J Nutr Health. 2023 Feb;56(1):35-53
https://doi.org/10.4163/jnh.2023.56.1.35
eISSN 2288-3959

JNH
Journal of Nutrition and Health

Research Article

Check for updates

한국 소아청소년을 위한 신체활동분류표의 타당도 평가 및 이를 이용한 일일 총에너지소비량, 에너지필요추정량과 신체활동 평가

곽지연 [1], **김명희** [1], **박종훈** [2], **Kazuko Ishikawa-Takata** [3], **김은경** [1]

[1]강릉원주대학교 식품영양학과
[2]고려대학교 체육교육학과
[3]일본동경농업대학 영양과학과

OPEN ACCESS

Received: Jan 12, 2023
Revised: Feb 6, 2023
Accepted: Feb 13, 2023
Published online: Feb 22, 2023

Correspondence to
Eun-Kyung Kim
Department of Food and Nutrition, Gangneung-Wonju National University, 7 Jukheon-gil, Gangneung 25457, Korea.
Email: ekkim@gwnu.ac.kr

© 2023 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.

ORCID iDs
Ji-Yeon Gwak
https://orcid.org/0000-0002-3624-0810
Myung-Hee Kim
https://orcid.org/0000-0002-9361-8269
Jonghoon Park
https://orcid.org/0000-0002-5994-399X
Kazuko Ishikawa-Takata
https://orcid.org/0000-0003-2995-2956
Eun-Kyung Kim
https://orcid.org/0000-0003-1292-7586

Funding
This work was supported by grants from the National Research Foundation of Korea (2019R1F1A1057685).

Validation of the physical activity classification table for Korean youth and assessment of total energy expenditure, estimated energy requirement and physical activity in Korean children and adolescents

Ji-Yeon Gwak [1], **Myung-Hee Kim** [1], **Jonghoon Park** [2], **Kazuko Ishikawa-Takata** [3], **and Eun-Kyung Kim** [1]

[1]Department of Food and Nutrition, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 25457, Korea
[2]Department of Physical Education, Korea University, Seoul 02841, Korea
[3]Faculty of Applied Bioscience, Tokyo University of Agriculture, Tokyo 1568502, Japan

ABSTRACT

Purpose: The purpose of the first part of this study was to evaluate the validity of the physical activity classification table for youth (Youth-PACT). The second part of this study was aimed at comparing the estimated energy requirement (EER) with the total energy expenditure (TEE) and evaluating the physical activity patterns of Korean children and adolescents.
Methods: The subjects of the first part of the study were 17 children aged 10 to 12 years, and their total energy expenditure (TEE_{DLW}) was measured using the double labeled water (DLW) method. A total of 166 children and adolescents aged 6-18 years participated in the second part of this study. Their resting energy expenditure (REE) was measured using indirect calorimetry and the $TEE_{Youth\text{-}PACT}$ and physical activity level were calculated by applying the Youth-PACT to the physical activity diary prepared by the subjects.
Results: In the first part of this study, there were no significant differences between the

Generated by xmlinkpress

Conflict of Interest
There are no financial or other issues that might lead to conflict of interest.

TEE_{DLW} and the $TEE_{Youth\text{-}PACT}$. The $TEE_{Youth\text{-}PACT}$ accurately predicted TEE_{DLW} in 37.5% of the subjects. In the second part of the study, the rates at which EER accurately predicted $TEE_{Youth\text{-}PACT}$ and overestimated $TEE_{Youth\text{-}PACT}$ were 29.6% and 47.3%, respectively. The time spent based on intensity of physical activity and the physical activity categories which were obtained using Youth-PACT showed different patterns according to sex and age group. Age showed significant positive correlations with REE, TEE, and the time spent in sedentary behavior, but age was significantly negatively correlated with REE/body weight, TEE/body weight, and the time spent in low-intensity and high-intensity activities.
Conclusion: The results of this study showed that the Youth-PACT can be used to evaluate the TEE and PAL of children and adolescents. However, further studies are needed to validate the $TEE_{Youth\text{-}PACT}$ and to set the EER for children and adolescents.

Keywords: children; adolescents; physical activity; energy expenditure; resting energy expenditure

서론

국민건강영양조사에서 보고된 소아청소년의 비만 유병률을 살펴보면 2018년에는 11.6%였으나, 2020년에는 14.8%로 증가 추세이다 [1]. 이처럼 지속적으로 증가하고 있는 소아청소년의 비만은 성인 비만으로 이어질 가능성이 크므로 [2] 그 심각성이 더욱 크다. 비만을 예방하고 관리하기 위해서는 에너지 섭취량과 소비량의 균형을 맞추는 것이 매우 중요하다. 성장기인 소아청소년의 경우, 에너지 섭취량의 감소보다는 신체활동을 통한 에너지 소비량의 증대로 체중을 조절하는 것이 바람직하다 [3].

소아청소년의 규칙적인 신체활동은 성장 및 건강유지에 긍정적인 영향을 주는 것으로 보고되고 있으며 [4,5], 이와 관련하여 신체활동량의 측정과 평가에 관한 연구들 [6-8]이 보고되고 있다. 신체활동량의 평가를 위한 에너지 소비량 측정 방법 중 직접 및 간접 열량측정법은 총에너지소비량을 정확하게 측정할 수 있는 방법이지만 전문적인 시설과 이에 따른 비용이 필요하므로 대규모 연구에 적용하기에는 현실적인 어려움이 많다. 이에 대상자로부터 보다 쉽게 수집할 수 있는 변수를 추정 공식에 대입하여 에너지필요추정량을 계산하는 방법이 주로 사용되고 있다.

2020 한국인 영양소섭취기준 (Dietary Reference Intakes for Korean, KDRIs 2020)에서 제시한 공식을 이용하여 소아청소년의 에너지필요추정량을 산출하려면 대상자의 연령, 성별, 체중, 신장 및 신체활동단계별 계수가 필요하다. 그동안 대부분의 국내 연구 [9,10]에서는 신체활동일기를 이용하여, 신체활동단계별 계수를 결정하기 위해 필요한 신체활동수준 (physical activity level, PAL)을 계산해왔다. 그러나 이때 사용한 신체활동분류표는 통계청 (1999)이 발표한 행동분류표의 소분류활동을 5차 일본인영양소요량의 자료를 토대로 재구성한 18단계 활동분류표 (physical activity classification table by 18 levels, 18-PACT) [11]로 신체활동의 강도보다는 신체활동 중심으로 구성되어 있으며, 활동 내용이 구체적이지 않아 정확한 신체활동의 수준을 평가하는데 제한이 많았다. 특히, 이 분류표는 성인을 대상으로 개발된 것으로 소아청소년의 신체활동량 평가에 사용하기에는 적절하지 않았다. 실제로 Ridley와 Olds [12]에 따르면, 성인과 15세 미만의 소아청소년이 동일한 신체활동을 수행한다고 할지라도 에너

https://doi.org/10.4163/jnh.2023.56.1.35

지소비량 간의 차이가 있음이 보고되었다. 이에 Kim 등 [13]은 각각의 연령대 (6–9세, 10–12세, 13–15세 및 16–18세)별 metabolic equivalents (METs)값을 제시한 미국의 청소년 신체활동 목록과 한국 소아청소년을 대상으로 측정한 신체활동의 에너지소비량 연구 결과들을 이용하여 한국 소아청소년을 위한 신체활동분류표 (physical activity classification table for Korean youth, Youth-PACT)를 보고하였다. 그러나 이를 실제로 에너지소비량 추정 등에 활용하려면, 에너지소비량 측정 방법의 gold standard로 알려져 있는 이중표식수법 (double labeled water, DLW)을 이용한 타당도 평가가 필요하다.

또한 소아청소년은 성인과는 다른 체조성 및 성장에 따른 특수성 등으로 인하여 에너지필요추정량 설정 시, 성인과는 다른 접근법이 필요하다 [3]. 한국인 영양소 섭취기준에서 제시한 소아청소년을 위한 에너지필요추정량 산출식은 성인과는 다르나, 국내에서 이러한 소아청소년을 위한 산출식의 정확도를 평가한 연구는 매우 드물다.

이에 본 연구 1부에서는 이중표식수법을 이용하여 한국의 소아청소년을 위한 신체활동분류표의 타당도를 평가하였다. 2부에서는 1부의 결과를 토대로 초·중·고등학생을 대상으로 소아청소년을 위한 신체활동분류표를 이용하여 도출된 신체활동수준 그리고 이들의 휴식대사량 측정값을 이용하여 일일 총에너지소비량을 산출하여, 한국인 영양소 섭취기준에서 제시한 공식을 이용하여 계산된 에너지필요추정량의 정확도를 평가하고, 이들의 신체활동량을 성별 및 연령대별로 살펴보았다.

연구방법

1부 이중표식수법을 이용한 소아청소년을 위한 신체활동분류표의 타당도 평가

연구대상

본 연구는 강원도 내 초등학생 16명 (남아 6명, 여아 10명)을 대상으로 하였으며, 연구대상자의 참여 조건은 다음과 같다. 1) 이중표식수 실험기간 (8일) 동안 외부 지역으로 이동 계획이 없는 자, 2) 현재 정상체중인 자 (소아청소년 성장 도표의 연령별 체질량지수 기준 95백분위수 미만), 3) 고강도의 활동 (예: 운동선수 등)을 하지 않는 자로 하였다. 연구 시작 전 연구 대상자 및 보호자에게 연구의 내용과 진행과정을 상세히 설명한 후 보호자로부터 동의서를 받고 진행하였다. 한편 본 연구에 대하여 강릉원주대학교의 기관생명윤리위원회 (institutional review board [IRB] of Gangneung-Wonju National University)의 승인 (GWNU-IRB-2013-19)을 받고 진행하였다.

연구방법

신체계측

오차를 최소화하기 위해 가벼운 옷차림을 한 상태에서 자동신장체중계 (BMS 330; Inbody, Seoul, Korea)를 이용하여 신장과 체중을 측정하였다. 측정된 신장과 체중을 이용하여 체질량지수 (body mass index, BMI)를 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{BMI (kg/m}^2\text{)} = \text{Weight (kg)}/[\text{Height (m)}]^2$$

https://doi.org/10.4163/jnh.2023.56.1.35

휴식대사량 측정

간접열량측정계인 가스호흡분석기 (TrueOne2400; Parvo Medics, Salt Lake City, UT, USA)를 이용하여 연구대상자의 휴식대사량 (resting energy expenditure, REE)을 측정하였다. 연구대상자로 하여금 측정 전 4시간 이상 금식하고 24시간 동안 심한 운동을 하지 않도록 사전에 안내하였다. 측정 당일 아침에도 대상자의 신체적 활동을 최대한 자제하도록 하였으며 실험실에 도착하여 30분 이상 앉은 상태에서 안정을 취하게 하였다.

대상자가 침대에 편하게 누운 상태로 캐노피 (canopy)로 얼굴 부위를 덮고 약 20분간 편안하게 호흡하는 동안, 10초 간격으로 측정된 산소 소비량과 이산화탄소 생성량을 아래와 같은 Weir 공식 [14]에 대입하여 휴식대사량을 계산하였다. 이때 20분간 측정값 중에서 측정 시작 후 약 5분동안의 측정값을 제외한 나머지 시간 (약 15분) 동안의 측정값의 평균을 사용하였다.

$$\text{REE (kcal/day)} = [3.941 \times VO_2\ \text{(L/min)} + 1.106 \times VCO_2\ \text{(L/min)}] \times 1{,}440\ \text{(min)}$$

신체활동일기

연구대상자는 사전에 안내받은 대로 배부된 활동기록지 (활동일기)에 이중표식수법 실험기간 중 하루 (24시간) 동안의 시간대별 신체활동의 내용과 소요시간을 직접 기록하였다. 훈련받은 조사자는 연구 대상자와의 개별면담을 통하여 이들이 작성한 신체활동일기를 검토 및 보완하였다.

식사 조사

이중표식수 섭취 실험이 진행되는 8일 중 3일 (주중 이틀, 주말 하루)간 식사조사를 진행하였다. 연구대상자가 부모의 도움을 받아 작성해온 식사일기를 토대로 훈련 받은 영양사가 대상자와의 개별면담을 통하여 전날 하루 동안 섭취한 내용을 24시간 회상법을 이용하여 보완하였다. 한국영양학회에서 개발한 CAN PRO 4.0 (Korean Nutrition Society, Seoul, Korea) 전문가용을 사용하여 연구대상자의 식사조사 자료로부터 이들의 영양소 섭취량 (탄수화물, 단백질 및 지질)을 산출한 후, 이들 값을 토대로 일일 총 에너지소비량 산출을 위한 Weir의 공식 [14]에 필요한 food equation (FQ)값을 계산하였다.

이중표식수법에 의한 에너지소비량 측정

1) 이중표식수의 제조와 섭취

본 연구에 참여하는 대상자의 체중을 고려하여 이중표식수 필요량을 산출하고 이를 제조하였다. 즉, 이중표식수는 연구대상자의 체중 1 kg당, 1.4 g의 $H_2{}^{18}O$ (10% enriched; Taiyo Nippon Sanso, Tokyo, Japan)와 0.06 g의 ^2H_2O (99.9% enriched; Cambridge Isotope Laboratories, Andover, MA, USA)를 혼합하여 제조한 후, 섭취하도록 하였다. 대상자는 컵에 담긴 개인별 이중표식수를 섭취한 후, 추가적으로 제공되는 100 mL의 생수를 이용하여 3회에 걸쳐 입안을 헹구어 이중표식수가 입 안쪽에 남아있지 않도록 하였다.

2) 소변 샘플 채취 및 분석

측정 당일 기상하여 첫 소변을 버린 후 물 1컵을 섭취 후 공복상태로 실험실에 도착하여 베이스라인 (baseline) 소변샘플을 채취하였다. 이중표식수 섭취 후 8일간 총 5회 (베이스라인, 이중표식수 섭취 후 1일, 2일, 7일 및 8일) 소변 샘플을 수집하였다. 베이스라인 소변샘플을 제

https://doi.org/10.4163/jnh.2023.56.1.35

외한 모든 소변샘플은 연구대상자가 사전에 훈련받은 방법대로 각자 개별적으로 채취하도록 하였고 이때 채취 시간을 기록하도록 하였다. 직접 채취한 소변샘플은 제출일까지 냉장고 또는 서늘한 곳에 보관하도록 하였다. 수집된 소변샘플은 –20°C 이하의 냉동고에 보관 후, 동위원소 질량분석기 (Finnigna Delta Plus; Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)로 분석하였다.

3) 이중표식수법에 의한 에너지소비량 산출

이중표식수 섭취 후, 시간의 경과에 따라 채취한 소변샘플들을 분석하여 체내로부터 감소하는 ^{2}H의 1일 배출률 (k_h)와 ^{18}O의 1일 배출률 (k_o)을 구하였다. 이 결과로부터 이산화탄소 생성율 (rate of CO_2 production, rCO_2)을 다음과 같이 계산하였으며, 이때 총 체수분량 (total body water, TBW)은 체중의 60%로 가정하였다 [15].

$$rCO_2\ (mol/day) = 0.4554 \times TBW \times (1.007k_o - 1.041k_h)$$

24시간 회상법을 이용한 식사섭취조사로부터 산출한 FQ값을 Weir의 공식 [14]에 대입하여 일일 총에너지소비량 (total energy expenditure measured by DLW method, TEE_{DLW})을 다음과 같이 계산하였다.

$$TEE_{DLW}\ (kcal/day) = 3.9 \times (rCO_2/FQ) + 1.1 \times (rCO_2)$$

소아청소년을 위한 신체활동분류표를 이용한 자료 분석

신체활동일기에 기록된 각각의 신체활동에 대하여 새로 보고된 소아청소년을 위한 신체활동분류표 (Youth-PACT) 중 해당되는 동일 또는 유사 신체활동과 매칭하여 분석하였다. 즉, 신체활동일기에 기록된 각 활동들을 소아청소년을 위한 신체활동분류표에 따라 14개의 활동유형으로 분류한 후, 각 활동유형내의 매칭되는 신체활동을 모아 소비시간을 계산하였으며, 새로운 신체활동분류표에서 제시한 각 활동별 에너지소비량 값 (대사당량, METs)을 적용하여 일일 평균 PAL을 산출하였다.

$$\text{신체활동수준 (PAL)} = \sum\{\text{각 활동별 에너지소비량 (METs)} \times \text{소요시간 (min)}\}/1{,}440\ (min)$$

일일 총에너지소비량은 세계보건기구 (World Health Organization, WHO)에서 제안한 방법으로, 즉 PAL과 간접열량계로 측정한 REE값을 이용하여 다음과 같이 계산하였다. 이때 신체활동수준은 새로운 소아청소년을 위한 신체활동분류표를 이용하여 계산된 값을 사용하였다.

$$TEE_{Youth\text{-}PACT}\ (kcal/day) = \text{신체활동수준 (PAL)} \times \text{휴식대사량 (REE, kcal/day)}$$

통계처리

본 연구를 통해 얻어진 모든 자료는 IBM SPSS Statistics, version 25.0 Program (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하되, 연구대상 인원을 고려하여 비모수 검정법으로 통계처리하였다. 본 연구에서 조사된 대상자의 신체계측, 휴식대사량, 이중표식수법과 신체활동분류표를 이용하여 측정된 일일 총에너지소비량과 신체활동수준은 평균과 표준편차 (mean ± SD)로 표시하였고, 이들 결과에 대한 성별 간의 비교는 Mann-Whitney U test로, 동일한 성별에서

https://doi.org/10.4163/jnh.2023.56.1.35

이중표식수법과 신체활동분류표를 이용하여 측정된 총에너지소비량과 신체활동수준 간의 유의성 검정은 Wilcoxon's signed-ranks test를 이용하였다.

또한, 신체활동분류표의 정확도를 평가하기 위하여 bias (%), root mean squared prediction error (RMSPE), accurate prediction (%), under prediction (%), over prediction (%)을 계산하였다. RMSPE는 이중표식수법과 신체활동분류표를 이용하여 측정된 일일 총에너지소비량 간의 차이를 절대값으로 표시한 것으로 다음과 같이 계산하였다.

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum(TEE_{PACT} - TEE_{DLW})^2}$$

Accurate prediction (%)은 연구 대상자 중 $TEE_{Youth\text{-}PACT}$ 가 TEE_{DLW}의 90–110%에 해당하는 대상자의 비율이며, 신체활동분류표로 측정한 총에너지소비량이 이중표식수법으로 측정한 총에너지소비량의 110% 이상인 대상자 비율을 over prediction (%), 90% 이하인 대상자 비율을 under prediction (%)로 나타내었다.

2부 신체활동분류표 및 휴식대사량을 이용한 소아청소년의 일일 총에너지소비량과 신체활동 평가

일일 총 에너지소비량을 가장 정확히 측정하는 방법은 이중표식수를 이용하는 방법이나, 이중표식수의 제조 및 분석을 위한 고비용으로 인하여 연구 현장에 실질적으로 적용하기에는 어려움이 있다. 이에 대한 대안으로 세계보건기구에서 제안한 방법 [16], 즉 간접열량계로 측정한 REE에 PAL을 곱하는 방법이 비교적 높은 정확도를 보이는 것으로 알려져 있다.

한편, 1부에서의 이중표식수법을 이용한 한국의 소아청소년을 위한 신체활동분류표의 타당도 평가 결과를 바탕으로 이를 이용하여 소아청소년의 신체활동수준의 산출이 가능하게 되었다. 이에 본 실험실에서 소아청소년을 대상으로 휴식대사량 측정과 함께 신체활동일기를 작성한 연구자료에 대하여 1부에서 타당도가 평가된 소아청소년을 위한 신체활동분류표를 이용하여 이들의 일일 에너지소비량을 산출하여 한국인 영양소 섭취기준에서 제시한 공식으로부터 계산된 에너지필요추정량과 비교해 보고, 이들의 신체활동 패턴을 살펴보고자 하였다.

연구대상

연구대상자는 본 실험실에서 진행한 영양캠프 등에서 휴식대사량을 측정하고 신체활동일기를 작성한 강원도 내의 초·중·고등학교 남녀 학생 166명 (남아 84명, 여아 82명)이다. 이들이 참여한 영양캠프 등을 포함하는 연구내용에 대하여 강릉원주대학교 기관생명윤리위원회 (IRB of Gangneung-Wonju National University)의 승인 (GWNU-IRB-2012-14, GWNU-IRB-2013-19)을 받았고 연구대상자 및 보호자는 본 연구 내용 등을 이해하고 참여동의서를 작성하였다.

연구방법

2부의 연구대상자에 대한 신체계측, 휴식대사량 측정, 신체활동일기작성 및 소아청소년을 위한 신체활동분류표를 이용한 자료 분석 등의 방법은 1부에서와 같다.

https://doi.org/10.4163/jnh.2023.56.1.35

에너지필요추정량 산출

2020년도 한국인 영양소 섭취기준 (KDRIs)에서 제시한 다음과 같은 공식을 이용하여 연구대상자의 에너지필요추정량 (estimated energy requirement, EER)을 산출하였다. 이때 공식에 필요한 신체활동단계별계수 (PA)는 앞에서 소아청소년을 위한 새로운 신체활동분류표를 이용하여 측정된 PAL로부터 구하여 다음과 같은 에너지필요추정량 산출식에 대입하였다.

6–8세의 아동

남아: EER (kcal/day) = 88.5 − 61.9 × Age (years) + PA × [26.7 × Weight (kg) + 903 × Height (m)] + 20

여아: EER (kcal/day) = 135.3 − 30.8 × Age (years) + PA × [10.0 × Weight (kg) + 934 × Height (m)] + 20

9–18세의 청소년

남아: EER (kcal/day) = 88.5 − 61.9 × Age (years) + PA × [26.7 × Weight (kg) + 903 × Height (m)] + 25

여아: EER (kcal/day) = 135.3 − 30.8 × Age (years) + PA × [10.0 × Weight (kg) + 934× Height (m)] + 25

통계분석

본 연구를 통해 얻어진 모든 자료는 IBM SPSS Statistics, version 25.0 Program (IBM Corp.)을 이용하여 통계처리 하였다. 전체대상자의 연령대별 분류는 소아청소년 신체활동분류표에서 제시한 연령 구분을 따랐다. 자료의 정규성 검정을 위한 Kolmogorov-Smirnov test 결과, 정규분포를 따르지 않았으므로 비모수검정을 시행하였다. 조사된 모든 값은 평균 ± 표준편차로 표시하였으며 소아청소년 신체활동분류표를 이용하여 측정된 연령대별 활동 소비시간과 신체활동수준 및 총에너지소비량의 비교는 Kruskal-Wallis H test로 분석하였다. 측정된 총에너지소비량과 KDRIs에서 제시한 에너지 필요추정량 공식을 이용하여 산출된 값의 비교는 Wilcoxon Signed Ranks test로 비교하였다. 또한, 활동강도에 따른 소요시간 간의 상관관계는 스피어만 상관계수 (Spearman correlation coefficients)를 사용하여 분석하였다.

결과

1부 한국 소아청소년을 위한 신체활동분류표의 타당도 평가

본 연구는 만 10–12세의 초등학생 총 16명 (남아 6명, 여아 10명)을 대상으로 하였으며 이들의 신체계측 결과는 **Table 1**과 같다. 연구대상자의 평균 연령은 11.1 ± 0.7세였고, 평균 신장 및 체

Table 1. Characteristics of the subjects by sex

Variables	Boys (n = 6)	Girls (n = 10)	Total (n = 16)	p-value[1)]
Age (yrs)	11.2 ± 1.0	11.1 ± 0.6	11.1 ± 0.7	0.792
Height (cm)	145.8 ± 8.3	148.5 ± 8.6	147.5 ± 8.3	0.562
Body weight (kg)	36.7 ± 6.1	41.7 ± 7.0	39.8 ± 7.0	0.263
Body mass index (kg/m^2)	17.1 ± 1.3	18.8 ± 1.8	18.2 ± 1.8	0.147
REE (kcal/day)	1,385.5 ± 100.6	1,331.7 ± 125.8	1,351.9 ± 116.6	0.562
REE/BW (kcal/kg/day)	38.3 ± 4.1	32.5 ± 4.7	34.7 ± 5.2	< 0.050
TEE_{DLW} (kcal/day)	2,088.9 ± 307.0	2,091.2 ± 274.7	2,090.3 ± 276.9	1.000
TEE_{DLW}/BW (kcal/kg/day)	57.3 ± 4.4	50.5 ± 3.4	53.1 ± 5.0	< 0.050
PAL (TEE_{DLW}/REE)	1.51 ± 0.13	1.57 ± 0.15	1.55 ± 0.14	0.450

Values are presented as mean ± SD.
REE, resting energy expenditure; REE/BW, resting energy expenditure adjusted for body weight; TEE_{DLW}, total energy expenditure measured by double labeled water method; TEE_{DLW}/BW, total energy expenditure measured by double labeled water method adjusted for body weight; PAL, physical activity level.
[1)]$p < 0.05$ by Mann-Whitney U test.

https://doi.org/10.4163/jnh.2023.56.1.35

중은 각각 147.5 ± 8.3 cm 및 39.8 ± 7.0 kg이었으며, 신장과 체중으로 계산한 체질량 지수의 평균은 18.2 ± 1.8 kg/m^{2}로 나타났다. 연구 대상자의 모든 신체 계측치에서 성별에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다.

휴식대사량은 남아와 여아 각각 1,385.5 ± 100.6 kcal/day 및 1,331.7 ± 125.8 kcal/day로 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한, TEE_{DLW} (남아 2,088.9 ± 307.0kcal/day, 여아 2,091.2 ± 274.7kcal/day)와 PAL_{DLW} (남아 1.51 ± 0.13, 여아 1.57 ± 0.15) 역시 남녀 간에 유의한 차이가 없었다. 그러나 단위체중당 휴식대사량 및 단위체중당 일일 총 에너지소비량은 남아가 여아보다 유의하게 높았다.

이중표식수법을 이용하여 측정한 PAL_{DLW}와 TEE_{DLW}을 기준으로 소아청소년을 위한 신체활동분류표를 이용하여 측정한 $PAL_{Youth\text{-}PACT}$와 $TEE_{Youth\text{-}PACT}$을 비교하여 보면 (**Table 2**), 남녀의 $PAL_{Youth\text{-}PACT}$는 각각 1.66와 1.64였으며 $TEE_{Youth\text{-}PACT}$는 남녀 각각 2,222.4 kcal/day와 2,182.9 kcal/day로 PAL_{DLW} (남아 1.51, 여아 1.57) 및 TEE_{DLW} (남아 2,088.9 kcal/day, 여아 2,091.2 kcal/day)와 비교하여 유의한 차이를 보이지 않았다.

Table 3은 이중표식수법으로 측정된 총에너지소비량을 기준으로 두가지 신체활동분류표, 즉, 한국 소아청소년을 위한 신체활동분류표 (Youth-PACT)와 18단계 신체활동분류표 (18-

Table 2. TEE and PAL measured by DLW method and physical activity classification table for Korean youth by sex

Variables	PAL_{DLW}[1]	$PAL_{Youth\text{-}PACT}$[2]	p-value[3]	TEE_{DLW} (kcal/day)	$TEE_{Youth\text{-}PACT}$[4] (kcal/day)	p-value[5]
Boys (n = 6)	1.51 ± 0.13	1.66 ± 0.34	0.463	2,088.9 ± 307.0	2,222.4 ± 472.5	0.600
Girls (n = 10)	1.57 ± 0.15	1.64 ± 0.26	0.575	2,091.2 ± 274.7	2,182.9 ± 400.7	0.575
Total (n = 16)	1.55 ± 0.14	1.65 ± 0.28	0.379	2,090.3 ± 276.9	2,197.7 ± 413.7	0.326

Values are presented as mean ± SD.
TEE, total energy expenditure; PAL, physical activity level; DLW, doubly labeled water; $PAL_{DLW,}$ physical activity level measured by the doubly labeled water method; $PAL_{Youth\text{-}PACT,}$ physical activity level estimated by physical activity classification table for Korean youth; TEE_{DLW}, total energy expenditure measured by the doubly labeled water method; $TEE_{Youth\text{-}PACT}$, total energy expenditure estimated by the physical activity classification table for Korean youth.
[1]PAL_{DLW} = TEE_{DLW} (kcal/day)/REE (kcal/day).
[2]$PAL_{Youth\text{-}PACT}$ = [Σ{METs × Time Spent (min)}] / 1,440 (min).
[3]$p < 0.05$ by Wilcoxon's signed-ranks test between PAL_{DLW} and $PAL_{Youth\text{-}PACT}$.
[4]$TEE_{Youth\text{-}PACT}$ = $PAL_{Youth\text{-}PACT}$ × REE (kcal/day).
[5]$p < 0.05$ by Wilcoxon's signed-ranks test between TEE_{DLW} and $TEE_{Youth\text{-}PACT}$.

Table 3. Accuracy of the physical activity classification table for youth in estimating TEE based on bias, RMSPE and accurate prediction (%) by sex

Variables	Bias[1] (%)	Maximum negative error[2] (%)	Maximum positive error[3] (%)	RMSPE (kcal/day)	Accurate prediction[4] (%)	Under prediction[5] (%)	Over prediction[6] (%)
Boys (n = 6)							
Youth-PACT	9.9 ± 22.1	−12.0	39.1	471.3	33.3	16.7	50.0
18-PACT	14.5 ± 31.5	−16.3	62.1	669.3	16.7	33.3	50.0
Girls (n = 10)							
Youth-PACT	4.8 ± 17.0	−12.1	28.1	339.3	40.0	20.0	40.0
18-PACT	−6.3 ± 21.4	−27.2	37.5	475.9	20.0	60.0	20.0
Total (n = 16)							
Youth-PACT	6.7 ± 18.5	−12.1	39.1	393.6	37.5	18.7	43.8
18-PACT	1.5 ± 26.7	−27.2	62.1	555.1	18.8	50.0	31.3

Values are presented as mean ± SD.
TEE, total energy expenditure; RMSPE, root mean squared prediction error; TEE_{DLW}, total energy expenditure measured by doubly labeled water method; 18PACT, physical activity classification table by 18 levels; Youth-PACT, physical activity classification table for Korean youth.
[1]Mean percentage error.
[2]The largest underprediction.
[3]The largest overprediction.
[4]Percentage of subject predicted by $TEE_{Youth\text{-}PACT}$ or $TEE_{18\text{-}PACT}$ within 90% to 110% of TEE_{DLW}.
[5]Percentage of subject predicted by $TEE_{Youth\text{-}PACT}$ or $TEE_{18\text{-}PACT}$ < 90% of TEE_{DLW}.
[6]Percentage of subject predicted by $TEE_{Youth\text{-}PACT}$ or $TEE_{18\text{-}PACT}$ > 110% of TEE_{DLW}.

https://doi.org/10.4163/jnh.2023.56.1.35

PACT)의 타당도를 비교하였다. Youth-PACT와 18-PACT의 오차율은 남아의 경우 각각 9.9%와 14.5%, 여아의 경우 각각 4.8%와 -6.3%로 나타났다. RMSPE를 비교하여 보면, Youth-PACT에서는 남녀 각각 471.3 kcal/day와 339.3 kcal/day이었으나 18-PACT에서는 남녀 각각 669.3 kcal/day와 475.9 kcal/day이었다. 두 가지 신체활동분류표를 이용하여 측정한 총에너지소비량 ($TEE_{Youth-PACT}$, $TEE_{18-PACT}$)이 TEE_{DLW}을 정확하게 (90–110%) 예측한 비율을 비교해보면, $TEE_{Youth-PACT}$ 이용 시에는 남녀 각각 33.3%와 40.0%였으나, $TEE_{18-PACT}$의 경우는 남녀 각각 16.7%와 20.0%였다. 한편 과소평가 비율은 $TEE_{Youth-PACT}$에서는 남녀 각각 16.7%와 20.0%였으나 $TEE_{18-PACT}$에서는 남녀 각각 33.3%와 60.0%였다. 또한 과대평가 비율은 $TEE_{Youth-PACT}$에서는 남녀 각각 남녀 각각 50.0%와 40.0%였고, $TEE_{18-PACT}$에서는 50.0%와 20.0%였다.

2부 한국소아청소년을 위한 신체활동분류표를 이용한 총 에너지소비량 및 신체활동평가

2부의 연구 대상자의 연령대별 및 성별에 따른 평균 연령, 신장, 체중 및 체질량지수 (BMI)를 살펴보면 **Table 4**와 같다. 6–8세의 경우, 남아는 131.9 ± 5.3 cm와 34.1 ± 10.1 kg, 여아는 132.0 ± 1.9 cm와 35.0 ± 5.4 kg이었으며, 그 이후 점차로 신장과 체중의 성장을 볼 수 있었으며, 15–18세에서는 남아가 170.1 ± 5.4 cm와 72.9 ± 14.1 kg, 여아가 159.0 ± 5.7 cm와 52.2 ± 6.3 kg였다. 동일 연령대에 있어서 6–8세 및 9-11세에서는 성별에 따른 유의한 차이를 보이지 않았으나, 12–14세에서는 체중과 BMI에서, 15–18세에서는 신장, 체중 및 BMI에서 남아가 여아보다 유의하게 높은 값을 보였다.

간접열량계로 측정한 REE와 소아청소년 신체활동분류표를 이용하여 측정한 PAL을 연령대 및 성별에 따라 살펴보면 남녀 모두 12–14세의 휴식대사량 (1,853.1 ± 287.4 kcal/day, 1,349.5 ± 136.4 kcal/day)이 가장 높았으며, 단위체중당 휴식대사량 (kcal/kg/day)은 남녀 모두 6–8세 (35.4 ± 6.6 kcal/kg/day, 32.6 ± 2.4 kcal/kg/day)에서 가장 높았다.

전체 대상자의 신체활동수준은, 남녀 각각 1.61 ± 0.31과 1.56 ± 0.21이었으며, 연령대별 및 성별에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다.

Table 4. Characteristics of the subjects by sex and age group

Variables	6–8 yrs		9–11 yrs		12–14 yrs		15–18 yrs		Total	
	Boys (n = 7)	Girls (n = 6)	Boys (n = 35)	Girls (n = 33)	Boys (n = 17)	Girls (n = 15)	Boys (n = 25)	Girls (n = 28)	Boys (n = 84)	Girls (n = 82)
Age (yrs)	7.7 ± 0.5	8.0 ± 0.0	10.2 ± 0.7	10.2 ± 0.8	12.9 ± 0.9	12.9 ± 1.0	16.2 ± 1.0	16.2 ± 0.7	12.3 ± 3.0	12.6 ± 3.0
Height (cm)	131.9 ± 5.3	132.0 ± 1.9	145.2 ± 8.1	145.1 ± 7.3	162.8 ± 10.2	157.9 ± 15.0	170.1 ± 5.4	159.0 ± 5.7[1)]	155.1 ± 15.0	151.2 ± 10.5
Body weight (kg)	34.1 ± 10.1	35.0 ± 5.4	46.2 ± 16.0	41.6 ± 8.2	64.4 ± 15.0	52.9 ± 8.3[1)]	72.9 ± 14.1	52.2 ± 6.3[1)]	56.8 ± 19.9	46.8 ± 9.6
Body mass index[2)] (kg/m^2)	19.4 ± 4.3	20.1 ± 3.0	21.8 ± 5.2	19.6 ± 2.8	24.1 ± 4.3	21.2 ± 2.6[1)]	25.3 ± 5.0	20.7 ± 2.4[1)]	23.1 ± 5.2	20.2 ± 2.6
REE (kcal/day)	1157.1 ± 121.0[a]	1,135.3 ± 163.9[a]	1,407.8 ± 268.8[b]	1,253.5 ± 162.2[ab]	1,853.1 ± 287.4[c]	1,349.5 ± 136.4[b]	1,691.7 ± 192.1[c]	1,173.0 ± 129.6[a]	1,561.5 ± 321.8	1,234.9 ± 159.7
REE/BW (kcal/kg/day)	35.4 ± 6.6[a]	32.6 ± 2.4[a]	33.1 ± 10.7[ab]	30.7 ± 3.7[a]	29.5 ± 4.0[b]	25.9 ± 3.2[b]	23.7 ± 3.1[c]	22.6 ± 2.6[c]	29.7 ± 8.6	27.2 ± 4.9
PAL	1.57 ± 0.14	1.54 ± 0.14	1.64 ± 0.33	1.60 ± 0.26	1.66 ± 0.31	1.59 ± 0.18	1.54 ± 0.31	1.52 ± 0.17	1.61 ± 0.31	1.56 ± 0.21

Values are presented as mean ± SD.
REE, resting energy expenditure; REE/BW, resting energy expenditure adjusted for body weight; PAL, physical activity level.
[1)]Significantly different between boys and girls at $p < 0.05$ by Mann-Whitney U test.
[2)]Body Mass Index = Body Weight (kg)/Height $(m)^2$.
[a,b]Mean with same superscripts are not significantly different at $p < 0.05$ by Kruskal-Wallis H test.

https://doi.org/10.4163/jnh.2023.56.1.35

Table 5. Comparison of TEE with EER by sex and age group

Sex	Age (yrs)	TEE (kcal/day)[1]	EER (kcal/day)[2]	p-value[3]
Boys	6–8	1,816.7 ± 237.8	2,007.2 ± 329.4	0.091
	9–11	2,307.1 ± 673.1	2,689.3 ± 599.8	< 0.050
	12–14	3,073.9 ± 715.3	3,335.7 ± 561.2	0.163
	15–18	2,616.4 ± 629.7	3,046.9 ± 454.2	< 0.050
	Total	2,513.5 ± 727.6	2,869.7 ± 637.2	< 0.050
Girls	6–8	1,735.6 ± 228.9	1,697.0 ± 70.0[4]	0.345
	9–11	2,001.0 ± 421.3	2,166.8 ± 175.8[4]	< 0.050
	12–14	2,137.6 ± 319.0[4]	2,086.3 ± 135.9[4]	0.776
	15–18	1,774.8 ± 235.4[4]	1,989.8 ± 108.7[4]	< 0.050
	Total	1,929.3 ± 361.4[4]	2,057.3 ± 189.4[4]	< 0.050

Values are presented as mean ± SD.
TEE, total energy expenditure; EER, estimated energy requirement; PAL, physical activity level; PA, physical activity.
[1] TEE = PAL × REE.
[2] EER calculated by the equations that suggested in dietary reference intakes for Koreans.
Sedentary PA (boys and girls 1.0); Light PA (boys 1.13, girls 1.16); Moderate PA (boys 1.26, girls 1.31); Vigorous PA (boys 1.42, girls 1.56).
Boys: EER (kcal/day) = 88.5 − 61.9 × Age (years) + PA × [26.7 × Weight (kg) + 903 × Height (m)] + 20 (6–8 years) or 25 (9–19 years).
Girls: EER (kcal/day) = 135.3 − 30.8× Age (years) + PA × [10.0 × Weight (kg) + 934 × Height (m)] + 20 (6–8 years) or 25 (9–19 years)
[3] $p < 0.05$ by Wilcoxon's signed-ranks test.
[4] $p < 0.05$ Significantly different between boys and girls by Mann-Whitney U test.

일일 총에너지소비량 및 에너지필요추정량 평가

한국인 영양소 섭취기준 (KDRIs 2020)에서 제안한 공식을 이용하여 계산한 EER을 $TEE_{Youth\text{-}PACT}$와 비교한 결과는 **Table 5**와 같다. 남아와 여아 모두 9–11세와 15–18세에서 KDRIs에서 제시한 공식으로부터 계산된 에너지필요추정량이 $TEE_{Youth\text{-}PACT}$보다 유의하게 높았다 ($p < 0.05$).

Table 6은 $TEE_{Youth\text{-}PACT}$을 기준으로 한국인 영양소 섭취기준에서 제시한 공식으로부터 계산된 에너지필요추정량의 타당도를 평가하였다. 오차율은 남녀 각각 17.7%와 9.3%이고, RMSPE는 남녀 각각 671.9 kcal/day와 323.6 kcal/day로 나타났다. 에너지필요추정량 산출공식이 소아청소년을 위한 신체활동분류표로 산출한 총에너지소비량을 정확하게 (90–110%) 예측한

Table 6. Accuracy of estimated energy requirements based on bias, RMSPE and accurate prediction (%) by sex and age group

Sex	Age (yrs)	Bias[1] (%)	Maximum negative error[2] (%)	Maximum positive error[3] (%)	RMSPE (kcal/day)	Accurate prediction[4] (%)	Under prediction[5] (%)	Over prediction[6] (%)
Boys	6–8	10.8 ± 12.8	−6.7	25.2	287.1	42.9	0.0	57.1
	9–11	20.1 ± 21.9	−38.6	52.4	644.6	20.0	11.4	68.6
	12–14	12.2 ± 23.8	−24.6	44.6	753.4	23.5	23.5	52.9
	15–18	20.0 ± 21.3	−31.6	66.7	725.2	20.0	8.0	72.0
	Total	17.7 ± 21.5	−38.6	66.7	671.9	22.6	11.9	65.5
Girls	6–8	−1.0 ± 11.5	−12.7	13.1	186.9	33.3	50.0	16.7
	9–11	12.3 ± 22.7	−21.9	93.6	387.7	15.2	42.4	42.4
	12–14	−1.0 ± 11.5	−20.1	15.5	262.2	53.3	26.7	20.0
	15–18	13.6 ± 13.0	−10.2	44.0	291.9	42.9	3.6	53.6
	Total	9.3 ± 18.1	−21.9	93.6	323.6	43.9	15.9	40.2

Values are presented as mean ± SD.
$TEE_{Youth\text{-}PACT}$, total energy expenditure estimated by the physical activity classification table for Korean youth; EER, estimated energy requirement;RMSPE, root mean squared prediction error.
[1] Mean percentage error between $TEE_{Youth\text{-}PACT}$ and EER.
[2] The largest underprediction.
[3] The largest overprediction.
[4] Percentage of subject predicted by EER within 90% to 110% of $TEE_{Youth\text{-}PACT}$ measured.
[5] Percentage of subject predicted by EER < 90% of $TEE_{Youth\text{-}PACT}$ measured.
[6] Percentage of subject predicted by EER > 110% of $TEE_{Youth\text{-}PACT}$ measured.

https://doi.org/10.4163/jnh.2023.56.1.35

비율은 남녀 각각 22.6%와 43.9%였다. 이를 연령대별로 살펴보면, 남아의 경우 6–8세에서 42.9%로 가장 높았으며 9–11세와 15–18세에서는 모두 20.0%를 보였다. 여자에서는 12–14에서 53.5%로 가장 높았으며 9–11세에서 15.2%로 낮았다. 과대평가 비율은 남녀 각각 65.5%와 40.2%로 과소평가 비율 (남녀 각각 11.9%와 15.9%)보다 높았다.

소아청소년 신체활동분류표를 이용하여 분류된 활동들을 Food and Agriculture Organization/WHO/United Nations University에서 제시한 활동 강도 분류기준에 따라 4개 강도로 재분류 (수면시간 제외)하여, 각 활동 강도별 일일 평균 소비시간을 성별 및 연령대에 따라 살펴보면 **Table 7**과 같다. 남아에서 중강도 및 고강도 활동에 소비한 시간은 연령대에 따라 유의한 차이가 없었으나, 좌식행동에 소비한 시간은 6–8세 (117.9 ± 43.1분)에서 가장 적었으며, 15–18세의 (726.8 ± 199.2분)에서 가장 많았다 ($p < 0.05$). 또한, 6–8세에서 저강도 활동에 소비한 시간 (575.6 ± 60.1분)은 다른 연령대보다 유의하게 많았다($p < 0.05$). 여아의 경우, 고강도 활동을 제외한 나머지 강도별 활동소비시간은 연령대에 따라 유의한 차이를 보였다. 즉, 좌식행동에 소비한 시간은 6–8세 (271.7 ± 198.9분)에서 가장 적었고, 15–18세 (678.8 ± 190.3분)에서 가장 많았다 ($p < 0.05$). 저강도 활동에 소비한 시간은 12–14세 (179.2 ± 115.2분)에서 가장 적었으며, 6–8세 (435.0 ± 232.6분)에서 가장 많았고 ($p < 0.05$), 중강도 활동에 소비한 시간은 15–18세에서 100.2 ± 71.7분으로 다른 연령대보다 유의하게 낮았다 ($p < 0.05$).

신체활동일기에 기록된 신체활동을 소아청소년 신체활동분류표의 활동 유형에 따라 총 5개로 구분하여 각 활동 유형별 일일 평균 소비시간을 성별 및 연령대에 따라 비교해보면 **Table 8**과 같다. 활동 유형별 소비시간을 크기 순으로 나열해보면, 평균 '수면' 시간은 남녀 각각 524.9 ± 136.8분 (9시간 2.9분), 515.1 ± 155.4분 (8시간 35.5분)으로 하루 (24시간) 중 남아는 36.5%, 여아는 35.8%로 가장 많은 비율을 차지하였으며 15-18세에서 428.4 ± 149.7분 (7시간 8.4분, 29.7%)로 가장 적었다. '수면' 다음으로 소비시간이 많은 활동은 남녀 각각 455.9 ± 187.5분 (7시간 35.9분)과 443.0 ± 179.6분 (7시간 23분)을 소비한 '일상적 활동'으로 하루 24시간 중 남아는 31.7%, 여아는 30.8%를 차지하였다. 세 번째로 소비시간이 높은 '학업' 활동이 일일 총 활동시간 중 차지하는 비율은 남아 24.9% (평균 359.1 ± 181.8분, 5시간 59.1분), 여아 26.6% (평균 382.8 ± 216.6분, 6시간 22.8분)였다. 네 번째로 많은 시간이 소비된 활동은 '이동'

Table 7. Time spent by PA intensity using PA classification table for Korean youth by sex and age group (unit: min/day)

Sex	Intensity of PA[1)]	Age group (yrs)					p-value[2)]
		6–8	9–11	12–14	15–18	Total	
Boys	Sedentary behavior	117.9 ± 43.1[a] (14.1)	458.3 ± 209.1[b] (52.6)	538.9 ± 158.5[b] (60.2)	726.8 ± 199.2[c] (71.8)	526.2 ± 250.0 (57.5)	< 0.050
	Light PA	575.6 ± 60.1[a] (68.9)	269.7 ± 172.3[b] (31.0)	193.4 ± 113.1[b] (21.5)	177.4 ± 121.6[b] (17.5)	252.3 ± 174.7 (27.6)	< 0.050
	Moderate PA	134.7 ± 44.9 (16.1)	111.2 ± 83.5 (12.7)	134.2 ± 65.8 (15.0)	92.7 ± 61.1 (9.2)	112.3 ± 71.9 (12.3)	0.133
	Vigorous PA	7.1 ± 18.9 (0.8)	31.9 ± 57.8 (3.7)	30.3 ± 52.3 (3.3)	14.8 ± 55.3 (1.5)	24.4 ± 53.8 (2.6)	0.248
	Total	835.3 ± 65.5[a] (100.0)	871.1 ± 110.9[a] (100.0)	896.8 ± 117.8[a] (100.0)	1,011.6 ± 149.7[b] (100.0)	915.1 ± 136.8 (100.0)	< 0.050
Girls	Sedentary behavior	271.7 ± 198.9[a] (31.8)	384.9 ± 193.7[a] (44.3)	539.1 ± 117.2[b] (61.0)	678.8 ± 190.3[b] (66.1)	505.2 ± 228.7 (54.6)	< 0.050
	Light PA	435.0 ± 232.6[a] (50.9)	315.4 ± 171.7[ab] (36.2)	179.2 ± 115.2[b] (20.2)	249.1 ± 181.6[b] (24.2)	276.6 ± 181.0 (29.9)	< 0.050
	Moderate PA	148.3 ± 36.9[a] (17.3)	161.5 ± 113.6[a3)] (18.6)	163.9 ± 90.7[a] (18.5)	100.2 ± 71.7[b] (9.7)	140.0 ± 95.7 (15.1)	< 0.050
	Vigorous PA	0.0 ± 0.0 (0.0)	6.8 ± 20.2[3)] (0.8)	2.0 ± 7.8 (0.2)	0.0 ± 0.0[3)] (0.0)	3.1 ± 13.5 (0.3)	0.069
	Total	855.0 ± 115.0[a] (100.0)	868.6 ± 186.1[a] (100.0)	884.1 ± 106.4[a] (100.0)	1,028.1 ± 78.5[b] (100.0)	924.9 ± 155.4 (100.0)	< 0.050

Values are presented as mean ± SD (%).
PA, physical activity; MET, metabolic equivalent.
[1)]Sedentary behavior (1.0–1.5 METs); Light intensity (1.6–2.9 METs); Moderate intensity (3.0–5.9 METs); Vigorous intensity (≥ 6.0 METs).
[2)]$p < 0.05$ by Kruskal-Wallis H test.
[3)]$p < 0.05$ by Mann-Whitney U test.
[a,b]Mean with same superscripts are not significantly different at $p < 0.05$ by Kruskal-Wallis H test.

https://doi.org/10.4163/jnh.2023.56.1.35

활동으로 남녀 각각 54.0 ± 51.4분, 74.3 ± 61.8분으로 하루 중 3.8%와 5.1%에 해당되었다. 가장 적은 시간을 소비한 활동은 '운동 및 스포츠' 활동으로 남녀 각각 하루 중 3.2% (46.1 ± 61.1분)와 1.7% (24.8 ± 53.5분)를 소비하였으며, 남아의 경우 6–8세에서는 73.6 ± 39.2분으로 15–18세의 22.4 ± 56.2분보다 유의하게 많았으나 여아에서는 연령대별 유의한 차이를 보이지 않았다.

연령, PAL, 휴식대사량, 총 에너지소비량 및 신체활동수준과 신체활동강도별 소비시간 간의 상관관계는 **Table 9**와 같다. 연령은 좌식행동에 소비한 시간과 가장 높은 양의 상관성 ($r = 0.622$, $p < 0.01$)을 보였으며 다음으로는 휴식대사량 ($r = 0.305$, $p < 0.01$) 및 총에너지소비량 ($r = 0.180$, $p < 0.05$)의 순으로 높은 양의 상관관계를 나타내었다. 반면, 연령은 단위체중당 휴식대사량 ($r = -0.708$), 단위체중당 총에너지소비량 ($r = -0.614$), 저강도 활동 및 중강도 활동에 소비한 시간과 의미있는 음의 상관관계 (각각 r=-0.399 및 r=-0.207)를 보였다.

PAL의 경우, 중강도활동에 소비한 시간과 가장 높은 양의 상관성 ($r = 0.735$, $p < 0.01$)을 보였으며, 다음으로는 고강도 활동 ($r = 0.418$, $p < 0.01$)에 소비한 시간과 양의 상관관계를 보였고 좌식행동 ($r = -0.228$, $p < 0.01$)에 소비한 시간과는 음의 상관관계를 나타냈다. 또한, 신체활동수

Table 8. Time spent by physical activity categories using physical activity classification table for Korean youth by sex and age group (unit: min/day)

Sex	Categories	Age group (yrs)					p-value[1)]
		6–8	9–11	12–14	15–18	Total	
Boys	Sleeping	604.7 ± 65.5[a] (42.0)	568.9 ± 110.9[a] (39.5)	543.2 ± 117.8[a] (37.7)	428.4 ± 149.7[b] (29.7)	524.9 ± 136.8 (36.5)	< 0.050
	Daily activity	348.6 ± 129.7[a] (24.2)	428.0 ± 185.3[a] (29.7)	405.8 ± 116.5[a] (28.2)	559.1 ± 205.9[b] (38.8)	455.9 ± 187.5 (31.7)	< 0.050
	Moving	36.9 ± 21.7 (2.6)	50.4 ± 54.3 (3.5)	45.5 ± 36.4 (3.2)	69.7 ± 59.4 (4.9)	54.0 ± 51.4 (3.8)	0.454
	School work	376.3 ± 122.5 (26.1)	335.2 ± 185.7 (23.3)	399.2 ± 195.5 (27.7)	360.4 ± 184.8 (25.0)	359.1 ± 181.8 (24.9)	0.513
	Exercise & Sport	73.6 ± 39.2[a] (5.1)	57.6 ± 65.9[ab] (4.0)	46.2 ± 57.7[ab] (3.2)	22.4 ± 56.2[b] (1.5)	46.1 ± 61.1 (3.2)	< 0.050
	Total	1,440.0 (100.0)	1,440.0 (100.0)	1,440.0 (100.0)	1,440.0 (100.0)	1,440.0 (100.0)	
Girls	Sleeping	585.0 ± 115.0[a] (40.6)	571.4 ± 186.1[a] (39.7)	555.9 ± 106.4[a] (38.6)	411.9 ± 78.5[b] (28.6)	515.1 ± 155.4 (35.8)	< 0.050
	Daily activity	416.7 ± 146.0 (29.0)	439.1 ± 174.1 (30.5)	521.5 ± 160.6[2)] (36.3)	411.2 ± 197.0[2)] (28.5)	443.0 ± 179.6 (30.8)	0.173
	Moving	71.7 ± 40.3 (4.9)	80.1 ± 71.3[2)] (5.6)	80.9 ± 78.7 (5.6)	64.6 ± 41.9 (4.5)	74.3 ± 61.8 (5.1)	0.909
	School work	351.7 ± 121.0[a] (24.4)	317.3 ± 170.8[a] (22.0)	257.7 ± 212.5[a2)] (17.9)	533.7 ± 205.5[b2)] (37.1)	382.8 ± 216.6 (26.6)	< 0.050
	Exercise & Sport	15.0 ± 36.7 (1.0)	32.1 ± 69.3[2)] (2.2)	24.0 ± 42.9 (1.7)	18.6 ± 39.5 (1.3)	24.8 ± 53.5 (1.7)	0.737
	Total	1,440.0 (100.0)	1,440.0 (100.0)	1,440.0 (100.0)	1,440.0 (100.0)	1,440.0 (100.0)	

Values are presented as mean ± SD (%).
[1)]$p < 0.05$ by Kruskal-Wallis H test.
[2)]$p < 0.05$ by Mann-Whitney U test.
[a,b]Mean with same superscripts are not significantly different at $p < 0.05$ by Kruskal-Wallis H test.

Table 9. Correlation between age, PAL, REE, TEE and time spent by PA intensity using physical activity classification table for Korean youth

Variables	Age	PAL	REE		TEE		Time spent (min/day)			
			REE	REE/Wt (kg)	TEE	TEE/Wt (kg)	Sedentary behavior	Light PA	Moderate PA	Vigorous PA
Age	1.000									
PAL	−0.136	1.000								
REE	0.305[1)]	−0.008	1.000							
REE/Wt	−0.708[1)]	0.123	−0.251[1)]	1.000						
TEE	0.180[2)]	0.505[1)]	0.827[1)]	−0.150	1.000					
TEE/Wt	−0.614[1)]	0.622[1)]	−0.155[1)]	0.819[1)]	0.190[2)]	1.000				
Sedentary behavior (1.0–1.5 METs)[3)]	0.622[1)]	−0.228[1)]	0.220[1)]	−0.574[1)]	0.082	−0.548[1)]	1.000			
Light PA (≤ 2.99 METs)[3)]	−0.399[1)]	0.093	−0.291[1)]	0.326[1)]	−0.213[1)]	0.284[1)]	−0.676[1)]	1.000		
Moderate PA (3.0–6.0 METs)[3)]	−0.207[1)]	0.735[1)]	−0.088	0.175[2)]	0.316[1)]	0.482[1)]	−0.303[1)]	0.018	1.000	
Vigorous PA (> 6.0 METs)[3)]	−0.134	0.418[1)]	0.139	0.190[2)]	0.325[1)]	0.409[1)]	−0.050	−0.041	−0.066	1.000

PAL, physical activity level; REE, resting energy expenditure; Wt, body weight; TEE, total energy expenditure; PA, physical activity; MET, metabolic equivalent.
[1)]$p < 0.01$, significantly correlated by Spearman correlation.
[2)]$p < 0.05$, significantly correlated by Spearman correlation.
[3)]Sedentary behavior (1.0–1.5 METs); Light intensity (1.6–2.9 METs); Moderate intensity (3.0–5.9 METs); Vigorous intensity (≥ 6.0 METs).

https://doi.org/10.4163/jnh.2023.56.1.35

준은 단위체중당 총에너지소비량 ($r = 0.622$, $p < 0.01$) 및 총에너지소비량 ($r = 0.505$, $p < 0.01$)과 양의 상관관계를 보였다. 휴식대사량의 경우 총에너지소비량 ($r = 0.827$) 및 좌식행동 ($r = 0.220$)에 소비한 시간과 의미있는 양의 상관관계 ($p < 0.01$)를 보였다. 활동강도에 따른 4단계별 소비시간 간의 상관관계를 살펴보면, 좌식행동에 소비된 시간은 저강도 활동 ($r = -0.676$)과 중강도 활동 ($r = -0.303$)에 소비된 시간과 의미있는 음의 상관 관계 ($p < 0.01$)를 나타냈다.

고찰

1부의 연구에서는 만 10–12세 소아청소년을 대상으로 TEE_{DLW}을 기준으로 소아청소년을 위한 신체활동분류표의 타당도를 평가하였다. 1부 연구대상자의 평균 신장과 체중은 2017 질병관리청이 보고한 만 10–12세의 신장 및 체중과 유사하였으며 평균 BMI는 정상체중 범위였다. 1부 연구 대상자의 휴식대사량은 (국내에서 유사한 연령대의 휴식대사량 측정 연구결과를 찾기 어려워), 스위스에서 두차례의 코호트 연구의 일환으로 10–16세의 사춘기 전후 청소년의 휴식대사량을 측정한 Molnár 등 [17]의 연구 결과 중 비비만 (non-obese) 청소년의 휴식대사량 (남녀 각각 1,338.4 kcal/day 와 1,221.8 kcal/day)과 비교해보면, 남아는 유사하였으며, 여아는 다소 높은 값이었다.

이중표식수법으로 측정한 1부 연구대상자의 일일 총 에너지소비량은 Butte 등 [18]이 백인, 흑인, 히스패닉 및 아시아계의 5–18세 소아청소년 (남아 32명, 여아 28명)을 대상으로 이중표식수법을 이용하여 측정한 일일 총에너지소비량 (2,153.0 ± 625.0 kcal/day)보다 다소 낮은 값이었다. 이러한 결과는 Butte 등 [18]의 연구 대상자 중 40%가 과체중이었음과 관련이 있는 것으로 생각된다.

1부 연구에서 소아청소년을 위한 신체활동분류표로 측정한 일일 총에너지소비량을 간접열량계로 측정한 휴식대사량으로 나누어 산출된 신체활동수준 (1.65)은 기존의 18단계 신체활동분류표를 이용한 초등학생 대상 국내의 연구들 [9,19,20]이 보고한 신체활동수준 (남녀 각각 1.42과 1.35, 1.60과 1.54, 그리고 1.54와 1.44)보다 다소 높은 경향을 보였다. 이러한 결과는 그동안 국내에서 사용한 18단계 신체활동분류표는 성인을 위한 것으로, 성인과 소아청소년이 동일한 신체활동을 수행하였어도 어린이의 에너지소비량이 더 클 수 있다는 Ridley와 Olds [12]의 연구 결과와 관련이 있는 것으로 생각된다.

본 연구에서 소아청소년을 위한 신체활동분류표와 이중표식수법으로 측정한 총에너지소비량 간에는 의미 있는 양의 상관관계를 보였다. 그동안 국내에서 이중표식수법을 이용하여 본 연구에서 사용한 신체활동분류표와 유사한 도구에 대한 타당도를 평가한 연구가 없어 타 연구 결과와의 비교가 어렵다. 이에 소아청소년을 대상으로 이중표식수법을 이용하여 측정한 총에너지소비량을 준거도구로 하여 다양한 신체활동량 측정 설문지의 타당도를 평가한 외국의 연구결과들을 살펴보면 다음과 같다. 소아청소년 33명 (남아 17명, 여아 16명)을 대상으로 본 연구에서 사용한 분류표와 유사한 신체활동설문지를 7일간 작성하도록 한 Arvidsson 등 [21]의 연구에서도 이중표식수법과 신체활동설문지를 이용하여 산출된 총에너지소비량 간에 양의 상관관계 ($r = 0.62$, $p < 0.001$)을 보인 바 있다. 또한, 아프리카계 미국 소아청소년 12명 (남아 5명, 여아 7명)을 대상으로 이중표식수법과 7일간 작성한 self-administered physical

https://doi.org/10.4163/jnh.2023.56.1.35

activity checklist의 결과를 비교한 Ramirez-Marrero 등 [22]에 따르면 두 측정법으로 측정한 총 에너지소비량 간의 상관계수는 r = 0.49으로 본 연구결과 (r = 0.526)보다 다소 낮았으나 유사한 수준이었다.

1부 연구에서, 소아청소년을 위한 신체활동분류표 (Youth-PACT)는 그동안 국내에서 사용되어온 18단계 신체활동분류표 (18-PACT)보다 RMSPE는 낮은 반면, TEE_{DLW}을 정확하게 예측한 비율은 더 높고 과소평가비율은 더 낮았다. 한국 소아청소년을 위한 신체활동분류표 (Youth-PACT)를 이용하여 에너지소비량을 추정 시, 두 값 (TEE_{DLW}과 $TEE_{Youth-PACT}$) 간에 유의한 차이가 없고, Youth-PACT의 정확예측 비율이 37.5%이므로 이를 이용하여 에너지소비량을 평가하는 것이 타당하다고 할 수 있다. 다만, 타당도 평가의 대상이 초등학생이고, 이중표식수법의 고비용으로 인하여 대상인원이 제한적이었음을 고려할 필요가 있으며, 아울러 소아청소년을 위한 신체활동분류표 이외에 객관적인 신체활동 평가도구로 알려져 있는 가속도계 (액티그래프 등)를 병행하여 사용하는 것이 필요할 수 있다.

본 연구 1부의 대상자는 16명의 초등학생이었으므로, 소아청소년의 신체활동분류표의 타당도를 평가하기에는 대상자의 연령대 및 참여 인원수가 부족하다는 제한점이 있을 수 있다. 그러나 이중표식수법 연구에 필요한 고비용 및 대상의 특수성 (어린이)으로 인하여 외국에서도 이와 같은 연구는 적은 인원을 대상으로 수행된 바 있다 [21,22]. 따라서 본 연구는 위와 같은 제한점이 있음에도 불구하고, 에너지소비량 측정방법의 gold standard로 알려진 이중표식수법을 이용하여 소아청소년을 위한 신체활동분류표의 타당도를 평가한 연구로 그 의미가 있다고 할 수 있다.

2부 연구는 만 6–18세 소아청소년 총 166명 (남아 84명, 여아 82명)을 대상으로 휴식대사량과 소아청소년을 위한 신체활동분류표를 이용하여 이들의 일일 총 에너지소비량을 산출하고 한국인 영양소 섭취기준에서 제시한 공식으로부터 산출된 에너지필요추정량과 비교하였으며, 아울러 이들의 신체활동 패턴을 평가하였다.

2부의 연구대상자의 평균 신장과 체중은 2017 질병관리청에서 발표한 만 6–18세 남녀의 평균 신장 및 체중과 유사한 범위에 해당되었다. 본 연구에서 간접열량계로 측정한 휴식대사량을 Rodríguez 등 [23]이 보고한 7–16세 소아청소년 (116명)의 휴식대사량 (남녀 각각 1,556.0 kcal/day와 1,425.8 kcal/day)과 비교해보면, 남아는 유사하였고, 여아는 다소 낮은 수준이었다.

2부 연구에서 측정한 휴식대사량은 남아가 여아보다 유의하게 높았으나, 체중으로 보정한 단위체중당 휴식대사량은 성별에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 총에너지소비량의 60–75%를 차지하는 휴식대사량은 나이, 성별, 영양상태 뿐만 아니라 체중 및 근육량 등의 영향을 받는다 [24,25]는 앞서의 연구 결과와 관련이 있다.

소아청소년 신체활동분류표를 이용하여 측정한 신체활동수준은 성별 및 연령대에 따라 유의한 차이를 보이지 않았으며 남자는 1.61로 '활동적' 수준, 여자는 1.56으로 '저활동적' 수준으로 평가되었다. 기존의 18단계 신체활동분류표를 이용한 연구에서 보고된 신체활동수준을 살펴보면, 강릉지역 초등학생 (남녀 102명) [19]에서는 남녀 각각 1.41와 1.35, 농촌(삼척) 지역 초등학생 [9]에서는 주중과 주말이 각각 1.56와 1.53, 강원지역 남자 고등학생 [26]에서는

https://doi.org/10.4163/jnh.2023.56.1.35

주중과 주말이 각각 1.63과 1.37로 소아청소년 신체활동분류표를 이용한 본 연구결과와 유사하거나 낮은 값을 보였다. 이러한 결과는 앞서 언급한 바와 같이 기존의 18단계 분류표의 문제점 (성인 대상, 세부 항목의 부족 등)과 관련이 있다고 사료 된다. 그 밖에 국내에서 초·중·고등학생의 신체활동수준을 조사한 방법들이 본 연구방법과 달라 본 연구 결과와 직접 비교하기에는 어려움이 있다. 예를 들어, 총 12개 항목의 생활시간 조사 (학교 외 6개 활동, 학내 6개 활동) 방법을 사용한 Kim 등 [27]은 서울 지역 초등학생의 신체활동수준을 남녀 각각 1.69와 1.64로 보고하였다.

한편 이중표식수법을 이용하여 에너지소비량을 측정하는 것이 가장 정확한 방법이나, 고비용 등의 문제로 현실적으로 연구 등에 적용하기에는 어려움이 있다. 차선책으로 세계보건기구 (WHO)에서 채택한 방식인 휴식대사량에 하루 평균 신체활동수준을 곱하는 방법을 사용할 수 있다. 이 방법은 2005년에 한국인 영양소 섭취기준 (KDRIs)이 도입되기 이전까지 한국인을 위한 에너지권장량, 즉 에너지평균필요량 산출 시 이용되었다 [16].

지금까지 국내에서 이와 같은 방법으로 소아청소년의 에너지소비량 또는 필요량을 측정한 연구가 제한적이므로 2부 연구에서 위와 같은 방법으로 산출된 일일 총 에너지 소비량과 타 연구결과와의 비교가 어렵다. 다만 설문지법으로 중·고등학생의 에너지소비실태를 조사한 Kim과 Na [10]가 보고한 에너지 소비량 (남아 2,489.9 kcal/day, 여아 2,021.9 kcal/day)과 유사하였다.

KDRIs의 EER 산출 공식은 미국의 영양소섭취기준에서 제시한 공식을 그대로 사용하고 있으므로, 이중표식수법을 이용하여 이들 공식을 한국인에게 적용 시의 타당도 평가 연구가 필요함이 강조되었다 [16]. 2부 연구에서는 이중표식수법에 대한 차선책으로, WHO에서 채택한 위의 방법 (TEE = REE × PAL), 즉 간접열량계로 측정한 휴식대사량과 소아청소년 신체활동분류표를 이용하여 산출된 총에너지소비량을 기준으로 소아청소년 (6–18세 186명)에 있어서 EER 산출공식의 정확도를 평가해보았다. KDRIs에서 제시한 공식을 통하여 산출된 에너지필요추정량은 남녀 모두 휴식대사량과 소아청소년 신체활동분류표를 이용하여 측정된 에너지소비량보다 유의하게 높았다. 또한, EER 산출공식이 휴식대사량과 신체활동분류표를 이용하여 측정된 총 에너지소비량을 정확하게 예측한 비율이 29.6% 이고 과대평가 비율이 여아보다 남아에서 높았는데, 이러한 결과는 본 연구 대상자를 일부 포함한 Kim 등 [28]의 초등학생 대상 연구에서 이중표식수법을 이용한 에너지필요추정량 산출공식의 정확도 평가 결과와 유사하였다. 앞으로 보다 많은 인원의 소아청소년을 대상으로 이중표식수법을 이용하여 KDRIs에서 제시한 에너지필요추정량 산출식의 타당도 평가 연구가 수행되어 이들의 에너지필요량이 보다 정확하게 제시될 수 있어야 한다.

2부 연구에서 좌식행동에 소비한 시간이 하루 중 차지하는 비율은 초등학교 저학년 (6–8세)부터 고등학생 (15–18세)까지, 즉, 고학년이 될수록 유의하게 높았으며, 남학생보다는 여학생에서 그 비율이 높았다. 이러한 결과는 남아가 여아보다 활동적이며 고학년이 될수록 인터넷과 스마트폰의 사용이 증가할 뿐만 아니라, 학년이 올라갈수록 학업부담 등으로 인하여 신체활동이 감소한다는 교육과학기술부 [29]의 보고로 설명될 수 있다.

초·중·고학생들에 있어서 대부분 저강도 활동에 많은 시간을 소비하고 중고강도 활동 특히 고강도 활동에 소비한 시간은 전체 남학생과 여학생에서 각각 24.4 ± 53.8분 (2.6%)과 3.1 ±

https://doi.org/10.4163/jnh.2023.56.1.35

13.5분 (0.3%)에 불과하였다. 최근 발표된 연구 [30]에 의하면, 따로 시간을 내어 운동하지 않아도 일상 생활 중에 틈틈이 1-2분 정도 숨이 찰 정도로 심장 박동수를 높이는 신체 활동을 하면 암이나 심혈관 질환 관련 사망 위험이 크게 감소하였다. 따라서 초등고등학생에서도 틈틈이 짧은 시간이라도 고강도 활동을 하도록 지도가 필요하다.

소아청소년 신체활동분류표의 활동유형에 따른 소비시간을 살펴보면, 하루 중 학업에 소비한 시간이 차지하는 비율은 전체 남녀에서 각각 24.9%와 26.6%로 연령대별 유의한 차이를 보이지 않았는데, 이러한 결과는 우리나라의 경우, 초등학생 조차도 학교 수업을 마치고 학원 등의 사교육 활동 시간이 많음과 관련이 있는 것으로 생각된다. 한편, 운동 및 스포츠 활동에 소비한 시간은 남녀 각각 3.2%와 1.7%에 불과하였다. 최근 우리나라 국민생활체육조사 결과 [31]에 따르면, 주 1회이상 규칙적으로 체육활동에 참여한다고 응답한 비율이 10대의 경우 55.0%로 전체 연령대에서 가장 낮은 것으로 조사되었다. 한편 2021년 학생 건강 검사 표본 통계 [29]를 보면, 전체 초·중·고교 학생 가운데 비만 학생 비율이 19.0%로 2019년 (15.1%)에 비해 3.9% 늘었으며, 과체중 학생 비율 역시 2019년 10.7%에서 2021년 11.8%로 1.1% 증가했다. 따라서 비만 예방을 위해서도 우리나라 소아청소년의 신체활동량을 증가시키기 위한 구체적인 방안이 마련되어야 한다.

에너지소비량 및 신체활동과 관련한 다양한 변수 간의 상관성을 살펴보면, 연령이 주요 변수로 나타났다. 즉 연령이 높아질수록 단위체중당 휴식대사량과 일일 총에너지소비량이 감소하고 좌식행동으로 소비하는 시간이 많아지는 경향을 보였는데, 이는 초등학생에서 고등학생으로 올라갈수록 학업에 대한 부담이 증가되고 신체활동량이 감소한다는 연구결과 [32]와 일치한다.

또한 좌식행동에 소비되는 시간은 저강도 활동과 중강도 활동에 소요되는 시간과 의미있는 음의 상관관계를 보였는데, 이는 좌식행동에 많은 시간이 소비되는 경우, 상대적으로 저강도 및 중강도 활동에 소비되는 시간이 적어짐을 의미한다. 이와 관련하여 Dietz와 Gortmaker [33]은 비활동 요소인 텔레비전 시청 시간이 1시간 증가할 때마다 비만 이환율이 2% 가량 증가한다고 보고하였다. 따라서 최근 증가하고 있는 소아청소년기의 비만 예방을 위하여 신체활동의 중요성이 강조되어야 하며, 가정에서의 일상생활 뿐만 아니라 많은 시간을 보내는 학교에서의 옥외활동 및 신체활동 향상을 위한 프로그램이 마련되어야 할 것이다. 또한 간접적으로 근육량의 증가는 휴식대사량의 증가를 통하여 일일 총 에너지소비량을 높이는 효과를 보임이 제시된 바 [34], 이를 위하여 유산소 운동 뿐만 아니라 근력 향상을 위한 방안도 함께 마련되어야 할 것이다.

일반적으로 신체활동일기를 이용한 에너지 및 신체활동 평가 시 약 3일 (주중 2일, 주말 1일)간의 활동일기 작성이 제안된다. 그러나 본 연구(2부)에서는 주중 하루만의 신체활동일기가 작성되었음이 제한점이라 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 본 연구(2부)는 초등학생부터 중학생, 고등학생에 이르는 다양한 연령대의 소아청소년 166명을 대상으로 간접열량계를 이용하여 직접 휴식대사량을 측정한 국내에서 매우 드문 연구일 뿐만 아니라, 지금까지 신체활동일기를 이용한 연구에서 주로 사용되어온 성인대상 18단계 신체활동분류표를 대신하여 소아청소년을 위한 신체활동분류표를 사용하였음이 의미를 가진다. 또한 에너지소비량 측정의 gold standard 로 알려진 이중표식수법에 대한 차선책으로 세계보건기구에서 제시한 방법 (휴식

https://doi.org/10.4163/jnh.2023.56.1.35

대사량 × 신체활동수준)으로 일일 총에너지소비량을 산출하여 한국인영양소섭취기준에서 제시한 공식으로부터 산출된 에너지필요추정량과 비교하였다. 특히 신체활동수준의 산출 시 소아청소년을 위한 신체활동분류표를 적용하였고 이를 이용한 소아청소년의 일일 생활시간 조사결과는 매우 의미 있는 자료로 해석된다.

앞으로 본 연구에는 포함되지 않은 미취학 아동을 대상으로 소아청소년을 위한 신체활동분류표를 이용한 연구 및 본 연구 보다 더 많은 대상자가 참여한 후속 연구가 계속된다면, 우리나라 소아청소년의 신체활동에 관한 보다 더 정확하고 대표성 있는 결과가 도출되어 한국인 영양소 섭취기준 제정 및 관련 제도 마련에 유용한 결과로 활용될 수 있을 것이다.

요약

소아청소년은 성인과는 다른 신체적, 생리적 특성이 있으므로 동일한 신체활동을 할지라도 에너지소비량이 다름이 보고된 바 있다. 그러나 지금까지 국내에서 수행된 소아청소년 대상 연구에서 이들의 에너지소비량을 평가 시, 성인 대상으로 측정한 에너지소비량 또는 성인대상 18단계 신체활동분류표가 이용되어왔다. 최근 소아청소년을 대상으로 한 미국의 자료와 국내의 일부 자료를 토대로 4단계 연령대 (6–9세, 10–12세, 13–15세 및 16–18세)에 따라 서로 다른 에너지당량 (METs)을 제시하는 한국 소아청소년을 위한 신체활동분류표가 보고되었다. 이에 본 연구의 1부에서 에너지소비량 측정방법의 gold standard로 알려져 있는 이중표식수법을 이용하여 소아청소년을 위한 신체활동분류표의 타당도를 평가한 결과, 이의 활용 가능성을 확인하였다. 2부에서는 세계보건기구에서 제안한 방법 (TEE = REE × PAL), 즉 간접열량계로 측정한 REE과 소아청소년 신체활동분류표로 측정한 PAL을 이용하여 166명의 소아청소년 (초·중·고등학생)의 일일 총에너지소비량을 산출하였다. 이를 기준으로 한국인 영양소 섭취기준에서 제시한 공식을 이용한 EER을 비교한 결과, 과대평가 비율이 47.3%로 나타났다. 또한 소아청소년 신체활동분류표를 이용하여 산출된 신체활동 강도별 및 신체활동 유형별 소비시간이 성별 및 연령대별로 차이가 있음을 알 수 있었다. 앞으로 중학생 및 고등학생을 포함하는 다수의 소아청소년을 대상으로 이중표식수법을 이용하여 일일 총에너지소비량을 측정하는 연구가 수행되어, 소아청소년을 위한 신체활동분류표의 타당도가 폭넓게 평가되어야 한다. 또한 이와 같은 이중표식수법 연구를 통하여 우리나라 소아청소년을 위한 에너지필요추정량 산출 공식의 타당도 평가와 함께 한국의 소아청소년을 위한 에너지필요추정량 공식이 개발되어야 할 것이다. 또한 학업부담이 많은 고등학생 뿐만 아니라, 중학생 및 초등학생에서도 강도있는 신체활동의 소비시간이 매우 낮은 것으로 나타났으므로 우리나라 소아청소년의 건강 및 비만의 예방 및 관리를 위하여 이들의 에너지소비량을 증진시킬 수 있는 프로그램의 개발 및 적용이 요구된다.

REFERENCES

1. Ministry of Health and Welfare (KR). Korea Health Statistics 2020: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES VIII-2). Cheongju: Korea Disease Control and Prevention Agency; 2022.
2. Lee SH, Hwang JS, Park HS. Prediction of adolescence overweight from childhood body mass index 7 year retrospective study of suburban school children. J Korean Acad Fam Med 2003; 24(7): 642-647.

https://doi.org/10.4163/jnh.2023.56.1.35

3. Kim JH, Son HR, Choi JS, Kim EK. Energy expenditure measurement of various physical activity and correlation analysis of body weight and energy expenditure in elementary school children. J Nutr Health 2015; 48(2): 180-191.
CROSSREF
4. Kang YK. An effect of adolescent's participation in exercise programs on their physiological and physical functions: a meta-analysis. Korean J Growth Dev 2013; 21(4): 265-272.
5. Kim JH, Jung CW. Relation between mental health and academic achievement of Korean teenagers in accordance with physical education and physical activity. Korean J Sports Sci 2012; 21(6): 553-570.
6. Park BS, An GH. Evaluation of physical activity and level in normal weight and overweight or obese children and adolescents by accelerometer. Korean J Phys Educ 2014; 53(6): 458-493.
7. Lee YS, Jeon HJ, Kim HJ. Assessment of physical activity on weekdays and weekend for obesity children in elementary school. Korean J Elementary Phys Educ 2015; 21(3): 75-83.
8. Son NR, Suh SH. An analysis of research trend and effects of physical activities among Korean adolescents through systematic review. J Legis Stud 2017; 15(1): 111-129.
9. 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.
10. Kim Y, Na HJ. The estimation of the daily energy expenditure of Korean adolescents. Korean J Community Nutr 2003; 8(3): 270-279.
11. Yoon JS, Kim GJ, Kim JH, Park YS, Gu JO. A Study to Determine the Recommended Dietary Allowance of Energy and to Develop Practical Dietary Education Program for Korean Adults. Sejong: Ministry of Health and Welfare; 2002.
12. Ridley K, Olds TS. Assigning energy costs to activities in children: a review and synthesis. Med Sci Sports Exerc 2008; 40(8): 1439-1446.
PUBMED | CROSSREF
13. Kim EK, Gwak JY, Jun HY. Physical activity classification table for Korean youth: using the Youth Compendium of Physical Activities in the United States. J Nutr Health 2022; 55(5): 533-542.
CROSSREF
14. Weir JB. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. J Physiol 1949; 109(1-2): 1-9.
PUBMED | CROSSREF
15. Park J, Kazuko IT, Kim E, Kim J, Yoon J. Estimating free-living human energy expenditure: practical aspects of the doubly labeled water method and its applications. Nutr Res Pract 2014; 8(3): 241-248.
PUBMED | CROSSREF
16. Kim EK, Kim OY, Park J, Kim E, Kim J. Establishment and future tasks of estimated energy requirement in 2020 dietary reference intakes for Koreans. J Nutr Health 2021; 54(6): 573-583.
CROSSREF
17. Molnár D, Jeges S, Erhardt E, Schutz Y. Measured and predicted resting metabolic rate in obese and nonobese adolescents. J Pediatr 1995; 127(4): 571-577.
PUBMED | CROSSREF
18. Butte NF, Wong WW, Adoph AL, Puyau MR, Vohra FA, Zakeri IF. Validation of cross-sectional time series and multivariate adaptive regression splines models for the prediction of energy expenditure in children and adolescents using doubly labeled water. J Nutr 2010; 140(8): 1516-1523.
PUBMED | CROSSREF
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. 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.
CROSSREF
21. Arvidsson D, Slinde F, Hulthèn L. Physical activity questionnaire for adolescents validated against doubly labelled water. Eur J Clin Nutr 2005; 59(3): 376-383.
PUBMED | CROSSREF
22. Ramirez-Marrero FA, Smith BA, Sherman WM, Kirby TE. Comparison of methods to estimate physical activity and energy expenditure in African American children. Int J Sports Med 2005; 26(5): 367-371.
PUBMED | CROSSREF
23. Rodríguez G, Moreno LA, Sarría A, Fleta J, Bueno M. Resting energy expenditure in children and adolescents: agreement between calorimetry and prediction equations. Clin Nutr 2002; 21(3): 255-260.
PUBMED | CROSSREF

24. Liu HY, Lu YF, Chen WJ. Predictive equations for basal metabolic rate in Chinese adults: a cross-validation study. J Am Diet Assoc 1995; 95(12): 1403-1408.
PUBMED | CROSSREF
25. Case KO, Brahler JC, Heiss C. Resting energy expenditure in Asian women measured by indirect calorimetry are lower than expenditures calculated from prediction equations. J Am Diet Assoc 1997; 97(11): 1288-1292.
PUBMED | CROSSREF
26. Shin HM, Jeon JH, Kim EK. Assessment of pedometer counts, physical activity level, energy expenditure, and energy balance of weekdays and weekend in male high school students. J Korean Diet Assoc 2016; 22(2): 131-142.
CROSSREF
27. Kim MJ, Na HJ, Kim Y. Total energy expenditure difference by the class hours in 5th & 6th grade primary school students. Korean J Teach Educ 2010; 26(6): 55-73.
CROSSREF
28. Kim EK, Nidahimana D, Takata KI, Lee SJ, Kim JR, Lim KW, et al. Validation of Dietary Reference Intakes for predicting energy requirements in elementary school-age children. Nutr Res Pract 2018; 12(4): 336-341.
PUBMED | CROSSREF
29. Ministry of Education (KR). Korean Student Health Examination Sample Statistics 2021. Sejong: Ministry of Education; 2021.
30. Stamatakis E, Ahmadi MN, Gill JM, Ntoumani CT, Gibala MJ, Doherty A, et al. Association of wearable device-measured vigorous intermittent lifestyle physical activity with mortality. Nat Med 2022; 28(12): 2521-2529.
PUBMED | CROSSREF
31. Ministry of Culture, Sports and Tourism (KR). National Sport Survey in Korea 2021. Sejong: Ministry of Culture, Sports and Tourism; 2021.
32. Driskell MM, Dyment S, Mauriello L, Castle P, Sherman K. Relationships among multiple behaviors for childhood and adolescent obesity prevention. Prev Med 2008; 46(3): 209-215.
PUBMED | CROSSREF
33. Dietz WH Jr, Gortmaker SL. Do we fatten our children at the television set? Obesity and television viewing in children and adolescents. Pediatrics 1985; 75(5): 807-812.
PUBMED | CROSSREF
34. Astrup A, Gøtzsche PC, van de Werken K, Ranneries C, Toubro S, Raben A, et al. Meta-analysis of resting metabolic rate in formerly obese subjects. Am J Clin Nutr 1999; 69(6): 1117-1122.
PUBMED | CROSSREF