

コラーゲン入り豆腐の開発と皮膚に及ぼす影響

¹⁾ 鳥取大学医学部保健学科地域・精神看護学講座 (主任 吉岡伸一教授)

²⁾ 鳥取大学医学部医学科社会医学講座医療環境学分野

吉岡伸一¹⁾, 祝部大輔²⁾, 福田倫子¹⁾, 仁科祐子¹⁾, 徳嶋靖子¹⁾, 原口由紀子¹⁾,
松浦治代¹⁾, 乗越千枝¹⁾

Development of a new product, tofu containing collagen peptide and its effects on the skin in healthy female subjects

Shin-ichi YOSHIOKA¹⁾, Daisuke HOURI²⁾, Michiko FUKUDA¹⁾,
Yuko NISHINA¹⁾, Yasuko TOKUSHIMA¹⁾, Yukiko HARAGUCHI¹⁾,
Haruyo MATSUURA¹⁾, Chie NORIKOSHI¹⁾

¹⁾ *Department of Nursing Care Environment and Mental Health, School of Health Science,
Faculty of Medicine, Tottori University, Yonago 683-8503, Japan*

²⁾ *Division of Medical Environmentology, Department of Social Medicine,
School of Medicine, Faculty of Medicine, Tottori University, Yonago 683-8503, Japan*

ABSTRACT

As a new development of the food using the food stuff, soy bean, collagen peptide and Hakusan-Meisui mineral water which were taken in Tottori prefecture, tofu which contains 5 g collagen peptide of the fish scale was produced experimentally, and its effects on the skin were evaluated in a single blind, cross-over study. Sixteen volunteers (healthy females) from 20-year-old generation to 60-year-old generation daily took 200 g of tofu including and not including collagen peptide for 4 weeks. The amount of moisture on the skin surface and the skin elasticity in the outer canthus, cheek, and upper arm were evaluated at 0 (baseline) and 4th week. After the test end, the questionnaire on the general evaluation of tofu and the subjective symptoms of the skin were also carried out. The amount of moisture measured in the outer canthus at 4th week was significantly decreased compared with the baseline in both groups who took tofu with and without collagen peptide. The skin elasticity measured in the outer canthus at 4th week was significantly increased compared with the pre-intake condition only in the group which took tofu including collagen peptide. However, there was no significant difference between the subjective symptoms of the skin in both groups. These results suggest the possibility that daily ingestion of tofu containing collagen peptide may influence the skin properties.

(Accepted on September 29, 2009)

Key words : collagen peptide, tofu, Hakusan-Meisui, skin water, skin elasticity

はじめに

コラーゲンは、骨、腱、真皮、軟骨など結合組織に多く分布し、微量成分としてはあらゆる組織に存在するタンパク質である。その機能は従来言われてきた、組織の形状を力学的に保持する役割以外に、細胞の増殖、分化、機能の調節に関わっていることが知られている¹⁾。コラーゲンのヒトの皮膚に対する効果として、近年コラーゲン分解物であるコラーゲンペプチドが注目され、サプリメントや化粧品などに配合されている。コラーゲンペプチドには骨関節炎や骨粗鬆症の治療に有用な可能性があるという報告²⁾や、コラーゲンペプチド含有食品摂取により毛髪直径が有意に増加したという報告³⁾がある。さらに、皮膚水分量、皮膚弾力性や皮膚柔軟性が有意に増加した報告^{4,10)}もあり、シミやシワなどの肌の改善効果が期待されている¹¹⁾。

今回、鳥取県産の大豆、コラーゲン（ウロココラーゲンペプチド[®]、カンダ技工有限会社、鳥取県米子市）、ミネラルウォーター（白山命水[®]、白山株式会社、鳥取県倉吉市）などの地域資源を利用し、日常的に食べる豆腐にコラーゲンペプチドを配合した食品を試作した。そしてコラーゲン入り豆腐のヒト皮膚に及ぼす影響を客観的に評価するとともに、コラーゲン入り豆腐のイメージについても検討したので報告する。

対象と方法

1. 試験対象

本試験についての説明文を手渡しされ、十分な説明を受けることで本試験の目的、内容を理解し、試験の参加について自由意思による同意が文書にて得られた者で、以下の除外基準に該当する者を除いた、健康な女性16例を対象にした。

<除外基準>

- 1) 大豆タンパクにアレルギーのある者
- 2) アレルギーなどでタンパク質に過剰反応する者
- 3) 妊娠中・授乳中の者
- 4) ゼラチンを含む食事で過剰反応する者

2. 被験食品

被験食品であるコラーゲンペプチドを配合した豆腐（以下、コラーゲン入り豆腐）は、米子とうふ株式会社によって製造してもらった。豆腐の製

造方法は、米子とうふ株式会社が食品用に市販している豆腐の製造方法に準じ、豆腐に用いる大豆は鳥取県産大豆を使用した。豆腐製造に必要な水は、飲料用に市販されているミネラルウォーター（白山命水[®]、白山株式会社、鳥取県倉吉市）を用いた。豆腐に混入するコラーゲンペプチドは、安全性が確認され、食品に用いられている分子量3,000~5,000の真鯛ウロココラーゲン（ウロココラーゲンペプチド[®]、カンダ技工有限会社、鳥取県米子市）を用いた。1日当りに食べてもらう豆腐は200 gとし、被験食品1個当たりコラーゲンペプチド5 gが含まれている。

対照として、コラーゲンペプチドを含まない豆腐（以下、通常豆腐）は、米子とうふ株式会社によってコラーゲン入り豆腐と同様の材料及び工程で、コラーゲンペプチドのみを添加せずに製造してもらった。

3. 試験プロトコール

試験はクロスオーバー比較試験法にて行った。すなわち、被験者には、2種類の被験食品のいずれを摂取するかについては伝えずに、被験食品1個/日を4週間連日摂取してもらった。4週間の摂取期間後、約2ヶ月間の間隔を空けた後、最初の被験食品と異なる被験食品1個/日を再び4週間連日摂取してもらった。

なお、試験期間は2007年10月~2008年2月であった。

被験食品を摂取するにあたり、対象者にはパックに入れた豆腐を出来る限り調理や加工せずに摂取してもらうように依頼した。

4. 検査方法

1) 皮膚水分量と皮膚弾力性の測定

被験食品を摂取する前と被験食品を4週間摂取した後に皮膚水分量と皮膚弾力性を測定した。皮膚水分量は、モイスチャーチェッカー（スカラ株式会社）を用い、水分率（%）で表した。皮膚弾力性はモデラス（ヤマキ電気株式会社）を用い、弾力値で表した。なお、皮膚水分量と皮膚弾力性の測定部位は、目尻、頬部、上腕部の3ヶ所とした。

2) アンケート調査

被験食品を摂取した後、皮膚水分量と皮膚弾力性を測定する際に豆腐の味、食感、見た目や皮膚の変化、皮膚の自覚症状についてアンケート調査を行った。また、1回目に被験食品を摂取した後

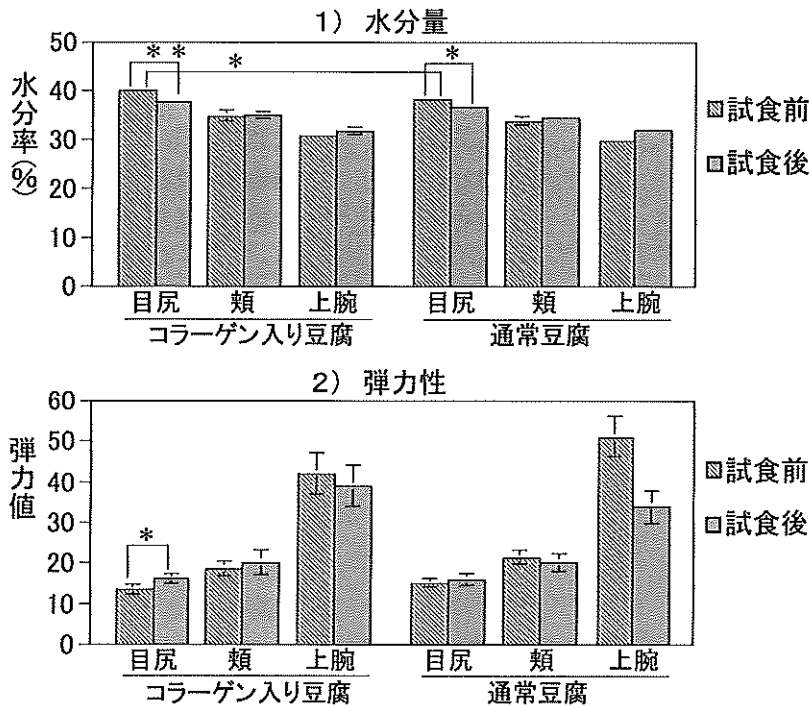


図1. 豆腐試食前後の皮膚水分率, 皮膚弾力値の変化

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

に, コラーゲン入り豆腐のイメージについてアンケート調査を行った。

5. 統計学的分析

結果は平均値±標準偏差にて表した。統計学的検定は, アンケート調査については χ^2 検定を, 皮膚水分量及び皮膚弾力性については対応のあるt検定を用いた。なお, 統計処理はSPSS13.0Jを用い, 有意確率が0.05未満の場合, 統計学的に有意差ありと判定した。

6. 倫理的配慮

本研究は, 鳥取大学医学部倫理審査委員会の承認を得て実施した。

結 果

対象者16名の年代は, 20歳代2名, 30歳代7名, 40歳代3名, 50歳代3名, 60歳代1名であった。

1. 皮膚水分量と皮膚弾力性

コラーゲン入り豆腐と通常豆腐を4週間食べた前後での結果を図1に示す。

コラーゲン入り豆腐の場合, 目尻の水分率は有意に減少した ($p < 0.05$) が, 頬部や上腕部では有意な変化はみられなかった。また, 目尻の弾力値は有意に増加した ($p < 0.05$) が, 頬部や

上腕部では有意な変化はみられなかった。

通常豆腐の場合, 目尻の水分率は有意に減少したが, 頬部や上腕部では有意な変化はみられなかった。目尻, 頬部, 上腕部の弾力値はいずれも有意な変化はみられなかった。

コラーゲン入り豆腐と通常豆腐を食べる前の値を比較すると, 目尻の水分率のみ, 通常豆腐の場合に比べ, コラーゲン入り豆腐を食べる前が有意に高かった ($p < 0.05$)。

2. アンケート調査

コラーゲン入り豆腐及び通常豆腐を食べた後に実施したアンケート結果を表1, 表2に示す。

豆腐の味については, 「おいしかった」と回答した者の割合がコラーゲン入り豆腐では9割近く, また食感についても, 「良かった」と回答した者の割合がコラーゲン入り豆腐では9割近かったが, いずれも通常豆腐と有意な差はみられなかった。見た目については, コラーゲン入り豆腐では「普段と変わらない」と半数が回答し, 通常豆腐と変わらなかった。

「皮膚の感じは, 試食する前と比べて変化がありましたか」については, 両群とも「今までと変わらなかった」という回答が最も多く, 「悪くな

表1 豆腐全般の評価

	コラーゲン入り豆腐	通常豆腐	全体	χ^2 値	p値 ¹⁾
豆腐の量はどうか？					
多かった	3 (19)	2 (12)	5 (15)	1.533	0.675
やや多かった	5 (31)	7 (44)	12 (38)		
丁度よい	7 (44)	7 (44)	14 (44)		
やや少ない	1 (6)	0	1 (3)		
少ない	0	0	0		
味はどうか？					
おいしかった	14 (88)	8 (50)	22 (69)	5.636	0.060
まずいと思った	0	2 (12)	2 (6)		
普段と変わらなかった	2 (12)	6 (38)	8 (25)		
食感はどうか？					
良かった	14 (88)	9 (56)	23 (72)	4.087	0.130
悪かった	0	1 (6)	1 (3)		
普段と変わらなかった	2 (12)	6 (38)	8 (25)		
見た目はどうか？					
良かった	6 (38)	6 (40)	12 (39)	4.245	0.120
悪かった	2 (12)	6 (40)	8 (26)		
普段と変わらなかった	8 (50)	3 (20)	11 (35)		
皮膚の感じは、試食する前と比べて変化がありましたか？					
良くなった	4 (25)	2 (12)	6 (19)	0.654	0.327
悪くなった	0	0	0		
今までと変わらなかった	12 (75)	14 (88)	26 (81)		
続けて食べてみたいと思いますか？					
はい	10 (67)	11 (73)	21 (70)	0.159	>0.999
いいえ	5 (33)	4 (27)	9 (30)		

1) コラーゲン入り豆腐と通常豆腐の比較 (χ^2 検定)

2) 回答者の例数 (%)

った」という回答はなく、有意差は認めなかった。「続けて食べてみたいか」については、両群とも3分の2は「食べたい」と回答し、残り3分の1は「思わない」と回答していた。

自覚症状の変化については(表2)、コラーゲン入り豆腐と通常豆腐との間で回答に有意な差はみられなかった。

「コラーゲン入り豆腐は、健康や美容に良さそうか」という問の回答は、「あると思う」10名、「どちらともいえない」4名、「わからない」2名で、半数以上が好意的であった。コラーゲン入り豆腐のイメージ(複数回答)として、「美容に良さそう」13名、「健康に良さそう」7名、「プリンとした肌になれそう」3名、「軟骨に良さそう」2

名、「年齢に比して、若く見えそう」1名と回答していた。

考 察

皮膚の老化は、加齢による老化と太陽紫外線による日光暴露皮膚の光老化に2大別され、老化に伴い、シワやシミなどが生じてくる。シワの治療として、レーザー治療・光治療、コラーゲン・ヒアルロン酸の注入、A型ボツリヌス毒素注射のほか、各種の抗シワ剤による治療が試みられている¹²⁾。コラーゲンは身体を構成するタンパク質の約30%を占めるが、皮膚においては加齢によりコラーゲン合成が低下し、コラーゲン含量が減少し、皮膚の老化が進む。そのため、近年、コラーゲンを食

表2 豆腐試食後の肌の自覚症状

	増えた	やや増えた	変わらない	やや減った	減った	χ^2 値	p値 ¹⁾
シミ	0	0	15 (94)	1 (6)	0	0.368	0.242
	0	1 (6)	15 (94)	0	0		
クスマ	0	0	14 (88)	2 (12)	0	0.533	0.484
	0	0	16 (100)	0	0		
シワ	0	0	16 (100)	0	0	2.133	0.344
	0	1 (6)	14 (88)	1 (6)	0		
	悪くなった	やや悪くなった	変わらない	やや良くなった	良くなった	χ^2 値	p値 ¹⁾
ハリ	0	0	12 (75)	4 (25)	0	0.205	0.654
	0	0	14 (88)	2 (12)	0		
ツヤ	0	0	14 (88)	2 (12)	0	0.000	>0.999
	0	0	15 (94)	1 (6)	0		
吹き出物	0	2 (13)	13 (81)	1 (6)	0	0.370	0.831
	0	1 (6)	14 (88)	1 (6)	0		
体全体の潤い	1 (6)	0	14 (88)	1 (6)	0	3.034	0.386
	0	1 (6)	15 (94)	0	0		
顔の潤い	0	1 (6)	13 (81)	2 (13)	0	2.143	0.343
	0	1 (6)	15 (94)	0	0		
化粧ノリ	0	1 (6)	13 (81)	2 (13)	0	0.000	1.000
	0	1 (6)	13 (81)	2 (13)	0		
肌年齢が若く なったと感じる	0	1 (6)	13 (81)	2 (13)	0	3.310	0.191
	0	0	16 (100)	0	0		
肌のきれいさ	0	1 (6)	13 (81)	2 (13)	0	3.310	0.191
	0	0	16 (100)	0	0		
便秘	0	1 (6)	14 (88)	1 (6)	0	2.133	0.344
	0	0	16 (100)	0	0		

1) コラーゲン入り豆腐と通常豆腐の比較 (χ^2 検定)

2) 各項目の上段はコラーゲン入り豆腐, 下段は通常豆腐の例数 (%)

品やサプリメントから補うことにより、皮膚に対する美容効果が期待されている。今回、産官学連携のもとで、鳥取県産の大豆、真鯛ウロココラーゲンやミネラルウォーターを用い、コラーゲンペプチドの種類、量や混入方法を試行し、豆腐の中にコラーゲンペプチドを封じ込めることに成功した。そしてコラーゲン入り豆腐を4週間摂取することによる皮膚への影響を皮膚水分量や皮膚弾力性を測定し、クロスオーバー比較試験法にて検討した。その結果、皮膚水分量については、コラーゲン入り豆腐4週間摂取後、目尻の水分率が有意に減少した。しかし、通常豆腐でも水分率が減少したことから、水分率に及ぼす効果についてはコラーゲンペプチドそのものではなく、豆腐による

可能性も否定できない。皮膚弾力性については、コラーゲン入り豆腐を摂取した群のみ、目尻の弾力値が有意に増加し、通常豆腐を摂取した群では変化がみられなかったため、コラーゲンペプチドによる効果が大きいと考えられる。なお、今回、試作したコラーゲン入り豆腐は、コラーゲンペプチドのほかに、豆腐製造に通常用いる水道水ではなく、ミネラルウォーターを用いた。ミネラルウォーターの白山命水[®]は、活性水素を豊富に含み、酸化還元電位が低く、おいしく、健康な水に分類されている¹³⁾。また、白山命水[®]と純水で緑茶を煎出した場合、純水と比較し、色が濃く、匂いと味の質が高いことも報告されている¹⁴⁾。そのため、本研究の皮膚に対する効果については、豆腐製造

表3 コラーゲン含有食品の皮膚水分量及び皮膚粘弾性に及ぼす影響

報告者 (報告年)	速水ら (2000)	角田ら (2004)	菊池 (2004)	赤田ら (2006)	赤田ら (2006)	後藤ら (2006)	上野ら (2007)	本研究 (2009)
対象 (年齢)	健康女子 (22~58歳)	健康女子 (20~30歳)	健康女子 (35~55歳)	健康女子 (40~54歳)	健康女子 (40~55歳)	健康女子 (25~49歳)	健康女子 (20~49歳)	健康女子 (20~60代)
コラーゲン 1日量	5 g	10 g	10 g	2.5 g	2.5 g	5 g	4 g	5 g
コラーゲン 原料	牛真皮	豚皮	?	?	?	魚	豚皮	魚鱗
製品形状	飲料水 ^{a)}	飲料水	飲料水 ^{b)}	納豆用たれ ^{c)}	納豆用たれ ^{c)}	粉末 ^{d)}	飲料水	豆腐 ^{e)}
試験期間	5週	60日	6週	9週	9週	4週	8週	4週
測定部位	頬	上腕	?	前腕 ^{f)} 頬 ^{g)}	前腕 ^{f)} 頬 ^{g)}	目尻下2 cm	?	目尻, 頬, 上腕
皮膚水分量	減少傾向	変化なし	—	6週以降 増加	6, 9週目に 増加	変化なし	変化なし	減少
皮膚弾力性	増加傾向	—	6週後に 増加	3週以降 増加	9週目に 増加	増加	8週後に 増加	増加
皮膚柔軟性	増加	—	—	6週のみ 増加	増加傾向	減少	—	—
測定機器				増加				
皮膚水分量	Corneometer	Sikon 200EX	—	Sikon 200EX	Sikon 200EX	Sikon 200EX	—	モイスチャー チェッカー
皮膚粘弾性	Cutometer SEM 575	—	Cutometer MPA 580	Cutometer SEM 474	Cutometer SEM 474	Cutometer MPA 580	Cutometer MPA 580	モデラス

a) ビタミンC250 mg含, b) ビタミンC1000 mg他含, c) 納豆50 gと併用, d) ダイエット&コラーゲン粉末, グルコサミン他含
e) 豆腐200 gと併用, f) 皮膚水分量測定部位, g) 皮膚粘弾性測定部位

に用いた水の影響も考慮する必要がある。

表4にこれまでの国内でコラーゲンペプチドを含有した製品の皮膚水分量及び皮膚粘弾性に及ぼす影響をまとめた。皮膚水分量に対するコラーゲンペプチドの効果については、増加したという報告と変化なしあるいは減少傾向という報告と一定しない。しかし、皮膚粘弾性については、コラーゲンペプチドを摂取することにより増加あるいは増加傾向にあるという報告が多い。コラーゲンペプチドの皮膚に及ぼす影響に関しては、用いられるコラーゲンペプチドの摂取量やその原料、製品の形状や試験期間、皮膚水分量や粘弾性を測定する部位や測定機器など、多面的視点から検討する必要がある。

始めに、本研究では摂取するコラーゲンペプチドの1日摂取量は5 gで、これまでの報告の中間の量であった。1日摂取量が10 gでも皮膚水分量は変化がなかったと角田ら⁵⁾が報告しているように、必ずしも用量依存性に効果が出現するとは限らないと思われる。次に、コラーゲンペプチドの

原料として、今回、真鯛ウロコから製造された海洋性コラーゲンを用いたが、豚や牛の皮が使われることもある。最近、魚鱗、魚皮、豚皮に由来するコラーゲンペプチドを経口摂取した後、血中のヒドロキシプロリン含有ペプチド量を測定したところ、豚皮や魚皮由来に比較して魚鱗由来のコラーゲンペプチドを摂取した群では有意にヒドロキシプロリン含有ペプチドの曲線下面積が大きいことが報告されている¹⁰⁾。摂取したコラーゲンペプチドの血中濃度との関係から、生体にとって最適なコラーゲンペプチドを選択する必要がある。さらに、摂取するコラーゲンペプチドを含む製品の形状もその効果に影響すると思われる。従来、コラーゲンペプチドを飲料水に混入して摂取する方法が多く用いられている。飲料水の場合、確実に必要量のコラーゲンペプチドを摂取できる利点があるが、今回、普段の食事とともに、コラーゲンペプチドを自然に摂取するように計画したため、豆腐にコラーゲンペプチドを含む製品を試作した。しかし、コラーゲンペプチドが水溶性のた

めに一部のコラーゲンペプチドが溶出したり、酸性のために豆乳に加えただけで固まってしまうなどの問題があり、コラーゲン入り豆腐を試作する段階でコラーゲンペプチドの量や加えるタイミングなどに試行を重ねる必要があった。今後、豆腐に混入したコラーゲンペプチドがどの程度、実際に身体に取り込まれるかについて検討しなければならない。

皮膚水分量や粘弾性の測定部位も、報告者により様々である。今回、目尻、頬部、上腕部の3ヶ所で測定したが、摂取前後で差が見られたのは目尻だけであった。水分量と粘弾性を同一部位で検討した速水ら⁴⁾の研究では、頬部の角層水分量は有意な差は認められなかったが、投与期間に比例して減少する傾向にあり、また皮膚柔軟性は投与5週目から有意に増加したと報告している。また、後藤と徳永⁹⁾は、4週間後に目尻の角層水分量は変化がみられなかったが、弾力性が減少し、柔軟性は増加したと報告している。上野ら¹⁰⁾の研究では測定部位を示していないが、いずれにしろ皮膚水分量と粘弾性に関しては同じ方向で効果が生じるとは限らないと考えられる。

本研究とこれまでの研究結果とを比較する際、測定機器についても検討する必要がある。これまでの報告では、皮膚水分量にはSkicon-200EXが、皮膚弾力性や柔軟性にはCutometer SEMやMPAが用いられることが多い。皮膚水分量測定に用いられるSkicon-200は、高周波電流を皮膚表層に流し、その伝導度を測定することにより角層の水分量を間接的に測定できると言われる¹⁰⁾。今回、皮膚水分量測定に用いたモイスチャーチェッカーは皮膚電気容量（キャパシタンス）を利用し、皮膚水分率%として表示される。白井ら¹¹⁾は、モイスチャーチェッカーを成人女性の前腕表皮角質層の水分量測定に用いた結果、皮膚水分量の変化の現れ方が小さく、偏差も小さい特徴があり、長期的な個人観察に適していると述べている。また、皮膚粘弾性測定に用いられるCutometerは、吸引にて変位した量を皮膚柔軟性、吸引解除後の戻り弾性を皮膚弾力性として測定できると言われている^{4,9,10)}。今回、皮膚弾力性については、触覚センサにより皮膚弾力性が測定できるモデラスを用いて評価した。モデラスは、シュガースクラブの保湿効果を検証するためのスキンケアの指標としても用いられている¹⁰⁾。今回、従来の測定機器と異

なる方法で皮膚水分量や皮膚弾力性を測定したが、いずれも再現性は良く、得られた結果については十分に評価できると考える。

今回、豆腐全体の評価や肌の効果については、コラーゲン入り豆腐が通常豆腐より美味しく、また食感も良かったと回答した人が多かったが、有意な差はみられなかった。また、皮膚の感じも今までと変わらずと回答した人が多く、自覚症状についても有意な差は認められなかった。コラーゲンペプチド摂取による肌の自覚症状に関しては、化粧のりが良くなり、すべすべ感や潤い、ツヤ、ハリが良くなったなどという報告が多い^{4,6-8,10,19)}。しかし、コラーゲンペプチド摂取の肌に及ぼす影響の画像解析によると、コラーゲン10000 mg含有飲料を6週間摂取後、シワの体積率や個数の顕著な低下を認めたと菊池⁶⁾は報告しているが、上野ら¹⁰⁾や柿野ら¹⁹⁾は毛穴・シミなどの項目においては有意な変化が確認されなかったという。今回のアンケート結果からも、コラーゲン入り豆腐は肌に良さそうというイメージを抱く人が多かった。従来の画像解析による研究結果と自覚症状との間の乖離については、先行するコラーゲンのイメージが影響した可能性も考えられる。

コラーゲンペプチドの肌に及ぼす機序については、まだ不明な部分が多い。大原ら²⁰⁾は、ヘアレスマウスを用いた光老化モデルマウスにコラーゲンペプチドを経口摂取させたところ、角層水分量が増加し、経表皮水分蒸散量が低下したことからコラーゲンペプチドは光老化によるバリア機能の悪化を抑制する可能性を指摘している。また、ブタにコラーゲンペプチドを経口摂取させたところ、皮膚の線維芽細胞密度が増加し、コラーゲン線維の太さと密度も増加したとの報告²¹⁾や、魚鱗コラーゲンペプチドを経口摂取した後に血中に移行するプロリルヒドロキシプロリンがマウス皮膚の線維芽細胞の成長を刺激し、皮膚から移動する線維芽細胞の数が増加したという報告²²⁾もある。大原と多島¹¹⁾は、経口摂取したコラーゲンペプチドは腸管でアミノ酸にまで分解され吸収されるのではなく、ジ・トリペプチド体として相当量が吸収され、線維芽細胞などに作用し、細胞外マトリックスの形態が保持され、また細胞の機能が維持されることで、シワの改善・予防に働くのではないかと述べている。コラーゲン入り豆腐の摂取により、コラーゲン線維の太さや密度、皮

膚線維芽細胞が増加し、皮膚弾力性が増加した可能性が考えられる。そのほか、コラーゲンペプチドの生体機能に及ぼす影響については、魚鱗コラーゲンペプチド摂取後、頭部平均毛髪直径が増加したという報告²⁾や、ラットにコラーゲンペプチドを摂取させた場合、大腿骨の骨塩量や骨密度が有意に増加したという報告²³⁾もある。経口摂取したコラーゲンペプチドが肌や生体に及ぼす機序については、今後の解明が待たれる。

最後に、コラーゲン入り豆腐及び通常豆腐のいずれも摂取した人のなかに体調不良を訴える人はなく、コラーゲンを配合した豆腐は安全・安心な食品と考えられる。また、続けて食べてみたいという回答が半数以上であったものの、いいえと回答した人も3割近くにみられた。コラーゲンペプチドの皮膚への影響に関してはまだ不明な点が多い。今後、コラーゲン入り豆腐を1ヶ月以上の長期に摂取した場合の肌や生体に及ぼす効果についてさらに検討していきたい。

結 語

鳥取県産の大豆、真鯛ウロココラーゲン（ウロココラーゲンペプチド[®]、カンダ技工有限会社、鳥取県米子市）、ミネラルウォーター（白山命水[®]、白山株式会社、鳥取県倉吉市）を利用し、コラーゲンペプチド5 gを含むコラーゲン入り豆腐を試作した。そして、コラーゲン入り豆腐と通常豆腐を4週間摂取した後、目尻、頬部、上腕部の皮膚に及ぼす効果についてクロスオーバー比較試験法にて検討し、以下の結果が得られた。

- 1) 目尻の皮膚水分量はコラーゲン入り豆腐及び通常豆腐ともに減少した。
- 2) 目尻の皮膚弾力性はコラーゲン入り豆腐のみ増加した。
- 3) 肌の自覚症状に関しては、コラーゲン入り豆腐と通常豆腐との間に有意な差はみられなかった。
- 4) コラーゲン入り豆腐摂取中、問題とすべき有害事象や副作用は認められなかった。

以上の結果から、コラーゲン入り豆腐の摂取により、肌に何らかの影響を及ぼすことが示唆された。

なお、本研究は、鳥取大学振興協力会「研究シーズ開発等支援経費」を活用して実施した。

文 献

- 1) 山口典子, 畑隆一郎. コラーゲンの多様性と機能. 臨床検査 1994; 38: 771-779
- 2) Moskowitz RW. Role of collagen hydrolysate in bone and joint disease. Semin Arthritis Rheum 2000; 30: 87-99.
- 3) 齊藤典充, 田村崇昭, 森川玲子, 栗原邦彦, 勝岡憲生. 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 二重盲検群間比較試験. Aesthetic Dermatology 2008; 18: 311-320.
- 4) 速水耕介, 寺山貴子, 梶原伸子. コラーゲンペプチド含有飲料の健常者における皮膚粘弾性への影響. 新薬と臨床 2000; 49: 867-873.
- 5) 角田愛美, 広田亜里彩, 桑葉くみ子, 楠畑雅, 小山洋一, 新谷隆行, 入江伸吉, 春日井昇平. 皮膚角層の吸水能と血液生化学検査に対するコラーゲンペプチド経口摂取の作用. 健康・栄養食品研究 2004; 7: 45-52.
- 6) 菊池宏和. 「コラーゲン10000mg含有飲料」の摂取による肌に対する効果試験. 新薬と臨床 2004; 41: 1229-1236.
- 7) 赤田圭司, 田谷有紀, 川根政昭, 鶴飼紀幸. 納豆およびコラーゲンペプチドを配合した納豆のヒト皮膚に及ぼす影響. 機能性食品と薬理栄養 2006; 4: 23-27.
- 8) 赤田圭司, 田谷有紀, 川根政昭, 川村剛, 赤松浩彦. コラーゲンペプチドを配合した納豆のヒト皮膚に及ぼす影響. 薬理と治療 2006; 34: 1259-1265.
- 9) 後藤祥二, 徳永隆久. 「ダイエット&コラーゲン」のダイエット効果, 美肌効果および安全性. 新薬と臨床 2006; 55: 1945-1959.
- 10) 上野正一, 中島敦, 伊藤禎司, 海老原淑子, 奥田智規, 渡邊泰雄. コラーゲン含有食品摂取による肌の改善効果. 応用薬理 2007; 73: 183-190.
- 11) 大原浩樹, 多島新吾. 食品機能成分のシミ, シワの改善と予防効果. Functional Food 2009; 2: 383-390.
- 12) 長谷川敏男. 赤ちゃんのようなシワがない肌を保つことはできるのか?—シワの発生とその治療—. 順天堂医学 2006; 52: 443-450.

- 13) 祝部大輔, 吉岡伸一. 大山近郊の名水のミネラルバランスによる水質評価. *Health Sciences* 2004; 20: 312-321.
- 14) Hourii D, Yoshioka S, Matsumoto K, Amikawa K, Tanaka S, Nagata N. Elements and physical properties of green tea decoction using Hakusan-Meisui mineral water. *Yonago Acta medica* 2008; 51: 61-67.
- 15) Ohara H, Matsumoto H, Ito K, Iwai K, Sato K. Comparison of quality and structures of hydroxyprolin-containing peptides in human blood after oral ingestion of gelatin hydrolysates from different sources. *J Agric Food Chem* 2007; 55: 1532-1535.
- 16) 浅井さとみ, 宮地勇人. 植物性セラミドの塗布および経口投与による皮膚保湿効果とその評価. *臨床病理* 2007; 55: 209-215.
- 17) 白井喜代子, 山本尚武, 奥田博之. 成人女性の前腕表皮角質層の水分量測定. *母性衛生* 2003; 44: 504-511.
- 18) 山口求, 今村美幸, 松高健司, 光盛友美. 乳幼児のスキンケアに関する研究—シュガースクラブの効果—. *日本小児看護学会誌* 2009; 18: 59-64.
- 19) 柿野賢一, 和泉達也, 鈴木直子, 中村浩之, 岩本初恵. 「うるおい宣言」の美肌効果と安全性. *新薬と臨床* 2008; 57: 2095-2102.
- 20) 大原浩樹, 伊藤恭子, 市川聡美, 松本均, 竹内康雄, 後藤拓志, 秋山茜, 藤本典宏, 小林孝志, 多島新吾. コラーゲンペプチド経口摂取によるUVB単回照射時の皮膚への影響. *医学と薬学* 2008; 59: 969-973.
- 21) Matsuda N, Koyama Y, Hosaka Y, Ueda H, Watanabe T, Araya T, Irie S, Takehana K. Effects of ingestion of collagen peptide on collagen fibrils and glycosaminoglycans. *J Nutr Sci Vitaminol* 2006; 52: 211-215.
- 22) Shigemura Y, Iwai K, Morimatsu F, Iwamoto T, Mori T, Oda C, Taira T, Park EY, Nakamura Y, Sato K. Effect of prolyl-hydroxyproline (Pro-Hyp), a food-derived collagen peptide in human blood, on growth of fibroblasts from mouse skin. *J Agric Food Chem* 2009; 57: 444-449.
- 24) 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* 2003; 11: 212-214.