

SPI を用いた高たん白食のカルシウム代謝に及ぼす影響 ——含硫アミノ酸添加の影響について

EFFECTS OF HIGH SPI DIET ON CALCIUM METABOLISM
——EFFECTS OF ADDITION OF SULFUR CONTAINING AMINO
ACIDS

金子佳代子（横浜国立大学教育学部）

小池五郎（女子栄養大学）

Kayoko KANEKO¹ and Goro KOIKE²

¹Faculty of Education, Yokohama National University, Yokohama 240

²Kagawa Nutrition College, Sakado 350-02

ABSTRACT

The effects of a high sulfur-containing amino acid (SAA) and potassium (K) intake on the calcium (Ca) excretion and retention were studied in young women. Fourteen female students were given a high protein (100 g protein/day) diet containing 52 g of soy protein isolate (SPI diet) for 8 days. Then, the subjects were given a conventional diet, and thereafter they were received the second experimental diet containing SPI and 2.0 g of sulfur-containing amino acids (SPI+SAA diet) and the third diet adding 3.0 g of potassium bicarbonate to the second one (SPI+SAA · K diet) for 7 days each. Intakes of SAAs and K from SPI, SPI+SAA and SPI + SAA · K diets were 3.36, 5.34 and 5.35 g/day and 974, 980 and 2,141 mg/day, respectively. Urinary Ca, S, K, ammonia and titratable acid excretion increased and urinary pH decreased in SPI+SAA diet period in a manner similar to the meat diet reported previously, compared to SPI diet period. Consequently, SAA supplemented diet had a significantly negative effect on Ca retention. In SPI+SAA · K diet period urinary K excretion markedly increased, however, excretions in urinary Ca, ammonia and titratable acid were reversed and urinary pH increased as compared to SPI+SAA diet period. These effects were similar to those adding of apples to the meat diet reported previously. Fecal Ca excretions were not affected by the supplements of SAA or SAA and K. The results suggest that the hypercalciuria induced by high meat diet is caused by its high content of SAA and may be reversed by the consumption of potassium rich foodstuffs. *Nutr. Sci. Soy Protein, Jpn.* 9, 72-76, 1988.

高たん白質の摂取により尿中カルシウム (Ca) 排泄が増大し, Ca 出納が負を示すことが報告されている¹⁻⁶⁾。これらの研究では, 肉を主とした混合たん白質が, 実験食のたん白質源として用いられており, 尿中 Ca 排泄増大にともなう尿中の硫黄 (S) が増加することなどから, たん白質中の含硫アミノ酸 (SAA) が

関与するものと推察されている。

前報⁷⁾では, 大豆たん白質の SAA 含量が比較的少ないことに着目し, 分離大豆たん白質 (SPI) を用いた高たん白食 (SPI 食) の Ca 代謝に及ぼす影響を, SAA の多い獣鳥肉高たん白食 (Meat 食) の場合と比較検討した。その結果, Meat 食では尿中 Ca, S の排泄が増

大したのに対して、SPI 食では尿中 Ca の排泄増大は認められなかった。一方、Meat 食では Ca の腸管吸収も増大しており、結局 Ca 出納については両者の間に差は認められなかった。さらに、Meat 食にりんごを付加した場合には尿 Ca 排泄の増大が阻止されることも観察された。そこで、これらの現象をより明らかにすることを目的として、本報では SPI 高たん白食に SAA を負荷した場合、さらにその上にカリウム塩を負荷した場合の Ca 代謝ならびに生体の酸塩基バランスに及ぼす影響について検討した。

実験方法

健康な女子大学生14名を被検者として、I. SPI 高たん白食（摂取たん白質 100 g/日）を 8 日間摂取させ、その後いったん通常の食事（摂取たん白質 50～60 g/日）にもどした後、II. SPI 高たん白食に SAA 負荷、III. SPI 高たん白食に SAA および K 負荷の実験食をそれぞれ 7 日間ずつ連続して摂取させた。このとき実験食 II と III の順序を、被検者の半数ずつ逆転させて実施した。

被検者の年齢、身長、体重、エネルギー摂取量を Table 1 に示した。

SPI 高たん白食の食品構成は前報⁷⁾の SPI 食とほぼ同じとし、SAA 負荷期にはシスチン 1.0 g、メチオニン 1.0 g を摂取させた。SAA、K 負荷期には、さらに

その上に炭酸水素カリウム 3.0 g を摂取させた。各実験期の栄養素摂取量を Table 2 に示した。摂取エネルギーは被検者ひとりひとりについて体重維持に必要な量とし、体重の変動がある場合は砂糖、炭酸飲料（無果汁）、米の摂取量を増減して調節した。また飲料水はすべて蒸留水を使用した。

各実験期の最後の 4 日間の尿、尿を採集し、尿については pH、滴定酸度 (TA)、Ca、リン (P)、S、K、アンモニア (NH₃)、クレアチニンを測定した。採尿期間の初日および終了翌日の朝食時にマーカーとしてカルミン 0.5 g を服用させ、マーカーからマーカーまでを全量採集した。これを 100℃で熱風乾燥後、粉碎して分析に供した。食事は 1 日分をホモゲナイズし、凍結乾燥後分析に供した。すなわち、尿および食事試料の一部を 550℃で灰化後 Ca 含量を測定した。以上の各分析方法は前報⁷⁾と同様である。

実験期間中、被検者は女子栄養大学内のメタボリックユニットに宿泊し、日常生活、学習活動を行なった。実験期間中の身体活動量を把握するため、万歩計による歩行数とおよその立位時間を各自に記録させた。

Table 1. Characteristics of the subjects

Subj. code	Age	Height	Weight	Energy intake		
				SPI	SPI+SAA	SPI+SAA・K
	(yr)	(cm)	(kg)		(kcal/kg/day)	
A	21	162	53.9	33.2	33.2	33.8
B	20	153	45.9	43.5	43.5	39.8
C	20	161	46.7	31.8	30.6	31.1
D	22	167	49.3	36.3	35.8	32.7
E	22	156	56.1	42.8	36.6	39.2
F	20	168	51.1	40.2	41.3	44.0
G	23	161	54.9	37.4	39.3	—
H	20	152	53.2	30.0	33.0	35.0
I	21	164	48.9	33.7	40.4	38.5
J	20	157	62.3	30.1	28.8	28.3
K	22	157	60.9	33.8	39.3	37.8
L	25	153	49.5	32.3	31.0	30.8
M	23	155	56.0	31.2	40.5	36.8
N	21	168	66.5	34.8	32.1	32.4
Mean	21.4	159.6	53.9	35.1	35.8	35.4
SD	1.5	5.7	6.1	4.4	4.6	4.4

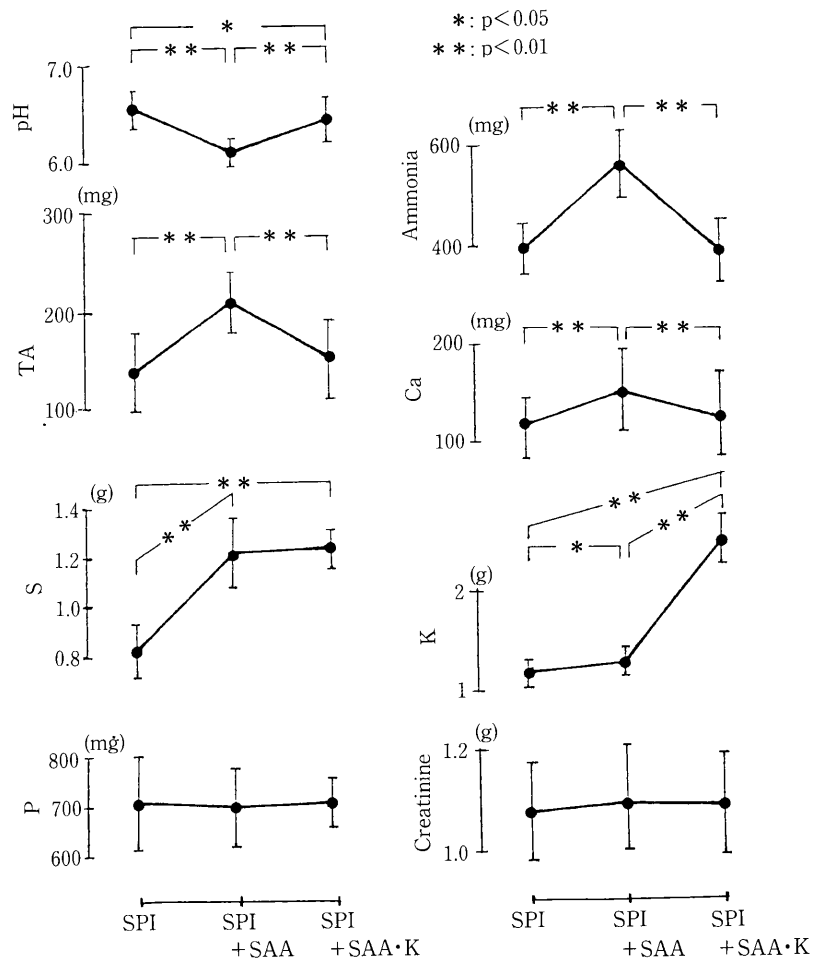


Fig. 1. Urinary pH, titratable acidity and sulfur, phosphorus, ammonia, calcium, potassium and creatinine excretion.

Table 2. Nutrient contents in the experimental diets

	SPI	SPI+SAA	SPI+SAA+K
Protein (g) ^b	101.5	101.7	101.6
S-containing A. A. (g) ^b	3.36	5.34	5.35
Fats (%) ^b	23.1	23.0	24.1
Ca (mg) ^a	610	605	604
P (mg) ^a	1272	1273	1268
CA : P	1 : 2.1	1 : 2.1	1 : 2.1
Fe (mg) ^b	9.1	9.0	9.2
K (mg) ^a	974	980	2141
Vitamin A (I. U.) ^b	2663	2599	2688
Vitamin B ₁ (mg) ^b	0.8	0.9	0.9
Vitamin B ₂ (mg) ^b	1.1	1.1	1.1
Vitamin C (mg) ^b	57.6	62.7	68.2

^aMeasured on lyophilized samples.

^bCalculated from the Food Composition Table.

Table 3. Calcium absorption and balance

	SPI	SPI+SAA	SPI+SAA・K
Ca intake (mg/day)	610±3	605±6	604±6
Urinary Ca (mg/day)	116±38 ^a	150±47 ^{a,b}	122±41 ^b
Fecal Ca (mg/day)	477±84	497±93	505±71
Absorption (%)	22±14	18±15	16±12
Balance (mg/day)	25±7 ^a	-40±80 ^a	-23±66 ^a

^aSignificantly different from the value for SPI diet period ($p<0.05$).

^bSignificantly different between the values for SPI+SAA and SPI+SAA・K diet periods ($p<0.05$).

結果と考察

尿および尿中 Ca 排泄量, Ca のみかけの吸収率, Ca 出納の結果を Table 3 にまとめた。SPI 高たん白食期に比較して、尿中 Ca 排泄量は SAA 期, SAA・K 期のいずれも有意な差は認められず、またみかけの吸収率にも変化はみられなかった。一方、尿中 Ca 排泄量は SAA 期で有意に増大し、Ca 出納も有意に低下して負に転じた。SAA・K 期の尿 Ca 排泄量は SPI 期と同じ程度であったことから、SAA と同時に K を負荷することによって、SAA による尿 Ca 排泄の増加が抑えられたものと考えられる。しかしながら Ca 出納については、SPI 期に比較してやや低下し、負に転じた。

Fig. 1 に尿 pH, TA, S, P, K, NH₃, クレアチニン排泄量の変化をまとめた。SPI 高たん白食に SAA を負荷すると、尿 pH が低下し、TA が増大、Ca 排泄量の増加とともに S, NH₃, K の排泄量が増大することが観察された。これらの変化は、前報⁷⁾の Meat 食の場合に観察された成績とほぼ同様であった。ただし異なる点は、Meat 食では尿中 P 排泄量も増大したことである。これは Meat 食の P 含量がやや高かったことに関連すると思われる。

以上の結果より、獣鳥肉の多量摂取時にみられる尿 Ca 排泄の増大は主に SAA の摂取増大によるものと考えられる。すなわち、SAA の摂取増大が腎臓における酸排泄を増し、その際 K, NH₃ とともに Ca の尿中排泄量が増加したと思われる。

一方、SAA・K 負荷期にも尿中 S 排泄は増大したが、K 排泄量が大きく増加することによって Ca, NH₃ の排泄は抑えられた。SAA 期に比べて TA 排泄も抑えられ、尿 pH は上昇した。この様相は、前報⁷⁾で Meat 食にりんごを付加した場合に認められた現象と同様であった。したがって、Meat 食にりんごを付加した場合に尿 Ca 排泄の増大が抑えられたのは主に K 摂取量

の増加によるものと考えられる。また、Meat+りんご食では尿中 Ca 排泄量が増し、Ca の吸収率、出納が低下する傾向が観察されたが、これはりんごの食物繊維による影響かもしれない。

前報では、実験食の Ca 摂取量は日本人成人の所要量程度であったにもかかわらず、どの実験食期においても Ca 出納値は負であった。この点について、被検者の実験期間中の生活が運動(立位)不足となっていたことの影響が考えられた。そこで本研究では、被検者にできるだけ立位、歩行などの身体活動を行なうよう指示し、歩行数、立位時間について記録させた。その結果、SPI 高たん白食期、SAA 期、SAA・K 期それぞれの立位時間は 341±127, 274±108, 304±116分/日であり、歩行数は 12,651±2,058, 9,268±1,825, 9,438±2,371歩/日であったことから、Ca 代謝に大きく影響を及ぼすほどの低活動状態ではなかったと思われる。本研究で SPI 期における Ca 出納が正の値となり、前報と異なった点については、このような身体活動量の差異も影響したと思われる。

文 献

- 1) Johnson, N. E., Alcantala, E. N. and Linkswiler, H. M. (1970): Effect of level of protein intake on urinary and fecal calcium and calcium retention of young adult males. *J. Nutr.*, **100**, 1425-1430.
- 2) Walker, R. M. and Linkswiler, H. M. (1972): Calcium retention in the adult human males as affected by protein intake. *J. Nutr.*, **102**, 1297-1302.
- 3) Anand, C. R. and Linkswiler, H. M. (1974): Effect of protein intake on calcium balance of young men given 500 mg calcium daily. *J. Nutr.*, **104**, 695-700.
- 4) Kim, Y. and Linkswiler, H. M. (1974): Effect

- of level of protein intake on calcium metabolism and on parathyroid and renal function in the adult human male. *J. Nutr.*, **104**, 1399-1404.
- 5) Hegsted, M. and Linkswiler, H. M. (1981): Long-term effects of level of protein intake on calcium metabolism in young adult women. *J. Nutr.*, **111**, 244-251.
- 6) Hegsted, M., Schuette, S. A., Zemel, M. B. and Linkswiler, H. M. (1981): Urinary calcium balance in young men as affected by level of protein and phosphorus intake. *J. Nutr.*, **111**, 553-562.
- 7) 金子佳代子, 小池五郎 (1987): SPI を用いた高たん白食カルシウム代謝に及ぼす影響, 大豆たん白質栄養研究会会誌, **8**, 40-45.