

소아청소년의 비만여부에 따른 신체활동수준, 1일 총에너지소비량 및 에너지필요추정량의 평가*

김명희 · 김은경[§]

강릉원주대학교 생명과학대학 식품영양학과

Physical activity level, total daily energy expenditure, and estimated energy expenditure in normal weight and overweight or obese children and adolescents*

Kim, Myung Hee · Kim, Eun Kyung[§]

Department of Food and Nutrition, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 210-742, Korea

ABSTRACT

The purposes of this study were to assess the physical activity level (PAL) and the total daily energy expenditure (TEE) as well as to evaluate the validity of prediction equation for the estimated energy requirement (EER) in normal weight and overweight or obese children and adolescents. The subjects comprised of 100 healthy Korean students aged between 7–18. The anthropometric data was collected. PAL was calculated from the physical activity diary by the 24-hour recall method, and the resting metabolic rate (RMR) was measured by an open-circuit indirect calorimetry using a ventilated hood system. Daily energy expenditure was PAL multiplied by RMR. EER was calculated by using the prediction equation published in KDRI. There was no significant difference in the means of age and height between the 46 obese subjects and 54 nonobese subjects. The weight and BMI of the obese group (60.2 kg, 25.3 kg/m²) were significantly higher than those of the nonobese group (42.4 kg, 18.4 kg/m²). However, PAL was not significantly different between the two groups (nonobese 1.45, obese 1.46). TEE of the obese group (2,212 kcal/day) was significantly higher than that of the nonobese group (1,774 kcal/day). EER (individual PA) and EER (light PA) were significantly higher than TEE ($p < 0.001$); however, EER (sedentary PA) was not significantly different with TEE in the two groups. These results showed that the levels of physical activity were the same as the sedentary activity both in the nonobese and obese Korean students; moreover, the predictive equation for EER published in KDRI overestimated the TEE of Korean children and adolescents. Therefore, in further research, a new predictive equation for EER should be developed for Korean children and adolescents through the doubly labeled water method. (Korean J Nutr 2012; 45(6): 511 ~ 521)

KEY WORDS: physical activity level, total energy expenditure, estimated energy requirement, children and adolescents, obesity.

서 론

세계보건기구 (WHO)에서는 비만을 단순히 체중이 많은 상태가 아닌, 당뇨병이나 심혈관계 질환과 같은 성인병에 걸릴 위험을 높이고 이로 인해 사망률을 증가시키는 질병으로 규정하고 있다. 이러한 가운데 전 세계적으로 소아청소년의 비만 유병이 심각한 건강문제로 대두되고 있으며, 국내 소아청소년의 비

만유병률도 1997년 (전체 5.8%, 남아 6.1%, 여아 5.5%)과 비교 시 2005년 (전체 9.7%, 남아 11.3%, 여아 8.0%)에 1.7배 정도 증가하였고¹⁾ 이후에도 꾸준히 10% 정도 (2010년 10.8%)의 비만 유병률을 나타내고 있다.²⁾

성인 비만으로 이행될 가능성이 커 성인기의 건강상태에 영향을 미칠 뿐만 아니라,^{3,4)} 또래집단으로부터의 놀림이나 따돌림으로 인한 자신감 결여나 우울증 유발 등의 정신적 및 사회적 문제를 초래케 하는^{5,6)} 소아청소년 비만은 반드시 예방 및 치

접수일: 2012년 9월 3일 / 수정일: 2012년 10월 6일 / 채택일: 2012년 10월 22일

*This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology (2010-0004472).

[§]To whom correspondence should be addressed.

E-mail: ekkim@gwnu.ac.kr

© 2012 The Korean Nutrition Society

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

료가 되어야 한다.

비만관리에서는 에너지 섭취량과 소비량의 균형을 맞추는 것이 매우 중요하다. 신체적·생리적 발육이 왕성한 소아 및 청소년기에는 충분한 에너지를 섭취해야 하므로, 에너지섭취량을 감소시키기보다 신체활동량의 증대를 통해 에너지소비량을 높여 체중을 조절하는 것이 바람직하다. 따라서, 소아청소년의 신체활동량을 정확하게 파악하고 그에 따른 총에너지소비량을 평가한 후 적절한 에너지필요량을 산정하여 제시할 필요가 있다.

국내 소아 및 청소년의 신체활동량을 살펴보면 입시위주의 교육으로 인해 하루의 대부분의 시간을 실내 (학교나 학원)에서 좌식생활의 형태로 보내고 있는 것으로 나타났으며, 신체활동량의 강도도 매우 낮은 수준인 것으로 보고되었다.⁷⁸⁾ 더욱이 비만아의 경우, 정상체중아와 비교하여 학교에서의 체육시간이나 쉬는 시간에 활발한 활동이 저조하고 여가시간에도 움직임이 적은 활동을 하는 등 전반적으로 신체활동량이 매우 부족한 것으로 나타났다.^{6,8)} 결과적으로 우리나라 소아청소년들은 신체활동에 의한 에너지소비량 (Physical activity energy expenditure; PAEE)의 저하에 따른 1일 총에너지소비량 (Total energy expenditure; TEE)의 감소로 비만 발생 가능성이 높음을 알 수 있다.

개인의 1일 총에너지소비량은 기초대사량 (Basal metabolic rate; BMR)에 의해 60~70% 정도가 결정되지만,⁹⁾ 신체활동에 의한 에너지소비량 (PAEE)에 의해서도 크게 영향을 받는다. 즉 체성분에 따라 일정한 수준을 유지하는 기초대사량과는 달리, 활동에 의한 에너지소비량을 통하여 총에너지소비량을 유동적으로 조절할 수 있다. 또한, 활동에 의한 에너지소비량은 기초대사량에 대한 배수 (Physical activity rate; PAR 혹은 Metabolic equivalent of task; MET)의 형태로 산출되므로, 동일한 활동에 대한 에너지소비량은 기초대사량이 서로 다른 집단 (비만한 집단과 비만하지 않은 집단) 간에 차이를 보일 것이다. 따라서 신체활동량과 그에 따른 에너지소비량을 평가할 경우 비만도별로 구분하여 살펴보는 것이 타당하다.

국내에서 수행된 소아 및 청소년의 신체활동에 관한 연구를 살펴보면, 만보계나 가속도계 등의 기기를 이용하여 1일 보행 수 (counts/day)나 활동에너지 소비량 (kcal/day, METs 등)과 같은 활동의 양 (quantity)을 평가한 연구¹⁰⁻¹⁵⁾가 대부분으로, 이들 연구결과는 활동자체에 의해 소비되는 에너지량만을 제시할 뿐 개인의 1일 총에너지소비량을 평가하거나 에너지필요량을 산정하는데 활용되지는 못하였다. 한편, 신체활동수준 (Physical activity level; PAL)은 활동에 의한 에너지소비량 (기초대사량에 대한 총에너지소비량의 비율)을 나타내는 것으로, 간접열량법에 의해 측정된 기초대사량을 곱하여 개인의 활동

량을 반영한 1일 총에너지소비량을 평가 (1985년 WHO에서 제안한 방법)하는데 이용될 뿐만 아니라,¹⁶⁾ 2010년도 한국인 영양섭취기준 (이하 'KDRI')에서 제시하는 예측공식에 대입함으로써 에너지필요추정량 산출에도 이용될 수 있다.¹⁷⁾ 국내의 신체활동수준 (PAL) 평가연구는 미취학아동,¹⁸⁾ 초등학생,^{7,19-21)} 중·고등학생,^{22,23)} 여대생²⁴⁾ 및 성인 남성²⁵⁾를 대상으로는 일부 이루어진 바 있으나, 비만여부에 따른 차이를 살펴본 연구는 미비하다.

이처럼 비만관리를 위하여 신체활동을 통한 에너지소비의 증대와 그에 부합하는 에너지필요량의 산정이 매우 중요함에도 불구하고, 소아청소년의 신체활동량에 따른 총에너지소비량 및 에너지필요량을 평가한 연구가 부족하므로 이에 대한 추가적인 연구가 필요한 실정이다. 이에 본 연구에서는 비만도별로 초·중고등학생의 신체활동량 및 에너지소비량을 평가하고 한국인 영양섭취기준에서 제시한 공식으로부터 산출된 에너지필요추정량의 적절성에 대해 살펴봄으로써, 비만 예방 및 관리를 위한 활동량 증진을 위한 지침 및 에너지필요추정량 산정에 필요한 기초자료를 제공하고자 하였다.

연구 방법

연구 대상 및 기간

본 연구는 강릉원주대학교 식품영양학과에서 주관한 '비만 예방 및 관리를 위한 영양체험 캠프'에 자발적으로 지원하여 참여한 강원도 일부 지역에 소재한 초·중·고등학교의 남녀 학생 131명 (남아 62명, 여아 69명)을 대상으로 하였다. 전체 연구 대상자는 '2007년 한국 소아청소년 성장도표'²⁶⁾의 성별 연령별 BMI 표준백분위에 따라 5% 미만의 경우 저체중군으로, 5% 이상 85% 미만의 경우 정상체중군으로, 85% 이상의 경우 과체중 및 비만군 (이하 "비만군")으로 구분하였다. 이 가운데 저체중군에 해당되는 자, 에너지대사에 영향을 미치는 약물복용자 및 질환자, 그리고 측정데이터가 누락된 자를 제외하여 최종적으로 100명 (정상체중군 54명, 비만군 46명)의 결과만을 본 연구에서 이용하였다. 또한, 사전에 본 연구의 내용 및 목적을 대상자에게 충분히 설명한 후 본인과 보호자로부터 서면으로 참여 의사를 동의 받았다. 본 연구는 예비 연구 기간을 포함하여 2010년 6월 14일부터 10월 9일까지 수행되었다.

신체계측

신장은 가벼운 옷차림을 한 상태에서 신발을 벗고 직립한 자세로 자동 신장계 (BSM 330, Biospace, Korea)를 이용하여 측정하였다. 체중과 체지방량은 체성분분석기 (InBody 720, Biospace, Korea)를 사용하여 생체전기저항법 (Bioelectrical im-

pedance analysis)으로 측정하였다. 또한, 신장과 체중을 이용하여 체질량지수 (Body mass index; BMI)를 다음과 같이 계산하였다.

$$BMI (kg/m^2) = Weight (kg) / [Height (m)]^2$$

허리 및 엉덩이 둘레는 평평한 바닥에 서있는 상태에서 줄자를 이용하여 측정하였으며, 이를 이용하여 허리-엉덩이 둘레비율 (Waist-hip ratio; WHR)을 계산하였다.

1일 활동량 조사

개별면담법 (interview)으로 연구대상자의 조사 전날 24시간 동안의 생활시간을 조사하여 활동량을 평가하였다. 연구대상자는 배부된 활동기록지에 10분 간격으로 활동의 내용과 소요시간을 직접 기록하였고, 훈련받은 조사자는 연구 대상자와의 개별면담을 통하여 기록된 내용을 좀더 상세하게 수정·보완하였다. 활동기록법으로 조사된 모든 활동의 내용은 일본인의 영양소요량 5차 자료²⁷⁾를 토대로 한국 성인의 활동을 재분류한 '활동분류표'²⁸⁾를 참고로 하여 18단계의 강도별 활동영역으로 분류하였다 (Table 1).

연구대상자의 1일 활동량을 평가하기 위해 각 활동단계별 소비시간을 분석하였고, 활동분류표에서 제시하는 각 활동단계별 에너지소비량 값 (기초대사량에 대한 배수, Physical activity ratio; PAR)을 적용하여 신체활동수준 (PAL)을 다음과 같이 산출하였다.

Table 1. Physical activity categories according to the level of intensity

Type of activity	PAR ¹⁾	Level of intensity
(1) Sleeping	0.9	Sedentary activity
(2) Resting, Talking, Calling, Watching TV	1.2	
(3) Eating food & snack	1.4	
(4) Personal hygiene, Computer work	1.5	
(5) Studying, Desk work	1.6	
(6) Transportation (bus, taxi)	2.0	Light activity
(7) Dressing	2.1	
(8) A walk (slowly), A stroll	2.5	
(9) Tidy away	2.6	
(10) Indoor errand, Kitchen work	2.7	
(11) Outdoor errand, Gardening	3.0	Moderate activity
(12) Walking moderately, Shopping	3.1	
(13) Sweeping, Laundry	3.2	
(14) Giving a piggyback	3.3	
(15) Mopping floor, Club activities	4.0	
(16) Walking fast	4.5	Vigorous activity
(17) Outdoor exercise	6.0	
(18) Climbing, Jogging, and Sports et al.	7.0	

1) Physical activity ratio expressed as multiples of basal metabolic rate (BMR)

신체활동수준 (PAL)

$$= \{ \sum [\text{각 단계별 활동의 에너지소비량 (PAR)} \times \text{소비시간 (min)}] / 1,440 \text{ (min)}$$

휴식대사량 측정

본 연구는 기초대사량(BMR)을 대신하여 휴식대사량 (Resting metabolic rate; RMR)을 가스호흡분석기 (TrueOne2400, Parvo Medics, USA)를 이용하여 간접열량측정법 (Indirect calorimetry)으로 측정하였다. 연구대상자로 하여금 측정 전 4시간 이상 금식하고 24시간 동안 운동을 하지 않도록 하였으며 측정 당일에도 가능한 신체적 활동을 자제시킨 상태로 실험실에 도착하여 30분 이상 앉은 상태에서 안정을 취하게 하였다.²⁹⁾ 대상자는 침대에 편하게 누운 후 캐노피 (Canopy)를 얼굴 부위에 덮고 5분 정도 편안하게 호흡하도록 하면서 호흡가스를 교정 (Calibration)하였으며, 대상자의 호흡이 안정된 후 약 15분 동안 산소 소비량과 이산화탄소 생성량을 측정하여 Weir 공식³⁰⁾에 대입함으로써 휴식대사량 값을 산출하였다.

1일 총에너지소비량 평가

연구대상자의 1일 총에너지소비량 (TEE)은 세계보건기구¹⁶⁾에서 제안한 방법, 즉 활동량 조사로부터 얻은 신체활동수준 (PAL)과 간접열량법에 의해 측정된 휴식대사량 (RMR) 값을 이용하여 다음과 같이 계산하였다.

$$1일 \text{ 총에너지소비량 (kcal/day)} = \text{휴식대사량 (kcal/day)} \times \text{신체활동수준}$$

에너지필요추정량 산출

연구대상자의 에너지필요추정량 [EER(individual PA)]은 2010년도 KDR¹⁷⁾에서 제시한 다음과 같은 예측공식을 이용하여 산출하였고, 신체활동단계별 계수 (Physical activity coefficient; PA)(이하 'PA계수')는 앞서 평가한 대상자 각각의 신체활동수준 (PAL)을 이용하여 결정하였다.

7~8세의 아동

$$\text{남자: EER (kcal/day)} = 88.5 - 61.9 \times \text{Age (years)} + \text{PA} [26.7 \times \text{Weight (kg)} + 903 \times \text{Height (m)}] + 20$$

$$\text{여자: EER (kcal/day)} = 135.3 - 30.8 \times \text{Age (years)} + \text{PA} [10.0 \times \text{Weight (kg)} + 934 \times \text{Height (m)}] + 20$$

9~18세의 청소년

$$\text{남자: EER (kcal/day)} = 88.5 - 61.9 \times \text{Age (years)} + \text{PA} [26.7 \times \text{Weight (kg)} + 903 \times \text{Height (m)}] + 25$$

$$\text{여자: EER (kcal/day)} = 135.3 - 30.8 \times \text{Age (years)} + \text{PA} [10.0 \times \text{Weight (kg)} + 934 \times \text{Height (m)}] + 25$$

	Physical activity coefficient (PA)		Physical activity level (PAL)
	Boys	Girls	
Sedentary PA	1.00	1.00	1.00-1.39
Light PA	1.13	1.16	1.40-1.59
Moderate PA	1.26	1.31	1.60-1.89
Vigorous PA	1.42	1.56	1.90-2.50

또한, 일반적으로 저활동적 수준의 PA계수를 적용하고 있는 2010년도 KDRI의 에너지필요추정량이 본 연구대상자에서 적합한지를 평가하기 위해 비활동적, 저활동적, 활동적, 그리고 매우활동적 수준의 PA계수를 각각 적용한 에너지필요추정량인 EER (sedentary PA), EER (light PA), EER (moderate PA), 그리고 EER (vigorous PA)을 산출하여 본 연구에서 측정된 총에너지소비량과 비교해 보았다.

자료분석

본 연구에서 얻어진 모든 자료는 SAS 통계 프로그램 (Ver. 9.2; SAS Institute Inc, Cary, NC)을 이용하여 통계 처리하였다. 대상자의 신체계측, 활동별 소비시간, 신체활동수준, 에너지소비량 및 에너지필요추정량에 대한 결과는 평균과 표준편차 (Mean \pm SD)를 구하였고, 이들 결과에 대한 비만군과 정상체중군 간의 비교는 independent t-test로, 동일한 대상자의 에너지소비량과 에너지필요추정량 간의 차이는 paired t-test로 유의성을 검정하였다. 비만군과 정상체중군의 성별 연령대별 분포는 교차분석을 통하여 빈도와 백분율을 구하였고, 그

차이는 χ^2 -test를 이용하여 유의성을 검정하였다. 또한, 신체활동수준 값에 영향을 미치는 주요 활동을 살펴보기 위해 피어슨 상관계수 (Pearson's correlation coefficients)를 사용하여 신체활동수준과 각 단계별 활동 소비시간의 간의 상관성을 분석하였다. 한편, 2010년도 KDRI에서 제시한 에너지필요추정량 산출공식의 타당성을 살펴보기 위해 Bland-Altman³¹⁾의 분석방법으로 에너지필요추정량 (EER)과 실제 총에너지소비량 (TEE) 간의 차이값 (mean difference)과 일치한계의 범위 (limits of agreement)를 계산하였는데 (\pm 1.96SD), 이때 차이값은 작을수록 그리고 일치한계의 범위는 좁을수록 KDRI에서 제시한 에너지필요추정량의 정확성이 높다고 할 수 있다.

결 과

일반적 특성

비만도에 따른 대상자의 구성을 살펴보면 Table 2와 같다. 비만군은 총 46명으로 초등학교 남녀 각각 13명과 12명, 그리고 중고등학교 남녀 각각 13명과 8명을 포함하고 있었고, 정상체중군은 초등학교 33명 (남자 15명, 여자 18명)과 중고등학교 21명 (남자 8명, 여자 13명)으로 총 54명이었다. 본 연구에서 비만군과 정상체중군의 성별 연령대별 분포는 유의한 차이를 보이지 않았다.

본 연구대상자의 신체계측 결과는 Table 3과 같다. 비만군

Table 2. Distribution of the subjects

		Elementary school	Middle and high school	Total	χ^2 -value
Normal weight	Boys	15 (27.8) ¹⁾	8 (14.8)	23 (42.6)	0.284 (p = 0.594)
	Girls	18 (33.3)	13 (24.1)	31 (57.4)	
	Subtotal	33 (61.1)	21 (38.9)	54 (100)	
Overweight or obese	Boys	13 (28.3)	13 (28.3)	26 (56.5)	0.246 (p = 0.500)
	Girls	12 (26.1)	8 (17.4)	20 (43.5)	
	Subtotal	25 (54.3)	21 (45.7)	46 (100)	

1) n (%)

Table 3. Anthropometric measurements of the subjects

Variables	Normal weight (n = 54)	Overweight or obese (n = 46)	t-value
Age (years)	11.8 \pm 3.2 (7.0-18.0) ¹⁾	12.0 \pm 3.1 (8.0-17.0)	-0.41
Height (cm)	150.0 \pm 14.9 (123.0-183.7)	152.6 \pm 13.5 (130.2-179.1)	-0.92
Weight (kg)	42.4 \pm 11.8 (24.7-63.0)	60.2 \pm 16.4 (32.7-93.0)	-6.12***
Body mass index (kg/m ²)	18.4 \pm 2.1 (14.8-22.6)	25.3 \pm 3.1 (19.3-30.3)	-12.52***
Fat mass (kg)	9.2 \pm 4.0 (2.8-20.4)	20.7 \pm 5.7 (8.6-33.1)	-11.60***
Body fat (%) ²⁾	21.5 \pm 6.9 (6.0-33.8)	34.8 \pm 5.5 (22.2-49.0)	-10.52***
Fat-free mass (kg)	33.3 \pm 9.8 (20.2-54.5)	39.5 \pm 12.5 (22.9-71.4)	-2.78**
Waist circumference (cm)	64.1 \pm 7.2 (53.0-86.0)	82.6 \pm 10.3 (62.0-104.5)	-10.22***
Hip circumference (cm)	82.0 \pm 11.1 (63.0-99.0)	94.0 \pm 10.4 (69.0-109.0)	-5.59***
Waist-hip ratio	0.79 \pm 0.07 (0.63-0.93)	0.88 \pm 0.06 (0.74-1.05)	-7.10***

1) Mean \pm SD (Range) 2) Measured by Inbody 720

: p < 0.01, *: p < 0.001 significantly different between normal weight group and overweight or obese group by independent t-test

의 평균연령은 12.0세로 정상체중군 (11.8세)과 유의한 차이가 없었고, 평균 신장도 비만군 (152.6 cm)과 정상체중군 (150.0 cm) 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 체중은 비만군 (60.2 kg)이 정상체중군 (42.4 kg)보다 유의하게 높았으며 ($p < 0.001$), 비만상태를 판정하는 지표인 체질량지수 (BMI)와 체지방율도 정상체중군 (각각 18.4 kg/m²과 21.5%)에 비해 비만군 (각각 25.3 kg/m²과 34.8%)에서 유의하게 높았다 ($p < 0.001$). 또한 대상자의 허리둘레 및 허리-엉덩이 둘레비율은 비만군 (82.6 cm 및 0.88)이 정상체중군 (64.1 cm 및 0.79)보다 유의하게 높게 나타났다 ($p < 0.001$).

18단계 활동별 소비시간

연구대상자의 1일 활동량을 18가지 활동영역으로 분류하여 단계별 활동소비시간으로 살펴본 결과는 Table 4와 같다. 초등학교의 활동소비시간은 18가지의 모든 활동영역에서 비만군과 정상체중군 간에 유의한 차이를 보이지 않았으나, 중고등학교의 경우 18단계의 '등산, 조깅 및 각종 스포츠' 활동소비시간은 비만군 (24.3분)이 정상체중군 (7.9분)보다 유의하게 높았다 ($p < 0.05$).

18단계의 활동 가운데 전체 연구대상자의 주요 활동을 살펴보기 위해 활동별 소비시간을 크기 순으로 나열해 보면, 평

균 수면 시간은 489.1분 (421.9~543.4분)으로 1일 총 활동시간 (24시간)의 34.0%로 가장 많았다. '수면' 다음으로 소요시간이 많은 활동은 평균 367.2분 (341.6~424.3분)을 소요한 5단계의 '학습관련 활동'으로 총 활동시간의 25.5%이었고, 세 번째로 소비시간이 높은 것으로 나타난 2단계의 '휴식, 독서 및 TV 시청' 활동은 1일 총 활동시간의 15.5% (평균 223.4분)를 차지하였다. 네 번째로 많은 시간이 소비된 활동은 4단계의 '세면, 배변 등의 개인위생 및 컴퓨터 이용' 활동 (평균 142.8분)으로 총 활동시간의 9.9%에 해당되었으며, 다섯 번째로 3단계의 '식사 및 간식섭취' 활동에 총 활동시간의 5.1% (평균 72.8분)를 소요하였다. 이들 5가지 주요활동에 소비된 시간은 평균적으로 1일 총 활동시간의 89.9%이었다.

신체활동수준 (PAL)의 평가

연구대상자의 18단계 활동별 소비시간과 각 활동단계에 해당하는 기초대사량에 대한 배수 (PAR) 값을 곱하여 신체활동수준 (PAL)을 산출한 결과는 Table 5와 같다. 연구대상자 중 비만군의 1일 신체활동수준은 1.46으로 정상체중군의 1.45와 유의한 차이가 없었고, 연구대상자를 성별 연령대별 (초등 남자과 여자, 중고등 남자와 여자)로 세분하여 살펴본 신체활동수준 값도 비만군과 정상체중군 간에 유의한 차이를 보이지

Table 4. The time spent on each activity by the physical activity categories [Unit: min (%)]

Physical activity categories	Normal weight		Overweight or obese	
	Elementary school (n = 33)	Middle-high school (n = 21)	Elementary school (n = 25)	Middle-high school (n = 21)
(1) Sleeping	531.1 ± 72.1 (36.9)	425.7 ± 115.6 ^{†††} (29.6)	543.4 ± 59.6 (37.7)	421.9 ± 111.6 ^{†††} (29.3)
(2) Resting, Talking, Calling, Watching TV	204.7 ± 116.1 (14.2)	273.4 ± 207.2 (19.0)	195.7 ± 71.7 (13.6)	235.7 ± 160.6 (16.4)
(3) Eating food & snack	81.2 ± 26.4 (5.6)	61.7 ± 24.5 ^{††} (4.3)	74.6 ± 24.0 (5.2)	68.3 ± 25.4 (4.7)
(4) Personal hygiene, Computer work	118.6 ± 77.8 (8.2)	180.5 ± 167.7 (12.5)	134.1 ± 97.0 (9.3)	153.3 ± 172.1 (10.6)
(5) Studying, Desk work	360.9 ± 115.6 (25.1)	341.6 ± 217.6 (23.7)	349.0 ± 156.5 (24.2)	424.3 ± 195.3 (29.5)
(6) Transportation (bus, taxi)	21.4 ± 23.6 (1.5)	42.6 ± 105.3 (3.0)	28.6 ± 44.0 (2.0)	24.5 ± 29.8 (1.7)
(7) Dressing	8.9 ± 13.7 (0.6)	19.1 ± 42.7 (1.3)	8.8 ± 11.5 (0.6)	13.8 ± 12.3 (1.0)
(8) A walk (slowly), A stroll	35.3 ± 31.8 (2.5)	52.9 ± 65.2 (3.7)	49.7 ± 54.0 (3.5)	32.4 ± 29.7 (2.2)
(9) Tidy away	0.3 ± 1.7 (0.02)	1.2 ± 4.4 (0.1)	1.6 ± 6.2 (0.1)	0 (0)
(10) Indoor errand, Kitchen work	8.5 ± 13.7 (0.6)	17.6 ± 33.2 (1.2)	10.8 ± 14.1 (0.8)	9.8 ± 9.8 (0.7)
(11) Outdoor errand, Gardening	0 (0)	1.9 ± 8.7 (0.1)	0 (0)	0 (0)
(12) Walking moderately, Shopping	26.1 ± 64.3 (1.8)	6.9 ± 16.8 (0.5)	7.3 ± 18.7 (0.5)	18.6 ± 55.2 (1.3)
(13) Sweeping, Laundry	2.7 ± 11.0 (0.2)	6.2 ± 9.3 (0.4)	3.4 ± 8.7 (0.2)	9.5 ± 13.3 (0.7)
(14) Giving a piggyback	0 (0)	1.0 ± 4.4 (0.1)	0 (0)	0 (0)
(15) Mopping floor, Club activities	0.3 ± 1.7 (0.02)	0 (0)	0 (0)	1.0 ± 4.4 (0.1)
(16) Walking fast	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2.6 ± 8.6 (0.2)
(17) Outdoor exercise	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
(18) Climbing, Jogging, and Sports et al.	40.0 ± 52.1 (2.8)	7.9 ± 19.1 ^{††} (0.5)	33.0 ± 49.7 (2.3)	24.3 ± 31.6* (1.7)
Total	1,440 (100)	1,440 (100)	1,440 (100)	1,440 (100)

1) Mean ± SD (%)

*: $p < 0.05$ significantly different between normal weight group and overweight or obese group by independent t-test

† †: $p < 0.01$, † † †: $p < 0.001$ significantly different between elementary school and middle-high school by independent t-test

않았다.

신체활동수준과 활동별 소비시간 간의 관련성

연구대상자의 신체활동수준 (PAL)과 18단계 활동별 소비시간 간의 관련성을 살펴본 결과는 Table 6과 같다. 전체 연구대상자의 신체활동수준은 18단계의 '등산, 조깅 및 각종 스포츠' 활동소비시간과 가장 높은 양의 상관관계 ($r = 0.911, p < 0.001$)를 보였고, 3단계의 '식사 및 간식섭취' 활동소비시간과도 유의한 양의 상관성 ($r = 0.229, p < 0.05$)이 있는 것으로 나타났다. 2단계의 '휴식, 독서 및 TV 시청' 활동 소비시간과 4단계의 '세면, 배변 등의 개인위생 및 컴퓨터 이용' 활동 소비시간은 전체 대상자의 신체활동수준과 유의한 음의 상관관계(각각 r

$= -0.362, p < 0.001$ 및 $r = -0.205, p < 0.05$)를 보였다. 비만 여부에 따라 살펴보면, 비만군의 신체활동수준은 2단계의 '휴식, 독서 및 TV 시청' 활동 소비시간과 유의한 음의 상관관계 ($r = -0.433, p < 0.01$)를 보인 반면, 18단계의 '등산, 조깅, 및 각종 스포츠' 활동 소비시간과는 유의한 양의 상관관계 ($r = 0.934, p < 0.001$)를 보였다. 한편, 정상체중군의 신체활동수준은 1단계의 '수면' 활동 및 2단계의 '휴식, 독서 및 TV 시청' 활동의 소비시간과 유의한 음의 상관성 (각각 $r = -0.335, p < 0.05$ 및 $r = -0.319, p < 0.05$)이 있었으나, 3단계의 '식사 및 간식섭취' 활동 및 18단계의 '등산, 조깅 및 각종 스포츠' 활동의 소비시간과는 유의한 양의 상관성 (각각 $r = 0.306, p < 0.05$ 및 $r = 0.897, p < 0.001$)을 보였다.

Table 5. Physical activity level (PAL)²⁾ among the subjects

	Total		Normal weight		Overweight or obese		t-value
	n	PAL	n	PAL	n	PAL	
Elementary school							
Boys	28	1.53 ± 0.23 ¹⁾	15	1.54 ± 0.25	13	1.50 ± 0.20	0.42
Girls	30	1.42 ± 0.17	18	1.44 ± 0.16	12	1.39 ± 0.18	0.78
Subtotal	58	1.47 ± 0.20	33	1.48 ± 0.21	25	1.45 ± 0.20	0.65
Middle and high school							
Boys	21	1.44 ± 0.14	8	1.42 ± 0.15	13	1.46 ± 0.15	-0.64
Girls	21	1.44 ± 0.12	13	1.40 ± 0.12	8	1.51 ± 0.10	-2.00
Subtotal	42	1.44 ± 0.13	21	1.41 ± 0.13	21	1.48 ± 0.13	-1.71
Total	100	1.46 ± 0.18	54	1.45 ± 0.19	46	1.46 ± 0.17	-0.18

1) Mean ± SD 2) PAL expressed as a multiples of 24-hour BMR

All values are not significantly different between normal weight group and overweight or obese group by independent t-test

Table 6. Correlation between the time spent by 18 activity types and physical activity level (PAL) after controlling for gender and age

Physical activity categories	Normal weight	Overweight or obese	Total
(1) Sleeping	-0.335 ^{1)*}	0.178	-0.132
(2) Resting, Talking, Calling, Watching TV	-0.319*	-0.433**	-0.362***
(3) Eating food & snack	0.306*	0.097	0.229*
(4) Personal hygiene, Computer work	-0.114	-0.294	-0.205*
(5) Studying, Desk work	0.146	0.147	0.159
(6) Transportation (bus, taxi)	0.056	0.002	0.035
(7) Dressing	0.035	0.067	0.035
(8) A walk (slowly), A stroll	0.220	0.043	0.118
(9) Tidy away	0.093	0.060	0.068
(10) Indoor errand, Kitchen work	0.042	0.011	0.012
(11) Outdoor errand, Gardening	0.037	-	0.026
(12) Walking moderately, Shopping	0.168	0.177	0.175
(13) Sweeping, Laundry	-0.168	0.207	0.010
(14) Giving a piggyback	0.037	-	0.026
(15) Mopping floor, Club activities	-0.133	-0.088	-0.091
(16) Walking fast	-	-0.058	-0.026
(17) Outdoor exercise	-	-	-
(18) Climbing, Jogging, and Sports et al.	0.897***	0.934***	0.911***

1) Pearson's correlation coefficient (r)

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$ significantly correlated by partial correlation adjusted for gender and age

1일 총에너지소비량 및 에너지필요추정량 평가

간접열량법으로 측정한 휴식대사량 (RMR)과 총에너지소비량 (TEE), 그리고 KDRI에서 제안한 예측공식을 이용하여 계산한 에너지필요추정량 (EER)을 살펴본 결과는 Table 7과 같다. 연구대상자의 휴식대사량과 총에너지소비량은 정상체중군 (각각 1,223 kcal/day와 1,774 kcal/day)보다 비만군 (각각 1,512 kcal/day와 2,212 kcal/day)에서 유의하게 높았다 ($p < 0.001$).

각 군별로 총에너지소비량과 에너지필요추정량 간의 차이를 살펴보면 (Table 7), 개인별 PA계수를 적용한 에너지필요추정량 [EER (individual PA)]은 정상체중군이 1,963 kcal/day, 비만군이 2,480 kcal/day로 나타나 두 군 모두 총에너지소비량보다 유의하게 높았다 ($p < 0.001$). 일괄적으로 저활동적 단계의 PA계수를 적용한 에너지필요추정량[EER (light PA)]도 정상체중군 (2,038 kcal/day)과 비만군 (2,543 kcal/day) 모두 총에너지소비량보다 유의하게 높은 것으로 나타났다 ($p < 0.001$). 반면, 비활동적 단계의 PA계수 (남녀 모두 1.0)를 적용한 에너지필요추정량 [EER (sedentary PA)]은 정상체중군에서 1,733 kcal/day, 비만군에서 2,176 kcal/day로 나타나 총에너지소비량과 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

Bland-Altman 방법으로 KDRI에서 제안한 에너지필요추정량 (EER)과 실제 총에너지소비량 (TEE) 간의 일치도를 평가한 결과 (Fig. 1)를 살펴보면 정상체중군의 경우 TEE와 EER (individual PA)의 차이에 대한 평균 (mean difference)은 양의 값 (189.8 kcal/day)으로 치우쳐 있었고, 일치한계의 범위는 -179.0~558.6 kcal/day으로 나타났다. 또한, 비만군의 TEE와 EER (individual PA)의 차이에 대한 평균값 (267.9 kcal/day)과 일치한계의 범위 (-327.2~862.9 kcal/day)도 크게 양의 값으로 치우쳐 있었다.

고 찰

본 연구는 비만군 (성별 연령별 BMI 성장곡선의 85th 이상)과 정상체중군 (BMI 성장곡선의 5th 이상 85th 미만)을 대상으로 활동일기 작성 및 면담에 의한 신체활동량 조사와 간접열량측정법에 의한 휴식대사량 측정을 실시하였고, 이로부터 산출된 실제 총에너지소비량을 토대로 한국인 영양섭취기준에서 제시한 에너지필요추정량을 비교 평가해 보았다.

본 연구에서 소아청소년의 18가지 활동영역별 소비시간을 비만여부에 따라 살펴본 결과, 중고등학생에서 비만군의 '등산, 조깅 및 각종 스포츠' 활동소비가 시간이 정상체중군보다 높았을 뿐 대부분의 활동별 소비시간은 비만여부에 따른 차이가 없었다 (Table 4). 또한, 본 연구대상자의 1일 주요 활동 유

Table 7. The comparison of daily energy expenditure (TEE) and estimated energy requirement (EER) for the normal weight and overweight or obese children and adolescents (Unit: kcal/day)

	Normal weight						Overweight or obese						
	Elementary school			Middle and high school			Elementary school			Middle and high school			Total
	Boys	Girls	Total	Boys	Girls	Total	Boys	Girls	Total	Boys	Girls	Total	
RMR ²⁾	1155 ± 87 ¹⁾	1117 ± 110	1595 ± 200	1221 ± 150	1223 ± 206	1428 ± 214 ^{†††}	1291 ± 132 ^{†††}	1915 ± 220 ^{††}	1326 ± 114	1512 ± 315 ^{†††}			
TEE ³⁾	1784 ± 349	1598 ± 187	2258 ± 387	1708 ± 211	1774 ± 347	2141 ± 392 [†]	1799 ± 336 [†]	2801 ± 502 [†]	1989 ± 140 ^{††}	2212 ± 543 ^{†††}			
EER (individual PA) ⁴⁾	1967 ± 377 ^{***}	1715 ± 252 ^{**}	2565 ± 322 [*]	1933 ± 225 ^{**}	1963 ± 399 ^{***}	2587 ± 489 ^{***}	1795 ± 321	3238 ± 349 ^{***}	2101 ± 263	2480 ± 672 ^{***}			
EER (sedentary PA) ⁵⁾	1665 ± 146	1531 ± 100	2314 ± 151	1732 ± 110	1733 ± 284	2240 ± 348	1646 ± 143	2846 ± 245	1777 ± 100 ^{**}	2176 ± 538			
EER (light PA) ⁶⁾	1941 ± 170	1797 ± 118 ^{***}	2722 ± 160 ^{**}	2061 ± 125 ^{***}	2038 ± 335 ^{***}	2593 ± 399 ^{***}	1931 ± 170	3323 ± 275 ^{**}	2109 ± 117	2543 ± 618 ^{***}			
EER (moderate PA) ⁷⁾	2217 ± 195 ^{***}	2047 ± 135 ^{***}	3129 ± 170 ^{***}	2370 ± 138 ^{***}	2332 ± 390 ^{***}	2946 ± 450 ^{***}	2197 ± 194 ^{***}	3801 ± 305 ^{***}	2421 ± 133 ^{***}	2901 ± 706 ^{***}			
EER (vigorous PA) ⁸⁾	2556 ± 226 ^{***}	2463 ± 164 ^{***}	3631 ± 182 ^{***}	2884 ± 161 ^{***}	2763 ± 439 ^{***}	3380 ± 512 ^{***}	2642 ± 236 ^{***}	4388 ± 341 ^{***}	2941 ± 161 ^{***}	3396 ± 769 ^{***}			

1) Mean ± SD 2) Resting metabolic rate (RMR) measured by using an indirect calorimetry 3) Total energy expenditure (TEE) calculated as follows: (REE measured × PAL) 4) Estimated energy requirement (EER) calculated by the equations that published in dietary reference intakes for Koreans 5) EER calculated by using a Sedentary PA (boys 1.0, girls 1.0) 6) EER calculated by using a Light PA (boys 1.13, girls 1.16) 7) EER calculated by using a Moderate PA (boys 1.26, girls 1.31) 8) EER calculated by using a Vigorous PA (boys 1.42, girls 1.56)

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$ significantly different between TEE and EER by paired t-test
†: $p < 0.05$, ††: $p < 0.01$, †††: $p < 0.001$ significantly different between normal weight group and overweight or obese group by independent t-test

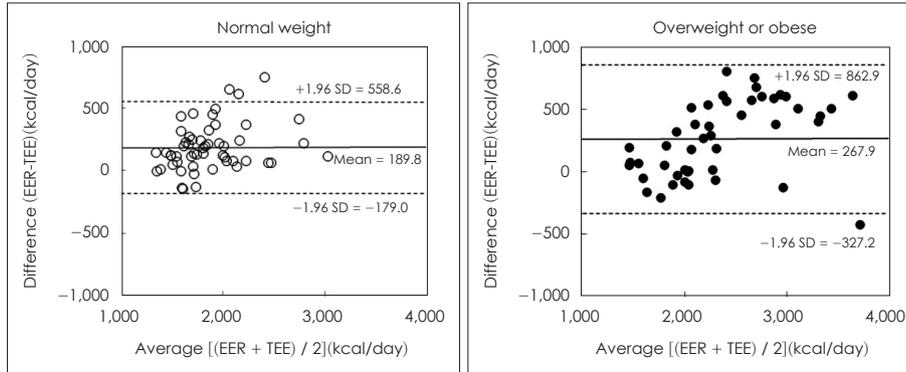


Fig. 1. Bland-Altman plots for estimated energy requirement (EER) and measured total daily energy expenditure (TEE) in normal weight (○) and overweight or obese (●) children and adolescents.

형을 살펴본 결과 비만군과 정상체중군 모두에서 활동분류표 상 강도가 매우 낮은 비활동적 (Sedentary) 수준에 해당되는 5가지 활동영역 ('수면', '학습관련 활동', '휴식, 독서 및 TV시청', '개인위생 및 컴퓨터 이용', 그리고 '식사 및 간식섭취 활동')에 소비되는 시간이 총 활동시간 (24시간)의 90% 정도를 차지하는 것으로 나타나 소아청소년의 활동량이 매우 비활동적 상태를 알 수 있었다. 국내의 최근 문헌 (1990~2008년)을 검색하여 초등학생의 신체활동 실태를 정리한 Baek³¹⁾의 연구에서도 본 연구결과와 마찬가지로 아동들은 하루의 대부분의 시간을 학교에서 보내고 방과 후부터 저녁식사 전까지 과외나 학원 혹은 가정 학습을 하며, 저녁 식사 후부터 취침 전까지 대부분 텔레비전 시청이나 숙제를 하는 경우가 많아 활동량의 저하로 인하여 섭취에너지에 비하여 소비에너지가 부족하다고 보고한 바 있다.

연구대상자의 활동별 소비시간이 신체활동량 (신체활동수준) 평가에 미치는 영향을 살펴보면 (Table 6), 비만군과 정상체중군 모두에서 18단계의 '등산, 조깅 및 각종 스포츠' 활동의 소비시간이 많을수록, 2단계의 '휴식, 독서 및 TV시청' 활동의 소비시간이 적을수록 신체활동수준 (PAL)은 높아지는 것으로 나타났다. 따라서 소아청소년의 여가시간을 독서나 TV시청의 정적인 활동보다 등산이나 조깅과 같은 스포츠 활동으로 대체하는 것이 신체활동수준을 높이는 직접적인 방법임을 알 수 있었다. 한편, 한국인 남녀 성인 5,012명을 포함한 한국인 유전체역학 코호트조사 연구결과³²⁾에 의하면 수면과 신체활동량 간의 관련성은 5시간 미만의 수면을 취하는 군에서 유의하게 감소한 반면 (회귀계수 = -1.60, $p < 0.01$) 7시간 이상의 수면을 취하는 군에서는 유의하게 증가하는 것으로 나타났다 (회귀계수 = 1.18, $p < 0.01$). 이와 대조적으로, 비만여부에 상관없이 평균 7시간 이상의 수면시간을 갖는 것으로 나타난 본 연구대상자의 경우 수면시간과 신체활동량 간의 관련성은 정상체중군에서 유의한 음의 상관관계를 나타내었다 ($r = -0.335$, $p < 0.05$). 밤 시간대의 짧은 수면이 낮 시간대의 졸림증 및 낮잠을 유도하여 신체활동량을 감소시키기 때문에 역

으로 수면시간이 길어질수록 신체활동량이 많다고 설명한 Baik & Shin³²⁾의 연구결과와 달리, 본 연구에서 수면시간은 낮 시간 동안의 활동량 중 '식사 및 간식섭취' 활동시간과 유의한 음의 상관성 ($r = -0.289$, $p < 0.05$)을 보였을 뿐 다른 일상 활동과는 관련이 없는 것으로 나타남에 따라 소아청소년의 활동량과 수면시간 간의 인과관계를 설명할 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

소아청소년의 비만 유병은 과다한 섭취보다 비활동적인 생활패턴 (TV 시청, 디지털 게임 및 컴퓨터 이용)으로 인한 활동량 부족이 직접적인 원인이라고 설명한 Rey-López 등³³⁾은 비만할수록 신체활동수준이 낮다고 보고하였으나, 본 연구결과에서 초등학생 및 중고등학생의 신체활동수준은 비만여부에 따른 차이가 없는 것으로 나타났다 (Table 5).

국내 비만 소아청소년의 활동량 연구를 살펴보면, Oh 등²⁰⁾은 비만도 20% 이상인 남자 초등학생 (3 및 4학년) 20명의 신체활동수준이 평균 1.46~1.47이었고, 농촌지역 초등학교 3 및 5학년 남녀 50명 (저체중 8명, 정상체중 24명, 과체중 이상 18명)을 대상으로 신체활동량을 살펴본 Lee & Kim⁷⁾은 과체중군의 신체활동수준이 1.51이라고 보고하여, 비만한 초등학교 남학생의 신체활동수준이 1.50인 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

고등학교 남학생 371명을 대상으로 BMI에 따른 신체활동량 (보행수)을 평가한 Woo 등¹²⁾의 연구에서 저체중군 (BMI 20 미만), 정상체중군 (BMI 20~25) 및 비만군 (BMI 25 이상)의 주중 평균 보행수는 각각 13,714보, 12,570보, 그리고 8,649보로 BMI가 높을수록 보행수가 유의하게 낮아져 ($p < 0.001$), 비만할수록 신체활동량이 적었다고 보고한 다른 연구결과^{7,33)}와 일치하였다. 그러나 본 연구에서 중고등학생의 경우 비만군의 신체활동수준 (남자 1.46, 여자 1.51)은 정상체중군 (남자 1.42, 여자 1.40)보다 유의하지는 않았지만 높은 경향을 보여, 앞서 살펴본 다른 연구결과들^{7,12,20,33)}과는 달리 비만할수록 신체활동량이 높았음을 알 수 있었다. 이러한 상반된 결과가 나타난 이유는 본 연구의 중고등학생은 초등학생 (체중관리에

관심이 적어 부모나 교사의 권유에 의한 참여자가 많았던)과 달리 '비만예방 및 관리를 위한 영양체험 캠프'에 자발적으로 지원하여 참여할 만큼 체중감량에 관심이 많아 비만할수록 의도적인 활동 (18단계의 '등산, 조깅 및 각종 스포츠 활동')에 더 많은 시간을 소비하고 있었기 (Table 4) 때문으로 사료된다.

본 연구에서 비만여부와는 상관없이 연령대별 성별에 따라 살펴본 신체활동수준은 초등학교생 1.47 (남자 1.53, 여자 1.42) 과 중고등학교생 1.44 (남자 1.44, 여자 1.44)로 모두 저활동적 수준이었다. 서울지역 초등학교생 남녀 386명을 대상으로 한 Kim 등²¹⁾의 연구에서 신체활동수준은 남녀 각각 1.69와 1.64로 본 연구 결과보다 높은 수준이었던 반면, 강릉지역 초등학교생 남녀 102명을 살펴본 Kim 등¹⁹⁾의 연구에서 신체활동수준은 남자 1.41과 여자 1.35로 본 연구결과보다 다소 낮았다. 또한, Kim & Na²²⁾의 연구에서 서울, 강원, 및 충남지역의 중고등학교생 1,192명의 신체활동수준은 남자가 1.50, 여자가 1.48이었고, 운동군과 비운동군의 고등학교생을 대상으로 활동량을 조사한 Kim 등²³⁾의 연구에서 비운동군 50명의 신체활동수준은 남녀 각각 1.52와 1.46로 나타나, 본 연구결과보다 다소 높은 것으로 나타났다. 이상의 연구결과들 (본 연구결과 포함)로부터 현재 국내 소아청소년의 신체활동량은 비만여부에 상관없이 대부분 '저활동적' 수준임을 확인할 수 있었다.

본 연구대상자의 1일 총에너지소비량은 비만군 (2,212 kcal/day)이 정상체중군 (1,774 kcal/day)보다 높은 것으로 나타났으며, 이러한 차이는 신체활동수준 (두 군간에 차이가 없는)에 의한 것이 아니라 정상체중군에 비해 상대적으로 높은 비만군의 기초대사량 때문으로 판단된다 (Table 7). 기초대사량은 신체크기가 클수록 그리고 제지방량 (Fat free mass; FFM)이 많을수록 증가하는 것으로 밝혀졌는데,^{9,16,34)} 본 연구에서 비만군의 체중과 제지방량은 정상체중군보다 유의하게 높았으며 이와 함께 기초대사량도 비만군에서 유의하게 높게 나타났다.

본 연구에서 현재 임상현장에서 이용하고 있는 KDRI의 예측공식에 개인별 PA계수를 적용한 에너지필요추정량 [EER (individual PA)]은 비만군 (2,480 kcal/day)과 정상체중군 (1,963 kcal/day) 모두 이들의 실제 총 에너지소비량보다 유의하게 높게 나타남에 따라 KDRI의 예측공식이 과대평가한 것으로 생각된다. 또한, 2005년 이후 한국인의 활동량을 평가한 연구에서 신체활동수준이 대부분 1.40~1.59 범위인 것으로 조사됨에 따라 2010년도 KDRI에서는 에너지필요추정량 산출시 일괄적으로 저활동적 수준에 해당하는 PA계수를 적용하고 있는 실정이다.¹⁷⁾ 이에 본 연구에서 저활동적 수준의 PA계수를 적용한 에너지필요추정량 [EER (light PA)]을 살펴본 결과 비만군 (2,543 kcal/day)과 정상체중군 (2,038 kcal/day) 모두 총에너지소비량보다 유의하게 높게 평가되었다. 결과적으로 소아청소년의 에

너지필요추정량 산정 시 KDRI에서 제안한 대로 예측공식에 저활동적 수준을 적용할 경우 실제 에너지소비량보다 더 많은 양을 섭취량으로 설정하게 되어 비만이환의 위험이 높아질 우려가 있음을 알 수 있었다.

2010년도 KDRI에서 제시한 에너지필요추정량 예측공식은 미국/캐나다인을 대상으로 이중표식수 (Doubly labeled water; DLW)법에 의해 에너지소비량을 평가한 연구결과들로부터 도출되었으며,³⁵⁾ 현재까지 이 예측공식의 한국인에 대한 적용 타당성이 입증되지 않은 상태이다. 실제로 2010년 KDRI 개정시, 2005년에 비해 소아청소년의 참고 체위치 (체중)가 향상되어 에너지필요추정량의 계산치 또한 증가되어야 함에도 불구하고 2005년에 비해 BMI가 4.1~5.7%로 큰폭 증가하는 양상을 보임에 따라 비만이환의 위험성을 고려하여 2005년 에너지필요추정량 값을 그대로 이용하였다.¹⁷⁾ 본 연구에서도 정상체중군과 비만군 모두 에너지필요추정량 [EER (individual PA)]이 실제 에너지소비량보다 과대평가되는 것으로 나타나, KDRI의 예측공식이 한국 소아청소년에게 적합하지 않음을 알 수 있었다. 에너지소비량은 개인의 성별, 연령, 신장 및 체중 외에도 인종이나 민족과 같은 인구집단에 따라서도 다를 수 있다고 보고한 연구결과³⁶⁾에 의거해, 한국 소아청소년을 대상으로 이중표식수법에 의한 에너지소비량을 측정 후 이를 토대로 에너지필요추정량 공식을 도출하여 적용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

그러나 에너지소비량 평가방법 중 가장 정확한 것으로 알려진 이중표식수법은 사용되는 표식수와 분석기기가 워낙에 고가이고 국내에는 아직 보급되어 있지 않은 상황이라 관련연구가 미비한 실정이며, 추후 이중표식수법에 의한 에너지소비량 연구가 진행된다 하더라도 공식도출을 위한 데이터베이스를 구축하기까지 오랜 시간이 필요할 것이다. 이처럼 이중표식수법에 의한 한국인의 에너지필요추정량 공식의 사용이 어려운 현 시점에서, 본 연구에서는 실제 활동량인 '저활동적' 수준 대신에 '비활동적' 수준의 PA계수를 적용한 에너지필요추정량 [EER (sedentary PA)]이 총에너지소비량과 차이가 없는 것으로 나타남에 따라 국내 소아청소년의 에너지필요추정량 산정시 현재 적용하고 있는 신체활동단계별 계수 (PA)의 조정을 통해 좀더 정확한 에너지필요량을 추정할 수 있을 것으로 예상되며 이에 대한 추후 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

본 연구는 1일 활동량을 분석해 봄으로써 소아청소년의 활동실태를 파악하였을 뿐만 아니라 산출된 신체활동수준 및 측정된 휴식대사량을 이용하여 1일 총에너지소비량 및 에너지필요추정량을 산출함으로써 현재 임상현장에서 사용하고 있는 2010년도 KDRI의 에너지필요추정량 추정공식의 적절성을 평가해 보았다는 점과 이 모든 결과를 비만도별로 비교해보

았다는 점에서 의의를 가진다. 그러나 본 연구의 제한점으로 비만군과 정상체중군 내에서 대상자의 성별 및 연령대가 다양하여 신체활동량과 에너지소비량에 대한 연구결과를 표준화시키기 어려웠다는 점과 본 연구결과를 한국 소아청소년에게 일반화시키기에 각 군별로 대상자수가 적었다는 점을 들 수 있다.

요약 및 결론

본 연구는 소아청소년의 비만도별 신체활동량 및 그에 따른 에너지소비량을 평가하기 위해 7~18세의 초·중·고등학생 남녀 100명 (정상체중군 54명, 비만군 46명)의 1일 활동량을 조사하여 18단계 활동분류법으로 분석한 후 신체활동수준을 산출하였다. 또한, 간접열량법에 의해 휴식대사량을 측정하여 총에너지소비량을 평가하였고, 이를 이용하여 2010년도 KDRI에서 제안한 에너지필요추정량 산출공식의 타당도를 평가하였다. 본 연구결과는 다음과 같다.

1) 연구대상자의 평균 연령은 비만군이 12.0세, 정상체중군이 11.8세로 군별 차이는 없었다. 체중은 비만군 (60.2 kg)이 정상체중군 (42.4 kg)보다 유의하게 높았으며, 체질량지수와 체지방율도 비만군 (각각 25.3 kg/m²과 34.8%)이 정상체중군 (각각 18.4 kg/m²과 21.5%)에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다.

2) 연구대상자의 활동별 소비시간은 중고등학생의 18단계의 '등산, 조깅 및 각종 스포츠' 활동에서만 비만군 (24.3분)이 정상체중군 (7.9분)보다 유의하게 높았을 뿐, 대부분의 활동영역에서 비만군과 정상체중군 간에 유의한 차이는 없었다. 대상자의 주요활동은 강도가 매우 낮은 비활동적 수준의 활동들로서 '수면', '학습관련 활동', '휴식, 독서 및 TV시청', '개인 위생 및 컴퓨터 이용', 그리고 '식사 및 간식섭취 활동'의 순으로 활동시간이 많았으며 이들 활동에 소비된 시간은 평균적으로 1일 총 활동시간의 90% 정도를 차지하였다.

3) 비만군의 신체활동수준 (PAL)은 1.46으로 정상체중군의 1.45와 유의한 차이가 없었고, 성별 연령대별 (초등 남자와 여자, 중고등 남자와 여자)로 세분하여 살펴본 신체활동수준 값도 비만군과 정상체중군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 한편, 연구대상자의 신체활동수준은 18가지 활동영역 가운데 2단계의 '휴식, 독서 및 TV 시청' 활동 소비시간과 유의한 음의 상관성을 보인 반면, 18단계의 '등산, 조깅, 및 각종 스포츠' 활동 소비시간과는 유의한 양의 상관관계를 보였다.

4) 연구대상자의 1일 총에너지소비량 (정상체중군 1,774 kcal/day, 비만군 2,212 kcal/day)은 개인별 PA계수를 적용한 에너지필요추정량인 EER (individual PA)(정상체중군 1,963 kcal/

day, 비만군 2,480 kcal/day)보다 유의하게 낮았다. 그러나 비활동적 수준의 PA계수 (남녀 모두 1.0)를 적용한 에너지필요추정량 [EER (sedentary PA)]은 정상체중군에서 1,733 kcal/day, 비만군에서 2,176 kcal/day로 나타나 측정된 에너지소비량과 차이가 없는 것으로 나타났다.

본 연구결과로 볼 때 소아청소년의 신체활동수준 (PAL)은 비만도별 성별 연령대별로 평균 1.39~1.54의 범위로서 '저활동적' 수준이었고, 개인별 PA계수를 적용한 에너지필요추정량 [EER (individual PA)]은 실제 에너지소비량보다 과대평가되는 것으로 나타나 미국/캐나다에서 개발된 KDRI의 에너지필요추정량 예측공식이 본 연구대상자에게 적합하지 않았음을 알 수 있었다. 일률적으로 '비활동적' 수준의 PA계수를 적용한 에너지필요추정량 [EER (sedentary PA)]은 총에너지소비량과 차이를 보이지 않았으므로, 비만이환의 위험을 낮추기 위해서 소아청소년의 에너지필요추정량을 산출할 시 저활동적 수준 (현재 KDRI에서 이용하는) 대신 비활동적 수준의 PA계수를 적용하는 것도 고려해 볼 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 본 연구결과를 비롯하여 국내 관련 연구를 통해 소아청소년의 실제 활동량은 저활동적 수준임이 확인되었음에도 불구하고 이를 비활동적 수준으로 하향 조정한다면, 저활동적 수준 외의 활동량 (비활동적, 활동적, 및 매우활동적 수준)을 가진 대상자의 경우 정확한 에너지필요추정량 산출이 어려울 것이다. 이에 향후 2010년도 KDRI의 에너지필요추정량 예측공식이 다양한 활동수준에서 한국 소아 및 청소년에게 적합함에 대한 타당성 연구가 진행되어야 할 것이며, 궁극적으로 한국인을 대상으로 이중표식수법에 의한 에너지소비량 연구를 수행함으로써 한국 소아 및 청소년의 에너지필요추정량 공식이 개발되어야 할 것이다.

Literature cited

- 1) Oh K, Jang MJ, Lee NY, Moon JS, Lee CG, Yoo MH, Kim YT. Prevalence and trends in obesity among Korean children and adolescents in 1997 and 2005. *Korean J Pediatr* 2008; 51(9): 950-955
- 2) Ministry of Health and Welfare. Korea Health Statistics 2010: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES V-1); 2011
- 3) Ebbeling CB, Pawlak DB, Ludwig DS. Childhood obesity: public-health crisis, common sense cure. *Lancet* 2002; 360(9331): 473-482
- 4) Choi TI, Rhee HJ, Ko KM, Yoo SM, Kim KN, Lee SY, Kang JH. The prevalence of obesity and obesity-related metabolic complications in Korean adolescents. *J Korean Acad Fam Med* 2006; 27(3): 175-181
- 5) Barlow SE; Expert Committee. Pediatrics. Expert committee recommendations regarding the prevention, assessment, and treatment of child and adolescent overweight and obesity: summary report. *Pediatrics* 2007; 120 Suppl 4: S164-S192

- 6) Seo JW. Obesity in children and adolescents. *Korean J Pediatr* 2009; 52(12): 1311-1320
- 7) Lee HM, Kim EK. Assessment of daily steps, physical activity and activity coefficient of the elementary school children in the rural area. *Korean J Community Nutr* 2007; 12(3): 361-371
- 8) Baek S. The effect of physical activity on children's obesity. *Korean J Obes* 2008; 17(2): 55-64
- 9) Owen OE, Kavlé E, Owen RS, Polansky M, Caprio S, Mozzoli MA, Kendrick ZV, Bushman MC, Boden G. A reappraisal of caloric requirements in healthy women. *Am J Clin Nutr* 1986; 44(1): 1-19
- 10) An YD. A study on physical activity for one week in elementary school boys. *J Korea Sport Res* 2007; 18(2): 545-556
- 11) Kim YS, Kong SA, Lee O, Kim JW, Kim SS, Park IH. The relation between physical activity and fitness in children. *Exerc Sci* 2008; 17(4): 495-504
- 12) Woo UH. Comparison and analysis of physical activity steps per day according to the level of BMI in high school male students. *Korean J Growth Dev* 2008; 16(2): 103-110
- 13) Kang HS, Hong HR, Park JK. Comparison of obesity indices, metabolic risk factors, physical activity between boys and girls. *Korean J Phys Educ* 2010; 49(6): 581-589
- 14) Koo JC, Park MH. The correlation between body composition and basic physical strength of high school students by bioelectrical impedance analysis. *J Learn Cent Curric Instr* 2010; 10(2): 35-48
- 15) Jung JU, Hwang YS, Oh SI. Analysis of elementary school students' physical activity based on existence of playground and physical education. *J Korean Soc Study Phys Educ* 2010; 15(1): 301-310
- 16) Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser* 1985; 724: 1-206
- 17) The Korean Nutrition Society. Dietary reference intakes for Koreans, 1st revision. Seoul; 2010
- 18) Kim JH, Kim EK. Assessment of physical activity, activity coefficient of preschool children and actual condition of daycare center outdoor play. *Korean J Community Nutr* 2009; 14(6): 777-788
- 19) Kim EK, Kim EK, Song JM, Choi HJ, Lee GH. Assessment of activity coefficient, resting energy expenditure and daily energy expenditure in elementary school children. *J Korean Diet Assoc* 2006; 12(1): 44-54
- 20) Oh SI, Jang JH, Hur S. Assessment of after-school obesity control program through on life habits and physical activity in obese elementary school children. *Korean J Exerc Nutr* 2008; 12(1): 1-6
- 21) Kim MJ, Na HJ, Kim Y. The analysis of activity energy, total energy, and estimated energy expenditures in 5th and 6th grade primary school students. *Korean J Community Nutr* 2011; 16(2): 195-205
- 22) Kim Y, Na HJ. The estimation of the daily energy expenditure of Korean adolescents. *Korean J Community Nutr* 2003; 8(3): 270-279
- 23) Kim EK, Kim GS, Park JS. 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* 2009; 15(1): 52-68
- 24) Choi HJ, Song JM, Kim EK. Assessment of daily steps, activity coefficient, body composition, resting energy expenditure and daily energy expenditure in female university students. *J Korean Diet Assoc* 2005; 11(2): 159-169
- 25) 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
- 26) Korea Centers for Disease Control and Prevention; The Korean Pediatric Society; The Committee for the Development of Growth Standard for Korean Children and Adolescents. 2007 Korean children and adolescents growth charts. 2007 [cited 2012 Jun 15]. Available from: <http://www.cdc.go.kr>
- 27) Ministry of Health, Labour and Welfare. Japanese dietary allowance, 5th revision. Tokyo; 1985
- 28) Ministry of Health and Welfare. A study to determine the recommended dietary allowance of energy and to develop practical dietary education program for Korean adults. Seoul; 2002
- 29) Compher C, Frankenfield D, Keim N, Roth-Yousey L; Evidence Analysis Working Group. Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. *J Am Diet Assoc* 2006; 106(6): 881-903
- 30) Weir JB. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol* 1949; 109(1-2): 1-9
- 31) Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986; 1(8476): 307-310
- 32) Baik I, Shin C. Association of daily sleep duration with obesity, macronutrient intake, and physical activity. *Korean J Community Nutr* 2011; 16(3): 315-323
- 33) Rey-López JP, Vicente-Rodríguez G, Biosca M, Moreno LA. Sedentary behaviour and obesity development in children and adolescents. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2008; 18(3): 242-251
- 34) 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
- 35) Institute of Medicine of the National Academies. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. Washington D.C: The National Academies Press; 2002. p.107-264
- 36) Wang X, You T, Lenchik L, Nicklas BJ. Resting energy expenditure changes with weight loss: racial differences. *Obesity (Silver Spring)* 2010; 18(1): 86-91