

成人男子における分離大豆たん白質への L-メチオニン補足効果—低たん白質食の場合—

NUTRITIVE EFFECTS OF L-METHIONINE SUPPLEMENT TO THE SOY PROTEIN ISOLATE IN HUMAN BODY —ON THE CASE OF LOW PROTEIN LEVEL—

小石秀夫・奥田豊子・三好弘子・尾井百合子（大阪市立大学生生活科学部）

Hideo KOISHI, Toyoko OKUDA, Hiroko MIYOSHI and Yukiko OI

Faculty of the Science of Living, Osaka City University, Osaka 558

ABSTRACT

Nutritive effects of L-methionine supplement to the soy protein isolate (SPI) were examined on 5 male adult human subjects. They were given a protein free diet for one day and then were given a low protein SPI diet containing 76 mg N/kg body weight/day for 10 days. After three days of this experiment, again they were given the protein free diet for one day and then were given the SPI diet containing 76 mg N/kg/day with L-methionine at a level of 1.5% of protein in the SPI diet for 10 days. There were no significant differences between the SPI diet and the SPI+Met diet on availability of food energy or plasma concentration of cholesterol. On the SPI+Met diet the nitrogen balances were improved significantly and plasma albumin concentration increased. Also the concentration of the urea in plasma decreased on the methionine supplementation. *Nutr. Sci. Soy Protein, Jpn* 6, 108-112, 1985.

分離大豆たん白質 (SPI) に含硫アミノ酸を補足することにより、ヒトに対する栄養価が向上するかどうかについては諸説¹⁾がある。筆者らは 1984 年、成人男子 5 名を被験者とし、1 日無たん白食、3 日間低たん白食に引続き 7 日間 SPI 食（窒素 99 mg/kg）を与えて実験し、さらに 3 日間の自由食の後同じ実験を繰返した。後の実験では SPI 食に L-メチオニン (Met) をたん白質に対し 1.0~1.5% 補足した。その結果、血中尿素濃度は SPI+Met で低下したが、窒素出納、食エネルギー利用率、血液たん白性状、血漿コレステロール値のいずれにも、SPI 食と SPI+Met 食とで著明な差を認めなかった²⁾。

そこで今回は窒素レベルを 75 mg/kg にまで下げ、L-Met をたん白質に対して 1.5% 補足してその効果をほぼ同様の実験により検討した。

実験方法

1. 計画および試料採取

男子学生 5 名 (19 歳~24 歳)、平均年齢 20.7±2.2 歳を被験者とし、実験の内容を説明してその同意を得た。被験者に無たん白食を 1 日投与した後 SPI 食 (75 mg N/kg) を 10 日間与えた。3 日間の普通食 (1.2 g prot./kg) をはさみ同じ実験を繰返したが、この時 SPI 食のたん白質 (N×6.25) に対し 1.5% の Met を補足した。エネルギー摂取は体重維持を目標とし、44~47 kcal/kg を与えた。脂肪は植物油を用い、総エネルギーの 25% とした。ビタミンおよび塩類は不足しないように補足した。被験者の年齢および体格を Table 1 に、食餌組成を Table 2 に示した。実験に用いた SPI はかまぼこ様に加工したものをを用いた。組成は Table

Table 1. Subjects

Subjects	Age	Height	Weight	
			Initial	Final
		(cm)	(kg)	(kg)
W	18.8	166.5	53.1	52.6
B	19.7	172.4	49.6	49.1
G	19.7	160.6	46.7	45.9
R	21.0	179.0	69.4	69.3
Y	24.4	163.3	60.9	60.0
Mean±SD	20.7±2.2	168.4±7.4	55.9±9.2	55.4±9.4

3 の通りである。なお含有窒素量は実測の結果、無たん白食、SPI 食でそれぞれ 1.65 mg N/kg および 76.6 mg N/kg となった。食塩は体重に関係なく 1 日 2 g を与え、さらに醤油 6.7 g (食塩 1g に相当) を与えた。

SPI 食と SPI+Met 食の間に 3 日間普通食を与えたが、たん白質は 1.26 g (192 mg N)/kg、エネルギーは

45.3 kcal/kg、脂肪は総エネルギーの 28.6% とした。

尿は朝 8 時より翌朝 8 時までを 24 時間尿とし、全期間毎日全量を採取した。また各実験食期最後の 3 日間の尿は、正確にその 1/10 をとり、エバポレーターおよび真空凍結で乾燥し、エネルギー含量測定に供した。糞はカルミンをマーカーとし、10 日間の実験期間を前 5 日、後 5 日に分けて採取した。これを乾燥後秤量し、

Table 2. Composition of daily experimental diet for 60 kg body weight

Ingredients	Protein free diet	SPI diet
Vegetable oil (g)	29	29
Corn starch (g)	200	200
Shortening (g)	44	44
Sugar (g)	70	70
Kona-ame (g)	280	220
Agar (g)	5	5
Tea (bags)	3	3
Vitamin mix ¹ (tablets)	3	3
Mineral mix ² (g)	9.1	9.1
Soy sauce (g)	0	0.7
Salt (g)	0	2
SPI paste (g)	0	175
Energy (kcal/kg)	45.3	45.2
Physical		
fuel value† (kcal/kg)	45.9	46.6
Nitrogen† (mg/kg)	1.65	76.6
Protein (N×6.25) (g)	0.62	28.7
Fat (energy %)	24.7	27.5
NaCl (g)	0	3.2

† measured

1 One tablet of vitamin (Takeda Chemical Industries, Ltd) contained 1000 IU retinol palmitate, 100 IU ergocalciferol, 5 mg fursulthiamine, 2 mg riboflavin, 3 mg pyridoxine hydrochloride, 25 mg niacinamide, 5 μg cyanocobalamine, 75 mg ascorbic acid, 5 mg tocopherol acetate, 15 mg calcium pantothenate, 46.8 mg precipitated calcium carbonate and 34 mg dibasic calcium phosphate.

2 One hundred grams of mineral mixture contained 39.25 g KHCO₃, 25.11 g CaCO₃, 21.74 g KH₂PO₄, 10.78 g MgSO₄·7 H₂O, 2.91 g FeC₆H₅O₇·6 H₂O, 0.1314 g CuSO₄·5 H₂O, 0.0366 g MnSO₄·4 H₂O, 0.0316 g ZnCl₂ and 0.0067 g KI.

Table 3. Compositions of SPI paste

Ingredient	%	Fujipro R	%
Fujipro R	18.83	Water	6.0
Water	71.55	Crude protein	85.2
Soy bean oil	4.67	Crude fat	0.2
Potato starch	4.67	Crude ash	4.4
Sugar	0.15	Crude fiber	0.1
Salt	0.10	Carbohydrate	4.1
Flavor	0.03		
Total	100.00	Total	100.00

Table 4. Nitrogen in urine

	SPI	SPI+Met
Creatinine (g)	1.40±0.17	1.33±0.15
Creatinine index	25±1	24±2
Total nitrogen (mg/kg)	72.6±5.5	63.5±5.3*
Urea nitrogen (mg/kg)	53.4±6.5	50.4±5.4
Urea N/Total N (%)	73.5±4.6	78.7±6.5
NH ₃ nitrogen (mg/kg)	3.59±1.55	4.16±1.14
Uric acid nitrogen (mg/kg)	3.61±0.16	3.58±0.32

Mean±SD

*p<0.05

ミキサーで粉碎後よく混合して試料とした。窒素出納は実験食の後5日の成績で検討した。

血液は各食期の前後に、早朝空腹時に肘静脈より約10 ml 採血し、ヘパリンにより非凝固血液とした。なお毎日早朝空腹時の体重を、感度 50 g の台秤で秤量し、また血圧をヘルストップデジタル血圧計（日本精密測器 K.K.）で測定した。

2. 分析

食品の総窒素量は、1 日分を調理後乾燥粉碎し、そ

の一部を用いてセミマイクロキールダール法により測定した。尿中窒素成分は、総窒素量をセミマイクロキールダール法で、尿素およびアンモニアはウレアーゼ・インドフェノール法により、クレアチニンはフォリン変法により測定した。尿酸はキャラウェイ・ヘンリー法で測定した。

尿、糞および食品のエネルギー含量は、それらの乾燥粉末を用いてボンブカロリーメーター（島津 CA-3 型）により測定した。

血液は全血につき、毛細管高速遠心法でヘマクリッ

Table 5. Nitrogen in feces

	SPI	SPI+Met
Fecal nitrogen (mg N/kg)	15.3±2.4	15.1±0.6
Apparent absorption rate* (%)	80.2±3.2	80.7±0.8
True absorption rate** (%)	96.2±3.1	96.6±0.8

Mean±SD

$$* \frac{I-F}{I} \times 100$$

$$** \frac{I-(F-F_m)}{I} \times 100$$

I: nitrogen intake

F: fecal nitrogen

Fm: obligatory fecal nitrogen: 0.0124 g N/kg

ト値、シアノメトヘモグロビン法でヘモグロビンを測定した。血漿の総たん白質濃度はビウレット法で、アルブミンは BCG 法で測定した。またライトマン・フランケル法で GOT, GPT を測定した。総コレステロールは酵素法で、HDL-コレステロールはヘパリン・マンガン法で分画し測定した。トリグリセリドは酵素法により測定した。

得られた成績は平均値 ± 標準偏差 (SD) で示し、Student の t テストにより差の有意性を検討した。

結果および考察

実験前および実験期間中、尿の臨床定性試験で異常はみられなかった。また実験前後で体重にほとんど差を認めなかった (Table 1)。

食塩摂取量は実験期間中 3 g/day と通常の半分以下であったが、この期間中最高血圧は 107~117 mmHg、最低血圧は 65~69 mmHg と正常であり、また食期による差は認めなかった。

尿中窒素成分は Table 4 に示したが、各食期の終り 5 日間の平均値で Met 補足効果を検討した。クレアチニン、クレアチニン係数は SPI 食から SPI+Met 食に変えても有意な差を認めなかったが、総排泄窒素量は有意に減少した。しかし、アンモニアや尿酸は勿論、尿素の排泄量にも差は認められなかった。

Table 5 に糞中窒素排泄量を示した。SPI 食と SPI+Met 食との間に糞中窒素の差はなく、また見掛けの吸収量も約 80% で差は認められない。糞中不可避窒素損失量を 0.124 g/kg とみなし³⁾、真の吸収率を計算すれば、SPI の窒素吸収率は約 96% と優れていた。

これらの成績より窒素出納を算出し Table 6 に示した。窒素出納は摂取窒素量より糞中窒素量を差引いたものを吸収窒素量とみなし、これと尿中窒素量との差で求めた。その結果、摂取窒素量が約 75 mg/kg と非常に少なかったため、両食期とも負の出納であったが、尿中窒素排泄量の差を反映し、窒素出納値も SPI 食にくらべ、これに Met を補足することにより有意に改善された。この点、摂取窒素レベルを 101 mg/kg とした前の実験²⁾とは異なっていた。

摂取食品、糞および尿の物理的燃焼値は、Table 7 に示されている。SPI に Met を補足しても尿や糞にみられるエネルギー量には差を認めない。なお、尿中エネルギーをたん白質の代謝産物に由来するとみなし、尿中の N×6.25 当りのエネルギー量をみると、Table 8 のように SPI 食で 2.05 kcal/N×6.25、SPI+Met 食で 2.21 kcal/N×6.25 となる。これは日本人の日常

Table 6. Nitrogen balance
(mg N/kg/day)

	SPI	SPI+Met
Nitrogen intake	77.3±2.1	78.0±2.1
Fecal nitrogen	15.3±2.4	15.1±0.6
Absorbed nitrogen	62.0±3.1	62.9±2.0
Urinary nitrogen	72.6±5.5	63.3±5.3*
Nitrogen balance	-10.6±7.0	-0.4±5.1*

Mean±SD

*p<0.05

Table 7. Energy absorption

	SPI	SPI+Met
Energy intake (kcal)	2654±375	2654±375
Energy in feces (kcal)	90.8±11.6	92.2±15.6
Energy in urine (kcal)	52.3±6.5	49.3±8.0
Rate of absorption (%)	96.6±0.4	96.5±0.2
Availability (%)	94.6±0.4	94.7±0.2

Mean±SD

Table 8. Energy in urine

	SPI	SPI+Met
Energy (kcal)	52.3±6.5	49.3±8.0
Nitrogen (g)	4.11±0.59	3.59±0.58
E kcal/N g	12.8±0.8	13.8±1.0
E kcal/N×6.25 g	2.05±0.13	2.21±0.17

Mean±SD

食での値が 1.31 kcal/N×6.25²⁾、摂取たん白質が 0.48 g(76.6 mg×6.25)/kg であることを考慮して補正²⁾しても 1.66 kcal/N×6.25 となり、SPI 食はやや高値となる。これら SPI を 101 mg N/kg 与えた時 1.85 kcal/N×6.25 であった²⁾のと同じ傾向である。

Table 9 に血液性状をまとめた。ヘマトクリット、ヘモグロビンは共に正常値で、SPI 食と SPI+Met 食とに差を認めない。総たん白濃度にも差はないが血漿アルブミン濃度は Met 補足で有意に上昇し、尿素濃度は有意に低下した。GOT は Met 補足でやや上昇したが正常範囲であった。総コレステロール、HDL-コレステロール、トリグリセリド濃度には差を認めなかった。

以上より、SPI は摂取たん白レベルが 101 mg N/kg で窒素出納がほぼゼロを保つ場合には Met 補足の効果をほとんど示さなかった²⁾が、76 mg N/kg で窒素出納が負となる場合には Met 補足の効果を示すものと考えられる。すなわち、尿中排泄窒素量は少なくな

Table 9. Blood status

		SPI	SPI+Met
Plasma	Hematocrit (%)	44.2±1.9	43.7±2.6
	Hemoglobin (g/100 ml)	16.5±0.7	15.3±1.0
	Protein		
	Total (g/100 ml)	6.54±0.30	6.55±0.18
	Albumin (g/100 ml)	4.48±0.08	4.65±0.05**
	Urea nitrogen (mg/100 ml)	11.20±1.21	8.75±1.41*
	GOT (U)	16±7	32±12*
	GPT (U)	29±11	21±18
	Cholesterol		
	Total (mg/100 ml)	162±45	165±46
	HDL- (mg/100 ml)	38±4	40±5
	Triglyceride (mg/100 ml)	91±31	74±24

Mean±SD, *p<0.05, **p<0.01

り、窒素出納は改善される。血中尿素濃度は摂取窒素が 101 mg/kg の場合も Met 補足で低下した²⁾が、76 mg/kg のレベルでは尿素濃度の低下と共にアルブミン濃度の上昇もみられた。これらは SPI に対する Met 補足がその栄養価を高めた結果と考えられる。

しかし窒素出納は、摂取たん白質の量のみで左右されるのではなく、摂取エネルギーによっても大きく変動することが知られているので⁴⁾、SPI への Met 補足効果を摂取エネルギーと関連させてさらに検討することが必要であろう。

要 約

SPI に L-Met を補足し、その栄養効果を知る目的で、成人男子 5 名を被験者とし、1 日の無たん白食に引き続き、10 日間 SPI 食（窒素 76 mg/kg）を与え、3 日間の普通食をはさんで同じ実験を繰返した。後の実験では Met をたん白質に対し 1.5% 補足した。

その結果、Met の補足で窒素出納は改善され、血液性状のうち血漿アルブミン濃度は上昇し尿素濃度は低下した。しかしヘマトクリット、ヘモグロビン濃度、

血漿コレステロール濃度には差を認めなかった。

文 献

- 1) Scrimshaw, N. S. and Young, V. R. (1979): Soy protein in adult human nutrition: a review with new data, in "Soy Protein and Human Nutrition", ed. by Wilcke, H. L., Hopkins, D. T. and Waggle, D. H., Academic Press, New York, pp. 121-148.
- 2) 小石秀夫, 奥田豊子, 三好弘子(1984): 成人男子における分離大豆たん白質への L-メチオニン補足効果, 大豆たん白質栄養研究会会誌, **5**, 99-103.
- 3) 栄養所要量策定検討会(1979): 日本人の栄養所要量, 昭和 54 年 3 月, 第 III 章たん白質所要量 p. 5.
- 4) Inoue, G., Fujita, Y. and Niiyama, Y. (1973): Studies on protein requirements of young men fed egg protein and rice protein with excess and maintenance energy intakes. *J. Nutr.*, **103**, 1673-1687.