

ω-3계와 ω-6계 고도 불포화 지방산의 혼합 비율이

다른 유지가 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향(I)

— 뇌, 신장, 고환 및 혈청 lipoprotein을 중심으로—

강 정 옥

동의대학교 식품영양학과

The Effect of Fat and Oil Differently Composed of ω-3 and ω-6 Polyunsaturated Fatty Acids on Lipid Metabolism of Rats

—Centered on Brain, Kidney, Testis and Serum Lipoprotein—

Kang Jeong-ock

Dept. of Food and Nutrition, Donggeui University, Pusan, 614-010, Korea

Abstract

This research was intended to know the influence of ω-3 and ω-6 polyunsaturated fatty acids on rat's brain, kidney, testis tissues and composition of serum lipoprotein. Different kinds of diets containing perilla oil (PO) and red pepper oil (RPO) were administered to the rats : group 1, 10% PO ; group 2, 7.5% PO and 2.5% RPO ; group 3, 5% PO and 5% RPO ; group 4, 2.5% PO and 7.5% RPO ; group 5, 10% RPO. The following are the results.

1. No significance of cholesterol concentration in brain was noticed among the groups, but group 5 was the highest and other groups tended to decrease.
2. As for concentration of triglyceride and phospholipid, the groups with more percentage of RPO increased gradually while those with more PO decreased by degrees.
3. No significance of cholesterol level in kidney was found among the groups. About triglyceride level, group 5 was the highest and it was relatively low in groups 2, 3 and 4. group 5, however, was the lowest in phospholipid level.
4. As to cholesterol concentration in testis, groups 1 to 4 were low. About triglyceride level, group 1 increased while groups 2 to 4 decreased.
5. Concerning lipoprotein pattern in serum, HDL increased in groups 1 to 3, while LDL decreased gradually with the increase of perilla oil.

I. 서 론

식이 지방은 생체내에 필수 지방산의 공급원 및 고 열량원으로 중요할 뿐만 아니라 생체막 인지질 및

본 연구는 1988년도 문교부 학술연구조성비로 이루어졌음.

혈청 lipoprotein의 구성성분이며, 또한 prostaglandin의 전구체로서 이의 합성에 관여한다.¹⁾

따라서 식이 지방의 함량 및 지방산의 구성 비율은 체내 지방 구성에 변화를 초래하는 요인이 된다.²⁻⁵⁾

또한 과다 섭취시에는 비만증, 고혈압, 고지혈증, 동맥경화증, 심장질환,⁶⁻⁸⁾ cocarcinogenicity^{9,10)} 효과, 뇌혈전 등을 초래할 수 있다.

이러한 성인 순환기 질환은 구미 선진국에서 사망원인의 제1위를 차지하고 있으며,¹¹⁾ 우리나라에 서도 수위로 나타나고 있다.¹²⁾

그리고 지질대사의 비 정상적 상태는 고cholesterol혈증, 고 중성지혈증을 유발하여 동맥경화증 및 관상동맥성 심장질환에 이르게 하는 것으로 알려져 있다.^{8,13-16)} 식물성유, chlorophyll a, saponin, 식물성 sterol 및 polyunsaturated fatty acid (PUFA) 등은 항cholesterol 효과를 가지고 있다.¹⁷⁾

PUFA는 혈청 cholesterol, 중성지방 및 LDL 함량을 감소 시킴으로서 관상동맥성 심장질환(coronary heart disease (CHD)) 유발을 억제하는 인자이다.

Taussant 등¹⁸⁾은 PUFA가 간장에서 지방산의 합성을 감소시킴으로서 CHD를 억제한다고 하였다.

Spritz 등¹⁹⁾과 Anderson 등²⁰⁾은 polyunsaturated fatty acid/saturated fatty acid(P/S) 비율이 높은 식이는 중성 및 산성 steroid의 배설을 증가시킴으로서 조직과 혈청 cholesterol을 감소시킨다고 하였다.

혈청 및 조직지질로서의 cholesterol, 중성지방, 인지질등의 양적인 감소와 lipoprotein조성여부가 hypolipidemic 한 효과를 좌우한다.

Narayan 등²¹⁾은 흰쥐에게 동물성지방식이를 장기간 급여 하였을 때 very low density lipoprotein (VLDL)-cholesterol 및 low density lipoprotein (LDL)-cholesterol 농도는 증가되는 반면 high density lipoprotein(HDL)-cholesterol 농도는 감소되었으며 Berg²²⁾와 Hjermann 등²³⁾은 CHD 환자에게서 HDL-cholesterol 농도가 높았다고 하였다.

Smith²⁴⁾와 五十嵐²⁵⁾은 혈청 lipoprotein중 LDL은 혈청 cholesterol의 주된 운반형이며 동맥벽에 cholesterol을 축적시킴으로서 동맥경화를 촉진시키는 인자로 작용하는 반면 HDL은 조직으로부터 cholesterol을 유출시키는 요인으로 작용하여 동맥경화 유발을 억제한다고 하였다.

Ikeda 등²⁶⁾과 德田 등²⁷⁾은 식물성 sterol이 hypocholesterolemic 한 효과를 현저히 나타낸다고 하였다.

식이 PUFA의 이러한 효과는 ω -3계 linolenic acid와 eicosapentaenoic acid(EPA), docosahexaenoic acid (DHA) 및 ω -6계 linoleic acid가 주요작용을 하는 때문이다.

그리하여 ω -3계와 ω -6계 PUFA의 함유비율을 달리했을 때 흰쥐 장기의 지질대사 및 혈청 lipoprotein 조성에 미치는 영향을 알고자 ω -3계(linolenic acid)와 ω -6계(linoleic acid)의 비율을 각기 달리하여 흰쥐에게 급여하여 얻어진 결과를 보고코자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 실험동물

평균체중 64.5±2.3g 인 3주령 된 sprague Dawley종 숫쥐 30마리를 20% casein을 함유하는 기초 사료로서 1주일간 예비사육한 후 평균체중이 비슷한 것끼리 6마리씩 5군으로 하여 apartment식 사육상에 넣어 3주간 실험사육하였으며 사료와 물은 자유로이 섭취시켰다.

사육실의 온도는 20±2°C, 습도는 50% 전후로 조절하였고 명암은 12시간 cycle로 조정하였다.

2. 사료

기초식이 조성은 Table 1과 같으며 Table 2는 3주간 급여한 실험식이의 조성을 나타낸 것으로서 시험유지인 들깨기름과 고추씨기름의 혼합비율에 따라 5개군으로 나누었다.

3. 시험유지

들깨기름 및 고추씨 기름은 들깨와 고추씨를 각각 전주 중앙시장에서 구입하여 직접 착유한 후 활성

Table 1. Composition of basal diets (%)

Casein	20.0
DL-methionine	0.3
Corn starch	60.0
Cellulose powder	5.0
Mineral mixture*	3.5
Vitamin mixture*	1.0
Choline bitartrate	0.2
Lipid	10.0

* AIN-76 (J. Nutr., 107 : 1340, 1977)

Table 2. Composition of experimental diets (%)

Casein	20.0
DL-methionine	0.3
Corn starch	60.0
Cellulose powder	5.0
Mineral mixture*	3.5
Vitamin mixture*	1.0
Choline bitartrate	0.2
Test-lipid**	10.0

* AIN-76 (J. Nutr., 107 : 1340, 1977)

** Group 1 : 10.0% perilla oil

Group 2 : 7.5% perilla oil+2.5% red pepper oil

Group 3 : 5.0% perilla oil+5.0% red pepper oil

Group 4 : 2.5% perilla oil+7.5% red pepper oil

Group 5 : 10.0% red pepper oil

탄으로 처리, 80°C로 가온하면서 여과, 정제하여 사용하였다.

4. 동물 처리법

실험사료 급여 기간중 격일로 오전중에 체중을 측정하고 사료 섭취량은 매일 사료 잔량을 측정함으로써 산출하였다. 실험사육 3주간의 최종일은 7시간 절식 시킨 후 ether로 마취시켜 heart puncture로 채혈하고 즉시 신장, 뇌, 고환등 장기를 적출하여 무게를 측정하였다. 각 장기는 중량 측정후 0.9% 생리식염수로 탈혈하여 여과지로 불기를 제거하여 중량을 측정하였으며 혈액은 약 1시간 빙수중에 방치한후 3,000r.p.m에서 15분간 원심분리하여 혈청을 분리하였다.

5. 분석방법

시험유지의 지방산 조성은 3불화붕소메타놀법으로 methylation하여 gas-chromatography(shimadzu GC-4BM)로써 분석하였으며 그 분석조건은 Table

Table 3. GLC conditions for fatty acid analysis

Items	Conditions
Column	15% DEGS, glass 2m×3mm ID
Detector	Flame ionization detector
Column temperature	164°C
Detector temperature	180°C
Carrier gas(N ₂)	60ml/min.
Chart speed	5mm/min.

Table 4. Fatty acid composition of test lipids used in the experiments(area %)

Fatty acid	G1	G2	G3	G4	G5
C16 : 0	7.1	8.3	9.5	10.7	11.9
C18 : 0	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2
C18 : 1	15.1	15.6	16.2	16.7	17.3
C18 : 2	14.1	26.7	39.2	51.8	64.4
C18 : 3	62.0	47.7	33.3	19.0	4.7
Others	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5
Total	99.7	99.9	99.9	99.8	100.0
SFA	8.5	9.6	10.8	11.9	13.1
PUSFA	76.1	74.4	72.5	70.8	69.1
P/S	9.0	7.7	6.7	5.9	5.3
ω-6 PUSFA	14.1	26.7	39.2	51.8	64.4
ω-3 PUSFA	62.0	47.7	33.3	19.0	4.7

3과 같다.

Table 4는 시험유지의 지방산 조성을 나타낸 것으로서 1군은 10% 들깨유 식이군으로서 ω -3계 linolenic acid가 62%인데 비하여 10% 고추씨기름 식이군은 ω -6계 linoleic acid가 64.4%였다.

또한 P/S비율은 고추씨기름의 비율이 증가함에 따라 낮아지는 경향이였다.

HDL-cholesterol, 인지질 및 중성지방은 효소법 (V-cholestatase ; nissui, high-cholestat ; 국제시약 iatron, PL-E(OM) ; iatron, cleantech TG-S, iatron) 으로 측정하였다. 뇌, 신장, 고환의 총콜레스테롤은 Zak법²⁸⁾으로, 각 장기 조직중의 인지질은 molybdenium blue비색법²⁹⁾으로 그리고 각 장기 조직중의 중성지방은 acetyl acetone비색법²⁹⁾으로 각각 측정하였다.

그리고 혈청 lipoprotein pattern은 sudan black

B로써 전염색 처리한 혈청을 암소, 실온에서 3시간 방치한 후 polyacrylamide gel을 이용한 disc형 영동장치로써 전기영동하여 densitometer로써 600nm의 filter를 사용하여 scanning하고 면적 100분율로서 각획분의 pattern을 표시하였다.^{30,31)}

분석결과와 통계처리는 student's t-test로 하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 식이 섭취량 및 증체량

3주간 실험사육한 흰쥐의 증체량과 식이 섭취량은 Table 5와 같다.

사료 섭취량에서 전체적인 유의성은 없으나 고추종자유 함유비율이 높은 4군과 5군에서 약간 많았다. 증체량은 들깨유 함유율이 높은 1군이 높았다.

Table 5. Feed intake and body weight gain of rats fed the experimental diets for 3 weeks

Diets	Feed intake (g/3 weeks)	Body weight gain (g/3 weeks)
1	265.8 ± 12.8 ^{a*}	101.0 ± 4.7 ^{a*}
2	260.8 ± 15.6 ^a	73.5 ± 7.3 ^{bc}
3	265.8 ± 7.9 ^a	66.8 ± 7.3 ^b
4	291.0 ± 14.3 ^a	88.2 ± 6.5 ^{ac}
5	274.5 ± 6.6 ^a	78.5 ± 5.8 ^{bc}

* Values are given as mean ± SEM (n=6)

Means in the same column not sharing a common superscript letters are significantly different (P<0.05)

Table 6. Concentrations of total cholesterol, triglyceride and phospholipid in brain of rats fed the experimental diets for 3 weeks

Diets	Total cholesterol (mg/g)	Triglyceride (mg/g)	Phospholipid (mg/g)
1	8.7 ± 0.3 ^{a*}	19.7 ± 1.0 ^{a*}	22.2 ± 0.6 ^{a*}
2	8.4 ± 0.4 ^a	21.5 ± 1.3 ^{ab}	23.5 ± 0.5 ^{ab}
3	8.6 ± 0.5 ^a	24.0 ± 1.3 ^{bc}	23.6 ± 0.4 ^b
4	9.8 ± 0.2 ^a	29.4 ± 1.4 ^d	24.2 ± 0.5 ^{bc}
5	10.0 ± 0.4 ^a	26.4 ± 1.2 ^{cd}	25.3 ± 0.4 ^c

* Values are given as mean ± SEM (n=6)

Means in the same column not sharing a common superscript letters are significantly different (P<0.05)

2. 뇌 조직중의 총cholesterol, 중성지질 및 인지질 농도

Table 6에서 보는 바와 같이 뇌중의 총cholesterol농도는 전체적으로 큰 유의성은 없으나 고추씨기름만을 10% 단독 급여한 5군에서 높은 함량을 보이는 반면 ω-3계 linolenic acid함유비율이 높은 들깨유 투여군(1군), 혼합 식이군(2,3군)에서 낮은 경향을 보였다.

한편 TG와 PL농도도 총cholesterol 농도와 유사한 경향을 나타내어 고추종자유 함유율이 높은 식이군(4,5군)에서는 서서히 증가하지만 들깨유 함유율이 많아질수록(1,2군) 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 모체의 식이지방 섭취는 임신, 수유기 동안의 태아, 태반, 성장에 있어서의 에너지원이며 세포막 구조 및 그 기능, 신경 혈관계, 내분비, 신장, 면역계에 주역할을 한다.³²⁾ 필수 지방산이 뇌 성장시에 부족하게 되면 학습능력에 손상을 초래하며³³⁾ 특히 ω-3 PUFA중 linolenic acid, eicosapentaenoic acid (EPA)의 섭취가 혈전증과 저혈압에 도움을 주는 것으로 알려져 있다.^{34,35)} 뇌의 구조지질을 합성하는데 필요한 필수 지방산은 식이 필수 지방산들이 C20-22의 다불포지방산으로 전환되어 세포막등의 구조지질로 선택적으로 결합체가 되어 막의 동적구조에 특성을 부여한다.^{33,36)} 특히 대뇌 회백질에는 다른 조직과 비교할 때 지질 함유량이 높다.³³⁾

한편 Sanders³⁷⁾는 어미 식이에 식이지방 급원으로 butter와 lard 혼합물대신 linoleic acid가 풍부한 ma-

rgarine을 급여한 결과 margarine식이군과 butterlard식이군간의 태아 뇌 무게에 차이가 없었다고 보고한 바 있다.

또한 식이 지방군별로 뇌 조직 cholesterol함량을 조사한 바에 의하면 쇠기름군에서 cholesterol함량이 가장 높고 고등어유군, 콩기름 투여군, 채종유군, 들깨유군의 순서로 나타났다.³⁸⁾

ω-3 linolenic acid 함유율이 높은 들깨유는 뇌 조직중의 총cholesterol, TG, PL농도를 저하시키고 ω-6 linoleic acid 함유율이 많은 고추종자유는 뇌 조직의 총cholesterol, TG, PL농도를 증가시키는 것으로 나타났다.

3. 신장 조직중의 총cholesterol, 중성지질 및 인지질 농도

Table 7에 신장 조직중의 총cholesterol, TG, PL농도를 나타내었다. 총cholesterol함량에서는 전체적인 유의성이 없었으며, TG수준은 ω-6 linoleic acid비율이 높은 고추씨기름 식이군(5군)에서 ω-3 linoleic acid를 많이 함유한 들깨유 식이군의 약2배 가량으로 가장 높았고 혼합 식이군에서 낮게 나타났다.

반면에 PL은 TG와는 반대로 ω-3 linolenic acid 비율이 많은 들깨유 10% 단독 투여군이 가장 높은 농도를, 10% 고추씨기름만 급여한 5군이 현저하게 낮은 농도를 보였다.

Table 7. Concentrations of total cholesterol, triglyceride and phospholipid in kidney of rats fed the experimental diets for 3 weeks

Diets	Total cholesterol (mg/g)	Triglyceride (mg/g)	Phospholipid (mg/g)
1	3.6 ± 0.1 ^{a*}	43.4 ± 2.9 ^{a*}	33.6 ± 2.8 ^{a*}
2	3.4 ± 0.2 ^a	60.8 ± 6.0 ^b	25.7 ± 1.3 ^c
3	3.9 ± 0.2 ^a	71.4 ± 5.2 ^{bc}	30.7 ± 1.0 ^{cd}
4	3.5 ± 0.2 ^a	70.2 ± 4.7 ^{bc}	27.5 ± 0.9 ^{cd}
5	3.7 ± 0.3 ^a	77.0 ± 0.5 ^c	14.0 ± 0.9 ^b

* Values are given as mean ± SEM (n=6)

Means in the same column not sharing a common superscript letters are significantly different (P<0.05)

Table 8. Concentrations of total cholesterol, triglyceride and phospholipid in testis of rats fed the experimental diets for 3 weeks

Diets	Total cholesterol (mg/g)	Triglyceride (mg/g)	Phospholipid (mg/g)
1	0.98± 0.07 ^{ab*}	3.73± 0.39 ^{a*}	5.43± 0.30 ^{ab*}
2	0.91± 0.06 ^{ab}	2.60± 0.16 ^b	5.20± 0.26 ^a
3	0.88± 0.05 ^a	3.38± 0.38 ^a	5.95± 0.24 ^b
4	0.88± 0.07 ^a	3.05± 0.13 ^{ab}	5.88± 0.07 ^b
5	1.07± 0.05 ^b	3.13± 0.12 ^{ab}	5.00± 0.23 ^a

* Values are given as mean± SEM(n=6)

Means in the same column not sharing a common superscript letters are significantly different(P<0.05)

4. 고환 조직중의 총cholesterol, 중성지질 및 인지질 농도

고환 조직중의 총cholesterol, 중성지질, 인지질의 농도를 Table 8에 나타내었다. 총cholesterol농도는 ω-6 linoleic acid 함유율이 많은 5군이 높고 혼합식이군 및 ω-3 linolenic acid 들깨유 식이군에서 낮았다.

TG수준은 ω-3 linolenic acid함유 비율이 높은 들깨유 식이군(1군)에서 높게 나타났으며 혼합식이군(2,4군)에서는 감소하는 경향을 보였다.

PL농도에서는 유의적인 차이는 크지 않았으나 ω-6 linoleic acid함유 비율이 높은 고추 종자유 식이군(5군)에서 감소하고 혼합식이군에서 상승하는 경향이였다.

5. 혈청 lipoprotein pattern

Fig 1은 혈청 lipoprotein pattern을 나타낸 것으로서 관상동맥 질환과 역상관계에 있으며, 조직중의 cholesterol을 유출해내는 HDL의 비율이 전체적으로 많아서 lipoprotein총량의 1/2 이상을 점하고있다. 특히 ω-3 linolenic acid 비율이 높은 들깨유 식이군(1,2군)에서 증가하는 반면 ω-6 linoleic acid 함유율이 높은 고추씨기름을 먹인 5군에서 가장 낮아서 50.9%를 차지하고 있었다.

혈장 cholesterol은반형이며 동맥벽에 cholesterol을 축적시키는 인자로 알려진 LDL은 ω-6 linoleic acid함유 고추씨 기름의 함량이 많아질수록 상승하고

ω-3 linolenic acid 비율이 높아질수록 점차로 감소하는 역상관계로 나타났다.

식이 cholesterol은 장에서 유도된 triglyceride가 많은 지단백질인 chylomicron이나 VLDL에 의해서 이동된다.

Kinsell³⁹⁾과 Ahrens등⁴⁰⁾은 정상인에게 포화지방을 먹였을때 다불포화지방을 준 경우보다 혈청 cholesterol농도가 훨씬 높아진다는 것을 보고하였다. 또한 다불포화지방산이 사람에서 혈장 및 LDL-cholesterol농도를 낮춘다는 것은 잘 알려져있다.⁴¹⁾

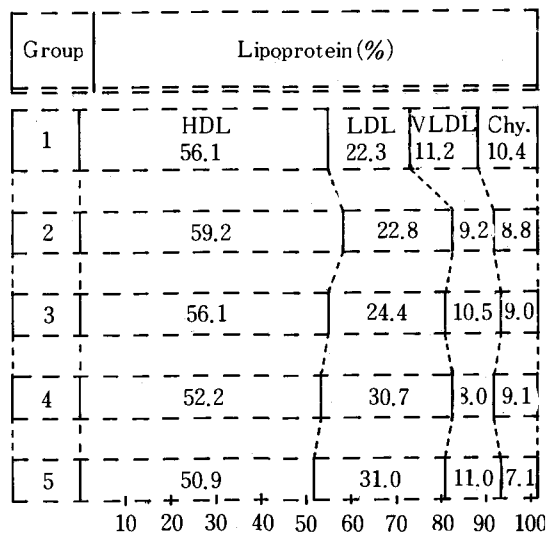


Fig. 1. Lipoprotein pattern in serum of rats fed with the experimental diets for 3 weeks.

그리고 Sanders등⁴²⁾은 대구간유를 ω-3 PUFA급원으로 주었을때 HDL이 증가되었음을 보고하였으며, Harris등⁴³⁾은 연어에서 추출한 기름을 급여하여 HDL-cholesterol이 상승하고 LDL-cholesterol이 저하됨을 발표하였는데 이는 본 연구 결과와 일치되는 것이다.

본 연구에서 ω-6 linoleic acid 함유율이 높은 식이군(5군)에서 HDL이 저하되었는 바, HDL저하기작은 ω-6 PUFA에서 fractional removal rate이 변화하지 않음으로 해서 합성이 감소되는 때문으로 사료된다.

Illingworth등⁴⁴⁾은 ω-3 PUFA가 LDL합성을 감소시킨다고 하였는데 이것은 본 연구 결과와 일치한다. 이러한 감소효과는 VLDL합성 감소를 매개로하여 일어나는 것으로 여겨진다. 그리고 linoleic acid가 풍부한 유지는 사람에서 VLDL clearance를 상승시키고 나아가서는 VLDL생성을 저하시킨다는 보고가 있으나,⁴⁵⁻⁴⁷⁾ 본 연구에서는 linoleic acid가 많은 고추씨기름 식이군과 linolenic acid함량이 많은 들깨유 급여군 모두에서 VLDL이 상승되어 있었고 오히려 혼합 식이군에서 감소되는 경향을 보였다.

ω-6 linoleic acid가 풍부한 식이를 급여할 때 VLDL, IDL안에 있는 지질과 apoprotein B가 감소하지만 ω-3 PUFA가 더욱 효과가 크다.

요 약

ω-3계와 ω-6계 PUFA의 함유비율을 달리했을때 흰쥐장기의 지질대사 및 혈청 lipoprotein 조성에 미치는 영향을 알아 보고자 실험한 결과를 요약하면 아래와 같다.

뇌 조직중의 총cholesterol농도는 전 식이군 간에 유의성은 없으나 ω-6계 linoleic acid 함유율이 높은 고추씨기름 10% 단독 식이군에서 높은 함량을 보이는 반면 ω-3계 linolenic acid 함유율이 높은 들깨유 식이군 및 혼합 식이군에서 감소하는 경향을 보였다. 한편 중성지방 및 인지질 농도는 고추종자유 함유율이 높은 식이군에서 서서히 증가하지만 들깨유 함유량이 많아질수록 점차 감소하였다.

신장 조직중의 총cholesterol농도는 전 군간에 유의성이 없었으며, 중성지방 농도는 ω-6계 linoleic

acid함유 비율이 높은 고추종자유 식이군이 가장 높았고 혼합 식이군에서 낮았다. 인지질 농도는 10% 고추종자유 식이군에서 현저히 낮았다.

고환 조직중의 총cholesterol농도는 혼합 식이군 및 들깨유 식이군에서 낮았으며, 중성지방 농도는 들깨유 식이군에서 상승하였고 혼합 식이군에서 감소하였다. 인지질 농도는 5군에서 낮았다.

혈청 lipoprotein pattern에서 HDL은 들깨유 함량이 많은 식이군(1,2,3군)에서 상승된 반면 고추씨기름 식이군에서는 가장 낮았으며, LDL은 들깨유 비율이 높아질수록 점차로 낮아졌다.

문 헌

1. Fernandes, G. : Nutritional Factors ; Modulating effects on immune function and aging, *Pharmacological Reviews*, 36, 123(1984)
2. Shore, V. G. Kraus, R. M. Butterfield, G. Deshaies, Y., Lindgren, E. T. : Effects of dietary polyunsaturated : Saturated fat ratio of human serum lipoproteins. *Atherosclerosis* 1, 386 (1981)
3. Becker, N, Illingworth, D. R, Alanpovice, P., Conner, W. E, Sundberg, E. S. ; Effects of saturated monounsaturated, and ω-6 polyunsaturated fatty acids plasma lipids, lipoprotein and apoproteins in human, *Am. J. Clin. Nutr.*, 37, 335(1983)
4. Steinberg, L.Y. Mauldin, R. E. Mathaias, M. M. ; The effect of dietary lipids on clotting times and rat serum and urine prostaglandin concentrations. In ; Essential fatty acids and prostaglandins, ed. Holman R. T. Pergamon press, New York, 485(1982)
5. Innis, S. M. Clandinin, M. T. ; Dynamic modulation of mitochondrial inner-membrane lipids in rat heart by dietary fat, *Biochem. J.*, 193, 155(1981)
6. Widdowson, E. W. Dauncey, M. J. ; Obesity. In ; Hegste DM ed. Nutrition reviews present knowledge in nutrition. Nutritional foundation publications, New York, 17(1979)
7. Wood, J. D. Reid, J. T. ; The influence of dietary fat on fat metabolism and body fat deposition in mealfeeding rats. *Br. J. Nutr.*, 34, 15 (1975)
8. McGrandy, R. B. Hegsted, D. M. Stare, F. J. ; Ditary fats, carbohydrates and atherosclero-

- tic vascular disease. *New Engl. J. Med.*, 277, 186(1967)
9. Armstraong, G, Doll, R. ; Environmental factors and cancer incidence and mortality in different countries with special reference to dietary practice. *Int. J. Cancer*, 15, 617(1975)
 10. Hemz G. ; The contribution of diet and child-bearing to breast cancer rats. *Br. J. Cancer*, 37, 974(1972)
 11. Stamler, J. ; Introduction to risk factors in coronary artery disease, in ; Mcintosh HD. eds. Bayor college of medicine cardiology series. Medical communication, Northfield, 1, 3(1981)
 12. 경제기획원 조사통계국 ; 1985년도 한국인 사망원인 통계 · 국민영양 84, 41-49(1986)
 13. Bang HO, and Dyerberg, J. ; Plasma lipids and lipoproteins in Greenlandic west coast Eskimos. *Acta, Med. Scand.* 192, 85(1972)
 14. Dyerberg, J, Bang HO. and Hjorne, N. ; Fatty acid composition of the plasma lipids in Greenland Eskimos. *Am. J. Clin. Nutr.* 28, 958(1975)
 15. Bang Ho. and Dyerberg, J. ; Lipid metabolism and ischemic heart disease in Greenland eskimos. *Adv. Nutr. Res*, 3, 1(1980)
 16. Kinsella, J.E. ; Dietary fish oils. Possible effects of ω -3 polyunsaturated fatty acids in reduction of thrombosis and heart disease. *Nutr. Today Nov/Dec*, 7(1986)
 17. 加藤敏光, 竹本和夫, 片山博雄, 柔原洋子. ; ラットの食餌性高コレステロール血症に及ぼすスピルリメ(*Spirulina platensis*)の影響, 日本營養食糧學會誌, 37, 323(1984)
 18. Taussant, M. J., Wilson, M.D. and Clarks, S. D. ; Coordinate suppression of liver acetyl-co A carboxylase and fatty acid synthetase by polyunsaturated fat, *J. Nutr.*, 111, 146(1981)
 19. Spritz, N. and Mishkel, M. A. ; Effects of dietary fats on plasma lipid and lipoprotein ; An hypothesis for the lipidlowering effect of unsaturated fatty acid. *J. Clin. Invest.*, 48, 78(1969)
 20. Anderson, J. T., Grande, R. and Keys, A. ; Independence of the effects of cholesterol and degree of saturation of the fat in the diet on serum cholesterol in man. *Am. J. Clin. Nutr.*, 29, 1189(1976)
 21. Narayan, K. A., McMullen, J. J., Wakefield, T. and Calhoum, W. K. ; Influence of dietary glycerol on the serum lipoproteins of rats a fat-free diet, *J. Nutr.*, 107, 2153(1977)
 22. Berg, K., Borresen, A. and Dahlen, G. ; Serum high density lipoprotein and atherosclerotic heart disease. *Lancet*, i, 499(1976)
 23. Hjermann, I., Enger, S. C., Helgeland, A., Holme, I., Leren, P. and Trygg, K. ; The effect of dietary changes in high density lipoprotein cholesterol. The Oslo study. *Am. J. Med.*, 66, 105(1977)
 24. Smith, E. B. ; The relationship between plasma and tissue lipids in human atherosclerosis, *Adr. Lipid Res.*, 1(1974)
 25. 五十嵐脩, 莊可典子, 金子佳代子 ; ラットに及ぼせる, 投與脂質過酸化物の影響に及ぼす各種抗酸化劑の効果. 營養と食糧., 33, 309(1980)
 26. Ikeda, Katsuko Nakashima-Yoshida. and Michihiro Sugano. ; Effects of cycloartenal on absorption and serum levels of cholesterol in rats, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 31, 375(1985)
 27. 徳田節子, 奥寺麻知代, 齊藤衛郎, 簿木理一郎, 金田尚志 ; 小麥胚芽油不けん化物のラット血漿コレステロール代謝におよす影響, 日本營養食糧學會誌., 37, 209(1984)
 28. Seligson, B. ; Standard method of clinical chemistry. Academic press Inc., New York. (1968)
 29. 奥田 清 ; 臨床化學検査マニュアル 医齒藥出版株式會社. 96, (1972)
 30. Narayan, K. A. et. al ; Disc electrophoresis of human serum Lipoproteins. *Nature*, 205, 246(1965)
 31. 菅原和行 ; リポタンパク質分画, *Medical technology* 8, 1115(1980)
 32. Galli, C. and Socini, A. ; Dietary lipids in pre- and post-natal development. ; In Dietary fats and health, IO(ed. E.G. Perkins and W. J. Visek), Champaign. Illinois, 278(1981)
 33. Sinclair, A. J. ; Long chain polyunsaturated fatty acids in the mammalian brain, *Proc. Nutr. Soc.* 34, 287(1975)
 34. Gibson, R. A. ; Australian fish-An excellent source of both arachidonic acid and ω -3 polyunsaturated fatty acids, *Lipids*, 18, 743(1983)
 35. Lasserre, M., Mendy, F., Spielmann, D. and Jacotot, B. ; Effect of different dietary intake of essential fatty acids on C20 : 3 ω -6 and C20 : 4 ω -6 serum levels in human adults, *Lipids*, 20, 227(1985)
 36. Singer, S. J. and Nicholson, G. L. ; The fluid mosaic model of the structure of cell membranes, *Science*, 175, 720(1972)

37. Sanders, T. A. B., Mistry, M. and Naismith, D. J. : The influence of a maternal diet rich in linoleic acid on brain and retinal docosahexaenoic acid in the rat, *Br. J. Nutr.*, **51**, 57 (1984)
38. Na, Hae Kung ; Effect of dietary ω-3 fatty acid on rat brain lipid during development, Dept. of Food Science and Nutrition, Graduate School, Hyosung women's University. (1986)
39. Kinsell, L. W., Partridge, J, Boling, L, Margen, S. and Michaels, G. : Dietary modification of serum cholesterol and phospholipid levels, *J. Clin. Endocrinol.*, **12**, 909(1952)
40. Ahrens, E. H. Jr., Hirsch, J, Insull, W. Jr. Tsaltas, T. T. and Blomstrand, R. : The influence of dietary fats on serum lipid levels in man, *Lancet*, **1**, 943(1957)
41. Goodnight, S. H., Harris, W., Connor, W. and Illingworth, D. R. : Polyunsaturated fatty acids, hyperlipidemia and thrombosis, *Atherosclerosis*, **2**, 875(1982)
42. Sanders, T. A. B., Vickers, M. and Haines, A. P. : Effect on blood lipids and haemostasis of a supplement of cod-liver oil, rich in eicosaenoic and docosahexaenoic acid, in healthy young men, *Clin. Sci.* **61**, 317(1981)
43. Harris, W. S., Conner, W. E. and McMurry, M. P. : The comparative reductions of the plasma lipids and lipoproteins by dietary polyunsaturated fats : salmon oil versus vegetable oils, *Metabolism*, **32**, 179(1983)
44. Illingworth, D. R., Harris, W. S. and Connor, W. E. : *Atherosclerosis*. **4**, 270(1984)
45. Nestel, P. J., and Barter, P. : Metabolism of palmitic and linoleic acids in man ; differences in turnover and conversion to glycerides, *Clin. Sci.* **40**, 345(1971)
46. Chait, A., Onitiri, A., Nicoll, A., Rabaya, E., Davis, J. and 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(1974)
47. Nestel, P.J., Barter, P. J. : Triglyceride clearance during diets rich in carbohydrate or fats, *Am. J. Clin. Nutr.*, **26**, 241(1973)

(Received August 8, 1989)