

## 한국인 상용식이지방이 흰쥐의 지방대사 및 면역능력에 미치는 영향

이종미 · 김화영\* · 김숙희\*

한남대학교 사범대학 가정교육과  
이화여자대학교 가정대학 식품영양학과\*

### A Study of Korean Dietary Lipid Sources on Lipid Metabolism and Immune Function in Rat

Jong Mee Lee, Wha Young Kim\*, Sook He Kim\*

*Dept. of Home Economics, Han Nam University*  
*Dept. of Foods & Nutrition, Ewha Womans University\**

#### =ABSTRACT=

This research was designed to study the effect of Korean dietary lipids on the lipid metabolism and the immune function in young rats. The three different lipid sources were compared, lard, perilla oil and fish oil. Three different levels of lipid in the diet, 2%, 15% and 30%, on the weight basis, were included. After four weeks feeding, the rats were sacrificed and blood sample was collected to analyze for the total lipid, TG and cholesterol contents in serum.

The HDL fraction in serum was separated by the electrophoresis of lipoproteins. The immune responses were measured by the blastogenesis of spleen lymphocyte stimulated by PHA and ConA. Plaque forming cell response to SRBC was also examined and levels of immunoglobulin in serum were measured. The following results were obtained. Lower body weight gain was shown in 30% lipid diet fed group on the isocaloric basis. In concerning the different dietary lipid sources, there were significantly lower body weight gain in fish oil than in perilla seed oil and lard group in 30% lipid groups. Deposition of body fat expressed by epididymal fat pad weight showed reverse tendency of body weight gain. The contents of the total lipid and TG in serum were significantly different among perilla seed oil, lard and fish oil groups. Perilla seed oil group showed lowest level of total lipid and TG in serum regardless of dietary fat level. The feeding perilla seed oil or fish oil to rats was resulted in lower serum cholesterol levels than lard in all three levels of fats tested. The HDL fraction was elevated in perilla seed oil group at the high fat level.

The stimulating responses of lymphocytes by PHA did not seem to be influenced by different dietary fat sources. However, ConA mitogenic response was significantly increased in perilla seed oil group. The lower level of perilla seed oil (2%, 15%) showed slightly higher response of ConA, indicating that lower level of perilla seed oil might have stimulatory response on the immune response.

The number of antibody forming cells of spleen against SRBC was increased in 30% fat level for all three kind of fats. However, no effect has been found in plaque forming cell response by the differences in dietary fat sources. There were no significant differences in serum IgG and IgA levels in all dietary groups.

## 서 론

영양불량과 전염병 감염율의 상승현상은 오래 전부터 알려진 사실이지만 이에 대한 자세한 기전에 대해서는 규명된 바가 없다. 최근 10년간 인체 면역능력 기전 규명에 대한 연구가 활발해지면서 영양상태가 면역능력에 미치는 영향에 대한 학자들의 흥미는 최근에 들어 더욱 고조되고 있다.

우리나라 경제수준과 식생활 향상의 영향으로 지방의 섭취가 날로 증가되어 일부 고소득층에서 다량의 지방 섭취 경향을<sup>1)</sup> 보이고 있다.

식이지방은 생체내에 필수지방산 공급 및 고열량원으로서 작용하며, 이 외에도 생체막 인지질의 필수성분이고, 혈청 지단백의 구성성분이며, prostaglandin의 전구체로써 이의 합성에 직접 관여한다<sup>2)</sup>. 따라서 식이지방의 함량 및 지방산의 구성비율은 신체내 지방구성에 변화를 초래하는 요인이 되어<sup>3)~6)</sup> 과다섭취시에는 비만증, 고혈압, 고지혈증, 동맥경화증, 심장질환<sup>7)~9)</sup>과 cocarcinogenicity효과<sup>10)~11)</sup>를 초래할 수 있고, 이러한 질병을 가지고 있는 사람들은 병에 대한 저항력이 약함은 잘 알려진 사실이다. 또한 이러한 질병 유발은 혈청 지질성분의 조성과 혈청 지단백 농도 및 이의 분획 비율에 영향이 크다는 보고들이 있다<sup>12)~13)</sup>.

이에 본 연구는 한국 특유의 식이 지방이며 불포화 지방산의 함량, 특히 linolenic acid의 함량이 높은<sup>14)</sup> 식물성 지방인 라드, 동물성 지방이긴 하나 불포

화도가 높아 식물성 지방과 유사하고 혈청 콜레스테롤 저하 효과가 원저한 것으로 보고된 어유의<sup>15)</sup>  
<sup>16)</sup> 지방대사와 면역 능력에 미치는 효과를 관찰하고자 시도하였다.

## 실험 계획

본실험은 3회에 걸쳐 시행되었다.

실험 제I은 라드, 들기름, 어유를 석이내 지방급원으로 하고 지방 수준은 저지방(2% : 식이 무게 100g당 지방 무게의 비)과 고지방(30% : 식이 무게 100g당 지방 무게의 비)으로 달리하여 실험 동물을 사육해 성장율과 체 지방대사 및 면역 반응에 대한 결과를 관찰하였다.

실험 제II는 실험 제I의 결과 고지방 식이로 사육된 동물의 식이 섭취가 극도로 적어 동물 성장에 영양을 미쳤으므로, 이러한 상태에서 시도된 면역 반응 측정은 면역 능력의 결과라기보다는 성장 상태가 저조하여서 나타난 영양불량 상태로 인한 면역 반응의 결과를 나타낼 우려가 있어서, 이를 감안해 식이 섭취가 극도로 저조한 어유군과 들기름군의 지방 수준을 저하(15% : 식이 무게 100g당 지방 무게의 비)시켜서 면역 능력을 보고자 시도하였다.

실험 제III은 실험 제II에서 시도되었던 조직 배양 결과의 일부가 실패하였기 때문에 이를 보완하고자 실험 제I과 실험 제II의 실험계획을 종합해 시행하였다. 즉, 석이내 지방 종류로는 라드, 들기름,

-한국인 상용식이지방이 흰쥐의 지방대사 및 면역능력에 미치는 영향-

어유로 하고, 지방수준을 저지방(2%), 중등 지방(15%), 고지방(30%)으로 달리하여 실험 동물을 사육해, 그들의 성장율과 체지방 대사 및 면역 반응에 대하여 관찰하였다.

### 실험 재료 및 방법

#### 1. 실험 동물 및 식이

실험 제I에서는 평균 체중  $106.3 \pm 1.4$ g인 Sprague Dawley종 수컷 흰쥐 48마리를 8마리씩 6군으로, 실험 제II에서는 평균 체중이  $116.5 \pm 2.3$ g인 동종의 수컷 흰쥐 32마리를 8마리씩 4군으로, 실험 III에서는 평균 체중  $120.5 \pm 1.9$ g인 동종의 수컷 흰쥐 36

마리를 4마리씩 9군으로 나누어 각각의 실험 식이로 4주간씩 사육하였다.

3회에 걸친 전 실험 기간동안 동물은 한마리씩 분리해서 사육하였고, 물과 사료는 제한없이 먹도록 하였다.

실험 식이의 구성 성분과 식이에 사용한 지방의 지방산 구성은 Table 1, Table 2 와 같다.

#### 2. 실험 방법

식이내 지방산 분석은  $\text{BF}_3$  method에 의해 methyl ester를 조제한 후<sup>17)</sup> gaschromatography (기종: Shimadzu G.C. 7AG, column : 3mm  $\times$  2m, Column packing : 80~100mesh chromosorb G 15% DEGS, Carrier gas :  $\text{N}_2$ , 순도 99.9%, 50ml/min, 검출기용

Table 1. Composition of experimental diets

Ingredients	Group <sup>(1)</sup>			Lard diet			Perilla Oil diet			Fish oil diet		
	L-La	M-La	H-La	L-Pe	M-Pe	H-Pe	L-Fi	M-Fi	H-Fi	(g/kg diet)		
Casein	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Corn starch	770	640	490	770	640	490	770	640	490	770	640	490
Fat	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lard	20	150	300	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Perilla oil	—	—	—	20	150	300	—	—	—	—	—	—
Fish oil	—	—	—	—	—	—	20	150	300	—	—	—
Cellulose <sup>(2)</sup>	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Salt mixture <sup>(3)</sup>	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Vitamin A,D mixture <sup>(4)</sup>	1ml	1ml	1ml	1ml	1ml	1ml	1ml	1ml	1ml	1ml	1ml	1ml
Vitamin E,K mixture <sup>(5)</sup>	2ml	2ml	2ml	2ml	2ml	2ml	2ml	2ml	2ml	2ml	2ml	2ml
Water soluble Vitamins <sup>(4)</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Vitamin B <sub>12</sub> 12 <sup>(4)</sup>	1ml	1ml	1ml	1ml	1ml	1ml	1ml	1ml	1ml	1ml	1ml	1ml

(1) L-low fat(2%; weight basis), M-medium fat(15%), H-high fat (30%), La-lard, Pe-Perilla oil, Fi-Fish oil.

(2) Cellulose : Sigma Co.

(3) Salt mix. (g/kg salt mixture) was composed of calcium carbonate, 300; dipotassium phosphate, 322.5; magnesium sulfate  $\cdot$  7H<sub>2</sub>O, 102.0; monocalcium phosphate  $\cdot$  2H<sub>2</sub>O, 97.5; sodium chloride, 167.5; ferric citrate  $\cdot$  6H<sub>2</sub>O, 15.5; potassium iodide, 0.8; zinc chloride, 1.0; copper sulfate  $\cdot$  5H<sub>2</sub>O, 0.6; manganese sulfate  $\cdot$  H<sub>2</sub>O, 5.0; sodium selenite, 0.1; chromium potassium sulfate  $\cdot$  24H<sub>2</sub>O, 0.55.

(4) 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<sub>12</sub>, 5.

(5) Alpha tocopherol acetate, 5g : Mendaion, 200mg : Corn oil, 200ml.

Table 2. Fatty acid composition of experimental fat and oils

(%)

Fatty acid composition Fat and oils	Lard	Perilla oil	Fish oil
C <sub>14:0*</sub>	1.5135		6.9513
C <sub>15:0</sub>	25.3702	7.4544	16.3029
C <sub>16:1</sub>	3.1605		8.5042
C <sub>17:0</sub>	0.5135		1.0549
C <sub>17:1</sub>	0.4196		1.1315
C <sub>18:0</sub>	12.3249	2.4505	3.0563
C <sub>18:1</sub>	45.3268	19.0355	13.1263
C <sub>18:2</sub>	9.5653	26.2583	15.4152
C <sub>18:3</sub>	0.6266	44.6079	0.9414
C <sub>20:1</sub>	0.8680		5.0337
C <sub>20:2</sub>			3.7198
C <sub>20:3</sub>			0.8064
C <sub>20:4</sub>			5.2522
C <sub>20:5</sub>			16.4242
C <sub>22:5</sub>			2.0158
C <sub>22:6</sub>			8.6190
P/S ratio	0.28	7.9	2.7

\* Carbon number : number of double bonds

: H<sub>2</sub>, 순도 99.9% 0.6kg/cm<sup>2</sup>, Air 0.5kg/cm<sup>2</sup>, column temp : 190°C, 검출기 temp : 190°C, injection temp : 230°C, injection sample 양 : 0.5l에 의해 분석하였다.

변의 채취는 실험 제III의 실험 종료 2일 전부터 시작하여 종료일까지 2일분만 채취하여 105±5°C에서 건조시켜 분말화한 후 Folch<sup>18)</sup>법에 의해 변내 총지방량을 정량하여서 지방의 배설량과 흡수율을 계산하였다.

P.F.C.(plaque forming cell) 실험을 위하여 실험 제I, II의 실험 동물 중 각군 4마리씩에게 실험 종료 4일전에 10<sup>8</sup> SRBC를 복강내에 주사하였고, 4주간의 실험 종료 후, 실험 동물을 12시간 단식시킨 후 단두하여 희생시켰다. 희생시킨 동물의 혈액을 채취해 혈청을 얻어, 분석에 사용할 때까지 냉동 보관하였고, 일부 신선한 혈청은 곧 지단백 분리와 실험 제III에서 행한 IgG(Immunoglobulin G)와 IgA

(Immunoglobulin A)의 함량 측정을 위해 사용하였다. 혈액을 채취한 후, 즉시 비장을 무균적으로 채취하여 무게를 쟁 후 SRBC를 투여한 쥐의 비장은 P.F.C. 실험에, SRBC를 투여하지 않은 비장은 mitogen response 실험에 사용하였고, 간과 epididymal fat pad, thymus는 떼어낸 즉시 무게를 측정하였다.

혈청의 총 지방 함량은 Fring 법<sup>19)</sup>에 의하여, 혈청 총 cholesterol 함량과 중성지방 함량은 Zak 법과 Fletcher의 방법을 변형<sup>20)</sup>한 Neri등의 방법<sup>21)</sup>으로 측정하였다.

혈청의 지단백은 electrophoresis grade agarose 1% 용액을 끓여 1.5ml씩 slide (7.5×1.5cm)에 입힌 후, applicator로 혈청을 8ul 가하고, 130V, 223mA /slide에서 45분간 전기 영동시켜서 56°C에서 건조한 후, densitometer(Beckman R112)로 520nm에서 흡광도를 측정하여 지단백의 분포비율을 구하였다.

Table 3. Weight gain, Food intake, F.E.R, and Calorie intake

Group	Weight gain (g/day)	Food intake (g/day)	F.E.R.	Calorie intake (cal/g/day)
I-L-La	4.87± 0.29 <sup>1) d 2)</sup>	15.63± 0.50 <sup>c</sup>	0.31± 0.02 <sup>b</sup>	60.34± 1.94 <sup>b</sup>
I-H-La	3.17± 0.72 <sup>bc</sup>	10.25± 2.83 <sup>b</sup>	0.26± 0.06 <sup>b</sup>	53.78± 6.80 <sup>b</sup>
I-L-Pe	4.57± 0.22 <sup>cd</sup>	16.46± 2.83 <sup>c</sup>	0.28± 0.01 <sup>b</sup>	63.56± 4.75 <sup>b</sup>
I-H-Pe	2.35± 0.32 <sup>b</sup>	9.70± 1.06 <sup>b</sup>	0.24± 0.02 <sup>b</sup>	51.49± 5.57 <sup>b</sup>
I-L-Fi	4.82± 0.20 <sup>cd</sup>	16.74± 0.70 <sup>c</sup>	0.29± 0.01 <sup>b</sup>	64.63± 2.72 <sup>b</sup>
I-H-Fi	0.41± 0.38 <sup>a</sup>	5.28± 0.63 <sup>a</sup>	0.03± 0.07 <sup>a</sup>	27.77± 3.31 <sup>a</sup>
Significant factor <sup>4)</sup>	A ** B *** AB **	B *** AB ** AB **	A ** B *** AB **	
II-L-Pe	4.00± 0.23 NS <sup>3)</sup>	19.40± 1.18 <sup>ab</sup>	0.21± 0.01 NS	74.90± 4.54 NS
II-M-Pe	4.45± 0.44	17.86± 1.52 <sup>ab</sup>	0.25± 0.01	80.61± 6.86
II-L-Fi	4.26± 0.39	20.28± 1.48 <sup>b</sup>	0.21± 0.01	78.31± 5.68
II-M-Fi	3.73± 0.16	16.35± 0.69 <sup>a</sup>	0.23± 0.01	73.79± 3.12
Significant factor		B *		
III-L-La	4.48± 0.49 NS	21.79± 0.81 NS	0.20± 0.02 NS	84.09± 3.13 NS
III-M-La	4.33± 0.46	16.85± 0.63	0.26± 0.02	75.97± 2.85
III-H-La	2.72± 1.00	12.27± 1.19	0.20± 0.08	64.53± 6.26
III-L-Pe	4.38± 0.99	19.42± 2.77	0.21± 0.03	74.96± 10.69
III-M-Pe	3.05± 0.28	15.76± 1.28	0.20± 0.02	71.07± 5.76
III-H-Pe	3.36± 0.71	14.21± 1.91	0.23± 0.03	74.72± 10.06
III-L-Fi	4.69± 0.60	19.29± 1.70	0.24± 0.01	74.44± 6.56
III-M-Fi	1.89± 0.39	14.82± 2.11	0.13± 0.02	66.85± 9.57
III-H-Fi	2.12± 0.49	13.23± 0.88	0.16± 0.03	69.60± 4.64
Significant factor	B **	B ***		

1) mean ± S.E.

2) Values with different alphabet within the column were significantly different at  $\alpha=0.05$  by Tukey test (Exp I & II) and Scheffé test (Exp III).

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

4) A : Significantly different among dietary fats.

\* :  $P<0.05$

B : Significantly different among dietary fat level.

\*\* :  $P<0.01$

AB : There are interactions between dietary fats and dietary fat level.

\*\*\* :  $P<0.001$

Jerne plaque assay는  $4 \times 10^8$  SRBC를 복강내로 주사한 4일후에 쥐를 희생시켜, 희생시킨 쥐의 비장을 꺼내서 곧 streptomycin(125 $\mu$ g/ml)과 penicil-

lin(125unit/ml)을 넣은 RPMI 1640(Gibco Co.) 배지에 넣어 세포를 분리하여서 비장 세포수를  $1 \times 10^9$ ml 되게 조절하여, 45°C water bath에서 SRBC(4

$\times 10^9$ ) 0.1ml와 비장세포 0.1ml, 0.7% agarose, RPMI 1640 배지를 혼합한 후 미리 굳힌 bottom agarose layer(0.7%) 위에 부어, 37°C CO<sub>2</sub> incubator에서 1시간 배양하여 guinea pig complement(Gibco Co.) 2ml씩을 첨가한 뒤 다시 30분간 배양해서 1시간 동안 실온에 방치한 후에 생긴 PFC수를 세었다<sup>22)</sup>.

Mitogen response는 비장을 무균적으로 꺼내 gentamycin(50μg/ml)을 넣은 RPMI 1640 20ml에 담궈 세포를 분리한 후, fetal calf serum(Gibco Co.)을 10% 수준으로 한 RPMI 1640배지에 비장 세포의 농도가  $2.5 \times 10^6$ /ml 되게 하여, microplate에 well당 0.1ml씩 넣고, Conconavalin A (ConA, Gibco Co.) 0.7μg/15μl, Phytohemagglutinin (PHA, Gibco Co.) 10μg/10μl, 15μg/15μl을 넣은 후, 37°C CO<sub>2</sub> incubator (Bellco Co.)에서 3일간 배양시켰다. Thymidine uptake를 측정하기 위하여 methyl-<sup>3</sup>H-thymidine 0.5uci (specific activity 20ci/mmol, New England Nuclear)씩을 각 well에 labeling시킨 뒤, 다시 8시간 배양해서 multiple automated sample harvester (Flow Lab.)를 이용하여 glass fiber filter에 harvesting시킨 후 전조시켰다. 이 filter disc를 liquid scintillation β counter(Beckman LS 6800)를 이용해서 lymphocyte에 labeling된 방사능을 count per minute(CPM)으로 나타내었다<sup>23)</sup>.

혈청 IgG, IgA 함량은 상품화된 Behring Institute (서독)의 RID plate를 사용하여 single radial immunodiffusion(RID) 방법을 이용하였다. plate는 사용전 5분간 건조시켰으며, dispencer를 사용하여 각 well에 sample의 혈청을 넣은 후 plate를 꺼꾸로하여 실온 수평면상에서 48시간 방치후 직경을 측정하였다. 직경 측정시에는 Behring Institute 제품의 dualer를 사용하였으며, reference value calculator에 의해 IgG, IgA의 수준을 측정하였다.

### 3. 통계 처리

모든 결과는  $\alpha=0.05$  수준에서 Scheffé test와 Tukey test에 의해 평균치간의 유의성을 검정하였다<sup>24)</sup>.

## 실험 결과

### 1. 체중 변화와 식이 섭취 및 장기의 무게

Table 3에서와 같이 1일 평균 체중 증가량은 저지방군이 고지방군보다 높은 경향을 나타내어 저지방과 고지방사이에 지방 수준차에 의한 유의적 차이가 있었다. 특히 I-H-Fi군은 다른 군보다 체중 증가량이 현저히 떨어져 모든 군들과 유의적 차이를 보였고, 체중증가량이 가장 큰 I-L-La군에 대하여는 I-H-Pe군과 함께 유의적 차이를 보였다( $P<0.01$ ).

실험 식이로 3회에 걸쳐서 사육한 실험 동물의 실험 기간 동안 식이 섭취량은 Table 3에서 보여 주듯이 저지방(2%)군과 중등지방(15%)군이 높은 경향을 보였고 고지방군(30%)군은 낮은 경향을 보여 저지방과 고지방군 사이에 지방 수준차에 의한 유의적 차이가 있었으나( $P<0.001$ ) 식이내지방 종류에 의한 유의적 차이는 없었다. 그러나 I-H-Fi군의 식이 섭취량은 다른 군들보다 현격히 떨어져 모든 군들과 유의적 차이를 나타내고 있다( $P<0.01$ ).

식이의 효율(F.E.R)도 Table 3에서와 같이 실험 제I에서 저지방군보다 높은 경향을 보여 저지방군과 고지방군사이에 유의적 차이가 있었다( $P<0.001$ ). 식이 지방 종류에 따른 식이 효율면은 I-L-La, I-L-Fi, I-L-Pe군의 순으로 높았으나, 이들간에 유의적 차이는 없었고, I-H-Fi군의 효율이 가장 떨어져, 다른 군들과 유의적 차이가 있었다( $P<0.05$ ). 이상의 결과를 열량 섭취량으로 환산해 보았을 때, 저지방군이 고지방군보다 약간 높은 경향을 보이나 지방 수준간의 유의적 차이는 없었다. 그러나 I-H-Fi군은 열량섭취량에서도 다른 군들보다 떨어져 각군에 대해 유의적 차이를 나타냈다( $P<0.01$ ).

Table 4에서 보여 주는 바와같이 간의 무게는 실험 제I에서는 저지방군이 고지방군보다 높은 경향을 나타내 지방 수준차에 의한 유의적 차이를 보여 주고 있고, 지방 종류에 의한 차이는 없었다. 실험 제II에서는 중등 지방군이 저지방군보다 간의

- 한국인 상용식이지방이 혈관의 지방대사 및 혈액능력에 미치는 영향 -

Table 4. Weights of liver and epididymal fat pad

(g)

Group	Liver wt.	Epididymal fat pad wt.
I-L-La	8.54±0.34 <sup>1) b2)</sup>	3.55±0.33 <sup>b</sup>
I-H-La	6.28±0.59 <sup>a</sup>	3.26±0.77 <sup>b</sup>
I-L-Pe	7.59±0.31 <sup>b</sup>	2.67±0.33 <sup>ab</sup>
I-H-Pe	5.88±0.42 <sup>a</sup>	2.47±0.49 <sup>ab</sup>
I-L-Fi	8.39±0.36 <sup>b</sup>	2.61±0.19 <sup>ab</sup>
I-H-Fi	5.35±0.55 <sup>a</sup>	1.41±0.28 <sup>a</sup>
Significant factor <sup>4)</sup>	B * * *	A * *
II-L-Pe	7.17±0.22 <sup>a</sup>	2.58±0.22 <sup>N.S.3)</sup>
II-M-Pe	8.38±0.54 <sup>ab</sup>	2.89±0.44
II-L-Fi	7.14±0.72 <sup>a</sup>	2.37±0.27
II-M-Fi	9.16±0.20 <sup>b</sup>	0.58±0.17
Significant factor	B * *	
III-L-La	8.14±0.67 <sup>N.S.</sup>	2.65±0.58 <sup>N.S.</sup>
III-M-La	10.56±0.68	2.70±0.54
III-H-La	8.70±1.59	1.74±0.56
III-L-Pe	7.45±1.10	1.83±0.44
III-M-Pe	7.14±0.25	1.50±0.16
III-H-Pe	7.31±0.79	2.13±0.46
III-L-Fi	11.18±1.15	2.10±0.32
III-M-Fi	8.24±0.59	1.35±0.11
III-H-Fi	10.09±0.95	1.57±0.19
Significant factor		

1) mean ± S.E.

2) Values with different alphabet within the column were significantly different at  $\alpha=0.05$  by Tukey test (Exp I & II) and Scheffé test (Exp III).

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

4) A : Significantly different among dietary fats.

\* \* :  $P<0.01$

B : significantly different among dietary fat level.

\* \* \* :  $P<0.001$

무게가 큰 경향을 보이고, 특히 II-M-Fi군의 무게가 커 저지방군들과 유의적 차이를 나타내고 있다( $P<0.01$ ).

체지방 축적의 경향을 보기 위하여 epididymal fat pad의 무게를 측정한 결과, Table 4에서 보듯이 식이내 지방 수준에 따른 유의적 차이는 없었다. 또 지방 종류에 따른 epididymal fat pad 무게를 비교했을 때, 실험 제I에서 라드군의 무게가 비교적

높아 I-H-Fi군과 유의적 차이를 보였으나 ( $P<0.01$ ) 실험 제II에서는 저지방군과 중동 지방군간에는 지방 수준이나 종류에 의한 유의적 차이가 없었다.

Thymus 무게는 Table 5에서 보는 바와 같이 고지방군들이 저지방군들보다 낮은 경향을 보이고 있다. 특히 I-H-Fi군의 무게가 다른 군의 무게들보다 작아서 저지방군들 모두에 유의적차이( $P<0.001$ )를 보이고 있으며, 고지방군인 I-H-La군에도 유의적

Table 5. Weights and index of thymus and spleen

Group	Thymus (g)	Thymus index <sup>5)</sup>	Spleen (g)	Spleen index <sup>6)</sup>
I-L-La	0.48±0.03 <sup>1) c2)</sup>	0.20±0.01 n.s. <sup>3)</sup>	0.84±0.18 <sup>ab</sup>	0.35±0.00 n.s.
I-H-La	0.41±0.05 <sup>bc</sup>	0.21±0.01	0.66±0.07 <sup>ab</sup>	0.35±0.03
I-L-Pe	0.45±0.03 <sup>bc</sup>	0.20±0.02	0.92±0.09 <sup>b</sup>	0.39±0.03
I-H-Pe	0.31±0.04 <sup>ab</sup>	0.18±0.02	0.63±0.09 <sup>ab</sup>	0.37±0.04
I-L-Fi	0.51±0.04 <sup>c</sup>	0.21±0.02	0.96±0.10 <sup>b</sup>	0.40±0.04
I-H-Fi	0.19±0.03 <sup>a</sup>	0.15±0.02	0.44±0.05 <sup>a</sup>	0.39±0.04
Significant factor <sup>4)</sup>	A*, B***, AB**		B***	
II-L-Pe	0.38±0.03 n.s.	0.17±0.01 n.s.	1.22±0.24 n.s.	0.54±0.11 n.s.
II-M-Pe	0.39±0.04	0.16±0.01	1.11±0.17	0.48±0.09
II-L-Fi	0.45±0.04	0.19±0.01	1.37±0.16	0.58±0.06
II-M-Fi	0.40±0.04	0.18±0.01	1.10±0.13	0.51±0.07
Significant factor				
III-L-La	0.33±0.03 n.s.	0.18±0.01 <sup>bc</sup>	1.37±0.20 n.s.	0.54±0.07 n.s.
III-M-La	0.45±0.01	0.19±0.01 <sup>bc</sup>	1.50±0.11	0.62±0.02
III-H-La	0.37±0.04	0.20±0.04 <sup>c</sup>	0.99±0.37	0.45±0.14
III-L-Pe	0.41±0.12	0.16±0.04 <sup>ab</sup>	1.01±0.24	0.42±0.06
III-M-Pe	0.38±0.04	0.19±0.02 <sup>bc</sup>	1.31±0.14	0.65±0.08
III-H-Pe	0.28±0.04	0.13±0.01 <sup>a</sup>	1.10±0.17	0.50±0.05
III-L-Fi	0.49±0.06	0.19±0.02 <sup>bc</sup>	1.31±0.15	0.52±0.04
III-M-Fi	0.28±0.02	0.16±0.02 <sup>ab</sup>	0.94±0.11	0.54±0.06
III-H-Fi	0.26±0.04	0.14±0.02 <sup>a</sup>	0.69±0.09	0.36±0.03
Significant factor		AB*		

1) mean ± S.E.

2) Values with different alphabet within the column were significantly different at  $\alpha=0.05$  by Tukey test (Exp I & II) and Scheffé test (Exp III).3) Not significant at  $\alpha=0.05$  by Tukey test and Scheffé test.

4) A : Significantly different among dietary fats.

\* :  $P<0.05$ 

B : Significantly different among dietary fat level.

\*\* :  $P<0.01$ 

AB : There are interactions between dietary fats and dietary fat level.

\*\*\* :  $P<0.001$ 

5) Thymus index = wt. of thymus / body weight

6) Spleen index = wt. of spleen / body weight

차이를 보이고 있다.

또한 I-H-Pe의 크기도 작아 I-L-La군과 I-L-Fi군에 대해 유의적차이가 있다( $P<0.05$ ). 그러나 thy-

mus index로 환산했을 때는 실험 제I, II에서는 지방 종류와 수준차에 의한 유의성은 없었으나 실험 제III에서는 III-H-Pe, III-H-Fi가 낮은 경향을 보여

Table 6. Apparent fat digestibility

Group	Ingested Fat (g/day)	Fat digestibility (%)
III-L-La	0.44± 0.01 1) a2)	44.93± 3.98 ab
III-M-La	2.53± 0.09 bcd	69.17± 10.84 abc
III-H-La	3.68± 0.36 bcd	78.89± 5.91 abc
III-L-Pe	0.39± 0.05 a	50.62± 11.10 abc
III-M-Pe	2.37± 0.19 bc	87.25± 1.82 c
III-H-Pe	4.26± 0.57 d	86.47± 3.89 bc
III-L-Fi	0.39± 0.03 a	37.65± 12.06 a
III-M-Fi	2.22± 0.32 b	83.96± 4.09 bc
III-H-Fi	3.97± 0.26 cd	84.66± 2.97 bc
Significant factor <sup>4)</sup>	B * * *	B * * *

1) mean ± S.E.

2) Values with different alphabet within the column were significantly different at  $\alpha=0.05$  by Scheffé test (Exp III)

3) Not Significant at  $\alpha=0.05$  by Scheffé test (Exp III)

4) B : Significantly different among dietary fat level

\* \* \* :  $P<0.001$

III-M-La, III-H-La, III-M-Pe에 대해 유의적 차이가 있었다( $P<0.05$ ).

비장 무게도 Table 5에서와 같이 저지방군이 높은 경향을 보여 지방의 수준차에 의한 유의적 차이가 있었고( $P<0.001$ ), I-H-Fi군의 무게가 가장 작아서 I-L-Fi군과 I-L-Pe군에 대하여 유의적 차이를 보이고 있다. 비장 index는 지방수준이나 종류에 대한 유의적 차이가 없었다.

Table 6에서와 같이 지방 섭취량은 고지방군이 저지방군보다 높은 경향을 보여 수준차에 의한 유의적 차이가 있었고 ( $P<0.001$ ) 또한 지방의 흡수율도 지방의 수준이 높을 수록 높은 경향을 보여 지방 수준차에 의한 유의적 차이를 보였다.

## 2. 혈청 지방 함량

혈청내의 총지방 함량은 Table에서 보여주듯이 라드군과 들기름군에서는 저지방군이 고지방군보

다 높은 경향을, 어유군에서는 고지방군이 저지방군보다 높은 경향을 보였다. 실험 제I과 II에서는 들기름군과 어유군은 지방 수준차에 의한 유의적 차이를 나타냈으나, 라드의 경우는 지방 수준간의 유의적 차이를 보이지 않았다. I-H-Pe는 혈청내 총지방함량이 가장 낮아, I-L-La군과 I-L-Pe군 및 I-H-Fi군과 유의적 차이를 보였고, 낮은 함량의 I-L-Fi군 역시 I-L-La군 및 I-H-Fi군과 유의적 차이를 보였다. 실험 제II에서 나타난 바와 같이 중등 지방군과 저지방군과의 비교에서도 들기름군은 중등 지방군이 저지방군보다 총지방 함량이 낮아 지방 수준차에 의한 통계적 유의성을 나타내고 있다( $P<0.05$ ). 실험 제III에서는 라드군, 어유군, 들기름군의 순으로 혈청내 총지방 함량이 높아서 지방 종류 간의 유의적 차이를 보이고 있으며 ( $P<0.001$ ), III-H-Pe의 함량이 낮은 경향을 보여 III-L-La와 유의적 차이가 있다( $P<0.001$ ). Table 7에서와 같이 혈청내 콜레스테롤 함량은 고지방군이 높은 경향을 보인 실험 제III의 라드군외에는 저지방군이 높은 경향을 보여 지방 수준간에 유의적 차이가 있었다. 그리고 지방종류에 있어서는 I-L-La군이 혈청내 콜레스테롤치가 가장 높아서 I-L-Fi, I-H-Fi와 I-H-Pe군에 대하여 유의적 차이를 보이고 있다. 실험 제III의 혈청 콜레스테롤치는 라드군, 어유군, 들기름군의 순으로 높아 지방 종류에 의한 유의적 차이가 있다( $P<0.001$ ).

혈청내 총성 지방 함량은 표 7에서 보듯이 라드군과 들기름군의 경우 저지방군이, 어유군은 고지방군이 높은 경향을 나타냈고, 실험 제I에서 라드군만이 지방수준차에 의한 통계적 유의성을 나타내어 ( $P<0.01$ ) I-L-Pe군을 제외한 모든 군과 유의적 차이가 있었다.

실험 제II의 저지방군과 중등 지방군사이에 혈청 총성 지방 함량도 실험 제I과 같은 경향을 보였다. 실험 제III에서도 혈청내 총성지방의 양은 라드군, 어유군, 들기름군의 순으로 낮아져서 지방 종류에 의한 유의성을 보여주고 있고( $P<0.001$ ), III-H-Pe와 III-M-Pe가 가장 낮은 경향을 보여 III-L-La

Table 7. Total lipid, cholesterol and triglyceride contents of serum (mg/100ml serum)

Group	Total lipid	Cholesterol	Triglyceride
I-L-La	332.8±24.8 <sup>1) c2)</sup>	87.4±6.0 <sup>b</sup>	163.0±16.0 <sup>b</sup>
I-H-La	264.3±15.7 <sup>abc</sup>	74.6±20 <sup>ab</sup>	100.4±17.3 <sup>a</sup>
I-L-Pe	299.0±10.6 <sup>bc</sup>	78.5±23 <sup>ab</sup>	115.4±72 <sup>ab</sup>
I-H-Pe	223.3±5.6 <sup>a</sup>	62.5±5.7 <sup>a</sup>	64.6±13.7 <sup>a</sup>
I-L-Fi	232.0±8.3 <sup>ab</sup>	67.6±3.3 <sup>a</sup>	87.3±8.5 <sup>a</sup>
I-H-Fi	315.4±29.7 <sup>c</sup>	64.8±6.2 <sup>a</sup>	94.3±12.4 <sup>a</sup>
Significant factor <sup>4)</sup>	AB***	A**, B**	A***, B**, AB*
II-L-Pe	226.4±12.3 <sup>b</sup>	63.9±44 <sup>NS3)</sup>	51.9±3.0 <sup>a</sup>
II-M-Pe	184.3±7.8 <sup>a</sup>	48.8±5.3	40.1±2.7 <sup>a</sup>
II-L-Fi	220.5±12.7 <sup>ab</sup>	61.8±8.0	45.3±3.3 <sup>a</sup>
II-M-Fi	213.8±11.0 <sup>ab</sup>	44.6±2.2	74.9±9.8 <sup>b</sup>
Significant factor	B*	B**	A*, AB**
III-L-La	367.3±50.1 <sup>b</sup>	64.3±4.3 <sup>NS</sup>	131.9±31.6 <sup>b</sup>
III-M-La	339.8±9.9 <sup>ab</sup>	72.7±7.0	90.1±12.7 <sup>ab</sup>
III-H-La	218.0±31.1 <sup>ab</sup>	87.8±12.1	72.8±4.6 <sup>ab</sup>
III-L-Pe	257.5±31.7 <sup>ab</sup>	64.3±17.3	55.4±5.0 <sup>ab</sup>
III-M-Pe	226.8±17.8 <sup>ab</sup>	41.5±5.5	53.1±9.1 <sup>a</sup>
III-H-Pe	171.0±5.8 <sup>a</sup>	42.5±5.5	42.2±11.9 <sup>a</sup>
III-L-Fi	265.8±29.8 <sup>ab</sup>	60.8±3.5	76.2±8.0 <sup>ab</sup>
III-M-Fi	269.3±12.1 <sup>ab</sup>	62.3±4.4	86.5±4.9 <sup>ab</sup>
III-H-Fi	335.0±46.7 <sup>ab</sup>	61.8±7.3	96.5±14.4 <sup>ab</sup>
Significant factor	A***, AB**	A**, B*	A***

1) mean ± S.E.

2) Values with different alphabet within the column were significantly different at  $\alpha=0.05$  by Tukey test (Exp I & II) and Scheffé test (Exp III).3) Not significant at  $\alpha=0.05$  by Tukey test and Scheffé test.

4) A : Significantly different among dietary fats.

\* :  $P<0.05$ 

B : Significantly different among dietary fat level.

\*\* :  $P<0.01$ AB : There are interactions between dietary fats  
and dietary fat level.\*\*\* :  $P<0.001$ 

군과 유의적 차이가 있었다.

Table 8에서와 같이 보여주듯이 혈청내 HDL fraction은 라드군과 들기름군에서는 고지방군이 저지방군 보다 높은 경향을, 어유군은 저지방군이

높은 경향을 나타냈으나, 라드군과 어유군에서는 지방 수준차에 의한 유의성을 보이지 않았고, 들기름군만이 지방 수준차에 의한 통계적 유의성을 보였다( $P<0.05$ ). 또한 I-H-Pe군은 HDL비율이 가

—한국인 상용식이지방이 흰쥐의 지방대사 및 면역능력에 미치는 영향—

Table 8. Serum lipoprotein fraction ratio (%)

Group	HDL	LDL+VLDL
I-L-La	24.56±0.91 <sup>1) 2)</sup>	75.44±0.91 <sup>b</sup>
I-H-La	30.69±3.28 <sup>ab</sup>	69.73±3.36 <sup>ab</sup>
I-L-Pe	24.83±2.87 <sup>a</sup>	75.17±2.87 <sup>b</sup>
I-H-Pe	41.08±4.12 <sup>b</sup>	59.95±4.19 <sup>a</sup>
I-L-Fi	30.90±2.19 <sup>ab</sup>	69.11±2.19 <sup>ab</sup>
I-H-Fi	24.83±1.83 <sup>a</sup>	75.17±1.83 <sup>b</sup>
Significant factor <sup>4)</sup>	B*, AB***	B*, AB***
II-L-Pe	66.99±1.11 <sup>NS,3)</sup>	33.01±1.11 <sup>NS</sup>
II-M-Pe	73.82±3.91	26.18±3.91
II-L-Fi	79.49±5.23	20.51±5.23
II-M-Fi	68.65±5.87	31.35±5.87
Significant factor		

1) mean ± S.E.

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

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

4) A : Significantly different among dietary fats.

B : Significantly different among dietary fat level.

AB : There are interactions between dietary fats and dietary fat level.

\* :  $P<0.05$

\*\*\* :  $P<0.001$

장 커서 I-L-La, I-L-Pe, I-H-Fi군과 유의적 차이가 있었다. LDL+VLDL fraction은 I-H-Pe군의 비율이 I-L-La, I-L-Pe, I-H-Fi군보다 낮은 경향을 보여 유의적 차이를 나타내었고, 들기름군은 지방의 수준차에 의한 유의적 차이를 보였다( $P<0.05$ ).

### 3. 면역기능

Table 9에서와 같이 mitogen으로 PHA 10ug를 사용한 경우 실험 제I에서는 라드군과 어유군은 지방 수준이 높은 군에서, 들기름군은 지방 수준이

낮은 군에서, 들기름군은 지방 수준이 낮은 군에서 면역능력이 높은 경향을 나타내었으나 지방 종류나 수준차에 의한 유의적 차이를 나타내지 않았다. PHA의 농도를 15ug으로 높인 경우에도 같은 경향을 나타내었다.

Table 9에서와 같이 실험 제III에서 mitogen으로 Con A를 사용한 경우도 같은 경향을 보였으며, 들기름군의 면역 반응이 높아 지방 종류간에 유의적 차이가 있었다( $P<0.01$ ). 특히 III-L-Pe와 III-M-Pe의 반응이 높은 경향을 보였다.

SRBC에 대한 비장의 plaque forming cell수는 Table 10에서 보여 주듯이 실험 제I에서 지방의 수준에 의한 유의적 차이( $P<0.001$ )를 보여 고지방군이 저지방군보다 높은 경향을 보였다. 그러나 지방 종류간에 체액성 면역 능력의 차이는 보이지 않았다.

혈청내 immunoglobulin 수준을 측정한 결과 Table 11에서 보여주듯이 IgG와 IgA 농도는 지방의 종류나 수준차에 의한 유의적 차이가 없었다.

## 고 칠

식이내 지방의 종류와 양을 달리하였을 때 동물의 체중 변화는 고지방 식이를 섭취한 동물들이 식이 지방의 종류를 막론하고 체중 증가에 있어서 저조한 경향을 나타내고 있다. 섭취한 식이의 양을 열량으로 환산했을 때 고지방군, 중등지방군과 저지방군 모두 거의 같은 수준의 열량을 섭취했으나 섭취된 식이의 양을 보면, 저지방군이 중등지방군이나 고지방군에 비해 많은 양을 섭취하였다.

이 결과는 고지방군에서 식이 섭취량이 감소했고<sup>25)~26)</sup> 체중 증가량이 적었다고 한<sup>27)~28)</sup>보고와 일치 한다. 본 연구에서는 어유를 섭취한 군에서 식이 섭취량이 특히 저조하였는데 이는 어유의 강한 냄새로 인한 결과로 사료된다. 신체내에 축적되는 지방량을 알아보기 위해 epididymal fat pad의 양을 측정하였던 결과, 같은 식이 지방 수준이 2%, 15%일 때 라드를 섭취한 군이 들기름, 어유를 섭취한

Table 9. Mitogen response (stimulation index<sup>4)</sup> /2.5×10<sup>5</sup> spleen cells)

Group	PHA response (10ug)	PHA response (15ug)	Conconavalin A response
I-L-La	29.30± 9.08 <sup>1) NS, 2)</sup>	23.15± 15.86 <sup>NS</sup>	—
I-H-La	42.28± 8.66	34.16± 18.99	—
I-L-Pe	22.71± 12.04	36.73± 27.21	—
I-H-Pe	13.60± 3.97	12.83± 2.77	—
I-L-Fi	13.21± 5.98	11.34± 6.03	—
I-H-Fi	29.15± 19.65	34.77± 28.46	—
Significant factor <sup>3)</sup>			
III-L-La	—	—	49.84± 5.50 <sup>NS</sup>
III-M-La	—	—	26.20± 4.59
III-H-La	—	—	53.18± 9.41
III-L-Pe	—	—	88.28± 18.23
III-M-Pe	—	—	86.23± 29.28
III-H-Pe	—	—	63.87± 18.81
III-L-Fi	—	—	22.90± 1.78
III-M-Fi	—	—	45.65± 4.93
III-H-Fi	—	—	42.60± 15.48
Significant factor			A* *

1) mean ± S.E.

2) Not significant at  $\alpha = 0.05$  by Tukey test (Exp I & II) and Scheffé test(Exp III).

3) A : Significantly different among dietary fats.

4) Stimulation index=cpm of stimulated lymphocyte cpm of unstimulated lymphocyte

\* \* :  $P < 0.01$ 

군에 비해 지방 측적을 더 높여 주는 경향을 보였다. Epididymal fat pad의 무게가 지방의 수준차보다 오히려 지방의 종류에 의해 유의적 차이를 보여 주었다는 사실은 체중 증가의 경향과는 다른 흥미로운 사실로써 이 결과는 섭취된 총열량의 양이 동일하다 할지라도 식이 지방의 종류가 신체에 축적되는 지방조직의 양에 영향을 미칠 수 있으리라는 가능성을 제시하고 있다. 기타 장기의 무게는 간을 위시하여 체중 증가의 경향과 일치하는 결과를 보였다.

식이지방군의 흡수율은 외관상으로는 고지방군

이 저지방군보다 높은 경향으로 나타났으나 이는 실제적 흡수율에서는 반드시 이와 같다고는 볼수 없으리라 생각된다.

혈청의 총지방 함량은 저지방 수준이 고지방 수준보다 높은 경향을 나타냈으나 어유군의 경우는 반대의 경향을 나타냈고, 혈청내 중성 지방의 함량도 총지방 함량과 같은 경향을 나타냈다. 이는 저지방 수준 식이가 곧 고탄수화물식이며, 고탄수화물식이의 투여시에는 혈청의 중성지방 및 VLDL의 비율이 높아진다고 한 앞에서의 보고들<sup>29~30)</sup>과 일치하는 결과이며, 또한 저지방군의 식이섭취량이

-한국인 상용식이지방이 혈액의 지방대사 및 면역능력에 미치는 영향-

Table 10. Plaque-forming cell response

(No./10 <sup>8</sup> spleen cells)	PFC count
Group	
I-L-La	213± 68 <sup>1),2)</sup>
I-H-La	364.0± 12.0 <sup>b</sup>
I-L-Pe	25.0± 16.5 <sup>a</sup>
I-H-Pe	266.0± 84.0 <sup>b</sup>
I-L-Fi	187.5± 5.5 <sup>ab</sup>
I-H-Fi	390.1± 32.5 <sup>b</sup>
Significant factor <sup>4)</sup>	B * * *
II-L-Pe	54.8± 16.9 <sup>NS,3)</sup>
II-M-Pe	218.3± 61.1
II-L-Fi	74.0± 33.7
II-M-Fi	67.5± 36.8
Significant factor	

1) mean ± S.E.

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

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

4) B : Significantly different among dietary fat level

\* \* \* :  $P < 0.001$

높아 식이 섭취량의 차이에 의한 결과라 생각된다. 이와는 " "로 식이 섭취량과 F.E.R 및 체중증가량이 현격히 떨어졌던 어유군이 고지방과 중등 지방 수준에서 혈청의 지방 및 T.G의 함량이 높았는데 이는 epididymal fat pad의 무게가 적은 결과로 미루어, 섭취된 지방이 지방 축적에 쓰이기 보다는 우선적으로 에너지원으로 이용된 결과라 사료된다.

혈청내 콜레스테롤 함량은 라드군, 어유군, 들기름군의 순으로 라드군의 혈청 콜레스테롤 양이 높고, 어유군과 들기름군의 양이 낮아 식이내 지방의 종류차에 의한 함량 변화를 보여 주고 있다.

이는 혈장 콜레스테롤의 상승은 식이내 지방 종류에 의존적이며<sup>31)</sup>, 식이 지방산 조성 특히 포화

Table 11. Serum IgG and IgA level (mg/ml)

Group	IgG	IgA
III-L-La	290.2± 30.4 <sup>1) NS,2)</sup>	58.7± 2.6 <sup>NS</sup>
III-M-La	290.7± 51.9	60.0± 4.3
III-H-La	350.9± 41.5	59.8± 3.6
III-L-Pe	274.7± 25.1	58.9± 1.5
III-M-Pe	264.4± 46.6	59.5± 5.1
III-H-Pe	275.6± 42.6	56.2± 5.3
III-L-Fi	420.2± 89.6	52.7± 2.3
III-M-Fi	280.3± 34.4	50.7± 3.1
III-H-Fi	396.3± 55.5	53.1± 1.5
Significant factor		

1) mean ± S.E.

2) Not significant at  $\alpha = 0.05$  by Scheffe test(Exp-III).

지방산 섭취 증가로 인한 혈장 cholesterol과 T.G의 증가 효과<sup>32)~33)</sup>와 불포화 지방산의 섭취 증가로 인한 혈장 콜레스테롤 농도 저하 효과<sup>34)~37)</sup>의 결과로 사료된다. 즉, 들기름과 어유의 지방산 구성상 ω-3 계지방산인 linolenic acid와 eicosapentanoic acid (C20:5), docosahexaenoic acid (C22:6)의 높은 함량에 의한 결과라 사료된다. 혈청 지단백 분획 함량비에서 고지방 들기름의 HDL 함량비가 높았는데 HDL 농도와 plasma 콜레스테롤 양과는 역관계에 있고<sup>38)~40)</sup> 불포화도가 높은 지방식이를 주었을 때 HDL 합성이 많아진다는 보고<sup>41)</sup>와 일치한다.

Mitogen response는 cell-mediated immunity를 측정하는 한 방법이며 일반적으로 영양상태에 의해 영향을 받는다<sup>42)~43)</sup>. 본 연구에서 사용한 PHA(phytotohemagglutinin)나 Con A(Concanavalin A)는 모두 T-cell stimulating mitogen이다. T-cell의 subclasse인 Lyt-1<sup>+</sup>, 2<sup>+</sup>, 3<sup>+</sup> 세포에 반응하는 PHA<sup>44)</sup>의 면역 반응 결과는 라드와 어유는 고지방 수준에서, 들기름은 저지방 수준에서 높은 경향을 보였으나 유의적 차이는 없었다. 그리하여 PHA에 반응하는 세포들 보다 미성숙되고 미분화된 면역 능력을 가진 Lyt-1<sup>+</sup> 세포에 반응하는 Con A의 반응<sup>45)</sup> 결과를 관찰했을 때, 들기름이 다른 지방들에 비해 높은

면역 반응 결과를 보였고, 특히 저 수준에서 높은 반응을 보였다. 이는 필수 지방산 충족시에 불포화 지방산은 농도가 높을 수록 lymphocyte blastogenesis가 억제되고, 농도가 낮을 때에는 그 반응이 상승되며, 포화 지방산의 경우는 지방 수준이 높을 때 반응도 높다고 한 앞에서의 보고들<sup>46)</sup>과 일치하는 경향이다. 그러나 다중 불포화 지방산을 함유하고 있는 어유군의 경우는 이와 반대의 결과를 보여 이에 대한 연구가 더 이루어져야 하리라 생각된다. Plaque forming cell(PFC) 측정은 humoral immunity를 검사하는 방법인데, antigen으로 사용한 SRBC는 T-cell의 도움을 받아서 B-cell의 antibody를 생성할 수 있는 antigen이다. 본 실험 결과는 라드군, 들기름군과 어유군 모두, 고지방 수준에서 PFC가 높아 지방 수준차에 의한 유의적 차이를 보여주었다. 이는 고지방 수준의 비장 무게가 적은 것으로 미루어 보아, 이들 고지방군들의 total lymphocyte수가 저지방군들보다 적고, 동일한 수에서의 lymphocyte의 SRBC에 대한 antibody 생성 능력은 고지방 수준이 더 높다는 것을 의미한다. 혈청내 면역 단백질로서 IgG, IgA의 함량을 비교해 본 결과 지방 수준이나 종류차이에 의한 유의성이 나타나지 않았는데, 이는 영양불량상태라 할지라도 immunoglobulin 함량은 저하되지 않는다는 전보고들<sup>47)~49)</sup>과 일치하는 결과였다.

Lymphocyte를 들려 싸고 있는 세포막내의 지방은 세포막의 유동상을 일정하게 유지하게 하고, 세포내의 다중 불포화 지방산의 수준이 낮을 때 덜 유동적이다<sup>51)</sup>. 따라서 불포화 지방산 과다 섭취는 세포막의 유동성을 증가시켜 lymphocyte의 손상을 가져올 수 있고, 세포의 면역 능력에 변화를 가져올 수 있다. 즉, 세포막의 손상, 세포 표면의 antigen의 농도 변화, 면역 세포의 수와 비율의 변화때문에 발생될 수 있는 면역 조절의 이상이 이용되는 지방산에 의해 변화될 수 있고, 식이 지방의 종류는 지방산 구성과 그 지방산의 이용도 변화를 가져올 수 있다<sup>52)</sup>. 식이 지방은 그 지방을 구성하고 있는 지방산 조성과 지방 농도에 의해 생체막 구성 성

분에 영향을 끼쳐 monokine, lymphokine 생성 등에 변화를 주어 면역 조절 기능에 영향을 미칠 수 있다<sup>53)</sup>.

따라서 식이 지방의 지방산 종류와 농도는 지방과 단백질의 상호 작용, 홀몬의 분비, lymphocyte membrane내의 glycoprotein의 구조와 면역 반응 등에 영향을 미쳐 질병 발생률, 특히 암발생률<sup>50)</sup>과 autoimmune disease와 밀접한 상관관계가 있다<sup>2)</sup>. 따라서 서구인들이 흔히 식물성 지방이 동물성 지방보다 좋다고 하여 섭취량을 증가하고 있는 현상은 심혈관계의 질병에는 좋다고 할 수 있으나 건강 유지라는 총체적 의미에서는 재고의 여지가 있다.

## 요약 및 결론

식이 지방중 식물성, 어류 및 육류식품내 포함된 지질은 구성 지방산에 있어서 뚜렷한 차이점을 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 식이 지방의 종류로 한국에서 상용되고 있는 한국 특유의 식물성 기름인 들기름과 동물성 기름인 라드와 어유를 택하여 지방수준을 30%, 15%, 2%, 세수준으로 달리하여 흰쥐에게 급여한 후 이들 동물의 체내 지방 대사 및 면역 능력에 미치는 영향을 관찰하였다. 그 결과,

1) 식이내 지방의 종류와 양을 달리했을 때 체중 증가는 식이 섭취량이 적었던 고지방군의 동물들이 식이 지방의 종류와 관계없이 저조한 경향을 보였다.

Epididymal fat pad의 무게는 라드군이 들기름 군이나 어유군보다 지방축적을 더 높여 주는 경향을 보여 체중 증가경향과 달리 체내 지방 축적은 식이 지방의 종류에 의해 더 영향을 받고 있음을 나타냈다. 기타의 장기 무게는 체중 증가와 일치하는 경향을 보였다.

2) 혈청의 지방 함량은 중성 지방과 함께 식이 섭취량이 많았던 저지방군이 높은 경향을 나타냈으나 어유는 이와 반대 현상을 나타냈다. 혈청내

-한국인 상용식이지방이 혈관의 지방대사 및 면역능력에 미치는 영향-

콜레스테롤 함량은 라드군이 높고 어유군과 들기름군이 낮았으며 HDL의 농도도 고수준에서 들기름군이 높은 경향을 보였다.

3) 면역 반응의 결과는 PHA에 대한 반응이나 Con A에 대한 반응 모두 라드군과 어유군은 고수준에서, 들기름군은 2%, 15% 수준에서 높은 반응 결과를 보였다. 특히 들기름군은 라드군이나 어유군보다 면역 능력이 높은 경향을 보여 주었다. Plaque forming cell은 지방의 종류와 관계없이 고수준에서 높은 반응 결과를 보였고, IgG, IgA 모두 정상수준 범위에 있었다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 라드나 어유보다 들기름은 혈청 콜레스테롤 저하 효과가 컸고, 15% 이하의 지방 수준에서는 세포성 면역 반응 능력이 좋아서 심혈관계 질환이나 면역 반응에 유익하게 작용하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 혈청내 콜레스테롤 수준 저하와 면역 능력을 향상시키기 위해서는 식이 지방의 수준이 높지 않아야 하고, 식이내 지방의 종량이 적을 때는 불포화 지방산으로 섭취하는 것이 바람직하리라고 본다.

앞으로 들기름군의 영양학적 고찰은 더 다각적인 면에서 더 많은 연구가 이루어져야 하리라 생각된다.

#### REFERENCES

- 1) Hyun WJ, Mo SM. *The dietary status of kindergarten children from a high socioeconomic apartment compound in Seoul*, Korean J Nutr 13(1) : 27~36, 1980
- 2) Fernandes G. *Nutritional Factors : Modulating Effects on Immune Function and Aging*. Pharmacological Reviews 36 : 123s~129s, 1984
- 3) Shore VG, Kraus RM, Butterfield G, Deshales Y, Lindgren ET. *Effects of dietary polyunsaturated : saturated fat ratio of human serum lipoproteins*. Atherosclerosis 1 : 386a, 1981
- 4) Becker N, Lillingworth DR, Alaupovice P, Connor WE, Sundberg ES. *Effects of saturated monounsaturated, and w-6 polyunsaturated fatty acids plasma lipids, lipoproteins and apoproteins in humans*. Am J Clin Nutr 37 : 335~360, 1983
- 5) Steinberg LY, Mauldin RE, Mathaias MM. *The effect of dietary lipids on clotting times and rat serum and urine prostaglandin concentrations*. In : Essential fatty acids and prostaglandins, ed. Holman R.T. Pergamon press, New York, 485~490, 1982
- 6) Innis SM, Clandinin MT. *Dynamic modulation of mitochondrial inner-membrane lipids in rat heart by dietary fat*. Biochem J 193 : 155~167, 1981
- 7) Widdowson EW, Dauncey MJ. *Obesity*. In : Hegsted DM ed. Nutrition reviews' present Knowledge in nutrition. Nutritional foundation publications, New York 17~23, 1976
- 8) Wood JD, Reid JT. *The influence of dietary fat on fat metabolism and body fat deposition in meal-feeding rats*. Br J Nutr 34 : 15~24, 1975
- 9) McGrandy RB, Hegsted DM, Stare FJ. *Dietary fats, carbohydrates and atherosclerotic vascular disease*. New Engl J Med 277 : 186~242, 1967
- 10) Armstrong G, Doll R. *Environmental factors and cancer incidence and mortality in different countries with special reference to dietary practice*. Int J Cancer 15 : 617~631, 1975
- 11) Hemz G. *The contribution of diet and childbearing to breast cancer rats*. Br J Cancer 37 : 974~982, 1972
- 12) Kramsch KM, Hollander W. *The interaction of serum and arterial lipoproteins with elastin of the arterial intima and its role in the lipid accumulation in atherosclerotic plaque*. J Clin Invest 52 : 236~240, 1973
- 13) Brown MS, Foldstein JL. *Disorders of lipid metabolism*, In : Thorn GA ed, Harrison's principle of internal medicine, 9th ed. McGraw-Hill, New York, 507, 1977
- 14) Mo SM. *Fatty acid compositions of varing seed*

- oils of Korean origin. *Korean J Nutr* 8(2) : 19~26, 1975
- 15) Stansby ME. *Nutritional properties of fish oils. World Rev Nutr Dietetics* 11 : 47~58, 1969
- 16) Peifer JJ, Tanssen F, Ann P Cox, W, Lundberg WO. *Studies on the distribution of lipids in hypercholesterolemic rats. Arch Biochem Biophys* 86 : 302~308, 1960
- 17) Marinetti GV. *Lipid chromatographic analysis. Vol 1* Marcel Dekker, Inc, New York 387, 1967
- 18) Folch J, Lee, Sloane Stanley, GH. *A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J Biol Chem* 226 : 497~509, 1957
- 19) Frings CS, Dunn RT. *A calorimetric method for determination of total serum lipids based on the sulfo-phospho-vanillin reaction, Am J Clin Path* 53 : 89~91, 1970
- 20) Selengson B. *Standard method of clinical chemistry. Academic Press Inc, New York*, 1968
- 21) Neri BP, Frings CS. *Improved method for determination of triglycerides in serum. Clin Chem* 19 (10) : 1201~1202, 1973
- 22) Dewille JW, Fraker PJ, Romsos DR. *Effects of essential fatty acid deficiency, and various levels of polyunsaturated fatty acids, on humoral immunity in mice. J Nutr* 109 : 1018~1027, 1979
- 23) Kubo C, Johnson BC, Day NK, Good RA. *Calorie Source, calorie restriction, immunity and aging of mice. J Nutr* 114 : 1884~1889, 1984
- 24) Snedecor GW, Cochran WG. *Statistical method. Ames* 268~271. IOWA : The IOWA state university press, 1972
- 25) Yoshida A. *J Nutr* 66 : 217, 1958
- 26) Lim HS, Kim KH. *Effect of dietary fat sources and levels on plasma and tissue cholesterol. Korean J Nutr* 17(2), 85~89, 1984
- 27) Hong YJ, Shin HH. *Effect dietary fat on metabolism of albino rats. Korean J Nutr* 12(2), 41~56, 1979
- 28) Ozelici A, Romsos DR, Leveille GA. *Influence of diet composition on nitrogen balance and body composition in mealeating and nibbling rats. J Nutr* 107 : 1768~1774
- 29) Leveille GA, Charkrabarty. *Absorption and utilization of glucose by meal fed and nibbling rats. Korean J Nutr* 96 : 69~75, 1968
- 30) Zakim D, Pardim RS, Herman RH, Sauberlich H. *Mechanism of the differential effects of high carbohydrate diets on lipogenesis in rats liver. E Biochem Biophys Acta* 144 : 242~250, 1967
- 31) Bronsgeest-Schout DC, Joseph GA, Hautrast J, Hermus JJ. *Dependence of the effects of dietary cholesterol and experimental conditions on serum lipids in man. II. Effect of dietary cholesterol in linoleic acid-poor diet. Am J Clin Nutr* 32 : 12 88~2192, 1979
- 32) Mattson FH, Hollenbach EJ, Kligman AM. *Effect of hydrogenated fat on the plasma cholesterol and triglyceride levels of man. Am J Clin Nutr* 28 : 726~731, 1975
- 33) Stange E, Agostini B, Paperberg. *Changes in rabbit lipoprotein properties by dietary cholesterol, and saturated and polyunsaturated fat. Atherosclerosis* 22 : 125~148, 1975
- 34) Stewart JW, Wiggers KD, Jacobson NL, Berger PJ. *Effect of various triglycerides on blood and tissue cholesterol of calves. J Nutr* 108 : 561~566, 1978
- 35) Stein EA, Mendelsohn JDL, Bersoh I. *Lowering of plasma cholesterol levels in free-living adolescent males : use of natural and synthetic polyunsaturated foods to provide balanced fat diets. Am J Clin Nutr* 28 : 1204~1216, 1975
- 36) Truswell AS. *Diet and plasma lipids-a reappraisal. Am J Clin Nutr* 31 : 977~989, 1978
- 37) Peifer JJ. *Hypocholesterolemic effects induced in the rat by specific types of fat unsaturation. J Nutr*

- 88 : 351~358, 1966
- 38) Hjerman I, Enger SC, Helgeland A, Holme I, Lerene P, Trugg K. *The effect of dietary changes in high density lipoprotein cholesterol. The Oslo study.* Am J Med 66 : 105~109, 1977
- 39) Berg K, Borresen A, Dahlen G. *Serum high density lipoprotein and atherosclerotic heart disease.* Lancet 1 : 499, 1976
- 40) Gordon T, Castelli WB, Hjortland MC, Kannel WB, Dawber TR. *HDL as a protective factor against coronary heart disease. The Framingham study.* Am J Med 62 : 707~714, 1977
- 41) Shepherd J, Packard CJ, Patsch JR, Gotto AM, Taunton OD. *Effects of dietary polyunsaturated and saturated fat on the properties of high density lipoproteins and the metabolism of apolipoprotein.* J Clin Invest 61 : 1582~1592, 1978
- 42) Weindruch RH, Suffin SC. *Quantitative histologic effects on mouse thymus of controlled dietary restriction.* J Gerontology 35(4) : 525~531, 1980
- 43) Smythe PM, Brereton-Stiles GG, Grace JH. *Thymolymphatic deficiency and depression of cell-mediated immunity in protein-calorie malnutrition.* Lancet 2 : 939~944, 1971
- 44) Nakayama E, Dippold W, Sniku H, Oettegen HF, Old LJ. *Alloantigen-induced T-cell proliferation : Lyt phenotype of responding cells and blocking of proliferation by Lyt antisera.* Proc Natl Acad Sci 77 : 2890, 1980
- 45) Corwin LM, Shloss J. *Influence of Vitamin E on the mitogenic response of murine lymphoid cells.* J Nutr 110 : 916~923, 1980
- 46) Erickson K, McNeill CJ, Gershwin ME, Ossmann JB. *Influence of dietary fat concentration and saturation on immune ontogeny in mice.* J Nutr 110 : 1555~1572, 1980
- 47) Chandra RK. *Interactions of nutrition, infection and immune response.* Acta Paediatr Scand 68 : 137~144, 1979
- 48) Suskind R, Sirishinhas, Vithayasai V, Edelmann E, Olson RE. *immunoglobulins and antibody response in children with protein calorie malnutrition.* Am J Clin Nutr 29 : 836~841, 1976
- 49) Heresi G, Chandra RK. *Effect of severe calorie restriction on thymic factor activity and lymphocyte stimulation response in rats.* J Nutr 110 : 1888~1893, 1980
- 50) Enig MG, Munn RJ, Keeney M. *Dietary fat and cancer trends-acritique.* Fed Proc 37 : 2215~2220, 1978
- 51) Overath P, Trauble H. *Phase transitions in cells, membranes and lipids of Escherichia coli. Detection by Fluorescent probes, light scattering and dilatometry.* Biochem 12 : 2625, 1973
- 52) Carroll KK. *Lipids and carcinogenesis.* J Environ Pathol & Toxicol 3 : 253, 1980
- 53) Resch K, Ferber E, Odenthal J, Fischer H. *Early changes in the phospholipid metabolism of lymphocytes following stimulation with phytohemagglutinin and with lysolecithin.* Eur J Immunol 1 : 162, 1971