

대학생의 걷기와 달리기 중 ACSM 추정식과 에너지소비량 기구의 비교

김종희¹, 정동화², 이병근³

¹상명대학교 스포츠건강관리학과, ²상명대학교 스포츠산업학과, ³상명대학교 사회체육학과

Comparison of ACSM Metabolic Equations and Energy Consumption Equipments during Walking and Running of College Students

Jong-Hee Kim¹, Dong-Hwa Chung², Byung-Kun Lee³

¹Department of Exercise & Health Sciences, Sangmyung University, Seoul; ²Department of Sports industry, Sangmyung University, Cheonan; ³Department of Lifetime Sports & Leisure, Sangmyung University, Cheonan, Korea

PURPOSE: The purpose of this study is to compare the differences between ACSM equation and energy expedition equipment of college students during walking and running, and to analyze the correlation.

METHODS: The subjects were 36 college students (19 male, 17 female) and they performed walking (4 km/hr, 2%) and running (9.0 km/hr, 2%) for 10 minutes. Energy consumption was measured using ACSM equation, Caltrac, Polar, Omron, Lifecorder, and Pacer. The paired *t*-test, correlation and ANOVA were conducted.

RESULTS: For GEE, all 3 equipments overestimated from 116.1% to 123.4% ($p < .01$) and showed a significant correlation with ACSM equation in walking. Polar was showing similarly, Polar and Lifecorder showed a significant correlation with ACSM equation in running. Considering the mean comparison, Lifecorder was the most similar in walking, Polar in running, and both showed significant correlation. For NEE, only Caltrac was similar with ACSM equation in walking, Caltrac and Pacer were similar in running, but both Caltrac and Pacer didn't have significant correlation. Omron and Pacer were relatively similar with ACSM equation in walking. All of equipment had large errors or lower correlation in running.

CONCLUSIONS: Compared to ACSM equation, Caltrac and Polar were slightly overestimated, while the Pedometer was similar to for walking but very underestimated for running. The 5 of 7 cases showed significant correlations in walking, and only Polar and Lifecorder showed significant correlations in running. Therefore, it is necessary to verify the validity of the equipments continuously.

Key words: ACSM metabolic equation, Energy expedition equipment, Walking, Running

서론

신체활동 부족은 심폐계 질환의 주요 위험요인으로 널리 알려져 있으며, 혈관계 질환과 관련하여 주요 사망원인으로 보고되고 있다[1]. 미국심장협회(American Heart Association, AHA)에서는 성인에게 중강도 신체활동을 주 당 150분 이상하거나 격한 신체활동을 주 당 75분 이상

하도록 권장하고 있으나[1], 미국의 경우 성인의 50% 정도만이 목표를 달성하고 있다고 보고되고 있다[2]. Troiano et al. [3]은 National Health and Nutritional Examination Survey (NHANES) 자료를 이용하여 어린이의 42%, 성인의 5% 정도가 1일 권장 운동을 수행한다고 하였다.

신체활동량과 에너지소비량을 측정하기 위한 다양한 기구와 애플리케이션 등이 보급되고 있다. 이러한 기구들의 타당도와 신뢰성 및 가

Corresponding author: Byung-Kun Lee Tel +82-41-550-5347 Fax +82-41-550-5339 E-mail bklee@smu.ac.kr

Keywords ACSM 추정식, 에너지 소비량, 걷기, 달리기

Received 13 Jul 2018 Revised 22 Aug 2018 Accepted 31 Oct 2018

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

성비 등을 검증하려는 연구가 보고되고 있다. 측정 기구를 선정할 때 신뢰성, 타당도, 간편성 및 경제성 등을 고려해야 한다.

신체활동량 측정을 위해서는 설문지, 심박수계, 모션센서, 가속도계, 웨어러블 기구, 스마트폰 앱 등이 다양하게 이용되고 있다. 심박수 이용법과 모션센서 기구는 설문지 형식으로 기록하는 자기 기록법보다 에너지소비량 추정의 정확도가 양호하다고 보고되고 있으나 추정의 타당도 측면에서는 매우 높다고 보고되고 있지는 않은 실정이다[4]. Welk et al. [5]은 모션센서의 추정 정확도가 높게 보고되고 있지 않는 이유는 대상자 특성에 따른 추정 회귀식의 부족에 기인한다고 하였다. Jo et al. [6]도 호흡가스분석기와 활동량계를 사용하여 에너지소비량을 측정하고 연구대상자의 신체적 특징이 활동량계의 정확도에 미치는 영향에 대해 규명하였으며 활동량계의 개발 및 활용에 관한 연구에서 대상자의 신체적 특징이 고려되어야 한다고 하였다. Amazon과 Walmart에서 판매되는 관련 기구는 2016년 기준으로 181개와 139개로 매우 다양하며[7], 보급되는 에너지소비량 추정 기구는 \$11-\$525 정도로 가격의 폭이 넓다[8]. Lee et al. [9]은 일상 생활 중에 대사량 측정계와 7개의 에너지소비량 추정 기구와 차이가 9.3%에서 13.3% 범위이며 Basis B1 Band는 23.5%로 크게 나타났다고 하였다. Sallis et al. [10]은 가속도계인 Caltrac이 신체활동 중의 심박수와 상관계수가 .42 ($p < .05$), -.54 ($p < .01$)이며, 트레드밀에서 수평걸기를 할 때 에너지소비량과 .82의 양호한 상관성이 나타난다고 하였다. Montoye et al. [11]은 4가지 가속도계와 대사량계의 차이를 분석하고 일부 기구들이 저강도와 중강도에서는 추정의 정확도가 양호하나 매우 낮은 강도나 높은 강도에서는 과소추정하는 경향이 있다고 하였다. Ainsworth et al. [12]은 에너지소비량 추정기구는 자기보고법, 보수계 및 센서기구 등까지 다양하게 사용되고 있지만 결과에 차이가 나타나 표준 추정 기구를 제시하기는 어렵다고 하였다. 신체활동량을 측정하는 스마트폰 앱도 여러 가지 보급되고 있지만 타당도에 대한 검증은 미미한 실정이다.

미국스포츠의학회(American College of Sports Medicine, ACSM) [13]는 걷기와 달리기 중 에너지소비량을 추정하는 공식을 보고하였다. 걷기는 시속 3.1-6.0 km/hr 속도에 적합하고, 달리기는 8.0 km/hr 이상의 속도에 적합하다고 하였다. Filardo et al. [14]은 대사량분석기와 ACSM 대사량 추정식의 타당도를 검증한 후에 4.8 km/hr와 7.2 km/hr의 속도 운동에서는 유사하였지만 9.6 km/hr의 달리기에서는 약간 높았으며, 7 이상의 상관관계가 나타났다고 하였다. Hall et al. [15]은 걷기와 달리기 운동 중 측정치와 ACSM 및 몇 가지 추정치를 비교한 결과, ACSM 추정식은 걷기와 달리기 모두 직접 측정치와 유사하였으나 일부 추정식은 에너지소비량 추정에 적합하지는 않았다고 하였다. 이처럼 ACSM 추정식은 정량화된 운동 중 에너지소비량 추정에 타당도를 인정받고 있는 방법이라고 할 수 있다.

선행연구들이 신체활동량과 에너지소비량 측정, 보수 측정, 운동장

도별 활동량 측정, 심박수 이용법과 관련된 기구의 분석과 탐색, 대상자의 특징과 사용 환경에 따른 측정 기구의 타당도와 신뢰성, 기구 가격의 가성비 등에 대한 규명을 해오고 있다. 그러나 일부 제품은 타당도에 대한 검증이 없이 출시되고 있기도 하다. 학술 검색 엔진을 이용하여 국내 논문을 검색한 결과에서도 ACSM 추정식을 이용하여 한국인 대상 에너지소비량 기구 검증은 매우 미미한 실정으로 나타났다. 따라서 검증된 방법이나 기구를 이용하여 다양한 기구나 방법에 대해 지속적으로 추정치 차이나 상관관계 등을 검증하고, 적합한 준거기준을 설정할 필요가 있겠다.

본 연구의 목적은 대학생이 걷기와 달리기 중에 미국스포츠의학회(ACSM) 에너지소비량 추정식과 심박수 기구, 가속도 기구, 보수 기구 및 스마트폰 애플리케이션 등의 에너지소비량 기구 간의 차이를 비교하고 상관관계를 분석하여 스포츠 현장 활용을 위한 과학적인 자료를 제공하는 데 있다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상은 S대학교의 학생 중 신체적, 정신적으로 질환이 없으며 연구의 목적과 내용에 동의한 36명(남: 19명, 여: 17명)이었다(Table 1).

2. 측정항목 및 방법

에너지소비량은 원리를 달리하는 5가지 기구를 이용하여 추정을 하였다. Polar (S810, Polar Co., Finland)는 심박수를 이용하여 에너지소비량을 측정하는 기구이며 가슴에 벨트를 착용하여 측정하였고, Caltrac accelerometer (Muscle Dynamics, Inc., USA)는 움직임 중에 발생하는 속도 변화를 이용하는 가속도계이다[11,16,17]. Omron (HJ-112, Omron Healthcare, Inc., USA)과 Lifecorder (EX, Suzuken Co., Japan)는 보수와 보폭을 이용하여 이동거리로 환산하여 에너지소비량을 추정하는 기구이다[7,18,19]. Pacer (Pacer App., Pacer Health Inc., USA)는 스마트폰에서 사용하는 애플리케이션이며 보수와 평균 이동거리를 이용하여 추정하는 기구이다. Caltrac은 파우치를 이용하여 허리에 착용하였으며, Omron과 Lifecorder는 허리띠에 연결하였고, Pacer는 하의 주머니에 휴대하며 측정하였다. 에너지소비량은 신체활동에 순수하게 사용되는 순에너지소비량(Net Energy Expenditure, NEE)과 기초대사량을 포함하는 총에너지소비량(Gross Energy Expenditure, GEE)으로 구분하여 측정하였다. 총에너지소비량을 추정하는 기구는 Polar, Caltrac,

Table 1. Physical characteristics of subjects (N=36)

	Age (yr)	Weight (kg)	Height (cm)	BMI
Mean±SD	21.0±2.2	63.7±12.9	169.0±8.1	22.1±3.1

Lifecorder이고, 순에너지소비량을 측정하는 기구는 Caltrac, Omron, Lifecorder 및 Pacer이었다.

연구대상자는 실험과 측정의 과정에 대한 설명을 들었다. 실험실에 도착한 후에 충분한 휴식을 취하고 준비운동을 실시하였다. 본 연구에서 걷기는 속도 4.0 km/hr, 경사도 2.0%에서 10분간 수행하였고, 달리기 는 속도 9.0 km/hr, 경사도 2.0%에서 10분간 수행하였다. 운동 사이에 충분히 시간을 두어 심박수가 안정 수준에 도달한 후에 다음 운동을 수행하도록 하였다. 심박수는 걷기 중에 109.1±14.1회/분이었고, 달리기 중에 172.6±13.7회/분이었다.

3. 자료처리방법

본 연구에서는 SPSS WIN 23.0 프로그램을 이용하여 자료처리하였다. 걷기와 달리기 중 ACSM 추정식과 각 측정기구의 에너지소비량의 차이를 비교하기 위하여 paired t-test를 실시하였고, ACSM 추정식과 각 측정기구의 에너지소비량의 상관관계를 알아보기 위하여 상관분석을 실시하였다. 측정기구 간의 보수의 차이를 알아보기 위하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였다. 유의 수준은 .05로 설정하였다.

연구 결과

1. ACSM 추정식과 추정기구의 총에너지소비량(GEE) 비교

Table 2는 걷기와 달리기 중 ACSM 추정식과 3기구의 총에너지소비량(GEE)의 차이를 비교한 결과이다. 걷기의 경우 Polar, Caltra 및 Lifecorder는 ACSM 추정식에 비해 123.4%, 122.9% 및 116.1로 유의한 차이가 나타났다($p < .01$). 달리기의 경우 Caltrac은 123.4%로 높았고, Life-

Table 2. Comparison gross energy expenditure (GEE, kcal) among 3 equipments, and ACSM equation during walking and running of 10 minutes

	Walking (%)	Running (%)
ACSM GEE	39.7±6.9 (100.0)	113.6±19.7 (100.0)
Polar GEE	49.0±21.0** (123.4)	118.5±38.4 (104.3)
Caltrac GEE	48.8±12.2** (122.9)	140.2±32.3** (123.4)
Lifecorder GEE	46.1±13.1** (116.1)	98.8±26.5** (87.0)

* $p < .05$, ** $p < .01$, p of paired t -test between ACSM equation GEE and each equipment GEE.
(%) = (each equipment GEE ÷ ACSM equation GEE) × 100.

Table 3. Correlation gross energy expenditure (GEE, kcal) among 3 equipments, and ACSM equation during walking and running of 10 minutes

	Walking	Running
Polar GEE	.44*	.74**
Caltrac GEE	.57**	.25
Lifecorder GEE	.42*	.69**

* $p < .05$, ** $p < .01$.

corder는 87.0%로 낮았으며 유의한 차이가 나타났으며($p < .01$), Polar는 104.3%로 유사하여 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Table 3은 걷기와 달리기 중 ACSM 추정식과 3기구의 총 에너지소비량(GEE)의 상관분석을 실시한 결과이다. 걷기의 경우 Caltrac의 총에너지소비량은 ACSM 추정식과 .57의 가장 높은 상관이 나타났고($p < .01$), Lifecorder와 Polar도 .42와 .44의 유의한 상관이 나타났으나($p < .05$). 달리기의 경우 Polar는 .74, Lifecorder는 .69의 유의한 상관이 나타났으나($p < .01$), Caltrac은 .25로 유의한 상관이 나타나지 않았다. 평균 비교 측면의 경우 걷기에서는 Lifecorder, 달리기에서는 Polar가 가장 유사하였으며 Lifecorder와 Polar 모두 유의한 상관이 나타났으나($p < .01$).

2. ACSM 추정식과 추정기구의 순에너지소비량(NEE) 비교

Table 4는 걷기와 달리기 중 ACSM 추정식과 4기구의 순에너지소비량(NEE)의 차이를 비교한 결과이다. 걷기의 경우 Caltrac만이 유사하였으며, Omron과 Pacer는 109.7%와 110.7%로 높았으며 유의한 차이가 나타났고($p < .01$), Lifecorder는 86.9%로 낮았으며 유의한 차이가 나타났다($p < .01$). 달리기의 경우 Caltrac은 115.7%, Pacer는 78.6%이었으며 유의한 차이가 나타나지 않았다. Omron과 Lifecorder는 49.6%와 72.6%로 낮았으며 모두 유의한 차이가 나타났으나($p < .01$).

Table 5는 걷기와 달리기 중 ACSM 추정식과 4기구의 순에너지소비량(NEE)의 상관분석을 실시한 결과이다. 걷기의 경우 Omron과 Pacer의 순에너지소비량은 ACSM 추정식과 .82와 .55의 유의한 상관이 나타났으나($p < .01$), Caltrac과 Lifecorder는 유의한 상관이 나타나지 않았다. 달리기의 경우 Lifecorder는 .57의 유의한 상관이 나타났으나($p < .05$).

Table 4. Comparison net energy expenditure (NEE, kcal) among 4 equipments, and ACSM equation during walking and running of 10 minutes

	Walking (%)	Running (%)
ACSM NEE	29.0±4.8 (100.0)	103.9±17.9 (100.0)
Caltrac NEE	30.5±10.2 (105.2)	120.2±33.8 (115.7)
Omron NEE	31.8±6.6** (109.7)	51.5±17.1** (49.6)
Lifecorder NEE	25.2±7.2** (86.9)	75.4±20.0** (72.6)
Pacer NEE	32.1±7.3** (110.7)	81.7±51.5 (78.6)

* $p < .05$, ** $p < .01$, p of paired t -test between ACSM equation NEE and each equipment NEE.
(%) = (each equipment NEE ÷ ACSM equation NEE) × 100.

Table 5. Correlation net energy expenditure (NEE, kcal) among 4 equipments, and ACSM equation during walking and running of 10 minutes

	Walking	Running
Caltrac NEE	.33	.15
Omron NEE	.82**	.41
Lifecorder NEE	.24	.57**
Pacer NEE	.55**	.18

* $p < .05$, ** $p < .01$.

Table 6. Comparison among step frequency (steps) of 3 equipments during walking and running of 10 minutes

	Walking	Running
Omron	1,108 ± 124 ^a	1,579 ± 163
Lifecorder	997 ± 183 ^b	1,599 ± 174
Pacer	1,011 ± 173 ^b	1,579 ± 177
F value	6.81	.35
p of ANOVA	.00 **	.70

* $p < .05$, ** $p < .01$.

^{a, b}Each character means homogenesis group.

$p < .01$, Caltrac, Omron과 Pacer는 유의한 상관성이 나타나지 않았다. 평균 비교와 상관성을 고려하면 걷기에서는 Caltrac이 유사하고 Omron과 Pacer가 유의한 상관성이 나타났고, 달리기에서는 Caltrac과 Pacer가 유사하고 Lifecorder만이 유의한 상관성이 나타났다.

3. 추정기구의 보수 비교

Table 6은 걷기와 달리기 중 3가지 기구의 보수 차이를 비교한 결과이다. 걷기에서는 3기구 사이에 유의한 차이가 나타났고($p < .01$), Omron이 가장 높았고 나머지 2기구는 유사하였다. 달리기에서는 3기구 간 유의한 차이가 나타나지 않았다.

논 의

에너지소비량과 신체활동량을 추정하기 위한 방법으로는 자기기록법, 심박수 이용법, 보수계, 가속도계 스마트폰 앱, 웨어러블 기구 및 혼합방법 등이 사용되고 있다. 간편성 측면에서 자기회상법이 사용되기도 하고 있으나 기구에 비해 타당도 측면에서 낮게 보고되고 있다. Van Holle et al. [20]은 가속도계를 이용한 신체활동량이 증가할수록 International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) 설문지의 과대추정이 유의미하게 감소한다고 하였고, 신뢰도 측면에서 총신체활동량, 중-고강도 신체활동량, 작업관련 신체활동량은 높았으나 나머지 영역은 낮게 나타났다고 하였다. Hasen et al. [18]은 IPAQ 설문지와 가속도계, 심장박동 혼합 방법이 남녀 모두에서 유의한 상관성이 나타났으며, .58, -.73 정도의 비교적 높은 신뢰도를 가진다고 하였다. Medina et al. [21]은 설문지와 가속도계로 측정된 중-고강도 신체활동은 상관계수는 .26과 .31로 비교적 낮은 상관이었다고 하였다. 본 연구는 일정시간 동안 활동량을 측정하는 설계이므로 적용에는 IPAQ가 적합하지 않지만, 하루의 총에너지소비량 측정 간편성 측면에서 지속적 활용을 고려하고 타당도를 검증해 볼 필요가 있겠다.

심박수 이용법은 운동강도와 심박수의 직선적 비례 관계를 이용하며, 여러 연구들이 타당도와 신뢰도를 검증하였다. Crouter et al. [17]은 VO_2max -HRmax 추정법과 Polar S410의 차이를 트레드밀, 자전거, 로잉

에르고미터 운동 중 비교하여 남성은 유사하나 여성은 12% 정도 과대추정한다고 하였다. Brugniaux et al. [22]은 하이킹 중의 Polar AW200와 대사랑측정계의 차이를 분석하여 높은 유의한 상관성이 나타났으며 90분까지는 일치하는 수치가 나타났으나 120분 이후에는 Polar가 유의하게 낮게 나타난다고 하였다. 본 연구에서는 Polar의 GEE를 ACSM GEE 추정치와 비교해 보면 걷기에서 123.4%로 과대추정하여 유의한 차이가 나타났으나, 달리기에서는 104.3%로 유사하게 나타났다(Table 2). Polar의 GEE와 ACSM GEE의 상관성은 걷기에서 .44 ($p < .05$)이었고, 달리기에서 .74 ($p < .01$)로 유의한 상관성이 나타났다(Table 3). Polar는 걷기와 달리기에서 ACSM GEE 추정식과 높은 상관성이 존재하나 걷기에서는 과대추정을 하였다. 이는 Crouter et al. [17]의 여성 대상 결과보다 걷기는 약간 높은 수준이고 달리기는 약간 낮은 수준이며, Brugniaux et al. [22]의 결과와는 차이가 나타난 내용이다. 이러한 차이의 원인을 GEE의 준거기준 설정 방법과 걷기와 달리기 중에 경사도 영향 등을 중심으로 더 규명해 나가야 할 것으로 판단된다.

대부분의 보수계와 가속도계는 단축이며 수직면을 반영하지만 일부 가속도계는 전후면과 측면도 반영한다. 보수계와 가속도계는 상대적으로 정확하며, 비침습적이며, 명확한 보수를 제공해주는 장점을 가지고 있다. 가속도계는 1축과 3축의 다양한 기구들이 보급되어 왔다. Clatrac은 1축 가속도계이며, Actigraph는 3축 가속도계이다. Balogun et al. [23]은 4가지 속도의 트레드밀 걷기 중 Caltrac 수치와 호기 가스로 측정된 산소섭취량과 .76의 상관성이, 호흡교환율을 반영한 에너지소비량과 .92의 상관성이 나타났으며, 가속도계 수치가 에너지소비량 수치보다 유의하게 높게 나타났으며($p < .01$), 13.3%에서 52.9%의 차이가 나타났다고 하였다. Swan et al. [16]은 걷기, 달리기 및 스테핑 중에 Caltrac과 HR- VO_2 회귀식을 이용한 에너지소비량의 차이를 비교하여 HR- VO_2 는 3가지 양식 모두 유의한 차이가 나타나지는 않았지만 달리기는 14%, 걷기는 19% 과대추정하고 스테핑은 10% 과소추정한다고 하였다. Mynarski et al. [24]은 Caltrac과 Polar를 이용하여 노르딕 워킹과 전통 워킹 중의 에너지소비량을 비교하여 노르딕 워킹이 유의하게 높게 나타났다고 하였다. 설문지인 IPAQ와 Caltrac을 이용하여 제2형 당뇨병 환자의 에너지소비량을 측정하고 설문지 이외에 정교한 측정기구가 필요하지는 않다고 하고 제2형 당뇨병환자에게 IPAQ와 Caltrac 모두 신체활동 측정을 위한 도구로 활용할 수 있다고 하였다[25]. 본 연구에서 Clatrac GEE를 ACSM GEE와 비교해 보면 걷기와 달리기에서 122.9%와 123.4%의 과대추정이며 유의한 차이($p < .01$)가 나타났으며(Table 2), Clatrac NEE를 ACSM NEE와 비교해 보면 105.2%와 115.7%로 유사한 수준이었다(Table 4). Caltrac의 GEE와 ACSM GEE의 상관성은 걷기에서만 .57로 유의한 상관성이 나타났다(Table 3). Caltrac의 NEE와 ACSM NEE의 상관성은 .33과 .15로 다소 낮은 수준이었다(Table 5). Caltrac은 ACSM 추정식과 평균 비교 측면에서는 타당도가 인정되나 상관계수

측면에서는 타당도가 다소 낮게 나타났다. 본 연구 결과가 Swan et al. [16]의 보고와 유사하지만 운동양식과 대상을 다양화하여 통해 추가적인 검증이 더 필요하다고 하겠다.

Hasson et al. [26]은 다양한 BMI 집단의 일정 및 가변 걷기 중 Omron HJ-112은 타당성 있게 보수를 측정하고, 상의와 하의 주머니, 엉덩이, 목 등의 위치에 따른 타당도 변화도 미미하며 여러 BMI 집단에도 적용이 가능하다고 하였다. Abel et al. [27]은 54-188 m/min의 다양한 속도에서 걷기와 달리기 운동 중 에너지소비량을 측정하여 대사량 측정기를 준거기준으로 비교하고 최저속도 걷기에서 ActiGraph GT1M와 Lifecorder EX가 실제 보수의 64%와 92%로 과소추정하였으며, 고속에서 에너지소비량을 과소추정한다고 하였다($p < .01$). 본 연구에서는 Omron의 NEE와 ACSM NEE의 상관은 걷기에서 .82로 유의한 상관이나 나타났지만 달리기에서는 .41로 유의한 상관이나 나타나지 않았으며(Table 5), Omron의 NEE와 ACSM NEE 추정치 비율은 걷기에서 109.7%이나($p < .05$), 달리기에서 49.6%로 심한 과소추정($p < .01$)이었다(Table 3). 따라서 Omron으로 달리기 중에 NEE를 추정하는 것은 심한 과소추정이 나타난다고 하겠다. 본 연구에서 Lifecorder의 GEE와 ACSM GEE 추정치 비율은 걷기에서 116.1%로 과대추정이며($p < .01$), 달리기에서는 87.0%의 과소추정($p < .01$)으로 나타났다(Table 2). Lifecorder의 NEE와 ACSM NEE 추정치 비율은 걷기에서 86.9%, 달리기에서 72.6%로 모두 과소추정($p < .01$)으로 나타났다(Table 3). Lifecorder GEE와 ACSM GEE의 상관은 걷기에서 .42, 달리기에서 .69로 모두 유의한 상관($p < .01$)이 나타났다(Table 3). Lifecorder NEE와 ACSM NEE의 상관은 달리기에서만 .57 ($p < .01$)의 유의한 상관이나 나타났다(Table 5). Lifecorder의 GEE는 걷기에서는 116.1%로 과대평가, 달리기에서는 87%로 과소평가이며, Lifecorder의 NEE는 걷기와 달리기에서 86.9%와 72.6%의 과소평가로 나타났으므로 사용에 유의하여야 하겠다. Pacer의 NEE도 걷기에서 110.7%이고 달리기에서 78.6%로 과대추정과 과소추정이 나타나므로 적용에 유의하여야 하겠다. Fitbit One, Fitbit Tracker 및 Fitbit Ultra 등의 기구를 이용한 연구에서도 보수 측정에는 양호한 타당도와 신뢰도가 나타났다고 하였으나, 에너지소비량 추정에서는 타당도가 낮게 나타났고 하였다[28]고 하여 본 연구 결과와 유사하였다. 보수계를 이용한 에너지소비량 측정에는 한계가 나타난 결과가 많은 편이며 본 연구에서는 걷기 중에는 3기구 간에 유의한 차이($p < .01$)가 나타났으나, 달리기 중에는 유사하였다(Table 6).

Lee et al. [9]은 6가지 상업용 기구(BodyMedia FIT, band, Fitbit Zip, Fitbit One, Jawbone Up, Nike Fuel Band)와 간접 칼로리 측정기로 산출한 에너지소비량을 비교한 결과, BodyMedia FIT ($r = .84$), Fitbit One ($r = .81$) 및 Fitbit Zip ($r = .81$)은 높은 상관이나 나타났다고 하였고 새로운 기구가 개발되면 타당도를 검증할 필요가 있다고 하였다. 일부 측정 기구는 사용법이 단순하고 초기화가 용이하나 Fitbit One이나 Actigraph

등의 기구는 대면 미팅을 통해 컴퓨터와 동기화를 하여야 하는 번거로움이 있기도 하다. Actigraph는 미국의 National Health and Nutrition Examination (NHANE) 조사에 활용되는 기구이다[29]. 그러나 이 기구는 측정 종료 후에 컴퓨터에서 자료를 다운받아 분석해야 하므로 야외에서 측정하는 도중에 해당 지점에서의 수치를 확인할 수 없어서 본 연구에서는 적용하기에는 제한점이 있다. 일부 기구들이 검증이 부족한 상황에서 출시되고 있으므로 측정 인원을 증가시키고 다양한 집단과 운동상황을 대상으로 하여 지속적인 검증 연구가 필요하다고 하겠다.

본 연구의 대상은 남학생 19명, 여학생 17명 총 36명이었다. 향후 연구에서는 연령층을 청소년층, 중장년층 및 고령자 등을 대상으로 하여 30여 명 이상의 집단군으로 구분하여 각종 에너지소비량 추정 기구의 타당도와 신뢰도를 검증할 필요가 있었다.

결론

GEE의 경우, 걷기에서는 3기구 모두 116.1-123.4%로 과대추정하였으며($p < .01$), 3기구 모두 유의한 상관이나 나타났고, 달리기에서는 Polar만이 유사하였고, Polar와 Lifecorder가 유의한 상관이나 나타났다. 평균 비교를 고려하면 걷기에서는 Lifecorder, 달리기에서는 Polar가 상대적으로 유사하며 유의한 상관이나 나타냈다. NEE의 경우, 걷기에서는 Caltrac만이 ACSM 추정식과 유사하였으며 달리기에서는 Caltrac과 Pacer가 유사하였으나, Caltrac과 Pacer 모두 유의한 상관이나 나타나지 않았다. 평균 비교와 상관을 고려하면 걷기의 경우 Omron과 Pacer이 유사하며, 달리기에서는 모든 기구가 오차가 크거나 상관이나 낮게 나타났다. ACSM 추정식과 비교해 보면 Caltrac과 Polar는 약간 과대추정하며, 보수계는 걷기에서 유사하나 달리기에서는 매우 과소추정하였다. 걷기에서는 7가지 중에 5번 상관관계가 나타났으나, 달리기에서는 Polar, Lifecorder만이 유의한 상관이나 나타냈다. 따라서 지속적인 추정기구의 정확도 검증을 거치고 현장에 적용하여야 하겠다.

REFERENCES

- Lloyd-Jones DM, Hong Y, Labarthe D, Mozaffarian D, Appel LJ, et al. Defining and setting national goals for cardiovascular health promotion and disease reduction: the American Heart Association's strategic Impact Goal through 2020 and beyond. *Circulation*. 2010;121(4):586-613.
- Go AS, Mozaffarian D, Roger VL, Benjamin EJ, Berry JD, et al. Executive summary: heart disease and stroke statistics-2014 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*. 2014;129(3):399-410.
- Troiano RP, Berrigan D, Dodd KW, Masse LC, Tilert T, et al. Physical activity in the United States measured by accelerometer. *Med Sci*

- Sports Exerc. 2008;40(1):181.
4. Colbert LH, Matthews CE, Havighurst TC, Kim K, Schoeller DA. Comparative validity of physical activity measures in older adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(5):867-76.
 5. Welk GJ, Blair SN, Wood K, Jones S, Thompson RW. A comparative evaluation of three accelerometry-based physical activity monitors. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(9 Suppl):S489-97.
 6. Jo YH, Kim KA, Jung EJ, Lee BS, Nho HS. The comparison of energy expenditure between gas analyzer and activity monitor. *The Korean Journal of Physical Education.* 2016;55(4):517-25.
 7. Bassett DR, Toth LP, LaMunion SR, Crouter SE. Step counting: a review of measurement considerations and health-related applications. *Sports Med.* 2017;47(7):1303-15.
 8. Tudor-Locke C, Bassett DR, Shipe MF, McClain JJ. Pedometry methods for assessing free-living adults. *J Phys Act Health.* 2011;8(3):445-53.
 9. Lee JM, Kim Y, Welk GJ. Validity of consumer-based physical activity monitors. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;46(9):1840-8.
 10. Sallis JF, Buono MJ, Roby JJ, Carlson D, Nelson JA. The Caltrac accelerometer as a physical activity monitor for school-age children. *Med Sci Sports Exerc.* 1990;22(5):698-703.
 11. Montoye AH, Mudd LM, Biswas S, Pfeiffer KA. Energy expenditure prediction using raw accelerometer data in simulated free living. *Med Sci Sports Exerc.* 2015;47(8):1735-46.
 12. Ainsworth B, Cahalin L, Buman M, Ross R. The current state of physical activity assessment tools. *Prog Cardiovasc Dis.* 2015;57(4):387-95.
 13. American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription (9th Ed.). Wolters Kluwer: Lippincott Williams & Wilkins. 2014;2-15.
 14. Filardo RD, Silva RC, Petroski EL. Validation of the ACSM walking and running metabolic equations among men aged 20 to 30 years. *Revista Brasileira De Medicina Do Esporte.* 2008;14(6):523-7.
 15. Hall C, Figueroa A, Fernhall B, Kanaley JA. Energy expenditure of walking and running: comparison with prediction equations. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(12):2128-34.
 16. Swan PD, Byrnes WC, Haymes EM. Energy expenditure estimates of the Caltrac accelerometer for running, race walking, and stepping. *Br J Sports Med.* 1997;31(3):235-9.
 17. Crouter SE, Albright C, Bassett DR Jr. Accuracy of polar S410 heart rate monitor to estimate energy cost of exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(8):1433-9.
 18. Hansen AW, Dahl-Petersen I, Helge JW, Brage S, Grønbaek M, et al. Validation of an Internet-based long version of the International Physical Activity Questionnaire in Danish adults using combined accelerometry and heart rate monitoring. *J Phys Act Health.* 2014;11(3):654-64.
 19. Abel MG, Hannon JC, Sell K, Lillie T, Conlin G, et al. Validation of the Kenz Lifecorder EX and ActiGraph GT1M accelerometers for walking and running in adults. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2008;33(6):1155-64.
 20. Van Holle V, De Bourdeaudhuij I, Deforche B, Van Cauwenberg J, Van Dyck D. Assessment of physical activity in older Belgian adults: validity and reliability of an adapted interview version of the long International Physical Activity Questionnaire (IPAQ-L). *BMC Public Health.* 2015;15(1):433.
 21. Medina C, Barquera S, Janssen I. Validity and reliability of the International Physical Activity Questionnaire among adults in Mexico. *Rev Panam Salud Publica.* 2013;34(1):21-8.
 22. Brugniaux JV, Niva A, Pulkkinen I, Laukkanen RM, Richalet JP, et al. Polar Activity Watch 200: a new device to accurately assess energy expenditure. *Br J Sports Med.* 2010;44(4):245-9.
 23. Balogun JA, Martin DA, Clendenin MA. Calorimetric validation of the Caltrac accelerometer during level walking. *Phys Ther.* 1989;69(6):501-9.
 24. Mynarski W, Grabara M, Rozpara M, Nawrocka A, Powerska-Didkowska A, et al. Energy expenditure of nordic walking and conventional walking assessed by accelerometer. *Biomedical Human Kinetics.* 2014;6(1).
 25. Mynarski W, Psurek A, Borek Z, Rozpara M, Grabara M, et al. Declared and real physical activity in patients with type 2 diabetes mellitus as assessed by the international physical activity questionnaire and caltrac accelerometer monitor: a potential tool for physical activity assessment in patients with type 2 diabetes mellitus. *Diabetes Res Clin Pract.* 2012;98(1):46-50.
 26. Hasson RE, Haller J, Pober DM, Staudenmayer J, Freedson PS. Validity of the Omron HJ-112 pedometer during treadmill walking. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(4):805-9.
 27. Abel MG, Hannon JC, Sell K, Lillie T, Conlin G, et al. Validation of the Kenz Lifecorder EX and ActiGraph GT1M accelerometers for walking and running in adults. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2008;33(6):1155-64.
 28. Adam Noah J, Spierer DK, Gu J, Bronner S. Comparison of steps and energy expenditure assessment in adults of Fitbit Tracker and Ultra to the Actical and indirect calorimetry. *J Med Eng Technol.* 2013;37(7):456-62.
 29. Bassett DR Jr, Toth LP, LaMunion SR, Crouter SE. Step counting: a review of measurement considerations and health-related applications. *Sports Med.* 2017;47(7):1303-15.