

사람에서 식이지방의 불포화지방산과 불포화도가 혈장 지질조성에 미치는 영향*

김 채 종 · 박 현 서

경희대학교 가정대학 식품영양학과

Influence of Different Dietary Fats and Fat Unsaturation on Plasma Lipid Composition in Healthy Young Women

Kim, Chae Jong · Park, Hyun Suh

Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University

ABSTRACT

Twenty college women were fed experimental diet which composed of basal diet plus different kinds of dietary fats at 27% Cal. Equal amount of 13.5g of corn oil, perilla oil or fish oil was supplied for 2 weeks as a source of n6 linoleic acid(LA), n3 α -linolenic acid(LL), or n3 EPA+DHA, respectively.

Plasma total Chol level was reduced by perilla and fish oils, significantly only by fish oil. Plasma Chol level was rather increased by corn oil($P < 0.05$), but was decreased by double amount of corn oil supplement. Therefore, hypocholesterolemic effect of fatty acids was in the order of n3 EPA+DHA > n3 LL > n6 LA and influenced by the degree of fat unsaturation. Plasma TG level was also significantly decreased by n3 EPA+DHA and increased by n6 LA. Hypotriglyceridemic effect of fatty acids was also in the order of n3 EPA+DHA > n3 LL > n6 LA and influenced by the unsaturation. However, the reduction of plasma TG was more influenced by the fatty acid structure rather than the fat unsaturation.

There were no significant effects on lipoprotein pattern and chemical compositions of lipoprotein by different dietary PUFAs, but fish oil diet significantly increased the relative proportion of HDL-Chol.

In conclusion, cholesterol-lowering effect of dietary PUFAs seemed to be a function of total fat unsaturation but hypotriglyceridemic effect seemed to be more linked to the fatty acid structure rather than the degree of unsaturation. The hypolipidemic effect of n3 PUFAs was significant so that fish oil or perilla oil may have important nutritional applications in the prevention and treatment of atherosclerotic disease.

KEY WORDS : n3 fatty acids · fat unsaturation · perilla oil · fish oil.

*이 논문은 1990년 (주) 미원문화재단의 연구비에 의해 연구되었음.
접수일자 : 1991년 3월 17일

서 론

동맥경화증(atherosclerosis), 혈전증(thrombosis), 허혈성심장질환(ischemic heart disease) 등의 관상동맥성심장질환(coronary heart disease)의 발병은 비정상적인 지질대사가 주요 위험인자 중의 하나로서 혈장의 cholesterol(Chol), triglyceride(TG) 및 lipoprotein의 농도와 높은 상관관계가 있다고 보고되어 왔다^{1~5)}. 또한 식이로 섭취하는 지방이 총열량중에 차지하는 비율뿐만 아니라 식이 지방의 종류가 혈장지질 농도에 중요한 결정인자가 된다는 사실은 잘 알려져 있으며⁶⁾⁷⁾, 식이지방조성에서 포화지방산에 대한 불포화지방산(polyunsaturated fatty acid; PUFA)의 섭취비율을 바람직한 수준으로 조절해 줌으로써 혈장의 지질 농도를 현저하게 감소시킬 수 있다고 하였다⁶⁾⁷⁾. 그러므로 주로 식물성 기름에 다량 함유되어 있는 linoleic acid(LA, C18:2)를 hypolipidemic effect가 있는 지방산으로 권장하여 왔으나 그 영향은 일관성이 없었으며 TG와 very low density lipoprotein(VLDL)의 농도가 증가된 경우도 있었다⁷⁾⁸⁾.

어유에만 함유되어 있는 n3 PUFA인 eicosapentaenoic acid(EPA, C20:5)와 docosahexaenoic acid(DHA, C22:6)는 n6 PUFA인 LA보다 순환계질환예방에 보다 더 효과적인 것으로 알려져 있는데^{9~13)}, 우리나라에서 고유하게 섭취하고 있는 들기름(perilla oil)에 50-60% 정도 함유된 α -linolenic acid(n3, LL, C18:3)도 체내에서 EPA와 DHA로 전환되므로 같은 생리적 효과를 줄 것으로 기대된다. 그러나 hypocholesterolemic effect는 투여한 PUFA의 지방산 특유의 구조에 의해서 보다는 PUFA의 총불포화도에 의해서 영향을 받는다는 보고도 있으므로¹⁰⁾, 본 연구에서는 corn oil(CO), perilla oil(PO), fish oil(FO)을 동량으로 사람에게 투여하여 기름에 의한 hypolipidemic effect를 비교하고, 또 식이지방의 총불포화도를 상대적으로 거의 같게 조절하여 각지방산의 지질저하효과와 lipoprotein조성에 미치는 영향을 비교하는데 목적이 있다.

실험재료 및 방법

1. 실험계획

실험이 시작되기 한달전부터 끝날 때까지 어떤 종류의 약물도 복용하지 않은 여대생 20명(평균 연령 22세, 평균체중 53kg)을 똑같은 식이로 3일간 적응시키고 나서 4군(CO, PO, FO, CO-II)으로 나누어 각각의 실험식을 2주간 투여하였다. 실험기간중에는 활동은 자유롭게 하였으나 실험식이 세끼니는 반드시 실험실에서 같이 섭취하게 하였으며, 혈액은 실험식이 투여직전과 실험이 끝나는날 공복상태에서 채취했다.

2. 실험식이

모든 피실험자에게 적응식은 같게주고 각군의 실험식에 따라 투여하는 기름만 다르게 배합하였다. 각군에 투여한 기름의 종류와 양, 그리고 실험식의 지방산 분포는 Table 1에 있다. 기름 투여시 coconut oil은 빵에 발라 구워서 먹었으며 corn oil과 perilla oil은 capsule로 만들어서 투여하였으며, fish oil(Marinol, 삼진케미)은 capsule로 된것을 구입하여 투여하였다. 기본식과 기름의 총열량은 1800 kcal (지방질 27%, 단백질 15%, 당질 58%)이며, CO군은 n6 LA 급원으로 corn oil을 공급하였고, PO군은 n3 LL 급원으로 perilla oil(들기름)을, 또 FO군에는 n3 EPA와 DHA의 급원으로 fish oil capsule을 각각 투여하였다. 또한 CO-II군은 총불포화도에 의한 영향을 관찰하기 위하여 CO군에 비해 2배의 corn oil을 투여하였다. 또한 FO군에서 사용된 fish oil에는 지방의 산패를 방지하기 위해 dl- α -tocopherol (1.2g%)가 강화되어 있으므로, 다른 세군(CO, CO-II, PO)에도 tocopherol 섭취량을 거의 일정하게 맞추기위해 매일 200 IU의 d- α -tocopherol(그랑페롤, 유한양행)을 공급하였다.

3. 생화학적분석

실험식이 투여전날과 처리기간 2주가 끝난 다음날 공복상태에서 주정맥에서 혈액 20ml를 채혈하여 plasma를 분리하여 분석에 사용되었다.

Table 1. Fatty acid composition of experimental diet

Dietary groups	Dietary fatty acids(g/day)						Relative Fat Unsaturation
	SFA ¹⁾	MFA	PUFA	L A	L L	EPA+DHA	
C O							
basal diet	12.31	11.14	4.55	3.30	0.43	—	
corn oil(13.5g)	2.19	4.43	6.83	6.65	0.18	—	
coconut oil(13.5g)	3.75	0.78	0.24	0.24	—	—	
total	18.25	16.35	11.62	10.19	0.61	—	1.0
P O							
basal diet	12.31	11.14	4.55	3.30	0.43	—	
perilla oil(13.5g)	1.14	2.39	9.97	2.02	7.95	—	
coconut oil(13.5g)	3.75	0.78	0.24	0.24	—	—	
total	17.20	14.31	14.76	5.56	8.38	—	1.6
F O							
basal diet	12.31	11.14	4.55	3.30	0.43	—	
fish oil(13.5g) ²⁾	3.43	3.82	5.55	—	—	5.00	
coconut oil(13.5g)	3.75	0.78	0.24	0.24	—	—	
total	19.45	15.47	10.34	3.54	0.43	5.00	1.6
C O-II							
basal diet	12.31	11.14	4.55	3.30	0.43	—	
corn oil(27g)	4.38	8.85	13.65	13.30	0.35	—	
total	16.69	19.99	18.20	16.60	0.78	—	1.6

SFA : Saturated fatty acids

L A : Linoleic acid

MFA : Monounsaturated fatty acids

L L : α -linolenic acid

PUFA : Polyunsaturated fatty acids

EPA : Eicosapentaenoic acid

DHA : Docosahexaenoic acid

1) Saturated fatty acids > C12 : 0

2) Fish oil concentrate contains EPA 25% and DHA 12%

Ferro와 Ham¹⁴⁾의 방법에 따라 digitonine(1% in methanol)을 이용하여 plasma의 total Chol에서 free Chol을 분리한후 각 fraction에서 McDougal과 Farmer 방법¹⁵⁾으로 Chol 함량을 정량하였다. 이때 cholesterol ester(CE) 값은 total Chol양에서 free Chol양을 제한 것이다. Plasma TG함량은 Fletcher 방법¹⁶⁾에 의하여 분석하였으며 phospholipid(PL)량은 Fiske와 SubbaRow 방법¹⁷⁾에 따라 정량하였다. Lipoprotein pattern은 0.02ml plasma를 전기영동하여¹⁸⁾ 결정하였고, 또 Hatch와 Lees 방법¹⁹⁾에 의한 ultracentrifugation과 Burnstein 등²⁰⁾의 precipitation 방법을 병행하여 lipoprotein fraction을 분리하였으며, 자세한 방법은 전보고¹⁸⁾에

서와 같다. 분리된 lipoprotein fraction에서 total Chol, TG, PL의 분석은 plasma에서와 같이 하였으며, protein은 Lowry등의 방법²¹⁾에 의해 정량하였다. 실험식이를 투여하기 전과 후의 차이를 같은 parameter에 대하여 Student's t-test에 의해 통계적 유의성을 검증하였다²²⁾.

실험결과 및 고찰

1. Plasma cholesterol

본 연구에서는 총 열량 1800 kcal중 지방이 약 27%로써 이중 약 50%는 식품에 함유되어있고, 나머지는 기름으로 공급하였으며, 또 CO, PO, FO군에서는 이 기름의 반(13.5g)을 각각 corn oil,

식이지방 불포화도와 혈장지질 조성

perilla oil, fish oil로 공급된 셈이다. 그러므로 이 세군 실험식이의 주요한 차이점은 총 지방섭취량의 약 25%가 서로 다른 지방산조성을 가진 셈이다. 그러므로 동량의 기름을 투여한 CO, PO, FO군의 plasma Chol 수준을 비교해 보면(Table 2), CO군에서는 total Chol과 CE가 모두 유의성있게 증가되었으며(T-Chol : 27% 증가; CE : 44% 증가), FO군에서는 유의성있게 감소되었다(T-Chol : 27% 감소; CE : 39% 감소). 그러나 PO군에서는 Chol 수준만 약간 감소되었고, CE함량에는 변화가 없었다. 따라서 plasma total Chol과 CE함량을 낮추는데는 fish oil이 가장 효과적이었으며, 식물성 기름으로서 corn oil은 plasma Chol과 CE을 오히려 유의성있게 증가시켰으므로 plasma Chol을 낮추는데는 corn oil에 비하여 perilla oil이 더 효과적인 것으로 나타났다. 그러나 PO와 FO군을 비교하여 보면 perilla oil이 fish oil보다 n3계 PUFA의 함량이 높지만 혈장 Chol을 저하시키는 효과는 더 낮은 것으로 나타났다. Harris등¹⁰⁾의 보고에 의하면 정상인에게 3주간 n6 PUFA 급원으로 safflower oil을, n3 PUFA 급원으로 MaxEPA를 투여한 후, 공급한 기름의 양을 기준으로 비교하였을 때는 n3 PUFA가 보다 효과적으로 혈장 Chol 함량을 저하시켰다. Harris의 제안에 의하면 이와 같은 차이는 n6 PUFA의 대표적인 linoleic acid는 1분자당 2개의 이중결합을 갖고있는 반면, n3 PUFA인 α -linolenic acid는 3개의 이중결합을, EPA는 5개, DHA는 6개의 이중결합을 가지고 있어 LA에 비해 LL는 불포화도가 1.5배가 되며 MaxEPA의 불포화도는 약 2.75배에 해당하므로 plasma Chol의 감소는 n6와 n3 PUFA의 지방산 자체의 구조적인 차이 보다는 투여된 식이 지방산의 총불포화도에 의한 것이라고 하였다. 본 연구에서도 Harris¹⁰⁾가 제안한것 처럼 monounsaturated fatty acids(MFA)의 불포화도를 고려하지 않고, 세군을 비교해 보면 CO군의 불포화도에 비해 PO와 FO군의 상대적 불포화도가 각각 1.6배이었다. 그러므로 불포화도에 의해서 hypocholesterolemic effect가 다른지 알아 보기 위해 CO군의 coconut oil(13.5g)을 corn oil(13.5g)로 대체해 CO군에

비해 불포화도가 약 1.6배가 되게한 CO-II군에서는 plasma Chol과 CE의 함량이 CO군에 비해 각각 12%와 9%씩 감소하였다. 따라서 본 실험에서도 Harris의 제안에서 처럼 지방산의 hypocholesterolemic effect는 불포화도에 의해 영향을 받는다고 사려된다. 그러나 같은 불포화도로 조성된 세 식이군(PO, FO, CO-II군)을 비교하여 볼때 같은 정도로 저하효과가 있는것이 아니고 n6 PUFA에 비해 n3 PUFA 중 fish oil에 함유된 long chain의 PUFA가 가장 효과적으로 혈장 Chol을 감소시켰다. Simons등²³⁾에 의하면, PUFA는 담즙으로 배설되는 Chol양을 증가시켜 plasma total Chol의 함량을 감소시켰는데 n6 PUFA보다는 n3 PUFA가 더 효과적이었다고 하였다. 또 Nestel등²⁴⁾은 n3 PUFA는 간에서 TG합성을 더 효과적으로 억제해 혈액으로 유출되는 VLDL양을 감소시킴으로서 hypocholesterolemic effect를 준다고 하였다. 그러므로 본 연구에서도 n3 EPA+DHA가 가장 효과적인 hypocholesterolemic effect를 나타낸것은 위와 같은 대사가전에 의한 것으로 사려된다.

2. Plasma triglyceride

Chol에서와 같은 방법으로 비교하면, CO군에서는 plasma TG함량이 유의성있게 증가된 반면 PO군과 FO군에서는 감소되었다(Table 2). 이미 보고된 연구에 의하면 사람에게 n6 PUFA인 LA를 투여 하였을 때는 plasma TG량이 거의 같은수준 또는 증가된 경우도 있었으며 또한 linseed oil에 함유된 α -linolenic acid를 본 연구에서와 같은 수준(9.8g)으로 2주동안 먹었을때 거의 효과가 없었다²⁵⁻³⁰⁾. 한편 Harris에 의하면 plasma Chol은 투여한 PUFA의 총불포화도에 의해 감소되나 plasma TG는 PUFA의 불포화도보다는 투여한 지방산 자체의 특유한 구조에 의해서 간에서 lipogenic enzyme의 활성이 저해되어 감소된다고 하였다¹⁰⁾. 그러나 본 연구에서는 corn oil과 perilla oil, fish oil을 같은 양으로 투여하였을 때는 CO군에 비해 PO군과 FO군의 불포화도가 상대적으로 1.6배가 되므로 corn oil을 2배로 투여해 총불포화도를 PO, FO군과 같은 수준으로 조절한 CO-II군에서는 plasma

Table 2. Effect of different dietary fats on plasma lipids in healthy college women

Parameters (mg/dl)	C O		P O		F O		CO-II	
	before	after	before	after	before	after	before	after
Total Lipid	589.1±50.9	481.3±55.6*	635.6±17.4	389.8±31.4*	575.4±73.6	412.3±39.4*	534.4±53.8	398.0±40.9*
Total Chol	122.7±9.4	155.4±14.2*	127.4±11.1	119.1±11.8	151.1±10.4	110.9±13.7*	122.4±19.2	107.7±5.1
Chol Ester	69.5±8.3	100.4±23.4*	75.1±12.4	74.3±13.3	90.1±7.7	55.1±14.8*	70.9±15.3	64.7±7.0
Free Chol	58.2±8.6	55.0±12.0	53.7±11.0	44.9±11.7	61.1±8.2	55.7±4.9	51.4±13.1	42.9±5.9
Triglyceride	157.2±34.7	188.3±40.5*	168.7±9.3	152.3±20.7	172.3±17.9	144.6±30.6	169.0±18.9	153.5±20.0
Phospholipid	291.1±55.4	139.3±22.9*	341.7±7.9	118.3±16.1*	277.8±53.1	157.4±11.5*	243.0±32.3	136.8±27.7*

Values are Mean±S.D. of 5 subjects.

*Significantly different at P<0.05 after dietary treatment

TG가 증가되지 않았으며 PO군과 같은 수준으로 감소하였다. 따라서 Harris가 제안한 것처럼 plasma TG함량이 불포화도에 의해 전혀 영향을 받지 않았다고는 할 수 없었으나 CO-II군과 PO군에서의 plasma TG 감소 정도가 10%정도로 두군 모두 유의성은 없었으므로 corn oil이나 perilla oil이 plasma TG를 효과적으로 감소시킨다고는 볼 수 없었다.

한편 fish oil의 hypotriglyceridemic effect에 대해 Saynor등³¹⁾과 Goodnight등³²⁾의 보고에 의하면 plasma에서 TG clearance가 증가되어 TG함량이 감소되었다기 보다는 간에서의 TG합성이 줄어들어 plasma TG가 감소되었다고 하였다. 또 Iritani등³³⁾도 n3 PUFA는 간에서 acetyl coA carboxylase activity를 감소시켜 지방산의 합성을 감소시킴으로써 TG합성이 감소된다고 하였고, 그런가하면 Nestel등은 fish oil을 투여했을때 간에서 지방산 oxidation과 ketogenesis가 증가되었는데 이는 지방산이 TG를 합성하기 보다는 oxidation과 ketogenesis에 더 많이 이용되기 때문이라고 하였다²⁴⁾. 그 밖에도 n3 PUFA는 간에서 VLDL합성을 저하시켜 plasma TG함량을 감소시킨다는 보고들이 많았다^{34~39)}.

이와같이 n3 EPA와 DHA에 의해 plasma TG 함량이 감소된 기전에 대해서는 여러가지 설명이 있으나 n3 PUFA가 plasma TG함량을 감소시키는 것은 간에서 합성을 억제시키기 때문이라는 의견에는 일치되고 있으므로 본 연구에서도 FO군에서 plasma TG함량이 감소된 것(hypotriglyceridemic effect)은 간에서 TG합성이 감소되어 혈액으로 TG유출이 낮아졌기때문이 아닌가 사려된다.

3. Total lipid

본 연구에서는 total lipid의 양은 따로 측정하지 않았으나 plasma의 total Chol, TG, PL의 함량을 합한 것을 total lipid의 함량으로 가정하였다. Total lipid함량은 네군 모두 유의성있게 감소하여 PUFA는 hypolipidemic effect가 있다는 많은 연구 보고들과 일치하였다. 그러나 CO군의 경우에는 hypolipidemic effect가 단지 PL의 감소에 의한 것으로 plasma total Chol이나 TG는 모두 증가하였

으며, 반면 CO-II, PO, FO군에서는 total Chol, TG, PL가 모두 감소한 것으로 나타났으며 특히 FO군에서는 유의성있게 감소하였다. 한편 total lipid의 감소정도는 corn oil을 투여한 군이 n3 PUFA를 투여한 PO군이나 FO군에 비해 적은 것으로 나타났으며, 식이중의 PUFA함량과는 무관하였고 상대적으로 불포화도가 낮았던 CO군에서 hypolipidemic effect가 가장 적은 것으로 나타났다.

4. Lipoprotein pattern과 화학적 조성

Table 2에서 보는바와 같이 CO군에서는 plasma TG와 Chol의 함량이 모두 유의성있게 증가되었는데 Table 3과 4의 lipoprotein pattern과 화학적 조성을 관찰해보면 TG의 주된 carrier lipoprotein인 VLDL(%)과 VLDL fraction의 TG함량(%)은 유의성있는 차이가 없었으며, LDL(%)과 LDL fraction내의 Chol함량(%)은 모두 약간씩은 증가되었지만 유의성은 없었다. PO군에서는 plasma TG와 Chol의 함량이 모두 감소하는 경향이있지만 유의성은 없었던 경우와 같이 lipoprotein pattern에서도 식이투여전과 거의 변화가 없었으며 또 VLDL fraction의 TG함량(%)과 LDL fraction의 Chol함량(%)이 약간 감소하였으나 모두 유의성있는 변화는 아니었다. 따라서 corn oil과 perilla oil은 plasma Chol과 TG함량에 영향을 준것 만큼 VLDL과 LDL총량이나 화학적조성에 영향을 줄 정도로 강하게 작용하지는 않았다고 본다. FO군에서는 plasma TG와 Chol의 함량이 유의성있게 감소하였는데 VLDL(%)과 LDL(%)도 유의성은 없었지만 감소되었으며 VLDL fraction의 TG함량(%)과 LDL fraction의 Chol함량(%)도 감소하

였고 HDL(%)과 HDL fraction의 Chol함량(%)은 모두 유의성있게 증가하였다. Fish oil은 다른 기름에 비해 그 효과가 더 크게 각 lipoprotein에 영향을 주기는 하였으나 유의성있게 강하게 작용하지는 않았다. 그러나 HDL fraction이 증가되어 plasma Chol을 운반해 낼수 있는 능력은 증진되었다고 본다. Lossonczy등⁴⁰⁾은 매일 200g의 고등어를 6일간 섭취시킨 결과 HDL-Chol양이 약간 증가되었다고 보고하였으며 그 외에도 cod-liver oil이나 MaxEPA를 투여하였을때 HDL-Chol이 증가되었다는 연구보고²⁷⁾⁴¹⁾가 있었다. 한편 CO군의 불포화도를 높여준 CO-II군에서는 plasma TG와 Chol의 함량은 약간 감소하였지만 lipoprotein pattern에서는 유의성있는 변화를 찾아볼 수 없었으며 VLDL fraction의 TG함량(%)과 LDL fraction의 Chol함량(%)이 약간 감소하였으나 모두 유의성은 없었다. 따라서 본 연구의 결과를 종합하여 보면 네군 모두에서 lipoprotein 총량이나 화학적조성에 유의성있는 변화를 주지는 못하였다. 그러나 그중 fish oil이 가장 HDL fraction에 영향을 주었지만 지금까지의 보고에서도 식이지방산의 종류나 PUFA의 함량, 투여기간에 따라 lipoprotein에 미치는 영향은 다양하였다.

한편 LDL/HDL의 ratio를 살펴보면 CO군에서는 증가하였고 나머지 세군에서는 모두 감소하는 경향을 나타내었는데 특히 FO군에서 감소정도가 가장 컸다(30%감소). 또한 LDL/HDL ratio도 총 불포화도에 의해 영향을 받는것으로 사려되며 FO군에서 LDL/HDL의 ratio가 가장 많이 감소되었으므로 fish oil사용이 순환계질환 예방에 가장 효과적이라고 사려된다.

Table 3. Effect of different dietary fats on lipoprotein pattern in healthy college women

	C O		P O		F O		C O-II	
	before	after	before	after	before	after	before	after
VLDL(%)	20.3±3.8	17.5±2.4	20.0±2.6	20.2±2.5	22.2±4.4	17.1±3.1	19.4±4.6	21.6±3.6
LDL(%)	51.1±4.3	59.3±7.4	52.8±2.3	50.1±4.2	49.6±5.2	45.9±3.2	52.4±1.7	48.3±5.0
HDL(%)	27.8±3.0	23.2±5.5	27.3±3.0	29.9±5.7	28.1±1.6	37.0±1.0*	28.2±3.1	30.1±8.4
LDL/HDL	1.9±0.3	2.7±1.0	2.0±0.3	1.7±0.5	1.8±0.3	1.2±0.1	1.9±0.2	1.7±0.7

Values are Mean±S.D. of 3-4 subjects.

*Significant at P<0.05

Table 4. Effect of different dietary fats on chemical composition of lipoprotein fraction in healthy college women

Lipoprotein Composition (%)	C O		P O		F O		C O-II	
	before	after	before	after	before	after	before	after
VLDL - TC	23.9±4.5	24.5±2.7	24.8±2.8	25.5±4.4	27.1±4.9	28.6±4.6	19.2±3.2	26.3±1.9
- TG	38.0±8.4	37.9±0.4	42.9±6.7	36.5±3.3	38.4±10.0	28.6±1.8	48.7±3.4	36.2±5.0
- PL	23.7±8.5	22.4±3.8	16.9±1.6	22.7±7.3	18.0±2.3	25.1±3.7	20.0±1.0	19.8±6.5
- PR	14.4±2.1	15.1±1.8	15.3±2.9	15.9±3.9	15.7±3.9	17.7±2.8	12.1±2.1	17.8±5.6
LDL - TC	35.0±4.9	39.4±7.7	35.7±2.4	32.3±1.6	35.5±5.3	32.8±1.5	35.3±1.9	31.8±5.0
- TG	17.2±3.8	9.9±2.6*	16.8±2.0	12.8±2.7	18.3±0.9	13.5±1.5*	16.9±1.9	16.5±2.7
- PL	30.1±3.8	33.4±4.8	29.9±2.2	36.6±3.9*	27.3±4.1	35.5±2.7*	29.6±1.1	30.3±1.3
- PR	17.8±1.9	17.0±2.6	17.9±0.9	18.6±1.4	18.9±1.1	17.9±1.3	18.6±1.5	21.4±1.6
HDL - TC	7.8±2.7	17.0±2.4	18.1±2.4	17.9±4.2	18.4±1.0	22.2±1.9*	18.3±1.8	15.7±2.6
- TG	9.5±2.2	6.2±2.1	7.2±3.1	3.1±0.3	8.3±3.6	5.8±1.6	7.2±4.5	3.4±1.3
- PL	33.5±2.5	34.6±3.9	33.3±4.4	38.0±6.6	34.5±5.2	33.5±2.9	32.7±4.5	37.9±0.8
- PR	39.2±2.2	42.5±4.3	41.4±1.2	41.8±6.0	38.9±1.8	38.7±1.8	41.5±4.1	43.0±2.2

Values are Mean±S.D. of 3-4 subjects.

TC : Total cholesterol

TG : Triglyceride

PL : Phospholipid

PR : Total apoprotein

* Significant at P<0.05 after dietary treatment

결 론

여대생 20명에게 총 열량섭취량의 27% 수준으로 식이지방을 투여하되 그중 25%를 다른 종류의 기름으로 기본식이와 같이 2주간 투여하였다. 기름은 n6 LA 급원으로 corn oil을, n3 LL 급원으로 perilla oil, n3 EPA+DHA 급원으로 fish oil을 사용하여 각각의 불포화지방산과 식이지방의 총불포화도가 혈장의 지질조성과 lipoprotein pattern, lipoprotein의 화학적조성에 미치는 영향을 관찰하였다.

1) Plasma total Chol량은 n3 PUFA 급원인 perilla oil과 fish oil에 의해서 감소되었으며, fish oil에 의해서는 유의성있게 감소되었으나 corn oil에 의해서는 오히려 유의성있게 증가되었다. 그러나 corn oil을 2배로 더 많이 투여하여 식이지방의 총불포화도를 PO와 FO군과 같게 조절하였을 때는 total Chol량이 감소하였으나 fish oil의 Chol저하능력이 가장 컸다.

2) Plasma TG함량은 fish oil에 의해서 가장 많이 감소되었고, corn oil에 의해서는 증가되었으며($P < 0.05$), 불포화도를 기준으로 하였을 때는 세군(CO-II, PO, FO군) 모두 plasma TG함량이 감소하였으나 FO군에서 가장 많이 감소하였다.

3) Total lipid의 함량은 모든 기름에 의해서 유의성있게 감소하였으나 상대적인 불포화도가 가장 낮은 CO군에서는 감소정도가 적었다.

4) Lipoprotein pattern과 화학적조성은 모든 기름에 의해서 유의성있는 변화는 없었으나 fish oil에 의해서 HDL(%)과 HDL fraction의 Chol량(%)이 유의성있게 증가하였으며, LDL/HDL ratio는 CO군에서만 증가하였고 나머지 세군에서는 감소하였으며 특히 FO군에서 더욱 감소되었다.

본 연구의 결과를 종합하여 보면 fish oil에 함유되어 있는 n3 EPA와 DHA가 plasma의 TG와 Chol수준을 가장 효과적으로 감소시켰으며, 또 plasma Chol함량은 식이의 PUFA의 총불포화도에 의해 영향을 받았으며 TG함량은 PUFA의 총불포화도에 의해서도 영향을 받았지만 지방산 자체의

구조적인 차이에 의해서 더 큰 영향을 받은 것으로 나타났다. 그러므로 불포화지방산의 혈장지질 저하능력은 n3 EPA+DHA > n3 LL > n6 LA의 순이었다.

Literature cited

- 1) Kinsella JE : Dietary fish oils. Possible effects of n-3 polyunsaturated fatty acids in reduction of thrombosis and heart disease. *Nutr Today* Nov/Dec : 7-14, 1986
- 2) Bang HO and Dyerberg J : Plasma lipids and lipoproteins in Greenlandic West Coast Eskimos. *Acta Med Scand* 192 : 85-94, 1972
- 3) Dyerberg J, Bang HO and Hjorne N : Fatty acid composition of the plasma lipids in Greenland Eskimos. *Am J Clin Nutr* 28 : 958-966, 1975
- 4) McGandy RB, Hegsted DM and Stare FJ : Dietary fats, carbohydrate and atherosclerotic vascular disease. *N Engl J Med* 277 : 417, 1967
- 5) Bang HO and Dyerberg J : Lipid metabolism and Ischemic Heart Disease in Greenland Eskimos. *Adv Nutr Res* 3 : 1-22, 1980
- 6) Paul R, Ramesha CS and Ganguly J : On the mechanism of hypocholesterolemic effects of polyunsaturated lipids. *Adv Lipid Res* 17 : 155-171, 1980
- 7) Kramer FB, Greenfield M, Tobey TA and Reaven GM : Effect of moderate increase in dietary polyunsaturated : saturated fat on plasma triglyceride and cholesterol levels in man. *Br J Nutr* 47 : 259, 1982
- 8) Wong S, Reardon M and Nestel P : Reduced triglyceride formation from long-chain polyenoic fatty acids in rat hepatocytes. *Metabolism* 34 : 900-905, 1985
- 9) Sanders TAB and Hochland MC : A comparison of the influence on plasma lipids and platelet function of supplements of w3 and w6 polyunsaturated fatty acid. *British J Nutr* 50 : 521-529, 1983
- 10) Harris WE, Connor WE and McMurry MP : The comparative reduction of the plasma lipids and lipoproteins by dietary polyunsaturated fats : salmon oil versus vegetable oils. *Metabolism* 32(2) : 179-184, 1983
- 11) Herold PM and Kinsella JE : Fish oil consump-

- tion and decreased risk of cardiovascular disease. a comparison of findings from animal and human feeding trials. *Am J Clin Nutr* 43 : 566-598, 1986
- 12) Brongeeest-Schoute HC, Van Gent CM, Luten JB and Ruiter A : The effect of various intakes of w-3 fatty acids on the blood lipid composition in healthy human subjects. *Am J Clin Nutr* 34 : 1752-1757, 1981
 - 13) Papanani VS, Michael HD, Mary CR, Buchanan W and John DB : Effects of dietary supplementation with marine lipid concentrate on the plasma lipoprotein composition of hypercholesterolemic patients. *Atherosclerosis* 79 : 157-166, 1989
 - 14) Ferro PV and Ham AB : A simple method for isolation of free cholesterol from total cholesterol. *Am J Clin Path* 33 : 545, 1960
 - 15) McDougal DB and Farmer HS : A fluorometric method for total serum cholesterol. *J Lab Clin Med* 50 : 485-488, 1957
 - 16) Fletcher MJ : A colorimetric method for estimating serum triglyceride. *Clin Chem Acta* 22 : 393-398, 1968
 - 17) Fisk CH and SubbaRow Y : The colorimetric determination of phosphorus. *J Biol Chem* 66(2) : 375-398, 1925
 - 18) Park HS and Han SH : Effect of n3 polyunsaturated fatty acids on serum lipoprotein and lipid compositions in human subjects. *Korean J Nutr* 21 (1) : 61-74, 1988
 - 19) Hatch FT and Lees RS : Practical methods for plasma lipoprotein analysis. *Adv Lipid Res* 6 : 1-68, 1968
 - 20) Burnstein M, Scholnick HR and Morfin R : Rapid method for the isolation of lipoproteins from human serum by precipitation with polyanions. *J Nutr Res* 11 : 583-386, 1970
 - 21) Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL and Randall RT : Protein measurement with the Folin-Phenol reagent. *J Biol Chem* 193 : 265-275, 1951
 - 22) 채서일 · 김범종 : SPSS/PC를 이용한 통계분석. 법문사, 1988
 - 23) Simons LA, Balasubramaiam S and Hackie JB : 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 : 684-689, 1985
 - 24) Nestel PJ, Connor WE, Reardon MF, 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 : 82-89, 1984
 - 25) Mortensen JZ, Schmidt EB, Nielsen AH and Dyerberg J : The effect of n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids on hemostasis, blood lipids and blood pressure. *Thromb Haemostas* 50(2) : 543-546, 1983
 - 26) Daggy B, Arost C and Bensadoun A : Dietary fish oil decrease VLDL production rates. *Biochim Biophys Acta* 920 : 293-300, 1987
 - 27) Sanders TAB and Hochland MC : A comparison of the influence on plasma lipids and platelet function of supplements of w3 and w6 polyunsaturated fatty acids. *British J Nutr* 50 : 521-529, 1983
 - 28) Wong S, Reafdon M and Nestel P : Reduced triglyceride formation from long chain polyenoic fatty acids in rat hepatocytes. *Metabolism* 34 : 900-905, 1983
 - 29) Phillipson BE, Rothrock DW and Connor WE : Reduction of plasma lipids, lipoproteins and apoproteins by dietary fish oils in patients with hypertriglyceridemia. *N Eng J Med* 312 : 1210-1216, 1985
 - 30) Sanders TAB and Roshanai F : The influence of different type of w3 polyunsaturated fatty acids on blood lipids and platelet function in healthy volunteers. *Clin Science* 64 : 91-99, 1983
 - 31) Saynor R, Verel D and Gillott T : The long-term effect of dietary supplementation with fish lipid concentrate on serum lipids, bleeding time, platelets and angina. *Atherosclerosis* 50 : 3-10, 1984
 - 32) Goodnight SH, Harris W, Connor W and Illingworth DR : Polyunsaturated fatty acids, hyperlipidemia and thrombosis. *Atherosclerosis* 2(2) : 875, 1982
 - 33) Iritani N, Inoguchi K and Endo M : Identification of shellfish fatty acids and their effects on lipogenic enzymes. *Biochim Biophys Acta* 618 : 378-382, 1980
 - 34) Nassen JO, Rustan AC, Gloppestad SH and Drevon CA : Eicosapentaenoic acid inhibits synthesis and secretion of triglycerides by cultured rat hepatocytes. *Biochim Biophys Acta* 879 : 56-65, 1986
 - 35) Odin RS, Finde BA and Clarks SD : Modification of fatty acid composition of membrane phospholipid in hepatocyte monolayer with n-3, n-6 and

식이지방 불포화도와 혈장지질 조성

- n-9 fatty acids and its relationship to triglyceride production. *Biochim Biophys Acta* 921 : 378-391, 1987
- 36) Harris WS, Connor WE, Inkeles SB and Illingworth DR : Dietary omega-3 fatty acids prevent carbohydrate-induced hypertriglyceridemia. *Metabolism* 33(11) : 1016-1019, 1984
- 37) Pieter HEG, Leo MS, Marie-Louise D, Pieter DV, Johannes MH and Hos MJL : Effects of diets supplemented with lard fat or mackerel oil on plasma lipoprotein lipid concentrations and lipoprotein lipase activities in domestic swine. *Atherosclerosis* 77 : 1-6, 1989
- 38) William SH, William EC, Illingworth DR, Douglas WR and David MF : Effects of fish oil on VLDL triglyceride kinetics in humans. *J Lipid Res* 31 : 1549-1558, 1990
- 39) Christopher AL and Roger AD : Fish oil fatty acids impair VLDL assembly and/or secretion by cultured rat hepatocytes. *J Lipid Res* 31 : 2079-2086, 1990
- 40) Lossonczy TO, Ruiter A, Bronggest-Schoute HC and Hermus RJ : The effect of a fish diet on serum lipids in healthy human subject. *Am J Clin Nutr* 31 : 1340-1346, 1978
- 41) Sanders TAB, Vicker SM and Maines AP : Effect on blood lipids and haemostasis of a supplement of cod-liver oil, rich in eicospentaenoic and docosahexaenoic acids, in healthy young men *Clin Science* 61 : 317-324, 1981