

한국인의 에너지 소비량에 관한 연구

오승호*¹, 황우익*², 이영희*³

전남대학교 가정대학 식품영양학과*¹

고려대학교 의과대학 생화학교실*²

전남대학교 사범대학 체육교육학과*³

A Study on Energy expenditure in Korean Adult

Seung Ho Oh*¹, Woo Ik Hwang*² and Young Hee Lee*³

*Dept. of Food Science & Nutrition, College of Home Economics, Chonnam National University*¹, Dept. of Nutrition & Biochemistry, College of Medicine, Korea University*² and Dept. of Physical Education, College of Education, Chonnam National University*³*

=ABSTRACT=

A 4-week energy balance study was conducted to estimate the energy expenditure (EE) of 16 college age men and women, 20 to 26 year of age, by measurement of energy intakes and changes in body energy(BE) content(intake / balance technique), keeping their normal living pattern and maintenance body weight. Energy intake was measured by bomb calorimetry and estimated by food table. Fecal energy loss was calculated from nitrogen excreted. Fat mass was determined from body density estimated from skinfold thickness.

- 1) Gross energy(GE) intakes calculated from food table was not only 13.4% lower than those of bomb calorimetry but also lower 4 and 5% than metabolizable energy(ME) intakes for the male and female subjects, respectively.
- 2) Fecal energy loss was 7.2% and 6.9% proportion of the gross energy intake for the male and female subjects, respectively.
- 3) Mean daily metabolizable energy intakes estimated by subtract fecal and urinary energy loss was 2467kcal for the male subjects and 1897kcal for the female subjects.

접수일자 : 1989년 7월 21일

- 4) Total body energy change estimated from body composition change over 31 days was decreased 7672kcal for the male subjects and 2689kcal for the female subjects.
- 5) Mean daily energy expenditure was 2714kcal(45kcal / kg of body weight) for the male subjects and 1984kcal(40kcal / kg of body weight) for the female subjects.
- 6) The estimated energy expenditure of college-age subjects in this study provide evidence to support the Recommended Dietary Allowances for energy of Korean normal adult.

서 론

국민 영양연구 사업중 영양권장량 설정은 국민 건강의 확보, 식량생산, 공급계획 및 국민의 식생활 개선에 도움이 되는 물론, 그 기준이 되므로 대단히 중요한 과제라 할 수 있다.

한국은 1962년 FAO 한국협회 사업으로 영양권장량을 처음 설정하여 그후 사회생활의 변천, 국민체위의 변동, 영양에 관한 연구 결과에 따라 1967년, 1975년, 1980년 및 1985년에 개정을 거듭하여 1989년 제5개정 한국인 영양권장량이 책정되었다.

그러나 지금까지의 에너지 및 각 영양소 권장량 설정은 일부 국내 학자들의 한국인을 대상으로 한 연구 결과를 기초자료로 이용한 바도 있으나 아직도 상당부분이 외국 문헌을 인용한 부분이 많으며¹⁾ 특히 에너지 권장량 산출은 1989년 제5개정에서 한국인을 대상으로 한 에너지 소비량을 토대로 하였다고 하나 이들은 대부분 생활시간 조사법²⁾ (Factorial method) 혹은 식품섭취실태조사에 의하여 환산한 에너지 섭취량을 기초로한 것이므로³⁾ 우리 국민에게 맞는 적절한 에너지 권장량 책정을 위한 이용자료로서 미흡한점이 많다고 본다. 더우기 국민의 영양섭취 상태는 경제, 문화, 사회의 여건변동뿐 아니라 성별 연령별 및 사회계층별 에너지 소요량은 달라지므로⁴⁾ 이에 따라 그 권장량도 변화된다. 그러므로 한국인에 대한 에너지 권장량 설정은 한국인을 대상으로 여러가지 여건 변동에 따른 에너지 소비량에 관한 정확한 연구자료가 이용되어야 한다.

한편 에너지 소비량을 측정하는 방법으로 여러 가지 방법이 있으나 Acheson등⁵⁾ 은 에너지 평형 실험법(Intake / balance method)이 에너지 소비량을 측정하는데 아주 정확한 방법이라고 평가하고 있으며 Borel등⁶⁾ 도 에너지 평형실험법을 생활 시간 조사법의 에너지 소비량 환산에 대한 표준법으로 하여 비교 검토하는등, 에너지 평형실험법이 중심이 되어 많이 연구되고 있다.

본 연구는 정상적인 남녀 각각 8명씩을 대상으로 4주간 자유로운 생활환경과 적정체중을 유지시키면서 에너지 평형실험법으로 에너지 소비량을 측정함바 다음과 같은 결과를 얻었기 이에 보고하는 바이다.

실험방법 및 재료

1. 실험대상

대상자는 흉부의 X-선 검사 및 내과 전문의사의 진찰 등으로 특기할만한 이상이 없는 20~26세의 남녀 대학생 각각 8명씩의 자원자를 선정하였으며 각 대상자별 에너지 평형실험 첫날의 신체 상황은 Table 1과 같다. 모든 실험 대상자들은 실험 첫날과 마지막날 혈액을 채취하여 Hemoglobin (Hb) 함량 및 Hematocrit (Ht) 치와 혈청내 Albumin / Globulin (A / G) ratio, Glutamic Oxaloacetic Transaminase (GOT), Glutamic Pyruvic Transaminase (GPT) 및 Alkaline Phosphatase (Alk. Pase) 활성을 측정 (Table 2) 한 것과 임상증상의 이상유무를 토대로 실험기간 중 각 대상자들의 건강상태를 관찰하였다.

Table 1. Physical characteristics of the subjects

Subject	Age	Height	Weight	Volume	Skinfold* thickness
	yr	cm	kg	l	mm
Male 1	25.7	165.4	59.0	56.9	46.5
2	24.6	167.5	63.4	59.5	41.5
3	24.1	167.0	57.5	53.1	29.0
4	21.5	164.7	57.6	54.8	36.0
5	26.3	163.5	56.7	52.2	45.5
6	20.0	171.9	70.0	65.4	38.5
7	22.1	170.6	57.7	52.0	43.3
8	25.7	171.7	66.5	61.7	31.5
Female 1	22.3	156.6	50.3	48.5	79.0
2	21.7	150.5	46.5	45.0	81.0
3	21.6	153.1	42.6	40.8	56.5
4	22.3	151.5	43.8	42.3	75.5
5	21.6	154.2	55.0	53.9	101.8
6	21.6	157.5	54.0	53.0	105.0
7	23.0	161.2	53.7	51.5	64.0
8	22.3	150.2	47.7	45.9	73.0
MEAN	23.8	167.8	61.1	57.0	39.0
±SEM	0.8	1.2	1.8	1.7	2.1
for males					
MEAN	22.1	154.4	49.2	47.6	79.5
±SEM	0.2	1.3	1.6	1.6	5.6
for females					

*The sum of triceps, abdomen and subscapular skinfolds

2. 실험기간

실험기간은 실험 환경에 적응하는 2주간을 예비실험 기간으로 하고 이후 4주간을 정확한 에너지 섭취량 및 소비량을 측정하는 에너지 평형 실험기간으로 하였다.

3. 급식

급여하는 식사량은 예비실험 기간에 측정된 각 대상자의 섭취량을 참고하여 급식하였으나 추가 섭취나 남았을 때는 급여량에서 가감하여 실제 섭취량을 구하였다. 각 대상자들은 평소와 똑같이 자유로운 생활을 하되 반드시 주어진 식단 표에 의하여 만들어진 음식을 한 장소에서 비교적 일정한 시간에(아침 : 07·30, 점심 : 12·30 및

Table 2. Summary of hematological and blood clinical results for each subjects.

Subject	Initial						Final						
	Hb	Ht	A/G	GOT	GPT	Alk. Pase	Hb	Ht	A/G	GOT	GPT	Alk. Pase	
	g/dl	%	ratio	units	units	units	g/dl	%	ratio	units	units	units	
Male	1	16.1	46.6	1.3	14.0	14.0	8.0	16.0	45.3	1.8	36.0	12.0	8.0
	2	15.3	44.1	1.8	11.0	13.0	5.0	16.5	46.7	2.0	13.0	11.0	5.0
	3	14.8	44.4	1.9	11.0	12.0	8.0	15.6	44.8	1.5	15.0	13.0	7.0
	4	16.1	45.2	1.7	18.0	14.0	4.0	15.3	43.7	1.4	16.0	14.0	4.0
	5	13.9	43.3	1.5	14.0	13.0	4.0	14.9	43.4	1.7	15.0	11.0	5.0
	6	16.3	46.9	1.8	12.0	10.0	4.0	15.2	42.0	1.8	13.0	11.0	4.0
	7	16.1	48.0	1.9	14.0	12.0	8.0	15.1	43.7	1.9	15.0	11.0	9.0
	8	15.2	43.4	1.9	16.0	14.0	6.0	15.3	44.7	1.9	20.0	13.0	6.0
Female	1	11.5	44.0	1.2	15.0	10.0	9.0	11.8	43.0	1.4	13.0	9.0	6.0
	2	13.5	44.0	1.3	14.0	15.0	5.0	14.0	44.0	1.4	16.0	24.0	7.0
	3	13.4	43.0	1.6	15.0	8.0	8.0	13.8	44.0	1.7	14.0	9.0	8.0
	4	14.0	41.0	1.2	16.0	10.0	6.0	14.5	42.0	1.3	15.0	12.0	6.0
	5	12.3	45.0	1.6	15.0	10.0	6.0	12.7	44.0	1.4	13.0	9.0	6.0
	6	13.3	48.0	1.2	14.0	13.0	5.0	13.7	45.0	1.5	13.0	13.0	4.0
	7	12.8	44.0	1.8	11.0	9.0	6.0	13.2	45.0	1.6	12.0	9.0	6.0
	8	13.4	43.0	1.5	14.0	13.0	7.0	13.8	45.0	1.8	12.0	9.0	5.0
MEAN	15.5	45.2	1.7	13.8	12.8	5.9	15.5	44.3	1.8	17.9	12.0	6.0	
+SEM	0.3	0.6	0.1	0.9	0.5	0.7	0.2	0.5	0.1	2.7	0.5	0.7	
for males													
MEAN	13.0	44.0	1.4	14.3	11.0	6.5	13.4	44.0	1.5	13.5	11.8	6.0	
+SEM	0.3	0.7	0.1	0.5	0.9	0.5	0.3	0.4	0.1	0.5	1.8	0.4	
for females													

Hb=Hemoglobin, Ht=Hematocrit, A/G=Albumin/Globulin,

GOT=Glutamic Oxaloacetic Transaminase(Reitman-Frankel Units), GPT=Glutamic Pyruvic

Transaminase(Reitman-Frankel Units) and Alk.Pase=Alkaline phosphatase(King-Armstrong Units).

저녁: 18·00) 영양사의 관리하에 섭취토록하고 22:00시경에 간식을 금역하였다. 식단은 1주일치를 작성 사용하였으며 Table 3-a는 음식의 종류만을 나타낸 것이며 Table 3-b는남 대상자 1번에서 월요일의 식품섭취량과 이것으로부터 식품분석표¹⁾로 환산한 에너지량 및 열량계로 측정된 에너지량의 한 예를 나타낸 것이다.

4. 시료의 채취 및 처리

에너지 평형실험을 위한 식이 및 배설물 시료의 채취는 예비실험기간의 2주중 마지막 1주 및 본실험기간 4주에 걸쳐 각 대상자들이 섭취하는 식이, 대변과 소변을 수집하였다. 즉 매주 처음 4일간은 동일한 실험환경과 식이 섭취량 및 배설량

Table 3-a. The kind of diet used

	Breakfast	Lunch	Supper
Monday	*Cooked rice *Tangle soup with beef *Spiced perilla leaf *Dry anchovy, roasted *Kimchi	*Cooked rice *Sea eel stew *Kimchi *Milk	*Cooked rice *Soy-paste soup *Hair tail, roasted *Lettuce, salted *Castella *Kimchi
Tuesday	*Cooked rice *Steamed fish cake soup *Squid boiled dry *Shreded cucumber salad *Kimchi	*Cooked rice *Radish soup with beef *spiced eggplant *Leek, salted *Kimchi *Milk	*Cooked rice *Beef, roasted *Spiced lettuce *Soy-paste soup *Castella
Wednesday	*Cooked rice *Soy-paste soup *Dry cod, roasted *Spiced bellflower root *Kimchi	*Cooked rice *Beef stew *Kimchi *Milk	*cooked rice *Soy-paste soup *Spiced egg fry *Spiced watercress *Castella *Kimchi
Thursday	*Cooked rice *Beef soup *Spiced perilla leaf *Spiced saused clam *Kimchi	*Cooked rice *Soy-paste soup *Mackerel boiled dry *Lettuce, salted *Kimchi *Milk	*cooked rice *Pork chop, roasted *Soy-paste soup *Castella
Friday	*Cooked rice *Soybean sprout soup *Spiced egg, steamed *Spiced cucumber *Kimchi	*Cooked rice *Kimchi stew with pork *Spiced danmuji *Spiced spinach *Kimchi *Milk	*Cooked rice with beef stew *Kimchi *Castella
Saturday	*Cooked rice *Tangle soup with clam *Korean cabbage, salted *Spiced bellflower root *Kimchi	*Cooked rice mixed with seasoning *Soy-paste soup *Milk	*Cooked rice *Kimchi stew *Spiced green pumpkin *Spiced squid, steamed *Castella *Kimchi
Sunday	*Cooked rice *Dry alaskan pollack soup with egg *Spiced cucumber *Anchovy boiled dry *Kimchi	*Cooked rice *Radish soup with beef *Fungus boiled dry *Fish cake boiled dry *Milk	*Cooked rice *Soy-paste soup *Spiced mungbean sprout *Spiced saused clam *Castella

Table 3-b. An example of food and daily energy intake on Monday in male subject 1.

Breakfast			Lunch			Supper		
Cooking	Material	Intake (g)	Cooking	Material	Intake (g)	Cooking	Material	Intake (g)
1. Cooked rice	* Rice	96.0	1. Cooked rice	* Rice	154.0	1. Cooked rice	* Rice	154.0
2. Tangle soup with beef	* Beef * Tangle * Soy-sauce	11.2 2.8 1.0	2. River eel stew	* River eel * Radish leaf, dried * Perilla seed, dried	62.8 67.3 8.3	2. Soy-paste soup	* Bean curd * Clam, dried * Stone leek * Onion * Soy-paste * Garlic	20.5 9.2 3.1 3.1 13.1 1.0
3. Spiced perilla leaf	* Perilla leaf * Carrot * Onion * Stone leek * Red pepper powder	3.6 0.5 0.5 0.5		* Ginger root * Garlic * Red pepper powder	2.2 1.3 0.5	3. Hairtail, roasted	* Hair tail * Corn oil * Carrot * Onion * Stone leek * Red pepper powder	31.1 3.2 0.9 0.9 0.9 0.3
4. Roasted anchovy with millet	* Millet jelly * Anchovy, dried * Red pepper soy-paste * Soybean oil * Soy-sauce * Garlic	1.5 13.3 1.4 1.4 2.8 0.1	3. Kimchi 4. Castella 5. Milk		80.0 95.0 400.0	4. Lettuce, salted	* Soy-sauce * Garlic * Lettuce * Carrot * Onion * Stone leek * Red pepper powder	1.2 0.6 21.8 2.7 2.7 2.7
5. Kimchi		40.0				5. Kimchi	* Red pepper powder * Soy-sauce * Garlic * Sesame oil	0.3 3.0 0.3 1.3
								45.0

Energy estimated by food table¹⁾ : 2190 kcal
 Energy measured by bomb calorimeter : 2673 kcal

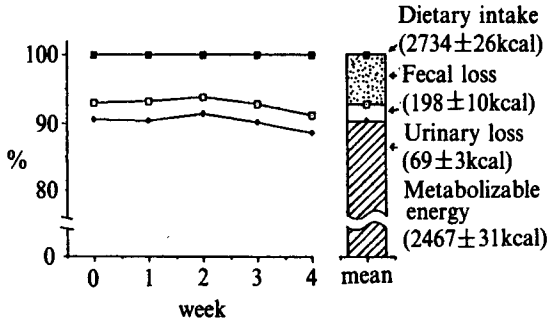


Fig. 1-a. Relationship between dietary energy and metabolizable energy intake during a 4-week study in male subjects.

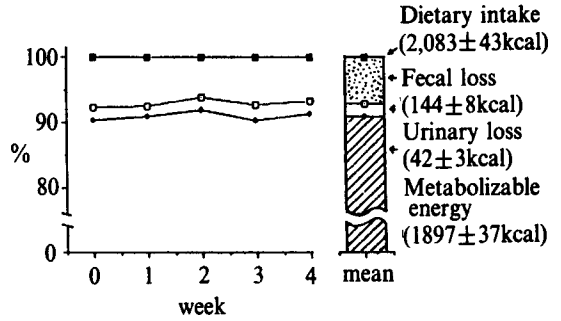


Fig. 1-b. Relationship between dietary energy and metabolizable energy intake during a 4-week study in female subjects.

의 급격한 변동의 확인을 위하여 총 섭취량 및 배설량만을 측정하였고 나머지 3일간은 식이 및 배설물의 총량을 측정후 그 일부를 분석용시료로 사용하였다. 즉 식이는 각 대상자들이 섭취하는 량과 동량을 평취하고 대변은 1일 1회 기상직후 미리 칭량된 용기에 수집하여 식이 및 대변의 량과 대략 동량의 물과 함께 혼합기에서 곁게 균질화 한후 각각 그 일부를 밀폐된 용기에 넣어 -20℃ 냉동고에 보관하였다. 소변은 24시간치를 진한 염산 10ml가 들어있는 용기에 수집하여 총량을 측정후 그 일부를 밀폐된 용기에 넣어 -20℃ 냉동고에 보관 하였다.

5. 체성분 변화

체 밀도(Body density : D_B)는 본실험 첫날과 4주의 마지막날 Caliper를 이용하여 측정한 상완(Triceps), 견갑골하부(Subscapular) 및 복부(Abdomer)등 3부위 피부두께의 합을 Lohman의 식⁹⁾에 대입하여 산출하였고 이로부터 지방조직량(Fat mass : FM)은 Siri 등의 식¹⁰⁾, 즉 $FM = 4.95 / D_B - 4.50$ 에 의하여 구하였다. 무지방조직량(Leanbody mass : LBM)은 체중(Body weight : BW) 변동과 지방조직량(FM)의 차이, 즉 $LBM = BW - FM$ 의 식에 의하여 산출하였다.

6. 에너지섭취와 대변 및 소변중 에너지 손실
각 대상자별 식이 및 대변 시료의 일정량을

냉동건조후 각각의 에너지 함량을 열량계(Yoshida Seisakusho, Nenken type, Japan)¹⁰⁾로 측정하였다.

소변중 에너지 손실량은 micro Kjeldahl법으로 측정된 소변의 질소 배설량으로부터 환산¹¹⁾하였다. 식이로부터 측정된 총열량 섭취량(Gross energy : GE)에서 대변(Fecal energy : FE)과 소변의 에너지(Urinary energy : UE)손실량을 제하여 대사에너지(Metabolizable energy : ME)를 산출하였다. 즉 $ME = GE - (FE + UE)$.

7. 에너지 소비량 측정

에너지 소비량(Energy expenditure : EE)은 대사에너지 섭취량과 체내 에너지(Body energy : BE)저장량으로부터 다음과 같은식, 즉 $EE = ME - BE$ 의 식에 의하여 산출하였는데 BE는 본실험 첫날과 4주의 마지막날 측정된 FM과 LBM의 변화량을 $BE(kcal) = 9300(FM \text{ 변화량}) + 1020(LBM \text{ 변화량})$ 의 식¹²⁾에 대입하여 산출한 것이다. 실험조건별 평균치간의 유의성 검정은 t-test로 실시하였다.

실험결과

1. 대상자의 일반상황

모든 실험 대상자들은 전 실험기간동안 실험 환경 및 주어진 식단에 잘 적응하였으며 혈액학적

Table 4. Daily energy intake and diet composition during a 4-week study.

Subject	Energy Intake		% Energy from			
	Table* ¹	Measured* ²	CHO* ³	Protein	Fat	
	kcal/d	kcal/d				
Male	1	2,448	2,814	73.6	14.2	12.3
	2	2,310	2,718	73.7	11.6	14.7
	3	2,402	2,730	73.9	11.5	14.6
	4	2,189	2,575	67.1	14.8	18.1
	5	2,365	2,688	73.6	11.6	14.8
	6	2,458	2,825	70.0	13.0	17.0
	7	2,429	2,760	73.5	12.0	14.5
	8	2,345	2,759	74.0	14.0	12.0
Female	1	1,871	2,163	72.9	12.4	14.9
	2	1,808	2,036	68.3	16.7	15.0
	3	1,717	1,976	77.0	9.8	13.1
	4	1,741	1,957	76.0	10.5	13.5
	5	1,919	2,283	69.8	15.2	15.0
	6	1,720	1,940	71.5	13.5	15.0
	7	1,698	2,084	69.0	16.0	15.0
	8	1,950	2,228	69.5	15.5	15.0
MEAN	2,369	2,734	72.4	12.8	14.8	
±SEM	29	26	0.4	0.4	0.7	
for males						
MEAN	1,803	2,083	72	13.7	14.6	
±SEM	33	43	1	0.9	0.3	
for females						

*1 Energy estimated by food table.^{b)}

*2 Energy measured by a bomb calorimeter

*3 Carbohydrate

및 임상증상에 이상이 없었다(Table 2 참조).

2. 총 에너지 섭취량 및 공급원

남녀 각 대상자별 1일 총에너지 섭취량(GE)

을 열량계로 측정된 성적(Measured)과 식품분석표^{b)}에 의하여 환산한 성적(Table), 그리고 총에너지(GE) 섭취량에 대한 각 공급원의 구성비는 Table 4 와 같다.

남 대상자의 총에너지(GE) 섭취량은 열량계로 측정된 것이 각 대상자별 2575~2825kcal / day 범위로 평균 2734 ± 26 kcal / day 이었다. 식품분석표로 환산한 에너지 섭취량은 각 대상자별 2189~2458kcal / day 범위로 평균 2368 ± 29 kcal / day 이었다. 식품분석표에 의한것은 열량계로 측정된 총에너지(GE)섭취량 보다 평균 13.4±0.5% 낮았다. 총에너지(GE)섭취량에 대한 당질, 단백질 및 지방질의 평균 구성비는 각각 $72.4 \pm 0.4\%$, $12.8 \pm 0.4\%$ 및 $14.8 \pm 0.7\%$ 이었다.

여 대상자의 총에너지(GE)섭취량은 열량계로 측정된것이 각 대상자별 1940~2283kcal / day 범위로 평균 2083 ± 43 kcal / day 이었다. 식품분석표로 환산한 에너지 섭취량은 각 대상자별 1698~1950kcal / day 범위로 평균 1803 ± 33 kcal / day 이었다. 식품분석표에 의한것은 열량계로 측정된 총에너지(GE)섭취량 보다 평균 13.4±0.9% 낮았다. 총에너지(GE)섭취량에 대한 당질, 단백질 및 지방질의 평균 구성비는 각각 $72.0 \pm 1.0\%$, $13.7 \pm 0.9\%$ 및 $14.6 \pm 0.3\%$ 로 남 대상자들과 비슷하였다.

3. 대변 및 소변으로의 에너지 손실과 대사 에너지

열량계로 측정된 남녀 각 대상자들의 총에너지(GE)섭취량, 그리고 대변과 소변으로의 에너지 손실량 및 대사에너지량과의 상관관계를 나타낸 성적은 Table 5 및 Fig. 1-a, b와 같다.

남 대상자의 대변중 에너지 손실량은 각 대상자별 152~229kcal / day 범위로 평균 198 ± 10 kcal / day 로서 이는 총에너지 섭취량(GE)의 약 7.2%에 해당되었다. 소변중 에너지 손실량은 각 대상자별 59~88kcal / day 범위로 평균 70 ± 3 kcal / day 로서 이는 총에너지 섭취량(GE)의 약 2.6%에 해당되었다. 총에너지 섭취량(GE)에서 대변 및 소변중 에너지 손실량을 제하여 산출한 대사에너지량(ME)은 각 대상자별 2277~2592kcal 범위로 평균 2466 ± 31 kcal / day 로서 이는 총 에너지 섭취량(GE)의 약 90%에 해당되

었다.

여 대상자의 대변중 에너지 손실량은 각 대상자별 115~186kcal / day 범위로 평균 144 ± 8 kcal / day 로서 이는 총에너지 섭취량(GE)의 약 6.9%에 해당되었다. 소변중 에너지 손실량은 각 대상자별 26~50kcal / day 범위로 평균 42 ± 3 kcal / day 로서 이는 총에너지 섭취량(GE)의 약 2.0%에 해당되었다. 총에너지 섭취량(GE)에서 대변 및 소변중 에너지 손실량을 제하여 산출한 대사에너지량(ME)은 각 대상자별 1791~2071kcal / day 범위로 평균 1897 ± 37 kcal / day 로서 이는 총에너지 섭취량(GE)의 약 91%에 해당되었다.

4. 체성분 변동과 체내 에너지 보류량

남녀 각 대상자별 실험기간 동안의 체중 변동과 피부두께를 측정하여 환산한 체성분 변동량, 그리고 이들로부터 산출한 체내 에너지 보류량(BE)의 성적은 Table 6 과 같다.

남 대상자의 실험기간 동안의 체중변동량은 각 대상자별 $-0.60 \sim +0.80$ kg 범위로 평균 -0.13 ± 0.16 kg 이었는데 이중 지방조직량(FM)은 각 대상자별 $-2.78 \sim +0.55$ kg 범위로 평균 -0.91 ± 0.37 kg 이었고 무지방조직량(LBM)은 각 대상자별 $-0.86 \sim +2.68$ kg 범위로 평균 $+0.79 \pm 0.44$ kg의 변동량을 나타냈다. 체성분 변동량으로부터 환산한 체내 에너지 보류량(BE)은 각 대상자별 $-23117 \sim +4452$ kcal 범위로 평균 $-7,672 \pm 3,026$ kcal의 에너지 보류량(BE)변동을 나타냈다.

여 대상자의 실험기간 동안의 체중 변동량은 각 대상자별 $-0.60 \sim +1.80$ kg 범위로 평균 $+0.55 \pm 0.25$ kg 이었는데 이중 지방조직량(FM)은 각 대상자별 $-1.55 \sim +0.53$ kg 범위로 평균 -0.39 ± 0.33 kg 이었고 무지방조직량(LBM)은 각 대상자별 $-0.27 \sim +1.56$ kg 범위로 평균 $+0.94 \pm 0.31$ kg의 변동량을 나타냈다. 체성분 변동량으로부터 환산한 체내 에너지 보류량은 각 대상자별 $-13038 \sim +6224$ kcal 범위로 평균 -2689

Table 5. Relationship between daily energy intake and metabolizable energy intake during a 4-week study.

Subject		Energy Intake (Measured* ¹)	Fecal* ¹ Loss	Urinary* ² Loss	Metabolizable* ³ Energy
		kcal/d	kcal/d	kcal/d	kcal/d
Male	1	2,814	228	80	2,506
	2	2,718	180	72	2,466
	3	2,730	218	63	2,449
	4	2,575	229	69	2,277
	5	2,688	193	59	2,436
	6	2,825	161	72	2,592
	7	2,760	152	61	2,547
	8	2,759	222	73	2,464
Female	1	2,163	186	50	1,927
	2	2,036	148	44	1,844
	3	1,976	115	43	1,818
	4	1,957	133	33	1,791
	5	2,283	162	50	2,071
	6	1,940	121	26	1,793
	7	2,084	152	48	1,884
	8	2,228	137	41	2,050
MEAN		2,734	198	69	2,467
±SEM		26	10	3	31
for males					
MEAN		2,083	144	42	1,897
±SEM		43	8	3	37
for females					

*1 Energy measured by bomb calorimeter

*2 Urinary loss=urine total nitrogen(g/day)×7.9(kcal)

*3 Metaolizable energy(ME)=dietary energy intake-(fecal loss + urinary loss)

±2925kcal 의 에너지 보류량(BE) 변동을 나타냈다.

5. 에너지 소비량

실험기간 동안의 총 대사에너지 섭취량(ME)과 체내 에너지 보류량(BE)의 변동으로부터 에너지 평형법으로 남녀 각 대상자별 1일 평균 에너지 소비량(EE)을 산출한 성적은 Table 7과

Table 6. Changes in body composition and total body energy content during a 4-week study.

Subject		Weight	Fat Mass	Lean Body Mass	Total Body Energy
		kg	kg	kg	kcal
Male	1	+0.30	-1.01	+1.31	-8,057
	2	-0.30	-0.15	-0.15	-1,548
	3	-0.10	+0.55	-0.65	+4,452
	4	-0.50	-1.84	+1.34	-15,745
	5	-0.10	-2.78	+2.68	-23,117
	6	-0.50	-0.86	+0.36	-7,631
	7	+0.80	-1.46	+2.26	-11,273
	8	-0.60	+0.26	-0.86	+1,541
Female	1	-0.20	-1.55	+1.35	-13,038
	2	+1.00	+0.36	+0.64	+4,001
	3	+0.70	+0.13	+0.57	+1,790
	4	+1.80	+0.53	+1.27	+6,224
	5	+0.50	-0.44	+0.94	-3,133
	6	-0.60	-2.16	+1.56	-18,497
	7	+1.00	-0.48	+1.48	-2,954
	8	+0.20	+0.47	-0.27	+4,095
MEAN	-0.13	-0.91	+0.79	-7,672	
±SEM	0.16	0.37	0.44	3,026	
for males					
MEAN	+0.55	-0.39	+0.94	-2,689	
±SEM	0.25	0.33	0.31	2,925	
for females					

같다.

남 대상자의 1일 에너지 소비량(EE)은 2305~3182kcal/day 범위로 평균 2714±95kcal/day 이었으며 여 대상자는 1715~2390kcal/day 범위로 평균 1984±98kcal/day 이었다. 체중 Kg당 1일 평균 에너지 소비량(EE)은 남 대상자가 45±2kcal/kg체중 이었고, 여 대상자는 40±1kcal/kg 체중 이었다.

고찰 및 요약

현¹⁵⁾은 한국 여자대학기숙사생의 계절별 영양실태 조사에서 1일 1인당 에너지 섭취량을 1537~

1776kcal/day 범위라 하였으며, 조¹⁶⁾는 사업장 근로여자의 영양실태에 관한 연구에서 1일 1인당 에너지 섭취량은 1638kcal/day라 하였다. 그외 여 대상자의 에너지 섭취량에 대하여 주등¹⁵⁾은 해녀를 대상으로 한 보고에서 1일 1인당 2454kcal/day 를 섭취한다고 하였으며, 오등¹⁶⁾은 농촌 주부를 대상으로한 보고에서 1일 1인당 1961kcal/day라 하였다. 이들 제 보고에서 에너지 섭취에 대한 에너지 구성비는 당질이 69~83% 범위, 단백질이 11~15%범위 및 지방질이 5~17%범위를 차지하여 조사 시기와 대상에 따라 구성비율의 폭이 비교적 넓었다. 한국 남 대상자의 에너지 섭취량에 대한 자료는 의외로 적어,

Table 7. Intake/balance estimation of daily energy expenditure from change in skinfold thickness during a 4-week study.

Subject	Length of Study	Total ME Intake	Change in Body Energy Content	Total Energy Expenditure	Daily Energy Expenditure
	days	kcal	kcal	kcal	kcal
Male	1	77,438	-8,057	89,495	2,758
	2	76,446	-1,548	77,994	2,516
	3	75,919	+4,452	71,467	2,305
	4	70,587	-15,745	86,332	2,785
	5	75,516	-23,117	98,633	3,182
	6	80,352	-7,631	87,983	2,838
	7	78,957	-11,273	90,230	2,911
	8	76,384	+1,541	74,843	2,414
Female	1	59,737	-13,038	72,775	2,348
	2	57,164	+4,001	56,163	1,715
	3	56,358	+1,790	54,568	1,760
	4	55,521	+6,224	49,297	1,590
	5	64,201	-3,133	67,334	2,172
	6	55,583	-18,497	74,080	2,390
	7	58,404	-2,954	61,358	1,979
	8	63,550	+4,096	59,454	1,918
MEAN ±SEM for males					2,714 95
MEAN ±SEM for females					1,984 98

남 대학생을 대상으로 한국식이의 소화흡수에 대한 연구에서 황등¹⁷⁾의 1일 1인당 에너지 섭취량은 식이의 종류에 따라 2921~3000kcal/day 범위로 보고한 것과 유등¹⁸⁾의 2635±6kcal/day 라 보고한 것 및 강등¹⁹⁾의 채식을 주로하는 남 대학성의 영양실태 조사보고에서 2813±6kcal/day라 한것등이 있다. 이들 에너지 섭취에 대한 에너지 구성비는 당질, 단백질 및 지방질 별로 각각 70~84%, 12~16% 및 5~14%범위로 여 대상자와 비슷한 구성비를 보이거나 역시 식이의 종류 및 대상에 따라 구성비율에 변화가 컸다. 1985년

보건사회부의 국민 영양조사 보고서²⁰⁾에 의하면 전국 평균 1일 1인당 에너지 섭취량은 1935kcal/day 로서 에너지 구성비는 당질, 단백질 및 지방질 별로 각각 70.8%, 15.5% 및 13.7% 이었다. 이상에서와 같이 한국인들의 에너지 섭취량에 대한 자료들이 많지않은 중에도 이들의 대부분이 식품 섭취량 조사자료를 식품분석표에 의하여 환산한것으로 열량계로 에너지 섭취량을 실측한 보고자료는 희유하다.

본 실험에서 식품분석표로 환산한 에너지 섭취량은 대변과 소변으로의 에너지 손실량을 제한

대사에너지량(ME)보다 남녀 대상자에서 각각 약 4% 및 5%나 낮았다. 이는 기존 에너지 섭취량이 식품분석표로 환산된 것이라면 실제보다 낮게 평가되었다는 점을 의미하며, 또한 현존하는 식품 분석표에 의거하여 식단을 만들 때는 주어진 에너지량보다 다소 낮게 식품량을 조절해야 할 것임을 시사한다. 총 에너지 섭취량에 대한 대변에로의 에너지 손실율은 남녀 대상자별로 각각 7.2% 및 6.9% 이었는데, 이는 황등¹⁷⁾ 및 유등¹⁸⁾이 남 대학생을 대상으로 한국식이의 소화흡수에 관한 연구에서 각각 4.2% 및 6~7%와 큰 차이 없었다.

체내 에너지 평형유지는 에너지 섭취량과 소비량에 따른다. 이론적으로 한대상자가 에너지 평형에 있을 때 에너지 섭취량과 소비량은 같아서 체내 성분과 체중이 일정하게 유지된다. 비록 인체는 매일의 에너지 평형을 이루기는 어렵지만 1주일 이 넘는 보다 긴시간으로 볼 때 평형을 이루므로 에너지 섭취와 소비량을 관찰하는 평형연구는 보다 장기간을 요하여야 한다²⁰⁾. 한편 Acheson 등⁶⁾에 의하면 에너지 소비량을 측정하는 정확한 방법으로 에너지 평형법(Intake / balance method)을 평가한 바 있으며 Borel 등⁷⁾은 에너지 평형법을 기준으로하여 Factorial method에 의한 에너지 소비량을 비교검토하였다. Schoeller 등²²⁾은 이중표식동위원소법(Double labeled water method)이 1%의 오차를 갖는 정확한 에너지 소비량 측정법이라 평가하여 이것은 에너지 평형법에 의한 에너지 소비량과 2~7% 정도의 오차를 갖는다 하였다. 그러나 신체의 에너지 소비는 개체의 실험적, 그리고 환경적 조건에 따라 변하는 지속적인 기능 이므로 에너지 평형법으로 에너지 소비량을 측정하는데 아직 여러 어려움이 있다.^{23), 24)} 비록 에너지 평형법으로 에너지 소비량을 측정하더라도 체내 에너지 보류량(BE)의 측정법에 따라 그 정확도가 달라지는데 Garrow 등²⁵⁾에 의하면 신체내 수분과 신체 밀도 측정을 병행할 때 체내 에너지 보류량을 5000kcal 범위내의 오차로서 측정할 수 있는데 신체 밀도법만을

이용하면 9000kcal 정도의 오차범위에서 체내 에너지 보류량을 측정할 수 있다고 하였다. 이를 근거로 한다면 31일간의 에너지 평형법으로 신체 밀도법만을 이용하여 측정한 본 실험의 에너지 소비량은 281kcal / day 정도의 오차를 나타낼 것이다. 또 Edholm 등²⁶⁾도 체중의 증감때 체내 지방 성분만 변하는 것이 아니므로 에너지 평형실험에서 체중의 변동보다도 체성분의 변동을 측정하여, 이로서 체내 보류되는 에너지(BE) 변동량을 측정해야 하는 필요성을 강조한바 있는데 Forbes 등²⁷⁾에 의하면 체내 에너지 보류량의 변동은 무지방조직량(LBM)의 변동량으로부터 산출한 것이나 체중의 변동량에 의한 것 사이에 7% 정도의 차이밖에 없다고 하였다.

본 실험의 에너지 소비량(EE)은 약 4주간에 걸쳐 체성분 변동량을 측정하고 이로부터 산출한 체내 에너지 보류량을 대사에너지(ME) 섭취량과 상호 비교하여 측정하였다. 실험기간동안 남 대상자들의 체중 변동량은 크지 않았지만 체성분은 현저한 변동이 있었다.

즉, 남 대상자의 무지방조직량(LBM)은 현저하게 증가($P < 0.05$) 하였는데 지방조직량(FM)은 현저하게 감소($P < 0.05$) 하였다. 체성분 변동량으로부터 환산한 체내 에너지 보류량(BE)도 현저하게 감소 되었다. 이에 비하여 여 대상자의 무지방조직량(LBM)은 현저하게 증가 되었으나 지방조직량(FM) 및 체성분 변동량으로부터 환산한 체내 에너지 보류량(BE)은 큰 차이가 없었다. 만일 에너지 소비량(EE) 무지방조직량(LBM)의 변동만으로 측정하는 Webb 등²⁸⁾의 방법을 인용한다면 남녀 대상자들의 체내 에너지 보류량은 모두 증가하는 것으로 평가될 수도 있다.

한국인의 에너지 소비량에 대하여 일찍이 김²⁹⁾은 남녀 대학생 각각 2306kcal / day 및 2133 kcal / day 라 보고한바 있는데 이들은 본 실험의 에너지 소비량 성적과 비교할때 남 대상자는 낮았고(408kcal / day) 여대상자는 다소 높았다(149 kcal / day), 또 1980년 제3개정 한국인 영양권장량 중³⁰⁾ 에너지 권장량은 체중 kg당 성인 남녀

별로 각각 45kcal/day 및 40kcal/day 이었는데 1985년 제4개정에서는 남녀 함께 체중 kg당 40 kcal/day씩으로 하였다. 이는 본 실험결과로 보나 남녀 대상자간 체성분의 차이로 볼때 남녀 별로 에너지 권장량을 같게 책정된것은 재고되어야 할 점이라 생각된다.

결 론

본 연구는 20~26세의 남녀 대학생 16명을 대상으로 4주간 평상시와 같은 생활양식과 적정체중을 유지시키면서 에너지 섭취량(GE)과 체내 에너지 보류량(BE)의 변동을 측정하므로써(에너지 평형법) 에너지 소비량(EE)을 산출하였다. 에너지 섭취량은 열량계로 측정한 것(measured)과 식품분석표로 환산한 것(table)을 상호 비교하였다. 대변의 에너지 손실량(FE)은 열량계로 측정하였고 소변의 것(UE)은 질소 배설량으로부터 환산하였다. 지방조직량(FM)은 피부두께를 측정하여 산출한 신체 밀도법에 의하였다.

1) 에너지 섭취량은 식품분석표에 의한것이 열량계로 측정한것에 비하여 남녀 한께 13.4%씩 낮았고 대사에너지량(ME)에 비하여도 남녀 대상자별로 각각 4% 및 5%씩 낮았다.

2) 총 에너지 섭취량에 대한 대변의 에너지 손실량은 남녀 대상자별로 각각 7.2% 및 6.9%이었다.

3) 대변과 소변중 에너지 손실량을 제하여 산출한 1일 1인당 대사에너지 섭취량은 남녀 대상자별로 각각 2467kcal 및 1897kcal 이었다.

4) 31일동안의 체성분 변동량으로부터 산출한 체내 총 에너지 변동량(BE)은 남녀 대상자별로 각각 7672kcal 및 2689kcal 씩 감소되었다.

5) 1일 1인당 에너지 소비량은 남녀 대상자별로 각각 2714kcal (45kcal/체중kg) 및 1984kcal (40kcal/체중kg) 이었다.

6) 본 연구에서 남녀 대학생을 대상으로 한

에너지 소비량은 한국 정상적인 남녀의 에너지 권장량 책정의 증빙자료를 마련했다고 본다.

References

- 1) 한국 인구 보건 연구원 편 . 한국인의 영양권장량. 제5차 개정, 고문사 1989
- 2) 김동준. 한국인의 기초대사량과 1일 소비량에 관한 연구. 한국영양학회지 4(1,2) : 49-62, 1971
- 3) 최혜미. 열량 및 지방영양. 한국영양학회지 20(3) : 176-186, 1987
- 4) Swaminathan R, King RFGJ, Holmfield J, Siwek RA, Baker M, Wales Jk. *Thermic effect of feeding carbohydrate, fat, protein and mixed meal in lean and obese subjects. Am J Clin Nutr* 42 : 177-181, 1985
- 5) Segal KR, Presta E, Gutin S. *Thermic effect of food during graded exercise in normal weight and obese men. Am J Clin Nutr* 40 : 995-1000, 1984
- 6) Acheson KJ, Campbell IT, Edholm OG, Miller DS, Stock MJ. *The measurement of daily energy expenditure-An evaluation of some techniques. Am J Clin Nutr* 33 : 1155-1164, 1980
- 7) Borel MJ, Riley RE, Snook JT. *Estimation of energy expenditure and maintenance energy requirements of college-age men and women. Am J Clin Nutr* 40 : 1264-1272, 1984
- 8) Lohman TG. *Skinfolds and body density and their relation to body fatness : a review. Hum Biol* 53 : 181-225, 1981
- 9) Sirk WE. *Body composition from fluid spaces and density : analysis of methods. In Techniques for measuring body composition, pp223-244, National academy of Sciences, National Research Council, Washington DC, 1961*
- 10) Miller DS, Payne PR. *A Ballistic Bomb Calorimeter. Br J Nutr* 13 : 501-508, 1959
- 11) Pike RL, Brown ML. *Nutrition : an integrated*

- approach. 3rd Ed.*, pp771, John Wiley & Sons, New York, 1984
- 12) van Itallie TB, Yang M, Hashim SA. *Dietary approaches to obesity : Metabolic and appetitive considerations. In : Howard AN. Recent advances in obesity research I. pp256-269, Westport, CT : Technomic Publishing Co. Inc, 1974*
 - 13) 현순영. 한국여자대학 기숙사생의 계절별 영양실태 조사. 한국영양학회지 2(2,3) : 91-98, 1969
 - 14) 조미자. 사업장 근로여자의 영양실태에 관한 연구. 한국영양학회지2(4) : 143-153, 1969
 - 15) 주순재, 이기열, 이양자, 박양생. 한국 해녀의 영양 섭취 상태 및 에너지 균형에 관한 연구. 한국영양학회지 16(4) : 233-242, 1983
 - 16) 오영주, 황인주, 우순자. 여주지역 농촌 주부들의 영양소섭취 실태. 한국영양학회지 20(301-308, 1987
 - 17) 황우익, 주진순. 한국 식이의 소화 흡수에 대한 연구. 우석의대 잡지 5(2) : 13-28, 1968
 - 18) 유오룡, 오승호. 한국식이의 소화 흡수에 관한 연구. 고대 의대 잡지 10(1) : 305-321, 1973
 - 19) 강명춘, 송정자. 채식을 주로하는 남자대학생의 영양상태. 한국영양학회지 16 (3) : 154-161, 1983
 - 20) 보건사회부. 국민영양조사 보고서 1985
 - 21) Garrow JS. *Energy balance and obesity in man. 2nd Ed. Amsterdam : Elsevier/North Holland Biomedical Press. 1978*
 - 22) Schoeller DA, van Santen E. *Measurement of energy expenditure in humans by doubly labeled water method. J Appl Physiol 53 : 955-959, 1982*
 - 23) Durnin JVGA. *Basic physiological factors affecting calorie balance. Proc Nutr Soc 20 : 52-58, 1961*
 - 24) Schutz Y, Acheson KJ, Ravussin E, Jequier E. *Effect of a high carbohydrate, low fat diet on diurnal and nocturnal catecholamine excretion in man. Experientia 37 : 615(abstr.), 1981*
 - 25) Garrow JS. *Problems in measuring human energy balance. In : Assessment of energy metabolism in health and disease. Report of the first ross conference on medical research. Columbus, OH : Ross Laboratories, 1980*
 - 26) Edholm OG, Adam JM, Healy WR, Wolff HS, Goldsmith R, Best TW. *Food intake and energy expenditure of army recruits. Br J Nutr 24 : 1091-1107, 1970*
 - 27) Forbes GB, Brown MR, Welle SL, Lipinski BA. *Deliberate overfeeding in women and men : energy cost and composition of the weight gain. Br J Nutr 56 : 1-9, 1986*
 - 28) Webb P. *Energy expenditure and fat-free mass in men and women. Am J Clin Nutr 34 : 1816-1826, 1981*