

고지방식이와 식이섬유가 흰쥐의 체내 지질대사에 미치는 영향

한정순 · 한용봉[†]

고려대학교 가정교육학과

The Effect of High Fat Diet and Dietary Fiber on Lipid Metabolism in Rats

Jung-Soon Han and Yong-Bon Han[†]

Dept. of Home Economics, Korea University, Seoul 136-702, Korea

Abstract

The effect of diets (high fat, high fat high energy, pectin, cellulose) on lipid metabolism were investigated in 70 male rats for 8 weeks. The rats were assigned to either a control (C), high fat (HF) or high fat high energy(HFHE) group for 4 wks. During the next 4wks, reassigned to one of three treatments (high fat, pectin, cellulose) in the HF group and one of three treatment (high fat high energy, pectin, cellulose) in the HFHE group. Therefore, the total treatment group became 7 (C, HF, HF-P, HF-C, HFHE, HFHE-P, HFHE-C). Parameters evaluated and compared for each diet were body weight, total energy intake, Feed Efficiency Ratio (F.E.R), total lipid, total cholesterol (TC), HDL-cholesterol(HDL-C), HDL-C/TC, triglyceride (TG), phospholipid in serum, and changes in liver and spleen. The results are summarized as follows ; 1. There were no significant differences in body weight gain among the groups. 2. Total energy intake was higher in the C group than other groups. Feed Efficiency Ratio (F.E.R) was higher in the HFHE group than other groups. 3. There was no significant difference in the weight gain of liver (100g/B.W.) among the groups. However, the weight gain of spleen (100g/B.W.) was higher in the C group than other groups (HF and HFHE). 4. Total lipid, TC, TG, and phospholipid increased significantly in all groups for the first 4 wks. However, after 8 wks, pectin and cellulose supplementation groups decreased significantly. Therefore, we can conclude that the HF and the HFHE diet led to increase lipids concentration and the pectin and the cellulose treatments decreased lipids concentration in serum. However, the pectin treatment had greater effect than the cellulose treatment.

Key words : high fat, high fat high energy, pectin, cellulose

서 론

최근 우리나라에서도 경제성장과 국민소득의 향상으로 식생활이 서구화하여 어릴 때 부터 동물성 식품의 섭취가 증가함에 따라 지방함량이 많고, 식이섬유가 적은 정제된 식품의 섭취 증가로 인해, 체중과다나 비만이 늘어나고 있으며, 이로 인해 동맥경화, 심근경색 등의 심장혈관계 질환이 증가하는 추세이다^{1,2)}.

지방은 필수지방산을 제공하고 고에너지원으로써 효율적인 체내의 에너지 저장원으로 생존에 꼭 필요한 영양소이나, 과잉섭취하면 지질대사에 이상을 초래하여 혈액과 조직의 지질성분에 변화가 일어나며, 간장

등 장기조직에 지방을 침착시켜 지방간, 고혈압, 고지혈증, 동맥경화증, 심장질환 등 심혈관계 질환과 관련이 있을 뿐 아니라, 유방암과 대장암 등의 여러가지 암 발생에도 큰 영향을 미침에 따라 많은 연구가 있었다³⁻⁶⁾. 체내 지질대사에 영향을 미치는 요인은 식이지방의 종류와 양, 지방산의 조성, 식이섬유와 총 에너지 섭취량 등이다⁷⁻⁹⁾.

한편 식이섬유는 인체의 소화효소로 소화하기 힘든 고분자의 난소화성 성분으로 영양적 가치가 없으며, 영양소 흡수를 저해하는 해로운 것으로 생각했었으나, 근래에 와서는 체내에서 소화관의 운동을 활발히 촉진하여, 장관내 체류시간을 단축시키며, cholesterol의 흡수를 저해시켜 비만, 고지혈증, 동맥경화 및 대장암 등을 예방할 수 있는 물질로 작용할 수 있다고 한다¹⁰⁻¹²⁾.

[†] To whom all correspondence should be addressed

따라서 어릴 때 부터의 균형된 영양섭취와 식습관이 매우 중요하다고 생각된다. 식이지방의 종류가 체내 지질대사에 미치는 영향에 관해서는 많은 연구가 있었으나^{1,2,3,4}, 고지방 고에너지식이와 식이 섬유가 지질대사에 미치는 영향을 관찰한 연구는 별로 없었다.

그러므로 본 연구는 이유기를 지난 흰쥐에 고지방식이와 고지방 고에너지식을 섭취시키면서, 이들 식이에 식이섬유를 첨가하였을 때의 체중변화와 간장, 비장 및 혈중 지질대사에 미치는 영향과 간장의 병리조직학적 변화를 관찰하였다.

재료 및 방법

실험동물의 사육 및 실험식이

이유된 생후 3주의 웅성흰쥐 (Sprague-Dawley)를 고휘사료(삼양사료 주식회사)로 1주일간 예비사육한 후, 체중에 따라 난괴법에 의하여 각각 24마리씩 임의 배치하였다. 이들을 대조식이군(C군이라 함), 고지방식이군(HF군이라 함), 고지방 고에너지식이군(HFHE군이라

함)의 3군으로 나누어 4주간 자유급식(ad libitum)시킨 후 각 군의 일부를 희생시켰다. 5주 부터는 C, HF, HFHE 식이외에 HF와 HFHE 식이에 pectin과 cellulose를 첨가하여 고지방 pectin 식이군(HF-P군이라 함), 고지방 cellulose 식이군(HF-C군이라 함), 고지방 고에너지 pectin 식이군(HFHE-P군이라 함), 고지방 고에너지 cellulose 식이군(HFHE-C군이라 함)의 7군으로 나누어 다시 8주(4주간) 까지 섭취시킨 후 희생시켜, 혈액, 간, 비장을 얻었다. 각각의 실험동물은 stainless steel cage에 1마리씩 넣고 물은 자유로이 섭취시켰으며, 사육실의 온도는 $24 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 조절하였고, 매일 일정한 시간에 식이섭취량을 측정하였다. 체중은 매주 일정한 시간에 한번씩 측정하여 식이섭취량으로 나누어 식이효율(Food Efficiency Ratio, F.E.R.)을 산출하였다. 실험식이의 지방급원은 lard로 각 군의 식이는 매주 한번씩 만들어 사용하였으며, 지방의 산패방지를 위해 -20°C 냉동고에 보관하면서 매일 일정량을 급여하였다. 각 실험식이의 영양소 함량은 National Research Council(NRC)의 사양표준에 준하였으며²⁰ 실험식이의 조성은 Table 1과 같다.

Table 1. Composition of experimental diets

Ingredients (g)	Group ^a						
	C	HF	HFP	HFC	HFHE	HFHEP	HFHEC
Corn	320	320	320	320	320	320	320
Soybean meal	290	290	290	290	290	290	290
Lard ^b	100	200	200	200	200	200	200
Pectin ^c			45			50	
Cellulose ^d				45			50
Glucose	267.5	30	15	15	167.5	117.5	117.5
Mineral ^e	1	1	1	1	1	1	1
Vitamin ^f	1	1	1	1	1	1	1
Methionine ^g	3	3	3	3	3	3	3
Choline ^h	2	2	2	2	2	2	2
Dicalciumphosphate	12	12	12	12	12	12	12
Lime Stone	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
NaCl	1	1	1	1	1	1	1
Total (g)	1000	862.5	892.5	892.5	1000	1000	1000
Total Kcal/1000g	3670	4255	4045	4045	4200	4050	4050
Kcal/g	3.7	4.3	4.1	4.1	4.2	4.1	4.1
Crude protein (g)	17	17	17	17	17	17	17
Dietary fiber(g)/1000g			50.4	50.4		50	50

¹ Stabilized by adding BHT (Butylated Hydroxytoluene) at a level of 0.0125% of added fat

² Pectin was citrus pectin, galacturonic acid content approx. 75.1%, methoxy content 7.25% by Sigma Chemical Company

³ Cellulose was Alpha cellulose and purchased from Sigma Chemical Company

⁴ Mineral premix supplied following per kg diet : Fe 6mg, Mn 10mg, Cu 1mg, I 120 μg , Zn 4mg

⁵ Vitamin premix supplied following per kg diet : vitamin A 40IU, vitamin D₃ 10IU, vitamin E 60IU, vitamin K₃ 8mg, vitamin B₂ 1mg, vitamin B₆ 120mg, vitamin B₁₂ 3.2mg, vitamin C 4mg, Niacin 3.2mg, pantothenic acid 1.2mg

⁶ Koking Korea Co. Purity 50%

⁷ Koking Korea Co. Purity 50%

²⁰ C : control, HF : high fat, HF-P : high fat pectin, HF-C : high fat cellulose, HFHE : high fat high energy, HFHE-P : high fat high energy pectin, HFHE-C : high fat high energy cellulose

시료채취 및 분석

실험식이 급여 후 2주, 4주, 8주에 각 군의 실험동물 을 희생시켜 시료를 얻었다. 생화학적 분석에 필요한 혈 청은 채혈하기 전 16시간 절식시킨 후, ether로 마취하 여 심장천자법으로 채혈한 후 원심분리하여 시료 혈청 을 얻어 분석전 까지 -40°C에서 냉동보관하였다. 채혈 후 간장 및 비장을 적출하여 여과지로 눌러 수분을 제 거한 후 각 각의 무게를 평량하였다. 간 조직의 일부는 formalin용액에 고정하였다가 Hematoxylin-Eosin 염색 으로 지방침착을 관찰하였고, 일부는 Oil-red-O 염색 을 하여 현미경하에서 Shimadzu objective micrometer (No.101160, HE stain은 10×12배율, Oil-red-O stain은 10×10배율)로 간 조직의 지방침착을 확인하였다²¹⁾.

혈청 중 총지질의 양은 sulfo-phospho-vanilin법²²⁾, 총 콜레스테롤의 양은 cholesterol-esterase, cholesterol-oxi- dase 및 peroxidase를 이용한 효소법^{23,24)}, HDL-콜레스테 롤은 lipoprotein 침전치약, polyethyleneglycol을 혈청 시 료에 넣고 혼합하여 이들을 원심분리하여, HDL 분획을 얻고 콜레스테롤 측정과 같은 과정으로 측정하였고^{25,26)}, 중성지방의 양은 glycerol kinase(GK)-glycerol-phospho -oxidase(GPO)효소법을 이용한 榮研社(日本, 東京)의 Kit시약인 Triglyzyme-GP를 사용하여 정량하였다. 인지 질은 Fiske-Subbarow법에 의하여 측정하였다²⁰⁾.

통계처리

본 실험의 각 평균간의 유의성은 Duncan's Multiple Range Test로 검정을 실시하였고, 모든 유의성 검정은 유의수준 p<0.05에서 비교하였다.

결과 및 고찰

체중증가량, 총 에너지섭취량 및 식이효율

각 실험식이군의 체중증가량은 HFHE군이 C군과 HF 군보다 컸으나 통계적 유의성은 없었다. HF군과 HFHE 군의 일부에 식이섬유인 pectin과 cellulose 첨가시 각 군 모두 체중이 감소하였으나, pectin 첨가군이 cellu- lose 첨가군 보다 체중이 더 감소하였다. 이로부터 pe- ctin은 포만감을 주어 식이섭취량이 감소되고, 결과적 으로 체중을 감소시켰다고 생각된다. 한편 고지방식이 나 고지방 고에너지식을 섭취시켰을 때, 체중증가가 대조군과 큰 차이를 보이지 않은 것은, 대조군의 식이 조성도 양호하였으며, 성장발육이 활발할 시기로 성장 속도가 매우 빠른 때므로 생각된다.

각 실험식이군의 총 에너지 섭취량은 Table 2와 같 이 C군이 HF군과 HFHE군에 비해 현저히 많아 고지방 식이가 아니더라도 총 에너지가 체중증가에 영향을 미 침을 알 수 있었다. 식이섬유를 첨가하였을 때는 총 에 너지 섭취량이 감소하였다.

각 실험식이군의 식이효율은 Table 3에서 보는 바와 같이 각군 모두 2주 까지의 식이효율이 높았으며, HF- HE군이 가장 높았다. 대조군의 식이효율이 가장 낮은 것은 체중증가가 식이섭취량에 비해 적었기 때문으로 생각되며, 2주 까지의 식이효율이 4주나 8주 보다 높은 것은 성장속도가 빠른 시기이었기 때문으로 생각된다. Pectin과 cellulose를 첨가하였을 때는 별 유의성은 나 타내지 않았다. 변의 상태는 식이 중 지방량에 따른 차 이는 없었으나, 식이섬유 첨가군의 변은 묽은 상태였으 며 변의 양도 많았다. 이는 섬유소의 water holding cap- acity에 의해, 변의 수분보유량이 증가하였고, 체내로 흡수되지 못한 잔사 물질이 증가하였기 때문으로 생각 되며, 식이섬유는 변의 부피를 증가시키고 장내 통과

Table 2. Effect of high fat diet and dietary fiber on total energy intake (Kcal)

Diet ²⁾ group	Period (weeks)		
	2	4	8
C	899.6±18.7 ^{1a)}	1853.9± 75.5 ^a	4197.4±231.9 ^a
HF	910.9±74.3 ^{b)}	1935.3±197.4 ^{b)}	3748.1±190.0 ^{b)}
HFHE	913.9±23.4 ^{b)}	1828.2±230.5 ^{b)}	3600.0±195.5 ^{b)}
HF-P			3847.1±373.9 ^{a)}
HF-C			3916.4±195.1 ^{b)}
HFHE-P			3592.3±169.5 ^{b)}
HFHE-C			3879.4±158.0 ^{a)}

¹⁾ Mean±S.D.

²⁾ C : control, HF : high fat, HFHE : high fat high energy, HF-P : high fat pectin, HF-C : high fat cellulose, HFHE-P : high fat high energy pectin, HFHE-C : high fat high energy cellulose

³⁾ The same letters in a column are not significantly different at (p<0.05)

Table 3. Effect of high fat diet and dietary fiber on feed effi- cency ratio (FER)

Diet ²⁾ group	Period (weeks)		
	2	4	8
C	0.48±0.03 ^{a)}	0.37±0.04 ^{a)}	0.29±0.02 ^{a)}
HF	0.57±0.06 ^{b)}	0.43±0.03 ^{b)}	0.38±0.01 ^{b)}
HFHE	0.56±0.02 ^{b)}	0.46±0.04 ^{b)}	0.41±0.02 ^{b)}
HF-P			0.31±0.03 ^{b)}
HF-C			0.43±0.03 ^{b)}
HFHE-P			0.38±0.05 ^{b)}
HFHE-C			0.36±0.02 ^{b)}

The same letters in a column are not significantly different at 5% level (p<0.05)

시간을 단축시켜 준다는 보고와 유사한 결과로 생각된다²⁾.

장기의 무게

각 실험식이군의 체중 100g당 간장의 무게는 각 식이군간에 유의성을 보이지 않아 고지방식이와 고지방 고에너지식이치가 아무런 영향을 미치지 않았다고 생각된다. 비장의 무게는 Table 4에서와 같이 고지방식이와 고지방 고에너지식이군에서 대조군에 비해 감소

하였다. 본 실험 결과만으로 고지방식이가 면역계에 미치는 영향을 확실히 알 수 없으나, 임상적 역학조사에서 비만환자들이 질병에 대한 감염율과 사망율이 높으며, 동맥경화증, 당뇨병, 고혈압 및 암 등의 만성퇴행성 질환이 많고 병에 대한 저항력이 약한 것은 잘 알려진 사실이다³⁾. 그러므로 비만의 원인이 되는 지방이나 에너지 과잉섭취는 면역기능의 저하를 초래하고, 만성퇴행성 질병의 발병율을 높일 수 있다고 생각된다.

Table 4. Spleen weight of each diet group

Diet group	Period (weeks)			
	0	2	4	8
C	0.70±0.17	1.01±0.14 ^a	0.89±0.09 ^a	0.27±0.01 ^a
HF		0.71±0.16 ^b	0.54±0.08 ^b	0.27±0.02 ^b
HFHE		0.66±0.03 ^b	0.55±0.13 ^b	0.29±0.03 ^b
HF-P				0.34±0.07 ^b
HF-C				0.29±0.03 ^b
HFHE-P				0.30±0.04 ^b
HFHE-C				0.31±0.06 ^b

The same letters in a column are not significantly different at 5% level (p<0.05)

혈청 중 총지질, 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 총콜레스테롤/HDL-콜레스테롤, 중성지질 및 인지질의 함량

각 실험식이군의 혈청 총지질은 Fig. 1, 2에서 보는 바와 같이 모두 실험기간이 지남에 따라 유의있게 증가하였으며, 식이섬유의 첨가에 의해서는 유의적으로 감소하였다.

각 실험식이군의 혈청 총콜레스테롤은 Fig. 3, 4에서 보는 바와 같이 C군에 비해 HF군과 HFHE군이 증가되어 식이 중 지방함량이 많을수록 현저히 상승하였다. 이같은 결과는 포화지방산이 많이 함유된 동물성 지방의 섭취가 혈청 콜레스테롤 농도를 증가시킨다는 보고

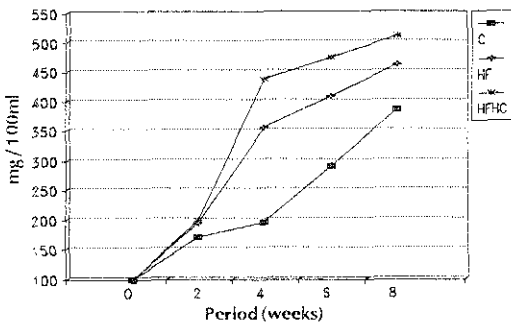


Fig. 1. Total lipid in serum of rats fed different diets.

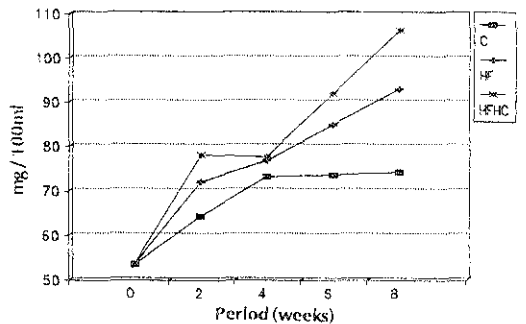


Fig. 3. Total cholesterol in serum of rats fed different diets.

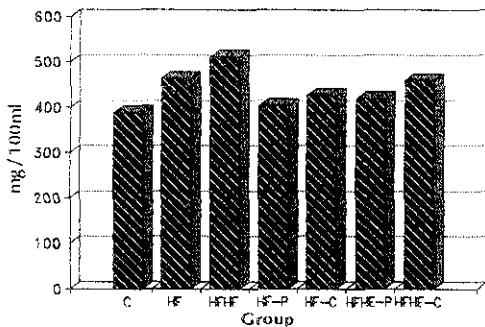


Fig. 2. Effect of dietary fiber on total lipid in serum of rats.

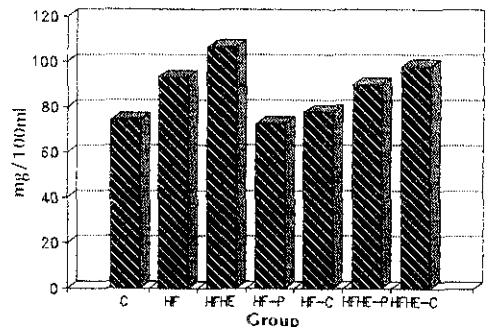


Fig. 4. Effect of dietary fiber on total cholesterol in serum of rats fed different diets(8weeks).

와 유사하였다³⁰⁻³². Pectin이 cellulose 첨가군 보다 유의적으로 감소시켜 식이섬유의 종류가 영향을 주는 것을 알 수 있었다. 이는 pectin의 gel 형성능력이 gastric emptying을 지연시킨 결과로 생각된다.

각 실험식이군의 혈청 중 HDL-콜레스테롤은 고지방, 고지방 고에너지식이에 의해 별 영향을 받지 않았다. 실험식이군의 HDL-Cholesterol/Total-Cholesterol

비율은 실험기간이 지남에 따라 모두 낮아지는 경향이었는데, 이는 HDL-콜레스테롤은 별 변화가 없으나, 총 콜레스테롤이 높아진 때문으로 생각된다. 식이섬유 첨가는 각 실험식이군간에 다소의 차이는 있으나 통계적 유의성은 없었다.

각 실험식이군의 혈중 중성지방과 인지질의 함량은 Fig. 5-8에서 보는 바와 같이 모두 실험기간이 지남에

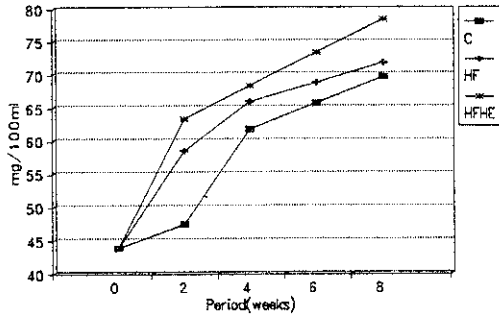


Fig. 5. Triglyceride in serum of rats fed different diets.

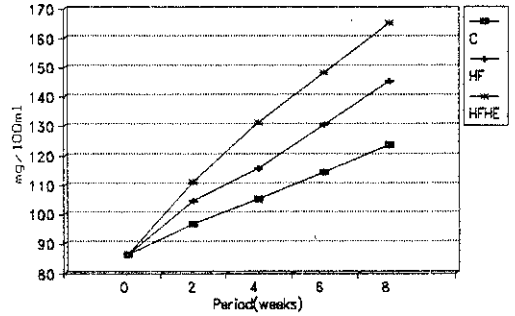


Fig. 7. Phospholipid in serum of rats fed different diets.

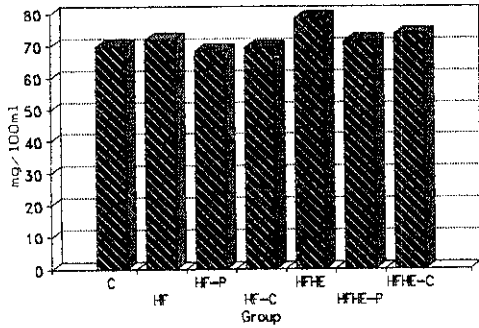


Fig. 6. Effect of dietary fiber on triglyceride in serum of rats fed different diets(8week).

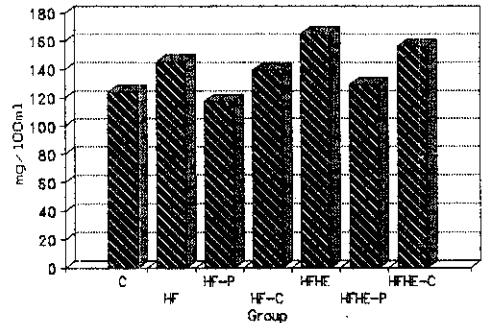
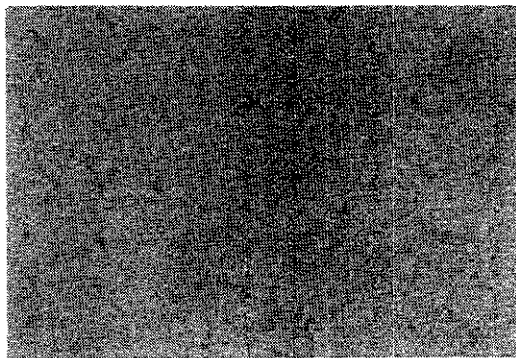
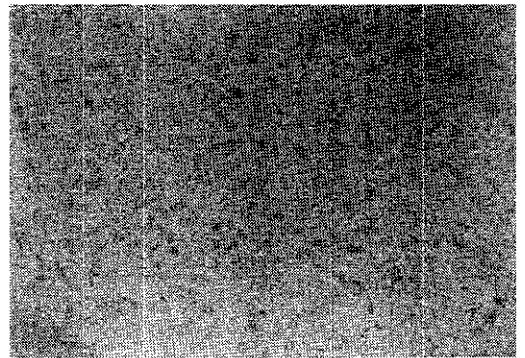


Fig. 8. Effect of dietary fiber on phospholipid in serum of rats fed different diets(8weeks).



C



HFHE

Fig. 9. Light micrograph of liver of rats fed control diet(C) and high fat high energy diet(HFHE) for 8 weeks. Oil-red-O stain($\times 100$). None of fat deposit on liver lobule was observed in experimental diet groups.

따라 HF군과 HFHE군이 C군에 비해 유의성 있게 증가 하였으며, 식이섬유 첨가에 의해서는 감소하여 고지방 식이와 식이섬유가 체내 지질대사에 영향을 미친다고 생각된다.

간 조직의 관찰

간 조직내의 지질 침착여부를 Oil-Red-O로 염색한 후 현미경으로 관찰한 결과는 Fig. 9와 같다. 즉 C군, HF군, HFHE군 모두 2주, 4주 및 8주 후에도 지방침착이 없이 정상적인 간조직 형태를 보여, HF식이나 HFHE 식이가 간조직에 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다. 건강한 성장기동물에 고지방식을 섭취시켜도 간 조직에 지방이 침착되지 않아, 고지방식을 실험동물에 섭취시켰을 때 간소염 전체에 지질이 침착되었다는 보고²³⁾와는 상반된 결과였으나, 장기간의 고지방식이 섭취에 의해서는 영향을 받을 것으로 생각된다.

이상의 결과로 보아 고지방식이와 고에너지식이의 섭취는 혈중 지질의 농도를 증가시켜 성장 후에도 영향을 미칠 것으로 사료된다. 식이섬유는 혈중 지질의 양을 감소시키므로 고지방식을 섭취하는 경우에는 섬유를 함께 섭취하는 것이 바람직하며, pectin이 cellulose 보다 혈중 지질함량을 저하시키는데 효과적이라고 생각된다.

요 약

이유기를 지난 웅성원쥐를 대조식이(C), 고지방식이(HF) 및 고지방 고에너지식이(HFHE)로 4주간 사양하고 일부를 희생시킨 후, HF군과 HFHE군 일부에 식이섬유 pectin과 cellulose를 각각 첨가한 HF-P, HF-C, HFHE-P, HFHE-C 식이를 C, HF, HFHE 식이와 함께 4주간 더 사양한 후 희생시켜 체중증가량, 총 에너지섭취량, 총 식이섭취량, 식이효율, 간장과 비장의 무게, 혈중 지질의 성장 및 간세포에 미치는 영향을 비교 관찰한 결과 체중증가는 C군, HF군, HFHE군간의 유의적 차이는 없었으며, 식이섬유 첨가시 모두 체중이 감소되었다. 총 에너지 섭취량은 C군이 가장 많았고, 식이효율은 HFHE군이 가장 높았으며, 식이섬유 첨가에 의해서는 영향을 받지 않았다. 간장의 무게는 C군, HF군, HFHE군 모두 식이의 영향이 없었고, pectin과 cellulose 첨가에 의한 변화도 나타내지 않았다. 비장의 무게는 C군 보다 HF군과 HFHE군이 감소하였으나, pectin과 cellulose 첨가에 의해서는 변화가 없었다. 혈중 총 지질, 총 콜레스테롤, 중성지방 및 인지질의 함량은 각 실험군 모두 실

험기간이 경과함에 따라 증가되었으며, 특히 HFHE군이 유의성 있게 증가하였고 pectin과 cellulose를 첨가하였을 때는 감소하였으며 pectin이 cellulose 보다 감소 효과가 있었다.

감사의 글

현미경 사진을 확인해 준 고려대학교 의과대학 병리학교실 여러분들께 감사드립니다.

문 헌

1. 경제기획원 조사 통계국 : 사망원인통계연보. 성·연령별 10대 순위, p.182(1988)
2. 보건신문사 : 보건연감(1991)
3. Colditz, G. A. : Economic costs obesity. *Am. J. Clin. Nutr.*, **55**, 503s(1992)
4. Sjostrom, L. V. : Morbidity of severely obese subjects. *Am. J. Clin. Nutr.*, **55**, 508(1984)
5. Meydani, S. N., Margom, S. E., Goldin, W. B., Labrode, C. A., Dinarello, C. A. and Gorebach, S. L. : Oral (n-3) fatty acid supplementation suppresses cytidine production and lymphocyte proliferation : Comparison between young and older woman. *J. Nutr.*, **121**, 547(1991)
6. Scott, M. G. : Monounsaturated fatty acid, plasma cholesterol and coronary heart disease. *Am. J. Clin. Nutr.*, **45**, 1168(1987)
7. Maurice, E. S. and Vernon, R. Y. : Modern nutrition in health and disease. 7th(1988)
8. Rahimtoola; S. H. : Cholesterol and coronary heart disease : Aperspective. *J. Am. Med. Assoc.*, **253**, 2094(1985)
9. Castelli, W. P., Wilson, P. W., Levy, D. and Anderson, K. : Serum lipids and risk of coronary artery disease. *Atheroscl. Rev.*, **21**, 7(1990)
10. Van Itallile, T. B. : Dietary fiber and obesity. *Am. J. Clin. Nutr.*, **31**, S43(1978)
11. Miettinen, T. A. : Dietary fiber and lipids. *Am. J. Clin. Nutr.*, **45**, 1237(1987)
12. Kay, R. M. : Dietary fiber. *J. Lipid Res.*, **23**, 221(1982)
13. Huh, K. B., Lee, J. H., Paik, I. K., Ahn, K. J., Jung, Y. S., Kim, M. J., Lee, H. C., Lee, Y. H. and Lee, Y. J. : Influence of total abdominal fat accumulation on serum lipids and lipoproteins in Korean middle-aged men. *Korean J. Nutr.*, **26**, 299(1993)
14. Kim, S. H. and Hong, M. Y. : The changes of erythrocyte feature and Ca concentration in rat fed the diet containing different common oils in Korea : sesame oil, perilla oil, rice bran oil and mixed oil. *Korean J. Nutr.*, **26**, 524(1993)
15. Mensink, R. P. and Katan, M. B. : Effect of dietary trans fatty acids on high-density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects. *N. Engl. J.*

- Med.*, **323**, 439 (1990)
16. Nestle, P., Noakes, M. and Belling, B. : Plasma lipoprotein lipid and Lp(a) changes with substitution of elaidic acid for oleic acid in the diet. *J. Lipid Res.*, **33**, 1029 (1992)
 17. Mensink, R. P., Zock, P. L., Katan, M. B. and Honstra, G. : Effect of dietary cis and trans fatty acids on serum lipoprotein(a) levels in humans. *J. Lipid Res.*, **33**, 1493 (1992)
 18. Willett, W. C., Stampfer, M. J. and Manson, J. E. : Intake of trans fatty acids and risk of coronary heart disease among women. *Lancet*, **341**, 581 (1993)
 19. Dyerberg, J. : Linolenate-derived polyunsaturated fatty acids in prevention of atherosclerosis. *Nutr. Res.*, **44**, 125 (1986)
 20. National Research Council (NRC) : Nutrient requirements of laboratory animals. National academy of Sciences (NAS). Washington D. C., p.687 (1979)
 21. Maryann, A. M., Margot, P. C. and David, K. : Influence of dietary fiber on lipid metabolism in meal fed rats. *J. Nutr.*, **113**, 2229 (1983)
 22. Frings, C. S. and Dunn, R. T. : A colorimetric method for determination of total serum lipids based on the sulfophospho-vanillin reaction. *Am. J. Clin. Path.*, **53**, 89 (1970)
 23. Charles, C. A., Lucy, S. P., Cicely, S. G. C., Richmond, W. and Paul, C. F. : Enzymatic determination of total serum cholesterol. *Clin. Chem.*, **20**, 470 (1974)
 24. Richmond, W. : Preparation and properties of a cholesterol oxidase from nocardiasp and its application to the enzymatic assay of total cholesterol in serum. *Clin. Chem.*, **19**, 1350 (1973)
 25. William, P. C., Joseph, T. D., Tavia, G., Curtis, G. H., Marthana, C. H., Stephen, B. H., Abraham, K. and William, J. Z. : HDL-cholesterol and other lipids in coronary heart disease. *Circulation*, **55**, 767 (1977)
 26. Tivia, G., William, P. C., Marthana, C. H., William, B. K. and Thomas, R. D. : High density lipoprotein as a protective factor against coronary heart disease. *Am. J. Med.*, **62**, 709 (1977)
 27. Fiske, C. H. and Subbarow, Y. : The colorimetric determination of phosphorus. *J. Biol. Chem.*, **66**, 375 (1925)
 28. Wells, A. F. and Ershoff, B. H. : Beneficial effect pectin in prevention of hypocholesterolemia and increase in liver cholesterol fed rats. *J. Nutr.*, **74**, 87 (1961)
 29. Kim, W. K. and Kim, S. H. : The effect of sesame oil, perilla oil and beef tallow on body lipid metabolism and immune response. *Korean J. Nutr.*, **22**, 42 (1989)
 30. Rotenberg, S. and Jakobsen, P. E. : The effect of dietary pectin on lipid composition of blood, skeletal muscle and internal organs of rats. *J. Nutr.*, **108**, 1348 (1978)
 31. Alan, C. T., Joel, E., James, T. K., Rayshiang, C. L. and John, R. K. R. : Influence of certain dietary fibers on serum and tissue cholesterol levels in rats. *J. Nutr.*, **106**, 118 (1976)
 32. Samuel, R. and Poul, E. J. : The effect of dietary pectin on lipid composition of blood, skeletal muscle and internal organs of rats. *J. Nutr.*, **108**, 1384 (1978)
 33. Chang, Y. K. and Youn, H. J. : The effect of dietary fat levels and sources of dietary fiber on serum and liver lipids of rats. *Korean J. Nutr.*, **17**, 253 (1984)

(1994년 3월 3일 접수)