

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 4 月 25 日現在

機関番号：22501

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2011～2012

課題番号：23800048

研究課題名（和文） 脊柱形態・可動域の加齢変化と補償的ステップ反応時の力学特性との関連性

研究課題名（英文） Relationship between range of motion of the spinal column and mechanics characteristic at the compensatory stepping reaction in the elderly

研究代表者

竹内 弥彦 (TAKEUCHI YAHIKO)

千葉県立保健医療大学健康科学部リハビリテーション学科・准教授

研究者番号：80609917

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、高齢者における脊柱形態および椎体間可動域と補償的ステップ反応時の身体動揺特性、下肢関節モーメントとの関係を明らかにすることである。本研究の結果から、高齢者の後方ステップ着地時に生じる身体重心動揺の制御には、足関節底屈モーメントが関与していることが確認された。さらに、椎体間可動域と身体重心動揺との相関分析から、ステップ着地時における身体重心の動揺制御には第 11・12 胸椎間および第 5 腰椎・第 1 仙椎間の伸展可動域が重要であることが示唆された。

研究成果の概要（英文）： The purpose of this study was to investigate relations with the deflection characteristic of the body center of mass at landing of the backward stepping and the joint moment, and range of motion of the spinal column in the elderly. The results of this study showed a significant negative correlation between the amount of the body center of mass and ankle plantar flexion moments in the elderly group. Furthermore, significant negative correlation was observed between the extension range of motion from the 11th thoracic vertebra to the 12th thoracic vertebra and deflection of the body center of mass at the landing phase of the backward stepping reaction. This study suggests that, for controlling deflection of the body center of mass at the landing phase, extension range of motion in the transition region between the thoracic vertebra and lumbar vertebrae take an important role.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2011 年度	1300000	390000	1690000
2012 年度	1000000	300000	1300000
年度			
年度			
年度			
総計	2300000	690000	2990000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：医用生体工学・生体材料学

キーワード：脊柱形態・脊柱可動域・高齢者・ステップ反応・身体動揺・関節モーメント

1. 研究開始当初の背景

超高齢社会を迎えたわが国において、重篤な合併症を引き起こす高齢者の転倒を予防していくことの社会的意義は大きい。転倒防止を内的要因から考えると、高齢者の転倒防止にもっとも効果的なバランス反応は、一步、足を踏みだして身体を支えるステップ反応が重要と思われる。加えて、ステップ反応時の身体制御を考えると、身体の合成重心位置に影響を与える体幹部、つまり脊柱の形態や可動域に着目する必要がある。脊柱の加齢変化の特徴として、胸椎後彎角の増加が挙げられる。よって、脊柱の形態や椎体間の可動域を計測し、高齢者における変形の程度や可動範囲とステップ反応時に生じる身体動揺特性、さらには関節モーメント（力学特性）との関係を明らかにしていく必要があると考える。

2. 研究の目的

(1) 高齢者と若年者における脊柱の各椎体間の角度を測定し、矢状面上における胸椎後彎角、腰椎前彎角の加齢変化を明らかにする。

(2) 後方向へのステップ反応時、とくに転倒との関連が指摘されている着地時の身体重心動揺および下肢が発揮する力（関節モーメント）を計測することで、高齢者のステップ着地時の不安定要素を明らかにする。

(3) 上記(1)(2)で得た結果の組合せにより、高齢者の脊柱形態・可動域とステップ反応時の身体重心動揺、および下肢の関節モーメントの関連性を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 脊柱計測分析器（スパイナルマウス）を用いて、高齢者16名（ 66.8 ± 3.5 歳）、若年者10名（ 20.4 ± 1.4 歳）の胸椎後彎角、腰椎前彎角を計測した。計測した値についてWelchのt検定を用い、高齢群と若年群間で比較した。

(2) 後方ステップ反応の計測には、赤外線カメラ8台で構成される3次元動作解析装置とフォースプレート4枚を同期して用いた。3次元動作解析装置による標点データより、身体重心位置を算出した。被験者には前方2列のフォースプレート上で立位姿勢を保持させ、30秒間の静止立位時における身体重心動揺を計測した。続いて、被験者は後方に位置する検者の手にもたれかかるように、ゆっくりと後方へ重心を移動させる。寄りかかっている検者の手を急激に離すことによって、後方への外乱を加え、ステップ反応を誘発した。後方に設置した2枚のフォースプレート

から、後方にステップした足の着地時期を同定し、3次元動作解析装置とフォースプレートのデータから、ステップ着地時の身体重心動揺および下肢関節モーメントを算出した。

ステップ着地時の下肢関節モーメントについて、高齢群と若年群間で比較した。さらに、高齢群におけるステップ着地時の身体重心動揺と下肢関節モーメントの関係について、Pearsonの積率相関係数を用いて相関分析をおこなった。

(3) 方法(1)にて求めた胸椎後彎角、腰椎前彎角と方法(2)で算出した静止立位中の身体重心動揺特性（動揺量、速度、加速度）との関係、および椎体間の伸展可動域とステップ着地時の身体動揺特性との関係について、Pearsonの積率相関係数を用いて、相関分析をおこなった。

4. 研究成果

(1) 脊柱計測の結果、胸椎後彎角は高齢群 $40.1 \pm 7.8^\circ$ 、若年群 $39.3 \pm 9.9^\circ$ であり、高齢群で大きくなる傾向を認めたものの、年代間で有意な差は認めなかった ($p=0.83$)。また、腰椎前彎角は高齢群 $15.1 \pm 7.0^\circ$ 、若年群 $16.6 \pm 5.4^\circ$ であり、年代間で有意な差は認めなかった ($p=0.54$)。

本結果より、胸椎後彎角、腰椎前彎角ともに加齢による変化は認めなかった。加齢による脊柱変化の特徴としては、胸椎後彎変形を主とする、脊柱の円背が多く認められる。よって、本研究でも胸椎後彎角において、加齢の影響による胸椎後彎角の増大が認められると予想されたが、結果として、年代間で差は認めなかった。その主な理由としては、本研究で対象とした高齢者は平均年齢66.8歳と若く、日常生活での活動量も多い方々であったことが挙げられる。逆説的には、前期高齢者で日常生活での活動量が多い健康高齢者は、若年群と差がない範囲に脊柱形態の維持が可能であることが示唆された。

(2) 後方ステップ反応における着地時の下肢関節モーメント（表1）：股関節は高齢群 1.8 ± 1.4 Nm/kg、若年群 2.37 Nm/kg で年代間に有意な差は認めなかった。膝関節は高齢群 1.4 ± 1.0 Nm/kg、若年群 1.7 ± 0.7 Nm/kg で年代間に有意な差は認めなかった。足関節は高齢群 1.3 ± 0.4 Nm/kg、若年群 1.6 ± 0.4 Nm/kg（底屈モーメント+）で高齢群に比較し、若年群で有意に高値を示した ($p < 0.05$; 表1)。

これらの結果より、床反力による衝撃が大きいと考えられる後方へのステップ着地時において、下肢関節が発揮する力（関節モーメント）の加齢変化は股関節、膝関節よりも足関節に認められ、とくに足関節底屈モーメ

ントに着目する必要性が示唆された。

表1 下肢関節モーメントの年代間比較

	矢状面		
	Hip	Knee	Ankle
Elderly	1.82±1.44	1.38±1.02	1.26±0.42
Young	2.37±0.83	1.70±0.65	1.64±0.41

*: p < 0.05

高齢群におけるステップ着地時の身体動揺特性と下肢関節モーメントの関係を分析した結果、左右方向の身体重心動揺量と足関節の底屈モーメントの間に有意な負の相関関係を認めた ($r=-0.78$, $p<0.01$; 図1)。なお、若年群ではこれらの関係を認めていない。

本研究で用いた後方への外乱刺激では、被験者の身体重心に後方および下方向への加速度が生じる。高齢群においては、後下方向への加速度により生じる力を足関節の底屈モーメントにより受けとめている可能性が示唆された。

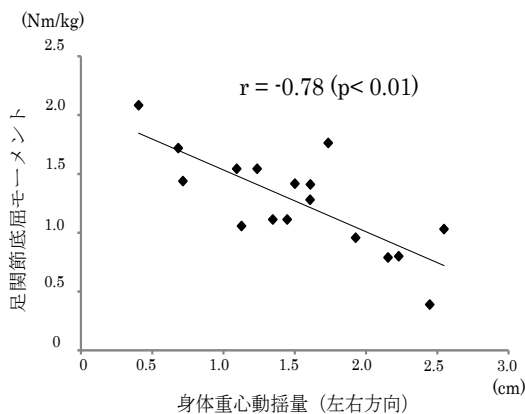


図1 身体重心動揺量と足関節底屈モーメントの関

(3) 高齢群における胸椎後彎角、腰椎前彎角と静止立位中の身体重心動揺特性との相関分析の結果 ($n=16$)、胸椎後彎角と前後方向の身体動揺速度との間に、有意な正の相関関係を認めた ($r=0.54$, $p<0.05$; 図2)。静止立位時の身体動揺は基礎的な平衡機能を反映し、身体重心の動揺量や動揺速度の増大が平衡機能の減退を示すと考えられている。とくに、動揺量の1階微分系列である動揺速度は、加齢による影響を顕著に反映する指標とされている。

本研究結果において、高齢者の姿勢変化の特徴である胸椎後彎角度と前後方向の重心動揺速度に正の相関関係を認めたことから、胸椎後彎角度の増大と前後方向の重心動揺速度の増大、つまり前後方向の姿勢調節能力

低下との間に関連性があることが示唆された。

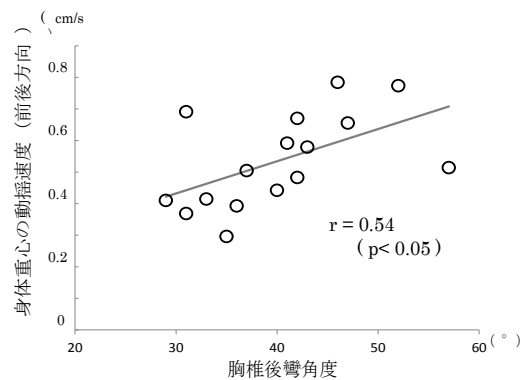


図2 胸椎後彎角度と身体重心動揺速度の関係

加えて、椎体間の伸展可動域と身体重心動揺との相関分析の結果 ($n=13$)、第11・12胸椎間、および第5腰椎・第1仙椎間の伸展可動域と前後方向の身体重心動揺量との間に有意な負の相関関係を認めた (それぞれ、 $r=-0.62$, $p<0.05$; 図3、 $r=-0.56$, $p<0.05$; 図4)。

本研究結果から、脊柱彎曲の変曲点である胸腰椎移行部 (第12胸椎付近) と腰仙椎移行部 (第5腰椎付近) の伸展可動域により、後方ステップ着地時に生じる後方への衝撃を緩和していたことが示唆された。

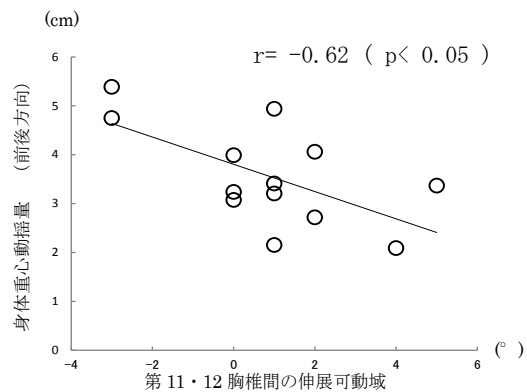


図3 Th11・12間の伸展可動域と身体重心動揺との関係

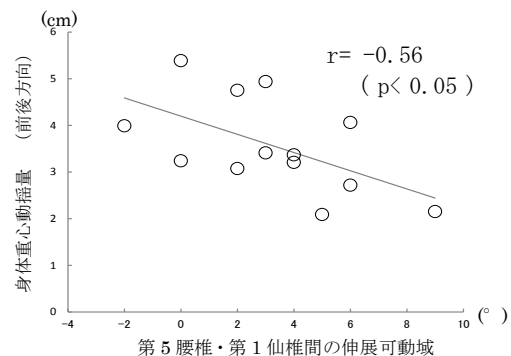


図4 L5・S1間の伸展可動域と身体重心動揺との関係

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1件)

- ①竹内弥彦、大谷拓哉、三和真人、高齢者の補償的バランス反応における身体動揺特性と関節モーメントの関係、バイオメカニズム学会誌、査読有、Vol. 37、No. 1、2013、52-57

[学会発表] (計3件)

- ①竹内弥彦、高齢者の脊柱形態・可動域と後方ステップ着地時の身体動揺特性との関係、日本人間工学会第53回大会、2012年6月10日、九州大学(福岡)
- ②竹内弥彦、高齢者の脊柱形態と静止立位中の体節別重心動揺との関係、日本生理人類学会第67回大会、2012年11月18日、首都大学(東京)
- ③竹内弥彦、後方へのステップ着地後に不安定性を認める高齢者の身体動揺と関節モーメント特性、2012年12月6日、東北大学(仙台)

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]

ホームページ等
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹内 弥彦 (TAKEUCHI YAHIKO)
千葉県立保健医療大学健康科学部リハビリテーション学科・准教授
研究者番号：80609917

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：