



스마트폰 앱과 자가보고식 설문지의 신체활동 측정 비교

서민희¹⁾ · 서경산²⁾

¹⁾인하대학교 간호학과 부교수, ²⁾충남대학교 간호대학 조교수

A Comparative Study on Measurement of Physical Activity between Smartphone App and Self-Reported Questionnaire

Suh, Minhee¹⁾ · Seo, Kyoungsan²⁾

¹⁾Associate Professor, Department of Nursing, Inha University, Incheon, Korea

²⁾Assistant Professor, College of Nursing, Chungnam National University, Daejeon, Korea

Purpose: The purpose of this study was to examine the level of agreement between smartphone apps and self-reported physical activity questionnaires. **Methods:** Quantitative methods were used to assess the correlation and agreement between the number of steps counted by a smartphone app and the amount of walking reported in a survey. A total of 29 adults who used smartphones were recruited from a university, and their step counts from their smartphone pedometers and responses to the international physical activity questionnaire (IPAQ) were collected over a 10-week period. **Results:** An analysis of 170 data pairs with Spearman's rho correlation and a Bland-Altman plot revealed a positive correlation between step counts from the smartphone app and walking activity from the IPAQ. The Bland-Altman plot also demonstrated the agreement to be improved among female participants. **Conclusion:** In assessing walking activity, smartphone pedometer apps showed good correlation with the IPAQ and improved agreement with the IPAQ among women. Therefore, it is suggested that the participants' gender and activity intensity, as well as the accuracy of measurement tools, should be considered in an evaluation of the delivery of physical activity promotion programs through smartphone apps.

Key Words: Exercise; Smartphone; Survey and questionnaire; Validation study

서론

1. 연구의 필요성

신체활동은 건강을 유지, 증진하고 질병을 치료, 예방하기 위해 모든 사람에게 권장되는 생활습관 행위로, 비만을 예방하고 각종 질병을 관리하는데 필수적이다(Ministry of Health and Welfare, 2013). 간호사를 비롯한 건강전문가들과 국가는

다양한 대상자의 신체활동을 증진하고 움직이지 않는 생활습관(sedentary lifestyle)을 개선하기 위해 여러 정책과 프로그램을 제공하고 있다(Korea Disease Control and Prevention Agency, 2020). 디지털 시대의 사람들은 스마트폰과 대부분의 일상을 보내면서 건강관리도 자기 주도적으로 하려는 욕구를 가지고 있어(Harari et al., 2017) 이런 특성을 반영하여 다양한 요구를 충족시킬 수 있는 신체활동 프로그램 제공이 필요하다. 한편, 대상자의 신체활동 증진을 위한 증재를 적용하고 난

주요어: 타당도 평가, 신체활동, 스마트폰, 설문, 측정

Corresponding author: Seo, Kyoungsan <https://orcid.org/0000-0002-7343-5203>
College of Nursing, Chungnam National University, 266 Munwha-ro, Jun-gu, Daejeon 35015, Korea.
Tel: +82-42-580-8317, Fax: +82-42-580-8309, E-mail: sekysa@hanmail.net

- 본 연구는 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 연구비 지원에 의해 수행되었음(과제번호: 2017R1C1B5076609).
- This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (Ministry of Science, ICT) (No. 2017R1C1B5076609).

Received: Jun 29, 2022 | Revised: Aug 2, 2022 | Accepted: Aug 6, 2022

뒤에 효과를 평가하기 위해 신체활동량을 측정하게 된다. 신체활동량 측정 방법으로 크게 주관적 측정과 객관적 측정이 있다. 주관적 측정 방법으로 설문이 보편적으로 사용되고 있고, 설문을 이용한 측정은 적용이 쉽고 비용이 적게 든다는 장점이 있다(Sallis & Saelens, 2000). 신체활동 종류를 구분하여 응답하는 국제신체활동량질문지(International Physical Activity Questionnaire; IPAQ)가 현재 가장 많이 사용되고 있고(IPAQ Research Committee, 2005) 가속도계(accelerometry)와 높은 일치도를 보였다(Murphy et al., 2017). 그러나 신체활동 측정에 있어 주관적인 설문지만을 적용하는 경우 대상자의 회상 능력에 따라 설문 응답의 정확성이 달라질 수 있어(Lee, Kamarudin, & Wan Muda, 2019), 단독으로 신체활동량 측정의 지표로 사용하는데 우려가 된다(Lee, Macfarlane, Lam, & Stewart, 2011). 특히 걷기 활동의 경우 일상생활의 움직임을 포함하고 있어 설문지 측정의 한계가 있다. 중재 프로그램 적용 후 IPAQ으로 평가한 경우 걸음수의 변화를 확인하지 못하는 선행연구들이 보고되어(Direito, Carraca, Rawstorn, Whittaker, & Maddison, 2017; Seo, Jung, & Suh, 2021) 주관적 측정을 보완하는 방법으로 객관적 측정의 병용이 제시된다.

객관적 신체활동 측정 방법으로 가속도계(accelerometer)와 만보계(pedometer) 등의 기구를 이용한 측정법이 있으며(Troiano, 2009), 가속도계는 실험연구에서 많이 적용되어 왔고 측정도구로서 신뢰도가 확보된 측정도구이나, 대상자가 측정 기구를 따로 착용해야 하는 불편감이 있고(Wijndaele et al., 2014), 대단위 연구에서 가속도계의 비용에 대한 부담감이 있다. 최근에는 스마트폰이나 모바일 앱(mobile app)을 이용한 측정이 많은 연구에서 시도되고 있다(Makarewicz et al., 2021). 특히 스마트폰 앱을 통해 중재 프로그램을 제공한 경우 스마트폰 앱을 신체활동량 측정도구로 활용하는 것은 자연스러운 일일 것이다. 대상자가 소지하고 다니는 스마트폰을 활용하여 신체활동을 측정하게 되면 기구를 추가로 착용하는 불편감을 줄여 줄 수 있고 장비 구매에 따른 비용이 들지 않는다는 장점이 있다(Seo & Han, 2020). 스마트폰 앱은 걸음수 등을 측정하는 도구로서 통제된 환경의 실험실 연구에서 측정의 정확성에 대한 검증은 거쳐 타당도를 확보하였으나(Han, 2015) 현장 적용 가능성을 평가한 연구를 찾아보기 힘들다. 측정에 있어 가능한 오랜 시간, 많은 요일 동안 측정이 이루어질수록 더 정확한 신체활동 추정이 가능하고(Herrmann, Barreira, Kang, & Ainsworth, 2013) 실제 프로그램에서도 장기간 반복해서 측정하는 경우가 많으므로 한번의 단면 조사가 아닌 일정 기간 지속적이고 반복적인 측정을 통해 스마트폰 앱의 측정도구로

서의 현장 적용 가능성(feasibility)을 확인할 필요가 있다.

신체활동 측정 방법들의 연구 적용에 대한 유용성과 타당도 평가 연구가 일부 이루어지고 있으나(Ahmad et al., 2018) 신체활동에 대한 주관적 측정과 객관적 측정을 비교하는 연구는 많지 않으며, 그 결과는 연구마다 일관성을 보이지 않고 있다(Dyrstad, Hansen, Holme, & Anderssen, 2014; Murphy et al., 2017; Schmidt et al., 2020), 특히 스마트폰 앱을 사용한 운동량 측정과 주관적 설문을 통한 측정을 비교한 연구는 찾아보기 힘들다. 앞으로도 다양한 대상자에게 스마트폰 앱을 활용한 신체활동 중재 프로그램은 더욱 일반화될 것이므로(Bort-Roig, Gilson, Puig-Ribera, Contreras, & Trost, 2014; Stuckey, Carter, & Knight, 2017) 스마트폰 앱을 통한 신체활동 측정과 자가보고식 설문을 통한 측정 값을 비교 분석할 필요가 있다. 한편, 남성은 고강도 신체활동량을 높게 보고하고 움직이지 않는 시간을 줄여서 보고하는 경향이 있어 객관적 측정과 주관적 측정의 일치도에 성별이 영향을 준다는 보고가 있었다(Dyrstad et al., 2014). 이에 스마트폰 앱과 설문지를 통한 신체활동 측정의 일치도를 성별에 따라 분석해 볼 필요도 있겠다.

2. 연구목적

본 연구는 대학생에게 스마트폰 앱과 자가보고식 설문지라는 두 가지 신체활동 측정 방법을 동시에 적용하고 두 측정 방법 간의 상관성과 일치도를 비교하고 상관성과 일치도가 성별에 따른 차이가 있는지를 확인하는 것을 목적으로 하였다. 이를 통해 신체활동 증진 프로그램의 효과적인 측정 전략 마련의 기초자료를 제공하고자 하였다.

연구 방법

1. 연구설계

본 연구는 일정기간 같은 대상자에게 스마트폰 걷기 앱을 사용하게 하고 신체활동량을 설문조사하여 스마트폰 앱에 기록된 걸음수와 설문지의 강도별 신체활동량과의 상관성과 일치도를 확인한 조사연구이다.

2. 연구대상

본 연구의 대상자는 스마트폰을 사용하고 있는 대학생으로 신체활동을 제한해야 하는 질병이나 걷기에 신체적 문제가 없

고 자발적으로 연구에 참여한 자로, 신체활동을 주요 직업이나 전공으로 하는 자는 제외되었다. 대상자는 일개 대학교의 홈페이지와 학교 공식 SNS (Social Network Service)를 통해 모집되었다. 2018년 8월 모집 기간 내 연구참여를 신청한 대상자 중, 스마트폰 앱을 통한 장기 추적 및 자료수집에 동의한 자를 대상으로 선정하였다. 최종 29명의 대상자로부터 매칭된 주관적 설문과 스마트폰 앱 걸음수 170쌍의 자료를 획득하여 분석에 이용하였다. G*Power 3.1 프로그램으로 확인한 상관분석을 위해 필요한 표본 수는 양측 검정, 유의수준 .05, 검정력 .95, 중간 효과크기 0.3 설정에서 134명으로 계산되어, 기준을 충족하였다.

3. 연구도구

조사 항목은 대상자의 연령, 성별, 거주 형태, 흡연 유무, 음주 빈도, 신체활동 관련 앱 사용 경험 유무, 스마트폰 기종을 구조화된 설문지를 통해 조사하였고, IPAQ으로 신체활동량과 신체활동 내용을 측정하였으며, 스마트폰 걷기 앱을 통해 걸음수는 자동 측정되었다.

1) 자가보고식 신체활동 설문지

본 연구에서 신체활동량은 자가 보고형 한국어판 국제신체활동량 질문지(International physical Activity Questionnaire: IPAQ) 단축형을 이용하여 측정하였다(IPAQ Research Committee, 2005). 이 도구는 많은 연구에서 타당도와 신뢰도가 보고된 바 있다(IPAQ Research Committee, 2005; Lee et al., 2011). 이 도구는 지난 7일 동안의 신체활동에 대해 강도를 구분하여 걷기(walking), 중강도 활동(moderate intensity activity), 고강도 활동(vigorous intensity activity)으로 구분하여 그 활동 내용을 1주일간 빈도(day/week)와 1회 수행 시간(min/day)을 적도록 하여 가중 계수(걷기 3.3, 중강도 4.0, 고강도 8.0)를 곱하여 일주일간 걷기 활동량(walking), 중강도 신체활동량(Moderate Intensity Physical Activity, MIPA), 고강도 신체활동량(High Intensity Physical Activity, HIPA)을 에너지 단위(MET-minutes)로 산출한다. 강도별 신체활동량의 합이 총 신체활동량(Total Physical Activity, TPA)이 된다(IPAQ Research Committee, 2005).

2) 스마트폰 걷기 앱(Mobile Pedometer & Application)

본 연구에서 스마트폰 걷기 앱을 통한 걸음수(step count)는 스마트폰 자체의 만보기 기능을 이용하여 측정되며, 매일 측정

된 걸음수가 자동으로 누적되어 저장되도록 하기 위해 지정된 스마트폰 앱(WalkOn, Swallby, Seoul, Korea)을 대상자의 스마트폰 내 설치하고 위치추적 기능을 활성화하여 사용하도록 하였다. 스마트폰의 앱을 이용한 걸음수 측정은 스마트폰 내 설치된 만보계의 기본 기능에 스마트폰의 다양한 센서와 CPU, GPS 등의 기능을 더해 기존 만보계보다 훨씬 정밀하게 걸음 수를 측정할 수 있고, 스마트폰을 가지고 대상자가 움직일 때 실시간으로 움직임을 측정하여 걸음수를 산출하도록 되어 있다. 스마트폰은 S사의 안드로이드폰과 A사의 IOS 체계 스마트폰으로 제한하였으며, 매일 스마트폰을 지참하여 활동하도록 하였다. 해당 앱을 통해 대상자와 연구자는 참여자의 일별 걸음수를 확인할 수 있게 하였다. 지정된 스마트폰 걷기 앱은 스왈라비 회사에서 자체 개발된 앱으로, 많은 신체활동 증진 프로그램에 중재 전략으로도 사용된 바 있다(Lee & Park, 2018; Seo & Han, 2020). 본 연구에서 걸음수 측정을 위해 해당 회사의 앱을 연구자가 선정하였으며, 해당 회사에 일정 자료수집 비용을 지불하고 사용하였다.

4. 자료수집

프로그램 참여 시작 시점에 동의서를 작성한 대상자에게 일반적 특성을 조사하였다. 대상자들의 걸음수 수집을 위해 연구자가 지정한 앱을 본인의 스마트폰 내에 설치하고 연구 기간 내 지속적으로 사용하여야 함을 설명했다. 조사 기간 동안 개인별 걸음수 자료는 해당 스마트폰 걷기 앱을 통해 수집되었다. 대상자는 스마트폰 앱으로 걸음수가 측정되는 연구 기간 동안 매주 1회 온라인으로 신체활동량 설문(IPAQ)을 작성하도록 하였다. 주관적 설문 응답은 별도의 설문 링크를 통해 이루어지고 모바일 앱에서 측정된 걸음수는 1일 단위로 대상자에게 보여지고, 대상자들은 스마트폰 앱 내의 기록을 참고해서 응답할 수 없도록 하였다. 응답한 설문 참여 일정과 매칭되는 스마트폰 앱 걸음수 자료는 대상자가 설문에 참여한 일자를 기준으로 이전 7일간의 걸음수를 이용하였다. 대상자의 주관적 설문 보고가 누락되거나, 7일간 걸음수 측정이 되지 못하여 하나의 측정만 이루어진 경우는 제외하여 총 170쌍의 자료가 분석에 포함되었다.

5. 윤리적 고려

본 연구는 C대학교 연구윤리심의위원회(Institutional Review Board, IRB) 심의(No. 1041107-202006-HR-039-01)를

받은 후 시행하였다. 본 자료의 수집 시 대상자에게 연구의 목적과 대상자의 개인정보 보호와 수집된 자료 등에 대해 설명을 하였고, 연구참여 중 언제든지 연구참여를 중단할 수 있음을 설명하였다. 대상자들에게 연구참여와 10주간 스마트폰 걷기 앱을 통한 걸음수 수집에 대한 동의를 서면으로 받았다. 수집되는 개인정보는 본인의 실명이 아닌 닉네임을 통해 식별되어 수집하였다. 수집된 자료는 정보통신법에 따라 관리되며, 스마트폰 걷기 앱 회사에서 수집된 걸음수 정보를 연구자에게 보내면 연구자의 컴퓨터 외장 하드에 정보 보호 장치를 설정하여 연구 종료 시까지 일정기간 보관하였다. 앱 회사에서는 연구자에게 자료 발송 후 회사 보관 자료는 즉시 삭제하였다.

6. 자료분석

본 연구에서는 수집된 자료를 SPSS/WIN 통계 프로그램 (ver. 25, IBM Corp, Armonk, NY, USA)을 이용하여 분석하였다. 대상자의 일반적 특성, 스마트폰 앱 내 걸음수와 설문지를 통한 신체활동량에 대한 탐색은 기술통계를 활용하여 실수, 백분율, 평균, 표준편차 등을 산출하였고, 성별에 따른 신체활동의 비교는 t-test를 이용하였다. 스마트폰 걷기 앱으로 측정된 걸음수는 주간 일평균 걸음수를 산출하여 분석에 이용하였다. 스마트폰 앱 걸음수와 신체활동량 측정 설문지(IPAQ) 내 걷기 활동량(walking)과의 상관관계 분석을 위해 Spearman의 rho correlation을 이용하였다. 두 측정 방법의 일치도 분석은 Bland-Altman plot을 활용하였다. Bland-Altman plot은 동일한 변수를 두 방법으로 측정한 자료의 일치도를 평가하는 유용한 수단으로 널리 사용되고 있으며(Bland & Altman, 1986), 측정도구의 비교 평가에서 상관관계 분석의 취약점을 보완하여 해석할 수 있다(Giavarina, 2015). Bland-Altman plot 분석 시 두 가지 방법의 측정 단위가 달라서, 각 측정값을 Z값으로 변환하여 분석을 시행하였다.

연구결과

1. 대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 대상자 29명의 연령은 평균 22.4세이었고, 여성이 19명(65.5%)이었다. 거주 형태는 혼자 거주하는 경우가 13명(44.8%)으로 가장 많았고, 현재 흡연을 하지 않는 자가 26명(89.7%)이었고, 음주는 가끔 하는 경우가 18명(62.1%)이었다. 신체활동 관련 앱 사용 경험이 있는 경우가 15명(51.7%)

명이었으며, 사용하고 있는 스마트폰 기종으로는 19명(65.5%)이 안드로이드 체계 기종을, 10명(34.5%)이 IOS 체계 기종을 사용하고 있었다(Table 1).

Table 1. General Characteristics of the Participants (N=29)

Characteristics	Categories	n (%) or M±SD	Range
Age (year)		22.4±2.9	(18~31)
Gender	Male	10 (34.5)	
	Female	19 (65.5)	
Type of residence	With parents	6 (20.7)	
	Alone	13 (44.8)	
	Dormitory	10 (34.5)	
Smoking	No	26 (89.7)	
	Yes	3 (10.3)	
Frequency of alcohol drinking	None	4 (13.8)	
	Rare	18 (62.1)	
	Frequently	4 (13.8)	
	Daily	3 (10.3)	
Experience of application related PA	No	14 (48.3)	
	Yes	15 (51.7)	
Type of smartphone	Android	19 (65.5)	
	IOS-i-phone	10 (34.5)	

M=mean; PA=Physical activity; SD=standard deviation.

2. 대상자의 성별에 따른 걸음수와 신체활동량 수준

대상자의 스마트폰 앱 내 일 평균 걸음수는 8,127 걸음이었으며, 남성은 9,125 걸음, 여성은 7,568 걸음으로 성별 간 차이 ($t=3.35, p=.001$)가 있었다(Table 2). IPAQ으로 측정된 걷기 활동량은 평균 690 MET/min로 남성에서는 평균 778 MET/min, 여성에서는 평균 641 MET/min로 보고되었고 성별 간 차이는 유의하지 않았다. 총 신체활동량은 평균 1,199 MET/min이었으며, 남성에서 평균 1,559 MET/min로 여성의 997 MET/min에 비해 통계적으로 유의하게 많았다($t=3.44, p=.001$). 성별에 따른 강도별 신체활동량은 중강도 신체활동량 ($t=2.49, p=.015$)과 고강도 신체활동량($t=3.68, p<.001$)에서 유의한 차이를 보였으며 남성에서 더 많았다(Table 2).

3. 스마트폰 앱 측정 걸음수와 주관적 설문지의 신체활동량과의 상관관계

스마트폰 앱으로 측정된 일평균 걸음수와 IPAQ 설문지의

걷기 활동량(walking)은 유의한 양의 상관성이 있었다($\rho=0.18, p=.018$). 또한 스마트폰 앱 측정 걸음수는 IPAQ 설문지의 고강도 신체활동량($\rho=0.21, p=.005$) 및 총 신체활동량($\rho=0.30, p<.001$)과 각각 양의 상관관계를 나타내었으나 중강도 신체활동량과는 유의한 상관관계를 보이지 않았다(Table 3). 성별을 구분하여 두 측정의 상관관계를 분석한 결과, 여성에서 스마트폰 앱 측정 걸음수와 IPAQ 중예 걷기 활동($\rho=0.20, p=.035$)은 유의한 상관관계를 보였으나 남성에서는 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 여성에서 스마트폰 앱 걸음수는 IPAQ의 총 신체활동량($\rho=0.23, p=.017$)과 유의한 양의 상관관계를 보였으나 남성에서는 유의한 상관관계가 없었다(Table 3).

4. 스마트폰 앱 측정 걸음수와 주관적 설문지의 신체활동량과의 일치도

스마트폰 앱으로 측정된 일평균 걸음수와 IPAQ 설문지로 측정된 신체활동량과 일치도는 Bland-Altman plot 방법을 이용하여 분석하였다. 먼저 스마트폰 앱 내 측정 걸음수 평균치와 IPAQ으로 측정된 walking 및 총 신체활동량과의 일치도를 확

인하였다. 그 결과 스마트폰 앱으로 측정된 일평균 걸음수와 IPAQ으로 측정한 walking과 총 신체활동량 값의 짝 간의 차이의 변동 양상이 일정하지 않았다. 즉, 짝지은 값의 평균이 클수록 짝지은 두 측정값 간의 차이의 변동이 커지는 양상을 보여 일치도가 낮은 것으로 나타났다(Figure 1-A, 1-B). 성별에 따른 일치도를 분석해 본 결과, 여성(Figure 2-B)에서 남성(Figure 2-A)에 비해 변동 양상이 작고 비교적 균일한 양상을 보여 스마트폰 앱으로 측정된 일평균 걸음수와 IPAQ으로 측정한 걷기 활동(walking) 간의 일치도가 좋은 것으로 나타났다.

논 의

본 연구는 스마트폰 걷기 앱으로 측정된 걸음수와 자가보고식 설문지인 IPAQ을 통해 측정한 신체활동량과의 상관성과 일치도를 확인하고 성별에 따른 차이가 있는지를 확인하고자 수행되었다. 남녀 대학생을 대상으로 두 가지 측정의 일정을 매칭하여 측정하여 170쌍의 측정 수치를 수집하였고, 두 측정 간의 상관성과 일치도를 평가하면서 남녀 성별에 따른 일치 양상의 차이를 확인하였다. 자가보고에 의한 신체활동 측정의 정확

Table 2. Descriptive Statistics of Physical Activity by Gender

(N=170)

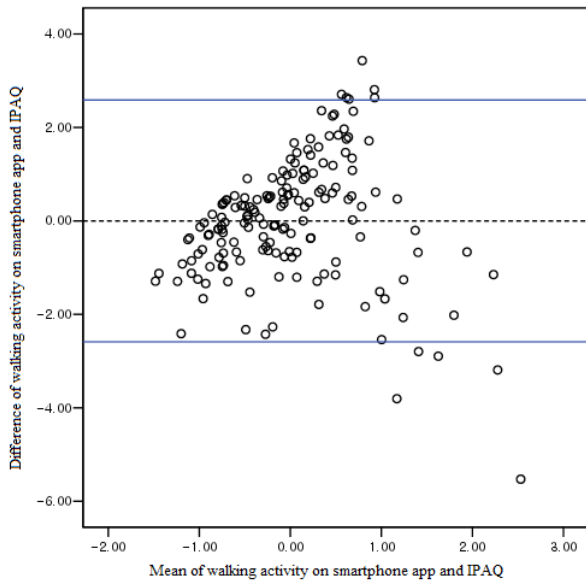
Variables	Total	Male (n=61)	Female (n=109)	t	p	
	M±SD	M±SD	M±SD			
Step count on smartphone app (steps/day)	8,126.85±2,996.31	9,124.93±2,716.73	7,568.29±3,011.78	3.35	.001	
IPAQ	Total PA (MET/min)	1,198.67±1,001.35	1,558.66±1,085.13	997.21±984.84	3.44	.001
	Walking activity (MET/min)	690.67±741.08	777.93±830.99	641.84±684.87	1.09	.279
	MIPA (MET/min)	233.27±356.68	337.18±470.39	175.12±258.15	2.49	.015
	HIPA (MET/min)	276.14±452.32	456.66±531.11	175.12±367.07	3.68	<.001

HIPA=High intensity physical activity; IPAQ=International physical activity questionnaire; M=Mean; MET=Metabolic equivalent of task; MIPA=Moderate intensity physical activity; PA=Physical activity; SD=standard deviation.

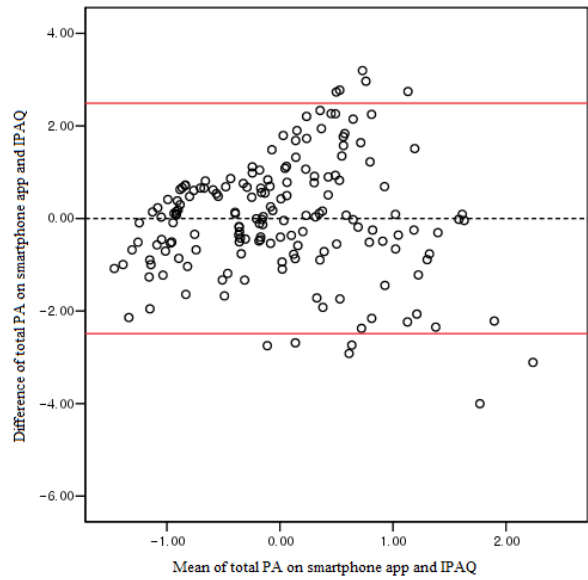
Table 3. Spearmans' rho Correlation between Step count on Smartphone Application and Subjective Questionnaire (N=170)

Variables	Categories	Step count on smartphone app		
		Total	Male (n=61)	Female (n=109)
		r (p)	r (p)	r (p)
IPAQ	Walking activity	.18 (.018)	.08 (.528)	.20 (.035)
	HIPA	.21 (.005)	.21 (.098)	.12 (.223)
	MIPA	.12 (.106)	.07 (.598)	.06 (.545)
	Total PA	.30 (<.001)	.21 (.112)	.23 (.017)

HIPA=High intensity physical activity; IPAQ=International physical activity questionnaire; MIPA=Moderate intensity physical activity; PA=Physical activity.

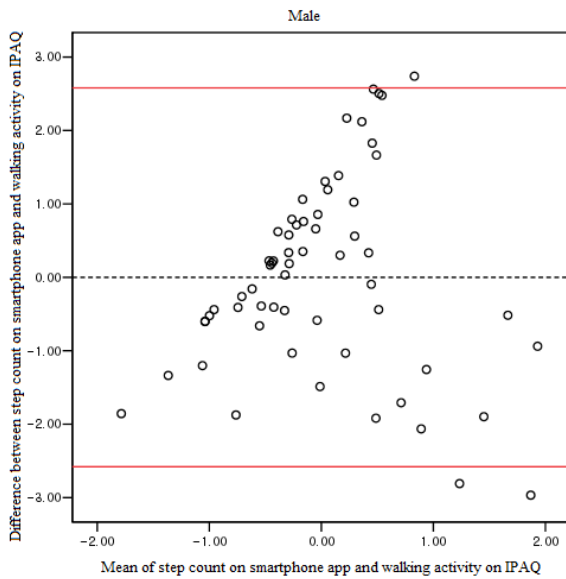


A. Bland-Altman plot between step count and walking activity

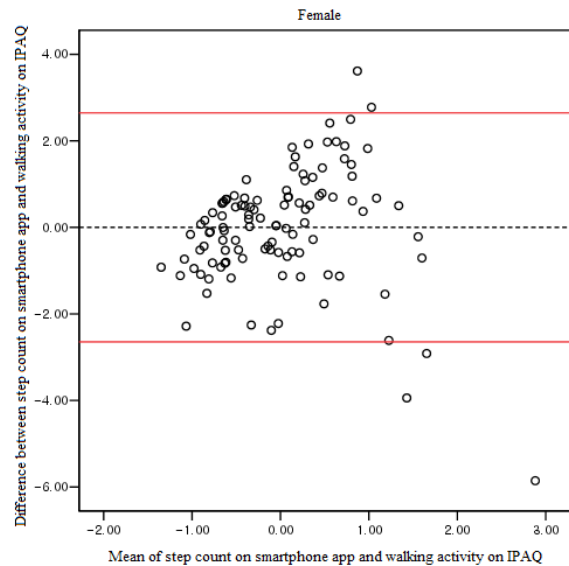


B. Bland-Altman plot between total physical activity and walking activity

Figure 1. Agreement between step count on smartphone app and subjective questionnaire among all participants.



A. Bland-Altman plot in male



B. Bland-Altman plot in female

Figure 2. Agreement between step count on smartphone app and walking activity of subjective questionnaire by gender.

도는 연령의 영향을 많이 받는다고 보고(Sallis & Saelens, 2000)되나, 본 연구에서는 대상자의 연령의 범위가 18세에서 31세로 좁아 대상자의 연령이 자가보고식 신체활동 측정의 정확도에 줄 수 있는 영향은 배제할 수 있었다.

본 연구에서 스마트폰 앱으로 측정된 걸음수(steps)와 IPAQ의 걷기 활동량(walking)이 여성에서만 상관관계가 있

었는데 이는 선행연구에서 남성에서 일치도가 낮게 보고된 결과(Dyrstad et al., 2014)와 유사하다. 본 연구대상자의 성별에 따른 신체활동량의 분포를 보면, 여성의 총 신체활동량의 약 64%를 walking 활동량이 차지하고 있었고, 남성의 경우에 walking 활동량은 총 신체활동량의 약 49%를 차지하는 반면 고강도 신체활동량이 29%를 차지하였다. 걷기 활동이 많고 중,

고강도 신체활동이 적은 여성의 경우에 IPAQ 설문지의 walking 활동을 보다 정확하게 응답할 수 있었기 때문이었을 것으로 보인다. 또한 학생들은 성별에 따라 선호하는 신체활동의 종류와 목적이 다르고(Kilpatrick, Hebert, & Bartholomew, 2005), 여학생들의 경우에는 학기 중에 중강도 신체활동량과 고강도 신체활동량을 많이 하지 않는다고 하였는데(Lee & Kang, 2016), 본 연구의 측정기간이 학기 중이었던 것이 결과에 영향을 주었을 것으로 추정된다. 따라서 걷기 활동을 주요한 중재 요소로 하는 프로그램인 경우 스마트폰 앱을 측정도구로 활용하는 것이 추천될 수 있겠다. 학생을 대상으로 하는 경우 학기 중 기간과 방학 중 기간을 비교하는 연구도 제안한다.

본 연구에서 남녀 전체를 대상으로 Bland-Altman plot으로 IPAQ으로 측정한 신체활동량과 스마트폰 앱으로 측정한 일평균 걸음수의 일치도를 확인한 결과, 일치도가 낮게 나타났다. 그러나 성별을 구분하여 일치도 분석을 하였을 때에는 여성의 경우 IPAQ의 walking 활동량과 스마트폰 앱 걸음수의 Bland-Altman plot 양상이 조금 더 균일한 양상을 보이며 일치도가 좋아지는 것으로 나타났다. Makarewicz 등(2021)은 신체활동량이 많은 사람들이 자신의 신체활동을 과도하게 인식하는 경향이 있다고 보고하였는데, 본 연구에서도 여성에 비해 신체활동량이 많았던 남성들이 IPAQ 설문지에 자신의 신체활동을 과도하게 답했을 가능성이 있다. 또한 스마트폰 기기로 수영이나 근력운동, 상지 운동과 같은 신체활동을 측정하기 어려운 부분이 있음을 고려했을 때에도 중강도 및 고강도 신체활동이 많았던 남성에서 IPAQ과 스마트폰 앱 두 측정 간의 차이가 발생하여 일치도가 낮게 나타났을 수 있다. 그러므로 고강도 신체활동이 많은 대상자에서 신체활동량을 측정할 때, 주관적 설문지를 이용하여 측정하면 신체활동량이 과다 측정될 가능성이 높고, 스마트폰 앱을 이용하여 측정하게 되면 과소 측정될 가능성이 있을 것으로 보인다. 이에 고강도 신체활동이 많은 대상자의 신체활동을 측정할 때에는 가속도계와 같은 wearable device 등의 장치(Seo et al., 2021)나 스마트폰 앱 내 추가적 활동 입력 기능을 활용하는 것이 권장된다.

본 연구는 IPAQ 측정에 대한 타당도 확보가 여전히 논쟁이 되고 있는 중에(Minetto et al., 2018) 신체활동의 주관적 측정과 객관적 측정을 비교하기 위해 스마트폰 앱과의 비교 분석을 하였다. 선행연구들에서 객관적 측정과 주관적 측정을 비교하기 위해 대상자의 몸에 만보계(pedometer)를 장착하게 하고 측정한 걸음 수와 IPAQ으로 측정한 신체활동량 간의 낮은 일치도가 보고되었는데(Ahmad et al., 2018; Kim, Park, & Kang, 2013), 본 연구에서도 전체 대상자를 기준으로 보았을 때에는

걸음수를 측정한 스마트폰 앱과 주관적 설문지의 일치도가 높지 않았다. 하지만 성별에 따라 일치도의 차이가 있었고 걷기 활동을 많이 하고 고강도 신체활동이 적은 여성에서 측정의 일치도가 증가하였다. 도구의 타당도만큼 대상자의 신체활동 양상이나 특성에 맞게 측정 방법도 선택되어야 할 필요가 있겠다.

가속도계(accelerometer) 앱을 스마트폰에 설치하여 신체활동 종류별, 강도별 측정을 한 연구에서는 신체활동 종류에 따라 측정의 정확도가 달라진다는 보고(Bort-Roig et al., 2014)가 있었다. 또한 스마트폰 앱을 통한 측정은 수영과 같이 스마트폰을 휴대하지 못하는 상황에서 신체활동을 측정하기 어렵다는 단점이 있다. 단점을 보완하기 위해 물속에서 활동을 추가로 측정할 수 있도록 방수 기능이 있는 스마트 워치로 측정하는 것도 가능하겠다. 그러나, 스마트폰 앱을 통한 측정은 추가적인 측정 장치 착용이나 비용없이 대상자가 편안하게 측정에 참여할 수 있고 대상자가 의식하지 않고도 자동으로 측정되고 저장되는 장점이 있다. 또한 스마트폰 앱은 스마트폰의 GPS 기능을 활용하여 신체활동 강도와 걷기의 강도를 구분하여 다양한 신체활동 측정에 활용되면 정확도를 더욱 높일 수 있을 것이다(James et al., 2016). 추후 스마트폰 앱의 기술 발전으로 빠른 걷기와 일반 걷기를 구분하여 측정하는 것이 더욱 쉬워진다면 걷기 강화 중재 프로그램 효과 평가 시에 활용할 수 있겠다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 모든 일상에서 스마트폰을 휴대하도록 하였으나 대상자가 물속에 들어가서 수영하거나 몸을 부딪혀서 하는 고강도 신체활동 시에 스마트폰을 휴대하지 못하여 활동량 측정이 누락되었을 가능성을 배제할 수 없다. 둘째, 본 연구에서 사용한 스마트폰 앱의 경우 신체활동의 강도를 구분하여 활동량을 측정할 수 없어 주관적 설문과의 강도별 신체활동량 측정의 일치도를 직접 비교하지 못한 점이다. 추후 신체활동 강도별 측정이 되는 스마트폰 앱을 활용하여 활동별로 주관적 설문과의 일치도를 비교하는 연구가 제안된다.

그럼에도 불구하고, 본 연구는 스마트폰 앱으로 걸음수를 측정하면서 동시에 IPAQ 설문지를 주기적으로 작성하게 하여 연구 현장에서 적용 가능성을 검증한 데 의미가 있으며, 두 측정의 상관관계뿐 아니라 일치도 검증으로 신체활동의 양상 변화에 따른 비교 분석을 수행할 수 있었고, 걷기 활동이 중심이 되는 신체활동 증진 프로그램의 평가에 스마트폰 앱 사용을 추천할 수 있는 근거를 마련하였다는 점에서 의의를 가진다.

결론

본 연구에서는 건강한 대학생을 대상으로 선정하여 일정 기

간 추적하여 170쌍의 스마트폰 앱으로 측정된 걸음수와 주관적 설문지에 응답한 신체활동의 자료에 대한 상관성과 일치도를 분석하였다. 본 연구의 결과, 여성에서 스마트폰 걷기 앱의 걸음수와 설문지의 걷기 활동량의 일치 양상이 안정적이어서 가장 일치도가 좋았다. 이에 신체활동량 측정 지표와 도구 선정 시에 대상자의 성별이나 신체활동의 특성을 고려하는 것이 필요하며, 스마트폰 앱은 걷기 운동과 같은 저강도 활동을 주로 하는 대상자들의 신체활동을 측정하기에 유용한 측정도구가 될 수 있을 것으로 판단된다. 고강도 신체활동을 주로 하는 대상자의 활동 측정에서는 스마트폰 앱 이용 시에 추가적으로 활동을 입력할 수 있는 기능을 활용하거나 신체활동 강도를 구분하여 측정할 수 있는 객관적 측정 방법을 사용하는 것이 권장된다. 본 연구의 결과는 신체활동 증진 프로그램에서 걷기 운동을 촉진하고 이를 평가하는데 스마트폰 앱 사용의 근거를 마련하였다. 추후 방수 기능을 탑재한 장치를 활용하거나 추가 기록 입력으로 기록 보정을 할 수 있는 앱의 기능을 활용한 측정의 비교 연구를 제언한다.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declared no conflicts of interest.

ORCID

Suh, Minhee <https://orcid.org/0000-0002-4964-7978>
 Seo, Kyoungsan <https://orcid.org/0000-0002-7343-5203>

REFERENCES

- Ahmad, M. H., Salleh, R., Mohamad Nor, N. S., Baharuddin, A., Rodzlan Hasani, W. S., Omar, A., et al. (2018). Comparison between self-reported physical activity (IPAQ-SF) and pedometer among overweight and obese women in the MyBFF @home study. *BMC Women's Health*, 18(Suppl 1), 100. <https://doi.org/10.1186/s12905-018-0599-8>
- Bland, J., & Altman, D. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet*, 327(8476), 307-310.
- Bort-Roig, J., Gilson, N. D., Puig-Ribera, A., Contreras, R. S., & Trost, S. G. (2014). Measuring and influencing physical activity with smartphone technology: A systematic review. *Sports Medicine*, 44(5), 671-686. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0142-5>
- Direito, A., Carraca, E., Rawstorn, J., Whittaker, R., & Maddison, R. (2017). mHealth technologies to influence physical activity and sedentary behaviors: Behavior change techniques, Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Annals of Behavioral Medicine*, 51(2), 226-239. <https://doi.org/10.1007/s12160-016-9846-0>
- Dyrstad, S. M., Hansen, B. H., Holme, I. M., & Anderssen, S. A. (2014). Comparison of self-reported versus accelerometer-measured physical activity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(1), 99-106. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3182a0595f>
- Giavarina, D. (2015). Understanding Bland Altman analysis. *Biochemia Medica*, 25(2), 141-151. <https://doi.org/10.11613/BM.2015.015>
- Han, Y. H. (2015). Step count detection algorithm using acceleration sensor. *Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology*, 9(3), 245-250.
- Harari, G. M., Muller, S. R., Mishra, V., Wang, R., Campbell, A. T., Rentfrow, P. J., et al. (2017). An evaluation of students' interest in and compliance with self-tracking methods: Recommendations for incentives based on three smartphone sensing studies. *Social Psychological and Personality Science*, 8(5), 479-492. <https://doi.org/10.1177/1948550617712033>
- Herrmann, S. D., Barreira, T. V., Kang, M., & Ainsworth, B. E. (2013). How many hours are enough? Accelerometer wear time may provide bias in daily activity estimates. *Journal of Physical Activity and Health*, 10(5), 742-749. <https://doi.org/10.1123/jpah.10.5.742>
- IPAQ Research Committee. (2005). Guideline for data processing and analysis of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ)-Short and long Forms. Retrieved from <https://sites.google.com/site/theipaq/scoring-protocol>
- James, P., Weissman, J., Wolf, J., Mumford, K., Contant, C. K., Hwang, W. T., et al. (2016). Comparing GPS, log, survey, and accelerometry to measure physical activity. *American Journal of Health Behavior*, 40(1), 123-131. <https://doi.org/10.5993/AJHB.40.1.14>
- Kilpatrick, M., Hebert, E., & Bartholomew, J. (2005). College students' motivation for physical activity: Differentiating men's and women's motives for sport participation and exercise. *Journal of American College Health*, 54(2), 87-94. <https://doi.org/10.3200/jach.54.2.87-94>
- Kim, H. N., & Seo, K. (2020). Smartphone-based health program for improving physical activity and tackling obesity for young adults: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1), 15. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010015>
- Kim, Y., Park, I., & Kang, M. (2013). Convergent validity of the international physical activity questionnaire (IPAQ): Meta-analysis. *Public Health Nutrition*, 16(3), 440-452. <https://doi.org/10.1017/s1368980012002996>
- Korea Disease Control and Prevention Agency, national health portal. (2020, 8, 28). Retrieved March, 2022, from

- <https://health.kdca.go.kr/healthinfo/biz/health/gnrlzHealthInfo/gnrlzHealthInfo/gnrlzHealthInfoView.do>
- Lee, G., & Kang, H. (2016). Analysis of levels of physical activity between semester and vacation among middle school students: Using three dimensional accelerometer. *The Korean Journal of Physical Education*, 55(4), 253-261.
- Lee, P. H., Macfarlane, D. J., Lam, T. H., & Stewart, S. M. (2011). Validity of the International Physical Activity Questionnaire Short Form (IPAQ-SF): A systematic review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 8(1), 115. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-8-115>
- Lee, S., & Park, S. H. (2018). Analysis of elderly's walking patterns near metro-stations in Seoul by using smartphone pedestrian movement data - An empirical study based on "walk-On" app big data. *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 34(3), 129-138. https://doi.org/10.5659/JAIK_PD.2018.34.3.129
- Lee, Y. Y., Kamarudin, K. S., & Wan Muda, W. A. M. (2019). Associations between self-reported and objectively measured physical activity and overweight/obesity among adults in Kota Bharu and Penang, Malaysia. *BMC Public Health*, 19(1), 621. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-6971-2>
- Makarewicz, A., Jamka, M., Wasiewicz-Gajdzis, M., Bajerska, J., Miśkiewicz-Chotnicka, A., Kwiecień, J., et al. (2021). Comparison of subjective and objective methods to measure the physical activity of non-depressed middle-aged healthy subjects with normal cognitive function and mild cognitive impairment-A cross-sectional study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(15), 8042. <https://doi.org/10.3390/ijerph18158042>
- Minetto, M. A., Motta, G., Gorji, N. E., Lucini, D., Biolo, G., Pigozzi, F., et al. (2018). Reproducibility and validity of the Italian version of the International Physical Activity Questionnaire in obese and diabetic patients. *Journal of Endocrinological Investigation*, 41(3), 343-349. <https://doi.org/10.1007/s40618-017-0746-3>
- Ministry of Health and Welfare. *The physical activity guide for Koreans*. (2013. 10. 10). Retrieved March, 2022, from http://www.mohw.go.kr/react/jb/sjb030301vw.jsp?PAR_MENU_ID=03&MENU_ID=032901&CONT_SEQ=337139
- Murphy, J. J., Murphy, M. H., MacDonncha, C., Murphy, N., Nevill, A. M., & Woods, C. B. (2017). Validity and reliability of three self-report instruments for assessing attainment of physical activity guidelines in university students. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 21(3), 134-141. <https://doi.org/10.1080/1091367X.2017.1297711>
- Sallis, J. F., & Saelens, B. E. (2000). Assessment of physical activity by self-report: Status, limitations, and future directions. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 71(sup2), 1-14. <https://doi.org/10.1080/02701367.2000.11082780>
- Schmidt, C., Santos, M., Bohn, L., Delgado, B. M., Moreira-Goncalves, D., Leite Moreira, A., et al. (2020). Comparison of questionnaire and accelerometer-based assessments of physical activity in patients with heart failure with preserved ejection fraction: Clinical and prognostic implications. *Scandinavian Cardiovascular Journal*, 54(2), 77-83. <https://doi.org/10.1080/14017431.2019.1707863>
- Seo, K., & Han, D. L. (2020). Experiences of physical activity using smartphone application for the female university student: A focus group interview. *Journal of Digital Contents Society*, 21(10), 1817-1824. <https://doi.org/10.9728/dcs.2020.21.10.1817>
- Seo, K., Jung, M. O., & Suh, M. (2021). Agreement of physical activity measured using self-reporting questionnaires with those using actigraph devices, focusing on the correlation with psychological state. *Journal of Korean Biological Nursing Science*, 23(4), 287-297. <https://doi.org/10.7586/jkbns.2021.23.4.287>
- Stuckey, M. I., Carter, S. W., & Knight, E. (2017). The role of smartphones in encouraging physical activity in adults. *International Journal of General Medicine*, 10, 293-303. <https://doi.org/10.2147/IJGM.S134095>
- Troiano, R. P. (2009). Can there be a single best measure of reported physical activity?. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 89(3), 736-737. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.27461>
- Wijndaele, K., Bourdeaudhuij, I. D. E., Godino, J. G., Lynch, B. M., Griffin, S. J., Westgate, K., et al. (2014). Reliability and validity of a domain-specific last 7-d sedentary time questionnaire. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(6), 1248-1260. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000214>