

식사 전 후의 체온변화와 신체계측치와의 관련성

김 석 영 · 차 복 경

경상대학교 식품영양학과

Relationships between Body Temperature Changes and Adiposity during a Meal

Kim, Seok Young · Cha, Bok Kyeong

Department of Food and Nutrition, Gyeong Sang National University,
Chin Ju 660-701, Korea

ABSTRACT

In order to study the relationship between body core temperature and adiposity, the core temperatures of normal weight female college students were measured during an instant-noodle lunch eaten in a laboratory at the ambient temperature of 22 - 24.8°C. Ambient temperature was positively correlated with meal-start core temperature and meal duration. The difference between the peak postprandial and the meal-start core temperature was negatively correlated with body weight and BMI. This means that the thermogenic response induced by meal consumption was negatively associated with adiposity. Meal duration also showed a negative correlation with body weight, BMI, and hip girth. Thus, the obese eating style characterized by a rapid rate of food intake was also associated with adiposity in normal weight women. It was possibly a contributing factor in the development of obesity. In conclusion, adiposity is negatively associated with the difference between the peak postprandial and the meal-start core temperature and meal duration during a meal. (*Korean J Nutrition* 31(4) : 747~755, 1998)

KEY WORDS : body temperature · adiposity · obesity · intake · eating style.

서 론

비만의 예방과 치료를 위해서는 식욕을 조절하여 섭취에너지를 줄이는 것이 중요하며, 따라서 사람의 식품 섭취행동을 조절하는 생리적인 여러 요인들¹⁻⁴⁾과 그 메카니즘에 대한 연구가 필요하다. 체온⁵⁾⁶⁾은 식품섭취를 조절하는 생리적인 요인들 중의 하나로 시상하부에서 식욕과 함께 조절되는데⁷⁾, 실험실에서 인위적으로 열⁸⁾이나 냉기¹⁰⁾¹¹⁾에 노출시킨 동물들은 체온변화에 따라 먹는 행동이 달라진다고 한다. 또 식사를 시작하게 될

때나 끝마치는 데에 있어서도 체온변화가 중요한 요인이며, 쥐에서는 신체의 과열을 방지하는 메카니즘이 식사종결에 중요하다¹²⁾고 한다. 한편 식사 후 체내대사가 활발할 경우에는 열생산 증가와 함께 체온이 상승하며¹³⁾¹⁴⁾ 에너지 섭취가 제한될 때는 대사율이 떨어지고 체온이 내려가는 등¹⁵⁻¹⁷⁾ 사람이나 동물에서 섭취량에 따라서도 체온이 달라진다고 한다. 따라서 체온과 섭취량은 서로 밀접한 관련이 있음을 알 수 있다.

식품섭취 후의 열발생에는 섭취에너지량¹⁸⁻²⁰⁾이나 식품 중의 영양소 조성²¹⁾²²⁾이 일차적으로 상관이 있지만 이밖에도 교감신경계의 활성화도가 중요한 변수이다²³⁾²⁴⁾. 그리고 교감신경계의 활성화도에는 비만²⁵⁾, 나이²⁶⁾²⁷⁾, 향신료²⁸⁾, 기호식품²⁹⁾등의 여러 인자들이 관여한다고 한다. 비만인 사람은 정상체중군에 비해 포도당이나 식사섭취 후에 열생성반응과 교감신경계활성에 장애가

채택일 : 1998년 4월 22일

*This research was supported by grants from Gyeongsang National University Research & Scholarship Foundation.

있으며¹³⁾¹⁴⁾³⁰⁾, 체중을 감소시킨 후에도 여전히 낮다고 한다.³¹⁾³²⁾ 한편 Westerterp-Plantenga등³³⁾은 식사행동이 자연스러운 정상체중의 사람은 식사 후 체온이 상승하였지만 비만이나 정상체중이라도 먹는 것을 자제하는 경향인 사람들은 식사 후에도 체온변화가 거의 없고 열생성 대사도 상대적으로 낮았음을 보고하고 있다. 일반적으로 비만이 되면 정상인에 비해 체온조절이 불리한데, 그 이유는 체지방의 비열이 근육조직보다 높고, 지방의 절연효과로 인해 열전도가 느리며, 표면적도 상대적으로 작기 때문이다³⁴⁾. 그런데 여러 연구에서 비만 뿐 아니라 체중을 감소시킨 후나, 정상체중이라도 먹기를 자제하는 사람의 경우에는 상대적으로 열생성 반응이 둔하고 체온변화가 거의 없었다고 한 것으로 볼 때, 그러한 현상들이 비만의 결과라기 보다는 원인이기 때문인 것 같다.

따라서 본 연구에서는 비만의 원인을 밝히기 위한 차원에서 정상체중을 가진 여대생을 대상으로 실험실에서 식사를 제공한 뒤 식사 전 후의 체온 및 체온상승 정도와 체지방 및 체격지수와와의 관련성을 알아보려 계획하였다.

연구방법

1. 대상자

흡연, 약물복용, 알콜중독 등의 습관이 없고, 건강한 정상체중의 여대생 37명을 대상으로 하였으며 신체계측은 1997년 9월에, 식사 전 후 체온측정실험은 9월 30일부터 10월 18일 사이에 실시하였다.

2. 신체계측

1) 비만도와 기초 체온측정

신장과 체중은 아침 공복시에 함께 측정하였는데 신장은 철제로 제작된 신장계(KYS, Yamakoshi Seisakusho사 제품, 일본)로 mm단위 까지 측정하였다. 체중은 가운데 걸치고 측정한 뒤 가운데 무게를 제하였는데 전자식 체중계(DOLPHIN 100A, CAS사 제품, 한국)로 50g단위까지 측정하였으며, 측정된 키와 체중치로 체격지수(BMI : kg/m²)를 구하였다. 이와 함께 심부체온으로 귀의 고막온도를 측정하였는데, 고막은 체온조절 중추인 시상하부에 가까이 위치하여 동일한 혈액을 공급받기 때문에, 이 부위의 체온이 시상하부의 온도와 가장 비슷하기 때문이다.³⁵⁾³⁶⁾ 오차를 줄이기 위해 한 사람의 연구원이 피실험자 전원의 심부체온을 측정하였는데, 귀바퀴를 당겨서 외이도(External acoustic meatus)를 펴 준 다음, 심부체온계(Thermo-

Scan IRT1020, BRAUN사 제품, 독일)를 귀속 깊숙히 밀어 넣어 고막에서 발생하는 적외선 열로써 체온을 측정하였다.

2) 체지방함량과 분포의 측정

Impedance method(GIF-891, GILWOO TRADING CO, 한국)³⁷⁾를 이용하여 체지방비와 체지방량을 측정하였으며, 가운데 걸치게 하여 배꼽주위의 허리둘레와 엉덩이둘레를 측정하여 허리둘레/엉덩이둘레의 비율(waist/hip girth ratio, WHR)을 구하였다.

3. 식사 전 후의 체온측정

실험 대상자들은 오전 11시 30분까지 실험실로 오도록 하여, 실험실 환경에 익숙해지고 체온이 일정해 지도록 약 30분간 의자에 앉아 안정을 취하게 하였다. 피험자들의 복장은 두꺼운 걸옷은 벗고 가벼운 셔츠나 블라우스 차림으로 통일하였고, 이때의 실험실 온도는 22~24.8℃였다. 12시 경에 라면과 김치 30g으로 구성된 점심식사를 제공하였는데, 신라면에 고추가루 1g을 넣어 조리하여 뜨거운 상태로 차려내었다. 라면은 우선 열량, 맛, 온도 등의 여러 면에서 실험 대상자들에게 동일한 식사를 제공하기에 편리하다. 또 탄수화물의 비율이 높은 편이고, 맵고 더운 식사이므로 교감 신경계를 향진시킬 수 있어²²⁾²⁸⁾ 식사 전 후나 개인 간의 체온변화의 차이를 잘 보여 줄 것으로 생각되었고, 특별히 이 식사를 싫어하는 사람이 드물기 때문에 실험식사로 선택하였다. 실험 대상자들이 지나치게 시간을 끌면서 체온을 식혀 가며 천천히 먹는 것을 막기 위해 가능한 10분 안에 먹도록 권장하였으나, 정해진 시간 내에 식사를 끝마치도록 강요하지는 않았다. 이것은 낮은 실험실 환경에서 실험식사를 하는 피실험자들이 지나치게 스트레스를 받을 경우 이로 인해 체온이 상승할 수도 있으므로³⁸⁾³⁹⁾ 가능한 제약을 가하지 않도록 하기 위해서였다. 또 매운 국물을 먹기 싫어하는 피험자가 있었는데 같은 이유로 섭취를 강요하지 않았고, 실험조건을 동일하게 하기 위해 피험자 전원에게 국물을 먹지 말도록 하였다. 식사 직후부터 시작하여 이후 10분 간격으로 심부체온을 측정하였으며 식 후 1시간 이후에는 20분 간격으로 측정하여 식 후 2시간까지 측정하였다.

4. 통계분석

모든 실험결과는 statistic analysis system(SAS) 통계프로그램을 이용하여 평균(mean)과 표준편차(standard deviation, SD)를 산출하였다. 시간 경과에 따라서 측정된 식 전과 식 후의 심부체온과 신체계측치 간의 상관관계는 환경온도를 통제된 상태에서 Parti-

al correlation coefficient로 검정하였다. 환경온도와 식사실험 변수 간의 상관관계는 Pearson correlation coefficient로 구하였으며, 다시 환경온도를 통제된 상태에서 식사실험 변수들 끼리의 상관관계를 Partial correlation coefficient로 구하였다. 실험 대상자들을 식사 직후 바로 최고 체온에 도달하는 사람들과 최고 체온에 도달하는데 식 후 10분 이상의 시간을 요하는 사람들로 나누고, 두 집단 간에 식사실험 변수의 차이를 t-test로 비교하였다. 또 식 후 30분 이내에 최고체온에서 식전체온을 회복한 사람들과 식전체온으로 내려가는데 40분 이상이 걸린 사람들로 두 집단을 나누어, 식사실험 변수의 차이를 t-test로 비교하였다. 마지막으로 식사실험 변수와 신체계측치 사이의 상관관계도 환경온도를 통제하여 Partial correlation coefficient로 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 조사대상자의 신체적 특성

Table 1에서 보는 바와 같이 조사대상자들의 나이는 평균 21.6 ± 0.5 세였고 키는 160.8 ± 6.4 cm였다. 또 체중과 BMI는 각각 51.4 ± 6.5 kg과 19.8 ± 1.8 였으며, 체지방비율은 $25.3 \pm 3.4\%$, 체지방량은 13.1 ± 2.7 kg였다. 정상체중범위가 BMI 20~25라고 볼 때⁴⁰⁾, 본 실험 대상자들은 정상체중 범위이긴 하지만, 하한선에 가까운 매우 마른체형임을 알 수 있었다. 허리와 엉덩이 둘레는 각각 72.6 ± 5.6 cm과 89.3 ± 4.5 cm였으며, WHR은 0.81 ± 0.04 이었다. 그리고 아침 식 전에 측정된 심부체온은 평균 36.8 ± 0.5 였다.

2. 식사 전 후의 심부체온 및 최고체온에 도달하는데 요하는 시간과 식전체온으로의 회복에 드는 시간

Table 2에 제시된 바와 같이 식사 직전의 심부체온은 36.9 ± 0.4 ℃였고 식사가 끝난 직후의 체온은 37.3 ± 0.4 ℃였다.

Table 1. Characteristics of the subjects(n=37)

Variables	Mean ± sd
Age(years)	21.6 ± 0.5
Height(cm)	160.8 ± 6.4
Weight(kg)	51.4 ± 6.5
BMI(kg/m ²) ¹⁾	19.8 ± 1.8
% Body fat	25.3 ± 3.4
Fat mass(kg)	13.1 ± 2.7
Waist(cm)	72.6 ± 5.6
Hip(cm)	89.3 ± 4.5
WHR ²⁾	0.81 ± 0.04
Basal core temperature(℃)	36.8 ± 0.5

0.4℃였다. 대상자의 81%가 식사가 끝난 직후 바로 최고체온에 도달했지만, 대상자의 11%는 식사 후 10분 뒤에, 8%는 식사 후 20분 뒤에 각각 최고체온에 도달하여 전체적으로는 보면 식사 후 평균 3 ± 6 분 후에 최고체온인 37.3 ± 0.4 ℃에 도달하는 것으로 나타났다. 이렇게 올라간 체온은 식 후 37 ± 26 분만에 식사 전 체온으로 돌아왔는데, 체온 회복에 요하는 시간은 개인차가 매우 커서 대상자의 46%인 17명이 식 후 30분 내에 체온을 회복하였으나, 같은 숫자의 사람이 식 후 40~60분에 체온을 회복하였고, 80분 이상이 걸린 사람도 3명이나 되었다. 또 식사 시간은 평균 8.8 ± 1.4 분이었으며, 이 때의 실내온도는 평균 23.4 ± 0.8 ℃였다. 실험식사의 열량은 554.7kcal였으며, 식탁에 차려낼 때의 라면의 온도는 90℃였다. 또 탄수화물, 단백질, 지방에서의 열량비율은 56.0 : 8.5 : 35.5로 비교적 탄수화물의 비율이 높은 편이었다.

Fig. 1은 시간경과에 따라 측정된 식사 전 후의 심부체온의 변화를 보여주고 있는데 식 후 30분과 40분에 측정된 경우를 제외하고, 나머지 시점에 측정된 심부체온들은 식전체온과 유의하게 달랐다. 식사 직후 0.4℃ 정도 상승한 체온은 식 후 30분만에 식전체온으로 내려왔으며, 그 뒤 10분간 그 상태를 유지하다가 이후 더 내려가기 시작하여 식 후 80분에는 36.7℃로 최저로 내려갔다. 이때부터 식 후 2시간 사이에서는 체온이 36.7℃와 36.8℃사이를 오가며 안정된 상태를 유지하였다.

한편 Zammit 등⁴¹⁾과 McGregor와 Lee¹⁹⁾는 포식(large meal)하였을 때가 소식(small meal)의 경우보다 식 후 열발생이 많았다고 하였다. 그런데 쥐를 대상으로 식사량에 따른 체온 상승정도를 살펴본 연구에 의

Table 2. Test meal characteristics

Variables	Mean ± sd
Meal-start core temperature (℃)	36.9 ± 0.4
Meal-end core temperature (℃)	37.3 ± 0.4 ^{*1)}
Peak postprandial core temperature(℃)	37.3 ± 0.4 ^{*1)}
RTPT(min) ²⁾	3 ± 6
RTST(min) ³⁾	37 ± 26
Meal duration(min)	8.8 ± 1.4
Ambient temperature(℃)	23.4 ± 0.8
Test meal energy content	554.7kcal
Serving temperature	90℃
CPF ratio ⁴⁾	56.0 : 8.5 : 35.5

1) *p < 0.0001, compared with meal-start core temperature by paired t-test

2) RTPT : Reaching time to the peak postprandial core temperature after the end of the test meal

3) RTST : Recovering time to the meal-start core temperature after the end of the test meal

4) The ratio of carbohydrate : protein : fat ratio in the

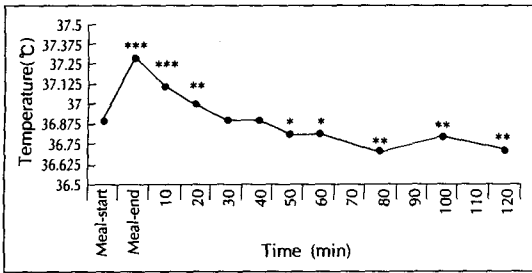


Fig. 1. Changes in core temperature during a meal. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, compared with meal-start value by paired t-test.

하면 식사량에 상관없이 식 후 최대온도는 거의 일정하였다고 한다¹²⁾. 식사 후 체온은 조절되기 때문에, 식후 체온의 상승에는 한계가 있다. 따라서 섭취량의 많고 적음에 따른 에너지발생의 차이는 식 후 상승된 한계체온이 지속되는 시간의 차이로 나타날 것이다. 본 실험에서는 식사로 554.7kcal를 제공하였는데 그 결과 0.4℃ 상승한 고막온도가 식 후 30~40분 만에 식전체온으로 내려 갔다. 그러나 본 대상자들에 비해 거의 2배에 가까운 총 1038.7kcal를 섭취한 정상체중의 여성들은 식 후 1시간까지 피부온도가 0.8~1.5℃ 상승하였고, 올라간 체온이 60~90분까지 유지되었다고 한다³³⁾. 본 연구와는 대상자와 체온 측정 부위가 다르므로 직접적으로 비교하기는 어렵지만, 섭취에너지량이 높을수록 식 후 상승된 체온이 오래 유지되는 것을 알 수 있었다.

3. 신체계측치와 식사 전 후의 체온과의 상관성

식사실험동안 실험실의 환경온도를 일정하게 유지할 수 없었으므로 환경온도의 영향을 배제한 뒤, Table 3과 같이 신체계측치와 식사 전 후의 심부체온과의 상관관계를 구하였다. 체중, BMI, 체지방비와 체지방량의 모든 신체계측치가 심부체온과 역상관을 보였다. 이중 유일하게 체지방비만 식사 전과 식 후 100분에 측정된 심부체온과 유의한 역상관관계를 보여, 체지방비가 높을수록 상대적으로 심부체온이 낮았음을 알 수 있었다. 정상인을 대상으로 체지방과 식사 전 후 체온과의 관련성을 연구한 경우는 매우 드물지만, 비만여성과 정상인을 비교하였을 때에도 식사 후 비만여성의 피부온도가 정상인에 비해 낮았다³³⁾고 하여 본 연구와 같은 결과를 보고하고 있다. 이렇게 체지방비가 높을수록 체온이 상대적으로 낮은 것은 피하지방의 절연효과 때문이기도 하지만, 체지방비가 높을수록 상대적으로 식사로 인한 열생성대사가 지체되었거나, 대사량이 낮기 때문³³⁾일 것으로 생각된다. 또 식사 직후를 제외한 모든 시점의 심부체온들이, 신체계측치 중 체지방비와 가장

Table 3. Partial correlation coefficients¹⁾ between the pre- and postprandial core temperature and anthropometric measurement

Core temperature	Weight	BMI ²⁾	%Body fat	Fat mass
Meal-start	-0.02	-0.04	-0.34*	-0.21
Meal-end	-0.21	-0.27	-0.21	-0.25
10-min after ³⁾	-0.20	-0.30	-0.30	-0.32
20-min after	-0.11	-0.23	-0.25	-0.23
30-min after	-0.10	-0.12	-0.23	-0.21
40-min after	-0.12	-0.15	-0.32	-0.27
50-min after	-0.09	-0.11	-0.25	-0.21
60-min after	-0.15	-0.16	-0.30	-0.28
80-min after	-0.16	-0.18	-0.26	-0.25
100-min after	-0.19	-0.13	-0.34*	-0.32
120-min after	-0.00	0.00	-0.30	-0.19

- * $p < 0.05$
- 1) Controlled variable : Ambient temperature
- 2) BMI : Body mass index
- 3) 10-min after the end of the test-meal

높은 역상관관계를 보였다. 식 후 열생성 대사량과 체온이 정상상관계에 있기³³⁾ 때문에, 따라서 식사 후 체온과 열발생은 체지방비와 가장 상관이 높다고 볼 수 있었다. 그리고 이러한 결과는 청소년을 대상으로 식 후 및 운동 후의 열발생이 신체계측치 중에서 체지방비와 가장 유의한 역상관을 보였다는 Salas-Salvad6의 연구⁴²⁾와도 대체로 일치하는 것이었다.

한편 신체 계측치 중, 체중과 BMI는 식 후 10분경에 체온과 비교적 상관이 높았으나, 식 전이나 식 후 20분 이상에서는 거의 상관이 없는 것으로 나타났다. 반면에 체지방비와 체온과의 관계는 높아졌다가 곧 낮아지는 식으로 빈번하게 상관정도가 변했고, 공복인 식 전과 소화가 거의 끝난 시점인 식 후 100분에서 유의하게 상관도가 높아졌다. 이것은 식사 전 후의 측정시점에 따라, 각각의 신체계측치들과 체온 간의 상관정도가 변화함을 의미한다. 개인의 신체계측치가 수시로 변하는 것이 아니므로, 이러한 결과들로 미루어 볼 때 약 2시간 정도의 식사실험 동안에도 측정 시점에 따라, 체열을 구성하는 대사과정이 변하고 그에 따라 상관도가 변하는 것으로 볼 수 있었다⁴³⁾⁴⁴⁾. 그러나 본 연구에서는 각 시점에서의 호흡계수(R.Q.)나 호르몬 등을 측정하지 못하였으므로 이를 확인 할 수는 없었다.

4. 식사실험 중에 측정된 변량들과 환경온도와 상관성

Table 4는 식사실험 중에 측정된 각종 변량과 환경온도와의 상관성을 보여주는 것으로, 환경온도는 식전 체온 및 식사지속시간과 정상상관관계를 보였다. 그러나 식후체온 및 식후 최고체온은 환경온도와 관련성이 없

었다. 식 후에는 환경온도에 상관 없이 거의 한계체온에 도달하므로¹²⁾, 식 후체온은 환경온도의 영향을 비교적 덜 받는 것으로 볼 수 있으며, 그 대신 높아진 체온을 조절하는 한 방법으로 식사시간이 길어졌음을 알 수 있다. 따라서 환경온도가 높을 수록 섭취량이 줄거나, 같은 정도의 에너지를 섭취하는데 식사시간이 더 필요하게 되어, 결과적으로 환경온도가 섭취량에도 영향을 줄 수 있음을 알 수 있다. 우리는 일상생활에서 방안은 도나 계절에 따라 식욕이나 섭취량이 달라지는 것을 경험적으로 알 수 있지만, 사람을 대상으로 한 그러한 연구는 매우 드물다. 다만 Ježová 등⁴⁵⁾은 저혈당 상태인 사람을 추위에 노출시켰을 때, 실온에서 보다 정상혈당으로 회복되는 것이 늦었다는 것을 보고한 바 있다. 혈당이 낮을 수록 보다 식욕을 자극할 수 있다고 보면, 이러한 연구결과는 간접적이긴 하지만, 추운 환경에서 보다 섭취가 자극될 수도 있음을 보여준다. 동물실험에서는, 본 연구와 마찬가지로 환경온도와 섭취량 간에 서로 관련이 있음을 보여주는 연구가 비교적 많은 편이다¹⁰⁾⁴⁶⁾. 추운 환경에서 키운 쥐가 상대적으로 섭취량이 많았고¹¹⁾, 따뜻한 환경온도에서 키운 닭보다 낮은 온도에서 키운 닭이, 섭취량이 높았고 고탄수화물식을 선택하였다⁴⁷⁾고 한다. 이 밖에도 동면을 하는 포유류에서도

온도변화에 따라 섭취량이 달라짐을 보고하고 있다⁴⁸⁾.

5. 식사실험 중에 측정된 각 변량 간의 상관관계

환경온도가 식전체온이나 식사지속시간과 정상관을 보였기 때문에, 환경온도의 영향을 배제한 상태에서 각 변량 간의 관계를 알아보기 위해 Table 5와 같이 부분상관계수를 구하였다. 환경온도의 영향을 통제하였을 때, 식전체온은 식후체온 및 식후 최고체온과 정상관을 보여 식전체온이 높을 수록 식사 후의 체온도 높았음을 알 수 있었다. 또 식사를 섭취함으로써 변화된 체온은 식후체온과 식전체온의 차이(DECT)와 식후 최고체온과 식전체온의 차이(DPCT)의 2가지 지표로 분석하였는데, DECT는 식후체온, 식후 최고체온, DPCT, 및 식전체온으로 회복되는데 요하는 시간(RTST)과 정상관 관계를 보였다. 또 DPCT도 식후 최고체온, DECT, 및 RTST와 유의한 정상관 관계를 보였다. 따라서 식사로 인해 체온상승의 정도가 높을 수록 식후체온이나 식후 최고체온이 높았고, RTST가 길었음을 알 수 있었다.

본 실험에서는 측정오차를 줄이고자 한 명의 연구원이 다수의 실험대상자들의 심부체온을 측정하였기 때문에, 측정간격을 좁혀 자주 측정하기가 어려웠다. 또 심부 체온계를 귓속에 넣어서 측정하기 때문에, 지나치

Table 4. Correlation coefficients of ambient temperature and meal characteristics

Parameters ¹⁾	MSCT	MECT	PPCT	DECT	DPCT	RTPT	RTST	MD
AT	0.35*	0.21	0.20	-0.22	-0.29	-0.16	-0.25	0.51**

*p<0.05, **p<0.01 1) Parameters MSCT : Meal-start core temperature MECT : Meal-end core temperature
 PPCT : Peak postprandial core temperature
 DECT : Difference of the meal-start and the meal-end core temperature
 DPCT : Difference of the meal-start and the peak postprandial core temperature
 RTPT : Reaching time to the peak postprandial core temperature
 RTST : Recovering time to the meal-start core temperature
 MD : Meal duration AT : Ambient temperature

Table 5. Partial correlation coefficients¹⁾ of meal characteristics

Parameters ²⁾	MSCT	MECT	PPCT	DECT	DPCT	RTPT	RTST
MSCT							
MECT	0.84**						
PPCT	0.85**	0.98**					
DECT	-0.15	0.40*	0.36*				
DPCT	-0.21	0.31	0.33*	0.94**			
RTPT	-0.11	-0.26	-0.12	-0.28	-0.03		
RTST	-0.22	0.01	0.01	0.39*	0.41*	0.21	
MD	0.20	0.33	0.27	0.25	0.15	-0.32	-0.07

*p<0.05 **p<0.0001 1) Controlled variable : Ambient temperature 2) Parameters
 MSCT : Meal-start core temperature MECT : Meal-end core temperature
 PPCT : Peak postprandial core temperature
 DECT : Difference of the meal-start and the meal-end core temperature
 DPCT : Difference of the meal-start and the peak postprandial core temperature
 RTPT : Reaching time to the peak postprandial core temperature
 RTST : Recovering time to the meal-start core temperature
 MD : Meal duration

게 빈번히 측정할 경우 측정기기와 닿는 고막주변에서 체온 손실이 일어나 오차가 발생할 위험도 있었다. 따라서 식 후 1시간 이내에는 10분마다, 2시간까지는 20분마다 측정하였는데, 이렇게 함으로써 수시로 변하는 피실험자들의 체온을 정확히 반영하기 어려운 방법상의 한계가 있었다. 특히 식후 최고체온에 도달하는데 드는 시간(RTPT)이나 RTST는 10분 간격으로 측정한 수치를 평균하였기 때문에, 평균치를 기초로 계산한 이 변인들과 다른 변인들 사이의 상관계수의 정확성에 문제가 있을 수 있었다. 따라서 이 변인들과 나머지 다른 변인들과의 관계를 다시 확인해 보기 위해 최고체온에 도달하는 정도에 따라, Table 6에서 보는 바와 같이 2 집단으로 나누어 집단 간의 차이를 비교해 보았다. 대상자들을 식사가 끝나자마자 곧 바로 최고체온에 도달한 집단(Rapid warmer)과 식사 후 10분이나 20분 후에 최고체온에 도달한 집단(Slow warmer)으로 나누어 비교해 본 결과, Rapid warmer가 Slow warmer에 비해 식후체온이 유의하게 높았고, 식사시간이 길었다. 그러나 두 집단의 환경온도는 유의적인 차이가 없었다. 이것은 즉 Rapid warmer의 식사속도가 느리다는 것을 뜻하는 것으로, 식사 중의 체온 상승 정도가 식사속도에 영향을 주고 결과적으로 섭취량에도 영향을 줄 수 있음을 알 수 있었다.

Table 6. Comparisons of the meal parameters in Rapid¹⁾ and Slow warmer²⁾ during the test meal

Parameters ³⁾	Rapid warmer(n=30)	Slow warmer(n=7)
MSCT(°C)	36.9±0.4	36.7±0.4
MECT(°C)	37.4±0.4	36.9±0.5*
PPCT(°C)	37.4±0.4	37.1±0.5
DECT(°C)	0.5±0.2	0.3±0.2
DPCT(°C)	0.5±0.2	0.5±0.3
RTST(min)	35.7±25.6	44.3±28.2
MD(min)	9.1±1.4	7.7±1.1*
AT(°C)	23.5±0.8	23.2±0.5

*p<0.05, compared with the Rapid warmer's value
 1) The one who reached the peak postprandial core temperature at the end of the test meal
 2) The one who reached the peak postprandial core temperature at 10~20min after the end of the test meal
 3) Parameters
 MSCT : Meal-start core temperature
 MECT : Meal-end core temperature
 PPCT : Peak postprandial core temperature
 DECT : Difference of the meal-start and the meal-end core temperature
 DPCT : Difference of the meal-start and the peak postprandial core temperature
 RTST : Recovering time to the meal-start core temperature
 MD : Meal duration
 AT : Ambient temperature

또 식사 후 높아진 체온에서부터 식전체온을 회복하는데 드는 시간(RTST)은 개인에 따라 매우 다양하였는데, Table 7에서와 같이 식 후 30분 이내에 원래 체온을 회복한 사람들(Rapid cooler)과 40분 이상이 걸리는 사람들(Slow cooler)로 나누어 비교해 보았다. Rapid cooler가 유의하게 DECT 및 DPCT가 적었는데, 이것은 식전체온 회복시간과 식사 전 후의 온도차이가 정상관계를 보였던 앞(Table 5)의 결과를 뒷받침하는 것이었다. 그런데 Rapid cooler나 Slower cooler 모두 식후체온이나 식후 최고체온은 37.3°C로 차이가 없었다. 그러나 유의수준에는 이르지 못했지만, Slower cooler의 식전온도는 Rapid cooler 보다 낮은 편이었다. 그리고 Rapid cooler의 환경온도가 23.7°C였고 Slow cooler의 환경온도가 23.2°C였는데 상당한 정도로 유의적인(p=0.054), 차이가 있었다. 따라서 식사 후 상승된 체온을 식혀서 식전체온으로 회복되는 정도는 주로 식사로 인해 체온이 상승된 정도와 관련이 있었고, 환경온도도 상당한 정도로 관련이 있음을 알 수 있었다.

6. 식사실험 중의 각 변량과 신체계측치와의 상관성

Table 8은 식사실험 중에 나타난 각종 변량과 신체계측치 사이의 상관관계를 보여주고 있는데, 환경온도가 각 변량에 미치는 영향을 배제하기 위하여 환경온도

Table 7. Comparisons of the meal parameters in Rapid¹⁾ and Slow cooler²⁾ during the test meal

Parameters ³⁾	Rapid cooler(n=17)	Slow cooler(n=20)
MSCT(°C)	37.0±0.4	36.8±0.4
MECT(°C)	37.3±0.4	37.3±0.4
PPCT(°C)	37.3±0.4	37.3±0.4
DECT(°C)	0.3±0.2	0.5±0.2*
DPCT(°C)	0.3±0.2	0.6±0.2*
RTPT(min)	1.8±3.9	3.5±7.5
MD(min)	8.9±1.4	8.7±1.5
AT(°C)	23.7±0.8	23.2±0.7

*p<0.001, compared with the Rapid cooler's value
 1) The one who recovered the meal-start core temperature within 30min after the end of the test meal
 2) The one who recovered the meal-start core temperature at 40~120min after the end of the test meal
 3) Parameters
 MSCT : Meal-start core temperature
 MECT : Meal-end core temperature
 PPCT : Peak postprandial core temperature
 DECT : Difference of the meal-start and the meal-end core temperature
 DPCT : Difference of the meal-start and the peak postprandial core temperature
 RTPT : Reaching time to the peak postprandial core temperature
 MD : Meal duration
 AT : Ambient temperature

Table 8. Partial correlation coefficients¹⁾ anthropometric measurements and the meal characteristics

Variables ²⁾	MSCT ³⁾	MECT	PPCT	DECT	DPCT	MD	RTPT	RTST
Weight	-0.02	-0.21	-0.21	-0.34*	-0.36*	-0.35*	0.02	-0.10
BMI	-0.04	-0.27	-0.27	-0.41*	-0.44**	-0.39*	-0.00	-0.19
% Body fat	-0.34*	-0.21	-0.22	0.21	0.21	0.04	-0.08	0.02
Fat mass	-0.21	-0.25	-0.26	-0.08	-0.11	-0.17	-0.07	-0.07
Waist	0.07	-0.02	-0.02	-0.13	-0.17	-0.16	-0.12	-0.17
Hip	-0.08	-0.21	-0.19	-0.20	-0.21	-0.37*	-0.05	-0.12
WHR	0.19	0.17	0.16	0.01	-0.04	0.12	-0.13	-0.13
BCT	0.19	0.41*	0.40*	0.41*	0.40*	0.06	-0.02	0.10

*p<0.05 **p<0.01 1) Controlled variable : ambient temperature

2) Variables BMI : Body mass index WHR : Waist-hip circumference ratio BCT : Basal core temperature

3) Parameters MSCT : Meal-start core temperature MECT : Meal-end core temperature

PPCT : Peak postprandial core temperature DECT : Difference of the meal-start and the meal-end core temperature

DPCT : Difference of the meal-start and the peak postprandial core temperature MD : Meal duration

RTPT : Reaching time to the peak postprandial core temperature

RTST : Recovering time to the meal-start core temperature

를 통제한 후 부분상관계수를 구하였다. 식전체온은 체지방함량과 역상관관계를 보였고, 식후체온과 식후 최고체온은 기초체온과 정상관을 보여, 기초체온이 높을수록 식후체온이나 식사 후 최고체온이 높다는 것을 알 수 있었다. 식사로 인한 체온상승정도는 DECT와 DPCT로 구하였는데, 둘 다 체중 및 BMI와 역상관을, 기초체온과는 정상관관계를 보였다. 이것은 정상체중 범위에 있는 사람이라도 BMI가 높을수록 식사로 인한 체온상승 정도가 낮고, 기초 체온이 높을수록 식사섭취 후 체온상승이 크다는 것을 보여준다. 식사를 하는 도중에 포만감을 느껴 식사를 중단하게 되는 데에는 체온상승 정도가 중요한 요인이며, 체온이 상승할수록 누적섭취량은 감소하고³³⁾, 체온이 지나치게 높아지면 신체조직의 손상을 막기 위해 식사를 중단시키는 메카니즘이 작용하게 된다¹¹⁾고 한다. 본 실험의 대상자들은 BMI가 높을수록 동일한 식사 섭취 후 체온상승 정도가 낮아 식사종결과 관련이 있는 식 후 체온상승에 문제가 있음을 보여주었다.

일반적으로 체온이 낮다는 것은 신체크기와 그 조성이 같을 때 신체 대사율이 낮다는 것을 의미한다⁴⁹⁾. 그리고 이러한 특성은 과거 식량이 부족하던 시절에는 생존에 유리한 조건이었지만 현대와 같은 좌식사회에서는 비만이 되기 쉬우므로⁵⁰⁾ 오히려 불리한 조건이라고 할 수 있는데, Rising 등⁵¹⁾에 의하면 비만 이환율이 높은, 종족으로 알려진 Pima 인디언은 백인에 비해 잠자는 동안의 심부체온이 낮았다고 한다. 본 연구에서도 기초체온이 낮을수록 식사 후 최고체온이 낮고, 식사로 인한 체온변화가 상대적으로 적은 것으로 나타났기 때문에 이러한 사람들은 아마도 식사종결에 문제가 있고 따라서 과식하기 쉬운 것으로 생각된다.

또 식사지속시간은 체중, BMI, 엉덩이둘레와 역상관

을 보여서 체중 및 BMI가 많이 나갈수록, 또 엉덩이둘레가 클수록 식사를 급히 하는 것으로 나타났다. 그러나 RTPT나 RTST는 신체계측치와 유의한 상관관계를 보이지는 못하였다. 비만은 식사섭취와도 관련이 있어서 비만인 사람은 식사속도가 빠르고⁵²⁻⁵⁴⁾, 빠른 속도로 먹기 때문에 자연히 섭취량이 많아진다⁵⁵⁾고 한다. 본 연구결과에 의하면 아직 정상체중 범위에 있다하더라도 BMI가 높을수록 식사 후 체온상승 정도가 낮고, 식사속도는 빠른 것으로 나타났다. 따라서 비만 특유의 빨리 먹는 식사행동⁵⁶⁾은 유연히 습관화된 것이라기 보다는, 체온을 비롯한 신체 내적인 요인들 때문에 오랜 기간에 걸쳐 자연스럽게 형성되는 것이라고 볼 수 있으며, 그러한 요인들 때문에 비만으로 진전되기가 보다 쉬운 것으로 생각된다.

요약 및 결론

본 연구는 정상체중을 가진 여대생들을 대상으로 하여 식사 전 후의 심부체온과 신체계측치 사이의 관련성을 분석하였다. 심부체온은 36.9℃에서 식사 직후 37.3℃까지 올라갔다가 식 후 37분만에 다시 식전체온을 회복하였다. 그 후 체온은 식 후 80분에 36.7℃로 최저로 내려갔다가, 식 후 2시간까지는 36.7℃와 36.8℃사이에서 안정된 상태를 유지하였다.

시간경과에 따라 측정된 심부체온 중 식 전과 식 후 100분에 측정된 심부체온들과 체지방비가 역상관관계를 보여 체지방비가 높을수록 심부체온이 낮음을 알 수 있었다. 또 식사를 하는 환경온도가 높을수록 식전체온이 높았고 식사시간은 긴 것으로 나타났으며, 식사로 인한 체온상승 정도는 체중 및 BMI와 역상관을 보여 정상체중 범위에 있는 사람이라도 BMI가 높을수록 식

사 후 체온상승 정도가 낮아서 식사종결에 문제가 있을 수 있었다. 또 기초체온이 낮을 수록 식사 후 최고체온이 낮고 식사로 인한 체온변화가 적은 것으로 나타났으며, 식사지속 시간은 체중, BMI, 엉덩이둘레와 역상관을 보여 체중, BMI, 엉덩이둘레가 클수록 식사시간이 짧은 것으로 나타났다.

따라서 정상체중의 여대생에 있어서 체격지수가 높을 수록 식사 후 체온상승 정도가 낮고 식사속도는 빠른 것으로 나타났다.

Literature cited

- 1) Blundell JE. Serotonin and the biology of feeding. *Am J Clin Nutr* 55 : 155S-159S, 1992
- 2) Van Itallie TB, Kissileff HR. The physiological control of energy intake : an econometric perspective. *Am J Clin Nutr* 38 : 978-988, 1983
- 3) Stubbs RJ. Macronutrient effects on appetite. *Int J Obes* 19 : S11-S19, 1995
- 4) Bray GA. Peptides affect the intake of specific nutrients and the sympathetic nervous system. *Am J Clin Nutr* 55 : 265S-271S, 1992
- 5) Brobeck JR. Food and temperature. *Rec Adv Horm Res* 16 : 439-459, 1960
- 6) Brobeck JR. Effect of changes in PH, in osmolarity, or in temperature on food intake. *Am J Clin Nutr* 42 : 951-955, 1985
- 7) Marieb EN. Human anatomy and physiology, pp390, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc, Redwood City, California. 1989
- 8) Di Bella L, Tarozzi G, Rossi MT, Scalera G. Behavioral patterns proceeding from liver thermoreceptors. *Physiol Behav* 26 : 53-59, 1981
- 9) Shido O, Sakurada S, Kohda W, Nagasaka T. Day-night changes of body temperature and feeding activity in heat-acclimated rats. *Physiol Behav* 55 : 935-939, 1994
- 10) Henderson D, Fort MM, Rashotte ME, Henderson RP. Ingestive behavior and body temperature of pigeons during long-term cold exposure. *Physiol Behav* 52 : 455-469, 1992
- 11) Refinetti R. Effects of food temperature and ambient temperature during a meal on food intake in the rat. *Physiol Behav* 43 : 245-247, 1988
- 12) De Vries J, Strubbe JH, Wildering WC, Gorter JA, Prins AJ. Pattern of body temperature during feeding in rats under varying ambient temperatures. *Physiol Behav* 53 : 229-235, 1993
- 13) Maffei C, Schutz Y, Zocante L, Micciolo R, Pinelli L. Meal-induced thermogenesis in lean and obese prepubertal children. *Am J Clin Nutr* 57 : 481-485, 1993
- 14) Schutz Y, Bessard T, Jéquier E. Diet-induced thermogenesis measured over a whole day in obese and nonobese women. *Am J Clin Nutr* 40 : 542-552, 1984
- 15) Graf R, Krishna S, Heller HC. Regulated nocturnal hypothermia induced in pigeons by food deprivation. *Am J Physiol* 256 : R733-R738, 1989
- 16) Minghelli G, Schutz Y, Whitehead R, Jéquier E. Seasonal changes in 24-h and basal energy expenditure in rural Gambian men as measured in a respiration chamber. *Am J Clin Nutr* 53 : 14-20, 1991
- 17) Atgie C, Nibbelink M, Ambid L. Sympathoadrenal activity and hypoglycemia in the hibernating garden dormouse. *Physiol Behav* 48 : 783-787, 1990
- 18) Tai MM, Castillo P, Pi-Sunyer FX. Meal size and frequency : effect on the thermic effect of food. *Am J Clin Nutr* 54 : 783-787, 1991
- 19) McGregor IS, Lee AM. Metabolic changes associated with ingestion of different macronutrients and different meal sizes in rats. *Physiol Behav* 57 : 277-286, 1995
- 20) York DA, Morgan JB, Taylor TG. The relationship of dietary induced thermogenesis to metabolic efficiency. *Proc Nutr Soc* 39 : 57A, 1980
- 21) Acheson KJ, Schutz Y, Bessard T, Ravussin E, Jéquier E, Flatt JP. Nutritional influences on lipogenesis and thermogenesis after a carbohydrate meal. *Am J Physiol* 246 : E62-E70, 1984
- 22) Astrup A, Buemann B, Christensen NJ, Madsen J. 24-hour energy expenditure and sympathetic activity in postobese women consuming a high-carbohydrate diet. *Am J Physiol* 262 : E282-E288, 1992
- 23) Landsberg L, Young JB. The role of the sympathetic nervous and catecholamines in the regulation of energy metabolism. *Am J Clin Nutr* 38 : 1018-1024, 1983
- 24) Van Cauter E, Shapiro ET, Tillil H, Polonsky KS. Circadian modulation of glucose and insulin responses to meals : relationship to cortisol rhythm. *Am J Physiol* 262 : E467-E475, 1992
- 25) Astrup A, Andersen T, Henriksen O, Christensen NJ, Bulow J, Madsen J, Quaade F. Impaired glucose-induced thermogenesis in skeletal muscle in obesity. The role of the sympathoadrenal system. *Int J Obes* 11 : 51-67, 1987
- 26) Schwartz RS, Jaeger LF, Veith RC. The thermic effect of feeding in older men : the importance of the sympathetic nervous system. *Metabolism* 39 : 733-737, 1990
- 27) Young JB, Troisi RJ, Weiss ST, Parker DR, Sparrow D, Landsberg L. Relationship of catecholamine excretion to body size, obesity, and nutrient intake in middle-aged and elderly men. *Am J Clin Nutr* 56 : 827-834, 1992
- 28) Watanabe T, Kawada T, Yamamoto M, Iwai K. Cap-

- saicin, a pungent principle of hot red pepper, evokes catecholamine secretion from the adrenal medulla of anesthetized rats. *Biochem Biophys Res Commun* 142 : 259-264, 1987
- 29) Pincomb T, Lovallo W, Passey R, Brackett D, Wilson M. Caffeine enhances the physiological response to occupational stress in medical students. *Health Psychol* 6 : 101-112, 1987
 - 30) Segal KR, Gutin B, Albu J, Pi-Sunyer FX. Thermic effects of food and exercise in lean and obese men of similar lean body mass. *Am J Physiol* 252 : E110-E117, 1987
 - 31) Bessard T, Schutz Y, Jéquier E. Energy expenditure and postprandial thermogenesis in obese women before and after weight loss. *Am J Clin Nutr* 38 : 680-693, 1983
 - 32) Astrup A, Andersen T, Christensen NJ, Bülow J, Madsen J, Breum L, Quaade F. Impaired glucose-induced thermogenesis and arterial norepinephrine response persist after weight reduction in obese humans. *Am J Clin Nutr* 51 : 331-337, 1990
 - 33) Westerterp-Plantenga MS, Wouters L, Ten Hoor F. Deceleration in cumulative food intake curves, changes in body temperature and diet-induced thermogenesis. *Physiol Behav* 48 : 831-836, 1990
 - 34) McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Exercise Physiology, pp457, Lea & Febiger, Philadelphia. 1986
 - 35) Brooks GA, Fahey TD. Exercise Physiology, pp446, John Wiley & Sons, New York. 1986
 - 36) Berger RJ, Phillips NH. Comparative aspects of energy metabolism, body temperature and sleep. *Acta Physiol Scand Suppl* 574 : 21-27, 1988
 - 37) Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol* 60 : 1327-1332, 1986
 - 38) Marazziti D, Di Muro A, Castrogiovanni P. Psychological stress and body temperature changes in humans. *Physiol Behav* 52(2) : 393-395, 1992
 - 39) Zethof TJJ, Van Der Heyden JAM, Tolboom JTBM, Olivier B. Stress-induced hyperthermia in mice : a methodological study. *Physiol Behav* 55(1) : 109-115, 1994
 - 40) Garrow JS. Obesity and related diseases. In : Health implications of obesity, pp1-9, Churchill Livingstone, Edinburgh, 1988
 - 41) Zammit GK, Ackerman SH, Shindledacker R, Fauci M, Smith GP. Postprandial sleep and thermogenesis in normal men. *Physiol Behav* 52(2) : 251-259, 1992
 - 42) Salas-Salvadó J, Barenys-Manent M, Recasens Gracia MA, Martí-Henneberg C. Influence of adiposity on the thermic effect of food and exercise in lean and obese adolescents. *Int J Obes* 17 : 717-722, 1993
 - 43) Owen OE, Mozzoli MA, Smalley KJ, Kavle EC, D'Alessio DA. Oxidative and nonoxidative macronutrient disposal in lean and obese men after mixed meals. *Am J Clin Nutr* 55 : 630-636, 1992
 - 44) Hashkes PJ, Gartside PS, Blondheim SH. Effect of food palatability on early(cephalic) phase of diet-induced thermogenesis in nonobese and obese man. *Int J Obes* 21 : 608-613, 1997
 - 45) Ježová D, Juránková E, Kvetňanský R, Kaciuba-Uscilko H, Nazar K, Vigaš M. Low ambient temperature and neuroendocrine response to hypoglycemia in men. *Obes Res* 3 : 713S-719S, 1995
 - 46) Bouali SM, Fournier A, St Pierre S, Jolicoeur FB. Influence of ambient temperature on the effects of NPY on body temperature and food intake. *Pharmacol Biochem Behav* 50(3) : 473-475, 1995
 - 47) Hayne H, Rovee-Collier C, Gargano D. Ambient temperature effects on energetic relations in growing chicks. *Physiol Behav* 37 : 203-212, 1986
 - 48) Le Gouic S, Delagrangé P, Atgié C, Nibbelink M, Hanoun N, Casteilla L, Renard P, Lesieur D, Guardiola-Lemaitre B, Ambid L. Effects of both a melatonin agonist and antagonist on seasonal changes in body mass and energy intake in the garden dormouse. *Int J Obes* 20 : 661-667, 1996
 - 49) Rising R, Keys A, Ravussin E, Bogardus C. Concomitant interindividual variation in body temperature and metabolic rate. *Am J Physiol* 263 : E730-E734, 1992
 - 50) Ravussin E, Lillioja S, Knowler WC. Reduced rate of energy expenditure as a risk factor for body weight gain. *N Engl J Med* 318 : 467-472, 1988
 - 51) Rising R, Fontvieille AM, Larson DE, Spraul M, Bogardus C, Ravussin E. Racial difference in body core temperature between Pima Indian and Caucasian men. *Int J Obes* 19 : 1-5, 1995
 - 52) Ferster CB, Numberger JL, Levitt EB. The control of eating. *J Mathetics* 1 : 89-107, 1962
 - 53) LeBow MD, Goldberg PS, Collins A. Eating behavior of overweight and nonoverweight persons in the natural environment. *J Consult Clin Psychol* 45 : 1204-1205, 1977
 - 54) Wagner M, Hewitt MI. Oral satiety in the obese and nonobese. *J Am Diet Assoc* 67 : 344-346, 1975
 - 55) Kaplan DL. Eating style of obese and nonobese males. *Psychosom Med* 42 : 529-538, 1980
 - 56) Ferster CB, Nurnberger JL, Levitt EB. The control of eating. *J Math* 1 : 87-109, 1962