

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—低エネルギー食の場合

EFFECTS OF METHIONINE SUPPLEMENTATION TO SOY PROTEIN ISOLATE ON PROTEIN UTILIZATION IN YOUNG MEN—IN CASE OF LOW ENERGY INTAKE

奥田豊子・三好弘子・尾井百合子・滝川好美・下荒神慶子・小石秀夫（大阪市立大学生活科学部）

Toyoko OKUDA, Hiroko MIYOSHI, Yuriko OI, Yoshimi TAKIGAWA, Keiko SHIMOKOJIN and Hideo KOISHI.

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

ABSTRACT

Effects of L-methionine supplementation to the soy protein isolate (SPI) were examined in five healthy young men receiving low energy diet. After one day of a protein free diet, the subjects were given a standard energy SPI diet (44.0 ± 3.5 kcal/kg/day) for 3 days and then were given a low energy SPI diet (35.2 ± 2.8 kcal/kg/day) for 8 days. The SPI diet contains 100 mg N/kg/day. After 3 days of a standard protein diet (200 mg N/kg/day, 44.0 ± 3.5 kcal/kg/day), the SPI diet was repeated. The second SPI diet (SPI+Met) was supplemented with methionine at a level of 1.5% of protein. Nitrogen balances determined on the SPI diet and the SPI+Met diet for the final 4 days were negative. Supplementation of methionine to the low energy SPI diet did not show any significant difference on nitrogen balance, availability of food energy and blood status. *Nutr. Sci. Soy Protein, Jpn.* **7**, 59-63, 1986.

分離大豆たん白質 (SPI) の栄養価は、成人では動物性食品とはほとんど差がなく¹⁾、含硫アミノ酸も制限アミノ酸とはならないことが報告されている^{2,3)}。しかし著者らは、たん白質の摂取レベルが低い場合、(77 mg N/kg/day) SPI に対し、L-メチオニンを1.5% 補足したとき、わずかではあるが有意に窒素出納を改善し、早朝空腹安静時の血漿中尿素のレベルは低値を示すというメチオニンの補足効果を観察した⁴⁾。

発展途上国など低たん白栄養状態の地域では、同時にエネルギーの摂取レベルも低い⁵⁾。エネルギー摂取量は、たん白質の利用効率に大きく影響する⁶⁾。そこで今回は成人男子における分離大豆たん白質へのメチオニンの補足効果を低エネルギー食の場合について検討した。

実験方法

健康な男子学生5名を被検者とし、実験の内容をよく説明してその同意を得た。年齢、身長、体重はTable 1に示した。Fig. 1に実験計画と体重の推移を示した。Fig. 1に示すように、無たん白食を一日投与後、3日間標準エネルギー (44.0 ± 3.5 kcal/kg/日)^(A)のSPI食 (100 mg N/kg/日)、引き続き低エネルギー (35.2 ± 2.8 kcal/kg/日)^(B,C)のSPI食を8日間投与した。3日間の標準たん白食 (200 mg/kg/日, 44.0 ± 3.5 kcal/kg/日)^(D)をはさみ、同じ実験を繰返したが、この時SPI食のたん白質に対し1.5%のメチオニンを補足した^(E,F,G)。

体重の個体差が大きいのでエネルギーの摂取レベルは体表面積あたりで算出した。身長170 cm、体重62.6 kgのヒトで、体重kg当り43 kcalとし、2,960 kcal/

Table 1. Characteristics of the subjects and body weight change

Subject	Age	Height	Initial weight	Energy intake ¹		BW change	
				Standard (A,E)	Low (B,C,F,G)	(C ² -A)	(G-E)
	(year)	(cm)	(kg)	(kcal/kg)	(kcal/kg)	(kg)	(kg)
1	22.0	178.2	69.03	42.0	33.6	-0.71	-0.88
2	19.8	166.3	54.90	46.0	36.8	-0.40	-1.01
3	20.0	173.1	77.85	40.0	32.0	-0.25	+0.04
4	19.5	173.1	63.06	43.0	34.4	-0.27	-0.75
5	20.7	160.4	47.02	49.0	39.2	-0.38	-0.43
Mean	20.4	170.2	62.37	44.0	35.2	-0.40	-0.61
SD	1.0	6.9	12.00	3.5	2.8	0.18	0.42

¹ The level of energy for a standard energy diet was 2,690 kcal/1.67 m² body surface/day (height 170 cm, weight 62.6 kg: 43 kcal/kg). A low energy diet contained 80% of energy of the standard energy diet.

² Mean body weight of the period.

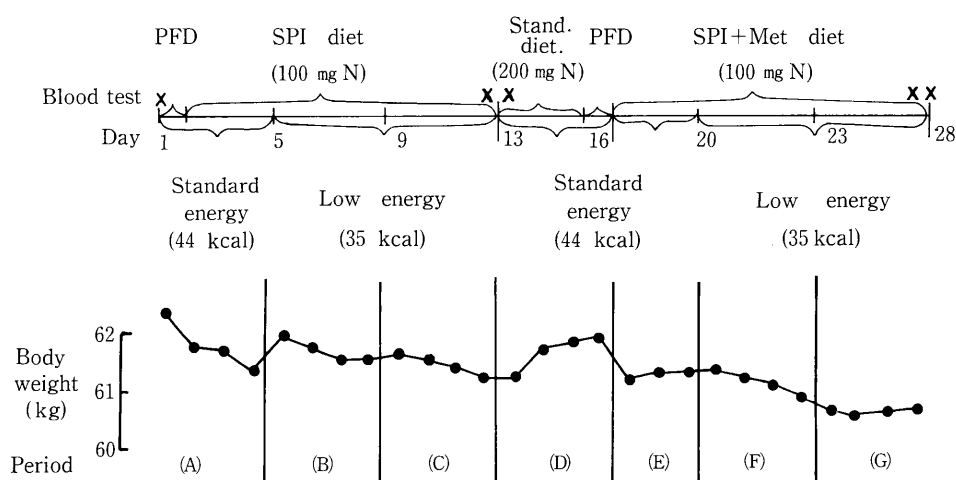


Fig. 1. Schedule of experiments and body weight change

1.67 m² の数値を用いた。エネルギー食では標準エネルギー食の 8 割とした。SPI 食の食事組成を Table 2 に示した。脂肪エネルギー比は 25% とした。ビタミン剤、ミネラル混合、しょう油、食塩は一定量を投与した。標準たん白食は、米、卵、まぐろ、野菜等を材料として用い、脂肪エネルギー比は 29% であった。

全期間の尿と糞を採取した。糞はカルミンを用いて Fig. 1 に示すように 7 期に区分して採取した。歩行数は万歩メーター (YAMASA AM-600) を用いて毎日しらべた。各被検者の歩行速度と歩巾を実測し、歩行時間、歩行によるおよその消費エネルギー量を算出した。RMR は文献⁷⁾を参照した。血液は各食期の前後の早朝空腹時に肘静脈より採血した。尿、糞、血液、血圧の分析方法は前回⁴⁾と同様である。

結果および考察

5 人の被検者の平均体重を Fig. 1 に示した。各実験期の平均値を算出し、低エネルギー食の後半から標準エネルギー食の平均値を差し引いて Table 1 に示した。摂取エネルギーレベルが標準食の 8 割である低エネルギー食では、徐々に体重が減少したが、SPI 食、SPI+Met 食との間に有意な差は認めなかった。

各実験期の平均体重から算出した体重当りの尿中排泄窒素量を Table 3 に示した。低エネルギー食後半 4 日間の平均値でメチオニン補足効果を検討したが、総量、尿素、アンモニア、尿酸、クレアチニン排泄量、いずれも両食期の間に有意な差を認めなかった。

糞中排泄窒素量も両食期の間に有意な差はなかった。

Table 2. Composition of SPI diets¹

Diet (period)	Energy (g/day)	
	Standard (A,E)	Low (B, C, F, G)
Corn starch	198	160
Dext maltose	198	134
Sugar	69	61
Shortening	69	51
SPI paste	244	244
Corn oil	3	7
Agar	5	3
Soy sauce	6.7	6.7
Salt	2	2
Minerals ²	9.1	9.1
Vitamins ²	3	3
Energy (kcal)	2,693	2,155
(kcal/kg)	43.0	34.4
Protein (g/kg)	0.60	0.60
Lipid energy (%)	25	25

¹An example for a subject(BW 62.6 kg, height 170 cm)²The compositions of minerals and vitamins were reported elsewhere.

Table 3. Nitrogen in urine (mg/kg/day)

Diet (period)	SPI (C)	SPI+Met (G)
Total	88.5±8.8 ¹	96.9±7.3
Urea	68.7±8.4	77.5±5.9
Urea/Total(%)	77.6±3.5	80.0±1.8
Ammonia	2.9±1.1	2.7±0.5
Uric acid	3.7±0.4	3.6±0.6
Creatinine	8.1±0.6	7.9±0.4

¹Values represent mean±SD.

窒素出納値は Table 4 にみられる通り両食期共負の傾向を示したが¹, 両食期の間に有意な差はなかった。SPI 食で標準エネルギー (43 kcal/kg/日, 100 mg N/kg/日) の場合², 尿中排泄窒素量は, 今回より有意に低く窒素出納値は正 (SPI 食, 13.4±7.3 mg N/kg, SPI+

Met 食 18.5±10.1 mg N/kg) を示した。今回低エネルギー摂取で窒素出納値は負となったが³, しかしメチオニンを補足することで改善を示すことはなかった。

内因性窒素排泄量で補正した SPI の消化吸収率 (Table 5) は 98% と高く, メチオニンを補足しても変化しなかった。NPU もメチオニン補足の効果は認められなかった。標準エネルギー食³⁾のときの NPU は SPI 食 58.4±0.9, SPI+Met 食 63.0±10.1 であり、今回の低エネルギー食で両食期共有意に減少を示した。

Table 5. Digestibility and NPU¹

Diet(period)	SPI (C)	SPI+Met(G)
Apparent digestibility (%)	85.2±2.0 ²	85.6±1.7
True digestibility (%)	97.7±2.0	97.8±1.8
NPU	42.4±9.0	39.8±11.9

¹Calculated using values of 12.4 mg/kg and 33.4 mg/kg for obligatory fecal and urinary N losses, respectively.²Values represent mean±SD.

万歩メーターで1日の歩行数をしらべたが (Table 6), 最小1,276歩, 最大19,611歩と, 日々の変動, 個体差が大きかった。摂取エネルギーが2割少なくなった

Table 6. Number of steps, walking time and energy expenditure

Period ¹	Number of step	Walking time ²	Energy expenditure ²
	(No./day)	(h/day)	(kcal/day)
(A)	7,240±3,110 ³	1.05±0.47	269±100
(B+C)	7,070±2,310	1.03±0.37	268±76
(D)	8,400±3,600	1.22±0.55	323±151
(E)	9,870±3,600	1.43±0.47	371±89
(F+G)	8,550±2,510	1.24±0.40	327±93

¹See figure 1.²The mean of the width of one step and the walking speed were 62.1±7.1 cm and 72.1±10.4 m/min, respectively.³Values represent mean±SD.

Table 4. Nitrogen balance (mg/kg/day)

Diet (Period)	SPI		SPI+Met	
	(B)	(C)	(F)	(G)
N intake	99.1±0.3 ¹	99.5±0.3	101.0±0.9	101.8±1.3
Fecal N	13.1±3.2	14.7±2.0	13.0±2.9	14.7±1.9
Urinary N	96.6±13.6	88.5±8.8	93.0±6.5	96.9±7.3
N balance	-10.7±13.1	-3.6±8.8	-5.0±8.6	-9.8±7.8

¹Values represent mean±SD

(B+C), (F+G) 期は標準エネルギー食期 (A,D,E) との間に有意な差はなかった。歩行時間は1~1.5時間であり、歩行に伴うエネルギー消費量は約 300 kcal/日とそれほど多くなかった。メチオニン補足の影響も認めなかった。

歩行に伴う消費エネルギー量はわずかであるが、歩行数がある程度活動量を表わすとして、Fig. 2 に歩行数と窒素出納値の相関を示した。例数が少ないので相関 ($r = -0.53$) の有意性は認められなかったものの、歩行数の増加につれ、窒素出納値が負を示す傾向が認められた。窒素出納値をたん白質の質の評価の指標として用いる時、体格と共に、各被検者の消費エネルギー量を考慮して投与エネルギー量を決定する必要がある。

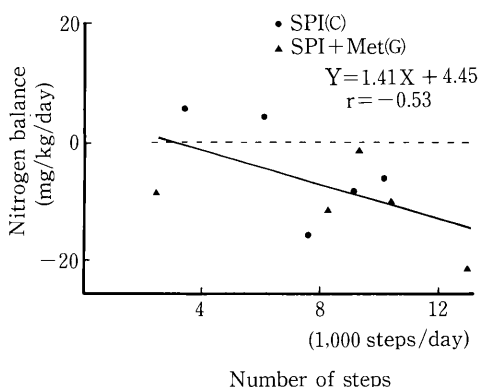


Fig. 2. Relation between nitrogen balance and the number of steps.

Table 7. Energy availability

Diet(period)	SPI(C)	SPI+Met(G)
Energy intake (kcal/day)	2,180 ± 250 ¹	2,190 ± 220
Energy in feces (kcal/day)	107.7 ± 15.4	95.7 ± 16.4
Energy in urine (kcal/day)	53.3 ± 6.6	59.3 ± 10.5
Digestibility (%)	95.5 ± 1.3	95.6 ± 0.5
Availability (%)	92.6 ± 0.6	93.0 ± 0.8

¹Values represent mean ± SD.

Table 8. Energy in urine

Diet(period)	SPI(C)	SPI+Met(G)
Energy (kcal)	53.3 ± 6.6 ¹	59.3 ± 10.5
Nitrogen (g)	5.37 ± 0.68	5.83 ± 0.86
Energy (kcal/N)	9.77 ± 0.86	10.17 ± 0.72
Energy (kcal/N × 6.25)	1.59 ± 0.14	1.63 ± 0.12

¹Values represent mean ± SD.

Table 7 にエネルギーの消化吸収率、利用率について示したが、メチオニンの補足の影響は認められなかった。Table 8 にみられる尿中の窒素量 × 6.25 当りのエネルギー量は窒素摂取量を考慮するとほぼ日本人の正常値⁹⁾であった。

実験初日と両実験食期最終 2 日間の血液性状を Table 9 にまとめた。ヘマトクリット値、血漿たん白濃度は低エネルギー食で減少の傾向を認めたが、メチオニン補足の効果は認めなかった。摂取した食品中にはほとんどコレステロールは含まれていないので、血漿中コレステロール濃度は、実験開始時に比べ減少の傾向を認めたが有意ではなかった。測定したすべての血液性状で、メチオニン補足の影響は認めなかった。

摂取した食塩相当量は標準たん白食 5g, SPI と SPI+Met 食で 3g と、日本人の通常の摂取量¹⁰⁾に比較し半量以下と少ないが、最大血圧、最小血圧とも実験開始時と差を認めなかった。

窒素平衡維持レベル以下の摂取窒素量のとき^{4,11)}、メチオニン補足効果が認められる場合もあるが、井上らは男子大学生 42 名、女子 13 名の成績をまとめて、標準のエネルギー摂取レベルでは SPI へのメチオニン補足による効果は認められないと結論している³⁾。

1985 年 WHO のヒトの必須アミノ酸必要量の報告¹²⁾と、SPI の必須アミノ酸パターン⁸⁾を比較すると、含硫アミノ酸は制限アミノ酸とはなっていない。

今回、エネルギー摂取量が充分であれば、窒素平衡を維持するレベル (100 mg N/kg/日) で、エネルギー摂取量を標準より 2 割減少させて (35.2 kcal/kg/日) 検討したが、SPI へのメチオニン補足効果は認められなかった。

文 献

- 1) Young, V. R., Wayler, A., Garza, C., Steinke, F. H., Murray, E., Rand, W. M., and Scrimshaw, N. S. (1984): A long-term metabolic balance study in young men to assess the nutritional quality of an isolated soy protein and beef proteins. *Am. J. Clin. Nutr.*, **39**, 8-15.
- 2) Young, V. R., Puig, M., Queiros, E., Scrimshaw, N. S. and Rand, W. M. (1984): Evaluation of the protein quality of an isolated soy protein in young men: relative nitrogen requirements and effect of methionine supplementation. *Am. J. Clin. Nutr.*, **39**, 16-24.
- 3) 井上五郎, 高橋徹三, 岸 恭一, 小石秀夫, 小池五郎 (1986): 成人における分離大豆たん白質へ

Table 9. Blood status and blood pressure

	Initial	SPI(C)	SPI+Met(G)
Hematocrit (%)	46.5±1.6 ^{ai}	45.0±2.1 ^{ab}	43.5±1.9 ^b
Hemoglobin (g/100 ml)	15.4±0.8	14.5±1.0	14.8±0.6
Plasma protein (g/100 ml)	7.02±0.54 ^a	6.33±0.25 ^b	6.59±0.33 ^{ab}
Urea N (mg/100 ml)	13.7±3.4	11.0±0.4	10.0±1.5
T-cholesterol (mg/100 ml)	173±21	160±8	156±10
HDL-cholesterol (mg/100 ml)	48.0±7.5	42.6±6.6	43.3±7.4
Triglyceride (mg/100 ml)	88.6±32.2	80.2±20.5	73.1±15.9
GOT (U)	19±5	15±9	15±5
GPT (U)	24±8	21±29	19±24
Blood pressure, systolic (mm Hg)	115±7	111±7	113±9
diastolic (mm Hg)	81±8	73±14	75±11

¹Values represent mean±SD. Means in the same row not sharing a common superscript letter differ significantly (p<0.05).

- のメチオニン補足効果について、必須アミノ酸研究, No. 109, 21-23.
- 4) 小石秀夫, 奥田豊子, 三好弘子, 尾井百合子 (1985): 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—. 大豆たん白質栄養研究会会誌, **6**, 108-112.
 - 5) Smith, S. R. Pozefsky, T. and Chhetri, M. K. (1974): Nitrogen and amino acid metabolism in adults with protein-calorie malnutrition. *Metabolism*, **23**, 603-618.
 - 6) Inoue, G., Kishi, K., Fujita, Y., Yamamoto, S., and Yoshimura, Y. (1981): Interrelationships between effects of protein and energy intakes on nitrogen utilization in adult men, in "Protein-Energy Requirements of Developing Countries: Evaluation of New Data", ed. by Torun, B., Young, V. R. and Rand, W. M., The United Nations University, World Hunger Programme Food and Nutrition Bulletin Supplement 5, The United Nations University, Tokyo, pp. 247-258.
 - 7) 沼尻幸吉 (1976): エネルギー代謝計算の実際, 第一出版株式会社.
 - 8) 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.
 - 9) 科学技術庁資源調査会編 (1982): 科学技術庁資源調査会資料第99号「日本食品標準成分表の改訂に関する調査資料」 pp. 33-55.
 - 10) 厚生省公衆衛生局編 (1986): 昭和61年版国民栄養の現状, 第一出版株式会社.
 - 11) 高橋徹三, 山田哲雄 (1985): 成人男子における分離大豆たん白質へのメチオニン補足効果(第2報). 大豆たん白質栄養研究会会誌, **6**, 96-102.
 - 12) World Health Organization Technical Report Series 724 (1985): Factors affecting energy and protein requirements. in "Energy and Protein Requirements", report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. pp. 113-130.