

## 모바일 센싱 기반의 걸음 수와 스트레스와의 관계에서 정서의 다층매개 효과 분석

최은진<sup>1</sup> · 유상현<sup>2\*</sup><sup>1</sup>이지앤웰니스(주) 기업부설연구소 전임연구원<sup>2\*</sup>이지앤웰니스(주) 기업부설연구소 수석연구원

## Multilevel Mediating Effect of Emotion on the Relationship Between Step Count and Stress Based on Mobile Sensing

Eun-Jin Choi<sup>1</sup> · Sang-Hyun Yoo<sup>2\*</sup><sup>1</sup>Junior Researcher, Research Institute, EZNWellness Co., Ltd, Seoul 08378, Korea<sup>2\*</sup>Lead Researcher, Research Institute, EZNWellness Co., Ltd, Seoul 08378, Korea

### [요약]

걷기는 직장인들이 간편하게 활동량을 늘릴 수 있는 대표적인 신체활동으로, 스트레스, 우울, 불안 등의 정신건강 문제를 예측하는 중요한 지표로 주목받아왔다. 본 연구는 걸음 수와 스트레스, 정서, 에너지 등의 심리지표와의 관계성을 확인하기 위한 목적으로 수행되었다. 이를 위해 모바일 센싱 기술과 챗봇을 적용한 애플리케이션을 개발하였으며, 직장인 33명을 대상으로 4개월간 걸음 수와 심리지표를 측정하여 수집된 데이터를 다층모형을 활용하여 다층매개효과를 분석하였다. 연구 결과 걸음 수는 정서 및 스트레스를 개선하는데 영향을 주는 것으로 나타났으며, 걸음 수와 스트레스와의 관계에서 정서가 부분매개하고 있는 것으로 나타났다. 이는 신체활동이 적은 사무직 직장인들의 활동량을 증가시키는 것은 긍정적인 정서를 증가시키고, 결국 스트레스를 개선하는데 효과가 있다는 것을 의미한다.

### [Abstract]

Walking is a typical and easy physical activity for office workers who wish to increase their activity level. It has been recognized as an important predictor of mental health problems including stress, depression, and anxiety. This study aimed to determine the relationship between step count and psychological indicators such as stress, emotion, and energy. We developed an application using mobile sensing technology and a chatbot. We measured the step count and psychological indicators of 33 office workers for a duration of 4 months and analyzed the multilevel mediation effect using a multilevel model. The results showed that step count can improve emotion and stress, and that emotion partially mediates the relationship between step count and stress. This suggests that increasing physical activity among physically inactive office workers is effective in increasing positive emotions, which in turn alleviates stress.

**색인어** : 걸음 수, 스트레스, 정서, 다층매개분석, 다층회귀분석**Keyword** : Step Count, Stress, Emotion, Multilevel Mediation Analysis, Multilevel Regression Analysis<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2024.25.1.177>

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.

Received 29 November 2023; Revised 22 December 2023

Accepted 10 January 2024

\*Corresponding Author; Sang-Hyun Yoo

Tel: +82-2-6909-4437

E-mail: shyoo@eznwellness.com

## 1. 서론

현대 사회에서 스트레스는 더 이상 무시할 수 없는 중요한 건강 문제로 부각되고 있다. 고도의 경쟁과 급격한 생활 리듬 변화로 인해 많은 사람이 스트레스에 노출되며, 이로 인해 신체 건강과 심리적 안녕에 부정적인 영향을 받는 경우가 늘어나고 있다. 스트레스는 만성적으로 지속될 경우 다양한 질병과 심리적 장애의 원인이 될 수 있으며, 이로 인한 사회 비용도 증가하고 있다.

앉아있는 시간이 많은 사람은 신체활동을 많이 한 사람들에 비해 스트레스 관련 질환 발병률이 2배 높다[1],[2]는 사실은 현대 사회에서 신체활동이 정신건강에 미치는 영향을 강조하는 중요한 연구 결과이다. 코로나 팬데믹 이후 우울이나 불안과 같은 스트레스 관련 질환이 급증하고[3], 불면증과 같은 역기능적인 행동의 변화가 발생한다는 것[4]은 거리 두기와 같은 활동의 제한이 삶의 질을 저하시키는데 영향을 미친다는 것을 증명한다.

스트레스는 생물학적 측면에서는 모든 요구에 대한 신체의 비특이적 반응으로 정의되지만, 행동과학적 측면에서는 불안이나 불편함을 초래하는 위협에 대한 인식으로 이해한다[5]. 한편, 신경내분비 측면에서는 스트레스를 신체가 항상성 회복을 위해 호르몬 방출을 초래하는 모든 사건으로 정의한다[6].

스트레스 측정을 위해서 지난 한 달간 생활에 관한 질문을 통해 자신의 삶을 '예측할 수 없고, 통제할 수 없으며, 과부하가 걸리는' 삶으로 인식한 정도를 정량화한다[7]. 또한, 피, 타액 등을 통해 스트레스 시 방출되는 호르몬을 측정하거나, 스트레스 상황에서 나타나는 심박의 변화를 모니터링하여 스트레스를 정량화하고자 한다.

이러한 스트레스는 여러 장애 및 건강 문제에 영향을 미친다. 정신 장애 진단을 위한 편람(DSM-V)에서는 급성 스트레스 장애와 외상후 스트레스 장애를 명문화하고 있으며, 스트레스 수준의 증가는 심혈관 질환[8], 불안, 우울 문제[9]를 야기하는 것으로 나타났다.

신체활동은 불안, 우울 및 부정적인 기분을 개선하는 효과적인 전략이다. Rosenbaum과 동료들[10]의 연구에서 우울증 진단을 받은 그룹과 그렇지 않은 대조군을 대상으로 무선 대조실험을 한 연구를 메타분석한 결과, 신체활동이 우울증 증상에 큰 영향을 미치며, 정신 질환이 있는 사람들의 우울증 증상을 감소시키는 것으로 나타났다. 신체활동이 제약된 코로나19 팬데믹 기간 동안의 정신 건강 연구[11]에서 광범위한 조사를 진행하여 결과를 보고하였다. 그 결과 신체활동의 감소와 앉아있는 시간의 증가는 우울, 불안 및 스트레스 증상 증가와 관련되는 것으로 나타났다. 또 다른 연구[12]에서는 코로나19 기간 중 신체활동, 수면, 음주, 흡연 등에서 부정적인 변화가 보고된 것으로 나타났으며, 특히 신체활동이 가장 부정적으로 인식되는 것으로 보고되었다. 신체활동을 줄이고 TV 시청 시간을 늘린 참가자들이 우울증, 외로움 및 스트레스에 대한 호소가 증가하는 것으로 나타났다. 선행 연구에서

는 대부분 앉아있는 행동에 중점을 두었으며, 앉아있는 행동의 증가가 정신건강과 정적으로 상관이 있다는 것을 확인하였다.

한편, 신체활동의 증가를 유도한 연구에서는 우울, 불안, 스트레스 및 삶의 질에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 이러한 신체활동의 증가와 스트레스 등의 심리지표와의 상관성을 확인한 연구들은 걷기 프로그램의 사전-사후 비교를 하거나 걷기 활동이 적어지면서 심리지표에 부정적인 영향을 주는지를 확인하는 것에 그쳤다. 최근에 걸음 수 측정 쉼터에 참여한 직장인을 대상으로 한 연구[13]에서 스트레스 및 생산성에 긍정적인 변화가 있음을 보고하였다. 그러나 Ryde와 동료들의 연구[13]에서, 걸음 수와 스트레스 측정에 있어 자동적인 수집 방식이 아닌 캡처를 전송하는 방식으로 데이터의 신뢰성이 현저히 떨어지는 한계를 보고하였다. 본 연구의 주요 목표는 앉아있는 시간이 상대적으로 많은 직장인들을 대상으로 신체활동과 정신건강의 관계를 확인하는 것이며, 이를 수행하는데 있어 모바일 센싱과 챗봇 기술을 적용하여, 자동적으로 데이터를 측정하고, 수집하여 데이터의 신뢰도를 높이고자 한다.

기존의 스트레스 연구는 대부분 주관적인 자기 보고나 설문 조사에 의존해왔으며, 이러한 방법들은 정량적으로 스트레스를 이해하는 데에 한계가 있었다. 이러한 점 때문에 바이오마커를 통한 객관적이고 정량적인 스트레스 측정 방법의 필요성을 강조한다. 그러나 스트레스 호르몬을 직접 측정하는 것은 상시적인 모니터링이 어렵고 비용 및 편의성 면에서 비경제적이라는 단점이 있다. 이에 따라 본 연구에서는 스마트폰을 활용한 모바일 센싱 기술을 통해 주관적 데이터와 걸음 수 데이터 간의 통합적 이해를 제안하고자 한다.

본 논문은 스트레스, 정서, 에너지에 관한 주관적 데이터와 걸음 수 데이터와의 상관관계를 분석하고, 신체적 활동과 정신건강 간의 관련성을 탐구함으로써 건강한 생활 방식을 유지하고, 스트레스로 인한 부정적인 영향을 완화하는 통찰력을 제공하고자 한다.

## II. 이론적 배경

### 2-1 스트레스와 신체 활동

스트레스 일상생활 속에서 다양한 요인에 의해 자극되는 자연스러운 경험이다. 스트레스 요인은 항상성에 불균형을 초래하는 모든 것이며, 스트레스 반응은 이 불균형을 교정하기 위한 생물학적 또는 행동적 반응을 말한다[14],[15]. 이러한 스트레스 반응은 사람마다 심각도와 지속시간이 다르게 나타나며, 여러 장애 및 건강 문제에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.

앉아있는 시간이 길어질수록 우울 증상이나 정신 장애가 발생할 가능성이 높아진다는 연구 결과[16]는 신체활동과 정

신경간의 연결성을 이해하는데 중요한 자료이다. 활동과 관련된 선행 연구[17]에서 TV 화면 앞에 앉아있는 시간이 길수록 우울증 증상과 정신건강이 나빠진다는 보고가 있었다. 또한, 텔레비전, 컴퓨터 등 스크린 기반 영상에 더 많은 시간을 보내는 사람들이 그렇지 않은 사람들보다 심리적 고통이 크고, 정신적 건강이 나빠지는 것으로 나타났다[18]. 이러한 점은 코로나 팬데믹 기간 중에 나타난 정신건강 지표의 부정적인 변화를 보더라도 일관성을 나타낸다[11].

신체활동을 증가시키는 것은 단순히 정신건강을 나쁘지 않도록 하는 것에 그치지 않으며, 우울, 불안을 개선하고, 부정적인 기분을 긍정적으로 변화시키는 데 영향을 미친다[10]. 특히, 걷기와 관련된 다양한 연구에서 걷는 활동이 스트레스 호르몬인 Cortisol의 감소에 영향을 주었으며[19], 긍정적인 감정과 활력을 증가시키는 것으로 나타났다[20]. 걷기 활동은 신체활동을 유발할 수 있는 쉬운 방법으로 우울, 불안, 스트레스 등의 문제를 개선할 수 있는 좋은 전략 중 하나이다.

### 2-2 스트레스의 측정과 모바일 센싱

스트레스를 측정하는 방식에는 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 첫째는 자기 보고식 검사를 통해 스트레스의 주관적 수준을 이해하는 방식으로, 인식된 스트레스 척도(PSS)에서는 지난 한 달간 생활에 관한 질문을 통해 자신의 삶을 ‘예측할 수 없고, 통제할 수 없으며, 과부하가 걸리는’ 삶으로 인식한 정도를 정량화한다[21]. 다른 방법으로는 피, 타액 등을 통해 스트레스 시 방출되는 호르몬을 측정하거나, 스트레스 상황에서 나타나는 심박의 변화를 모니터링하여 스트레스를 정량화하는 바이오마커를 활용한 방식이 있다.

스트레스 연구와 건강 관리에 있어서 현재까지는 자기 보고나 설문 조사를 주로 활용해왔다. 그러나 이러한 방법들은 주관적이고, 단회로 측정되기 때문에 변화를 이해하는 데 한계가 존재다. 바이오마커를 측정하기 위해서는 계측기를 착용하거나 스트레스 호르몬을 측정할 수 있는 장소에 방문해야 하는 불편함이 있다. 이는 비용과 편의성 면에서 상시적 모니터링에 어려움이 따른다. 따라서 대중적으로 활용할 수 있는 객관적이고 정량적인 스트레스 측정 방법의 개발이 필요하다. 여기에서 모바일 센싱 기술이 그 해답일 수 있다.

모바일 센싱은 우리가 늘 사용하고 있는 스마트폰 기기를 통해 다양한 생체 신호와 활동 데이터를 실시간으로 수집하는 기술이다[22]. 이를 통해 개인의 일상 활동 패턴, 심박수, 수면 패턴 등을 정확하게 파악할 수 있다. 그러므로 모바일 센싱을 활용한 활동 데이터 측정은 주관적인 자기 보고를 넘어서 개인의 활동 유형을 객관적으로 분석하고 평가할 수 있는 새로운 대안을 제시한다. 모바일 센싱 방법은 무의식적이고 자동적인 방식으로 개인의 활동 자료를 수집하는 것이 가능하다. 이러한 방식은 주관적 보고에 의존하는 기존의 연구를 보다 정량적 방식으로 분석하는데 용이하다. 정신건강을 확인하는 지표는 스트레스와 정서, 에너지 수준에 대한 주관

적 보고를 누적하여 사용하여, 단회적 심리검사 방식에서 벗어나 누적된 자료를 통해 신뢰도를 높이고자 하였다. 신체적 활동과 정신건강 간의 관련성을 탐구함으로써 우리는 건강한 생활 방식을 유지하고, 스트레스로 인한 부정적인 영향을 완화하는 데 도움을 줄 수 있는 통찰력을 얻을 수 있다. 이를 통해 스트레스 관리와 건강 증진을 위한 새로운 방향을 모색할 수 있을 것으로 기대된다.

## III. 연구 방법

### 3-1 연구 대상 및 절차

활동 지표인 걸음 수와 심리 지표인 스트레스, 정서, 에너지와의 관계성을 평가하기 위하여 타 직업군에 비해 비교적 앉아있는 시간이 많은 사무직 직장인 60명을 모집하였다. 모집된 연구 참여자들에게 연구 내용에 대하여 설명한 뒤 연구 참여에 동의하는 참여자들을 대상으로 연구 참여 동의서를 작성하였다. 이들을 대상으로 apk 파일의 형태로 애플리케이션을 배포하여 설치하도록 하였으며, 2023년 6월~9월에 걸쳐 약 4개월간 연구를 진행하였다. 연구 진행 절차는 다음과 같다.

걸음 수 수집을 위한 애플리케이션을 핸드폰에 설치한 후, 핸드폰을 소지한 상태에서 평소와 동일하게 활동하도록 안내하였다. 하루 4회 정해진 시간에 챗봇 기반 애플리케이션에 접속하여 자신의 심리상태(스트레스, 정서, 에너지 수준)를 응답할 것을 요청하였다. 분석 시, 심리상태를 작성하지 않은 회차는 결측으로 간주하였으며, 주말 및 공휴일은 제외하였다.

최종적으로 33명의 연구 참여자, 766개의 연구 자료를 바탕으로 분석을 시행하였다.

연구 참여자의 인구통계학적 특성을 살펴보면, 전체 연구 참여자 중 남성은 25명(75.76%), 여성은 8명(24.24%)이었으며, 30대와 40대가 각각 10명(30.30%), 17명(51.52%)으로 전체의 81.82%를 차지했다. 연구 참여자의 인구통계학적 특성은 표 1에 제시하였다.

표 1. 연구 참여자들의 생태학적 특성

Table 1. Ecological character

|        |        | N  | Ratio(%) |
|--------|--------|----|----------|
| Gender | Male   | 25 | 75.76    |
|        | Female | 8  | 24.24    |
|        | Total  | 33 | 100.00   |
| Age    | 20s    | 3  | 9.09     |
|        | 30s    | 10 | 30.30    |
|        | 40s    | 17 | 51.52    |
|        | 50s    | 3  | 9.09     |
|        | Total  | 33 | 100.00   |

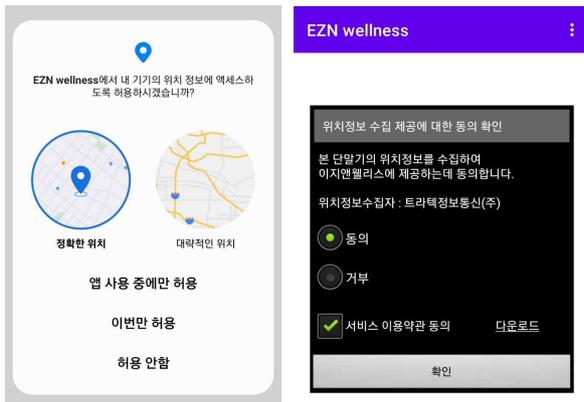
3-2 측정 도구

1) 모바일 센싱 기반의 활동 측정

연구 참여자들의 활동을 측정하기 위하여 모바일 센싱 기술을 적용한 애플리케이션을 개발하여 모바일에 설치하도록 하였다. 모바일 센싱 애플리케이션을 통하여 측정된 데이터는 걸음 수(step count)와 위치(GPS) 데이터였다. 걸음 수 데이터는 모바일 센싱 애플리케이션을 통해 서버로 연동되며, 자동으로 데이터베이스에 수집되도록 설계되었다. 위치 데이터는 걸음 수 데이터의 정확성을 확인하는 용도로 활용되었다. 애플리케이션의 설치 화면은 그림 1과 같다.

2) 챗봇 기반의 심리 측정

연구 참여자들의 걸음 수와 연동되는 심리지표를 수집하기 위해 모바일 센싱 애플리케이션 내에 챗봇 기능을 추가하여 스트레스, 정서, 에너지와 관련된 질문을 통해 연구 참여자들의 심리상태를 측정하였다(그림 2). 측정에 사용된 질문은 ‘지금 스트레스 수준은 어떤가요?’, ‘지금 정서 상태는 어떤가요?’, ‘지금 에너지 상태는 어떤가요?’ 이며, 스트레스는 1점~10점으로, 정서와 에너지는 1점~8점으로 점수를 입력하도록 하였다. 심리지표 측정은 오전 9시, 오후 12시, 오후 5시, 저녁 9시로 하루에 4회 실시하였다.



\*Korean user mobile capture does not use English  
**그림 1.** 모바일 센싱 애플리케이션 설치 화면  
**Fig. 1.** Mobile sensing application installation screen

3-3 분석 방법 및 절차

본 연구는 동일한 연구 참여자들을 여러 회에 걸쳐 반복적으로 측정하였으므로 다층적인 자료 구조를 가진다.

자료가 다층구조를 가지는 경우, 다층모형을 활용하여 자료를 분석하는 것이 권장되므로 다층매개 효과 분석을 실시하는 것이 적절하다고 판단된다[23].

본 연구에서 사용한 구체적인 분석 방법 및 절차는 다음과 같다. 첫 번째, 자료 내 변인들의 특성을 확인하기 위해 기술 통계 및 상관분석을 실시하였다. 두 번째, 본 분석에 들어가기 전, 스트레스 및 정서 수준에 대한 각 예측 변인들의 유의성

을 확인하기 위해 다층회귀분석을 실시하였다. 예측 변인 중 걸음 수, 스트레스, 정서, 에너지는 개인 내(1수준) 변인이며, 성별, 연령은 개인 간(2수준) 변인이다. 마지막으로 유의한 변인들을 활용하여 본 분석인 다층매개 효과 분석을 실시하였다.

**표 2.** 단계별 모형의 예측 변인  
**Table 2.** Predictors in step-by-step model

|          | Stress  | Mood  |
|----------|---|---|
| Model0   | none  | none  |
| Model1.1 | activity(step)  | activity(step)  |
| Model1.2 | activity(step) + psychology(mood, energy)                           | activity(step) + psychology(stress, energy)                           |
| Model2   | activity(step) + psychology(mood, energy) + individual(gender, age) | activity(step) + psychology(stress, energy) + individual(gender, age) |



\*Korean user mobile capture does not use English  
**그림 2.** 모바일 센싱 애플리케이션 챗봇 화면  
**Fig. 2.** Mobile sensing application chat-bot screen

본 연구에서 사용한 다층매개 효과 분석은 1-1-1 모형으로 1수준 변인 간에 매개 효과가 유의한지 확인하는 모형을 적용하였다. 매개 효과 분석을 위해 Baron과 Kenny가 제안한 매개 효과 검증 방법[24]과 함께 부트스트랩 방법을 활용하여 간접효과의 유의성을 확인하였다.

다층 회귀분석을 실시할 때, 수준별 예측 변인의 설명력을 확인하기 위하여 각 예측 변인의 수준과 특성에 따라 순차적으로 변인을 투입하였으며, 투입 순서는 표 2와 같다. 이때, 개인 내 수준(1수준)의 예측 결과는 개인 간 수준(2수준) 변인의 영향을 받지 않는다고 가정한다.

본 연구의 주된 관심 변인은 개인 내(1수준) 예측 변인인 걸음 수, 정서/스트레스, 에너지이므로 개인 간 차이를 통제하고자 모든 연속형 예측 변인은 집단 평균 중심화(Group

mean centering; CWC)를 사용하여 집단 평균을 기준으로 중심화를 진행하였다[25],[26]. 또한, 활동 변인인 걸음 수와 심리 변인인 스트레스, 정서, 에너지 간 스케일에 차이가 있어 '걸음 수/1000'으로 스케일을 조정하였다. 분석 프로그램은 R 4.3.0과 Mplus 8.5를 사용하였다.

#### IV. 연구 결과

##### 4-1 기술통계분석

각 변인의 특성을 확인하기 위하여 기술통계분석을 진행하였으며, 결과는 표 3과 같다. 연구 참여자들의 전체 평균 걸음 수는 5,050.67걸음이고, 최대 17,210걸음, 최소 0걸음으로 나타났다. 스트레스, 정서, 에너지의 각 평균은 4.92점, 5.07점, 4.73점이었다.

##### 4-2 상관분석

각 변인의 관계성을 확인하기 위하여 상관분석을 진행하였다. 각 변인의 상관관계를 살펴본 결과(표 4), 스트레스와 성별, 스트레스와 연령, 걸음 수와 에너지를 제외한 모든 변인 간에 상관이 유의한 것으로 나타났다.

표 3. 기술통계분석 결과

Table 3. Result of descriptive statistics analysis

|        | N   | Mean     | S.D.     | Max,   | Min, |
|--------|-----|----------|----------|--------|------|
| Gender | 33  | 0.24     | 0.44     | 1      | 0    |
| Age    | 33  | 40.30    | 6.84     | 55     | 28   |
| Step   | 766 | 5,050.67 | 3,445.26 | 17,210 | 0    |
| Stress | 766 | 4.92     | 2.06     | 10     | 0    |
| Mood   | 766 | 5.07     | 1.34     | 8      | 1    |
| Energy | 766 | 4.73     | 1.51     | 8      | 1    |

표 4. 상관분석 결과

Table 4. Result of correlation analysis

|        | Gender   | Age     | Step     | Stress   | Mood    | Energy |
|--------|----------|---------|----------|----------|---------|--------|
| Gender | 1        |         |          |          |         |        |
| Age    | -.492*** | 1       |          |          |         |        |
| Step   | -.255*** | .245*** | 1        |          |         |        |
| Stress | -.006    | -.032   | -.248*** | 1        |         |        |
| Mood   | -.195*** | .174*** | .273***  | -.539*** | 1       |        |
| Energy | -.089**  | .123*** | .049     | -.322*** | .592*** | 1      |

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

이는 여성이거나 스트레스가 높을수록 더 적은 걸음 수를 보였음을 의미하고, 연령이 높거나 정서가 긍정적일수록 더 많은 걸음 수를 보였음을 의미한다. 스트레스는 걸음 수에 더

해 정서(r=-.539, p=.000), 에너지(r=-.322, p=.000)와 부적 상관을 보였다. 즉, 스트레스가 높을수록 부정적이고 낮은 에너지 수준을 보고했다.

##### 4-3 다층회귀분석

###### 1) 기초 모형(무조건 모형) 분석

본격적인 다층모형 분석에 앞서, 다층분석의 진행 여부를 판별하기 위하여 종속 변인인 스트레스와 정서의 수준별 분산과 분산의 유의성을 확인하였다(표 5).

스트레스를 종속 변인으로 설정하였을 때, 개인 내 분산은 3.429(p=.000)였으며, 개인 간 분산은 1.047(p=.000)이었다. 급내상관계수(Intraclass Correlation Coefficient; ICC)는 0.234로 이는 스트레스의 전체 분산 중 23.4%가 집단 간 분산에 기인함을 의미한다. 또한, 정서를 종속 변인으로 설정하였을 때, 개인 내 분산은 1.552(p=.000), 개인 간 분산은 0.404(p=.000)로 ICC는 0.207이었다. 이는 정서의 전체 분산 중 20.7%가 개인 간 차이에 설명됨을 나타낸다. 스트레스와 정서 모두 ICC가 충분히 크고, 개인 간 분산이 통계적으로 유의하므로 다층모형 분석을 실시하기에 적합하다고 할 수 있다.

표 5. 기초 모형 분석 결과

Table 5. Result of null model

|        |         | Var.  | S.E.  | $\chi^2$ | P     | ICC   |
|--------|---------|-------|-------|----------|-------|-------|
| Stress | Within  | 3.429 | 0.565 | 6.069    | 0.000 | -     |
|        | Between | 1.047 | 0.253 | 4.138    | 0.000 | 0.234 |
| Mood   | Within  | 1.552 | 0.211 | 7.370    | 0.000 | -     |
|        | Between | 0.404 | 0.149 | 2.708    | 0.007 | 0.207 |

###### 2) 예측 변인의 투입

단계별 모형의 예측 변인(표 2)에 제시했던 것처럼 스트레스를 종속 변인으로 하였을 때, 단계별로 예측 변인을 투입한 결과는 표 6과 같다.

활동 변인인 걸음 수를 1수준 예측 변인으로 투입한 결과(모형 1.1), 걸음 수가 증가할수록 개인의 스트레스 수준은 감소하는 것으로 나타났다(b=-0.100, p=.000). 또한, 모형 1.1에 더해 심리 변인인 정서와 에너지를 1수준 예측 변인으로 투입하였을 때, 걸음 수와 마찬가지로 정서가 긍정적일수록 스트레스 수준이 감소하는 것을 알 수 있었으나(b=-0.795, p=.000), 에너지 수준은 스트레스 수준에 유의한 영향을 주지 않았다. 심리 변인을 1수준 예측 변인으로 투입하여도(모형 1.2) 걸음 수는 여전히 스트레스 수준에 유의한 영향을 주는 변인임을 알 수 있다(b=-0.051, p=.000). 1수준 예측 변인을 모두 모형에 추가하였을 때, 예측 변인을 추가하지 않은 기초 모형(무조건 모형)과 비교하여 분산은 1.091 감소하였

표 6. 다층회귀분석 결과(스트레스)

Table 6. Result of multilevel regression analysis(Stress)

|           |                      |        | Model1.1           |       |                | Model1.2             |       |                | Model2               |       |                |
|-----------|----------------------|--------|--------------------|-------|----------------|----------------------|-------|----------------|----------------------|-------|----------------|
|           |                      |        | Activity predictor |       |                | Psychology predictor |       |                | Individual predictor |       |                |
|           |                      |        | Estimate           | S.E.  | P              | Estimate             | S.E.  | P              | Estimate             | S.E.  | P              |
| Intercept |                      |        | 5.018              | 0.213 | 0.000          | 5.006                | 0.211 | 0.000          | 5.018                | 0.213 | 0.000          |
| Within    | Activity predictor   | Step   | -0.100             | 0.026 | 0.000          | -0.051               | 0.019 | 0.007          | -0.051               | 0.020 | 0.010          |
|           | Psychology predictor | Mood   |                    |       |                | -0.795               | 0.104 | 0.000          | -0.795               | 0.055 | 0.000          |
|           |                      | Energy |                    |       |                | -0.033               | 0.095 | 0.728          | -0.033               | 0.049 | 0.501          |
| Between   | Individual predictor | Gender |                    |       |                |                      |       |                | 0.021                | 0.037 | 0.570          |
|           |                      | Age    |                    |       |                |                      |       |                | -0.029               | 0.571 | 0.959          |
|           |                      |        | Var.               | P     | R <sup>2</sup> | Var.                 | P     | R <sup>2</sup> | Var.                 | P     | R <sup>2</sup> |
| Var.      | Within               |        | 3.344              | 0.000 | 2.479          | 2.338                | 0.000 | 31.817         | 2.347                | 0.000 | 31.554         |
|           | Between              |        | 1.054              | 0.000 | -0.669         | 1.154                | 0.000 | -10.220        | 1.299                | 0.000 | -24.069        |

※ Reduction variance(R<sup>2</sup>) represents the ratio of variance explained by the predictor variable compared to the basic model(within : 3.429, between : 1.047)

표 7. 다층회귀분석 결과(정서)

Table 7. Result of multilevel regression analysis(Mood)

|           |                      |        | Model1.1           |       |                | Model1.2             |       |                | Model2               |       |                |
|-----------|----------------------|--------|--------------------|-------|----------------|----------------------|-------|----------------|----------------------|-------|----------------|
|           |                      |        | Activity predictor |       |                | Psychology predictor |       |                | Individual predictor |       |                |
|           |                      |        | Estimate           | S.E.  | P              | Estimate             | S.E.  | P              | Estimate             | S.E.  | P              |
| Intercept |                      |        | 4.918              | 0.135 | 0.000          | 4.924                | 0.140 | 0.000          | 5.898                | 1.061 | 0.000          |
| Within    | Activity predictor   | Step   | 0.062              | 0.017 | 0.000          | 0.046                | 0.010 | 0.000          | 0.046                | 0.010 | 0.000          |
|           | Psychology predictor | Mood   |                    |       |                | -0.277               | 0.050 | 0.000          | -0.277               | 0.050 | 0.000          |
|           |                      | Energy |                    |       |                | 0.375                | 0.067 | 0.000          | 0.375                | 0.067 | 0.000          |
| Between   | Individual predictor | Gender |                    |       |                |                      |       |                | -0.871               | 0.298 | 0.003          |
|           |                      | Age    |                    |       |                |                      |       |                | -0.019               | 0.026 | 0.465          |
|           |                      |        | Var.               | P     | R <sup>2</sup> | Var.                 | P     | R <sup>2</sup> | Var.                 | P     | R <sup>2</sup> |
| Var.      | Within               |        | 1.518              | 0.000 | 2.191          | 0.818                | 0.000 | 47.294         | 0.816                | 0.000 | 47.423         |
|           | Between              |        | 0.408              | 0.000 | -0.990         | 0.511                | 0.000 | -26.485        | 0.416                | 0.000 | -2.970         |

※ Reduction variance(R<sup>2</sup>) represents the ratio of variance explained by the predictor variable compared to the basic model(within : 3.429, between : 1.047)

고, 이는 1수준 예측 변인이 개인 내 분산의 31.817%를 설명함을 의미한다. 개인 배경 변인인 성별과 연령을 2수준 예측 변인으로 투입한 결과(모형 2), 두 예측 변인 모두 스트레스 수준을 유의하게 설명하지 못하였다. 이를 연구 모형으로 제시하면 그림 3과 같다.

정서를 종속 변인으로 설정하였을 때, 단계별 모형 분석 결과는 표 7과 같다. 상관분석 결과(표 4)에서 알 수 있듯이 정서와 스트레스는 서로 음의 상관관계에 있으므로 스트레스를 제외한 모든 예측 변인에서 부호가 반대임을 알 수 있다.

활동 변인을 예측 변인으로 투입하였을 때(모형 1.1), 회귀계수는 0.062(p=.000)로 통계적으로 유의하였으며, 이는 걸음 수가 증가할수록 정서가 향상됨을 의미한다. 모형 1.1에 더해 심리 지표를 예측 변인으로 투입한 결과, 스트레스는 -0.277(p=.000), 에너지는 0.375(p=.000)로 스트레스가 증가하면 정서 상태는 저하되고, 에너지 수준이 증가하면 정서 상태는 개선됨을 알 수 있다. 2수준 예측 변인을 투입하였을 때의 결과는 스트레스를 종속 변인으로 설정한 경우와 다르게 나타났다. 개인 배경 예측 변인 중 성별의 회귀계수는 -0.871(p=.003)로 여성(1)이 남성(0)보다 더 부정적인 정서 상태를 보고하는 것으로 나타났다. 연령은 스트레스와 마찬가지로 정서를 예측하는데 유의미한 변인이 아니었다. 표 5의 기초모형과 비교하였을 때, 활동 및 심리 변인은 정서의 개인 내 분산의 47.29%를 설명하였다(모형 1.2). 또한, 1수준 예측 변인과 2수준 예측 변인을 모두 투입하였을 때, 기초 모형(표 5)에 비해 분산이 충분히 설명되지 않는 결과를 보이나

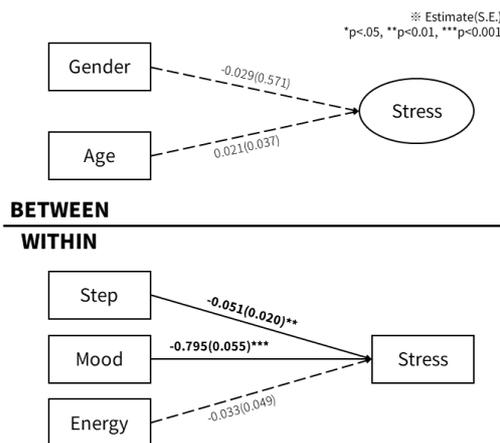


그림 3. 연구 모형 - 다층회귀모형(스트레스)

Fig. 3. Study model - multilevel regression model(Stress)

모형 1.2과 비교하면 2수준 변인이 정서의 개인 간 분산의 18.59%를 설명함을 알 수 있다. 이를 연구 모형으로 제시하면 그림 4와 같다.

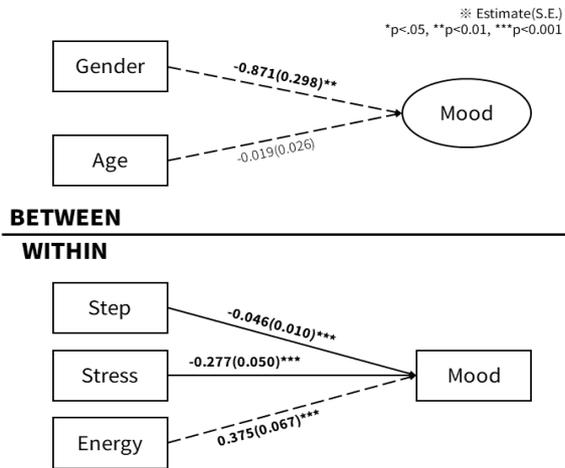


그림 4. 연구모형 - 다층회귀모형(정서)  
Fig. 4. Study model - multilevel regression model(Mood)

4-4 다층매개 효과 분석

다층 회귀분석에서 유의했던 변인들이 매개 관계에 있는지 확인하기 위하여 다층매개 효과 분석을 실시하고 그 결과를 제시하였다(표 8).

분석 결과, 걸음 수가 정서에 주는 영향(a)은 0.062로 통계적으로 유의하였으며(p=.000), 걸음 수와 정서를 모두 1수준 예측 변인으로 설정한 상태에서 다중 회귀분석을 하였을 때, 걸음 수(c')와 정서(b)가 스트레스에 주는 영향은 각각 -0.049(p=.018), -0.815(p=.000)으로 모두 통계적으로 유의하였다. 걸음 수가 정서를 거쳐 스트레스에 주는 간접효과는 -0.051이며, 부트스트래핑 결과에 따르면, 95% 신뢰구간에서 간접효과 계수는 -0.088, -0.014의 범위를 가진다. 신뢰구간이 0을 포함하지 않아 간접효과는 유의한 것을 알 수 있다. 이를 통해 걸음 수는 정서를 매개하여 스트레스에 영향을 주는 부분 매개 효과를 가지는 것을 확인할 수 있었다. 이를 연구 모형으로 제시하면 그림 5와 같다.

표 8. 다층매개 효과 분석 결과  
Table 8. Result of multilevel mediation analysis

| Path                     | Estimate |        | S.E.  | Z      | P     | CI         |            |
|--------------------------|----------|--------|-------|--------|-------|------------|------------|
|                          | b        | beta   |       |        |       | lower 2.5% | upper 2.5% |
| c step → stress          | -0.100   | -0.155 | 0.026 | -3.834 | 0.000 | -0.151     | -0.049     |
| a step → mood            | 0.062    | 0.147  | 0.017 | 3.604  | 0.000 | 0.028      | 0.096      |
| b mood → stress          | -0.815   | -0.539 | 0.122 | -6.695 | 0.000 | -1.054     | -0.577     |
| c' step → stress         | -0.049   | -0.076 | 0.021 | -2.376 | 0.018 | -0.089     | -0.009     |
| a*b step → mood → stress | -0.051   | -0.079 | 0.019 | -2.691 | 0.007 | -0.088     | -0.014     |

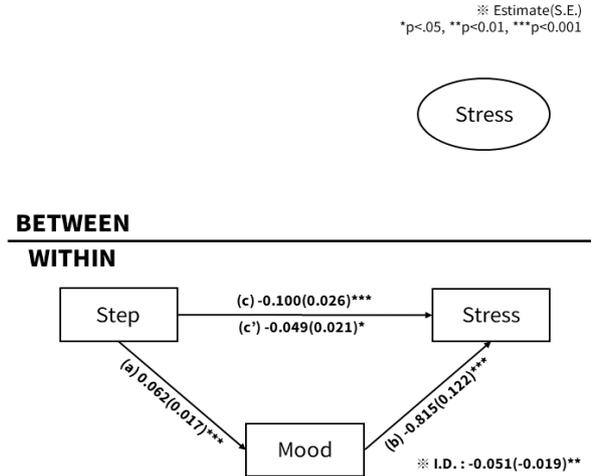


그림 5. 연구모형 - 다층걸음 수모형  
Fig. 5. Study model - multilevel mediation model

V. 논의

본 연구는 모바일 센싱 애플리케이션을 활용하여 일상 생활 속에서 걸음 수와 스트레스, 정서, 에너지 등을 효과적으로 측정하고, 이를 통해 걸음 수와 심리적 요인 간의 상관관계를 밝히고자 하는 목적으로 수행되었다. 이를 위하여 모바일 센싱과 챗봇을 활용하여 데이터를 수집하였으며, 수집된 데이터는 다층모형을 적용하여 분석하였다. 연구 결과를 요약하고 논의하면 다음과 같다.

첫째, 기초모형을 분석한 결과, 스트레스는 개인 간 차이가 존재하는 것으로 나타났다. 이는 스트레스가 개인이 가지고 있는 내적 특성에 따라 달라질 수 있다는 것을 의미한다. 본 연구에서 연령이나 성별을 개인의 특성으로 투입하였을 때 유의하지 않은 것으로 나타났다. 따라서 개인의 성격이나 기분과 같은 내적 특성이 영향을 주거나 조직이나 업무 특성과 같은 환경적 요인이 영향을 주었을 수 있다. 이런 점들은 추후 연구를 통해 검증될 필요가 있을 것이다.

둘째, 다층 회귀모형으로 분석한 결과, 걸음 수는 스트레스 개선에 긍정적인 효과를 보이는 것으로 나타났다. 이는 신체

활동이 스트레스에 긍정적인 효과를 나타낸다는 선행 연구 [2],[13],[14]와 일치하는 결과이다. 걷기는 직장인들이 간편하게 활동량을 늘릴 수 있는 전략이다. 이는 주로 앉아서 일을 하는 직장인들에게 권장되는 신체활동으로 걷기가 스트레스 개선에 도움이 된다는 의미이다. 따라서 직장인의 스트레스 개선 방법으로 주기적으로 걷기 활동을 제안하는 것이 필요하다. 최근에는 애플리케이션을 통해 걷기 미션을 하면 보상을 주는 방식으로 활동량을 늘리는 전략이 진행되고 있다. 이처럼 다양한 전략을 통해 걸음 수를 증가시키는 것은 스트레스 개선에 긍정적인 효과를 주는 것이며, 결국 생산성을 높이는 데 도움이 될 것이다.

셋째, 다층 회귀모형으로 분석한 결과 걸음 수는 정서에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 선행연구 [12],[14],[17],[18]에서 신체활동이 우울, 불안 등의 기분 장애 개선에 효과가 있다는 결과와 맥을 같이 한다.

넷째, 다층회귀모형으로 분석한 결과 정서는 스트레스에 영향을 주는 것으로 나타났다. 이는 걸음 수와 스트레스와의 관계에서 정서라는 개인 내적 특성이 영향을 주고 있다는 것을 의미한다. 지금까지의 선행 연구들은 신체활동이 스트레스나 정서에 영향을 주는 것을 확인하는 것이었다면, 본 연구에서는 스트레스를 예측하는 변수로서 걸음 수와 정서가 작동한다는 것을 확인하였다는 데 의의가 있다.

마지막으로 다층매개 효과모형으로 분석한 결과, 걸음 수와 스트레스의 관계에서 정서 요인이 부분 매개하는 것으로 나타났다. 이는 앞선 논의에서 걸음 수가 정서와 스트레스 모두에 영향을 미치고, 정서가 스트레스에 영향을 미친다는 것을 매개 효과로서 확인한 결과이다. 즉, 걸음 수는 스트레스에 직접 영향을 미치거나 정서라는 개인 내적 특성을 매개하여 간접적으로 영향을 미친다. 이는 긍정적 정서가 결국은 스트레스를 완화시키는 효과가 있기 때문으로 판단된다.

이러한 연구 결과는 개인 건강 관리와 스트레스 관리에 적용될 수 있으며, 모바일 센싱을 활용한 스트레스 측정 방법의 유효성을 입증하는 것이다. 더 나아가, 스트레스 관리 방법 및 개인 건강 프로그램 개발에 이 연구 결과를 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고문헌

[1] M. Pears, S. Kola-Palmer, and L. B. De Azevedo, "The Impact of Sitting Time and Physical Activity on Mental Health During COVID-19 Lockdown," *Sport Sciences for Health*, Vol. 18, No. 1, pp. 179-191, June 2021. <https://doi.org/10.1007/s11332-021-00791-2>

[2] J. Y. Nam, J. Kim, K. H. Cho, J. Choi, J. Shin, and E. C. Park, "The Impact of Sitting Time and Physical Activity on Major Depressive Disorder in South Korean Adults: A Cross-Sectional Study," *BMC Psychiatry*, Vol. 17, No. 1,

pp. 1-9, July 2017. <https://doi.org/10.1186/s12888-017-1439-3>

[3] S. Liu, L. Yang, C. Zhang, Y. T. Xiang, Z. Liu, S. Hu, and B. Zhang, "Online Mental Health Services in China During the COVID-19 Outbreak," *The Lancet Psychiatry*, Vol. 7, No. 4, pp. 17-18, February 2020. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(20\)30077-8](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(20)30077-8)

[4] J. M. Clay and M. O. Parker, "Alcohol Use and Misuse During the COVID-19 Pandemic: A Potential Public Health Crisis?" *The Lancet Public Health*, Vol. 5, No. 5, E259, April 2020. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(20\)30088-8](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(20)30088-8)

[5] G. Fink, "Stress: Definition and History," *Stress Science: Neuroendocrinology*, Vol. 3, No. 9, pp. 3-14, 2010.

[6] C. Samson and A. Koh, "Stress Monitoring and Recent Advancements in Wearable Biosensors," *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, Vol. 8, 1037, September 2020. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.01037>

[7] M. G. Nielsen, E. Ørnbøl, M. Vestergaard, P. Bech, F. B. Larsen, M. Lasgaard, and K. S. Christensen, "The Construct Validity of the Perceived Stress Scale," *Journal of Psychosomatic Research*, Vol. 84, pp. 22-30, March 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2016.03.009>

[8] L. Poirat, B. Gaye, M. C. Perier, F. Thomas, C. Guibout, R. E. Climie, ... and J. P. Empana, "Perceived Stress Is Inversely Related to Ideal Cardiovascular Health: The Paris Prospective Study III," *International Journal of Cardiology*, Vol. 270, pp. 312-318, June 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.06.040>

[9] F. Marcatto, L. Colautti, F. L. Filon, O. Luis, L. Di Blas, C. Cavallero, and D. Ferrante, "Work-Related Stress Risk Factors and Health Outcomes in Public Sector Employees," *Safety Science*, Vol. 89, pp. 274-278, July 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.07.003>

[10] S. Rosenbaum, A. Tiedemann, C. Sherrington, J. Curtis and P. B. Ward, "Physical Activity Interventions for People with Mental Illness: A Systematic Review and Meta-Analysis," *The Journal of Clinical Psychiatry*, Vol. 75, No. 9, pp. 964-974, March 2014. <https://doi.org/10.4088/JCP.13r08765>

[11] A. Ammar, M. Brach, K. Trabelsi, H. Chtourou, O. Boukhris, L. Masmoudi, ... and ECLB-COVID19 Consortium, "Effects of COVID-19 Home Confinement on Eating Behaviour and Physical Activity: Results of the ECLB-COVID19 International Online Survey," *Nutrients*, Vol. 12, No. 6, p. 1583, May 2020. <https://doi.org/10.3390/nu12061583>

[12] R. Stanton, Q. G. To, S. Khalesi, S. L. Williams, S. J. Alley, T. L. Thwaite, ... and C. Vandelanotte, "Depression,

- Anxiety and Stress during COVID-19: Associations with Changes in Physical Activity, Sleep, Tobacco and Alcohol Use in Australian Adults,” *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 17, No. 11, 4065, June 2020. <https://doi.org/10.3390/ijerph17114065>.
- [13] G. C. Ryde, S. A. Tomaz, K. Sandison, C. Greenwood, and P. Kelly, “Measuring Productivity, Perceived Stress and Work Engagement of a Nationally Delivered Workplace Step Count Challenge,” *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 19, No. 3, 1843, February 2022. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031843>
- [14] B. S. Oken, I. Chamine, and W. Wakeland, “A Systems Approach to Stress, Stressors and Resilience in Humans,” *Behavioural Brain Research*, Vol. 1, No. 282, pp. 144-154. April 2015. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2014.12.047>
- [15] R. Murison, “The Neurobiology of Stress,” In M. al’Absi & M. A. Flaten (Eds.),” *The Neuroscience of Pain, Stress, and Emotion: Psychological and Clinical Implications*, Vol. 2, pp. 29-49, December 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800538-5.00002-9>.
- [16] A. L. Rebar, R. Stanton, D. Geard, C. Short, M. J. Duncan, and C. Vandelanotte, “A Meta-Analysis of the Effect of Physical Activity on Depression and Anxiety in Non-Clinical Adult Populations,” *Health Psychology Review*, Vol. 9, No. 3, pp. 366-378, July 2015. <https://doi.org/10.1080/17437199.2015.1022901>
- [17] G. M. E. E. Peeters, N. W. Burton, and W. J. Brown, “Associations between Sitting Time and a Range of Symptoms in Mid-Age Women,” *Preventive Medicine*, Vol. 56, No. 2, pp. 135-141, February 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2012.12.008>
- [18] A. J. Atkin, F. C. Bull, and S. J. Biddle, “Non-Occupational Sitting and Mental Wellbeing in Employed Adults,” *Annals of Behavioral Medicine*, Vol. 43, No. 2, pp. 181-188, April 2012. <https://doi.org/10.1007/s12160-011-9320-y>
- [19] J. I. Choi and S. J. Yun, “Effects of Intermittent Aerobic Exercise on Stress Related Factors and Risk Factors of Metabolic Syndrome in University Students for Preparing Employment,” *Journal of the Korean Society for Wellness*, Vol. 13, No. 3, pp. 597-607, August 2018. <https://doi.org/10.21097/ksw.2018.08.13.3.597>
- [20] H. Lee, J. W. Choi, S.-G. Kang, H.-N. Yoo, and K. H. Lee, “The Effect of 16 Week Walking Exercise of College Students Changes in Feeling, Mood State, and College Student Life Stress,” *Journal of Convergence for Information Technology*, Vol. 10, No. 7, pp. 185-193, July 2020. <https://doi.org/10.22156/CS4SMB.2020.10.07.185>
- [21] M. G. Nielsen, E. Ørnbøl, M. Vestergaard, P. Bech, F. B. Larsen, M. Lasgaard, and K. S. Chirstense, “The Construct Validity of the Perceived Stress Scale,” *Journal of Psychosomatic Research*, Vol. 84, No. 1. pp. 22-30, May 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2016.03.009>
- [22] K. Woodward, E. Kanjo, D. J. Brown, T. M. McGinnity, B. Inkster, D. J. Macintyre, and A. Tsanas, “Beyond Mobile Apps: A Survey of Technologies for Mental Well-Being,” *IEEE Transactions on Affective Computing*, Vol. 13, No. 3, pp. 1216-1235, August 2020. <https://doi.org/10.1109/TAFFC.2020.3015018>
- [23] J. B. Nezlek, “An Introduction to Multilevel Modeling for Social and Personality Psychology,” *Social and Personality Psychology Compass*, Vol. 2, No. 2, pp. 842-860, January 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1751-9004.2007.00059.x>
- [24] R. M. Baron and D. A. Kenny, “The Moderator-Mediator Variable Distinction in Social Psychological Research: Conceptual, Strategic, and Statistical Considerations,” *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 51, No. 6, pp. 1173-1182, December 1986. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.51.6.1173>
- [25] C. K. Enders and D. Tofighi, “Centering Predictor Variables in Cross-Sectional Multilevel Models: A New Look at an Old Issue,” *Psychological Methods*, Vol. 12, No. 2, pp. 121-138, December 2007. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.12.2.121>
- [26] Z. Zhang, M. J. Zyphur, and K. J. Preacher, “Testing Multilevel Mediation Using Hierarchical Linear Models: Problems and Solutions,” *Organizational Research Methods*, Vol. 12, No. 4, pp. 695-719, December 2008. <https://doi.org/10.1177/1094428108327450>



**최은진 (Eun-Jin Choi)**

2023년 : 경북대학교 일반대학원 (문학석사-계량심리)

2023년~현 재: 이지엔웰니스(주) 기업부설연구소 전임연구원

※ 관심분야 : 양적 데이터 분석(Quantitative data analysis), 매개모형(mediation model), 혼합모형(Mixture model) 등



**유상현 (Sang-Hyun Yoo)**

2014년 : 호서대학교 문화복지상담대학원 (문학석사-상담심리)

2019년 : 서울벤처대학교 대학원 (상담학박사-사회복지상담)

2020년~현 재: 이지엔웰니스(주) 기업부설연구소 수석연구원

※ 관심분야 : 디지털 헬스케어(Digital Healthcare), 인공지능 심리평가(AI Assessment of Psychology), 질적데이터 분석 (Qualitative data analysis) 등