

血清および肝脂質濃度に及ぼす大豆たん白質ならびに大豆繊維の影響

EFFECT OF SOY PROTEIN AND/OR SOY FIBER ON SERUM AND LIVER LIPID CONCENTRATION IN THE RAT

志塚ふじ子・松本義信・藍原かおり・竹内優子・木戸康博・岸 恭
一（徳島大学医学部）

Fujiko SHIZUKA, Yoshinobu MATSUMOTO, Kaori AIHARA, Yuko TAKEUCHI, Yasuhiro KIDO and Kyoichi KISHI

Department of Nutrition, School of Medicine, The University of Tokushima, Tokushima 770

ABSTRACT

The hypolipidemic effect of soy protein isolate (SPI) and/or soy fiber was compared with casein, or cellulose and pectin, as protein or dietary fibers, respectively, in the rat fed diets supplemented with or without cholesterol, with corn oil or lard as dietary lipid. The concentration of serum triglyceride but not cholesterol was lower in rats fed SPI than casein regardless of dietary cholesterol levels or lipid sources. Soy fiber introduced into casein diet supplemented with cholesterol also decreased the concentration of serum triglyceride, which was not further decreased by feeding SPI. Pectin prevented the increase of serum and liver cholesterol caused by feeding 1% cholesterol supplemented diet, but the hypocholesterolemic effect of soy fiber as well as cellulose was not observed. However, when supplementation of cholesterol in the diet was decreased to 0.5%, soy fiber lowered serum cholesterol than cellulose. Neither SPI nor soy fiber clearly prevented the accumulation of liver lipids induced by feeding cholesterol. *Nutr. Sci. Soy Protein, Jpn*, **13**, 108-114, 1992.

大豆は、たん白質源であると同時に食物繊維源でもあり、両者ともに血清コレステロール濃度低下作用が報告されている¹⁻³⁾。しかし、大豆繊維の降コレステロール作用についての報告は大豆たん白質のそれに比べて少なく、また、大豆たん白質の効果も動物の種によって異なり^{4,5)}必ずしも一定の結果が得られていない。血清脂質濃度は食餌条件により大きく変動することから、今回、食餌中へのコレステロール添加レベル、食餌脂質の種類、食物繊維の種類と添加レベル、飼育期間等を変えて、分離大豆たん白質 (SPI) と大豆繊維のそれぞれの効果、ならびに両者の相乗効果についてラットを用いて検討した。

実験方法

5週齢（体重120 g）のSD系雄ラットを用い、実験食の組成および実験期間の異なる以下の3つの実験を行った。基本飼料の組成は、たん白質20%、セルロース2%、コーン油5%、ビタミン混合1%、ミネラル混合3.5%とし、残りを糖質（ α -スターチ：しょ糖＝2：1）で調整した。いずれの実験においても、たん白質源としてSPI（フジプロR、不二製油）を、その対照としてカゼインを用い、実験食と水は自由に摂取させた。

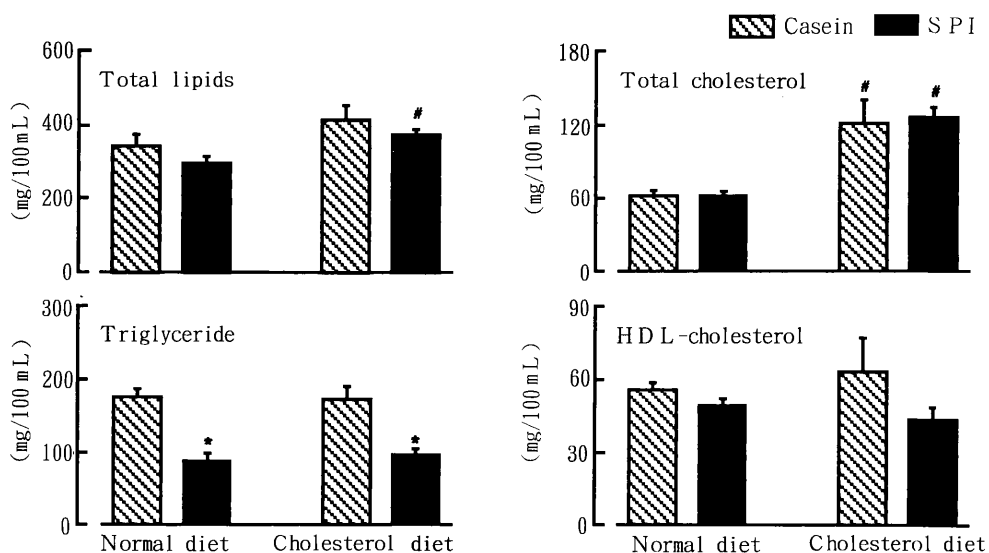


Fig. 1. Effect of dietary protein and cholesterol on serum lipid concentrations in rats (Exp. 1). Values are mean $\pm$ SEM for six rats per group. * $p < 0.05$: vs casein, # $p < 0.05$: vs normal diet.

実験1 コレステロール無添加食および添加食における SPI の効果

コレステロール無添加の基本飼料あるいは1%コレステロールおよび0.25%コール酸ナトリウムを含むコレステロール添加食で動物を2週間飼育した。

実験2 食餌脂質の種類と SPI および大豆繊維の効果

飼料としては実験1と同様のコレステロール添加食を用いたが、食物繊維レベルを5%に増した。脂質源としてコーン油の他にラードを用いた。食物繊維として大豆繊維（ニュープロプラス1500，不二製油）を，その対照としてセルロースとベクチンを用いた。飼育期間は実験1と同様2週間とした。

実験3 食物繊維添加レベルの影響

飼料の脂質源としてコーン油のみを用い，食物繊維のレベルを5あるいは10%の2レベルに変えた。また，コレステロールおよびコール酸ナトリウムの添加レベルをそれぞれ0.5%および0.15%に低下させた。その他の飼料組成は実験2と同様とした。飼育期間は6週間に延ばした。

実験1，2，3ともに，飼育期間終了後，ネンブター麻酔下で下大静脈より採血し，肝臓を摘出した。血清および肝臓の総脂質は SPV 法⁶⁾で，中性脂肪 (TG)，総コレステロールおよび HDL-コレステロー

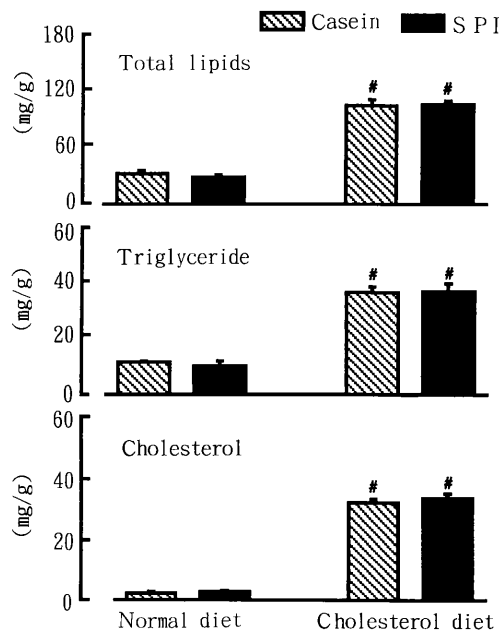


Fig. 2. Effect of dietary protein and cholesterol on liver lipid concentrations in rats (Exp. 1). Values are mean $\pm$ SEM for six rats per group. # $p < 0.05$: vs normal diet.

ルはそれぞれ GPO・DAOS 法, コレステロールオキシダーゼ・DAOS 法およびヘパリンマンガン結合沈澱法による和光純薬製の市販キットを用いて測定した。有意差検定には, 実験 1 では Student の t-test を用い, 実験 2 および 3 では一元配置分散分析と Scheffé の多重比較検定を用いた。

結 果

実験 1

血清総脂質および中性脂肪 (TG) 濃度は飼料へのコレステロール添加により変化しなかったが, 総コレステロール濃度は約 2 倍と大きく上昇した。食餌へのコレステロール添加の有無にかかわらず, SPI 食飼育ラットの血清 TG はカゼイン食に比べて有意な低値を示した。総コレステロール濃度には SPI 食群とカゼイン食群の間に差は認められなかったが, HDL-コレステロール濃度は SPI 食群で低い傾向にあった (Fig. 1)。コレステロール添加食は肝の TG およびコレステロール含量を増加させたが, SPI 食群とカゼイン食群との間に差はみられなかった (Fig. 2)。

実験 2

食餌脂質源としてラードを用いると, コーン油を用

いた場合に比べて血清総脂質は大きく増加した。この時, 総コレステロールは増加していたが, TG および HDL-コレステロール濃度の上昇はみられなかった。たん白質源として SPI を用いると, カゼイン食群に比べて血清 TG 濃度は低値を示した。血清総コレステロール濃度は食物繊維により差がみられ, セルロースおよび大豆繊維に比べてペクチン食群で低値を示した。また, カゼイン食に大豆繊維を加えると, 他の食物繊維よりも血清 TG が低下した (Fig. 3)。繊維源としてセルロースを用いた場合, SPI 食群の肝脂質含量はカゼイン食群に比べて低くなった。ペクチン食群の肝脂質含量は他の食物繊維群に比べて低値を示したが, 大豆繊維に肝脂質蓄積抑制効果は認められなかった (Fig. 4)。

実験 3

実験 3 において, 食餌へのコレステロール添加レベルを実験 1, 2 よりも下げ, 飼育期間を 2 週間から 6 週間に延長したが, 血清総脂質濃度はすべての群で実験 2 よりも高値となった。しかし, 血清コレステロール濃度は実験 2 の結果と変わらなかった。SPI 食飼育ラットの血清総脂質および TG 濃度はカゼイン食飼育ラットに比べて低く, その差は血清脂質レベルの高

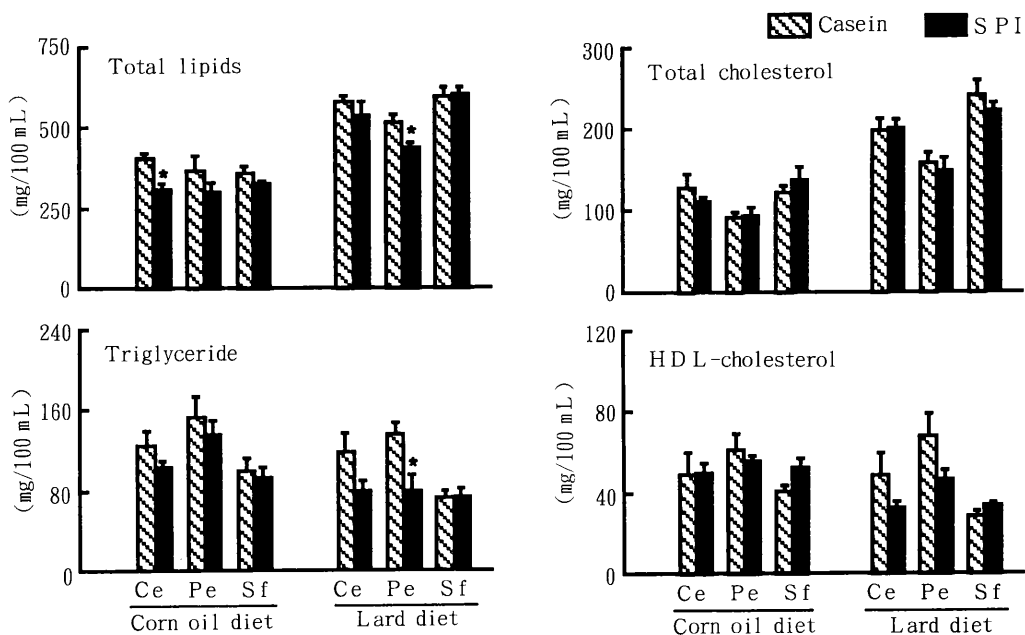


Fig. 3. Effect of dietary protein and fiber on serum lipid concentrations in rats fed corn oil or lard diet supplemented with 1% cholesterol and 0.25% Na-cholate (Exp. 2). Values are mean $\pm$ SEM for six rats per group. Ce, cellulose; Pe, pectin; Sf, soy fiber. * $p < 0.05$: vs casein.

いセルロース食群で最も顕著であった。血清コレステロール濃度に及ぼす SPI の効果は明らかではなかったが、血清コレステロール濃度が最も高い値を示したセルロース食群では、カゼイン食群に比べて低い傾向が認められた。食物繊維の添加レベルを5%から10%に増加させても、いずれの血清脂質画分にも明らかな変化は認められず、セルロース食群で最も高く、ペクチン食群で最も低かった。血清コレステロール濃度はペクチン群で最も低く、大豆繊維群はセルロース群とペクチン群の中間的な値を示した (Fig. 5)。また、ペクチン食群の肝脂質含量は他の食物繊維群に比べて低

かった。SPI, 大豆繊維のいずれにも肝脂質蓄積を抑制する効果は認められなかった (Fig. 6)。

考 察

今回、様々な食餌条件で血清脂質に及ぼす大豆たん白質と大豆繊維の影響を調べたが、食餌へのコレステロール添加の有無、食餌脂質源の種類さらには飼育期間の差にかかわらず、大豆たん白質はカゼインに比べて血清総脂質とくに TG 濃度上昇を抑制した。食餌たん白質源としてカゼインを用いた場合、大豆繊維にも大豆たん白質と同様な効果が認められたが、両者の相

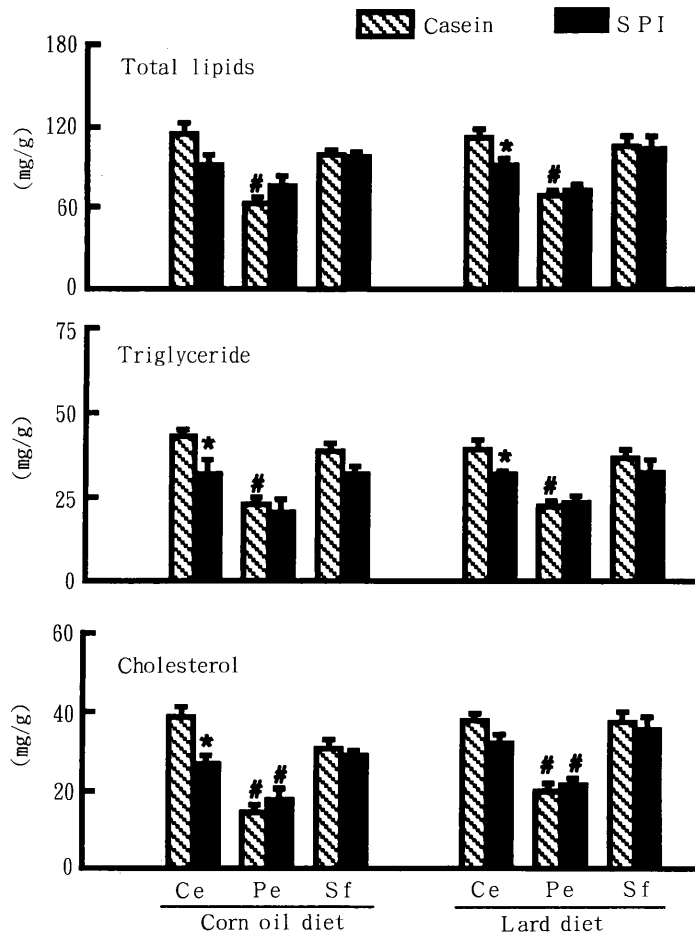


Fig. 4. Effect of dietary protein and fiber on liver lipid concentrations in rats fed corn oil or lard diet supplemented with 1% cholesterol and 0.25% Na-cholate (Exp. 2). Values are mean $\pm$ SEM for six rats per group. Ce, cellulose; Pe, pectin; Sf, soy fiber. * $p < 0.05$: vs casein, # $p < 0.05$: vs Ce.

乗効果は認められなかった。一般に、食物繊維とくに水溶性の繊維には脂質代謝改善作用が認められ、その作用は主にコレステロールの吸収抑制ならびに胆汁酸排泄促進作用によると考えられている。ペクチンは代表的な水溶性繊維であるが、今回の結果でもペクチンには明らかな血清コレステロール上昇抑制効果が認められた。大豆たん白質にも胆汁酸排泄促進作用が報告されているが、今回の実験条件下では大豆たん白質に降コレステロール作用は認められなかった。今後、SPI食投与ラットについて糞便中へのコレステロールおよび胆汁酸排泄量を測定し、血清コレステロール濃度との関係を調べたい。今回用いた大豆繊維には水溶性繊維も一部含まれているが、大部分はヘミセルロースであり、分類上は不溶性繊維に属する。食餌中コレステロールレベルの高かった実験2では、不溶性繊維であるセルロースと大豆繊維の間に効果の差はみられなかった。しかし、コレステロール添加レベルを下げた実

験3において、大豆繊維の血清コレステロール低下作用はペクチンとセルロースの中間であった。以上のように、大豆繊維の効果は食餌及び飼育条件によって異なっていた。大豆繊維を部分的に水解するなどの化学的な処理を行って水溶性画分を増加させれば、脂質代謝改善効果がさらに強まることが期待される。今回の実験条件下では、大豆たん白質は血清総脂質とくにTGの上昇を抑制したものの、多くの報告にみられるような血清コレステロール上昇抑制効果は認められなかった。その原因については明らかではないが、コレステロール添加レベルや実験期間の差が関係していると思われる。なお、血清HDL-コレステロール濃度は、カゼイン食飼育に比べて大豆たん白質食群で低値を示す傾向があったが、ラットにおけるHDL-コレステロールの生理的意義はヒトにおけるそれとは異なるため⁷⁾、この結果を直接ヒトにあてはめることはできない。

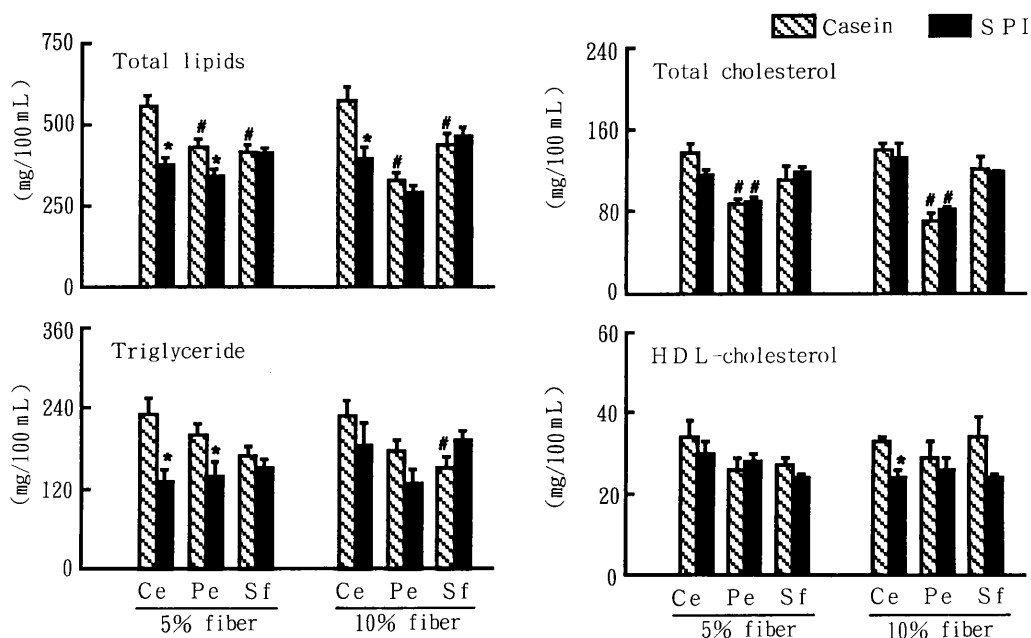


Fig. 5. Effect of dietary protein and fiber on serum lipid concentrations in rats fed diet containing 5% or 10% dietary fiber, supplemented with 0.5% cholesterol and 0.15% Na-cholate (Exp. 3). Values are mean $\pm$ SEM for six rats per group. Ce, cellulose; Pe, pectin; Sf, soy fiber. * $p < 0.05$: vs casein, # $p < 0.05$: vs Ce.

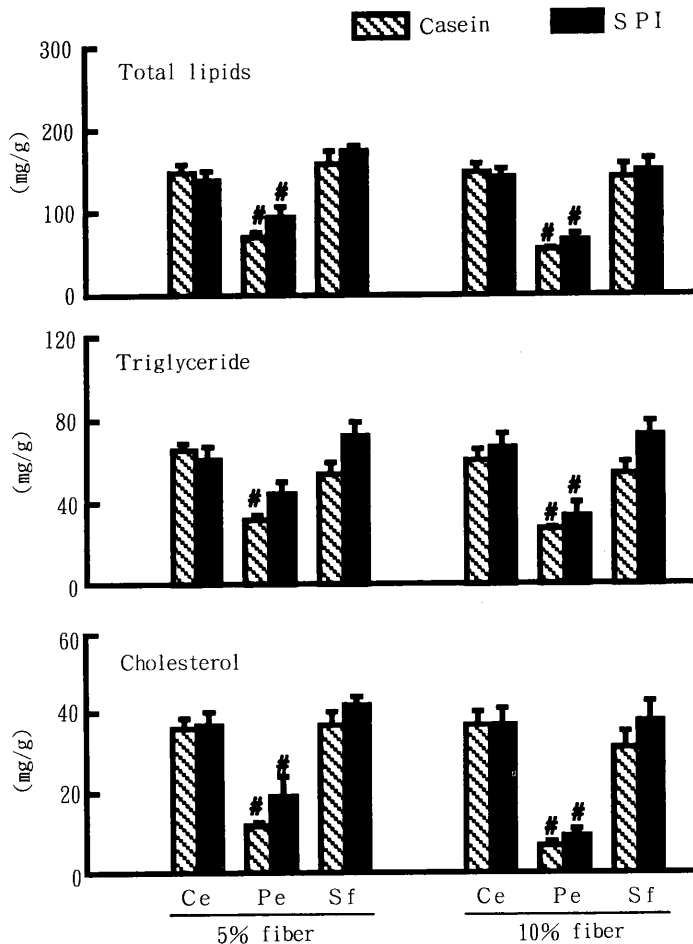


Fig. 6. Effect of dietary protein and fiber on liver lipid concentrations in rats fed diet containing 5% or 10% dietary fiber, supplemented with 0.5% cholesterol and 0.15% Na-cholate (Exp. 3). Values are mean $\pm$ SEM for six rats per group. Ce, cellulose; Pe, pectin; Sf, soy fiber. # $p < 0.05$: vs Ce.

文 献

- 1) Carroll KK and Hamilton RMG (1975) : Effects of dietary protein and carbohydrate on plasma cholesterol levels in relation to atherosclerosis. *J Food Sci*, **40**, 18-23.
- 2) Shorey RL, Day PJ, Willis RA, Lo GS and Steinke FH (1985) : Effect of soy bean polysaccharide on plasma lipids. *J Am Diet Assoc*, **85**, 1461-1465.
- 3) Lo GS, Evans RH, Phillips KS, Dahlgren RR and Steinke FH (1987) : Effect of soy fiber and soy protein on cholesterol metabolism and atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis*, **64**, 47-54.
- 4) Nagata Y, Tanaka K and Sugano M (1981) : Further studies on the hypocholesterolaemic effect of soya-bean protein in rats. *Br J Nutr*, **45**, 233-241.
- 5) Weinaus GJB and Beynen AC (1983) : Plasma cholesterol concentrations in mice fed cholesterol-rich, semipurified diets containing

- casein or soybean protein. *Nutr Rep Int*, **28**, 1017-1027.
- 6) Woodman DD and Price CP (1972): Estimation of serum total lipids. *Clin Chim Acta*, **38**, 39-43.
- 7) 小田裕昭, 丹羽真一, 吉田 昭 (1990): 血清リポたん白質代謝における分離大豆たん白質の栄養特性. 大豆たん白質栄養研究会会誌, **11**, 67-73.