

α -linolenic acid가 Eicosapentaenoic acid와 Docosahexaenoic acid로 전환되는데 미치는 마그네슘과 칼슘의 영향

남 현 근

광주보건전문대학

Effect of Magnesium and Calcium on the Interconversion of α -linolenic acid to Eicosapentaenoic acid and Docosahexaenoic acid

Hyun-Keun Nam

Kwangju Health junior college, Kwangju, Korea 506-701

(Received Sep. 30, 1994)

ABSTRACT

In order to investigate of the Influence of Mg^{2+} , Ca^{2+} on α -linolenic acid converted into the eicosapentaenoic acid(EPA) and docosahexaenoic acid(DHA) forming in plasma lipid and in liver microsomes of rabbit, the animals were fed on the perilla oil rich α -linolenic acid or sardine oil rich EPA and DHA diet for 4 weeks were examined.

In plasma, liver lipid, Mg^{2+} was influenced on arachidonic acid(AA), EPA, DHA formative from α -linolenic acid in perilla oil, but stearic acid was increased, Ca^{2+} was influenced on stearic acid increased and DHA was decreased.

In phospholipid, Mg^{2+} , Ca^{2+} was influenced on stearic acid increased and DHA was decreased in perilla oil.

I. 서 론

식사로 섭취되는 지방질의 양, 지방산의 종류, 불포화지방산과 포화지방산의 비등이 혈중 콜레스테롤의 증감에 영향이 있다. 특히 콜레스테롤의 증가로 야기되는 심장질환, 고혈압증, 혈전증과는 밀접한 관계가 있다.^{1~4)}

필수지방산의 하나인 오메가 -3지방산인 α -Linolenic acid, $C_{18:3}$ 가 혈액 콜레스테롤 농도를 저하시킨다는 것이 알려지고, prostaglandin도 생성시킬

수 있음이 알려졌다.^{5~10)}

동물체 특히 생선기름에는 오메가 -3지방산인 Eicosapentaenoic acid(EPA), $C_{20:5}$ 과 Docosahexaenoic acid(DHA), $C_{22:6}$ 등이 다량있어 혈전증 예방, 두뇌발달, 콜레스테롤 농도저하를 가져다주는 값진 지방산으로 알려지고 있다. 그러나 이러한 지방산들은 불포화도가 크기 때문에 자동산화에 의하여 과산화물이 생길 수 있다.^{11~15)}

식물성 기름인 들깨기름에는 α -Linolenic acid가 60% 정도 함유되어 있으므로 같은 오메가 -3지방산인 EPA와 DHA로 체내에서 전환되면 가장 이상

적일 것이다. 이같은 사실을 많은 연구자들이 보고하고 있다.^{16~20)} 오메가 -3지방산인 α -Linolenic acid가 EPA와 DHA로 전환하는데 오메가 -6지방산인 Linoleic acid의 양에 따라 전환되는 양이 결정된다.^{21~25)}

Phosphatidylglycerol은 칼슘이나 마그네슘에 의하여 증가된다.^{26~27)} 이것은 phospholipases의 monomer에서 dimer로 전환시키는데 금속들이 필요하기 때문이다. 그러나 지방산들의 분포상태나 전환된 지방산의 종류에 미치는 칼슘과 마그네슘의 영향이 연구 보고된 바 없으므로 들깨기름과 정어리기름을 사료로 하여 토끼를 사육하고 그 결과를 보고하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

본 연구에 사용한 토끼사료(기본식이)는 대전 제일사료주식회사에서 만든 토끼용 고품 사료였고, 들깨기름과 정어리기름은 광주 양동시장에서 구입하여 지방산 조성을 조사하였다(Table 1).

Table 1. Fatty acid composition of dietary oils(%)

Fatty acid	sardine oil	perilla oil
14:0	7.2	ND
16:0	18.2	8.2
16:1	9.4	T
18:0	3.5	1.9
18:1	13.7	14.5
18:2	4.6	15.8
18:3	T	58.9
20:1	5.4	ND
20:2	3.8	ND
20:4	T	T
20:5	20.7	ND
20:6	12.4	ND
p/s	1.4	7.4
n-6/n-3	0.14	0.27
PUFA	41.5	74.5
MUFA	28.5	14.5

T: Trace amount (less than 1%). ND: Not detect

마그네슘과 칼슘은 미국 Sigma(st. Louis)에서 구입한 MgCO₃, CaCO₃를 사용하였고 지방산 표준품도 미국 Sigma에서 구입하여 사용하였다.

2. 동물과 식이

본 실험에 사용한 토끼는 Male Newzealand white(MNZW)로 생후 20일 경과하고 체중이 400~600g 정도 된것을 선택하였다. 약 1주일 동안 기본 식이로 환경에 적응시킨 후 대조군, 마그네슘군, 칼슘군으로 나누고 마그네슘군과 칼슘군은 각군에 토끼 6마리로 하였다. 실험기간은 1994년 4월 15일부터 5월 15일까지, 실내온도 18~20℃, 습도 60%로 조절하면서 사육하였다.

마그네슘과 칼슘은 수용액으로 자유로 먹을 수 있게 하였으며 마그네슘은 100mg, 칼슘은 300mg을 하루동안에 먹도록 하였다.

3. Microsome 제조

식이기간이 끝난 후 하루 금식시킨다. 그리고 도살하여 간장을 적출하고, 1g을 취하여 0.1M Sucrose, 0.01M KCl, 0.04M KH₂PO₄, 0.03M EDTA를 함유한 pH 7.4 완충액에서 균질화시키고, 20분 동안 10,000xg에서 원심분리시키고 상층액을 105,000xg에서 1시간 동안 원심분리시켰다.

4. 혈장지질

식이기간이 끝난 후 하루 금식시키고, 혈액을 5ml 취하여 항응고제(5% EDTA)가 들어있는 시험관에 조심스럽게 옮기고, 30분간 정지한 다음 10분간 3000 rpm에서 원심분리시켜 혈장을 분리하여 -20℃에서 보관하면서 지방을 추출하는 시료로 하였다.

5. 지방산 분석

시료로부터 지방은 Field와 Salman법,²⁸⁾ Bligh와 Dyer방법²⁹⁾으로, 인지질은 Stewart법³⁰⁾으로 혈장과 간장에서 추출하여 Metcalffe and Schmitz법³¹⁾에 따라 BF₃-methanol 14%(w/w)를 사용하여 메칠에스테르화시켜서 Automated Gas-Liquid chromatography로 지방산을 분석하였다. 사용한 GLC는 Varian Model 6000:30으로 20m silica column(BP-20, S.G.E. pty. Ltd), Carrier gas는 He, Injector

와 detector 온도는 25°C column temp 130~225°C 로 programming하고 차드속도는 20cm/min, 최후에는 5cm/min, 225°C 되게 하였다.

6. 통계처리

모든 Data는 mean ISTD로 나타냈고, 유의성 검증은 Ducan's multiple range test(P<0.05)로 하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 혈장지질

실험식이 끝난 다음 지질과 인지질은 Bligh와

Table 2. Fatty acide composition of plasma lipid from rabbits fed on diet containing sardine or perilla oil(%) without Magnesium and Calcium

Fatty acid	Plasma lipid		Phspholipid	
	SO ^a	PO ^a	SO	PO
14:0	3.1±0.3	ND	T	ND
16:0	19.2±0.2	9.4±0.2	16.5±0.2	9.4±0.2
16:1	6.9±0.1	1.5±0.1	6.6±0.2	3.2±0.1
18:0	4.4±0.2	14.5±0.2 ^e	12.7±0.1	14.3±0.2 ^c
18:1	14.7±0.1	23.3±0.9	8.6±0.1	17.5±0.9
18:2	5.2±0.1	4.5±0.2	4.3±0.1	4.7±0.2
18:3	2.3±0.3	20.3±1.4 ^c	3.7±0.2	20.4±0.9 ^c
20:1	4.2±0.2	ND	1.7±0.1	ND
20:4	6.1±0.2	3.1±0.2	8.3±0.2	3.7±0.1
20:5	15.7±0.1	7.2±0.2 ^c	17.4±0.1	8.5±0.3 ^c
22:6	17.2±0.1	15.2±0.2 ^c	18.9±0.1	17.3±0.2
Others ^b	1.0	1.0	1.2	1.0
P/S	1.8	2.1	1.8	2.3
n-6/n-3	0.32	0.18	0.31	0.18
PUFA	46.5	50.3	52.7	54.6
MUFA	25.8	25.8	16.9	20.7

Values are the mean ±SD of six samples (n=6) in each diet group.

a : SO : Sardine oil ; PO : Perilla oil

b : Others 20:2, 20:3 22:5, each of these fatty acids was less than 1%.

c : P<0.01 versus SO

Dyer법, Field와 Salman법, Stewart법으로 추출 분리하여 Metcalff와 Schmits법에 따라서 지방산에 에스테르화시킨 다음 GLS로 분석한 결과는 Table 2~4와 같다.

Table 2는 perilla oil과 sardine oil만을 기본식으로 첨가하였고 Mg²⁺, Ca²⁺ 등은 첨가하지 않았다. Perilla oil군을 보면 stearic acid(18:0)가 1.9%에서 14.5%로, linoleic acid(18:2)가 15.8%에서 4.5%로, α -linolenic acid(18:3)가 58.9%에서 20.3%로 변화되었고, perilla oil에서 검출되지 않았던 arachidonic acid(20:4), eicosapentaenoic acid(20:5), docosahexaenoic acid(22:6) 등이 상당량 검출되었다. 그래서 P/S ratio는 7.4에서 2.1로, MUFA도 14.5에서 25.8로, PUFA는 74.5에서 50.3으로, n-6/n-3도 0.27에서 0.18로 나타나 비교적 균형잡힌 지방산 분포를 보였다.

Table 3. Fatty acid composition of plasma lipid of rabbits fed sardine oil, perilla oil with Magnesium(%)

FA	Plasma lipid		Phspholipid	
	PO	SO	PO	SO
14:0	ND	6.8±0.2	ND	T
16:0	9.4±0.1	19.1±0.1	10.4±0.2	18.3±0.2
16:1	1.5±0.1	6.9±0.1	3.2±0.1	6.6±0.2
18:0	14.6±0.2	5.1±0.2	16.3±0.2	12.7±0.1
18:1	23.1±0.7	14.7±0.1	17.3±0.7	10.6±0.2
18:2	4.5±0.2	5.2±0.1	4.7±0.1	4.3±0.3
18:3	20.1±1.4 ^a	2.2±0.1	20.4±0.9	3.7±0.1
20:1	ND	4.2±0.2	ND	2.0±0.1
20:4	2.3±0.2	6.1±0.2	2.5±0.1	8.3±0.2
20:5	7.5±0.1 ^a	15.9±0.3 ^a	8.3±0.3 ^a	18.7±0.1 ^a
22:6	17.0±0.1 ^a	13.7±0.1	16.7±0.3 ^a	14.5±0.3
P/S	2.1	1.4	2.0	1.6
MUFA	24.6	25.8	20.5	19.2
PUFA	51.4	43.1	52.6	49.5
n-6/n-3	1.06	0.36	0.16	0.34

Mg²⁺ : 100mg/day

PO : perilla oil. SO : sardine oil.

Values are the mean ±SD of six sample (n=6) in each group.

a : P<0.05 versus Mg⁺

Table 3과 4는 perilla oil군(PO)과 sardine oil군(SO)에 Mg²⁺, Ca²⁺를 첨가하였을때 얻은 지방산 조성이다. plasma lipid 경우 PO+Mg²⁺군은 DHA 22:6가 15.2에서 17.0으로 증가하였고, P/S ratio는 변화가 없었고, n-6/n-3이 0.18에서 1.05로 되었다. 한편 SO+Mg²⁺군은 Myristic acid(14:0)에 있어서 3.1%에서 6.8%로 증가하였고, DHA 22:6가 17.2에서 13.7로 변화되었고, plasma phospholipid에서는 palmitic acid(16:0)가 9.4%에서 10.4%로, stearic acid(18:0)는 14.3%에서 16.3%로 DHA(22:6)은 17.3%에서 16.7%를 보였다. PUFA는 54.6에서 52.6으로 변하여 P/S ratio는 2.3에서 2.0으로 변하였다. 또한 PO+Ca²⁺군에 있어서 plasma lipid의 경우 α-linolenic acid(18:3)는 20.3%에서 25.1%로, arachidonic acid(20:4)는 3.1%에서 4.5%로, DHA(22:6)는 15.2%에서 12.4%로 변하였고, SO

+Ca²⁺군에 있어서 Myristic acid(14:0)는 3.1%에서 7.2%로, stearic acid(18:0)는 4.4%에서 6.7%로, EPA(20:5)는 15.7%에서 17.3%로, DHA(22:6)는 17.2%에서 12.1%로 변하였고, PUFA는 46.5%에서 40.1%로, P/S ratio는 1.8%에서 1.2%로 변했다. plasma phospholipid의 경우는 PO+Ca²⁺에서 stearic acid(18:0)가 14.3%에서 15.8%로, α-linolenic acid(18:3)는 20.4%에서 27.5%로, EPA(20:5)는 8.5%에서 7.7%로, DHA(22:6)는 17.3%에서 12.9%로 변하였고, MUFA는 20.7에서 18.7로, PUFA는 52.7에서 56.3으로 변하였고, SO+Ca²⁺에서 Myristic acid(14:0)는 3.5%를 보였고, palmitic acid(16:0)는 16.5%에서 9.2%로, stearic acid(18:

Table 4. Fatty acid composition of plasma lipid of rabbits fed sardine oil, perilla oil with Calcium(%)

FA	Plasma lipid		Phospholipid	
	PO	SO	PO	SO
14:0	ND	7.2±0.1	ND	0.5±0.2
16:0	9.1±0.2	19.8±0.2 ^a	9.2±0.2	18.1±0.1 ^a
16:1	T	7.8±0.1	1.2±0.2	7.4±0.3
18:0	14.5±0.1	6.7±0.2	15.8±0.1	13.3±0.1
18:1	22.9±0.2 ^a	14.9±0.3	17.5±0.2	11.7±0.2
18:2	3.6±0.1	4.9±0.3	4.5±0.3	4.1±0.4
18:3	25.1±0.2 ^a	T	27.5±0.2	T
20:1	ND	4.9±0.2	ND	2.6±0.2
20:4	4.5±0.1	5.4±0.7 ^a	3.7±0.3	7.8±0.3 ^a
20:5	7.9±0.2 ^a	17.3±0.2	7.7±0.1 ^a	19.2±0.4
22:6	12.4±0.1 ^a	12.1±0.3 ^a	12.9±0.3 ^a	11.9±0.1
P/S	2.27	1.19	2.25	1.24
MUFA	22.9	27.6	18.7	21.7
PUFA	53.5	40.1	56.3	43.4
n-6/n-3	0.16	0.35	0.17	0.30

Ca²⁺ : 300mg/day

PO : Perilla oil, SO : sardine oil.

Values are the mean ±SD of six samples (n=6) in each group.

a : P<0.05 versus Ca²⁺

Table 5. Fatty acid composition of liver microsomes from rabbits fed on diet containing sardine or perilla oil(%) without Magnesium and Calcium

Fatty acid	Liver lipid		Phospholipid	
	SO ^a	PO ^a	SO	PO
14:0	T	ND	T	ND
16:0	16.9±0.2	11.7±0.2	15.8±0.2	12.4±0.2
16:1	7.2±0.1	1.8±0.1	6.5±0.1	1.3±0.1
18:0	6.5±0.2	10.4±0.1 ^c	8.9±0.6	10.9±0.3
18:1	12.9±0.1	20.5±0.3	13.1±0.1	23.7±0.4
18:2	6.7±0.1	7.2±0.1	7.5±0.5	6.8±0.1
18:3	3.1±0.2	18.5±0.2 ^c	2.9±0.1	17.2±0.2 ^c
20:1	3.7±0.2	ND	4.5±0.3	ND
20:4	4.9±0.2	4.3±0.1	5.3±0.3	2.6±0.2
20:5	17.3±0.1	9.4±0.4 ^c	17.8±0.1	8.5±0.4 ^c
22:6	19.5±0.2	15.2±0.5 ^c	16.2±0.2	15.6±0.8 ^c
Others ^b	1.3	1.0	1.5	1.0
P/S	2.2	2.5	2.1	2.1
n-6/n-3	0.29	0.27	0.35	0.23
PUFA	51.5	54.6	48.9	50.7
MUFA	22.8	22.3	24.1	25.0

Valuea are the mean ±SD of six samples (n=6) in each diet group.

a : SO : Sardine oil ; PO : Perilla oil

b : Others 20:2, 20:3 22:5, each of these fatty acids was less than 1%.

c : P<0.01 versus SO

0)는 8.6%에서 11.7%로 EPA(20:5)는 17.4%에서 19.2%로, DHA(22:6)는 18.9%에서 11.9%로 변화였고, MUFA는 16.9에서 21.7로, PUFA는 52.7%에서 43.3%로 P/S ratio는 1.8에서 1.2로 변화였다.

2. 간장지질

Liver microsome에서 추출한 지질과 인지질의 지방산 에스테르를 GLS로 분석한 결과는 Table 5~7과 같다.

Table 5는 perilla oil과 sardine oil을 기본식이와 같이 급여하였고, Mg²⁺와 Ca²⁺는 첨가하지 않았다. perilla oil군에서는 palmitic acid(16:0)가 8.4%에서 11.7%로, stearic acid(18:0)가 1.8%에서 10.4%로, oleic acid(18:1)가 14.4%에서 20.5%로, α -linolenic acid(18:3)가 59.7%에서 18.5%로, arachidonic acid(20:4)가 4.9%를 보였고, EPA(20

:5)가 9.4%를, DHA(22:6)가 15.2% 생성되었다.

Sardine oil군에서는 Myristic acid(14:0)가 거의 검출되지 않았으며, stearic acid(18:0)가 3.5%에서 6.5%로, α -linolenic acid(18:3)가 3.1%나 생성되었고, arachidonic acid(20:4)가 4.9% 생성되었고, EPA(20:5)는 20.9%에서 17.3%로, DHA(22:6)는 12.4%에서 19.5%로 변화되었고, P/S ratio는 2.2이었고, MUFA는 28.7에서 23.8로, PUFA는 41.7%에서 51.55%로, n-6/n-3은 0.14에서 0.27로 변화되었다.

Liver phospholipid의 경우는 PO군에서는 palmitic acid(18:1)가 8.4%에서 12.4%로, stearic acid(18:0)가 1.8%에서 10.9%로, oleic acid(18:1)가 14.4%에서 23.7%로, linoleic acid(18:2)가 15.9%에서 6.8%로, α -linolenic acid(18:3)가 59.7%에서 17.2%로, arachidonic acid(20:4)가 20.6%

Table 6. Fatty acid composition of liver microsome of rabbits fed sardine oil, perilla oil with Magnesium(%)

FA	Liver lipid		Phospholipid	
	PO	SO	PO	SO
14:0	ND	T	ND	T
16:0	12.8±0.1	17.1±0.2 ^a	11.5±0.2	15.9±0.1 ^a
16:1	1.5±0.2	7.6±0.1	1.3±0.1	6.9±0.2
18:0	17.4±0.3 ^a	6.9±0.2	16.2±0.3	7.6±0.3
18:1	21.7±0.1 ^a	14.5±0.1	20.5±0.1 ^a	14.5±0.2
18:2	10.7±0.2	5.9±0.3	9.8±0.2	7.5±0.1
18:3	18.5±1.1	3.2±0.4	17.9±0.1	3.5±0.2
20:1	ND	3.9±0.4	ND	5.1±0.1
20:4	5.9±0.2 ^a	6.2±0.1 ^a	4.4±0.3	5.7±0.2
20:5	12.5±0.1 ^a	15.6±0.2	9.2±0.1	18.2±0.3
22:6	11.5±0.2 ^a	19.1±0.1	9.2±0.3	15.1±0.1
P/S	1.96	2.1	1.8	2.1
MUFA	23.2	26.0	21.8	26.5
PUFA	59.1	50.0	50.5	50.0
n-6/n-3	0.4	0.32	0.4	0.36

Values are the mean ±SD of six samples (n=6) in each diet group.

SO : sardine oil. PO : perilla oil.

Mg²⁺ : 100mg/day

a : P<0.05 versus Mg²⁺

Table 7. Fatty acid composition of liver microsome of rabbits fed sardine oil, perilla oil with Calcium(%)

FA	Liver lipid		Phospholipid	
	PO	SO	PO	SO
14:0	ND	T	ND	T
16:0	12.4±0.2	16.9±0.1 ^a	11.7±0.2	15.8±0.2
16:1	1.8±0.1	7.2±0.2	1.3±0.1	6.6±0.3
18:0	15.4±0.1	6.8±0.3	13.7±0.3	8.7±0.5
18:1	20.5±0.3 ^a	13.7±0.1	23.7±0.4 ^a	13.5±0.1
18:2	6.8±0.1	6.1±0.2	7.2±0.1	7.9±0.5
18:3	18.2±0.2	3.5±0.2	17.5±0.2	2.9±0.1
20:1	ND	3.9±0.2	ND	4.7±0.3
20:4	4.3±0.2	5.3±0.3	2.6±0.2	5.9±0.1
20:5	9.7±0.4 ^a	16.5±0.1	8.7±0.3 ^a	17.6±0.2
22:6	11.8±0.2 ^a	14.7±0.3	13.6±0.1 ^a	16.4±0.2
P/S	1.8	1.9	1.95	2.06
MUFA	22.3	24.8	25.0	24.8
PUFA	50.8	46.1	49.6	50.7
n-6/n-3	0.28	0.33	0.25	0.37

Ca²⁺ : 300mg/day

PO : perilla oil. SO : sardine oil.

Values are the mean ±SD of six samples (n=6) in each group.

a : P<0.05 versus Ca²⁺

생성되었고, EPA(20:5)는 8.5%, DHA(22:6)는 15.6% 생성되었다. P/S ratio는 7.4에서 2.1로, PUFA는 75.4에서 50.7을 보였고, MUFA는 14.4에서 25.0으로 변화였다.

SO군에서는 Myristic acid(14:0)가 검출되지 않았고, stearic acid(18:0)가 3.5%에서 8.9%로, linoleic acid(18:2)가 4.8%에서 7.5%로, α -linolenic acid(18:3)가 2.9% 생성되었고, arachidonic acid(20:4)가 5.3% 생성되었으며, EPA(20:5)는 20.9%에서 17.8%로, DHA(22:6)는 12.4%에서 16.25%로 되었다. P/S ratio는 1.4에서 2.1로, MUFA는 28.7에서 24.1로, PUFA는 41.7에서 48.9로, n-6/n-3은 0.14에서 0.35로 변화였다.

Table 6, 7은 perilla oil군과 sardine oil군에 Mg^{2+} , Ca^{2+} 을 첨가하였을 때 얻은 지방산 조성이다. liver lipid의 경우 PO+ Mg^{2+} 군은 stearic acid(18:0)가 10.4%에서 17.4%로, linoleic acid(18:2)가 7.2%에서 10.7%로, arachidonic acid(20:4)가 4.3%에서 5.9%로, EPA(20:5)는 9.4%에서 12.5%로, DHA(22:6)는 15.2%에서 11.5%로 변화하여 P/S ratio는 2.2에서 1.9로, MUFA는 22.3에서 23.2로, PUFA는 54.6에서 59.1로, n-6/n-3은 0.3에서 0.4로 변화되었다.

또한 SO+ Mg^{2+} 군은 oleic acid(18:1)가 12.9%에서 14.5%로, arachidonic acid(20:4)는 4.9%에서 6.2%로, EPA(20:5)는 17.3%에서 12.5%로, DHA(22:6)는 19.5%에서 15.6%로 변화였고, MUFA는 23.8에서 26.0으로, n-6/n-3과 P/S ratio는 큰 변화가 없었다.

Liver phospholipid의 경우는 PO+ Mg^{2+} 군에 있어서 stearic acid(18:0)가 10.9%에서 16.2%로, oleic acid(18:1)은 23.7%에서 20.5%로, linoleic acid(18:2)는 6.8%에서 9.3%, arachidonic acid(20:4)는 2.6%에서 4.4%로, DHA(22:6)는 15.6%에서 9.2%로, MUFA는 25.0에서 21.8로, P/S ratio는 2.1에서 1.8로 변화였다.

SO+ Mg^{2+} 군에 있어서 oleic acid(18:1)는 13.1%에서 14.5%로, DHA(22:6)는 16.2%에서 15.1%로 변화였고, MUFA는 24.1%에서 26.5%로, PUFA는 48.9%에서 50%를 보였다.

PO+ Ca^{2+} 군에서 palmitic acid(16:0)는 11.7%

에서 12.4%로, stearic acid(18:0)는 10.4%에서 15.4%로, DHA(22:6)는 15.2%에서 11.8%로 변화였고, PUFA는 54.6에서 50.8로, P/S ratio는 2.5에서 1.8을 보였다.

SO+ Ca^{2+} 군에서는 EPA(20:5)는 17.3%에서 16.5%로, DHA(22:6)는 19.5%에서 14.7%로 변화하였으며, MUFA는 23.8에서 24.8로, PUFA는 51.5에서 46.1로, P/S ratio는 2.2에서 1.9로 변화였다.

Liver phospholipid의 경우는 PO+ Ca^{2+} 군에 있어서 stearic acid(18:0)는 10.9%에서 13.7%로, DHA(22:6)는 15.6%에서 13.6%로 변화하였으며, P/S ratio는 2.1에서 1.9로 변화였다. 한편 SO+ Ca^{2+} 군에 있어서 거의 변화가 없었다.

3. 인지질의 지방산

Table 8, 9, 10은 perilla oil, sardine oil 급여군과 Mg^{2+} , Ca^{2+} 첨가군으로 나눈 phosphatide 특히 phosphatidylcholine과 phosphatidylethanolamine의 지방산 조성을 나타낸 것이다.

Table 8은 perilla oil군, sardine oil군에 기본 식이와 perilla oil, sardine oil만을 급여한 것이다. phosphatidylcholine의 경우 PO군에 있어서 palmitic acid(16:0)는 8.4%에서 9.5%로, stearic acid(18:0)는 1.8%에서 14.2%로, oleic acid(18:1)는 14.4%에서 19.1%로, linoleic acid(18:2)는 15.7%에서 1.5%로, α -linolenic acid(18:3)는 59.7%에서 25.2%로, arachidonic acid(20:4)는 2.2%, EPA(20:5)는 9.3%, DHA(22:6)는 16.5%를 생성하였다. P/S ratio는 7.4에서 2.3으로, MUFA는 14.4에서 20.6으로, PUFA는 75.4에서 54.7로, n-6/n-3은 0.26에서 0.07로 변화였다.

SO군에 있어서 Myristic acid(14:0)는 검출되지 않았고, palmitic acid(16:0)는 18.3%에서 20.3%로, palmitoleic acid(16:1)는 8.4%에서 3.5%로, stearic acid(18:0)는 3.5%에서 16.5%로, oleic acid(18:1)는 13.9%에서 8.3%로, linoleic acid(18:2)는 4.8%에서 3.5%로, α -linolenic acid(18:3)는 2.7% 생성되었고, arachidonic acid(20:4)도 8.3% 생성되었고, EPA(20:5)는 20.7%에서 15.2%로, DHA(22:6)는 12.4%에서 18.5%로 변화였다. MUFA는 28.7에서 13.3으로, PUFA는 41.7에서

49.9로, n-6/n-3은 0.14에서 0.37로 변하였으나 P/S ratio는 큰 변화가 없었다. 또한 phosphatidylethanolamine의 경우 PO군에 있어서 stearic acid(18:0)는 1.8%에서 12.5%로, oleic acid(18:1)는 14.4%에서 18.2%로, linoleic acid(18:2)는 15.7%에서 2.5%로, α -linolenic acid(18:3)는 59.7%에서 28.3%로, arachidonic acid(20:4)가 2.5%, EPA(20:5)는 10.2%, DHA(22:6)는 18.4% 생성되었다.

SO군에 있어서 palmitic acid(16:0)는 18.3%에서 15.4%로 palmitoleic acid(16:1)는 8.4%에서 1.5%로, stearic acid(18:0)는 3.5%에서 23.5%로, oleic acid(18:1)는 13.9%에서 7.9%로, linoleic

acid(18:2)는 4.8%에서 2.7%로, α -linoleic acid(18:3)는 1.5% 생성되었고, arachidonic acid(20:4)는 6.3% 생성되었다. EPA(20:5)는 20.7%에서 14.9%로, DHA(22:6)는 12.4%에서 23.4%로 변화되었다. MUFA는 28.7에서 11.0으로, PUFA는 41.7에서 50.0으로, P/S ratio는 1.4에서 1.3으로 n-6/n-3은 0.14에서 0.37로 변하였다.

한편 PO+Mg²⁺군의 경우 phosphatidylcholine에 있어서 palmitic acid(16:0)는 9.5%에서 10.6%로, oleic acid(18:1)는 19.1%에서 21.6%로, linoleic acid(18:2)는 1.5%에서 4.6%로, α -linolenic acid(18:3)는 25.2%에서 21.7%로, arachidonic acid(20:4)는 2.2%에서 5.3%로, DHA(22:6)는 16.5%에서 9.1%로 변하였고, P/S ratio는 2, 3에서 1, 9로, n-6/n-3은 0.07에서 0.24로, MUFA는 20.6에서 22.8로, PUFA는 54.7에서 50.9로 변하였다.

Table 8. Fatty acid composition of phosphatide from rabbits fed on diet containing sardine or perilla oil(%) without Magnesium and Calcium

Fatty acid	Phosphatidylcholine		Phosphatidylethanolamine	
	SO ^a	PO ^a	SO	PO
16:0	20.3±0.1	9.5±0.2	15.4±0.3	6.4±0.1
16:1	3.5±0.1	1.5±0.1	1.5±0.1	T
18:0	16.5±0.3	14.2±0.2 ^c	23.5±0.1	12.5±0.2 ^c
18:1	8.3±0.2	19.1±0.5	7.9±0.1	18.2±0.1
18:2	3.5±0.1	1.5±0.1	2.7±0.2	2.5±0.2
18:3	2.7±0.2	25.2±0.2 ^c	1.5±0.2	28.3±0.3 ^c
20:1	1.5±0.1	ND	1.7±0.2	ND
20:4	8.3±0.3	2.2±0.3	6.3±0.2	2.5±0.1
20:5	15.2±0.9	9.3±0.3 ^c	14.9±0.6	10.2±0.2 ^c
22:6	18.5±0.5	16.5±0.5 ^c	23.4±0.3	18.4±0.3 ^c
Others ^b	1.5	T	1.2	T
P/S	1.36	2.3	1.29	3.28
n-6/n-3	0.37	0.07	0.2	0.08
PUFA	49.9	54.7	50.0	61.9
MUFA	13.3	20.6	11.0	18.2

Values are the mean ±SD of six samples (n=6) in each diet group.

a : SO : Sardine oil ; PO : Perilla oil

b : Others 20:2, 20:3 22:5, each of these fatty acids was less than 1%.

c : P<.01 versus SO

Table 9. Fatty acid composition of phosphatide from rabbits fed on diet containing sardine oil or perilla oil with Magnesium(%)

FA	Phosphatidylcholine		Phosphatidylethanolamine	
	PO	SO	PO	SO
16:0	10.6±0.2	15.6±0.2	9.5±0.1	12.5±0.2
16:1	1.2±0.1	4.2±0.2	T	5.9±0.1
18:0	15.7±0.2	16.9±0.3	14.5±0.2	20.2±0.2
18:1	21.6±0.1	8.9±0.1	18.5±0.1	10.5±0.1
18:2	4.6±0.3	4.8±0.2	3.2±0.2	3.2±0.1
18:3	21.7±0.1	3.7±0.1	25.2±0.3	2.8±0.2
20:1	ND	1.8±0.1	ND	2.7±0.1
20:4	5.3±0.2	8.9±0.2	4.7±0.2	6.8±0.2
20:5	10.2±0.3	15.7±0.1	13.7±0.2	16.5±0.2
22:6	9.1±0.2	19.5±0.3	10.7±0.1	18.9±0.1
P/S	1.9	1.6	2.4	1.5
MUFA	22.8	14.9	18.5	19.1
PUFA	50.9	52.6	57.5	48.2
n-6/n-3	0.24	0.35	0.16	0.26

Mg²⁺ : 100mg/day

PO : perilla oil. SO : sardine oil.

Values are the mean ±SD of six samples (n=6) in each diet group.

Table 10. Fatty acid composition of phosphatide from rabbits fed on diet containing sardine oil or perilla oil with Calcium(%)

FA	Phosphatidylcholine		Phosphatidylethanolamine	
	PO	SO	PO	SO
16:0	9.5±0.1	16.9±0.2	9.7±0.2	14.6±0.2
16:1	1.8±0.1	5.1±0.1	1.5±0.1	6.2±0.1
18:0	17.5±0.2	17.3±0.2	15.2±0.2	12.7±0.1
18:1	18.5±0.3	8.2±0.1	16.9±0.3	14.7±0.2
18:2	3.8±0.1	5.2±0.2	3.5±0.1	4.3±0.1
18:3	24.5±0.3	4.2±0.1	22.7±0.2	3.5±0.2
20:1	1.5±0.1	1.6±0.2	1.7±0.1	3.7±0.1
20:4	4.9±0.2	7.5±0.1	5.3±0.1	7.2±0.1
20:5	11.3±0.1	14.9±0.2	13.9±0.2	18.9±0.1
22:6	6.7±0.2	19.1±0.3	8.6±0.1	14.2±0.2
P/S	1.89	1.49	2.17	1.76
MUFA	21.8	14.9	20.1	24.6
PUFA	51.2	50.9	54.0	48.1
n-6/n-3	0.2	0.3	0.2	0.3

Ca²⁺ : 300mg/day

PO : perilla oil, SO : sardine oil.

Values are the mean ±SD of six samples (n=6) in each diet group.

SO+Mg²⁺군의 경우 palmitic acid(16:0)는 20.3%에서 15.6%로 다른 것은 큰 변화가 없었다. 그리고 phosphatidylethanolamine에 있어서 PO+Mg²⁺군의 경우 palmitic acid(16:0)는 6.4%에서 9.5%로, stearic acid(18:0)는 12.5%에서 14.5%로, arachidonic acid(20:4)는 2.5%에서 4.7%로, EPA(20:5)는 10.2%에서 13.7%로, DHA(22:6)는 18.4%에서 10.7%로 변화되었고, PUFA는 61.9에서 57.5로, P/S ratio는 3.2에서 2.4로, n-6/n-3은 0.08에서 0.16으로 변화되었다. 그리고 SO+Mg²⁺군의 경우 palmitic acid(16:0)는 15.4%에서 12.5%로, palmitoleic acid(16:1)는 1.5%에서 5.9%로, stearic acid(18:0)는 12.5%에서 20.2%로, oleic acid(18:1)는 7.9%에서 10.5%로, EPA(20:5)는 14.9%에서 16.5%로, DHA(22:6)는 23.4%에서 18.9%로, P/S ratio는 1.3에서 1.5로, MUFA는 11.0에서 19.1로, PUFA는 50.0에서 48.2로, n-6/n-3은

0.2에서 0.26으로 나타났다.

한편 PO+Ca²⁺군의 경우 phosphatidylcholine에 있어서 stearic acid(18:0)는 14.2%에서 17.5%로, arachidonic acid(20:4)는 2.2%에서 4.9%로, EPA(20:5)는 9.3%에서 11.35로, DHA(22:6)는 16.5%에서 6.7%로 변화되었고, SO+Ca²⁺군의 경우 palmitic acid(16:0)는 20.3%에서 16.9%로 변화되었으나 다른 성분은 큰 변화가 보이지 않았다. 그리고 phosphatidylethanolamine의 경우 PO+Ca²⁺군에 있어서 palmitic acid(16:0)는 6.4%에서 9.7%로, stearic acid(18:0)는 12.5%에서 15.2%로, oleic acid(18:1)는 13.2%에서 16.9%로, α-linolenic acid(18:3)는 28.3%에서 22.7%로, arachidonic acid(20:4)는 2.5%에서 5.3%로, EPA(20:5)는 10.2%에서 13.9%로, DHA(22:6)는 18.4%에서 8.6%로 변화되었고, SO+Ca²⁺군에 있어서 palmitoleic acid(16:1)는 1.5%에서 6.2%로, stearic acid(18:0)는 23.5%에서 12.7%로, oleic acid(18:1)는 7.9%에서 14.7%로, linoleic acid(18:2)는 2.7%에서 3%로, α-linolenic acid(18:3)는 1.5%에서 3.5%로, arachidonic acid(20:4)는 6.3%에서 7.2%로, EPA(20:5)는 14.9%에서 18.9%로, DHA(22:6)는 23.4%에서 14.2%로 변화되었다.

이상에서 본바와 같이 혈장지질에 있어서 PO군의 경우 stearic acid(18:0)는 1.9에서 14.5%로 상당히 증가하였고, arachidonic acid(20:4), EPA(20:5), DHA(22:6)가 생성되었다. 그러나 α-linolenic acid(18:3)는 58.9에서 20.3%로 상당히 감소되어 (P<0.05) 유의성이 있었고 다른 포화지방산으로 전환된 것 같다. 그리고 PO+Mg²⁺군의 경우는 DHA(22:6)가 15.2%에서 17.0%로 증가되었음을 보였고 (P<0.05), PO+Ca²⁺군의 경우는 DHA(22:6)가 17.2%에서 13.7%로 감소되었음을 보여주었다. 또한 SO군의 경우 arachidonic acid(20:4)가 6.1% 생성되었고(P<0.05), EPA(20:5)는 20.7에서 15.7%로 감소되어 P<0.05 유의성이 있었다. PO+Mg²⁺군의 경우는 큰 변화는 없었고, PO+Ca²⁺군의 경우 myristic acid(14:0)가 3.1%에서 6.8%로 상당히 증가하였고, DHA(22:6)는 17.2에서 13.7%로 감소하였다. P/S ratio는 1.8에서 1.4로 변하여 포화지방산이 증가되었다. 다시 말하면 perilla oil에 Mg²⁺,

Ca^{2+} 를 첨가할 때 MUFA는 Mg^{2+} 에 의하여 Ca^{2+} 보다 더 증가하였고, PUFA는 Ca^{2+} 에 의하여 증가되었다. P/S ratio도 2.1(Mg^{2+})과 2.3(Ca^{2+})을 보여 Mg^{2+} 은 포화지방산을 증가시키고, Ca^{2+} 는 불포화지방산을 증가시켰음을 알 수 있었다.

간장지질에 있어서 PO군에서 Mg^{2+} 을 첨가한 경우 stearic acid(18:0)가 10.4에서 17.4%로, EPA(20:5)는 9.4%에서 12.5%로 증가되었고, $P < 0.05$ 유의성이 있었다. DHA(22:6)는 15.2에서 11.2%로 감소되었고, P/S ratio는 1.9에서 2.5로 지방산이 증가되었음을 보여 주었다. PO+ Ca^{2+} 군의 경우 stearic acid(18:0)는 6.5에서 15.4%로 증가되었으나 DHA(22:6)는 19.5에서 14.7%로 감소되었다 ($P < 0.05$).

P/S ratio는 2.2에서 1.9로 변하여 포화지방산이 증가되었음을 알 수 있었고, PUFA는 51.5에서 46.1로 변하였다.

또한 SO군에 있어서 Mg^{2+} 을 첨가할 때 oleic acid(18:1)는 12.9%에서 14.5%로, arachidonic acid(20:4)는 4.9에서 6.2%로 증가하였음을 알았다.

MUFA는 23.8에서 26.0으로, PUFA는 51.5에서 50.0으로 변하여 포화지방산이 약간 증가되었다. 그리고 SO+ Ca^{2+} 군에서는 MUFA가 23.8에서 24.8로, PUFA는 51.5에서 46.1로 변하고, P/S ratio는 2.2에서 1.9로 변하여 포화지방산의 증가를 보여주었다.

인지질의 경우에 PO+ Mg^{2+} 군에서는 P/S ratio가 2.1에서 1.8으로 변하여 포화지방산의 증가를 보여 주었으나, stearic acid(18:0)는 10.9에서 16.2%로 증가되었고($P < 0.05$), DHA(22:6)는 15.6에서 9.2로 감소되었다. PO+ Ca^{2+} 군에서는 stearic acid(18:0)는 10.9에서 13.7%로 증가되었으나 유의성은 없었고 DHA(22:6)는 15.6에서 13.6%로 감소되었다.

한편 phosphatidylcholine의 경우 PO+ Mg^{2+} 군에서 DHA(22:6)는 16.5에서 9.1%로 감소되고, P/S ratio는 2.3에서 1.9로 변하여 포화지방산이 증가하였다. 그리고 PO+ Ca^{2+} 군에서 PUFA는 54.7에서 51.2로 변하고, MUFA는 20.6에서 21.8로, P/S ratio는 2.3에서 1.9로 변하여 포화지방산이 증가되었다. 또한 SO+ Mg^{2+} 군에서는 palmitic acid(16:

0)는 20.3에서 15.6%로 감소되었으나 P/S ratio는 1.4에서 1.6으로 변하였다. SO+ Ca^{2+} 군에서는 palmitic acid(16:0)는 20.3에서 16.9로 감소되었다. MUFA는 13.3에서 14.9로, PUFA는 49.9에서 50.9로 변하고, P/S ratio는 1.4에서 1.5로 변하여 불포화지방산이 약간 증가하였다.

IV. 결 론

α -linolenic acid가 60% 함유하고 있는 perilla oil과 EPA, DHA를 함유한 sardine oil을 Mg^{2+} , Ca^{2+} 을 첨가 급여하여 생체내에서 EPA와 DHA로 전환하는데 미치는 영향을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

혈장지질의 경우 perilla oil군에서는 arachidonic acid, eicosapentaenoic acid, docosahexaenoic acid가 생성되었으며, Mg^{2+} 는 EPA, DHA를 증가시켰고, Ca^{2+} 는 EPA, DHA 감소시켰으며 MUFA는 Ca^{2+} 보다 Mg^{2+} 이 증가시켰다. 그러나 P/S ratio로 보면 Mg^{2+} 은 불포화지방산을 증가시켰고, Ca^{2+} 은 불포화지방산을 증가시켰다.

간장지질의 경우 perilla oil군에 있어서는 Mg^{2+} 에 의하여 stearic acid, docosahexaenoic acid는 증가되었고($P < 0.05$), Ca^{2+} 는 stearic acid는 증가되었으나 DHA는 감소되었다. 그리고 sardine oil군에 있어서 Mg^{2+} 은 oleic acid, arachidonic acid가 증가되었고, P/S ratio를 보면 포화지방산의 증가를 보였다.

인지질의 경우 perilla oil군에 있어서 Mg^{2+} , Ca^{2+} 은 stearic acid는 증가되었고($P < 0.05$), DHA는 약간 감소함을 보였다. Perilla oil에서는 Mg^{2+} , Ca^{2+} 은 별 차이가 없었다. Sardine oil에서 Mg^{2+} , Ca^{2+} 은 palmitic acid를 상당히 감소시켰다. 그러나 P/S ratio를 보면 Ca^{2+} 은 불포화지방산을 증가시켰다.

이상에서 알 수 있는 것은 perilla oil의 α -linolenic acid는 Mg^{2+} 에 의하여 DHA, EPA, AA순으로 생성되지만 stearic acid의 증가를 보였고, Ca^{2+} 에 의하여 DHA, EPA, AA순으로 생성이 약간 감소되었다. 그리고 oleic acid도 상당히 증가하였다.

문 헌

1. Dyerberg, J. and H. O. Bang "Advances in Nutritional Research", vol.3 ed. by H. H. Draper, Plenum Press, New York, 1~22 (1980)
2. Croft, K.D., L. J. Beilin, F. M. Legge and R. Vandongen : *Lipids* 22, 647~650(1987)
3. Sanders, T. A. B., Vickers, M. and Haines, A. P. : *Clin. Sci.*, 61, 317~324(1981)
4. Carroll, K. K. : *Lipids* 21, 731~736(1986)
5. Wigard, S. : *Acta. Med. Scand.*, (supple 351) 166~172(1960)
6. Nam, H. K., and H. C. Sung, and I. A. Chang : *Korean J. Food & Nutr.*, 10, 27~33(1981)
7. Herold, P. M. and Kinsella, J. E. : *Am. J. Clin. Nutr.*, 45, 566~598(1986)
8. Dyerberg, J., Bang, H. O., Stafferson, E., Moncade, S. and Vane, J. R. : *Lancet* 11, 117~197(1987)
9. Dyerberg, J., and Jorgensen, K. A. : *Prog. Lipids Res.*, 21, 255~269(1982)
10. Kromhout, D., Boschieter, E. B. and Coulander, L. L. : *New Eng. J. Med.*, 312, 1205~1209(1985)
11. Budowski, P. : *Isr. J. Med. Sci.*, 17, 223~229 (1981)
12. Bruckner, G. G., Lokesh, B., German, B. and Kinsella, J. E. : *Thromb. Res.*, 34, 479~497 (1984)
13. Kinsell L. W., Michaels G. D., Walker G., Visintine R. E., *Diabetes* 10, 316~318(1961)
14. Ackman, R. G., Eaton C. A., Dyerberg J., *Am J. Clin. Nutr.* 33, 1814~1817(1980)
15. Culp B. R. Lands W. E. M., Lucchesi B. R., Pitt B. Romson J., *Prostaglandins*, 20, 1021~1031(1980)
16. Nam, H. K. : *J. Korean Oil Chem. Soci.*, 4, 35~42(1987)
17. Von Schacky, C., Fischer, S. and Weber, P. C. : *J. Clin. Invest.*, 76, 1626~1631(1985)
18. Nam, H. K., *Korean J. Dietary Culture*, 4, 184(1989)
19. Nam, H. K., *The Journal of Kwangju Health Junior College* Vol.15, 213~222(1991)
20. Connor W.E., Lin D. S., Harris W. S., *Arteriosclerosis*, 1, 363(1981)
21. Dyerberg, J., Bang, H. O., Aagaard O., *Lancet*, 1, 199(1980)
22. Goodnight S. H., Harris W. S., Conner W. E., *Blood*, 58, 880~885(1981)
23. Cook, H. W. and Spence, M. W. : *Lipids* 22, 613~619(1987)
24. Bronsgeest-Schoute H. C., van Gent C. M., Luten J. B., Ruiter A., *Am J. Clin. Nutr.* 34, 1752~1757(1981)
25. Garg, M. C., Thomson, A. B. R. and Clandinin, M. T. : *J. Nutr.*, 118, 661~668 (1988)
26. Jacobson, K., and D. papahadjopoulos, : *Biochemistry* 14, 152~160(1975)
27. Verkleij, A. J. and B. Dekruyff, : *Biochem. Biophys. Acta*, 339, 432~440(1974)
28. Field, F. L. J. and Salom, R. G. : *Biochem. Biophys. Acta.*, 712, 557~562(1982)
29. Bligh, E. G. and Dyer, W. J. : *Can. J. Biochem. physiol.*, 37, 911~917(1959)
30. Stewart, J. C. M., *Anal. Biochem.*, 104, 10~18(1980)