

고지방식이를 섭취하는 흰쥐에서 가르시니아캄보지아 껍질추출물, 대두펩타이드 및 L-카르니틴 조성물 섭취와 규칙적인 트레드밀운동이 체중감량에 미치는 영향

김연정* · 전해승* · 박인선** · 김민선*** · 이진희*** · 이강표*** · 박태선*§

연세대학교 식품영양학과,* 인하대학교 의과대학 해부학교실,** (주) CJ식품연구소***

Effect of Treadmill Exercise Training and Dietary Intake of *Garcinia Cambogia* Extract, Soy peptide and L-Carnitine Mixture on Body Weight Reduction in Rats Fed High-Fat Diet

Kim, Yun Jung* · Jun, Hye-Seung* · Park, In-Sun** · Kim, Minsun***
Lee, Jinhee*** · Lee, Kangpyo*** · Park, Taesun*§

Department of Food and Nutrition,* Yonsei University, Seoul 120-749, Korea
Department of Anatomy,** College of Medicine, Inha University, Incheon 7-241, Korea
CJ Foods R & D,*** Seoul 152-050, Korea

ABSTRACT

This study was undertaken to examine effects of dietary intake of *garcinia cambogia* extract, soy peptide and L-carnitine mixture on body weight gain and obesity-related bio-markers in rats fed high-fat diet for 9 weeks with or without regular treadmill exercise. Forty 5-week-old male Sprague-Dawley rats were randomly divided into four groups: sedentary control group (SC), exercised control group (EC), sedentary formula-fed group (SF), and exercised formula-fed group (EF). The SC and EC rats were fed high-fat control diet (fat comprises 40% of total calories), and SF and EF rats were fed high-fat formula (composed of *garcinia cambogia*, soy peptide and L-carnitine) supplemented diet. Statistical analyses by two-way ANOVA indicated that the regular treadmill exercise significantly lowered cumulative body weight gain, total visceral fat mass, and epididymal, perirenal and retroperitoneal fat pad weights, and serum concentrations of total cholesterol and LDL + VLDL cholesterol, insulin, c-peptide and leptin. Feeding the formula also resulted in significant reductions in cumulative body weight gain and visceral fat pad weights, along with other related parameters including serum total and LDL + VLDL cholesterol levels, and hepatic enzyme activities involved in fatty acid synthesis. Statistical analyses by one-way ANOVA revealed that the formula consumption significantly improved body weight gain (18% reduction), total visceral fat weight (20% reductions), and serum total (43% reduction) and LDL + VLDL cholesterol (54% reduction) levels, as well as serum levels of insulin (49% reduction), and c-peptide (41% reduction) in sedentary rats, but failed to exhibit significant reductions in these indices in animals under treadmill exercise program. Taken together, these results suggest that the treadmill exercise per se exhibited significant improvements in body fat reduction and other related bio-markers, and so the formula consumption did not achieve a further significant reductions in these bio-markers in exercised rats. Nevertheless, animals fed the formula with regular exercise showed the most efficient weight reduction compared to other groups either fed formula without exercise or received regular exercise without dietary supplementation. (*Korean J Nutrition* 38(8) : 626~636, 2005)

KEY WORDS : *garcinia cambogia*, soy peptide, L-carnitine, treadmill exercise, rats, weight reduction.

서론

비만은 가장 흔한 영양장애 중의 하나로서 전세계적으로

11억 인구가 과체중이며, 3억의 인구가 비만으로 추정된다. 2004년도 International Obesity Task Force 보고서에 의하면 유럽성인의 20~30%가 비만환자로 분류되고, 미국성인의 31% 이상이 비만으로 고통받고 있다. 특히 미국 흑인 여성의 경우 절반 이상이 비만이며, 이 중 1/3이 BMI가 40 이상인 고도비만자이다.¹⁾ 한국인의 비만인구도 급증하여 20세 이상 한국성인의 27.4%가 과체중, 그리고 3.2%가 비만으로 보고되었다.²⁾

접수일 : 2005년 4월 22일

채택일 : 2005년 5월 7일

§ To whom correspondence should be addressed.

E-mail : tspark@yonsei.ac.kr

비만은 에너지 섭취와 소비의 불균형으로 인해 여분의 에너지가 지방으로 전환되어 피하조직과 복강 등에 비정상적으로 축적된 상태를 말한다. 비만은 당뇨병, 고혈압, 심혈관 질환, 관절질환, 폐질환 및 일부 암 등의 유병율과 밀접한 양의 상관관계가 있고, 따라서 비만으로 야기되는 재정적 부담과 인명적 손실은 막대하다. 미국의 경우 1991년도 비만과 관련된 질병에 의한 사망자가 280,000명에 달하였으며,³⁾ 한 해에 약 120조원이 비만 관련 질병의 치료에 소모된 것으로 나타났다.⁴⁾ 이러한 비만 관련 문제는 최근 동서양, 성별, 그리고 사회적 지위를 막론하고 급속도로 확산되어 가고 있다.⁵⁾

규칙적인 운동을 병행하지 않고 절식요법만 시도하는 경우 체중감량이 달성된다 하더라도 안정시 대사율 (resting metabolic rate) 및 제지방량 또한 감소하므로 지속적인 체중감량 효과를 기대하기 어렵다.⁶⁾ 즉, 목표한 체중감량에 일시적으로 도달하더라도 안정시 대사율이 저하되어 있는 상태에서 음식섭취가 증가되면, 체중 증가폭이 감량 전보다 더 커지는 요요현상이 초래되는 문제점이 있다. 따라서 요요현상 없이 체중을 감량하기 위해서는 식이요법과 운동요법을 병행할 필요가 있다. 체중이 증가하면 인슐린 감수성이 저하되어 고인슐린혈증을 나타내고, 후자는 간에서의 중성지방 합성 및 VLDL 분비 증가, 말초조직에서의 VLDL 및 HDL 콜레스테롤 대사저연 등을 포함하는 지질대사 이상을 초래한다.⁷⁾ 규칙적인 유산소운동은 안정시 대사율과 에너지소모를 증가시키는 효과이외에도 체중증가에 따른 인슐린 저항성을 개선하므로써, 비만 관련 만성질환을 예방하는 효과가 있다.⁸⁾

운동요법 및 절식요법 이외에도 최근 들어 체중조절용 기능성식품의 이용에 대한 관심이 증가하고 있다. 현재까지 체중감량 효과를 인정받은 건강기능식품은 고시형품목으로 유일하게 '식이섬유보충용식품 (가르시니아캄보지아 껍질추출물 포함)' 이 건강기능식품공전에 등재되어 있다. 가르시니아캄보지아 껍질추출물의 경우 식이섬유 보충을 목적으로 하는 제품의 부원료로 사용되는 경우에 한하여 '지방합성저해 및 체지방분해'의 기능성내용을 표시·광고할 수 있다.⁹⁾ 이외에도 체중조절용 고시형 건강기능식품의 품목 확대 및 개별인정형 원료·성분의 인정이 식약청에 의해 지속적으로 검토되고 있다.

이들 건강기능식품은 체중감량 효과를 증대시키기 위해 식이섬유소이외에도 가르시니아캄보지아 껍질추출물, L-carnitine, soy peptide, 키토산, 아미노산 및 다양한 한약재 등의 부원료를 함유하고 있다. 이외에도 chromium picolinate, pyruvate, glucomannan, guar gum, hydroxy-methylbu-

tyrate, *plantago ovata*, *ephedra sinica*, *ilex paraguariensis*, *pausinystalia yohimbe* 등의 식품소재들에 대해 실험동물 및 인체를 대상으로 체중조절 효능이 탐색된 바 있으나,¹⁰⁾ 이들 소재의 안전성, 체중감량 효과 및 작용기전에 관하여는 아직 과학적 연구자료가 불충분한 상태이다.

본 연구는 현재 국내에서 유통되고 있는 체중조절용 건강기능식품에서 사용되고 있는 가르시니아캄보지아 껍질추출물, L-카르니틴 및 대두 펩타이드의 체중감량 효능을 평가하고, 아울러 이들 기능성식품소재 섭취와 규칙적인 유산소운동의 상호작용 효과를 평가하고자 시도되었다. 이를 위해 고지방식을 섭취하는 흰쥐를 규칙적인 유산소운동을 병행시킨 군과 비운동군으로 나누고, 상기 식품소재들로 구성된 조성물의 섭취가 다양한 비만 관련 바이오마커에 미치는 영향을 평가하였다.

재료 및 방법

1. 실험식이 및 실험동물의 사육

생후 5주령의 Sprague-Dawley 수컷 흰쥐 (120 ± 10 g) 40 마리를 (주)오리엔트 (경기도)로부터 구입하여 상업용 고품사료로 1주일간 사육환경에 적응시킨 후, 난피법에 따라 비운동대조군 (SC, sedentary control group), 운동대조군 (EC, exercised control group), 비운동조성물섭취군 (SF, sedentary formular-fed group), 그리고 운동조성물섭취군 (EF, exercised formular-fed group) (n = 10)의 4군으로 배치하였다. 본 연구에 사용된 실험식은 AIN-76 식이조성¹¹⁾을 기본으로 하였으며, 식이성비만을 유도하기 위해 지방함량을 총 열량의 40% 수준으로 증가시키고, 지질급원으로 라이드와 옥수수유를 17 : 3의 비율로 사용하였으며, 콜레스테롤을 1% (wt/wt) 수준으로 포함시켰다. 실험식에 첨가된 조성물은 분말형태의 가르시아캄보지아 껍질추출물 (60% hydroxy citric acid 함유, InterHealth Co., U.S.A), 대두펩타이드 (Fuji Oil Co., Ltd., Japan) 및 L-카르니틴 (Lonza, Switzerland)을 1 : 0.6 : 0.02의 비율로 혼합한 것이며, 기타 실험식의 자세한 조성은 Table 1에 제시된 바와 같다. 분말상태의 정제실험식을 pellet 형태로 제조한 후, 방사선조사에 의한 멸균처리를 거쳐 실험동물에게 자유급식시켰다.

운동군의 경우 실험사육기간 동안 소동물용 트레드밀 (Dual-treadmill, 대중기기)을 이용하여 매일 20분씩 (오전 10 : 30~12 : 00)의 달리기운동을 주 5일, 9주 동안 실시하였다. 트레드밀운동에 적응하는 기간을 두기 위해 처음 3주 동안 트레드밀의 속도를 9 m/min에서 시작하여 점차로

Table 1. Composition of experimental diets

Ingredients ¹⁾	CD ²⁾ FD	
	(g/kg diet)	
Casein	200	200
DL-methionine	3	3
Corn starch	111	106.9
Sucrose	370	370
Cellulose	50	50
Corn oil	30	30
Lard	170	170
Mineral mixture ³⁾	42	42
Vitamin mixture ⁴⁾	12	12
Choline bitartrate	2	2
Cholesterol	10	10
<i>tert</i> -Butylhydroquinone ⁵⁾	0.04	0.04
Garcinia cambogia extract⁶⁾	-	1.518
Soy peptide	-	2.53
L-Carnitine	-	0.0506
Total (g)	1,000	1,000
Fat (% Calories)	40.0	40.0

¹⁾ Modified AIN-76A diet composition

²⁾ CD: high fat control diet, FD: formula (garcinia cambogia extract, soy peptide and L-carnitine)-supplemented diet

³⁾ AIN-76 Mineral Mixture: g/kg of mix: calcium phosphate dibasic 500; sodium chloride 74; potassium citrate H₂O 220; potassium sulfate 52; magnesium oxide 24; manganous carbonate 3.5; ferric citrate 6; zinc carbonate 1.6; cupric carbonate 0.3; potassium iodate 0.01; sodium selenite 0.01; chromium potassium sulfate 12H₂O 0.55; powdered sucrose 118.03

⁴⁾ AIN-76 Vitamin Mixture: g/kg of mix: Thiamine HCl 0.6; riboflavin 0.6; pyridoxine HCl 0.7; Niacin 3; calcium pantothenate 1.6; folic acid 0.2; biotin 0.02; vitamin B₁₂ (0.1%) 1; vitamin A palmitate (500,000 IU/g) 0.8; vitamin D₃ (400,000 IU/g) 0.25; vitamin E acetate (500 IU/g) 10; menadione sodium bisulfite 0.08; powdered sucrose 981.15

⁵⁾ Antioxidant agent: 0.01 g/50 g lipid

⁶⁾ Garcinia cambogia extract contained 60% hydroxy citric acid

증가시켜 나갔다. 즉, 첫 주는 9 m/min의 속도에서 총 20분 동안 운동시켰으며, 2주째는 9 m/min의 속도에서 3분, 12 m/min 속도에서 17분 동안, 그리고 3주째는 9 m/min 속도로 3분, 12 m/min 속도로 3분, 15 m/min의 속도로 14분 간 운동시켰다. 4~9주째에는 9 m/min에서 시작하여 매 3분마다 3 m/min씩 최대 18 m/min까지 운동강도를 증가시켰다 (9 m/min, 3분; 12 m/min, 3분; 15 m/min, 3분, 그리고 18 m/min, 11분). 18 m/min 속도의 트레드밀운동은 Sprague Dawley 흰쥐에 있어서 최대산소섭취량의 70%에 해당하는 중강도운동에 해당되는 것이다.¹²⁾

본 시험은 온도 23 ± 1°C, 습도 50 ± 5% 내외, 그리고 12시간 명암주기 (light: 6:00~18:00, dark: 18:00~6:00)로 일정하게 유지되는 동물사육실에서 수행되었다. 식이는 매일 오전 10~11시 사이에 물과 함께 공급하였으며, 식이 섭취량은 매일, 그리고 체중은 3일에 한번씩 측정하였

다. 사료섭취에 따른 갑작스런 체중변화를 막기 위해 사료통을 제거하고 2시간 후에 체중을 측정하였으며, 식이효율 (FER, food efficiency ratio)은 실험식이 공급일로부터 희생일까지를 총 실험기간으로 하여 실험기간 동안의 누적체중증가량을 총 식이섭취량으로 나누어 산출하였다.

2. 시료의 채취 및 내장지방조직 세포크기 측정

실험동물을 12시간 이상 금식시킨 후, diethyl ether로 마취한 상태에서 혈액, 간 및 부위별 내장지방조직 [부고환지방 (epididymal fat), 신장주변지방 (perirenal fat), 장간막지방 (mesenteric fat) 및 후복강지방 (retroperitoneal fat)]을 채취하였다. 복부대동맥으로부터 채혈한 혈액은 1000 × g에서 15분간 원심분리하여 혈청을 분리하였다. 적절한 간과 부위별 내장지방조직은 각각 식염수와 0.1 M phosphate 완충용액 (pH 7.4)으로 세척한 후, 무게를 측정하였다. 혈청, 간 및 내장지방조직은 분석 시까지 -80°C에 보관하였다.

적절한 부고환지방과 장간막지방조직의 일부를 0.1 M phosphate buffer가 담긴 tissue culture dish (100 mm)에서 0.1 mm³ 크기로 잘게 조각낸 후, glutaraldehyde (1%)가 포함된 4% paraformaldehyde 용액에서 24시간 고정시켰다. 0.1 M phosphate buffer로 10분씩 3회 세척한 후 다시 1% OsO₄ (Osmium tetroxide) 용액에서 30분간 후고정하고, 70%, 80%, 90% 및 95% 에탄올에 차례로 10분씩 침지시켰다. 다시 100% 에탄올에 1시간씩 2회 침지시켜 조직의 탈수과정을 완료하고, propylene oxide와 Epon용액 (KANTO사, Japan)에 24시간 침투시켜 포매한 후, 슬라이드로 만들었다. 광학현미경 (Axioplan 2, Zeiss, Göttingen, Germany)을 이용하여 지방조직절편 슬라이드를 촬영한 후, 지방조직의 총면적을 Discovery Series Quantity One (Bio-Rad Laboratories, Inc., Hercules, CA, USA) 프로그램을 이용하여 측정하고, 이를 지방세포수로 나누어 지방세포의 평균크기를 계산하였다.

3. 혈청 지질농도 측정

혈청 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 및 중성지방농도는 상업용 kit (주, 영동제약)를 이용하여 2회 반복 측정하였다. 유리지방산농도는 SICDIA NEFAZYME kit (Eiken Chemical, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 혈중 LDL + VLDL콜레스테롤 농도는 총콜레스테롤 농도에서 HDL콜레스테롤 농도를 제하여 산출하였다.

4. 효소활성 측정

간조직으로부터 세포질을 분리하기 위해 Murata 등¹³⁾의 방법을 수정하여 사용하였다. 2 g의 간조직에 완충용액 (0.25

M sucrose + 1 mM EDTA + 0.002 M dithiothreitol, pH 7.6) 8 mL을 가하고 polytron homogenizer를 사용하여 균질화시킨 후, 600 × g, 4°C에서 15분간 원심분리하였다. 상층액을 105,000 × g, 4°C에서 40분간 초원심분리하여 세포질층을 분리한 후, 효소활성 측정에 이용하였다.

지방산 생합성과정의 제한효소인 malic enzyme (ME) 활성은 Hsu 등¹⁴⁾의 방법에 의해 측정하였다. 즉, 0.4 M triethanolamine buffer (pH 7.4) 700 μL에, 0.12 M MnCl₂ 50 μL, 3.4 mM NADP 80 μL, 30 mM malate 20 μL, 그리고 세포질분획 20 μL (0.08~0.12 mg의 단백질 함유)를 가한 후 26°C, 340 nm에서 90초간 흡광도 변화를 측정하였다. 효소활성 1 unit은 1분동안 생성된 NADPH의 양으로 결정하였으며, specific activity는 세포질에 함유되어 있는 단백질 1 mg에 해당하는 enzyme unit로 나타내고, 세포질분획의 단백질농도는 Bio-Rad 시약을 사용하여 측정하였다.

Glucose-6-phosphate-dehydrogenase (G6PDH) 활성은 Kelley 등¹⁵⁾의 방법에 준해 NADP가 NADPH로 환원되는 정도로 평가하였다. 55 mM Tris-HCl (pH 7.8), 3.3 mM MgCl₂ buffer 900 μL에 6 mM NADP 40 μL, 0.1 M glucose-6-phosphate 40 μL, 및 세포질분획 20 μL (0.08~0.12 mg 단백질)를 가한 후, 25°C, 340 nm에서 90초간 흡광도의 변화를 측정하였다. 효소활성 1 unit은 1분동안 생성된 NADPH의 양으로 정의하였고, specific activity는 단백질 1 mg에 해당하는 enzyme unit로 나타났다.

Fatty acid synthase (FAS) 활성은 NADPH가 NADP로 산화되는 정도로 측정하였다.¹⁶⁾ 90 mM potassium phos-

phate buffer (pH 7.0), 0.18 mM EDTA, 0.10 mM acetyl-CoA, 0.20 mM NADPH에 세포질분획 20 μL과 0.20 mM malonyl-CoA를 가한 후, 25°C, 340 nm에서 90초간의 흡광도 변화를 측정하였다. 효소활성 1 unit은 1분동안 효소의 촉매작용에 의해 산화되는 NADPH의 양으로 정의하였고, specific activity는 단백질 1 mg에 해당하는 enzyme unit로 나타났다.

5. 호르몬농도 분석

공복시 혈청 glucose 농도는 생화학자동분석기 (Express Plus, Chiron Diagnostics Co., USA)를 이용하여 측정하였으며, 분석용 시약은 Bayer사 (Tarrytown, NY, USA)로부터 구입하였다. 혈청 insulin, C-peptide 및 leptin 농도는 각기 Rat C-Peptide RIA kit, Rat Insulin RIA kit, 그리고 Rat Leptin RIA kit (LINCO Research, Inc, St. Charles, USA)를 사용하여 gamma-counter (COBRA 5010 Quantum, USA)에 의한 방사면역법으로 측정하였다.

6. 통계 분석

모든 자료의 통계분석은 SPSS 12.0 (Chicago, IL, USA)을 사용하여 실시하였고, 분석수치는 mean ± SEM으로 나타내었다. 본 연구에서 측정된 분석지표들에 미치는 실험식이 또는 트레이드밀운동의 주효과, 그리고 실험식사와 운동의 상호작용 효과에 대한 유의성 여부는 general linear modeling을 적용하여 two-way analysis of variance (ANOVA)에 의해 평가하였다. 한편, 실험군 간의 유의적인 차이는 one-way ANOVA를 실시하여 검증하였으며, p < 0.05 수

Fig. 1. Body weight gain of rats fed experimental diets for 9 weeks. Values are mean ± SEM of 8 - 10 rats. SC: sedentary control group, EC: exercised control group, SF: sedentary formula-fed group, EF: exercised formula-fed group.

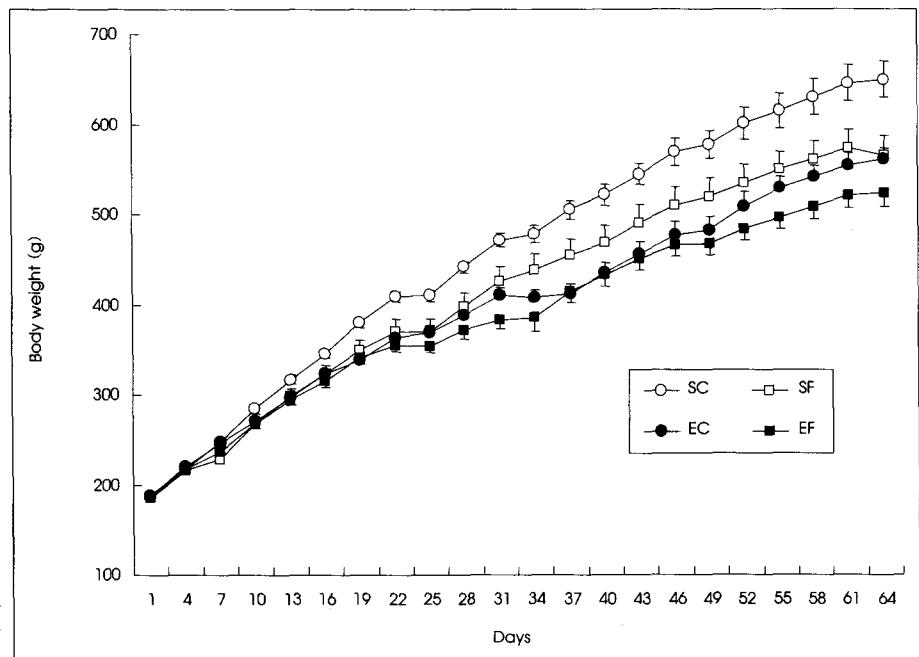


Table 2. Effects of diet and treadmill exercise on body weight gain, food intake, food efficiency ratio and liver weight of rats

	Group ¹⁾								ANOVA		
	SC		EC		SF		EF		Diet	Exercise	Diet × exercise
Initial body weight (g)	187	± 3.95	188	± 2.51	186	± 2.68	185	± 2.52	NS ³⁾	NS	NS
Final body weight (g)	650	± 20.3 ^a	561	± 11.6 ^b	565	± 23.4 ^b	524	± 17.5 ^b	*	*	NS
Cummulative body weight gain (g/9 wks)	463	± 23.3 ^a	374	± 11.5 ^b	381	± 18.5 ^b	342	± 16.6 ^b	*	*	NS
Liver weight (g/100 g body weight)	5.01	± 0.18 ^a	4.26	± 0.16 ^b	4.51	± 0.07 ^b	3.76	± 0.14 ^c	*	**	NS
Food intake (g/day)	27.6	± 0.50 ^a	21.4	± 0.33 ^b	27.2	± 0.49 ^a	22.8	± 0.40 ^b	NS	**	NS
FER ²⁾	0.266	± 0.009 ^{ab}	0.275	± 0.005 ^a	0.224	± 0.009 ^c	0.241	± 0.011 ^{bc}	**	NS	NS

¹⁾ SC: sedentary control group, EC: exercised control group, SF: sedentary formular-fed group, EF: exercised formula-fed group
Values are mean ± SEM of 8 – 10 rats

²⁾ FER (food efficiency ratio) = $\frac{\text{Body weight gain for experimental period}}{\text{Food intake for experimental period}}$

³⁾ NS: not significant

*, **: Significant effects of diet (D), treadmill exercise (E) and their interaction (D × E) were found by two-way analysis of variance (ANOVA) at *: p < 0.01 and **: p < 0.001, respectively

Different letters in a same row represent significant differences among experimental groups by one-way ANOVA at p < 0.05

중에서 유의성이 관찰된 경우 각 실험군의 평균값의 차이에 대한 유의성은 Duncan's multiple range test를 이용하여 평가하였다.

결과 및 고찰

1. 체중 증가량 및 식이섭취량

실험식이와 함께 규칙적인 유산소운동을 9주간 실시하면 서 측정된 식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율 결과는 Fig. 1 과 Table 2에 제시된 바와 같다. 누적체중증가량은 규칙적인 유산소운동 (10~19% 감소) 또는 조성물섭취 (9~18% 감소)에 의해 각각 유의하게 감소하였으며 (p < 0.01), 조성물섭취와 운동의 상호작용 효과는 관찰되지 않았다. 규칙적인 운동을 하지 않은 상태에서 조성물섭취는 누적체중증가량을 18% 유의하게 감소시킨 한편, 운동군에서 조성물섭취에 의한 누적체중증가량 감소율은 9%에 불과하였다. 이는 본 연구에서 사용된 운동프로토콜이 체중감량을 효율적으로 달성하였고, 따라서 조성물섭취에 의한 체중감량 효과가 유의한 수준으로 나타나지 않은 것으로 풀이된다. 운동 (p < 0.01) 또는 조성물섭취 (p < 0.001)는 체중 대 간무게를 유의하게 감소시켰다 (Table 2).

조성물섭취는 식이섭취량에 영향을 미치지 않은 채 식이효율을 유의적으로 감소시켰다. 반면, 규칙적인 운동은 식이효율에는 영향을 미치지 못하였고, 식이섭취량을 유의하게 감소시키므로써 체중을 감소시킨 것으로 나타났다. 즉, 운동군과 비운동군 간에 나타난 체중증가량의 차이는 운동으로 인한 열량소모의 증가보다는 두 군간의 식이섭취량 차이에

기인한 것으로 생각되며, 이는 규칙적인 운동이 식욕을 억제한다는 타 연구결과들¹⁷⁾과도 일치하는 내용이다. 반면, 조성물섭취가 식이섭취량에 유의한 영향을 미치지 못한 결과로 미루어 볼 때, 조성물섭취는 식욕억제 효과보다는 대사적 원인에 의해 체중을 조절함을 유추할 수 있다. 이는 본 연구에서 사용된 조성물에 함유된 hydroxy citric acid (HCA)가 식욕을 억제하므로써 체중감량 효과를 나타낸다는 선행연구^{8,19)}와는 상반되는 결과이다. 한편, 대두 펩타이드 또는 L-카르니틴이 식이섭취량에 미치는 영향에 관하여는 현재까지 보고된 바가 없다.

2. 내장지방조직 무게 및 세포크기

규칙적인 유산소운동은 총내장지방량을 유의하게 감소시켰으며, 내장지방 부위별로는 부고환지방 (13~20% 감소, p < 0.05), 신장주변지방 (20~22% 감소, p < 0.001) 및 복강후지방 (17~18% 감소, p < 0.01) 무게를 모두 유의한 수준으로 감소시켰다 (Table 3). 조성물섭취 역시 총내장지방량을 유의하게 감소시켰으며, 부고환지방 (15~22% 감소, p < 0.05), 신장주변지방 (19~22% 감소, p < 0.001) 및 복강후지방 (20~21% 감소, p < 0.01) 무게를 모두 유의하게 감소시켰다. 조성물을 섭취하면서 규칙적인 운동을 병행한 경우 조성물만 섭취한 쥐에 비해 부고환지방, 신장주변지방, 복강후지방 및 장간막지방조직 무게가 모두 감소하는 경향을 보였고, 특히, 신장주변지방 무게에서는 SF와 EF군 간에 유의적인 차이가 관찰되었다 (p < 0.001). 한편, 조성물섭취에 의한 총내장지방 감소율은 운동을 하지 않은 군의 경우 20%에 달하였으나 (p < 0.05), 운동을 병행한 군에서는 13% (p > 0.05)로 나타나 비운동군보다 감소폭이

적었다.

내장지방세포의 크기를 살펴보면, 부고환지방세포의 평균 크기는 운동에 의해 유의하게 감소하였고 ($p < 0.001$), 조성물섭취에 의해 감소하는 경향을 보였으나, 유의적인 차이를 나타내지는 못하였다 (Table 3, Fig. 2). 부위별 내장지방 무게 및 세포크기는 규칙적인 운동을 하면서 조성물을 섭취한 군 (EF)에서 다른 세군에 비해 가장 적게 나타났으나, 조

성물섭취와 운동 간의 상호작용 효과는 관찰되지 않았다. 아울러, 조성물섭취가 내장지방량의 무게를 유의하게 감소시켰음에도 불구하고 지방세포 크기에 영향을 미치지 않은 결과로부터 조성물이 지방세포 수를 감소시키므로써 체중감소 효과를 나타내었음이 유추된다. 이와는 반대로 Hasegawa²⁰⁾는 지방세포주를 대상으로 한 *in vitro* 연구에서 가르시니아 캄보지아 추출물이 분화된 3T3-L1 세포 내로의 지방축적

Table 3. Effects of diet and treadmill exercise on liver and visceral fat weights, and visceral fat cell size of rats

	Group ¹⁾				ANOVA		
	SC	EC	SF	EF	Diet	Exercise	Diet × exercise
Visceral fat weight (g/100 g body weight)							
Epididymal	2.86 ± 0.27 ^a	2.29 ± 0.073 ^{ab}	2.24 ± 0.11 ^{ab}	1.94 ± 0.24 ^b	*	*	NS ²⁾
Perirenal	0.85 ± 0.049 ^a	0.66 ± 0.022 ^b	0.67 ± 0.039 ^b	0.53 ± 0.042 ^c	***	***	NS
Retroperitoneal	3.33 ± 0.216 ^a	2.72 ± 0.154 ^b	2.63 ± 0.198 ^b	2.19 ± 0.139 ^b	**	**	NS
Mesenteric	2.29 ± 0.104 ^a	2.05 ± 0.091 ^{ab}	1.94 ± 0.155 ^{ab}	1.86 ± 0.107 ^b	NS	NS	NS
Total visceral	9.33 ± 0.584 ^a	7.71 ± 0.236 ^b	7.48 ± 0.527 ^b	6.53 ± 0.408 ^b	**	*	NS
Fat cell size (μm²)							
Epididymal	7.17 ± 0.43 ^a	4.59 ± 0.29 ^c	5.99 ± 0.38 ^b	4.63 ± 0.23 ^c	NS	***	NS
Mesenteric	3.92 ± 0.26 ^{NS}	3.50 ± 0.39	3.57 ± 0.55	2.90 ± 0.27	NS	NS	NS

¹⁾ SC: sedentary control group, EC: exercised control group, SF: sedentary formula-fed group, EF: exercised formula-fed group
Values are mean ± SEM of 8 – 10 rats

²⁾ NS: not significant

*, **, ***: Significant effects of diet (D), treadmill exercise (E) and their interaction (D × E) were found by two-way analysis of variance (ANOVA) at *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$ and ***: $p < 0.001$, respectively

Different letters in a same row represent significant differences among experimental groups by one-way ANOVA at $p < 0.05$

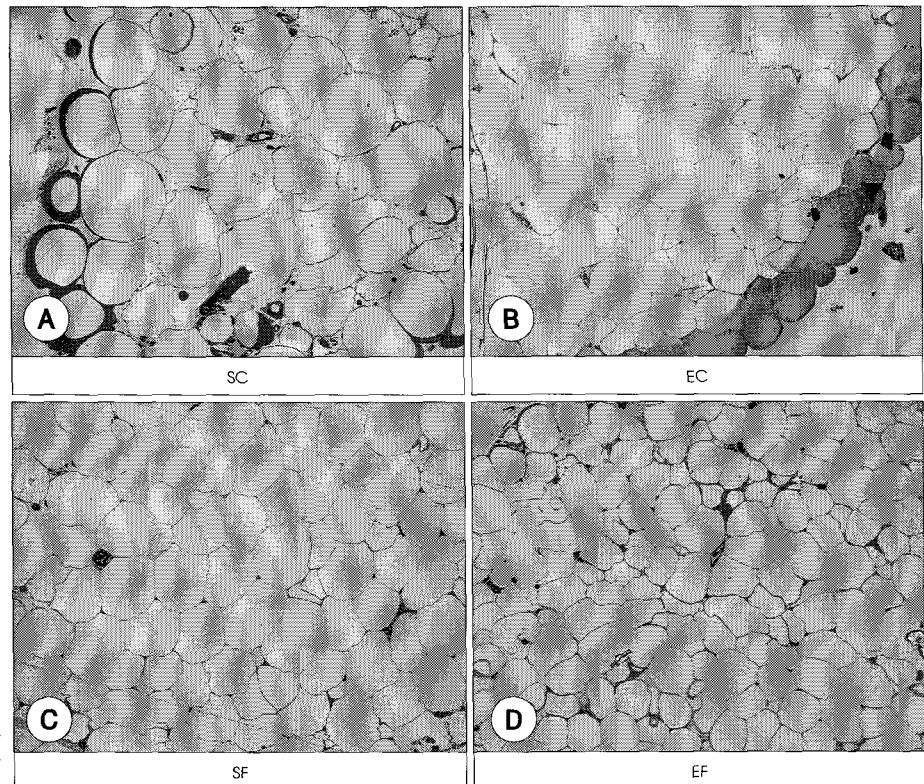


Fig. 2. Histological images of epididymal fat cells from rats fed experimental diets and treadmill exercise for 9 weeks. SC: sedentary control group, EC: exercised control group, SF: sedentary formula-fed group, EF: exercised formula-fed group. Images were captured at 200 × magnification.

Table 4. Effects of diet and treadmill exercise on serum lipid levels of rats

	Group ¹⁾				ANOVA		
	SC	EC	SF	EF	Diet	Exercise	Diet × exercise
Serum							
Total cholesterol (mg/100 mL)	163 ± 21.2 ^a	102 ± 2.83 ^b	93.7 ± 3.39 ^b	84.8 ± 6.21 ^b	**	**	* ⁵⁾
LDL + VLDL cholesterol (mg/100 mL) ²⁾	114 ± 19.3 ^a	55.7 ± 3.36 ^b	52.9 ± 3.91 ^b	41.9 ± 4.67 ^b	**	**	*
HDL cholesterol (mg/100 mL)	48.7 ± 3.46 ^a	41.2 ± 1.73 ^{ab}	37.1 ± 1.81 ^b	42.2 ± 2.81 ^{ab}	NS ⁴⁾	NS	*
HTR (%) ³⁾	31.8 ± 2.63 ^b	42.7 ± 1.62 ^{ab}	41.7 ± 2.53 ^{ab}	51.0 ± 2.80 ^a	***	***	NS
Triglyceride (mg/100 mL)	34.4 ± 3.08 ^{NS}	34.2 ± 2.38	27.4 ± 2.73	35.1 ± 1.77	NS	NS	NS
FFA (mg/100 mL)	16.3 ± 1.16 ^a	13.9 ± 1.30 ^a	9.36 ± 0.54 ^b	13.9 ± 0.58 ^a	**	NS	***

¹⁾ SC: sedentary control group, EC: exercised control group, SF: sedentary formula-fed group, EF: exercised formula-fed group
Values are mean ± SEM of 8 - 10 rats

²⁾ LDL + VLDL cholesterol = total cholesterol - HDL cholesterol

³⁾ HTR (%) = HDL cholesterol/total cholesterol × 100

⁴⁾ NS: not significant

⁵⁾ Interaction between diet and exercise was synergistic

*, **, ***: Significant effects of diet (D), treadmill exercise (E) and their interaction (D × E) were found by two-way analysis of variance (ANOVA) at *: p < 0.05, **: p < 0.01 and ***: p < 0.001, respectively

Different letters in a same row represent significant differences among experimental groups by one-way ANOVA at p < 0.05

을 감소시켰음을 보고한 바 있다. 한편, 장간막지방 조직 무게와 지방세포 크기는 이 두 가지 요인에 의해 영향을 받지 않는 것으로 나타났고, 따라서 장간막지방조직은 다른 부위의 내장지방조직과는 달리 운동 또는 식이에 반응하지 않음을 알 수 있다.

Bell 등²¹⁾은 마우스를 대상으로 회전바퀴가 장착된 cage에서 8주 동안 자발적 운동을 실시한 결과, 내장지방량이 유의하게 감소되었음을 관찰하였다. 아울러 Kim 등²²⁾은 인체를 대상으로 유산소운동 (60~70%의 최대산소소모량에서 30분) 및 웨이트트레이닝 (20분)으로 구성된 운동프로그램을 주 3회 실시하면서 가르시니아캄보지아 추출물, 대두 펩타이드 및 L-카르니틴이 함유된 기능성음료를 섭취시킨 결과, 4주째부터 체지방량이 유의적으로 감소하였음을 보고하여 본 연구결과를 지지해 주고 있다.

3. 혈청 지질농도

규칙적인 유산소운동은 혈중 총콜레스테롤 (9.5~37% 감소) 및 LDL + VLDL콜레스테롤 농도 (21~51% 감소)를 각기 유의하게 감소시켰으며 (p < 0.01), 혈중 HDL콜레스테롤/총콜레스테롤 비율 (HTR)은 유의하게 증가시켰다 (22~34% 증가, p < 0.001) (Table 4). 조성물섭취 역시 혈중 총콜레스테롤 (17~43% 감소) 및 LDL + VLDL콜레스테롤 농도 (25~54% 감소)를 유의하게 감소시켰으며 (p < 0.01), HTR 수치를 유의하게 증가시켰다 (19~31% 증가, p < 0.001). 혈중 총콜레스테롤 및 LDL + VLDL콜레스테롤 농도의 경우 운동과 조성물섭취의 시너지효과가, 그리고 HDL콜레스테롤 농도의 경우 운동과 조성물섭취의 상호작용 효과가 관찰되었다.

One-way ANOVA에 의해 실험군 간의 차이를 분석한 결과에 의하면, EC군의 경우 SC군에 비해 혈청 총콜레스테롤 (37% 감소) 및 LDL + VLDL콜레스테롤 농도 (51% 감소)가 유의하게 감소하였다. 규칙적인 운동을 하지 않은 상태에서 조성물섭취는 혈청 총콜레스테롤 (43% 감소) 및 LDL + VLDL 콜레스테롤 농도 (54% 감소)를 유의하게 감소시킨 한편, 운동을 병행한 군에서는 조성물 섭취가 혈청 총콜레스테롤 (17% 감소) 및 LDL + VLDL 콜레스테롤 (25% 감소) 농도를 감소시키는 경향을 보였으나, 유의적인 차이를 나타내지는 못하였다. HTR 수치는 운동을 하면서 조성물을 섭취한 군 (EF)에서 다른 세군에 비해 가장 높았으나, 두 가지 요인에 의한 상호작용 효과는 관찰되지 않았다. 한편, 혈중 중성지방농도는 조성물섭취 또는 운동에 의해 영향을 받지 않았으며, 조성물섭취와 운동의 복합효과 또한 관찰되지 않았다. 혈중 유리지방산농도는 운동에 의해 영향을 받지 않은 반면, 조성물섭취에 의해서는 유의적으로 감소되었다 (p < 0.01) (Table 4).

선행연구결과에 의하면, Kwon 등²³⁾이 흰쥐를 대상으로 8주간 규칙적인 수영운동을 실시하면서 HCA를 섭취시킨 결과 혈중 총콜레스테롤 농도가 감소하였고, 마우스를 대상으로 가르시니아캄보지아 추출물을 4주간 섭취시킨 결과 혈중 총콜레스테롤농도가 유의하게 감소하였다.²⁴⁾ 아울러, 심혈관계질환자를 대상으로 규칙적인 유산소운동 (70% VO₂ max)을 시킨 결과, HDL콜레스테롤/총콜레스테롤 비율을 증가시켰다는 보고내용,²⁵⁾ 그리고 규칙적인 운동이 간조직의 LDL콜레스테롤 수용체를 활성화시키므로서 간에 의한 LDL콜레스테롤 uptake를 증가시키고 혈중 LDL콜레스테롤 농도를 감소시켰다는 보고²⁶⁾ 또한 본 연구결과를 지지해 주고 있다.

Table 5. Effects of diet and treadmill exercise on lipogenic enzyme activities in the liver of rats

	Group ¹⁾				ANOVA		
	SC	EC	SF	EF	Diet	Exercise	Diet × exercise
(nmol · min ⁻¹ · mg protein ⁻¹)							
Fatty acid synthase	10.2 ± 0.93 ^a	10.2 ± 0.63 ^a	7.63 ± 0.80 ^b	7.96 ± 0.80 ^b	*	NS ²⁾	NS
Glucose-6-phosphate dehydrogenase	25.7 ± 4.67 ^{NS}	21.2 ± 2.88	20.2 ± 2.71	21.1 ± 1.89	NS	NS	NS
Malic enzyme	15.2 ± 3.01 ^a	10.6 ± 1.33 ^{ab}	8.36 ± 0.79 ^b	6.58 ± 0.60 ^b	*	NS	NS

¹⁾ SC: sedentary control group, EC: exercised control group, SF: sedentary formula-fed group, EF: exercised formula-fed group

Values are mean ± SEM of 8 - 10 rats

²⁾ NS: not significant

*: Significant effects of diet (D), treadmill exercise (E) and their interaction (D × E) were found by two-way analysis of variance (ANOVA) at *: p < 0.01

Different letters in a same row represent significant differences among experimental groups by one-way ANOVA at p < 0.05

일반적으로 체지방량과 혈중 유리지방산농도 간에는 양의 상관관계가 있음이 알려져 있는데,²⁷⁾ 본 연구결과에서도 혈중 유리지방산농도가 조성물섭취에 의해 유의하게 감소하였다. 아울러, Hayamizu 등²⁴⁾의 연구에서도 4주간 섭취시킨 가르시니아캄보지아 추출물에 의해 마우스의 혈중 유리지방산농도가 감소한 바 있다.

4. 간조직의 지방산 생합성 관련 효소활성

간조직에서 지방산 생합성에 필요한 수소이온 (H⁺)의 생성을 촉매하는 malic enzyme (ME) 및 glucose-6-phosphate dehydrogenase (G6PDH), 그리고 acetyl-CoA로부터 지방산을 생합성하는데 관여하는 fatty acid synthase (FAS) 활성을 측정된 결과가 Table 5에 나타나 있다. 규칙적인 유산소운동은 세가지 종류의 지방산 생합성효소 활성에 유의한 영향을 미치지 않은 반면, 조성물섭취는 FAS (22~25% 감소) 및 ME (38~45% 감소) 활성을 유의하게 감소시켰다 (p < 0.01). 이들 세가지 효소활성에 있어서 운동과 조성물섭취의 상호작용 효과는 관찰되지 않았다.

두분자의 acetyl-CoA가 결합하여 malonyl-CoA가 생성되면서 지방산 생합성이 시작되는데, HCA는 ATP-citrate lyase (citrate를 acetyl-CoA와 oxaloacetate로 분해하는 과정을 촉매하는 효소)에 citrate와 경쟁적으로 작용하므로 acetyl-CoA 합성을 저해하는 것으로 알려져 있다.²⁸⁾ HCA로 인해 acetyl-CoA 합성이 저해되면 malonyl-CoA 생성이 저해되어, 결과적으로 지방산생합성이 억제된다.²⁹⁾ 한편, HCA가 ATP-citrate lyase 저해제로 작용하는 경우 acetyl-CoA 뿐 아니라 oxaloacetate 생성 또한 저해되고, 후자는 malate 전구체이므로 HCA 섭취에 의한 세포내 oxaloacetate 농도의 감소는 malate 농도저하로 이어질 것이다. 따라서 본 연구결과에서 조성물섭취에 의해 malic enzyme 활성이 감소한 것 역시 HCA에 의해 malic enzyme 기질인 malate 농도가 감소한 것과 연관이 있을 것으로 사

료된다. 이상의 결과를 종합해 보면, 본 연구에서 사용된 조성물은 간조직의 지방산합성 관련 효소의 활성을 저해함으로써 지방산 생합성을 저해하고, 결과적으로 간조직 및 내장의 지방축적을 감소시켰을 것으로 해석된다.

L-카르니틴은 장쇄지방산을 세포질로부터 미토콘드리아 내로 이동시키는데 필수적인 성분이다. 활성화된 long chain acyl-CoA는 미토콘드리아 내막을 통과할 수 없으므로 미토콘드리아 외막에 존재하는 carnitine palmitoyltransferase I (CPT I)의 촉매작용에 의해 카르니틴과 결합하여 acyl-carnitine으로 전환되어 미토콘드리아 내로 이동된다.³⁰⁾ 미토콘드리아 내에서 acyl-carnitine은 carnitine palmitoyltransferase II (CPT II)에 의해 carnitine과 long chain fatty acyl-CoA로 분리된 후 크랩스회로로 들어가 에너지를 공급하게 된다.³¹⁾ 이 과정에 필수적인 carnitine은 정상인의 간 또는 신장에서 lysine과 methionine에 의해 합성되거나, 식이를 통해 공급된다. 따라서, 조성물을 통한 carnitine 보충이 장쇄지방산 산화에 영향을 미쳤을 것으로 예상된다. 아울러 가르시니아캄보지아 껍질추출물 섭취에 의한 세포질 내 malonyl-CoA 농도의 감소는 CPT I을 활성화시켜 미토콘드리아내로 장쇄지방산을 유입시키므로써 지방산 산화를 증가시켰을 가능성도 제기된 바 있다.³²⁾ 즉, 지방산 산화의 율속효소인 CPT I에는 malonyl-CoA에 의한 조절부위가 있고, malonyl-CoA가 이 조절부위에 결합하므로써 CPT I 활성이 저해된다.³³⁾

대두 펩타이드의 경우 현재까지 체중감량 관련 작용기전이 확실히 밝혀진 예는 없다. Saito 등³⁴⁾이 동물실험을 통해 대두 펩타이드가 교감신경계 및 갈색지방조직을 활성화시켜 지방산화를 가속화시킨다고 보고하였고, Komatsu 등³⁵⁾은 대두 펩타이드가 성인과 아동에서 모두 식이성 열생산 (diet-induced thermogenesis)을 증가시킨다고 발표한 바 있어 대두 펩타이드의 체중감량 효과가 예상되고 있다.

Table 6. Effects of diet and treadmill exercise on serum glucose, insulin, C-peptide and leptin concentrations of rats

	Group ¹⁾				ANOVA		
	SC	EC	SF	EF	Diet	Exercise	Diet × exercise
Glucose (mg/100 mL)	194 ± 11.0 ^a	163 ± 5.22 ^b	167 ± 5.41 ^b	164 ± 9.09 ^b	NS ²⁾	NS	NS
Insulin (ng/mL)	3.38 ± 0.88 ^a	1.16 ± 0.17 ^b	1.72 ± 0.31 ^b	1.63 ± 0.39 ^b	NS	*	NS
C-peptide (ng/mL)	5.58 ± 0.79 ^a	2.55 ± 0.31 ^b	3.31 ± 0.44 ^b	2.96 ± 0.51 ^b	NS	**	*
Leptin (μU/mL)	11.0 ± 1.57 ^a	5.60 ± 0.94 ^b	8.12 ± 1.30 ^{ab}	4.61 ± 1.14 ^b	NS	**	NS

¹⁾ SC: sedentary control group, EC: exercised control group, SF: sedentary formula-fed group, EF: exercised formula-fed group
Values are mean ± SEM of 8 - 10 rats

²⁾ NS: not significant

*, **: Significant effects of diet (D), treadmill exercise (E) and their interaction (D × E) were found by two-way analysis of variance (ANOVA) at *: $p < 0.05$ and **: $p < 0.01$, respectively

Different letters in a same row represent significant differences among experimental groups by one-way ANOVA at $p < 0.05$

5. 비만 관련 호르몬 농도

c-Peptide는 insulin의 전구물질인 proinsulin을 연결하는 connecting peptide의 약자이며, proinsulin 1분자는 insulin 1분자와 c-peptide 1분자로 분해되어 혈액으로 분비된다. 인슐린은 표적기관에서 이용된 후 간에 의해 uptake되어 insulinase에 의해 분해되며, 반감기는 약 6~8분 정도이다. 한편, insulin과 동일 분자량만큼 생성된 c-peptide는 간에 의해 uptake되지 않고 혈중에 그대로 남아 있기 때문에 인슐린 합성능 측정에 있어서 인슐린보다 더 민감한 지표로 여겨진다. 이외에도 체내에 에너지가 과잉 축적될 경우 지방세포에 의한 leptin 합성 및 분비가 증가하므로 혈중 leptin 농도는 비만도의 지표로 사용된다.³⁶⁾ 즉, 혈중 leptin 농도는 체중 및 체지방량과 양의 상관관계를 나타내며, 고지방식은 지방조직에서의 leptin 발현 및 혈중 leptin 농도를 증가시키는 것으로 알려져 있다. 아울러 insulin은 leptin 유전자발현을 조절하고,³⁷⁾ 역으로 leptin은 insulin signal transduction을 저해하는 것으로 알려져 있다.³⁸⁾

고지방식은 말초조직에서 당질 및 지질대사를 조절하는 인슐린기능을 저하시킴으로서 인슐린 비의존성 당뇨 (제 2형 당뇨)를 유발하는 것으로 알려져 있다.³⁹⁾ 고지방식이 섭취시 혈중 유리지방산농도가 증가하게 되고, 후자는 간에서의 인슐린 uptake를 저하시켜 고인슐린혈증을 유발하는 것으로 알려져 있다.⁴⁰⁾ 반대로 체중이 감소될 경우, 인슐린 저항성이 개선되고 공복 시의 혈중 인슐린농도가 감소하는 경향을 보인다. 선행연구결과에 의하면, 흰쥐를 대상으로 8주간 고지방식사와 함께 운동훈련을 시킨 결과 운동을 하지 않은 대조군에 비해 혈중 insulin 및 leptin 농도가 유의적으로 감소하였고,⁴¹⁾ 가르시니아캄보지아 추출물의 보충섭취는 마우스의 혈중 insulin 및 leptin 농도를 유의적으로 저하시켰다.⁴²⁾

규칙적인 유산소운동은 혈중 insulin (5~66% 감소, $p < 0.05$), c-peptide (11~54% 감소, $p < 0.01$) 및 leptin 농

도 (43~49% 감소, $p < 0.01$)를 모두 유의하게 감소시켰으며, c-peptide 농도의 경우 운동과 조성물섭취에 의한 상호작용 효과가 관찰되었다 ($p < 0.05$) (Table 6). 한편, 조성물섭취는 공복혈당 및 비만 관련 호르몬농도에 영향을 미치지 않았다. 실험군 간의 차이를 one-way ANOVA에 의해 분석해 본 결과, EC군의 경우 SC군에 비해 공복혈당 (16% 감소), 혈중 insulin (66% 감소), c-peptide (54% 감소) 및 leptin 농도 (49% 감소)가 유의하게 감소되었다. 운동을 병행하지 않은 상태에서 조성물섭취는 공복혈당 (14% 감소), 혈중 insulin (49% 감소) 및 c-peptide 농도 (41% 감소)를 유의하게 저하시켰으며 ($p < 0.05$), 혈중 leptin 농도 (26% 감소) 또한 감소시키는 경향을 보였다. 한편 규칙적 유산소운동을 하는 군에서 조성물섭취는 insulin, c-peptide 및 leptin 농도에 유의적인 변화를 나타내지 못했는데, 이는 규칙적인 유산소운동에 의해 혈당 및 비만 관련 호르몬이 효과적으로 개선되므로 조성물섭취에 의한 추가효과가 관찰되지 않은 것으로 짐작된다.

요약 및 결론

가르시니아캄보지아 껍질추출물, 대두 펩타이드 및 L-카르니틴 조성물의 체중감량 효능, 그리고 이들 조성물섭취와 규칙적인 유산소운동의 상호작용 효과를 평가하고자, 고지방식을 섭취하는 흰쥐를 규칙적인 유산소운동을 병행시킨 군과 비운동군으로 나누고, 상기 조성물을 9주간 섭취시킨 후 다양한 비만 관련 바이오마커들을 측정함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

Two-way ANOVA에 의해 유산소운동과 조성물섭취의 효과를 평가한 결과, 규칙적인 유산소운동은 누적체중증가량 및 총내장지방량을 유의하게 감소시켰으며, 내장지방 부위별로는 부고환지방, 신장주변지방 및 복강후지방 무게를 모두 유의한 수준으로 감소시켰다. 운동은 또한 혈중 비만

관련 호르몬인 insulin, c-peptide 및 leptin 농도, 그리고 혈중 총콜레스테롤 및 LDL + VLDL콜레스테롤 농도를 유의하게 감소시켰다. 조성물섭취 역시 누적체중증가량 및 총내장지방량, 그리고 부고환지방, 신장주변지방 및 복강후지방 무게를 모두 유의하게 감소시켰으며, 혈중 총콜레스테롤 및 LDL + VLDL콜레스테롤 농도, 그리고 간조직에서 지방산합성에 관여하는 fatty acid synthase 및 malic enzyme 활성을 유의하게 감소시켰다. 혈중 총콜레스테롤 및 LDL + VLDL콜레스테롤 농도의 경우 운동과 조성물섭취의 시너지 효과가 관찰되었다. One-way ANOVA 분석에 의해 각 실험군 간의 차이를 평가한 결과, 규칙적인 운동을 하지 않은 상태에서 조성물을 섭취시킨 결과 누적체중증가량 (18% 감소), 총내장지방량 (20% 감소), 혈중 총콜레스테롤 (43% 감소) 및 LDL + VLDL콜레스테롤 (54% 감소) 농도, 그리고 혈중 insulin (49% 감소) 및 c-peptide (41% 감소) 농도가 모두 유의하게 감소하였다. 한편, 유산소운동을 병행한 군에서 조성물섭취는 다양한 비만 관련 생물지표들을 감소시키는 경향을 보였으나 유의한 영향을 미치지 못하는 못하였는데, 이는 본 연구에서 사용된 운동프로토콜에 의해 체중증가량 뿐 아니라 다양한 비만 관련 바이오마커들이 효과적으로 개선되므로서 조성물섭취에 의한 추가효과가 유의한 수준으로 발현되지 않았기 때문으로 풀이된다. 결론적으로 운동과 함께 조성물을 섭취한 군의 경우 다른 세군에 비해 누적체중증가량을 비롯한 대부분의 지표가 가장 큰 폭으로 개선되었고, 따라서 가장 바람직한 체중조절 프로그램을 제공 받은 것으로 생각된다.

Literature cited

- 1) IOTF database, London
- 2) 국민건강 · 영양조사. 보건복지부, 2002. 9.
- 3) Daily JW 3rd, Cha YS. Macronutrient intake and obesity. *J Food Sci Nutr* 5(1) : 58-64, 2000
- 4) Wolf AM, Colditz GA. Current estimates of the economic cost of obesity in the United States. *Obes Res* 6(2) : 97-106, 1998
- 5) Seidell JC, Rissanen A. Time trends in the worldwide prevalence of obesity. Marcel Dekker, New York, 1997
- 6) Froidevaux F, Schutz Y, Christin L, Jequier E. Energy expenditure in obese women before and during weight loss, after refeeding, and in the weight-relapse period. *Am J Clin Nutr* 57(1) : 35-42, 1993
- 7) Lee KJ, Kim HK. Effect of aerobic exercise and diet therapy in obese women. *Kor J Physical Education* 36(1) : 1256-1265, 1997
- 8) Despres JP, Pouliot MC, Moorjani S, Nadeau A, Tremblay A, Lupien PJ, Theriault G, Bouchard C. Loss of abdominal fat and metabolic response to exercise training in obese women. *Am J Physiol* 261(2 Pt 1) : E159-167, 1991
- 9) 건강기능식품공전, 식품의약품안전청, 2004. 12.
- 10) Pittler MH, Ernst E. Dietary supplements for body-weight reduction: a systematic review. *Am J Clin Nutr* 79(4) : 529-536, 2004
- 11) American Institute of Nutrition. Report of the American Institute of Nutrition ad hoc commottee on standards for nutritional studies. *J Nutr* 107(7) : 1340-1348, 1977
- 12) Dudley GA, Abraham WM, Terjung RL. Influence of exercise intensity and duration on biochemical adaptations in skeletal muscle. *J Appl Physiol* 153(4) : 844-850, 1982
- 13) Murata M, Ide T, Hara K. Reciprocal responses to dietary diacylglycerol of hepatic enzymes of fatty acid synthesis and oxidation in the rat. *Br J Nutr* 77(1) : 107-121, 1997
- 14) Hsu RY, Lardy HA. Malic enzyme. *Methods Enzymol* 13: 230-235, 1969
- 15) Kelley DS, Nelson GJ, Hunt JE. Effect of prior nutritional status on the activity of lipogenic enzymes in primary monolayer cultures of rat hepatocytes. *Biochem J* 235(1) : 87-90, 1986
- 16) Nepokroeff CM, Lakshmanan MR, Porter JW. Fatty acid synthase from rat liver. *Methods Enzymol* 35: 37-44, 1975
- 17) Bi S, Scott KA, Hyun J, Ladenheim EE, Moran TH. Running wheel activity prevents hyperphagia and obesity in Otsuka long-evans Tokushima Fatty rats: role of hypothalamic signaling. *Endocrinology* 146(4) : 1676-1685, 2005
- 18) Ishihara K, Oyaizu S, Onuki K, Lim K, Fushiki T. Chronic (-)-hydroxycitrate administration spares carbohydrate utilization and promotes lipid oxidation during exercise in mice. *J Nutr* 130(12) : 2990-2995, 2000
- 19) Sullivan AC, Triscari J, Hamilton JG, Miller ON. Effect of (-)-hydroxycitrate upon the accumulation of lipid in the rat. II. Apeteite. *Lipids* 9: 129-134, 1974
- 20) Hasegawa N. Garcinia extract inhibits lipid droplet accumulation without affecting adipose conversion in 3T3-L1 cells. *Phytother Res* 15(2) : 172-173, 2001
- 21) Bell RR, Spencer MJ, Sherriff JL. Voluntary exercise and monounsaturated canola oil reduce fat gain in mice fed diets high in fat. *J Nutr* 127: 2006-2010, 1997
- 22) Kim KS, Jung JH, Song CH, Sung BJ. The effects of combination of functional beverage (garcinia cambogia, L-carnitine, and soy peptide) and exercise on improvement of body fat. *J Appl Pharmacol* 11: 99-108, 2003
- 23) Kwon T, Kim K, Kim J, Yeo Y, Lim K. The effects of hydroxy citric acid supplementation and swimming on obesity and lipid metabolism in high-fat diet fed rats. *Kor J Exer Nutr* 7(1) : 87-82, 2003
- 24) Hayamizu K, Hirakawa H, Oikawa D, Nakanishi T, Takagi T, Tachibana T, Furuse M. Effect of garcinia cambogia extract on serum leptin and insulin in mice. *Fitoterapia* 74(3) : 267-273, 2003
- 25) Hartung GH, Foreyt JP, Mitchell RE, Vlasek I, Gotto AM Jr. Relation of diet to high-density-lipoprotein cholesterol in middle-aged marathon runners, joggers, and inactive men. *N Engl J Med* 302(7) : 357-361, 1980
- 26) Weltman A, Matter S, Stamford BA. Caloric restriction and/or mild exercise: effects on serum lipids and body composition. *Am J Clin Nutr* 33(5) : 1002-1009, 1980
- 27) Elam MB, Wilcox HG, Cagen LM, Deng X, Raghov R, Kumar

- P, Heimberg M, Russell JC. Increased hepatic VLDL secretion, lipoproteins and SREBP-1 expression in the corpulent JCR: LA-cp rat. *J Lipid Res* 42(12): 2039-2048, 2001
- 28) Sullivan AC, Singh M, Srere PA, Glusker JP. Reactivity and inhibitor potential of hydroxycitrate isomers with citrate synthase, citrate lyase, and ATP citrate lyase. *J Biol Chem* 252(21): 7583-7590, 1977
- 29) Saha AK, Vavvas D, Kurowski TG, Apazidis A, Witters LA, Shafirir E, Ruderman NB. Malonyl-CoA regulation in skeletal muscle: its link to cell citrate and the glucose-fatty acid cycle. *Am J Physiol* 272(4 Pt 1): E641-648, 1997
- 30) Brass EP, Hiatt WR. Carnitine metabolism during exercise. *Life Sci* 54(19): 1383-1393, 1994
- 31) Trappe SW, Costill DL, Goodpaster B, Vukovich MD, Fink WJ. The effects of L-carnitine supplementation on performance during interval swimming. *Int J Sports Med* 15(4): 181-185, 1994
- 32) Soni MG, Burdock GA, Preuss HG, Stohs SJ, Ohia SE, Bagchi D. Safety assessment of (-)-hydroxycitric acid and Super CitriMax, a novel calcium/potassium salt. *Food Chem Toxicol* 42(9): 1513-1529, 2004
- 33) McGarry JD. Glucose-fatty acid interations in health and disease. *Am J Clin Nutr* 67: 500S-504S, 1998
- 34) Saito M. Effects of soy peptides on weight reduction in hypothalamic obese mice. *Nutr Sci Soy Protein Jpn* 13: 50-52, 1992
- 35) Komatsu T, Komatsu K, Yamagishi M. Effects of soy peptide or consumption on diet induced thermogenesis. *Nutr Sci Soy Protein Jpn* 13: 53-58, 1992
- 36) Collins S, Kuhn CM, Petro AE, Swick AG, Chrnyk BA, Surwit RS. Role of leptin in fat regulation. *Nature* 380(6576): 667, 1996
- 37) MacDougald OA, Hwang CS, Fan H, Lane MD. Regulated expression of the obese gene product (leptin) in white adipose tissue and 3T3-L1 adipocytes. *Proc Natl Acad Sci USA* 92(20): 9034-9037, 1995
- 38) Cohen B, Novick D, Rubinstein M. Modulation of insulin activities by leptin. *Science* 274(5290): 1185-1188, 1996
- 39) Tsuda T, Horio F, Uchida K, Aoki H, Osawa T. Dietary cyanidin 3-O-D-glucoside-rich purple corn color prevents obesity and ameliorates hyperglycemia in mice. *J Nutr* 133(7): 2125-2130, 2003
- 40) Gibbons GF, Brown AM, Wiggins D, Pease R. The role of insulin and fatty acids in the regulation of hepatic very-low-density lipoprotein assembly. *J Royal Soc Med* 42: 23-32, 2002
- 41) Estadella D, Oyama LM, Damaso AR, Ribeiro EB, Oller Do, Nascimento CM. Effect of palatable hyperlipidemic diet on lipid metabolism of sedentary and exercised rats. *Nutrition* 20(2): 218-224, 2004
- 42) Havel PJ. Role of adipose tissue in body-weight regulation: mechanism regulation leptin production and energy balance. *Proc Nutr Soc* 59(3): 359-371, 2000