



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩士學位論文

콜레스테롤 식이와 운동이 흰쥐의 체내
지질수준, 간기능, 혈소판 응집
및 적혈구막 Na 유출에 미치는 영향



濟州大學校 教育大學院

營養教育專攻

姜 旻 淑

2007 年 8 月

Effects of Cholesterol diet and Exercise on
Lipid level, Liver function, Platelet
Aggregation and Erythrocyte Na Efflux
in Rats

Min-Sook Kang

(Supervised by professor Jung-Sook Kang)

A thesis submitted in partial fulfillment of the
requirement for the degree of Master of Education

2007 . 8 .

Department of Nutrition Education
GRADUATE SCHOOL OF EDUCATION
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

콜레스테롤 식이와 운동이 흰쥐의 체내
지질수준, 간기능, 혈소판 응집
및 적혈구막 Na 유출에 미치는 영향

指導教授 姜晶淑

姜 旻 淑

이 論文을 教育學 碩士學位 論文으로 提出함.

2007 年 8 月

姜旻淑의 教育學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____ (인)

委 員 _____ (인)

委 員 _____ (인)

濟州大學校 教育大學院

2007 年 8 月

목 차

Abstract	iii
Lists of Table	v
Lists of Fibure	vi
I. 서론	1
II. 실험재료 및 방법	11
1. 실험재료	11
1) 실험동물 및 식이배합	
2) 식이 섭취량과 체중 및 식이효율	
3) 운동 protocol	
2. 실험방법	14
1) 시료수집	14
(1) 혈액 채취 및 간 장기 적출	
2) 시료분석	14
(1) 혈장 지질 농도 분석	
(2) 간 지질 농도 분석	
(3) 혈소판 응집	
(4) 적혈구막 Na efflux 측정	
가. 적혈구 전처리	
나. Intracellusa Na 측정	
다. Na-K ATPase	
라. NA-K cotransport	

Abstract

Effects of Cholesterol diet and Exercise on Lipid level, Liver function, Platelet Aggregation and Erythrocyte Na⁺ Efflux in rats

Min-Sook Kang

**Department of Nutrition Education, Graduate School of Education
Cheju National University, Cheju, Korea**

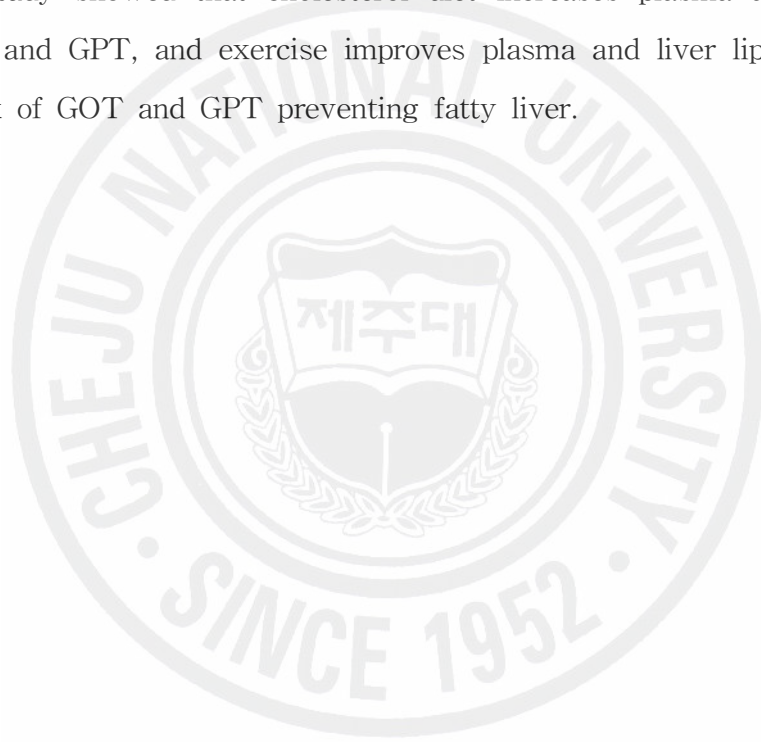
Recent years, the incidence of obese related metabolic syndrome such as diabetes mellitus, hypertension, hyperlipidemia and atherosclerosis has been increased and much of attention has been paid on non drug therapies like diet and exercise to prevent and cure these diseases

Present study was conducted to investigate the effects of exercise and cholesterol diet on plasma and liver lipid profile, platelet aggregation, erythrocyte Na efflux and liver index such as GOT and GPT using Sprague Dawley rats on 0.5% cholesterol diet and/or treadmill for 6 weeks.

L.W./B.W. ratio was significantly increased in groups fed cholesterol diet ($P < 0.01$), but exercise tend to decrease this ratio. Plasma total and LDL-cholesterol was significantly increased and HDL-cholesterol was decreased in groups with cholesterol diet ($p < 0.01$). Plasma triglyceride was significantly decreased in both groups fed cholesterol diet compared with groups fed normal diet ($p < 0.01$). Exercise decreased plasma triglyceride and showed a significant difference between two groups fed normal diet ($p < 0.01$). Liver total cholesterol and triglyceride was significantly increased in groups fed cholesterol diet ($p < 0.01$), but exercise did not affect on these levels. Intracellular Na and total Na efflux were not different, but Na-K ATPase tend to increase in groups with exercise. Hematocrit was significantly lower

($P < 0.05$) in group of cholesterol diet without exercise compared with other groups. Platelet aggregation in both the initial slope and the maximum was increased in groups fed cholesterol diet, but not statistically significant. Exercise especially increased the initial slope of aggregation. Liver index of both GOT and GPT was significantly increased in groups fed cholesterol diet ($p < 0.01$), and exercise significantly ($p < 0.01$) decreased both GOT and GPT especially in groups fed cholesterol diet when compared with their non exercising partners.

This study showed that cholesterol diet increases plasma and liver lipid and GOT and GPT, and exercise improves plasma and liver lipid profile and liver index of GOT and GPT preventing fatty liver.

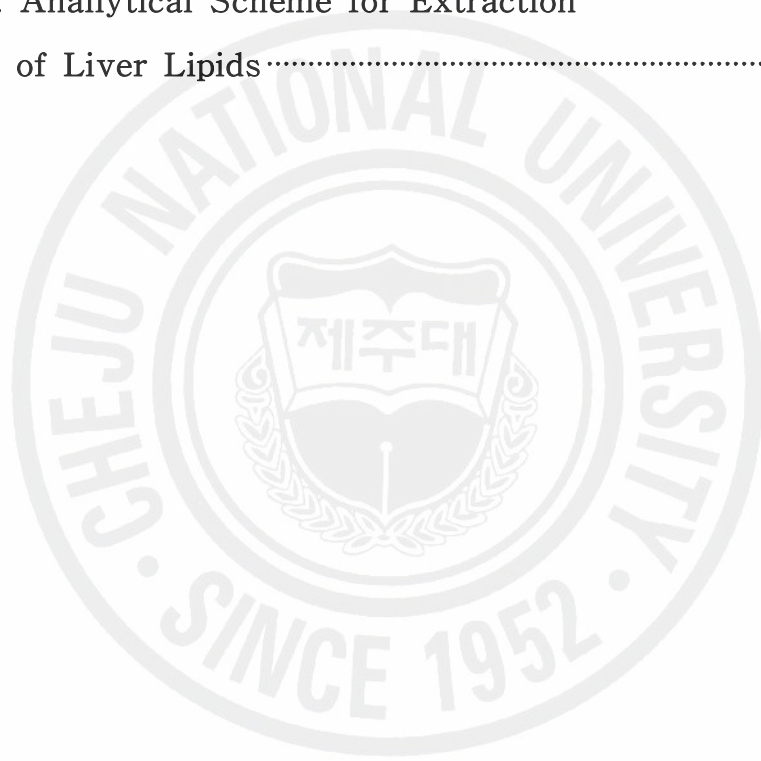


Lists of Table

Table 1. Composition of experimental diets.....	12
Table 2. Effects of cholesterol diet and exercise on growth rate and feed intake.....	23
Table 3. Effects of cholesterol diet and exercise on the plasma cholesterol and triglyceride content in rats.....	28
Table 4. Effects of cholesterol diet and exercise on the liver cholesterol and triglyceride content in rats.....	31
Table 5. Effects of cholesterol diet and exercise on erythrocyte sodium efflux.....	34
Table 6. Effects of cholesterol diet and exercise on hematocrit and platelet aggregation.....	37
Table 7. Effects of cholesterol diet and exercise on sGPT and sGOT.....	40

Lists of Figure

Figure 1. Model of Erythrocyte Na Efflux Channel.....	6
Figure 2. Treadmill Running Exercise.....	13
Figure 3. Analytical Scheme for Extraction of Liver Lipids.....	16



I. 서 론

지난 이십여년 간 우리사회는 괄목할 만한 경제성장과 세계화 경향으로 많은 사회적 변화를 경험하였다. 특히 과학 기술의 급격한 발전과 산업화·정보화·자동화 시대로의 가속화는 우리로 하여금 편리한 생활을 영위케 하고 있지만, 이로 인해 가장 중요한 신체활동이 자연히 줄어들게 되었고, 이러한 운동부족현상은 체력의 약화를 초래하는 결과를 가져오고 있다. 실제로 2005년 국민건강영양조사 결과에 따르면, 우리나라 국민 중 일상생활에서 활동량이 심한 활동 이상이 되는 경우는 11.05% 정도이며, 53.18%가 규칙적인 운동을 하지 않는다고 하였고, 75.69%가 근력 운동은 하지 않는 것으로 보고되었다.¹⁾

또한 비약적인 경제성장과 식품산업의 발달은 우리의 식생활을 날로 풍요로와지게 하면서 다양한 식품과 외식을 일상화시키고, 패스트푸드를 손쉽게 접할 수 있는 식생활 환경을 제공하였다²⁻⁴⁾. 이와 같은 식생활의 서구화 양상은 단백질, 지방 함량이 많고 식이섬유가 적은 정제된 식품의 섭취를 증가시키고 있는 실정이다. 우리나라 식생활 조사를 통해 보면, 동물성 식품의 섭취비율이 1969년에는 3.0%에 불과하였으며, 1970년대 중반까지는 10% 미만이었던 것이 1980년대에 점차 증가하여 1987년에는 처음으로 20%를 넘어섰으며, 2005년 조사에서 21.6%로 나타나 1969년 이래 최고의 비율을 기록했다고 한다.⁵⁾

이와 같이 경제수준의 향상으로 인한 식생활의 풍요로움과 과학기술의 발달로 인한 일상생활의 편리해짐은 영양과잉과 활동량 부족이라는 결과를 초래하였고, 이는 과체중이나 비만 인구의 증가로 이어지고 있다. 이러한 양상은 질병 유형과 사망원인의 변화에도 영향을 주어, 과거에는 소화기, 호흡기, 신경계질환 및 전염병이 주된 사망 원인이었으나, 현재는 당뇨병, 고혈압, 고지혈증, 동맥경화증 등의 비만 관련 대사증후군의 발병이 증가추세에 있고, 순환기계 질환, 암 등에 의한 사망이 증가하고 있다⁶⁾. 특히 뇌졸중, 심장마비 등 심순환기질환 (Cardiovascular disease, CVD)은 현재 식생활 양상의 변화를 볼 때 앞으로도 계속 증가하여 우리 나라의 사망 원인 중 가장 중요한 질환이 될 것으로 예측된다.

심장순환기계질환과 관련해 많은 위험인자^{7,8)}가 알려져 있지만, 특히 고지혈증, 고혈압, 비만, 과도한 흡연, 운동 부족 등이 주요 인자로 포함되어 있으며^{9,10)}, 이 중에서 고지혈증은 독립인자로도 알려져 있어, 이러한 질병이 혈중 지질 및 콜레스테롤 농도의 상승과 관련이 높음을 알 수 있다¹¹⁻¹³⁾. 실제로 Frammingham Study, The Cholesterol and Recurrent Events(CARE) study, The Air Force/Texas Coronary Atherosclerosis Prevention study(AFCAPS/TexCAPS) 등에 의하면, 고지혈증을 치료할 경우 심혈관계질환에 의한 사망률을 20~30%까지 감소시킬 수 있다고 한다¹⁴⁻¹⁶⁾. 따라서 동맥경화 및 심혈관계질환의 예방과 치료를 위해서는 혈액 중의 지질 및 콜레스테롤을 적정 수준으로 유지하는 것이 중요하며, 이에 영향을 미치는 인자들에 관한 많은 연구들이 이루어져 왔다¹⁷⁾.

여러 식이 성분 중 혈청 콜레스테롤 농도에 크게 영향을 미치는 것은 동물성 지방일 것이다. 동물성지방은 대부분 포화지방산으로 이루어져 있으며, 이를 섭취할 때 혈청 콜레스테롤 농도를 상승시켜 동맥경화를 유발시키는 위험인자로 작용한다. 따라서 동물성 지방의 과다한 섭취는 고콜레스테롤 혈증을 유발시킬 수 있으며, 또한 동맥경화의 위험도 증가하게 된다.

콜레스테롤은 주로 지단백질 (lipoprotein)과 결합되어 모든 체조직으로 운반되는데, 말초조직으로 콜레스테롤을 운반하는 LDL fraction 은 관상심장질환 (coronary heart disease, CHD)과 직접적인 상관성¹⁸⁾을 보이는 반면, 말초조직의 콜레스테롤을 간으로 운반하는 HDL fraction은 CHD로부터 보호해 준다고 한다¹⁹⁾. 또한 Berg 등²⁰⁾과 Hjermann 등²¹⁾은 관상심장질환 환자에 있어서 HDL-콜레스테롤 농도는 현저히 낮은 반면, LDL-콜레스테롤 농도는 높았다고 하였으며, Gordon 등²²⁾에 의하면 HDL-콜레스테롤 농도와 CHD 환자의 빈도수는 서로 역비례하는 상관 관계가 있다고 보고하였다. 그러므로 혈중 콜레스테롤, 특히 LDL-콜레스테롤을 감소시키는 것이 심혈관계 질환을 예방 또는 지연시키는 방법이며, 심지어는 역전시킬 수도 있다고 한다²³⁾.

규칙적인 유산소운동은 혈청 총콜레스테롤, LDL-cholesterol 및 중성지방의 함량을 저하시키고²⁴⁾, HDL-cholesterol 함량을 높임^{25,26)}으로써 순환기계 질환을 예방하는 매우 효과적인 방법이 될 수 있음을 주장하는 연구결과들이 발표되어 관심을 끌고 있다. Tompson 등²⁷⁾은 남자 마라톤 선수를 대상으로 42km 마라톤 후

의 지질 및 콜레스테롤 농도를 분석하였을 때, 중성지방과 총콜레스테롤이 감소하였다고 보고하였으며, 중년 남자와 중년 여자를 대상으로 10주 동안의 에어로빅 운동의 효과를 분석한 Brownell 등²⁸⁾의 연구에서는 남녀 모두 총콜레스테롤이 유의하게 감소하였다고 보고하였다. Pay 등²⁹⁾은 최대 운동의 30% 강도에서 2시간 동안 걷기를 실시하였을 경우, HDL-cholesterol 농도가 증가하였다고 보고하였다. 또한, Hick 등³⁰⁾도 최대운동의 60%와 90%의 운동 강도에서 트레드밀 위에서 약 10km정도의 달리를 실시하였을 때 HDL-cholesterol의 유의한 증가를 발표하였으며, Visich 등³¹⁾도 유사하게 단기간 운동 후에 훈련된 사람과 비활동적인 집단사이에서의 HDL-cholesterol 수준이 급격하게 증가하였다고 보고하였다. 그러나 Cullinane³²⁾ 등은 최대운동의 50%와 70% 운동 강도로 자전거 에르고미터에서 1시간 운동을 한 후 총콜레스테롤, HDL-cholesterol, 중성지방 등의 유의한 변화를 발견하지 못하였다고 하였으며, 또한 Hughes 등³³⁾도 최대운동의 60%와 80% 운동 강도에서 트레드밀 달리기 후 각각의 강도에서 총콜레스테롤, HDL-cholesterol은 유의한 변화를 나타내지 않았다고 보고하였다.

이처럼 운동이 혈중 지질을 개선하였다는 보고가 있는 반면, 오히려 운동에 의해 HDL-cholesterol 함량이 저하되었다는 보고도 있으며, 운동이 혈중 지질에 미치는 효과가 없었다는 상반된 보고³⁴⁾들도 있다.

순환기계통 질환 중에서 발생빈도가 높은 고혈압은 1996년 WHO 보고에 의하면 성인 인구의 20%정도가 앓고 있는 가장 흔한 심혈관계 질환이며, 우리나라에서의 유병률도 30세 이상 성인에서 30%를 넘었고, 연령이 증가함에 따라 유병률이 같이 증가하고 있는 질환이다.³⁵⁾

‘침묵의 살인자’로 불리는 고혈압은 근본적으로 만성질환이고, 합병증이 없는 특별한 증상은 거의 없지만, 일단 뇌출혈, 협심증, 심근경색증, 신부전증 등 심각한 합병증이 생기면 사망률이 높아진다.³⁶⁾ 2006년 5월에 미국 NIH 산하 고혈압 합동위원회(Joint National Committee, JNC)에서 발표된 JNC-7에 의하면 수축기 혈압이 매 20mmHg, 이완기 혈압이 매 10mmHg 증가할 때마다 심혈관 질환의 위험도가 2배씩 증가한다고 하며, 1999년에 WHO 보고를 보면 확장기 혈압을 5mmHg만 내려도 뇌졸중은 34~40%가 감소하고, 관상동맥 질환은 16%가 감소하며, 심부전, 신장질환으로의 진행과 이로 인한 사망률도 현저하게 감소시

킨다고 하였다³⁷⁾.

고혈압의 대부분을 차지하는 본태성 고혈압의 경우 원인은 확실하지 않으며, 복합적인 요인이 영향을 미친다. 일반적으로 동양인의 염분 섭취량이 서양인보다 높으며 다량의 염분섭취를 하는 지역에서 고혈압 발생률이 높은 반면, 에스키모인과 같은 염분 섭취가 매우 적은 부족은 고혈압 발생률이 매우 낮다³⁸⁾. 고혈압의 위험인자에는 지나친 염분 섭취 이외에도 섭취열량 과다에 의한 비만, 음주, 흡연, 운동부족, 스트레스 등이 있다.^{39,40)}

고혈압 치료의 원칙은 비약물요법 단독으로, 혹은 약물요법과 병합하여 혈압을 목표혈압 이하로 조절하는 것인데, 비약물요법으로는 음식 섭취 조절, 운동, 체중 조절, 스트레스 조절 등이 있으며, 음식 섭취 조절은 염분, 알콜 섭취, 고지방, 과도한 에너지 섭취를 제한하고 칼슘, 칼륨, 마그네슘과 섬유소를 적절히 섭취하는 것으로 요약할 수 있다. 그리고, 고혈압과 관련한 비약물적 요법 중 이러한 식이요법과 더불어 운동의 필요성에도 많은 관심⁴¹⁾이 집중되고 있다.

박옥규⁴²⁾는 연구대상, 집단, 연령, 운동강도, 운동지속시간, 주운동 횟수는 다르나 반복적으로 운동을 지속할 경우 영양 및 대사적 또는 행동적 변화가 일어나 혈압을 낮출 수 있다고 보고하였으며, Cowley⁴³⁾의 연구에서는 운동이 체지방 감소와 관계없이 혈압을 감소시켰다고 보고하였다. Cleroux 등⁴⁴⁾은 최대산소섭취량의 50% 운동 강도로 30분간 자전거를 탄 후 혈관저항이 27%감소하면서 혈압이 감소하고 운동 중단 90분 후까지 지속되었다고 보고하였으며, Arakawa⁵¹⁾는 에르고미터로 10주간 저강도의 운동(최대산소섭취량의 40~60%)을 시킨 결과 혈압이 11/5mmHg가 저하하였다고 보고하였다. 한편, Nelson⁴⁶⁾ 등은 최대산소섭취량의 60~70%로 자전거 타기 운동을 시킨 결과 주 3회 운동시는 11/9mmHg, 매일 운동시는 16/11mmHg의 혈압이 강하함을 보고하였고, Duncan 등⁴⁷⁾은 고혈압 환자에게 최대심박수의 70~80%의 높은 강도로 주 3회 하루 60분씩 걷기 및 조깅을 12주간 시행한 결과 12/7mmHg의 혈압이 강하하였음을 보고하였다.

운동강도는 순환기계를 중심으로 볼 때, 최대운동능력의 50% 이하의 운동은 효과가 없으며, 85% 이상은 신체에 무리가 되기 때문에 바람직하지 못한 것으로 보고⁴⁸⁾ 하고 있고, ACSM⁴⁹⁾에서는 고혈압 치료를 위한 적절한 운동 강도는 최대산소섭취량의 40~70% 범위가 혈압을 낮추는데 효과적이고 특히 연령이 높은

사람들에게 바람직한 것으로 권장하고 있다.

세포내의 Na^+ 분포량의 변동이 고혈압의 유발기전에 관여될 수 있음은 오래전부터 시사되어 왔다^{50,51}. 즉 세포내 Na^+ 량이 증가하게 되면 세포의 용적변동, 세포막 전압의 변동 또는 세포막 Ca^{++} 량의 증가 등을 초래할 수 있다. 이러한 변동들이 혈관내 혈액 유통에 대한 저항성을 증가시키거나 혈관의 수축성을 증가시킴으로써 혈압을 상승시킬 수 있음을 쉽게 추측할 수 있다. 세포내 Na^+ 량의 증가를 초래할 수 있는 기전의 하나로써 Na-pump의 기능 억제를 생각할 수 있는데, 고혈압 환자 또는 고혈압 동물의 혈구세포, 혈관조직, 및 심실근에서의 Na-pump 기능이 정상 혈압 개체보다 억제되어 있음이 여러 학자에 의해 밝혀진 바 있다^{52,53}.

사람의 적혈구 또는 백혈구 세포에서 Na^+ 이동은 Na-K ATPase, Na-K cotransport와 Na-Li counter transport 및 Na-passive transport 기전 등에 의해서 이루어진다(Figure 1). 특히, Na-pump라 불리는 Na-K ATPase는 세포막에 결합된 단백질로서, 세포막을 통한 Na^+ 와 K^+ 를 능동적으로 운반함으로써 그에 따른 일련의 전해질 이동을 유발시켜 세포용적, 세포질내 pH, 세포내 전해질의 조성을 생화학적으로 조절하여 적절한 세포내 환경을 유지하게 한다. 이러한 기능 때문에 Na-K ATPase의 활성은 고혈압, 당뇨병, 요독증, 관절염, 심장병과 같은 질환의 병리적 부속인자로서 연구의 지표로 이용되고 있다^{54,55}.

또한 Na-K ATPase 신경세포 및 근세포와 같이 전기적 흥분이 유발되는 세포에서 기저상태를 유지하게 하는데, 이는 신경이나 근육과 같이 흥분하는 세포에서 Na^+ 와 K^+ 의 농도 기울기를 형성하여 활동전위가 생성되게 하고 세포 표면을 따라 전달되게 한다. 뿐만 아니라 Na-K ATPase는 신장세포에서 Na^+ 의 재흡수에 관여함으로써 체액량의 조절에 기여하며, 소장점막 세포에 위치하여 포도당을 비롯한 영양소의 흡수에 관여한다. 이 효소는 세포질내 ATP를 가수분해하여 세포내의 Na^+ 를 농도에 역행하여 세포외로 이동시키는데, 이러한 기전은 cardiac glycoside인 ouabain에 의해 강력히 저해된다⁵⁶. 이러한 ouabain sensitive Na-K ATPase는 사실상 모든 세포에서 전해질 이동에 관여하며, 특히 적혈구는 쉽게 sample을 채취할 수 있는 장점 때문에 세포막의 전해질 이동에 관한 연구에 이용되고 있다.

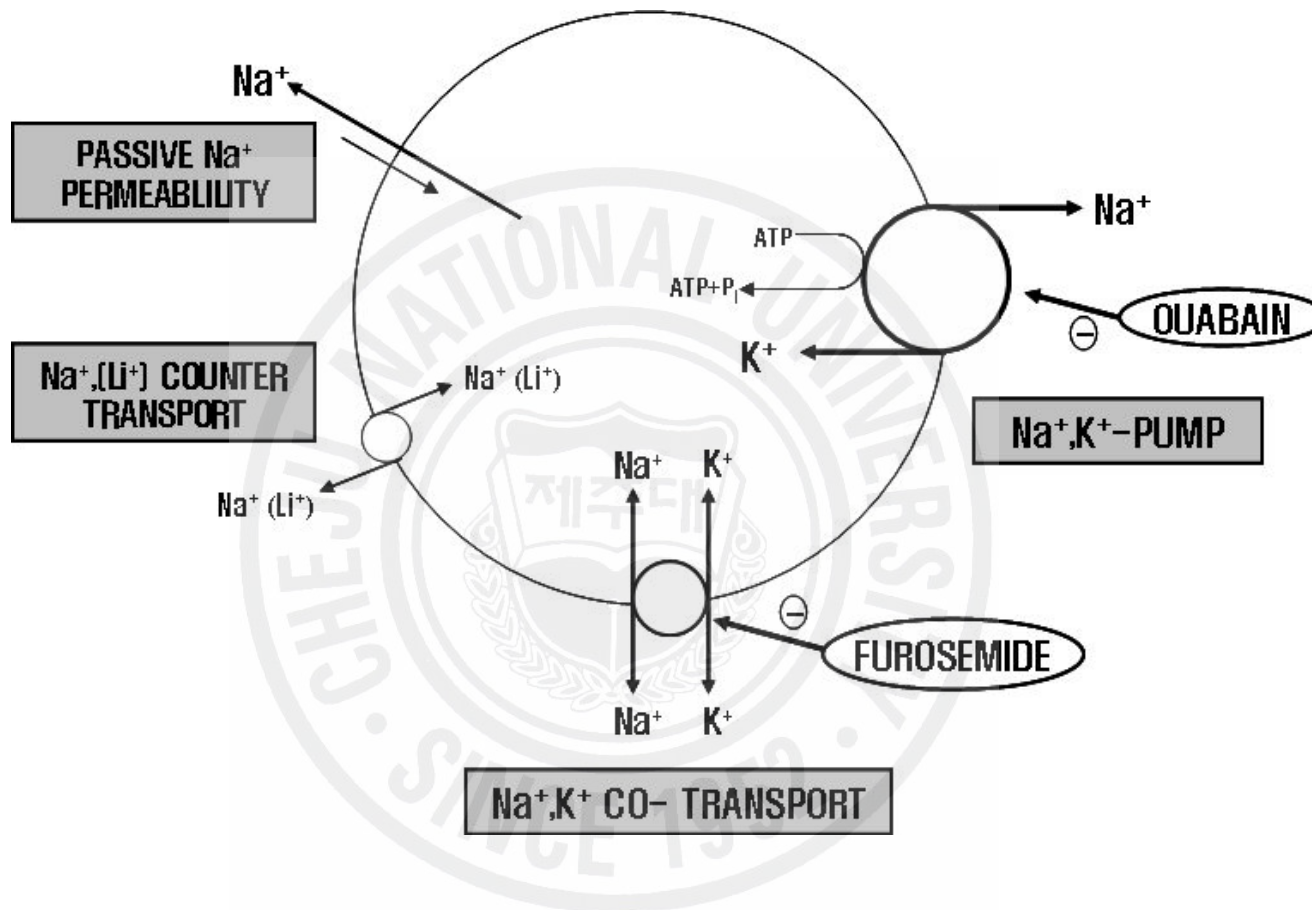


Figure 1. Model of Erythrocyte Na Efflux Channel

한편 관상동맥의 경화는 혈전과 밀접한 관련이 있다고 알려져 있는데, 동맥경화로 인한 손상 부위는 거의 동맥혈전이 있었던 위치에서 발견되고 있으며, 혈소판이나 혈전이 동맥경화의 plaque 형성에 관여한다는 것은 여러 연구에서 제시된 바 있다^{57,58}. 또한 고지혈증이나 고콜레스테롤혈증 상태에서 혈소판 활성이 증가한다는 보고⁵⁹⁻⁶¹도 있어 이러한 관련성을 지지해 준다. Tandon 등⁶²에 의하면, 콜레스테롤이 많은 배지에서 배양한 정상 혈소판이나 혹은 type II_b hypercholesterolemia 상태의 혈소판은 토끼의 동맥 내피하에 유착하는 능력이 증가한다고 한다.

운동이 심혈관 질환을 감소시키는 기전은 아직까지 분명하진 않지만, 여러 선행 연구에서 운동으로 항응고 과정이 활성화된다고 하였다⁶³. 또한 운동과 같은 신체적 활동이 심근 경색이나 심부정맥혈전증(deep venous thrombosis) 환자의 혈액응고 인자의 혈장 수준 저하에 효과가 있다는 것은 많은 연구를 통해 알려져 있다^{64,65}. 또한 여러 선행 연구에서 운동이 일반인이나 순환기계 질환을 앓고 있는 환자의 혈액을 응고시키는 혈소판(platelet)이나 섬유소원(fibrinogen) 저하와 항응고 성분 상승에 효과적이라고 보고하였다^{66,67}.

혈소판은 골수에서 생성된 거핵세포(megakaryocyte)의 세포질이 떨어져나가 순환 혈액내에 있는 직경 2~4 μ m의 핵이 없는 세포이다. 정상 혈액내에는 약 130,000~400,000/mm³개가 존재한다. 혈소판의 세포막은 당단백질(glycoprotein)으로 둘러싸여 있는데, 이 당단백질은 정상혈관내에서는 혈소판들이 응집되지 않도록 하지만, 손상된 혈관(특히 손상된 내피세포)에서는 서로 응집하여 손상된 혈관을 막도록 하는 매우 중요한 작용을 한다.

혈액응고의 1차적인 역할을 담당하는 혈소판은 운동시 그 수가 증가하는데, 이는 비장, 골수, 폐에서 혈소판의 새로운 방출이 야기된 것이라고 하였다⁶⁸. 많은 선행 연구들^{69,70}에서 운동시 혈소판 수가 18~80% 증가 하였고, 최대 심박수의 85%의 트레드밀이나 사이클 운동 직후에 혈소판 수가 증가하였다고 보고하였다.

Lehmann 등⁷¹은 유산소적 체력 수준에 따라 혈소판 수의 차이가 나며, 혈소판 응집 인자의 감수성이 감소되는 이점이 있다고 하였다. 이것은 유산소성 체력 수준이 증가하면 혈소판 응집 인자의 감수성이 감소되어 더 많은 혈소판이 응집되지 않게 하는 것이다.

인체의 에너지 대사활동은 크게 무산소적 대사과정과 유산소적 대사과정에 의하여 일어나게 되는데, 이러한 대사과정은 신경계, 호르몬 및 효소의 활성화에 의해 조절된다. 이중 효소는 생체내에서 대사적 화학반응이 원활하게 일어나도록 하는 촉매 역할을 하는 것으로 근육활동에 필요한 에너지 공급에 필수적인 물질로 효소의 활성화는 운동능력에 중요한 요소이다. 그러나 효소 활성화는 운동의 형태와 강도, 시간에 따라 변화한다.⁷²⁾

많은 선행연구들의 결과 신체 훈련은 활동근육의 효소활성을 증가시켜 에너지 대사과정을 발달시키며, 효소 활성화의 증가에 의한 에너지 대사항진은 신체 활동에 필요한 에너지 공급을 효율적이고 원활하게 하여 운동수행능력을 증가시킨다는 것이 밝혀졌다.⁷³⁾

Asparate aminotransferase(AST)라고도 불리는 glutamate-oxalate tansaminase (GOT)는 세포원형질과 미토콘드리아에 존재하는 효소로서, 아미노기 이전 반응을 통해 불필수 아미노산의 합성에 관여한다. 또한 GOT는 malate-oxaloacetate shuttle에서 촉매역할을 수행하여 해당과정에 의해 생성된 $NADH^+$ 을 NAD로 산화시켜 해당과정의 전자와 수소원자를 미토콘드리아 안으로 들어가게 하여 세포원형질의 전자와 수소원자가 전자전달계로 들어가 ATP를 생산할 수 있도록 한다⁷⁴⁾. GOT는 심장, 간, 골격근 및 신장 순으로 많이 존재하며, 세포나 조직의 손상으로 인하여 증가할 수 있다. 심근경색, 간염 등 심장이나 간에 이상이 생기면 이 효소가 세포 밖 혈중으로 누출되어 다량 검출되므로, 심장, 간 등의 이상 진단시 매우 유용한 효소이다.⁷⁵⁾

운동과 GOT활성과의 관계를 규명하기 위해 시행된 연구들을 보면, Hunter 등⁷⁶⁾은 훈련전 최대운동에서 혈청 GOT가 100% 증가하였고, 30분의 최대 운동에 의해 55%의 증가를 하였으나, 10주간 훈련의 결과 휴식시 혈청 GOT는 변하지 않았고, 최대운동으로 17.5%증가를 보였다고 하였다. 즉, 10주간의 훈련은 혈청 GOT의 증가 반응을 저하시키며, 최대운동에도 유의한 차이가 없었으나 혈청 GOT의 증가반응을 감소시켰다고 보고하였다.

운동종목과 혈청 GOT와의 관계성에 대한 연구에 있어서 Noakes 등⁷⁷⁾은 13명의 160km 선수의 경기후 혈청 GOT를 조사한 결과 상당히 증가하였다고 보고하였으며, Agner 등⁷⁸⁾은 남성은 대상으로 14km 경기 전과 후의 혈청 GOT를 조사

한 결과 경기도중 7%의 상승을 나타냈다고 보고하였다.

Koutedakis 등⁷⁹⁾은 15명의 비훈련군과 7명의 올림픽 조정선수를 대상으로 에르고메터 검사를 통하여 휴식시, 운동 5분후, 1시간 후에 채혈하여 분석한 결과 혈청 GOT가 올림픽 선수군에서 비훈련군보다 높게 나타났다고 하였으며, 양 그룹 모두에 있어서 운동 후 5분에서 최고치를 나타냈으며, 운동기간이 운동 강도에 비하여 혈청 GOT의 활성과 관련이 깊다고 주장하였다.

운동 후 휴식시 GOT의 회복에 대한 연구에서 King 등⁸⁰⁾은 4명의 건강한 남자를 운동전, 후, 1시간, 93시간을 조사한 결과 GOT가 41% 증가현상을 보였으며, 정상수준으로 53시간 이후 돌아왔다고 보고하였다. Parikh 등⁸¹⁾은 13명을 3.9kcal/m의 강도로 30분간 훈련을 하고 10분간 휴식을 취하였을 때 운동 후 혈청 GOT가 증가하였으나, 24시간 후에는 정상수준으로 회복되었다고 하였다.

Glutamate-pyruvate transaminase(GPT)는 alanine을 pyruvate로 전이하는 효소로서 alanine aminotransferase(ALT)라고 불리운다. 이 효소는 혈청 및 신체조직 특히 간, 신장순으로 함유량이 많고, 간 질환에 예민하게 변동하며, 특히 지방간과 만성간염에서 혈청 효소 활성도가 높게 나타난다.⁸²⁾ 또한 기아상태나 장시간 격렬한 운동시에 alanine의 α -amino기를 α -ketoglutarate로 전이시키므로써 pyruvate를 생성하여 단백질이 에너지로 사용될 수 있도록 돕는다. 이처럼 임상진단에 이용되는 GPT는 운동수행에 의하여 영향을 받게 되는데, Metiver 등⁸³⁾에 의하면 40-60세의 장년층을 2집단으로 나누어 트레드밀에서 목표 심박수의 90%에 이를 때까지 걷기 운동을 하여 조사한 결과 젊은 집단에서 GPT의 활성이 유의하게 증가하였다고 보고하였으며, 또한 Lijnen 등⁸⁴⁾은 단일 운동 수행시 운동선수 집단과 좌업 생활자를 50분간 운동을 시킨 결과 선수집단에서 운동에 의해 GPT의 활성이 증가하였다고 한다.

Ruddel 등⁸⁵⁾은 최대산소섭취량의 75%와 70%의 2가지 운동부하에서 운동중, 운동후 회복 10, 20분에 있어서 어떠한 경우에도 혈청 GPT는 변화가 없었다고 하였으며, Chuang 등⁸⁶⁾은 16-17세의 간호대학생을 대상으로 2집단으로 나누어 5km, 7km의 거리를 4주간 훈련 후에 GPT의 변화가 운동전에 비하여 감소하였다고 보고하였다.

이상에서 살펴 본 것처럼 운동은 여러 성인병 유발 인자들에 다양한 영향을

미침으로써 순환기계 질환의 주요한 예방법으로 관심이 모아지고 있으나, 이런 연구결과들은 운동의 종류, 운동기간, 운동시간 또는 실험 대상자의 생리적 또는 환경적 여러 조건에 따라 달리 나타났기 때문에 아직 확실한 결론을 내리기 어려운 실정이다. 또한 고지방이나 고콜레스테롤 식이하에서 운동의 효과를 관찰한 실험은 많지 않아 실제로 혈액내 콜레스테롤 농도가 높아질 수 있는 식이 조건에서 운동은 어떠한 영향을 미칠 수 있는지가 또한 중요한 과제로 남아있다고 하겠다.

따라서 본 연구에서는 0.5%의 콜레스테롤을 함유하고 있는 식이 급여와 함께 하루 1시간의 중등도(15m/min) 유산소 운동이 Sprague Dawley 숫쥐의 혈장과 간에서의 콜레스테롤과 중성지방 수준에 미치는 영향과 혈장의 GPT, GOT 수준(간기능), 혈소판 응집과 적혈구막에서의 Na 유출에 미치는 영향을 관찰하였다.



II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

1) 실험동물 및 식이배합

생후 12주된 체중 370 그램 전후의 Sprague Dawley계 숫쥐 36마리를 대조군, 운동군, 콜레스테롤군, 그리고 콜레스테롤 운동군의 4개 군에 각 9 마리씩 나누어 Stainless steel cage에서 7주간 분리·사육하였다. 사육 첫 1주일만은 운동 적응 기간으로 전체 군에 일반 펠렛 사료를 급여하면서 운동군의 운동 속도와 시간을 5m/min (10분)에서 15m/min (30분)까지 서서히 증가시켰다. 운동군의 흰쥐 중 트레드밀 운동을 전혀 수행하지 못하는 경우에는 비슷한 무게의 비운동군 흰쥐와 바꾸어 배치하였다. 동물 사육실의 명암주기는 12시간, 온도는 20~25 °C, 습도는 40~60 % 가 일정하게 유지되도록 조절되었다. 전 실험 기간동안 물과 식이는 무제한으로 공급되었다.

기본 실험식은 AIN-76 (American Institute of Nutrition-76)을 참고로 하여 <Table 1> 과 같이 제조되었다. 탄수화물 급원으로는 sucrose와 corn starch를, 단백질 급원으로는 casein, L-methionine을, 지방 급원으로는 lard (9%)와 soybean oil (1%)을 사용하였다. 콜레스테롤군 식이에는 0.5% cholesterol과 0.2% cholate를 함유시켰고, 그 차이는 corn starch로 보정해 주었다.

Table 1. Composition of experimental diets (%)

Ingredient	Control	Exercise	Cholesterol	Cholesterol -Exercise
Casein ^{a)}	20.0	20.0	20.0	20.0
L-methionine ^{a)}	0.3	0.3	0.3	0.3
Lard ^{b)}	9.0	9.0	9.0	9.0
Soybean Oil ^{c)}	1.0	1.0	1.0	1.0
Choline chloride ^{d)}	0.2	0.2	0.2	0.2
Vitamin mix ^{e)}	1.0	1.0	1.0	1.0
Mineral mix ^{f)}	3.5	3.5	3.5	3.5
Sucrose ^{c)}	20.0	20.0	20.0	20.0
Corn starch ^{g)}	40.0	40.0	39.3	39.3
Cellulose ^{h)}	5.0	5.0	5.0	5.0
Cholesterol ^{h)}	-	-	0.5	0.5
Cholic acid ^{h)}	-	-	0.2	0.2
Total (%)	100.0	100.0	100.0	100.0

a) Teklad, Harlan Madison WI, USA

b) Samlip Yugi Co.

c) Jeil Jedang Co.

d) Junsei Chemical Co., Ltd.

e) Vitamin mixture(mg/100g) :Thiamine HCl 60.0, Riboflavin 60.0, Pyridoxine HCl 70.0, Nicotinic Acid 300.0, D-Calcium Pantothenate 160.0, Folic Acid 20.0, D-Biotin 2.0, Vit. B₁₂ 0.1, Vit. A 80.0, Vit. E 2000.0, Vit. D₃ 0.25, Vit. K 0.5, Sucrose 97290.0

f) Mineral mixtuer(g/100g) : CaHPO₄ 50.0, NaCl 7.4, K₃C₆H₅O₇ · H₂O 22.0, K₂SO₄ 5.2, MgO 2.4, Manganous carbonate(43-48%Mn) 0.35, Ferric citrate(16.7%Fe) 0.6, Zinc carbonate(70% Zn) 0.16, Cupric carbonate(53-55%Cu) 0.03, KIO₃ 0.001, Na₂SeO₃ · 5H₂O 0.001, CrK(SO₄)₂ · 12H₂O 0.055, Sucrose 11.804

g) Samyang Genex Co.

h) Sigma Chemical Co., USA

2) 식이 섭취량과 체중 및 식이효율

식이 섭취량을 전날 채워둔 식이통의 무게에서 남은 식이의 무게를 뺀 값으로 계산하였고, 체중 측정은 식이 섭취로 인한 일시적인 체중 변화를 막기 위하여 측정하기 1시간 전에 식이를 제거한 후 이틀 마다 측정되었다. 또한 운동군이 운동하고 있는 동안에는 비운동군도 모두 식이통을 제거해 둔 상태로 실시하였다. 식이 공급과 체중 측정을 매번 같은 시각에 행하였다.

식이 효율 [Food Efficiency Ratio, FER; $\text{weight gain(g)}/\text{food intake(g)}$]은 전 실험기간에 대해서 계산되었다.

3) 운동 Protocol

런닝 운동은 아래 사진(Figure 2)과 같이 6마리의 흰쥐가 동시에 뛸 수 있도록 제작된 동물용 트레드밀을 사용하였으며, 실험 식이 급여 전 1주일간은 적응기간으로 5m/min 속도에서 10분 운동하는 것을 시작으로 15m/min 속도에서 30분간 운동하도록 시간과 속도를 증가시켜 적응 운동을 실시하였다. 본 실험에서는 트레드밀 경사를 0°로 하고 속도를 최대산소 섭취량의 60~70%, 즉 중등도 강도인 15m/min⁸⁷⁾으로 일주일에 5회 (60분/1회)를 실시하였다. 흰쥐가 트레드밀 운동시 스트레스를 적게 받게 하고 부상을 방지하기 위하여 전기자극은 사용하지 않았으며, 간혹 뛰지 않거나 트레드밀 뒤로 밀릴 경우 종이 방망이로 꼬리를 살짝 쳐 주었다.

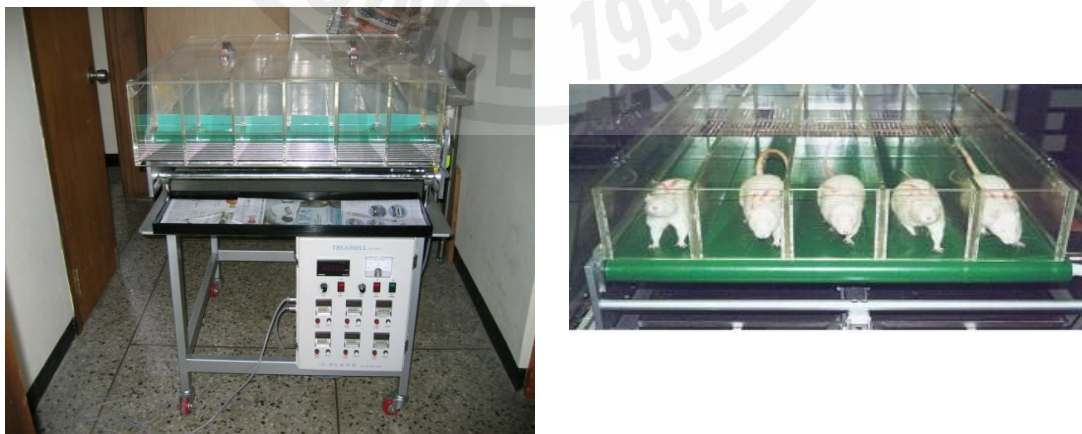


Figure 2. Treadmill Running Exercise

2. 실험방법

1) 시료수집

(1) 혈액 채취 및 간 장기 적출

7주간의 실험기간 종료 전, 16 시간을 절식시키고 에테르로 마취시킨 후, 헤파린이 들어 있는 vacuum tube에 cardiac puncture 방법으로 혈액을 채취하였다. 혈소판 응집과 Na Efflux 및 hematocrit 측정은 채혈 즉시 전혈 (whole blood)로 실험이 실시되었고, 나머지 혈액은 $1000 \times g$ 에서 15 분간 원심 분리하여 혈장을 분리한 후, 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 중성지방 분석을 위해 -20°C 냉동고에 보관하였다.

Hematocrit는 헤파린이 들어 있는 capillary tube를 사용하여 hematocrit 용 원심분리기로 3000 rpm에서 15분 간 혈액을 원심 분리한 후 측정되었다.

간은 바로 적출하여 거름종이로 표면의 혈액을 제거한 후, 무게를 측정하였고, 콜레스테롤과 중성지방 분석을 위해 -20°C 냉동고에 보관되었다.

2) 시료분석

(1) 혈장 지질 농도 분석

총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 그리고 중성지방의 성분정량분석에는 Enzyme assay kit (ASAN pharmaceutical Co., Ltd, Korea)를 사용하였다. 총 콜레스테롤과 중성지방 분석에는 혈청 $10\mu\text{l}$ 을 사용하였고, HDL-콜레스테롤의 분석에는 $200\mu\text{l}$ 을 사용하여 두 반복으로 진행하였다. HDL-콜레스테롤은 분리시액 $200\mu\text{l}$ 를 넣고 vortex하여, 10분 방치한 것을 $1000 \times g$ 에서 10분간 원심 분리한 후 상층액 $50\mu\text{l}$ 를 가지고 분석하였다. 각각 Color reagent를 1.5ml씩 넣은 후 37°C water bath에서 총콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤은 5분간, 중성지방은 10분간 배양하여 발색시켰다. 총 콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤은 500 nm에서, 그리고 중성지방은 550 nm에서 spectrophotometer로 흡광도를 측정하였다.

LDL-콜레스테롤은 분석을 통해 얻은 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 그리고 중성지방의 수치를 이용하여 계산되었다. 계산식은 다음과 같다.⁸⁸⁾

$$[\text{LDL-Cholesterol} = \text{T-cholesterol} - (\text{HDL-cholesterol} + \text{TG}/5)]$$

(2) 간 지질 농도 분석

간의 콜레스테롤과 중성지방의 분석은 Folch 등⁸⁹⁾의 방법을 다소 수정하여 수행되었다. 간 조직 1 g을 절단하여 6 ml chloroform / methanol mixture (2/1, v/v)과 2 ml 증류수를 넣고 조직균질기 (tissue homogenizer)로 5분 간 균질화하여, 1000 × g에서 10분 간 원심 분리한 후, 콜레스테롤과 중성지방을 함유하고 있는 하층액인 chloroform 층을 분석에 이용하였다.

간 콜레스테롤 측정을 위해서 하층액 500 μ l을 취하여 clean bench 하에서 24 시간 자연 건조한 후, 50 μ l Triton X-100 / chloroform solution (1/1, v/v)을 첨가하여 vortex하였다. 이를 450 μ l chloroform으로 희석하여 총 500 μ l가 되게 한 후, 다시 vortex하였다. 새 tube에 10 μ l을 취하여 clean bench 하에서 자연 건조하고, enzymatic reagent (ASAN pharmaceutical Co., Ltd, Korea) 1.5 ml를 넣어 37°C water bath에서 5분 간 배양하였으며, 혈장 콜레스테롤과 마찬가지로 500 nm에서 Spectrophotometer로 흡광도를 측정하였고, 두 반복으로 실시하였다.

간 중성지방 측정을 위해서 하층액 10 μ l를 clean bench 하에서 24 시간 자연 건조하고, 50 μ l 메탄올을 가하여 용해시킨 후 vortex하였다. 여기에 color reagent (ASAN pharmaceutical Co., Ltd, Korea) 1.5 ml를 넣고 37°C water bath에서 10분 간 배양하여 발색시킨 후, 550 nm에서 두 반복 측정하였다 (Figure 3).

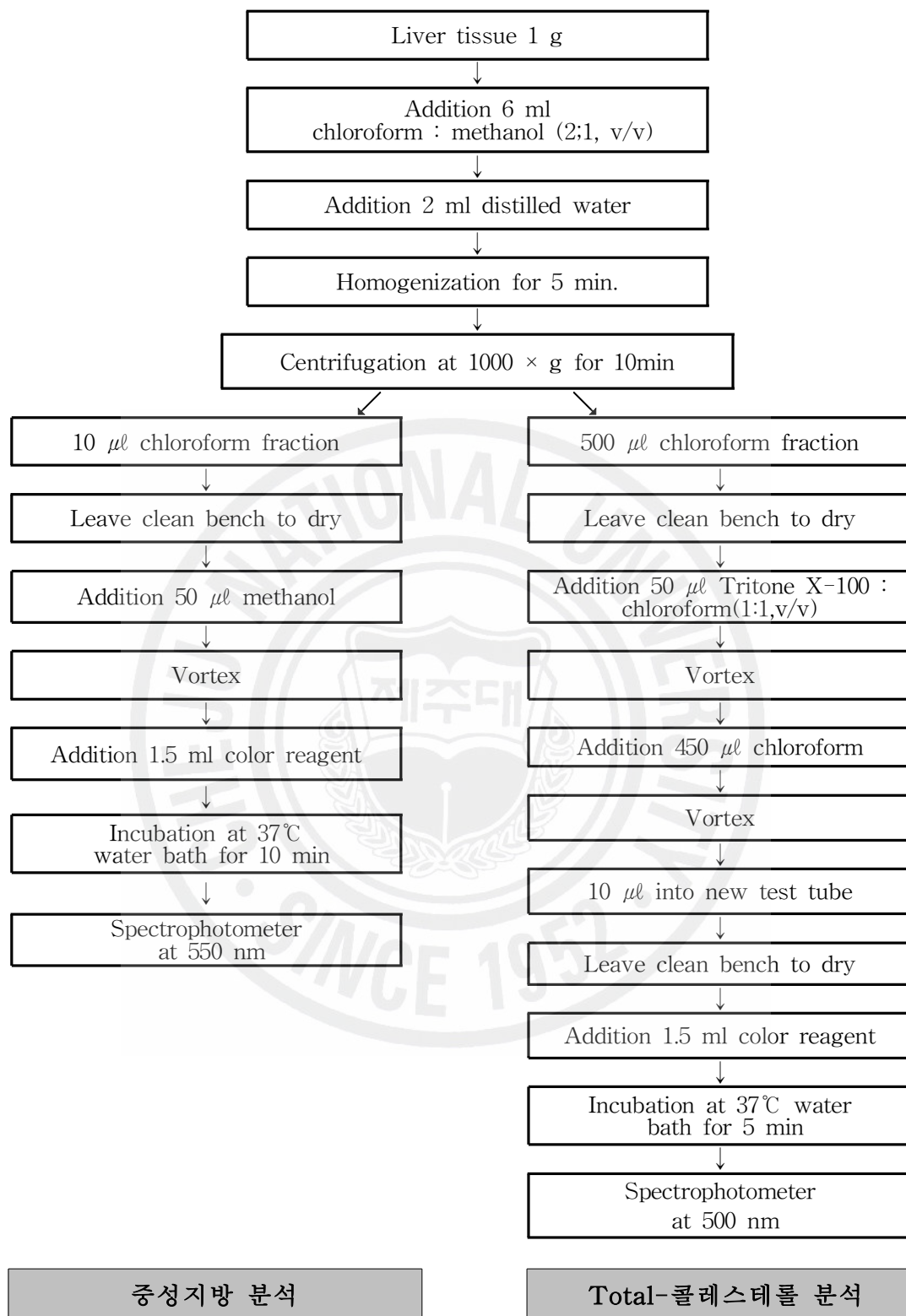


Figure 3. Analytical Scheme for Extraction of Liver Lipids

(3) 혈소판 응집(Whole blood platelet aggregation)

혈소판 응집은 전혈을 이용한 impedance 방법으로 Chronolog Platelet Aggregometer (Chrono-Log 500-CA, Havertown, USA)를 이용하여 측정되었다. 채혈 즉시 전혈 250 μl 을 750 μl 생리식염수 (0.9% NaCl, isotonic saline, 1:4)로 희석시켜, 혈소판 농도 200,000 / μl 로 조정된 후, 1mM ADP (adenosine diphosphate)를 20 μl (최종 농도 2mM) 넣어 응집을 유도하였으며, 3회 반복한 평균치를 사용하였다.

Whole blood platelet aggregation은 응집의 진행에 따라 혈액에 삽입된 두 개의 platinum electrodes 사이에 나타나는 전기저항 (impedance)의 상승을 측정하는 방법으로, recorder response가 20 Ω 이 되게 impedance gain을 맞추어 둔 것이다. 이 방법은 신선한 전혈을 사용하여 혈액내의 다른 성분의 존재 하에서 측정하므로, 보다 생리적인 상태에서 혈소판의 응집을 관찰하는 장점이 있다.

(4) 적혈구막 Na efflux 측정

가. 적혈구 전처리

전혈을 1000 \times g에서 10분간 원심 분리한 후 plasma와 buffy coat를 걷어내고, 남은 적혈구를 50ml conical tube로 옮긴 후 대략 5배의 cold isotonic choline chloride washing solution (CWS) [150 mM choline chloride, 10 mM Tris-4-morpholinopropane sulfonic acid (MOPS) 4 $^{\circ}$ C pH 7.4]을 넣고 천천히 위아래로 흔들어 준 후 다시 1000 \times g에서 10분간 원심분리하고 상층액을 버린다. 이렇게 CWS로 5회 반복해서 적혈구를 씻어준다. 마지막 상층액을 버린 후 남은 적혈구 pellet을 다시 CWS로 희석하여 hematocrit 40~50 %의 적혈구 용액이 되게 조정된 후 정확한 hematocrit 값을 측정하였고, 이 적혈구 용액을 intracellular Na, Na-K ATPase, Na-K cotransport 및 Na-passive transport 측정에 사용하였다.

나. Intracellular Na 측정

준비된 적혈구 용액 50 μl 를 5 ml의 0.02 % acationox (metal free detergent, Scientific Product, USA)를 넣은 것으로, 원자흡광분광계 (Atomic Absorption

Spectrophotometer, AA6701F Shimazu Co., Japan)를 이용해 Na 농도를 측정하였고, 아래의 계산식으로 Intracellular Na 를 계산하였다.

다. Na-K ATPase

준비된 적혈구 용액 각 4 ml를 40 ml의 medium 1 [70 mM MgCl₂, 10 mM KCl, 85 mM sucrose, 10mM glucose, 10mM Tris-MOPS 37°C pH 7.4]과 40ml의 medium 2 [70mM MgCl₂, 10mM KCl, 85mM Sucrose, 10mM Ouabain, 10mM glucose, 10mM TRIS-MOPS-37°C pH 7.4]에 넣고 , 10개의 tube에 할당하여 duplicate tube를 0, 2, 4, 6, 8분간 37°C shaking water bath에서 배양하였다. 배양 즉시 얼음으로 옮겨 efflux를 중단시킨 후, 4°C에서 원심 분리하여 상층액을 다른 tube에 분리하였다. 실험을 진행하는 동안 모든 medium과 tubes는 얼음 속에 보관하였다.

분리된 상층액의 Na⁺ 농도는 원자흡광분광계 (Atomic Absorption Spectrophotometer, AA6701F Shimazu Co., Japan)를 이용하여 측정하였고, 배양시간에 따른 기울기 (Na $\mu\text{g}/\text{ml}/\text{min}$) 값으로부터 아래의 계산식으로 efflux 된 Na 값을 구한 후, 두 medium간의 차이를 구하였다^{90,91}.

라. Na-K cotransport

준비된 적혈구 용액 각 4 ml를 40 ml의 medium 3 [150mM Choline chloride, 1.0mM Ouabain, 10mM glucose, 10mM TRIS-MOPS-37°C pH 7.4]과 40ml의 medium 4 [150mM Choline chloride, 1.0mM Ouabain, 10mM glucose, 1.0mM, 10mM TRIS-MOPS-37°C pH 7.4]에 넣고, 10개의 tube에 할당하여 duplicate tube를 0, 10, 20, 30, 40분간 37°C shaking water bath에서 배양하였다. 배양 즉시 얼음으로 옮겨 efflux를 중단시킨 후, 4°C에서 원심 분리하여 상층액을 다른 tube에 분리하였다. 실험을 진행하는 동안 모든 medium과 tubes는 얼음 속에 보관하였다.

분리된 상층액의 Na 농도는 원자흡광분광계 (Atomic Absorption Spectrophotometer, AA6701F Shimazu Co., Japan)를 이용하여 측정하였고, 배양시간에 따른 기울기 (Na $\mu\text{g}/\text{ml}/\text{min}$) 값으로부터 아래의 계산식으로 efflux 된 Na 값을

구한 후, 두 medium간의 차이를 구하였다^{90,91}).

마. Na-passive transport

Ouabain으로 Na-K ATPase를 Furosemid로 Na-K cotransport를 차단시킨 상태에서 efflux된 Na 량으로써 medium 4로 흘러나온 Na 농도이다.

계산식 :

$$\frac{[\text{Na } \mu\text{g/ml}]}{[\text{min}]} \times \frac{[60\text{min}]}{[\text{hr}]} \times \frac{[\mu\text{mole}]}{[23\mu\text{g}]} \times \frac{[44-(4 \times \text{HCT})]}{[4 \times \text{HCT}]} = \text{Na mmole/} \ell \text{ rbc/hr}$$

Intracellular Na :

$$\frac{[\text{Na } \mu\text{g}]}{[\text{ml}]} \times \frac{[\mu\text{mole}]}{[23\mu\text{g}]} \times \frac{[101]}{[\text{HCT}]} = \text{Na mmole/} \ell \text{ rbc}$$

(5) sGPT와 sGOT 측정

sGPT(serum glutamate-pyruvate transaminase)와 sGOT(serum glutamate-oxalate transaminase)는 enzyme assay kit (STANBIO Laboratory., USA)를 사용하여 혈액 자동 분석 장치(Ch 100 plus, Daewang metitecq, Korea)로 측정하였다.

3. 통계처리방법

본 실험의 결과는 평균과 표준편차로 표시하였고, 실험 결과들간 평균값의 차이는 일원분산분석 (One-way ANOVA)을 사용하여 검증하였으며, $p < 0.05$ 수준에서 Duncan의 사후검정에 의해 각 식이에 따른 처리구간의 유의차를 검증하였다.



Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 체중증가량, 식이섭취량, 식이효율 및 간/체중 무게비

실험 동물의 평균 1일 증체량 (Average daily gain, ADG), 평균 1일 식이 섭취량 (Average daily food intake, ADFI), 식이 효율(Feed efficiency ratio, FER) 및 간/체중무게 비(liver weight/body weight ratio, L.W/B.W ratio)는 <Table 2> 에 제시되었다.

초기 체중을 맞춰 grouping을 하였으나, 운동을 제대로 수행하지 못하는 흰쥐가 있어 실험 식이 급여시에는 체중에 약간의 변동이 있었으나 유의적으로 차이가 나지는 않았다. 최종 체중은 446.3 ~ 467.2g 으로 모든 처리군에서 유사하였으나, 대조군은 초기체중에 비해 20.7% 증가하였고, 운동군은 19.3%, 콜레스테롤군은 22.8% 그리고 콜레스테롤 운동군은 19.7%의 증가를 보여 대조군에 비해 콜레스테롤군이 체중 증가가 다소 높았으며, 운동에 의해 이러한 체중 증가가 다소 억제되는 경향을 보였다. 평균 1일 증체량과 평균 1일 식이 섭취량 및 식이 효율에서도 또한 대조군과 처리군간 유의차가 없었으나, 평균 1일 증체량은 운동에 의해 다소 감소하는 경향을 보였다. 콜레스테롤군은 평균 1일 식이 섭취량이 가장 낮았으나, 평균 1일 증체량은 가장 높아 콜레스테롤 섭취에 의한 체중 증가를 예상할 수 있었으며, 콜레스테롤 운동군은 콜레스테롤군에 비해 평균 1일 식이 섭취량이 다소 높았으나 평균 1일 증체량은 더 적어 운동으로 인한 체중 감소의 가능성을 볼 수 있었다.

체중에 대한 간의 무게 비는 대조군과 운동군에 비해 콜레스테롤군과 콜레스테롤 운동군에서 유의하게 높았으며 ($p<0.01$), 정상 식이 섭취군에서는 운동에 의한 저하 효과가 나타나지 않았으나, 콜레스테롤 운동군은 콜레스테롤군에 비해 간/체중 무게비가 다소 감소한 것으로 나타났다.

환상섭⁹²⁾은 8주령 SD 흰쥐를 가지고 운동 강도에 따른 체중의 변화를 본 결과 10~21.6m/min의 속도와 0°~7°의 경사에서 운동한 A군은 대조군에 비해 7%정

도 체중이 감소하였으며, 10~18m/min의 속도와 0°~5°의 경사에서 운동한 B군은 6.59%의 체중 감소, 10~14m/min의 속도와 0°~3°의 경사에서 운동한 C군은 5.13%의 체중 감소, 8~14m/min의 속도와 0°의 경사에서 운동한 D군은 3.87%의 체중 감소가 있었다고 보고하였는데, 이러한 변화는 운동 시작 4주부터 나타나기 시작하여 12주후 체중을 측정한 결과라고 하였다. 또한 최형준⁹³⁾은 고지방식 투여의 SD계 쥐를 대상으로 규칙적인 수영운동을 10주간 실시한 결과 수영 운동군이 비운동군에 비하여 체중이 5.93% 감소하였다 했고, Wood 등⁹⁴⁾은 걷기와 조깅을 최대심박수의 70~80% 수준으로 15주 동안 실시한 결과 체지방이 감소하였다고 했으며, 12주간의 중·고강도 운동은 유의한 체지방 감소효과가 있는 것으로 보고한 연구 결과도 있다.⁹⁵⁾ 한편, 왕하이룽⁹⁶⁾은 SD 흰쥐를 대상으로 6주간 트레드밀 운동을 시킨 결과 본 연구 결과와 유사하게 체중 및 체지방 감소효과를 나타내지 않았다고 하였는데, 본 연구의 경우 실험 시작시 SD 흰쥐의 주령이 많아 체중의 변화가 적었던 것으로 생각된다. 또한 운동의 강도와 지속 기간에 따라 체중 감소 효과는 달라질 수 있으며, 위 연구 보고들을 통해 보면 보통 8~12주 이상 운동을 실시한 경우 체중의 변화가 있는 것으로 보고하고 있어, 6주간 실시한 본 연구의 운동 기간은 운동의 효과를 확인하기에 다소 부족했던 것으로 사료된다.

오인숙 등⁹⁷⁾의 연구에 의하면, 0.5% 콜레스테롤과 0.2%의 cholic acid 첨가 식이에 의해 체중에 대한 간 장기의 무게비가 거의 2배 이상 증가한다고 보고 하였는데, 본 연구에서도 콜레스테롤 식이 급여는 체중에 대한 간의 무게비를 거의 2배로 증가 시켰으며, 유의차는 없었으나 운동에 의해 이러한 증가가 다소 억제되는 경향을 보였다. 본 연구의 결과와 유사하게 이숙경⁹⁸⁾도 수영운동이 흰쥐의 체중에 대한 간 무게비를 감소시켰다고 하였으며, 이는 콜레스테롤 식이로 인해 간에 축적되는 지방을 운동이 어느 정도 감소시켜줄 수 있음을 시사해 준다고 할 수 있겠다.

Table 2. Effects of cholesterol diet and exercise on growth rate and feed intake

	Control	Exercise	Cholesterol	Cholesterol - Exercise
Initial B.W(g)	372.67 ± 28.30	372.68 ± 27.77	373.00 ± 25.80	372.79 ± 23.42
- Initial B.W(g) ¹⁾	369.97 ± 34.21	375.41 ± 21.54	363.73 ± 24.80	358.61 ± 11.38
Final B.W(g)	466.82 ± 57.61	465.39 ± 23.05	467.24 ± 34.95	446.30 ± 31.85
ADG ²⁾ (g/d)	2.22 ± 0.68	2.05 ± 0.32	2.34 ± 0.45	2.01 ± 0.61
ADFI ³⁾ (g/d)	22.76 ± 2.86	22.42 ± 0.85	21.89 ± 2.07	22.06 ± 1.08
F.E.R ⁴⁾	0.096 ± 0.021	0.091 ± 0.024	0.106 ± 0.018	0.090 ± 0.024
L.W/B.W ⁵⁾ (%)**	2.50 ± 0.32 ^a	2.53 ± 0.10 ^a	4.84 ± 0.52 ^b	4.60 ± 0.37 ^b

1) Body weight after exercise adaptation

2) ADG : Average daily gain

4) F.E.R : Feed Efficiency Ratio

Values are means±SD of 9 rats.

3) ADFI : Average daily feed intake

5) L.W/B.W : Liver wight / Body weight ratio

** : Values in the same row not sharing the same superscript differ (p<0.01).

2. 혈장의 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 및 중성지방

<Table 3>에서 보는 바와 같이 0.5%의 cholesterol + 0.2% cholate가 함유된 콜레스테롤 식이와 콜레스테롤을 함유하지 않은 일반 식이를 섭취한 흰쥐의 혈장 지질 조성은 매우 달랐다. 콜레스테롤군과 콜레스테롤 운동군의 혈장 총 콜레스테롤 수치는 대조군에 비해 53%정도 높게 나타났으며 ($p<0.01$), 트레드밀 운동 실시에 의해 다소 낮아지는 경향을 보이기는 했으나 유의한 차이는 볼 수 없었다. HDL-콜레스테롤은 콜레스테롤을 함유하고 있는 식이를 섭취한 콜레스테롤군과 콜레스테롤 운동군에서 더 낮은 경향을 보였으며, 대조군에 비해 운동군은 HDL-콜레스테롤이 다소 증가되어 있고, 콜레스테롤군에 비해 콜레스테롤 운동군은 다소 낮아져 있어, 운동에 의한 어떠한 경향을 확인할 수는 없었다. LDL-콜레스테롤은 혈장 총 콜레스테롤과 유사한 경향을 보이고 있는데, 대조군에 비해 운동군이 4% 정도 그리고 콜레스테롤군에 비해 콜레스테롤 운동군이 7%정도 낮아져 있기는 하나 유의차는 없었다. 혈장 중성지방은 콜레스테롤이 함유된 식이를 섭취한 흰쥐에서 유의적으로 낮았으며($p<0.01$), 정상식이 섭취군에서는 운동에 의한 유의적인 감소 효과를 볼 수 있었다. 운동군의 혈장 중성지방은 대조군에 비해 32%정도 유의하게 감소하였으며($p<0.01$), 콜레스테롤 운동군도 콜레스테롤군에 비해 유의하지는 않았지만 25%정도 감소시키는 효과를 보였다.

본 연구 결과에서 혈장 중성지방의 감소에 비해 총 콜레스테롤의 감소가 훨씬 적은 것은 콜레스테롤보다 중성지방이 쉽게 운동의 에너지원으로 사용되기 때문인 것 같다.

본 연구와 유사하게 오인숙 등⁹⁷⁾도 식이에 0.5% 콜레스테롤을 함유시킨 결과 혈청 총콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤이 대조군에 비해 각각 68%, 120% 정도 증가하였고, HDL-콜레스테롤은 23%, 중성지방은 47%정도 감소한 것으로 보고하였다.

운동이 혈중 총콜레스테롤에 미치는 영향을 연구할 결과들을 보면, Leon 등⁹⁹⁾은 비만 남자 그룹에서 지속적인 유산소성 운동 후에 총콜레스테롤이 5mg/dl 감

소함을 관찰하였다고 했고, 유산소성 운동에 대한 권양기¹⁰⁰⁾의 연구 보고에서는 운동전에 비해 24주간의 운동 후 총콜레스테롤의 변화는 무려 31.46%가 감소한 것으로 보고하고 있다. Kantor¹⁰¹⁾ 등도 80% VO₂max의 운동 강도에서 cycle ergometer를 60분간 실시한 결과 총 콜레스테롤 농도가 유의하게 감소하였다고 보고했으며, 또한 Terao 등¹⁰²⁾은 6주간 고지방·고콜레스테롤 식이를 급여해 지방간을 유도한 흰쥐에게 수영운동을 시킨 결과 혈장 총콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, 중성지방은 유의하게 감소한 반면, HDL-콜레스테롤에서는 유의적인 변화가 없었다고 보고하였다.

권양기¹⁰⁰⁾는 운동 후 회복시간에 따라 총콜레스테롤의 농도가 감소하는 것은 지방분해 효소인 lipase가 활성화됨으로써 지방조직으로부터 지방산의 유리가 촉진됨으로써 총콜레스테롤 농도가 감소되는 것이라고 제의하였다.

한편, 김태운 등¹⁰³⁾은 비만군과 정상군을 대상으로 12분간 달리기 운동 직후 총콜레스테롤을 측정된 결과 다소 증가하였지만 유의성은 없었다고 보고하였고, Hughes 등³³⁾은 60%와 80% VO₂max 운동 강도로 트레드밀 위에서 12분간 달리기를 실시한 결과 총콜레스테롤에 유의한 변화를 나타내지 않았다고 하였으며, Stein 등¹⁰⁴⁾에 의하면 유산소적 운동 후에도 총콜레스테롤의 뚜렷한 변화가 나타나지 않았다고 하였다. 이창준¹⁰⁵⁾ 등)은 65~80% HRmax의 강도로 운동 실시 후 총콜레스테롤은 감소했지만 유의성은 나타나지 않았다고 보고했으며, 김희정 등¹⁰⁶⁾은 단편적인 운동으로는 총콜레스테롤 농도를 변화시키지 못한다고 단정지었다. 또한 장명재 등¹⁰⁷⁾은 75% HRmax의 운동 강도로 일주일간 운동한 후 오히려 혈청 총콜레스테롤이 10%정도 증가하였고, All-out의 운동 강도로 일주일간 운동한 후에는 20%정도 증가하였다고 보고했다.

안정시에 비해 운동부하직후에는 총 콜레스테롤이 증가한다는 장명재¹⁰⁷⁾등, Hicks 등³⁰⁾의 연구결과를 보면 운동 직후 콜레스테롤 수준이 증가하는 것은 단순히 혈액농축효과(Hemogoncentration)이나 혈구, 간, 내장, 비장 및 폐 등에 함유되어 있는 콜레스테롤이 운동시 혈청내로 유입되는 것 때문이라고 하는데, 이에 대한 정확한 기전은 아직까지 해명되고 있지 못하고 있다.

HDL-콜레스테롤의 경우, Hisks 등³⁰⁾에 의하면 60%와 90% VO₂max에서 9-12km를 트레드밀 위에서 달리게 한 후 HDL-콜레스테롤을 측정된 결과 두가

지 운동 강도에서 모두 유의한 증가가 발견되었다고 하였으며, 특히 고강도 운동에서 더욱 높은 증가를 나타내었다고 보고했다. 또한 Sady 등¹⁰⁸⁾도 약 3시간의 마라톤을 한 후의 HDL-콜레스테롤의 농도가 급격히 증가한 것으로 발표하였으며, Pay 등²⁹⁾은 30% VO₂max의 저강도에서 2시간 걷기 운동의 효과에 대한 연구에서 지속적으로 잘 훈련된 집단의 HDL-콜레스테롤의 농도는 점진적으로 증가되었는데, 특히 1시간 후에는 7.9% 높아졌고, 2시간 후에는 19.7% 더 높아졌다고 보고하였다. 비만인들을 대상으로 주당 20마일씩 12주 동안 트레드밀 걷기를 실시한 결과 체중의 변화는 없었으나, HDL-콜레스테롤 수준이 유의하게 증가하였다고 보고도 있으며,¹⁰⁹⁾ 12주간의 줄넘기 운동이 HDL-콜레스테롤 수준을 21 mg/dl이나 증가시켰다고 보고도 있다.¹¹⁰⁾

그러나 Davis 등¹¹¹⁾은 VO₂max의 50%와 75%의 강도에서 약 60분 정도의 운동 후 HDL-콜레스테롤의 농도를 측정된 결과 운동전과 변화가 없었다고 밝혔고, Hughes 등³³⁾은 60%와 80% VO₂max 운동 강도로 트레드밀 위에서 12분간 달리기를 실시한 결과 HDL-콜레스테롤의 유의한 변화를 나타내지 않았다고 하였다. Abe 등¹¹³⁾은 6주령 Wistar 숫쥐를 대상으로 10주 동안 하루에 20분과 60분 운동을 실시한 결과, 혈청 총 콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤이 모두 유의하게 감소하였다고 보고했다.

한편, Hughes 등³³⁾은 최대운동의 60%와 80% 운동 강도에서 트레드밀 달리기 는 HDL-콜레스테롤의 변화에 영향을 미치지 못하였으며, Blumenthal¹¹³⁾등의 연구에 의하면 8개월 동안의 운동도 같은 결과를 보고하였고, 14개월 후에는 6%의 HDL-콜레스테롤 수준이 상승했다고 보고하였다. King 등¹¹⁴⁾은 노년의 성인 남성에서 1년 동안 운동은 HDL-콜레스테롤이 조금 상승된 효과에 그쳤고, 계속 운동을 지속하여 2년 후에는 5mg/dl 증가함을 보고하였다. Seals 등¹¹⁵⁾은 강도에 따라서는 6개월의 낮은 운동 강도에는 HDL-콜레스테롤 레벨이 상승효과가 없었고, 높은 운동 강도에선 14%의 상승을 보고하고 있다.

HDL-콜레스테롤의 변화는 운동 강도와 시간 및 훈련 기간에 따라 다소 차이를 보이며, 운동 강도와 운동량이 증가될수록 HDL-콜레스테롤은 증가되는 것으로 보고 된다.¹¹⁶⁾ 본 연구에서 운동에 의한 HDL-콜레스테롤의 일정한 변화를 확인하지 못한 것은 6주라는 운동 지속 기간이 이러한 변화를 일으키기에는 다소

짧은 기간이었기 때문이라고 사료된다.

Tsetsonis과 Hardman¹¹⁷⁾은 $VO_2\max$ 의 32% 수준과 60% 수준의 트레드밀 위에서 90분간 달리기를 실시한 후 혈중지질요소의 변화를 측정한 결과 두 조건 모두에서 각각 15%와 21%의 중성지방 농도의 감소를 보였다고 하였다.

그러나 Durstine 등¹¹⁸⁾의 경우 $VO_2\max$ 강도의 45%와 60% 수준에서 운동을 실시한 집단의 혈중지질 요소를 비교한 결과 두 집단 모두 중성지방의 감소는 없었다고 발표하였으며, Hicksy 등³⁰⁾은 $VO_2\max$ 의 60%와 90% 수준의 강도에서 약 30분간 달리기를 실시하였을 때 중성지방 수준에서의 변화 없음을 보고하였다.

이상의 결과들은 통해 보면, 운동이 혈청 지질에 미치는 효과에 대한 연구 결과들은 아직 일관적이지 못하며, 설사 유산소 운동이 혈청 중성지방, 총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 등을 감소시키고, HDL-콜레스테롤을 증가시키는 변화를 일으킨다고 할지라도 이는 일시적인 것으로 보이며 장시간 지속되지는 않는 것 같다. 지단백의 만성적 변화가 일어나는 데는 적어도 수개월이 소요될 것이며, 6주간의 운동에 의한 변화를 기대하기는 어려울 것으로 사료된다. 그러므로 혈청 지질에 영향을 미칠 수 있는 운동의 형태나 강도 혹은 지속 기간에 대한 더 많은 연구들이 수행되어 고지혈증 예방법으로써의 운동에 대한 가이드 라인을 설정할 수 있어야 할 것이다.

Table 3. Effects of cholesterol diet and exercise on the plasma cholesterol and triglyceride content in rats

	Control	Exercise	Cholesterol	Cholesterol - Exercise
	<i>mg/dl</i>			
Total-cholesterol**	67.30 ± 17.85 ^a	65.51 ± 14.33 ^a	144.32 ± 26.93 ^b	143.78 ± 23.80 ^b
HDL-cholesterol**	36.26 ± 9.65 ^a	37.72 ± 3.08 ^a	16.72 ± 3.97 ^b	15.72 ± 6.20 ^b
LDL-cholesterol**	17.61 ± 9.17 ^a	16.88 ± 6.75 ^a	136.37 ± 48.41 ^b	127.39 ± 28.04 ^b
Triglyceride**	82.51 ± 19.77 ^a	56.49 ± 8.32 ^b	38.34 ± 7.40 ^c	28.59 ± 2.78 ^c

Values are means ± SD of 9 rats.

** : Values in the same row not sharing the same superscript differ (p<0.01).

3. 간의 총 콜레스테롤과 중성지방

간의 총 콜레스테롤은 혈청의 총 콜레스테롤과 유사한 경향을 보였으며, 콜레스테롤 함유 식이에 의한 유의차는 있었으나 ($p < 0.01$) 운동에 의한 효과는 볼 수 없었다 <Table 4>. 간의 중성지방 수준은 혈청 중성 지방과는 달리 콜레스테롤 함유 식이를 섭취한 흰쥐에서 더 높았으나 ($p < 0.01$), 운동에 의해 혈청 중성 지방이 낮아진 것처럼 간의 중성 지방도 운동에 의해 다소 낮아지는 경향을 보였으나 유의한 차이는 없었다.

오인숙 등⁹⁷⁾의 연구에서도 본 연구와 유사하게 0.5% 콜레스테롤 함유 식이는 간의 총콜레스테롤을 유의적으로 증가시켰으며, 중성지방의 경우 유의적이지는 않으나 증가한 것으로 나타났다.

본 연구 결과와는 달리 서란¹¹⁹⁾은 월령 22~23개월 흰쥐와 월령 8개월 흰쥐를 대상으로 매일 30분간 수영운동을 3개월동안 실시한 결과, 간의 총콜레스테롤의 경우 늙은 동물은 대조군에 비해 운동군이 30.7%, 젊은 동물이 34.5%나 감소하였고, 간 중성지방도 늙은 동물은 대조군에 비해 운동군이 60.6%, 젊은 동물은 58.7%의 감소율을 보였다고 했으며, Terao 등¹²⁰⁾도 6주간 고지방·고콜레스테롤 식이를 급여해 지방간을 유도한 흰쥐에게 수영운동을 시킨 결과 간의 콜레스테롤 에스테르와 중성지방이 유의하게 감소하였다고 보고했다.

한편, SD 수컷 흰쥐에게 하루 10분간 수영 운동을 6주간 실시한 후 간의 지질 상태를 분석한 박지영¹²¹⁾의 연구에 의하면 간의 중성지방은 운동에 의해 유의적인 감소 효과가 나타났으나, 총콜레스테롤의 경우 감소 효과가 없었다고 밝혔고, Terao 등¹⁰²⁾은 지방간 흰쥐에서 운동 강도에 따른 지단백 대사의 변화를 연구한 결과, 간의 중성지방은 walking group(10m/min, 60min)에서 대조군보다 유의적으로 낮았으며, 간 콜레스테롤은 high-speed running group(40m/min, 15min)에서 감소하는 것으로 보고해, 운동 강도와 지속 시간 등이 간의 지질 상태에 미치는 영향이 달라질 수 있음을 시사해주었다

반면, Abe 등¹¹²⁾은 6주령 Wistar 숫쥐를 대상으로 10주 동안 하루에 20분과 60분 운동을 실시한 결과 대조군에 비해 60분 운동한 그룹에서 간의 HMG-CoA

reductase의 활성이 유의적으로 증가하였다고 밝혔고, Gorski 등¹²²⁾은 고지방식을 섭취한 쥐에 있어서는 운동이 간의 지방 축적을 감소시켰으나, 일반식을 섭취한 쥐에서는 간에서의 콜레스테롤 합성과 분해를 모두 증가시킨다고 밝혔다.

이상에서 살펴본 바와 같이 운동 수행이 간의 지질에 미치는 영향은 운동 방법이나 강도 혹은 지속 시간에 따라 차이가 있고, 간 콜레스테롤의 생합성에 미치는 영향도 아직 불분명한 것 같다. 따라서 운동이 간의 지질에 어떠한 기전으로 영향을 미치는지는 더욱 연구되어야 할 과제라고 하겠다.



Table 4. Effects of cholesterol diet and exercise on the liver cholesterol and triglyceride content in rats

	Control	Exercise	Cholesterol	Cholesterol - Exercise
	<i>mg/g fresh weight</i>			
Total-cholesterol**	5.45 ± 1.62 ^a	5.51 ± 0.73 ^a	47.65 ± 7.34 ^b	44.00 ± 3.88 ^b
Triglyceride**	17.49 ± 3.80 ^a	16.52 ± 5.43 ^a	28.43 ± 7.42 ^b	26.00 ± 6.75 ^b

Values are means ± SD of 9 rats.

** : Values in the same row not sharing the same superscript differ (p<0.01).

4. 적혈구 Na Efflux

콜레스테롤 섭취와 운동 수행 여부가 Intracellular Na와 Na Efflux 에 미치는 영향은 <Table 5>에 제시되었다. Intracellular Na는 정상식이 섭취군에 비해 콜레스테롤을 함유한 식이를 섭취한 흰쥐에서 다소 낮아져 있었으며, 운동 수행은 이를 더 낮추는 경향을 보였으나, 유의한 차이는 없었다. Na efflux는 Na-K ATPase, Na-K cotransport 그리고 Na-passive transport의 3가지 channel에 의한 차이를 보았는데, Na-K Pump로 알려진 Na-K ATPase의 경우 콜레스테롤 함유 식이에 의해 그 활성이 다소 낮아져 있었으며, 운동 수행에 의해 유의하지는 않지만 다소 높아지는 경향을 보였다. Na-cotransport의 경우 대조군에 비해 운동군이 다소 높아져 있는 반면 콜레스테롤군에 비해 콜레스테롤 운동군은 낮아져 있어 일정한 경향치를 보이지는 않았다. Na-passive transport에 의한 Na 유출량은 대조군이 가장 낮고, 콜레스테롤 운동군이 가장 높게 나타났으나 유의한 차이는 없었다. 세가지 channel 모두에 의한 Na 유출량을 합산해 보면, 대조군이 1.67 mmol/ℓ rbc, 운동군이 1.85 mmol/ℓ rbc, 콜레스테롤 군이 1.56mmol/ℓ rbc, 그리고 콜레스테롤 운동군이 1.66mmol/ℓ rbc로 Intracellular Na량이 가장 적은 운동군에서 가장 높았으며, 콜레스테롤 군이 가장 적은 경향을 보였다.

본 연구 결과와 유사하게 박인선¹²³⁾도 0.5% 콜레스테롤을 함유한 식이를 섭취한 흰쥐에서 Intracellular Na와 Na-K ATPase 활성이 다소 낮았다고 하였다. 담즙 분비가 정지된 cholestasis 쥐의 경우 콜레스테롤에 의해 Na-K ATPase의 활성이 억제되었으며,¹²⁴⁾ 혈청 중성지방, 총콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤은 Na-K ATPase와 부의 상관관계를 나타내고, HDL-콜레스테롤의 수치와는 정의 상관관계를 나타낸다.¹²⁵⁾ 또한 Mayol 등¹²⁶⁾등도 세포막의 구성성분에 영향을 줄 수 있는 식이 콜레스테롤과 ω-3 지방산은 Na-K ATPase 활성을 감소시켰다고 하였다.

고혈압과 관련해 Na efflux를 조사한 연구에서는 고혈압에 따라 Na efflux는 유의적으로 다르지는 않았으나, intracellular Na와 passive Na permeability의 경우 각각 9.1%씩 증가하였고, Na-K ATPase는 다소 감소하는 경향을 나타내었

다. Godfraind 등¹²⁷⁾과 Chen 등¹²⁸⁾은 선천성 고혈압쥐에서 혈압의 변화와 심근의 Na-K ATPase의 활성도를 측정하였더니 정상혈압쥐에 비해 혈압은 생후 6주에 2%, 생후 14주에 47%까지 증가하였고, Na-K ATPase 활성도는 생후 14주에 24%까지 감소함을 보임으로써 선천성 고혈압은 이와 관련된 유전인자에 의하여 Na⁺ handling에 이상을 초래하는 것이 한 원인일 것이라 추정하였다.

운동이 Na-K ATPase 활성에 미치는 영향을 본 연구들을 살펴보면, Green 등¹²⁹⁾은 6일간 60~65% VO_{2peak} 강도로 하루에 2시간씩 cycle 운동은 한 후 골격근에서 Na-K ATPase 함량이 유의적으로 증가하였다고 보고했으며, Shanmugasundaram 등¹¹⁸⁾은 bicycle ergometer로 최대강도 운동 직후에 적혈구 Na-K ATPase의 활성이 감소하나, 60분 후 회복됐을 때는 증가했다고 밝혔다.

본 연구 결과에서는 운동에 의한 Na efflux에 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 고혈압 환자에 있어서 비약물적 요법인 운동을 통한 치료나 예방의 가능성을 규명하기 위해 보다 많은 연구가 필요하다고 사료된다.



Table 5. Effects of cholesterol diet and exercise on erythrocyte sodium efflux

	Control	Exercise	Cholesterol	Cholesterol - Exercise
	Na <i>mmol/l</i> rbc			
Intracellular Na ¹⁾	5.00 ± 0.67	4.31 ± 0.53	4.77 ± 0.92	4.65 ± 0.32
	Na <i>mmol/l</i> rbc/hr			
Na Efflux				
Na-K ATPase ²⁾	0.88 ± 0.35	0.89 ± 0.10	0.65 ± 0.33	0.71 ± 0.48
Na-cotransport ³⁾	0.48 ± 0.27	0.50 ± 0.31	0.48 ± 0.23	0.36 ± 0.15
Na-passive transport ⁴⁾	0.31 ± 0.12	0.46 ± 0.06	0.43 ± 0.12	0.59 ± 0.08

1) Intracellular Na ; upper values are for intact red blood cells.

2) Na-K ATPase is ouabain sensitive Na efflux

3) Na-cotransport is furosemide sensitive Na efflux

4) Na-passive transport is Na efflux under the blockage of Na-K ATPase & Na-K cotransport

Values are means ± SD of 9 rats.

5. Hematocrit 수치와 혈소판 응집

Hematocrit 수치와 혈소판 응집에 대한 결과는 <Table 6>에 제시되었다. Hematocrit 수치는 콜레스테롤군에서 유의적으로 낮아졌으나 ($p < 0.01$), 트레드밀 운동 수행에 의해 회복되는 경향을 보였다. 혈소판 응집에서 maximum aggregation은 콜레스테롤을 함유한 식이를 섭취한 흰쥐에서 다소 높은 경향을 보였으나 유의차는 없었으며, initial slope은 콜레스테롤 운동군에서 가장 높았고, 대조군이 가장 낮아 유의한 차이를 보였으며 ($p < 0.05$), 운동 수행으로 다소 높아지는 경향을 보였다.

신체에 운동을 부하하면 운동 지속 시간이나 부하 강도에 따라서 생체 내에 나타나는 변화가 개인에 따라 다르게 나타나며 그 중에서도 혈액 성분의 변화가 크다고 알려져 있고, 혈액 성분의 변화는 일반적으로 운동이 단시간 내에 신속하게 행해졌을 경우는 장시간 행한 운동보다 변화가 크다고 말하고 있다¹³¹⁾. 혈액은 여러 물질이 녹아 있는 액체 성분인 혈장 (plasma)에 유형성분 (Formed element)인 혈구, 즉 적혈구, 백혈구 및 혈소판 등이 떠있는 유동성의 현탁액 (suspension)이다. 따라서 두 성분의 비중 차이로 인해 층이 생기는데, 이때 혈구가 차지하는 용적을 Hematocrit (Hct)이라고 하며, 정상인 경우에는 거의 일정하지만 빈혈의 경우, 빈혈 정도에 따라 감소되며 정상치는 남자의 경우 42~45%로 보고 있다.

최지혜¹³²⁾는 60~80세 여자노인을 대상으로 LDL-콜레스테롤을 160mg/dl를 기준으로 위험군과 대조군으로 나눠 조사한 결과 고LDL-콜레스테롤 혈중 여자 노인의 Hct는 40.7%였고, 대조군은 42.5%로 고LDL-콜레스테롤 혈중 여자 노인에서 다소 낮은 것으로 조사되었으며, 오인숙 등⁹⁷⁾도 0.5% 콜레스테롤 함유 식이를 먹인 암·수 흰쥐 모두에서 Hct이 유의하게 감소하였다고 보고해 본 연구 결과와 일치하였다.

한편, 최윤택 등¹³³⁾은 자전거 에르고미터 부하 운동 직후 운동 선수군의 Hct가 안정시에 비해 7%정도 증가하였고, 일반 학생군은 10%정도 증가하였다고 밝혔으며, 장명재 등¹⁰⁷⁾은 최대심박수의 75% 강도로 일주일 간 운동한 결과 Hct가 운동전 44.2±6.4%에서 운동 후 45.4±4.33%로 1.36±2.45% 증가하였고, All-out

(최대심박수 95%) 운동 강도로 일주일 운동 후에는 Hct이 $42.6 \pm 2.0\%$ 에서 $49.4 \pm 1.49\%$ 로 $6.76 \pm 0.66\%$ 정도 유의적으로 증가하였다고 보고했다. 또한 Schneider 등¹³⁴⁾은 운동 후 적혈구의 변화는 운동전 보다 20% 정도 증가하며, 백혈구는 40% 이상 증가한다고 발표하였으며, Schneider¹³⁵⁾과 Kaltreider 등¹³⁶⁾은 적혈구, 백혈구, Hematocrit, 혈색소 등이 운동 부하 후에 증가한다고 보고하여 본 연구 결과와 일치하는 반면, Hematocrit치가 감소한다고 보고도 있다.¹³⁷⁾

운동 직후에 Hct가 증가하는 것은 운동에 의해 조직 내의 침투압이 높아져서 혈액 수분이 조직으로 이행함으로 일어나는 혈액 농축 때문이라는 의견도 있으나, 과격한 운동시에 적혈구와 혈색소 농도가 저하되어 운동성 빈혈 상태 (Sport-anemia)가 나타난다는 의견도 있어, 운동이 혈액 성분의 절대수를 증가시키는가의 여부는 아직 뚜렷한 결론을 얻지 못하고 있는 실정이라 하겠다.

혈소판 응집성에 있어서 콜레스테롤 식이는 Maximum과 Initial slop을 모두 증가 시켰는데, 이는 콜레스테롤 식이에 의해 최대응집치가 암·숫쥐 모두에서 증가하였다는 오인숙 등⁹⁷⁾의 결과와 일치하며, Winocour 등¹³⁸⁾도 콜레스테롤 식이로 인한 고콜레스테롤혈증의 쥐에서 혈소판 응집성은 증가한 반면 platelet survival은 감소하였다고 보고하였다. Platelet survival은 최대 응집 이후 응집된 혈소판이 개체의 혈소판으로 분리됨으로 해석할 수 있는데 이는 혈전이나 thrombus 생성정도와 관련이 있다.

한편, 고동운¹³⁹⁾은 정적운동, 동적운동, 비운동 선수들의 안정시, 최대운동직후 및 회복기의 혈소판 변화에 대해서 조사한 결과, 정적운동 선수는 안정시 25.10 ± 0.83 (만)개, 최대운동 직후 32.50 ± 0.84 (만)개, 회복 30분에는 28.80 ± 1.46 (만)개였고, 동적운동 선수는 안정시 23.90 ± 2.23 (만)개, 최대운동 직후 31.00 ± 2.30 (만)개, 회복 30분에는 27.60 ± 2.32 (만)개였으며, 비운동 선수도 안정시 23.40 ± 2.45 (만)개, 최대운동 직후 26.60 ± 2.50 (만)개, 회복 30분에는 25.30 ± 2.79 (만)개였다고 보고하여, 운동 후에 혈소판 수치가 증가함을 밝히고 있다. 이와 관련해 본 연구에서 혈소판 응집성의 콜레스테롤 운동군에 있어서 다소 증가하는 경향을 보이는 것은 이러한 혈소판 수의 증가가 원인이었을 것이라 생각된다. 일반적인 혈액 성분의 변화는 최대 운동직후에 가장 큰 폭을 나타낸다고 하며, 이는 운동에 의해 조혈기능이 촉진되고, 조직으로의 산소운반을 유리하게 하기 때문이라고 사료된다.

Table 6. Effects of cholesterol diet and exercise on hematocrit and platelet aggregation

	Control	Exercise	Cholesterol	Cholesterol - Exercise
Hematocrit(%)*	43.78 ± 1.17 ^a	43.59 ± 0.46 ^a	41.78 ± 1.09 ^b	44.00 ± 1.02 ^a
Platelet Aggregation				
Maximum(Ω)	19.42 ± 3.65	17.66 ± 1.58	21.69 ± 4.30	21.78 ± 4.20
Initial Slope(Ω/min)**	16.37 ± 2.09 ^a	17.86 ± 2.00 ^{ab}	20.71 ± 5.35 ^{ab}	21.94 ± 3.32 ^b

Values are means±SD of 9 rats.

* : Values in the same row not sharing the same superscript differ (p<0.05).

** : Values in the same row not sharing the same superscript differ (p<0.01).

6. 혈청 GPT와 GOT 분석

콜레스테롤 식이 급여와 운동이 혈청 GPT와 GOT에 미치는 영향을 <Table 7>에 나타내었다. 간 기능의 만성 간염 이환 여부를 파악하는데 중요한 factor인 GPT의 경우도 마찬가지로 콜레스테롤 식이 섭취에 의해 유의적으로 증가하였으며, 정상 식이를 섭취한 군의 경우 운동 수행에 의해 26%정도 GPT를 감소시킨 한편, 콜레스테롤을 함유한 식이를 섭취한 흰쥐에 있어서는 운동 수행이 GPT를 콜레스테롤군에 비해 콜레스테롤 운동군에서 52%정도 유의하게 낮추는 효과가 있었다 ($p < 0.01$). 간기능의 또 다른 지표로서 급성 간염 이환 여부를 파악하는데 중요한 factor인 GOT는 콜레스테롤을 함유한 식이 섭취군에서 매우 높아져 있었으며, 정상 식이 섭취군에서는 운동의 효과가 나타나지 않았으나, 콜레스테롤 섭취군에서는 이러한 GOT 수치의 상승이 트레드밀 운동 수행에 의해 39%정도 유의적으로 감소되는 효과를 보였다 ($p < 0.01$). GPT와 GOT가 정상 식이 섭취 흰쥐에서 보다 콜레스테롤 첨가 식이 섭취군에서 높게 나타난 것은 고콜레스테롤 식이에 의한 지방 축적으로 간 효소치의 농도가 증가되었기 때문이다.

본 연구의 결과와 유사하게 이용수 등¹⁴⁰⁾도 흰쥐에게 pellet형 기본사료에 1%의 콜레스테롤을 첨가하여 급여한 결과, 대조군에 비해 콜레스테롤첨가군에서 GOT가 유의적으로 높아졌다고 보고하였으며, GPT의 경우 대조군과 콜레스테롤 첨가군 모두에서 투여기간이 길어질수록 활성이 상승하는 경향을 보였다고 밝혔다. 또한 최현석¹⁴¹⁾의 연구에 의하면, GOT는 대조군에서 $145 \pm 10.7 \text{IU}/\ell$ 인데 비해, 비만유도군(고지방군)에서는 $215 \pm 15.1 \text{IU}/\ell$ 로 유의하게 증가한 반면, 유산소성 트레드밀 운동군에서는 $174 \pm 4.9 \text{IU}/\ell$ 로 감소하였다고 했으며, GPT도 대조군에서 $64 \pm 7.9 \text{IU}/\ell$, 비만유도군에서 $85 \pm 8.2 \text{IU}/\ell$, 유산소성 트레드밀 운동군에서 $75 \pm 2.2 \text{IU}/\ell$ 로 운동에 의해 유의적으로 감소하였다고 보고해 본 연구 결과와 같은 경향을 보였다.

또한, 채정룡 등¹⁴²⁾은 조정선수의 훈련시 혈중 구성 성분의 변화를 조사하였는데, GPT의 경우 훈련 전에는 $29 \pm 1.45 \text{unit}/\text{ml}$ 였으나, 훈련 1주후에는 $25 \pm 1.45 \text{unit}/\text{ml}$ 로 약 $4 \text{unit}/\text{ml}$ 감소하였고, 2주후에는 $24 \pm 2.05 \text{unit}/\text{ml}$, 3주후에는 $25 \text{ml} 1.45 \text{unit}/\text{ml}$

ml로 나타났고, GOT의 경우 훈련 전에는 $30 \pm 3.01 \text{ unit/ml}$, 1주후에는 $30 \pm 2.45 \text{ unit/ml}$, 2주와 3주째에는 각각 $29 \pm 2.68 \text{ unit/ml}$, $28 \pm 3.12 \text{ unit/ml}$ 로 감소하였다고 밝혔다. 그리고 Critz와 Merrick¹⁴³⁾은 Harvard step test 직후에 혈청 GOT 활성수준이 저하한다는 보고를 하였다. 반면 小川 등¹⁴⁴⁾은 5,000m, 10,000m 달리기 전후에 혈청 GPT, GOT 활성수준에는 변동이 없었다는 보고를 했고, 또한 트레드밀에 의한 all-out 달리기에 있어서는 운동 후 혈청 GOT 활성수준은 약간 증가하였으며, 혈청 GPT 활성수준은 일정치 않았다고 보고해 다소 상이한 결과를 나타냈다. 또한 신진용¹⁴⁵⁾은 최대 운동강도의 부하가 GPT, GOT 활성화에 미치는 영향을 조사하였는데, 운동전에 비해 운동직후에 GPT, GOT 수치 모두 상승한 것으로 보고하였으며, 운동 12시간 후에 회복되는 것으로 밝혀, 운동은 그 강도와 측정 시간 등에 따라 GPT, GOT 효소 활성화에 미치는 영향이 다를 것으로 사료된다.

본 연구결과에서 콜레스테롤 식이에 의해서 증가된 GPT, GOT 효소 활성이 중등도의 지구성 운동으로 감소시키는 경향이 나타나, 유산소성 운동은 간 기능에 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

Table 7. Effects of cholesterol diet and exercise on sGPT and sGOT

	Control	Exercise	Cholesterol	Cholesterol - Exercise
			<i>U/l</i>	
sGPT ^{1)**}	19.53 ± 3.02 ^{a†}	14.32 ± 3.09 ^a	52.89 ± 25.45 ^b	25.27 ± 5.69 ^a
sGOT ^{2)**}	38.56 ± 7.22 ^{a†}	46.91 ± 7.28 ^{ab}	121.27 ± 44.45 ^c	73.09 ± 12.58 ^b

1) sGPT : serum glutamate-pyruvate transferase

2) sGOT : serum glutamate-oxalate transferase

Values are means ± SD of 10 rats.

** : Values in the same row not sharing the same superscript differ (p<0.01).

IV. 결 론

고지혈증, 고혈압, 동맥경화증 등의 비만 관련 대사증후군의 치료와 예방을 위한 비약물적 요법으로써 식이요법과 운동요법의 영향을 구명하기 위해 본 실험을 수행하였다. 생후 12주의 Sprague Dawley계 숫쥐를 대상으로 정상 식이와 0.5% 콜레스테롤과 0.2% cholate를 함유한 콜레스테롤 식이를 급여하고, 6주간 트레드밀 운동 (15m/min, 60분/회, 4회/주)을 수행 시킨 후 혈청과 간의 지질성분 수준과 혈소판 응집, 간기능 및 적혈구막에서의 Na 유출 등을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다:

1. 최종체중과 일일식이섭취량, 일일증체량 및 식이효율은 콜레스테롤 식이 섭취와 운동 수행의 영향을 받지 않았으며, 모든 군에서 유사하게 나타났다. 간/체중 무게 비(L.W./B.W. ratio)는 콜레스테롤 섭취에 의해 유의적으로 증가하였으며 ($p < 0.01$), 콜레스테롤군에 비해 콜레스테롤 운동군은 다소 낮았으나 유의차는 없었다.
2. 콜레스테롤 섭취에 의해 혈청 총 콜레스테롤 농도와 LDL-콜레스테롤 농도는 유의적으로 증가하였으며 ($p < 0.01$), HDL-콜레스테롤과 중성지방 농도는 유의적으로 감소하였다. 운동 수행이 총콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 감소와 HDL-증가에 미치는 뚜렷한 효과는 없었으나, 중성지방을 감소시키는 효과가 있었으며, 특히 정상식이 섭취군에 있어서는 유의적이었다 ($p < 0.01$).
3. 간의 콜레스테롤과 중성지방 수준은 콜레스테롤 섭취군에서 유의적으로 높았으며 ($p < 0.01$), 운동에 의한 감소효과는 나타나지 않았다.
4. 적혈구 세포내 총 Na량은 콜레스테롤 식이와 운동의 영향을 받지 않았으며, Na-K ATPase, Na-K cotransport 및 Na-passive transport를 통한 적혈구막에

서의 Na 유출도 콜레스테롤 식이 및 운동에 의한 뚜렷한 영향은 없었다. 한편, 운동수행은 Na-K ATPase에 의한 Na 유출량을 유의적이지는 않으나 다소 증가시키는 경향을 보였다.

5. Hematocrit 수치는 콜레스테롤군에서 유의적으로 감소하였으며 ($p < 0.05$), 콜레스테롤 운동군은 대조군 및 운동군과 유사한 수준을 유지하였다. 혈소판 응집에 있어서는 maximum aggregation과 initial slope이 콜레스테롤 섭취군에서 모두 높았으며, 특히 initial slope의 경우 대조군보다 운동군이 콜레스테롤군보다 콜레스테롤 운동군이 좀 더 높은 경향을 보였다.

6. 간기능 지표인 GPT와 GOT는 콜레스테롤 식이에 의해 유의적으로 증가하였으며, 정상식이 섭취군에서는 운동에 의한 뚜렷한 영향은 없었다. 반면, 콜레스테롤군에 비해 콜레스테롤 운동군은 GPT와 GOT 수치 모두가 유의적으로 낮아 운동에 의한 감소효과를 나타내었다 ($p < 0.01$).

이상의 결과를 종합해 볼 때, 0.5% 콜레스테롤 함유 식이의 섭취는 혈청과 간의 지질 패턴을 악화 시키며, Hematocrit를 감소시킬 뿐만 아니라, 혈소판 응집을 높여 혈전의 위험을 초래하고, 간에 손상을 주어 GPT와 GOT를 높인다. 6주 간의 트레드밀 운동은 혈청 중성지방 농도 감소와 Hematocrit 수치 유지 및 GPT, GOT 수치의 감소효과를 보여 주고 있어, 식생활의 개선과 중등도의 지속적인 유산소 운동은 고지혈증 및 간 기능 개선을 위한 좋은 예방법이 될 수 있으리라 사료된다.

V. 참 고 문 헌

- 1) 2005년 국민건강영양조사. 보건복지부. 한국보건사회연구원. 한국보건산업진흥원.
- 2) Yu CH. A review on the changes of lifestyle and the related nutritional problems in Korea. *Kor J Nutr.* 2002; 35(1): 137-146
- 3) 김태희, 국내외 위탁급식산업의 현황과 전망. *국민영양.* 2001; 24(2): 16-26
- 4) 모수미. 외식산업의 발달이 국민 영양 및 식생활에 미치는 영향. *한국영양학회지.* 1986; 19(2): 120-128
- 5) 최혜미. 열량 및 지방영양. *한국영양학회지.* 1987; 20(3): 176-186
- 6) 사망원인별 통계분석 자료. 대한통계협회. 2005
- 7) 편육범. 심혈관 질환의 일차예방. *가정의학회지.* 2002; 23(12): 1405-1411
- 8) Castella WP. Cardiovascular disease and multifactorial risk. Challenge of the 1980s. *Am Heart J.* 1983; 106(5 Pt 2): 1191-1200
- 9) D'Agostino RB, Russell MW, Huse DM, Ellison RC, Silbershatz H, Wilson PW, Hartz SC. Primary and subsequent coronary risk appraisal: new results from The Framingham study. *Am Heart J.* 2000; 139(2 Pt 1): 272-281
- 10) Sacco RL. Pathogenesis, classification and epidemiology of cerebrovascular

disease. In Rowland (ed): Merritt's Neurology 10th ed, Philadelphia: Lippincott Williams & Wikins. 2000; 217-219

- 11) Mazur A, Remesy C, Gueux E, Levrat MA, Demigne C. Effects of diet rich in fermentable carbohydrates on plasma lipoprotein levels and lipoprotein catabolism in rats. *J. Nutr.* 1990; 120(9): 1037-1045
- 12) Martin MJ, Hulley SB, Browner WS, Kuller LH, Wentworth D. Serum cholesterol, blood pressure, and mortality: Implications form a cohort of 361,622 men. *Lancet.* 1986; 2(8513): 933-936
- 13) Lipid research Clinics Program. The Lipid Research Clinic Primary Prevention Trial results. II. The relationship of reduction of incidence of coronary heart disease to cholesterol lowering. *JAMA.* 1984; 251(3): 365-374
- 14) Sytkowski PA, Kannel WB, D'Aqostino RB. Changes in risk factors and the decline in mortality from cardiovascular disease. the Framingham heart study. *N Engl J Med.* 1990; 322(23): 1635-1641
- 15) Lewis SJ, Moye LA, Sacks FM, Johnstone DE, Timmis G, Mitchell J, Limacher M, Kell S, Glasser SP, Grant J, Davis BR, Pfeffer MA, Braunwald E. Effect of pravastatin on cardiovascular events in older patients with myocardial infarction and cholesterol levels in the average range. Results of the Cholesterol and Recurrent Events (CARE) trial. *Ann Intern Med.* 1998; 129(9): 681-689
- 16) Downs JR, Clearfield M, Weis S, Whitney E, Shapiro DR, Beere PA, Langendorfer A, Stein EA, Kruyer W, Gotto AM. Primary prevention of

acute coronary events with lovastatin in men and women with average cholesterol levels: results of AFCAPS/TexCAPS. Air Force/Texas Coronary Atherosclerosis Prevention Study. *JAMA*. 1998; 279(20): 1615-1622

- 17) Williams GZ. Serum lipid values and age in healthy women: a preliminary report on cholesterol. *Methods Inf Med*. 1993; 32(3): 219-221
- 18) McGill HC. The relationship of dietary cholesterol to serum cholesterol concentration and to atherosclerosis in man. *Am. J. Clin. Nutr*. 1979; 32(12 Suppl): 2664-2702
- 19) Rhoads GG, Gulbrandsen CL, Kagan A. Serum lipoproteins and coronary heart disease in Hawaii Japanese man. *N. Engl. J. Med*. 1976; 294(6): 293-298
- 20) Berg, K. and A.L. Borresen. Serum-high-density-lipoprotein and atherosclerotic heart-disease. *Lancet*. 1976; 1(7958): 499-501
- 21) Hjermann I, Enger SC, Helgeland A, Holme I, Leren P, Trygg K. The effect of dietary changes in high density lipoprotein cholesterol. The Oslo Study. *Am. J. Med*. 1979; 66(1): 105-109
- 22) Gordon D, Castelli WP, Hjortland MC, Kannel WB, Dawber TR. High density lipoprotein as a protective factor against coronary heart disease. The Framingham Study. *Am. J. Med*. 1977; 62(5): 707-714
- 23) Barter PJ, Rye KA. High density lipoproteins and coronary heart diseases. *Atherosclerosis*. 1996; 121(1): 1-12

- 24) Sutherland WH, Woodhouse SP. Physical activity and plasma lipoprotein lipid concentrations in men. *Atherosclerosis*. 1980; 37(2): 285-292
- 25) Ander MM & Castelli WP. Elevated high-density lipoprotein levels in marathon runners. *JAMA*. 1980; 243(6): 534-536
- 26) Suter E, Marti B. Little effect of long-term, self-monitored exercise on serum lipid levels in middle-aged women. *J Sports Med Phys Fitness*. 1992; 32(4): 400-411
- 27) Thompson PD, Cullinane E, Henderson LO, Herbert PN. Acute effects of prolonged exercise on serum lipids. *Metabolism*. 1980; 29(7): 662-665
- 28) Brownell KD, Bachorik PS, Ayerle RS. Changes in Plasma lipid and lipoprotein levels in men and women after a program of moderate exercise. *Circulation*. 1982; 65(3): 477-484
- 29) Pay HE, Hardman AE, Jones GJ, Hudson A. The acute effects of low-intensity exercise on plasma lipids in endurance-trained and untrained young adults. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1992; 64(2): 182-186
- 30) Hicks AL, MacDougall JD, Muckle, TJ. Acute changes in high-density lipoprotein cholesterol with exercise of different intensities. *J Appl Physiol*. 1987; 63(5): 1956-1960
- 31) Visich PS, Goss FL, Gordon PM, Robertson RJ, Warty V, Denys, BG, Metz KF. Effects of exercise with varying energy expenditure on high-density lipoprotein-cholesterol. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*.

1996; 72(3): 242-248

- 32) Cullinane E, Siconolfi S, Saritelli A, Thompson PD. Acute decrease in serum triglycerides with exercise: is there a threshold for an exercise effect?. *Metabolism*. 1982; 31(8): 844-847
- 33) Hughes RA, Thorland, WG, Housh TJ, Johnson GO. The effect of exercise intensity on serum lipoprotein responses. *J Sports Med Phys Fitness*. 1990; 30(3): 254-260
- 34) Savage MP, Petratis MM, Thomson WH, Berg K, Smith JL, Sady SP. Exercise training effects on serum lipids of prepubescent boys and adult men. *Med Sci Sports Exerc*. 1986; 18(2): 197-204
- 35) 2001년도 국민건강영양조사. 보건복지부. 한국보건사회연구원. 한국보건산업진흥원. 2002. 94-95
- 36) Victor R. Arterial Hypertension. In: Goldman L, Ausiello D, editors. Cecil Textbook of Medicine. 22nd ed. Philadelphia: Saunders, 2004. 346-363
- 37) Chobanian AV, Bakris GL, Black HR, Cushman WC, Green LA, Izzo JL Jones DW, Materson BJ, Oparil S, Wright JT, Roccella EJ. The Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure: the JNC 7 Report. *JAMA*. 2003; 289(19): 2560-2572
- 38) Midgley JP, Matthews AG, Greenwood CM, Logan AG. Effect of reduced dietary sodium on blood pressure; a meta-analysis of randomized controlled trials. *JAMA*. 1996; 275(20): 1590-1597

- 39) 김도진. 식염과 고혈압과의 관계에 대한 실험적 연구. *대한내과학회지*. 1963; 6(6): 31-51
- 40) 이하. 본태성 고혈압과 식염과의 관계에 대한 연구. *대한내과학회지*. 1962; 5(6): 39-54
- 41) Kirscht JP. Patient education, blood pressure control, and the long run. *Am J Public Health*. 1983; 73(2): 134-135
- 42) 박옥규. 심혈관 질환의 운동요법. *대한의사협회지*. 1986; 29(5): 485-490
- 43) Cowley AW, Dzau V, Butrick P, Cooke J, Devereux RB, Grines CL, Haidet GC, Thames MD. Working group on noncoronary cardiovascular disease and exercise in woman. *Med Sci Sports Exerc*. 1992; 24(6 Suppl): S227-287
- 44) Cléroux J, Kouamé N, Nadeau A, Coulombe D, Lacourcière Y. After effects of exercise on regional and systemic hemodynamics in hypertension. *Hypertension*. 1992; 19(2): 183-191
- 45) Arakawa K. Antihypertensive mechanism of exercise. *J Hypertens*. 1993; 11(3): 223-229
- 46) Nelson L, Jennings GL, Esler MD, Korner PI. Effect of changing levels of physical activity on blood-pressure and haemodynamics in essential hypertension. *Lancet*. 1986; 2(8505): 473-476
- 47) Duncan JJ, Farr JE, Upton SJ, Hagan RD, Oglesby ME, Blair SN. The effects of aerobic exercise on plasma catecholamines and blood pressure

- in patients with mild essential hypertension. *JAMA*. 1985; 254(18): 2609-2613
- 48) Shephard RJ. Intensity, duration and frequency of exercise as determinants of the response to a training regime. *Int Z Angew Physiol*. 1968; 26(3): 272-278
- 49) American Collage of Sports Medicine (5th ed). ACSM's Guidance for excercise testing and prescription. 1995. 206
- 50) Tobian L. Interrelationship of electrolytes, juxtaglomerular cells and hypertension. *Physiol Rev*. 1960; 40: 280-312
- 51) Baustein MP. Sodium ions, calcium ions, blood pressure regulations, and hypertension: a reassessment and a hypothesis. *Am J Physiol*. 1977; 232(5): C165-173
- 52) Overbeck HW. Vascular responses to cations, osmolality, and angiotension in renal hypertensive dogs. *Am J Physiol*. 1972; 223(6): 1358-1364
- 53) Edmondson RP, Thomas RD, Hilton PJ, Patrick J, Jones NF. Abnormal leucocyte composition and sodum transport in essential hypertension. *Lancet*. 1975; 1(7914): 1003-1005
- 54) Kiziltunc A, Akcay, F, Polat F, Kuskay S, Sahin YN. Reduced lecithin: cholesterol acyltransferase (LCAT) and Na⁺, K⁺, ATPase activity in diabetic patients. *Clin Biochem*. 1997; 30(2): 177-182
- 55) Masoom-Yasinzai M. Altered fatty acid, cholesterol and Na⁺/K⁺ ATPase

- activity in erythrocyte membrane of rheumatoid arthritis patients. *Z Naturforsch.* 1996; 51(5-6): 401-403
- 56) Van Dyke RW, Scharschmidt BF. Effects of chlorpromazine on Na⁺-K⁺-ATPase pumping and solute transport in rat hepatocytes. *Am J Physiol.* 1987; 253(5 Pt 1): G613-621
- 57) Gibson KH. Biosynthesis and metabolism of prostaglandins and thromboxanes. Butterworth Scientific Ltd. 1982. 8-19
- 58) Dyerberg J, Bang HO. Dietary fat and thrombosis. *Lancet.* 1978; 1(8056): 152
- 59) Carvalho AC, Colman RW, Lees RS. Platelet function in hyperlipoproteinemia. *N. Engl. J. Med.* 1974; 290(8): 434-438
- 60) Brook JG, Aviram M. Platelet lipoprotein interactions. *Semin. Thromb. Hemost.* 1988; 14(3): 258-265
- 61) Tomizuka T, Yamamoto K, Hirai A, Tamura Y, Yoshida S. Hypersensitivity to thromboxane A₂ in cholesterol-rich human platelets. *Thromb. Haemost.* 1990; 64(4): 594-599
- 62) Tandon NN, Hoeg JM, Jamieson GA. Perfusion studies on the formation of mural thrombi with cholesterol-modified and hypercholesterolemic platelets. *J. Lab Clin Med.* 1985; 105(2): 157-163
- 63) Herrne T, Bärtsch P, Haeberli A, Straub PW. Increased thrombin-anti-thrombin III complexes after 1h of physical exercise. *J Appl Physiol.*

1992; 73(6): 2499-2504

- 64) Mustonen P, Lepäntalo M, Lassila R. Physical exertion induces thrombin formation and fibrin degradation in patient with peripheral atherosclerosis. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 1998; 18(2): 244-249
- 65) Yarnell JW, Baker IA, Sweetnam PM, Bainton D, O'Brien JR, Whitehead PJ, Elwood PC. Fibrinogen, viscosity, and white blood cell count are major risk factors for ischemic heart disease. The Caerphilly and Speedwell collaborative heart disease studies. *Circulation.* 1991; 83(3): 836-844
- 66) El-Sayed MS. Effects of exercise on blood coagulation, fibrinolysis and platelet aggregation. *Sports Med.* 1996; 22(5): 282-298
- 67) Bourey RE, Santoro SA. Interaction of exercise, coagulation, platelets, and fibrinolysis—a brief review. *Med Sci Sports Exerc.* 1988; 20(5): 439-446
- 68) El-sayed MS. Effects of high and low intensity aerobic conditioning programs on blood fibrinolysis and lipid profile. *Blood Coagul Fibrinolysis.* 1996; 7(4): 484-490
- 69) Ferguson EW, Bernier LL, Banta FR, Yu-Yahiro J, Schoomaker EB. Effects of exercise and conditioning on clotting and fibrinolytic activity in men. *J Appl Physiol.* 1987; 62(4): 1416-1421
- 70) Pertfield RC, Gawel Mj, Clifford-Rose F, Guthrie DL, Pearson TC. The effects of exercise on platelet numbers and size. *Med Lab Sci.* 1985; 42(1): 40-43

- 71) Lehmann M, Hasler K, Bergdolt E, Keul J. Alpha-2-adrenoreceptor density on intact platelets and adrenaline-induced platelet aggregation in endurance- and nonendurance-trained subjects. *Int J Sports Med.* 1986; 7(3): 172-176
- 72) Wilmore JH, Costill DL. Training for sport and activity: The physiological basis of the conditioning process. 3rd. Iowa Wm. C Brown Pub. 1988. 148-151
- 73) Costill DL, Coyle EF, Fink WF, Lesmes GR, Witzmann FA. Adaptation in skeletal muscle following strength training. *J Appl Physiol.* 1979; 46(1): 96-99
- 74) 박철빈, 이상민, 박수연. 운동수행시 혈청효소 변화 분석. *체육학논문집.* 2000; 28: 307-322
- 75) Osifo BO, Bolodeoku JO. Serum aspartate and alanine aminotransferase activities in protein energy malnutrition. *Enzyme.* 1982; 28(4): 300-304
- 76) Hunter JB, Critz JB. Effect of training on plasma enzyme levels in man. *J Appl Physiol.* 1971; 31(1): 20-23
- 77) Noakes TD, Carter JW. The responses of plasma biochemical parameters to a 56-km race in novice and experienced ultramarathon runners. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1982; 49(2): 179-186
- 78) Agner E, Kelbaek H, Fogh-Andersen N, Mørck HI. Coronary and skeletal muscle enzyme changes during a 14 km run. *Acta Med Scand.* 1988; 224(2): 183-186

- 79) Koutedakis Y, Raafat A, Sharp NC, Rosmarin MN, Beard MJ, Robbins SW. Serum enzyme activities in individuals with different levels of physical fitness. *J Sports Med Phys Fitness*. 1993; 33(3): 252-257
- 80) King SW, Statland BE, Savory J. The effect of a short burst of exercise on activity values of enzymes in sera of healthy young men. *Clin Chim Acta*. 1976; 72(2): 211-218
- 81) Parikh DJ, Ramnathan NL. Exercise induced serum enzyme changes in untrained subjects. *Indian J Physiol Pharmacol*. 1977; 21(3): 175-180
- 82) Naji SA, Maguire GP, Gairbairn SA, Goldberg DP, Garagher EB. Training clinical teachers in psychiatry to teach interviewing skills to medical students. *Med Educ Mar*. 1986; 20(2): 140-147
- 83) Métivier G, Gauthier R. Effects of acute physical exercise on some serum enzymes in healthy male subjects between the ages of 40 and 64years. *Enzyme*. 1985; 33(1): 25-33
- 84) Lijnen P, Hespel P, Fagard R, Lysens R, Vanden Eynde E, Goris M, Goossens W, Lissens W, Amery A. Indicators of cell breakdown in plasma of men during and after a marathon race. *Int J Sports Med*. 9(2);108-113. 1988
- 85) Rùddel H, Berg K, Todd GL, McKinney M.E, Buell JC, Eliot RS. Caridovascular reactivity and blood chemical changes during exercise. *J Sports Med Phys Fitness*. 1985; 25(3): 111-119
- 86) Chuang CC. Chen WC. Lee SY, Wang KT. The effect of blood AST,

ALT and Lactate after short and middle distance exercise training.
Kaohsiung I Hsueh Ko Hsueh Tsa Chih. 1996; 12(9): 544-548

- 87) Bedford TG, Tipton CM, Wilson NC, Oppliger RA, Gisolfi CV. Maximum oxygen consumption of rats and its changes with various experimental procedures. *J Appl Physiol.* 1979; 147(6): 1278-1283
- 88) Friedewald WT, Levy RI, Fredrickson DS. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem.* 1972; 18(6):499-502
- 89) Folch J, Lees M, Sloane Stanley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J Biol Chem.* 1957; 226(1): 497-509
- 90) Smith JB, Ash KO, Hentschel WM, Sprowell WL, Williams RR. A simplified method for simultaneously determining countertansport and cotransport in human erythrocyte. *Clin Chim Acta.* 1984; 137(2): 169-177
- 91) Smith JB, Ash KO, Sprowell WL, Hentschel WM, Williams RR. An improved non-radioisotopic method for measuring ouabain-sensitive Na^+ efflux from erythrocytes. *Clin Chim Acta.* 1984; 143(3): 295-299
- 92) 한상섭. 트레드밀에 의한 운동 강도가 흰쥐의 혈청지질과 호르몬에 미치는 영향. 부산대학교 대학원. 미간행 박사학위논문. 1999
- 93) 최형준. 수영운동이 고지방식 SD-Rat의 지질변화에 미치는 영향. 용인대학교 대학원. 미간행 석사학위논문. 1998

- 94) Wood PD, Stefanick ML, Dreon DM, Frey-Hewitt B, Garay SC, Williams PT, Superko HR, Fortmann SP, Albers JJ, Vranizan KM. Changes in plasma lipids and lipoproteins in overweight men during weight loss through dieting as compared with exercise. *N Engl J Med.* 1988; 319(18): 1173-1179
- 95) Pels AE, White TP, Block WD. Effects of exercise training on plasma lipids and lipoproteins in rats. *J Appl Physiol* 1985; 58(2): 612-618
- 96) 왕하이룡. 운동과 Hesperetin이 고콜레스테롤식이 흰쥐의 혈중 지질성분과 에너지기질에 미치는 영향. 경북대학교대학원. 미간행 석사학위논문. 2006.
- 97) 오인숙, 강정애, 강정숙. 성소의 제거와 고콜레스테롤 식이 급여가 흰쥐의 혈장과 간의 콜레스테롤, 중성지방 수준과 혈소판 응집성 및 간 조직에 미치는 영향에 있어서 암·수의 차이. *한국영양학회지.* 2002; 35(1): 12-23
- 98) 이숙경. 수영운동이 흰쥐의 혈액성분과 체중 및 각 장기의 무게에 미치는 영향. 이화여자대학교 대학원. 미간행 석사학위논문. 1983
- 99) Leon AS, Conrad J, Hunninghake DB, Serfass R. Effects of vigorous walking program on body composition, and carbohydrate and lipid metabolism of obese young men. *Am J Clin Nutr.* 1979; 32(9): 1776-1787
- 100) 권양기. 장기간의 복합훈련에 따른 혈청 지·단백질 수준과 좌심실 구조 및 기능의 변화에 관한 연구. 고려대학교 대학원. 미간행 박사학위논문. 1989
- 101) Kantor MA, Cullinane EM, Sady SP, Herbert PN, Thompson PD. Exercise acutely increases high density lipoprotein-cholesterol and

- lipoprotein lipase activity in trained and untrained men. *Metabolism*. 1987; 36(2): 188-192
- 102) Terao T, Fujise T, Yamashita Y, Nakano S. Dependence of lipid-lipoprotein metabolism on exercise intensity in experimental fatty liver rats. *Tokai J Exp Clin Med*. 1988; 13(2): 99-107
- 103) 김태운, 신군수, 김종인, 이광무, 김성현, 안병철, 고기준. 비만 여중생과 정상여중생의 혈중지질 비교 분석. *부산대학교 체육과학연구소*. 1995; 11: 123-137
- 104) Stein RA, Michielli DW, Glantz MD, Sardy H, Cohen A, Goldberg N, Brown CD. Effects of different exercise training intensities on lipoprotein cholesterol fractions in healthy middle-aged men. *Am Heart J*. 1990; 119(2 Pt 1): 277-283
- 105) 이창준, 김태왕, 양점홍, 이종완, 안상조. 고령자의 규칙적인 walking이 건강에 관련된 체력과 혈액성분에 미치는 영향. *발육발달*. 1998; 6(1): 14-32
- 106) 김희정, 김의수. 최대운동전, 후 척수장애인과 일반인의 혈장지질 및 지단백질에 관한 연구. *운동과학회 학술심포지움*. 1993
- 107) 장명재, 홍대석, 김승환. 운동 강도에 따른 단기간 트레이닝이 혈액성분에 미치는 영향. *경희대학교 체육과학연구소 체육학논문집*. 1999; 27: 209-220
- 108) Sady SP, Thompson PD, Cullinane EM, Kantor MA, Domagala E, Herbert PN. Prolonged exercise augments plasma triglyceride clearance. *JAMA*. 1986; 256(18): 2552-2555

- 109) Sopko G, Leon AS, Jacobs DR, Foster N, Moy J, Kuba K, Anderson JT, Casal D, McNally C, Franz I. The effects of exercise and weight loss on plasma lipids in young obese men. *Metabolism*. 1985; 34(3): 227-236
- 110) 조성원. 줄넘기 운동이 중, 노년 고혈압 환자의 신체구성 및 혈중 지질성분에 미치는 영향. 한국체육대학교 대학원. 미간행 석사학위논문. 1997
- 111) Davis PG, Bartoli WP, Durstine JL. Effects of acute exercise intensity on plasma lipids and apolipoproteins in trained runners. *J Appl Physiol*. 1992; 72(3): 914-919
- 112) Abe T, Sakamoto T, Totsuka M, Hirota K. Relationship between exercise-induced changes in serum and hepatic cholesterol metabolism in rats. *Ann Physiol Anthropol*. 1990; 9(4): 321-327
- 113) Blumenthal JA, Emery CF, Madden DJ, Coleman RE, Riddle MW, Schniebolk S, Cobb FR, Sullivan MJ, Higginbotham MB. Effects of exercise training on cardiorespiratory function in men and women older than 60 years of age. *Am J Cardiol*. 1991; 67(7): 633-639
- 114) King AC, Haskell WL, Young DR, Oka RK, Stefanick ML. Long-term effects of varying intensities and formats of physical activity on participation rates, fitness, and lipoproteins in men and women aged 50 to 65 years. *Circulation*. 1995; 91(10): 2596-2604
- 115) Seals DR, Hagberg JM, Hurley BF, Ehsani AA, Holloszy JO. Effects of endurance training on glucose tolerance and plasma lipid levels in older men and women. *JAMA*. 1984; 252(5): 645-649

- 116) Kraus WE, Houmard JA, Duscha BD, Knetzger KJ, Wharton MB, McCartney JS, Bales CW, Henes S, Samsa GP, Otvos JD, Kulkarni KR, Slentz CA. Effects of the amount and intensity of exercise on plasma lipoproteins. *N Engl J Med.* 2002; 347(19): 1483-1492
- 117) Tsetsonis NV, Hardman AE. The influence of the intensity of treadmill walking upon changes in lipid and lipoprotein variables in healthy adults. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1995; 70(4): 329-336
- 118) Durstine JL, Miller W, Farrell S, Sherman WM, Ivy JL. Increase in HDL-cholesterol and the HDL/LDL cholesterol ratio during prolonged endurance exercise. *Metabolism.* 1983; 2(10): 993-997
- 119) 서란. 백서에 있어 운동부하가 혈장지질, Lipoprotein 및 Apolipoprotein 대사에 미치는 영향. 이화여자대학교 대학원. 미간행 박사학위논문. 1989
- 120) Terao T, Fujise T, Uchiyama S, Yamashita Y, Nakano S. Effects of swimming exercise at two different water temperature on hepatic lipid and lipoprotein levels in experimental fatty liver rats. *Tokai J Exp Clin Med.* 1989; 14(2): 139-145
- 121) 박지영. 가르시니아 캄보지아 추출물(HCA)과 L-carnitine의 섭취 및 운동이 흰쥐의 체중과 지질대사에 미치는 영향. 이화여자대학교 대학원. 미간행 석사학위논문. 2004
- 122) Gorski J, Oscai LB, Palmer WK. Hepatic lipid metabolism in exercise and training. *Med Sci Sports Exerc.* 1990; 22(2): 213-221
- 123) 박인선. 흰쥐에 있어서 타우린 보강이 할소판 응집성, 적혈구의 나트륨 유

출, 체내 지질수준 및 LDL산화에 미치는 영향. 제주대학교대학원. 미간행 석사학위논문. 2002

- 124) Reichen J, Paumgartner G. Inhibition of hepatic Na^+K^+ -adenosinotriphosphatase in tauroolithocholate-induced cholestasis in the rat. *Experientia*. 1979; 35(9): 1186-1188
- 125) Lu G, Ouyang S, Pei Z. Changes of erythrocyte membrane ATPase activities and plasma lipids in patients with coronary heart disease. *Hunan Yi Ke Da Xue Xue Bao*. 1999; 24(1): 68-70
- 126) Mayol V, Duran MJ, Gerbi A, Dignat-George F, Lévy S, Sampol J, Maixent JM. Cholesterol and omega-3 fatty acids inhibit Na,K-ATPase activity in human endothelial cells. *Atherosclerosis*. 1999; 142(2): 327-333
- 127) Godfraind T, Noël F. Sodium activation of heart (Na^+K^+)-ATPase from normotensive and spontaneously hypertensive rats. *Arch Int Pharmacodyn Ther*. 1980; 245(1): 139-144
- 128) Chen CC, Lin-Shiau SY. Decreased Na^+K^+ -ATPase activity and ^3H -ouabain binding sites in various tissue of spontaneously hypertensive rats. *Eur J Pharmacol*. 1986; 122(3): 311-319
- 129) Green HJ, Barr DJ, Fowles JR, Sandiford SD, Ouyang J. Malleability of human skeletal muscle Na^+K^+ -ATPase pump with short-term training. *J Appl Physiol*. 2004; 97(1): 143-148
- 130) Shanmugasundaram KR, Padmavathi C, Acharya S, Vidhyalakshmi N,

- Vijayan VK. Exercise-induced cholesterol depletion and Na⁺, K⁺-ATPase activities in human red cell membrane. *Exp Physiol.* 1992; 77(6): 933-936
- 131) 김종훈. 체육 생리학. 형설출판사. 1992
- 132) 최지혜. 고LDL-콜레스테롤 혈증 여자노인에서 식이섭취상태와 혈중 지질 및 항산화능과의 관계. 이화여자대학교대학원 미간행 석사학위논문. 2000
- 133) 최윤택, 최상호. 운동 부하 후 혈액 성분의 변화에 관한 연구. *교육이론과 실천.* 2001; 11(1): 329~385.
- 134) Schneider EC, Campton CB. The erythrocyte and hemoglobin increase in human blood during and after exercise. *Am J Physiol.* 1935; 112: 202~206
- 135) Schneider, EC. Changes in the blood after muscular activity and during training. *Am J Pysiol.* 1915; 36: 239~259
- 136) Kaltreider NL, Meneely GR. The effect of exercise on the volume of the blood. *J Clin Investi.* 1940; 19: 627~634
- 137) 山田敏男 運動鍛鍊者の赤血球の性状に関する研究, *體育科學* 1958; VII: 231-241
- 138) Wincour PD, Rand ML, Kinlough-Rathbone RL, Richardson M, Mustard JF. Platelet fuction and survival in rats with genetically determined hypercholesterolemia. *Atherosclerosis.* 1989; 76(1): 63-70
- 139) 고동운. 정적운동, 동적운동, 비운동선수들의 최대운동직후의 혈액성분 변화

- 연구. 원광대학교대학원. 미간행 석사학위논문. 2001
- 140) 이용수, 이경림, 이병혁. 발효다시마 및 홍국미 함유 식이가 고콜레스테롤혈증 흰쥐의 혈액성분 및 혈청 콜레스테롤, 혈당, GOT, GPT 수준에 미치는 영향. *충주대학교 산업대학원 논문집*. 2002; 3: 389-406
- 141) 최현석. 트레이드밀 운동과 Chromium picolinat의 항비만 및 항당뇨 효과. 동신대학교대학원. 미간행 박사학위논문. 2005
- 142) 채정룡, 조영희, 최철호. 조정선수의 훈련시 혈중구성 성분의 변화 관한 연구. *군산대학교 체육과학연구소 논문집*. 1999; 1: 139-148
- 143) Critz JB, Merrick AW. Serum glutamic-oxaloacetic transaminase levels after exercise in men. *Proc Soc Exp Biol Med*. 1962; 109: 608-610
- 144) 小川新吉, 井川達雄, 勝田 茂, 中野昭一, 杉浦耀子, 小松文英, 尾谷良行. 運動負荷血清 Transaminase 活性値, 乳酸脫水素酵素活性値に及ぼす影響について. *東京教育大學スポーツ研究所報*. 1965; 3: 7
- 145) 신진용. 최대 운동강도의 부하가 전이효소 GPT, GOT 활성에 미치는 영향. 한국교원대학교대학원. 미간행 석사학위논문. 1994

VI. 초 록

현대 우리 사회는 식생활의 서구화와 운동부족현상으로 인해 당뇨병, 고혈압, 고지혈증, 동맥경화증 등의 비만 관련 대사증후군의 발병이 증가 추세에 있고, 이러한 질병의 치료와 예방을 위한 비약물적 요법인 식이요법과 운동요법에 대한 관심이 증대되고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 6주간의 0.5% 콜레스테롤 식이 급여와 트레이드밀 운동 수행이 Sprague Dawley 숫쥐의 혈장과 간의 지질 대사와 혈소판 응집성, 간기능 및 적혈구막 Na^+ 유출에 미치는 영향을 알아보고자 수행되었다.

콜레스테롤 식이는 체중 대비 간 무게 비를 현저히 증가시켰으며 ($p < 0.01$), 유의적이지는 않았으나 운동은 이를 다소 억제하였다. 콜레스테롤 식이 섭취에 의해 혈장 총콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 수준은 유의적으로 증가하였고, HDL-콜레스테롤 수준은 감소하였다 ($p < 0.01$). 혈장 중성지방은 콜레스테롤 섭취군 모두에서 정상 식이 섭취군에 비해 유의적으로 감소하였다 ($p < 0.01$). 운동은 혈장 중성지방을 감소시켰고, 정상 식이군에서는 유의적인 차이가 났다 ($p < 0.01$). 콜레스테롤 식이에 의해 간의 총콜레스테롤과 중성지방 수준이 유의적으로 증가하였으나, 운동에 의한 유의적 감소 효과는 없었다. 적혈구 세포내 총 Na량과 적혈구막에서의 Na 유출량은 모든 군에서 유의적 차이는 없었으나, Na-K ATPase에 의한 Na 유출량은 운동에 의해 다소 증가하는 경향을 볼 수 있었다. Hematocrit는 다른 군에 비해 운동을 하지 않은 콜레스테롤군에서 유의적으로 낮았다 ($p < 0.05$). 혈소판 응집에 있어서 콜레스테롤 섭취는 최대응집, 초기응집을 모두 높였으나 유의적이지는 않았다. 운동은 특히 초기 응집을 좀 더 증가시켰다. 간기능 지표인 GPT와 GOT는 콜레스테롤 식이 섭취에 의해 모두 유의적으로 증가하였으며, 운동은 정상식이 섭취군보다 특히 콜레스테롤 섭취군에서 GPT와 GOT를 유의적으로 감소시켰다 ($p < 0.01$).

이상의 결과를 종합해 볼 때, 콜레스테롤 식이는 혈장과 간 지질 수준 및 GPT와 GOT 수준을 증가시켰고, 운동은 혈장과 간의 지질 상태 개선과 간 수치인 GPT와 GOT 수치를 개선하여 지방간을 예방하는 효과가 있었다.