

남녀 대학생에 있어서 휴식대사량 예측공식의 정확도 평가

이가희 · 김명희 · 김은경[†]

강릉원주대학교 생명과학대학 식품과학과

Accuracy of Predictive Equations for Resting Metabolic Rate in Korean College Students

Ga-Hee Lee, Myung-Hee Kim, Eun-Kyung Kim[†]

Department of Food Science, Gangneung-Wonju National University, Gangwon, Korea

Abstract

The purpose of this study is to analyze the accuracy of predictive equations for resting metabolic rate (RMR) in Korean college students. Subjects were 60 healthy Korean college students (30 males, 30 females) aged 18-25 years. RMR was measured by indirect calorimetry. Predicted RMRs were calculated using the Harris-Benedict, Schofield (W)/(WH), FAO/WHO/UNU(W)/(WH), Owen, Mifflin, Cunningham, Liu, IMNA and Henry (W)/(WH) equations. The accuracy of the equations was evaluated on basis of accurate prediction (the percentage of subjects whose RMR was predicted within 90% to 110% of the RMR measured), mean difference, RMSPE, mean % difference, limits of agreement of Bland-Altman method between predicted and measured RMR. Measured RMR of male and female students were 1833.4 ± 307.4 kcal/day and 1454.3 ± 208.0 kcal/day, respectively. All predictive equations underestimated measured RMR. Of the predictive equations tested, the Harris-Benedict equation (mean difference: -80.4 kcal/day, RMSPE: 236 kcal/day, mean % difference: -3.1%) was the most accurate and precise, but accurate prediction of the equation was only 42%. Thus, this study suggests that the ethnicity-specific predictive equation from Korean people should be developed to improve the accuracy of predicted RMR for Koreans. (*Korean J Community Nutrition* 14(4) : 462-473, 2009)

KEY WORDS : resting metabolic rate · predictive equations · college students · indirect calorimetry

서 론

오늘날 비만은 신체적·정신적으로 건강상의 문제를 일으키는 질병으로써 치료되어야 할뿐만 아니라, 삶의 질 차원에서 건강한 생활을 영위하기 위해 예방되어야 하는 사회 문제가 되고 있다. 생활수준이 향상됨에 따라 신체활동의 감소와 함께 영양섭취의 과잉으로 우리나라 국민의 체중과다 및 비만의 발생은 계속해서 증가하고 있는데, 2007년 국민건강영양조사 결과(Ministry of Health and Welfare 2008)에 따르면, 만 19세 이상 성인의 비만 유병률이 31.7%로 지

난 10년간 약 6% 정도 증가하였고 이와 관련하여 이상지질증과 같은 만성질환의 유병률도 높아지는 추세였다. 또한 만성질환을 가진 경우 '삶의 질' 지수가 낮아지는 경향을 보여 줌으로써 건강한 삶을 지속하고자 하는 현대 사회구성원의 기대와는 상반되는 결과를 보여주었다(Ministry of Health and Welfare 2008).

비만을 관리 및 예방하기 위해서는 에너지 섭취량과 에너지 소비량의 평형을 통해 정상체중을 유지하는 것이 매우 중요한데, 개인의 1일 총에너지 소비량을 정확하게 산출하여 그에 부합하는 에너지 필요량을 섭취하게 함으로써 가능하다. 일상생활에서의 에너지 소비량은 크게 기초대사량(Basal Metabolic Rate), 신체활동 대사량(Physical Activity), 식품섭취에 의한 열량소모량(Thermic Effect of Food) 등으로 구성되어 있다. 이들 중에서 기초대사량은 인체의 생리적인 기능을 유지하는데 소비되는 최소한의 에너지로써 총에너지 소비량의 60~75%를 차지하므로 1일 에너지 필요량을 결정짓는 중요한 요인이 되는데 이는 깊은 수면 상태의 대사량으로 실제 측정이 불가능하여, 이른 아침의 각성(覺醒)

접수일: 2009년 7월 31일 접수

채택일: 2009년 8월 19일 채택

*This study was supported by a grant of the Gangneung-Wonju National University in 2006

[†]Corresponding author: Eun-Kyung Kim, Department of Food Science, Gangneung-Wonju National University, 120 Gangneung Daehangno, Gangneung, Gangwon 210-702, Korea

Tel: (033)640-2336, Fax: (033)647-9535

E-mail: ekkim@gwnu.ac.kr

상태에서 측정되는 휴식대사량(Resting Metabolic Rate)으로 대신할 수 있으며 기초대사량과는 10% 정도 차이를 보인다고 하였다(Owen 등 1986). 실제로 에너지 소비량의 연구에서 기초대사량과 휴식대사량은 혼용해서 사용되고 있으며, 개인의 1일 에너지 소비량 추정을 위해 휴식대사량에 적절한 활동계수를 곱하는 방법이 이용되고 있다(FAO/WHO/UNU 1985).

개인의 휴식대사량은 간접열량계(Indirect Calorimeter)를 이용하여 산소 소비량과 이산화탄소 생성량을 측정하는 방법이 정확하나(Matarese 1997), 이를 위하여 고가의 장비와 훈련된 측정자가 필요하고 측정절차(식품섭취 및 활동제한) 및 방법(측정기기를 부착한 상태로 수심분 고정자세 유지)이 까다로워 보편화되기는 어려운 실정이다(Stewart 등 2005). 이러한 간접열량계를 이용한 휴식대사량의 측정을 대신할 수 있는 방법으로 휴식대사량 예측공식을 이용하는 방법이 있다. 즉 개인의 체중, 신장, 성별 및 연령 등 신체계측을 비롯하여 쉽게 수집할 수 있는 수치를 공식에 대입하여 휴식대사량을 계산하는 것이다.

휴식대사량 예측공식의 개발은 Harris & Benedict (1919)의 연구로부터 시작되었는데, 이는 10년간(1907년~1917년) 수행되었던 기초대사량(Basal Metabolic Rate) 측정 연구 중에서 정상체중의 성인남녀 239명(15~74세)의 기초대사량 데이터베이스로부터 개발된 가장 오래된 예측공식으로써, 현재까지 에너지 필요량 산출시 널리 이용되고 있으며 공식의 타당성에 대한 연구도 많이 진행되고 있다(Owen 등 1986; Owen 등 1987; Mifflin 등 1990; Frankenfield 등 2005). 이후 Schofield (1985b)의 연구에서는 Harris-Benedict가 이용했던 데이터베이스를 포함하여 114개의 연구(1914년~1980년)로부터 수집된 7,173명의 기초대사량 데이터베이스를 토대로 성별에 따라 5단계의 연령군(0~3세 / 3~10세 / 10~18세 / 18~30세 / 30~60세 / 60세 이상)으로 나누어 체중(W)만을 이용하거나 체중 및 신장(WH)을 함께 이용하는 두 가지 형태의 Schofield (1985b) 공식이 개발되었으며, 여기에 Schofield (1985a)와 James (1985)의 연구결과가 보완되어 FAO/WHO/UNU (1985) 공식(이하 WHO 공식)이 발표되었다. Schofield (1985b) 공식과 WHO (1985) 공식이 인종에 따라 기초대사량을 다르게 예측한다는 연구결과가 있었는데(Henry & Rees 1991; Keiko 등 1997), 이와 같은 보고에 따라 기존의 데이터베이스 중 기초대사량을 높게 측정하는 것으로 알려진 폐쇄형 열량측정법을 사용하여 이탈리아인을 대상으로 한 자료는 제외된 반면, 인종의 다양성을 보완하기 위해 4,018명의 열대지역 거주자를 대

상으로 한 연구 자료는 포함 시켰으며, 1914년~2001년에 이르는 총 166개 연구 자료들로부터 기초대사량 데이터베이스(Oxford Database)를 새롭게 구축하였고, 이로부터 Henry (2005) 공식이 개발되었다. 또한 Owen 등(1986; 1987)과 Mifflin 등(1990)은 Harris-Benedict 공식이 휴식대사량을 과대평가함을 지적하고 각각 새로운 휴식대사량 예측공식을 개발하였으며, 많은 연구를 통해 이들 공식의 타당성이 평가되고 있다(Liu 등 1995; Frankenfield 등 2003; Frankenfield 등 2005). 체중과 신장 외에도 체지방방량이 휴식대사량과 높은 상관성이 있음을 보고한 Cunningham (1980)은 관련 연구의 결과를 정리하여 체지방량을 이용한 휴식대사량 예측공식을 새롭게 개발하였으며(Cunningham 1991), 이 공식은 여러 연구에서 인용되고 있다(Liu 등 1995; Taaffe 등 1995; Chang & Lee 2005). 한편 Liu 등(1995)은 서양인을 대상으로 만들어진 예측공식이 중국인의 휴식대사량을 과대평가하였다고 보고하면서, 건강한 중국 성인 223명을 대상으로 새로운 예측공식을 개발하였다.

우리나라에서는 휴식대사량 계산시 주로 Harris-Benedict (1919) 공식 및 WHO (1985) 공식을 사용해 왔으며, 한국인 영양섭취기준(Korean Nutrition Society 2005)에서는 미국의 국립학술원(Institute of Medicine of the National Academies, IMNA 2002)에서 제시한 휴식대사량 공식에 한국인의 연령별 표준 체위 값을 대입하도록 하고 있다. Kim 등(2009)은 사용하는 휴식대사량 예측 공식의 정확도를 높이기 위하여 공식 적용대상자의 인종, 연령 및 성별 뿐만 아니라, 대상자의 신체 조성 및 활동 정도가 유사한 집단으로부터 유도된 추정식을 사용하는 것이 중요하다고 지적하였으나, 아직까지 한국 성인을 대상으로 한 휴식대사량 예측 공식 개발에 관한 연구가 미비하여 외국에서 개발된 공식을 이용할 수밖에 없는 실정이다.

이에 본 연구에서는 한국의 성인 남녀의 휴식대사량을 측정하고 현재까지 개발된 예측 공식 중 임상 현장에서 자주 활용되고 있거나 교차 타당성(cross-validation) 연구에 자주 인용되고 있는 대표적인 12개의 공식을 선별하여 휴식대사량을 계산하여, 산출된 휴식대사량 예측치의 정확도를 다양한 통계학적 방법을 이용하여 평가하고자 하였다.

조사대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구는 강릉시내에 위치한 대학교에 재학 중인 남녀 학생 중 특별한 질환이 없는 건강한 남학생 30명과 여학생 30

명을 대상으로 하였다. 연구대상자 선정시 휴식대사량에 영향을 미치는 약물 및 호르몬제를 복용하지 않는 건강한 사람을 대상으로 하였다.

2. 연구내용 및 방법

1) 신체계측

연구대상자의 신장, 체중과 체성분(체지방량, 근육량)을 신장계와 InBody 4.0(Biospace, Korea)을 이용하여 측정하였다. 신체계측치를 이용하여 다음과 같이 체질량지수(Body Mass Index, BMI), 체지방량(Fat-Free Mass, FFM) 그리고 체표면적(Body Surface Area, BSA)을 계산하였다.

- BMI (kg/m²) = 체중(kg) ÷ [신장(m)]²
- FFM (kg) = 체중(kg) - 체지방량(kg)
- BSA (m²) = [Weight(kg)]^{0.425} × [Height(cm)]^{0.725} × 0.007184 (DuBois & DuBois 1915)

2) 휴식대사량 측정

가스호흡분석기(TrueOne2400, Parvo Medics, USA)를 이용한 간접 열량측정법(indirect calorimetry)으로 연구대상자의 휴식대사량을 측정하였다. 연구대상자로 하여금 측정 전 14시간 이상 금식하고 24시간 동안 운동을 하지 않도록 하였으며 측정 당일 아침에도 가능한 신체적 활동을 자제시킨 상태로 실험실에 도착하여 30분 이상 누운 상태에서 안정을 취하게 하였다(Compher 등 2006). 측정 시 누운 상태에서 캐노피(canopy)로 얼굴 부위를 덮고 30분 동안 편안하게 호흡하도록 한 후, 10초 간격으로 산소 소비량과

이산화탄소 생성량을 측정하였다. 측정시작 5분 동안의 값을 뺀 나머지 값을 Weir 공식(Weir 1949)에 대입하여 휴식대사량을 계산하였다.

3) 예측공식을 이용한 휴식대사량 산출

정상 체중의 성인을 대상으로 개발된 휴식대사량 예측공식 중에서 공식의 타당도 평가 연구(Liu 등 1995; Keiko 등 1997; Chang & Lee 2005; Frankenfield 등 2005)를 통해 교차 타당성(cross-validation)이 있다고 보고된 공식을 위주로 선별하였다. 또한 대부분의 공식들은 1980년 이전의 자료로부터 개발된 것이므로 최근의 휴식대사량 데이터베이스(Oxford Database)를 포함함으로써 현대의 사회인구학적인 특성을 반영한 Henry (2005)의 공식을 추가하였으며, 2005년에 발표된 한국인 영양섭취기준(Korean Nutrition Society 2005)에서 이용하고 있는 미국의 IMNA (2002) 공식도 함께 평가해 보았다.

본 연구대상자의 휴식대사량 산출에 이용한 예측공식을 Table 1에 제시하였다.

3. 자료 처리 및 분석

본 연구의 자료는 SAS 통계 프로그램(ver. 9.1)을 이용하여 다음과 같이 통계처리 하였다.

(1) 연구대상자들의 일반적인 특성, 휴식대사량의 실측치 및 예측치의 결과는 평균과 표준편차를 구하였고, 남학생과 여학생 간의 차이는 Student t-test로, 휴식대사량의 실측치와 예측치 간의 차이는 paired t-test로 유의성을 검정하였다(유의수준 5%).

Table 1. Equations used to predict the resting metabolic rate(RMR) of the subjects

Source	Equations (kcal/day)	
	Male	Female
Harris-Benedict (1919)	66.473 + [5.003 × Ht] + [13.752 × Wt] - [6.755 × Age]	655.096 + [1.850 × Ht] + [9.563 × Wt] - [4.676 × Age]
Schofield (W) (1985)	[15.057 × Wt] + 692.2	[14.818 × Wt] + 486.6
Schofield (WH) (1985)	[15.050 × Wt] - [0.100 × Ht] + 705.4	[13.617 × Wt] + [2.828 × Ht] + 98.2
WHO ¹⁾ (W) (1985)	[15.3 × Wt] + 679	[14.7 × Wt] + 496
WHO(WH) (1985)	[15.4 × Wt] - [0.27 × Ht] + 717	[13.3 × Wt] + [3.34 × Ht] + 35
Owen et al (1986; 1987)	879 + [10.2 × Wt]	795 + [7.18 × Wt]
Mifflin et al (1990)	[9.99 × Wt] + [6.25 × Ht] - [4.92 × Age] + 5	[9.99 × Wt] + [6.25 × Ht] - [4.92 × Age] - 161
Cunningham (1991)	370 + [21.6 × FFM]	370 + [21.6 × FFM]
Liu et al (1995)	[13.88 × Wt] + [4.16 × Ht] - [3.43 × Age] + 54.34	[13.88 × Wt] + [4.16 × Ht] - [3.43 × Age] - 58.06
IMNA ²⁾ (2002)	204 - [4 × Age] + [4.505 × Ht] + [11.69 × Wt]	255 - [2.35 × Age] + [3.616 × Ht] + [9.39 × Wt]
Henry (W) (2005)	[16.0 × Wt] + 545	[13.1 × Wt] + 558
Henry (WH) (2005)	[14.4 × Wt] + [3.13 × Ht] + 113	[10.4 × Wt] + [6.15 × Ht] - 282

Abbreviation: Wt, weight in kg; Ht, height in cm; Age in years; FFM, Fat Free Mass in kg.

1) FAO/WHO/UNU Expert Consultation

2) Institute of Medicine of the National Academies

(2) 휴식대사량과 신체계측치 간의 상호관련성은 피어슨 상관계수(Pearson's correlation coefficients)를 사용하여 분석하였다.

(3) 휴식대사량 예측 공식의 정확도를 분석하기 위하여 실측치와 각 예측치 간의 차이를 비교하는 차이값(mean difference), 백분율 차이(mean %difference) 및 RMSPE (root mean squared prediction error)를 구하였고, 피어슨 상관계수를 통해 휴식대사량의 실측치와 예측치 간의 상관성을 살펴보았으며, 각 공식이 정확하게 예측한 대상자의 비율인 accurate prediction(%)을 계산하였다. 또한 Bland-Altman (1986) 분석방법으로 일치한계의 범위(limits of agreement)를 구하여 실측치와 각 예측치의 일치도를 평가하였다.

각 분석 지표에 대한 설명은 다음과 같다. 차이값(mean difference)은 휴식대사량의 예측치와 실측치 간의 차이에 대한 산술적 차이의 평균값이고, RMSPE 값은 휴식대사량의 예측치와 실측치 간의 차이를 절대값으로 나타냄으로써 오차의 크기를 반영하며 이를 계산하는 공식은 아래와 같다 (Taaffe 등 1995).

$$RMSPE = \sqrt{\frac{\sum(Predicted RMR - Measured RMR)^2}{N}}$$

백분율 차이(mean % difference)는 동일 대상자의 휴식대사량을 반복 측정된 결과 ± 10% 이내의 측정오차(measurement error)가 나타났다는 연구결과(Weststrate

1993; Haugen 등 2003; Compher 등 2006)에 근거하여 예측치와 실측치의 차이가 -10~+10% 범위일 경우 정확한 것으로 평가되었고(Frankenfield 등 2003), 음(-)의 값으로 또는 양(+)의 값으로 치우치는 경향을 살펴봄으로써 예측치가 과소 또는 과대평가하는지를 설명할 수 있다고 하였다(Sheiner & Beal 1981; Weijs 2008). Accurate prediction 비율은 예측 휴식대사량이 실측 휴식대사량의 90~110% 이내로 평가되는 대상자의 비율(%)으로써, 이때 예측 휴식대사량이 실측 휴식대사량의 90% 이하일 경우는 과소평가(under-prediction)로, 110% 이상일 경우는 과대평가(over-prediction)로 분석하였다(Frankenfield 등 2003). Bland-Altman 방법에 의한 일치한계의 범위(limits of agreement)는 예측 및 실측 휴식대사량 간의 차이에 대한 범위를 계산하는 것으로써 (Mean difference ± 1.96SD), 차이값은 작을수록 예측공식에 의한 값이 정확하고 동시에 일치한계의 범위가 좁을수록 신뢰할 수 있다고 하였다(Bland & Altman 1986).

결 과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

연구대상자의 일반사항 및 신체계측 결과는 Table 2와 같다. 대상자의 평균 연령은 남녀 각각 21.3 ± 2.3세와 21.0 ± 0.6세로 성별에 따른 유의한 차이를 보이지 않았고, 그 범위는 18~25세였다. 신체계측 결과를 살펴보면 체지방

Table 2. Characteristics of the subjects

	Male (N = 30)		Female (N = 30)	
	Mean ± SD	Range	Mean ± SD	Range
Age (yrs)	21.3 ± 2.3	(18.0 - 25.0)	21.0 ± 0.6	(20.0 - 22.0)
Height (cm)	173.3 ± 3.8	(163.7 - 180.4)	159.5 ± 4.5***	(152.0 - 173.7)
Weight (kg)	70.6 ± 9.3	(53.1 - 90.6)	53.7 ± 6.9***	(46.0 - 81.3)
Body Mass Index (kg/m ²) ¹⁾	23.4 ± 2.6	(18.7 - 29.0)	21.1 ± 2.1***	(17.9 - 27.0)
Body Surface Area (m ²) ²⁾	1.84 ± 0.12	(1.60 - 2.10)	1.54 ± 0.10***	(1.42 - 1.96)
Fat mass (kg)	13.0 ± 5.4	(5.0 - 25.8)	16.5 ± 4.3**	(10.3 - 30.2)
Fat mass (%) ³⁾	18.0 ± 5.5	(8.4 - 30.0)	30.4 ± 4.8***	(19.8 - 39.5)
Fat Free Mass (kg) ⁴⁾	57.5 ± 5.8	(46.1 - 70.6)	37.2 ± 3.9***	(32.1 - 51.1)
Waist circumference (cm)	81.0 ± 7.1	(68.6 - 94.7)	70.8 ± 6.5***	(61.0 - 88.9)
Hip circumference (cm)	97.5 ± 5.1	(86.4 - 110.5)	91.8 ± 3.6***	(85.1 - 101.6)
Waist Hip Ratio	0.83 ± 0.05	(0.76 - 0.93)	0.77 ± 0.05***	(0.69 - 0.88)

1) Weight (kg) / [(Height (m))²

2) Weight^{0.425} (kg) × Height^{0.725} (cm) × 0.007184

3) [Fat mass (kg) / Weight (kg)] × 100

4) Weight (kg) - Fat mass (kg)

Significantly different by Student's t-test between male and female at **: p < 0.01, ***: p < 0.001

을 제외하고 모든 신체계측치에 있어서 남자가 여자보다 유의하게 높았다. 평균 신장과 체중은 남학생이 173.3 ± 3.8 cm와 70.6 ± 9.3 kg이었고, 여학생은 159.4 ± 4.5 cm와 53.7 ± 6.9 kg이었다. 남녀 대학생의 평균 체지방율은 각각 18.0 ± 5.5%와 30.4 ± 4.8%이었고, 체질량지수(BMI)는 23.4 ± 2.6 kg/m²와 21.1 ± 2.1 kg/m²이었으며, 체중에서 체지방량을 제외한 체지방량(FFM)은 남학생이 57.5 ± 5.8 kg, 여학생이 37.2 ± 3.9 kg으로 나타났다.

2. 연구대상자의 실측 휴식대사량

간접열량계로 측정한 대상자의 휴식대사량(Table 3)을 살펴보면 남학생의 실측 휴식대사량은 1833.4 ± 307.4 kcal/day로 여학생(1454.3 ± 208.0 kcal/day)보다 유의하게 높았다. 체중으로 보정한 휴식대사량(남학생 26.1 ± 4.1 kcal/kg/day, 여학생 27.2 ± 3.5 kcal/kg/day)은 남녀 간에 유의한 차이를 보이지 않았으나, 체지방량으로 보정한 휴식대사량(남학생 31.9 ± 4.7 kcal/kg/day, 여학생 39.1 ± 4.4 kcal/kg/day)은 여학생이 유의하게 높았다.

3. 휴식대사량과 관련요인 간의 상관관계 분석

연구대상자들의 실측 휴식대사량과 휴식대사량에 영향을 주는 신체적 특성 간의 상관관계를 피어슨 상관계수로 평가한 결과는 Table 4와 같다. 남녀 모두 체지방량(Fat Free Mass)이 가장 높은 양의 상관관계(남 r = 0.527, 여 r = 0.655)를 보였고, 다음으로 체중과 체표면적 역시 r > 0.5의 높은 양의 상관관계를 보였다. 남학생의 체질량지수(r = 0.502)와 여학생의 엉덩이 둘레(r = 0.504)도 각각 높은 양의 상관성을 나타냈다. 이들 체지방량, 체중, 체표면적 및 엉덩이 둘레는 남학생보다 여학생에서 더 높은 상관계수를 나타냈다.

4. 휴식대사량 예측공식의 타당도 분석

1) 남학생에 있어서 휴식대사량 예측공식의 타당도

연구대상자 중 남학생의 실측 휴식대사량과 공식을 이용

하여 산출한 예측 휴식대사량을 비교 평가한 결과는 Table 5와 같다. 공식을 이용하여 계산된 남학생의 휴식대사량은 실측 휴식대사량(1833.4 ± 307.4 kcal/day)보다 모두 유의하게 낮은 수준이었지만, Harris-Benedict, Schofield(W)와 Schofield(WH), WHO(W)와 WHO(WH) 공식으로부터 계산된 휴식대사량은 실측 휴식대사량과 유의한 차이를 보이지 않았다(p < 0.05).

남학생의 실측 휴식대사량과 예측 휴식대사량의 차이를 나타내는 차이값, 백분율 차이 및 RMSPE는 Harris-Benedict 공식(-72.9 kcal/day, -1.8%, 269 kcal/day)이 가장 작았으며 다음으로 Schofield(W), Schofield(WH), WHO(W) 및 WHO(WH) 공식이 비슷한 수준의 차이를 보였다. 실측 휴식대사량과 예측 휴식대사량간의 피어슨 상관계수는 Cunningham의 공식(r = 0.453)을 제외하고 모든 공식이 r > 0.5로 높은 양의 상관관계를 보였다. 공식을 이용하여 휴식대사량을 정확하게 예측한 남학생의 비율

Table 4. Pearson's correlation coefficient (r) between measured resting metabolic rate and other variables of subjects

Variables	Measured RMR	
	Male	Female
Age (yrs)	-0.015	-0.342
Height (cm)	0.288	0.472**
Weight (kg)	0.521**	0.547**
Body Mass Index (kg/m ²)	0.502**	0.406*
Body Surface Area (m ²)	0.503**	0.583***
Fat mass (kg)	0.333	0.293
Fat mass (%)	0.194	-0.004
Fat free mass (kg)	0.527**	0.655***
Waist (cm)	0.279	0.420*
Hip (cm)	0.375*	0.504**
Waist Hip Ratio	0.085	0.270

Pearson's correlation coefficients
Significantly correlated at *:p < 0.05, **:p < 0.01 and ***: p < 0.001

Table 3. Measured resting metabolic rate (RMR) of the subjects by indirect calorimeter and adjusted RMR for body weight and FFM

	Male (N = 30)		Female (N = 30)	
	Mean ± SD	Range	Mean ± SD	Range
RMR (kcal/day)	1833.4 ± 307.4	(1287.8 - 2412.0)	1454.3 ± 208.0***	(1049.0 - 1789.0)
RMR (kcal/kg Wt/day) ¹⁾	26.1 ± 4.1	(17.9 - 36.2)	27.2 ± 3.5	(21.1 - 35.0)
RMR (kcal/kg FFM/day) ²⁾	31.9 ± 4.7	(23.0 - 42.7)	39.1 ± 4.4***	(31.8 - 48.0)

1) RMR adjusted for body weight

2) RMR adjusted for Fat Free Mass

Significantly different by Student's t-test between male and female at ***: p < 0.001

Table 5. Evaluation of RMR predictive equations in male college students based on mean difference, % difference, RMSPE and percentage of accurate prediction

	RMR kcal/day	Mean difference ³⁾ kcal/day	% difference ⁴⁾		RMSPE ⁵⁾ kcal/day	r ⁶⁾	Accurate prediction ⁷⁾ %	Under prediction ⁸⁾ %	Over prediction ⁹⁾ %
			Mean	(Range)					
RMR measured	1833.4 ± 307.4 ¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-
RMR predicted									
Harris-Benedict (1919)	1760.5 ± 138.7	-72.9	-1.8	(-28 - 37)	269	0.523 [†]	45	35	19
Cunningham (1991)	1613.0 ± 125.7 ^{***2)}	-220.4	-10.1	(-34 - 23)	341	0.453 [†]	32	58	10
Schofield (W) (1985)	1754.9 ± 140.4	-78.5	-2.1	(-29 - 37)	270	0.521 [†]	52	35	13
Schofield (WH) (1985)	1750.2 ± 140.1	-83.2	-2.4	(-29 - 37)	272	0.521 [†]	45	42	13
WHO(W) (1985)	1758.8 ± 142.7	-74.5	-1.9	(-29 - 37)	269	0.521 [†]	55	32	13
WHO(WH) (1985)	1757.1 ± 143.0	-76.3	-2.0	(-29 - 37)	270	0.521 [†]	55	32	13
Owen et al (1986)	1598.9 ± 95.1 ^{***}	-234.5	-10.7	(-35 - 24)	355	0.521 [†]	26	65	10
Mifflin et al (1990)	1688.7 ± 107.8 ^{**}	-144.7	-5.7	(-31 - 32)	301	0.516 [†]	35	52	13
Liu et al (1995)	1682.0 ± 138.5 ^{**}	-151.4	-6.2	(-32 - 31)	300	0.521 [†]	29	58	13
IMNA (2002)	1724.8 ± 118.9 [*]	-108.6	-3.7	(-30 - 34)	283	0.521 [†]	42	45	13
Henry (W) (2005)	1674.2 ± 149.2 ^{**}	-159.1	-6.7	(-33 - 31)	303	0.521 [†]	31	66	3
Henry (WH) (2005)	1671.9 ± 141.8 ^{**}	-161.5	-6.8	(-33 - 31)	305	0.518 [†]	31	66	3

1) Mean ± SD
 2) Significantly different by paired t-test between predicted RMR and measured RMR at *: p < 0.05, **: p < 0.01, ***: p < 0.001
 3) Difference = predicted RMR - measured RMR
 4) % difference = [(predicted RMR - measured RMR) / measured RMR] × 100
 5) Root Mean Squared Prediction Error
 6) Pearson's correlation coefficients (Significantly correlated at †: p < 0.01)
 7) Percentage of subjects predicted by equation within 90% to 110% of measured RMR
 8) Percentage of subjects predicted by equation < 90% of measured RMR
 9) Percentage of subjects predicted by equation > 110% of measured RMR

(accurate prediction)은 WHO(W) 공식과 WHO(WH) 공식이 모두 55%로 가장 높았고, 다음으로 Schofield(W) 공식(52%)이었다.

Bland-Altman 방법으로 남학생의 실측 휴식대사량과 예측 휴식대사량의 일치도를 평가한 결과(Fig. 1)를 살펴보면 Harris-Benedict 공식의 일치한계의 범위가 가장 좁았고(-588.2, 442.4), 차이값은 음의 값(-72.9 kcal/day)으로 치우쳐 있었다. Schofield(W)와 Schofield(WH) 공식 및 WHO(W)와 WHO(WH) 공식은 동일한 경향을 보여 Fig. 1에는 WHO(W)만을 대표로 표시하였고, 이들 공식의 차이값과 일치한계의 범위는 Harris-Benedict 공식과 비슷하였다. 다음으로 Liu, Mifflin, IMNA 및 Henry 공식의 차이값과 일치한계의 범위가 좀더 음의 값으로 치우쳐 있었고 Cunningham과 Owen 공식의 차이값과 일치한계는 크게 음의 값으로 치우쳐 있었다.

2) 여학생에 있어서 휴식대사량 예측공식의 타당도

예측공식을 이용하여 계산한 여학생의 휴식대사량을 실측

휴식대사량과 비교 평가한 결과는 Table 6과 같다. 12개의 예측공식으로 추정된 여학생의 휴식대사량은 실측 휴식대사량(1454.3 ± 208.0 kcal/day)보다 모두 유의하게 낮았다(p < 0.05).

여학생의 실측 휴식대사량과 예측 휴식대사량 간의 차이값, 백분율 차이 및 RMSPE는 Harris-Benedict 공식(-88.4 kcal/day, -4.4%, 195 kcal/day)이 가장 작았고, 나머지 공식은 큰 차이를 보였다. 실측 휴식대사량과 예측 휴식대사량 간의 피어슨 상관계수는 Cunningham의 공식(r = 0.655)이 가장 높았고, 나머지 공식도 r > 0.5로 높은 양의 상관관계를 보였다. 여학생에서 예측공식으로 휴식대사량을 정확하게 추정한 대상자의 비율(accurate prediction)은 Harris-Benedict 공식(38%)이 가장 높았고 나머지 예측공식들은 28~34%의 범위였다.

여학생의 실측 휴식대사량과 예측 휴식대사량의 일치도를 Bland-Altman 방법으로 평가한 결과를 살펴보면(Fig. 2), Harris-Benedict 공식의 차이값(-88.4 kcal/day)과 일치한계의 범위(-434.9, 258.1)가 가장 작았고,

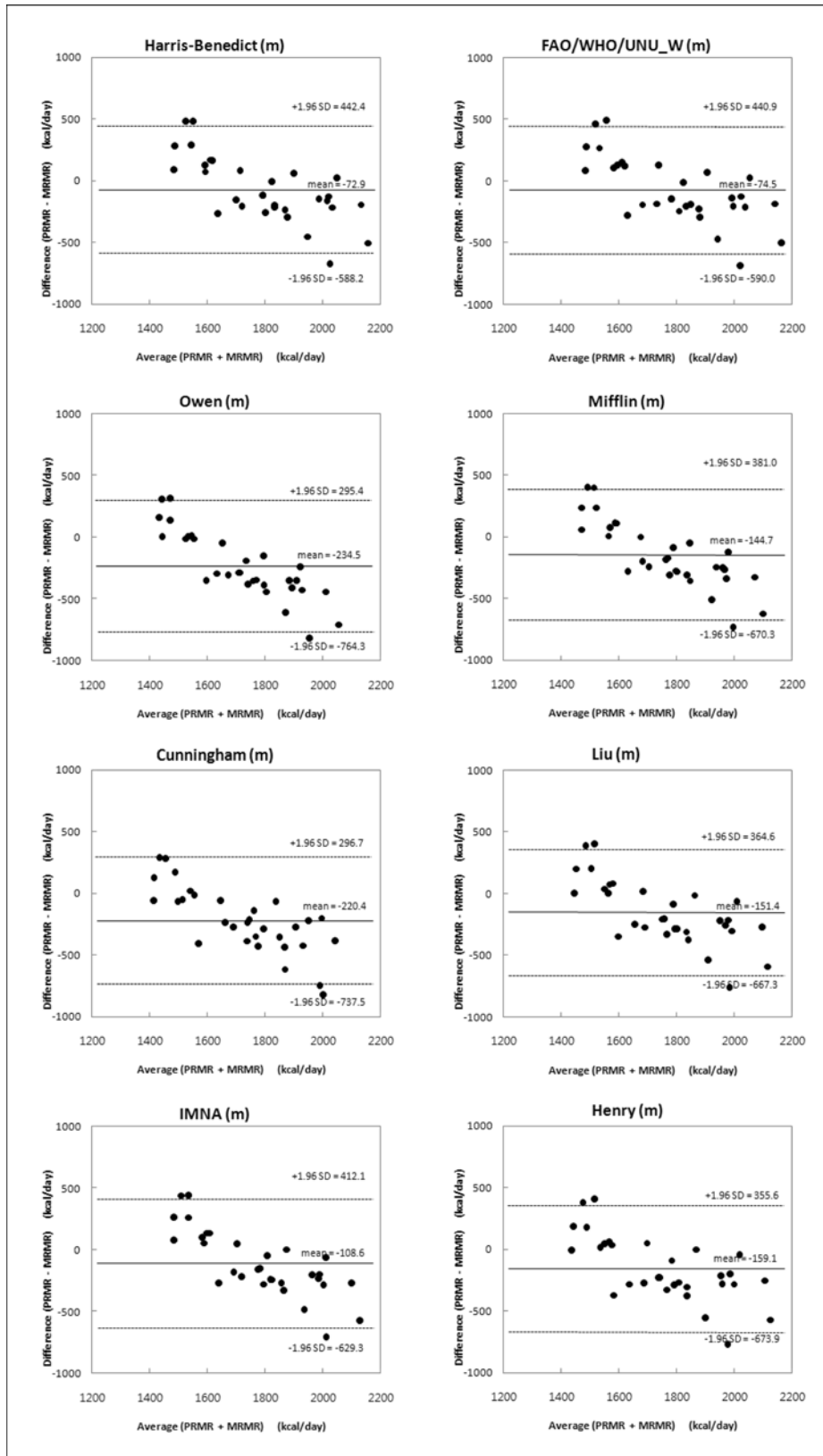


Fig. 1. Bland-Altman plots for measured RMR (MRMR) and predicted RMR(PRMR) by 8 selected equations (Harris-Benedict, FAO/WHO/UNU, Owen, Mifflin, Cunningham, Liu, IMNA and Henry) for male college students.

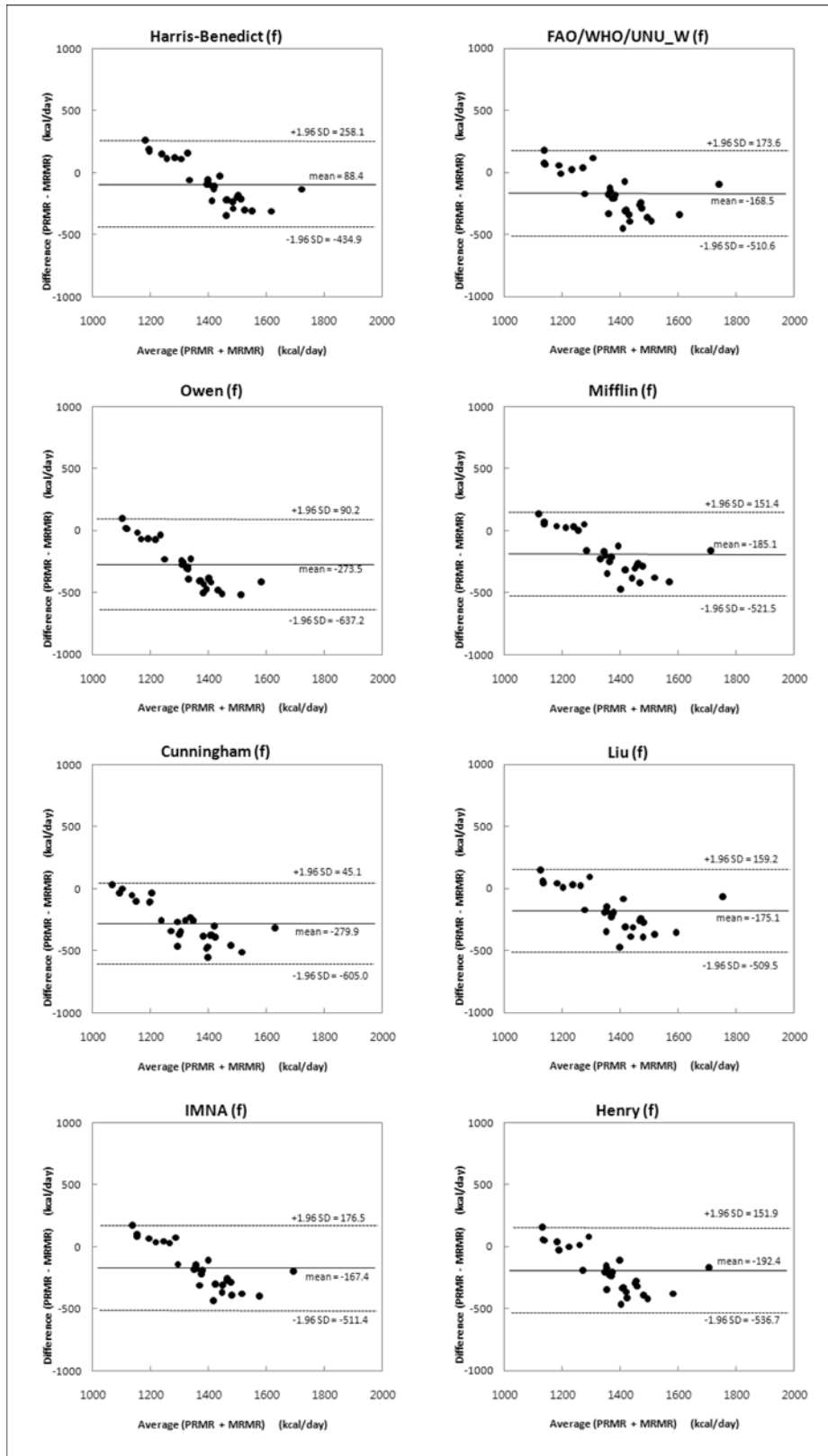


Fig. 2. Bland-Altman plots for measured RMR (MRMR) and predicted RMR (PRMR) by 8 selected equations (Harris-Benedict, FAO/WHO/UNU, Owen, Mifflin, Cunningham, Liu, IMNA and Henry) for female college students.

Table 6. Evaluation of RMR predictive equations in female college students based on mean difference, % difference, RMSPE and percentage of accurate prediction

	RMR kcal/day	Mean difference ³⁾ kcal/day	% difference ⁴⁾		RMSPE ⁵⁾ kcal/day	r ⁶⁾	Accurate prediction ⁷⁾ %	Under prediction ⁸⁾ %	Over prediction ⁹⁾ %
			Mean	(Range)					
RMR measured	1454.3 ± 208.0 ¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-
RMR predicted									
Harris-Benedict (1919)	1365.9 ± 71.3 ^{*2)}	-88.4	-4.4	(-21 - 25)	195	0.576 [†]	38	41	21
Cunningham (1991)	1174.3 ± 83.2 ^{***}	-279.9	-18.0	(-33 - 3)	324	0.655 [‡]	28	72	0
Schofield (W) (1985)	1282.7 ± 102.4 ^{***}	-171.5	-10.4	(-28 - 17)	243	0.547 [†]	34	62	3
Schofield (WH) (1985)	1280.8 ± 102.1 ^{***}	-173.4	-10.6	(-28 - 15)	243	0.563 [†]	34	62	3
WHO(W) (1985)	1285.8 ± 101.6 ^{***}	-168.5	-10.2	(-28 - 17)	240	0.547 [†]	34	62	3
WHO(WH) (1985)	1282.2 ± 101.5 ^{***}	-172.1	-10.5	(-28 - 15)	241	0.566 [†]	34	62	3
Owen et al (1986)	1180.8 ± 49.6 ^{***}	-273.5	-17.3	(-31 - 10)	329	0.547 [†]	28	72	0
Mifflin et al (1990)	1269.2 ± 89.0 ^{***}	-185.1	-11.3	(-29 - 13)	250	0.587 [‡]	31	66	3
Liu et al (1995)	1279.1 ± 108.1 ^{***}	-175.1	-10.7	(-29 - 14)	242	0.575 [†]	31	66	3
IMNA (2002)	1286.8 ± 75.7 ^{***}	-167.4	-10.0	(-26 - 17)	240	0.578 [‡]	31	66	3
Henry (W) (2005)	1261.8 ± 90.5 ^{***}	-192.4	-11.8	(-28 - 15)	259	0.547 [†]	31	66	3
Henry (WH) (2005)	1257.4 ± 91.0 ^{***}	-196.8	-12.2	(-29 - 13)	260	0.577 [†]	31	66	3

1) Mean ± SD
 2) Significantly different by paired t-test between predicted RMR and measured RMR at *: p < 0.05, **: p < 0.01, ***: p < 0.001
 3) Difference = predicted RMR - measured RMR
 4) % difference = [(predicted RMR - measured RMR) / measured RMR] × 100
 5) Root Mean Squared Prediction Error
 6) Pearson's correlation coefficients (Significantly correlated at †: p < 0.01, ‡: p < 0.001)
 7) Percentage of subjects predicted by equation within 90% to 110% of measured RMR
 8) Percentage of subjects predicted by equation < 90% of measured RMR
 9) Percentage of subjects predicted by equation > 110% of measured RMR

Cunningham과 Owen 공식의 차이값과 일차한계의 범위는 크게 음의 값으로 치우쳐 있었다.

고 찰

연구대상자의 신체계측 결과를 살펴보면 (Table 2), 평균 신장과 체중(남 173.3 ± 3.8 cm, 70.6 ± 9.3 kg, 여 159.4 ± 4.5 cm, 53.7 ± 6.9 kg)은 2007년 국민건강영양조사(Ministry of Health and Welfare 2008)에서 보고된 19~29세 성인(남자: 174 cm, 73.1 kg, 여자: 160.7 cm, 55.3 kg)과 비교시 체중이 약간 낮았지만 비슷한 수준이었다.

간접열량계로 측정한 연구대상자의 휴식대사량을 살펴보면, 남학생(1833.4 ± 307.4 kcal/day)이 여학생(1454.3 ± 208.0 kcal/day)보다 유의하게 높게 나타났는데 (Table 3) 이는 남녀의 체구성분의 차이로 남자가 여자보다 체근육량이 많고 체지방량이 적어서 에너지 소비량이 더 많다는 연구결과(Webb 1981)로 설명할 수 있다. 또한 본 연구의 남녀 각각의 휴식대사량은 Park 등(2003)이 보고한 한국 성인 중 20~29세(남 68명, 여 64명)의 휴식대사량(남자

1728.2 ± 368.2 kcal/day, 여자 1311.5 ± 233.0 kcal/day)과 Chang & Lee (2005)가 측정한 한국 여대생의 휴식대사량(1257.2 ± 147.9 kcal/day)보다 높았다.

연구대상자의 휴식대사량과 신체계측치 간의 상관성을 살펴보면 (Table 4), 대상자의 체지방량, 체중 및 체표면적이 실측 휴식대사량과 높은 양의 상관관계를 나타내어 (r > 0.5), 한국 여대생의 휴식대사량이 체지방량 (r = 0.743), 체표면적 (r = 0.692) 및 체중 (r = 0.599)과 높은 양의 상관성을 보인 Chang & Lee (2005)의 연구결과와 일치하였다. 또한 일부 연구(Cunningham 1980; Owen 등 1987; Mifflin 등 1990)에서 휴식대사량에 영향을 미치는 가장 대표적인 변수가 체지방량이라고 보고되었는데, 이와 같은 관련성은 근육이 체지방보다 대사 시 더 많은 산소를 소모하므로 근육의 크기가 커질수록 휴식대사량에 미치는 영향이 크다고 설명할 수 있다 (Mifflin 등 1990).

본 연구에서는 다양한 휴식대사량 예측공식의 타당도 분석을 위하여 신장, 체중 및 연령을 변수로 하는 11개의 공식과 체지방량을 변수로 채택한 Cunningham의 공식을 이용하여 휴식대사량을 계산하였다 (Table 1). 예측공식으로부터 산출된 휴식대사량의 평균값은 남녀 모두에서 실측된 휴

식대사량의 평균값보다 낮았는데 (Table 5, Table 6), 이와 같은 결과를 분석하기 위해 예측 휴식대사량과 실측 휴식대사량 간의 차이를 평가하면 다음과 같다. 본 연구에서 휴식대사량의 예측치와 실측치의 차이값은 모두 음(-)의 값을 보여 12개의 예측공식이 휴식대사량을 과소평가하는 것으로 나타났으며, 남녀 모두 Harris-Benedict 공식의 차이값 (남 -72.9 kcal/day, 여 -88.4 kcal/day)이 가장 낮아 정확성이 높았다. 본 연구에서 백분율 차이 또한 모두 음(-)의 값을 나타내어 실측 휴식대사량에 대해 예측 휴식대사량이 과소평가되었음을 알 수 있었다. 남학생의 경우 Cunningham과 Owen 공식을 제외한 나머지 공식들의 백분율 차이값이 -10% 이내였으며 그 중에서 Harris-Benedict, WHO(W)와 WHO(WH), Schofield(W)와 Schofield(WH) 공식의 백분율 차이가 -1.8~-2.4%로 낮게 나타나 정확성이 높았다. 여학생의 경우는 Harris-Benedict 공식의 백분율 차이만이 $\pm 10\%$ 범위 내에 포함되는 -4.4%로 나타났고 다른 공식들은 -10.0~-18.0%로 크게 나타나 정확성이 낮았다. 본 연구결과에서 RMSPE 값을 살펴보면 남학생에서는 Harris-Benedict, WHO(W)와 WHO(WH), Schofield(W)와 Schofield(WH) 공식이, 여학생에서는 Harris-Benedict 공식이 가장 작은 값을 보여주어 본 연구에 사용한 예측공식 가운데 이들 공식의 정확성이 상대적으로 높음을 알 수 있었다. 또한 실측 휴식대사량과 예측 휴식대사량의 상관관계를 분석하기 위해 피어슨 상관계수를 살펴보았는데 여학생에서 Cunningham 공식($r = 0.655$)과의 상관관계가 가장 높게 나타났다. 본 연구결과에서 남학생의 accurate prediction 비율은 WHO(W), WHO(WH) 및 Schofield(W) 공식이 모두 50% 이상으로 이들 각 공식이 정확하게 휴식대사량을 예측한 남학생의 비율은 절반 이상이었고, 여학생의 accurate prediction 비율은 모든 공식에서 40% 미만으로 나타나 예측공식을 이용하여 계산한 휴식대사량의 정확도가 남학생보다 낮았다. Bland-Altman방법으로 분석한 본 연구결과 (Fig. 1, Fig. 2)에 따르면 남학생에서 Harris-Benedict 공식의 차이값과 일치한계의 범위가 가장 좁아 가장 높은 정확성을 보였고, WHO(W) 및 WHO(WH) 공식도 비슷한 차이값과 일치한계의 범위를 나타내었다. 여학생에서 일치한계의 범위는 Cunningham 공식이 가장 작았으나 이 공식의 차이값이 너무 큰 음의 값을 갖고 있어서 이 공식의 정확성은 낮게 평가되었으며, 차이값과 일치한계의 범위가 가장 작은 Harris-Benedict 공식은 비교적 높은 정확성을 보이는 것으로 평가되었다.

이상과 같이 12개의 예측공식을 이용하여 계산한 휴식대

사량의 타당성을 분석한 결과, 본 연구대상자의 휴식대사량을 예측하는데 있어서 Harris-Benedict 공식이 가장 정확한 것으로 나타났다. 1919년에 개발된 Harris-Benedict 공식은 1950년대까지 $\pm 5\%$ 이내의 오차범위로 휴식대사량을 정확하게 예측하는 것으로 여겨졌으나, 18세에서 67세까지의 성인을 대상으로 한 Daly 등(1985)의 연구에서 Harris-Benedict 공식이 휴식대사량을 10~13% 정도 높게 평가한다고 보고되었고, 이와 같은 결과를 토대로 사회가 급격하게 발전하면서 대상자의 신체크기, 신체조성, 신체활동의 수준 및 식품섭취 양상이 변화했을 뿐만 아니라 새로운 휴식대사량의 측정 기기 및 기술이 개발되었으므로 다양한 휴식대사량 예측공식의 타당도가 새롭게 평가되어야 한다고 주장하였다. 또한 건강한 성인여성의 경우 7~24% (Owen 등 1986), 50세 이하의 성인남성의 경우 9.2% 정도 Harris-Benedict 공식이 과대평가한다고 보고한 연구도 있었다 (Owen 등 1987). 이와 같은 결과에 대하여 Henry (2005)는 Harris-Benedict 공식이 개발될 당시 기초대사량(BMR) 자료가 연구목적이 아닌 치료를 위한 진단과정에서 측정되어 절차가 엄격하지 않았고, 폐쇄형 순환 열량측정법(closed circuit calorimetry)을 이용하여 실제 기초대사량보다 높게 측정되었기 때문이라고 보고한 바 있다.

Schofield(W)와 Schofield(WH) 공식 및 WHO(W)와 WHO(WH) 공식도 본 연구대상자 중 남학생의 휴식대사량을 정확하게 예측하는 것으로 나타났다. 이 공식들은 국제기구(FAO/WHO/UNU Expert Consultation)가 개발한 공식적인 연구결과였지만 1985년에 발표된 이래 많은 연구에서 이 공식들이 성인의 휴식대사량을 높게 평가하는 것으로 보고되었는데 (Owen 등 1986; Owen 등 1987; Mifflin 등 1990; Henry & Rees 1991; Piers & Shetty 1993; Keiko 등 1997), 이와 같은 결과는 공식 개발에 사용된 Schofield (1985b)의 기초대사량 데이터베이스 중에 47%가 폐쇄형 순환 열량계(closed circuit calorimetry)를 이용하여 측정된 데이터로서 실제 기초대사량보다 과대평가되었기 때문이라고 설명하였다 (Henry 2005). 그러나 본 연구결과에서는 이들 공식이 남학생의 13%, 여학생의 3%만을 과대평가하는 것으로 나타났다. 또한 여학생의 경우 제지방량을 이용한 Cunningham (1991) 공식으로 계산한 휴식대사량이 실측 휴식대사량과 높은 양의 상관성($r = 0.655$)을 보였는데 (Table 6), 이는 제지방량이 실측 휴식대사량에 가장 큰 영향을 주는 변수라는 본 연구결과 (Table 3)와 일치하였다. 그러나 본 연구에서 예측공식의 타당도를 분석한 결과 Cunningham 공식은 여학생의 휴식대사량을 가장 낮고 부정확하게 예측하였는데, 한국 여대생

을 대상으로 한 다른 연구(Chang & Lee 2005)에서도 Cunningham 공식이 휴식대사량을 과소평가하는 것으로 보고되어 본 연구결과와 일치하였다. Owen 공식이 정상체중의 성인남녀 83명(20~78세)의 73%(accurate prediction)를, Mifflin 공식이 82%를 정확하게 예측한다고 보고한 연구결과(Frankenfield 등 2003)와 달리 본 연구에서는 Owen 공식(남자 26%, 여자 28%) 및 Mifflin 공식(남자 35%, 여자 31%)의 정확도가 낮았다. Liu (1995) 공식은 중국인으로부터 개발된 공식이므로 본 연구대상자에게 적용시 다른 공식에 비하여 인종에 따른 오차가 적을 것이라고 예상하였으나, 본 연구에서 실측 휴식대사량과 Liu 공식으로 계산한 예측 휴식대사량간의 백분율 차이가 남학생은 -6.5%, 여학생은 -10.7%로 나타나 본 연구대상자의 휴식대사량을 과소평가하는 것으로 나타났다. 또한 가장 최근에 발표된 Henry 공식으로 계산한 예측 휴식대사량과 실측 휴식대사량 간의 백분율 차이값이 남학생은 -7%, 여학생은 -12%로 나타나 Henry 공식 역시 본 연구대상자 중 여학생의 휴식대사량을 과소평가하는 것으로 나타났다. 208명의 네덜란드인(18~65세)을 대상으로 한 Weijis (2008)의 연구결과에서도 실측 휴식대사량과 Henry 공식으로 계산한 예측 휴식대사량간의 백분율 차이가 -7~-8%라고 보고하여 본 연구결과와 일치하였다. 한국인 영양섭취 기준 (Korean Nutrition Society 2005)에서 제시하고 있는 IMNA (2002) 공식 역시 본 연구대상자의 휴식대사량을 과소평가하는 것으로 나타났다.

요약 및 결론

남녀 대학생 60명(남 30명, 여 30명)을 대상으로 신체계측을 하고 간접열량계를 이용하여 휴식대사량을 직접 측정하였으며 다양한 예측 공식을 이용하여 휴식대사량을 계산하였다. 또한 실측 휴식대사량과 예측 휴식대사량 간의 차이를 다양한 분석방법을 통해 비교 평가하였다.

본 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 연구대상자의 평균 체중과 체질량지수(BMI)는 정상 체중에 해당하였다.
2. 연구대상자의 실측 휴식대사량(measured RMR)은 체지방량(FFM), 체표면적 및 체중과 높은 양의 상관관계를 보였다.
3. 연구대상자의 실측 휴식대사량은 남녀 각각 1833.4 ± 307.4 kcal/day와 1454.3 ± 208.0 kcal/day였다.
4. 본 연구에 사용한 12개의 예측공식 모두 연구대상자의 휴식대사량을 낮게 평가하였다.

5. 남학생의 경우 Harris-Benedict 공식, WHO(W)와 WHO(WH) 공식, Schofield(W)와 Schofield(WH) 공식을 이용하여 계산한 휴식대사량이 실측 휴식대사량과의 차이(차이값, 백분율 차이, RMSPE)가 가장 작았고, 일치한계 범위도 이들 공식에서 가장 좁았으며, accurate prediction (%)은 WHO(W)와 WHO(WH) 공식, Schofield (W)와 Schofield(WH) 공식이 50% 이상으로 높았다.

6. 여학생의 경우 예측 휴식대사량과 실측 휴식대사량과의 차이(차이값, 백분율 차이, RMSPE)는 Harris-Benedict 공식을 이용한 휴식대사량이 가장 작았고, 일치한계의 범위는 Cunningham 공식이 가장 좁았으나 차이값이 큰 음의 값을 보여 정확성이 낮았고 Harris-Benedict 공식이 차이값과 일치한계의 범위가 작아 가장 정확한 것으로 나타났다. 또한 accurate prediction (%)도 Harris-Benedict 공식이 38%로 가장 높았다.

본 연구결과에 따르면 우리나라 남녀 대학생의 휴식대사량을 예측하고자 하는 경우 11개의 다른 공식에 비하여 Harris-Benedict 공식이 가장 적합한 것으로 나타나는 했으나, 이 공식에 의한 예측치와 실측치 간의 차이가 $\pm 10\%$ 이내로 예측된 대상자의 비율은 38~45%로 낮게 나타났다. 이러한 결과는 Harris-Benedict 공식을 이용하여 성인의 에너지 소비량을 계산할 경우 에너지 필요량을 정확하게 예측하지 못할 가능성이 있음을 의미한다. 또한 Harris-Benedict 공식을 포함하여 모든 예측공식들이 본 연구대상자의 평균 휴식대사량을 낮게 평가하고 있었다. 이와 같은 결과는 본 연구에서 사용한 예측공식이 성인을 위한 공식이라고는 하지만 대개는 20세 이후의 모든 성인을 대상으로 하여 개발되었음과 관련이 있을 것으로 생각된다. 즉, 본 연구대상자는 20대 초반의 젊고 활동량이 많은 대학생으로 다른 연령의 성인에 비하여 체근육량이 많아 휴식대사량 역시 높기 때문에 기존의 예측공식들이 본 연구대상자의 휴식대사량을 과소평가한 것으로 사료된다. 이처럼 본 연구대상자 연령의 특수성과 함께 적은 표본의 수 때문에 본 연구결과를 한국 성인에게 일반화시키기에는 제한점이 있다. 따라서 성인의 연령범위를 좀더 넓고 다양하게 구분하고 각 그룹별로 통계적으로 신뢰할만한 표본의 수를 모집하여 예측공식의 타당성을 평가한다면, 한국 성인의 휴식대사량을 보다 정확하고 간편하게 예측할 수 있는 공식의 선정 및 개발에 도움이 될 것으로 기대한다.

참고 문헌

Bland JM, Altman DG (1986): Statistical methods for assessing

- agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 327:307-310
- Chang EJ, Lee KR (2005): 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
- Compher C, Frankenfield D, Keim N, Roth-Yousey L (2006): Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: A systematic review. *J Am Diet Assoc* 106(6): 881-903
- Cunningham JJ (1980): A reanalysis of the factors influencing basal metabolic rate in normal adults. *Am J Clin Nutr* 33(11): 2372-2374
- Cunningham JJ (1991): Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. *Am J Clin Nutr* 54(6):963-969
- Daly JM, Heymsfield SB, Head CA, Harvey LP, Nixon DW, Katzef H, Grossman GD (1985): Human energy requirements: overestimation by widely used prediction equation. *Am J Clin Nutr* 42(6): 1170-1174
- DuBois D, DuBois EF (1915): The measurements of the surface area of man. *Archives of Inter Med* 15: 868-875
- FAO/WHO/UNU (1985): Energy and Protein Requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. WHO Technical Report Series No. 724
- Frankenfield D, Roth-Yousey L, Conpher C (2005): Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy, non-obese and obese individuals: A systematic review. *J Am Diet Assoc* 105(5): 775-789
- Frankenfield DC, Rowe A, Smith JS, Cooney RN (2003): Validation of several established equations for resting metabolic rate in obese and nonobese people. *J Am Diet Assoc* 103(9): 1152-1159
- Harris JA, Benedict FG (1919): A Biometric Study of Basal Metabolism in Man. Carnegie Ins. Washington DC
- Haugen HA, Melanson EL, Tran ZV, Kearney JT, Hill JO (2003): Variability of measured resting metabolic rate. *Am J Clin Nutr* 78(6): 1141-1144
- Henry CJK (2005): Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. *Public Health Nutrition* 8(7A): 1133-1152
- Henry CJK, Rees DG (1991): New predictive equations for the estimation of basal metabolic rate in tropical peoples. *Eur J Clin Nutr* 45(4): 177-185
- Institute of Medicine of the National Academies (2002): Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. pp.107-264. The National Academies Press. Washington D.C
- James WP (1985): Basal metabolic rate: Comments on the new equations. *Hum Nutr Clin Nutr* 39: 92-96
- Keiko OC, Braehler CJ, Cindy HM (1997): Resting energy expenditures in Asian women measured by indirect calorimetry are lower than expenditures calculated from prediction equations. *Am J Diet Assoc* 97(11): 1288-1292
- Kim EK, Kim GS, Park JS (2009): Comparison of activity factor, predicted resting metabolic rate, and intakes of energy and nutrients between athletic and non-athletic high school students. *J Korean Diet Assoc* 15(1): 52-68
- Korean Nutrition Society (2005): Dietary Reference Intakes For Koreans. Korean Nutrition Society. Seoul
- Liu HY, Lu YF, Chen WJ (1995): Predictive equations for basal metabolic rate in chinese adults: A cross-validation study. *J Am Diet Assoc* 95(12): 1403-1408
- Matarese LE (1997): Indirect calorimetry: Technical aspect. *J Am Diet Assoc* 97(10): 154-60
- Mifflin MD, St Jeor ST, Hill LA, Scott BJ, Daugherty SA, Koh YO (1990): A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *Am J Clin Nutr* 51(2): 241-247
- Ministry of Health and Welfare (2008): 2007 National Health and Nutritional Survey Report in Korea
- Owen OE, Holup JL, D'Alessio DA (1987): A reappraisal of caloric requirements of men. *Am J Clin Nutr* 46(6): 875-885
- Owen OE, Kavle E, Owen RS, Polansky M, Caprio S, Mzzoli MA, Kendrick ZV, Bushman MC, Boden G (1986): A reappraisal of caloric requirements in healthy women. *Am J Clin Nutr* 44(1): 1-19
- Park JA, Kim KJ, Kim JH, Park YS, Koo JO, Yoon JS (2003): A comparison of the resting energy expenditure of korean adults using indirect calorimetry. *Korean J Community Nutr* 8(6): 993-1000
- Piers LS, Shetty PS (1993): Basal metabolic rates of Indian women. *Eur J Clin Nutr* 47(8): 586-591
- Schofield C (1985a): An annotated bibliography of source material for basal meabolic rate data. *Hum Nutr Clin Nutr* 39: 42-91
- Schofield WN (1985b): Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr* 39: 5-41
- Sheiner LB, Beal SL(1981): Some suggestions for measuring predictive performance. *J Pharmacokinet Biopharm* 9(4): 503-512
- Stewart CL, Goody CM, Branson R (2005): Comparison of two systems of measuring energy expenditure. *J Parenter Enteral Nutr* 29(3): 212-217
- Taaffe DR, Thompson J, Butterfield G, Marcus R (1995): Accuracy of equations to predict basal metabolic rate in older women. *J Am Diet Assoc* 95(12): 1387-1392
- Webb P (1981): Energy expenditure and fat-free mass in men and women. *Am J Clin Nutr* 34(9): 1816-1826
- Weijs PJM (2008): 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* 88(4): 959-970
- Weir JB de V (1949): New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol* 109(1): 1-9
- Weststrate JA (1993): Resting metabolic rate and diet-induced thermogenesis: a methodological reappraisal. *Am J Clin Nutr* 58(5): 592-601