

高齢者におけるバランス機能と身体的フレイルとの 関連

藤谷, 順三
徳島大学大学院医歯薬学研究部運動機能外科学

岸本, 裕歩
九州大学基幹教育院

<https://doi.org/10.15017/4773133>

出版情報：健康科学. 44, pp.19-31, 2022-03-25. 九州大学健康科学編集委員会
バージョン：
権利関係：



— 総 説 —

高齢者におけるバランス機能と身体的フレイルとの関連

藤谷順三¹⁾, 岸本裕歩^{2)*}

Relationship between balance function and physical frailty in older adults

Junzo FUJITANI¹⁾ and Hiro KISHIMOTO^{2)*}

Abstract

Fried's Frail phenotype, which evaluates physical frailty, has five components: (1) Shrinking, (2) Weakness, (3) Exhaustion, (4) Slowness and (5) Low physical activity. One of the reasons for these components occurring is thought to be a decline in balance function. In this review, we first outline the methods for assessing balance function. Next, we summarize recent studies that have reported an association between balance function and physical frailty. CiNii Articles and Medline were used for the search. The keywords were set as 'older adults' or 'older people' or 'elderly' and 'balance' or 'gravity movement' or 'gravity shift' and 'frailty' or 'frail'. As a result of the search, 24 articles were selected. Of these, only three articles classified the subjects into three groups: non-frail or robust, pre-frail, and frail, and mentioned the relationship with balance function.

Further studies are needed, such as developing evaluation methods for balance function suitable for various fields such as medical care, nursing care and health promotion.

Key Words: older adults, balance, frailty

(Journal of Health Science, Kyushu University, 44: 19-31, 2022)

1) 徳島大学大学院医歯薬学研究部運動機能外科学 Department of Orthopedics, Tokushima University, Tokushima, Japan

2) 九州大学基幹教育院 Faculty of Arts and Science, Kyushu University, Fukuoka, Japan

*連絡先: 九州大学基幹教育院 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番地 伊都地区センター3号館 (IC15) Tel&Fax: 092-802-6071

*Correspondence to: Faculty of Arts and Science, Kyushu University. 744 Motoooka, Nishi-ward Fukuoka city, Fukuoka 819-0395, Japan

Tel&Fax: +81-92-802-6071 E-mail: kishimoto@artsci.kyushu-u.ac.jp

1. はじめに

2014年、日本老年医学会は Frailty を「フレイル」という名称を用いて声明文を発表した¹⁾。フレイル (frailty) とは、加齢に伴い身体的・精神的・社会的な機能やそれらの予備能力が低下することによって健康障害に対する脆弱性が增大した状態を示す²⁾。

このうち身体的フレイルの評価は、主に①体重減少、②筋力低下、③疲労、④歩行速度低下、⑤活動量低下の5つを構成要素とする³⁾。これら構成要素が低下する背景の一つには、バランス機能(姿勢保持や平衡性におけるバランス機能)の低下も関与していることが考えられる。

バランス機能は高齢者を含む成人の筋力、移動能力に要する筋出力を適切に行うために必要な能力である⁴⁾。しかし、バランス機能と身体的フレイルとの関連については、まだ十分に明らかにされていない。その背景として、バランス機能の評価法が多様多様であること、バランス機能は三半規管などの前庭系感覚機能、視覚情報(眼)、脳(認知)や体性感覚系、筋・関節の機能などの要因が複雑に関与していること⁵⁾などが考えられる。

身体的フレイルは、適切な介入により筋力やバランス機能などをある程度回復することも期待できる⁶⁾。したがって、バランス機能と身体的フレイルの関連を明らかにすることは、フレイルを抑制し健康寿命を延伸させる上で極めて重要である。

そこで本総説では、まずバランス機能の評価法について概説し、次にバランス機能と身体的フレイルとの関連を報告した近年の研究を要約する。さらに医療、介護、健康づくりなどの実践現場においてバランス機能を測定評価する意義を今後の課題でまとめる。

2. バランス機能の評価法

バランス機能は一般に静的バランスと動的バランスに大別される⁵⁾⁷⁾。さらに島田ら⁸⁾は、バランス機能を1.静的姿勢保持、2.外乱負荷応答、3.支持基底面を固定した状況における随意運動中のバランス機能、4.支持基底面が移動する状況における随意運動中のバランス機能の4因子に分類し、それぞれに応じた検査方法を実施することで対象者の総合的なバランス機能の評価が可能になると述べている。

これら4分類に基づいて、医療、介護、健康づくり(要介護化の防止)の各現場で用いられている代表的な測定法を表1にまとめた。

1) 静的姿勢保持

静的姿勢保持の因子には、両足を閉じた立位である閉脚立位 (Romberg 肢位)、後足の足尖の内側と前足の踵の内側を接した立位であるセミタンデム立位、両足を前後に一直線上に置き、後足の足尖と前足の踵を接した立位であるタンデム立位(Mann 肢位)の3つがある⁹⁾。閉脚立位姿勢で開眼と閉眼を比較することによって、前庭迷路系の障害の有無を評価する Romberg 試験¹⁰⁾など、医療現場で用いられる。

開(閉)眼片脚立位時の保持時間は、新体力テスト¹¹⁾や運動器の機能向上マニュアル(改訂版)¹²⁾にも採用されるなど、静的バランス機能の測定法としてあらゆる現場で広く普及している。しかし、60秒や120秒など上限値を設定して行うため、上限値以上のバランス機能の能力差を評価できないという天井効果が指摘されている¹³⁾。

以上の測定法は特別な機器を必要としないが、重心動揺計を用いて開(閉)眼・両(片)脚立位時における重心動揺の総軌跡長、矩形面積などを評価する方法が主に医療現場で用いられており、1994年に平衡機能の臨床検査法として保険診療適用となっている¹⁴⁾。

2) 外乱負荷応答

EquiTest¹⁶⁾は、重心動揺と直接連動して前傾板や床面を回転させる、起立台を移動させるなど視覚や体性感覚に外乱を加える中での重心保持を評価する。Manual Perturbation Test (MPT)¹⁹⁾は、被検者の肩に後方から予告なしに軽い後方刺激を徒手にて加え、外乱負荷に対する反応様式を3段階に得点化する。いずれも立位姿勢の安定性や外乱時の応答潜時を評価する測定法である。

3) 支持基底面を固定した状況下での随意運動中のバランス機能

Functional Reach Test (FRT)²¹⁾は、閉脚立位姿勢で利き手の肩関節を90°屈曲し、第III指中手骨の末端を前方向に到達させることのできる距離を測定する。測定が簡易であり、リハビリテーションや介護現場で広く活用されている。

Cross test²⁰⁾は、重心動揺計を用い前後と左右に随意的に重心移動させた際の総軌跡長、矩形面積等を測定する。脳性麻痺患者を対象に起立の安定域の評価などにも用いられる。この Cross test と同様に重心動揺計を用いた Index of Postural Stability (IPS)²³⁾やバランス

表1. 主なバランス機能測定法の分類

1. 静的姿勢保持

測定法	概要	主な評価や活用事例など
閉脚立位(Romberg肢位) ⁹⁾¹⁰⁾	閉脚立位(両足の内側をつける)で実施する最も基本的な測定法。	閉眼と閉眼を比較することで前庭迷路系の障害の有無を評価。BBSにも含まれる。
タンデム立位(Miann肢位) ⁹⁾	両足を前後に一直線上に置き、後足の足尖と前足の踵を接した立位で実施。セミタンデム立位(後足の足尖の内側と前足の踵の内側を接した立位)で実施する方法もある。	新体力テストや運動器の機能向上マニュアル(改訂版)に採用されるなど最も普及。
開(閉)眼片脚立位 ¹¹⁾¹²⁾	開(閉)眼片脚立位の保持時間(秒)を評価。60秒や120秒など上限値を設定して実施される。	臨床において、めまい・平衡障害の検査に利用される他、リハビリテーション医学、歯科、スポーツ医学、体育など、幅広い分野で利用。
重心動揺 ¹⁴⁾	開(閉)眼・面(片)脚立位時における重心動揺の総軌跡長、矩形面積などを評価。1994年に平衡機能の臨床検査法として保険診療適用。	転倒リスクの評価を目的に開発。簡易で短時間で実施できるため臨床現場で用いられている。
The Frailty and Injuries Cooperative Studies of Intervention Techniques (FICSIT) balance test. ¹⁵⁾ (Thomas et al, 2014)	閉眼で閉脚立位、セミタンデム、タンデム、片足立ちの4項目を各10秒間実施。10秒出来たら2点(片足立ちは3点)、合計9点満点。	

2. 外乱負荷応答

測定法	概要	主な評価や活用事例など
EquiTest (Nashner et al, 1982) ¹⁶⁾	閉眼または閉眼で起立台を急激に水平に移動させたり傾斜させたりするなど、視覚や体性感覚に外乱を加えた時の足圧中心を測定。	めまいや平衡障害など体平衡機能の評価に用いられる。
Postural Stability Test (PST) (Parraca et al, 2011) ¹⁷⁾	目隠しをして安定面(固い床)と不安定面(発泡スチロール)にそれぞれ3回×20秒間ずつ起立した際の重心動揺を測定。	立位姿勢の安定性や外乱時の平衡機能を評価。
mCTSIB (Alqahtani et al, 2017) ¹⁸⁾	固い安定した面とクッション(厚さ6cm)上で、閉眼または閉眼立位を各30秒間実施した際の重心動揺を測定。	立位姿勢の安定性や外乱時の平衡機能を評価。
Manual Perturbation Test (MPT) (島田ら,2000) ¹⁹⁾	被験者の肩に後方から予告なしに軽い後方刺激を徒手にて加え、外乱負荷に対する反応様式を3段階に得点化。刺激に対して転倒する反応0点、ステッピング反応が起きて立位保持可能1点、その場で立位保持可能2点。	立位姿勢の安定性や外乱時の応答潜時を評価。

3. 支持基底面を固定した状況における随意運動中のバランス機能

測定法	概要	主な評価や活用事例など
Cross test (月村, 1982) ²⁰⁾	重心動揺計を用い、前後と左右に随意的に重心移動させた際の総軌跡長、矩形面積等を測定。	脳性麻痺患者を対象に起立の安定域を評価。
Functional Reach Test (FRT) (Duncan et al, 1990) ²¹⁾	閉脚の立位姿勢で利き手の肩関節を90°屈曲し、第III指中手骨の末端を前方向に到達させることのできる距離を測定。	測定が簡易であり、リハビリテーションや介護現場で広く活用されている。
Star Excursion Balance Test (SEBT) (Kinzey et al, 1998) ²²⁾	床に引いた前後左右斜めの8方向に交差する直線の交点に片脚で立ち、遊脚足先を8方向それぞれにタッチできる距離を測定。	運動器疾患に対する評価法として開発。計測された距離を下肢長で除し標準化して評価。
Index of Postural Stability (IPS) (望月ら, 2000) ²³⁾	一定の支持基底面内で随意的に重心移動できる範囲(安定性限界)と重心動揺面積の比の対数値から算出。	重心動揺計を用いたCross testとほぼ同じ測定法で評価の指標が異なる。
Balance Master (Takeshima et al, 2014) ²⁴⁾	左右前後斜めの8方向に対して身体を傾斜させた際の移動距離に加え、反応時間(RT)、移動速度(MVC)、方向制御(DCL)などを評価。	重心動揺計を用いたCross testとほぼ同じ測定法であるが、反応時間や移動速度も評価。
足圧バランス機能 (藤谷ら, 2021) ²⁵⁾	足圧バランス計を用いて前後左右の重心移動距離、重心揺れ幅、重心安定度、重心移動比率を評価。	重心動揺計を用いたCross testとほぼ同じ測定法。今後、フレイル予防事業、疫学調査での活用が期待される。

表1. 主なバランス機能測定法の分類 (続き)

4. 支持基底面が移動する状況における随意運動中のバランス機能

測定法	概要	主な評価や活用事例など
継ぎ足歩行	床面に引いた直線上を一侧の爪先に対側の踵を接触させながら歩行する。	一定距離、あるいは一定歩数の継ぎ足歩行の可否による評価、継ぎ足歩行に要した歩数による評価、一定距離の所要時間や直線上から逸脱した数による評価、平均台上での評価など、評価方法が複数ある。
Get up and go test (GUG) (Mathias et al, 1986) ²⁶⁾	肘掛椅子から立ち上がり、3 m 歩いてから方向転換し、再度椅子に腰掛ける間の動作の実施状況を1点(正常機能)から5点(重度の異常)の5段階で評価。	TUGの原型。検者間のばらつきが指摘された。
Timed Up and Go Test (TUG) (Podsiadlo & Richardson, 1991) ²⁷⁾	GUGテストの所要時間(秒)を評価。	転倒リスクとの関連が報告されていることから、通所リハのリハビリテーション計画書に採用されるなど医療、介護分野で広く採用。
2ステップテスト (日本整形外科学会, 2013) ²⁸⁾	最大努力で大腿2歩歩いた時の2歩幅(cm)を身長(cm)で割った2ステップ値を評価。	2ステップ値からロコモティブシンドロームの進行度(ロコモ度)を1〜3の3段階で評価。

5. 複合的なバランス機能

測定法	概要	主な評価や活用事例など
Performance-oriented mobility assessment(POMA) (Tinetti, 1986) ²⁹⁾	バランステスト9項目、歩行テスト7項目で構成され、各種の静的姿勢保持または動作課題を実施して0から2点で得点化し評価。	臨床の場で使用するには時間がかかることから、使用頻度は比較的低い。
Berg Balance Scale (BBS) (Berg et al, 1989) ³⁰⁾	Functional Balance Scale (FBS)とも呼ばれる。立位・座位の姿勢保持、上肢の前方到達、階段でのステップ、その場での1回転など14項目。0から4点、56点満点で評価。	もともとは高齢者のバランス能力を評価する目的で作成されたが、歩行獲得や転倒の予測などに幅広く用いられている。臨床の場で使用するにはやや時間がかかるなどの指摘もあり、検査項目数を削減した縮小版が検討されている。
Short Physical Performance Battery (SPPB) (Guralnik et al, 1994) ³¹⁾	立位バランス(開眼閉脚・セミタンデム・タンデム)、歩行(4m)、立ち座り動作(5回)の3課題から成るパフォーマンステストである。各課題の達成度を0〜4点、12点満点で評価。	施行時間は5分程度と簡便であり、虚弱高齢者、高齢入院患者、心不全患者の身体機能の評価、死亡リスクの増大やADL低下の予測因子、介入効果のアウトカム指標など国際的にも広く用いられている。
Balance Evaluation Systems Test(BESTest) (Horak et al, 2009) ³²⁾	バランス機能に関わる6要素(生体力学的制約、安定限界、姿勢変化—予測的姿勢制御、反応的姿勢制御、感覚機能、歩行安定性)の得点を算出することで個々のバランス機能の問題点を要素別に抽出。	バランス障害を有する患者への治療的介入方針を明確化する目的で考案。日本語版あり。評価に30〜40分程度かかる。
mini-BESTest (Franchignoni et al, 2010) ³³⁾	動的バランス機能に特化した評価を行うことを目的にBESTestの短縮版として開発。14項目、0から2点、28点満点で評価。	高齢者やパーキンソン病、脳卒中などバランス障害を有する者の動的バランス能力の評価指標として活用。評価は15〜20分程度。

マスター²⁴⁾ などがあり、測定方法は類似しているが評価方法が異なる。

我々は Cross test を参考に足圧バランス計による足圧バランス機能の評価した²⁵⁾。簡易転倒スコアを用いた転倒高リスクに対して、開眼片足立ち保持時間とは独立して負の関連を認めた。

4) 支持基底面が移動する状況下での随意運動中のバランス機能

継ぎ足歩行は、床面に引いた直線上を一側の爪先に対側の踵を接触させながら歩行する測定法である。継ぎ足歩行に要した歩数による評価、一定距離の所要時間や直線上から逸脱した数による評価、平均台上での評価など、評価方法が複数ある。

Get up and go test (GUG)²⁶⁾は、肘掛椅子から立ち上がり、3 m 歩いてから方向転換し、再度椅子に腰掛ける間の動作の実施状況を1点(正常機能)から5点(重度の異常)の5段階で評価する。一方、GUGは検者間のばらつきが指摘されたことから Podsiadlo & Richardson²⁷⁾によって Timed Up and Go Test (TUG)が開発された。TUGはGUGテストの所要時間を評価するが、転倒リスクとの関連が報告されるなど医療、介護分野で広く採用されている。

2ステップテスト²⁸⁾は、最大努力で2歩、大腿で歩いた時の2歩幅(cm)を身長(cm)で割った2ステップ値からロコモティブシンドロームの進行度(ロコモ度)を1~3の3段階で評価する。

5) 複合的なバランス機能

前述の1)~4)を組み合わせた複合的な評価法も用いられている。

Performance-oriented mobility assessment (POMA)²⁹⁾は、バランステスト9項目、歩行テスト7項目で構成され、各種の静的姿勢保持または動作課題を実施して0から2点で得点化する。臨床の場で使用するには時間がかかることから、使用頻度は比較的低い。

Berg Balance Scale (BBS)³⁰⁾は、Functional Balance Scale (FBS)とも呼ばれ、立位・座位の姿勢保持、上肢の前方到達、階段でのステップ、その場での1回転など14の検査項目がある。もともとは高齢者のバランス能力を評価する目的で作成されたが、歩行獲得や転倒の予測などに幅広く用いられている。臨床の場で使用するにはやや時間がかかるとの指摘もあり、検査項目数を削減した縮小版が検討されている。

Short Physical Performance Battery (SPPB)³¹⁾は、立位バランス、歩行、立ち座り動作の3課題から成るパフォーマンステストである。施行時間は5分程度と簡便であり、虚弱高齢者、高齢入院患者、心不全患者の身体機能の評価、死亡リスクの増大や日常生活動作(ADL)の低下の予測因子、介入効果のアウトカム指標など国際的にも広く用いられている。

Balance Evaluation Systems Test (BESTest)³²⁾は、バランス機能に関わる6要素(生体力学的制約、安定限界、姿勢変化-予測的姿勢制御、反応的姿勢制御、感覚機能、歩行安定性)の得点を算出することで個々のバランス機能の問題点を要素別に抽出する。バランス障害を有する患者への治療的介入方針を明確化する目的で考案され日本語版もあるが、評価に30~40分程度かかるため、Franchignoniら³³⁾によって短縮版である mini-BESTestが開発された。評価は15~20分程度である。

3. バランス機能と身体的フレイルのレビュー

1) 方法

2021年11月30日までに発表された、高齢者のバランス機能と身体的フレイルの関連を検討した先行研究論文を対象に検索を行い、抽出された論文の系統レビューを行った。

和文の検索には CiNii Articles を、英文の検索には PubMed を用いた。キーワードは、和文は「高齢者」「バランスまたは重心移動」「フレイル」、英文は“older adults or older people or elderly” “balance or gravity movement or gravity shift” “frailty or frail”として設定した。

2) 対象論文の抽出と除外基準

採用条件は、高齢者を対象にしていること、バランス(balance)か重心移動(center of gravity movement/shift)のいずれかが本文に含まれていること、フレイル(frailty)が本文に含まれることとした。また、バランスは運動機能としてのバランスについて、フレイルは身体的フレイルについて記載されていることを採用条件とした。これらの情報を得るために、本文が入手できなかった論文は除外した。論文種別は原著論文とし、総説、会議録、学会抄録などは除外した。

3) 結果

2021年12月に抽出作業を行い、CiNii Articles から

60 編、PubMed から 1,262 編の文献が抽出された。論文タイトルもしくは抄録のいずれかに前述のキーワードが全て含まれているなどで取捨選択し、和文 7 編、英文 27 編を抽出して本文を精読した。最終的に、和文 4 編、英文 20 編、合計 24 編が採用された (図 1)。抽出された先行研究の詳細を表 2 にまとめる。

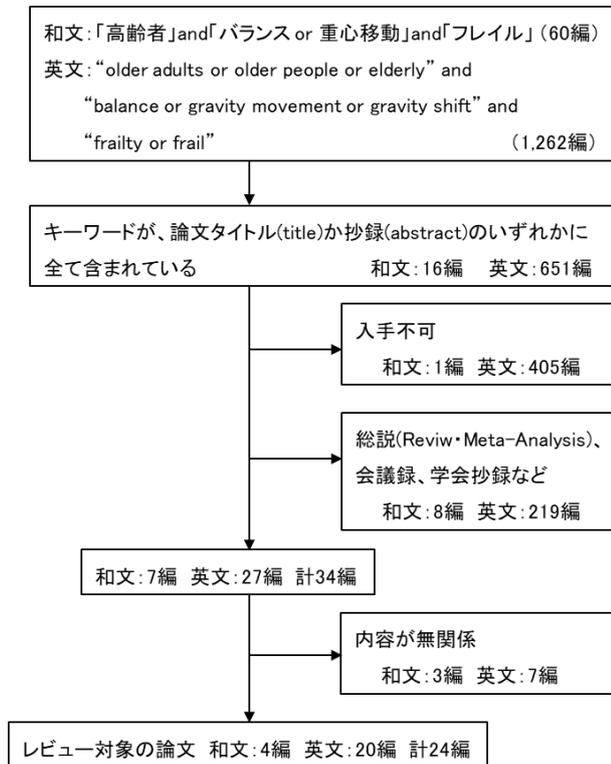


図1.論文抽出のフローチャート

(1)研究デザイン

横断研究 13 編、介入研究 4 編、コホート研究 3 編、パイロット研究 2 編、観察的記述研究 1 編、後ろ向き観察研究 1 編であった。

(2)バランス機能の評価方法

①静的姿勢保持、②外乱負荷応答、③支持基底面を固定した状況における随意運動中のバランス機能、④支持基底面が移動する状況における随意運動中のバランス機能の 4 因子に分類した評価法のうち、①は 15 編で採用されていた。開眼片足立ち (9 編) が最も多かったが、開眼・閉眼と閉脚・セミタンデム・タンデムを組み合わせた静止立位保持時間や足圧中心 (COP) 動揺を評価した研究も 6 編あった。②は 4 編と比較的少なかった。③は 2 編と最も少なかった。いずれも FRT であった。④は 11 編で TUG が用いられていた。

①~④のいくつかを組み合わせた複合的な評価法は

BESTest、mini-BESTest、SPPB を用いた研究が多かった。これらの他に、バランス機能の測定中にデュアルタスクを課したりセンサを用いたりするなど、独自に考案された測定法も用いられていた。

(3)対象者の特徴および身体的フレイルの評価

対象者の多くは地域在住高齢者 (10 編) であったが、介護施設居住者、糖尿病など入院患者、通院患者を対象とした研究も含まれていた。また、若年者や中年者を比較対照群にしていた研究も 3 編あった。

対象者の身体的フレイルを Fried ら³⁾の frailty phenotype や Rockwood ら⁵⁸⁾の Frail Index など何らかの指標で評価したことが記述されていた論文は 13 編であった。そのうちノンフレイルまたはロバスト、プレフレイル、フレイルの 3 群に分類してバランス機能との関連に言及しているのは 4 編のみであった。その 4 編を以下に示す。

(4)バランス機能と身体的フレイルの関連

Muchna ら⁴⁾は、15 秒間の閉眼閉脚静止立位時の足関節、股関節、重心の動揺をセンサで計測し、足の問題 (痛み、末梢神経障害、変形) の有病率は、Frail phenotype の数が多いほど有意に増加し、また、バランス機能と足の問題の有病率は年齢調整後も負の関連を示したことを報告した。しかし、Frail phenotype とバランス機能との関連については言及していない。

Alqahtani ら⁴⁴⁾は介護施設居住者 29 名 (年齢 87±6 歳) を対象に、mCTSIB および SPPB によりバランス機能を評価し、Frail phenotype の該当数が多いほど閉眼静止立位時の前後方向と左右方向の重心動揺は大きい (静的バランス機能が低い) ことを報告した。

Schwenk ら⁵³⁾は Arizona Frailty Cohort Study において、ウェアブルセンサーによる静的バランスと Frail phenotype との関連について検討し、15 秒間の閉眼閉脚静止立位時の足関節、股関節、重心それぞれの動揺のうち、股関節の動揺はノンフレイルよりもプレフレイルが有意に大きい、ノンフレイル vs フレイル、プレフレイル vs フレイルに有意な差はなかったと報告した。

Kang ら⁵⁷⁾は、足圧プレート上で 30 秒間の開眼静止立位時における COP 動揺による静的バランスと Frail phenotype との関連を評価した。その結果、前後方向の COP 動揺の安定性は、ノンフレイルよりもプレフレイルおよびフレイルで有意に低く、また、引き算の課題

表2. 高齢者におけるバランス能と身体的フレイルに関する先行研究

著者名 発表年	国 研究デザイン	対象者	人数 (名)	年齢 (歳)	フレイル 評価	バランス機能の測定方法	分類	主な結果
Kubicki A, et al. 2020 ³⁴⁾	フランス 横断研究	保健センター登録のフレイル " " ノンフレイル	110 82	85.4±4.9 81.9±5.4	有 無	Frail' BESTest、BESTest、 POMA、Mini-motor test	⑤	新たに開発したFrail' BESTestと従来のBESTestの測定値の相関は高かった。Frail' BESTestの分布はPOMAやMini-Motor testよりも正規分布に近かった。
Kim J H, et al. 2020 ³⁵⁾	韓国 横断研究	地域在住高齢者	471	70-84	無	TUG SPPB	④ ⑤	tFMIとTUGとは有意な正の相関、SPPBとTUGスコアとは有意な負の相関を示した。
Ferraro F V, et al. 2020 ³⁶⁾	イギリス 介入研究	地域在住高齢者 介護施設居住者	19 18	74±4 70-78 82±4 75-89	無	TUG mini-BES Test	④ ⑤	8週間の呼吸筋トレーニング(IMT:1日2回、5-10分)とOtago exercise program(OEP:週2回、60分)により両群ともバランス能力が改善したが、IMTは動的バランスを、OEPは静的バランスを改善した。
Blaszczyszyn M, et al. 2019 ³⁷⁾	ポーランド パイロット研究	若年女性 ノンフレイル高齢女性	10 10	22±1.8 69±4.8	有	スポンジ上またはシーソー 上で開(閉)眼立位	②	バランスを保持する際の足関節の筋電図活性は、開眼と閉眼いずれも高齢女性が有意に高かった。
Wisniewska-Szurlej A, et al. 2019 ³⁸⁾	ポーランド 横断研究	介護施設居住者	209	65-85	無	静止立位時のCOP、TUG TUGcog(TUG中に引き算)	① ④	TUG、COP動揺と握力(kg)は認知タスクや下肢の強さに関わらず、有意な負の相関が認められた。
上岡尚代ら. 2019 ³⁹⁾	日本 横断研究	シニアウエルネスサロン参加者	13 32	男74±3.9 女75±6.8	無	開眼片足立ち FRT	① ③	開眼片足立ちとDASC21の判断力に負の相関があり、バランスが悪いほど判断力が低い。
Ferraro F V, et al. 2019 ⁴⁰⁾	イギリス 介入研究	地域在住高齢者	59	74±6	無	FST、TUG mini-BES Test	② ④ ⑤	8週間の自宅での呼吸筋トレーニングにより、TUG、mini-BES Testは有意に改善したが、PSTに有意な変化は認められなかった。
Muchna A, et al. 2018 ⁴¹⁾	アメリカ 観察的記述研究	地域在住高齢者 " " フレイル " " フレイル	41 56 20	全体 79.1±8.5	有	15秒間の閉眼閉脚静止立 位時の足関節、股関節、重 心の動揺をセンサーで計測	①	足の問題(痛み、末梢神経障害、変形)の有病率は、frail indexの数が多いほど有意に増加。 バランス機能と足の問題の有病率は年齢調整後も負の相関を示した。
Zhou H, et al. 2018 ⁴²⁾	アメリカ 横断研究	中年:糖尿病有透折有 中年:糖尿病有透折無 高齢:糖尿病有透折有 高齢:糖尿病有透折無 高齢:糖尿病無し	38 40 36 37 45	48-64 65-90 65-88	有	開眼で閉脚とセミタンデム で各20秒、静止立位時の足 関節、股関節、重心の動揺 をウェアラブルセンサーで計 測。	①	糖尿病は歩行やバランス機能を悪化させるが、透折があると年齢に関係なくさらに悪化させる。高齢の透折群では、下半身関節の安定性の低下は、歩行の低下と相関していた。
新井武志. 2018 ⁴³⁾	日本 コホート研究	介護予防事業終了者 自主グループ参加者	29 35	75.9±4.3 77.0±4.5	無	開眼片足立ち TUG	① ④	事業終了12か月後、介護予防事業終了群の開眼片足立ちは有意に改善、TUGは低下。自主グループ参加群は変化無し。

表2. 高齢者におけるバランス機能と身体的フレイルに関する先行研究 (続き)

著者名 発表年	国 研究デザイン	対象者	人数 (名)	年齢 (歳)	フレイル 評価	バランス機能の測定方法	分類	主な結果
Alqahtani B A, et al. 2017 ⁴⁴⁾	アメリカ 横断研究	介護施設居住者 " " " フレイル " " " フレイル	4 18 7	全体 87±6 72-98	有	mCTSIB SPPB	② ⑤	② 固い面での開眼静止立位において、前後方向および左右方向の重心動揺の総量とtrail indexの数との間に統計的に有意な正の相関が認められた。
Shen S, et al. 2017 ⁴⁵⁾	日本 横断研究	介護保険サービス受給者	52	83.3±5.3	無	開眼片足立ち TUG	① ④	① 手を椅子の座面について立ち上がる動作時の床反力の指標とTUGは、年齢で調整後も有意な相関を示した。
Mulasso A, et al. 2017 ⁴⁶⁾	イタリア ロボット研究	フレイル高齢者	192	73.0±6.2	有	開眼片足立ち TUG	① ④	① フレイルの指標であるTFIIは1年後の転倒のより強い予測因子であったが、開眼片足立ちやTUGはそうではなかった。
Takano E, et al. 2017 ⁴⁷⁾	日本 パイロット研究	地域在住高齢者 " " " ロバスト	17 24	77.0±4.4 73.8±5.3	有	開眼片足立ち TUG	① ④	① 4か月間の運動介入で、フレイルとロバストのいずれの群も開眼片足立ちとTUGが改善し、両群で同様の介入効果を期待できることが示唆された。
Ozaki K, et al. 2017 ⁴⁸⁾	日本 介入研究	地域在住のフレイルとプレフレイル 高齢者	27	65-85	有	COP FRT タンデム歩行速度、TUG	① ③ ④	① 2回/週、6週間のロボットを用いたバランストレーニングにより、タンデム歩行速度、TUG、FRTが有意に改善した。静的COPに有意な変化は無かった。
森武俊ら. 2017 ⁴⁹⁾	日本 横断研究	東京大学附属病院に通院する 居高齢者	15	80.1±7.0	無	開眼片足立ち	①	① 見守りセンサーで測定された居宅内活動量と開眼片足立ちには有意な正の相関を示した。
Jeon M, et al. 2017 ⁵⁰⁾	韓国 横断研究	在宅介護サービスを受けている 高齢者	101	60歳以上	無	開眼片足立ち TUG	① ④	① 非転倒群の開眼片足立ちとTUGは、1回転倒群および反復転倒群よりも有意に高い。
上原彰史ら. 2015 ⁵¹⁾	日本 後ろ向き観察研究	SPPB値が12点未満で、その後退 院できた者	44	82.4	無	SPPB	⑤	⑤ DOPPOリハビリにより、FRT、開眼片足立ちを含めたSPPBは有意に改善した。
Kim H, et al. 2015 ⁵²⁾	日本 介入研究	地域在住フレイル女性	131	75歳以上	有	開眼片足立ち TUG	① ④	① 週2回、1回1時間の運動指導と栄養指導を3か月行なった結果、TUGは運動+栄養群16.0%、運動+プラセボ19.2%の有意な改善が観察された。
Schwenk M, et al. 2015 ⁵³⁾	アメリカ 横断研究	地域在住高齢者 " " " フレイル " " " フレイル	44 60 21	74.6±6.5 80.2±8.6 83.4±8.6	有	15秒間の開眼閉脚静止立位時の足関節、股関節、重心の動揺をウェアラブルセンサーで計測	①	① 股関節の動揺がノンフレイルとプレフレイルを識別する最良の因子であったが、ノンフレイルvsフレイル、プレフレイルvsフレイルの識別はできなかった。

表2. 高齢者におけるバランス機能と身体的フレイルに関する先行研究 (続き)

著者名 発表年	国 研究デザイン	対象者	人数 (名)	年齢 (歳)	フレイル 評価	バランス機能の測定方法	分類	主な結果
Little C E, et al. 2014 ⁵⁴⁾	アメリカ 横断研究	若年者 転倒リスクのない高齢者 フレイル高齢者	34 34 5	19-24 65-77 70-90	有	ランダムに揺れるプレート上 でのCOP	②	高齢者は、シングルタスクよりもデュアルタスク時に足を踏み出す数やつま先立ちになる数が増加し、フレイル高齢者はより顕著であった。若年者は変化がなかった。
Thomas J C, et al. 2014 ⁵⁵⁾	アメリカ 横断研究	地域在住高齢者	364	65-96	無	FICSIT-4 balance test	①	年齢と性別を調整した結果、バランス能力と有意に関連したのは転倒自己効力、体幹伸展筋持久力、知覚喪失、ピークパワー時の脚速度であった。この結果はバランスを多一次的な活動として考えることを支持するものである。
Hubbard R.E, et al. 2011 ⁵⁶⁾	カナダ コホート研究	入院患者	409	81.8±7.9	有	HABAM(座位と立位の静的・動的安定性)	⑤	ベッドサイドで移動とバランスを毎日観察することで、高齢者の健康状態の急変を評価することができる。フレイルは運動能力と平衡能力の回復を遅らせ、回復の可能性を低下させる。
Kang H G, et al. 2009 ⁵⁷⁾	アメリカ 横断研究	地域在住高齢者 " " " "	292 209 49	76.6±5.1 78.8±5.6 79.6±5.6	有	30秒間の開眼静止立位時のCOP	①	前後方向のCOP動揺の安定性は、ノンフレイルに対して、フレイルおよびフレイルで有意に低かった。引き算の課題実行中の安定性は、3群とも同程度に減少した。

分類: ①静的姿勢保持、②外乱負荷応答、③支持基底面を固定した状況における随意運動中のバランス機能、④支持基底面が移動する状況における随意運動中のバランス機能、⑤複合的なバランス機能

POMA : Performance Oriented Mobility Assessment (Tinetti score) TUG : Timed Up and-Go test FRT : Functional Reach test SPPB : Short Physical Performance Batter

tFMI: DEXAによる体幹脂肪量指数(体幹脂肪量(Kg)/身長²(m²)) COP : Centre of Pressure

DASC21(The Dementia Assessment Sheet For Community-based Integrated CareSystem-21): 地域包括ケアシステムにおいて認知機能と生活機能障害に関連する行動の変化を評価する尺度

PST : postural stability test mCTSIB : modified Clinical Test of Sensory Interaction in Balance

TFI (Tilburg Frailty Indicator): 3つの領域(身体的、心理的、社会的)15項目からなる多一次的な虚弱の概念に基づく質問紙

FICSIT-4 : The Frailty and Injuries Cooperative Studies of Intervention Techniques HABAM : The Hierarchical Assessment of Balance and Mobility

実行中の COP 動揺の安定性は 3 群とも同程度に減少したと報告した。

4) 考察

本稿において我々が調べた限りでは、高齢者を対象としたバランス機能と身体的フレイルに関する研究のうち、実際に frailty phenotype や Frail Index などを用いて対象者をノンフレイルまたはロバスト、身体的プレフレイル、身体的フレイルに分類し、バランス機能との関連を検討した研究は限定的であった。多くの先行研究は、論文タイトルまたは抄録のいずれかに身体的フレイルに関する記述はあるものの、対象者が地域在住高齢者、介護施設居住者、通院患者などの記載のみでフレイル状態が不明であったり、すでに日本の介護保険サービス受給の対象であったりする研究も含まれた。また、身体的フレイルの状態を評価している研究においても、ノンフレイルまたはロバスト、身体的プレフレイル、身体的フレイルのうち、どれか 1 つか 2 つの群しか対象にしていない研究も散見された。一方、身体的フレイルの状態に応じて 3 群に分類し、バランス機能との関連を検討した 3 編は全て横断研究で、いずれも重心動揺か COP 動揺による静的バランスと身体的フレイルの検討であった。

以上のことから、高齢者を対象としたバランス機能と身体的フレイルに関する研究、中でも支持基底面を固定した状況における随意運動中のバランス機能との関連を検討した先行研究は不足しており、さらにバランス機能の 4 分類それぞれとの関連についてはほとんど明らかになっていない。

4. まとめと今後の課題

本研究ではバランス機能の評価法を島田ら⁸⁾に準じて 4 つに分類し、さらにそれらを組み合わせた総合的な評価方法も含めて整理した。

バランス機能の評価は、測定時間の短いこと、結果の客観性、結果の臨床的意味などが重視されるが、本レビューにおいても、開眼片足立ち、TUG、重心動揺など、簡易で客観的な測定法が多く用いられていた。その一方、時間はかかるが座位、立位、立ち座り、歩行など総合的にバランス機能の評価する方法を用いたり、独自に考案した測定法を用いたりする研究もみられた。

現在使用されているバランス機能の評価については、測定法の簡便性や結果の臨床的な有用性など実用性の面

で課題のあることが指摘されている⁵⁹⁾ことから、今後も更なる検討が必要である。

また、バランス機能と身体的フレイルの関連についての研究は不足しており、両者の因果を明らかにした縦断研究は今のところ見当たらない。

バランス機能の低下は、転倒、転倒恐怖、活動量低下、筋力低下およびサルコペニア、バランス機能のさらなる低下という順で、身体的フレイルを助長する負のサイクルのきっかけになると想定されている^{60) 61)}。したがって、バランス機能と転倒および身体的フレイルとの関連を検証することや、新たなバランス機能の評価する機器の開発、測定法の確立は、要介護化抑制の観点から重要である。

5. 結論

高齢者を対象としたバランス機能と身体的フレイルに関する既存の根拠において、特に支持基底面を固定した状況における随意運動中のバランス機能との関連を検討した先行研究は不足している。また、バランス機能と身体的フレイルの因果を明らかにした縦断研究は今のところ見当たらない。

医療、介護、健康づくりなどの各現場に適したバランス機能の評価方法の開発も含め、今後の更なる検討が必要である。

引用文献

- 1) 一般社団法人日本老年医学会ホームページ. (2014). フレイルに関する日本老年医学会からのステートメント. <https://www.jpn-geriat-soc.or.jp/proposal/index.html#frailty>. (参照日2021年12月20日)
- 2) 荒井秀典. (2014). フレイルの意義. 日本老年医学会雑誌会雑誌, 51(6), 497-501.
- 3) Fried, L. P., Tangen, C. M., Walston, J., Newman, A. B., Hirsch, C., Gottdiener, J., Seeman, T., Tracy, R., Kop, W. J., Burke, G., & Mcburnie, M. A. (2001). Frailty in Older Adults: Evidence for a Phenotype. *Journal of Gerontology: MEDICAL SCIENCES*, 56(3), 146-156.
- 4) 塩田琴美, 細田昌孝, 高梨晃, 松田雅弘, 宮島恵樹, 相澤純也, 池田誠. (2008). 筋力とバランス能力の関連性について. 理学療法科学, 23(6), 817-821.
- 5) 竹島伸生, 禿隆一. (2020). 加齢に伴うバランスの低下と高齢者のバランス運動の効果. スポーツ健康科学研究, 42, 1-15.
- 6) Clegg, A., Young, J., Iliff, S., Rikkert, M. O., &

- Rockwood, K. (2013). Frailty in elderly people. *Www.TheLancet.Com*, 381(2), 752–762.
- 7) 前阪茂樹, 木原健太, 藤田英二, 竹中健太郎, 下川美佳, 竹島伸生. (2015). 大学剣道および柔道競技者のバランス能の比較について. *スポーツパフォーマンス研究*, 7, 381–389.
- 8) 島田裕之, 内山靖, 原田和宏, 大淵修一, Lord, S., 鈴木隆雄. (2006). 姿勢バランス機能の因子構造: 臨床的バランス機能検査による検討. *理学療法学*, 33(5), 283–288.
- 9) 望月久. (2008). バランス能力測定法としての直立検査. *理学療法*, 15, 2–8.
- 10) 西守隆. (2003). バランスの評価. *関西理学*, 3, 41–47.
- 11) 文部科学省ホームページ. (1999). 新体力テスト実施要項 (65歳～79歳対象). https://www.mext.go.jp/a_menu/sports/stamina/03040901.htm (参照日2021年12月20日)
- 12) 厚生労働省ホームページ. (2009). 運動器の機能向上マニュアル (改訂版). <https://www.mhlw.go.jp/topics/2009/05/dl/tp0501-1d.pdf> (参照日2021年12月20日)
- 13) 岩瀬慎也, 鈴木康裕, 加藤秀典, 田邊裕基, 遠藤悠介, 石川公久, 羽田康司. (2017). 動的バランス評価指標 modified index of postural stability (MIPS) の再現性と有用性について. *理学療法学*, 44(2), 131–137.
- 14) 山本昌彦, 吉田友英. (2011). 6. 重心動揺計を用いた体平衡機能検査 —重心動揺検査・電気性身体動揺検査—. *Equilibrium Research*, 70(3), 135–144.
- 15) Thomas, J. C., Odonkor, C., Griffith, L., Holt, N., Percac-Lima, S., Leveille, S., Ni, P., Latham, N. K., Jette, A. M., & Bean, J. F. (2014). Reconceptualizing Balance: Attributes associated with balance performance. *Exp Gerontol.*, September(0), 218–223.
- 16) Nashner, L. M., Black, F. O., & Wall, C. (1982). Adaptation to altered support and visual conditions during stance: patients with vestibular deficits. *Journal of Neuroscience*, 2(5), 536–544.
- 17) Parraca, J. A., Olivares, P. R., Carbonell-Baeza, A., Aparicio, V. A., Adsuar, J. C., & Gusi, N. (2011). Test-retest reliability of biodex balance SD on physically active old people. *Journal of Human Sport and Exercise*, 6(2), 444–451.
- 18) Alqahtani, B. A., Ferchak, M. A., Huppert, T. J., Sejdic, E., Perera, S., Greenspan, S. L., & Sparto, P. J. (2017). Standing balance and strength measurements in older adults living in residential care communities. *Aging Clinical and Experimental Research*, 29(5), 1021–1030.
- 19) 島田 裕之, 大淵 修一, 加倉井 周一, 内山 靖. (2000). 施設利用高齢者のバランス機能と転倒との関係. *総合リハビリテーション*, 28(10), 961-966.
- 20) 月村泰治, 池田珠江. (1982). 起立の安定域の検討(1) —脳性麻痺におけるCross Test—. *リハビリテーション医学*, 19(1), 25–32.
- 21) Duncan, P. W., Weiner, D. K., Chandler, J., & Studenski, S. (1990). Functional reach: a new clinical measure of balance. *Journal of Gerontology*, 45(6), M192-7.
- 22) Kinzey, S. J., & Armstrong, C. W. (1998). The reliability of the star-excursion test in assessing dynamic balance. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 27(5), 356–360.
- 23) 望月久, 峯島孝雄. (2000). 重心動揺計を用いた姿勢安定度評価指標の信頼性および妥当性. *理学療法学*, 27(6), 199–203.
- 24) Takeshima, N., Islam, M. M., Rogers, M. E., Koizumi, D., Tomiyama, N., Narita, M., & Rogers, N. L. (2014). Pattern of age-associated decline of static and dynamic balance in community-dwelling older women. *Geriatrics and Gerontology International*, 14(3), 556–560.
- 25) 藤谷順三, 陳涛, 陳斯, 岸本裕歩. (2021). 地域高齢住民における足圧バランス機能と開眼片足立ち保持時間および簡易転倒スコアとの関連. *健康支援 (早期公開中)* http://jshp.umin.jp/journal/20210729_1.pdf
- 26) Mathias S, Nayak US, Isaacs B. (1986). Balance in elderly patients: the "get-up and go" test. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 67(6):387-389.
- 27) Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The Timed "Up & Go": A Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39(2), 142–148.
- 28) 公益社団法人日本整形外科学会ホームページ. (2013). 2ステップテスト. <https://locomo-joa.jp/check/test/two-step.html>. (参照日2021年12月20日)
- 29) Tinetti, M. E. (1986). Performance-Oriented Assessment of Mobility Problems in Elderly Patients. *Journal of the American Geriatrics Society*, 34(2):119-126.
- 30) Berg, K., Wood-Dauphinee, S., Williams, J. I., & Gayton, D. (1989). Measuring balance in the elderly: Preliminary development of an instrument. *Physiotherapy Canada*, 41(6), 304–311.

- 31) Guralnik, J. M., Simonsick, E. M., Ferrucci, L., Glynn, R. B., Berkman, L. F., Blazer, D. G., Scherr, P. A., & Wallace, R. B. (1994). A Short Physical Performance Battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *Journal of Gerontology*, 49(2), 85–94.
- 32) Horak, F. B., Wrisley, D. M., & Frank, J. (2009). The Balance Evaluation Systems Test (BESTest) to Differentiate Balance Deficit. *Physical Therapy*, 89(5), 484–498.
- 33) Franchignoni, F., Horak, F., Godi, M., Nardone, A., & Giordano, A. (2010). Using psychometric techniques to improve the Balance Evaluation System's Test: the mini-BESTest. *J Rehabil Med.*, 42(4), 323–331.
- 34) Kubicki, A., Brika, M., Coquisart, L., Basile, G., Laroche, D., & Mourey, F. (2020). The frail'bestest. An adaptation of the "balance evaluation system test" for frail older adults. description, internal consistency and inter-rater reliability. *Clinical Interventions in Aging*, 15, 1249–1262.
- 35) Kim, J. H., Chon, J., Soh, Y., Han, Y. R., Won, C. W., & Lee, S. A. (2020). Trunk fat mass correlates with balance and physical performance in a community-dwelling elderly population: Results from the Korean Frailty and aging cohort study. *Medicine (United States)*, 99(9), 1–6.
- 36) Ferraro, F. V., Gavin, J. P., Wainwright, T. W., & McConnell, A. K. (2020). Comparison of balance changes after inspiratory muscle or Otago exercise training. *PLoS ONE*, 15(1), 1–16.
- 37) Błaszczyszyn, M., Szczęsna, A., & Piechota, K. (2019). SEMG activation of the flexor muscles in the foot during balance tasks by young and older women: A pilot study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(22). <https://doi.org/10.3390/ijerph16224307>
- 38) Wiśniowska-Szurlej, A., Ćwirlej-Sozańska, A., Wołoszyn, N., Sozański, B., & Wilmowska-Pietruszyńska, A. (2019). Association between handgrip strength, mobility, leg strength, flexibility, and postural balance in older adults under long-term care facilities. *BioMed Research International*. <https://doi.org/10.1155/2019/1042834>
- 39) 上岡尚代, 橋本和幸, 野田哲由, 田村哲也, 松本揚, 藤川晴海, 倉光幸司, 大澤裕行. (2019). 本学及び地域連携による高齢者に対する運動介入について ~ シニアウエルネスサロンの取り組み ~. *了徳寺大学研究紀要*, 13, 221–233.
- 40) Ferraro, F. V., Gavin, J. P., Wainwright, T., & McConnell, A. (2019). The effects of 8 weeks of inspiratory muscle training on the balance of healthy older adults: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Physiological Reports*, 7(9), 1–12.
- 41) Muchna, A., Najafi, B., Wendel, C. S., Schwenk, M., Armstrong, D. G., & Mohler, J. (2018). Foot Problems in Older Adults: Associations with Incident Falls, Frailty Syndrome, and Sensor-Derived Gait, Balance, and Physical Activity Measures. *J Am Podiatr Med Assoc.*, 108(2), 126–139.
- 42) Zhou, H., Al-Ali, F., Rahemi, H., Kulkarni, N., Hamad, A., Ibrahim, R., Talal, T. K., & Najafi, B. (2018). Hemodialysis impact on motor function beyond aging and diabetes—objectively assessing gait and balance by wearable technology. *Sensors (Switzerland)*, 18(11). <https://doi.org/10.3390/s18113939>
- 43) 新井武志. (2018). 自治体の介護予防事業(公助)終了者の1年間後の体力変化—互助グループとの比較—. *目白大学健康科学研究*, 11, 35–40.
- 44) Alqahtani, B. A., Ferchak, M. A., Huppert, T. J., Sejdic, E., Perera, S., Greenspan, S. L., Sparto, P. J. (2017). Standing balance and strength measurements in older adults living in residential care communities. *Aging Clinical and Experimental Research*, 29(5), 1021–1030.
- 45) Shen, S., Abe, T., Tsuji, T., Fujii, K., Ma, J., & Okura, T. (2017). The relationship between ground reaction force in sit-to-stand movement and lower extremity function in community-dwelling Japanese older adults using long-term care insurance services. *Journal of Physical Therapy Science*, 29(9), 1561–1566.
- 46) Mulasso, A., Roppolo, M., Gobbens, R. J., & Rabaglietti, E. (2017). Mobility, balance and frailty in community-dwelling older adults: What is the best 1-year predictor of falls? *Geriatrics and Gerontology International*, 17(10), 1463–1469.
- 47) Takano, E., Teranishi, T., Watanabe, T., Ohno, K., Kitaji, S., Sawa, S., Kanada, Y., Toba, K., & Kondo, I. (2017). Differences in the effect of exercise interventions between prefrail older adults and older adults without frailty: A

- pilot study. *Geriatrics and Gerontology International*, 17(9), 1265–1269.
- 48) Ozaki, K., Kondo, I., Hirano, S., Kagaya, H., Saitoh, E., Osawa, A., & Fujinori, Y. (2017). Training with a balance exercise assist robot is more effective than conventional training for frail older adults. *Geriatrics and Gerontology International*, 17(11), 1982–1990.
- 49) 森武俊, 向後麻亜子. (2017). 宅内見守りセンサによる高齢者フレイル検知の試み. *看護理工*, 4(1), 2–14. https://doi.org/10.24462/jnse.4.1_2
- 50) Jeon, M. Y., Gu, M. O., & Yim, J. E. (2017). Comparison of Walking, Muscle Strength, Balance, and Fear of Falling Between Repeated Fall Group, One-time Fall Group, and Nonfall Group of the Elderly Receiving Home Care Service. *Asian Nursing Research*, 11(4), 290–296.
- 51) 上原彰史, 小幡裕明, 和泉由貴, 鈴木順夫, 渡邊恵, 兼山口司, 宮坂めぐ美, 渡邊未佳, 阿部敏弘, 土肥正幸, 鈴木正芳, 大西昌之, 渡部透, 和泉徹. (2015). Short Physi (ai Performance Battery (SPPB) 評価は 高齢者の独歩退院をガイドするか? *日循予防誌*, 50(3), 153–162.
- 52) Kim, H., Suzuki, T., Kim, M., Kojima, N., Ota, N., Shimotoyodome, A., Hase, T., Hosoi, E., & Yoshida, H. (2015). Effects of exercise and milk fat globule membrane (MFGM) supplementation on body composition, physical function, and hematological parameters in community-dwelling frail Japanese women: A randomized double blind, placebo-controlled, follow-up trial. *PLoS ONE*, 10(2), 1–20.
- 53) Schwenk, M., Mohler, J., Wendel, C., D'Huyvetter, K., Fain, M., Taylor-Piliae, R., & Najafi, B. (2015). Wearable sensor-based in-home assessment of gait, balance, and physical activity for discrimination of frailty status: Baseline results of the Arizona frailty cohort study. *Gerontology*, 61(3), 258–267.
- 54) Little, C. E., & Woollacott, M. (2014). Effect of attentional interference on balance recovery in older adults. *Exp Brain Res*, 232(7), 2049–2060.
- 55) Thomas, J. C., Odonkor, C., Griffith, L., Holt, N., Percac-Lima, S., Leveille, S., Ni, P., Latham, N. K., Jette, A. M., Bean, J. F. (2014). Reconceptualizing Balance: Attributes associated with balance performance. *Exp Gerontol*, September(0), 218–223.
- 56) Hubbard, R. E., Eeles, E. M. P., Rockwood, M. R. H., Fallah, N., Ross, E., Mitnitski, A., & Rockwood, K. (2011). Assessing balance and mobility to track illness and recovery in older inpatients. *Journal of General Internal Medicine*, 26(12), 1471–1478.
- 57) Kang, H. G., Costa, M. D., Priplata, A. A., Starobinets, O. V., Goldberger, A. L., Peng, C. K., Kiely, D. K., Cupples, L. A., & Lipsitz, L. A. (2009). Frailty and the degradation of complex balance dynamics during a dual-task protocol. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, 64(12), 1304–1311.
- 58) Mitnitski, A. B., Mogilner, A. J., & Rockwood, K. (2001). Accumulation of deficits as a proxy measure of aging. *The Scientific World Journal*, 1, 323–336.
- 59) 望月久, 金子誠喜. (2009). 臨床的バランス能力評価指標に関するアンケート調査報告-臨床的バランス能力評価指標の考案に向けて-. *理学療法科学*, 24(2), 205–213.
- 60) Delbaere, K., Crombez, G., Vanderstraeten, G., Willems, T., & Cambier, D. (2004). Fear-related avoidance of activities, falls and physical frailty. A prospective community-based cohort study. *British Geriatrics Society*, 33(4), 368–373.
- 61) 近藤和泉. (2016). 高齢者のフレイルとリハビリテーション. *Jpn J Rehabil Med*, 53(11), 860–865.