

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月24日現在

機関番号：13401

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21700689

研究課題名（和文） 高齢者の転倒回避に有効な代償的ステップ動作の評価とエクササイズプログラムの開発

研究課題名（英文） Evaluation of effective alternative stepping and development of exercise program for avoiding falls in the elderly

研究代表者

山次 俊介（YAMAJI SHUNSUKE）

福井大学・医学部・准教授

研究者番号：40311021

研究成果の概要（和文）：

本研究では、高齢者の側方への転倒回避動作として有効な代償的ステップ動作の評価とそのエクササイズプログラムを開発することを目的とした。側方リーチ動作後の代償的ステップは、スライドステップとクロスオーバーステップに分類された。スライドステップは反応遅延、およびステップ後の不安定性が示唆された。また、スライドステップする高齢者の転倒リスクが高かった。本研究ではクロスオーバーステップ成就能力を改善するためにエクササイズを提案し、さらにその効果を検証する Four Cross Step Test を開発した。5ヶ月間のエクササイズ介入により、クロスオーバーステップ成就能力の改善が認められた。

研究成果の概要（英文）：

This study aimed to develop test of alternative stepping as an avoiding fall movement to lateral direction and to propose exercise program for the elderly. The alternative step after lateral reach motion was classified slide step and crossover step. The slide step showed delay response until onset of step and postural instability after the step. In addition, the elderly who took slide step tended to have fall high risk. This study proposed the exercise to improve a cross over step ability, and developed Four Cross Step Test to examine its exercise effect. It is suggested the improvement of cross over step ability by the exercise intervention for five months.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・応用健康科学

キーワード：加齢・老化、転倒、代償的ステップ

1. 研究開始当初の背景

高齢者の転倒・骨折は日常生活自立度を著しく低下させ、要介護・寝たきりの直接的な原因となる。転倒予防に関して、医学、スポーツ科学など様々な分野で研究が行われて

きた。市町村自治体では転倒リスクに関わる下肢筋力、バランス能力などの身体機能改善を目的とした転倒予防プログラムが提供されている。しかし、筋力、バランス能力が高い高齢者であっても、視聴力の低下、服薬な

どの影響により、ふらつきやつまづきによって転倒してしまうことが多く、転倒防止には別のアプローチも必要と考えられる。

姿勢は足関節、股関節の各方略による調節によって保持されている。転倒の危険性は、大きな外乱によって上記の方略で身体重心位置を支持基底面に留められず、姿勢保持できない状態が高まる。この場合反射的に代償的ステップをとって支持基底面を拡大し、転倒の回避を図る。「とっさの一步」である代償的ステップは転倒回避の最終手段となる重要な動作と考えられる。高齢者の代償的ステップに関する研究は、近年になって Makiら(1999, 2001, 2003, 2008)、Robinovitchら(2001, 2002, 2006, 2007)などの国外の研究者によって動作特性の検証を中心に行われ始めた。これまで、筆者は高齢者の代償的ステップ動作特性、および各種身体機能との関連、およびトレーニング効果を検証してきた(科研費若手 B H18-20)。その結果、易転倒性高齢者は、比較的小さな外乱で代償的ステップが発生し、そのステップ高は低く、ステップ幅も小さい。また、代償的ステップの着床は、つま先から着床し、且つ左右方向に動揺し、姿勢安定までに複数のステップを要することが明らかにされた。また、代償的ステップ幅やステップ高は、足関節底屈筋力、膝関節伸展筋力、動的バランスと有意な関係が認められた。週1~2回のエクササイズを3ヶ月継続することにより、代償的ステップ幅は改善したものの、その他の易転倒性高齢者に認められる特性は改善されなかった。

これらの研究成果によって、以下のような問題が明確となった。

- (1)側方への転倒は重篤な傷害を引き起こすが、その代償的ステップ特性について十分に明らかにされていない。
- (2)側方への代償的ステップ特性と転倒リスク、下肢の整形外科的関節疾患、および利き足との関係が明らかにされていない。
- (3)転倒回避に有効な代償的ステップを獲得するエクササイズの提案、およびその効果が検証されていない。

2. 研究の目的

高齢者の転倒、特に側方、後方への転倒は大腿骨頸部骨折や脊椎圧迫骨折など移動能力を著しく損なう障害に発展するケースが多い。高齢者はステップ反応性が鈍化するだけでなく、適切にステップできないために脚がもつれたり、引っかかったりして転倒を回避できない。本研究では高齢者の前後左右方向の代償的ステップ動作特性を明らかにし、転倒回避に有効な代償的ステップの評価、および改善エクササイズの提案するために、以下の3つの課題について検証することを目的とした。

課題1：側方へのリーチ動作後の代償的ステップ特性を画像解析より明らかにする。

課題2：左右方向へのリーチ動作後の代償的ステップ特性別に転倒リスク、ADL 得点、身体機能との関係を検証する。

課題3：課題1および2の代償的ステップ特性から改善エクササイズを提案し、その効果を検証する。

3. 研究の方法

(1) 被験者

本研究では、65歳以上の在宅高齢者を対象とした。本研究では、代償的ステップ動作の測定、およびそのエクササイズ効果の検証を目的としているので、自立歩行が可能な高齢者であることを被験者の選択基準とした。

各課題の被験者特性は表1のとおりである。

表1 各課題の被験者特性

	年齢		人数
	範囲	M±SD	
課題1	65-86歳	74.2±5.1歳	218
課題2	65-90歳	76.4±5.7歳	80
課題3	68-86歳	77.3±5.3歳	34

注)課題1:男性:42名、女性:176名、課題2および3は全て女性。課題3は介入群、統制群それぞれ17名。

課題2および3は被験者募集の段階において、男性高齢者が少なかったため、女性高齢者のみを対象とした。

(2) 代償的ステップの誘発動作

代償的ステップは足関節および股関節方略による姿勢制御限界を超えたときに生じるため、誘発させるためには非常に大きな外乱負荷が必要となる。外乱負荷には床振動や傾斜、物体衝突などが考えられるが、高齢者を対象とした場合、安全性に問題があった。そこで、本研究では側方リーチ動作による姿勢保持限界後の代償的ステップ動作特性を検証した。



図1 クロスオーバーステップとスライドステップ

(3) 代償的ステップ特性の計測

被験者は閉足立位姿勢をとり、側方へ手伸

ばし動作を行った。被験者にはゆっくりと動作し、可能なかぎり、現在の立位位置を保持するように指示し、限界を超えて側方に踏み出す代償的ステップを計測した。課題1では、一連の動作、および代償的ステップ位置はビデオカメラで撮影した。課題2側方への代償的ステップ幅をメジャーで計測し、クロスオーバーステップとスライドステップで分類した(図1)。

(4) 転倒リスク得点と ADL 得点

転倒リスク得点は、Demura's fall risk assessment (DFRA) を用いた(Demura et al., 2011)。2 件法による 50 項目から転倒リスク水準を示す易転倒性得点と転倒リスクプロファイルを示す身体機能、疾病・身体症状、行動・性格、環境の 4 因子得点を算出した。

ADL 得点は文科省 ADL 調査票を用いた。

4. 研究成果

(1) 課題1：側方へのリーチ動作後の代償的ステップ特性

側方へのリーチ動作後の代償的ステップのステップ幅、前方からのビデオカメラ撮影による動作特性を検証した。その結果、側方への代償的ステップは重心移動側の足をスライドステップする者と、反対側の足をクロスオーバーステップする者に分類された。スライドステップは、一旦、重心移動と反対の足に重心を移動しなければならないため腰部および体幹位置を軸足となる側に戻す動作が認められ、反応遅延が示唆された。また、ステップ幅もスライドステップの方が小さい傾向にあり、姿勢を保持するために複数のステップを要する傾向にあった。さらに、スライドステップをとる者はクロスオーバーステップできない傾向にあることや、左右片側のみクロスステップできる者もみられた。

(2) 課題2：左右方向へのリーチ動作後の代償的ステップ特性別に転倒リスク、ADL 得点、身体機能との関係

左右ともスライドストップした(S-S)群(19名：75.9±5.4歳)、一方のみスライドストップした(C-S)群(25名：78.4±6.4歳)、左右ともクロスオーバーステップした(C-C)群(36名：75.4±5.3歳)に分類された。各群の年齢、身長、および体重に有意差は認められなかった。転倒回数およびDFRAによる易転倒性得点には有意な群間差は認められなかったが(図2)、転倒リスクプロフ

イルを示す身体機能、疾病・身体症状、および環境とADL得点に有意な群間差が認められ、いずれもS-S群がC-C群より劣る、またはリスクが高かった(図3)。

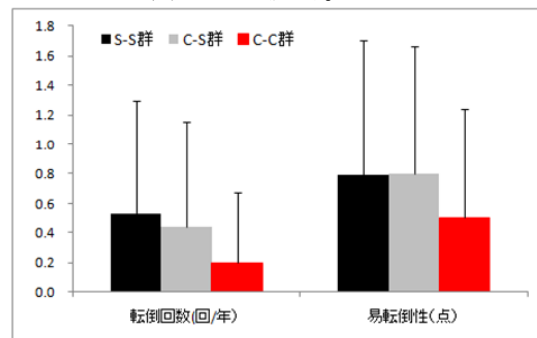


図2 各群の転倒回数および易転倒性

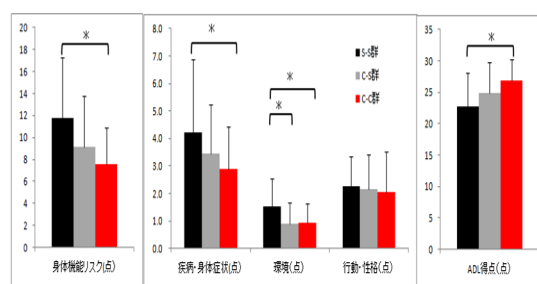


図3 各群の転倒リスクプロファイル

リーチ動作後の代償的ステップは、不意な外乱時と異なり予測可能な動作となり、ステップへの準備が可能となる。スライドステップ者は、クロスオーバーステップが取れないために予め、重心をリーチ動作方向と反対側の脚に保持しつつ、スライドステップできるように準備していたと推測される。しかし、不意な外乱時では、このような準備動作が取れないため転倒リスクが高かったのかもしれない。

転倒回避動作として、クロスオーバーステップが取れるようなトレーニングの必要性が示唆された。

(3) 課題3：課題1および2の代償的ステップ特性から改善エクササイズを提案し、その効果の検証

課題1および2より、クロスオーバーステップの改善が転倒回避動作能力の改善に寄与すると考え、敏捷的なクロスオーバーステップ成就能力の評価方法を含むエクササイズを考案した。

<敏捷的なクロスオーバーステップ成就能力の評価：Four Cross Step test (FCST)の開発>

FCST の測定装置は、サンプリング周波数 100Hz でフットコンタクトタイムを計測する 4 枚の正方形シート (32×32cm) とデータ保存のためのパソコンから構成された (図 4)。4 枚の正方形シートは、真ん中を空けて十字型に配置された。

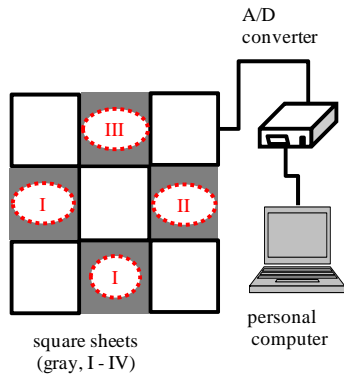


図 4 FCST 測定装置

図 5 は FCST のステップングプロトコルを示している。テスト中にクロスオーバーステップが 4 回含まれた。

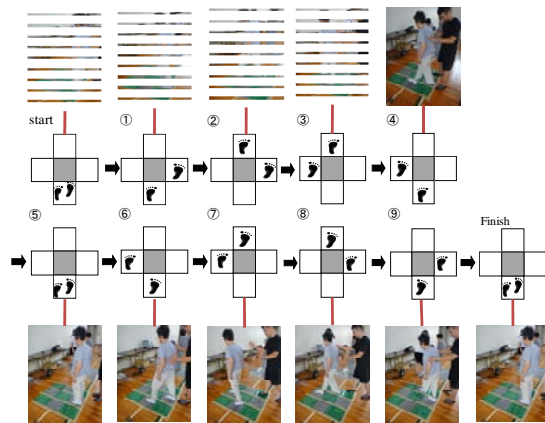


図 5 FCST プロトコル

<エクササイズプログラム>

代償的ステップの改善、特に側方へのクロスオーバーステップ成就能力の改善を目指し、以下のエクササイズプログラムが考案された。

表2 エクササイズプログラム

エクササイズ	内容	時間
ストレッチ体操	下肢、体幹筋群の柔軟性 6種類	10分
ラバーバンド	下肢、体幹筋群の筋力 8種類 股関節伸展・屈曲 膝関節伸展・屈曲 足関節底屈・背屈 股関節外転 腹筋	15分
休憩		5分
ラダー歩行	10mの歩行 9種類×2セット 前方、後方、側方歩行 サンバステップ ラテラルクロスステップ シャッフルステップ フロントクロスステップ キャリオカ スキップ	30分

<エクササイズ効果の検証>

女性高齢者 34 名が、年齢、体格 (身長、体重)、ADL 得点および転倒リスク得点をマッチングして、エクササイズ介入群と統制群 (転倒、要介護予防に関する教育) に割り付けられた。ベースライン測定として、転倒リスクおよび ADL 得点、FCST、下肢筋群の等尺性筋力、開眼片脚立ち、ファンクショナルリーチ、および 10m 歩行の測定が行われ、週 1 回 5 ヶ月間の介入後、同様の測定を行った。

介入前後で転倒リスクおよび ADL 得点を比較したところ、転倒リスク水準を示す、易転倒性得点には群間差は認められなかったが、身体機能因子得点、転倒恐怖感および ADL 得点において、介入群と統制群に有意差が認められ、介入群に改善傾向が認められた (図 6)。さらに、介入群は統制群 (教育講座受講群) に比べ、筋力、バランス、歩行とも改善傾向にあったが、とりわけ、敏捷的なクロスステップ動作が含まれる FCST において著しい改善傾向が認められた。 (図 7)。

以上より、クロスオーバーステップの改善を目的としたエクササイズにより、クロスオーバーステップ成就能力の改善が示唆された。また、介入群の身体的自己効力感の改善も期待された。

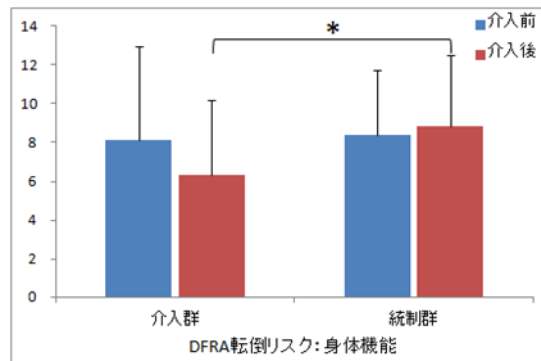


図 6 介入前後の身体機能因子得点 (DFRA)

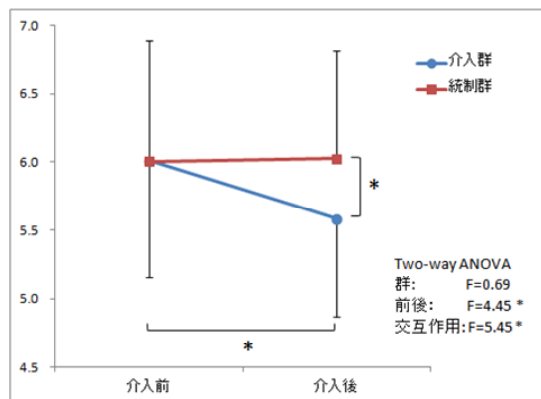


図 7 介入前後の FCST の変化

本研究の成果は、国内外とも十分に検証されていなかった転倒回避動作、とりわけ重篤な外傷の原因となる側方への転倒を回避す

る代償的ステップについて、検証した点で有意義である。高齢者の日常生活においてクロスオーバーステップを含む動作はほとんどない。しかし、側方への外乱時の転倒回避動作として、クロスオーバーステップを素早く、敏捷的に成就できるか否かは重要であることが明らかとなり、それらは、本研究で提案したクロスオーバーステップを含むエクササイズにより改善する可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

- ① Demura S, Sato S, Yamaji S, Kasuga K, Nagasawa Y. Examination of validity of fall risk assessment items for screening high fall risk elderly among the healthy community-dwelling Japanese population. Arch Gerontol Geriatr. 査読有, 53(1), 2011, 41-45.
http://ac.els-cdn.com/S0167494310002591/1-s2.0-S0167494310002591-main.pdf?_tid=3898bff7fe1bbcc6c6112794c0834080&acdnat=1339548834_d7c42995bd c135ce6950b4bdfd344985
- ② Yamaji S, Demura S, Sugiura H. Influence of degraded visual acuity from light-scattering goggles on obstacle gait. Health. 査読有, 3(2), 2011, 99-105. <http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?paperID=3843>
- ③ 出村慎一, 山次俊介 特集 異常歩行(跛行)の分類とその対策 高齢者の歩容と転倒, 関節外科, 査読無, 2, 2011, 100-107.

[学会発表] (計22件(招待講演1件))

- ① 山次俊介, 出村慎一, 長澤吉則, 佐藤敏郎 ラバーバンドトレーニングおよびラダー運動は在宅高齢者女性の敏捷的なクロスステップを改善する. 日本体育測定評価学会第11回大会, 2012.2.26, 日本医科大学
- ② 内田雄, 出村慎一, 山次俊介, 出村友寛 転倒恐怖感を有する高齢者の外出制限とADL 達成能力の関係. 日本体育学会第62回大会, 2011.9.25, 鹿屋体育大学
- ③ 三森敦子, 出村慎一, 山次俊介, 酒井俊郎 地域高齢者の下肢障害が転倒リスクに及ぼす影響. 日本体育学会第62回大会, 2011.9.25, 鹿屋体育大学
- ④ 山次俊介, 出村慎一, 出村友寛, 石原一成 側方リーチ動作後の代償的ステップ特性

は転倒リスクおよびADL得点を反映する. 日本体育学会第62回大会, 2011.9.25, 鹿屋体育大学

- ⑤ 出村慎一, 山次俊介 在宅高齢者の包括的な転倒リスク評価の取り組みと問題点. 第66回日本体力医学会大会(招待講演) 2011.9.17, 海峡メッセ下関
- ⑥ 山次俊介, 出村慎一, 横谷智久, 石原一成 女性高齢者における3方向ファンクショナルリーチ特性. 第66回日本体力医学会大会, 2011.9.16, 海峡メッセ下関
- ⑦ 出村慎一, 山次俊介, 三森敦子, 横谷智久 佐藤敏郎, 石原一成 女性高齢者におけるクロスステップを含めた敏捷性ステップテストの試行間信頼性, 2011.9.16, 海峡メッセ下関
- ⑧ Yamaji S, Demura S, Sato S, Yamada T, Ishihara K. The relationship between alternative steps after functional reach action and lower limb strength in older women. 14th scientific meeting of Korea-Japan health education symposium, 2011.8.21, 石川県政記念しいのき迎賓館
- ⑨ Sugiura H, Demura S, Sugano N, Yamaji S, Sato T, Uchida Y. Effect of difference of exercise enforcement frequency and fall risk scores in elderly women with knee joint pain. 14th scientific meeting of Korea-Japan health education symposium, 2011.8.21, 石川県政記念しいのき迎賓館
- ⑩ 山次俊介, 出村慎一, 辛紹熙, 横谷智久 高齢者の下肢筋機能と転倒リスクの性差とその関係. 第65回日本体力医学会大会, 2010.9.17, 千葉商科大学
- ⑪ 出村慎一, 山次俊介, 三森敦子, 横谷智久 女性高齢者における画面指示ステップテスト変数の年代差. 第65回日本体力医学会大会, 2010.9.17, 千葉商科大学
- ⑫ 山次俊介, 出村慎一, 川端悠, 三森敦子 高齢者の転倒回避動作を考慮した画面指示ステップテストの性差. 日本体育学会第61回大会, 2010.9.8, 中京大学豊田キャンパス
- ⑬ 出村慎一, 佐藤進, 山次俊介, 池本幸雄, 横谷智久, 佐藤敏郎 健常高齢者のための転倒リスク評価法の検討—スクリーニング基準設定—. 日本体育学会第61回大会,

2010. 9.8, 中京大学豊田キャンパス

- ⑭佐藤進, 出村慎一, 山次俊介, 山田孝禎, 横谷智久, 三森淳子: 高齢者転倒リスク者のスクリーニングに有効な転倒リスク要因の検討. 日本体育学会第 61 回大会, 2010.9.8, 中京大学豊田キャンパス
- ⑮山次俊介, 出村慎一, 辛紹熙, 杉浦宏季, 吉村喜信, 石原一成 女性高齢者における転倒リスク、日常生活活動水準、および下肢筋機能の年代差. 第 58 回日本教育医学会大会, 2010.8.7, 大阪府立大学
- ⑯山田孝禎, 出村慎一, 佐藤進, 山次俊介, 石原一成, 内田雄: 地域在宅高齢者の転倒による外傷の有無およびその種類は、転倒特性や身体機能水準に影響されない. 第 58 回日本教育医学会大会, 2010.8.7, 大阪府立大学
- ⑰山次俊介, 出村慎一, 佐藤進, 山田孝禎: 定期的な運動教室に3年間参加した高齢者の転倒リスク, 下肢筋力の変化. 日本測定評価学会第 9 回大会, 2010. 2.28, 日本医科大学
- ⑱佐藤進, 出村慎一, 山次俊介, 春日晃章, 佐藤敏郎: 健常高齢者の転倒リスク評価に有効な項目. 日本測定評価学会第 9 回大会, 2010. 2.28, 日本医科大学
- ⑲出村慎一, 山次俊介, 北林保, 内山応信, 山田孝禎: 腰部加速度感知による転倒予測の可能性. 第 64 回日本体力医学会大会, 2009. 9.18, 朱鷺メッセ
- ⑳山次俊介, 出村慎一, 北林保, 辛紹熙, 横谷智久: 画面指示ステップテストは転倒リスク, 下肢筋機能を反映する. 第 64 回日本体力医学会大会, 2009. 9.18, 朱鷺メッセ
- ㉑山次俊介, 出村慎一, 北林保, 山田孝禎, 辛紹熙, 出村友寛 高齢者の転倒回避動作を考慮した画面指示ステップテストの提案. 日本体育学会第 60 回記念大会, 2009.8.28, 広島大学
- ㉒出村慎一, 佐藤進, 山次俊介, 山田孝禎, 池本幸雄, 佐藤敏郎: 健常高齢者の転倒リスク評価に有効な要因の分析. 日本体育学会第 60 回記念大会, 2009.8.28, 広島大学
- [図書] (計 1 件)
- ①出村慎一監修, 佐藤進, 山次俊介編著 杏林書院, 地域高齢者のための転倒予防一

転倒基礎理論から介入実践まで. 2012.3.1, 240 頁

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山次 俊介 (YAMAJI SHUNSUKE)
福井大学・医学部・准教授
研究者番号: 40311021