

原著

乳たんぱく質の継続的な摂取とレジスタンストレーニングが女子大学生の除脂肪量に及ぼす影響

柄澤 拓也^{*1,*2}、大家 千枝子^{*3}、岡村 信一^{*1,*3}、中村 健太郎^{*4}、神田 淳^{*4}、寺田 新^{*2}、木村 典代^{*1,*3}

^{*1} 高崎健康福祉大学大学院 健康福祉学研究科 食品栄養学専攻、

^{*2} 東京大学 大学院総合文化研究科 広域科学専攻 生命環境科学系、

^{*3} 高崎健康福祉大学 健康福祉学部 健康栄養学科、^{*4} 株式会社 明治

【目的】

低体重・やせ体型の女性におけるサルコペニアおよびロコモティブシンドロームの発症を予防するためには、若年期から除脂肪量を高めておくことが重要となる。本研究では、レジスタンストレーニング（RT）期間中における継続的な乳たんぱく質の摂取が女子大学生の除脂肪量に及ぼす影響を検討した。

【方法】

健康な女子大学生30名に対して、1）乳たんぱく質を10 g配合したクッキー（MP群：15名）、もしくは2）乳たんぱく質の代わりに同エネルギー量の糖質を配合したクッキー（CON群：15名）のいずれかを12週間、毎日摂取させた。介入期間中はすべての被験者に対して、週に4回の頻度で自重およびゴムチューブを用いたRTを行わせた。介入前後に体組成および骨格筋厚の測定を行った。

【結果】

介入期間中における被験物の摂取率が80%以上、かつRTの実施率が80~120%であった21名（CON群：9名、MP群：12名）を解析対象とした。CON群では、除脂肪量および上肢と下肢の骨格筋量・骨格筋厚に有意な増加は認められなかった。一方、MP群では除脂肪量、下肢骨格筋量、および大腿前面骨格筋厚が12週間の介入後に有意に増加し、それらの介入前からの変化量はCON群と比較して有意に大きかった。

【結論】

RT期間中における継続的な乳たんぱく質の摂取は、若年女性の除脂肪量を増加させるための効果的な栄養戦略となる可能性が示唆された。

キーワード：乳たんぱく質 レジスタンストレーニング 女子大学生 除脂肪量

I 緒言

厚生労働省の実施する国民健康栄養調査によると、20代女性の約20%が「低体重（やせ）（body mass index, BMI < 18.5 kg/m²）」であると推定されている¹⁾。若年期において低体重（やせ）となり、それにともなって骨格筋を主とした除脂肪組織が減少した場合、将来、サルコペニアやロコモティブシンドロームといった健康問題を発症する危険性が高くなると指摘されている²⁾。したがって、若年期から除脂肪量を高く維持するための取り組みが必要とされている。

除脂肪量を増加させるためには、継続的なレジスタンストレーニングに加えて、たんぱく質を摂取するこ

とが効果的であると考えられている。実際、最近報告されたシステマティックレビュー・メタアナリシスによる結果では、レジスタンストレーニング期間中、たんぱく質摂取量が1日当たり1.62 g/kg体重までであれば、その摂取量に依存して除脂肪量が増大することが示されている³⁾。しかしながら、レジスタンストレーニング期間中におけるたんぱく質摂取の効果を検討したこれまでの研究は、若年男性や高齢者、競技選手を対象としたものが中心であり、運動習慣を持たない若年女性を対象として行われた研究は限られている^{4)~6)}。

Josseらは20代の女性に対して、12週間のレジスタンストレーニング期間中に、スキムミルクによってた

たんぱく質を摂取させたところ、同エネルギー量の糖質を摂取させた場合と比較して、除脂肪量の増加量が有意に大きかったことを報告している⁷⁾。一方、Whiteらが18～35歳の女性を対象に実施した研究では、8週間のレジスタンストレーニング期間中に、ヨーグルトによってたんぱく質を摂取した場合と、同エネルギー量の糖質を摂取した場合とでは、除脂肪量の増加量に有意な差は認められなかったことが報告されている⁸⁾。このように、若年女性を対象として、長期的なレジスタンストレーニング期間中におけるたんぱく質摂取の効果を検討した先行研究では、一致した結果が得られていない。さらに、これらの研究は、いずれもBMIの平均が25 kg/m²を上回る過体重の欧米人を対象として実施されたものである。高齢者に対してレジスタンストレーニング期間中にたんぱく質を摂取させた先行研究においては、介入前の除脂肪量が低いほど、介入後により大きな除脂肪量の増加が認められたことが報告されている⁹⁾。一方で、若年者に対して2週間、600 kcal/日の食事を付加的に摂取させた研究においては、体質的やせの者 (constitutional thinness, BMI < 18.5 kg/m²) で標準体型の者 (BMI 20～25 kg/m²) と比較して、除脂肪量の増加量が有意に小さかったことが報告されている¹⁰⁾。したがって、BMIの低い若年の日本人女性においても、レジスタンストレーニングに加えてたんぱく質を摂取することが除脂肪量を増加させるうえで効果的であるかどうかは、必ずしも明らかではない。

そこで本研究では、標準～やせ体型の若年女性を対象として、12週間のレジスタンストレーニング期間中におけるたんぱく質の摂取が除脂肪量に及ぼす影響を検討することとした。なお、本研究では、消化・吸収性を加味したたんぱく質の“質”の評価指標である digestible indispensable amino acid score (DIAAS) のスコアが他のたんぱく質と比較して高く¹¹⁾、一過性レジスタンス運動後における筋たんぱく質の合成作用も牛肉や大豆由来のたんぱく質と比較して優れていることが報告されている^{12), 13)}、乳たんぱく質を被験物のたんぱく質源として用いることとした。

II 方法

1. 対象者

若年女性を対象としてレジスタンストレーニングとたんぱく質摂取の効果を検証しているJosseらの研究を参考に⁷⁾、検出力90%、危険率5%の条件でG*power 3を用いて本研究に必要なサンプルサイズを算出したところ、24名 (各群12名) の被験者が必要であった。そこで、本研究では2割程度の脱落者が現れることを想定したうえで、被験者数を30名 (各群15名) と設定した。群馬県内の大学に在籍する女子大学生を対象と

してソーシャルネットワークサービスおよび口頭で参加募集を行い、研究参加の意思を示した30名を対象者とした。なお、募集の段階で以下に示す11項目のいずれかの条件に当てはまる者は除外した：1) 循環器系および整形外科的疾患を有している者、2) 運動に影響を与える可能性のある薬を服薬している者、3) 何らかの疾患・体質により医療機関を受診している者、4) 食物アレルギー (牛乳・大豆) もしくは乳糖不耐症を有する者、5) 消化器系の疾患がある者、6) 過去1ヶ月以内に喫煙した者、7) 過去1ヶ月以内に200 mL以上もしくは3ヶ月以内に400 mL以上の献血を行った者、8) 採血により体調が悪化したことがある者、9) 過去1ヶ月以内に本研究に影響を及ぼす他の臨床検査またはモニター試験に参加した、もしくは参加予定がある者、10) 現在妊娠中もしくはその予定がある者、授乳中の者、11) 何かしらの厳しい食事制限を行なっている者。

被験者には研究に関する目的、方法、安全性、個人情報等の管理等に関して、動画および書面にて十分な説明を行った。その後、本人の自由意思のもと、書面による研究参加への同意を得た。なお、本研究は高崎健康福祉大学研究倫理委員会の承認を得て行われた (高崎健康大倫第2030号 2020年9月30日)。

2. 研究デザインおよび被験物の摂取

本研究は無作為化二重盲検試験により行われた。被験者に対して、介入開始2週間前に体組成、骨格筋厚、筋力・筋持久力の測定、および食事調査を実施した。この事前測定および調査の終了後、本研究のメインアウトカムである「除脂肪量」を層別因子とした層別無作為化により、被験者を以下の2群に振り分けた：1) 12週間の介入期間中に乳たんぱく質を10 g配合したクッキーを毎日摂取する群 (MP群：n = 15)、2) 乳たんぱく質の代わりに同エネルギー量の糖質を配合したクッキーを毎日摂取する群 (CON群：n = 15)。上述したように、本研究では標準～やせ体型の若年女性の除脂肪量を増加させるための手法を検討することを目的としていた。したがって、その手法を実際の現場で使用することを想定した場合、もともとの食事摂取量が少ないと思われるそのような若年女性でも、継続的に無理なく摂取できるたんぱく質量で実験を行うことが重要であると考えられる。そこで、本研究では、事前に数名の若年女性を対象としてたんぱく質の摂取量に関する予備検討を行い、その結果をもとにMP群のクッキーに含まれるたんぱく質量を10 gと決定した。また、本研究のように長期的なレジスタンストレーニングとたんぱく質の付加的な摂取を併用した場合において、たんぱく質の摂取タイミングが骨格筋量や除脂肪量に与える影響は小さいことが報告されていることから¹⁴⁾、被験物を摂取する時間は指定せず、さらに

表 1 被験物の栄養素組成

	CON	MP
たんぱく質 (g)	1.0	10.9
脂質 (g)	6.0	6.0
糖質 (g)	22.5	11.1
食物繊維 (g)	3.0	3.0
エネルギー (kcal)	149	144

CON: コントロールクッキー、MP: 乳たんぱく質クッキー

表 2 レジスタンストレーニングの内容

	A	B	C	D	E	F	G (ゴムチューブ使用)
1	フロントプランク	ツイストランチ	ツイストランジ	フロントプランク	ツイストプランク	ツイストランジ	チェストプレス
2	サイドプランク (左右)	プッシュアップ	リバースランチ	ツイストプランク	プッシュアップ	リバースランチ	デッドリフト
3	バックブリッジ	スクワット	サイドヒップレイズ	サイドプランク (左右)	ニートゥーエルボー	リバースランチ(脚開閉)	アームレイズ (前方,左右)
4	フロントプランク	ツイストランチ	スクワットパルス	ダイアゴナル (左右)	スクワット	バックキック (左右)	アームレイズ (側方,左右)
5	サイドプランク (左右)	プッシュアップ	ツイストランジ	バックエクステンション	ツイストプランク	プロンレグレイズ	アームレイズ (後方,左右)
6	バックブリッジ	スクワット	リバースランチ	ヒップアップ	プッシュアップ	クライミングプランク	バックキック (左右)
7			サイドヒップレイズ		ニートゥーエルボー	サイドスクワット	シットアップ
8			スクワットパルス		スクワット	スクワットパルス	スクワット

A-Gの8セットの中から、下記の通り2セットを組み合わせて行われた。各セットに記載されている6もしくは8種類の運動は1種目20秒間ずつ、間に10秒間の休憩を挟んで行われ、セット間には1分間の休憩を設けた。

介入前半 (1-6週目) プログラム1: A+B、プログラム2: A+C、プログラム3: B+C、プログラム4: A+G

介入後半 (7-12週目) プログラム1: D、プログラム2: E+G、プログラム3: E+G (プログラム2とダンスが異なる)、プログラム4: F

常温での保管が可能であり、プロテインサプリメントのように液体で溶かす必要がないクッキーの形態で被験者に摂取させた。なお、乳たんぱく質との味覚的な相性を考慮して、MP群のクッキーにはトレハロースを使用したことから、それに合わせてCON群のクッキーの糖質源としてもトレハロースを用いた。すべての被験者には介入期間中、週に4回の頻度で下記に示すレジスタンストレーニングを行わせた。12週間の介入期間終了後に介入開始前と同様の測定および調査を実施した。なお、すべての測定は夜間絶食後の午前8時から10時の間に行われた。

3. 被験物

被験物であるクッキー 1日分 (6枚) の栄養素組成を表1に示した。クッキーは1日分を個包装にして、2週間ごとに14日分を被験者へ提供した。両被験物は香料や甘味料を調整することで、味やにおいのマスキングを行い、外見でも区別が付かないように作製したことに加え、被験者に対しては、被験者同士で被験物を確認し合うことや、被験物に関する会話を行うことを禁止した。さらに、本研究は、測定・解析に関わるすべての施験者が、データ解析の終了まで被験物

に関して盲検化された状態で行われた。

4. レジスタンストレーニング

トレーニングは1)ウォーミングアップ、2)ダンス、3)自重およびゴムチューブ (マルチチューブ EXG114、アルインコ株式会社) を利用したレジスタンス運動から構成される20分程度のものであった。介入前半 (6週目まで) と介入後半 (7週目以降) で、それぞれ4種類のプログラムを作成し (表2)、動画共有サイトを通じて配信した。レジスタンス運動は、全身の各部位を使用するそれぞれの種目を任意の速さで20秒ずつ、間に10秒の休憩を挟んで行うものであった (表2)。被験者には4種類の運動プログラムをそれぞれ週に1回ずつ (合計4回/週)、1日の中で自由な時間に行うよう指示した。

除脂肪量を高めるうえでは、高強度のレジスタンストレーニングが効果的であることが報告されている¹⁵⁾。しかしながら、高齢者や運動習慣のない若年者を対象とした先行研究においては、高強度のレジスタンストレーニングではなく、自重およびゴムチューブを用いたレジスタンストレーニングや、自転車エルゴメーターを用いた持続的トレーニングを行うことで

も、除脂肪量や下肢骨格筋量の増加が生じることが報告されている^{16), 17)}。そこで、もともとの除脂肪量が少なく、これまでに運動習慣を持たない本研究の被験者であれば、低～中強度のレジスタンストレーニングでも除脂肪量の増加が見込めると考え、本研究では自宅において短時間で特別な器具を使わずに行える上記のような運動プログラムを採用した。

5. 測定および調査方法

1) 体組成の測定

体重、体脂肪量、上肢骨格筋量、下肢骨格筋量は、生体電気インピーダンス法による体組成計InBody270 (株式会社インボディ・ジャパン)を用いて測定した。除脂肪量は体重から体脂肪量を差し引くことで算出した。なお、先行研究において、InBody270と同じ測定原理および測定周波数を有する従来機種 (InBody230) で測定した体脂肪量および除脂肪量は、dual-energy X-ray absorptiometry (DXA法) で測定したそれらの値と高い相関を示すこと ($r = 0.95$)、および24~72時間の間隔を空けて2回測定した場合においても、級内相関係数 (再現性) が非常に高いこと ($r = 0.99$) が報告されている¹⁸⁾。

2) 骨格筋厚の測定

上腕背側部 (肩峰突起と肘頭突起の間) および大腿前面 (膝蓋骨の上縁から筋に沿って10 cm) の骨格筋厚を超音波画像診断装置Bモード (UF-4100、5 MHzリニア型プローブ、フクダ電子株式会社) により測定した。測定姿勢は安静立位とした。筋線維の走向と平行になるようプローブをあて、上腕骨および大腿骨が最もよく観察されるようにプローブの角度を微調整した。この時の画像の筋膜から骨までの厚さを計測し、左右の平均値を算出した。

3) 筋力・筋持久力の測定

本研究では、除脂肪量に群間差が生じた場合に、その違いが筋機能にも現れるのか検討するため、筋力・筋持久力の測定を行った。レジスタンストレーニングやたんぱく質摂取による機能的変化を検証するうえでは、最大筋力の指標として最大挙上重量 (1 RM) を測定する方法が多く用いられているが^{4), 7), 8)}、本大学にはフリーウエイト器具や動力計測器がなく、1 RMを測定することが難しかったため、油圧式トレーニングマシン (Well-round、ミズノ株式会社) を用いて筋機能を評価した。先行研究において、30秒間、最大努力で関節の屈曲・伸展を繰り返す能力は、生理学的に最大筋力・筋持久力をよく反映することが報告されている^{19)~22)}。そこで本研究では、油圧式トレーニングマシンの両腕/両脚でのアームカール/エクステンションとニーエクステンション/フレクションの2種目を

用い、先行研究と同様に30秒間で、それぞれ肘および膝関節の最大可動域での伸展・屈曲運動を何回繰り返すことができるか測定することで、上肢と下肢の筋力・筋持久力を評価した。なお、この油圧式トレーニングマシンは、ダイヤルにより1 (低強度) ~ 6 (高強度) までの6段階で負荷を調節することが可能であるが、本研究では、同様のマシンを用いて高齢者に対するトレーニングを実施していた先行研究の負荷 (2~4) を参考に²³⁾、負荷を3に設定した。測定は1回のみとした。また、この筋力・筋持久力の測定の際に握力の測定も行なった。握力は、握力計 (ES-100、株式会社エバニュー) を用いて左右2回ずつ測定し、左右の最大値の平均を記録した。

4) 食事調査

コンディション管理システムAtleta (株式会社エムティアーアイ) に付属している食事調査機能を用い、介入前後において、それぞれ連続3日間の食事をすべて被験者に記録させた。調査項目は、エネルギー、たんぱく質、脂質、炭水化物、ビタミンA、ビタミンD、ビタミンE、ビタミンK、ビタミンB₁、ビタミンB₂、ビタミンB₆、ビタミンC、食塩相当量、カルシウム、鉄、亜鉛とした。

6. 被験物摂取およびトレーニングの遂行状況の確認

介入期間中、被験者にはAtletaを用いて、被験物の摂取状況 (毎日) およびトレーニング実施状況 (週4回) を入力させた。連続して2日間以上入力が無い被験者に対しては、その都度入力を促した。また、外食やイベント等により日常の食生活と異なる飲食物の摂取があった場合や本研究のトレーニング以外の運動を実施した場合、体調の悪化により一時的に被験物の摂取やトレーニングが実施できなかった場合についても、Atletaに入力するよう指示した。

7. 統計処理

介入期間中の被験物の摂取率やトレーニングの実施率の違いが結果に影響を及ぼすことを避けるため、本研究では栄養学的介入を実施している先行研究に基づき、被験物の摂取率とレジスタンストレーニングの実施率がいずれも80%以上の被験者を解析対象とすることとした^{24), 25)}。

介入前における被験者の身体的特徴の群間比較には、対応のないt検定もしくはマンホイットニーのU検定を用いた。また、栄養素等の摂取状況、体組成および骨格筋厚、筋力・筋持久力については、介入による変化を検討するため、期間 (介入前および介入後) と被験物 (CONおよびMP) を要因とした二元配置分散分析 (対応あり) により分析した。期間と被験物の

交互作用が認められた場合には、各被験物における期間の主効果を、Bonferroni法による単純主効果検定により検討した。また、本研究のメインアウトカムである除脂肪量、上肢および下肢の骨格筋量、上腕背側部および大腿前面の骨格筋厚については、介入後から介入前の値を差し引くことで変化量を算出し、対応のない検定による群間比較と効果量 (Cohen's d) の算出を行った²⁶⁾。先行研究に基づき、効果量の判断は小： $0.20 \leq d < 0.50$ 、中： $0.50 \leq d < 0.80$ 、大： $d \leq 0.80$ とした⁸⁾。本研究で得られたデータの統計処理には、Excel統計2015 (株式会社社会情報サービス社) を使用し、危険率5%未満をもって有意とした。データはすべて平均値±標準偏差で示した。

Ⅲ 結果

1. 実施状況

30名の被験者全員が介入前後の測定および調査をすべて実施したものの、被験物の摂取率とトレーニングの実施率のいずれか、もしくはその両方が80%未満であった者が7名 (CON群：5名、MP群：2名) 存在した。また、実験計画時には想定していなかったものの、指示した回数よりもトレーニングを著しく多く実施した者も2名 (CON群：1名、MP群：1名、トレーニング実施率 > 120%) 存在したことから、それらの被験者も除外し、最終的に21名 (CON群：9名、MP群：12名) を解析対象とした。解析対象とした被験者の介入期間中の被験物摂取率はCON群とMP群において、それぞれ $96 \pm 10\%$ 、 $99 \pm 7\%$ 、トレーニング実施率はそれぞれ $96 \pm 5\%$ 、 $101 \pm 3\%$ であり、いずれも有意な群間差は認められなかった (被験物摂取率： $p = 0.195$ 、トレーニング実施率： $p = 0.245$)。

2. 介入前の被験者の身体的特徴

介入前における被験者の年齢 (CON: 19.6 ± 1.5 歳、MP: 19.5 ± 1.1 歳)、身長 (CON: 160.5 ± 3.1 cm、MP: 159.0 ± 3.4 cm)、体重 (CON: 51.0 ± 4.1 kg、MP: 48.7 ± 4.0 kg) に有意な群間差は認められなかった (いずれも $p > 0.10$)。また、表3~5にも介入前の各測定項目の値を示した。大腿前面の骨格筋厚がMP群でCON群と比較して有意に高い値を示したことを除き ($p = 0.023$)、介入前の身体的特徴に有意な群間差は認められなかった。

3. 栄養素等の摂取状況の変化 (表3)

エネルギーおよびたんぱく質に対しては期間の主効果が認められ ($p < 0.05$)、介入前と比較して介入後で有意に高い値を示したものの、被験物による主効果は認められなかった。また、交互作用も認められなかった。エネルギーとたんぱく質以外の栄養素の摂取量に

対しては、期間と被験物による主効果および交互作用は認められなかった。

4. 体組成の変化 (表4)

体重、体脂肪量に対しては期間の主効果が認められ ($p < 0.05$)、介入前と比較して介入後で有意に高い値を示したものの、それらの項目に対する被験物の主効果および交互作用は認められなかった。除脂肪量に対しては交互作用が認められ ($p = 0.049$)、単純主効果検定の結果、CON群においては介入前後で有意な変化が認められなかった一方で、MP群では介入前と比較して介入後で有意に高い値を示した ($p = 0.035$)。下肢骨格筋量に対しても交互作用が認められ ($p = 0.017$)、単純主効果検定の結果、CON群では介入前と比較して介入後で有意に低い値を示した一方で ($p = 0.030$)、MP群では介入前と比較して介入後で有意に高い値を示した ($p = 0.009$)。上肢骨格筋量に対しては期間と被験物の主効果、および交互作用は認められなかった。

除脂肪量、上肢および下肢骨格筋量の変化量を図1に示した。除脂肪量と下肢骨格筋量の変化量 (増加量) はMP群でCON群と比較して有意に大きく、効果量大を示した (除脂肪量: 1.0 ± 1.3 vs. -0.4 ± 1.7 kg, $p = 0.049$, $d = 0.93$ 、下肢骨格筋量: 0.2 ± 0.3 vs. -0.2 ± 0.4 kg, $p = 0.017$, $d = 1.15$)。一方、上肢骨格筋量の増加量に有意な群間差は認められず、その効果量も小であった (0.2 ± 0.2 vs. 0.1 ± 0.3 kg, $p = 0.410$, $d = 0.37$)。

5. 骨格筋厚の変化 (表4)

上腕背側部の骨格筋厚に対しては、期間と被験物の主効果、および交互作用は認められなかった。その一方で、大腿前面の骨格筋厚に対しては交互作用が認められ ($p < 0.001$)、単純主効果検定の結果、CON群においては介入前後で有意な変化が認められなかったものの、MP群では介入前と比較して介入後で有意に高い値を示した ($p < 0.001$)。

上腕背側部および大腿前面の骨格筋厚の変化量を図2に示した。上腕背側部の骨格筋厚の増加量に有意な群間差は認められず、その効果量も小であった (0.0 ± 0.3 vs. 0.1 ± 0.5 mm, $p = 0.661$, $d = 0.20$)。一方で、大腿前面の骨格筋厚の増加量はMP群でCON群と比較して有意に大きく、効果量大を示した (0.4 ± 0.3 vs. 0.0 ± 0.2 mm, $p < 0.001$, $d = 1.95$)。

6. アームカール/エクステンション、ニーエクステンション/フレクションの反復回数および握力の変化 (表5)

筋力・筋持久力の変化を評価するために測定したアームカール/エクステンション、ニーエクステンション/フレクションの反復回数には、期間の主効果が認

表3 栄養素等の摂取状況の変化

		CON (n = 9)	MP (n = 12)	p 値*		
				期間	被験物	交互作用
エネルギー (kcal)	介入前	1,519 ± 294	1,594 ± 289	0.032	0.403	0.878
	介入後	1,698 ± 191	1,799 ± 368			
たんぱく質 (g)	介入前	47.1 ± 18.6	54.6 ± 15.6	0.016	0.243	0.677
	介入後	54.4 ± 20.5	64.6 ± 18.9			
たんぱく質 (g/kg/日)	介入前	0.91 ± 0.30	1.13 ± 0.35	0.034	0.129	0.779
	介入後	1.05 ± 0.37	1.31 ± 0.44			
脂質 (g)	介入前	59.4 ± 14.5	61.6 ± 13.2	0.155	0.411	0.670
	介入後	59.6 ± 19.7	66.9 ± 24.1			
炭水化物 (g)	介入前	162.8 ± 37.0	178.4 ± 37.5	0.065	0.148	0.620
	介入後	155.3 ± 25.3	192.7 ± 49.1			
ビタミン A (μg/RAE)	介入前	720 ± 1,363	322 ± 199	0.278	0.524	0.172
	介入後	267 ± 169	376 ± 181			
ビタミン D (μg)	介入前	2.9 ± 2.9	4.6 ± 5.1	0.327	0.735	0.251
	介入後	7.6 ± 12.6	4.3 ± 5.1			
ビタミン E (mg)	介入前	6.8 ± 6.2	6.4 ± 3.1	0.440	0.714	0.418
	介入後	5.0 ± 2.6	6.4 ± 3.0			
ビタミン K (μg)	介入前	220 ± 315	165 ± 127	0.752	0.948	0.252
	介入後	183 ± 172	229 ± 115			
ビタミン B ₁ (mg)	介入前	0.79 ± 0.44	0.75 ± 0.30	0.996	0.797	0.372
	介入後	0.72 ± 0.13	0.82 ± 0.41			
ビタミン B ₂ (mg)	介入前	0.96 ± 0.88	0.78 ± 0.31	0.989	0.898	0.223
	介入後	0.83 ± 0.46	0.91 ± 0.43			
ビタミン B ₆ (mg)	介入前	0.86 ± 0.35	0.90 ± 0.29	0.635	0.563	0.575
	介入後	0.85 ± 0.39	0.97 ± 0.40			
ビタミン C (mg)	介入前	105 ± 117	67 ± 40	0.697	0.593	0.203
	介入後	71 ± 44	85 ± 54			
食塩相当量 (g)	介入前	6.9 ± 2.1	7.5 ± 2.4	0.587	0.277	0.415
	介入後	6.8 ± 2.4	8.3 ± 2.8			
カルシウム (mg)	介入前	284 ± 202	374 ± 201	0.475	0.399	0.333
	介入後	292 ± 158	326 ± 134			
鉄 (mg)	介入前	5.5 ± 3.0	5.7 ± 3.1	0.395	0.825	0.992
	介入後	5.0 ± 3.3	5.3 ± 2.1			
亜鉛 (mg)	介入前	5.1 ± 2.4	5.6 ± 1.5	0.730	0.587	0.992
	介入後	5.2 ± 2.9	5.7 ± 2.3			

CON：コントロールクッキー摂取群、MP：乳たんぱく質クッキー摂取群

数値はすべて平均値±標準偏差で表した。

*二元配置分散分析（対応あり）

表4 体組成および骨格筋厚の変化

		CON (n = 9)	MP (n = 12)	p 値*		
				期間	被験物	交互作用
体重 (kg)	介入前	51.0 ± 4.1	48.7 ± 4.0	0.004	0.280	0.423
	介入後	51.8 ± 4.3	50.1 ± 4.1			
BMI (kg/m ²)	介入前	19.8 ± 1.7	19.3 ± 1.6	0.004	0.566	0.408
	介入後	20.1 ± 1.7	19.8 ± 1.6			
体脂肪量 (kg)	介入前	13.1 ± 3.2	12.5 ± 2.3	0.010	0.365	0.188
	介入後	14.4 ± 2.7	13.0 ± 2.2			
除脂肪量 (kg)	介入前	37.9 ± 3.0	36.2 ± 2.9	0.390	0.470	0.049
	介入後	37.5 ± 3.2	37.2 ± 3.3			
上肢骨格筋量 (kg)	介入前	3.2 ± 0.6	3.1 ± 0.4	0.071	0.626	0.410
	介入後	3.3 ± 0.6	3.2 ± 0.4			
下肢骨格筋量 (kg)	介入前	11.8 ± 0.8	11.2 ± 1.1	0.780	0.322	0.017
	介入後	11.6 ± 0.8	11.4 ± 1.3			
上腕背部骨格筋厚 (mm)	介入前	23.8 ± 4.7	24.6 ± 3.0	0.744	0.642	0.661
	介入後	24.1 ± 4.8	24.5 ± 4.4			
大腿前面骨格筋厚 (mm)	介入前	38.6 ± 2.4	32.6 ± 6.9	0.002	0.139	<0.001
	介入後	38.2 ± 2.9	36.9 ± 6.6			

CON：コントロールクッキー摂取群、MP：乳たんぱく質クッキー摂取群

数値はすべて平均値±標準偏差で表した。

*二元配置分散分析（対応あり）

表5 アームカール/エクステンション、ニーエクステンション/フレクションの反復回数および握力の変化

		CON (n = 9)	MP (n = 12)	p 値*		
				期間	被験物	交互作用
アームカール/エクステ ンション (回/30秒)	介入前	27.4 ± 5.7	26.7 ± 4.2	<0.001	0.637	0.669
	介入後	31.8 ± 8.4	30.2 ± 5.8			
ニーエクステンション/ フレクション(回/30秒)	介入前	26.2 ± 6.4	26.6 ± 4.5	<0.001	0.960	0.560
	介入後	31.1 ± 7.4	30.5 ± 5.6			
握力 (kg)	介入前	23.7 ± 6.3	26.4 ± 4.4	0.073	0.250	0.885
	介入後	24.6 ± 5.3	27.2 ± 4.7			

CON：コントロールクッキー摂取群、MP：乳たんぱく質クッキー摂取群

数値はすべて平均値±標準偏差で表した。

*二元配置分散分析（対応あり）

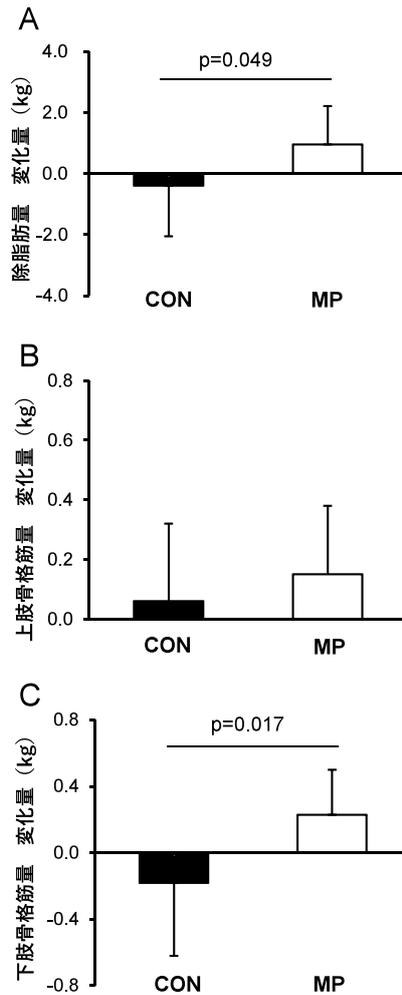


図1 除脂肪量 (A)、上肢骨格筋量 (B)、下肢骨格筋量 (C) の変化量の比較

CON: コントロールクッキー摂取群、MP: 乳たんぱく質クッキー摂取群

数値はすべて平均値±標準偏差で表した。

t検定を用いて群間比較を行った。

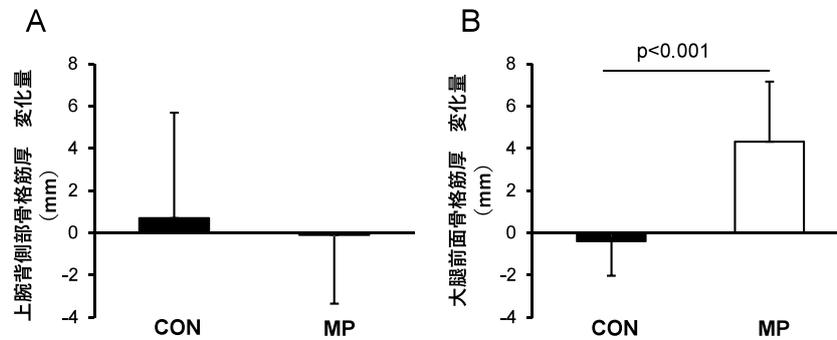


図2 上腕背側部骨格筋厚 (A) と大腿前面骨格筋厚 (B) の変化量の比較

CON: コントロールクッキー摂取群、MP: 乳たんぱく質クッキー摂取群

数値はすべて平均値±標準偏差で表した。

t検定を用いて群間比較を行った。

められ ($p < 0.001$)、介入前と比較して介入後で有意に高い値を示したものの、それらの項目に対する被験物の主効果および交互作用は認められなかった。握力に対しては期間と被験物の主効果およびそれらの交互作用は認められなかった。

IV 考察

若年女性を対象として、長期的なレジスタンストレーニング期間中のたんぱく質摂取による除脂肪量への影響を検討したこれまでの研究は、いずれも競技選手や平均BMI $> 25 \text{ kg/m}^2$ の過体重の被験者を対象として実施されたものであり、その結果も一致していなかった^{6)~8)}。本研究では、21名中20名がBMI $< 22 \text{ kg/m}^2$ (そのうち8名がBMI $< 18.5 \text{ kg/m}^2$) という標準~ややせ型で、かつ運動習慣を持たない女子大学生を対象として、レジスタンストレーニング期間中におけるたんぱく質摂取の効果を検討した。その結果、CON群では、除脂肪量および大腿前面骨格筋厚に有意な変化は認められず、下肢骨格筋量が有意に減少したのに対して、MP群では、それらの値が介入前に比べて有意に増加した(表4)。また、除脂肪量、下肢骨格筋量および大腿前面骨格筋厚の増加量はMP群でCON群と比較して有意に大きくいずれも効果量大を示した(図1 A, Cおよび図2 B)。したがって、レジスタンストレーニングを実施しながら乳たんぱく質を継続的に摂取することは、標準~ややせ体型の若年女性の除脂肪量を増加させるうえで効果的である可能性が示唆された。また、この結果は、若年女性における将来的なサルコペニアやロコモティブシンドロームの発症を予防するための戦略として、レジスタンストレーニングと併用した乳たんぱく質の摂取が有用なものであることを示唆している。

レジスタンストレーニングは、たんぱく質の付加的な摂取の有無によらず、除脂肪量の増加に効果的であることが多くの先行研究により報告されている^{4), 7), 8)}。一方、本研究ではいずれの群においても上肢骨格筋量に介入前後で有意な変化は認められず、さらにCON群では、除脂肪量が統計的に有意ではないものの0.4 kg減少し、下肢骨格筋量は0.2 kg有意に減少していた。本研究ではレジスタンストレーニングを実施しない群を設けていなかったため、その原因を明らかにすることはできないが、今回採用したレジスタンストレーニングが自重およびゴムチューブを用いたものであったために、除脂肪量を高めるうえでは強度が不十分であったという可能性が考えられる。しかしながら、このことは、除脂肪量あるいは骨格筋量が増加しなかった要因の1つとはなり得るものの、CON群において認められた除脂肪量および下肢骨格筋量の減少を説明することはできない。除脂肪量および下肢

骨格筋量の減少につながった最も大きな要因として、本研究が、新型コロナウイルス感染症が拡大している状況のなか(2020年10~12月)で行われたことが挙げられる。スマートフォンの加速度計などを用いて、新型コロナウイルス感染症の影響で外出自粛要請が発令された前後の歩数を調査した最新の論文では、2020年4~5月における日本人の平均歩数が、同年3月以前と比較して約30%減少したことが報告されている²⁷⁾。また、新型コロナウイルス感染症が拡大する前後における大学生の身体活動量の変化に関するシステムティック・レビューでは、対象とした10の研究のうち9つで、新型コロナウイルス感染症拡大にともない大学生の身体活動量が有意に減少していたことが報告されている²⁸⁾。本研究では、介入期間中における被験者の身体活動量や、同じく筋たんぱく質合成に影響を及ぼすと考えられる睡眠状況について実際に評価することができず、推論の域を出ないものの、本研究の被験者も介入期間中、新型コロナウイルス感染症拡大による授業のオンライン化の影響で、自宅での学習時間が増えていたために、身体活動量の低下と、それともなう下肢骨格筋をはじめとする除脂肪組織の減少が生じた可能性が考えられる。

除脂肪量の増加量が認められたMP群においても、その増加量(1.0 kg)は、若年女性を対象としてレジスタンストレーニングとたんぱく質摂取の効果を検討したJosseら⁷⁾およびWhiteら⁸⁾の研究(それぞれ1.9 kg, 2.0 kg)と比較して小さいものであった。これは、上記のような新型コロナウイルス感染症の拡大にともなう身体活動量の低下が影響していた可能性が高いと考えられる。ただし、CON群とMP群の除脂肪量変化量の差分、すなわち乳たんぱく質の摂取自体によってもたらされたと考えられる除脂肪量の増加量(1.3 kg)は、Josseら⁷⁾およびWhiteら⁸⁾の研究で報告されている値(対照群に比べてそれぞれ0.8 kgおよび1.2 kg増加)とほぼ同程度であった。加えて、本研究のMP群が摂取していた被験物に含まれるたんぱく質量(10 g/日)は、この2つの先行研究で用いられていた量(それぞれ36 g/日, 15 g/日)と比べて少量であった。Bechshoftらは、高齢者に対してレジスタンストレーニング期間中にたんぱく質を摂取させたところ、介入前の除脂肪量が低いほど、介入後により大きな除脂肪量の増加が認められたことを報告している⁹⁾。したがって、Josseら⁷⁾およびWhiteら⁸⁾の研究で対象としていたようなBMI $> 25 \text{ kg/m}^2$ の被験者と比較して、本研究のような標準もしくはややせ型の被験者では、もともとの除脂肪量も少なかったため、比較的少量のたんぱく質の摂取でも筋合成に対する効果が得られやすかった可能性が考えられる。

本研究では、CON群においても被験物以外の食事からのたんぱく質摂取量が増加したため、介入期間中

の1日当たりの総たんぱく質摂取量はCON群とMP群で同程度であった(表3)。このことは、MP群で認められた除脂肪量、下肢骨格筋量および大腿前面骨格筋厚の増加が、たんぱく質の量ではなく質的な要素、すなわち、乳たんぱく質の消化・吸収性の高さや^{11), 29)}、筋合成を促進する作用を持つロイシンの含有量の多さ³⁰⁾などに起因している可能性を示唆している。実際、先行研究においては、一過性のレジスタンス運動後に乳たんぱく質を摂取することで、大豆や牛肉由来のたんぱく質を摂取した場合と比較して、筋たんぱく質合成が有意に高まったことが報告されている^{12), 13)}。本研究で利用した食事調査システムでは、たんぱく質の摂取源を特定することはできないが、通常の食事から摂取するたんぱく質の40%程度は、動物性たんぱく質よりも筋合成作用の低い植物性たんぱく質であることが知られている¹⁾。したがって、そのようなたんぱく質摂取源の違いが、MP群においてのみ除脂肪量の増加を生じさせた原因なのかもしれない。しかしながら、本研究では、乳たんぱく質の効果を他のたんぱく質と直接的に比較してはいないことから、今後、その点に関して検討を行う必要がある。

本研究では、握力と油圧式トレーニングマシンのアームカール/エクステンション、ニーエクステンション/フレクションを用いて、筋力・筋持久力の測定を行った。その結果、握力には両群とも有意な変化は認められなかった一方で、アームカール/エクステンションとニーエクステンション/フレクションの反復回数はMP群とCON群の両群で同程度、有意に増加した。先行研究において、レジスタンストレーニングの初期にみられる筋力の増加は、筋量の増加よりも神経系の適応、すなわち、運動単位数の増加や発火頻度の増加・同期化、拮抗筋の抑制などに起因することが報告されている³¹⁾。実際、本研究では、いずれの群においても上肢骨格筋量に介入前後で有意な変化が認められなかったにもかかわらず、アームカール/エクステンションの反復回数が両群で増加していたことから、油圧式トレーニングマシンの両種目における筋力の増加は、主に神経系の適応によるものであると考えられる。一方、MP群では、下肢骨格筋量や大腿前面骨格筋厚が増加したにもかかわらず、ニーエクステンション/フレクションの反復回数は、CON群との間に差が認められなかった。この原因は必ずしも明らかではないが、これまでの先行研究においても、骨格筋量と筋力の変化が一致しないことが数多く報告されており、また、近年ではそれら2つの因果関係を疑問視する知見も示されている³²⁾。特に本研究においては、MP群における下肢骨格筋量の増加量が0.2 kgと比較的少量であったことや、30秒の間にはできるだけ反復させるという測定様式であったため、筋力だけではなく、筋持久力による影響も受ける評価指標であったことなど

も、両群の間でニーエクステンション/フレクションの反復回数に差が認められなかった原因であると考えられる。

先行研究において、減量時に総エネルギー摂取量に対するたんぱく質の摂取比率を増加させることで、体脂肪量が減少することが報告されている³³⁾。したがって、本研究においてもMP群でCON群と比較して体脂肪量が低値を示す可能性も考えられた。しかしながら、CON群とMP群ともに、体脂肪量が同程度、有意に増加していた(表4)。表3に示すように、いずれの群においても、被験物を摂取したことで介入期間中のエネルギー摂取量が有意に増加した。一方、被験者は介入期間中に週4回の頻度でレジスタンストレーニングを実施していたものの、先述したように、新型コロナウイルス感染症拡大にともなう授業のオンライン化などの影響で日常生活における活動量が大きく減少していた可能性が高い。したがって、本研究では、被験者のエネルギー摂取量が消費量を上回る状態にあり、そのような状態においては、たんぱく質の摂取比率を増やしたとしても、体脂肪量の増加を抑制するのは難しいのかもしれない。

本研究では、被験物の摂取率とレジスタンストレーニングの実施率のいずれか、もしくはその両方が80%を下回り、解析対象外となった被験者が全体で30%(9/30人)に達した。この値は同様のカットオフ値を採用していた先行研究と比べても高いものであった^{24), 25)}。この原因は必ずしも明らかではないが、介入後に実施した質問紙調査においては、いずれの群でも被験物の風味が口に合わなかった(甘みが強かった)との回答が認められたほか、レジスタンストレーニングが動画を見ながら各自で実施する形式であったために、被験者がモチベーションを保つことが難しかったという可能性が考えられる。したがって、本研究のような方法で実際に介入を行う場合には、食品の甘味を調節したり、対象者がリモート形式でインストラクターと一緒に運動したりするなどの工夫が必要だろう。

V 結論

レジスタンストレーニング期間中における乳たんぱく質の摂取は、標準～やせ体型の若年女性の除脂肪量を増加させるための効果的な栄養戦略となる可能性が示唆された。

謝辞

本研究に参加してくださいました被験者の皆様に厚く御礼申し上げます。また、本研究に協力してくださいました平方千裕先生、井上瞳さん、相澤真子さん、

橋本菜那花さん、平野真衣さん、矢嶋悠乃さん、吉田有希さんに深く感謝いたします。

利益相反

本研究は株式会社 明治より研究費および被験物の提供を受けて実施した。なお、本研究で実施した測定およびデータ解析には、株式会社 明治の関係者が関与していないことを申告する。

文献

- 1) 厚生労働省：平成 29 年年国民健康・栄養調査報告，https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/kenkou_eiyouchousa.html (2021 年 10 月 25 日)
- 2) Cruz-Jentoft, A.J., Bahat, G., Bauer, J., et al.: Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis, *Age. Ageing.*, 48, 16–31 (2019)
- 3) Morton, R.W., Murphy, K.T., McKellar, S.R., et al.: A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults, *Br. J. Sports. Med.*, 52, 376–384 (2018)
- 4) Hartman, J.W., Tang, J.E., Wilkinson, S.B., et al.: Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in young, novice, male weightlifters, *Am. J. Clin. Nutr.*, 86, 373–381 (2007)
- 5) Leenders, M., Verdijk, L.B., Van Der Hoeven, L., et al.: Protein supplementation during resistance-type exercise training in the elderly, *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 45, 542–552 (2013)
- 6) Campbell, B.I., Aguilar, D., Conlin, L., et al.: Effects of high versus low protein intake on body composition and maximal strength in aspiring female physique athletes engaging in an 8-week resistance training program, *Int. J. Sport. Nutr. Exerc. Metab.*, 28, 580–585 (2018)
- 7) Josse, A.R., Tang, J.E., Tarnopolsky, M.A., et al.: Body composition and strength changes in women with milk and resistance exercise, *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 42, 1122–1130 (2010)
- 8) White, K.M., Bauer, S.J., Hartz, K.K., et al.: Changes in body composition with yogurt consumption during resistance training in women, *Int. J. Sport. Nutr. Exerc. Metab.*, 19, 18–33 (2009)
- 9) Bechshoft, R.L., Malmgaard-Clausen, N.M., Gliese, B., et al.: Improved skeletal muscle mass and strength after heavy strength training in very old individuals, *Exp. Gerontol.*, 92, 96–105 (2017)
- 10) Ling, Y., Galusca, B., Martin, F., et al.: Resistance to lean mass gain in constitutional thinness in free-living conditions is not overpassed by overfeeding, *J. Cachexia. Sarcopenia. Muscle*, 11, 1187–1199 (2020)
- 11) Rutherford, S.M., Fanning, A.C., Miller, B.J., et al.: Protein digestibility-corrected amino acid scores and digestible indispensable amino acid scores differentially describe protein quality in growing male rats, *J. Nutr.*, 145, 372–379 (2015)
- 12) Burd, N.A., Gorissen, S.H., van Vliet, S., et al.: Differences in postprandial protein handling after beef compared with milk ingestion during postexercise recovery: a randomized controlled trial, *Am. J. Clin. Nutr.*, 102, 828–836 (2015)
- 13) Wilkinson, S.B., Tarnopolsky, M.A., MacDonald, M.J., et al.: Consumption of fluid skim milk promotes greater muscle protein accretion after resistance exercise than does consumption of an isonitrogenous and isoenergetic soy-protein beverage, *Am. J. Clin. Nutr.*, 85, 1031–1040 (2007)
- 14) Schoenfeld, B.J., Aragon, A.A., Krieger, J.W.: The effect of protein timing on muscle strength and hypertrophy: a meta-analysis, *J. Int. Soc. Sport. Nutr.*, 10, 1–13 (2013)
- 15) Kraemer, W.J., Adams, K., Cafarelli, E., et al.: Progression models in resistance training for healthy adults, *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 41, 687–708 (2009)
- 16) Krause, M., Crognale, D., Cogan, K., et al.: The effects of a combined bodyweight-based and elastic bands resistance training, with or without protein supplementation, on muscle mass, signaling and heat shock response in healthy older people, *Exp. Gerontol.*, 115, 104–113 (2019)
- 17) Harber, M.P., Konopka, A.R., Udem, M.K., et al.: Aerobic exercise training induces skeletal muscle hypertrophy and age-dependent adaptations in myofiber function in young and older men, *J. Appl. Physiol.*, 113, 1495–1504 (2012)
- 18) McLester, C.N., Nickerson, B.S., Kliszczewicz, B.M., et al.: Reliability and agreement of various InBody body composition analyzers as compared to dual-energy X-ray absorptiometry in healthy men and women, *J. Clin. Densitom.*, 23, 443–450 (2020)
- 19) 山本利春：測定と評価，pp.111–114 (2004)，有限会社ブックハウス・エイチデイ，東京
- 20) Jones, C.J., Rikli, R.E., Beam, W.C.: A 30-s chair-stand test as a measure of lower body Strength in community-residing older adults, *Res. Q. Exerc. Sport*, 70, 113–119 (2013)
- 21) Arslan, C.: Relationship between the 30-second wingate test and characteristics of isometric and explosive leg strength in young subjects, *J. Strength. Cond. Res.*, 19, 658–666 (2005)

- 22) 大村沙弥花, 廣瀬圭子, 抜井周子, 他: 2 種類の椅子からの立ち上がりテストと等速性膝伸展筋力との関係, *理学療法 - 臨床・研究・教育*, 18, 67-70 (2011)
- 23) Takeshima, N., Rogers, M.E., Islam, M.M., et al.: Effect of concurrent aerobic and resistance circuit exercise training on fitness in older adults, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 93, 173-182 (2004)
- 24) Kuszewski, J.C., Wong, R.H.X. Wood, L.G., et al.: Effects of fish oil and curcumin supplementation on cerebrovascular function in older adults: a randomized controlled trial, *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.*, 30, 625-633 (2020)
- 25) Dias, C.B., Wood, L.G., Garg, M.L., et al.: Effects of dietary saturated and n-6 polyunsaturated fatty acids on the incorporation of long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids into blood lipids, *Eur. J. Clin Nutr.*, 70, 812-818 (2016)
- 26) Cohen, J.: A power primer, *Psychol. Bull.*, 112, 155-159 (1992)
- 27) Tison, G.H., Avram, R., Kuhar, P., et al.: Worldwide effect of COVID-19 on physical activity: a descriptive study, *Ann. Intern. Med.*, 173, 767-770 (2020)
- 28) Lopez-Valenciano, A., Suarez-Iglesias, D., Sanchez-Lastra, M. A., et al.: Impact of COVID-19 pandemic on university students' physical activity levels: an early systematic review, *Front. Psychol.*, 11, 3787 (2021)
- 29) Gorissen, S.H.M., Trommelen, J., Kouw, I.W.K., et al.: Protein type, protein dose, and age modulate dietary protein digestion and phenylalanine absorption kinetics and plasma phenylalanine availability in humans, *J. Nutr.*, 150, 2041-2050 (2020)
- 30) Devries, M.C., McGlory, C., Bolster, D.R., et al.: Leucine, not total protein, content of a supplement is the primary determinant of muscle protein anabolic responses in healthy older women, *J. Nutr.*, 148, 1088-1095 (2018)
- 31) Folland, J.P., Williams, A.G. Morphological and neurological contributions to increased strength, *Sport. Med.* 37, 145-168 (2013)
- 32) Loenneke, J.P.: Muscle growth does not contribute to the increases in strength that occur after resistance training, *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 53, 2011-2014 (2021)
- 33) Bhasin, S., Apovian, C.M., Travison, T.G., et al.: Effect of protein intake on lean body mass in functionally limited older men: a randomized clinical trial, *JAMA. Intern. Med.*, 178, 530-541 (2018)

(受付日: 2021年9月24日)
(採択日: 2021年11月29日)

Original Article

Effects of supplementary intake of milk protein in combination with resistance exercise training on lean body mass in female university students

Takuya KARASAWA ^{*1, *2}, Chieko OIE ^{*3}, Shinichi OKAMURA ^{*1, *3}, Kentaro NAKAMURA ^{*4},
Atsushi KANDA ^{*4}, Shin TERADA ^{*2}, Michiyo KIMURA ^{*1, *3}

^{*1} Department of Nutrition, Graduate School of Health and Welfare, Takasaki University of Health and Welfare

^{*2} Department of Life Science, Graduate School of Arts and Science, The University of Tokyo

^{*3} Department of Nutrition, Faculty of Health and Welfare, Takasaki University of Health and Welfare

^{*4} Food Development Laboratories, Meiji Co., Ltd

ABSTRACT

【Aim】

Increasing lean body mass during youth is important to prevent sarcopenia and locomotive syndrome in the future. This study investigated the effects of the supplementary intake of milk protein in combination with resistance exercise training on lean body mass in female university students.

【Methods】

Thirty female university students were recruited and asked to perform bodyweight-based and resistance band-based resistance exercises 4 days a week for 12 weeks. During the training period, the subjects were instructed to consume cookies containing either 10 g of milk protein (MP: n=15) or isoenergetic carbohydrate (CON: n=15) daily. Body composition and muscle thickness were measured before and after the interventions.

【Results】

Twenty-one subjects (CON: n=9; MP: n=12) successfully completed the 12-week nutritional and training interventions. Lean body mass, lower-limb muscle mass, and quadriceps muscle thickness were significantly increased with training in the MP group, but not in the CON group, with the increases in the MP group being greater than those in the CON group.

【Conclusion】

Our results may suggest that the supplementary intake of milk protein during resistance exercise training may be an effective nutritional strategy to increase lean body mass in young women.

Keywords: milk protein, resistance exercise training, female university students, lean body mass