

식이내 지방의 종류와 수준이 혈장 콜레스테롤 및 조직내 콜레스테롤 함량에 미치는 영향*

임 현 숙 · 김 강 화

전남대학교 자연대학 식품영양학과

Effect of Dietary Fat Sources and Levels on Plasma and Tissue Cholesterol

Lim, Hyeon Sook & Kim, Kang Hwa

Dept. of Food & Nutrition, College of Natural Science, Chonnam National University

= ABSTRACT =

The present studies were designed to compare the effects of dietary fat sources and levels on plasma and tissue cholesterol. Changes in plasma total cholesterol and HDL-cholesterol, cholesterol concentration in aortas, liver and intestines were determined in young rats fed diets providing dietary fat as corn-oil or butter and levels as 10%, 20% or 30% of calories respectively.

1) Plasma total cholesterol and HDL-cholesterol levels were little sensitive to the modification of dietary fat sources and levels.

2) Dietary cholesterol increased the levels of plasma total cholesterol and this effect was accentuated by feeding butter. But dietary cholesterol did not increase the levels of HDL-cholesterol in the butter-fed groups, but decreased in the corn-oil-fed groups.

3) Liver cholesterol concentrations were significantly higher in rats fed diets of corn-oil than those fed diets of butter. On the contrary, cholesterol concentrations of intestines were significantly higher in the butter-fed groups than the corn-oil-fed groups. However, in aortas, no significant differences were found.

서 론

혈장 콜레스테롤 수준은 식이내 여러 인자에 의해 영향을 받는다고 알려져 있으며 특히 지방의 종류와 수준 및

콜레스테롤 함량이 크게 영향받은 여러 연구에 의해 잘 밝혀져 있다¹⁾⁻⁵⁾ 지방의 경우 불포화지방산 함량이 높은 식물성지방은 혈장 콜레스테롤을 저하시키는 효과를

* 이 논문은 태평양장학문화재단 학술연구비에 의하여 연구된 것임.

접수일자 : 1984. 1. 4.

나타내며 반대로 포화지방산 함량이 높은 동물성지방은 상승효과를 나타낸다는 점에 일치하고 있다⁶⁾⁷⁾⁸⁾. 그러나 그러한 기전에 대하여는 분명히 밝혀져 있지 않아 이론이 많다. Ranajit⁹⁾는 최근 불포화지방이 나타내는 혈장 콜레스테롤의 저하기전을 첫째, 장관내에서의 콜레스테롤 흡수감소 둘째, 혈장내 콜레스테롤 pools에서 조직내 pools로의 redistribution 셋째, 내인성 콜레스테롤의 합성감소 넷째, 콜레스테롤 및 그 분해산물의 배설증대로 구분하여 논설하면서 합성감소보다는 배설증대기전으로 인한 효과를 강조하였으며 조직 pools로의 redistribution에 대하여는 분명한 의견을 제시하지 않았다. 그러나 Gerson 등¹⁰⁾은 저지방식이 corn-oil을 급여한 실험에서 혈장 콜레스테롤의 저하효과는 대변을 통한 배설량 증가도 작용하나 그 영향은 미미하고 오히려 심장, 간장, 동맥 및 소장 등 조직내 sterol 함량의 증가가 큰 영향을 끼친다고 하였다. Grundy와 Arhens¹¹⁾도 불포화지방산의 효과는 콜레스테롤의 redistribution으로서 혈장 pools을 감소시키며

조직 pools의 증대를 결과한다고 하였다. Armstrong 등¹²⁾은 원숭이를 대상으로 한 실험에서 콜레스테롤의 과량공급시 혈장 콜레스테롤이 상승되지 않은 개체에서 오히려 동맥내벽의 비후현상이 두드러졌음을 지적하였고 Zilvermit¹³⁾는 식이 콜레스테롤이 혈장 콜레스테롤에 영향하지 않고도 직접 동맥벽 조직으로 이동될 수 있음을 보고하였다. Florentin 등¹⁴⁾¹⁵⁾은 돼지에서 고콜레스테롤 식이를 단기간 투여했을 때 혈장 콜레스테롤의 상승 이전에 동맥내피세포 및 평활근세포의 분열이 증가됨을 보고하였다. 이러한 보고들은 혈장 콜레스테롤의 저하가 반드시 동맥경화성 질환의 예방과 치료에 긍정적인 관련을 갖는다는 점에 의문을 갖게 한다.

본 실험은 지방의 종류와 수준을 달리하여 이들 요인이 콜레스테롤의 무급여 시와 급여시에 혈장 콜레스테롤에 어떻게 영향하는가를 확인하였으며 또한 동맥, 간장 및 소장의 콜레스테롤 함량에 미치는 영향을 조사하였기 보고하는 바이다.

Table 1. Composition of experimental diet (g/100g diet)

Treatment Ingredient	C10	C20	C30	B10	B20	B30
Casein	18.8	20.0	21.2	18.8	20.0	21.2
DL-methionine	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Maize starch	66.6	60.7	53.9	66.4	60.7	54.0
α -cellulose powder	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Corn-oil	4.3	9.0	14.5	—	—	—
Butter	—	—	—	4.3	9.0	14.5
Mineral mixture	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Vitamin mixture	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Choline chloride	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
DL- α -Tocopherol	0.02	0.04	0.13	—	—	—
Total calorie(Kcal)	381.5	405.0	433.3	381.5	405.0	432.5
Protein (% calorie)	20	20	20	20	20	20
Fat (% calorie)	10	20	30	10	20	30
Carbohydrate (% calorie)	70	60	50	70	60	50

* The mineral mixture based on the pattern of Rogers and Harper contained the following (g/100g mixture): CaCO_3 29.29, $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.43, KH_2PO_4 34.31, NaCl 25.06, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 9.98, Ferric citrate hexahydrate 0.623, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.156, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0.121, ZnCl_2 0.02, KI 0.0005, $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0.0025.

** 100g of Vitamin mixture contained the following: Vitamin A acetate 50,000IU, Vitamin D₃ 10,000IU, Vitamin E acetate 500mg, Vitamin K₃ 500mg, Thiamin HCl 120mg, Riboflavin 400mg, Pyridoxine HCl 800mg, Cyanocobalamin 0.05mg, Ascorbic acid 3,000mg, D-biotin 2mg, Folic acid 20mg, Calcium pantothenate 500mg, PABA 500mg, Niacin 600mg, Inositol 600mg, Choline chloride 20,000mg.

연구재료 및 방법

실험동물 및 실험식이 :

실험동물은 생후 3 주된 Sprague-Dawley 종 (수컷) 42마리를 고행사로 (제일사로 주식회사)로 10일간 적응시킨 후 동물의 체중에 따라 난퍼법으로 6군으로 나누어 4주간 ad libitum으로 사육하였다. 사육실의 온도는 $24 \pm 1^\circ\text{C}$ 로, 명암은 12시간 명암주기로 조절하였고 individual cages를 사용하였다. 체중 및 식이섭취량은 1주일에 한번 측정하였다.

여섯가지 실험식은 지방의 종류와 수준에 따라 구분하였고 단백질은 총 caloric의 20%로 같게 하였으며 당질은 각 식이의 지방량의 차이를 보충하도록 조절하였다. Table 1과 같이 지방은 corn-oil과 butter를 사용하였으며 지방의 수준을 총 caloric의 10%, 20% 및 30%로 하여 corn-oil의 3가지 수준 즉 C10, C20 및 C30과 butter의 3가지 수준 즉 B10, B20 및 B30으로 구분하였다. Corn-oil군은 불포화지방산의 산화를 방지하기 위하여 불포화지방산 1 gm당 4mg의 DL- α -tocopherol을 첨가해 주었다.

실험기간은 Fig. 1과 같이 10일간의 적응기간 후 4주간 실험식을 급여하였으며 3째, 4째주에는 실험식에 0.5%의 콜레스테롤을 첨가하여 주었다.

Sampling 및 분석방법:

Blood Sampling은 0 주, 2주 및 4주째에 실시하였다. 16시간 절식시키고 ether로 가볍게 마취시킨 상태에서 heart puncture method로 0.5~1.0 ml씩 채혈하여 EDTA로 처리한 원심관에 담고 3,000 rpm에서 15분간 원심분리시켜 혈장을 얻었다.

Tissue sampling은 4주째에 실시하였다. Ether 마

취 후에 heart puncture로 채혈하고 죽인 후 동맥(대동맥, 대동맥 및 복강동맥 부위), 간장 및 소장을 적출하였다. 즉시 생리식염수에 헹구고 여과지에 blotting한 후 wet weight을 측정하였고 freeze-dryer에서 건조시켜 dry weight을 구하였다.

혈장 총 콜레스테롤의 정량은 cholesterol-esterase cholesterol-oxidase 및 peroxidase를 이용한 효소법¹⁶⁾¹⁷⁾ (T-choles · 5 kit, International Reagents Corp, Japan)을 이용하여 측정하였고 HDL-콜레스테롤의 정량¹⁸⁾¹⁹⁾은 phosphotungstate를 이용하여 혈장의 pH를 apo-protein B의 등전점인 pH~5.7까지 저하시켜 LDL과 VLDL을 침전시키고, 이를 원심분리하여 상등액에 남아있는 HDL분획의 콜레스테롤 함량을 총 콜레스테롤 정량법과 동일한 효소법(HDL-Choles kit, 상동)을 이용하여 측정하였다. Spectrophotometer는 UV-200S(Shimadzu Co., Japan)를 사용하였다.

동맥, 간장 및 소장의 콜레스테롤 함량은 Robert와 Donaldson²⁰⁾의 방법으로 지방을 추출하여 혈장 총 콜레스테롤의 정량과 동일한 방법으로 측정하였다.

결과 및 고찰

증체량, 식이섭취량 및 식이효율:

각 군 모두 실험식에 잘 적응하였으며 실험 종료시 모두 양호한 상태였다. 실험개시 체중, 종료시 체중 증체량, 식이섭취량 및 식이효율은 Table 2와 같다.

체중증가는 식이의 에너지수준에 비례하는 경향을 나타내었으며 고지방식이로 에너지수준이 가장 높은 C30 및 B30군이 가장 높았다. 본 실험식이의 단백질 함량은 총 caloric의 20%로서 정상적인 성장에 충분한 수

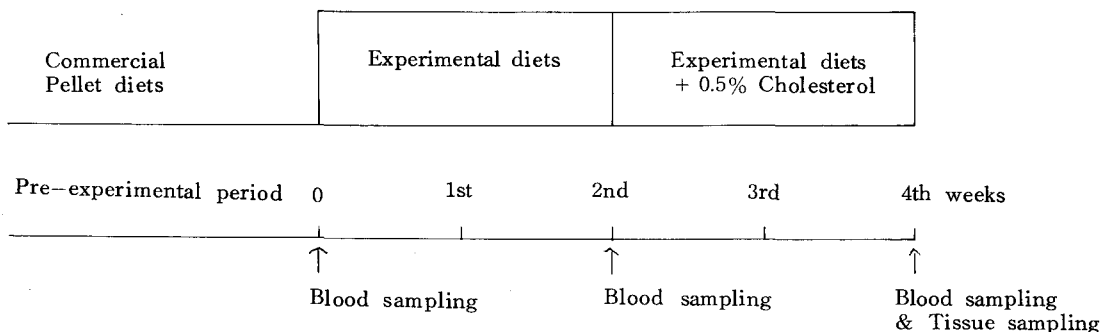


Fig. 1. The design of experiment.

Table 2. Performance data of rats fed different sources and levels of dietary fat

Dietary regimen Items	C10	C20	C30	B10	B20	B30	P value (All Cs Vs All Bs)
Initial body wt. (g)	96.2± 9.0 ⁺	99.0± 4.8	96.8± 5.8	93.7± 8.5	92.5± 7.2	92.4± 6.9	N.S.
Final body wt. (g)	275.5±17.1	281.1±15.7 [*]	282.0±15.3 ^b	256.4±26.1 ^a	258.6±17.4 ^a	283.5±13.8 ^b	p < 0.05
Weight gain (g/4 weeks)	179.3± 9.6	182.1±16.5	185.2±13.0 ^b	162.8±19.1 ^{Aa}	166.1±14.4 ^{Aa}	191.1± 9.8 ^B	N.S.
Feed intake (g/4 weeks)	460.3±24.2 ^b	436.6±29.4	416.9±22.1 ^a	478.0±46.2 ^b	426.2±24.6 ^a	456.8±14.3 ^b	N.S.
FER (weight gain/100Kcal)	10.2± 0.6 ^{Cb}	10.3± 0.5 ^c	10.3± 0.3 ^c	8.9± 0.2 ^A	9.6± 0.8 ^{Ba}	9.7± 0.3 ^B	p < 0.01

+ Mean ± S.D.

* Within the same horizontal row with different subscript letters represent significant difference.

Large subscript : significant at P < 0.01 and small subscript : significant at P < 0.05.

N.S. : Not significant.

FER : Feed Efficiency Ratio.

준이었으며 이러한 단백질 수준에서는 체중증가가 식이의 에너지 수준에 비례한다는 Edozien 등²¹⁾의 보고와 일치하는 결과라고 사려된다. 유의차는 보이지 않았으나 corn-oil군의 체중증가가 butter군보다 양호한 경향을 나타내었다.

식이 섭취량은 식이의 에너지 수준에 반비례하는 경향을 나타내었으며 저지방 식이로 에너지 수준이 가장 낮은 C10 및 B10군의 식이 섭취량이 가장 많았다. 식이의 에너지수준이 3,600kcal/kg 이상일 때 식이 섭취량은 에너지 수준에 반비례한다는 Chang²²⁾의 보고와 일치하는 결과라고 사려된다. 유의차는 보이지 않았으나 butter군의 식이섭취량이 corn-oil군보다 양호한 경향을 나타내었다. B30군의 체중증가나 식이 섭취량이 유의하게 높은 것은 주목할 만하다.

식이효율은 corn-oil 군이 butter군보다 유의성있게 (p < 0.01) 높았다. Corn-oil군은 식이내 지방수준에 따른 변화를 나타내지 않았으나 butter군은 B10군에 비하여 B20과 B30군의 식이효율이 높았다.

혈장 콜레스테롤 함량.

혈장콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 및 양자 간의 비(HDL-C/T-C)는 Table 3과 같다.

실험개시 시의 혈장 총콜레스테롤 농도는 평균 73.2±6.9mg%로서 실험군간에 유의차가 없었으며 HDL-콜레스테롤 농도는 평균 49.1±7.9mg%로서 역시 실험군 간에 유의차가 없었고 따라서 HDL-C/T-C 비율도 실험군간에 유의차가 없었으며 평균 0.67±0.08 이었다.

지방의 종류와 수준을 달리한 실험식이를 2주간 급여한 결과, 혈장 총콜레스테롤 농도는 모든 실험군에서

실험개시 시보다 현저하게 증가하여 평균 88.0±9.0mg%를 나타내었다. 특히 C30, B30과 B20군 (이상 p < 0.01 수준) 및 C20군(p < 0.05 수준)에서는 유의성있게 증가하였다. 식이의 지방함량이 높을수록 높은 경향을 보이기는 하였으나 실험군 간에 유의차는 나타나지 않았으며 corn-oil군과 butter군 간에도 유의차를 보이지 않았다. 따라서 본 연구에서는 식이의 지방량이나 지방의 종류가 혈청 총콜레스테롤 농도에 크게 영향하지 않았다. 지방의 종류가 영향하지 않은 점은 William 등⁴⁾이 인체를 대상으로 한 실험에서 corn-oil의 급여가 혈장 콜레스테롤 저하 효과를 보였다는 보고나 Ramesha 등⁶⁾이 흰쥐에서 safflower oil은 cholic acids의 배설을 증가시켜 혈장 콜레스테롤 농도를 낮추었다는 보고와는 일치하지 않으나 Park²³⁾이 흰쥐를 대상으로 한 실험에서 저지방식이의 경우 P/S ratio는 혈장 콜레스테롤에 영향하지 않았으며 중지방 식이와 고지방식이의 경우도 유의차를 나타내지 않았다는 보고나 Abby 등²⁴⁾이 원숭이에서 지방 단독으로는 혈장 콜레스테롤 농도에 영향하지 않는다는 보고 또는 Lilla 등²⁵⁾이 흰쥐에게 lard와 cottonseed-oil을 급여한 결과 실험 12주까지는 유의차가 없었고 24주에 cottonseed-oil의 혈장 콜레스테롤 저하효과가 나타났다는 보고와는 일치하였다. 본 실험결과 지방의 종류가 혈장 콜레스테롤 농도에 독립적으로 영향하는 정도는 미미하였다. 한편 식이의 지방함량이 혈장 콜레스테롤 농도에 영향하지 않는 점은 Klein²⁶⁾, Russel 등²⁷⁾ 및 Park²³⁾의 보고와 일치하였다.

혈장 HDL-콜레스테롤 농도는 총콜레스테롤과 같은 경향을 나타내었다. 즉 모든 실험군에서 실험 개시

Table 3. The concentration of cholesterol and HDL-cholesterol of plasma varying in sources and levels of dietary fat

period	Items	Dietary regimen						P value (All Cs vs All Bs)
		C10	C20	C30	B10	B20	B30	
Initial	Total-cholesterol	^{A*} 74.3±6.1 ⁺	^{Aa} 72.6± 8.3	^A 74.3± 6.5	^{Aa} 72.6±6.2	^A 72.0±6.8	^A 73.4±7.7	N.S.
	HDL-cholesterol	^A 51.0±8.9	47.5± 8.4	47.9± 4.0	^a 47.9±4.9	^a 47.5±12.6	54.5±8.6	N.S.
	HDL-C/T-C	^B 0.68±0.09	^B 0.65± 0.05	^B 0.65± 0.06	^b 0.67±0.06	0.65±0.12	^B 0.75±0.09	N.S.
2nd week	Total-cholesterol	^A 85.4±5.0	^b 86.3± 8.9	^B 95.9±12.7	^{Ab} 84.2±9.6	^{Ba} 89.4±11.7	^{AB} 86.9±6.0	N.S.
	HDL-cholesterol	^B 64.7±5.5	53.9±13.1	58.1±11.6	^b 59.7±8.4	^b 67.8±13.0	59.3±7.2	N.S.
	HDL-C/T-C	^B 0.76±0.06 ^B	^B 0.62± 0.09 ^{A*}	^B 0.61± 0.06 ^{A*}	^b 0.72±0.13	0.73±0.08 ^b	^B 0.68±0.09	N.S.
4th week	Total-cholesterol	^B 102.8±9.0 ^a	^{Bc} 107.0±21.0	^{Bc} 125.0±17.7 ^b	^B 128.8±31.3 ^{Bb}	^{Bc} 119.9±15.2	^{Bc} 121.2±20.3	N.S.
	HDL-cholesterol	^A 41.2±5.5 ^a	47.4± 4.5 ^a	50.7± 6.9	^b 69.2±18.2 ^b	64.6±20.0 ^b	59.7±12.2 ^b	P < 0.01
	HDL-C/T-C	^A 0.40±0.05	^A 0.45± 0.07	^A 0.42± 0.07	^a 0.52±0.12	0.59±0.17	^A 0.51±0.10	P < 0.01

+ Mean ± S.D.

* Within the same column with different subscript letters (marked upper left site) represent significant difference. Large subscripts: significant at P < 0.01 and small subscripts: significant at P < 0.05.

** Within the same horizontal row with different subscripts letters (marked upper right site) represent significant difference. Large subscript: significant at P < 0.01 and small subscripts: significant at P < 0.05.

N.S.: Not significant.

시보다 현저하게 증가하여 평균 60.0±9.8mg%를 나타내었다. 특히 C10군(p<0.01 수준) 및 B10과 B20군(p<0.05 수준)에서는 유의성있게 증가하였다. 그러나 각 실험군 간에 또한 corn-oil과 butter군 간에 유의차는 없었다. 따라서 HDL-콜레스테롤 농도역시 식이내 지방의 종류와 양에 의한 영향이 없었다.

HDL-C/T-C 비율은 평균 0.69±0.09로서 혈장 총콜레스테롤의 증가율과 HDL-콜레스테롤의 증가율이 근사하였기 때문에 실험개시 시와 근사하였다. 그러나 corn-oil 군의 경우 지방함량이 낮은 C10군의 HDL-C/T-C 비율이 유의하게 높았다. Butter군에서는 일관성있는 결과를 보이지 않았으나 저지방식이의 경우 HDL분획이 증가되는 것이 아닌가 추측된다.

실험 2주 시의 혈장 총콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤 농도의 증가는 조사료 (stock diet)를 정제 사료 (semisynthetic diet)로 대체한 결과라고 생각된다. Joanne과 Zilversmit²⁸⁾는 조사료를 급여받은 흰쥐는 정제사료 군에 비하여 혈장 콜레스테롤 농도가 낮았다고 하였으며 Hevia 등²⁹⁾은 식이내 casein 함량의 증가는 혈장 콜레스테롤 농도를 증가시킨다고 보고하였는 바 본 실험결과와는 이와 일치하였다.

6 가지의 실험식이에 0.5%의 콜레스테롤을 첨가하여 2주간 급여한 결과, 혈장 총콜레스테롤 농도는 실험2

주 시에 비하여 모든 실험군에서 유의하게 상승하였다 (C30, C10, B30과 B10군은 p < 0.01 수준, C20과 B20군은 p < 0.05 수준) 유의차는 나타나지 않았으나 butter군의 혈장 총콜레스테롤 농도가 높은 경향을 보였다. C30군이 C10군에 비하여 유의하게 (p < 0.05 수준) 높았으나 각 실험군 간에 식이의 지방함량에 따른 일관된 경향을 나타내지는 않았다. Mathe와 Chevallier⁵⁾는 식이에 0.5%의 콜레스테롤 첨가는 어떤 실험조건을 막론하고 혈장 콜레스테롤 농도를 상승시켰다고 하였으며 Robert와 Donaldson²⁰⁾은 일본산 메추라기에서 식이에 1%의 콜레스테롤을 첨가로 혈장콜레스테롤이 6.7배 상승하였음을 보고하였는 바 본 실험결과도 이와 일치하여 식이 콜레스테롤이 모든 실험군에서 혈장 총콜레스테롤 농도를 상승시키는 효과를 나타내었다. 한편 Bronsgeest-Shoute 등³⁰⁾은 식이 콜레스테롤의 혈장 콜레스테롤 상승효과는 식이내 지방의 종류에 의존적이며 포화지방산이 그 영향을 더욱 증대시킨다고 하였고 Sugiura와 Nozaki³¹⁾는 식이에 butter와 콜레스테롤 함량이 높은 경우 흰쥐의 혈장 콜레스테롤 농도를 유의하게 높혔다고 보고하였으나 본 실험에서는 지방의 종류와 수준에 따른 뚜렷한 경향이 나타나지 않았다.

혈장 HDL-콜레스테롤 양은 총콜레스테롤과는 다른

Table 4. The concentration of cholesterol of aortas, liver and intestines varying in sources and levels of dietary fat in 0.5% cholesterol fed rats

Items	Dietary regimen	(mg/g of dry wt.)						P value (All Cs vs All Bs)
		C10	C20	C30	B10	B20	B30	
Aortas		0.79±0.23 ⁺	0.70±0.34	0.63±0.24 ^{A*}	0.69±0.41	0.60±0.54	0.82±0.46 ^B	N.S.
Liver		52.1±11.7 ^A	68.4±9.7 ^B	62.9±3.9 ^B	43.8±8.3 ^A	48.0±8.6 ^A	48.5±7.5 ^A	P < 0.05
Intestines		10.8±1.4 ^A	12.6±2.4	12.6±2.4	14.1±1.3 ^B	13.1±2.6	14.4±2.0 ^B	P < 0.01

+ Mean±S.D.

* Within the same horizontal row with different subscripts letters represent significant difference.

Large subscript: significant at P < 0.01 and small subscripts: significant at P < 0.05.

N.S.:Not significant.

경향을 나타내었다. 즉 실험 2주시에 비하여 butter 군은 변화가 없었으며 corn-oil 군은 저하하여 양군간에 유의차를 나타내었다($p < 0.05$ 수준). 혈장 총콜레스테롤 농도는 상승되었으므로 HDL-C/T-C 비율은 corn-oil 군과 butter 군 모두 저하하였으며 corn-oil 군의 저하율이 더욱 커서 양군 간에 유의차를 나타내었다($p < 0.01$ 수준). 따라서 본 실험에서는 식이 콜레스테롤이 HDL-콜레스테롤 양을 감소시켰으며 지방의 수준에 따른 변화는 나타나지 않았으나 지방의 종류에 따른 변화를 보였다. 이는 식이 콜레스테롤이 HDL을 감소시켰다는 Mahley와 Holcombe의 보고나 고지방, 고콜레스테롤 식이가 LDL을 증가시켰다는 Rudel 등³⁹⁾의 보고와 일치된다. 그러나 Thompson 등³⁴⁾과 Chait 등³⁵⁾은 불포화지방 식이에 의해 HDL-콜레스테롤 양이 증가하였다고 보고하였는 바 본 실험 결과와는 일치하지 않았다. 그러나 Park²⁹⁾은 P/S ratio가 4.0인 식이를 섭취한 흰쥐의 HDL-콜레스테롤 양이 P/S ratio가 0.2인 식이를 섭취한 군에 비하여 감소했다고 하였으며 식이의 지방량에 의한 영향은 없었다고 하였고 shepherd 등³⁶⁾은 불포화지방의 섭취가 인체의 혈장 콜레스테롤 농도를 저하시켰으며 이는 VLDL, LDL 및 HDL-콜레스테롤 양이 모두 감소한 결과라고 하였고 특히 HDL-콜레스테롤 양은 20%나 감소되었다고 하였으며 Parks와 Rudel³⁷⁾도 원숭이에 safflower-oil을 섭취시킨 경우 butter의 섭취에 비하여 혈장 콜레스테롤 농도가 유의하게 저하된 것은 HDL 분획이 감소된 결과라고 하였다. 따라서 본 실험 결과만으로도 corn-oil이 butter에 비하여 HDL-콜레스테롤을 크게 감소시킨 기전을 설명하기 어려우나 corn-oil이 조직내 콜레스테롤 함량을 증가시켰다는 Gerson 등¹⁰⁾의 보고로 미루어 HDL 분획의 감소가 조직의 콜레스테롤 함량을 높혀 내인성 콜레스테롤의 합성을 저해하는 fe-

ed back mechanism과 관련되는 것이 아닌가 추측된다. 앞으로 각 지단백분획의 콜레스테롤 양의 변화와 함께 지단백분획의 증감도 동시에 고려되어야 할 것으로 생각된다.

조직의 콜레스테롤 함량 :

실험 4주 시의 동맥, 간장 및 소장내 콜레스테롤 함량은 Table 4와 같다.

동맥의 콜레스테롤 함량은 corn-oil 군과 butter 군 간에 유의차를 보이지 않았다. 식이내 지방수준에 따른 일관된 경향도 나타나지 않았으나 C30 군의 함량이 가장 낮았고, B30 군이 가장 높아 C30 과 B30 군 간에 유의차를 나타내었다.

간장의 콜레스테롤 함량은 corn-oil 군이 butter 군에 비하여 유의하게($p < 0.05$ 수준) 높았다. 식이의 지방수준에 따른 영향은 뚜렷하게 나타나지 않았으나 단지 corn-oil 군에서 C10 군이 C20 과 C30 군에 비하여 현저하게($p < 0.01$ 수준) 낮았다. 그러나 butter 군에서는 아무런 차이도 보이지 않았다.

소장의 콜레스테롤 함량은 간장과는 달리 butter 군이 corn-oil 군에 비하여 유의하게($p < 0.01$ 수준) 높았다. 식이내 지방수준에 따른 영향은 나타나지 않았으나 C10 군이 현저하게 낮았다.

본 연구에서는 실험 2주시에 조직내 콜레스테롤 함량이 측정되지 않아 식이 콜레스테롤에 의한 영향과 식이내 지방의 종류와 수준에 의한 영향을 구분하기 어려우나 Mathe와 Chevallier⁵⁾는 흰쥐에 0.2~0.5%의 콜레스테롤 급여는 주로 간장에 콜레스테롤의 축적을 가져왔다는 보고와 일치되며 그 함량도 근사하였다. Gerson 등¹⁰⁾이 보고한 콜레스테롤 무첨가식이를 급여 받은 흰쥐의 간장내 콜레스테롤 함량과 비교할 때 약 15 배의 증가를 보였다. Robert와 Donaldson²⁰⁾도 일

본산 메추라기에서 1%의 콜레스테롤 급여는 간장의 콜레스테롤 함량을 14.4배 증가시켰다고 하였다. 소장의 콜레스테롤 함량은 Gerson 등¹⁰⁾이 보고한 수치와 비교할 때 약 2배 증가하였으며 동맥의 콜레스테롤 함량은 오히려 낮았다. Robert와 Donaldson²⁰⁾은 메추라기에 1%의 식이 콜레스테롤을 10주간 급여하여 동맥에 중등 정도의 지방축적이 일어났다고 하였고 Sugiura와 Nozaki³¹⁾는 5%의 식이 콜레스테롤을 흰쥐에 5개월간 급여하여 동맥 내막의 비후현상을 발견하였다는 보고로 미루어 본 실험결과 동맥의 콜레스테롤 함량이 증가되지 않은 점은 간장이나 소장 에 비하여 콜레스테롤의 축적효과가 서서히 나타나는 것이 아닌가 생각된다. 식이 콜레스테롤에 의하여 간장 및 소장 에 콜레스테롤의 함량이 증가하는 현상은 콜레스테롤의 catabolism이 섭취량의 증대를 따르지 못하여 혈장 콜레스테롤의 증가와 함께 조직의 콜레스테롤 함량도 증가되는 것이 아닌가 사려되며 한편 흰쥐의 경우 간장과 소장이 내인성 콜레스테롤의 주요한 합성부위임을 생각할 때 이의 합성을 저해하는 feedback mechanism의 일환으로도 사려된다. 그러나 본 실험결과 간장의 콜레스테롤 함량은 corn-oil에서 더욱 증가되었고, 소장은 butter군에서 더욱 증가되었는 바 이의 원인은 본 실험결과 만으로는 분별이 어려우며 다른 여러 조직의 콜레스테롤 함량이나 체내 총량에 대한 자료가 요망된다.

결 론

식이내 지방을 corn-oil과 butter로 구분하고 지방량을 식이 총 calorie의 10%, 20% 및 30%의 3수준으로 변화시켜 2주간 급여하고, 그후 식이에 0.5%의 콜레스테롤을 첨가하여 2주간 급여하여 혈장 총콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤 양과 동맥, 간장 및 소장의 콜레스테롤 양에 미치는 영향을 검토하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 지방의 종류와 수준을 달리한 실험식을 2주간 급여한 결과, 조사료 섭취 시에 비하여 혈장 총콜레스테롤 양은 모든 실험군에서 유의하게 증가하였다. Corn-oil군과 butter군 간에 차이가 없었으며, 식이내 지방수준이 높을수록 높은 경향을 보였으나 유의성있는 차이는 아니었다. HDL-콜레스테롤 양도 모든 실험군에서 유의하게 증가하였으며 지방의 종류와 수준에 따른 차이는 나타나지 않았다. HDL-C/T-C 비율은 총콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤 양이 같은 비율로 증가하여 변화를 보이지 않았다. 따라서 식이내 지방의

종류와 수준은 혈장 총콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤 양에 영향을 미치는 정도가 미미하며 이들의 증가는 조사료를 정제사료로 대체한 결과라고 사려된다.

2) 식이에 0.5%의 콜레스테롤을 첨가하여 급여한 결과, 콜레스테롤 무첨가식이의 섭취 시에 비하여 혈장 총콜레스테롤 양은 모든 실험군에서 유의성있게 증가하였다. Butter군이 corn-oil군에 비하여 높은 경향을 보였으나 유의한 차이는 아니었고, 식이내 지방수준에 따른 영향은 뚜렷하게 나타나지 않았으나 corn-oil군에서는 지방수준이 낮을수록 낮은 경향을 보였다. HDL-콜레스테롤 양은 혈장 총콜레스테롤 양이 모든 실험군에서 증가한 것과는 달리 butter군에서는 변화가 없었고, corn-oil군에서는 오히려 감소하였다. 즉 지방의 종류에 따른 영향이 유의성있게 나타났으며 따라서 HDL-C/T-C 비율도 유의한 차이를 보였다. 식이내 지방수준에 따른 영향은 뚜렷하게 나타나지 않았으나 corn-oil군에서는 지방수준이 낮을수록 낮은 경향을 나타내었다. 따라서 식이 콜레스테롤은 혈장 총콜레스테롤 양을 증가시키며 butter급여 시 그 효과가 증대되는 경향을 보였고, 반면 HDL-콜레스테롤 양을 증가시키지는 않으며 오히려 corn-oil급여 시 감소효과를 나타내는 것으로 사려된다.

3) 식이에 0.5%의 콜레스테롤을 첨가하여 급여한 결과 동맥의 콜레스테롤 양은 지방의 종류나 수준에 따른 차이를 보이지 않았다. 간장의 콜레스테롤 양은 corn-oil군이 butter군에 비하여 유의하게 높았고 식이내 지방수준에 따른 영향은 보이지 않았으나 corn-oil군, butter군 모두 저지방군의 함량이 가장 낮았다. 한편, 소장의 콜레스테롤 양은 간장과는 달리 butter군이 corn-oil군에 비하여 유의성있게 높았다. 식이내 지방수준에 따른 영향은 보이지 않았으나 corn-oil군 중 저지방군의 함량이 가장 낮았다. 콜레스테롤 무첨가 식이를 급여한 타문헌과 비교할 때 간장에는 약 15배, 소장에는 약 2배의 콜레스테롤이 축적되었다.

REFERENCES

- 1) Bortz, W.M. : *The pathogenesis of hypercholesterolemia. Ann. Internal Med.* 80: 738-745, 1974.
- 2) Scott, M.G. : *Dietary fats and sterols. In: Nutrition, lipids and coronary heart disease, edited by R. Levy, B. Rifkind, B. Dennis & N. Erust.* 89-118. Raven Press. New York. 1979.
- 3) Mahley, R.W. : *Dietary fat, cholesterol and acce*

- larated atherosclerosis. In: *Atherosclerosis Review* vol. 5. edited by R.Paoletti and A.Gotts. 1-34. Raven Press. New York. 1979.
- 4) William, E.C., Donald, T.W., Daniel, B.S. & Mark, L.A. : *Cholesterol balance and fecal neutral steroid and bile acid excretion in normal men fed dietary fats on different fatty acid composition.* *J. Clin. Invest.* 48: 1363-1375, 1969.
 - 5) Mathe, D. & Chevallier, F. : *Effect of dietary cholesterol on the dynamic equilibrium of cholesterol in rats.* *J. Nutr.* 109: 2076-2084, 1979.
 - 6) Ramesha, C.S., Paul, R. & Ganguly, J. : *Effect of dietary unsaturated oils on the biosynthesis of cholesterol and on biliary and fecal excretion of cholesterol and bile acids in rats.* *J. Nutr.* 110: 2149-2158, 1980.
 - 7) Bochnek, W. & Rodges, J.B. : *Effect of saturated and unsaturated fats given with and without dietary cholesterol on hepatic cholesterol synthesis and hepatic lipid metabolism.* *Biochem. Biophys. Acta.* 528: 1-16, 1978.
 - 8) Meng, H.T., Mary, A.D., John, J.A., Richard, J.H., Marian, C.C. & Jean-Louis, J. : *The effects of a high cholesterol and saturated fat diet on serum high-density lipoprotein-cholesterol, apoprotein A-1 and apoprotein E levels in normolipidemic humans.* *Am. J. Clin. Nutr.* 33: 2559-2565, 1980.
 - 9) Ranazit, P., Ramesha, C.S. & Ganguly : *On the mechanism of hypocholesterolemic effects of polyunsaturated lipids.* *Advances in Lipid Research.* 17: 155-171, 1980.
 - 10) Gerson, T., Shorland, F.B. & Yvonne, A. : *The effects of corn oil on the amounts of cholesterol and the excretion of sterol in the rat.* *Biochem. J.* 81: 584-591, 1961.
 - 11) Grundy, S.M. & Ahnens, E.H. : *The effect of unsaturated dietary fats on absorption, excretion, synthesis and distribution of cholesterol in man.* *J. Clin. Invest.* 49: 1135-1142, 1970.
 - 12) Armstrong, M.L., Megan, M.B. & Warner, E.D. : *Intimal thickening in normocholesterolemic Rhesus Monkeys fed low supplement of dietary cholesterol.* *Circ. Res.* 34: 447-454, 1974.
 - 13) Zilvermit, D. : *Atherogenesis a postprandial phenomenon.* *Circ. Res.* 34: 447-454, 1974.
 - 14) Florentin, R.A., Nam, S.C., Lee, K.J. & Thomas, W.A. : *Increased mitotic activity in aortas of swine. After three days of cholesterol feeding.* *Arch. Pathol.* 88: 463-471, 1969.
 - 15) Florentin, R.A., Nam, S.C., Lee, K.J. and Thomas, W.A. ; *Increased ³H-Thymin incorporation into endothelial cells of swine fed Cholesterol for 3days.* *Exptl. Mole. Pathol.* 10: 250-258, 1969.
 - 16) Charles, C.A., Lucy, S.P., Cicely, S.G.C., Richmond, W. & Paul, C. Fu. : *Enzymatic determination of total serum cholesterol.* *Clin. Chem.* 20 (4): 470-475, 1974.
 - 17) 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(12): 1350-1356, 1973.
 - 18) William, P.C., Joseph, T.D., Tavia, G., Curtis, G.H., Marthana, C.H., Stephen, B.H., Abraham, K. & William, J.Z. : *HDL cholesterol and other lipids in coronary heart disease.* *Circulation.* 55: 767-772, 1977.
 - 19) Tivia, G., Willam, P.C., Marthana, C.H., Willam, B.K. & Thomas, R.D. : *High density lipoprotein as a protective factor against coronary heart disease.* *Am. J. Med.* 62: 709-714, 1977.
 - 20) Robert, B.M. & Donaldson, W.E. : *Rapid accumulation of cholesterol in serum, liver and aorta of Japanese Quail.* *Poultry Sci.* 56: 2003-2008, 1977.
 - 21) Edozien, S.C. and Switzer, B.D. : *Effect of dietary protein, fat and energy on blood hemoglobin and hematocrit in the rat.* *J. Nutr.* 107: 1016-1021, 1977.
 - 22) Chang, Y.K. : *Effect of dietary protein and energy on the growth and body composition of growing rat. A thesis of ph. D. Unpublished, Graduated school, Seoul National University,* 20-23, 1981.
 - 23) Park, H.S. : *Effects of dietary fat level and P/S ratio on HDL-cholesterol, total cholesterol,*

- ol and triglyceride in plasma and selected tissues of rats. Korean. J. Nutr. 16:200-208, 1983.*
- 24) Abby, G.E., Robert, J.N. & Hayes, K.C.: *Separation of dietary fat and cholesterol influences on plasma lipoprotein of Rhesus Monkeys. Am. J. Clin. Nutr. 34:830-840, 1981.*
- 25) Lilla, A., Harry, J.D. & Roslyn, B.A.: *The comparative effects of cottonseed oil and lard on cholesterol levels in the tissues of rats. Arch. Biochem. Biophys. 55:129-142, 1977.*
- 26) Klein, P.D.: *Dietary fat and plasma cholesterol. Am. J. Clin. Nutr. 8:104-111, 1960.*
- 27) Russel, P.T., Scott, J.C. & Van Bruggen, J.T.: *Effects on dietary fat on cholesterol metabolism in the diabetic rat. J. Nutr. 76:460-466, 1962.*
- 28) Joanne, B. & Zilversmit, D.B.: *Effects of dietary roughage on cholesterol absorption, cholesterol turnover and steroid excretion in the rat. J. Nutr. 104:1319-1328, 1974.*
- 29) Hevia, P., Kari, F.W., Ulman, E.A. & Visek, W.J.: *Serum and liver lipids in growing rats fed casein with L-lysine. J. Nutr. 110:1224-1230, 1980.*
- 30) Bronsgeest-Schoute, D.C., Joseph, G.A., Hautrast, J. & Hermus, J.J.: *Dependence of the effects of dietary cholesterol and experimental conditions on serum lipids in man. II. Effect of dietary cholesterol in a linoleic acid-poor diet. Am. J. Clin. Nutr. 32:2188-2192, 1979.*
- 31) Sugiura, Y. & Nozaki, Y.: *Electron microscope observation on the aortic tunica intima in rats fed high-cholesterol diet. J. Jap. Soc. Nutr. Food Sci. 35(4):265-274, 1982.*
- 32) Mahley, R.W. & Holcombe, K.S.: *Alterations of the plasma lipoproteins and apoproteins following cholesterol feeding in the rat. J. Lipid. Res. 18:314-320, 1977.*
- 33) Rudel, L.L., Pitis, L.L. & Nelson, C.A.: *Characterization of plasma low density lipoprotein of nonhuman primates fed dietary cholesterol. J. Lipid. Res. 18:211-219, 1977.*
- 34) Thomson, G.R., Segura, R., Hoff, H. & Gotto, A.M.: *Contrasting effects on plasma lipoproteins of intravenous versus oral administration of a triglyceride-phospholipid emulsion. Eur. J. Clin. Invest. 5:373-378, 1975.*
- 35) Chait, A., Onitiri, A., Nicoll, A., Rabaya, E., Davis, J. & Lewis, B.: *Reduction of serum triglyceride levels by polyunsaturated fat. Studies on the mode of action and on very low density lipoprotein composition. Atherosclerosis. 20:347-364, 1974.*
- 36) Shepherd, J., Packard, C.J., Palsch, J.R., Gotto, A.M. & Taunton, O.D.: *Effect of dietary polyunsaturated and saturated fat on the properties of high density lipoprotein and the metabolism of apolipoprotein A-I. J. Clin. Invest. 61:1582-1592, 1978.*
- 37) Parks, J.S. & Rudel, L.L.: *Different kinetic fates of apolipoproteins A-I and A-II from lymph chylomicra of nonhuman primates. Effect of saturated versus polyunsaturated dietary fat. J. Lipid. Res. 23:410-421, 1982.*