

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/6388110>

Evaluation of skin-moisturizing effects of oral or percutaneous use of plant ceramides

Article in *Rinsho byori. The Japanese journal of clinical pathology* · April 2007

Source: PubMed

CITATIONS

27

READS

4,946

2 authors:



Satomi Asai

Tokai University

102 PUBLICATIONS 928 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Hayato Miyachi

Tokai University

212 PUBLICATIONS 2,741 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

原 著

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

浅井 さとみ*¹ 宮地 勇人*²

Evaluation of Skin-Moisturizing Effects of Oral or Percutaneous Use of Plant Ceramides

Satomi ASAI, MD, PhD*¹ and Hayato MIYACHI, MD, PhD*²

This study was undertaken to evaluate the assay performance of two methods for measuring the water-holding capacity of the skin: Skicon-200 and Tewameter which determine the water content in the stratum corneum and transepidermal water loss, respectively. Based on these findings, we studied the effects of newly developed skin moisturizers made of plant ceramides. The within-run as well as day-to-day reproducibility of the methods were both satisfactory. When rice-derived NIPPN ceramide RC was used topically for 3 weeks by 23 healthy volunteers, the water content in the stratum corneum of the leg was significantly increased to 141% of the baseline value in comparison with that after placebo use (111%) ($p < 0.05$), and the transepidermal water-loss was significantly suppressed to 23% of the baseline in comparison with that after placebo use (39%) ($p < 0.01$). When 20mg or 40mg/day of corn-derived NIPPN ceramide CP was given orally for 3 weeks, the water content in the stratum corneum of the leg was significantly increased to 290% and 394% of the baseline value, respectively, in comparison with that after placebo administration (141%) ($p < 0.05$), and the transepidermal water loss was suppressed to 33 and 14% ($p < 0.05$) of the baseline values, respectively, in comparison with that after placebo administration (69%). These data by Skicon-200 and Tewameter suggest that the two plant ceramides are promising as skin-moisturizing agents not only for topical use but also for oral use.

[Rinsho Byori 55 : 209~215, 2007]

*¹Department of Laboratory Medicine, Tokai University School of Medicine, Isehara 259-1193

【Key Words】 moisturizer (保湿剤), water-holding capacity (水分保持能), plant ceramide (植物性セラミド), stratum corneum (角層)

近年、皮膚保湿効果を目的とした医薬品あるいは健康(美容)食品が開発され普及している。その効果判定のため皮膚保湿効果測定は皮膚科診療のみならず、スキンケア分野において広く用いられ

ている¹⁾。代表的な皮膚保湿効果測定装置には、角層のバリア機能の指標として用いられる角層水分量を測定する装置と、皮膚から蒸散する水分量(経表皮水分損失; Transepidermal Water Loss: TEWL)を

受付 2006 年 8 月 29 日・受理 2007 年 2 月 19 日

*^{1,2} 東海大学医学部基盤診療学系臨床検査学 (259-1193 伊勢原市下糟屋 143)

測定する装置がある²⁾。これらの装置は、測定手法が簡単で侵襲性がなく結果が迅速に得られるが、測定の基礎的性能や臨床的有用性について臨床検査医学的検討は十分になされていない。

皮膚保湿剤としてセラミドは、スキンケア分野を中心に応用が進められてきた³⁾⁴⁾。スフィンゴ糖脂質の一種であるセラミドは、スフィンゴシン塩基に数種の脂肪酸がアミド結合したもので、グルコシルセラミドではセラミドの1位の1級水酸基に糖がグリコシルエーテル結合している⁵⁾⁶⁾。生体内でセラミドは、皮膚角質層の細胞間に存在し、細胞同士の接着や外界からの刺激に対する防御機構として機能する。さらに、細胞間に水を保持する働きを持ち、過剰な水分の透過に対するバリアとして機能し皮膚の保湿作用を有する^{7)~11)}。天然のセラミドには動物由来と植物由来があり、従来から原料としてセラミドが豊富に含まれる牛脳を中心とした動物由来のものが主に使用されてきた。しかしながら、1986年の牛海綿状脳症、いわゆる狂牛病の発生以来、動物性セラミドの使用は、プリオンなどの病原体の感染リスクが問題視されている。このため天然の植物素材を原料とする植物性セラミドに、安全性の点から注目が集まっている¹⁾⁴⁾¹¹⁾。植物界においてセラミドは、大半がグルコシルセラミドとして米・小麦・トウモロコシ・大豆などの穀物等に含まれており、比較的容易に抽出できる¹⁾。最近、皮膚保湿剤用植物セラミドとして米由来セラミド(ニップンセラミドRC)とトウモロコシ由来セラミド(ニップンセラミドCP)が日本製粉株式会社(東京)によって開発された。そこで我々は、角層水分量測定装置(Skicon-200)と表皮水分蒸散量測定装置(Tewameter)を用いた保湿効果判定の基礎的検討を行い、それに基づいて植物性セラミドの外用および内服による皮膚保湿効果を検討した。

I. 対象と方法

A. 測定法の基礎的検討

皮膚保湿効果の評価には、角層水分量測定装置(Skicon-200: IBS, 浜松)と表皮水分蒸散量測定装置(Tewameter: Courage-Khazaka Electric GmbH, Germany)を用いた¹⁾¹²⁾¹³⁾。Skicon-200は、3.5MHzの高周波電流を外径2mmの円板状電極と外径6mmのリング状電極が同軸上に配列した電極にて皮膚に

流し、電気伝導度(コンダクタンス: 抵抗の逆数)を測定するもので、約20 μ mまでの深さ、すなわち角層の水分量を間接的に測定する(単位はマイクロシーメンス: μ S)¹⁾¹²⁾。 μ S(マイクロシーメンス)は電気伝導度の単位で、角質水分量は水分量を直接的測定するのではなく水分量に比例して伝導度が変化することを利用して、電気伝導度を水分量に置き換えて測定する。Tewameterは、皮膚表面から数mmの2点の蒸気圧を求め、表皮から蒸散する水分量を1平方メートル当たり1時間に失われる水分量($g/h \cdot m^2$)として算定する¹⁾¹³⁾。

測定法の基礎的評価として、20, 30, 40代の男女それぞれ1名ずつ計6名において、同時再現性(11回測定)、日内変動(9, 11, 13, 15, 18時)、日差再現性(8日間測定)を測定した。測定する部屋は、表皮水分蒸散量測定のための基本的条件¹⁾¹³⁾¹⁴⁾である環境温度22 $^{\circ}$ C以下と環境湿度40~60%を保つため、外気温の変化や天候に左右されないよう空調により室温約20~22 $^{\circ}$ C、湿度40%台に保った。

B. 保湿剤の効果の検討

1. 対象

対象は日本製粉(株)社員より募集し、同意の得られた23例(22~51歳、平均年齢31.3歳)で、内訳は男性8名、女性15名である(施設生命倫理委員会にて承認)。塗布予定箇所(極端な肌荒れ、創傷、皮膚炎等のある者など)医師が不適切であると認めた者は対象から除外した。

2. 供試試料

塗布試験用のセラミド含有ジェルには、米由来セラミド3%含有乳化液(ニップンセラミドRC; 日本製粉株式会社, 東京)を塗布用基剤(成分: 水99.2%, 増粘剤として0.3%カルボマー, 防腐剤として0.3%フェノキシエタノール, pH調整剤として水酸化ナトリウム使用)に0.1%混合し、塗布量1回約1g中に0.03mg相当のグルコシルセラミドを含有するよう調整したものを用いた。対照には米由来セラミドを含まない乳化液を塗布用基剤に同様に混合したプラセボジェルを用いた。

経口投与用にはトウモロコシ由来セラミド3%含有粉末(ニップンセラミドCP; 日本製粉株式会社, 東京)20mgまたは40mg(グルコシルセラミドとして0.6mgまたは1.2mg)含有する2種のカプセル(成分: コーンサラダ油と安定化剤を配合し1カプセル計230mg)を作製した。対照としてトウモロコシ由来

セラミドを含まないコーンサラダ油と安定化剤を配合したプラセボカプセルを用いた。

3. 投与方法

(1) 試験実施項目と期間

実施期間は、平成16年1月15日～3月14日である。塗布試験は平成16年1月15日から21日間連日行い、その18日後から経口投与試験を21日間連日で行った。各測定日の平均気温は、塗布試験時に3.5～7.2℃、経口投与試験時には5.3～17.0℃で、平均最低湿度は1月と2月で約29%、3月は約33%であった。

(2) 塗布試験

23名全員を対象とし、左右前腕内側と下腿内側の4ヵ所に塗布した。セラミド含有ジェルの塗布量は、各箇所1回につき約1gで塗布期間中毎日2回塗布し、塗布時は、ポリエチレン手袋を装着した。試験期間中ジェルの成分については被験者には知らせなかった。

(3) 経口投与試験

①投与量は、グルコシルセラミドとして0.6mg/日または1.2mg/日とした。

②23名の被験者は無作為にプラセボ群7名、セラミド20mg/日(ニップンセラミドCP、グルコシルセラミドとして0.6mg)群8名、セラミド40mg/日(ニップンセラミドCP、グルコシルセラミドとして1.2mg)群8名の3グループに振り分け、各被験者は、投与期間中毎日1回、1カプセルを摂取した。

③試験に供するカプセルは、外見上識別が不可能であることを確認し、試験期間中カプセルの成分については被験者には知らせなかった。

(4) 測定法

塗布、経口試験とも測定は各部位につき3回ずつ行い、測定結果はその平均値を用いた。

(5) 注意事項と禁忌

被験者には、以下の注意事項を遵守させた。

①コラーゲンを豊富に含む食品として鳥や豚の軟骨・皮、フカヒレ、スッポンなどと、これら関連の健康(美容)食品は、大量もしくは2日以上続けて摂取しない。

②入浴は1日1回までとする。

③花粉症対策等の目的で抗アレルギー剤等を服用する者は、その旨を申告する。

④機器測定箇所(塗布試験時の塗布箇所と同じ)は、外気に長時間暴露しない。期間中は、前腕部に

ついては長袖着用、腓腹部についても露出を避け、スラックスや靴下(ハイソックス、ストッキング、タイツ)等を着用する。

⑤測定箇所に対して、他の塗布物(ボディローション、ハンドクリーム等)を使用しない。

4. 自覚所見のアンケート調査

客観的測定の他に主観的検査として自覚所見(すべすべ感、肌荒れ感:ざらつき感・落屑・粉吹き・毛羽立ち)を各被験者にアンケート調査した。アンケート調査の実施は、客観的測定日の測定直前とした。

C. 統計解析

角層水分量、表皮水分蒸散量の測定結果の有意差検定は、2群間の比較にMann-Whitney U-testを、3群間の比較にKruskal-Wallis testを用いて行った。

II. 結 果

A. 測定の基礎的検討

Skicon-200による角層水分量測定の同時再現性は変動係数(coefficient of variation: CV)が7～30%と個人差が見られるものの、午前と午後、前腕内側と下腿内側では明らかな差は認めなかった(Table 1)。Tewameterによる表皮水分蒸散量測定の同時再現性は個人差が少なく、CV値は概ね10%以下と良好であった。また、午前と午後、前腕内側と下腿内側で明らかな差は認めなかった(Table 2)。日差変動は、角層水分量、表皮水分蒸散量ともに前腕内側と下腿内側でCVに明らかな差は認められなかった(Data not shown)。

B. セラミド投与における角層水分量と表皮水分蒸散量の測定

測定日は、塗布または経口投与前(0日)と、塗布または経口投与後1, 2, 3週間目の4ポイントで、測定の時間帯は午前中とした。測定部位は、前腕内側と下腿内側を用いた。セラミド塗布または経口投与前の値を初期値とした。角層水分量の初期値からの増加率は、塗布3週目でプラセボと比較して前腕内側で180% vs. 150% ($p < 0.05$)、下腿内側で141% vs. 111% ($p < 0.05$)と有意に高くなり、その傾向は塗布2週目以降に認められた(Fig. 1)。表皮水分蒸散量の初期値からの増加率は、セラミド塗布とプラセボと比較して前腕内側で39% vs. 58% ($p < 0.01$)、下腿内側で23% vs. 39% ($p < 0.01$)とプラセボに比較してセラミド塗布の方が有意に小さかった(Fig. 2)。

Table 1 Within-run reproducibility of water content assay in the stratum corneum by Skicon-200

(CV%, n=11)

/Time	9:00	11:00	13:00	15:00	18:00	
<u>Forearm</u>						
Volunteer No.						Average
1	21.5	▲32.7	26.1	●19.5	20.8	24.1
2	16.3	13.1	12.8	●11.9	▲18.0	14.4
3	12.5	20.5	18.6	▲37.7	● 8.7	19.6
4	▲29.6	13.8	●12.9	15.8	19.9	18.4
5	10.9	● 6.1	15.9	▲17.5	6.6	11.4
6	14.6	●12.5	▲15.2	12.7	14.5	13.9
Average by time	17.6	16.5	16.9	19.2	14.8	
<u>Leg</u>						
1	28.3	●22.4	▲32.2	24.1	28.1	27.0
2	● 8.7	12.7	10.1	10.2	▲18.0	11.9
3	●25.8	27.2	28.1	▲41.4	26.8	29.9
4	27.3	▲37.0	27.5	● 7.4	23.4	24.5
5	5.9	● 5.4	7.1	6.9	▲ 7.5	6.6
6	●12.0	21.4	13.5	19.9	▲26.6	18.7
Average by time	18.0	21.0	19.8	18.3	21.7	

Eleven-fold determinations were made in each person.

The minimum (●) and maximum (▲) coefficients of variation (CV%) in each person are indicated.

Table 2 Within-run reproducibility transepidermal water-loss assay by Tewameter

(CV%, n=11)

/Time	9:00	11:00	13:00	15:00	18:00	
<u>Forearm</u>						
Volunteer No.						Average
1	6.8	▲28.3	7.3	● 6.5	8.5	11.5
2	▲ 9.7	● 7.0	7.8	8.2	8.1	8.1
3	● 4.5	6.8	▲15.8	9.4	6.3	8.6
4	● 1.5	4.8	▲ 5.8	4.9	5.3	4.5
5	5.5	● 5.0	● 5.0	▲ 6.1	5.7	5.5
6	▲ 6.6	● 2.9	3.7	3.8	4.4	4.3
Average by time	5.8	9.1	7.6	6.5	6.4	
<u>Leg</u>						
1	● 5.8	▲ 9.8	7.0	6.3	7.8	7.3
2	4.1	▲ 6.7	4.3	● 2.8	3.8	4.3
3	5.1	● 4.4	5.1	4.0	●29.1	9.5
4	● 4.4	● 4.4	7.2	6.9	▲11.4	6.9
5	3.8	▲ 4.0	3.7	3.7	● 3.4	3.2
6	4.6	▲ 5.5	3.6	● 2.9	3.6	4.0
Average by time	4.6	5.8	5.2	4.4	9.9	

Eleven-fold determinations were made in each person.

The minimum (●) and maximum (▲) coefficients of variation (CV%) in each person are indicated.

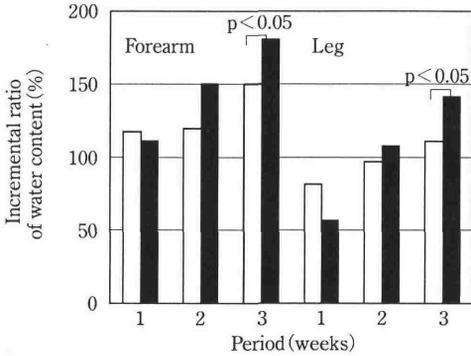


Figure 1 Changes in the water content in the stratum corneum by topical use of rice ceramide (n=23).

The water content in the stratum corneum of the forearms and legs was measured by Skicon-200 over 3 weeks as ceramide gel was applied topically by 23 healthy volunteers. Data were expressed as incremental ratio (black column) of the result to the baseline value in comparison with that after using the placebo (white column).

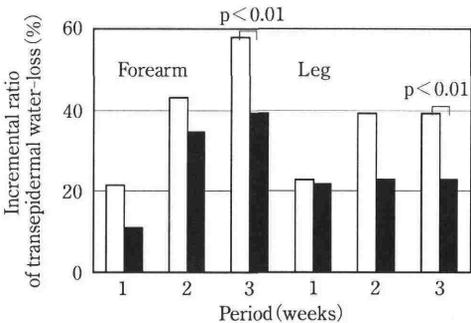


Figure 2 Changes in the transepidermal water-loss by topical use of rice ceramide (n =23).

The transepidermal water-loss of the forearms and legs was measured by Tewameter over 3 weeks as ceramide gel was applied topically by 23 healthy volunteers. Data were expressed as incremental ratio (black column) of the result to the baseline value in comparison with that of the placebo (white column).

セラミド経口投与試験の20mg/日投与群ではプラセボ群と比較して角層水分量の増加率(%)に有意差は認めなかった。一方、40mg/日投与群の3週間後の角層水分量増加率(%)にはプラセボ群、20mg/日投与群との間に有意差が認められた(前腕内側：335%

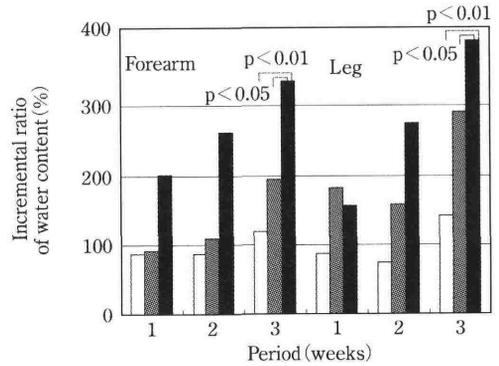


Figure 3 Changes in water content in the stratum corneum by oral administration of corn ceramide.

The water content in the stratum corneum of the leg was measured by Skicon-200 over 3 weeks as 20mg (gray column) or 40mg/day (black column) of ceramide was given orally to 23 healthy volunteers. Data were expressed as incremental ratio of the result to the baseline value in comparison with that of the placebo (white column).

vs. 119%, $p < 0.01$, and 335% vs. 194%, $p < 0.05$, 下腿内側：394% vs. 141%, $p < 0.01$, and 394% vs. 290%, $p < 0.05$) (Fig. 3)。セラミドの経口投与による3週間後の水分蒸散量増加率は、20mg/日ではプラセボ群と比較して有意差は認めなかったが、40mg/日投与群ではプラセボ群と比較して前腕内側で24% vs. 68% ($p < 0.05$), 下腿内側で14% vs. 69% ($p < 0.05$), また20mg/日群と比較しても前腕内側で24% vs. 45% ($p < 0.05$), 下腿内側で14% vs. 33% ($p < 0.05$)と有意に小さく、その効果は2週目以降に明らかとなった (Fig. 4)。

C. アンケート結果

自覚症状の変化は、すべすべ感の増加や肌荒れ感の改善がセラミド塗布で6/23例(26%), 経口投与で8/16例(50%)において認められ、塗布群での角層水分量の増加と表皮水分蒸散量の抑制という測定結果と関連がみられた。自覚症状の増悪を訴えた被験者は認められなかった。自覚症状に変化のみられなかったセラミド使用群においても角層水分量増加と水分蒸散量抑制効果が見られた。

III. 考 察

皮膚保湿効果の評価法として角層水分量測定装置 (Skicon-200) と表皮水分蒸散量測定装置 (Tewameter)

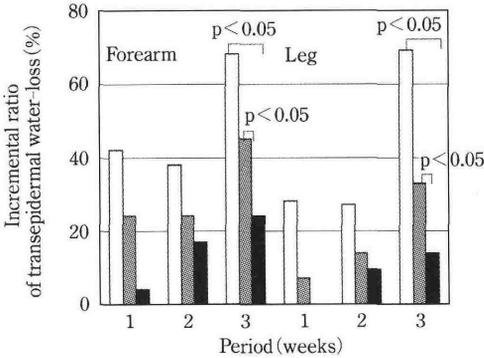


Figure 4 Changes in the transepidermal water-loss by oral use of corn ceramide.

The transepidermal water-loss of the forearm and leg was measured by Tewameter over 3 weeks as 20mg (gray column) or 40mg/day (black column) of ceramide was given orally to 23 healthy volunteers. Data were expressed as incremental ratio of the result to the baseline value in comparison with that after taking the placebo (white column).

を用いた測定の基礎的検討を行った。また、その結果に基づいて、植物性セラミド(米由来セラミド3%含有乳化液およびトウモロコシ由来セラミド3%含有粉末)の外用および内服による皮膚保湿効果を検討した。

皮膚保湿効果の評価において、気温や湿度など測定実施の環境は重要な影響因子となる²⁾¹²⁾¹³⁾。今回、測定する部屋の環境は、外気温の変化や天候に左右されないよう空調により室温と湿度を調節した。その結果、角層水分量と表皮水分蒸散量の測定法の同時再現性は、後者の方が優れていたが許容範囲であった。また、前腕・下腿、午前・午後で明らかな差は認めなかった。角層水分量と表皮水分蒸散量測定値の変動係数が大きくなる時間帯は個々の被験者によって異なっていた。その原因は明らかでなく、より安定した測定条件を検討する必要があると考えられた。測定の技術的変動要因に加え、今回の検討では、食事内容、服装、服薬、入浴等の生理的変動要因についても考慮した。その上で、季節変動にも着目した。すなわち、肌荒れまたは乾燥性皮膚疾患の防止における植物性セラミドの効果を知るため、低湿状態(平均最低湿度30%未満)となる冬場から春先にかけての期間

に試験を行った。また経口投与試験を実施した期間は、ちょうど外気温が上昇し始め、その影響を受けて表皮水分蒸散量が日ごとに増加していた時期にあたっていたと思われる、表皮水分蒸散量の抑制効果の評価に適していた。

皮膚の保湿機能の低下について、目視では角質層の剥離を示す皮膚表面の落屑・粉吹き・毛羽立ちがある。これらの症状が認められた被験者において、塗布試験および経口投与とともに症状増悪の予防または改善が確認された。自覚症状のない場合でも、既に皮膚表面の角層水分量は変化しており、皮膚乾燥症の予防には、自覚症状出現前の角質層での水分保持が重要である。このような微妙な変化は、角層水分量測定装置(Skicon-200)と表皮水分蒸散量測定装置(Tewameter)にて客観的に測定でき、植物性セラミドの外用・内服による皮膚の保湿効果は、角層水分量の増加と表皮水分蒸散量の抑制によって明らかにされた。

セラミド含有のわずかな減少は、冬季の低湿・乾燥状態で皮膚の柔軟性を低下させる。高齢者では、皮膚のセラミド含量が低下する機序に、角質層や表皮におけるセラミド分解酵素セラミダーゼの活性亢進が挙げられる。高齢者では経験的に下肢が特に乾燥しやすいため、今回、植物性セラミドの外用・内服において前腕に加え、下腿でも保湿効果が示されたことは意義がある。

皮膚角質層中に存在する水分は通常結合水(不凍水)として存在し、その約15%は、細胞間脂質によって保持されている。中でもセラミドは、水分保持機能やバリア機能を発揮するために必要な脂質二重層または層状構造を形成し、重要な役割を果たしている¹⁰⁾¹¹⁾。本研究では、植物セラミドの塗布のみならず経口投与によって角層水分量が保たれ、かつ表皮水分蒸散量が抑制されることが示された。植物性セラミドは、疎水性のため分解を受けにくく、経口投与した場合そのまま消化管で吸収される。消化管から血液に取り込まれたセラミドは、毛細血管を介して皮膚の角質層や角質細胞間脂質に分布して効果を発揮すると推測される¹⁴⁾¹⁵⁾。外用の場合塗布局所しか効果がないが、経口投与では、全身の表皮にセラミドまたは代謝物を補給することが可能であると考えられる。経口投与では、角層水分量の増加率と水分蒸散量の抑制率は、40mg/日投与群が20mg/日投与群より大きかった。したが

って経口投与で効果が少ない場合、投与量の増量
が有効と考えられた。今回使用した植物性セラミド
は、原料に米やトウモロコシを使用した天然製品か
らの抽出であり、合成セラミドや動物性セラミドに
比べ安全性の点で優れている。

保湿効果は、塗布および経口で投与2週目以降明
らかとなった。効果発現までの期間は、角質層が脱
落・再生する14日間と一致している。このような
皮膚角質の病態生理を考慮すると、効果の判定には
2週目以降が望ましいと考えられる。

角質層の保湿機能には、角質層内水分保持機能と
角層柔軟化機能が関わる。本研究では、前者を客観
的に測定し評価した。後者には、アミノ酸や尿素が
関与している。今後、これらとセラミドの併用にお
ける皮膚保湿効果の評価も必要と考えられる。さら
にセラミドは、皮膚の保湿効果のみならず、抗腫瘍
作用、白血球抑制作用、コラゲナーゼ抑制作用、リ
パーゼ抑制、チロシンキナーゼ抑制作用を持つこと
が知られている²⁾⁵⁾¹⁵⁾。今回、植物性セラミドが安全
に経口投与でき、全身の効果発現が確認できたこと
から、その生物学的活性の解明と有用性の評価に基
づき、化粧品を含む美容関連素材、栄養補助剤、機
能性食品などの素材として広く利用されることが期
待される。

IV. 結 語

皮膚保湿効果の評価における角層水分量測定装置
(Skicon-200)と表皮水分蒸散量測定装置(Tewameter)
の有用性が示された。これらの測定法により植物セ
ラミドの皮膚保湿効果を検討した結果、植物セラミ
ド局所皮膚塗布(米由来セラミド：ニップンセラミ
ドRC)のみならず経口投与(トウモロコシ由来セラ
ミド：ニップンセラミドCP)でも、角層水分量増加
と表皮水分蒸散量抑制によって皮膚保湿効果のある
ことが示された。皮膚保湿効果を目的とした医薬品
や健康(美容)食品の開発と臨床の有効性の検討は客
観的で適正な評価に基づいて行われることが望まれ
る。

文 献

- 1) Lati E. 植物性セラミドとその応用の現状. *Fragrance J* 1995; 1: 81-9.
- 2) 大橋元次. 皮膚保湿効果の測定法とその評価. *Fragrance J* 2000; 17: 61-70.
- 3) 濱中すみ子. QOLをたかめる皮膚科治療 理論と実
際. 保湿剤 セラミド. *皮膚科の臨床* 2002; 44:
1231-8.
- 4) 張 慧利. 米由来セラミド(スフィンゴ糖脂質)含有
食品における美肌効果の臨床的検討 三次元的画像
解析による客観的評価. *新薬と臨床* 2002; 51: 890-
900.
- 5) Aida K, Takakuwa N, Kinoshita M, Sugawara T, Imai
H, Ono J, et al. *Advanced Research on Plant Lipids*.
Netherlands: Kluwer Academic Publishers; 2003.
p.233-6.
- 6) 大西正男, 伊藤精亮. 植物スフィンゴ脂質の構造特
性と低温耐性. *日本油化学学会誌* 1997; 46: 1213-25.
- 7) Uchida Y, Hara M, Nishio H, Sidransky E, Inoue S,
Otsuka F, et al. Epidermal sphingomyelins are precur-
sors for selected stratum corneum ceramides. *J Lipid*
Res 2000; 41: 2071-82.
- 8) Imokawa G, Akasaki S, Kawamata A, Yano S, Takaishi
N. Water-retaining function in the stratum corneum
and its recovery properties by synthetic pseudocera-
mides. *J Sci Cosmet Chemists* 1989; 40: 273-85.
- 9) 芋川玄爾. 角層のバリアー機能. *日本皮膚科学会雑
誌* 200; 110: 1829-30.
- 10) 濱中すみ子. 皮膚の糖脂質とその機能. *日本皮膚科
学会雑誌* 2002; 112: 107-15.
- 11) Coderch L, López O, De La Maza A, Parra JL. Cera-
mides and skin function. *Am J Clin Dermatol* 2003; 4:
107-29.
- 12) Tagami H, Ohi M, Iwatski K. Evaluation of the skin
surface hydration in vivo by electrical measurement. *J*
Invest Dermatol 1980; 75: 500-7.
- 13) Pinnagoda J, Tupker RA, Agner T, Serup J. Guidelines
for transepidermal water loss (TEWL) measurement.
Contact Dermatitis 1990; 22: 164-78.
- 14) Schmelz EM, Crall KJ, Larocque R, Dillehay DL,
Merrill Jr. AH. Uptake and metabolism of sphingolip-
ids in isolated intestinal loops of mice. *J Nutr* 1994;
124: 702-12.
- 15) Aida K, Kinoshita M, Tanji M, Sugawara T, Tamura M,
Ono J, et al. Prevention of aberrant crypt foci forma-
tion by dietary maize and yeast cerebrosides in 1,2-
dimethylhydrazine-treated mice. *J Oleo Sci* 2005; 54:
45-9.