

농업인의 휴식대사량 측정 및 휴식대사량 예측공식의 정확도 평가

손희령¹⁾ · 연서은¹⁾ · 최정숙²⁾ · 김은경^{1)†}

¹⁾강릉원주대학교 식품영양학과, ²⁾농촌진흥청 국립농업과학원

The Measurements of the Resting Metabolic Rate (RMR) and the Accuracy of RMR Predictive Equations for Korean Farmers

Hee-Ryoung Son¹⁾, Seo-Eun Yeon¹⁾, Jung-Sook Choi²⁾, Eun-Kyung Kim^{1)†}

¹⁾Department of Food and Nutrition, Gangneung-Wonju National University, Gangwon, Korea

²⁾National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Jeonbuk, Korea

*Corresponding author

Eun Kyung Kim
Department of Food & Nutrition,
Gangneung-Wonju National
University, 7 Jukheon road,
Gangneung, Gangwon 210-702,
Korea

Tel: (033) 640-2336
Fax: (33) 640-2330
E-mail: ekkim@gwnu.ac.kr

Acknowledgments

This study was supported by grants from rural development administration of Korea (RDA: 20120401-037-501-001-03-00).

Received: August 6, 2014
Revised: November 18, 2014
Accepted: December 5, 2014

ABSTRACT

Objectives: The purpose of this study was to measure the resting metabolic rate (RMR) and to assess the accuracy of RMR predictive equations for Korean farmers.

Methods: Subjects were 161 healthy Korean farmers (50 males, 111 females) in Gangwon-area. The RMR was measured by indirect calorimetry for 20 minutes following a 12-hour overnight fasting. Selected predictive equations were Harris-Benedict, Mifflin, Liu, KDRI, Cunningham (1980, 1991), Owen-W, F, FAO/WHO/UNU-W, WH, Schofield-W, WH, Henry-W, WH. The accuracy of the equations was evaluated on the basis of bias, RMSPE, accurate prediction and Bland-Altman plot. Further, new RMR predictive equations for the subjects were developed by multiple regression analysis using the variables highly related to RMR.

Results: The mean of the measured RMR was 1703 kcal/day in males and 1343 kcal/day in females. The Cunningham (1980) equation was the closest to measured RMR than others in males and in females (males Bias -0.47%, RMSPE 110 kcal/day, accurate prediction 80%, females Bias 1.4%, RMSPE 63 kcal/day, accurate prediction 81%). Body weight, BMI, circumferences of waist and hip, fat mass and FFM were significantly correlated with measured RMR. Thus, derived prediction equation as follow: males $RMR = 447.5 + 17.4 \cdot Wt$, females $RMR = 684.5 - 3.5 \cdot Ht + 11.8 \cdot Wt + 12.4 \cdot FFM$.

Conclusions: This study showed that Cunningham (1980) equation was the most accurate to predict RMR of the subjects. Thus, Cunningham (1980) equation could be used to predict RMR of Korean farmers studied in this study. Future studies including larger subjects should be carried out to develop RMR predictive equations for Korean farmers.

Korean J Community Nutr 19(6): 568~580, 2014

KEY WORDS resting metabolic rate, farmers, predictive equations, accuracy, indirect calorimetry

서 론

전국 106개 표본조사구에 거주하는 만 60세 이상 노인의 지역별 만성질환 유병률(Suh 1995)은 농가가 주로 위치해 있는 군(郡)부가 89.2%로 시(市)부(83.4%)에 비해 높았다. 또한 총 6가지로 분류된 사회계층별 만성질환 유병율을 조사한 Kim(2005)에 따르면, 단순노무직 및 농업종사자인 V계층의 만성질환 유병률(남자 40.64%, 여자 53.18%)이 다른 계층에 비해 평균 14% 가량 높게 나타났다.

만성질환은 대사증후군 및 비만 등이 원인으로 작용하며, 이는 잘못된 생활습관 또는 에너지소비의 불균형으로 인해 나타난다. 농업인의 경우 농번기, 농한기 등 농시기별로 에너지소모량의 차이를 보이게 되며 이에 따라 에너지 균형에 영향을 미쳐 체조성 변화 또는 비만 발생을 유발할 수 있다(Lee 등 2012, Yim 2001). 한편, 에너지 소비량의 가장 많은 부분을 차지하는 것이 휴식대사량으로 이의 변화는 총 에너지 소비량 및 에너지 평형에도 영향을 미친다. 따라서 총 에너지 소비량의 평가를 위하여 정확한 휴식대사량의 측정이 우선적으로 필요하다(Kim 등 2011).

2005년과 2010년에 개정된 한국인 영양섭취기준에서는 1일 에너지필요추정량(estimated energy requirement, EER) 산출법으로 연령, 신장, 체중, 신체활동단계별 계수(physical activity, PA)를 대입하여 계산하는 예측공식을 사용하고 있다. 이 공식은 미국 및 캐나다인을 대상으로 이중표식수법을 이용하여 측정된 1일 에너지소비량 값을 토대로 개발된 것으로(The Korean Nutrition Society 2010), 한국인에게 적용시의 정확성 등에 대해서는 아직 체계적인 검증이 이루어지지 않았다. 특히, 한국인 영양섭취기준(The Korean Nutrition Society 2005; The Korean Nutrition Society 2010)에서는 에너지 필요추정량 산출시, 한국인의 신체활동수준(physical activity level, PAL)을 가벼운 활동(PAL 1.4~1.59)으로 파악하여 이에 따른 신체활동단계별 계수(남녀 각각 1.11과 1.12)를 대입하여 산출한 바 있다. 그러나 최근 농업인의 신체활동수준에 대한 연구 결과들에 따르면 우리나라 농업인의 신체활동 수준은 농번기(Kim 등 2011)와 농한기(Lee 등 2012)에 각각 2.36(남 2.63, 여 2.19)과 1.41(남 1.37, 여 1.42)로 농번기에는 위에서 적용한 신체활동수준보다 높은 값이 보고되었다.

일일 총 에너지소비량을 측정하는데 있어서 이중표식수(doubly labeled water, DLW)법이 가장 정확한 방법으로 알려져 있으나 고가의 재료와 분석비 및 장비가 요구되므로

현실적으로 활용이 쉽지 않다(Park 등 2014). 따라서 여전히 1985년 Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization/United Nations University(FAO/WHO/UNU)에서 제안한 방법 [휴식대사량(resting metabolic rate, RMR) × 신체활동수준(Physical activity level, PAL)]으로 1일 에너지 소비량을 예측하는 것이 바람직한 상황이다(Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization/United Nations University 1985).

이에 외국(Bleiberg 등 1980; Cunningham 1980; Garby 등 1988; Hayter & Henry 1993; Singh 등 1989; Mifflin 등 1990; Taaffe 등 1995; Yamauchi & Ohtsuka 2000; Luhrmann 등 2002; Henry 2005; Crouter 등 2006) 뿐만 아니라 국내(Chang & Lee 2005; Lee 등 2007; Kim & Kim 2009; Lee 등 2009; Kim 등 2011; Lee 등 2012)에서도 호흡가스분석기를 이용한 간접열량 측정법을 이용하여 휴식대사량을 측정한 연구들이 수행된 바 있다. 그러나 이와 같은 간접 열량계 역시(이중표식수법만큼 고가의 장비는 아니라 할지라도) 특정 장비가 구비되어야 측정이 가능하므로 현장에서의 사용이 용이하지는 않다.

따라서 많은 연구(Cunningham 1980; Liu 등 1995; Chang & Lee 2005; Lee 등 2007; Lee 등 2009)에서 휴식대사량의 간편한 추정을 위하여 휴식대사량과 상관관계가 높은 여러 변수들을 활용하여 예측공식을 개발하였다. 휴식대사량을 보다 정확하게 예측하기 위하여 휴식대사량 예측공식 선정 시 공식을 적용하고자 하는 대상자의 인종, 연령 및 성별뿐만 아니라, 신체 조성 및 활동 정도가 유사한 집단으로부터 유도된 추정식의 사용이 필요하다(Kim 등 2009). 그러나 휴식대사량 예측공식 또한 대부분 서양인을 대상으로 개발되었으므로, 한국의 농업인에게 적합한 예측공식을 선정하기 위해서는 이에 대한 정확성 검증이 필요하다.

이에 본 연구에서는 농업인의 휴식대사량을 간접 열량계로 측정하고 이 값을 기준(true value)으로 하여 휴식대사량 예측공식의 교차 타당성(cross-validation) 연구에 자주 포함되는 총 14개의 예측공식의 정확성 평가를 통하여 우리나라 농업인에게 가장 적합한 예측공식을 찾아보고자 하였다. 또한 휴식대사량 실측치와 상관관계가 높은 몇 가지 변수를 선정하여 시범적으로 우리나라 농업인을 위한 휴식대사량 예측공식을 개발해보고자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구대상 및 연구기간

본 연구는 강원도지역(강릉, 평창, 정선, 양양, 홍천, 횡성, 삼척, 춘천 등)에 거주하는 농업인 161명(남자 50명, 여자 111명)을 대상으로 2011년 6월 28일부터 2012년 2월 17일까지 수행되었다. 본 연구의 진행을 위하여 본 실험실 주관으로 약 10회에 걸쳐 개최한 '농업인을 위한 식생활 개선 워크숍' 참여자 중 본 연구 목적 및 내용에 대해 충분히 숙지하고 자발적으로 참여에 대한 동의서를 작성한 농업인(161명)이 본 연구대상자가 되었다. 단 지원자 중 휴식대사량에 영향을 미치는 약물 및 호르몬제를 복용하는 농업인은 대상에서 제외하였다.

2. 신체계측

연구대상자는 공복 상태에서 최대한 간편한 차림으로 측정에 임하였다. 신장은 자동신장계(BSM 330, Biospace, Korea)를 사용하여 측정하였으며, 체중 및 기타 체조성은 생체전기저항법(Bioelectrical impedance analysis)을 이용한 Inbody720(Biospace Co. Korea)을 이용하여 측정하였다. 모든 측정은 측정 오차를 줄이기 위하여 사전에 교육을 받은 연구 보조원이 지속적으로 동일한 기기와 방법으로 측정하였으며, 측정 전 각 계측 시 주의사항에 대해 연구대상자에게 간단하게 설명하였다. 측정된 신장 및 체중 값을 토대로 신체질량지수(BMI), 체지방량(FFM, Fat Free Mass)을 다음과 같이 산출하였다.

- Body Mass Index (BMI) = Weight (kg)/Height (m)²
- Fat Free Mass (kg) = Weight (kg) - Fat mass (kg)

3. 휴식대사량 측정

간접 열량 측정법(indirect calorimetry)을 적용한 호흡가스분석기(TrueOne 2400, Parvo Medics, USA)를 이용하여 연구대상자의 휴식대사량을 측정하였다. Crouter 등(2006)은 본 연구에서 사용된 TrueOne 2400를 이용하여 측정된 휴식대사량을 간접 열량 측정법의 gold standard로 알려진 Douglas bag으로 측정된 결과와 비교한 결과 변동계수 비율(Coefficient variation, CV %)이 4.7~5.7%로 두 결과 간에 유의한 차이를 보이지 않았다고 보고한 바 있다. 휴식대사량 측정 전 호흡가스 분석기의 초기화 조정(calibration)을 실시하였고 측정 중에는 매 5분마다 자동

적으로 초기화 조정이 실시되도록 세팅하였다. 정확한 측정을 위하여 연구대상자에게 측정 전 12시간 이상 금식하도록 하였으며, 전날 알코올성 음료의 섭취 및 흡연을 금하였다. 또한 측정 당일에는 아침에 최대한 신체활동을 자제한 상태로 실험실에 도착하여 30분 정도 안정을 취한 후 측정을 시작하였으며 실험실의 실내온도는 평균 26°C를 유지하도록 하였다. 대상자가 침대에 10분 이상 누워 안정을 취한 후 캐노피(canopy)를 쓰고 20분간 편안한 상태에서 호흡하는 동안 10초 간격으로 산소 소비량과 이산화탄소 생성량을 측정하였다. 한편, 측정 시작 후 5분 간의 측정값을 제외한 나머지 시간 동안의 산소 소비량과 이산화탄소 생성량의 평균값을 구한 후 이를 이용하여 호흡상수(Respiratory quotient, RQ)를 구하였고, 이를 토대로 Weir 공식(Weir 1949)에 대입하여 휴식대사량을 산출하였다.

4. 휴식대사량 예측공식의 선정

본 연구에서는 지금까지 보고된 예측공식들 중 성인의 휴식대사량 예측을 위해 국내외에서 보편적으로 많이 사용되고 있거나, 휴식대사량의 교차 타당성(cross-validation) 연구(Cunningham 1980; Liu 등 1995; Chang & Lee 2005; Lee 등 2007; Lee 등 2009)를 통해 지속적으로 보고되고 있는 공식을 위주로 총 14개를 선별하였다. 이 중에는 한국인 영양섭취기준(Korean Nutrition Society 2010)에서 제시된 에너지필요추정량 공식도 포함되었다. 본 연구에 이용한 예측공식을 Table 1에 제시하였다. 제시된 공식 중 Owen-W(1986), Schofield-W(1985), FAO/WHO/UNU-W(1985), Henry-W(2005)는 체중(Weight)만을 이용하여 만들어진 공식이고, Owen-WH(1986), Schofield-WH(1985), FAO/WHO/UNU-WH(1985), Henry-WH(2005)는 체중(Weight)과 신장(Height)을 이용하여 만든 공식이다.

5. 자료 처리 및 분석

본 연구의 모든 자료는 SAS 통계 프로그램(Ver. 9.4)을 이용하여 다음과 같이 통계처리 하였다. 연구대상자의 모든 신체계측치, 휴식대사량 측정치 및 예측치는 평균 ± 표준편차로 나타내었다. 통계처리과정에 있어서 표본의 수가 30 이상인 경우, 근사적으로 정규분포를 따른다는 '중심극한정리' 이론을 기반으로 본 연구 대상 집단이 정규분포 함을 가정하여 성별 간의 유의성은 t-test로, 휴식대사량 측정치와 예측치 간의 유의성은 paired t-test로 검정하였다(p < 0.05). 측정된 휴식대사량을 체중과 체지방량으로 나누어 단위 체중 및 단위 체지방량 당 휴식대사량 값을 산출함으로써 체중 및

Table 1. Equations used to predict the resting metabolic rate in the study

Source of equation	Ages	Male	Female
Harris-Benedict (1919)	Adults	66.473+5.003H+13.752W-6.755A	655.096+1.850H+9.563W-4.676A
Mifflin (1990)	(A ≥ 19)	9.99W+6.25H-4.92A+5	9.99W+6.25H-4.92A-161
Liu (1995)		13.88W+4.16H-3.43A+54.34	13.88W+4.16H-3.43A-58.06
KDRI ¹⁾		204-4A+4.505H+11.69W	255-2.35A+3.616H+9.39W
Cunningham (1980)		501.6+21.6*FFM	501.6+21.6*FFM
Cunningham (1991)		370+21.6*FFM	370+21.6*FFM
Owen-W (1986)		879+10.2W	795+7.18W
Owen-F (1986)		290+22.3FFM	290+22.3FFM
FAO/WHO/UNU ²⁾ -W (1985)	29 ≤ A < 60	11.6W+879	8.7W+829
	A ≥ 60	13.5W+487	10.5W+596
FAO/WHO/UNU ²⁾ -WH (1985)	29 ≤ A < 60	11.3W+0.16H+901	8.7W-0.25H+865
	A ≥ 60	8.8W+11.28H-1071	9.2W+6.37H-302
Schofield-W (1985)	29 ≤ A < 60	11.467W+872.7	8.122W+845.2
	A ≥ 60	11.706W+587.4	9.078W+658.1
Schofield-WH (1985)	29 ≤ A < 60	11.467W-0.026H+876.7	8.122W+0.014H+843.3
	A ≥ 60	9.078W+9.718H-834.0	7.883W+4.580H+17.7
Henry-W (2005)	29 ≤ A < 60	14.2W+593	9.74W+694
	A ≥ 60	13.5*W+514	10.1*W+569
Henry-WH (2005)	29 ≤ A < 60	11.4W+5.41H-137	8.18W+5.02H-11.6
	A ≥ 60	11.4W+5.41H-256	8.52W+4.21H+10.7

Abbreviation: W, Weight in kg; H, Height in cm; A, Age in years; FFM, Fat free mass in kg.

1) Koreans Dietary Reference Intakes

2) Food and Agriculture Organization/World Health Organization/United Nations University

제지방량의 차이로 인한 휴식대사량의 차이를 보정하였다.

휴식대사량 예측 공식의 정확도를 평가하기 위하여 bias, RMSPE, accurate prediction(%), under prediction(%), over prediction(%)을 계산하였다. RMSPE(root mean squared prediction error)는 휴식대사량 실측치와 예측치 간의 오차의 크기를 반영하는 지표로 두 값의 차이의 절대값으로 표시되며 그 계산식은 다음과 같다(Taaffe 등 1995).

$$RMSPE = \sqrt{\sum(\text{Predicted}REE - \text{Measured}REE)^2 / N}$$

Accurate prediction(%)은 전체 대상자 중 예측치와 실측치와의 차이가 10% 미만인 대상자의 비율을 나타내며, under prediction(%)과 over prediction(%)은 각각 10% 이상 과소평가하거나(<=90%), 10% 이상 과대평가(>=110%)된 대상자의 비율을 나타낸다. 이어 Bland-Altman(1686) plot에 의하여 각 공식의 정확도와 정밀도를 평가하였다. 휴식대사량 측정값과 각종 신체 계측치 간의 상관관계는 피어슨 상관 계수(Pearson's correlation coefficients)를 산출하여 분석하였다.

Table 2. Characteristics of the study subjects

	Male (n = 50)	Female (n = 111)
Age (yrs)	50.2 ± 8.7 ¹⁾	52.3 ± 6.6
Height (cm)	169.4 ± 6.0	155.3 ± 5.3***
Weight (kg)	71.9 ± 9.8	60.5 ± 6.9***
Body mass index (kg/m ²) ²⁾	25.0 ± 2.9	25.1 ± 2.8
Waist (cm)	88.9 ± 7.6	82.6 ± 7.0***
Hip (cm)	99.6 ± 5.4	97.5 ± 4.9*
Waist-hip ratio	0.89 ± 0.04	0.84 ± 0.05***
Fat (%) ³⁾	22.4 ± 5.3	34.4 ± 4.7***
Fat mass (kg)	16.4 ± 5.7	21.0 ± 4.6***
Fat free mass (kg) ⁴⁾	55.5 ± 6.1	39.5 ± 3.7***
Systolic blood pressure (mmhg)	128.4 ± 14.8	126.7 ± 17.9
Diastolic blood pressure (mmhg)	80.2 ± 10.4	79.6 ± 9.5

1) Mean ± SD

2) Weight (kg) / [Height (m)]²

3) Measured by inbody 720

4) Weight (kg) - fat mass (kg)

*: p < 0.05, ***: p < 0.001 Significantly different between male and female by t-test

또한 회귀분석 방법들(backward, forward 및 stepwise) 중 단계별 다중 회귀분석(stepwise multiple regression analysis)을 이용하여 농업인을 위한 휴식대사량 추정공식

을 시범적으로 유도하여 보았다. 이때, 제시한 변수 중 유의 수준 0.15 이내에서 선별된 변수를 포함하도록 하였으며, 피어슨 상관관계 분석에서 제시된 모든 변수를 고려한 공식 (Equation 1), 상관분석 결과 중 유의수준 1% 이내의 범위에 있는 변수만을 고려한 공식 (Equation 2) 및 현재 널리 이용되고 있는 휴식대사량 산출 공식들에서 사용하는 변수를 고려한 공식 (Equation 3)의 형태로 개발하였다.

2와 같다. 대상자의 평균 연령은 남자 50.2세, 여자 52.3세로 두 군 간의 유의한 차이를 보이지 않았으며, 체질량지수 (BMI) (남자 25.0, 여자 25.1) 또한 두 군 간에 유의차를 보이지 않았다. 그러나 체지방량과 체지방율의 경우 여자 (21.0 kg, 34.4%)가 남자 (16.4 kg, 22.4%)보다 유의하게 높았고, 그 외의 신체계측치는 남자가 여자보다 유의하게 높았으며 혈압은 남녀 간에 유의한 차이를 보이지 않았다.

연구결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 연구대상자들의 신체계측 결과는 Table

2. 연구대상자의 휴식대사량 실측치

간접열량계를 이용하여 측정된 본 연구대상자의 휴식대사량 값과 이를 체중 및 체지방량으로 보정한 결과를 Table 3에 나타내었다. 실측 휴식대사량은 남자 농업인이 1703 kcal/

Table 3. Measured resting metabolic rate and adjusted resting metabolic rate for body weight and fat free mass

	Male (n = 50)		Female (n = 111)	
	Mean ± SD ¹⁾	Range	Mean ± SD	Range
RMR (kcal/day)	1,703.0 ± 205.0	(1,337.0 – 2,364.0)	1343 ± 139.0***	(1,080.0 – 1,806.0)
RMR/Wt (kcal/kg Wt/day) ²⁾	23.8 ± 1.8	(20.3 – 27.9)	22.3 ± 1.6	(19.9 – 27.4)
RMR/FFM (kcal/kg FFM/day) ³⁾	30.8 ± 2.5	(26.8 – 36.7)	34.1 ± 2.8***	(29.7 – 46.5)

1) Standard deviation

2) RMR (resting metabolic rate) adjusted for body Wt (Weight)

3) RMR adjusted for FFM (Fat Free Mass)

***: p < 0.001 Significantly different between male and female by t-test

Table 4. Assessment of resting metabolic rate predictive equations based on bias, RMSPE and accurate prediction (%) in male subjects

	RMR (kcal/d)	Bias ¹⁾ (%)	RMSPE ²⁾ (kcal/d)	Accurate prediction ³⁾ (%)	Under prediction ⁴⁾ (%)	Over prediction ⁵⁾ (%)
RMR measured	1703 ± 205					
RMR predicted						
Harris-Benedict (1919)	1563 ± 169***	-7.8	156	56	44	0
Mifflin (1990)	1534 ± 133***	-9.3	174	50	50	0
Liu (1995)	1584 ± 156***	-6.5	131	66	34	0
KDRI	1606 ± 139***	-5.1	121	76	24	0
Cunningham (1980)	1699 ± 131	-0.47	110	80	8	12
Cunningham (1991)	1568 ± 131***	-7.3	148	64	0	36
Owen-W (1986)	1612 ± 100***	-4.6	116	76	22	2
Owen-F (1986)	1527 ± 136***	-9.8	178	50	50	0
FAO/WHO/UNU-W (1985)	1681 ± 148	-0.59	117	76	14	10
FAO/WHO/UNU-WH (1985)	1707 ± 150	0.94	125	78	12	10
Schofield-W (1985)	1664 ± 148	-1.5	117	80	14	6
Schofield-WH (1985)	1668 ± 143	-1.4	113	82	12	6
Henry-W (2005)	1598 ± 148***	-5.6	126	74	24	2
Henry-WH (2005)	1584 ± 140***	-6.4	132	74	26	0

1) [(predicted RMR – measured RMR) / measured RMR] × 100

2) RMSPE : Root Mean Squared Prediction Error = $\sqrt{[\sum(\text{predicted RMR} - \text{measured RMR})^2 / N]}$

3) Percentage of subjects predicted by equation within 90% to 110% of measured RMR

4) Percentage of subjects predicted by equation < 90% of measured RMR

5) Percentage of subjects predicted by equation > 110% of measured RMR

***: p < 0.001 Significantly different between measured RMR and predicted RMR by paired t-test

day로 여자 농업인(1343 kcal/day)보다 유의하게 높았다. 한편 체중으로 보정한 휴식대사량(남자 23.8 kcal/kg wt/day, 여자 22.3 kcal/kg wt/day)은 남녀 간에 유의한 차이를 보이지 않았으나 체지방량으로 보정한 휴식대사량은 여자(34.1 kcal/kg FFM/day)가 남자(30.8 kcal/kg FFM/day)보다 유의하게 높았다.

3. 휴식대사량 예측공식의 정확도 평가

1) 남자 농업인에 있어서 휴식대사량 예측공식의 정확도
전체 대상자 중 남자 농업인을 대상으로 14가지 공식을 이

용하여 예측한 휴식대사량 값을 실측 휴식대사량 값을 기준으로 정확도를 비교한 결과는 Table 4와 같다. 휴식대사량 예측치의 범위는 Owen-W(1986) 공식의 결과인 1527 kcal/day부터 FAO/WHO/UNU-WH(1985) (이하 WHO-WH) 공식의 결과인 1707 kcal/day로 나타났다. 남자 농업인의 휴식대사량 실측치인 1703 kcal/day와 비교했을 때, WHO-WH 공식을 제외한 모든 공식이 휴식대사량을 과소평가하는 것으로 나타났다. 그러나 FAO/WHO/UNU-W(1985) (이하 WHO-W), WHO-WH, Cunningham(1980), Schofield-W(1985) (이하 Scho-W), Schofield-

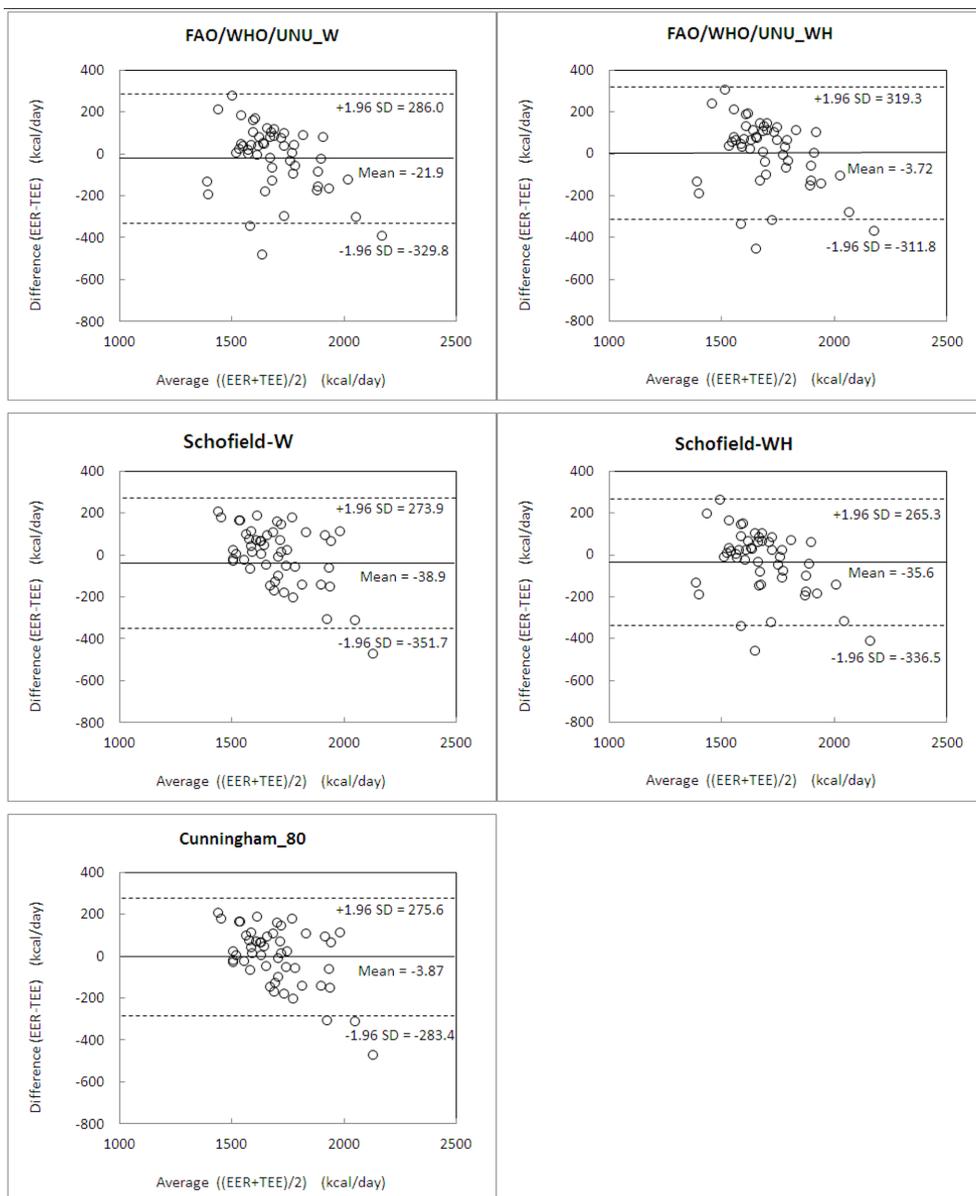


Fig. 1. Bland-Altman plots for measured RMR and predicted RMR derived from 5 selected equations (WHO_W, WHO_WH, Scho_W, Scho_WH, Cunningham_80) for male subjects

WH(1985) (이하 Scho-WH) 공식으로 부터의 예측값은 휴식대사량 실측치와 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p < 0.05$).

휴식대사량 실측치와 예측치 사이의 차이를 비교하기 위하여 bias와 RMSPE를 살펴 본 결과, Cunningham (1980) 공식이 -0.47% 와 110 kcal/day 로 가장 낮은 값을 보였으며, 유의한 차이를 보이지 않은 다른 4개의 공식도 비슷한 수준의 차이를 나타내었다. 또한 accurate prediction (%)을 보면, Scho-WH 공식을 이용한 결과가 82% 로 가장 높은 정확도를 보였고, 그 다음으로 Cunningham (1980) 공식과 Scho-W 공식을 두 개 모두 80% 로 높은 정확도를 나타내어 휴식대사량 실측값과 유의한 차이를 보이지 않았던 공식들이 유사한 결과를 나타내었다.

총 14개의 공식 중 가장 높은 정확성을 나타낸 5가지 공식에 대하여 Bland-Altman 분석법으로 남자 농업인의 휴식대사량 실측치와 예측치의 일치도를 평가한 결과는 Fig. 1과 같다. 그 결과를 살펴보면 Cunningham (1980) 공식의 일치한계의 범위가 -283.4 kcal/day 에서 275.6 kcal/day 으로 가장 좁았고 차이값 (difference)은 -3.87 kcal/day 로 다소 음의 값으로 치우쳐 있었다. 나머지 4개의 공식 (WHO-W, WHO-WH, Scho-W, Scho-WH) 역시

차이값이 다소 음으로 치우쳐 있었고 일치한계의 범위 또한 Cunningham (1980) 공식의 일치한계의 범위와 비슷하였다.

2) 여자 농업인에 있어서 휴식대사량 예측공식의 정확도

여자 농업인에 있어서 14가지 휴식대사량 예측 공식의 정확도를 비교한 결과를 Table 5에 나타내었다. 휴식대사량 예측 결과를 살펴보면 Mifflin (1990) 공식에서 계산된 $1156 \pm 96 \text{ kcal/day}$ 부터 Cunningham (1980) 공식에서 산출된 $1355 \pm 81 \text{ kcal/day}$ 까지의 범위를 보였다. 여자 농업인의 휴식대사량 실측치 ($1343 \pm 139 \text{ kcal/day}$)와 비교했을 때, 가장 큰 값을 나타내는 Cunningham (1980) 공식을 제외한 다른 모든 공식은 휴식대사량을 과소평가하는 것으로 나타났다. 그러나 WHO-W, WHO-WH 두 개의 공식으로부터 산출된 예측치는 실측치와 유의한 차이를 나타내지 않았다 ($p < 0.05$).

여자 농업인에 있어서 실측치와 예측치 간의 bias와 RMSPE를 보면, WHO-W 공식이 (-0.1% , 67 kcal/day) 가장 낮은 값을 보였지만, WHO-WH 공식 (-0.2% , 68 kcal/day) 및 Cunningham (1980) 공식 (1.4% , 63 kcal/day) 역시 비슷한 수준의 차이를 나타내었다. Accurate

Table 5. Assessment of resting metabolic rate predictive equations based on bias, RMSPE and accurate prediction (%) in female subjects

	RMR (kcal/d)	Bias ¹⁾ (%)	RMSPE ²⁾ (kcal/d)	Accurate prediction ³⁾ (%)	Under prediction ⁴⁾ (%)	Over prediction ⁵⁾ (%)
RMR measured	1343 ± 139					
RMR predicted						
Harris-Benedict (1919)	1276 ± 79***	-4.5	81	77	21	2
Mifflin (1990)	1156 ± 96***	-13.6	100	27	73	0
Liu (1995)	1247 ± 109***	-6.8	83	72	28	0
KDRI	1261 ± 76***	-5.6	83	73	25	2
Cunningham (1980)	1355 ± 81	1.4	63	81	7	12
Cunningham (1991)	1223 ± 81***	-8.4	95	62	38	0
Owen-W (1986)	1229 ± 49***	-7.9	96	67	33	0
Owen-F (1986)	1171 ± 83***	-12.4	100	34	66	0
FAO/WHO/UNU-W (1985)	1337 ± 81	0.1	67	84	9	7
FAO/WHO/UNU-WH (1985)	1332 ± 86	-0.2	68	84	10	6
Schofield-W (1985)	1317 ± 78*	-1.3	75	79	16	5
Schofield-WH (1985)	1315 ± 84**	-1.5	77	79	16	5
Henry-W (2005)	1268 ± 81***	-5.1	89	75	24	1
Henry-WH (2005)	1251 ± 80***	-6.4	94	68	30	2

1) $[(\text{predicted RMR} - \text{measured RMR}) / \text{measured RMR}] \times 100$

2) RMSPE: Root Mean Squared Prediction Error = $\sqrt{[\sum(\text{predicted RMR} - \text{measured RMR})^2 / N]}$

3) Percentage of subjects predicted by equation within 90% to 110% of measured RMR

4) Percentage of subjects predicted by equation < 90% of measured RMR

5) Percentage of subjects predicted by equation > 110% of measured RMR

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$ Significantly different between measured RMR and predicted RMR by paired t-test

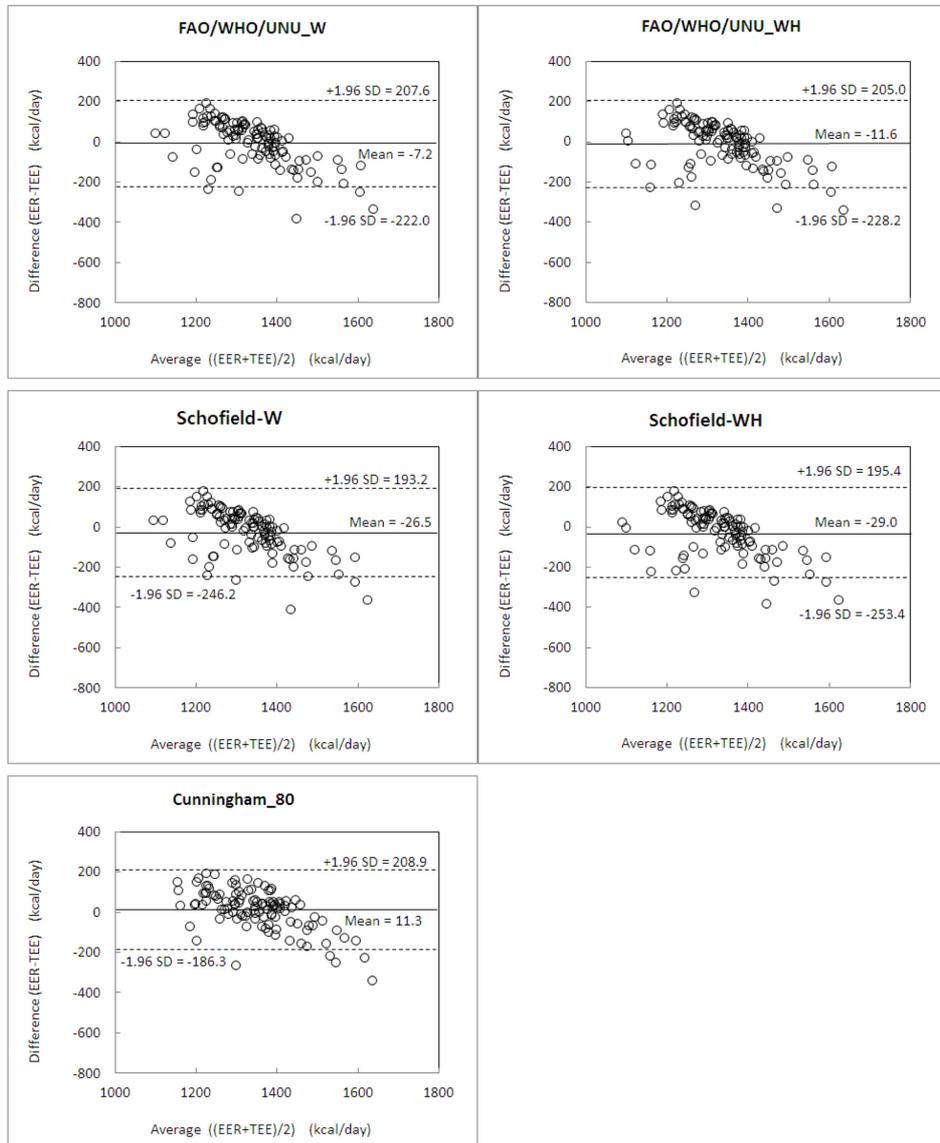


Fig. 2. Bland-Altman plots for measured RMR and predicted RMR derived from 5 selected equations (WHO_W, WHO_WH, Scho_W, Scho_WH, Cunningham_80) for female subjects

prediction(%)은 WHO-W 공식과 WHO-WH 공식이 84%로 가장 높았고, Cunningham(1980) 공식이 81%로 비슷한 결과를 나타냈으며 그 외 11개의 공식은 34%~79%의 범위를 보였다.

여자 농업인 역시 총 14개의 공식 중 가장 높은 정확성을 보인 5가지 공식을 대표로 선정하여 Bland-Altman 분석에 의한 일치도 평가 결과를 Fig. 2에 제시하였다. 일치한계의 범위가 가장 좁은 공식은 남자 농업인의 결과와 마찬가지로 Cunningham(1980) 공식으로 그 범위는 -186.3 kcal/day에서 208.9 kcal/day였으며 그 외 4개의 공식(WHO-W, WHO-WH, Scho-W, Scho-WH)도 비슷

한 범위를 보였다. 차이값(difference)을 살펴보면, Cunningham(1980) 공식은 11.3 kcal/day으로 유일하게 양의 값으로 치우쳐 있었고 나머지 공식들은 음의 값으로 치우쳐 있다.

4. 휴식대사량과 관련요인 간의 상관관계 분석

휴식대사량과 관련이 있을 것으로 추정되는 다양한 변수(연령, 신장, 체중, 체질량지수, 체지방량, 체지방율, 체지방량, 허리둘레, 엉덩이둘레, 수축기 및 이완기 혈압)와 휴식대사량 간의 상관관계를 나타낸 Table 6을 살펴보면 남녀 모두 체중과 가장 높은 양의 상관관계(남 $r = 0.836$, 여 $r =$

Table 6. Pearson's correlation coefficient (r) between measured resting metabolic rate and related variables

Variables	Male	Female	Total
Age (yrs)	-0.073	-0.051	-0.138
Height (cm)	0.444**	0.245**	0.696***
Weight (kg)	0.836***	0.803***	0.874***
Body Mass Index (kg/m ²)	0.709***	0.648***	0.456***
Waist (cm)	0.685***	0.574***	0.667***
Hip (cm)	0.774***	0.625***	0.604***
Waist-hip ratio	0.321*	0.265**	0.437***
Fat (%)	0.462**	0.310**	-0.370***
Fat mass (kg)	0.671***	0.629***	0.131
Fat-free mass (kg)	0.726***	0.702***	0.872***
Systolic blood pressure (mmHg)	0.328*	0.255**	0.223**
Diastolic blood pressure (mmHg)	0.243	0.302**	0.211**

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$ by Pearson's correlation

Table 7. Development of new predictive equations for resting metabolic rate by stepwise multiple regression analysis

		Regression equation	R ²
Male	Equation 1	$RMR = 447.6 + 17.5 \cdot Wt$	0.698
	Equation 2	$RMR = 447.6 + 17.5 \cdot Wt$	0.698
	Equation 3	$RMR = 447.6 + 17.5 \cdot Wt$	0.698
Female	Equation 1	$RMR = 648.7 + 20.7 \cdot Wt - 4.0 \cdot Fat\% - 0.6 \cdot Hip + SBP$	0.685
	Equation 2	$RMR = 648.7 + 20.7 \cdot Wt - 4.0 \cdot Fat\% - 0.6 \cdot Hip + SBP$	0.685
	Equation 3	$RMR = 684.5 - 3.5 \cdot Ht + 11.8 \cdot Wt + 12.5 \cdot FFM$	0.668

Abbreviation: RMR; Resting metabolic rate, Wt; weight, Ht; height, BMI; body mass index, FFM; fat free mass, WHR; waist/hip ratio, SBP; systolic blood pressure, DBP; diastolic blood pressure

Variables included in developing equations

- Equation 1 : Age, Ht, Wt, BMI, Waist, Hip, WHR, Fat (%), Fat mass, FFM, SBP, DBP

- Equation 2 : Male (Ht, Wt, BMI, Waist, Hip, Fat (%), Fat mass, FFM), Female (Ht, Wt, BMI, Waist, Hip, WHR, Fat (%), Fat mass, FFM, SBP, DBP)

- Equation 3 : Age, Wt, Ht, FFM

0.803)를 나타내었다. 그 다음으로 높은 상관관계를 보인 변수는 여자 농업인의 경우 체지방량($r = 0.702$)이었고, 남자 농업인의 경우 엉덩이둘레($r = 0.774$)가 두 번째로 높은 양의 상관관계를 나타내었다. 그 외에도 남녀 농업인의 결과를 보면, $r > 0.5$ 로 높은 양의 상관관계를 보이는 변수로는 체질량지수, 체지방량, 허리둘레, 엉덩이둘레 등이었으며 여자 농업인보다 남자 농업인에서 더 높은 상관관계를 보였다.

그러나 전체대상자의 상관성은 남녀 농업인 각각의 결과와는 다소 다른 양상을 나타내었는데, 신장의 경우 남녀 각각의 상관성은 0.444와 0.245로 낮았지만 전체 대상자의 결과에서는 높은 상관성($r = 0.696$)을 나타내었고, BMI (남자 $r = 0.709$, 여자 $r = 0.648$)와 체지방량(kg) (남자 $r = 0.671$, 여자 $r = 0.629$)의 경우 남녀 각각의 결과에서는 상관성이 높게 나타났지만 전체 대상자의 결과에서는 BMI는 0.456, 체지방량(kg)은 0.131로 낮은 상관성을 보였다.

5. 농업인을 위한 휴식대사량 예측공식 개발

다양한 신체계측 변수를 이용하여 단계적 다중회귀분석을 통하여 시범적으로 개발된 농업인의 휴식대사량 예측공식을 Table 7에 나타내었다. 남녀에서 각각의 공식 개발에 고려된 변수는 Table 7에서와 같다. 즉, 1번 공식(Equation 1)은 피어슨 상관관계 분석(Table 2)에 제시된 모든 변수를 고려하여 유도된 공식이고, 2번 공식(Equation 2)은 상관분석 결과(Table 2) 중 유의수준 1% 이내의 범위에 있는 변수만을 선택하여 도출된 공식이다. 한편, 3번 공식(Equation 3)은 현재 널리 이용되고 있는 휴식대사량 산출 공식들에서 사용하는 변수인 연령, 체중, 신장 및 체지방량의 4가지 변수만을 포함하여 다중회귀분석을 통하여 유도된 공식이다.

남자 농업인을 위한 공식($RMR = 447.6 + 17.5 \cdot Wt$)의 경우, 1,2,3번 공식 모두 휴식대사량 실측치와 가장 높은 상관관계를 보인 체중($r = 0.836$)만을 변수로 하여 동일한 공식이 도출되었고 결정계수(R^2)는 0.698로 나타났다. 여

자 농업인에서는 1번 공식과 2번 공식 모두 휴식대사량 실측치와 가장 상관관계가 높았던 체중($r = 0.803$)과 그 외 체지방률($r = 0.310$), 엉덩이둘레($r = 0.625$), 수축기혈압($r = 0.255$)을 변수로 하여 동일한 공식($RMR = 648.7 + 20.7 \cdot Wt - 4.0 \cdot Fat\% - 0.6 \cdot Hip + SBP$)을 도출하였다($R^2 = 0.685$). 3번 공식은 입력한 4개의 변수 중 연령을 제외한 신장, 체중, 체지방량을 이용하여 공식($RMR = 684.5 - 3.5 \cdot Ht + 11.8 \cdot Wt + 12.5 \cdot FFM$)이 도출되었다.

고 찰

본 연구는 농업인 161명의 휴식대사량을 측정하고 이를 기준으로 14개의 휴식대사량 추정 공식을 이용하여 계산한 이들 예측치와 비교하여 예측공식의 정확도를 검증하였다.

본 연구대상자의 일반적 특성을 살펴보면(Table 2) 남녀 모두 평균 50대 초반(남자 50.2 ± 8.7 세, 여자 52.3 ± 6.6 세)의 연령이었으며, BMI(남자 25.0 ± 2.9 , 여자 25.1 ± 2.8)는 도시(대구) 지역의 성인(20~64세)을 대상으로 한 연구(Park 등 2003)의 50대 성인들의 BMI 결과(남자 24.5 ± 2.1 , 여자 25.0 ± 2.9)보다 약간 높았다.

본 연구에서 휴식대사량 측정값은 남성이 여성에 비해 높게 나타났다. 이러한 휴식대사량의 차이는 체중에 의한 것으로 체중으로 보정한 휴식대사량에 있어서 남녀 간에 차이가 없음이 이를 시사하고 있다.

한편, 본 연구 대상자인 남녀 농업인의 단위 체지방량당 휴식대사량(남자 $30.8 \text{ kcal/FFM wt/day}$, 여자 $34.1 \text{ kcal/FFM wt/day}$)은 Lee 등(2009)이 보고한 18~25세 대학생의 단위 체지방량당 휴식대사량(남자 $31.9 \text{ kcal/FFM wt/day}$, 여자 $39.1 \text{ kcal/FFM wt/day}$)보다 낮았는데, 이는 연령이 증가함에 따라 기초대사량이 낮아지기 때문으로 사료된다(Tzankoff & Norris 1977; Liu 1995).

휴식대사량은 이처럼 체중 및 체지방량에 의하여 영향을 받는데(Cunningham 1980; Garby 등 1988; Liu 1995), Yamauchi & Ohtsuka(2000)는 단위 체중 또는 단위 체지방량 당 휴식대사량은 도시인과 농업인에서 차이를 보인다고 하였다. 실제로 본 연구대상자와 동일한 연령대의 도시 거주자(대구)의 휴식대사량을 측정한 Park 등(2003)의 결과와 본 연구 결과를 비교하여 보면, 도시 거주자의 휴식대사량(남자 1493.8 kcal , 여자 1252.5 kcal), 단위 체중당 휴식대사량(남자 21.4 kcal/wt kg , 여자 21.0 kcal/wt kg) 및 단위 체지방량당 휴식대사량(남자 27.5 kcal/FFM kg , 여자 31.4 kcal/FFM kg) 모두 본 연구 대상자(농업인)에

비해 낮은 값을 나타내었다.

이러한 결과에 대하여 Yamauchi & Ohtsuka의 연구(2000)에서는 휴식대사량 차이의 근거로 thermal stress를 언급하며 더 높은 온도에서 거주하는 도시인에서 더 낮은 휴식대사량 값을 나타내는 이유를 설명하였다.

휴식대사량 예측치와 측정치를 비교한 결과를 살펴보면(Table 4, 5), 남자 농업인의 경우 Cunningham(1980), Scho-W, Scho-WH, WHO-W, WHO-WH 공식에서 예측치와 측정치 간에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났지만, 여자 농업인에서는 위의 5가지 공식 중 Cunningham(1980) 공식을 제외한 4개의 공식에서 휴식대사량을 과소평가하여 예측하고 있음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 위의 3가지 예측공식이 일반적으로 휴식대사량을 과대평가한다는 국외의 여러 연구(Daly 등 1985; Owen 등 1987; Henry 2005) 결과와는 상반되지만, 위의 공식들이 휴식대사량을 과소평가하는 경향이 있다고 밝힌 국내의 여러 연구(Lee 등 2009; Lee 등 2007; Park 등 2003) 결과와는 일치하였다. 또한 2005년 미국에서 휴식대사량 예측공식의 정확도를 높이기 위하여 총 166팀의 연구결과를 통해 모아진 10,552명(남성 5794명, 여성 4702명)의 휴식대사량 데이터베이스를 이용하여 개발된 Henry(2005) 공식이 본 연구에서는 낮은 정확도를 나타내었다. 이러한 결과는 예측공식의 정확도에 인종이 영향을 미칠 수 있음을 시사하고 있다.

따라서 본 연구대상자인 농업인에 있어서 휴식대사량을 예측하고자 하는 경우, 실측치와 가장 일치도가 높은 즉, 유의한 차이가 적은 예측공식을 선정한다면 Cunningham(1980) 공식을 추천할 수 있겠다. Table 1에서 보듯이 휴식대사량 예측 공식은 대상 집단(target group)의 연령군에 따라 공식이 별도로 개발되므로 개발 공식 자체에 연령(age)을 변수로 포함하지 않고 있다. 본 연구의 경우, 연구대상자의 연령층이 Table 1에서와 같이 동일한 연령대로 간주할 수 있는 연령층(29세부터 68세까지)으로 추정식에 연령이 포함되지 않았다.

Cunningham(1980) 공식은 개발 당시 여러 연구(Miller & Blyth 1953, Tzankoff & Norris 1977, Tzankoff & Norris 1978)에서 체지방량과 산소소비량과의 관련성이 제기됨에 따라, 휴식대사량 예측인자로서 체지방량을 적용시켜 보고자 Harris - Benedict 공식의 데이터베이스(남성 136명, 여성 103명) 중 운동선수 16명을 제외한 후, 재분석하여 개발한 공식이다(Cunningham 1980). Cunningham(1980) 공식에서는 유일한 변수로 체지방량이 이용되었는데, 외국의 일부 연구(Owen 1987; Mifflin 1990) 뿐만 아니라 한국에서 수행된 휴식대사량 관련 연구

(Lee 등 2007; Lee 등 2009)에서도 체지방량이 휴식대사량에 영향을 미치는 가장 대표적인 변수로 보고된 바 있다. 이러한 사실은 가장 높은 정확도를 보인 공식으로 Cunningham(1980) 공식이 선정된 본 연구 결과를 지지한다.

한편, WHO-W, WH 공식 또한 남녀 농업인 모두에서 높은 정확도를 보였는데, 이들 공식은 FAO/WHO/UNU Expert consultation에서 에너지 필요량 설정을 위하여 이와 관련된 다양한 연구들의 data를 모아서 만든 database (114개 연구, 총 7173명)를 이용하여 성별, 연령별 예측공식 개발을 요청한 결과 개발된 공식이다(Schofield 등 1985). 그러나 많은 연구자의 data를 이용하여 수많은 대상자들로부터 개발한 공식임에도 불구하고, 이 공식은 대부분의 집단에서 휴식대사량을 과대평가하는 경향이 있다고 보고되었다(Owen 등 1986; Owen 등 1987; Mifflin 등 1990; Liu 등 1995). 이와 같은 결과의 원인으로는 이용된 database에 포함된 대다수인 이탈리아인들은 다른 어떤 그룹보다 단위체중당 휴식대사량에서 높은 값을 나타내기 때문으로 지적되었다(Hayter & Henry 1993; Hayter & Henry 1994).

이 공식을 개발한 Schofield에 따르면, 18~30세 연령들 중에 이탈리아 그룹이 가장 많이 포함되어 있으므로 이들 연령층을 위한 추정식 개발 시에는 이탈리아인을 제외시켜야 한다고 했다(Schofield 등 1985). 그러나 본 연구대상자의 평균연령은 50대이었으므로 연령별 Schofield 공식을 사용할 경우 위에서 제시한 과대평가 오류의 영향을 덜 받은 것으로 사료된다.

휴식대사량 측정치와 다양한 변수와의 관련성 확인을 위한 상관분석 결과를 살펴보면(Table 6) 휴식대사량 실측치는 남녀 모두에서 체중, BMI, 체지방량(kg), 제지방량(kg), 허리둘레, 엉덩이둘레와 의미있는 양의 상관관계($r > 0.5$)를 나타내었고, 신장, 체지방량(%), 허리엉덩이 둘레비, 혈압과는 낮은 양의 상관관계($r < 0.5$)를 나타내었다. 이러한 결과는 휴식대사량이 체지방량, 체중 및 BMI와 높은 양의 상관관계를 보이고, 연령, 신장, 체지방량(%), 허리엉덩이 둘레비와는 낮은 상관관계를 보인 Lee 등(2009)의 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다.

이렇게 상관 분석을 통해 휴식대사량과의 관련성을 나타낸 변수들을 이용하여 stepwise 다중회귀분석(multiple regression analysis)을 통해 휴식대사량 예측공식을 시범적으로 개발하여 보았다(Table 7). 상관관계분석 결과(Table 6)를 살펴보면 남녀 각각의 결과와 전체대상자의 결과에 차이가 있으므로 남녀 농업인을 구분하여 휴식대사량 예측공식을 개발하였다. 각 변수의 유의수준을 고려하여, 총

세 번에 걸쳐 예측공식 개발을 진행하였다. 남자 농업인의 경우 3가지 방법 모두 같은 공식이 제시되었고, 가장 높은 상관성을 나타내었던 체중 변수만이 공식에 포함되었다. 그 R^2 은 0.698로 Liu(1995) 연구에서 체중을 이용한 공식의 0.65와 유사한 값을 나타내었다.

여자 농업인은 공식 1과 2에서 체지방량(%), 수축기혈압, 엉덩이 둘레 등의 변수가 포함되어 각각 0.685의 R^2 을 나타내었지만, 신장, 체중, 제지방량을 포함한 공식 3의 R^2 (0.668)과 큰 차이를 보이지 않았으므로 측정이 어려운 변수를 제외한 공식 3을 이용하는 것이 가장 적합할 것으로 사료된다. 또한 공식 3의 경우 총 4가지 변수(Ht, Wt, Age, FFM)를 이용하여 stepwise 다중회귀분석을 하였는데, 연령 변수는 제외되고 3가지 변수만을 이용하여 공식이 제시되었다. 이는 본 연구대상자의 연령 범위(30대 ~ 60대)는 FAO/WHO/UNU 공식의 연령 기준에서도 동일한 연령층으로 분류됨과 관련이 있다(Schofield 등 1985).

본 연구의 제한점은 여자 대상자에 비해 남자 대상자의 인원이 적다는 것이다. 이러한 현상은 오늘날 농촌의 인구구조의 특성을 보여주는 것으로 Yeon 등의 연구(2014)에서도 전체 연구대상자 105명 가운데 75.2%가 여성이었으며 Lee(2007)에 따르면 농촌에 거주하는 65세 이상의 노령인구 중 여성이 차지하는 비율이 높고, 앞으로도 그 추세가 지속될 것으로 예상한 바 있어 이러한 특성이 반영된 것으로 보인다. 또한 본 연구에서 개발된 예측공식은 적은 인원(남녀 각각 50명, 111명)을 대상으로 하였기에 이들 공식의 사용을 한국의 농업인에 대하여 일반화하기에는 어려움이 있다. 그럼에도 불구하고 추후 연구를 통하여 본 연구에서 개발된 휴식대사량 추정공식에 대한 cross-validation에 의해 정확도가 검증된다면, 한국 농업인의 특수성이 전혀 반영되지 않은 외국에서 개발된 휴식대사량 추정식 또는 한국인의 에너지필요추정량(한국인영양섭취기준 2010) 산출 공식보다는 그래도 정확한 에너지 필요량을 예측할 수 있을 것으로 기대된다. 물론, 향후 여러 지역 농업인들을 대상으로 더 많은 인원이 참여하는 연구를 통하여 한국의 농업인을 위한 휴식대사량 예측공식이 개발될 필요가 있음은 당연하다.

본 연구는 만성질환 발병 위험이 높은 농업인이라는 특정 집단에 있어서 다양한 휴식대사량 예측공식의 정확도를 평가하고 시범적으로 휴식대사량 추정식을 개발하였다는 점에서 의의가 있다고 할 수 있겠다.

요약 및 결론

본 연구는 강원 영동지역에 거주하는 남녀 농업인 161명

(남자 50명, 여자 111명)을 대상으로 휴식대사량을 측정하고 이를 기준으로 14개의 휴식대사량 예측공식을 이용하여 계산된 예측치의 정확성을 다양한 통계분석방법을 이용하여 비교함으로써 현장에서 활용가능한 가장 적합한 예측공식을 선정하고자 하였다. 또한 농업인을 위한 휴식대사량 예측공식을 시범적으로 개발해 보았다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 연구대상자의 연령(남자 50.2세, 여자 52.3세), 체질량지수(남자 25.0, 여자 25.1)는 성별에 따른 유의한 차이를 보이지 않았고, 신체계측 결과 중 체지방량과 체지방율의 경우 여자가, 그 외의 모든 결과는 남자가 여자보다 유의하게 높게 나타났다.

2. 연구대상자의 휴식대사량 실측치(남자 1703 ± 205 kcal/day, 여자 1343 ± 139 kcal/day)와 단위체중당 휴식대사량은 남자 농업인이 여자 농업인에 비해 유의하게 높게 나타났으나, 체지방량으로 보정한 휴식대사량은 여자 농업인이 남자보다 유의하게 높았다.

3. 남자 농업인의 경우 WHO-WH 공식을 제외한 모든 공식에서 휴식대사량을 과소평가하는 것으로 나타났으나 WHO-W, WHO-WH, Cunningham(1980), Scho-W, Scho-WH 공식은 실측 휴식대사량과 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 다양한 분석법을 통한 휴식대사량 예측공식의 정확도 평가 결과 WHO-W, WHO-WH, Scho-W, Scho-WH, Cunningham(1980) 공식의 정확도가 높은 것으로 나타났고, 그 중 Cunningham(1980) 공식의 일치한계의 범위가 가장 좁아 가장 정밀한 것으로 나타났다.

4. 여자 농업인의 경우 Cunningham(1980) 공식을 제외한 모든 공식에서 휴식대사량을 과소평가하는 것으로 나타났으나, 그 중 WHO-W, WHO-WH 두 개의 공식은 유의한 차이를 나타내지 않았다. Bland-Altman 분석 결과 이상 세 개의 공식 중 남자 농업인과 마찬가지로 여자 농업인에서도 Cunningham(1980) 공식이 가장 높은 일치도를 보였다.

5. 연구 대상자의 휴식대사량 실측치는 체질량지수, 체지방량, 허리둘레, 엉덩이둘레 등과 높은 양의 상관관계를 나타내었다.

6. 다양한 신체계측 변수를 이용하여 시범적으로 개발된 농업인의 휴식대사량 예측공식을 살펴보면, 남자 농업인은 $RMR = 447.57 + 17.47 \cdot Wt$ ($R^2 = 0.698$), 여자 농업인은 $RMR = 684.50 - 3.53 \cdot Ht + 11.84 \cdot Wt + 12.46 \cdot FFM$ ($R^2 = 0.668$)으로 나타났다.

이상의 연구결과에서 남녀 농업인 모두 다수의 휴식대사량 예측공식에 의해 휴식대사량이 과소평가되는 경향이 있

음을 알 수 있었다. 휴식대사량 예측치와 실측치 간에 유의한 차이가 없는 공식으로는 남자 농업인은 WHO-W, WHO-WH, Scho-W, Scho-WH, Cunningham(1980) 공식, 여자 농업인은 WHO-W, WH, Cunningham(1980) 공식으로 나타났고, 그 중 남녀 농업인 모두에서 Cunningham(1980) 공식이 가장 일치도가 높은 것으로 보인다. 이 공식은 예측치와 실측치 간의 차이가 $\pm 10\%$ 미만인 대상자의 비율을 나타내는 accurate prediction(%) 또한 남녀 모두 80% 이상으로 높은 값을 나타내어 Cunningham(1980) 공식을 이용하여 남녀 농업인의 휴식대사량을 계산할 경우 정확도가 높을 것으로 예상된다. 한편 본 연구 대상자의 휴식대사량 실측치를 이용하여 개발된 예측공식은 남자 농업인은 체중을 변수로 포함하였고 여자 농업인의 경우 신장, 체중, 체지방량을 변수로 포함하였다.

도시에서 사는 사람들에 비하여 농업인의 유병률 및 만성질환 위험이 높음이 보고되면서 특별히 고령인구 비율이 높은 농업인의 건강 및 삶의 질 향상을 위한 노력이 요구되고 있다. 주로 사무직에 종사하는 도시인에 비하여 농업인의 신체활동수준이 계절(농번기, 농한기 등)에 따라 다양함에도 불구하고 이들의 에너지 필요량을 결정함에 있어서 이와 같은 특수성이 반영되지 않는 경우가 많았다. 휴식대사량의 측정은 권장 에너지섭취량의 결정 및 에너지평형 여부 평가에 있어서 중요한 부분을 차지하고 있다.

본 연구의 결과를 통해 농업인의 휴식대사량을 보다 더 정확하게 예측함으로써 향후 농업인들의 정확한 에너지 소비량 평가를 위한 기초자료로써 이용될 수 있으리라 사료된다.

References

- Bland JM, Altman DG (1986): Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1(8476): 307-310
- Bleiberg FM, Brun TA, Gohman S, Gouba E (1980): Duration of activities and energy expenditure of female farmers in dry and rainy seasons in Upper-Volta. *Br J Nutr* 43(1): 71-82
- Chang UJ, 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
- Crouter SE, Antczak A, Hudak JR, DellaValle DM, Haas JD (2006): Accuracy and reliability of the ParvoMedics TrueOne 2400 and MedGraphics VO2000 metabolic systems. *Eur J Appl Physiol* 98(2): 139-151
- Cunningham JJ (1980): A reanalysis of the factors influencing basal metabolic rate in normal adults. *Am J Clin Nutr* 33(11): 2372-2374
- 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
- Food and Agriculture Organization of the United Nations; World Health Organization; United Nations University (1985): Energy and protein requirements: report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation, Geneva, World Health Organization
- Garby L, Garrow JS, Jørgensen B, Lammert O, Madsen K, Sørensen P, Webster J (1988): Relation between energy expenditure and body composition in man: specific energy expenditure in vivo of fat and fat-free tissue. *Eur J Clin Nutr* 42(4): 301-305
- Hayter JE, Henry CJ (1993): Basal metabolic rate in human subjects migrating between tropical and temperate regions: a longitudinal study and review of previous work. *Eur J Clin Nutr* 47(10): 724-734
- Hayter JE, Henry CJ (1994): A re-examination of basal metabolic rate predictive equations: the importance of geographic origin of subjects in sample selection. *Eur J Clin Nutr* 48(10): 702-707
- Henry CJ (2005): Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. *Public Health Nutr* 8(7A): 1133-1152
- 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. *JKorean Diet Assoc* 15(1): 52-68
- Kim EK, Lee SH, Ko SY, Yeon SE, Choe JS (2011): Assessment of physical activity level of Korean farmers to establish estimated energy requirements during busy farming season. *Korean J Community Nutr* 16(6): 751-761
- Kim HR (2005): The relationship of socioeconomic position and health behaviors with morbidity in Seoul, Korea. *Health Soc Welf Rev* 25(2): 3-35
- Lee GH, Kim MH, Kim EK (2009): Accuracy of predictive equations for resting metabolic rate in Korean college students. *Korean J Community Nutr* 14(4): 462-473
- Lee HC (2007): Estimating optimum level of population in rural areas based on rural population forecasts and over-depopulation classification schemes. *J Rural Tourism* 14(1): 159-181
- Lee JS, Lee GH, Kim EK (2007): Comparison of measured and predicted resting metabolic rate of 30-40 aged Korean women. *J Korean Diet Assoc* 13(2): 157-168
- Lee SH, Yeon SE, Son HR, Choi JS, Kim EK (2012): Assessment of energy intake and physical activity level for Korean farmers to establish estimated energy requirements during the off-season for farmers. *Korean J Community Nutr* 17(5): 652-663
- Yim KS (2001): Energy metabolism in obesity. *J Korean Soc Study Obes* 10(3): 271-282
- 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
- Lüthmann PM, Herbert BM, Krems C, Neuhäuser-Berthold M (2002): A new equation especially developed for predicting resting metabolic rate in the elderly for easy use in practice. *Eur J Nutr* 41(3): 108-113
- 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
- Miller AT Jr, Blyth CS (1953): Lean body mass as a metabolic reference standard. *J Appl Physiol* 5(7): 311-316
- Owen OE, Holup JL, D'Alessio DA, Craig ES, Polansky M, Smalley KJ, Kavle EC, Bushman MC, Owen LR, Mozzoli MA, Kendrick ZV, Boden GH (1987): A reappraisal of the caloric requirements of men. *Am J Clin Nutr* 46(6): 875-885
- Owen OE, Kavle E, Owen RS, Polansky M, Caprio S, Mozzoli 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 J, Yoon JS (2003): A comparison of the resting energy expenditure of Korean adults using indirect calorimetry. *Korean J Community Nutr* 8(6): 993-1000
- Park J, Kazuko IT, Kim E, Kim J, Yoon J (2014): Estimating free-living human energy expenditure: practical aspects of the doubly labeled water method and its applications. *Nutr Res Pract* 8(3): 241-248
- Schofield WN, Schofield C, James WP (1985): Basal metabolic rate: review and prediction, together with an annotated bibliography of source material. *Hum Nutr Clin Nutr* 39C(suppl. 1): 5-96
- Singh J, Prentice AM, Diaz E, Coward WA, Ashford J, Sawyer M, Whitehead RG (1989): Energy expenditure of Gambian women during peak agricultural activity measured by the doubly-labelled water method. *Br J Nutr* 62(2): 315-329
- Suh MK (1995): Health states of the elderly and policy implications. *JKorea Gerontol Soc* 15(1): 28-39
- 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
- The Korean Nutrition Society (2005): Dietary reference intakes for Koreans, Seoul, The Korean Nutrition Society
- The Korean Nutrition Society (2010): Dietary reference intakes for Koreans, Seoul, The Korean Nutrition Society
- Tzankoff SP, Norris AH (1977): Effect of muscle mass decrease on age-related BMR changes. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol* 43(6): 1001-1006
- Tzankoff SP, Norris AH (1978): Longitudinal changes in basal metabolism in man. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol* 45(4): 536-539
- Weir JB (1990): New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. 1949. *Nutr* 6(3): 213-221
- World Health Organization (2000): Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation, Geneva, World Health Organization
- Yamauchi T, Ohtsuka R (2000): Basal metabolic rate and energy costs at rest and during exercise in rural- and urban-dwelling Papua New Guinea highlanders. *Eur J Clin Nutr* 54(6): 494-499
- Yeon SE, Son HR, Choi JS, Kim EK (2014): Relationships among serum adiponectin, leptin and vitamin D concentrations and the metabolic syndrome in farmers. *Korean J Community Nutr* 19(1): 12-26