

운동과 식이지방이 인체의 콜레스테롤 대사와 동맥경화에 미치는 영향

백 영 호¹⁾

1. 서 론

우리의 식생활에서 동물성 식품의 섭취가 증가함에 따라 지방함량이 많고 식이섬유가 적은 정제된 식품의 섭취 증가로 체중과다나 비만이 급격히 늘어나고 있으며 이로 인해 동맥경화, 심근경색 등의 심장혈관계 질환이 증가하는 추세이다. 지방을 많이 섭취하면 지질대사에 이상을 초래하여 혈액과 조직의 지질성분에 변화가 일어나며 간 등 장기조직에 지방을 침착시켜 지방간, 고혈압, 고지혈증, 동맥경화증, 심장질환 등 심혈 관계 질환과 관련이 있을 뿐 아니라 유방암과 대장암 등의 여러 가지 암 발생에도 큰 영향을 미친다는 연구가 있었다.

동맥경화증은 침묵의 병이다. 아무런 징후 없이 수십 년간 진행하여 어느 날 갑자기 증상이 나타난다. 그 때에는 시기를 놓치고 만다. 실제로 많은 위험인자가 알려져 있으나, 그 중에는 연령, 성별, 가족력 등 임상적으로는 물론 운동 영양학적으로도 대처 할 수 없는 요인도 포함되어 있다. 혈중 지질 및 콜레스테롤은 운동·음식·성별·연령·당뇨병·질병·비만·음주·흡연 등에 의하여 영향을 받는데 이 중에서도 음식과 운동의 영향을 많이 받기 때문에 혈중 콜레스테롤을 낮추는 방법으로 식이요법과 운동요법이 사용되고 있다. 건강증진을 위한 운동과 영양은 상호 밀접한 관련이 있으며, 이것이 대사과정에서 건강에 유익한 요소 또는 위험한 요소로 작용할 수 있으나, 위험요소를 사전에 예방하기 위해서는 균형 잡힌 식사와 적절한 운동을 하여야 한다. 운동과 영양이 건강에 유익과 위험요소로서 미치는 상호작용 관계는 다음의 (Fig.1) 에서 잘 보여주고 있다.

생체에 있어서 콜레스테롤은 세포막을 구성하는 중요한 성분이기도 하고 생체에 있어서 빼놓을 수 없는 중요한 물질이다. 그러나 콜레스테롤이 너무 많으면 허혈성 질환을 야기시키는 요인이 된다는 사실에 대해서는 이미 많은 지적이 있다. 일반시민에게는 식사 콜레스테롤은 동맥경화에 대한 매우 큰 위험인자로 간주되고 있어 이러한 질병에 대하여 식이요법과 운동을 통한 처방법을 살펴보고자 한다.

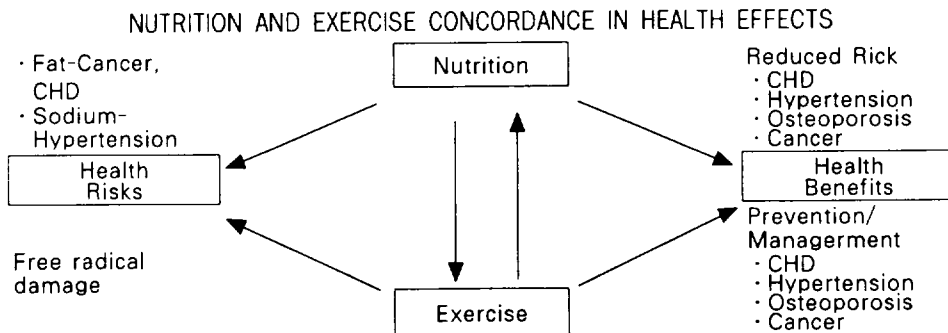


FIGURE 1. Nutrition and exercise : concordance in health effects.

1) 부산대학교 교수

II. 동맥 경화증과 관련된 위험인자들

적절한 자료들로부터 이 병은 위험인자(risk-factors)라 언급되는 수많은 인자들의 상호작용으로 발달하는 것으로 보인다. 오랫동안 행해진 많은 연구들은 특정한 생화학적, 환경적 요인들과 미성숙의 동맥 경화증 발달과의 관계에 중점을 두었다. 주요 인자들 중에는 고지방증, 고혈압, 흡연이 있다(Eleanor 등, 1984).

다른 위험인자로서 동맥경화증의 병리에 중요한 역할을 하는 것은 알려지지 않은 유전적 인자(미성숙의 CHD 가계), Hyperglycemia, Obesity, Sedantary Habits 및 사회심리학적 스트레스가 포함된다. 위험요소들의 전체적 영향은 대체로 부가적인 것이므로 많은 위기에 직면한다. 이러한 요소들이 모두 또는 대부분이 결합하여 작용될 때 동맥 경화증으로부터의 질병률과 사망률은 증가한다. 예를 들어 이러한 인자들 중 하나가 존재시, 치명적 결과에 대한 가능성은 2배 증가하고, 둘이 존재 시에는 위험이 4배 증가한다. 세 인자에 노출된 사람은 정상적인 혈청, 콜레스테롤 및 혈압을 가진 비흡연자보다 8배 위험율이 크다. 이러한 위험요소들 중 콜레스테롤증, hyperglycemia, 고혈압, 비만, sedantary habits 같은 것은 노화와도 관련이 있는 것들이다. 개인이 조절할 수 있는 위험요인들은 흡연, 식이조절, 신체비활동성, 생활습관과 환경오염 등이다. 미국 국립보건원(NIH)은 미국인의 연령에 따라, 즉 20~29세, 30~39세, 40세 이상의 연령군에서 각각 200ml/dl, 220ml/dl, .240ml/dl, 260ml/dl, 이상을 고위험군으로 정의하였다.

Table 1. Risk factors of atherosclerosis

Nonmoeifiable factors	Modifiable fators
Family history	Inadequate nutrition
Male sex	Hyperlipidemia
Age	Obesity
	Diabetes mellitus
	Hypertension
	Cigarette smoking
	Physical inactivity

III. 콜레스테롤 조절을 위한 식이와 운동의 효과

1. HDL콜레스테롤과 식이의 효과

zetts 등(1985)에 의하면 6명의 젊은 여성 채식주의자와 6명의 젊은 여성 비채식주의자들은 다른 지질과 지단백질 프로파일을 가지고 있는 것으로 나타났다. 채식주의자 집단은 비채식주의자들 집단보다 총콜레스테롤과 HDL-C 수준이 높은 것으로 밝혀졌으며, 두 집단간의 HDL-C/총콜레스테롤 비율의 차는 없는 것으로 나타났다. 그리고 두 집단이 비슷하게 심장혈관질환의 위험이 있는 것으로 밝혀졌다.

Hartung(1983)에 의하면 혈장지질과 지단백질과 규정식과의 상호작용에 대하여 Table 2와

운동과 식이지방이 인체의 콜레스테롤 대사와 동맥경화에 미치는 영향(백영호)

같이 나타났고 그 결과를 다음과 같이 요약하고 있다.

고콜레스테롤 다이어트 결과는 고도의 불포화 물질과 포화된 비율의 다이어트의 비교에 의해 총콜레스테롤과 HDL-C와 LDL-C가 증가한다. 다이어트는 30% 이하의 지방질과 높은 고도불포화지방을 의미하며, 이런 방법으로 식사를 했을 경우 총콜레스테롤과 HDL-C와 LDL-C의 비율에는 영향을 미치지 않은 것 같다. 고탄수화물 다이어트는 HDL-C와 LDL-C가 감소한다. 그러나 이것이 탄수화물 변경 때문인지 아니면 지방섭취량의 감소 때문인지는 밝혀지지 않는다.

Table 2. Effects of Dietary Modification on Plasma Lipids and Lipoproteins

	↓ Fat	↓ Cholesterol	↑ Polyunsaturated/ saturated	↑ Carbohydrates	↑ Alcohol
Total-C	↓	↓	↓	↓→	→
TG	↓↑	↓↑	↓	↑	↑
LDL-C	↓	↓	↓	↓	↓
HDL-C	↓→	↓↑	↓→	↓	↑
HDL-C/Total-C	↓→	↓↑	→	↓	↑

Note : ↑ = increase : ↓ = decrease : → = no change.

Carbohydrates, especially simple sugars.

규정식 변경이 혈장 지질과 지단백질에 영향을 미친다. HDL-C/Total-C 비율이 유의하게 변화하지 않았음에도 다이어트에 의한 지방질과 콜레스테롤이 감소에 영향을 미치거나 실제 HDL-C이 감소하는데 영향은 미친다. 다이어트에 의해 규정식은 불포화지방비율이 높은 식이나 탄수화물의 증가는 낮은 HDL-C에서도 감소하는 경향이 있다. 알콜은 HDL-C를 증가시키지만 알콜에 의해서 HDL-C가 증가되는 것에 대한 메커니즘에 관해서는 아직까지 연구가 부족한 실정이므로 조언하기 어렵다.

2. HDL콜레스테롤과 운동의 효과

Johnson 등(1983)은 24명의 중년 남성을 대상으로 12주 동안 웨이트 트레이닝을 실시한 결과 HDL-C은 현저하게 증가한 반면에 총콜레스테롤과 LDL-C은 감소하는 것을 발견했다. Golsberg 등(1984)은 8명의 여자와 6명의 남자들을 대상으로 16 주동안 웨이트 트레이닝을 시킨 결과 총콜레스테롤에 대한 HDL-C의 비율이 현저히 감소한 것으로 보고했다.

트레이닝이 혈장 지질과 지단백질에 미치는 영향은 Table4와 같으며 이를 요약하면, 남녀를 대상으로 한 횡단적 연구에서 운동 트레이닝은 HDL-C와 LDL-C/총콜레스테롤 비율이 증가하였고 총콜레스테롤은 감소하였으나 변화가 없는 것으로 나타났으며, 남녀에 관한 종단적 연구에 의하면, 운동은 HDL-C이 증가하였거나 변화없이 유지하였고 총콜레스테롤은 감소하거나 변화없이 유지하였다. 남성의 경우 HDL-C수준과 운동 강도, 빈도, 지속시간은 지질과 지단백질의 변화에 영향을 미친다(Hartung, 1984).

Table 3. Effects of Exercise Training on Plasma Lipids and Lipoprotein.

	Cross-sectional studies		Longitudinal studies	
	Men	Women	Men	Women
Total-C	↓→	↓→	↓→	↓→
TG	↓	↓	↓	↓→
LDL-C	↓	↓	↓	↓
HDL-C	↑	↑	↑→	↑→
HDL-C/Total-C	↑	↑	↑→	↑→

N. 식이요법

1. 식이요법

혈중 콜레스테롤을 낮추기 위해서는 동물성지방 섭취를 줄이고 식물성지방 섭취를 늘이며, 포화 지방산 섭취를 줄이고 불포화지방산 섭취를 늘이는 것이 좋다.

Table 4. 높은 혈중 콜레스테롤의 식이요법

영양소	요법	권장량	
		제1단계 식이요법	제2단계 식이요법
총 지방		총 열량의 30% 미만	
포화 지방산		총 열량의 10%	총 열량의 7% 미만
고도불포화지방산		총 열량의 10%까지	
단일불포화지방산		총 열량의 10% ~ 15%	
탄수화물		총 열량의 50% ~ 60%	
단백질		총 열량의 10% ~ 20%	
콜레스테롤		300mg/day 이하	200mg/day 이하
총 열량		바람직한 몸무게를 얻을 수 있고 유지할 수 있도록	

콜레스테롤치가 높은 식품은 주로 육류이며 특히 돼지고기와 쇠고기에 많다. 일반적으로 수산물은 좋은 식품으로 꼽히지만 바닷가재, 새우, 전복, 오징어, 연어, 굴 등에는 콜레스테롤이 상당히 많이 포함되어 있다. 콜레스테롤이 많은 식품은 가급적 제한하는 것이 좋는데 미국심장학회에서는 하루 30mg 미만으로 섭취할 것을 권장하고 있다.

(1) 고 불포화 지방식이

당질이나 술의 과잉섭취는 중성지방 생성을 증가시키며 콜레스테롤 및 포화지방산이 많은 식품섭취도 문제가 된다. 혈중지질에서 저하시켜야 할 것은 중성지방, 콜레스테롤이며 상승시킬 지질은 HDL이다. Linoleic, linolic acid 함량이 높은 식물성 기름으로는 참기름, 들깨기름, 옥수수기름, 콩기름 등이 있다. 알코올 HDL증가에 도움이 될 수 있으나 혈중농도가 300mg% 이상이 되면 혈중유리지방산을 상승시키므로 과음은 삼가는 것이 좋다. 콜레스테롤이 높은 식품으로는 계란 노른자를 비롯해 생선알, 내장, 조개, 버터 등이 꼽히고 있다. 콜레스테롤의 섭취를 줄이는

운동과 식이지방이 인체의 콜레스테롤 대사와 동맥경화에 미치는 영향(백영호)

방법은 콜레스테롤이 많은 육식 및 낙농 가공품, 기름이 많은 쇠고기나 새우 등의 섭취를 줄이도록 한다. 참기름, 콩기름, 옥수수기름 등 식물성 유지는 필수지방산과 불포화 지방이 많아 권장되며 동시에 야채와 과일을 많이 섭취하는 게 좋다.

(2) 동맥경화와 n-3지방산

식이에 존재하는 n-3 지방산은 생선 및 해산물에 각각 8~18%, 6~20% 로 들어있는 eicosapentaenoic acid (EPA, 20 : 5)와 decasagexaeboic acid (DHA, 22 : 6), 그리고 식물성 유에 1~8%정도 함유된 a-linolenic acid(18 : 3)가 주종을 이룬다. 이 중 동맥경화와 가장 밀접하다고 알려진 것은 EPA이다. 식이에서 EPA를 많이 섭취하는 ESKIMO인은 형소판 arachidonic acid(AA, 20 : 4, n-6) 함량이 유럽이나 일본사람에 비해 훨씬 낮고, ELA의 함량이 높았으며 (Table 5) 혈소판 응집력도 낮았다.

결과적으로 ELA로부터 생성되는 eicosanoid들이 AA로 생성되는 것들에 비하여 atheroma 형성을 저하시키므로 동맥경화의 발생을 억제하게 된다.

Table 5. AA, EPA and frequency of death from coronary heart disease in three population

	Platelet Phosphipid		CHD	
	AA	EPA	Ratio n-6 : n-3	(% death)
Europe, USA	20~26	0.1~0.7	50	40
Japan	18~22	1.0~2.5	12	12
Greenland	8.3~9.0	6.4~8.0	1.2	7
Eskimo				

(3) 약물에 의한 고지혈증의 관리

만약 적절한 지방감소 식이요법으로 3~6개월 이내에 혈지질 수준이 적절히 조절되지 않는다면 그 때는 적절한 약물치료가 식이에 첨가되어야 한다. 가족 특유의 심한 hypercholesterolemia 증세가 있는 환자들은 보다 빨리 약물치료를 시작해야 한다. 왜냐하면 그들은 식이요법만으로는 조절되지 않기 때문이다. 약물치료는 효능과 안전성을 위해 케트되어야 하고 평생치료로 여겨져야 한다.

① Cholesterol lowering(콜레스테롤 저하)

총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤을 낮추는 두드러진 약물들은 리신(콜레스티라민, 콜레스티폴), 니아신을 묶는 담즙산, 로바스타틴, 프라바스타틴, gemfibrozil, probucol들을 포함한다. 이 약들의 효능과 부작용, 그리고 대사작용들은 복합해서 유의하여 사용해야 된다. 약물들은 심한 고콜레스테롤혈증의 치료에 있어 둘 또는 셋을 복합해서 복용하여야 한다.

V. 운동 중지와 재운동과 식이와 콜레스테롤

1. 총 콜레스테롤(Total-cholesterol)

Table 6에서 나타났듯이 총 콜레스테롤의 변화는 저지방 식이군에 비해 고지방 식이군이 비

교적 높은 경향을 보였다. 또한 운동 전후를 비교해 보면 운동 전보다도 운동 후에 총 콜레스테롤이 증가하는 경향을 보였다. 평상시 운동을 계속해 온 운동기인 A에 비해 운동중지기인 B에서 총 콜레스테롤이 유의성 있게 증가하였고, 계획적으로 운동한 c에서는 계속 감소하는 경향을 보였다. 이러한 경향은 고 저지방 식이군의 차이는 거의 없는 것으로 보아 운동의 영향이 식이의 영향보다 훨씬 크다는 사실을 알 수 있다.

Table 6. Effect of training on total-cholesterol content in serum with different fat diets (mg/dl)

Variables	Nomal diet		Fat diet	F-Value	Tukey test
	A	B	C		
<u>Low Fat Diet</u>					
Pre	154.57 ± 17.09	180.74 ± 18.32	127.76 ± 10.15	17.17 ^c	A/B/C B/C, A/B.C.
Post	173.85 ± 22.31	211.48 ± 23.42	146.53 ± 11.92	18.29 ^c	C/B B/C
t-Value	-4.50 ^b	-4.22 ^a	-9.40 ^c		
<u>Hihg Fat Diet</u>					
Pre	147.57 ± 15.17	182.67 ± 24.54	130.75 ± 15.59	14.15 ^c	A/B/C, C/B A/B, B/C
Post	171.07 ± 11.04	219.44 ± 29.46	145.89 ± 18.15	18.89 ^c	
t-Value	-4.50 ^b	-8.24 ^c	-6.41 ^c		

a, b and c mean significant differences : a, p<0.05 : b, p<0.001 : c, p<0.001.

A : Training : B : Detraining : C : Retraining

Johnson과 Greenland(1990)는 건강한 남자 운동선수들을 대상으로 실험 시기의 열량 비율을 탄수화물 55%, 단백질 15%, 지방질 30%로 하고, 포화지방에 대한 불포화지방의 비율이 1.5인 시기를 시켜 운동할 때, 운동과 저지방식 그리고 포화지방 함량이 낮은 식사를 할 때 혈장 총 콜레스테롤이 감소한다는 보고도 이를 뒷받침하고 있다.

2. HDL - 콜레스테롤

체내의 콜레스테롤 축적을 막는 기능을 가지고 있기 때문에 항 콜레스테롤인자 또는 장수인자 라고 부르고 있다. 따라서 고혈압 환자들은 정상인들에 비해 유의적으로 HDL-콜레스테롤 함량이 낮은 것으로 보아 높은 혈중 콜레스테롤 함량이 허혈성 심장질환의 예방과 치료에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. Table 7에서 나타나듯이 혈청 내 HDL- 콜레스테롤에 대한 운동의 영향을 보였다. 운동기인 A에 비해 운동중지기인 B에서 약간 감소하였고, 이후 계획된 운동

운동과 식이지방이 인체의 콜레스테롤 대사와 동맥경화에 미치는 영향(백영호)

을 행하는 C에서는 유의하게 증가하였다. 특히, 운동을 중지하다가 조절된 식이 공급과 더불어 재운동을 하였을 때의 증가폭이 가장 크게 나타났다. 이러한 사실은 운동이 HDL-콜레스테롤을 증가시키는데 직접적인 효과가 있음을 의미한다(Baek, 1994)

Table 7. Effect of training on HDL-cholesterol content in serum with different fat diets (mg/dl)

Variables	Nomal diet		Fat diet	F-Value	Tukey test
	A	B	C		
<u>Low Fat Diet</u>					
Pre	53.41±9.90	41.30±6.70	62.32±9.01	12.94 ^c	B/A.C
Post	60.80±9.28	47.88±9.09	71.70±9.14	14.74 ^c	A/B.C
t-Value	-6.07 ^c	-6.71 ^c	-10.36 ^c		
<u>Hihg Fat Diet</u>					
Pre	57.74±7.76	44.16±4.55	61.76±6.16	21.83 ^c	B/A.C
Post	63.46±8.09	50.28±5.68	77.40±6.36	33.15 ^c	A/B.C B/C
t-Value	-5.28 ^b	-5.00 ^b	-6.03 ^c		

a, b and c mean significant differences : a, p<0.05 : b, p<0.001 : c, p<0.001.

A : Training : B : Detraining : C: Retraining

Stein 등(1990)은 저칼로리, 저지방식, 고섬유식이틀 6주간 시킨 결과, 몸무게의 감소와 더불어 혈중 총 콜레스테롤이 16%, LDL-C가 12 %, HDL-C가 18% 유의성 있는 감소를 보고하였다.

운동선수들의 혈중 지질농도가 일반인에 비해 낮다는 사실은 잘 알려져 있다. 또한 장기간 운동으로 인하여 HDL-C가 증가하고 지단백분획치(Total Cholesterol/ HDL-C ratio)는 낮아진다는 것이 보고되고 있다. 또한 콜레스테롤 중 HDL-C는 혈관내의 축적된 콜레스테롤을 간으로 제거시키는 역할을 하기 때문에 혈중 HDL-C가 높으면 높을수록 관상심장 질환이나 동맥경화증 등의 유발을 방지시킨다고 알려지고 있다.

3. LDL 콜레스테롤

Table 8에서 나타나듯이 식이지방 섭취로는 거의 차이가 없었으며, 두 군 모두 운동 전에 비해 운동 후에는 다소 증가하는 경향을 나타내었다. A군에 비해 운동중지기인 B에서 유의하게 증가하였으며 B에서 유의성 있게 증가하였으며 B에 비해 재운동기인 C에서 유의하게 감소하였는데, 이것은 양군 모두 비슷한 경향을 보였다. 또 운동을 중지하다가 재운동을 실시함에 따라 LDL-C의 값은 점차 감소하여 재운동 실시 후에는 크게 감소하였다. (Baek, 1994)

Table 8. Effect of training on LDL-cholesterol content in serum with different fat diets

Variables	Nomal diet		Fat diet	F-Value	Tukey test
	A	B	C		
<u>Low Fat Diet</u>					
Pre	84.67 ± 13.93	121.71 ± 14.66	49.88 ± 14.4	32.72 ^c	A/B.C B/C.
Post	90.89 ± 15.65	136.49 ± 21.91	56.66 ± 16.35	31.63 ^c	A/B.C B/C
t-Value	-2.31 ^a	-3.06 ^a	-4.20 ^b		
<u>Hihg Fat Diet</u>					
Pre	74.35 ± 15.62	119.04 ± 21.60	48.04 ± 9.90	27.41 ^c	A/B/C, B/C
Post	87.73 ± 9.55	145.96 ± 26.89	53.68. ± 11.70	40.78 ^c	A/B.C B/C
t-Value	2.67 ^a	-5.28 ^c	-8.59 ^c		

a, b and c mean significant differences : a, p<0.05 : b, p<0.001 : c, p<0.001.

A : Training : B : Detraining : C: Retraining

Seim과 Holtmeier(1992)는 6주 동안 저지방(20%), 저식염, 고섬유질 식이를 하여 1,200~1,500칼로리로 열량 조절하면서 37~55세의 남녀 41명을 대상으로 가벼운 운동을 실시한 결과, 평균체중의 5.8% 감소, T-C의 16% 감소, LDL-C의 12% 감소와 HDL-C의 18% 감소가 유의성 있게 나타났는데, 본 연구에서는 대상자의 지방식이 함량이나 칼로리면, 연령 및 훈련정도에 차이는 있지만, LDL-C의 감소폭이 월등히 컸음을 알 수 있었다.

4. T-C / HDL-C Raito

운동선수들의 혈중 지질농도가 일반인에 비해 낮다는 사실은 잘 알려져 있다. 또한 장기간 운동으로 인하여 HDL-C가 증가하고 지단백분획치(total cholesterol/ HDL-C ratio)는 낮아진다는 것이 보고되고 있다. 또한 콜레스테롤 중 HDL-C는 혈관 내의 축적된 콜레스테롤을 간으로 제거시키는 역할을 하기 때문에 혈중 HDL-C가 높으면 높을수록 관상심장 질환이나 동맥경화증 등의 유발을 방지시킨다고 알려지고 있다. 규칙적인 운동이 T-C 수준을 낮게 해주고 반대로 HDL-C를 높여 주는 것으로 밝혀졌다. 운동이 T-C를 10mg/dl 내지 15.8mg/dl을 감소시킨다고 Zung 등(1983)은 보고하였다.

Enger 등(1977)은 운동으로 10~35%나 HDL-C가 증가되는 것으로 보고하였다. 운동의 중지, 재운동 및 식이지질의 차이에 따른 HDL-콜레스테롤에 대한 콜레스테롤의 비(T-C/HDL-C)를 비교하여보면 Table 9와 같다. 재운동시의 식이지질의 차이로 비교하여 보면 고지방식이보다는 저지방식에서 T-C/HDL-C의 비가 유의적으로 낮았다. 이러한 사실은 고지방식이보다는 저지방식이 다소 효과적임을 알 수 있었다.

운동과 식이지방이 인체의 콜레스테롤 대사와 동맥경화에 미치는 영향(백영호)

Haralambie와 Senser(1980)는 T-C/HDL-C의 비가 유의한 차이는 없었지만 운동부하에 따라 증가하는 경향이라고 하였고, 운동으로 인하여 HDL-C는 증가하여 지단백값은 낮아진다고 한 것과 일치한다. 이와 같은 결과는 Sanar 등(1980)이 HDL-C와 TG 분해능력에 관한 연구에서 HDL-C는 lipoprotein lipase와 길항하여 부하된 지방 분해와는 정상관을 이루고 TG와는 부의 상관관계를 하고 있어, 고농도의 HDL-C는 TG의 풍부한 lipoprotein의 이화로서 높은 TG 분해 능력을 갖는다는 것과 일치된 점이 있다고 본다(Table 9).

Table 9. Effect of training on T-C/HDL-C ratio in serum with different fat diets

Variables	Nomal diet		Fat diet	F-Value	Tukey test
	A	B			
<u>Low Fat Diet</u>					
Pre	2.58±0.37	4.16±0.63	2.12±0.34	46.93 ^c	B/A.C
Post	2.73±0.41	4.40±0.69	1.61±0.27	69.45 ^c	B/A.C C/A.
t-Value	-1.51 ^a	-1.62 ^b	2.49		
<u>Hihg Fat Diet</u>					
Pre	2.94±0.1	4.44±0.58	2.10±0.43	38.95 ^c	B/A.C C/A
Post	2.88±0.31	4.53±0.91	2.08±0.39	35.29 ^c	B/A.C C/A
t-Value	0.89 ^b	-0.51 ^b	0.47 ^c		

a, b and c mean significant differences : a, p<0.05 : b, p<0.001 : c, p<0.001.

A : Training : B : Detraining : C: Retraining

5. 동맥경화지수

운동 전후에서 지방식이를 달리하였을 때 혈청 내 저지방식이군과 고지방식이군의 동맥경화지수(atherogenic index)의 변화를 Table 10에 나타내었다.

Haglund 등(1991)이 제시한 동맥경화에 걸릴 확률을 나타내는 동맥경화지표로서 (T-C - HDL-C)/HDL-C의 값은 운동 전후에서의 변화는 거의 없었고, 고지방식이군의 재운동 20일 후에 측정된 26%의 감소가 가장 커 이 때가 가장 효과적이었다. 또, 재운동기인 C에서는 운동 중지기인 B에 비하여 저지방식이군에서는 각각 24~57%의 감소를, 고지방식이군에서는 35~64%의 감소를 보였다.

이러한 사실에서 동맥경화지표는 고저지방식이군 모두 운동의 수행에 따라 감소하여 운동이 효과적임을 알 수 있었다. 한편, 재운동 기간 중의 식이지방의 차이에 따른 동맥경화지수에 미치는 영향은 앞에서의 T-C/HDL-C의 비와 마찬가지로 저지방식이군이 고지방식이군에 비해 혈관 내의 콜레스테롤의 침착에 의한 동맥경화에 걸릴 확률이 그만큼 낮아진다는 사실도 알 수 있었다.

Table 10. Effect of training on Atherogenic Index in serum with different fat diets

Variables	Nomal diet		Fat diet	F-Value	Tukey test
	A	B			
			<u>Low Fat Diet</u>		
Pre	2.90±0.41	2.45±0.51	1.17±0.40	25.51c	D/A.B.C C/A.B
Post	2.84±0.58	2.60±0.72	1.13±0.38	19.80c	D/A.B.C C/A.B
t-Value	1.44	0.33	-1.12		
			<u>High Fat Diet</u>		
Pre	2.56±0.61	2.37±0.60	1.36±0.35	14.16c	C/A.B.
Post	2.64±0.76	2.75±0.70	1.00±0.56	17.19c	C/A.B
t-Value	0.64	-0.48	0.60		

a, b and c mean significant differences : a, p<0.05 : b, p<0.001 : c, p<0.001.

A : Training : B : Detraining : C: Retraining

6. Triglyceride

비만자들이 규칙적인 운동을 함으로써 혈청 내의 중성지방을 감소시킨다는 보고뿐만 아니라 (Thompson 등, 1980; Stucchi, 1991), 혈청 내의 중성지방은 식사에 따른 외인성과 간에서 합성하는 내인성 중성지방이 존재한다는 보고도 있다.

운동과 식이에 따른 중성지방의 변화를 Table 11에 나타내었다. 저지방식이군과 고지방식이군에서 유의성있는 차이가 관찰되지 않았으며, 양군 모두 운동부하 전보다 운동부하 후에 유의성있게 증가하는 경향을 나타내었다. 운동기인 A와 운동중지기인 B의 경우 운동중지에 의하여 중성지방이 약 7~14% 증가하였으며, 이 후 식이조절과 재운동을 통하여 감소하였다. 특히 운동부하 후 고·저지방식이군 모두 재운동기에서는 운동 중지기에서보다 그 감소 폭이 운동부하 전에 비하여 컸다.

Table 11. Effect of training on triglyceride content in serum with different fat diets

Variables	Nomal diet		Fat diet	F-Value	Tukey test
	A	B			
			<u>Low Fat Diet</u>		
Pre	82.44±11.65	88.62±18.96	77.76±19.69	2.75	B/C
Post	107.16±16.52	116.86±22.67	90.86±30.15	6.49 ^b	C/A.B
t-Value	-2.45 ^a	-4.85 ^c	-3.23 ^b		
			<u>High Fat Diet</u>		
Pre	77.13±18.69	87.68±27.68	68.34±17.98	1.99	
Post	106.50±21.59	116.23±24.74	89.06±20.99	5.46 ^b	C/A.B
t-Value	-4.77 ^c	-3.40 ^b	-8.59 ^c		

a, b and c mean significant differences : a, p<0.05 : b, p<0.001 : c, p<0.001.

A : Training : B : Detraining : C : Retraining

7. 식이 섭취별 혈청지질 구성 지방산

식이지방 함량을 15%, 35%로 나누어 식이지방 함량의 차이가 혈청지질 성분에 어떤 영향을 미칠 것인가에 대해 검토하였다.

저지방식이와 고지방식이군에 대하여 혈청 중 총지방질의 지방산 조성에 대한 운동의 효과는 양식이군에서 운동부하 전에 비하여 운동부하 후가 포화지방산보다 불포화지방산의 함량이 많았다(Table 12). 특히 고지방식이군은 재운동기에서 polyene산이 약간 높은 비율로 나타났다. 이것은 식이지방의 지방산 조성이 불포화지방의 비율이 높았다는 것과 지속적인 운동의 효과라고 생각한다. 심장병 환자, 정상인 및 운동자의 지방산 함량비를 조사하여 포화보다는 불포화지방산의 함량이 운동자가 가장 높았고, 이어서 정상인, 환자의 순서였다는 결과(Singh 등, 1992)에서와 같이 운동에 따라 지방산 함량의 차이가 있음을 알 수 있었다. 또한 Hurter 등(1972)은 마라톤 선수들의 운동 전과 운동 후에 비에스테르화 지방산, TG, 콜레스테롤과 인지질의 혈장 농도와 이들의 지질분획에 있는 지방산의 상대적인 양을 측정하여 비교한 결과 운동 직후 비에스테르화 지방산은 현저한 증가가 있었는데 이는 stearic acid의 감소와 linoleic acid의 증가와 연관이 있다고 하였다. 또, 총 콜레스테롤, TG, 인지질 농도에는 변화가 없었지만, 이들 각각의 분획에서는 불포화 지방산이 상대적으로 감소되었고 포화지방산은 반대로 증가하였다고 보고하였다.

식이지방의 차이가 혈청지방산 조성에 미치는 영향을 살펴보면, 재운동기간에 지방의 비율을 달리한 고·저지방식을 운동선수들에게 섭취시켰을 때 나타난 혈중 지방산의 병화를 Table 12에 나타내었다. 고·저지방식 공급 전의 운동중지기를 대조군으로 하여 비교하여 보면, 먼저 포화지방산의 비율을 식이 전후 및 두 식이군 사이에 뚜렷한 변화가 없었으며, 불포화지방산의 비율도 두 식이군 거의 변화가 없었다. 마찬가지로 고·저지방식 섭취에 따른 불포화도(unsatd/satd)도 변화가 없었다. 그에 따라 고·저지방식 섭취 이후 불포화도(unsatd/satd)도 증가하는 경향이 나타났지만, 식이 차이에 따른 불포화도의 변화는 인정할 수 없었다. 그리고 아라키돈산에 대한 에ικο사펜타엔산의 비(20:5/20:4)는 저지방식이군이 현저하게 감소하는 것으로 나타나고 있었다. 포화지방산에 대한 폴리엔산의 비(P/S)는 고·저 지방식이 두 군 모두에서 증가하는 것으로 나타났고, 특히 고지방식이군에서 보다 큰 폭으로 증가하였다.

Table 12. Effect of the low and high fat diet on fatty acid composition of total lipid in serum before and after test diet

Fatty acid	Before diet	Low Fat Diet Arter diet	High Fat Diet After diet
16 : 0	20.42±0.70	18.57±1.27	18.54±1.34
18 : 0	7.23±0.65	7.79±0.67	7.73±0.81
Saturates	27.66±1.13	26.36±1.76	26.67±1.95
16 : 1(n-9)	2.64±0.42	1.79±0.44	1.69±0.44
18 : 1(n-9)	18.16±1.47	16.11±1.61	15.43±1.08
Monoenes	20.80±2.21	17.90±1.54	17.12±1.35
18 : 2(n-6)	27.35±1.64	30.60±2.54	31.28±4.91
20 : 4(n-6)	7.11±1.54	7.36±1.11	7.47±0.60
20 : 5(n-3)	1.77±1.54	1.38±0.30	1.86±0.79
20 : 6(n-3)	4.87±0.78	4.21±0.76	4.08±0.97
Polyenes	41.10±3.65	43.55±3.82	44.69±3.85
unsaturates	61.90±3.30	61.45±2.68	61.81±2.60
unsatd/satd	2.24±0.16	2.34±0.16	2.37±0.28
20 : 4/18: 2	0.26±0.05	0.24±0.03	0.24±0.05
Sum of n-3	6.64±1.33	5.59±0.99	5.94±0.77
Sum of n-6	34.46±2.78	37.96±3.43	38.76±4.99
n-3/n-6	0.19±0.02	0.15±0.20	0.16±0.03
PI*	105.90±9.75	102.46±7.39	105.45±4.19
22 : 6/18 : 2	0.18±0.03	0.14±0.03	0.14±0.05
20 : 5/20 : 4	0.25±0.02	0.19±0.02	0.25±0.01
P/S ratio	1.49±0.12	1.65±0.15	1.70±0.14

*PI : peroxidizability index.

과산화지질 생성에 깊이 관계하고 있는 아라키돈산의 비율에 있어 유의적인 변화는 인정할 수 없었으나 두 가지 식이 이후 조금씩 증가하는 것으로 나타났지만, 그에 따른 리놀레산에 대한 아라키돈산(920:4/18:2)의 비는 두 가지 식이 이후 조금씩 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 성인병의 예방측면에서 중요하게 작용하는 것으로 알려진 에이코사펜타엔산(20:5)과 도코사헥사엔산(22:6)의 양은 두 가지 식이 이후 감소하는 경향이 나타났는데 이러한 사실은 그만큼 ELA나 DHA의 이용이 증가된 것으로 판단된다. 또한 n-3/n-6비 및 리놀레산에 대한 도코사헥사엔산의 비(22:6/18:2)가 약간씩 감소하는 것으로 나타났지만 두 식이군 간의 뚜렷한 차이는 인정할 수 없었다. 각 군의 불포화지방산의 비율이 조금씩 차이는 있었지만, 그러한 불포화지방산의 비율에서 계산한 과산화지수(Peroxidizability index : PI)는 대조군과 비교하여, 그리고 두 식이군 사이에 유의적인 차이는 나타나지 않았는데, 이러한 사실도 운동의 효과로 판

운동과 식이지방이 인체의 콜레스테롤 대사와 동맥경화에 미치는 영향(백영호)

단되다. 이상의 지방산 조성의 실험분석 결과를 평가해 볼 때, 식이 지방량의 차이가 운동선수의 혈중지방산 조성에는 크게 영향을 미치지 않는 것은 그만큼 운동의 효과가 식이조성 보다는 우선된다는 사실을 알 수 있었다.

VI. 운동처방

운동처방 효과를 위해 첫째, 운동의 목표설정을 개인의 특성에 따라 설정하여야하고 둘째, 개인의 의학적 한계, 운동에 대한 잠재능력의 정확한 평가가 선행되어야 한다.

운동프로그램을 구성할 때에는 운동처방의 질적 요인인 운동양식(mode of exercise)과 운동강도, 그리고 양적 요인인 운동빈도(frequency of exercise), 운동시간(duration of exercise), 운동기간 또는 단계(period of exercise)를 반드시 고려하여야 한다. 1일 운동프로그램은 3단계(준비운동단계⇒주(본)운동단계⇒정리운동단계)로 구성하는 것이 바람직하다.

준비운동은 운동시간(10~15분 정도), 운동유형은 걷기, 스트레칭, 가벼운 체조형태가 적합하며, 주(본)운동은 운동시간(10~25분 정도), 운동유형은 운동목적에 알맞은 신체부위를 점진적으로 강하게 실시하고, 정리운동은 운동시간(5~10분 정도), 준비운동의 역순으로 구성한다. 운동처방의 일반적인 범위는 Table 13과 같다.

Table 13. Comparison of prescriptions for Typical Fitness and Lipid-Altering Exercise

Components	Typical fitness exercise	Lipid-altering exercise
Type	Endurance	Endurance
Intensity	70~85% maximum capacity	
Duration	30 min/session	>1000kcal/나 of additional energy expenditure
Frequency	> 3times/week	
Time when direct effect can be expected	4weeks	3~9 month

격렬하고 경쟁적인 스포츠도 조깅, 수영과 마찬가지로 심혈관 적합도를 효과적으로 증진시킬 수 있으나 운동을 처음 시작하는 사람이 참여하기에는 부적합하다. 그들은 처음 6-10주간 도보, 달리기, 수영과 같은 컨디션 조절 프로그램을 실시한 후 차차 격렬하고 경쟁적인 스포츠로 옮겨가는 것이 바람직하다. 특히 에어로빅 운동은 심혈관에 아주 좋다. 규칙적으로 적당한 운동량이 될 수 있도록 하는 것이 좋다. Dr. KENNETH H. Cooper는 크로스컨츄리 스키가 심혈관에 가장 좋은 운동이라고 하였으며, 다음으로 좋은 것은 수영이고, 세 번째는 에어로빅이라고 권장하였다. 그 이유로는 이들 운동이 많은 근육군을 사용하도록 되어 있기 때문이다(Table 14).

Table 14. 운동과 에너지 소비표

	Aerobic Benefits	Muscle Strength	Weight Control	Kcal · H ¹
Jogging	4	3	4	600
Bicycling	4	3	3	500
Swimming	4	4	4	600
racquetball	4	3	3	420
Cross-country skiing	4	4	4	600
Downhill skiing	2	3	2	410
Basketball	4	3	3	420
Tennis	3	3	3	410
Calisthenics	1	4	2	320
Walking	3	2	3	320
Golf(no carts)	1	1	1	320
Baseball	1	1	1	264
Bowling	1	1	1	270

From pamphlet, Fitness Coach Drug Company p. o. Box 203, Wood Bridge, NJ

4 = very good, 3 = good, 2 = fair, 1 = poor

운동처방에 대한 일반적인 결론을 요약해보면 운동의 형태는 지구성 유산소 운동이 좋으며 단일 운동보다 복합운동(수영과 조깅, 조깅과 에어로빅 댄스, 수영과 테니스, 유연체조와 보행, 체력요소 열세 항목 보강운동과 유산소 운동 등)이 이상적이다. 운동 강도는 최대심박수의 70~85%(50~70% V O₂max), 운동지속시간은 하루 30~60분, 운동빈도는 주당 3~6회로 하며 매일 운동을 하는 것으로 습관 되어져야 한다. 주중에 휴식을 취하는 횟수는 1회의 운동내용, 체력, 연령, 생활 Pattern 등을 고려하여 결정한다. 50~70% V O₂max에서 1시간 정도 하는 운동은 격일제로 하는 것이 좋으며 격심한 운동은 삼가야 한다.

Ⅶ. 결 론

동맥경화의 발생은 혈중 콜레스테롤의 영향이 크며, 혈중 콜레스테롤 중 LDL-콜레스테롤 증가와 HDL-콜레스테롤의 감소가 위험인자로 주목해야 한다. 특히 HDL-콜레스테롤은 동맥경화증을 예방하는 지단백질이다. 운동에 의해 총콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤, 트리글리세라이드는 감소하였고, HDL-콜레스테롤은 증가하였다.

운동에 의한 혈액 중의 포화지방산은 유의적인 변화는 없었지만, 모노엔산은 약간 감소한 반면 폴리엔산은 약간 증가하였고 포화지방산에 대한 불포화지방산의 비도 증가하였지만, 식이지방의 차이에 따른 변화는 인정할 수 없었다. 또한 재운동에 의하여 오메가-6에 대한 오메가-3의 비(n-3/n-6)는 유의성있게 감소한 반면 포화지방산에 의한 차이는 인정할 수 없었다. 따라서 혈액중의 지방산의 변화는 식이지방의 차이에 의한 영향보다 운동에 의한 영향이 더 크다고 판단되었다.

식이섬유는 체내에서 소화관의 운동을 촉진하여 장관 내 체류기간을 단축시키며 콜레스테롤의 흡수를 저해하여 비만, 고지혈증, 동맥경화 및 대장암 등을 예방할 수 있다. 각종 채소류와

운동과 식이지방이 인체의 콜레스테롤 대사와 동맥경화에 미치는 영향(백영호)

해조류는 불포화지방산이 다량으로 함유된 식품으로서 장내에서 콜레스테롤 흡수를 방해하는 역할을 한다.

동맥경화증을 촉진시키는 위험인자로써 고혈압, 고지혈증, 당뇨병, 비만, 지나친 흡연, 운동부족 등을 들 수 있으며, 동맥경화의 진행은 어려서부터 시작되어 연령의 증가와 더불어 심해진다. 특히 여자보다 남자에게 더 심하다. 동맥경화증 위험인자가 있는 사람의 경우 식습관과 생활양식 그리고 운동처방으로 동맥경화를 예방하는 것이 중요하다.

운동과 식이를 병행하여 운동을 지속적으로 장기간 할 때 그 효과가 매우 크다. 운동은 유산소성 운동으로서 운동강도는 70~85% HRmax(50~70% V O₂max), 운동시간은 20~60분/day, 운동빈도는 3~5회/week가 바람직하다. 운동은 인체의 콜레스테롤 대사에 효과적인 변화를 초래하였고, 지방식이 차이와 운동의 영향을 보았을 때는 운동에 의한 영향이 더 큰 것으로 나타났다.

참고문헌

- 백영호(1990). 운동영양학, 진영문화사, pp. 287~288
- 백영호 외 2인(1994). 동맥경화의 예방과 치료를 위한 영양과 운동처방, 부산대학교 체육과학연구소, 제10호, pp. 307~337
- 백영호 외 2인(1997). 유산소성 운동이 콜레스테롤식이 흰쥐의 간(肝) 조직의 항산화효소에 미치는 효과, 한국노화학회지, 제7권 제3호, pp. 55~64
- 백영호(1997). 영양과 운동이 동맥경화와 콜레스테롤 대사에 미치는 영향, 한국운동영양학회 제3회 추계학술대회
- 백영호 외 2인(1998). 유산소성 운동이 콜레스테롤 흰쥐의 혈청지질에 미치는 효과, 한국생명과학회지, 제8권 제1호, pp. 72~84
- 성인병과 건강(1994). 고지혈증과 동맥경화증, 성인병과 건강사, pp. 17~36
- Faria, I. E. and Faria, E. W.(1991) : Effect of exercise on blood lipid constituents and aerobic capacity of fire fighters. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 31, 75~81
- Gey, K.F. Puska, P. Jorden, P. and Moser, U.K(1991). Inverse correlation between Plasma vitamin E and mortality from ischemic heart disease in cross-cultural epidemiology. *Am. J. Clin. Nutr.*, 53, 326s
- Hartung, G.H., Foreyt, J.P., Mitchell, R.E., Vlasrk, & Gotto, A. M(1984). Relation of diet to HDL-C in middle-aged marathon runners, hogggers, and inactive man. *N.Engl.J.Med*
- Johnson, C. and Greenland, P.(1990) : Effects of exercise, dietary cholesterol and dietary fat on blood lipids. *Arch. Int. Med.*, 150, 137~141
- Lester Packer. Vishwa N.Singh(1992), Nutrition in Exercise. Introduction and Overview, *Junal of Nutrition*, American Institute of Nutrition, pp 754~765
- Mati, B., Suter, E., Riesen, W. F., Tschopp, A., Wanner, H. U. and Gutzwiller, F.(1990) : Effects of long-term, self-monitored exercise on the serum lipoprotein and coronary heart disease. *Am. J. Clin. Nutr.*, 31, s43.
- Seim, H. C. and Holtmeier, K. B.(1992) : Effects of a six-week, low-fat diet on serum cholesterol, body weight, and body measurements. *Family Prac. Res. J.*, 12(4), 411~419.