

식이지방의 종류와 Guar Gum의 첨가가 난소절제한 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향*

안혜선 · 권자령 · 이상선

한양대학교 식품영양학과

Effect of Dietary Lipids and Guar Gum on Lipid Metabolism in Ovariectomized Rats

Ahn, Hae Sun · Kwon, Ja Ryong · Lee, Sang Sun

Department of Food and Nutrition, Hanyang University, Seoul, Korea

ABSTRACT

This study examined the effect of dietary lipids and guar gum on lipid metabolism in ovariectomized rats. The experimental animals received ovariectomy(OVX). Lipids sources were divided into 3 groups(soybean oil(SB), beef tallow(BT) and fish oil(FO)) and guar gum was supplemented to each lipid diet(SBG, BTG, FOG). Experimental diets were fed to therats for 16 weeks. Serum triglyceride(TG) levels were higher in the BT group and lower in the FO group as compared to the SB group. Serum total cholesterol(TC) and HDL-C levels were lower in the FO group as compared to the SB group. Serum LDL-C and phospholipid levels were lower in the FO group as compared to the SB group. Serum lipids levels were lowered by guar gum supplement. Serum SFA(saturated fatty acids) contents were not significantly influenced by dietary lipids and guar gum. Serum MUFA(monounsaturated fatty acids) contents were the lowest in the SB group. Serum PUFA was the highest in the SB group. Serum PUFA/SFA was the highest in SB group. Fecal weight was highest in the beef tallow group and lowest in the fish oil group. Fecal weight was increased by guar gum supplement in all lipid groups. Total bile acid content in feces was increased by guar gum supplement in the soybean oil and beef tallow groups. The endothelial cells of the beef tallow group changed from a flat shape to distorted round and enlarged shapes. The subendothelial layer was the thickest in the beef tallow group ; the interspace between elastic lamina was widened and elastic lamina was straightened and partly disrupted. The fish oil group showed more prominent endothelial cells and sub-endothelial layer. Internal elastic membrane and elastic lamina exhibited regularly wavy shapes. Guar gum supplement showed positive effects in all lipids groups. Based on the above results, it is suggested that beef tallow increased serum TG levels and injured the wall of the aorta. On the other hand, fish oil, which decreased serum lipid levels, has a positive effect on the walls of the aorta. Guar gum protects the aorta from injury by reducing the serum lipid levels. Therefore, it is suggested that soybean oil and beef tallow consumed with guar gum is beneficial. (*Korean J Nutrition* 30(10) : 1123~1131, 1997)

KEY WORDS : ovariectomy · dietary lipids · guar gum · lipid metabolism.

채택일 : 1997년 11월 8일

*본 연구는 1996년도 한국학술진흥재단의 자유공모과제 연구비에 의해 수행되었음.

서 론

최근 현대의학의 발달로 인해 인간의 평균수명은 점차 증가되고 있는 추세에 있다. 그러므로 노인의 복지와 건강을 위한 실버산업에 많은 투자들이 이루어지고 학문적으로는 건강한 노년기를 위한 노인분야의 연구들이 다각도로 행해지고 있다. 그중에서도 특히 여성은 보통 50대에 폐경이 되어 인생의 1/3을 폐경상태에서 보내게 되므로 이 시기의 삶의 질을 보다 향상시키기 위한 노력들이 이루어지고 있다.

폐경과 심혈관계질환의 관계에 있어서는 폐경이나 난소절제시 estrogen이 감소됨과 동시에 HDL-C 및 apolipoprotein A-I이 감소되고 LDL-C(low density lipoprotein cholesterol)은 증가하여 심혈관계질환의 발병위험률이 증가한다¹²⁾. 폐경시의 혈액지질수준을 조사한 연구에 있어서도 TC(total cholesterol), LDL-C수준은 남성보다 유의적으로 높아 폐경후부터는 여성이 남성보다 심혈관계질환 발병위험에 더 크게 노출됨을 보였다¹³⁾. 심혈관계의 대표적 질환인 동맥경화증에 영향을 미치는 인자로는 고지방혈증, 고혈압, 당뇨병, 흡연, 비만, 연령, 유전 및 성별 등이 있으며 특히 혈중 콜레스테롤치가 가장 중요한 요인으로 작용한다고 알려져 있다. 또한 식이내 지방의 총량과 종류 역시 체내 지질농도를 좌우하는 중요한 요인으로 섭취하는 지방질의 양 못지 않게 그 질적 균형이 강조되어 P/M/S의 비율이 약 1:1:1로 그 비율이 모두 적절해야 함이 제시되고 있다¹⁴⁾. 식이지방의 혈청지질효과에 대한 연구로는 식이 콜레스테롤과 포화지방산이 혈중 콜레스테롤을 상승시키나 식이내의 불포화지방산 함량이 증가되면 혈청콜레스테롤, 중성지방농도가 현저하게 감소한다고 하였다¹⁵⁾. 특히 n-3계인 DHA(docosahexaenoic acid)와 EPA(eicosapentaenoic acid)는 n-6계에 비해 혈청 콜레스테롤치를 더욱 효과적으로 감소시켜 심혈관계 예방효과가 높은 것으로 보고 되었다¹⁶⁾. 식이섬유질은 지질의 흡수를 방해함으로써 지질대사에 영향을 미치는데 식이섬유질 중에서도 수용성 식이 섬유질인 guar gum을 6주일 동안 매일 15g씩 섭취하였을 때 혈청 콜레스테롤은 15%, LDL-C은 21%가 낮아졌다는 보고가 있고¹⁷⁾, 비만인 남자와 여자에 있어서 매일 guar gum을 15g씩 섭취하였을 때 혈청 콜레스테롤과 LDL-C의 수준은 각각 17%, 27%가 감소되었다는 연구보고¹⁸⁾가 있다. 그러므로 수용성 섬유질은 심혈관계질환의 위험, 특히 동맥경화증에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.

따라서 본 연구는 난소절제시 호르몬 부족으로 인한

심혈관계질환의 위험에 있어서 식이지방의 종류와 식이 섬유질인 guar gum이 지질대사에 어떠한 작용을 할 수 있는지 알아보려고 계획 되었다. 난소절제제의 실험 동물모델인 흰쥐를 대상으로 식이지방의 종류를 콩기름, 쇠기름, 어유군으로 분류하고 여기에 식이섬유질인 guar gum을 첨가하여 혈액의 지질수준 및 지방산 조성, 변내의 담즙산 농도, 대동맥의 형태학적인 변화를 검토하였다. 그래서 젊은 여성들이 폐경을 대비하고 갱년기 클리닉에 관심이 높은 폐경여성들이 식이조절을 통해 좀더 효율적인 건강관리를 하는데 도움을 줄 수 있는 기초적인 자료를 마련코자 한다.

실험재료 및 방법

1. 실험설계와 식이

실험동물은 약 100g 정도되는 Sprague-Dawley계 암컷 흰쥐 48마리를 약 1개월간 고행사료로 사육하여 평균 체중이 270 ± 10 g이 되었을 때 난교법으로 실험군 별로 8마리씩 배분하고 난소절제를 하여 16주간 사육하였다. 실험군은 콩기름군, 쇠기름군, 어유군의 3군으로 나누고 각군에 guar gum을 보충하여 콩기름 + guar gum군, 쇠기름 + guar gum군, 어유 + guar gum군의 총 6군으로 나누어 식이를 공급하였다. 실험기간 동안 물과 식이는 자유로이 공급하였다.

실험동물의 수술은 12시간 동안 절식을 시킨 다음 ethyl ether로 마취 후 실시하였다. 먼저 골반 상단의 등쪽표피 한곳을 절개한 후 난소가 위치한 양쪽 측부의 근육층을 절개하였다. 지방조직에 둘러싸인 양측의 난소를 찾아 절제한 후 표피층만을 봉합하였다. 수술후 감염을 막기 위해 penbrex(영진약품)를 체중 kg당 20mg 수준으로 음료수에 희석하여 투여하였고 체표면의 수술부위는 약 2주 동안 베타딘으로 소독해 주었다.

실험동물의 식이는 AIN-76을 참고로 Table 1과 같이 조제하였다. 지방량은 현재 한국영양학회에서 총 열량의 20%를 권장하고 있으나 서울지역 일부 중학생의 성장발육 및 영양상태에 관한 연구¹⁹⁾에서 남녀 중학생의 지방섭취량이 총열량의 24~26%에 달하였고, estrogen이 관상심장질환 위험에 미치는 영향에 대한 연구¹¹⁾에서 폐경여성, 폐경이전의 여성, 경구피임약 복용 여성의 지방섭취량은 각각 총 열량의 26.6%, 27%, 24.2%로 보고되었다. 그리고 남자 대학생의 혈청지방산조성에 관한 연구²⁰⁾에서 지방의 실험식이조성을 총 열량의 30%로 하였으며, 식이가 고지혈증 흰쥐의 심혈관계에 미치는 영향²¹⁾에서 지방의 실험식이 조성을 총 열량의 30%로 하였다. 또한 서구문화 식생활의 영향으로

Table 1. Composition of experimental diets

	(g/kg)					
	SB	BT	FO	SBG	BTG	FOG
Corn starch	470	470	470	400	400	400
Sucrose	150	150	150	150	150	150
Casein	150	150	150	150	150	150
Methionine	3	3	3	3	3	3
Choline chloride	2	2	2	2	2	2
Beef tallow	50	150	50	50	150	50
Soybean oil	100			100		
Fish oil			100			100
Mineral mixture	35	35	35	35	35	35
Vitamin mixture	10	10	10	10	10	10
α -Cellulose	30	30	30	30	30	30
Guar gum				70	70	70

1) Calorie content : SB, BT, FO = 4.43kcal/g diet

SBG, BTG, FOG = 4.15kcal/g diet

2) SB : soybean oil group, BT : beef tallow group, FO : fish oil group,

SBG : soybean oil + guar gum group, BTG : beef tallow + guar gum group,

FOG : fish oil + guar gum group

지방의 섭취량이 점차 증가하고 있는 바 지방량을 구미 여러나라에서 정하고 있는 총열량의 30%(식이무게의 약 15%)로 하였다. 콩기름은 동방유량, 쇠기름은 오뚜기 주식회사, 어유는 고탐 바이오 주식회사 제품을 사용하였다. 섬유질의 급원으로는 α -cellulose(Sigma Co.)와 guar gum(Sigma Co.)을 사용하였으며 모든 식이군에 산화방지를 위해 α -tocopherol(Sigma Co.)을 첨가하였다.

2. 실험방법

실험동물은 16주일간의 실험기간 종료전 12시간 절식시켜 회생시켰다. 혈액은 채취하여 원심분리 한 후 냉동보관 하였다. 대동맥은 심장뒤의 대동맥을 약 1cm가량 적출하여 10% neutral buffered formaldehyde 용액에 고정시켜 놓았다. 변은 실험종료 1주전에 수거하여 무게를 측정 한 다음 냉동보관 하였다.

혈청내 total cholesterol(TC), triglyceride(TG) 및 high density lipoprotein cholesterol(HDL-C)의 농도는 kit(영동제약)를 사용하여 각각 505nm, 500nm, 555nm의 흡광도로, 인지질은 kit(Wako)를 사용하여 505nm의 흡광도로 측정하였으며(spectrophotometer : Milton Roy) low density lipoprotein cholesterol(LDL-C)은 실험을 통해 얻은 혈청지질의 값들을 이용하여 계산하였다¹⁴⁾. 혈청내 지방산조성 분석을 위한 전처리방법은 Fletcher¹⁵⁾과 Lepage와 Roy¹⁶⁾의 방법을 변형하여 gas chromatography(GC)로 분석하였다. 지방산의 동정은 표준지방산(Sigma Co.)을 사용하여 각 지방산의 retention time으로 확인하였으며 각 지방산은 상대적 중량 %로 표시하였다. 변은 Miettinen¹⁷⁾의

방법으로 추출한 bile acid fraction을 담즙산 측정용 효소시약(극동제약, 동경)을 사용하여 540nm에서 흡광도를 측정 하였다. 고정된 흉부대동맥은 조직을 수세, 탈수 및 청명과정을 거친후 paraffin에 format하여 6 μ m께의 조직절편을 제작하고 hematoxylin-eosin염색과 Verhoeff van Gieson 염색¹⁸⁾을 시행하여 광학현미경(Olympus, BH-2, Japan)으로 각각 대동맥 내막의 내피세포와 내피하층에서 일어나는 조직변화 그리고 중막내 탄성섬유관의 형태적 변화를 관찰하였다.

3. 통계 분석

본 실험의 결과들은 SPSS(Statistical Package for Social Science)에 있는 Tukey's multiple comparison test를 이용하여 $\alpha = 0.05$ 수준에서 각 실험군의 유의적인 차이를 검증하였다. 그리고 식이지방의 종류와 guar gum의 첨가에 따른 효과는 2-way ANOVA로 분석하였다. 그리고 식이섭취량과 상관관계가 높은 변수들은 식이섭취량을 covariate로 하여 분석한 후 $\alpha = 0.05$ 수준에서 유의적인 차이가 있는 것은 ANACOVA 분석을 하여 식이섭취량에 의한 영향을 보정해 주었다.

실험결과 및 고찰

1. 혈청지질 농도

각 실험군의 TG, TC, HDL-C, LDL-C, 인지질 농도는 Table 2와 같이 식이지방의 종류에 따라서는 전체적으로 유의적인 차이를 보였다. TG는 콩기름군에 비해 쇠기름군은 높은 경향을 보였고 어유군은 낮은 것으로 나타났다. TC와 HDL-C는 콩기름군에 비해 어유

Table 2. TG, TC, HDL-C, LDL-C, phospholipid concentrations in serum

Group	TG (mg/dL)	TC (mg/dL)	HDL-C (mg/dL)	LDL-C (mg/dL)	Phospholipid (mg/dL)
SB	57.69 ± 6.20 ^{1)bc2)}	132.00 ± 12.28 ^{ab}	89.96 ± 15.73 ^a	47.90 ± 9.69 ^{ab}	246.69 ± 19.30 ^a
BT	85.06 ± 11.94 ^a	145.23 ± 11.29 ^a	87.06 ± 14.87 ^a	57.70 ± 9.66 ^a	266.03 ± 13.30 ^a
FO	31.73 ± 2.33 ^c	68.61 ± 4.11 ^{cd}	34.54 ± 4.81 ^b	38.94 ± 10.30 ^{ab}	117.86 ± 6.05 ^c
SBG	23.82 ± 1.81 ^c	94.99 ± 11.10 ^{bc}	63.72 ± 8.39 ^{ab}	24.37 ± 11.51 ^{ab}	176.95 ± 12.08 ^b
BTG	29.37 ± 1.76 ^c	93.98 ± 8.35 ^{bc}	53.23 ± 15.32 ^{ab}	34.88 ± 7.36 ^{ab}	191.44 ± 8.23 ^b
FOG	17.54 ± 2.19 ^c	52.20 ± 5.37 ^d	31.84 ± 5.04 ^b	16.85 ± 2.21 ^b	115.18 ± 8.22 ^c
SF ³⁾	L, F	L, F	L	L	L, F

- 1) Mean ± S.E.
- 2) Values with different superscript are significantly different at α = 0.05 level by Tukey's multiple range test
- 3) Statistical significance was calculated at α = 0.05 level by ANACOVA
L : Main effect of dietary lipid F : Main effect of dietary fiber

Table 3. Fatty acid composition in serum

Group	SFA	MUFA	PUFA	PUFA/SFA
SB	44.09 ± 0.51 ^{1)bc2)}	9.45 ± 0.54 ^c	47.67 ± 0.63 ^a	1.08 ± 0.02 ^a
BT	41.60 ± 1.78 ^c	24.21 ± 1.92 ^a	34.20 ± 0.88 ^{bc}	0.84 ± 0.05 ^{bc}
FO	50.55 ± 0.81 ^a	18.13 ± 0.84 ^b	31.33 ± 0.84 ^c	0.62 ± 0.02 ^d
SBG	44.58 ± 0.38 ^{abc}	10.22 ± 0.70 ^c	46.39 ± 0.70 ^a	1.04 ± 0.03 ^{ab}
BTG	40.68 ± 2.88 ^c	19.25 ± 1.61 ^b	35.91 ± 1.36 ^{bc}	0.83 ± 0.03 ^{bcd}
FOG	49.40 ± 0.46 ^{ab}	15.23 ± 0.51 ^b	38.65 ± 4.10 ^b	0.79 ± 0.09 ^{cd}
SF ³⁾	NS	L	L	L

- 1) Mean ± S.E.
- 2) Values with different superscript are significantly different at α = 0.05 level by Tukey's multiple range test
- 3) Statistical significance was calculated at α = 0.05 level by 2 way ANOVA
NS : not significant L : Main effect of dietary lipids F : Main effect of dietary fiber

군이 낮은 경향을 보였고 쇠기름군은 차이를 보이지 않았다. LDL-C와 인지질의 경우에 있어서는 콩기름군에 비해 쇠기름군은 차이가 없었으나 어유군은 낮은 것으로 나타났다.

Guar gum의 첨가에 따라서는 TG, TC 및 인지질의 농도에 유의적인 차이를 보여 guar gum을 첨가하지 않은 군들에 비해 첨가한 군들이 낮아졌는데 이는 식이 섬유질의 혈청지질 감소효과로 특히 수용성 식이섬유질은 일반적으로 hypocholesterolemic 효과를 갖는 동시에 hypercholesterolemic인 환자에서 LDL-C를 감소시켜 준다는 Zavoral 등¹⁹⁾의 연구와 비슷한 경향을 보였다. 또한 estrogen 농도와와의 관련성에 있어서 estrogen은 HDL-C를 높여주는 것으로 알려져 있는데²⁰⁾ 본 연구의 HDL-C에 있어서 guar gum을 첨가한 군들이 첨가하지 않은 군들에 비해 더 낮은 경향을 보인 것은 식이섬유질 효과 외에 estrogen과 관련해서 해석할 수 있으리라 본다. 즉 매일의 식이섬유질 섭취량의 2배로 wheat bran을 일상식이에 보충했을 때 혈장 estrogen 농도의 유의적인 감소를 보고한 Rose 등²¹⁾의 연구결과를 볼 때 난소절제 후에도 미량이나마 생성되는 estrogen이 guar gum의 섭취에 의해 그 농도가 감소되어 혈청지질에 영향을 미쳤을 것으로 사료된다.

2. 혈청 지방산 조성

각 실험군의 혈청 지방산조성은 Table 3과 같다. 식이 지방의 종류에 따라서는 saturated fatty acid(SFA)를 제외하고는 전체적으로 유의적인 차이를 나타냈다. Monounsaturated fatty acid(MUFA)에서 콩기름군에 비해 쇠기름군, 어유군은 유의적으로 높았으며 polyunsaturated fatty acid(PUFA)와 PUFA/SFA는 콩기름군에 비해 쇠기름군과 어유군이 유의적으로 낮았다.

Guar gum의 첨가에 따라서는 콩기름군의 SFA가 다른 두군과 유의적인 차이가 없었고 MUFA는 콩기름군이 쇠기름, 어유군보다 유의적으로 낮았다. PUFA는 콩기름군이 다른 두군보다 유의적으로 높았으며 PUFA/SFA는 콩기름군에 비해 어유군이 유의적으로 낮은 것을 알 수 있다. 전체적인 결과를 볼 때 혈청 지방산은 Kirkeby 등²²⁾의 연구와 같이 식이지방산의 조성을 부분적으로 반영하는 것으로 보인다.

3. 변의 중량 및 총 담즙산 농도

각 실험군의 변의 습중량, 건중량 및 총 담즙산 농도는 Table 4와 같다. 총 담즙산 농도는 식이지방의 종류에 따라 유의적인 차이를 보였으나 일관성 있는 경향을 보이지는 않았다. Guar gum의 첨가는 변의 습중량, 건

Table 4. Weight and total bile acids in feces

Group	Wet weight (g/day)	Dry weight (g/day)	Total bile acids (umol/g)
SB	2.87 ± 0.21 ^{1(b2)}	2.45 ± 0.17 ^{ab}	12.85 ± 1.29 ^c
BT	3.38 ± 0.20 ^{ab}	2.90 ± 0.12 ^{ab}	9.65 ± 0.89 ^c
FO	2.73 ± 0.57 ^b	1.98 ± 0.41 ^b	19.48 ± 5.88 ^{bc}
SBG	4.14 ± 0.21 ^a	3.31 ± 0.17 ^a	33.19 ± 5.86 ^{ab}
BTG	4.17 ± 0.54 ^a	3.50 ± 0.42 ^a	45.24 ± 3.19 ^a
FOG	3.83 ± 0.47 ^{ab}	2.88 ± 0.27 ^{ab}	16.33 ± 2.40 ^c
SF ³⁾	F	L, F	L, F

1) Mean ± S.E.

2) Values with different superscript are significantly different at α = 0.05 level by Tukey's multiple range test

3) Statistical significance was calculated at α = 0.05 level by 2-way ANOVA

L : Main effect of dietary lipids

F : Main effect of dietary fiber

중량 및 총 담즙산 농도에 유의적인 차이를 보였다. 변의 습중량과 건중량에서 guar gum을 첨가하지 않은 군에 비해 첨가한 군들의 변 중량은 쇠기름군, 콩기름군, 어유군 모두 높은 경향을 보였다. 이는 고섬유질 식이가 변의 배설량을 높인다는 배변량에 대한 식이섬유질의 효과²³⁾로 설명할 수 있다. 변의 총 담즙산 농도에서도 guar gum을 첨가하지 않은 군에 비해 콩기름군, 쇠기름군의 첨가한 군들이 유의적으로 높았는데 이는 섬유질이 장내 통과시간을 짧게해 담즙의 장간순환을 감소시켜 변으로의 담즙배설을 높인다는 기전²⁴⁾에 의한 것으로 보인다. 또한 담즙산의 생체내 콜레스테롤 제거 효과²⁵⁾로 저콜레스테롤증을 유도한다는 측면에서 볼 때 앞에서 제시한 Table 2의 총 콜레스테롤 수치에서 guar gum을 첨가한 군들이 첨가하지 않은 군들에 비해 콜레스테롤 수치가 낮은 것은 guar gum의 섭취로 식이섬유질이 식이지방과 결합하여 담즙산으로의 변배설량을 높여 혈청지질에서는 guar gum을 첨가한 군들이 낮은 것을 알 수 있다. 그러나 어유군에 있어서는 guar gum의 첨가에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다.

4. 대동맥의 형태학적 변화

1) Hematoxylin-Eosin 염색소견

각 실험군의 대동맥의 형태학적 변화는 식이지방의 종류와 guar gum 첨가에 따른 조직적인 차이를 발견할 수 있었다. 식이지방의 종류에 따라서는 콩기름군(Fig. 1)에서 편평한 내피세포와 함께 다소 둥근모양의 내피세포가 관찰되었고 내피하층이 관찰되었다. 중막내 탄성섬유판은 물결모양의 굴곡을 보였으나 분절된 곳이 있었다. 이에 비해 쇠기름군(Fig. 2)에서는 둥근모양의 내피세포가 보이며 내피하층이 두꺼워졌고 내탄성막도 분절된 것이 관찰되었다. 중막내 탄성섬유판은 거의 직선상으로 분절된 곳이 보이며 탄성섬유판의 간격이 많이 넓어진 양상을 나타내어 콩기름군 보다 손

상된 것을 알 수 있었다. 콩기름군에 비해 어유군(Fig. 3)은 편평한 내피세포가 단층으로 내탄성막에 부착되어 있었고 내탄성막 및 중막내 탄성섬유판은 굴곡을 이루며 탄성섬유판의 간격이 좁아진 것으로 관찰되었다. 즉 콩기름군에 비해 쇠기름군은 내피세포, 탄성섬유판이 손상된 반면 어유군은 더 양호한 상태를 보여 주었다. Strwart-Phillips등²⁶⁾은 C57BL/6J 생쥐 10마리에게 35주간 포화지방과 콜레스테롤이 풍부한 식이를 공급하였을때 대동맥판막 주변에 동맥경화 소견이 현저해지고 내피세포가 부분적으로 파괴되면서 지방소적 및 대식세포들이 관찰되었다고 보고하였고, Leaf와 Weber²⁷⁾는 어유의 EPA가 혈관수축의 활성이 약한 TXA₃ (thromboxane A₃)를 합성하고 혈관을 확장시키는 PGI₃ (prostaglandin I₃), PGD₃을 과량 생성하여 심혈관계 질환에 대한 보호작용을 한다고 하였으며, Dicorleto와 Fox²⁸⁾는 Max EPA 섭취시 platelet derived growth factor-like protein에 의해 내피세포의 생성이 억제된다고 한바 본 실험의 결과는 이들 연구와 마찬가지로 어유의 공급이 심혈관계에 좋은 역할을 한다는 측면에서 부합된다.

Guar gum의 첨가에 따라서도 각군간에 조직적인 차이를 보여 sham군에 비해 난소절제로 손상된 조직이 guar gum을 첨가 함으로써 어느정도 회복되는 것을 관찰할 수 있었다. 콩기름 + guar gum군(Fig. 4)은 콩기름군(Fig. 1)에 비해 내피세포가 편평한 모양을 하고 내탄성막에 부착되어 있으며 중막내 탄성섬유판이 일정한 간격을 이루고 있는 것을 볼 수 있다. 쇠기름 + guar gum군(Fig. 5)은 쇠기름군(Fig. 2)에 비해 내피하층이 얇아지고 중막내 탄성섬유판의 간격이 많이 좁아지는 것을 관찰할 수 있었다. 어유 + guar gum군(Fig. 6)은 어유군(Fig. 3)의 둥근 내피세포에 비해 편평한 모양의 내피세포가 관찰되며 중막내 탄성섬유판이 물결모양의 파형을 이루고 있는 것을 관찰할 수 있었다.

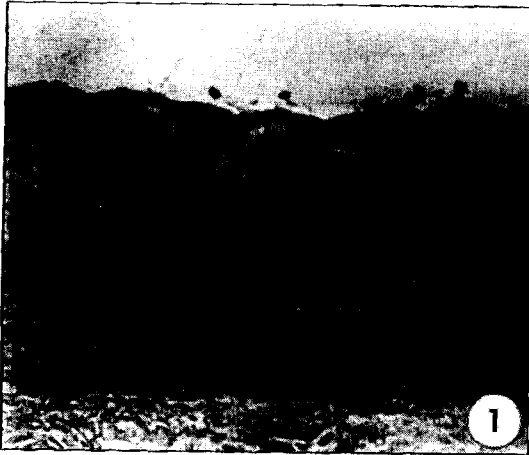


Fig. 1. Aorta of SB group. The rounded endothelial cells (▼) and the thickened sub-endothelial layer are seen in tunica intima. The elastic lamina is straightened and branched (↑)(H-E stain, ×400).

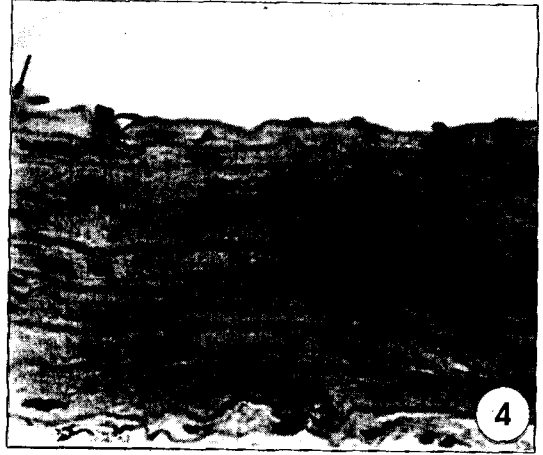


Fig. 4. Aorta of SBG group. The endothelial cell is flattened but subendothelial layer is partly thick (↑)(H-E stain, ×400).



Fig. 2. Aorta of BT group. The endothelial cells (▼) are large and the subendothelial layer is thick. The elastic lamina is disrupted, straightened and branched (↑)(H-E stain, ×400).

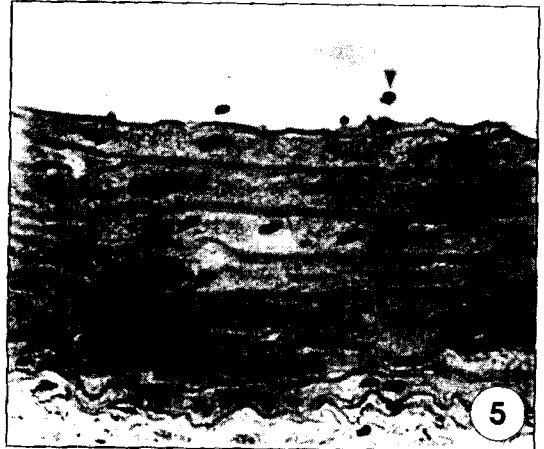


Fig. 5. Aorta of BTG group. The rounded endothelial cell (▼) is seen tunica intima. The elastic lamina is branched. Interspaces between elastic lamina is widened (H-E stain, ×400).

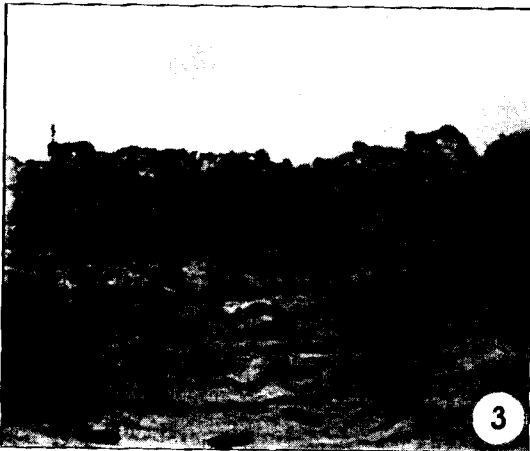


Fig. 3. Aorta of FO group. The flattened endothelial cell is observed in tunica intima. The internal elastic membrane and elastic lamina are revealed wavy shape but elastic lamina is disrupted (↑)(H-E stain, ×400).

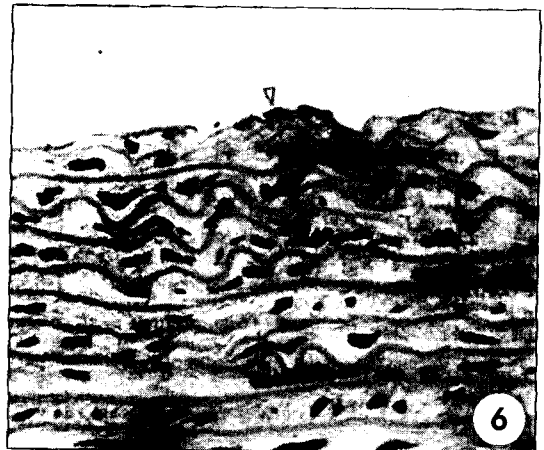


Fig. 6. Aorta of FOG group. The flattened endothelial cells (▼) and narrow sub-endothelial layer is seen in tunica intima. The wavy pattern of elastic lamina is regular (H-E stain, ×400).

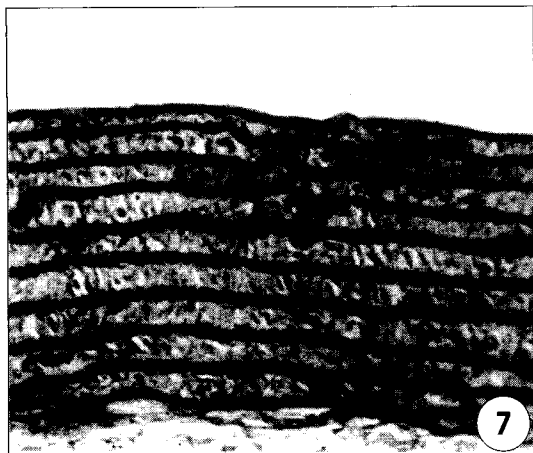


Fig. 7. Aorta of SB group. The internal elastic membrane and elastic lamina are straighted(Verhoeff van Gieson stain, $\times 400$).

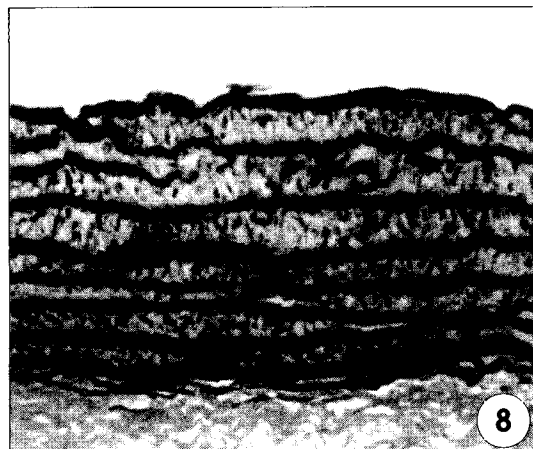


Fig. 8. Aorta of BT group. The internal elastic membrane and elastic lamina are straighted, branched and disrupted(\uparrow). Interspaces between elastic lamina is widened(Verhoeff van Gieson stain, $\times 400$).

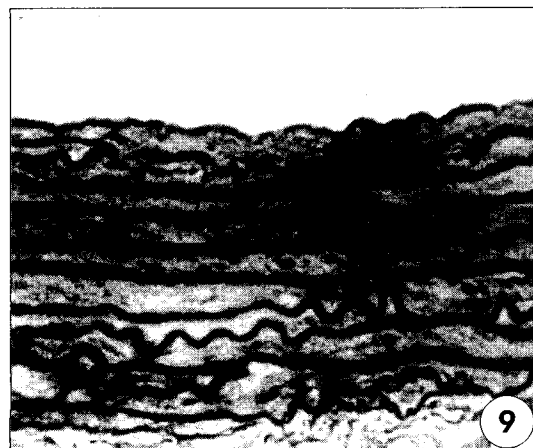


Fig. 9. Aorta of FO group. The internal elastic membrane and elastic lamina are revealed wavy shape. The elastic lamina is disrupted(\uparrow)(Verhoeff van Gieson stain, $\times 400$).

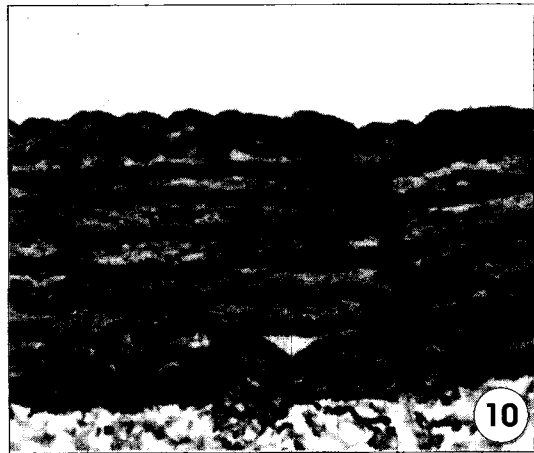


Fig. 10. Aorta of SBC group. The internal elastic membrane is wavy shape. The elastic lamina is branched(\uparrow) and disrupted(Verhoeff van Gieson stain, $\times 400$).

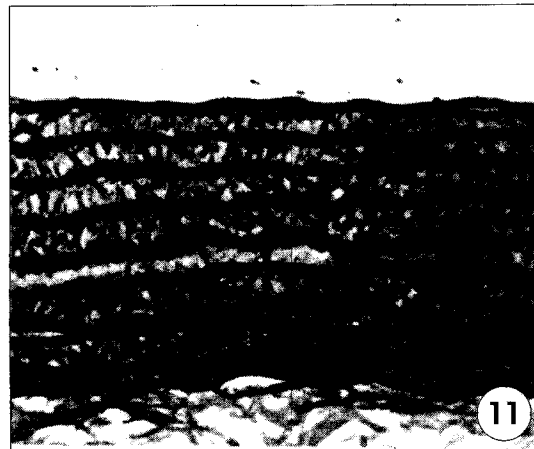


Fig. 11. Aorta of BTG group. The elastic lamina in tunica media are straighted(\uparrow) and interrupted(Verhoeff van Gieson stain, $\times 400$).

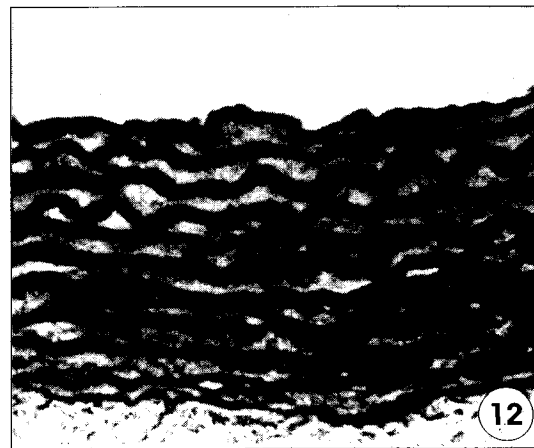


Fig. 12. Aorta of FOG group. The internal elastic membrane and the elastic lamina are wavy shape(\uparrow) and regularly arranged(Verhoeff van Gieson stain, $\times 400$).

이는 식이섬유질이 지질의 흡수를 저해하여 혈청지질 수준을 낮추어 줌으로써 동맥경화증의 위험을 감소시켜 주는 것으로 해석되며 Anderson 등²⁰⁾은 수용성 식이섬유질이 관상동맥질환을 30% 이상 감소시킬 수 있다고 보고하였다.

2) Verhoeff van Gieson 염색소견

식이지방의 종류에 따라서는 콩기름군(Fig. 7)에서 내막과 중막내 탄성섬유판이 다소 굴곡을 이루고 일정한 간격을 유지하고 있는데 비해 쇠기름군(Fig. 8)에서는 직선상의 구조를 보였으며 분절된 곳이 관찰되었다. 반면 어유군(Fig. 9)은 연속적인 파형을 유지하고 탄성섬유판의 간격이 좁은 것이 관찰되었다. Guar gum의 첨가에 따라서는 콩기름군 + guar gum군(Fig. 10)에서 콩기름군(Fig. 7)에 비해 대동맥 내막과 중막내 탄성섬유판이 다소 굴곡을 보이며 일정한 간격은 유지하고 있었다. 쇠기름 + guar gum군(Fig. 11)에서는 쇠기름군(Fig. 8)에 비해 탄성섬유판의 간격이 일정하게 좁아진 것을 관찰할 수 있었다. 어유군 + guar gum군(Fig. 12)은 어유군(Fig. 9)의 분절된 탄성섬유판에 비해 내막과 중막내 탄성섬유판이 연속적인 파형을 유지하며 일정한 간격을 이루고 있는 것이 관찰되었다.

위의 결과를 볼 때 콩기름군에 비해 콜레스테롤이나 포화지방산이 높은 쇠기름군은 혈관벽을 자극하여 동맥경화증의 위험을 증가시키는 반면 어유군은 비교적 긍정적인 효과를 나타내는 것으로 보인다. 아울러 guar gum의 첨가 역시 혈청지질의 수준을 낮추어 줌으로써 혈관벽에 간접적인 영향을 주어 동맥경화증의 위험을 감소시켜 주는 것으로 보인다. 결국 식이지방 중 포화지방산에 의해 혈관조직이 손상되는 정도를 어유나 식이섬유질이 줄여줄 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 어유의 과량섭취는 LDL-C를 증가시킬 수 있을 뿐 아니라, LDL 지방성분의 산화물이 atherogenic하므로 영양상태에 따른 섭취량에 대한 연구가 요망된다. 특히 식이섬유질은 심혈관계질환과 관련하여 긍정적인 효과를 가지나 폐경기여성에 있어서 문제시 되는 골다공증에는 어떤 영향을 미치는지 estrogen과 관련하여 식이지방, 식이섬유질에 대한 연구가 앞으로 더 행해져야 할 것으로 본다.

요약 및 결론

본 연구는 식이지방의 종류, guar gum의 첨가가 난소절제한 흰쥐의 지질대사에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 계획되어 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 혈청지질은 TG가 콩기름군에 비해 쇠기름군에서 높았고 어유군에서 낮았다. TC와 HDL-C는 콩기름군에 비해 어유군에서 낮았고 쇠기름군에서는 차이를 보이지 않았다. LDL-C와 phospholipid는 콩기름과 쇠기름 사이에 차이가 없었으나 콩기름군에 비해 어유군에서 낮았다. Guar gum의 첨가에 따른 TG, TC 및 phospholipid 농도는 guar gum을 첨가하지 않은 군들에 비해 첨가한 군들에서 낮았다.

2) 혈청 지방산조성에서 MUFA는 콩기름군에 비해 쇠기름군, 어유군에서 유의적으로 높았고 PUFA와 PUFA/SFA는 콩기름군에 비해 쇠기름군과 어유군에서 낮았다. Guar gum의 첨가는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

3) 변의 총담즙산 농도는 식이지방의 종류에 따른 차이를 보였으나 일관성 있는 경향은 보이지 않았다. Guar gum첨가의 경우 변중량은 많아졌고 총 담즙산농도는 콩기름, 쇠기름에 guar gum을 첨가한 군들에서 높았다.

4) 대동맥의 형태학적 변화는 콩기름군에 비해 쇠기름군에서 혈관세포내막 및 탄성섬유가 손상되었고 어유군에서 양호한 상태를 나타내었다. Guar gum의 첨가는 첨가하지 않은 군들에 비해 비교적 긍정적으로 관찰되었다.

본 연구결과를 종합하여 볼 때 쇠기름은 콩기름에 비해 혈청 지질의 농도를 높이고 동맥벽의 손상을 나타내었다. 반면에 어유는 콩기름에 비해 혈청의 지질농도를 낮추어 혈관벽 구조의 양호한 상태를 유지하였다. 또한 guar gum의 보충은 혈청지질수준을 낮추어 주어 혈관벽에 긍정적인 작용을 하므로 혈청지질이 높은 대상에서 섭취량을 증가시킴으로서 혈관벽의 손상을 예방할 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 어유와 guar gum을 함께 섭취하면 혈청내 TG, TC, HDL-C 등의 수준이 너무 낮아질 수 있으므로 guar gum은 콩기름이나, 쇠기름과 함께 섭취하는 것이 좋을 것으로 여겨진다.

Literature Cited

- 1) Ross RK, Paganini-Hill A, Mack TM, Henderson BE. Cardiovascular benefits of estrogen replacement therapy. *Am J Obstet Gynecol* 160 : 1301-6, 1989
- 2) Campos H, Wilson Peter WF, Jimenez D, McNamara JR, Ordovas J, Schaefer EJ. Differences in apolipoproteins and low density lipoprotein subfractions in postmenopausal women on and off estrogen therapy : Results from the Framingham offspring study. *Metabolism* 39(10) : 1033-1038, 1990

- 3) Walsh BW, Schiff I, Rosner B, Greenberg L, Ravnika V, Sacks FM. Effects of postmenopausal estrogen replacement on the concentrations and metabolism of plasma lipoproteins. *New Engl J Med* 325(17) : 1196-1204, 1991
- 4) Tikkanen MJ. Role of plasma lipoproteins in the pathogenesis of atherosclerotic disease, with special reference to sex hormone effects. *Am J Obstet Gynecol* 163(1) : 296-304, 1990
- 5) 이양자. 바람직한 지방산의 섭취. 대한영양사회 학술세미나, 1993
- 6) Kramer FB, Greenfield M. Effect of moderate increase in dietary polyunsaturated : saturated fat on plasma triglyceride and cholesterol levels in man. *Br J Nutr* 47 : 259-266, 1982
- 7) Von Lossonczy TO, Ruiter A, Bronsgeest-Schoute HC, Van Gent CM, Hermus RJJ. The effect of a fish diet on serum lipids in healthy human subjects. *Am J Clin Nutr* 31 : 1340-1346, 1978
- 8) Aro A, Uusitupa M, Voutilainen E, Korhonen T. Effects of gar gum in male subjects with hypercholesterolemia. *Am J Clin Nutr* 39 : 911-916, 1984
- 9) Kawatra A, Kapoor AC, Seghal S. Hypocholesterolemic effect of guar gum in overweight adults. *Plant Foods Hum Nutr* 41 : 241-245, 1991
- 10) 하명주 · 계승희 · 이행신 · 서성체 · 강윤주 · 김초일. 서울 지역 일부 중학생의 성장발육 및 영양상태. *한국영양학회지* 30(3) : 326-335, 1997
- 11) 박유신 · 권종숙 · 장유경. 내인성 및 외인성 Estrogen이 관상심장질환 위험 인자에 미치는 영향. *한국영양학회지* 30(3) : 307-317, 1997
- 12) Oh EJ, Kwon JS, Chang YK. Effects of dietary fatty acids on serum lipids and fatty acid composition of serum phospholipids in men. *Korean J Nutrition* 30(4) : 415-424, 1997
- 13) 임상선 · 이종호. 썩 및 영경귀가 식이성 고지혈증 원취의 심혈관계에 미치는 영향. *한국영양학회지* 30(3) : 244-251, 1997
- 14) Fredelwald WT, Levy RI, Fedreiczon DS. Estimation of low density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultra-centrifuge. *Clin Chem* 18 : 499, 1979
- 15) Fletcher DL, Britton WM, Cason JA. A comparison of various procedures for determining total yolk lipid content. *Poul Sci* 63 : 1759-1763, 1984
- 16) Lepage G, Roy CC. Direct transesterification of all classes of lipids in a one-step reaction. *J Lipid Res* 27 : 114-120, 1986
- 17) Miettinen TA, Ahrens EH, Grundy SM. Quantitative isolation and gas-liquid chromatographic analysis of total dietary and fecal neutral steroids. *J Lipid Res* 6 : 411-424, 1965
- 18) Junqueira LC, Carneiro J, Kelley RO. Sixth edition, Basic histology. Appleton & Lange/San Mateo, CA. Chapter 1, 1989
- 19) Zavoral JH, Hannan P, Fields DJ. The hypolipidemic effect of locust bean gum food products in familial hypercholesterolemic adults and children. *Am J Clin Nutr* 38 : 285-94, 1983
- 20) Sorva R, Kuusi T, Dunkel L, Taskinen MR. Effects of endogenous sex steroids on serum lipoproteins and postheparin plasma lipolytic enzymes. *J Clin Endocrinol Metab* 66 : 408-413, 1988
- 21) Rose DP, Goldman M, Connolly JM, Strong LE. High-fiber diet reduces serum estrogen concentrations in premenopausal women. *Am J Clin Nutr* 54 : 520-525, 1991
- 22) Kirkeby K, Ingvaldsen P, Bierkedal I. Fatty acid composition of serum lipids in men with myocardial infarction. *Acta Med Scand* 192 : 513-519, 1972
- 23) Burkitt DP. Epidemiology of cancer of the colon and rectum. *Cancer* 28 : 3-13, 1971
- 24) 황은희. 식이섬유소 섭취상태와 변 담즙산 조성과의 관계. *한국영양학회지* 29(1) : 41-49, 1996
- 25) Lampe JW, Slavin JL, Baglien KS. Serum lipid and fecal bile acid changes with cereal, vegetable, and sugar-beet fiber feeding. *Am J Clin Nutr* 53 : 1235-1241, 1991
- 26) Strwart-Phillips JL, Lough J, Phillips NC. The effect of a high-fat diet on murine macrophage activity. *Inter Soc Immuno* pp325-332, 1990
- 27) Leaf A, Weber PC. Cardiovascular effects of n-3 fatty acids. *N Engl J Med* 318(9) : 549-557, 1988
- 28) Dicorleto PE, Fox PL. Fish oils inhibit endothelial cell production of platelet-derived growth factor like protein. *Science* 22 : 453-456, 1988
- 29) Anderson JJB, Garner SC, Mar MH, Boass A, Toverud SU, Parikh I. The ovariectomized, lactating rat as an experimental model for osteopenia : calcium metabolism and bone changes. *Bone Miner* 11 : 43-53, 1990