

## 건강한 젊은 여성의 Apolipoprotein E의 다형성, 식이 지방 섭취, 혈청 지단백 농도와 적혈구 막의 지방산 조성과의 관계

박 선 민 · 류 정 길

호서대학교 자연과학대학 식품영양학과

### Relationship Among Apolipoprotein E Phenotypes, Dietary Fat, Serum Lipoprotein Concentrations and Erythrocyte Membrane Fatty Acid Composition in Young Healthy Women

Park, Sun Min · Yu, Jung Gil

Department of Food & Nutrition, College of Natural Science, Hoseo University, Chungnam, Korea

As fat consumption has increased in Korea, serum cholesterol concentrations have risen and the prevalence of atherosclerosis has increased. The aim of the present study was to investigate the associations among apolipoprotein E(Apo E) phenotypes, dietary fat consumption, plasma lipoprotein levels and fatty acid compositions of red blood cells in young healthy women. Seventy-one percent of participants had Apo E3/3, 14.9 percent had Apo E3/2, 11.8% had Apo E4/3 and 1.2% had Apo E4/2. The subjects daily consumed approximately 1760kcal containing 29 energy% of fat. The ratio of polyunsaturated fat to saturated fat in a diet was 0.73. There were no significant differences of nutrient intakes according to Apo E phenotypes.

Total cholesterol concentrations of subjects averaged approximately 160mg/dl, but 12 percent of them had over 200mg/dl, which is higher than the range recommended by the National Cholesterol Education Program. Notably, most subjects with 210mg/dl had Apo E4 isoforms. Subjects with Apo E4 isoforms had significantly higher total and LDL-cholesterol concentrations than those with Apo E3/2. Also, subjects carrying Apo E4 isoforms tended to accumulate more fat in the body. Their BMI, WHR and arm fat area appeared to be how can arm fat area be greater no you mean greater? please check word vsage than subjects with Apo E3 isoforms, but not significantly. Fat intakes slightly influenced serum cholesterol levels. Myristic acid intakes were positively correlated to serum total- and LDL-cholesterol levels. Polyunsaturated fatty acid intakes were negatively correlated to serum total cholesterol levels. The results of this study suggest that, people with Apo E4 isoforms need to prevent the raising of serum total and LDL-cholesterol concentrations by reducing calorie and fat intakes and by maintaining a normal weight. (*Korean J Nutrition* 30(8) : 936~951, 1997)

**KEY WORDS** : apolipoprotein E phenotypes · dietary fat · premenopausal women · serum lipoproteins.

## 서론

미국을 비롯한 서구 여러나라의 사망원인 1위는 관  
채택일 : 1997년 9월 10일

상동맥질환인데 아직까지 그 원인이 밝혀지지 않았고, 관상동맥질환의 발생을 증가시킬 수 있는 몇 가지 위험 인자들만이 알려져 있다. 이러한 위험인자들 중 하나가 혈청내의 콜레스테롤 농도의 증가인데, 특히 LDL-콜

레스테롤(LDL-C)의 증가 또는 HDL-콜레스테롤(HDL-C) 농도의 감소와 관련이 깊다는 것이 실험 동물과 사람을 대상으로 진행된 연구에서 입증되고 있다<sup>112)</sup>. 이러한 혈청 콜레스테롤의 농도의 증가는 유전적인 요인과 환경적인 요인에 의해서 영향을 받는다. 관상동맥질환의 발생에 영향을 미치는 다양한 유전적인 요인들은 주로 혈청 콜레스테롤의 변화와 관련이 있는데 그중 하나가 apolipoprotein E(Apo E) phenotypes이다. 환경적인 요인 중에서 지방 섭취와 비만도와 혈청 콜레스테롤 농도와의 상호관계에 대한 연구는 많이 이루어져 있다<sup>23)</sup>.

Apo E는 대부분의 포유동물에 존재하는 당단백이다. 사람의 혈액에서 Apo E는 chylomicron remnants, VLDL remnants와 HDL-E에 존재한다. 사람의 Apo E는 다양한 조직 세포내에서 317개의 아미노산으로 이루어진 preprotein의 형태로 합성된다. 합성된 preprotein은 세포내에서 당화(glycation), 단백질 분해(proteolysis)의 단계를 거쳐서 생성된 299개의 아미노산으로 이루어진 단일 폴리펩타이드이다. 이렇게 형성된 Apo E의 분자량은 34,145 정도이다. Apo E는 Apo B/E receptor(LDL-receptor)나 Apo E receptor와 결합하고, 이것은 중성지방이 다량 함유되어 있는 remnants를 세포내로 이동시켜 분해시키는데 중요한 역할을 한다<sup>4-9)</sup>. Apo E 다형성은 등전점(isoelectric point)에 따라서 크게 3가지 종류로 나누어질 수 있다. 이러한 유전자의 다형성은 폴리펩타이드의 112번과 158번의 아미노산의 배열에 따라서 3개의 이성질체로 나누어질 수 있다. Apo E의 원형인 Apo E3/3은 112번에 cysteine이 158번에 arginine이 존재하는 반면에, Apo E4는 112번과 158번에 모두 arginine이 존재하고 Apo E2는 112번과 158번에 cysteine이 존재한다. 아미노산 배열 중 140번에서 160번 사이에 있는 아미노산들이 B/E receptor와 E receptor가 결합하는 영역이다. 그러므로 이 사이의 아미노산의 배열의 차이는 이 receptor와의 결합능력에 차이를 초래하고 이는 혈청내의 remnant의 제거에 차이를 초래한다<sup>1011)</sup>. 그러므로 Apo E phenotypes은 혈청내의 지단백 대사에 영향을 미치고 이는 관상동맥질환의 발생에 영향을 미친다.

한편, 10년전만 해도 우리나라는 지방 섭취량이 낮았고, 혈청 콜레스테롤의 농도도 낮아, 관상동맥질환의 발생률이 낮았다. 이로 인해 우리나라 사람의 혈청 지질의 농도와 지방 섭취와의 관계를 연구한 것은 많지 않았다. 그러나 1985년 1인당 국민 소득이 \$1,000을 넘어서면서 지방 섭취량도 급격히 증가하고 있으며, 혈

청 지질의 농도도 증가하였고, 관상동맥질환의 발병률도 점차로 증가하고 있다. 특히, 일부 부유층에서는 지방 중에서도 포화지방의 섭취량이 상당히 증가하여서 총열량의 35% 정도를 지방으로 섭취하고 있고, 이것은 미국을 비롯한 서구 여러나라와 유사해지고 있으므로 우리나라에서도 지방 섭취와 관상동맥질환과의 관계에 대해서 관심을 기울여야 하겠다<sup>1213)</sup>.

우리나라의 지방 섭취의 증가는 과체중인 사람의 비율을 증가시키고 있다. 아직까지 과체중이 혈청 콜레스테롤의 농도를 정비례로 증가시킨다는 확실한 증거는 부족하지만, 체지방 함량이나 복부와 엉덩이 둘레비(waist and hip ratio, WHR)가 높아지면, 혈청 지질의 농도도 증가하고 관상동맥질환의 발병률이 증가한다고 보고되고 있다<sup>1415)</sup>.

본 연구에서는 지방의 종류나 양과 체위 이외의 관상동맥 질환의 위험인자를 배제하기 위해서 흡연을 하지 않는 건강한 여자 대학생 87명을 대상으로 혈청 콜레스테롤에 영향을 미치는 유전적인 요인인 Apo E phenotypes에 따라서 지방이나 다른 영양소의 섭취와 체위가 혈청 지질의 농도에 미치는 영향을 조사하였다. 조사 대상은 2주일 동안의 식사 섭취량을 기록하였고, 이에 대한 영양소를 분석(특히 각각의 포화지방산의 종류에 따른 섭취량) 하였고, 체위 조사로는 체적지표(body mass index, BMI), WHR, 팔 지방 면적(arm fat area)와 팔 근육 면적(arm muscle area)를 측정하였다. 또한 우리나라의 여자 대학생의 영양소 섭취를 파악하여서 젊었을 때부터 올바른 식습관을 가질 수 있도록 하고, 특히 우리나라에서도 문제로 대두되고 있는 고지혈증과 이로 인한 관상동맥질환과의 관계를 조사하여, 이를 우리나라 사람들의 지방 섭취의 지침자료로 이용하였다.

## 연구내용 및 방법

### 1. 연구 대상자 선정

본 연구는 관상동맥질환의 위험인자 중 식사 섭취 형태와 체위를 제외한 요인은 배제하기 위해서 유사한 형태의 생활을 하는 호서대학교 기숙사에 기거하는 18~23세의 흡연을 하지 않고, 지방 대사에 영향을 미치는 약물을 복용하지 않으며, 특별한 질병에 걸리지 않은 건강한 여대생들 중 지원을 받아서 87명을 대상으로 조사하였다.

### 2. 연구 시료 및 수집

연구가 실시된 기간은 1995년 5~6월이었고, 연구에

참여할 지원자 모집에 대한 광고 후, 먼저 지원자를 받고, 그들을 대상으로 식품 모형을 가지고 섭취량을 추정할 수 있도록 지도한 후, 일품요리의 경우 주요 재료와 그 섭취량도 기록하도록 하였다. 주식뿐 아니라 간식이나 음료수와 술의 섭취도 빠짐없이 기록하도록 하였다. 또한 식습관과 활동량을 조사하기 위해서 설문지를 배부하고, 혈액 채취하는 날 제출하도록 하였다.

### 1) 혈액 채취

실험대상자가 식품 섭취를 기록한 지 15일이 되는 날 오전 7~8시에 임상병리사에 의해서 15ml의 혈액이 채취되었다. 혈액 채취 3일 전부터 음주가 허용되지 않았고, 혈액 채취 전날 저녁 9시 이후에는 식품 섭취를 금하고, 다음 날 아침 공복에 채취한 혈액은 실온에서 30분간 방치한 후 3000rpm으로 4°C에서 30분간 원심분리하였다. 혈청은 여러개의 microfuge에 나누어 분리한 후 실험에 이용할 때까지 -70°C 냉동고에 보관하였다. EDTA 처리된 혈액으로부터 분리된 혈구로부터 백혈구층을 spatula로 제거한 후 적혈구를 세척하기 위해서 0.9% 생리 식염수로 재분산 시키고 3000rpm에서 30분 동안 원심분리시켰다. 상층액을 제거하고 2번 더 적혈구를 0.9% 생리 식염수로 세척하였다. 세척한 적혈구는 적혈구 양과 동량의 0.9% 식염수를 넣고 섞은 후 적혈구막을 분리할 때까지 -70°C 냉동고에 보관하였다.

### 2) 체위조사

조사 대상자의 체지방량은 혈액을 채취하는 날에 상완의 삼두 박근 피하지방 두께(triceps skinfold thickness, TST)로 측정하였다. TST는 왼쪽 팔 상부의 피하지방의 두께를 3번 측정하여 평균으로 계산하였으며, 한 명의 훈련된 조사자가 모든 대상자의 TST를 측정하였으며, 모든 조사대상자의 TST를 측정하는 동안에 skinfold caliper(Lange, Cambridge)를 바꾸지 않고 같은 것만 이용하였고, 측정하는 방법은 Lohman, et al<sup>16)</sup>의 과정을 이용하였다. TST의 측정치를 이용하여 팔 지방 면적과 팔 근육 면적을 계산하였다<sup>17)</sup>. 팔 지방 면적은 체내의 지방함량을 팔 근육 면적은 체내의 근육함량을 대표하는 지표로 이용하였다<sup>18)</sup>. 신장은 신장계를 이용하여서 0.5cm까지 측정하였고, 체중은 전자 저울을 이용하여서 0.1kg까지 측정하였다. 체중과 신장을 이용하여서 BMI [체중(kg)/{신장(m)}<sup>2</sup>]를 계산하였다. 허리 둘레, 엉덩이 둘레와 왼쪽 팔 상부의 둘레는 줄자로 0.1cm까지 측정하였고 이로부터 WHR을 계산하였다.

### 3) 식이 섭취량과 필동량 분석

영양소 섭취는 2주동안 기록한 식품 섭취로부터 영양소를 분석하는 컴퓨터 프로그램인 Food Processor II (ESHA Research, Salem, OR, USA)를 변형하여서 이용하였다. Food Processor II에 없는 우리나라 음식은 농촌 진흥청에서 나온 식품 분석표(4th revision, 1991)을 이용하여서 추가로 첨가하였다. 특히 본 연구에서는 각각의 포화지방산의 섭취를 조사하기 위해서 미국의 USDA에서 나온 식품 분석표<sup>19)</sup>를 이용하여서 각각의 식품의 caprylic acid와 capric acid(8:0+10:0), lauric acid, myristic acid, palmitic acid와 stearic acid를 첨가하였고, 우리나라의 음식은 농촌 진흥청의 식품분석표를 참조하였다. 우리나라에서 나와 있는 식품 분석표<sup>20)</sup>에는 영양소의 종류가 많지 않고, 여러 가지 문제점이 있어서<sup>21)</sup>, 미국의 식품 분석 프로그램을 변형하여 이용하였고, 이 프로그램에 있는 식품 분석은 우리나라의 식품 분석표에 나와 있는 자료와 유사하였다.

활동량은 7일 활동량 회상법으로 측정하였다<sup>22)</sup>. 7일 동안에 수면, 가벼운 활동, 중등 활동, 심한 활동, 또는 매우 심한 활동에 소모한 정도에 따른 시간을 기록하도록 하여 이로부터 일일에 활동하는데 소비한 열량을 계산하였다.

### 4) 생화학적 조사

#### (1) 혈청 콜레스테롤 농도 측정

혈청내의 총 콜레스테롤과 혈청내의 중성지방 농도는 영동제약의 Kits를 이용하여서 비색정량하였다<sup>23)24)</sup>. HDL-C는 침전시약을 이용하여서 LDL과 VLDL을 침전시킨 후<sup>25)</sup>, 상등액의 콜레스테롤 함량을 영동제약의 Kits으로 비색정량하였다. LDL-C 농도는 Friedewald 식을 이용하여서 계산하였다<sup>26)</sup>.

$LDL-C \text{ 농도} = \text{총콜레스테롤 농도} - HDL-C \text{ 농도} - \text{중성지방 농도} / 5$

심혈관 질환의 위험도 판정은 HDL-C/총 콜레스테롤 비율(HTR)과 LDL-C/HDL-C 비율(LHR)을 이용하였다.

#### (2) Apolipoprotein E phenotyping

Apo E phenotype은 혈청에 dithiothreitol과 tween 20을 처리하여 지방을 제거한 후 pH 4~6과 pH 6~8을 가진 두 종류의 ampholytes와 8M의 요소를 함유하고 있는 7.5% polyacrylamide gel을 이용하여 각 단백질의 등전점의 차이로 Apo E phenotype을 분리하였다. Gel에 분리되어 있는 단백질은 2~3%의 무지

방 분유를 함유하고 있는 pH 8.4의 TBS buffer에 적신 니트로셀룰로즈 막(nitrocellulose membrane)으로 이동하였다. 분리된 단백질 중 Apo E phenotype은 2종류의 항체를 이용한 면역반점(immunoblotting)에 의해서 검색되었다. 1번째 항체는 polyclonal goat anti-human Apo E antiserum으로 이것은 gel에 분리되어 있는 다양한 단백질 중 Apo E와만 결합한다. 이러한 결합을 밴드로 나타내기 위해서는 horseradish peroxidase와 결합되어 있는 goat anti-mouse Ig G를 제 2의 항체로 이용하여서 시각화하여<sup>10)</sup>, 각각의 sample에 대해서 Apo E phenotype을 정하였다.

**(3) 적혈구 막의 지방산 조성**

적혈구로부터 적혈구 막을 분리하기 위해서 적혈구에 1mM의 EDTA를 함유한 10mM Tris buffer(pH 7.4)를 첨가하여 섞은 후 18,000rpm에서 15분간 원심분리하고, 상층액을 제거한다. 침전물에 10mM Tris buffer를 넣고 섞은 후 20,000rpm에서 15분 동안 원심분리하였다. 이과정을 두 번 반복하였다. 이때 침전물이 적혈구 막이다<sup>27)</sup>.

적혈구 막의 지질은 변형된 Folch법을 이용하여 추출하였다<sup>28)</sup>. 보관된 침전물(pellet)을 녹인 후 0.01M phosphate buffer로 현탁액을 만들고 chloroform : methanol 용액(v : v, 1 : 2) 5ml을 가한 후 잘 섞어 암냉소에서 1~2일간 정치시켜 지방을 추출하였다. Chloroform 2ml을 첨가하여 잘 섞고 2시간 동안 방치한 다음 chloroform층을 취하여 질소가스로 완전히 건조시켜 총지질을 얻었다.

세포막에서 추출된 총지질에 methanolic chloride 3ml를 넣고 수욕상에서 5분간 가열하여 에스테르 교환반응을 시켜서 methyl ester를 제조하였다. 여기에 hexan(n-hexane) 7ml와 증류수 7ml를 넣고 잘 섞은 후 hexan층을 취하여 적당량의 무수황산나트륨( $Na_2S_2O_3$ )을 가하여 수분을 제거하고 여과시킨 후 질소가스로 완전히 건조시켰다<sup>29)</sup>. Methylation된 지방산은 hexan 0.1ml에 녹여 기체 크로마토그래피(Gas Chromatography)로 분석하였다. GC의 분석조건은 Table 1에 기록되었다. 지방산 동정은 표준지방산을 이용하여 retention time을 가지고 상대적 비율로 계산하였다.

**5) 자료의 통계처리**

모든 자료는 Statistical Analysis System(SAS) program을 이용하여서 통계처리하였다. Apo E phenotypes에 따른 영양소 섭취, 혈청 콜레스테롤의 농도와 적혈구막의 지방산 조성의 차이 유무를 조사하기 위

**Table 1.** Condition of GC chromatography

|                 |  |
|-----------------|--|
| Instrument      | Hewlett packard  |
| Column          | Sp-2330 fused silica capillary column with 0.25mm×3m     |
| Detector        | F. I. D.   |
| Column temp.    | Increased temperature from 140℃ to 220℃ by 5℃ per minute |
| Injection temp. | 220  |
| Detection temp. | 230  |
| Carrier gas     | Nitrogen   |
| Split flow      | 100 : 1  |

**Table 2.** The relative frequencies of the common alleles for apolipoprotein E

|           |      |       |       |
|-----------|------|-------|-------|
| Allele    | E2   | E3    | E4    |
| Frequency | 0.07 | 0.859 | 0.065 |

해서 Apo E phenotypes에 따라서 Apo E3/3, Apo E3/2, Apo E4/3+Apo E4/2로 나누었다. Apo E4/2는 1명이고 Apo E4/3과 같은 Apo E4군이기 때문에 Apo E4/3군에 합류시켜 통계처리하였다. 각 군의 평균치와 표준편차를 계산하였고, Apo E phenotypes에 따라서 각 요인 사이에 유의적인 차이가 있는지를 분산분석(ANOVA)으로 검증하였고, 유의적인 차이가 있는 인자에 대해서는 Tukey test로 Apo E phenotypes의 군들 사이에 어떤 유의적인 차이가 있는지를 조사하였다. 영양소 섭취량, 체위, Apo E phenotypes과 혈청 콜레스테롤 농도 사이의 상관관계는 Pearson 상관계수(correlation coefficients)로 측정하였다. 또한, 영양소 섭취량과 체위의 변수 중 혈청 콜레스테롤 농도에 유의적으로 영향을 미친 요인은 중회귀분석 중 후진제거 방법(stepwise backward selection)을 이용하여서 선택하였다. 모든 통계처리의 유의성 검증은  $\alpha=0.05$ 로 정하였다.

**결과 및 고찰**

**1. 대상자의 apolipoprotein E phenotypes 특성, 신체계측 및 영양소 섭취 실태**

**1) 대상자의 특성**

대상자들은 호서대학교 기숙사에 있는 여학생으로 대부분 서울이나 서울 근교에 거주하였다. 전체 조사대상자 87명 중 대부분이 원형인 Apo E3/3은 62명으로 전체의 71.2%를 차지하였고, Apo E3/2는 12명으로 전체 대상자의 14.9%이었으며, Apo E4/3은 10명으로 11.8%이었고, Apo E4/2는 1명으로 1.2%이었다. 조사

대상자 중에는 Apo E2/2와 E4/4 phenotypes은 없었다. Apo E phenotype은 Apo E 유전자의 변형의 결과로 Apo E의 유전자의 변형은 Apo E phenotype으로부터 측정되었고, 이는 E2 형질(allele), E3 형질과 E4 형질로 나타내었다. 예를 들어 E2는 Apo E2/2, E3/2와 E4/2가 전체 대상자 중 차지하는 빈도를 나타내었다. 본 연구 대상자의 Apo E 형질을 유전적 빈도 분포로 나누면, E2, E3과 E4 형질의 빈도는 0.07, 0.859와 0.065이었다(Table 2). 이것은 이<sup>30)</sup>이 보고한 결과인 E2, E3, E4 형질의 빈도가 0.067, 0.848, 0.087이었다는 것과 유사하였지만, E4 형질의 빈도가 본 연구에서 약간 낮았다. 또한 Wang 등이<sup>31)</sup> 중국인 196명을 대상으로 조사한 보고에 의하면 중국인의 Apo E의 E2, E3, E4 형질의 빈도는 0.084, 0.852, 0.064로 본 연구와 거의 유사하였다. 한편, 5805명의 백인들에서 Apo E의 E2, E3, E4 형질의 빈도는 0.08, 0.769, 0.15이었다<sup>32)33)</sup>. 결과적으로 중국인이나 우리나라 사람들이 백인들에 비해서 E2와 E4 형질의 빈도가 낮았는데, 이것은 백인의 혈청 콜레스테롤의 농도가 유전적으로 우리나라 사람이나 중국인에 비해서 높을 확률이 높다는 것을 나타내고, 또한 백인이 중국인이나 우리나라 사람에 비해 관상심장질환의 유발의 위험인자를 한가지 더 가질 확률이 높다는 것을 나타낸다.

## 2) 신체계측

Table 3에 조사대상자 전체와 대상자의 Apo E phenotypes에 따른 평균 체중, 신장, WHR, 팔 근육 면적, 팔 지방 면적이 요약되었다. 조사대상자 전체의 평균 BMI는 20.9로 정상 범위에 있었다. 또한 TST도 50th percentile 정도로 정상이었으며<sup>34)</sup>, 팔의 지방량도

45th percentile으로 거의 정상에 가까웠다. 그러나 팔의 근육량은 20th percentile 정도로 정상 기준치보다 현저하게 낮았다. 신체계측에 이용된 체중, 허리둘레, 엉덩이 둘레, 팔 지방 면적, BMI 등의 신체 계측치 사이에는 높은 상관관계를 나타내었다(Table 3). 체중, 신장, 허리둘레, 엉덩이 둘레, 팔의 지방 면적과 팔의 근육 면적은 Apo E phenotypes에 따라 유의적인 차이를 나타내지 않았지만, 체중, 허리둘레, WHR, 팔의 지방 면적은 Apo E3/2 군에 비해서 Apo E4/3+E4/2군이 높은 경향을 나타내었다. Pouliot등의<sup>35)</sup> 연구에 따르면 22명의 Apo E2, 24명의 E3, 17명의 Apo E4를 대상으로 체지방율, BMI와 WHR를 조사하였을 때 Apo E3나 E2를 가진 대상자가 E4를 가진 사람들에 비해서 유의적이지는 않았지만, 낮은 경향을 나타내었다.

## 3) 영양소 섭취량과 활동량 실태

영양소 섭취량 조사는 2주동안의 식품 섭취량을 기록하도록 하여 조사되었고, 이것은 조사대상자들의 평소의 섭취량으로 간주하였다. 여대생의 열량 섭취는 권장량의 약 89% 수준으로 권장량에 약간 미달되었다(Table 4). 단백질의 섭취량은 권장량에 맞게 섭취했다. 그러나 미량 영양소인 비타민 B<sub>2</sub>, 비타민 B<sub>6</sub>, 비타민 E, 엽산, 칼슘과 철분의 섭취는 권장량에 미달되는 것으로 나타났다<sup>36)</sup>. 대부분의 연구에 따르면<sup>12)21)</sup> 우리나라에서 전체적인 열량 섭취량을 감소하는 추세에 있고, 단위 무게 당 열량은 높고 미량 영양소는 적게 함유되어 있는 지방 특히, 포화 지방의 섭취량이 증가하는 추세에 있어서 미량 영양소의 섭취가 영양 권장량에 미달되는 경향을 나타내었다. 여대생의 경우 주식의 섭취량은 적고, 간식의 섭취가 높으며, 대부분의 간식은 과자,

**Table 3.** Anthropometric measurements of subjects

|                                     | All <sup>1)</sup>        | Apo E3/3 <sup>2)</sup> | Apo E3/2 <sup>3)</sup> | Apo E4/3+E4/2 <sup>4)</sup>  |
|-------------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|
| Sample size                         | 85                       | 62 (71.2%)             | 12 (14.9%)             | 11 (13.8%)                   |
| Age (years)                         | 19.6 ± 1.6 <sup>5)</sup> | 19.7 ± 1.7             | 19.2 ± 1.3             | 19.5 ± 1.9 <sup>NS6)</sup>   |
| Weight (kg)                         | 54.9 ± 5.9               | 54.1 ± 5.7             | 56.3 ± 5.5             | 56.9 ± 6.0 <sup>NS</sup>     |
| Height (cm)                         | 161.6 ± 4.4              | 161.3 ± 4.6            | 162.0 ± 4.1            | 162.1 ± 3.2 <sup>NS</sup>    |
| Body Mass Index(kg/m <sup>2</sup> ) | 20.9 ± 1.9               | 20.8 ± 2.0             | 21.5 ± 1.8             | 21.7 ± 1.9                   |
| Waist (cm)                          | 67.4 ± 5.4               | 66.6 ± 5.3             | 66.7 ± 4.6             | 70.4 ± 4.4 <sup>NS</sup>     |
| Hip (cm)                            | 92.9 ± 3.9               | 92.5 ± 3.9             | 93.7 ± 3.0             | 93.7 ± 3.4 <sup>NS</sup>     |
| Waist hip ratio(cm/cm)              | 0.72 ± 0.04              | 0.72 ± 0.04            | 0.71 ± 0.04            | 0.75 ± 0.04 <sup>NS</sup>    |
| Triceps skinfold thickness(mm)      | 18.1 ± 4.4               | 17.7 ± 4.7             | 18.9 ± 3.6             | 19.4 ± 3.8 <sup>NS</sup>     |
| Arm muscle area(mm <sup>2</sup> )   | 2865.7 ± 476.7           | 2905.7 ± 417.4         | 2630.9 ± 801.7         | 2871.3 ± 349.8 <sup>NS</sup> |
| Arm fat area(mm <sup>2</sup> )      | 1991.1 ± 616.8           | 1955.9 ± 648.8         | 2004.2 ± 616.1         | 2152.6 ± 458.6 <sup>NS</sup> |

1) All subjects

2) Subjects with Apo E3/3

3) Subjects with Apo E3/2

4) Subjects with Apo E4/3 + Apo E4/2

5) Mean ± Standard deviation

6) Not significant within three Apo E phenotype categories at  $\alpha=0.05$  by ANOVA test

음료수, 라면과 같이 지방과 단순당의 비율이 높은 식품의 섭취가 높아서 지방의 섭취량이 증가하고 다른 영양소의 섭취가 낮은 경향을 나타내었다<sup>37)</sup>.

전대상자의 평균 열량 섭취량은 약 1760kcal로 최근

우리나라 20대 여성을 대상으로 조사한 연구에서 나타난 열량 섭취량인 1700kcal에 근접한 것으로 나타났다. 그러나 총 지방 섭취량은 총 열량의 29%를 나타내었다. 미량 영양소의 섭취량을 살펴보면, 비타민 E, 비타

**Table 4.** Correlation coefficients between anthropometric measurements

|                            | Weight            | Waist                 | Hip     | TSF     | BMI     | AFA     | AMA     |
|----------------------------|-------------------|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Weight                     | 1.0 <sup>1)</sup> | 0.79*** <sup>2)</sup> | 0.87*** | 0.57*** | 0.84*** | 0.67*** | 0.61*** |
| Waist                      | 0.79***           | 1.0                   | 0.79*** | 0.64*** | 0.85*** | 0.71*** | 0.49*** |
| Hip                        | 0.87***           | 0.79***               | 1.0     | 0.54*** | 0.79*** | 0.61*** | 0.46*** |
| Triceps skinfold thickness | 0.57***           | 0.64***               | 0.54*** | 1.0     | 0.46*** | 0.97*** | 0.22*** |
| Body mass index(BMI)       | 0.84***           | 0.85***               | 0.79*** | 0.46*** | 1.0***  | 0.70*** | 0.43*** |
| Arm fat area(AFA)          | 0.67***           | 0.71***               | 0.61*** | 0.97*** | 0.70*** | 1.0     | 0.45*** |
| Arm muscle area(AMA)       | 0.61***           | 0.49***               | 0.46*** | 0.22*** | 0.43*** | 0.45*** | 1.0     |

1) Pearson correlation coefficient

2) \*\*\* : significantly different between two variables,  $p < 0.001$

**Table 5.** Mean daily nutrient intakes of subjects

|                              | All <sup>1)</sup>   | Apo E3/3 <sup>2)</sup>          | Apo E3/2 <sup>3)</sup>          | Apo E4/3+E4/2 <sup>4)</sup>                     |
|------------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|---|
| Calories(kcal)               | 1759.6 ± 503.7 <sup>5)</sup><br>(88.7 ± 24.5) <sup>6)</sup> | 1774.4 ± 535.0<br>(88.7 ± 26.8) | 1786.1 ± 506.4<br>(89.3 ± 25.3) | 1646.9 ± 294.7 <sup>NS7)</sup><br>(82.3 ± 14.7) |
| Total fat (g)                | 56.3 ± 19.9   | 57.6 ± 21.4                     | 56.8 ± 19.3                     | 50.0 ± 8.13 <sup>NS</sup>                       |
| Energy%                      | 28.8 ± 3.7  | 29 ± 4.0                        | 28.4 ± 2.9                      | 27.5 ± 2.9 <sup>NS</sup>                        |
| Cholesterol (mg)             | 218.9 ± 92.2  | 220.8 ± 93.5                    | 236.5 ± 111                     | 189.3 ± 56.1 <sup>NS</sup>                      |
| CHO <sup>8)</sup> (g)        | 253.7 ± 69.6  | 254.9 ± 72.7                    | 256.9 ± 71.7                    | 243.5 ± 51.4 <sup>NS</sup>                      |
| Energy%                      | 57.7 ± 4.1  | 57.8 ± 4.4                      | 57.5 ± 3.4                      | 59 ± 3.5 <sup>NS</sup>                          |
| Protein (g)                  | 62.3 ± 19.4<br>(95.9 ± 29.9)                                | 62.2 ± 20.5<br>(103.7 ± 34.2)   | 64.9 ± 20.3<br>(108.2 ± 33.8)   | 60 ± 11.7 <sup>NS</sup><br>(100 ± 19.5)         |
| Energy%                      | 14.2 ± 1.7  | 14.0 ± 1.6                      | 14.6 ± 1.7                      | 14.6 ± 2.0 <sup>NS</sup>                        |
| Fiber (g)                    | 7.5 ± 2.7   | 7.5 ± 2.9                       | 7.3 ± 2.4                       | 7.6 ± 1.8 <sup>NS</sup>                         |
| Total vitamin A (R.E.)       | 731.1 ± 478.8<br>(104.4 ± 68.4)                             | 766.9 ± 504.2<br>(109.6 ± 72.0) | 669.6 ± 518.8<br>(95.7 ± 74.1)  | 596.5 ± 216.6 <sup>NS</sup><br>(85.2 ± 30.9)    |
| Vitamin E (mg)               | 6.9 ± 2.7<br>(69.3 ± 25.8)                                  | 7.1 ± 2.8<br>(71.3 ± 28.4)      | 6.3 ± 2.1<br>(63.5 ± 21.5)      | 6.4 ± 0.82 <sup>NS</sup><br>(64 ± 8.1)          |
| Vitamin B <sub>1</sub> (mg)  | 1.3 ± 0.6<br>(121.3 ± 33.5)                                 | 1.2 ± 0.4<br>(122.4 ± 36.2)     | 1.2 ± 0.3<br>(119.8 ± 32.1)     | 1.2 ± 0.2 <sup>NS</sup><br>(117.1 ± 17.2)       |
| Vitamin B <sub>2</sub> (mg)  | 1.1 ± 0.3<br>(86.7 ± 27.3)                                  | 1.1 ± 0.3<br>(90.2 ± 29.1)      | 1.1 ± 0.4<br>(93.1 ± 34.6)      | 1.1 ± 0.2 <sup>NS</sup><br>(87.9 ± 16.2)        |
| Vitamin B <sub>6</sub> (mg)  | 0.9 ± 0.3<br>(56.9 ± 20.8)                                  | 0.9 ± 0.4<br>(57.8 ± 22.1)      | 0.9 ± 0.3<br>(57.4 ± 22.8)      | 0.8 ± 0.13 <sup>NS</sup><br>(51.6 ± 8.5)        |
| Vitamin B <sub>12</sub> (ug) | 1.1 ± 0.6   | 1.1 ± 0.6                       | 1.33 ± 0.73                     | 0.9 ± 0.5 <sup>NS</sup>                         |
| Folacin (ug)                 | 89.4 ± 44.1   | 88.4 ± 43.5                     | 83.8 ± 39.3                     | 101.3 ± 53.6 <sup>NS</sup>                      |
| Vitamin C (mg)               | 65.5 ± 30.7<br>(119.2 ± 55.9)                               | 65.3 ± 32.6<br>(118.7 ± 59.3)   | 63.8 ± 26<br>(116.1 ± 47.2)     | 68.8 ± 26.0 <sup>NS</sup><br>(125.1 ± 47.3)     |
| Calcium (mg)                 | 575.8 ± 176.6<br>(82.2 ± 25.2)                              | 572.7 ± 18.06<br>(81.8 ± 25.8)  | 587.1 ± 199.1<br>(83.9 ± 28.4)  | 580.5 ± 138.6 <sup>NS</sup><br>(82.9 ± 19.8)    |
| Iron (mg)                    | 13.9 ± 4.4<br>(77.2 ± 24.7)                                 | 14.2 ± 4.8<br>(78.7 ± 26.6)     | 13.9 ± 3.7<br>(63.5 ± 20.5)     | 12.6 ± 2.9 <sup>NS</sup><br>(69.9 ± 22.9)       |
| Energy expenditure           | 2158.7 ± 450.6  | 2153.2 ± 480.5                  | 2084.1 ± 284.4                  | 2238.9 ± 694.6                                  |

1) All subjects

3) Subjects with Apo E3/2

5) Mean ± Standard deviation

7) Not significant within three Apo E phenotype categories at  $\alpha=0.05$  by Tukey test

8) Carbohydrates

2) Subjects with Apo E3/3

4) Subjects with Apo E4/3 + Apo E4/2

6) Percentage of Recommended Dietary Allowance

민 B<sub>2</sub>, 비타민 B<sub>6</sub>, 칼슘과 철분과 같은 미량 영양소는 일일 권장량에 미달되었다. 한편, 오 등의<sup>39)</sup> 여대생을 대상으로 다양한 방법으로 조사한 열량 섭취량 중 14일 기록법에 의한 여대생의 열량 섭취량은 1500kcal로 본 연구에 비해서 낮은 편이었다. 그러나 지방섭취량은 본 연구와 유사한 25%정도이었고, 미량영양소의 섭취 실태도 유사한 양상을 나타내어 칼슘, 철분과 비타민 B<sub>2</sub>는 일일 권장량에 미달되었다. 93년도 국민 영양 보고에 의하면<sup>12)</sup> 지방 섭취량은 총열량 섭취량의 18% 정도로 본 연구나 오 등의<sup>37)</sup> 연구보다 낮은 것으로 나타났고, 미량 영양소 중에는 비타민 A와 칼슘, 비타민 B<sub>2</sub>가 권장량에 미달되는 것으로 나타났다. 본 연구와 국민 영양조사에서 비타민 A의 섭취량의 차이는 조사기간의 계절적인 차이와 관련이 있는 것으로 여겨진다. 국민 영양 조사는<sup>12)</sup> 카로틴이 많이 함유되어 있는 녹황색 채소의 섭취가 낮은 11월이었고, 본 연구와 오 등의<sup>37)</sup> 연구는 봄으로 녹황색채소의 섭취로 인한 비타민 A의 공급이 충분했을 것으로 여겨진다. 국민 영양 조사에 의한 영양소 섭취실태가 다른 연구에 의한 것과 다른 양상을 나타내는 것은 조사가 가구당 식이 섭취량을 직접 조사법에 의해서 조사하여 성인 환산치를 이용하여 나타내므로 연령별, 성별에 의한 식이 섭취량의 차이를 조사하기가 어렵기 때문이다. 또한 국민 영양 연구는 11월에만 이루어지므로 다양한 계절의 섭취 실태를 나타내기 어렵기 때문이다.<sup>12,21)</sup>

Apo E phenotypes에 따른 모든 영양소 섭취량이 유의적인 차이를 나타내지는 않았지만, Apo E4/3+E4/2군이 다른 군에 비해 약간 낮은 경향을 나타내었다. 특히 콜레스테롤과 지방 섭취량은 Apo E4/3+E4/2군이 다른 군들에 비해서 낮았다. BMI에 따른 영양소 섭취를 살펴보면, BMI가 18미만인 학생들은 나머지 학생들에 비해서 거의 모든 영양소 섭취량이 높은 경향을

나타내었고, 특히 열량 섭취와 지방 섭취가 월등히 높았다. 이것은 BMI가 18 이상인 학생은 대부분이 자신이 과체중으로 여기고, 체중 조절을 위해서 식품 섭취를 절제하고자 하는 노력을 하고, 이것이 식품 섭취 절대량을 감소시켰을 수도 있지만, 실제 섭취량보다 적게 보고되었을 가능성도 크다고 여겨진다.

본 연구의 조사대상자는 운동을 정기적으로 하는 학생은 없었고, 대부분 활동은 학교 내에서 수업을 받으러 다니는 정도로 중등 정도 이상의 활동량은 많지 않았다. 일일 평균 열량 소모량은 2100kcal 정도로 Apo E 다형성에 따른 차이를 나타내지 않았다. 또한 이러한 일일 열량 소모량이 조사대상자의 일일 평균 열량 섭취량인 약 1800kcal 보다 약 300kcal 더 많았다.

#### 4) 지방의 섭취 실태

본 연구에서 특히 관심이 있는 지방 섭취량을 살펴보면(Table 6), 포화지방(S)의 섭취량이 전체 지방의 섭취량의 약 37%이고, 단일 불포화 지방(M)은 약 33%이며, 다중불포화지방(P)는 27.9%이다. 이것을 다중불포화지방을 1로 환산하여 비를 계산해 보면 P : M : S는 1.0 : 1.2 : 1.4 이다. 이것은 장<sup>38)</sup>이 권장하고 있는 P : M : S가 1 : 1.2 : 1이나 이의<sup>39)</sup> 권장비인 1.0~1.5 : 1.0~1.5 : 1.0의 비율보다 포화지방의 섭취가 높은 것으로 나타났다. 이 등<sup>40)</sup>에 의해서 1991년에 조사된 결과에 의하면 20~29세 여자의 경우 P : M : S의 비가 1.1 : 0.96 : 1.0이었고, 이것은 우리나라의 지방 섭취량이 증가하고 있을 뿐만 아니라, 특히 포화지방산의 섭취가 점점 증가하고 있는 것을 보여준다. 아직까지 미국을 비롯한 서구 여러 나라에 비해서 총 지방 섭취량도 낮고, 포화지방의 섭취 비율도 낮다. 그러나, 미국의 경우 1950년에 지방의 섭취량은 41%이었고, 1992년에는 36%로 감소하였고, P : S ratio도 1950년에 0.2에서

Table 6. Mean daily saturated fatty acid intakes of subjects

|  | All <sup>1)</sup>        | Apo E3/3 <sup>2)</sup> | Apo E3/2 <sup>3)</sup> | Apo E4/3+E4/2 <sup>4)</sup> |
|--|--------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Saturated fat (g)                              | 20.6 ± 8.5 <sup>5)</sup> | 21.0 ± 9.1             | 21.0 ± 8.3             | 18.3 ± 7.5 <sup>NS6)</sup>  |
| Caprylic acid and capric acid (g)              | 0.6 ± 0.3                | 0.6 ± 0.3              | 0.7 ± 0.5              | 0.6 ± 0.3 <sup>NS</sup>     |
| Lauric acid (g)                                | 0.7 ± 0.5                | 0.7 ± 0.5              | 0.7 ± 0.5              | 0.7 ± 0.4 <sup>NS</sup>     |
| Myristic acid (g)                              | 1.7 ± 0.7                | 1.7 ± 0.8              | 1.8 ± 0.9              | 1.5 ± 0.5 <sup>NS</sup>     |
| Palmitic acid (g)                              | 13.3 ± 5.8               | 13.6 ± 6.3             | 12.9 ± 4.9             | 12.0 ± 3.6 <sup>NS</sup>    |
| Stearic acid (g)                               | 3.9 ± 1.6                | 3.9 ± 1.7              | 4.2 ± 1.7              | 3.4 ± 0.6 <sup>NS</sup>     |
| Monounsaturated fat (g)                        | 17.6 ± 7.0               | 18.0 ± 7.7             | 17.4 ± 6.2             | 16.0 ± 2.5 <sup>NS</sup>    |
| Polyunsaturated fat (g)                        | 14.8 ± 6.2               | 15.3 ± 6.8             | 13.3 ± 5.1             | 14.0 ± 3.2 <sup>NS</sup>    |
| Ratio of polyunsaturated fat and saturated fat | 0.73 ± 0.17              | 0.73 ± 0.17            | 0.62 ± 0.12            | 0.76 ± 0.17 <sup>NS</sup>   |

1) All subjects

2) Subjects with Apo E3/3

3) Subjects with Apo E3/2

4) Subjects with Apo E4/3 + Apo E4/2

5) Mean ± Standard deviation

6) Not significant within three Apo E phenotype categories at  $\alpha=0.05$  by Tukey test

1992년에 0.44로 증가하는 추세였다. 이것은 미국에서 다각도로 지방 섭취를 감소시키고자 하는 노력의 결실이었다<sup>41)</sup>.

지방 섭취량도 다른 영양소와 마찬가지로 Apo E phenotype에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 단지 Apo E4/3+E4/2군이 다른 군에 비해 총 지방과 포화지방의 섭취량이 낮은 경향을 나타내었다. 그러나 그 차이는 극히 적었다. 불포화지방의 섭취도 phenotype에 따른 차이는 적었지만, Apo E3/3이 다른 군에 비해서 불포화지방 섭취가 약간 높았다.

탄소수가 다른 포화지방산의 섭취량은 Table 4에 있다. 포화지방산 중 가장 많이 섭취하는 지방산은 탄소수가 16개인 palmitic acid로 전체 포화지방산 섭취의 약 63%이었다. 각각의 포화지방의 섭취비율은 Apo E phenotype에 따른 차이가 거의 없었다. 이 등의<sup>40)</sup> 결과와 비교해 보면 본 연구에 비해서 전체적으로 포화지방의 섭취량은 높았고, 특히 palmitic acid의 일일 섭취량은 약 3.5g가 높았지만, 각각의 포화지방산의 섭취비율은 본 연구와 큰 차이는 없었다. palmitic acid의 섭취량은 전체 포화지방산 섭취의 약 68%이었고, stearic acid의 섭취는 26% 정도로 각각의 포화지방산이 차지하는 비율은 본 연구 결과와 유사한 섭취형태를 나타내었다.

## 2. 혈청 지질 농도와 적혈구 막의 지방산 조성

### 1) 혈청 지질 농도

혈청내 총 콜레스테롤, HDL-C, LDL-C와 중성지방의 농도는 Table 7에 기록되었다. 혈청내 총 콜레스테롤의 평균 농도는 161.6 mg/dl로 National Cholesterol Education Program에서 권장하는 범위내에 속했지만<sup>42)</sup>, 개인차가 커서 93~256mg/dl로 200mg/dl 이상인 경우도 총 대상자의 12%로 혈청 콜레스테롤이

높은 여대생도 상당히 많았다. 우리나라의 다른 연구에서<sup>43-45)</sup> 나타난 농도는 대체로 160~190mg/dl으로 평균을 비교해 보면 본 연구 대상자의 혈청 콜레스테롤 농도와 큰 차이는 없었다. 한편, 총 열량의 약 34%를 지방으로 섭취하는 미국인 20대 여성의 혈청 콜레스테롤 농도의 50th percentiles인 163mg/dl<sup>46)</sup>과 본 연구의 평균 혈청 콜레스테롤 농도와 유사하였다. 이 등의<sup>40)</sup> 연구에 따르면 20~39세 여성의 총지방 섭취량이 20% 이상인 경우의 평균 혈청 콜레스테롤 농도는 150.6mg/dl 이었는데, 이것은 본 연구에 비해서 이 등의<sup>40)</sup> 연구에서 대상자들의 높은 불포화지방의 섭취가 혈청 콜레스테롤 농도를 효과적으로 낮추는데 영향을 미친 것으로 여겨진다. 우리나라에서 행해진 몇몇 식이지방과 혈청 콜레스테롤의 농도와의 관계를 연구한 논문을 비교하여 보면, 우리나라 사람들의 식이 지방의 섭취가 증가, 특히 P : S ratio가 감소하면서, 혈청 콜레스테롤의 농도도 점차 증가하는 것으로 보여진다.

혈청내 HDL과 LDL 콜레스테롤 평균 농도는 각각 45mg/dl와 101mg/dl로 정상 범위에 있었다. 판상동맥질환의 지표로 많이 이용되는 HDL 콜레스테롤/총 콜레스테롤 ratio(HTR)와 LDL-C/HDL-C ratio (LHR)는 각각 0.28과 2.36으로 판상동맥질환의 발생에 대한 위험성은 낮은 것으로 나타났다. 이의 연구<sup>40)</sup>의 LHR에 비해서 약간 높았지만, 거의 비슷하였다. 본 연구의 평균 혈청 중성지방의 농도는 77.6mg/dl로 다른 연구에서의<sup>43)44)</sup> 42~65mg/dl에 비해서 약간 높은 편이었지만, 공복시의 혈청 중성지방 농도는 정상 범위에 있었다.

혈청 지질 중 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 농도는 통계적으로 Apo E phenotype에 따른 유의적인 차이를 나타내었는데(p<0.001), Apo E4/3+E4/2군이 Apo E3/3과 Apo E3/2에 비해서 총 콜레스테롤과

Table 7. Mean serum cholesterol concentrations

|                          | All <sup>1)</sup>          | Apo E3/3 <sup>2)</sup>     | Apo E3/2 <sup>3)</sup>     | Apo E4/3+E4/2 <sup>4)</sup>    |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Total cholesterol(mg/dl) | 161.6 ± 26.8 <sup>3)</sup> | 159.3 ± 25.2 <sup>4)</sup> | 150.2 ± 15.2 <sup>a)</sup> | 196.5 ± 33.0 <sup>b***7)</sup> |
| LDL cholesterol(mg/dl)   | 101.0 ± 25.4               | 98.9 ± 23.8 <sup>a)</sup>  | 89.5 ± 13.7 <sup>a)</sup>  | 127.7 ± 30.3 <sup>b***</sup>   |
| HDL cholesterol(mg/dl)   | 45.1 ± 9.30                | 45.4 ± 9.40                | 43.5 ± 11.6                | 52.4 ± 22.9 <sup>b)NS</sup>    |
| Triglycerides(mg/dl)     | 77.6 ± 30.5                | 75.0 ± 32.0                | 86.2 ± 37.8                | 84.0 ± 20.8 <sup>NS</sup>      |
| HDL-C/Total-C ratio      | 0.28 ± 0.07                | 0.29 ± 0.07                | 0.29 ± 0.08                | 0.27 ± 0.09 <sup>NS</sup>      |
| LDL-C/HDL-C ratio        | 2.36 ± 0.87                | 2.29 ± 0.8                 | 2.26 ± 0.88                | 2.7 ± 1.09 <sup>NS</sup>       |

1) All subjects

2) Subjects with Apo E3/3

3) Subjects with Apo E3/2

4) Subjects with Apo E4/3+Apo E4/2

5) Mean ± Standard deviation

6) Values within three Apo E phenotype categories with different superscripts are significantly different at α=0.05 by Tukey test

7) Significantly different within three Apo E phenotype categories at α=0.001

8) Not significantly different within three Apo E phenotypes categories at α=0.05



LDL-C 농도가 현저하게 높았다. 그러나 HDL-C와 중성지방의 농도는 Apo E phenotype에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 본 연구의 이러한 결과를 다른 연구와 비교해 보면 혈청 콜레스테롤의 농도는 유사한 결과를 보였다. Muros등은<sup>47)</sup> 스페인 사람들을 대상으로 조사하였는데 Apo E4 형질 군이 다른 군에 비해 총 콜레스테롤, LDL-C, 중성지방의 농도가 높았다. 한편, HDL-C 농도는 Apo E phenotype에 따른 차이를 나타내지 않았다<sup>47)48)</sup>. 그러나 일부 연구는<sup>48)49)</sup> Apo E phenotypes에 따라 HDL-C 농도에 차이가 있다고 보고하였다. Kataoka 등은<sup>49)</sup> 미국의 인디언을 대상으로 조사하였는데 가임여성과 폐경 여성 모두에서 Apo E 4/4+E4/3은 Apo E2/2+Apo E3/2에 비해서 HDL-C 농도가 유의적으로 낮았고, 총 콜레스테롤과 LDL-C 농도는 Apo E phenotypes에 따른 차이가 없었다. 이가<sup>30)</sup> 조사한 우리나라 여대생을 대상으로 조사한 결과에 따르면 HDL<sub>3</sub>-C는 Apo E2군이 나머지 군에 비해서 높았고, HDL<sub>2</sub>-C는 Apo E2 군이 나머지 군에 비해서 유의적으로 낮았지만, 총 콜레스테롤과 LDL-C 농도는 Apo E phenotype에 따른 차이가 없었다. 그러나 위의 연구들은 식이 지방 종류와 양에 대한 고려가 없어서 조사대상자의 식이 섭취량에 의한 효과를 배제할 수 없었으므로 혈청 콜레스테롤의 차이가 반드시

Apo E phenotype에 의한 차이라고만 간주하기는 어렵다.

## 2) 적혈구 막 지방산 조성

식이 지방이 어떤 기전에 의해서 혈청 콜레스테롤 농도에 영향을 미치는지에 대해서는 확실히 밝혀지지 않았지만, 가능한 기전 중에 하나는 세포막의 지방산 조성을 변화시켜 세포막의 기능에 영향을 미치는 것으로 여겨진다. 세포막은 인지지방과 단백질로 주로 구성되어 있고, 인지지방을 구성하고 있는 지방산의 종류에 따라서 세포막의 유동성이 결정된다. 세포막에 불포화지방산의 비중이 높을수록 세포막의 유동성이 높아지고, 이는 세포막에 존재하는 다양한 수용체(receptor)의 활성화에 영향을 미쳐 혈청 콜레스테롤이 세포내로의 이동에 영향을 미치는 것으로 여겨진다.

본 연구에서는 식이 지방산의 조성이 적혈구 막의 지방산 조성에 직접적인 영향을 미치지 않는다고. 이것은 간과 소장에 주로 존재하는 desaturase나 elongase에 의해 섭취한 지방산이 변화되고, 이것이 세포막의 지방산 조성에 영향을 미친 것으로 여겨진다. 적혈구 막의 지방산의 조성은 Table 8에 있다. 적혈구 막 지방산의 P:S ratio는 1.21로 식이내 지방산의 P:S ratio인 0.73에 비해서 높았다. 지방산의 섭취 비율과 적혈구 막의 지방산 조성을 비교해 보면 포화지방의 섭취비율과

**Table 8.** The Mean fatty acid composition of red blood cell membranes

|  | All <sup>1)</sup>        | Apo E3/3 <sup>2)</sup> | Apo E3/2 <sup>3)</sup> | Apo E4/3+E4/2 <sup>4)</sup> |
|--|--------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Saturated fat                                  | 36.9 ± 7.0 <sup>5)</sup> | 36.3 ± 7.1             | 38.2 ± 7.0             | 38.5 ± 6.5 <sup>NS6)</sup>  |
| Lauric   | 1.1 ± 0.9                | 1.1 ± 0.8              | 1.1 ± 1.1              | 1.2 ± 1.2 <sup>NS</sup>     |
| Myristic                                       | 3.4 ± 2.9                | 3.3 ± 2.6              | 3.7 ± 3.4              | 3.7 ± 3.7 <sup>NS</sup>     |
| Palmitic                                       | 20.1 ± 2.9               | 19.7 ± 3.1             | 20.8 ± 2.0             | 21.4 ± 2.8 <sup>NS</sup>    |
| Stearic  | 9.0 ± 1.5                | 8.9 ± 1.8              | 8.8 ± 1.2              | 9.2 ± 2.0 <sup>NS</sup>     |
| Monounsaturated fat                            | 18.5 ± 2.3               | 18.6 ± 2.3             | 18.4 ± 2.3             | 18.4 ± 2.9 <sup>NS</sup>    |
| Oleic n-9                                      | 13.7 ± 1.9               | 13.6 ± 1.8             | 13.8 ± 1.9             | 13.8 ± 2.5 <sup>NS</sup>    |
| Polyunsaturated fat                            | 44.6 ± 5.0               | 45.1 ± 4.9             | 43.5 ± 5.0             | 44.1 ± 5.0 <sup>NS</sup>    |
| Linoleic n-6                                   | 16.7 ± 2.9               | 16.7 ± 3.7             | 16.0 ± 4.5             | 16.6 ± 3.0 <sup>NS</sup>    |
| Linolenic n-3                                  | 1.5 ± 1.1                | 1.7 ± 1.2              | 0.7 ± 0.3              | 0.9 ± 0.4 <sup>NS</sup>     |
| Arachidonic n-6                                | 12.9 ± 2.1               | 12.8 ± 2.3             | 13.6 ± 1.6             | 13.0 ± 1.5 <sup>NS</sup>    |
| Eicosapentaenoic n-3                           | 3.2 ± 0.5                | 3.2 ± 0.5              | 3.2 ± 0.2              | 3.1 ± 0.4 <sup>NS</sup>     |
| Docosapentaenoic n-3                           | 1.7 ± 0.9                | 1.6 ± 0.9              | 2.0 ± 0.7              | 1.7 ± 0.9 <sup>NS</sup>     |
| Docosahexaenoic n-3                            | 5.3 ± 2.7                | 5.5 ± 2.8              | 3.9 ± 0.5              | 5.2 ± 2.8 <sup>NS</sup>     |
| Ratio of polyunsaturated fat and saturated fat | 1.21 ± 0.31              | 1.24 ± 0.35            | 1.14 ± 0.41            | 1.12 ± 0.32 <sup>NS</sup>   |
| Sum of W3 fatty acid                           | 11.7 ± 3.2               | 12.0 ± 4.8             | 9.8 ± 4.3              | 10.9 ± 2.9 <sup>NS3)</sup>  |
| Sum of W6 fatty acid                           | 29.7 ± 7.5               | 29.5 ± 5.3             | 29.6 ± 2.6             | 29.6 ± 3.2 <sup>NS</sup>    |
| W6/W3 ratio                                    | 2.54 ± 0.51              | 2.46 ± 0.92            | 3.02 ± 0.75            | 2.72 ± 0.64 <sup>NS</sup>   |

1) All subjects

2) Subjects with Apo E3/3

3) Subjects with Apo E3/2

4) Subjects with Apo E4/3 + Apo E4/2

5) Mean ± Standard deviation

6) Not significantly different within three Apo E phenotypes categories at  $\alpha=0.05$  by ANOVA test

**Table 9.** Correlation coefficients between dietary fatty acid intakes and fatty acid composition of red blood cell membrane

| RBCM FA<br>Diet FA | Lauric acid           | Myristic acid | Palmitic acid | Stearic acid | AA <sup>1)</sup> | EPA <sup>2)</sup>    | DPA <sup>3)</sup> | DHA <sup>4)</sup> | Oleic acid | Linoleic acid | Linolenic acid |
|--------------------|-----------------------|---------------|---------------|--------------|------------------|----------------------|-------------------|-------------------|------------|---------------|----------------|
| Lauric acid        | -0.0003 <sup>5)</sup> | 0.06          | 0.05          | 0.06         | 0.08             | 0.21                 | -0.18             | -0.07             | -0.01      | 0.09          | -0.04          |
| Myristic acid      | 0.21                  | 0.12          | -0.07         | 0.01         | 0.01             | 0.22                 | -0.06             | -0.08             | 0.02       | 0.14          | -0.07          |
| Palmitic acid      | 0.07                  | -0.03         | -0.05         | 0.21         | 0.04             | 0.3                  | -0.02             | -0.05             | 0.14       | 0.03          | -0.02          |
| Stearic acid       | 0.14                  | 0.07          | 0.02          | 0.12         | 0.04             | 0.3                  | -0.10             | -0.12             | 0.09       | 0.12          | -0.07          |
| MUFA               | 0.06                  | -0.01         | 0.01          | 0.21         | 0.05             | 0.13                 | -0.09             | -0.18             | 0.12       | 0.06          | -0.03          |
| PUFA               | -0.04                 | -0.08         | 0.03          | 0.16         | 0.05             | 0.33 <sup>**6)</sup> | -0.09             | -0.22             | -0.22      | 0.02          | -0.02          |

1) Arachidonic acid

3) Docosapentaenoic acid

5) Pearson correlation coefficient

2) Eicosapentaenoic acid

4) Docosahexaenoic acid

6) \*\* : significantly different between two variables,  $p < 0.01$

적혈구막의 조성비율은 거의 비슷하여서 섭취한 포화 지방산의 desaturase의 좋은 기질은 아닌 것으로 여겨진다. 한편, 적혈구막의 단일불포화지방산(MUFA) 조성비율은 식이 섭취비율의 약 50%였고, 다중불포화지방산(PUFA)은 섭취비율에 비해서 적혈구막에 존재하는 PUFA의 비율이 현저하게 높았다. 즉, 식이로 섭취한 MUFA 중 상당부분이 다양한 PUFA를 합성하는데 이용된 것으로 여겨진다. 그러므로 적혈구 막의 지방산 조성은 식이 지방산의 종류에 의해서도 영향을 받지만, 체내의 desaturase 활성에 의해서도 영향을 받는 것으로 여겨진다<sup>60)</sup>.

다른 연구에서는<sup>51)52)</sup> linoleic acid의 섭취가 증가함에 따라 적혈구막에 존재하는 linoleic acid의 비율이 높아짐으로 적혈구막의 linoleic acid 조성을 biomarker로 보고하였지만 본 연구에서는 이러한 경향을 나타내지 않았다. 본 연구에서는 식이지방의 PUFA 섭취량을 각각의 불포화지방산의 종류에 따라 나누지 않았지만, 우리나라 지방 섭취 실태를 보면 대부분의 식이 불포화지방은 linoleic acid이므로 식이 PUFA의 섭취량을 linoleic acid 섭취량으로 대신할 수 있겠다. 그러나 PUFA의 섭취량과 적혈구막의 linoleic acid 비율이 비례 관계를 나타내지 않았다. 불포화지방산의 섭취량 뿐만 아니라 다른 지방산의 경우도 식이 섭취량과 적혈구막에 존재하는 지방산이 직접적인 양의 상관관계를 나타내지 않았다(Table 9). 이것은 이 등이<sup>40)</sup> 보고한 식이와 적혈구막의 linoleic acid의 농도가 서로 상관관계를 나타내지 않았다는 것과 일치하였다. Apo E phenotype에 따른 적혈구막의 지방산 조성도 거의 차이가 없었다. 그러므로 Apo E phenotypes이 desaturase의 활성에 영향을 미치지 않고, 또한 적혈구막의 지방산 조성에도 영향을 미치지 않는 것으로 여겨진다. 즉, Apo E phenotype에 따른 혈청 콜레스테롤 농도의 차이는 적혈구막의 지방산 조성의 변화에 의한 것은 아닌 것으로 여겨진다.

### 3. 혈청 지질에 영향을 미치는 요인 분석

#### 1) 체위와 apolipoprotein E phenotypes이 혈청 지질 농도에 미치는 영향

Apo E phenotype은 혈청 총 콜레스테롤과 LDL-C 농도와 중간정도의 양의 상관관계를 나타내었다. Apolipoprotein E는 지시변수(indicative variable)로 Apo E3/2를 1로, Apo E 3/3을 2로, Apo E4/3+E4/2를 3으로 정하여 계산하였다. 그러므로 양의 상관관계를 나타낸다는 것은 Apo E3/2 보다는 Apo E3/3의, Apo E3/3보다는 Apo E4/3+E4/2의 혈청 콜레스테롤 농도가 높다는 것을 나타낸다.

조사한 여러 가지 체위 측정치 중 혈청 지질의 농도와 유의적인 상관관계를 가장 잘 나타낸 것(Table 4)은 팔 지방 면적이었다. 팔 지방 면적이 증가할수록 총 콜레스테롤, LDL 콜레스테롤과 중성지방 농도가 높아지고, HDL 콜레스테롤 농도는 유의적으로 낮아졌지만, 그들은 약한 상관관계를 나타내었다. 한편, LHR와 HTR는 관상동맥질환의 발병의 지표로 이용되는데, 전자는 그 값이 낮을수록, 후자는 그 값이 높을수록 관상동맥질환의 발병의 위험이 높다. 팔 지방 면적은 LHR과는 양의 상관관계를, HTR과는 음의 상관관계를 나타내었으며, 상관관계의 정도는 혈청 지단백의 농도와 유사한 약한 상관관계를 나타내었다. 즉, 체내의 지방량의 지표인 팔 지방 면적의 비율이 높을수록 관상동맥질환의 위험도가 높은 경향을 나타내었다. 팔 지방 면적 이외에도 BMI는 HDL-C 농도와 HTR과는 음의 상관관계를 나타내었고, LHR과는 양의 상관관계를 나타내었다. WHR는 중성지방의 농도와 양의 상관관계를 나타내었고, HTR과는 음의 상관관계를 나타내었다. 이 결과는 팔 지방 면적, BMI와 WHR이 모두 약간의 차이는 있지만 유사점이 있었는데, 그것은 팔지방 면적, BMI와 WHR이 높아질수록 관상동맥질환의 발병의 위험이 높아진다는 것이다.

Table 10에 의하면 체중은 허리둘레, 엉덩이 둘레, TST과 높은 상관관계를 나타내었지만, 체중이 체내의 근육량을 나타내는 팔 근육 면적과는 중간정도의 상관관계를 나타내어서, 체중이 많은 것은 체내의 근육함량의 증가보다는 지방의 증가에 의해서 나타나는 것을 보여주었다. 그런데, 혈청 콜레스테롤의 증가는 체지방의 증가보다는 주로 체근육량에 의해서 영향을 받는 것으로 나타났다. 즉, 젊은 여성의 경우 체지방함량이나 체지방의 분포보다는 체내의 근육양이 높을수록 혈청내 총콜레스테롤과 LDL-C, 중성지방의 함량이 낮았고, 관상 동맥질환의 위험도도 낮아서 체근육량이 관상동맥질환의 위험도를 측정하는데 더 좋은 지표였다. 그러나 Rimm, et al<sup>14)</sup>는 젊은 남성의 경우 체내 지방이 신체의 어느 부위에 분포되어 있는가 보다는 비만도 자체가 관상동맥질환의 위험도를 결정하는데 더 중요한 역할을 한다고 보고하였다. 그러나, 본 연구에서 혈청내 지질의 농도를 결정하는 요인을 찾기 위해서 식이지방

섭취량과 체위가 모두 포함되어 있는 회귀방정식으로 부터 단계적인 후진제거 선택 방법에 의해서 중요한 요인을 찾았다. 이 경우에는 LDL-C 농도는 팔 근육 면적 보다는 WHR과 팔 지방 면적이 LDL-C 농도를 결정하는데 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. WHR과 팔 지방 면적이 높을수록 LDL-C 농도가 높아지고, LHR이 높아지는 경향을 나타내었다. 그러므로, 혈청내의 LDL-C 농도는 체내 지방 함량이 높고, 근육량이 낮을수록 높았다.

2) 식이 지방이 혈청 지질 농도에 미치는 영향

식이내 지방과 혈청 콜레스테롤 농도와 의 상관관계를 살펴보면(Table 11), LHR은 식이지방의 종류에 관계없이 섭취량이 증가하면 LHR이 높아지는 양의 상관관계를 나타내었다. 즉, 지방이나 열량 섭취가 증가하면 관상 동맥 질환의 위험이 증가하는 것으로 나타났다. 포화지방 중에서는 탄소수가 16개인 palmitic acid의 섭취가 증가하면 LHR이 증가하는 것으로 나타

Table 10. Correlation coefficients between anthropometric measurements and serum cholesterol concentrations

|                     | Total cholesterol  | LDL cholesterol     | HDL cholesterol | Triglycerides | HTR <sup>1)</sup> | LHR <sup>2)</sup> | Apo E <sup>3)</sup> |
|---------------------|--------------------|---------------------|-----------------|---------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| Arm muscle area     | -0.1 <sup>4)</sup> | -0.04 <sup>5)</sup> | -0.18           | 0.11          | -0.09             | -0.03             | 0.19                |
| Arm fat area        | 0.27 <sup>6)</sup> | 0.31                | -0.28*          | 0.23          | -0.31*            | 0.28*             | -0.06               |
| Body mass index     | 0.14               | 0.20                | -0.28*          | 0.16          | -0.32*            | 0.27*             | 0.16                |
| Waist hip ratio     | 0.01               | 0.05                | -0.21           | 0.26*         | -0.25*            | 0.19              | 0.14                |
| Apo E <sup>3)</sup> | 0.36**             | 0.35**              | 0.11            | -0.05         | -0.1              | 0.13              | 1.0                 |

1) Ratio of HDL cholesterol and Total cholesterol      2) Ratio of LDL cholesterol and HDL cholesterol  
 3) Indicative variables : apo E3/2, 1 : apo E3/3, 2 : apo E4/3+E4/2, 3 :  
 4) Pearson correlation coefficient  
 5) Without star(\*) : Not significantly different between two variables at  $\alpha=0.05$   
 6) \* : significantly different between two variables,  $p<0.05$

Table 11. Correlation coefficients between dietary intakes and serum cholesterol concentrations

|                     | Total cholesterol    | LDL cholesterol | HDL cholesterol | Triglycerides | HTR <sup>1)</sup> | LHR <sup>2)</sup>  | Apo E <sup>3)</sup> |
|---------------------|----------------------|-----------------|-----------------|---------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| Calories            | 0.11 <sup>4)5)</sup> | 0.17            | -0.18           | 0.06          | -0.19             | 0.23 <sup>6)</sup> | -0.03               |
| Protein             | 0.11                 | 0.20            | -0.22*          | 0.01          | -0.21             | 0.26*              | 0.05                |
| Saturated fat       | 0.05                 | 0.13            | -0.15           | -0.05         | -0.15             | 0.19               | -0.07               |
| Monounsaturated fat | 0.11                 | 0.20            | -0.17           | -0.10         | -0.18             | 0.25*              | -0.03               |
| Polyunsaturated fat | 0.12                 | 0.21            | -0.23*          | -0.02         | -0.24*            | 0.29*              | -0.04               |
| Fiber               | 0.12                 | 0.18            | 0.16            | 0.11          | -0.13             | 0.17               | 0.08                |
| Caprylic acid       | -0.18                | -0.14           | -0.12           | -0.05         | -0.001            | -0.03              | 0.01                |
| Lauric acid         | -0.18                | -0.11           | -0.21*          | 0.01          | -0.08             | 0.03               | -0.11               |
| Myristic acid       | 0.24*                | 0.06            | 0.04            | 0.04          | -0.08             | 0.05               | -0.12               |
| Palmitic acid       | 0.12                 | 0.20            | 0.17            | -0.03         | -0.20             | 0.26*              | -0.02               |
| Stearic acid        | -0.05                | 0.01            | -0.11           | -0.12         | -0.05             | 0.07               | -0.14               |

1) Ratio of HDL cholesterol and Total cholesterol      2) Ratio of LDL cholesterol and HDL cholesterol  
 3) Indicative variables : apo E3/2, 1 : apo E3/3, 2 : apo E4/3+E4/2, 3 :  
 4) Pearson correlation coefficient  
 5) Without star(\*) : Not significantly different between two variables at  $\alpha=0.05$   
 6) \* : significantly different between two variables,  $p<0.05$

**Table 12.** Significant regression coefficients from stepwise multiple regression analysis

| Dependent Var.    | Independent Var. | Calories | MUFA <sup>1)</sup> | PUFA <sup>2)</sup> | 8 : 0+<br>10 : 0 <sup>3)</sup> | Lauric acid | Myristic acid | Stearic acid | WHR <sup>4)</sup> | AFA <sup>5)</sup> | ApoE <sup>6)</sup> | R <sup>2</sup> |
|-------------------|------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------------------|-------------|---------------|--------------|-------------------|-------------------|--------------------|----------------|
| Total cholesterol |                  | 0.12     |                    | -1.7               | -56.7                          |             | 36.2          |              | 123.5             | 2.6               | 27.0               | 0.56           |
| LDL cholesterol   |                  | 0.2      |                    | -1.9               | -29.9                          |             |               | -1.3         | 85.4              | 2.5               | 21.7               | 0.51           |
| HDL cholesterol   |                  |          | -2.2               |                    | -14.2                          | -13.4       |               | 6.1          |                   | -0.3              |                    | 0.41           |
| TG <sup>7)</sup>  |                  | 0.1      | -4.4               |                    | -181.4                         | 45.2        |               | -39.9        | 153.7             | 1.2               | 6.5                | 0.34           |
| HTR <sup>8)</sup> |                  |          |                    |                    |                                | -3.8        |               | 2.1          |                   | -0.4              | -3.2               | 0.40           |
| LHR <sup>9)</sup> |                  | 0.3      | 10.1               | 1.5                |                                |             |               | -5.4         |                   | 6.1               | 34.8               | 0.42           |

1) Monounsaturated fat

3) Caprylic acid and capric acid

5) Arm fat area

6) Indicative variables : apo E3/2, 1 ; apo E3/3, 2 ; apo E4/3+E4/2, 3 ;

7) Triglycerides

8) (Ratio of HDL cholesterol and Total cholesterol) × 100

9) (Ratio of LDL cholesterol and HDL cholesterol) × 100

2) Polyunsaturated fat

4) Waist and hip ratio

났다. 또한 탄수소가 14개인 myristic acid의 섭취와 혈청내 총 콜레스테롤 농도와 양의 상관관계를 나타내었다. 탄수소가 12개인 lauric acid는 혈청내 HDL-C 농도를 감소시켰다. 그러므로 포화지방인 lauric acid, myristic acid, palmitic acid의 섭취는 관상동맥 질환의 위험 인자를 증가시키는 것으로 여겨진다. Hayes에 따르면<sup>53)</sup> 포화지방의 섭취량이 증가하면 혈청내 총 콜레스테롤과 LDL-C의 농도가 증가하고, 식이내 PUFA의 농도가 증가하면 혈청내 총 콜레스테롤과 LDL-C 농도가 감소한다고 하였다<sup>54,55)</sup>. 또한 단일 불포화지방산과 stearic acid는 혈청 내 콜레스테롤 농도에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 한편, 포화지방산 중에서는 myristic acid가 가장 고콜레스테롤혈증을 유발시키고 palmitic acid는 과히 고콜레스테롤혈증을 유발시키지 않는다고 보고하였다<sup>54)</sup>. 하지만 다른 연구에 의하면 건강한 젊은이의 경우 myristic acid보다는 palmitic acid가 더 혈청내 콜레스테롤 농도를 증가시킨다고 하였다<sup>55,56)</sup>. 그러나 우리나라에서는 아직까지 많은 연구가 되어 있지 않다. 조사대상자의 영양소 섭취량과 Apo E phenotype은 무관하였다.

Table 12는 혈청 지질의 농도와 HTR과 LHR의 변동을 설명할 수 있는 변수들을 단계적인 후진제거 선택 방법을 이용한 다중 회귀분석 방법에 의해서 선택하여 각 변수의 회귀계수를 계산하였다. 이 선택된 변수들은 혈청 지질 농도의 변동의 약 34~56%를(R<sup>2</sup>)를 설명하였는데, 각 변수의 회귀 계수는 상관계수보다 식이지방의 섭취, 체위와 유전적인 요인인 Apo E phenotype과 혈청 지질 농도와의 관계를 더 잘 나타내었다. 또한, 이 회귀 방정식을 통해서 혈청 지질 농도는 개인의 지

방과 열량 섭취량, 체위와 Apo E phenotype에 의해서 예측할 수 있다. 혈청내 총 콜레스테롤 농도는 PUFA의 섭취가 높을수록 감소하였고, 열량과 포화지방산 중 palmitic acid의 섭취가 많을수록 혈청내 총콜레스테롤의 농도가 증가하였다. LDL-C 농도는 총 콜레스테롤과 유사한 경향을 나타내었는데 PUFA와 포화지방산 중 stearic acid의 농도가 증가할수록 감소하였다. 혈청내 중성지방의 농도는 lauric acid의 섭취가 증가할수록 증가하였고, stearic acid의 농도가 증가할수록 감소하였다. HDL-C 농도는 lauric acid의 농도가 증가할수록 감소하였고, stearic acid의 양이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었다. 관상동맥질환의 지표인 HTR은 Apo E phenotypes, 팔 지방 면적과 포화지방산인 lauric acid와 stearic acid에 의해서 영향을 받아서 Apo E4/3+E4/2인 경우, lauric acid의 섭취량이 높을수록, stearic acid의 섭취는 낮을수록 HTR 값이 높아졌고, HTR이 높아지는 것은 관상동맥질환이 발생할 위험이 높다는 것을 의미한다. 이러한 회귀분석 결과는 위에서 언급한 상관계수의 결과와 유사하였다.

### 3) 적혈구막 지방산 조성이 혈청 콜레스테롤 농도에 미치는 영향

적혈구막의 지방산 조성이 혈청 콜레스테롤에 미치는 영향은 Table 13에 있다. 혈청 HDL-C 농도와 적혈구막에 stearic acid의 비율은 양의 상관관계를 나타내었다. 결과적으로 적혈구막의 stearic acid의 비율의 증가는 LHR과는 음의 상관관계를, HTR과는 양의 상관관계를 나타내었고, 이것은 적혈구막의 stearic acid의 비율 증가가 관상동맥질환의 위험을 낮추는 것을 의

**Table 13.** Correlation coefficients between serum cholesterol concentrations and fatty acid composition of red blood cell membranes(RBCM)

| Serum Chol.         | RBCM |                    |                      |               |                    |                  |                   |                   |                   |            |                    |                |
|---------------------|------|--------------------|----------------------|---------------|--------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------|--------------------|----------------|
|                     | FA   | Lauric acid        | Myristic acid        | Palmitic acid | Stearic acid       | AA <sup>1)</sup> | EPA <sup>2)</sup> | DPA <sup>3)</sup> | DHA <sup>4)</sup> | Oleic acid | Linoleic acid      | Linolenic acid |
| Total - C           |      | 0.09 <sup>5)</sup> | 0.06                 | -0.015        | -0.01              | -0.14            | -0.07             | 0.12              | 0.08              | 0.02       | 0.06               | -0.04          |
| LDL - C             |      | 0.15               | 0.17                 | 0.06          | -0.14              | -0.12            | -0.16             | 0.01              | 0.06              | -0.05      | 0.17               | -0.03          |
| Total HDL           |      | -0.12              | -0.24 <sup>*6)</sup> | -0.08         | 0.23 <sup>*</sup>  | -0.06            | 0.14              | 0.25 <sup>*</sup> | 0.09              | 0.14       | -0.22              | -0.05          |
| LHR <sup>7)</sup>   |      | 0.11               | 0.30 <sup>**6)</sup> | 0.12          | -0.22 <sup>*</sup> | -0.07            | -0.18             | -0.12             | -0.04             | -0.08      | -0.28 <sup>*</sup> | -0.03          |
| HTR <sup>8)</sup>   |      | -0.14              | -0.27 <sup>*</sup>   | -0.09         | 0.19               | 0.04             | 0.14              | -0.17             | 0.07              | -0.09      | 0.31 <sup>**</sup> | -0.01          |
| Apo E <sup>9)</sup> |      | 0.03               | 0.01                 | 0.10          | 0.08               | 0.06             | -0.12             | -0.01             | -0.08             | 0.03       | 0.1                | 0.03           |

- 1) Arachidonic acid
- 2) Eicosapentaenoic acid
- 3) Docosapentaenoic acid
- 4) Docosahexaenoic acid
- 5) Pearson correlation coefficient
- 6) \* : significantly different between two variables, p<0.05
- \*\* : significantly different between two variables, p<0.01
- 7) Ratio of HDL cholesterol and Total cholesterol
- 8) Ratio of LDL cholesterol and HDL cholesterol
- 9) Indicative variables : apo E3/2, 1 : apo E3/3, 2 : apo E4/3+E4/2, 3

미한다. 그러나 Stearic acid의 섭취량과 적혈구막의 지방산 조성과의 관계를 살펴보면(Table 9), 식이 stearic acid 함량과 적혈구막의 stearic acid의 함유 비율이 유의적인 양의 상관관계를 나타내지는 않았다.

적혈구막의 myristic acid 비율이 높아지면 혈청내 HDL-C 농도가 낮아지고, 이것은 LHR을 증가시키고 HTR을 감소시켜 관상동맥질환의 위험을 증가시키는 것으로 나타났다. 반대로 적혈구막의 linoleic acid의 비율이 높아지면 LHR은 감소하고 HTR은 증가하여서 관상동맥질환의 위험이 감소하는 것으로 나타났다. 이것은 식이 지방의 섭취와 혈청 콜레스테롤 농도와 관련된 관상동맥질환의 발병이 상관 관계를 나타낸다는 여러 보고와 유사한 상호관계를 나타내었다. 그러므로 식이에 따른 혈청내 총 콜레스테롤, LDL-C, HDL-C 농도의 변화는 세포막의 지방산 조성의 변화와 상호관계가 있다는 것을 나타낸다.

### 요약 및 결론

경제성장과 함께 지방의 섭취가 증가하고 있고, 국민 영양조사보고에 의하면 총열량의 약 18%를 지방으로 섭취한다고 하였지만, 일부 계층의 사람들은 국민영양 조사보고에 비해서 지방 섭취량이 현저히 높은 것으로 여겨진다. 연령, 성 또는 사회계층에 따른 차이는 있겠지만, 우리나라 사람들의 식품 섭취 형태가 많이 바뀌어지고 있는데, 첫째로 육류의 섭취의 증가와 둘째 주 식으로부터 영양소를 섭취하는 비율의 점차적인 감소와 간식 섭취의 증가가 그 예이다. 대부분의 간식은 과

자나 라면과 같은 고지방 식품의 섭취가 증가하고 있기 때문에 지방의 섭취가 증가하는 추세에 있다. 본 연구에서 여대생을 대상으로 조사한 지방의 섭취를 살펴보면 지방 섭취량은 약 29%이고 P : S ratio 0.73으로 아직까지 지방 섭취량이 36%이고 P : S ratio가 0.4~0.5인 미국에 비해서 총지방 섭취량과 포화지방의 섭취가 낮다. 그러나 미국에서는 지방의 섭취를 감소하려는 노력이 부단히 이루어지고 있는 반면 우리나라는 아직까지 지방 섭취량에 대해서 문제의식을 가지고 있지 않아서 우리나라의 지방섭취량은 곧 미국과 비슷해질 것으로 예상된다. 그러므로 우리나라 지방의 섭취와 이에 따른 질병에 대해 관심을 기울여야 하겠다.

본 연구의 조사대상자의 Apo E phenotypes을 살펴보면, 대부분이 변형되지 않은 Apo E3/3이 전체 대상자의 약 70%를 차지하였고, 변형이 일어난 경우는 Apo E3/2, Apo E4/3, Apo E4/2의 순으로 높은 비율을 차지하였다. 조사대상자 중에는 Apo E2/2와 E4/4 phenotypes은 없었다.

본 연구의 대상자들의 혈청 콜레스테롤 평균 농도는 약 160mg/dl로 크게 우려할 정도는 아니지만, 전 대상자의 약 12% 정도는 혈청 콜레스테롤 농도가 200mg/dl이상이어서 식사섭취시 지방 섭취에 관심을 가지는 것이 요구된다. 혈청 콜레스테롤 농도는 다양한 요인에 의해서 영향을 받는 크게 유전적 요인과 환경적 요인에 의해서 영향을 받고, 환경적 요인 중에서는 식이지방, 운동량등에 의해 큰 영향을 받는다. 혈청 콜레스테롤 농도가 식이지방에 의해서 어떻게 영향을 받는지는 아직까지 확실히 밝혀지지 않고 있다. 가능한 기전은 식

이지방이 혈청내 LDL-C의 분해를 증가시키는 기전을 촉진시키는 것인데 이것은 식이지방이 지단백과 세포막의 지방산 조성을 변화시키고, 이것이 세포막의 유동성과 지단백에 작용하는 효소나 세포막에 존재하는 다양한 수용체에 영향을 미쳐 혈청내 지단백과 조직 사이에 콜레스테롤이나 지방의 이동에 영향을 미쳐 혈청내 지단백의 조성과 혈청 콜레스테롤이 세포내로의 이동에 영향을 미치는 것으로 여겨진다. 본 연구에서는 식이 지방의 조성이 혈청 콜레스테롤 농도에는 영향을 미쳤지만, 적혈구 막의 지방산 조성에 직접적인 영향을 미치지 않는다고 하였다.

유전적인 요인인 Apo E phenotype 중 Apo E4 형질을 가진 사람은 식이지방 섭취나 비만도에 무관하게 혈청내 총콜레스테롤과 LDL-C 농도가 높은 경향을 나타내었다. 상관계수와 회귀분석을 통한 Apo E phenotype, 식이지방, 비만도와 혈청 콜레스테롤의 농도와의 관계를 종합해 보면, 열량과 myristic acid의 섭취가 높을수록, 혈청내 총 콜레스테롤과 LDL 콜레스테롤의 농도가 높아지고, PUFA와 중쇄지방(medium chain fat)의 섭취가 높을수록 혈청내 콜레스테롤의 농도가 낮아지는 경향을 나타내었다. 또한, 유전적인 요인인 Apo E phenotype에 의해서도 영향을 받아서 Apo E4 형질을 가진 대상자의 혈청내 총 콜레스테롤과 LDL-C 농도가 높은 것으로 나타났다. 체내 보유하고 있는 지방정도를 나타내는 팔 지방 면적과 WHR이 높을수록 혈청내 총 콜레스테롤과 LDL 콜레스테롤 농도가 높아지는 경향을 나타내었다. 그러므로, 혈청내 총 콜레스테롤 농도를 감소시키기 위해서는 총 지방과 포화 지방의 섭취량을 감소시키고, 체내 지방 보유량을 감소시키는 것이 중요하겠다. 특히 Apo E4 형질을 가진 사람은 열량과 식이지방의 과다 섭취를 조심하고, 또한 복부의 체지방이 증가하지 않도록 조심하여 이로 인한 혈청내 총 콜레스테롤과 LDL-C 농도가 증가하는 것을 방지하여야 하겠다.

■ 감사의 글

본 연구의 수행에 연구비를 지원하여 주신 호서대학교에 감사드립니다.

Literature cited

1) Fraser GE. Diet and coronary heart disease : beyond dietary fats and low-density-lipoprotein cholesterol. *Am J Clin Nutr* 59(suppl) : 1117S-1123S, 1994  
 2) Miller NE. Associations of high-density lipoprotein subclasses and apolipoproteins with ischemic heart disease

and coronary atherosclerosis. [Review] 113 : 589-97, 1987  
 3) Wilson PW. Relation of high density lipoprotein subfractions and apolipoprotein E isoforms to coronary disease. *Clin Chem* 41(5) : 165-169, 1995  
 4) Blue ML, Williams DL, Zucker S, Khan SA, Blum C. Apolipoprotein E synthesis in human kidney, adrenal gland and liver. *Proc Natl Acad Sci USA* 80 : 283-287, 1983  
 5) Zannis VI, Cole FS, Jackson CL, Kumit DM, Karathanasis S. Distribution of apolipoprotein A-I, C-II, C-III and E mRNA in fetal human tissues. *Biochemistry* 24 : 4450-4455, 1985  
 6) Zannis VI, McPherson J, Goldberger G, Karathanasis S, Breslow JL. Synthesis, intracellular processing and signal peptide of human apo E. *J Biol Chem* 259 : 5495-5499, 1984  
 7) Rall SC Jr., Weisgraber KH, Mahley RW. Human Apolipoprotein E. The complete amino acid sequence. *J Biol Chem* 257 : 4171-4178, 1984  
 8) Francke U, Brown MS, Goldstein JL. Assignment of the human gene for the low density lipoprotein receptor to chromosome 19 : synthesis of a receptor, a ligand and a genetic disease. *Proc Natl Acad Sci USA* 81 : 2826-2830, 1984  
 9) Mahley RW, Hui DY, Innerarity TL, Weisgraber KH. Two independent lipoprotein receptors on hepatic membranes of dog, swine and man. Apo B/E and apo E receptors. *J Clin Invest* 68 : 1197-1206, 1981  
 10) Ordovas JM, Litwack-Klein L, Wilson PWF, Schaefer MM, Schaefer EJ. Apolipoprotein E isoform phenotyping methodology and population frequency with identification of apo E1 and apo E5 isoforms. *J Lipid Res* 28 : 371-380, 1987  
 11) Weisgraber KH, Mahley RW, Innerarity TL. Abnormal lipoprotein receptor-binding activity of the human apoprotein due to cysteine-arginine interchange at a single site. *J Biol Chem* 257 : 2518-2521, 1982  
 12) 보건 사회부. '93 국민영양조사 보고서, 1995  
 13) 한국 과학 재단. 지방 섭취 양상에 따른 연령별 건강 상태에 관한 동서양의 비교 연구. KOSEF 90-0700-18, 1993  
 14) Rimm EB, Stampfer MJ, et al. Body size and fat distribution as predictors of coronary heart disease among middle-aged and older US men. *Am J Epidemiol* 141 : 1117-1127, 1995  
 15) 조은희 · 김순경. 젊은 성인 남자의 체지방량 및 분포가 성인병 발생 위험 요인에 미치는 영향. *한국영양학회지* 28 : 460-470, 1995  
 16) Lohman TG, Roche AF. Anthropometric standardization reference manual. Champaign, IL. Human Kinetics, 1988  
 17) Heymsfield SB, McManus C. Anthropometric measurement of muscle mass revised equation for calculating

- bone free arm muscle area. *Am J Clin Nutr* 36 : 680-690, 1982
- 18) 정진욱 · 이성국 등. 체지방량 추정을 위한 초음파피지후계와 caliper의 비교. *한국영양학회지* 28 : 282-290, 1995
  - 19) USDA. Composition of foods. Agricultural Handbook, Science and Education Administration, 1979
  - 20) 농촌진흥청. 식품 성분표(4차 개정판), 1991
  - 21) 박선민. 한국과 미국의 식품 섭취조사 방법 및 지방 섭취량의 비교. *한국영양학회지* 29 : 1121-1132, 1996
  - 22) Sallis JF, Haskell W, Wood P. physical activity assessment methodology in the Five-City Project. *Am J Epidemiol* 121 : 9-106, 1985
  - 23) Bucolo G, David H. Quantitative determination of serum triglycerides by the use of enzymes. *Clin Chem* 20 : 470-475, 1973
  - 24) Allain CC, Poon LS. Enzymatic determination of total serum cholesterol. *Clin Chem* 20:470-475, 1974
  - 25) Warnick GR, Benderson J, Albers JJ. Dextran sulfate-Mg<sup>2+</sup> precipitation procedure for quantitation of high density lipoprotein cholesterol. *Clin Chem* 28 : 1379-1388, 1982
  - 26) Friedewald WT, Levy P, Wood RI, Fredrickson DS. Estimation of the concentration of low density lipoprotein cholesterol in plasma without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18 : 499-502, 1972
  - 27) Moore RB, Brummitt ML, Mankad VN. Hydroperoxides selectively inhibit human erythrocyte membrane enzyme. *Arch Biochem Biophys* 2733 : 527, 1989
  - 28) Folch, JM, Lee GH, Stanley S. Lipid extraction. *J Biol Chem* 226 : 497, 1957
  - 29) Sukhija PS, Palmquist DL. Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. *J Agricult Food Chem* 36 : 1202-1206, 1988
  - 30) Lee MS. Apolipoprotein E2 & E4 alleles influence on the distribution of the human plasma lipid profiles in normolipidemic Korean women. *Korean J Nutrition* 29 : 642-650, 1996
  - 31) Wang K. Studies apo E genetic isoforms and their phenotypes among the chinese populations. *Acta Acad Med Science* 8 : 198, 1986
  - 32) Eto M. Reciprocal effects of apo E alleles(e2 & e4) on plasma lipid levels in normolipidemic subjects. *Clin Genet* 29 : 477-484, 1986
  - 33) Cumming AM. Polymorphism at the apo E locus in relation to risk of coronary disease. *Clin Genet* 25 : 310-313, 1984
  - 34) Lee RD, Nieman DC. Nutritional assessment(2nd). WCB. Brown & Benchmark, pp.128-140, 1995
  - 35) Pouliot MC, Despres JP, Moorjani S, Lupien PJ, Tremblay A, Bouchard C. Apolipoprotein E polymorphism alters the association between body fatness and plasma lipoproteins in women. *Journal of Lipid Research* 31 : 1023-1029, 1990
  - 36) 한국영양학회. 한국인영양권장량, 6차 개정판, 1995
  - 37) 오세영 · 이해영 · 백희영. 식이 섭취조사 방법과 조사일수에 따른 한국 젊은 여성의 영양소 섭취수준의 비교. *한국영양학회지* 29 : 1021-1027, 1996
  - 38) 장남수. 바람직한 지방산 섭취형태. *한국영양학회지* 26 : 486-503, 1993
  - 39) 이양자. 바람직한 지방산 섭취. 대한영양사회학술 세미나 1993
  - 40) 이해양 · 김숙희. 연령 증가에 따른 한국 성인의 영양 섭취 상태가 지방대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 27 : 46-52, 1994
  - 41) AM Stephen and NJ Wald. Trends in individual consumption of dietary fat in the United States. 1920-1984. *Am J Clin Nutr* 52 : 457-464, 1990
  - 42) 홍순명 · 백금주 등. 여대생의 영양 섭취상태 및 혈액 성상에 관한 연구 - 제 1 보 혈청 지질 성분을 중심으로 -. *한국영양학회지* 26 : 338-346, 1993
  - 43) 허영란 · 임현숙. 지방 섭취 증가가 일부 젊은 여성의 혈장 지단백 조성에 미치는 영향. *한국영양학회지* 28 : 697-705, 1995
  - 44) 김미정 · 임현숙. 일부 젊은 여성의 지질 섭취와 혈장 지단백 및 지방산 조성에 관한 연구. *한국영양학회지* 28 : 595-601, 1995
  - 45) Report of the National Cholesterol Education Program the expert panel on detection, evaluation and treatment of high blood cholesterol in adults. *Arch Intern Med* 148 : 36-39, 1988
  - 46) Ellefson RD, Palumbo PJ. Mayo Clinic Reference Values. Plus Personal Communications, 1977 In : Pemberton CM, Moxness KE, et al. Diet Manual 6th ed. BC Decker Inc., pp.82-83, 1988
  - 47) Muros M, Rodriguez-Ferrer Carmen. Apolipoprotein E polymorphism influence on lipids, apolipoproteins and Lp(a) in a Spanish population underexpressing apo E4. *Atherosclerosis* 121 : 13-21, 1996
  - 48) Wilson PW. Relation of high density lipoprotein subfractions and apolipoprotein E isoforms to coronary disease. *Clin Chem* 41 : 165-169, 1995
  - 49) Kataoka S, Robbins DC, Cowan LD, Go, Cowan, Yeh JL, Devereux RB, Fabsitz RR, Lee ET, Welty TK, Howard BV. Apolipoprotein E polymorphism in American Indians and its relation to plasma lipoproteins and diabetes. The strong heart study. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 16 : 918-925, 1996
  - 50) 김양희 · 백희영. 한국 일부 여대생의 식이 지방산과 혈장 지질 및 혈장 및 적혈구 지방산 조성과의 관계. *한국영양학회지* 27 : 109-117, 1994

- 51) Sarkkinen ES, Agren JJ, Ahola I, Ovaskainen ML, Uusitupa MJ. Fatty acid composition of serum cholesterol esters, and erythrocyte and platelet membranes as indicators of long-term adherence to fat modified diets. *Am J Clin Nutr* 59 : 364-70, 1994
- 52) Proscio, D, Filippini M, Francalanci I, Paniccia, R, Gensini GF, Abbate R, Castone G, Seneri N. Effect of n-3 polyunsaturated fatty acid intake on phospholipid fatty acid composition in plasma and erythrocytes. *Am J Clin Nutr* 63 : 9225-32, 1996
- 53) Hayes KC, Khosla P. Dietary fatty acid thresholds and cholesterolemia. *FASEB J* 6 : 2600-2607, 1992
- 54) Park S, Snook JT. Does a diet high in corn oil lower LDL cholesterol levels in women via an effect on LDL receptor activity.? *J Nutr Biochem* 6 : 88, 1995
- 55) Park S, Snook JT, et al. Relative effects of saturated fatty acids high in meat, dairy products, and tropical oils on serum lipoproteins and LDL degradation by mononuclear cells in healthy males. *Metabolism* 45 : 550-558, 1996
- 56) Snook JS, Park S. Do individual saturated fatty acids have different effects on metabolism of serum lipoproteins? *Metabolism*(submitted)