

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：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25560256

研究課題名(和文)高齢者の筋特性の評価および運動速度可変型筋力トレーニング法の開発

研究課題名(英文) Effects of high versus low-velocity resistance training on muscle function, muscle quality, physical performance and physical activity in older adults

研究代表者

市橋 則明 (Ichihashi, Noriaki)

京都大学・医学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：50203104

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：研究Ⅰでは高齢者における筋特性と運動機能および姿勢アライメントとの関連性について検討した。その結果、筋の質の変化は筋力や筋パワーに影響を及ぼすこと、体幹筋の筋萎縮は姿勢アライメントと関連することが示唆された。

研究Ⅱでは高齢者を対象に運動速度をゆっくりとするスロートレーニングと運動速度を素早くするパワートレーニングを実施し、どちらのトレーニング法が高齢者の筋特性、運動機能、生活活動量および精神心理機能の改善に有効であるかを検証した。その結果、両トレーニングともに筋力や筋特性の改善には有効であるが、筋力以外の運動機能や生活活動量、精神心理機能に及ぼす効果は不十分であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：Study I: We investigated the relationships of muscle properties with physical function and spinal alignment among older adults. Our findings suggest that muscle properties may be related to muscle strength, muscle power and sagittal spinal alignment in older adults.

Study II: The purpose of this study was to compare the effects of low-intensity resistance training with high or low exercise velocities on the muscle quality, functional performance and physical activity in older adults. This study revealed that 8 weeks of low-intensity resistance training improved muscle strength and muscle quality regardless of exercise velocity in older adults.

研究分野：理学療法学

キーワード：高齢者 筋特性 運動機能 筋力トレーニング

1. 研究開始当初の背景

(研究) 高齢者における筋特性と運動機能および姿勢アライメントとの関連性

加齢に伴って骨格筋の筋量は減少することが知られており、この筋量減少は高齢者の筋力低下と関連していることが多く報告されている。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、筋硬度、すなわち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イフネス値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。しかし、このような筋硬度や筋内非収縮組織の割合といった筋特性が高齢者の運動機能や姿勢アライメントにどのような影響を及ぼしているかについては明らかではない。

(研究) スロートレーニングとパワートレーニングが高齢者の筋特性、運動機能、生活活動量および精神心理機能に及ぼす影響

一般に高齢者の筋力トレーニングとしては運動強度や回数を基準として処方され、運動速度に関しては考慮されていないことが多い。近年、運動速度を変化させる方法、すなわち運動をゆっくり行うスロートレーニングと運動を素早く行うパワートレーニングが注目されている。従来の速度でのトレーニングとスロートレーニングあるいはパワートレーニングの効果と比較した研究は散見されるが、スロートレーニングとパワートレーニングによる筋特性や筋機能に与える影響の違いを詳細に調べたものはない。また、両トレーニングのどちらが高齢者の運動機能や生活活動量、精神心理機能を改善させるのに有効なのかを多角的に検証した報告はみられない。

2. 研究の目的

(研究) 高齢者における筋特性と運動機能および姿勢アライメントとの関連性

研究の目的は、1) 大腿四頭筋における筋硬度や筋内非収縮組織の割合といった筋特性が高齢者の運動機能に及ぼす影響について明らかにすること、2) 高齢者における体幹筋の量的・質的要素と姿勢アライメントとの関連性について明らかにすることである。

(研究) スロートレーニングとパワートレーニングが高齢者の筋特性、運動機能、生活活動量および精神心理機能に及ぼす影響

研究の目的は、高齢者を対象に運動速度をゆっくりとするスロートレーニングと運動速度を素早くするパワートレーニングを8週間実施し、どちらの筋力トレーニング法が筋特性、運動機能や生活活動量、精神心理機能の改善に効果的であるかを明らかにすることである。

3. 研究の方法

(研究 -1) 高齢者における大腿四頭筋の筋特性と運動機能との関連性

【対象】対象は健常高齢女性34名(年齢 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。

【方法】大腿四頭筋を対象筋として、超音波診断装置を用いて筋輝度(筋内非収縮組織の割合)、筋硬度計を用いて筋硬度を測定した。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。筋輝度の測定には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。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。大腿四頭筋の筋硬度は筋硬度計(NTI製マイオトノメーター)を用いて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。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筋硬度計のプローブが貫入した移動距離を測定し、筋ステイフネス(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。

高齢者の運動機能の評価として、最大等尺性膝伸展筋力および筋パワーを測定した。最大等尺性膝伸展筋力の測定には徒手保持型マイオメータ(アニマ社製 μ -Tas F-1)を用い、椅座位にて股・膝関節屈曲 90° 位における最大努力下での等尺性膝伸展筋力を2回測定し、その最大値をデータとして採用し、トルク体重比(Nm/kg)を求めた。筋パワーの評価として立ち座りテストを用い、椅子からの立ち座り動作をできるだけ素早く5回繰り返した時の所要時間を測定した。

(研究 -2) 高齢者における体幹筋の筋特性と姿勢アライメントとの関連性

【対象】対象は健常高齢女性20名(85.9 ± 5.9 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。

【方法】Spinal Mouseを用いて安静立位姿勢での胸椎後彎角度、腰椎前彎角度および骨盤前傾角度を測定した。胸椎後彎角度は、背部脊柱全体の弯曲としてTh1/2からTh11/12ま

での 11 箇所の Segmental Angle の合計、腰椎前彎角度は、Th12/L1 から L5/S1 までの 6 箇所の Segmental Angle の合計を算出した。仙骨前傾角度は仙骨によって描かれる背中表面の輪郭線が鉛直線に対して作る角度を算出した。立位姿勢アライメントの測定は 3 回行い、それぞれの角度において 3 回の平均値を算出した。

超音波画像診断装置(GE ヘルスケア社製 LOGIQ Book e)を使用して、安静時の腹直筋、内・外腹斜筋、脊柱起立筋、多裂筋の筋厚を測定した。ゲインは全ての筋において 58dB に設定し、画像条件は全ての測定において同一設定とした。フォーカスは対象となる筋の深さに合わせた。得られた画像から画像処理ソフト Image J (NIH 社製)を使用して筋輝度を算出した。なお、筋厚は筋量、筋輝度は筋の質の状態を表す指標である。

(研究 1) スロートレーニングとパワートレーニングが高齢者の筋特性、運動機能、生活活動量および精神心理機能に及ぼす影響

【対象】対象は京都市介護予防事業に参加した地域在住高齢者 59 名のうち、介入前後の測定会に参加できた 51 名(男性 5 名、女性 46 名、年齢 77.9 ± 5.6 歳)とし、スロートレーニングを実施するスロー群、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 群に分類した。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。

【方法】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。スロートレーニングでは求心性・遠心性フェーズともに 5 秒かけて運動を行った。パワートレーニングでは求心性フェーズはできるだけ速く動かし、遠心性フェーズでは 2 秒かけて運動を行った。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。筋特性として超音波診断装置を用いて大腿四頭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。運動機能として筋力(膝伸展筋力、握力)、バランス(片脚立位保持時間、ファンクショナルリーチ、ラテラルリーチ)、柔軟性(長座体前屈)、敏捷性(立位ステップング)を評価した。また、Life Space-Assessment (LSA)により生活空間を評価した。歩行量として 3 軸加速度センサーを用いて 1 週間分の記録データから 1 日あたりの平均歩数と歩行時間を求めた。精神心理機能として、Geriatric Depression Scale

-15(GDS-15)により抑うつ状態、転倒に対する自己効力感スケール(Fall Efficacy Scale; FES)により転倒恐怖感の程度を評価した。

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 1) 高齢者における大腿四頭筋の筋特性と運動機能との関連性

高齢者における筋力と筋特性との関連について、筋輝度は筋力との間に有意な相関を認められたが、安静時・収縮時筋スティフネスおよび筋スティフネス変化率はいずれも筋力との間に相関を認めなかった(表 1)。また筋パワーと筋特性との関連について、安静時筋スティフネスと筋パワーとの間には相関を認めなかったが、収縮時筋スティフネスおよび筋スティフネス変化率、筋輝度とは有意な相関を認めた(表 1)。

これらの結果から、筋内非収縮組織の割合や収縮時筋スティフネスといった筋特性は高齢者の筋力や筋パワーに影響を及ぼすことが示唆された。

表 1. 筋特性と筋力・筋パワーとの関連

	筋力	筋パワー
筋スティフネス		
安静時	0.331	-0.215
収縮時	0.058	-0.537**
変化率	0.305	-0.382*
筋輝度	-0.354*	0.362*

* : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$

(研究 2) 高齢者における体幹筋の筋特性と姿勢アライメントとの関連性

胸椎後彎角度は腹直筋の筋厚とのみ有意な負の相関が認められた($r = -0.53$, $p < 0.05$)。腰椎前彎角度は多裂筋の筋厚とのみ有意な正の相関が認められた($r = 0.52$, $p < 0.05$)。また骨盤前傾角度は脊柱起立筋の筋厚($r = 0.49$, $p < 0.05$)および多裂筋の筋厚($r = 0.51$, $p < 0.05$)とのみ有意な正の相関が認められた。

本研究の結果、高齢者の姿勢アライメントに対する運動療法として、これら体幹筋の筋萎縮を予防することが重要であることが示唆された。

(研究 3) スロートレーニングとパワートレーニングが高齢者の筋特性、運動機能、生活活動量および精神心理機能に及ぼす影響

3 群の年齢、身長、体重に有意差はみられなかった。週 1 回の監視型トレーニング以外に自主トレーニングをスロー群では 2.7 ± 1.9 日/週、パワー群では 3.4 ± 1.4 日/週行っており、この実施率に 2 群で有意差はなかった。

運動機能の変化について、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(表2)。膝伸展筋力以外の運動機能はいずれの群も変化がみられなかった。また、スロー群、パワー群ともに筋厚の有意な増加および筋輝度の有意な減少がみられ、筋厚および筋輝度の変化率に両群で有意差はみられなかった(表2)。生活空間や歩行量、抑うつ状態や転倒恐怖感は3群いずれも変化がみられなかった。

これらの結果から、スロートレーニングとパワートレーニングはいずれも筋力や筋量、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。しかし、両トレーニングともに筋力以外の運動機能や生活空間、歩行量、精神心理機能に及ぼす効果は不十分であることが示され、これらの改善をはかるためには筋力トレーニングのみでなく多面的な運動要素を含んだトレーニングが必要であることが示唆された。

以上、運動速度を変化させた筋力トレーニング法は運動をゆっくり行うスロートレーニング、運動を素早く行うパワートレーニングのいずれも高齢者の筋機能や筋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。

表2. 膝伸展筋力および筋厚・筋輝度の変化

	スロー群		パワー群	
	Before	After	Before	After
筋力(Nm)	51.3 ± 16.6	64.2 ± 20.3**	51.9 ± 11.0	67.8 ± 18.8**
筋厚(cm)	1.52 ± 0.54	2.10 ± 0.59**	1.83 ± 0.52	2.47 ± 0.54**
筋輝度	67.3 ± 14.8	53.8 ± 7.56**	67.8 ± 8.95	53.5 ± 9.47**

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 4件)

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.

Masaki M, Ikezoe T, Fukumoto Y, Minami S, Tsukagoshi R, Sakuma K, Ibuki S, Yamada Y, Kimura M, Ichihashi N. Association of sagittal spinal alignment with thickness and echo intensity of lumbar back muscles in middle-aged and elderly women. *Arch*

Gerontol Geriatr 61(2):197-201,2015.

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.

Masaki M, Ikezoe T, Fukumoto Y, Minami S, Aoyama J, Ibuki S, Kimura M, Ichihashi N. Association of walking speed with sagittal spinal alignment, muscle thickness, and echo intensity of lumbar back muscles in middle-aged and elderly women. *Aging Clin Exp Res*. 2015 Aug 30. [Epub ahead of print]

[学会発表](計 8件)

Ikezoe T, Nakamura M, Masaki M, Ichihashi N: Association of trunk muscle properties with sagittal spinal alignment in healthy elderly women. 18th Annual Congress of the European College of Sport Science. 2013. June. 26-29, Barcelona, Spain.

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.

荒木 浩二郎, 池添冬芽, 築瀬康, 田中浩基, 森下勝行, 磯野凌, 中尾彩佳, 市橋則明: 高齢者に対する低負荷筋力トレーニングにより筋腫張が生じる運動強度と運動量: 第2回日本基礎理学療法学会学術集会・日本基礎理学療法学会第20回学術大会合同学会 2015. 11.14-15, 神奈川.

池添冬芽, 小林拓也, 川崎詩歩未, 市橋則明: 高齢者における膝屈曲可動域制限の有無による大腿四頭筋の弾性率の違い~せん断波エラストグラフィによる検討~. 第50回日本理学療法学会大会 2015. 6.5-6.7 東京.

正木 光裕, 池添 冬芽, 福元 喜啓, 南 征吾, 青山 惇一, 木村 みさか, 市橋 則明: 中高年齢女性における歩行速度と立位姿勢アライメント, 背部筋の筋量および筋内非収縮組織との関連. 第 50 回日本理学療法学会大会 2015. 6.5-7, 東京.

佐藤 郁弥, 池添 冬芽, 正木 光裕, 田中 真砂世, 井上 和郁子, Katarzyna Malinowska, 川口 喬久, 田原 康玄, 中山 健夫, 松田 文彦, 坪山 直生, 市橋 則明: 高齢女性における立位脊柱アライメントと動作能力の関連 年代別での検討. 第 50 回日本理学療法学会大会 2015. 6.5-7, 東京

〔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

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

(2) 研究分担者

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

(3) 連携研究者

()

研究者番号: