

若年女性のコラーゲンペプチド摂取による筋肉量、 音響的骨評価値に与える影響

Effects of collagen peptide consumption on the muscle mass and osteo sono assessment index in young females

鎌田由香* 丹野久美子 平本福子
Yuka KAMADA Kumiko TANNO Fukuko HIRAMOTO

Objective: Effects of collagen peptide consumption on the muscle mass and osteo sono assessment index in young females were examined.

Methods: Subjects were 21 students of M women's college. The subjects were assigned to a collagen peptide consumption group (n=10) and protein powder consumption group (n=11). The muscle mass and osteo sono assessment index were measured before the intervention, at 1, 2 and 3 months after the initiation of test food intake and 1 month and 2 months after the completion of test food intake; and then change rates were calculated.

Results: Subjects whose change rate of the muscle mass increased were 60.0% after 1 month, 70.0% after 2 months and 60.0% after 3 months later in the collagen peptide consumption group, and 45.5% after 1 month, 36.4% after 2 months and 18.2% after 3 months in the protein powder consumption group; and a significant difference was observed between groups after 3 month ($p<0.05$). Subjects whose change rate of the acoustic bone evaluation level increased were 100.0% after 1 month, 90.0% after 2 months and 90.0% after 3 months later in the collagen peptide consumption group, and 63.6% after 1 month, 45.5% after 2 months and 81.8% after 3 months in the protein powder consumption group; and significant differences were observed between groups after 1 and 2 months ($p<0.05$) but not after 3 months.

Conclusion: It was suggested that use of collagen peptide, which is used for cosmetic purposes, might cause elevations of the muscle mass and osteo sono assessment index in young females.

Keywords: Collagen peptide, muscle mass, osteo sono assessment index
コラーゲンペプチド, 筋肉量, 音響的骨評価値

1. 緒言

我が国は、世界でも類を見ない超高齢社会に突入し¹⁾、生産年齢の減少と老年人口の増加に対応するための政策が重要な課題となっている。健康日本21では、高齢者のロコモティブシンドローム（運動器症候群）や低栄養を予防することのみならず、将来を担う子どもや若年世代の健康課題についても目標値を定め、健康寿命の延伸を目指している²⁾。

若年世代の健康課題については、生活習慣病に関連する肥満者の増加が問題となる一方で、若年女性のやせはまだまだ改善されていない。平成27年度の国民健康・栄養調査によると、やせ (BMI<18.5 kg/m²) の割合は男性4.2%、女性11.1%で、特に20歳代女性のやせの割合が22.3%と依然多く³⁾、健康日本21（第2次）による目標値「20歳代女性のやせの者の割合20%」²⁾は達成されていない。若年女性の低体重は、やせ願望に伴う体格への自己認識の誤りに

より普通体重であるにも関わらず、太っていると認識していることが指摘され⁴⁾、健康よりも見た目を重要視していることが推測される。若年女性のやせは、貧血や骨量低下、月経異常、低出生体重児の増加につながり^{5~7)}、健康課題として懸念される一方で、BMIは標準値内であっても、体脂肪率の高い「隠れ肥満」の存在が指摘されている^{8~9)}。我々が、実際に女子大学生の身体構成成分を測定してみると、BMIが標準値内で「隠れ肥満」に該当する者は約半数存在し、「隠れ肥満」の者は、「やせ」の者と同様に、筋肉量が少なかった¹⁰⁾。また、「隠れ肥満」の者は骨密度が少ない¹¹⁾ことも報告されており、今後加齢に伴い筋肉量や骨密度が減少する¹²⁾¹³⁾ことを踏まえると、できるだけ早い段階で健康な体作りを行うことが重要である。筋肉量や骨密度を増加させ、健康な体をつくるためには、適切な食事と運動が不可欠であるが、若年女性ほど食事バランスの悪さ、摂取栄養素不足、活動量も少ないこと

*宮城学院女子大学食品栄養学科

が報告され³⁾、行動変容を伴う食生活と運動の改善は容易ではない。

一方、コラーゲンは線維性蛋白質のひとつであり、体蛋白質の約30%を占め、全身に分布している。コラーゲンの加水分解物がゼラチンであり、ゼラチンをさらに加水分解して分子量を数千程度まで小さくしたものがコラーゲンペプチドである。コラーゲンペプチドの摂取により、皮膚角層水分量の増加・皮膚弾力性の増加¹⁴⁾、髪の毛のハリやコシに影響する毛髪直径の増加・髪の毛のなめらかさの改善効果¹⁵⁾などが注目され、美容目的で使用されることによる市場拡大が進むなか、褥瘡¹⁶⁾¹⁷⁾や変形性関節症¹⁸⁾など医療分野でも活用されている。コラーゲンペプチドの健康効果としては、高齢者のレジスタンス運動との併用による筋肉量および筋力の増加¹⁹⁾や、マウスによる骨密度低下抑制や骨強度増加効果^{20~23)}が報告され、コラーゲンペプチド市場は急速な拡大を続けている²⁴⁾。最近では、ロコモティブシンドロームの予防にコラーゲンペプチドが使用されているが、その効果については十分な検討がされていない。さらに、若年世代で使用されるコラーゲンペプチドについては、美容目的での検討は行われているが、健康維持増進を目的とした、筋肉量や骨に与える影響については明らかにされていない。

そこで本研究では、若年女性の健康維持増進に注目し、女子大学生がコラーゲンペプチドを摂取することにより、筋肉量、音響的骨評価値 (osteoson assessment index; OSI) に与える影響を検討することを目的とした。

II. 方法

1. 対象

M大学食品栄養学科の女子学生を対象とした。食品栄養学科に在籍し任意で集めた学生22名に対し、研究のスケジュールと内容を説明した。研究に参加同意の得られた者について食物アレルギーの有無を確認したうえで、無作為で2群に割付した。研究期間中に試験食品継続摂取の指示事項を遵守しなかった被験者(4日以上摂取しなかった者)は除外し、21名を解析対象とした。

2. 研究期間

平成28年5月～平成28年12月に実施した。

3. 試験食品

研究に使用した試験食品を表1、表2に示した。コラーゲンペプチドとプロテイン粉末5gあたりの栄養成分はほぼ同程度で(表1)、アミノ酸スコアはコラーゲンペプチド0、プロテイン粉末100であった(表2)。

1) A群(コラーゲンペプチド摂取;10名):豚皮由来

表1. 試験食品の栄養成分 (5gあたり)

試験食品	エネルギー (kcal)	たんぱく質 (g)	脂質 (g)	炭水化物 (g)	水分 (g)	ナトリウム (mg)
コラーゲンペプチド	19	4.7	0	0	0.5以下	0.1~15
プロテイン粉末	18	4.5	0	0	0.3	30

表2. 試験食品のアミノ酸組成 (%)

必須アミノ酸	コラーゲンペプチド (%)	プロテイン粉末 (%)	非必須アミノ酸	コラーゲンペプチド (%)	プロテイン粉末 (%)
バリン [†]	2.3	5.0	グリシン	23.4	1.0
ロイシン [†]	2.7	13.0	プロリン	13.0	4.0
イソロイシン [†]	1.2	6.0	ヒドロキシプロリン	11.3	
メチオニン	0.9	2.0	アラニン	8.9	5.0
リジン	3.6	11.0	グルタミン酸	10.1	17.0
フェニルアラニン	1.9	3.0	アルギニン	7.9	2.0
トリプトファン	0.0	2.0	アスパラギン酸	5.5	11.0
スレオニン	1.7	5.0	セリン	3.3	4.0
ヒスチジン	0.7	2.0	ヒドロキシリジン	1.0	
			チロシン	0.6	4.0
			シスチン	0.0	3.0
合計 (%)	15.0	49.0	合計	85.0	51.0
アミノ酸スコア	0	100			

[†]分岐鎖アミノ酸 (branched-chain amino acids, BCAA)

コラーゲンペプチド（新田ゼラチン株式会社製、平均分子量約5,000）を1日5g摂取するよう指示した。

2) B群（プロテイン粉末摂取；11名）：乳清たんぱく質粉末（株式会社クリニコ製）を1日5g摂取するよう指示した。

全ての対象者に、健康の保持増進のための適切な食事と運動の重要性を説明し、通常通りの食事と運動量で経過を観察することを説明した。その上で、通常の食事にそれぞれ試験食品1日5gを加え、3か月間摂取するよう説明した。摂取忘れを防止するため、可能な限り一定の時間に摂取すること、摂取を忘れた場合は気づいた時点で摂取すること、1ヶ月ごとに試験食品を配布する際に、残量を確認することを説明した。なお、試験食品を開始した後で、食物アレルギーなどの有害事象が生じた事例はなかった。

4. 測定項目

測定項目と測定時期を示したプロトコルを図1に示した。

1) 測定項目

- (1) 身長、体重
- (2) 身体構成成分：身体組成計 InBody S10（株式会社インボディ・ジャパン）：筋肉量、体脂肪量、体脂肪率、骨ミネラル量、基礎代謝量

身体構成成分は、排尿後で、食後2時間以上経過していることを測定条件とした。

- (3) 音響的骨評価値 (osteo sono assessment index; OSI)：踵骨超音波骨評価装置 AOS-100NW（アロカ株式会社）

- (4) 食物摂取頻度調査 FFQg (ver.4.0)（建帛社）：

- ①エネルギー、たんぱく質、脂質、炭水化物、カルシウム、リン、鉄、亜鉛、ビタミンB1、ビタミンB2、ビタミンB6、ビタミンC、ビタミンD、ビタミンK、

食物繊維総量、食塩相当量

②身体活動レベル

- (5) 握力：握力計（株式会社ツツミ）

2) 筋肉量と音響的骨評価値の変化率

身体構成成分と音響的骨評価値は、介入前、試験食品摂取開始後1、2、3か月後、試験食品終了後1、2か月後に測定し、筋肉量と音響的骨評価値の変化率を以下の計算式により算出した。

(1) 筋肉量の変化率 (%) = (各月の筋肉量 - 介入前の筋肉量) ÷ 介入前の筋肉量 × 100

(2) 音響的骨評価値の変化率 (%) = (各月の音響的骨評価値 - 介入前の音響的骨評価値) ÷ 介入前の音響的骨評価値 × 100

筋肉量と音響的骨評価値の変化率は、0.1%以上を増加、0%以下を不変または減少と分類した。

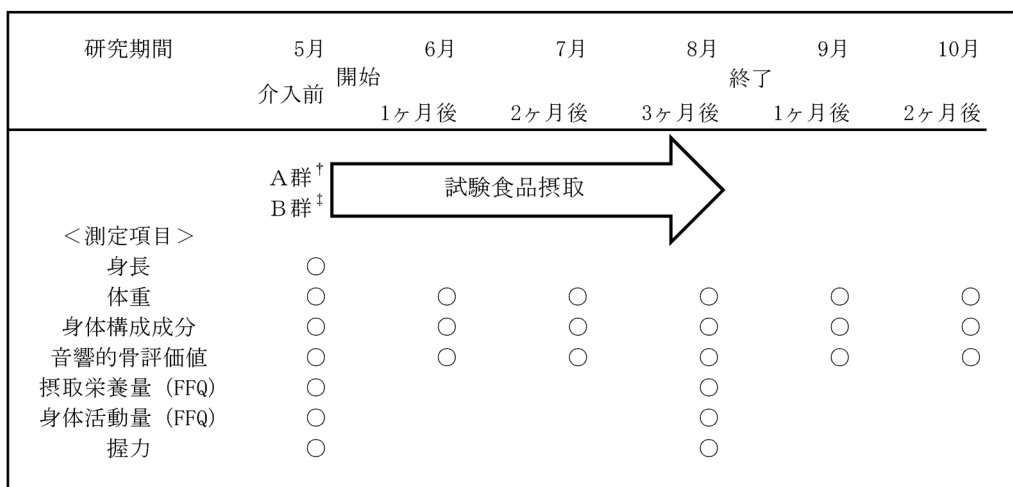
また、やせの者 (BMI < 18.5 未満)、隠れ肥満の者 (BMI ≥ 18.5 & BMI < 25 & 体脂肪率 ≥ 28%)、音響的骨評価値の低い者 (音響的骨評価値 > 2.7094) について、筋肉量の変化率と音響的骨評価値の変化率の平均値を標準の者と比較した。

5. 統計解析

解析は IBM SPSS Statistics 19.0（日本アイ・ビー・エム株式会社）を用いた。群間の平均値の比較は独立したサンプルの t 検定、群別 1 ヶ月ごとの変化率は対応のある t 検定を行った。比率の検定には χ^2 検定を行った。有意確率（両側） $p < 0.05$ を統計学的に有意、 $p < 0.1$ を傾向ありとした。

6. 倫理的配慮

本研究は、個人情報厳守し、測定されたデータは匿名化すること、研究以外の目的には使用しないこと、個人に不利益が生じないように配慮すること、試験食品摂取による



○ 測定項目ごとの測定時期
 † A群；コラーゲンペプチド摂取群
 ‡ B群；プロテイン摂取群

図1. 研究のプロトコル

体調変化が認められた場合はすぐに摂取を中止し申し出ること、研究途中で辞退することが可能であることを説明し、書面により同意を得た。宮城学院女子大学の倫理審査委員会に申請し承認を得た（承認番号：2016-4号）。

III. 結果

1. 対象者属性

対象者の属性を表3に示した。A群B群間では、年齢、身長、体重、BMI、筋肉量、体脂肪量、体脂肪率、骨ミネラル量、基礎代謝量、音響的骨評価値、握力には差が認められなかった。対象者のなかで、BMIが18.5未満のやせの者は、A群で2人（20.0%）、B群で2人（18.1%）、BMIが標準で体脂肪率が高値の隠れ肥満の者は、A群で2人（20.0%）、B群で3人（27.3%）と群間に差は認めなかった。

2. 食物摂取頻度調査による摂取栄養量および身体活動レベル

食物摂取頻度調査による摂取栄養量および身体活動レベルの結果を表4に示した。介入前の摂取栄養量は、エネルギー、たんぱく質、脂質、炭水化物、カルシウム、リン、鉄、亜鉛、ビタミンB1、ビタミンB2、ビタミンB6、ビタミンC、ビタミンD、ビタミンK、食物繊維総量、食塩相当量において、群間で差を認めなかったが、身体活動レベルはB群で有意に高かった（ $p < 0.05$ ）。試験食品摂取終了後に、再度、食物摂取頻度調査を実施したところ、全ての項目において群間に差を認めず、群別の介入前後においても有意差は認めなかった。

3. 筋肉量の変化率

群別の筋肉量の変化率を図2に示した。A群は、コラーゲンペプチド摂取開始より、1ヶ月後 $0 \pm 2.7\%$ 、2ヶ月後 $1.0 \pm 2.4\%$ と増加傾向を示し（ $p < 0.1$ ）、3ヶ月後 $0.7 \pm 3.2\%$ 、摂取を終了すると1ヶ月後 $-1.3 \pm 3.6\%$ と有意な減少を認め（ $p < 0.05$ ）、2ヶ月後 $-2.3 \pm 3.4\%$ とさらに減少した。B群は、プロテイン摂取開始より、1ヶ月後 $-0.2 \pm 1.5\%$ 、2ヶ月後 $-0.1 \pm 1.9\%$ 、3ヶ月後 $-0.7 \pm 1.7\%$ と変化はみられず、摂取を終了すると1ヶ月後 $-1.4 \pm 1.7\%$ で減少傾向（ $p < 0.1$ ）がみられ、2ヶ月後 $-2.2 \pm 3.1\%$ とさらに減少した。各月ごとにA群B群間の平均値を比較したところ、有意差は認められなかった。また、やせの者と標準の者、隠れ肥満の者と標準の者、音響的骨評価値の低いものと標準の者で平均値の差を比較したところ、有意差は認められなかった。

介入前と比較して、筋肉量の変化率が増加した者と不変

介入前と比較して、筋肉量の変化率が増加した者と不変

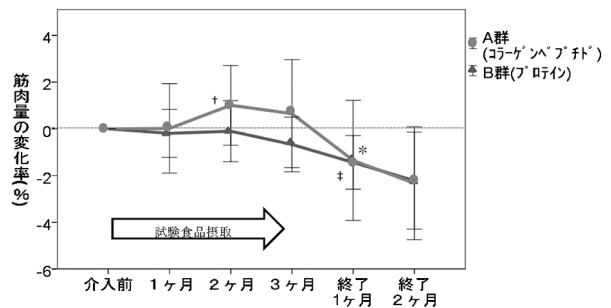


図2. 筋肉量の変化率の推移

対応のある t 検定

*A 群：コラーゲンペプチド摂取1ヶ月後と2ヶ月後の差： $p < 0.1$

*A 群：コラーゲンペプチド摂取3ヶ月後と終了1ヶ月後の差： $p < 0.05$

*B 群：プロテイン粉末摂取3ヶ月後と終了1ヶ月後の差： $p < 0.1$

表3. 対象者属性

	A群 (n=10)	B群 (n=11)	
年齢 (歳)	20.6 ± 0.5	20.8 ± 0.6	n. s.
身長 (cm)	157.4 ± 7.0	154.9 ± 4.9	n. s.
体重 (kg)	48.7 ± 1.7	47.8 ± 5.0	n. s.
BMI (kg/m ²)	19.7 ± 1.5	19.9 ± 1.7	n. s.
BMI < 18.5 の人数 (%) †	2人 (20.0%)	2人 (18.1%)	n. s.
筋肉量 (kg)	34.5 ± 3.2	33.6 ± 3.0	n. s.
筋肉量/体重 (%)	71.7 ± 6.2	70.4 ± 4.7	n. s.
BMI ≥ 18.5 & BMI < 25 & 体脂肪率 ≥ 28% の人数 (%) ‡	2人 (20.0%)	3人 (27.3%)	n. s.
体脂肪量 (kg)	11.5 ± 3.2	12.1 ± 3.3	n. s.
体脂肪率 (%)	23.7 ± 6.5	25.0 ± 5.0	n. s.
骨ミネラル量 (kg)	2.3 ± 0.2	2.2 ± 0.1	n. s.
基礎代謝量 (kcal)	1172 ± 70	1142 ± 66	n. s.
音響的骨評価値	2.717 ± 0.2	2.769 ± 0.1	n. s.
音響的骨評価値 > 2.7094 の人数 (%) §	5 (50.0%)	4 (36.4%)	n. s.
握力 (kg)	25.7 ± 4.6	23.6 ± 4.4	n. s.

平均値 ± 標準偏差

独立したサンプルの t 検定

† やせの者の割合； χ^2 検定

‡ 隠れ肥満の者の割合； χ^2 検定

§ 音響的骨評価値の低い者の割合； χ^2 検定

表4. 介入前と試験食品摂取3ヶ月後の食物摂取頻度調査による摂取栄養量・身体活動量

	介入前		n. s.	試験食品摂取終了後		n. s.
	A群(n=10) [†]	B群(n=11) [‡]		A群(n=10) [†]	B群(n=11) [‡]	
エネルギー(kcal)	1652±321	1637±242	n. s.	1621±383	1631±229	n. s.
(kcal/kg)	34.0±7.0	34.4±5.1	n. s.	33.1±7.9	34.0±5.9	n. s.
たんぱく質(g)	60.5±15.4	56.3±12.2	n. s.	59.9±16.6	58.1±9.2	n. s.
(g/kg)	1.2±0.3	1.2±0.3	n. s.	1.2±0.4	1.2±0.2	n. s.
脂質(g)	58.5±16.5	57.7±14.6	n. s.	59.7±16.4	58.7±10.7	n. s.
炭水化物(g)	212.0±37.8	215.2±20.1	n. s.	202.1±48.4	211.8±35.0	n. s.
カルシウム(mg)	484±197	515±100	n. s.	452±111	541±105	n. s.
リン(mg)	897±244	870±178	n. s.	868±238	911±132	n. s.
鉄(mg)	6.4±1.8	6.3±1.6	n. s.	6.4±1.2	6.5±1.1	n. s.
亜鉛(mg)	7.6±1.6	7.2±1.4	n. s.	7.6±2.1	7.3±1.0	n. s.
ビタミンB1(mg)	0.87±0.22	0.83±0.17	n. s.	0.89±0.22	0.81±0.12	n. s.
ビタミンB2(mg)	0.96±0.34	0.97±0.20	n. s.	0.98±0.26	0.99±0.19	n. s.
ビタミンB6(mg)	1.01±0.24	0.91±0.23	n. s.	0.98±0.28	0.95±0.15	n. s.
ビタミンC(mg)	77±24	79±20	n. s.	77±23	86±22	n. s.
ビタミンD(μg)	5.1±3.5	4.2±1.6	n. s.	5.0±2.9	4.7±1.7	n. s.
ビタミンK(μg)	209±68	188±51	n. s.	205±45	201±45	n. s.
食物繊維総量(g)	11.1±2.9	10.8±2.4	n. s.	10.5±1.8	11.6±2.3	n. s.
食塩相当量(g)	7.3±3.2	7.4±2.8	n. s.	6.8±1.2	7.3±2.6	n. s.
身体活動レベル	1.6±0.1	2.0±0.3	p<0.05	1.7±0.4	1.8±0.4	n. s.

平均値±標準偏差

独立したサンプルのt検定

† A群;コラーゲンペプチド摂取群

‡ B群;プロテイン摂取群

および低下した者の内訳を表5に示した。筋肉量の変化率が増加した者は、A群で1ヶ月後60.0%、2ヶ月後70.0%、3ヶ月後60.0%、B群で1ヶ月後45.5%、2ヶ月後36.4%、3ヶ月後18.2%で、3ヶ月後の群間に有意差を認めた (p<0.05)。試験食品摂取終了後は、A群で1ヶ月後40.0%、2ヶ月後20.0%、B群で1ヶ月後27.3%、2ヶ月後18.2%で、群間に差は認められなかった。

4. 音響的骨評価値の変化率

群別の音響的骨評価値の変化率を図3に示した。A群は、コラーゲンペプチド摂取開始より、1ヶ月後9.8±9.7%と有意な増加を認め (p<0.05)、2ヶ月後8.2±8.0%、3ヶ月後7.2±6.5%、摂取を終了すると1ヶ月後8.5±14.1%と維持されていたが、2ヶ月後には0.8±12.0%と有意な減少が認められた (p<0.01)。B群は、プロテイン摂取開始後、1ヶ月後3.9±9.3%、2ヶ月後2.5±7.6%、3ヶ月後9.1±11.5%で、2ヶ月後から3ヶ月後において有意な増加を認めた (p<0.05)。摂取を終了すると、1ヶ月後11.1±14.4%、2ヶ月後0.4±7.8%と終了1ヶ月後から2ヶ月後において有意な減少を認めた (p<0.01)。各月ごとにA群B群間の平均値を比較したところ、有意差は認められなかった。また、やせの者と標準の者、隠れ肥満の者と標準の者、音響的骨評価値の低いものと標準の者で平均値の差を比較したところ、有意差は認められなかった。

介入前と比較して、音響的骨評価値の変化率が増加した者と不変または低下した者の内訳を表6に示した。音響的骨評価値の変化率が増加した者は、A群で1ヶ月後

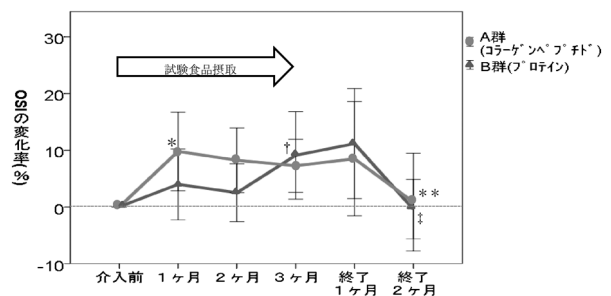


図3. 音響的骨評価値 (OSI) の変化率の推移

対応のあるt検定

*A群: 介入前とコラーゲンペプチド1ヶ月後の差: p<0.05

**A群: コラーゲンペプチド終了1ヶ月後と2ヶ月後の差: p<0.01

†B群: プロテイン粉末摂取2ヶ月後と3ヶ月後の差: p<0.05

‡B群: プロテイン粉末摂取3ヶ月後と終了1ヶ月後の差: p<0.01

100.0%、2ヶ月後90.0%、3ヶ月後90.0%であり、B群で1ヶ月後63.6%、2ヶ月後45.5%、3ヶ月後81.8%であり、1ヶ月後と2ヶ月後には群間に有意差を認めた (p<0.05)が、3ヶ月後には差は認められなかった。摂取終了後は、A群で1ヶ月後70.0%、2ヶ月後70.0%、B群で1ヶ月後72.7%、2ヶ月後36.4%と群間に差は認められなかった。

表 5. 筋肉量の変化率の内訳

	変化	A群 [†]		B群 [‡]			
		(n=10)	(%)	(n=11)	(%)		
試験食品摂取開始後	1ヶ月後	増加	6	60.0	5	45.5	p=0.505
		不変または減少	4	40.0	6	54.5	
	2ヶ月後	増加	7	70.0	4	36.4	p=0.123
		不変または減少	3	30.0	7	63.6	
	3ヶ月後	増加	6	60.0	2	18.2	p<0.05
		不変または減少	4	40.0	9	81.8	
試験食品摂取終了後	1ヶ月後	増加	4	40.0	3	27.3	p=0.537
		不変または減少	6	60.0	8	72.7	
	2ヶ月後	増加	2	20.0	2	18.2	p=0.916
		不変または減少	8	80.0	9	81.8	

χ^2 検定

[†] A群; コラーゲンペプチド摂取群

[‡] B群; プロテイン摂取群

表 6. 音響的骨評価値 (OSI) の変化率の内訳

	変化	A群 [†]		B群 [‡]			
		(n=10)	(%)	(n=11)	(%)		
試験食品摂取開始後	1ヶ月後	増加	10	100.0	7	63.6	p<0.05
		不変または減少	0	0.0	4	36.4	
	2ヶ月後	増加	9	90.0	5	45.5	p<0.05
		不変または減少	1	10.0	6	54.5	
	3ヶ月後	増加	9	90.0	9	81.8	p=0.593
		不変または減少	1	10.0	2	18.2	
試験食品摂取終了後	1ヶ月後	増加	7	70.0	8	72.7	p=0.890
		不変または減少	3	30.0	3	27.3	
	2ヶ月後	増加	7	70.0	4	36.4	p=0.123
		不変または減少	3	30.0	7	63.6	

χ^2 検定

[†] A群; コラーゲンペプチド摂取群

[‡] B群; プロテイン摂取群

IV. 考 察

本研究の目的は、若年女性がコラーゲンペプチドを摂取することにより、筋肉量、音響的骨評価値に与える影響を検討することである。美容目的で使用されるコラーゲンペプチドを、若年女性が使用することで、健康増進の観点から、筋肉量と音響的骨評価値に与える影響を検討した研究はなく、この点が本研究の独自性である。

対象者を A 群 (コラーゲンペプチド摂取)、B 群 (プロテイン粉末摂取) に分類し、摂取期間 3 ヶ月間、終了後 2 ヶ月間、毎月筋肉量と音響的骨評価値を測定した。その結果、コラーゲンペプチドを摂取した群において筋肉量が増加した者は、摂取より 2 ヶ月後が 70% と最も多く、音響的骨評価値については摂取より 1 ヶ月後に全員が増加していた。プロテイン粉末を摂取した群において筋肉量が増

加した者は、1 ヶ月後の 45.5% が最も多くその後減少し、音響的骨評価値は摂取 3 ヶ月後で 81.8% と最も増加していた。

今回使用した試験食品は、両群とも 1 日 5 g を摂取した。これらの試験食品に含有されるたんぱく質は、コラーゲンペプチド 4.7 g、プロテイン粉末 4.5 g と、ほぼ同程度のたんぱく質を含有している (表 1)。たんぱく質の質をあらわすアミノ酸スコアをみると、プロテイン粉末が 100 であるのに対し、コラーゲンペプチドは必須アミノ酸であるトリプトファンを含有していないことから、アミノ酸スコアは 0 となる。また、分岐鎖アミノ酸は、プロテイン粉末が 24.0% (バリン 5.0%、ロイシン 13.0%、イソロイシン 6.0) で、コラーゲンペプチド 5.8% (バリン 2.3%、ロイシン 2.7%、イソロイシン 1.2%) とコラーゲンペプチ

ドは分岐鎖アミノ酸が少ない（表2）。さらに、食物摂取頻度調査から得られた身体活動レベルは、B群（プロテイン粉末摂取）が有意に高かった。乳清たんぱく質²⁵⁾、ロイシン²⁶⁾の筋肉合成効果、乳塩基性たんぱく質の骨形成促進と骨吸収抑制効果²⁷⁾²⁸⁾、さらに、身体活動レベルの差を考慮すると、筋肉量と音響的骨評価値を増加させる要因としては、B群（プロテイン粉末摂取）が優位であったと考えられる。しかし、A群（コラーゲンペプチド摂取）の方が、筋肉量と音響的骨評価値の増加を示した者が多かったことから、コラーゲンペプチド特有のメカニズムによるものと推測される。

北風らは、コラーゲンペプチド由来のジペプチドであるヒドロキシプロリン-グリシンは、筋芽細胞の分化を促進し、かつ筋管細胞を肥大させて、ミオシン重鎖やトロポミオシン蛋白質の発現を促進させる働きを確認し、これによりコラーゲンペプチドの摂取が筋肉組織の増強に働く可能性が示されたことを報告している²⁹⁾。また、君羅らは、プロリン-ヒドロキシプロリンが培養骨芽細胞の分化マーカー酵素の活性を顕著に増加させるだけでなく、分化のマスター遺伝子とコラーゲン遺伝子の発現を顕著に増加させることを確認し、これによりコラーゲンペプチドの骨への有効性が示されたことを報告している³⁰⁾。前述した先行研究より、本研究における筋肉量と音響的骨評価値の変化は、コラーゲンペプチドの影響により増加したものと推測される。

本研究でコラーゲンペプチドを摂取した群の筋肉量の変化率は、摂取2ヶ月後に増加傾向を示し、音響的骨評価値の変化率は1ヶ月後から有意な増加を認めた。筋肉や骨中のたんぱく質の平均半減期は半年程度とされることから、筋肉や骨たんぱく質の代謝回転速度に影響を与えている可能性が考えられる。一方で、筋肉量の変化率は、コラーゲンペプチドの摂取終了1ヶ月後には介入前の筋肉量を下回り、音響的骨評価値の変化率は、コラーゲンペプチドの摂取終了2ヶ月後には介入前と同程度まで減少した。継続的に摂取されたコラーゲンペプチドを中止することで、筋肉量と音響的骨評価値が低下したことは、健康増進の観点において懸念されることから、摂取終了後の影響について、今後さらに検討する必要がある。

一方、B群において、プロテイン粉末の摂取により、有意な筋肉増加が認められなかった要因として、介入前と試験食品摂取終了後の身体活動レベルの違いが考えられる。身体活動レベルは、介入前と試験食品摂取終了後で有意差は認めないものの、 2.0 ± 0.3 から 1.8 ± 0.4 と低下しており、身体活動量の減少が筋肉量を低下させる要因であった可能性が考えられる。また、先行研究によると、筋肉の増加には、乳清たんぱく質組成必須アミノ酸は $15 \text{ g}^{25)}$ 、ロイシンを高配合する必須アミノ酸は $6.7 \text{ g}^{26)}$ とされ、今回の研究においては、効果を得るには不十分な量だったのではないかと推測する。

このように、プロテイン粉末は5gという少量では効果が乏しかったのに対して、コラーゲンペプチドは5gで筋肉量の増加傾向を示し、音響的骨評価値を有意に改善されることが確認された。国立健康・栄養研究所食品保健機能研究部による、健康食品素材の有効性評価及び健康影響評価に関する研究³¹⁾では、コラーゲンペプチドの過剰摂取は避けるべきとされているが、健康維持増進に有効なコラーゲンペプチドの適正量は示されておらず、今後、性・年代別に適正量を検討する必要があると考える。

次に対象者の身体特性について考察する（表3）。本研究の対象者は、21人中4人がBMI18.5未満であることから、全体の19.1%がやせと判定され、国民健康栄養調査の20歳代やせの割合と比較すると、本研究の対象者はやせの割合はやや少ない集団である。また、BMIが標準で体脂肪率が高値の隠れ肥満の者は5名23.8%であり、我々の先行研究^{45.7%}¹⁰⁾よりも少なかった。群別にみると、やせの者は、A群10人中2人（20%）、B群11人中2人（18%）、隠れ肥満の者は、A群10人中2人（20%）、B群11人中3人（27.3%）であった。一方、音響的骨評価値の20歳女性の基準値³²⁾は2.7094で、A群 2.712 ± 0.232 、B群 2.769 ± 0.121 とほぼ同程度であり、基準値未満の者は、A群10人中5人（50%）、B群11人中4人（36.4%）であった。やせの者、隠れ肥満の者、音響的骨評価値の低い者について、筋肉量と音響的骨評価値の変化率をみたところ、標準の者と比較して有意差は認められなかった。今後は症例数を増やして、検討する必要がある。

本研究では、食事の摂取量を評価するために、試験食品摂取前後で食物摂取頻度調査を行った（表4）。その結果、エネルギー、たんぱく質、脂質、炭水化物、カルシウム、リン、鉄、亜鉛、ビタミンB1、ビタミンB2、ビタミンB6、ビタミンC、ビタミンD、ビタミンK、食物繊維総量、食塩相当量、そのほか食物摂取頻度調査FFQg（ver.4.0）（建帛社）で算出される全ての栄養素において、A群B群間に差は認められなかった。日本人の食事摂取基準³³⁾では、18~29歳女性のカルシウム推定平均必要量は550mg、推奨量650mgとされているが、本研究の対象者は両群ともに平均値が推定平均必要量550mgを下回っていた。一方、身体活動レベルでは、介入前のB群が 2.0 ± 0.3 であり、A群が 1.6 ± 0.1 と低かった。また、3ヶ月後においてもB群が 1.8 ± 0.4 であり、A群が 1.7 ± 0.4 と低かった。本研究の対象者について身体活動レベルを、低い（I）（1.4~1.6）、ふつう（II）（1.6~1.9）、高い（III）（1.9~2.2）に当てはめると、A群（コラーゲンペプチド摂取）は低い（I）~ふつう（II）に該当し、運動量は多くない対象者であったと推測される。健康の維持推進には、適正な栄養と運動が不可欠であるため、さらに栄養教育を進めたくて、栄養摂取状況や身体活動量とコラーゲンペプチド摂取の影響について、検討することが必要であると考えられる。

本研究にはいくつかの限界点がある。第一に、対象者は食品栄養学科の3・4年生で、他学科の学生と比較すると、栄養に関する知識は高いと考えられる。また、大半の学生が、試験食品摂取期間中に1週間~4週間の学外実習を行ったことで、通常の生活と異なる環境であったことが推測される。

第二に、測定機器の誤差があげられる。本研究で筋肉量を評価した機器は、生体電気インピーダンス法である。この方法は、生体内に微小な電流を流して、筋肉や脂肪内の電気抵抗（インピーダンス）から除脂肪量、除脂肪体重、体脂肪率を推定する方法である³⁴⁾。非侵襲的で簡便な方法であるが、運動、体位、月経周期、断食、食事摂取、飲水の影響により誤差が生じることが報告されている³⁵⁾。本研究では、可能な限り測定値に影響を及ぼす要因を排除するために、排尿後であること、食事摂取後2時間以上経過していること、さらに1ヶ月ごとに測定することで、月経周期の影響を排除したが、夏場の発汗や飲水量などの季節による要因は、測定値に影響していた可能性がある。

次に、音響的骨評価値について考察する。定量的超音波測定法は、超音波の骨内の伝播速度と広帯域超音波減衰係数を測定し骨評価を行う方法で、超音波伝播速度は骨密度を、広帯域超音波減衰係数は骨梁の分布状態を表し、単に骨量を測定しているわけではなく骨質を評価しているとされている³²⁾。被曝がなく簡便であり、骨粗鬆症の検診にも使用されているが、欠点として測定誤差が3~4%と大きいことが指摘されている¹³⁾。定量的超音波測定法のなかでも本研究で使用した機器は、振動子ユニット内に温度センサを内蔵しているので、環境の影響を受けにくいシステムとされるが、極端に冷たい温度の屋外や車中での保管は装置自体の温度が測定値に影響を与える可能性がある³²⁾とされることから、測定時期が夏季であったことによる影響も否定できない。

以上のような限界はあるものの、本研究において、美容目的で使用するコラーゲンペプチドを摂取することで、若年女性の筋肉量や音響的骨評価値を増加させる可能性があることが示唆された。

V. 結論

若年女性がコラーゲンペプチドを摂取することで、筋肉量は増加傾向を示し、音響的骨評価値については有意に増加した。コラーゲンペプチドを中止することで、筋肉量と音響的骨評価値は減少した。

謝辞

本研究は、宮城学院女子大学生生活環境科学研究所の助成を受けて実施された。本研究の実施にあたり、ご協力いただいた被験者の皆様、コラーゲンペプチドの提供をいただきました新田ゼラチン株式会社様に心より御礼を申し上げます。

ます。

利益相反

利益相反に相当する事項はない。

参考文献

- 1) 国立社会保障・人口問題研究所
http://203.181.211.2/pr-ad/j/soshiki/ipss_j2014.pdf
(2016年1月25日)
- 2) 厚生労働省：健康日本21（第二次）、国民の健康増進の総合的な推進を図るための基本的な方針、
http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/dl/kenkounippon21_01.pdf (2017年1月23日)
- 3) 厚生労働省：平成27年国民健康・栄養調査結果の概要、
<http://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-10904750-Kenkoukyoku-Gantaisakukenkou-zoushinka/kekkgaiyou.pdf> (2017年1月23日)
- 4) 蒲田秀子, 西山久美子, 勝野久美子, 他：女子学生の体型と体型認識に関する研究, 長崎大学医学部保健学科紀要, 14(2), 43-48 (2001)
- 5) 金田美美, 菅野幸子, 佐野文美, 他：我が国の子どもにおける「やせ」の現状：系統的レビュー, 栄養学雑誌, 62(6), 347-360 (2004)
- 6) 福岡秀興：胎児期の低栄養と成人病（生活習慣病）の発症, 栄養学雑誌, 68(1), 3-7 (2001)
- 7) 厚生労働省：妊産婦のための食生活指針―「健やか親子21」推進検討会報告書―, 平成18年2月「健やか親子21」推進検討会（食を通じた妊産婦の健康支援方策研究会）,
<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2006/02/h0201-3a.html> (2017年1月23日)
- 8) 松木秀明, 山本尚理, 長谷川秀隆, 他：女子大生の隠れ肥満と生活習慣について：東海大学健康科学部紀要, 13, 1-8 (2007)
- 9) 南里明子, 早瀬仁美, 梅木陽子, 他：福岡市健康度診断受信者の体型と食生活等諸因子との関係, 人間環境学部紀要, 34, 53-60 (2002)
- 10) 丹野久美子, 境道子, 鎌田由香, 他：女子大学生のBMIおよび身体組成と食物摂取との関連：生活環境科学研究所研究報告, 48, 19-24 (2016)
- 11) 若木ゆかり, 中西裕美子：女子大学生の音響的骨評価値（OSI）に関する因子の検討：栄養学雑誌, 67(2), 65-75 (2009)
- 12) 熨斗克哉, 井川正治, 横沢喜久子, 他：高齢女性の骨密度と身体組成について, 人間生活環境シンポジウム報告集, 30, 173-174 (2006)
- 13) 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン2015年版, 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン作成委員会（日本骨粗鬆症学会 日本骨代謝学会 骨粗鬆症財団）
<http://jsbmr.umin.jp/pdf/GL2015.pdf> (2017年1月

- 23日)
- 14) 大原浩樹, 伊藤恭子, 飯田博之, 他: コラーゲンペプチド経口摂取による皮膚角層水分量の改善効果. 日本食品科学工学会誌, 56(3), pp. 137-145 (2009)
 - 15) 齊藤典充, 田村崇昭, 森川玲子, 他: コラーゲンペプチド含有食品摂取による毛髪への影響に関する検討. 日本美容皮膚科学会誌, 18, pp311-320 (2008)
 - 16) 杉原富人, 井上直樹, 小泉聖子他, コラーゲン加水分解物の褥瘡治癒促進効果—無作為割付プラセボ対照化二重盲検試験, 薬理と治療, 43(9), 1323-1328 (2015)
 - 17) 褥瘡予防・管理ガイドライン (第4版): 褥瘡会誌 17(4), 487-557 (2005)
 - 18) Kumar S, Sugihara F, Suzuki K, et al. A double-blind, placebo-controlled, randomised, clinical study on the effectiveness of collagen peptide on osteoarthritis. *J Sci Food Agric*, 95(4), 702-707 (2014)
 - 19) Zdzieblik D, Oesser S, Baumstark M W. et al, Collagen peptide supplementation in combination with resistance training improves body composition and increases muscle strength in elderly sarcopenic men: a randomised controlled trial. *The British Journal of Nutrition* 114(8): 1237-1245 (2015)
 - 20) Kimira Y, Ogura K, Taniguchi Y, et al. Collagen-derived dipeptide prolyl-hydroxyproline promotes differentiation of MC3T3-E1 osteoblastic cells, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 453, 498-501 (2014)
 - 21) 田中秀幸, 佐藤智樹: コラーゲン・ゼラチン摂取と骨密度, 食品と開発36: 58-60 (2001)
 - 22) Koyama Y, Hirota A, Mori H, Takahara H, et al.: Ingestion of gelatin has differential effect on bone mineral density and body weight in protein undernutrition, *J Nutr Sci Vitaminol* 47, 84-86, (2001)
 - 23) 石見佳子, 呉堅, 穆剛 コラーゲンペプチド摂取がラット生体に及ぼす影響 *Osteoporosis Japan* 11: 212-2145 (2003)
 - 24) 小山洋一: 天然コラーゲンの機能性, 皮革科学, 56(2), 71-79 (2010)
 - 25) Paddon-Jones D, Sheffield-Moore M, Katsanos CS, et al.: Differential stimulation of muscle protein synthesis in elderly humans following isocaloric ingestion of amino acids or whey protein, *Experimental Gerontology*, 41(2), 215-219, (2006)
 - 26) Breen L, Phillips SM: Skeletal muscle protein metabolism in the elderly Interventions to counteract the 'anabolic resisyance' of ageing, *Nutrition and Metabolism*, 20118: 68
 - 27) Aoe S., Toba Y., Yamamura J. et al. Controlled trial of the effects of milk basic protein (MBP) supplementation on bone metabolism in healthy adult women, *Biosci, Biotechnol. Biochem.*, 65, 913-918 (2001)
 - 28) Yamamura J, Aoe S, Toba Y, et al.: Milk basic protein (MBP) increases radial bone mineral density in healthy adult women., *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 66(3), 702-704 (2002)
 - 29) Kitakase T, Sakamoto T, Kitano T, et al.: The collagen derived dipeptide hydroxyprolyl-glycine promotes C2C12 myoblast differentiation and myotube hypertrophy, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 478(3), 1292-1297 (2016)
 - 30) Kimira Y, Ogura K, Taniuchi Y, et al.: Collagen-derived dipeptide Prolyl-hydroxyproline promotes differentiation of MC3T3-E1 osteoblastic cells, *Biochemical and Biophysacal Reseach Communica-tions*, 453(3), 498-501 (2014)
 - 31) 石見佳子, 国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所 国立健康・栄養研究所食品保健機能研究部: 健康食品素材の有効性評価及び健康影響評価に関する研究, 栄養学雑誌 Vol. 74 No. 5 117~127 (2016)
 - 32) 日本骨粗鬆症学会 骨強度測定機器の評価と臨床応用に関する委員会: QUS使用の実際, *Osteoporosis Japan*, 13(1), 2005
 - 33) 厚生労働省「日本人の食事摂取基準 (2015年版)」策定検討会報告書: 日本人の食事摂取基準, 第一出版 (2014年8月28日)
 - 34) Thomasset, A.: Measurement of the extracellular fluid volume by the electro-chemical method. *Biophysical significance of 1 kilocycle impedance of the human body*, *Lyon Med*, 214, 131-143 (1965)
 - 35) 佐藤厚子, 李相潤, 畠山愛子, 他: 生体電気インピーダンス法 (Bioelectrical impedance analysis; BIA 法) における絶飲食と飲水の影響, *体力科学*, 60(5), 483-492 (2011)