

加齢に伴う体幹部骨格筋の量的・質的变化 －高齢者を対象とした縦断的検討－

名古屋大学	田中 憲子
(共同研究者) 同	小川 まどか
同	吉子 彰人
同	富田 彩
同	秋間 広

Quantitative and Qualitative Change in Trunk Skeletal Muscle with Aging － Longitudinal evaluation for the elderly –

by

Noriko I. Tanaka, Madoka Ogawa, Akito Yoshiko,
Aya Tomita, Hiroshi Akima
*Research Center of Health Physical Fitness and Sports,
Nagoya University*

ABSTRACT

The purpose of this study was to examine the 5-year longitudinal change in the quantity and quality of trunk skeletal muscle of the elderly. In this report, we indicated the results of changes within 1 year for 23 elder males and females (age: 71.7 ± 4.3 years, body mass index: 22.1 ± 2.6 kg / m²). Height, body weight, body fat and physical functions were measured. B-mode ultrasound transverse images from the rectus abdominal muscle at lower side of 2 to 3 cm beside the umbilicus and multifidus muscle at the intervertebral disc level of the fourth and fifth lumbar vertebra were acquired. As quantitative and qualitative indices, the muscle thickness and echo intensity of the two muscles are calculated. The subcutaneous fat thickness at the

same position was also measured. As a result, the echo intensity corrected by the subcutaneous fat thickness tended to increase in the rectus abdominis muscle. Result of a stepwise multiple regression analysis with the absolute change in all measurement items as independent variables indicated the change of echo intensity in rectus abdominis muscle related only to the muscle thickness of the same muscle. Although there was no significant change in muscle thickness, these results might suggest that at least in the rectus abdominis muscle, loss of skeletal muscle with aging relates to fat infiltration within skeletal muscle.

要 旨

本研究の目的は、高齢者における体幹部骨格筋の量と質における5年間の縦断的变化を明らかにすることであった。本報告では男女23名（年齢： 71.7 ± 4.3 歳，体格指数： $22.1 \pm 2.6 \text{ kg/m}^2$ ）における1年間の变化を報告する。被験者の身長，体重，体脂肪率，身体機能のほか，腹直筋と腰部多裂筋のBモード超音波横断画像を取得した。対象2筋の量の指標として筋厚を，質の指標としてエコー強度（高値を示すほど筋内への脂肪蓄積度が高いことを示す）を，また直上の皮下脂肪厚を算出した。その結果，腹直筋エコー強度を皮下脂肪厚で補正した値には1年後に増加傾向が認められた。全測定項目の変化量を独立変数としたステップワイズ重回帰分析の結果，腹直筋エコー強度の変化量の有意な予測変数として，同筋の筋厚変化量のみが選択された。少なくとも腹直筋の場合には，筋量の低下と筋の質の低下が関連している可能性が示された。

緒 言

体幹部には全身骨格筋量のうち40%を超える骨格筋量が存在し¹⁾，腹部と背部に位置する骨格筋は大腿前部と同様に身体のなかで最も萎縮しやすいことが報告されている²⁾。体幹部の骨格筋群は立位姿勢の保持や歩行に重要な役割を果たして

おり^{3,4)}，筋のサイズが低下すると歩行不全や寝たきり，腰痛発症につながる可能性が示唆されている。また，筋の質的な指標となる筋内への脂肪蓄積度は，将来的にバランス能力の低下と関連することも報告されている⁵⁾。このような骨格筋量の低下や筋内への脂肪の蓄積はインスリン抵抗性を惹起することが知られている。すなわち，体幹部骨格筋の量的・質的な変化を観察することは，糖尿病，あるいは転倒や疾患発症リスクなどと有意な関係をもつことが確認されているサルコペニア（加齢に伴う骨格筋量や身体機能の低下⁶⁾，の予防や早期発見に有効であると考えられる。しかしながら現時点では，サルコペニアの診断基準に体幹部骨格筋の情報は反映されていない。

一般に，骨格筋の量や質の評価には磁気共鳴画像法やコンピュータ断層撮影法などの大掛かりで分析に時間がかかる方法を利用する必要があり，容易に測定を行うことが難しいことが短所として挙げられる。一方，超音波画像診断装置を用いれば，MRIなどと類似した骨格筋の量（筋厚）や質（エコー強度）の情報を比較的容易に得ることが可能である。すなわち，筋厚は筋体積の予測変数となる^{7,8)}。骨格筋のエコー強度は主に細胞外にある脂質を反映している⁹⁾。この超音波画像診断法により高齢者における体幹部骨格筋の量や質について検討した研究もいくつか存在する¹⁰⁾ものの，その多くは横断的，あるいは短期的なトレー

ニング効果の検証にとどまっている。そこで本研究では、超音波画像診断装置を用いて、高齢者における体幹部骨格筋の量と質を5年にわたり観察し、それらの縦断的な変化を明らかにすることを目的とした。また、身体機能の変化との関連についても併せて検討した。

なお、本報告では男女23名における1年間の変化を報告する。

1. 方 法

1. 1 被験者

対象は、地域在住高齢者を対象に、月に2回、3ヶ月間行った体操教室の参加者のうち、研究内容に関する説明に対し自由意志にて参加を希望し、書面による同意の得られた者であった。本報告では、2015年10月に初回測定を、2016年10月から2016年12月に2回目の測定を行った65歳以上の男女23名(女性10名:年齢 71.7 ± 4.3 歳、体格指数: $22.1 \pm 2.6 \text{ kg/m}^2$)の結果を示す。なお、全てのデータは体操教室の開始前に取得したものであり、運動介入による効果は含まれていない。また、体操教室は3ヶ月間で終了しており、2回目の測定までに約9ヶ月が経過していたことから、2回目の測定にも運動介入の効果は含まれていないと考えられる。実験に先立ち、被験者に問診表への記入を促し、運動実施に問題があるような重篤な疾患を有していないことを確認してから研究を開始した。本研究は、名古屋大学総合保健体育科学センターの体育系研究倫理委員会の承認を得て実施された。

1. 2 形態学的測定項目

被験者の身長、体重のほか、生体電気インピーダンス法(ITO-InBody 370, 伊藤超短波社製)により体脂肪率を測定した。超音波画像診断装置(Logiq-e Premium, GEヘルスケア社製)により、臍横2~3cm下部における腹直筋と、第4・5腰

椎の椎間板レベルにおける多裂筋のBモード超音波横断画像を1部位につき3枚ずつ撮影した。撮影時の測定周波数は10 Hz, Gainは45であり、腹直筋は仰臥位にて、多裂筋は伏臥位にて撮影した。さらに画像分析ソフト(Image J, National Institute of Health)を利用して、得られた画像から腹直筋と多裂筋の筋厚および同位置直上の皮下脂肪厚を測定した。さらに、Akima et al.¹¹⁾と同一の方法により、対象筋の質の指標となるエコー強度を算出した。エコー強度分析に際し、それぞれの筋の関心領域はできるだけ広く設定した。撮影した3枚の画像全てにおいて筋厚、皮下脂肪厚、エコー強度を分析し、それぞれの平均値を各項目の代表値として採用した。なお、エコー強度は皮下脂肪厚による影響を受けるとの報告があることから、Young et al.¹²⁾の補正式により皮下脂肪厚の個人差を補正したエコー強度も算出した。

1. 3 身体機能テスト

運動実施に先立ち、安静時の収縮期血圧・拡張期血圧・心拍数を測定し、収縮期血圧が通常よりも著しく高い被験者、あるいは140 mmHgを超える被験者に対しては原則としては項目の一部もしくは全てを中止することとした。身体機能の指標として測定した項目を以下に示す。

握力: 握力計(T.K.K.5401, 竹井機器社製)を用いて、立位にて測定した。最大努力で約3秒間の筋力発揮を行った。左右交互に2回ずつ測定し、それら4回の測定の最高値を握力の代表値とした。握り幅の調整は行わず、全ての被験者に対して同一の目盛りを設定した。

最大歩行速度: 5mの距離を最大で歩いた際のタイムから歩行速度を算出した。測定は2回行い、速度が速い方を採用した。

椅子すわり立ち: 両側の前腕を胸の前で交差させ、規定の椅子から最大努力にて10回座り立ちするのに要した時間を記録した。

床立ち上がり：マットの上に肘と膝の関節を完全伸展させた状態で仰臥位となり，合図とともに素早く立ち上がり，直立姿勢となるまでに要する時間を計測した。測定は2回行い，良い方の記録を採用した。なお，床から立ち上がる際の動作には規定を設けなかった。

上体起こし：マットの上に膝関節角度90度にて仰臥位となり，30秒間の間に上体を起こすことができた回数を記録した。

1. 4 統計処理

全ての値を平均と標準偏差で示した。反復のある一元配置分散分析により各項目における変化を検討した。各測定項目の変化量同士の関連についてはピアソンの積率相関係数を用いて検討した。腹直筋と多裂筋の質における変化量と関連を持つ因子の探索には，2つの筋のエコー強度それぞれを従属変数とし，その他の形態学的項目および身体機能テスト項目を独率変数としたステップ

ワイズ重回帰分析を利用した。

2. 結 果

表1に，各測定項目における0年目と1年目の値をまとめた。形態学的項目や身体機能テスト項目に，1年間で有意な変化が認められたものはなかった。エコー強度は，絶対値では有意な変化がみられなかったものの，皮下脂肪厚で補正した場合には腹直筋において増加する傾向 ($p=0.086$) が認められた。

対象筋の筋厚やエコー強度と他の変数それぞれの変化量同士の相関係数を表2に示した。腹直筋筋厚の変化量は，床立ち上がりの変化量 ($r = -0.488, p<0.05$)，および腹直筋のエコー強度の変化量 ($r = -0.561, p<0.05$) と有意な負の相関を示し，多裂筋筋厚の変化量との相関は有意傾向 ($r = 0.411, p<0.05$) を示した。腹直筋エコー強度の変化量は，床立ち上がりに要した時間の変化量と有意な正の相関を示した ($r = 0.513, p<0.05$)。対象

表1 被験者の形態学的項目と身体機能テストの結果

	0年目		1年目	
	Mean	SD	Mean	SD
年齢 (歳)	71.7	4.3	72.8	4.2
身長 (cm)	160.1	7.2	160.4	7.4
体重 (kg)	56.8	9.2	56.5	9.3
BMI (kg/m ²)	22.1	2.6	21.8	2.4
胸囲 (cm)	85.1	6.5	85.1	6.0
体脂肪率 (%)	27.2	5.3	26.4	5.0
筋厚 (mm)				
腹直筋	8.1	1.5	9.0	2.1
多裂筋	27.3	4.1	28.0	4.8
皮下脂肪厚 (mm)				
腹直筋	17.9	5.7	19.1	6.3
多裂筋	7.2	2.1	7.4	2.0
エコー強度 (A.U)				
腹直筋	99.3	14.9	100.3	23.6
多裂筋	57.0	16.1	58.5	15.6
補正済エコー強度 (A.U) *				
腹直筋	824.8	347.6	876.2#	358.8
多裂筋	232.6	76.7	258.9	77.7
身体機能テスト				
握力 (kg)	28.2	6.8	28.3	7.8
最大歩行速度 (m/sec)	2.1	0.3	2.2	0.5
椅子すわり立ち (秒)	14.1	4.5	12.9	2.9
床立ち上がり (秒)	3.1	0.7	3.1	0.7
上体起こし (回)	8.5	6.3	10.3	6.1

*Young et al. (2015) の式で補正, #P<0.10

表2 各測定項目の変化量同士の相関係数

	腹部組成の変化量			腰部組成の変化量			身体機能の変化量			
	腹直筋筋圧	腹直筋エコー強度	皮下脂肪厚	多裂筋筋厚	多裂筋エコー強度	皮下脂肪厚	握力	椅子座り立ち	床立ち上がり	上体起こし
腹部組成の変化量										
腹直筋筋厚	1	-0.561*	-0.094	0.411#	-0.195	0.063	0.237	0.051	-0.488	-0.169
腹直筋エコー強度		1	-0.220	-0.318	-0.318	0.216	-0.104	-0.117	0.513*	-0.252
皮下脂肪厚			1	-0.220	0.317	0.051	-0.446*	-0.199	-0.225	-0.170
腰部組成の変化量										
多裂筋筋厚				1	-0.021	0.089	0.064	-0.066	0.004	0.004
多裂筋エコー強度					1	0.018	-0.105	0.266	-0.128	0.03
皮下脂肪厚						1	-0.011	-0.060	-0.255	-0.433
身体機能の変化量										
握力							1	0.08	0.080	0.502*
椅子座り立ち								1	0.063	0.160
床立ち上がり									1	0.274
上体起こし										1

*, $p<0.05$, #, $p<0.10$

表3 ステップワイズ重回帰分析の結果

従属変数	有意な予測変数	回帰係数	標準誤差	標準回帰係数	p	R	自由度調整済み R ²
腹直筋エコー強度	腹直筋筋厚	-8.212	2.087	-0.561	$p<0.001$	0.561	0.26
多裂筋エコー強度	-	-	-	-	-	-	-

2 筋それぞれのエコー強度変化量を従属変数、腹部皮下脂肪厚・腹直筋筋厚・体重の各変化量、0 年目の年齢、性別、各身体機能テストの結果を独立変数としたステップワイズ重回帰分析を実施した結果、腹直筋エコー強度の変化量の有意な予測変数としては腹直筋の筋厚のみが選択された(表 3)。多裂筋においても同じ検討を行ったが、有意な予測変数として選択された変数は存在しなかった。

3. 考 察

本研究は腹部骨格筋の量と質における加齢変化を明らかにするため、5 年間の追跡調査を行うものである。本報告では、2017 年 9 月末時点で 1 年間の追跡調査が終了している高齢男女 23 名のデータに基づいた検討を行った。その結果、1 年間という期間では、体幹筋の量や質の絶対値、ならびに身体機能には有意な変化が認められなかった。一方、エコー強度を皮下脂肪厚で補正した値¹²⁾を算出したところ、腹直筋のエコー強度補正値は 1 年間で増加する傾向が認められた。すなわ

ち、腹直筋の厚さには変化がないものの、腹直筋内への脂肪蓄積度には 1 年間で増加傾向が認められた。また、腹直筋エコー強度の変化量は同筋の厚さと有意な負の相関を示すことが明らかとなった。つまり、腹直筋の場合に、筋の量の低下は質の低下と関連している可能性が示唆された。

Ryan et al.¹³⁾ は、エコー強度と体脂肪率との相関係数は、補正前の絶対値に比べ、皮下脂肪厚でエコー強度を補正した方が高い値を示すことを報告している。本研究の 0 年目の値を利用して同様の検討を行ったところ、絶対値では多裂筋エコー強度と体脂肪率との間に有意な負の相関($r = -0.540$, $p<0.05$)が認められたのに対し、補正值では、腹直筋・多裂筋の両エコー強度と体脂肪率との間に有意な正の相関が認められた(腹直:筋 $r = 0.704$, 多裂筋: $r = 0.531$, ともに $p<0.05$, 図 1)。この結果は体脂肪率が高い方が筋内脂肪蓄積度の指標であるエコー強度が高いことを示しており、Ryan et al.¹³⁾の結果とも一致している。腹部は四肢に比べ皮下脂肪の蓄積度が高い²⁾。このため皮下脂肪がエコー強度に及ぼす影響も四肢に比べ

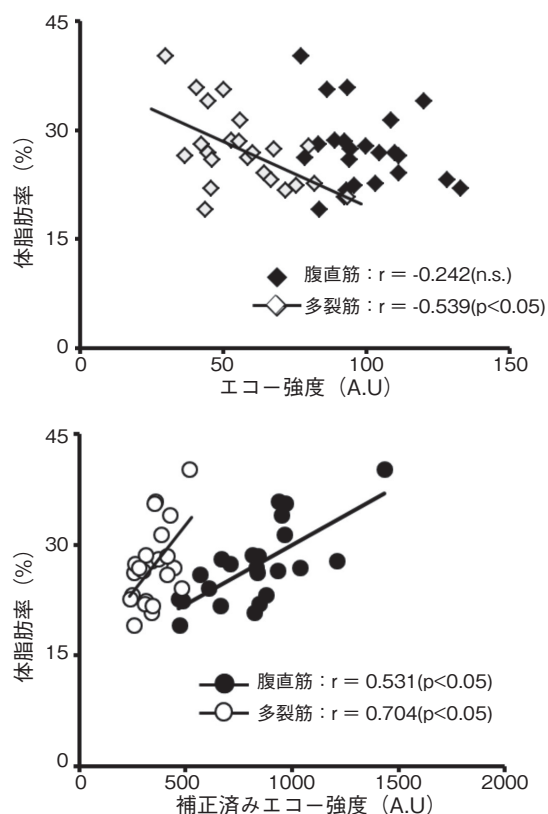


図1 体脂肪率とエコー強度との関係

高いことが予想され、今後5年間にわたり体幹筋の量と質を評価していくにあたり、エコー強度の皮下脂肪厚による補正は必須であるものと考えられる。その皮下脂肪厚の個人差を補正した場合に、筋内への脂肪蓄積度の指標となるエコー強度が増加する傾向が、腹直筋において認められた。一方、腹直筋の筋厚には有意な変化は認められなかった。Fukumoto et al.¹⁰⁾ は、女性の腹斜筋および腹横筋の筋厚とエコー強度の年代差に関する横断的な検討を行った結果、エコー強度の方が筋厚よりも早い年代から有意差が認められたことを報告している。本研究では65歳以上の高齢男女を対象にしているため結果を直接比較することはできないが、本研究の結果は先行研究と同様に、筋の量的変化（筋厚）よりも質的变化（エコー強度）の方が生じやすいことを示唆しているのかもしれない。

ない。

Akima et al.¹⁴⁾ は大腿部の骨格筋を対象とした横断的検討から、筋内への脂肪蓄積度が高いほど体重当たりの骨格筋横断面積が小さいことを報告した。本研究は筋厚の検討に留まっているものの、Akima et al.¹⁴⁾ と同様の結果となった。すなわち、ステップワイズ重回帰分析の結果、1年間における腹直筋のエコー強度の変化量は腹直筋筋厚の変化量と関連しており、エコー強度が増加した者ほど筋厚が減少していた。これまでの先行研究では、身体の中でも大腿前面、腹部、ならびに背部において、加齢に伴う骨格筋量の低下が顕著であることが報告されているが^{7,10)}、筋内への脂肪の蓄積までは考慮されていない。本研究の結果は、特に腹直筋における収縮要素の割合は先行研究の報告値よりもさらに低い可能性を示唆している。

一方、加齢や腰痛に伴う腰部多裂筋内への脂肪蓄積は筋量の変化とは独立して生じる^{5,15)} ことが報告されている。しかしながら多裂筋に関する結果は先行研究とは異なり、1年間の変化にも変化量同士の相関にも有意性を見出すことができなかった。この原因は定かではないが、腰部多裂筋の量や質は腰痛の有無による影響を受けることが報告されていることから¹⁶⁾、今後は腰痛との関連についても併せて検討していきたい。また身体機能テストの結果にも有意な変化が認められなかった。この点についても、観察期間の延長、被験者数の追加、男女別の検討などにより更に検討を進めていく予定である。

4. まとめ

本報告では、65歳以上の高齢男女23名における腹部骨格筋の量と質が1年間でどれだけ変化するか、超音波画像診断法を用いて検討した。その結果、筋厚に有意な変化は認められなかったものの、腹直筋内への脂肪蓄積度に増加傾向が認められた。また、腹直筋の場合には、筋厚の低下が、

筋の質の低下すなわち筋内への脂肪蓄積度の上昇と関連している可能性が示唆された。

謝 辞

本研究に対して研究助成を賜りました公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に心よりお礼申し上げます。また、被験者の皆様、名古屋大学総合保健体育科学センター秋間広研究室の関係者の皆様にも、感謝申し上げます。

文 献

- 1) Tanaka N.I., Miyatani M., Masuo Y., Fukunaga T., Kanehisa H., Applicability of a segmental bioelectrical impedance analysis for predicting the whole body skeletal muscle volume, *J. Appl. Physiol.*, **103**: 1688-1695 (2007)
- 2) Ishida Y., Kanehisa H., Carroll J.F., Pollock M.L., Graves J.E., Ganzarella L., Distribution of subcutaneous fat and muscle thicknesses in young and middle-aged women, *Am. J. Hum. Biol.*, **9**: 247-255 (1997)
- 3) Arokoski J.P., Valta T., Airaksinen O., Kankaanpää M., Back and abdominal muscle function during stabilization exercises, *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, **82**: 1089-1098 (2001)
- 4) Bouillon L., Baker R., Gibson C., Kearney A., Busemeyer T., Comparison of trunk and lower extremity muscle activity among four stationary equipment devices: upright bike, recumbent bike, treadmill, and elliptigor, *Int. J. Sports Phys. Ther.*, **11**: 190-200 (2016)
- 5) Hicks G.E., Simonsick E.M., Harris T.B., Newman A.B., Weiner D.K., Nevitt M.A., Tylavsky F.A., Cross-sectional associations between trunk muscle composition, back pain, and physical function in the health, aging and body composition study, *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.*, **60**: 882-807 (2005)
- 6) Cruz-Jentoft A.J., Baeyens J.P., Bauer J.M., Boirie Y., Cederholm T., Landi F., Martin F.C., Michel J.P., Rolland Y., Schneider S.M., Topinkova E., Vandewoude M., Zamboni M.; European Working Group on Sarcopenia in Older People. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People, *Age Ageing.*, **3**: 412-423 (2010)
- 7) Miyatani M., Kanehisa H., Ito M., Kawakami Y., Fukunaga T., The accuracy of volume estimates using ultrasound muscle thickness measurements in different muscle groups, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **91**: 264-272 (2004)
- 8) Sanada K., Kearns C.F., Midorikawa T., Abe T., Prediction and validation of total and regional skeletal muscle mass by ultrasound in Japanese adults, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **96**: 24-31 (2006)
- 9) Akima H., Hioki M., Yoshiko A., Koike T., Sakakibara H., Takahashi H., Oshida Y., Intramuscular adipose tissue determined by T1-weighted MRI at 3T primarily reflects extramyocellular lipids, *Magn. Reson. Imaging.*, **34**: 397-403 (2016)
- 10) 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**: 3013-3017 (2015)
- 11) Akima H., Yoshiko A., Tomita A., Ando R., Saito A., Ogawa M., Kondo S., Tanaka N.I., Relationship between quadriceps echo intensity and functional and morphological characteristics in older men and women, *Arch. Gerontol. Geriatr.*, **70**: 105-111 (2017)
- 12) Young H.J., Jenkins N.T., Zhao Q., McCully K.K., Measurement of intramuscular fat by muscle echo intensity, *Muscle Nerve.*, **52**: 963-971 (2015)
- 13) Ryan E.D., Shea N.W., Gerstner G.R., Barnette T.J., Tweedell A.J., Kleinberg C.R., The influence of subcutaneous fat on the relationship between body composition and ultrasound-derived muscle quality, *Appl. Physiol. Nutr. Metab.*, **27**: 1-4 (2016)
- 14) Akima H., Yoshiko A., Hioki M., Kanehira N., Shimaoka K., Koike T., Sakakibara H., Oshida Y., Skeletal muscle size is a major predictor of intramuscular fat content regardless of age, *Eur. J. Appl. Physiol.*, **115**: 1627-1635 (2015)
- 15) Crawford R.J., Filli L., Elliott J.M., Nanz D., Fischer M.A., Marcon M., Ulbrich E.J., Age- and level-dependence of fatty infiltration in lumbar paravertebral muscles of healthy volunteers, *AJNR Am. J. Neuroradiol.*, **37**: 742-748 (2016)
- 16) Kjaer P., Bendix T., Sorensen J.S., Korsholm L.,

Leboeuf-Yde C., Are MRI-defined fat infiltrations
in the multifidus muscles associated with low back

pain? *BMC Med.*, 25, 5:2(2007)