

한국산 잣기름이 정상토끼 및 동맥경화증 유발 토끼의 적혈구막 지방산조성에 미치는 영향

윤태현 · 이상무

한림대학교 한국영양연구소 임상영양연구실

Effect on Fatty Acid Composition of Red Blood Cell Membranes of Supplement of Korean Pinenut Oil, rich in 5-Olefinic acids, in Normocholesterolemic and Atherosclerotic New Zealand White Rabbits

Tai-Heon Yoon and Sang-Mu Lee

Laboratory of Clinical Nutrition, Korea Institute of Nutrition, Hallym University, Chunchon 200-702, Korea

Abstract

The present study was carried out in normal and atherosclerotic New Zealand white(NZW) rabbits, to evaluate the effect of dietary supplementation with Korean pinenut oil, on the total fatty acid composition of red blood cell membranes. Erythrocyte fatty acids of chain lengths ranging from 12 : 0 to 22 : 6 ω 3 were identified. In study I, palmitic acid(16 : 0) was found to be the main erythrocyte membranes fatty acid, followed in turn by stearic(18 : 0), oleic(18 : 1) and linoleic acids(18 : 2 ω 6). There was a large increase in the proportion of 20 : 4 ω 6 in 10% pinenut oil group on days 40 and 80(compared with control), although the increase was not statistically significant. Most erythrocyte fatty acids were less affected by the types or levels of oils supplemented for periods of 40 and 80 days. In study II, at the end of the dietary treatment, the levels of 12 : 0, 14 : 0, 15 : 0 and 18 : 0 were significantly decreased in the 5% soybean oil/cholesterol group, whereas those of 12 : 0, 14 : 0 and 18 : 0 were significantly decreased, but that of 18 : 2 ω 6 was significantly increased in the 10% soybean oil/cholesterol group, compared to the cholesterol group. No significant differences in fatty acid composition were seen between the pinenut oil/cholesterol and cholesterol groups throughout the supplementation period. In study III, after 5 weeks supplementation the levels of 18 : 1 ω 9 and 20 : 1 ω 9 were significantly decreased in the 10% pinenut oil/cholesterol group, whereas the 10% soybean oil/cholesterol group had significantly elevated 18 : 2 ω 6, compared to the cholesterol group. The proportion of 18 : 4 ω 6 was significantly raised in the 5% soybean oil/cholesterol and 5% pinenut oil/cholesterol group, and the content of 16 : 1 ω 7 was significantly lowered in the 5% and 10% soybean/cholesterol groups, compared to the cholesterol group at 10 weeks supplementation. In studies I, II and III, the total proportions of saturated fatty acids were not significantly affected by the types of levels of oils supplemented throughout the study period.

서 론

혈액은 체중의 약 8%를 차지하는데, 혈구부분(유형성분)과 혈장부분으로 나뉘어진다. 혈구에는 적혈구, 백혈구, 혈소판이 있다. 혈구성분 중에서 적혈구는 산소의 운반과 이산화탄소의 제거에 관여한다. 표면에는 혈액형 물질, 용혈이나 응고에 관여하는 물질이 있고, 가운데에는 헤모글로빈과 약 40종류에 해당하는 효소 등이 함유되어 있다¹⁾.

적혈구가 좁은 공간 예컨대 미세혈관계 등을 통과할 때 그 형상을 바꾸는 능력 즉 변형가능성(deformability)의 감소는 동맥경화증을 유발시키는 요인으로 간주되고 있다. 적혈구의 변형가능성을 조절하는 결정인자(determinant)는 바로 지방질 유동성이다²⁾. 적혈구막 지방질의 유동성은 첫째, 막 인지지방질의 아실기 사슬내의 불포화 2중결합수, 둘째, 막 인지지방질의 종류, 셋째, 막 인지지방질에 대한 콜레스테롤의 양 넷째, 막에 양성(兩性)화합물의 존재 등에 의해 영향을 받는다³⁾. 일반적으로 아실기 사슬의 포화도에서의 변동이 막유동성을 결정짓는 가장 중요한 요소이다. 포화 아실기 사슬은 유동성이 낮고, 반면에 불포화 아실기 사슬은 유동성을 높인다³⁾.

지금까지 보고된 바에 따르면 물고기와 어류에 많이 들어 있는 eicosapentaenoic acid(EPA)와 docosahexaenoic acid(DHA)는 사람과 동물의 적혈구의 변형가능성을 증가시키고, 혈액의 점도를 감소시키는 데 효과적임이 밝혀졌다^{4) 5)}. 이들 고도불포화 지방산 이외에도 콩기름, 옥수수기름, 올리브기름이나 중쇄트리글리세리드 등을 사용하여 막유동성에 변화를 일으켜 순환기 질환의 예방과 치료에 활용하고자 하는 시도가 많이 행하여 지고 있다^{5,6,7)}.

그런데 5-올레핀계 지방산은 탄소수와 이중결합수가 동일한 통상의 지방산에 비하여 산화에 안정성이 있고, 지방질 및 지단백질대사의 개선에 효과가 있음이 저자를 비롯한 몇몇 연구자들에 의해 계속 규명되고 있다^{10) 11)}. 이에 따라

5-올레핀계 지방산을 지방질 및 지단백질 대사에 질환의 예방 및 치료에 이용하려는 움직임이 일고 있다.

본 연구에서도 5-올레핀계 지방산이 많이 들어있는 잣기름¹²⁾을 동맥경화증의 예방 및 치료제로 활용할 목적으로 지방질대사가 사람과 아주 유사한 토끼의 적혈구막 유동성에 잣기름이 어떠한 영향을 미치는지 살펴보고자 하였다. 그래서 저자들은 정상상태 및 동맥경화증 유발상태의 토끼에게 잣기름을 경구 투여한 후 적혈구막의 지방산 조성을 분석하여 비교·검토하였다.

재료 및 방법

1. 재료 및 시약

토끼 사료는 삼양유지사료주식회사(강원도 원주시)의 토끼사육용 고품사료(pellet)인 “토끼 1호”였으며, 잣기름 추출용 잣은 1989년 11월과 1990년 11월에 강원도 홍천군 소재 강원대학교 부속 연습림에서 생산된 것을 직접 구입하였다.

본 실험에 사용한 핵산은 Tedia사(Ohio, 미국)로부터, 클로로포름은 Mallinckrodt Specialty Chemical사(Kentucky, 미국)로부터, 메탄올과 에틸 에테르는 BDH Limited사(Poole, 영국)로부터, 콜레스테롤(C8503)은 Sigma사(St. Louis, 미국)로부터, 그리고 지방산 표준품과 충전제 등은 Supelco사(Pennsylvania, 미국)로부터 각각 구입하였다. 기타의 시약은 전부 특급시약을 사용하였다.

2. 실험 설계

1) 실험 I

실험 I에서는 정상 토끼에 콜레스테롤 무침가 고품 사료를 주면서 잣기름과 콩기름을 경구투여하였을 때 적혈구 지방산조성의 변화를 관찰하였다. 실험동물은 New Zealand white(NZW)계 토끼 숫컷으로 생후 100-120일된 것을 국립종축원(충청남도 천안군 성환읍소재)으로부터 구입하여 한림대학교 실험동물부에서 체중이 평균 2kg이상 될 때까지(구입 후 약 10일 정도)에

비사육하였다. 예비사육시 시판 고형사료와 물은 자유로이 섭취하도록 하였다.

실험군은 난괴법(randomized block design)으로 대조군, 콩기름 5%군, 콩기름 10%군, 잣기름 5%군, 잣기름 10%군 등 5군으로 나누고, 1군당 예비사육이 끝난 토끼 5마리씩 배정하여 cage당 한 마리씩 넣어 70~80일 동안 사육하였다.

대조군은 총에너지 중 당질 58%, 단백질 32%, 지방질 10%로 구성된 시판고형사료(commercial chow diet)를 공급하였다. 콩기름 및 잣기름 5%군은 콩기름이나 잣기름만 고형사료에 총 에너지에서 총지방질이 고형사료 자체의 지방질을 포함하여 15% 수준이 되게 더 첨가하였으며 이때 지방질 5%군의 열량 구성비를 보면 당질이 55%, 단백질이 30% 수준이었다. 콩기름 및 잣기름 10%군도 콩기름이나 잣기름만 고형사료에 총 에너지에서 총지방질이 20% 수준이 되게 더 첨가하였으며, 이때 총 에너지 중 당질은 52%, 단백질은 28% 수준이었다.

실험 70~80일 전기간동안 물은 자유로이 섭취시켰으며 사육실 온도는 20~25°C, 습도는 50%로 유지시키고 12시간 간격으로 점등과 소등을 실시하였다. 사료섭취량은 매일 오전 9시에 측정하여 24시간 사료섭취량을 계산한 다음 콩기름 및 잣기름을 총섭취에너지에서 사료자체의 지방질을 포함하여 각각 5%와 10%에 해당되는 양을 매일 경구투여하였다.

2) 실험 II

실험 II에서는 정상토끼에 1% 콜레스테롤 함유식을 공급하면서 잣기름과 콩기름을 경구투여하였을 때 적혈구의 지방산조성의 조직변화를 관찰하였다. 1% 콜레스테롤 함유 식이는 Roth 등¹⁶⁾의 방법에 따라 조제하였다. 실험기간이 10주인 것을 제외하고 기타는 전부 실험 I과 동일하다.

3) 실험 III

실험 III에서는 정상 토끼에 1% 콜레스테롤 함유식을 미리 4주동안 공급하여 동맥경화증을 유발시킨 다음 잣기름과 콩기름을 경구 투여할 때 적혈구의 지방산조성 변화를 조사하였다.

잣기름 추출

종피를 제거한 잣 약 30g을 유발에서 마쇄하여 1000ml 분액여두에 옮겨 담은 다음 핵산 350ml를 가하여 실온에서 2시간동안 진탕하면서 추출하였다. 추출액은 따로 모으고 잔사에 다시 핵산 300ml를 가하여 1회 더 추출한 후 추출액을 전부 모아 Whatman No.1로 여과하고 여과액은 회전 증발기로 40°C에서 65°C까지 온도를 높여가면서 핵산이 완전히 없어질 때까지 농축하였다. 농축한 잣기름은 50ml polypropylene centrifuge tube에 담아 4°C에 보관하면서 1주일 이내에 전부 사용하였다.

혈액 채취 및 혈장 분리

혈액채취 12시간 전에 절식시킨 후 토끼고정대에 넣어 고정시켜 귀동맥에 xylene을 바른 다음 10ml주사기로 약 10ml를 채취하였다. 혈액은 항응고제(5% EDTA와 5% NaN₃가 들어 있는 용액) 0.2ml가 들어 있는 15ml polypropylene tube에 조심스럽게 넣고 2~3회 가볍게 기울여 항응고제가 잘 섞이도록 한 다음 늦어도 1시간 이내에 미리 4°C로 조절된 원심분리기로 3000rpm에서 10분간 원심분리하여 혈장을 얻었다. 혈장은 소량씩 1.5ml microcentrifuge tube에 분주하여 70°C freezer에 보관하면서 지방질 측정 시료로 사용하였다.

적혈구의 지방질 추출과 지방산조성 분석

적혈구는 혈장을 분리 해내고 남은 아랫층을 세척하여 이용하였다. 즉 적혈구층(packed red cell)의 5배에 해당하는 생리식염수(약 7~8ml 정도)를 가하여 2~3회 가만히 기울여 잘 혼합한 다음 4°C 원심분리기로 3000rpm에서 10분 동안 원심분리하였다. 분리된 상층액을 Pasteur 피펫으로 제거하였으며 이 조작을 2회 더 반복하여 세척호 5ml 유리 시험관에 적혈구(packed erythrocyte) 1ml와 증류수 1ml씩을 가하여 가볍게 두드려 혼합시킨 후 실온에서 20~30분동안 방치하면서 용혈시켰다. 지방질 추출 시 -70°C에

보관된 시료를 실온에서 해동시킨 다음 100mℓ 분액여두에 시료와 클로로포름:메탄올(2:1, v/v) 용액 60mℓ를 넣고 90분동안 진탕기로 진탕하면서 추출하였으며 증류수 12mℓ를 가하여 혼합 후 실온에서 하룻밤 방치하여 수용성 성분을 분리시켰다. 하층을 깔대기를 이용하여 Whatman No.41로 여과하고 회전증발기로 40~65°C에서 완전히 농축하였다. 농축된 지방질을 클로로포름 약 3mℓ로 용해시켜 15mℓ screw cap 시험관에 옮기고 질소가스로 전부 날려 보낸 후 Instant Mathanolic HCl kit 시약 3mℓ를 가하여

시험관가열기(Techne DB-3H Dri-Block, 영국)로 95°C에서 60분간 transesterification시켰다.

Transesterification을 끝낸 후 실온에서 20분간 냉각시키고 n-heptane 3mℓ를 가하여 시험관 혼합기로 60초간 강하게 혼합한 다음 4°C 냉장고에서 하룻밤 방치하였다. 분리된 상층액을 Pasteur 피펫으로 끝이 뽕족한 10mℓ 유리시험관에 옮기고, n-heptane 2mℓ를 다시 가하여 30초간 혼합한 뒤 4°C 원심분리기로 3000rpm에서 10분 동안 원심분리하여 분리된 상층액을 전부 합하였다. 질소가스로 n-heptane을 전부 날려 보낸

Table 1. Effect of dietary supplementation with soybean oil or pinenut oil on red blood cell fatty acid composition (continued on next page)

Fatty acid	Before	After 40 days				
		Control	5% Soybean oil	10% Soybean oil	5% Pinenut oil	10% Pinenut oil
10:0	0.26±0.15	0.05±0.01	0.05±0.03	0.07±0.06	0.05±0.02	0.05±0.011
12:0	0.68±0.46	0.12±0.05	0.14±0.07	0.12±0.07	0.10±0.04	0.14±0.04
14:0	1.04±0.40	0.64±0.19	0.91±0.17	0.72±0.16	0.59±0.18	0.89±0.43
15:0	0.59±0.17	0.66±0.17	0.71±0.20	0.50±0.13	0.55±0.13	0.59±0.11
16:0	24.05±3.79	33.51±3.10	30.80±2.40	26.33±6.16	28.79±5.36	33.35±0.50
16:1 ^{ω7}	0.32±0.21	0.10±0.02	0.09±0.03	0.07±0.03	0.15±0.13	0.24±0.25
17:0	1.04±0.21	1.41±0.37	1.40±0.23	1.18±0.08	1.23±0.25	1.23±0.22
18:0	11.06±3.29	16.23±1.94	16.81±1.00	17.16±1.20	16.19±2.78	19.75±5.06
18:1 ^{ω9}	8.44±2.10	10.42±1.58	9.36±1.31	9.00±1.57	10.60±1.79	9.92±1.90
18:2 ^{ω6}	4.04±1.30	5.76±2.11	6.31±0.34	7.84±2.04	11.29±7.93	5.34±1.26
18:4 ^{ω6}	1.14±0.75	0.72±0.33	0.78±0.04	0.81±0.30	0.75±0.27	0.76±0.50
20:0	0.22±0.26	0.19±0.03	0.13±0.02	0.14±0.03	0.21±0.03	0.38±0.18
20:1 ^{ω9}	0.89±0.53	0.97±0.14	0.87±0.17	0.81±0.12	0.85±0.15	1.08±0.24
20:2 ^{ω6}	1.20±0.83	1.28±0.25	1.33±0.08	1.44±0.44	1.12±0.14	0.63±0.48
20:3 ^{ω7}	0.69±0.00	N D	N D	0.04±0.00	0.07±0.02	0.10±0.02
20:4 ^{ω6}	0.26±0.15	0.17±0.13	0.18±0.03	0.27±0.19	0.23±0.19	0.80±0.05
20:5 ^{ω3}	0.84±0.35	0.69±0.04	0.62±0.03	0.72±0.06	0.69±0.18	1.16±0.27
22:1 ^{ω9}	0.43±0.17	0.29±0.22	0.23±0.05	0.40±0.18	0.41±0.26	0.58±0.33
22:4 ^{ω6}	0.44±0.36	0.23±0.09	0.22±0.07	0.22±0.09	0.24±0.08	0.44±0.15
22:5 ^{ω6}	0.61±0.52	0.57±0.07	0.55±0.05	0.68±0.34	0.55±0.09	0.37±0.17
22:5 ^{ω3}	0.68±0.47	0.50±0.05	0.43±0.00	0.47±0.06	0.49±0.05	0.69±0.23
22:6 ^{ω3}	2.05±0.87	2.36±0.50	2.58±0.47	2.93±0.87	2.25±0.12	2.33±0.84
26:0	0.39±0.19	0.57±0.19	0.30±0.11	0.25±0.05	0.27±0.09	0.73±0.28
28:0	1.01±0.67	1.27±0.08	1.34±0.09	1.09±0.55	1.53±0.31	1.42±0.46

Result expressed as mean ± SD of two to seven rabbits.

ND, not detectable.

Table 1—continued

Fatty acid	After 80 days				
	control	5%	10%	5%	10%
		Soybean oil	Soybean oil	Pinenut oil	Pinenut oil
10 : 0	0.05± 0.03	0.04± 0.00	0.04± 0.01	0.04± 0.01	0.06± 0.03
12 : 0	0.14± 0.09	0.18± 0.07	0.12± 0.05	0.09± 0.02	0.15± 0.11
14 : 0	0.72± 0.43	0.60± 0.03	0.81± 0.57	0.51± 0.10	0.54± 0.16
15 : 0	0.57± 0.07	0.53± 0.06	0.55± 0.10	0.55± 0.06	0.45± 0.07
16 : 0	36.11± 3.17	34.88± 1.71	32.78± 1.65	35.08± 0.77	32.17± 4.35
16 : 1 ^ω 7	0.04± 0.00	0.04± 0.00	0.06± 0.00	N D	1.26± 0.00
17 : 0	1.34± 0.03	1.39± 0.20	1.18± 0.07	1.34± 0.14	1.08± 0.35
18 : 0	19.07± 3.06	20.69± 2.41	22.82± 1.90	19.74± 1.80	18.91± 4.38
18 : 1 ^ω 9	8.65± 1.46	7.44± 0.86	6.39± 1.30	7.07± 0.34	9.54± 5.70
18 : 2 ^ω 6	4.76± 2.63	4.71± 0.36	3.55± 0.22	4.06± 0.76	10.60± 13.58
18 : 4 ^ω 6	0.70± 0.67	0.41± 0.07	0.47± 0.06	0.57± 0.12	0.58± 0.50
20 : 0	0.37± 0.30	0.39± 0.22	0.40± 0.05	0.36± 0.00	0.33± 0.14
20 : 1 ^ω 9	1.00± 0.22	1.00± 0.09	1.02± 0.15	1.10± 0.16	0.83± 0.47
20 : 2 ^ω 6	0.51± 0.49	0.23± 0.04	0.22± 0.02	0.28± 0.06	0.22± 0.07
20 : 3 ^ω 7	0.11± 0.12	0.12± 0.09	0.05± 0.01	0.07± 0.02	0.33± 0.47
20 : 4 ^ω 6	0.19± 0.10	0.23± 0.04	0.23± 0.03	0.24± 0.04	0.62± 0.83
20 : 5 ^ω 3	1.19± 0.25	1.36± 0.05	1.57± 0.29	1.35± 0.08	1.15± 0.64
22 : 1 ^ω 9	0.50± 0.25	0.73± 0.31	0.75± 0.35	0.88± 0.09	0.79± 0.39
22 : 4 ^ω 6	0.49± 0.23	0.66± 0.06	0.59± 0.10	0.53± 0.22	0.46± 0.18
22 : 5 ^ω 6	0.41± 0.22	0.24± 0.03	0.27± 0.03	0.29± 0.04	0.27± 0.03
22 : 5 ^ω 3	0.85± 0.24	0.88± 0.22	1.00± 0.15	0.68± 0.08	0.55± 0.29
22 : 6 ^ω 3	2.99± 1.35	2.78± 1.11	3.18± 1.16	1.86± 0.18	1.68± 0.78
26 : 0	0.84± 0.68	0.85± 0.14	0.54± 0.10	0.57± 0.06	0.38± 0.22
28 : 0	0.96± 0.40	1.33± 0.03	1.03± 0.55	1.49± 0.15	1.29± 0.49

Result expressed as mean ± SD of two to seven rabbits.

ND, not detectable.

후 n-heptane 100 μ l를 가하여 지방산 메틸 에스테르를 녹여 1~2 μ l를 가스 크로마토그래피에 주입하여 분석하였다. 이때 사용한 가스 크로마토그래프와 조건은 아래와 같다.

Instrument : Hitachi Model 163

Detector : flame ionization detector

Column : 2m×3mm(ID)glass column

Packing material : GP 3% SP-2310/2% SP-2300 on 100/120 Chromosorb WAW

Column temp : 160 $^{\circ}$ C for 1 min then 1 $^{\circ}$ C/min to 220 $^{\circ}$ C and held

Injection temp : 220 $^{\circ}$ C

N₂ flow rate : 30 ml/min

H₂ flow rate : 36 ml/min

Air flow rate : 500 ml/min

Sensitivity : 10×8

Chart speed : 5 mm/min

분리된 각 지방산의 피이크 면적과 그 백분율은 적분기(TR-2220A, Takeda理研공업주식회사, 일본)로 계산하였으며, 각 지방산의 동정은 지방산 표준품의 보지시간으로 확인하였다^{11,17,18)}.

통계처리

각 처리군의 측정값 상호 비교시 유의성은 Student's t-test로 검정하였다.

결 과

실험 I

적혈구의 지방산 조성(Table 1)을 가스 크로마토그래피로 조사하여 본 바 10:0에서 22:6³까지 포화지방산 8종류와 불포화지방산 14종류, 총 22종류를 분리·동정한 수 있었다. Table 1에 미확인 피이크의 비율(%)은 표시하지 않았다. 그런데 5-올레핀계 지방산들은 충전제를 채운 유리관을 부착시킨 본 가스 크로마토그래피 조건에서는 정확히 분리되지 않아 계산할 수 없었다. 잣기름에 가장 많이 함유되어 있는 c5, c9, c12-18:3은 리놀레산의 피이크와 겹쳐서 18:2⁶의 값에 포함시켰다. 주 지방산은 16:0이었으며, 그 다음으로 많은 것은 18:0, 18:1⁹, 18:2⁶ 순이었다. 가장 많이 함유된 16:0은 40일째 대조군이 34%, 콩기름군이 26~31%, 잣기름군이 29~33%, 80일째 대조군이 36%, 콩기름군이 33~35%, 잣기름군이 32~35%였는데 사육기간이나 식이처리군에 따른 차이는 나타나지 않았다.

80일째에 18:2⁶은 잣기름 10%군이 대조군에 비하여 2.2배 높았으나 유의적인 차이는 아니었다. 18:4⁶의 경우 콩기름군이나 잣기름군에서 모두 낮은 값을 보여주었다. 20:2⁶의 경우도 모든 처리군에서 45-57% 감소한 수준이었다(유의성은 없었음). 그리고 20:4⁶은 대조군에 비하여 10% 잣기름군에서만 40일째에, 4.7배, 80일째에는 2.7배 상승하였는데, 통계학적으로 유의성은 나오지 않았다.

40일째 총지방산 중에서 대조군, 5%와 10% 콩기름군, 5%와 10% 잣기름군의 포화지방산 총비율은 각각 53%, 51%, 46%, 48%, 56%였으며, 80일째에는 실험군 모두 55-59% 사이로 전기간에 걸쳐 처리군간에 차이가 나타나지 않았다.

실험 II

고형사료, 콜레스테롤함유 사료, 콜레스테롤함유 사료에 콩기름 및 잣기름 보충급여 때 혈구 지방산 조성을 Table 2에 표시하였다. 분리·동정한 지방산의 수와 종류는 실험 I에서와 동일하다. Baseline의 적혈구의 주 지방산은 16:0으로서 약 34% 수준이었고, 그 다음으로 많은 지방산은 18:0으로서 18% 수준이었다. 이 두 지방산이 50% 이상을 집하고 있었다. 그 다음은 18:2⁶과 18:1⁹로서 각각 13~14% 수준을 나타내었다. 10주간 고형사료만 급여시 주 지방산과 두번째로 많은 지방산의 순서에는 변동이 없었으며, 세번째와 네번째 지방산 순서에 변동이 있으나 서로 간의 함량차이는 몇 %밖에 안 된다. 콜레스테롤 급여시는 지방산 조성에 많은 변동이 일어났다. 고형사료만 급여한 실험군의 그것에 비하여 5주째에는 16:0, 17:0, 18:0, 20:1⁹ 등이 유의하게 감소하였고, 18:2⁶이 유의하게 증가하였다. 20:4⁶의 경우 약 4.8배 증가하였으나 유의적인 증가는 아니었다. 10주째에는 16:0, 18:0, 20:5³등이 유의하게 감소하였고, 12:0, 18:2⁶, 20:2⁶, 20:3⁶, 20:4⁶ 등이 유의하게 증가하였다. 그리고 주 지방산은 18:2⁶이었고 그 다음으로 많은 지방산은 16:0이었다. 이 두 지방산이 약 50% 정도 집하고 있었다. 세번째와 네번째 지방산은 18:1⁹와 18:0이 각각 차지하였다. 10주째에 5% 콩기름군에서는 12:0, 14:0, 15:0, 18:0 등이 유의하게 감소하였고 20:5³이 유의하게 증가하였다. 10% 콩기름군에서는 12:0, 14:0, 18:0 등이 유의하게 감소하였고 18:2⁶이 유의하게 증가하였다. 반면에 잣기름군에서는 콜레스테롤식이 단독 투여군에 비하여 유의적인 차이를 보인 지방산이 없었다.

총지방산 중에서 포화지방산 총비율은 실험 전기간에 걸쳐 콜레스테롤식이 단독 투여군이 38%였고, 콩기름군이 30-41%, 잣기름군이 35-41% 수준이었는데 실험기간이나 식이지방에 따른 차이를 찾아 볼 수 없었다.

Table 2. Effect of dietary supplementation with soybean oil or pinenut oil on red blood cell fatty acid composition in rabbits fed a chow diet added with 1% cholesterol

(continued on next page)

Fatty acid	Before	After 5 weeks					
		Stock control	Cholesterol control	5% Soybean oil	10% Soybean oil	5% Pinenut oil	10% Pinenut oil
10 : 0	0.18± 0.13	0.05± 0.00	0.05± 0.03	0.08± 0.08	0.03± 0.00	0.04± 0.01	0.05± 0.01
12 : 0	0.59± 0.48	0.26± 0.16	0.13± 0.05	0.21± 0.18	0.28± 0.09	0.10± 8.01	0.10± 0.03
14 : 0	0.79± 0.23	0.42± 0.07	0.46± 0.09	0.61± 0.20	0.52± 0.12	0.28± 0.04	0.28± 0.02
15 : 0	0.66± 0.07	0.48± 0.09	0.48± 0.04	0.54± 0.13	0.53± 0.08	0.47± 0.03	0.49± 0.10
16 : 0	33.71± 6.05	33.37± 4.83	26.07± 3.34*	25.24± 3.86	25.78± 4.97	23.22± 0.68	23.96± 2.12
16 : 1 ω 7	0.15± 0.09	0.50± 0.21	0.52± 0.16	0.48± 0.293	0.23± 0.13	0.32± 0.10	0.14± 0.11
17 : 0	1.79± 0.16	1.23± 0.19	0.96± 0.08*	1.24± 0.22	0.10± 0.16	1.07± 0.18	1.11± 0.18
18 : 0	17.71± 4.23	15.30± 2.29	9.80± 2.04**	13.07± 2.66	12.99± 1.91	11.99± 1.06	14.60± 1.36
18 : 1 ω 9	12.63± 1.49	18.26± 2.21	15.47± 4.14	11.99± 1.96	10.78± 2.75	11.08± 0.90	10.91± 1.48
18 : 2 ω 6	13.46± 9.22	16.03± 5.37	27.15± 3.96**	25.02± 4.88	26.77± 5.91	30.73± 1.66	30.59± 0.85
18 : 4 ω 6	0.43± 0.20	0.46± 0.23	0.27± 0.14	0.62± 0.38	0.26± 0.26	0.28± 0.15	0.28± 0.21
20 : 0	0.37± 0.33	0.18± 0.02	0.14± 0.06	0.28± 0.31	0.14± 0.06	0.14± 0.04	0.17± 0.03
20 : 1 ω 9	1.09± 0.28	1.21± 0.19	0.74± 0.05***	0.71± 0.10	0.69± 0.22	0.73± 0.06	0.80± 0.18
20 : 2 ω 6	0.66± 0.34	0.99± 0.49	0.95± 0.20	1.34± 0.37	1.05± 0.53	1.17± 0.53	1.17± 0.16
20 : 3 ω 6	0.06± 0.04	0.14± 0.04	0.40± 0.23	0.37± 0.13	0.36± 0.20	0.84± 0.24	0.86± 0.27
20 : 4 ω 6	0.39± 0.57	0.83± 0.71	3.98± 2.64	3.45± 1.81	3.93± 2.92	5.74± 0.68	4.53± 1.05
20 : 5 ω 3	0.69± 0.37	0.41± 0.13	0.43± 0.22	0.41± 0.20	0.37± 0.19	0.24± 0.04	0.26± 0.07
22 : 1 ω 9	0.88± 0.42	0.78± 0.28	0.69± 0.32	0.68± 0.26	0.72± 0.40	0.49± 0.12	0.62± 0.22
22 : 4 ω 6	0.36± 0.28	0.16± 0.07	0.08± 0.02	0.07± 0.09	0.09± 0.05	0.08± 0.03	0.07± 0.03
22 : 5 ω 6	0.32± 0.11	0.36± 0.25	0.92± 0.52	0.43± 0.11	0.07± 0.70	1.33± 0.59	1.15± 0.20
22 : 5 ω 3	0.43± 0.14	0.30± 0.08					
22 : 6 ω 3	2.36± 0.64	2.25± 0.62	3.04± 0.53	2.49± 0.42	2.56± 0.58	2.77± 0.41	2.30± 0.69

Result expressed as mean ± SD of two to seven rabbits.

* P<0.05, different from stock control.

** P<0.025, different from stock control.

*** P<0.01, different from stock control.

실험 III

적혈구의 지방산조성을 Table 3에 표시하였다. 분리·동정한 지방산의 수와 종류는 실험 I 과 II에서와 동일하다. 5주째에는 콜레스테롤식이

단독 투여군에 비하여 18 : 1 ω 9와 20 : 1 ω 9는 10 % 잣기름군에서만 유의하게 낮았고 18 : 2 ω 6은 10% 콩기름군에서만 유의하게 높았다. 20 : 4 ω 6은 10% 잣기름군에서 4배정도 높았는데 유의

Table 2—continued

Fatty acid	After 10 weeks					
	Stock control	Cholesterol control	5% Soybean oil	10% Soybean oil	5% Pinenut oil	10% Pinenut oil
10 : 0	0.29± 0.10	0.08± 0.09	0.05± 0.02	0.04± 0.01	0.05± 0.01	0.06± 0.03
12 : 0	0.14± 0.04	0.36± 0.17*	0.17± 0.05 ^a	0.13± 0.06 ^a	0.23± 0.16	0.22± 0.06
14 : 0	0.41± 0.08	0.57± 0.16	0.36± 0.10 ^a	0.29± 0.09 ^b	0.51± 0.28	0.45± 0.06
15 : 0	0.47± 0.04	0.47± 0.09	0.33± 0.06 ^b	0.39± 0.09	0.53± 0.10	0.64± 0.15
16 : 0	36.00± 4.16	24.41± 3.50***	21.07± 1.97	20.08± 1.73	22.69± 0.79	21.67± 1.10
16 : 1 ^ω 7	0.50± 0.08	0.79± 0.47	0.38± 0.17	0.43± 0.15	0.55± 0.20	0.22± 0.14
17 : 0	1.35± 0.17	1.09± 0.31	0.76± 0.16*	0.840± .23	1.21± 0.19	1.65± 0.39
18 : 0	17.87± 2.33	11.36± 1.67***	9.16± 0.95 ^a	8.25± 1.43 ^b	9.75± 1.44	11.06± 1.29
18 : 1 ^ω 9	15.97± 0.79	14.74± 4.60	14.71± 1.84	13.51± 2.65	14.53± 4.14	11.82± 2.01
18 : 2 ^ω 6	13.76± 5.24	24.78± 5.16**	29.77± 3.01	32.15± 3.90 ^a	27.84± 3.78	26.50± 3.09
18 : 4 ^ω 6	0.16± 0.08	0.36± 0.31	0.21± 0.21	0.23± 0.17	0.36± 0.16	0.57± 0.14
20 : 0	0.18± 0.03	0.13± 0.05	0.15± 0.02	0.13± 0.04	0.13± 0.05	0.11± 0.03
20 : 1 ^ω 9	1.07± 0.16	0.96± 0.45	0.92± 0.28	0.77± 0.28	0.61± 0.06	0.64± 0.15
20 : 2 ^ω 6	0.51± 0.22	1.06± 0.40*	0.95± 0.23	0.90± 0.29	0.88± 0.25	1.11± 0.24
20 : 3 ^ω 6	0.05± 0.01	0.42± 0.24**	0.40± 0.07	0.37± 0.11	0.50± 0.11	0.52± 0.13
20 : 4 ^ω 6	0.35± 0.19	4.64± 2.91**	5.20± 1.52	5.02± 1.52	3.66± 0.97	2.78± 0.36
20 : 5 ^ω 3	0.49± 0.10	0.28± 0.05***	0.42± 0.11 ^a	0.34± 0.06	0.39± 0.11	0.49± 0.09
22 : 1 ^ω 9	0.98± 0.04	0.70± 0.25	1.27± 1.1015/	1.31± 1.36	0.44± 0.14	0.53± 0.15
22 : 4 ^ω 6	0.19± 0.09	0.09± 0.03	0.07± 0.03	0.05± 0.03	0.06± 0.03	0.05± 0.01
22 : 5 ^ω 6	0.11± 0.06	0.08± 0.50	1.00± 0.39	1.41± 0.69	0.28± 0.08	0.42± 0.11
22 : 5 ^ω 3	0.29± 0.16					
22 : 6 ^ω 3	1.67± 0.15	3.32± 0.52	3.31± 0.74	3.45± 0.99	3.91± 0.34	4.21± 0.45

Result expressed as mean ± SD of two to seven rabbits.

^a P<0.05, different from cholesterol control.

^b P<0.025, different from cholesterol control.

* P<0.05, different from stock control.

** P<0.025, different from stock control.

*** P<0.01, different from stock control.

성은 없었다. 기타의 지방산은 별다른 변화를 보여주지 않았다. 10주째에는 16 : 1^ω7이 5%와 10% 콩기름군에서만 유의하게 낮았고 18 : 4^ω6은 5% 콩기름군과 5% 잣기름군에서만 유의하게

높았다. 기타의 지방산에는 별 변동이 없었다.

실험 I, II에서와 마찬가지로 포화지방산 총 비율은 콜레스테롤식이 단독 투여군에 비하여 인지할만한 변화가 일어나지 않았다.

Table 3. Effect of dietary supplementation with soybean oil or pinenut oil on red blood cell fatty acid composition in cholesterol-induced atherosclerotic rabbits

(continued on next page)

Fatty acid	Before	After 5 weeks				
		Cholesterol control	5% Soybean oil	10% Soybean oil	5% Pinenut oil	10% Pinenut oil
10 : 0	0.20± 0.16	0.09± 0.03	0.06± 0.02	0.06± 0.02	0.05± 0.01	0.06± 0.03
12 : 0	0.93± 0.42	0.25± 0.08	0.38± 0.03	0.19± 0.03	0.25± 0.12	0.13± 0.09
14 : 0	1.41± 0.66	0.90± 0.21	0.74± 0.24	0.76± 0.16	1.25± 0.65	0.53± 0.31
15 : 0	0.50± 0.17	0.59± 0.19	0.56± 0.13	0.58± 0.01	0.91± 0.25	0.59± 0.18
16 : 0	29.81± 4.07	27.91± 0.93	28.46± 0.93	26.52± 1.16	27.46± 2.58	25.90± 2.84
16 : 1 ^ω 7	0.24± 0.03	0.38± 0.11	0.57± 0.12	0.32± 0.02	0.39± 0.18	0.26± 0.10
17 : 0	1.13± 0.11	1.11± 0.11	1.06± 0.25	1.06± 0.07	1.11± 0.14	1.00± 0.10
18 : 0	14.16± 3.02	14.47± 1.09	14.35± 2.01	14.03± 0.30	13.91± 2.21	13.12± 1.43
18 : 1 ^ω 9	13.89± 3.82	16.49± 2.86	15.29± 2.82	13.97± 1.75	12.19± 1.10	10.69± 1.27 ^a
18 : 2 ^ω 6	21.05± 4.53	21.33± 0.48	21.66± 1.96	25.59± 0.57 ^c	20.84± 3.95	26.66± 4.36
18 : 4 ^ω 6	0.18± 0.14	0.47± 0.18	0.30± 0.21	0.47± 0.06	0.28± 0.17	0.37± 0.55
20 : 0	0.26± 0.11	0.26± 0.04	0.24± 0.03	0.19± 0.04	0.26± 0.03	0.20± 0.03
20 : 1 ^ω 9	0.66± 0.20	0.98± 0.12	0.91± 0.43	0.80± 0.09	0.74± 0.25	0.65± 0.10 ^a
20 : 2 ^ω 6	0.75± 0.27	0.94± 0.14	0.83± 0.34	1.15± 0.16	0.89± 0.19	0.95± 0.14
20 : 3 ^ω 6	0.11± 0.06	0.20± 0.04	0.22± 0.09	0.67± 0.54	0.25± 0.10	0.30± 0.13
20 : 4 ^ω 6	1.84± 2.19	0.80± 0.44	1.28± 0.82	1.50± 0.76	1.26± 0.62	3.26± 2.37
20 : 5 ^ω 3	0.84± 0.49	0.96± 0.31	0.80± 0.26	0.44± 0.09	0.53± 0.19	0.56± 0.29
22 : 1 ^ω 9	0.82± 0.53	1.14± 0.16	1.10± 0.40	0.81± 0.27	0.92± 0.22	0.72± 0.36
22 : 4 ^ω 6	0.26± 0.10	0.11± 0.11	0.15± 0.09	0.12± 0.11	0.28± 0.09	0.20± 0.09
22 : 5 ^ω 6	0.15± 0.14	0.32± 0.10	0.19± 0.11	0.47± 0.18	0.30± 0.12	0.33± 0.18
22 : 5 ^ω 3	0.53± 0.17	0.36± 0.05	0.48± 0.09	0.37± 0.09	0.49± 0.03	0.50± 0.08
22 : 6 ^ω 3	2.22± 0.91	2.37± 0.23	3.82± 0.39	2.93± 0.68	3.31± 0.79	3.46± 0.83

Result expressed as mean ± SD of two to five rabbits.

^a P<0.05, different from cholesterol control.

^b P<0.001, different from cholesterol control.

고 찰

실험 I

식이지방은 적혈구는 물론 혈장과 혈소판의 지방산 조성에 영향을 미친다^{2,6,15-21}). 그런데 적

혈구의 지방산조성은 막의 유동성을 결정하는 중요한 인자이다²⁻⁴). 그러므로 식이지방으로 적혈구막의 유동성에 변화를 주어 막의 유연성과 수용체활성 그리고 산소운반 등을 조절할 수 있다는 것이다. 그래서 적혈구의 변형가능성을 증대시키기 위해 적혈구막의 지방산조성을 불포

Table 3—continued

Fatty acid	After 10 weeks					
	Stock control	Cholesterol control	5%	10%	5%	10%
			Soybean oil	Soybean oil	Pinenut oil	Pinenut oil
10:0	0.06±0.00	0.06±0.02	N D	N D	0.06±0.01	0.09±0.06
12:0	0.40±0.26	0.28±0.13	0.12±0.02	0.34±0.24	0.28±0.07	0.53±0.43
14:0	1.22±0.49	1.19±0.66	0.56±0.16	0.95±0.35	1.12±0.21	1.13±0.38
15:0	0.59±0.22	0.57±0.19	0.40±0.18	0.46±0.11	0.54±0.08	0.51±0.12
16:0	23.26±1.52	20.35±0.39	20.19±0.69	24.44±5.11	21.67±1.09	21.81±3.01
16:1 ^{ω7}	0.37±0.16	0.73±0.21	0.19±0.01 ^b	0.22±0.13 ^b	0.49±0.22	0.50±0.11
17:0	0.92±0.08	1.23±0.57	0.84±0.45	1.19±0.49	0.90±0.27	0.66±0.04
18:0	14.13±1.98	11.63±0.99	10.31±2.15	15.05±3.36	12.38±1.21	10.9±1.75
18:1 ^{ω9}	11.08±2.61	10.81±0.79	11.79±3.54	9.987±1.22	11.50±1.85	14.07±6.51
18:2 ^{ω6}	23.52±8.77	26.94±2.59	32.43±3.52	24.11±12.66	28.12±0.95	25.24±1.90
18:4 ^{ω6}	0.42±0.22	0.61±0.19	1.32±0.20 ^b	1.41±0.80	1.09±0.14 ^b	0.58±0.11
20:0	0.30±0.06	0.16±0.06	0.16±0.04	0.15±0.02	0.16±0.01	0.15±0.05
20:1 ^{ω9}	0.52±0.12	0.51±0.05	0.43±0.04	0.59±0.11	0.61±0.09	0.64±0.15
20:2 ^{ω6}	1.34±0.72	1.50±0.15	2.03±0.47	2.20±0.28	1.78±0.27	1.66±1.23
20:3 ^{ω6}	0.19±0.12	0.35±0.10	0.35±0.10	0.42±0.06	0.62±0.07	0.62±0.52
20:4 ^{ω6}	2.85±2.06	5.34±1.04	4.01±0.87	3.46±1.15	4.57±0.35	4.23±3.53
20:5 ^{ω3}	0.36±0.11	0.32±0.05	0.54±0.06	0.47±0.07	0.30±0.04	0.52±0.36
22:1 ^{ω9}	0.51±0.10	0.47±0.15	0.80±0.05	0.61±0.03	0.50±0.07	0.67±0.18
22:4 ^{ω6}	0.22±0.12	0.10±0.07	N D	N D	0.09±0.03	0.17±0.04
22:5 ^{ω6}	0.84±0.57	1.31±0.67	1.52±0.19	1.17±0.42	0.79±0.06	1.31±0.90
22:5 ^{ω3}	0.46±0.32			0.34±0.00		0.32±0.04
22:6 ^{ω3}	2.09±0.23	3.33±0.81	1.96±0.52	2.21±0.21	2.28±0.15	2.87±1.45

Result expressed as mean ± SD of two to five rabbits.

^b P<0.001, different from cholesterol control.

화지방산으로 바꾸어 지방질 유동성을 높이고 자하는 연구들이 많이 행하여지고 있다. 본 연구에서도 5-올레핀계 지방산이 들어있는 잣기름 투여시 적혈구 지방산 조성의 변화 여부를 검토해 보았으나 콩기름이나 잣기름 모두 큰

변화를 야기시키지 않았다.

대체로 보아 식이지방산과 적혈구 지방산 사이에 평형은 식이지방 투여후 4-6주 정도에 일어난다⁸⁾는 점을 염두에 두고, 필자들은 첫번째 혈액채취를 식이지방 보충급여 후 40일째에 행

하였기 때문에 제때에 혈액채취를 실행하지 못하여 그 변화를 찾아내지 못한 것은 아니라고 본다. 따라서 정상 상태하에서 콩기름이나 잣기름을 총섭취에너지의 5~10% 수준으로 보충급여하더라도 적혈구막 총지방산조성에서 변화가 일어나지 않았다고 볼 수 있다. 그러나 본 실험에서는 조사하지 않았지만 인지지방질의 획득별로 지방산 조성을 분석해보면 식이지방의 영향을 더 자세히 살펴볼 수 있다고 사료된다. 또한 총지방산에서 포화지방산의 비율을 보면 40일째나 80일째 모두 대조군에 비하여 콩기름군이나 잣기름군 다같이 별다른 차이가 나지 않았다. 이들 결과만으로 막의 지방질 유동성에 있어서 콩기름과 잣기름의 차이가 없다고 단정하기에는 아직 이르다. 앞으로 총섭취에너지의 10% 이상의 보충급여 수준에서 적혈구막은 물론 막인지지방질의 각 획득의 지방산조성에 미치는 잣기름의 영향을 더 세밀히 검토해 볼 필요성이 있다. 이때 적혈구막이 지방질 과산화에 불안정할 수 있다는 점을 배제할 수 없다²²⁾. 그런데 최근 5-올레핀계 지방산 특히 c5, c9, c12 - 18:3 지방산은 2중결합수가 동일한 통상의 지방산보다 더 안정할 뿐만 아니라¹⁰⁾, 20:4 ω 6이나 20:5 ω 3보다 자동산화에도 더 안정하다고 한다²³⁾. 따라서 5-올레핀계 지방산이 들어 있는 잣기름투여군의 적혈구막이 산화에 보다 안정성이 있어서 장기적으로는 막의 노화 예방에도 기여하리라 추측된다.

실험 II

콜레스테롤 투여시 적혈구막의 지방산 조성뿐만 아니라 콜레스테롤과 인지지방질의 비도 큰 영향을 받는다고 한다. 즉 콜레스테롤/인지지방질의 비는 증가하며, 인지지방질의 18:0은 감소하고 18:2 ω 6은 증가한다. 본 연구에서 5주째와 10주째 콜레스테롤 투여군에서 일어난 지방산조성의 변화 중에서 18:0의 감소와 18:2 ω 6의 증가는 Schouten 등²⁴⁾의 결과와 일치한다. 5주째 콩기름군과 잣기름군에서, 그리고 10주째 잣기름 10%군에서 유의성은 없었지만 18:1 ω 9의 수준

저하는 콜레스테롤 투여로 활성이 증가한 9-desaturase를 콩기름이나 잣기름이 억제한 결과이다.

적혈구의 18:2 ω 6 수준은 혈중 콜레스테롤 수준과는 정의 상관관계를 표시한다고 한다²⁴⁾. 본 연구에서도 고형사료군에 비해서는 콜레스테롤 투여군의 18:2 ω 6이 69-80% 증가함과 동시에 혈장 콜레스테롤도 20-24배 많은 100 ml당 1000-1200mg이나 증가하여¹³⁾ Schouten 등²⁴⁾의 결과를 뒷받침하고 있다. 그런데 잣기름 5%군에서는 콜레스테롤식이 단독 투여군에 비하여 유의성은 없었으나 혈장 콜레스테롤함량 저하가 일어났지만 잣기름 5%군의 적혈구의 18:2 ω 6 수준에는 별다른 변동이 일어나지 않았다. 포화지방산 비율은 콜레스테롤식이 단독 투여군에 비하여 식이지방 보충군 모두 차이가 없어 막의 유동성에 변화가 일어나지 않았다고 볼 수도 있지만, 막의 콜레스테롤함량을 측정하지 않아 콜레스테롤/인지지방질의 비에 어떤 변화가 일어났는지 알 수 없는 상황이다. 실험 I에서와 마찬가지로 막의 콜레스테롤/인지지방질의 비와 인지지방질의 획득별 지방산조성을 조사해 볼 필요성이 있다고 본다. 또한 총지방산에서 포화지방산의 비율을 보면 40일째나 80일째 모두 대조군에 비하여 콩기름군이나 잣기름군 다같이 별다른 차이가 나지 않았다. 이들 결과만으로 막의 지방질 유동성에 대하여 콩기름과 잣기름의 차이가 없다고 단정하기에는 아직 이르다.

Jain 등²⁵⁾은 가족성 lecithin:cholesterol acyltransferase(LCAT)결핍 환자의 적혈구에 콜레스테롤과 18:2 ω 6의 함량이 증가해 있음을 보고한 바 있고, Pinon과 Laudat²⁶⁾는 토끼에게 콜레스테롤을 투여하면 LCAT활성이 감소한다는 결과를 발표하였다. 이들 사실로 미루어 보아 적혈구의 18:2 ω 6 수준증가는 LCAT활성감소에 연유된 결과이다.

EPA는 주로 외막에, DHA는 주로 내막에 많이 분포되어 있다. 콜레스테롤식이 단독 투여군에 비하여 콩기름군이나 잣기름군의 EPA와 DHA 수준에 별다른 차이점이 없는 것으로 미루어 보아 적혈구막의 외막과 내막에서 EPA와 DHA

수준에는 가시적인 변화가 일어나지 않았는 것으로 추정된다. 이것은 콩기름이나 잣기름에는 EPA와 DHA가 함유되어 있지 않다는 점과, 혈장 인지방질로부터 적혈구의 인지방질에로 EPA와 DHA의 전이가 별로 일어나지 않았다는 점에 기인한 결과로 간주된다²⁶⁾.

콩기름과 잣기름 기름투여시 적혈구 지방산 조성에서 이상과 같은 변화는 콩기름에는 18:3 ω 3이 많고, 잣기름에는 5-올레핀계 지방산이 많은 것에 기인한 것으로 생각된다. 앞으로 1% 이하의 콜레스테롤 식이 조건하에서 잣기름을 장기간 투여시의 영향을 더 검토해 볼 필요성이 있다고 본다.

실험 III

일반적으로 콜레스테롤 첨가식으로 5주정도 사육하면 죽상경화가 형성되며 5주 이후부터 LDL은 콜레스테롤 투여 전의 LDL에 비하여 콜레스테롤/apo B의 비가 높고 콜레스테롤이 풍부한 LDL의 증가 또는 분자 크기가 큰 LDL의 생성이 많아진다²⁷⁾. 이런 상태 아래에서 콩기름이나 잣기름 투여시 적혈구 지방산 조성의 변화 여부를 살펴보고자.

고콜레스테롤 식이로 동맥경화증을 유발시킨 다음 기름 투여시는 고콜레스테롤 식이와의 동시 투여때와는 상당히 상이한 지방산 패턴을 보여 주었다. 즉 5주째에는 콩기름군에서 ω 6계 일부 지방산이 높았고 잣기름군에서는 ω 9계 일부 지방산이 낮았다. 10주째에는 콩기름군에서 ω 7계 지방산이 낮았으며 일부 ω 7계 지방산이 높았다. 실험 II에서와 마찬가지로 잣기름군에서만 ω 9계 지방산 수준이 저하하였는데(5주째) 콜레스테롤 투여로 활성이 증가한 9-desaturase의 활성 증가를 억제한 것에 기인한 결과이다. 따라서 잣기름은 콜레스테롤투여로 유발된 토끼의 적혈구내 지방산조성의 이상을 정상화시켜주는데 일부 기여한다고 사료된다. 1% 이하의 수준인 ω 7계 지방산은 콩기름이 효과적으로 저하시키는 것 같다. 역시 9-desaturase활성 억제에서 비롯된 결과이다. ω 6계 지방산의 함량증가는 실험 II

에서와 마찬가지로 콜레스테롤투여로 인한 LCAT활성 감소에 기인한 결과이다. 실험 III의 결과로 미루어 보아 ω 9계와 ω 7계 지방산 이외는 식이 투여 기간이나 기름 종류 또는 기름 투여 농도에 따른 일정한 경향이 나타나지 않았다. 이 결과는 콜레스테롤 식이로 미리 동맥경화증을 유발시킨 후는 적혈구 지방산 대사에 기름 종류나 양 그리고 투여 기간이 별다른 영향을 미치지 않았음을 나타내었다고 사료된다. 앞으로 콜레스테롤 수준을 1% 이하로 하고 식이지방 수준을 10% 이상으로 높인 조건하에서 적혈구 지방산 패턴 조사가 필요하다. 특히 적혈구막의 phosphatidylcholine의 18:1 ω 9수준과 관상동맥 심장질환과는 역상관관계에 있다고 하므로²⁸⁾, phosphatidylcholine의 지방산조성도 함께 조사하면 유익한 정보를 얻을 수 있을 것이다.

요 약

우리나라의 상용식품과 건강식품 중에서 단지 잣에만 함유되어있는 5-olefin계 지방산을 정상 토끼 및 동맥경화증 유발 토끼에게 경구투여시 적혈구의 지방산조성 변화여부를 검토하였다.

실험 I : 적혈구 지방산조성을 가스 크로마토그래프로 조사하여 본 바 10:0에서 22:6 ω 3까지 포화지방산 8종류와 불포화지방산 14종류, 총 22종류를 분리·동정할 수 있었다. 주지방산은 16:0이었고 그 다음으로 많은 것은 18:0, 18:1 ω 9, 18:2 ω 6순이었다. 20:4 ω 6은 10% 잣기름군에서만 증가의 경향을 보여주었고, 기타의 지방산들은 사육기간이나 식이종류에 따라 덜 영향을 받는 것 같으며 유의적인 차이가 나타난 지방산은 없었다. 포화지방산 총비율(%)은 대조군에 비하여 실험 전기간에 걸쳐 모든 실험군에서 이렇다 할 차이가 없었다.

II : 콜레스테롤이 단독 투여군의 적혈구 지방산조성에 비하여 10주째에만 5% 콩기름군에서는 12:0, 14:0, 15:0, 18:0 등이 유의하게 감소하였고, 10% 콩기름군에서는 12:0, 14:0, 18:0 등이 유의하게 감소한 반면 18:2 ω 이 유의하게 증가하는 양상을 나타내었다. 그러나 잣

기름군에서는 유의적인 변화를 보인 지방산이 없었다. 콜레스테롤식이 단독 투여 군에 비하여 포화지방산 총비율은 실험기간이나 식이지방 종류와 수준에 따른 차이가 나타나지 않았다.

III : 실험 5주째에는 콜레스테롤식이 단독 투여군에 비하여 18 : 1^ω9와 20 : 1^ω9는 10% 잣기름군에서 유의하게 낮았고 18 : 2^ω6은 10% 콩기름군에서 유의하게 높았다. 10주째에는 16 : 1^ω7이 5%와 10% 콩기름군에서 유의하게 낮았고 18 : 4^ω6은 5% 콩기름군과 5% 잣기름군에서만 유의하게 높았다. 포화지방산 총비율은 실험 II에서와 비슷한 경향을 보여주었다.

감사의 글

이 연구는 1989-1990년도 교육부 학술연구 조성비 및 1990-1992년도 한림대학교 학술연구 조성비 지원에 의한 결과로서 교육부와 대학당국에 감사의 뜻을 표합니다.

참 고 문 헌

- 이성우, 윤태현. 新編 綜合營養化學, 東明社, 서울, 69, 1994.
- Cartwright, I. J., Pockley, A. G., Galloway, J. H., Greaves, M. and Preston, F. E. The effect of dietary w-3 polyunsaturated fatty acids on erythrocyte membrane phospholipids, erythrocyte deformability and blood viscosity in healthy volunteers, *Atherosclerosis*, 55, 267, 1985.
- Cooper, R. A. Abnormalities of cell-membrane fluidity in the pathogenesis of disease, *N. Engl. J. Med.*, 297, 371, 1977.
- Popp-Snijders, C., Schouten, J. A. de Jong, A. P. and Van der Veen, E. A. Effect of dietary cod-liver oil on the lipid composition of human erythrocyte membranes, *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, 44, 39, 1984.
- Urakaze, M., Hamzaki, T., Makuta, M., Ibuki, F., Kobayashi, S., Yano, S. and Kumaged, A. Infusion of fish oil emulsion : effects on platelet aggregation and fatty acid composition in phospholipids of plasma, platelets, and red blood cell membranes in rabbits, *Am. J. Clin. Nutr.*, 46, 936, 1987.
- Gibson, R. A., Neumann, M. A., Burnard, S. L., Rinaldi, J. A., Patten, G. S. and McMurchie, E. J. The effect of dietary supplementation with eicosapentaenoic acid on the phospholipid and fatty acid composition of erythrocytes of marmoset, *Lipids*, 27, 169, 1992.
- Hessel, E., Agren, J. J., Paulitschke, M., Hänninen, O., Hänninen, A. and Lerche, D. Freshwater fish diet affects lipid composition, deformability and aggregation properties of erythrocytes, *Atherosclerosis*, 82, 37, 1990.
- Farquhar, J. W. and Ahrens, E. H. Effects of dietary fats on human erythrocyte fatty acid patterns, *J. Clin. Invest.*, 42, 675, 1963.
- Periageo, J. L., Dolores Suarez, M. and Pita, M. L. Effect of dietary olive oil, corn oil and medium-chain triglycerides on the lipid composition of rat red blood cell membranes, *J. Nutr.*, 120, 986, 1990.
- Kaneniwa, M., Miyashita, K. and Takagi, T. Autoxidation rates of 5-olefinic monoenoic and dienoic fatty acids from sea urchin lipids and meadowfoam oil, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 65, 1470, 1988.
- 윤태현. 소나무 및 잣나무의 잎과 꽃가루의 지방산조성, *한국유화학회지*, 9, 25, 1992.
- Ikeda, I., Oka, T., Koba, K., Sugano, M. and Lie ken Jie, M. S. F. 5c, 11c, 14c-eicosatrienoic acid and 5c, 11c, 14c, 17c-eicosatetraenoic acid of *Biota orientalis* seed oil affect lipid metabolism in the rat, *Lipids*, 27, 500, 1992.
- Yoon, T.H. and Lee, S. M. Effect on blood lipids and apolipoproteins of a supplement of Korean pinenut oil, rich in 5-olefinic acids, in normocholesterolemic and atherosclerotic New Zealand white rabbits, *Proceedings of*

- Japan-Korea Joint Symposium, 16, 1993.
14. 윤태현, 이상무. 한국산 잣기름이 정상토끼의 혈중지방질 및 지단백질의 대사에 미치는 영향, 한국영양학회지, 27권에 인쇄 중, 1994.
 15. Yoon, T. H., Im, K. J., T. Koh, E. and Ju, J. S. Fatty acid composition of *Pinus Koraiensis* seed, Nutr. Res., 9, 357, 1989.
 16. Roth, R. I., Gaubatz, J. W., Gotto, A. M., Jr., and Patsch, J. R. Effect of cholesterol feeding on the distribution of plasma lipoproteins and on the metabolism of apolipoprotein E in the rabbit, J. Lipid Res., 24, 1, 1983.
 17. 윤태현, 김을상, 박용욱. 정상인 및 고콜레스테롤혈증 환자의 혈청 지방산조성, 인간과학, 4, 98, 1980.
 18. 윤태현, 이정선, 임경자. 한국산 야생 및 재배동백종자의 지방산조성, 한국유화학회지, 8, 51, 1991.
 19. Lopes, S. M., Trimbo, S. L., Mascioli, E. A. and Blackburn, G. L. Human plasma fatty acid variations and how they are related to dietary intake, Am. J. Clin. Nutr., 53, 628, 1991.
 20. Brown, A. J., Pang, E. and Roberts, D. C. K. Persistent changes in the fatty acid composition of erythrocyte membranes after moderate intake of n-3 polyunsaturated fatty acids : study design implications, Am. J. Clin. Nutr., 54, 668, 1991.
 21. Berlin, E., Shapiro, S. G. and Kliman, P. G. Influence of saturated and unsaturated fats on platelet fatty acids in cholesterol-fed rabbits, Atherosclerosis, 63, 85, 1987.
 22. Fraga, C. G., Tappel, A. L., Leibovitz, B. E., Kuypers, F., Chiu, D., Iacono, J. M. and Kelly, D. S. Lability of red blood cell membranes to lipid peroxidation : application to humans fed polyunsaturated lipid, Lipids, 25, 111, 1990.
 23. Takagi, T. and Miyashita, K. Autoxidative rates of nonmethylene-interrupted polyenoic fatty acids, J. Am. Oil Chem. Soc., 64, 407, 1987.
 24. Schouten, J. A., Beynen, A. C., Popp-snijders, C. and Van der Veen, E. A. Lipid composition of erythrocytes isolated from cholesterol-fed rabbits, Nutr. Rep. Int., 29, 1223, 1984.
 25. Jain, S. K., Mohandas, N., Sensabaugh, G. F., Majid-Shojana, A. and shohet, S. B. Hereditary plasma lecithin-cholesterol acyltransferase deficiency J. Lab. Clin. Med., 99, 816, 1982.
 26. Pinon, J. C. and Laudat, M. H. Cholesterol esterification associated with high density lipoproteins in cholesterol-fed rabbits, Scand. J. Clin. Lab. Invest., 38(Supple 150), 89, 1987.
 27. 小柳雅博 · 金 武道 · 柳町智宏 · 長内智宏 · 小野寺庚午 · 小松 修 · 川原禮子 · 目時弘文. コレステロール負荷家兔における 低比重リポタンパク質の被過酸化につれて, 日本動脈硬化, 20, 147, 1992.
 28. Wenxun, F., Parker, R., Parpia, B., Yinsheng, Q., Cassano, P., Crawford, M., Leyton J., Tian, J., Junyao, L., Junshi, C. and Campbell, T. C. Erythrocyte fatty acids, plasma lipids, and cardiovascular disease in rural China, Am. J. Clin. Nutr., 52, 1027, 1990.