日本人若年成人女性における DHA 含有豆乳摂取による抗肥満効果の検討

上 西 一 弘^{*1}, 根 岸 由 紀 子¹, 松 田 早 苗¹
古 賀 憲 治², 鈴 木 久 乃¹, 菅 原 龍 幸³, 香 川 靖 雄¹

(2001年12月6日受付; 2002年9月9日受理)

要旨: DHA 含有魚油と豆乳を組み合わせた食品の摂取による, ヒトにおける抗肥満効果を身体組成, 安静時代謝量の面から検討した。健康な女子大学生 34 名 (年齢 18-22 歳) を 2 群に分け, 1 群には 1 本 200 mL 中に DHA が 1,000 mg 含まれるように DHA 含有魚油を含む DHA 含有豆乳 (以下試験飲料) を, もう 1 群には魚油の代わりにコーン油を含む対照飲料を 6 週間摂取させた。その結果, 試験飲料, 対照飲料摂取両群ともに 6 週間の摂取後に体重が減少し, その結果 BMI も減少した。体重減少の内訳は試験飲料群では体脂肪量および除脂肪体重の両方, 対照飲料群では除脂肪体重の減少であった。臍水平断面の CT スキャンによる内臓脂肪と皮下脂肪面積をみると対照飲料摂取群では試験前後で差はみられなかったが, 試験飲料摂取群では皮下脂肪面積が有意に減少, 内臓脂肪面積も減少傾向にあった。安静時代謝量は試験飲料摂取群では 3 週間後に増加傾向, 6 週間後には有意に増加した。一方, 対照飲料摂取群は有意な変動はみられなかった。以上の結果より DHA 含有豆乳摂取による安静時代謝量の亢進を伴う抗肥満効果が示された。

キーワード: 豆乳, DHA, 抗肥満効果, 安静時代謝量, 内臓脂肪

肥満は生活習慣病の基礎疾患となりうるもので, その予防および是正は重要である¹⁾。とくに腹部の内臓脂肪の蓄積は高血圧や糖尿病の危険因子として問題となることが知られている²⁾。

肥満は摂取エネルギーの消費エネルギーに対する過剰により引き起こされるが, エネルギー消費量には個人差がみられる。たとえば基礎代謝量, 安静時代謝量は除脂肪体重 (LBM) に比例するといわれており, 同性, 同年齢で比較した場合でも, LBM の多い者ほど基礎代謝量, 安静時代謝量は高い。しかし, 同じ LBM 量でも安静時代謝量に差がみられる場合もあり, この場合には量に加え, 質の関与も考えられる。

魚油に含まれる n-3 (ω -3) 系多価不飽和脂肪酸であるエイコサペンタエン酸 (eicosapentaenoic acid: EPA) やドコサヘキサエン酸 (docosahexaenoic acid: DHA) の血清脂質改善作用が報告されている³⁾⁴⁾。近年, それらに加え DHA による脱共役タンパク質 (uncoupling protein: UCP), 褐色脂肪組織を介した抗肥満効果が動物実験によって確認されており⁵⁾, ヒトでの効果も期待できる。

一方, 大豆タンパク質による血清脂質改善効果もすでに認められている⁶⁾⁷⁾。さらに大豆タンパク質摂取によ

る減量時の基礎代謝量低下の抑制を示唆する報告もある⁸⁾。

本研究の目的は DHA 含有魚油と豆乳 (大豆タンパク質) を組み合わせた食品の摂取による, ヒトにおける抗肥満効果を身体組成, 安静時代謝量および血清脂質の面から検討することである。

方 法

対象者は健康な女子大学生 34 名 (年齢 18-22 歳) であり, 本研究に対して十分な説明を行い, 同意書に署名捺印の得られた者である。本研究は香川栄養学園医学倫理委員会の承認を得て実施した。

対象者を体格, 血清脂質等が等しくなるように DHA 含有豆乳摂取群 17 名, 対照群 17 名の 2 群に分けた。本試験は二重盲検試験デザインで実施し, スタッフおよび対象者はどちらの飲料を摂取しているかはわからないようにした。

飲料組成およびその脂肪酸組成を Table 1 に示した。試験飲料の DHA 含有豆乳は 1 本 200 mL 中に DHA が 1,000 mg 含まれるように DHA 含有魚油を含むもので, 対照飲料は魚油の代わりにコーン油を含むものである。ここで用いた DHA 含有魚油はその含有量の多さからマ

* 連絡者・別刷請求先

¹ 女子栄養大学 (350-0288 埼玉県坂戸市千代田 3-9-21)

² 朝日食品工業株式会社 (361-0056 埼玉県行田市持田 2-17-8)

³ 聖徳大学 (271-8555 千葉県松戸市岩瀬 550)

Table 1 Composition of the test drink (DHA (+)) and the control drink (DHA (-)).

	Test drink	Control drink
Energy (kcal/200mL)	146	144
Water (g/200mL)	179.4	179.8
Protein (g/200mL)	6.0	6.0
Fat (g/200mL)	8.9	8.9
Carbohydrate (g/200mL)	10.7	10.3
Sodium (mg/200mL)	108.0	108.0
DHA (mg/200mL)	1010	0
Fatty acid composition (%)		
14:0	1.9	
15:0	0.4	
16:0	14.8	10.7
16:1	2.7	
17:0	0.5	
17:1	0.4	
18:0	4.4	2.9
18:1	21.0	25.4
18:2 (n-6)	23.8	56.0
18:3 (n-3)	3.6	3.8
18:4	0.5	
20:0	0.3	0.4
20:1	1.9	0.2
20:4 (n-6)	1.0	
20:5 (n-3)	4.0	
22:0	0.3	0.2
22:1	1.1	
22:5 (n-6)	0.6	
22:5 (n-3)	0.9	
22:6 (n-3)	13.0	
24:0		0.2
24:1	0.5	

DHA, docosahexaenoic acid.

グロ頭部油を原料として、脱ガム、脱酸、脱色、さらに分子蒸留法による脱臭を行い高度に精製されたトリグリセリドである。豆乳は水浸漬大豆を磨砕、いわゆる生しぼり方式で濾過後加熱して調製した。本試験に用いたDHA含有豆乳は上記精製DHA含有魚油と豆乳とをホモジナイザーにより乳化混合し、コーヒーエキスなどで調味後、加熱殺菌し、再度均質化して紙容器に無菌充填したものである。用いたDHA含有魚油はそのままではほとんど魚臭を感じることはなかったが、豆乳と乳化混合することによって安定化し、低温保存3カ月間で油分の分離、魚臭の発生などはまったくみられなかった。対照の飲料はDHA含有魚油の代わりにコーン油を用い試験飲料と同様の工程で調製した。試験飲料と対照飲料は外観、風味ともまったく区別がつかなかった。

両群の対象者が6週間にわたり1日1本の試験飲料または対照飲料を摂取した。試験開始時、摂取開始3週間後および試験終了時(6週間後)の身長、体重、安静時代謝量、試験開始時および終了時の体脂肪率、臍水平断

面の皮下脂肪および内臓脂肪面積を測定した。また、試験開始時、摂取開始3週間後および試験終了時の早朝空腹時に採血を行い血清脂質および甲状腺ホルモンの値を測定した。試験開始前2週間および試験中は秤量法による食事記録の記入を依頼し、試験開始直前および試験終了1週間前の各3日間の食事記録から4訂日本標準食品成分表より摂取エネルギー量を算出した。

1. 各測定方法

身長、体重は常法により測定した。安静時代謝量は食後2時間以上経過した後、30分間ベッド上で仰臥位安静を行い、脈拍数が安定したことを確認した上で、フード法(カロリースケール、チェスト社製)により15分間測定し、後半10分間の平均値を用いた。体脂肪率は多周波8電極製インピーダンス式体組成計(InBody 3.0、バイオスペース社製)を用いて測定した。なお、3回の体重、体脂肪率の測定は午前中、排尿後に行った。臍水平断面の皮下脂肪および内臓脂肪面積はCTスキャン(LEMAGE-SX GE 横河メディカル社製)により測定、皮下脂肪面積、内臓脂肪面積およびその比を算出した。血清脂質および甲状腺ホルモンの測定は(株)SRLに依頼した。

2. 統計処理

データは平均値±標準偏差で示した。2群間の比較にはStudentの*t*-testを、群内の経時的変化の比較にはpaired *t*-testを用い、 $p < 0.05$ を有意差ありとした。

結 果

対象者の身長、体重、BMI、体脂肪率、体脂肪量、除脂肪体重をTable 2に示した。試験飲料摂取、対照飲料摂取両群ともに6週間の摂取後に体重が減少し、その結果BMIも減少した。体重減少の内訳は試験飲料群では体脂肪および除脂肪体重の両方、対照飲料群では除脂肪体重の減少であった。

臍水平断面のCTスキャンによる内臓脂肪と皮下脂肪面積をFigure 1, 2に示した。対照飲料摂取群では試験前後で差はみられなかったが、試験飲料摂取群では皮下脂肪面積が有意に減少、内臓脂肪面積も減少傾向にあった。皮下脂肪/内臓脂肪面積比は両群ともに変動はみられなかった。

Figure 3に試験開始時、飲料摂取後3週間および6週間後の安静時代謝量を示した。試験飲料摂取群では3週間後に増加傾向、6週間後には有意に増加した。一方、対照飲料摂取群は有意な変動はみられなかった。なお、個人間変動が大きいため2群間の比較ではどの時点でも有意差は認められなかった。

Table 3に血清総コレステロール、HDL-コレステロール、中性脂肪の値を示した。対照飲料摂取群では飲料摂取後3週間で血清総コレステロール、HDL-コレステロールの値が減少し、6週間後も低値を維持していた。しかし、中性脂肪は飲料摂取後3週間で上昇し、6

Table 2 Changes in height, weight, BMI, and body composition during ingestion of the soy milk with or without DHA.

	DHA(+) group		DHA(-) group	
	0 week	6 week	0 week	6 week
Height (cm)	158.2±4.3	158.0±4.1	157.8±2.4	158.0±2.5
Weight (kg)	54.6±5.6***	53.3±5.3	52.5±5.5**	51.9±5.3
BMI	21.8±2.0***	21.4±1.9	21.1±2.0**	20.8±1.9
BF% (%)	26.9±3.7	26.6±3.9	27.2±4.0	27.3±4.4
BF (kg)	14.8±3.0*	14.3±3.0	14.4±3.5	14.4±3.6
LBM (kg)	39.8±3.5**	39.0±3.2	38.1±2.5*	37.5±2.2

Values are means±SD. BF, body fat; LBM, lean body mass. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ between 0 and 6 week (by paired t -test). No significant difference was obtained between DHA(+) and DHA(-) groups in the same week (by t -test).

Figure 1 Changes in subcutaneous fat area during ingestion of the soy milk with or without DHA. Each point and vertical bar indicates means±SD for 17 subjects. Statistical analysis was made by paired t -test. No significant difference was obtained between DHA(+) and DHA(-) groups in the same week (by t -test). **Figure 2** Changes in visceral fat area during ingestion of the soy milk with or without DHA. Each point and vertical bar indicates means±SD for 17 subjects. Statistical analysis was made by paired t -test. No significant difference was obtained between DHA(+) and DHA(-) groups in the same week (by t -test). **Figure 3** Changes in resting energy expenditure during ingestion of the soy milk with or without DHA.

Each point and vertical bar indicates means±SD for 17 subjects. Statistical analysis was made by paired t -test. No significant difference was obtained between DHA(+) and DHA(-) groups in the same week (by t -test).

週後も高値を維持していた。一方、試験飲料摂取群では有意な変動はみられなかった。

試験期間中の甲状腺ホルモンの値を Table 4 に示した。T3 は両群ともに摂取後 3 週間で上昇し、6 週目も高値であった。free の T3 も有意ではないものの同様の傾向を示した。一方、T4 は試験飲料摂取群では 3 週目に有意に上昇、6 週目も高値を維持していたが、対照飲料摂取群では 3 週目は有意に上昇していたが 6 週目には低下傾向にあった。free の T4 は両群とも 3 週目に増加、6 週目には元の値に戻っていた。

試験開始前 3 日間および試験終了 1 週間前（摂取開始後 5 週間）3 日間の食事記録から算出したエネルギー摂取量および PFC の割合を Table 5 に示した。試験終了 1 週間前の数値は飲料摂取による量を加えた数値である。エネルギー摂取量および PFC の割合は両群とも試験開始前後で変動はみられなかった。また、両群間にも有意差はみられなかった。

Table 3 Changes in serum cholesterol and triglyceride concentrations during ingestion of the soy milk with or without DHA.

	DHA(+) group			DHA(-) group		
	0 week	3 week	6 week	0 week	3 week	6 week
TC (mg/dL)	174.6±27.5	173.9±19.4	172.5±26.3	176.6±29.5	167.7±29.1**	168.1±23.2**
HDL-C (mg/dL)	68.5±12.0	67.7±8.9	65.8±10.1	64.7±13.3	60.2±11.5*,®	59.2±12.8*
TG (mg/dL)	49.4±11.5	59.0±18.3	50.1±18.1	52.6±28.4	71.8±41.9*	71.2±40.8*

Values are means±SD. ***,**Indicate significant difference from 0 week; * $p<0.05$, ** $p<0.01$ (by paired t -test).

®Indicates significant difference from DHA(+) group in the same week ($p<0.05$, by t -test).

Table 4 Changes in serum thyroid hormone concentrations during ingestion of the soy milk with or without DHA.

	DHA (+) group			DHA (-) group		
	0 week	3 week	6 week	0 week	3 week	6 week
T3 (ng/mL)	0.92±0.07	1.01±0.13**	1.03±0.11***	0.95±0.13	1.03±0.11**	1.05±0.13***
Free T3 (pg/mL)	2.69±0.25	2.80±0.20	2.78±0.18	2.79±0.40	2.93±0.25	2.88±0.28
T4 (ug/dL)	7.72±0.67	8.44±1.00**	8.48±1.16**	8.00±1.12	8.58±1.14*	8.27±1.14
Free T4 (ng/dL)	1.24±0.15	1.32±0.15*	1.25±0.20®	1.26±0.21	1.31±0.25**	1.23±0.22

Values are means±SD. ***,**Indicate significant difference from 0 week; * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$ (by paired t -test). ®Indicates significant difference from 3 week ($p<0.05$, by paired t -test). No significant difference was obtained between DHA (+) and DHA (-) groups in the same week (by t -test).

Table 5 Energy intake and PFC ratio during ingestion of the soy milk with or without DHA.

	DHA(+) group		DHA(-) group	
	0 week	6 week ^a	0 week	6 week ^a
Energy intake(kcal/day)	1705±298	1682±233	1791±212.0	1782±314
PFC% P*	14.2±2.0	13.8±1.4	14.6±1.7	14.0±2.2
F*	32.4±4.8	33.6±3.8	32.1±3.8	35.3±3.3
C*	51.4±4.4	51.0±3.4	51.9±4.1	49.4±3.6

Values are means±SD. ^aThese values include the test drink or control drink. No significant difference was obtained between 0 and 6 week in each group (by paired t -test) and between DHA(+) and DHA(-) groups in the same week (by t -test). *P, protein; F, fat; C, carbohydrate.

考 察

6週間の飲料摂取により、試験飲料および対照飲料摂取の両群ともに体重の有意な減少が認められ、その結果BMIも有意に減少した。減少した体重の内訳は試験飲料では体脂肪と除脂肪体重の両方、対照飲料では体脂肪の減少は認められず除脂肪体重の減少のみであった。試験期間中のエネルギー摂取量は両群ともに豆乳摂取による分は減少していたが、飲料摂取分を加えるとほとんど変わらないことから、体重減少が摂取エネルギーの減少によるものとは考えられない。エネルギー摂取量が減少していないにもかかわらず除脂肪体重が減少した理由は不明だが、豆乳による効果とともに、本試験が6月から8月にかけて行われたことから、季節による変動なども一部は考慮する必要があるだろう。

臍水平断面のCTスキャンから算出した皮下脂肪は試験飲料摂取群で有意に減少していた。また内臓脂肪面積

も試験飲料摂取群では減少傾向にあった。対照飲料摂取群では変動は認められなかった。今回の対象者は健康な女子大学生であり、試験開始時の皮下脂肪面積、内臓脂肪面積ともに極度に大きい者はいなかったが、それでも試験飲料摂取により減少が認められたことは注目に値する。腹部脂肪の多い対象者での効果が期待できる。Hainault *et al.* はラットに魚油とラードを混合した高脂肪飼料（魚油1：ラード2）を16-20日間投与したところ、高脂肪ラード食投与群と比べて、皮下脂肪および腹腔内脂肪が20-30%抑制されたことを報告している⁴⁾。またKawada *et al.* はラットにDHA含有量の多いカツオ油を9週間摂取させたところ、ラードと比較し体脂肪とくに腹腔内脂肪量が少なく、このとき褐色脂肪組織中のUCPタンパクの発現量が増大したことを報告している⁵⁾。DHAはEPAとともに、肝臓での脂肪酸の β 酸化亢進、遺伝子発現レベルにまでさかのぼるトリグリセリド合成阻害およびコレステロール合成阻害など脂質代

謝に及ぼす作用が知られている⁹⁻¹¹⁾。これらの作用が肥満すなわち脂肪細胞への脂肪の過剰蓄積に対して抑制的に働くことは十分に考えられる。

また、酸化リン酸化の脱共役によってエネルギーを熱に変換する UCP の遺伝子およびタンパク質の発現を DHA が促進することが最近相次いで報告されており¹¹⁻¹⁴⁾、DHA がヒトの安静時代謝量の増大をもたらすという今回われわれが明らかにした事実は、DHA がヒトの UCP の発現を促し、体熱産生を増大させたことを示している可能性がある。

試験飲料摂取群の安静時代謝量は摂取後 3 週間で増加傾向を示し、6 週間では有意に増加していた。一方、対照飲料摂取群では変動は認められなかった。DHA 含有豆乳摂取により安静時代謝量が増加するメカニズムについては不明であるが、先の Kawada *et al.* の報告にみられるように UCP を介する熱産生も考えられる。褐色脂肪組織は熱産能力に富む組織であり、UCP1 はラットの褐色脂肪細胞に多く発現し、これがラットのエネルギー消費に重要な役割を果たしていることが知られている¹⁵⁾。ヒトとくに成人の場合に褐色脂肪組織がどの程度存在し、どの程度機能しているかは不明とされてきたが、近年ヒトで UCP2、UCP3 がクローニングされヒトでも発現していることが確認された¹⁶⁾¹⁷⁾。また、ヒトの UCP3 を骨格筋に過剰発現させたトランスジェニックマウスが過食とやせを呈したことが報告されており¹⁸⁾、ヒトにおいても UCP が肥満形成に重要な役割を果たしていると考えられる。したがって、DHA 摂取が UCP の発現を介して、エネルギー消費に影響している可能性が考えられる。また今回甲状腺ホルモンを測定したところ、摂取 3 週間後には両群ともにその値が有意に上昇していた。しかし、試験飲料摂取群の方がその上昇は顕著であった。この機序については不明だが、DHA 摂取により、何らかのメカニズムにより甲状腺ホルモン分泌が亢進し、その結果安静時代謝量が増加したことが推察される。さらに安静時代謝量の増加によるエネルギー消費量の増加の結果、体脂肪量の有意な減少が観察されたものと考えられる。また、甲状腺ホルモンが UCP の発現を促進させることが報告されている¹⁹⁾²⁰⁾。すなわちラットでは T3 の投与により心臓、骨格筋、白色および褐色脂肪組織における UCP2 の mRNA の発現が増えることが報告されている。また骨格筋の UCP3 が T3 の投与によって強く誘導される。これらのことから甲状腺ホルモンが UCP を介してエネルギー消費に関与していることが示唆される。

大豆タンパク質摂取による血清脂質低下作用に関しての報告は多い。Anderson *et al.* は 38 の報告を用いた META-ANALYSIS により、1 日平均 47 g の大豆タンパク質摂取で、TC は 9.3%低下、LDL-C は 12.9%低下、TG は 10.5%低下するという結果を出している²¹⁾。今回の試験では豆乳という形態で、6 g の大豆タンパク

質を摂取させたが、DHA (－) グループでは TC、HDL-C の低下がみられた。正常範囲内ではあるが TG が上昇しているのは、2 回目、3 回目の測定時に他の者よりも著しく高値を示したものがいたためであり、標準偏差も大きくなっている。これらの者を除くと TG の上昇はほとんどみられない。一方、DHA (+) グループでは血清脂質に変化は観察されなかったが、この違いについては現在のところ不明である。

今回の試験の結果、DHA 含有豆乳はヒトに対して安静時代謝量の増加、全身および腹部の体脂肪量の減少効果を有することが観察され、生活習慣病の原因となる肥満の予防、是正に有効であることが示された。このような DHA による抗肥満効果に関するヒトを対象とした報告はなく、今回のわれわれの研究がはじめてである。今後は肥満者に対する投与や DHA が UCP の発現を促進させるメカニズムの解明が必要と考えられる。

Table 1 に示した脂肪酸組成のとおり、ここで用いた DHA 含有豆乳が対照飲料と最も異なる点は DHA 含有量の多さであることから、今回明らかになった生理作用の主たる活性成分は DHA と考えられるが、 α -リノレン酸、EPA など他の n-3 系多価不飽和脂肪酸との生理作用の違いは今後の研究課題である。

腹部 CT スキャンの撮影にご協力いただきました埼玉県坂戸中央病院関根迪弍院長、木村修技師に感謝申し上げます。

文 献

- 1) 森 保道, 門脇 孝 (1999) 肥満によって引き起こされる糖尿病. *Molec Med* **36**: 300-8.
- 2) 大内乗有, 中村 正 (1999) 肥満と動脈硬化—内臓脂肪症候群. *Molec Med* **36**: 319-24.
- 3) Schmidt EB, Varming K, Svaneborg N, Dyerberg J (1992) n-3 Polyunsaturated fatty acid supplementation (Pikazol) in men with moderate and severe hypertriglyceridaemia: A dose-response study. *Ann Nutr Metab* **36**: 283-7.
- 4) Hainault I, Carlotti M, Hajduch E, Guichard C, Lavau M (1993) Fish oil in a high lard diet prevents obesity, hyperlipemia, and adipocyte insulin resistance in rats. *Ann NY Acad Sci* **683**: 98-101.
- 5) Kawada T, Kayahashi S, Hida Y, Koga K, Nadochi Y, Fushiki T (1998) Fish (Bonito) oil supplementation enhances the expression of uncoupling protein in brown adipose tissue of rat. *J Agric Food Chem* **46**: 1225-7.
- 6) Sugano M, Yamada Y, Yoshida K, Hashimoto Y, Matsuo T, Kimoto M (1988) The hypocholesterolemic action of the undigested fraction of soybean protein in rats. *Atherosclerosis* **72**: 115-22.
- 7) 今泉勝巳 (1997) 各種栄養素の摂取とコレステロール代謝. 日本栄養・食糧学会誌 **50**, 391-395.

- 8) 小松竜史, 小松啓子, 白石美恵, 永田真人, 山岸稔 (1991) 大豆ペプチドまたはラクトアルブミン含有食が減量中の肥満児の基礎代謝ならびに食後産熱に及ぼす影響. 大豆たんぱく質栄養研究会会誌 **12**, 80-4.
- 9) Wong SH, Nestel PJ, Trimble RP, Strorer GB, Illman RJ, Topping DL (1984) The adaptive effects of dietary fish and safflower oil on lipid and lipoprotein metabolism in perfused rat liver. *Biochim Biophys Acta* **792**: 103-9.
- 10) Willumsen N, Hexeberg S, Skorve J, Lundquist M, Berge RK (1993) Docosahexaenoic acid shows no triglyceride-lowering effects but increases the peroxisomal fatty acid oxidation in liver of rats. *J Lipid Res* **34**: 13.
- 11) Baillie RA, Takada R, Nakamura M, Clarke SD (1999) Coordinate induction of peroxisomal acyl-coA oxidase and UCP-3 by dietary fish oil: A mechanism for decreased body fat deposition. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids* **60**: 351-6.
- 12) Tsuboyama-Kasaoka N, Takahashi M, Kim H, Ezaki O (1999) Up-regulation of liver uncoupling protein-2 mRNA by either fish oil feeding or fibrate administration in mice. *Biochem Biophys Res Commun* **257**: 879-85.
- 13) Hun CS, Hasegawa K, Kawabata T, Kato M, Shimokawa T, Kagawa Y (1999) Increased uncoupling protein 2 mRNA in white adipose tissue, and decrease in leptin, visceral fat, blood glucose, and cholesterol in KK-A^y mice fed with eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in addition to linolenic acid. *Biochem Biophys Res Commun* **259**: 85-90.
- 14) Cha SH, Fukushima A, Sakuma K, Kagawa Y (2001) Chronic docosahexaenoic acid intake enhances expression of the gene for uncoupling protein 3 and affects pleiotropic mRNA levels in skeletal muscle of aged C57BL/6NJcl mice. *J Nutr* **131**: 263-42.
- 15) Kopecky J, Clarke G, Enerback S, Spiegelman B, Kozak LP (1995) Expression of the mitochondrial uncoupling protein gene from the aP2 gene promoter prevents genetic obesity. *J Clin Invest* **96**: 2914-23.
- 16) Fleury C, Neverova M, Collins S, Raimbault S, Champigny O, Levi-Meyrueis C, Bouillaud F, Seldin MF, Surwit RS, Ricquier D, Warden CH (1997) Uncoupling protein-2: A novel gene linked to obesity and hyperinsulinemia. *Nat Genet* **15**: 269-72.
- 17) Boss O, Samec S, Paoloni-Giacobino A, Rossier C, Dulloo A, Seydoux J, Muzzin P, Giacobino JP (1997) Uncoupling protein 3: A new member of the mitochondrial carrier family with tissue-specific expression. *FEBS Lett* **408**: 39-42.
- 18) Claphan JC, Arch JRS, Chapman H, Haynes A, Lister C, Moor GB, Piercy V, Carter SA, Lehner I, Smith SA, Beeley LJ, Godden RJ, Herrity N, Skehel M, Changani KK, Hocking PD, Reid DG, Squires SM, Hatcher J, Trail B, Latcham J, Rastan S, Harper AJ, Cadenas S, Buckingham JA, Brand MD, Abuin A (2000) Mice overexpressing human uncoupling protein-3 in skeletal muscle are hyperphagic and lean. *Nature* **406**: 415-8.
- 19) Branco M, Ribeiro M, Negrao N, Bianco AC (1999) 3,5,3'-Triiodothyronine activity stimulates UCP in brown fat under minimal sympathetic activity. *Am J Physiol* **276**: E179-87.
- 20) Gong DW, He Y, Karas M, Reitman M (1997) Uncoupling protein-3 is a mediator of thermogenesis regulated by thyroid hormone, β 3-adrenergic agonist, and leptin. *J Biol Chem* **272**: 24129-32.
- 21) Anderson JW, Johnstone BM, Cook-Newell ME (1995) Meta-analysis of the effects of soy protein intake on serum lipids. *N Engl J Med* **333**: 276-82.

J Jpn Soc Nutr Food Sci 55 : 339-345 (2002)

Anti-obesity Effect of Soy Milk Containing Docosahexaenoic Acid in Young Japanese Adult Women

Kazuhiro Uenishi,^{*,1} Yukiko Negishi,¹ Sanae Matsuda,¹ Kenji Koga,²
Hisano Suzuki,¹ Tatsuyuki Sugahara,³ and Yasuo Kagawa¹

(Received December 6, 2001 ; Accepted September 9, 2002)

Summary : We examined the anti-obesity effect of soy milk containing docosahexaenoic acid (DHA) on resting energy expenditure and body composition in young Japanese adult women. Thirty-four healthy young women aged 18-22 yr were divided into two groups. One group ingested soy milk containing 1,000 mg of DHA (test drink) and the other group ingested soy milk containing corn oil (control drink) daily for 6 weeks. In both groups, body weight and BMI decreased after 6 weeks. Body fat and lean body mass (LBM) decreased in the test drink group and only LBM decreased in the control drink group. In the test drink group, the area of subcutaneous fat was reduced significantly and the area of visceral fat showed a tendency to become lower, although no significant changes in either subcutaneous fat or visceral fat were observed in the control drink group. Resting energy expenditure in the test drink group had increased significantly by the end of the study, but no significant changes in resting energy expenditure were observed in the control drink group. These results show that the anti-obesity effect of soy milk containing DHA involves acceleration of resting energy expenditure.

Key Words : soy milk, docosahexaenoic acid, anti-obesity effect, resting energy expenditure, visceral fat area

* Corresponding author

¹ Kagawa Nutrition University, 3-9-21 Chiyoda, Sakado-shi, Saitama 350-0288, Japan

² Asahi Food Processing Co., Ltd., 2-17-8 Mochida, Gyoda-shi, Saitama 361-0056, Japan

³ Seitoku University, 550 Iwase, Matsudo, Chiba 271-8555, Japan.