

가속도계와 신체활동일기를 이용한 초등학교 축구선수 남녀의 신체활동수준, 신체활동 패턴 및 에너지소비량 비교

안해선 · 최수지 · 이모란 · 이정숙 · 김은경[†]

강릉원주대학교 식품영양학과

Comparison of Physical Activity Level, Physical Activity Pattern and Energy Expenditure in Male and Female Elementary School Soccer Players using Accelerometer and Physical Activity Diary

Hae-Sun An, Su-Ji Choi, Mo-Ran Lee, Jung-Sook Lee, Eun-Kyung Kim[†]

Department of Food and Nutrition, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 25457, Korea

[†]Corresponding author

Eun-Kyung Kim
Department of Food and Nutrition, Gangneung-Wonju National University, Gangneung, Korea.

Tel: (033) 640-2336
Fax: (033) 640-2330
E-mail: ekkim@gwnu.ac.kr
ORCID: 0000-0003-1292-7586

Acknowledgments

This research was supported by the scholarship of full-time graduate student at Gangneung-Wonju National University.

Received: November 20, 2017
Revised: December 24, 2017
Accepted: December 24, 2017

ABSTRACT

Objectives: The purpose of this study was to compare the physical activity level (PAL), the physical activity pattern and the energy expenditure in male and female elementary school soccer players using the accelerometer and the physical activity diary.

Methods: Twenty-five (male 11, female 14) elementary school soccer players (9-12 years) participated in this study. During their daily activities, they wore an accelerometer for seven days (five weekdays and two weekend days) and completed the physical activity diary for three days (two weekdays and one weekend day). PAL was calculated by using the physical activity diary and three equations (Pate Preschool, Freedson Children, and Freedson) were used to calculate the intensity of physical activity and energy expenditure from the counts of accelerometer.

Results: The average of physical activity by day of the week, CPM (Counts Per Minute) and METs (Metabolic Equivalents) were significantly higher in males (723.3 ± 149.2 CPM, 2.07 ± 0.18 METs) compared to females (505.6 ± 119.9 CPM, 1.79 ± 0.20 METs), but there was no significant difference in PAEE (Physical Activity Energy Expenditure) between the two groups (males: 15.5 ± 9.1 kcal/day, females: 11.5 ± 6.0 kcal/day). During weekdays, physical activity intensity was significantly higher in males compared to females at lunch time and training time than at other times. In both genders, the PAL was higher during weekdays (males 1.98, females 1.89) compared to weekend (males 1.62, females 1.61) ($p < 0.05$).

Conclusions: Our study observations suggest the necessity to develop an accelerometer equation for accurately evaluating the physical activity of elementary school athletes.

Korean J Community Nutr 22(6): 529~542, 2017

KEY WORDS physical activity, accelerometer, elementary school children, soccer players

서론

운동선수의 경우, 적절한 영양 섭취를 통하여 에너지 손실 및 증가된 영양요구량이 보충되어야 경기 및 훈련에 따른 육체적인 부하에 최대한 적응할 수 있다[1]. 따라서 에너지 균형을 이루는 것은 최적의 운동 능력을 유지하는데 필수적이다. 실제로 에너지 섭취가 부족하게 되면 근육량 및 골밀도 손실 등의 결과를 가져올 수 있고 반대로 에너지소비량에 비해서 섭취가 많아지면 훈련 및 경기 성과에 부정적 영향을 줄 수 있다[2, 3].

특히 어린이 운동선수의 경우, 에너지소비량을 정확하게 파악하고 이에 맞는 적절한 에너지 필요량을 처방하고 권장하는 것이 적정 체중 및 바람직한 체조성을 유지함으로써 운동 수행 능력을 최대화하는데 도움이 된다[4]. 또한 이들의 에너지 필요량은 운동 강도 및 시간, 훈련 정도, 운동 종목에 따라 달라진다[5]. 한편, 한국인 영양소 섭취기준(Ministry of Health and Welfare 2015) [6]에서는 성별에 따라 에너지소비량의 차이가 있음을 언급하며 이는 남녀 간의 체성분이 다르기 때문이라고 설명한 바 있다. 따라서 어린이 운동선수에게 적절한 에너지 섭취량을 권장하려면, 먼저 이들의 신체활동량에 대한 평가가 필요하며 남녀 간의 에너지소비량의 차이가 있다는 것을 고려하여 성별로 비교해보아야 한다. 그러나 운동선수를 대상으로 한 국내 연구들을 살펴보면 주로 이들의 영양섭취를 조사하였으며[7-9], 운동군과 비운동군 고등학생을 대상으로 신체활동량을 분석한 연구[4]와 사관학교 생도들을 대상으로 스포츠 종목별로 활동량을 분석한 연구[10]가 있으나 어린이(초등학교) 운동선수를 대상으로 신체활동량 평가하고 이를 성별로 비교한 연구는 찾아보기 어렵다.

신체활동을 평가하는 방법에는 질문지나 신체활동일기와 같은 자가 기록(self-reporting) 방법 및 보행계수계와 가속도계가 있다[11]. 자가 기록 방법의 경우, 대규모 대상자의 자료를 저비용으로 얻을 수 있을 뿐만 아니라[12-13] 고가의 측정 도구 없이도 시간별로 활동내용을 간편하게 기록할 수 있다는 장점 때문에 신체활동 평가 연구에 자주 이용되어왔다[14].

‘만보기’로 널리 알려져 있는 보행계수계는 상대적으로 낮은 비용으로 신체활동을 측정할 수 있으나 보행수만 측정할 뿐 신체활동의 강도나 패턴을 측정할 수 없다는 단점이 있다. 최근 이러한 문제점을 보완한 가속도계형 보수계가 개발되면서 신체활동 측정의 정확성이 상대적으로 높아졌고[11], 신체활동 강도 및 패턴을 측정하는 것이 가능해졌다[15].

외국에서는 어린이로 하여금 장시간 가속도계를 착용하도록 한 후, 이를 토대로 이들의 신체활동수준 및 패턴을 평가하고 있다[15-18]. 그러나 국내에서 수행된 초등학교 대상 신체활동 연구들은 자가 기록 방법 혹은 보수계 착용에 그쳤다는 제한점이 있다[19, 20]. 최근에 초등학교 59명을 대상으로 삼축 가속도계(triaxial ActiGraph accelerometer, model GT3X, USA)를 4일간(평일 2일, 주말 2일) 착용시키고 활동량 및 신체활동수준을 분석한 연구가 진행된 바 있다[21], 그러나 신체활동에 대한 평가가 매우 중요한 초등학교 운동선수를 대상으로 한 연구는 수행된 바 없다. 또한 외국에서는 신체활동 측정 도구인 가속도계와 신체활동일기를 통해 제공되는 신체활동 값을 비교한 연구가 다수 있으나[22-24], 국내에는 이와 같은 비교 연구는 매우 드물다.

이에 본 연구에서는 초등학교 축구선수 남녀를 대상으로 가속도계와 신체활동일기를 이용하여 이들의 신체활동수준, 신체활동 패턴 및 에너지소비량을 비교하고 가속도계와 신체활동일기를 통해 나온 값을 비교하고자 하였다.

본 연구결과는 가속도계와 신체활동일기를 이용한 초등학교 축구선수 남녀 간의 신체활동 분석 및 성별에 따른 적절한 영양 관리의 과학적 접근을 위한 자료로 활용될 수 있을 것이다.

방법

1. 연구대상자

본 연구는 강원도 강릉시에 위치한 한 초등학교의 축구부 소속 남녀 학생 28명(남자 13명, 여자 15명)을 대상으로 진행하였다. 이 가운데 측정데이터가 누락된 자를 제외하여 총 25명의 결과를 본 연구에 이용하였다. 이들은 성별에 따라 남자부와 여자부로 나누어 훈련을 받고 있었으며 1일 평균 1시간 30분~2시간의 정기적인 훈련에 참여하고 있었다. 사전에 연구 내용 및 목적을 연구대상자와 보호자에게 충분히 설명한 후, 연구 참여 동의서를 받았다. 본 연구는 강원원주대학교 생명윤리심의위원회의 심의(IRB 승인번호: GWNU IRB-2016-23-1)를 받은 후 진행되었다.

2. 신체계측

연구대상자의 신장과 체중은 자동 신장계(BSM 330, Biospace, Korea)를 이용하여 측정하였다. 이때 금속 및 소지품을 지니고 있지 않고 가벼운 옷차림을 한 상태에서 맨 발로 표시 지점에 올라서도록 하였고 직립한 자세에서 발뒤꿈치와 머리 뒷부분이 수직이 되도록 한 뒤 시선은 정면을 바

라보게 하였다. 신장과 체중을 이용하여 체질량지수(Body Mass Index, BMI)를 계산하였으며 체지방량과 근육량은 체성분분석기(InBody 620, Biospace, Korea)를 사용하여 측정하였다.

3. 신체활동 측정 및 평가

1) 가속도계

전체 연구대상자로 하여금 평소와 같은 일상생활을 하는 총 7일 즉, 1주일(주중 5일, 주말 2일)동안 가속도계를 착용하고 생활하도록 하였다. 신체활동량 모니터링 장치인 3차원 중력가속도계(triaxial ActiGraph accelerometer, model GT3X+, USA)는 신체 움직임에서 발생하는 가속도를 counts 값으로 제시하며 보수계에서 제공하는 값인 step 수도 함께 제공한다. 또한 기록된 counts 값은 가속도계 소프트웨어(ActiLife 6.9.4)의 알고리즘을 통하여 활동 강도별 소요시간, 활동에너지소비량(Physical Activity Energy Expenditure, PAEE) 및 METs (Metabolic Equivalents) 값 등 신체활동에 관련된 값들로 환산될 수 있다.

대상자가 가속도계를 착용하기 전에 가속도계를 소프트웨어 프로그램인 ActiLife와 연결시킨 후 측정 대상자의 성별, 연령, 신장, 체중 등 기본 사항을 입력하였다. 이후, 대상자의 엉덩이 장골릉(iliac crest)에 탄력 있는 벨트를 채우고 그 위에 가속도계가 허리 오른쪽에 위치하도록 부착하였다. 가속도계는 취침시간과 샤워시간을 제외한 기상 시부터 취침 전까지 항상 착용하도록 하였다.

ActiLife는 사용자가 측정 데이터를 다운로드 할 때, 가속도계를 착용하지 않은 시간의 기준을 사용자가 직접 프로그램 상에서 설정할 수 있도록 되어있으며, 이 기준을 충족시키지 못하는 경우에는 수집된 데이터 중에서 제외되도록 데이터 유효성 검증 기능을 제공한다. 즉, 이와 같은 과정을 통해 연구자는 유효성 검증을 통과한 가속도계 데이터만 사용할 수 있게 된다. 일반적으로 가속도계 착용 시간 중, 활동한 시간은 착용시간(wear time)으로 분류되고 취침시간과 샤워시간 같이 가속도계를 착용하지 않은 시간은 미착용시간(non-wear time)으로 분류될 수 있다.

이에 따라 본 연구에서는 유효성 검증의 기준[16]을 ‘착용 시간 7일 중 3일 이상 그리고 하루에 600분 이상’으로 설정하고 이 기준을 충족시키지 못하는 경우, 데이터에서 제외하였다. 이에 따라 전체 대상자 28명 중에서 총 25명(남자 11명, 여자 14명)의 데이터를 본 연구에 사용하였으며 이에 대한 결과는 성별로 비교하였다.

앞서 본 연구대상자와 동일한 축구부 초등학생을 대상으로 휴대용 무선 호흡가스 분석기(간접열량계, K4b²)로 대표

활동의 에너지소비량을 측정하고 가속도계를 이용한 에너지 소비량 및 활동 강도 추정식의 정확성을 평가한 Choi 등 [25]의 연구에서 Pate Preschool(2006) [26] 추정식의 정확도가 높음이 보고된 바 있다. 이에 본 연구에서는 Pate Preschool(2006)에서 제안한 신체활동 강도 분류를 참고하여 활동 강도별 소요시간을 평가하였다. 활동에너지소비량(PAEE)은 현재까지 널리 그리고 가장 많이 사용되고 있는 Freedson(1998) [27]의 추정식을 통해 값을 산출하였고 METs 값은 어린이를 대상으로 개발된 Freedson Children(2005) [28] 추정식을 이용하여 계산되었다. 이 추정식들은 가속도계 프로그램인 ActiLife에 내장되어 있으므로 연구자가 원하는 추정식을 선택하여 데이터를 다운로드 받으면 환산된 값이 제공된다. 이상 본 연구에서 사용된 산출식은 다음과 같다.

Pate Preschool(2006)

$$VO_2(\text{ml/kg/min}) = 10.0714 + 0.02366(\text{Counts}/15 \text{ s})$$

Freedson(1998)

$$\text{PAEE}(\text{kcal/day}) = (0.00094 \times \text{Counts/min}) + (0.1346 \times \text{Body mass}(\text{kg}) - 7.37418)$$

Freedson Children(2005)

$$\text{METs} = 2.757 + (0.0015 \times \text{Counts/min}) - (0.08957 \times \text{Age}(\text{year})) - (0.000038 \times \text{Counts/min} \times \text{Age}(\text{year}))$$

2) 신체활동일기

자가 기록 방법과 인터뷰 방법에 의하여 평소와 같은 일상생활을 하는 주중 2일(화요일, 목요일)과 주말 1일(일요일), 총 3일간 연구대상자의 신체 활동량을 조사하였다. 대상자에게 신체활동일기 기록 방법을 자세히 설명한 후, 주중과 주말의 활동내용 및 소요시간을 기록지에 직접 작성하여 오도록 하였다. 신체활동일기 작성일 바로 다음 날 연구자와의 일대일 면담을 통하여 연구대상자들이 직접 기록한 신체활동일기의 미비한 부분을 보완하도록 하였다. 이와 같은 방법으로 조사된 신체활동일기는, 현재까지 초등학교를 대상으로 활동을 분류할 수 있는 기준이 마련되지 않아, 일본인 영양소요량 5차 자료를 토대로 성인의 활동을 재분류한 ‘활동분류표’ [29]를 참고로 하여 18단계 활동별로 분류하였다.

연구대상자의 1일 활동량을 평가하기 위하여 각 활동단계별 소비시간을 분석하였고, 활동분류표에서 제시하는 각 활동단계별 에너지소비량 값(기초대사량에 대한 배수, Physical Activity Ratio, PAR)을 적용하여 신체활동수준(Physical Activity Level, PAL)을 산출하였다.

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

본 연구에서는 활동 강도별 소요시간을 가속도계와 신체활동일기 별로 비교하기 위하여 데이터 산출 조건을 통일하였다. 즉, 가속도계 결과 값에서는 수면 및 샤워 시간이 제외된 상태이므로 신체활동일기 결과에서도 동일하게 적용하였다.

신체활동일기 분석 시 전체 대상자 28명 중, 주중 혹은 주말에 신체활동일기를 작성하지 않은 학생들은 제외하고 주중과 주말 총 25명(남자 12명, 여자 13명)의 데이터를 사용하였으며 이에 대한 결과는 성별로 비교하였다.

4. 1일 총 에너지소비량 및 에너지필요추정량 산출

가속도계 측정값을 이용한 연구대상자의 1일 총 에너지소비량(Total Energy Expenditure, TEE)은 Ekelund 등 [30]의 연구에서 제시한 예측 공식을 이용하여 계산하였다. 에너지필요추정량(Estimated Energy Requirement, EER)은 2015 한국인 영양소 섭취기준(Ministry of Health and Welfare 2015) [6]에서 제시한 공식(9-11세 어린이용)을 이용하여 산출하였다. 이때 신체활동일기를 이용하여 계산된 각 개인의 신체활동수준(PAL) 값에 따른 신체활동단계별 계수(Physical Activity coefficient, PA)를 EER 공식에 대입하였다.

$$\begin{aligned} \text{총 에너지소비량(TEE)} \\ = (-\text{Gender} \times 380.9) + (\text{Counts/min} \times 1.177) + \\ (\text{Body mass(kg)} \times 21.1) + 706 \\ \text{Gender: Boys} = 0; \text{Girls} = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{에너지필요추정량(EER)} \\ \text{남자} = 88.5 + (-61.9 \times \text{Age(year)}) + \text{individual PA} \\ [(26.7 \times \text{Body mass(kg)}) + (903.0 \times \text{Height(m)})] + 25 \\ \text{PA} = 1.00(\text{비활동적}), 1.13(\text{저활동적}), 1.26(\text{활동적}), \\ 1.42(\text{매우 활동적}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{여자} = 135.3 + (-30.8 \times \text{Age(year)}) + \text{individual PA} \\ [(10.0 \times \text{Body mass(kg)}) + (934.0 \times \text{Height(m)})] + 25 \\ \text{PA} = 1.00(\text{비활동적}), 1.16(\text{저활동적}), 1.31(\text{활동적}), \\ 1.56(\text{매우 활동적}) \end{aligned}$$

5. 통계분석

본 연구 자료는 IBM SPSS Statistics 23.0 Program (IBM, USA)을 이용하여 통계처리 하였다. 대상자의 평균 연령, 신체계측, 가속도계 및 신체활동일기를 이용하여 측정한 신체활동량 등은 평균과 표준편차(Mean±SD)로 표시하였다. 정규분포를 검정하기 위해 Kolmogorov-Smirnov test를 사용하였고 본 연구 데이터가 p<0.05에서 정규분포를 이루지 않아 비모수 검정을 시행하였다. 성별에 따른 신체 구성, 신체활동량 등의 평균 차이 검증은 Mann-Whitney U test를 사용하였고 남녀의 주중과 주말의 활동량 비교와 신체활동일기, 가속도계를 통해 나타나는 활동량 등의 평균 비교는 Wilcoxon signed-rank test를 이용하였다. 가속도계로 측정한 활동량 크기의 시간대별 비교는 One way Repeated Measures ANOVA를 이용하여 유의성을 검증하였다. 본 연구의 모든 자료는 p<0.05에서 유의성을 검증하였다.

결 과

1. 연구대상자의 일반적 특성

본 연구대상자의 신체계측 결과는 Table 1과 같다. 체지방량을 제외하고 연령, 신장 및 체중 등은 성별에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다. 연구대상자의 평균 연령은 남녀 각각 10.6±0.8 세와 11.0±1.1 세였고 신장 및 체중은 남자에서 142.9±7.8 cm와 39.6±8.4 kg, 여자에서 147.4±7.9 cm와 44.7±7.7 kg으로 나타났다. 체질량지수(BMI)는 남자는 19.2±2.5이었고 여자는 20.6±3.4이었으며 근육량은 남녀 각각 16.8±3.2 kg과 16.9±2.4 kg이었다. 특별히 체지방량은 여자(12.8±5.6 kg)가 남자(7.9±3.9 kg)

Table 1. Anthropometric measurements of the study subjects

	Males (N=11)	Females (N=14)
Age (years)	10.6 ± 0.8 (9.0-11.0) ¹⁾	11.0 ± 1.1 (9.0-12.0)
Height (cm)	142.9 ± 7.8 (130.1-156.9)	147.4 ± 7.9 (137.3-162.5)
Body weight (kg)	39.6 ± 8.4 (27.1-57.6)	44.7 ± 7.7 (33.9-57.7)
Body mass index (kg/m ²)	19.2 ± 2.5 (15.7-23.4)	20.6 ± 3.4 (17.5-28.8)
Fat mass (kg)	7.9 ± 3.3 (4.1-14.5)	12.8 ± 5.6* (6.0-24.1)
Muscle mass (kg)	16.8 ± 3.2 (11.6-23.2)	16.9 ± 2.4 (13.0-22.4)

1) Mean ± SD (Range)

*: p<0.05 Significantly different between males and females by Mann-Whitney U test

보다 유의하게 높은 것으로 나타났다.

2. 가속도계로 측정한 주중의 시간대별 신체활동량(CPM, PAEE, METs)

가속도계로 측정한 주중의 신체활동량(CPM, PAEE, METs)을 살펴보면 Table 2와 같다. 주중의 신체활동량의 평균값을 성별로 비교해보면, CPM (Counts Per Minute)과 METs 모두 남자(723.3 ± 149.2 CPM, 2.07 ± 0.18 METs)가 여자 (505.6 ± 119.9 CPM, 1.79 ± 0.20 METs)보다 유의하게 높았으나 PAEE는 성별에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다.

활동 시간대별 신체활동량을 살펴보면 CPM은 점심시간(남자 $1,142.1 \pm 584.2$, 여자 506.7 ± 233.4)과 훈련시간(남자 $1,870.9 \pm 536.9$, 여자 $1,317.2 \pm 382.1$)에 있어서 여자보다 남자가 유의하게 높은 값을 보였다. METs 역시 점심시간(남자 2.63 ± 0.73 , 여자 1.80 ± 0.30)과 훈련시간(남자 3.54 ± 0.64 , 여자 2.86 ± 0.56)에 남자가 여자보다 유의하게 높은 것으로 나타났다. 반면, PAEE는 시간대별 남녀 간의 유의한 차이를 보이지 않았다. 하루 중 가장 강도 높은 활동을 하는 시간을 CPM, PAEE 및 METs로 살펴보면 남녀 모두 오후(16~18시) 훈련시간임을 알 수 있었다.

3. 가속도계로 측정한 주중과 주말의 시간별 신체활동 패턴

가속도계로 측정한 CPM 값을 이용하여 주중과 주말의 신체활동 패턴을 비교해본 결과는 Fig. 1과 같다. 전반적으로 주중에는 남자가 여자보다 높은 신체활동량을 보이고 있었으며 점심시간(12~13시)과 훈련시간(16~18시)이 다른 시간대에 비해 유의하게 높은 신체활동량을 보였다. 오전 수업시간(10~12시), 오후 수업시간(14~15시)과 훈련 후 시간인 20~21시에서도 남자가 여자보다 유의하게 높은 신체활동량을 보였다. 그러나 주말에는 시간대별 CPM 값에 있

어서 남녀 간의 유의한 차이를 보이지 않았다. 1일 평균 CPM 값은 주중과 주말 모두 남자가 여자보다 높았으나 유의한 차이는 주중(남자 723.3, 여자 505.6)에서만 나타났다.

4. 신체활동일기로 평가한 신체활동 18단계별 소요 시간 및 신체활동수준

신체활동일기로 평가한 신체활동 18단계별 소요 시간을 주중과 주말로 비교해보면(Table 3), 남녀 모두 주중에 5단계 공부 및 사무작업(남자 278.2 ± 73.7 분, 여자 281.8 ± 35.4 분), 7단계 옷 갈아입기 및 미용 관련 활동(남자 20.5 ± 18.4 분, 여자 16.0 ± 9.1 분), 10단계 청소 및 물품정리(남자 21.7 ± 22.1 분, 여자 21.4 ± 15.7 분)에 소요된 시간이 주말보다 유의하게 높게 나타났다. 또한 여자는 주중에 18단계 스포츠 활동(122.5 ± 40.5 분)에 소요된 시간이 주말보다 유의하게 높았다. 반면, 주말에는 남녀 모두 2단계 휴식 및 TV보기(남자 401.1 ± 208.7 분, 여자 255.4 ± 164.9 분) 활동에 소요된 시간이 주중보다 유의하게 높게 나타났으며 남자는 3단계 식사 및 간식(94.3 ± 47.3 분) 활동에 소요된 시간도 주중보다 주말에 유의하게 높은 것으로 나타났다.

활동별 소요 시간을 성별로 비교해본 결과, 주중에는 3단계 식사 및 간식(남자 52.8 ± 24.5 분, 여자 89.5 ± 31.4 분)에 소요된 시간이 남자보다 여자에서 유의하게 높게 나타난 반면, 주말에는 2단계 휴식 및 TV보기(남자 401.1 ± 208.7 분, 여자 255.4 ± 164.9 분)에 소요된 시간이 여자보다 남자에서 유의하게 높은 것으로 나타났다.

남자에서 신체활동일기로 평가한 신체활동수준은 주중에 1.98 ± 0.29 로 주말(1.62 ± 0.50)보다 유의하게 높았으며, 한국인 영양소 섭취기준(Ministry of Health and Welfare 2015)에서 제시한 활동수준 분류에 따르면 이들 값은 주중이 ‘매우 활동적’, 주말은 ‘활동적’으로 평가되었다(Table

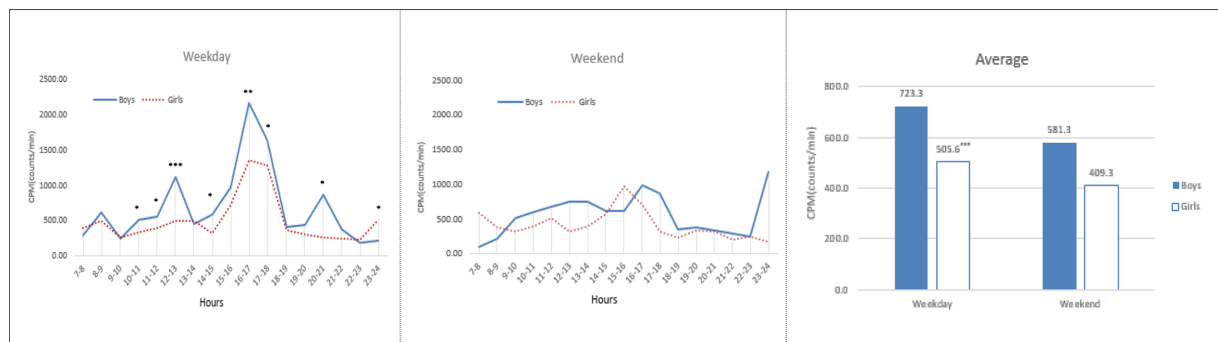


Fig. 1. Daily (7:00-24:00 h) physical activity patterns of males and females, weekday and weekend using accelerometer. *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$ Significantly different between males and females by Mann-Whitney U test

Table 2. Counts per min (CPM), physical activity energy expenditure (PAEE) and METs by time zone during weekday using accelerometer

		Get up - Go to school	Morning class	Lunch time	Afternoon class	Exercise & Training	After training - Sleeping	Average
		7:00-8:00	8:00-12:00	12:00-13:00	13:00-16:00	16:00-18:00	18:00-24:00	7:00-24:00
CPM	Males	322.2 ± 241.5 ^a	498.2 ± 145.6 ^{ab}	1,142.1 ± 584.2 ^{bcd}	657.5 ± 248.9 ^{ab}	1,870.9 ± 536.9 ^c	458.6 ± 223.4 ^{acd}	723.3 ± 149.2
(counts/min)	Females	378.6 ± 211.0 ^{ac}	375.1 ± 115.7 ^{*a}	506.7 ± 233.4 ^{***ac}	511.1 ± 144.0 ^c	1,317.2 ± 382.1 ^{**b}	311.8 ± 109.2 ^a	505.6 ± 119.9 ^{***}
PAEE	Males	3.8 ± 4.8 ^a	7.4 ± 4.6 ^{ab}	26.7 ± 19.7 ^{ab}	12.0 ± 6.7 ^{ab}	51.1 ± 28.2 ^b	8.9 ± 10.5 ^a	15.5 ± 9.1
(kcal/hour)	Females	3.0 ± 2.9 ^a	7.0 ± 5.2 ^{bd}	10.9 ± 7.1 ^{bd}	11.9 ± 6.5 ^b	40.3 ± 20.0 ^c	5.1 ± 4.3 ^{acd}	11.5 ± 6.0
METs ¹⁾	Males	1.53 ± 0.37 ^{2)a}	1.79 ± 0.20 ^a	2.63 ± 0.73 ^{bc}	2.01 ± 0.36 ^{ac}	3.54 ± 0.64 ^b	1.69 ± 0.28 ^{ac}	2.07 ± 0.18
	Females	1.60 ± 0.33 ^{acd}	1.63 ± 0.19 ^{ad}	1.80 ± 0.30 ^{***acd}	1.81 ± 0.21 ^c	2.86 ± 0.56 ^{**b}	1.51 ± 0.18 ^d	1.79 ± 0.20 ^{**}

1) Metabolic equivalents, 2) Mean±SD

*: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001 Significantly different between males and females in weekday by Mann-Whitney U test

^{abcd} There were significant differences with different superscripts in a row among time zones**Table 3.** Comparison of time spent of each activity between weekday and weekend using physical activity diary

Physical activity categories	PAR ¹⁾	Males				Females			
		Weekday ²⁾		Weekend ³⁾		Weekday		Weekend	
		Minute	%	Minute	%	Minute	%	Minute	%
(1) Sleeping	0.9	569.5 ± 102.2 ⁴⁾	39.6	613.7 ± 124.2	42.6	571.4 ± 60.2	39.7	624.0 ± 78.1	43.3
(2) Resting, talking, watching TV	1.2	176.5 ± 104.5	12.3	401.1 ± 208.7 ^{††}	27.8	118.8 ± 57.2	8.3	255.4 ± 164.9 ^{†*}	17.7
(3) Eating food & snacks	1.4	52.8 ± 24.5	3.7	94.3 ± 47.3 [†]	6.6	89.5 ± 31.4 ^{**}	6.2	108.8 ± 79.7	7.6
(4) Personal hygiene, computer work	1.5	37.6 ± 24.8	2.6	100.6 ± 125.5	7.0	66.8 ± 40.9	4.6	164.1 ± 142.9	11.4
(5) Studying, desk work	1.6	278.2 ± 73.7	19.3	22.3 ± 31.6 ^{††}	1.6	281.8 ± 35.4	19.6	28.8 ± 39.5 ^{††}	2.0
(6) Transportation (bus, taxi)	2.0	30.9 ± 28.8	2.2	52.2 ± 96.5	3.6	28.9 ± 36.9	2.0	49.6 ± 61.5	3.4
(7) Dressing	2.1	20.5 ± 18.4	1.4	4.7 ± 4.9 ^{††}	0.3	16.0 ± 9.1	1.1	13.2 ± 25.0 [†]	0.9
(8) A walk (slowly), a stroll	2.5	8.3 ± 16.9	0.6	0.0 ± 0.0	—	2.1 ± 4.0	0.2	0.1 ± 0.3	0.0
(9) Tidy away	2.6	4.6 ± 10.4	0.3	2.7 ± 4.0	0.2	10.8 ± 13.2	0.8	17.0 ± 28.2	1.2
(10) Indoor errand, kitchen work	2.7	21.7 ± 22.1	1.5	3.4 ± 11.2 ^{††}	0.2	21.4 ± 15.7	1.5	5.5 ± 7.5 ^{††}	0.4
(11) Outdoor errand, gardening	3.0	0.0 ± 0.0	—	0.0 ± 0.0	—	0.0 ± 0.0	—	0.8 ± 2.8	0.0
(12) Walking moderately, shopping	3.1	58.9 ± 34.7	4.1	40.5 ± 60.5	2.8	80.5 ± 43.6	5.6	85.2 ± 101.2	5.9
(13) Sweeping, laundry	3.2	5.0 ± 9.9	0.4	2.7 ± 9.1	0.2	12.3 ± 19.5	0.9	2.9 ± 7.0	0.2
(14) Giving a piggyback	3.3	0.0 ± 0.0	—	0.0 ± 0.0	—	0.0 ± 0.0	—	0.0 ± 0.0	—
(15) Mopping floor, club activities	4.0	1.4 ± 4.9	0.1	0.7 ± 2.6	0.1	0.0 ± 0.0	—	0.0 ± 0.0	—
(16) Walking fast	4.5	29.4 ± 34.4	2.0	18.4 ± 33.0	1.3	14.0 ± 17.7	1.0	12.5 ± 30.1	0.9
(17) Outdoor exercise	6.0	0.0 ± 0.0	—	1.8 ± 6.0	0.1	2.5 ± 9.8	0.2	9.6 ± 34.7	0.7
(18) Climbing, jogging, and sports et al.	7.0	144.8 ± 58.2	10.1	81.6 ± 115.1	5.7	122.5 ± 40.5	8.5	62.8 ± 93.2 [†]	4.4
Total		1440	100.0	1440	100.0	1440	100.0	1440	100.0

1) Physical activity ratio expressed as multiples of basal metabolic rate (BMR), 2) Average of two weekdays(Tuesday and Thursday), 3) Sunday, 4) Mean±SD

†: p<0.05, ††: p<0.01 Significantly different between weekday and weekend by Wilcoxon signed-rank test

*: p<0.05, **: p<0.01 Significantly different between males and females by Mann-Whitney U test

4). 여자에서도 역시 주중(1.89 ± 0.19)이 주말(1.61 ± 0.35)보다 유의하게 높았으며 신체활동 강도는 주중과 주말 모두 ‘활동적’으로 나타났다.

5. 가속도계와 신체활동일기의 결과 값 비교

가속도계로 얻어진 결과를 Pate의 분류 기준에 따라 신체활동 강도별로 나누어 소요 시간을 주중과 주말로 비교하여 보면 (Table 5), 여자에서는 저강도, 중강도 및 고강도 활동 모두에서 주중 소요 시간이 주말보다 유의하게 높았으나, 남자에서는 유의한 차이가 없었다.

Table 5에 제시된 1일 보행수(steps/day)를 주중과 주말로 살펴봤을 때 남자(주중 $15,640 \pm 3,418$ steps/day, 주말 $9,692 \pm 4,677$ steps/day)와 여자(주중 $11,977 \pm 2,336$ steps/day, 주말 $7,056 \pm 4,273$ steps/day) 모두 주말보다 주중에 유의하게 높은 것으로 나타났다. 한편, 보행수를 성별에 따라 비교해보면 주중과 주말 모두 남자가 유

의하게 높게 나타났다.

신체활동일기로 평가한 18단계의 활동을 활동 강도에 따라 4단계로 재분류(수면 및 샤워시간 제외)하여 각 단계별 소요시간을 주중과 주말로 비교해본 결과는 Table 6과 같다. 남자는 주중과 주말간의 유의한 차이가 없었으나 여자는 고강도 활동에 소요한 시간이 주말(62.8 ± 93.2 분)보다 주중(122.5 ± 40.5 분)에서 유의하게 높게 나타났다.

가속도계와 신체활동일기 간의 활동 강도별 소요 시간을 비교해보면 (Table 7), 남녀 모두 가속도계가 신체활동일기에 비하여 ‘가벼운 활동’에 소비된 시간을 높게 평가한 반면(남자 81.3% : 67.7%, 여자 84.5% : 64.8%), ‘저강도 활동’과 ‘고강도 활동’에 소비된 시간은 신체활동일기가 가속도계보다 높게 나타났다.

6. 1일 총 에너지소비량과 에너지필요정량

가속도계 측정값을 추정식에 대입하여 산출한 1일 총 에

Table 4. Physical activity level (PAL)¹⁾ and intensity classification of PAL²⁾ using physical activity diary

	Males		Females	
	Weekday ³⁾	Weekend ⁴⁾	Weekday	Weekend
PAL	1.98 ± 0.29^5	$1.62 \pm 0.50^†$	1.89 ± 0.19	$1.61 \pm 0.35^†$
Intensity classification of PAL	Very active	Active	Active	Active

1) $PAL = \{ \sum [Physical\ Activity\ Ratio(PAR) \times time\ spent\ (min)] \} / 1,440\ (min)$

2) Intensity classification of PAL by KDRI 2015: Sedentary 1.00-1.39; Low active 1.40-1.59; Active 1.60-1.89; Very active 1.90-2.50

3) Average of two weekdays(Tuesday and Thursday)

4) Sunday

5) Mean \pm SD

†: $p < 0.05$ Significantly different between weekday and weekend by Wilcoxon signed-rank test

There was no significant difference between males and females

Table 5. Comparison of weekday and weekend for the time spent of physical activity levels using accelerometer

	Cut point of classification (counts/min) ¹⁾	Time (min/day)			
		Males		Females	
		Weekday ²⁾	Weekend ³⁾	Weekday	Weekend
Sedentary PA ⁴⁾	0 - 799	$789.6 \pm 195.6 (80.8)^5$	$778.1 \pm 238.6 (84.6)$	$793.5 \pm 83.5 (83.7)$	$763.2 \pm 164.9 (87.4)$
Light PA	800 - 1,679	$57.6 \pm 4.7 (5.9)$	$51.3 \pm 16.7 (5.6)$	$59.1 \pm 13.2 (6.2)$	$44.7 \pm 22.8^{††} (5.1)$
Moderate PA	1,680 - 3,367	$65.3 \pm 10.5 (6.7)$	$51.3 \pm 20.9 (5.6)$	$56.9 \pm 14.7 (6.0)$	$40.8 \pm 21.7^{††} (4.7)$
Vigorous PA	3,368 ~	$65.0 \pm 21.1 (6.6)$	$39.2 \pm 24.3 (4.3)$	$38.2 \pm 11.2^{**} (4.0)$	$25.6 \pm 18.3^† (2.9)$
Total ⁶⁾		$977.5 \pm 209.1 (100.0)$	$919.9 \pm 214.9 (100.0)$	$947.6 \pm 80.3 (100.0)$	$873.7 \pm 149.9^† (100.0)$
MVPA ⁷⁾	>1,680	$130.3 \pm 30.6^8) (13.3)$	$90.5 \pm 42.8 (9.8)$	$95.0 \pm 24.6^{**} (10.0)$	$65.9 \pm 36.6^{††} (7.5)$
Step counts (steps/day)		$15,640.0 \pm 3,418$	$9,692.0 \pm 4,677^†$	$11,977.0 \pm 2,336^{**}$	$7,056.0 \pm 4,273^{††}$

1) Pate Preschool (2006): $VO_2\ (ml/kg/min) = 10.0714 + 0.02366\ (counts/15\ s)$

2) Average of five weekdays (from Monday to Friday)

3) Average of two weekends (Saturday and Sunday)

4) PA: Physical activity

5) (): Distribution (%)

6) Sleeping and shower time were not included

7) MVPA: Moderate and vigorous physical activity (Moderate PA+Vigorous PA)

8) Mean \pm SD

†: $p < 0.05$, ††: $p < 0.01$ Significantly different between weekday and weekend by Wilcoxon signed-rank test

** : $p < 0.01$ Significantly different between males and females by Mann-Whitney U test

Table 6. Comparison of weekday and weekend for the time spent of physical activity levels using physical activity diary

Level	Intensity of activity	Time (min/day)			
		Males		Females	
		Weekday ¹⁾	Weekend ²⁾	Weekday	Weekend
2 - 5	Sedentary PA ³⁾	532.2 ± 54.2 (62.5) ⁴⁾	599.3 ± 179.1 (74.2)	537.1 ± 51.3 (63.4)	535.1 ± 141.8 (67.3)
6 - 14	Light PA	149.9 ± 38.4 (17.6)	106.2 ± 107.6 (13.5)	172.0 ± 53.8 (20.1)	174.1 ± 125.4 (21.7)
15 - 17	Moderate PA	30.8 ± 35.0 (3.4)	20.2 ± 32.4 (2.3)	17.2 ± 17.9 (2.0)	22.1 ± 57.3 (2.9)
18	Vigorous PA	144.8 ± 58.2 (16.6)	81.6 ± 115.1 (10.0)	122.5 ± 40.5 (14.5)	62.8 ± 93.2 [†] (8.2)
	Total ⁵⁾	857.5 ± 103.1 (100.0)	807.3 ± 123.9 (100.0)	848.8 ± 62.6 (100.0)	794.0 ± 81.5 (100.0)

1) Average of two weekdays (Tuesday and Thursday), 2) Sunday, 3) PA: Physical activity, 4) (): Distribution (%)

5) Sleeping and shower time were not included

6) Mean ± SD

†: p<0.05 Significantly different between weekday and weekend by Wilcoxon signed-rank test

Table 7. Comparison of the time spent on physical activity levels between accelerometer and physical activity diary (Unit: min/day)

Intensity of activity	Males		Females	
	Accelerometer	Physical activity diary	Accelerometer	Physical activity diary
Sedentary PA	785.2 ± 189.2 ¹⁾²⁾ (81.3)	561.4 ± 95.8 ^{3)††} (67.7)	783.6 ± 79.5 (84.5)	535.3 ± 66.0 ^{††} (64.8)
Light PA ⁴⁾	55.6 ± 4.2 (6.0) ⁵⁾	130.6 ± 53.4 ^{††} (15.8)	55.2 ± 15.3 (6.0)	177.9 ± 69.2 ^{††} (21.3)
Moderate PA	61.0 ± 7.2 (6.5)	28.2 ± 32.2 [†] (3.1)	52.5 ± 15.6 (5.7)	20.1 ± 29.2 ^{††} (2.5)
Vigorous PA	57.1 ± 14.5 (6.1)	113.1 ± 63.4 ^{††} (13.4)	35.0 ± 11.8 (3.8)	94.2 ± 49.2 ^{††} (11.4)
Total	958.9 ± 191.6 ⁶⁾ (100.0)	833.3 ± 116.5 (100.0)	926.3 ± 72.9 (100.0)	827.4 ± 51.5 (100.0)

1) Sleeping and shower time were not included in physical activity diary and accelerometer

2) The average of seven days from Monday to Sunday

3) The average of three days in Tuesday, Thursday and Sunday

4) PA: Physical activity

5) (): Distribution (%)

6) Mean ± SD

†: p<0.05, ††: p<0.01 Significantly different between physical activity diary and accelerometer by Wilcoxon signed-rank test

There was no significant difference between males and females

Table 8. Comparison of total energy expenditure (TEE) and estimated energy requirement (EER, individual PA)

	Males	Females
TEE ¹⁾ (kcal/day)	2,033.0 ± 637.6	1,817.2 ± 223.6*
EER ²⁾ (kcal/day)	2,451.1 ± 544.1 ^{3)†}	2,262.6 ± 369.7 ^{††}

1) The average during a week from Monday to Sunday

2) The average of three days in Tuesday, Thursday and Sunday

3) Mean ± SD

†: p<0.05, ††: p<0.01 Significantly different between TEE and EER by Wilcoxon signed-rank

*: p<0.05 Significantly different between males and females by Mann-Whitney

너지소비량(TEE)과 한국인 영양소 섭취기준(KDRI)에서 제시한 산출식을 이용한 에너지필요추정(EER)을 비교해본 결과(Table 8), 남녀 모두 TEE(남자 2,033.0±637.6 kcal/day, 여자 1,817.2±223.6 kcal/day)가 각 개인의 활동계수(PA)를 적용한 EER(남자 2,451.1±544.1 kcal/day, 여자 2,262.6±369.7 kcal/day)보다 유의하게 낮게 나타났다. TEE를 성별로 비교해보면, 남자(2,033.0±637.6 kcal/day)가 여자(1,817.2±223.6 kcal/day)보다 유의하

게 높았고 EER은 남녀 간의 유의한 차이가 없었다.

고 찰

본 연구에서는 초등학교 축구선수 남녀를 대상으로 가속도계와 신체활동일기를 이용하여 각각 약 1주일과 3일간의 신체활동수준, 신체활동 패턴 및 에너지소비량을 성별로 비교하고 신체활동 측정 도구인 가속도계와 신체활동일기를 통해 산출된 신체활동 값을 비교하였다.

본 연구에서는 가속도계를 이용하여 다양한 신체활동 값을 산출하여 주중의 시간대별 신체활동량을 살펴보았다. CPM과 METs 값은 점심시간(12~13시)과 훈련시간(16~18시)에 남자가 여자보다 유의하게 높은 것으로 나타났으나 PAEE는 시간대별로 성별에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다.

이러한 결과와 관련하여 가속도계(GT3X⁺)의 타당도 및 신뢰도를 검증한 Lee [11]는 결과 값의 오차를 증가시키는 중요한 요인으로 착용부위와 추정식을 언급하였는데, 특히

추정식의 경우, 측정 프로토콜에 신체활동 강도가 낮은 것부터 높은 것까지 일상생활과 유사한 활동이 포함되어야 신체활동량 추정이 정확할 수 있다고 서술한 바 있다. 본 연구결과에서 제시한 CPM(counts/min)은 추정식과 관계없이 신체 움직임에서 발생하는 가속도를 counts 값으로 제시하고 이것을 분(minute)으로 나누어 CPM 값이 산출된다. 반면 METs와 PAEE의 경우, 가속도계 소프트웨어 프로그램인 ActiLife(6.9.4)에 내장되어 있는 추정식을 선택하여 산출된 바 있다. 이때 METs는 6~18세의 소아청소년을 대상으로 개발된 Freedson Children(2005) [28] 추정식을 이용한 반면, PAEE는 어린이에게 적용 가능한 추정식이 프로그램 상에 입력되어 있지 않아 19세 이상의 성인을 대상으로 개발된 Freedson(1998) [27]의 추정식을 사용하였다. 따라서 앞서 Lee [11]가 언급하였듯이, 선택된 추정식의 적절성에 따라 결과가 영향을 받게 된다. 그러므로 추후 어린이의 신체활동량을 가속도계로 측정 및 평가할 경우, 어린이를 대상으로 개발된 공식을 사용할 것을 권장하며 이를 위하여는 어린이를 위한 추정식이 개발되어야 한다.

한편, 본 연구대상자(초등학교 축구선수)의 시간대별 신체활동량을 국내 어린이를 대상으로 한 타 연구결과와 비교해보고자 하였으나 초등학교를 대상으로 한 연구가 없었기에 만 5세의 일반 미취학아동 30명을 대상으로 가속도계(GT3X+)를 착용시켜 신체활동량을 평가한 Kim 등 [14]의 연구결과와 비교해보았다. 다만, 두 가지 연구결과를 비교함에 있어서 Kim 등 [14]은 가속도계 착용시간을 유치원 등원 후부터 하원까지(오전 9시부터 오후 4시까지)로 하였으며 에너지소비량 산출 시, CPM 값에 따라 추정식을 다르게 사용한 바 있어(1,951 CPM 이하는 Manufacturer's equation, 1,952 CPM 이상은 Freedson(1998)) 본 연구와 다소 차이가 있다는 제한점이 있다.

신체활동량 중 PAEE(kcal/hr)를 살펴보면 본 연구대상자의 주중 신체활동량의 평균값은 남자와 여자 각각 15.5 ± 9.1 kcal/hr와 11.5 ± 6.0 kcal/hr로 미취학아동보다 높게 나타났다(남아 7.14 ± 2.52 kcal/hr, 여아 6.46 ± 1.85 kcal/hr). 또한 하루 중 가장 강도 높은 활동을 하는 시간대를 살펴보면 본 연구대상자는 훈련시간(16~18시)으로 남녀 각각 51.1 ± 28.2 kcal/hr와 40.3 ± 20.0 kcal/hr로 미취학아동에서 가장 높은 신체활동량을 보인 점심시간(11~12시)(남아 15.67 ± 2.72 kcal/hr, 여아 24.33 ± 4.90 kcal/hr)보다 높은 활동량을 보이는 것을 알 수 있었다.

본 연구대상자의 신체활동 패턴은 남녀 모두 오전 10시부터 오후 13시(오전수업 및 점심시간) 사이에 신체활동량이 증가하는 추세를 보였는데 11세의 남녀 어린이(비운동군)

를 대상으로 한 Riddoch 등 [17]의 연구에서도 남녀 모두 오전 10시부터 오후 14시(오전 수업 및 점심시간)에 신체활동량이 점차 증가하는 경향을 보여 본 연구대상자의 패턴과 비슷한 것으로 나타났다. 한편, 본 연구대상자는 방과 후 훈련 시간인 오후 16시부터 18시 사이에 가장 높은 신체활동량을 보였는데 이때 남자의 CPM 값이 여자보다 유의하게 높았다. 이러한 차이는 고강도 훈련을 받는 시간이 여자보다는 남자에서 더 높기 때문인 것으로 사료된다. 이에 따라 남녀 모두 축구선수일지라도 성별에 따라서 동일한 훈련시간 내 훈련의 양 및 강도에 차이가 있을 수 있음을 고려하여 추후 초등학교 축구선수 영양관리 시 남녀별로 차별화되어 에너지필요량을 권장하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

신체활동 18단계별 소요 시간을 살펴보면, 본 연구대상자 남녀 모두 주중에 '옷 갈아입기 및 미용 관련 활동(7단계)'과 '청소 및 물품정리 활동(10단계)'에서 소요된 시간이 주말보다 높은 것으로 나타났다. 이는 본 연구대상자의 경우, 일반학생이 아닌 운동선수이기에 방과 후에는 훈련을 위해 운동복으로 갈아입는 등의 활동을 하게 되며 훈련 전과 후에는 운동에 사용했던 물품들을 정리하는 시간을 가지기 때문인 것으로 사료된다.

한편, 본 연구에서 초등학교 축구선수의 경우, 남녀 모두 2단계 활동(휴식 및 TV보기)에 소요된 시간이 주중보다 주말이 유의하게 높게 나타나 주말에는 '가벼운 활동'인 휴식에 보내는 시간이 더 많은 것을 알 수 있었다. 농촌지역 초등학교를 대상으로 한 Lee & Kim [19]의 연구에서도 18단계 활동분류표 상 강도가 매우 낮은 '가벼운 활동'에 해당되는 1~5단계 활동(수면, 휴식 및 TV보기, 식사 및 간식섭취, 개인위생, 학습관련 활동)에 소비되는 시간이 주중보다 주말에 유의하게 높은 것으로 나타난 바 있다.

본 연구대상자의 신체활동수준은 남자(주중 1.98 ± 0.29 , 주말 1.62 ± 0.50)와 여자(주중 1.89 ± 0.19 , 주말 1.61 ± 0.35) 모두 주중이 주말보다 유의하게 높은 것으로 나타났다. 한국인 영양소 섭취기준(Ministry of Health and Welfare 2015) [6]에서는 활동의 정도를 나타내는 총 에너지소비량(Total Energy Expenditure, TEE)을 기초대사량으로 나눈 값인 신체활동수준(PAL)에 근거하여 '비활동적(1.0 이상 1.4 미만)', '저활동적(1.4 이상 1.6 미만)', '활동적(1.6 이상 1.9 미만)', '매우 활동적(1.9 이상 2.5 이하)'의 4단계로 구분한 바 있다. 이 분류에 따르면 본 연구대상자의 신체활동수준은 남자의 경우 주중에 '매우 활동적', 주말에는 '활동적'에 해당되며 여자에서는 주중과 주말 모두 '활동적'에 해당된다.

한편, 신체활동일기를 이용하여 신체활동수준을 평가한 타

연구들을 살펴보면 농촌 초등학교 중 특기 적성 수업을 통해 주중 10시간 이상 운동을 하는 초등학교의 1일 신체활동수준은 주중(1.82)과 주말(1.45)에서 각각 ‘활동적’과 ‘저활동적’인 것으로 나타났으며 주중과 주말 간의 유의한 차이는 없었다[19]. 인문계 남자 고등학교 [31]의 신체활동수준은 주중(1.63)에는 ‘활동적’ 그리고 주말(1.37)은 ‘비활동적’으로 본 연구에서와 마찬가지로 주중이 주말보다 유의하게 높았다. 또한 고등학교 운동선수 [4]의 주중 신체활동수준은 남자가 2.23 그리고 여자가 2.16로 남녀 모두 ‘매우 활동적’이었다.

신체활동일기로 평가한 주중의 신체활동수준을 지금까지 수행된 연구대상자별로 비교하여 보면 인문계 남자 고등학교(1.63), 농촌 초등학교(비운동군)(1.82), 초등학교 축구선수(남자 1.98, 여자 1.89), 고등학교 운동선수(남자 2.23, 여자 2.16)의 순으로 높았다. 특히 Kim 등 [4]이 보고한 고등학교 운동선수는 남녀 모두 ‘매우 활동적’으로 이들의 평균 선수 경력은 5년 이상이었으며 평일의 훈련시간이 1일 평균 3시간 이상으로 본 연구대상자보다 더 장시간 훈련하고 있었다.

본 연구대상자에서 비교적 강도 높은 활동 내용을 살펴보면, 주중에는 방과 후에 약 2시간 정도의 강도 높은 훈련을 하였으며 특히 남자의 경우, 점심시간에 식사를 마치고 축구와 같은 스포츠 활동을 하였다. 주말에도 남녀 모두 가족들과 외출을 하거나 시내 가기 등의 실외활동을 하였고 남자는 친구들과 함께 축구를 하며 시간을 보내기도 하였다.

가속도계로 측정된 본 연구대상자의 활동 강도별 주중 소요 시간을 살펴보면, 남자는 ‘가벼운 활동’부터 ‘저강도 활동’, ‘중강도 활동’ 그리고 ‘고강도 활동’까지 순서대로 80.8%, 5.9%, 6.7%, 6.6%로 나타났으며 여자는 83.7%, 6.2%, 6.0%, 4.0%로 나타나 남녀 모두 ‘가벼운 활동’에 소요된 시간이 가장 많았다. 한편, 운동선수가 아닌 11세의 일반 어린이를 대상으로 한 Riddoch 등 [17]의 연구에서는 활동 강도별(‘가벼운 활동’부터 ‘저강도 활동’, ‘중강도 활동’, ‘고강도 활동’까지)로 남자가 54.2%, 42.6%, 2.8%, 0.4%였고 여자는 57.1%, 40.9%, 1.7%, 0.3%로 나타나 ‘가벼운 활동’에 소요된 시간이 가장 높아 본 연구결과와 일치하였다. 그러나 이와 같은 결과는 활동 강도 분류 방법에 따라서도 차이가 있을 수 있음을 고려해야 한다.

예를 들어, 본 연구에서는 미취학 아동을 대상으로 개발된 Pate Preschool(2006) [26]의 분류 기준을 적용하여 가속도계의 CPM 값에 따라 0-799(가벼운 활동), 800-1679(저강도 활동), 1680-3367(중강도 활동), 3368 이상(고강도 활동)으로 나눈 반면, Riddoch 등 [17]의 연구

에서는 자체 연구 내에서 간접 열량 측정을 통해 활동 강도를 분류하여 200 미만(가벼운 활동), 200-3599(저강도 활동), 3600-6199(중강도 활동), 6200 이상(고강도 활동)의 기준을 적용하였다. 이에 따라 ‘저강도 활동’으로 분류된 시간은 많고 ‘중, 고강도 활동’으로 분류된 시간이 적게 나타난 것으로 보인다. 따라서 가속도계를 이용하여 신체활동수준을 평가하고자 할 경우, 연구대상자별로 적절한 활동 강도 분류 기준을 적용해야 하고 아울러 한국인을 대상으로 한 활동 강도 분류 기준의 타당성 연구가 지속적으로 이루어져야 한다고 생각된다.

초등학교 축구선수인 본 연구대상자 남녀 모두 주중과 주말에서 강원지역 초등학교 [21]의 주중(남자 $10,661 \pm 2,350$ steps/day, 여자 $9,721 \pm 2,393$ steps/day)과 주말(남자 $6,204 \pm 4,468$ steps/day, 여자 $4,483 \pm 3,138$ steps/day)의 보행 수보다 높게 나타났다. 반면, 본 연구결과를 인문계 남자 고등학교 [31]의 보행수(주중 $12,837 \pm 3,653$ steps/day, 주말 $6,661 \pm 4,937$ steps/day)와 비교해보았을 때 주중에서 본 연구대상자의 남자는 인문계 남자 고등학교보다 높았던 반면 여자는 인문계 남자 고등학교보다 낮았다. 주말에는 본 연구대상자 남녀 모두 인문계 남자 고등학교의 보행 수보다 높은 것으로 나타났다.

한편, 본 연구대상자의 주중과 주말의 보행 수를 비교하면 초등학교 59명을 대상으로 연구한 Lee 등 [21]의 연구와 인문계 남자 고등학교 50명을 대상으로 연구한 Shin 등 [31]의 연구에서와 마찬가지로 남녀 모두 주중(남자 $15,640 \pm 3,418$ steps/day, 여자 $11,977 \pm 2,336$ steps/day)이 주말(남자 $9,692 \pm 4,677$ steps/day, 여자 $7,056 \pm 4,273$ steps/day)보다 유의하게 더 높았다.

신체활동일기로 평가한 본 연구대상자의 활동 강도 수준별 소요 시간을 살펴보면, 주중에서 ‘가벼운 활동’과 ‘저강도 활동’(2가지 활동을 더한 값)에 소비된 시간은 남녀 각각 80.1%와 83.5%로 하루 중에 가장 높은 비율을 차지하였고 ‘고강도 활동’에 소비된 시간은 남녀 각각 16.6%와 14.5%로 나타났다. 본 연구와 동일한 방법으로 신체활동일기를 이용하여 신체활동량을 평가한 타 연구들을 살펴보면, 강릉지역 2·4·6학년 초등학교 102명을 대상으로 한 Kim 등 [32]의 연구에서는 주중 ‘가벼운 활동 및 저강도 활동’에 소비된 시간이 99.7%로 나타났고 농촌 초등학교 [19]은 주중에 95.5%이었으며 강원지역 인문계 남자 고등학교 [31]은 주중에 96.1%로 나타나 본 연구결과보다 매우 높은 것으로 나타났다. 반면, 농번기 농업인 113명을 대상으로 한 Kim 등 [33]의 연구에서는 ‘가벼운 활동 및 저강도 활동’에 소비된 시간이 남녀 각각 71.4%와 84.0%로 남자에서는 본

연구대상자(남자)보다 적게 나타났고 여자에서는 본 연구대상자(여자)와 비슷한 것으로 나타났다. 한편, 본 연구대상자는 ‘고강도 활동’에 소요된 시간이 낮은 타 연구들과 달리 ‘고강도 활동’에 소요된 시간이 다소 높게 나타났는데 이는 본 연구대상자는 축구선수로 주중에 정기적으로 매일 약 2시간 정도의 훈련을 하기 때문인 것으로 사료된다.

가속도계와 신체활동일기 간의 활동 강도별 소요 시간을 비교해본 결과, 남녀 모두 ‘가벼운 활동’ 및 ‘중강도 활동’에서는 가속도계로 평가한 값이 신체활동일기 값보다 유의하게 높게 나타난 반면, ‘저강도 활동’ 및 ‘고강도 활동’에서는 신체활동일기로 평가한 값이 가속도계 값보다 유의하게 높은 것으로 나타났다. 국외에서 가속도계와 신체활동일기를 비교한 연구들이 다수 있으나 본 연구에서와 같이 두 도구 간의 활동 강도별 소요시간을 비교한 연구는 찾아보기 어려웠기에 5~16세의 소아청소년(비운동군) 남녀 20명을 대상으로 심박수 모니터(Heart-Rate monitoring)와 가속도계 그리고 신체활동일기를 통해 산출된 에너지소비량을 비교한 연구를 살펴보았다[22]. 다만, 심박수 모니터를 기준으로 가속도계와 신체활동일기의 값을 개별적으로 비교하여 본 연구와 다소 다르다는 제한점이 존재한다. Rodriguez 등 [22]의 연구에서는 ‘저강도-중강도 활동’ 및 ‘고강도 활동’에서의 에너지소비량을 심박수 모니터와 비교해보았을 때 신체활동일기는 심박수 모니터보다 유의하게 높게(과대평가) 평가한 반면 가속도계는 유의한 차이가 없었다. 이때 신체활동일기의 경우, 평가자가 신체활동 목록표를 근거로 활동 종류에 따라 METs 값으로 환산하고 이를 통하여 에너지소비량을 산출한 바 있다. 이러한 결과와 관련하여 신체활동 평가 도구들을 분석한 Lee [34]의 연구에서는 신체활동일기에 의해 기록된 신체활동량은 평가자에 의해 신체활동 목록표를 근거하여 METs 값으로 환산하게 되는데 이때 오차가 발생할 가능성이 높다고 하였다.

본 연구에서 신체활동일기 분석 평가 시, 일본에서 제안한 성인을 위한 신체활동분류표를 이용하였는데, 초등학생을 대상으로 신체활동 에너지소비량을 측정한 Kim 등 [35]은 어린이를 위한 별도의 신체활동분류표가 필요함을 지적한 바 있다. 또한 한국인 영양소 섭취기준(Ministry of Health and Welfare 2015) [6]에 따르면, 신체 활동의 범위와 종류가 다양하므로 활동의 강도 분류 시 오차가 발생하기 쉽다고 하였다.

실제로 신체활동분류표 [29]의 활동항목을 살펴보면 ‘가벼운 활동과 저강도 활동’에는 각각 5가지와 9가지의 활동들이 포함되어 있는 반면, ‘중강도 활동’(청소 및 걸레질, 빨리 걷기 및 통근, 골프 및 농림어업종사) 및 ‘고강도 활동’(등

산, 조깅 및 스포츠 활동)에는 매우 제한적인 활동만이 포함되어 있다. 이로 인해 실제 강도로 보면 ‘중강도 활동’에 해당되는 활동까지 모두 ‘고강도 활동’으로 분류되는 오류가 생길 수 있다. 따라서 본 연구결과에서 ‘저강도 및 고강도 활동’에서 신체활동일기가 가속도계 보다 유의하게 높게 평가된 이유는 신체활동분류 시의 오차 때문인 것으로 사료된다. 추후 신체활동일기를 이용하여 정확한 신체활동을 평가하기 위해서는 활동 강도 분류가 더욱 세분화 되어져야 할 것이며 어린이를 위한 분류 기준도 새로 마련되어야 할 것이다.

본 연구대상자의 1일 총 에너지소비량(TEE)과 에너지필요추정량(EER)을 비교해본 결과, 소아청소년(비운동군)을 대상으로 한 Kim & Kim [36]의 연구와 인문계 남자 고등학생을 대상으로 한 Shin 등 [31]의 연구에서와 동일하게 남녀 모두 TEE(남자 $2,033.0 \pm 637.6$ kcal/day, 여자 $1,817.2 \pm 223.6$ kcal/day)가 EER(남자 $2,451.1 \pm 544.1$ kcal/day, 여자 $2,262.6 \pm 369.7$ kcal/day)보다 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 이와 관련하여 Kim & Kim [36]의 연구에서는 한국인 영양소 섭취기준(KDRI)에서 제시한 EER 공식은 미국/캐나다인을 대상으로 개발된 것이며, 이 공식을 통하여 한국 소아청소년의 EER을 산출하게 되면 실제 에너지소비량보다 과대평가될 수 있다는 점을 시사하였다. 한편, TEE를 산출하는데 있어서 이중표식수법(Doubly Labeled Water, DLW)은 현재 가장 정확한 에너지소비량 측정법으로 알려져 있는데 Bandini 등 [37]의 연구에서 이 방법을 이용하여 8~12세 여자 어린이(비운동군) 161명 대상으로 TEE와 EER(DRI)을 산출하여 값을 비교한 바 있다. 이 결과, DRI에서 제시한 EER 공식이 여자 어린이(비운동군)에게 적절한 것으로 나타났다.

본 연구 및 선행 연구의 결과들을 종합하여 보았을 때 여자 어린이에게 EER 공식이 적절하다는 결과가 나온 Bandini 등 [37]의 연구는 미국인을 대상으로 이루어진 반면 Shin 등 [31], Kim & Kim [36] 그리고 본 연구는 한국인을 대상으로 연구하였으며 세 연구 모두 TEE보다 EER 값이 과대평가된 것으로 나타났다. 이와 관련하여 미국, 캐나다 및 일본 등에서는 이중표식수법을 이용하여 자국민의 에너지소비량을 근거로 EER 공식을 개발하여 사용하고 있다[6]. 그러나 한국은 이 같은 연구가 매우 부족하여 미국에서 사용하고 있는 EER 공식을 적용하고 있지만 이 예측공식은 한국인 대상으로 타당성이 입증 되어있지 않은 상태이다. 따라서 한국 어린이 및 어린이 운동선수를 대상으로 이중표식수법을 이용하여 남녀별로 TEE를 정확하게 평가하고 이 값을 토대로 성별에 따른 EER 공식 개발이 이루어져야 한다고 생각된다.

그러나 이중표식수법은 에너지소비량을 평가하는데 있어서 다른 방법들보다 값이 비싸고 사용이 어렵다는 제한점이 있어 국내에서 연구가 진행되기 어려운 실정이다. 따라서 접근하기 쉬운 신체활동일기를 이용하여 EER을 산출하는 것이 필요하다고 사료되며 EER 산출 시, 성별 및 대상자별로 신체활동수준이 다를 수 있음을 고려하여 신체활동단계별 계수(PA)를 각 개인 혹은 그룹에 따라서 다르게 대입하는 것 적절하다고 생각된다. 이에 대한 타당도를 높이기 위하여 추후 PA 값을 결정하는 신체활동수준(PAL)을 측정평가하는 방법에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다.

본 연구결과를 타 연구와 비교해보면, Kim & Kim [36]의 연구대상자인 초등학교(비운동군) 남녀 모두 TEE(남자 $1,784 \pm 349$ kcal/day, 여자 $1,598 \pm 187$ kcal/day)와 EER(남자 $1,967 \pm 377$ kcal/day, 여자 $1,715 \pm 252$ kcal/day)값이 본 연구대상자보다 낮았다. 반면, 인문계 남자 고등학생 [31]은 주중과 주말의 TEE(주중 $3,046.3 \pm 437.3$ kcal/day, 주말 $2,555.1 \pm 529.8$ kcal/day)와 EER(주중 $3,300.7 \pm 366.4$ kcal/day, 주말 $2,870.4 \pm 328.2$ kcal/day) 모두 본 연구대상자보다 높게 나타났다. EER 값의 차이는 공식에 대입하는 나이, 신장, 체중의 차이에서 비롯된 것으로 사료된다.

일반적으로 알려진 TEE 산출 공식은 휴식대사량(Resting Metabolic Rate, RMR) \times 신체활동수준(PAL)이다. 그러나 본 연구에서는 Ekelund 등 [30]의 연구에서 제안한 예측 공식을 사용하여 TEE를 산출하였으며 이때 RMR과 PAL 값이 아닌 가속도계 값인 counts를 대입하여 계산하였다. 한편, 소아청소년을 대상으로 한 Kim & Kim [36]의 연구에서는 TEE 산출 공식에 RMR을 직접 측정하여 적용하였고 인문계 남자 고등학생을 대상으로 한 Shin 등 [31]의 연구에서는 한국인 영양소 섭취기준(Ministry of Health and Welfare 2015) [6]의 공식을 이용하여 RMR 값을 계산한 바 있다. 한국 초등학교 축구선수 남녀를 대상으로 가속도계를 통하여 TEE 값을 산출한 것은 국내에서 본 연구가 유일하기 때문에 추후 한국인을 대상으로 이 공식의 타당성 연구가 다양한 연령에서 진행될 필요가 있으며 여러 TEE 공식과 함께 비교해보아야 할 것이다.

본 연구에서 가속도계와 신체활동일기 값 비교 시 참값이 없어 결과 비교에 어려움이 있었지만 신체활동을 평가함에 있어서 두 도구의 사용을 조심스럽게 제안해볼 수 있다. 가속도계의 경우, 장기간의 신체활동수준, 패턴 및 에너지소비량을 측정하고 장소 제한 없이 일상생활에서의 신체활동을 평가하고자 할 때 사용하기 유용할 것이고 신체활동일기는 저비용으로 간편하게 신체활동수준 및 에너지소비량을 평가

하고 시간별 활동 내용에 대해 구체적으로 알고자 할 경우에 이용하기를 권장한다. 만약 일상생활 속, 장기간의 에너지소비량을 파악하면서 신체활동 내용을 정확하게 알고 싶다면 가속도계와 신체활동일기 모두를 사용하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점으로는 대상자 수가 25명으로 제한적이고 한 지역의 초등학교 축구부 소속 학생만을 대상으로 신체활동량을 평가하였으므로, 일반적인 어린이 운동선수를 대표하기에는 부족하다는 점이 있다. 또한 운동선수를 위한 가속도계를 이용한 에너지 산출식 식이 아직 개발되지 않았기에 일반인을 대상으로 개발된 추정식(Freedson(1998), Freedson children(2005))을 본 연구대상자에게 적용하였기 때문에 오차가 있을 수 있다.

그럼에도 불구하고 본 연구는 초등학교 운동선수(축구선수) 남녀를 대상으로 일상생활의 신체활동을 측정했다는 점, 그리고 이를 위하여 가속도계를 7일(주중 5일과 주말 2일)간 착용시켜 주중과 주말의 신체활동량 및 세분화된 시간대별 신체활동량을 평가했다는 점에서 의의를 가진다. 또한 신체활동 평가 도구로 널리 쓰이고 있는 가속도계와 신체활동일기를 사용하여 신체활동을 평가하고 이 두 가지의 도구를 통해 나온 값을 비교하고 이를 토대로 1일 총 에너지소비량(TEE) 및 에너지필요추정량(EER)을 산출하여 비교해보았다는 점에서 가치가 있다고 할 수 있다.

요약 및 결론

본 연구는 강릉시에 위치한 한 초등학교의 축구부 소속 남녀 학생 25명을 대상으로 신체활동 평가 도구인 가속도계 및 신체활동일기를 이용하여 일상생활에서의 신체활동수준, 신체활동 패턴 및 에너지소비량을 성별로 비교하고 가속도계와 신체활동일기를 통해 제시된 신체활동 값을 비교해보고자 하였다.

1. 주중의 시간대별 신체활동량(CPM, PAEE, METs)의 평균값은 CPM과 METs 모두 남자가 여자보다 유의하게 높게 나타난 반면, PAEE는 성별에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다. 하루 중 가장 강도 높은 활동을 하는 시간은 훈련 시간(16~18시)으로 나타났다.

2. 시간대별 신체활동 패턴을 살펴보면, 주중의 점심시간(12~13시) 및 훈련시간(16~18시)에서 남자가 여자보다 유의하게 높은 신체활동량을 보였다. 그러나 주말에는 시간대별 남녀 간의 유의한 차이가 없었다.

3. 대상자의 신체활동수준(PAL)은 남자(주중 1.98 ± 0.29 , 주말 1.62 ± 0.50)와 여자(주중 1.89 ± 0.19 , 주말

1.61±0.35) 모두 주중에 주말보다 유의하게 높게 나타났다.

4. 보행수는 남자(주중 15,640±3,418 steps/day, 주말 9,692±4,677 steps/day)와 여자(주중 11,977±2,336 steps/day, 주말 7,056±4,273 steps/day) 모두 주말보다 주중에 유의하게 높은 것으로 나타났다.

5. 가속도계와 신체활동일기 간의 활동 강도별 소요 시간을 비교해본 결과, 남녀 모두 가속도계가 신체활동일기에 비하여 '가벼운 활동'에 소비된 시간을 높게 평가한 반면(남자 81.3% : 67.7%, 여자 84.5% : 64.8%), '저강도 활동'과 '고강도 활동'에 소비된 시간은 신체활동일기가 가속도계보다 높게 평가하였다.

6. 가속도계를 이용하여 산출된 본 연구대상자 남녀의 1일 총 에너지소비량(남자 2,033.0±637.6 kcal/day, 여자 1,817.2±223.6 kcal/day)이 각 개인의 활동계수(PA)를 적용한 에너지필요추정량(남자 2,451.1±544.1 kcal/day, 여자 2,262.6±369.7 kcal/day)보다 유의하게 낮게 나타났다.

본 연구는 초등학교 축구선수 남녀를 대상으로 객관적인 신체활동 측정 도구인 가속도계를 통하여 이들의 신체활동량을 정량적으로 평가하였으며 이를 신체활동일기 값과 비교 분석해보았다. 또한 두 가지의 도구를 통하여 산출되는 값을 이용하여 1일 총 에너지소비량(TEE)과 에너지필요추정량(EER)을 비교해보았다는 점에서 의의가 있다고 할 수 있다.

어린이 운동선수의 경우, 운동선수로서의 기초 체력을 다질 수 있는 중요한 시기이기에 성별에 따라 적절한 영양 관리가 이루어져야 하고 이를 위하여 신체활동량 즉, 에너지소비량에 대하여 남녀별로 정확하게 평가되어야 하지만 이들의 신체활동량과 관련된 연구는 아직까지 부족한 실정이다. 따라서 가속도계와 같이 객관적인 도구를 이용하여 이들의 신체활동량을 정량적으로 평가하는 것이 더욱 중요하며 이와 관련된 후속 연구들이 지속적으로 수행되어야 할 것이다. 즉, 어린이를 위한, 특히 운동선수 어린이를 위한 가속도계를 이용한 산출식이 성별로 다르게 개발되어야 하며 아울러 신체활동일기를 통한 에너지필요추정량(EER) 산출에 있어서 중요한 영향을 미치는 신체활동단계별 계수(PA)를 결정하는 신체활동수준(PAL)을 측정 평가하는 방법에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다.

References

- Baranaukas M, Stukas R, Tubelis L, Zagminas K, Surkiene G, Svedas E et al. Nutritional habits among high-performance endurance athletes. *Medicina* 2015; 51(6): 351-362.
- Position of the American dietetic association, dietitians of Canada, and the American college of sports medicine: Nutrition and athletic performance. *J Am Diet Assoc* 2000; 100(12): 1543-1556.
- Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. Position of the academy of nutrition and dietetics, dietitians of Canada, and the American college of sports medicine: Nutrition and athletic performance. *J Acad Nutr Diet* 2016; 116(3): 501-528.
- 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.
- Lee MC, Kim MH, Hong HO, Kim YS. A research for the recommended dietary allowances of Korean competitive athletes according to the different types of sports. *J Exerc Nutr Biochem* 2000; 4(1): 1-20.
- Ministry of Health and Welfare. Dietary reference intakes for Koreans 2015. Sejong: Ministry of Health and Welfare; 2015. p. 26-60.
- Cho SS. Optimal nutrition for sports and exercise. *Korean J Community Nutr* 2002; 7(3): 410-420.
- Cheong SH, Sung HI, Kim SK, Kim KH, Cho MH, Chang KJ. Eating behaviors, perception of body image, hematological indices and nutrient intake of adolescent female athletes in Incheon. *Korean J Community Nutr* 2003; 8(6): 951-963.
- Chun YS, Kang SK, Cho HC, Kim JK, Lee KE, Kwon MS. A survey on the nutrient intake according to the training phase and resting phase of female judo players. *J Korean Alliance Martial Arts* 2015; 17(1): 31-40.
- Kim JW, Yoo BW, So WY. The analysis of physical activity in sports events using accelerometer. *Korean Soc Wellness* 2014; 9(4): 209-218.
- Lee MY. Criterion and convergent validity evidences of an accelerometer and a pedometer. *Korean J Meas Eval Phys Educ Sports Sci* 2012; 14(2): 1-13.
- Park KM, Jung JH, Kim MK. Policies and strategies to increase physical activity in children and youth. *J Korean Soc Study Phys Educ* 2013; 18(3): 205-218.
- Ndahimana D, Kim EK. Measurement methods for physical activity and energy expenditure: a review. *Clin Nutr Res* 2017; 6(2): 68-80.
- Kim JY, Choi YJ, Ju MJ, Kim EK. Physical activity assessment of preschool children using accelerometer: including comparison of reintegrating counts of different epoch lengths. *J Korean Diet Assoc* 2016; 22(3): 214-224.
- Hoos MB, Kuipers H, Gerver WJ, Westerterp KR. Physical activity pattern of children assessed by triaxial accelerometry. *Eur J Clin Nutr* 2004; 58(10): 1425-1428.
- Riddoch CJ, Bo Andersen L, Wedderkopp N, Harro M, Klasson-Heqqebø L, Sardinha LB et al. Physical activity levels and patterns of 9-and 15-yr-old European children. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36(1): 86-92.
- Riddoch CJ, Mattocks C, Deere K, Saunders J, Kirkby J, Tilling K et al. Objective measurement of levels and patterns of physical activity. *Arch Dis Child* 2007; 92(11): 963-969.
- Telford RM, Telford RD, Cunningham RB, Cochrane T, Davey R, Waddington G. Longitudinal patterns of physical activity in

- children aged 8 to 12 years: the look study. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2013; 10(1): 81-92.
19. 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.
20. Chun HJ, Oh JS. The relationship of physical activities of elementary school students at different times during the daily using pedometer. *J Korean Phys Educ Assoc Girls Women* 2007; 21(6): 37-47.
21. Lee YS, Jeon HJ, Kim HJ. Assessment of physical activity on weekdays and weekend for obesity children in elementary school. *Korean J Elem Phys Educ* 2015; 21(3): 75-83.
22. Rodriguez G, Beghin L, Michaud L, Moreno LA, Turck D, Gottrand F. Comparison of the TriTrac-R3D accelerometer and a self-report activity diary with heart-rate monitoring for the assessment of energy expenditure in children. *Br J Nutr* 2002; 87(6): 623-631.
23. Martinez-Gomez D, Puertollano MA, Warnberg J, Calabro MA, Welk GJ, Siostrom M et al. Comparison of the ActiGraph accelerometer and Bouchard diary to estimate energy expenditure in Spanish adolescents. *Nutr Hosp* 2009; 24(6): 701-710.
24. Shiroma EJ, Cook NR, Manson JE, Buring JE, Rimm EB, Lee IM. Comparison of self-reported and accelerometer-assessed physical activity in older women. *PLoS One* 2015; 10(12): e0145950.
25. Choi SJ, An HS, Lee MR, Lee JS, Kim EK. Accuracy of accelerometer for prediction of selected activities' energy expenditure and activity intensity in athletic elementary school children. *Korean J Community Nutr* 2017; 22(5): 413-425.
26. Pate RR, Almeida MJ, McIver KL, Pfeiffer KA, Dowda M. Validation and calibration of an accelerometer in preschool children. *Obesity* 2006; 14(11): 2000-2006.
27. Freedson PS, Melanson E, Sirard J. Calibration of the computer science and applications, Inc. accelerometer. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30(5): 777-781.
28. Freedson P, Pober D, Janz KF. Calibration of accelerometer output for children. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37(11): S523-S530.
29. Yoon JS, Kim KJ, Kim JH, Park YS, Koo JO. A study to determine the recommended dietary allowance of energy and to develop practical dietary education program for Korean adults. Keimyung University, Ministry of Health and Welfare 2002; pp.93-121.
30. Ekelund U, Sjöström M, Yngve A, Poortvliet E, Nilsson A, Froberg K et al. Physical activity assessed by activity monitor and doubly labeled water in children. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33(2): 275-281.
31. 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.
32. 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.
33. Kim EK, Lee SH, Ko SY, Yeon SE, Choe JS. Assessment of physical activity level of Korean farmers to establish estimated energy requirements during busy farming season. *Korean J Community Nutr* 2011; 16(6): 751-761.
34. Lee MY. Validity evidences and validation procedures of objective physical activity measures. *Korean J Meas Eval Phys Educ Sports Sci* 2011; 13(2): 17-37.
35. 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.
36. 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.
37. Bandini LG, Lividini K, Phillips SM, Must A. Accuracy of dietary reference intakes for determining energy requirements in girls. *Am J Clin Nutr* 2013; 98(3): 700-704.