

## 옻나무 추출액 섭취와 운동훈련이 흰쥐의 혈중 지질 및 인슐린 저항성에 미치는 영향

이윤경<sup>1</sup> · 이수천<sup>1</sup> · 전병덕<sup>2</sup> · 김세현<sup>3</sup> · 김판기<sup>4</sup> · 류승필<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>경북대 체육교육과, <sup>2</sup>경북외국어대학교 스포츠산업복지학과,  
<sup>3</sup>국립산림과학원 특용자원연구과, <sup>4</sup>경북대 생태환경시스템 학부, <sup>5</sup>경북대 레저스포츠학과

### *Rhus verniciflua* Extract Ingestion and Exercise Training on Blood Lipids and Insulin Resistance in Rats

Youn-Kyung Lee<sup>1</sup>, Soo-Chun Lee<sup>1</sup>, Byung-Duk Jeon<sup>2</sup>, Sea-Hyun Kim<sup>3</sup>,  
Pan-Gi Kim<sup>4</sup> and Sunpil Ryu<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Education, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

<sup>2</sup>Department of Sports Industry & Welfare, Kyungbuk University of Foreign Studies, Daegu 702-320, Korea

<sup>3</sup>Tree Breeding Division, Korea Forest Research Institute, Suwon 441-350, Korea

<sup>4</sup>School of Ecological & Environmental Systems, Kyungpook National University, Sangju 742-711, Korea

<sup>5</sup>Department of Leisure Sports, Kyungpook National University, Sangju 742-711, Korea

**요 약:** 8주간 옻나무 추출액을 섭취하며 운동을 병행하였을 때 혈중 지질 성분, 인슐린 저항성에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 6주된 SD계 수컷 쥐를 대상으로 CON(대조군), RVS(추출액 섭취군), EXE(운동군), 그리고 RVS-EXE(추출액 섭취와 운동 병행군)로 구분하였다. 각 집단의 체중은 EXE(202%)와 RVS-EXE(203%)가 CON(253%)과 RVS(239%)에 비해 통계적으로 유의하게 낮은 증가를 보였다. 저장지방은 옻나무 추출액 혹은 운동에 의해 유의하게 감소하는 것으로 나타났다. 혈중 지질성분은 RVS와 RVS-EXE에서 CON에 비하여 통계적으로 유의하게 개선되는 것으로 나타났다. 혈중 글루코스는 CON에 비하여 다른 집단에서 유의하게 낮은 것으로 나타났으며, 인슐린 역시 동일하였으나, RVS-EXE에서 유의한 상승작용이 나타났다. HOMA 지수는 인슐린과 동일한 결과를 나타내었다. 이와 같은 결과를 종합해 볼 때 옻나무 추출액 섭취와 함께 운동의 병행은 저장지방을 감소시키고 혈중 지질을 억제하며, 인슐린 저항성을 개선시키므로 대사증후군 즉, 당뇨병, 비만, 고지혈증 등을 효과적으로 억제할 수 있다는 점을 시사한다.

**Abstract:** We investigated the effect of *Rhus verniciflua* Stokes extract ingestion with exercise training on plasma lipids and insulin resistance for 8 weeks. Forty SD (Sprague-Dawley) male rats were used as the experimental animals that were divided into CON (control), RVS (*Rhus verniciflua* Stokes), EXE (exercise training), and RVS-EXE (*Rhus verniciflua* Stokes with exercise training), respectively. Body weight gain in EXE (202%) and RVS-EXE (203%) was significantly lower than CON (253%) and RVS (239). Stored fats were significantly lower with RVS and/or exercise training. Blood lipids were enhanced in RVS and RVS-EXE compared to CON. Blood glucose was significantly high in CON compared to the other groups. Insulin and HOMA index has the same tendencies with glucose, however, the synergic effect was found in RVS-EXE. In conclusion, *Rhus verniciflua* Stokes extract ingestion with exercise training has the effect of lowering amount of stored fats, reducing blood lipids, and enhancing insulin resistance, therefore, metabolic syndrome, diabetes, obesity, and hyperlipidemia might be prevented.

**Key words :** *Rhus verniciflua*, blood lipids, insulin resistance, exercise training, rats

## 서 론

건강에 관한 관심이 증가하면서 적당한 신체활동은 혈중 지질, 당내성과 인슐린 민감성 등 건강 관련 인자를 개선시켜 만성퇴행성 질환을 예방하는 등의 긍정적인 효과로 체력과 건강을 증진시키는 것으로 알려져 있다(Pate *et al.*, 1995). 그러나 우리나라의 식생활 변화가 지방의 섭취량을 증가시키는 등 식문화의 변화는 비만인구를 증가시킬 뿐만 아니라 그로 인한 인슐린 저항성 증가, 고지혈증 등을 초래한다. 인슐린 저항성은 당뇨병을 유발하는 주된 원인이 되므로 대사증후군을 예방하고 치료하기 위해서는 인슐린 저항성을 개선하는 것이 매우 중요하다고 할 수 있다.

최근 각종 영양보조물을 활용한 건강증진과 특히 천연 식품에 대한 연구가 주목받고 있다. 그 중 윗나무(*Rhus verniciflua* Stokes)는 윗나무과(Anacardiaceae)에 속하는 낙엽 활엽 소교목으로서 한방에서 위장의 소화와 간의 어혈, 심장의 정혈 기능을 돕고, 각종 부인병과 항암 효과가 탁월하다(나천수 등, 2005). 또한 윗의 목질부에는 알레르기 작용이 유발되지 않는 플라보노이드로 구성되어 있으며(김인원 등, 1999), 혈중 지질 저하 및 항산화 작용(전병덕 등, 2008), 항염증(Jung *et al.*, 2007) 등의 효과를 가지는 것으로 보고되고 있다. 윗나무 목질부의 플라보노이드는 알레르기 작용을 일으키지 않으므로 건강음료, 강장, 강정 등의 기능성 식음료로 이용될 수 있다(권상혁 등, 2000). 또한 현재 시중에서 판매되고 있는 윗나무 추출물들에 대한 실험결과(전병덕 등, 2008), 간독성은 나타나지 않은 것으로 보고되었다.

윗나무의 플라보노이드는 지방산화를 개선시키며(Lee *et al.*, 2001), 윗나무 추출물 섭취가 비만 동물 모델의 체중과 지방조직 및 중성지방을 유의하게 감소시키고 조혈기능과 면역기능을 향진시킨다고 보고되고 있다(전원경 등, 2003). 현재 윗나무 추출물의 생리학적 활성물질과 그 효능에 대한 연구가 계속적으로 이루어지고 있으나, 운동과 관련하여 혈중 지질 및 인슐린 저항성에 미치는 영향에 대한 연구들은 부족한 실정이다.

규칙적인 유산소성 운동은 지방연소를 증가시켜 체지방을 감소시키게 되며(Colak and Ozcelik, 2004), 혈중지질성분의 개선(Anderson *et al.*, 1995), 인슐린 저항성 개선(한지연 등, 2009) 등의 효과가 있는 것으로 보고되고 있다. 이때 영양보조물을 동시에 섭취하게 되면 운동과 상승작용이 유발되어 그 효과를 더욱 증가시킬 가능성이 있어 운동시 영양보조물에 관련된 연구들(Kang *et al.*, 2009; 정선영 등, 2009; 이수천 등, 2006)이 다수 이루어지고 있다. 이들 연구는 합성된 것이 아닌 천연물질로서 그 효과의 검증을 시도한 특징을 가지고 있다.

한편, 전병덕 등(2008)의 보고에서는 시판되고 있는 윗나무 추출물의 섭취농도에 대한 연구를 정상식이를 공급하는 조건하에서 수행하였으며, 운동부하 역시 주어지지 않았다. 따라서 운동훈련과 식이조절에 미치는 효과에 대한 검증이 필요하다고 생각된다. 이에 본 연구에서는 장기간의 고지방식이가 비만을 유도할 뿐만 아니라 혈중 지질성분과 글루코스 대사의 손상, 고인슐린혈증과 인슐린 저항성을 유발하기 때문에(Gaiva *et al.*, 2001), 운동과 윗나무 추출액의 섭취가 8주간 고지방식이 섭취를 한 흰쥐의 혈중 지질성분, 인슐린 저항성에 미치는 영향을 알아봄으로써 운동과 윗나무 추출액 섭취가 비만과 고지혈증, 당뇨병 등 대사증후군 관련 질환 개선의 기전을 설명하는 자료로서 활용되고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험동물 및 사육방법

본 연구에서는 (주)오리엔트바이오(경기도, 대한민국)로부터 분양받은 생후 4주령의 Sprague-Dawley(SD)계 수컷 흰쥐 40마리를 실험에 사용하였다. 구입당시의 체중은  $101 \pm 9.2$  g에서, 예비사육 2주 후  $196.73 \pm 14.03$  g으로 체중이 증가하였다. 사육실 내부 환경온도는  $23-25^{\circ}\text{C}$ , 상대습도는 60% 내외를 유지하였고, 환풍기를 24시간 가동하여 공기를 순환시켰다. 사육실의 명암 사이클은 오전 8시부터 오후 8시까지 암기로 하여 쥐가 활동을 할 수 있도록 하였고, 오후 8시부터 익일 오전 8시까지를 명기로 하여 쥐가 수면을 취할 수 있도록 조명을 자동 조절함으로써 사람의 생활환경시간과 동일할 수 있도록 하였다. 이후 6주령이 되었을 때 난괴법(randomized block design)에 의해 4개의 집단으로 나누었다. 집단은 대조군(CON), 운동군(EXE), 윗나무 추출액 섭취군(RVS), 운동+윗나무 추출액 섭취의 복합처치군(RVS-EXE)으로 구분하였다. 예비사육기간 중 1주는 일반식(AIN-76A)을 물과 함께 자유섭취하도록 하였고, 2주째부터 고지방 식이(D12492, Research Diets, USA)를 물과 함께 자유섭취하도록 하였다. 본실험인 8주의 실험기간 동안에는 하루 2회(10 g/회) 오전 08:00-09:00, 저녁 20:00-21:00에 나누어 공급하였으며, 제한식이를 하였다. 윗나무 추출액은 나천수 등(2000)의 방법에 의해 만들어진 100% 참윗나무 추출액을 사용하였으며, 하루 2회 식이공급 후 경구투여하였다(10 mL/kg; 박희준 등, 2002).

### 2. 운동방법

운동은 자체 제작한 소동물용 트레드밀(너비 12 cm, 높이 10 cm, 길이 1 m의 레인 10개로 구성)에서 실시하였다. 실험동물에 적용될 운동강도는 소동물용 트레드밀을

이용하여 Joseph *et al.* (2007)이 사용했던 운동프로그램을 응용하여 경사도 0°에서 20-60 분/일, 주 5회 실시하여 총 8주간 실시하였다. 최초 5 m/min의 속도로 20분 동안 운동을 실시하여 주 단위로 속도와 시간을 점진적으로 증가시켜, 25 m/min의 속도로 휴식없이 60분간 달릴 수 있도록 4주간 적응 훈련을 실시하고, 나머지 4주간의 운동기간 동안에는 주당 5회의 빈도로 60분 동안 25 m/min의 속도로 유산소성 운동을 실시하였다.

**3. 샘플채취 및 분석방법**

12시간 절식시킨 후 에테르를 이용하여 마취한 후 복벽하여 복대동맥에서 채혈하였으며, 채취한 혈액은 3,000 rpm으로 15분간 원심분리하여 혈청을 분리한 뒤 분석 시까지 -70°C 초저냉동고(Sanyo, Japan)에 보관하였다. 그 후 복강내 지방, 장간막 지방, 부고환 지방을 분리하여 micro-balance(1/10,000, Shimadzu, Japan)를 이용하여 무게를 측정하였다.

혈중 중성지방(triglyceride: TG)은 Triglyceride Quantitation Kit(ab65336, abcam, USA)를 사용하였으며, 분석 방법은 96-well plate에 0, 2, 4, 6, 8, 10(nmol/well) standard와 sample 50 µL씩 넣고 Lipase 2 µL씩 넣은 다음, 실온에서 20분 incubation하였다. 이후 각 well에 Triglyceride Reaction Mix 50 µL을 넣고 빛을 차단한 후, 실온에서 30분 incubation하였다. 이후 570 nm에서 microplate reader를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 혈중 총콜레스테롤(total cholesterol: TC)은 Cholesterol/Cholesteryl Ester Quantitation Kit(ab65359, abcam, USA)를 사용하였으며, 분석 방법은 96-well plate에 0, 2, 4, 6, 8, 10(µg/well) standard와 sample 50 µL씩 넣고 Reaction Mix 50 µL을 넣은 다음 빛을 차단한 후, 37°C에서 1시간 incubation하였다. 이후 570 nm에서 microplate reader를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 혈중 고밀도지단백콜레스테롤(high density lipoprotein cholesterol: HDL-C)은 HDL and LDL/VLDL Cholesterol Assay Kit(ab65390, abcam, USA)를 사용하였으며, 분석 방법은 micro-centrifuge tube에 sample 100 µL와 2×Precipitation Buffer 100 µL를 섞은 후 실온에서 10분 incubation하였다. 2000×g에서 10분간 centrifuge한 다음 상청액(HDL 부분)을 사용하였다. 96-well plate에 0, 2, 4, 6, 8, 10(µg/well) standard와 sample을 50 µL씩 넣고, Reaction Mix를 50 µL씩 넣은 다음 빛을 차단한 후, 37°C에서 1시간 incubation하였다. 이후 570 nm에서 microplate reader를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 혈중 저밀도지단백콜레스테롤(low density lipoprotein cholesterol: LDL-C)은 계산식 (1)에 의해 산출하였다(Friedwald *et al.*, 1972).

$$LDL-C = TC - (TG / 5 + HDL-C) \tag{1}$$

혈중 글루코스 농도는 자동분석기(YSI2300 Stat Plus Glucose & Lactate Analyzer, Yellow Springs Instruments, Yellow Springs, OH)를 이용하여 분석하였다. 혈중 인슐린은 Rat Insulin ELISA Kit(589501, Cayman, USA)를 이용하여 분석하였다. 분석 방법은 96-well plate에 0.08, 0.16, 0.31, 0.63, 1.25, 2.5, 5, 10(ng/mL) standard와 sample, Quality control을 각각 50 µL씩 넣고, Blank well을 제외한 모든 well에 Rat insulin AChE tracer를 50 µL씩 넣은 다음, Blank well과 Non Specific Binding (NSB) well을 제외한 모든 well에 Rat insulin antiserum을 50 µL씩 넣었다. 커버를 덮고 4°C에서 16-20시간 incubation한 후 5번 washing을 실시하였다. 각 well에 Ellman's Reagent를 200 µL씩 넣고 커버를 덮고 빛을 차단한 후, orbital shaker에 90분간 incubation한 다음, 405-414 nm에서 Spectrophotometer plate reader를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 인슐린 저항성은 homeostasis model assessment index(HOMA-IR)법<sup>2)</sup>을 이용하여 계산하였다(Matthews *et al.*, 1985).

$$HOMA-IR = [fasting insulin (\mu IU/mL) \times fasting glucose (mmol/L)] / 22.5 \tag{2}$$

**4. 자료처리**

본 실험의 모든 결과는 통계 프로그램 SPSS 14.0K를 이용하여 산출하였으며, 체중과 장기무게는 평균과 표준편차로 표기하였고, 나머지는 평균과 표준오차로 표기하였다. 각 집단간의 평균차이에 대한 유의성 검정은 one-way analysis of variance를 실시하였으며, 유의차를 위한 사후검정은 Least Significant Difference를 적용하였다. 모든 차의 유의수준은 p<.05로 설정하였다.

**결 과**

**1. 중량의 변화**

사육기간 중의 체중 변화는 최초 실험 시작시기와 실험 종료시에 비교한 결과 CON군 257.9%, RVS군 238.6%, EXE군 202.8%, RVS-EXE군이 202.9% 증가한 것으로 나타났다. 실험 종료시에는 CON군에 비하여 EXE군, RVS군, RVS-EXE군 모두 유의하게 체중증가가 억제된 것으로 나타났다(p<.05). 또한 중체량은 CON군과 RVS군이 EXE군과 RVS-EXE군에 비하여 유의하게 높은 것으로 나타났다(p<.05).

복강과 부고환 지방량은 CON군에 비해 EXE군, RVS군, RVS-EXE군이 유의하게 낮았으며(p<.05), EXE군, RVS-EXE군은 CON군, RVS군에 비해서도 유의하게 낮은 것으로 나타났다(p<.05). 장간막 지방량은 CON군에

**Table 1. Body weight and fat pad weight changes of *Rhus verniciflua* Stokes ingestion and/or exercise training in rats.**

	CON	RVS	EXE	RVS-EXE
	Body weight (g)			
Initial	202.13±16.06 <sup>a</sup>	194.44±8.75 <sup>a</sup>	196.35±15.20 <sup>a</sup>	194.85±15.91 <sup>a</sup>
Final	512.31±25.11 <sup>a</sup>	463.89±28.26 <sup>c</sup>	398.20±41.38 <sup>b</sup>	395.35±33.09 <sup>b,d</sup>
Gain	310.18±20.06 <sup>a</sup>	269.45±18.51 <sup>a</sup>	201.85±28.29 <sup>b</sup>	200.50±24.49 <sup>b</sup>
	Fat pad weight (g)			
Abdomen	21.87±3.16 <sup>a</sup>	16.50±2.66 <sup>c</sup>	11.39±4.15 <sup>b,v</sup>	10.22±4.16 <sup>b,d</sup>
Mesentary	11.89±2.99 <sup>a</sup>	7.93±1.37 <sup>b,c</sup>	5.98±2.29 <sup>b</sup>	5.27±1.28 <sup>b,d</sup>
Epididymis	7.80±0.99 <sup>a</sup>	5.25±0.89 <sup>c</sup>	3.83±1.34 <sup>b</sup>	3.60±0.99 <sup>b,d</sup>
Sum of fats	41.57±6.74 <sup>a</sup>	29.68±4.01 <sup>c</sup>	21.19±7.68 <sup>b</sup>	19.10±6.13 <sup>b,d</sup>

Values are mean±SD. CON: control; RVS: *Rhus verniciflua* Stokes; EXE: exercise. Different superscripts are significantly different at  $p < .05$ .

비해 EXE군, RVS군, RVS-EXE군이 유의하게 낮았으며 ( $p < .05$ ), RVS-EXE군은 RVS군에 비해서도 유의하게 낮은 것으로 나타났다( $p < .05$ ). 총 지방량 역시 CON군에 비해 EXE군, RVS군, RVS-EXE군이 유의하게 낮았으며 ( $p < .05$ ), EXE군, RVS-EXE군은 CON군, RVS군에 비해서도 유의하게 낮은 것으로 나타났다( $p < .05$ ).

## 2. 혈중 지질성분의 변화

TG는 RVS-EXE군이 CON군, EXE군, RVS군보다 유의하게 낮은 것으로 나타났으며( $p < .05$ ), 다른 집단간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. TC는 CON군에 비해 EXE군, RVS군, RVS-EXE군이 유의하게 낮았으며( $p < .05$ ), RVS-EXE군은 CON군, EXE군에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났으며( $p < .05$ ). HDL-C 농도는 RVS군이 CON군과 EXE군에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났으며( $p < .05$ ), 다른 집단간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. LDL-C 농도는 CON군에 비해 RVS군, RVS-EXE군이 유의하게 낮았으며( $p < .05$ ), RVS-EXE군은 EXE군에 비해서도 유의하게 낮은 것으로 나타났으며( $p < .05$ ).

## 3. 혈중 글루코스, 인슐린 및 HOMA-IR의 변화

글루코스는 CON군에 비해 EXE군, RVS군, RVS-EXE군이 유의하게 낮았으며( $p < .05$ ), EXE군이 RVS군보다 유의하게 낮았다( $p < .05$ ). 인슐린과 HOMA-IR은 CON군에 비해 EXE군, RVS군, RVS-EXE군이 모두 유의하게 낮았으며( $p < .05$ ), RVS군이 EXE군보다 유의하게 낮았고( $p < .05$ ), RVS-EXE군은 EXE군, RVS군보다 유의하게 낮은 것으로 나타났으며( $p < .05$ ).

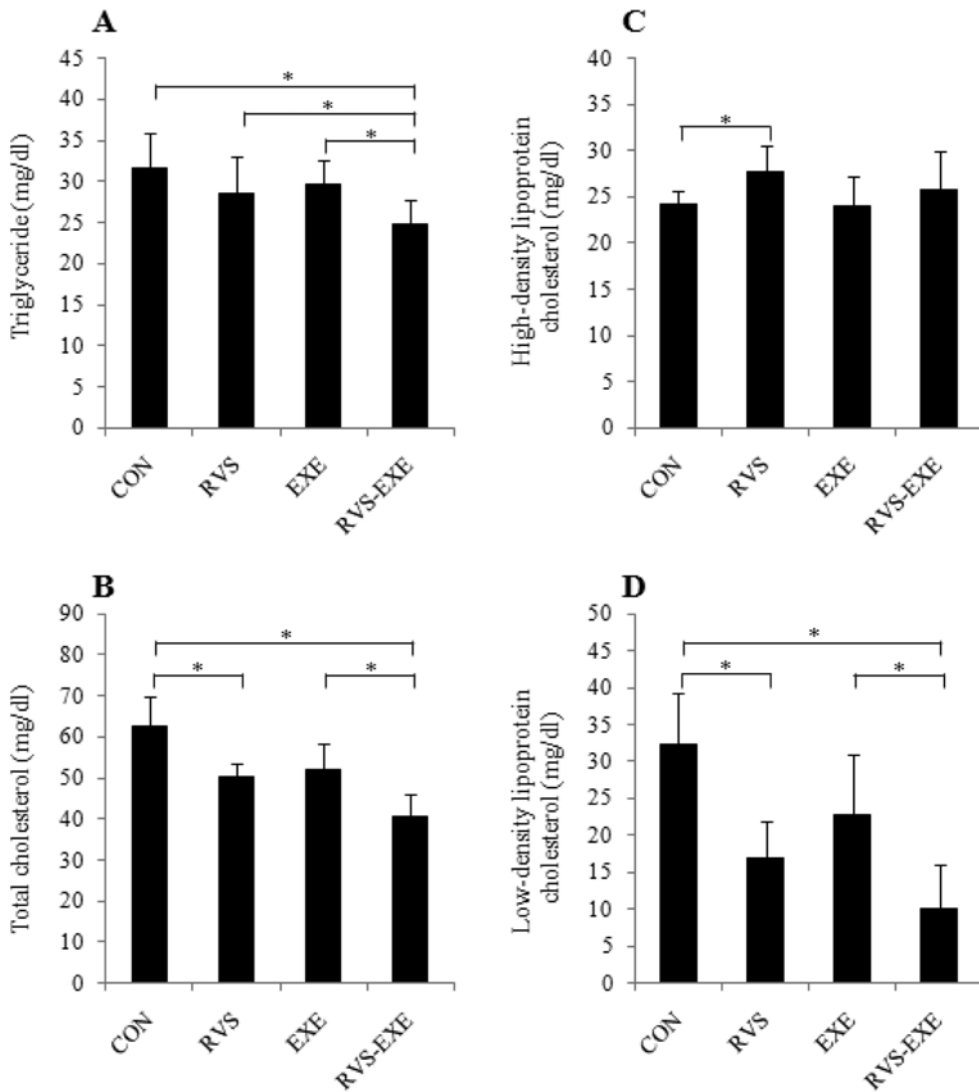
## 고 찰

본 연구는 최근 천연항산화물질에 대한 많은 연구들이 이루어지고 있는 가운데 율나무를 이용하여 고지방식이를 섭취한 흰쥐를 대상으로 8주간이 율나무 추출액 섭취

와 운동훈련이 혈중 지질성분 및 인슐린 저항성에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 장기간의 고지방식은 에너지과잉을 초래하고 비만을 유도하며(Lin *et al.*, 2000; Satia-Abouta *et al.*, 2002), 보통 고지방식은 4주내에 상당한 체중증가를 가져오는 것으로 알려져 있다(Woods *et al.*, 2003). 또한 고지방식은 체지방량의 증가와 혈중 TG, TC, LDL-C을 증가시키며 고지혈증을 유발하는 것으로 보고되고 있다(Gauthire *et al.*, 2004; Ghibaudi *et al.*, 2002).

율나무 추출물의 섭취와 혈중 지질 성분 변화에 대한 연구들을 보면 율나무 추출물 섭취에 의해 혈청 TG가 감소되었고, 혈청 HDL-C 농도가 증가되었으며(차재영과 조영수, 2000b), 율나무 추출물의 투여가 고지방식이로 비만을 유도한 쥐의 체중, 지방조직 및 TG를 유의하게 감소시켰다는 결과가 보고되었다(전원경 등, 2003). Oh *et al.* (2006)의 고지혈증 쥐에게 율나무의 당단백질(100 mg/kg)을 2주간 섭취시킨 연구에서는 율나무 추출물 섭취가 TC, TG와 LDL 농도의 감소와 HDL 농도의 증가를 가져왔다고 보고되고 있다.

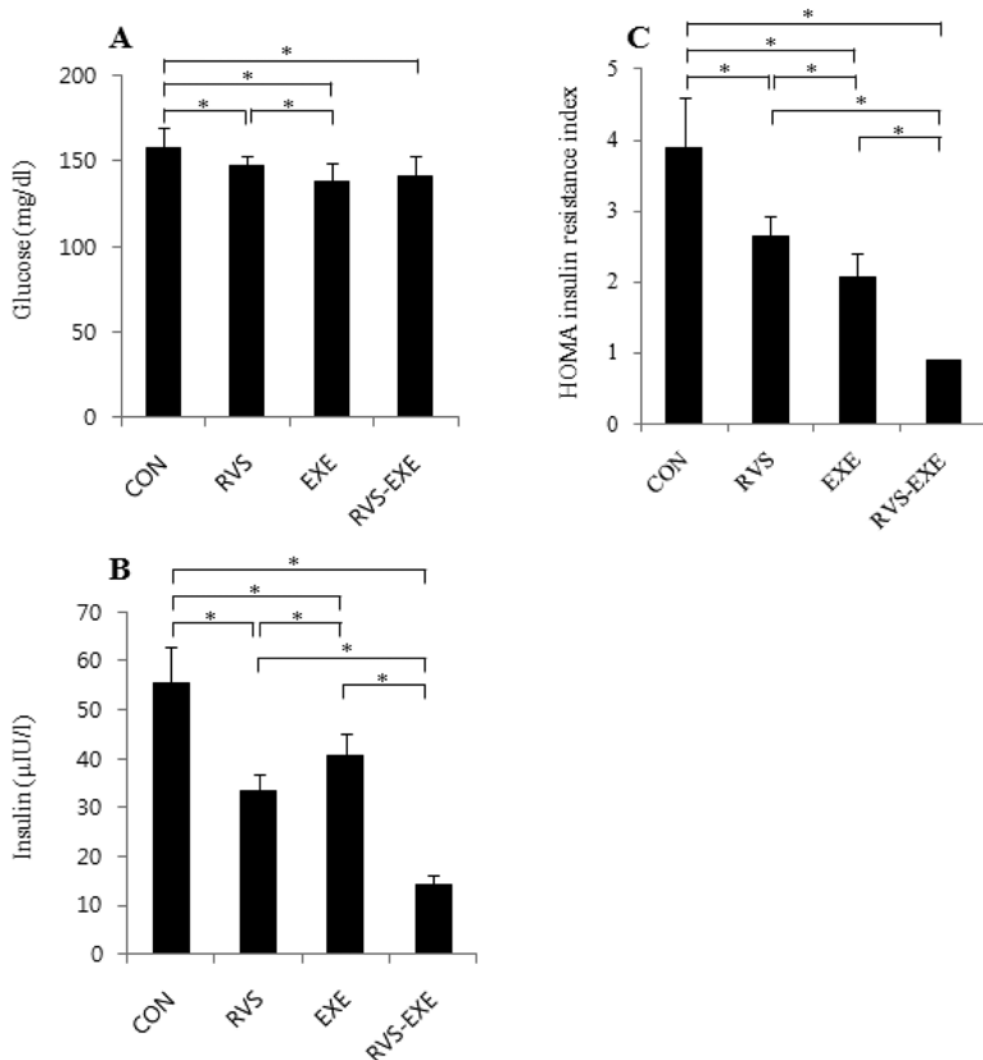
본 연구 결과에서 고지방식이로 증가한 체중과 저장지방량은 운동에 의해 그 증가가 억제되었는데, 이는 고지방식에서 운동이 체중 증가를 유의하게 억제시킨다는 선행연구들(이희혁 등, 2005; Levin and Dunn-Meynell, 2004)의 결과와 일치하는 것으로 운동에 의해 지방분해가 증가되었기 때문이다(한지연 등, 2009). 또한 RVS에서도 체중 증가가 억제된 것으로 나타나 선행연구(전병덕 등, 2008; 전원경 등, 2003)와 일치하는 것으로 나타났다. 이는 율나무 추출액의 페놀계 화합물이 지질 대사에 영향을 끼쳐 지방의 에너지 사용을 증가시켰기 때문으로 사료된다(전병덕 등, 2008). 페놀계 화합물은 혈중 lipase를 활성화시켜 지방저장을 억제하고 지방분해를 촉진하게 된다(김선여 등, 1998). 이러한 저장지방량이 감소는 대체로 혈중 지질성분의 개선을 동반하게 되는데, 규칙적인 유산소성 운동은 TG와 TC, LDL-C을 감소시키고



**Figure 1.** Differences of blood lipids. Bars are mean  $\pm$  SE. Triglyceride (A); total cholesterol (B); high-density lipoprotein cholesterol (C); low-density lipoprotein cholesterol (D); CON; control group; RVS; *Rhus verniciflua* Stokes ingestion group; EXE; exercise training group; RVS-EXE; *Rhus verniciflua* Stokes ingestion with exercise training group; asterisks means significance between groups at  $p < .05$ , respectively.

HDL-C을 증가시키기 때문에(Kibenge and Chan, 2002; Noakes and Clifton, 2000) 고지혈증 질환의 치료와 동맥 경화의 예방에 효과가 있는 것으로 보고되고 있다 (Bergeron *et al.*, 2001). 그러나, 본 연구 결과에서는 EXE가 CON에 비하여 혈중 지질이 감소하는 경향을 보였으나, 유의하지는 않았다(Figure 1., A, B, D). 이는 운동의 효과가 고지방식이에 의해 상쇄되었기 때문에 나타난 결과라 추측된다. 그러나 본 연구의 RVS에서 TC와 LDL-C 농도의 유의한 감소와 HDL-C 농도의 유의한 증가가 나타나 선행연구(차재영과 조영수, 2000b; 전원경 등, 2003; Oh *et al.*, 2006)와 일치하는 결과를 나타냈다. 페놀계 화합물은 식이성 고지혈증에 의한 혈중 지질 농도의 증가를 감소시켜 심장 순환계 질환을 예방하는 것으로 알려져 있는데(차재영과 조영수, 2000a; Matsumoto

*et al.*, 1998; Yugarani *et al.*, 1992), 이것은 간에서 콜레스테롤 에스테르 합성의 중요 조절 효소로 알려진 간 acyl co-enzyme A: cholesterol acyltransferase 활성 저해, 장관 내에서의 콜레스테롤 흡수 억제, 분변 중으로의 담즙산 배설 증가 등의 기전에 의한 것으로 알려져 있다 (Yanagita *et al.*, 1995). 본 연구에서 오틀나무 추출물 섭취가 혈중 지질 성분의 변화에 긍정적인 것은 지질대사에 영향을 미치는 페놀계 화합물의 영향으로 추측되어지며, 특히 RVS-EXE에서 TG, TC, LDL-C의 감소가 더욱 현저하게 나타나고 있어 운동과 오틀나무 추출액 섭취의 시너지 효과를 알 수 있었다. 운동 효과의 측면에서 보면, 운동에 의해 lecithin-cholesterol acyltransferase의 활성도가 증가되고(Durstine and Haskell, 1994), LDL receptor의 발현이 활성화됨으로서 혈장 LDL-C의 감소를 가져오



**Figure 2.** Differences of glucose(A), insulin(B) and HOMA-index(C). Bars are mean  $\pm$  SE. RVS: *Rhus verniciflua* Stokes ingestion group; EXE: exercise training group; RVS-EXE: *Rhus verniciflua* Stokes ingestion with exercise training group; asterisks means significance between groups at  $p < .05$ , respectively.

며(Vinagre *et al.*, 2007; Wei *et al.*, 2005), TG의 농도는 운동형태, 운동강도, 생활습관 및 섭취하는 식이에 따라서 영향을 받는데, 규칙적인 운동으로 16-19% 정도까지 감소시킬 수 있다는 보고(Tran *et al.*, 1983) 등을 볼 때, 율나무 추출물 섭취와 함께 운동훈련을 지속적으로 섭취하게 되면, 고지혈증을 효과적으로 예방·치료할 수 있다는 점을 시사하고 있다.

공복시 글루코스는 체지방량 감소에 따른 체지방 분포의 변화 즉, 피하지방량에 대한 내장지방량 비율의 감소와 인슐린 감수성의 증진에 의해 말초조직에서의 당 흡수 및 간의 당 생성 억제능력이 개선되어 감소하는 것으로 알려져 있으며(장재훈과 허 선, 2007), 혈중 인슐린은 혈당 조절과 관련하여 에너지 대사에서 중심적인 역할을 하며, 인슐린 농도 감소는 카테콜아민과 글루카곤 등에 길항적으로 작용하여 혈당의 항상성을 유지하기 위해 지

방조직에서의 지방동원을 촉진시키는 대사적 반응이다(유승희 등, 1999). 본 연구(Figure 2, A, B)의 EXE에서 혈중 글루코스와 인슐린 농도가 유의하게 낮아졌는데, 이는 운동으로 인한 혈중 글루코스의 저하를 통해 췌장의 인슐린 분비가 억제되고(Thompson *et al.*, 2003), 골격근의 인슐린 민감도를 향상시켜 인체의 인슐린 감수성을 증진시켰기(Goodpaster *et al.*, 2003; Solomon *et al.*, 2008) 때문으로 추측되어진다. 또한 RVS에서도 혈중 글루코스와 인슐린 농도가 유의하게 낮아졌는데, 이는 카테킨과 비타민 C, E 등의 항산화 물질이 인슐린 감수성의 향상과 관련이 있으며 HOMA-IR 개선을 가져오고(Korish and Arafah, 2008), 당대사에 긍정적인 영향을 미치는 것으로(Franzini *et al.*, 2008) 볼 때 율나무 추출액의 항산화물질에 의한 것으로 추측되어지며, 율나무 추출물 섭취가 당뇨쥐의 혈당을 감소시켰다고 보고한 연구

(Jung *et al.*, 2006)와 일치하는 결과이다. 특히, RVS-EXE에서 글루코스뿐만 아니라 인슐린 농도가 유의하게 낮아진 점은 운동과 옫나무 추출액의 복합처치가 당대사에 시너지 효과를 가져온 것으로 보여져 추후 당뇨병 관련 질환 치료에 좋은 결과를 가져올 것으로 사료되어진다.

인슐린 저항성의 지표가 되는 HOMA-IR은 체지방량과 유의한 상관성이 있고(서영성 등, 2007), 특히 지방조직의 증가는 TNF- $\alpha$ , IL-6 등과 같은 사이토카인을 증가시키고, 증가된 사이토카인으로 인해 인슐린 저항성을 증가시킬 뿐만 아니라 근육량도 감소시킨다. 또한 인슐린 저항성은 중심성 비만 특히 내장비만과 관련되어 있고, 복부내장지방조직은 복부피하지방조직보다 지질분해 자극에 대한 감수성이 높을 뿐만 아니라 더 많은 양의 지질을 분해한다(Amer, 1995). 본 연구 결과(Figure 2, C)에서 HOMA-IR은 EXE와 RVS에서 모두 유의하게 낮아졌는데 이는 운동이 안정성 기질의 산화를 개선시켜 골격근에서의 지방의 이용률을 높임으로써 인슐린 저항성을 감소시켰으며(Solomon *et al.*, 2008), 특히 RVS-EXE에서 23%나 감소되어 시너지 효과를 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서 HOMA-IR의 감소는 운동과 옫나무 추출액의 항산화 물질에 의한 글루코스와 인슐린 농도의 감소와 함께 체중과 내장지방량의 감소(Table 1)에 따른 효과로 사료되며, 인슐린 저항성이 대사성 질환의 지표로서 매우 중요하므로, 운동과 옫나무 추출액 섭취의 병행이 대사성 관련 질환에 도움이 될 수 있을 것으로 사료된다.

## 결론

SD계 수컷 흰쥐에게 8주간의 고지방식이와 함께 옫나무 추출물을 섭취시키며, 운동훈련을 실시하여 중량 및 저장지방, 혈중 지질성분, 그리고 인슐린 저항성에 미치는 영향을 분석하였다. 중량의 변화는 옫나무 추출물 단독에 의한 효과는 나타나지 않았으나, 운동의 효과는 나타났다. 그러나 저장지방량의 변화에서는 옫나무 추출물 뿐만 아니라 운동훈련을 통한 상승작용이 있는 것으로 나타났다. 또한 혈중 지질 성분에서도 동일한 상승작용이 나타났으며, 인슐린 저항성 역시 개선되는 것으로 나타났다. 따라서 변화하고 있는 식습관에 따라 증가하는 대사증후군을 고려할 때, 옫나무 추출물의 섭취시 운동을 병행한다면 더욱 큰 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

## 인용문헌

- 권상혁, 김갑태, 이경태, 최정혜, 최종원, 박건영, 박희준. 2000. 옫나무 목질부에서 분리된 플라보노이드의 이화학적 및 생물학적 특징. *생화학지*, 21: 345-350.
- 김선여, 이원주, 김현복, 김애정, 김순경. 1998. 뽕잎추출물이 콜레스테롤 투여 흰쥐의 혈청지질에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지* 27(6): 1217-1222.
- 김인원, 신동화, 백남인. 1999. 옫나무 에탄올 추출물로부터 항산화 활성 물질의 구조동정. *한국식품과학회지* 31(6): 1654-1660.
- 나천수, 정남철, 나은선. 2000. 항암, 기관분화유도, 암세포전이억제관형성억제, 항산화 및 숙취해소작용을 하는 옫나무추출물, 이의 제조방법 및 이를 포함하는 조성물. 대한민국특허청, 특허 등록번호 10-0257448-0000.
- 나천수, 최범락, 추동완, 최원일, 김진범, 김현정, 박영인, 동미숙. 2005. 옫나무 Flavonoid 분획 투여가 정자생성 및 생식관련 장기에 미치는 영향. *한국독성학회지* 21(4): 309-318.
- 박희준, 이경태, 박건영, 한갑이, 정민화, 최종원. 2002. 간섬유화 동물에서 옫나무 목부로부터 분리한 flavonoids의 독성 경감기전. *생명과학회지* 12(3): 332-339.
- 서영성, 이인규, 김대현. 2007. 고지방 저체지방 비비만 여성에서 전염증성 사이토카인과 인슐린 저항성. *당뇨병* 31(2): 136-143.
- 유승희, 최성근, 신말순, 노호성, 임기원. 1999. 카페인 투여가 지구성 운동 중 에너지 기질 이용, 호르몬 반응 및 운동 지속시간에 미치는 영향. *한국체육학회지* 38(1): 294-305.
- 이수천, 최명선, 전혜린, 임기원, 정길상, Shigematsu, N., Tomita, K., 류승필. 2006. 중량부하 운동이 갈슘과 DFA III의 복합섭취가 여대생의 골밀도에 미치는 영향. *운동영양학회지* 10(1): 57-64.
- 이희혁, 오명진, 민대식, 김종오, 박성태, 윤진환, 정일규. 2005. 장기간 트레드밀 운동이 고지방식이 쥐의 혈중 지질성분과 렙틴농도에 미치는 영향. *한국체육학회지* 44(5): 507-518.
- 장재훈, 허선. 2007. 스텝운동이 비만 중년여성의 대사증후군 지표와 인슐린 저항성 및 혈중 대사호르몬에 미치는 효과. *한국체육학회지* 46(2): 337-346.
- 전병덕, 이윤경, 이수천, 김판기, 정남철, 김병오, 류승필. 2008. 옫나무 추출액 섭취가 흰쥐의 혈중 지질 및 항산화 능력에 미치는 영향. *한국임학회지* 97(4): 478-484.
- 전원경, 김정희, 이해원, 고병섭, 김호경. 2003. 옫나무 추출물이 식이에 의한 비만유도 C57BL/6 mouse에 미치는 영향. *한국생약학회지* 34(4): 339-343.
- 정선영, 전혜린, 이수천, 류승필, 김현국, 김영범. 2009. 지구성 운동시 목초액 투여가 흰쥐의 열중 암모니아 농도와 글리코겐 함량 및 운동지속시간에 미치는 영향. *한국체육학회지* 48(3): 539-544.
- 차재영, 조영수. 2000a. 식이성 고지혈증에 미치는 감자 폴리페놀의 영향. *한국식품영양과학회지* 29(2): 273-279.
- 차재영, 조영수. 2000b. 옫나무 수피 추출물이 마우스의 지질농도 및 지질과산화에 미치는 영향. *생명과학회지* 10(5): 467-474.
- 한지연, 이만균, 성순창. 2009. 줄넘기와 걷기의 복합운동 트레이닝이 중년 여성의 신체구성, 체력, 혈중 지질 및 인슐린 저항성에 미치는 영향. *체육과학연구* 20(2):

- 199-211.
18. Andersen, R.E., Wadden, T.A., Bartlett, S.T., Vogt, R.A., and Weinstock, R.S. 1995. Relations of weight loss to changes in serum lipids and lipoproteins in obese women. *Am. J. Clin. Nutr.*, 62(2): 350-357.
  19. Arner, P. 1995. Differences in lipolysis between human subcutaneous and omental adipose tissues. *Ann. Med.*, 27(4): 435-438.
  20. Bergeron, J., Couillard, C., Després, J.P., Gagnon, J., Leon, A.S., Rao, D.C., Skinner, J.S., Wilmore, J.H. and Bouchard, C. 2001. Race differences in the response of postheparin plasma lipoprotein lipase and hepatic lipase activities to endurance exercise training in men: results from the HERITAGE Family Study. *Atherosclerosis*, 159(2): 399-406.
  21. Colak, R. and Ozcelik, O. 2004. Effects of short-period exercise training and Orlistat therapy on body composition and maximal power production capacity in obese patients. *Physiological Res.*, 53: 53-60.
  22. Durstine, J.L. and Haskell, W.L. 1994. Effects of exercise training on plasma lipids and lipoproteins. *Exer. Sport Sci. Rev.*, 22: 477-521.
  23. Franzini, L., Ardigò, D. and Zavaroni, I. 2008. Dietary antioxidants and glucose metabolism. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care*, 11(4): 47147-6.
  24. Friedwald, W.T., Levy, R.I. and Fredrickson, D.S. 1972. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin. Chem.*, 18(6): 499-502.
  25. Gaíva, M.H., Couto, R.C., Oyama, L.M., Couto, G.E., Silveira, V.L., Riberio, E.B. and Nascimento, C.M. 2001. Polyunsaturated fatty acid-rich diets: effect on adipose tissue metabolism in rats. *Br. J. Nutr.*, 86(3): 371-377.
  26. Gauthire, M.S., Couturier, K., Charbonneau, A. and Lavoie, J.M. 2004. Effects of introducing physical training in the course of a 16-week high-fat diet regimen on hepatic steatosis, adipose tissue fat accumulation, and plasma lipid profile. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 28: 1064-1071.
  27. Ghibaudi, L., Cook, J., Farley, C., van Heek, M. and Hwa, J.J. 2002. Fat intake affects adiposity, comorbidity factors, and energy metabolism of Sprague-Dawley rat. *Obes. Res.*, 10(9): 956-963.
  28. Goodpaster, B.H., Katsiaras, A. and Kelley, D.E. 2003. Enhanced fat oxidation through physical activity is associated with improvements in insulin sensitivity in obesity. *Diabetes*, 52(9): 2191-2197.
  29. Joseph, W.S., Brian, D.B. and Marissa, E.O. 2007. Exercise training decreases rat heart mitochondria free radical generation but does not prevent Ca<sup>2+</sup>-induced dysfunction. *J. Appl. Physiol.*, 102: 1793-1798.
  30. Jung, C.H., Kim, J.H., Hong, M.H., Seog, H.M., Oh, S.H., Lee, P.J., Kim, G.J., Kim, H.M., Um, J.Y. and Ko, S.G. 2007. Phenolic-rich fraction from *Rhus verniciflua* Stokes (RVS) suppress inflammatory response via NFκpαB and JNK pathway in lipopolysaccharide-induced RAW 264.7 macrophages. *J. Ethnopharm.*, 110(3): 490-497.
  31. Jung, C.H., Zhou, S., Ding, G.X., Kim, J.H., Hong, M.H., Shin, Y.C., Kim, G.J. and Ko, S.G. 2006. Antihyperglycemic activity of herb extracts on streptozotocin-induced diabetic rats. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 70(10): 2556-2559.
  32. Kang, J.S., Kim, S.H., Kim, P.G., Lee, D.W. and Ryu, S. 2009. Differences of wood vinegar ingestion and exercise training on blood lipids, MDA, and SOD Activities in Rats. *J. Life Sci.*, in press.
  33. Kibenge, M.T. and Chan, C.B. 2002. The effects of high-fat diet on exercise-induced changes in metabolic parameters in Zucker fa/fa rats. *Metabolism*, 51(6): 708-715.
  34. Korish, A.A. and Arafah, M.M. 2008. Catechin combined with vitamins C and E ameliorates insulin resistance (IR) and atherosclerotic changes in aged rats with chronic renal failure (CRF). *Arch. Gerontol. Geriatr.*, 46(1): 25-39.
  35. Lee, J.M., Son, E.S., Oh, S.S. and Han, D.S. 2001. Contents of total flavonoid and biological activities of edible plants. *Kor. J. Diet. Cul.*, 16: 504-514.
  36. Levin, B.E. and Dunn-Meynell, A.A. 2004. Chronic exercise lowers the defended body weight gain and adiposity in diet-induced obese rats. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*, 286: 771-778.
  37. Lin, X., Thomas, T.C., Stolien, L.H. and Huang, X.F. 2000. Development of high fat diet-induced obesity and leptin resistance in C57B1/6J mice. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.*, 24(5): 639-646.
  38. Matsumoto, N., Okushio, K. and Hara, Y. 1998. Effects of black tea polyphenols on plasma lipids in cholesterol-fed rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 44: 337-342.
  39. Matthews, D.R., Hosker, J.P., Rudenski, A.S., Naylor, B.A., Tracher, D.F. and Turner, R.C. 1985. Homeostasis Model Assessment: Insulin resistance and-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia*, 28: 412-419.
  40. Noakes, M. and Clifton, P.M. 2000. Weight loss and plasma lipids. *Curr. Opin. Lipido.*, 11(1): 65-70.
  41. Oh, P.S., Lee, S.J. and Lim, K.T. 2006. Hyperlipemic and antioxidative effect of the plant glycoprotein (36 kDa) from *Rhus verniciflua* Stokes fruit in triton WR-1339-induced hyperlipidemic mice. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 70(2): 447-456.
  42. Pate, R.R., Rratt, M., Blair, S.N., Haskell, W.L., Macera, C.A., Bouchard, C., Buchner, D., Ettinger, W., Heath, G.W., King, A.C. and et al. 1995. Physical activity and public health. A recommendation from the center for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA*, 273(5): 402-407.
  43. Satia-Abouta, J., Patterson, R.E., Schiller, R.N. and Kristal, A.R. 2002. Energy from fat is associated with obe-



- sity in US men: results from the Prostate Cancer Prevention trial. *Prev.e Med.*, 34: 493-501.
44. Solomon, T.P., Sistrun, S.N., Krishnan, R.K., Del Aguila, L.F., Marchetti, C.M., O'Carroll, S.M., O'Leary, V.B. and Kirwan, J.P. 2008. Exercise and diet enhance fat oxidation and reduce insulin resistance in older obese adults. *J. Appl. Physiol.*, 104(5): 1313-1319.
45. Thompson, P.D., Buchner, D., Pina, I.L., Balady, G.J., Williams, M.A., Marcus, B.H., Berra, K., Blair, S.N., Costa, F., Franklin, B., Fletcher, G.F., Gordon, N.F., Pate, R.R., Rodriguez, B.L., Yancey, A.K. and Wenger, N.K. 2003. Exercise and physical activity in the prevention and treatment of atherosclerotic cardiovascular disease: a statement from the Council on Clinical Cardiology (Subcommittee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention) and the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Subcommittee on Physical Activity). *Circulation*. 107(24): 3109-3116.
46. Tran, Z.V., Weltman, A., Glass, G.V. and Mood, D.P. 1983. The effects of exercise on blood lipids and lipoproteins: a meta-analysis of studies. *Med. Sci. Sports Exer.*, 15(5): 393-402.
47. Vinagre, C.G., Ficker, E.S., Finazzo, C., Alves, M.J., de Angelis, K., Irigoyen, M.C., Negrão, C.E. and Maranhão, R.C. 2007. Enhanced removal from the plasma of LDL-like nanoemulsion cholesteryl ester in trained men compared with sedentary healthy men. *J. Appl. Physiol.*, 103(4): 1166-1171.
48. Wei, C., Penumetcha, M., Santanam, N., Liu, Y.G, Garelnabi, M. and Parthasarathy, S. 2005. Exercise might favor reverse cholesterol transport and lipoprotein clearance: potential mechanism for its anti-atherosclerotic effects. *Biochim. Biophys. Acta.*, 1723(1-3): 124-127.
49. Woods, S.C., Seeley, R.J., Rushing, P.A., D'Alessio, D. and Tso, P. 2003. A controlled high-fat diet induces an obese syndrome in rats. *J. Nutr.*, 133: 1081-1087.
50. Yanagita, T., Da, K., Yamamoto, K., Yotsumoto, H., Nunez, H.J. and Murakami, S. 1995. Effect of a new acyl-coenzyme A: cholesterol acyltransferase inhibitor, HL-004, on cholesterol esterification and lipid metabolism in Hep G2 cells. *Cur. Ther. Res.*, 56(8): 787-795.
51. Yugarani, T., Tan, B.K., Teh, M. and Das, N.P. 1992. Effects of polyphenolic natural products on the lipid profiles of rats fed high fat diets. *Lipids*, 27(3): 181-186.

---

(2009년 9월 16일 접수; 2009년 11월 11일 채택)