

30-40대 성인여성의 휴식대사량 측정치와 추정 공식 적용 계산치의 비교

이정숙 · 이가희 · 김은경^{*}
강릉대학교 생명과학대학 식품과학과

Comparison of Measured and Predicted Resting Metabolic Rate of 30-40 aged Korean Women

Jung - Sook Lee · Ga - Hee Lee · Eun - Kyung Kim^{*}
Dept. of Food Science Kangnung National University

ABSTRACT

The purposes of this study were to measure the resting metabolic rate(RMR) of 30-40 year old women and to compare it with values predicted using published equations. Body weight, height and body fat of subjects were measured. RMR was measured by two indirect calorimeter(method 1 and method 2). RMR was predicted using various equations. Average height, weight and body fat(%) of subjects were 158.6cm, 59.1kg and 30.9%, respectively. The RMR(1621.2±301.5 kcal/day) measured by portable indirect calorimeter(method 2) was significantly higher than RMR(1447.4±223.6 kcal/day) measured by typical indirect calorimeter(method 1). Comparison of measured RMR with predicted RMRs suggested that there was a least difference in RMR predicted by equation of Cunningham. According to RMSPEs(Root Mean Squared Prediction Errors), equations of Cunningham and body surface area were found to predict measured RMR(by method 1) most accurately (within 239.1kcal/day and 232.9kcal/day, respectively). The fat free mass and fat mass - adjusted correlation showed that measured RMR(by method 1) had negative relationships with muscle mass($r = -0.873$) and fat free mass($r = -0.866$). The equations of Cunningham and body surface area provide relatively accurate estimates of RMR when determining energy needs of 30-40 aged women. There are needs for development of RMR predicted equations that are derived from large samples of Korean.

Key Words : Resting metabolic rate, Predicted RMR, Women

접수일 : 2007년 3월 12일, 채택일 : 2007년 4월 9일

^{*} Corresponding author : Eun-Kyung Kim, Department of Food Science, Kangnung National University, 120 Kangnungdaehangno, Gangneung-si, Gangwon-do 210-702, Korea

Tel : 033)640-2336, Fax : 033)647-9535, E-mail : ekkim@kangnung.ac.kr

서론

1일 총 에너지 소비량을 구성하는 주된 요소로는 기초대사량(Basal Metabolic Rate, BMR), 육체적 활동, 식이성 발열 효과 등을 들 수 있다. 이 가운데 가장 큰 비중을 차지하고 있는 기초대사량은 인체의 생리적인 기능을 유지하기 위해 소비되는 에너지로 총 에너지 소비의 60~75%를 차지한다(1-3). 기초대사량은 정상적인 생체기능의 유지와 항상성을 위해서 소비되는 최소한의 에너지이고, 휴식대사량(Resting Metabolic Rate, RMR)은 단식 후 휴식을 취한 후의 에너지 소모량으로 기초대사량과 거의 유사하게 사용되나, 실제로 휴식대사량이 기초대사량보다 다소 높다(4).

기초대사량에 영향을 미치는 중요한 요소로는 연령과 체구성 성분, 즉 체중, 체표면적, 제지방(fat-free mass), 체지방, 체지방분포, 지방세포 수와 크기 등이 있는데, 이들 중에서 체중, 체표면적과 제지방이 기초대사량과 매우 높은 상관관계를 보이며(5), 특히 제지방이 기초대사량에 가장 큰 영향을 주는 변수로 보고되고 있다(6,7). 비만인 사람이 정상 체중인 사람보다, 남성이 여성보다, 젊은 사람이 나이든 사람보다, 그리고 근육이 발달한 운동선수나 중노동자가 일반인보다 기초대사량이 높는데, 이는 기초대사량에 영향을 미치는 제지방량의 차이 때문으로 보고되고 있다. 기초대사량 뿐만 아니라 휴식대사량 역시 체성분이나 연령에 따라 변화하는데, 연령에 따른 휴식대사량의 변화를 살펴본 연구 결과(8)에 따르면, 태어난 직후부터 2세까지는 휴식대사량이 증가하다가, 아동기를 지나면서 점차적으로 감소한다고 한다. 그 이후 사춘기(제2의 성장기)에 일시적인 증가를 보이다가 점차 나이가 들어감에 따라 휴식대사량은 지속적으로 감소하게 된다. 이처럼 가령에 따라 휴식 대사량이 감소하는 원인은 대부분이 제지방 체중의 감소에 따른 것으로 보여진다(9-11).

기초대사량 및 휴식대사량에 관한 국내의 연구들을 살펴보면, 한국인의 기초대사량과 1일 소비열량

에 관한 연구(12), 제지방의 구성과 안정 시 대사량과의 관계(13), 비만도와 환경온도가 기초 대사량에 미치는 영향(14) 등이 발표되었다. 기초대사량을 대신할 수 있는 휴식대사량은 간접열량계(Indirect calorimetry)를 이용하여 비교적 정확하게 측정할 수 있으나 기저제 구입비용, 사용할 수 있는 기계의 수적인 제한, 측정을 위한 소요시간, 측정의 번거로움 등의 제약조건으로 인해 간접열량계를 이용한 RMR의 측정이 보편적인 방법은 아니다. 최근 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 이동식 간접열량계가 개발되어 보급되고 있다. 뿐만 아니라 체중, 신장, 연령, 성별 등의 다양한 변수를 이용하여 유도된 각종 추정식을 이용하여 RMR을 예측하는 방법이 대안으로 제시되고 있다. Harris와 Benedict(15)는 신장 및 체중 그리고 연령 등의 변수를 이용하여 기초대사량을 추정할 수 있는 공식을 제시하였고, Owen 등(16,17)과 Mifflin 등(18)은 체중으로부터 기초대사량을 구하는 공식을 제시하였다. 또한 Cunningham(19)은 제지방량과 관련이 있는 기초대사량 예측 공식을 제시하였다. 그러나 이와 같은 예측 공식은 적용 대상이나, 대상의 수, 이용된 변수 등에 따라 그 정확도에 차이를 보인다. 20대 여대생을 대상으로 실측 휴식대사량과 예측 기초대사량과의 상관관계를 보고한 Chang 등(4)에 따르면 제지방량을 적용하여 기초대사량을 계산하는 Cunningham 공식이 실측 휴식대사량과 가장 밀접한 관계를 보인다고 하였다.

지금까지 우리나라에서 성인여성의 에너지소비량 및 휴식대사량에 대한 연구는 주로 20대 여대생을 대상으로 한 연구로 제한되어왔다(4,20). 그러나 실제로 비만발생율이 높아 체중관리의 필요성이 있는 30대 이후의 성인 여성을 대상으로 한 연구는 찾아보기 힘들다. 따라서 본 연구에서는 30~40대 성인 여성을 대상으로 최근 우리나라에서 사용되고 있는 2가지 간접열량계를 이용하여 휴식대사량을 측정하여 그 값을 비교하고, 또한 다양한 추정 공식을 적용하여 계산된 RMR 예측치와 비교하여 보고자한다. 본 연구 결과는 성인여성의 에너지소비량에 대한

올바른 평가를 바탕으로 적정 에너지 섭취권장량 설정에 필요한 기초 자료를 제시해 줄 것으로 기대한다.

4) 체질량지수 계산

측정한 신장과 체중을 이용하여 다음과 같이 체질량지수(body mass index, BMI)를 계산하였다.

$$\text{BMI} = \text{body weight}(\text{kg}) / \text{Height}^2(\text{m}^2)$$

연구대상 및 방법

1. 연구대상

영동지역에 거주하는 30~40대의 성인여성 중 특별한 질환이 없는 건강한 여성 60명을 대상으로 본 연구를 수행하였다.

2. 신체계측

1) 신장측정

휴식대사량 측정 전에 Martin식 신장계(Jenix, DongSan Jenix, Korea)를 이용하여 대상자의 신장을 측정하였다. 신장 측정 시 연구대상자로 하여금 맨발의 상태로 자연스럽게 직립자세를 취하게 하고, 발뒤꿈치와 엉덩이, 어깨, 머리 뒷부분이 수직으로 일직선이 되도록 하고, 시선은 정면을 바라보고 수평이 되도록 하여 0.1cm 단위까지 측정하였다.

2) 체중 및 체지방량 측정

휴식대사량 측정 전에 생체전기저항법(Bioelectrical impedance analysis)을 토대로 개발된 체성분 분석기기(InBody4.0, Biospace, Korea)를 이용하여 체중과 체지방량을 측정하였다. 측정 전 몸에 부착된 금속 장식품을 제거한 후, 가벼운 옷차림 상태에서 맨발로 표시된 지점에 정확히 올라서서 측정하였으며 0.1kg 단위까지 측정하였다.

3) 체지방량 계산

체지방량(Fat-free mass, FFM)은 체성분 측정기기의 결과를 바탕으로 하여 체중에서 체지방량을 빼 값으로 적용하였으며, 단위는 kg으로 하였다.

5) 체표면적 계산

체표면적(Body surface area, BSA)은 Dubois 공식(21)을 이용하여 다음과 같이 계산하였다. 체중은 kg, 신장은 m, 체표면적의 단위는 m^2 으로 하였다.

$$\text{BSA}(\text{m}^2) = \text{Weight}^{0.425}(\text{kg}) \times \text{Height}^{0.725}(\text{cm}) \times 0.007184$$

3. 휴식 대사량(Resting energy expenditure)의 평가

1) 휴식대사량 측정

간접 열량 측정법(indirect calorimeter)을 적용한 서로 다른 2개의 가스호흡분석기로 연구대상자의 휴식대사량을 측정하였다. 일정한 온도와 습도가 유지되며 주위에 사람들이 없는 조용한 실험실에서 측정을 실시하여, 주변 환경의 스트레스로 인한 측정 오차를 줄이도록 하였다. 측정하기 전, 피험자를 14시간 이상 금식시키고 측정 전 24시간 동안 운동을 하지 않도록 하였다. 측정 당일 아침에도 가능한 활발한 신체적 활동을 자제시킨 상태로 실험실에 도착하도록 하였다.

첫 번째 방법(Method 1)은 피험자가 30분 이상 누운 상태에서 안정을 취한 후, 측정토록 하였다. 누운 상태에서 마스크(Mask)를 착용하고 30분 이상 편안한 상태에서 호흡하도록 하였다. 측정 30분 동안 가스호흡분석기(Model QMC, TrueOne2400 Co. USA)를 사용하여 10초 간격으로 산소 소비량과 이산화탄소 생성량을 측정하였다. 측정 시작 5분 동안의 값을 제외한 나머지 시간 동안의 산소소비량과 이산화탄소 생성량의 평균값을 구한 후 이를 이용하여 호흡상수(Respiratory quotient, RQ)를 구하였고, 이를 토대로 휴식대사량을 산출하였다. 간접적 에너지

측정법은 보통 산소의 흡입량을 일정시간 동안 측정 후 표준화된 조건에서 미리 산출된 산소와 열량 사이의 관계식으로부터 소모된 에너지를 산출한다. 산출치에 의하면 1L의 산소 소비는 3.9kcal의 에너지를 발생시킨다(21,22).

두 번째 방법(Method 2)은 기자재의 사용방법에 준하여 측정 전 의자에 편안히 앉아 30분 동안 안정을 취하였다. 안정을 취한 후 한 손으로 휴대용 간접 열량계를 잡고, 반대쪽 팔은 팔걸이에 얹은 자세를 유지하며 측정하였다. 노즈클립(nose clip)으로 코를 막고, 빠- 소리가 멈출 때까지 5~10분가량 플로우 튜브(flow tube)에 끼워진 1회용 마우스피스(mouthpiece)를 입에 물고 자연스럽게 호흡하도록 하였다. 휴대용 간접 열량계(Method 2)는 이때 생성되는 이산화탄소양 만을 10분 동안 측정하며, 고정된 RQ값(0.85) 등을 이용하여 휴식대사량으로 변환하는 표준공식인 Weir 공식을 이용한다(23).

2) 예측 공식을 이용한 휴식대사량의 추정

지금까지 보고된 다양한 휴식대사량 예측 공식(8가지)을 이용하여 휴식대사량을 계산하였다. 휴식대사량 추정식을 이용하는 경우, 체중과 체지방량은 kg으로, 신장은 cm로 하였으며, 연령은 만 연령을 적용하였다.

체중, 신장, 연령을 이용한 공식

① Harris-Benedict formula(15)

$$\begin{aligned} \text{REE(kcal/day)} \\ =655.1+[9.56 \times \text{Weight(kg)}]+[1.85 \times \text{Height(cm)}] \\ -[4.68 \times \text{Age(year)}] \end{aligned}$$

② Dietary Reference Intakes formula(24)

$$\begin{aligned} \text{REE(kcal/day)} \\ =255-[2.35 \times \text{Age(year)}]+[361.6 \times \text{Height(m)}] \\ +[9.39 \times \text{Weight(kg)}] \end{aligned}$$

③ Mifflin et al formula(18)

$$\begin{aligned} \text{REE(kcal/day)} \\ =[9.99 \times \text{Weight(kg)}]+[6.25 \times \text{Height(cm)}] \\ -[4.92 \times \text{Age(year)}]-161 \end{aligned}$$

④ Liu et al formula(2)

$$\begin{aligned} \text{REE (kcal/day)} \\ =(13.88 \times \text{kg})+(4.16 \times \text{cm})-(3.43 \times \text{Age})-112.4 \end{aligned}$$

체중과 신장을 이용한 공식

① Body surface area formula(25)

$$\begin{aligned} \text{REE(kcal/day)} \\ =\text{BSA} \times \text{단위 체표면적당 발생열량(kcal/m}^2\text{/hr)} \times 24 \\ \text{BSA(m}^2\text{)} \\ =\text{Weight}^{0.425}\text{(kg)} \times \text{Height}^{0.725}\text{(cm)} \times 0.007184 \end{aligned}$$

② WHO/NAO/FAO formula(26)

$$\begin{aligned} \text{REE(kcal/day)} \\ =[13.3 \times \text{Weight(kg)}]+[3.34 \times \text{Height(cm)}]+35 \end{aligned}$$

체중을 이용한 공식

① Owen et al formula(17)

$$\text{REE(kcal/day)}=795+[7.18 \times \text{Weight(kg)}]$$

체지방량을 이용한 공식

① Cunningham formula(19)

$$\text{REE(kcal/day)}=500+22(\text{Fat Free Mass})$$

4. 통계분석

모든 자료의 처리는 SAS 통계 프로그램(Ver. 8.0)을 이용하였다. 대상자의 신체계측 결과와 각각의 예측 공식을 통해 산출된 휴식 대사량의 평균값과 표준편차를 계산하였다. 또한, 실측 휴식대사량과 추정 공식을 적용하여 계산된 휴식대사량을 다음과 같은 방법으로 비교하였다.

첫째, 간접열량계(TrueOne2400)로 측정한 휴식대사

량과 예측 공식을 이용하여 산출된 휴식대사량간에 유의한 차이가 있는지를 유의수준 5%($p < 0.05$)에서 Paired t-test로 검증하였다.

둘째, 전체 연구대상자의 실측 휴식대사량과 예측 휴식대사량간의 차이의 평균값(Root Mean Squared Prediction Error, RMSPE)을 구하여 그 값의 대소를 토대로, 예측공식의 정확도를 평가하였다.

RMSPE

$$= \frac{\sqrt{\sum(\text{Actual RMR} - \text{Predicted RMR})^2}}{n}$$

셋째, Pearson's correlation coefficient를 이용하여, 실측 휴식대사량과 예측 공식을 이용한 휴식대사량간의 상관관계를 알아보았다. 또한, 실측 휴식대사량에 영향을 미치는 여러 가지 요인들과의 상관관계를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 성인여성 60명 중 측정치가 불안정한 3명의 data를 제외하고 나머지 57명의 data만을 본 연구에 이용하였다. 이들 연구 대상자들의 신체측치치는 Table 1과 같다. 대상자의 평균연령은 37.2 ± 4.2 세로 30~46세의 범위를 나타내었다. 신장과 체중은 각각 158.6 ± 4.8 cm와 59.1 ± 8.7 kg으로 Park 등(27)의 연구에서 보고된 성인여성(20~64세)의 평균 신장 및 체중(각각 158.3cm, 56.2kg)에 비해 신장은 유사하였고, 체중은 다소 높았다. 또한 한국인 영양 섭취기준 설정을 위한 체위기준표(24)에서 제시한 30~49세 여성의 신장 및 체중(157cm, 54.2kg)보다 다소 높았다. 신장에 따른 체중을 평가하여 비만의 정도를 알아보는 체질량지수(body mass index, BMI)는 $23.5 \pm 3.2(\text{kg}/\text{m}^2)$ 이었고, 체표면적(Body surface area,

Table 1. Anthropometric measurement of subject

| | Mean \pm S.D. | Range |
|---|-----------------|---------------|
| Age(years) | 37.2 ± 4.2 | 30 ~ 46 |
| Height(cm) | 158.6 ± 4.8 | 142.6 ~ 169.7 |
| Weight(kg) | 59.1 ± 8.7 | 44.8 ~ 71.2 |
| Body mass index(kg/m^2) ¹⁾ | 23.5 ± 3.2 | 17.6 ~ 33.8 |
| Body surface area(m^2) ²⁾ | 1.60 ± 0.11 | 1.37 ~ 1.94 |
| Body fat(kg) | 18.3 ± 5.8 | 16.9 ~ 34.1 |
| Body fat(%) | 30.9 ± 5.5 | 19.8 ~ 49.8 |
| Fat free mass(kg) ³⁾ | 40.4 ± 4.7 | 32.0 ~ 59.3 |

¹⁾ BMI = Weight(kg)/Height(m)²

²⁾ BSA = Weight(kg)^{0.425} \times Height^{0.725}(cm) \times 0.007184

³⁾ FFM = Weight(kg)-Fat(kg)

BSA)은 $1.60 \pm 0.11 \text{m}^2$ 이었으며, 체지방율은 $30.9 \pm 5.5\%$ 였다. 연구대상자의 체지방량은 $18.3 \pm 5.8 \text{kg}$ 이었으며 체중에서 체지방량을 제외한 제지방량(fat free mass, FFM)은 평균 $40.4 \pm 4.7 \text{kg}$ 으로 32.0~59.3kg의 범위를 나타냈다.

2. 실측 휴식대사량과 예측 휴식대사량과의 비교

2가지 간접열량계(방법 1, 방법 2)를 이용하여 측정한 실측 휴식 대사량과 Harris-Benedict, WHO/NAO/FAO, Cunningham, DRIs 등 총 8가지 휴식대사량 추정공식을 이용하여 계산된 휴식대사량의 평균값과 표준편차를 Table 2에 나타내었다. 방법 1에 따른 실측 휴식대사량은 평균 $1447.4 \pm 223.6 \text{kcal}/\text{day}$ 로 1056.7~2108.5kcal/day의 범위였으며, 방법 2의 실측 휴식대사량의 평균값은 $1621.2 \pm 301.5 \text{kcal}/\text{day}$ 로 방법 1에 의해 측정된 휴식대사량에 비해 높게 나타났다.

산소소비량($38.9 \pm 9.7 \text{ml}/\text{kg}/\text{min}$)만을 이용한 간접열량계로 측정된 휴식대사량(방법 2)은 $1621.2 \pm 301.5 \text{kcal}$ 로 산소소비량($35.5 \pm 3.9 \text{ml}/\text{kg}/\text{min}$)과 이산화탄소를 모두 측정하여 계산된 휴식대사량(방법 1, $1447.4 \pm 223.6 \text{kcal}$)에 비하여 높게 나타났다. 방법 1의 경우, 소비된 산소와 배출된 이산화탄소를 모두 측정하여 각 개인의 RQ 값을 계산하므로 비교적 정확

Table 2. Comparison between measured resting metabolic rates(method 1,2) and predicted resting metabolic rates (n=57)

(unit : kcal/day)

| Resting metabolic rate | Mean±S.D. | Differences (Predicted-Measured) | |
|---------------------------|-------------------|----------------------------------|-------------------|
| | | Method 1 | Method 2 |
| Measured | | | |
| Method 1 | 1447.4 ± 223.6 | | |
| Method 2 | 1621.2 ± 301.5*** | | |
| Predicted | | | |
| Harris-Benedict formula | 1333.7 ± 89.5 | -114.5 ± 225.5*** | -291.6 ± 276.5*** |
| Body surface area formula | 1388.5 ± 100.3 | -59.8 ± 227.1*** | -236.1 ± 276.1*** |
| WHO/NAO/FAO formula | 1351.0 ± 123.3 | -96.6 ± 235.5*** | -274.0 ± 274.1*** |
| DRIs | 1295.9 ± 90.8 | -151.5 ± 225.5*** | -328.1 ± 276.4*** |
| Cunningham's formula | 1388.7 ± 103.2 | -58.8 ± 240.8*** | -226.9 ± 297.5*** |
| Mifflin et al's formula | 1237.4 ± 105.4 | -210.0 ± 228.9*** | -387.3 ± 276.1*** |
| Owen et al's formula | 1219.4 ± 62.9 | -228.0 ± 221.8*** | -403.7 ± 281.5*** |
| Liu et al's formula | 1240.0 ± 131.1 | -207.4 ± 237.9*** | -385.4 ± 273.9*** |

Significant difference between measured RMR by method 1 and predicted RMR : at *** : p<0.001

하게 에너지 소비량을 측정할 수 있는 장점이 있는 반면, 가격이 고가이고, 장비가 커서 연구대상자의 생활 현장으로의 이동이 어렵다. 반면, 방법 2는 장비가 작아 연구대상자의 거주환경이나 작업 현장으로 장비를 이동하여 측정할 수 있는 장점이 있다. 그러나 방법 2에서는 산소소비량만을 측정하고 RQ 값을 0.85(이때는 측정자의 식사 내용을 탄수화물 50.7%, 지방 49.7%로 가정한 것임)로 고정시켜 계산하게 되는데, 실제로 보편적인 우리나라 사람은 지방 25%, 탄수화물 75% 내외의 식사를 하고 있으므로 실제의 data와 차이를 보일 가능성이 크다. 이에 본 연구에서는 방법 1에 의한 측정치를 실측치로 보고 예측 RMR 값의 차이를 비교하였다.

여대생을 대상으로 한 Chang 등(4)의 연구에서 보고한 실측 휴식대사량은 1257.2±147.9kcal/day로 본 연구 대상자의 실측 휴식대사량(방법 1)보다 낮았다. 이와 같은 결과는 조사대상자의 연령 및 비만도에 따른 차이와 관련이 있을 것으로 생각된다. 실제로 Chang 등(4)의 연구 대상이 된 여대생의 평균 연령은 21.2±1.2세로 본 연구대상자의 평균연령 37.2±4.2세 보다 낮았으며, 체중, BMI 등도 본 연구대상자보

다 낮았다. 실제로 Sohn 등(28)의 연구결과에 따르면 BMI가 27kg/m²이상인 비만군의 안정시 에너지소비량은 1470±336kcal/day로 BMI가 27kg/m² 이하인 정상체중군의 안정시 에너지소비량(1401±319kcal/day)보다 더 높게 나타났다.

본 연구에서 신장, 체중, 연령 및 성별을 이용한 Harris-Benedict 공식으로부터 산출된 예측 휴식대사량은 1333.7±89.5kcal/day였으며, 성별과 연령에 따라 신장, 체중을 적용한 WHO/FAO/UNU 공식 및 Cunningham 공식을 이용하여 계산된 휴식대사량은 1351.0±123.3kcal/day와 1388.7±103.2kcal/day으로 나타났다. 한편, 여대생을 대상으로 한 Chang 등(4)의 연구에서 Harris-Benedict 공식, WHO/FAO/UNU 공식 및 Cunningham 공식을 이용하여 산출한 휴식대사량은 각각 1369.3±44.5kcal/day, 1290.0±61.7kcal/day 및 1187.6±49.2kcal/day로 본 연구 결과와 비교 시, Harris-Benedict 공식에 의한 예측 휴식대사량은 본 연구결과보다 높았고, WHO/FAO/UNU 공식 및 Cunningham 공식을 이용하여 계산된 휴식대사량은 본 연구결과보다 낮게 나타났다. 이와 같은 결과는 Harris-Benedict 공식에서는 특히 나이가 주요 변수로

작용하기 때문에 젊은 사람들에게서는 높게, 나이든 사람들에게서는 낮게 휴식대사량이 평가된다고 보고한 다른 연구결과(17,18)들과 일치하였다. WHO/FAO/UNU 공식에 의한 예측 휴식대사량은 실측 휴식대사량을 높게 평가(overestimate)하는 것으로 보고된 바 있으나(29,30), 본 연구에서는 WHO/FAO/UNU 공식에 의한 예측 휴식대사량이 실측 휴식대사량보다 낮게 나타났다.

본 연구에서 각각의 예측 공식을 통해 추정된 휴식 대사량은 실측 휴식대사량보다 모두 낮게 나타났다. 예측된 8가지 휴식대사량 중에서 체중과 신장 등을 이용하여 제지방 체중을 계산한 뒤 제지방 체중에 일정한 계수와 상수를 넣어 만든 Cunningham(19) 공식으로부터 산출된 휴식대사량과 체표면적을 이용한 예측 공식으로부터 산출된 휴식대사량이 각각 1388.7 ± 103.2 kcal/day와 1388.5 ± 100.3 kcal/day로 높게 나타났다. 한편, 체중만을 변수로 사용한 Owen(17) 공식으로부터 계산된 휴식대사량이 1219.4 ± 62.9 kcal/day로 가장 낮게 나타났다. 제지방 체중에 근거한 Cunningham(19)의 공식으로부터 계산된 휴식대사량이 67~82% 정도의 설명력을 가진다고 보고되기도 하였으나(31,32), 다른 연구에서는 그의 공식이 55~60% 정도의 설명력을 가진다고 보고하기도 하였다(17).

실측 휴식대사량과 예측 휴식대사량과의 차이를 살펴보면, Cunningham의 공식 및 체표면적을 이용한 공식을 이용하여 산출된 휴식대사량과의 차이가 각각 -58.8 kcal/day와 -59.8 kcal/day로 가장 낮았다. 반면 다른 공식들로부터 계산된 휴식대사량과의 차이는 -96.6 kcal/day로부터 -228.0 kcal/day로 다양하였다.

한편, Chang 등(4)의 연구에서 보고한 실측 휴식대사량과 예측 휴식대사량과의 차이를 살펴보면, Cunningham 공식만이 -69.7 ± 116.2 kcal/day를 나타냈으며, Harris-Benedict 공식은 $+112.0 \pm 121.3$ kcal/day로 높게 나타났다. 또한 Owen 등(16)의 연구에서도 Harris-Benedict 공식으로 구한 예측 휴식대사량이 실측 휴식대사량보다 $+171 \pm 158$ kcal/day로 높게 나

Table 3. VO_2 max and adjusted measured resting metabolic rate of subjects

| | Method 1 | Method 2 |
|----------------------------------|--------------------|--------------------------|
| VO_2 max(ml/kg/min) | 35.5 ± 3.9 | $38.9 \pm 9.7^{***}$ |
| Resting Metabolic Rate(kcal/day) | 1447.4 ± 223.6 | $1621.2 \pm 301.5^{***}$ |
| Resting Metabolic Rate(kcal/FFM) | 36.2 ± 6.5 | $40.3 \pm 7.8^{***}$ |

FFM : Fat Free Mass

Significant difference at * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$

타났다.

두 가지 간접열량계를 이용하여 측정한 본 연구 대상자의 최대산소섭취량과 휴식대사량을 살펴보면 Table 3과 같다. 본 연구 대상자의 최대산소 섭취량은 35.5 ± 3.9 ml/kg/min으로 이동식 간접열량계를 이용하여 측정한 최대산소섭취량(38.9 ± 9.7 ml/kg/min)보다 유의하게 낮았다. 일부 신입 여대생을 대상으로, step-test를 이용하여 측정한 최대산소섭취량과 신체 활동량과의 상관관계에 관해 보고한 Park 등(33)의 연구결과를 살펴보면, 체육대학 신입생의 최대 산소 섭취량(VO_2 max)은 36.10 ± 2.78 ml/kg/min로 일반대학 신입생의 최대산소섭취량(34.3 ± 3.32 ml/kg/min)보다 더 높게 나타났다. 또한, 위의 연구대상이 된 여대생에서 최대 산소섭취량(VO_2 max)에 영향을 미치는 중요한 요인으로 체중과 1일 보행거리를 제시하였다(33). 한편, 제지방이 기초대사량 또는 휴식대사량에 가장 큰 영향을 미치는 변수로 보고(6,7,34)된 바 있으므로, 본 연구 대상자의 무지방량(fat free mass, FFM) 당 휴식대사량(방법 1과 방법 2)을 계산하여보면 각각 36.2 ± 6.5 kcal/FFM과 40.3 ± 7.7 kcal/FFM으로 나타났다. 이와 같은 결과는 휴식 대사량의 차이를 나타내는 주요 원인은 총 체중보다는 제지방량 임을 보여준다(34). 즉 신체의 구성성분 중 에너지를 주로 소비하는 부분은 체지방이 아니라 제지방인데, 남성의 경우 여성에 비해 근육량은 많은 반면, 체지방량이 적으므로 단위체중당 에너지 소비량이 여자보다 더 많다(18). 운동선수들을 대상으로 한 Janice 등(35)의 연구결과를 살펴보면, 남자 운동선수의 제지방량

Table 4. Root Mean Squared Prediction Errors(RMSPEs) for each predicted resting metabolic rates(RMR) compared with actual RMR(Method 1) value

| Prediction equations in rank order | RMSPE(kcal) |
|------------------------------------|-------------|
| Harris - Benedict | 251.2 |
| BSA-BMR | 232.9 |
| WHO | 252.7 |
| DRIs | 270.0 |
| Cunningham | 239.1 |
| Mifflin et al | 309.2 |
| Owen et al | 316.8 |
| Liu et al | 314.1 |
| Method 2 | 306.3 |

(63.4±6.8kg)이 여자 운동선수(45.1±5.3kg)보다 유의하게 높았으며 휴식대사량도 남자(1868±239kcal/day)가 여자(1486±103kcal/day)보다 유의하게 높았는데, 휴식대사량을 체지방으로 나눈 평균값(단위 체지방량당 휴식대사량)은 남자가 29.5±2.5kcal/kg로 여자(33.2±3.1kcal/kg)보다 유의하게 낮았다. 이와 같은 결과 역시 체지방량이 휴식대사량에 영향을 미치는 중요한 요인임을 보여준다. 한편 대구지역 20세에서 64세의 성인 남녀 각각(평균 연령 33.3±13.7세, 38.2±15.3세, 체지방 19.6±5.21%, 30.2±5.29, FFM 57.0±7.87kg, 39.7±4.43)의 휴식대사량(남 1669.5±351.1, 여 1296.0±229.7kcal)을 체지방량으로 나눈 값은 남녀 각각 28.6±7.12kcal/FFM와 32.0±5.57kcal/FFM로 나타났다(27).

방법 1에 의해서 측정된 휴식대사량과 이동식 간접열량계(방법 2) 및 예측 공식으로부터 추정된 휴식대사량 간의 차이, 즉 RMSPE(Root Mean Squared Prediction Errors)값을 Table 4에 나타내었다. RMSPE는 각 개인별로 실측값과 예측값의 차이를 구하여 그 값의 전체 평균을 구한 것이다. RMSPE를 계산한 결과를 살펴보면, Cunningham 공식(19)에서 추정된 RMR과 실측 RMR과의 RMSPE가 239.1kcal로 가장

Table 5. Pearson's correlation coefficients of predicted resting metabolic rates with measured resting metabolic rate

| | Method 1 | Method 2 |
|-------------------|----------|----------|
| Harris - Benedict | 0.178 | 0.417** |
| BSA-BMR | 0.189 | 0.408** |
| WHO/FAO/UNU | 0.176 | 0.417** |
| DRIs | 0.182 | 0.416** |
| Cunningham | 0.096 | 0.240** |
| Mifflin et al | 0.184 | 0.405 |
| Owen et al | 0.168 | 0.416** |
| Liu | 0.180 | 0.418** |
| Method 2 | 0.512*** | - |

Significant difference at * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001

적었고, Owen 등(17)의 공식에서 추정된 RMR과 실측 RMR과의 RMSPE가 316.8kcal로 가장 높았다.

남녀 운동선수를 대상으로 실측 휴식대사량과 예측 휴식대사량을 비교한 Janice 등(35)에 따르면 Cunningham 공식을 이용하여 추정한 RMR과 실측 RMR과의 RMSPE 값이 남녀 각각 158kcal/day와 103kcal/day로 가장 적게 나타나 여러 공식 중 Cunningham 공식이 가장 정확하게 RMR을 추정하고 있다고 하였다.

실측 휴식대사량과 공식을 통해 계산한 예측 휴식대사량 간의 상관관계 분석을 위하여 Pearson's correlation coefficient 를 계산하여 Table 5에 제시하였다. 실측 휴식대사량(방법 1)과 예측 휴식대사량과의 상관관계는 0.096, -0.189로 매우 낮아 의미 있는 상관관계가 없음을 보여준다.

20세에서 64세의 성인 남녀를 대상으로 연구한 Park 등(27)의 결과에서는 실측 대사량과 WHO 공식을 이용한 예측 대사량 간에 모든 연령층에서 상관계수 0.475~0.672 에 해당하는 비교적 높은 상관관계를 나타내었다. 또한 여대생을 대상으로 연구(4)한 결과에서도 Harris-Benedict 공식, WHO 공식 및 Cunningham 공식에서 유도된 RMR은 가스호흡분석

기(MetaMax II, Germany)를 이용하여 측정된 실측 RMR과 각각 $r=0.611$, $r=0.676$, $r=0.743$ 의 양의 상관관계를 보인 바 있다.

3. 실측 휴식대사량과 신체 계측 결과와의 상관관계

휴식대사량과 관련이 있는 것으로 보고된(6,7,34) 여러 가지 요인들(연령, 신장, 체중, 체질량지수, 체지방량, 체지방율, 제지방량, 체표면적)과 실측 휴식대사량과의 상관관계를 Table 6에 나타내었다. 비만도 지수를 제외한 대부분의 신체계측치들은 실측 휴식대사량과 양의 상관관계를 보여주었다. 특히, 이동식 휴식대사량 측정기(방법 2)를 이용하여 측정된 휴식대사량은 체중 및 체표면적과 각각 $r=0.416$ 및 $r=0.408$ 의 의미 있는 양의 상관관계를 보여주었다. Owen 등(17)이 보고한 휴식대사량과 관련 변수와의 상관계수를 살펴보면 제지방은 $r=0.77$, 체표면적은 $r=0.75$, 체중은 $r=0.74$ 의 양의 상관계수를 나타냈으며, Mifflin의 연구(18)에서는 제지방은 $r=0.81$, 체중은 $r=0.71$ 의 상관계수를 나타내어 본 연구 결과보다 높은 상관계수를 보여주었다.

Bandini 등(36)은 12~18세의 비만군과 비비만군을 대상으로 한 연구에서 가스호흡분석기를 이용하여 측정된 휴식대사량은 제지방량과 높은 양의 상관성을 보인다고 보고하였으며, Cunningham(19)과 Webb(34)도 제지방량은 성별이나 연령과는 독립적으로 휴식대사량과 높은 양의 상관성이 있다고 하였다. 일반적으로 체지방 조직과 근육조직에서의 대사활동 수준이 매우 다르므로(특히 근육조직에서 대사율이 높으므로) 근육량과 체지방량은 안정 시 대사량에 영향을 미치는 중요한 변수가 된다(37). 따라서 실측 휴식대사량과 신체계측치와의 상관관계 분석시, 제지방량(fat free mass, FFM)과 체지방량(fat mass FM)을 보정하여 상관관계 분석을 실시한 결과, 대부분의 신체계측 결과와 실측 휴식대사량 간의 양의 상관관계의 크기가 증가한 것을 볼 수 있다. 특별히, 두 가지 방법에 의해 측정된 휴식대사

Table 6. Pearson's correlation coefficients between measured resting metabolic rates and anthropometric measurements

| | Method 1 ¹⁾ | | Method 2 ²⁾ | |
|-------------------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| | | adj.fim.fim ³⁾ | | adj.fim.fim ³⁾ |
| Age(yrs) | -0.033 | -0.151 | -0.047 | -0.156 |
| Height(cm) | 0.132 | -0.377** | 0.200 | -0.368** |
| Weight(kg) | 0.168 | -0.792*** | 0.416** | -0.659*** |
| Obesity Index(%) | -0.117 | - | -0.320* | - |
| Body Mass Index(kg/m ²) | 0.122 | -0.614*** | 0.355** | -0.475*** |
| Body Surface Area(m ²) | 0.189 | - | 0.408** | - |
| Fat Mass(kg) | 0.153 | -0.472*** | 0.376** | -0.295* |
| Fat Mass(%) | 0.197 | -0.133 | 0.336* | 0.046 |
| Fat Free Mass(kg) | 0.096 | -0.866*** | 0.240 | -0.805*** |
| Muscle(kg) | 0.066 | -0.873*** | 0.209 | -0.816*** |
| Muscle(%) | -0.159 | - | -0.270 | - |

¹⁾ Method 1

²⁾ Method 2

³⁾ Adjusted-RMR

Significant difference at * : $p<0.05$, ** : $p<0.01$, *** : $p<0.001$

량은 제지방량(FFM) 및 근육량과 각각 $r=-0.866$ 와 $r=-0.805$ 및 $r=-0.873$ 와 $r=-0.816$ 의 높은 음의 상관관계를 보여주었다. 이러한 결과는 체중보다는 제지방 체중이 안정시 대사율의 주된 결정인자로 제지방 체중의 백분율은 체중의 증가에 일정하게 비례하지 않는다는 Sohn 등(28)의 연구와 일치한다. 즉, 휴식대사량에 중요한 영향을 미치는 제지방 체중을 교정하면 마른 사람이나 뚱뚱한 사람 또는 남자나 여자 모두 단위체중당 유사한 안정시 에너지 소비량을 보임이 지적된 바 있다(38,39).

최근 비만 이환율의 증가 및 이에 따른 합병증(당뇨병 및 각종 심장순환계통 질환 등)의 발생으로 비만의 예방 및 치료에 대한 관심이 증가하고 있다. 이에 따라 저열량식 등의 식사요법 뿐만 아니라 에너지 소비량을 증가시키기 위한 운동요법의 중요성이 강조되고 있다. 그러나 에너지 섭취량에 대한 연구에 비하여 에너지 소비량의 평가에 대한 연구는

그리 활발하게 진행되지 못하였다. 따라서 2005년에 발표된 한국인 영양섭취기준(24)의 설정 및 보급에 있어서도 이와 같은 문제점이 지적되었다. 에너지 소비량을 간접적으로 예측할 수 있는 방법들이 제시되기도 하였으나 실측치에 대한 data가 부족하여 예측 방법의 적합성에 대한 평가 역시 어려웠다. 이에 본 연구에서는 휴식대사량 실측방법 간의 비교 및 예측공식으로부터 추정된 휴식대사량과 실측 휴식대사량과의 비교를 시도하여 보았다.

본 연구 결과에 따르면, 실험실 또는 지정된 공간에서는 산소소비량 및 이산화탄소 생성량을 모두 측정하여 이를 토대로 호흡상수(RQ)를 구하여 휴식대사량을 측정하는 것이 바람직한 것으로 생각된다. 그러나 실험실이 아닌 외부 환경이나 작업실, 또는 특수 환경에 있는 사람의 에너지 소비량 평가 시는 이동식 휴식대사량 측정기를 사용하되, 전통적인 휴식대사량 측정기의 측정값을 이용하여 보정 또는 환산계수를 이용하여 조정된 측정값을 사용하는 것이 바람직할 것으로 생각된다. 또한, 성별, 연령대별로 적절한 예측공식을 사용하는 것이 필요하다. 본 연구 대상이 된 30~40대 여성에 있어서는 Cunningham(19)의 공식이나 체표면적을 이용한 공식을 이용하여 휴식대사량을 예측함으로써 실측 휴식대사량에 근접한 예측치를 구할 수 있을 것으로 기대된다.

결론 및 제언

본 연구에서는 간접 열량 측정법(indirect calorimeter)를 적용한 서로 다른 2개의 가스 호흡분석기를 이용하여 30~40대 성인여성 57명의 휴식대사량을 측정하였고, 이를 현재 널리 사용되고 있는 예측 공식들(Harris-Benedict, Body surface area, WHO/NAO/FAO, DRI, Cunningham, Mifflin 등, Owen 등 및 Liu 등)로부터 산출된 휴식대사량과 비교하여 보았다. 또한, 연구대상자의 신장, 체중을 측정하였

으며, InBody4.0을 이용하여 체지방비율(%)을 측정하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 연구 대상자의 평균 연령은 37.2 ± 4.2 세였고, 평균 신장 및 체중은 각각 158.6 ± 4.8 cm와 59.1 ± 8.7 kg였으며, 체지방비율은 $30.9 \pm 5.5\%$ 로 나타났다. 체질량지수(body mass index, BMI)는 23.5 ± 3.2 (kg/m^2)이었고, 평균 제지방량(fat free mass, FFM)은 40.4 ± 4.7 kg으로 나타났다.
2. 이동식 휴식대사량 측정기(방법 2)를 이용하여 측정한 휴식대사량(RMR)은 1621.2 ± 301.5 kcal로 산소소비량(35.5 ± 3.9 ml/kg/min)과 이산화탄소 생성량을 이용하여 측정된 휴식대사량(방법 1, 1447.4 ± 223.6 kcal)에 비하여 유의하게 높았다. 실측 RMR(방법 1)은 Cunningham 공식 및 체표면적을 이용하여 계산된 휴식대사량과 각각 -58.8 kcal 및 -59.9 kcal의 차이를 보였다.
3. 실측 RMR(방법 1)과 예측 RMR간의 차이를 토대로 계산된 RMSPEs(Root Mean Squared Prediction Errors)를 살펴보면, Cunningham 및 체표면적을 공식에서 추정된 RMR과의 RMSPE가 239.1 kcal와 232.9 kcal로 가장 적었고, Owen 등의 공식에서 추정된 RMR과의 RMSPE가 316.8 kcal로 가장 높았다.
4. 제지방량(fat free mass) 및 지방량(fat mass)에 의해 보정된(adjusted) 실측 RMR(방법 1)은 근육량(kg) 및 제지방량과 각각 $r = -0.873$ 및 $r = -0.866$ 의 의미 있는 음의 상관관계를 보였다.

본 연구 결과에 따르면 우리나라 30~40대 성인 여성에 있어서 휴식대사량을 예측하고자 하는 경우, Cunningham의 공식 및 체표면적을 이용한 공식이 적당할 것으로 사료된다. 그러나 본 연구 결과를 일반화시키기에는 본 연구 대상자의 수가 부족하다는 제한점을 가지고 있다. 따라서 더 많은 수의 표본을 대상으로 우리나라에서 지금까지 널리 사용되고 있는 각종 휴식대사량 예측공식의 타당도가 평가되어야 한다. 뿐만 아니라, 앞으로 좀 더 다양한 연령층

을 대상으로, 그리고 통계적으로 신뢰할 만한 수의 표본을 대상으로 한 후속 연구를 통하여, 우리나라 사람을 대상으로 성별 및 연령을 고려하여 적용할 수 있는 적절한 휴식대사량 예측 공식이 제시되기를 바란다.

참고 문헌

- Case KO, Braehler CJ, Cindy HM. Resting energy expenditures in Asian women measured by indirect calorimetry are lower than expenditures calculated from prediction equations. *Am J Diet Assoc* 97:1288-1292, 1997
- 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, 1995
- Arciero PJ, Goran MI, Poehlman ET. Resting metabolic rate is lower in women than in men. *J Appl Physiol* 75(6):2514-2520, 1993
- Chang UJ, Lee KR. Chang UJ. Correlation between measured resting energy expenditure and predicted basal energy expenditure in female college students. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34(2):196-201, 2005
- Napoli R, Horton ES. Present Knowledge in Nutrition. 7th edition ILSI Press, Washington USA, 1998
- Nelson KM, Weinsier RL, Long CL, Schutz Y. Prediction of resting energy expenditure from fat-free mass and fat mass. *Am J Clin Nutr* 56:848-856, 1992
- Heymsfield SB, Gallagher D, Wang Z. Body composition modeling. Application to exploration of the resting energy expenditure fat-free mass relationship. *Ann NY Acad Sci* 904:290-297, 2000
- Molnár D, Schutz Y. The effect of obesity, age, puberty and gender on resting metabolic rate and children and adolescents. *Eur J Pediatr* 156:376-381, 1997
- Poehlman ET, Goran MI, Gardner AW, Ades PA, Arciero PJ, Katzman Rooks SM, Montgomery SM, Toth MJ, Sutherland PT. Determinants of decline in resting metabolic in aging females. *Am Physio Soc* 264:450-455, 1993
- Poehlman ET, Horton ES. Regulation of energy expenditure in aging humans. *Annu Rev Nutr* 10:255-275, 1990
- Vaughan L, Zurlo F, Ravussin E. Aging and energy expenditure. *Am J Clin Nutr* 63:821-825, 1991
- Kim DJ. Studies of basal metabolism and energy expenditure of Koreans in daily life. *Korean J Nutr* 4(1):49-62, 1971
- Sparti A, DeLany JP, Bretonne JA, Sander GE, Bray GA. Relationship between resting metabolic rate and the composition of the fat-free mass. *Metabolism* 46(10):1225-1230, 1997
- Kim KJ, Hwang WW, Oh KS. Change of Blood Metabolic Variables during Submaximal Exercise at Mean and High Temperature in Obese. *Korean Society of Exercise Physiology* 11(1):1-15, 2002
- Harris JA, Benedict FG. A Biometric study of basal metabolism in man. *Carnegie Ins. Washington Publ*, p.279, 1919
- Owen OE. Resting metabolic requirements of men and women. *Mayo Clin Proc* 63:503-510, 1988
- Owen OE, Kavle E, Owen RS, Polansky M, Caprio S, Mzzoli MA, Kendrick ZV, Bushman MC, Boden G. A reappraisal of caloric requirements in healthy women. *Am J Clin Nutr* 44:1-19, 1986
- Mifflin MD, St Jeor ST, Hill LA, Scott BJ, Daugherty SA, Koh YO. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am J Clin Nutr* 51:241-247, 1990
- Cunningham JJ. A reanalysis of the factors influencing basal metabolic rate in normal adults. *Am J Clin Nutr* 33:2372-2374, 1980
- Choi HJ, Song JM, Kim EK. Assessment of Daily steps, Activity coefficient, body composition, resting energy expenditure and daily energy expenditure in female University students. *Korean J Diet Assoc* 11(2):159-169, 2005
- 김수진, 신상원, 김호준. 대사량의 측면에서 본 비만. 유관학회 연합학술대회, pp.31-42, 2004
- Laura E. Indirect calorimetry : Technical aspect. *J of Am Dietetic Assoc* 97:154-160, 1997
- Stewart CL, Goody CM, Branson R. Comparison of two system of measure energy expenditure. *J Parenter Enteral Nutr* 29(3):212-217, 2005
- The Korean Society of Nutrition. Dietary Reference Intake for Koreans. 2005

25. DuBios D, DuBios EF. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Arch Int Med* 17:863-871, 1916
26. FAO/WHO/UNU Expert Consultation. Energy and protein requirements. *WHO Tech Rep Ser* 724:71-112, 1985
27. Park JA, Kim KJ, Kim JH, Park YS, Koo JO, Yoon JS. A Comparison of the resting energy expenditure of Korean adults using indirect calorimetry. *Korean J Community Nutrition* 8(6):993-1000, 2003
28. Sohn BY, Bae MK, Lee KM, Jung SP. Comparison of measured resting energy expenditure by indirect calorimetry and predicted value in the obese. *J Korean Acad Fam Med* 20(7):877-885, 1999
29. Valencia ME, Moya SY, McNeil G, Haggarty P. Basal metabolic rate and body fatness of adult men in northern Mexico. *Eur J Clin Nutr* 48:205-211, 1994
30. Molnar D, Jeges S, Erhardt E, Schutz Y. Measured and predicted resting metabolic rate in obese and nonobese adolescents. *J Pediatr* 127:571-577, 1995
31. Bouchard C, Tremblay A, Leblanc C, Lortie G, Savard R, Theriault G. A method to assess energy expenditure in children and adult. *Am J Clin Nutr* 37:461-467, 1983
32. Ravussin E, Lillioja S, Anderson TE, Christin L, Bogardus C. Determinants of 24-hour energy expenditure in men. *J Clin Invest* 78:1568-1578, 1986
33. Park JH, Kim BS, Choi HR. Relationship between physical activity and the amount of maximal oxygen uptake of the freshmen of a university -Comparing students of college of physical education and general college-. *J Korean Acad Fam Med* 22(11):1637-1646, 2001
34. Webb P. Energy expenditure and fat-free mass in men. *Am J Clin Nutr* 34:1816-1826, 1981
35. Janice Thompson, Melinda MM. Predicted and measured resting metabolic rate of male and female endurance athletes. *J Am Diet Assoc* 96(1):30-34, 1996
36. Bandini LG, Schoeller DA, Dietz WH. Energy expenditure in obese and nonobese adolescents. *Pediatr Res* 27(2):198-203, 1990
37. Zurlo F, Larson K, Bogardus C, Ravussin E. Skeletal muscle metabolism is a major determinant of resting energy expenditure. *J Clin Invest* 86:1423-1427, 1990
38. Hoffman M, Pfilfer WA, Gundbach BL. Resting metabolic rate in obese and normal weight women. *Int J Obese* 3:111-118, 1979
39. Gary DF, Thomas AW, James LM. Resting energy expenditure, body composition, and excess weight in the obese. *Metabolism* 37:467-472, 1988