

加齢により蓄積される筋内脂肪量と筋量との関係

名古屋大学	押田芳治
(共同研究者)	同
	秋間 広
	同
	小池 晃彦
東海学園大学	島岡 清
名古屋大学	日置 麻也

Relationship between Intramuscular Fat and Muscle Mass Change with Aging

by

Yoshiharu Oshida,
Hiroshi Akima, Teruhiko Koike
*Research Center of Health, Physical Fitness & Sports,
Nagoya University*
Kiyoshi Shimaoka
Department of Human Wellness, Tokaigakuen University
Maya Hioki
*Graduate School of Medicine,
Nagoya University*

ABSTRACT

The purpose of this study was to estimate intramuscular fat (IMF) in healthy young and elderly people and examine the relationship between estimated IMF index and cross-sectional area (CSA) of the vastus lateralis (VL) and biceps femoris-long head (BFI) muscles. Twenty physically active volunteers, 10 young (5 male, 5 female;

age 21 yr) and 10 elderly (5 male, 5 female; age 71 yr) participated in this study. Echo intensity of the VL at the lateral and BFl at the posterior mid-thigh was measured using ultrasonography, which was calculated based on mean grey scale. The CSA of VL and BFl muscles at the mid-thigh was measured using a 3.0 T magnetic resonance imaging (MRI). Echo intensity of elderly group was significantly higher than that of young group (all $p < 0.001$), and CSA of elderly group was smaller than that of young group (VL, $p < 0.01$; BFl, $p < 0.05$). A significant correlation was not found between echo intensity and CSA [$\text{CSA} \cdot \text{L}^{-2} (\times 10^{-4})$] in each group. These results deny the relationship between IMF contents and muscle mass both in young and elderly individuals.

要 旨

超音波断層法によるエコー強度を指標として筋内脂肪量の評価を行い評価した筋内脂肪と磁気共鳴映像法 (MRI) を用いて評価した筋量との関連について検討した。健康成人男女 20 名 (若齢群 10 名, 高齢群 10 名) において, 右大腿中央部の外側広筋 (VL) と大腿二頭筋・長頭 (BFl) のエコー強度と筋横断面積 (CSA) を測定した。エコー強度はグレースケールを基に筋内の領域に含まれる全てのピクセルの平均値を算出した。臨床用の 3 テスラ MR 装置を用いて大腿部中央の横断像を撮影し, 得られた横断像から VL と BFl の CSA を算出した。高齢群は若齢群と比較して, VL および BFl のエコー強度が有意に高値 (ともに $p < 0.001$) を示し, CSA が有意に低値 (VL, $p < 0.01$; BFl, $p < 0.05$) を示した。また, VL および BFl におけるエコー強度と CSA を大腿長で補正した筋量との間には, 若齢群と高齢群ともに, 有意な相関関係は認められなかった。以上の結果から, 若齢群, 高齢群ともに筋内脂肪量と筋量は関連していないことが示された。

緒 言

筋萎縮と筋内, 筋間脂肪の蓄積はともに, 加

齢に伴い起こる^{8, 10)}。筋内や筋間の脂肪蓄積は, 糖尿病との関連が示唆されていることから⁴⁾, 筋内脂肪を簡便に評価することは, 生活習慣病を予防する上で重要な測定項目の一つとなる可能性がある。筋内や筋間の脂肪の蓄積が確認されているのは, 高齢者^{10, 14)}の他に, 脊髄損傷後の患者²⁾や筋ジストロフィー患者ら⁵⁾などであり, 一定期間の不活動後の被検者ら⁹⁾においても認められる。これらの人々では, 筋萎縮に伴い筋内や筋間の脂肪の蓄積が示されることから, 我々は筋内脂肪量と筋萎縮 (筋量の減少) は関連しているのではないかと考えた。

これまで, 加齢に伴う筋萎縮や筋内脂肪についての報告がされてきた^{1, 13, 16)}。筋萎縮については, 磁気共鳴映像法 (magnetic resonance imaging, MRI) や超音波断層法を用いて, 筋体積, 筋横断面積や筋厚の測定によって筋量の変化 (筋萎縮) が評価されてきた。一方, 筋内脂肪や筋間の脂肪の評価については, MRI を用いて, 筋内のどの部位に脂肪が存在し蓄積するのか, 画像分析により定量化し評価可能であるが, 超音波断層法のエコー強度を指標に筋内に存在する脂肪量を定量的に評価する方法^{5, 12)}の方がより簡易的である。そのため, 実際の現場で応用されるには, エコー強度を基にした筋内脂肪指標

の評価が適していると考えられる。

本研究の目的は、簡易的な手法として利用が可能な超音波断層法を用い、エコー強度を指標に筋内脂肪量を評価した“筋内脂肪指標”と筋量との関連性を明らかにすることである。我々は筋内の脂肪量と筋量との間には有意な相関関係があると予測した。

1. 実験方法

1.1 被検者

被検者は、健康成人男女 20 名で、若齢群 10 名（男性 5 名、女性 5 名）と高齢者群 10 名（男性 5 名、女性 5 名）であった。若齢群は、学業やサークルなど積極的に参加し活動的な大学生活を送っている大学生、高齢群は、中高齢者を対象とした運動教室へ通う活動的な高齢者、あるいは仕事をもち社会へ積極的に参加している高齢者であった。実験に先だって、本実験の概要、目的、実験に伴う危険性、実験から得られる有効について説明し、書面において同意を得た。本実験は名古屋大学医学系研究科の生命倫理委員会の承認を得て実施された。

1.2 超音波断層法・エコー強度の測定

超音波断層法の測定手順については我々の先行研究に従って実施された⁶⁾。超音波装置 (LOGIQ e, General Electric 社製) を用いて、B モード、8MHz にて安静時における右側大腿中央部の外側および後面から 5 枚ずつ超音波画像を得た。外側広筋と大腿二頭筋長頭（以下、大腿二頭筋）においてエコー強度を測定した。5 枚の画像から算出された 5 つのエコー強度のうち最大値と最小値は除外し、残りの 3 枚の平均値をエコー強度の代表値として用いた。エコー強度は、Image J および NIH image ソフトウェア (National Institute of Health) を用いて以下の分析手順にて算出した。超音波装置内に DICOM (Digital Imaging and

Communications in Medicine) 形式で保存された画像ファイルをパーソナルコンピュータに取り込み、スムージング処理を施した。筋内に関心領域を設定し 256 階調のグレースケールを基に関心領域内に含まれる全てのピクセルの平均値を算出した。関心領域は視覚的観察により骨や筋膜を除外し、できるだけ全ての筋領域を含むように設定された。

1.3 磁気共鳴映像法

臨床用の 3T の MR 装置を用いて、右側大腿部中央の横断像を撮影した。得られた横断像から外側広筋と大腿二頭筋の筋横断面積を算出し、筋量の指標として用いた。若齢群と高齢群の身体特性に有意な差が認められたので、その影響を除くため、Kanehisa ら⁷⁾ を参考に、筋横断面積 (cross-sectional area, CSA) を大腿長 (thigh length, L) により補正した。そして、以下の式により算出した。

$$\text{筋量} = \text{CSA} \cdot L^{-2} (\times 10^{-4})$$

1.4 統計処理

全ての統計量は平均値と標準偏差で示した。

身体特性、外側広筋と大腿二頭筋のエコー強度および筋横断面積における、若齢群と高齢群の比較については対応のない t 検定を用いて統計解析を行った。また、若齢群および高齢群における外側広筋および大腿二頭筋のエコー強度と大腿長で補正した筋横断面積との関連性の分析にはピアソンの相関分析を用いた。

全てのデータは SPSS ソフトウェア (17.0J for SPSS 社製) を用い統計処理を行った。有意水準は 5% 未満とした。

2. 実験結果

表 1 には、被検者 20 名の身体特性を示した。高齢群の年齢、ウエストヒップ比は若齢群のそ

表1 被検者の身体特性

	若齢群 (n=10)	高齢群 (n=10)
年齢 (歳)	21.3±0.3	71.3±4.0***
身長 (cm)	167.7±11.1	157.9±6.3*
体重 (kg)	62.4±11.9	59.0±7.6
BMI (kg/m ²)	22.1±3.1	23.6±2.2
大腿長 (cm)	36.4±2.6	33.5±1.7*
ウエスト/ヒップ比	0.8±0.1	0.9±0.1***

平均 ± 標準偏差 BMI: body mass index

*p<0.05, ***p<0.001 若齢群との比較

れと比較して有意に高値が示された (ともに $p < 0.001$)。また、高齢群の身長および大腿長は若齢群のそれと比較して有意に低値を示した ($p < 0.05$)。

表2には、若齢群および高齢群の外側広筋と大腿二頭筋のエコー強度の比較を示した。高齢群のエコー強度は若齢群のそれと比較して外側広筋および大腿二頭筋ともに有意に高値を示した (ともに $p < 0.001$)。

表2 若齢群と高齢群のエコー強度の比較

	若齢群 (n=10) (a.u.)	高齢群 (n=10) (a.u.)	差 (%)
外側広筋	48.6±8.9	69.9±8.1***	44
大腿二頭筋	62.2±11.8	83.6±7.2***	34

平均 ± 標準偏差 a.u.: 任意単位 (arbitrary unit)

***p<0.001 若齢群との比較

表3には、若齢群および高齢群の外側広筋と大腿二頭筋の筋横断面積の比較を示した。高齢群の筋横断面積は若齢群のそれと比較して有意

表3 若齢群と高齢群の筋横断面積の比較

	若齢群 (n=10) (cm ²)	高齢群 (n=10) (cm ²)	差 (%)
外側広筋	21.3±3.9	15.1±4.1**	29
大腿二頭筋	10.2±2.1	8.3±1.4*	19

平均 ± 標準偏差 *p<0.05, **p<0.01 若齢群との比較

に低値を示した (外側広筋, $p < 0.01$; 大腿二頭筋, $p < 0.05$)。

図1には、若齢群と高齢群の外側広筋におけるエコー強度と大腿長で補正した筋横断面積との関係を示した。両群ともに有意な相関関係は認められなかった。

図2には、若齢群と高齢群の大腿二頭筋におけるエコー強度と大腿長で補正した筋横断面積との関係を示した。両群ともに有意な相関関係は認められなかった。

3. 考 察

本研究では、若齢者と高齢者の成人男女を対象に、筋内脂肪指標 (エコー強度) と筋量 (筋横断面積を大腿長で補正した値) の関連について検討した。その結果、高齢群は若齢群と比較して、外側広筋および大腿二頭筋のエコー強度は有意に高値であり、筋横断面積は有意に低値であることが示された。したがって、高齢群の大腿部の筋は、若齢群と比較して筋量が少ないが、筋内

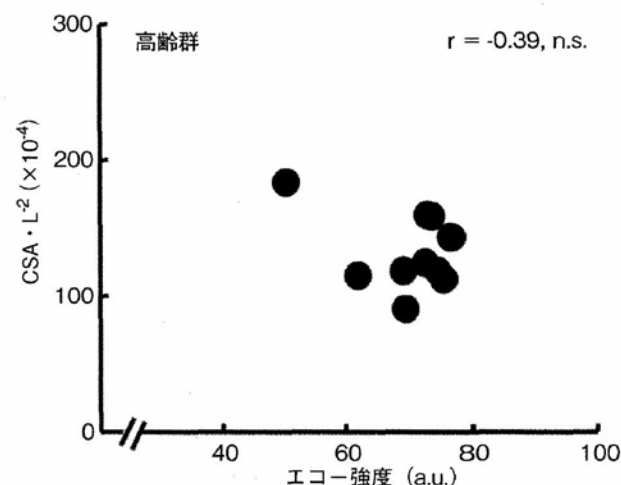
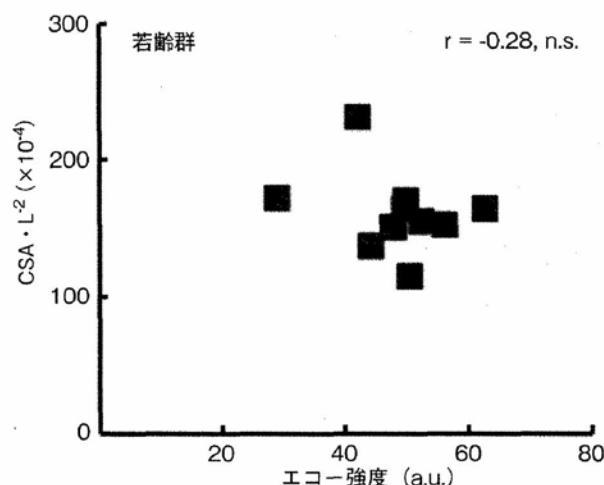


図1 若齢群と高齢群における外側広筋のエコー強度と筋量 (筋横断面積を大腿長で補正した値) との関係
a.u.: 任意単位 (arbitrary unit)

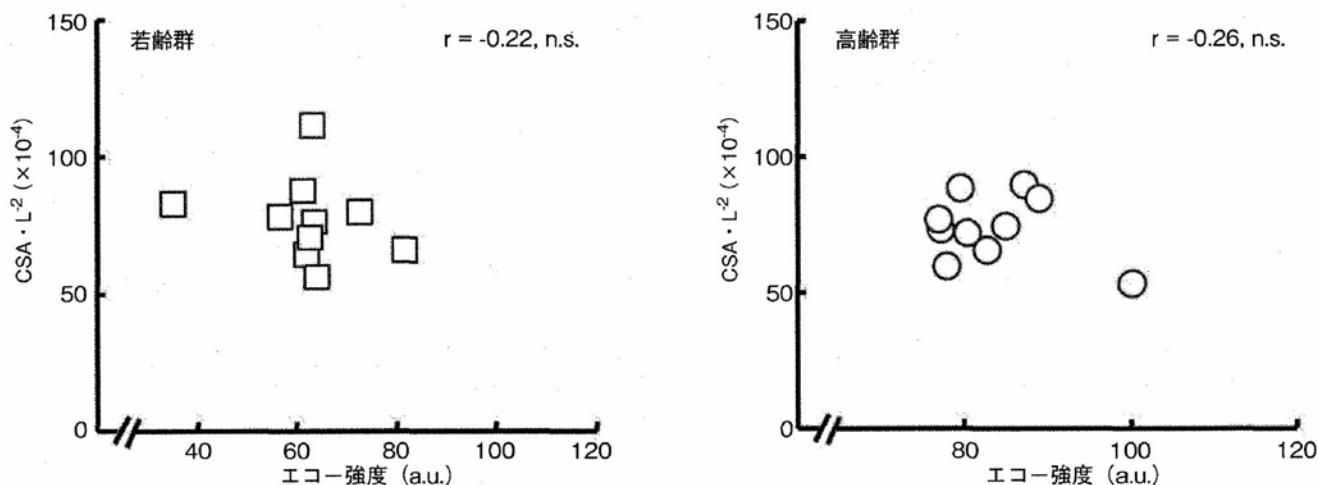


図2 若齢群と高齢群における大腿二頭筋のエコー強度と筋量（筋横断面積を大腿長で補正した値）との関係
a.u.: 任意単位 (arbitrary unit)

脂肪は多いという結果であった。しかしながら、筋内脂肪指標と筋量との間に有意な相関関係は、両群で個別に解析したところ認められなかった。

本研究では、加齢による影響を若齢群と高齢群の比較から横断的に検討した。その結果、高齢群は若齢群と比較して、外側広筋および大腿二頭筋の筋量に有意な低値が示された。本研究と同様に横断的な調査により、高齢者と若齢者の筋量の違いについて検討した Overend ら¹⁰⁾の報告においても、高齢者の大腿四頭筋の筋量は若齢者のそれと比較して有意な低値が示されている。ヒト骨格筋の中でも抗重力筋である大腿四頭筋は筋萎縮が顕著に引き起こされることで知られている。本結果では、高齢群の大腿二頭筋の筋量においても若齢群のそれと比較して有意な低値が示され、大腿二頭筋においても加齢による筋萎縮が起きていることが示された。また、両群とも、大腿二頭筋のエコー強度は、外側広筋のそれと比較して高い値が示されており、このことは外側広筋と比較して大腿二頭筋には、脂肪や結合組織が多く含まれていると考えられる。MRI などを用いて筋横断面積により筋量を評価する場合、筋内や筋間の脂肪を除かなければ筋以外の組織が含まれ、測定値が過大評価となる可能性がある。そのため、我々は、得られ

た画像から筋横断面積を算出する際、筋組織以外の部分をできる限り含まないように十分な注意を払って筋量を測定した。

本研究では、筋内脂肪指標としてエコー強度を用いた。筋内に投射された超音波は、音響インピーダンスが異なる筋組織と脂肪組織の境界において反射する¹¹⁾。つまり、筋内の筋以外の組織（脂肪や結合組織）により、超音波の反射エコーが増加し、エコー強度は高値が示される。この方法で得られた画像において、エコー強度が高値を示した部分の生化学的検査を行ったところ、その信号が筋内脂肪を反映したものであった⁵⁾。また、加齢に伴いエコー強度は増加することが、Arts ら¹⁾の横断的な調査によって示されている。本研究において、高齢群の外側広筋および大腿二頭筋のエコー強度が若齢群のそれと比較して有意な高値が認められたことは、両群の筋内脂肪量の違いであると考えられた。一方、エコー強度は筋内脂肪以外に、結合組織の影響を受けることも留意することが必要である¹⁵⁾。

筋力と筋横断面積の変化について縦断的調査を行った Frontera (2000) ら³⁾によると、加齢による相対的な筋力の低下よりも、大腿四頭筋の筋横断面積の減少は相対的に少なかった。加齢に伴う筋の変化は、筋萎縮とは別の要因も考

えられ、それが筋内脂肪量の増加であると我々は推察し、筋萎縮と筋内脂肪量の増加は何らかの関連性があるのではないかと考えた。そこで、若齢群と高齢群それぞれにおいて、外側広筋および大腿二頭筋におけるエコー強度と筋量との関連性を検討した。その結果、若齢群、高齢群ともに、両筋におけるエコー強度と筋量との間に有意な相関関係は認められなかった(図1, 2)。本研究では若齢群、高齢群ともに、それぞれ男性5名と女性5名の被検者を用いた。先行研究によると、女性は男性と比較して、エコー強度では高値¹⁾を、筋量では低値⁷⁾をそれぞれ示す。このように、エコー強度や筋量では性差があり、それらがバラツキとして影響したものと考えられた。今後、被検者数を増やし、さらなる検討が必要であると考えられた。

4. まとめ

本研究では、超音波断層法を用いてエコー強度を指標として筋内脂肪の評価を行い、筋内脂肪指標(エコー強度)と筋量(筋横断面積を大腿長で補正した値)との関連性について検討した。その結果、高齢群は若齢群と比較して外側広筋および大腿二頭筋では、エコー強度では有意な高値が、筋横断面積では有意な低値がそれぞれ示された。一方、若齢群、高齢群ともに、外側広筋および大腿二頭筋におけるエコー強度と筋量との間に有意な相関関係は認められなかった。以上のことから、高齢群の大腿部の筋は、若齢群と比較して筋量は少なく筋内脂肪は多いことが示された。また、筋内脂肪量と筋量との関連は認められなかった。

我々は、非侵襲的で簡易的に使用することができる超音波断層法を用いて筋内脂肪を評価した。この筋内脂肪指標は、健康増進や生活習慣病予防、改善を目的とした運動処方にも有用な知見となるものと考えられる。将来的にはスポー

ツフィールドや臨床現場で、この指標を用いて評価することができるよう、さらに被検者数を増やし、検討していく必要があると考えている。

謝 辞

本研究を実施するにあたり実験に参加して頂いた被検者の皆様、また、本研究にご協力頂いた、名古屋大学大学院医学系研究科医療技術学専攻・磯田治夫先生および福山篤司先生、脳とこころの研究センター・石塚晃氏、東海学園大学健康栄養学部・兼平奈奈先生、名古屋大学大学院医学系研究科・榊原久孝先生、名古屋大学大学院教育発達科学研究科・吉子彰人氏に深く感謝致します。また、本研究の遂行にご助成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。

文 献

- 1) Art, I.M.P., Pillen, S., Schelhaas, H.J., Overeem, S., Zwarts M.J.: Normal values for quantitative muscle ultrasonography in adults. *Muscle Nerve*, 41: 32-41 (2010)
- 2) Elder, C.P., Apple, D.F., Bickel, C.S., Meyer, R.A., Dudley, G.A.: Intramuscular fat and glucose tolerance after spinal cord injury a cross-sectional study. *Spinal Cord*, 42: 711-716 (2004)
- 3) Frontera, W.R., Hughes, V.A., Fielding, R.A., Fiatarone, M.A., Evans, W.J., Roubenoff, R.: Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. *J. Appl. Physiol.*, 88: 1321-1326 (2000)
- 4) Goodpaster, B. H.: Measuring body fat distribution and content in humans. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care*, 5: 481-487 (2002)
- 5) Heckmatt, L.Z., Dubowitz, V.: Diagnostic advantage of needle muscle biopsy and ultrasound imaging in the detection of focal pathology in a girl with limb girdle dystrophy. *Muscle Nerve*, 8: 705-709 (1985)
- 6) 日置麻也, 島岡清, 柴田優子, 秋間広: 中高齢女性における筋内脂肪指標と筋機能および筋形態との関係. *トレーニング科学*, 24: 261-269 (2012)
- 7) Kanehisa, H., Ikegawa, S., Fukunaga, T.:

- Comparison of muscle cross-sectional area and strength between untrained women and men. *Eur. J Appl. Physiol.*, 68: 148-154(1994)
- 8) Lexell, J., Taylor, C.C., Sjostrom, M.: What is the cause of the aging atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. *J. Neurol. Sci.*, 84: 275-294(1988)
 - 9) Manini, T.M., Clark, B.C., Nalls, M.A., Goodpaster, B.H., Ploutz-Snyder, L.L., Harris, T.B.: Reduced physical activity increases intermuscular adipose tissue in healthy young adults. *Am. J. Clin. Nutr.*, 85: 377-384(2007)
 - 10) Overend, T., Cunningham, D.A., Kramer, J.F., Lefcoe, M.S., Paterson, D.H.: Knee extensor and knee flexor strength: cross-sectional area ratios in young and elderly men. *J. Gerontol.*, 47: M204-M210(1992)
 - 11) Pillen, S., Arts, I.M.P., Zwarts, M.J.: Muscle ultrasound in neuromuscular disorders. *Muscle Nerve*, 37: 679-693(2008)
 - 12) Reimers, C.D., Fleckenstein, J.L., Witt, T.N., Müller-Felber, W., Pongratz, D.E.: Muscular ultrasound in idiopathic inflammatory myopathies of adults. *J. Neurol. Sci.*, 116: 82-92(1993)
 - 13) Reimers, C.D., Harder, T., Saxe, H.: Age-related muscle atrophy does not affect all muscles and can partly be compensated by physical activity: an ultrasound study. *J. Neurol. Sci.*, 159: 60-66(1998)
 - 14) Rice, C.D., Cunningham, D.A., Paterson, D.H., Lefcoe, M.S.: Arm and leg composition determined by computed tomography in young and elderly men. *Clin. Physiol.*, 9: 207-220(1989)
 - 15) Sipilä, S., Suominen, H.: Ultrasound imaging of the quadriceps muscle in elderly athletes and untrained men. *Muscle Nerve*, 14: 527-533(1991)
 - 16) Trappe, T.A., Lindquist, D.M., Carrithers, J.A.: Muscle-specific atrophy of the quadriceps femoris with aging. *J. Appl. Physiol.*, 90: 2070-2074(2001)