

大豆たん白質の降コレステロール作用：組織脂肪酸構成および糞便ステロイド排泄に及ぼす食餌たん白質レベルの影響

HYPOCHOLESTEROLEMIC EFFECTS OF SOY PROTEIN : EFFECTS OF DIETARY PROTEIN LEVEL ON FATTY ACID PROFILES OF PHOSPHATIDYLCHOLINE AND FECAL STEROID EXCRETION IN RATS

沖田 卓雄 (福岡教育大学家政科)

Takuo OKITA

Fukuoka University of Education, Munakata 811-41

ABSTRACT

Effects of different dietary levels (10-30%) of soy protein and casein on various lipid parameters were examined in rats. The concentration of plasma and liver cholesterol (CHOL) tended to decrease with an increasing dietary protein level, in particular when the diet contained CHOL. The hypocholesterolemic effect of soy protein was evident with CHOL-enriched diets. The ratio of arachidonate to linoleate in plasma and liver phosphatidylcholine tended to elevate accompanying with an increasing dietary protein level, although it was considerably lower in soy protein than in casein. The ratio increased when the dietary protein level increased. The results indicated that the hypocholesterolemic effect of soy protein is influenced by not only the level but also dietary CHOL. The degree of the conversion of linoleate to arachidonate also depended on the level and type of dietary protein. *Nutr. Sci. Soy Protein, Jpn.* **10**, 58-62, 1989.

Howard ら¹⁾により、ウサギにおいて大豆たん白質が降コレステロール (CHOL) 作用をもつことが証明されて以来、ラット²⁾、ヒト³⁾でもこの効果が報告されているが、不明な点も多い。食餌たん白質レベルも、血中 CHOL 濃度に影響するので⁴⁾、分離大豆たん白質 (SPI) の降 CHOL 作用もそのレベルに左右されることが推察される。また、血中 CHOL 濃度は多価不飽和脂肪酸に強く影響を受けることから⁵⁾、食餌たん白質レベルと多価不飽和脂肪酸との関係を明らかにすることにより SPI の効果を解明する手がかりが得られることも推察される。本実験は、SPI の降 CHOL 作用に対するたん白質レベルの効果を明らかにするとともに、リノール酸からアラキドン酸への変換や糞ステロイド排泄量との関連性について明らかにすることを

目的としてラットを用いて検討した。

実験方法

6 週齢のウィスター系雄ラット (平均体重140 g) に純化飼料を30日間自由摂食させた。飼料組成は、コーン油 5%, 塩混合 5%, ビタミン混合0.5% (ともに Harper 混合), セルロース 4%, SPI またはカゼインをそれぞれ10, 20, 30%含み、トウモロコシデンプンで100%に調整した。実験 1 は無 CHOL 食, 実験 2 は CHOL およびコール酸ナトリウムをそれぞれ0.5, および0.125%添加した高 CHOL 食とした。飼育期間の最終 3 日間の糞を採取しガスクロマトグラフィー (GLC) でステロイドの分析を行った^{6,7)}。血漿および肝臓 CHOL は抽出脂質について比色法で、ホスファ

チジロコリンの脂肪酸分析は、薄層クロマトグラフィーによって分離した後、GLCで分析した。

結果と考察

体重増加量を Fig. 1 に示す。これまでの多くの結果と同様に、体重増加量は無 CHOL 食の場合、低たん白質レベルでは SPI 群はカゼイン群に比し著しく低かった。しかし、高たん白質レベルの30%ではその差は認められなかった。一方、CHOL 添加食の場合、低たん白質レベルでは SPI 群はカゼインより低かったが20%レベルでは同じ成長を、30%レベルでは SPI 群が高い傾向にあった。

血漿および肝臓 CHOL 濃度

Fig. 2 に血漿 CHOL 濃度、Fig. 3 に肝臓 CHOL 濃度を示す。無 CHOL 食の場合、たん白質レベルが10%の低たん白質において SPI 群でカゼイン群より高い傾向にあったが、たん白質レベルが高くなるとその差はなくなった。一般に SPI の降 CHOL 作用はたん白質レベルが20%程度で低脂肪レベルでより明確である⁸⁾。しかし本実験の結果からは、低たん白質レベルではむしろ SPI の方が高いようであった。CHOL 添加食の場合、SPI 群がいずれのたん白質レベルともに低く、30%レベルでは特に著しかった。肝臓の CHOL 濃度も血漿のパターンと同様であり、無 CHOL 食の場合 SPI 群が高く、CHOL 添加食では SPI 群が有意に低かった。肝臓においても SPI の効果は高たん白質レベルでより有効であった。このように、血液および肝臓ともに高たん白質レベルで SPI の降 CHOL 作

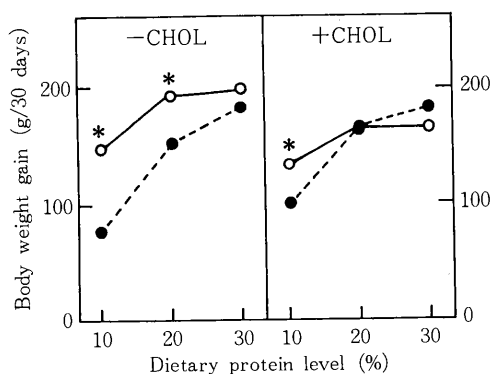


Fig. 1. Body weight gain of rats fed diets containing varying levels of casein and soy protein with or without cholesterol (CHOL). Means of 6 rats. *Significantly different ($p < 0.05$) between casein and soy protein groups. —●—, casein; ---●---, soy protein.

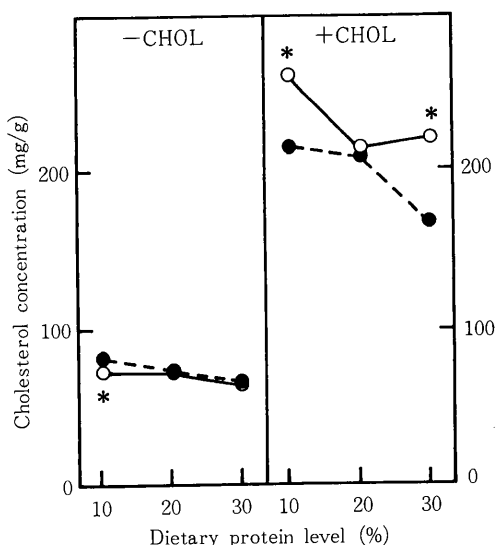


Fig. 2. Concentration of plasma cholesterol (CHOL) of rats fed diets containing varying levels of casein and soy protein with or without CHOL. Means of 6 rats. *Significantly different ($p < 0.05$) between casein and soy protein groups. —●—, casein; ---●---, soy protein.

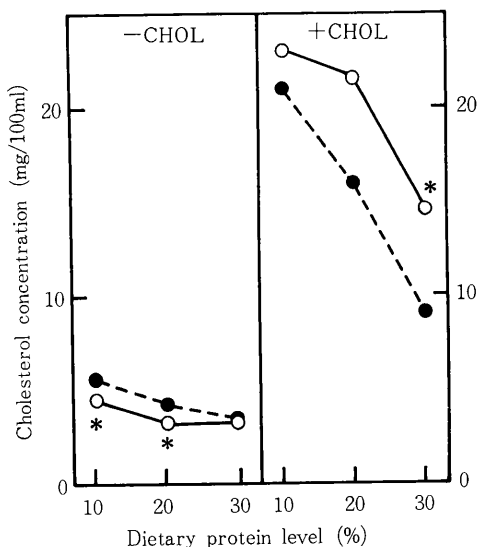


Fig. 3. Concentration of liver cholesterol (CHOL) of rats fed diets containing varying levels of casein and soy protein with or without CHOL. Means of 6 rats. *Significantly different ($p < 0.05$) between casein and soy protein groups. —●—, casein; ---●---, soy protein.

用がより明らかに発揮できるようであった。

肝臓ホスファチジルコリンの脂肪酸構成

肝臓ホスファチジルコリン中の代表的多価飽和脂肪酸であるリノール酸(L), アラキドン酸(A) の割合および A/L 比を Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6 に示す。まず無 CHOL の場合 (Fig. 4), リノール酸の割合は SPI 群でカゼイン群に比較し, たん白質レベルにかかわらず高く, 逆にアラキドン酸は低かった。またたん白質レベルの上昇とともにリノール酸は減少し, アラキドン酸は増加した。したがって, A/L 比は SPI 群でカゼイン群より低く, たん白質レベルの上昇と平行して高くなった (Fig. 6)。高 CHOL 食 (Fig. 5) ではリノール酸およびアラキドン酸ともたん白質レベルの影響をあまり受けなかった。A/L 比の低下はリノール酸からアラキドン酸への転換が低下していることを示唆する。SPI 群での A/L 比の低下の生理的意義は明らかではないが, いずれにせよ, たん白質レベルの影響も大きいようである。SPI 群でのアラキドン酸の減少の結果, PGI_2 や TXA_2 の産生に影響が現れることが予想される。菅野ら⁹⁾ はプロスタグランジン産生に関して, SPI で A/L 比の減少および PGI_2 の産生の減少を観察

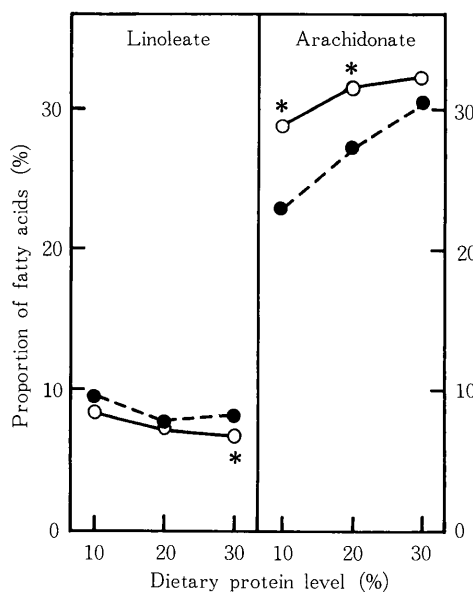


Fig. 4. Proportion of linoleic and arachidonic acids in liver phosphatidylcholine of rats fed diets containing varying levels of casein and soy protein without cholesterol. Means of 6 rats. *Significantly different ($p < 0.05$) between casein and soy protein groups. —●—, casein; ---●---, soy protein.

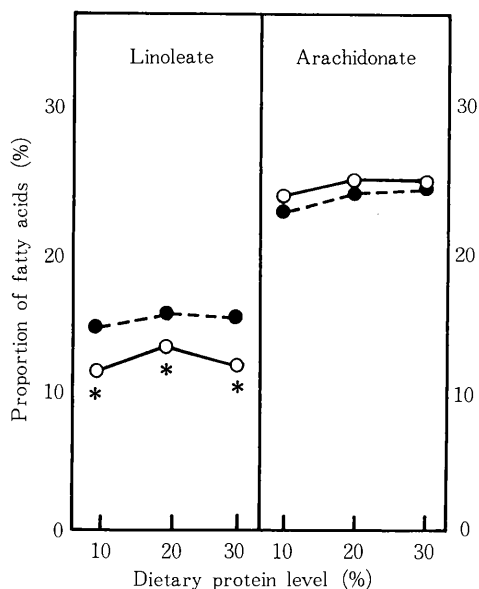


Fig. 5. Proportion of linoleic and arachidonic acids in liver phosphatidylcholine of rats fed diets containing varying levels of casein and soy protein with cholesterol. Means of 6 rats. *Significantly different ($p < 0.05$) between casein and soy protein groups. —●—, casein; ---●---, soy protein.

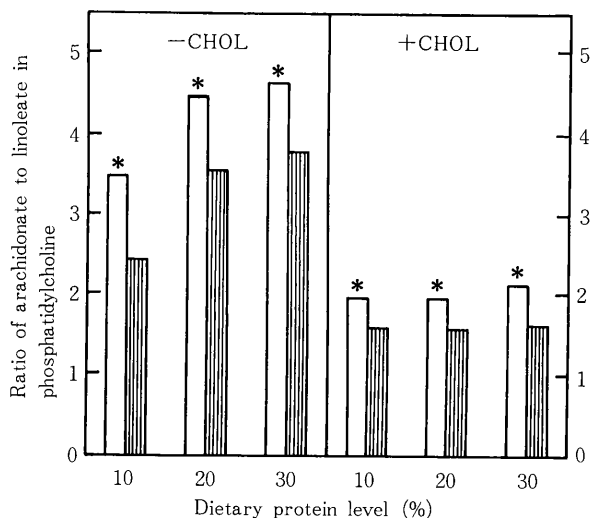


Fig. 6. Ratio of arachidonate to linoleate (A/L) of phosphatidylcholine in liver of rats fed diets containing varying levels of casein and soy protein with or without cholesterol. Means of 6 rats. *Significantly different ($p < 0.05$) between casein and soy protein groups. □, casein; ▨, soy protein.

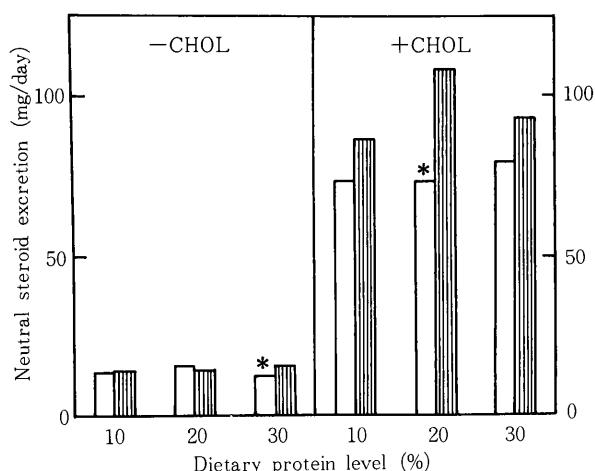


Fig. 7. Neutral steroid excretion of rats fed containing varying levels of casein and soy protein with or without CHOL. Means of 6 rats. *Significantly different ($p < 0.05$) between casein and soy protein groups. □, casein; ▨, soy protein.

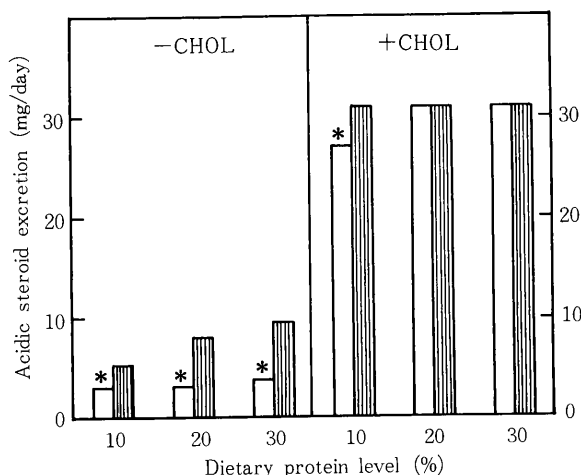


Fig. 8. Acidic steroid excretion of rats fed diets containing varying levels of casein and soy protein with or without CHOL. Means of 6 rats. *Significantly different ($p < 0.05$) between casein and soy protein groups. □, casein; ▨, soy protein.

している。本実験結果から、たん白質レベルを増加させることにより A/L 比は増加し、 PGI_2 産生が改善される可能性が考えられるので、今後さらに検討が必要であろう。

糞便へのステロイド排泄量

糞便中へのステロイドの排泄量を Fig. 7 および Fig. 8 にしめす。中性ステロイド排泄量 (Fig. 7) については、無 CHOL 食の場合 30% たん白質食の SPI 群でカゼイン群より高かった。高 CHOL 食の場合、SPI 群が各たん白質レベルとも高かった。全般的に、中性ステロイドの排泄量にたいしてはたん白質レベルの影響は小さいようであった。

SPI の降 CHOL 作用はステロイド排泄とくに胆汁酸排泄量の増加が一因であることが指摘されているが、本実験結果も同様の結果であった。すなわち、Fig. 8 に示すように、無 CHOL 食の場合、SPI 群が各たん白質レベルともに著しく高く、またたん白質レベルの増加に伴って増加した。しかし、高 CHOL 食では、たん白質の種類およびレベルの影響は認められなかった。高 CHOL 食では CHOL、タウロコール酸を食餌に添加しているために、差が不明瞭になったものと思われる。以上のように、SPI の血漿および肝臓 CHOL 濃度、リン脂質の脂肪酸組成あるいは糞便中へのステロイドの排泄に及ぼす影響は、その食餌レベルのみならず CHOL 添加の有無によりかなり変化するようであった。

文 献

- Howard, A. N., Gresham, G. A., Jones, D. and Jennings, I. W. (1965): The prevention of rabbit atherosclerosis by soya bean meals. *Atheroscler. Res.*, **5**, 330-337.
- Caroll, K. K. and Hamilton, R. M. G. (1975): Effects of dietary protein and carbohydrate on plasma cholesterol levels in relation to atherosclerosis. *J. Food. Sci.*, **40**, 18-22.
- Sirtori, C. R., Agradi, E., Manntero, O., Conti, F. and Gatty, E. (1977): Soybean protein diet in treatment of type II hypercholesterolemia. *Lancet*, **1**, 275-277.
- Hevia, P., Clary, R. A. and Visek, W. J. (1979): Serum and liver lipids in rats fed casein or soybean protein with sucrose or dextrin or sucrose and cholesterol. *Nutr. Rep. Int.*, **20**, 539-548.
- Huang, Y. S., Cunnane, S. C. and Horrobin,

- D. F. (1986) : Effect of different dietary proteins on plasma and liver fatty acid composition in growing rats. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **181**, 399-403.
- 6) Miettinen, A. Ahrens, E. H. Jr. and Grundy S. M. (1965) : Quantitative isolation and gas-liquid chromatographic analysis of total dietary and fecal neutral steroids. *J. Lipid Res.*, **6**, 411-424.
- 7) Grundy M., Ahrens E., H. Jr. and Miettinen A. (1965) : Quantitative isolation and gas-liquid chromatographic analysis of total fecal bile acids. *J. Lipid Res.*, **6**, 397-410.
- 8) Huff, M. W. and Carroll, K. K. (1980) : Effects of dietary protein on turnover, oxidation, and absorption of cholesterol, and on steroid excretion in rabbits. *J. Lipid Res.*, **21**, 546-558.
- 9) 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) : 血清コレステロール濃度, リノール酸の不飽和化およびプロスタグランジン産生に及ぼす影響. 大豆たん白質栄養研究会会誌, **9**, 77-81.