

식이지방의 종류와 수준이 흰쥐의 Lecithin : Cholesterol Acyltransferase 활성 및 콜레스테롤대사에 미치는 영향

이재준 · 한인규 · 최윤재 · 강정선 · 장영상*

서울대학교 농업생명과학대학
(주) 농심 기술개발연구소*

Effects of Dietary Lipid Sources and Levels on Lecithin : Cholesterol Acyltransferase Activity and Cholesterol Metabolism in Rats

Lee, Jae Joon · Han, In Kyu · Choi, Yun Jaie
Kang, Jung Sun · Chang, Young Sang*

College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul, Korea
Nong Shim Technology Development Institute,* Seoul, Korea

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the effects of different sources and levels of dietary lipid on lecithin : cholesterol acyltransferase activity and cholesterol metabolism in male rats of Sprague-Dawley strain. The effects of different lipid sources was compared with sardine oil($\omega 3$ EPA and DHA), beef tallow(SFA), perilla oil($\omega 3$ linolenic acid) and corn oil($\omega 6$ linoleic acid). Diets were formulated in such a way that 10%, 20% and 40% dietary energy were supplied with each of four experimental lipid sources. Control diet contained only non lipid energy. A total number of 78 rats, equally divided into 13 groups, were fed the experimental diets for a period of 6 weeks. *In vitro* cultures were also carried out to study the cholesterol synthetic activity in the liver prepared from rats used in feeding trials.

The concentration of plasma total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol and HDL-C/T-C(total cholesterol) ratio were significantly($p < 0.001$) influenced by dietary lipid sources. Higher HDL-cholesterol and lower LDL-cholesterol concentration in plasma were obtained in rats fed $\omega 3$ fatty acid supplemented diets(sardine oil and perilla oil group) compared to diets containing $\omega 6$ and saturated fatty acid(corn oil and beef tallow group). In total cholesterol concentration of plasma, beef tallow group was significantly($p < 0.001$) higher than other lipid groups, and non-lipid group was significantly($p < 0.05$) higher than the lipid supplemented groups.

The activity of lecithin : cholesterol acyltransferase(LCAT) in plasma was greatly($p < 0.001$) affected by dietary lipid sources and levels. In LCAT activity of plasma, lipid supplemented

groups were significantly ($p < 0.05$) higher than non-lipid group, vegetable oil groups were significantly ($p < 0.001$) higher than animal fat groups, and sardine oil group was significantly ($p < 0.001$) higher than beef tallow group. Also perilla oil group was significantly ($p < 0.05$) higher than corn oil group, and sardine oil group was significantly ($p < 0.05$) higher than perilla oil group. Low lipid group, compared with medium or high lipid group, showed higher activity of LCAT in plasma.

In cholesterol synthetic activity of liver tissues culture, sardine oil group ($\omega 3$ EPA and DHA) was significantly ($p < 0.001$) higher than other lipid groups, non-lipid group was significantly ($p < 0.001$) higher than the lipid supplemented groups, and animal fat group were significantly ($p < 0.001$) higher than vegetable oil groups, but the synthetic activity was not affected by dietary lipid levels.

KEY WORDS : PUFA · LCAT · cholesterol.

서 론

우리나라도 산업이 발전함에 따라 유지의 1일 섭취량이 1969년에는 16.9g이었던 것이 1986년에는 28.1g으로 증가하였고, 유지로 섭취되는 에너지 비율도 1969년도의 11.9%였던 것이 1986년에는 13.2%로 상승되었다. 그러나 일부사람들에 의하면 이들 지방섭취에 대한 영양학적인 여러 문제를 제기하고 있다. 즉, 과도한 동물성 지방의 섭취는 관상동맥질환과 같은 성인병 발생과 관계가 깊다는 연구보고서¹⁾ 나온 바 있어 인체건강과 동물성 지방과의 부정적 관계를 잘 설명해 주고 있다.

이로 인해 건강적인 면에서 볼 때 식물성유지의 섭취가 증가되고 있으며²⁾, 식물성유지는 불포화도가 높아 식이로 이들 polyunsaturated fatty acid (PUFA)를 다량 섭취했을 때 혈액 중 지방 및 콜레스테롤농도를 낮추는 결과를 가져온다고 보고되었다³⁾⁴⁾.

유지식품 중에서 특히 관심을 모으게 된 것은 $\omega 3$ 계 지방산을 풍부하게 함유하고 있는 어유와 들기름이다. 이들 유지는 식물성유지와는 다른 불포화지방산으로 구성되어 있으며⁵⁾, 이들 지방산의 대사과정은 아직 자세히 연구된 바가 적다. Dyerberg등은⁶⁾ 1970년대 Greenland의 에스키모인에 대한 광범위한 역학조사를 한 결과 이들에게는 순환기 계통의 질환이 거의 없으며, 이는 이들이

다량 섭취하고 있는 어유성분 중 eicosapentaenoic acid(EPA, C20 : 5) 및 docosahexaenoic acid(DHA, C22 : 6)와 같은 $\omega 3$ 계 고도불포화지방산 때문이라고 보고하여⁷⁾⁸⁾ 지대한 관심을 불러 일으킨 이래 각국에서 이에 대한 다각적인 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

혈액 및 체조직의 지방대사는 식이내 지방의 종류 뿐만 아니라 식이내 지방의 수준에 의해서도 상당히 영향을 받는 것으로 보고되었다. 지방의 과잉섭취는 일반적으로 지방대사에 이상을 초래하여 혈액과 조직내 지방성분의 변화가 일어나게 하고, 간 및 지방조직 등에 지방침착을 일으켜서 비만증과 고혈압, 고지혈증, 동맥경화증, 지방간, 심장질환 등 심백관계의 질환을 유발하여 사망율에 있어서 지방섭취가 많은 구미에서 동양보다 훨씬 높다고 한다⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾.

이와 같이 식이내 지방의 종류와 수준이 지방대사에 미치는 영향에 관한 연구과제는 영양학자들 간에 중요한 연구테마로 많은 관심을 두고 여러 학자들에 의하여 연구되어졌다. 그러나 이들 연구는 주로 혈액 및 조직내 지방, 콜레스테롤, 중성지방, 인지질 및 lipoprotein의 농도 등을 주로 하여 연구되어졌다.

따라서 본 연구는 흰쥐에서 $\omega 3$ 지방산을 공급하는 지방(들기름, 정어리유), 동물성지방(우지), 식물성지방(옥수수기름)의 수준별 급여시험(전체 식이

에너지의 0, 10, 20 및 40%)을 통하여 혈액에서의 콜레스테롤분포를 조사하고, 콜레스테롤대사에 중요한 관건이 되는 주요 효소인 LCAT(lecithin : cholesterol acyltransferase) 활성도에 미치는 영향을 측정하고, 간세포에 있어서 콜레스테롤합성 능력에 미치는 영향을 조사하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험동물 및 사양관리

시험동물은 서울대학교 시험동물 사육장으로부터 공급받은 3주령된 수컷 흰쥐 78마리(Sprague-Dawley 계통; 평균 체중 55.6g)를 공시하였으며, 환경에 적응시키기 위해 일반 배합사료(천호사료

주식회사)로 1주간 사육한 후 체중에 따라 각 처리당 6마리씩 13군으로 나누어 완전임의배치하여 6주간 stainless steel cage에 1마리씩 분리사육하였다. 시험동물 사육실의 환경온도는 $22 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도는 $65 \pm 5\%$ 로 유지하였으며, 명암은 12시간 주기(08:00~20:00)로 조절하였다. 물과 시험식은 전 시험기간 자유 급여하였으며, 체중 및 식이섭취량은 매주 오후 1:00시에 측정하였다.

2. 시험설계

본 연구는 사양시험과 *in vitro* 세포배양시험으로 나누어 실시하였다. 처리구는 Table 1에서 보는 바와 같이 식이지방의 수준을 저지방(Low lipid; 전체 식이에너지의 10%), 중지방(Medium lipid;

Table 1. Formula and chemical composition of experimental diets(g/100g diet)

Treatment	No lipid	Sardine oil			Beef tallow			Perilla oil			Corn oil		
		10	20	40	10	20	40	10	20	40	10	20	40
Ingerdient													
Corn starch	71.2	61.8	52.3	33.2	61.8	52.3	33.2	61.8	52.3	33.2	61.8	52.3	33.2
Sucrose	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Casein	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8
DL-methionine	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
C.M.C. ¹⁾	0.0	5.2	10.5	21.1	5.2	10.5	21.1	5.2	10.5	21.1	5.2	10.5	21.1
Sardine oil	—	4.2	8.4	16.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Beef tallow	—	—	—	—	4.2	8.4	16.9	—	—	—	—	—	—
Perilla oil	—	—	—	—	—	—	—	4.2	8.4	16.9	—	—	—
Corn oil	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.2	8.4	16.9
AIN-Mineral mixture ²⁾	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
AIN-Vitamin mixture ³⁾	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Choline chloride	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Gross energy(kcal) ⁴⁾	381.2	381.4	381.2	381.3	381.4	381.2	381.3	381.4	381.2	381.3	381.4	381.2	381.3
Protein(% of energy)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Lipid(% of energy)	—	10	20	40	10	20	40	10	20	40	10	20	40
Carbohydrate (% of energy)	80	70	60	40	70	60	40	70	60	40	70	60	40

¹⁾C.M.C. : Carboxyl Methyl Cellulose

²⁾Mineral mixture(per kg) : CaHPO₄, 500g; NaCl, 74g; K₃C₆H₅O₇ · H₂O, 220g; K₂SO₄, 52g; MgO, 24g; MnCO₃, 3.5g; Fe₂(SO₄)₃(NH₄)₂SO₄ · 24H₂O, 6.0g; 5ZnO · 2CO₃ · 4H₂O, 1.6g; CuCO₃ · Cu(OH)₂ · H₂O, 0.3g; KIO₃, 0.01g; Na₂SeO₃ · 5H₂O, 0.01g; CrK(SO₄)₂ · 12H₂O, 0.55g; and sucrose 118.03g to make 1kg mineral mixture

³⁾Vitamin mixture(per kg) : Thiamin HCl, 600mg; Riboflavin, 600mg; Pridoxine HCl, 700mg; Nicotinic acid, 3g; D-Calcium pantothenate, 1.6g; Folic acid, 200mg; D-Biotin, 20g; Cyanocobalamin, 1mg; Vitamin A, 400,000 IU; Vitamin E, 5,000 IU; Vitamin D₃, 2.5mg(812,500 IU); Vitamin K, 5mg; and sucrose 980.38g to make 1kg vitamin mixture

⁴⁾Calculated value

식이지방과 Cholesterol 대사

전체 식이에너지의 20%) 및 고지방(High lipid ; 전체 식이에너지의 40%)의 세처리로 나누고 식이 지방의 종류를 정어리유(sardine oil ; S), 우지(bceftallow ; B), 들기름(perilla oil ; P) 및 옥수수기름(corn oil ; C)의 네처리로 나누어 3×4 요인시험을 실시하였으며, 식이지방 무침가군을 대조구로 두었다.

3. 시험식이

시험식이의 배합율과 영양소함량은 Table 1과 같다. 열세가지 시험식은 지방의 종류와 수준에

따라 구분하였고, 단백질은 총 에너지의 20%로 같게 하였으며, 당질은 각 식이내 지방량의 차이를 보충하도록 조절하였다. Table 2와 같이 식이지방의 무침가구인 대조구와 처리구의 지방은 정어리유, 우지, 들기름 및 옥수수기름을 사용하였으며, 지방의 수준을 총 에너지의 10%, 20% 및 40%로 하여 정어리유군 세수준 즉 10, 20 및 40, 우지군의 세수준 즉 10, 20 및 40, 들기름군의 세수준 즉, 10, 20 및 40과 옥수수기름군의 세수준 즉 10, 20 및 40으로 구분하였다. 사료무게당 에너지함량은 모든 처리구를 동일(식이 g당 3.8kcal)하게 조절하였다.

Table 2. Fatty acid composition of the dietary lipid¹⁾

Fatty acid ²⁾	Sardine oil	Beef tallow	Perilla oil	Corn oil
	area %			
14 : 0	6.7	3.1	—	—
15 : 0	0.7	0.2	—	—
16 : 0	18.8	25.7	6.1	11.0
16 : 1	10.1	4.1	0.4	—
16 : 4(ω3)	0.6	—	—	—
17 : 0	1.5	—	—	—
18 : 0	4.3	24.3	2.2	2.1
18 : 1	11.9	38.9	14.2	28.7
18 : 2(ω6)	2.5	2.4	15.8	57.4
18 : 3(ω3)	1.0	1.3	60.1	0.4
18 : 3(ω6)	0.4	—	—	—
18 : 4(ω3)	3.3	—	—	—
20 : 0	2.6	—	0.2	0.4
20 : 1	1.3	—	—	—
20 : 2(ω6)	2.5	—	—	—
20 : 3(ω3)	0.9	—	—	—
20 : 4(ω6)	0.9	—	—	—
20 : 5(ω3)	14.2	—	—	—
22 : 1	1.9	—	—	—
22 : 2(ω6)	2.2	—	—	—
22 : 5(ω3)	0.4	—	—	—
22 : 5(ω6)	0.9	—	—	—
22 : 6(ω3)	10.4	—	—	—
Saturated(S)	34.6	53.3	8.5	13.5
Polyunsaturated(P)	40.2	5.5	75.9	57.8
P/S	1.2	0.1	8.9	4.3
(ω6)/(ω3)	0.3	1.9	0.3	143.5

¹⁾Results are expressed as the percentage(area %) of total fatty acid methyl esters

²⁾Number of carbon atoms : number of double bonds(location of terminal double bond)

시험에 사용된 식이지방의 지방산 조성은 Table 2와 같다. 시험에 사용된 지방 중 우지는 마장동 도축장에서 도축직후의 소의 신장주변 기름을 직접 구입하였고 정어리유는 고려 특수사료 주식회사, 옥수수기름과 들기름은 시중에서 구입하였고 그외 모든 시약들은 특급을 사용하였다. 시험식은 불포화지방산의 산화를 방지하기 위해 식이 배합 후 곧 -80°C 이하의 냉동고에 저장한 후 급여했다.

4. 시료채취

시험동물은 시료 채취전 하룻밤 절식시킨 후 ethyl ether로 마취시켜 복부를 개복하여 주사기로 (10ml vol. 21 gauge바늘) 복대정맥에서 혈액을 채취하였다. 이때 혈액은 두 부분으로 나누어 한 부분은 EDTA로 처리한 원심관에 담고 80,000rpm에서 20분간 냉장(4°C) 원심분리시켜 혈장을 얻어 LCAT 분석용으로 사용하였고, 다른 부분은 3,000rpm에서 15분간 원심분리하여 혈장을 얻어 콜레스테롤 분석용으로 사용하였다.

5. 세포배양 시험

1) 조직채취 및 조사항목

도살시 각 처리별로 체중이 유사한 쥐를 1마리씩 선정하여 간조직을 채취하여 balanced calf solution (BCS)에 담아 냉장상태로 보관하면서 간조직에서의 콜레스테롤합성 능력을 측정하였다.

2) 간조직에서의 콜레스테롤합성 능력 측정

간에서 15~20mg의 조직을 떼어내어 $0.3\mu\text{Ci}$ 의 acetate- $1-^{14}\text{C}$ 을 함유하는 3ml의 KRB(Krebs-ringer bicarbonate) buffer에 넣어 shaking water bath에서 37°C , 18시간 동안 90 stroke/min으로 배양한 후 얼음위에 올려 놓아 배양을 마친 후 간조직을 꺼내 습기를 제거하고 무게를 정량하였다. 간조직은 다시 20ml scintillation vial에 넣고 Folch 등의¹³⁾ 방법에 의해 지방을 추출하고 지방이 포함된 유기용매를 수거하였다. 유기용매를 증발시킨 후 이것을 다시 $500\mu\text{l}$ hexane에 녹여 silica gel TLC(thin-layer chromatography) plate에 spot하여 hexane : diethylether : acetic acid(90 : 10 : 1 ; V/V/V) solvent system에서 약 1시간 전개시켰으며, 그 후 콜레스테롤에 해당

되는 부위를 끊어서 15ml의 cocktail solution을 넣어 radioactivity를 측정한 후 콜레스테롤에 편입된 acetate의 양을 산출하여 콜레스테롤합성 능력을 측정하였다.

6. 화학분석

1) HDL-, LDL- 및 총-콜레스테롤 분석

혈장 총 콜레스테롤농도는 Zlatkis와 Zak의 방법으로¹⁴⁾, 혈장 HDL- 및 LDL-콜레스테롤의 농도는 Noma 등의 방법에¹⁵⁾ 의해 HDL 및 LDL fraction을 분리한 후, Zlatkis와 Zak의 방법으로¹⁴⁾ 측정하였다.

2) LCAT 활성 측정

LCAT 활성 측정은 열에 비활성인 혈장에 내생 콜레스테롤과 유사한 방사선 동위원소(^3H)를 함유한 콜레스테롤을 주입하여 CE(cholesterol ester)로 전환시킨 후 이를 TLC로 분리, 정량하였다. 방사선 동위원소를 함유한 콜레스테롤 $10\mu\text{Ci}$ 를 albumin-용액(bovine serum albumin 0.25g+0.154M NaCl 5ml)에 주입하고 ethanol 혹은 toluene 냄새가 없어질 때까지 질소가스를 용액표면에 쬐어 주었다. 이 혼합액을 열에 비활성인 혈장(항응고제 함유)과 4°C 에서 섞고 같은 온도에서 밤새 교반한 후 상층부와 혈장 기질을 분리하여 -20°C 에서 보관하였다. 얼린 혈장 기질은 다시 녹인 후 4°C 에서 2-mercaptoethanol $1.5\mu\text{l}$ 와 1 : 1로 섞은 다음 37°C 에서 45분간 배양시켜 chloroform과 methanol혼합액(1 : 2) 1.3 ml를 가하고 4,000rpm에서 5분간 원심분리하였다. 상층액 1ml를 취하여 다른 시험관에 옮긴 다음 chloroform 0.3ml와 증류수 0.4ml를 가한 후 혼합하여 다시 원심분리하였다. 상층부를 버리고 침전부분을 풍건시킨 후 $200\mu\text{l}$ 의 hexane으로 지방을 추출하고 이것을 다시 silica gel TLC plate에 spot하여 hexane : diethylether : acetic acid(90 : 10 : 1 ; V/V/V) solvent system에서 약 30분간 전개시킨 후, 콜레스테롤 및 콜레스테롤 ester부위를 끊어서 5ml의 cocktail solution(aquazol)을 넣어 radioactivity를 측정하여 LCAT 활성을 계산하였다.

7. 통계분석

본 시험의 통계분석은 statistical analysis system

(SAS)에¹⁶⁾ 의해 개발된 general linear models (GLM)방법을 사용하였고 평균치간의 유의성 검정은 요인분석법에 의한 Duncan의 다중비교 분석법으로 분석하였으며, 전체 처리간의 유의성 검정은 orthogonal contrast방법으로 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 혈장 콜레스테롤분포

식이내 지방의 종류 및 수준이 흰쥐이 혈장내 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤농도 및 HDL-콜레스테롤/총 콜레스테롤 비율에 미치는 영향이 Table 3과 4에 나타나 있다.

각 처리별의 orthogonal contrast에 의하면 혈장내 총 콜레스테롤농도는 무지방식이군 즉 고당질식이 식이지방첨가군이 비해 유의성있게($p < 0.05$) 높았다(Table 3). 동물성지방군과 식물성유지군간에는 동물성지방군에서($p < 0.001$), 식물성지방군간에는 $\omega 6$ 지방산이 많은 옥수수기름군에서($p < 0.001$) 혈장 총 콜레스테롤농도가 유의적으로 높게 나타났다. $\omega 3$ 계 지방산의 함량이 많은 군간의 비교시에는 통계적 유의성이 관찰되지 않았다. PUFA, $\omega 3$ 및 $\omega 6$ 지방산이 많은 식이급여군에서 혈장 총 콜레스테롤농도가 낮아진다는 보고와 비슷하였으며¹⁷⁾, $\omega 3$ 지방산의 종류에 따른 총 콜레스테롤농도에 변화를 주지 못했다는 Sanders와 Hochland의¹⁸⁾ 연구와도 일치한다. Harris 등은¹⁷⁾ $\omega 3$ 계와 $\omega 6$ 계지방산의 혈장내 콜레스테롤농도 저하효과는 이들 지방산이 $\omega 3$ 계나 혹은 $\omega 6$ 계의 차이에 의한 것이 아니고 불포화도의 차이에 기인된다고 하였다. $\omega 6$ 지방산의 대표적인 LA(linoleic acid)는 1분자당 2개의 이중결합을 갖고 있는 반면, $\omega 3$ 지방산인 α -LnA(linolenic acid)는 3개이고, EPA와 DHA는 약 5.5개의 이중결합을 갖고 있다.

혈장내 HDL-콜레스테롤농도는 총 콜레스테롤농도와는 다소 반대되는 경향을 보여 무지방식이군이 식이지방첨가군에 비해 혈청내 HDL-콜레스테롤농도가 유의적으로($p < 0.05$) 낮은 경향이였다. HDL-콜레스테롤농도는 동물성지방군과 식물성유지군간에는 통계적 유의성이 없었던 반면, 동물성

지방군간에는 포화도가 높은 유지군에서($p < 0.001$), 식물성유지군간에는 $\omega 6$ 지방산이 많은 옥수수기름군에서($p < 0.01$) 유의성있게 감소하는 경향을 보였다. Sanders 등과¹⁹⁾ Harris 등이¹⁷⁾ $\omega 3$ PUFA를 급여하였을 때 HDL-콜레스테롤농도가 증가되었음을 보고한 연구결과와 일치하며, $\omega 3$ PUFA(정어리유)첨가에 따른 HDL-콜레스테롤농도의 증가는 hepatic enzyme induction이 HDL-콜레스테롤농도를 증가시킬 수 있고, 정어리유에 많이 함유된 $\omega 3$ PUFA인 DHA가 hepatic monooxygenase와 같은 효소의 강력한 유도물질이라는 것으로도 설명될 수 있다. $\omega 6$ LA함유율이 높은 식이군(옥수수기름군)에서 HDL-콜레스테롤농도가 저하되었는데, $\omega 6$ PUFA에 의한 HDL-콜레스테롤 저하기작은 fractional removal rate가 변하지 않은 것으로 보아 합성이 감소되었기 때문으로 사료된다.

혈장내 LDL-콜레스테롤농도는 총 콜레스테롤농도와 비슷한 경향을 보여 무지방식이군 즉 고당질식이군과 식이지방첨가군에는 무지방식이군에서($p < 0.001$), 동물성지방군과 식물성유지군간에는 동물성지방군에서($p < 0.001$), 동물성지방군간에는 포화도가 높은 유지군에서($p < 0.01$) 혈장 LDL-콜레스테롤농도가 유의적으로 높게 나타났다. 식물성유지군간의 비교와 $\omega 3$ 지방산이 많은 군간의 비교시에는 통계적 유의성이 관찰되지 않았다.

총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤농도의 비는 무지방식이군이 식이지방첨가군에 비해 유의적으로($p < 0.01$) 낮았으며, 동물성지방군간에는 $\omega 3$ 지방산이 많은 정어리유군에서($p < 0.001$), 식물성유지군간에도 $\omega 3$ 지방산이 많은 들기름군에서($p < 0.001$) 유의적으로 높은 경향이였다. 동물성지방군간의 비교와 $\omega 3$ 지방산이 많은 군간의 비교시에는 통계적 유의성이 없었다.

평균하여 살펴본 결과 혈장내 총 콜레스테롤농도는 식이내 지방수준보다는 지방종류에 의해 영향을 받아 $\omega 3$ 지방산이 많은 식이급여군(정어리유군, 들기름군)에서 가장 낮았고, $\omega 6$ 지방산이 많은 식이급여군(옥수수기름), 포화지방산이 많은 식이급여군(우지군) 순으로 나타났으나(Table 4), 지방수준에 따른 혈장내 총 콜레스테롤농도는 통계적

Table 3. The concentration of total cholesterol, HDL-cholesterol and LDL-cholesterol of plasma in rats feeding various sources and levels of dietary lipid

Treatment	NL ¹⁾	S			B			P			C			SEM ²⁾
		10	20	40	10	20	40	10	20	40	10	20	40	
Total cholesterol (mg/100ml)	108.00	93.20	93.60	88.00	105.20	124.40	111.40	91.80	87.00	87.00	102.20	100.80	103.80	1.65
HDL-cholesterol (mg/100ml)	46.00	61.40	65.00	61.40	48.20	48.60	40.80	54.40	57.40	57.40	50.20	47.00	48.20	1.08
LDL-cholesterol (mg/100ml)	39.60	20.80	35.40	34.20	31.20	38.60	33.60	22.40	28.40	28.40	22.20	28.40	34.80	0.86
HDL-C/T-C ³⁾	0.42	0.66	0.70	0.70	0.46	0.39	0.37	0.60	0.67	0.67	0.49	0.47	0.47	0.02
Significance levels for rothogonal contrast														
Treatment	Nonaddition vs addition of lipids	Animal fat vs vegetable oil	Sardine oil vs beef tallow	Penilla oil(ω3) vs corn oil(ω6)	Sardine oil vs perilla oil(ω3)									
Total cholesterol (mg/100ml)	** ³⁾	**	***	***	***	NS	***	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS
HDL-cholesterol (mg/100ml)	*	NS	***	***	***	NS	**	**	**	**	**	**	**	**
LDL-cholesterol (mg/100ml)	***	***	**	**	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
HDL-C/T-C	**	NS	***	***	***	NS	***	***	***	***	***	***	***	NS

¹⁾Abbreviations : NL, no lipid ; S, sardine oil ; B, Beef tallow ; P, perilla oil ; C, corn oil

²⁾Standard error of the mean

³⁾NS= p>0.05 *p<0.05 **p<0.01 ***p<0.0001 for contrast

⁴⁾HDL-C/T-C : HDL-cholesterol/total cholesterol

유의성이 없었다. 임과 한²⁰⁾, 원과 한이²¹⁾ 식이의 지방수준을 증가시키면 혈액내 총 콜레스테롤농도가 크게 영향을 받는다고 보고한 결과와 상반된 견해를 보였는데, 시험식이에 사용된 지방의 수준과 종류가 달랐기 때문이라 사료된다. Sodhi 등은²²⁾ 혈장내 콜레스테롤농도는 주로 간에서 콜레스테롤 합성과 분해속도, 소장에서 식이 콜레스테롤흡수와 배설되는 양에 의해 조절되어지는 것으로 보고하였는데, 이는 어느 한 순간의 혈장내 콜레스테롤 농도와 간의 콜레스테롤농도만을 가지고 그 kinetic mechanism을 설명하기 어려우나 포화도가 높은 식이를 급여한 군(우지군)의 증가된 콜레스테롤량은 간에서의 콜레스테롤합성 또는 저장된 콜레스테롤이 높아져서 혈장으로 유리되어 나온 콜레스테롤이 높아진 것이 아닌가 사료된다.

혈장 HDL-콜레스테롤농도는 식이내 지방수준보다 지방종류의 영향을 받아 $\omega 3$ 지방산이 많은 식이급여군(정어리유군, 들기름군)에서 유의적으로($p < 0.001$) 높게 나타났다. PUFA 함량이 HDL-콜레스테롤에 미치는 영향에 대한 결과는 서로 상이한 보고가 많은데, Kobadakes 등과²³⁾ Hjer-

mann 등의²⁴⁾ 연구결과에 의하면 PUFA비율을 높은 식이를 공급한 결과 HDL-콜레스테롤농도가 증가되었다고 보고하였으나, Sanders와 Roshanai에¹⁹⁾ 의하면 사람에게 linseed oil(α -linoleic acid의 급원) 9.38g을 2주간 투여하였을 때 혈장 총 콜레스테롤이나 HDL-콜레스테롤농도에 미치는 영향을 볼 수 없었다고 하였다. 이렇듯이 아직 PUFA함량이 HDL-콜레스테롤농도에 미치는 영향에 대하여는 확실히 규명된 기전이 없다.

혈장내 LDL-콜레스테롤농도는 지방의 종류에 의해 영향을 받아 포화도가 높은 우지군이 불포화도가 높은 정어리유군, 들기름군 및 옥수수기름군에 비해 유의적으로($p < 0.05$) 높은 경향이었으며, 지방수준에 의해서도 영향을 받아 무지방식이군이 식이지방첨가군에 비해 유의적으로($p < 0.05$) 높았지만, 지방수준이 증가할수록 LDL-콜레스테롤농도도 유의적으로($p < 0.001$) 높게 나타났다. 고도불포화지방산이 사람에게서 혈장 LDL-콜레스테롤농도를 낮춘다는 Goodnight 등의²⁵⁾ 보고와 일치하는데 이러한 현상은 Parks와 Bullock의²⁶⁾ 보고에 의하면 포화도가 높은 라이드를 먹인 경우에

Table 4. Mean effects of different sources and levels of dietary lipid on plasma total cholesterol, HDL-cholesterol and LDL-cholesterol concentration in rats

Treatment		Total-cholesterol (mg/100ml)	HDL-cholesterol (mg/100ml)	LDL-cholesterol (mg/100ml)	HDL-C/T-C
Lipid sources	S ¹⁾	91.60 ^{c3)}	62.60 ^a	30.13 ^{ab}	0.69 ^a
	B	113.67 ^a	45.87 ^c	34.47 ^a	0.41 ^c
	P	88.60 ^c	56.07 ^b	27.47 ^c	0.64 ^a
	C	102.27 ^b	48.47 ^c	28.47 ^b	0.48 ^b
SEM ²⁾		1.72	1.13	0.86	0.02
Lipid levels	0	108.00	46.00	39.60 ^a	0.42
	10	98.10	53.55	24.15 ^c	0.55
	20	101.45	54.00	32.70 ^b	0.56
	40	97.55	51.70	35.55 ^b	0.55
SEM		1.65	1.08	0.86	0.02
Analysis of variance					
Lipid sources		$p < 0.001$	$p < 0.001$	$p < 0.05$	$p < 0.001$
Lipid levels		NS	NS	$p < 0.001$	NS
Lipid sources \times Lipid levels		NS	NS	$p < 0.01$	NS

¹⁾ Abbreviations : S, sardine oil ; B, beef tallow ; P, perilla oil ; C, corn oil

²⁾ Standard error of the mean

³⁾ a, b, c : values within the same column with different superscripts are significantly different($p < 0.05$)

비하여 불포화도가 높은 어유를 먹인 경우 LDL-콜레스테롤 particle 자체의 크기가 적어졌을 뿐만 아니라 그 지방조성에서도 PL, CE, FC의 상대적량의 감소에 의해 기인된 것으로 추측하였으나 그 mechanism은 아직까지 밝혀지지 않았다.

총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤농도의 비는 혈장 총 콜레스테롤의 농도가 낮은 반면 HDL-콜레스테롤농도가 높았던 ω3지방산이 많은 식이 급여군인 정어리유군과 들기름군에서 가장 높았고, 옥수수기름군과 우지군 순으로 나타났다. 식이내 지방수준에 따라서는 통계적 유의성이 관찰되지 않았다.

본 실험 결과 혈액내 콜레스테롤대사는 식이내 지방수준보다 지방종류에 의한 영향을 받아 불포화지방산 섭취시 혈장내 콜레스테롤농도 저하효과가 있음이 관찰되었다. Peifer 등도²⁷⁾ 고콜레스테롤혈증 쥐의 혈장 콜레스테롤농도가 필수지방산, 비필수지방산, 포화지방산, 그리고 어유의 섭취효과를 비교한 실험에서 혈장내 콜레스테롤농도 저하효과는 식이지방의 불포화도와 가장 관계되는 것으로 결론지었다. 이는 불포화지방산에 의한 장내의 콜레스테롤 흡수감소, 조직 pools로의 재분배 작용을 통해 나타난 것으로 사료된다. 그러나 식이지방의 종류가 혈액내 콜레스테롤대사에 미치는 영향에 관한 연구는 서로 상이한 결과를 관찰하게 되는데 이는 각각의 실험식이에서의 지방함량, 불포화도, 지방이외의 식이구성, 실험동물의 종류와 개체 차이 등 서로 다른 상황에서 연구를 수행한데 기인한 것으로 보인다.

이상의 결과를 가지고 볼 때 혈장 콜레스테롤 분포는 식이내 지방수준보다는 지방의 종류에 의해 영향을 받아 ω3지방산을 많이 함유한 정어리유군과 들기름군에서 혈장 총 콜레스테롤농도와 LDL-콜레스테롤농도가 저하되었고, HDL-콜레스테롤농도는 증가되었다. 무지방식이군이 식이지방첨가군에 비해, 포화도가 높은 우지군이 불포화도가 높은 정어리유군에 비해 총 콜레스테롤농도와 LDL-콜레스테롤농도가 증가되었고 HDL-콜레스테롤농도와 HDL-C/T-C 비율은 유의성있게($p < 0.001$) 감소된 경향이였다.

Table 5. LCAT activity in plasma of rats fed by different sources and levels of dietary lipid

Treatment	S			P			C			SEM ²⁾				
	10	20	40	10	20	40	10	20	40					
LCAT activity (n mole/ml/hr)	140.21	122.44	120.02	108.83	106.06	97.89	141.80	131.07	123.36	137.35	122.78	121.79	1.95	
Significance levels for rothogonal contrast														
Treatment	Nonaddition vs addition of lipids			Animal fat vs vegetable oil			Sardine oil vs beef tallow			Penilla oil(ω3) vs corn oil(ω6)			Sardine oil(ω3) vs perilla oil(ω3)	
LCAT activity (n mole/ml/hr)	***3)			***			***			*			*	

¹⁾ Abbreviation : NL, no lipid ; S, sardine oil ; B, Beef tallow ; P, penilla oil ; C, corn oil

²⁾ Standard error of the mean

³⁾ NS = $p > 0.05$ * $p < 0.05$ *** $p < 0.0001$

2. 혈장 LCAT 활성도

식이내 지방의 종류와 수준이 흰쥐의 혈장내 LCAT활성에 미치는 영향을 보면 Table 5와 6에 표시한 바와 같다.

각 처리별의 orthogonal contrast에 의하면 혈장내 LCAT활성은 식이지방 첨가에 의한 영향을 받아 무지방식이군이 식이지방첨가군에 비해 유의성있게($p < 0.001$) 낮게 나타났다. 동물성지방군과 식물성유지군간에는 식물성유지군에서($p < 0.001$), 동물성지방군간에는 불포화도가 높은 정어리유군에서($p < 0.001$), 식물성유지군간에는 $\omega 3$ 지방산이 많은 들기름군에서 유의적으로($p < 0.05$) 높은 경향이였다(Table 5). LCAT은 phosphatidylcholine의 C-2'위치에 부착되어있는 지방산을 콜레스테롤로 이동을 촉진하여 혈장내 대부분의 콜레스테롤 ester를 형성하는데, 이때 phosphatidylcholine에 부착되어있는 지방산이 불포화되었을 때가 포화되었을때보다 LCAT의 좋은 기질이 된다고 한다. LCAT의 작용을 위한 콜레스테롤과 phosphatidylcholine의 주요급원은 HDL-콜레스테롤이다. 본 연구에서 보면 불포화도가 높은 식이를 급여한 군이 혈장내 HDL-콜레스테롤농도가 유의적으로($p < 0.05$) 높았으며, 이로 인해 LCAT 활성도 증가되었다고 생각된다.

평균하여 살펴본 혈장 LCAT활성은 식이내 지방종류 뿐만 아니라 지방수준에 의해서도 영향을 받아 통계적 유의성을($p < 0.001$) 나타내었다(Table 6). 불포화도가 높은 식이를 급여한 정어리유군, 들기름군, 옥수수기름군이 포화도가 높은 우지군에 비해 LCAT활성이 유의성있게($p < 0.001$) 높게 나타났으며, 저지방식이군이 중지방 및 고지방식이군에 비해 혈장내 LCAT활성이 유의성있게($p < 0.001$) 높은 경향이였다.

앞에서도 밝혔듯이 LCAT은 HDL-콜레스테롤 FC (free cholesterol)의 좋은 기질로 알려져 있으며, lecithin의 β -position에 있는 불포화지방산이 콜레스테롤과 ester화되므로 혈장 CE조성은 간 CE의 조성보다 불포화지방산이 차지하는 비율이 높다고 한다. LCAT가 콜레스테롤 ester화에 관여하는 특이성은 사람의 경우 $18 : 2(\omega 6) > 18 : 1(\omega 9) > 20 : 4$

Table 6. Mean effects of different sources and levels of dietary lipid on plasma LCAT activity in rats

Treatment	LCAT activity (n mole/ml/hr)	
Lipid sources	S ¹⁾	127.56 ^{a3)}
	B	104.26 ^b
	P	132.08 ^a
	C	127.31 ^a
SEM ²⁾	2.01	
Lipid levels	0	106.94 ^b
	10	132.05 ^a
	20	120.59 ^b
	40	115.77 ^b
SEM	1.95	
Analysis of variance		
Lipid sources	$p < 0.001$	
Lipid levels	$p < 0.001$	
Lipid sources \times lipid levels	$p < 0.001$	

¹⁾Abbreviations : S, sardine oil ; B, beef tallow ; P, perilla oil ; C, corn oil

²⁾Standard error of the mean

³⁾a, b : values within the same column with different superscripts are significantly different($p < 0.05$)

($\omega 6$) >, 흰쥐에서는 $20 : 4(\omega 6) > 18 : 2(\omega 6) > 18 : 1(\omega 9) >$ 이다. 이러한 결과를 토대로 식이내 지방의 수준과 종류가 혈액내 HDL-콜레스테롤농도에 영향함이 여러 연구결과 밝혀졌으며, Narayan과 McMullan²⁸⁾, Kobadakes 등의²³⁾ 연구에 의하면 불포화도가 높은 식이를 급여시 HDL-콜레스테롤농도가 현저하게 증가되었음이 보고되었다. 결국 LCAT 효소의 활성도는 Fieldiung 등에²⁹⁾ 의하면 'HDL-콜레스테롤에 포함된 apo-gln I(apo A-I)에 의해 증가될 수 있고 이로 인해 혈장의 CE/FE의 비는 비교적 일정하게 유지되므로 HDL-콜레스테롤과 LCAT효소 사이에 아주 세밀한 조절기작이 작용함을 알 수 있다. 혈장의 LCAT활성도의 감소는 HDL-콜레스테롤을 감소시키고, VLDL-콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤은 증가시킨다. 이러한 결과를 토대로 본 연구에서도 식이로 불포화도가 높은 지방을 급여한 군(정어리유군, 들기름 및 옥수수기름군)에서 혈액내 HDL-콜레스테롤농도가 유의

적으로($p < 0.05$) 높았으며, 이러한 것은 LCAT활성이 유의적으로 높았던 것에 기인된 것으로 생각된다.

3. 간조직에서의 *in vitro* 콜레스테롤대사

식이내 지방의 종류와 수준이 흰쥐 간조직에서의 콜레스테롤합성 능력에 미치는 영향을 보면 Table 7과 8에 나타난 바와 같다.

Orthogonal contrast에 의하면 간조직에서의 콜레스테롤 합성능력은 무지방식이군 즉 고당질식이군이 식이지방첨가군에 비해 유의성있게($p < 0.001$) 높은 경향이였다. 동물성지방군과 식물성유지군간에는 동물성지방군에서($p < 0.001$), 동물성지방군간에는 불포화도가 높은 정어리유군에서($p < 0.001$), $\omega 3$ 지방산이 많이 함유된 식이급여군에서는 정어리유군에서($p < 0.001$) 유의성있게 높은 경향을 보였으나, 식물성유지군간에는 통계적 유의성이 없었다(Table 7).

식이지방의 종류와 급여수준에 의한 평균하여 살펴본 간조직에서 콜레스테롤합성 능력은 Table 8에서 보는 바와 같이 지방의 첨가수준에 따른 영향을 받지 않았지만 무지방식이군에 비해 지방을 총에너지의 10, 20, 40% 첨가한 모든 군에서 감소하였다. 식이지방의 종류에 의해서는 영향을 받아 불포화도가 높은 정어리유군에서 가장 높았던 반면 포화도가 높은 우지군에서는 유의성있게($p < 0.001$) 콜레스테롤 합성능력을 저하시켰다.

동물의 모든 조직은 콜레스테롤 합성능력을 가지고 있으나, ^{14}C -acetate를 지표로 *in vitro* 시험을 한 결과를 보면 흰쥐 및 원숭이의 조직 단위 중량당 합성활성은 간 및 소장에서 가장 높다고 Anderson과 Dietschy에³⁰⁾ 의해 보고되었다. 콜레스테롤 합성능력은 microsomal의 HMG-CoA reductase의 활성측정 혹은 여러가지 ^{14}C 전구체로부터 콜레스테롤로의 전환 등 어느 한가지 방법에 의해 조사되어 지는데, 보통 식이지방은 흰쥐의 간에서 콜레스테롤의 합성을 향진시킨다고 보고하였다³¹⁻³⁴⁾. 이 효과는 Ide 등의³²⁾ *in vivo* 또는 *in vitro* 연구에서 관찰되었는데, 식이지방은 지방산 합성계의 율속 효소인 acetyl-CoA carboxylase의 활성을 저하시키므로, acetyl-CoA가 콜레스테롤합성으로 보다 많이

Table 7. Cholesterol synthetic activity in liver tissue culture of rats fed by different sources and levels of dietary lipid

Treatment	S			B			P			C			SEM ³⁾		
	10	20	40	10	20	40	10	20	40	10	20	40			
Cholesterol synthesis ²⁾ (dpm $\times 10^2$ /mg)	17.28	17.23	17.82	16.66	12.97	19.95	14.63	14.46	13.13	15.11	14.69	15.25	13.71	0.20	
Treatment	Nonaddition vs addition of lipids			Animal fat vs vegetable oil			Sardine oil vs beef tallow			Perilla oil($\omega 3$) vs corn oil($\omega 6$)			Sardine oil($\omega 3$) vs perilla oil($\omega 3$)		
Cholesterol synthesis (dpm $\times 10^2$ /mg)	**** ⁴⁾			****			****			NS			***		

¹⁾Abbreviation : NL, no lipid ; S, sardine oil ; B, Beef tallow ; P, perilla oil ; C, corn oil

²⁾Values(unesterified cholesterol) originated from radioactivity(^{14}C -acetate) in total cells after removal of medium(18hr incubation)

³⁾Standard error of the mean

⁴⁾NS = $p > 0.05$ **** $p < 0.0001$ for contrast

Table 8. Mean effects of different sources and levels of dietary lipid on cholesterol synthetic activity in rat liver tissue culture

Treatment		Cholesterol synthesis ¹⁾ (dpm×10 ² mg)
	S ²⁾	17.24 ^{a4)}
Lipid sources	B	13.52 ^c
	P	14.57 ^b
	C	14.55 ^b
SEM ³⁾		0.20
Lipid levels	0	17.28
	10	14.84
	20	15.04
	40	15.03
SEM		0.20
Analysis of variance		
Lipid sources		p<0.001
Lipid levels		NS
Lipid sources×lipid levels		NS

¹⁾Values(unesterified cholesterol) originated from radioactivity(¹⁴C-acetate) in total cells after removal of media(18hr incubation)

²⁾Abbreviations : S, sardine oil ; B, beef tallow ; P, perilla oil ; C, corn oil

³⁾Standard error of the mean

⁴⁾a, b, c : values within the same column with different superscripts are significantly different(p<0.05)

이용되기 때문이라고 보고하였다. 본 시험과 관련된 연구결과로는 Bochenck와 Rodgers가³¹⁾ 흰쥐의 간조직을 이용한 *in vitro* 시험에서 콜레스테롤 합성능력을 측정할 결과 포화지방산을 섭취한 군이 불포화지방산을 섭취한 군보다 콜레스테롤합성능력이 현저하게 높았음을 보고하였으며, Ide 등도³²⁾ 저지방, 포화지방산 및 불포화지방산을 각각 첨가한 식이를 급여한 후 ¹⁴C-acetate를 이용하여 *in vitro* 시험에서 간조직의 콜레스테롤합성능력을 측정할 결과 불포화지방산을 급여한 군이 콜레스테롤합성능력이 유의적으로 낮았음을 보고하여 본 시험과 상반된 결과를 관찰했다. Avigan과 Steinberg 등³⁵⁾ 불포화지방산을 함유한 식이를 급여시 간조직의 콜레스테롤 합성능력이 증가되었다고 보고하였으며, Serdarevich와 Caroll도³⁶⁾ 간조직을 이용한 *in vivo* 시험에서 불포화도가 높은 옥수수기름군이

포화도가 높은 버터군보다 콜레스테롤 합성능력이 높았음을 보고하였는데, 이는 옥수수기름이 HMG-CoA reductase의 활성을 증가시켜 결과적으로 콜레스테롤 합성능력을 증가시켰다고 보고한 Goldfarb와 Pitot의³⁷⁾ 연구결과와 일치되는 경향이였다.

이상의 결과에서 간조직의 콜레스테롤 합성능력은 식이내 지방의 첨가수준보다는 지방의 종류에 의해 영향을 받았으며, 불포화지방산은 간조직내 콜레스테롤 합성능력을 증가시키는 것으로 요약되어지며, 무지방식이군이 식이지방첨가군에 비해(p<0.001), 동물성지방군이 식물성유지군에 비해(p<0.001), 불포화도가 높은 정어리유군이 포화도가 높은 우지군에 비해(p<0.001) 콜레스테롤합성능력을 증가시키는 경향이였다. ω3지방산이 많이 함유된 식이급여군에서는 정어리유군이 들기름군에 비해 유의성있게(p<0.05) 높은 경향이였으나, 식물성유지군간에는 통계적인 유의성이 없다.

요 약

본 시험은 식이내 지방의 종류와 수준이 흰쥐의 LCAT활성 및 콜레스테롤 대사에 어떻게 영향을 미치는가를 알아보기 위하여 실시되었다. 식이지방의 종류는 정어리유(ω EPA와 DHA), 우지(포화지방산), 들기름(ω3 linolenic acid) 및 옥수수기름(ω6 linoleic acid)의 네 처리로 나누고 각 처리마다 지방의 수준을 총 에너지의 10%, 20%, 40% 등 세 수준으로 모두 12군을 두었으며, 식이지방의 무첨가군을 대조군으로 두었다. 총 78마리의 Sprague-Dawley 계통 흰쥐 수컷에게 시험식이를 6주간 자유급여하였다. 사양시험 종료 후 간조직에서의 콜레스테롤 합성능력을 알아보기 위해 흰쥐의 간조직을 채취하여 *in vitro* 배양시험을 실시하였다. 본 시험에서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 혈장 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤농도 및 HDL-C/T-C 비율은 식이지방의 종류에 의해 유의하게(p<0.001) 영향을 받았다. ω3지방산을 많이 함유한 군(정어리유와 들기름)이 ω6지방산과 포화지방산을 많이 함유한 군(옥수수기름과 우지)에 비해 혈장내 HDL-콜레스테롤농

도가 유의성있게($p < 0.001$) 증가하였고, LDL-콜레스테롤농도는 유의성있게($p < 0.05$) 감소하였다. 혈장내 총 콜레스테롤농도는 우지군이 다른지방군에 비해($p < 0.001$), 무지방식이군이 식이지방첨가군에 비해 유의하게($p < 0.05$) 영향을 받았다.

2) 혈장 lecithin : cholesterol acyltransferase (LCAT)의 활성은 식이내 지방의 종류와 수준에 의해 유의성있게($p < 0.001$) 영향을 받았다. 혈장 LCAT 활성은 식이지방첨가군이 무지방식이군보다($p < 0.001$), 식물성유지군이 동물성지방군보다($p < 0.001$), 정어리유군이 우지군보다($p < 0.001$), 들기름군이 옥수수기름군보다($p < 0.05$), 정어리유군이 들기름군보다 유의성있게($p < 0.05$) 증가하였다. 저지방식이군이 중지방식이군과 고지방식이군에 비해 혈장내 LCAT 활성이 유의하게($p < 0.001$) 증가하였다.

3) 간의 콜레스테롤합성 능력은 정어리유군이 다른지방군보다($p < 0.001$), 무지방식이군이 식이지방첨가군보다($p < 0.001$), 동물성지방군이 식물성유지군보다 유의하게($p < 0.001$) 증가하였으나, 식이지방의 수준에 의한 차이는 나타나지 않았다.

Literature cited

- 1) National Advisory Committee on Nutrition Education. Proposals for nutritional guideless for health education in Britian. The Health Education Council, London, UK. 1983
- 2) 김동훈. 우리나라에 있어서의 식용유지 및 지방 절식품의 소비현형과 앞으로의 문제점. *한국영양학회지* 11 : 12, 1978
- 3) Ahrens EH, Insull W, Blomstrand R, Hirsch J, Tsaltas TT, Peterson ML. The influence of dietary fast on serum lipid levels in man. *Lancet* 1 : 943, 1957
- 4) Hegsted DM, Gotsis A, Stare FJ. The effect of various fats upon experimental hypercholesterolemia in the rat. *J Nutr* 63 : 377, 1957
- 5) Ackman RG. Fatty acid composition of fish oils in nutritional education of long-chain fatty acids in fish oil. Academic press, p25, 1982
- 6) Dyerberg J, Bang HO, Hjorne N. Fatty acid composition of the plasma lipids in greenland eskimos. *Am J Clin Nutr* 28 : 958, 1975
- 7) Bang HO, Dyerberg J, Hjorne N. The composition of food consumed by greenland and eskimos. *Acta Med Scand* 200 : 69, 1976
- 8) Dyerberg J, Bang HO. Eicosapentaenoic acid and prevention of thrombosis and atherosclerosis. *Lancet* 117 : 119, 1978
- 9) Widdowson EH, Dauncey MJ. Obesity. Nutrition review's present knowledge in nutriton. Nutrition Foundation Publications, Inc. New York, p17, 1976
- 10) Wood JD, Reid JT. Theinfluence of dietary fat on fat metabolism and body fat deposition in meal-feeding and nibbling rats. *Br J Nutr* 34 : 15, 1975
- 11) De Bont AJ, Romsos DR, Tsai AC, Waterman RA, Leveille GA. Influence of alterations in meal frequency on lipogenesis and body fat content in the rat. *Proc Soc Exp Biol Med* 149 : 849, 1975
- 12) McGandy RB, Hegsted DH, Stare FJ. Dietary fats, carbohydrates and atherosclerotic vascular disease. *New Engol J Med* 277 : 186, 1967
- 13) Folch J, Lees M, Sloanestaneley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. *J Biol Chem* 226 : 497, 1957
- 14) Zlatkis A, Zak B. Study of a new cholesterol reagent. *Anal Biochem* 29 : 143, 1969
- 15) Noma A, Okabe H, Netsu-Nakayama K, Ueno Y, Shinohara H. Improved method for simultaneous determination of cholesterol in high- and low-density lipoproteins. *Clin Chem* 25 : 1480, 1979
- 16) SAS. Procedures guide for personal computers. Version 6 edition. SAS institute. Cary, N.C. 1986
- 17) Harris WC, Conner WE, McMurry MP. The comparative reductions of the plasma lipids and lipoproteins by dietary polyunsaturated fats : salmon oil versus vegetable oils. *Metabolism* 32 : 179, 1983
- 18) Sanders TAB, Hochland MC. A comparison of the influence on plasma lipids and platelet function of supplements of ω -3 and ω -6 polyunsaturated fatty acids. *Brit J Nutr* 50 : 521, 1983
- 19) Sanders TAB, Roshanai F. The influence of differ-

- ent type of ω -3 polyunsaturated fatty acids on blood lipids and platelet functions in healthy volunteers. *Clin Sci* 64 : 91, 1983
- 20) 임현숙 · 한인규. 식이의 불포화지방 대 포화지방 함량이 흰쥐의 조직 콜레스테롤 함량 및 지방산 조성에 미치는 영향. *한국영양사료학회보* 11(4) : 267, 1987
- 21) 원향례 · 한인규. 식이지방의 종류와 수준, 콜린 결핍이 흰쥐의 혈장과 간지질 함량에 미치는 영향. *한국영양사료학회보* 12(3) : 154, 1988
- 22) Sodhi HS, Kudchodkar BJ, Mason DT. Cholesterol metabolism in clinical hyperlipidemia. *Adv Lipid Res* 17 : 107, 1980
- 23) Kobadakes Y, Hirahara F, Innami S, Nishide E. Dietary effect of ω -3 type polyunsaturated fatty acids on serum and liver lipid level in rats. *J Nutr Sci Vitaminol* 29 : 11, 1983
- 24) Hjermann I, Enger CH, Helgeland A, Aolme I, Leren P, Trygg K. The effect of dietary changes on high density lipoprotein cholesterol : the oslo study. *Am J Med* 66 : 106, 1979
- 25) Goodnight SH, Harris W, Connor W, Illingworth DR. Polyunsaturated fatty acids, hyperlipidemia and thrombosis. *Atherosclerosis* 2(2) : 875, 1982
- 26) Parks JS, Bullock BC. Effect of fish oil versus lard diets on the chemical and physical properties of low density lipoproteins of nonhuman primates. *J Lipid Res* 28 : 173, 1987
- 27) Peifer JJ, Janssen F, Ahn P, Cox W, Lundberg WO. Studies on the distribution of lipids in hypercholesterolemic rats. *Arch Biochem Biophys* 86 : 302, 1960
- 28) Naryaan KA, McMullen JJ. The interactive effect of dietary glycerol and corn oil rat liver lipids, serum lipids and serum lipoproteins. *J Nutr* 109 : 1836, 1979
- 29) Fielding CJ, Shore VG, Fielding PE. A protein cofactor of lecithin : cholesterol acyltransferase. *Biochem Biophys Res Comm* 46 : 149, 1972
- 30) Anderson RL, Fullmer JR, Hollenbath EJ. Effects of the trans isomers of linoleic acid on the metabolism of linoleic acid in rats. *J Nutr* 105 : 393, 1975
- 31) Bocehnek W, Rodges JB. Effect of saturated and unsaturated fats give with and without cholesterol on hepatic cholesterol synthesis and hepatic lipid metabolism. *Biochem Biophys Acta* 528 : 1, 1978
- 32) Ide T, Tanaka T, Sugano M. Dietary fat-dependent changes in hepatic cholesterogenesis and the activity of 3-hydroxy-3-methylglutaryl-CoA reductase in fasted-refed rats. *J Nutr* 109 : 807, 1979
- 33) Ide T, Gotoh Y, Sugano M. Dietary regulation of hepatic 3-hydroxy-3-methylglutaryl CoA reductase and cholesterol synthetic activities in fasted-refed rats. *J Nutr* 110 : 158, 1980
- 34) Ramesha CS, 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, 1980
- 35) Avigan J, Steinberg D. Effects of saturated and unsaturated fat on cholesterol metabolism in the rat. *Pro Soc Biol Med* 97 : 814, 1958
- 36) Serdarevich B, Carroll KK. *In vivo* incorporation of labeled acetate into liver and serum lipids of rats on different dietary regimens. *Can J Biochem* 50 : 557, 1972
- 37) Goldfarb S, Pitot HC. Stimulatory effects of dietary lipid and cholestyramine on hepatic HMG-CoA reductase. *J Lipid Res* 13 : 797, 1972