

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26282194

研究課題名(和文) 下肢筋プロポーションと歩行モーションの加齢変化とその関連性

研究課題名(英文) Aging-related changes in leg muscle proportion and walking motion and their relationships

研究代表者

村木 里志 (MURAKI, SATOSHI)

九州大学・芸術工学研究科(研究院)・教授

研究者番号：70300473

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,500,000円

研究成果の概要(和文)：下肢の筋力が衰えると生活動作、特に歩行動作が困難になる。その動作の可否は下肢の各筋(膝関節伸筋群・屈筋群、足関節底屈筋群・背屈筋群)の筋量およびそれらの比率(下肢筋プロポーション)が関係していると考えられる。本研究では介護予防の観点から自立して歩行ができる高齢者を主な対象とし、歩行モーションの加齢変化の特徴を見出すとともに、下肢筋プロポーションと歩行モーションとの関連性を示した。

研究成果の概要(英文)：Deterioration of leg muscle strength causes difficulties in locomotion such as walking. The locomotor ability would be related to the volume of each muscle group in the leg (knee extension/flexion, ankle plantarflexion/dorsiflexion) and their proportion. From a viewpoint of preventing deterioration of locomotion ability, the present research mainly targeted elderly people who can walk independently, and indicated features of aging-related changes in walking motion and the relationship between leg muscle proportion and walking motion.

研究分野：福祉人間工学

キーワード：老化 歩行 介護予防 筋 高齢者 超音波 動作解析

### 1. 研究開始当初の背景

我が国は超高齢社会を迎え、増加する要介護者人口への対策は待ったなしの緊急・重要課題であり、その一つの柱が介護予防である。要支援・要介護の主な原因の一つには加齢性筋肉減弱（サルコペニア）や転倒による寝たきりがある。下肢の筋力や筋量が低下すると「立つ」「歩く」「階段昇降」といった移動・起居動作が困難になり、車いす生活や要支援・介護生活につながる。それゆえ、下肢の筋減弱の程度を安全に評価するとともに、要支援・要介護にならないための必要な筋力や筋量を示すことが重要と考える。

このような背景から我々は下肢（大腿部および下腿部）の筋量およびそれらのバランスを下肢筋プロポーションと定義し、中高齢者の下肢筋プロポーションが生活動作能力に及ぼす影響（科学研究費：基盤研究 B、課題番号 23300255）を検討してきた。そして、下肢筋プロポーションが移動動作の遂行レベルに関係することを報告してきた。

しかしながら、歩行といった移動の基本となる動作は複数の下肢筋群の動員およびそれらの協調により遂行される。歩行が遂行できていても、その動作の動力源となる筋量の低下やバランスの乱れが起こっていれば、歩行モーションにはそれらの影響が現れると考えられる。そして、それらの因果関係やメカニズムが解明できれば、歩行モーションから下肢筋プロポーションの状態を推測できるとともに、効果的な予防策を提案できる。また、移動動作能力を維持するために望ましい下肢筋プロポーションを示すことも可能になる。そのような背景から下記のことを研究の目的とする。

### 2. 研究の目的

加齢などによって下肢の筋力が衰えると生活動作、特に歩行動作が困難になる。その動作の可否は下肢の各筋（大腿部・下腿部の伸筋群・屈筋群）の筋量およびそれらのバランス（下肢筋プロポーション）が関係していると考えられる。本研究は前科学研究費課題（研究課題番号：23300255）における下肢筋プロポーションの研究成果を昇華させるため、歩行モーションの加齢変化、下肢筋プロポーションと歩行モーションとの関連性を明らかにすることを目的とする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 下肢筋プロポーションと歩行モーションとの関連性

日常生活の歩行に支障がない 18 歳以上の男女を対象とした。身長、体重、大腿部・下腿部の周囲径、大腿部および下腿部の筋横断面積、歩行モーションを計測した。

筋横断面積の計測は著者らが開発した超音波筋横断面積計測システムを用いた。当シ

ステムは超音波エコー画像計測装置、超音波エコープローブの可動域制御と位置計測を行うリンク機構、超音波エコー画像を合成し鮮鋭化して筋面積を計測するプログラム等から構成される。このシステムを用いることにより、四肢の横断面画像を合成でき、その画像により筋群の面積が計測できる。

筋横断面積の計測部位は右大腿部（大腿長 50%位置）および右下腿部（最隆起部位）とし、仰臥位姿勢において測定した。解析項目を表 1 に示す。

表 1 下肢筋プロポーションの解析項目

部位	計測項目
大腿部	総筋面積
	膝関節伸筋群面積
	膝関節屈筋群面積
	膝関節伸筋群面積/総筋面積
	膝関節屈筋群面積/総筋面積
下腿部	総筋面積
	足関節底屈筋群面積
	足関節背屈筋群面積
	足関節底屈筋群面積/総筋面積
	足関節背屈筋群面積/総筋面積
下肢	総面積（大腿部と下腿部の総筋面積の和）
	下腿総筋面積/大腿総筋面積

これらの値はさらに比体重で補正

歩行モーションの計測は九州大学大橋キャンパス居住空間実験住宅内に設置した 10m の歩行路において実施した。被験者には日常の歩行速度において 3 回歩行させた。足部は裸足とした。

歩行モーションは 8 台以上の赤外線カメラ（Hawk、Rapter、Motion Analysis 製）を用いた三次元動作解析システムにより計測した。被験者は密着性のウエアおよびキャップを着用し、関節などの身体主要部位の表面に反射マーカーを取り付けた。

動作解析ソフトウェア（Cortex、Motion Analysis 製）を用いて反射マーカーの三次元座標を計測・記録し、スティックピクチャーを作成した。さらに解析ソフトウェア（Kineanalyzer、キッセイコムテック社）にて、両足の接地、離地のタイミングを判断し、表 2 の項目（基礎指標、足部掌上高、重心動揺、下肢関節動作）を求めた。時間的指標は一歩行周期（接地から次の接地）におけるタイミング（%）にて表した。

#### (2) 歩行モーション指標の加齢変化

日常生活の歩行に支障がない 19 歳から 85 歳の男女を対象とした。(1)の方法に準じて動作を撮影し、歩行モーション指標の各値を解析した。

表2 解析した主な歩行モーション指標

分類	算出項目
基礎指標	歩行速度 (m/min) 歩調 (steps/min) 歩幅 (m) 両脚支持期 (%) 歩行比
足部拳上高	爪先最大拳上高 (mm) 踵最大拳上高 (mm)
重心動揺	左右方向動揺量 (mm) 鉛直方向動揺量 (mm)
下肢関節動作	下肢関節角度
・股関節	下肢関節角速度
伸展・屈曲	下肢関節角加速度
・膝関節	・ピーク値 (deg)
伸展・屈曲	・ピークタイミング (%)
・足関節	・可動域 (deg)
底屈・背屈	

項目により身長、下肢長、体重との比を算出

(3) 下肢筋トレーニングが歩行モーションに及ぼす影響

日常生活の歩行に支障がない62歳~76歳の女性18名を対象とした。当対象者はウォーキング教室(当研究のために開催)に申し込んだ地域の一般住民である。

教室と研究の趣旨を説明して参加の同意を得た後、身体寸法(身長、体重、下肢周囲径等)、下肢筋プロポーション、歩行モーションおよび生活・運動習慣等を計測・調査した(下肢筋プロポーションと歩行モーションの計測は(1)に準じる)。その後、下肢筋プロポーションの評価結果に応じた運動プログラムを実施させた。その運動プログラムは下肢筋プロポーションを改善するための下肢筋力トレーニングの実践、歩行習慣(歩数の目標設定)の改善、健康運動教室への参加(隔週、計5回)からなる。最初の計測・調査から約10週間後、同様の計測・調査を再度行った。

4. 研究成果

(1) 下肢筋プロポーションと歩行モーションとの関連性

若年者から後期高齢者まで幅広い年齢層においてデータを取得したが、ここでは65歳以上の男女の結果を報告する(男性:54名、65~81歳、女性:48名、65~85歳)。

下肢筋プロポーションの各指標と歩行モーションの各指標との相関関係を検討した結果、いくつかの組み合わせにおいて有意な相関関係が認められた。ただし、筋群によって相関が認められる歩行指標は異なった。大腿部の筋群面積は膝関節伸展・屈曲の動きと、下腿部の筋群面積は足関節底屈・背屈の動きとより密接に関係していた。またそれらの関係性は男女によって異なった。

例えば男性の場合、下腿の足関節背屈筋群

の筋面積は歩幅、両脚支持期率(図1)、足関節角度などと有意な相関関係( $p < 0.05$ )を示した。女性の場合、下腿の足関節底屈筋群の筋面積は、歩行速度、歩幅や足関節底屈角加速のピークタイミングなどと有意な相関関係( $p < 0.05$ )を示した。

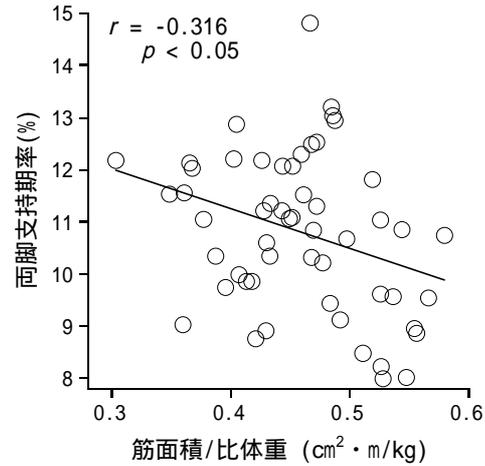


図1 足関節背屈筋群の筋面積と歩行モーション指標(両脚支持期率)との関係(N=54)

(2) 歩行モーション指標の加齢変化

女性(128名)を対象とした研究成果を紹介する。

歩行速度や歩幅は加齢によって減少すると言われている。しかしながら本研究では、歩行速度および歩幅(身長比)と年齢との有意な相関関係は認められなかった。この理由としては、対象者を自立歩行が可能な者に限ったことが考えられる。

一方、歩行モーション指標をみると、いくつかの指標において年齢と有意な相関関係がみられた。例えば高齢になると、足関節角速度の第一底屈ピーク値(遊脚初期)や膝関節角速度の第二屈曲ピーク値(遊脚初期)などの減少がみられた(図2)。

このように、自立歩行が可能な場合は、加齢による歩行速度や歩幅の減少は認められなかったが、歩行を成立するための動作においては、動作指標によっては加齢変化が認められた。これらのことより、歩行速度や歩幅などパフォーマンスの低下が表れる前に先行して、歩行モーション上に変化が起こることが示唆された。

(3) 下肢筋トレーニングが歩行モーションに及ぼす影響

運動プログラムの実践により、下肢筋プロポーションの改善がほとんどの被験者において認められた。大腿総筋、膝関節伸筋群、下腿総筋、足関節底屈筋群および足関節背屈筋群の筋面積平均値は増加した。

一方、歩行モーションにおいては、歩行能力の指標である歩幅や歩行速度に有意な変化は認められなかった。ただし、歩行中の下肢の一部指標には変化がみられた。例えば両脚支持期時間や下肢関節角度・角速度のピークタイミング等である。

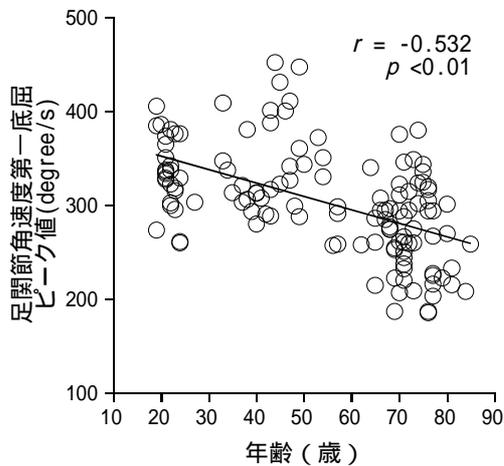


図2 年齢と歩行モーション指標（足関節角速度第一底屈ピーク値）との関係（N=128）

今後は下肢筋プロポーションの変化率と歩行モーションパラメータの変化率との関係性を検討する。

#### (4)最後に

上述した(1)から(3)以外にも、前期高齢者（65歳～74歳）と後期高齢者（75歳以上）の歩行モーション指標の比較およびその性差、足踏みを用いたモーション指標の加齢変化などの関連課題にも取り組んだ（成果報告は省略）これらの一連の成果を踏まえ、下肢筋プロポーションの加齢変化が歩行モーションおよび歩行能力にどのように影響するかを整理していく予定である。

#### <倫理的配慮>

本研究は九州大学大学院芸術工学研究院の研究倫理委員会の承認を受けて実施した（承認番号 98、120、224）。

#### <謝辞>

本研究にご協力頂きました被験者の皆様に感謝申し上げます。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計7件)

Osamu Fukuda, Tatsuma Shimizu, Hiroshi Okumura, Kohei Arai, Kiyotaka Fukumoto, Satoshi Muraki (2016) Analysis of thigh cross-sectional proportion using the portable ultrasound imaging system. Proceeding of 2016 IEEE 18th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom) 10.1109/HealthCom.2016.7749449 査読有り

Irma Nur Afiah, Hiroki Nakashima, Ping Yeap Loh, Satoshi Muraki (2016) An exploratory investigation of changes

in gait parameters with age in elderly Japanese women. Springerplus 13:5(1): 1069, doi:10.1186/s40064-016-2739-7, 査読有り

Satoshi Muraki, Hiroki Nakashima, Kiyotaka Fukumoto, Osamu Fukuda (2014) Circumference and muscle cross-sectional area of the thigh and calf in elderly Japanese people. Proceeding of 3rd International Conference of South East Asian Network of Ergonomics Society, 5 pages (PDF), 2014 査読無し

他4件

〔学会発表〕(計17件)

中島弘貴, Loh Ping Yeap, 田中 颯, Irma Nur Afiah, 村木里志 (2016) 20歳代から80歳代にかけての歩行モーション変化. 日本生理人類学会第73回大会, 大阪市, 2016年6月 優秀ポスター受賞

Satoshi Muraki, Hiroki Nakashima, Irma Nur Afiah, Kiyotaka Fukumoto, Osamu Fukuda (2015) Aging-related changes in gait and proportion of leg muscles among elderly Japanese subjects. 12th International Congress of Physiological Anthropology, Chiba, Japan, Oct 2015.

Hiroki Nakashima, Irma Nur Afiah, Ping Yeap Loh, Kiyotaka Fukumoto, Osamu Fukuda, Satoshi Muraki (2015) The relationships between walking motion and the muscles cross-sectional area in the lower limbs in the elderly. 12th International Congress of Physiological Anthropology, Chiba, Japan, Oct 2015 Student Poster Presentation Awards

Satoshi Muraki, Hiroki Nakashima, Kiyotaka Fukumoto, Osamu Fukuda (2015) Aging-related changes in walking motion among independent Japanese elderly. 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics, Las Vegas, USA, July 2015.

中島弘貴, Irma Nur Afiah, Ping Yeap Loh, 村木里志 (2015) 高齢期に加齢変化する歩行指標の探索. 日本人間工学会第56回大会, 東京都, 2015年6月 優秀研究発表奨励賞受賞

他12件

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

村木 里志 (MURAKI Satoshi)  
九州大学・大学院芸術工学研究院・教授  
研究者番号: 70300473

(2)研究分担者

福田 修 (FUKUDA Osamu)

佐賀大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号：20357891

船津 京太郎 (FUNATSU Kyotaro)

九州共立大学・スポーツ科学部・教授

研究者番号：10259658

福元 清剛 (FUKUMOTO Kiyotaka)

静岡大学・工学部・助教

研究者番号：60600129

(3)連携研究者

なし

(4)研究協力者

Afiah Irma Nur

Universitas Muslim Indonesia, Faculty of  
Industrial Technology, 講師

(2016年9月まで九州大学大学院芸術工学府  
芸術工学専攻博士後期課程)

中島 弘貴 (NAKASHIMA Hiroki)

九州大学大学院芸術工学府芸術工学専攻

博士後期課程

田中 颯 (TANAKA Hayate)

九州大学大学院芸術工学府芸術工学専攻

修士課程