

大豆たん白質のラットにおける血清コレステロール濃度低下作用：食餌脂肪と年齢の相互作用

HYPOCHOLESTEROLEMIC EFFECT OF SOYBEAN PROTEIN IN RATS: INTERACTION OF DIETARY FAT AND AGE

崔 龍淳・池田郁男・菅野道廣（九州大学農学部）

Yong-Soon CHOI, Ikuo IKEDA and Michihiro SUGANO

Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812

ABSTRACT

The hypocholesterolemic effect of soybean protein (SOY) was compared with casein (CAS) and milk whey protein (WHY) in 4 weeks and 9 months old rats using sardine oil as the source of dietary fat. The protein effect was more evident in liver cholesterol (CHOL) than in serum CHOL and in old than in young rats. SOY increased fecal steroid excretion and the CHOL synthesis in the liver. Significant age- and protein-effects were observed in fatty acid profiles of liver microsomal phospholipid. Thus, the effects of soybean protein on various lipid indices are routinely maintained even when fish oil was fed simultaneously. *Nutr. Sci. Soy Protein, Jpn.* 11, 63-66, 1990.

大豆たん白質 (SOY) は優れた血清コレステロール (CHOL) 低下作用を発揮するが、その効果は食餌脂肪の種類やレベル、動物の年齢などによってかなり影響を受ける。われわれは先にたん白質とn-6系多価不飽和脂肪酸 (PUFA) との相互作用について報告したが^{1,2)}、今回、n-3系 PUFA の特徴的な脂質代謝改善効果に注目して加齢と関連させて検討し、SOY の汎用性拡大を目途した。ラットの CHOL 合成能は生後2～4ヶ月から9～12ヶ月後までの間に変動し、以後24ヶ月まではほとんど一定であることが知られているので³⁾、この実験では4週齢と9ヶ月齢のラットを対象とした。

実験方法

SD 系雄ラット (3週齢および8ヶ月齢) を AIN 配合の純化食 (たん白質20%および脂肪10%を含む無CHOL食) で4週間飼育した。たん白質としては、SOY, CAS および WHY を、脂肪としては鰯油を用いた。この鰯油は α -トコフェロール (抗酸化剤として添加) 200 ppm および CHOL 0.56% を含み、主なn-3

系 PUFA の割合は、20:5, 14.8%; 22:6, 10.3% であった。

飼育終了後、真夜中に断頭屠殺し、肝臓の HMG-CoA reductase 活性を測定した。血清、肝臓の脂質成分、肝臓ミクロソームの脂肪酸組成、糞便中のステロイドの分析は常法に従った²⁾。

結果は、たん白質の効果については一元分散分析後 Duncan の多変量解析で、加齢の効果についてはt-検定で有意差を検定した。

結 果

同年齢のラットの飼料摂取量、体重増加量および肝臓重量には差は認められなかった。

血清および肝臓の脂質濃度

Table 1 に血清、肝臓の脂質成分の濃度を示した。血清 CHOL 濃度は有意ではなかったが、同年齢のラットでは SOY 群で低い傾向にあった。加齢に伴って CHOL 濃度は上昇したが、その程度は SOY 群で軽度であった。トリグリセリド (TG) 濃度にはたん白質依存性の差はなかったが、CAS 群では加齢に伴い有意に

増加した。

肝臓 CHOL 濃度は、若年ラットではたん白質の影響は明確でなかったが、成熟ラットではSOY群でCAS群より有意に低く、WHY群で中間値を示し、後2者では加齢依存性の増加が観察された。TG濃度もSOY群で低い傾向にあり、CAS群とWHY群では加齢に伴い増加した。

肝臓のコレステロール合成活性

Fig. 1 に示すように、肝臓ミクロソームの HMG-CoA reductase 活性は動物の年齢にかかわらず、SOY群でCAS、WHY両群より高く、また、加齢に伴いいずれの群も低下する傾向にあった。

糞便中へのステロイドの排泄

Table 2 に屠殺5日前から2日間採取した糞便中へのステロイドの排泄量を示した。糞の乾燥重量は若年ラットでは差はなかったが、成熟ラットではSOY群でCAS群より有意に大きく、WHY群は中間であった。

酸性ステロイド（胆汁酸）排泄量は加齢に伴って増加したが、年齢に関係なくSOY群で著しく高かった。中性ステロイドの排泄量、若年ラットではたん白質の影響はなかったが、成熟ラットではSOY群でCAS群より有意に高かった。CAS群では加齢に伴ってむしろ減少した。

肝臓ミクロソームの脂肪酸組成

Table 3 に肝臓ミクロソームのホスファチジルコリンの脂肪酸組成を示した。すべての群で年齢依存性の

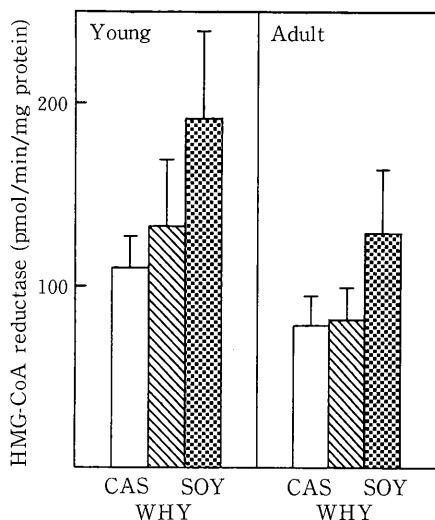


Fig. 1. Effect of dietary protein on the activity of HMG-CoA reductase of liver microsomes. See footnote of Table 1.

変化が観察され、加齢に伴いn-6系PUFAの割合は有意に増加し、逆にn-3系PUFAは低下した。若年ラットでは、リノール酸の割合はSOY群でCAS、WHY両群より低く、アラキドン酸はほぼ同じであった。成熟ラットではリノール酸には3群間で差はなかったが、アラキドン酸の割合はSOY群で低かった。したがって、リノール酸の不飽和化指標である(20:

Table 1. Effects of dietary protein on serum and liver lipid levels in young and adult rats

		Cholesterol	Triglyceride
Serum, mg/100 ml			
Young	CAS	85±7	111±8
	WHY	90±10	96±2
	SOY	72±6	127±16
Adult	CAS	137±7*	168±23*
	WHY	131±9*	123±24
	SOY	105±11*	128±20
Liver, mg/g			
Young	CAS	3.09±0.41	12.8±2.9
	WHY	2.81±0.17	10.0±1.6
	SOY	2.80±0.56	8.0±2.7
Adult	CAS	4.65±0.38**	28.6±2.8*
	WHY	4.18±0.48**	34.2±12.0*
	SOY	2.85±0.15 ^a	17.8±5.6

Young (3 weeks old) and adult (8 months old) rats were fed diets for 4 weeks. CAS, casein; WHY, milk whey; SOY, soybean protein. Mean±SE of 6 rats. * Significantly different ($p<0.05$) from the corresponding young rats. ^{ab} In age-matched rats, values in the same column not sharing common letter are significantly different ($p<0.05$).

Table 2. Effects of dietary protein on fecal steroid excretion in young and adult rats

		Fecal weight	Acidic steroids	Neutral steroids
		g/day	mg/day	mg/day
Young	CAS	1.7±0.1	1.8±0.2 ^a	8.1±0.5
	WHY	1.6±0.1	2.0±0.3 ^a	7.0±0.7
	SOY	1.7±0.1	4.1±0.3 ^b	8.5±0.4
Adult	CAS	1.6±0.1 ^a	4.9±0.8 ^{ab*}	5.2±0.5 ^{a*}
	WHY	2.1±0.1 ^{ab*}	4.4±0.6 ^{a*}	6.6±0.7 ^{ab}
	SOY	2.4±0.2 ^{b*}	7.4±0.7 ^{b*}	8.7±0.8 ^b

Mean±SE of 6 rats. * Significantly different ($p<0.05$) from the corresponding young rats. ^{ab} In age-matched rats, values in the same column not sharing common letter are significantly different ($p<0.05$). See footnote of Table 1.

Table 3. Effects of dietary protein on fatty acid composition of liver microsomal phosphatidylcholine in young and adult rats

Fatty acid	Young			Adult		
	CAS	WHY	SOY	CAS	WHY	SOY
	Weight %					
16:0	25.6	25.7	25.0	20.9 ^{ab*}	20.5 ^{a*}	22.5 ^{b*}
16:1	3.3	3.3	3.3	2.4	2.5	3.2
18:0	19.6	19.8	19.3	23.4 [*]	23.1 [*]	20.9
18:1	10.2	9.1	9.5	7.3 [*]	7.7 [*]	7.7 [*]
18:2	1.5 ^a	1.2 ^b	2.8 ^c	7.3 [*]	6.9 [*]	7.0 [*]
20:3n-6	0.5	0.5	0.7	1.7 [*]	1.5 [*]	1.2 [*]
20:4n-6	7.3	7.3	8.0	17.5 ^{a*}	16.9 ^{a*}	14.5 ^{b*}
20:5n-3	12.3 ^a	14.1 ^b	10.6 ^c	7.1 [*]	8.2 [*]	8.7 [*]
22:5n-3	3.9	4.2	4.4	1.7 ^{a*}	1.7 ^{a*}	2.5 ^{b*}
22:6n-3	14.5	13.7	15.0	9.8 [*]	9.6 [*]	10.6 [*]
(20:3+20:4)/18:2	5.2 ^a	6.8 ^b	3.1 ^c	2.7 ^{a*}	2.7 ^a	2.3 ^{b*}

Mean of 6 rats per group. * Significantly different ($p < 0.05$) from the corresponding young rats. ^{abc} In age-matched rats, values in the same line not sharing common letter are significantly different ($p < 0.05$). See footnote of Table 1.

3+20:4)/18:2の値は両乳たん白質群で SOY 群より有意に高くなった。なお、この比はすべての群で加齢に伴ってかなり低下した。長鎖の n-3 系 PUFA の割合は加齢に伴い低下したが、たん白質の影響は認められなかった。

考 察

本実験では、SOY の血清 CHOL 濃度低下作用は明確ではなかった。n-6 系 PUFA に富む脂肪を与えた場合、若年ラットではたん白質効果はあまり修飾されない²⁾、SOY の効果が魚油の強い降 CHOL 作用によって薄められた可能性がある。もっとも、SOY は加齢に伴う血清や肝臓 CHOL 濃度の上昇を引き起こさなかった。

CHOL 合成系律速酵素である肝臓の HMG-CoA reductase 活性はラットの年齢にかかわらず、SOY 食で高い傾向にあった。これはおそらく、糞便中へのステロイド排泄の増加を反映しているものと考えられる⁴⁾。いずれにしても、食餌脂肪のレベルと種類が SOY の効果をかなり修飾するといえる。

糞便中へのステロイド排泄増加と肝臓 CHOL 濃度の低下の程度から、SOY 摂取による体内の CHOL プールの減少は成熟ラットにおいてより効果的であるとみなされ、このたん白質の有用性が示唆された。

肝臓ミクロソームリン脂質の脂肪酸組成に対する食

餌脂肪の影響は若年ラットで著しかった。とくに、n-3 PUFA の割合は若年ラットで高く、逆に n-6 PUFA は成熟ラットで高かったが、これは脂肪酸の代謝に年齢依存性の変化があることを指摘する⁵⁾。エイコサペンタエン酸はリノール酸の代謝に干渉するが、食餌たん白質のリノール酸の不飽和化反応に対する影響は魚油の摂取時にも維持された。つまり、SOY はリノール酸の代謝に対して強い固有の効果を備えていることを示している。したがって、SOY と魚油の組合せはリノール酸の不飽和化反応の進行を効率的に抑制することができよう。このように、比較的多量の魚油を食餌脂肪源として与えた場合には、食餌たん白質の血清 CHOL 濃度への影響はあまり明確ではなかったが、成熟ラットの肝臓 CHOL を低下させた。つまり、加齢に伴う CHOL 代謝の変動に及ぼすたん白質の影響は、魚油によって修飾される。

文 献

- 1) 菅野道廣, 古場一哲 (1988): 分離大豆たん白質のラット血清コレステロール濃度低下作用 (IX). 大豆たん白質栄養研究会会誌, **9**, 77-81.
- 2) Choi, Y. S., Goto, S., Ikeda, I. and Sugano, M. (1989): Interaction of dietary protein, cholesterol and age on lipid metabolism of rat. *Br. J. Nutr.*, **61**, 531-543.

- 3) Yu, B. P., Wong, G., Lee, H. C., Bertrand, H. and Masoro, E. J. (1984) : Age changes in hepatic metabolic characteristics and their modulation by dietary manipulation. *Mech. Age. Dev.*, **24**, 67-84.
- 4) Sugano, M., Yamada, Y., Yoshida, K., Hashimoto, Y., Matsuo, T. and Kimoto, M. (1988) : The hypocholesterolemic action of the undigested fraction of soybean protein in rats. *Atherosclerosis*, **72**, 115-122.
- 5) Choi, Y. S., and Sugano, M. (1988) : Effects of dietary alpha- and gamma-linolenic acid on lipid metabolism in young and adult rats. *Ann. Nutr. Metab.*, **32**, 169-176.