

원저

## 비만 여성에서 휴대용 간접 열량계를 통한 실측 휴식 대사량과 예측 휴식 대사량의 비교

송미영 · 김호준 · 박정미\* · 김진아\* · 고병표\*\* · 이명종

동국대학교 한방병원 재활의학과, \*포천중문의과대학교 분당차한방병원 내과

\*\*포천 중문의과대학교 분당차한방병원 재활의학과

### Methodological Comparison between Measured and Predicted Resting Energy Expenditure in Korea Obese Women

Mi-Young Song, Ho-Jun Kim, Myung-Jong Lee

*Dept. of Oriental Rehabilitation Medicine, College of Oriental Medicine, Dongguk University,*

Jung-Mi Park, Jin-Ah Kim

*Dept. of Oriental Internal Medicine, Bundang CHA Oriental Medical Hospital, College of Medicine, Pochon CHA University*

Byeong-Pyo Ko

*Dept. of Oriental Rehabilitation Medicine, Bundang CHA Oriental Medical Hospital, College of Medicine, Pochon CHA University*

#### Objectives :

The purpose of this study is to examine accuracy of predicted resting energy expenditure (REE), relationship fat free mass (FFM) and REE.

#### Methods :

60 normal, obese women (body mass index  $\geq 25\text{kg/m}^2$ ) were recruited for this study, they had low calorie diet for 8 weeks. At week 0, 4, and 8, REE was measured by MedGem (indirect calorimeter), Bioelectrical impedance analysis (BIA) using Cunningham equation, and Harris-Benedict (H-B) equation, FFM was also measured by BIA.

#### Results :

The REE predicted by BIA was lower than the REE measured by MedGem (MG) in every measurement. The REE predicted by H-B equation predicted REE was lower than that of MG in the second measurement ( $p < 0.01$ ). The REE measured by MedGem was declined after 8 weeks, BIA and H-B equation predicted REE were declined after 4 weeks ( $p < 0.01$ ). H-B equation predicted REE had more significant correlation with the REE measured by MedGem than that of BIA.

There was significant correlation between measured REE and FFM, but measured REE declined after 8 weeks, FFM declined after 4 weeks ( $p < 0.01$ ). We derived a prediction equation as follows :  $\text{REE} = 108.36 + 31.42 (\text{FFM})$ ,  $R^2 = 0.23$ .

**Key words :** Resting Energy Expenditure(REE), Cunningham Equation, Harris-Benedict Equation, MedGem, Fat Free Mass(FFM)

## I. 서론

비만의 생리학적인 기전은 아직까지 잘 알려지지 않았지만, 일반적으로 비만은 섭취하는 에너지보다 소비하는 에너지가 부족한 에너지 불균형에 의해서 초래된다고 알려져 있다<sup>1)</sup>. 일상생활에서 에너지 소비를 결정하는 주된 요소로는 기초 대사량(basal energy expenditure, BEE), 육체적 활동을 통한 에너지 소모량(activity energy exercise, AEE), 음식섭취에 따른 열 발생(thermic effect of food, TEF) 및 기온의 변화에 따른 에너지 소모를 들 수 있다<sup>2)</sup>. 이 가운데 기초 대사량은 에너지 소비에서 가장 많은 부분을 차지하기 때문에 조금의 차이라도 오랜 기간이 경과하면 결국 상당한 열량의 차이가 축적되어, 체중 조절에 지대한 영향을 미치게 된다. 따라서 기초 대사량의 감소는 비만을 유도하는 커다란 위험 요소라고 할 수 있다<sup>3,4)</sup>. 또한 체중 감량 시 초기에는 감량속도가 빠르지만 시간이 지남에 따라 감량 속도가 둔화되는 것이 일반적인 경향인데, 이는 기초 대사량의 감소와 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되고 있어<sup>5)</sup>, 체중조절에 있어서 기초 대사량의 의미는 매우 중요하다<sup>6)</sup>.

기초 대사량은 완전한 휴식 상태에서 생명을 유지하기 위한 무의식적 생리 현상에서 요구되는 에너지량인 반면, 휴식 대사량은 기초 대사량에 음식의 소화, 앉아 있는 것, 책 읽는 것, 서 있는 것, 혹은 앉아서 하는 활동 등과 관련 있는 부가적인 에너지 소비를 더한 것으로 전체 에너지 소비량의 60~75%를 차지한다<sup>4)</sup>. 휴식 대사량은 기초 대사량보다 10% 이내의 높은 값을 갖지만, 실제로 기초 대사량의 측정 조건을 맞추기가 어려우므로 보통은 휴식 대사량을 측정하게 된다<sup>7)</sup>.

휴식 대사량을 측정하는 방법에는 열량계를 이용한 실측법과 예측 공식을 이용한 추정법이 있

다. 실측법이 가장 정확한 평가법으로 알려져 있으나, 비용과 설비 등에서 어려움이 있어,

예측 공식에 대한 연구가 활발히 이루어졌다<sup>8)</sup>. 이런 공식들은 성별, 나이, 신장, 체중과 체지방량 등 여러 가지 임상 지표들을 이용하여 선형회귀분석(linear regression)을 통해 만들어졌다. 성별, 나이, 신장, 체중을 이용한 공식으로는 Harris-Benedict (H-B) 공식이 대표적이며, 체지방량을 이용한 공식에는 생체전기저항측정기(BIA)에서 사용하는 Cunningham 공식이 대표적이다<sup>9)</sup>.

비만도, 성별, 나이, 질병 유무 등이 휴식 대사량에 영향을 미치는데, 본 연구에서는 건강한 비만 여성을 대상으로 저열량 식이를 지속하게 하면서 8주 동안 3회에 걸쳐 실측 휴식 대사량, 예측 휴식 대사량 및 체지방량 측정이 이루어졌다. 타 기기에 비해 경제적이고 사용이 간편하며, 정확성이 입증된<sup>9,11)</sup> 휴대용 간접열량계(Hand-held indirect calorimeter) MedGem(Healthetech, USA)을 이용한 실측 휴식 대사량과 Cunningham 공식을 이용한 BIA의 예측 휴식 대사량 및 H-B 공식의 예측 휴식 대사량을 비교했으며, 실측 휴식 대사량과 체지방량의 상관관계도 분석해보았다. 이를 통해서 예측 휴식 대사량이 실측 휴식 대사량에 비해 얼마나 근접한지를 평가해서 비만 여성 환자의 올바른 휴식 대사량 측정방법과 체지방량의 감소가 휴식 대사량의 감소에 미치는 영향을 고찰해보고자 했다.

## II. 연구 대상 및 방법

### 1. 연구대상

2004년 12월부터 2005년 5월까지 광고를 통해 자원한 125명 중 선정기준에 부적합하고 중도탈락

한 지원자를 제외한 60명의 폐경 전 여성을 분석 대상으로 하였다. 체질량 지수(BMI)는  $25\text{kg}/\text{m}^2$  이상, 특별한 운동을 하지 않고 하루에 걷는 시간이 2시간 이하이거나 주부, 사무직 종사자 등 비활동적인 여성으로 제한하였고, 심질환, 신장질환, 간질환, 악성종양 등의 환자와 기왕력자는 배제하였고 대사율에 영향을 줄 수 있는 갑상선 질환을 비롯한 대사성, 소모성질환자와 체지방 분석기 측정에 영향을 주는 체내 금속물 부착자는 제외 대상으로 하였다. 또한 교육받은 식이조절의 과정을 이행하지 못한 경우, 개인 사정으로 총 실험 기간을 마치지 못한 경우, 체성분이나 대사량에 영향을 줄 수 있는 약물을 복용한 자, 임신 중이거나 실험 도중 임신이 되는 경우도 제외하였다.

## 2. 연구방법

피검자 모두 8주 동안 하루 1200kcal의 한식 위주의 저 열량 식이를 하도록 하였고, 추적 검사는 초기 방문과 4주째, 8주째에 신체 계측, 휴식 대사량 및 체지방량 측정이 시행되었다. 월경주기에 따라 대사량의 변화가 생기므로 여포기인 최종 월경일 이후 14일 이내로 하여 일별 편차를 줄일 수 있는 동일한 시간대(늦은 오후)에 측정하였다. 또한 측정 당시, 최소 2시간 이상 공복하고, 24시간 이내에 과격한 운동을 하지 않은 상태를 유지하였다.

휴식 대사량은 휴대용 간접 열량계를 통한 실측 휴식 대사량, Cunningham 공식을 이용한 BIA의 예측 휴식 대사량 및 H-B 공식의 예측 휴식 대사량을 측정 혹은 계산하였다. 신장은 신장계(Jenix, DongSan Jenix, Korea)를 이용하여 측정하였으며, 체지방량과 체중은 생체 전기저항 측정식 체성분 분석기(BIA)를 이용하여 측정하였다. 측정 순서는 기본 신체 계측 후 5분간 기립한 뒤 생체전기 측정 체지방 분석기로 측정하였으며, 그 후 재차 20

분 휴식한 뒤 휴대용 간접 열량계로 측정하였다.

### 1) 실측 휴식 대사량

온도  $18\sim 22^\circ\text{C}$ , 습도 50~60%로 일정한 공간에서 가스교환 측정식의 휴대용 간접 열량(Indirect calorimetry)인 MedGem(Healthetech, USA)을 이용하여 측정하였다. 20분간 휴식 후, 편안하게 의자에 앉아서 한 손으로 MedGem을 수평을 유지하여 잡고, 반대쪽 팔은 팔걸이에 얹은 자세를 유지하며 측정하였다. 노즈클립으로 코를 막고, 뱀소리가 멈출 때까지 5-10분가량 MedGem에 부착된 마우스피스를 물고 자연스럽게 호흡하도록 하였다.

### 2) Cunningham 공식을 이용한 BIA의 예측 휴식 대사량

Cunningham 공식( $\text{REE}=186+23.6\times\text{FFM}$ )<sup>12)</sup>을 사용하는 체지방 분석기(InBody 3.0, Biospace, Korea)를 이용하여 측정하였다. 측정 전 금속제품을 제거하고, 5분간 기립 상태를 유지한 뒤, 가벼운 옷차림 상태에서 맨발로 표시된 지점까지 정확히 올라선 후, 측정 시간 동안 안정 상태를 유지케 하면서 측정하였다.

### 3) Harris-Benedict 공식의 예측 휴식 대사량

신장, 체중의 신체계측 수치를 이용하여 Harris-Benedict(H-B) 공식<sup>13)</sup>에 대입하여 계산하였다.

$$\text{REE} = 655.1 + (9.6 \times \text{체중 kg}) + (1.8 \times \text{신장 cm}) - (4.7 \times \text{연령})$$

## 3. 통계처리

통계처리는 SPSS 12.0 for windows를 사용하였다. 측정 시기별 실측 휴식 대사량과 예측 휴식 대

사량의 비교는 One-Way ANOVA test를 사용하였으며, 초기 방문 시와 비교한 측정 방법별 휴식 대사량의 변화는 Paired-T test를 사용하였다. 실측 휴식 대사량과 예측 휴식 대사량과의 상관계수, 실측 휴식 대사량과 제지방량과의 상관계수는 Pearson 상관계수(Pearson Correlation Coefficient)로 분석하였으며, 제지방량과 예측 휴식 대사량 공식은 단순회귀분석으로 공식을 유도하였다. p-value가 0.05 미만인 경우를 유의한 것으로 하였다.

### Ⅲ. 결 과

#### 1. 대상의 일반적 특성

연구 대상자 60례의 평균 연령은 33.3세, 신장은 160.2cm이었다. 체중은 초기 방문 시 72.2kg, 4주 후 70.2kg, 8주 후 69.3kg이었으며, 체질량지수는 초기 방문 시 28.1kg/m<sup>2</sup>, 4주 후 27.3kg/m<sup>2</sup>, 8주 후 26.9kg/m<sup>2</sup>이었다(Table I).

#### 2. 실측 휴식 대사량과 예측 휴식대사량의 비교

실측 휴식 대사량, 제지방량을 이용한 생체전기저항분석기(BIA)의 예측 휴식 대사량, H-B 공식 휴식 대사량은 초기 방문 시에 각각 1540.83 ± 269.88kcal/day, 1394.02 ± 137.72kcal/day, 1480.02 ± 96.00kcal/day이었고, 4주후에는 각각 1542.33 ± 291.63kcal/day, 1379.93 ± 138.58kcal/day, 1460.97 ± 96.53kcal/day이었으며, 8주후에는 각각 1509.00 ± 311.31kcal/day, 1373.99 ± 137.69kcal/day, 1451.51 ± 99.77kcal/day이었다. 제지방량으로 추정된 BIA 휴식 대사량은 실측 휴식 대사량에 비해 초기 방문 시, 4주 후, 8주 후 모두 유의하게 낮았으며(p < 0.01), H-B 공식 휴식 대사량은 4주 후 측정 시 유의하게 낮았다. 또한, 휴식 대사량이 점차 감소하였는데, 실측치는 8주째부터 유의한 감소를 보인 반면, BIA와 H-B 공식은 4주째부터 유의하게 감소하였다(p < 0.01, Table II).

실측 휴식 대사량과의 차이는 BIA 휴식 대사량이 측정 시기에 따라 각각 -148.81 ± 231.70kcal/day, -162.40 ± 269.52kcal/day, -135.01 ± 263.43

Table 1. Characteristics for subjects (n=60)

Variable	Mean ± SD
Age (y)	33.3±7.4
Height (cm)	160.2±5.3
Weight (kg)	
week 0	72.2±8.0
week 4	70.2±8.3
week 8	69.3±8.8
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	
week 0	28.1±2.5
week 4	27.3±2.6
week 8	26.9±2.8

Values are mean±SD

Table II. Comparison of REE measurements between MedGem, BIA (Cunningham equation) and Harris-Benedict equation

	MG	BIA	H-B	p-value
Week 0	1540.83±269.88	1394.02±137.72*	1480.02±96.00	0.000
Week 4	1542.33±291.63	1379.93±138.58**	1460.97±96.53**	0.000
Week 8	1509.00±311.31*	1373.99±137.69**	1451.51±99.77*	0.002

Values are mean±SD (unit : kcal/day)

MG : REE by MedGem

BIA : REE by Bioimpedence analysis

H-B: REE by Harris-Benedict equation

\* : p<0.01 analyzed by ANOVA test

† : p<0.01 compared with week 0 resting metabolic rate by paired T-test

kcal/day이었으며, H-B 공식 휴식 대사량은 각각  $-60.81 \pm 234.94$  kcal/day,  $-81.37 \pm 270.43$  kcal/day,  $-57.49 \pm 269.89$  kcal/day의 차이를 보였다. BIA 휴식 대사량이 H-B 공식 휴식 대사량보다 실측 휴식 대사량과의 차이가 초기 방문 시, 4주후, 8주후 세 차례 모두에서 유의하게 높았다(Table III).

### 3. 실측 휴식 대사량과 예측 휴식 대사량과의 상관관계 분석

휴대용 간접 열량계와 BIA와의 상관계수는 초기 방문 시 0.51, 4주후 0.39, 8주후 0.54이었다( $p < 0.01$ ). 휴대용 간접 열량계와 H-B 공식과의 상관계수는 초기 방문 시 0.55, 4차 측정 시 0.38, 8주후 0.55이었다( $p < 0.01$ , Table IV).

Table III. Comparison of Interval Differences with MedGem and Predicted REE

	Differences(BIA-MG)	Differences(HB-MG)	p-value
Week 0	-148.81±231.70*	-60.81±234.94	0.000
Week 4	-162.40±269.52*	-81.37±270.43	0.000
Week 8	-135.01±263.43*	-57.49±269.89	0.000

Values are mean±SD (unit : kcal/day)

\* : p<0.01 analyzed by paired T-test

Table IV. Correlation Coefficient between MedGem and Predicted REE

	Week 0	Week 4	Week 8
BIA	0.51*	0.39*	0.54*
H-B	0.55*	0.38*	0.55*

\* : p<0.01

#### 4. 실측 휴식 대사량과 제지방량과의 상관관계 분석

BIA로 측정된 제지방량(FFM)과 실측 휴식 대사량의 상관계수는 초기 방문 시 0.51, 4주후 0.50, 8주후 0.46이었다( $p < 0.01$ ). 또한 실측 휴식 대사량이 8주째부터 유의하게 감소한 반면, FFM은 4주째부터 유의하게 감소하였다( $p < 0.01$ , Table V).

#### 5. 제지방량을 영향 요인으로 한 휴식 대사량의 회귀 분석

제지방량을 영향 요인으로 하여 휴식 대사량과 회귀분석을 한 결과,  $REE = 108.36 + 31.42 (FFM)$ ,  $R^2 = 0.23$ 으로 나타났다(Fig.1).

Table V. Correlation Coefficient between Measured REE and FFM

	MG	FFM	Correlation Coefficient
Week 0	1540.83±269.88	45.80±4.38	0.51 <sup>*</sup>
Week 4	1542.33±291.63	45.15±4.48 <sup>†</sup>	0.50 <sup>*</sup>
Week 8	1509.00±311.31 <sup>†</sup>	44.85±4.62 <sup>‡</sup>	0.46 <sup>*</sup>

Values are mean±SD (unit : kcal/day)

FFM : Fat free mass

\* :  $p < 0.01$

† :  $p < 0.01$  compared with week 0 resting metabolic rate by paired T-test

‡ :  $p < 0.01$  compared with week 0 FFM by paired T-test

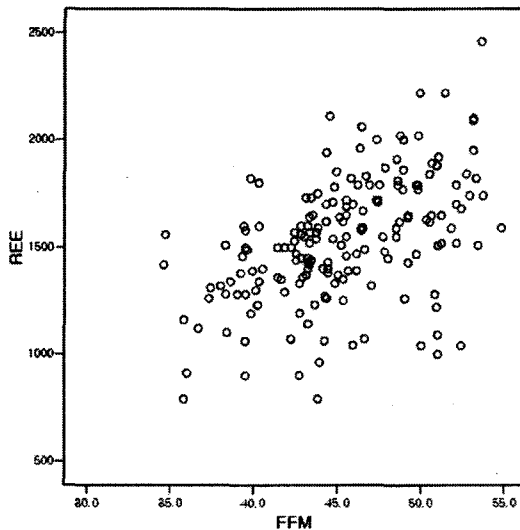


Fig. 1 Scatter of REE and FFM

### III. 고 찰

비만은 에너지 섭취와 소비의 불균형이 만성적으로 축적되어 발생하는 것으로, 과다한 식사량, 활동량 저하, 낮은 휴식 대사량 등이 에너지 균형을 저해하여 비만 발생에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다<sup>14)</sup>. 따라서 대사량 측정을 통해 개인마다 고유한 대사량을 측정해서 제시하므로 정확한 식이 기준을 이해할 수 있다.

에너지 소비량은 다양한 방식으로 측정될 수 있는데, 그 동안 190여 가지 이상 개발되어 있다<sup>7)</sup>. 직접적 에너지 측정법(indirect calorimetry)은 사람이 특수하게 지어진 밀폐된 공간에 들어간 후 인체에서 발생된 열의 양을 측정하는 방법으로, 비용이 많이 들고 특수한 설비가 필요하며 또한 시간이 많이 들기 때문에 그 사용이 제한된다. 간접적 에너지 측정법은 보통 산소의 흡입량을 일정 시간 동안 측정한 후 표준화된 조건에서 미리 산출된 산소와 열량 사이의 관계식으로부터 소모된 에너지를 산출한다. 산출치에 의하면 1리터의 산소 소비는 3.9kcal의 에너지를 발생시킨다. 탄산가스 방출량으로도 대사율을 계산할 수 있으나 산소를 기초로 한 것이 변동의 차이가 적어 보통 산소 흡입량을 사용한다<sup>4,7)</sup>.

휴대용 간접 열량계인 MedGem은 가스 측정을 휴식대사량으로 변환하는 표준공식인 Weir 공식을 변환하여 사용한다<sup>11)</sup>.

$$\text{Resting Metabolic Rate} = (3.941 \times \text{VO}_2) + (0.85 \times 1.106 \times \text{VO}_2) - (2.71 \times \text{grams urinary nitrogen})$$

MedGem의 정확도는 건강한 사람들을 대상으로 하여, 기존에 주로 사용하던 간접 열량계인 Douglas bags, Delta Trac VH, Vmax 29N 등과 비교하여 정확도가 입증된 바 있다<sup>9,11)</sup>.

본 연구에서는 60명의 폐경 전 여성, BMI 25kg/

m<sup>2</sup> 이상, 비활동적인 건강한 여성을 대상으로 총 8주간 1200kcal의 저열량 식사를 지속하게 하였다. 초기 방문 시, 4주 후, 8주 후, 총 3회에 걸쳐 간접 열량계를 통한 실측 휴식 대사량, 체지방량을 이용한 Cunningham 공식을 사용하는 BIA의 예측 휴식 대사량 및 Harris-Benedict 공식의 예측 휴식 대사량의 3가지 방법으로 측정하였다. BIA 예측 대사량은 실측 대사량에 비해 3차례 모두 유의한 차이를 보였으며(p<0.01), H-B 공식 예측 대사량은 4주후에서만 유의한 차이를 나타냈다(p<0.01). 또한, 실측 대사량과의 차이는 BIA 예측 대사량이 H-B 예측 대사량보다 3 차례 모두에서 유의하게 더 컸으며(p<0.01), 실측 대사량과의 상관관계 비교에서도 BIA 예측 대사량의 상관관계가 좀 더 낮았다. 이와 상반된 결과로 BIA 예측 대사량이 H-B 예측 대사량보다 실측 대사량과의 차이가 적었다는 보고가 있는데<sup>6,15)</sup>, 대상 환자의 성별, 연령 및 비만도가 본 연구와 다르므로 추후 연구가 필요하리라 생각된다.

저열량 식사를 지속하면서 실측 휴식 대사량은 8주째부터 유의하게 감소하였는데(p<0.01), 비만인의 휴식시 대사량 연구에서 열량이 제한됨으로서 체중이 줄지만, 체지방량도 같이 줄어 결과적으로 휴식시 대사량도 감소한다는 것이 입증된 바 있다<sup>16)</sup>. BIA와 H-B 공식의 예측 대사량은 4주째부터 유의하게 감소하여(p<0.01) 실측 휴식 대사량보다 빨리 감소했다. 이는 체지방량과 실측 휴식 대사량의 비교에서 실측 휴식 대사량의 감소 속도보다 체지방량이 빨리 감소했기 때문에(p<0.01), 예측 대사량 역시 빨리 감소한 것으로 생각되며, 체중, 체지방량 등만을 변수로 한 예측 공식들은 실측 휴식 대사량의 변화를 예측하는데 불충분하다고 판단된다.

H-B 공식의 예측 대사량이 실측 대사량보다 57.49~81.37kcal/day까지 낮게 평가되었는데, 이는

기존의 연구와는 상반된 결과이다. 건강한 비만 환자들을 대상으로 한 연구에서 BMI  $27\text{kg}/\text{m}^2$  이상, 평균 43세인 군에서 H-B 공식이  $110\text{kcal}/\text{day}$  유의하게 높았으며<sup>8)</sup>, BMI  $25\text{kg}/\text{m}^2$  이상, 평균 35세 여성군에서도  $201.6\text{kcal}/\text{day}$ 가 높았고<sup>3)</sup>, 비만인 사람은 10% 이상 과다 예측 되는 경향이 있다고 보고되었다<sup>17)</sup>. 또한 비만도에 관련 없이 20~24세 여성군에서  $112.0\text{kcal}/\text{day}$ <sup>6)</sup>, 19~52세 여성군에서는  $110.6\text{kcal}/\text{day}$ 가 높았다<sup>18)</sup>.

H-B 공식은 1919년에 신장, 체중, 연령, 성별 등을 이용하여 만들어진 공식으로, 239명의 비만하지 않은 건강한 사람들을 대상으로 하였는데<sup>18)</sup>, 비만인의 체성분이 정상 체중의 사람들과는 다르기 때문에 중등도의 비만한 남자와 고도 비만 남, 여에서는 정확하지 않다고 하였다<sup>8)</sup>. 또한 그 당시의 사람보다 수명이 길고 체중이나 활동 정도도 다른데, H-B 공식에서는 나이가 주요 변수로 작용하므로 오차가 생길 가능성이 크며, 젊은 사람에서는 높게, 나이가 든 사람에서는 낮게 평가하는 것으로 문제가 제기되었다<sup>19)</sup>. 비만인은 대사량이 낮은 지방 조직이 정상인에 비해 많으므로 신장, 체중, 연령을 이용한 공식으로 측정된 H-B 공식의 예측치는 실제 측정보다 과다할 것으로 추측했으나, 오히려 본 연구에서 H-B 예측 대사량이 높게 측정된 이유에 대해서는 추후 연구가 필요할 것으로 생각된다.

BIA 예측 기초 대사량 역시 실측 휴식 대사량보다  $135.01\sim 162.40\text{kcal}/\text{day}$ 까지 낮게 평가되었다. 질병이 없는 사람을 대상으로 한 기존의 연구에서는 Cunningham 공식으로 계산한 예측 휴식 대사량이 20~24세 여성에서 실측 대사량보다  $69.7\text{kcal}/\text{day}$  낮았고<sup>6)</sup>, 청소년에서는  $4\text{kcal}/\text{day}$  낮았다는 연구<sup>15)</sup>가 있는 반면, 60~82세 여성에서는  $182\text{kcal}/\text{day}$ 가 높았고<sup>20)</sup>, 18~65세 여성에서도  $183\text{kcal}/\text{day}$ 가 높았다<sup>18)</sup>는 연구가 있는 등 BIA 예측 기초 대

사량이 실측 대사량보다 높게 혹은 낮게 측정되는지에 대해서는 이견이 있다.

BIA에서 사용하는 Cunningham 공식<sup>12)</sup>은 제지방량을 기초로 하는데, 제지방량은 체성분 중 휴식 대사량과 가장 밀접한 연관이 있으며, 특히 비만인에 있어서는 가장 상관관계가 크다고 밝혀졌다<sup>21)</sup>. 기존 연구에서 여성을 대상으로 하였을 때 제지방량과 휴식 대사량과의 상관관계가  $0.70$ <sup>3)</sup>,  $0.74$ <sup>6)</sup>,  $0.77$ <sup>19)</sup>이라고 하였으며, 본 연구에서는 초기 방문 시  $0.51$ , 4주후  $0.50$ , 8주후  $0.46$ 로 유의한 상관성을 보였으나( $p < 0.01$ ), 상대적으로 상관성이 낮았다.

제지방량을 변수로 하는 휴식 대사량에 관한 다른 공식들을 살펴보면, Owen 등의 공식( $\text{REE} = 186 + 23.6 \times \text{FFM}$ ,  $R^2 = 0.71$ )<sup>18)</sup>, Nelson 등의 공식( $\text{REE} = 302 + 22.3 \times \text{FFM}$ ,  $R^2 = 0.727$ )<sup>22)</sup>, Ravussin-Bogardus의 공식( $\text{REE} = 392 + 21.8 \times \text{FFM}$ ,  $R^2 = 0.82$ )<sup>23)</sup>, Kashiwazaki 등의 공식( $\text{REE} = 304 + 24.5 \times \text{FFM}$ ,  $R^2 = 0.61$ )<sup>24)</sup>, Mifflin 등의 공식( $\text{REE} = 413 + 19.7 \times \text{FFM}$ ,  $R^2 = 0.64$ )<sup>25)</sup>이 있다. Cunningham 공식은 제지방과 관련이 있는 8개의 공식을 조정하여 새로이 만든 공식( $\text{REE} = 186 + 23.6 \times \text{FFM}$ )이다<sup>12)</sup>. 제지방량에 근거한 공식이 60~85% 정도의 정확도가 있다고 보고된 바 있지만<sup>12)</sup>, 이보다 낮게 55~60% 정도라는 보고도 있다<sup>25)</sup>. 본 연구에서는 실측 휴식 대사량과 제지방을 회귀 분석한 결과  $\text{REE} = 108.36 + 31.42 \times \text{FFM}$  ( $R^2 = 0.23$ )로 나타났다. 많은 학자들에 의해 만들어진 제지방에 관련된 휴식 대사량 회귀 공식이 기울기와 y 절편 모두 양의 값을 가지는 특징을 보였는데, 본 연구에서 도출된 회귀 공식 역시 유사한 모양이지만, 타 공식에 비해 결정계수( $R^2$ , Coefficient of determination)가 낮았다.

결론적으로, 실측 휴식 대사량과 예측 휴식 대사량을 총 3회의 측정에서 비교했을 때, 제지방량을 이용한 생체전기저항분석기의 Cunningham 공식



이 H-B 공식에 비해 편차가 더 컸으며, 체중 감소에 따른 실측 휴식 대사량의 감소보다 제지방량의 감소와 예측 휴식 대사량의 감소가 먼저 나타났으므로, 예측 휴식 대사량만으로 휴식 대사량을 평가하는 것은 바람직하지 않다. 또한 제지방량의 감소보다 실측 휴식 대사량이 늦게 감소했고, 둘의 상관관계가 유의성은 있으나 상관계수가 크지 않았으므로, 제지방량만으로 휴식 대사량을 예측하기에는 불충분하다고 판단된다. 사람마다 에너지 소비량이 다르므로, 체중 감소 프로그램 역시 개인별 에너지 소비량을 고려하여 적용시켜야 하는데, 이상과 같이 예측 기초 대사량이 실측치와 차이가 나므로, 휴식 대사량의 측정은 간접 열량계 등을 사용하여 실측 하는 것이 보다 바람직하다.

그러나 본 연구에서는 H-B 예측 휴식 대사량이 실측 휴식 대사량보다 3차례 중 한차례에서 유의하게 낮게 측정되고, 제지방량과 휴식 대사량과의 상관계수가 크지 않는 등 기존의 연구와 상이한 면이 있으며, 대사량에 영향을 주는 인자인 연령 등을 동일화시키지 못하였고, 정상 체중군과의 대조군 연구가 이루어지지 못한 문제점이 있다. 따라서 이상의 문제점을 보완하고, 휴대용 간접 열량계 MedGem 뿐만 아니라 타 간접 열량계를 동시에 사용하여 실측 휴식 대사량의 오차를 줄인 상태에서의 추후 연구가 따라야겠다.

## 참고문헌

1. Speakman JR, Selman C. Physical activity and resting metabolic rate. Proc Nutr Soc. 2003; 62(3):621-34
2. Bernstein RS, Thornton J. Prediction of the resting metabolic rate in obese patient. Am J Clin Nutr. 1983;37:595-602
3. 김도경. 비만 여성에 있어 안정시 대사량과 최 대사소섭취량과의 관련성. 대한스포츠의학회지 2005;23(2):131-6
4. 김수진, 신상원, 김호준. 대사량의 측면에서 본 비만. 유관학회 연합학술대회. 2004;31-42
5. Blackburn GL, Kanders BS. Obesity pathology psychology and treatment. Chapman & Hill: New York. 1994:39-79
6. 장은재, 이경령. 여대생을 대상으로 한 실측 휴식대사량과 예측 기초대사량의 상관관계에 대한 연구. 한국식품영양과학회지. 2005;34(2):196-201
7. Laura E. Indirect calorimetry: Technical aspect. J of Am Dietetic Assoc. 1997;97:154-60
8. 손보영, 배무경, 이근미, 정승필. 비만인에서 안정시 에너지 소비의 측정치와 예측치의 비교. 가정의학회지. 1999;20(7):877-85
9. Nieman DC, Tron G, Austin M. A new handheld device for measuring resting metabolic rate and oxygen consumption. J. Am. Dietet. Assoc. 2003;103:588-92
10. St-Onge MP, Rubiano F, Jones A Jr, Heymsfield SB. A new hand-held indirect calorimeter to measure postprandial energy expenditure. Obes Res. 2004 ;12(4):704-9
11. Stewart CL, Goody CM, Branson R. Comparison of two systems of measuring energy expenditure. JPEN J Parenter Enteral Nutr. 2005;29(3):212-7
12. Cunningham JJ. Body composition as a determinant of energh expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. Am J Clin Nutr. 1991;54:963-9
13. Harris JA, Benedict FG. A biometric study of basal metabolism in men. Carenegie Inst:

Washington, 1919:Publication No 279

14. 오상우. Energy expenditure and exercise. 대한비만학회지. 2002;11(3):241-9
15. De Lorenzo A, Bertini II, Puijia A, Testolin G, Testolin C. Comparison between measured and predicted resting metabolic rate in moderately active adolescents. Acta Diabetol. 1999; 36:141-5
16. Susan AJ, Gail R, Goldberg S. Effects of weight cycling caused by intermittent dieting on metabolic rate and body composition in obese women. Inter J of Obesity. 1991;15: 367-74
17. David frankenfield Lorl, Charlene chompher. Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults. Review. J of Am Dietetic Assoc. 2005;105(5):775-89
18. Keiko Ono. Resting energy expenditures in Asian women measured by indirect calorimetry are lower than expenditures calculated from predicted equations. Am J Dietetic Assoc. 1997;1288-92
19. Owen OE. Resting metabolic requirments of men and women. Mayo Clin Proc. 1988;63: 503-10
20. Taaffe, Dennis R, Thompson, Janice, Butterfield, Gail, Marcus, Robert. Accuracy of equations to predict basal metabolic rate in older women. J of Am Dietetic Assoc. 1995;95 (12):1387-92
21. Karhunen L, Franssila-Kaounki A. Rissanen A. Determinants of resting energy expenditure in obese non-dietic caucasian women. Inter J of Obesity. 1997;21:197-202
22. Nelson KM. Weinsier RL, Long CL, Schutz Y. Prediction of resting energy expenditure from fat-free mass and fat mass. Am H Clin Nutr. 1992;56:848-56
23. Ravssin E, Bogardus C. Relationship of genetics, age and physical fitness to daily energy expenditure and fuel utilization. Am J Clin Nutr. 1989;49:968-75
24. Kashiwazaki H, Suzuki T, Inaoka T. Postprandial resting metabolic rate and body composition in moderately obese and normal-weight adult subjects at sitting posture. J Nutr Sci Vitaminol. 1988;34:399-411
25. Mifflin MD, St Jeor ST, Hill LA, Scott BJ, Daugherty SA, Koh YO. A new predictive equation for restin energy expenditure in healthy individuals. Am Clin Nutr. 1990;51: 241-7
26. Bogardus C, Lillioja S, Ravssin E, Abbott W. Familial dependence of the resting metabolic rate. N Engl J Med. 1986;315:96-100