

## 비만한 제2형 당뇨병환자에서 저칼로리 식사가 복부 내장지방, 근육량 및 식사의 질에 미치는 효과

을지병원 당뇨병센터<sup>1</sup>, 덕성여자대학교 식품영양학과<sup>2</sup>, 을지대학교 의과대학 내과학교실<sup>3</sup>, 서울대학교 의과대학 내과학교실<sup>4</sup>

안희정<sup>1</sup> · 조윤옥<sup>2</sup> · 권휘련<sup>1</sup> · 구윤희<sup>3</sup> · 구보경<sup>4</sup> · 한경아<sup>3</sup> · 민경완<sup>3</sup>

The Effects of Low-Calorie Diets on Abdominal Visceral Fat, Muscle Mass, and Dietary Quality in Obese Type 2 Diabetic Subjects

Hee-Jung Ahn<sup>1</sup>, Youn-Ok Cho<sup>2</sup>, Hwi-Ryun Kwon<sup>1</sup>, Yun Hyi Ku<sup>3</sup>, Bo-Kyung Koo<sup>4</sup>, Kyung-Ah Han<sup>3</sup>, Kyung-Wan Min<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Diabetes Center, Eulji Hospital, Seoul,

<sup>2</sup>Department of Food and Nutrition, Duksung Women's University, Seoul,

<sup>3</sup>Department of Internal Medicine, Eulji University School of Medicine, Daejeon,

<sup>4</sup>Department of Internal Medicine, Seoul National University School of Medicine, Seoul, Korea

### Abstract

**Background:** Weight loss through low-calorie diets (LCDs) decreases visceral fat (VF). However, the effects on muscle mass, changes of dietary quality, and insulin sensitivity are unknown for Korean obese type 2 diabetic subjects. Therefore, this study examined such effects of LCDs.

**Methods:** A total of 30 obese type 2 diabetic subjects (body mass index,  $27.0 \pm 2.2$  kg/m<sup>2</sup>) were randomly assigned to an LCD or control group. Subjects on LCDs took 500~1,000 kcal fewer energy than their usual dietary intake (1,000~1,500 kcal/day) over the course of 12 weeks. The abdominal VF and femoral muscle mass were evaluated by computed tomography, and insulin sensitivity was assessed using an insulin tolerance test (Kitt; rate constant for plasma glucose disappearance, %/min). Dietary nutrient intake consumed by subjects was assessed by 3-day food records.

**Results:** The percent VF reduction was  $-23.4 \pm 17.2\%$  in the LCD group and  $-9.8 \pm 11.8\%$  in the control group after 12 weeks ( $P < 0.001$ ,  $P = 0.002$ ). However, significant decrease in femoral mass or proportional change of macronutrient intake and mean adequacy ratio were not found in the LCD group, as compared to the control group. Insulin sensitivity improved in the LCD group, as compared to the control group ( $P = 0.040$ ).

**Conclusion:** LCD effectively improved insulin sensitivity and reduced abdominal VF without reduction of femoral muscle and dietary quality in obese type 2 diabetic subjects. (Korean Diabetes J 33:526-536, 2009)

**Key words:** Caloric restriction, Intraabdominal fat, Type 2 diabetes mellitus, Weight loss

접수일자: 2009년 10월 6일, 통과일자: 2009년 11월 6일

교신저자: 민경완, 을지대학교 의과대학 내과학교실, E-mail: minyungwa@yahoo.co.kr

\* 이 연구는 한국당뇨병임상연구소의 지원에 의하여 이루어짐.

\* 안희정과 조윤옥은 본 논문에 제1저자로 공동기여 하였음.



## 서 론

제2형 당뇨병환자의 80% 이상이 과체중 또는 비만이다<sup>1)</sup>. 비만은 전신적인 지방의 총 양뿐 아니라 체내 지방의 분포에 따라서도 그 위험도가 달라지는데, 복부에 축적된 지방은 인슐린저항성을 유발하여 심혈관질환의 위험을 증가시키는 것으로 알려져 있다<sup>2-5)</sup>. 특히 복부 내장지방은 피하지방보다 지방 분해율이 높고 혈중 유리지방산의 농도를 증가시켜 인슐린저항성을 유발한다.

복부 내장지방을 효과적으로 감소시키기 위해서는 식사 에너지를 감소시켜 체중을 감소시키는 것이 중요한데, 체중 감소를 위해서는 초저칼로리 식사(very low calorie diets, VLCDs; < 800 kcal/day)와 저칼로리 식사(low calorie diets, LCDs; 800~1,500 kcal/day)가 활용된다<sup>6,7)</sup>. 미국 당뇨병학회(American Diabetes Association) 등에서는 비만한 제2형 당뇨병환자들의 치료 전략으로 평소 섭취량에서 500~1,000 kcal를 감소시키도록 권고하며, 임상에서는 적어도 1,000~1,200 kcal 이상을 섭취하도록 권고되고 있다<sup>8)</sup>.

비만환자에서 저칼로리 식사는 인슐린감수성의 향상과 복부 내장지방을 감소시키지만, 초저칼로리 식사는 근육량을 소실시키고, 미량 영양소의 불량과 전해질 부족으로 근육 경련 등을 유발할 수 있다<sup>9,10)</sup>. 한국인 비만환자에서 식사 에너지의 감소는 단백질, 칼슘, 철분 섭취량을 감소시킬 수 있다고 지적되기도 하였다<sup>11,12)</sup>. 그러나 비만한 정상 환자와 대사적으로 다른 비만한 제2형 당뇨병환자에서 저칼로리 식사의 임상적 효과를 살펴본 국내 연구는 부족하였다. 한국인 비만한 제2형 당뇨병환자에서 임상영양치료에 관한 대부분의 연구는 식사 에너지 감소 정도가 적어서 저칼로리 식사까지를 목표로 하는 경우가 드물다<sup>13,14)</sup>. 더욱이 비만한 한국인 제2형 당뇨병환자에서 임상영양치료로 인슐린감수성 및 복부 지방의 임상적 효과를 살펴본 연구는 더욱더 적다.

이에 본 연구에서는 비만한 제2형 당뇨병환자를 대상으로 평소 섭취량에서 500~1,000 kcal/day 감소시킨 저칼로리 식사를 하였을 때, 인슐린감수성, 복부 내장지방, 대퇴부 근육과 식사의 질에 미치는 변화를 살펴봄으로써 저칼로리 식사를 통한 복부 내장지방 감소 프로그램의 기초 자료를 삼고자 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구 대상

연구 대상자들은 2006년 2월부터 2008년 10월 사이 을

지병원 당뇨병센터 외래를 방문한 제2형 여자 당뇨병환자 중 연구 목적과 과정에 대해 설명을 듣고 동의한 42명을 대상으로 하였다. 본 임상 연구는 을지병원 임상시험심사위원회의 승인을 받았다(승인 번호: EMCIRB 06-05, 06-06). 제2형 당뇨병의 진단은 1997년 제정된 미국 당뇨병학회의 진단 기준에 따랐으며, 연구 참여 당시 당화혈색소 < 9%, 체질량지수  $\geq 23 \text{ kg/m}^2$ , 연구 시작 전 24주 이상 일정한 체중을 유지( $\pm 2 \text{ kg}$ )하고, 매일 30~60분 운동을 유지하는 환자로 하였다. 연구 대상자에서 인슐린이나 치아졸리딘돈 약물 투여하는 환자, 매일 하루 1잔 이상 음주하는 환자, 특별한 다이어트(예, 채식주의자)를 하거나 운동을 할 수 없는 환자, 임신성 당뇨병, 악성 종양환자, 심혈관질환이나 당뇨병성 신증을 동반한 환자는 제외하였다. 총 42명의 연구 대상자들은 식사 운동요법(n = 26)과 경구혈당강하제(설향닐 요소제; n = 4, 메트포르민; n = 1, 설향닐 요소제와 메트포르민 병합요법군; n = 11)를 섭취하는 환자였으며, 약물은 연구 시작 12주 전부터 일정 용량으로 유지하였고, 연구 과정 동안 약물 종류의 변경은 없었다.

### 2. 연구 방법

총 42명의 연구 대상자들은 난수표를 이용하여 무작위 배정을 하였고, 저칼로리 식사군과 대조군 중 한 군에 배정하였다.

#### 1) 식사 에너지 섭취량과 총 소비 칼로리 조사

식사 에너지 섭취량과 영양소 섭취량을 조사하기 위하여 두 군 모두 3일 식사 기록지(주중 2일, 주말 1일)를 2주마다 적어오도록 하였다. 일상적인 총 소비 에너지와 활동에너지는 취침 시간 외에 다중기록가속도계 장치부착 보수계(Lifecorder<sup>®</sup>; Suzuken Co., Nagoya, Japan)를 하루 종일 착용하도록 한 후, 방문 시마다 모니터하였다.

식사 기록을 위하여 대상자들에게 식사 기록 방법에 대해 간단한 사전 교육을 하였으며, 식사 섭취 조사지에는 끼니별 하루 동안 섭취한 모든 음식의 섭취량과 식품 재료, 건강보조식품, 간식 등을 대상자들이 직접 기록하도록 하였다. 기록된 식사 섭취 조사지를 거둬들일 때에는 기록의 정확도를 높이기 위하여 전문 영양사가 실물 크기의 식품모형과 계량컵, 계량스푼 음식물의 눈대중 자료(대한영양사협회, 1999)를 이용하여 대상자들과 직접 면접을 하면서 기록 사항을 검토하였다. 식사 기록 자료는 CAN-Pro (computer-aided nutritional analysis program, version 2.0; Korean Nutrition Society, Seoul, Korea)로 분석하여 영양소 섭취량으로 환산하였다.



## 2) 식사와 운동 교육

연구 시작 2주 전에는 평소 섭취량과 운동량을 유지하도록 하였다. 총 12주 연구 기간에 저칼로리 식사군은 일주일에 0.5~1 kg의 체중 감소를 목표로 평소 섭취량에서 500~1,000 kcal/day 감소시켜 하루 1,000~1,500 kcal를 섭취하도록 하였다. 교육은 연구 시작 후 2주마다 개별 면담으로 진행하였고, 동기 유발과 섭취량 조절에서 어려운 점을 질문하고 해결 방법을 제시하였다. 대조군은 당뇨병 식사요법 지침서(대한당뇨병학회, 2000)를 근거로 올바른 당뇨병 식사 방법에 관한 내용을 연구 시작 시 영양사로부터 1회 교육을 받았고, 진료 외의 교육은 수행하지 않았다. 섭취량은 연구 시작과 12주에 조사하였다.

운동은 두 군 모두 교육 전 수행하고 있던 걷기를 일주일에 5회 이상, 매일 60분씩, 3.6~5.2 MET 강도, 다중기록가 속도계 장치부착 보수계(Lifecorder<sup>®</sup>; Suzuken Co.)로 4~6을 12주 동안 유지하도록 하였다.

## 3) 신체 계측 및 생화학 검사

연구 시작과 방문마다 신장, 체중, 허리둘레를 측정하였다. 신장과 체중은 겹옷을 탈의하고 얇은 옷만을 입은 상태에서 측정하였고, 체질량지수(body mass index, BMI)는 체중(kg)을 신장의 제곱(m<sup>2</sup>)으로 나누어 계산하였다. 허리둘레는 숨을 편안히 내쉬 상태에서 줄자를 이용하여 늑골 하단과 장골릉 사이의 가장 가는 부위를 측정하였고, 혈압은 10분간 안정을 취한 뒤 앉은 자세에서 수은 혈압계(Yamasu co, Saitama, Japan)로 측정하였다.

두 군 모두는 연구 시작과 12주 후에 생화학 검사를 하였다. 혈액 검사는 10시간 이상 금식 후 정맥혈을 채취하여 3,000 rpm에서 15분간 원심 분리하여 혈청을 분리하였고, -70℃에서 냉동 보관하였다가 분석에 사용하였다. 공복 혈당은 포도당 산화법으로, 당화혈색소는 양이온 교환 수지에 의한 HPLC법으로 측정하였다.

## 4) 인슐린감수성 검사

인슐린감수성은 인슐린 내성검사(insulin tolerance test, ITT) 결과인 K<sub>ITT</sub> (rate constant for plasma glucose disappearance) index (%/min)를 사용하였다. 연구 대상자들에게 0.1 U/kg의 인슐린(Humulin, RI)을 주사하고 0, 3, 6, 9, 12, 15분에 각각 혈당을 측정하였다. 시간대별로 측정된 포도당 농도는 컴퓨터 프로그램에 입력하여 각각 자연로그로 환산하고 3~15분의 값을 이용하여 regression line의 기울기를 계산하였다. 이로부터 기저 혈당이 반으로 떨어지

는 t<sub>1/2</sub>를 구하고, 인슐린감수성 지표인 K<sub>ITT</sub>를 아래와 같은 공식으로 산출하였다<sup>15)</sup>.

$$K_{ITT} = 0.619t_{1/2} \times 100 \text{ (%/min)}$$

## 5) 복부 지방면적 및 근육면적 측정

복부 내장지방과 복부 피하지방은 누운 자세로 제4~5 요추 사이에서 컴퓨터 단층촬영(Hispeed NX/I; GE, Milwaukee, WI, USA)으로 측정하였다. 복부 지방면적은 도식적 모형에 기초하여 Hounsfield units을 이용한 히스토그램에 의해 방사선과 전문가가 전산화된 프로그램으로 산출하였다. 복부와 배부의 근육을 경계로 안쪽을 내장지방(visceral fat, VF), 바깥쪽을 피하지방(subcutaneous fat, SF)으로 구하였다. 대퇴부 근육도 컴퓨터 단층촬영으로 양쪽 다리의 전상 장골 능선과 무릎 뼈의 중간 부위에서 같은 두께의 가로 단면을 촬영하여 대퇴부 근육면적을 측정하였다. 골격근의 해상도는 +0에서 +100까지 Hounsfield units 픽셀의 평균치로 결정하였다.

## 6) 식사의 질 평가

영양소 섭취량을 기준으로 한 식사의 질 평가에는 평균 적정비(mean adequacy ratio, MAR)와 영양밀도지수(index of quality, INQ)를 사용하였다.

## ① MAR

식사 에너지의 감소에 따른 식사의 적절성을 평가하기 위하여 각 영양소의 적정비(nutrition adequacy ratio, NAR)를 계산하였다. 영양소 적정비는 각 영양소 섭취량의 권장량에 대한 비로 계산하였으며, 1을 넘으면 1로 간주하였다<sup>16)</sup>. 전체적인 식사 섭취의 질(overall nutritional quality)은 각 영양소의 NAR을 평균하여 MAR을 계산하였다.

## ② INQ

INQ는 개인 간 에너지 섭취량의 차이를 고려한 식사의 질을 파악하기 위해 식사 1,000 kcal에 함유된 영양소 함량을 1,000 kcal당 그 영양소의 권장 섭취량에 대한 비로 나타내었다.

$$NAR = \text{개인의 특정 영양소 섭취량} / \text{특정 영양소의 권장 섭취량}$$

$$MAR = \sum NAR \text{ (각 영양소의 NAR)} / \text{영양소의 개수}$$

$$INQ = \text{식사 1,000 kcal에 함유된 영양소의 함량} / \text{에너지 1,000 kcal당 영양소 권장 섭취량}$$



### 3. 통계 분석

연구 자료는 SPSS 통계 프로그램 version 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 측정 항목별 평균 및 표준편차를 산출하였다. 12주간 두 군의 신체적 특성 및 생화학적 검사, 식사의 질과 영양소 섭취량의 전후 평균값 비교는 대응표본 T 검정, 그룹 간 비교는 독립표본 T 검정으로 비교하였다. 복부 지방과 영양소 변화량의 상관관계는 나이와 평균 활동 에너지를 보정한 편 상관 분석(partial correlation analysis)으로 하였다. *P*값이 0.05 미만인 경우 통계학적으로 유의하다고 판정하였다.

## 결 과

### 1. 연구 대상자들의 일반적인 특성과 순응도

총 42명의 연구 대상자들이 등록되었고, 이 중 연구 시작

후 하루 30분 이상의 운동량 증가( $n = 8$ ), 중도 탈락(이사 및 연락 안 됨;  $n = 4$ )으로 12명이 탈락하여 총 30명이 최종 연구에 참여하였다. 탈락률은 두 군 간 차이를 보이지 않았다. 총 30명의 연구 대상자들은 평균  $56.0 \pm 6.7$ 세, 당뇨병 유병기간  $5.1 \pm 4.4$ 년, BMI  $26.7 \pm 2.2$  kg/m<sup>2</sup>, 당화혈색소  $7.2 \pm 0.8\%$ , 복부 내장지방  $173 \pm 46$  cm<sup>2</sup>였고, 치료 방법에 있어서는 식사와 운동요법이 70%, 설포닐 요소제 6.7%, 설포닐 요소제와 메트포르민 병합요법군 23.3%였다. 연구 2주 후 설포닐 요소제와 설포닐 요소제와 메트포르민 병합요법군은 저혈당 예방을 위해 설포닐 요소제의 용량을 감소시켰는데, 연구 종료 시 처음보다 50%의 설포닐 요소제 감량이 있었다. 두 군 간 나이, 당뇨병 유병기간, BMI, 당화혈색소, 복부 내장지방과 복부 피하지방, 대퇴부 근육, 치료 방법 간의 유의한 차이는 없었다(Table 1). 평균 식사 에너지 섭취량은  $1,886 \pm 177$  kcal/day였고, 총 소비에너지와 총 활동 에너지도 각각  $1,921 \pm 192$  kcal/day,  $342 \pm$

**Table 1.** Baseline characteristics of the study groups

Characteristics	Intervention assignment		<i>P</i> -value*
	LCD	Control	
Number of subjects	14	16	
Age (yr)	$56.6 \pm 6.2$	$55.6 \pm 7.3$	0.689
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	$27.1 \pm 2.2$	$26.4 \pm 2.3$	0.391
Waist circumference (cm)	$87.4 \pm 4.3$	$86.9 \pm 6.1$	0.950
Diabetes duration (yr)	$4.7 \pm 4.4$	$5.4 \pm 4.5$	0.667
Laboratory data			
FPG (mg/dL)	$135.5 \pm 22.4$	$147.5 \pm 33.6$	0.178
HbA1c (%)	$6.9 \pm 0.6$	$7.3 \pm 0.9$	0.068
SBP (mm Hg)	$122.9 \pm 11.4$	$124.3 \pm 12.2$	0.951
DBP (mm Hg)	$77.9 \pm 8.0$	$80.1 \pm 6.8$	0.554
TC (mg/dL)	$206.5 \pm 31.0$	$195.2 \pm 39.6$	0.277
TG (mg/dL)	$151.5 \pm 60.9$	$137.8 \pm 109.6$	0.546
HDL (mg/dL)	$45.9 \pm 11.0$	$42.5 \pm 9.2$	0.294
LDL (mg/dL)	$134.9 \pm 27.0$	$127.3 \pm 36.7$	0.393
Abdominal fat and thigh muscle			
Total fat (cm <sup>2</sup> )	$395.7 \pm 58.8$	$365.4 \pm 82.6$	0.260
Visceral fat (cm <sup>2</sup> )	$172.7 \pm 39.5$	$174.3 \pm 53.6$	0.971
Subcutaneous fat (cm <sup>2</sup> )	$223.1 \pm 47.4$	$191.1 \pm 51.2$	0.113
Thigh muscle (cm <sup>2</sup> )	$105.8 \pm 18.3$	$107.2 \pm 10.7$	0.942
Energy intake and expenditure			
Dietary EI (kcal/day)	$1,919 \pm 156$	$1,859 \pm 195$	0.361
TEE (kcal/day)	$1,977 \pm 228$	$1,873 \pm 144$	0.142
PAEE (kcal/day)	$378 \pm 158$	$311 \pm 101$	0.172

The values were mean  $\pm$  standard deviation. \* The *P*-values are for comparison between LCDs and control by independent t-test. BMI, body mass index; DBP, diastolic blood pressure; EI, energy intake; FPG, fasting plasma glucose; HbA1c, glycosylated hemoglobin; HDL, high density lipoprotein; LCDs, low calorie diets; LDL, low density lipoprotein; PAEE, physical activity-associated energy expenditure; SBP, systolic blood pressure; TC, total cholesterol; TEE, total energy expenditure; TG, Triglycerides.



133 kcal/day였으며, 두 군 간 유의한 차이는 없었다(Table 1). 식사 에너지 중 탄수화물 섭취비는  $64.8 \pm 5.5\%$ , 단백질  $16.3 \pm 2.0\%$ , 지방  $19.0 \pm 4.4\%$ 로 탄수화물 섭취비는 당뇨병학회 권고 수준 55~60%에 비해 높았으며, 두 군 간 차이는 없었다<sup>17)</sup>.

## 2. 혈당과 인슐린감수성의 변화

공복 혈당과 당화혈색소 농도는 식사 에너지 감소 전후, 저칼로리 식사군에서만 유의하게 감소하였으나( $P < 0.001$ ,  $P = 0.002$ ) 두 군 간 유의한 차이는 없었다. 인슐린감수성은 저칼로리 식사군에서  $47.7 \pm 69.8\%$ 로 유의하게 증가하였고, 대조군보다 유의하게 증가하였다( $P = 0.040$ ) (Table 2).

## 3. 체중과 복부 지방 면적, 근육면적의 변화

체중 감소량은 12주 후 두 군 모두에서 유의하게 감소하였고( $P < 0.001$ ), 저칼로리 식사군이 평균  $-5.2 \pm 1.5$  kg ( $-7.8 \pm 2.3\%$ )로, 대조군의 평균  $-1.8 \pm 1.3$  kg ( $-2.9 \pm 2.1\%$ )보다 유의하게 감소하였다( $P < 0.001$ ). 허리둘레는 식사 에너지 감소가 많았던 저칼로리 식사군에서만 평균  $5.6 \pm 3.1$  cm 유의하게 감소하였다( $P = 0.043$ ).

컴퓨터 단층촬영으로 측정한 복부 내장지방은 저칼로리 식사군이  $23.4 \pm 17.2\%$ , 대조군이  $9.8 \pm 11.8\%$ 로 두 군 모두에서 유의하게 감소하였으나( $P < 0.001$ ,  $P = 0.002$ ), 복부 피하지방은 저칼로리 식사군에서만  $16.0 \pm 13.6\%$  유의

하게 감소하였다( $P = 0.001$ ). 저칼로리 식사군은 대조군보다 좀 더 유의하게 복부 내장지방과 복부 피하지방, 복부 총 지방을 유의하게 감소시켰다( $P = 0.047$ ,  $P = 0.001$ ,  $P = 0.001$ ) (Table 2). 그러나 컴퓨터 단층촬영으로 측정한 대퇴부 근육은 식사 에너지 감소 전후, 두 군 간 유의한 변화가 없었다( $P = 0.118$ ) (Table 2).

## 4. 식사 에너지 섭취량과 에너지 구성 영양소의 변화

총 12주 동안 식사 에너지 섭취량 조사를 위해 저칼로리 식사군은 2주마다, 대조군은 연구 시작과 12주에 3일 식사 기록지로 평가하였다. 저칼로리 식사군의 식사 에너지는 매주 감소량에 차이가 있었으므로 1~12주 동안의 평균 감소량으로 하였다. 저칼로리 식사군의 식사 에너지 감소량은  $-524 \pm 156$  kcal/day로, 대조군  $-125 \pm 67$  kcal/day보다 유의하게 높았다( $P = 0.001$ ). 교육 전후 탄수화물 섭취량은 저칼로리 식사군과 대조군 모두에서 유의하게 감소하였으나( $P < 0.001$ ,  $P = 0.006$ ), 단백질과 지방 섭취량은 저칼로리 식사군에서만 유의하게 감소하였다( $P < 0.001$ ,  $P = 0.025$ ). 그러나 탄수화물, 단백질, 지방의 영양소 구성비는 교육 전후 두 군 간 유의한 차이는 없었다.

총 소비 에너지와 총 활동 에너지 증가량에 있어서는 식사 에너지 감소 전후, 두 군 간 유의한 차이가 없었다 (Table 3).

**Table 2.** Body weight, abdominal fat, insulin sensitivity and glucose control between baseline and intervention for the two diet groups

	LCDs		Control		<i>P</i> -value <sup>*</sup>
	Baseline	Intervention	Baseline	Intervention	
Body weight and abdominal fat area					
Body weight (kg)	66.6 ± 4.0	61.5 ± 4.4 <sup>†</sup>	63.4 ± 5.0	61.6 ± 5.5 <sup>†</sup>	< 0.001
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	27.1 ± 2.2	25.0 ± 2.1 <sup>†</sup>	26.4 ± 2.3	25.6 ± 2.3 <sup>†</sup>	< 0.001
Waist circumference (cm)	87.4 ± 4.3	81.9 ± 3.8 <sup>†</sup>	86.9 ± 6.1	83.9 ± 5.7 <sup>†</sup>	0.043
Total fat (cm <sup>2</sup> )	396 ± 59	322 ± 77 <sup>†</sup>	365 ± 83	341 ± 75 <sup>†</sup>	0.001
Visceral fat (cm <sup>2</sup> )	173 ± 40	133 ± 41 <sup>†</sup>	174 ± 54	153 ± 39 <sup>†</sup>	0.047
Subcutaneous fat (cm <sup>2</sup> )	223 ± 47	189 ± 56 <sup>†</sup>	191 ± 51	188 ± 58	0.001
Thigh muscle (cm <sup>2</sup> )	106 ± 18	103 ± 16	107 ± 11	108 ± 11	0.118
Insulin sensitivity					
K <sub>ITT</sub>	2.1 ± 0.8	2.8 ± 0.9 <sup>†</sup>	2.0 ± 0.8	2.0 ± 0.9	0.040
Glucose control					
FPG (mg/dL)	136 ± 22	114 ± 9 <sup>†</sup>	147 ± 33	135 ± 34	0.249
HbA1c (%)	6.9 ± 0.6	6.4 ± 0.5 <sup>†</sup>	7.4 ± 0.9	7.1 ± 0.8	0.324

The values were mean  $\pm$  standard deviation. \* The P-values are for comparison for the change from baseline to intervention between LCDs and control by independent t-test,  $^{\dagger}$  The P-values  $< 0.05$  are for comparison between baseline and intervention by paired t-test. BMI, body mass index; FPG, fasting plasma glucose; HbA1c, glycosylated hemoglobin; LCDs, low calorie diets.



## 5. 미량 영양소 섭취량과 식사의 질 변화

### 1) 미량 영양소 섭취량의 변화

영양소 섭취량의 변화는 1~12주 평균 섭취량과 초기 섭취량의 차이를 통해 계산하였다. 저칼로리 식사군은 식사 에너지 감소 후 비타민 A와 엽산, 콜레스테롤을 제외한 대부분의 미량영양소가 감소하였고, 인( $P = 0.018$ ), 아연( $P = 0.026$ ), 비타민 C ( $P = 0.012$ )의 감소량은 대조군보다 유의하게 컸다(Table 3).

### 2) 영양소 적정비(NAR)과 평균 적정비(MAR)

연구 대상자들의 NAR과 MAR의 변화도 1~12주 평균 섭취량과 초기 섭취량의 차이를 통해 계산하였다. 교육 후

저칼로리 식사군은 칼슘( $P < 0.001$ ), 비타민 A ( $P = 0.038$ ), 비타민 B<sub>1</sub> ( $P < 0.001$ ), 비타민 B<sub>2</sub> ( $P = 0.002$ ), 나이아신( $P = 0.007$ ), 엽산( $P = 0.007$ )의 NAR이 감소하였고, 대조군에 비해 비타민 B<sub>1</sub>의 NAR이 유의하게 낮았다( $P = 0.007$ ). 그러나 MAR은 두 군 모두에서 식사 에너지 감소 전후, 두 군 간 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 4).

### 3) 영양소의 질적지수(INQ)

INQ는 섭취량과 무관한 질적인 개념으로서 과잉의 섭취나 식사와 질병 간의 관계 연구에 주로 사용되는 지수로<sup>18)</sup>, 식사의 질을 빠르고 간편하게 계량적으로 평가하는 방법이다. 연구 대상자들의 INQ의 변화도 1~12주 평균 섭취량과

**Table 3.** Dietary nutrient intake and energy expenditure between baseline and intervention for the two diet groups

	LCDs		Control		P-value*
	Baseline	Intervention	Baseline	Intervention	
Macronutrient intake					
Dietary EI (kcal/day)	1,919 ± 155	1,394 ± 193 <sup>†</sup>	1,859 ± 194	1,733 ± 208 <sup>†</sup>	< 0.001
Carbohydrate (g/day)	316 ± 30	215 ± 27 <sup>†</sup>	295 ± 39	273 ± 40 <sup>†</sup>	< 0.001
Protein (g/day)	78 ± 12	62 ± 10 <sup>†</sup>	76 ± 14	74 ± 9	0.006
Fat (g/day)	39 ± 12	34 ± 8 <sup>†</sup>	40 ± 9	41 ± 8	0.103
Carbohydrate (%)	66.2 ± 5.6	62.0 ± 3.7	63.5 ± 5.2	62.9 ± 4.5	0.124
Protein (%)	16.1 ± 1.8	17.7 ± 1.7 <sup>†</sup>	16.7 ± 2.5	16.1 ± 2.7	0.362
Fat (%)	18.3 ± 4.8	21.7 ± 3.3 <sup>†</sup>	19.3 ± 3.2	21.0 ± 5.2	0.407
Micronutrient intake					
Fiber (g/day)	9.54 ± 1.59	7.83 ± 1.09 <sup>†</sup>	8.59 ± 2.51	8.22 ± 1.24	0.058
Calcium (mg/day)	658.71 ± 124.93	546.88 ± 139.10 <sup>†</sup>	604.82 ± 284.43	551.91 ± 97.86	0.436
Phosphorus (mg/day)	1,168.39 ± 173.68	955.61 ± 169.33 <sup>†</sup>	1,102.25 ± 239.49	1,059.00 ± 118.47	0.018
Iron (mg/day)	17.07 ± 2.79	13.93 ± 1.92 <sup>†</sup>	16.12 ± 2.89	14.74 ± 2.25	0.087
Sodium (mg/day)	5,145.39 ± 1,666.64	4,222.92 ± 713.28 <sup>†</sup>	5,001.01 ± 1,147.23	4,900.17 ± 709.19	0.088
Potassium (mg/day)	3,706.50 ± 696.30	2,987.60 ± 336.32 <sup>†</sup>	3,294.44 ± 839.21	3,058.94 ± 285.05	0.067
Zinc (mg/day)	9.87 ± 2.21	7.79 ± 1.86 <sup>†</sup>	9.31 ± 1.14	9.09 ± 2.07	0.026
Vitamin A (μg RE/day)	929.37 ± 389.50	866.69 ± 253.91	981.00 ± 383.11	812.25 ± 257.23	0.557
Vitamin B <sub>1</sub> (mg/day)	1.30 ± 0.40	1.00 ± 0.13 <sup>†</sup>	1.25 ± 0.38	1.15 ± 0.17	0.179
Vitamin B <sub>2</sub> (mg/day)	1.27 ± 0.41	0.96 ± 0.12 <sup>†</sup>	1.17 ± 0.39	1.07 ± 0.19	0.106
Vitamin B <sub>6</sub> (mg/day)	2.58 ± 0.36	2.22 ± 0.33 <sup>†</sup>	2.57 ± 0.58	2.19 ± 0.38 <sup>†</sup>	0.902
Niacin (mg/day)	16.61 ± 2.88	14.26 ± 2.10 <sup>†</sup>	16.34 ± 2.75	15.32 ± 1.75	0.089
Vitamin C (mg/day)	166.86 ± 46.94	125.81 ± 29.15 <sup>†</sup>	120.79 ± 63.34	133.78 ± 31.80	0.012
Folate (μg/day)	360.99 ± 104.43	309.82 ± 80.00	302.69 ± 106.81	308.22 ± 45.37	0.118
Vitamin E (mg α-TE/day)	15.19 ± 6.63	11.74 ± 3.18 <sup>†</sup>	14.23 ± 6.15	12.33 ± 3.63	0.479
Cholesterol (mg/day)	258.73 ± 120.65	209.99 ± 84.24	297.48 ± 109.53	254.32 ± 32	0.893
Energy expenditure					
TEE (kcal/day)	1,976 ± 228	1,988 ± 185	1,872 ± 144	1,868 ± 150	0.662
PAEE (kcal/day)	378 ± 158	401 ± 148	311 ± 101	323 ± 112	0.678

The values were mean ± standard deviation. \* The P-values are for comparison for the change from baseline to intervention between LCDs and control by independent t-test, † The P-values < 0.05 are for comparison between baseline and intervention by paired t-test. EI, energy intake; LCDs, low calorie diets; PAEE, physical activity-associated energy expenditure; RE, retinol equivalent; TE, tocopherol equivalent; TEE, total energy expenditure.



**Table 4.** Nutrient adequacy ratio, mean adequacy ratio and index of nutrient quality between baseline and intervention for the two diet groups

	LCDs		Control		<i>P</i> -value*
	Baseline	Intervention	Baseline	Intervention	
NAR					
Protein	1.00 ± 0.00	0.99 ± 0.04	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	0.224
Calcium	0.89 ± 0.11	0.76 ± 0.14 <sup>†</sup>	0.78 ± 0.21	0.79 ± 0.14	0.601
Phosphorus	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.01	1.00 ± 0.01	1.00 ± 0.00	0.293
Iron	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.01	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	0.293
Vitamin A	0.92 ± 0.12	0.97 ± 0.07 <sup>†</sup>	0.93 ± 0.14	0.94 ± 0.12	0.279
Vitamin B1	0.93 ± 0.09	0.83 ± 0.08 <sup>†</sup>	0.91 ± 0.13	0.92 ± 0.07	0.007
Vitamin B2	0.79 ± 0.18	0.64 ± 0.09 <sup>†</sup>	0.74 ± 0.20	0.71 ± 0.12	0.057
Vitamin B6	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.00 ± 0.00	1.000
Niacin	0.94 ± 0.08	0.88 ± 0.11 <sup>†</sup>	0.93 ± 0.09	0.94 ± 0.09	0.101
Vitamin C	0.99 ± 0.05	0.99 ± 0.05	0.88 ± 0.18	0.98 ± 0.03 <sup>†</sup>	0.968
Folate	0.85 ± 0.19	0.75 ± 0.15 <sup>†</sup>	0.72 ± 0.21	0.77 ± 0.11	0.699
MAR	0.94 ± 0.06	0.94 ± 0.06	0.90 ± 0.09	0.91 ± 0.04	0.146
INQ					
Protein	1.71 ± 0.18	1.89 ± 0.20 <sup>†</sup>	1.74 ± 0.28	1.81 ± 0.19	0.270
Calcium	1.06 ± 0.19	1.22 ± 0.31 <sup>†</sup>	1.01 ± 0.47	0.99 ± 0.17	0.019
Phosphorus	1.87 ± 0.24	2.11 ± 0.27 <sup>†</sup>	1.84 ± 0.37	1.90 ± 0.19	0.023
Iron	1.92 ± 0.29	2.17 ± 0.33 <sup>†</sup>	1.89 ± 0.30	1.86 ± 0.26	0.006
Zinc	1.23 ± 0.23	1.33 ± 0.23	1.21 ± 0.15	1.28 ± 0.35	0.656
Vitamin A	1.46 ± 0.58	2.60 ± 0.70 <sup>†</sup>	1.62 ± 0.64	2.47 ± 0.77 <sup>†</sup>	0.563
Vitamin B1	1.21 ± 0.39	1.30 ± 0.13	1.22 ± 0.38	1.21 ± 0.15	0.060
Vitamin B2	0.95 ± 0.28	0.99 ± 0.12	0.91 ± 0.31	0.90 ± 0.16	0.109
Niacin	1.17 ± 0.18	1.38 ± 0.18 <sup>†</sup>	1.20 ± 0.22	1.21 ± 0.18	0.012
Vitamin C	1.84 ± 0.48	1.97 ± 0.53	1.41 ± 0.73	1.69 ± 0.41	0.109
Folate	1.00 ± 0.26	1.66 ± 0.39 <sup>†</sup>	0.89 ± 0.32	1.67 ± 0.27 <sup>†</sup>	0.894

The values were mean ± standard deviation. \* The *P*-values are for comparison at the intervention between LCDs and control by independent t-test, † The *P*-values < 0.05 are for comparison between baseline and intervention by paired t-test. INQ, index of nutrient quality; LCDs, low calorie diets; MAR, mean adequacy ratio; NAR, nutrition adequacy ratio.

초기 섭취량으로 비교하였는데, 저칼로리 식사 후 교육 전 낮은 수치를 보였던 엽산을 제외하고 1 이상 유지하였다 (Table 4).

#### 6. 복부 지방과 영양소 섭취량의 상관관계

총 연구 대상자에서 나이와 평균 활동 에너지를 보정한 후에도, 복부 내장지방 감소량은 탄수화물 감소량( $r = 0.484$ ,  $P = 0.012$ ), 단백질 감소량( $r = 0.438$ ,  $P = 0.025$ )과 식사 에너지 감소량( $r = 0.484$ ,  $P = 0.012$ )과 유의한 상관관계를 보였고, 복부 피하지방 감소량과 복부 총 지방면적 감소량은 식사 에너지 감소량( $r = 0.666$ ,  $P < 0.001$ ;  $r = 0.692$ ,  $P < 0.001$ )과 탄수화물 감소량( $r = 0.688$ ,  $P < 0.001$ ;  $r = 0.655$ ,  $P < 0.001$ )과 유의한 상관관계를 보였다.

## 고 찰

저칼로리 식사는 하루 800~1,500 kcal로 정의된다<sup>19)</sup>. 미국당뇨병학회 등에서는 비만한 제2형 당뇨병환자들에게 하루 500~1,000 kcal/day를 감소시킨 저칼로리 식사를 권고하며, 적어도 1,000~1,200 kcal/day 이상은 섭취하도록 한다<sup>8)</sup>. 현재까지 저칼로리 식사의 효과에 관한 연구의 대부분은 서양의 비만한 제2형 당뇨병환자를 대상으로 임상적 효과를 관찰한 연구들이 대부분이었고, 한국인 비만한 제2형 당뇨병환자 대상으로 철저히 저칼로리 식사를 수행하여, 인슐린감수성과 복부지방에 관한 임상적 효과를 살펴본 연구는 부족하였다<sup>20,21)</sup>. 그러나, 인종과 식습관이 다른 서양인의 임상적 효과를 한국인에게 그대로 적용하는 것은 적절하지 않다. 당뇨병환자를 대상으로 임상영양치료는 대개 식사에너지



지 감소 목표가 낮거나 식사 에너지 감소 정도가 낮아서, 5~10%의 유의한 체중 감소에 도달하기가 어려웠다. 본 연구에서는 하루 500 kcal 이상을 감소시킨 저칼로리 식사를 수행한 결과 12주 후 평균  $-5.2 \pm 1.5$  kg ( $-7.8 \pm 2.3\%$ )의 체중이 감소하였는데, 이러한 결과는 Kim 등이 평균 체질량지수가 25 kg/m<sup>2</sup>인 제2형 당뇨병환자를 대상으로 12주 동안 표준체중  $\times$  30~35 kcal/kg로 식사 에너지 감소 목표를 세웠을 때 1.5 kg (2.3%)의 체중이 감소하였다는 것과, Cho 등이 평균 체질량지수가 25 kg/m<sup>2</sup>인 제2형 당뇨병환자에서 24주 동안 적극적인 임상영양치료를 수행한 결과 1.6 kg의 체중이 감소하였다는 것보다 효과적으로 체중을 감소시킬 수 있었다<sup>14,22</sup>). 또한 본 연구는 다른 연구들과 달리 이중표지수법(doubly labeled water)와도 상관관계를 보인 다중기록가속도계 장치부착 보수계를 이용하여 총 소비 에너지와 활동에너지를 보정하였기 때문에, 비교적 정확하게 총 소비 에너지와 섭취 에너지의 변화를 정확하게 측정하여 저칼로리 식사의 효과를 살펴본 연구라는데 의미가 있다<sup>23</sup>).

제2형 당뇨병환자에서도 인슐린저항성은 복부 내장지방의 축적과 연관되며, 저칼로리 식사는 인슐린감수성을 향상시킨다<sup>24,25</sup>). Giannopoulou 등<sup>20</sup>)은 제2형 당뇨병환자에서 하루 -600 kcal를 감소시킨 결과, 인슐린민감도가 35.2% 증가하였다고 보고 하였는데, 본 연구에서도 비만한 제2형 당뇨병환자에서 12주 동안의 저칼로리 식사는 인슐린감수성을 47.7% 증가시켰다. 비만한 제2형 당뇨병환자에서 식사 에너지 감량으로 5~10% 체중 감소는 인슐린감수성을 향상시키는 것으로 보고되고 있다<sup>26,27</sup>). 그러나, Assali 등은 저칼로리 식사 1주일 후, 체중 변화가 2 kg 미만이었음에도 인슐린민감도가 유의하게 증가하였고, 이러한 결과는 체중 감소의 효과보다는 식사 에너지 감소에 따른 음의 에너지 균형이 인슐린민감도를 향상시켰다고 보고하였다<sup>28</sup>).

저칼로리 식사는 16~26주에 초기 체중의 8~10%를 감소시키며, 이를 통해 복부 내장지방을 감소시킬 수 있다고 알려졌다<sup>29</sup>). Gasteyger 등은 비만 여성에서 저칼로리 식사로 10%의 체중을 감소시킨 결과, 복부 내장지방을 23.7%, 복부 피하지방을 15.7% 감소시켰다<sup>21</sup>). Kang 등의 한국인을 대상으로 한 연구<sup>30</sup>)에서도 비만 여성에서 저칼로리 식사로 8%의 체중을 감소시킨 결과, 복부 내장지방을 24.8%, 복부 피하지방을 21.7% 감소시켰다. 비만한 제2형 여자 당뇨병환자를 대상으로 한 본 연구에서도 저칼로리 식사를 통해 7.8%의 체중을 감소시킨 결과 복부 내장지방을 23.4%, 복부 피하지방을 16.0% 감소시켰다. 연구 결과들은 당뇨병 유무, 식사 에너지, 체중 감소 정도, 복용 약물, 폐경 유무 등

이 다르므로 복부 내장지방의 감소 수치를 직접적으로 비교하기 어렵지만, 비만한 제2형 당뇨병환자를 대상으로 한 저칼로리 식사의 효과는 비만한 정상 환자와 비슷한 경향으로 복부 내장지방과 복부 피하지방을 감소시키는 것으로 보인다<sup>20,31-33</sup>). 비만한 제2형 당뇨병환자에서 저칼로리 식사는 이전 비만한 정상 환자의 연구 결과와 동일하게 복부 내장지방 감소 비율이 복부 피하지방보다 유의하게 컸다. 이러한 이유는 복부 내장지방이 피하지방보다 지방 분해율이 높고, 인슐린 지방 분해 억제 작용에 덜 민감하기 때문에 내장지방이 피하지방보다 상대적으로 쉽게 감소된 결과로 보인다<sup>34,35</sup>).

복부 내장지방 감소에 효과적인 저칼로리 식사는 하루 1,000 kcal/day 미만으로 섭취할 경우 충분한 양의 단백질과 비타민, 무기질을 제공할 수 없으므로 영양소의 불량이거나 근육량의 소실 등이 문제로 발생할 수 있다<sup>6</sup>). 근육량의 감소 정도는 식사 에너지, 운동량, 체중 감소율 등에 영향을 받는다고 알려져 있다<sup>36</sup>). Ross 등에서는 저칼로리 식사 12주 후 8%의 체중 감소와 제지방의 유의한 감소를 보였으나, Kang 등에서는 8주 후 비슷한 체중감소에도 제지방량은 유의하게 감소되지 않았다<sup>30,37</sup>). 본 연구에도 12주 후 7%의 체중 감소를 보였으나 대퇴부 근육량은 감소되지 않았다. 이러한 결과의 차이는 체중 감소가 비슷하더라도 연구마다 연구기간이 다르고, 검사 방법이나 부위 등이 차이가 있어서, 저칼로리 식사로 인한 근육량 감소에 대한 결과를 정확히 설명하기 어렵다. 그러나 최근에는 식사 에너지뿐 아니라 단백질 섭취량도 근육량의 감소에 영향을 미친다는 결과들이 보고되고 있다<sup>38</sup>). 본 연구에서는 단백질 섭취비가 총 섭취에너지의 18%로 저칼로리 식사에서 권고되는 단백질비(총 섭취에너지의 ~15%)를 유지하였고, 식사 에너지도 1,100~1,500 kcal/day로 기초 대사율을 상회하는 수준으로 섭취한 것이 대퇴부 근육량의 감소를 예방할 수 있었던 것으로 보인다<sup>30,39</sup>). 따라서 적절한 단백질 섭취로 구성된 저칼로리 식사는 근육량을 감소시키지 않고 복부 내장지방을 유의하게 감소시킬 수 있는 것으로 보인다.

저칼로리 식사를 임상에서 수행할 때 주의해야 하는 구체적인 미량 영양소의 종류나 섭취량에 대한 권고 사항은 제시되고 있지 못하고 있다. 다만, 식사에너지를 제한하는 경우, 다양한 식품을 통해 영양섭취기준(dietary reference intake) 안에서 비타민과 무기질을 섭취하도록 한다<sup>9,16</sup>). 개인에 따라서는 식사 에너지 감소 시 종합 비타민과 무기질 보충제가 필요할 수 있는데, 당뇨병환자에서 미량영양소의 구체적인 섭취량은 복용 약물을 고려하여 비타민과 무기질



보충제의 효용성이나 안정성이 평가되어야 한다고만 제시되고 있다<sup>39)</sup>. 전체적인 식사의 질을 평가하는 MAR과 섭취량과 무관한 질적인 개념으로 식사의 질을 빠르고 간편하게 평가하는 방법인 INQ를 통해 조사된 연구들을 살펴보면, Lee 등은 저칼로리 식사에서 MAR의 감소를 보이지 않았고, INQ는 교육 전 낮은 수치를 보였던 엽산을 제외하고 1 이상 유지하였다<sup>40)</sup>. 본 연구에서도 저칼로리 식사 12주 후 MAR이 감소하지 않았으며, INQ도 대부분의 영양소에서 1 이상을 유지하였다. 이러한 결과는 균형 잡힌 식사를 하는 비만한 제2형 당뇨병환자에서 저칼로리 식사의 수행은 식사의 질적 감소를 보이지 않는 것으로 보인다.

본 연구의 제한점으로는 12주의 단기간 동안 수행된 연구이므로 체중 감량에 이르는 기간이 짧았고 여성 당뇨병환자만을 하였으므로 전체 당뇨병환자들에서 저칼로리 식사의 복부 내장지방 및 근육량, 식사의 질에 미치는 효과를 충분히 설명하기에 제한점이 있다. 또한 여성에서 폐경 유무는 복부 내장지방 감량에 영향을 미치는 요소로, Park 등에 의하면 체중 감량 프로그램에서 폐경 전 여성이 폐경 후 여성보다 복부 내장지방 감소가 더 컸다고 보고한 바 있다<sup>33)</sup>. 그러나 본 연구에서는 폐경 유무에 대한 조사가 미흡하였다.

결론적으로 비만한 한국인 제2형 당뇨병환자에서 12주 동안의 저칼로리 식사는 인슐린감수성을 향상시키고 복부 내장지방을 유의하게 감소시켰다. 임상에서 저칼로리 식사의 적용은 근육량이나 식사의 질도 변화시키지 않았고 안전하게 활용할 수 있는 방법이었다. 그러나 복부지방 감소에 대한 효과와 이를 근거로 한 비만한 제2형 당뇨병환자의 식사 기준을 제시하기 위해서는 좀 더 장기적인 효과에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 보인다.

## 요 약

**연구배경:** 저칼로리 식사로 인한 체중 감량은 내장지방을 감소시킨다. 그러나 비만한 제2형 당뇨병환자에서 이에 의한 근육량과 식사의 질, 인슐린감수성에 미치는 변화는 알려지지 않았다. 이에 본 연구에서는 저칼로리 식사로 인한 효과를 살펴보고자 하였다.

**방법:** 비만한 제2형 당뇨병환자 30명(체질량 지수  $27.0 \pm 2.2 \text{ kg/m}^2$ )은 저칼로리 식사군과 대조군으로 무작위 배정하였다. 12주 동안 저칼로리 식사군은 평소 섭취량에서 500~1,000 kcal를 감소시켜 하루 1,000~1,500 kcal 섭취하도록 하였다. 복부 내장지방과 대퇴부 근육은 컴퓨터 단층촬영을 통해 측정하였고, 인슐린감수성은 단시간 인슐린 내

성검사(short insulin tolerance test, ITT)를 통한  $K_{ITT}$  index (rate constant for plasma glucose disappearance index, %/min)로 평가하였다. 영양소 섭취량은 3일 식사 기록지를 통해 조사하였다.

**결과:** 복부 내장지방 감소율은 12주 후 저칼로리 식사군이  $-23.4 \pm 17.2\%$ , 대조군이  $-9.8 \pm 11.8\%$ 로 유의하게 감소하였다( $P < 0.001$ ,  $P = 0.002$ ). 그러나 대퇴부 근육량의 감소나 영양소 조성 및 영양소 평균 적정비는 두 군 간 차이가 없었다. 인슐린감수성은 저칼로리 식사군이 대조군보다 유의하게 향상되었다( $P = 0.040$ ).

**결론:** 비만한 제2형 당뇨병환자에서 저칼로리 식사는 인슐린감수성을 향상시키고, 복부 내장지방을 감소시키는데 효과적인 방법이었으며, 대퇴부 근육량의 감소와 식사 질도 변화시키지 않았다.

## 참 고 문 헌

- Baker S, Jerums G, Proietto J: *Effects and clinical potential of very-low-calorie diets (VLCDs) in type 2 diabetes*. *Diabetes Res Clin Pract* 85:235-42, 2009
- Albu JB, Kovera AJ, Johnson JA: *Fat distribution and health in obesity*. *Ann N Y Acad Sci* 904:491-501, 2000
- 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:E159-67, 1991
- Matsuzawa Y, Shimomura I, Nakamura T, Keno Y, Kotani K, Tokunaga K: *Pathophysiology and pathogenesis of visceral fat obesity*. *Obes Res* 3(suppl 2):S187-94, 1995
- Song YD, Lim SK, Kim KR, Lee HC, Huh KB, Nam SY, Kim KW, Huh AJ, Choi BK, Chung DH: *The effect of body fat distribution on glucose, lipid metabolism and growth hormone secretion in obesity*. *J Korean Soc Endocrinol* 14:541-52, 1999
- Hainer V, Toplak H, Mitrouk A: *Treatment modalities of obesity: what fits whom?* *Diabetes Care* 31(suppl 2):S269-77, 2008
- Klein S, Wadden T, Sugerman HJ: *AGA technical review on obesity*. *Gastroenterology* 123:882-932,



2002

8. Klein S, Sheard NF, Pi-Sunyer X, Daly A, Wylie-Rosett J, Kulkarni K, Clark NG: *Weight management through lifestyle modification for the prevention and management of type 2 diabetes: rationale and strategies: a statement of the American Diabetes Association, the North American Association for the Study of Obesity, and the American Society for Clinical Nutrition. Diabetes Care* 27:2067-73, 2004
9. Franz MJ, Bantle JP, Beebe CA, Brunzell JD, Chiasson JL, Garg A, Holzmeister LA, Hoogwerf B, Mayer-Davis E, Mooradian AD, Purnell JQ, Wheeler M: *Evidence-based nutrition principles and recommendations for the treatment and prevention of diabetes and related complications. Diabetes Care* 25:148-98, 2002
10. Delbridge E, Proietto J: *State of the science: VLED (very low energy diet) for obesity. Asia Pac J Clin Nutr* 15(suppl):49-54, 2006
11. 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* 10:525-35, 2005
12. Choi MS: *Effect of nutrition education and exercise intervention on health and diet quality of middle-aged women. Korean J Nutr* 42:48-58, 2009
13. Park YK, Lee JH, Yoon JY, Park EJ, Chung YS, Lee HC, Hub KB: *Effects of weight loss on glucose and lipid metabolism in overweight or obese NIDDM patients. J Korean Diabetes Assoc* 18:31-9, 1994
14. Cho Y, Lee M, Jang H, Rha M, Kim J, Park Y, Sohn C: *The clinical and cost effectiveness of medical nutrition therapy for patients with type 2 diabetes mellitus. Korean J Nutr* 41:147-55, 2008
15. Park SW, Yun YS, Ahn CW, Nam JH, Kwon SH, Song MK, Han SH, Cha BS, Song YD, Lee HC, Hub KB: *Short insulin tolerance test(SITT) for the determination of in vivo insulin sensitivity: a comparison with euglycemic clamp test. J Korean Diabetes Assoc* 22:199-208, 1998
16. The Korean Nutrition Society: *Dietary reference intakes for Koreans. Seoul, The Korean Nutrition Society,*

2005

17. Korean Diabetes Association: *Staged diabetes management. 3rd ed. p.3-9, Seoul, Korean Diabetes Association, 2007*
18. Kim NH, Kim JM, Kim HS, Chang N: *Effects of nutrition and exercise education on fat mass and blood lipid profile in postmenopausal obese women. Korean J Nutr* 40:162-71, 2007
19. National institutes of health technology assessment conference statement: *methods for voluntary weight loss and control, march 30-april 1, 1992. Nutr Rev* 50:340-5, 1992
20. Giannopoulou I, Ploutz-Snyder LL, Carhart R, Weinstock RS, Fernhall B, Goulopoulou S, Kanaley JA: *Exercise is required for visceral fat loss in postmenopausal women with type 2 diabetes. J Clin Endocrinol Metab* 90:1511-8, 2005
21. Gasteyger 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* 11:596-602, 2009
22. Kim SH, Kang ES, Park SY, Lee SJ, Kim MJ, Yoo JS, Ahn CW, Cha BS, Lim SK, Lee HC: *The effects of lifestyle modification on the metabolic parameters of type 2 diabetes. J Korean Diabetes Assoc* 28:1-11, 2004
23. Rafamantanantsoa HH, Ebine N, Yoshioka M, Higuchi H, Yoshitake Y, Tanaka H, Saitoh S, Jones PJ: *Validation of three alternative methods to measure total energy expenditure against the doubly labeled water method for older Japanese men. J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 48:517-23, 2002
24. Miyazaki Y, DeFronzo RA: *Visceral fat dominant distribution in male type 2 diabetic patients is closely related to hepatic insulin resistance, irrespective of body type. Cardiovasc Diabetol* 8:44, 2009
25. Kelley DE, Wing R, Buonocore C, Sturis J, Polonsky K, Fitzsimmons M: *Relative effects of calorie restriction and weight loss in noninsulin-dependent diabetes mellitus. J Clin Endocrinol Metab* 77:1287-93, 1993
26. Schneider R, Golzman B, Turkot S, Kogan J, Oren S:



- Effect of weight loss on blood pressure, arterial compliance, and insulin resistance in normotensive obese subjects. Am J Med Sci* 330:157-60, 2005
27. Petersen KF, Dufour S, Befroy D, Lehrke M, Hendler RE, Shulman GI: *Reversal of nonalcoholic hepatic steatosis, hepatic insulin resistance, and hyperglycemia by moderate weight reduction in patients with type 2 diabetes. Diabetes* 54:603-8, 2005
  28. Assali AR, Ganor A, Beigel Y, Shafer Z, Hershcovici T, Fainaru M: *Insulin resistance in obesity: Body-weight or energy balance? J Endocrinol* 171:293-8, 2001
  29. National Institutes of Health: *Clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults-the evidence report. Obes Res* 6(suppl 2):S51-209, 1998
  30. 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* 19:167-76, 1998
  31. Wajchenberg BL: *Subcutaneous and visceral adipose tissue: their relation to the metabolic syndrome. Endocr Rev* 21:697-738, 2000
  32. Goodpaster BH, Kelley DE, Wing RR, Meier A, Thaete FL: *Effects of weight loss on regional fat distribution and insulin sensitivity in obesity. Diabetes* 48:839-47, 1999
  33. Park HS, Lee KU: *Postmenopausal women lose less visceral adipose tissue during a weight reduction program. Menopause* 10:222-7, 2003
  34. Arner P: *Differences in lipolysis between human subcutaneous and omental adipose tissues. Ann Med* 27:435-8, 1995
  35. Ferrannini E, Barrett EJ, Bevilacqua S, DeFronzo RA: *Effect of fatty acids on glucose production and utilization in man. J Clin Invest* 72:1737-47, 1983
  36. Chaston TB, Dixon JB, O'Brien PE: *Changes in fat-free mass during significant weight loss: a systematic review. Int J Obes (Lond)* 31:743-50, 2007
  37. Ross R, Dagnone D, Jones PJ, Smith H, Paddags A, Hudson R, Janssen I: *Reduction in obesity and related comorbid conditions after diet-induced weight loss or exercise-induced weight loss in men: a randomized, controlled trial. Ann Intern Med* 133:92-103, 2000
  38. Bopp MJ, Houston DK, Lenchik L, Easter L, Kritchevsky SB, Nicklas BJ: *Lean mass loss is associated with low protein intake during dietary-induced weight loss in postmenopausal women. J Am Diet Assoc* 108:1216-20, 2008
  39. Expert Panel on the Identification, Evaluation, and Treatment of Overweight in Adults: *Clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults: executive summary. Am J Clin Nutr* 68:899-917, 1998
  40. Lee YA, Kim KN, Chang N: *The effect of nutrition education on weight control and diet quality in middle-aged women. Korean J Nutr* 41:54-64, 2008