

식이 지방의 종류 및 함량이 마우스의 면역기능에 미치는 영향

박진순 · 천종희 · 강재승* · 임병욱*

인하대학교 가정대학 식품영양학과
인하대학교 의과대학 미생물학교실*

Effects of Type and Amount of Dietary Fat on the Immune Status of BALB/c Mouse

Park, Jean-Soon · Chyun, Jong-Hee · Kang, Jae-Seung* · Lim, Byung-Uk*

Department of Food and Nutrition, Inha University

*Department of Microbiology, College of Medicine, Inha University**

ABSTRACT

This study was performed to investigate effects of dietary fat content and degree of saturation on the function of the immune system.

Sixty male BALB/c mice average-weighing 17g were divided into three dietary groups : 5% safflower oil group, 20% safflower oil group, 19.3% beef tallow & 0.7% safflower oil group.

Food intake and body weight were measured every day. At 4th, 7th, 10th week after dietary treatment, organ weight measurements, delayed-type hypersensitivity test, plaque forming cell test, agglutination test, differential white cell count and histological examination of spleen were performed.

Results are as follows ;

1) Body weight, food intake and calorie intake were not different in the three dietary groups during the experimental period($\alpha=0.05$).

2) Liver weight was significantly higher in 5% safflower oil group($\alpha=0.05$). Spleen index was slightly higher in mice fed 5% safflower oil and 19.3% beef tallow & 0.7% safflower oil. Thymus index in all mice was decreased by aging.

3) Delayed-type hypersensitivity of the mice fed 5% safflower oil and 19.3% beef tallow & 0.7% safflower oil was significantly higher than that of the mice fed 20% safflower oil.

4) The number of plaque forming cell was significantly reduced at 10th week compared to 7th week in all groups($\alpha=0.05$). Although there was no difference in plaque forming cell among three groups at 10th week, 5% safflower oil group showed slightly higher plaque forming

식이지방의 종류와 면역기능

cell than 20% safflower oil group at 7th week.

5) At 4th week, agglutination test seems to be higher in 5% safflower oil group and 19.3% beef tallow & 0.7% safflower oil group compared to 20% safflower oil group.

6) Percentage of neutrophil and eosinophil was slightly reduced in 20% safflower oil group.

7) Spleen tissue was not affected by any dietary treatments.

According to our results, the higher the fat content & unsaturation of the diet the lower the cell-mediated immunity of the mice. Humoral-immunity did not appear to be affected by the dietary manipulation. However humoral-immunity was decreased significantly by aging in all dietary groups.

KEY WORDS : BALB/c mice · safflower oil · beef tallow · plaque forming cell · delayed-type hypersensitivity.

서론

최근 20년간 한국인의 지방 소비 패턴은 1970년 17.2g, 1980년 21.8g, 1989년 27.9g으로 증가 추세에 있다¹⁾. 지방 소비가 2000년대에는 총 섭취 열량의 25%를 차지할 것으로 예상되며 이로 인한 빈번한 성인병의 발생을 감소시키고자 식사내 P/S 비율의 조절, low cholesterol, low total fat, low saturated fatty acids 식이가 권장되고 있으나²⁾³⁾ 불포화지방산이 많은 식생활은 다량의 과산화물 형성 및 prostaglandins 생성 증가등으로 체내 면역기능의 변화를 일으킨다는 주장이 1970년대 이후 활발하게 검토되기 시작하였다⁴⁾⁵⁾.

일반적으로 과다한 식이지방은 체액성면역보다 세포매개성면역에 관여하며 암 환자, 장기이식 환자, 알러지 질환 환자에게 더 큰 영향을 미친다고 보고되었다³⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾. 지질 용액을 마우스 체내에 주입했을 때 거의 모든 마우스 중에서 면역 세포 증식이 매우 느려지고 조직의 이상 및 자극에 대한 림프구의 반응 저하가 일어났다고 한다⁹⁾¹⁰⁾. 또한 필수지방산 결핍시에는 A/J 마우스에서 B-cell 기능의 감소 및 흉선 비의존형 항원(thymus-independent-antigen)에 대한 저항력감소와 더불어 전체적으로 체액성면역기능이 저하되었으나 충분한 양의 필수지방산 섭취시 단시일내에 회복이 가능하였다고 한다⁵⁾. 그러나 결핍되지 않을 정도의 매우 낮은 필수지방산을 A/J 마우스에게 섭취시키면 concana-

valin A(Con A), phytohemagglutinin(PHA)에 대한 비장 림프구의 반응이 증가되고 전체적으로 세포매개성 면역기능이 증진되었다¹¹⁾¹²⁾.

한편 지방 함량이 많고 불포화도가 높은 식이를 행한 집단에서 특정 질환의 발생이 높고 면역기능이 감소되었으며¹³⁾¹⁴⁾, C57BL/6J 마우스와 BALB/c 마우스의 혈청 immunoglobulin 감소, B 세포수 감소, Con A, PHA에 대한 반응 감소, 흉선 의존형 항원(thymus-dependent antigen)에 대한 면역 저하가 보고되었다⁴⁾⁵⁾. 그러나 A/J 마우스에서 필수지방산 결핍시 항체생산세포(plaque forming cell) 수가 저하되었으나 과량의 불포화지방산 식이로 인한 지연성과민반응(delayed-type hypersensitivity test)은 저하되지 않았다는 결과도 보고되었다¹⁵⁾. 따라서 식사의 지방 패턴을 조정함으로써 낮은 혈청 cholesterol 유지와 함께 면역 기능의 손상을 방지하기 위해서 저지방 식이, P/S율의 조정, n-6/n-3 fatty acid 비율 설정의 필요성 주장과 monounsaturated fatty acid(MUFA) 소비등이 바람직하다는 이론이 대두되고 있다⁸⁾¹⁶⁾.

그러므로 본 연구에서는 필수지방산이 결핍되지 않는 수준에서 불포화지방산이 많은 safflower oil과, 포화지방산이 많은 beef tallow를 사용하면서 식이 지방의 함량을 5%, 20%로 달리하여 식이내 지방의 종류와 그 양이 마우스의 면역기능에 미치는 영향을 연구하는데 그 목적을 두었다.

실험 재료 및 방법

1. 실험 식이

실험 식이는 지방의 종류와 양을 달리하여 A 식이군은 5% safflower oil로 American Institute of Nutrition(AIN)의¹⁷⁾ 권장량만큼 구성하고, B 식이군은 20% safflower oil로 구성하여 high fat & high PUFA(polyunsaturated fatty acid) 식이로 하며, C 식이군은 19.3% beef tallow & 0.7% safflower oil로 구성하여 high fat & high SFA(saturated fatty acid) 식이로 만들어 공급하였다. 모든 식이는 4% agar diet(diet 1kg/agar 40g/water 1L)로 만들어 냉장 보관하여 사용하였다. 식이와 물은 매일 아침 10시 자유로이 충분한 양을 먹을 수 있도록 공급하였다 (Table 1).

2. 실험 동물 및 실험 설계

실험 동물로는 인하대학교 의과대학 동물사육실에서 사육한 생후 32일, 평균체중 17g인 BALB/c 마우스 수컷 60마리를 사용하였다. 임의로 20마리씩 세군으로 나누어 총 10주 동안 각 실험 식이로 사육하였으며 동물 사육실은 온도를 17°C 전후로

Table 1. Composition of experimental diets(% w/w diet)

Ingredients	Group	A	B	C
	% Fat	5	20	20
Casein		20	20	20
DL-Methionine		0.3	0.3	0.3
Choline-bitartrate		0.2	0.2	0.2
Fiber		5	5	5
Safflower oil ¹⁾		5	20	0.7
Beef tallow ²⁾		—	—	19.3
Sucrose		60	3	3
Corn Starch		5	47	47
Vitamin Mix ³⁾		1	1	1
Mineral Mix ⁴⁾		3.5	3.5	3.5
% Kcal from Fat		12.6	44.6	44.6

1) Safflower oil : P/S 8.2, SFA 9.10%, PUFA 74.50%³⁾

2) Beef tallow : P/S 0.3, SFA 53%, PUFA 2%³⁾

3) 4) AIN '76

일정하게 유지하였고 12시간 light and dark cycle로 조정하였다. 체중과 식이 섭취량은 매일 측정하였다. 지연성과민반응 검사(delayed-type hypersensitivity test : DTH test)는 4주, 7주, 10주에, 항체생산 세포수 측정(plaque forming cell test : PFC test)은 7주, 10주에 검사하였다. 모든 검사시 heart puncture로 채혈하고 각 기관을 떼어내었으며 혈액 응고전에 백혈구 백분을 계산(differential white cell count : DIF test)을 위한 슬라이드를 제작한 후 혈청을 분리하여 저장하였다. 양적혈구에 대한 적혈구 응집소가 측정(agglutination test : AGG test)은 저장 혈청을 이용하였으며 정확한 판별을 위해 실험 종료후 일괄적으로 실시하였다. 비장의 조직 검사는 DTH test 실시 후 적출한 비장을 대상으로 세포 조직학적(histological examination of spleen : HIS test) 검사를 하였다.

3. 실험 방법

1) 양적혈구(SRBC)에 대한 지연성과민반응 검사(DTH test)

생체 내부에서 일어나는 전반적인 세포매개성면역 기능을 알아보기 위해 흉선 의존형 항원인 양적혈구에 대한 지연성과민반응을 하 대유¹⁸⁾¹⁹⁾의 방법을 참고하여 micrometer(No 7300 dial thickness gauge : Mitutoyo Co)를 이용한 족축종창반응검사(footpad swelling reaction)로 측정하였다.

2) 양적혈구(SRBC)에 대한 항체생산세포 측정(PFC test)

체액성 면역기능을 알기 위한 항체생산세포 측정은 양적혈구에 대한 Jerne's plaque assay method를 다소 수정하여 실시하였다²⁰⁾²¹⁾. 8×10^8 개 SRBC/ml 부유액 0.5ml를 마우스 복강에 주사(i.p.)하고 4일 후 무균적으로 비장을 적출한 후 1×10^7 개 spleen cell/ml 부유액 200 μ l와 항원성 15% 양적혈구액 250 μ l를 top agar medium(2배 MEM medium과 1.4% agarose 1ml 혼합액) 시험관에 넣고 잘 혼합하였다. 이 혼합액을 2배 MEM medium과 2.8% agarose로 미리 만들어 놓은 bottom agar plate에 고루 부어 응고 시키고 32°C 항온기에서 4

식이지방의 종류와 면역기능

시간 배양 후 30배로 희석한 Guinea pig Complement을 4ml씩 넣어 실온에서 2시간 다시 배양하였다. 10% neutral formalin을 부어 냉장 저장후 plaque 수를 세었다.

3) 양적혈구(SRBC)에 대한 적혈구 응집소 측정(AGG test)

양적혈구에 대한 총 항체가를 알기 위해 지연성과파면반응 검사와 항체생산세포 측정시 채혈한 마우스 혈청의 적혈구 응집소가를 측정하였다¹⁸⁾¹⁹⁾. 비동화 후 2배 계열 희석한 혈청과 동량의 0.5% 양적혈구를 잘 혼합한 후 37°C에서 1시간 방치후 응집을 일으킨 혈청의 최고 희석도를 총 항체가로 판단하였다.

4) 백혈구 백분을 계산 및 비장 조직 검사

백혈구 백분을 계산은 wright's stain을 이용하였고²²⁾, 각각의 다른 식이군에서 비장의 여포(follicle), 변연대(marginal zone)의 크기 및 배중심(germinal center) 형성 정도를 비교하기 위해 절제된 비장 조직을 10% neutral formalin 용액에 고정 시킨 후 paraffin에 파묻고 hematoxylin과 eosin으로 염색하여 광학현미경 하에서(H & E, ×40) 검경하였다²³⁾.

5) 통계 처리

본 연구의 모든 실험 결과는 통계처리용 prog-

ram인 STATGRAPHY를 이용하여 Student's t-test 및 ANOVA 분석을 행하였다.

결과 및 고찰

1. 식이 섭취량 및 체중 변화

실험 기간에 따른 체중 변화를 보면 동일 기간내 세 식이군의 평균 체중이 거의 일정하여 식이군간의 유의차를 보이지 않았다(Fig. 1). 지방 함량이 많은 B 식이군과 C 식이군의 체중이 높을 것으로 예상되었으나 세 식이군간의 체중과 체중 변화량이 매우 거의 유사하게 나타난 것은 각 군에서 약간의 식이 섭취량의 차이를 보일 뿐 열량 소비량은 비슷하였기 때문으로 사려된다. 이는 식이내 지방 함유량과 포화 지방산의 높낮음이 전체 열량 소비량에 차이가 없는 경우 체중에 영향을 미치지 않았다는 Erickson등의 연구 결과와 일치하였다²²⁾²⁴⁾.

2. 장기 무게 측정

전체 실험 기간 중 간 무게는 B 식이군 보다 지방 함량이 적은 A 식이군과 포화 지방 함량이 높은 C 식이군에서 유의적으로 높았다(Table 2). 이는 고지방 식이때 저지방 식이보다 실험 동물의 간 무게가 낮았다는 김 우경과²⁵⁾ 이 종미의²⁶⁾ 결과와 일치한다.

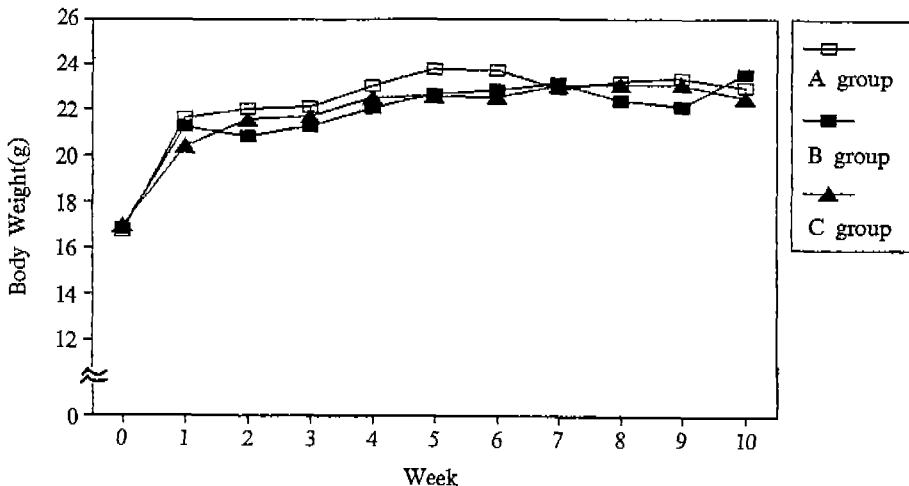


Fig. 1. Mean body weight of BALB/c mice fed experimental diets.

Table 2. Organ weight changes of BALB/c mice fed experimental diets(g/mice)

Group	Week	Organ				
		Liver W.	Spleen W.	Spleen index ²⁾	Thymus W.	Thymus index ³⁾
A	4	1.13±0.051*	0.13±0.011 ^{NS}	0.61±0.02 ^{NS}	0.12±0.016**	0.58±0.11**
	7	1.16±0.065 ¹⁾	0.15±0.010	0.67±0.04	0.08±0.006	0.36±0.22
	10	1.15±0.055	0.13±0.007	0.58±0.03	0.06±0.006	0.27±0.25
B	4	0.97±0.108*	0.13±0.021	0.61±0.05	0.08±0.016	0.40±0.06
	7	0.92±0.081	0.13±0.003	0.60±0.02	0.07±0.010	0.33±0.03
	10	0.97±0.057	0.12±0.004	0.57±0.13	0.06±0.006	0.29±0.02
C	4	1.23±0.134*	0.15±0.026	0.68±0.11	0.14±0.016**	0.65±0.03**
	7	1.02±0.061	0.15±0.007	0.74±0.03	0.07±0.009	0.34±0.03
	10	1.05±0.060	0.16±0.022	0.72±0.08	0.07±0.009	0.35±0.05

1) mean±S.D.

2) $\frac{\text{Spleen Weight} \times 100}{\text{Body Weight}}$

3) $\frac{\text{Thymus Weight} \times 100}{\text{Body Weight}}$

NS : No significant($\alpha=0.05$)

* Significantly different among dietary groups at the same week($\alpha=0.05$) by ANOVA

** Significantly different among weeks at the same dietary group($\alpha=0.05$) by ANOVA

비장 무게는 세 식이군에서 유의차가 없었으나, 비장 계수(spleen index)는 다량의 포화지방 식이군보다 다량의 불포화지방 식이군에서 낮아진다는 Erickson의 연구 결과와²²⁾ 일치하여 포화지방이 많은 C 식이군에서 B 식이군보다 다소 높게 나타났으며, 비록 C 식이군이 A 식이군보다 지방 농도가 높았지만 식이 지속 기간이 길어 질수록 비장 계수의 증가를 나타낸 것은 비장 발달과 식이 지방의 포화도와 관계가 있을 것으로 사려된다.

갑상선 무게와 갑상선 계수는 세 식이군 사이에 유의차는 없었으나 모든 식이군에서 4주, 7주, 10주 순으로 나이가 들수록 떨어졌다(Table 2). 이는 갑상선이 나이가 들수록 퇴화되기 때문인 것으로 생각된다. 또한 4주때 B 식이군이 A와 C 식이군보다 낮음은 고도의 불포화지방산 식이군에서 갑상선 계수가 작다는 Erickson등의 결과와²²⁾ 일치하였다.

일반적으로 생체내 면역기능 측정 기준으로 인 지되는 간 무게, 비장 계수와, 갑상선 계수는 식이내 지방 농도와 포화도에 유의적인 영향을 받는다고 한다. 식이로 인한 체내 이들 측정치의 차이는 곧 부분적으로 불포화지방의 농도 및 지방의 종류에 의해 lymphocyte 생성 능력의 차이를 초래하고 이

것은 특정 질환 감염시에 더욱 큰 영향을 받는다고 Mcade와 Martin은 설명하고 있다⁹⁾¹⁰⁾.

3. 양적혈구(SRBC)에 대한 지연성과민반응 검사(DTH test)

양적혈구 항원에 대한 지연성과민반응 검사는 4주에는 식이군간에 유의차가 없었다. 그러나 7주와 10주에서 B 식이군이 A & C 식이군보다 반응이 유의적으로 낮았다(Fig. 2). A 식이군과 C 식이군은 10주>7주>4주 순으로 그 반응값이 높았는데 이 결과는 PFC test가 10주 보다 7주 때 더 높은 결과를 나타낸 것과는 대조를 이루었다(Table 3). 그러나 B 식이군은 10주보다 4주와 7주 때 다소 높은 반응을 나타내었다. 본 실험의 식이내 불포화지방산 함량 수준은 B 식이군, A 식이군, C 식이군 순으로 높았으며 지연성과민반응 결과는 식이내 불포화지방산 함량 수준이 식이내 지방 함량보다 더 큰 영향을 미친 것으로 나타나서 동일 수준의 지방 섭취 때 다량의 포화지방산 식이가 다량의 불포화지방산 식이보다 지연성과민반응의 정도가 크다는 Grandy의 연구 결과와¹⁸⁾ 일치하였다. 그러나 불포화지방산이 지연성과민반응에 영향을 미치지 않았다는 Kelly²⁷⁾, Dewille등¹⁵⁾의 연구와는 상반된다. 그 이유는 Dewille등이 제안한 바와 같이 식이

식이지방의 종류와 면역기능

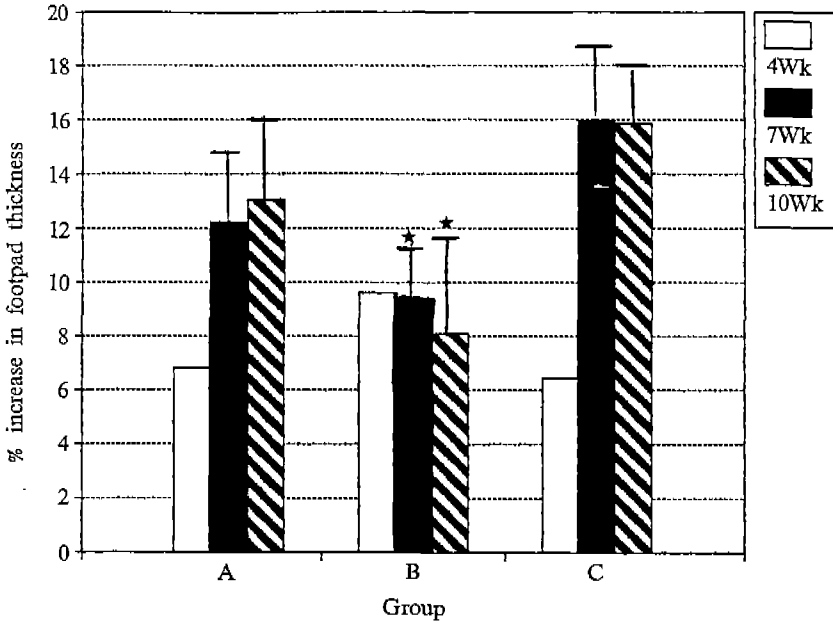


Fig. 2. Delayed type hypersensitivity test to SRBC in BALB/c mice fed experimental diets.
* Significantly different among dietary groups at the same week($\alpha=0.05$).

Table 3. Plaque forming cell test to sheep red blood cells of BALB/c mice fed experimental diets (No of PFC/ 10^6 spleen cell)

Group	A	B	C
Week			
7	379.41 ± 58.64 ¹⁾	318.58 ± 68.18	257.91 ± 53.01
10	60.58 ± 4.93*	61.44 ± 5.04*	55.50 ± 3.58*

1) mean ± S.D.

NS : No significant($\alpha=0.05$)

* Significantly different among weeks at the same dietary group($\alpha=0.05$) by ANOVA

구성비종의 차이 및 분석 방법의 차이로 사려된다. Kelley 등의 연구에서는 고농도 지방 열량 수준이 전체 열량의 23.2%로 본 연구의 44.3%보다 훨씬 낮은 수준이었으며 Dewille 등의 연구에서는 저농도 지방 식이 수준이 전체 구성성분의 13%(W/W)로 본 연구의 5%보다 높게 설정되었다. 그럼에도 불구하고 Kelley 등의 연구에서 불포화지방산 함량이 많을수록 PHA와 Con A에 대한 비장 세포의 mitogen 반응은 떨어졌으므로 이들의 연구도 세포매개성 면역 기능에 관여하는 T-세포의 일부 기능이

고도의 불포화지방산 식이시 떨어진다는 동일한 결과를 얻고 있다²⁷⁾²⁸⁾²⁹⁾.

4. 양적혈구(SRBC)에 대한 항체생산세포 측정 (PFC test)

양적혈구에 대한 항체생산세포수 측정 결과는 각 식이군에서 7주, 10주 사이를 두고 연령에 따른 일정한 양상을 보이고 있다(Table 3). 즉 식이 지속 기간이 길어질수록 모든 군에서 현저하게 감소되었다. 이것은 나이가 들수록 생체내 T-helper cell과 B-cell이 감소되어 체액성면역이 떨어진다는 보고와 일치하였다³⁰⁾³¹⁾. 이와 같이 전반적으로 항체생산 세포수의 높낮음은 있지만 지방의 양과 종류에 따른 유의차가 나타나지 않음은 식이내 콩기름 함유량이 0.8~27%(W/W) 범주내에서는 약간의 차이는 있어도 뚜렷한 유의차가 없었다는 Dewille 등의 연구와³²⁾ 일치하였다. 또한 7주시 유의차는 없지만 B 식이군이 A 식이군보다 항체생산세포수가 다소 낮은 것은 많은 양의 불포화지방산 식이시 체액성면역이 감소되었음을 의미한다²⁰⁾²⁶⁾.

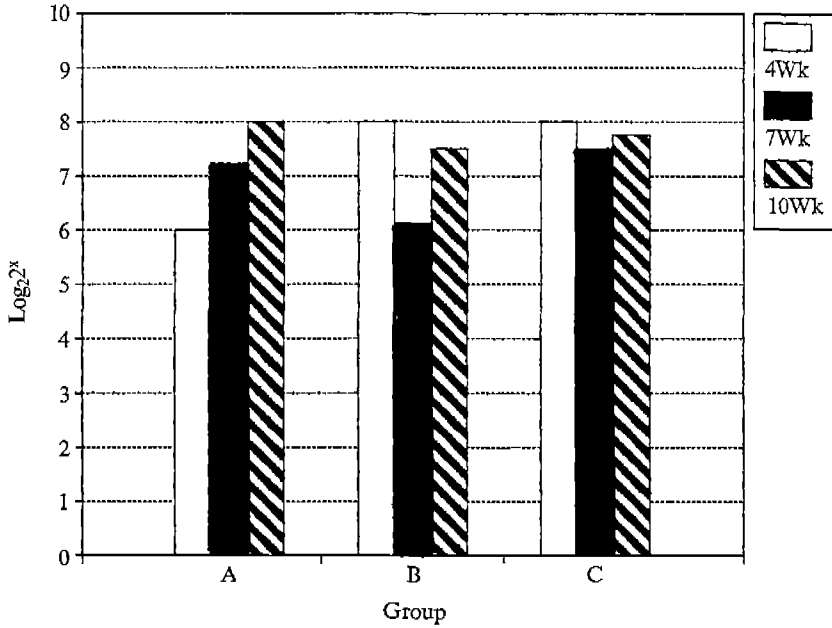


Fig. 3. Antibody response to SRBC in BALB/c mice fed experimental diets.

Table 4. Differential white cell counts of BALB/c mice fed experimental diets(%)

Group	Week	Neutrophil		Eosinophil	Lymphocyte	Monocyte
		Band	Segment			
A	4	0.0±0.0 ^{1),NS}	13.2±4.0 ^{NS}	1.0±1.0 ^{NS}	85.7±4.7 ^{NS}	0.0±0.0 ^{NS}
	7	0.2±0.2	10.2±1.9	0.0±0.0	87.5±0.8	2.0±1.0
	10	0.2±0.2	13.0±1.9	0.0±0.0	86.5±2.0	0.2±0.2
B	4	0.0±0.0	7.7±2.7	0.0±0.0	91.2±3.3	0.7±0.4
	7	1.0±0.5	16.7±4.7	0.0±0.0	81.7±5.1	0.5±0.2
	10	0.5±0.5	4.5±1.8	0.0±0.0	95.0±1.6	0.0±0.0
C	4	0.0±0.0	21.2±3.7	0.5±0.2	78.2±3.6	0.0±0.0
	7	0.0±0.0	9.0±2.4	0.0±0.0	89.5±2.0	1.2±1.2
	10	0.0±0.0	9.3±3.9	0.0±0.0	90.0±4.0	0.6±0.3

1) mean±S.D.

NS : No significant($\alpha=0.05$) by Student's t-test

5. 양적혈구(SRBC)에 대한 적혈구 응집소가 측정

전반적인 면역기능 상태를 측정한 양적혈구 항원에 대한 적혈구 응집소가는 4주시 고지방식이군인 B 식이군과 C 식이군이 A 식이군보다 다소 높았으나, 7주에는 B 식이군이 A 식이군과 C 식이군보다 다소 낮았고, 10주에는 식이군에 따른 영향을 보이지 않았다(Fig. 3). 다량의 포화지방산을

공급한 C 식이군이 초기에는 다량의 불포화지방산을 공급한 B 식이군과 같은 경향을 보이다가 식이 지속 시간이 길어질수록 식이내 지방 함량이 낮은 A 식이군과 같은 경향을 보이는 것이 주목되었다. 이는 고도의 포화지방산 식이군에서 고도의 불포화지방산 식이군보다 생체내 항체생산능력이 높다는 결과를 뒷받침하였다³³⁾.

식이지방의 종류와 면역기능

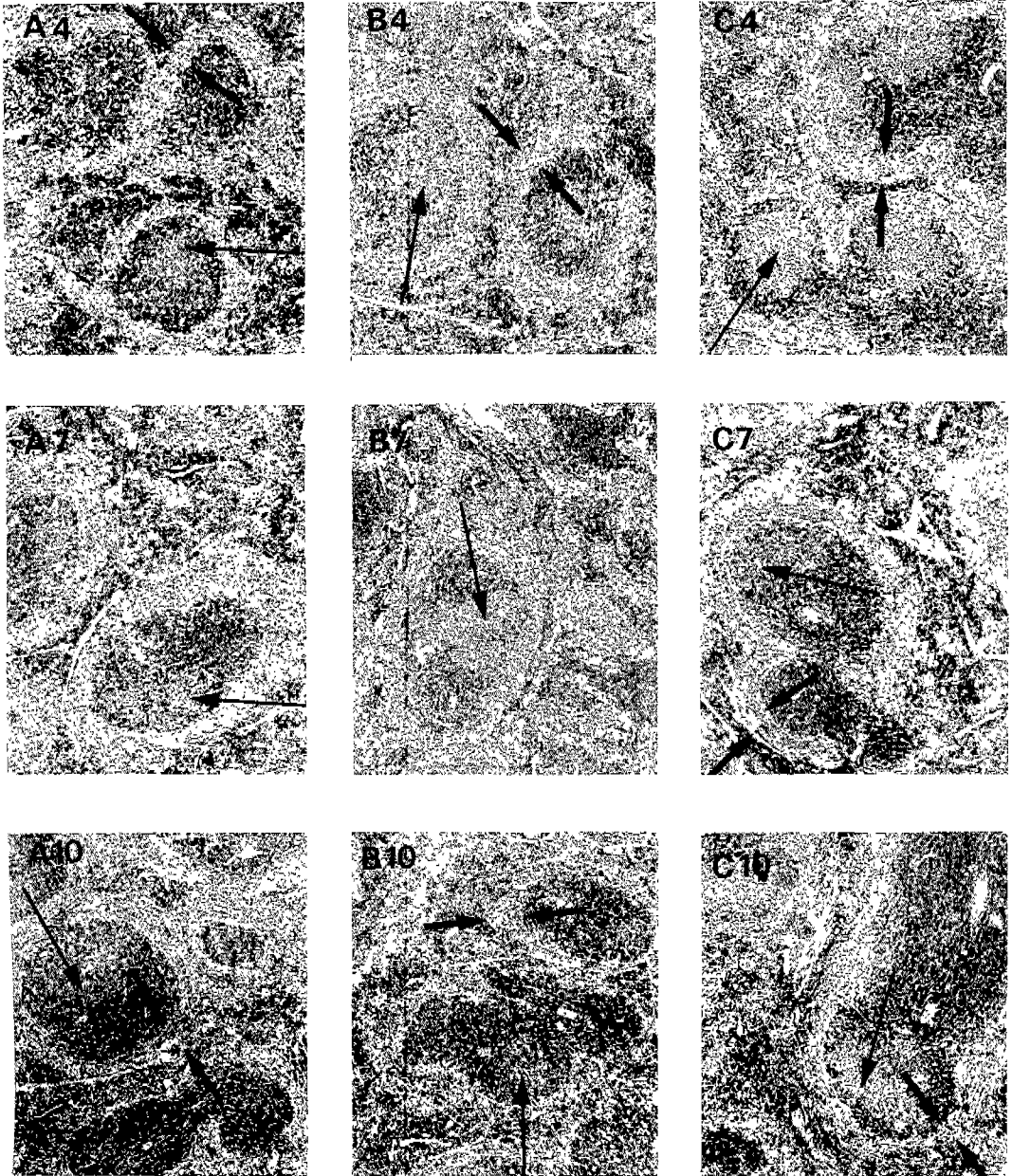


Fig. 4. Normal spleen at 4wk, 7wk, 10wk in BALB/c mice fed experimental diets. Short arrow indicates the marginal zone. Long arrow indicates the germinal center(H & E, $\times 40$).

6. 백혈구 백분율 계산 및 비장 조직 검사
 백혈구 백분율 계산은 phagocyte 기능을 갖는 neutrophil-segment가 4주에 식이내 불포화지방산이 높은 B 식이군이 A 식이군과 C 식이군보다 다소 낮을뿐 뚜렷한 형태학적 변화를 발견할 수가 없었다

(Table 4). 식이 지방의 양과 종류에 따라 비장 조직의 B 세포 부분과 T 세포 부분의 증식도가 차이를 보인다는 결과도 있었으나²³⁾ 본 실험에서는 비장 조직을 광학 현미경으로 관찰한 결과 전체 실험 기간 중 식이군에 의한 특별한 조직학적 차

이를 발견할 수 없었다(Fig. 4).

결 론

식이 지방의 종류 및 지방량이 BALB/c 마우스의 면역기능에 미치는 영향에 대해 알아본 결과 전체 열량중 지방으로부터 얻는 열량을 12.6%로 설정한 5% safflower oil 식이군과, 44.6%로 공급한 20% safflower oil 식이군 및 19.3% beef tallow & 0.7% safflower oil 식이군에서는 열량 섭취량이 거의 비슷하였기 때문에 모든 마우스의 체중 증가가 일정하게 유지되었다.

간 무게는 20% safflower oil 식이군보다 지방 함량이 낮은 5% safflower oil 식이군과, 지방 농도는 같으나 포화지방산함량이 많은 19.3% beef tallow & 0.7% safflower oil 식이군에서 유의적으로 높았다. 비장 계수는 유의적 차이는 없었으나 20% safflower oil 식이군보다 지방 함량이 낮은 5% safflower oil 식이군과 지방 농도는 같으나 포화지방산 함량이 많은 19.3% beef tallow & 0.7% safflower oil 식이군에서 다소 높은 경향을 나타내었으며 특히 19.3% beef tallow & 0.7% safflower oil 식이군의 비장 계수는 식이 지속 시간이 길어질수록 증가되었다. 갑상선 계수는 식이군간의 차이는 없었으나 모든 군에서 나이가 증가할수록 감소되었다.

지연성과민반응은 20% safflower oil 식이군에서 보다 지방 농도가 낮은 5% safflower oil 식이군과 지방 농도는 같으나 포화 지방산 함량이 높은 19.3% beef tallow & 0.7% safflower oil 식이군에서 유의적으로 높았다. 20% safflower oil 식이군에서는 식이 지속 시간이 길어질수록 지연성과민반응이 낮아졌으나 다른 두 식이군의 반응은 식이 지속 시간이 길어질수록 높아짐이 주목되었다.

항체생산세포수는 식이군간에 유의적인 차이는 없었으나 나이가 들수록 모든 식이군에서 유의적으로 감소되었다. 항원에 대한 항체 생성량, 혈액내 림프구의 발달정도, 비장 조직의 변화는 본 실험에서 공급된 세 식이군과 식이 지속 기간에 따른 차이가 없었다.

생체 면역 체계에 영향을 미치는 인자는 매우

다양하여 단정적으로 결론을 유출하기는 어려우나 정상외 건강한 BALB/c 마우스는 전반적인 영양이 부족되지 않는 본 연구의 식이조건하에서는 식이 지방함량이 높으면서 식이내 불포화 지방산의 비율이 높았을 때 세포대개성 면역 기능이 유의적으로 감소되었고, 체액성 면역 기능은 지방 함량이나 불포화도에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다.

본 실험에 이용된 BALB/c 마우스가 정상 동물임을 참고로 할 때 병원체에 의한 감염이나 질환 형성으로 생체 면역기능이 저하된 상태에서는 식이 지방 종류와 지방량에 좀 더 큰 영향을 받을 것으로 기대된다. 따라서 암 환자나 장기 이식 수술환자등 면역 기능 손상에 영향을 받는 사람들을 대상으로 한 연구가 필요할 것으로 생각된다. 또한 앞으로는 현재의 가설에 대한 확인을 위해 공급되는 식이내 지방산 분석과 지방산의 포화도를 비롯하여 ω -6, ω -3 지방산의 비율 및 monounsaturated fatty acid가 면역 기능에 미치는 영향에 대한 연구도 수반되어야 할 것으로 여겨진다.

<본 연구의 조직 검사를 위해 애써주신 인하대학교 의과대학 병리학교실 황태숙 교수님께 깊은 감사를 드립니다.>

Literature cited

- 1) 보사부. 국민영양조사보고서, 1989
- 2) Scott MG. Monounsaturated fatty acid, plasma cholesterol and coronary heart disease. *Am J Clin Nutr* 45 : 1168-1175, 1987
- 3) Modern nutrition in health and disease. 7th, 1988
- 4) Ranjit KC. Nutrition and immunology. pp37-86, Charlesc Tomas publisher, 1988
- 5) Eric G, Richard SB, Lucille SH. Nutrition and immunity. pp259-283, Academic press, 1985
- 6) Kent LE, Neil EH. Dietary fat tumor metastasis. *Nutrition Reviews* 48 : 6-14, 1990
- 7) Clifford WW. Enhancement of mammary tumorigenesis by dietary fat : review of potential mechanisms. *Am J Clin Nutr* 45 : 192-202, 1987
- 8) Albert T. The genesis and growth of tumors - III.

식이지방의 종류와 면역기능

- effects of a high fat diet - . *Cancer Research* 28 : 468-475, 1942
- 9) Mertin J, Meade CJ, Hunt R. Importance of the spleen for the immuno inhibitory action of linoleic acid in mice. *Int Archs Allergy Appl Immunol* 53 : 469-473, 1977
 - 10) Meade CJ, Mertin J. The mechanism of immunoinhibition by arachidonic and linoleic acid : effects on the lymphoid and reticuloendothelial systems. *Int Arch Allergy Appl Immunol* 51 : 2-24, 1976
 - 11) Richard W, Roy LW, Suzanne F. The retardation of aging in mice by dietary restriction : longevity, cancer, immunity and lifetime energy intake. *J Nutr* 116 : 641-654, 1986
 - 12) Clifford CK, Smith LM, Erickson KL. Effects of dietary triglycerides on lymphocyte transformation in rats. *J Nutr* 113 : 669-679, 1983
 - 13) William RB, Robert E, Kathleen N. Single-nutrient effects on immunologic functions. *JAMA* 245 : 53-58, 1981
 - 14) Grant NS. Patterns of disease among japanese living in hawaii. *Arch Environ Health* 20 : 266-273, 1970
 - 15) James WD, Pamela JF. Effects of dietary fatty acids on delayed-type hypersensitivity in mice. *J Nutr* 111 : 2039-2043, 1981
 - 16) Joon HL, Michiyo F, Harumi N. The interrelated effects of n-6/n-3 and polyunsaturated/saturated ratios of dietary fats on the regulation of lipid metabolism in rats. *J Nutr* 119 : 1893-1899, 1989
 - 17) Report of the American institute of nutrition ad hoc committee on standards for nutritional studies. 1340-1348, 1976
 - 18) Michael B, Ricardo U, Scott MG. Dietary fatty acid effects on T-cell mediated immunity in mice infected with mycoplasma pulmonis or given carcinogens by injection. *Am J Pathol* 126 : 103-113, 1987
 - 19) 하대유 · 박영민 · 전상남. 알콜이 면역 반응에 미치는 영향. *대한미생물학회지* 25(3) : 265-281, 1990
 - 20) Gilbert AB, Patricia VJ. Essential fatty acid deficiency, prostaglandin synthesis and humoral immunity in lewis rats. *J Nutr* 113 : 1187-1194, 1983
 - 21) Richard WL, Charles ES, Pamela JF. The effect of restricted dietary intake on the antibody mediated response of the zinc deficient A/J mouse. *J Nutr* 108 : 881-887, 1978
 - 22) Kent LE, Carla JM, Eric Gershwin. Influence of dietary fat concentration and saturation on immune ontogeny in mice. *J Nutr* 110 : 1555-1572, 1980
 - 23) Mary L, Kathleen MN, Paul MN. The effects of quality and quantity of dietary fat on the immune system. *J Nutr* 113 : 951-961, 1983
 - 24) Kent LE, Leslie AS. lack of an influence of dietary fat on murine natural killer cell activity. *J Nutr* 119 : 1311-1317, 1989
 - 25) 김우경 · 김숙희. 한국에서 상용되는 식용유지로 사육된 흰쥐의 체내 지방대사 및 면역능력에 대한 연구. *한국영양학회지* 22 : 42-53, 1989
 - 26) 이종미 · 김화영 · 김숙희. 한국인 상용 식이지방이 흰쥐의 지방대사 및 면역능력에 미치는 영향. *한국영양학회지* 20 : 350-366, 1987
 - 27) Darshan SK, Gary JN, Claire MS. Effects of type of dietary fat on indices of immune status of rabbits. *J Nutr* 118 : 1376-1384, 1988
 - 28) Imad KT, Kent LE. Dietary fatty acid modulation of murine T-cell responses *in vivo*. *J Nutr* 115 : 1528-1534, 1985
 - 29) John WM, Yuichi O, Joan H. Dietary fat and immune function. I. Antibody responses, lymphocyte and accessory cell function in (NZB×NZW)F1 mice. *J Immu* 135(6) : 3857-3863, 1985
 - 30) Mariangela S, Jiuán JL, Diego S. Immunology and aging, T-helper, T-suppressor and B-cell functions in aging mice. 78-85, 1982
 - 31) 윤균애 · 김화영 · 김숙희. 고 · 저 탄수화물 식이로 사육된 흰쥐의 노화 과정중 나타나는 지방과 Ca 대사 및 면역 능력에 미치는 영향 연구. *한국영양학회지* 20(2) : 135-144, 1987
 - 32) James WD, Pamela JF, Dale RR. 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
 - 33) Kent LE, Dorothy AA, Robert JS. Dietary fatty acid modulation of murine B-cell responsiveness. *J Nutr* 116 : 1830-1840, 1986