

大豆ペプチド摂取の食事誘導産熱に及ぼす影響

EFFECTS OF SOY-PEPTIDE CONSUMPTION ON DIET INDUCED THERMOGENESIS

小松龍史（産業医科大学病院栄養部）

小松啓子（福岡県立大学）

山岸 稔（産業医科大学小児科）

Tatsushi KOMATSU¹, Keiko KOMATSU² and Minoru YAMAGISHI³

¹Department of Nutrition in Hospital, University of Occupational and Environmental Health, Kitakyushu 807

²Fukuoka Prefectural University, Tagawa 825

³Department of Pediatrics, University of Occupational and Environmental Health, Kitakyushu 807

ABSTRACT

The effect of nitrogen source on the thermic response was investigated in six male subjects. Each subject consumed four different test meals on a different day. The basal diet (BD) contained 800 kcal and 30 g of protein without protein supplement. The other three test meals contained 800 kcal and supplemented with 15 g of different nitrogen sources (total protein level is 45 g), such as lactalbumin (LA), soy protein isolate (SPI) and soy peptide (SPT). Energy expenditure (EE) was measured by indirect calorimetry using the Douglas bag technique before and 30-min intervals until 3 hours after test meal. Blood samples were collected before and 30 minutes after meal. All subjects showed a significant increase over base line in EE after all test meals. The cumulative increases in EE after meals were 29.9 ± 8.9 , 35.9 ± 9.0 , 34.6 ± 15.5 and 44.3 ± 10.8 kcal/3h for BD, LA, SPI and SPT, respectively, indicating no significant effect of nitrogen sources. The mean increments of plasma insulin and glucagon concentrations after meal were slightly larger in LA and in LA and SPT, respectively than in other meals. Compared to fasting level, plasma T_4 elevated after SPT meal while plasma T_3 did not change after all test meals. These data suggest that, though the effect of nitrogen source on the acute thermic response within 3 hours is not clear, T_4 induced by SPT meal may have some effect on chronic thermogenesis in long term over 24 hours. *Nutr. Sci. Soy Protein, Jpn.* **13**, 53-58, 1992.

食事摂取による熱産生亢進は古くから SDA として知られている。最近では過食時の熱産生亢進による過剰エネルギーの散逸が肥満の防止に役だっており、熱産生能は肥満者、非肥満者間で差があることが明らかにされている。このようなことから SDA を包含した食事誘導産熱の意義が改めて、問い直されている。

ところで、我々はこれまで小児の肥満治療において低エネルギー食(1000 kcal)に大豆たん白質(SPI)の酵素分解ペプチド(SPT)をたん白質補助食品として使用したところ、体重減少に伴う基礎代謝量の低下を抑制し、体脂肪の減少を促進する傾向があることを報告した^{1,2)}。またこの現象が他のいくつかのN源におい

てははっきりしないので、ペプチド態N源もしくは大豆ペプチド特有のものかもしれない^{2,3)}。

さて食事誘導産熱は食後数時間にわたり熱産生が亢進する短期的な現象（主に SDA）と持続的に基礎代謝を高めるような長期的な現象に分けて考えられる。従って上述したような大豆ペプチドによる基礎代謝減少の抑制効果は、食事誘導産熱のうちの後者に相当するものと考えられる。しかし長期的な効果であっても、摂取した成分によるものであるとすれば、摂取直後の短期的な変化が長期的な現象の引金となる可能性が大きい。そこで今回は摂食直後の熱産生や血液性状の変化を観察し、長期的な基礎代謝減少の抑制効果に結びつくシグナルが見られるかどうかを検討した。

実験方法

男子大学生 6 名を被験者とした (Table 1)。被験者は実験前日から宿泊施設に泊まり、10 時間以上絶食後、実験日早朝 6 時に起床し実験が開始された。Fig. 1. に示すように、起床後基礎代謝量を間接熱量測定法により測定した。測定に当たって被験者は安静仰臥位とし、ダグラスバッグに 5 分間採気した。採気後、採尿、採

血を行った後、再度食前のエネルギー消費量を測定した。測定後、ただちに試験食を摂らせた。食事に要する時間は 10～15 分とした。食事終了後 15 分時点でエネルギー消費量の測定を行い、その後食後 30 分時点から 30 分おきに 180 分時点まで測定した。食後の採血は摂食後 30 分の採気直前に実施した。採血は留置針を使用し、採血時の精神的動揺の影響を回避した。

実験期間は 4 日間で、毎日種類の違う試験食を摂取した (Table 2)。4 種類の試験食の内、基礎食 (BD) は日常摂取する食品で構成した。これに対して他の 3 種類の試験食は基礎食に N 源を補充したもので、N 源としてそれぞれ大豆たん白質 (SPI)、大豆ペプチド (SPT) およびラクトアルブミン (LA) を使用した。補充した量はたん白質として 15 g に相当する量とした。また全試験食とも 800 kcal に統一した。

摂食前後の血液性状に関してはグルコース、遊離脂肪酸、中性脂肪、遊離アミノ酸、インスリン、グルカゴン、甲状腺ホルモン (T_3 , T_4) 等を測定した。

結果

摂食後、どの試験食においても直ちにエネルギー消

Table 1. Characteristics of subjects

Subj.	Age	Sex	Ht cm	BW kg	BMI
A	20	m	171	61.5	21.0
B	20	m	166	56.7	20.6
C	20	m	170	68.0	23.5
D	20	m	170	58.5	20.2
E	24	m	166	58.6	21.3
F	21	m	166	57.8	21.0

Table 2. Food composition of test meal

	BD	LA	SPI	SPT
	<i>g</i>			
Cooked rice	270	230	240	230
Milk	200	200	200	200
Egg	55	55	55	55
Oil	2	2	2	2
Miso	12	12	12	12
Vegetables	130	130	130	130
Soybean curd	50	50	50	50
Mayonnase	10	10	10	10
Protein powder	—	20	18	20
Energy, kcal	796	809	804	804
Protein, g	27.3	40.7	40.8	40.8
Fat, g	27.1	27.9	26.9	26.9
Carbohydrate, g	105.1	96.4	95.4	95.4

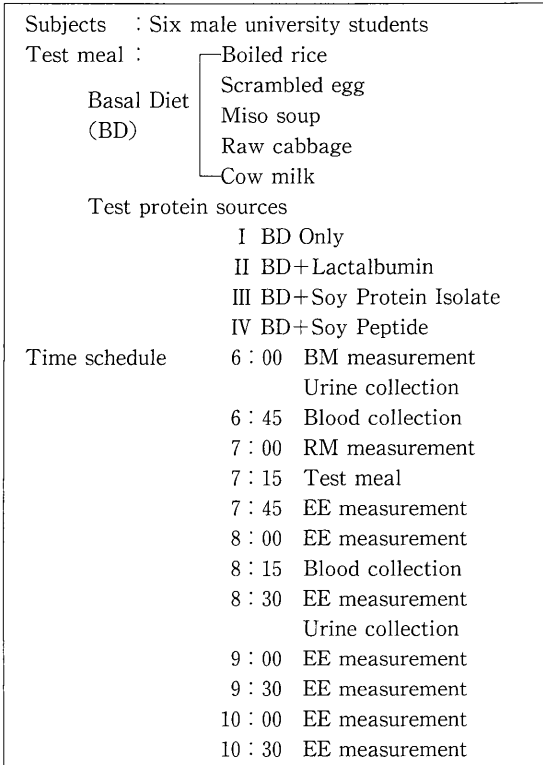


Fig. 1. Experimental design.

費量の亢進が認められた (Fig. 2)。摂食後30分ごろまではたん白質レベルのやや低い基礎食 (BD) は他のたん白質を補充した試験食よりはやや低い傾向がみられた。これに対し大豆たん白質 (SPI), 大豆ペプチド (SPT), ラクトアルブミン (LA) とも摂食15分頃から

ピークに近い上昇が観察された。全体的に SPT が最高値, LA, SPI が続き BD が最低値をとる傾向がみられたが, 最高最低の差は平均で10 kcal/h 程度で, 大きくはなかった。食後3時間のエネルギー消費増加量の累積値でみると SPT が44.3 kcal と最も多く, 最低が

Table 3. Changes in plasma glucose, TG and FFA concentrations before and 30-min after meal

		BD	LA	SPI	SPT
Glucose mg/dL	before	97±5 ¹	95±5	96±6	96±6
	after	160±21	137±22 ²	152±21	140±16 ²
TG mg/dL	before	114±39	151±57	133±65	114±38
	after	146±39	170±62	155±59	139±57
FFA mEq/L	before	0.25±0.08	0.25±0.08	0.30±0.09	0.32±0.04
	after	0.17±0.05	0.13±0.06	0.15±0.04	0.15±0.04

¹ Values are mean±SD

² Increment after meal was significantly different from BD (p<0.01)

Table 4. Changes in plasma insulin, glucagon and T₃ concentrations before and 30-min after meal

		BD	LA	SPI	SPT
Insulin μU/mL	before	7.2±2.1 ¹	8.5±2.7	7.7±1.3	7.1±2.3
	after	88.2±44.5	117.5±39.7 ²	93.2±28.1	91.3±34.8
Glucagon pg/mL	before	101±29	104±53	100±52	125±79
	after	95±38	144±62 ³	94±35	140±74
T ₃ ng/mL	before	1.2±0.1	1.1±0.2	1.1±0.1	1.1±0.2
	after	1.2±0.2	1.1±0.2	1.1±0.1	1.1±0.2

¹ Values are mean±SD

² Significantly different from SPT meal (p<0.05)

³ Significantly different from the value before meal (p<0.05)

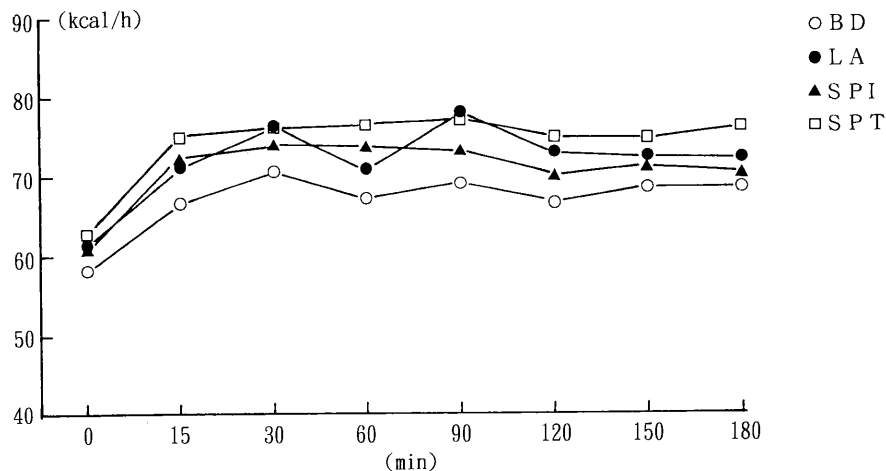


Fig. 2. Changes in energy expenditure after BD, LA, SPI and SPT meals.

BDの29.9 kcalであった (Fig. 3)。しかし4試験食間には有意な差は見られなかった。

血糖値は摂食後増加したが、糖質が多いBDの増加量がやや多く、LAとSPTはBDより有意に低値 ($p < 0.01$) であった (Table 3)。またインスリンの増加はLAが最も大きく、SPTと比べても有意に高値 ($p < 0.05$) を示した (Table 4)。一方、グルカゴンはLAのみが全例増加傾向を示したが他は減少する者もあり、平均的にはほぼ横ばいであった。遊離脂肪酸は空腹状態である食前が高く、食後は全例低下し、試験食による差は認められなかった。一方、甲状腺ホルモン (T_3 , T_4) については、測定し得た被験者についてのみであるが、 T_3 は殆ど変化はみられなかったものの (Table 3), T_4 はSPTにおいてのみ増加傾向が認め

られ、他は横ばいであった (Fig. 4)。

食事前後の血漿遊離アミノ酸の変化を3例について測定した (Fig. 5)。N源を補充しなかったBDにおいて、食前よりも明らかに増加したアミノ酸はアラニンのみで、他はほぼ横ばいであった。N源を補充した3種類の試験食ではほとんどのアミノ酸が食前に比べると増加した。増加の程度は平均のペプチド鎖が2~3のSPTが大部分のアミノ酸を最も大きく増加させた。特にバリン、ロイシン、リジン、アルギニン、アラニンなどが顕著に増加した。次にLAの増加程度が大きく、バリン、ロイシン、リジン、アラニンなどが顕著に増加した。SPIは上記2種のN源に比べると増加の程度は少なかった。

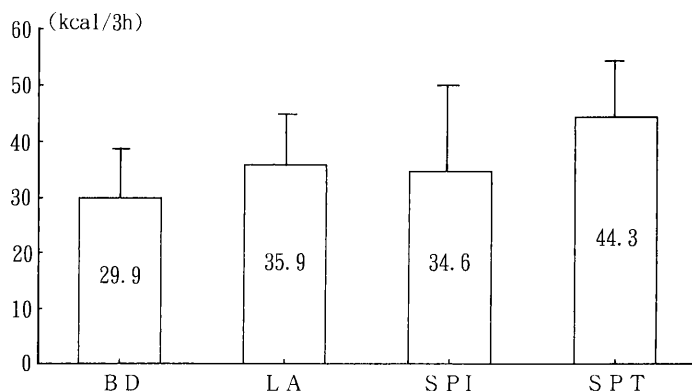


Fig. 3. Increment in energy expenditure above resting metabolic rate after BD, LA, SPI and SPT meals. Mean \pm SD.

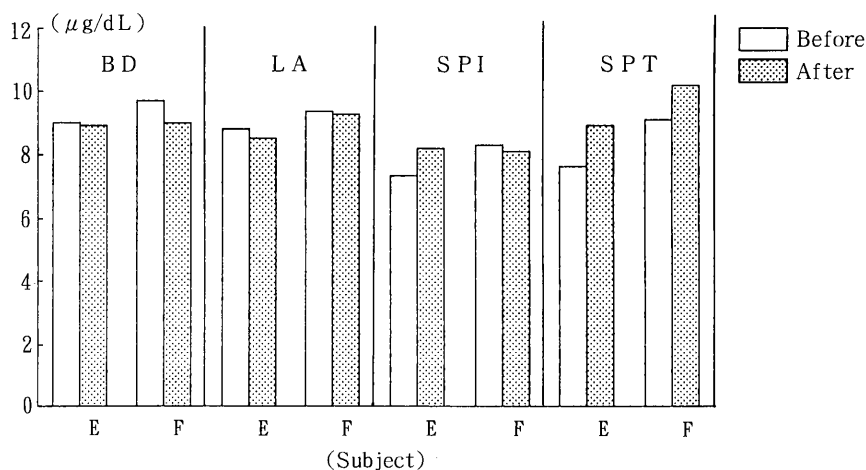


Fig. 4. Changes in plasma T_4 concentration before and 30-min after meal (subj. E and F).

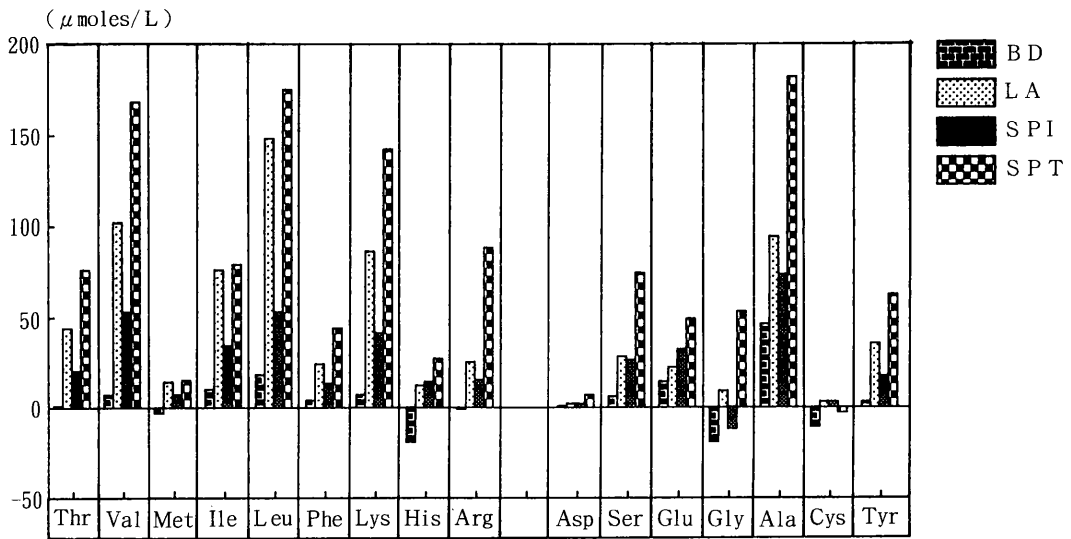


Fig. 5. Mean integrated plasma free amino acids to intake of test meal.

考 察

食事誘導産熱 (DIT) を考える際に、食事直後から数時間にわたって見られるいわゆる SDA とその後、24 時間単位で影響すると思われる長時間にわたる DIT 反応を見る必要があるかもしれない。特にこれまで我々が報告してきた、肥満治療の減量時における基礎代謝量の減少を抑制するような DIT 効果が大豆ペプチドにあるとすれば、SDA のような短時間の産熱亢進では十分に説明できない。しかし、長時間の DIT を誘導するシグナルは摂食というタイミングで発生するはずであり、SDA をおこさせる一連の生体反応の中にそのヒントがあるのではないかと考えられる。今回の実験は、そのような意味で 3 時間という短時間の観察ではあるが、それなりの意義があると考え。まず、短時間の SDA についてはたん白質レベルの最も低い BD (基礎食) が、最低値を示したのは当然であろう。他の 3 種の試験食は補充した N 源こそ異なるが、ほぼ同レベルのたん白質を含む。統計的な有意差は見られないが、食後 3 時間の累積値では大豆ペプチド (SPT) が最も高値を示した。この点については 6 時間におよぶ SDA の全体量を測定したわけではないので、ただちに SPT が他の N 源にくらべて SDA を高めるとは言えない。しかし吸収速度はペプチド態であるので最も早いと考えられ、SDA 反応が速やかに起こって来ることは想像できる。

一方、寒冷馴化ラットの交感神経系を不活性化させても褐色脂肪組織の熱産生を阻止できないことから、

何等かのホルモン性の調節が示唆されており⁴⁾、同様の産熱機構が予想されている DIT についても交感神経系の調節だけでなく内分泌性調節も無視できないと考えられる。そこで関連性が予測されるインスリン、グルカゴン、甲状腺ホルモンを本実験において測定した。インスリンは摂食後増加した。なかでもラクトアルブミン (LA) の増加の程度が高かった。そのためかグルコースの増加レベルは LA が低値を示した。一方、グルカゴンは LA が全例食前より増加し、SPT も 1 例を除き増加した。しかし他の N 源の場合は食前との差は殆ど無かった。高糖質食を摂取するとインスリンが増加し、グルカゴンの分泌が抑制されるが、たん白質を多く含む場合、その吸収過程で放出されるパンクレオザイミンや、アラニン、アルギニンなどのアミノ酸が分泌刺激になる。血液中への各種遊離アミノ酸の増加が大きかったのは SPT と LA であり、グルカゴンの増加が認められたのはそのためかも知れない。グルカゴンは脂肪組織のアデニール・サイクラーゼの活性を高め、脂肪分解を増すことから SPT や LA の食後数時間の DIT 反応に影響を与えているかも知れない。つぎに甲状腺ホルモンのうち T_3 が強力な代謝亢進作用があるが、 T_4 はその効果が現れるまでに数時間あるいはそれ以上の潜時がありその後かなり長時間効果が持続するといわれている。従って、 T_3 と T_4 では全く異なるとらえかたをしなければならない。本実験においては、 T_3 は食事前後で全く変化がなかったが、 T_4 を測定した 2 例とも SPT のみに増加がみられた。このことは摂食直後の DIT 反応に甲状腺ホルモン

の寄与が見られないものの、減量時の基礎代謝減少を抑制する SPT の効果に T_4 が寄与しているかも知れない。

次に T_4 の分泌刺激はどのように発生するのが問題になる。一般に TSH の放出に対しては気温、情動ストレス、妊娠、年齢、ヨード摂取などが影響するらしい。しかし 1 回の摂食やその食事組成が何等かの影響を与えるかどうかは不明である。今回の成績では、SPI 摂取により短時間に血液中に遊離アミノ酸が増加したことが特徴的であり、これらのアミノ酸や速やかなアミノ酸、ペプチドの吸収などがシグナルとなって視床下部からの TRH 放出を促しているのかも知れない。とりあえず今回の成績からは T_4 が SPT の基礎代謝減少の抑制効果に何等かの貢献をしている可能性が示唆された。

文 献

1) 小松龍史, 小松啓子, 松尾美恵, 永田真人, 山岸

稔 (1989): 小児肥満治療におけるエネルギー制限食に対する大豆ペプチドの N 補充効果. 大豆たん白質栄養研究会会誌, **10**, 84-88.

2) 小松龍史, 小松啓子, 松尾美恵, 永田真人, 山岸稔 (1990): 小児肥満治療におけるエネルギー制限食に対する大豆ペプチドと乳清たん白質補充のエネルギー, たん白質, 脂質代謝への影響の比較. 大豆たん白質栄養研究会会誌, **11**, 98-103.

3) 小松龍史, 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. 大豆たん白質栄養研究会会誌, **12**, 80-84.

4) Kiang-Ulrich M and Horvath SM (1980): Effects of cold acclimation and 6-OHPA sympathectomy on cold tolerance of bilaterally adrenalectomized rats. *J Therm Biol*, **5**, 179-183.