

한국 과체중 및 비만 여성의 휴식대사량 측정 및 예측값의 비교

박 지 숙¹⁾ · 임 정 은^{2)*}

¹⁾창원대학교 자연과학대학 식품영양학과, 학생

²⁾창원대학교 자연과학대학 식품영양학과, 교수

Comparison of Predicted and Measured Resting Energy Expenditure in Overweight and Obese Korean Women

Ji-Sook Park¹⁾, Jung-Eun Yim^{2)*}

¹⁾Department of Food & Nutrition, Changwon National University, Changwon, Korea, Student

²⁾Department of Food & Nutrition, Changwon National University, Changwon, Korea, Professor

*Corresponding author

Jung-Eun Yim, Ph.D
Department of Food and
Nutrition, Changwon National
University, Changwon 51140,
Korea

Tel: (055) 213-3517

Fax: (055) 281-7480

E-mail: jeyim@changwon.ac.kr

ORCID: 0000-0001-8344-1386

Acknowledgments

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIP) (No.2013R1A1A3010917).

Received: August 6, 2018

Revised: September 11, 2018

Accepted: September 11, 2018

ABSTRACT

Objectives: The purpose of this study was to compare predictions and measurements of the resting energy expenditure (REE) of overweight and obese adult women in Korea.

Methods: The subjects included 65 overweight or obese adult women ranging in age from 20~60 with a recorded body mass index (BMI) of 23 or higher. Their height, weight, waist-hip ratio, and blood pressure were measured. The investigator also measured their body fat, body fat percentage, and body composition of total weight without fat using Dual energy X-ray absorptiometry (DXA) and measured resting energy expenditure by indirect calorimetry. Measured resting energy expenditures were compared with predictions from six methods: Harris-Benedict, Mifflin, Owen, WHO-WH, Henry-WH, and KDRI.

Results: Harris-Benedict predictions showed the smallest differences from measured resting energy expenditure at an accurate prediction rate of 70%. The study analyzed regression between measured resting energy expenditure and body measurements including height, weight and age. The formula proposed by this research is as follows: Proposed REE equation for overweight and obese Korean women = $721 - (1.5 \times \text{age}) + (0.4 \times \text{height}) + (9.9 \times \text{weight})$.

Conclusions: These findings suggest that age is a significant variable when predicting resting energy expenditure in overweight and obese women. Therefore, prediction of resting energy expenditure should consider age when determining energy requirements in overweight and obese women.

Korean J Community Nutr 23(5): 424~430, 2018

KEY WORDS overweight, obese, resting energy expenditure

서론

World Health Organization(WHO)에서는 2016년 전 세계 인구에서 그 중 6억 5천명 이상이 비만이며, 이는 18세 이상의 전체 인구에서 13%에 달하는 높은 수치라고 보고하였다[1]. 우리나라의 경우에도 2016년 국민건강영양조사에 의하면 체질량지수(body mass index, BMI) 25 kg/m^2 이상인 비만 유병률이 남성은 42.3%, 여성은 26.4%로 나타났다[2]. 비만은 삶의 질에 영향을 미칠 뿐만 아니라 제 2형 당뇨병과 고혈압, 심혈관질환, 뇌혈관질환 등의 합병증과 깊이 관련되어 있으며 사망으로 이어질 수 있다[3]. 비만의 원인은 여러 가지 요인이 작용할 수 있으나, 생리학적인 기전으로 섭취한 에너지와 에너지를 소비하는 대사량 사이의 불균형으로 발생한다고 알려져 있다[4]. 국민건강영양조사에 의하면 1인 1일 평균 에너지섭취량은 1990년 1,863 kcal, 2001년 1,975 kcal, 2011년 2,048 kcal, 2016년 2,026 kcal로 나타났는데[2], 에너지 섭취량만으로 우리나라의 비만 증가 추세를 설명하기 힘들고, 에너지 소비의 부족이 비만의 증가에 영향력이 크게 작용할 수 있다는 가능성이 제시된다.

신체의 1일 에너지 소비는 안정 시 대사량을 뜻하는 휴식 대사량, 신체활동을 통한 에너지 소모량, 음식 섭취에 의한 에너지 소모량으로 분류된다[5]. 에너지 소비량 중 휴식 대사량은 활동을 통한 에너지 소비가 아닌 심박동, 체내 세포 활동, 적정 체온 유지 등을 생명 유지에 필요한 최소한의 에너지 소비량을 뜻하며, 전체 에너지 소비량에서 약 60~70%를 차지하여 비만과 밀접히 관련 있는 것으로 알려져 있다[6, 7]. 이외에 신체 활동을 통해 소비되는 양이 15~30%를 차지하고 나머지 10%가 음식 섭취에 의한 열 발생으로 소비된다.

신체의 에너지 소비량 중 가장 큰 비율을 차지하는 휴식 대사량은 간접 열량 측정계(indirect calorimetry)를 통해 측정할 수 있지만, 간접 열량 측정 계는 측정 절차, 측정 방법이 복잡하고 비용 면에서나 훈련된 조사자가 필요하다는 점에서 실용적이지 못하다[8, 9]. 따라서 휴식 대사량을 예측할 수 있는 여러 계산 공식을 통하여 휴식 대사량을 계산하는데, 국내에서는 주로 Harris-Benedict 공식[10] 또는 WHO 공식[11], Owen 공식[12] 과 Mifflin 공식[13] 등이 많이 이용된다. 기존의 휴식 대사량 공식이 1980년대 이전 발표된 것으로 최근에는 사회 인구학적 특성을 반영한 Henry 공식[14]과 국내 성인의 휴식 대사량 연구[15]의 KDRI(Koreans Dietary Reference Intakes, 2010)

공식이 사용된다.

비만의 치료는 에너지 섭취량을 줄이는 식사요법을 우선시하는데[16], 지나치게 에너지 섭취를 줄이는 경우 필수 영양소의 섭취가 제한되고, 휴식 대사량이 감소되어 오히려 체중이 증가된다[17]. 따라서 비만 치료를 위해서 정확한 휴식 대사량의 예측을 통한 에너지 섭취량을 산정하는 식사요법이 중요하다[18]. 특히 여성의 경우 생애주기에 따라 비만의 유병률이 증가하고, 이에 따른 비만과 관련된 만성질환이 증가한다고 알려져 있어[19, 20] 비만의 치료가 더욱 중요하다.

휴식 대사량을 예측하기 위한 여러 계산 공식이 있으나, 휴식 대사량은 인종, 연령, 키, 체중이나 체구성 등에 의해 영향을 받기 때문에 정확한 휴식 대사량 예측이 어려우며[21] 국내에서 과체중 및 비만 여성의 휴식 대사량 예측 공식 개발에 대한 연구가 미비한 실정이다. 본 연구에서는 국내 과체중 및 비만한 성인 여성을 대상으로 실측 휴식 대사량 및 예측 대사량을 비교하여 한국인에게 가장 적합한 예측 대사량에 대해 연구하고자 한다.

연구대상 및 방법

1. 연구 대상

본 연구 대상자는 2013년 4월 1일부터 2013년 12월 31일까지 9개월 동안 서울 소재의 K 의료원에서 진행되었다. K 의료원 내 지면광고를 통하여 연구 참가 희망자를 모집하였으며 체질량지수가 23 kg/m^2 이상의 과체중 혹은 비만인 만 20세 이상 60세 이하의 성인 여성, 그 중 비만 관련 치료제나 그 외 식욕억제제, 피임약, 스테로이드 제제, 여성호르몬제 등을 복용하지 않으며 비만 관련 프로그램에 참여하지 않은 자를 대상으로 선정하였다. 고혈압이나 당뇨 질환이 있거나, 치료 약물을 복용하는 경우, 기타 신장, 심장, 간, 갑상선, 뇌혈관 질환, 담낭 질환이 있는 경우 연구에서 제외하였다. 72명의 성인 여성이 연구에 참여하였으며, 이 중 7명이 중도 탈락하였고 총 65 명의 참가자로 연구를 진행하였다. 본 연구는 K 의료원의 기관생명윤리위원회(Institutional Review Board, IRB) 심의를 통과(KMC IRB 1304-03-C1) 한 후 실시하였다.

2. 신체 계측

연구 참가자는 몸에 착용한 장신구와 신발을 벗고 가벼운 옷차림으로 직립 자세를 유지하여 신장(height), 체중(weight)을 측정하였고, 측정값을 통해 체질량지수를 계산하였다. 체중에서 키의 제곱을 나누어 체질량지수를 계산하였다. 허리둘레와 엉덩이 둘레는 곧게 선 자세에서 팔을 벌

린 채로 허리둘레는 최하위 늑골하부와 골반 장골능 사이를 측정하였고, 엉덩이둘레는 골반의 가장 넓은 부위를 측정하였다. 혈압은 연구 참가자가 20~30분 이상 휴식을 취한 상태에서 수은혈압계를 통해 측정하였다. 연구를 위해 측정된 모든 값은 훈련된 1명의 조사자에 의하여 측정되었으며, 총 2회를 측정하고 2회 측정값의 평균을 소수 첫째자리까지 기록하였다.

3. 체지방 조성

이중에너지방사선 흡수법 (DXA, General Electrics, LUNAR prodigy, USA) 를 이용해 총 지방량과 총 체지방량, 체지방량을 측정하였다. DXA 측정 시 연구 참가자는 검사대에 편안하게 누운 채 검사를 진행하였으며, 머리부터 발끝까지 스캔하였고 검사 소요시간은 10~20분가량이었다.

4. 실측 휴식 대사량

연구 참가자는 간접 열량 측정계 (TrueOne2400, Parvo Medics, East Sandy, UT, USA) 를 통해 실제 휴식 대사량을 측정하였다. 참가자는 검사 당일 최소 12시간 이상의 금식을 유지하고 24시간 이상 운동을 금지하였다. 측정 시작 전 30분 이상 안정을 취한 상태에서 측정하였다. 측정 장소는 온도와 습도가 일정하게 유지되며 주위의 소음을 최소화한 장소에서 측정하여 주변 환경으로 인한 오차를 줄이도록 하였다. 간접열량측정계의 준비 (warming up) 단계가 지난 다음 측정자가 검사대 위에 누우면, 외부와의 공기를 차단시켜줄 canopy를 피험자의 얼굴 위로 씌워 외부의 공기가 canopy 안으로 유입되지 않도록 후드를 고정시켜 측정하였다. 환자가 검사대 위에 누운 후 안정을 찾으면 측정기계와 연결된 튜브를 canopy위로 연결시켜 측정을 시작하였으며, 간접 열량 측정계 내의 O_2 와 CO_2 분석기를 통해 측정 결과가 화면에 나타난 측정값을 사용하였다. 피험자의 호흡 패턴에 따라 민감하게 반응하여 결과 수치가 변화 될 수 있으므로 25~30분 이상 측정하였다.

5. 예측 휴식 대사량

휴식 대사량 예측의 방법으로는 성인의 휴식 대사량을 연령, 신장 또는 체중을 이용하여 예측할 수 있는 공식 중 타당도 평가 연구 [22]를 토대로 선별하였다. 본 연구에서 사용한 예측 공식은 다음과 같다.

- 1) Harris-Benedict equation for female [10] Predicted REE

$$= 655 + (9.6 \times \text{weight}) + (1.7 \times \text{height}) - (4.7 \times \text{age})$$

- 2) Milfflin et al formula [14]

$$= [9.99 \times \text{weight}(\text{kg})] + [6.25 \times \text{height}(\text{cm})] - [4.92 \times \text{age}(\text{year})] - 161$$

- 3) Owen et al formula [13] = $795 + [7.18 \times \text{weight}(\text{kg})]$

- 4) WHO-WH formula [11] = $(8.7 \times \text{weight}) - (0.25 \times \text{height}) + 865$

- 5) Henry-WH formula [15] = $(8.18 \times \text{weight}) + (5.02 \times \text{height}) - 11.6$

- 6) KDRI formula [12] = $255 - (2.35 \times \text{age}) + (3.616 \times \text{height}) + (9.39 \times \text{weight})$

6. 통계 분석

본 연구의 모든 자료는 통계분석프로그램 SPSS version 23.0을 사용하였으며 모든 결과 값은 평균(mean)과 표준편차(standard deviation, SD)로 나타났다. 실측 휴식 대사량과 예측 휴식 대사량의 예측 정확도, 과소평가, 과대평가는 기술통계를 사용하였다. 실측 휴식 대사량과 신체계측과의 요인 간 분석은 회귀 분석을 통하여 분석하였다. 실측 휴식 대사량과 예측 휴식 대사량의 차이 값과 연령과의 상관분석은 Pearson 상관분석을 실시하였다. 통계 유의성은 $p < 0.05$ 에서 검증하였다.

결 과

1. 신체 계측 및 체지방 조성

본 연구에 참여한 65명의 성인 여성 신체 계측 사항은 Table 1과 같다. 평균 연령은 43.26 ± 9.65 세이었으며, 평균 신장은 159.45 ± 5.55 cm, 평균 체중은 67.50 ± 8.37 kg으로 나타났다. DXA법을 통한 체지방률은 $39.82 \pm 5.18\%$, 체지방량은 25.71 ± 5.97 kg, 체지방량은 38.48 ± 4.39 kg로 나타났다.

2. 실측 휴식 대사량과 예측 휴식 대사량

본 연구에 참여한 65명의 성인 여성의 휴식 대사량은 Table 2와 같다. 간접 열량 측정계를 통한 휴식 대사량 측정결과와 각 공식을 통한 휴식 대사량 계산 결과 값의 예측 정확도는 Harris-Benedict 공식을 통한 휴식 대사량이 70%로 가장 일치하게 나타났으며, 그 다음은 Milfflin 공식과 WHO-WH 공식(69%), KDRI 공식(63%), Henry-WH 공식과 Owen 공식(61%)로 나타났다. 그 중 Mifflin

공식은 과소 평가를 35%로 가장 높게 나타났으며 Owen공식은 과대 평가를 38%로 가장 높게 나타냈다.

3. 실측 휴식 대사량과 신체계측과의 상관성

간접 열량 측정 계를 통한 휴식 대사량과 신체계측과의 상관성은 Table 3과 같다. 비만 여성의 실측 휴식 대사량은 연령 ($p=0.007$)과 체중 ($p<0.0001$)과 유의하게 상관관계를 나타냈다. 본 연구의 과체중 및 비만 여성의 휴식 대사량

예측 공식을 사용한다면 다음과 같다. Proposed REE equation for overweight and obese Korean women = $721 - (1.5 \times \text{age}) + (0.4 \times \text{height}) + (9.9 \times \text{weight})$

4. 실측 휴식 대사량과 예측 휴식 대사량의 차이 값과 연령과의 상관성

실측 휴식 대사량과 Harris-Benedict 공식에 따른 예측 휴식 대사량의 차이 값과 연령과의 상관관계를 Fig. 1에 나타냈다. 실측 휴식 대사량과 Harris-Benedict 공식에 따른 예측 값과의 차이 값은 연령과 양의 상관성을 보였다 ($R = 0.244$, $P < 0.01$). 그림의 식을 표시하면 실측값과 예측값의 차이 = $3.38 \times \text{연령} - 133.65$ 이다. 식과 같이 40세를 기준으로 실측값과 예측값이 동일한데 반해 40세 이전에는 Harris-Benedict 공식에 따른 예측값이 실측값에 비해 높게 나타나며, 40세 이후에는 Harris-Benedict 공식에 따른 예측값이 실측값에 비해 낮게 나타났다.

Table 1. The Anthropometric variables in overweight Korean women subjects

	Subjects (n=65)
Age (years)	43.26 ± 9.65
Height (cm)	159.45 ± 5.55
Weight (kg)	67.50 ± 8.37
Body mass index (kg/m ²)	26.53 ± 2.92
Waist circumference (cm)	89.59 ± 9.36
Hip circumference (cm)	100.66 ± 5.77
Waist-hip ratio	0.89 ± 0.09
Waist-height ratio	0.56 ± 0.06
Systolic blood pressure (mmHg)	113.35 ± 11.42
Diastolic blood pressure (mmHg)	71.03 ± 8.28
Body fat percents (%)	39.82 ± 5.18
Body fat mass (kg)	25.71 ± 5.97
Free fat mass (kg)	38.48 ± 4.39

Values are Mean ± SD

Table 3. Correlation coefficient between Resting Energy Expenditure and Anthropometric measurements

Variables	β	Standard Error	p-value
Intercepts	720.75	551.28	
Age	-1.51	1.91	0.007
Height	0.37	3.48	0.065
Weight	9.92	2.29	<0.0001

Table 2. Resting Energy Expenditure in overweight Korean women subjects

	REE ¹⁾ (kcal/day)	Bias ²⁾	Accurate prediction ³⁾ (%)	Under prediction ⁴⁾ (%)	Over prediction ⁵⁾ (%)
Measured REE	1,383.24 ± 157.74				
Harris-Benedict [10]	1,370.77 ± 111.04	0.14	70	17	12
Mifflin [13]	1,297.09 ± 131.67	5.6	69	35	3
Owen [12]	1,279.67 ± 60.11	6.59	61	0	38
WHO-WH [11]	1,412.41 ± 72.20	3.07	69	24	6
Henry-WH [14]	1,341.03 ± 85.09	2.20	61	12	26
KDRI ⁶⁾ [15]	1,363.77 ± 101.13	0.62	63	13	23

Values are Mean ± SD

Abbreviation: WH, Weight Height

1) Resting energy expenditure

2) [(predicted RMR - measured RMR) / measured RMR] × 100

3) Percentage of subjects predicted by formula within 90% to 110% of measured REE

4) Percentage of subjects predicted by formula < 90% of measured REE

5) Percentage of subjects predicted by formula > 110% of measured REE

6) Koreans Dietary Reference Intakes

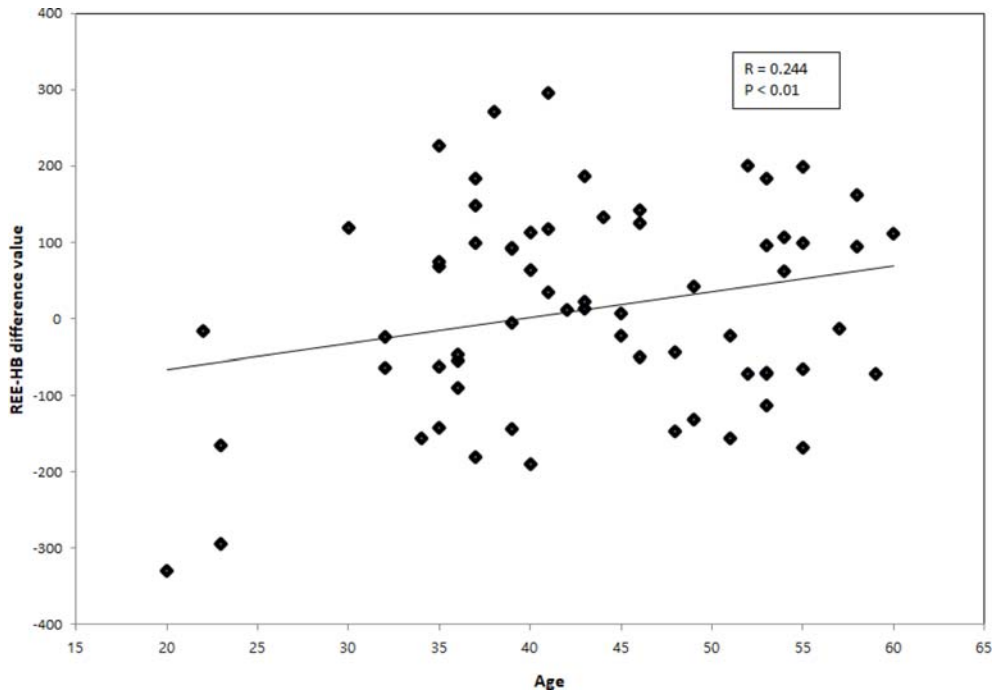


Fig. 1. Correlation coefficient between Age and Value of difference of Indirect Calorimetry method and Harris-Benedict formula method

고 찰

섭취하는 에너지와 소비하는 에너지의 불균형으로 인해 초래되는 비만은 치료를 위해서 에너지 소비량에 맞추어 섭취량을 조절하는 것이 중요하다[4]. 본 연구의 과체중 및 비만 성인 여성의 평균 실측 휴식 대사량은 1383.24 ± 157.74 kcal로 국내 정상 체중 여성의 실측 휴식 대사량 연구 결과[23] 1281.0 ± 223.5 kcal와 비교하였을 때, 약 102 kcal 높게 나타나 비만한 사람의 휴식 대사량이 높게 나타남을 알 수 있었다. 또한 국내 비만 여성을 대상으로 휴식 대사량을 측정한 타 연구의[24] 결과 $1,251.5 \pm 179.0$ kcal와 비교하였을 때는 약 132 kcal 높게 나타났는데, 이는 본 연구의 과체중 및 비만 여성의 체지방량이 더 높기 때문으로 추측한다.

과체중 및 비만 여성의 실측 휴식 대사량과 예측 공식을 통한 휴식 대사량을 비교했을 때, Harris-Benedict 공식이 가장 예측 정확도가 높은 것으로 나타났다. Harris-Benedict 공식은 건강한 성인을 대상으로 했을 때 10~13%가량 휴식 대사량이 높게 평가되는 것으로 알려져 있는데[25] 비만한 성인의 경우 정상 체중 성인보다 휴식 대사량이 높기 때문에 차이가 적은 것으로 사료된다. 비만한 성인의 휴식 대사량의 예측 공식의 정확도를 비교하기 위하여 실

시한 국외의 여러 연구[26, 27]에서는 주로 Mifflin 공식이 비만한 성인에게서 가장 정확도가 높다고 보고 하였지만, 본 연구에서는 Harris-Benedict 공식이 가장 예측 정확도가 높아 이와는 다른 결과를 보였으며, 이는 인종 차이도 있을 것으로 추측된다.

본 연구에서 Harris-Benedict 공식과 실측 휴식 대사량의 차이 값은 연령에 따라 커지는 것으로 나타났다. 연령이 증가함에 따라 체내 대사가 활발한 체조직은 감소하고, 대신 지방조직이 증가하여 체지방이 축적되기 때문에 연령이 증가할수록 휴식 대사량은 감소한다고 알려져 있다[28]. 하지만 본 연구를 통해 과체중 및 비만 여성의 경우 연령 증가에 따라 휴식 대사량의 감소가 크지 않음을 알 수 있었으며, 이는 과체중 및 비만 여성에게 휴식 대사량 예측 공식을 적용할 경우 연령이 큰 변수가 될 수 있음을 시사한다.

연령이 실측 휴식 대사량을 예측하는데 있어서 변수로 작용하는 것은 체지방량으로 인한 것으로 추측하는데, 체지방량은 체내에서 활동적 대사성을 갖는 근육과 기타 장기 무게를 포함한 것으로 정의한다[29]. 휴식 대사량이 주로 근육 대사 활동에 쓰이기 때문에[30] 체지방량은 휴식 대사량에 영향을 미치는 가장 대표적인 변수로 알려져 있다. 과체중 및 비만 여성은 정상 체중의 여성보다 체지방량 뿐만 아니라 체지방량 역시 높기 때문에 실측 휴식 대사량과 예측 휴식 대사량의 차이가 나타나는 것으로 사료된다.

현재까지 보고된 연구에 따르면 제지방조직의 휴식 대사량은 하루 약 21 kcal/kg가 소모되며, 비교적 대사적 활성이 적은 지방조직의 휴식 대사량은 10~13 kcal/kg가 소모되는 것으로 알려져 있다[31, 32]. 이런 이유로 지방 조직이 많은 비만한 사람은 전체 휴식 대사량은 높게 나타날 수 있지만, 단위 체중 당 소모되는 휴식 대사량은 정상 체중의 사람보다 낮다고 보고된다[33].

본 연구는 과체중 및 비만 여성의 실측 휴식 대사량과 예측 공식의 비교를 통해 과체중 및 비만 여성의 휴식 대사량 평가에 유용한 자료를 제공하려는 데 목적이 있었으나, 연구 대상자의 신체 활동량의 완벽한 통제나 음식 섭취의 통제가 이루어지지 못했고, 단위 체중 당 또는 제지방 조직, 지방 조직 별 휴식 대사량 분석이 없었던 점, 비교 대상 군이 없는 점이 제한점으로 작용되며 추후 보완 연구가 필요하리라 사료된다.

본 연구결과를 통해 한국인 과체중 및 비만 여성의 휴식 대사량을 위한 예측 공식이 실측 휴식 대사량과 차이가 나타나며 특히 연령에 따라 차이가 다르게 나타났음을 밝혔다. 비만 인을 위한 에너지 섭취 설정 등을 위해 한국인에 적합한 휴식 대사량 예측 공식 산출을 위한 대규모의 연구가 필요하다고 사료된다.

요약 및 결론

본 연구에서는 국내 체질량지수(BMI)가 23 kg/m² 이상의 과체중 혹은 비만인 만 20세 이상 60세 이하의 성인 여성 65명을 대상으로 휴식 대사량 예측 공식에 대한 상관성에 대한 연구로 비만 치료에 있어서 휴식 대사량 산출에 유용한 자료를 제공하려는 데 목적이 있다. 신장과 체중을 통해 예측 가능한 휴식 대사량 공식을 이용하여 국내 과체중 및 비만 성인 여성의 휴식 대사량 예측 공식을 개발하고자 하였다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 연구 대상자의 평균 연령은 43.26 ± 9.65세, 신장은 159.45 ± 5.55 cm, 체중은 67.50 ± 8.37 kg, 체질량지수 26.53 ± 2.92 kg/m²로 나타났다.

2. 연구 대상자의 실측 휴식 대사량은 1383.24 ± 157.74 kcal로 나타났다. 본 연구에서는 신장과 체중을 이용하여 휴식 대사량을 예측할 수 있는 Harris-Benedict, Mifflin, Owen, WHO-WH, Henry-WH, KDRI 공식으로 총 6가지 휴식 대사량 예측 공식을 사용하였다. 이 중 실측 휴식 대사량과 예측 정확도가 70%로 가장 높은 공식은 Harris-Benedict 공식으로 나타났다. 그 중 Mifflin 공식은 과소 평가를 35%로 가장 높게 나타났으며 Owen 공식은

과대 평가를 38%로 가장 높게 나타났다.

3. 실측 휴식 대사량과 연령, 신장, 체중과 회귀 분석을 한 결과 연령과 유의한 상관성을 보였다. 본 연구 결과를 토대로 국내 과체중 및 성인 여성의 휴식 대사량 예측 공식을 제시하자면 다음과 같다.

Proposed REE equation for overweight and obese Korean women = 721 + (9.9 × weight) + (0.4 × height) - (1.5 × age)

4. 실측 휴식 대사량과 예측 정확도가 가장 높았던 Harris-Benedict 공식의 차이 값과 연령과 Pearson 상관성 분석 결과 양의 상관성을 보여 연령이 증가할수록 실측 휴식 대사량과 Harris-Benedict 공식을 통한 예측 휴식 대사량의 차이가 커지는 것으로 나타났다.

References

1. WHO. Obesity and overweight. [internet]. WHO; 2017 [cited 18 Oct 2017] Available from: <http://www.who.int/>.
2. Ministry of Health and Welfare, Korea Centers for Disease Control and Prevention. Korea Health Statistics 2016: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES VI-3). Sejong: Ministry of Health and Welfare; 2017.
3. Abdelaal M, Roux CW, Docherty NG. Morbidity and mortality associated with obesity. *Ann Transl Med* 2017; 5(7): 161.
4. Seo YW, Lee HJ, Yun KE, Park HS. Energy intake and resting energy expenditure of middle-aged obese Korean women. *Kor Soc Obes* 2009; 18(1): 31-37.
5. Poehlman ET. Exercise and its influence on resting energy metabolism in man. *Med Sci Sports Exerc* 1989; 21(5): 515-525.
6. Ravussin E, Harper IT, Rising R, Bogardus C. Energy expenditure by doubly labeled water: validation in lean and obese subjects. *Am J Physiol* 1991; 261(3 Pt 1): E402-E409.
7. Johnston SL, Souter DM, Tolcamp BJ, Gordon IJ, Illius AW, Kyriazakis I et al. Intake compensates for resting metabolic rate variation in female C57BL/6J mice fed high-fat diets. *Obesity* 2007; 15(3): 600-606.
8. Stewart CL, Goody CM, Branson R. Comparison of two systems of measuring energy expenditure. *J Parenter Enteral Nutr* 2005; 29(3): 212-217.
9. Frankenfield D, Roth-Yousey L, Compher C. Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review. *J Am Diet Assoc* 2005; 105(5): 775-789.
10. Harris JA, Benedict FG. A biometric study of basal metabolism in man. Washington: Carnegie institution of Washington; 1919.
11. Joint FAO/WHO/UNU. Energy and protein requirements: report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser* 1985; 724: 201-206.
12. Owen OE. Resting metabolic requirements of men and women. *Mayo Clin Proc* 1988; 63(5): 503-510.
13. 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* 1990; 51(2): 241-247.
14. Henry CJ. Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. *Public Health Nutr* 2005; 8(7A): 1133-1152.
 15. Son HR, Yeon SE, Cho JS, Kim EK. The measurements of the resting metabolic rate (RMR) and the accuracy of RMR predictive equations for Korean farmers. *Korean J Community Nutr* 2014; 19(6): 568-580.
 16. Choi SH, Jo MW, Shin DS. Effects of the 8-week resistance exercise on body composition, serum hormone profiles and feeding patterns of obese females. *Korean J Nutr* 2004; 37(10): 888-898.
 17. Lee JH. Treatment of obesity. *Korean J Community Nutr* 1990; 29(3):307-320.
 18. Yim JE, Kim YS, Choue RW. Effects of age on changes of body composition through caloric restriction in overweight and obese women. *J Nutr Health* 2013; 46(5): 410-417.
 19. Ministry of Health and Welfare and Korea Centers for Disease Control and Prevention. Korea Health Statistics 2014: Korea National Health and Nutrition Examination Survey [KNHANESVI-2]. Sejong: Ministry of Health and Welfare; 2015.
 20. Neeland IJ, Turer AT, Ayers CR, Powell-Wiley TM, Vega GL, Farzaneh-Far R et al. Dysfunctional adiposity and the risk of prediabetes and type 2 diabetes in obese adults. *JAMA* 2012; 308(11): 1150-1159.
 21. Derumeaux-Burel H, Meyer M, Morin L, Boirie Y. Prediction of resting energy expenditure in a large population of obese children. *Am J Clin Nutr* 2004; 80(6): 1544-1550.
 22. Lee GH, Kim MH, Kim EK. Accuracy of predictive equations for resting metabolic rate in Korean college students. *c* 14(4): 462-473.
 23. Nam AY, Lee SY, Lee KJ, Park SB. The relationship between resting metabolic rate and cardiovascular risk factors in the obesity women. *Korean J Obes* 2008; 17(2): 73-81.
 24. Park JA, Kim KJ, Yoon JS. A comparison of energy intake and energy expenditure in normal-weight and over-weight Korean adults. *Korean J Community Nutr* 2004; 9(3): 285-291.
 25. Daly JM, Heymsfield SB, Head CA, Harvey LP, Nixon DW, Katzef H et al. Human energy requirements: overestimation by widely used prediction equation. *Am J Clin Nutr* 1985; 42(6): 1170-1174.
 26. Ravussin E, Lillioja S, Knowler WC, Christin L, Freymond D, Abbott W et al. Reduced rate of energy expenditure as a risk factor for body-weight gain. *N Engl J Med* 1988; 318(8): 467-472.
 27. Weijs PJ. Validity of predictive equations for resting energy expenditure in US and Dutch overweight and obese class I and II adults aged 18-65y. *Am J Clin Nutr* 2008; 88(4): 959-970.
 28. Bosy-Westphal A, Eichhorn C, Kutzner D, Illner K, Heller M, Muller MJ. The age-related decline in resting energy expenditure in human is due to the loss the loss of fat-free mass and to alteration in its metabolically active components. *J Nutr* 2003; 133(7): 2356-2362.
 29. Kyle UG, Genton L, Hans D, Karsegard L, Solsman DO, Pichard C. Age-related differences in fat-free mass, skeletal muscle, body cell mass and fat mass between 18 and 94 years. *Eur J Clin Nutr* 2001; 55(8): 663.
 30. Hong SG. Energy balance and obesity. *J Korean Beriatr* 2000; 9(3): 1-5.
 31. Goran MI, Kaskoun MC, Johnson RK. Determinants of resting energy expenditure in young children. *J Pediatr* 1994; 125(3): 362-367.
 32. Ravussin E, Lillioja S, Knowler WC, Christin L, Freymond D, Abbott WG et al. Reduced rate of energy expenditure as a risk factor for body weight gain. *N Engl J Med* 1988; 318(8): 467-472.
 33. Napoli R, Horton ES. Present knowledge in nutrition. 7th edition. Washing USA: ILSI press; 1998.