

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 13 日現在

機関番号：16401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2016

課題番号：25560286

研究課題名(和文) 易転倒方向の個人差分析機器開発とその有用性の実証

研究課題名(英文) Development of individual difference analysis equipment in the direction of easily falling over and demonstration of its usefulness

研究代表者

永野 靖典 (NAGANO, Yasunori)

高知大学・教育研究部医療学系臨床医学部門・助教

研究者番号：30380372

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：転倒の動的バランス評価としてFour Square Step Testが報告されているが、評価は4つの升目を2往復する時間測定のみである。我々は、移動動作を周囲8方向の動きに分解し、より時間のかかった方向を検出できる機器を開発した。更に、不得意な移動方向に特化したランダムな移動訓練も可能にした。25名の対象者に行った介入訓練の結果、転倒に繋がるよろめき頻度の減少、不得意な方向への移動時間の短縮、下肢筋力の向上が確認された。周囲8方向へのランダムな素早い荷重移動により下肢筋力や移動時間が向上したと推測された。下肢筋力は転倒リスクに最も影響しており、その向上がよろめきの減少に繋がった可能性がある。

研究成果の概要(英文)：Four Square Step Test (FSST) has been reported as a dynamic balance evaluation of falls. However, the FSST is only a time measurement that reciprocates four squares. We developed a device that can decompose moving motion in 8 directions around, such as front, back, left and right, and detect the direction which took longer time. In addition, this device can also perform random movement exercises specialized in a weak movement direction. As a result of intervention training conducted on 25 subjects, reduction of wobbling leading to falls, shortening of weak movement time, improvement of lower limb muscle strength was confirmed. It was inferred that the lower limb muscular strength and the weak movement time improved by random and rapid load transfer to the surrounding eight directions. Lower limb muscular strength has the greatest influence on fall risk, and its improvement may have led to a reduction in waving.

研究分野：人間医工学

キーワード：健康 福祉工学

### 1. 研究開始当初の背景

転倒転落・骨折の予防は、国際的に急務の課題である。そのため転倒予測は重要で、種々の評価法が国内外で発表され、感度・特異度が公表されている。STRTIFY、Fall Risk Assessment Tool、Berg Balance Scale、Elderly Fall Screening Test、Timed Up & Go Test、Functional Reach、5ステップテスト、継ぎ足位での立位保持など、転倒予測のスクリーニングテストが数多く報告されている。STRTIFY (Oliver:1997)感度 93%、特異度 88% や Fall Risk Assessment Tool (Schmid:1990) 感度 93%、特異度 78%は、両者とも有用な評価法ながら、入院患者を対象とした評価法である。それ以外の評価法は、評価項目が多く評価に時間を要し、感度・特異度が低いものが多い。今回、参考にした Four Square Step Test 2002<sup>1)</sup>は、評価項目は1つで、カットオフ値が 15 秒と評価時間が短く、感度 86%・特異度 88%と、スクリーニング検査として有用である。

我々は、「よさこい鳴子でステップ」というアミューズメント運動訓練機器(画面に出た「前」・「後」・「左」・「右」の文字の指示に従い、ステップを踏むことにより、運動を楽しく継続させる機器)を開発し、高齢者に応用してきた。この機器で健常高齢者 21 名(平均年齢 71.4 歳)に対し、1回 15 分、週 2 回の訓練を行い、12 週間続けた結果、UP & GO テスト、開眼単脚直立時間、重心動揺計(単位面積軌跡長)、下肢筋力向上(腸腰筋、大腿四頭筋中臀筋)、全身反応時間に有意な向上( $P<0.01$ )を示した。我々は機器を用いてステップを評価する技術を、既に有している。

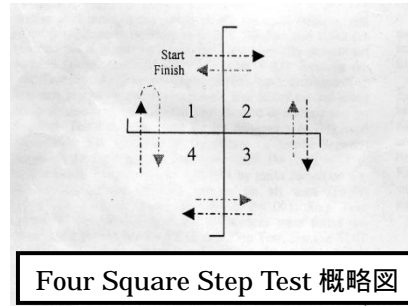
Four Square Step Test は、移動動作にかかるトータルの時間のみの評価であるのに対し、我々は、ステップ動作を前・後・左・右の動きに分解して、移動能力の得意方向・不得意方向を検出し、弱点方向に特化した訓練を行い、不得意方向への移動時間の短縮や転倒につながる、よろめきの減少を生じるかについて検証したいと考えた。

### 2. 研究の目的

Four Square Step Test は、4つの升目を1から4に行き、4から1に戻るのに要する時間測定で、そのカット・オフ値は 15 秒と Dite らは報告している。15 秒以上かかる症例の転倒予測は、感度 86%、特異度 88%と、極めて感度・特異度ともに高い結果であり、Four Square Step Test は、有用な転倒予測ツールと考える。しかしその評価法はトータルの時間測定であって、実際には、個人によっては、側方移動が遅かったり、後方移動が遅かったりする。

今回製作する機器では、それぞれの方向にかかった時間を個別に分析できる。また不得意な方向が評価できるので、その方向に使う筋力訓練や動的バランス訓練を特化して行うことが可能であり、転倒につながるよろめ

きの減少が生じるかを確認し、本機器の有用性を検証する。



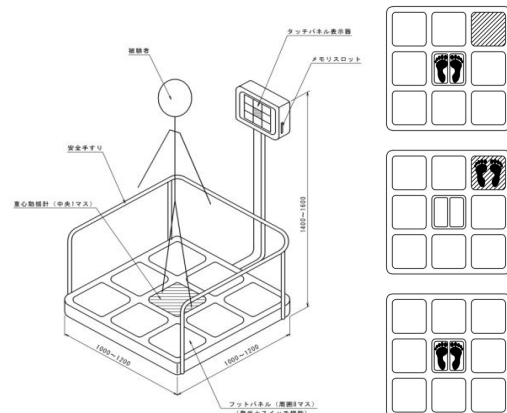
Four Square Step Test 概略図

### 3. 研究の方法

(1) 転倒予測が可能な動的バランス評価機器の製作

下図は、今回製作する機器の完成予想図と接地面の拡大図である。

Four Square Step Test は、右下図の最上段の太枠(左4角)の部分を用いる。開発機器も Four Square Step Test と同様に、4角を2往復に要するトータルの時間を測定可能とする。更に、個々の移動時間も計測できる様にする。



(2) 不得意な移動方向に特化した訓練を行わせ、不得意方向への移動時間の短縮や転倒につながるよろめきの頻度が減少するかを検証する。

被験者数: 介入群 25 例

下肢運動可能な高齢者をシルバー人材センターで募集

被験者の適格基準: 下記の基準を満たす

- a 65 歳以上
- b 運動介入が実施可能(四肢まひ、著しい疼痛がない等)
- c 研究内容を理解可能
- d 本人から同意取得可能

評価項目: 介入前後で評価する

主要評価項目: 開発機器を用いた個々の不得意な移動方向への移動時間の変化(秒)

副次的評価項目: 転倒頻度(よろめきの頻度)

下肢筋力評価(HHDを使用した中殿筋・大腿四頭筋筋力(N))、単脚直立時間測定(秒)

運動介入: 全 8 方向のパネルに合計 100 回移動

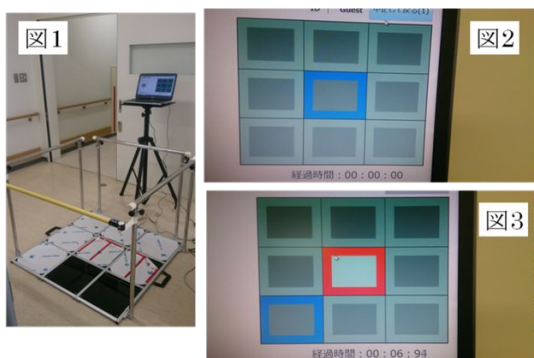
不得意な方向と設定した左右のどちらかを 30 回移動するように運動介入(その他の 8 方向は 10 回ずつ)し、より不得意な移動方向に優位に設定

頻度・期間：1 回約 5 分、週 2 回、約 3 ヶ月間

(3)社会、国民に機器の広告・発信をする

#### 4. 研究成果

(1)転倒予測が可能な動的バランス評価機器の製作 開発機器(下図)



開発した機器(図 1)は、9 のマス目の床版とモニター(パソコン)と転倒防止柵からできている。9 マスの床版は感圧センサーからなり、人のマス目上移動を感知できる。モニターには、9 マスの床版に一致した図が表示され、現在立っているマス目を赤く表示し、次に移動するマス目は青く表示される(図 2、3)。中央のマスからいろいろな方向にランダムに移動し、その移動時間の差を評価できる。各マス目には 2 つの感圧センサーが組み込まれており、ステップ運動にともなう両足の荷重を感知でき、しっかりとした荷重移動を担保可能である。機器を用いて参加者の不得意な移動方向を 100 分の 1 秒単位まで検査し、その方向への特化したステップ運動を多く行うことで、不得意な方向への移動能力向上や転倒につながるよろめきの頻度を減少させることを可能とする。ステップ訓練の回数は、全方向に自由に設定でき、運動訓練時間や特化させる方向を随時変更可能である。また、開発した機器は、床版・モニター(パソコン)・転倒防止柵を分解収納でき、汎用性を備えている。

(2)不得意な移動方向に特化した訓練を行わせ、不得意方向への移動時間の短縮や転倒につながるよろめきの頻度が減少するかを検証する。

介入訓練の対象は平均年齢 71 歳、男性 11 名、女性 14 名である。介入前後で、転倒につながる訓練中のよろめき頻度、不得意方向移動時間、HHD での下肢筋力(大腿四頭筋・中殿筋)測定、単脚直立時間を評価した。特化する訓練方向は、大腿骨近位部骨折につながる左右の転倒に注目し、その時間差で設定

した。運動介入は、不得意な左右のどちらかを 30 回、残り 7 方向を 10 回ずつ、計 100 回のランダムな移動訓練とした。訓練は、1 回約 5 分、週 2 回、3 ヶ月間とした。右特化訓練群 13 名、左特化訓練群 12 名となった。

訓練効果の判断に統計手法：Wilcoxon's signed rank test、 $P < 0.05$  を用いた。結果として、左右の特化した訓練により、右特化群は右方向のみ移動時間が向上し、左特化群は両方向とも向上したが、左方向の向上が大きかった(表 1・2)。下肢筋力(表 4) よろめき回数(表 3)において、介入前後で有意に向上した。

以上の結果から、開発した本機器は、不得意な運動方向への移動時間を分析でき、特化した訓練により最も転倒にリスクとなる下肢筋力を向上し、転倒につながるよろめきを明確に改善させることが明らかとなった。その考察として、周囲 8 方向へのランダムな視覚刺激に対する素早い荷重移動により下肢筋力や不得意な移動時間が向上したと推測された。下肢筋力は転倒リスクに最も影響しており、その向上がよろめきの減少につながった可能性がある。

表 1

左特化訓練群 (n=13)	介入前移動時間 (s)	介入後移動時間 (s)	P 値
右方向	1.4	1.3	0.74
左方向	1.6	1.2	<0.01

表 2

右特化訓練群 (n=12)	介入前移動時間 (s)	介入後移動時間 (s)	P 値
右方向	1.6	1.1	<0.01
左方向	1.4	1.2	0.04

表 3

全対象者 n=25	単脚直立時間 (s)	よろめき (回数)
介入前平均	32.6	2.7
介入後平均	27.4	1.0
P 値	0.77	0.01

表 4

全対象者 n=25	大腿四頭筋 (N) 右	大腿四頭筋 (N) 左	中殿筋 (N) 右	中殿筋 (N) 左
介入前平均	192	202	222	217
介入後平均	296	282	309	289
P 値	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

(3)社会、国民に機器の広告・発信をする  
第31回日本整形外科学会基礎学術集会にて、  
演題発表として公表した。

<引用文献>

Wayne Dite et al: A Clinical Test of  
Stepping and Change of Direction to  
Identify Multiple Falling Older Adults  
Arch Phys Med Rehabil. Vol83 1566-1571  
2002

5. 主な発表論文等

[学会発表](計1件)

永野靖典、「不得意移動方向検出訓練機器  
の開発」第31回日本整形外科学会基礎学術  
集会、2016/10/13～14、福岡国際会議場(福  
岡県福岡市)

6. 研究組織

(1)研究代表者

永野 靖典 (NAGANO, Yasunori)  
高知大学・教育研究部医療学系臨床医学部  
門・助教  
研究者番号：30380372

(2)研究分担者

石田 健司 (ISHIDA, Kenji)  
高知大学・その他部局等・その他(教授相  
当)  
研究者番号：10274367

王 碩玉 (WANG, Shuoyu)  
高知工科大学・システム工学群・教授  
研究者番号：90250951