

分離大豆たん白質 (SPI) にみられる消化管運動への特異作用 (II)

ENHANCEMENT OF THE SMALL INTESTINAL TRANSIT AFTER FEEDING OF SOYBEAN PROTEIN ISOLATE (SPI) IN RATS (II)

原 博・平田昭夫・森上英樹・桐山修八 (北海道大学農学部)

Hiroshi HARA, Akio HIRATA, Hideki MORIGAMI and Shuhachi KIRIYAMA

Department of Bioscience and Chemistry, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060

ABSTRACT

We previously demonstrated that feeding a low soybean protein isolate (SPI) diet enhances small intestinal transit speed in rats implanted duodenal catheter. Transit speed (geometric center) in rats fed SPI for 10 days is similar to that in rats fed casein diet. The result suggests that the luminal SPI peptides are involved in the enhancement of the transit speed. The difference of the transit speed between casein and SPI-fed rats measured for 12 min was smaller than that measured for 6 min, which suggests that the difference is responsible for the upper small intestine. Jejunal motility (10 and 15 cm distal from the ligament of Treitz) as measured by strain gauge-force transducer after feeding a SPI diet was not different from that after feeding a casein diet. The result suggests that the jejunal motility is not involved in the transit speed, or the motility in other part of the small intestine is associated with the enhancement of the transit speed after feeding a SPI diet. *Rep. Soy Protein Res. Com., Jpn.* 15, 57-62, 1994.

私共は、これまでに分離大豆たん白質 (SPI) 摂取後、小腸通過速度が亢進することを報告してきた¹⁾。即ち、10% SPI 食摂取後20-60分に小腸内に投与したマーカーの移動速度 (6 分間) は、10%カゼイン食や無たん白質食を摂取した後より速かった。昨年度、この SPI の作用はペプチドにすると増強されることを報告した²⁾。

本研究では、この SPI の小腸通過速度亢進作用をさらに詳しく解析する目的で、ラットに長期間 SPI を摂取させた後、小腸通過速度を測定し、小腸管腔内に存在する SPI ないし SPI 難消化性ペプチド (HMF) が、通過速度の亢進作用に関係するかどうかを検討した。また、小腸通過速度を測定する時間を変化させたときの影響も検討した。さらに、小腸通過速度を規定する

主要な要因の1つである、小腸平滑筋の収縮運動を、微小な歪み圧ゲージを用いて、無麻酔、無拘束下で測定し、SPI 摂取時の小腸運動をカゼイン食摂取後と比較した。

実験方法

小腸通過速度 (Geometric center) の測定

Sprague-Dawley 系雄ラット (日本 SLC, 浜松)、体重200 g 前後のものをカゼインをたん白質源として含み (250 g Casein/kg diet) 蔗糖をベースにした基本飼料 (25% Casein diet) で1週間飼育し、1日絶食後、十二指腸上部にシリコンカテーテル (シラスコン No. 00, ダウコーニング) または、塩化ビニル製栄養カテーテル (テルモ, 東京) を加工したものを留置し、腹

壁に固定した後皮下を通して頸背部より出し、そこでプロテクターにより固定した。基本飼料ないしたん白質源を SPI に置き換えた飼料 (25% SPI diet) をさらに10日間摂取させ、手術侵襲より回復させた後、1日絶食しカゼインないし SPI を含む (100 g Casein or SPI/kg diet) 無脂肪の試験食 (10% Casein or 10% SPI diet), ないし、無たん白質無脂肪食 (Non-protein diet) を各 2 g 給餌した。各ラットは給餌後40分目に断頭屠殺した。屠殺12分前に、留置したカテーテルより1匹あたり 37 kBq の $\text{Na}_2^{51}\text{CrO}_4$ (ICN Biochemicals Inc., Costa Mesa, USA) を、30 μL の 0.05% インジゴカーミン-生理食塩水に添加し、1分間で投与した。屠殺後ただちに小腸を摘出し、全長およびインジゴカーミンが移動した距離を測定した。また、小腸を10等分し、各セグメント中の放射活性を測定した。

geometric center は次の式より算出した。

geometric center = Σ (各セグメント中の放射活性 $\times$ セグメント番号) / 小腸内全放射活性
ただし、セグメント番号は胃側より 1 とする。

空腸平滑筋 (輪走筋) 運動の測定

小腸通過速度測定実験と同様のラットを予備飼育後、

1日絶食し歪み圧ゲージ留置手術を行った。開腹前に硫酸アトロピン (50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 体重) を皮下投与し、トライツ靱帯より10および15 cm 肛門側に、微小歪み圧ゲージの抵抗線を小腸と直角方向に留置し、リード線を腹壁に固定後皮下を通して頸背部にてコネクタに接続した。10日間以上基本飼料で回復させた後、1日絶食させ、コネクタにケーブルを接続し小腸運動を連続的に記録した (Fig. 1)。空腹期収縮運動 (migrating motor complex) を記録した後、試験食を 2 g 投与した。試験食としては、10%カゼイン食、10% SPI 食および10% HMF (不二製油製) 食を用いた。

群間の有意差は Duncan の多重比較検定 ($p < 0.05$) を用いて行った。

結 果

Fig. 2 は、小腸通過速度に対する前食の影響を見たものである。即ち、術後、10日間大豆たん白質およびカゼインを摂取させたラットを1日絶食させ、3種の試験食を摂取させた後の geometric center を測定した。その結果、摂取28分より12分間で測定した値は、10% SPI 食後で、10%カゼイン食、無たん白質食後よ

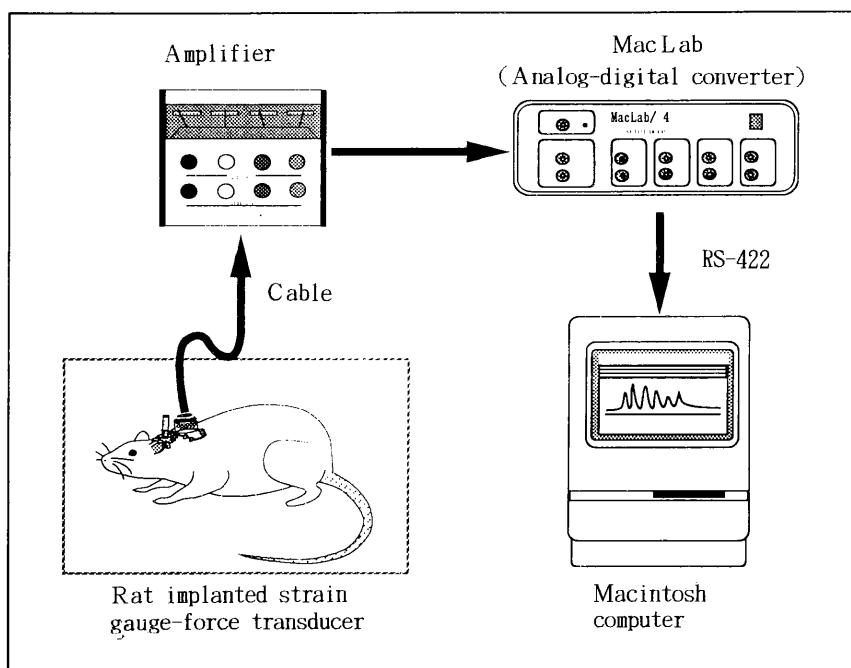


Fig. 1. Continuous measurement of small intestinal motility under conscious conditions.

り、速い傾向にあった。これらの値は、前食として、カゼインを摂取させても、SPI を摂取させても全く同じであった。 ^{51}Cr の小腸内の分布にも全く影響を与えなかった。

Table 1 は今回の実験 (12 min) と前回の実験 (6 min) をあわせたものであるが、測定時間が長くなるほど、geometric center の値が大きくなるほど、カゼイ

ン食後と SPI 食後の値の差が小さくなっていた。なお、12 min (2) の SPI 食の値はカゼイン食の値に対して +16% となったものの、有意差はなかった。

Fig. 3 は微小歪み圧ゲージで測定した空腸部の空腹期収縮運動 (migrating motor complex: MMC) と、それに続く 10% カゼイン食摂取による摂食パターンを示している。MMC は小腸を口側から肛門側に向かい

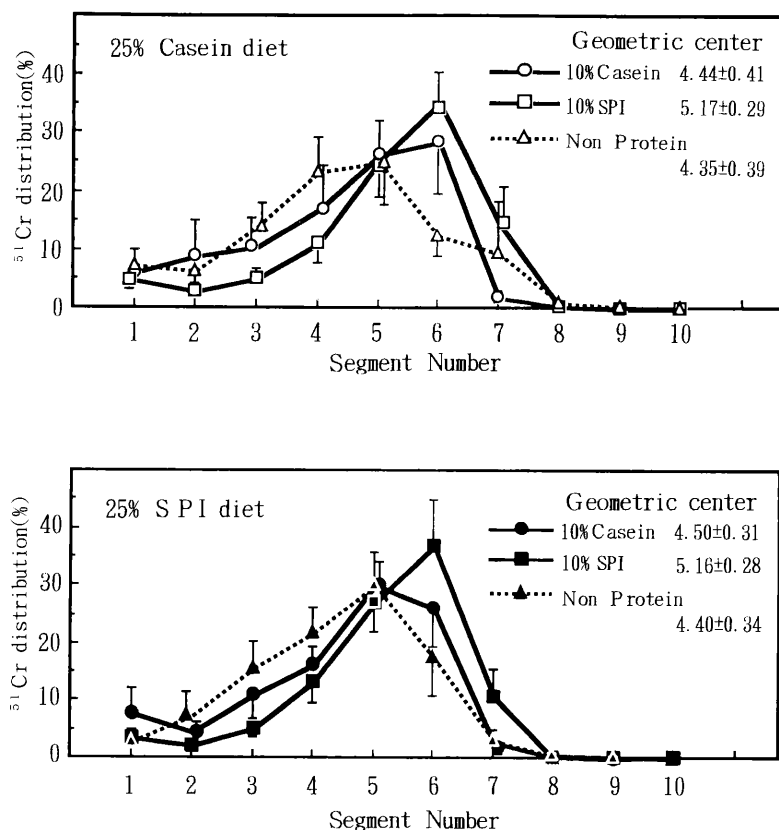


Fig. 2. Effects of feeding a 25% casein (upper panel) or soybean protein isolate (SPI, lower panel) diet for 10 days on ^{51}Cr distribution for 12 min and geometric center. Values are mean $\pm$ SE (n=7).

Table 1. Geometric center measured for 6 and 12 min in rats fed a low casein or a low soybean protein isolate (SPI) diet

	6 min	12 min (1)	12 min (2)
10% Casein diet	2.38 $\pm$ 0.19	3.52 $\pm$ 0.28	4.44 $\pm$ 0.41
10% SPI diet	3.45 $\pm$ 0.09*(+45%)	4.39 $\pm$ 0.24*(+25%)	5.17 $\pm$ 0.29(+16%)

Rats were killed 40 min after feeding a test diet. Values are mean $\pm$ SEM. Asterisks represent significant difference between the diet groups ($p < 0.05$).

伝播していることがわかり、その周期は約20分であった。摂食によりこのパターンはなくなり、収縮強度はMMCより小さくなり、持続的な収縮パターンが現わ

れた。
Fig. 4 は、10%カゼイン食と10% SPI 食摂取後30-40分、即ち、小腸通過速度を測定した期間の代表的な

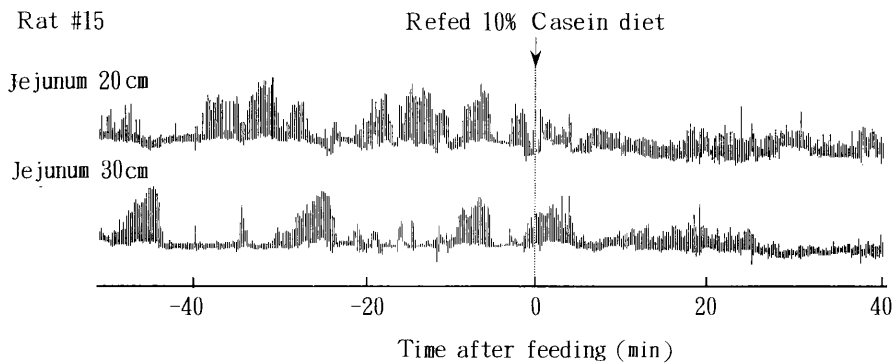


Fig. 3. Migration motor complex in fasting state and the contractile pattern were altered to a fed pattern after feeding a 10% casein diet.

Jejunum (15 cm distal from the ligament of Treitz)
30-40 min after feeding a test diet

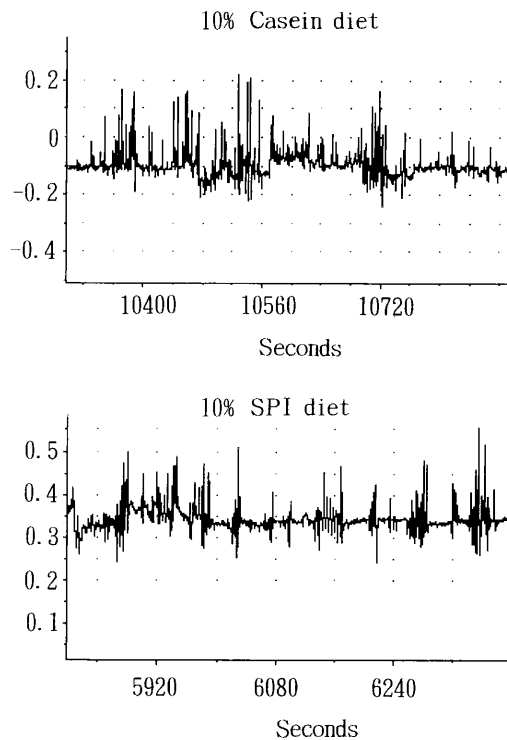


Fig. 4. Contractile activity of the jejunum (15 cm distal from the ligament of Treitz) after feeding a 10% casein or 10% SPI diet in rats implanted strain gauge-force transducers.

Table 2. Jejunal motility (numbers of contractions) after feeding a 10% casein or soybean protein isolate (SPI) diet for 10 min (from 25 to 35 min after feeding)

	Jejunum 10 cm	Jejunum 15 cm
	number of contraction/10 min	
10% Casein diet	117.2±12.7 (6)	140.7±15.2 (5)
10% SPI diet	128.8±43.6 (5)	139.5±24.4 (5)

Sprague-Dawley rats, weighing 350-400 g, were operated on to implant two strain-force transducers to 10 cm (Jejunum 10 cm) and 15 cm (Jejunum 15 cm) distal from the ligament of Treitz. Rats were recovered from operative damage for 10-20 days, and fed a test diet after 24 hr fast. Values are mean ± SEM.

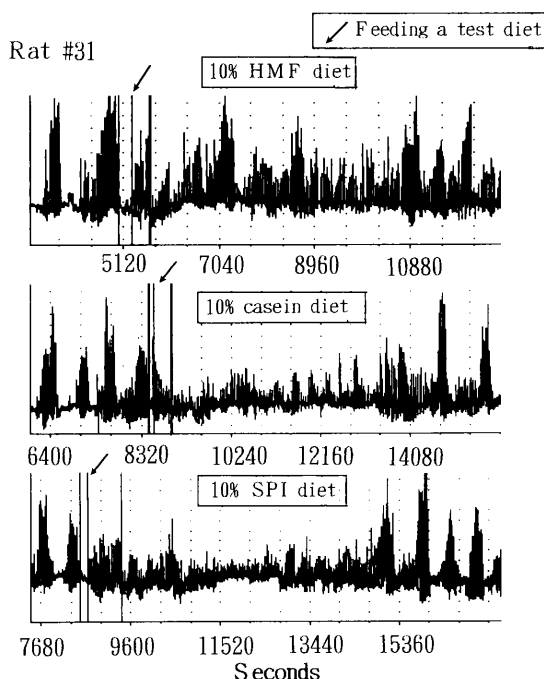


Fig. 5. Contractile activity of the jejunum (15 cm distal from the ligament of Treitz) for 2 h before and after feeding a 10% HMF, 10% casein or 10% SPI diet.

収縮パターンを示す。この期間は比較的安定した収縮パターンを示した。カゼイン、SPI 両試験食摂取後のパターンには大きな違いは見られなかった。また、収縮強度においても差は見られなかった。Table 2 に両試験食摂取後25-35分までの10分間の全収縮数を比較した。空腸10 cm 部位の収縮数で、SPI 摂取後多い傾向にあったが有意な差ではなかった。

Fig. 5 には、10% HMF 食摂取後のパターンを10% カゼイン食、10% SPI 食とともに2時間にわたって示

した。10%カゼイン食、10% SPI 食後では、MMC は摂食後消失し再び MMC が現われた。これに対して、HMF 食摂取後では摂食後の収縮抑制が小さく明確な摂食パターンが現われなかった。

考 察

Fig. 2 の結果は、SPI の長期摂取は小腸通過速度に影響を与えず、SPI の小腸通過速度の亢進作用は、SPI ないしその分解産物が小腸管腔内に存在するときのみ

に発現されることを示唆している。また、ここで SPI 食とカゼイン、無たん白質食との間に有意差が見られなかったのは、小腸通過速度の測定時間が長かったためと思われる。この点について、Table 2 は小腸通過速度の指標である geometric center の値が大きくなるほど、カゼイン食と SPI 食後の値の差が小さくなることを示している。これらの結果は、SPI による小腸通過速度の亢進作用が小腸上部で発現していることを示唆している。小腸下部では通過速度は急激に遅くなることが知られており³⁾、本実験の結果はそれを反映したものとなっている。

Fig. 4 にカゼイン食と SPI 食摂取後10分間の収縮パターンを、Fig. 5 には摂食前後のパターン全体を示した。これらの結果は、空腸輪走筋の収縮はカゼイン食摂取後と SPI 食摂取後で大きな違いがないことを示している。Table 2 を見ても、収縮頻度においてカゼイン食と SPI 食摂取後では差は見られなかった。これらの結果は、SPI による小腸通過速度の亢進作用には、小腸上部の運動は関係していないことを示唆している。今回、小腸の最上部に当たる十二指腸の運動は測定できなかった。空腸上部のような明確な MMC が観察できなかったことによるものであるが、この部分、ないし小腸のさらに下部の運動が通過速度の差に関与しているかもしれない。

SPI の小腸通過速度亢進作用は、小腸内で産生される、難消化性ペプチドが関与している可能性がある。これは、先にも述べたが、SPI ペプチド投与により、SPI の小腸通過速度の亢進作用がさらに増強されるた

めである。そこで、今回 SPI の難消化性画分である HMF を摂取させて空腸輪走筋の運動を観察した。その結果、MMC から摂食パターンへの移行が抑制されている傾向が観察された。小腸管腔内では、SPI からこれら難消化性ペプチドが生成することが知られており⁴⁾、今後これら SPI 難消化性ペプチドの小腸運動および小腸通過速度への影響を検討する必要がある。

文 献

- 1) Hara H, Nishikawa H and Kiriya S (1992): Different effects of casein and soyabean protein on gastric emptying of protein and small intestinal transit after spontaneous feeding of diets in rats. *Br J Nutr*, **68**, 59-66.
- 2) 原 博, 森上英樹, 桐山修八 (1992): 分離大豆たん白質 (SPI) にみられる消化管運動への特異作用. 大豆たん白質研究会会誌, **14**, 4-8.
- 3) Read NW, Cammack J, Edwards C and Holgate AM (1982): Is the transit time of a meal through the small intestine related to the rate at which it leaves the stomach? *Gut*, **23**, 824-828.
- 4) Iwami K, Sakakibara K and Ibuki F (1986): Involvement of post-digestion 'Hydrophobic' peptides in plasma cholesterol-lowering effect of dietary plant proteins. *Agric Biol Chem*, **50**, 1217-1222.