

## 일부 초등학생의 대표적 신체활동의 에너지소비량 측정 및 에너지소비량과 체중과의 상관성 분석\*

김재희<sup>1</sup> · 손희령<sup>1</sup> · 최정숙<sup>2</sup> · 김은경<sup>1†</sup>

강릉원주대학교 생명과학대학 식품영양학과,<sup>1</sup> 농촌진흥청 국립농업과학원<sup>2</sup>

## Energy expenditure measurement of various physical activity and correlation analysis of body weight and energy expenditure in elementary school children\*

Kim, Jae-Hee<sup>1</sup> · Son, Hee-Ryoung<sup>1</sup> · Choi, Jung-Sook<sup>2</sup> · Kim, Eun-Kyung<sup>1†</sup>

<sup>1</sup>Department of Food and Nutrition, Gangneung-Wonju National University, Gangwon 210-702, Korea

<sup>2</sup>National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Jeonbuk 560-500, Korea

### ABSTRACT

**Purpose:** There is a lack of data on the energy cost of children's everyday activities, adult values are often used as surrogates. In addition, the influence of body weight on the energy cost of activity when expressed as metabolic equivalents (METs) has not been vigorously explored. **Methods:** In this study 20 elementary school students 9~12 years of age completed 18 various physical activities while energy expenditure was measured continuously using a portable telemetry gas exchange system (K<sub>4</sub>b<sup>2</sup>, Cosmed, Rome, Italy). **Results:** The average age was 10.4 years and the average height and weight was 145.1 cm and 43.6 kg, respectively. Oxygen consumption (VO<sub>2</sub>), energy expenditure and METs at the time of resting of the subjects were 5.41 mL/kg/min, 1.44 kcal/kg/h, and 1.5 METs, respectively. METs values by 18 physical activities were as follows: Homework and reading books (1.6 METs), playing game with a mobile phone or video while sitting (1.6 METs), watching TV while sitting on a comfortable chair (1.7 METs), playing video game or mobile phone game while standing (1.9 METs), sweeping a room with a broom (2.7 METs) and playing a board game (2.8 METs) belong to light intensity physical activities. By contrary, speedy walking and running were 6.6 and 6.7 METs, respectively, which belong to high intensity physical activities over 6.0 METs. When the effect of body weight on physical activity energy expenditure was determined, R<sup>2</sup> values increased with 0.116 (playing a game at sitting), 0.176 (climbing up and down stairs), 0.246 (slow walking), and 0.455 (running), which showed that higher activity intensity increased explanation power of body weight on METs value. **Conclusion:** This study is important for direct evaluation of energy expenditure by physical activities of children, and it could be used directly for revising and complementing the existing activity classification table to fit for children.

**KEY WORDS:** children, physical activity, energy cost, Metabolic equivalents

## 서 론

최근 전 세계적으로 문제가 되고 있는 비만, 특히 소아 비만 유병률 증가의 중요한 요인 중 하나로 신체활동의 감소가 지적되고 있다. 체중은 에너지 섭취와 소비의 균형을 유지하는 여러 생리적 기전에 의해 조절되는데, 신체활동은 에너지 섭취량과 함께 체중의 유지 혹은 증가 및 감소에 있어서 주된 역할을 한다.<sup>1</sup> 비만을 예방하고 관리하기 위

해서는 에너지 섭취량과 소비량의 균형을 맞추는 것이 매우 중요하다. 특히, 신체적·생리적 발육이 왕성한 아동 및 청소년기에는 충분한 에너지를 섭취해야 하므로, 에너지 섭취량을 감소시키기보다 신체활동량의 증대를 통해 에너지소비량을 높여 체중을 조절하는 것이 바람직하다. 따라서, 아동의 신체활동량을 정확하게 파악하고 그에 따른 총에너지소비량을 평가한 후 적절한 에너지필요량을 산정하여 제시할 필요가 있다. 과거부터 지금까지 시행된 연

Received: February 13, 2015 / Revised: March 18, 2015 / Accepted: March 27, 2015

\*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.

tel: +82-33-640-2336, e-mail: ekkim@gwnu.ac.kr

© 2015 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.

구들을 통해서 수년간의 영양섭취의 변화를 살펴보면, 총 에너지섭취량 및 지방 섭취는 약간 줄어들거나 변화가 없음에도 불구하고 비만이 계속적으로 늘어나는 것은 신체 활동 수준의 감소와 관련이 있는 것으로 추정할 수 있다.<sup>2</sup> 미국의 Surgeon General Report 에 따르면 어린이들이 성장할수록 신체활동량이 줄어들어 아동 및 청소년의 약 14% 정도는 최근 신체활동이 지속적으로 감소하였으며, 이러한 현상은 남아보다 여아에서 더 두드러졌다고 밝혔다.<sup>3</sup>

개인의 1일 총에너지소비량은 기초대사량 (BMR, basal metabolic rate)에 의해 60~70% 정도가 결정되지만,<sup>4</sup> 신체 활동에 의한 에너지소비량 (PAEE)에 의해서도 크게 영향을 받는다. 즉 체성분에 따라 일정한 수준을 유지하는 기초 대사량과는 달리, 활동에 의한 에너지소비량을 통하여 총 에너지소비량을 유동적으로 조절할 수 있다. 아동에서는 특히 활동적인 신체활동에 의해 총에너지소비량이 결정되므로 신체활동이 총에너지소비량 평가에 있어 매우 중요한 요소이다. 활동에 의한 에너지소비량은 기초대사량에 대한 배수 (PAR, physical activity rate 혹은 METs, metabolic equivalents of task)의 형태로 산출된다. 그러나 아동에서는 이들의 다양한 신체활동은 METs 등의 개념을 이용하여 강도에 따라 체계적으로 등급화 되어 있지 않을 뿐만 아니라, 신체활동 자체도 '놀이' 등의 형태로 모호한 경우가 많아 신체활동량을 정확히 측정하기 어렵다.

국내에서 수행된 아동을 대상으로 한 신체활동에 관한 연구를 살펴보면, 만보계나 가속도계 등의 기기를 이용하여 1일 보행수 (step counts/day) 및 활동에너지소비량 (kcal/day, METs 등)과 같은 활동의 양 (quantity)을 평가한 연구<sup>5-10</sup>가 대부분으로, 이들 연구결과는 활동자체에 의해 소비되는 에너지량만을 제시할 뿐 개인의 1일 총에너지소비량을 평가하거나 에너지필요량을 산정하는데 활용되지는 못하였다.

신체활동을 정량화하고 정확히 평가하기 위해서는 신체활동의 유형과 목적 (예: 여가활동 혹은 생리적 활동, 유산소 혹은 무산소 운동, 직업과 관련된 활동 등), 강도, 유효성, 기간, 빈도 및 활동에 사용되는 특정 에너지소비량 등이 함께 신중히 고려되어야 한다. Westerterp<sup>11</sup>은 신체활동의 측정 방법을 행동관찰 (behavioral observation), 설문지 (일기, 회상설문 및 인터뷰 포함), 생리적 지표를 이용한 방법 (예, 심박동수, 이중표식수), 칼로리미터(calorimetry) 및 동작 감지기 (motion sensor) 등의 5가지로 분류하였다. 생리적 지표나 calorimetry를 이용하여 실험실에서 행해지는 방법이 보다 정확하지만 대규모 집단에 적용하기에는 부적합한 반면, 활동일기, 자가기입식 설문지 및 관찰법은 간편하게 이용가능하나 총 에너지소비량을 평가하기에는

부정확하다고 할 수 있다. 이러한 이유로, 에너지소비량을 보다 정확하게 평가하기 위하여 활동일기, 회상법 및 직접 관찰법에 의해 조사된 개인의 활동에 따른 소비 시간으로부터 산출된 Metabolic equivalents (METs) 값이 사용된다. 그러나, 아동 및 청소년의 신체활동에 따른 에너지 cost에 관한 자료는 매우 제한적이다.<sup>12</sup> 따라서 성인의 METs 값이 아동의 총 에너지소비량을 평가하는데 이용되기도 하는데, 선행 연구들<sup>13-16</sup>에서 특정 활동에 따른 에너지 cost는 성인과 15세 미만의 아동 간에 차이가 있음이 보고되었다. 따라서, 아동의 에너지소비량을 정확히 평가하려면 아동을 대상으로 측정된 신체활동에 따른 에너지소비량 값을 사용해야 한다. 그러나 측정방법, 연령그룹에 따른 차이 및 측정이 필요한 신체활동의 범위가 넓어 이와 관련하여서는 방법적인 어려움이 여전히 과제로 남아있다.

이에 본 연구에서는 초등학생을 대상으로 일상생활에서 수행하는 신체활동에 따른 에너지 소비량을 직접 측정하여 성인의 METs 값 및 아동을 대상으로 측정된 다양한 METs 값과 비교 평가해보고, 에너지소비량에 영향을 미치는 요인 중 하나인 체중과의 상관성을 분석해보고자 하였다.

## 연구방법

### 연구대상 및 기간

본 연구는 자발적 참여의사를 가지고 보호자의 사전 동의를 득한 만 9~12세의 초등학생 20명 (남아 11명, 여아 9명)을 대상으로 하였다. 본 연구 진행시 에너지 대사에 영향을 미치는 질환을 앓고 있거나 이와 관련된 약물을 복용하고 있는 자는 제외하였으며, 운동에 참여하는데 전혀 제한이 없고 일상생활 중 보행에 지장이 없는 건강한 초등학생을 대상으로 선정하였다. 본 연구의 내용 및 방법은 강릉원주대학교의 생명윤리심의위원회 (IRB, Multiple assurance institutional review board of Gangneung-Wonju National University)의 승인 (승인번호 GWNU-IRB-2012-13)을 받은 후 이에 따라 진행되었으며, 연구 참여 대상자 및 이들의 보호자는 자발적 참여 동의서에 서명하였다. 연구기간은 예비조사 기간을 포함하여 2012년 9월부터 12월까지 약 4개월에 걸쳐 조사되었으며, 연구진행 동안 대상자의 안전을 보장하기 위하여 연구자 및 연구보조원은 각 활동을 하는 동안 대상자들과 함께 동행하여 실험을 진행하였다.

### 신체 구성 성분 측정

신체계측 방법에 대하여 사전 교육받은 연구보조원이 Inbody720 (Biospace Co, Korea)을 이용하여 연구대상의 신장, 체중 및 체성분을 측정하였다. 모든 측정은 오차를

줄이기 위하여 동일인이 지속적으로 동일한 방법으로 측정하였다. 삼두근의 피부두껍두께 (TSF, triceps skinfold thickness)는 caliper (MD-500, Yamasa, Japan)를 이용하여 2회 반복 측정 후 평균값을 산출하였으며, 상완위 둘레 (MAC, mid arm circumference)는 상완 중간 둘레를 너무 조이지 않고 부드럽게 둘러서 mm 단위까지 측정하였다. 상완위 둘레 측정치와 삼두근의 피하지방두께를 이용하여 Heymsfield의 공식<sup>17</sup>으로 근육량을 산출하였다.

### 휴식대사량의 측정

휴식대사량은 간접열량계 (Indirect calorimeter)인 가스 호흡분석기 (TrueOne2400, Parvo Medics, USA)를 이용하여 측정하였다. 측정 전 12시간 이상 금식하고 24시간 동안 운동을 하지 않도록 사전에 주의를 주었다. 측정 당일 아침에는 실험실에 도착한 후 가능한 신체적 활동을 자제한 상태로 10분 이상 누워 안정을 취하게 한 뒤 캐노피 (canopy)로 얼굴 부위를 덮고 약 15분 동안 편안하게 호흡하도록 하였다.<sup>18</sup> 10초 간격으로 측정된 산소 소비량과 이산화탄소 생성량을 Weir 공식<sup>19</sup>에 적용하여 휴식대사량을 산출하였다.

### 일상생활에서의 대표 신체활동에 따른 에너지소비량의 측정

일상생활에서의 대표적 신체활동을 선정하기 위하여 강원도 일부 지역의 초등학생 235명을 대상으로<sup>20</sup> 활동일기를 작성하도록 하여 하루 동안 수행한 대상자의 신체활동 종류, 시간 및 강도를 자세하게 기입하도록 하였다. 대상자

의 신체활동조사는 주중 하루 (화, 수, 목요일 중 택 1)와 주말 하루 (일요일)로 총 2일간의 활동을 기록하게 하였고, 조사하기 전에 신체활동의 종류와 작성요령에 대해 충분히 설명하여 정확한 기록이 이루어 질 수 있도록 하였다.

신체활동 유형조사의 결과를 토대로 신체활동분류표에서 초등학생을 위한 활동유형을 재정리하였고, 신체활동량 모니터링의 예비조사 결과를 토대로 일상생활에서의 대표적 신체활동 15가지와 초등학교 방과 후 활동 및 체육 교과에서 주로 행해지는 운동 3가지를 선정하였으며, 선정된 해당 활동에 대한 자세한 기술은 Table 1에 나타내었다.

각 단계별 활동은 대상자의 페이스 (face)에 맞추어 약 10분 동안 측정하였다. 달리기와 대상자의 운동능력을 감안하여 5~10분 동안 측정하였으며, 배드민턴, 피구 및 농구 슛팅은 스포츠 활동 임을 고려하여 팀별 게임을 진행하였으며 각각 25분 이상 측정하였다.

활동은 저강도 활동에서 고강도 활동의 순으로 진행하였으며, 이전 단계의 활동에서 다음 단계로 넘어가기 전 5~10분간 휴식한 후 다음 단계의 활동을 측정하였다. 또한 각 활동의 처음 2분과 마지막 2분의 데이터는 분석에 이용하지 않았다.<sup>15</sup> 연구 진행 동안 기계적인 부분의 오류, 마스크의 부착상태 및 샘플링 연결라인에 대한 프로토콜을 엄격하게 통제하고 준수하였으며, Table 1에 나타난 바와 같이 표준화된 방법으로 연구를 진행하기 위해 각 활동이 이루어지는 동안 대상자의 측정상태를 지속적으로 점검·관리하였다.

신체활동에 따른 에너지 소비량은 휴대용 무선 호흡가스 대사분석기 (portable telemetry gas exchange system,

Table 1. Description of activities performed

Step	Activity	Description	Duration
1	Rest	Participant reclines and lies still in a quiet environment, while remaining	10 min
2	Board games	Playing a variety of games that could be played by two people	10 min
3	Homework/reading	Working on their homework or a book they liked	10 min
4	Television viewing	Participant watches a video while sitting on a comfortable chair without getting up at any time	10 min
5	Video games (sitting)	Playing nonviolent Nintendo-video games while seated	10 min
6	Video games (standing)	Playing arcade-style video games while standing	10 min
7	Sweeping	Sweeping up dried beans scattered across the floor	10 min
8	Vacuuming	Vacuuming confetti scattered across a 3.6×4.5m, medium pile rug at subject's self-selected pace	10 min
9	Shoveling	Shoveling sand from one container into another	10 min
10	Stretching	Performing stretching exercises, moving through stretch (10 s) and rest (5 s)	10 min
11	Rope skipping	Jumping rope at a self-selected pace	10 min
12	Stair climbing	Walking up and down a flight of stairs at a steady pace of 88 steps per minute (paced with music)	10 min
13	Slow walking	Walking on a treadmill at 4 kph (2.5 mph)	10 min
14	Brisk walking	Brisk walking on a treadmill at 5.6 kph (3.5 mph)	10 min
15	Running	Running on a treadmill at 8 kph (5 mph)	5-10 min
16	Badminton	Carried out according to the respective pace	25 min
17	Dodge ball game	Carried out according to the respective pace	25 min
18	Basketball-shooting hoops	Carried out according to the respective pace	25 min

K<sub>4</sub>b<sup>2</sup>, Cosmed, Rome, Italy)를 이용하여 측정하였다. 휴대용 무선 호흡가스 대사분석기는 호흡 시 들이 마신 산소와 이산화탄소의 비로 측정되며, 지금까지 성인을 대상으로 넓은 범위에 걸쳐 에너지소비량을 정확하게 평가하는데 사용된다. 특히, 운동선수 및 환자 등의 신체활동 시 발생되는 에너지소비량을 정밀하게 측정하는데 이용되고 있다. 아동을 대상으로 이 시스템 사용의 타당성은 Harrell 등의 연구<sup>12</sup>에서 예비조사를 거쳐 밝혀진 바 있으며, K<sub>4</sub>b<sup>2</sup>의 정확성 및 신뢰도는 선행연구<sup>21</sup>에서 가스호흡분석기(TrueOne2400, Parvo Medics, USA) 결과와의 비교를 통하여 입증되었다.

휴대용 무선 호흡가스 대사분석기는 무게가 400 g 정도인 경량(輕量)의 시스템으로 휴대용 장비(PU, portable unit), 배터리 및 플로우미터(Flowmeter)가 고정된 마스크로 구성되었다. Portable unit은 테스트하는 동안 각종 변수들을 실시간으로 보여주며, 전용 벨트(Harness)를 이용하여 대상자의 앞쪽 가슴에 부착하였다. 전원공급을 위해 충전된 배터리는 등 쪽에 부착하였으며, 잘 소독된 마스크를 착용한 후 헤드캡(head cap)으로 고정시켰다. 측정하는 동안 대상자의 이동은 자유로웠다. 에너지 소비량에 영향을 미치는 식품의 발열효과를 줄이기 위해 대상으로 하여금 측정 4시간 전부터 음식 섭취를 하지 않도록 하였으며, 측정 전 기기와 친숙해지도록 마스크를 착용한 후 평소와 같이 호흡해 보도록 연습하였다.

## 자료처리 및 통계분석

모든 자료는 SAS PC package (ver 9.2, SAS Institute Inc, Cary, NC)를 이용하여 통계처리를 하였고, 연구대상

자의 모든 측정치들은 평균 ± 표준편차로 표시하였다. 신체활동에 따른 METs 간의 정확성을 평가하기 위하여 Bland-Altman 분석법 및 급간 상관관계수(ICC, interclass correlation coefficient)를 이용하여 비교하였다. 또한 체중이 METs 값에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 Simple linear regression을 이용하였으며, 유의수준 5% (p < 0.05)에서 유의성을 검정하였다.

## 결 과

### 연구대상자의 일반적인 특성

본 연구는 만 9~12세의 초등학교 총 20명(남아 11명, 여아 9명)을 대상으로 하였으며 이들의 일반적인 특성은 Table 2와 같다. 연구대상자의 평균연령은 10.4 ± 0.6세였고, 평균 신장 및 체중은 각각 145.1 ± 8.5 cm 및 43.6 ± 10.3 kg 이었다. 비만을 판정하는 지표인 체질량지수(BMI)와 체지방율은 각각 21.4 ± 4.2와 12.4 ± 6.1%로 나타났다. 대상자의 허리둘레는 남아와 여아 각각 73.6 ± 9.6 cm 및 63.5 ± 7.1 cm로 남녀 간의 유의한 차이를 보였으며 (p < 0.05), 허리-엉덩이둘레비(WHR, waist-hip ratio)도 남아와 여아 각각 0.86 ± 0.07 및 0.78 ± 0.04로 남아에서 유의하게 높게 나타났다 (p < 0.05). 허리둘레와 허리-엉덩이둘레비를 제외한 다른 모든 측정치에서는 남아와 여아간의 유의한 차이를 보이지 않았다.

### 신체 활동에 따른 VO<sub>2</sub>, 에너지소비량 및 Metabolic equivalents (METs)의 비교

각각의 신체활동에 따른 VO<sub>2</sub>, 에너지소비량 및 Metabolic

Table 2. Characteristics of the subjects (N = 20)

	Boy (N = 11)	Girl (N = 9)	Total (N = 20)
Age (years)	10.2 ± 0.7 <sup>1)</sup>	10.5 ± 0.5	10.4 ± 0.6
Height (cm)	146.2 ± 8.9	143.9 ± 8.5	145.1 ± 8.5
Body weight (kg)	46.7 ± 8.9	40.3 ± 11.3	43.6 ± 10.3
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	23.7 ± 2.9	19.4 ± 4.3	21.4 ± 4.2
Body fat (%) <sup>2)</sup>	15.3 ± 6.6	9.5 ± 4.0	12.4 ± 6.1
Triceps skinfold (mm)	20.7 ± 9.6	18.1 ± 8.7	19.2 ± 8.9
Mid-arm circumference (cm)	25.7 ± 3.3	23.1 ± 3.7	24.2 ± 3.6
Muscle (kg) <sup>3)</sup>	12.5 ± 3.4	11.4 ± 2.2	11.9 ± 2.7
Muscle (%) <sup>4)</sup>	25.3 ± 4.3	29.1 ± 5.3	27.5 ± 5.1
Waist circumference (cm)	73.6 ± 9.6	63.5 ± 7.1*	67.8 ± 9.4
Hip circumference (cm)	85.8 ± 8.1	81.6 ± 9.9	83.4 ± 9.1
Waist-hip ratio	0.86 ± 0.07	0.78 ± 0.04*	0.81 ± 0.06
Systolic Blood Pressure (mmHg)	115.3 ± 11.7	110.2 ± 13.4	112.4 ± 12.5
Diastolic Blood Pressure (mmHg)	73.3 ± 3.6	66.4 ± 9.3	69.4 ± 8.1

1) Mean ± SD 2) Body fat(%) measured by Inbody 720 3) Muscle mass (kg) calculated by Heymsfield's formular 4) Body Muscle (%) = [Muscle (kg) / body weight(kg)] × 100

Significant difference between boy and girl at \*p < 0.05

equivalents (METs) 값을 Table 3에 나타내었다. 18가지 신체활동 측정값에 있어서 성별에 따른 유의한 차이를 보이지 않았으므로 본 연구결과는 전체 대상자에 대한 결과값으로 나타내었다. 연령에 따른 영향을 고려하여 각 활동 시에 측정된  $VO_2$  (mL/kg/min) 값을 간접열량계를 이용하여 실측한 휴식시의  $VO_2$  (mL/kg/min) 값으로 나누어 METs 값을 나타내었다.<sup>12</sup> 휴식시의  $VO_2$ , 에너지소비량 및 METs 측정값은 각각  $5.41 \pm 0.89$  mL/kg/min,  $1.44 \pm 0.17$  kcal/kg/h 및  $1.5 \pm 0.4$  METs로 나타났다. METs 값을 기준으로 18가지의 신체활동을 가벼운 활동 (2.99 METs 이하), 중간 강도 활동 (3.0~5.99 METs) 및 고강도 활동 (6 METs 이상)으로 분류하였을 때,<sup>23</sup> 앉아서 숙제하기 및 책읽기 ( $1.6 \pm 0.3$  METs), 앉아서 비디오 보기 혹은 핸드폰으로 게임하기 ( $1.6 \pm 0.5$  METs), 앉아서 텔레비전 시청하기 ( $1.7 \pm 0.5$  METs), 서서 비디오 보기 혹은 핸드폰으로 게임하기 ( $1.9 \pm 0.6$  METs), 빗자루로 방 쓸기 ( $2.7 \pm 1.1$  METs) 및 보드 게임 ( $2.8 \pm 2.2$  METs)은 가벼운 신체활동에 속하였으며, 진공청소기로 청소하기 ( $3.0 \pm 0.2$  METs), 피구 ( $3.6 \pm 0.9$  METs), 삽질하기 ( $3.8 \pm 0.4$  METs), 계단오르내리기 ( $3.8 \pm 1.3$  METs), 농구 슛팅 ( $4.4 \pm 1.5$  METs), 줄넘기 ( $4.6 \pm 2.6$  METs), 음악에 맞추어 스트레칭 ( $4.7 \pm 2.3$  METs), 천천히 걷기 ( $4.8 \pm 2.6$  METs) 및 배드민턴 ( $4.8 \pm 1.0$  METs)의 활동은 중간 강도의 신체활동에 속하였다. 빨리 걷기 및 달리기 는 각각  $6.6 \pm 1.7$  및  $6.7 \pm 1.5$  METs로 6.0 METs 이

상의 고강도 신체활동에 속하는 것으로 나타났다.

### 아동의 신체활동에 부과되는 다양한 METs값과의 비교

본 연구에서 직접 측정된 18가지의 신체활동에 따른 METs 값, FAO/WHO/UNU<sup>23</sup>에서 제시한 아동의 METs 값, Ridley와 Olds<sup>15</sup>의 연구에서 산출된 아동의 METs 값 및 성인의 METs 값<sup>22</sup>와 비교·평가한 결과는 Table 4와 같다. 또한 본 연구결과와 Ainsworth 등<sup>22</sup>이 발표한 성인의 METs 값을 비교하기 위해 mean difference, upper and lower limits of agreement (LoA) 및 ICC (Interclass correlation coefficient)를 비교한 결과를 Table 5에 나타내었으며 Bland-Altman plot을 Fig. 1에 나타내었다.

본 연구 결과에서는 아동의 휴식 시 METs 값이  $1.5 \pm 0.4$  METs로 성인의 1.0 METs와 비교하여 높게 나타났으며, 그 결과는 아동을 대상으로 한 FAO/WHO/UNU의 연구 결과와도 일치하였다. 본 연구결과 (측정된 아동의 METs) 성인의 METs 값과의 Bland-Altman 분석결과는 mean difference  $0.18 \pm 1.57$ , upper and lower limit of agreements는 0.99와 -0.62로 나타났으며, 기존의 아동 METs 값과 비교한 결과는 mean difference  $0.28 \pm 1.49$ , upper and lower limit of agreements는 1.05와 -0.48로 나타났다. ICC (interclass correlation coefficient)를 통한 일치도 분석결과 성인의 METs 값 및 기존 아동의 METs 값이 각각 0.815 및 0.837로 기존의 아동 METs 값과의 일치도가 더 높은 것

**Table 3.** Mean  $VO_2$  (mL/kg/min), energy expenditure (kcal/kg/h) and metabolic equivalents (METs) of 18 activities in elementary school children

Activity	$VO_2$ (mL/kg/min)	Energy expenditure (kcal/kg/h)	Mean METs	
Rest	$5.41 \pm 0.89^{1)}$	$1.44 \pm 0.17$	$1.5 \pm 0.4$	
Light physical activity ( $\leq 2.99$ METs) <sup>2)</sup>	Homework/reading	$5.66 \pm 1.77$	$1.6 \pm 0.3$	
	Video games, sitting	$6.05 \pm 1.15$	$1.74 \pm 0.34$	$1.6 \pm 0.5$
	Television viewing, sitting	$5.81 \pm 1.71$	$1.57 \pm 0.27$	$1.7 \pm 0.5$
	Video games, standing	$6.16 \pm 1.73$	$1.60 \pm 0.25$	$1.9 \pm 0.6$
	Sweeping	$8.83 \pm 3.41$	$2.52 \pm 0.91$	$2.7 \pm 1.1$
	Board games	$9.77 \pm 7.65$	$2.69 \pm 2.50$	$2.8 \pm 2.2$
	Moderate intensity physical activity (3.0~6.0 METs) <sup>2)</sup>	Vacuuming	$10.57 \pm 0.71$	$3.00 \pm 0.18$
Dodge ball game		$12.64 \pm 3.03$	$3.63 \pm 0.94$	$3.6 \pm 0.9$
Shoveling		$12.60 \pm 2.35$	$3.61 \pm 0.63$	$3.8 \pm 0.4$
Stair climbing		$13.27 \pm 4.74$	$3.89 \pm 1.39$	$3.8 \pm 1.3$
Basketball-shooting hoops		$15.31 \pm 5.19$	$4.55 \pm 1.45$	$4.4 \pm 1.5$
Rope skipping		$16.14 \pm 10.23$	$3.67 \pm 1.83$	$4.6 \pm 2.6$
Stretching		$16.63 \pm 8.40$	$4.97 \pm 2.41$	$4.7 \pm 2.3$
Slow walking		$17.10 \pm 9.00$	$4.58 \pm 1.90$	$4.8 \pm 2.6$
Badminton		$16.85 \pm 3.65$	$4.81 \pm 1.03$	$4.8 \pm 1.0$
Vigorous intensity physical activity ( $> 6.0$ METs) <sup>2)</sup>	Brisk walking	$22.39 \pm 5.30$	$6.74 \pm 1.89$	$6.6 \pm 1.7$
	Running	$23.33 \pm 4.96$	$7.23 \pm 1.54$	$6.7 \pm 1.5$

1) Mean  $\pm$  SD 2) Classification of physical activity intensity: FAO/WHO/UNU (1985)

**Table 4.** Comparison of energy cost values for 18 activities of measured child METs, FAO/WHO/UNU child METs, compendium child METs and compendium adult METs

Activity	METs			
	Measured in this study	FAO/WHO/UNU Child <sup>1)</sup>	Compendium Child <sup>2)</sup>	Compendium Adult <sup>3)</sup>
Rest	1.5	1.5	1.2	1.0
Board games	2.8	1.5	1.6	1.5
Homework/reading	1.6	1.5	1.3	1.0
Television viewing, sitting	1.7	1.5	1.2	1.0
Video games, sitting	1.6	1.4	1.5	2.3
Video games, standing	1.9	1.5		3.8
Sweeping	2.7	2.2	3.6	3.3
Vacuuming	3.0	2.2	4.2	3.5
Shoveling	3.8	6.0	4.3	5.0
Stretching	4.7	1.5	2.5	2.5
Rope skipping	4.6	6.0	8.3	8.0
Stair climbing	3.8	6.0	5.3	4.0
Slow walking	4.8	3.1	3.6	3.0
Brisk walking	6.6		5.6	4.3
Running	6.6		7.7	8.3
Badminton	4.8		4.5	5.5
Dodge ball game	3.6		3.8	
Basketball-shooting hoops	4.4	6.0	7.2	6.0

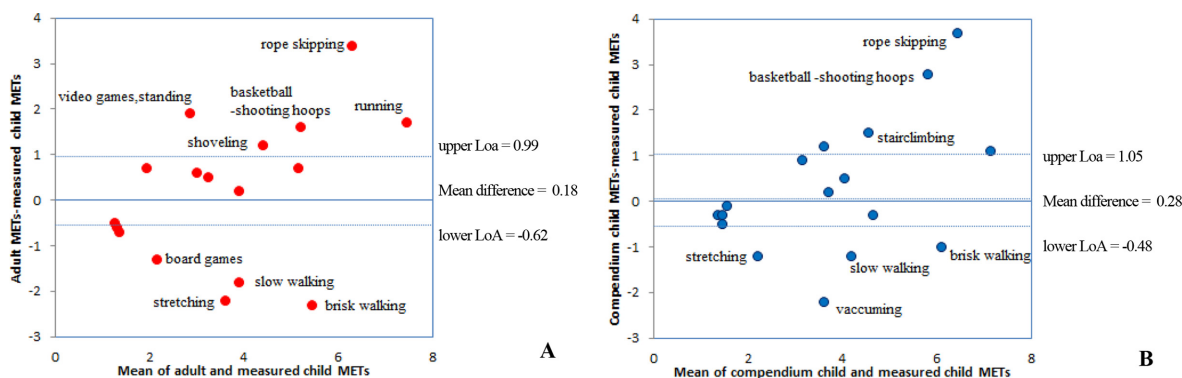
1) FAO/WHO/UNU (1985) 2) Compendium Child METs by Ridley and Olds (2008) 3) Compendium Adult of Ainsworth et al. (2011)

**Table 5.** Comparison with measured child METs in this study and compendium adult METs and child METs

Comparison with measured child METs	Mean difference	Upper LoA <sup>1)</sup>	Lower LoA	ICC <sup>2)</sup>
Compendium Adult (2011)	0.18 ± 1.57 <sup>3)</sup>	0.99	-0.62	0.815
Compendium Child (2008)	0.28 ± 1.49	1.05	-0.48	0.837
FAO/WHO/UNU child (1985)	-0.07 ± 1.52	0.81	-0.95	0.747

No significant difference as determined by paired t-test

1) LoA; limit of agreements 2) ICC; interclass correlation coefficient 3) Mean ± SD



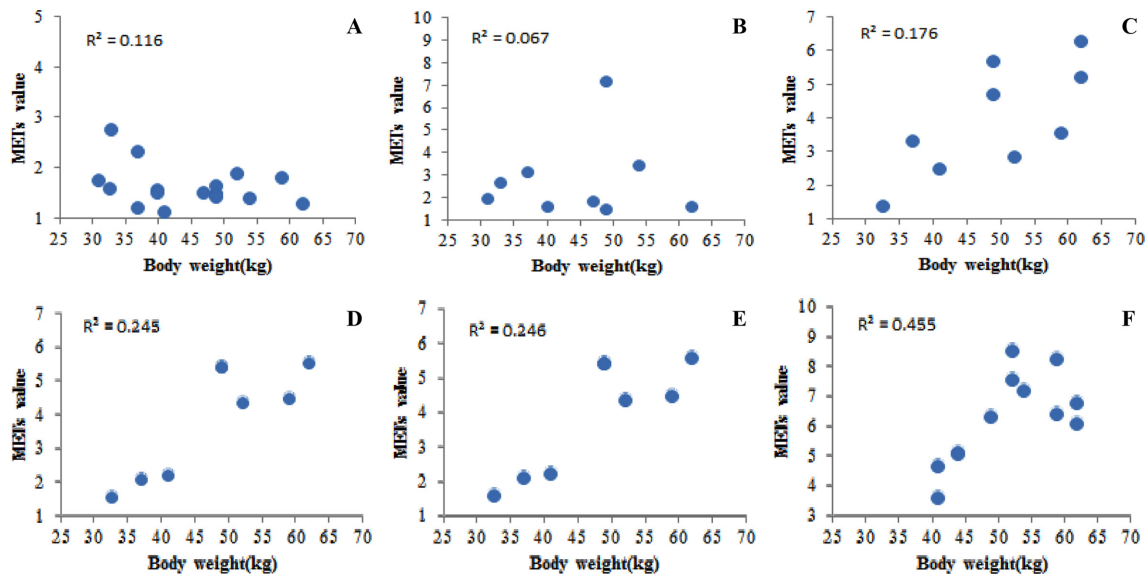
**Fig. 1.** Bland-Altman plot (mean difference and limit of agreement) of measured child METs in this study and compendium adult METs (2011) and child METs (2008). Selected activities with the greatest discrepancies in METs are labeled (A: comparison with compendium adult, B: comparison with compendium child).

으로 나타났다. 또한 Fig. 1에서 나타난 바와 같이, 18가지 신체활동 중 줄넘기, 농구 슈팅, 앉아서 게임하기, 달리기 및 삼절하기는 성인의 METs 값<sup>21</sup> 과 비교하여 과대평가되는 경향이 있었으며, 보드게임, 천천히 걷기, 스트레칭, 빨

리 걷기는 과소평가되는 경향이 있었다.

**체중이 에너지소비량에 미치는 영향**

체중이 신체활동에 따른 에너지소비량에 미치는 영향을



**Fig. 2.** Scatter plot of the relationship between body weight and the METs value of 18 activities. A simple linear regression was performed to determine the predictive capability ( $R^2$ ) of body weight for the METs value for each activity (A: video game, sitting, B: sweeping, C: stair climbing, D: shoveling, E: slow walking, F: running).

살펴본 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 앉아서 게임하기 (METs 1.6), 빗자루로 방쓸기 (METs 2.7), 계단오르내리기 (METs 3.8), 삽질하기 (METs 3.8), 천천히 걷기 (METs 4.8) 및 달리기 (METs 6.6)에서  $R^2$ 값이 각각 0.116, 0.067, 0.176, 0.245, 0.246 및 0.455로 증가하였으며, 활동 강도가 높을수록 METs 값에 대한 체중의 설명력이 증가함을 알 수 있었다.

## 고 찰

본 연구는 만 9~12세의 초등학생 총 20명 (남아 11명, 여아 9명)을 대상으로 일상생활에서의 대표적인 신체활동에 따른 에너지소비량 측정을 통하여 산출된 METs 값을 성인의 METs 값 및 아동을 대상으로 측정된 타연구<sup>12,14,15,22,24</sup>의 다양한 METs 값과 비교해보고, 체중이 METs 값에 미치는 영향을 분석해보고자 하였다.

신체활동에 따른 METs 값을 FAO/WHO/UNU<sup>23</sup>에서 제시한 아동의 METs 값, Ridley와 Olds<sup>15</sup>의 연구에서 산출된 아동의 METs 값 및 성인의 METs 값<sup>22</sup>과 비교한 결과를 살펴보면 (Table 4), 아동의 경우 휴식 시 METs 값이 1.5 METs로 성인의 휴식 시 METs 값 1.0 METs와 비교하여 높게 나타났으며, 이러한 결과는 아동을 대상으로 측정된 FAO/WHO/UNU<sup>23</sup>의 METs 값 (1.5 METs)과 일치하는 결과를 보였다. 또한 6~17세의 소아청소년의 에너지 cost에 관한 선행연구들의 문헌고찰을 수행한 Ridley와 Olds<sup>15</sup>의 연구에서도 아동의 휴식 시 에너지 소비량 (1.2 METs)이 성

인과 비교하여 더 높다고 밝힌 바 있다. 그러나 Ridley와 Olds<sup>15</sup>의 연구는 만 6~17세의 소아청소년 (평균연령 13세)을 대상으로 산출된 값으로 사춘기 이전의 아동 (평균연령 10.4세)을 대상으로 한 본 연구결과보다는 낮게 나타났다.

성인의 신체활동에 따른 에너지 소비량을 산출하기 위해서 Ainsworth 등<sup>22</sup>은 성인의 METs Compendium을 발표하였으며, 현재 널리 사용되고 있다. 한편 아동의 신체활동에 따른 에너지 소비량은 성인의 METs 값에 기초하여 다양한 방법들이 사용되어왔다. Ainsworth 등<sup>22</sup>은 특정 신체활동에 따른 에너지 소비량을 휴식대사량으로 나눈 metabolic rate의 비율을 이용한 Metabolic equivalent (MET) 단위를 사용하여 성인의 일상적인 생활, 여가, 휴식 및 직업과 관련된 많은 신체활동의 강도와 단계를 명시하였으며, 이를 METs 값으로 상세화하였다. 1 MET는 조용히 앉아서 휴식하는 동안의 에너지소비량으로 정의되는데, 그것은 성인에서 평균 산소섭취량 3.5 mL/kg/min 혹은 1 kcal/kg/h (4.186 kJ/kg/h)에 해당한다. METs 값은 신체활동에 따른 에너지소비량을 분류하기 위해 사용될 뿐만 아니라 활동 패턴을 상세화하고 활동일기, 회상법 및 관찰법에 의한 활동 자료로부터 일일 총 에너지소비량을 평가하기 위해 사용되고 있다. 개인의 신체활동에 따른 에너지소비량은 활동별 METs 값을 개인의 실측 혹은 예측 휴식대사량에 곱한 값으로 산출하며, 일일 총 에너지소비량을 평가하기 위해서는 24시간 동안 수행된 각각의 활동에 대한 에너지소비량이 계산되고, 계산된 에너지소비량의 합은 개인의 일일 총 에너지소비량의 결과로 제

공 된다.<sup>14</sup>

MET의 개념은 Dill의 초기 연구<sup>24</sup>에서 처음 사용되었는데, Dill<sup>24</sup>은 MET를 metabolism/rest metabolism의 비로 정의하였다. 그러나, 1 MET에 해당하는 특정 값 3.5 mL·O<sub>2</sub>/kg/min에 대한 설명은 정확하지 않다.<sup>12</sup> 그럼에도 불구하고, 이 값은 성인에서 일반적으로 수용되어 사용되고 있다.<sup>19</sup> 그러나, 현재 아동에 있어서 신체활동에 따른 에너지 cost를 부과하기 위해 이용 가능한 데이터는 매우 제한적이다. 결과적으로 성인의 METs 값이 아동의 총 에너지소비를 평가하는데 동일하게 이용되기도 하는데, 성인과 15세 미만의 아동 간의 신체활동에 따른 에너지 소비량에 차이가 있음이 보고되고 있어<sup>13</sup> 이러한 접근 방법은 부정확한 방법으로 평가된다. 또한 8~18세의 소아청소년 195명을 대상으로 한 Harrell 등<sup>12</sup>은 이중표식수를 이용한 결과를 토대로 아동의 신체 활동에 에너지소비를 부과하기 위해 1 MET에 성인과 동일한 신체활동 METs 값, 3.5 mL/kg/min (1 kcal/kg/h)을 사용하게 되면, 아동의 에너지 소비량을 과소평가하게 된다고 밝혔다. 또한 사춘기 이전과 사춘기의 남녀 학생 60명을 대상으로 한 Roemmich 등<sup>25</sup>의 연구에서도 15~16세 미만의 아동은 성인보다 더 높은 METs 값을 가진 반면, 15세 이상의 연령대에서는 성인의 METs 값과 유사한 결과를 보였다. 본 연구 결과에서도 1 MET에 해당하는 휴식시의 VO<sub>2</sub>, 에너지소비량 및 METs 값은 각각 5.41 mL/kg/min, 1.44 kcal/kg/h 및 1.5 METs로 나타나 성인의 3.5 mL/kg/min, 1 kcal/kg/h 및 1.0 METs보다 높은 값을 보였다.

따라서, 아동의 신체활동에 따른 에너지소비를 평가하는 경우, 성인을 대상으로 측정된 METs 값을 동일하게 적용한다면, 아동의 일일 총 에너지소비는 과소평가 될 수 있을 것이다. 예를 들어, 활동일기 혹은 회상법을 이용하여 신체활동을 평가하고자 하는 경우, 체중 35 kg의 9세 아동이 하루 동안의 활동량이 총 40 METs·h이고, 휴식 시 Metabolic equivalent가 1.44 kcal/kg/h라 가정하면, 이 아동의 일일 총 에너지 소비량은 35 kg × 1.44 kcal/kg/h × 40 METs·h = 2016 kcal/day이다. 그러나, 현재 널리 사용되고 있는 신체활동의 Compendium에 나타나 있는 1 kcal/kg/h의 성인 값을 이용한다면, 그 결과는 1,400 kcal/day (35 kg × 1 kcal/kg/h × 40 METs·h)로 나타나 결국 이 아동의 일일 총 에너지소비를 30% 정도 과소평가하게 된다.

본 연구 결과와 성인 METs 값 및 아동에게 부과되는 다양한 METs 값을 비교하기 위해 Bland-Altman 분석법을 이용하였다 (Table 5 및 Fig. 1). 성인의 METs 값과 비교하여 분석한 결과를 살펴보면, mean difference 0.18, upper and lower LoA 0.99 and -0.62로 나타났으며, 기존의 아동

METs 값과의 Bland-Altman 분석결과는 mean difference 0.28, upper and lower LoA 1.05 and -0.48로 나타났다. 18가지 신체활동 중 줄넘기, 농구 슛팅, 앉아서 게임하기, 달리기 및 사질하기는 성인과 비교하여 과대평가되는 경향이 있었으며, 보드게임, 천천히 걷기, 스트레칭, 빨리 걷기는 과소평가되는 경향이 있었다.

Ridley와 Olds<sup>15</sup>는 아동이 성인과 같거나 유사한 신체활동, 특히, 움직임이 있는 신체활동을 수행할 때 아동의 산소소비량 (VO<sub>2</sub>) 혹은 단위체중당 에너지소비량이 성인과 비교하여 더 크게 증가하였는데, 그 이유는 바로 아동의 걸음걸이나 행동이 성인과 비교하여 비효율적이기 때문이라고 밝혔다. 반면, 달리기와 걷기에서의 산소소비량은 다른 활동에 비해서 비교적 성인과 유사한 값을 나타냈는데, 이는 아동의 경우, 달리기와 걷기는 빈번하게 수행하는 활동으로 성인의 일상생활에서의 다른 활동 (예를 들면, 가사관련일)보다는 비교적 더 효율적으로 활동하기 때문이다.<sup>16,25,26</sup> 즉, 다시 말하면, 성인의 활동에 맞추어 디자인된 주변의 여러 도구들에 있어서 높이, 장비나 가구 크기 및 손잡이 등이 아동들에게는 더 크고 무거운 것이며 따라서 이들과 관련된 활동을 할 때, 아동은 더 높이 또는 더 멀리 손동작을 해야 하므로 성인과 비교하여 신체활동에 따른 산소소비량 및 에너지소비량은 더 크게 나타난다. 본 연구에서도 성인 METs 값과의 ICC (interclass correlation coefficient)를 통한 METs 값의 일치도 분석결과 성인의 값 (0.815)보다는 기존의 아동 METs 값 (0.837)과의 일치도가 더 높은 것으로 나타났다.

Ridley와 Olds<sup>15</sup>에 따르면 아동의 일상생활에서 자주 행해지지 않는 특별한 신체활동의 에너지소비량은 성인과 비교하여 과소 혹은 과대평가 될 수 있으며, 평균 1.5 METs 이상의 차이를 보인다고 밝혔다. 예를 들어, 성인의 METs 값을 그대로 아동에게 사용할 경우, 롤러블레이딩, 에어로빅, 라크로스 및 크리켓의 에너지 cost는 각각 +6.0 METs, +2.3 METs, +1.6 METs, +1.5 METs 만큼 과대평가하는 반면, 볼링, 축구, 테이블 먼지떨기 및 계단오르기는 각각 -1.8 METs, -1.7 METs, -1.7 METs, -1.5 METs 만큼 과소평가되었다.<sup>15</sup> 다시 말하면, 아동에게 신체활동에 따른 에너지 cost를 부과하기 위해 성인 METs 값을 사용하였을 때, 다양한 강도에서 행해지는 걷기와 달리기를 포함한 스포츠 활동 및 가사일을 하는데 걸리는 시간 등을 고려한다면, 성인의 METs 값을 사용하는 것은 부정확한 결과를 가져온다. 또한 성인에게 부과된 METs 값은 활동 강도와 방법에서 차이가 있는데, 예를 들어 롤러블레이딩의 METs 값은 아동을 대상으로 한 연구에서보다 성인의 연구에서 더 빠른 스피드를 기준으로 하고 있다. 따라서 신체



활동에 따른 강도는 성인과 아동에서 차이가 있으므로 아동에게 에너지 cost를 부과하기 위해 성인의 값을 동일하게 적용하는 것은 곤란하다.

휴식대사랑 및 신체활동에 따른 에너지소비량은 성숙단계와 연령 및 인종에 따라 다양하다. 성숙 단계에 관한 Harrell 등<sup>12</sup>의 연구에서는 휴식 시 에너지 소비량은 사춘기 이후의 소아청소년보다 사춘기 이전의 소아청소년에서 더 높은 값을 보였으며, 특히 15세 이상의 여아와 16세 이상의 남아에서는 성인의 값과 비슷한 값을 나타내었다. 이는 휴식 시 에너지소비량이 사춘기 이전의 아동에서 더 높다는 Roemmich 등<sup>25</sup>의 연구 결과와도 유사하였다. 또한 인종에 따른 차이를 고려하여야 하는데, 예를 들어 아프리카 아메리카인은 특히 여성에서, 백인 여성보다 일찍 성숙하기 때문에 신체활동에 따른 에너지소비량을 평가하고자 할 때, 대상자의 성숙 단계를 고려하여 비교 평가하는 것이 바람직하다.<sup>28</sup> 그러나, 체중은 몸을 움직이는 신체활동에 따른 에너지 소비량과 절대적인 관련이 있음에도 불구하고, 신체활동의 METs 값에 있어서 체중의 영향력은 폭넓게 연구되지 못하고 있다.<sup>14</sup> 이에 본 연구에서는 체중이 신체활동에 따른 에너지 소비량에 미치는 영향을 분석해보고자 하였다.

18가지의 신체활동을 METs 값을 기준으로<sup>23</sup> 가벼운 활동 (2.99 METs 이하), 중간강도 활동 (3.0-5.99 METs) 및 고강도 활동 (6 METs 이상)으로 분류하여, 활동 강도에 따른 신체활동을 4가지 선정하여 비교하였다 (Fig. 2). 가벼운 활동에 속하는 앉아서 게임하기 (METs 1.6), 중간강도의 활동에 속하는 계단오르내리기 (METs 3.8) 및 천천히 걷기 (METs 4.8), 그리고 고강도의 활동에 속하는 달리기 (METs 6.6)에서 R<sup>2</sup> 값이 각각 0.116, 0.176, 0.246 및 0.455로 증가하여, 활동 강도가 높을수록 METs 값에 대한 체중의 설명력이 증가함을 알 수 있었다. 12세의 여아를 대상으로 걷기활동을 측정하는 Spadano 등<sup>14</sup>의 연구에서도 체중은 METs 값을 예측하는 중요한 변수로 밝혀진 바 있다. 이러한 결과는 사춘기 이전의 아동을 대상으로 동일하게 주어진 스피드로 걷기와 달리기를 시행하였을 때, METs 값은 비만 아동 그룹이 비만하지 않은 아동 그룹보다 유의하게 더 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 걷기의 강도가 증가할수록 체중의 예측 능력이 있다고 밝힌 Maffei 등<sup>29</sup>의 연구 결과와도 일치한다. 따라서 METs 값을 사용하여 일일 총 에너지소비량을 평가하고자 하는 경우, 체중에 의한 차이가 고려되어야 할 것이다. 그러나, 본 연구는 대상자의 수 및 연령범위 등의 제한점이 있어, 본 연구 결과를 일반화하기에는 다소 부족한 부분이 있다. 또한 연구결과는 체중의 영향력이 큰 걷기나 달리기 등의 신체활동 결과를 비

교하였으므로, 추후 연구에서는 보다 다양한 그룹을 대상으로 상체의 움직임을 사용하는 여러 가지 활동을 포함한 연구가 이루어져야 할 것이다.

그 밖에도 본 연구에는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째는 측정된 신체활동의 수가 비교적 적다는 것이다 (n = 18가지, 휴식을 포함하여). 그러나 본 연구에서 측정된 활동들은 초등학생에서 일상적으로 많이 수행되는 활동이며, 각각의 활동은 엄격한 프로토콜을 적용하여 에너지 소비량을 정확하게 측정하고자 하였다. Ainsworth 등<sup>22</sup>는 600여 가지의 신체활동을 포함하고 있는데, 기존의 신체활동 관련 연구에서 측정된 활동과 Ainsworth 등<sup>22</sup>의 신체활동 Compendium에서 포함하고 있는 활동을 비교하여 정확하게 일치한 결과를 구하기는 어렵다. Compendium 목록 중 계단 오르기 항목을 예로 든다면, 계단 내려가기 (#17070, 3.0 METs)부터 천천히 계단 오르기 (#17133, 4.0 METs), 빠르게 계단 오르기 (#17134, 8.8 METs) 등 다양하게 구성되어 있는데, 본 연구에서는 걸어서 계단을 올라가고 내려오는 활동 (3.8 METs)을 측정하였다. 또한 줄넘기도 넘는 속도에 따라서 slow (#15551, 8 METs) 혹은 moderate (#15552, 10 METs)로 매우 다양하다. 본 연구에서는 연구 대상자의 나이가 어린 점을 고려하여 아동들의 줄넘기 속도를 각자의 페이스대로 조절하도록 하였으며, moderate보다는 천천히 쉬지 않고 하도록 즉, slow에 더 가깝도록 디자인하였다. 더욱이, 피구 같은 스포츠 게임은 Compendium 활동 목록에는 없었으나, 학교 스포츠클럽이나 체육 수업 시간에 많이 수행되는 활동이므로 본 연구에 포함하여 직접 측정하였다. 또한 신체활동의 측정 프로토콜이 얼마나 정확히 일치하는지에 따라서 동일한 아동을 대상으로 한 연구일지라도 에너지 cost가 다르게 측정될 수 있다. 따라서 본 연구 결과는 아동의 신체활동에 따른 에너지 cost를 적용하고자 하는 경우, 대상자의 연령 및 본 연구에서 측정된 신체활동 프로토콜과 일치하는지를 면밀히 검토하여 적용해야 할 것이다. 둘째, 연구대상자의 수와 범위가 비교적 좁다는 것이다. 따라서 초등학생의 신체활동에 따른 에너지소비량의 측정값을 대표하기에는 부족한 부분이 있으므로 추후 연구에서는 대상자 수의 충분한 확보 및 신체활동에 따른 에너지소비량의 정확도를 확인하는 과정이 반드시 포함되어야 할 것이다.

그러나 국내에서 실제로 아동 (초등학생)을 대상으로 생활에서의 다빈도 신체활동의 에너지 소비량을 직접 측정하는 연구는 전무한 실정으로, 이는 이와 같은 연구방법을 아동에게 적용하는데 현실적인 어려움이 많기 때문이다. 실제로 본 연구는 15세 미만의 아동을 대상으로 총 18가지의 신체활동을 수행하는데 있어 1인당 평균 3시간 이상이

소요되었으며, 긴 시간동안 마스크를 낀 상태에서 대상자를 엄격히 통제하는데 상당한 어려움이 있었다. 이에 연구에 앞서 대상아동의 낀 측정 기구에 대한 두려움을 없애고 보다 정확한 연구결과를 도출하기 위해 연구보조원이 마스크를 쓰고 함께 활동하였으며 대상자가 기기와 연구 환경에 친숙해지도록 최대한 배려하였다.

따라서 추후 연구에서는 더 많은 수의 아동을 대상으로 에너지 소비량을 조사해야하며, 비만아동과 정상체중 아동 등 다양한 그룹에 걸쳐서 METs 값의 변화정도를 확인하는 것이 필요할 것이다. 분명한 것은, 더 넓은 범위의 그룹, 다양한 연령, 인종 및 신체조성에 따른 신체활동의 에너지 cost에 대한 더 많은 연구가 필요하며, 측정하고자 하는 신체활동의 종류 및 폭이 넓어질 필요가 있다. 특히, 아동들이 주로 하는 스포츠나 playground games에 대해서는 자료가 매우 한정적이다. 또한 이러한 활동의 대부분은 성인의 자료에서도 놓치고 있어, 본 연구에서 제공된 데이터는 아동의 신체활동의 Compendium 연구에 기초자료로 제공될 수 있을 것이다.

또한 아동의 신체활동을 간단하고 손쉽게 평가하기 위해서 요인가산법에 의한 활동일기를 이용한 방법이 널리 사용되고 있다.<sup>30-34</sup> 그러나, 현재 아동연구에서 사용하고 있는 활동분류표는 1985년 일본인 영양소요량 5차 자료를 토대로 한국 성인의 활동을 재분류한 활동분류표를 참고로 하고 있으며, 활동단계별 에너지소비량 값 (기초대사량에 대한 배수, PAR, physical activity ratio), 즉 METs 값을 적용하고 있으나, 이 값 역시 성인을 대상으로 하고 있어 아동의 신체활동량을 평가하기에는 제한점이 있다. 따라서 본 연구결과는 초등학생의 신체활동에 따른 에너지소비량을 직접 측정하여 평가하였다는데 큰 의의가 있으며, 본 연구결과를 기초로 기존의 활동분류표를 아동에게 적합한 형태로 수정 보완하는데, 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

## 요 약

본 연구는 만 9~12세의 초등학생 총 20명(남아 11명, 여아 9명)을 대상으로 18가지의 일상생활에서의 대표적인 신체활동에 따른 에너지소비량을 측정하여, 아동의 일상생활에서 수행하는 신체활동에 따른 에너지소비량을 평가하고, 체중이 METs 값에 미치는 영향을 분석해보았다.

1. 연구대상자의 평균연령은  $10.4 \pm 0.6$ 세였으며, 평균 신장 및 체중은  $145.1 \pm 8.5$  cm 및  $43.6 \pm 10.3$  kg 이었다. 대상자의 허리둘레는 남아와 여아 각각  $73.6 \pm 9.6$  cm 및  $63.5 \pm 7.1$  cm로 남녀 간의 유의한 차이를 보였다 ( $p < 0.05$ ).

2. 연구대상자의 휴식 시 산소소비량 ( $VO_2$ ), 에너지소비량 및 METs 값은 각각  $5.41 \pm 0.89$  mL/kg/min,  $1.44 \pm 0.17$  kcal/kg/h 및  $1.5 \pm 0.4$  METs로 나타났다.

3. 18가지의 신체활동에 따른 METs 값은 앉아서 숙제하기 및 책읽기 ( $1.6 \pm 0.3$  METs), 앉아서 비디오 혹은 핸드폰으로 게임하기 ( $1.6 \pm 0.5$  METs), 앉아서 텔레비전 시청하기 ( $1.7 \pm 0.5$  METs), 서서 비디오 혹은 핸드폰으로 게임하기 ( $1.9 \pm 0.6$  METs), 빗자루로 방 쓸기 ( $2.7 \pm 1.1$  METs) 및 보드게임 ( $2.8 \pm 2.2$  METs)이 가벼운 신체활동에 속하였으며, 진공청소기로 청소하기 ( $3.0 \pm 0.2$  METs), 피구 ( $3.6 \pm 0.9$  METs), 삽질하기 ( $3.8 \pm 0.4$  METs), 계단오르내리기 ( $3.8 \pm 1.3$  METs), 농구 슛팅 ( $4.4 \pm 1.5$  METs), 줄넘기 ( $4.6 \pm 2.6$  METs), 음악에 맞추어 스트레칭 ( $4.7 \pm 2.3$  METs), 천천히 걷기 ( $4.8 \pm 2.6$  METs) 및 배드민턴 ( $4.8 \pm 1.0$  METs)의 활동이 중간강도의 신체활동에 속하였다. 빨리 걷기 및 달리기는 각각  $6.6 \pm 1.7$  및  $6.7 \pm 1.5$  METs로 6.0 METs 이상의 고강도 신체활동에 속하는 것으로 나타났다.

4. 본 연구결과를 성인 METs 값 및 기준에 보고된 아동 METs 값과 비교하기 위하여 Bland-Altman 분석을 실시한 결과 각각 mean difference  $0.18 \pm 1.57$ , upper and lower limit of agreement 0.99 and -0.62 및 mean difference  $0.28 \pm 1.49$ , upper and lower limit of agreement 1.05 and -0.48로 나타났으며, ICC (interclass correlation coefficient)를 통한 일치도 분석결과는 각각 0.815 및 0.837로 성인의 METs 값보다는 기준에 보고된 아동 METs 값과의 일치도가 더 높은 것으로 나타났다.

5. 체중이 신체활동에 따른 에너지소비량에 미치는 영향을 살펴본 결과, 앉아서 게임하기 (METs 1.6), 계단오르내리기 (METs 3.8), 천천히 걷기 (METs 4.8) 및 달리기 (METs 6.6)에서  $R^2$ 값이 각각 0.116, 0.176, 0.246 및 0.455로 증가하였으며, 활동 강도가 높을수록 체중이 METs 값에 대한 설명력이 증가함을 알 수 있었다.

신체활동은 건강증진 및 질병예방에 중요한 역할을 하며, 특히, 일상생활에서 신체활동을 증진시키는 것은 많은 질병에 있어 최선의 예방책 가운데 필수적인 요소이다. 이러한 면에서 영양 및 운동처방의 목표에 정확하게 도달하기 위해서는 에너지소비량, 특히, 일상생활에서의 신체활동이 정확하게 평가되어야한다. 결론적으로, 신체활동에 따른 에너지소비량을 평가하기 위해 성인의 데이터가 존재할지라도 아동들의 일상적인 활동에 대한 에너지 cost 자료는 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 초등학생의 신체활동에 따른 에너지소비량에 대한 데이터를 직접 측정하여 평가하였다는데 큰 의의가 있으며, 추후 연구에서

는 더 넓은 범위의 그룹 및 다양한 연령대의 아동을 대상으로 한 연구가 이루어져야 할 것이다.

## References

- Lobstein T, Baur L, Uauy R; IASO International Obesity Task-Force. Obesity in children and young people: a crisis in public health. *Obes Rev* 2004; 5 Suppl 1: 4-104.
- Park KH. Measurement of physical activity and fitness in children. *Proceedings of the 2004 Spring Meeting of Korean Society for Health Promotion and Disease Prevention*; 2004 May 9; Seoul. Seoul: Korean Society for Health Promotion and Disease Prevention; 2004. p.S76-S82.
- U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention. *Morbidity and Mortality Weekly Report*. March 7, 1997/Vol. 46/No. RR-6. Guidelines for school and community programs to promote lifelong physical activity among young people [Internet]. Atlanta (GA): Centers for Disease Control and Prevention; 1997 [cited 2015 Jan 6]. Available from: <http://www.cdc.gov/mmwr/PDF/rr/rr4606.pdf>.
- Owen OE, Kavle 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.
- An YD. A study on physical activity for one week in elementary school boys. *J Korea Sport Res* 2007; 18(2): 545-556.
- 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): 495-501.
- 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.
- 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.
- Koo JC, Park MH. The correlation between body composition and basic physical strength of high school students by bioelectrical impedance. *J Learn Cent Curric Instr* 2010; 10(2): 35-48.
- 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.
- Westerterp KR. Assessment of physical activity level in relation to obesity: current evidence and research issues. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31(11 Suppl): S522-S525.
- Harrell JS, McMurray RG, Baggett CD, Pennell ML, Pearce PF, Bangdiwala SI. Energy costs of physical activities in children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37(2): 329-336.
- Torun B. Energy cost of various physical activities in healthy children. In: Schurch B, Scrimshaw NS, editors. *Activity, Energy Expenditure and Energy Requirements of Infants and Children*. Lausanne: International Dietary Energy Consultancy Group; 1990. p.139-183.
- Spadano JL, Must A, Bandini LG, Dallal GE, Dietz WH. Energy cost of physical activities in 12-y-old girls: MET values and the influence of body weight. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2003; 27(12): 1528-1533.
- Ridley K, Olds TS. Assigning energy costs to activities in children: a review and synthesis. *Med Sci Sports Exerc* 2008; 40(8): 1439-1446.
- Rowland TW, Green GM. Physiological responses to treadmill exercise in females: adult-child differences. *Med Sci Sports Exerc* 1988; 20(5): 474-478.
- Heymsfield SB, McManus C, Smith J, Stevens V, Nixon DW. Anthropometric measurement of muscle mass: revised equations for calculating bone-free arm muscle area. *Am J Clin Nutr* 1982; 36(4): 680-690.
- 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.
- Weir JB. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol* 1949; 109(1-2): 1-9.
- Kim MH, Kim EK. Physical activity level, total daily energy expenditure, and estimated energy expenditure in normal weight and overweight or obese children and adolescents. *Korean J Nutr* 2012; 45(6): 511-521.
- Duffield R, Dawson B, Pinnington HC, Wong P. Accuracy and reliability of a Cosmed K4b2 portable gas analysis system. *J Sci Med Sport* 2004; 7(1): 11-22.
- Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR Jr, Tudor-Locke C, Greer JL, Vezina J, Whitt-Glover MC, Leon AS. 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Med Sci Sports Exerc* 2011; 43(8): 1575-1581.
- Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser* 1985; 724: 1-206.
- Dill DB. The economy of muscular exercise. *Physiol Rev* 1936; 16(2): 263-291.
- Roemmich JN, Clark PA, Walter K, Patrie J, Weltman A, Rogol AD. Pubertal alterations in growth and body composition. V. Energy expenditure, adiposity, and fat distribution. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2000; 279(6): E1426-E1436.
- Ebbeling CJ, Hamill J, Freedson PS, Rowland TW. An examination of efficiency during walking in children and adults. *Pediatr Exerc Sci* 1992; 4(1): 36-49.
- Rowland TW, Auchinachie JA, Keenan TJ, Green GM. Physiologic responses to treadmill running in adult and prepubertal males. *Int J Sports Med* 1987; 8(4): 292-297.
- Morrison JA, Barton B, Biro FM, Sprecher DL, Falkner F, Obarzanek E. Sexual maturation and obesity in 9- and 10-year-old black and white girls: the National Heart, Lung, and Blood Institute Growth and Health Study. *J Pediatr* 1994; 124(6): 889-895.
- Maffei C, Schutz Y, Schena F, Zaffanello M, Pinelli L. Energy expenditure during walking and running in obese and nonobese prepubertal children. *J Pediatr* 1993; 123(2): 193-199.
- 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.

31. 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.
32. 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.
33. 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.
34. 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.