

2020年度先端共同研究機構研究プロジェクト実績報告書（研究実績報告書）

1、研究期間

2020年4月1日～2022年3月31日

2、研究課題名

女性大学生における骨格筋量と骨格筋の質的・機能的指標および糖代謝機能との関係
-多様なライフスタイルに着目した横断調査-

3、プロジェクトメンバー

- ・研究代表者（所属・職名）
吉子彰人（教養教育研究院・助教）
- ・共同研究者（所属・職名）
太田めぐみ（教養教育研究院・教授）
倉持梨恵子（スポーツ科学部・准教授）
光山浩人（スポーツ科学部・教授）

4、助成額

994,200円（収支決算報告書別添）

5、研究プロジェクトの概要（目的・計画）

骨格筋は動作や代謝を担う器官である。骨格筋を評価する方法の1つである骨格筋量は20歳から30歳でピークを迎える（Lexell 1995）。このことから、大学生の間は生涯の中で最も筋量が多い時期であるといえる。しかしながら骨格筋量は年齢だけで決定されるわけではなく、運動習慣や食事などの外的要因によって増加・減少する（Hackney et al. 2012, Grgic et al. 2018）。近年、20代の女性においてBMI（body mass index, 身長で補正された体重の指標）で「痩せ体型」に分類される人が増加している（平成30年度国民健康・栄養調査）。本学においても運動習慣の無い学生や体重増加を気にする学生が多く見受けられる。こうした学生は、BMIは正常範囲内であっても、筋量が少なく、脂肪量が多いため、将来「隠れ肥満」となる可能性が高い。隠れ肥満女性も痩せ型女性と同様に、重いものが持ち上げられない、疲れやすいなど、日常生活に支障が出ることが推測される。さらに興味深いことに、Someyaら（2018）は、痩せ型女性では骨格筋での糖の取り込み機能が低下し、高血糖を示すことを指摘した。これらのことは、BMIだけでは若齢者の健康状態を把握することが難しく、絶対的な筋量の測定と筋量に関連する要因を明らかにすることが重要であることを示している。そこで本研究では、多様なライフスタイルの

女性大学生を対象として、骨格筋量の測定と骨格筋由来のパラメータ（質的・機能的指標や糖代謝機能など）さらに身体活動量と栄養調査を含むライフスタイルに関する横断的な測定・調査を行い、筋の量、筋の質的・機能的パラメータ、糖代謝機能や血中ホルモンの特徴を明らかにすることを目的とした。

6、研究成果

6-1. データの取得および解析

本研究では女性大学生を対象に下記の7つの測定を実施した。

①全身の筋量および局所の筋量の測定の測定

生体インピーダンス法を用いて、全身の骨格筋量、四肢および体幹別の骨格筋量を測定した。また、超音波断層装置を用いて上腕（上腕三頭筋）、前腕（浅指屈筋）、腰部（脊柱起立筋）、腹部（腹直筋）、大腿部（大腿直筋、外側広筋、大腿二頭筋）および下腿部（腓腹筋）の筋横断画像を撮影し、筋の厚み（筋厚）を指標とした局所的筋量の測定を行った（図1）。

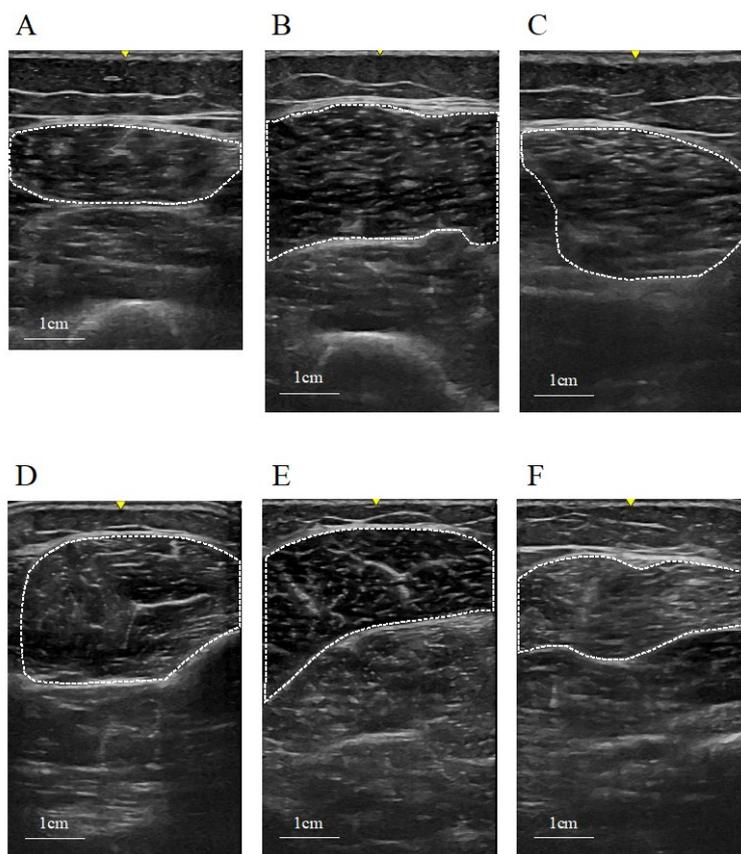


図1. 大腿部前面 (A), 大腿部外側面 (B), 大腿部後面 (C), 下腿部前面 (D), 下腿部外側面 (E) および下腿部内側面 (F) から取得した超音波画像の一例

すべての画像は筋の横断面から撮影したもの。点線はターゲットとなる筋を示している。
ターゲットとなる筋：A 大腿直筋，B 外側広筋，C 大腿二頭筋，D 前脛骨筋，E 外側腓腹筋，F 内側腓腹筋

②筋機能の測定

筋機能の指標として，最大の膝伸展・屈曲筋力，足関節底屈・背屈筋力，握力，背筋力を測定した。

③筋の質の測定

骨格筋の質的指標として，超音波画像を用いた筋エコー強度と超音波剪断波エラストグラフィを用いた筋硬度の2つを測定した。筋エコー強度は，①で取得した画像から，全身8箇所（上腕二頭筋，上腕三頭筋，脊柱起立筋，腹直筋，大腿直筋，外側広筋，大腿二頭筋，腓腹筋）の筋を対象に，画像解析ソフト（ImageJ）を用いて測定された。また腓腹筋および外側広筋において測定された超音波剪断波エラストグラフィから筋硬度を測定した（図2）。

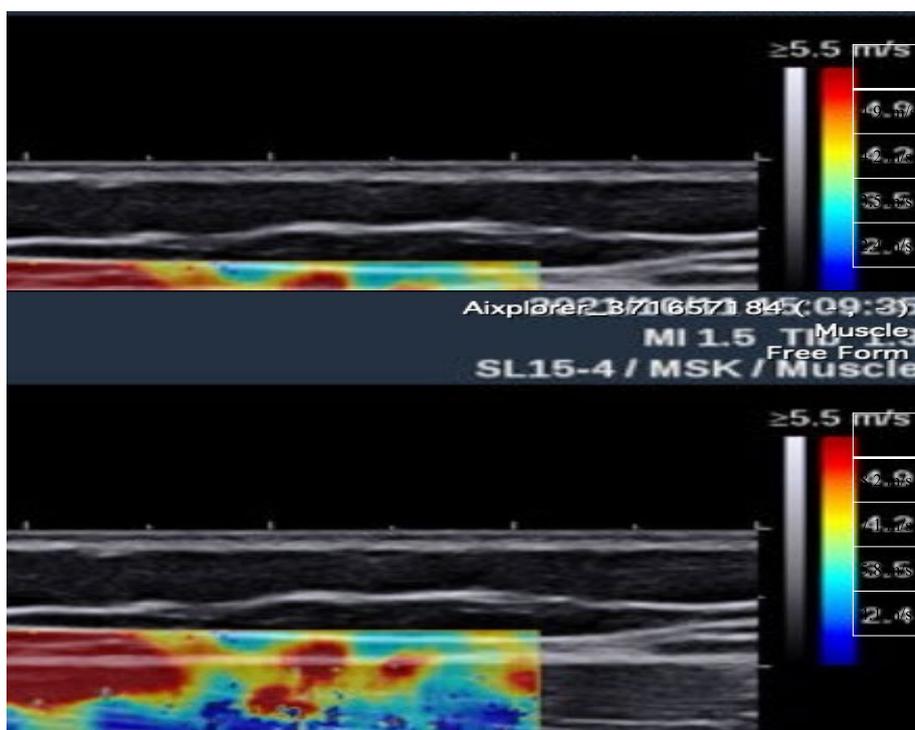


図2. 超音波剪断波エラストグラフィの画像

Aは内側腓腹筋，Bは外側広筋のものを示す。A1は足関節が底屈した状態，A2は足関節角度が90°の状態，A3は足関節が背屈した状態での画像，B1は膝関節を伸ばした状態，B2は膝関節角度を40°にした状態（膝を若干曲げた状態），B3は膝関節角度を90°にした状

態での画像。カラーマップは硬度を示しており、青色は硬度が低い（筋が柔らかい）状態、赤色は硬度が高い（筋が硬い）状態を示す。

④日常生活における身体活動量

3軸の加速度計が内蔵された身体活動量計を用いて2週間分の日常身体活動量を調査した。得られた値を分析し、1日当たりの歩数、低強度・中強度・高強度の身体活動量を得た。

⑤食事調査

アンケート形式による食物頻度摂取頻度調査（FFQ; food frequency questionnaire）を実施した。現在は、五大栄養素を中心とした摂取状況を解析中である。

⑥過去～現在の運動習慣や受傷歴に関する調査

質問紙を用いて、現在に至るまでの運動習慣や受傷歴を調査した。

⑦血液検査

空腹時採血を行い、下記の項目を分析した：血糖、インスリン、HbA1c、総コレステロール、HDL/LDL コレステロール、アディポネクチン、レプチン、中性脂肪、遊離脂肪酸、IGF-1

6-2. データの分析

① 対象者の特徴

本研究では新型コロナウイルスの感染拡大の影響もあって、当初計画していた60名の対象者をリクルートすることができなかった。予備実験を含めて30名の対象者の測定を行い、データを分析したところ26名の対象者からデータを得ることができた。

当初の計画では「痩せ型女性」に着目していたが、対象者の母数が少なかったこと、予想よりも痩せ型の対象者が少なかった[4名（約15%）が該当]ことから、結果として痩せ型の特徴を解明するのに十分なデータを得ることができなかった。そこでライフスタイルの中でも運動習慣・身体活動量に着目して、今後のデータ解析を行った。

②運動習慣の違い（定期的な運動の有無）による筋の量、筋の質的・機能的パラメータの特徴の解明

本研究の対象者には、体育会系部活動に所属しているものと所属していないものが混在していた。定期的な運動の実施は、骨格筋の量や機能を改善することが多くの研究で報告されている（Frontera and Ochala, 2015ほか）。しかしながら、若齢女性における定期的な運動の実施が、骨格筋の質的なパラメータに与える影響についての報告は、未だ十分でな

い. そこで運動習慣の違いによる筋の量, 筋の質的・機能的パラメータの特徴を明らかにした.

筋の量的指標には超音波画像より測定した筋厚, 筋の質的指標には超音波画像および剪断波絵ラストグラフィより測定した筋エコー強度と筋硬度を用いた. 体育会系部活動に所属している定期的な運動実施群 (10 名) と, コントロール群 (16 名) でそれらの値を比較した.

大腿部および下腿部における筋厚は, 運動実施群においてコントロール群よりも有意に高値が示された. 一方で筋の質的指標である筋エコー強度には差が認められなかった (表 1). 別の質的指標である筋硬度は, 内側腓腹筋の底屈位において, 運動実施群で有意に低い値が示された (図 3). さらに, 筋の機能的指標の評価には, 四肢の筋力を用いた. 膝伸展・屈曲, 足関節底屈・背屈のいずれのパラメータにおいても, 運動実施群とコントロール群の間に有意な差は認められなかった (表 1).

以上の結果から, 若齢女性の定期的な運動実施は, 筋の量と質の一部に影響を与えるが, それらは機能的パラメータに影響を与えない可能性が示唆された. 本研究成果は国際誌にて論文発表を行う予定である (現在 European Journal of Applied Physiology に投稿中, under review).

表 1 定期的な運動実施群とコントロール群での筋厚, 筋エコー強度, 筋力の比較

| | TRN group (n = 10) | CON group (n = 16) | P value | ES |
|---------------------|--------------------|--------------------|---------|------|
| 筋厚 (cm) | | | | |
| 大腿直筋 | 1.96 ± 0.27 | 1.56 ± 0.22 | < 0.01 | 1.66 |
| 外側広筋 | 2.27 ± 0.39 | 2.00 ± 0.30 | 0.05 | 0.82 |
| 大腿二頭筋 | 3.02 ± 0.52 | 2.52 ± 0.32 | < 0.01 | 1.22 |
| 前脛骨筋 | 2.54 ± 0.33 | 2.27 ± 0.23 | 0.02 | 0.98 |
| 内側腓腹筋 | 1.66 ± 0.19 | 1.59 ± 0.34 | 0.54 | 0.25 |
| 外速腓腹筋 | 1.38 ± 0.31 | 1.41 ± 0.26 | 0.79 | 0.11 |
| エコー強度 (a.u.) | | | | |
| 大腿直筋 | 91.0 ± 25.7 | 88.7 ± 14.8 | 0.80 | 0.12 |
| 外側広筋 | 86.5 ± 23.2 | 80.9 ± 15.1 | 0.46 | 0.31 |
| 大腿二頭筋 | 166.0 ± 29.9 | 142.5 ± 18.0 | 0.04 | 1.01 |
| 前脛骨筋 | 76.6 ± 24.1 | 74.6 ± 19.2 | 0.82 | 0.09 |
| 内側腓腹筋 | 91.6 ± 35.6 | 93.6 ± 23.8 | 0.88 | 0.07 |
| 外速腓腹筋 | 115.3 ± 32.9 | 103.5 ± 25.9 | 0.32 | 0.41 |
| 最大筋力 (Nm) | | | | |
| 膝伸展 | 141.6 ± 53.6 | 131.0 ± 42.2 | 0.58 | 0.23 |
| 膝屈曲 | 55.8 ± 13.8 | 52.3 ± 8.9 | 0.48 | 0.32 |
| 足関節底屈 | 71.0 ± 22.7 | 76.8 ± 17.2 | 0.66 | 0.30 |
| 足関節背屈 | 22.3 ± 2.5 | 23.1 ± 5.2 | 0.47 | 0.18 |

TRN, 運動実施群; CON, コントロール群; ES, effect size

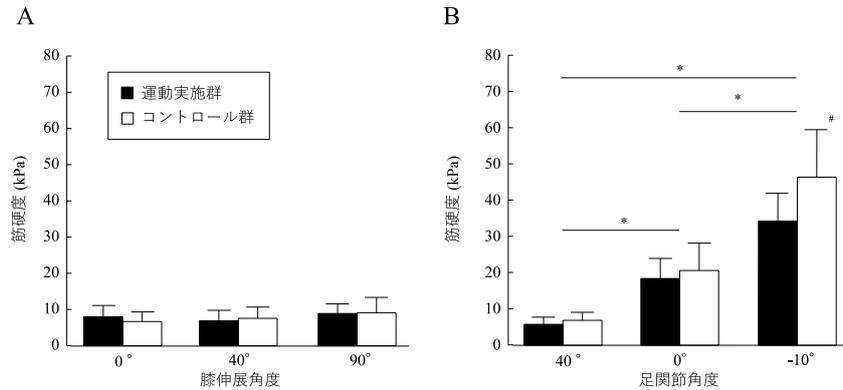


図 3. 定期的な運動実施群とコントロール群における筋硬度の比較

A は外側広筋の結果, B は内側腓腹筋の結果を示す.

* 関節角度間での有意差を示す ($P < 0.05$), # グループ間での有意差を示す ($P < 0.05$)

③脂肪細胞由来のホルモンと骨格筋パラメータの関係の検討

脂肪細胞から分泌されるアディポカインは、骨格筋の代謝や筋細胞の分化の促進に作用する。これまで高齢者においてアディポカインの1つであるアディポネクチンと筋の質との有意な関係が明らかにされている (Hioki et al. Plos One 2022) が、若齢者における報告は十分でない。そこで本検討では、若齢女性におけるアディポカインと骨格筋の質的および機能的指標との関係を明らかにすることを目的とした。

アディポカインには、血清から測定されたアディポネクチンとレプチンを用い、筋の質的指標には筋エコー強度と筋硬度を用いた。レプチンと筋スティッフネスには有意な相関関係 ($r = 0.48$, $P < 0.05$) が示された (図 4)。一方でアディポネクチン、レプチンと筋エコー強度、アディポネクチンと筋スティッフネスの間には有意な関係が示されなかった。検討の結果、アディポカインの中でもレプチンは筋内の結合組織を反映する指標と関係することが明らかとなった。一方でアディポカインは、筋内の脂肪や筋機能に関する指標とは関係しなかった。先行研究を考慮すると、アディポカインと骨格筋の関係は、高齢者と若齢者で異なる可能性が示唆された。本研究成果は国内の学会 (日本体力医学会大会) にて発表することを予定している。また学会発表で得られる意見を考慮し、国際誌への論文発表を行う予定である。

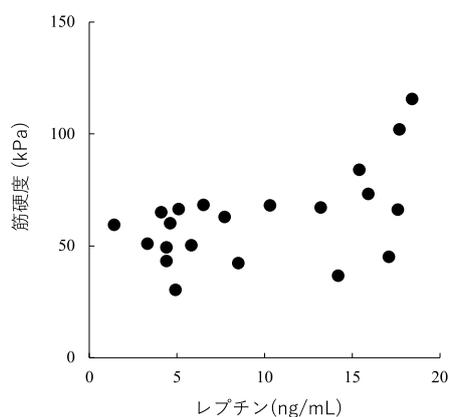


図 4. 内側腓腹筋における筋硬度とレプチンの関係

7、研究成果の発表（2020 年度発表予定も含む）

《図書・雑誌論文・学会等発表・特許等の出願及び取得等》

- ① 論文：The influence of daily exercise and training on skeletal muscle peak torque, echo intensity and stiffness in young women. Akito Yoshikoi, Hirohito Mitsuyama, Rieko Kuramochi, Megumi Ohta（現在査読中）
- ② 学会発表：若齢女性におけるアディポカインと骨格筋の質的パラメータとの関係. 吉子彰人, 太田めぐみ, 倉持梨恵子, 光山浩人（日本体力医学会大会にて演題登録済み）
- ③ 学会発表：運動の実施頻度が若齢女性の身体組成および筋機能に与える影響. 太田めぐみ, 吉子彰人, 倉持梨恵子, 光山浩人（日本体力医学会大会にて演題登録済み）

8、研究会・学術シンポジウム等の開催

なし

9、今後の展望及び課題

9-1. ライフスタイルに大きく関係する栄養データに関する解析

本研究ではアンケート形式を用いて栄養調査を実施した。現在はデータの解析中である。食事によって摂取する栄養素や食事の量は、ライフスタイルに大きく影響を受けることが予想される。特に今回対象とした女性大学生は、暮らし方（実家、一人暮らし）、運動の実施頻度や勉強・バイトなどの日々の忙しさによって食事量、内容や頻度が個人間で大きく異なることが予想される。その個人差は、骨格筋の量、質的・機能的パラメータ、糖代謝機能や血中ホルモンに影響を与えることが推測されるが、そのような着眼点での研究は十分でない。そこで今後は栄養データに関する解析を進めていき、学会発表や論文発表での結果の公表を目指す。

9-2. 結果の課題と研究費獲得に向けた取り組み

現在、得られた研究成果を論文にまとめて投稿中である。また今年度の9月には関連する内容に関して学会発表を行うことを予定している。これらの成果をまとめる過程で、新たな課題もみえてきた。例えば、今回の研究では糖代謝機能に着目し、血中の糖質や脂質、ホルモンなどを測定した。実験に参加した対象者は、血糖値や脂質の値が正常範囲のものがほとんどで、また痩せ型に関しても厚生労働省の示す割合（若齢女性の約20%以上）よりも低い水準であった。しかしながら、本研究で調査できたのは本学学生の30名程度であることから、より規模を拡大した調査が必要であると考え。特に大規模調査によって、血中パラメータが正常でないものや、痩せ型のもののデータを取得することで、若齢者の健康悪化の要因の解明に繋がる知見の獲得を目指す。また今回の検討では、定期的な運動の実施を「体育会系部活動に所属しているか否か」で定義した。しかしながら、この定義においても課題が残る。例えば、体育会系部活動に所属していないものでも定期的な運動を行なっている可能性があり、また体育会系部活動でもどのような種類（筋力系、持久系）の運動を行なっているのか、どの程度（頻度、時間）行なっているのか、部活動のシーズン中か否かなど、検討すべき点が多く残されている。

前述した課題の解決を目指した研究を行うためには、研究費の獲得が必須であると考え。今回のプロジェクトでは研究実施環境（機器や設備）を整えることができた。また研究成果の公表によって、研究遂行能力を客観的に示すことができた。研究環境の整備や遂行能力は、科研費や民間の助成金の申請項目にも含まれることから、本研究プロジェクトによって、さらに大型の研究費を獲得するための基盤を構築することができた。今後は、日本学術振興会（挑戦的研究、国際共同研究加速基金）、財団による助成金（デサントスポーツ科学振興財団、戸部真紀財団など）に積極的に挑戦したいと考えている。