

## 유산소성 운동이 콜레스테롤식이 흰쥐의 혈청지질에 미치는 효과

김귀원\* · 남태호 · 백영호

부산대학교 사범대학 체육교육과

## Effects of Aerobic Exercise on Serum Lipid in Cholesterol-Dietary Rats

Kui-Won Kim\* · Tae-Ho Nam · Yeong-Ho Baek

Department of Physical Education, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea

### Abstract

Sprague Dawley rats(24 weeks of age) were divided and were given normal diet for 6 weeks, followed by normal diet and 2% cholesterol diet for 14 weeks. During these periods, 10 weeks' exercises are performed after 4 weeks. And then we analyze the blood and adipose tissue by decapitating those rats.

1. Serum total cholesterol was enhanced by cholesterol diet, while aerobic exercise tended to reduce it.
2. Cholesterol diet slightly reduced serum HDL-C and LDL-C, where as aerobic exercise showed a tendency to decrease it.
3. Cholesterol diet slightly reduced phospholipid and triglyceride, but aerobic exercise showed a tendency to increase them.
4. Aerobic exercise significantly decreased adipose tissue in normal diet rats and tended to reduce it in cholesterol-dietary rats.

These results suggest that aerobic exercise decrease serum total cholesterol and LDL-C, and as a result can prevent atherosclerosis.

*Key words* : Cholesterol diet, total cholesterol, HDL-C, LDL-C, phospholipid, triglyceride, Aerobic exercise

### 서 론

우리 나라에서 1983년도의 사인분석이 가능한 사망자를 조사한 결과 뇌혈관 질환 11.4%, 심장병 8.0%였으나, 10년 후인 1993년도에는 뇌혈관질환 16.0%, 심장병 8.3%로 나타났다. 특히 사망률이 크게 증가한 사인은 심근경색증과 같은 허혈성 심질환으로 1983년에 인구 10만 명당 2.2명에서 1993년에 13.5명으로 10년 동안 약 6배 정도

가 증가되었다<sup>1)</sup>. 고지혈증은 대동맥의 경화성 병변을 일으켜 동맥류나 박리성 병변을 일으키는 원인이 되며 또한, 중등도 크기의 동맥인 관상동맥, 경동맥, 사지동맥 등에 경화성 병변을 일으켜 내경이 좁아짐으로써 혈류장애가 나타나 이들 혈관에 의존하는 장기에 치명적 손상이나 기능장애를 초래하게 된다. 이중 고콜레스테롤혈증(hypercholesterolemia)은 동맥경화 특히 관상동맥 경화성 질환의 발병과의 연관성에 대해 광범위한 연구가 되어 중요한 위험인자로

† Corresponding author

알려져 있다<sup>32,33,42</sup>). 혈중 콜레스테롤 치가 높을 수록 동맥 경화 발생률이 상승한다. 이러한 혈중 콜레스테롤 중에 LDL(low density lipoprotein)과 HDL(high density lipoprotein)의 작용은 LDL이 동맥경화 유발인자인 반면 HDL은 동맥경화 예방인자로 중요한 역할을 한다. rhesus monkey를 대상으로 한 실험적 연구 결과도 콜레스테롤이 대동맥, 경동맥, 장골동맥에 초기 병변을 나타내고 있어서 시간경과에 따라 관상동맥, 장간막동맥, 고동맥 등에 동맥 경화성 병변을 발생시킴을 관찰한 바 있으며<sup>34</sup>), 콜레스테롤이 동맥경화 유발의 필수조건이 될 수 있음을 제시하였다<sup>10,13,39</sup>). 포화지방의 섭취가 적고 혈중 콜레스테롤이 낮은 일본이나 지중해 연안국 사람들이 미국인에 비해 관상동맥 질환의 발생이 낮다고 알려졌다<sup>30</sup>). 연구에 의하면 포화지방의 섭취가 높으면 혈중콜레스테롤도 높고<sup>38</sup>), 이는 관상동맥이나 대동맥의 경화성 병변의 크기와 상관관계가 있으며, 혈중 콜레스테롤 치와 관상동맥질환에 의한 사망률 사이에도 직접적인 연관이 있고, 고콜레스테롤혈증이 젊어서 생길수록 관상동맥 질환의 발생위험이 높아진다고 했다<sup>28,40</sup>).

규칙적인 유산소성운동은 T-C, LDL-C, 고혈압, 혈당, 비만 등의 위험인자를 개선시키고 HDL-C 상승과 심혈관계 기능을 향상시킨다는 실험적, 역학적 증거들이 많이 있다. 신체활동이 관상동맥질환을 예방하는 효과가 있다고 하였으며<sup>36</sup>), 규칙적인 유산소성운동이 중성지방을 낮춘다고 보고하였으며<sup>15,17,18</sup>), Wood 등(1979), Haskell(1984), Sun (1991)은 운동이 HDL-C를 상승시키며, 이는 주로 HDL<sub>2</sub>의 증가에 기인한다고 하였고<sup>24,44,46</sup>), 이에 반해 Helsinki Heart Study에 참가한 82명의 중년남성을 조사한 결과 HDL<sub>3</sub>는 여가시간에 신체활동을 하는 사람에게 유의한 관계가 있었고, HDL<sub>2</sub>는 알콜소비와 관계 있었다고 했다<sup>35</sup>). 신체활동이 HDL농도 증가와 LDL, 중성지방감소를 가져오고 cholesterol acyltransferase의 활동이 HDL<sub>2</sub> 생산증가를 유도한다고 했다<sup>12</sup>). 체력과의 관계에 대해 관상동맥질환의 위험인자는 체력, 신체활동과 관계가 깊으며 체력수준이 HDL-C와 정적관계가 있다고 하였다<sup>47</sup>). 45명의 건강한 훈련되지 않은 남자를 대상으로 9주 동안 훈련한 결과 무산소 역치 이하의 중등 강도의 훈련이 lipoprotein profile에 유익한 것으로 나타났다<sup>8</sup>). 운동은 혈청 T-C와 중성지방을 낮추고 HDL-C수준을 높여 심혈관계 질환의 초보적 예방에 중요한 역할을 한다<sup>44</sup>)고 했으며, 활기차게 걷는(brisk wal-

king) 낮은 강도의 운동을 1년 동안 실시하여 혈장 T-C의 감소와 HDL-C증가를 가져 왔다고 했다<sup>26</sup>). 30~59세의 남자 359명을 대상으로  $\dot{V}O_2\max$  50%로 2~3h/wk 씩 2달간 훈련하여 BMI(body mass index), 수축기 혈압, 이완기 혈압, T-C, fructos- amine이 유의하게 낮아졌고, HDL-C가 유의하게 높아졌음을 보고하였다<sup>29</sup>).

신체운동이 관상동맥질환의 발생빈도 및 심혈관계 질환에 의한 사망률을 감소시킬 수 있다는 증거를 얻기 위한 실험은 실제로 불가능할 것으로 생각되고 있다고 했다<sup>1</sup>). 물론 심혈관계 질환의 발병에 관여하는 여러 요소가 있으나, 본 연구에서는 동맥경화에 의한 심혈관계 질환에 영향을 미치는 혈청지질성분과 항산화효소가 운동과 콜레스테롤식사와 어떤 관계가 있는 가를 알아보려 본 연구에서는 흰쥐를 이용하여 여러 가지 강도조건과 콜레스테롤식이조건을 주어 규칙적인 트레드밀운동을 10주간 실시한 후 혈청중의 지질조성의 변화를 구명하는데 본 연구의 목적이 있다.

## 재료 및 방법

### 실험동물

실험 동물은 생후 4주령의 Sprague Dawley 중 수컷 흰쥐를 Life Science사(D시)로부터 분양을 받아 20주 동안 사육 및 실험을 한 후 47마리를 실험 대상으로 하였다. 사육 cage는 18cm×18cm×17cm의 크기에 1마리씩 넣어 사육하였다. 사육온도와 상대습도는 22~24℃, 60%를 유지하였으며, 사육 명암주기는 자연광으로하였다.

### 실험절차 및 방법

#### 실험군의 구분

처음 6주간은 S사 제품 실험동물용 사료와 물을 자유식이 시켰고, 이후 14주 동안 2% 콜레스테롤 식이군과 정상식이군을 구별하여 사육하였다.

실험군은(Fig. 1)와 같이 구분했다. 흰쥐 47마리를 6주간 정상식을 시킨 후, 7주~10주동안(4주간)은 정상식이군 15마리, 2% 콜레스테롤식이군 32마리로 무선적으로 나누어 각각 식이를 실시하였다. 11주~20주 동안(10주간)은 앞의 4주간과 같은 식이조건에 운동조건을 가하였다.

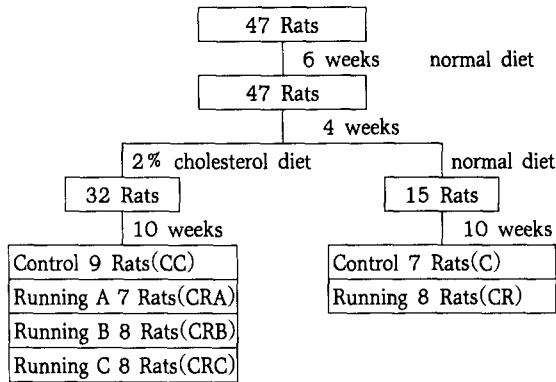


Fig. 1. Experimental groups

실험방법

식이구성

정상식은 S사 제품을 사용하였다. S사 제품 식이성분은 <Table 1> 과 같다.

2% 콜레스테롤식은 S사 제품을 분쇄한 분말 980g과 K사 제품 콜레스테롤 20g을 잘 섞어 반죽한 후, 흰쥐가 먹기 쉽도록 직경 1~2cm크기로 둥글게 만든 후, 3일간 건조하여 단단하게 형성된 것을 섭취시켰다.

실험 절차

본 연구의 실험절차는 <Fig. 2>와 같다. 4주령의 흰쥐를

6주간 정상식을 시킨 후, 11주령부터 정상식이군과 2% 콜레스테롤식이군으로 구분하여 4주간 사육하였다. 15주령~24주령의 10주간은 정상식이군을 대조군(C)과 운동군(CR)으로 나누고, 2% 콜레스테롤식이군은 대조군(CC)과 트레드밀 런닝 A군, 트레드밀 런닝 B군, 트레드밀 런닝 C군으로 나누어 운동을 실시하였다. 운동 강도는 Bedford 등(1979)의 방법<sup>11)</sup>을 이용하였다.

Table 1. Ingredient of dietary

Ingredient	Content
moisture	8.60%
crude fat	6.80%
ash	6.30%
P	0.76%
crude protein	25.30%
crude fiber	2.90%
Ca	1.12%
NFE	50.10%
etc.	0.48%

\*NFE(Nitrogen Free Extract)

콜레스테롤식이 런닝 A 그룹(CRA)

2% 콜레스테롤식을 시킨 CRA군(강한 강도의 런닝

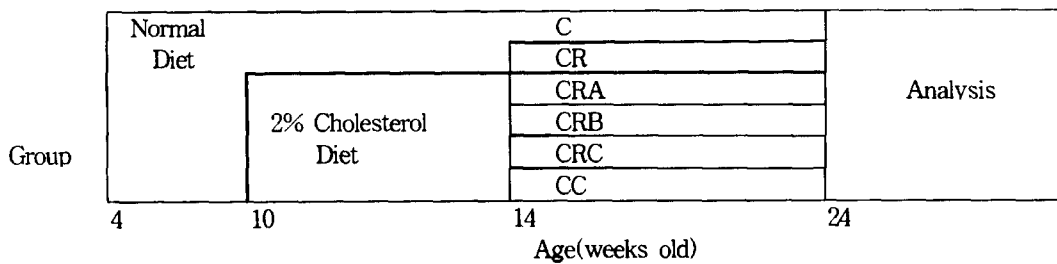


Fig. 2. Experimental procedure

C : Normal Diet, Control Group

CR : Normal Diet, Treadmill Running Group(15m/min, 5°, 30 min)

CRA : 2% Cholesterol Diet, Treadmill Running A Group(19m/min, 10°, 30min)

CRB : 2% Cholesterol Diet, Treadmill Running B Group(15m/min, 5°, 30min)

CRC : 2% Cholesterol Diet, Treadmill Running C Group(8m/min, 30min)

CC : 2% Cholesterol Diet, Control Group

그룹)은 <Table 2>와 같은 protocol로 1단계에서는 5m/min의 속도로 경사도 없이 1분간, 2단계에서는 8m/min속도와 2°의 경사도를 주어 1분간, 3단계에서는 10m/min의 속도와 4°의 경사도를 주어 1분간, 4단계에서는 13m/min의 속도와 6°의 경사도를 주어 1분간, 5단계에서는 15m/min의 속도와 8°의 경사도를 주어 1분간, 6단계에서는 19m/min의 속도와 10°의 경사도를 주어 25분간 운동을 시켰다. 이러한 운동은 2일 운동 1일 휴식의 방법으로 실시하였으며, 나머지 CR군과 CRB군(중간 강도의 런닝 그룹)은<Table 3>과 같은 protocol로 실시하였고, CRC군(약한 강도의 런닝 그룹)은 <Table 4>와 같은 protocol로 실시하였다.

**분석방법**

**혈액 및 조직의 수집**

실험에 동원된 환취를 12시간 절식시킨 후 오전 10시~

Table 2. Treadmill running protocol for CRA

Stage	Speed(m/min)	Degree	Time(min)
1	5	0°	1
2	8	2°	1
3	10	4°	1
4	13	6°	1
5	15	8°	1
6	19	10°	25

Table 3. Treadmill running protocol for CR & CRB

Stage	Speed(m/min)	Degree	Time(min)
1	5	0°	1
2	7	2°	1
3	10	3°	1
4	13	4°	1
5	15	5°	26

Table 4. Treadmill running protocol for CRC

Stage	Speed(m/min)	Time(min)
1	3	1
2	5	1
3	8	28

오후 3시에 단두 희생시켜 전채혈하고 난 후 해부하여 간을 먼저 적출하고, 다음에 좌측 고환에 붙어있는 adipose tissue를 취하여 미세저울로 무게를 측정한다 다음, 적출된 조직들은 튜브에 넣어 -80°C로 냉동하여 보관했다.

**혈액 분석**

**글루코스(glucose)**

GL zyme '榮研' kit를 사용하여 분석하였다. 즉, 혈청 0.02ml에 glucose oxidase 효소 3ml를 가한 다음, 혼합한 후에 37°C에서 15분간 가온하였다. 그리고 약 10분간 방치하여 500nm에서 흡광도를 측정하여 혈청 glucose 농도를 계산하였다.

**중성지방(triglyceride)**

triglyzyme-V '榮研' kit를 이용하였으며, 중성지방의 함량은 혈청 중의 triglyceride 값을 측정하여 사용하였다. 혈청 0.2ml에 효소용액 3ml를 가한 다음 혼합한 후에 37°C에서 5분간 가온하였다. 그리고 약 5분간 방치하여 505nm에서 흡광도를 측정하여 혈청 triglyceride 농도를 계산하였다.

**유리 콜레스테롤(free cholesterol)**

free-cholestezyme-V555 '榮研' kit를 사용하여 혈청 0.2ml에 효소시약 3.0ml를 가한 다음, 혼합한 후 37°C의 항온조에서 5분간 데워서 파장 555nm에서 흡광도를 측정하여 계산 하였다.

**총 콜레스테롤(total cholesterol)**

cholestezyme-V '榮研' kit를 사용하여 분석하였다. 곧, 혈청 0.02 ml에 효소용액 3ml를 가한 다음 온화 후 37°C에서 5분간 가온하였다. 그리고 약 10분간 방치하여 500nm에서 흡광도를 측정하여 혈청 총 콜레스테롤 농도를 계산하였다.

**고밀도 지단백 콜레스테롤(high density lipoprotein cholesterol)**

HDL-C555 '榮研' kit를 사용하여 분석하였다. 곧, 혈청 0.3ml를 가하고 실온에 10분 이상 방치 후 3000rpm에서 10분간 원심분리하였다. 상층액 0.1ml에 효소용액 3ml를 가한 다음 온화 후 37°C에서 15분서 간 가온하였다. 그리고 약 10분간 방치하여 500nm에 흡광도를 측정하여 혈청 HDL-C 농도를 계산하였다.

**인지질(phospholipid)**

Ames(1966)의 방법에 따라 혈청 0.2ml에 시료의 클로

로포름/메탄올(2:1) 혼합용액 2ml를 가해 혼화 후 800 Xg에서 10분간 원심분리하고, 클로로포름 층을 시험관에 취한 후 45℃ 수조에서 질소로 농축한 뒤, 클로로포름/메탄올(2:1) 혼합용액 0.1ml와 0.06ml의 10% magnesium nitrite 시약을 각각 가하고 혼화한다. 이 후 105℃ 사조(砂槽)에서 5분간 농축시킨 후 불꽃으로 회화시켜 1N HCl을 가하고 무기인을 완전히 녹인다. 이를 수조에서 15분간 끓이고, 10% ascorbic acid/0.42% ammonium molybdate(1:6)를 1.4ml 가한 뒤 45℃ 수조에서 반응시킨 다음 820nm에서 흡광도를 측정하였다.

저밀도지단백(low density lipoprotein), 초저 밀도지단백(very low density lipoprotein), 킬로미크론(chylomicron)

BLF '榮研' II kit를 사용하여, 혈청을 세개의 시험관 I, II, III에 각각 0.1ml 씩 넣고 효소시약 I, II, III을 각각의 시험관에 4.0ml씩 넣어 잘 혼합한 후 25±3℃에서 25분간 방치 후에 650nm로 흡광도를 측정하여 시험관 I + 효소시약 I에서 LDL+VLDL+chylomicron, 시험관 II + 효소시약 II에서 VLDL+chylomicron, 시험관 III + 효소시약 III에서 chylomicron을 계산하여 LDL, VLDL, chylomicron 을 산출하였다.

#### 유리지방산(free fatty acid)

NEFA zyme-S '榮研' kit를 사용하여 혈청 0.05ml에 효소시약-1을 1ml 넣고 잘 혼합하여 37℃의 항온조에서 5분간 가온한 후, 효소시약-2를 2ml 넣고 잘 혼합하여 37℃의 항온조에서 5분간 가온한다. 60분 이내에 555nm에서 흡광도를 측정하여 산출하였다.

#### 지방조직(adipose tissue)

지방조직은 해부 후 좌측 고환 위에 붙어있는 adipose tissue(AT)를 적출하여 0.001g 까지 계측되는 저울로 측정하고 소수 셋째자리에서 반올림한 후 체중 100g당 지방조직무게로 환산하였다. 즉, 지방조직무게%(AT/body weight)×100 으로 계산하였다.

#### 자료의 처리

본 실험의 자료는 SAS를 이용하여 처리하였으며 각 변인의 평균, 표준오차, 단순상관을 구했으며, 그룹간의 차이를 알아보기 위해 t-test 및 oneway-ANOVA를 실시하고 사후검정으로 Duncan test(P<0.05)를 실시하였다.

## 결 과

### 각 그룹의 체중 변화

그룹별 10주간 운동기간의 경과에 따른 체중의 변화는 <Table 5>에서 보는 바와 같이 훈련 중에 증가되는 형태를 보였다. 정상식이군(C, CR군)은 2% 콜레스테롤식이군(CC, CRA, CRB, CRC군)에 비해 운동 초기부터 356.00±55.50g(C), 383.75±57.06g(CR)으로 가벼웠다. C군은 7주째 평균체중이 2.00g 감소되었으나 곧 회복하였고, CR군은 타군들에 비해 체중의 기복이 있어서 운동 3주와 7주째에 평균체중이 전주에 비해 각각 3.12g, 4.37g 감소하였다. 그러나 C군과 마찬가지로 다음 주에 곧 회복하였다. 2% 콜레스테롤식이군에서는 CC, CRA군의 평균체중이 운동 1주 후 각각 410.56±17.93g, 390.00±44.44g이었고, 10주 운동기간 동안 평균체중의 감소없이 운동 10주 후에는 각각 484.44±30.46g, 452.14±62.04g을 나타내었다. CRC군은 운동 2주 후와 8주 후의 평균체중이 전주에 비해 각각 1.00g, 2.00g 감소되었으나 곧 회복하였다. CRB군은 운동 6주 후와 10주 후의 평균체중이 전주에 비해 각각 1.88g, 2.50g 감소된 것으로 나타났다. 혈액 분석 결과 집단별 혈청지질 분석 결과 10주간 2% 콜레스테롤식이와 정상식이 그리고 여러 가지 강도의 운동을 시킨 집단과 통제 집단의 혈청지질 성분의 분석 결과는 <Table 6>과 같다.

T-C는 <Table 6>에서 보는 바와 같이 정상식이 그룹에서는 운동군이 61.59±2.74mg/dl로 나타나 정상식이 통제군의 56.86±3.03mg/dl보다 높았다. 2% 콜레스테롤식이군에서는 운동군인 CRC, CRB, CRA군이 각각 66.06±4.74mg/dl, 71.15±4.49mg/dl, 68.04±4.03mg/dl로 콜레스테롤식이 통제군의 80.46±3.92mg/dl보다 낮았다. C군은 CC군에 비해 평균에서 23.60mg/dl 낮았고, CR군은 CRB군에 비해 평균에서 9.56mg/dl이 낮았다. CRC, CRB, CRA군 간의 비교에서 CRC군이 66.06±4.74mg/dl로 CRB군의 71.15±4.49mg/dl, CRA군의 68.04±4.03mg/dl보다 T-C 수준이 낮게 나타났다. FC는 <Table 6>에서 보는 바와 같이 정상식이 그룹에서는 운동군이 15.70±1.28mg/dl로 나타나 통제군의 12.09±0.65mg/dl보다 높았다. 2% 콜레스테롤식이군에서는 CRC, CRB, CRA군이 각각 12.75±0.69mg/dl, 12.39±0.60mg/dl, 13.03±0.81

Table 5. Changes of body weight during exercise

Week	Group	C	CR	CC	CRC	CRB	CRA
1		356.00 ±55.50	383.75 ±57.06	410.56 ±17.93	433.00 ±22.53	408.75 ±39.80	390.00 ±44.44
2		368.00 ±61.20	399.37 ±56.41	421.67 ±15.77	432.00 ±17.18	412.50 ±41.66	394.21 ±45.37
3		382.00 ±63.89	396.25 ±59.39	432.78 ±18.05	441.00 ±13.87	425.00 ±39.47	405.00 ±46.10
4		394.00 ±64.94	412.50 ±56.06	442.78 ±21.23	451.00 ±19.17	438.12 ±41.05	412.86 ±47.95
5		399.00 ±62.69	427.50 ±52.37	462.22 ±25.51	465.00 ±16.20	450.00 ±42.51	418.25 ±52.47
6		404.00 ±59.73	438.12 ±56.25	469.44 ±24.55	466.00 ±27.25	448.12 ±45.43	424.29 ±52.47
7		402.00 ±66.86	433.75 ±49.91	461.11 ±27.59	473.00 ±29.28	453.12 ±44.23	428.57 ±52.81
8		414.00 ±71.71	443.75 ±53.70	472.78 ±27.85	471.00 ±39.27	453.75 ±46.43	438.57 ±57.42
9		417.00 ±72.85	448.75 ±54.03	474.44 ±29.94	482.00 ±39.47	466.25 ±39.89	451.43 ±60.67
10		421.00 ±67.58	450.62 ±55.00	484.44 ±30.46	483.00 ±40.56	463.75 ±42.32	452.14 ±62.04

C : Normal Diet. Control Group

CR : Normal Diet. Treadmill Runging A Group(15m/min, 5°, 30min)

CRA : 2% Cholesterol Diet, Treadmill Running A Group(19m/min, 10°, 30min)

CRB : 2% Cholesterol Diet, Treadmill Running B Group(15m/min, 5°, 30min)

CRC : 2% Cholesterol Diet, Treadmill Running C Group(8m/min, 30min)

CC : 2% Cholesterol Diet, Control Group

Values are mean±standard deviation of 7 to 9 rats

mg/dl로 CC군의 14.11±0.65mg/dl보다 낮았다. C군은 CC군에 비해 평균에서 2.02mg/dl 낮았고, CR군은 CRB군에 비해 3.31mg/dl 높았다. CRC, CRB, CRA군 간의 비교에서 CRB군이 12.39±0.60mg/dl로 CRC군의 12.75±0.69mg/dl, CRA군의 13.03±0.81mg/dl보다 낮았다. HDL-C는 C군에서 31.95±2.11mg/dl로 CR군의 34.27±3.28mg/dl보다 낮았다. CC군은 41.35±2.06mg/dl로 CRA군의 43.87±2.56mg/dl보다 낮았으나, CRB, CRC군의 35.12±2.87mg/dl 35.32±1.85mg/dl보다 높았다(Table 6).

C군은 CC군보다 평균에서 9.40mg/dl 낮았고, CR군은 CRB군보다 0.85mg/dl 낮았다. CRC, CRB, CRA군간에는

CRA군이 43.87±2.56mg/dl로 CRC, CRB보다 평균에서 각각 8.55mg/dl, 8.75mg/dl 높았다. LDL은 <Table 6>에서 보는 바와 같이 C군은 377.69±34.99mg/dl로 CR군의 343.19±25.07mg/dl보다 높았다. CC군은 383.83±22.58mg/dl로 CRC의 368.69±28.90mg/dl, CRB의 352.73±28.88 mg/dl, CRA의 312.55±24.13mg/dl보다 높았다. C군은 CC군보다 평균에서 6.14 mg/dl 낮았고, CR군은 CRB군보다 평균에서 9.54 mg/dl 낮았다. CRA군은 CRB군과 CRC군에 비해 각각 40.18mg/dl, 56.14mg/dl 낮았다. LDL은 <Table 6>에서 보는 바와 같이 C군은 7.16±1.11mg/dl로 CR군의 9.48±2.66mg/dl보다 낮았다.

Table 6. Effects of exercise and 2% cholesterol diet on serum lipid levels

VAR	Group	C	CR	CC	CRC	CRB	CRA
T-C(mg/dl)		56.86 ±3.03	61.59 ±2.74	80.46 ±3.92	66.06 ±4.74	71.15 ±4.49	68.04 ±4.03
FC(mg/dl)		12.09 ±0.65	15.70 ±1.28	14.11 ±0.65	12.75 ±0.69	12.39 ±0.60	13.03 ±0.81
HDL-C(mg/dl)		31.95 ±2.11	34.27 ±3.28	41.35 ±2.06	35.32 ±1.85	35.12 ±2.87	43.87 ±2.56
LDL(mg/dl)		377.69 ±34.99	343.19 ±25.07	383.69 ±22.58	368.69 ±28.90	352.73 ±28.88	312.55 ±24.13
VLDL(mg/dl)		7.16 ±1.11	9.48 ±2.66	16.41 ±2.09	12.64 ±2.83	16.77 ±3.31	14.60 ±2.33
CM(mg/dl)		15.90 ±3.44	15.75 ±2.76	4.89 ±0.82	6.46 ±1.24	9.43 ±2.50	7.34 ±1.56
LDL/HDL-C		11.80 ±0.66	10.36 ±0.74	9.45 ±0.69	10.76 ±1.18	10.38 ±0.94	7.32 ±0.78

T-C : total cholesterol, FC : free cholesterol,

LDL : low density lipoprotein,

HDL-C : high density lipoprotein cholesterol, CM : chylomicron

VLDL : very low density lipoprotein

CC군은 16.41±2.09mg/dl로 CRB군의 16.77±3.31 mg/dl보다 낮았으나, CRC군의 12.64±2.83 mg/dl, CRA군의 14.60±2.33mg/dl보다는 높은 것으로 나타났다. C군은 CC군에 비해 평균에서 9.25mg/dl 낮았고, CR군은 CRB군에 비해 7.29mg/dl 낮았다. CRA군은 평균에서 CRB군보다 2.17mg/dl 낮았고, CRC군보다 1.96mg/dl 높았다. chylomicron은 <Table 6>에서 보는 바와 같이 C군은 15.90±3.44mg/dl로 CR군의 15.75±2.76mg/dl보다 조금 높았다. CC군은 4.89±0.82mg/dl로 CRC의 6.46±1.24mg/dl, CRB의 9.43±2.50mg/dl, CRA의 7.34±1.56mg/dl보다 낮은 것으로 나타났다. C군은 CC군의 비해 평균에서 11.01mg/dl 높았고, CR군은 CRB군에 비해 평균에서 6.32 mg/dl 높았다. CRA군은 평균에서 CRB군에 비해 2.09mg/dl 낮았고, CRC군에 비해 0.88mg/dl 높았다. LDL/HDL-C은 <Table 6>에서 보는 바와 같이 C군이 11.80±0.66으로 CR군의 10.36±0.74보다 높았고, CC군이 9.45±0.69로 CRC의 10.76±1.18, CRB군의 10.38±0.94보다 낮았으나, CRA군의 7.32±0.78보다는 높았다. C군은 평균에서 CC군보다 2.35 높았고, CR군은 평균에서 CRB군보다

0.02 낮았다. CRA군은 평균에서 CRB군, CRC군보다 각각 3.06, 3.44 높은 것으로 나타났다.

FFA는 <Table 7>에서 보는 바와 같이 C군은 427.12±38.73μEq/l로 CR군의 396.51±25.06μEq/l보다 높았다. CC군은 417.36±25.92μEq/l로 CRC군의 429.21±35.51μEq/l, CRB군의 541.22±27.76μEq/l, CRA군의 429.08±40.14μEq/l보다 각각 낮았다. C군은 CC군에 비해 평균에서 9.76μEq/l 높았고, CR군은 평균에서 CRB군에 비해 144.71μEq/l 낮았다. CRB군은 평균에서 CRA군보다 112.14μEq/l 높았고, CRC군보다 112.01μEq/l 높았다. phospholipid는 <Table 7>에서 C군은 110.86±6.56mg/dl로 CR군의 114.02±7.33mg/dl보다 낮았다. CC군은 91.83±4.94mg/dl로 CRC군의 107.69±4.19mg/dl, CRB군의 110.36±7.90mg/dl, CRA군의 114.67±4.65mg/dl보다 각각 낮았다. C군은 평균에서 CC군보다 19.03mg/dl 높았고, CR군은 평균에서 CRB군보다 3.66mg/dl 높았다. CRA군은 평균에서 CRB군보다 4.31mg/dl 높았고, CRC군보다 6.98mg/dl 높았다. triglyceride는 <Table 7>에서 C군은 101.28±12.79mg/dl로 CR군의 70.69±5.64mg/dl보다 높았다.

Table 7. Effects of exercise and 2% cholesterol diet on serum free fatty acid, phospholipid, triglyceride, glucose and adipose tissue.

VAR	Group	C	CR	CC	CRC	CRB	CRA
FFA( $\mu$ Eq/l)		427.12 $\pm$ 38.73	396.51 $\pm$ 25.06	417.36 $\pm$ 25.92	429.21 $\pm$ 35.51	541.22 $\pm$ 27.76	429.08 $\pm$ 40.14
PL(mg/dl)		110.86 $\pm$ 6.56	114.02 $\pm$ 7.33	91.83 $\pm$ 4.94	107.69 $\pm$ 4.19	110.36 $\pm$ 7.90	114.67 $\pm$ 4.65
TG(mg/dl)		101.28 $\pm$ 12.79	70.69 $\pm$ 5.64	58.10 $\pm$ 5.62	90.48 $\pm$ 10.08	78.49 $\pm$ 12.36	75.67 $\pm$ 9.66
GL(mg/dl)		135.98 $\pm$ 4.75	130.93 $\pm$ 3.12	132.66 $\pm$ 4.79	149.56 $\pm$ 6.19	142.43 $\pm$ 6.24	133.60 $\pm$ 2.77
AT(g%)		0.76 $\pm$ 0.04	0.56 $\pm$ 0.03	0.82 $\pm$ 0.09	0.82 $\pm$ 0.13	0.65 $\pm$ 0.04	0.64 $\pm$ 0.04

FFA : free fatty acid, PL : phospholipid, TG : triglyceride, GL : glucose,

AT : adipose tissue Refer to the legend of Table 5

Table 8. t-Test between C and CR group

Var Group	T-C	FC	HDL-C	LDL	VLDL	CM	L/H	FFA	PL	TG	GL	AT
C	56.86 $\pm$ 8.03	12.09 $\pm$ 1.72	31.95 $\pm$ 5.56	377.69 $\pm$ 92.58	7.16 $\pm$ 2.95	15.90 $\pm$ 9.09	11.80 $\pm$ 1.76	427.12 $\pm$ 102.46	110.86 $\pm$ 17.36	101.28 $\pm$ 33.84	135.98 $\pm$ 12.55	0.76 $\pm$ 0.09
t	61.59 $\pm$ 7.74	15.70 $\pm$ 3.63	34.36 $\pm$ 9.28	343.19 $\pm$ 70.91	9.48 $\pm$ 7.53	15.75 $\pm$ 7.80	10.36 $\pm$ 2.09	396.51 $\pm$ 70.88	114.02 $\pm$ 20.75	70.69 $\pm$ 15.94	130.93 $\pm$ 8.84	0.56 $\pm$ 0.09
t	-1.16	-2.50*	-0.61	0.80	-0.80	0.03	1.44	0.66	-0.32	2.29*	0.89	4.24**

Values are mean $\pm$ standard deviation. Statistical significance : \*P<0.05, \*\*P<0.01

Refer to the legend of Table 6 and Table 7

CC군은 58.10 $\pm$ 5.62mg/dl로 CRC군의 90.48 $\pm$ 10.08mg/dl, CRB군의 78.49 $\pm$ 12.36mg/dl, CRA군의 75.67 $\pm$ 9.66mg/dl보다 각각 낮았다. C군은 평균에서 CC군보다 43.18mg/dl 높았고, CR군은 평균에서 CRB군보다 7.80mg/dl 낮았다. CRA군은 평균에서 CRB군보다 2.82mg/dl 낮았고, CRC군보다 14.81mg/dl 낮았다.

glucose는 <Table 7>에서 C군은 135.98 $\pm$ 4.75mg/dl로 CR군의 130.93 $\pm$ 3.12mg/dl보다 높았다. CC군은 132.66 $\pm$ 4.79mg/dl로 CRC군의 149.56 $\pm$ 6.19 mg/dl, CRB군의 142.43 $\pm$ 6.24mg/dl, CRA군의 133.60 $\pm$ 2.77mg/dl보다 각각 낮았다. C군은 평균에서 CC군보다 3.32mg/dl 높았고, CR군은 평균에서 CRB군보다 11.50mg/dl 낮았다. CRA군은 평균에서 CRB군보다 8.83mg/dl 낮았고, CRC군보다 15.96mg/dl 낮았다. adipose tissue는 <Table 7>에서 C군은 0.76 $\pm$ 0.04g%로 CR군의 0.56 $\pm$ 0.03g%보다 높았다. CC군은 0.82 $\pm$ 0.09g%로 CRC군의 0.82 $\pm$ 0.13g%와 평균에서 같았고, CRB군의 0.65 $\pm$ 0.04g%, CRA군의 0.64 $\pm$ 0.04g%보다 각각 높았다. C군은 평균에서 CC군보다

0.06g% 낮았고, CR군은 평균에서 CRB군보다 0.09g% 낮았다. CRA군은 평균에서 CRB군보다 0.01g% 낮았고, RC군보다 0.18g% 낮은 것으로 나타났다.

#### 집단간 혈액 성분 분석 결과의 차이

정상식이 비운동군(C)과 정상식이 런닝군(CR)의 혈액 성분 차이

정상식이 집단인 비운동군(통제군)과 운동군간의 혈액성분의 차이를 분석하기 위해 t-test를 한 결과는 <Table 8>와 같다.

C군과 CR군간의 차이를 검증하기 위한 t-test 결과 T-C는 -1.16, HDL-C는 -0.61, LDL 0.80, VLDL -0.80, chylomicron 0.03, LDL/HDL-C 1.44, FFA 0.66, phospholipid -0.32, glucose 0.89로 유의한 차이를 보이지 않았으나, FC는 <Table 8>에서 보는 바와 같이 t 값이 -2.50으로 P<0.05수준에서 유의한 차이를 나타냈다.

정상식이 비운동군(C)과 2% 콜레스테롤 식이 비운동군(CC)간의 혈액성분의 차이를 분석하기 위해 t-test를



Table 9. t-Test between CR and CRB group

Group	Var	T-C	FC	HDL-C	LDL	VLDL	CM	L/H	FFA	PL	TG	GL	AT
CR		61.59 ±7.74	15.69 ±3.63	34.37 ±9.29	343.19 ±70.91	9.48 ±7.53	15.75 ±7.80	10.36 ±2.09	396.51 ±70.88	114.02 ±20.75	70.69 ±15.94	130.93 ±8.84	0.56 ±0.09
CRB		71.15 ±12.70	12.39 ±1.71	35.11 ±8.11	352.73 ±81.69	16.77 ±9.38	9.43 ±7.06	10.38 ±2.65	541.22 ±78.53	110.36 ±22.34	78.49 ±34.95	142.43 ±17.64	0.65 ±0.11
t		-1.81	2.33*	-0.17	-0.24	-1.72	1.70	-0.01	-3.87**	0.34	-0.57	-1.65	-1.86

Statistical significance : \*P<0.05, \*\*P<0.01, Mean±standard deviation Refer to the legend of Table 6 and Table 7  
L/H : LDL/HDL-C

Table 10. t-Test between C and CC group

Group	Var	T-C	FC	HDL-C	LDL	VLDL	CM	L/H	FFA	PL	TG	GL	AT
C		56.86 ±8.03	12.09 ±1.72	31.95 ±5.56	377.69 ±92.58	7.16 ±2.95	15.90 ±9.09	11.80 ±1.76	427.12 ±102.46	110.86 ±17.36	101.28 ±33.84	135.98 ±12.55	0.76 ±0.09
CC		80.46 ±11.76	14.11 ±1.95	41.35 ±6.18	383.83 ±67.73	16.41 ±6.26	4.89 ±2.44	9.44 ±2.07	417.36 ±77.75	91.83 ±14.82	58.10 ±16.85	132.66 ±14.37	0.82 ±0.26
t		-4.76***	-2.19*	-3.19**	-0.15	-3.91**	3.50**	2.46*	0.21	2.32*	3.09*	0.49	-0.58

Statistical significance : \*P<0.05, \*\*P<0.01, \*\*\*P<0.001 Mean°standard deviation

C : Normal Diet, Control Group CC : 2% Cholesterol Diet, Control Group Refer to the legend of Table 5

triglyceride는 <Table 8>에서 보는 바와 같이 t 값이 2.29로 나타나서 p<0.05 수준에서 유의한 차이를 보였다. adipose tissue는 <Table 8>에서 t 값이 4.24로 P<0.01 수준에서 C군과 CR군간에 유의한 차이를 보였다.

정상식이 런닝군(CR)과 콜레스테롤식이 런닝 B군(CRB) 간의 혈액 성분 차이

정상식이 런닝그룹(CR)과 2% 콜레스테롤식이 런닝 B그룹(CRB) 간의 혈액성분의 차이를 분석하기 위해 t-test를 한 결과는 <Table 9>와 같다.

CR군과 CRB군간의 t 값은 <Table 10>에서와 같이 T-C -1.81, HDL-C -0.17, chylomicron 1.70, LDL/HDL-C -0.01, phospholipid 0.34, triglyceride -0.57, glucose -1.65, adipose tissue -1.86으로 나타났으나 유의한 차이는 보이지 않았다.

그러나 FC는 <Table 9>에서 보이는 바와 같이 t 값이 2.33으로 나타났고, P<0.05 수준에서 유의한 차이를 보였다. FFA는 <Table 9>에서 나타난 바와 같이 CR군과 CRB군간의 t 값은 -3.87로서 P<0.01 수준의 유의한 차이를 보였다.

정상식이 비운동군(C)과 콜레스테롤 식이 비운동군(CC) 간의 혈액 성분 차이

정상식이 비운동군(C)과 2% 콜레스테롤 식이 비운동군(CC) 간의 혈액성분 차이를 분석하기 위해 t-test를 한 결과는 <Table 10>과 같다.

C군과 CC군간의 t 값은 <Table 10>에서와 같이 HDL-C -0.15, FFA 0.21, glucose 0.49, adipose tissue -0.58로 나타났으나 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 T-C는 -4.76으로 유의한 차이(P<0.001)를 보였고, HDL-C -3.19, LDL -3.91, chylomicron 3.50으로 유의한 차이(P<0.01)를 보였으며, FC 2.19, LDL/HDL-C 2.46, phospholipid 2.32, triglyceride 3.09로 유의한 차이(P<0.05)를 나타내었다.

## 고 찰

정상식이 흰쥐와 2% 콜레스테롤식이 흰쥐를 대조군과 운동군으로 나누어 동맥경화에 영향을 미치는 혈청지질과 항산화효소의 비교에서 식이가 혈청콜레스테롤에 영향을 미치는 것을 C군과 CC군, CR군과 CRB군의 비교를 통해 알 수 있다. 콜레스테롤은 동맥경화의 위험인자로 알려져 왔다. 사람에 있어서 T-C는 출생시 약 60mg/dl이나 나이가

1세 증가함에 따라 약 7.5mg/dl씩 증가한다고 했다<sup>4)</sup>. 우리나라에서 T-C가 220mg/dl 이상이면 고콜레스테롤혈증(hypercholesterolemia)으로 규정하고 있으며, 동맥경화의 발병률은 혈중콜레스테롤과 밀접한 관계가 있다. 혈중 콜레스테롤 1% 감소시 관상동맥질환의 빈도가 2% 감소한다고 했다<sup>45)</sup>. 혈중 콜레스테롤을 감소시키는 방법으로 HMG-CoA(hydroxy-methylglutaryl coenzyme A) 환원 억제 약물인 Lovastatin을 사용하거나<sup>4)</sup>, 식이요법, 운동요법 등을 실시한다. 그러나 약제의 사용은 부작용과 장기간 사용의 안전성 문제와 식이요법은 제한으로 인한 영양의 불균형과 거식증과 같은 극단적인 증세가 올 수 있음을 고려할 때, Haskell(1984)이 주장한 규칙적 운동이 혈중지질, 지단백, 특히 콜레스테롤, triglyceride, LDL을 낮추고 HDL을 증가시키는 이점과 신체적, 정신적, 사회적 이점을 가져올 수 있는 유산소성운동이 바람직할 것이다. 쥐를 2분 수영 1분 휴식의 방법으로 5주령 때 5회, 6~7주령 때 7회, 8~9주령 때 10회 실시하고 10주령 때 임신시켜 임신기간 중 5회 실시한 결과 운동군이 대조군에 비해 T-C가 유의하게 감소되었음을 보고한 바 있다<sup>6)</sup>. 콜레스테롤식이군에서는 운동군이 비운동군보다 T-C가 낮아서 선행연구들과 일치하는 결과를 보였으나, 정상식이군에서는 운동군이 통제군보다 T-C가 높은 것으로 나타났다. 동물이 스트레스를 받으면 범적응증후군(general adaptation syndrome)으로서 catecholamine 방출을 증가하며 특히 epinephrine은 지방분해를 촉진하게 되고, 따라서 지단백의 합성이 증가함으로써 지단백 증가에 의한 혈액의 콜레스테롤 함량이 증가되는 것으로 사료된다고 하였다<sup>19)</sup>. 본 실험에 나타난 결과도 이러한 영향으로 보여지며, 콜레스테롤식이군에서는 식이와 운동의 상호작용이 스트레스에 의한 영향보다 컸기 때문에 나타난 결과라고 생각된다. FC와 HDL-C에서 유의한 상관(P<0.01)을 보였다. 그러나 T-C의 상승은 HDL의 저하를 야기하는 역상관의 관계가 있는 것으로 알려져 있으나 본 실험에서는 정상관의 관계로 나타났다. FFA는 유산소성운동을 할 경우 증가되는 것으로 알려져 있다. FFA는 주로 triglyceride에서 유리된다고 볼 때 정상식이군 런닝군이 콜레스테롤 식이 런닝 B군보다 FFA 수준이 낮은 것은 낮은 triglyceride의 영향으로 보인다. HDL-C는 정상식이 비운동군보다 콜레스테롤 식이 런닝 A군, 콜레스테롤 식이 런닝 B군, 콜레스테롤 식이 런닝 C군이 높았고 LDL/HDL-C에

서는 낮은 것으로 나타나 고콜레스테롤을 섭취하더라도 지속적인 유산소성운동이 동맥경화의 예방에 유익함을 나타냈다.

또한 유산소성운동이 adipose tissue를 감소시킴으로써 비만에 대한 운동효과가 있음을 시사하였다. 운동강도와 관련된 콜레스테롤 식이 런닝 A군, 콜레스테롤 식이 런닝 B군, 콜레스테롤 식이 런닝 C군의 경우 Bedford 등(1979)이 조사한 경사도 0??, 8.2m/min( O<sub>2</sub>max 52±3.1%), 경사도 5??, 15.2m/min( O<sub>2</sub>max 64.04±4.5%), 경사도 10??, 19.3m/min( O<sub>2</sub>max 76±2.8%)에 준해 운동을 시킨 결과 콜레스테롤 식이 런닝 A군에서 HDL-C이 높았고, 콜레스테롤 식이 런닝 B군에서 FFA가 높아 HDL-C상승에 관련된 강도가 FFA상승에 유익한 강도와 달랐다. Caesser(1984)는 20~30세 비흡연자 16명을 대상으로 주 3회, 18주 동안 고강도군(최대산소섭취량의 80~85%로 25분), 저강도군(최대산소섭취량의 45%로 50분)을 훈련하여 T-C, triglyceride, HDL-C, LDL치의 통계적으로 의미 있는 결과를 얻지 못했다. FFA는 지속적인 유산소성 운동시 증가되는 것으로 알려져 있다. 山田 등(1990)은 투척선수과 장거리달리기선수들을 비교하여 장거리선수의 FFA, HDL이 높고 투척선수가 triglyceride, T-C에서 상대적으로 높다고 제시했다<sup>7)</sup>. Fernandez 등(1991)은 하루 평균 3,504kcal로 2달 동안 66명을 훈련하여 HDL-C, HDL2-C, Apo A-I 이 각각 증가되었고 체지방 감소가 있었으며, 2,942kcal로 훈련하여 HDL-C, HDL2-C, Apo A-I 이 증가되었으나, 체지방의 변화는 없었고 양 그룹에서 HDL2-C는 유의하게 증가되었지만 HDL3-C는 거의 변화가 없거나 감소되었다고 하였다<sup>21)</sup>. Giada 등(1991)은 엘리트 선수를 유산소성 운동군, 무산소성 운동군, 혼합 운동군, 대조군으로 하여 실험한 결과 유산소운동군과 혼합 운동군이 대조군에 비해 혈청 중성지방이 유의하게 낮았고, T-C, LDL, Apo B수준이 약간 낮았으며, HDL-C, HDL2-C는 약간 높았다. 유산소 운동군이 통제군에 비해 T-C/HDL, LDL/HDL이 각각 유의하게 낮았다. 또한 운동하는 동안의 에너지 소모량과 HDL과는 유의한 상관관계가 없었다고 보고했으며<sup>22)</sup>, Brumental 등(1991)은 평균 50세의 50명의 여성을 대상으로 walking과 jogging의 유산소성운동, circuit Nautilus 훈련과 같은 무산소 근력운동을 실시하여 두 그룹 모두 HDL, T-C가 약간 낮아졌고 Apo A-I, Apo A-I/Apo

B가 증가되었고, 유산소성운동 그룹에서 Apo A-II가 더 낮았고 Apo A, Apo-II가 더 컸다고 보고하였다<sup>14)</sup>. Ensign (1993)은 28~40세 여성 56명을 18개월 동안 지구성 훈련을 실시하여 총 HDL은 변화가 없었으나, HDL<sub>2</sub>는 30% 증가되었고, 대조군에 비해 운동군이 HDL<sub>2</sub>HDL<sub>3</sub>가 유의하게 증가되었다고 했다<sup>20)</sup>. Jones(1992)는 유산소성 걷기 운동을 주3~4회, 매회 30~45분간 8주 훈련하여 낮은 강도의 운동이 HDL, T-C/HDL에 유의한 변화를 보였다고 했다<sup>27)</sup>. Hudson(1991)은 활기차게 걷는(brisk walking) 낮은 강도로 1년동안 운동을 실시하여 혈장 T-C이 감소되었고 HDL-C는 증가되었다고 보고하였다<sup>26)</sup>.

Houmar 등(1994)은 47.2±1.5세 남자를 대상으로 14주동안 3~4d/wk, 30~45분간 지구성운동을 실시하여 LDL 분자무게, 직경의 증가는 지방, 혈장중성지방농도, 혈장글루코스농도의 감소와 관계 있으며, LDL의 lipid/protein 비율은 운동에 의해 7% 증가한다고 했으며, 이는 LDL 유리 콜레스테롤량에 기인한다고 했다<sup>25)</sup>. 혈중 LDL농도가 높으면 내피세포막의 유동을 감소시키고 부착단백질의 위치선정을 촉진하고 내피세포표면의 단백질생성도 상향 조정되며 내피세포의 eicosanoid 생산변화가 일어나 내피세포의 단핵구와의 친화도가 증가된다. 이러한 LDL의 내피세포 기능에 대한 영향은 세포의 산화와 관계 없이도 일어난다고 하였다<sup>31)</sup>. 본 실험에서 두 식이군의 운동군과 통제군간의 LDL에 대한 통계학적 유의한 차이를 발견할 수 없었으나 통제군들에 비해 운동군들이 평균에서 낮게 나타났다. LDL이 동맥경화 유발인자라는 측면에서 운동의 항동맥경화 작용으로 보여진다. LDL은 운동군이 낮게 나타났으며, 정상식이 비운동과 콜레스테롤 식이 비운동군에서는 콜레스테롤 식이 비운동군이 높았다.

Applebaum-Boden 등(1984)은 과량의 식이 cholesterol 섭취에 의하여 LDL-receptor 활성이 저하되면, LDL-receptor 부위에 LDL이 결합하지 못하고 혈청 내에 남아 계속 순환하게 되므로 혈청의 LDL치가 높아진다고 했다<sup>9)</sup>. 고콜레스테롤 식이 토끼의 경우 LDL-receptor 생산이 어렵게 되어 고콜레스테롤 혈증이 발생하기 쉬우나 쥐의 경우 LDL-receptor의 생산이 억제되지 않아서 고콜레스테롤 혈증은 발생되기 어렵다. 또한 Chao 등(1982), Slater 등(1980) Gordon 등(1977)도 토끼와 개의 실험에서 간장내의 콜레스테롤 증가가 LDL-receptor를 감소시켜 혈청의

LDL 수준이 높아지고 HDL 수준이 낮아진다고 하였다<sup>6,23,41)</sup>. 본 실험에서도 LDL 수준의 변화는 일치하였으나 HDL-C는 반대의 결과를 보였다. phospholipid는 연령증가에 따라 증가된다. Bouchard 등(1994)은 쥐에게 장기간의 중등도 운동을 시킨 결과 혈장 phospholipid를 유의하게 낮춘다고 하였다. 본 실험에서는 운동군이 통제군보다 phospholipid 수준이 높은 것으로 나타나 상반된 결과를 보였으나, 윤(1993)의 연구결과 콜레스테롤섭취효과는 T-C, triglyceride의 상승에 영향을 미치며, phospholipid의 감소에 유의한 영향을 미친다고 하였다<sup>2)</sup>. 본 실험에서도 C와 CC군의 비교와 CR과 CRB군의 비교에서 동일한 결과를 얻었다. Stehben과 Wierzbicki(1988)와 Kirtchevsky(1979)는 연령이 증가할 수록, BMI(body mass index)가 증가할 수록, 혈중 glucose가 증가할 수록 혈중 triglyceride가 증가한다고 하였다<sup>31,43)</sup>. 본 실험 결과에서도 glucose과 triglyceride사이에 유의한 상관성이 있었다.

## 요 약

본 연구는 생후 4주령의 Sprague Dawley 흰쥐 47마리를 대상으로 2% 콜레스테롤 식이와 정상식이 그리고 여러 가지 강도의 유산소성운동(트레드밀 런닝)과 비운동을 실시하여 혈청지질과 adipose tissue를 분석해서 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 콜레스테롤식이에 의해 혈중 T-C치가 유의하게 증가되었으나 유산소성운동에 의해 감소하는 경향을 나타내었다.
2. 콜레스테롤식이에 의해 혈중 HDL-C와 LDL이 약간 증가하였으나, 유산소성운동에 의해 모두 감소하는 경향을 나타내었다. LDL/HDL-C는 강한 운동을 한 CRA군에서만 감소하는 경향을 나타내었다.
3. 콜레스테롤식이에 의해 혈액중의 phospholipid 및 triglyceride는 감소하는 경향을 나타내었으나, 유산소성운동에 의해 약간 증가하는 경향을 나타내었다.
4. 정상식이군에서 유산소성운동에 의해 adipose tissue가 유의하게 감소되었으며, 콜레스테롤식이군에서도 유산소성운동에 의해 adipose tissue가 감소하는 경향을 나타내었다.

이상과 같은 연구결과를 통하여 유산소성운동이 콜레스테롤식이에 의해 증가된 혈중 총콜레스테롤을 저하시키며, 동맥경화 위험인자인 LDL을 낮추어 동맥경화성 질병을 예

방할 것으로 사료된다.

### 참고문헌

1. 서정돈 : 관상동맥질환의 위험인자, 대한내과학회잡지 : 제38권 제5호 591~599(1990).
2. 윤현숙 : 우유가 쥐의 혈청 Cholesterol과 지질대 사에 미치는 영향, 효성여대박사학위논문(1993).
3. 이석기 : 연령에 따라 과체중이 혈중지질치에 미치는 영향, 가정의학회지 제15권 제8호. 511~524(1994).
4. 이수영, 경춘숙, 김동찬, 이계희, 최상진, 손인, 박성훈 : 고콜레스테롤 혈중에 대한 LOVASTATIN의 효과, 순환기 : 제21권 제2호 328~336(1991).
5. 통계청 : 사망원인별 통계년보 제14권, 24~36(1994).
6. 한성수 : 수영이 임신한 흰쥐의 생리학적 변화에 미치는 영향, 한국체육학회지. 제34권 제2호, 350~356(1995).
7. 山田 茂, 見 順子, 富野 士良, 原田 邦彦, 岩垣 丞 恒, 堤 達也, 平田耕造 : 運動生理生化學, (株) 培風館, 145~155(1990).
8. Aellen, R., Hollmann, W., Boutellier, U. : Effects of Aerobic and An aerobic Training on Plasma Lipoproteins. *Int. J. Sports. Med.* 14(7), 396~400(1993).
9. Applebaum-Boden C, Haffner SM, Hartsook E, Luk KH, Albers JJ, Hazzard WR. : Downregulation of the low density lipoprotein receptor by dietary cholesterol. *Am. J. Clin. Nutr.* 39, 360~367(1984).
10. Armstrong, M. L., Warner, E. D., Connor, W. E. : Regression of Coronary Atherosclerosis in Rhesus Monkeys. *Circ. Res.* 27, 59(1970)
11. Bedford, T.G., Tipton, C.M., Wilson, N.C., Oppliger, R.A., Gisolfi, C.V. : Maximum Oxygen Consumption of Rats and Its Changes with Various Experimental Procedures. *J. Appl. Physiol. : Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 47(6), 1278~1283(1979).
12. Berg, A., Frey, I., Baumstark, M.W., Halle, M., Keul, J. : Physical Activity and Lipoprotein Lipid disorders. *Sports Med.* 17(1), 6~21(1994).
13. Bond, M.G., Bullock, B.C., Bellinger, D.A., Hamm, T. E. : Myocardial Infarction in a Large Colony of Nonhuman Primates with Coronary Artery Atherosclerosis. *Am J. Pathol.* 101, 675(1980).
14. Brummental, J.A., Matthews, K., Fredrikson, M., Rifai, N., Schniebolk, S., German, D., Steege, J., Rodin, J. : Effect of exercise training on cardiovascular function and plasma lipid, lipoprotein, and apolipoprotein concentrations in premenopausal and postmenopausal women. *Arterioscler. thromb.* 11(4), 912~917(1991).
15. Caesser, G.A., Rich, R.G. : Effect of High and Low Intensity Exercise Training on Aerobic Capacity and Blood Lipid. *Med. Sci. Sports Exerc.* 16(3), 269~274(1984).
16. Chao, Y.S., T.T. Yamin and A.W. Alberts : *J. Biol. Chem.*, 257, 3623~3627(1982)
17. Cooper, K.H., Pollock, M.L., Martin, R.P., White, S., Linnerrud, A., Jackson, A. : Physical Fitness Levels vs. Selected Conorary Risk Factors. *JAMA* 236, 166~169(1976).
18. Costar, R., Garcia-Palmieri, M.R., Nazario, E., Sorlie, P.D. : Relation of Lipid, Weight and Physical Activity to Incidence of Coronary Heart Disease. *Am J. Cardiol.* 42, 653~658(1978).
19. Dimsdale, J.E. and Moss, J. : Plasma catecholamine in stress and exercise. *J. Am. Med. Assoc.* 243, 340~342(1980).
20. Ensign, W.Y.JR. : Association of Regional and Total Body Composition, Plasma Lipids, Lipoproteins, Apolipoproteins and the Effects of Long Term Resistive Training in the Premenopausal Female. *Univ. Arizona Degree : PHD.*(1993).
21. Fernandez, P.J., Rubies, P.J., Pedro, B.J., et al., : High Density Lipoprotein Subfractions and Physical Activity : Changes after Moderate and Heavy Exercise Training. *Rev. Esp. Fisiol.* 47(4), 181~186(1991).
22. Giada, F., Baldo, E.G., Baiocchi M.R., Zuliani, G., Vitale, E., Fellin, R. : Specialized Physical Training Programs : Effects on Serum Lipoprotein Cholesterol, Apoproteins A-I and B and Lipolytic Enzyme Activities. *J. Sports. Med. Phys. Fitness.* 31(2), 196~203(1991).
23. Gordon, T., W.P. Casteli, M.C. Hjortland, W.B. Kannel and T.R. Dawber : *Am. J. Med.*, 62, 707~714(1977).
24. Heskell, W. : Exercise Induced Changes in Plasma Lipids and Lipoprotein. *Prev. Med.* 13(1), 23~36(1984).
25. Houmard, J.A., Bruno, N.J., Bruner, R.K., McCammon, M.R., Israel, R.G., Barakat, H.A. : Human Performance Laboratory. *Arterioscler. Thromb.* 14(3), 325~330(1994).
26. Hudson, A. : Low Intensity Exercise, Functional Capacity and Lipoprotein Metabolism in Women(Walking). *Univ. Tech. Loughborough(United Kingdom) Degree : PHD.*(1991).

27. Jones, C.A., : Effects of Aerobic Walking and Nutrition on Blood Lipids, Body Composition, Weight, and Cardio-vascular Fitness. *Univ. East Texas Degree : EDD.*(1992).
28. Kannel, W.B., Castelli, W.P., Gordon, T., Mcnamara, P.M. : Serum Cholesterol, Lipoprotein and Risk of Coronary Heart Disease. The Framingham Study. *Ann. Intern. Med.* 74, 1(1971).
29. Katoh, M., Hashimoto, S., Ohta, T., Okada, K. et al. : Effect of Training Fitness on Obesity, Hypertension, Hyperlipidemia and Disorders in Glucose Metabolism. *Nippon Kosho Eisei Zasshi.* 41(1), 46~55. (1993).
30. Keys, A. : Coronary Heart Disease in Seven Countries. *Circulation,* 41(Suppl) : 1(1970).
31. Kirtchevsky, D. : Diet, lipid metabolism and aging. *Federation Proc.* 38(6), 2001~2006(1979).
32. Lipid Research Clinics Program : The Lipid Research Clinics Coronary Primary Prevention Trial results : I. Reduction in incidence of coronary heart disease. *JAMA.* 251, 351~364(1984).
33. Malinow, M.R., McLaughlin, P., McNulty, W.P. : Treatment established atherosclerosis during cholesterol feeding in monkeys. *Atherosclerosis.* 31, 185~193(1978).
34. Manning, P.J. and Clarkson T.B. : Development, Distribution and Lipid Content of Dietinduced Atherosclerotic Lesions of Rhesus Monkeys. *Exp. Mol. Pathol.* 17, 32(1972).
35. Manttari, M., Koskinen, P., Manninen, V., Tenkanen, L., Huttunen, J.K. : Lifestyle Determinants of HDL<sub>2</sub>- and HDL<sub>3</sub>-Cholesterol Levels in a Hypercholesterolemic Male Population. *Atherosclerosis.* 87(1), 1~8(1991).
36. Powell, F. et al. : Physical Activity and the Incidence of Coronary Heart Disease. *Ann. Rev. Public Health* 8, 253(1987).
37. Pritchard, K.A., Tota, R.R. and Sterman, M.B. and Wong, PY-K. : 14,15-Epoxyeicosatrienoic acid promotes endothelial cell dependent adhesion of human monocytic tumor U937 cells. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 167, 137~142(1990).
38. Ross, R. and Glomset, J.A. : The Pathogenesis of Atherosclerosis. *N. Engl. J. med.* 295, 369(1976).
39. Rudel, L.L., Shah, R. and Greene, D.G. : Study of the Atherogenic Dyslipoproteinemia Induced by Dietary Cholesterol in Rhesus Monkeys. *J. Lipid. Res.* 20, 55(1979).
40. Schwartz, C.J., Gerrity, R.G. and Lewis, L.J. : Arterial Endothelial Structure and Function with Particular Reference to Permeability. *Atherosclerosis Rev.* 3, 109(1978).
41. Slater, H. R., C.J. Packard, S. Bicker, and J. Shepherd : *J. Biol. Chem.,* 255, 10210~10213(1980).
42. Stamler, J. : Population studies. "Nutrition, Lipid and Coronary Heart Disease". : 25~88, Raven Press, New York(1979).
43. Stehben, W.Z. and Wierzbicki, E. : The relationship of hypercholesterolemia to atherosclerosis with particular emphasis on familial hypercholesterolemia, DM, obstructive Jaundice. *Prog cardiovascular disease.* 30, 289~306(1988).
44. Sun. Y. : Study of Exercise and Serum Lipids in Puberty. *Chung Hua Liu Hsing Ping Hsueh Tsa Chih.* 12(4), 193~196(1991).
45. Tyroler, H.A. : Review of lipid lowering clinical trials in relation to observational epidemiological studies. *Circulation* 76, 515~522(1987).
46. Wood, P. and Haskel, W. : The Effects of Exercise on Plasma High Density Lipoproteins. *Lipids* 14, 417~427(1979).
47. Young, D.R. and Steinhardt, M.A. : The Importance of Physical Fitness vs. Physical Activity for Coronary Artery Disease Risk Factors : A Cross-sectional analysis. *Res. Q. Exerc. Sports.* 64(3), 377~384 (1993).