

高コレステロール食における脂質の吸収率と糞中中性ステロール排泄におよぼす大豆の影響

EFFECTS OF SOYBEAN ON LIPID DIGESTIBILITY AND FECAL EXCRETION OF NEUTRAL STEROLS IN YOUNG MEN ON HIGH-CHOLESTEROL DIET

奥田豊子・三好弘子・佐々木和美・佐竹理津子・平塚ゆかり

(大阪市立大学生活科学部), 小石秀夫(静岡県立大学食品栄養科学部)

Toyoko OKUDA¹, Hiroko MIYOSHI¹, Kazumi SASAKI¹, Rituko SATAKE¹, Yukari HIRATUKA¹ and Hideo KOISHI²

¹Faculty of Science of Living, Osaka City University, Osaka 558

²School of Food and Nutritional Sciences, University of Shizuoka, Shizuoka 422

ABSTRACT

The digestibility of lipids and the fecal excretion of neutral sterols were examined in five healthy young men on a diet of soy protein isolate (SPI) and a soybean diet, each lasting for 2 weeks. The intake of energy was 43 kcal/kg/day and that of protein was 0.8 g/kg/day. Half (by weight) of the protein of the diet was SPI or soybeans. Lipids accounted for 25% of the energy of the diets. The mean cholesterol intake from egg yolk was 1.6 g/day. Both diets were therefore high-cholesterol diets, but total cholesterol and HDL-cholesterol levels in the plasma were unchanged from the base line by both diets. The dry weight of feces with the soybean diet was about 1.7 times that with the SPI diet. The lipid level in the feces with soybean diet was significantly higher than with the SPI diet, but the levels of neutral sterols and cholesterol tended to be lower. Overall, the fecal excretion of lipids with the soybean diet was about 2.4 times that with the SPI diet. Digestion of lipids in the intestine was significantly decreased by the soybean diet. The total amount of neutral sterols and cholesterol excreted into the feces was about the same with the two diets. *Nutr. Sci. Soy Protein, Jpn.* **10**, 67-70, 1989.

大豆たん白質を摂取すると、カゼインなどのような動物性たん白質に比較し、血漿中コレステロール濃度の上昇を抑制し、動脈硬化の発症を抑制する可能性が指摘されている。我々も成人男子に高コレステロール食を投与したとき、同様な傾向をみた¹⁾。その理由の一つとして、ウサギ、ラット、ブタなどでみられた大豆たん白質の中性ステロールや酸性ステロールの体外排泄促進作用が考えられる。しかし、ヒトでは大豆たん白質と動物性たん白質を用いた食事との間で、中

性ステロール排泄量に差が認められていない^{1,2)}。丸大豆には、血漿中コレステロール濃度やステロール排泄に影響するといわれている難消化性多糖類やサポニンなどがかなり多く含まれているので本研究では丸大豆摂取時の脂質の吸収率や中性ステロール排泄量を分離大豆たん白質のときと比較した。

実験方法

健康な成人男子 5 名 (年齢 20.2 ± 0.7 歳, 身長 174.7

±3.4 cm, 体重64.2±7.9 kg)を被験者とした。分離大豆たん白質(SPI)食を2週間投与し、約3ヵ月後に、大豆食を2週間投与した。食事組成、測定方法はほぼ前報と同様である¹⁾。摂取エネルギーは43 kcal/kg, たん白質0.8 g/kgとし、たん白質の1/6を米、2/6を卵黄、3/6をSPIあるいは大豆で投与した。乾燥大豆として73 g/60 kg BWを水煮して投与した。

大豆油の摂取量は両群で等しくなるようにした。コレステロールはおもに卵黄由来で、その摂取量は1.4 g/60 kg BWであり、日本人の平均的な摂取量の約3倍に相当する。

Table 1に脂質の摂取量の実測値と文献値から算出した食物繊維の摂取量を示した。週の前半3日間と後半4日間にわけて実験期間中のすべての糞を採取した。物理的燃焼値はボンブカロリーメーター(島津CA-3)、糞中の脂質はFolch法で抽出後重量法で測定した。糞中の中性ステロール濃度はMiettinenらの方法で抽出後塩化第一鉄呈色法で測定し、コレステロール濃度はTMSI-Bでメチル化後ガスクロマトグラフ(島津GC-8 AP)を用いて測定した。

Table 1. Intake¹ (g/day)

	SPI diet	Soybean diet
Lipids	78±9 ²	69±6
Neutral sterols	1.69±0.20	1.66±0.21
Cholesterol	1.63±0.20	1.59±0.20
Dietary fiber ³	4±0	10±1

¹Subjects were five healthy students. Their mean height was 174.7±3.4 cm and mean weight was 64.2±7.9 kg. Each diet lasted for 2 weeks.

²Values are means±SD. ³Calculated from values in the literature.

Table 2. Plasma cholesterol (mg/100 ml)

	Total	HDL
SPI diet		
Day 0	153±35 ¹	43±6
Day 1	163±33	44±5
Week 1	158±31	44±7
Week 2	164±30	46±2
Soybean diet		
Day 0	162±24	47±7
Day 1	172±29	49±8
Week 1	155±25	43±6
Week 2	161±27	45±7

¹Values are means±SD.

結果と考察

大豆食摂取2週間後の早朝空腹安静時の血漿中総コレステロール、HDL-コレステロール濃度はコレステロール摂取量が多いにもかかわらず、摂取前の値とほぼ同じであった(Table 2)。前報で報告したスキムミルク食でのような上昇は認めなかった。他の血中脂質やたん白質濃度も両群間に差はなかった。

実験食最後の4日間のエネルギー利用率をTable 3に示している。大豆食の乾燥糞1 g当りのエネルギー量はSPI食より有意に高く、さらに糞重量がSPI食の1.7倍あり、糞排泄エネルギー量はSPI食の2倍にもなった。大豆食の尿中排泄エネルギー量もSPI食に比較し有意に高くなったが、これは、尿素、尿酸、クレアチニン以外の未知物質によっていた。大豆食の見かけのエネルギー吸収率はSPI食に比較し有意に低くなった。

窒素出納値をTable 4に示した。乾燥した糞の窒素含量は両食事で差はないが、糞排泄窒素量は大豆食で有意に多くなり、見かけの消化吸収率は有意に低下した。大豆食の窒素出納値はSPI食より有意に低く

Table 3. Energy availability¹

	SPI diet	Soybean diet
Intake ² (kcal/day)	2880±310	2830±280
Feces (kcal/day)	116±12	220±33** ³
(kcal/g dry feces)	4.58±0.10	5.23±0.12**
Urine (kcal/day)	57±7	70±9*
Absorption rate (%)	96.0±0.3	92.2±0.5**
Availability (%)	94.0±0.4	89.8±0.5**

¹Values are results for the last 4 days of each 2-week diet period, as means±SD. ²Fuel value obtained by use of bomb calorimeter. ³* p≤0.05 ** p≤0.01

Table 4. Nitrogen balance¹ (g N/day)

	SPI diet	Soybean diet
Intake	8.27±1.00	8.26±1.05
Feces	1.12±0.19	1.82±0.31** ²
(mg N/g dry feces)	44.4±4.5	43.4±5.9
Urine	6.70±0.89	7.10±0.92
Digestibility (%)	86.4±2.0	78.0±2.1**
Balance	+0.46±0.70	-0.65±0.58*

¹Values are results for the last 4 days of each 2-week diet period, as means±SD. ²* p≤0.05 ** p≤0.01

なり負の傾向を示した。

大豆食の糞重量はSPI食の約1.7倍であり、糞脂質含量も約1.4倍と有意に高くなり、糞中排泄脂質量は約2.4倍にも達し、見かけの消化吸収率は有意に低下した (Table 5)。一方、糞中の中性ステロール含量は大豆食で有意に減少を示し、1日排泄量ではSPI食と差がなかった。中性ステロールの排泄量はコレステロール摂取量にほぼ匹敵する量であった。コレステロールについてもほぼ同様な傾向であったが、両食事

間のコレステロール含量の差は1週の後半を除いて有意性がなかった。コプロスタノールは5人中2人で検出されたが、5人の平均値ではわずかであった。

考 察

以上、大豆食では糞重量の増加に比例して糞中脂質、窒素、エネルギーの排泄量が増加し、これは大豆に含まれる難消化性多糖類によると考えられるが、一方、中性ステロール、コレステロールの糞中含量は逆に減

Table 5. Dry fecal weight and digestibility of lipids

	Dry fecal weight		Lipids in dry feces		Digestibility
	<i>g/day</i>	<i>mg/g feces</i>	<i>g/day</i>		%
SPI diet					
Week 1 F ¹	23.5±3.8 ²	121±10	2.84±0.44		96±1
S	22.3±2.9	132±11	2.95±0.50		96±0
Week 2 F	23.1±4.8	137±16	3.21±0.91		96±1
S	25.2±2.4	131±12	3.29±0.35		96±0
Soybean diet					
Week 1 F	42.1±2.6 ^{**3}	179±22 ^{**}	7.50±0.46 ^{**}		88±4 ^{**}
S	40.9±6.0 ^{**}	190±24 ^{**}	7.71±0.76 ^{**}		89±1 ^{**}
Week 2 F	35.9±8.3 ^{**}	193±18 ^{**}	6.82±1.25 ^{**}		90±2 ^{**}
S	42.1±6.8 ^{**}	188±18 ^{**}	7.86±1.05 ^{**}		89±1 ^{**}

¹F, first half of week; S, second half of week. ²Values are means±SD. ³** p≤0.01.

Table 6. Neutral sterols excreted in feces

	Neutral		Cholesterol	
	<i>mg/g feces</i>	<i>g/day</i>	<i>mg/g feces</i>	<i>g/day</i>
SPI diet				
Week 1 F ¹	50.1±11.1 ²	1.17±0.30	35.5±8.5	0.83±0.24
S	66.5±8.1	1.48±0.27	39.0±5.4	0.87±0.19
Week 2 F	63.0±10.1	1.46±0.39	41.5±6.5	0.97±0.29
S	56.7±9.8	1.43±0.30	43.8±10.1	1.11±0.30
Soybean diet				
Week 1 F	29.4±9.9 ^{**3}	1.24±0.43	23.2±11.1	0.98±0.48
S	28.6±10.4 ^{**}	1.19±0.48	24.1±11.0*	1.01±0.49
Week 2 F	28.4±8.4 ^{**}	1.00±0.31	29.2±18.1	1.14±0.53
S	31.3±11.9 ^{**}	1.34±0.57	28.0±12.3	1.21±0.59

¹F, first half of week; S, second half of week. ²Values are means±SD. ³* p≤0.05, ** p≤0.01.

少し、1日の排泄量ではSPI食と差が認められなかった。大豆に含まれる難消化性多糖類の一種であるサポニン³⁾は、食物繊維と胆汁酸の結合を促進し、胆汁酸やコレステロールの腸管吸収を抑制するといわれている³⁾。ラットでは、カゼインや分離大豆たん白質をたん白質源とし、サポニンを1%添加した飼料で飼育すると、糞中中性ステロール、コレステロール、胆汁酸の排泄量が増加し、動脈壁中のコレステロール含量が減少することが報告されている⁴⁾。大豆は食物繊維とサポニンを多く含んでいるので、コレステロール低下作用を示す食品として注目されている⁵⁾。しかし、今回の条件ではサポニンの摂取量は0.4 g/日と少ないためか、脂質の腸管吸収は著しく低下したが、中性ステロールやコレステロールの排泄量には影響しなかった。

文 献

- 1) 奥田豊子, 三好弘子, 佐々木和美, 佐竹理津子, 平塚ゆかり, 小石秀夫 (1988) : ヒトの分離大豆たん白質摂取時におけるステロール排泄および血漿コレステロール濃度 (第2報)。大豆たん白質栄養研究会会誌, **9**, 97-100.
- 2) Fumagalli, R., Soleri, L., Farina, R., Musanti, R., Mantero, O., Nosedà, G., Gatti, E. and Sirtori, C. R. (1982) : Fecal cholesterol excretion studies in type II hypercholesterolemic patients treated with the soybean protein diet. *Atherosclerosis*, **43**, 341-353.
- 3) Sidhu, G. S., Upson, B. and Malinow, M. R. (1987) : Effects of soy saponins and tigogenin cellobioside on intestinal uptake of cholesterol, cholate and glucose. *Nutr. Rep. Int.*, **35**, 615-623.
- 4) Sautier, C., Doucet, C., Flament, C., and Lemonnier, D. (1979) : Effects of soy protein and saponins on serum, tissue and feces steroids in rat. *Atherosclerosis*, **34**, 233-241.
- 5) Potter, J. D., Illman, R. J., Calvert, G. D., Oakenfull, D. G. and Topping, D. L. (1980) : Soya saponins, plasma lipids, lipoproteins and fecal bile acids : a double blind cross-over study. *Nutr. Rep. Int.*, **22**, 521-528.