

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：32702

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2022

課題番号：17K01479

研究課題名（和文）高齢者の多様なバランス制御方略を考慮した転倒危険因子の解明と介入プログラムの開発

研究課題名（英文）Identification of falling risk factors and development of intervention programs considering individual differences in balance control strategies among the elderly

研究代表者

笹川 俊（Sasagawa, Shun）

神奈川大学・人間科学部・准教授

研究者番号：90551565

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、高齢者の立位バランスの個人差について検討した。研究1では、加齢が立位バランスにおける個人差に及ぼす影響について調べた。その結果、立位バランスの加齢変化パターンは前後方向と左右方向で全く異なることが明らかになった。特に、左右バランスは70歳頃から急激に悪化すること、これが高齢者の転倒リスクと関係することが示唆された。研究2では、姿勢動揺パターンの個人差と多関節ダイナミクスとの関係について調べた。その結果、姿勢動揺パターンの個人差は、主に低周波成分と高周波成分の振幅の大きさによって特徴付けられ、それぞれの動揺パターンは特異的な多関節ダイナミクスを伴っていることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義  
バランス能力の加齢変化に関する研究は、今日までに数多く行われてきたが、健常高齢者は「高齢者」という均質な集団として扱われることが多く、その個人差はことごとく看過されてきた。本研究は、健常高齢者と呼ばれる人々の間に存在する個人差に焦点を当て、それを定量化するとともに、個人差を生じさせる神経メカニズムを探索した。

研究成果の概要（英文）：This study investigated individual differences in standing balance control among elderly people. Research 1 examined the effects of aging on individual differences in standing balance. As a result, it was revealed that the age-related changing patterns in standing balance were completely different between the anterior-posterior and mediolateral directions. In particular, mediolateral balance deteriorated dramatically after the age of 70, which may result in increased falling risk of the elderly. Research 2 examined the relationship between individual differences in postural sway patterns and multi-joint dynamics. The results showed that individual differences in postural sway patterns were characterized primarily by the amplitudes of low- and high-frequency components, and that each sway pattern was accompanied by specific multi-joint dynamics.

研究分野：運動制御

キーワード：姿勢制御 立位 加齢 高齢者 転倒

## 1. 研究開始当初の背景

超高齢社会に突入した我が国では、高齢者の転倒事故による外傷や、転倒恐怖感に起因する活動制限などが社会問題となって久しい。転倒リスクの予測因子を明らかにし、転倒事故の予防策を講じることは、高齢者が安心して質の高い生活を送ることのできる社会の実現、年々増加の一途をたどる医療費の削減など、様々な観点から重要な検討課題である。転倒リスクの予測因子として、これまでに様々な体力要素(筋力、反応時間、バランス能力など)が検討されており、中でもバランス能力の重要性は多くの研究者が指摘するところである。しかし、数あるバランス能力の評価指標のうち、どの指標が最も鋭敏に転倒リスクを評価し得るのか、また、どのような介入が高齢者のバランス能力の改善効果を最大化し得るのか、という点については、研究報告間で一致した見解が得られていない。研究報告間にこうした矛盾が生じる原因の一つは、先行研究が、高齢者の立位バランスの制御方略には大きな多様性が存在することを看過している点にある。我々がこれまでに報告してきたように、立位バランスの制御は、足関節のみならず、膝関節や股関節など、多くの関節運動が寄与する多関節動作であり(Sasagawa et al., 2009 *Neurosci Lett*, Sasagawa et al., 2014 *J Neurophysiol*, Yamamoto & Sasagawa et al., 2015 *Gait Posture*)、余剰な関節自由度の存在が、バランスの制御方略に潜在的な冗長性を生じさせる。さらに、視覚系、前庭系、体性感覚系、筋骨格系、という立位バランスの制御システムの構成要素のうち、加齢に伴い機能低下が生じる要素の種類や、その程度に応じて、それを代償するための最適な制御方略が用いられるため、高齢者ではバランス制御方略における多様性が拡大すると考えられる。このように、高齢者では、個人間で異なる身体機能の加齢変化を代償する形で、立位バランスの制御方略に大きな多様性が生じる。したがって、高齢者を対象とする場合、従来のように一元化されたバランス能力の評価や介入は必ずしも有効ではない。

## 2. 研究の目的

本研究は、(1)高齢者の多様な姿勢動揺パターンを類型化し、転倒リスクとの関連性を探ること、(2)転倒リスクの高いバランス制御方略を解明し、その神経メカニズムを特定すること、(3)姿勢動揺パターンの類型別に介入方法を策定・実施し、その改善効果を検証すること、を目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) 研究1

この研究では、高齢者の立位バランス制御方略に個人差を生じさせる要因として、加齢の影響について検討した。具体的には、地域在住の50歳代から80歳代までの男女約100名を対象として、安静立位バランスの制御が、加齢とともにどのように変化するの

かについて調べた。実験参加者は、フォースプレート上で安静立位姿勢を保持した。立位中の足圧中心 (CoP) 位置 (前後 / 左右方向) を計測し、その時系列の振幅を姿勢動揺の大きさの指標とした。また、床反力の水平成分から身体重心加速度 (ACC) (前後 / 左右方向) を算出し、その時系列の振幅をバランス調節活動の大きさの指標とした。

#### (2) 研究 2

この研究では、健常高齢者の安静立位 CoP 動揺パターンにおける個人差と多関節ダイナミクスとの関係性を明らかにした上で、個人差を生じる背景にある神経メカニズムについて検討した。実験参加者は、60 歳代後半から 70 歳代前半の健常高齢者とした。参加者は、安静立位姿勢を保持し、その間、フォースプレートを用いて CoP 位置を、モーションキャプチャーシステムを用いて身体各評点に貼付した反射マーカの 3 次元座標をそれぞれ測定した。CoP 位置の時系列から、その二乗平均平方根 ( $CoP_{RMS}$ ) と平均速度 ( $CoP_{MV}$ ) を算出した。また、反射マーカの 3 次元座標から足関節および股関節の関節角度を推定した。

### 4. 研究成果

#### (1) 研究 1

参加者の年齢と CoP および ACC の振幅との関係について調べた。結果、前後方向では、CoP の振幅と参加者の年齢との間に有意な関係は認められなかったが、ACC の振幅は参加者の年齢とともに有意に増大した。一方、左右方向では、CoP の振幅は参加者の年齢とともに有意に増大したが、ACC の振幅と参加者の年齢との間に有意な関係は認められなかった。以上の結果は、立位バランスの加齢変化パターンが前後方向と左右方向とで全く異なることを意味している。60 歳代の高齢者と若齢者との間で安静立位バランスを比較した先行研究 (Prieto et al., 1996) は、左右方向の CoP 動揺指標には、若齢者と高齢者の間に有意差がないことを報告している。この研究報告と今回の研究結果を総合すると、左右方向の姿勢動揺は 70 歳代から急激に増大すること、この左右動揺増大がバランス制御能力の加齢低下や転倒リスクの増大を強く反映すること、が示唆された。

#### (2) 研究 2

参加者全員の  $CoP_{RMS}$  と  $CoP_{MV}$  について分析したところ、2 つの要約統計量の間には、互いに相関のない、同程度の被験者間変動が確認された。また、 $CoP_{RMS}$  は CoP 動揺の低周波成分 (0-0.5 Hz) と強く相関し、 $CoP_{MV}$  は CoP 動揺の高周波成分 (0.5-5.0 Hz) と強く相関することが明らかになった。このことは、高齢者の CoP 動揺パターンの個人差には、低周波成分の振幅の違い ( $CoP_{RMS}$  が反映) と高周波成分の振幅の違い ( $CoP_{MV}$  が反映) という 2 つの主要素があることを意味する。さらに、これらの主要素が、それぞれ、どのような特徴的な多関節ダイナミクスと関連しているのかを調べたところ、 $CoP_{RMS}$  の増大とともに、身体は足関節を回転中心とした倒立単振り子のような挙動を強

めることが明らかになった。一方、 $CoP_{MV}$  の増大とともに、身体は足関節と股関節を回転中心とした二重倒立振子的な挙動を強めることが明らかになった。本研究ではさらに、文献調査により、2つの異なる多関節ダイナミクス変化の神経メカニズムについて調査した。その結果、 $CoP_{RMS}$  が増大し、身体が倒立単振子的な挙動を強める背景には、前庭系の機能低下があることが示唆された。一方、 $CoP_{MV}$  が増大し、身体が倒立二重振子的な挙動を強める背景には、下肢固有感覚系の機能低下があることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Sasagawa S, Yaeshima K, Sekiguchi H.
2. 発表標題 Effect of static stretch of the calf muscles on the postural orientation and equilibrium during human quiet standing
3. 学会等名 Neuroscience 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shun Sasagawa, Akiko Imura.
2. 発表標題 Proximal-to-distal segmental sequence of toppling observed during human quiet standing
3. 学会等名 Neuroscience 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

神奈川大学研究者情報 <a href="https://kenkyu.kanagawa-u.ac.jp/kuhp/KgApp?kyoinId=yndbgkykgy">https://kenkyu.kanagawa-u.ac.jp/kuhp/KgApp?kyoinId=yndbgkykgy</a>
---

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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------