

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3報）

EFFECT OF SUPPLEMENTING METHIONINE TO SOY PROTEIN ISOLATE ON THE PROTEIN UTILIZATION IN MALE ADULT HUMANS (3rd Report)

高橋徹三（東京家政大学家政学部）

山田哲雄（筑波大学体育科学系）

Tetsuzo TAKAHASHI¹ and Tetsuo YAMADA²

¹ Faculty of Home Economics and Sciences, Tokyo Kasei University, Tokyo 173

² Institute of Health and Sports Sciences, University of Tsukuba, Ibaraki 305

ABSTRACT

As the results of the previous two studies, four of the five subjects showed the improved nitrogen balance by the addition of methionine to soy protein isolate (SPI) under the condition of nitrogen intake levels of 90 and 75 mg/kg/day. Further study on the effect of supplementation of methionine to SPI on the protein utilization was conducted in five healthy young men. They were given one-day protein free diet, four-day low protein habitual diet and then nine-day SPI diet containing 60 mg N/kg/day. After the first experiment, the second experiment, in which the SPI diet was supplemented with L-methionine at a level of 1.0% of protein, was repeated. Energy intake was approximately 42-44 kcal/kg/day. The nitrogen balance was improved by the addition of methionine in four of the subjects. The result was the same as obtained in the previous studies. One subject, to whom the methionine supplementation produced no beneficial effect, attended all of the three studies and showed the same tendency. One subject was non-athlete, while remaining four subjects were athlete. The effect of addition of methionine was observed more markedly in the daytime than in bed. *Nutr. Sci. Soy Protein, Jpn.* 7, 53-58, 1986.

大豆たん白質の第一制限アミノ酸は含硫アミノ酸であり、ラットを用いた実験では、分離大豆たん白質(SPI)へのメチオニン補足効果が明らかに認められている¹⁻³⁾。ヒトの場合、乳児についてはこの補足効果が認められ⁴⁾、成人についても、窒素摂取量、メチオニン添加量の条件によっては、この補足効果を認めた報告がある⁵⁻⁸⁾。そこで、成人について、SPIへのメチオニン補足効果を確認し、SPIへの至適メチオニン添加レベルを検討する目的で、2回にわたり、徳島大学、大阪市立大学、筑波大学、女子栄養大学でのプロジェクト研究が行われ、その結果は本誌に報告されてい

る⁹⁻¹⁶⁾。岸ら、金子らは2回の実験とも補足効果を認めず、小石らはN摂取レベル 99 mg/kg の条件では補足効果を認めなかったが¹¹⁾、76 mg/kg では効果を認めた¹⁶⁾。われわれの研究では、N摂取量を 90 mg/kg とした第1回実験、75 mg/kg とした第2回実験において、被験者5名中4名にメチオニン添加による窒素出納改善の傾向が認められた。メチオニン添加量に関しては第1回実験では1.0%と1.5%の間に差がなく、第2回実験では1.0%では効果がみられたが、1.5%ではみられなかった。2名の被験者は第1回、第2回の両実験に参加したが、1名は両実験ともに補足効果がみ

られず、1名は両実験ともに補足効果がみられるという個人差が観察された。

今回は、窒素摂取レベルをさらに下げて1日あたり60 mg/kgとし、メチオニン添加量は1.0%とし、実験期間を前2回の実験より延長して補足効果について検討した。今回の実験も含め3年連続して実験に参加した2名の被験者について上記のような個人差の再現性があるか否かの観察も今回の実験の目的の1つであった。また、尿中窒素排泄量の日内変動についても観察した。

実験方法

5人の健康な男子を被験者とした。被験者の年齢、身長、体重の変動をTable 1に示した。2名の被験者（被験者A, B）は前2回の実験にも参加した。1日無たん白食を与えて後、調整期としてほぼ60 mg×6.25/kg/日のたん白質を含み日常食品を材料とする低たん白食を4日間与えた。ついで9日間実験食を与えた。この合計14日間の実験を、たん白源としてSPI（フジプロR）のみの場合、SPIに1.0%のL-メチオニンを添

Table 1. Age, body height and body weight

Subject	Age (yrs)	Body height (cm)	Body weight (kg)			
			SPI		SPI+1.0% Met	
			Initial	Final	Initial	Final
A	29	171	60.8	60.3	59.7	58.2
B	30	170	64.5	64.0	65.4	64.5
C	25	177	75.1	75.6	76.1	75.8
D	23	177	65.8	65.7	66.0	66.1
E	22	171	70.4	70.0	69.5	69.2

Table 2. Experimental diet composition (Subject A^a)

Soy protein isolate ^b	148
Corn starch	365
Sucrose	159
Shortening	40
Corn oil	8
Margarine	23
Soy sauce	5
Umeboshi	15
NaCl	3
Baking powder ^c	10
Carboxymethylcellulose	5
Vitamin mixture ^d	0.5
Mineral mixture ^e	10

a: Body weight: 61 kg.

b: SPI mixture which consists of SPI (Fuji pro-R) 20, starch 5, sucrose 1.5, NaCl 3 and water 85, is filled into a film casing and boiled.

c: Baking powder (20.0 g) contained KHCO₃ 5 g, citric acid 4.2 g and starch 11.8 g.

d: Vitamin mixture (0.5 g) contained B₁-HCl 1.0 mg, B₂ 1.4 mg, C 50 mg, niacinamide 17 mg, B₆-HCl 3.0 mg, folic acid 0.4 mg, B₁₂ 0.003 mg and Ca-pantothenate 10 mg, Retinol palmitate 5000 IU/day and α -tocopherol acetate 50 mg/day was given as tablets.

e: Mineral mixture (10 g) contained CaHPO₄·2H₂O 2 g, CaCO₃ 0.9 g, KH₂PO₄ 2 g, KHCO₃ 3.5 g, MgO 0.6 g, FeSO₄·7H₂O 60 mg, MnSO₄·4H₂O 3 mg, CuSO₄·5H₂O 8 mg, ZnCl₂ 5 mg, KI 0.2 mg, Na₂MoO₄·2H₂O 0.2 mg, Cr₂(SO₄)₃·15H₂O 1 mg, AlK(SO₄)₂·12H₂O 30 mg and Na₂SeO₃ 0.008 mg.

加した場合の2回繰り返し行なった。

実験食の材料は、SPIのほか、コーンスターチ、ショ糖、ショートニング、コーンオイル、マーガリン、しょうゆ、梅干し、CMC（カルボキシメチルセルロース）、ベーキングパウダーおよび食塩で、別に無機質混合物、ビタミン混合物を与えた。実験食の1例をTable 2に示した。SPIは、フジプロ R20、でんぶん5、ショ糖1.5、食塩3、水85の配合でケーシングに付めて加熱した製品として摂取させた。窒素摂取量は、SPIから60 mg/kg/日、SPI以外から5~6 mg/kg/日であった。エネルギー摂取量は42~44 kcal/kg/日であった。

実験期間中、連日、朝食前排尿後の体重を測定し、24時間尿を採取した。なお、実験食投与期9日目に、日内変動を観察するため、7時から21時の間は2時間毎に、21時以後翌朝7時までは一括して採尿した。糞は実験食投与期の2~9日目の7日間採取し、フリーザー中に保存し、実験終了後、全量を合わせてホモジネートにし、その一部をとって分析に供した。尿中クレアチニン、総窒素、尿素窒素、アンモニア窒素、糞中総窒素を測定した。尿素窒素、アンモニア窒素の測定にはウレアーゼ・インドフェノール法を用いた。総窒素はKjeldahl法により、クレアチニンはJaffeの反応により測定した。SPI期、メチオニン添加期の第1日目、終了翌日のそれぞれ早朝空腹時に肘静脈より

採血し、ヘマトクリット(毛細管高速遠心法)、ヘモグロビン(シアノメトヘモグロビン法)、血清の総たん白質(ビウレット法)、アルブミン(BCG法)、GOT、GPT(ライトマン・フランケル法)、尿素窒素(ウレアーゼ・インドフェノール法)、尿酸(酵素法)を測定した。

結果および考察

体重は、メチオニン添加期の被験者 A, B においてやや減少がみられた以外は、比較的変動が少なかった(Table 1)。

実験食投与期の連日の尿中総窒素排泄量の変動を

Table 3 に示した。尿中窒素排泄量の日による変動の状況は被験者によって異なり一定の傾向は認められなかった。最終日の9日目に、SPI 期の被験者 D を除き全体的に8日目より低値を示しているが、その原因の1つとして、9日目に分割採尿をしているので、これが影響したことが考えられる。各被験者の尿中窒素排泄量の経日変化を総合すると、実験期の代表値としては5～8日目の4日間の平均値を用いるのがよいと考えられる。なお、5名の平均値では、3日目、6日目を除き、SPI 期よりメチオニン添加期の方が尿中窒素排泄量は低値を示し、5日目、8日目、9日目はその

Table 3. Daily urinary nitrogen excretion

Period	Subject	Day								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
SPI	A	3.86	4.30	3.26	4.42	5.08	3.60	4.82	4.77	4.24
	B	5.65	4.45	4.82	4.72	5.16	4.89	4.49	5.42	4.55
	C	3.69	3.83	3.92	3.84	3.82	3.99	4.04	4.06	4.04
	D	3.33	3.06	2.79	4.06	4.26	3.69	4.23	4.58	4.63
	E	4.66	5.01	4.73	5.36	5.03	4.83	5.37	4.58	4.21
	Mean	4.24	4.13	3.91	4.48	4.67	4.20	4.59	4.68	4.33
	SD	0.93	0.73	0.89	0.60	0.60	0.62	0.53	0.49	0.25
SPI+Met	A	3.23	3.41	3.52	4.88	3.98	3.75	3.92	4.07	2.78
	B	5.31	4.08	5.02	4.76	4.88	5.67	5.78	5.10	4.72
	C	3.29	3.07	3.19	3.26	3.82	4.17	3.91	3.73	3.34
	D	3.38	3.47	3.37	2.88	3.49	3.96	4.22	4.57	3.75
	E	4.97	4.61	4.63	4.48	3.93	4.33	3.79	3.78	3.29
	Mean	4.04	3.72	3.95	4.05	4.02*	4.38	4.32	4.25*	3.57
	SD	1.02	0.61	0.82	0.92	0.52	0.75	0.83	0.58	0.73

* $p < 0.05$ compared with SPI period.

差は有意であった。

9日目に測定した尿中窒素排泄量の日内変動の結果を Fig. 1 に示した。日内変動のパターンは被験者によって異なるが、ほぼ共通してみられることは、SPI 期とメチオニン添加期とのちがいは活動をしている昼間に大きく、就寝時にはほとんど差がみられないことである。なお、被験者 A の場合には夜間尿においても両実験期の間に比較的大きな差がみられたが、この原因としては、被験者 A は共同研究者で夜遅くまで実験に必要な活動をしていたことが考えられる。

尿中尿素窒素は総窒素とほぼ同様の変動を示した。尿中アンモニア窒素の排泄状況には一定の傾向がみられなかった。なお、被験者 B の尿中アンモニア窒素は異常な高値を示した。5～8日目の4日間の被験者 B を

除く4人の平均値は、1日あたり尿素窒素は SPI 期 $3,317 \pm 489$ mg, メチオニン添加期 $2,828 \pm 136$ mg, アンモニア窒素は SPI 期 126 ± 79 mg, メチオニン添加期 97 ± 21 mg であった。尿中クレアチニン排泄量はほぼ一定に維持された。糞中窒素排泄量は Table 4 に示されている。内因性糞中窒素として、すでに報告した¹⁷⁾ 10.2 mg/kg/日という値を用いて消化吸収率を計算すると、SPI 期は $92.6 \pm 2.8\%$, メチオニン添加期は $93.7 \pm 3.9\%$ で、両期の間に差はなく、以前の結果^{10,17)} よりはやや低い、良好な消化吸収率を示した。

尿中窒素排泄量の各実験期の代表値として、実験食投与期5～8日目の4日間の平均値を用いて窒素出納を求めた。えられた結果を Table 4 に示した。メチオニン添加の窒素出納値に及ぼす影響をみると、被験者

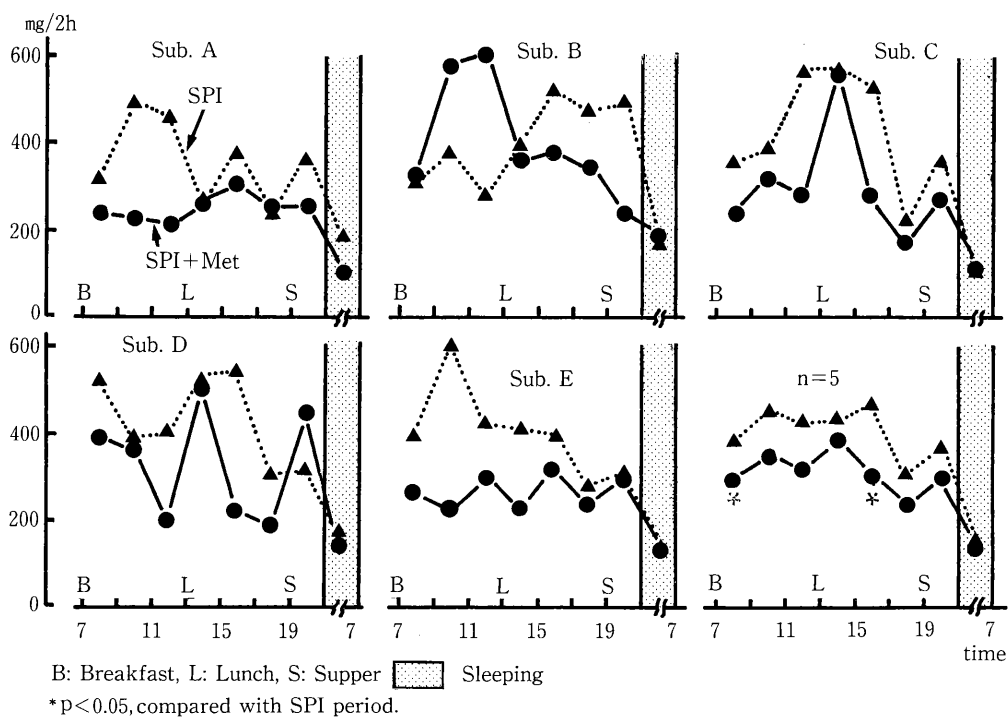


Fig. 1. Changes in urinary nitrogen

Table 4. Nitrogen balance data

Subject	Period	N intake			N output		N-balance
		SPI	Others	Total	Urine	Feces	
A	SPI	59.99	5.04	65.03	74.74	15.92	-25.63
	SPI+Met	59.99	5.05	65.04	64.87	16.60	-16.43
B	SPI	60.01	6.10	66.11	76.41	13.20	-23.50
	SPI+Met	59.19	6.02	65.21	80.95	14.56	-30.30
C	SPI	59.99	4.56	64.55	52.87	17.78	-6.10
	SPI+Met	59.99	4.86	64.85	51.46	16.89	-3.50
D	SPI	60.02	5.32	65.34	63.74	14.32	-12.72
	SPI+Met	60.01	5.31	65.32	60.84	11.17	-6.69
E	SPI	60.01	5.23	65.24	69.74	14.03	-18.53
	SPI+Met	59.93	4.91	64.84	56.47	12.23	-3.86
Mean	SPI						-17.30
SD							8.00
	SPI+Met						-12.16
							11.41

Bのみは、メチオニン添加により窒素出納の負の程度が大になっているが、他の4名の被験者はいずれもメチオニン添加により窒素出納は改善されSPIへのメチオニン補足効果が認められている。

被験者AとBは前の2回の実験にも被験者として参加しているが、今回の実験も含め、3回とも全く同様の傾向を示した。すなわち、3回の実験において、被験者Aの場合はSPIへのメチオニン添加により窒素

出納は改善されているが、被験者Bは逆に悪くなっている。

これまでの3回の実験で被験者5名中Bを除く4人でSPIへの1%のメチオニン添加による窒素出納改善効果が認められたが、岸^{9,13)}、金子ら^{12,15)}、小石らの第1回実験¹¹⁾ではこのような効果を認めていない。われわれの実験とこれらの実験とで、実験の方法、条件はほぼ同じである。しかし、被験者については、B以外はスポーツマンである点が異なる。被験者Bについては他大学での結果と同様メチオニンの補足効果がみられていない。Fig. 1にみられるように、SPI期とメチオニン添加期の間の尿中窒素排泄量の差が昼間の活動時間に多いことなどからも、運動が何らかの関与をしている可能性もあるが、われわれの実験で他大学とは異なる結果がえられた理由については不明である。

今回の実験では窒素摂取レベルを前回の75 mg/kg/日より下げて60 mg/kg/日としたが、窒素出納の負の程度は必ずしも大とならず、窒素摂取量と窒素出納値の間に明らかな相関がみられなかった。

血清尿素窒素の結果を、前回の窒素摂取量75 mg/kg/日の場合と合わせてFig. 2に示した。75 mgの実験ではSPIあるいはこれにメチオニンを添加した食事を摂取後血清尿素窒素は上昇した。摂取後のレベルはメチオニン添加量1.0%のときは、メチオニン添加期の方がSPI期より低く、小石らの結果¹¹⁾と一致した。1.5%のときは差がみられなかった。一方、今回の60 mgの実験ではSPI期の前後で差はなく、メチオニン添加により増加の傾向がみられ、金子ら¹⁵⁾の結果と一致した。このように血清尿素窒素の動きには実験に

より異なった結果がえられた。

他の血中諸成分については特記すべき傾向は認められなかった。

要 約

5名の成人男子を被験者とし、窒素摂取量60 mg/kg/日、エネルギー摂取量42~44 kcal/kg/日の条件で、たん白源として、SPIのみを用いた場合、SPIに1.0%の割合でL-メチオニンを添加した場合について窒素出納を比較して、SPIへのメチオニンの補足効果を検討した。

被験者5名中4名においてメチオニンの添加により窒素出納は改善され、メチオニンの補足効果が認められた。1名はこれと逆の傾向を示した。この被験者は前の2回の実験にも参加しているが、今回の結果も含め、3回とも他の4名の被験者と異なった傾向を示し、明らかな個人差がみられた。この被験者以外の4名の被験者はスポーツマンである。

尿中窒素排泄量の日内変動から、SPIへのメチオニン添加の影響は、活動をする昼間に大きいことが示唆された。

文 献

- 1) 井上五郎, 岸恭一, 八木郁子 (1980): 分離大豆たん白質へのメチオニン補足量に関する研究. 大豆たん白質栄養研究会会誌, 1, 6-9.
- 2) 山口迪夫, 岩谷昌子, 宮崎基嘉 (1980): 分離大豆たん白質の制限アミノ酸とその補足効果. 大豆たん白質栄養研究会会誌, 1, 10-15.
- 3) 山口迪夫, 岩谷昌子, 宮崎基嘉 (1981): 分離大豆たん白質の制限アミノ酸とその補足効果(その2). 大豆たん白質栄養研究会会誌, 2, 77-81.
- 4) Fomon, S. J., Ziegler, E. E., Filer, L. J., Nelson, S. E. and Edwards, B. B. (1979): Methionine fortification of a soy protein formula fed to infants. *Am. J. Clin. Nutr.*, 32, 2460-2471.
- 5) Kies, C. and Fox, H. M. (1971): Comparison of the protein nutritional value of TVP, methionine enriched TVP and beef at two levels of intake for human adults. *J. Food Sci.*, 36, 841-845.
- 6) Korslund, M., Kies, C. and Fox, H. M. (1973): Comparison of the protein nutritional value of TVP, methionine-enriched TVP and beef for adolescent boys. *J. Food Sci.*, 38, 637-638.
- 7) Zezulka, A. Y. and Calloway, D. H. (1976):

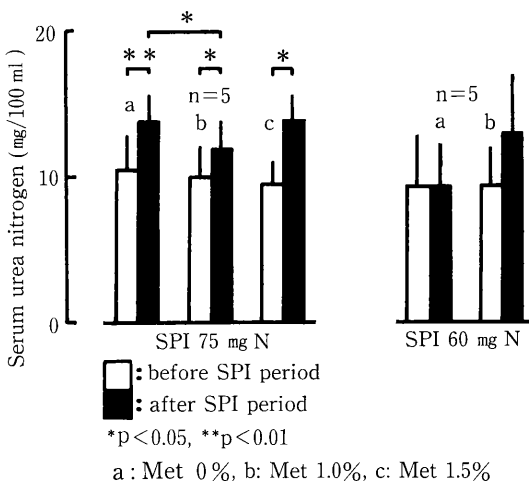


Fig. 2. Serum urea nitrogen

- Nitrogen retention in men fed varying levels of amino acids from soy protein with or without added L-methionine. *J. Nutr.*, **106**, 212-221.
- 8) Young, V. R., Scrimshaw, N. S., Torun, B. and Viteri, F. (1979): Soybean protein in human nutrition: An overview. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **56**, 110-120.
 - 9) 岸恭一, 前川みどり, 山本茂, 志塚ふじ子, 井上五郎 (1984): 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. 大豆たん白質栄養研究会会誌, **5**, 88-93.
 - 10) 高橋徹三, 山田哲雄 (1984): 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. 大豆たん白質栄養研究会会誌, **5**, 94-98.
 - 11) 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.
 - 12) 金子佳代子, 小池五郎 (1984): 成人における分離大豆たん白質へのアミノ酸補足効果に関する研究. 大豆たん白質栄養研究会会誌, **5**, 104-108.
 - 13) 岸恭一, 前川みどり, 山本茂, 志塚ふじ子, 井上五郎 (1985): 成人における分離大豆たん白質の栄養価とメチオニン添加効果. 大豆たん白質栄養研究会会誌, **6**, 88-95.
 - 14) 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.
 - 15) 金子佳代子, 小池五郎 (1985): 成人における分離大豆たん白質へのアミノ酸補足効果に関する研究(その2). 大豆たん白質栄養研究会会誌, **6**, 103-107.
 - 16) 小石秀夫, 奥田豊子, 三好弘子, 尾井百合子 (1985): 成人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.
 - 17) 高橋徹三 (1978): 成人男子における大豆たん白質の最小必要量および内因性窒素排泄量. 必須アミノ酸研究, No. 78, 3-7.