

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2023

課題番号：18K10705

研究課題名（和文）立位能力と下腿筋量に焦点を当てたフレイルの客観的評価と理学療法介入時期の検討

研究課題名（英文）"Objective Evaluation of Frailty Focusing on Standing Ability and Lower Leg Muscle Mass, and Consideration of Physical Therapy Intervention Timing"

研究代表者

稲岡 プレイアデス千春 (Inaoka, Pleiades Tiharu)

金沢大学・保健学系・助教

研究者番号：90507386

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：地域在住高齢者を対象に手すり付き重心動揺計による立位バランス、超音波による下腿筋厚、バランス評価などを1年又は2年間隔で2回測定した。プレフレイル群は握力と歩行速度の低値が主な分類要因であった。結果、健常群とプレフレイル群で立位保持能力(足圧中心動揺、手摺りにかかる力)及び下腿筋厚に差は認められなかった。しかし、プレフレイル群において開眼・手すりあり及び手すり無し時の総軌跡長と腓腹筋厚に負の相関があった。これらの結果からプレフレイルの段階では腓腹筋の筋厚の減少と共に手すりの有無を問わず開眼の立位保持時の身体動揺が増加していると示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、フレイル評価基準によって健常者群、プレフレイル群に分類された高齢者を対象にして、立位保持能力、下腿筋厚、及びバランススケールを縦断的に測定した（半年～1年ごとを3年間）。そして、各群のデータにより、フレイルの予防に立位保持能力と下腿筋厚を客観的に捉え、理学療法介入の適切なタイミングを考察した。本研究の結果では、経時的にタイムアップアンドゴ（TUG）テストのタイムの増加、手すりを使った立位保持時の足圧中心の総動揺の増加、そして腓腹筋の筋厚の減少が最も注意すべき項目であり、介入するタイミングであると示唆された。

研究成果の概要（英文）：We conducted measurements twice, at intervals of one to two years, on standing balance using a balance assessment device with handrails, ultrasonic assessments of lower leg muscle thickness, and balance evaluations among community-dwelling elderly individuals. Low grip strength and slow walking speed were the primary classification factors for the pre-frail group. As a result, no differences were found in standing balance ability (center of pressure sway, force applied to handrails) or lower leg muscle thickness between the healthy group and the pre-frail group. However, in the pre-frail group, there was a negative correlation between total trajectory length during both open-eye conditions with and without handrails and the thickness of the calf muscles. These results suggest that in the pre-frail stage, along with a decrease in calf muscle thickness, there is an increase in body sway during standing with eyes open, regardless of the presence of handrails.

研究分野：リハビリテーション科学

キーワード：フレイル 立位バランス 筋厚

### 1. 研究開始当初の背景

日本老年医学会は2014年5月に、高齢者が筋力や活動が低下している状態を「フレイル(虚弱)」と提唱した。フレイルは、健康な状態と日常生活でサポートが必要な介護状態の中間を意味し、フレイルを経て要介護状態へ進むと考えられている。自立した生活ができなくなるまでの期間を「健康寿命」と言うが、フレイルは健康寿命が終わりに近付いていることを示している。しかし、適切な対応をすることで、十分に自立した状態を維持できることも報告されている。機能低下が生じてからでは、自立状態に戻ることが難しくなるため、早期から対応することが望ましい<sup>1)</sup>。フレイルを診断するための世界共通の基準はないが、現時点ではFriedら<sup>2)</sup>による評価基準が主流となっている。Friedらの評価指標は次の5つの項目に基づいている：体重が減少、歩行速度が低下、握力が低下、疲れやすい、身体の活動レベルが低下。これらの5つの項目のうち、3つ以上に該当する場合をフレイル、1つまたは2つに該当する場合をプレフレイル、全く該当しない場合は健常高齢者と分類する。フレイルが重視されるのは、予防が可能であることと、フレイル状態になってもある程度回復する能力が残っており、健康な状態に回復する可能性を示唆するエビデンスがあるためである<sup>2)</sup>。しかし、どのタイミングで、どのような理学療法介入をするのが良いかという問いは解決されていない。しかも、フレイル状態が続くと転倒の発生率が高まり、移動能力やADL能力の低下が著しくなり、生存率が有意に減少すると報告されている<sup>4,5)</sup>。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は2つである。高齢者を対象にして健常者群、プレフレイル群、フレイル群に分類された方々の立位保持能力、下腿筋厚を定期的に測定する。そして各群における筋厚および立位姿勢安定性の客観的なデータを明確にし、これらのデータと身体活動量、およびバランススケールとの関係を明らかにし、理学療法介入の客観的なタイミングを明らかにすることである。

### 3. 研究の方法

#### (1) 測定器具および準備

本研究では、開発した手すり機能(テック技販、TL3B05-500N-A)を備えた床反力計(ワミー、WJ1001)を用いて(以下、手すり機能付床反力計)立位時の身体重心の動揺及び手すりにかかる力を測定する(図1)。手すり及び床反力計の信号をA/D変換器を通して、1000Hzのサンプリング周波数でパソコンに取り込み、Vital Recorder 2(キッセイコムテック株式会社)を用いて記録する。その後、データ解析にはBIMUTAS II(キッセイコムテック株式会社)を用いてデータを20Hzにリサンプリングした。特注のExcelツールを用いて、床反力、手すりのデータを解析した。床反力はX軸(前後)とY軸(左右)の軌跡長(移動距離)とXY軸の総軌跡長を身長補正し(160cmあたり)、算出した。手すりにかかる力に関してはX軸方向から前後方向への力、Y軸方向から左右方向への力、Z軸方向から上下方向への力の積分値(20Hz)を用いて体重補正し、算出した。

#### (2) 測定手順

本研究は金沢大学医学倫理審査委員会の承認を受け、被験者にはあらかじめ測定手段、方法を十分に説明し、同意を得た。

##### 被験者の基本情報

全被験者の氏名、年齢、過去1年の転倒歴を聴取し、身長、体重、足長を測定した。

##### Berg Balance Scale 及び Timed up and Go Test の測定

Berg Balance Scale (BBS) 及び Timed up and Go Test (TUG) のバランス評価法<sup>5)</sup>を用いてスコアを算出した。

##### 手すり機能付床反力計を用いた測定

手すり機能付床反力計を用いて立位の身体重心動揺をランダムな5つの条件で測定する。測定条件は手すり有+両脚立位の開眼条件(A)と閉眼条件(B)、手すり無し+両脚立位の開眼条件(C)と閉眼条件(D)、手すり+手すり同側の片脚立位とした(E)。各条件につき2回ずつ測定し、平均値を個人の代表とする。各条件の立位保持時間は30秒間とした。

#### (3) 統計

今回フレイル群のサンプル数が不十分であった為、統計解析は行わなかった。健常群、プレフレイル群の足圧中心同様、腓腹筋・ヒラメ筋厚、BBS、TUGデータに関してShapiro-Wilkの正規性の検討を行った結果、正規分布していなかった為、Nonparametric 検定を行った。

2 群間において、各測定項目の有意差を検討する為には Mann-Whitney の U 検定を行った。また、各群の足圧中心動揺、手すりにかかる力の条件別の有意差を検討するために Friedman の検定を行った。

各群それぞれの足圧中心動揺、歩行速度、TUG、BBS、腓腹筋厚、ヒラメ筋厚の相関については Spearman の順位相関係数を求めた。全検定における危険率は 5%以下とした。

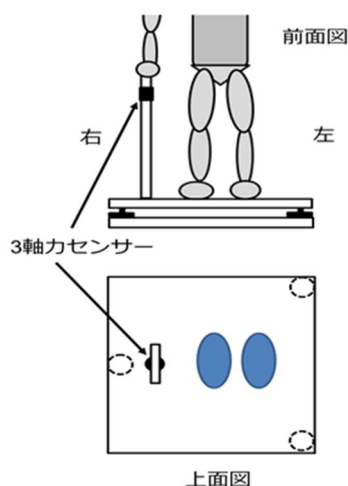


図 1 . 手すり機能を備えた床反力計

#### 4 . 研究成果

従来、立位姿勢の評価では、足圧中心動揺を計測するなど計測機器により客観的に評価する場合、および動的な立位姿勢を評価する場合は、立位の保持が自力で可能な対象者に限られていた。この問題に対して上肢の支持も可能としながら立位バランスを評価する新たな評価装置を開発した。平成 30 年度～令和 5 年度に当該機器を用いて立位保持可能な地域在住高齢者を対象に測定を行い、Berg Balance Scale (BBS) と Timed up and go Test (TUG)、超音波による下腿筋筋厚<sup>4)</sup>、歩行速度、握力を測定しそれらの関係を検討した。健常者群よりプレフレイル群、フレイル群の順でバランス機能と下腿筋筋厚が劣ると仮定した。

しかし、令和 1 年度後半から令和 3 年度中は新型コロナウイルス (COVID-19) パンデミックにより対面でのデータ収集が必須な本研究は制限され、影響を大きく受けた。データ収集の間隔が 1 年または 2 年間隔となった。研究期間中で測定を 1 回以上行えた対象数は 63 名であったが、2 回以上の測定が行えた地域在住高齢者は計 56 名であった。56 名は 1 回目の測定では健常群 21 名、プレフレイル群 31 名、フレイル群 4 名と分類された。2 回目では健常群 20 名、プレフレイル群 32 名、フレイル群 4 名となった。フレイルの判定基準は、Fried<sup>2)</sup>らによる CHS 基準<sup>6)</sup>を日本版に改訂した日本版 CHS 基準 (以下、J-CHS)<sup>6)</sup>の 体重減少、筋力 (握力) 低下、主観的疲労感、歩行速度の低下、身体活動の低下の 5 項目を用いた。体重減少、主観的疲労感、身体活動の低下については問診による調査を行い、筋力 (握力) 低下、歩行速度の低下については実測値を測定した。この 5 項目のうち、いずれにも該当しないものを健常群、1 つまたは 2 つに該当するものをプレフレイル群、3 項目以上をフレイル群と分類した。

なお、本研究は金沢大学医学倫理審査委員会の承認を受け (承認番号 806) 対象者にはあらかじめ測定手段、方法を十分に説明し、同意を得て実験を行った。

足圧中心動揺と手すりにかかる力の測定を行った。測定条件は手すり有 + 両脚立位の開眼条件 (A) と閉眼条件 (B)、手すり無し + 両脚立位の開眼条件 (C) と閉眼条件 (D)、手すり + 手すり同側の片脚立位 (E) とした。

1 回目の測定の全対象者の解析では足圧中心動揺の総軌跡長は、従来の検査条件 : 手すり無し、両脚立位の C 条件 (開眼) と D 条件 (閉眼) だと、文献に報告されている通り、開眼時 (C) が閉眼時 (D) より有意に安定していた (動揺軌跡が少ない)。これは視覚を遮断すると視覚フィードバックが障害され立位は不安定になるためであると述べられている<sup>6)</sup>。しかし、手すり + 両脚立位であれば (A, B) 開眼・閉眼に動揺の差も無く、他の条件 (C, D, E)

と比較し、より安定していた ( $p < 0.01$ ) (図2)。2回目の測定も同様の傾向があった。

足圧中心の前後方向の動揺に関しては、手すりあり条件 (A, B) および開眼両脚時 (C) より閉眼両脚時 (D) に有意に大きく ( $p < 0.05$ )、開眼両脚時 (C) より片脚立位時 (E) に有意に大きかった ( $p < 0.05$ )。左右方向の動揺と総軌跡長に関しては、(A, B, C) よりも閉眼立位時 (D) に有意に大きかった ( $p < 0.01$ ) (図2)。

全対象者の手すりにかかる力は開眼 (A)・閉眼両脚立位時 (B) よりも片脚立位時 (E) に有意に大きかった ( $p < 0.01$ )。手すり + 両脚立位であれば開眼 (A)・閉眼 (B) の間に足圧中心動揺の差も無く、手すりにかかる力の差も無かった (図3)。

全対象者の足圧中心動揺 (cm)

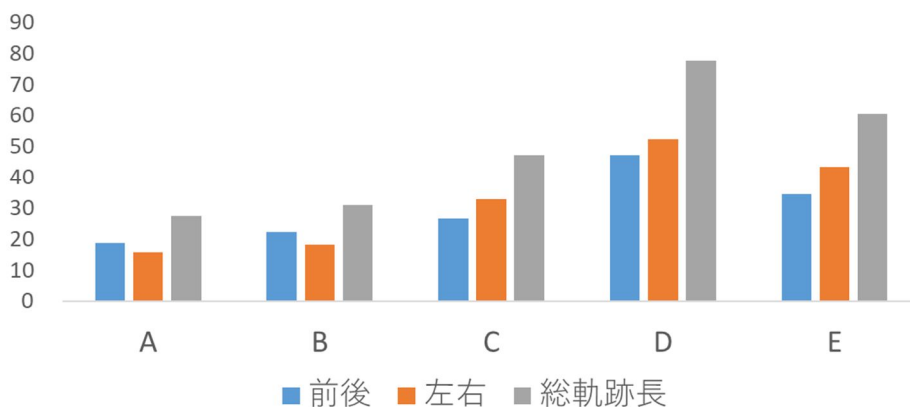


図2 . 全対象者の条件別足圧中心動揺の平均

全対象者の手すりへの力 (V)

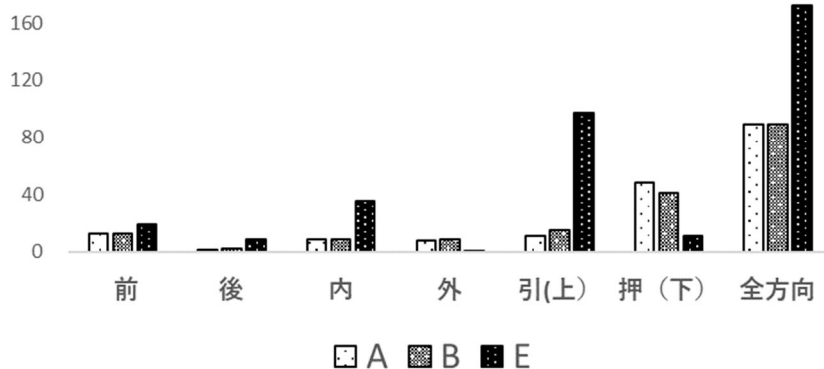


図3 . 全対象者の手すりにかかった力の平均 (C, D は手すり無し条件)

プレフレイル群は歩行速度の低下 (47.6%) と握力の低下 (42.9%) が主な分類要因であった。健常群とプレフレイル群の足圧中心動揺、手すりへの力はどの条件でも有意差は認められなかった (1回目及び2回目の測定)。

プレフレイル群は分類の結果でもあるが、健常高齢者より有意に快適歩行速度と握力が低く ( $p < 0.01$ )、それに関連して最大歩行速度が遅く ( $p < 0.05$ )、TUGの所要時間も長かった ( $p < 0.05$ )。

相関に関しては、健常群では年齢と握力 ( $r = -0.64, p < 0.05$ )、TUG 所要時間と最大歩行速度 ( $r = -0.76, p < 0.01$ ) にそれぞれ負の相関、快適歩行速度と最大歩行速度 ( $r = 0.71, p < 0.05$ )、最大歩行速度とBBSスコア ( $r = 0.63, p < 0.05$ ) にそれぞれ正の相関がみられた。

プレフレイル群では年齢と握力 ( $r=-0.66, p<0.01$ )、TUG 所要時間と快適歩行速度 ( $r=-0.82, p<0.01$ )、最大歩行速度 ( $r=-0.77, p<0.01$ )、BBS スコア ( $r=-0.67, p<0.01$ ) にそれぞれ負の相関がみられた。また、快適歩行速度と最大歩行速度 ( $r=0.96, p<0.01$ )、BBS スコア ( $r=0.80, p<0.01$ )、最大歩行速度と BBS スコア ( $r=0.83, p<0.01$ ) にそれぞれ正の相関がみられた。

フレイルの判定においてプレフレイル該当者は被験者の約 6 割であった。プレフレイル群における各判定項目の該当者は塚本ら<sup>7)</sup>による先行研究では体重減少 16.3%、筋力(握力)低下 9.3%、主観的疲労 26.7%、歩行速度低下 8.1%、身体活動量の減少 57.0%であったと報告されているが、本研究では筋力(握力)低下 42.9%、歩行速度低下 47.6%、身体活動量の減少 4.8%でありこれら 3 項目では特に大きな差がみられた。これらの項目で差がみられた原因として、先行研究では被験者の年齢が  $58.6 \pm 8.6$  歳 (平均  $\pm$  標準偏差、以下同様) であったのに対し本研究では  $78.1 \pm 6.7$  歳であったことや、被験者 56 名のうち 30 名がデイケア施設の利用者であり、デイケア施設内での運動によって身体活動量の減少の項目の該当者がいなかったことが考えられる。

プレフレイル群では快適歩行速度と TUG 所要時間、快適歩行速度と BBS スコアおよび TUG 所要時間と BBS スコアにおいて相関がみられたが、健常群ではみられなかった。BBS スコアは天井効果があり軽度のバランス能力低下を示す対象者の測定が行えないと報告されている<sup>8)</sup>。本研究においては両群の BBS スコアに有意差はみられなかったが、BBS スコアは健常群  $54.1 \pm 1.8$  点、プレフレイル群  $50.0 \pm 6.0$  点であり健常群の平均は満点 (56 点) に近く、天井効果により両群間に有意差がみられなかったと考えられる。

今回、新型コロナウイルスの感染拡大による研究活動制限や被験者の行動自主的制限によって当初予定していた被験者数と測定回数が確保できなかったが、地方都市の地域在住高齢者の身体機能変化の傾向がみられた。デイケア利用者や運動習慣がある参加者が多く、ある程度身体機能が維持されていたことも明らかになった。今後、フレイルの一般的判断項目の他に下腿筋厚、特に腓腹筋の筋厚の測定や重心動揺も客観的指標として用いられる可能性が支持された。

今後、被験者数を増やし、測定回数も増やすことで更にフレイル予防の介入方法を明確にすることが重要だと考える。又、既往歴や施設利用状況、運動・活動量なども比較検討する必要がある。

今回、地域在住高齢者を対象に手すり付き重心動揺計による立位バランス、超音波による下腿筋厚、バランス評価などを 1 年又は 2 年間隔で 2 回測定した。プレフレイル群は握力と歩行速度の低値が主な分類要因であった。結果、健常群とプレフレイル群で立位保持能力(足圧中心動揺、手摺りにかかる力)及び下腿筋厚に差は認められなかった。しかし、プレフレイル群において開眼・手すりあり及び手すり無し時の総軌跡長と腓腹筋厚に負の相関があった。これらの結果からプレフレイルの段階では腓腹筋の筋厚の減少と共に手すりの有無を問わず開眼の立位保持時の身体動揺が増加していると示唆された。

#### < 引用文献 >

- 1) 荒井秀典、フレイルの意義、日老医誌 2014;51 : 497-501
- 2) Fried LP, et al.: Frailty in older adults: evidence for a phenotype. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 56(3): M146-156, 2001
- 3) Bandeen-Roche K, et al.: Phenotype of frailty: characterization in the Women's Health And Aging Studies. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 61(3): 262-266, 2006.
- 4) Fujiwara K, Asai H, et al.: Changes in muscle thickness of gastrocnemius and soleus associated with age and sex. Aging Clin Exp Res 22:24-30, 2010.
- 5) 齋藤宏、他：運動学第 3 巻、151-152、医歯薬出版、2013。
- 6) Satake S, et al. Prevalence of frailty among community-dwellers and outpatients in Japan as defined by the Japanese version of the Cardiovascular Health Study criteria. Geriatr Gerontol Int, 17: 2629-2634, 2017.
- 7) 塚本敏也、他：プレフレイルと静的立位バランスとの関係。理学療法科学 33 (6): 991-996, 2018
- 8) 望月久、他：基本バランス能力テストの考案と信頼性・妥当性・臨床的有用性の検討。理学療法科学 24 (3): 329-336, 2009

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 稲岡プレイアデス千春
2. 発表標題 NOVEL STABILOMETER WITH ATTACHED SENSORED-HANDRAIL FOR OBJECTIVELY ASSESSING STANDING BALANCE IN INDIVIDUALS WITH STROKE.
3. 学会等名 WCPT、Geneva, Switzerland, 10-13 May 2019. (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	浅井 仁 (Asai Hitoshi)  (50167871)	金沢大学・保健学系・教授   (13301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------