

妊娠ラットにおける SPT-5 の栄養価と無機質の利用

UTILIZATION EFFICIENCY OF SPI HYDROLYZATE (SPT-5) AND ITS EFFECT ON CALCIUM AND ZINC BIOAVAILABILITIES IN PREGNANT RATS

新山喜昭・坂本貞一・堀尾拓之（徳島大学医学部）

Yoshiaki NIIYAMA, Sadaichi SAKAMOTO and Hiroyuki HORIO

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

ABSTRACT

Utilization efficiency of SPT-5, which is an enzymatically hydrolyzed SPI and consists of 20% free amino acids and 80% oligopeptides (av. peptide chain length, 3.3), was examined in pregnant rats. In addition, effects of SPT-5 on calcium and zinc bioavailabilities were observed. Animals were fed one of diets containing 10 or 20% SPT-5 with or without 0.3% methionine. Levels of dietary calcium and zinc were about 5.0 mg/g and 35 μ g/g, respectively. Balances of nitrogen, calcium and zinc were measured during pregnancy and values were compared with those for SPI fed rats. Rats receiving the SPT-5 diets ate less and gained less than those fed the respective SPI diets, however, food efficiencies of corresponding peptide- and protein-diets were identical. NPUs of the 10% SPT-5 diets without and with methionine were 49 and 68, respectively. NPU of the 20% SPT-5 diet was 45 and was not improved by methionine supplementation. On the 10% level, total retentions of calcium and zinc in SPT-5 fed rats were significantly lower than those in SPI fed rats, reflecting on mineral intakes. Increase in dietary peptide level or methionine supplementation to 10% peptide diet resulted in increased retentions of calcium and zinc. Responses of NPUs and bioavailabilities of calcium and zinc in the SPT-5 diets to increased dietary nitrogen level or methionine supplementation were similar to those observed in rats fed SPI diets. *Nutr. Sci. Soy Protein, Jpn.* **9**, 66-71, 1988.

最近、経腸栄養剤としてたん白質やアミノ酸のみならず、たん白質を酵素的に消化して得た低分子ペプチド混合物がその腸管における吸収特異性¹⁾に着目して利用されるようになってきている。経腸栄養剤におけるこのような窒素源の形態の差は窒素の利用はもちろん、その他の栄養素の利用にも影響を与えることが考えられる。

そこで今回、分離大豆たん白質の酵素加水分解物を窒素源に用いた実験食を妊娠ラットに投与し、窒素の利用効率や無機質利用への影響を観察し、これを分離

大豆たん白質（SPI）投与時のそれと比較した。

実験方法

体重約 200 g の SD 系妊娠白ネズミに妊娠期間中、Table 1 に示した実験食のいずれか 1 つを自由摂取させた。

飼料の N 源としてたん白質食は SPI（Fujipro-R、不二製油）を、ペプチド食は SPI の酵素加水分解物（SPT-5、不二製油：平均ペプチド鎖長は 3.3 で、遊離アミノ酸 20% を含む）を用い、それぞれ 10 または 20%

レベルとした。SPT-5 のアミノ酸組成は SPI のそれとほとんど同じで、第1制限アミノ酸は含硫アミノ酸なので、たん白質食及びペプチド食共に L-Met を補足した食餌（10%は0.3%, 20%は0.6%）をも作り、実験食は計8種とした（夫々 10S, 10SM, 20S, 20SM 及び 10SP, 10SPM, 20SP, 20SPM と略記）。

実験食中の N, Ca 及び Zn 量の実測値を Table 1 に示したが、Ca 及び Zn 投与量は所要量に近い量である。その他の実験方法は前報²⁾の如くである。

結果と考察

摂食量、体重増加量及び飼料効率

各種実験食投与妊娠ラットの摂食量及び体重の経日変化を Fig. 1 に、妊娠全期間中の総摂食量、体重増加量及び飼料効率を Table 2 に示した。妊娠期間中のペプチド各群の摂食経過はたん白群のそれらと大差なく、

妊娠前期から後期にかけ漸増し、末期に減少した。特に 10SP 群の末期の摂食量低下は著しく、体重もやや減少した。妊娠21日間の摂食量をみるとペプチド各群ではそれに対応するたん白群に比し少なく（特に 20SPM は 20SM 群の75%）、このため体重増加量もたん白群に比し、15~25 g 前後低かったが、飼料効率はたん白各群と差はなく、土井ら³⁾の幼若ラットの結果と一致した。また Met 補足により飼料効率を改善したが、その効果は10%ペプチドレベルで顕著であった。またペプチドレベルを10%から20%にあけても効率は増加したが、これら所見は SPI 投与時にみられたと同傾向であった。荒井⁴⁾は SPI の酵素処理たん白質に Met を補足しこれを発育期のラットに与えて、たん白利用効率が SPI 同様改善することをみているが、上述の如く妊娠ラットにおいても同じ結果が得られている。

Table 1. Composition of experimental diets

(g/kg diet)

	Protein				Peptide			
	10%		20%		10%		20%	
	SPI (10S)	+Met (10SM)	SPI (20S)	+Met (20SM)	SPI (10SP)	+Met (10SPM)	SPI (20SP)	+Met (20SPM)
SPI (Fujipro-R)	100	100	200	200	—	—	—	—
Peptide (SPT-5)	—	—	—	—	100	100	200	200
L-Met	0	3	0	6	0	3	0	6
Starch	524	522	457	453	524	522	457	453
Sucrose	261	260	228	226	261	260	228	226
〔 Corn oil 50, Salt mix.(AIN-76) 35, Vitamin mix. 13, Cellulose 20 〕								
Found								
N (mg/g diet)	13.9	13.8	27.2	27.2	13.6	13.6	26.4	26.4
Ca (mg/g diet)	5.4	5.6	5.5	5.4	5.0	4.9	5.1	5.2
Zn (μg/g diet)	34	34	38	38	34	34	38	38

Table 2. Food intake and body weight gain

No.		Food intake	Body weight		Weight gain	Food efficiency
			Day 1	Day 22		
		(g/21 d)	(g)	(g)	(g/21 d)	
10S	7	336±101 ¹	203± 6	267±49	65±46	0.17±0.09
10SM	7	377±37	197± 6	323±19 ²	126±19 ²	0.33±0.03 ²
20S	6	379±32	199± 8	319±16 ²	121±19 ²	0.32±0.03 ²
20SM	5	362±37	200± 6	323±11	123±10	0.34±0.03
10SP	8	295±27	206±10	250±22	44±19	0.15±0.05
10SPM	6	340±47 ⁴	206± 5	317±23 ⁴	111±19 ⁴	0.33±0.19 ⁴
20SP	6	321±41 ³	205± 7	303±19 ⁴	98±24 ⁴	0.31±0.04 ⁴
20SPM	7	272±29 ⁵	205± 8	302±12	97±15	0.36±0.03 ⁵

¹Mean±SD. ²p<0.05 to 10S group. ³p<0.05 to 20S group. ⁴p<0.05 to 10SP group. ⁵p<0.05 to 20SP group.

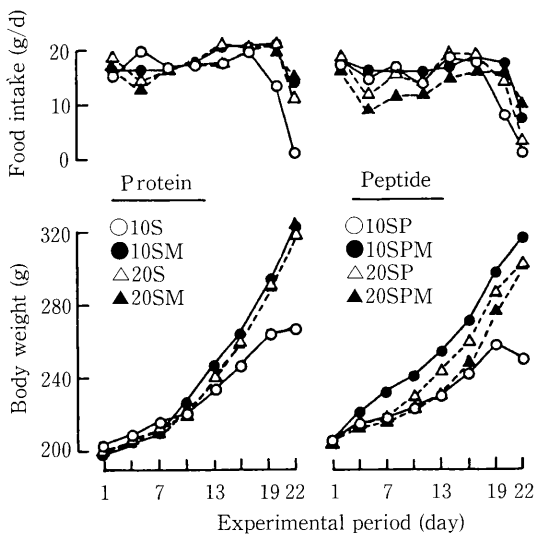


Fig. 1. Food intake and changes in body weight.

窒素出納とたん白質利用効率

Table 3 は妊娠期間中のN出納とN利用効率を示したものである。それぞれのペプチド群とそれに対応するたん白群の見掛けの吸収率に差はなかったが、前者の摂食量、従って摂取N量が低かったのでN蓄積量は少ない。しかし両者の栄養価(NPU または BV)には大差はなかった。Met 補足効果をみると、10%ペプチド群では摂食量の増加と同時に尿中N排泄抑制がみられ、その結果N蓄積量は大幅に増加した。また NPU も49 (10SP 群) から68 (10SPM 群) に改善された。しかし20%ペプチド群ではこのような Met 補足効果は認められず、摂食量を減じたため蓄積N量も逆に減じ、NPU も43で Met 非補足群の45よりやや低かった。20%群で Met 補足効果のみられなかった理由の一部は Met の過剰によるのかもしれない。これらのペプチド食での諸結果は SPI でのそれと同傾向であり、腸管での吸収速度の違い¹⁾はともかく whole body におけ

Table 3. Nitrogen balance and nutritive values

	Intake	Urine	Feces	Balance	Apparent absorp.	NPU ¹	BV ²
		(g/21 days)			(%)		
10S	4.67±1.41 ³	2.94±0.65	0.63±0.16	1.10±0.63	86.3±1.0	51±4	54±3
10SM	5.22±0.51	2.35±0.14 ⁴	0.74±0.09	2.13±0.33 ⁴	85.8±0.7	65±2 ⁴	70±2 ⁴
20S	10.30±0.87 ⁴	6.17±0.64 ⁴	0.86±0.03 ⁴	3.27±0.29 ⁴	91.6±0.7 ⁴	44±2 ⁴	46±2 ⁴
20SM	10.04±1.11	6.10±0.97	0.80±0.06	3.13±0.15	92.0±0.6	44±4	46±4
10SP	4.01±0.36	2.73±0.20	0.54±0.03	0.74±0.21	86.4±1.0	49±3	52±3
10SPM	4.62±0.63 ⁶	2.13±0.41 ⁶	0.61±0.09	1.88±0.20 ⁶	86.7±0.4	68±6 ⁶	72±6 ⁶
20SP	8.31±1.08 ^{5,6}	5.17±0.39 ^{5,6}	0.59±0.06 ⁵	2.54±0.75 ^{5,6}	92.8±0.9 ^{5,6}	45±3 ⁶	47±4 ⁶
20SPM	7.18±0.77	4.81±0.57	0.52±0.05 ⁷	1.84±0.27 ⁷	92.7±0.5	43±3	44±3

¹Net protein utilization. ²Biological value. ³Mean±SD. ⁴p<0.05 to 10S group. ⁵p<0.05 to 20S group.

⁶p<0.05 to 10SP group. ⁷p<0.05 to 20SP group.

Table 4. Calcium balance during pregnancy

	Intake	Urine	Feces	Balance	Apparent absorp.	Rate of retention
		(mg/21 days)			(%)	(%)
10S	1762±530 ¹	47±35	1199±418	513±126	33±5	30±6
10SM	2105±205	25±5	1502±172	578±53	29±3	28±2
20S	2096±176	36±14	1383±123	677±85 ²	34±3	32±3
20SM	1961±217	35±14	1318±175	608±77	33±4	31±3
10SP	1489±134	46±5	1113±141	330±41 ²	25±4 ²	22±4 ²
10SPM	1655±226	52±12	1167±269	435±47 ⁴	30±6	27±6
20SP	1604±209 ³	50±12	1075±136	478±70 ^{3,4}	33±2 ⁴	30±2 ⁴
20SPM	1417±153	47±8	941±123	428±52	34±3	30±3

¹Mean±SD. ²p<0.05 to 10S group. ³p<0.05 to 20S group. ⁴p<0.05 to 10SP group.

るN利用にペプチド及びたん白質間の差はないものと思われる。

カルシウム及び亜鉛出納

Ca 出納の結果を Table 4 に示した。ペプチド群の Ca 摂取量は主に摂食量の低下から対応するたん白群より約 270～550 mg/21日前後低く、このため Ca 蓄積量もたん白群より約 140～200 mg/21日少なかった。ペプチド食への Met 補足効果をみると、10%レベルでは摂食量増加をきたしたため Ca 摂取量が増加し、同時に見掛けの Ca 吸収率も上昇して約 100 mg/21日の蓄積増加をみた。しかし20%ペプチド食では Met 補足でかえって摂食量 (Ca 摂取量) を減じ、蓄積量は非補足時より 50 mg/21日程度減じている。こうした Ca 出納に対する Met 補足効果はたん白食の場合と同傾向であった。

次に Table 5 に Zn 出納の成績を示した。10及び20%ペプチド食の Zn 摂取量は対応するたん白食のそれに比し低かった (10及び20%群でそれぞれ 0.127 及び 0.237 mg/21日低い)。その結果、10%ペプチド群では10%たん白群に比し Zn 蓄積量も少なくなっている (約 0.6 mg/21日の減)。しかし20%ペプチド群では Zn 摂取の減少にもかかわらず大幅に糞中 Zn 排泄を減じた結果たん白群とほぼ等しい蓄積量を示した。

次にペプチド食への Met 補足効果をみると、10%ペプチド食では Zn 摂取量増加のため蓄積量も増加している。しかし20%ペプチド食では Zn 摂取の減少に応じ、糞便 Zn 量をも減じ、結果としては Met 非補足時と同様の Zn 蓄積量を示した。

なお食餌ペプチドレベルを10%から20%に増すことにより、Zn 蓄積量は増加した。以上、ペプチド食における Met 補足あるいはNレベル増量の Zn 蓄積に対する効果は、たん白食におけるそれと同傾向であり、

従来の報告^{2,4-6)}と一致した所見である。

ミネラル摂取量と蓄積量の相関

Ca あるいは Zn の体内保留にそれらの摂取量が関係していることを我々は種々のたん白源を与えた妊娠、非妊娠ラットの成績から明らかにし、前報で述べたが、今回の実験の全例数につき摂取量と蓄積量の関係を観察し、Figs. 2, 3 に示した。

Fig. 2 は Ca についてみたものであるが、Ca は摂取量 (X) と蓄積量 (Y) との間に

$Y = 0.29X - 5.9$ ($r = 0.73$, $p < 0.001$) の回帰式が得られた。また Fig. 3 に示した如く、Zn についても摂取量 (X) と蓄積量 (Y) との間には

$Y = 0.20X - 0.24$ ($r = 0.55$, $p < 0.001$) の回帰式が得られ、Ca, Zn いずれも摂取量と蓄積量の間に高い

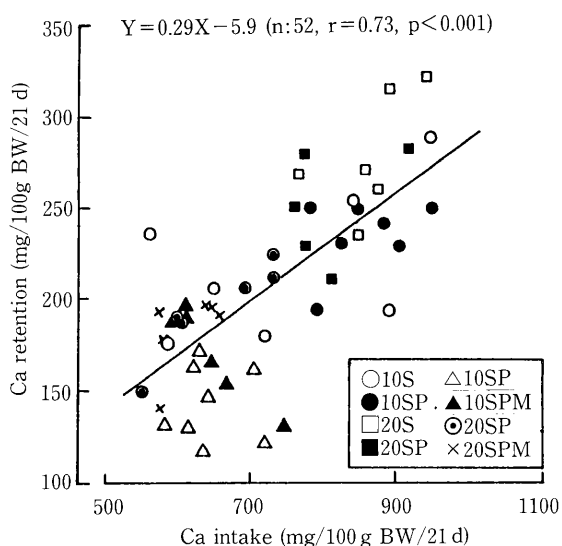


Fig. 2. Relation of Ca intake to Ca retention.

Table 5. Zinc balance during pregnancy

	Intake	Urine	Feces	Balance	Apparent absorp.	Rate of retention
		(mg/21 days)			(%)	(%)
10S	11.40±3.47 ¹	0.13±0.06	9.82±2.93	1.45±0.57	14±3	13±2
10SM	12.78±1.24	0.17±0.03	11.06±1.17	1.56±0.32	14±3	12±2
20S	14.40±1.21	0.25±0.05 ²	11.56±1.03	2.58±0.37 ²	20±2 ²	18±2 ²
20SM	13.47±1.49	0.20±0.09	11.21±1.31	2.06±0.22 ³	17±2	15±2
10SP	10.13±0.91	0.12±0.04	9.16±0.79	0.86±0.22 ²	10±2 ²	8±2 ²
10SPM	11.55±1.58	0.12±0.02	9.70±1.66	1.73±0.32 ⁴	16±4 ⁴	15±4 ⁴
20SP	12.03±1.57 ^{3,4}	0.14±0.03 ³	9.53±1.12 ³	2.37±0.49 ⁴	21±2 ⁴	20±2 ⁴
20SPM	10.43±1.13	0.13±0.02	8.11±0.88 ⁵	2.19±0.27	22±1	21±1

¹Mean±SD. ²p<0.05 to 10S group. ³p<0.05 to 20S group. ⁴p<0.05 to 10SP group. ⁵p<0.05 to 20SP group.

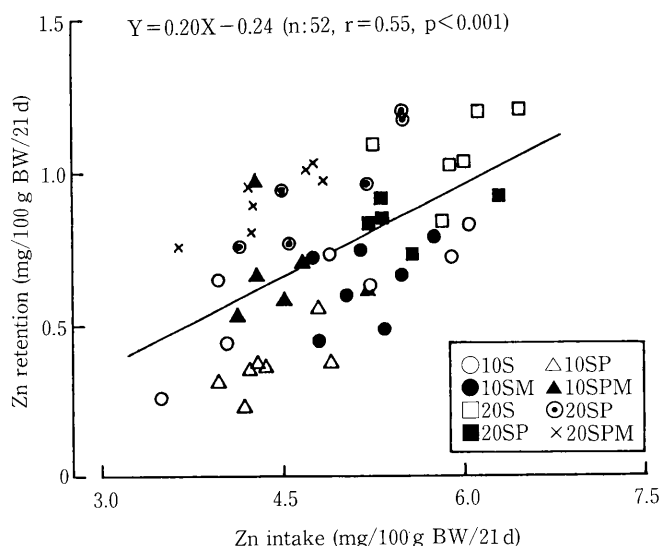


Fig. 3. Relation of Zn intake to Zn retention.

正相関がみられた。Andersson ら⁸⁾は ileostomy の患者にペプチド食とたん白食を tube feeding し、ミネラルの吸収量はその供給量に依存していると述べているが、これは我々の成績と一致した所見である。

胎仔発育と胎仔中 Ca 及び Zn 含量

妊娠22日目の受胎物重量と胎仔重量を Table 6 に、また受胎物及び胎仔中の Ca と Zn 含量を Table 7 に示した。10SP 群の受胎物と胎仔重量はペプチドの他3群に比し軽かったが、10S 群との間に差はなかった。

また 10SP 群の胎仔の Ca や Zn 含量も 10S 群と同様他群に比し少なく、妊娠末期におけるこれら両群の摂食量低下や、この食事の栄養効率の低さその他が影響しているものと思われる。一方、Met 補足や飼料Nの増量は妊娠末期の摂食量低下を防ぎ、胎仔発育を正常に保つと共に Ca や Zn 蓄積量をも正常に維持した。この様にペプチド群で得られた所見はいずれもたん白群でのそれと同様であり、飼料N源の形態の違いによっては胎仔発育に差は生じなかった。

Table 6. Reproductive performance

	Conception products	Litter size	Fetus	Placenta
	(g)		(g)	(mg)
10S	57.4±10.6 ¹	11.6±2.1	3.73±0.28	355±29
10SM	72.9±4.1 ²	12.6±0.8	4.53±0.18 ²	387±26
20S	75.8±7.0 ²	12.6±1.7	4.47±0.37 ²	416±26
20SM	66.3±9.4	10.4±1.9	4.97±0.39	427±54
10SP	56.6±6.3	11.6±1.9	3.60±0.36	356±46
10SPM	67.6±7.8 ³	11.7±1.0	4.37±0.20 ³	355±18
20SP	72.2±7.5 ³	12.8±1.5	4.23±0.38 ³	399±17
20SPM	71.3±5.4	12.1±1.1	4.52±0.17	364±24 ⁴

¹Mean±SD. ²p<0.05 to 10S group. ³p<0.05 to 10SP group. ⁴p<0.05 to 20SP group.

Table 7. Calcium and zinc contents in fetuses and conception products

	Ca		Zn	
	Fetuses	Conception products ¹	Fetuses	Conception products ¹
	(mg)		(μg)	
10S	112.7±22.3 ²	113.1±22.4	689±100	772±151
10SM	141.0±15.2 ³	141.6±15.2 ³	881±63 ³	980±64 ³
20S	138.9±21.1	139.6±21.2	915±109 ³	1016±113 ³
20SM	121.4±19.9	121.9±20.0	858±117	952±123
10SP	109.4±17.2	109.8±17.2	615±61	695±66
10SPM	127.4±18.9	127.7±19.0	749±81 ⁴	832±85 ⁴
20SP	138.9±18.7 ⁴	139.6±21.2 ⁴	842±96 ⁴	931±99 ⁴
20SPM	130.1±15.0	130.6±15.1	898±91	985±95

¹Products of conception include fetuses, placentae and uterus. ²Mean±SD.

³p<0.05 to 10S group. ⁴p<0.05 to 10SP group.

要 約

以上の結果を要約すると、

- 1) プベチド群の摂食量はたん白群に比し低く、体重増加量も少なかったが、飼料効率に差はなく飼料N量の増加や10%プベチド食への Met 補足は飼料効率を改善した。
- 2) プベチド食の NPU は10%レベルで49、これに Met を補足すると68に改善した。しかし20%レベルにおける NPU はそれぞれ45、43で、Met 補足効果は認められなかった。これら所見は SPI への Met 補足を行った時と同じ傾向であった。
- 3) プベチド群ではたん白群に比し摂食量減少のため Ca 蓄積量は低かったが、Zn 蓄積量は Met 非補足10%群を除き両群間に差はなかった。
- 4) プベチド食への Met 補足、飼料プベチドレベルの増加(10→20%)によりもたらされる摂食量、NPU 及び Ca, Zn の利用度への影響は分離大豆たん白食を用いた時のそれと類似していた。

文 献

- 1) 荒井綜一 (1978): 食品プベチドの栄養効果、とくにその腸管吸収の特異性に関連して、栄養と食糧, **31**, 247-253.
- 2) 新山喜昭, 坂本貞一 (1987): 分離大豆たん白質投与妊娠ラットにおけるカルシウム及び亜鉛の利用について。大豆たん白質栄養研究会会誌, **8**,

34-39.

- 3) 土井裕司, 岩見公和, 伊吹文男, 金森正雄(1985): 酵素処理分離大豆たん白質のラット血清コレステロール濃度および肝・小腸機能への影響。大豆たん白質栄養研究会会誌, **6**, 58-62.
- 4) 荒井綜一 (1983): 酵素修飾により分離大豆たん白質から調製したオリゴプベチド混合物の栄養特性。大豆たん白質栄養研究会会誌, **4**, 22-25.
- 5) Pedersen, B. and Eggum, B.O (1983): Interrelations between protein- and zinc utilization in rats. *Nutr. Rep. Int.*, **27**, 441-453.
- 6) Snedeker, S.M. and Greger, J.L. (1983): Metabolism of zinc, copper and iron as affected by dietary protein, cysteine and histidine. *J. Nutr.*, **113**, 644-652.
- 7) Greger, J.L. and Mulvaney, J. (1985): Absorption and tissue distribution of zinc, iron and copper by rats fed diets containing lactalbumin, soy and supplemental sulfur-containing amino acids. *J. Nutr.*, **115**, 200-210.
- 8) Andersson, H., Hultén, L., Magnusson, O. and Sandström, B. (1984): Energy and mineral utilization from a peptide-based elemental diet and a polymeric enteral diet given to ileostomists in the early post-operative course. *JPEN*, **8**, 497-500.