韓國營養學會誌 21(1) : 36 - 46, 1988
Korean J Nutr Vol 21(1) : 36 - 46, 1988

단백질과 지방의 수준을 달리한 식이로 사육한 흰쥐의 성장과 면역반응에 관한 연구

이현옥 · 김화영* · 김숙희*

중앙대학교 가정대학 식생활학과
이화여자대학교 가정대학 식품영양학과*

The Effects of Dietary Protein and Fat Levels on the Growth and Immune Response in Rats

Hyun Ok Lee, Wah Young Kim*, Sook He Kim*

Dept. of Foods & Nutrition, Chung-Ang University
*Dept. of Foods & Nutrition, Ewha Womans University**

=ABSTRACT=

This study was carried out to investigate the effects of different protein and fat levels on the growth and on immune response in rats.

In experiment 1, Sprague-Dawley male rats were fed diets containing 6%, 15%, or 30% casein with 2 levels of fat(2% and 30%) at each protein level. In experiment 2 and 3, rats were devided into 8 diet groups ; 4 different sources of proteins(casein, meat protein, fish protein, and gluten) were used at 15% level of the diet with 2% or 30% of dietary fat.

The results show as follows ;

1) The rats in 6% casein group showed lower body weight gain and organ weights than those in 15% and 30% casein groups. There was no significant difference between 15% and 30% casein groups.

In experiment 2, the gluten diet group showed the lowest growth rate and epididymal fat pad weight among 4 different dietary protein groups regardless the level of dietary fat.

2) There was no significant difference in immune response according to the sources and levels of dietary protein. However, the rats fed high fat diet showed the lower plaque-forming cell response than those fed low fat diet regardless dietary protein.

접수일자 : 1987년 12월 20일

서 론

단백질이 결핍되면 전염병에 감염되기 쉽다고 믿어온 지 오래 되었다[1)-3)]. 따라서 영양불량과 전염병은 마치 동의어처럼 쓰여져 왔다.

질좋은 단백질의 섭취가 부족되면 kwashiokor가 발생되는 것은 남아프리카 및 동남아 열대등 여러 지역에서 경험해 왔으며 이 지역의 많은 어린이들이 또한 전염병을 함께 동반한다는 사실이 알려진지도 오래되었다[4)5)].

이와같이 심각한 수준으로 단백질의 섭취가 결핍되었을때 나타나는 전염병 감염 방지능력의 저하는 체내 면역능력이 저하되어서 나타나는 사실로 증명된바 있다[6)-8)].

한국인의 영양섭취 실태조사 결과에서 나타나는 단백질 섭취량은 지역에 따라서 권장량에 미치지 못하는 곳이 많으며, 단백질의 질에 영향을 주는 동물성 단백질의 섭취량은 미국인이 섭취하는 양의 약 1/3에 해당하는 적은양을 섭취하고있는 실정이다[9)].

단백질 부족은 면역과정과 관련있는 세포내의 변화를 일으키며 만성적인 단백질 섭취부족의 경우에는 antigen 성상에 따라서 체액성면역반응이 달라진다[5)10-13)].

또한 최근에는 식이중 지방의 양과 종류에 따라 면역능력에 미치는 영향에 대한 연구가 이루어지고있다. 필수지방산의 부족은 쥐에게서 항체생성을 저하시켰으며 반면 과잉의 필수지방산 공급은 면역능력저하를 초래한다고 보고되고 있다[14)-18)].

본 연구에서는 단백질과 지방의 수준을 달리한 식이로 사육된 동물의 면역능력을 측정하는 것을 주목적으로 하였다. 3차에 걸쳐서 동물을 사육하였으며, 식이내 단백질의 종류와 양을 달리하는 한편 지방의 함유량도 변화시켜 사육된 흰쥐의 비장세포에서 mitogen response와 plaque-forming cell을 형성시켜 봄으로써 면역능력을 판정하였다.

실험계획

본 실험은 단백질의 종류와 지방의 수준이 동물의 단백질대사와 면역능력에 미치는 영향을 알아보기 위하여 시도되었다. 본 연구를 수행하기 위해서 총3회에 걸쳐서 실험동물을 사육하였다.

실험 1에서는 단백질의 수준에 따른 면역반응을 알아보기 위하여 casein의 수준은 6%, 15%, 30%로 하였고, 실험 2에서는 단백질의 종류에 따른 면역반응을 알아보기 위하여 단백질의 급원으로서 casein, meat protein, fish protein, gluten으로 사육하였다. 실험 3에서는 실험 2에서 기온, CO_2 incubator등의 요인에 의하여 예상했던 결과를 얻지 못하였으므로 이를 다시 확인하기 위하여 실험 2에서와 같은 내용의 실험을 반복하였다.

실험재료

1. 실험동물의 식이 및 사육

〈실험 1〉

Sprague-Dawley종 수컷 흰쥐 48마리를 일반고형사료로 10일간 적응시킨 후 평균체중이 152.6± 9.6 g인 쥐를 체중에 따라 난괴법(Randomized Complete Block Design)에 의해 6군으로 나누었다.

한 군당 마리수는 8이고 단백질과 지방의 수준에 따라서 Table 1과 같이 분류하여 6주간 사육하였다.

〈실험 2〉

실험 1에서와 같은 Sprague-Dawley종 수컷 흰쥐 64마리를 일반 고형사료로 9일간 적응시킨 후 평균체중이 143.6± 8.8g인 쥐를 체중에 따라 난괴법에 의해서 8군으로 나누었다.

단백질의 수준은 식이총량의 15%로 하였으며 지방의 수준은 실험 1에서와 같이 하였고, 단백질의 급원으로 casein, 쇠고기, 동태, gluten을 사용하였다.

Table 1. Composition of experimental diets (/kg diet)

Group		Protein (g)	Corn oil (g)	Corn Starch (g)	Cellulose[9] (g)	Salt mixture[10] (g)	VitaminAD mixture[11] (ml)	VitaminEK mixture[12] (ml)	Water Soluble Vitamins[11] exceptB$_{12}$	Vitamin B$_{12}$[11] (ml)
Exp. 1	I -C$_6^{1)}$ F$_2^{7)}$	60	20	860	20	40	1	2	—	1
	I -C$_6$ F$_{30}^{8)}$	60	300	580	20	40	1	2	—	1
	I -C$_{15}^{2)}$ F$_2$	150	20	770	20	40	1	2	—	1
	I -C$_{15}$ F$_{30}$	150	300	490	20	40	1	2	—	1
	I -C$_{30}^{3)}$ F$_2$	300	20	620	20	40	1	2	—	1
	I -C$_{30}$ F$_{30}$	300	300	340	20	40	1	2	—	1
Exp. 2 & Exp. 3	II-C$_{15}$ F$_2$	150	20	770	20	40	1	2	—	1
	II-C$_{15}$ F$_{30}$	150	300	490	20	40	1	2	—	1
	II-M$_{15}^{4)}$ F$_2$	170	0	770	20	40	1	2	—	1
	II-M$_{15}$ F$_{30}$	170	269	501	20	40	1	2	—	1
	II-F$_{15}^{5)}$ F$_2$	153	15	772	20	40	1	2	—	1
	II-F$_{15}$ F$_{30}$	153	285	502	20	40	1	2	—	1
	II-G$_{15}^{6)}$ F$_2$	160	20	760	20	40	1	2	—	1
	II-G$_{15}$ F$_{30}$	160	300	480	20	40	1	2	—	1

1) C$_6$-6% Casein 2) C$_{15}$-15% Casein 3) C$_{30}$-30% Casein
4) M$_{15}$-15% Meat 3) F$_{15}$-15% Fish 6) G$_{15}$-15% Gluten
7) F$_2$-2% Fat 8) F$_{30}$-30% Fat
9) Cellulose : Sigma Co.
10) Salt mix.(g/kg salt mixture) was composed of calcium carbonate, 300 ; dipotassium phosphate, 322.5 ; magnesium sulfate · 7H$_2$O, 102.o ; monocalcium phosphate · 2H$_2$O, 97.5 ; soldium chloride. 167.5 : ferric citrate · 6H$_2$O, 15.5 ; potassioum iodide, 0.8 ; zinc chloride, 1.0 ; copper sulfate · 5H$_2$O, 0.6 ; manganese sulfate · H$_2$O, 5.0 ; sodium selenite, 0.1 ; chromium potassium sulfate · 24H$_2$O, 0.55.
11) Vitamin mix.(mg/kg diet) was composed of choline chloride, 2,000 : thiamin chloride. 10 ; riboflavin, 20 ; nicotinic acid, 120 ; pyridoxine, 10 ; calcium pantothenate, 100 ; biotin, 1 ; folic acid, 4 ; inositol 500 ; vitamin A, 0.1 ; vitamin D, 0.01 ; vitamin B$_{12}$, 5.
12) Alpha tocopherol acetate, 5g : Mendaion, 200mg : Corn oil, 200ml.

실험 1과 실험 2에서 각군의 8마리중 4마리는 mitogen response 측정에, 나머지 4마리는 PFC(Plaque-Forming Cell)측정에 사용되었다.

〈실험 3〉

실험 3은 실험 2를 반복한 것이므로 단백질의 수준과 종류, 지방의 수준등은 모두 실험 2와 같았다.

각군의 4마리는 mitogen response에만 사용되었다.

2. 실험동물의 사료

실험 1에서는 단백질의 급원으로 casein(호주, North Western Cooperative Dairy Co.)과 지방의 급원으로 corn oil(두산 옥수수 기름)을 사용하였으며 탄수화물은 corn starch(미원표)를 사용하였다.

실험 2와 실험 3에서의 단백질의 급원으로는 casein, 쇠고기, 동태 등의 동물성 단백질과 식물성 단백질의 급원으로 밀단백질의 gluten의 4종류를 사용하였다.

육류는 기름기가 없는 쇠고기를 일광에 자연건조시킨 후 분말로 하여 사용하였으며, 어류는 동태를 포로 떠서 일광에 건조시켜 분말로 하여 사용하였다. Gluten은 Wheat Gluten(Amylum, Wheat Starch Industry)을 사용하였다. 각 실험사료의 구성성분은 Table 1과 같다.

실험방법

1. 사료섭취량(Feed Intake)과 단백질효율(Protein Efficiency Ratio ; PER)

실험기간 동안 실험동물의 사료섭취량은 매주 2회씩 일정한 시간에 측정하여 6주간의 총사료섭취량을 계산하고 단백질효율을 계산하였다. 체중은 실험기간 동안 매주 1회씩 측정하여 실험군별로 평균체중을 계산하였다.

2. 장기 및 지방조직의 채취

Plaque-forming cell(PEC)을 측정하기 위하여 실험동물을 희생시키기 4일 전에 쥐의 복강 내에 4×10^8 sheep RBC를 주사하였다.

6주 동안의 사육이 끝난 후 12시간 동안 굶긴 후에 단두하여 혈액을 채취하고 즉시 해부하여 흉선, 비장, 간, 뇌, 신장, 소장, 지방조직(epididymal fat pad)의 무게를 측정하였다. 비장은 즉시 면역반응 실험에 사용하였고 그 외의 장기는 분석할 때까지 냉동보관하였다.

3. Immune response

Conconavalin A(Con A, Gibco Co.)와 Phytohemagglutinin(PHA, Flow & Sigma Co.)에 대한 mitogen response는 이등[18]의 연구에서와 같은 방법으로 하였다.

Jerne plaque assay는 이등[18]의 연구에서와 같은 방법으로 plaque-forming cell의 수를 측정했다.

4. 자료의 처리방법

본 연구의 모든 자료는 평균치와 표준오차를 산출하였고 각 실험군의 평균치간의 유의성은 $\alpha=0.05$ 수준에서 Tukey test로 검증하였다.

실험결과

1. 체중, 사료섭취량, 단백질 효율(PER)

체중증가량, 사료섭취량, 단백질효율은 Table 2와 같다. 실험 1에서는 체중증가량에 있어서 실험식이 각 군간에 유의적 차이를 나타내었다. 즉 식이 단백질 수준이 낮았던 I-C_6F_2군, I-C_6F_{30}군이 다른 실험군에 비해서 유의적으로 낮았다. 또한 체중증가에 미치는 영향은 지방수준에 의한 것보다는 단백질 수준에 의해서 현저하였다. 이와같이 단백질의 수준에 의해서 체중증가는 영향을 받지만 같은 단백질 수준

Table 2. Body weight, feed intake, and PER in experimental period

	Group	Initial body wt.(g)	Final body wt.(g)	Weight gain(g/6wks)	Total feed intake(g/6wks)	PER
Exp. 1	I -C_6 F_2	151.5± 9.0[N.S. 3)]	172.3± 17. 7[a 2)]	21.2± 12.6[a]	585.7± 108.6[b]	0.52± 0.90[b]
	I -C_6 F_{30}	153.0± 9.4	141.1± 12.1[a]	-10.7± 4.1[a]	426.0± 117.8[a]	-0.52± 0.57[a]
	I -C_{15} F_2	155.3± 11.3	297.5± 14.8[bc]	142.3± 8.4[c]	725.1± 91.5[c]	1.31± 0.20[c]
	I -C_{15} F_{30}	153.8± 9.8	251.1± 15.2[b]	97.3± 6.1[b]	470.5± 71.4[ab]	1.38± 0.11[c]
	I -C_{30} F_2	150.6± 8.9	309.9± 6.1[c]	159.3± 10.5[c]	718.9± 67.5[c]	0.74± 0.13[c]
	I -C_{30} F_{30}	152.1± 9.3	310.6± 8.1[c]	158.5± 7.8[c]	497.8± 32.2[ab]	1.05± 0.16[d]
Exp. 2 & Exp. 3	II-C_{15} F_2	141.6± 8.7[N.S]	292.4± 7.9[b]	150.8± 9.6[b]	937.7± 59.6[c]	1.07± 0.19[bc]
	II-C_{15} F_{30}	142.6± 7.5	277.6± 10.0[b]	134.8± 15.8[b]	669.6± 84.1[ab]	1.38± 0.46[cd]
	II-M_{15} F_2	141.4± 10.7	269.4± 12.1[b]	128.0± 17.4[b]	927.0± 114.7[c]	0.90± 0.26[b]
	II-M_{15} F_{30}	150.4± 6.6	295.4± 8.0[b]	144.9± 11.4[b]	730.1± 49.6[b]	1.32± 0.25[cd]
	II-F_{15} F_2	141.1± 8.1	276.1± 15.7[b]	134.9± 11.1[b]	882.2± 103.1[c]	1.03± 0.26[bc]
	II-F_{15} F_{30}	152.1± 8.7	316.2± 13.0[b]	164.1± 8.8[b]	743.9± 70.6[b]	1.46± 0.14[d]
	II-G_{15} F_2	136.9± 11.1	172.9± 15.6[a]	36.0± 8.5[a]	880.2± 138.2[c]	0.25± 0.18[a]
	II-G_{15} F_{30}	142.7± 8.7	153.7± 9.7[a]	11.0± 5.9[a]	577.3± 105.1[a]	0.03± 0.50[a]

1) Mean± S.E

2) Values with different alphabet within the column were significantly different at $\alpha=0.05$ by Tukey test

3) Not Significant at $\alpha=0.05$ by Tukey test

Table 3. Weights of various organ sand epididymal fat pad (unit : g)

	Group	Body weight	Liver	Thymus	Spleen	Brain	Kidney	Small intestine	Epididymal fat pad
Exp. 1	I -C_6 F_2	172.3± 17.7[1) a 2)]	5.35± 0.35^{ab}	0.21± 0.03^{ab}	0.52± 0.06^{a}	1.79± 0.04^{a}	1.29± 0.08^{a}	4.66± 0.42^{ab}	2.67± 0.61^{ab}
	I -C_6 F_{30}	141.1± 12.0^{a}	4.61± 0.40^{a}	0.13± 0.01^{a}	0.48± 0.05^{a}	1.80± 0.03^{a}	1.09± 0.07^{a}	4.03± 0.31^{a}	1.77± 0.23^{a}
	I -C_{15} F_2	297.6± 14.8^{bc}	8.55± 0.44^{c}	0.38± 0.04^{cd}	1.10± 0.04^{b}	2.02± 0.10^{b}	1.98± 0.10^{bc}	6.20± 0.36^{c}	4.56± 0.59^{bc}
	I -C_{15} F_{30}	251.1± 15.2^{b}	6.31± 0.42^{b}	0.38± 0.03^{cd}	0.73± 0.07^{a}	1.91± 0.04^{ab}	1.70± 0.12^{b}	5.44± 0.35^{bc}	3.92± 0.57^{bc}
	I -C_{30} F_2	309.9± 6.1^{c}	8.87± 0.41^{c}	0.53± 0.04^{d}	0.79± 0.11^{ab}	1.97± 0.04^{b}	2.25± 0.05^{c}	6.05± 0.14^{c}	4.24± 0.32^{bc}
	I -C_{30} F_{30}	310.6± 8.0^{c}	8.58± 0.27^{c}	0.35± 0.04^{bc}	0.78± 0.11^{ab}	1.97± 0.04^{b}	2.21± 0.08^{c}	6.24± 0.26^{c}	5.36± 0.54^{c}
Exp. 2 & Exp. 3	II-C_{15} F_2	291.7± 8.2^{b}	8.89± 0.17^{b}	0.42± 0.05^{c}	0.92± 0.16^{ab}	1.94± 0.03^{ab}	2.64± 0.12^{b}	7.71± 0.32n.s[3)]	3.47± 0.21^{b}
	II-C_{15} F_{30}	277.7± 10.0^{b}	8.33± 0.32^{b}	0.37± 0.05^{bc}	0.84± 0.19^{ab}	2.03± 0.03^{b}	2.31± 0.10^{b}	7.74± 0.59	3.29± 0.40^{b}
	II-M_{15} F_2	269.3± 12.1^{b}	8.06± 0.36^{b}	0.35± 0.03^{abc}	1.04± 0.10^{b}	1.99± 0.04^{b}	2.35± 0.08^{b}	6.88± 0.26	3.43± 0.38^{b}
	II-M_{15} F_{30}	295.4± 8.0^{b}	8.98± 0.26^{b}	0.42± 0.05^{c}	0.90± 0.07^{ab}	1.91± 0.02^{ab}	2.54± 0.06^{b}	7.54± 0.34	3.75± 0.22^{b}
	II-F_{15} F_2	276.1± 15.7^{b}	8.02± 0.34^{b}	0.41± 0.05^{c}	0.85± 0.08^{ab}	1.94± 0.04^{ab}	2.40± 0.10^{b}	7.20± 0.39	2.91± 0.32^{b}
	II-F_{15} F_{30}	316.2± 13.0^{b}	9.42± 0.44^{b}	0.41± 0.04^{c}	1.05± 0.12 b	2.00± 0.04^{b}	2.70± 0.10^{b}	8.28± 0.40	3.54± 0.44^{b}
	II-G_{15} F_2	172.9± 15.6^{a}	5.13± 1.41^{a}	0.23± 0.03^{ab}	0.49± 0.07^{a}	1.90± 0.02^{ab}	1.78± 0.11^{a}	6.78± 0.47	1.39± 0.30^{a}
	II-G_{15} F_{30}	153.7± 9.7^{a}	5.15± 0.29^{a}	0.19± 0.01^{a}	0.42± 0.06^{ab}	1.84± 0.04^{a}	1.61± 0.06^{a}	6.04± 0.54	1.38± 0.14^{a}

1) Mean± S.E.

2) Values with different alphabet within the column were significantly different at $\alpha=0.05$ by Tukey test.

3) Not significant at $\alpha=0.05$ by Tukey test.

에서는 지방함량에 따라서도 영향을 받는다. 단백질의 수준이 6% 혹은 15%일 때 저지방군에 비하여 고지방군의 체중증가량이 낮았으나 30%군에서는 차이가 없었다.

실험 2와 실험 3에서 casein, 쇠고기, 동태 등 동물성 단백질 식이군간에는 동물의 성장에 미치는 영향이 크게 다르지 않았으나 gluten식이군의 성장율이 낮은데 이 경우에도 지방의 함량에 의해서 영향을 받지만 유의적인 차이는 없었다. PER에서는 실험군간에 차이가 있었서 casein 6% 식이군과 gluten식이군이 다른 식이군에 비하여 낮았다.

2. 장기와 지방조직의 무게

각 장기와 지방조직의 무게는 Table 3과 같다. 실험 1에서 단백질의 수준이 6%인 I-C_6F_2군과 I-C_6F_{30}군의 모든 장기의 무게는 단백질 수준이 15%이상인 I-$C_{15}F_2$군, I-$C_{15}F_{30}$, I-$C_{30}F_2$군과 I-$C_{30}F_{30}$군 보다 낮았다.

단백질 수준이 15%인 식이군과 30%인 식이군 사이에는 큰 차이가 나타나지 않았으며 체중에서도 이와같은 경향을 나타내었다. 같은 단백질 수준에서 지방의 함량이 높아지면서 무게가 낮아지는 경향이 있는 장기는 간, 흉선, 소장 등이었다.

실험 2의 단백질 종류에서 동물성 단백질 식이군과 식물성 단백질 식이군간에 차이가 나타나는 장기는 대체로 간, 흉선, 신장 등이었고, 같은 단백질 급원에서도 지방의 함량에 따라서 장기의 무게가 달라지는 경향이 있었다.

쇠고기, 동태식이군에서는 지방함량이 높으면 장기의 무게가 증가하는 경향이 있었지만 casein, gluten식이군에서는 반대의 경향을 나타내었다. 그러나 통계적으로 유의하지는 않았다.

실험 2에서 gluten군은 지방함량이 높은 II-$C_{15}F_{30}$군이 II-$G_{15}F_2$군에 비하여 흉선, 비장, 뇌의 무게가 낮은 경향을 나타내었다.

Table 4. Mitogen responses(Stimulation index[6])/2.5×10^5 spleen cells)

	Group	PHA[1](10μg)	PHA(15μg)	Con A[2]
Exp. 1	I -C_6F_2	29.48± 11.22[3] n.s[5]	30.19± 7.88[n.s]	-
	I -C_6F_{30}	21.57± 5.97	18.41± 4.41	-
	I -$C_{15}F_2$	27.02± 8.42	31.37± 7.68	-
	I -$C_{15}F_{30}$	13.06± 6.43	13.88± 4.36	-
	I -$C_{30}F_2$	25.46± 10.24	29.10± 10.30	-
	I -$C_{30}F_{30}$	18.88± 5.82	17.82± 5.38	-
Exp. 3	III-$C_{15}F_2$	31.33± 1.05 ab[4]	-	29.27± 6.68 b
	III-$C_{15}F_{30}$	20.02± 10.77 a	-	67.80± 8.95 b
	III-$M_{15}F_2$	8.59± 0.00 a	-	42.79± 11.31 b
	III-$M_{15}F_{30}$	14.14± 4.07 a	-	62.56± 14.37 b
	III-$F_{15}F_2$	13.90± 0.00 a	-	13.82± 0.00 a
	III-$F_{15}F_{30}$	49.54± 12.25 b	-	19.78± 0.00 a
	III-$G_{15}F_2$	17.76± 2.12 a	-	-
	III-$G_{15}F_{30}$	36.21± 0.49 ab	-	-

1) Phytohemagglutinin
2) Conconavalin A
3) Mean± S.E.
4) Values with different alphabet within the column were significantly different at $\alpha=0.05$ by Tukey test.
5) Not significant at $\alpha=0.05$ by Tukey test.
6) Stimulation index =cpm of stimulated lympocyte/cpm of unstimulated lympocyte.

지방조직에서는 단백질의 수준이 낮은 I-C_6F_2, I-C_6F_{30}군과 질이 낮은 식이군인 II-$G_{15}F_2$, II-$G_{15}F_{30}$, III-$G_{15}F_2$군, III-$G_{15}F_{30}$군이 다른 식이군에 비하여 유의적으로 낮았다.

3. 면역반응

면역반응의 결과는 Table 4, Table 5와 같다. Table 4의 mitogen response에서는 단백질 수준에 따른 유의적인 차이는 없었으나 지방의 수준이 높으면 낮아지는 경향을 나타내었다.

즉, 지방의 수준이 높은 I-C_6F_{30}군, I-$C_{15}F_{30}$군과 I-$C_{30}F_{30}$군의 면역능력이 지방수준이 낮은 I-C_6F_2군, I-$C_{15}F_2$군과 I-$C_{30}F_2$군에 비하여 낮은 경향을 나타내었다.

실험 3에서는 단백질의 종류나 지방의 수준에 의해서 일정한 경향을 나타내지 않았고 III-$M_{15}F_2$, III-$M_{15}F_{30}$, III-$F_{15}F_2$, III-$G_{15}F_2$군이 낮은 결과를 나타내었다. 실험 3의 ConA에 대한 면역반응은 III-$F_{15}F_2$, III-$F_{15}F_{30}$군이 casein이나 쇠고기군보다 유의적으로 낮았다.

Table 5. Plaque-forming cell(No./10^8 Spleen cells)

Group		Plaque-forming cell No.
Exp. 1	I-C_6F_2	411.5± 162.22[1) ns 2)]
	I-C_6F_{30}	426.7± 123.15
	I-$C_{15}F_2$	134.2± 97.60
	I-$C_{15}F_{30}$	241.4± 126.62
	I-$C_{30}F_2$	272.4± 146.76
	I-$C_{30}F_{30}$	345.5± 120.74
Exp. 2	II-$C_{15}F_2$	120.0± 0.00[n.s.]
	II-$C_{15}F_{30}$	155.5± 92.50
	II-$M_{15}F_2$	162.0± 80.00
	II-$M_{15}F_{30}$	130.0± 0.00
	II-$F_{15}F_2$	180.0± 60.00
	II-$F_{15}F_{30}$	135.0± 15.00
	II-$G_{15}F_2$	243.7± 19.80
	II-$G_{15}F_{30}$	167.0± 214.96

1) Mean± S.E.
2) Not significant at $\alpha=0.05$ by Tukey test.

Table 5의 PFC에 의한 면역반응은 실험1에서 casein 6%군이 다른 실험군에 비하여 높은 경향을 보였으나 단백질의 수준이나 종류에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

고 찰

식이내 단백질의 수준 및 종류와 지방의 수준에 따라서 동물의 일반적인 성장이나 단백질대사와 차이를 나타낸다는 실험보고는 많이 있다[15)19)20)21-24)].

그리고 최근에 이르러 식이내 단백질 급원이나 지방의 함량을 달리한 실험에서 동물의 lymphocyte 생성능력을 측정함으로써 동물의 면역능력에 미치는 영향을 알아보기 위한 연구가 보고되고 있다[14)20)21)25)].

본 연구에서는 단백질의 수준과 종류가 체내 단백질대사에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험 1에서는 단백질의 급원으로 casein을 사용하였고 수준은 6%, 15%, 30%로 하였으며, 실험 2와 3에서는 한국인이 흔히 섭취하는 단백질의 급원인 어류를 사용 하였고, 이와 비교하기 위하여 육류와 casein을 선택하였으며 또한, 식물성 단백질로 gluten을 선정하였다. 지방은 옥수수 기름을 2%, 30%의 두 수준으로 한 식이가 실험동물의 면역능력에 미치는 영향을 관찰하였다.

본 연구의 실험식이가 동물의 성장에 미치는 영향을 보면, 단백질의 함량이 높을수록 체중증가율을 지표로 한 성장율이 높게 나타났으며, 육류와 어류 단백질에 비하여 gluten이 낮게 나타났다. 단백질 함량이 15%인 gluten식이로 사육한 동물군의 성장율은 casein 6%군의 성장율과 유사한 결과를 보여주었다.

PER은 casein 15% 수준과 30% 수준, 그리고 육류와 어류단백질군에서 거의 유사한 값을 나타내었다. 그러나 체중증가율에서와 마찬가지로 casein 6%군과 gluten군이 낮게 나타났다.

장기의 무게를 보면 역시 체중증가와 유사한 경향을 나타내고 있었다. 식이내 단백질의 수준이 낮은

casein 6%군과 식물성 단백질인 gluten군에서 장기의 무게가 가장 심각하게 감소하는 것은 비장이었고, 다음이 흉선이며, 영향을 가장 덜 받는 장기는 뇌였다. 소장의 무게는 식이내 단백질 수준이 낮은 군에서 더 감소되었다. 지방조직축적량의 감소도 단백질 수준이 낮은 군과 gluten군에서 나타났다.

Passwell등[26]은 저수준(8%)의 casein식이군의 spleen무게가 고수준(25%)의 casein식이군 보다 낮다고 보고하였으며, Mathur등[27]도 저수준(3%)의 casein식이군이 control(16%)식이군에 비하여 thymus의 무게가 낮으며, 단백질 영양이 thymus에 우선적으로 영향을 준다고 지적하였다.

최근 문헌에 나타난 연구에 의하면 단백질이나 총열량을 급격하게 저하시켰을 때 항체생성능력이 증가되어 면역반응에 변화를 일으킨다는 보고[28]가 있으며, 또 지방의 수준이나 종류, 즉 polyunsturated fatty acid(PUFA) 함량에 따라서 동물의 면역반응에 영향을 미친다는 보고[15][23]도 있다.

Good등[28]은 단백질 부족이 immune response에 많은 변화를 일으키며 심한 단백질 결핍은(5%이내) cell-mediated immunity(CMI)를 감소시키고, 만성적으로 단백질이 결핍되면 CMI가 강화된다고 보고하였다. 이는 장기간의 단백질 결핍에 의한 T-cell수의 증가와 activity에 기인한다고 본다. Beisel[29]은 PUFA의 과잉섭취는 광범위한 면역결핍을 일으킨다고 보고하였으며, 고수준의 식이지방 특히 PUFA는 필수지방산의 요구가 충족되면 lymphocyte 기능을 억제한다고[16] 보고하였다.

본연구에서는 면역반응을 알아보기 위하여 mitogen에 의한 lymphocyte생성능력, plaque-forming cell의 수를 측정하였다. Mitogen response는 cell-mediated immunity를 측정하는 방법으로, 본 실험에서 사용한 phytohemagglutinin(PHA)과 concanavalin A(Con A)는 모두 T-cell stimulating mitogen이며 PHA는 두수준에서 측정하였다.

본 연구 결과, 단백질의 수준에 따른 PHA에 대한 면역반응은 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 그러나 지방의 수준이 높은 식이군이 지방의 수준이 낮은 식이군에 비하여 mitogen response가 낮은 경향을 나타내었다.

단백질의 종류에 따른 면역반응에서도 유의적인 차이가 나타나지 않았으며 일정한 경향도 볼 수 없었다. 그러나 단백질의 급원이 casein인 경우에는 지방의 수준이 높은 군이 낮은 군에 비하여 mitogen response가 감소되었으며, 어류와 gluten 식이군에서는 지방의 수준이 높은 군의 mitogen response가 높은 경향을 나타내었다.

Con A에 대한 면역반응은 casein과 육류식이군에 비하여 어류식이군에서 유의적으로 낮은 결과를 나타내었고, 지방의 수준에 의해서는 유의적인 차이가 나타나지 않았으나 지방수준이 높은 식이군이 높은 면역반응을 나타내는 경향을 볼 수 있다. Erickson[23]등은 PUFA의 저수준(2%)일 때가 고수준(24%)일 때 보다 Con A에 대한 mitogen response가 높다고 보고하였는데 이는 본 연구와 반대의 경향을 나타내었다. 그러나 casein과 weat protein을 20% 수준으로 하여 PHA와 Con A에 대해 mitogen response를 측정한 결과[27] 식이군간에 차이가 없다는 것은 본 연구결과의 경향과 일치하였다.

Plaque-forming cell은 humoral immunity(HI)를 측정하는 방법이며 Good등[28]은 심한 단백질 결핍이 항체생성을 감소시킨다고 보고하였다. 또 식이지방 농도와 면역반응의 실험에서 고수준의 PUFA 식이(40.6%)군이 저수준(1.4%)군에 비하여 PFC response가 감소하며[16], 저수준의 corn oil(0%)군이 control군(10%)에 비하여 PFC response가 증가했다고 보고 하였다[14].

본 연구에서는 유의적인 차이는 없었지만 단백질의 수준이 가장 낮은(6% casein)군의 PFC response가 높은 것으로 나타나서 casein의 경우에는 앞의 보고와 일치하지 않는 결과를 나타내었으나 정[30]에 의한 실험에서 저단백군에서 PFC가 높은 경향을 나타내어 본 연구결과와 일치하였다.

또한 casein이 같은 수준에서는 고지방군의 PFC response가 높은 경향을 나타내었고 육류, 어류, gluten군에서는 고수준의 식이군에서 낮은 PFC respo-

nse를 나타내어 앞의 연구들과 일치하는 경향을 보여주었다.

요 약

단백질의 수준과 종류, 지방의 수준에 따라서 나타나는 실험동물의 성장, 장기와 지방조직을 관찰하였으며 mitogen에 의한 lympocyte의 생성능력 및 PFC에 의한 면역능력을 관찰한 결과는 다음과 같았다.

1) 실험1의 결과, 체중증가량과 장기 무게는 지방수준에 관계없이 6%의 casein을 섭취한 군이 15%나 30% casein군에 비하여 낮았다. 그러나 15% 군과 30%군사이에는 유의적인 차이가 없었다.

2) 전체 실험을 통하여 본 연구에서는 단백질의 종류나 수준에 따른 면역능력의 차이는 나타나지 않았다. 그러나 단백질의 수준이나 질에 관계없이 고지방식이(30%)를 섭취하였을 때가 저지방식이를 섭취하였을 때에 비하여 면역능력이 낮은 경향을 보였다.

REFERENCE

1) Scrimshaw NS, Taylor CE, Gordon JE. *Interaction of Nutrition and infection. Am J Med Sci 237 : 367, 1959*

2) Phillips I, Wharton B. *Acute bacterial infection in kwashiorkor and marasmus. Br Med J 1 : 407, 1968*

3) Scrimshaw NS, Taylor CE, Gordon JE. *Interactions of Nutrition and infection. WHO Monogr Ser 57 : 24, 1968*

4) Aref GH, Badr MK, Din El, Hassan AI, Araby I I. *Immunoglobulins in kwashiorkor, J Trop Med Hgg 73 : 186-191, 1970*

5) Suskind R, Sirishinha S, Vithayasai V. *Edelman R, Damrongasak D, Charupatana C, Olson RE, Immunoglobulins and antibody response in children with protein-calorie malnutrition. Am J Clin Nutr 29 : 836-841, 1976*

6) Edelman R, Saskind R, Olson RE and Sirishinha S. *Mechanism of defective cutaneous hypersensitivity in children with protein-calorie malnutrion. Lancet 1 : 506, 1973*

7) Geefhuysen J, Rosen EU, Katz J, Ipp J, Metz J. *Iampaired cellular immunity in kwashiorkor with improvement after therapy. Br Med J 4 : 527, 1971*

8) Freyre EA, Chabes A, Poemape O, Chabes A. *Abnormal Rebuck skin window response in kwashiorkor. J pediatr 82 : 523, 1973*

9) 국민영양조사 보고. 보건사회부, *1986*

10) Chandra RK. *Immunocompetence in undernutrition, J. Pediatr 81 : 1194, 1972*

11) Coovadia HM, Parent MA, Loening WEK, Wesley A, Burqess B, Halett F, Bact D, Brain P, Grace J, Naidoo J, Snythe PM, Vos GH. *An Evaluation of factors associated with the depression of immunity in malnutrition and in measeles. Am J Clin Nutr 27 : 665-669, 1974*

12) Matthews JD, Wittingham S, Mackay IR, Malcoln LA. *Protein Supplementation and enhanced antibody-producing capacity in New Guinean School Children. Lancet 2 : 675, 1972*

13) Jelliffe P, Neumann CG. *Tropical Problems in Nutrition. Ann Internal Med 79 : 701, 1973*

14) Boissonneault GA, Johnston PV. *Humoral immunity in essential fatty acid-deficient rats and mice : effect of route of injection of route of injection of antigen. J Nutr 114 : 89-94, 1984*

15) Dewille JW, Fraker PJ, Romosos DR. *Effects of essential fatty acid deficiency and various levels of dietary polyunsaturated fatty acids, on humoral immunity in mice. J Nutr 109 : 1018-1027, 1979*

16) Erickson KL, Adams DA, McNeil CJ. *Dietary lipid modulation of immune responsiveness. Li-*

pids 18 : 468-474, 1983

17) Marshall LA, Johnston RV. *The Influence of Dietary Essential Fatty Acids on Rat Immunocompetent cell prosatagandin synthesis and Mitogen-Induced Blastogenesis. J Nutr 115 : 1572-1580, 1985*

18) 이종미. 한국인 상용식이 지방이 흰쥐의 지방대사 및 면역능력에 미치는 영향. 한국영양학회지 *20(5) : 354-355, 1987*

19) Bounous G, Shenouda N, Kongshavn PAL, Osmond DG. *Mechanism of altered B-cell response induced by changes in dietary protein type in mice. J Nutr 115 : 1409-1417, 1985*

20) Bounous G, Kongshavn PAL. *Differential effect of dietary protein type on the B-cell and T-cell immune responses in mice. J Nutr 115 : 1403-1408, 1985*

21) Eklund A, SJÖBLOM. *Effect of the source of dietary protein on Serum lower density lipoprotein (VLDL+LDL) and tocopherol levels in female rats. J Nutr 110 : 2321-2325, 1980*

22) Peters JC, Harper AE. *Adaptation of rats to diets containing different levels of protein ; Effects on food intake, plasma and brain amino acid concentrations and brain neurotransmitter metabolism. J Nutr 115 : 382-398, 1985*

23) Erickson KL, McNeill CJ, Gershwin ME, Ossmann JB. *Influence of Dietary fat concentration and Saturation on Immune Ontogeny in mice. J Nutr 110 : 1555-1572, 1980*

24) 김혜영. 식이내 단백질의 종류와 수준이 연령이 다른 흰쥐의 성장과 골격성숙에 미치는 영향. 이화여자대학교 대학원 석사학위 논문. *1985*

25) Good RA, West A, Fernandes G. *Nutritional modulation of immune response. Fed Proc 39 : 3098, 1980*

26) Passwell JH, Steward MW, Soothill JF. *The Effect of protein malnutrition on macrophage function and the amount and affinity of antibody response. Clin Exp Immunol 17 : 491-495, 1974*

27) Mathur M, Ramalingaswami V, Deo MG. *Influence of protein deficiency on 19S antibody froming cells in rats and mice. J Nutr 102 : 841-846, 1972*

28) Good RA, Fernandes G, Yunis EJ, Cooper WC, Jose DC, Kramer TR, Hansen MA, *Nutritional deficiency, immunologic function and Disease. Am J Pathol 84 : 599-614, 1976*

29) Beisel WR, Edelman R, Nauss K, Suskind RM. *Single-nutrient effects on immunologic functions. JAMA 245 : 53-58, 1981*

30) 정윤숙. 단백질과 식이를 제한하였을 때 성장기 흰쥐의 체내 지방대사 및 면역기능의 미치는 영향. 이화여자대학교 대학원 석사학위논문, *1986*