

## 버터와 참기름을 함유한 지방 식사의 식이성 발열효과, 영양소 산화율 및 포만도

이명주 · A.Fahmy Arif Tsani · 김은경<sup>†</sup>

강릉원주대학교 생명과학대학 식품영양학과

### Thermic Effect of Food, Macronutrient Oxidation Rate and Satiety of High-fat Meals with Butter and Sesame Oil on Healthy Adults

Myung Ju Lee, A.Fahmy Arif Tsani, Eun Kyung Kim<sup>†</sup>

Department of Food and Nutrition, Gangneung-Wonju National University, Gangneung, Korea

#### Abstract

The purpose of this study was to measure and investigate the acute effects of two fatty meals (high-SFA & high-PUFA) on post-prandial thermic effect, substrate oxidation, and satiety. Eight healthy adults (four males and four females) aged 19-22 years were assigned to consume two isocaloric meals: high in saturated fatty acids from butter and high in polyunsaturated fatty acids from sesame oil. Indirect calorimetry was used to measure resting energy expenditure (REE), post-prandial energy expenditure for five hours, and substrate oxidation. Satiety of the subjects after meals was estimated by using visual analogue scales (VAS). Five hours thermic effect of food (TEF) was not significantly different between butter meal (6.5% of energy intake) and sesame oil meal (7.3% of energy intake), but, the TEF of butter meal reached the peak point at 150 min and decreased more rapidly arriving to REE in 270 min. On the other hand, TEF of sesame oil meal reached the peak at 90 min and decreased slower than butter meal (still higher than REE at 300 min). No significant differences in substrate oxidation rates were found between the two meals. Post-prandial fat oxidation rates increased significantly after the consumption of both butter and sesame oil meal than that of the pre-prandial state. Satiety values (hunger, fullness, and appetite) were similar among the meals, but recovery of hunger and fullness to the pre-prandial state was faster in butter meal than that of the sesame oil meal. (*Korean J Community Nutr* 17(2) : 215~225, 2012)

**KEY WORDS** : butter · sesame oil · thermic effect of food

## 서 론

지방은 탄수화물이나 단백질에 비하여 높은 열량을 함유하고 있으며 체내에 축적되기 쉬워 과량 섭취 시 비만을 유발할 뿐만 아니라 심장질환, 암 및 기타 만성질환 발생의 위

접수일: 2012년 2월 16일 접수

수정일: 2012년 3월 22일 수정

채택일: 2012년 3월 23일 채택

\*This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology(2010-0004472)

<sup>†</sup>Corresponding author: Eun-Kyung Kim, Department of Food and Nutrition, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 210-742, Korea

Tel: (033) 640-2336, Fax: (033) 640-2330

E-mail: ekkim@gwnu.ac.kr

험요소로 알려져 있어 지방 섭취를 줄이기 위한 많은 노력들이 행해지고 있다(Ivančica 2011). 그러나 19세 이상 한국인의 하루 총 에너지 섭취량 중 지방이 차지하는 비율 및 지방 섭취량은 1998년에는 17.9%와 40.1 g에서 2010년에는 19.7%와 45.8g로 오히려 증가하였다(Ministry of Health and Welfare 2011). 이와 같은 지방 섭취 증가와 함께 에너지 섭취량이 증가함에 따라 에너지 소비량을 높이기 위한 노력이 강조되고 있다.

하루 에너지 소비량은 기초대사량(60~70%), 활동대사량(20~30%) 및 식이성 발열효과(Thermic Effect of Food, TEF, 약 10%)로 구성된다. 비만 예방 및 치료를 위하여 에너지 섭취의 감소와 함께 에너지 소비량을 증가시키기 위하여 활동대사량의 증가가 필요하나 규칙적인 운동 뿐만 아니라 일상생활에서 활동량의 증가를 유도하는 것이 그리 쉽지 않다.

한편, 식이성 발열효과는 식품 섭취 후 소화, 흡수, 운반, 대사 및 저장에 소모되는 에너지로서 일반적으로 건강한 성인이 혼합식을 섭취하였을 때, 하루 총 에너지 소모량의 약 10%에 불과하나(Westerterp 2004) 장기간에 걸쳐 축적된 식이성 발열효과는 체중감량 및 유지에 도움이 될 수 있을 것이라는 제안을 바탕으로 다양한 연구가 진행되어 왔다(Schutz 등 1984; Granata & Brandon 2002; Piers 등 2002; Tentolouris 등 2008).

에너지를 제공하는 다량영양소의 TEF 수준을 살펴보면, 탄수화물은 5~10%, 단백질 20~30%인 반면, 지방은 0~5%의 TEF를 보이는 것으로 알려져 있다(Acheson 1993).

Westerterp 등(2004)은 TEF에 관한 여러 자료들을 분석하여 식사의 영양소 구성 비율에 따라서 TEF가 영향을 받으며, 단백질의 함량이 많은 식사일수록 식이성 발열효과가 높고, 다음으로 탄수화물, 지방의 순서로 TEF가 높다고 하였다. 그러나 탄수화물 식사와 지방 식사의 TEF에 대하여 상반된 결과를 보여주는 연구들이 있다. 즉, Raben 등(2003)은 고탄수화물 식사와 고지방 식사의 TEF 간에 차이가 없었다고 보고한 반면, Labayen 등(1999)은 고지방 식사가 고탄수화물 식사보다 TEF가 높다고 하였으며 Maffeis 등(2001)은 오히려 고탄수화물 식사가 고지방 식사보다 TEF가 높다고 하였다.

식사의 영양소 조성에 따른 식이성 발열효과를 측정된 연구들에서 고지방 식사의 TEF는 4.3%(Maffeis 등 2001), 6.5%(Casas-Agustench 등 2009) 또는 7.1%(Raben 등 2003) 등으로 다양하게 보고되었는데, 이들 연구들은 모두 외국의 연구결과들로 한국인의 식사에 있어서 고지방 식사의 TEF에 관한 연구는 찾아보기 힘들다. 또한 Casas-Agustench 등(2009)은 불포화지방산(호두)이 포화 지방산(치즈, 버터)보다 식이성 발열효과가 높다고 보고하여 지방산 조성의 다양성이 체중 감량 및 유지에 영향을 미칠 수 있음을 시사하였다.

한편, 식사 성분이 포만도 즉, 공복감과 만족감 및 에너지 섭취에 미치는 영향에 관한 연구결과들을 살펴보면, Blundell 등(1991)은 단백질과 식이섬유가, Cecil 등(1999)은 탄수화물보다 지방이 위에 머무르는 시간(공복감을 느끼기까지의 시간)을 지연시켰다고 보고하였다. 그러나 지금까지 지방의 종류에 따른 포만도의 차이를 비교한 연구는 거의 찾아보기 어렵다.

이에 본 연구에서는 첫째, 한국인의 지방 식사의 식이성 발열효과 및 식후 영양소 산화율을 측정·평가해보고 둘째, 포화지방 함량이 높은 버터를 주로 한 지방 식사와 불포화지방

함량이 높은 참기름을 주로 한 지방 식사의 식이성 발열효과 및 식후 영양소 산화율을 비교하고자 하였다. 아울러 체중감량을 위한 저열량 식사를 유지하는데 중요한 요인인 포만도도 함께 평가하였다.

## 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상자 및 연구기간

본 연구의 참여희망자 공고에 응한 대학생들로, 실험내용을 충분히 설명한 후 서면 동의하고 자발적으로 참여한 19세~22세의 특별한 질환이 없는 건강한 성인남녀 8명(남자 4명, 여자 4명)을 대상으로 하였다. 연구 대상자 8명 모두 에너지 소비량에 영향을 미치는 약물 및 호르몬제를 복용하지 않고 있었으며 연구기간은 2010년 12월 한 달 동안 실시되었고 모든 대상자들은 연구기간 중 가급적 평상시와 유사한 생활습관 및 환경을 유지하도록 하였다.

### 2. 연구설계

본 연구는 동일한 열량을 제공하되 포함되는 주된 지방의 종류를 동물성 포화지방(버터)과 식물성 불포화지방(참기름)으로 다르게 구성한 두 종류의 식사를 동일인에게 제공한 후 각 식사 섭취 후 5시간 동안의 식이성 발열효과, 영양소 산화율 및 포만도를 측정하여 비교하고자 계획되었다. 1차 실험 전일 12시간이상 공복을 유지한 상태에서 실험 당일 오전 7시 30분에 실험실에 도착한 대상자에게 공복여부, 약물 복용여부를 확인하고 신장과 체중을 측정하고 30분 정도 안정을 취한 상태에서 공복 시 에너지소모량(Preprandial energy expenditure)을 측정하였다. 그 후 1차 실험식사로 버터를 사용한 볶음밥과 토스트를 제공하여 오전 8시 40분부터 20분간 섭취하게 한 후 9시부터 오후 2시까지 5시간동안 매 30분 간격으로 식후 에너지 소모량(Postprandial energy expenditure)과 포만도를 측정하였다. 이후 일주일 이상의 유예기간을 거쳐 이전 실험식사로 인한 식이성 발열효과의 잔여량 혼입 가능성을 배제한 후 참기름을 사용한 볶음밥과 토스트로 2차 실험을 동일한 방법으로 진행하였다(Fig. 1). 또한, 모든 연구대상자가 가장 편안한 상태로 불편함이 없이 본 연구의 전 과정에 참여할 수 있도록, 실험실에서 마련한 세부지침에 따라 연구를 진행하도록 각별히 유의하였다.

### 3. 신체계측

신장은 자동신장계(BSM 330, Biospace, Korea)를 사용하여 가벼운 옷차림으로 신발을 벗고 직립한 자세로 측정

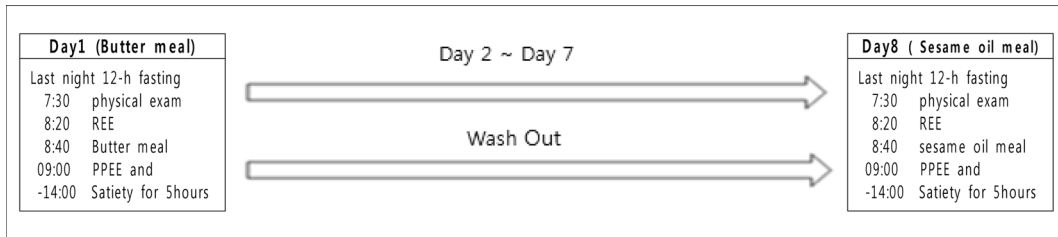


Fig. 1. Study design.

하였으며 혈압계 (HEM-770A, OMRON)를 이용하여 수축기 혈압과 이완기 혈압을 측정하였다. 체중과 체지방량은 생체전기저항법 (Bioelectrical impedance analysis)을 이용하는 체성분 분석기 (InBody 720, Biospace, Korea)로 측정하였으며 측정된 신장, 체중 및 체지방량을 이용하여 체질량지수 (BMI, Body Mass Index), 체지방량 (FFM, Fat Free Mass), 그리고 체표면적 (BSA, Body Surface Area)을 다음과 같이 계산하였다.

- Body Mass Index (kg/m<sup>2</sup>) = 체중 (kg) / [신장 (m)]<sup>2</sup>
- Fat Free Mass (kg) = 체중 (kg) - 체지방량 (kg)
- BSA (m<sup>2</sup>) = [Weight (kg)]<sup>0.425</sup> × [Height (cm)]<sup>0.725</sup> × 0.007184 (DuBois & DuBois 1915)

4. 휴식대사량 측정

휴식대사량을 정확히 측정하기 위하여 다음과 같은 지침을 연구대상자에게 전달하였다. : (1) 측정 전 12시간 이상 공복상태 유지, (2) 측정 전 24시간 동안 격렬한 운동자제, (3) 측정 당일 실험실로 이동과정 중 움직임을 최소화 (자동차 및 엘리베이터로 이동)하도록 하였다.

대상자들은 공복상태로 아침 7시30분에 실험실에 도착하여 체성분 분석기를 이용한 신체계측을 마치고 30분간 휴식을 취한 후 가스호흡 분석기 (Ventilated-hood device; TrueOne2400, Parvo Medics, USA)를 이용하여 간접열량측정법 (indirect calorimetry)으로 휴식대사량 (REE, Resting energy expenditure)을 측정하였다. 휴식대사량 측정 시 대상자를 침대에 누인 상태에서 캐노피 (Canopy)로 얼굴 부위를 덮고 5분 정도 편안하게 호흡하는 동안 호흡가스를 교정 (Calibration)하였다. 대상자의 호흡이 안정된 후 약 15분간 측정을 실시하였으며 이때, 10초 간격으로 측정된 산소 소비량과 이산화탄소 생성량을 Weir 공식 (Weir 1949)에 적용하여 휴식대사량 값을 산출하였다.

5. 실험식사 섭취

본 연구에 사용된 식사는 지방의 주된 급원으로 버터와 참

Table 1. Energy content and macronutrient composition of meals

Energy composition	Butter containing meal (High-SFA)	Sesame oil containing meal (High-PUFA)
Energy (kcal)	481.2 ± 61.9	481.2 ± 61.9
Carbohydrate (% of energy)	40.7	40.8
Protein (% of energy)	9.2	9.2
Fat (% of energy)	50.1	50.0
Fat composition		
MUFA (% of energy intake)	30.0	40.0
PUFA (% of energy intake)	4.0	45.0
SFA (% of energy intake)	66.0	15.0

Abbreviations: MUFA, monounsaturated fatty acids; PUFA, polyunsaturated fatty acids; and SFA, saturated fatty acids.

기름을 사용하였다. 움직임을 최소화하여 누운 상태에서 식이성 발열효과만을 측정하고자 한 실험이므로 연구대상자의 식사량 (에너지 섭취량)은 한국인 영양섭취기준 (The Korean Nutrition Society 2010)에서 제시한 기초 대사량 (Basal Metabolic Rate, BMR) 공식에 연구대상자의 성별, 연령, 신장, 체중을 대입하여 산출한 기초 대사량의 1/3에 해당되는 에너지를 포함하도록 하였다.

- 기초 대사량 (BMR, kcal/day)

Male : 204 - [4 × age (years)] + 450.5 × height (m) + 11.69 × weight (kg)

Female: 255 - [2.35 × age (years)] + 361.6 × height (m) + 9.36 × weight (kg)

한기 실험식사의 에너지 구성은 Table 1에서와 같이 탄수화물, 단백질 및 지방의 비율을 41 : 9 : 50으로 맞추어 제공하였으며 단기간의 실험으로 지방식품의 TEF 효과를 확인하고, 포화지방과 불포화지방의 TEF를 측정, 비교하고자 실험식사의 지방 비율을 한국인의 일반식사 중 지방함량 (25%)보다 높게 (50%) 설정하였다.

실험식사의 메뉴는 볶음밥과 함께 토스트를 제공하였으며, 볶음밥의 재료는 흰 쌀밥, 닭 가슴살, 양파, 당근을 기본

**Table 2.** Menu of test meals

Fried rice & Toast	Butter meal	Sesame oil meal
Test oil	Butter	Sesame oil
	Cooked white rice chicken breast	Cooked white rice chicken breast
Ingredient	Onion Carrot bread	Onion Carrot bread

재료로 동일하게 사용되 재료를 볶을 때 사용하는 기름을 달리하여 포화지방 식사에는 버터(S사 제품)를, 불포화지방 식사에는 참기름(O사 제품)을 사용하였다. 볶음밥과 함께 제공한 토스트 역시 포화지방 식사에는 버터를, 불포화지방 식사에는 참기름을 사용하여 식빵을 구워 제공하였다(Table 2).

실험식사의 조리 및 급식은 영양사 및 연구원의 엄격한 관리감독 하에 실시하였으며 일정한 장소에서 일정한 시간(아침 08:30)에 섭취하도록 하였다. 실험식은 20분 이내에 먹도록 하였으며 200 ml의 물을 함께 마시도록 허용하였다.

### 6. 식후 에너지소비량 측정

실험식사를 섭취하기 시작한 시점부터 20분이 경과된 때를 식사완료 시점으로 정하고, 그로부터 5시간 동안 30분 간격으로 가스호흡분석기(TrueOne2400, Parvo Medics, USA)를 이용하여 총 10회의 식후 에너지소비량(PPEE, Postprandial Energy Expenditure)을 측정하였다. 각 30분 간격으로 에너지 소비량을 측정하기 위하여 측정시작 5분 전부터 대상자를 침대에 편안히 눕게 한 후 안정된 상태에서 호흡가스를 교정하였고, 정확히 매 30분이 되는 시점부터 15분간 식후 에너지 소비량을 측정하였다. 각 시간대 별 측정이 끝나면 대상자로 하여금 가스호흡분석기의 캐노피를 벗고 편안히 앉은 자세로 10분간 휴식을 취하면서 포만도 질문지(VAS questionnaire)를 작성하게 하였다. 또한, 장시간의 측정이 이루어지는 동안 연구대상자가 지루해 하거나 잠들지 않도록 누운 상태에서 실험실 천장에 설치된 스크린을 통하여 신체적, 심리적 자극을 주지 않는 다크멘터리 영화를 시청하도록 하였다.

### 7. 식이성 발열효과 평가

식이성 발열효과는 식사 후 증가된 에너지소비량(Post-Prandial Energy Expenditure, PPEE) 값에서 공복상태에서의 휴식대사량(REE) 값을 뺀 차이 값으로 정의하였다. 식이성 발열효과의 총량을 구하기 위하여, 5시간(300분) 동안 30분 간격으로 식이성 발열효과의 변화량을 그래프로 그린 후 Trapezoid 원리를 이용하여 곡선 아래의 면적(AUC; Area Under the Curve)을 계산하였고(Matthews 등

1990), AUC의 단위는 kcal/5 h이었다.

또한 식이성 발열효과는 식사의 에너지함량(Meal size)에 비례하므로(Segal 등 1990; Reed & Hill 1996), 에너지함량을 다르게 제공한 대상자들의 식이성 발열효과를 보정하기 위하여 섭취한 에너지 함량에 대한 식이성 발열효과 총량을 다음과 같이 백분율(TEF%)로 구하였다.

$$\bullet \text{TEF\%} = [\text{TEF (kcal/5 h)} / \text{Energy intake (kcal)}] \times 100$$

### 8. 영양소 산화율 평가

TEF는 식품의 소화, 흡수, 대사 및 저장에 필요한 에너지 소모량으로, 섭취한 영양소에 따라 다양한 영양소 산화율을 보이므로 가스호흡분석기에서 측정된 산소 소모량( $\text{VO}_2$ )과 이산화탄소 배출량( $\text{VCO}_2$ ) 값을 다음의 공식에 적용하여 두 실험식사의 탄수화물 산화율 및 지방 산화율을 각각 계산하였다(Péronnet & Massicotte 1991).

$$\bullet \text{Carbohydrate oxidation rate (g/min)} = 4.585 \times \text{VCO}_2 (\text{L/min}) - 3.2255 \times \text{VO}_2 (\text{L/min})$$

$$\bullet \text{Fat oxidation rate (g/min)} = 1.6946 \times \text{VO}_2 (\text{L/min}) - 1.7012 \times \text{VCO}_2 (\text{L/min})$$

지방 급원이 다른 두 실험식사 간의 영양소 산화율을 비교하기 위하여 식후 5시간 동안 30분 간격으로 영양소 산화율의 변화량을 구하여 Trapezoid 방법으로 총 면적(AUC; Area Under the Curve)을 산출(Matthews 등 1990)하였다.

### 9. 포만도 측정

Visual Analog Scale (VAS) 질문지를 사용하여 실험식사의 공복감(Hunger), 만복감(Fullness) 및 식욕(Appetite)의 세 가지 항목을 측정하였다. 각 항목의 100 mm 측정 선의 한 끝(0 mm 지점)에는 각각 ‘전혀 배고프지 않다’, ‘전혀 배부르지 않다’, ‘전혀 먹고 싶지 않다’를 표시하고 또 다른 한 끝(100 mm 지점)에는 ‘매우 배고프다’, ‘매우 배부르다’, ‘매우 먹고 싶다’로 표시하여, 기록 당시의 공복감, 만복감 및 식욕의 느낌 정도를 질문지의 0~100 mm 직선 위 해당 지점에 표시하도록 하였다. 5시간 동안의 포만도의 변화를 측정하기 위해 공복상태 시와 실험식사 직후, 식후 매 30분 간격으로 VAS 질문지를 작성하도록 하였다.

### 10. 자료의 처리

본 연구에서 얻어진 모든 자료는 SAS(Statistical

analyses system; SAS Institute Inc, Cary, NC) 프로그램을 이용하여 평균과 표준편차(Mean  $\pm$  SD)를 구하였다. 식후 시간 경과에 따른 식이성 발열효과와 영양소 산화율 및 포만도는 반복분산분석의 다중비교방법(Bonferroni method)으로 확인하였으며, 5시간 동안의 식이성 발열효과(kcal/5 h)와 영양소 산화율(g/5 h)의 총량을 구하기 위하여 Trapezoid 원리(Matthews 등 1990)를 이용하여 AUC 면적을 산출하였다. 본 연구에서 식이성 발열효과 및 영양소 산화율에 있어서 성별에 따른 유의한 차이를 보이지 않았으므로, 본 연구결과는 남녀 구분 없이 전체 대상자의 결과를 제시하였다. 모든 결과 값의 평균에 대한 실험식사 간 차이의 비교는 윌콕슨 부호 순위 검정과 paired t-test로 유의성을 검증하였다.

## 연구 결과

### 1. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자의 신체계측 결과는 Table 3과 같다. 대상자의 연령은 남녀 각각 21.3  $\pm$  1.5세와 20.8  $\pm$  0.5세였으며 체중은 남자가 61.5  $\pm$  4.9 kg, 여자가 51.7  $\pm$  7.6 kg으로 성별에 따른 연령과 체중의 유의한 차이를 보이지 않았다. 신장(남 170.7  $\pm$  3.2 cm, 여 163.1  $\pm$  2.1 cm)은 남녀 간에 유의한 차이(p < 0.01)를 보였지만, 체중과 신장을 이용

한 체질량 지수(Body Mass Index : BMI)는 남자(21.2  $\pm$  2.4 kg/m<sup>2</sup>)와 여자(19.4  $\pm$  2.5 kg/m<sup>2</sup>) 모두 정상범위(WHO Expert Consultation, 2004)에 속하였다.

### 2. 식사 후 에너지소비량

지방 급원이 다른 두 실험 식사의 TEF를 Table 4에 나타내었다. 버터 함유 식사와 참기름 함유 식사 섭취 후 5시간 동안의 TEF는 각각 30.8  $\pm$  13.2 kcal/5 h와 34.4  $\pm$  12.2 kcal/5 h로 두 식사간에 유의한 차이는 나타나지 않았다.

식사 후 시간에 따른 에너지 소비량의 변화를 공복 시 휴식대사량(REE) 값을 기준으로 하여 비교하여 보면(Fig. 2), 버터 함유 식사의 경우 식후 150분에 에너지소비량이 최고점(13.7% of REE)에 이르렀다가 그 이후 감소하기 시작하여 240분(7.6% of REE)까지는 공복 시 휴식 대사량과 유의한 차이를 나타냈으나 식후 270분 이후에는 5.9% of REE로 감소하여 공복 시 휴식대사량(REE)과 유의한 차이를 보이지 않았다.

한편, 참기름 함유 식사의 경우, 식후 90분에 에너지 소비량이 최고점(13.9% of REE)에 이른 후, 서서히 감소하기 시작하였으나 실험종료 시점인 식후 300분까지도 8.5% of REE의 높은 에너지 소비량을 나타내어 공복 시 휴식대사량(REE)과 유의한 차이를 보였다(p < 0.01).

**Table 3.** Baseline characteristics of subjects

Variables	Male (n = 4)	Female (n = 4)	Total (n = 8)
Age (yrs)	21.3 $\pm$ 1.5 <sup>1)</sup>	20.8 $\pm$ 0.5	21.0 $\pm$ 1.1
Height (cm)	170.7 $\pm$ 3.2	163.1 $\pm$ 2.1 <sup>**2)</sup>	166.9 $\pm$ 4.8
Weight (kg)	61.5 $\pm$ 4.9	51.7 $\pm$ 7.6	56.6 $\pm$ 7.9
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	21.2 $\pm$ 2.4	19.4 $\pm$ 2.5	20.3 $\pm$ 2.5
Body surface area (m <sup>2</sup> )	1.72 $\pm$ 0.04	1.54 $\pm$ 0.11*	1.63 $\pm$ 0.12
Fat mass (kg)	9.5 $\pm$ 1.4	14.0 $\pm$ 3.1*	11.7 $\pm$ 3.3
Body fat (%)	16.0 $\pm$ 2.1	27.1 $\pm$ 3.5 <sup>**</sup>	21.5 $\pm$ 6.5
Fat-free mass (kg)	52.1 $\pm$ 3.6	37.7 $\pm$ 5.4 <sup>**</sup>	44.9 $\pm$ 8.8

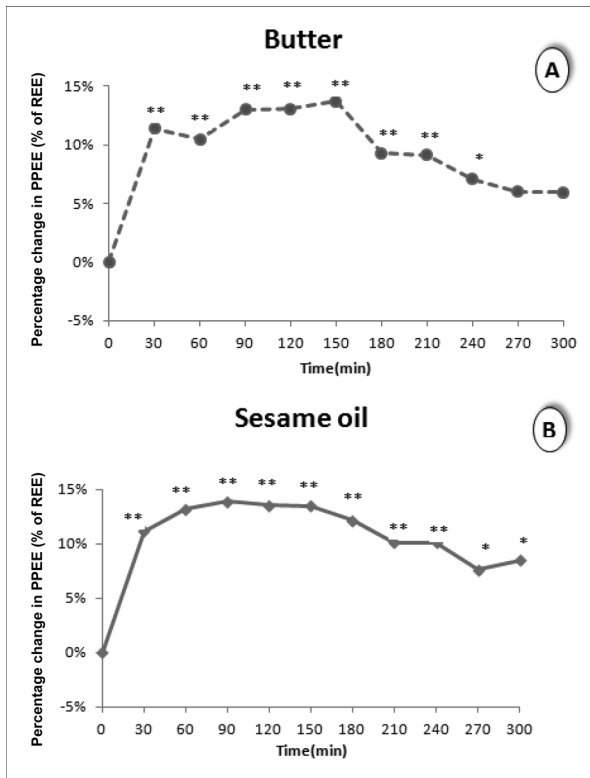
1) Mean  $\pm$  SD

2) Significantly different by student t-test between male and female at \*: p < 0.05, \*\*: p < 0.01.

**Table 4.** Indirect calorimetry data from subjects given isocaloric breakfast meals

	Butter containing meal	Sesame oil containing meal	p-value
Resting energy expenditure (kcal/h)	63.3 $\pm$ 10.1 <sup>1)</sup>	63.2 $\pm$ 10.4	0.97
Thermic effect of a meal (kcal/5 h)	30.8 $\pm$ 13.2	34.4 $\pm$ 12.2	0.63
Thermic effect of a meal (% intake kcal)	6.5 $\pm$ 2.8	7.3 $\pm$ 2.6	0.58
Thermic effect of a meal(% REE)	9.9 $\pm$ 4.2	11.4 $\pm$ 4.9	0.55

1) Mean  $\pm$  SD



**Fig. 2.** Changes in incremental energy expenditure(%) from REE at each 30-min time point over 5-hour after the meals with butter(A) and sesame oil (B). \* means result of ANOVA for repeated measurements within butter or sesame oil containing meal. \*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$  for the effect of time.

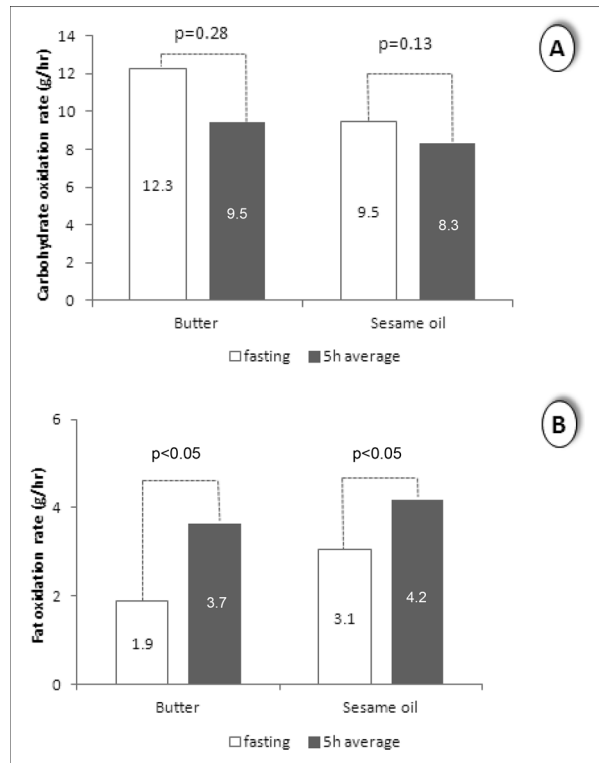
### 3. 탄수화물 및 지방의 산화율

버터 함유 식사와 참기름 함유 식사의 탄수화물 산화율을 살펴보면(Fig. 3) 공복 시에는 각각  $12.3 \pm 7.1$  g/h와  $9.5 \pm 4.1$  g/h였으며 식후 5시간 동안의 평균 탄수화물 산화율(각각 9.5 g/h, 8.3 g/h)은 공복 시보다는 감소하는 양상을 보였으나 유의한 차이는 아니었다. 또한, 식후 5시간 동안 총 탄수화물 산화율은 두 식사에서 각각  $43.0 \pm 13.4$  g/5 h와  $38.1 \pm 12.0$  g/5 h였다.

공복 시 지방 산화율 역시 버터 함유 식사와 참기름 함유 식사가 각각  $1.9 \pm 2.6$  g/h와  $3.1 \pm 1.4$  g/h로 상호간에 유의한 차이는 없었고 식후 5시간 동안의 평균 지방 산화율은 각각 3.7 g/h( $p < 0.05$ )와 4.2 g/h( $p < 0.05$ )로 공복 시 지방 산화율 보다 유의하게 증가하는 양상을 보였으며(Fig. 3) 식후 5시간 동안의 지방 산화율 총량은  $17.8 \pm 6.4$  g/5 h와  $20.5 \pm 6.4$  g/5 h였다.

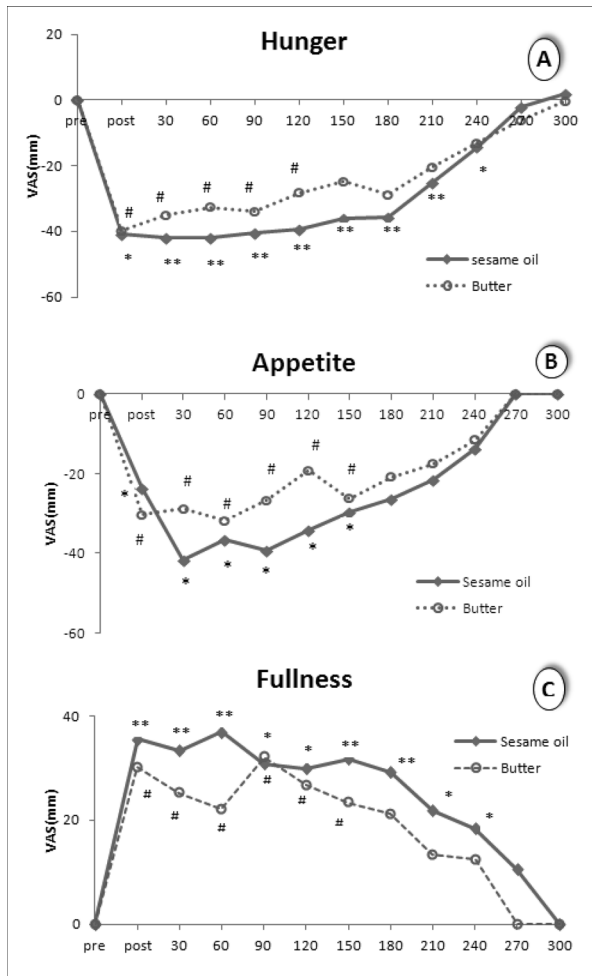
### 4. 포만도

VAS 질문지에 나타난 공복 시의 포만도(공복감, 만복감,



**Fig. 3.** Carbohydrate oxidation rate of fasting hours and Average carbohydrate oxidation rate of five hours after a meals (A) and Fat oxidation rate of fasting hours and Average fat oxidation rate of five hours after a meals (B). All p-values were derived by paired t-tests between butter meal and sesame oil meal.

식욕)는 두 실험식사 간에 시간대별로는 유의한 차이가 없었으며, 실험식사 섭취 후 공복 시에 비하여 증감된 길이로 비교한 각 평가항목의 결과를 살펴보면 Fig. 4와 같다. 실험식사 후 공복감과 식욕은 공복 시에 비하여 유의하게 감소하였고 만복감은 유의하게 증가하였다. 식후 5시간동안의 포만도의 변화를 살펴보면 공복 시의 포만도로 회복되는 속도는 실험식사 간에 차이가 있었다. 공복 시 포만도를 기준으로 시간경과에 따른 반복 분산분석 시 포만도가 유의하게 증가 또는 감소하다가 유의한 차이가 사라지는 시점부터를 공복 시 포만도로 회복되는 시점이라고 할 수 있다. 즉, 공복감에 있어 버터 함유 식사는 식후 150분까지 공복감이 유의하게 감소하다가 150분 이후 유의한 차이를 보이지 않아 공복 시 공복감으로 회복되었으며, 참기름 함유 식사는 식후 270분에 공복 시 공복감으로 회복되어 버터 함유 식사가 참기름 함유 식사보다 120분 빨리 공복 시 공복감 수준으로 회복되었다. 버터와 참기름 함유 실험식사에 있어서 만복감은 각각 180분과 270분에 공복 시의 만복감과 유의한 차이를 보이지 않게 되었으며, 식욕은 두 실험식사 모두 식후 180분에 공복 시 식욕 수준으로 회복되었다.



**Fig. 4.** Satiety sensations after the meals with butter and sesame oil. Data are means of changes from fasting levels. # means result of ANOVA for repeated measurements within butter meal (#:  $p < 0.05$  for the effect of time). \* means result of ANOVA for repeated measurements within sesame oil meal (\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$  for the effect of time).

## 고 찰

최근, 식생활의 서구화로 에너지 섭취량은 증가하는 반면, 생활양식의 변화로 에너지 소비량은 감소함에 따라 만성적인 에너지 불균형이 초래되었고 이에 따라 비만 유병율이 더욱 증가하고 있다. 2010 국민건강영양조사 결과에 의하면, 1998년에는 26.0%였던 우리나라 19세 이상 성인의 비만 유병율이 2010년에는 30.8%로 증가한 반면, 중등도 신체 활동 실천율은 18.7% (1998년)에서 10.9% (2010년)로 감소하였다 (Ministry of Health and Welfare 2011). 비만은 고혈압, 당뇨, 대사증후군 및 심장질환 등의 만성 성인병 발생의 심각한 위험요소가 될 뿐만 아니라 (Ivančica

2011) 사회 심리학적으로도 영향을 미쳐 자아 존중감 상실 등의 문제를 유발하므로 (Wellman & Friedberg 2002) 비만 예방을 위한 적극적 관리가 필요하다.

에너지 밀도가 높은 지방 식품의 과다 섭취가 비만을 유발하는 요인임은 이미 잘 알려져 있는 사실로 (Blundell & Macdiarmid 1997) 체중감량을 위해 지방섭취량을 줄이려는 노력이 강조되어왔다. 그러나 지방의 섭취량뿐만 아니라 섭취한 지방의 조성 또한 체중증가와 관련이 있는 요소임이 지적되었다 (Storlien 등 2001).

이에 지방 섭취와 관련된 여러 연구 결과들을 살펴보면, Claessens 등 (2009)은 지방 섭취의 감소 (총 섭취에너지의 23%)가 체중감소에 효과가 있다고 보고한 반면, Katan 등 (1997)은 총 섭취에너지의 18~40%에 해당되는 지방 식사 섭취 시 체중감량에 별 영향을 미치지 않았다고 하였다. 한편 실험동물을 이용한 비만 연구 (Mercer & Trayhurn 1984)에서 섭취한 지방산의 종류에 따라 체중 증가율에 차이가 있음이 보고되었으며, 지방 식품 섭취 시 인체의 영양소 산화율에 관한 연구 (Jones 등 1985; Delany 등 2000)에서는 지방산의 길이, 이중결합의 위치 및 불포화도 등의 지방산 구조의 다양성이 지방 산화율에 영향을 미침이 밝혀졌다. 한편, Storlien 등 (2001)은 포화지방산은 체내에서 산화되기보다는 저장되려는 경향이 더 크므로 체중 증가율을 높인다고 하였다.

본 연구에서, 섭취한 지방의 종류에 따라 에너지 소비량이 최고점에 이른 후 공복 시 휴식대사량으로 회복되는 시간이 달랐는데, 버터 함유 식사는 식후 150분에 에너지 소비량이 최고점에 이른 후 감소하기 시작하여 식후 270분에는 공복 시 휴식대사량 수준으로 회복하였으나, 참기름 함유 식사는 버터 함유 식사보다 1시간 먼저 에너지 소비량이 최고점에 이른 후 실험종료시간이 되어도 공복 시 보다 유의하게 높은 TEF를 유지하여 두 실험식사 간의 시간에 따른 식이성 발열효과의 양상이 달랐다 (Fig.2).

버터와 참기름을 이용한 식사 후 5시간 동안의 영양소 산화율의 변화를 살펴보면, 두 실험식사 모두에서 탄수화물 산화율은 공복 시에 비하여 감소하는 경향을 보였으나 유의한 차이는 아니었으며, 지방의 산화율은 공복 시에 비하여 유의하게 증가하여 총 에너지 섭취량의 50%를 지방으로 하였을 때 체내 에너지원으로 탄수화물 보다는 지방을 사용하는 것을 알 수 있었다. 본 연구에서 한 끼 섭취 열량의 50%를 지방으로 구성한 실험식사 (각각 버터와 참기름 함유) 섭취 후 5시간 동안 측정된 TEF는 약 6.9% of energy intake 수준이었다. 지방 섭취에 따른 식이성 발열효과의 크기는 연구 설계 (식사 중 지방함량, 사용한 지방의 형태 및 식사 후 측

정한 시간)에 따라 다양하게 보고되었다. 예를 들어, Ro 등 (2005)의 국내 연구에서는 섭취열량의 75%에 해당하는 지방(크림) 함유 식사 후 3시간동안의 TEF가 6.9% of energy intake이었으며, 본 연구에서와 같이 5시간동안 TEF를 측정하되 섭취열량 중 지방의 비율을 40%(Soares 등 2004), 43%(Piers 등 2002) 및 48%(Maffic 등 2001)로 구성한 식사를 섭취한 외국 연구의 경우 각각 4.7% of energy intake (크림과 올리브유), 5.8% of energy intake (크림과 올리브유) 및 4.3% of energy intake(마요네즈)의 TEF를 나타내어 본 연구결과보다 1.0~2.6% 정도 낮았다. 한편, 섭취열량 중 50%를 지방(호두, 올리브유, 유지방)으로 섭취한 후 5시간 동안 측정한 TEF가 6.6% of energy intake라고 한 Casas-Agustench 등 (2009)의 연구결과와 섭취열량의 65%를 지방(크림, 유지방)으로 섭취 후 5시간 동안의 TEF가 7.1% of energy intake였다고 보고한 Raben 등 (2003)의 연구결과는 본 연구와 유사한 TEF 값을 나타내었다.

또한, 지방의 조성이 다른 (포화지방과 불포화지방) 식사의 TEF 및 지방 산화율에 대한 연구들 역시, 서로 상이한 결과들을 보이고 있다. 예를 들어, Casas 등 (2009)은 지방의 종류에 따라 포화도가 다른 세 가지 지방 식사의 에너지 소모량, 영양소 산화율 및 포만도를 연구한 실험에서 호두와 올리브유를 사용한 불포화지방 식사가 치즈와 버터를 사용한 포화지방 식사보다 TEF가 유의하게 높게 나타났으나 영양소 산화율에서는 차이를 보이지 않았다고 하였다. 한편, 크림과 올리브유를 사용한 지방함유 식사의 지방 산화율을 연구한 Piers 등 (2002)과 Soares 등 (2004)의 두 연구에서는 올리브유를 사용한 불포화지방 식사가 크림을 사용한 포화지방 식사보다 지방 산화율은 유의하게 높게 나타났으나 TEF에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다고 하였다. 그 밖에도 19주 동안 땅콩을 정기적으로 섭취한 경우, 휴식대사량은 11% 증가했으나 TEF에는 차이가 없었으며 (Alper & Mattes 2002), 쇠고기 지방 및 옥수수유 섭취 후 24시간 동안의 TEF에도 차이가 없었다 (Rumpler 등 1998). 본 연구에서도 참기름 함유 식사가 버터 함유 식사보다 TEF와 지방 산화율에서 모두 높은 값을 나타내었으나 유의한 차이는 아니었다.

이처럼 지방 식사의 지방산 조성이 TEF에 미치는 영향에 대하여 서로 상반된 연구 결과를 보이는 이유로 식이성 발열효과와 관련된 여러 대사적 요인들을 들 수 있다. 첫째, 연구 대상자의 지방세포의 차이를 생각할 수 있다. 예를 들어, Marrades 등 (2007)은 비만한 사람은 마른사람에 비해서 지방산화가 잘 일어나지 않으며 발열반응에 대한 방어기전

이 있다고 하였는데, 건강한 남자(Piers 등 2002)와 폐경기 이후 여성들(Soares 등 2004)을 대상으로 올리브유와 크림을 이용한 지방 식사 섭취시의 TEF를 비교한 두 연구에서 올리브유를 이용한 불포화지방 식사의 경우, 마른 사람보다 비만인에서 TEF와 지방 산화율이 유의하게 높게 나타났다. 그러나 본 연구의 실험대상자들의 BMI 값은 정상수준이었으므로 비만으로 인한 지방산화의 차이가 있었을 것으로 생각되지는 않는다.

식이성 발열효과와 영양소 산화율에 영향을 미치는 두 번째 요인으로 교감신경활동, PPAR $\alpha$  (Peroxisome Proliferator-Activated Receptor-alpha)를 들 수 있다. 동물성 지방(쇠고기 지방)을 섭취한 쥐의 경우, 식물성 지방(Safflower oil)을 섭취한 쥐에 비하여 교감신경활동과 식이성 발열효과가 둔화되었으나 교감신경 절단술 후에는 두 군 간에 식이성 발열효과와 유의한 차이를 나타내지 않았다는 연구결과들(Matsuo 등 1995; Takeuchi 등 1995)은 교감신경활동과 식이성 발열효과와의 연관성을 설명하고 있다. PPAR $\alpha$ 는 식이지방 섭취 시 항상성을 조절하는 역할을 하며 식후에 주로 작용하여 지방합성 단백질의 유전자 발현을 억제하고 지방의 산화와 TEF를 유발하는 단백질 유전자 발현을 증가시킨다(Clarke 등 2002). Clarke 등 (2002)에 따르면, 불포화지방이 포화지방보다 PPAR $\alpha$ 를 더 자극하여 혈중 지방을 감소시킬 뿐만 아니라 TEF를 높인다고 하였다.

세 번째 요인으로 성별을 들 수 있는데, 성인 남녀의 식이성 발열효과 및 식후 영양소 산화율을 비교한 Kim & Kim (2011)의 연구에서 탄수화물 산화율은 남자가 여자보다 낮았으나 지방 산화율은 남자가 여자보다 높았다. 즉, TEF를 발생시키는 에너지원으로 남자는 지방을, 여자는 탄수화물을 주로 사용하며, 성별 간 식이성 발열효과와 차이는 남녀의 체중 및 체지방량 차이에 의한 것이 아니라 영양소 대사의 성별 간 차이 때문에 나타난다고 하였다.

또한 Kien & Bunn(2008)은 지방의 조성에 따른 에너지 소비량과 지방 산화율이 성별에 따라 다르게 나타난다고 하였다. 즉, 여자는 동물성 지방 섭취 시보다 식물성 지방 섭취 시에 지방 산화율이 증가하였지만 에너지 소비량은 차이가 없었던 반면, 남자에서는 지방의 종류에 따른 지방 산화율의 차이는 나타나지 않았으나 에너지 소비량은 동물성지방 섭취 시 보다 식물성 지방 섭취 시에 증가하였다. 그 외에 Kinabo & Durnin(1990)과 Weststrate(1993)는 TEF를 다룬 연구들의 방법론적 고찰을 통하여 다양한 요인들(연령, 체력, 영양상태, 식사량 및 식사구성요소)에 의해서 TEF가 영향을 받는다고 지적한 바 있다. 이상에서와 같이, 식이



성 발열효과 및 영양소 산화율은 여러 요인들에 의하여 영향을 받으므로 연구대상자의 특성에 따라 상이한 결과들을 보일 수 있다. 따라서 연구 설계 및 연구 결과 해석 시 이와 같은 요인들이 고려되어야 한다.

식사 후 포만도는 체중감량을 하고자하는 비만인에 있어서 매우 중요한 요인이다. 즉, 동일한 열량을 제공하는 식사가 할지라도 상대적으로 높은 포만도를 제공하는 식사가 높은 적응도를 보이기 때문이다. 본 연구에서 공복 상태에서 측정된 공복감, 만복감 및 식욕을 기준 (0)으로 하여 5시간 동안의 시간경과에 따른 포만도의 변화를 살펴보면, 버터 함유 식사가 참기름 함유 식사보다 공복상태의 포만도로 회복하는 속도가 빨라 더욱 쉽게 공복감을 느끼는 것으로 나타났다. 예를 들어 버터 함유 식사의 경우, 식후 150분이 경과한 후 공복상태에서와 같은 공복감을 느끼기 시작했으나 참기름 함유 식사는 식후 270분이 지나서야 공복 시와 같은 공복감을 느끼기 시작했다.

그러나 시간대별로 두 실험 식사의 포만도를 비교한 결과에서는 유의한 차이를 발견할 수 없었다. 이와 같은 결과를 얻게 된 것에 대하여 본 연구의 제한점으로 다음과 같은 세 가지를 들 수 있다. 첫째, 본 연구에서 제공된 한 끼의 식사 중에는 평균 27 g의 지방이 포함되어 있어 포만감에 영향을 미칠 만큼 충분한 양이 제공되지 못하였다는 점을 들 수 있다. 즉, Lawton 등 (2000)은 지방의 포화도에 따른 포만도를 비교한 연구에서 포화지방(SFA) 함유 식사보다 단일불포화지방(MUFA) 함유 식사 및 다불포화지방(PUFA) 함유 식사가 높은 포만도를 나타내었다고 보고하였는데 이때 사용한 한 끼 식사의 지방량은 80 g이었다. 둘째, VAS 조사는 식사 후 5시간 동안 매 30분마다 포만도를 기록하도록 하는데, 30분마다 포만도의 민감한 변화를 정확하게 표현(기록)하기에는 실험대상자의 VAS 기록 훈련이 미비하였다. 셋째, 실험대상자가 실험식사 섭취 후 시간 경과에 따른 포만도를 100 mm 측정선 위에 표시하는 VAS(Visual Analogue Scale) 방법은 주관적 경향이 강하여 객관적 자료로 활용하기엔 어려움이 있다. 따라서 VAS 방법과 함께 De Graafet 등 (2004)이 제안한 포만도와 관련된 혈액검사를 이용하는 것도 하나의 보완 방법이 될 수 있을 것이다.

지금까지 비만예방 및 치료를 위한 체중조절 식사에 있어서 무조건 지방을 제한하는 것이 바람직한 것으로 알려져 있었으나 무지방 또는 저지방 식사의 기호도 및 수용도(Acceptability)가 낮아 체중감량 식사를 지속하는데 어려움이 있었다. 한편, 지방을 함유한 식사도 적당량의 식이성 발열효과를 보일 뿐만 아니라 식후 포만도를 오래 유지하도록 하여 오히려 체중감량에 도움을 줄 수도 있을 것이라는 가

설 하에 본 연구를 계획하고 진행하였다. 아울러, 최근 다불포화지방산의 섭취가 건강에 주는 유익에 관심이 모아지고 있음에 초점을 맞추어 다불포화지방산 함량이 높고 한국 음식 조리에 다양하게 사용되는 참기름 함유 식사의 식이성 발열효과, 영양소 산화율 및 포만도를 포화지방산 함량이 높은 버터를 함유한 식사와 비교하였다.

연구 결과, 위에서 언급한 본 연구의 몇 가지 제한점으로 말미암아 기대했던 결과가 뚜렷하게 나타나지는 않았으나 전체 열량의 50%를 지방으로 한 혼합 식사로부터 약 6.9%의 식이성 발열효과를 얻을 수 있는 것으로 나타났다. 또한 두 실험식사 간의 식이성 발열효과에 있어서 유의한 차이는 나타나지 않았지만 식물성 지방(참기름) 함유 식사가 동물성 지방(버터) 함유 식사에 비하여 다소 높은 식이성 발열효과와 경향을 보이며, 식사 5시간 이후에도 그 효과가 지속되는 것으로 나타났을 뿐만 아니라 포만도도 더 높게 유지되는 것으로 나타났다.

따라서, 지방 식사 섭취 시 버터보다는 참기름, 즉, 포화지방 보다는 불포화지방이 많이 함유된 식사를 하는 것이 불포화지방이 가지는 항산화기능, 심장질환 예방 등의 유익한 효과와 더불어 다소 높은 식이성 발열효과와 포만도로 인하여 체중감량에 더 효과적일 것으로 사료된다.

## 요약 및 결론

건강한 한국인 성인에 있어서 지방 식사의 식이성 발열효과(TEF)의 크기를 측정하고, 지방의 종류에 따른 TEF의 차이를 알아보고자 버터 함유 식사와 참기름 함유 식사 섭취 후, 5시간동안 30분 간격으로 에너지 소비량과 영양소 산화율을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 연구대상자의 평균 연령 및 BMI는 각각  $21 \pm 1.1$ 세와  $20.3 \pm 2.5 \text{ kg/m}^2$ 로 남녀 간에 유의한 차이를 보이지 않았다.
2. 연구대상자가 섭취한 실험식사의 에너지함량은 평균 481.2 kcal로 연구대상자의 1일 에너지필요추정량(한국인영양섭취기준)의 1/3에 해당되었으며, 버터 함유 식사와 참기름 함유 식사 섭취 후 5시간 동안 측정된 총 TEF는 각각 30.8 kcal/5 h, 34.4 kcal/5 h였으며 총 에너지 섭취량에 대한 TEF의 비율로는 버터 함유 식사가 6.5% of energy intake, 7.3% of energy intake로 두 식사 간 유의한 차이가 없었다.
3. 버터 함유 식사는 섭취 후 150분에 에너지 소비량의 증가율(% of REE)이 최고점에 이르렀다가 식후 270분(4시간 30분)만에 공복 시 수준(5.9%, 공복 시와 유의한 차이

없음)으로 감소하였으나, 참기름 함유 식사는 식후 90분에 에너지 소비량이 최고점에 이른 후 300분(5시간)이 되어도 TEF가 8.5% 남아 있어 공복 시와 유의한 차이를 보였다 ( $p < 0.01$ ).

4. 공복 시 탄수화물 산화율은 버터 함유 식사와 참기름 함유 식사에서 각각  $12.3 \pm 7.1$  g/h와  $9.5 \pm 4.1$  g/h로 식후 5시간 동안의 평균 탄수화물 산화율(각각  $9.5 \pm 3.1$  g/h와  $8.3 \pm 2.7$  g/h)과 유의한 차이를 보이지 않았다.

5. 공복 시 지방 산화율은 두 종류의 지방 식사 간에 유의한 차이를 보이지 않았으며(버터 함유 식사:  $1.9 \pm 2.6$  g/h, 참기름 함유 식사:  $3.1 \pm 1.4$  g/h) 식후 5시간 동안의 평균 지방 산화율은 버터 함유 식사 시  $3.7$  g/h ( $p < 0.05$ ), 참기름 함유 식사 시  $4.2$  g/h ( $p < 0.05$ )로 두 식사 모두 공복 시 지방 산화율 보다 유의하게 높았다.

6. 공복 시의 포만도는 두 실험식사 간에 유의한 차이가 없었으나, 버터 함유 식사는 식후 150분 이후 공복 시의 포만도로 회복된 반면, 참기름 함유 식사는 식후 270분 이후에야 공복 시의 포만도로 회복되었다.

이상의 결과를 종합해 보면, 전체 열량의 50%를 지방으로 구성한 혼합식사인 버터 함유 식사와 참기름 함유 식사의 5시간 동안의 TEF는 섭취 열량의 각각 6.5%와 7.3%로 측정되었다.

지방의 종류를 달리 한 두 실험 식사간의 5시간 동안 TEF의 총량에 있어서는 유의한 차이가 없었으나 TEF의 지속시간에서는 차이를 보였다. 즉, 버터 함유 식사는 300분 내에 TEF가 모두 소모되어 그 이후에는 에너지소모량이 휴식대 사랑 상태로 회복되는 반면, 참기름 함유 식사의 TEF는 식후 300분이 지나도 여전히 높은 수준을 보여 버터함유 식사보다 식이성 발열효과가 다소 오래 지속되는 경향을 보였다.

한편, 두 실험 식사 간의 영양소 산화율은 유의한 차이를 보이지 않았으나, 두 식사 모두에서 공복 시에 비하여 지방 산화율이 유의하게 증가하였음은 섭취한 지방의 종류에 상관없이 지방섭취로 인한 TEF를 발생시키는 에너지원으로 지방이 주로 사용되고 있음을 보여준다.

지방의 종류가 다른 두 실험 식사의 포만도를 살펴보면, 참기름 함유 식사가 버터 함유 식사보다 공복감은 덜 느끼고, 만복감은 더 높게 유지되는 것으로 나타났다.

앞으로 지방산 조성 뿐만 아니라 지방함량을 달리한 식사 섭취 후, 식이성 발열효과가 완전히 사라질 때까지의 영양소 산화율과 에너지 소비량 등을 측정하는 후속 연구가 계속됨으로서 체중관리를 위한 식사에서 지방의 처방기준 마련을 위한 유용한 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 아울러, 심혈관 질환의 예방 효과가 있는 것으로 알려져 있는 식물성

기름이나 등 푸른 생선을 이용한 식단이 비만의 예방 및 치료에 활용될 수 있는지도 함께 검토되어야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- Acheson KJ (1993): Influence of autonomic nervous system on nutrient-induced thermogenesis in humans. *Nutr* 9(4): 373-380
- Alper CM, Mattes RD (2002): Effects of chronic peanut consumption on energy balance and hedonics. *Int J Obes Relat Metab Disord* 26(8): 1129-1137
- Blundell JE, Rogers PJ (1991): Hunger, hedonics and the control of satiation and satiety. In *Chemical Senses: Appetite and Nutrition*. In: Friedman MI, Tordoff MG, Kare MR eds. Marcel Dekker Inc, New York, pp.127-148
- Blundell JE, MacDiarmid JI (1997): Fat as a risk factor for overconsumption: satiation, satiety, and patterns of eating. *J Am Diet Assoc* 97(Suppl): S63-69
- Casas-Agustench P, López-Uriarte P, Bulló M, Ros E, Gómez-Flores A, Salas-Salvadó J (2009): Acute effects of three high-fat meals with different fat saturations on energy expenditure, substrate oxidation and satiety. *Clin Nutr* 28(1): 39-45
- Cecil JE, Francis J, Read NW (1999): Comparison of the effects of a high-fat and high-carbohydrate soup delivered orally and intragastrically on gastric emptying, appetite, and eating behaviour. *Physiol Behav* 67(2): 299-306
- Claessens M, van Baak MA, Monsheimer S, Saris WH (2009): The effect of a low-fat, high-protein or high-carbohydrate ad libitum diet on weight loss maintenance and metabolic risk factors. *Int J Obes (Lond)* 33(3): 296-304
- Clarke SD, Gasperikova D, Nelson C, Lapillonne A, Heird WC (2002): Fatty acid regulation of gene expression: a genomic explanation for the benefits of the mediterranean diet. *Ann N Y Acad Sci* 967: 283-298
- De Graaf C, Blom WA, Smeets PA, Stafleu A, Hendriks HF (2004): Biomarkers of satiation and satiety. *Am J Clin Nutr* 79(6): 946-961
- DeLany JP, Windhauser MM, Champagne CM, Bray GA (2000): Differential oxidation of individual dietary fatty acids in humans. *Am J Clin Nutr* 72(4): 905-911
- Dubois D, Dubois EF (1915): The measurements of the surface area of man. *Archiv Intern Med* 15: 868-881
- Granata GP, Brandon LJ (2002): The thermic effect of food and obesity; discrepant results and methodological variations. *Nutr Rev* 60(8): 223-233
- Ivančica Delaš (2011): Benefits and hazards of fat-free diets. *Trends in Food Science & Technology* 22(10): 576-582
- Jones PJ, Pencharz PB, Clandinin MT (1985): Whole body oxidation of dietary fatty acids: implications for energy utilization. *Am J Clin Nutr* 42(5): 769-777
- Katan MB, Grundy SM, Willett WC (1997): Should a low-fat, high-carbohydrate diet be recommended for everyone? Beyond low-fat diets. *N Engl J Med* 337: 563-567
- Kien CL, Bunn JY (2008): Gender alters the effects of palmitate and oleate on fat oxidation and energy expenditure. *Obesity (Silver*

- Spring) 16(1): 29-33
- Kim MH, Kim EK (2011): Thermic Effect of Food and macronutrient oxidation rate in men and women after consumption of a mixed meal. *Korean J Nutr* 44(6): 507-517
- Kinabo JL, Durnin JV (1990): Thermic effect of food in man: effect of meal composition, and energy content. *Br J Nutr* 64(1): 37-44
- Labayen I, Forga L, Martínez 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(3): 158-166
- Lawton CL, Delargy HJ, Brockman J, Smith FC, Blundell JE (2000): The degree of saturation of fatty acids influences post-ingestive satiety. *Br J Nutr* 83(5): 473-482
- Maffei C, Schutz Y, Grezzani A, Provera S, Piacentini G, Tatò L (2001): Meal-induced thermogenesis and obesity: is a fat meal a risk factor for fat gain in children? *J Clin Endocrinol Metab* 86(1): 214-219
- Marrades MP, Martínez JA, Moreno-Aliaga MJ (2007): Differences in short-term metabolic responses to a lipid load in lean (resistant) vs obese (susceptible) young male subjects with habitual high-fat consumption. *Eur J Clin Nutr* 61(2): 166-174
- Matsuo T, Shimomura Y, Saitoh S, Tokuyama K, Takeuchi H, Suzuki M (1995): Sympathetic activity is lower in rats fed a beef tallow diet than in rats fed a safflower oil diet. *Metabolism* 44(7): 934-939
- Matthews JN, Altman DG, Campbell MJ, Royston P (1990): Analysis of serial measurements in medical research. *BMJ* 300(6719): 230-235
- Mercer SW, TrayHurn P (1984): Effect of high fat diets on the thermogenic activity of brown adipose tissue in cold-acclimated mice. *J Nutr* 114: 1151-1158
- Ministry of Health and Welfare (2011): Korea Health Statistics 2010: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES V-1)
- Péronnet F, Massicotte D (1991): Table of nonprotein respiratory quotient: an update. *Can J Sport Sci* 16(1): 23-29
- Piers LS, Walker KZ, Stoney RM, Soares MJ, O'Dea K (2002): The influence of the type of dietary fat on postprandial fat oxidation rates: monounsaturated (olive oil) vs saturated fat (cream). *Int J Obes Relat Metab Disord* 26(6): 814-821
- 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(1): 91-100
- Reed GW, Hill JO (1996): Measuring the thermic effect of food. *Am J Clin Nutr* 63(2): 164-169
- Ro HK, Choi IS, Oh SH (2005): Effects of high carbohydrate, high fat and protein meal on postprandial thermogenesis in young women. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34(8): 1202-1209
- Rumpler WV, Baer DJ, Rhodes DG (1998): Energy available from corn oil is not different than that from beef tallow in high- or low-fiber diets fed to humans. *J Nutr* 128(12): 2374-2382
- Schutz Y, Bessard T, Jéquier E (1984): Diet-induced thermogenesis measured over a whole day in obese and nonobese women. *Am J Clin Nutr* 40(3): 542-552.
- Segal KR, Edaño A, Blando L, Pi-Sunyer FX (1990): Comparison of thermic effects of constant and relative caloric loads in lean and obese men. *Am J Clin Nutr* 51(1): 14-21
- Soares MJ, Cummings SJ, Mamo JC, Kenrick M, Piers LS (2004): The acute effects of olive oil v. cream on postprandial thermogenesis and substrate oxidation in postmenopausal women. *Br J Nutr* 91(2): 245-252
- Storlien LH, Huang XF, Lin S, Xin X, Wang HQ, Else PL (2001): Dietary fat subtypes and obesity. *World Rev Nutr Diet* 88: 148-154
- Takeuchi H, Matsuo T, Tokuyama K, Shimomura Y, Suzuki M (1995): Diet-induced thermogenesis is lower in rats fed a lard diet than in those fed a high oleic acid safflower oil diet, a safflower oil diet or a linseed oil diet. *J Nutr* 125(4): 920-925
- Tentolouris N, Pavlatos S, Kokkinos A, Perrea D, Pagoni S, Katsilambros N (2008): Diet-induced thermogenesis and substrate oxidation are not different between lean and obese women after two different isocaloric meals, one rich in protein and one rich in fat. *Metabolism* 57(3): 313-320
- The Korean Nutrition Society (2010): Dietary reference intakes for Koreans, 1st revision. Seoul
- Weir JB (1949): New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol* 109(1-2): 1-9
- Wellman NS, Friedberg B (2002): Causes and consequences of adult obesity: health, social and economic impacts in the United States. *Asia Pac J Clin Nutr* 11(Suppl 8): S705-709
- Weststrate JA (1993): Resting metabolic rate and diet-induced thermogenesis: a methodological reappraisal. *Am J Clin Nutr* 58: 592-601
- Westerterp KR (2004): Diet induced thermogenesis. *Nutr & Metab (Lond)* 1(1): 5
- WHO Expert Consultation (2004): Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *Lancet* 363: 157-163