

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 4 月 19 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24500579

研究課題名(和文) 加齢による筋内脂肪増加を予防するための筋特性改善プログラムの開発

研究課題名(英文) Effects of low-intensity resistance training on muscle properties and walking ability in older adults

研究代表者

池添 冬芽 (Ikezoe, Tome)

京都大学・医学(系)研究科(研究院)・講師

研究者番号：10263146

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：研究Ⅰでは若年者と高齢者における大腿四頭筋の筋厚・筋輝度および筋硬度(スティフネス)を評価し、筋特性の加齢変化について検討した。その結果、加齢に伴い、筋内脂肪の増加や収縮時の筋スティフネスの減少といった骨格筋の質的要素が変化することが示唆された。

研究Ⅱでは高齢者を対象に8週間の低強度筋力トレーニングを実施し、筋特性および歩行特性に及ぼす影響について検証した。その結果、高齢者に対する低強度筋力トレーニングは筋特性や歩行特性の改善に有効であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：Study I: The aim of this study was to investigate the influence of age on muscle properties. Muscle stiffness during contraction, the rate of change in muscle stiffness during contraction and muscle thickness were significantly greater in young subjects than that in elderly subjects. Muscle echo intensity was significantly greater in elderly subjects than that in young subjects.

Study II: The purpose of this study was to investigate the effects of low-intensity resistance training on the muscle properties and walking ability in older adults. This study revealed that 8 weeks of low-intensity resistance training improved muscle function and walking ability in older adults.

研究分野：理学療法学

キーワード：高齢者 筋力トレーニング 筋特性

## 1. 研究開始当初の背景

### (研究) 加齢に伴う筋特性の変化

近年、骨格筋の筋量だけでなく、筋内の脂肪や結合組織などの非収縮組織の増加といった骨格筋の質的要素も加齢によって変化することが報告されている。さらに、骨格筋の量的要素だけでなく、質的要素も筋力発揮能力に関連する因子であると考えられている。

骨格筋の質的要素の指標としては、このような超音波診断装置を用いた筋内非収縮組織の割合のほか、筋硬度計で組織を圧迫したときの組織の変位に要する力で評価する筋スティフネス値も用いられる。しかし、この筋スティフネスが加齢によってどのように変化するかについては明らかではない。

### (研究) 地域在住高齢者に対する低強度筋力トレーニングが筋特性および歩行特性に及ぼす影響

高齢者に対する筋力トレーニングの介入効果については、低強度の筋力トレーニングであっても、筋力増強や筋肥大効果が得られることが多くの報告で示されている。しかし近年、高齢者の生活自立や介護予防のためには、筋力や筋量向上のみでは不十分であり、筋内脂肪増加といった骨格筋の質的要素の改善も重要であることが指摘されている。しかしながら、低強度の筋力トレーニングが骨格筋の質的要素に及ぼす影響について検証した報告は少ない。

## 2. 研究の目的

### (研究) 加齢に伴う筋特性の変化

研究の目的は若年者と高齢者の大腿四頭筋における筋厚および筋硬度や筋内非収縮組織の割合といった筋特性を評価し、加齢に伴う筋特性の変化について明らかにすることである。

### (研究) 地域在住高齢者に対する低強度筋力トレーニングが筋特性および歩行特性に及ぼす影響

研究の目的は、高齢者を対象に8週間の低強度筋力トレーニングを実施し、筋力、筋量、骨格筋の質的要素および歩行特性に及ぼす影響について明らかにすることである。

## 3. 研究の方法

### (研究) 加齢に伴う筋特性の変化

#### 1) 対象

対象は健康若年女性 16 名(20.3±0.49 歳)および健康高齢女性 34 名(84.2±6.1 歳)とした。下肢に整形外科的手術の既往のある者や脳血管障害後遺症により著明な運動麻痺を有する者、あるいは重度の認知機能障害を有する者は対象から除外した。

すべての対象者に本研究の目的を説明し、同意を得た。

#### 2) 筋硬度(スティフネス)の測定

大腿四頭筋の筋硬度(スティフネス)は安静時と大腿四頭筋の最大等尺性収縮時(収縮時)の2条件で測定した。筋スティフネスは背臥位、股・膝関節伸展位で測定し、計測部位は上前腸骨棘と膝蓋骨上縁を結ぶ線の中点で大腿直筋部とした。

筋スティフネスは筋硬度計(NTI 製マイオトノメーター)を用いて評価した。この筋硬度計(マイオトノメーター)による筋スティフネスの評価は妥当性や信頼性が検証されている。マイオトノメータは直径1cmのインナープローブとそのアウターの直径3.5cmのシリンダーとで構成されている。筋スティフネスは組織を変位させるのに必要な圧迫力と定義した。本研究では再現性が高いとされている15Nの圧迫力で押したときにプローブが貫入した移動距離を測定し、筋スティフネス(N/mm)を求めた。なお、データには3回測定した値の平均値を用いた。

#### 3) 筋厚・皮下脂肪厚・筋内脂肪の評価

筋厚・皮下脂肪厚・筋内脂肪の評価には超音波診断装置(GE 横河メディカルシステム社製)を用い、大腿直筋部の超音波縦断画像を記録した。測定肢位は背臥位、股・膝関節伸展位とし、計測部位は右側の上前腸骨棘と膝蓋骨上縁を結ぶ線の中点とした。8MHzのリニアプローブを用い、探触子を皮膚面に対して垂直に保持し、筋肉を圧迫しないように皮膚に軽く触れるようにして接触させた。筋厚は皮下脂肪下から大腿骨までの大腿直筋と中間広筋を合わせた値をデータとして用いた。超音波法による大腿四頭筋の筋厚の測定については、多くの研究において高い再現性が確認されている。また、超音波法によって測定された筋厚はMRIで測定した筋量とも高い相関がみられることが報告されており、超音波法による筋厚測定は筋量を推定する方法としての有用性が確認されている。

また、筋内脂肪の指標として、大腿直筋部の超音波縦断画像から画像処理ソフト(Image J)を使用して平均筋輝度を算出した。なお、筋輝度は0から255の256段階で表現されるグレースケールで評価され、値が大きいほど高輝度で筋肉内の脂肪や結合組織などの非収縮組織が増加していることを意味する。

#### 4) 分析

安静時と収縮時の筋スティフネスの変化率を下記式により求めた。

$$\text{変化率(\%)} = (\text{収縮時} - \text{安静時}) / \text{安静時} \times 100$$

筋スティフネス(安静時・収縮時・変化率)および筋厚・皮下脂肪厚、筋輝度について、若年者と高齢者の比較をマンホイットニー検定を用いて行った。

**(研究 ) 地域在住高齢者に対する低強度筋力トレーニングが筋特性および歩行特性に及ぼす影響**

1) 対象

対象は地域在住高齢者 51 名 (男性 5 名、女性 46 名、年齢  $77.9 \pm 5.6$  歳) とした。なお、測定に大きな影響を及ぼすほど重度の神経学的・筋骨格系障害や認知障害を有する者は対象から除外した。

2) 低強度筋力トレーニング

運動速度をゆっくりとするスロートレーニングを実施するスロー群、運動速度を素早くするパワートレーニングを実施するパワー群、トレーニングを実施しない対照群の 3 群を対象を分類した。スロー群およびパワー群には週 1 回 8 週間の理学療法士監視型の筋力トレーニングを実施した。また、この監視型トレーニング以外に家庭での自主トレーニングとして同様の運動プログラムを実施するよう指導した。運動強度は主観的運動強度で「ややきつい」程度の低強度とした。筋力トレーニングは 6 種目 (立ち座り動作、立位で股関節屈曲・伸展・外転など) の下肢筋力トレーニングを実施した。両トレーニングともに反復回数は各種目につき 10 回とした。

3) 筋厚・筋輝度および筋力の評価

筋特性として超音波診断装置を用いて下肢筋 (大腿四頭筋) および体幹筋 (外腹斜筋) の筋厚および筋輝度を測定し、それぞれ筋量および筋の質 (筋内の非収縮組織の割合) の指標とした。筋力として、最大等尺性膝伸展筋力を評価した。

4) 歩行特性の評価

歩行特性として多機能三軸加速度計を用いて最大努力歩行時の速度、ケードンス、ストライド長、立脚期時間の左右非対称性、歩行周期変動性を評価した。

5) 分析

統計学的検定として、各群における介入前後の比較には対応のある t-検定、各測定項目の群間比較には多重比較検定を用いた。

**4. 研究成果**

**(研究 ) 加齢に伴う筋特性の変化**

安静時と収縮時の筋スティフネスを比較すると、若年者では安静時と比較して収縮時に有意に高い値を示したが、高齢者では安静時と収縮時との間に有意差はみられなかった。

若年者と高齢者の筋スティフネスを比較すると、安静時の筋スティフネスは若年者と高齢者との間で有意差がみられなかったが、収縮時の筋スティフネスおよび筋スティフネス変化率は高齢者と比較して若年者では有意に高い値を示した (表 1)。

大腿四頭筋の筋厚は若年者と比較して高齢者では有意に低い値を示したが、皮下脂肪厚は若年者と高齢者との間で有意差はみられなかった。また筋輝度は若年者と比較して

高齢者では有意に高い値を示した (表 1)。

本研究の結果、安静時の筋スティフネスには若年者と高齢者との違いがみられなかったが、収縮時の筋スティフネスや安静時に対する収縮時の筋スティフネス変化率は高齢者で有意に低い値を示した。このことから、加齢によって収縮時に筋のスティフネスを高めることが困難となることが示唆された。高齢者において収縮時の筋スティフネスが減少する原因として、筋の質の加齢変化が考えられる。加齢によって筋内脂肪組織が増加することが多くの研究により示されており、実際、本研究の結果においても高齢者の筋輝度は若年者と比較して有意に高い値を示したことから、高齢者においては筋内の非収縮組織の割合が増加していることが確認された。以上のことから、加齢による筋内収縮組織の増加が筋収縮時のスティフネスに関連している可能性が推測された。

表 1. 若年者および高齢者の筋特性

	若年者	高齢者
筋スティフネス		
安静 (N/mm)	$1.47 \pm 0.19$	$1.40 \pm 0.32$
収縮 (N/mm)	$2.30 \pm 0.83$	$1.54 \pm 0.56^{**}$
変化率 (%)	$55.1 \pm 38.4$	$12.1 \pm 33.3^{**}$
筋厚 (mm)	$40.3 \pm 5.50$	$24.9 \pm 7.96^{**}$
皮下脂肪厚 (mm)	$10.2 \pm 2.35$	$9.17 \pm 4.28$
筋輝度	$56.0 \pm 10.7$	$96.2 \pm 11.7^{**}$

\*\* :  $p < 0.01$

**(研究 ) 地域在住高齢者に対する低強度筋力トレーニングが筋特性および歩行特性に及ぼす影響**

8 週間の介入後、膝伸展筋力は対照群では変化がみられなかったが、スロー群とパワー群では介入後に有意な増加がみられ、両群の筋力増加率に有意差はみられなかった。

また、スロー群、パワー群ともに大腿四頭筋および外腹斜筋における筋厚の有意な増加および筋輝度の有意な減少がみられた (表 2)。両筋ともに筋厚および筋輝度の変化率に 2 群で有意差はみられなかった。

表 2. 筋厚・筋輝度の変化

	スロートレーニング		パワートレーニング	
	介入前	介入後	介入前	介入後
筋厚 (mm)				
下肢	$17.8 \pm 5.78$	$24.7 \pm 5.42^{**}$	$12.6 \pm 2.77$	$21.3 \pm 5.76^{**}$
体幹	$5.14 \pm 1.36$	$6.41 \pm 1.98^{**}$	$4.89 \pm 2.01$	$7.44 \pm 2.71^{**}$
筋輝度				
下肢	$67.8 \pm 8.95$	$53.5 \pm 9.47^{**}$	$67.3 \pm 14.8$	$56.0 \pm 14.4^{**}$
体幹	$66.0 \pm 6.47$	$58.9 \pm 8.24^{**}$	$72.9 \pm 15.7$	$60.3 \pm 13.8^{**}$

歩行特性は対照群およびパワー群ではいずれの項目においても変化は認められず、スローク群の立脚期左右非対称性と歩行周期変動性のみに有意に減少した。

これらの結果から、高齢者に対する低強度トレーニングはスロートレーニングとパワートレーニングのいずれも筋力や筋量の改善や、筋内脂肪増加といった筋の質の改善に有効であり、その効果は同程度であることが示唆された。それに加えてスローク群においては歩行周期変動性や左右非対称性の改善がみられたことから、歩行特性の改善にはスロートレーニングが有効であることが示唆された。

以上、地域在住高齢者に対する低強度筋力トレーニングは筋特性や歩行特性を改善するのに有効であることが示された。本研究の成果は高齢者の身体機能維持向上を目指した筋力トレーニング法の具体的な指針となると考える。

#### 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 2 件)

Ikezoe T, Nakamura M, Shima H, Asakawa Y, Ichihashi N. Association between walking ability and trunk and lower-limb muscle atrophy in institutionalized elderly women: a longitudinal pilot study. J Physiol Anthropol. 28;34:31,2015.

Fukumoto Y, Ikezoe T, Yamada Y, Tsukagoshi R, Nakamura M, Takagi Y, Kimura M, Ichihashi N. Age-Related Ultrasound Changes in Muscle Quantity and Quality in Women. Ultrasound. Med Biol;41(11): 3013-7, 2015.

〔学会発表〕(計 3 件)

Kobayashi T, Ikezoe T, Asano K, Nakamura M, Umegaki H, Nishishita S, Fujita K, Tanaka H, Ichihashi N: The acute effects of low-intensity slow training on muscle properties in Vivo. The XX ISEK Conference. 2014. July. 15-18, Rome, Italy.

Ikezoe T, Nakamura M, Shima H, Asakawa Y, Ichihashi N: The influence of locomotor ability on lower-limb muscle atrophy in Institutionalized elderly women: a longitudinal study. The XX ISEK Conference. 2014. July. 15-18, Rome, Italy.

池添 冬芽, 中村 雅俊, 佐久間 香, 塚越 累, 市橋 則明: スロートレーニングとパワ

ートレーニングのどちらの筋力トレーニングが高齢者の機能向上に有効か? 第49回日本理学療法学会大会 2014. 5.30-6.1, 横浜.

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 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 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

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

池添 冬芽 (IKEZOE TOME)  
京都大学・大学院医学研究科・講師  
研究者番号: 1 0 2 6 3 1 4 6

##### (2) 研究分担者

市橋 則明 (ICHIHASHI NORIAKI)  
京都大学・大学院医学研究科・教授  
研究者番号: 5 0 2 0 3 1 0 4

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号: