

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 4 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23300255

研究課題名(和文)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

研究課題名(英文)Effects of leg muscle proportion on ability of living activities in the elderly

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)・准教授

研究者番号：70300473

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 8,500,000円

研究成果の概要(和文):高齢になると歩行などの移動動作が困難になることが多い。その動作の可否や遂行レベルは下肢(大腿部・下腿部)の筋量およびそれらの比率(下肢筋プロポーション)の加齢変化関係していると考えられる。本研究はその高齢者を中心に成人男女の下肢筋プロポーションを超音波計測システムによって計測し、下肢筋プロポーションの加齢変化を検討した。また、その下肢筋プロポーションは移動動作の遂行レベルに影響すること、下肢筋プロポーションは歩行フォームから推測できる可能性を示した。

研究成果の概要(英文):Aging causes difficulties of locomotion such as walking. Their abilities would be related to aging change in leg muscle proportion (LME) which means muscle cross sectional area in the thigh and calf, and their proportion. The present study measured the LME in the male and female adults, especially elderly, using ultrasound system, and showed aging change in the LME. In addition, the study suggested that the LME influences on their locomotion abilities and that can be predicted by walking motion.

研究分野：福祉人間工学

キーワード：加齢 筋肉 歩行 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に必要な筋力や筋量を示すことが大事と言える。

このような背景から我々は大腿部筋量（筋横断面積）を場所を問わずに、すなわちフィールドで短時間に計測できる超音波筋横断面積計測システムを開発し、大腿部総筋横断面積の加齢変化等を検討した（科学研究費：課題番号 21700694）。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。よって、各生活動作に必要な筋量を提案するためには、大腿部だけでなく下腿部の計測も加え、さらに伸筋群と屈筋群（大腿部）、および底屈筋群や背屈筋群（下腿部）の区別やそれらのバランス（以下、下肢筋プロポーション）にも着目すべきであると考えられる。

一方、ある移動動作が遂行できたとしても、その動作に関係する筋量の低下やバランスの乱れが起こっていれば、その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、その因果関係が明らかにできれば、生活動作モーションから下肢筋プロポーションの状態を予測することも可能になる。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

下肢の筋の減弱が起こると生活動作、特に歩行などの移動動作が困難になる。その動作の遂行レベルは下肢の各筋（大腿部の伸筋群・屈筋群、下腿部の底屈筋群・背屈筋群）の筋量およびそれらのバランス、すなわち下肢筋プロポーションが関係していると考えられる。

そこで本研究課題は、これまで用いてきた超音波筋横断面積計測システムを下肢筋プロポーションが計測できるように拡張し、高齢者を中心として下肢筋プロポーションと①年齢（加齢変化）、②介護の有無や各種生活動作の遂行レベルとの関係、③移動動作（歩行モーション）との関係を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 筋横断面積計測システムの再構築

これまで我々研究グループが開発してきた超音波筋横断面積計測システムは、高齢者や要介護者でも安楽な姿勢で短時間に大腿部の筋横断面積を高精度に計測できる（Fukumoto et al., 2011）。しかしながら、当システムは大腿部仕様になっていること、被験者によっては伸筋群や屈筋群の組織境界を識別できない場合があることなどの課題があった。この問題を解決するために、従来の計測システムを下腿部の計測にも対応できるように拡張した（画像合成方法、補正式の作成など）。さらに高鮮鋭な画像が得られる超音波エコー装置（Logiq e、GEヘルスケア）を導入し、計測システムの再構築を行った。プローブや画像出力仕様に応じて諸要素の最適化を行った。

(2) 下肢筋プロポーションの加齢変化

18歳から100歳の男女を対象とした。対象者の一部は介護施設利用者である。

身長、体重、大腿部・下腿部の周囲径および筋横断面積を計測した。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、超音波筋横断面積計測システムを用いて仰臥位姿勢において測定した。筋横断面積は体型の影響を取り除くために身長および体重による補正を行った（体重比、比体重比、BMI比）。

得られた下肢筋プロポーションと年齢との関係を男女別に分析した。

(3) 下肢筋プロポーションと生活動作遂行レベルとの関係

上記の(2)の研究の中から、身体的介護の必要性の有無、各生活動作（起立、歩行、階段昇降など）の可否や遂行レベルのデータが得られた65歳以上の高齢者を対象とした。

介護施設の利用者を介護群、介護を必要とせず自立して生活している者を自立群とした。生活動作の遂行レベルは3～5段階に分けて数値化した。それらと下肢筋プロポーションとの関係を分析した。

(4) 下肢筋プロポーションと歩行動作（モーション）との関係

歩行が自立している20歳代の若年男性、65歳以上の高齢男女を対象とした。歩行に大きな影響を与える整形外科的問題等を有する者は含まれていない。被験者の下肢筋プロポーション(3.(1)参照)と歩行モーションを計測した。

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(図2)。被験者には日常の歩行速度およびやや早めの速度（長い距離を継続して速く歩くことのできる速度）の2つの歩行速度においてそれぞれ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ェ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の三次元座標を計測・記録し、図3のような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計測し、表1の項目 (基礎指標、足部挙上高、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。尚、各歩行速度条件それぞれ3回の歩行の平均値を算出した。



図2 歩行モーションの計測の様子



図3 歩行モーションのスティックピクチャー

表1 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) ステップ (m) 両脚支持期 (%)
足部挙上高	爪先最大挙上高 (mm) 踵最大挙上高 (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 ・股関節 伸展・屈曲 ・膝関節 伸展・屈曲 ・足関節 底屈・背屈	下肢関節角度 下肢関節角速度 下肢関節角速度 ・ピーク値 (deg) ・ピークタイミング (%) ・可動域 (deg)

※項目によっては身長、下肢長、体重との比を算出した。

4. 研究成果

(1) 筋横断面積計測システムの再構築

従来の計測システムと比べ組織境界が明瞭になるとともに、下腿部にも対応でき、目的とする下肢筋プロポーションの計測を可能にした (図3)。その結果、表2に示した項目の計測を可能とした。



図3 下腿部の測定の様子

表2 下肢筋プロポーションの計測項目

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

(2) 下肢筋プロポーションの加齢変化

計測は今後も続けていく予定であり、本成果報告書では大腿部794名 (男性328名、女性466名)、下腿部516名 (男性223名、女性293名) を対象とした結果を記載する (図4)。

70歳の筋面積の減少率 (20歳との比) は、大腿部の男性が20%、女性が10%、下腿部の男性が12%、女性が8%であり、加齢に伴い筋面積が減少した。また女性は大腿部・下腿部ともに50歳以降の筋面積の低下が著しくなった。

さらに大腿部を伸筋群と屈筋群に分けて加齢変化を検討した。70歳の筋面積の減少率 (最高値との比) は、伸筋群の男性が28%、女性が29%、屈筋群の男性が16%、女性が1%であり、伸筋群が選択的に萎縮することが示唆された。このため大腿部総筋面積の減少は、膝関節伸筋群の減少によるものと考えられる。

これらの年齢と各筋の面積との関係式は介

護予防のための標準値として利用が可能である。

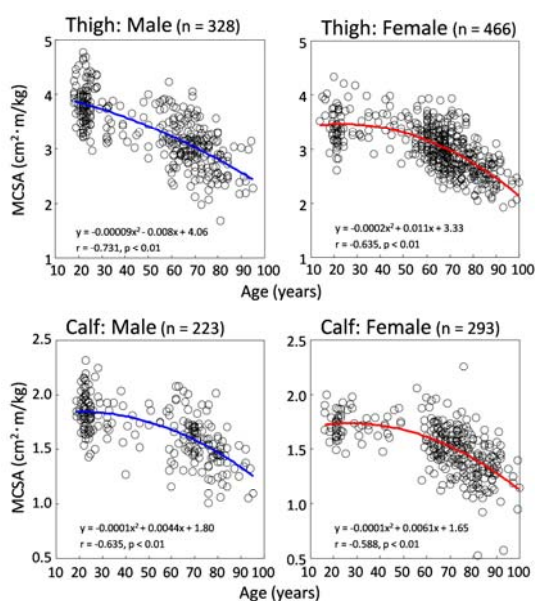


図4 大腿部と下腿部の総筋面積 (MCSA) の加齢変化

(3) 下肢筋プロポーションと生活動作遂行レベルとの関係

計測は今後も続けていく予定であり、本成果報告書では大腿部 373 名 (男性 125 名、女性 248 名)、下腿部 268 名 (男性 95 名、女性 173 名) を対象とした結果を記載する。

65歳以上の高齢者男女を対象に、超音波筋横断面計測システムを用いて下肢筋プロポーション (各下肢筋群の面積、大腿部筋面積 / 下腿部筋面積、伸筋面積 / 屈筋面積など) を計測し、介護の有無や生活動作 (走行、歩行、階段昇降) の遂行レベルとの関係性を検討した。身体的に自立している後期高齢者群 (75歳以上) は、同じく自立している前期高齢者群 (65~74歳) と比べて下肢筋プロポーションの差が小さかった。一方で介護が必要な後期高齢者群 (75歳以上) は大腿部および下腿部とも筋面積が小さかった (図5)。また、各生活動作の遂行レベルが低い者も同様に、大腿部および下腿部とも総筋面積が小さかった。特に女性において大腿部総筋面積における膝関節伸展筋群筋面積の割合が生活動作遂行レベルにより強く影響していた。以上のことから、自立や生活動作の遂行には望ましい下肢筋プロポーションがあることが示唆された。

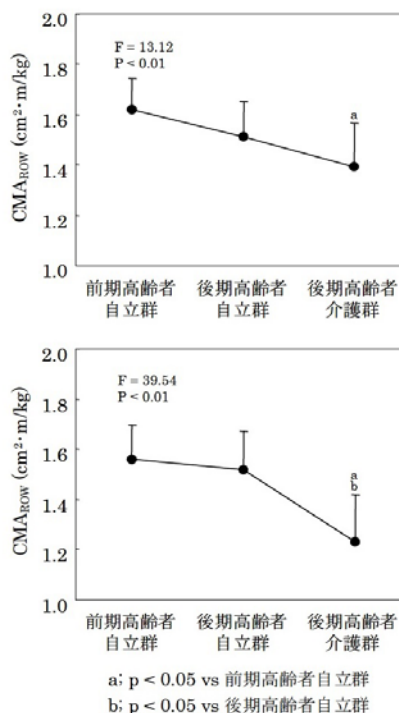


図5 自立群と介護群との下腿部総筋面積 (CMARow: 比体重補正) の比較

(4) 下肢筋プロポーションと歩行動作 (モーション) との関係

下腿の筋総面積や底屈筋群面積が大きい者はステップ長や歩行速度が大きくなるなど、下肢筋プロポーションと歩行パラメーターに多くの有意な相関が認められた。

興味深い結果としては、角加速度のピーク出現タイミングと下肢筋プロポーションに多くの有意な相関が認められた。例えば、高齢女性29名を対象とした場合、離地前に足関節底屈角速度が大きく上昇するが、そのピークの出現タイミングは大腿と下腿の総筋面積の和と有意な負の相関が認められた (図6)。今後は、重回帰分析などを用いて、複数の歩行パラメーターから下肢筋プロポーションを推測する式の作成を試みる。

以上のことから、歩行動作から下肢筋プロポーションを推測できる可能性が示唆された。尚、上記研究以外に、高齢者女性と若年者女性の歩行動作を比較し、加齢の影響が表れやすい歩行パラメーターの検討も行った。

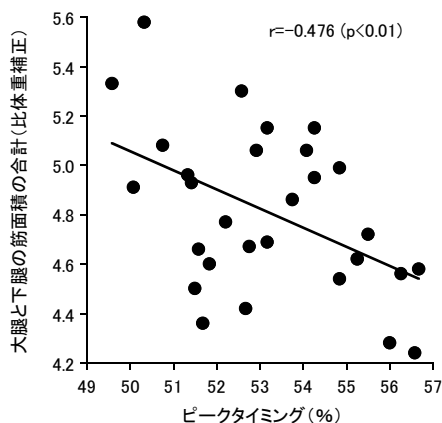


図6 下肢筋プロポーションと歩行モーションの関係 (一例)

〈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、実施した (承認番号 27-④、98-①、120)。

〈謝辞〉

本研究の測定にご協力頂きました皆様に感謝申し上げます。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 5 件)

- ① Muraki S, Nakashima H, Fukumoto K, Fukuda O: 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, 2014 年 12 月
- ② Afiah IN, Nakashima H, Muraki S: Age-related changes in the walking motion of Japanese men: Basic analysis of gait. Proceeding of 3rd International Conference of South East Asian Network of Ergonomics Society, 2014 年 12 月
- ③ Afiah IN, Nakashima H, Muraki S: Age-related changes in walking motion of Japanese females: Basic analysis of gait motion. Proceeding of The 1st Asian Conference on Ergonomics and Design 2014, 2014 年 5 月
- ④ Ishiuchi M, Fukumoto K, Muraki S, Fukuda O: A proposal of a standard value of muscle cross-sectional area of the thigh in Japanese adults. Ergonomics in Asia: Development, Opportunities and Challenges, 241-246, 2012 年 4 月
- ⑤ Ishiuchi M, Fukumoto K, Muraki S: A

proposal of a standard value of muscle cross-sectional area of the thigh in Japanese adults. Proceeding of 2nd East Asian Ergonomics Federation Symposium (EAEFS 2011), (CD-ROM), 2011 年 10 月

〔学会発表〕 (計 19 件)

- ① 中島弘貴, Afiah IN, Loh PY, 福元清剛, 福田 修, 村木 里志: 下腿部の筋横断面積が歩容に与える影響について, 人類労働学会西日本地方会第 39 回大会, 平成 26 年 12 月 26 日, 福岡県北九州市
- ② Muraki S, Nakashima H, Fukumoto K, Fukuda O (2014) Circumference and muscle cross-sectional area of the thigh and calf in elderly Japanese people. 3rd International Conference of South East Asian Network of Ergonomics Society, 2014 年 12 月 2 日, Singapore
- ③ Afiah IN, Nakashima H, Muraki S (2014) Age-related changes in the walking motion of Japanese men: Basic analysis of gait. 3rd International Conference of South East Asian Network of Ergonomics Society, 2014 年 12 月 2 日, Singapore
- ④ Afiah IN, Nakashima H, Muraki S (2014) Characteristics of walking motion in elderly Japanese women. The Joint International Conference on APCHI-ERGOFUTURE-PEI-IAI (Ergofuture 2014), 2014 年 10 月 23 日, Bali, Indonesia
- ⑤ 村木里志: 高齢者の生活と人間工学. シンポジウム「高齢・福祉社会における人間工学の役割と未来」, 日本人間工学会第 55 回大会, 2014 年 6 月 5 日, 兵庫県神戸市
- ⑥ Afiah IN, Nakashima H, Muraki S: Age-related changes in walking motion of Japanese females: Basic analysis of gait motion. The 1st Asian Conference on Ergonomics and Design 2014, 2014 年 5 月 22 日, Jeju Island, South Korea
- ⑦ Nakashima H, Fukumoto K, Fukuda O, Muraki S: The relationship between muscle mass in lower limbs and walking motion in female adults. The 6th Asia-Western Pacific Regional Congress of the World Confederation for Physical Therapy & The 12th International Congress of Asian Confederation for Physical Therapy, 2013 年 9 月 8 日, Taichung, Taiwan
- ⑧ Muraki S, Fukumoto K, Fukuda O: Aging changes in muscle cross sectional area

- in the thigh and calf of Japanese. The 6th Asia-Western Pacific Regional Congress of the World Confederation for Physical Therapy & The 12th International Congress of Asian Confederation for Physical Therapy, 2013年9月7日, Taichung, Taiwan
- ⑨ Saito K, Nakashima H, Muraki S: Influences of walking speed on pelvic and trunk obliquity in elderly. The 6th Asia-Western Pacific Regional Congress of the World Confederation for Physical Therapy & The 12th International Congress of Asian Confederation for Physical Therapy, 2013年9月7日, Taichung, Taiwan
- ⑩ 村木里志: スポーツ科学とエルゴノミクスの共通点と相違点から考えるスポーツ・エルゴノミクス. 日本人間工学会第54回大会, 2013年6月2日, 千葉県習志野市
- ⑪ 齊藤清次, 中島弘貴, 村木里志: 高齢者における歩行時の速度変化が骨盤および体幹回旋運動に及ぼす影響. 第48回日本理学療法学会大会, 2013年5月25日, 愛知県名古屋市
- ⑫ 中島弘貴, 齊藤清次, 福元清剛, 福田修, 村木里志: 高齢者の下肢筋量と歩行動作との関係. 日本人間工学会九州・沖縄支部第33回大会・人類働態学会西日本支部第37回大会, 2012年11月17日, 福岡県北九州市
※優秀発表賞受賞
- ⑬ 中島弘貴, 福元清剛, 福田修, 村木里志: 若年女性と高齢女性における下肢筋横断面積と歩行動作との関係. 日本人間工学会第53回大会, 2012年6月9日, 福岡県福岡市
- ⑭ 福元清剛, 村木里志, 福田修: 高精細な筋横断面画像の撮影を可能とする超音波システム開発の試み. 日本人間工学会第53回大会, 2012年6月9日, 福岡県福岡市
- ⑮ 村木里志, 福元清剛, 福田修: 居住環境が健康な中高年者の身体活動および体力に及ぼす影響. 第51回日本生体医工学会, 2012年5月10日, 福岡県福岡市
- ⑯ 中島弘貴, 石内愛美, 福元清剛, 福田修, 村木里志: 若者における下肢筋面積と歩行動作との関係. 平成23年度日本生理人類学会研究奨励発表会(九州地区), 2012年2月11日, 福岡県福岡市
※研究奨励賞受賞
- ⑰ Ishiuchi M, Fukumoto K, Muraki S: A proposal of a standard value of muscle cross-sectional area of the thigh in Japanese adults. 2nd East Asian Ergonomics Federation Symposium (EAEFS 2011), 2011年10月7日,

Hsinchu, Taiwan

- ⑱ 石内愛美, 福元清剛, 村木里志, 福田修: 後期高齢者の大腿部筋横断面積の特性. 第66回日本体力医学会大会, 2011年9月17日, 山口県下関市
- ⑲ 福元清剛, 村木里志, 石内愛美, 福田修: 65歳前後の中高齢者における生活動作能力と大腿部筋横断面積との関係. 日本人間工学会第52回大会, 2011年6月7日, 東京都

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・准教授
研究者番号: 70300473

(2) 研究分担者

福田 修 (FUKUDA OSAMU)
独立行政法人産業技術総合研究所・生産計測技術研究センター・研究員
(2014年10月から: 佐賀大学大学院工学系研究科・教授)

研究者番号: 20357891

福元 清剛 (FUKUMOTO KIYOTAKA)
静岡大学・工学部・助教
研究者番号: 60600129

齋藤 誠二 (SAITO SEIJI)
松江工業高等専門学校・一般科目・講師
研究者番号: 70452795
※平成26年4月より岡山県立大学・情報工学部・准教授

(3) 研究協力者

石内 愛美 (ISHIUCHI MANAMI)
九州大学大学院芸術工学府芸術工学専攻修士課程 (2011年度)

中島 弘貴 (NAKASHIMA HIROKI)
九州大学芸術工学部 (2011年度)
九州大学大学院芸術工学府芸術工学専攻修士課程 (2012~2013年度)

齋藤 清次 (SAITO KIYOTSUGU)
九州大学大学院芸術工学府芸術工学専攻修士課程 (2012~2013年度)

Irma Nur Afiah
九州大学大学院芸術工学府芸術工学専攻博士後期課程 (2013年度)