

식이단백질조성이 흰쥐의 성장과 지방대사에 미치는 영향*

김 유 숙 · 김 화 영

성심여자대학 식품영양학과

Effects of Dietary Protein on Growth and Lipid Metabolism in Growing Rats

Kim Yoo Sook, Kim Wha Young

Dept. of Food & Nutrition, Song Sim College for Women

= ABSTRACT =

The effect of dietary protein on growth and lipid levels of plasma and liver was studied in weanling male rats fed diets differing protein sources and amino acid balance. Rats were divided into 9 experimental diets which were grouped into 3 categories ;

1) Simple protein category includes gluten-, soy protein isolate-, and casein-containing diet groups,

2) Supplemented category includes casein supplemented with methionine, soy protein isolate supplemented with methionine, and gluten supplemented with lysine and methionine,

3) Mixed protein category includes diet groups containing gluten (2/3), casein (1/3), soy protein isolate (2/3) and casein (1/3), and casein (1/3), soy protein isolate (1/3) and gluten (1/3).

The experimental diets composed of 15% protein, 65.8% carbohydrate, 10% fat and 1% cholesterol.

The body wt. gain and P.E.R. were greater in rats of supplemented and mixed protein groups than simple protein groups. No statistical differences were found in plasma cholesterol among gluten, soy protein isolate and casein groups. Consumption of diets supplemented with limiting amino acid to gluten or soy protein isolate reduced the plasma cholesterol level by 23.2% and 34.2% respectively. However there was no difference between casein and the supplemented casein groups. The mixed protein groups shows relatively high plasma cholesterol concentration and low liver cholesterol levels. On the other hand gluten group sho-

* 본 연구는 1981년도 한국과학재단 연구장학금의 부분적 도움에 의하여 이루어졌음.

접수일자 : 1982. 4. 30.

wed low plasma cholesterol and high liver cholesterol levels, which means body cholesterol pool may not have been changed by the dietary protein. Feeding soy protein meal and the supplemented soy protein isolate resulted in lower plasma cholesterol, plasma triglycerides, liver cholesterol and liver triglycerides levels. This hypolipidemic effect is considered to be unique to soy protein isolate. Rats in gluten and the supplemented gluten groups showed lower plasma protein levels and a tendency of fatty liver.

서 론

혈청 cholesterol 양이 심장순환기질환의 위험인자로 지적되면서부터 혈청 cholesterol 양에 영향을 미치는 인자들에 대한 많은 연구들이 진행되고 있다.¹⁾

혈청 cholesterol 양에 영향을 미치는 인자들로는 식이에 포함된 탄수화물의 종류, 지방의 종류와 양, cholesterol의 양, 총열량, vitamins, 무기질, 섬유소의 양 등이 주로 논의되어 왔다.¹⁾⁻³⁾

혈청 cholesterol 농도에 단백질의 종류와 양이 영향을 미칠 것이라는 가설이 나온것은 비교적 최근의 일이다. Connor 등은⁴⁾ 심장순환기질환의 발생율이 높은 나라의 사람들이 동물성 단백질을 많이 섭취하는것으로 미루어 보아 식이중 동물성단백질의 함량이 심장순환기질환의 유발에 영향을 미치는 중요한 요인이라고 주장하고 있다. Carroll 등은⁵⁾ 정상인 사람에게, Sirtori 등은⁶⁾ type - II hyperlipoproteinemia 환자에게 식물성단백질 (대두단백질) 식이와 동물성과 식물성 혼합단백질식이를 번갈아주며 실험한 결과 혼합단백질식이를 섭취했을때 혈청 cholesterol 양이 식물성단백질 (대두단백질) 식이를 섭취했을때보다 높았다고 보고했다. 이같은 경향은 대두단백질이 아닌 다른 식물성단백질 즉, gluten⁷⁾, 해바라기씨단백질⁸⁾ 등도 같은 hypocholesterolemic 효과를 보여주고 있다.

식이단백질이 혈청 cholesterol 양에 미치는 영향에 대한 기전은 아직 불분명하나 여러가지 가설이 주장되고 있다. 학자에 따라서는 특정 아미노산이 혈청 cholesterol 양에 영향을 미칠것으로 생각하여 methionine⁹⁾, histidine⁹⁾¹⁰⁾, lysine¹¹⁾¹²⁾, leucine¹³⁾, taurine¹⁴⁾ 등을 식이에 첨가하여 실험하였으나 혈청 cholesterol 양에 변화가 없었으며 Jarowski 등은¹⁵⁾ arginine / lysine 비율이 중요할것으로 보고 연구하였으나 그에 따른 혈청 cholesterol 양의 변화는 없었다고 발표하였다.

Jarowski 등은¹⁵⁾ 굶긴 상태에서 채취한 흰쥐의 혈청

을 분석하여 제 1 제한아미노산이 lysine임을 알아낸 후 식이에 lysine을 보충하여 공급하였더니 lysine을 보충하지 않은 식이를 먹은 군에 비해 혈청 cholesterol 양이 감소하였음을 발표하였는데, 이것은 혈청 cholesterol 양이 식이내단백질의 아미노산균형에 영향을 받은 것으로 생각된다.

본 연구에서는 곡류단백질인 gluten, 대두단백질 (soy protein isolate), 동물성단백질인 casein 등이 흰쥐의 성장과 혈청 및 간의 cholesterol, triglycerides 양에 미치는 영향을 조사하고 이들 단백질에 제한아미노산을 첨가하여 아미노산조성을 좀 더 균형있게 해 주었을때와 단백질보완을 위해 이들 단백질을 섞어서 공급하였을때의 효과를 비교·검토하고자 한다.

실험재료 및 방법

실험동물은 몸무게가 평균 82.7 g (70~90 g) 인 Sprague-Dawley 종의 성장기 숫쥐 63 마리를 실험식으로 사육하기 전에 고형사료 (제일사료 주식회사)로 사육하여 환경에 적응시킨 후 체중에 따라 난괴법 (randomized complete block design)에 의해 7 마리씩 9개군으로 나누었다.

실험군은 크게 단일단백질집단, 제한아미노산첨가집단, 혼합단백질집단등 세집단으로 나누었으며, 단일단백질 집단에는 gluten, 대두단백질 (soy protein isolate), casein을 단백질급원으로 사용한 Go, So, Co 군으로 다시 나누었고, 제한아미노산첨가집단에는 gluten, 대두단백질, casein에 각각의 제한아미노산을 첨가해 준 Ga, Sa, Ca 군으로 나누었으며 혼합단백질집단은 gluten 혹은 대두단백질을 단백질 공급량의 2/3로 하고 1/3을 casein으로 한 GC, SC 군과 gluten, 대두단백질, casein을 각각 1/3씩으로 한 GSC 군으로 하여 모두 9개 실험군으로 나누었다.

실험식이는 Table 1 과 같이 무게비로 단백질 15%

탄수화물 65.8%, 지방은 10%로 하였으며, 모든 실험식이에 1%의 cholesterol을 첨가하였다.

각 단백질급원 즉, gluten⁷⁾, 대두단백질(동방유량분석표), casein⁷⁾의 순수단백질(net protein), 탄수화물, 섬유소량을 고려하여 식이중의 순수단백질 함량이 15%가 되도록 조절하였으며, 섬유소함량은 실험식이중의 methyl cellulose 첨가량에서, 탄수화물량은 corn starch 첨가량에서 감해 주므로써 식이중 단백질, 섬유소, 탄수화물 함량이 일정하도록 하였다.

흰쥐의 필수아미노산요구량¹⁶⁾과 본 실험식이의 아미노산 함량을 비교해 보면 wheat gluten의 제 1 제한 아

미노산은 lysine 이고, 대두단백질과 casein의 제 1 제한 아미노산은 methionine으로 So군의 methionine 함량은 흰쥐의 methionine 요구량(0.6% of diet)의 32.5%가 들어 있어서 67.5%가 부족하고, Co군은 72.5%가 들어 있어 27.5%가 부족하므로 Sa군과 Ca군에 그 부족량을 DL-methionine으로 첨가하였다. 동물에서 DL-methionine은 L-methionine에 비해 그 효과가 낮으므로 이 점을 고려하여 Sa군에 0.8 g/100 g diet, Ca군에 0.3 g/100 g diet으로 2배 증량한것을 첨가하였다. Go군의 제 1 제한 아미노산인 lysine은 요구량(0.9% of diet)에 76.7%가 부족하며, methion-

Table 1. Composition of Experimental Diet (g/100g)

Group Ingredient	Simple protein				Supplemented		Mixed protein		
	Go (Gluten)	So (Soy protein isolate)	Co (Casein)	Ga (Glu + lys + meth)	Sa (Soy + meth)	Ca (Cas + meth)	GC (Glu + Cas)	SC (Soy + Cas)	GSC (Glu + Soy + Cas)
Vitamin mix. ¹⁾	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mineral mix. ²⁾	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Choline. Cl	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Cellulose power	2.7	2.0	2.9	2.7	2.0	2.9	2.8	2.3	2.5
Corn oil	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Beef tallow	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Corn starch	61.9	51.9	63.1	60.4	51.0	62.8	62.3	55.6	59.0
Cholesterol	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gluten ³⁾	19.1	-	-	19.1	-	-	12.7	-	6.4
Soy protein isolate ⁴⁾	-	29.9	-	-	29.9	-	-	19.9	10.0
Casein ⁵⁾	-	-	17.7	-	-	17.7	5.9	5.9	5.9
L-lysine	-	-	-	0.7	-	-	-	-	-
DL-methionine	-	-	-	0.8	0.8	0.3	-	-	-

1) The vitamin mix was composed of thiamin HCl, 2g; pyridoxine, 2g; riboflavin, 2g; calcium pantothenate, 6g; P-amino benzoic acid, 11g; menadione, 5g; inositol, 10g; ascorbic acid, 20g; niacin, 10g; vitamin B₁₂, 3g; biotin, 0.06g; folic acid, 0.4g; retinol acetate, 2 × 10⁸ I. U.; α-tocopherol, 10,000 I. U.; vitamin D₃, 2 × 10⁸ I. U.; and starch to 1kg.

2) The mineral mix was composed of calcium acetate H₂O, 6.293g; calcium pyrophosphate 2H₂O, 28.525g; dipotassium phosphate, 28.443g; ferric citrate 5H₂O, 2.44g; magnesium sulfate. 7H₂O, 10.053g; potassium iodine, 0.65g; sodium diphosphate. 12H₂O, 14.63g; Sodium chloride, 9.546g; zinc chloride, 0.025g; copper sulfate. 5H₂O, 0.03g; manganese sulfate. H₂O, 0.5g.

3) Gluten: vital wheat gluten (Canada)

4) Soy protein isolate; Dong Bang oil Co. (Composed of 50.3% protein, 1.2% fat, 3.0% crude fiber, 1.1% phytate)

5) Casein; lactic casein (New Zealand)

ine 은 대두단백질에서와 같이 67.5%가 부족하므로 Go 군은 L-lysine 을 0.7 g/100 g diet, DL-methionine 을 0.8 g/100 g diet 첨가하여 주었다. 첨가해 준 제한아미노산의 양은 starch 에서 같은 양을 감하였다.

쥐는 개별적인 사육장에서 사육되었으며, 실험기간동안 식이섭취는 모든군에서 자유섭취법으로 하였고, 물도 항상 공급되었다. 실험기간 중 정기적으로 체중과 식이섭취량, 단백질섭취량을 측정하였으며, 단백질효율(P. E. R.)을 산출하였다.

혈청단백질량은 Biuret 법¹⁷⁾에 의하여 정량하였고, 혈청 cholesterol 양은 Searcy 와 Bergquist 법¹⁸⁾에 기초를 두어 Leveille 등이 변형시킨 방법¹⁹⁾을 이용하였으며, 혈청 triglycerides 양은 Biggs 등의 방법²⁰⁾으로 정량하였다. 간의 총지방은 Folch 와 Stanley방법²¹⁾으로 추출하여 무게를 재어 양을 측정하였으며, 이렇게 추출한 지방 sample 로 부터 위의 방법에 의하여 cholesterol 과 triglycerides 양을 측정하였다.

본 연구의 실험결과는 각 실험군의 평균과 표준오차를 계산하였고, 각 군의 평균값 간의 유의성은 student's t-test 에 의해 검증하였으며 P < 0.05 의 차이를 가진 것을 통계적으로 유의차가 있다고 보고한다.

실험 결과

1) 체중증가량, 단백질 효율.

Table 2 에는 실험기간중의 체중증가량과 단백질효율(P. E. R.)을 수록하였다.

실험기간중 체중증가량은 단일단백질집단보다 혼합단백질집단과 제한아미노산첨가집단이 높았다. 단일단백질집단간에서는 So 군과 Co 군이 Go 군보다 높았으나, So 군과 Co 군 사이에는 차이가 없었다. 제한아미노산첨가집단사이에서는 Ca 군이 Ga 군과 Sa 군보다 높았으나, Ga 군과 Sa 군 간에는 차이가 없었으며, 혼합단백질집단간에서 즉, GC, SC, GSC 군 사이에서는 유의적 차이를 볼 수 없었다.

실험기간중의 단백질효율은 같은 경향으로 나타났으며 전체적으로 체중증가량과 비슷한 경향을 보였다.

Co 군이 Go 군보다 높은 단백질효율을 나타냈으며, Go 군과 So 군, So 군과 Co 군 사이에는 차이가 없었다. 제한아미노산첨가집단(Ga, Sa, Ca)이 단일 단백질집단(Go, So, Co)보다 단백질효율이 높았다. 혼합단백질집단(GC, SC, GSC) 간의 단백질효율은 각군간에 유의적 차이가 없었다. 혼합단백질집단과 단일단백질집단 사이에서 Go 군보다 GC 군이, So 군보다 SC 군이 높았

Table 2. Body wt. gain P. E. R. in the Rats fed diets differing protein source and amino acid balance

Group		Body wt gain (g/4wks)	P. E. R.
simple protein	Go (Gluten)	47.4 ± 6.4 *b.c.d.g	0.85 ± 0.20 c.d.g.i
	So (Soy protein isolate)	85.3 ± 8.9 a.e.h	1.30 ± 0.10 e.h.i
	Co (Casein)	98.0 ± 10.4 a.f	1.58 ± 0.10 a.f
supplemented	Ga (Glu + lys + meth)	123.7 ± 6.6 a.f	1.98 ± 0.20 a.
	Sa (Soy + meth)	124.9 ± 10.7 b.f	1.82 ± 0.20 b.f
	Ca (Cas + meth)	156.7 ± 8.6 c.d.e	2.09 ± 0.10 c.e
mixed protein	GC (Glu + Cas)	111.4 ± 13.2 a.	1.89 ± 0.20 a.
	SC (Soy + Cas)	123.0 ± 14.3 b.	1.83 ± 0.10 b.
	GSC (Glu + Soy + Cas)	119.5 ± 9.1	2.04 ± 0.10 a.b

* Mean ± SEM

- a. Significantly different from Go group (P < 0.05).
- b. Significantly different from So group.
- c. Significantly different from Co group.
- d. Significantly different from Ga group.
- e. Significantly different from Sa group.
- f. Significantly different from Ca group.
- g. Significantly different from GC group.
- h. Significantly different from SC group.
- i. Significantly different from GSC group.

며, Go, So 군들보다 세 가지 단백질을 섞어서 공급한 GSC 군이 유의적으로 높았다.

2) 혈청 단백질, Cholesterol 및 Triglycerides 량.

Table 3 에는 혈청내 단백질, cholesterol 및 triglycerides 량을 수록하였다.

혈청내 단백질 량은 gluten 만을 단백질 공급원으로 한 Go 군이 가장 낮아 So 군과 Co 군에 비해, Go 군에 제한아미노산을 첨가한 Ga 군에 비해 혹은 혼합단백질집단의 GC, GSC 군에 비해서 모두 유의적 차이를 보였다. Ga 군의 혈청내 단백질 량은 Go 군에 비해 높아지기는 하였으나 Sa 군과 Ca 군에 비해서는 여전히 낮았다.

혈청내 cholesterol 량은 단일단백질집단간에 유의적 차이는 없었으나 Go 군, So 군에 비해 Co 군이 가장 높은 값을 보이고 있다. 각각의 단일단백질에 제한아미노산을 첨가해 주었을 때 Ga 군은 Go 군보다 23.2%, Sa 군은 So 군보다 34.2% 감소하였으며, Ca 군과 Co 군은 거의 차이가 없었다.

혼합단백질집단에서는 혈청 cholesterol 량이 증가하는 경향을 보여 GC 군이 Ga 군보다, SC 군이 Sa 군보다, GSC 군이 Ga 군이나 Sa 군보다 유의적으로 높은 값을 보였으나, 단일단백질집단 즉, Go 군과 GC 군, So 군과 SC 군, Go 군과 GSC 군, So 군과 GSC 군 사이

에는 차이가 없었다. GC, SC, GSC 군 사이에서는 GC 군이 가장 높아 GSC 군과의 사이에 유의성을 나타냈다.

혈청 triglycerides 량은 단일단백질집단사이에서 유의적 차이가 없었다. 각 단백질에 제한아미노산을 첨가해 주었을 때 Ga 군이 Go 군보다 높았으나, Sa 군과 So 군, Ca 군과 Co 군 사이에는 차이가 없었다.

제한아미노산첨가집단 중 Sa 군의 혈청 triglycerides 량이 가장 낮아 Ga 군과 Ca 군에 비해서 유의적 차이를 보였다.

혼합단백질집단 사이에서는 차이가 없었고, 단일단백질집단과 비교해보면 GSC 군이 Go 군보다 높았을 뿐 다른군들에서는 차이가 없었다.

3) 간의 무게, 총지방량, Cholesterol 및 Triglycerides 량.

Table 4 에는 각 실험군의 간의 무게와 지방성분을 수록하였다.

간의 무게는 전 실험군에서 Ca 군이 가장 높은 값을 보여 Ca 군과 Co 군 사이에서 또한 Ca 군과 Ga 군, Ca 군과 Sa 군 사이에 유의적 차이를 보였다. 그러나 gluten 과 대두단백질군간에는 이러한 차이가 없었다. 즉, Ga 군과 Go 군, Sa 군과 So 군 사이에는 차이가 없었고, 혼합단백질집단 사이에서도 차이가 없었으며, 혼합단백

Table 3. Plasma protein, cholesterol and triglycerides concentration

Group		Protein (g/100ml)	Cholesterol (mg/100ml)	Triglycerides (mg/100ml)
simple protein	Go (Gluten)	6.2 ± 0.1 *b.c.d.g.i.	183.0 ± 16.5 d.g.	31.3 ± 3.6 d.i.
	So (Soy protein isolate)	7.4 ± 0.2 a.	190.1 ± 29.0	28.8 ± 8.6
	Co (Casein)	7.7 ± 0.3 a.	211.5 ± 12.3	32.2 ± 10.8
supplemented	Ga (Glu + lys + meth)	7.2 ± 0.1 a.e.f.	140.5 ± 6.3 a.f.g.i.	61.2 ± 6.5 a.e.
	Sa (Soy + meth)	7.7 ± 0.1 d.	125.1 ± 8.5 f.h.i.	18.6 ± 2.3 d.f.
	Ca (Cas + meth)	8.1 ± 0.1 d.	193.2 ± 13.4 d.e.	42.0 ± 6.2 e.
mixed protein	GC (Glu + Cas)	8.1 ± 0.3 a.	250.3 ± 3.9 a.b.i.	58.3 ± 9.4
	SC (Soy + Cas)	8.0 ± 0.3	229.1 ± 30.4 e.	29.0 ± 8.5
	GSC (Glu + Soy + Cas)	7.6 ± 0.2 a.	220.3 ± 8.2 d.e.g.	47.2 ± 3.2 a.

* Mean ± SEM

- a. Significantly different from Go group (P < 0.05).
- b. Significantly different from So group.
- c. Significantly different from Co group.
- d. Significantly different from Ga group.
- e. Significantly different from Sa group.

- f. Significantly different from Ca group.
- g. Significantly different from GC group.
- h. Significantly different from SC group.
- i. Significantly different from GSC group.

Table 4. Liver weight and lipids concentration

Group		Liver wt.(g)	Liver/Body wt.(%)	Total lipids (mg/g liver)	Cholesterol (mg/g liver)	Triglycerides (mg/g liver)
simple protein	Go (Gluten)	8.5±0.6*	5.4±0.3 ^{b,c}	133.7±13.5 ^{b,g,i}	39.5±4.5 ^{b,c,g}	8.9±2.0 ^d
	So (Soy protein isolate)	8.8±0.6	4.5±0.1 ^a	94.3±2.4 ^{a,e,h}	29.5±0.8 ^{a,e,h}	8.4±1.1
	Co (Casein)	9.9±0.8 ^f	4.6±0.2 ^{a,f}	102.0±6.2	25.9±3.1 ^{a,f}	8.5±1.6 ^f
supple-mented	Ga (Glu+lys+meth)	11.9±0.7 ^f	5.1±0.1 ^e	141.4±7.1 ^{e,f}	37.1±2.7 ^e	17.1±1.5 ^{a,e}
	Sa (Soy+meth)	10.6±0.8 ^f	4.4±0.2 ^{d,f}	79.6±5.3 ^{b,d,f}	22.7±1.4 ^{b,d,f}	9.7±1.5 ^{d,f}
	Ca (Cas+meth)	14.3±0.7 ^{c,d,e}	5.3±0.1 ^{c,e}	111.4±7.5 ^{d,e}	31.3±1.7 ^{c,e}	15.7±2.1 ^{c,e}
mixed protein	GC (Glu+Cas)	9.9±1.1	5.0±0.4	78.9±7.2 ^a	24.7±2.3 ^a	10.5±1.7
	SC (Soy+Cas)	10.6±1.1	5.1±0.1	82.7±3.5 ^b	26.1±1.1 ^b	14.7±3.9
	GSC(Glu+Soy+Cas)	10.6±0.5	5.1±0.2	91.0±9.0 ^a	27.5±2.7	11.8±3.2

* Mean ± SEM

- a. Significantly different from Go group (P < 0.05).
- b. Significantly different from So group.
- c. Significantly different from Co group.
- d. Significantly different from Ga group.
- e. Significantly different from Sa group.

- f. Significantly different from Ca group.
- g. Significantly different from GC group.
- h. Significantly different from SC group.
- i. Significantly different from GSC group.

질집단과 단일단백질집단을 비교해 보아도 유의적 차이를 볼 수 없었다. 이것을 체중당 간의 무게비로 환산해 보면 gluten 군인 Go 군이 5.4%로 가장 높아 So군이나 Co 군보다 유의적으로 높았고, So 군과 Co 군 사이에는 차이가 없었으며, 단일단백질집단과 제한아미노산 첨가집단 사이에서는 Ca 군만이 Co 군보다 높았다. 제한아미노산첨가집단 중에서도 gluten 군인 Ga 군이 가장 높고 Sa 군과 유의적 차이를 보였고, 혼합단백질집단 사이 즉, GC, SC, GSC 사이에 차이가 없었고, 또한 각 단일단백질집단과 혼합단백질집단 사이에서도 차이가 없었다.

간의 단위무게당 총지방량, cholesterol 함량은 Go 군이 So 군보다 높았으나, triglycerides 량에는 차이가 없었고, Go 군과 Co 군 사이에는 cholesterol 량이 Go 군에서 더 높았으나 triglycerides 량에는 유의적 차이가 없었다. 또한 So 군과 Co 군의 총지방, cholesterol 및 triglycerides 량은 비슷하였다.

단일단백질집단과 제한아미노산첨가집단군들의 각자를 비교해 보면 Ga 군이 Go 군보다 triglycerides 량이 높고, Sa 군이 So 군에 비해 총지방량과 cholesterol 량이 낮았으며, Ca 군이 Co 군보다 cholesterol 량과 triglycerides 량이 높았다.

Ga, Sa, Ca 군 사이에서는 Sa 군의 총지방, choleste-

rol과 triglycerides 량이 가장 낮아 Ga 군과 Ca 군에 비해 모두 유의적 차이를 보였으며, Ga 군이 높은 수준을 보여 총지방량이 Ca 군보다 높았다. 혼합단백질집단 사이에는 총지방, cholesterol 및 triglycerides 량에 차이가 없었다. 또한 단일단백질집단과 비교해 보면 총지방량과 cholesterol 량이 낮은 수준을 보여 GC 군이 Go 군에 비해 SC 군이 So 군에 비해 유의적 차이를 나타냈다. 또한 GSC 군이 Go 군에 비해 총지방량이 낮았다.

고 찰

본 실험에서 체중증가량은 gluten 식이군이 가장 낮았고, gluten 이나 대두단백질, casein 만을 주었을 때보다 각 단백질에 제한 아미노산을 첨가해서 아미노산 조성을 좋게 해 주었을 때와 단백질섭취량 중 1/3을 동물성단백질로 주었을 때 더 좋은 성장율은 보인것은 「체중증가는 식이섭취량보다 단백질의 질에 좌우된다」는 다른 보고²²⁾들과 일치함을 알 수 있다. 또한 P. E. R. 이 체중증가량과 같은 경향을 보인것은 이것을 뒷받침 해준다.

casein 이나 다른 동물성단백질을 먹었을 때 대두단백질이나 다른 식물성단백질을 공급하였을 때보다 혈청 cholesterol 량이 높아진다는 다른학자들의 보고^{5)6) 8)24)26)}와는 달리 본 실험에서는 gluten, 대두단백질, casein 군

사이에 혈청 cholesterol 량에 유의적 차이를 볼 수 없었다. Huff 등²³⁾, Carroll 등⁵⁾, Sirtori 등²⁴⁾, 그리고 Shorey 등²⁵⁾은 실험식이에 cholesterol 을 포함하지 않고 단백질 급원만을 다르게 했을 때 대두단백질의 hypocholesterolemic 효과를 보고하였으나 본 실험의 식이에는 1%의 cholesterol 을 포함시켜 모든 군에서 hypercholesterolemia 를 유발하였기 때문에 단백질 급원에 따른 차이를 볼 수 없었던 것이 아닌가 사려된다. 그러나 비록 유의적 차이는 아니더라도 casein 군이 가장 높았고, 대두단백질, gluten 의 순서를 보인것은 casein 의 hypercholesterolemic 효과를 보고한 다른 연구들과 같은 경향을 보여주는 것이라 하겠다.

식이중의 단백질급원이 혈청 cholesterol 량에 영향을 미치는 기전을 규명하기 위하여, 일부 학자들은 단백질의 아미노산조성에 관심을 갖고 연구하였다.

Torre 등²⁶⁾은 쥐에게 단백질급원으로 gelatin 이 5, 15, 25% 함유된 식이로 사육하였을 때 식이내 단백질함량이 증가할수록 혈청 cholesterol 과 triglycerides 량이 증가하였으나 위의 실험식이에 gelatin 의 제한아미노산인 tryptophan 을 각각 0.014, 0.042, 0.07%를 첨가한 식이로 사육하였을 때는 식이내 단백질함량이 증가하여도 혈청 cholesterol 과 triglycerides 량에는 차이가 없었음을 보고하였다. 이것은 아미노산조성이 좋지 않은 단백질은 함량이 높은 식이를 먹을수록 아미노산의 불균형 정도는 높아져서 혈청 cholesterol 량이 증가하나, 아미노산조성이 좋은 식이를 먹었을 때는 식이내 단백질함량이 혈청 cholesterol 량에 영향을 미치지 않음을 말해준다.

본 실험에서는 gluten 군과 대두단백질군에 제한아미노산을 첨가해 주었을 때 각각 42.5mg/100ml 과 65.0mg/100ml 의 혈청 cholesterol 량이 감소한것은 혈청 cholesterol 량은 식이내 단백질의 아미노산 구성에 따라 좌우됨을 시사해 준다하겠다. 그러나 단백질급원을 casein 으로 하였을 때 제한아미노산의 첨가여부에 따른 유의적 차이를 볼 수 없었음은 casein 군의 제한아미노산 부족량이 gluten 이나 대두단백질에 비해 소량이고⁷⁾ 흰쥐에서 대두에 들어있는 methionine 의 이용율은 55~75%인데, casein 의 methionine 은 70~92%로 대두단백질보다 높으므로²⁷⁾ casein 에 methionine 을 보완함에 따른 단백질의 항상 정도가 적어 제한아미노산첨가로 인한 hypocholesterolemic 효과가 적었다고 볼 수 있다. 또한 Ca 군이 Co 군보다 식이섭취량이 높음에 따

라 cholesterol 섭취량이 높았는데 혈청 cholesterol 량은 식이 cholesterol 섭취량에 영향을 받으므로²⁸⁾ 제한아미노산첨가에 따른 hypocholesterolemic 효과가 가리워졌을 것이다.

혼합단백질집단(GC, SC, GSC)의 아미노산조성을 살펴보면 GC 군의 아미노산조성이 다른군에 비해 흰쥐의 요구량에 부족한 아미노산이 많았다. 즉, SC 군에서는 methionine 만이 요구량에 못 미쳤고, GSC 군은 methionine 과 소량의 lysine 이 부족하였는데, GC 군에서는 methionine 과 lysine 이 요구량에 41~54%가 부족하였고 arginine, threonine, histidine 등도 소량이지만 부족하여 GC 군의 아미노산균형은 SC 군, GSC 군에 비하여 저조하다. 따라서 GC 군이 GSC 군보다 혈청 cholesterol 량이 높음은 아미노산조성의 불균형때문이라고 생각된다.

일반적으로 혼합단백질집단이 제한아미노산첨가집단과 단일단백질집단보다 전체적으로 더 높은 수준의 혈청 cholesterol 량을 보인것은 아미노산균형실만으로는 설명되지 않으나, 이는 Sirtori 등의²⁴⁾ 식물성단백질혼합물을 섭취한 hypercholesterolemic 환자보다 식물성과 동물성단백질 혼합식이를 섭취한 환자가 더 높은 혈청 cholesterol 량을 보였다는 보고와 일치한다.

간의 단위무게당 cholesterol 함량은 혈청 cholesterol 량의 변화와 다른경향을 보이고 있다(Fig. 1).

높은 혈청 cholesterol 량을 보인 혼합단백질집단의 간 cholesterol 량은 낮은 수준이었으며, 단일단백질집단에서 혈청 cholesterol 량이 낮았던 Go 군의 간 cholesterol 량은 가장 높았다.

본 연구에서 혈청 cholesterol 량이 감소될 때 간의 cholesterol 량이 증가함은 식이단백질조성에 따라 혈청내의 cholesterol 을 간으로 이동시킨 결과라 생각할 수 있어 과연 식이단백질의 선택을 조절하여 혈청 cholesterol 량의 조절이 필요하지 좀 더 깊은 연구가 요망된다. 식이중 단백질 급원이 혈청 triglycerides 량에 미치는 영향은 학자에 따라 상반된 연구결과를 발표하고 있다.

Hevia 등²²⁾, Shorey 등²⁵⁾은 혈청내 triglycerides 량은 단백질급원에 영향을 받지 않는다고 보고하였고, Torre 와 Jarowski 는²⁹⁾ 제한아미노산첨가를 해 주므로써 단백질의 질을 높여 주었을 때 혈청 cholesterol 뿐 아니라 triglycerides 량도 감소시킨다고 하였다.

본 실험에서는 단백질급원에 따른 혈청 triglycerides 량에 차이가 없었으며 제한아미노산을 첨가하였을 때와

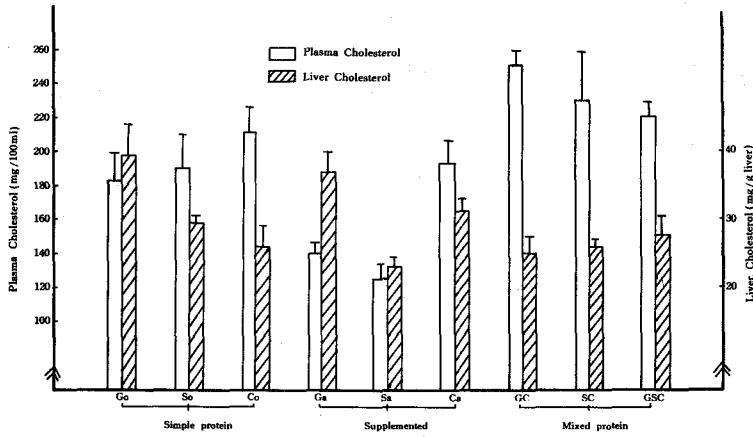


Fig. 1. Comparison of cholesterol concentrations in plasma and liver.

혼합단백질을 주었을때에도 큰 영향을 볼 수 없었다. 모든 실험군중 대두단백질에 methionine을 첨가한 Sa 군은 혈청 및 간의 cholesterol 함량이 모두 가장 낮았으며, Sa 군, SC 군의 혈청의 triglyceride 량도 비교적 낮은 경향을 보이고 있다. Klund와 Sjöblom⁷⁾, Leelamma²¹⁾ 등도 대두단백질은 혈청 cholesterol 뿐 아니라 혈청 triglycerides 량도 감소시키는 작용이 있다고 보고한 바도 있다. 이는 대두단백질이 갖는 독특한 hypolipidemic 작용에 의한 것이라 사려된다. 이러한 대두단백질의 hypocholesterolemic 효과는 cholesterol의 전환률(turn-over rate)을 증가시키기 때문이라고 주장하는 학자도 있으며^{5) 28)} 또 다른 학자들은 대두단백질이 casein 등에 비하여 섬유소함량이 많으므로 대두단백질의 hypocholesterolemic 효과는 섬유소에 의한 것이라고 주장하기도 하나³⁰⁾ 본 연구에서는 각 실험식의 섬유소함량을 같게 조정하였으므로 본실험의 결과는 섬유소 함량에 따른 차이라고 할 수 없다. 이미 보고된 바와 같이 질이 낮은 단백질 식이를 섭취하거나, 단백질 함량이 적은 식이를 섭취했을 때 지방성간과 혈청단백질의 농도, 특히 albumin이 감소된다^{12) 27)}. 본연구에서 체중당 간의 무게가 gluten 식이군인 Go 군, Ga 군이 높은 수준을 보였고, 간의 총지방량도 Go 군, Ga 군이 다른 군에 비해 높은 양을 나타내므로써 gluten을 공급받은 군에서 지방성 간의 가능성을 시사한다 하겠다. 또한 혈청내 단백질량도 이 두군에서 가장 낮음은 다른 연구결과들과 부

합된다. gluten 군에 제한아미노산을 첨가한 Ga 군의 혈청단백질량은 Go 군보다 높아지기는 하였으나 여전히 대두단백질이나 casein 군에 비해 낮은 수준을 보인것은 주목 할 만하다.

그런데 Ca 군도 역시 간의 무게, 체중당 간의 비, 간내 총지방량등이 다른 군에 비해 높았다. Ca 군은 다른 실험군에 비하여식이섭취량, 단백질섭취량이 높았으며 단백질효율, 체중증가량등이 높았으므로 Ca 군의 간의 무게 증가는 지방성간때문이 아니라 casein에 methionine을 첨가하였을때 흰쥐의 성장뿐 아니라 장기 발달도 촉진 시킨 결과라 볼 수 있을 것이다.

본연구 결과를 종합해보면 제한아미노산첨가집단에서는 혈청 cholesterol 량이 감소하는 경향을 보여 아미노산조성의 균형이 혈청 cholesterol 량의 감소에 효과가 있다는 주장을 뒷받침하고는 있으나 혼합단백질집단의 높은 혈청 cholesterol 량은 이러한 가설과 상반되는 결과이다. 그러므로 식이단백질이 cholesterol 대사에 미치는 영향에 대한 기전은 아미노산조성만으로는 설명될 수 없고, 대두단백질이 지방대사에 미치는 특이한 효과를 고려해 볼 때 단백질 공급원의 특유성분에 의한 효과 특히, 대두단백질의 hypolipidemic 효과에 대한 연구가 계속 되어야 할 것이다.

또한 혈청 cholesterol 량이 감소하면서 간의 cholesterol 량이 증가할 때, cholesterol 대사가 atherogenesis에 미치는 영향에 대한 포괄적인 이해가 없이는 혈청 ch-

olesterol 만을 감소시키려는 노력에 대한 재고가 필요하리라 생각된다.

REFERENCE

- 1) Truswell, A. S. : *Diet and plasma lipids - a reappraisal. Am. J. Clin. Nutr.* 31 : 977 - 989, 1978.
- 2) Angelio, R. : *Effect of dietary carbohydrates on body lipid composition and on some enzymatic activities in the rat. Nutr. Metab.* 12 : 179 - 190, 1972.
- 3) Forsythe, W. A., Miller, E. R., Hill, G. M. Romsos, D. R. & Simpson, R. C. : *Effects of dietary protein and fat sources on plasma cholesterol parameters, LCAT activity and amino acid levels and on tissue lipid content of growing pigs. J. Nutr.* 110 : 2467
- 4) Conor, W. E. & Connor, S. L. : *The Key role of nutritional factors in the prevention of coronary heart disease. Prev. Med.* 1 : 49 - 61, 1972.
- 5) Carroll, K. K., Giovannetti, P. M., Huff, M. W., Moase, O., Roberts, D. C. K. & Wolfe, B. M. : *Hypocholesterolemic effect of substituting soybean protein for animal protein in the diet of healthy young women. Am. J. Clin. Nutr.* 31 : 1312 - 1321, 1978.
- 6) Sirtori, C. R., Agradi, E., Conti, F. & Mantero, O. : *Soybean - protein diet in the treatment of type II hyperlipoproteinemia. Lancet.* 5 : 275 - 277, 1977.
- 7) Klund, A. E. & Sjoblom, L. : *Effects of source of dietary protein on serum LDL (VLDL + LDL) and tocopherol levels in female rats. J. Nutr.* 110 : 2321 - 2335, 1980.
- 8) Huff, M. W. & Carroll, K. K. : *Effect of dietary proteins and amino acid mixtures on plasma cholesterol levels in rabbits. J. Nutr.* 110 : 1676 - 1685, 1980.
- 9) Solomon, J. K. & Geison, R. L. : *Effect of excess dietary L - histidine on plasma cholesterol levels in weanling rats. J. Nutr.* 108 : 936 - 943, 1978.
- 10) Gerber, D. A., Sklar, J. E. & Neidwiadowier, J. : *Lack of an effect of oral L - histidine on the serum cholesterol in human subjects, Am. J. Clin. Nutr.* 24 : 1382 - 1391, 1971.
- 11) Wallentin, L. : *LCAT rate and high density lipoproteins in plasma during dietary and clofibrate treatment of hypertriglyceridemic subjects. Athero.* 31 : 41 - 52, 1978.
- 12) Hevia, P. Kari, F. W., Ulman, E. A. & Visek, W. J. : *Serum and liver lipids in growing rats fed casein with L - lysine. J. Nutr.* 110 : 1224 - 1230, 1980.
- 13) Truswell, A. S. : *Effect of surplus leucine intake on serum cholesterol in man. Proc. Nutr. Soc.* 23 : 16 - 26, 1964.
- 14) Truswell, A. S., Mcveigh, S., Mitchell, W. D. & Stewart, B. B. : *Effect in man of feeding taurine on bile acid conjugation and serum cholesterol levels. J. Athero. Res.* 5 : 526 - 536, 1965.
- 15) Jarowski, C. I. & Pytelewski, R. : *Utility of fasting essential amino acid plasma levels in formulation of nutritionally adequate diets. III. Lowering of rat serum cholesterol levels by lysine supplementation. J. Pharm. Sci.* 64 : 690 - 691, 1975.
- 16) *Nutrient requirements of the laboratory rat. Nutrient requirements of Laboratory animals. 2nd ed. 64. National Academy of sciences. Washington, D. C. U. S. A. 1972.*
- 17) Cooper, T. G. : *Biuret protein determination : The Tools of Biochemistry. 51. John Wiley & Sons, New, York. U. S. A. 1977.*
- 18) Searcy, R. L. & Beryquist, L. M. : *A new color reaction for the quantitation of serum cholesterol. Clin. Chim. Acta.* 5 : 192 - 199, 1960.
- 19) Leveille, G. A., Shoekley, J. W. & Sauberlich, H. E. : *Influence of dietary protein level and amino acids on plasma cholesterol of growing chix. J. Nutr.* 76 : 321 - 328, 1962.

- 20) Biggs, H. G., Erickson, J. M. and Morehead, W. R. : *A manual colorimetric assay of triglycerides in serum.* Clin. Chem. 21 : 437-441, 1975.
- 21) Folch, J. & Stanley, G. H. : *A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues.* J. Biol. Chem. 226 : 497-502, 1957.
- 22) Hevia, P., Clary, R. A. & Visek, W. J. : *Serum and liver lipids in rats fed casein or soybean protein with sucrose or dextrin or sucrose and cholesterol.* Nutr. Rept. Intl. 20: 539 - 548, 1979.
- 23) Huff, M. W., Hamilton, R. M. G. & Carroll, K. K. : *Plasma cholesterol levels in rabbits fed low fat, cholesterol-free, semipurified diets : Effect of dietary proteins, protein hydrolysates and amino acid mixtures,* Athero. 28 : 187 - 195, 1977.
- 24) Sirtori, C. R., Gatti, E., Mantero, O., Conti, F., Agradi, E., Tremoli, E., Pharm, D., Sirtori, M., Sirtori, M., Fraterrigo, L., Tarazzi, L. & Kritchevsky, D. : *Clinical experience with the soybean protein diet in the treatment of hypercholesterolemia.* Am. J. Clin. Nutr. 32 : 1645-1658, 1979.
- 25) Shorey, R. A., Baran, B., Lo, G. S. & Steinke, F. H. : *Determinants of hypocholesterolemic response of soy and animal protein-based diets.* Am. J. Clin. Nutr. 34 : 1769-1778, 1981.
- 26) Torre, G. M. & Jarowski, C. J. : *Lowering of serum cholesterol and triglyceride levels by balancing amino acid intake in the white rat.* J. Nutr. 110 : 1194-1195, 1980.
- 27) 朱軫淳 : 단백질의 생리학적, 영양학적 기능. 한국 영양학회지, 7 : 1-5, 1974.
- 28) McGill, H. C. : *The relationship of dietary cholesterol to serum cholesterol concentration as to atherosclerosis in man.* Am. J. Clin. Nutr. 32 : 266-2702, 1979.
- 29) Nagata, Y., Tanaka, K. & Sugano, M. : *Further studies on the hypocholesterolemic effect of soybean protein in rats.* Br. J. Nutr. 45 : 233 - 241, 1981.
- 30) Vahouny, G. V., Roy, T., Gallo, L. L., Story, J. A., Kritchevsky, D. & Cassidy, M. : *Dietary Fibers III. Effects of chronic on cholesterol absorption and metabolism in the rat.* Am. J. Clin. Nutr. 33 : 2182-2191. 1980.
- 31) Leelamma, S., Menon, P. V. G. & Kurup, P. A. : *Nature and quantity of dietary protein and metabolism of lipids in rats fed normal and atherogenic diet.* Indian. J. Expt. Biology. 16 : 29-33, 1978.