

## 若年成人における運動習慣の有無が筋内脂肪蓄積に及ぼす影響

寺本 圭輔\* 家崎 仁成\*\* 須田 啓暉\*\*  
大矢 知佳\*\* 村松 愛梨奈\*\*\* 杉山 紗智子\*\*\*\*

\*保健体育講座

\*\*大学院学生

\*\*\*日本体育大学

\*\*\*\*豊田市立市木小学校

## Effects of Habitual Exercise to Skeletal Muscle Fat Content in Young Adult

Keisuke TERAMOTO\*, Kiminari IEZAKI\*\*, Keiki SUDA\*\*,  
Chika OYA\*\*, Erina MURAMATSU\*\*\* and Sachiko SUGIYAMA\*\*\*\*

\*Department of Health and Physical Education, Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan

\*\*Graduate Student, Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan

\*\*\*Graduate School of Health and Sport Science, Nippon Sport Science University

\*\*\*\*Ichiki Elementary School

### Abstract

Ultrasonography is an easily applicable method for visualization of muscle. It is non-invasive, portable and very reliable for use, as it requires no sedation of the patient. Disruption of the normal muscle architecture and infiltration of fat causes increased reflections of the ultrasonography beam, resulting in an increase of muscle echo intensity (EI). EI can be quantified using histogram-based gray-scale analysis, which calculates the mean gray value of muscle in a region of interest. Previous studies have demonstrated the feasibility of muscle EI quantification. Quantitative analysis of EI and muscle thickness (MT) is a reliable method for discriminating between normal muscle and that affected by neuromuscular disease in children, or in middle-aged or elderly persons. However, it is unclear whether skeletal muscle fat content in healthy adults differs according to exercise habit. The purpose of this study was to compare MT and EI between exercising and non-exercising adults using ultrasound imaging.

Thirty healthy men (15 athletes and 15 non-exercising men) with a mean age of 20.7 + 1.3 years participated in this experiment. The subjects were free of serious disease, and had no family history of neuromuscular disorder or physical growth disorder. Anthropometry, body composition, and ultrasonographically determined MT and EI at the right upper arm and thigh were assessed. Ultrasound images of the biceps brachii muscle and quadriceps femoris muscle were obtained using a B-mode ultrasonography device (Aloka, SDD-Prosound2, Japan) based on the study of Pillen (2003). Mean echo intensities (EI) were determined using a computed 8-bit gray scale analyzer employing the standard histogram function of Adobe Photoshop Elements (Adobe Systems Inc., USA).

Percentage body fat (%Fat) and EI at the upper arm and thigh in non-exercising men were significantly higher than those in the athletes (%Fat: 17.4+5.8% vs 12.4+3.3%, EI: upper arm 18.6+2.5 vs 15.7+3.3, thigh 23.8+3.0 vs 19.7+3.1,  $p < 0.05$ , respectively). Furthermore, EI at the thigh showed a significant positive correlation with %Fat ( $r = 0.658$ ,  $p < 0.001$ ). In contrast, MT showed no significant difference between the athletes and the non-exercisers.

Our results suggest that accumulation of adipose tissue within skeletal muscle varies according to exercise habit in healthy adults. An increase in both body fat and skeletal muscle fat content is linked with an inactive lifestyle, which in turn is likely to cause qualitative changes in muscles.

## 1. 緒言

健全な発育発達や健やかな生活を送るためには運動が重要な因子であり、運動の継続的な実施は骨格筋系組織の形成や維持にとって大切である。しかしながら、近年、都市化に伴う遊び場の減少やテレビゲームなどの普及による家遊び時間の増加などが原因となり、発育期の運動習慣の減少に影響を与えていることが報告され(村瀬ほか, 2007)、体力水準はやや改善傾向にあるものの過去と比較して低下していることが示されている(文部科学省, 2015)。このことは同様に、若年成人においても、食の欧米化による肥満や特に女子におけるやせ願望の増加により体型の変化とともに体力低下が生じており(厚生労働省, 2015)、健康度や生活習慣は他の年代と比較して著しく劣ることが報告されている(角田ほか, 2010; 下門ほか, 2013; 徳永と橋本, 2002)。

「運動器の障害により要介護の状態やそのリスクの高い状態」として示されたロコモティブシンドローム(locomotive syndrome, 運動器症候群)が小児期でも起こっており、脊柱変形や下肢変形などの異常、下肢筋力の低下やしゃがみ込み動作不可などの機能不全が約10%の者に認められたことが報告されている(帖佐, 2013)。さらに、下肢筋力低下の原因は、筋の量的変化(筋萎縮, 筋量低下)に加えて筋の質的变化(筋内脂肪増加, 筋密度低下)も影響することが報告されており(市橋, 2010)、筋量の評価だけでは筋力や身体機能との関連性は中程度に過ぎないとされている。このことは、筋萎縮に伴い筋内の脂肪浸潤による非収縮組織の増加が考えられ、筋断面積や筋厚による筋量評価では筋内脂肪を含めて過大評価してしまう可能性がある(福元, 2014)。また、筋内脂肪による筋の質的变化は下肢の等速性筋力や筋パワーと関連し、立ち上がりや歩行、階段昇降能力などの動作能力低下を引き起こすことも報告されている(Visser et al., 2005)。さらに、「身体的な障害や生活の質の低下を誘発する骨格筋量および骨格筋力の低下を特徴とする症候群」とされるサルコペニアと筋内脂肪の増加が組合わさることにより筋力が著しく低下すること、重要な知見として、筋内脂肪の増加はサルコペニアよりも早期に起こることも報告されている(池添ほか, 2011)。そして、実状として、大腿部の筋厚の低下による下肢筋力の低下は30歳代初期から起こり、生理学的なサルコペニアによる筋組織萎縮が始まる前段階である20歳代で初期段階の運動機能低下が起こっている(一川ほか, 2014)。

近年、超音波法を用いた筋輝度による評価が行われるようになり、高齢者や有疾患患者における骨格筋の画像が健全な筋と比べ高輝度を呈し、これは骨格筋内の結合組織などの非収縮組織の比率の増加といった筋の質の変化を表すとされている(Heckmatt et al., 1989; 福

元ほか, 2009)。筋輝度は筋生検による脂肪浸潤と関連することも報告され(Pillen et al., 2009)、脊髄損傷や筋ジストロフィーの罹患者(Elder et al., 2004)、小児では神経筋疾患の診断として医療領域でも用いられている(Pillen et al., 2003)。また、一定期間の不活動後に高輝度を呈することも示されている(Manini et al., 2007)。

しかしながら、中高齢者に対する筋力トレーニングが筋内脂肪減少に有効であることは報告されているものの、健全な若年成人における日頃からの運動習慣の有無による筋内脂肪蓄積については検討されておらず、これは将来的なサルコペニアやロコモティブシンドロームを予防するために必要な知見となる。

本研究は、若年成人の上肢筋と下肢筋の人体計測値および超音波法による筋厚と筋輝度を評価し、運動習慣の有無による影響を明らかにすることを目的とした。

## 2. 方法

### 2.1 被験者

健康な18～23歳の男子大学生を対象に、運動部(サッカーおよびバドミントン)に所属し、週に5日以上継続的にトレーニングを行っている15名(以下運動群)と運動部に所属しておらず、運動習慣がない15名(以下非運動群)を被験者とした。全ての対象者には本研究の十分な説明を行い、同意が得られた者のみを対象とした。

### 2.2 人体計測および身体組成の測定

人体計測は、Komiya et al. (2000)に従って行った。身長は0.1cm単位、体重は0.02kg単位で記録し、BMIを体重/身長<sup>2</sup>(kg/m<sup>2</sup>)として算出した。皮下脂肪厚の測定は皮下脂肪厚計(Harpenden社製)を用いて、上腕前部、上腕後部、大腿前部、および大腿後部を0.2cm単位で測定した。周経囲の測定は、上腕部は肩先からひじまでの中間点(上腕二頭筋)、大腿部は前側上の腸骨から上側の膝蓋骨までの中間点(大腿直筋)の位置でそれぞれ右側をスチール製メジャーを用いて0.1cm単位で測定した。それらにより、筋横断面積を推定式(寺本ほか, 2007)により算出した。

身体組成の測定は、多周波インピーダンス測定器(Inbody430, BIOSPACE社製)を用いて立位により測定し、評価された体脂肪率(% Fat, %)の値から計算式によって体脂肪量(Fat Mass, kg)、除脂肪量(Fat-Free Mass, kg)を算出した。

### 2.3 超音波法による筋厚および筋輝度の測定

超音波診断装置(SDD-Prosound2, ALOKA社製)を用いてGain 53 (db), Contrast 6, range 4 (cm)と設定し、被験者を仰臥位で安静にして7.5MHzの電子リニアプローブ(UST-5551, ALOKA社製)により皮膚面にできるだけ圧力がかからないように軽く上腕

部、大腿部をそれぞれ右側でスキャンさせた。筋厚は超音波Bモードにより上腕二頭筋、大腿直筋を0.1mm単位で測定した。超音波画像の分析はAdobe Photoshop Elements 11 (Adobe Systems社製)を使用し、8bit grayscale (黒=0~白=255) のヒストグラム分析によって、上腕二頭筋および大腿直筋の筋輝度の平均値を算出した (図1)。

#### 2.4 統計学的検討

統計学的検討には、統計分析プログラム IBM SPSS Statistics Version 21 を用いて行った。各測定項目の結果は平均値と標準偏差で示した。運動群と非運動群との

比較では、スチューデントのt検定を用い、有意差は危険率5%未満で判定した。各測定種目間の関係については、ピアソンの相関係数を算出し、いずれも有意性は危険率5%未満とした。

### 3. 結果

表1は、運動群と非運動群別に被験者の身体特性を示している。各群の被験者間に体格差は認められず、体脂肪量および体脂肪率は非運動群が有意に高い値を示した (ともに  $p<0.05$ )。

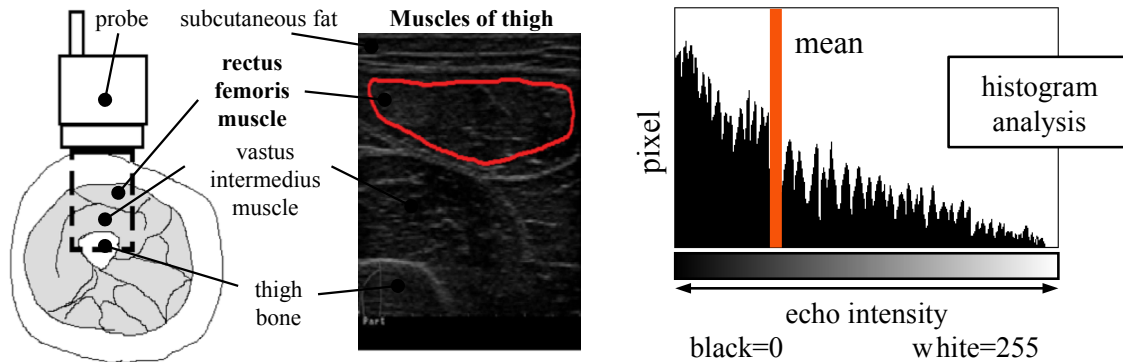


Fig. 1. Ultrasonography methods, echo image and histogram analysis

Table 1. Characteristic and body composition of subjects

	Athletes	Non-exercisers	<i>p</i>
n	15	15	
Age, yr	19.9 ±1.2	21.5 ±0.9	
Heights, cm	168.3 ±5.1	170.6 ±5.9	
Weights, kg	60.94 ±6.15	64.65 ±8.73	
Body Mass Index, kg/m <sup>2</sup>	21.5 ±1.5	22.2 ±2.9	
% Body Fat, %	12.4 ±3.3	17.4 ±5.8	<i>p&lt;0.05</i>
Body Fat Mass, kg	7.6 ±2.4	11.5 ±5.0	<i>p&lt;0.05</i>
Fat-free mass, kg	53.4 ±5.2	53.1 ±5.6	

Table 2. Comparison of circumference, muscle thickness and muscle echo intensity in athletes and non-exerciser

	Athletes	Non-exercisers	<i>p</i>
n	15	15	
Circumference			
Upper arm, cm	26.5 ±2.5	26.0 ±1.7	
Thigh, cm	50.0 ±5.0	51.1 ±3.1	
Crosssectional area muscle			
Upper arm, cm <sup>2</sup>	45.8 ±6.7	45.7 ±8.3	
Thigh, cm <sup>2</sup>	188.3 ±22.5	172.0 ±32.0	
Muscle thickness			
Biceps brachii muscle, cm	1.56 ±0.26	1.57 ±0.26	
Rectus femoris muscle, cm	1.23 ±0.43	1.31 ±0.49	
Muscle echo intensity			
Biceps brachii muscle, pixel	15.7 ±3.3	18.6 ±2.5	<i>p&lt;0.05</i>
Rectus femoris muscle, pixel	19.7 ±3.1	23.8 ±3.0	<i>p&lt;0.001</i>

表2は、各群の上腕部と大腿部における周径囲、人体計測値から算出した筋横断面積および超音波法より評価した筋厚と筋輝度を示している。周径囲、筋横断面積および筋厚といった「大きさ」には差がない一方、筋内脂肪量を示す筋輝度は上腕二頭筋 ( $p<0.05$ )、大腿直筋 ( $p<0.001$ , 図2) とともに非運動群が有意に高い値を示した。

図3は、体脂肪率と大腿直筋の筋輝度の関係を図示している。両者間には有意な正相関関係を示し ( $p<0.001$ )、運動群の方が低い体脂肪率、低い筋輝度に分布し、体脂肪率が高くなるほど筋輝度が高くなる様相を示した。

#### 4. 考察

本研究の結果、運動習慣の有無により筋厚や筋横断面積などの形態的な差はみられなかったにも関わらず、体脂肪量および体脂肪率といった全身の脂肪蓄積に有意差がみられ、さらに筋内脂肪蓄積を示す筋輝度は上肢、下肢ともに有意な差が認められた。このことは、全身の体脂肪蓄積とリンクして筋組織間にも脂肪浸潤が起きていることを示している。筋輝度の増加

は、筋内脂肪量の増加を示し (Arts et al., 2010)、その結果、下肢筋力 (Wilhelm et al., 2014a; Fukumoto et al., 2012; Rech A et al., 2014) や心臓血管系 (Cadore et al., 2012) など身体機能の低下を示すことは先行研究でも報告されている。また、筋力トレーニングや持続的トレーニングにより筋輝度が低下することも報告されている (Wilhelm et al., 2014b)。これらの先行研究の多くは中高齢者を対象としたものが多く、加齢の影響も少なからず含んでいることが推察されるが、本研究の被験者は健康な若い成人であり、日頃運動を行っていない場合、筋の萎縮などの形態的な変化は起こっていても筋内の脂肪蓄積は生じている可能性が明らかである。このことは、Body Mass Indexやローレル指数といった過体重度指数の評価が正常であっても体脂肪率でみると肥満と判定される「隠れ肥満」の状態に似ており (小栗ほか, 2001)、このことは成人 (中島ほか, 2001) のみならず小児期や思春期にも存在することが報告されている (梶岡ほか, 1996; 原ほか, 1997)。さらに、隠れ肥満者は体力・運動能力の低下 (Fujise et al., 1999) や身体活動量の低下 (梶岡ほか, 1996)、総コレステロールや中性脂肪、動脈硬化指数が高い (小栗ほか, 2006) ことなどが特徴として挙げられている。

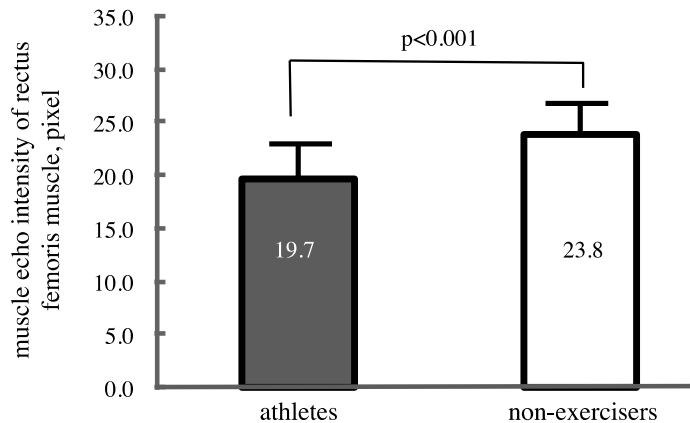


Fig. 2. Comparison of muscle echo intensity of rectus femoris muscle in athletes and non-exercisers

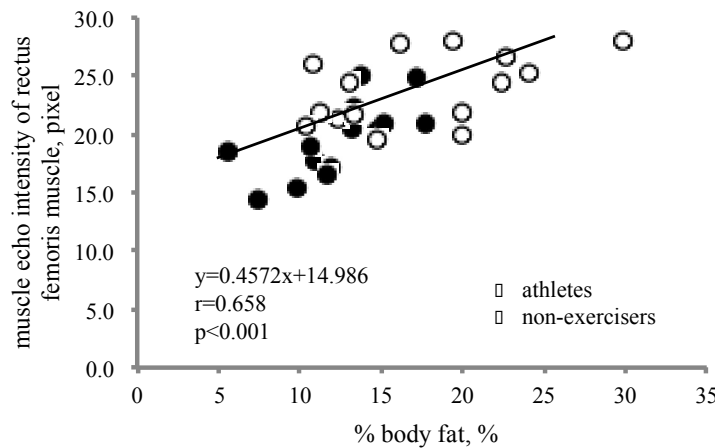


Fig. 3. Relationship between muscle echo intensity of rectus femoris muscle and % body fat

筋輝度においても、2型糖尿病患者の大腿四頭筋の筋輝度がインスリン抵抗性と関連することが報告されている(平沢, 2015)。

小児期や思春期の肥満は成人肥満に移行し、代謝性疾患へと繋がる可能性が大きいことは知られており(Hoffmans et al., 1989; Must et al., 1992; Johannsson E et al., 2006)、本研究で体脂肪率が高値ではないが運動習慣がない者に筋内脂肪が高い結果を示したことは、この時期の運動習慣の有無は骨格筋の代謝に影響する可能性を示していると考えられる。このことは、将来的にロコモティブシンドロームに罹るリスクを高める初期段階である可能性も考えられ、健康な若年成人であっても日頃からの生活習慣を改善すること、特に運動を継続実施することが重要であることが示唆された。

## 5. 参考文献

- Arts IM, Pillen S, Schelhaas HJ, Overeem S, Zwarts MJ. Normal values for quantitative muscle ultrasonography in adults. *Muscle Nerve* 41, 32–41, 2010.
- Cadore EL, Izquierdo M, Radaelli R, Pinto RS, Baroni BM, Vaz MA, Alberton CL, Pinto SS, Cunha G, Bottaro M, Kruegel LF. Echo intensity is associated with skeletal muscle power and cardiovascular performance in elderly men. *Exp. Gerontol* 47, 473–478, 2012.
- 帖佐悦男. ロコモティブシンドローム：運動器疾患を取り囲む新たな概念—ロコモ予防とリハビリテーション—. *Jpn J Rehabil Med* 50, 48–54, 2013.
- Elder CP, Apple DF, Bickel CS, Meyer RA, Dudley GA. Intramuscular fat and glucose tolerance after spinal cord injury—a cross-sectional study. *Spinal Cord* 42, 711–716, 2004.
- Fujise T, Nagasaki K. Characteristics of anthropometry and physical fitness of masked obesity in young men and women. *Jpn J Phys Fitness Sports Med* 48, 631–340, 1999.
- 福元喜啓. 超音波エコー輝度を用いた骨格筋内脂肪の評価. *理学療法学* 41, 130, 2014.
- Fukumoto Y, Ikezoe T, Yamada Y, Tsukagoshi R, Nakamura M, Mori N, Kimura M, Ichihashi N. Skeletal muscle quality assessed from echo intensity is associated with muscle strength of middle-aged and elderly persons. *Eur J Appl Physiol* 112, 1519–1525, 2012.
- 福元喜啓, 池添冬芽, 坪山直生, 田中武一, 中村雅俊, 木村みさか, 市橋則明. 超音波法を用いた骨格筋の質の定量的評価—筋輝度で表される筋の質は筋力発揮に影響を及ぼすか?—. *理学療法学術大会* 2009, 2010.
- 原光彦, 岩田富士彦, 吉野弥生, 岡田知雄, 原田研介, 梁茂雄, 小見における隠れ肥満の検討. *日小児栄病会誌* 11, 134–138.
- Heckmatt J, Rodillo E, Doherty M, Willson K, Leeman S. Quantitative sonography of muscle. *J Child Neurol* 4, S101–106, 1989.
- 平沢良和, 久堀陽平, 山本洋司, 松木良介, 渡辺広希, 草場正彦, 梅本安則. 2型糖尿病患者の超音波検査を用いた骨格筋の質の定量的評価とインスリン抵抗性との関連. *日本理学療法学術大会* 2014, 2015.
- Hoffmans MD, Kromhout D, Coulander CD. Body mass index at age of 18 and its effects on 32-year-mortality from coronary heart disease and cancer. A nested case-control study among the entire 1932 Dutch male birth cohort. *J Clin Epidemiol* 42, 513–520, 1989.
- 一川大輔, 山崎享子, 安田智洋. 超音波Bモード法による下肢筋厚と体力テストとの関係—スポーツ健康科学実技Iにおける大学新入生男子を対象として—. *スポーツ健康科学紀要* 11, 1–10, 2014.
- 市橋則明. 骨格筋研究—臨床におけるこれからのチャレンジ—. *理学療法学* 37, 552–556, 2010.
- 池添冬芽, 福元喜元, 木村みさか, 市橋則明. 加齢による筋力低下に対するサルコペニアと筋内脂肪増加の影響. *体力科学* 60, 720, 2011.
- Johannsson E, Arngrimsson SA, Thorsdottir I, Sveinsson T. Tracking of overweight from early childhood to adolescence in cohorts born 1988 and 1994: overweight in a high birth weight population. *Int J Obes* 30, 1265–1271, 2006.
- 梶岡多恵子, 大沢功, 吉田正, 佐藤祐造. 女子高校生における正常体重肥満者に関する研究—いわゆる“隠れ肥満者”の身体的特徴とライフスタイルについて—. *学校保健研究* 38, 263–269, 1996.
- Komiya S, Eto C, Otaki K, Teramoto K, Shimizu F, Shimamoto H. Gender differences in body fat of low- and high-body-mass children: relationship with body mass index. *Eur J Appl Physiol* 82, 16–23, 2000.
- 厚生労働省. 国民健康・栄養調査(平成27年度). <http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/eiyou/dl/h25-houkoku.pdf>, 参照日 2015年9月20日.
- Manini TM, Clark BC, Nalls MA, Goodpaster BH, Ploutz-Snyder LL, Harris TB. Reduced physical activity increases intermuscular adipose tissue in healthy young adults. *Am J Clin Nutr* 85, 377–384, 2007.
- 文部科学省. 体力運動能力調査報告書(平成25年度). [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/sports/kodomo/zenryo/1342657.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/kodomo/zenryo/1342657.htm), 参照日 2015年9月20日.
- 文部科学省. 子供の体力向上のための取組ハンドブック. 2012. 村瀬浩二, 落合優. 子どもの遊びを取り巻く環境とその促進要因: 世代間を比較して. *体育学研究* 52, 187–200, 2007.
- Must A, Jacques PF, Dallal GE, Bajema CJ, Dietz WH. Long-term morbidity and mortality of overweight adolescents. A follow-up of the Harvard Growth Study of 1922 to 1935. *N Engl J Med* 327, 1350–1355, 1992.
- 中島滋, 田中香, 木村ヨシ子, 松坂佳代子, 土屋隆英, 奥田拓道. 女子大学生の正常体重肥満の実態とエネルギー充実度とBMIおよび体脂肪率との反比例関係. *肥満研究* 7, 150–154, 2001.
- 小栗和雄, 加藤義弘, 趙麗萍, 寺町英明, 松岡敏男. 高校新生の体脂肪率及びBody Mass Indexと血清脂質との関連. *教育医学* 46, 1100–1109, 2001.
- 小栗和雄, 加藤義弘, 黒川淳一, 井上広国, 渡辺郁雄, 松岡敏雄. 高校1年生男女における隠れ肥満者の血清脂質性状. *体力科学* 55, 155–164, 2006.
- Pillen S, Scholten RR, Zwarts MJ, Verrips A. Quantitative skeletal muscle ultrasonography in children with suspected neuromuscular disease. *Muscle Nerve* 27, 699–705, 2003.
- Pillen S, Tak RO, Zwarts MJ, Lammens MM, Verrijp KN, Arts IM, van der Laak JA, Hoogerbrugge PM, van Engelen BG, Verrips A. Skeletal muscle ultrasound: correlation between fibrous tissue and echo intensity. *Ultrasound Med Biol* 35, 443–446, 2009.
- Rech A, Radaelli R, Goltz FR, Rosa LHT, Schneider CD, Pinto RS. Echo intensity is negatively associated with functional capacity in older women. *Age* 36, 9708, 2014.

- 下門洋文, 中田由夫, 富川理充, 高木英樹, 征矢英昭. 大学生における26年間の体型と体力の推移とその関連性. 体育学研究 58, 181-194, 2013.
- 寺本圭輔, 岩田博子. 人体計測値を用いた小児の内臓脂肪評価のための数学的モデルの検討. 愛知教育大学保健体育講座研究紀要 31, 19-24, 2007.
- 角田和彦, 佐々木敏, 星野宏司, 蓑内豊, 三宅章介. 男子学生の体格・体力の経年変化. 大学体育学 7, 87-96, 2010.
- Visser M, Goodpaster BH, Kritchevsky SB, Newman AB, Nevitt M, Rubin SM, Simonsick EM, Harris TB. Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well-functioning older persons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 60, 324-333, 2005.
- Wilhelm EN, Rech A, Minozzo F, Radaelli R, Botton CE, Pinto RS. Relationship between quadriceps femoris echo intensity, muscle power, and functional capacity of older men. *Age* 36, 1113-1122, 2014a.
- Wilhelm EN, Rech A, Minozzo F, Botton CE, Radaelli R, Teixeira BC, Reischak-Oliveira A, Pinto RS. Concurrent strength and endurance training exercise sequence does not affect neuromuscular adaptations in older men. *Exp Gerontol* 60, 207-14, 2014.

(2015年 9月24日受理)