

여대생의 1일 보행수, 활동계수, 신체조성, 휴식대사량 및 에너지 소비량의 평가

최현정 · 송주미 · 김은경[†]
강릉대학교 생명과학대학 식품과학과

Assessment of Daily steps, Activity coefficient, Body composition, Resting Energy Expenditure and Daily Energy Expenditure in Female University Students

Hyun-Jung Choi · Ju-Mi Song · Eun-Kyung Kim[†]
Department of Food Science, Kangnung National University

ABSTRACT

The purpose of this study was to assess the energy expenditure and investigate the relationship between related variables in 70 female university students. Resting energy expenditure estimated by Harris-Benedict formula, WHO/NAO/FAO formula and various formulas based on body weight and body surface area were 1366.9 ± 74.4 kcal/day, 1287.8 ± 106.6 kcal/day, 1171.4 ± 155.8 kcal/day and 1342.0 ± 97.4 kcal/day. Measured resting energy expenditure by indirect calorimetry (Model : Metavine and TrueOne2400) were 1582.0 ± 150.1 kcal/day and 1268.2 ± 152.9 kcal/day, respectively. Average step number per day was 11981.2 ± 3014.4 steps and average step number per hour was 746.1 ± 198.0 steps/hr. Daily energy expenditure by using Harris-Benedict formula, body weight formula, body surface area formula, WHO/NAO/FAO formula and 15-min check list formula were 2374.7 ± 249.6 kcal, 2033.5 ± 313.2 kcal, 2331.2 ± 266.0 kcal, 2240.8 ± 185.5 kcal and 2195.5 ± 398.3 kcal. Meanwhile energy intake of subjects was 1714.9 ± 551.2 kcal. Daily energy expenditure has positive correlation ($r=0.262$) with daily step number. And there was significant positive correlations ($r=0.35-0.68$) between various daily energy expenditures and muscle mass. These results suggested that increase of daily step number by using pedometer is good method to increase daily energy expenditure. In particular, increase in step number can reinforce the amounts of muscle.

Key Words : energy expenditure, pedometer count, activity coefficient, female university student

서론

최근 우리나라에서는 경제수준의 향상과 신체활동의 감소, 식생활의 변화로 비만인구의 비율이 점차 증가하고 있다. 1992년 국민영양조사에서 비만 판정의 지

표로 사용되는 BMI(Body Mass Index, kg/m^2) 25 이상인 사람의 비율이 남자에서 19.4%, 여자에서 19.9% 였던 것이(1), 2001년 국민건강·영양조사에서는 남녀 각각 32.4%와 29.4%로 크게 증가하였다(2). 비만 발생과 관련하여 여러 요인이 거론되고 있으나, 단순성 비만의 경우, 에너지 섭취와 에너지 소비의 불균형에서 비롯되는 것으로 인식되고 있다. 최근에 실시된 국민건강 영양조사에서 보고된 우리 국민의 에너지 섭취량을 에너지 권장량과 비교해보면, 전 연령층에서

접수일 : 2004년 12월 30일, 채택일 2005년 3월 4일
[†]Corresponding author : Eun-Kyung Kim, Department of Food Science, Kangnung National University, 120 Jibyeon-Dong, Gangneung, Gangwon-do 210-702, Korea
Tel : 033)640-2336, Fax : 033)647-9535,
E-mail : ekkim@kangnung.ac.kr

권장량 이하의 에너지를 섭취하고 있음에도 불구하고 우리 국민의 비만 이환율은 점차 증가하는 것으로 보고되었다(2,3). 따라서 우리 국민의 체중 증가의 원인은 단순히 에너지 섭취량의 증가에 기인하기 보다는 생활양식의 변화에 따른 소비 에너지의 감소와도 관련이 있을 것으로 보인다(4).

소비 에너지는 크게 휴식대사량(Resting Energy Expenditure, REE), 활동 대사량(Physical Activity, PA) 및 식품의 특이동적 작용(Thermic Effect of Food, TEF)으로 구성된다. 이 중에서 에너지 소비량의 60-70%를 차지하는 휴식대사량의 평가는 간접 열량계를 통하여 측정하는 방법과 휴식대사량 추정을 위한 회귀 방정식을 이용하는 방법이 있다. 활동 대사량은 총 에너지 소비량의 30%에 지나지 않으나 개인차가 크며, 에너지 소비량 중 가장 부정확하게 측정되는 요소이다(5, 6). 1일 에너지 소비량의 10% 내외를 차지하는 식품의 특이동적 작용은 식품의 섭취, 소화, 흡수, 운반, 저장, 이용 등과 관련된 에너지 소모량으로 식품 섭취 후 12-18시간 사이에 측정할 수 있다(7).

1일 총 에너지 소비량 중에서 휴식대사량과 활동 대사량은 에너지 권장량 설정에 있어서 결정적인 요인이 되고 있다. 실제로, 현재 사용 중인 제7차 한국인 영양 권장량(8) 설정 시, 휴식대사량에 활동계수를 곱하여 1일 에너지 권장량을 책정한 바 있다. 그러나 10-19세, 20- 29세 집단의 휴식대사량은 한국인을 대상으로 실측한 자료가 없는 관계로, WHO(1985)에서 제안한 바와 같이, 체중을 이용하여 휴식대사량을 예측하는 공식을 그대로 적용하였다. 한편, 30세 이상 성인의 경우, 운동 처방의 일환으로 안정 상태에서 산소 소비량을 측정한 자료로부터 휴식대사량을 산출하였으며, 이를 토대로 한국인 휴식대사량 예측 공식을 도출하였으므로 역시 검토가 필요한 상태이다(9).

대학생은 인생주기에서 성인기가 시작되는 시기로 하루 일과가 규칙적이었던 중·고등학교 시절과는 달리 개인 시간의 증가와 함께 자신의 의지에 의해 식습관 및 신체 활동량이 크게 영향을 받는 시기이다. 따라서 대학 시절의 식습관이나 활동 습관이 성인기 전반에 걸쳐 큰 영향을 미치게 되는 것이다(10,11). 이에 본 연구에서는 여대생의 에너지 소비량을 다양한 방법을 이용하여 평가하여 보고, 이들 결과와 보행수 및 신체조성과의 관련성을 살펴보고자 하였다.

연구 대상 및 방법

1. 연구대상

특별한 질환이 없고 보행에 있어서 아무런 장애가 없는 강릉대학교에 재학 중인 여대생 70명(20-24세)을 대상으로 하였으며, 이들의 신체특성은 Table 1과 같다.

2. 휴식대사량(Resting energy expenditure, REE)의 평가

1) 예측 공식에 의한 평가(12)

연구대상자의 휴식대사량은 아래와 같은 공식을 이용하여 산출하였다.

Harris-Benedict formula

$$REE1 \text{ (kcal/day)} = 655 + [9.6 \times \text{Weight (kg)}] + [1.8 \times \text{Height (cm)}] - [4.7 \times \text{Age}]$$

Formula based on body weight

$$REE2 \text{ (kcal/day)} =$$

$$\text{Energy expenditure (kcal/kg/hr)} \times \text{Weight (kg)} \times 24\text{hrs}$$

Formula based on body surface area (BSA)

Table 1. Anthropometric measurement of subject (number=70)

	Mean ± S.D.	Range
Age(years)	21.3 ± 1.4	20-27
Height(cm)	159.1 ± 5.8	144.0-176.7
Weight(kg)	54.2 ± 7.2	39-75
Body fat(%) ¹⁾	23.7 ± 4.3	12.2-35.9
Body fat(%) ²⁾	23.9 ± 2.5	18.9-32.0
Triceps skinfold thickness(mm)	21.4 ± 5.3	10.0-33.0
Mid-arm circumference(cm)	26.1 ± 2.7	21.0-34.0
Body Surface Area(m ²) ³⁾	1.55 ± 0.11	1.30-1.88
Body Mass Index(kg/m ²)	21.4 ± 2.5	16.5-27.20
Muscle mass(kg) ⁴⁾	15.1 ± 2.7	9.88-21.90
Body Muscle(%) ⁵⁾	27.8 ± 3.8	17.5-37.7

¹⁾ measured by Bioelectrical impedance fatness analyzer

²⁾ estimated from the triceps skinfold(TSF) by Caliper

³⁾ Body surface area(m²) = W^{0.425}(kg) × H^{0.725}(cm) × 0.007184

⁴⁾ Muscle Mass(kg) = Ht(cm) × [0.0264 + (0.0029 × cAMA*)]

⁵⁾ Muscle Mass(%) = [Muscle(kg)/body weight(kg)] × 100

* cAMA (corrected arm muscle area, cm²)

= [MAC(mid-arm circumference) - (π × TSF)]²/4π - 6.5

$$\begin{aligned} \text{REE3 (kcal/day)} &= \\ &\text{BSA} \times \text{Energy expenditure (kcal/m}^2\text{/hr)} \times 24\text{hrs} \\ \text{WHO/NAO/FAO formula} \\ \text{REE4 (kcal/day)} &= \\ &[13.3 \text{ Weight (kg)}] + [3.34 \text{ Height (cm)}] + 35 \end{aligned}$$

2) 간접 열량측정계(indirect calorimeter)를 이용한 측정

일부 대상자의 휴식대사량을 간접 열량계, Metavine(Biospace company)과 TrueOne2400(ParvoMedics)을 사용하여 측정하였다. 두 기계 모두 open circuit system으로, Metavine은 피험자의 호흡으로 생성된 이산화탄소(CO₂)의 양을 직접 측정하는 것이고, TrueOne2400은 측정 전 기계에 연결된 chamber 내부를 산소로 포화시킨 후, 피험자가 생성하는 이산화탄소(CO₂)를 chamber 내에서 산소와 혼합한 후에 그 양을 측정하는 방식이다.

휴식대사량 측정을 위해 대상자들로 하여금 측정 전 날부터 알코올성 음료섭취를 금하게 하였으며, 측정을 시작하기 최소 4시간 전부터 금식을 하게 하였다. 대상자들이 측정 장소에 도착하면 10-15분가량 앉은 자세로 휴식을 취하도록 하였으며, 누운 자세로 측정을 위한 기기의 warming-up을 5분 이상 실시한 후 측정을 시작하였다. 휴식대사량 측정 중 연구 대상자가 긴장 상태가 아닌 안정상태로 유지되고 있는지를 호흡상수(respiratory quotient, RQ)를 측정하여 모니터링 하였다. 본 연구에서는 전체 대상자 중 안정 시 휴식대사량 측정이 가능했던 10명의 측정치만을 통계처리하였다.

3. 보행수 측정

연구 대상자들의 보행수는 보수계(Gr 1500, A Grace)를 이용하여 측정하였으며, 이는 하의(下衣) 허리 부분에 착용토록 하였다. 보행수 기록지에는 대상자들의 기상 시간과 취침 시간을 적도록 하였으며, 기상 시부터 정오까지의 보행수를 오전 보행수로, 정오부터 취침 시까지의 보행수를 오후 보행수로 구분하여 3일간 기록하게 하였다.

4. 신체 활동량 조사

다음과 같은 두 가지 방법을 동시에 사용하여 연구 대상자의 3일간의 에너지 소비량(활동 에너지를 포함)

을 조사한 후, 평균값을 제시하였다. 첫째, 연구 대상자들이 작성한 신체 활동량 자가(self-reporting) 기록표를 이용하였다. 즉, 연구 대상자들이 3일간의 활동 내용과 각 활동의 소요시간을 기록지에 직접 기록하도록 한 후, 기록된 자료들을 일본인 영양소요량 5차(1985) 자료의 18단계 행동분류표에 준하여 단계별로 구분하였다. 또한 단계별 소요시간(분)에 각 단계별 휴식대사량 배수(REE 가중치)를 곱하여, 1일 24시간을 분 단위로 환산한 1440분으로 나누어 평균 활동 계수를 산출하였다.

둘째, Bouchard 등(13)이 제안한 check list(단계별 활동빈도 조사)를 이용하여, 15분 간격으로 해당시간 동안의 활동 단계를 3일간 표시하도록 한 후, 단계별 시간당(15분) 에너지 소비량을 곱하여 1일 총 에너지 소비량을 계산하였다.

5. 에너지 섭취량 조사

식품 섭취량 조사 방법에 대하여 훈련 받은 연구보조원이 24시간 회상법을 이용하여, 대상자의 활동량 조사기간 3일 중 평소의 섭취량과 가장 유사한 하루를 택하여 1일 식품 섭취량을 조사하였다. Can Pro(Ver2.0, 한국영양학회)에 하루 동안 섭취한 식품의 종류와 중량을 입력하여 에너지 섭취량을 계산하였으며, 대상자들의 에너지 섭취량을 한국인 1일 에너지 권장량(8)과 비교하였다.

6. 통계분석

모든 자료의 처리는 SAS 통계 프로그램(Ver. 8.0)을 이용하였다. 대상자들의 신체계측 결과, 각각의 예측 공식을 통해 산출된 휴식대사량, 활동 단계별 소요시간, 대상자들의 활동 시간과 보행수의 평균값과 표준편차를 계산하였다. ANOVA(Analysis of covariance) 분석법으로 GLM(General Linear Model) 방법을 사용하여 predicted energy expenditures 간의 유의성 여부를 검증하였으며, 그 값의 크고 작음은 2개의 값씩 묶어서 paired t-test를 이용하여 분석하였다. 또한, measured energy expenditures 역시 paired t-test를 이용하여 평균값의 통계학적인 유의성을 검증하였다. 또한, Pearson's correlation coefficient를 이용하여, 시간대별 보행수, 신체 계측치와 활동 계수와의 상관

Table 2. Comparison of predicted and measured resting energy expenditure

		Number	Resting energy expenditure(kcal/day)
Predicted expenditure	Harris-Benedict formula	70	1366.9 ± 74.4 ^a
	Body surface area formula	70	1342.0 ± 97.4 ^b
	Body weight formula	70	1171.4 ± 155.8 ^c
	WHO/NAO/FAO formula	70	1287.8 ± 106.6 ^d
Measured expenditure	Metavine	10	1582.0 ± 150.1
	TrueOne2400	10	1268.2 ± 152.9 ^{***}

Values with different superscript within the same column were significantly different at $p < 0.05$ by paired t-test.

*** : significant difference between measured expenditures at $p < 0.001$ by paired t-test.

Table 3. Pedometer counts during a day and activity time in subjects

	Time (hour)	Steps	Steps per hour
Before noon	4.0 ± 1.0	3778.2 ± 1853.4	1046.0 ± 556.7
Afternoon	12.4 ± 1.1	8243.1 ± 2431.8	666.5 ± 196.0
Total	16.1 ± 1.2	11981.2 ± 3014.4	746.1 ± 198.0

관계 및 에너지 소비량(kcal/day)과 신체 계측치 간의 상관관계를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 휴식대사량의 평가

여러 가지 예측 공식을 이용하여 계산한 연구 대상자들의 휴식대사량과 간접 열량계(indirect calorimetry)를 이용하여 측정된 휴식대사량은 Table 2와 같다.

각각의 공식을 통해 휴식대사량을 산출하였을 때, Harris-Benedict 공식을 이용하여 계산된 휴식대사량은 1366.9 ± 74.4 kcal/day 이었고, 체표면적을 이용한 공식을 통해 산출된 값은 1342.0 ± 97.4 kcal/day 였다. 또한, 체중 및 WHO/FAO/NAO 공식을 이용하여 계산된 여대생의 휴식대사량은 각각 1171.4 ± 155.8 kcal/day와 1287.8 ± 106.6 kcal/day 였다. 이와 같은 공식들을 이용하여 계산한 여대생의 에너지 소비량들 간에는 통계적으로 유의한 차이를 보여주었다. Predicted expenditure를 나타내는 공식(회귀방정식)의 경우, 설명변수가 다양하게 포함되면 대상자의 개인적 특성이 더 많이 고려됨을 알 수 있다. 따라서, 체중만을 설명변수로 이용하는 것 보다는 다른 변수들(신장, 체중, 연령, 성별 등)이 포함된 공식이 더욱 적당할 것으로

생각된다.

한편, 이 (14)가 Harris-Benedict 공식과 WHO/FAO/NAO 공식을 이용하여 계산한 여대생의 휴식대사량은 각각 1373 ± 45.4 kcal/day와 1290.0 ± 61.7 kcal/day로 본 연구 결과와 큰 차이를 보이지 않았다.

간접 열량계 Metavine를 이용하여 측정된 본 연구 대상자의 휴식대사량은 1582.0 ± 150.1 kcal로 TrueOne 2400을 이용하여 측정된 휴식대사량(1268.2 ± 152.9 kcal)보다 통계적으로 유의하게 높았다. 두 가지 간접 열량계에 있어서, RQ(respiratory quotient) 값 산정을 위한 시점(time point)을 찾는 방법 및 대기(흡기) 중의 CO₂와 O₂, 그리고 피험자의 호기 중의 CO₂와 O₂ 농도를 측정 또는 계산하는 방법 등에 차이가 있었다. 따라서, 이와 같은 두 가지 기자재의 측정원리 및 계산 과정의 차이로, 기자재를 이용하여 측정된 휴식대사량 값간에 차이를 보였을 것으로 사료된다. 향후 연구에서 다양한 연령층과 더 많은 피검자를 대상으로, 이들 기자재를 이용한 측정치에 대한 cross-validation이 계획, 진행되어야 할 것으로 생각된다.

한편 박 등 (15)이 간접 열량계(Quinton-5000, U.S.A)를 이용하여 측정된 20-29세 여성의 휴식대사량은 1610.7 ± 419.5 kcal/day로 본 연구에서 Metavine을 이용하여 측정된 휴식대사량과는 유사하였으나, TrueOne 2400을 이용하여 측정된 휴식대사량보다는 상당히 높았다.

2. 보행수의 평가

본 연구 대상자들의 오전, 오후 및 1일 총 보행수는 Table 3과 같다. 대상자들의 1일 총 보행수는 11981.2 ± 3014.4 steps/day로 임과 김 (16)이 보고한 20대 여성

Table 4. Classification of activities, expending time(min, %), and activity coefficient by 18 activity levels

Grade	Level	Examples	Time(min)	Percentile(%)	Activity coefficient		Time(min)	Percentile(%)
					REE factor	coefficient		
Very light	1	Sleeping	529.2±92.5	36.8±6.4	0.9	0.33	1201.6±110.4	81.6±7.7
	2	Relaxation, telephone call	202.2±89.9	14.0±9.2	1.2	0.44		
	3	Listening to music	88.7±29.1	6.2±2.0	1.4	0.09		
	4	Washing, computer game	134.9±79.1	9.4±5.5	1.5	0.14		
	5	Reading, driving	246.5±157.0	17.1±10.9	1.6	0.27		
Light	6	Studying	47.9±44.8	3.3±3.1	2.0	0.07	215.6±93.1	15.0±6.5
	7	Attending school, movement	26.6±19.0	1.8±1.3	2.1	0.04		
	8	Manual work within the house	31.3±53.2	2.2±3.7	2.5	0.05		
	9	Wearing clothes	13.2±18.1	0.9±1.3	2.6	0.02		
	10	Kitchen work	8.5±12.8	0.6±0.9	2.7	0.02		
	11	House cleaning	5.8±26.0	0.4±1.8	3.0	0.01		
	12	Gardening	64.7±51.4	4.5±3.6	3.1	0.14		
	13	Shopping, walking	17.6±28.6	1.2±2.0	3.2	0.04		
Moderate	14	Nursing the baby	0	0	3.3	0	16.9±69.8	1.2±4.8
	15	Scrubbing, car washing	15.8±69.7	1.1±4.8	4.0	0.04		
	16	Walking fast	1.1±5.7	0.1±0.4	4.5	0.01		
	17	Golf	0	0	6.0	0		
Severe	18	Mountain climbing	6.0±16.6	0.4±1.1	7.0	0.03	6.0±16.6	0.4±1.1
Total			1440	100.0	1.74		1440	100

^{b)} Activity coefficient = [expending time(%) × REE factor] / 100

(23.22±0.75세)의 1일 평균 보행수(10886.44±2263.43 steps/day)보다 1000보 정도 많았다. 또한, 강(17)이 보고한 인문계 여고생과 여대생의 1일 총 보행수(각각 6378.6±1151.5 steps/day, 7107.1±1857.9 steps/day) 보다도 많았다. 한편, 본 연구 대상자들의 1일 총 보행수의 최소값은 6613 steps/day인 반면, 최대값은 21357.7 steps/day로 총 보행수에 있어서 개인차가 큰 것으로 나타났다. 오전과 오후의 보행수는 각각 3778.2±1853.4 steps와 8243.1±2431.8 steps로 오전보다 오후에 더 많이 걷는 것으로 나타났는데, 이는 오후의 활동 시간이 더 길기 때문으로 생각된다.

본 연구 대상자의 수면 시간을 제외한 1일 총 활동 시간은 16.1±1.2 시간이었고, 시간당 평균 보행수는 746.1±198.0 steps/hour였다. 기상 시부터 정오까지 인 오전 동안의 평균 활동시간은 4.0±1.0시간으로 나타났다으며, 오전 동안의 시간당 보행수는 1046.0±556.7 steps/hour였다. 정오부터 취침 시까지인 오후 활동 시간은 평균 12.4±1.1 시간이었으며, 오후의 시간당 보행수는 666.5±196.0 steps/hour였다.

오전·오후의 총 보행수에 있어서는 오전의 보행수가 오후의 보행수에 비해 유의하게($p<0.001$) 적은 것

으로 나타났다. 그럼에도 불구하고, 시간당 보행수는 오후에 비하여 오전에 유의하게($p<0.001$) 더 많은 것으로 나타났다. 이는 오전 활동 시간이 짧는데 반해 오전에는 등교 및 이동시간이 포함되어 있었고, 오후에는 강의를 포함한 정적 활동에 소요된 시간이 많기 때문인 것으로 사료된다.

3. 활동량 분석

1) 활동 단계에 따른 소요 시간

대상자들의 신체 활동량을 일본인 영양소요량(5차) 자료의 18단계 행동 분류표를 이용하여 평가한 결과는 Table 4와 같다. 즉, 각 단계별 행동의 예, 소요 시간, 1일(24시간) 중 해당 백분율, 휴식대사량(1.0)을 기준으로 한 활동 계수(REE factor)를 살펴보았다. 1일 평균 수면 시간은 529.2±92.5분(8.83 시간)으로, 이는 1일 중 36.9±6.4%에 해당하는 비율이었다. 김과 나(18)가 보고한 남녀 중·고등학교생의 1일 평균 수면 시간은 7시간 24분(444분)으로 본 연구 대상자의 평균 수면시간보다 적었다.

본 연구 대상자에서 '수면' 다음으로 소요 시간이 많

Table 5. Energy expenditure by 15-min, check list for activity during a day (n=70)

Level	Examples	Time(min)	Percentile(%)	Energy expenditure (kcal/kg/15 min.)
1	Sleeping, resting in bed	501.2±126.1	34.8±8.8	0.26
2	Sitting, eating, listening, writing, etc	559.2±168.0	38.8±11.7	0.38
3	Light activity, standing	156.4±87.9	10.9±6.1	0.57
4	Slow walk(<4km/h)	146.3±90.9	10.2±6.3	0.69
5	Light manual work	56.9±59.8	4.0±4.1	0.84
6	Leisure activities and sports in a recreational environment	12.1±33.8	0.8±2.3	1.2
7	Manual work at moderate pace	0.2±1.8	0.01±0.13	1.4
8	Leisure and sport activities of higher intensity	6.0±23.6	0.4±1.6	1.5
9	Intense manual work, high intensity sport activities of competition	1.8±14.6	0.1±1.0	2.0
Energy expenditure (kcal/day)				2195.5±398.3

Table 6. Comparison of energy expenditure with daily energy intake (n=70)

	Daily energy expenditure(kcal/day)	Energy intake(kcal/day)
Harris-Benedict formula ¹⁾	2374.7±249.6	1714.9±551.2
Formula based on body surface area ²⁾	2331.2±266.0	
Formula based on body weight ³⁾	2033.5±313.2	
WHO/NAO/FAO formula ⁴⁾	2240.8±185.5	
15-min check list	2195.5±398.3	

¹⁾ $[655 + \{9.6 \times \text{Weight(kg)}\} + \{1.8 \times \text{Height(cm)}\} - \{4.7 \times \text{Age}\}] \times \text{Activity coefficient}(1.74)$

²⁾ $[\text{Energy expenditure(kcal/kg/hr)} \times \text{Weight(kg)} \times 24] \times \text{Activity coefficient}(1.74)$

³⁾ $[\text{BSA} \times \text{Energy expenditure(kcal/m}^2\text{/hr)} \times 24] \times \text{Activity coefficient}(1.74)$

⁴⁾ $[\{13.3 \times \text{Weight(kg)}\} + \{3.34 \times \text{Height(cm)}\} + 35] \times \text{Activity coefficient}(1.74)$

은 활동은 5단계의 ‘학습관련 활동’으로 평균 246.5±157.0분(4.1시간)이 소요되어 하루 중 17.1%에 해당되었다. 세 번째로 많은 시간이 소요된 활동은 수면 다음으로 낮은 강도의 활동(2단계)인 ‘휴식 및 전화 통화’ 등에 소요된 시간(202.2±89.9분)으로 하루 중 14.0%에 해당되었다.

활동 강도를 기준으로 볼 때 3단계에 해당되는 활동인 ‘식사에 소요된 시간’은 88.7±29.1분이었으며, 4단계(세면, 컴퓨터 작업, 운전 등)의 활동에는 134.9±79.1분이 소요된 것으로 나타났다. 5단계 이후의 활동 중 ‘쇼핑 및 보통속도로 걷기(12단계)’에 해당하는 활동에 소요된 시간은 64.7±51.4분(4.5%)이었다. 보통 활동’으로 분류되는 15-17단계 활동 중 15단계 활동인 ‘청소(걸레질), 세차 등’에 소요된 시간은 16.8±64.7분으로 표준편차 값이 매우 높게 나타났다.

조사 대상자들의 18단계별 소요 시간과 1일 중 소요

시간 비율을 살펴 본 결과, 가사 업무에 해당되는 8단계, 9단계, 10단계, 11단계, 13단계, 15단계의 경우, 평균값에 비해 표준편차가 컸는데, 이는 개인 행동 양식에 따라 소요 시간에 있어서 개인차가 크기 때문인 것으로 보여진다.

각 단계별 소요 시간과 단계별 REE 가중치를 이용하여 계산된 대상자들의 평균 활동 계수는 1.74로 나타났다. 이와 같은 결과는 윤 등(4)이 1999년 통계청 생활시간 조사결과를 활용하여 계산한 여대생의 평균 활동계수(1.50)보다 높았으며, 남학생을 포함한 전체 대학생의 활동계수(1.51)보다도 높게 나타났다. 또한, 박 등(19)이 1일 활동 시간표를 통해 산출한 정상체 중 성인 여성의 활동계수(1.64)보다도 높은 결과였다.

본 연구 대상자의 활동계수가 다른 연구에서 보고된 대학생의 활동계수보다 높게 나타난 것은 활동량 조사를 한 3일간 보수계를 착용하고 보행수를 기록토록 한

것과 관련이 있을 것으로 사료된다. 실제로 Catrine 등 (20)의 연구 결과를 통해 보수계가 보행습성을 증가시킬 수 있는 동기부여의 도구가 될 수 있음이 입증된 바 있으며, 본 연구 결과에서도 보수계를 통한 활동량 증진 효과의 가능성을 예측할 수 있었다.

18단계의 활동을 4단계로 재분류해 보면, '매우 약한 활동'에 소요되는 시간이 하루 중 81.6%를 차지하여 거의 대부분을 차지함을 알 수 있었다. 나머지 18.4%에 해당되는 활동 중 '약한 활동'이 15.0%에 해당되었고, '보통 활동' 및 '강한 활동'에 소요된 시간은 각각 1.2%와 0.4%에 불과하였다.

2) 15분 단위 단계별 활동 빈도 조사

15-min check list에 의한 단계별 활동의 예, 소요 시간, 1일 중 차지비율 및 해당 활동 15분간 에너지 소비량을 Table 5에 나타내었다. 하루 24시간 중 수면 시간이 501.2±2분으로 34.8%를 차지하였는데, 이러한 결과는 Table 4의 결과(529.2분, 36.8%)와 유사하였다. 또한 2단계에 해당되는 앉아서 하는 활동(식사, 쓰기, 듣기 등)이 전체의 38.8%를 차지하여, 수면과 더불어 1일 중 73.6%에 해당되었다. 그밖에 서서하는 활동(3단계)과 천천히 걷기(4단계)가 각각 하루 중 10.9%와 10.2%를 차지하여, 1-4단계 활동이 하루 중 94.7%에 해당되었다. 한편, 가벼운 손 작업에 소모된 시간이 하루 중 4.0%를 차지하였으며, 6-7단계의 활동은 1.3%에 불과하였다.

15-min check list에 의한 조사된 대상자들의 1일 에너지 소비량은 2195.5±398.3kcal로 이와 동일한 방법으로 평가한 여대생 집단(평균연령 21.3±1.4세)의 1일 에너지 소비량(1963±267kcal)보다 높았다(21).

4. 에너지 평형의 평가

다양한 방법에 의해 계산된 1일 에너지 소비량을 살

펴보면 Harris-Benedict가 제시한 공식을 이용하여 계산한 경우가 2374.7±249.6kcal로 가장 높았고, 체중을 이용하여 계산된 에너지 소비량이 2033.5±313.2kcal로 가장 낮았다. 다양한 휴식대사량 예측 공식들로부터 산출된 1일 에너지 소비량과 에너지 섭취량을 비교하여 보면(Table 6), 대상자들의 에너지 섭취량은 1714.9±551.2kcal로, 여러가지 예측 공식을 이용하여 계산된 1일 총 에너지 소비량보다 낮게 나타났다. 박 등(19)의 연구에서도 20대 성인여성의 에너지 섭취량은 1615.0±371.7kcal인 반면 에너지 소비량은 2302.2±367.3kcal로 섭취량보다 높게 보고되었다.

대상자들의 에너지 섭취량이 낮게 평가되는 이유로, 대상자들이 조사기간 동안 평소보다 소량 섭취함으로써 에너지 섭취량이 낮게 평가되는 경우와 실제 섭취한 것보다 1인 분량을 낮게 제시하였을 가능성이 언급되었다(22,23). 이상은 에너지 섭취량이 과소평가되었을 가능성을 설명하고 있는데, 이와 반대로 에너지 소비량이 과대평가되었을 가능성도 있을 수 있다. 에너지 소비량 평가의 오차는 대상자의 비만도에 따라 차이를 보인다고 하는데(22,23), 정상 체중자에서는 실제보다 10-30%가량, 체중 초과자에서는 실제보다 20-50%가량 에너지 소비량이 과대평가되었다고 하였다. 이와 관련하여, Keiko 등(24)은 예측 공식을 이용한 휴식대사량과 간접 열량계를 이용하여 측정된 휴식대사량을 비교분석한 결과, 휴식대사량 예측 공식(회귀 방정식)은 대상자의 특성에 따라 차별화 되어야 하며 특별히 인종에 따른 특이성(specific)이 반영되어야 한다고 하였다.

5. 상관관계 분석

1) 보행수 관련 상관관계 분석

오전, 오후 및 1일 총 보행수와 활동계수와의 상관관계는 Table 7에 나타내었다. 1일 총 보행수는 오전

Table 7. Correlation coefficients between pedometer counts and activity coefficient

	Pedometer counts(steps)			Activity coefficient
	Before noon	Afternoon	Total	
Before noon : pedometer counts(steps)	1.000	-0.018	0.597***	0.097
Afternoon : pedometer counts(steps)		1.000	0.791***	0.253*
Total : pedometer counts(steps)			1.000	0.262*
Activity coefficient				1.000

* : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001

Table 8. Correlation coefficients between expending times by 4 activity levels

	Very light activity	Light activity	Moderate activity	Severe activity
Very light activity	1.000	- 0.773***	- 0.553***	- 0.418***
Light activity		1.000	- 0.080	0.589***
Moderate activity			1.000	- 0.114
Severe activity				1.000

* : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001

Table 9. Correlation coefficients between daily energy expenditure and anthropometric measurements

	Daily energy expenditure (kcal)				
	H-B ⁵⁾	B-W ⁶⁾	BSA ⁷⁾	WHO ⁸⁾	15-min check ⁹⁾
Weight(kg)	0.398**	0.781***	0.497***	0.987***	0.798***
Height(cm)	0.220	0.361*	0.392**	0.613***	0.364**
BMI(kg/m ²)	0.301*	0.646***	0.304*	0.724*	0.637***
Body fat ¹⁾ (%)	0.250	0.370*	0.224	0.285***	0.381**
Body fat ²⁾ (%)	0.129	0.384*	0.167	0.524***	0.337**
Muscle(kg)	0.350*	0.581***	0.400*	0.634***	0.617***
Muscle(%)	0.128	0.041	0.094	0.112	0.066
TSF(mm) ³⁾	0.105	0.333*	0.128	0.461***	0.269*
MAC(cm) ⁴⁾	0.359	0.654***	0.392*	0.686***	0.596***

¹⁾ measured by Bioelectrical impedance fatness analyzer

²⁾ estimated based on triceps skinfold by caliper

³⁾ Triceps skinfold thickness

⁴⁾ Mid-arm circumference

⁵⁾ Harris-Benedict formula

⁶⁾ Formula based on body weight

⁷⁾ Formula based on body surface area

⁸⁾ WHO/NAO/FAO formula

⁹⁾ 15-min. check list

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.0001

보행수(r=0.597)보다는 오후 보행수(r=0.791)와 더 높은 양의 상관관계를 보였다. 개인의 활동정도를 나타내는 계수로서, 에너지 필요량을 결정하는 중요한 요인이 되는 활동계수는 정오부터 취침 시까지의 보행수를 나타내는 오후 보행수 및 1일 총 보행수와 각각 r=0.253 및 r=0.262의 양의 상관관계(p<0.05)를 보였다. 이처럼 활동계수와 1일 총 보행수간에 유의적인 양의 상관관계가 있음은 보행수의 증가를 통해 활동량을 증진시킬 수 있고, 활동량의 증가를 통해 에너지 소비량을 증가시킬 수 있음을 시사하고 있다.

2) 활동 단계별 소요 시간과의 상관관계

활동 강도에 따른 네 단계별 소요 시간 상호간의 상관관계를 Table 8에 제시하였다. ‘매우 약한 활동’에 소요된 시간은 ‘약한 활동’, ‘보통 활동’ 및 ‘강한 활동’에

소요된 시간과 모두 의미있는 음의 상관관계를 나타냈다. 18단계의 활동 중 1-5단계의 활동이 ‘매우 약한 활동’에 포함되는데, ‘매우 약한 활동’에 많은 시간이 소요되는 경우, 상대적으로 나머지 3가지 영역(약한, 보통, 강한)의 활동에 소요되는 시간이 적어짐을 의미한다고 할 수 있다. 즉, ‘매우 약한 활동’은 비활동 요소에 속하는 행동 양식이 포함되어 있는 단계로, 수면을 포함하여 주로 좌업식 행동 양식이 포함되는데, 이는 비활동 요소가 강할수록 강도 높은 활동 단계의 소요 시간이 감소함을 보여준다고 할 수 있다. 실제로 윤 (25)의 연구에서도 비활동 요소 중의 하나인 TV 시청시간이 길어질수록 신체 활동량이 감소함이 지적된 바 있다.

3) 1일 총 에너지 소비량과 신체 계측 결과와의 상관관계 분석
대상자들의 1일 총 에너지 소비량과 신체 계측 결과

간의 상관관계 분석 결과를 Table 9에 나타내었다. 전체적으로 휴식대사량 또는 1일 에너지 소비량을 산출하는 공식에 체중 또는 신장이 변수로 포함되었으므로, 이들 에너지 소비량은 체중, 신장 등과 의미 있는 양의 상관관계를 보여주었다. 여대생을 대상으로 한 김과 차(21)의 연구에서도 calorie counter와 15-min check list를 이용하여 산출한 1일 에너지 소비량이 신장, 체중, BMI, relative body weight 등과 의미 있는 양의 상관관계를 보인 바 있다. 체지방률(%)은 체표면적을 이용한 공식, WHO/NAO/FAO 공식 그리고 15-min check list를 이용하여 계산된 에너지 소비량과 $r=0.285-0.524$ 의 의미 있는 양의 상관관계를 보였다.

한편 근육량(kg)은 모든 에너지 소비량과 의미 있는 양의 상관관계를 보였는데 특히, WHO/NAO/FAO 공식 및 15-min check list를 이용하여 계산된 에너지 소비량과 각각 $r=0.634$ 와 $r=0.617$ 의 높은 양의 상관관계를 보여주었다. 또한, 근육량을 간접적으로 대변해 주는 상완위 둘레(mid-upper arm circumference)도 에너지 소비량과 $r=0.359-0.686$ 의 높은 양의 상관관계를 보였다. 이와 관련하여 체지방률(lean body mass, LBM)이 1일 에너지 소비량, 기초 대사량 및 휴식대사량을 예측하는데 유용한 지표로 사용될 수 있음이 Astrup 등(25)의 연구에서 이미 보고된 바 있다. 박 등(19)도 에너지 권장량, 즉 에너지 섭취 기준은 단위 체중당으로 제시하는 것보다는 단위 체지방량 또는 단위 근육량으로 제시하는 것이 더 의미있다고 하였다. 이와 같은 결과는 에너지 소비량이 증가할수록 근육량이 함께 증가할 수 있는 가능성을 시사하고 있다. 실제로, 근육량의 증가는 내당능력(glucose tolerance) 및 혈청 지질 profile을 향상시키는 등, 각종 질환 발생에 있어서 예방적 역할을 하는 것으로 알려져 있다(26,27).

본 연구 결과만으로는 피검자에게 가장 적절한 predicted expenditure equation을 선별·평가하기 어렵다. 다만, 단순히 체중이나 신장만을 변수로 이용하기 보다는 구체적인 세부 활동 내역이 포함된 15-min check list method 가 좀 더 세밀하게 활동 내용을 반영하고 있다고 할 수 있다.

요약 및 결론

본 연구는 강릉대학교에 재학 중인 여대생 70명을 대상으로 신장, 체중, 상완위 둘레 및 삼두박근 피하지방 두께를 직접 측정하였고 체지방 및 근육량을 측정 또는 산출하였다. 이들의 휴식대사량을 Harris-Benedict 공식, 체중을 이용한 공식, 체표면적을 이용한 공식과 WHO/NAO/FAO에서 제안한 공식을 이용하여 계산하였고, 일부 대상자에 대하여 간접 열량계인 Metavine(Biospace company)과 TrueOne2400(ParvoMedics)을 이용하여 휴식대사량을 측정하였다.

연속되는 3일간 각각의 활동에 소요된 시간과 활동의 내용을 자가 기록토록 한 후, 일본인 영양소요량 5차(1985) 자료를 토대로 활동 계수를 계산하였으며, 15-min check list를 통해 1일 에너지 소비량을 계산하였다. 아울러 보수계를 이용하여 3일간의 보행수를 측정하였다. 본 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 연구 대상자의 평균 연령은 21.3 ± 1.4 세였으며, 평균 신장 및 체중은 각각 159.1 ± 5.8 cm와 54.2 ± 7.2 kg이었다. 그리고, 생체 전기 저항분석법과 피하지방 두께를 이용하여 추정된 체지방률은 각각 $23.9 \pm 2.5\%$ 와 $23.7 \pm 4.3\%$ 였고, 근육량 및 근육량 비율은 각각 15.1 ± 2.7 kg과 $29.8 \pm 3.8\%$ 였다.
2. Harris-Benedict 공식, 체중, 체표면적, WHO/NAO/FAO 공식을 이용하여 계산한 휴식대사량은 각각 1366.9 ± 74.4 kcal/day, 1171.4 ± 155.8 kcal/day, 1342.0 ± 97.4 kcal/day, 1287.8 ± 106.6 kcal/day로 예측되었다. 또한, 이들 값에 평균 활동 계수(1.74)를 곱하여 계산한 1일 에너지 소비량은 각각 2374.7 ± 249.6 kcal/day, 2033.5 ± 313.2 kcal/day, 2331.2 ± 266.0 kcal/day, 2240.8 ± 185.5 kcal/day였다. 한편, 24시간 식사 회상법을 통해 조사된 대상자들의 에너지 섭취량은 1714.9 ± 551.2 kcal였다.
3. 간접 열량계(Metavine과 TrueOne2400)를 이용하여 측정된 휴식대사량은 각각 1582.0 ± 150.1 kcal/day와 1268.2 ± 152.9 kcal/day였다.
4. 본 연구 대상자의 오전과 오후 보행수는 각각 3778.2 ± 1853.4 steps와 8243.1 ± 2431.8 steps였고, 1일 총 보행수는 11981.2 ± 3014.4 steps였다. 또한, 시간당 보행수는 오전과 오후 각각 1046.0 ± 556.7 steps/hour와 666.5 ± 196.0 steps/hour였으며, 1일

평균 시간당 보행수는 746.1 ± 198.0 steps/hour로 조사되었다.

- 매우 약한 활동에 소요된 시간은 나머지 3개 영역(약한, 보통, 강한 활동)에 소요된 시간과 의미 있는 음의 상관관계($r=-0.773$, $r=-0.553$, $r=-0.418$)를 보였다. 한편, 근육량(kg) 및 상완위 둘레는 1일 에너지 소비량과 $r=0.350-0.686$ 의 의미있는 양의 상관관계를 보였다.

최근 평균 수명의 증가와 함께 건강에 대한 관심이 고조되면서 비만의 예방 및 치료를 위한 에너지 소비량 증가 방안에 대한 연구 필요성이 제시되고 있다. 이를 위하여는 무엇보다도 먼저, 개인의 에너지 소비량을 정확히 측정 또는 추정하는 방법이 개발되어야 할 것이다. 휴식대사량 평가에 있어서, 예측 공식을 사용하는 것보다는 휴식대사량 측정을 위하여 개발된 기저재를 사용 시, 더욱 정확한 data를 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 그러나, 간접 열량계는 측정에 따른 경비, 시간, 노력 등으로 인하여 다수의 피검자에게는 적용키 어려울 수 있다. 따라서, 피검자의 수, 연구목적 및 상황에 따라 적절한 방법을 선택하는 것이 필요하다. 특별히, 정확한 간접열량계로 측정된 휴식대사량을 Y 값으로 하여, 다양한 조건(인종, 성별, 연령, 비만도 등)의 대상자의 특성이 반영된 휴식대사량 예측 회귀 방정식이 도출된다면, 가장 바람직할 것으로 생각된다.

아울러, 안정적이고 신뢰도가 높은 휴식대사량 측정이 가능한 간접 열량계의 개발 및 활용이 권장되며, 보행수를 정확히 측정할 수 있는 보수계의 선택 및 보행수를 에너지 소비량으로 환산할 수 있는 방법 등이 연구되어야 할 것이다

본 연구 결과를 통하여 보수계를 이용한 보행수의 평가는 활동 지향적 생활 방식으로의 전환을 자극하는 유용한 도구가 될 수 있음을 보여주었다. 즉, 보행수의 증가만으로도, 활동 강도를 높혀 1일 에너지 소비량을 증가시킬 수 있으며, 에너지 소비량의 증가는 '근육량 증가'라는 결과를 가져와 건강 증진을 위한 귀중한 자산이 될 수 있음을 보여주었다.

참고문헌

- 보건복지부. 1992 국민영양조사 보고서. 1994
- 보건복지부. 2001 국민건강 영양조사 보고서. 2002
- 보건복지부. 1998 국민건강 영양조사 보고서. 1999
- 윤진숙, 김기진, 김정희, 박영숙, 구재욱. 한국성인의 영양권장량 설정 및 국민식생활 프로그램 개발연구. 계명대학교, 2002
- Arciero PJ, Goran MI, Poehlman ET. Resting metabolic rate is lower in women than men. *J Appl Physiol* 75 (6):2514-2520, 1993
- Liu HY, Lu YF, Chen WJ. Predictive equations for basal metabolic rate in Chinese adults : A cross-validation study. *J Am Diet Assoc* 95:1403-1408, 1993
- Napoli R, Horton ES. Present knowledge in nutrition. 7th edition ILSI Press, Washington USA, 1998
- 한국영양학회. 한국인 영양권장량 제 7차 개정. 사단법인 한국영양학회, 2000
- 강명희. 2000년 한국인의 영양권장량과 영양섭취실태 변화. *한국영양학회지* 35 (1):147-157, 2001
- Brevard PB, Ricketts CD. Residence of college students affects dietary intake, physical activity, and serum lipid levels. *J Am Diet Assoc* 96:35-38, 1996
- Hertzer AA, Frary RB. Dietary status and eating out practice of college students. *J Am Diet Assoc* 92:867-869, 1992
- 이기열, 문수재. 제 4-6 신체의 에너지 필요량 최신영양학. 수학사, pp.92-108, 2002
- Bouchard C, Tremblay A, Leblanc C, Lortie G, Savard R, Theriault G. A method to assess energy expenditure in children and adults. *Am J Clin Nutr* 37:461, 1983
- 이정령. 여대생의 제지방량에 따른 기초대사량의 비교연구. 동덕여자대학교 석사학위논문, 2001
- 박정아, 김기진, 김정희, 박영숙, 구재욱, 윤진숙. Indirect Calorimetry를 이용한 한국 성인의 휴식대사량 비교 연구. *대한지역사회영양학회지* 8 (6):993-1000, 2003
- 임미자, 김경숙. 신체활동의 에너지소비량과 최대하 운동시의 심박수 및 혈중 유산농도에 대한 연구. *대한비만학회지* 10 (4):366-375, 2001
- 강희성. 국민생활체육 활성화를 위한 운동처방의 기초자료 수집-여자 고등학교 학생과 여자 대학생의 1일 중 신체활동량 측정을 중심으로. *운동과학* 5 (2):191-198, 1996
- 김영남, 나현주. 중고등학교 남녀 청소년의 에너지 소비실태. *대한지역사회영양학회지* 8 (3):270-279, 2003

19. 박정아, 김기진, 윤진숙. 정상체중 성인과 과체중 성인의 에너지 섭취량, 휴식대사량, 활동대사량 비교연구. 대한지역사회영양학회지 9 (3):285-291, 2004
20. Catrine TL, Rhonda C, Bell A, Myer M, Stewart B, Nicola L, Wilson R. Pedometer-determined ambulatory activity in individuals with type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Prac* 55:191-199, 2002
21. 김석영, 차복경. 여대생 집단의 에너지 소비량에 관한 연구. *한국영양식량학회지* 22 (2):149-153, 1993
22. Johan L, Solvoll K, Bjorneboe GE, Drevon CA. Under- and over reporting of energy intake related to weight status and lifestyle in a nationwide sample. *Am J Clin Nutr* 68 (2):266-274, 1998
23. Sichert-Hellert W, Kersting M, Schoch G. Underreporting of energy intake in 1 to 18 year old German children and adolescents. *Z Ernährungswiss* 37 (3):242-251, 1998
24. Keiko O, Case C, Jayne B, Cindy H. Resting energy expenditure in Asian women measured by indirect calorimetry are lower than expenditures calculated from prediction equations. *J Am Diet Assoc* 97:1288-1292, 1997
25. 윤근애. 부산지역 일부 청소년의 체중상태와 신체활동량과의 관계. *한국영양학회지* 34 (1):39-47, 2001
26. Astrup A, Thorbek G, Lind J, Lsaksson B. Prediction of 24-h energy expenditure and its components from physical characteristics and body composition in normal-weight humans. *Am J Clin Nutr* 52:777-783, 1990
27. Tuder-Locke C, Myers AM, Rodger NW. Formative evaluation of the first step program : A practical intervention to increase daily physical activity. *Can J Diabetes Care* 24:34-38, 2000
28. 정정욱, 김훈. 걷기형태가 에너지 소비량 및 호흡순환기능에 미치는 영향. *한국체육학회지* 43 (5):321-330, 2004