

과체중 및 비만여성에서 연령이 열량 제한에 의한 체조성 변화에 미치는 영향*

임정은¹ · 김영설² · 조여원^{3,4§}

창원대학교 자연과학대학 식품영양학과,¹ 경희대학교 의과대학 내분비교실,²
경희대학교 동서의학대학원 의학영양학과,³ 경희대학교 임상영양연구소⁴

Effects of age on changes of body composition through caloric restriction in overweight and obese women*

Yim, Jung-Eun¹ · Kim, Young-Seol² · Choue, Ryowon^{3,4§}

¹Department of Food & Nutrition, Changwon National University, Changwon 641-773, Korea

²Department of Medical Nutrition, Graduate School of East-West Medical Science, Yongin 446-701, Korea

³Department of Internal Medicine, Kyung Hee Medical Center, Seoul 130-701, Korea

⁴Research Institute of Medical Nutrition, Kyung Hee University, Seoul 130-701, Korea

ABSTRACT

Caloric restriction is recognized as one of the best treatment options for obesity, and is associated with changes in body composition. The purpose of this study was to determine the influence of age in caloric restriction in overweight and obese women. In this caloric restriction study, nutrient intake of 61 women was evaluated using food records written by subjects for three days. Body composition and metabolic risk factors were assessed before and after caloric restriction. Blood levels of lipids, glucose, leptin, and adiponectin were measured. Visceral fat and subcutaneous fat were evaluated using bioimpedance analysis. General linear models (GLM) identified the independent effects of age after co-varying baseline weight and difference of energy intake. Weight, fat mass, visceral fat, subcutaneous fat, and blood pressure showed a significant decrease by caloric restriction of 452 kcal/day. The percent changes in weight, visceral fat, and subcutaneous fat were -4.5%, -12.0%, and -8.2%, respectively, after caloric restriction. The percent changes of weight, visceral fat, and subcutaneous fat showed an independent association with age co-varying baseline weight and difference of energy intake. Decreased change in percent of leptin by caloric restriction also showed an association with age. Changes in body composition and leptin by caloric restriction showed an independent association with age. This may indicate greater difficulty in achievement of change of body composition as well as greater obesity-related metabolic risk with aging. Therefore, caloric restriction considering age should be recommended for effective dietary treatment in overweight or obese women. (J Nutr Health 2013; 46(5): 410 ~ 417)

KEY WORDS: obesity, caloric restriction, age, visceral fat, leptin.

서론

우리나라의 비만 유병률은 지속적으로 증가하고 있다. 국민 건강영양조사에 의하면 만 19세 이상 성인 BMI 25 이상의 비만 유병률이 1998년 26.0%에서 2007년에는 31.1%로 증가하였는데,¹⁾ 이는 미국의 비만의 기준인 BMI 30 이상의 유병률 33.8%와 비슷한 수준이다.²⁾ 지방 조직의 과잉 축적으로 인한 비만은

당뇨병, 고혈압, 고지혈증 및 동맥경화성 질환 등 다양한 질환의 위험요인이며, 독립적 질환으로 인식되고 있다.

비만의 원인은 매우 복잡하고 상호 연관적인데, 유전적 요인이나 내분비 장애의 원인도 있지만, 주로 과식이나 운동부족 등 생활양식에 기인하는 경우가 많다.³⁾ 비만 치료는 비만의 원인을 제거함으로써 체중을 감량시키고, 동시에 감소된 체중을 유지하여 만성 퇴행성 질환으로 발전되는 위험요인을 제거할 수 있어야 한다.⁴⁾ 비만을 치료하기 위한 방법으로 열량을 제한

Received: Jan 18, 2013 / Revised: Feb 13, 2013 / Accepted: Sep 25, 2013

*This research is financially supported by Changwon National University in 2012-2013.

§To whom correspondence should be addressed.

E-mail: rwcho@khu.ac.kr

© 2013 The Korean Nutrition Society

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

하는 저열량 균형식, 운동 및 행동수정을 포함한 프로그램,⁵⁻⁸⁾ 영양교육 및 상담 프로그램 등^{9,10)}이 제시되고 있다. 열량 섭취 제한은 체지방 감소 및 비만의 치료 뿐 아니라, 노화과정 조절 및 장수와 관련되어 있는 것으로 알려져 있다.¹¹⁾ 그러나 열량 제한에 따른 비만의 치료 효과는 개인마다 차이가 매우 크게 나타나서, 식사 조절을 통한 비만치료의 효율성을 높이고, 비만 환자의 순응도를 높이기 위해서는 개개인에 맞는 열량 섭취가 고려되어야 한다.¹²⁻¹⁴⁾

열량 제한에 의한 비만 치료효과에 미치는 요인은 성별, 연령, 초기 체중 등 매우 다양하다. 그 중 연령은 생체의 변화에 직접적으로 영향을 미치는데, 연령이 증가함에 따라 기초대사량이 저하되고, 생활습관은 고착화 하는 등 직접적으로 비만과 관련되어 있으며, 이는 대사증후군의 주요 요인으로 지적되고 있다.¹⁵⁾ 국민건강영양조사에 따르면 남자는 40대 비만 유병률이 가장 높은 반면, 여자는 연령이 증가함에 따라 지속적으로 유병률이 증가하고, 체지방률은 남녀 모두 연령 증가와 더불어 증가하는 것으로 나타났다.¹⁾ 연령 증가는 체조성의 변화를 가져 오는데, 근육이나 내장 장기의 실질 세포 수는 감소하지만, 지방 조직 및 세포의 체액량은 변화가 없어서, 체중당 지방량의 증가로 비만 경향을 나타나게 된다.¹⁶⁾ 이러한 중년 비만은 고령자에서의 비만 유병률을 높이는 결과를 가져 오고, 이는 심혈관 질환의 발병률 및 사망률과 밀접히 연관되어 있다.

열량 제한 및 연령에 따른 비만 연구,¹⁷⁾ 중년 여성에서의 비만 연구¹⁸⁾ 등 다양한 연구가 진행되어 왔으나, 섭취열량 제한에 영향을 미치는 요인 분석에 관한 연구는 미비한 실정이다. 이에 본 연구에서는 과체중 및 비만 여성을 대상으로 연령에 따른 열량 섭취 제한에 의한 체조성 변화를 알아보고자 하였다. 본 연구 결과는 열량 제한을 통한 비만 치료 시 효율적인 맞춤형 치료를 실행하는데 기초자료로 쓰일 수 있을 것으로 사료된다.

연구 방법

연구 대상

본 연구 대상자는 2007년 3월부터 2007년 11월까지 인터넷 공개 모집, 지면광고, K 의료원 동서종합건강검진센터 검진자 중 만 19~60세에서 BMI가 23 kg/m^2 이상인 과체중 혹은 비만 여성 중 보통 정도의 활동을 하고 있는 자로 하였다. 이들 중 당뇨병, 고혈압, 심장, 신장, 간, 갑상선, 뇌혈관 질환으로 지속적인 치료를 받고 있거나 비만치료를 받고 있는 자, 임산부와 수유부는 제외하였다. 본 연구의 취지와 진행과정을 설명하고 동의서에 서명한 총 61명을 대상으로 하였다. 본 연구는 K 의료원의 기관생명윤리위원회 (Institutional Review Board, IRB) 심의를 통과 (KMC IRB 0637-05)한 후 실시하였다.

열량 섭취 및 영양 섭취 조사

연구 대상자에게 총 12 주 동안 연구 시작 시, 연구 2, 4, 8, 12주, 총 5회의 열량 섭취 제한 교육을 임상영양사가 1 : 1 면접을 통하여 실시하였다. 열량섭취 제한 교육은 Lee 등¹⁰⁾의 의학영양치료를 변형하여 실시하였다. 열량섭취 제한 교육은 비만의 진단과 원인, 식품 모델을 이용한 식품의 교환단위와 각 대상자에 맞는 일일 섭취단위, 식사 및 외식시 유의점, 조리방법, 행동수정요법, 운동요법을 관련된 교육자료를 사용하여 교육하였다. 1일 필요한 총 에너지 목표량은 신체계측을 통해 Harris-Benedict 공식을 이용하여 설정하였다. 본 연구 시작 시와 교육 후, 식사기록법 (3-day food record; 주중 2일, 주말1일)으로 섭취한 음식을 자신이 식사일기를 작성하도록 하였다. 식사일기에 기록한 식품 및 영양소 섭취량을 개인 면접법으로, 식품 모델과 계량 도구를 이용하여 실제 섭취한 양을 점검하면서 음식재료와 조리방법까지 임상영양사가 상세히 확인하였다. 조사된 식품 섭취 상태는 영양평가용 프로그램 CAN Pro version 3.0 (Computer aided nutritional analysis program, 한국영양학회, 2005)을 이용하여 1일 영양소 섭취량을 분석하였다.

신체계측 및 혈압분석

신체계측은 열량 섭취 제한 전과 후에 이루어졌다. 대상자의 신장 (cm), 체중 (kg), 체지방량 (kg), 체지방율 (%), 체지방량 (lean body mass, LBM), 내장지방량 (visceral fat, Vfat)과 피하지방량 (subcutaneous fat, Sfat)를 bioimpedance analysis (BIA) 법을 이용한 체지방 자동측정기 (Jawon Medical, X-scan Plus, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였다. 체질량지수 body mass index (BMI)는 체중 (kg)을 신장 (m)의 제곱으로 나눈 값을 산출하였다 [BMI = 체중 (kg) / 신장 (m^2)]. 허리둘레는 배꼽 위로 2.5 cm 부위를 측정하고, 소수점 첫째 자리까지 cm 단위로 2번 측정하여 평균을 내었다. 혈압은 안정상태를 유지시킨 후 표준 전자 압력계 (Jawon Medical, FT 500, Seoul, Korea)로 수축기 혈압과 확장기 혈압을 2 회 측정하여 평균을 구하였다.

혈액 채취 및 분석

12시간 이상 공복상태에서 연구시작 시와 12주 열량 섭취 제한 후, 정맥혈을 총 2회, 10.0 mL씩 채취하였다. 채취한 정맥혈을 원심 분리하여 혈청을 분리한 후 중성지방, 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 혈당은 비색법을 이용한 자동분석기 (Bayer, ADVIA1650, Japan)로 측정하였다. LDL-콜레스테롤은 Friedewald equation [LDL-콜레스테롤 = 총콜레스테롤 - HDL-콜레스테롤 - (중성지방/5)]을 이용하여 계산하였다. 공복 혈청 렙틴과 아디포넥틴 농도는 각각 human leptin RIA kit

(Linco Research, St. Louis, Mo., USA)와 human adiponectin RIA kit (Linco Research, St. Louis, Mo., USA)를 사용하여 측정하였다.

통계분석

결과는 평균 (mean)과 표준편차 (standard deviation, SD)로 표시하였다. 열량 섭취 제한 실시전과 후의 신체계측, 영양소섭취, 혈액학적 지표의 평균치의 유의성은 paired t-test를 사용하였다. 열량 섭취 제한에 의한 섭취량의 변화와 연령의 상관관계는 Pearson correlation 분석을 시행하였다. General linear models (GLM)은 연령의 독립적인 효과 분석을 위해 초기 체중과 섭취 열량 차이를 보정한 후 사용하였다. 모든 통계분석 결과는 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검증하였고, 통계분석은 statistical analysis system (SAS ver 9.1) for Windows를 이용하였다.

결 과

연구대상자의 일반적 특성

연구대상자의 일반적 특성을 Table 1에 나타내었다. 연구 대상자 61명의 평균 연령은 38.1세이었으며, 평균 신장은 158.5 cm이었다. 평균 체중은 68.2 kg, BMI는 27.2 kg/m^2 , 허리둘레는 82.2 cm이었다. 평균 체지방량은 44.4 kg, 체지방량은 24.4 kg, 체지방율은 33.3%이었으며 내장지방량은 2.9 kg, 피하지방량은 20.3 kg이었다. 평균 혈압은 122.1/73.2 mmHg였다.

Table 1. Descriptive data and anthropometric data before and after caloric restriction

	Baseline	After caloric restriction	Change percent
Age (years)	38.1 ± 11.5	38.1 ± 11.5	—
Height (cm)	158.5 ± 5.5	158.5 ± 5.5	—
Weight (kg)	68.2 ± 10.4	65.1 ± 10.0**	-4.5 ± 3.8
BMI (kg/m^2)	27.2 ± 3.2	25.7 ± 3.1**	-4.5 ± 3.8
Waist (cm)	82.2 ± 10.3	79.4 ± 10.6**	-3.4 ± 4.9
LBM (kg)	44.4 ± 5.6	43.2 ± 5.9*	-2.9 ± 3.7
Fat percent (%)	33.3 ± 5.5	32.2 ± 3.7**	-1.9 ± 13.6
Fat mass (kg)	24.4 ± 8.0	21.5 ± 5.6**	-9.0 ± 16.5
Vfat (kg)	2.9 ± 1.1	2.5 ± 1.0**	-12.0 ± 11.1
Sfat (kg)	20.3 ± 5.1	18.6 ± 5.1**	-8.2 ± 6.9
SBP (mmHg)	122.1 ± 13.2	114.4 ± 13.4**	-6.2 ± 6.8
DBP (mmHg)	73.2 ± 8.4	68.8 ± 8.6**	-5.6 ± 10.2

All values are means ± SD

BMI: body mass index, SBP: systolic blood pressure, DBP: diastolic blood pressure, LBM: lean body mass, Vfat: visceral fat, Sfat: subcutaneous fat

Significantly different at *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

열량 섭취 제한 후 신체 조성의 변화

열량 섭취 제한 후 신체 조성의 변화를 Table 1에 나타내었다. 연구 시작 시 평균 체중과 BMI는 각각 68.2 kg, 27.2 kg/m^2 이었는데, 열량 섭취 제한 후 각각 65.1 kg, 25.7 kg/m^2 으로 감소하였으며, 허리둘레는 82.2 cm에서 79.4 cm로 감소하였다 ($p < 0.01$). 대상자들의 혈압도 유의하게 감소하였다 ($p < 0.01$). 체지방률은 열량 섭취 제한 전 33.3%에서 열량섭취 제한 후 32.2%로 감소하였으며, 체지방량은 24.4 kg에서 21.5 kg으로 감소하였다 ($p < 0.01$). 내장 지방량은 2.9 kg에서 2.5 kg으로, 피하 지방량은 20.3 kg에서 18.6 kg으로 감소하였다 ($p < 0.01$). 체지방도 열량섭취 제한 전 44.4 kg, 제한 후 43.2 kg으로 감소하였다 ($p < 0.05$).

열량 섭취 제한 후 영양소 섭취의 변화

열량 섭취 제한 후 영양소 섭취의 변화를 Table 2에 나타내었다. 12주간의 열량 섭취 제한 후 대상자들의 일일 영양소 섭취량은 감소한 것으로 나타났다. 섭취 열량 제한 전과 후 대상자들의 하루 평균 열량 섭취량은 각각 1812.4 kcal와 1360.5 kcal로서, 열량 제한 후 452 kcal/일의 열량 섭취가 감소하였으며, 하루 평균 탄수화물 섭취는 259.3 g에서 200.3 g으로, 단백질 섭취는 75.7 g에서 56.8 g으로 감소하였고, 지방 섭취는 53.4 g에서 36.2 g으로 감소하였으며 모두 유의성이 나타났다 ($p < 0.01$). 열량 섭취 제한에 의해 탄수화물, 단백질, 지방 모두 평균 20% 이상 섭취량의 감소를 가져왔다. 그러나 탄수화물, 단백질, 지방이 총 열량에 차지하는 비율은 57 : 17 : 26에서 열량섭취 제한 후 59 : 17 : 24로 유의한 변화가 관찰되지 않았다.

열량 섭취 제한 전 하루 평균 콜레스테롤 섭취는 311.6 mg이었으나 제한 후 243.9 mg으로 유의하게 감소하였다 ($p < 0.05$). 식이섬유소 ($p < 0.05$), 철분 ($p < 0.01$), 아연 ($p < 0.01$), 비타민 B₁ ($p < 0.05$), 비타민 B₆ ($p < 0.01$), 비타민 C ($p < 0.05$), 비타민 E ($p < 0.01$), 나이아신 ($p < 0.05$) 및 엽산 ($p < 0.05$)도 열량 섭취 제한으로 유의하게 감소하였다.

열량 섭취 제한 후 혈액 지표의 변화

대상자들의 열량섭취 제한 전, 후 혈액학적 분석 결과는 Table 3과 같다. 연구 시작 시 대상자들의 평균 혈중 중성지방 농도는 106.8 mg/dL이었으며 열량 섭취 제한 후 98.0 mg/dL으로 차이가 없었다. 혈중 총 콜레스테롤도 열량 섭취 제한 전과 후 각각, 198.9 mg/dL와 196.9 mg/dL으로 차이가 없었고, LDL-콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 모두 변화가 없었다. 혈중 랩틴 농도도 열량 섭취 제한 전 10.3 ng/mL, 제한 후 9.5 ng/mL으로 모두 정상수준인 3.7~11.1 ng/mL의 범위 내에서 차이가 없었다. 그러나 GPT 농도는 열량 섭취 제한 전 21.7 Units,

Table 2. Daily nutrients intakes before and after caloric restriction

	Baseline	After caloric restriction	Change percent
Calorie (kcal)	1812.4 ± 396.2	1360.5 ± 288.5**	-22.3 ± 19.3
CHO (g)	259.3 ± 55.6	200.3 ± 54.0**	-20.1 ± 23.3
Protein (g)	75.7 ± 22.2	56.8 ± 12.8**	-20.0 ± 30.7
Fat (g)	53.4 ± 20.1	36.2 ± 10.7**	-24.5 ± 19.9
CHO : Pro : Fat	57.0 : 16.6 : 26.4	59.2 : 16.8 : 24.1	-
Fiber (g)	20.4 ± 5.9	18.2 ± 4.5*	-5.5 ± 29.4
Cholesterol (mg)	311.6 ± 123.4	243.9 ± 106.8*	0.1 ± 102.7
Ca (mg)	594.3 ± 270.9	530.5 ± 197.3	1.9 ± 52.5
Fe (mg)	14.9 ± 6.7	11.3 ± 2.9**	-16.4 ± 26.6
Zn (mg)	8.9 ± 2.2	6.6 ± 1.6**	-22.6 ± 23.5
Vit A (μgRE)	940.7 ± 379.1	848.6 ± 249.8	-0.1 ± 41.9
Vit B ₁ (mg)	1.1 ± 0.3	1.0 ± 0.2*	-5.6 ± 35.3
Vit B ₂ (mg)	1.4 ± 1.4	1.1 ± 0.2	-2.6 ± 43.8
Vit B ₆ (mg)	2.1 ± 0.6	1.7 ± 0.4**	-15.8 ± 25.0
Niacin (mg)	17.3 ± 5.7	14.9 ± 4.3*	-5.3 ± 40.6
Vit C (mg)	109.1 ± 54.7	85.4 ± 19.2*	-3.2 ± 45.7
Folate (μg)	271.5 ± 98.7	227.9 ± 77.8*	-11.3 ± 28.4
Vit E (mg)	15.3 ± 4.7	11.2 ± 4.8**	-16.4 ± 45.4

All values are means ± SD.

CHO: carbohydrate, Pro: protein

Significantly different at *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

Table 3. Blood parameters before and after caloric restriction

	Baseline	After caloric restriction	Change percent
TG (mg/dL)	106.8 ± 60.3	98.0 ± 67.1	-2.2 ± 40.7
TC (mg/dL)	198.9 ± 36.4	196.9 ± 33.0	0.4 ± 12.4
HDL-C (mg/dL)	58.0 ± 15.6	57.7 ± 13.0	2.1 ± 18.2
LDL-C (mg/dL)	125.6 ± 37.6	126.8 ± 32.4	5.7 ± 23.1
GPT (Units)	21.7 ± 15.8	18.3 ± 10.3*	-3.4 ± 42.1
FBS (mg/dL)	86.2 ± 8.8	85.9 ± 9.1	0.1 ± 9.9
Leptin (ng/mL)	10.3 ± 4.2	9.5 ± 4.6	-0.2 ± 45.3
Adiponectin (ng/mL)	7.9 ± 4.1	12.5 ± 8.6**	56.0 ± 77.6

All values are means ± SD

TG: triglyceride, TC: total cholesterol, HDL-C: HDL-cholesterol,

LDL-C: LDL-cholesterol, GPT: glutamic pyruvic transaminase

Significantly different at *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

제한 후 18.3 Units으로 유의하게 감소하였으며 ($p < 0.05$), 혈중 아디포넥틴은 열량섭취 제한 전 7.9 ng/mL, 제한 후 12.5 ng/mL 으로 증가하였다 ($p < 0.01$).

연령과 섭취 열량의 상관성

연령에 따른 섭취 열량의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 연령과 섭취 열량 감소량을 식으로 나타내면 '연령 섭취 감소량 (kcal/d) = $8.5 \times \text{연령 (yrs)} - 660$ kcal'으로, 연령이 증가함에 따라 섭취 열량 감소량이 유의하게 낮게 나타났다 ($r = 0.31$, $p = 0.02$). 에너지 목표량 역시 연령에 신체계측과 Harris-Benedict 공식을 이용하여 개인별로 계산한 결과, 연령이 증가함에 따라 감

소하였다. 에너지 목표량 대비 실천 에너지 섭취량의 차이는 연령이 높아짐에 따라 에너지 섭취량이 음의 값으로 나타나서 목표량에 비해 과도하게 섭취량을 줄이는 것으로 나타났다 ($p < 0.05$).

연령과 섭취 열량 제한에 따른 신체 조성 및 렙틴 농도 변화와의 관련성

열량 섭취 제한 전의 체중과 연령을 보정한 후, 열량 제한에 따른 체중, 피하지방 및 내장지방의 신체 조성 변화 관련성을 Table 4에 나타내었다. 본 연구에서는 하루 500 kcal 섭취를 제한 할 경우, 12주 후 0.5 kcal의 감량이 나타났다.

열량 섭취 제한 전의 체중과 열량 섭취량의 변화를 보정한 후 연령과 신체 조성변화 및 렙틴 농도 변화와의 관련성을 나타냈다 (Fig. 2, 3). 연령이 독립적으로 신체 조성 변화와 유의한 관련이 있음이 나타났는데 ($p < 0.05$), 연령이 증가함에 따라 열량 섭취 제한에 따른 내장지방, 피하지방, 체중의 감소량이 낮았으며 특히, 내장지방에서 낮게 나타났다 ($p < 0.01$). 즉, 열량 섭취를 제한하였을 때, 연령 1년이 증가함에 따라 체중 감소량이 0.14%, 피하지방 감소량이 0.26%, 내장지방 감소량이 0.38% 낮아졌다.

열량 섭취 제한에 따른 렙틴 농도 변화와 연령과의 관련성을 살펴본 결과, 연령이 1년씩 증가함에 따라 렙틴 농도 감소량이 1.78% 낮아지는 것이 관찰 되었다.

고 찰

비만은 에너지 섭취량과 소비량의 불균형에 의해 잉여의 에너지가 체내에 축적되어 나타나는 질환이다. 비만을 치료하는 방법 중 가장 먼저 시도해야 하는 것은 에너지 섭취량을 줄이는 것이다. 식사요법을 통한 열량 제한은 신체 대사율과 산화적 스트레스를 줄이고, 인슐린 감수성을 증가시킴으로써 비만 치료에 좋은 결과를 가져온다.¹⁹⁾ 또한, 식사요법은 운동요법, 약

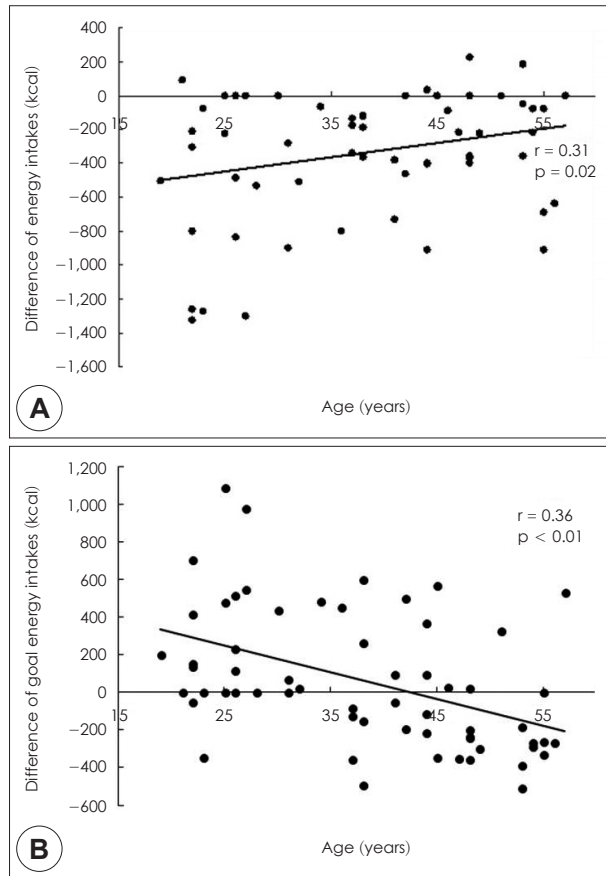


Fig. 1. The association of age with difference of energy intakes (A) and difference of goal energy intakes (B) after caloric restriction.

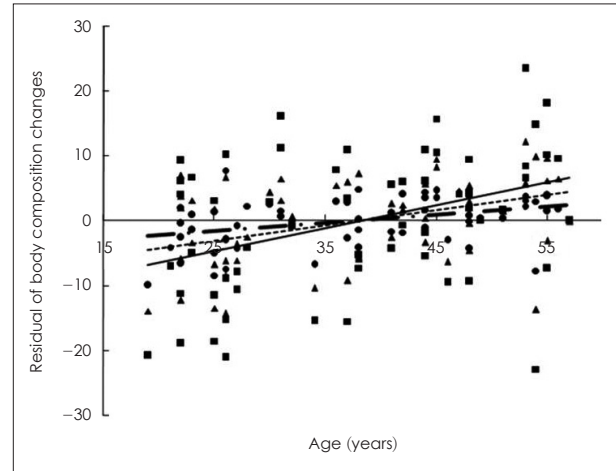


Fig. 2. Residual of body composition percent changes after adjustment for baseline weight and difference of energy intakes according to the regression equation. Percent change of weight (\bullet) = $-10.80 - 0.02 * (\text{baseline weight}) + 0.02 * (\text{difference of energy intakes})$, Change percent of subcutaneous fat (\blacktriangle) = $-19.93 - 0.04 * (\text{baseline weight}) + 0.06 * (\text{difference of energy intakes})$, Change percent of visceral fat (\blacksquare) = $-24.08 - 0.01 * (\text{baseline weight}) + 0.11 * (\text{difference of energy intakes})$ as a function of age (years). Solid, dashed and solid-dashed lines represent percent changes of visceral fat, subcutaneous fat, and weight, respectively.

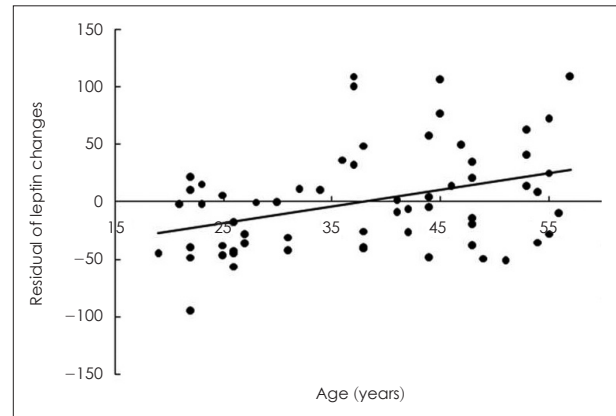


Fig. 3. Residual of leptin percent changes after adjustment for baseline weight and difference of energy intakes according to the regression equation. Leptin = $-138.45 + 1.00 * (\text{baseline weight}) + 0.05 * (\text{difference of energy intakes})$ as a function of age (years).

Table 4. Independent association of difference of energy intakes with changes of weight, subcutaneous fat, and visceral fat

Variables	Weight change	Sfat change	Vfat change
Difference of energy intakes	-0.001 ± 0.0009	-0.002 ± 0.001	-0.0001 ± 0.0001
Age	$0.13 \pm 0.05^{**}$	$0.09 \pm 0.04^{*}$	$0.02 \pm 0.005^{**}$
Baseline	-0.04 ± 0.03	-0.14 ± 0.08	$-0.199 \pm 0.04^{**}$
Intercept	-5.92 ± 3.12	-3.01 ± 2.72	-0.42 ± 0.25
R ²	0.31	0.20	0.43
s.e.e.	2.49	2.81	0.34

Values are regression coefficients \pm s.e.e.

Sfat: subcutaneous fat, Vfat: visceral fat

Significantly different from zero at *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

물요법, 수술요법 등을 통한 비만 치료를 수행하는 동안에도 항상 병행되어야 할 중요한 치료요법이다. 열량 섭취 제한을 통한 체중 감량 및 치료 효과는 개인마다 다르게 나타나는데, 성별, 연령, 초기 체중, 유전자 다형성 등이 영향을 미치는 것으로 보고된 바 있다.^{13,14)}

본 연구 대상자인 과체중 및 비만 여성의 1일 열량 섭취량은 1,812 kcal으로, 다른 비만 여성에서 2,737 kcal/일 섭취하였다는 결과²⁰⁾에 비해 낮은 수준이었고, 2005년도 국민건강영양조사¹⁾에서 발표한 성인 여성 1일 평균 열량 섭취량인 1,975.8 kcal/일에도 못 미치는 수준이었다. 그러나 Lee 등¹⁰⁾이 보고한 1,808 kcal/일과는 유사한 수준이었다. 본 연구에서 1 : 1 면담법의 교육을 통한 12 주간의 열량 섭취 제한 시, 1일 450 kcal의 섭취량을 줄일 수 있었는데, 이는 평균 BMI가 27.2 kg/m²인 비만여성을 대상으로 한 다른 연구에서 조사된 393 kcal/일의 감소량에 비해 높은 수준이었다.¹⁰⁾

한국 비만인에서 열량 섭취 제한 시 단백질, 칼슘, 철분 섭취량이 감소되는 것이 우려되는데^{21,22)} 특히, 본 연구에서는 칼슘 섭취는 열량 제한 전부터 권장량에 비해 부족한 수준이었으며, 열량 제한 후에는 칼슘뿐만 아니라 비타민 C, 아연, 철분, 엽산 섭취량도 권장량에 비해 부족하였다. 열량 섭취 제한을 통한 비만 치료 시 미량 영양소 부족에 대한 고려가 필요함을 시사하고 있다. 열량 섭취 제한 시 되도록 다양한 식품을 섭취할 수 있도록 하여 비타민과 무기질 부족으로 인한 위험을 예방하고, 비타민이나 무기질의 보충제의 권장에 대한 고려도 있어야 할 것으로 사료된다.

본 연구에 참여했던 대상자의 평균 신장과 체중은 각각 158.5 cm, 68.2 kg으로, 이는 2007년 국민건강영양조사 결과 평균 40~44세 여자 157.4 cm와 58.8 kg과 비교하여 보면 체중이 약 10 kg 더 많았고, Kim 등²³⁾의 연구 중년 비만 여성 대상자의 157.8 cm, 68.7 kg과 비슷한 수준이었다. 평균 1일 450 kcal가 적은 열량 섭취 후, 본 연구 대상자는 체중이 약 5% 가량 감소하였고, 체지방량은 약 9% 감소하였다. 이는 Lee 등¹⁰⁾의 연구에서 의학영양치료를 통해 체중 약 3%, 체지방량 약 9% 감소한 것에 비해 체중은 더욱 많이 줄었고, 체지방량은 비슷한 수준이었다. 내장 지방량은 열량 섭취 제한으로 12% 감소율을 보였는데, 이는 다른 연구²⁴⁾에서 보여준 8주간의 저열량 식사 (800~1,000 kcal/일)에 의한 체중 감소 10%, 내장 지방량 24% 감소와 비교하였을 때 체중과 내장 지방량의 감소비율이 5 : 12로 유사하였으나 감소율은 낮았다. 다른 연구²⁵⁾에서는 8주간의 저열량식이 (1,000 kcal/일)를 통해 체중 8%, 내장 지방량 25%가 감소한 것으로 보고하였다.

비만 치료 시 열량 섭취 제한을 통한 체중 감량 반응은 각 다르게 나타났는데, 여성에서 보다 남성에서 복부지방의

감소가 더 크게 나타났고,²⁴⁾ 여성의 경우에는 폐경 전 여성에서 폐경 후 여성보다 체중 감량에 의한 지질수준 및 식행동 개선 효과가 좋은 것으로 보고되었다.²⁶⁾ 폐경은 여러 가지 신체 변화를 초래하는데 체력저하와 함께 신체 활동량의 감소에 의한 에너지 소비의 감소,²⁷⁾ 에스트로겐의 생성 저하에 따른 체지방 축적의 증가,²⁸⁾ 복부 지방의 축적 등의 변화를 보이는 것으로 나타났다.²⁹⁻³¹⁾ 본 연구에서는 연령이 증가 할수록 열량섭취 절대량은 줄어드는 반면, 목표 열량섭취를 고려하면, 목표 열량을 초과한 열량 섭취 제한이 나타나고 있다.

연령 증가는 기초 대사량의 저하³²⁾를 가져오고, 신체 구성의 변화를 가져 올 뿐 아니라, 활동량이나 운동량이 감소하고, 지방 산화 능력이 감소하는 것으로 보고된 바 있다.³³⁾ Lovejoy 등³⁰⁾의 연구에서는 43세 이상의 폐경 전 여성 153명을 4년간 복부피하지방면적을 CT로 측정하였다. 그 결과, 폐경 유무와 관계없이 연령이 증가할수록 지방 면적은 증가하였으나 복부 내장지방면적은 연구 기간 동안 폐경에 이른 여성에서만 유의하게 증가하였다. 본 연구에서도 연령은 열량 섭취 제한에 따른 체중, 피하지방, 내장지방량의 감소에 영향을 미쳤는데 즉, 연령이 증가할수록 내장지방량의 감소는 체중이나 피하지방보다 더욱 소량 감소하는 것으로 나타났다.

우리나라에서 비만 여성을 대상으로 한 Lee 등³⁴⁾의 연구에서 비만여성 (BMI = 28.7 kg/m²)의 허리둘레가 93.2 cm, waist/hip ratio 0.91이었으며, Moon 등³⁵⁾의 연구에서는 비만여성 (BMI = 30.1 kg/m²)의 허리둘레와 waist/hip ratio가 각각 97.1 cm와 0.91로 본 연구 대상자보다 복부 비만도가 높았다. 또한, 상업화된 저열량식이나 행동수정요법을 바탕으로 체중 조절 프로그램을 6개월간 실시한 연구에서는 허리둘레는 유의적인 감소를 보였으나 복부 비만도는 여전히 높게 나타나는 것으로 보고되었다.

혈중 렙틴 농도는 지방 세포량과 밀접한 관련이 있으며, 식욕과 음식 섭취를 감소시키고, 열 생산을 높여 체중 항상성에 관여하는 것으로 알려져 있다.³⁶⁾ 또한, 렙틴은 생식기관 및 성호르몬 조절에도 연관이 있어 시상하부의 성선자극 호르몬에 영향을 주어 뇌하수체에서 난포자극호르몬 및 황체 호르몬의 분비를 조절하고,³⁷⁾ 난소에 직접 작용하여 배란을 억제하며,³⁸⁾ 난소내 과립막 세포에서 스테로이드 합성을 억제하는 것으로 보고되었다.³⁹⁾ Lee 등¹⁰⁾의 연구에서 과체중 및 비만 여성에서 렙틴 농도는 의학영양치료 전 15.7 ± 7.6 ng/mL에서 치료 후 12.4 ± 5.9 ng/mL으로 유의적인 감소를 보였는데, 본 연구에서는 지방량이 2.9 kg 감소하였음에도 불구하고, 열량 제한 후에도 변화가 관찰되지 않았다 (10.28 ± 4.16 vs. 9.50 ± 4.57 ng/mL).

한편, 12주간의 열량 섭취 제한으로 혈중 GPT 농도는 유의적으로 감소하였는데, 이는 다른 연구⁴⁰⁾에서도 동일한 결과를 보

이는데, 과체중 중년을 대상으로 체중감량을 수행한 결과 3% 이상의 체중감량에 의해 GPT 농도가 감소하였음을 보고하였다. 아디포넥틴 농도는 열량 섭취 제한 후 증가하였다. 아디포넥틴은 비만한 사람에서 농도가 낮으며,^{41,42)} 저열량식 제공으로 체중이 감소한 후, 혈중 농도가 상승하였다는 결과가 같은 결과이다.⁴³⁾ Kasim-Karakas 연구⁴⁴⁾에서도 성인 여성에게 식이지방을 줄여서 식사를 제공한 후, 아디포넥틴의 농도가 증가하였음을 보고 하였으며, Lee 등⁴⁵⁾의 연구에서도 지방과 단백질의 섭취가 감소하였을 때, 혈중 아디포넥틴 농도가 높게 나타났다.

본 연구는 대상자의 기초대사량 및 활동 대사량 등의 총 소비 열량을 보장하지 못하였고, 폐경 유무에 대한 고려가 부족하기 때문에 결과 해석이 제한적일 수 있다. 또한 대상자가 여성에게만 국한되어 있어 남성에게 적용하기에 무리가 있을 수 있을 것으로 사료된다.

결론적으로 과체중 및 비만 여성의 경우, 연령이 증가할수록 열량제한에 따른 체중, 내장지방, 피하지방의 감소가 낮게 나타남을 보였다. 따라서 열량 섭취 제한에 의한 체중 감량 시 성공적인 식사처리를 위하여 연령에 대한 고려가 선행되어야 할 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 만 19~60세의 BMI 23 kg/m² 이상 여성 61명을 대상으로 12 주간 열량 섭취 제한 시 체중 감량에 영향을 미치는 요인을 분석하고 이들의 상관성을 알아보려고 하였다. 12 주간의 열량 섭취 제한으로 하루 평균 451.9 kcal가 감소하였고 열량 제한 후 체중은 평균 4.5% 감소하였고, 내장지방량은 11.9%, 피하지방량은 8.2% 감소하였으며, 혈압도 유의하게 감소하였다 ($p < 0.01$). 혈액지표 중 GPT 농도는 감소하였으며 ($p < 0.05$), 아디포넥틴 농도는 증가하였다 ($p < 0.01$).

연령이 증가함에 따라 섭취 열량 감소량이 낮게 나타났다 ($r = 0.31$, $p = 0.02$). 젊은 연령에서 열량 섭취량 감소가 컸으며, 연령이 증가할수록 열량 섭취량 감소가 낮게 나타났다. 연령은 독립적으로 신체 조성 변화와 유의한 관련이 있었으며 ($p < 0.05$), 연령이 증가함에 따라 열량 섭취 제한에 따른 체중 및 내장지방과 피하지방의 감소량이 낮았으며, 특히, 내장지방 감소량이 낮게 나타났다 ($p < 0.05$). 또한, 연령이 증가함에 따라 열량 섭취 제한에 따른 렙틴 농도 감소량도 낮았다 ($p < 0.05$).

Literature cited

1) Ministry of Health and Welfare, Korea Centers for Disease Con-

- trol and Prevention. Korea health statistics 2009; Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANESIV-3). Seoul: Ministry of Health and Welfare; 2010
- 2) Ogden CL, Carroll MD. Prevalence of overweight, obesity, and extreme obesity among adults: United States, trends 1960-1962 through 2007-2008. Atlanta (GA): National Center for Health Statistics; 2010
- 3) Laddu D, Dow C, Hingle M, Thomson C, Going S. A review of evidence-based strategies to treat obesity in adults. *Nutr Clin Pract* 2011; 26(5): 512-525
- 4) Swinburn B, Egger G. Preventive strategies against weight gain and obesity. *Obes Rev* 2002; 3(4): 289-301
- 5) Ahmadi N, Eshaghian S, Huizenga R, Sosnin K, Ebrahimi R, Siegel R. Effects of intense exercise and moderate caloric restriction on cardiovascular risk factors and inflammation. *Am J Med* 2011; 124(10): 978-982
- 6) Kim MS, Choi MS, Kim KN. Effect of nutritional education and exercise intervention on reducing and maintaining weight in obese women. *Korean J Community Nutr* 2007; 12(1): 80-89
- 7) Schwarz NA, Rigby BR, La Bounty P, Sheldadine B, Bowden RG. A review of weight control strategies and their effects on the regulation of hormonal balance. *J Nutr Metab* 2011; 2011: 237932
- 8) Arrebola E, Gómez-Candela C, Fernández-Fernández C, Loria V, Muñoz-Pérez E, Bermejo LM. Evaluation of a lifestyle modification program for treatment of overweight and nonmorbid obesity in primary healthcare and its influence on health-related quality of life. *Nutr Clin Pract* 2011; 26(3): 316-321
- 9) Kim YY, Lee IH, Lee IS, Choue RW. Effect of 8 weeks of low calorie diet on body composition and blood parameters in the people with BMI greater than 23 kg/m². *J East Asian Soc Diet Life* 2008; 18(5): 725-731
- 10) Lee J, Lee H, Yim J, Kim Y, Choue R. Effects of medical nutrition therapy on changes of anthropometric measurements, dietary pattern and blood parameters in over weight or obese women. *Korean J Nutr* 2005; 38(6): 432-444
- 11) Choi IS, Kim KA, Yim JE, Kim YS. Calorie restriction and obesity under the regulation of SIRT1. *Korean J Obes* 2011; 20(4): 170-176
- 12) Finkler E, Heymsfield SB, St-Onge MP. Rate of weight loss can be predicted by patient characteristics and intervention strategies. *J Acad Nutr Diet* 2012; 112(1): 75-80
- 13) Kim S, Choue R, Yim J, Kim Y. Effects of Apo E polymorphisms and dietary counseling on the levels of plasma lipids in hyperlipidemic patients. *Korean J Nutr* 1998; 31(9): 1411-1421
- 14) Choue R, Yim J, Kim S, Kim Y. Effects of nutrition therapy and drug treatment on the blood lipid levels in patients with hyperlipidemia according to genetic polymorphism of Apo CIII. *Korean J Nutr* 2000; 33(8): 813-823
- 15) St-Onge MP, Gallagher D. Body composition changes with aging: the cause or the result of alterations in metabolic rate and macronutrient oxidation? *Nutrition* 2010; 26(2): 152-155
- 16) Amati F, Pennant M, Azuma K, Dubé JJ, Toledo FG, Rossi AP, Kelley DE, Goodpaster BH. Lower thigh subcutaneous and higher visceral abdominal adipose tissue content both contribute to insulin resistance. *Obesity (Silver Spring)* 2012; 20(5): 1115-1117
- 17) Yoon JH. Resistance exercise strategies for sarcopenic obesity in elderly people. *Korean J Obes* 2012; 21(1): 5-10
- 18) Shin HM, Jee SH, Kim JH, Kim MR. The influence on cardiovascular mortality of the metabolic syndrome in Korean postmenopausal women. *J Korean Soc Menopause* 2012; 18(1): 6-14
- 19) Ahn HJ, Cho YO, Kwon HR, Ku YH, Koo BK, Han KA, Min KW. The effects of low-calorie diets on abdominal visceral fat, muscle mass, and dietary quality in obese type 2 diabetic subjects. *Korean Diabetes J* 2009; 33(6): 526-536

- 20) Seo YW, Lee HJ, Yun KE, Park HS. Energy intake and resting energy expenditure of middle-aged obese Korean women. *Korean J Obes* 2009; 18(1): 31-37
- 21) Son SM, Kim HJ. Effect of 12-week low calorie diet and behavior modification on the anthropometric indices and biochemical nutritional status of obese woman. *Korean J Community Nutr* 2005; 10(4): 525-535
- 22) Choi MS. Effects of nutrition education and exercise intervention on health and diet quality of middle-aged women. *Korean J Nutr* 2009; 42(1): 48-58
- 23) Kim HK, Kim MJ. Effects of weight control program on dietary habits and blood composition in obese middle-aged women. *Korean J Nutr* 2010; 43(3): 273-284
- 24) Gasteyer C, Larsen TM, Vercruysse F, Pedersen D, Toubro S, Astrup A. Visceral fat loss induced by a low-calorie diet: a direct comparison between women and men. *Diabetes Obes Metab* 2009; 11(6): 596-602
- 25) Kang JH, Kim SW, Park HS, Kim HS. Comparison of clinical usefulness of low-calorie-diet combined with exercise and low-calorie-diet alone. *J Korean Acad Fam Med* 1998; 19(2): 167-176
- 26) Barone Gibbs B, Kinzel LS, Pettee Gabriel K, Chang YF, Kuller LH. Short- and long-term eating habit modification predicts weight change in overweight, postmenopausal women: results from the WOMAN study. *J Acad Nutr Diet* 2012; 112(9): 1347-1355, 1355.e1-2
- 27) Poehlman ET, Goran MI, Gardner AW, Ades PA, Arciero PJ, Katzman-Rooks SM, Montgomery SM, Toth MJ, Sutherland PT. Determinants of decline in resting metabolic rate in aging females. *Am J Physiol* 1993; 264(3 Pt 1): E450-E455
- 28) Yeo E. Menopause, aging and obesity. *J Korean Soc Study Obes* 2002; 11(3): 289-298
- 29) Tchernof A, Després JP. Sex steroid hormones, sex hormone-binding globulin, and obesity in men and women. *Horm Metab Res* 2000; 32(11-12): 526-536
- 30) Lovejoy JC, Champagne CM, de Jonge L, Xie H, Smith SR. Increased visceral fat and decreased energy expenditure during the menopausal transition. *Int J Obes (Lond)* 2008; 32(6): 949-958
- 31) Carr MC. The emergence of the metabolic syndrome with menopause. *J Clin Endocrinol Metab* 2003; 88(6): 2404-2411
- 32) Park JA, Kim KJ, Kim JH, Park YS, Koo J, Yoon JS. A comparison of the resting energy expenditure of Korean adults using indirect calorimetry. *Korean J Community Nutr* 2003; 8(6): 993-1000
- 33) Suk MH, Shin YA, Lim KI. The effects of age and obesity on energy expenditure and fat oxidation according to exercise intensity in women. *J Korean Phys Edu Assoc Girls Women* 2010; 24(3): 213-223
- 34) Lee KY, Jang MR, Kim EK, Huh KB. A study on body fat distribution in obese human -Specially related to risk factors in degenerated diseases. *Korean J Nutr* 1991; 24(3): 157-165
- 35) Moon SJ, Kim HS, Kim JH, Park GS, You YH. The effect of weight control on obese women. *Korean J Nutr* 1995; 28(8): 759-770
- 36) Caro JF, Sinha MK, Kolaczynski JW, Zhang PL, Considine RV. Leptin: the tale of an obesity gene. *Diabetes* 1996; 45(11): 1455-1462
- 37) Nagatani S, Guthikonda P, Thompson RC, Tsukamura H, Maeda KI, Foster DL. Evidence for GnRH regulation by leptin: leptin administration prevents reduced pulsatile LH secretion during fasting. *Neuroendocrinology* 1998; 67(6): 370-376
- 38) Duggal PS, Van Der Hoek KH, Milner CR, Ryan NK, Armstrong DT, Magoffin DA, Norman RJ. The in vivo and in vitro effects of exogenous leptin on ovulation in the rat. *Endocrinology* 2000; 141(6): 1971-1976
- 39) Agarwal SK, Vogel K, Weitsman SR, Magoffin DA. Leptin antagonizes the insulin-like growth factor-I augmentation of steroidogenesis in granulosa and theca cells of the human ovary. *J Clin Endocrinol Metab* 1999; 84(3): 1072-1076
- 40) Lee SY, Choi SH, Kim YJ. Impact of weight change on hepatic markers in overweight, middle-aged patients. *J Korean Soc Study Obes* 2002; 11(4): 362-368
- 41) Motoshima H, Wu X, Sinha MK, Hardy VE, Rosato EL, Barbot DJ, Rosato FE, Goldstein BJ. Differential regulation of adiponectin secretion from cultured human omental and subcutaneous adipocytes: effects of insulin and rosiglitazone. *J Clin Endocrinol Metab* 2002; 87(12): 5662-5667
- 42) Kamari Y, Grossman E, Oron-Herman M, Peleg E, Shabtay Z, Shamiss A, Sharabi Y. Metabolic stress with a high carbohydrate diet increases adiponectin levels. *Horm Metab Res* 2007; 39(5): 384-388
- 43) Arvidsson E, Viguerie N, Andersson I, Verdich C, Langin D, Arner P. Effects of different hypocaloric diets on protein secretion from adipose tissue of obese women. *Diabetes* 2004; 53(8): 1966-1971
- 44) Kasim-Karakas SE, Tsodikov A, Singh U, Jialal I. Responses of inflammatory markers to a low-fat, high-carbohydrate diet: effects of energy intake. *Am J Clin Nutr* 2006; 83(4): 774-779
- 45) Lee MY, Kim JH. Association of serum lipids and dietary intakes with serum adiponectin level in overweight and obese Korean women. *Korean J Community Nutr* 2010; 15(1): 27-35