

原 著

身体能力認知誤差と感覚識別性に着目した
転倒予防プログラムの効果～無作為化比較試験～宮寺 亮輔¹⁾ 村山 明彦²⁾ 田口 敦彦³⁾ 山口 智晴²⁾

1) 東京都立大学大学院人間健康科学研究科作業療法科学域

2) 群馬医療福祉大学リハビリテーション学部

3) 群馬医療福祉大学社会福祉学部

要 旨

【目的】 本研究の目的は、身体能力の自己認知精度（身体能力認知誤差）および感覚識別性に着目した全身的な転倒予防プログラムを地域在住高齢者に実施し、その短期的有効性を検証することである。本研究における身体能力認知誤差とは、動作前に本人が予測した動作範囲（例：一步で踏み出せる距離）と、実際の測定値との差（予測と現実のズレ）と定義し、感覚識別性は身体部位間の位置や距離を正確に識別する能力と定義した。感覚識別性の低下は動作予測の誤認を招き、身体能力認知誤差の増大につながると考えられるため、感覚識別性の改善が認知誤差の縮小に寄与するかを検証した。

【方法】 群馬県内の老人福祉センターを利用する65歳以上の地域在住高齢者28名を対象に、身体能力認知誤差と感覚識別性に着目した全身的程序を実施する介入群（14名）と、通常の介護予防体操を行う対照群（14名）に無作為化割り付けを行った。介入期間は1か月間とした。前後評価として、最大一步幅・Functional Reach Test (FRT)・Timed Up and Go Test (TUG)において、事前に「自分がどれくらい動けるか」を参加者に予測させた上で、実測値との差を算出し、これを「身体能力認知誤差」として評価した。また、指あわせ試験によって感覚識別性を評価した。

【結果】 最大一步幅における予測と実測の差は、介入群において有意に改善（介入群： -2.0 ± 4.1 cm, 対照群： 1.8 ± 4.9 cm, $p = 0.034$ ）した。また、指あわせ試験においても、介入群で距離が有意に短縮（介入群： -0.2 ± 1.5 cm, 対照群： 1.0 ± 1.6 cm, $p = 0.038$ ）し、感覚識別性の改善が示された。TUGやFRTにおける誤差については、改善傾向はみられたが、統計的有意差には至らなかった。また、全対象者がプログラムを中断せず完遂し、有害事象は認められなかった。

【結論】 本プログラムは、動作予測の精度（身体能力認知誤差）および感覚識別性の改善に寄与し、転倒リスク低減の可能性が示唆された。加えて、感覚識別性の向上が認知誤差の縮小に関連する可能性も示唆された。さらに、全対象者がプログラムを完遂したことから、短期間で全身的な介入を安全に実施できることが確認された。今後は、長期的な追跡、対象者の拡大、転倒回避行動を含む多面的な評価指標の導入を通じて、プログラムの効果と実装可能性の検証が求められる。

キーワード

転倒予防 身体能力認知誤差 感覚識別性 地域在住高齢者 無作為化比較試験

連絡先：東京都立大学大学院人間健康科学研究科作業療法科学域 宮寺亮輔

〒116-8551 東京都荒川区東尾久7-2-10

TEL：03-3819-1211（代表）内線465 E-mail：miyadera@tmu.ac.jp

受付日：2025. 10. 1 受理日：2025. 12. 16

I はじめに

我が国では高齢化の進行に伴い要介護認定者数が増加し、介護の主な原因として転倒・骨折が依然として高い割合を占めている¹⁾。転倒は高齢者の自立度を低下させる重大な要因であり、健康寿命の延伸や介護予防の観点からも、その予防は重要な課題である²⁾。これまで転倒予防に関しては、筋力訓練やバランス練習など身体機能面への介入が主流であり^{3) 4)}、神経疾患患者を対象とした転倒予防マニュアルの整備も進められてきた。しかし、これらの介入によっても転倒発生率の減少は限定的であると報告されており^{3) 4)}、身体機能だけでなく認知的・感覚的要因を含む包括的介入の必要性が指摘されている⁵⁾。

転倒リスクは身体・認知・行動・環境など多要因的であり、一般に内因性要因（身体機能、感覚機能、認知機能など）と外因性要因（環境要因）、さらに近年では「行動要因」も重要な要素として位置づけられている^{1) 6)}。行動要因には、注意分配の低下や転倒回避行動の不足など、本人の判断や行動選択に関わる側面が含まれる。国際ガイドラインでは、転倒予防において身体機能だけでなく、認知機能や行動要因を含めた包括的な評価と介入が推奨されており⁷⁾、転倒回避行動の不足は転倒リスクの増大に関与するとされている。

自己の身体能力への正確な認識は適切な転倒回避行動の基盤であり、行動要因を規定する重要な要素である。自身の実際の身体機能と自己評価の乖離は、動作選択の不適切化や転倒回避行動の遅れを招き、転倒リスク増大に関連する可能性が示唆されている⁸⁾。身体能力認知誤差とは、自己の身体能力（移動距離、到達距離など）に対する主観的な予測と、実際の能力との乖離を指す概念⁵⁾であり、先行研究ではステップ能力の過大・過小評価が転倒リスクと関連することが報告されている⁸⁾。これは動作や行動に対する自己評価の誤り、あるいは身体の空間的位置関係に関するボディイメージの不正確さを含む。筆者らも地域在住高齢者を対象に身体能力認知誤差の要因分析を行い、感覚的要素の関与を示唆する結果を得ている⁵⁾。

「感覚識別性（Sensory Discrimination）」は、身体部位間の相対的な位置や距離を識別する能力であり、主に体性感覚（触覚・深部感覚）に基づく空間的な識別精度を示す。これは単一部位の位置覚とは異なり、複数部位間の関係性を正確に把握する能力を意味し、感覚の閾値や識別精度に関係する。なお、「感覚識別性」という用語は臨床的に識別覚と類似するが、本研究では位置覚と運動覚を統合した概念として定義した。今後、この用語

の妥当性検討が課題である。感覚識別性が低下すると、身体部位の認識精度が損なわれ、動作の予測誤認を引き起こしやすくなる。これにより、危険な状況における適切な回避行動が遅れたり、バランス制御が不安定になったりすることで、転倒リスクが高まる可能性があることが推測される^{9) - 11)}。すなわち、「感覚低下 → 動作誤認 → 回避行動の遅れ・バランス障害 → 転倒リスク上昇」という機序を前提に、先行研究の知見を踏まえてこの過程に介入することで転倒リスク低減に寄与できるのではないかという仮説を立案した。

先行研究では、身体能力認知誤差が大きい高齢者ほど転倒リスクが高いこと、また感覚識別性の低下が動作の誤認やバランス障害を引き起こすことが報告されている^{5) 10) 12)}。さらに、視覚-運動・感覚運動を含む介入が高齢者の認知・バランス機能を改善する可能性が示されており¹²⁾、これらを踏まえ、本研究では感覚識別性の改善が身体能力認知誤差の縮小に寄与するかを検証することを目的とした。主要な臨床的課題（クリニカルクエスト）は、「感覚識別性の向上が身体能力認知誤差の縮小に寄与し、転倒リスクの低減に資するか」である。本研究はパイロット研究として、身体能力認知誤差と感覚識別性の改善効果を検証し、その実施可能性および臨床的有用性を明らかにすることを目的とした。評価は短期的アウトカムである「身体能力認知誤差の縮小」と「感覚識別性の変化」に限定し、転倒発生率や転倒リスクの直接的な変化は今後の課題とした。

II 方法

1. 研究デザインと研究対象者の募集方法

本研究は、介入群と対照群の2群間でプログラムの前後比較を行う無作為化比較試験（Randomized Controlled Trial: RCT）である。研究の報告にあたっては、CONSORT 2010 声明に準拠した（<http://www.consort-statement.org>）。当初の計画段階では、介入プログラムの単なる効果検証を目的とした観察研究と判断し、臨床試験登録を行わなかった。しかし、介入効果の因果関係をより厳密に検証し、交絡因子によるバイアスを最小限に抑えるため、研究の実施過程で無作為割付の手続きを採用した。このため、本研究はエビデンスレベルの高いRCTとして位置づけるのが適切であると判断した。

本研究の目標症例数は、主要アウトカムである「最大歩幅における身体能力認知誤差」の群間差を検出するために設定した。先行研究における類似の介入効果を参考に、効果量（Cohen's *d*）を0.8（大効果）と仮定

し、有意水準 5 %、検出力 80 %としたとき、必要な症例数は各群 13 名、合計 26 名と算出された (G*Power version 3.1 使用)。本研究では、脱落や欠測への備えとして 10 %の余裕を加味し、目標症例数を 30 名と設定した。

対象者は、2023 年 4 月 11 日～5 月 10 日の期間に、前橋市内の老人福祉センターでの研究説明ポスターを閲覧し、自発的に参加を希望した者のうち、研究参加に関する説明を受け、文書による同意を得た者であった (図 1:CONSORT フローチャート参照)。老人福祉センターとは、老人福祉法 (昭和 38 年法律第 133 号) に基づき、市町村または社会福祉法人が運営する高齢者向けの公共施設であり、健康増進・教養向上・レクリエーションの場を提供することを目的としている。なお、要介護状態にない高齢者のうち、視力・色覚障害、聴力障害、コミュニケーション障害を有さない者を参加条件とした。

無作為化手続きは、参加者の登録後にコンピュータによる単純無作為化 (simple randomization) を用いて、1:1 の割合で介入群と対照群に割り付けた。年齢や性別などの層化基準は設けなかった。両群ともに 2023 年 5 月 16 日～6 月 25 日の約 1 か月間、3～4 名ずつの小グループに分けて実施し、各施設に集合して介入を受けた。本研究は、非盲検の試験であり、介入提供者・アウトカム評価者が群割付を認識していた。

2. 感覚識別性に着目した転倒予防プログラム

介入群には、感覚識別性の改善効果が示唆されている文献¹³⁾や資料¹⁴⁾をもとに、図 2 に示すトレーニング課題を 1 か月間にわたって実施した。本プログラムには、身体イメージに基づく動作イメージ課題に加え、眼球運動トレーニングを組み合わせた。眼球運動課題は、視覚的な感覚識別性の向上だけでなく、複雑な状況で複数の情報を同時に処理する力 (注意配分) や、計画的に行動する力 (実行機能) といった上位認知機能の活性化を目的として導入したものである¹²⁾。これらの機能は、歩行中に周囲の危険を察知し、適切に回避行動をとるために重要であることが報告されている。

なお、主要アウトカムである最大一歩幅は、障害物回避などの場面で必要となる下肢運動の予測精度を反映する指標であり、回避行動との関連性を評価するために選択した。自宅での継続を支援するため、体操内容を記載した資料、使用道具、実施記録表を配布した。さらに、プログラム開始時と期間中にそれぞれ 1 回ずつ、筆者らが対象施設に赴き 20 分間の教室を開催した。その中で、プログラムの実演および自宅トレーニングの進捗確認を行った。自宅トレーニングは週 2 回を目安とし、各回の実施を記録するように依頼した。

一方、対照群には、老人福祉センターが通常実施している介護予防体操をトレーニング課題として設定し、介

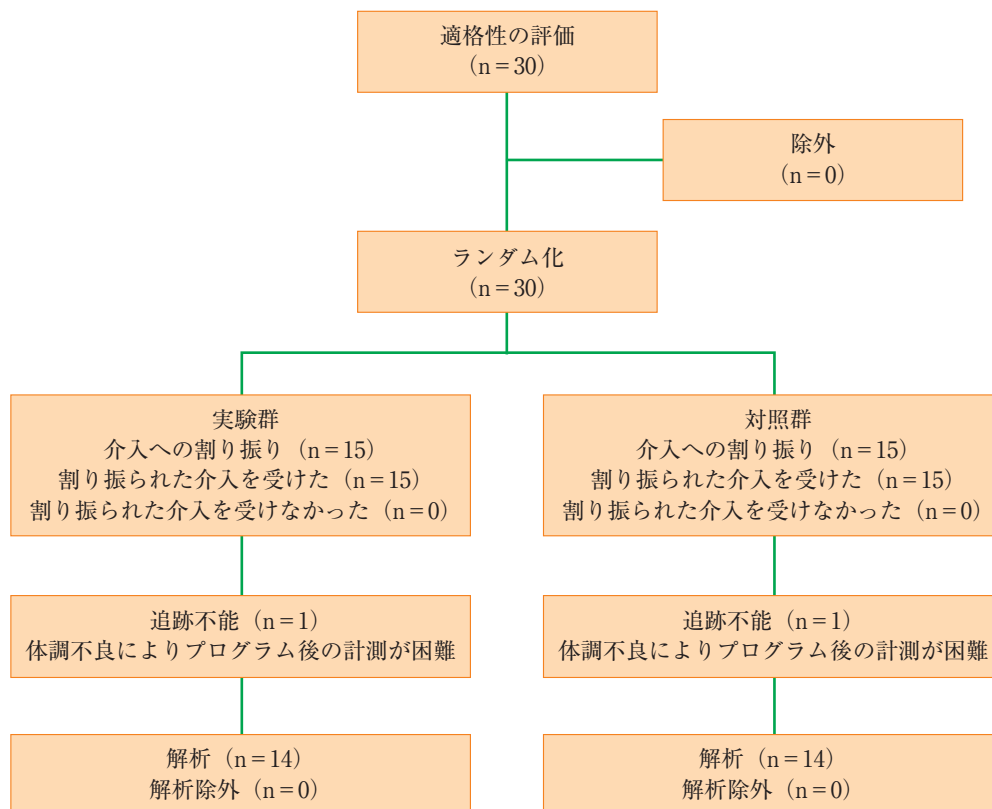


図 1 対象者割り付けとフローチャート

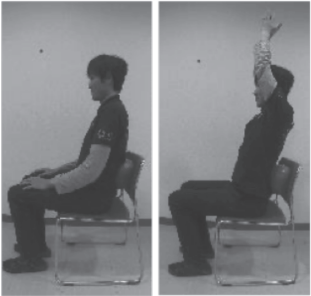
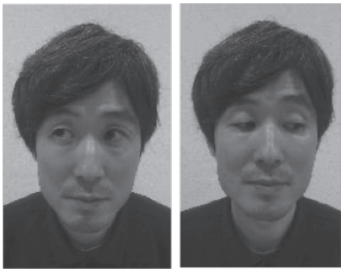
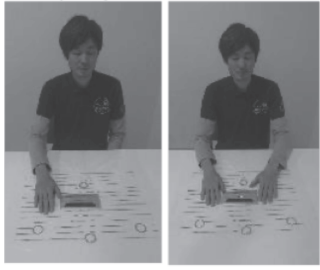
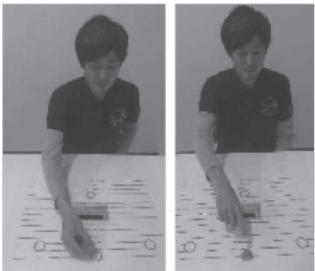
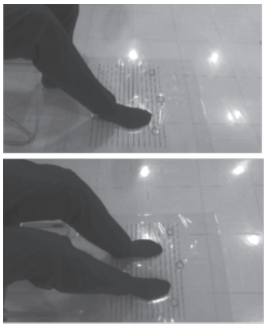
①～④は姿勢を整える運動です。足をしっかり床につけて座った姿勢をとります。各運動はゆっくり10回ずつ行いましょう。 ⑤～⑧は自分の手足の長さを認識する練習です。各練習はゆっくり5回ずつ行いましょう。	① 姿勢改善運動  (1) (2) (1) 椅子の背もたれにボールを押しつけながら背筋を伸ばしましょう。 (2) 姿勢が整ったら両手を合わせて頭の上まで挙げましょう。	② 姿勢改善運動  (1) (2) (1) 両肩を挙げ背筋を伸ばした後、力を抜き肩をストンと落とす動きを繰り返します。 (2) 両肩を前から後ろ、後ろから前に回しましょう。
③ 姿勢調整運動  (1) (2) (1) 椅子の背もたれにボールを押しつけながら、膝と反対の肘をタッチしましょう。 (2) 椅子の背もたれにボールを押しつけながら両足を持ち上げましょう。	④ 目の運動  顔を動かさずに、目だけ上下・対角線左上から右下や左下から右上に動かしましょう。各方向2回ずつ5秒程度かけて行いましょう。	⑤ 位置感覚の調整運動（手）  (1) (2) (1) テーブルの適当な位置に、片方の手を置きます。 (2) 目を閉じたまま、反対側の手を、(1)で置いた手の指先の位置まで近づけていき、「合った！」と思うところで目を開け、両指先の位置を確認します。
⑥ 位置感覚の調整運動（手）  (1) (2) (1) テーブルの適当な位置にコインを置き、コインの位置を確認した後、目を閉じます。 (2) 目を閉じたまま、片方の手の人差し指を、置いたコインの位置まで近づけていき、「合った！」と思うところで目を開け、指先の位置を確認します。	⑦ 位置感覚の調整運動（足）  (1) (2) (1) 床の適当な位置に片方の足を置きます。 (2) 目を閉じたまま、反対側の足を、置いた足の指先位置まで近づけていき、「合った！」と思うところで目を開け、両指先の位置を確認します。	⑧ 位置感覚の調整運動（足）  (1) (2) (1) 床の適当な位置にコインを置き、コインの位置を確認した後、目を閉じます。 (2) 目を閉じたまま、片方の足の親指を、置いたコインの位置まで近づけていき、「合った！」と思うところで目を開け、指先の位置を確認します。

図2 本研究の転倒予防プログラム（からだ意識体操）

入群と同様の頻度・関わりで実施した。いずれの群でも脱落者はなく、介入実施率は 100 %、有害事象は認められなかった。

3. 調査項目

1) 基本属性および転倒危険因子の状況

介入前（以下、Pre）には、性別・年齢・転倒歴（過去 6 か月以内）、転倒に対する不安感（Falls Efficacy Scale : FES）、運動習慣（30 分以上の運動を週 2 回）など、転倒リスク因子に関する質問紙調査を実施した。

2) バランス能力および身体能力認知誤差の評価

バランス能力および身体能力認知誤差の評価として以下の 3 つの検査を実施した。

1 つ目に、立位で手をできるだけ前方に伸ばす課題（Functional Reach Test : FRT）において最大リーチ距離の実測値の測定を、Duncan ら¹⁵⁾の方法を用いて実施した。

2 つ目に、立位で足をできるだけ前方に踏み出す課題（最大一歩幅）において、最大一歩幅の実測値の測定を、岡田ら¹⁶⁾の方法を用いて実施した。

3 つ目に、起立・歩行・着座の一連の動作からバランス能力を確認する課題（Timed Up and Go Test : TUG）において、椅子からの立ち上がり、3 m 先までの歩行、椅子への着座までの所要時間（秒）の実測値の測定を Podsiadlo ら¹⁷⁾の方法を用いて実施した。

上記 3 つの検査において得られた実測値をバランス能力の評価とした。また、各検査について事前に参加者に「自分がどの程度できるか」を予測させ、予測値と実測値との差の絶対値を算出し、それぞれ FRT 誤差、最大一歩幅誤差、TUG 誤差として身体能力認知誤差の評価とした。

誤差の算出式は以下の通りである。

$$\text{身体能力認知誤差} = |\text{予測値} - \text{実測値}|$$

Pre および介入後（以下、Pos）の誤差を比較し、変化量は以下の式で算出した。

$$\text{変化量} = \text{Pos 値} - \text{Pre 値}$$

したがって、変化量が負の値を示す場合、誤差が縮小した＝改善したことを意味する。測定は左右（TUG を除く）2 回行い、平均値を測定値として採用した。

3) 感覚識別性の評価

感覚識別性の評価には「指あわせ試験」を用いた。被験者は立位で正中に設置した透明ボードに向かい、右示指で前方のボードをタッチ。次に目を閉じた状態で、左示指を右示指の位置に合わせるように移動させる。柳瀬ら⁹⁾の方法に従い、両指の距離を測定し、左右 2 回ずつの測定値の平均を用いた。Pre 値から Pos 値の変化量を算出した。

4. 統計解析

各指標の Pre および Pos の変化量について、両群間で比較を行った。正規性については Shapiro-Wilk 検定を用いて確認し、正規分布を示さなかった場合は Mann-Whitney の U 検定、正規分布を示した場合は対応のない *t* 検定にて群間比較を行った。すべての統計解析には R（version 4.5.0, R Core Team, 2025）¹⁸⁾ を使用し、有意水準は 5 % 未満とした。

5. 倫理的配慮

本研究は群馬医療福祉大学研究倫理審査委員会の承認（承認番号：20A-15）を得て、指針に従い実施した。

III 結果

研究開始時点で 30 名が参加を希望したが、体調不良により計測を辞退した 2 名を除外し、最終的に 28 名を分析対象とした（図 1 参照）。ベースラインの年齢、性別、転倒歴、運動習慣、FES などの変数について、介入群と対照群の間に有意差は認められなかった（表 1）。

表 1 分析対象者の属性および転倒リスク因子の状況

項目		介入群 (n = 14)	対照群 (n = 14)	<i>p</i> 値
年齢 (歳)	mean ± SD	77.4 ± 3.3	74.9 ± 6.1	0.203 n.s
年齢 (人数)	80 歳未満	10	11	1.000 n.s
	80 歳以上	4	3	
性別 (人数)	男	3	3	1.000 n.s
	女	11	11	
転倒歴 (人数)	あり	3	1	0.596 n.s
	なし	11	13	
運動習慣 (人数)	あり	14	12	0.481 n.s
	なし	0	2	
FES (点)	mean ± SD	96.5 ± 20.2	95.8 ± 34.0	0.662 n.s

表2 2群間における身体能力認知誤差（プログラム前後の変化量）の比較結果（ $n=28$ ）

項目	介入群 ($n=14$)	対照群 ($n=14$)	統計量	p 値	効果量 (d または r)
FRT誤差（右手）[cm]	-0.7 ± 3.5	-2.7 ± 4.8	$T(26) = 1.283$	0.275 n.s	0.421 (Cohen's d)
FRT誤差（左手）[cm]	-0.4 ± 1.4	-2.4 ± 4.0	$T(26) = 1.768$	0.095 n.s	0.688 (Cohen's d)
最大一歩幅誤差（右足）[cm]	-2.0 ± 4.1	1.8 ± 4.9	$T(26) = -2.233$	0.034*	-0.843 (Cohen's d)
最大一歩幅誤差（左足）[cm]	-0.2 ± 4.9	-0.2 ± 6.2	$T(26) = -0.029$	0.977 n.s	-0.010 (Cohen's d)
TUG 誤差 [秒]	$-0.3 (-0.6 \text{ to } 0)$	$-0.5 (-0.9 \text{ to } -0.1)$	$U = 110$	0.597 n.s	0.180 (r)

* $p < 0.05$, n.s : not significant

各指標のプログラム前後の変化量の群間比較。値は平均値 $\pm$ 標準偏差または中央値（四分位範囲）を併記。
正規性に応じて対応のない t 検定または Mann-Whitney U 検定を用いた。

表3 2群間におけるバランス能力と感覚識別性の評価（プログラム前後の変化量）の比較結果（ $n=28$ ）

項目	介入群 ($n=14$)	対照群 ($n=14$)	統計量	p 値	効果量 (d または r)
FRT（右手）[cm]	$-1.3 (-2.9 \text{ to } 2.0)$	$-3.5 (-4.4 \text{ to } -1.1)$	$U = 132$	0.135 n.s	2.010 (r)
FRT（左手）[cm]	-1.3 ± 3.2	-1.8 ± 3.1	$T(26) = 0.393$	0.698 n.s	0.148 (Cohen's d)
最大一歩幅（右足）[cm]	0.1 ± 7.2	1.5 ± 9.2	$T(26) = -0.435$	0.668 n.s	-0.164 (Cohen's d)
最大一歩幅（左足）[cm]	1.0 ± 7.0	3.9 ± 9.1	$T(26) = -0.966$	0.343 n.s	-0.364 (Cohen's d)
TUG 誤差 [秒]	-0.3 ± 0.4	-0.3 ± 0.5	$T(26) = 0.096$	0.924 n.s	0.036 (Cohen's d)
指あわせ試験（右）[cm]	-0.2 ± 1.5	1.0 ± 1.6	$T(26) = -2.211$	0.038*	-0.821 (Cohen's d)
指あわせ試験（左）[cm]	0.0 ± 1.1	-0.1 ± 1.6	$T(26) = 0.306$	0.762 n.s	0.115 (Cohen's d)

* $p < 0.05$, n.s : not significant

各指標のプログラム前後の変化量の群間比較。値は平均値 $\pm$ 標準偏差または中央値（四分位範囲）を併記。
正規性に応じて対応のない t 検定または Mann-Whitney U 検定を用いた。

身体能力認知誤差の結果を表2に示す。最大一歩幅（右足）の誤差は、介入群（ -2.0 ± 4.1 cm）は対照群（ 1.8 ± 4.9 cm）に比べ、有意に誤差が小さくなった（ $p = 0.034$ ）。その他の項目においては、統計的に有意な差は認められなかった。

バランス能力の評価、感覚識別性の評価結果を表3に示す。指あわせ試験において、介入群（ -0.2 ± 1.5 cm）は対照群（ 1.0 ± 1.6 cm）に比べ、距離が有意に短縮し、感覚識別性が改善された（ $p = 0.038$ ）。

IV 考察

1. 本対象者の基本属性および転倒危険因子の状況

本研究の対象者は、年齢、転倒歴、運動習慣などの面からみて、転倒リスクが比較的低いとされる集団であった。FESの値からも、自己の身体能力に対する過大評価・過小評価の傾向は少ないと考えられ、安定した集団であったと推察される⁶⁾。また、介入群と対照群のベースライン特性に有意差はなく、両群間の比較は妥当であると考えられる。

2. 本プログラムが身体能力認知誤差に及ぼす影響

本プログラムは、体幹・上下肢・眼球運動・手指・足指を含む全身運動を組み合わせ、身体能力認知精度と感覚識別性の両面にアプローチする構成であった。

まず、全身的な効果として、複数部位を組み合わせた介入により、最大一歩幅の認知誤差の縮小が示された。この結果は、単一部位への介入ではなく、全身の感覚・運動・認知機能を統合的に刺激する構成が寄与したと考えられる。

次に、下肢に関する結果として、右足の最大一歩幅における身体能力認知誤差は介入群で有意に縮小した。この背景には、繰り返しの運動経験による自己認識精度の向上が考えられる。先行研究では、下肢の長さや可動範囲に対する正確な身体の自己認識が、歩行や踏み出し動作における運動の予測精度に関連することが示唆されている¹⁰⁾。本プログラムに含まれる繰り返しの視覚課題や眼球運動課題は、視覚・固有受容覚の統合を促し、姿勢制御機能の強化にも寄与した可能性がある。ただし、本研究では空間認知を直接評価していないため、因果関係は明確ではない。

一方、左足では有意な変化がみられなかった。これは、①対象者の多くが右利きで非利き足の運動習慣が十分でなかったこと、②介入期間が1か月と短かったこと、③課題特性が非利き足の踏み出し動作に十分な刺激を与えなかったこと、④安全性を重視した測定により、心理的負荷が影響したことなどが考えられる。これらは推測に留まるため、今後は長期介入や非利き足に焦点を当てた課題設定の工夫が望まれる。

続いて、上肢に関する結果として、FRTにおける身体能力認知誤差は有意な改善を示さなかった。本研究プログラムでは上肢を含む全身的な課題を行ったが、FRTは前方到達動作の予測を求める課題であり、上肢の感覚識別性や巧緻性よりも、体幹や下肢の安定性およびバランス制御能力に強く依存することが報告されている¹⁵⁾。このため、上肢の感覚識別性の改善がFRTの認知誤差に反映されにくかった可能性がある。なお、本研究では多変量解析を行っていないため、解釈には慎重さが求められる。

さらに、手指に関する結果として、指あわせ試験の改善が認められた。この改善は、手指の位置覚課題や眼球運動課題を含む複合的な刺激により、感覚識別性が強化されたと考えられるが、因果関係は不明である。

最後に、眼球運動課題は視覚情報処理と空間認知を統合する役割を持ち、全身運動や手指課題との組み合わせにより、より精緻な感覚識別性を促した可能性がある。この点は、先行研究で眼球運動が認知機能やバランス能力に影響することが報告されている¹²⁾こととも整合するが、直接的な評価は行っていないため、さらなる検証が必要である。

認知誤差の縮小は、自己の身体能力をより正確に把握できるようになったことを示す。本結果は、自己認識精度の向上を通じて転倒回避行動の適切化に寄与する可能性があるが、この関連性を確認するには追加研究が求められる⁸⁾。

一方、FRTやTUGなど他の評価指標で有意差が確認されなかった。これは、介入期間が1か月と短かったこと、対象者数が限られたこと、さらにFRTやTUGが上肢・体幹の協調性や動作速度を反映するため、改善が顕著に表れるにはより長期的な介入が必要である可能性がある。また、標準化されたバランス評価（FRT、最大歩幅、TUG等）におけるパフォーマンスやその自己認識精度の改善を短期間で鋭敏に捉えるための指標の感度や、臨床的に意味のある最小臨床重要差（MCID）が本対象集団で未確立である点も課題である。今後は、より感度の高い指標や長期的な追跡を通じて、本プログラムの効果を検証することが望まれる。

ラムの効果を検証することが望まれる。

3. 転倒回避行動との関連

先行研究では、認知誤差が大きい高齢者は障害物回避や段差昇降時に不適切な動作選択を示す傾向が報告されている⁸⁾。また、牧迫らは、注意分配機能や実行機能の低下が転倒リスクを増大させることを指摘しており、転倒回避行動の背景には認知機能の関与があることを示唆している¹⁹⁾。さらに、世界保健機関（WHO）の報告でも、行動要因（転倒回避行動の不足、注意分配の低下）が転倒リスク要因として重要視されている⁷⁾。

今後は、認知誤差の縮小が実際に転倒回避行動の改善につながるかを検証するため、障害物回避課題や二重課題歩行など、回避行動を定量化する指標²⁰⁾、例えば二重課題歩行テスト（DTGT）や障害物乗り越えテスト（OCT）を導入し、関連性を検討する必要がある。これにより、転倒予防に役立つ知見が強化されると考えられる。

4. 本プログラムの継続性と今後の課題

本研究では脱落者ゼロで全対象者がプログラムを完遂しており、継続のしやすさという点で本プログラムの有用性が示された。ただし、感覚識別性への介入を通じた身体能力認知誤差の改善を目的とする本プログラムは、頻度・期間・内容の調整が必要である。さらに、年齢や身体機能の異なる対象者への適応性についても検討が求められる。

本研究の限界として、前橋市内の老人福祉センターに通う自立高齢者を対象とした比較的限定的な集団で実施されたため、得られた結果の一般化可能性（generalizability）には一定の制約がある。他地域の高齢者や要介護認定者、施設入所者、重度の感覚障害や運動機能低下を有する集団においても同様の効果が得られるかは不明である。参加者は自己選択で研究に参加しており、質問紙調査の結果から、週2回以上の運動習慣を有する者が多く、比較的活動的な生活を送っている可能性がある。このため、選抜バイアスの影響を否定できず、今後はより多様な生活背景や身体特性を有する高齢者を対象にした追加研究が必要である。

さらに、本研究では介入者と評価者が非盲検であったこと、対象者数が少なく統計的検出力が限定的であったことなどから、他の集団に対する再現性や外的妥当性を検証するには、より大規模かつ厳密な研究デザインの導入が必要である。今後は、複数地域にわたる多施設共同研究や、異なる介入形式（例：オンラインや個別指導形式）との比較を通じて、本プログラムの一般化可能性を高めるための検証が不可欠である。

V 結論

本研究では、身体能力認知誤差および感覚識別性に着目した全身的な転倒予防プログラムを開発し、地域在住高齢者を対象にその効果を検証した。その結果、最大一歩幅における身体能力認知誤差および指あわせ試験による感覚識別性の改善が確認され、従来の運動機能改善に加え、感覚・認知機能への包括的な介入が有効である可能性が示唆された。さらに、感覚識別性の向上が認知誤差の縮小に関連する可能性も示唆された。

一方で、FRT や TUG など他の評価指標では有意差が認められず、短期介入や評価指標の感度の課題が残ることが明らかとなった。今後は、長期的な介入、転倒回避行動を含む多面的な評価指標の導入、MCID の設定を通じて、臨床的意義を明確化し、より実用的な転倒予防モデルの構築を目指す必要がある。

VI 利益相反

本研究のすべての著者において、申告すべき事項はない。

VII 謝辞

本研究の実施に協力いただいた前橋市内の2つの老人福祉センターの利用者およびスタッフの方々に感謝する。なお、本研究は、令和3年度日本健康アカデミー健康知識・教育に係る公募助成および令和3年度群馬医療福祉大学の個人研究費の支援を受けて実施した。

● 参考文献

- 1) 総務省. 介護の状況. 国民生活基礎調査 23-27, 2022.
- 2) 武藤芳照ほか. 転倒予防白書 2023. 日本医事新報社, 東京, 2023.
- 3) Lauren D, et al. Interventions for preventing falls and fall-related fractures in community-dwelling older adults : A systematic review and network meta-analysis. *J Am Geriatr Soc.* 69 (5) : 1101-1111, 2021 ; doi : 10.1111/jgs. 17375.
- 4) Shubert TE. Evidence-Based Exercise Prescription for Balance and Falls Prevention-A Current Review of the Literature. *J Geriatr Phys Ther.* 34 (3) : 100-108, 2011.
- 5) 宮寺亮輔. 高齢者の身体能力認知誤差の要因および転倒リスクに与える影響. 国際医療福祉大学博士論文, 2019. Available from : <https://iuhw.repo.nii.ac.jp/records/1003>.
- 6) 榎本妙子ほか. 地域在住自立高齢者における転倒リスクの関連要因とその性差 : 亀岡スタディ. *日本公衆衛生雑誌.* 62 (8) : 390-401, 2015.
- 7) Montero-Odasso, et al. World guidelines for falls prevention and management for older adults : a global initiative. *Age Ageing.* 51 (9) : afac205, 2022. doi : 10.1093/ageing/afac205.
- 8) Sakurai R, et al. Self-estimation of step-over ability in older adults : Relationship with physical function and risk of falls. *Archives of Gerontology and Geriatrics.* 56 (2) : 311 - 316, 2013.
- 9) 柳瀬由起子ほか. 「指あわせ試験」の再現性の検討. *理学療法科学.* 23 (5) : 557-560, 2008.
- 10) Goble DJ, et al. Proprioceptive sensibility in the elderly : degeneration, functional consequences and plastic-adaptive processes. *Neurosci Biobehav Rev.* 33 (3) : 271-278, 2009.
- 11) Ziyin L, et al. Balancing sensory inputs : somatosensory reweighting from proprioception to tactile sensation in maintaining postural stability among older adults with sensory deficits. *Front Public Health.* 11 : 1165010, 2023. doi : 10.3389/fpubh.2023.1165010.
- 12) Zhang Y, et al. The Effects of Eye Exercises on Eye-Hand Coordination, Cognitive Functions and Balance Ability of the Elderly : A Randomized Controlled Trial. *Frontiers in Aging Neuroscience.* 22 (10) : 1183452, 2023. doi : 10.3390/ijerph22101564.
- 13) 河野奈美ほか. NK-K 運動 (Natural Keep for good posture and Knowledge of your condition by yourself) の紹介とその実践状況について. *オステオポローシス・ジャパン.* 14 (1) : 100-101, 2006.
- 14) 深澤俊行ほか. 手足の位置感覚訓練. 多発性硬化症の情報サイト. <https://www.healthcare.novartis.co.jp/multiplesclerosis/life/rehabilitation/limb-position-training>. [閲覧日 : 2025 年 3 月 31 日].
- 15) Duncan PW, et al. Functional reach : predictive validity in a sample of elderly male veterans. *J Gerontol.* 47 (3) : 93-98, 1992.
- 16) 岡田真平ほか. 農村在住高齢者の移動能力・バランス能力とその関連事項に関する考察 : 北御牧村研究. *身体教育医学研究.* 2 (1) : 13-20, 2001.
- 17) Podsiadlo D, et al. The Timed "Up & Go" : A Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. *J Am Geriatr Soc.* 39 (2) : 142-148, 1991.

- 18) R Core Team. R : A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2025. Version 4.5.0. Available from : <https://www.R-project.org/>.
- 19) 牧迫飛雄馬. 高齢者の認知・精神機能と転倒リスク. 日本転倒予防学会誌. 3 (3) : 5-10, 2017.
- 20) Mohanmmad J, et al. Effectiveness of dual-task exercise in improving balance and preventing falls among older adults : systematic review with meta-analysis and meta-regression. Aging Clinical and Experimental Research. 16 : 41152559, 2025 ; doi : 10.1007/s41999-025-01328-3.

Original

The Effect of A Fall-Prevention Program Focusing on Motor-Ability Perception Errors and Sensory Discrimination : A Randomized Controlled Trial

Ryosuke MIYADERA¹⁾ Akihiko MURAYAMA²⁾ Atsuhiko TAGUCHI³⁾
Tomoharu YAMAGUCHI²⁾

1) Department of Occupational Therapy, Faculty of Graduate School of Human Health Sciences, Tokyo Metropolitan University

2) Faculty of Rehabilitation, Gunma University of Health and Welfare

3) Faculty of Social Welfare, Gunma University of Health and Welfare

Abstract

[Objective] This study aimed to verify the short-term effectiveness of a comprehensive whole-body fall-prevention intervention focusing on motor-ability perception errors and sensory discrimination among community-dwelling older adults. The motor-ability perception error was defined as the discrepancy between an individual's predicted performance before movement and the actual measured value. Sensory discrimination was defined as the ability to accurately identify the position and distance between body parts. Because impaired sensory discrimination may lead to inaccurate movement prediction and increased perception errors, this study examined whether improving sensory discrimination contributes to reduced motor-ability perception errors.

[Methods] Twenty-eight community-dwelling older adults aged ≥ 65 years who attended a senior welfare center in Gunma Prefecture were randomly assigned to an intervention group ($n = 14$), which received a whole-body sensory-motor intervention program focusing on perception error and sensory discrimination, or a control group ($n = 14$), which performed standard fall-prevention exercises for one month. Motor-ability perception error was calculated as the difference between predicted and actual performance in maximum step length, Functional Reach Test (FRT), and a timed up-and-go test (TUG). Sensory discrimination was evaluated using a finger-to-target test.

[Results] Maximum step-length misperception significantly improved in the intervention group compared to the control group ($p = 0.034$). Sensory discrimination also improved significantly ($p = 0.038$). Improvements in FRT and TUG errors did not reach statistical significance. All participants completed the program without dropping out or experiencing adverse events.

Conclusion : This comprehensive whole-body intervention improved movement prediction accuracy and sensory discrimination, suggesting its potential to reduce fall risks. It was also feasible and safe to implement within a short period. Further studies with longer follow-up periods, larger sample sizes, and multidimensional outcomes are required.

Keywords

Fall prevention, motor-ability perception error, sensory discrimination, community-dwelling older adults, randomized controlled trial

Corresponding author : Ryosuke MIYADERA, Department of Occupational Therapy, Faculty of Graduate School of Human Health Sciences, Tokyo Metropolitan University
7-2-10, Higashiogu, Arakawa-ku, Tokyo 116-8551, Japan
TEL : +81-3-3819-1211(Main), Ext.465 E-mail : miyadera@tmu.ac.jp
Received : October 1, 2025 Accepted : December 16, 2025