

機関番号：17102

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2010

課題番号：21700694

研究課題名（和文） ポータブル筋量計測装置を用いた高齢者の下肢筋量の検討

研究課題名（英文） Studies in Muscle Mass in the Lower Limbs of the Elderly using a Portable Ultrasound Evaluation System

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

研究成果の概要（和文）：

高齢者にとって下肢の筋力は日常生活動作（ADL）能力を維持するために重要である。しかしながら、筋力の測定は最大筋張力を求めることから、筋や関節への負担が大きく危険である。それゆえ、我々は筋力と相関が高い筋横断面積に着目し、超音波装置を用いた筋横断面積の計測システムを開発した。そして、性、年齢や体型を考慮した大腿部筋横断面積の標準値を作成し、中高齢者における大腿部の筋横断面積とADL能力との関係を分析した。

研究成果の概要（英文）：

The muscle strength in the lower limbs is very important for the elderly to maintain their capacity of activities of daily living (ADL). However, it is possible that muscle strength tests are risky for the Elderly, because it requires maximal muscle tension and gives great stress to the muscles and the joints. Therefore, we focused on the muscle area of the thigh, which has a strong relationship to muscle strength, and developed a new measuring system for the muscle cross sectional area in the thigh using ultrasound system. In addition, we derived at a standard value for evaluating the muscle area of the thigh, considering sex, age and body size, and examined relationship between the muscle area of the thigh and ADL abilities in middle-aged and elderly subjects.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究代表者の研究分野：人間工学，体力科学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・応用健康科学

キーワード：高齢者，介護予防，筋量，超音波，生活動作

## 1. 研究開始当初の背景

日本は高齢化により、要支援または要介護高齢者の増加が大きな社会問題となっている。また、自立して長生きすることは高齢者自身そしてその家族も望むことである。それゆえ、介護予防は日本国民にとって重要な課題である。

一方、下肢の筋力は身体的な自立度を維持するために重要である。下肢の筋力が低下すると、歩行や起立などの日常生活動作（ADL）ができなくなり、車いす生活や寝たきり生活を余儀なくさせる。そのため下肢の筋力評価は将来の自立度を予測する有用な指標となる。しかしながら、筋力の測定には最大限の筋張力の発揮が求められる。身体機能が低下している中高齢者の場合、筋肉や関節を痛める可能性が大きく、また血圧が急上昇しやすく、反対に健康を害する可能性が高い。また、知的な問題によって説明が理解できなく、最大限の力が発揮されず正確に筋力を評価できない場合もある。

このようなことから、高齢者の筋力評価は、力を発揮することなく計測でき、筋力との相関も高く、筋量の指標となる筋横断面積が有効であると考えられる。筋横断面積を計測する方法としてはX線CTやMRIなどがあるが、いずれも大規模であることから可搬性がないため、フィールドにおける測定が不可能である。一方、超音波装置は小型、軽量でフィールド測定に適しているが、超音波探触子を接触させた部位の画像しか撮影できないために筋横断面の一部しか撮影できず、全体を把握することは困難である。そのような背景から、対象部位を様々な角度により撮影し、その画像をつなぎ合わせることによって筋横断面を合成し、筋横断面積を計測する手法が提案されている。しかしながら、これまでの計測装置は大型で運搬が困難であること、計測姿勢の負担が大きいことなどの問題から、介護予防への導入が困難であった。

そこで本研究では、高齢者や要介護者が対象であっても負荷なく安全に筋横断面積をフィールドにおいて測定でき、かつ持ち運びを容易とする新しいポータブル超音波筋横断面積（筋量）計測システムの開発を行った。そして、このシステムを用いて介護予防に役立つ基礎データ（性・年齢別の筋横断面積標準値、生活動作の可否との関係など）を集め、地域での介護予防への展開を試みた。

## 2. 研究の目的

### (1) リンク機構型・ポータブル超音波筋横断面積計測システムの改良

現在開発しているリンク機構型・ポータブル超音波筋横断面積計測システムには様々な改良すべき点が残っており、その改善を試みた。介護度が高い高齢者でも負担なく計測できるように、また測定時間を短縮できるように、プローブの位置を検出するリンク機構や測定姿勢・補助具の見直しを行った。また、筋横断面画像の鮮鋭化や筋横断面積の精度向上のために、断片画像の画像合成技術や面積値補正方法などの検討も行った。

### (2) 性、年齢、体型別の大腿部筋横断面積の標準値の作成

介護予防にとって自身の下肢筋力がどの程度かを知ることは重要である。また行政や地域において介護予防指導を効果的に行うためには、下肢筋力の低下の程度を簡易にかつ客観的にスクリーニングできる手法・基準があると望ましい。しかし前述した様に、筋力測定は危険を伴うために、介護予防の現場において筋力測定を導入することは困難である。一方、筋横断面積は安全かつ短時間に計測可能であるが、その計測値を評価する標準値が存在しない。そこで本研究では18~90歳の男女を対象に、大腿部筋横断面積の標準値作成を試みた。尚、筋横断面積は性、年齢、体型の影響を受けることから、これらの因子を考慮した標準値の作成を行った。

### (3) 生活動作と大腿部筋横断面積との関係

下肢筋力はADLや階段昇降などの各生活動作の可否と密接な関係があるとの報告が多い。このことから筋力と相関が高い筋横断面積においても各生活動作の可否と関係性が認められると予想される。そこで、要介護者を含む中高齢者を対象に、特に生活動作に関係が深いと予想される大腿部の筋横断面積に着目し、ADLを中心とした各生活動作の遂行能力および介護の有無との関係を検討した。関係性が認められた場合、その動作に必要な筋量や、要介護者と自立者との境界を検討した。

### (4) 地域での介護予防の取り組み

上記の(1)から(3)で得られた研究成果をもとに、地域において介護予防の取り組みを試みた。「足腰（脚筋）年齢測定会」と称した大腿部筋横断面積の計測とその評価を実施した。

### 3. 研究の方法

#### (1) リンク機構型・ポータブル超音波筋横断面面積計測システムの改良

本システムは多関節リンク機構と超音波エコー装置からなる計測ユニット、および身体の断片画像から横断面画像を合成する画像合成ソフトウェアからなる(図1)。多関節リンク機構はアタッシュケースなどに収納できることから乗用車等での運搬が容易であり、フィールドでの計測に適している。

超音波エコー装置の超音波探触子はリンク機構先端に取り付けられており、被計測者の体表面に沿って柔軟に移動することができる。超音波探触子は床面に対して垂直な平面上を移動するため、計測したい横断面をその平面上に合わせる。例えば大腿部を計測する場合は図2のように仰臥位の状態で行う。仰臥位で測定できるために被計測者の負担も少ない、要介護者でも計測が可能になっている。

超音波画像の計測には市販の超音波エコー装置(HS-1500, 本多電子社製)を使用した。探触子(HLS-338M)はリニア型で中心周波数5.0 MHzである。リンク機構の4つの関節には関節角度を検出する高分解能のエンコーダ(UN-2000, ムトーエンジニアリング社製, 分解能2000 P/R)が装着されている。4つの関節の角度から探触子の位置と傾きを計測し、それらの情報は超音波の断片画像の合成時に利用する。

横断面画像の合成には空間コンパウンド法を利用し、合成画像の高精細化を図った。空間コンパウンド法は超音波画像中のスペックルやアーチファクトなどのノイズ低減や、組織毎の分離性向上に効果がある手法である。合成された横断面画像は図3のように組織境界の識別を行い、筋横断面積を計測する。

本研究では、システムで撮影した横断面画像の妥当性を検証するために、MRI画像との比較を行った。10名の被験者(26.1±5.0歳)に対し、本システムとMRIを用いて大腿部の同一部位の横断面画像を撮影した。

#### (2) 性、年齢、体型別の大腿部筋横断面積の標準値の作成

18~90歳の男女602名(男性257名, 女性345名)を対象に、身体計測(身長, 体重, 大腿部周囲径)および右大腿部(大腿長の転子点から50%の位置)の筋横断面積の測定を実施した。測定には(1)で述べた超音波筋横断面計測システムを使用した(以下, 同様)。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。さらに男女別に年齢と筋横断面積やその補正値の散布図を取り、二次の近似曲線を求めた。

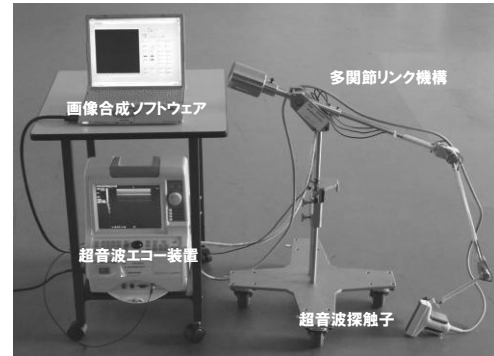


図1 超音波筋横断面積計測システムの構成



図2 大腿部筋横断面積の計測の様子

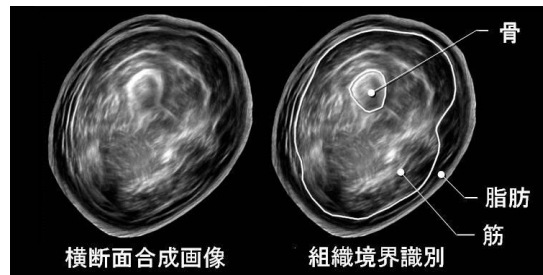


図3 大腿部の横断面合成画像

身長および体重による補正を行った。さらに男女別に年齢と筋横断面積やその補正値の散布図を取り、二次の近似曲線を求めた。

#### (2) 性、年齢、体型別の大腿部筋横断面積の標準値の作成

18~90歳の男女602名(男性257名, 女性345名)を対象に、身体計測(身長, 体重, 大腿部周囲径)および右大腿部(大腿長の転子点から50%の位置)の筋横断面積の測定を実施した。測定には(1)で述べた超音波筋横断面計測システムを使用した(以下, 同様)。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。さらに男女別に年齢と筋横断面積やその補正値の散布図を取り、二次の近似曲線を求めた。

### (3) 大腿部筋横断面積と生活動作との関係

#### ① 自立中高齢者を対象とした場合

対象者は歩行が可能な 55~74 歳の中高年齢者 165 名（男性 67 名：65.1±4.5 歳，女性 98 名：65.6±4.9 歳）であった。筋横断面積は右大腿部を測定し，得られた筋横断面画像から各組織面積（総筋面積：TMA，膝関節伸筋群面積：EMA，および膝関節屈筋群面積：FMA）を求めた。また生活動作は床面からの起立，歩行，走行，幅跳び，階段昇り，更衣，および開眼での片足立ちの 7 項目において動作の可否や遂行可能強度に関する調査を行った。男女の対象者をそれぞれ生活動作の遂行可能強度別に 2~5 の群に分け，各群間の筋横断面積を比較した。

#### ② 要介護高齢者の大腿部筋横断面積

対象者は 75~82 歳の自立して生活している後期高齢者 33 名（自立群：男性 12 名，女性 21 名）および 82~102 歳までの要介護高齢者 25 名（要介護群：男性 7 名，女性 18 名）であり，大腿部の筋横断面積（TMA，EMA，FMA）を測定した。そして自立群と要介護群において TMA，EMA および FMA の差を検定するために独立したサンプルの T 検定を用いた。また対象者の体格が筋横断面積に与える影響を排除するために，各筋横断面積を体格指数（体重，比体重および BMI）で補正した値についても同様の方法で検定を行った。さらにグループ間に有意な差が認められた場合は判別分析を行い，自立群と要介護群の各筋横断面積における閾値を求めた。

### (4) 地域での介護予防の取り組み

研究グループ主催による大学周辺地域を対象とした足腰（脚筋）年齢測定会を開催した。新聞による宣伝に加え，公民館等へのポスター掲示などによって，参加者を募った。また，公的機関，フィットネスクラブや介護施設からの依頼にも応じて測定会を実施した。大腿部筋横断面積を計測し，(2)で得られた標準式を参考にし，筋横断面積の大きさを評価した結果を返却した。

## 4. 研究成果

### (1) リンク機構型・ポータブル超音波筋横断面積計測システムの改良

開発したシステムの精度や MRI 画像との比較による妥当性および再現性について検証した。リンク機構における X 軸および Y 軸位置の平均二乗誤差はそれぞれ 1.33 および 1.15mm であった。また繰り返し誤差は X 軸±0.87mm および Y 軸±0.72mm であり，本システムが高精度であることを確認した。

計測時に超音波探触子を体表に直接接触させるため，皮膚の歪みにより同一部位を計測した MRI 画像よりも横断面画像が小さくなるという問題が生じた。そこで大腿部総筋面積，皮下脂肪面積および大腿部周囲径を用いた補正式を開発した。この補正式を用いて校正を行った結果，MRI と校正された超音波の筋横断面積における平均二乗誤差は 4.4% であり，筋横断面積の校正に成功した。

### (2) 性，年齢，体型別の大腿部筋横断面積の標準値の作成

大腿部筋横断面積は男女とも身長および体重と有意な正の相関関係が認められた ( $p < 0.05$ )。また男女とも，年齢と身長との間に有意な負の相関が認められた ( $p < 0.05$ )。このような関係性を踏まえ，身長および体重を考慮した指数を検討した。年齢との相関係数（男性： $r = -0.696$ ， $p < 0.01$ ，女性： $r = -0.528$ ， $p < 0.01$ ）が他の補正值よりも高く，体重あたりの筋体積（筋量）指数となる「筋横断面積 ( $\text{cm}^2$ ) / 比体重 ( $\text{m/kg}$ )」を用い，これを筋横断面積指数とした。本研究の対象者の場合，年齢 ( $x$ : 歳) からみた大腿部筋横断面積指数の標準値 ( $y$ ) の式（暫定）は，

$$\text{男性 } y = 0.00000139x^2 - 0.0162x + 4.258$$

$$\text{女性 } y = -0.000343x^2 + 0.0224x + 3.110$$

となった。標準値は男女とも加齢に伴い減少し，特に女性は 50 歳以降の減少が大きくなった。今後さらに被験者数を増やし，随時標準式を更新していく予定である。

### (3) 大腿部筋横断面積と生活動作との関係

#### ① 自立中高齢者を対象とした場合

男性では走行と階段昇りの遂行可能強度間において，各大腿部筋横断面積とこれらを体格指数で補正した値に有意差が認められ，遂行強度が高い群（高強度群）が低い群（低強度群）よりも高い値を示した。また女性の階段昇りと起立において，高強度群が低強度群よりも EMA が高い傾向がみられた。その他の生活動作については遂行可能強度間で各筋横断面積に有意な差は認められなかった。

遂行可能強度間の違いがみられた起立，走行および階段昇り動作はいずれも膝関節の強い伸展を要する。このことから大腿部，特に膝関節の伸展を行う筋群が生活動作の遂行に大きく貢献していることが示唆された。しかしながら他の動作においては筋横断面積と遂行可能強度との間に有意な関係性が認められなかった。今後は被験者を増やし，また大腿部以外の下肢の筋も着目し，各生活動作に必要な筋量の検討を進めていく。

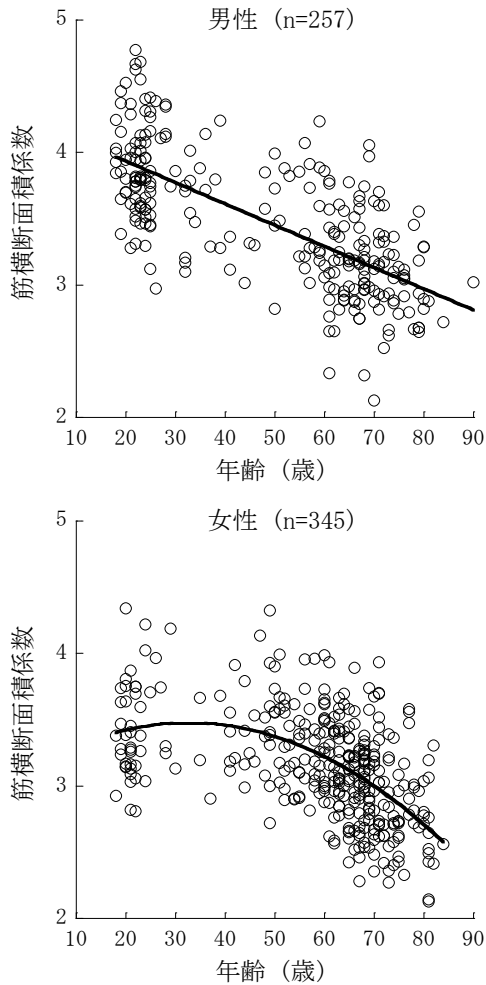


図4 年齢と大腿部筋横断面積係数（体型による補正值）との関係

#### ②要介護高齢者の大腿部筋横断面積

年齢の比較において自立群よりも要介護群の方が有意に高く、加齢が筋横断面積に影響を与えている可能性がある。そこで健常中高年者（男性83名：66.6±7.6歳，女性127名：66.9±7.6歳）の筋横断面積と年齢との回帰式から筋横断面積の推定値を求め、これと要介護群の筋横断面積とを比較した。男女いずれもEMAにおいて測定値が推定値よりも有意に低く、要介護群のEMAは同年齢の自立群より低下している可能性が示唆された。またEMAの体格指数補正值においても同様の傾向が見られた。EMAにおいて両群間の筋横断面積閾値を求めたところ、男女それぞれにおいて43.8および33.4cm<sup>2</sup>であった。

自立群と要介護群の大腿部筋横断面積ではEMAにおいて有意な差が見られた。このことから要介護を予防するためにはEMAの維持増進が重要であることが示唆された。また筋横断面積の閾値に性差が示唆されたため、

EMAの必須筋面積は男女個別に設定する必要があると考えられる。これらの閾値は要支援・要介護の予防や運動指導、リハビリテーションの具体的な目標値としての活用が期待される

#### (4)地域での介護予防の取り組み

新聞の宣伝効果から、多数の申し込みがあり、全ての希望者を受け入れることができないほど盛況であった。測定会に参加した231名にアンケート調査を行ったところ90%以上が測定会に満足したと回答しており、参加者に対して下肢筋量の情報を適切に提供したと考えられる。今後はこのような取り組みが、介護予防への意識向上、生活習慣改善の動機づけになっているかを追跡調査していく必要がある。

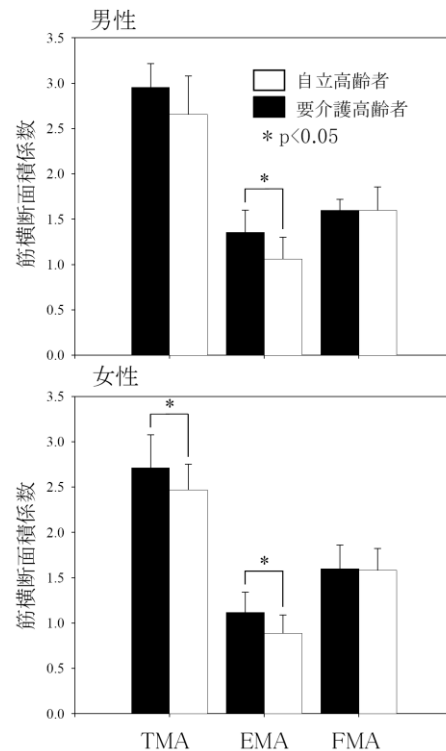


図5 要介護高齢者群と自立高齢者群との大腿部筋横断面積係数（筋横断面積／比体重）の比較

#### (5)今後の展望

今後はさらに被験者数を増やし、大腿部筋量の標準値の精度を高め、介護予防への展開を図る。また、下腿部の筋量も含めた下肢全体の筋量にも着目し、各生活動作の遂行可能強度との関係を検討していきたい。

(6) 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。また本研究の測定のお場を支援して頂きました熊本県スポーツ振興事業団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2件)

- ① Fukumoto K, Muraki S, Tsubai M, Fukuda (2009) Calibration of cross-sectional images measured by an ultrasound-based muscle evaluation system. Proceeding of the 30th Annual International Conference of the IEEE EMBS, 432-435 (査読有り)
- ② Fukumoto K, Fukuda O, Tsubai M, Muraki S: Development of a flexible system for measuring muscle area using ultrasonography. IEEE Transactions on Biomedical Engineering 58(5): 1147-1155

[学会発表] (計8件)

- ① 石内愛美, 福元清剛, 能登裕子, 村木里志, 福田修 (2010) 大腿部筋横断面積の加齢変化と介護予防への応用. 人類働態学会西日本地方会第36回大会, 東広島市, 平成22年12月
- ② 福田修, 福元清剛, 村木里志 (2010) 筋横断面積を用いた介護予防システムの構築(1)ーフィールドで計測可能な超音波システムの開発ー. 日本体力医学会第65回大会, 千葉県, 平成22年9月
- ③ 村木里志, 福元清剛, 石内愛美, 福田修 (2010) 筋横断面積を用いた介護予防システムの構築(2)ー大腿部筋面積と生活動作能力との関係ー. 日本体力医学会第65回大会, 千葉県, 平成22年9月
- ④ 福元清剛, 村木里志, 福田修 (2010) 筋横断面積を用いた介護予防システムの構築(3)ー要介護高齢者の大腿部筋面積ー. 日本体力医学会第65回大会, 千葉県, 平成22年9月
- ⑤ 石内愛美, 福元清剛, 村木里志, 福田修 (2010) 筋横断面積を用いた介護予防システムの構築(4)ー大腿部筋面積による男女, 年齢別標準値ー. 日本体力医学会第65回大会, 千葉県, 平成22年9月
- ⑥ 福元清剛, 福田修, 椿井正義, 石内愛美, 村木里志 (2010) 超音波筋横断面計測システムを用いた大腿部筋横断面積の

評価について. 第45回人類働態学会全国大会, 名古屋市, 平成22年6月

- ⑦ 福元清剛, 福田修, 椿井正義, 能登裕子, 村木里志 (2009) 4自由度の多関節アームを用いた超音波筋横断面画像計測システムについて. 第7回生活支援工学系学会連合大会(第25回ライフサポート学会大会 第9回日本生活支援工学会大会), 高知市, 平成21年9月
- ⑧ Fukumoto K, Muraki S, Tsubai M, Fukuda O (2009) Calibration of Cross-sectional images measured by an ultrasound-based muscle evaluation system. 31st Annual International Conference of the IEEE EMBS, Minneapolis, USA, 平成21年9月

[その他]

- ① 大学発「知」の見本市・イノベーション・ジャパン 2010(2010年9月29日-10月1日, 東京国際フォーラム)に「どこでも誰でも安全に・超音波を用いた筋横断面積計測システム」を出展
- ② テレビ放映  
地域での足腰年齢測定会  
2009年11月 KBC  
2009年11月 テレビ西日本

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) 研究協力者

福田修 (Fukuda Osamu)  
独立法人産業技術総合研究所・  
生産計測技術研究センター・主任研究員  
研究者番号: 20357891

福元清剛 (Fukumoto Kiyotaka)

九州大学・大学院芸術工学研究院・

学術研究員

研究者番号: 60600129

※平成22年12月より静岡大学・工学部・  
助教

能登裕子 (Noto Hiroko)

九州大学・大学院芸術工学府・

博士課程大学院生

※平成23年4月より純真学園大学・

保健医療学部・助教