

## 한국인 젊은 여성에서 고당질, 고지방 및 고단백질 식사가 식후 열생성에 미치는 영향

노희경 · 최인선 · 오승호<sup>†</sup>

전남대학교 식품영양학과

### Effects of High Carbohydrate, High Fat and Protein Meal on Postprandial Thermogenesis in Young Women

Hee-Kyong Ro, In-Seon Choi and Seung-Ho Oh<sup>†</sup>

Dept. of Food and Nutrition, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

#### Abstract

The purpose of this study was to observe the effects of high-carbohydrate (HC) diet, high-protein (HP) diet and high-fat (HF) diet with a normal diet (N) on diet-induced thermogenesis (DIT) in healthy Korean women. The four isoenergetic test meals consisted as follows: HC (75% energy from carbohydrate, 10% from protein and 15% from fat), HP (10% energy from carbohydrate, 75% from protein and 15% from fat), HF (15% energy from carbohydrate, 10% from protein and 75% from fat) diet and N (65% energy from carbohydrate, 15% from protein and 20% from fat) diet. Fasting and postprandial thermogenesis were measured after each test meals in eight subjects by indirect calorimetry for 3 hours. Fasting and postprandial serum glucose, insulin and triacylglycerol contents were also measured for 3 hours. DIT were  $10.4 \pm 3.2$  for HC,  $12.7 \pm 0.5$  for HP,  $6.9 \pm 2.8$  for HF and  $8.7 \pm 4.8$  for N diet as a percentage of the energy load. DIT of HP was greater than HF significantly, but had no differences with HC and N. Integrated areas under the curves ( $\Delta$ -AUC) of plasma glucose and insulin were significantly higher for HC compared to HP, HF and N diets.  $\Delta$ -AUC of plasma triacylglycerol was significantly higher for HF compared to the other test meals. In conclusion, intake of protein rich meal stimulates postprandial energy expenditure, but has no relation between DIT and insulin response, body composition.

**Key words:** DIT (diet-induced thermogenesis), isoenergetic test meals, postprandial energy expenditure

#### 서 론

한국은 2000년 영양권장량 제 7차 개정에서는 우리나라 사람들의 현 섭취상태에 맞추어 에너지 권장량을 하향 조정하거나 채위향상에 맞추어 증가시키기보다는, 인체의 생리적 요구에 합당한 권장량을 제시하기로 하고, 에너지 소비량 산출근거를 WHO(1985)에서 채택한 휴식대사량을 인용하고 여기에 활동계수를 곱하여 산출하였다(1).

그러나 적정 에너지 필요량은 연령, 성별, 활동량, 체위 및 대사기능에 따라 달라지므로 한국인에 대한 에너지 권장량 설정은 한국인을 대상으로 여러 가지 여건변동에 따른 에너지 소비량에 관한 정확한 자료가 이용되어야 한다.

지금까지 한국인을 대상으로 에너지 소모량을 측정할 자료는 청소년 및 성인의 에너지평형연구(2,3)와 성인을 대상으로 한 휴식대사량(4), 고춧가루 첨가에 따른 휴식대사(5,6), 운동시 에너지대사에 관한 연구(7) 등 몇몇에 불과한

실정이다.

에너지 권장량의 산출 근거가 되는 소비에너지는 기초대사, 활동대사 및 식품을 섭취한 후 영양소의 소화, 흡수, 이동, 대사, 저장 및 식품섭취에 따른 자율신경 활동의 증진 등에 소모되는 식이성 발열작용(diet-induced thermogenesis: DIT)으로 구성된다.

이중 DIT는 보통 혼합식 섭취의 경우 하루 총 에너지 섭취량의 약 10%를 나타내며(8), 대체로 고단백질식사가 고당질식사보다 높다는 보고(9-12)가 있다. 또한 DIT는 기호도가 높은 음식이 동 열량의 낮은 기호성 음식에 비하여 높으며(13,14) 식이섬유(15,16), MSG(17) 및 Capsaicin 등을 첨가(18)하거나, 단맛(19)과 구강자극을 달리한 연구(20) 등에서 상관성을 보고하였는데, 이때 혈장 인슐린 농도와 관련되어질 수 있음을 제시했다(21). 또 고체 식사가 액체 식사보다 높다고 하였다(22). 그러나 기호성은 DIT에 영향을 미치지 않는다는 다른 주장(23)도 있다.

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: ohsh@chonnam.ac.kr  
Phone: 82-62-530-1331, Fax: 82-62-530-1339

이상에서와 같이 DIT가 식사의 에너지 영양소 구성비율 뿐 아니라 맛 성분 및 식사의 물리적 상태에 따라 차이를 보인다는 많은 보고들이 있으나, 식사의 구성 성분에 따른 DIT와 체내 물질대사와의 관련성에 대하여는 아직 미지의 점이 많다.

이에 본 연구에서는 고단백, 고지방, 고당질식사 및 대조 식사 등 4종을 건강한 성인여성에게 각각 동량의 에너지를 급식시켰을 때 에너지 소모량과 혈액 중 포도당, 지질 및 인슐린 함량변동을 관찰함으로써 급식시키는 식사 조건이 DIT에 미치는 영향에 대하여 밝히고자 한다.

### 연구내용 및 방법

#### 실험대상자와 실험식사

**실험대상자** : 실험대상자는 외견상 특기할 만한 이상이 없는 20~22세의 건강한 여자 대학생 8명의 자원자를 선정하였다. 각각의 대상자들은 Hemoglobin(Hb)농도, Hematocrit(Hct)치, 임상증상의 이상 유무와 신장, 체중 및 신체질량지수(BMI) 등 혈액학적 소견과 신체 계측치를 통하여 실험대상자의 선정여부를 결정하였으며 각 대상자들의 신체 상황은 Table 1과 같다. 모든 실험대상자들은 실험기간 중 가급적 평상시와 유사한 자유스러운 생활환경을 유지토록 하였다.

**실험기간** : 본 연구는 각각의 실험식 간에 1주일의 유예 기간을 두었다, 즉 각각의 실험식 급여 전 6일간은 일반식을 자유롭게 섭취하다가 7일째 각각의 실험식을 급여하였다.

**실험식사 및 급식관리** : 본 실험에 사용하는 식사는 고당질식사(high carbohydrate diet: HC), 고지방식사(high fat diet: HF), 고단백식사(high protein diet: HP) 및 일반식사(normal diet: N) 등 4종을 사용하였으며 그 한 끼의 조성은 Table 2와 같다.

고당질식은 밀가루와 설탕 등을 사용하여 빵의 형태로 만들었고, 고지방식은 생크림과 버터를 빵과 함께 섭취토록 하였으며, 고단백식은 난백과 쇠고기의 살코기 및 카제인을 사용하였다. 또한 대조군으로서의 일반식사는 각 실험식에 사용한 모든 식품을 골고루 사용하였다.

실험식사의 조리 및 급식은 영양사 및 연구원의 엄격한 관리감독 하에 실시하였으며, 일정한 장소에서 비교적 일정

**Table 2. Energy composition of test diets**

	N <sup>1)</sup>	HC <sup>2)</sup>	HP <sup>3)</sup>	HF <sup>4)</sup>
Carbohydrate (% of energy)	65	75	10	15
Protein (% of energy)	15	10	75	10
Fat (% of energy)	20	15	15	75
Total energy (kcal)	502.6	512.8	525.5	523.3

<sup>1)</sup>N: Normal diet.

<sup>2)</sup>HC: High carbohydrate diet.

<sup>3)</sup>HP: High protein diet.

<sup>4)</sup>HF: High fat diet.

한 시간(아침 08:30)에 섭취토록 하였다.

대상자들은 실험일 전날 밤 10시 이후부터 금식토록 하였으며, 완전공복상태로 실험일 아침 7시 30분까지 실험실에 도착하여 30분의 휴식을 취한 후 안정된 상태에서 공복시 호기와 혈액을 채취하였다. 각각의 실험식은 15분 이내에 먹도록 하였으며 약 300 mL의 물을 허용하였다.

#### 시료수집

**호기채취** : 각 실험식사 급식 직전 완전 공복상태와 급식 후 30분, 60분, 90분, 120분, 150분 및 180분에 각각 정확히 10분간 Douglas bag에 호기를 수집하여 총량을 측정하고 그 일부를 산소 및 생성되는 탄산가스 함량측정에 사용하였다.

**혈액 채취** : 각 실험식사 급식 직전 완전 공복상태와 급식 후 15분, 30분, 45분, 60분, 75분, 90분, 120분 및 180분에 각각 혈액을 채취하여 sodium heparin으로 항 응고 처리된 시험관에 담고, 즉시 3000 rpm에서 20분간 원심 분리하여 얻은 혈장을 분석시까지 -70°C 냉동고에 보관하였다.

#### 시료 분석

**호기 중 에너지량 측정** : Douglas bag에 수집한 호기를 AeroSport VO2000(MediGraphics, USA)을 이용하여 소모한 산소량과 생성된 탄산가스량으로부터 에너지량을 측정하였으며 휴식대사량(Resting Energy Expenditure, REE)보다 증가된 에너지를 DIT로 계산하였다.

**혈액의 포도당, 중성지방 및 인슐린 함량 측정** : 헤모글로빈 함량은 cyanomethemoglobin법으로, 헤마토크리트치는 원심분리법으로 측정하였다. 혈당은 glucose oxidase법에 의한 glucose kit(아산제약)를 이용하였으며, 중성지방은 효소법에 의한 kit(아산제약)로 측정하였다. 인슐린 함량측정은 radioimmunoassay법을 사용하였다.

#### 통계처리

본 연구의 모든 실험결과는 SAS(Statistical Analysis System) 통계모델을 이용하여 각 실험군 별로 평균치와 표준오차를 구하였고, 실험군간의 비교는 ANOVA로 분석 후 Duncan's test를 이용하여 유의수준  $\alpha=0.05$ 에서 유의성을 검증하였다. 식후 시간별 각각의 실험 성적은 공복시의 것을 감한 증감량으로, 또한 실험식사 급식후 각 시간별 실험성적의 막대그림 면적과 공복시 성적의 막대그림 면적의 차이를 모두 합한 값(Integrated Areas Under the Curves:  $\int$ -

**Table 1. Characteristics of the subjects and laboratory findings of blood for 8 women**

Age (y)	21.4±0.2
Weight (kg)	54.1±1.2
Height (cm)	161.4±1.9
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	20.8±0.5
Lean body mass (kg)	45.3±1.1
Fat mass (kg)	8.8±1.5
Body fat (%)	16.2±5.6
Hemoglobin (g/dL)	14.8±0.3
Hematocrit (%)	39.4±0.4

AUC)으로 각 실험식사에 대한 성적을 비교 검토하였다.

**결과 및 고찰**

**대상자들의 일반사항**

대상자들의 평균연령은 21.4±0.2세이었고 신장은 평균 161.4±1.9 cm이었고 체중은 평균 54.1±1.2 kg이었다. 신장과 체중에 의한 체질량지수(Body Mass Index: BMI)는 20.8 ±0.5 kg/m<sup>2</sup>로 정상범위(Recommended dietary allowances for Koreans 6th revision 2000)에 속하였다(Table 1 참조). 대상자들의 체지방량은 45.3±1.1 kg이었고, 체중에 대한 체지방율은 16.2±5.6%이었다. 혈액학적 상황으로 헤모글로빈 농도는 14.8±0.3 g/dL이었으며, 헤마토크리트치는 39.4 ±0.4%로 정상범위(24)에 속하였다.

**혈당, 인슐린 및 중성지방**

각 실험식사 급식후 시간별 혈당 증가량 및 혈당의 Δ-AUC 값은 Fig. 1과 같다.

각 실험식을 급식하기 직전 공복시 혈당 함량은 73.9±1.8 mg/dL이었다. 각 실험식사 급식후 시간별 혈당 증가량 및 혈당의 Δ-AUC 값은 고당질식사가 나머지 다른 실험식사에 비하여 현저하게 높았다(p<0.05)(Table 3).

각 실험식사 급식후 시간별 혈중 인슐린 증가량 및 인슐린의 Δ-AUC 값은 Fig. 2와 같다. 각 실험식을 급식하기 직전

공복시 인슐린은 5.5±1.0 μIU/mL이었다. 각 실험식사 급식후 시간별 식후 혈중 인슐린은 공복시의 농도에 비하여 고당질식에서 가장 많이 증가되었으며, 고지방식사의 증가정도가 가장 낮았는데, 고당질식사가 고지방식사에 비하여 식후 180분 동안 약 3배 정도 증가되었다.

각 실험식사 급식후 시간별 혈중 중성지방 증가량 및 중성지방의 Δ-AUC 값은 Fig. 3과 같다. 각 실험식을 급식하기 직전 공복시 중성지방은 53.0±3.4 mg/dL이었다. 각 실험식사 급식후 시간별 식후 혈중 중성지방의 증가량은 고지방식사에서 가장 높았다.

본 실험에서 고단백식사와 고지방식사의 혈당과 인슐린수준이 고당질식에 비하여 유의적으로 낮은 실험결과는, 단백질의 섭취가 이화적 상태를 증가시킴으로써 혈당수준이 상대적으로 낮다고 한 Fisher 등(25)의 연구결과와 관련된 현상으로 생각한다.

**식후에너지소비량**

각 실험식사 급식후 시간별 DIT 변동량 및 DIT의 Δ-AUC 값은 Fig. 4와 같다.

각 실험식을 급식하기 직전 휴식대사량(REE)은 0.82±0.2 kcal/min이었다.

**고단백질식의 DIT**: 본 연구에서 75% 수준의 고단백질을 급식후, 측정된 DIT는 초기부터 비교적 높은 수준을 보였고 식후 90분에 최고 값을 보였으며, 180분까지 높은 수준을

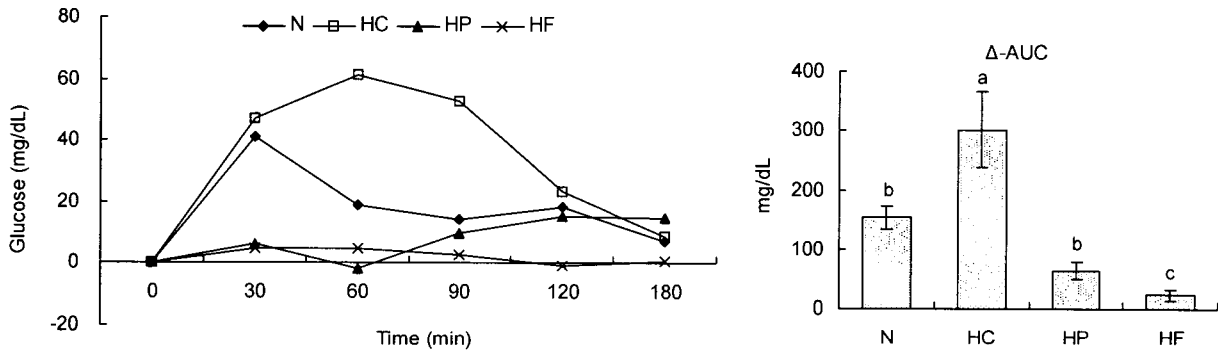


Fig. 1. Incremental blood glucose concentrations and Δ-AUC (area under the curve) after consuming different test diets for 8 women.

Bars are mean±standard error. Bars with different letters are significantly different among experimental periods (p<0.05). N: Normal diet, HC: High carbohydrate diet, HP: High protein diet, HF: High fat diet.

Table 3. Incremental Δ-AUC (area under the curve) of blood glucose, insulin, triacylglycerol concentrations and DIT after consuming different test diets for 8 women

	N <sup>1)</sup>	HC <sup>2)</sup>	HP <sup>3)</sup>	HF <sup>4)</sup>
Glucose (mg/dL)	153.4±19.8 <sup>5)6)</sup>	301.9±64.4 <sup>a</sup>	63.8±14.4 <sup>cb</sup>	22.3±8.3 <sup>c</sup>
Insulin (μIU/mL)	244.5±24.4 <sup>ab</sup>	314.1±45.3 <sup>a</sup>	165.3±23.8 <sup>bc</sup>	102.4±11.4 <sup>c</sup>
Triacylglycerol (mg/dL)	50.5±48.4 <sup>ab</sup>	-4.7±21.4 <sup>b</sup>	44.3±13.9 <sup>ab</sup>	120.4±44.7 <sup>a</sup>
DIT (% energy intake)	8.7±1.9 <sup>ab</sup>	10.3±41.3 <sup>ab</sup>	12.7±0.5 <sup>a</sup>	6.9±1.1 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>N: Normal diet. <sup>2)</sup>HC: High carbohydrate diet. <sup>3)</sup>HP: High protein diet. <sup>4)</sup>HF: High fat diet.  
<sup>5)</sup>Values are mean±standard error.  
<sup>6)</sup>Values with the different letters are significantly different among experimental periods (p<0.05).

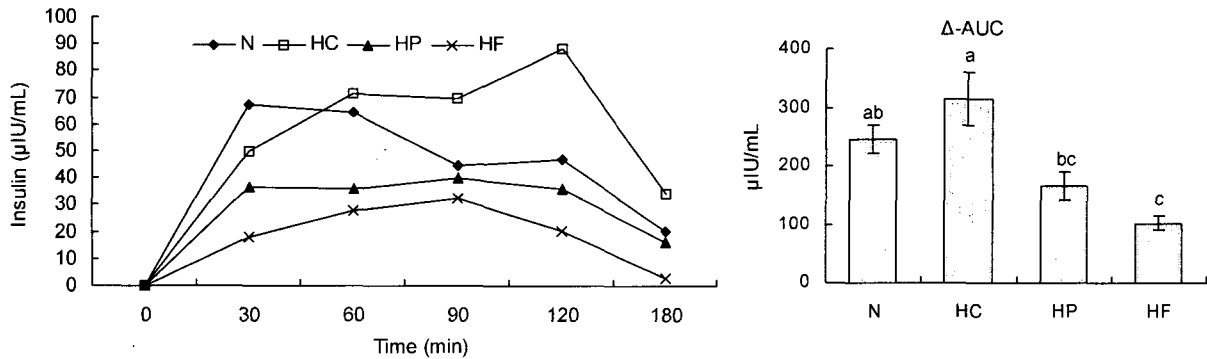


Fig. 2. Incremental blood insulin concentrations and  $\Delta$ -AUC (area under the curve) after consuming different test diets for 8 women.

Bars are mean  $\pm$  standard error. Bars with different letters are significantly different among experimental periods ( $p < 0.05$ ). N: Normal diet, HC: High carbohydrate diet, HP: High protein diet, HF: High fat diet.

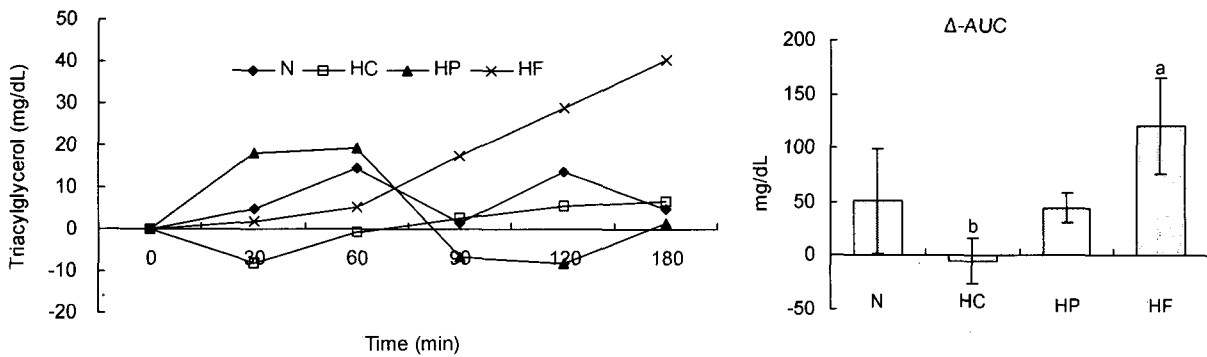


Fig. 3. Incremental blood triacylglycerol concentrations and  $\Delta$ -AUC (area under the curve) after consuming different test diets for 8 women.

Bars are mean  $\pm$  standard error. Bars with different letters are significantly different among experimental periods ( $p < 0.05$ ). N: Normal diet, HC: High carbohydrate diet, HP: High protein diet, HF: High fat diet.

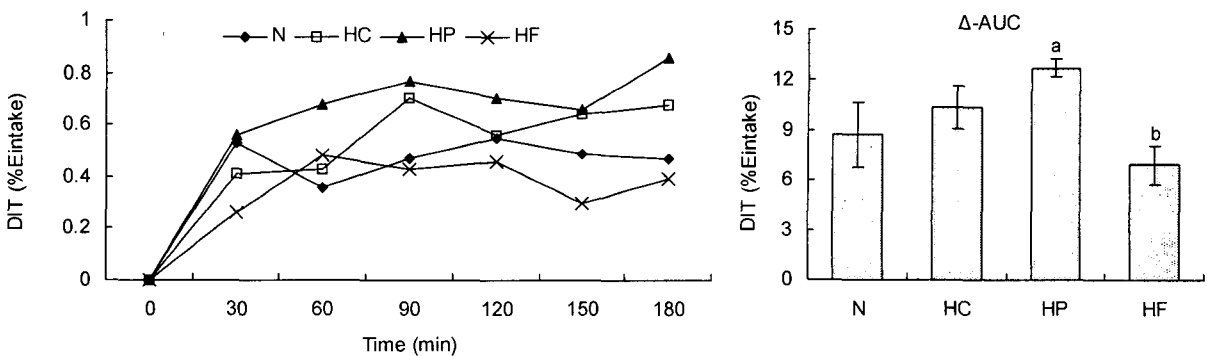


Fig. 4. Incremental energy expenditure and  $\Delta$ -AUC (area under the curve) after consuming different test diets for 8 women.

Bars are mean  $\pm$  standard error. Bars with different letters are significantly different among experimental periods ( $p < 0.05$ ). N: Normal diet, HC: High carbohydrate diet, HP: High protein diet, HF: High fat diet.

유지함으로써, 식후 3시간에 DIT가 섭취한 열량의  $12.9 \pm 0.5\%$ 이었다. 식이성 발열작용인 DIT는 주로 식품의 소화와 관련된 열 효과와 영양소의 저장에 이용되며, 단백질 투여에 의한 열생성 반응은 펩타이드 생성, Urea 생성, 포도당 합성의 대사적 비용에 쓰이는 것이다. 그러나 단백질 섭취에 따

른 DIT 값에 관한 다양한 연구에 의하면 Raben 등(26)은 31.8%의 단백질을 섭취시, 식후 5시간에 DIT가 8.3%라고 보고하였고, Labayen 등(27)은 30% 수준의 단백질식사를 통해서 식후 6시간에 DIT가 섭취열량의 10.1%라고 하였으며, Luscombe 등(10)은 28%의 단백질을 급식시, DIT가

6.4%였다는 보고들은 본 연구 성적(12.9%)에 비해 다소 낮은 결과들이다. 한편 Westertep-Plantenga 등(28)은 29%의 단백질을 급식후 24시간에 측정된 DIT 값이 섭취한 열량의 14.6%라 보고하여, 단백질 수준을 현저하게 높인 본 실험의 성적보다 높은 결과를 나타내었다. 이는 단백질 수준이 30% 이상인 고단백질식의 경우, 단백질 수준의 증가에 따라 DIT가 상승하지 않았음을 알 수 있다. 그러나 Mikkelsen 등(11)은 섭취한 단백질원에 따라 DIT가 다르게 반응하고 있음을 보고한 바, 콩단백질을 급식시킨 것보다 돼지고기를 사용한 경우 DIT가 유의적으로 높았다고 하였다. 또한 Soucy와 LeBlanc(13)은 단백질을 섭취하게 되면 DIT가 빠르게 증가하게 되었고 식후 5시간까지 지속되었다고 보고하였으며, Fisher 등(29)은 순수한 단백질을 급식후 150분에, Raben 등(26)은 300분 이후까지 높은 수준을 유지하였다고 하였다. 따라서 본 실험의 경우 또한 고단백질을 섭취한 초기부터 DIT가 비교적 높은 수준을 나타내었고, 식후 90분과 150분에는 고지방식과 유의적인 차이를 보였으며, 180분에는 일반식 및 고지방과 유의적인 차이를 보여 본 실험조건보다 장시간 측정시 좀 더 높은 수준의 DIT 값이 기대되어진다. 또한 본 실험의 단백질 함량은 다른 연구에서 제시한 고단백질식보다 높은 수준으로, 순수 단백질이 DIT에 미치는 정도를 연구하는데 좋은 실험식이 조건이라고 여겨진다. 그러나 Fisher 등(29)에 의하면 정제된 단백질을 사용한 액상 식이가 시간에 따른 열생성의 반응양상이 다소 차이를 나타내는 점을 비추어 볼 때 같은 고단백식이라고 하더라도 혼합식에 따른 다른 영양소의 차이에 의해 DIT가 영향을 받고 있다고 할 수 있다. 이상과 같이 고단백질에 의한 DIT 반응은 섭취한 단백질의 급원이나 측정시간, 식이조성에 따라 다양하므로 다른 연구자들의 연구결과를 토대로 이의 정확한 규명이 요구되어진다.

본 연구에서 고단백식이 가장 높은 DIT를 보여 고지방식에 비하여 약 2배 높았다. 이는 Fisher 등(29)이 순수한 단백질, 탄수화물 및 지방을 급식후, DIT가 단백질식에서 가장 높았으나 당질과는 유의적인 차이를 보이지 않았고, 가장 낮은 DIT 값을 보인 지방과는 유의적인 차이를 나타낸 이들의 보고로 본 실험성적을 뒷받침 해 주고 있다. 또한 Luscombe 등(10)은 28% 고단백질식이 고당질식에 비해, DIT가 28% 이상 높았을 뿐 아니라, 에너지 제한식에 의한 체중감소 후에도 DIT가 지속적으로 높은 수준을 유지하였다고 보고한 바 있으며, Johnston 등(30)은 고단백질(30%) 식사가 고당질(60%) 식사에 비하여 식후 2.5시간에 2배 높음을 보고하였고, Mikkelsen 등(11)은 영양소간의 차이는 있으나 다량의 단백질 섭취시 인체내의 저장량이 어려워 대사적으로 열생성을 빠르게 증가시키는 것이라고 설명함으로써 고단백질식이 고당질식에 비해 DIT가 유의적으로 높음을 보여 주었다. 그러나 Raben 등(26)은 고당질(65.4%), 고지방(64.6%)식에 고단백질을 31.8%를 식이로 조성하여 식후 5시간에 측정된

결과 고단백식사의 DIT가 다른 식사에 비하여 약 17% 정도가 높았으나 그 차이는 유의적이지 않았다고 하였다. 이는 본 연구와 다소 다른 결과를 보여주나, 혼합식에 따른 다른 조성에 의한 것으로 생각된다.

이와 같이 단백질의 섭취는 식후 열 생성에 이점이 있을 뿐 아니라, 단백질의 높은 포만도(10,11)와 체중감량에 관해 여러 연구자들이 보고하고 있는 추세이다. 이에 관해 Skove 등(31)은 6개월간의 장기적 연구에서 고단백(24%)식사가 동일열량의 고당질(59%)식사에 비해 체중감량이 유의적으로 높았다고 하였다. 또한 Westertep 등(9), Croveti 등(12)은 고단백질과 저단백질식사에 따른 DIT 차이를 연구한 바, 각각 하루 90 kcal 그리고 7시간 동안 40 kcal에 해당된다고 보고함으로써 장기간에 걸친 체중감소에 도움을 줄 수 있음을 지적하였고, Mittendorfer 등(32)은 고단백식사가 지방을 연소시켜 체중감소에 효과적인 방법이라고 하였다. 그러나 Jeor 등(33)은 역효과를 증명할 만한 지표는 없으나 고단백 섭취가 신장기능에 영향을 미칠 수 있음을 지적한 바, 고단백질의 이점을 단정 짓기는 어렵지만 추후 더 많은 연구가 필요하리라 여겨진다.

**고지방식과 고당질식의 DIT :** 본 실험에서 65%의 당질을 함유한 일반식사의 DIT는 식후 비교적 일정한 수준을 유지하였으며, 식후 3시간 동안의 DIT는 섭취열량의  $8.9 \pm 4.8\%$ 를 기록하였다. 75%의 당질을 섭취시킨 고당질식사의 경우 식후 90분에 최고값을 보였으며, 식후 150분에는 고단백식사와 함께 다른 실험식에 비해 유의적으로 높은 수준을 보여주었고, 이후에도 비교적 높은 수준을 유지하였다. 식후 3시간 동안 측정된 DIT는 섭취열량의  $10.4 \pm 3.3\%$ 였다. 75%의 지방을 급식한 고지방식사의 DIT는 식후 60분을 제외하고 전 시간대에서 가장 낮은 열생성을 나타내었는데, 특히 150분 이후에는 DIT가 현저히 낮아 식후 3시간동안의 DIT가 섭취열량의  $6.9 \pm 2.8\%$ 를 기록하였다. 그러나 일반식사와 고당질식사 및 고지방식사간의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다.

당질의 섭취에 따른 DIT 값의 변화는 당질이 중성지방으로 전환되어 축적되는 과정을 거치므로 단백질과 지방의 중간값을 갖게 되고, 당질의 섭취에 따른 DIT에 대한 선행연구에 의하면 그 값이 5% 미만에서 10% 정도에 이른다고 보고되었다. Luscombe 등(10)은 55%의 당질 급식 후 2시간에는 DIT 값이 4.7%라고 하였고, Labayen 등(27)은 6시간 후 DIT 값이 5.9%를 나타냈으며, Raben 등(26)은 65%의 당질을 급식 후 5시간에 측정된 DIT가 7.1%를, 70% 당질의 경우 3시간 후에는 5.2%를 기록한 Nagai 등(34)이 있다. 반면 Westertep-Plantenga 등(28)과 Mikkelsen 등(11)은 당질의 수준을 각각 61%와 65%로 급식시킨 후 24시간에 측정된 DIT 값이 각각 10.5%와 10.7%를 나타내 DIT 값이 10% 이상임을 보고하였다. 이는 본 실험에서 75%의 당질을 급식 후 DIT 값이 10.4%로 이들 연구와 동일한 양상을 나타내었

고, 65%의 당질을 함유한 일반식의 경우는 DIT 값이 8.7%를 나타내 유사한 당질함량을 갖는 단시간 측정연구보다 다소 높은 결과라 할 수 있다.

그러나 본 실험을 포함한 많은 선행연구들을 볼 때, 순수 당질식이 아닌, 혼합식의 형태이므로 사용된 다른 영양소 또는 당질의 종류(19,35)에 따라 그 값이 다양한 결과를 가져올 수 있을 것이다. 더구나 Fisher 등(29)은 순수 당질을 급식 시 휴식대사량에 따른 DIT 증가가 없었다는 보고는 DIT의 수준을 규명하기 위한 필요성을 강조하고 있다. 그러나 당질의 수준별 DIT를 제시한 본 연구는 당질을 주요 급원으로 섭취하는 한국인에 있어서 의의 있는 연구결과를 제시하였다고 할 수 있다.

본 연구에서 75%의 지방을 급식 후 3시간에 DIT가 6.9%를 기록하였는데, 이는 열량의 65%를 지방으로 급식 후 5시간에 측정된 DIT가 7.1%라고 보고한 Raben 등(26)과 유사한 성적을 나타내었다. 그러나 Westertep-Plantenga 등(28)과 Nagai 등(34)이 61%와 70%의 지방을 급식 후 24시간 및 7시간의 DIT가 각각 10.5%, 4.5%라고 하였고, 또 다른 연구(29)에서 순수한 지방의 섭취 후 3시간에는 오히려 휴식 시 대사에도 미치지 못하였음을 보고하여 상이한 결과를 보여주는 바, 지방의 섭취에 따른 DIT의 수준에 관한 보다 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 고지방식사와 고당질식사간의 DIT 수준은 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이는 Raben 등(26)이 열량의 65%를 당질과 지방으로 급식 후 5시간에 측정된 DIT가 두 군 모두 섭취열량의 7.1%를 보여 차이를 보이지 않았다고 한 것과, Fisher 등(29)이 순수한 당질과 지방을 급식 후 3시간에 측정된 DIT가 유의적인 차이가 없었다는 연구결과들과 본 연구의 결과가 일치한다. 그러나 Maffei 등(36)은 당질 68%, 단백질 12%, 지방 20%의 식이가 동일한 열량의 당질 40%, 지방 48%, 단백질 12%에 비하여 DIT가 30% 정도 높았다고 보고하였고, Schwartz 등(37)도 당질 85%, 단백질 15%의 식이가 동일열량의 지방 85%, 단백질 15% 식이에 비해 50% 정도 높았다고 하여 고당질식사가 고지방식사보다 DIT가 높았다는 주장에 반하여 Labayen 등(38)은 유사한 열량과 단백질의 조성을 갖는 80% 고당질식이 67.5%의 고지방식보다 식후 열생성이 오히려 더 낮았다고 한 연구결과도 있다.

Vollenweider 등(39)은 인슐린이 교감신경계를 자극하여 열발생을 증가시킬 수 있음을 지적하였으며, Marque-Lopes 등(40)은 당질을 80%로 급식시킨 경우 DIT가 식전 공복상태의 인슐린과 양의 상관성을 보였을 뿐 아니라 식후 인슐린 수준 및 혈당과 인슐린의 비율과도 정의 상관관계를 보였다고 보고하여 인슐린수준이 높았을 때 식후 열발생이 높아진다고 하였다. 따라서 본 연구에서 고당질식사가 고지방식사에 비하여 DIT가 30% 정도 높은 이유는 식후 인슐린수준의 차이로도 생각할 수 있겠으나, 그 차이가 통계적으로 유의적

이지 않았다. 그러나 Johnston 등(30)은 고단백(30%) 식사와 고당질(60%) 식사를 비교한 연구에서 식후 DIT가 유의적인 차이를 보였음에도 불구하고 식후 인슐린 수준에서는 차이를 보이지 않아 인슐린이 DIT에 미치는 영향에 관한 상반된 주장들이 여전히 남아있다.

**DIT와 다른 인자와의 상관성** : Prat-Larquemin 등(19)이 혈당 및 인슐린 수준이 식후 DIT와 상관성을 보이지 못하였다고 하였는데 Marque-Lopes 등(40)과 Labayen 등(27)은 DIT가 체지방율과 체지방량 및 인슐린과의 상관성을 제시하여 DIT가 여러 인자에 의해 영향을 받을 수 있음을 주장하였다. 그러나 본 연구에서는 인슐린( $r=0.19203$ ,  $p=0.3687$ ) 및 체지방량( $r=0.02406$ ,  $p=0.9112$ )이 DIT와 상관성을 보이지 않았는데, 이는 대상자들의 평균 BMI, 체지방량 및 체지방의 구성비율이 다소 차이가 있는데다가, 대상자가 8명으로 제한된 실험환경에 의한 결과라 생각되므로 앞으로 DIT에 영향을 미치는 여러 요인과의 상관성을 밝힐 수 있는 다양한 조건에서의 보완연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 요 약

일반식사, 고당질식사, 고단백식사 및 고지방식사가 DIT에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 건강한 성인 여성에게 각각 동량의 에너지를 급식시켰을 때 에너지 소모량과 혈액 중 포도당, 지질 및 인슐린 함량변동을 3시간 동안 관찰한 결과 다음과 같은 성적을 얻었다. 고당질식사, 고단백식사, 고지방식사 및 일반식사의 섭취에 따른 혈당의  $\Delta$ -AUC 값은 각각  $301.9 \pm 64.4$  mg/dL,  $63.8 \pm 14.4$  mg/dL,  $22.3 \pm 8.3$  mg/dL,  $153.4 \pm 19.8$  mg/dL로 고당질식사가 가장 높았고, 고지방식사에서 가장 낮았다. 혈중 인슐린의  $\Delta$ -AUC 값은 고당질식사와 고단백식사에서  $314.1 \pm 45.3$   $\mu$ IU/mL 및  $165.3 \pm 23.8$   $\mu$ IU/mL이었고, 고지방식사와 일반식사에서 각각  $102.4 \pm 11.4$   $\mu$ IU/mL 및  $244.5 \pm 24.4$   $\mu$ IU/mL이었으며 고당질식사가 가장 높았고, 고지방식사에서 가장 낮았다. 혈중 중성지방의  $\Delta$ -AUC 값은 고당질식사, 고단백식사, 고지방식사 및 일반식사에서 각각  $-4.7 \pm 21.5$  mg/dL,  $44.3 \pm 13.9$  mg/dL,  $120.4 \pm 44.7$  mg/dL,  $50.5 \pm 48.5$  mg/dL로 고지방식사가 가장 높았고, 고당질식사에서 가장 낮았다. 섭취한 열량에 대한 DIT의 비율은 일반식사의 경우  $8.7 \pm 2.0\%$ 였으며, 고당질식사와 고단백식사 및 고지방식사에서 각각  $10.4 \pm 1.3\%$ ,  $12.9 \pm 0.5\%$ ,  $6.9 \pm 1.2\%$ 로, 고단백식사가 고지방식사에 비해 유의적으로 높은 결과를 보였다. 그러나 DIT가 인슐린 및 체지방량과 상관성을 보이지 않았다.

## 감사의 글

이 논문은 2002년도 전남대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

## 문헌

1. The Korean Nutrition Society. 2000. *Recommended Dietary Allowances for Koreans*. 7th revision. The Korean Nutrition Society, Seoul. p 35.
2. Oh SH, Hwang WI, Lee YH. 1989. A study on energy expenditure in Korean adult. *Korean J Nutr* 22: 423-437.
3. Kim YS, Oh SH. 1993. A study on energy expenditure in Korean adolescent women. *J Korean Soc Food Nutr* 22: 367-373.
4. Park JA, Kim KJ, Yoon JS. 2004. A comparison of energy intake and energy expenditure in normal-weight and overweight Korean adults. *Korean J Community Nutrition* 9: 285-291.
5. Lim KW, Suh HJ. 1997. Effect of red pepper ingestion on energy substrates utilization during rest in athletes. *Korean J Exercise Nutrition* 1: 61-67.
6. Seo HJ, Kwon TD, Kim YS. 2003. The effects of red-pepper ingestion on energy metabolism during exercise in rat and athletes. *Korean J Exercise Nutrition* 7: 181-188.
7. Jung SR, Kang HY. 2003. Effects of pre-exercise carbohydrate and carbohydrate/protein feeding on energy metabolism: Glycemic index. *Korean J Physical Education* 42: 639-647.
8. Westerterp KR. 2004. Diet induced thermogenesis. *Nutr Metab* 18: 1-5.
9. Westerterp KR, Wilson SAJ, Rolland V. 1999. Diet induced thermogenesis measured over 24 h in a respiration chamber: effect of diet composition. *Int J Obes* 23: 287-292.
10. Luscombe ND, Clifton PM, Noakes M, Parker B, Wittert G. 2002. Effects of energy-restricted diets containing increased protein on weight loss, resting energy expenditure, and the thermic effect of feeding in type 2 diabetes. *Diabetes Care* 25: 652-657.
11. Mikkelsen PB, Toubro S, Astrup A. 2000. Effect of fat-reduced diets on 24-h energy expenditure: comparisons between animal protein, vegetable protein, and carbohydrate. *Am J Clin Nutr* 72: 1135-1141.
12. Crovetti R, Porrini M, Santangelo A, Testolin G. 1998. The influence of thermic effect of food on satiety. *Eur J Clin Nutr* 52: 482-488.
13. Soucy J, LeBlanc J. 1999. Protein meals and postprandial thermogenesis. *Physiol Behav* 65: 705-709.
14. Hashkes PJ, Gartside PS, Blondheim SH. 1997. Effect of food palatability on early (cephalic) phase of diet-induced thermogenesis in nonobese and obese man. *Int J Obes* 21: 608-613.
15. Raben A, Christensen NJ, Madsen J, Holst JJ, Astrup A. 1994. Decreased postprandial thermogenesis and fat oxidation but increased fullness after a high-fiber meal compared with a low-fiber meal. *Am J Clin Nutr* 59: 1386-1394.
16. Le Goff G, Le Groumellec L, van Milgen J, Dubois S, Noblet J. 2002. Digestibility and metabolic utilization of dietary energy in adult sow: influence of addition and origin of dietary fibre. *Br J Nutr* 87: 325-335.
17. Naim M, Ohara I, Kare MR, Levinson M. 1991. Interaction of MSG taste with nutrition: perspectives in consummatory behavior and digestion. *Physiol Behav* 49: 1019-1024.
18. Ohnuki K, Niwa S, Maeda S, Inoue N, Yazawa S, Fushiki T. 2001. CH-19 sweet, a non-pungent cultivar of red pepper, increased body temperature and oxygen consumption in humans. *Biosci Biotechnol Biochem* 65: 2033-2036.
19. Prat-Larquemain L, Oppert JM, Bellisle F, Guy-Grand B. 2000. Sweet taste of aspartame and sucrose: effects on diet-induced thermogenesis. *Appetite* 34: 245-251.
20. Tittelbach TJ, Mattes RD. 2002. Effect of orosensory stimulation on postprandial thermogenesis in humans. *Physiol Behav* 75: 71-81.
21. LeBlanc J, Diamond P, Nadeau A. 1991. Thermogenic and hormonal responses to palatable protein and carbohydrate rich food. *Horm Metab Res* 23: 336-340.
22. Peracchi M, Santangelo A, Conte D, Fraquelli M, Tagliabue R, Gebbia C, Porrini M. 2000. The physical state of a meal affects hormone release and postprandial thermogenesis. *Br J Nutr* 83: 623-628.
23. Sawaya AL, Fuss PJ, Dallal GE, Tsay R, McCrory MA, Young V, Roberts SB. 2001. Meal palatability, substrate oxidation and blood glucose in young and older men. *Physiol Behav* 72: 5-12.
24. Lee SY, Chong YS. 1982. *Laboratory methods in clinic pathology*. Yonsei University Press, Seoul. p 75-79.
25. Fisher K, Colombani PC, Langhans W, Wenk C. 2001. Cognitive performance and its relationship with postprandial metabolic changes after ingestion of different macronutrients in the morning. *Br J Nutr* 85: 393-405.
26. Raben A, Agerholm-Larsen L, Flint A, Holst JJ, Astrup A. 2003. Meals with similar energy densities but rich in protein, fat, carbohydrate, or alcohol have different effects on energy expenditure and substrate metabolism but not on appetite and energy intake. *Am J Clin Nutr* 77: 91-100.
27. Labayen I, Diez N, Parra D, Gonzalez A, Martinez JA. 2004. Basal and postprandial substrate oxidation rates in obese women receiving two test meals with different protein content. *Clin Nutr* 23: 571-578.
28. Westerterp-Plantenga MS, Rolland V, Wilson SAJ, Westerterp KR. 1999. Satiety related to 24 h diet-induced thermogenesis during high protein/carbohydrate vs high fat diets measured in a respiration chamber. *Eur J Clin Nutr* 53: 495-502.
29. Fisher K, Colombani PC, Wenk C. 2004. Metabolic and cognitive coefficients in the development of hunger sensations after pure macronutrient ingestion in the morning. *Appetite* 42: 49-61.
30. Johnston CS, Day CS, Swan PD. 2002. Postprandial thermogenesis is increased 100% on a high-protein, low fat diet versus a high-carbohydrate, low-fat diet in healthy, young women. *J Am Coll Nutr* 21: 55-61.
31. Skove AR, Toubro S, Ronn B, Holm L, Astrup A. 1999. Randomised trial on protein vs carbohydrate in *ad libitum* fat reduced diet for the treatment of obesity. *Int J Obes* 23: 528-536.
32. Mittendorfer B, Horowitz JF, Klein S. 2002. Effect of gender on lipid kinetics during endurance exercise of moderate intensity in untrained subjects. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 283: E58-65.
33. Jeor ST, Howard BV, Prewitt TE, Bovee V, Bazzarre T, Eckel RH. 2001. Dietary protein and weight reduction: a statement for healthcare professionals from the nutrition committee of the council on nutrition, physical activity, and metabolism of the American Heart Association. *Circulation* 104: 1869-1874.
34. Nagai N, Sakane N, Hamada T, Kimura T, Moritani T. 2005. The effect of a high-carbohydrate meal on postprandial thermogenesis and sympathetic nervous system activity in boys with a recent onset of obesity. *Metabolism* 54: 430-438.
35. Blaak EE, Saris WHM. 1996. Postprandial thermogenesis and substrate utilization after ingestion of different dietary carbohydrates. *Metabolism* 45: 1235-1242.

36. Maffeis C, Schutz Y, Grezzani A, Provera S, Piacentini G, Tato L. 2001. Meal-induced thermogenesis and obesity: is a fat meal a risk factor for fat gain in children? *J Clin Endocrinol Metab* 86: 214-219.
37. Schwartz RS, Ravussin E, Massari M, O'Connell M, Robbins DC. 1985. The thermic effect of carbohydrate versus fat feeding in man. *Metabolism* 34: 285-293.
38. Labayen I, Forga L, Martinez JA. 1999. Nutrient oxidation and metabolic rate as affected by meals containing different proportions of carbohydrate and fat, in healthy young women. *Eur J Nutr* 38: 158-166.
39. Vollenweider P, Tappy L, Randin D, Schneiter P, Jequier E, Nicod P, Scherrer U. 1993. Differential effects of hyperinsulinemia and carbohydrate metabolism on sympathetic nerve activity and muscle blood flow in humans. *J Clin Invest* 92: 147-154.
40. Marque-Lopes I, Forga L, Martinez JA. 2003. Thermogenesis induced by a high-carbohydrate meal in fasted lean and overweight young men: insulin, body fat, and sympathetic nervous system involvement. *Nutrition* 19: 25-29.

(2005년 6월 2일 접수; 2005년 8월 5일 채택)