

平成 21 年 6 月 3 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2009 年度

課題番号：19530505

研究課題名（和文） 認知機能を改善する歩行運動プログラムの開発と実用化に関する研究

研究課題名（英文） Development and practical application of a walking program which improves the cognitive function

研究代表者

大島 寿美子(OSHIMA SUMIKO)
北星学園大学 文学部 准教授
研究者番号：60347739

研究成果の概要：

「ふまねっと運動」という歩行運動プログラムを開発し、1) この運動の認知機能の改善および認知症の予防の効果を明らかにする研究と、2) 歩行機能と中枢神経の運動調節機能の改善に関するエビデンスを明らかにする研究を行った。また、この運動プログラムを実用化するために、3) 病院や施設の職員を対象に指導者の養成、教材の開発を行った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
19年度	2,300,000	690,000	2,990,000
20年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：社会福祉学

科研費の分科・細目：社会学・社会福祉学

キーワード：高齢者福祉、運動療法、認知症予防、歩行機能、認知機能、ふまねっと運動

1. 研究開始当初の背景

認知症や介護予防への対策の緊急性が高まる中で、高齢者福祉施設の現場では、有効な運動プログラムの導入と実用化で悩んでいる現状が見受けられる。既存の運動プログラムの中には、導入のために高額な設備投資と職員の長時間の専門的研修が必要となるものがあり、小規模の民間福祉施設にとって、負担しなければならないコストが大きい。

現在求められているのは、高齢者が長期

間継続可能で、転倒予防や認知症予防、あるいは廃用性症候群予防に効果があり、現場職員の負担を軽減することができ、導入するための経費や訓練を多く必要とせず、運動効果の客観的測定と分析が容易であり、高齢者の関心や意欲を高め自信を回復させる力を持つ運動プログラムである。こうした条件を満たす運動プログラムが開発され、速やかに現場に導入されることが、介護保険制度の実績を上げることにつながる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、認知症の予防や改善に効果があり、高齢者が参加しやすく継続が容易で、指導する職員の負担が軽くて楽しい歩行運動プログラム「ふまねっと運動」を開発し、1)このふまねっと運動の認知機能の改善や認知症の予防効果に関するエビデンスを明らかにすることと、2)歩行機能と中枢神経機能の運動調節の改善に関する効果を明らかにすることにある。また、3)この運動プログラムを施設などの現場に取り入れて実用化するための教材を開発した。

本研究では、まず第一に、新しく開発した歩行運動プログラムの歩行機能の改善効果と認知機能の改善効果のエビデンスを検証した。そして、第二に、各施設の現場において、この歩行運動プログラムをどのような頻度や指導法で実施するかをマンパワー及びコストの両面から検討し、実用化のための具体的なマニュアルを作成した。

【開発を行った歩行運動プログラム「ふまねっと」の概要】

本研究代表者らが新しく開発した運動プログラム「ふまねっと」は、床に50センチ四方のマス目でできた大きな網を敷き、この網を「ふまないように歩く」運動である。高齢者の多くは足を引きずるようにして歩くので、この網の上を歩く時に、網を踏んだり足にひっかけたりしやすい。そのため、高齢者には、この網をふまないように気をつけて「またぐ」動作が必要となる。高齢者がこの網をまたぎこそうとして片足を上げる時、その片足の滞空時間は通常の歩行よりも長くなり、また、網を踏まないように足をおろす位置を探して「慎重に」おろすので、集中力や注意力が必要となる。

したがって、このふまねっとは単なる反復筋運動ではなく、足元の網をよく「見る」

足をおろす場所を「計算する」、足を網に引っかけないように「注意する」などの高次中枢機能が必要となる歩行運動プログラムである。

これまでの研究で、身体に与える負荷が軽度であるため、一日の合計歩数が数十～数百歩程度の要介護認定者や杖歩行、車いす常用者が行っても、短期間でバランスが安定し、歩幅が広がり、足が高く上がるように歩行機能が改善することが明らかとなった。本研究代表者らは、北海道内の施設において、過去2年間にわたり健常者から要介護認定を受けた高齢者まで、延べ4千人以上を対象に、この歩行運動プログラム「ふまねっと」を試験的に実施してきた。これまでのところ、この歩行運動プログラムを行った高齢者の中で、転倒したものは一人もでておらず、安全性は極めて高いと考えられる。

現在、この歩行運動プログラム「ふまねっと」は、北海道釧路市のNPO法人によって普及促進が行われており、北海道内の市町村や民間の高齢者福祉施設など20ヶ所以上においてデイサービスなどで運動機能向上プログラムとして取り入れられている。

3. 研究の方法と結果

(1) 認知機能の改善効果のエビデンス

研究方法1

札幌市内の数カ所の老健施設において、早期(軽度)の認知症高齢者約50名を対象に、本人および家族から研究承諾を書面ですとった上で、本研究で開発した新しい歩行運動プログラム「ふまねっと運動」を約60分、毎週1回3ヶ月間行った。実施期間は、平成19年8月から11月である。

運動機能は、timed up and goテストで評価した。認知機能は、MMSEと仮名ひろいテストを利用して評価した。この他に、運動調節機能、バランス機能の改善と認知機能との関係を見るために、加速時計を用いて歩行中の重心移動や揺らぎを計測するための装置を開発して歩行中の前後左右上下の揺れを計測した。計測は、運動プログラムの実施の前後、および中間に合計3回行った。

平成19年8月から11月にかけて、介護老人保健施設サンビオーズ新琴似の通所利用者約50名を対象に、「ふまねっと参加群(介入群)」約20名と、「ふまねっと不参加群(コントロール群)」約20名の2グループを作成した。「参加群」は毎週1回、60分から90分程度の歩行運動プログラム「ふまねっと運動」を実施した。「不参加群」は、同じ時刻に行われるその他のレクリエーションに参加した。

「参加群」、「不参加群」とともに、ふまねっと運動実施前後でMMSEを行い得点を記録した。毎回行われるふまねっと運動はDVDビデオカメラで録画され、ふまねっと運動プログラムの進行状況と歩数、歩行機能の改善などの確認に使用した。

結果1

「認知機能の改善効果」

ふまねっと運動を実施したグループでは、歩幅、タイム、歩数などに現れる歩行機能は6週間で6%～10%の有意な改善が認められた。3ヶ月間の運動プログラム終了後、認知機能については、有意な改善が認められなかったが、運動に参加していたグループは、参加していないグループに比べ、認知機能の低下が小さかった。認知機能の低下については、両グループの間に有意さが認められ、ふまねっと運動を行っていないグループは有意に

低下していた。このことから、歩行運動プログラム「ふまねっと」は、歩行機能の改善と認知機能の低下を予防する効果が期待できることがわかった。

実験期間の前後において、「参加群」と「不参加群」の両群とも MMSE の得点が低下していることがわかった。しかしながら、低下の割合は、「不参加群」が 5.00%であるのに対して、「参加群」は -1.39%と少なかった。ノンパラメトリック検定を行った結果、対応のあるウィルコクサン符号付順位検定で「不参加群」は、実験期間前後で、MMSE の得点が有意に減少していることがわかった。

また、実験開始時に MMSE の得点が 23 点以上であった被験者の得点変化を両群で区別すると、「不参加群 MMSE23 点以上」が 5.92%低下していたのに比べ、「参加群 MMSE23 点以上」の低下は 0.0%であり、ほとんど低下していなかったことが明らかとなった。

(2) 歩行機能と中枢神経調節の改善効果

概要

この研究は、共同研究者である小池、山田によって行われた。

神経-筋系機能の低下が原因である高齢者歩行の転倒予防の手段として着地面を規定する網目状路面での歩行訓練法（ふまねっと）を行った。本研究の目的は、高齢者歩行時の全身の動的安定性がこのふまねっと運動を通じて変化するかを検証することである。3ヶ月間のふまねっと運動を実施した群 17 名と対照群の 15 名の計 32 名の高齢者に 3m 往復歩行試技をふまねっと運動実施前、実施途中、終了後の計 3 回行わせ、その際に重心周りで生ずる 3 軸 (X,Y,Z 軸) の加速度を腰部に装着した加速度計を用い測定した。

加速度は矢状 (XZ) 面、前額 (YZ) 面、水平 (XY) 面の各面上の位相波形へ区分し、各面の定性的評価はフラクタル次元の変化から身体全体の動的な安定性を評価した。ふまねっと運動の効果は XY 面で見られ、フラクタル次元は運動実施前と実施中より有意に増加した。この結果は、ふまねっと運動が神経-筋系の機能向上により歩行時の動的安定性を増加させることを示唆している。

方法 2

身体重心付近に装着した 3 次元加速度計の値から歩行運動中の全身の動的安定性を評価するため、3 次元方向へ直交する加速度の測定が可能な加速度計 (AS-10TB, Kyowa Inst. Co. Ltd., Tokyo) を用いた。歩行運動中の重心変動に伴う加速度変化がより厳密に測定できるよう、加速度計はショルダーバックに固定した。その固定に際し、外周を取り外したバックのノートパソコン収納用ポケ

ットにポケット幅と同じ幅のラワン材板 (A4 サイズ相当, 厚さ 10mm) を挿入し、加速度計の固有振動の発生を抑制できるようその板へ 3 本のネジで固定した。被験者へのバッグの装着時には、バッグと板、および加速度計の固有振動の発生を抑えられ、なおかつ身体重心高の位置に加速度計が限りなく近づけられるよう、両肩と腰のベルト長を調節した。

3 方向の加速度のうち一部の歩行試技区間の動作を解析対象の範囲とした。また、歩行中の両足の着地と離地を検出するために、足底部の爪先と踵に圧力センサ (FlexiForces, Nitta, Tokyo) を装着したスポーツサンダルを対象者に装着させた。このサンダルは足部の背部、踵部、踝周りに相当する位置にベルトがあるので、運動靴と同じような足部との厳密な固定が可能であった。この足圧信号は、主に歩行周期の区分で用いられたが、着地と離地の検出が困難となる場合があった。その際は、着地と離地が明確になった試技の圧力信号と加速度波形のデータの特徴を参考に、着地時の検出ができる計算プログラムを構築し、着地時のみを検出した。このプログラムによる着地時の検出精度は、足圧信号から得られる着地時に対して $97.89 \pm 0.08\%$ であった。それら加速度計と足圧センサより得られた信号は、A/D 変換器 (PCD-300A: 加速度, および PCD-320A: 足圧センサ, Kyowa Inst. Co. Ltd., Tokyo) を介して、パーソナルコンピュータに保存された。サンプリング周波数は 1000 Hz とした。

各試技実施中の歩行動作のデータは 3 台のデジタルビデオカメラ (30 fps: Sony Inc.) を用いて撮影した。各試技中の動作の軌跡を得るために左右両側の肩峰、大転子、膝関節、外果、踵、第 2 中足骨頭、第 5 中足骨頭に反射マーカー (直径約 2 cm) を両面テープで貼り付けた。画像内の座標の抽出は Frame Dias II を用いて手動デジタイズで行った。映像座標から実座標への変換は 2 次元 DLT 法を用いて行った。得られた実座標はその後、Butterworth low-pass filter (遮断周波数: 10 Hz) を用いて平滑化した。

解析方法

歩行 1 周期分の加速度を抽出後、水平面 (XY 方向)、矢状面 (XZ 方向)、前頭面 (YZ 方向) 上で見られた加速度に分けた。これら 3 面の加速度の変化の特徴を定性的に明らかにするため、フラクタル解析を行った。フラクタルとは自己相似性を意味し、対象物の空間における複雑性の特徴を定性的に説明できる指標である。信号の時間的特徴の記述では、白色ノイズとブラウン運動と比較することで行える。信号のフラクタル次元が 1 未満の場合には白色ノイズへと近づき、1 の場

合には $1/f$ ゆらぎと同じであり、1 以上の場合にはブラウンノイズに近づく。実際にコンピュータ上でデータのフラクタル次元を算出する場合には、ボックスカウント法が用いられる。この方法とは、図 2 に示すように信号を長さ d の正方形で区切ると、データポイントを含む、または含まない正方形が現れる。その中で、データポイントが含まれる正方形の個数 $N(d)$ を数える。その後、この正方形の辺の長さを複数種類の d を用いて同様の作業を繰り返して個数を数え、それら d と $N(d)$ との両対数グラフ ($\log\text{-}\log$ 図) を作成し、両対数関係の回帰直線の傾きを最小二乗法から算出するとその絶対値がフラクタル次元となる。したがって、このフラクタル次元は d が小さいほど $N(d)$ の数が増えるので、その精度が高くなるのである。この方法は、地図に表記される道路を占める割合や道路の込み入り度から都市のフラクタル次元 (和栗ら, 2005) や、湖沿岸の形状の複雑性の判定 (水上, 2003) でも用いられ、前者では 2 km 四方の地図を 1 辺の長さ d の正方形に分割し、その道路のポイントが入る正方形 $N(d)$ から得られるフラクタル次元を用いることで都市構造の判読性を評価している。身体運動解析では、フラクタル次元が 1 未満の場合には、身体では神経系などで予測困難な活動が起こり、1 以上であると神経系で予測可能な活動が起こるといった説明がある (Duarte & Sternad, 2008)。したがって、本研究においても一見複雑に変化するように見える加速度波形の定性的な変化の評価と歩行訓練による高齢者の神経-筋系の変化が推測できると考え、ボックスカウントによるフラクタル次元を算出することとした。図 2 には加速度波形のフラクタル解析の一例を示す。図 2 A-D に示されるように平面上で見られる位相波形を様々な長さの正方形へ分割した。一辺の分割は 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 とし、データポイントが含まれる正方形数を数えた。その後、図 2E に示される、正方形の 1 辺の長さ d と正方形数の $\log\text{-}\log$ 関係を求め、最小二乗法を用いてフラクタル次元を表す直線の傾きを求めた。

これら解析によって得られたデータは、1 元配置分散分析 (one-way ANOVA) を用い、ふまねっと運動の効果を検定した。有意性が認められた場合には、Post-hoc test を実施し、3 試技間の有意性を検証した。対象者間の比較では対応の無い t -検定を行った。それぞれの検定では、有意水準は 5% 未満とした。

結果 2 と考察

歩行中の着地位置を規定する網目状路面を形成する「ふまねっと」を用いた歩行運動プログラムを 3 ヶ月間行うことで、中枢 未

梢筋運動調節機能の改善と高齢者の歩行中の全身の動的安定性が向上するかを検討した。

その結果、水平面上の加速度信号で、3 ヶ月間のふまねっと運動実施後のフラクタル次元が、実施前と実施中より有意に高くなることを明らかにした。特に、フラクタル次元が 0.95 から 0.97 へと 1 に近づいたことが確認された。フラクタル次元が 1 未満の場合、白色ノイズへ近づく。この場合、身体では特に神経系において、予測不可能な活動が起こることが考えられている。フラクタル次元が 1 の場合には $1/f$ ゆらぎと同じとなり、神経系では固有のリズムで活動する。一方のフラクタル次元が 1 以上の場合、ブラウン運動またはブラウンノイズへ近づき、神経系では予測可能な神経活動が生ずる。Duarte and Sternad, (2008) は、若年者と高齢者の長時間立位姿勢時の圧力中心変位のフラクタル次元を比較し、高齢者の圧力中心がほとんど一定の場所を中心に位置するのに対し、若年層の圧力中心は時間単位で中心位置が変化しており、その変化が躍度の発生によって起こること、それらのフラクタル解析より高齢者のフラクタル次元は若年者のそれよりも低いことを報告している。この圧力中心の群間の特徴は、姿勢を動揺させる外乱への対応能力の差を繁栄していると考えられる。確かに、姿勢を動揺させる外乱には、身体外部から作用する外乱だけでなく、身体内部の心活動や血流などの内力があり、身体はそれらに対応できる運動機能を持つ (e.g., Masani et al., 1999)。高齢者の場合には、これら外乱への神経-筋系による対応能力が、若年層より低下しているために、一定の位置で保持しようとしているのだと考えられる。我々の結果は、着地時に外力が作用するという立位姿勢よりも動的な状態に置かれる歩行運動時の重心動揺の結果から、高齢者の重心動揺が外力によって動揺されやすいこと、さらにその外力への対応能力がふまねっと運動によって高まることを示唆する。

これに対し、阿部ら (2006) は水平面上の地面反力から得られる加速度に関して、立位姿勢保持時の変動が歩行時の変動に関連すると報告している。彼らは、小脳が持つ誤差修正機能が高齢者の歩行や立位を司る神経機構が相互に関わるという報告 (Morton and Bastian, 2003) を土台に、歩行と立位姿勢の姿勢制御に共通した神経系の関与の可能性を示唆している。また、この動的な安定性の保持への小脳による誤差修正能力の関与の可能性は、ふまねっと運動による動的安定性の向上の要因を説明すると考えられる。それは、この運動で必ず行う運動課題であるネットを跨ごうとする動作が瞬間的に片脚で立つ局面を生みだし、それが重心の前後左右方

向への不規則な動揺を誘発する状況を作りだすために、それを減少できるような神経-筋系の機能が高められている可能性である。片足で立脚することで身体全体の安定性はその局面だけ低下するが、その繰り返しによって、バランスの保持能力が向上したと予想される。

要約すると本研究では、着地面を規定する網目状路面を形成する「ふまねっと」を利用した歩行運動プログラムを通して、高齢者の歩行中の全身バランスを評価する重心の動的安定性が向上するかを検討するために、3ヶ月間のふまねっと運動を行う高齢者の腰部に装着させた加速度計から得られた3m往復歩行試技実施中の3平面の加速度位相波形のフラクタル次元を求め、その運動開始前後および期間中のフラクタル次元を比較した。有意な増加が認められたのはXY平面(水平面)の加速度の位相のみであり、運動実施後の値が実施中および実施前よりも有意に大きかった。これらの結果は、ふまねっと運動が身体全体の動的安定性を向上させる上で有効な方法となる可能性を示唆する。

4. 研究成果

本研究で開発した「ふまねっと運動」を老健施設の通所利用者を対象に3ヶ月間にわたって実施した。期間の前後において、「参加群」と「不参加群」の両群ともMMSEの得点が低下していることがわかった。しかしながら、低下の割合は、「不参加群」が5.00%であるのに対して、「参加群」は1.39%と少なかった。ノンパラメトリック検定を行った結果、対応のあるウィルコクサン符号付順位検定で「不参加群」は、実験期間前後で、MMSEの得点が有意に減少していることがわかった。

また、実験開始時にMMSEの得点が23点以上であった被験者の得点変化を両群で区別すると、「不参加群 MMSE23点以上」が5.92%低下していたのに比べ、「参加群 MMSE23点以上」の低下は0.0%であり、ほとんど低下していなかったことが明らかとなった。

今回の研究で、ふまねっと運動プログラムは、認知機能が低下傾向にある通所施設利用者の認知機能テストMMSEの得点を改善するまでには至らなかったが、その低下の速度を抑制する効果がある可能性を明らかにすることができた。

また、この歩行運動プログラムには、中枢神経の運動調節機能の改善による歩行機能の改善効果があることが明らかとなった。老健施設の通所利用者を対象に3ヶ月間のふまねっと運動を実施し、腰部に装着させた加速度計から得られた3m往復歩行試技実施中の3平面の加速度位相波形を計測し、運動開始前後および期間中のフラクタル次元を比較

分析した。その結果、XY平面(水平面)の加速度の位相で有意な増加が認められた。運動実施後の値は、実施中および実施前よりも有意に大きかった。

以上のことより、本研究で開発した「ふまねっと運動」には、身体に与える負荷が軽く、少ない運動量で、認知機能の低下予防効果が期待でき、また、中枢神経の運動調節機能の改善による歩行機能の改善効果が認められることが明らかとなった。

本研究の成果として、このふまねっと運動の実用化を進めることができた。本研究では、高齢者福祉施設や各種病院における転倒予防プログラムをかねた認知症予防プログラムとして導入できるようふまねっと運動の理論と指導方法に関する教材を開発した。すでに、北海道内及び全国の一部の施設で導入と利用が始まっている。また本研究のもう一つの成果として、このふまねっと運動の実用化を進めることができた。本研究では、高齢者福祉施設や各種病院における転倒予防プログラムをかねた認知症予防プログラムとして導入できるようふまねっと運動の理論と指導方法に関する教材を開発した。

本研究で開発したふまねっと運動とその指導方法のマニュアルを基に、北海道内及び全国の一部の施設で利用が始まっている。普及に関わる講習を担うNPO法人を設立し、本研究の代表者と連携して研究成果の社会的還元を進めることができた。

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 4件)

1)北澤一利「介護予防運動の「量」から「質」への転換～「ふまねっと運動」の理論と指導法」、『デイケア実践研究』、11巻、39-48頁、2008年

2)北澤一利、尚和里子、鍵市篤史、松崎瑞穂、大島寿美子「歩行機能改善と転倒予防にふまねっと運動をおすすめします」、『精神看護』、11巻、68-77頁、2008年

3)北澤一利、尚和里子、鍵市篤史、松崎瑞穂、大島寿美子「WalkからWorkへふまねっと運動の出自と理念について」、『看護学雑誌』、72巻、870-880頁、2008年

4)北澤一利、尚和里子、鍵市篤史、松崎瑞穂、大島寿美子「特集 CD付録 転倒予防に劇的效果!「ふまねっと運動」実践集」、『精神看護』、12巻、1-8頁、2009年

5)小池貴行、花光政和、山田憲政、「着地面を規定する網目状路面での歩行訓練を通じた歩行運動中の全身の動的安定性の変化」北海道大学教育学研究院の紀要第107号(2009年6月刊行予定)

〔学会発表〕(計 8件)

1)北澤一利、大島寿美子、田辺毅彦「ふまねっと運動プログラム」の新しい理念と今日の価値観について」、日本老年社会学会、平成19年6月15日、札幌市

2)大島寿美子、田辺毅彦、北澤一利 「ふまねっと運動プログラム」を利用した高齢者のプロモーション事業の可能性」、日本老年社会学会、平成19年6月15日、札幌市

3)尚和里子、大島寿美子、北澤一利、「認知症高齢者を対象としたふまねっと運動プログラムの開発」、日本認知症ケア学会、平成19年10月20日、盛岡市

4)松崎瑞穂、大島寿美子、北澤一利「北海道東部過疎地の住民主体の健康づくり活動を支える『ふまねっと運動』プログラム」、日本公衆衛生学会、平成19年11月14日、松山市

5)尚和里子、大島寿美子、北澤一利「北海道東部6市町村における住民主体の高齢者健康づくり活動の取り組み」、日本公衆衛生学会、平成19年11月14日、松山市

6)千葉拓磨、加勢雄志、北澤一利、大堀克己「老健施設通所利用者の認知機能低下を予防するふまねっと運動効果」、日本早期認知症学会、平成20年9月13日、高松市

7)北澤一利、大島寿美子、尚和里子「ふまねっと運動のデイケア利用者に対する認知機能低下予防効果について」、日本認知症ケア学会、平成20年9月28日、高松市

8)尚和里子、大島寿美子、北澤一利「北海道内の過疎地における住民主体の健康づくり支援に関する実践的研究」、日本公衆衛生学会、平成20年11月12日、福岡市

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

取得状況(計 件)

〔その他〕

6. 研究組織
(1)研究代表者

大島寿美子

(2)研究分担者

北澤 一利
北海道教育大学・釧路校・准教授

(3)連携研究者

山田 憲政
北海道大学・大学院教育学研究院人間発達科学分野・准教授