると思われるものの、これらについては未検証である。このような心理社会面への効果についての検証も今後の課題であるが、スクエアステップは「住み慣れた地域で自分らしい暮らし」や「人と人とのつながりを通じて参加者や通いの場が継続的に拡大していくような地域づくり」を目指す介護予防¹⁹⁾に繋がると考えられる。

6. まとめ

本稿では、転倒予防や認知機能向上のための運動プログラムであるスクエアステップを紹介した。複数の研究を通じて一定の効果を確認できたことから、有用な運動プログラムの1つとみなすことができる。国内外で普及システムを構築しており、介護予防事業等に採用する自治体も増えつつあることを踏まえると、スクエアステップの一般化可能性は高い。

付 記

本稿で引用した筆者の先行研究は JSPS 科研費や民間助成団体からの助成を受けて実施されました。助成情報や詳細な研究結果については各雑誌に掲載されておりますので、参考・引用する場合は原典を確認のうえ、原典を引用してください。

文 献

- 1) 厚生労働省. 平成 25 年国民生活基礎調査の概況 (IV 介護の状況). <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa13/dl/05.pdf> (アクセス日: 2016 年 6 月 20 日)
- 2) de Rekeneire N, Visser M, Peila R, et al. Is a fall just a fall: correlates of falling in healthy older persons. *The Health, Aging and Body Composition Study. J Am Geriatr Soc.* 2003; 51: 841-6.
- 3) Blake AJ, Morgan K, Bendall MJ, et al. Falls by elderly people at home: prevalence and associated factors. *Age Ageing.* 1988; 17: 365-72.
- 4) Karinkanta S, Kannus P, Uusi-Rasi K, Heinonen A, Sievänen H. Combined resistance and balance-jumping exercise reduces older women's injurious falls and fractures: 5-year follow-up study. *Age Ageing.* 2015; 44: 784-9.
- 5) Thomas S, Mackintosh S, Halbert J. Does the 'Otago exercise programme' reduce mortality and falls in older adults?: a systematic review and meta-analysis. *Age Ageing.* 2010; 39: 681-7.
- 6) Hars M, Herrmann FR, Fielding RA, Reid KF, Rizzoli R, Trombetti A. Long-term exercise in older adults: 4-year outcomes of music-based multitask training. *Calcif Tissue Int.* 2014; 95: 393-404.
- 7) Shigematsu R, Okura T, Sakai T, et al. Square-stepping exercise versus strength and balance training for fall risk factors. *Aging Clin Exp Res.* 2008; 20: 19-24.
- 8) Shigematsu R, Okura T, Nakagaichi M, et al. Square-stepping exercise and fall risk factors in older adults: A single-blind randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2008; 63: 76-82.
- 9) Gill DP, Gregory MA, Zou G, et al. The Healthy Mind, Healthy Mobility Trial: A novel exercise program for older adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2016; 48: 297-306.
- 10) Shigematsu R, Okura T, Nakagaichi M, Nakata Y. Effects of exercise program requiring attention, memory and imitation on cognitive function in elderly persons: A non-randomized pilot study. *J Gerontol Geriatr Res.* 2014; 3: 147.
- 11) Shigematsu R, Okura T, Nakagaichi M, Nakata Y.

- Adherence to and effects of multidirectional stepping exercise in the elderly: A long-term observational study following a randomized controlled trial. *JPFMSM*. 2013; 2: 127-34.
- 12) 重松良祐, 大藏倫博, 中垣内真樹. 効果検証された運動プログラムを地域に普及させるボランティア活動の評価. *健康支援*. 2013; 15: 13-24.
 - 13) Feder G, Cryer C, Donovan S, Carter Y. Guidelines for the prevention of falls in people over 65. The Guidelines' Development Group. *BMJ*. 2000; 321: 1007-11.
 - 14) Lamb SE, Jørstad-Stein EC, Hauer K, Becker C, Prevention of Falls Network Europe and Outcomes Consensus Group. Development of a common outcome data set for fall injury prevention trials: the Prevention of Falls Network Europe consensus. *J Am Geriatr Soc*. 2005; 53: 1618-22.
 - 15) Okubo Y, Schoene D, Lord SR. Step training improves reaction time, gait and balance and reduces falls in older people: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2016. [Epub ahead of print].
 - 16) Li F, Eckstrom E, Harmer P, Fitzgerald K, Voit J, Cameron KA. Exercise and fall prevention: Narrowing the research-to-practice gap and enhancing integration of clinical and community practice. *J Am Geriatr Soc*. 2016; 64: 425-31.
 - 17) Teixeira CV, Gobbi S, Pereira JR, et al. Effects of square-stepping exercise on cognitive functions of older people. *Psychogeriatrics*. 2013; 13: 148-56.
 - 18) 重松良祐, 中西 礼, 齋藤真紀, 他. スクエアステップを取り入れた運動教室に参加した高齢者がその後も自主的に運動を継続している理由. *日本公衆衛生雑誌*. 2011; 58: 22-9.
 - 19) 厚生労働省. これからの介護予防. <http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-12300000-Roukenkyoku/0000075982.pdf> (アクセス日: 2016年6月20日)

【Practice Article】

**Square-Stepping Exercise Program for Prevention of Falls
and Improvement of Cognitive Function:
JAEE Research Project “Evidence from Intervention Studies”**

Ryosuke Shigematsu¹⁾

Abstract

I have developed a novel exercise form named Square-Stepping Exercise (SSE) with colleagues. Through several investigations, including randomized controlled trials, we found that SSE is effective in preventing falls and improving cognitive function in older adults. A 5-year implementation of a project to disseminate SSE in a local municipality introduced the program to 11.3% older adults of the target population. Older adults who performed SSE obtained satisfaction from successful stepping and perceived activation of brain function. One of our previous studies found high long-term adherence to SSE; 63% of the original participants have continued SSE for 4 years. Their functional fitness level is maintained or significantly improved compared to that at baseline. Other researchers interested in SSE have investigated its effects on children or with music. Therefore, we established a non-profit organization (NPO) in 2007 to disseminate SSE efficiently, and have trained SSE instructors and leaders. By the end of 2015, 4,490 SSE instructors and leaders have been certified. Many municipalities have adopted SSE for preventive health projects in Japan. The SSE program has been introduced in 7 countries and regions. In response, we established a branch NPO office in 4 countries and regions, which also use SSE for preventive health projects. Research on SSE has been conducted in three countries. In conclusion, SSE can prevent falls and improve cognitive function in older adults. Long-term adherence is high and SSE can be implemented in real-world settings.

Key words: Square-Stepping Exercise, falls, cognitive function, dissemination

1) Faculty of Education, Mie University, Tsu, Japan