

n-3 및 n-6계 다불포화 지방산의 함유비율이 다른 유지가 고지혈증 흰쥐의 혈청 지단백 지질성분 및 지방산 대사에 미치는 영향

김한수 · 김성희 · 정효숙* · 강정옥** · 정승용¹

경상대학교 식품영양학과

*경남대학교 가정교육과

**동의대학교 식품영양학과

Effects of the Feeding Mixed Oils with Various Levels of n-3 and n-6 Polyunsaturated Fatty Acid on the Lipid Components and Fatty Acid Metabolism of Serum Lipoprotein in Hyperlipidemic Rats

Han-Soo Kim, Sung-Hee Kim, Hyo-Sook Cheong*, Jeong-Ock Kang** and Seung-Yong Chung¹

Dept. of Food and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

*Dept. of Home Economics, Kyungnam University, Masan 630-260, Korea

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

Abstract

This study was designed to observe the effects of the feeding mixed with the sardine oil containing n-3 EPA, DHA and the safflower oil in which rich n-6 linoleic acid on the improvement of the lipids and on the fatty acid metabolism of serum lipoprotein in the dietary hyperlipidemic rats. Experimental oils mixed with 16% butter(control group) and 8% butter+8% olive oil, 8% butter and various level of sardine and safflower oils were administered to the male rats of the Sprague Dawley for 4 weeks. Concentrations of total cholesterol in serum lipoproteins were highest in the LDL, followed by VLDL, HDL and chylomicron components. In the triglyceride concentrations, chylomicron were highest, and much VLDL, LDL, HDL components. There were highest in the HDL, followed by LDL, VLDL and chylomicron in phospholipid concentrations of serum lipoproteins. Concentrations of total cholesterol, triglyceride and phospholipid in serum lipoprotein were lower in the other groups than in the control groups, and particularly, lowest in the group 5 (4% sardine oil+4% safflower oil). From this results, the feeding equal quantity mixed oil with n-3 PUFA rich sardine oil and n-6 PUFA rich safflower oil were effective on the improvement of the lipid composition in the serum lipoprotein. It might be due to the effects of appropriate ratios of P/S, 0.85 and n-6/n-3P, 2.85 in the test lipids. In the fatty acid composition of serum lipoprotein, ratio of P/S and n-3/n-6P were influenced from the fatty acid compositions of the mixed test lipids. And EPA contents were higher in the chylomicron components.

Key words : sardine oil, safflower oil, hyperlipidemia, serum lipoprotein, P/S ratio, n-3/n-6 PUFA

서 론

고지혈증은 혈청중 지질성분이 증가된 상태로 임상적으로 중요시 되고 발생 빈도가 높은 고콜레스테롤혈증과 고중성 지방혈증 유발에는 유전적 요인, 간질환 및 신장질환, 당뇨병, 내분비 질환 등으로 인한 2차

적 발병요인, 식사, 운동부족, 노화 및 환경인자로 인한 요인 등이 있다¹⁻³⁾.

혈액중의 콜레스테롤 농도 저하 작용이 있는 것은 다불포화 지방산 (polyunsaturated fatty acid, PUFA) 중 n-6계 linoleic acid의 효과가 이미 알려져 있으며, n-3계 eicosapentaenoic acid (EPA)와 docosahexaenoic acid (DHA)도 혈청 지질 개선 효과가 있는 것으로 보고되어 있으며⁴⁻⁶⁾, 저자 등¹⁰⁾이 흰쥐에 n-3계 PUFA의 함

¹To whom all correspondence should be addressed

유수준이 높은 정어리유와 n-6계 PUFA 함유 수준이 높은 홍화유를 혼합 급여하였을 때, 시험유지의 P/S비가 0.85, n-6/n-3P비 2.85일 때 혈청의 지질 개선 효과가 더욱 높은 것으로 나타났는데, 이는 시험유지의 적절한 혼합비율에 의한 것이라 보고한 바 있다.

따라서 본 연구에서는 n-3계 EPA와 DHA의 함유 비율이 높은 정어리유와 n-6계 linoleic acid의 함유 비율이 높은 홍화유의 함유 수준을 달리한 혼합유지의 섭취가 고지질 식이 원취의 혈청 지단백에 있어서 지질 개선 효과 및 지방산 대사에 어떻게 영향을 미치고 있는지를 관찰하였다.

재료 및 방법

실험동물

평균 체중이 60 ± 5 g인 Sprague Dawley계 숫 흰쥐를 5% 옥수수유를 함유하는 기초식이로 10일간 예비 사육하여 적응시킨 후 난괴법(randomized complete

block design)에 의해서 한군을 6마리씩, 7군으로 나누어 사육상자에 한마리씩 넣어 4주간 실험사육하였다.

예비사육 및 실험사육 기간중 물과 식이는 자유로이 섭취시켰으며, 사육실의 온도($20 \pm 1^\circ\text{C}$) 및 습도($50 \pm 10\%$)는 최적조건으로 유지시켰고 명암은 12시간(07:00~19:00)주기로 조절하였다.

식이

기초식이 및 실험식이의 조성은 Table 1과 같으며, 실험식이는 콜레스테롤 식이로서 콜레스테롤 7.5g/kg diet와 sodium cholate 2.5g/kg diet를 첨가 조제하였으며, 시험유지 및 실험군은 Table 2와 같다.

시험유지로서 옥수수유는 동방유량(株)製, 버터는 日本雪印乳業(株)製, 올리브유는 日本純正化學(株)製 및 정어리유는 日本油脂製, 홍화유는 日本 Benibana 食品會社製를 사용하였으며, 비타민 및 무기질 혼합물은 AIN-76™ 정제사료 조제법에 따랐다.

시험유지의 지방산 조성

시험유지 및 실험유지의 지방산 조성은 저자 등¹⁰⁾이 앞서 보고한 바와 같다.

실험동물의 처리

실험사육 4주간의 최종일에는 7시간 절식시킨 후 에테르 마취하에 심장채혈법으로 채혈한 후 약 1시간 정도 빙수중에 방치한 후 3,000rpm에서 15분간 원심 분리하여 혈청을 취하여 실험에 사용하였다.

혈청 지단백의 분리

Hatch와 Lees¹¹⁾의 방법을 약간 수정하여 염농도에 따른 밀도 구배에 따라 초원심 분리(Beckman, L8-80M Ultracentrifuge, Rotor 75 Ti)하여 chylomicron, VLDL, LDL 및 HDL의 4성분으로 분리하였다(Scheme 1 참조). 즉, 각 군의 혈청을 pool로 한 6ml에 염용액

Table 1. Compositions of basal and experimental diet

Ingredient	(g/kg diet)	
	Basal diet	Experimental diet
Casein	200	200
DL-methionine	3	3
Corn starch	150	150
Sucrose	500	380
Cellulose powder	50	50
Mineral mixture*	35	35
Vitamin mixture*	10	10
Choline bitartrate	2	2
Corn oil	50	-
Cholesterol	-	7.5
Sodium cholate	-	2.5
Test lipid**	-	160

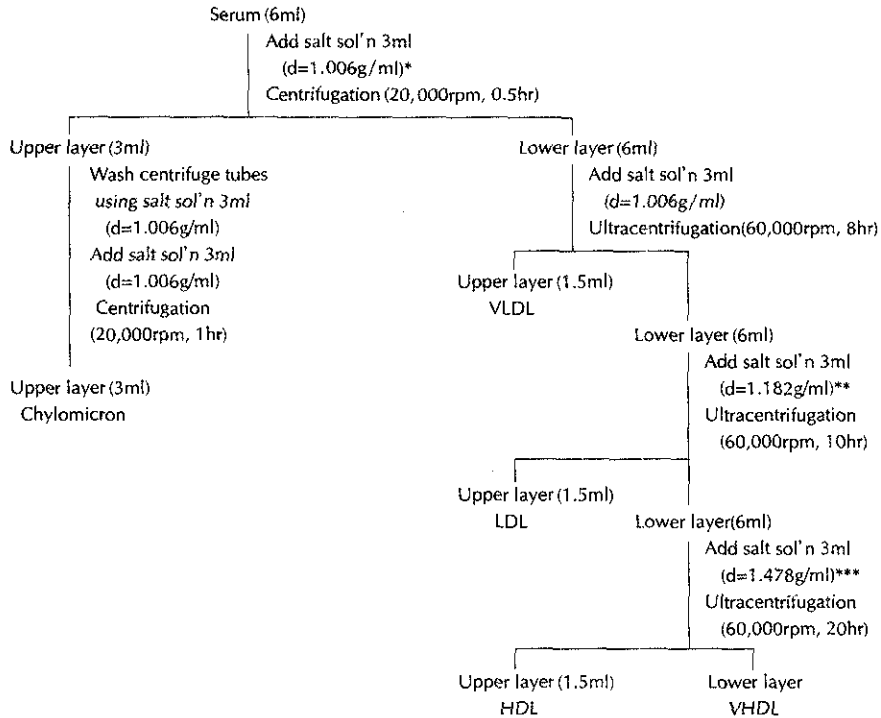
*AIN-76™

**See the legend of Table 2

Table 2. Experimental groups and P/S, n-6/n-3P ratio and mixing ratio of test lipids

Experimental group*	(diet %)					
	Butter	Olive oil	Sardine oil	Safflower oil	P/S ratio	n-6/n-3P ratio
1) Basal diet +16% BT	16.0	-	-	-	0.10	2.86
2) Basal + 8% BT + 8% OL	8.0	8.0	-	-	0.12	1.08
3) Basal + 8% BT + 8% SDO	8.0	-	8.0	-	0.53	0.46
4) Basal + 8% BT + 6% SDO + 2% SO	8.0	-	6.0	2.0	0.63	1.26
5) Basal + 8% BT + 4% SDO + 4% SO	8.0	-	4.0	4.0	0.85	2.85
6) Basal + 8% BT + 2% SDO + 6% SO	8.0	-	2.0	6.0	1.15	7.60
7) Basal + 8% BT + 8% SO	8.0	-	-	8.0	1.38	-

*BT, butter; OL, olive oil; SDO, sardine oil; SO, safflower oil



Scheme 1. Lipoprotein fractionation by ultracentrifugation.

- * Dissolve NaCl 11.4g and EDTA Na₂ 0.1g in 500ml of DW and add 1ml of 1N NaOH, and then make up to 1.003ml with DW (NaCl concentration, 0.195M)
- ** Dissolve NaBr 24.98g in 100ml of d=1.006g/ml sol'n (NaCl, 0.195M ; NaBr, 2.44M)
- *** Dissolve NaBr 78.32g in 100ml of d=1.006g/ml sol'n (NaCl, 0.195M ; NaBr, 7.65M)

(d=1.006g/ml) 3ml를 가하여 20,000rpm에서 30분간 원심분리한 후 얻은 상층액 3ml에 염용액(d=1.006g/ml) 6ml, 하층액 6ml에 염용액(d=1.006g/ml) 3ml를 가하여 20,000rpm에서 1시간동안 원심분리 후 그 상층액 3ml를 chylomicron, 60,000rpm에서 8시간 초원심분리하여 얻은 상층액 1.5ml를 VLDL로, VLDL을 분리한 그 하층액 6ml에 염용액(d=1.182g/ml) 3ml를 가하여 60,000rpm에서 10시간 초원심분리한 후 상층액 1.5ml를 LDL, 그 하층액 6ml에 염용액(d=1.478g/ml) 3ml를 가하여 60,000rpm에서 20시간 초원심분리하여 얻은 상층액 1.5ml를 HDL로 하여 분리, 확인 후 본 실험에 사용하였다.

혈청 지단백 중 총콜레스테롤, 중성지질 및 인지질 농도

혈청 지단백 성분 중의 총콜레스테롤 농도는 총콜레스테롤 측정용 kit시약 (Cholestezyme-V 'Eiken'), 중성지질 농도는 중성지질 측정용 kit시약 (Triglyzime-V 'Eiken')으로 측정하였으며, 인지질 농도는 인지질 측

정용 kit시약 (PLzyme 'Eiken')으로 측정하였다.

지방산 조성의 분석

혈청 지단백 성분에 적당량의 chloroform : methanol (C : M=2 : 1, v/v) 혼액으로 지질을 추출한 후 14% BF₃-MeOH로 methylester화 시켜 gas chromatography (Hewlett Packard 5890 series)로서 분석하였으며, 기기분석 조건은 column : ultra 2 (crosslinked 5% Ph Me silicone) 25×0.32mm×0.52μm film thickness, FID detector temp. 300°C, split ratio 65 : 1, flow rate (carrier gas) 1.4ml/min. (N₂), column temp. 160~250°C 이었다.

결과 및 고찰

혈청 지단백중 총콜레스테롤, 중성지질 및 인지질 농도

Table 3은 혈청 지단백 각 성분의 총콜레스테롤 농도를 나타낸 것으로서 LDL 성분이 34.1~60.8 mg/dl

범위로서 가장 높았으며, 그 다음이 VLDL 성분으로 13.4~27.4mg/dl 범위이고, HDL 성분은 14.6~18.5mg/dl, chylomicron은 6.9~13.7mg/dl의 범위였다.

각 실험군 간에 있어서는 LDL, VLDL, chylomicron 성분에서 대조군인 16%버터 급여군(1군)과 버터 8%, 올리브유 8% 혼합급여군(2군)에 비하여 여타 실험군은 모두 낮았고, n-3계 PUFA의 함유비율이 높은 정어리유와 n-6계 PUFA 함유비율이 높은 홍화유를 동량 혼합 급여한 5군(4% 정어리유+4% 홍화유)에서 특히 낮게 나타났는데, 이는 시험유지의 P/S비 0.85, n-6/n-3P비가 2.85로서 적절한 혼합비율로 인한 것이라 추정된다. 한편 HDL 성분에서는 대체로 높은 경향을

보였다. 入江¹²⁾은 사람의 혈청 지단백중 콜레스테롤의 함량은 LDL에 45%, VLDL 19%, HDL에 17% 그리고 chylomicron에 약 7% 정도 함유되어 있다고 보고한 바 있는데 본 실험 결과는 이와 유사한 경향이였다.

혈청 지단백중의 중성지질 농도는 Table 4에서와 같이 chylomicron에 53.3~87.4mg/dl 수준으로 가장 높았고, VLDL에 22.8~46.8mg/dl, LDL에 6.6~12.0mg/dl 그리고 HDL에는 4.4~8.0mg/dl 이었다. 각 실험군 간에 있어서는 대조군에 비하여 여타 실험군에서 감소하는 것으로 나타났으며, 그중 5군이 더욱 낮게 나타났다.

Dole와 Hamlin¹³⁾, Skipski¹⁴⁾는 혈장중 대부분의 중성

Table 3. Concentrations of total cholesterol in chylomicron, VLDL, LDL and HDL fractions from serum lipid of rats fed the experimental diets for 4 weeks

Group*	(mg/dl)			
	Chylomicron	VLDL	LDL	HDL
1) Basal diet + 16% BT	13.7	24.5	44.5	14.6
2) Basal + 8% BT + 8% OL	11.6	27.4	60.8	17.7
3) Basal + 8% BT + 8% SDO	7.6	14.8	39.4	18.5
4) Basal + 8% BT + 6% SDO + 2% SO	7.4	15.8	41.8	17.2
5) Basal + 8% BT + 4% SDO + 4% SO	6.9	13.4	34.1	14.7
6) Basal + 8% BT + 2% SDO + 6% SO	9.0	16.2	40.7	15.7
7) Basal + 8% BT + 8% SO	9.3	21.2	37.0	16.8

* See the legend of Table 2

Table 4. Concentrations of triglyceride in chylomicron, VLDL, LDL and HDL fractions from serum lipid of rats fed the experimental diets for 4 weeks

Group*	(mg/dl)			
	Chylomicron	VLDL	LDL	HDL
1) Basal diet + 16% BT	87.4	46.8	12.0	8.0
2) Basal + 8% BT + 8% OL	84.3	36.5	10.2	7.8
3) Basal + 8% BT + 8% SDO	58.2	27.7	8.1	5.2
4) Basal + 8% BT + 6% SDO + 2% SO	55.9	31.8	8.8	7.2
5) Basal + 8% BT + 4% SDO + 4% SO	53.3	22.8	6.6	4.4
6) Basal + 8% BT + 2% SDO + 6% SO	64.7	27.9	9.5	6.5
7) Basal + 8% BT + 8% SO	69.9	33.1	8.2	7.8

* See the legend of Table 2

Table 5. Concentrations of phospholipid in chylomicron, VLDL, LDL and HDL fractions from serum lipid of rats fed the experimental diets for 4 weeks

Group*	(mg/dl)			
	Chylomicron	VLDL	LDL	HDL
1) Basal diet + 16% BT	8.4	25.2	33.8	35.4
2) Basal + 8% BT + 8% OL	7.4	27.9	40.0	36.0
3) Basal + 8% BT + 8% SDO	5.4	14.3	34.0	39.1
4) Basal + 8% BT + 6% SDO + 2% SO	5.7	15.1	29.4	36.6
5) Basal + 8% BT + 4% SDO + 4% SO	4.9	13.4	25.7	30.1
6) Basal + 8% BT + 2% SDO + 6% SO	5.9	14.8	28.4	35.4
7) Basal + 8% BT + 8% SO	6.3	22.7	23.2	39.2

*See the legend of Table 2

지질은 chylomicron에 의하여 운반된다고 하였으며 사람에게 있어서 VLDL은 중성지질의 주요한 운반체라고 보고하였다.

Table 5는 혈청 지단백종의 인지질 농도를 나타낸 것으로서 HDL성분에 30.1~39.1mg/dl의 범위로 가장 높았으며, LDL에 23.2~40.0mg/dl, VLDL에 13.4~27.9mg/dl, chylomicron에는 5.4~8.4mg/dl 범위이었다. 각 실험군 간의 농도를 비교해 보면 HDL 성분에서는 8% 정어리유 첨가 급여군(3군)과 8% 홍화유 첨가 급여군(7군)에서 대조군에 비해 높게 나타났으며 LDL, VLDL 및 chylomicron에 있어서는 대조군에 비하여 전 실험군에서 낮게 나타났다.

入江¹²⁾은 혈청 지단백종 인지질의 농도는 HDL, LDL에 각각 약 22% 함유되어 있으며, VLDL에 약 18%, chylomicron에 약 7% 함유되어 있다고 보고한 바 있다.

혈청 지단백의 지방산 조성

Table 6은 혈청 지단백종 chylomicron의 지방산 조성을 나타낸 것으로 포화지방산은 49.1~59.1% 수준으로서 전지방산의 약 50%를 차지하였으며 이 중 palmitic acid가 26.6~30.1%, stearic acid가 17.5~21.9% 범위로 대부분을 차지하였고, 각 실험군 간의 차이는 크지 않았다. 단불포화지방산은 17.7~24.4% 범위

로 이중 oleic acid가 15.6~22.5%로 대부분을 차지하였으며 각 군간의 함유비율 차이는 별로 크지 않았다.

다불포화지방산은 22.7~32.6% 범위이며 이중 linoleic acid가 14.0~22.5%로서 주요 지방산을 이루고 있었고 arachidonic acid는 2.9~8.3% 범위이나 5, 6, 7군에서 함유 비율이 약간 높았으며, EPA는 3군 7.6%, 4군 5.7%, 6군 4.7%로서 여타 실험군에 비해 함유 비율이 높았다. 또한 시험유지의 P/S 비율이 3군에서 7군으로 높아짐에 따라 EPA/AA 비 및 n-3/n-6P 비율은 낮아지는 경향이였다.

혈청 지단백종 VLDL의 지방산 조성은 Table 7과 같다. 포화지방산의 함유비율은 50.8~60.5% 범위로, 전 지방산 함량의 반 이상을 차지하였으며, 단불포화지방산은 23.5~33.4% 범위이고 이중 oleic acid가 20.6~29.8%로서 대부분을 차지하였다. 다불포화지방산 중 n-6계 LA가 7.3~15.0% 범위로 함유비율이 높았으며, AA는 0.5~5.8% 범위였고 n-6계 PUFA의 함량이 많은 홍화유의 혼합 비율이 높아질수록 증가하는 경향이였다. 한편, n-3계 linolenic acid는 0.8~3.1%, EPA는 0.2~4.2% 범위였는데 양자 모두 3군, 4군, 5군에서 함유 비율이 높았다. 또한 시험유지의 P/S비가 3군에서 7군으로 높아질수록 EPA/AA 및 n-3/n-6P 비는 감소되는 경향을 나타내었다.

Table 6. Fatty acid composition in chylomicron from serum lipoprotein fractions of rats fed the experimental diets for 4 weeks (peak area %)

Fatty acid \ Group*	1	2	3	4	5	6	7
12 : 0	1.6	1.3	1.4	1.4	1.3	1.1	1.2
14 : 0	5.5	3.7	4.8	4.1	4.3	4.6	3.8
16 : 0	30.1	28.4	28.0	27.3	28.2	27.5	26.6
18 : 0	21.9	19.4	18.0	19.5	18.9	17.8	17.5
Saturates	59.1	52.8	52.2	52.3	52.7	51.0	49.1
16 : 1	2.8	1.9	2.9	3.2	2.1	1.8	2.0
18 : 1	15.6	22.5	16.3	17.8	15.6	16.8	16.2
Monoenes	18.4	24.4	19.2	21.0	17.7	18.6	18.2
18 : 2 (n-6)	18.1	17.8	14.0	15.1	17.0	19.7	22.5
18 : 3 (n-3)	0.5	0.9	2.4	2.5	1.7	1.8	-
20 : 4 (n-6)	4.4	3.8	2.9	3.3	5.0	6.2	8.3
20 : 5 (n-3)	-	2.0	7.6	5.7	4.7	1.3	0.4
22 : 4 (n-6)	0.1	-	-	-	0.3	1.2	1.1
22 : 5 (n-3)	-	-	0.2	0.1	tr	-	-
22 : 5 (n-6)	-	-	-	-	0.1	-	0.3
22 : 6 (n-3)	-	-	1.4	-	0.8	-	-
Polyenes	23.1	22.7	28.5	26.7	29.6	30.2	32.6
n-3/n-6P	0.02	0.05	0.69	0.45	0.32	0.11	0.01
AA ¹ /PUFA ²	0.19	0.17	0.10	0.12	0.17	0.21	0.25
EPA ³ /AA	-	0.05	2.62	1.73	0.94	0.21	0.05

*See the legend of Table 2

¹Arachidonic acid ²Polyunsaturated fatty acid ³Eicosapentaenoic acid

Table 8은 지단백중 LDL의 지방산 조성을 나타낸 것으로서 포화지방산의 함유비율은 46.8~53.8% 범위이고 이중 palmitic acid가 20.6~26.3%, stearic acid가 16.1~18.3% 범위로서 주요 지방산을 이루었고 각 실험군 간의 비율 차이는 별로 없었다. 단일포화지방산 중에서는 oleic acid가 22.8~34.5%의 함유 비율로서

대부분을 차지하였다. 다불포화지방산중 LA는 8.2~18.6% 수준으로서 함유 비율이 높았으며 3군에서 7군으로 갈수록 증가되는 경향이었고 n-3계 α -linolenic acid는 3군 5.6%, 4군 4.8%, 5군 3.1%, 6군 3.2%, 7군 1.8%이며, EPA는 3군 2.7%, 4군 0.9%, 5군 1.6%로서 함유비율이 낮으며 3군에서 7군으로 갈수

Table 7. Fatty acid composition in VLDL from serum lipoprotein fractions of rats fed the experimental diets for 4 weeks

Fatty acid \ Group*	(peak area %)						
	1	2	3	4	5	6	7
12 : 0	1.2	1.1	1.5	1.3	0.9	1.2	0.8
14 : 0	4.4	3.4	3.9	3.6	4.0	4.3	3.8
16 : 0	32.4	30.1	28.5	27.6	28.8	27.1	28.3
18 : 0	22.5	21.5	18.6	20.1	19.5	18.2	19.9
Saturates	60.5	56.1	52.2	52.9	53.2	50.8	52.8
16 : 1	4.2	3.6	3.3	3.1	2.9	3.5	4.0
18 : 1	22.7	29.8	22.9	22.6	20.6	22.3	21.3
Monoenes	26.9	33.4	26.2	25.7	23.5	25.8	25.3
18 : 2 (n-6)	8.8	7.3	9.4	11.1	12.7	15.0	14.3
18 : 3 (n-3)	0.8	1.4	3.1	2.8	2.4	1.1	1.4
20 : 4 (n-6)	1.8	0.5	3.9	3.8	4.3	5.2	5.8
20 : 5 (n-3)	1.1	1.3	4.2	3.6	3.7	1.8	0.2
22 : 4 (n-6)	-	-	-	-	-	0.1	tr
22 : 6 (n-3)	-	-	0.7	-	0.2	-	-
Polyenes	12.5	10.5	21.3	21.3	23.3	23.2	21.7
n-3/n-6P	0.18	0.35	0.60	0.43	0.37	0.14	0.08
AA ¹ /PUFA ²	0.14	0.05	0.18	0.18	0.18	0.22	0.27
EPA ³ /AA	0.61	2.60	1.08	0.95	0.86	0.35	0.03

*See the legend of Table 2

¹Arachidonic acid

²Polysaturated fatty acid

³Eicosapentaenoic acid

Table 8. Fatty acid composition in LDL from serum lipoprotein fractions of rats fed the experimental diets for 4 weeks

Fatty acid \ Group*	(peak area %)						
	1	2	3	4	5	6	7
12 : 0	2.6	1.9	2.8	2.5	2.4	1.9	1.9
14 : 0	7.2	6.7	6.1	7.6	8.2	6.4	6.5
16 : 0	26.3	22.7	25.4	26.1	20.6	22.6	21.9
18 : 0	17.3	16.6	16.1	17.6	16.9	18.3	16.5
Saturates	53.4	47.9	50.4	53.8	48.1	49.2	46.8
16 : 1	5.4	3.9	4.4	5.1	3.8	4.2	5.3
18 : 1	26.6	34.5	25.6	23.4	25.4	22.8	24.2
Monoenes	32.0	38.4	30.0	28.5	29.2	27.0	29.5
18 : 2 (n-6)	11.0	9.9	8.2	10.4	15.1	17.9	18.6
18 : 3 (n-3)	1.9	2.2	5.6	4.8	3.1	3.2	1.8
20 : 4 (n-6)	1.4	1.2	3.0	1.5	2.8	2.2	3.0
20 : 5 (n-3)	0.2	0.3	2.7	0.9	1.6	0.4	0.2
Polyenes	14.5	13.6	19.5	17.6	22.6	23.7	23.6
n-3/n-6P	0.17	0.22	0.74	0.48	0.26	0.18	0.09
AA ¹ /PUFA ²	0.09	0.09	0.15	0.09	0.12	0.09	0.13
EPA ³ /AA	0.14	0.25	0.90	0.60	0.57	0.18	0.07

*See the legend of Table 2

¹Arachidonic acid

²Polysaturated fatty acid

³Eicosapentaenoic acid

Table 9. Fatty acid composition in HDL from serum lipoprotein fractions of rats fed the experimental diets for 4 weeks

Fatty acid \ Group*	1	2	3	4	5	6	7
12 : 0	2.6	1.8	2.4	2.1	1.9	1.9	2.1
14 : 0	5.2	4.6	5.3	5.0	4.8	4.6	4.7
16 : 0	31.8	25.1	25.4	23.3	25.8	27.1	26.7
18 : 0	19.3	18.5	17.6	18.4	17.2	16.4	17.8
Saturates	58.9	50.0	50.7	48.8	49.7	50.0	51.3
16 : 1	3.8	3.2	3.9	2.5	3.8	4.0	3.8
18 : 1	20.3	28.0	21.2	22.6	21.8	23.1	22.8
Monoenes	24.1	31.2	25.1	25.1	25.6	27.1	26.6
18 : 2(n-6)	11.6	12.4	11.6	14.1	13.8	15.4	14.9
18 : 3(n-3)	1.9	2.4	4.4	5.1	3.8	2.3	1.1
20 : 4(n-6)	2.1	1.6	2.8	2.6	3.0	2.9	4.4
20 : 5(n-3)	1.4	2.3	5.4	4.2	3.9	2.2	1.6
Polyenes	17.0	18.7	24.2	26.0	24.5	22.8	22.0
n-3/n-6P	0.24	0.34	0.68	0.56	0.46	0.25	0.14
AA ¹ /PUFA ²	0.12	0.19	0.12	0.10	0.12	0.13	0.20
EPA ³ /AA	0.67	1.44	1.93	1.62	1.30	0.76	0.36

*See the legend of Table 2

¹Arachidonic acid ²Polyunsaturated fatty acid ³Eicosapentaenoic acid

록 감소되는 경향이였다.

혈청 지단백중 HDL의 지방산 조성은 Table 9와 같으며, 포화지방산은 48.8~58.9%범위이며 이중 palmitic acid가 23.3~31.8%, stearic acid가 16.4~19.3% 범위로서 대부분을 차지하였고 각 군간의 비율 차이는 별로 크지 않았다.

단불포화지방산은 24.1~31.2% 범위이고 이중 oleic acid가 20.3~28.0%로서 주요지방산을 이루고 있으며 실험군 간의 함유비율 차이는 크지 않았다. 다불포화 지방산은 17.0~26.0% 범위이고 이중 n-6계 LA가 11.6~15.4%로 함유 비율이 높았으며 AA는 1.6~4.4% 범위였고 3군에서 7군으로 홍화유의 혼합비율이 높아짐에 따라 증가되는 경향이였다. 한편 n-3계 α-linolenic acid와 EPA는 3군이 각각 4.4%, 5.4%, 4군이 5.1%, 4.2%, 5군이 3.8%, 3.9%로서 여타 실험군에 비해 함유 비율이 약간 높으며 3군에서 7군으로 갈수록 점차 낮아지는 경향이였다. 그리고 시험유지의 P/S비가 높아짐에 따라 EPA/AA비 및 n-3/n-6P비는 낮아지는 경향을 나타내었다.

Fig. 1은 혈청 지단백 조성중 chylomicron, VLDL, LDL 및 HDL 지질 성분의 주요 다불포화지방산의 함유 비율을 비교한 것으로서 4성분 모두 n-6계 LA의 함유 비율이 현저히 높은 반면 AA, n-3계 α-linolenic acid와 EPA의 함유 비율은 낮았으며 DHA는 chylomicron과 VLDL성분에서 3군, 5군에 약간 검출되였다.

그리고 대체로 시험유지의 P/S 비율이 3군에서 7군으로 높아짐에 따라 n-6계 PUFA는 증가되는 반면 n-3계 PUFA는 감소되는 경향을 나타내었다.

Nestel 등¹⁵⁾은 흰쥐에게 어유를 급여한 바 VLDL apoprotein B의 수송이 80%까지 감소되었다고 하였으며, n-6계 linoleic acid의 급여로서 VLDL과 중간형 지단백 (intermediate density lipoprotein)중의 지질과 apoprotein B 농도가 저하되었으며 n-3계 다불포화지방산이 더욱 효과적이라는 많은 보고도 있다¹⁶⁻¹⁹⁾. 鄭 등²⁰⁾은 함유 지방산의 계열이 다른 올리브유, 어유, 옥수수유, 들깨유를 흰쥐에게 급여한 결과 혈청 지단백의 지방산 조성은 이들 시험유지 지방산 조성의 영향을 받았으며, 특히 linoleic acid 이상의 다불포화지방산에서 반영율이 컸다고 보고한 바 있는데 본 실험결과는 이들의 보고와 유사한 것으로 나타났다.

요 약

n-3계 EPA와 DHA의 함유비율이 높은 정어리유와 n-6계 linoleic acid의 함유비율이 높은 홍화유의 혼합 급여가 고지질식이 흰쥐의 혈청 지단백 지질성분 및 지방산 조성에 미치는 영향을 구명하기 위해 Sprague Dawley계 숫 흰쥐에 버터 식이를 대조군으로 하고 정어리유 및 홍화유의 혼합비율을 달리한 유지를 급여하여 4주간 실험 사육한 후 혈청 지단백의 지질성분 및

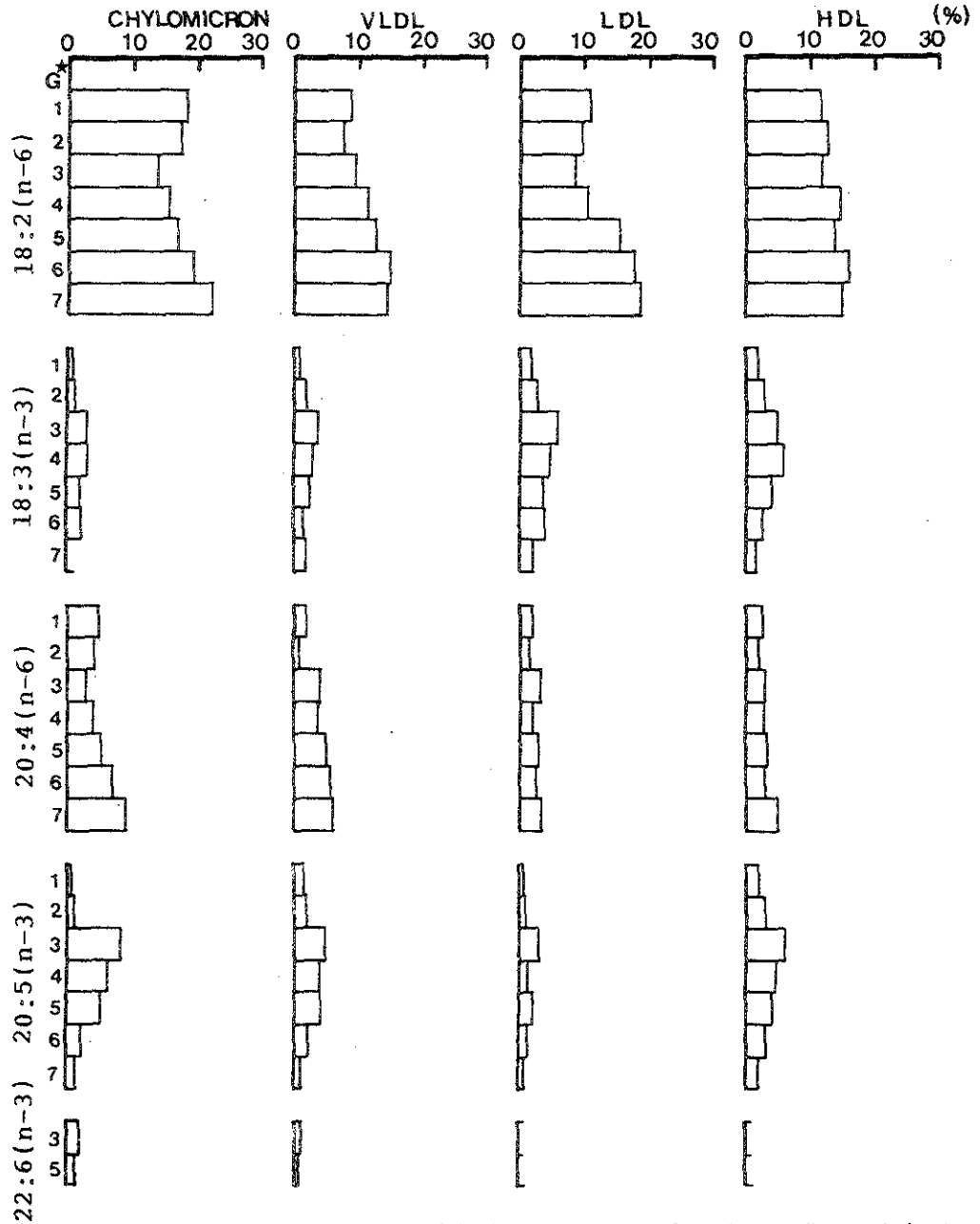


Fig. 1. Comparison of polyunsaturated fatty acid content of chylomicron, VLDL, LDL and HDL in serum lipoprotein fractions of rats.

*G : group. See the legend of Table 2.

지방산 조성을 분석 검토한 결과, 혈청 지단백 성분중 총콜레스테롤 농도는 LDL에서 가장 높았으며 VLDL, HDL, chylomicron 순이었다. 한편 중성 지질 농도는 chylomicron > VLDL > LDL > HDL 순이었으며, 인지질 농도는 HDL > LDL > VLDL > chylomicron 순이었다. 혈청 지단백 성분중 총콜레스테롤, 중성지질 및 인지

질 농도는 대조군에 비해 전 실험군에서 대체로 낮았으며, 특히 n-3계 PUFA의 함유 비율이 높은 정어리유와 n-6계 PUFA 함유 비율이 높은 홍화유를 동량 혼합 급여한 5군에서 더욱 낮게 나타난 바, 혈청 지단백의 지질개선 효과가 가장 높은 것으로 사료되며, 이는 실험유지의 P/S비 0.85, n-6/n-3P 비가 2.85로서 적정

한 혼합비율로 인한 것이라 추정된다. 혈청 지단백 성분중 chylomicron의 지방산 조성에서 EPA의 함유 비율은 여타 지단백성분의 지방산 조성에 비해 높게 나타났다으며, chylomicron, VLDL, LDL 및 HDL의 지방산 조성은 시험유지의 지방산 조성이 반영된 것으로 나타났다.

문 헌

1. Dietschy, J. M. and Wilson, J. D. : Regulation of cholesterol metabolism. *New Engl. J. Med.*, **282**, 1128 (1970)
2. 板創弘重 : 高脂血症-その原因と食事指導. 第一出版, 東京, p.24 (1987)
3. Miettinen, T. A. : *Hypolipidemic agents*, Kritchevsky, D.(ed.), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, p.109 (1975)
4. Sodhi, H. S. : *Hypolipidemic agents*. Kritchevsky, D. (ed.), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, p.29 (1975)
5. Van Belle, H. : *Cholesterol, bile acids and atherosclerosis*. North Holland Publ., Amsterdam, p.15 (1965)
6. Balasubramian, S., Simons, L. A., Chang, S. and Hickie, J. B. : Reduction in plasma cholesterol and increase in biliary cholesterol by a diet rich in n-3 fatty acids in the rat. *J. Lipid Res.*, **26**, 284 (1985)
7. Bronsgeest-Schoute, H. C., Van Gent, C. M., Luten, J. B. and Rutter, A. : The effect of various intakes of ω -3 fatty acids on the blood lipid composition in healthy human subjects. *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 1752 (1981)
8. Ranazit, P., Ramesha, C. S. and Garguly, J. : On the mechanism of hypocholesterolemic effects of polyunsaturated lipids. *Adv. Lipid Res.*, **17**, 155 (1980)
9. Simopoulos, A. T. : ω -3 fatty acids in growth and development and in health and disease : The role of ω -3 fatty acids in growth and development. *Nutrition Today*, p.10 (1988)
10. 김한수, 정승용 : 버터, 정어리유 및 홍화유의 혼합급이가 원취의 혈청 지질성분 및 간기능 효소활성에 미치는 영향. *한국영양식량학회지*, **21**(6), 608 (1992)
11. Hatch, F. T. and Lees, R. S. : Practical methods for plasma lipoprotein analysis. *Adv. Lipid Res.*, **6**, 1 (1968)
12. 入江 昇 : 高脂血症とは: その仕組と成立ち. *日本臨床栄養學會誌*, **5**, 1 (1981)
13. Dole, U. P. and Hamlin, J. T. : Particulate fat in lymph and blood. *Physiol. Rev.*, **42**, 674 (1962)
14. Skipski, V. P. : *Blood lipids and lipoproteins quantitation composition and metabolism*. Nelson, G. J. (ed.), N. Y. Wiley, p.471 (1972)
15. Nestel, P. J., Connor, W. E., Reardon, M. F., Connor, S., Wong, S. and Boston, R. : Suppression by diet rich in fish oil of very low density lipoprotein production in man. *J. Clin. Invest.*, **74**, 82 (1984)
16. 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)
17. 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)
18. Shepherd, J., Packard, C. J., Patsch, J. R., Gotto, A. M. and Taunton, O. D. : Effects 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 (1978)
19. Vega, G. L., Groszek, E., Wolf, R. and Grundy, S. M. : Influence of polyunsaturated fats on composition of plasma lipoproteins and apoproteins. *J. Lipid Res.*, **23**, 811 (1982)
20. 鄭承鏞, 瀧田聖親, 中村カホル, 早川享志, 福富麻子, 西郷光彦, 印南敏 : 高コレステロール血症ラットの脂質代謝に及ぼす n-3, n-6 および n-9系各脂肪酸含有油脂投與の影響. *日本栄養食糧學會誌*, **41**(4), 279 (1988)

(1993년 4월 3일 접수)