

## Effects of Aerobic Exercise and a Protein Diet on Serum Lipid Profiles, Liver Function, and Immunoglobulin in Rats

Gi-Dong Sung, Won-Mok Son and Yeong-Ho Baek\*

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

Received November 16, 2011 / Revised January 10, 2012 / Accepted January 13, 2012

The purpose of this study was to analyze the effects of aerobic exercise and a protein diet on serum lipid profiles, liver function, and immunoglobulin levels in rats. The subjects, 24 male Sprague-Dawley rats, were grouped into an exercise with protein diet group (A, n=6), a protein diet group (B, n=6), an exercise group (C, n=6), and a control group (D, n=6). The exercise with protein group trained for 4 weeks (20-30 min/day, speed at 14~17 m/min) and was given a 40% protein diet for 4 weeks. The variables of serum lipid profiles, liver function, and immunoglobulin levels were measured in all of the subjects at the end of the 4 weeks of treadmill exercise. Serum TC and LDL-C levels were significantly decreased in the exercise with protein diet group compared to the other groups and serum HDL-C, GOP, and IgG were significantly higher than in the other groups. However, no significant differences were found for the IgA and IgM levels. In conclusion, aerobic exercise with a protein diet was effective in improving serum lipid profiles, liver function, and immunoglobulin.

**Key words** : Aerobic exercise, protein diet, serum lipids profiles, liver function, immunoglobulin

### 서 론

운동은 인류 건강을 위한 가장 중요한 방법들 중 하나로 인식되어 왔으며, 운동을 하는 동안 심장의 관상동맥혈류가 증가되어 심근세포로의 산소 및 영양물질의 충분한 공급과 대사산물의 신속한 제거가 이루어진다. 또한 규칙적인 운동은 당뇨, 심혈관 질환, 암과 같은 만성질환의 위험을 감소시켜주고 골다공증, 비만, 노화를 예방해주며 감기와 같은 감염성 질환에 대한 인체 저항 능력을 높여 준다[4,32].

운동이 면역에 미치는 영향은 다방면으로 연구되어 왔으며, 일반적으로 적정 강도의 운동을 규칙적으로 시행한 경우에는 면역반응을 증가시켜 암의 발생을 감소시키고[37], 감염의 발생을 낮춘다고 하였다[28]. 그러나 과도한 운동량, 고강도의 운동 등은 면역기능을 떨어뜨리는데[26,31], 동물을 이용한 실험에서 적정 강도의 지속적인 운동을 실시하였을 때 자연살해 세포(natural killer cell)의 활성도가 증가하였는데, 이러한 결과는 면역기능이 향상되었기 때문이다[21]. 그러나 10주간 중강도의 운동을 실시한 동물실험에서는 자연살해 세포의 활성도가 감소하였다고 보고하였다[6].

면역체계는 노화 또는 일상에서의 부적절한 운동 습관, 흡연이나 음주 같은 기호품 이용 습관, 신체적 정신적 스트레스 등과 밀접한 관련을 가지며 이들에 의해 면역기능은 감소될 수 있다[23,38]. 규칙적인 신체활동 및 유산소 운동은 심폐체력을 증가시키고, 이에 따른 심혈관 질환의 발병 및 사망률을

감소시킨다[3,7]. 또한 인체의 면역기능은 영양 상태에도 영향을 받는데, 면역기능에 영향을 주는 식이요인으로는 단백질과 열량부족, 영양과잉, 무기질과 비타민 부족, 지방 등이 있다[38].

단백질은 인체의 다양한 조직의 주요 구성 성분이며 근육내 효소 및 혈액의 세포성분을 구성하는 주요 성분 중 하나이고, 인체에 매우 중요한 필수영양소로서 다양한 생리적인 기능을 유지하는데 필요하며 운동 중에 에너지원으로 사용되기도 한다[14]. 또한 단백질은 단백질 분해 효소의 작용에 의해 유리 아미노산(free amino acid)과 디펩타이드(dipeptide)로 분해되는데 간으로 이동된 아미노산은 혈장 단백질 및 간세포대사에 필요한 단백질 합성에 사용되며, 알부민(albumin)이나 글로불린(globulin)같은 혈장 단백질은 혈액으로 이동되어 각각의 세포에서 필요한 단백질을 합성한다[15]. 아미노산은 연료로써 뿐만 아니라 당신생과정을 통한 포도당 증가와 지방과 같은 다른 연료를 사용할 수 있도록 돕기 때문에 중요하고[17], 단백질이 부족하면 부종·피로·근육허약 같은 상태가 발생 되어지고, 상처의 회복이 느리며 체내의 면역 능력이 감소 되어진다[19].

간장은 GOT (glutamate-oxaloacetate transaminase)와 GPT (glutamate-pyruvate transaminase)의 두 아미노기 전이 효소를 많이 포함하는 조직으로 특히 GOT를 보다 많이 포함하고 있다. 이들 효소가 정상적인 경우에는 혈청 중에 농도가 낮으나 과도한 운동에 의해 조직이 붕괴되면 혈청 중에 농도가 높아지게 된다. GOT, GPT는 일시적 운동 후에 증가하나 장기간의 지속적인 운동으로 GOT, GPT의 증가반응을 감소시켜주고[8], 규칙적인 유산소 운동으로 GOT, GPT가 감소되어 간 기능에 긍정적인 영향을 준다고 하였다[16].

#### \*Corresponding author

Tel : +82-51-510-2719, Fax : +82-51-515-1991  
E-mail : ma1004@pusan.ac.kr

운동은 중성지방과 LDL-C를 낮추고 HDL-C를 높여줌으로써 고지혈증 질환의 치료와 동맥경화 예방에 도움을 주며[18], 지방 대사를 활성화 시켜 총 콜레스테롤 등의 혈중지질 성분에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다[2].

따라서 본 연구에서는 흰쥐를 대상으로 고단백 식이와 운동이 혈중지질, 간기능 및 면역글로불린에 미치는 영향을 구명할 필요성이 있어서 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 실험동물

본 연구는 부산대학교 동물실험윤리위원회의 승인(승인번호 : PNU-2010-000187)후 생후 5주령 Sprague Dawley계 수컷 흰쥐 24마리를 구입하여 1주일간 일반사료로 적응시켰다. 그룹은 운동단백식이군(A, n=6), 단백질식이군(B, n=6), 운동군(C, n=6), 대조군(D, n=6)으로 총 24마리로 무작위로 선별 하였으며, 사육은 cage 50 cm × 30 cm × 25.5 cm의 크기에 2마리씩 사육하였으며, 사육실의 온도는 22.0±1.0℃, 상대습도는 50±10%로 조절하고, 명암주기는 12시간 간격으로 유지하였다. 체중 측정은 동물측정용 분석용 전자저울(A&D Company Limited CE, Japan)로 측정하였다. 실험동물의 신체적 특징은 Table 1과 같다.

### 식이조성과 운동방법

운동단백식이군과 단백질식이군은 단백질사료(조단백 40%, 조지방 4.24%, 조섬유 4.14%)를 섭취시켰으며[22], 운동군과 대조군은 일반사료(조단백 20.89%, 조지방 5.65%, 조섬유 5.52%)를 섭취시켰다. 체중은 1주일 1회씩 일정한 시간에 실험동물용 저울(A & D Company Limited CE, Japan)을 이용하여 측정하였고, 식이는 매일 100 g 씩 공급하여 섭취량을 측정하여 1주일간 식이 섭취량을 산출하였다.

실험동물의 운동은 트레드밀(Pro-Jog EJ36GLE, Korea Hi-Tech)을 이용하여, 1주차에는 속도 14~15(약  $\dot{V}O_2\max$  55%) m/min (0% grade), 주5회, 1일 20분 실시하였고, 2, 3주차에는 속도 15~16 m/min (0% grade), 주5회, 1일 25분 실시, 4주차에는 속도 16~17 m/min (0% grade), 주5회, 1일 30분으로 실시하였으며, 운동기간은 총 4주간 실시하였다[5,30,40].

Table 1. Physical characteristics of experimental rats

Group	N	Aged (wk)	Body weight (g)
A	6	5	209.83±7.22
B	6	5	217.08±8.44
C	6	5	213.42±7.50
D	6	5	211.17±10.98

A: exercise with protein diet group, B: Protein diet group, C: exercise group, D: control group

### 시료수집 및 분석방법

각 실험군의 실험동물은 희생하기 전 12시간 이상 절식시켜, 에틸 에테르 마취 후 복부를 절개하여 복부대동맥에서 10 ml의 혈액을 채취하여 3,000 rpm에서 20분간 원심분리 하여 -70℃에 보관하여 혈중지질, GOP, GPT, 면역글로불린을 분석하였다.

중성지방, 총콜레스테롤, HDL-C 및 LDL-C 농도 분석은 혈액자동분석기(TBA-80FR, Toshiba, Japan)를 이용하였으며, GOP, GPT는 효소활성측정법(JSCC 권고안 준거시약)으로 검사시약은 AST·ALT reagents (Bayer, USA), 검사장비는 ADVIA 1650 (Bayer, Japan)을 이용하여 분석하였다.

면역글로불린(IgA, IgG, IgM)의 분석방법은 면역혼탁도 측정법으로 독일의 Roche Diagnostic System사 제품인 IGGT, IGA, IGM 시약을 사용하였다. 혈청에 각각의 항혈청을 섞은 후 37℃에서 10분간 항은 시킨 후 Integra800 (Roche, Switzerland)로 340 nm의 파장에서 흡광도를 측정하고 표준곡선농도에 대입하여 IgA, IgG, IgM의 농도를 구하였다.

### 자료 처리

모든 자료는 SPSS Ver 18.0 통계 package를 이용하여, 각 변인들 간에 평균 및 표준편차를 산출한 후 집단간 one-way ANOVA를 실시하였고, 사후검증은 Scheffe 방법을 이용하였으며, 통계적 유의수준은  $\alpha=0.05$ 로 설정하였다

## 결 과

### 혈중지질의 변화

4주간의 유산소 운동과 단백질이 후 혈중지질을 분석한 결과는 Table 2과 같다. Total cholesterol은 운동단백식이군이 대조군에 비해 유의하게( $p<0.01$ ) 낮았으며, Triglyceride는 운동군이 단백질이군에 비해 유의하게( $p<0.001$ ) 낮았다. High-density lipoprotein cholesterol은 운동단백식이군이 단백질식이군과 대조군보다 유의하게( $p<0.05$ ) 높았으며, Low-density lipoprotein cholesterol은 운동단백식이군과 단백질이군이 운동군과 대조군보다 유의하게( $p<0.001$ ) 낮게 나타났다.

### 간 기능의 변화

4주간 유산소 운동과 단백질이 후 간기능을 분석한 결과는 Table 3과 같다. Glutamate-oxaloacetate transaminase는 운동단백이군과 운동군이 단백질이군과 대조군보다 유의하게( $p<0.01$ ) 낮았으나, Glutamate-pyruvate transaminase는 집단간 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다

### 면역글로불린의 변화

4주간 유산소 운동과 단백질이 후 면역글로불린의 분석결과는 Table 4와 같다. Immunoglobulin G는 운동단백식이군

Table 2. Changes in serum lipids after 4-week treadmill exercise

Groups variable	A (n=6)	B (n=6)	C (n=6)	D (n=6)	F-value	Scheffe
TC (mg/dl)	63.17±15.25	68.67±12.96	80.17±11.99	93.3±11.17	6.409**	A<D
TG (mg/dl)	64.33±12.56	98.83±14.74	53.67±17.87	81.00±14.81	10.343***	C<B
HDL-C (mg/dl)	81.33±11.81	66.33±11.36	74.16±7.49	62.00±11.40	3.863*	A<B,D
LDL-C (mg/dl)	8.00±3.63	8.00±2.97	16.83±5.42	17.00±4.20	9.224***	A,B<C,D

\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$ , \*\*\* $p<0.001$

TC: total cholesterol, TG: triglyceride, HDL-C: high-density lipoprotein cholesterol, LDL-C: low-density lipoprotein cholesterol  
A: exercise with protein diet group, B: Protein diet group, C: exercise group, D: control group

Table 3. Changes in liver function after 4-week treadmill exercise

Groups variable	A (n=6)	B (n=6)	C (n=6)	D (n=6)	F-value	Scheffe
GOT (U/l)	73.83±2.17	85.17±7.14	73.33±6.68	83.17±8.57	5.261**	A,C<B,D
GPT (U/l)	37.00±2.19	38.83±7.68	33.67±3.98	37.00±4.81	1.082	NS

\*\* $p<0.01$ , NS: no significant

GOT: glutamate-oxaloacetate transaminase

GPT: glutamate-pyruvate transaminase

A: exercise with protein diet group, B: Protein diet group, C: exercise group, D: control group

Table 4. Changes in immunoglobulin after 4-week treadmill exercise

Groups variable	A (n=6)	B (n=6)	C (n=6)	D (n=6)	F-value	Scheffe
IgG (mg/dl)	33.45±3.46	30.44±3.02	30.90±2.94	27.71±1.43	4.189*	A<D
IgA (mg/dl)	17.88±3.74	20.20±2.10	18.53±2.93	16.28±1.39	2.183	NS
IgM (mg/dl)	15.17±1.04	15.01±1.36	14.28±0.59	14.47±1.29	.878	NS

\* $p<0.05$ , NS: no significant

IgG: immunoglobulin G, IgA: immunoglobulin A, IgM: immunoglobulin M

A: exercise with protein diet group, B: Protein diet group, C: exercise group, D: control group

이 대조군보다 높게 나타났으나( $p<0.05$ ), Immunoglobulin A와 Immunoglobulin M은 집단간 통계적인 차이는 없었다.

### 고찰

#### 혈중지질

유산소 운동은 체내의 모든 세포에서 존재하며, 콜레스테롤 항상성을 도와주며, 포화지방산이나 콜레스테롤 섭취량이 증가하거나 단당류나 이당류의 섭취는 TC농도를 증가시킨다[36]. 또한 TC, TG와 LDL-C를 감소시키고 HDL-C를 증가시킨다고 하였으며[1], 운동 형태와 강도에 따라 TC는 운동시간이 길고 운동 강도가 높을수록 감소한다고 하였다[30]. 체중과 체지방의 감량 및 식이성 지방 섭취량의 감소와 더불어 유산소 트레이닝을 실시한 경우에 감소하기도 한다[12]. 본 연구의 결과도 마찬가지로 TC는 운동단백식이군이 대조군 보다 낮게 나타났는데 이는 유산소운동으로 미토콘드리아 양의 증대로 지질 이용에 관여하는 효소 활성도를 증가시켰으며, 단백질식이 근육 내 효소 및 혈액의 세포성분에 긍정적인 영향을 미쳐 유산소운동과 단백질식이 상승효과가 나타난 것으로

생각된다.

운동은 혈중 중성지방과 콜레스테롤의 수준을 감소시키는 효과를 갖는 것으로 밝혀져 있는데 이는 유산소 운동으로 간 및 근육의 글리코겐이 소비되면서 근육과 순환되는 혈액중의 지방이 에너지원으로 이용되기 때문이다[34]. 규칙적인 유산소 운동은 lipoprotein lipase activity (LPLA)가 활성화되어 지방으로부터 에너지 동원이 커지게 되고 hepatic triglyceride lipase activity (HTGLA)의 저하로 인해 간에서 TG 합성물이 낮아지므로 혈중 TG 수준이 낮아 지게 된다[29]. 연구결과 운동군이 대조군보다 유의하게 낮았는데 유산소 운동이 간에서 TG 합성을 유발하는 HTGLA의 활성을 억제하여 TG 농도를 낮춘 것으로 생각된다.

규칙적인 유산소 운동은 HDL-C를 증가시키는데[13], 흰쥐를 대상으로 4주간 유산소 운동을 시킨 결과 HDL-C의 농도가 대조군 보다 높았다[20]. 이는 운동에 의해 혈장내 LPLA가 활성화 되어 chylomicron, VLDL 및 LDL 내의 콜레스테롤이 HDL로 전환되는 비율이 증가되고 간의 HTGLA가 운동에 의해 통제됨으로서 HDL의 catabolism이 낮아지기 때문이며 [10], 유산소 운동은 젖산 축적을 감소, 미토콘드리아 양의 증

대 및 미토콘드리아 내 지질 동원과 이용 능력을 향상 시켜 HDL-C를 증가시킨다고 하였다[9]. 본 연구결과 운동단백식이군이 단백질이군과 대조군보다 HDL-C의 농도가 유의하게 높았는데, 이는 유산소 운동으로 인한 근육내의 미토콘드리아 양의 증대와 단백질 섭취로 인해 혈액의 기질형성에 도움을 주어 긍정적인 효과가 나타난 것으로 사료된다.

LDL-C는 지방을 세포로 운반시키는 관상동맥질환의 위험 인자로 알려져 있으며, 주로 VLDL-C의 대사 후 변환 물질이며[36], 지구성 운동으로 유의한 감소를 나타낸다[22]. 본 연구결과 운동단백식이군과 단백질이군이 운동군과 대조군보다 낮았는데 이는 아미노산과 단백질은 운동의 대사조절에 필수적으로 포함되므로 운동과 단백질 섭취가 LDL-C에 긍정적인 영향을 미친 것으로 사료된다.

혈청 GPT (glutamate-pyruvic transaminase)는 GOT처럼 심장이나 간에 이상이 있을 때 혈액 중에서 다량 검출되어 조직의 이상을 진단할 때 임상적으로 매우 중요한 효소이지만, 한편 glucose-alanine cycle에서 기아상태나 장시간의 격렬한 운동 시에 glutamate의  $\alpha$ -amino기를 pyruvate로 전이시키는 반응을 촉진시켜 단백질을 에너지로 사용될 수 있도록 작용한다고 하였다. 또한 GOT는 AST (aspartate aminotransferase), GPT는 ALT (alanine aminotransferase)라고 알려져 있고, 미토콘드리아와 세포질에서 존재하는데, GOT수치는 간세포 또는 근육 손상을 진단하여 평가할 수 있으며, GOT의 증가는 일반적으로 세포의 손상증가와 관련이 있다[33,37]. 연구 결과 GOP에서 운동단백식이군과 운동군에서 유의한 차이가 나타나 단백질 섭취와 유산소 운동은 GOP 농도에 긍정적인 영향을 미친 것으로 생각되며, GPT는 본 연구의 운동강도와 단백질은 GOP 농도에 영향을 미치기에는 낮았던 것으로 생각되며, 유산소 운동과 단백질 섭취는 간세포나 근육 손상을 회복시켜 정상적인 간기능을 유지하는데 도움을 줄 것으로 사료된다.

항원과 결합하는 면역글로불린의 능력은 가변부위의 아미노산 순서에 따라 결정되는 IgG는 혈장에서 가장 풍부한 항체로서 80~85%로 구성되어 있고, IgM은 최초 면역단계에서 분비되는 주요 Ig 아이소타입이며, 항체 중에서 분비형 IgA가 가지고 있는 역할은 바이러스가 호흡기 표피세포에 붙은 후 표피층을 통과하여 세포 내로 침입한 뒤 번식하게 되는 일련의 과정이 진행되는 것을 막아주는 역할을 하여 체표면의 면역을 담당하고, IgD는 세포결합 면역글로불린이고 IgE는 알레르기에 관여한다[11]. 면역글로불린은 중강도 운동을 했을 경우 면역기능이 향상된다고 하였고[39], 강하고 간헐적인 운동은 스트레스로 작용하여 면역기능이 감소한다고 하였다[25]. 유산소 운동은 IgG의 농도를 증가하지만 IgA와 IgM은 감소한다고 하였으며[27]. 4주간 트레이드밀 운동과 단백질을 섭취시킨 결과, IgG는 단백질이군이 운동군과 대조군보다 높았다고 보고하여[18], 본 연구와 유사하였는데, 유산소 운동과 단백질

섭취는 IgG에 긍정적인 영향을 미쳐 항체 생성능력을 촉진하여 감염증에 대한 저항력을 증가시켜 면역력을 증가시킬 수 있는 것으로 생각된다.

면역세포의 반응이 운동유형, 운동시간에 대한 통제능력, 심리적 자극, 저·고온 환경, 영양 수면, 상해 등에 따라 다르게 나타난다고 하였는데[24], 본 연구결과 IgA와 IgM에서는 유의한 차이가 나타나지 않았는데, IgA는 혈장량의 13%, IgM은 6%로, 혈장에 소량 존재하고 있어 본 연구에서 실시한 유산소 운동과 단백질 섭취가 영향을 미치기에는 운동강도, 식이섭취량이 낮았던 것으로 사료된다.

이상의 연구 결과를 종합해 볼 때 유산소 운동은 혈중지질을 긍정적으로 개선시키며, 단백질섭취를 병행하였을 경우 더욱 긍정적으로 개선시키는 것으로 나타났다. 그리고 간기능을 개선시키며, 항체형성에 도움을 주는 것으로 나타나 유산소 운동과 단백질 섭취는 식생활중 단백질 섭취 부족으로 나타나는 부작용을 예방할 수 있으며, 운동으로 인한 피로회복과 체내 면역기능의 향상에 도움을 줄 것이라고 사료된다.

## References

1. An, Y. G. 2005. Training Regimens on Body Composition, Serum Lipids, and Muscle Strength. *Ph.D. Dissertation. Korea National Sport University*. Seoul, Korea.
2. Andersen, R. E., T. A. Wadden, S. T. Bartlett, R. A. Vogt, and R. S. Weinstock. 1995. Realations or weight loss to changes in serum lipids and lipoprotein in obese women. *Am J. Clin. Nutr.* **62**, 350-357.
3. Aronson, D., P. Bartha, O. Zinder, A. Kerner, W. Markiewicz, O. Avizohar, G. J. Brook, and Y. Levy. 2004. Obesity is the major determinant of elevated C-reactive protein in subjects with the metabolic syndrome. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Dis.* **28**, 674-679.
4. Bassuk, S. S. and J. E. Manson. 2005. Epidemiological evidence for the role of physical activity in reducing risk of type2 diabetes and cardiovascular disease. *J. App. Physiol.* **99**, 1193-1204.
5. Bedford, T. G., C. M. Tipton, N. C. Wilson, R. A. Oppliger, and C. V. Glsolfi. 1979. Maximum oxygen consumption of rats and its changes with various experimental procedures. *J. Appl. Physiol.* **47**, 1278-1283.
6. Blank, S. E., J. O. Johansson, M. M. Origines, and G. G. Meadows. 1992. Modulation of NK cell activity by moderate intensity endurance training and chronic ethanol consumption. *J. Appl. Physiol.* **72**, 8-14
7. Booth, F. W., S. E. Gordon, C. J. Carson, and M. T. Hamilton. 2000. Waging war on mogen chronic disease: primary prevention through exercise biology. *J. Appl. Physiol.* **88**, 774-787.
8. Choi, S. L. 2002. Effect of long-term bicycle exercise on blood lipids and serum enzyme in obese student. *M. S. Thesis. Chonnam National University*. Gwangju, Korea.
9. Colberg, S. R., J. M. Hagberg, S. D. McCole, J. M. Zmuda,

- P. D. Thompson, and D. E. Kelley. 1998. Utilization of glycogen but not plasma glucose is reduced individuals with NIDDM during mild-intensity exercise. *J. Appl. Physiol.* **81**, 2027-2033.
10. Goldberg, L., D. L. Elliot, R. W. Schultz, and F. E. Kloster. 1984. Change in lipids and lipoprotein levels after weight training. *J. Am Med Assoc.* **252**, 504-506.
  11. Jung, Y. J., E. J. Lee, S. U. Kwak. 1998. *Basic immunology*. Kyungsoong university Publisher.
  12. Katzmarzyk, P. T., A. S. Leon, T. Rankinen, J. Gagnon, J. S. Skinner, J. H. Wilmore, D. C. Rao, and C. Bouchard. 2001. Change in blood lipids consequent to aerobic exercise training related to changes in body fatness and aerobic fitness. *Metabolism* **50**, 841-848.
  13. Kim, B. R. and J. P. Park. 2003. The effect of bare feet walking on the body composition and blood lipid profiles of obese female-students in the middle school. *Korean J. Phy. Edu.* **12**, 517-528.
  14. Kim, C. G. 2001. The Change of Oxidative Damage's Factors, Antioxidant Enzymes & Related Variables for the Period of Vitamin Mixture Supplement at Specific Exercise Intensities. *Ph.D Dissertation. Dankook University*. Seoul, Korea.
  15. Kim, H. S., C. H. Yu, M. H. Kang, S. H. Kim, G. J. Kim, J. M. Lee, and H. O. Lee. 2001. *Nutrition*. Seoul, Shin Kwang Publisher.
  16. Kim, Y. S. and C. C. Park. 2005. The effect of aerobic exercise and muscle resistance exercise on body composition and blood lipid of menopausal obese women. *J. Korea Environ. Sci.* **12**, 345-351.
  17. Ko, Y. S. 1999. The effect of protein supplement in body composition, muscular strength and proximal. *M. S. Thesis. Kangwon National University*. Kangwon, Korea.
  18. Lee, C. S., S. H. Lee, G. D. Sung, and Y. H. Baek. 2010. The effect of 4 weeks of treadmill exercise and protein diet on immunoglobulin and antioxidant enzyme in rats. *J. Life Sci.* **20**, 1483-1489.
  19. Lee, S. J. 2010. (For successful aging) *Senior Exercise and Nutrition*. Glnurim publish.
  20. Lee, S. H. and Y. H. Beak. 2010. The effect of aerobic exercise and allium tuberosum intake on blood lipids, MDA and antioxidant enzyme in rats. *J. Life Sci.* **20**, 245-252.
  21. MacNeil, B. and L. Hoffman-Goetz. 1993. Chronic exercise enhances in vivo and in vitro cytotoxic mechanisms of natural Immunity in mice. *J. Appl. Physiol.* **74**, 388-395.
  22. Moon, P. M. and P. J. Lee. 2003. The long term effect of buchu (chinese chives) diet on ROS formation in the liver and skin tissue of ICR mice. *J. Korean Society Food Sci. Nutr.* **32**, 444-449.
  23. Nakanish, N., K. Suzuki, and K. Tatara. 2003. Association between lifestyle and white blood cell count: a style of Japanese male office workers. *Occup. Med. (Lonnd)*, **53**, 135-137.
  24. Ndon, J. A., A. C. Synder, C. Foster, and W. B. Wehreberg. 1992. Effects of chronic intense exercise on the leckocyte response to acute exercise. *Int. J. Sports Med* **29**, 289-296.
  25. Nehlsen-Cannarella, S. L., D. C. Nieman, J. Jessen, L. Chang, G. Gusewitch, G. Gusewitch, and G. Blix. 1991. The effect of acute moderate exercise on lymphocyte function & serum immunoglobulin levels. *Int. J. Sports Med* **11**, 467-473.
  26. Nieman, D. C. 1998. Exercise and resistance to infection. *Can. J. physiol. Pharmacol.* **76**, 573-580.
  27. Oh, Y. S., K. S. Lee, H. S. Han, C. H. Yang, D. S. Yang, J. Y. Cho, and M. H. Kim. 1999. Effect of Aerobic Training on Blood Cells and Immune Function in Middle aged Women. *Korean J. Sports Med* **40**, 348-355.
  28. Ortega, E., C. Barriga, and M. De. La. Fuente. 1993. Study of the phagocytic process in neutrophils from elite sportswomen. *Eur. J. Appl. Physiol.* **66**, 37-42.
  29. Oscai, L. B., K. Gorski, W. C. Miller, and W. K. Plamer. 1988. Role of the alkaline TG lipase in regulating intramuscular TG content. *Med Assoc. J.* **5**, 637-40.
  30. Park, J. Y., M. J. Kim, Y. K. Kim, Y. S. Jin, and H. J. Lee. 1999. The effect of exercise pattern and antioxidant supplement on antioxidant enzymes and total antioxidant status. *Korean J. Phy. Edu.* **38**, 451-460.
  31. Perdesen, B. K., T. Rohde, and M. Zacho. 1996. Immunity in athletes. *J. Sports Med Phys. Fitness* **36**, 236-245.
  32. Roberts, C. K. and R. J. Barnard. 2005. Effects of Exercise and diet in chronic disease. *J. Appl. Physiol.* **98**, 23-30.
  33. Ryder, S. D. and I. J. Beckingham. 2001. ABC of diseases of liver, pancreas, and biliary system: Chronic viral hepatitis. *British Medical J.* **322**, 219-221.
  34. Scjokman, C. P., H. Ingrid, E. Rutishauser, and R. J. Wallace. 1999. Pre and post game macronutrient intake of a group of elite Australian football players. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab* **9**, 60-96.
  35. Shephard, R. J., S. Rhind, and P. N. Shek. 1994. Exercise and the Immune system. *Sports Med* **18**, 340-369.
  36. Song, S. K. 2007. Effect of Dance Sports Exercise on Health-related Fitness, Body Composition and serum Lipids in Old-aged Women. *Graduate School of Education Kyungsoong University*. Jinju, Korea
  37. Stone, R. M. and T. R. Harrison. 2001. *Harrison's principles of internal medicine (15th)*. New York: McGraw-Hill international Editions.
  38. Styne, D. M. 1999. Childhood obesity: Time for action, not complacency. *Am Fam Physician* **59**, 758-762.
  39. Tharp, C. D. and M. W. Barnes. 1999. Reduction of salivary immuoglobulin levels by swimming. *Eur. J. Appl. Physiol.* **60**, 61-64.
  40. Yoon, J. H., T. B. Seo, N. S. Jin, J. O. Kim, W. S. ji, E. M. Lim, S. O. Choi, and H. H. Lee. 2008. A study of *in vivo* and *in vitro* on aerobic exercise on functional activation of schwann cells following sciatic nerve crush injury in rats. *Korean J. Phy. Edu.* **47**, 451-461.

초록 : 유산소 운동과 단백질식이 흰쥐의 혈중지질, 간기능 및 면역글로불린에 미치는 영향

성기동 · 손원목 · 백영호\*

(부산대학교 체육교육학과)

본 연구는 4주간의 유산소운동과 단백질 섭취가 흰쥐의 혈중지질, 간기능 및 면역글로불린에 미치는 영향을 구명하기 위하여 실시하였다. 실험동물은 총 24마리를 대상으로 4주간 20-30분씩 14~17 m/min의 속도로 트레드 밀을 이용하여 유산소 운동을 실시하였으며, 운동단백식이군(A, n=6), 단백질이군(B, n=6), 운동군(C, n=6), 대조군(D, n=6)으로 분류하였고, 유산소 운동 4주후 혈중지질, 간기능 및 면역글로불린 농도를 측정하여 비교 분석하였다. 본 연구 결과 유산소 운동과 단백질섭취를 실시 후 총콜레스테롤(TC)는 운동단백식이군이 유의하게 낮은 것으로 나타났으며, 중성지방(TG)는 운동군이 유의하게 낮았다. 고밀도지단백 콜레스테롤(HDL-C)는 운동단백식이군이 유의하게 높았으며, 저밀도지단백 콜레스테롤(LDL-C)는 운동단백식이군과 운동군이 유의하게 낮게 나타났다. 간기능에서는 운동단백식이군과 단백질이군이 유의하게 높았으며, GPT는 차이가 없었다. 면역글로불린 IgG는 운동단백식이군이 대조군보다 유의하게 높았으나, IgA, IgM은 차이가 없었다. 따라서 유산소 운동과 단백질 섭취는 혈중지질 개선과 간기능 및 면역글로불린 IgG에 긍정적인 영향을 미쳐 심혈관 질환을 예방하고 항체 형성 인자에 영향을 주어 인체의 면역항체 형성에 효과가 있을 것으로 사료된다.