

## 신발장착형 보행분석 트래커의 사용자경험 분석

김시연<sup>§</sup> · 정다희<sup>1)</sup> · 이주영<sup>1,2)</sup> · 권지현 · 임대영 · 정원영<sup>†</sup>

한국생산기술연구원 휴먼융합연구부

<sup>1)</sup>서울대학교 의류학과

<sup>2)</sup>서울대학교 생활과학연구소

## User Experience Analysis of a Shoe-mounted Gait Analysis Tracker

Siyeon Kim<sup>§</sup>, Dahee Jung<sup>1)</sup>, Joo-Young Lee<sup>1,2)</sup>, Jihyun Kwon, Daeyoung Lim, and Wonyoung Jeong<sup>†</sup>

Human Convergence Technology R&D Department, KITECH; Ansan, Korea

<sup>1)</sup>Department of Textiles, Merchandising and Fashion Design, Seoul National University; Seoul, Korea

<sup>2)</sup>Research Institute of Human Ecology, Seoul National University; Seoul, Korea

**Abstract:** Gait analysis trackers have been developed to monitor daily gait patterns to improve users' running performance and reduce the risk of injuries. A variety of gait analysis trackers are available on the market(e.g., foot pods, insoles). Depending on the type of gait analysis tracker, users' discomfort or satisfaction as well as required properties may differ. Hence, the purpose of this study was to compare and analyze user experience of three different types of commercial shoe-mounted gait analysis trackers and their mobile applications in a laboratory environment using questionnaires based on actual experiences of each product. Ten males and ten females who regularly enjoy walking and running exercises participated in the experiment. After the participants set up the tracker and application themselves without support from researchers, ten to thirty minutes' exercise was permitted on each product. Following this, the participants answered questionnaires containing evaluation variables on the device and mobile application, as well as satisfaction, intention to use, recommendation, and purchase. In addition, they were asked questions about the attractive features and shortcomings of each device and application. The results showed that the PRO-SPECS<sup>®</sup> smart insole was preferred over the others for ease of use, perceived durability, psychological burden of the design, and usefulness of the information provided by the application. Along with the results of questionnaire, this study also discussed strategies and recommendations for future product design and development.

**Key words:** gait analysis (보행분석), gait analysis tracker (보행분석 트래커), running tracker (러닝 트래커), smart insole (스마트 인솔), user experience (사용자 경험)

### 1. 서 론

걷기와 달리는 대중적인 유산소운동으로 건강증진과 심폐 지구력 향상뿐만 아니라 우울증 감소, 불안 및 스트레스 해소 등의 심리적 효과가 있어 전 연령층의 사람에게 널리 권장되고 있다(Kang, 2019). 정상적인 걷기와 달리기에서 발휘되어야 하는 정확성, 협응성, 속도는 질병이나 외상으로 인해 손상될 수 있으며, 동작과 보행패턴에 따라 넘어짐, 혹은 인대와 연골의

상해 등의 발생위험이 높아질 수 있고 보행동작의 특성은 요통, 치매 등의 질환과도 관련성이 있어(Farahpour et al., 2016), 보행동작을 정량적으로 분석하고 평가하기 위한 방법과 변수들이 재활의학, 생체공학 분야에서 오랫동안 연구되어 왔다(Perry & Burnfield, 2006; Roberts et al., 2017; Winter, 1987). 전통적인 보행분석 장비의 경우 그 비용과 크기로 인해 보행분석에 있어 시간적, 공간적 제한이 존재했으나, 스마트 웨어러블 기술의 발전에 따라, IMU(Inertial Measurement Unit)센서, 압력센서, GPS(Global Positioning System)가 내장된 착용형 보행분석 트래커(이하, 보행분석 트래커) 제품들은 일상생활 속 보행 분석을 가능케 하고 있으며, 더 나아가 보행위험을 예측하고, 보행의 정확성, 협응성, 속도를 향상시키며 질병과 부상의 치료를 보조하는데 기여할 수 있을 것으로 기대되고 있다(Lin et al., 2016; Sunarya et al., 2020).

기존의 보행분석 트래커 관련 연구는 IMU센서 또는 압력센서를 활용한 보행분석 트래커의 제작과 타당도 평가(Lin et al., 2016), 상용제품의 보행분석변수의 타당도평가(DeJong et al.,

<sup>†</sup>Corresponding author; Wonyoung Jeong

Tel. +82-31-8040-6233

E-mail: wyjeong@kitech.re.kr

<sup>§</sup>Siyeon Kim is now at Reliability Assessment Center, FITI Testing & Research Institute ((재)FITI시험연구원 소재부품신뢰성센터).

© 2021 (by) the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

2020; de Fontenay et al., 2020; Koldenhoven & Hertel, 2018), 센서 기반 보행분석 알고리즘 개발(Delgado-Gonzalo et al., 2017; Park et al., 2003; Seo et al., 2018; Sunarya et al., 2020)등에 치우쳐 있으며, 소비자의 사용자 경험, 보다 구체적으로는 제품 형태별 소비자 경험에 대한 연구는 거의 찾아보기 어렵다. 이에 현재로서는 제품개발자(혹은 디자이너)가 신발장착형 보행분석 트래커를 제작하고자 할 때 제품설계 방향에 대한 근거자료가 부족한 상황이다. 제품 유형별, 그리고 기능별 소비자의 인지된 유용성을 비교하고 제품 사용 시 불편함을 발생시킬 수 있는 요인을 사전에 알 수 있다면, 보다 효율적인 설계가 가능할 것이다. 예컨대, 깔창형태의 보행분석 트래커라면, 깔창의 형태와 물리적 특성에 따라 착용감이 달라질 수도 있고 세탁 등 위생관리에 대한 우려가 발생할 수 있을 것이다. 이와 달리 신발에 부착하는 모듈 형태라면 착용감이나 땀에 의한 오염 우려보다는 외부충격이나 젖음으로 인한 손상 우려가 발생할 가능성이 있다.

보행분석 트래커의 잠재적 유용성에 상응하여 다양한 형태로 개발되고 있는 보행분석 트래커 상용제품 가운데 본 연구는 서로 다른 세 가지 형태의 제품(모듈형, 깔창형, 복합형)을 선정하여 각 트래커와 전용 어플리케이션의 주요기능을 비교, 실험실 환경에서의 사용평가를 기반으로 사용자경험을 분석하였다. 이를 통해 향후 보다 개선된 보행분석 트래커를 개발하기 위한 제품설계방법과 디자인 측면에서의 요구사항을 제안하고자 하였다. 본 연구에서는 운동량과 심박수 등을 추적하는 기능을 가진 스마트워치 등의 형태의 일반적인 피트니스 트래커(Suh & Roh, 2015)와 보행분석에 특화된 피트니스 트래커를 구분하기 위해 후자를 보행분석 트래커(gait analysis tracker)라고 지칭하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1. 보행(gait)과 보행분석변수

걷기와 달리기의 목적은 신체를 안전하고 효과적으로 수평 방향으로 (오르막과 내리막을 포함하여) 이동시키는 것에 있다(Kang, 2019; Winter, 1987). 걷기와 달리기의 가장 큰 차이는 두 다리가 함께 채공하는 구간의 유무이다. 양쪽 발이 번갈아 지면에 닿음으로써 신체를 안정적으로 지지할 수 있는 걷기와 달리, 달리기는 두 다리가 함께 채공하는 구간이 존재하므로, 달리기는 걷기보다 채공을 가능하게 할 만큼의 더욱 큰 추진력이 요구되며, 착지하는 순간에는 그만큼 큰 충격력이 발로 전달될 수 있다. 그로 인해, 달리기에서는 부상의 위험을 줄이기 위한 자세와 보행패턴이 더욱 중요하게 여겨진다. Daoud et al. (2012)의 연구에서, 달리기 선수들의 보행패턴(foot strike)과 부상빈도의 관련성을 조사하였는데, 후족 착지형(rearfoot strike)의 특성을 가지는 선수는 전족 착지형(forefoot strike)보다 더 높은 부상위험을 보였다. 또한 발목의 회내 움직임(pronation)과 발 디딤 각도(toe out angle)는 걸음의 외관에도 영향을 미

칠 뿐만 아니라, 뼈와 근육의 구조적 변화나 요통의 원인이 되는 것으로 알려져 있다(Go et al., 2013).

전통적으로 보행분석 연구에서는 3차원 보행분석을 가능케 하는 3D 카메라, 근전도(electromyography) 측정장비, 지면반력기 등이 활용되어왔다. 특히 보행분석 카메라는 주요 관절에 마커를 부착하고 관절운동의 3차원 좌표값을 도출함으로써 운동에 대한 운동형상학변인들(관절각도, 각속도, 각가속도 등)을 파악하는데 크게 도움이 되었는데, 최근에는 IMU센서나 전자기 센서(electromagnetic sensor)도 운동형상학적변인 분석에 활용되고 있다. 또한 지면반력기는 발이 지면에 착지할 때 지면에서 인간에 작용하는 힘과 모멘트, 압력중심(center of pressure)을 측정케 해주었으나, 최근에는 압력 센싱 기능을 보유한 박막의 전자섬유가 착용형 지면반력기의 역할을 일부 대체하고 있다(Jang & Cho, 2019).

보행분석변수는 크게 시공간적 변수(spatiotemporal gait parameter)과 운동학적 변수(kinematic gait parameter), 운동역학적 변수(kinetic gait parameter)로 분류된다. 운동학 변수에는 80개 이상, 운동역학적 변수에는 18개 이상의 변수들이 속해있다(Winter, 1987). 그 중 상용 보행분석 트래커에서 활용되는 보행분석변수의 용어와 정의를 본 장에서 정리하였는데, 국문 용어의 경우 문헌마다 차이가 있어 Hwang et al.(1991), Lim et al.(2007), Park(2017)을 참고하였다. 각 변수에 대한 정의는 Lim et al.(2007), Lin et al.(2016), Pery and Burnfield(2006)를 참고하였다.

#### 2.1.1. 시공간적 변수(spatio-temporal gait parameters)

시공간적 보행분석 변수는 시간과 거리의 측정만으로 도출할 수 있으므로 측정이 간단하여 가장 보편적으로 사용되고 있다. 시공간적 변수의 일부는 반드시 보행분석 트래커 제품이 아니더라도, 모바일이나 스마트워치 타입으로도 충분히 측정이 가능하다. 키, 성별, 연령 등이 보행간격과 분속수 등이 보행의 시공간적 변수에 영향을 주는 인자로 알려져 있다(Chung et al., 2001, Park, 2017; Winter, 1987). 아래에 정리된 대표적인 시공간적 변수 외에도 이동거리(distance), 고도(altitude) 등이 포함될 수 있다.

- 보폭(혹은 보장, step length): 한쪽 발의 뒤꿈치에서 뒤이은 다른 발의 뒤꿈치까지 거리
- 보행 간격(혹은 활보, 걸음 거리, stride length): 한쪽 발의 뒤꿈치에서 뒤이은 같은 발의 뒤꿈치까지 거리
- 보행속도(speed): 단위시간당 보행거리(m/s)
- 보행률(혹은 분속수, cadence): 단위시간당 보행거리에 기록된 걸음수(steps per min)
- 스윙 시간(swing duration, flight time): 보행 기간 내 발이 지면에서 떨어져있는 시간으로 발끝떨기(toe-off)부터 발꿈치 닿기(heel-strike) 직전까지의 구간
- 디딤 시간(stance duration, ground contact time): 보행기간 내 발이 지면에 닿아있는 시간(발꿈치 닿기부터 발끝떨기까지)

### 2.1.2. 운동형상학적 변수(kinematic gait parameters)

운동학적 변수로도 표현이 되나, 본 연구에서는 운동역학적 변수와 더욱 명확히 구분하기 위해 운동형상학적 변수라고 지칭하기로 한다. Winter(1987)은 운동형상학적 변수를 “힘(force)과는 독립적인, 움직임에 대한 묘사”라고 설명하였다. 전통적인 보행분석에서 운동형상학적 변수는 비디오 카메라 분석이나 고니오미터(goniometer)등을 이용하여 측정되었으며, 최근에는 보행분석 트래커에서 압력센서와 IMU 센서로 측정되고 있다. 보행 중 고관절, 슬관절, 족관절의 굴곡과 신전의 각도가 모두 운동형상학적 변수에 포함될 수 있으나, 본 연구에서는 신발장착용 보행분석 트래커에서 주로 측정되는 발목의 움직임 분석에 활용되는 변수 중 특히 상용제품에서 분석항목으로 활용한 사례가 있는 것을 정리하였다(Kim et al., 2001).

• 착지형태(foot strike pattern): 발과 지면이 닿는 순서에 따라 후족 착지형(rearfoot strike), 전족 착지형(forefoot strike)으로 나누고 뒤꿈치와 전족이 동시에 지면에 닿는 경우는 midfoot strike 라고 한다(Daoud et al., 2012)

• 회내(pronation): 발의 회내는 발의 외전(abduction), 배측굴곡(dorsiflexion), 외번(eversion)이 결합된 발의 움직임으로, 일반적으로 지면과 발뒤꿈치가 접촉할 때 충격력을 흡수하는 작용을 하지만, 과도한 크기의 회내는 대퇴골의 내측회전, 대둔근의 부담으로 이어져 요통의 원인이 될 수 있으며(Kim, 2006), 달리기 부상의 주된 원인이 되기도 한다(Lee, 2020).

• 발 디딤 각도(혹은 발 벌림 각도, foot progression angle, toe out angle): 일반적으로 7~15°를 일반보행, 7° 이하를 안장보행, 15° 이상을 팔자보행으로 정의한다(Go et al., 2013)

• 착지각도(landing angle): 발이 지면에 닿을 때 지면과의 각도

• 발떨어짐각도(toe-off angle, foot inclination angle at initial contact): 발이 지면을 밀어낼 때 지면과의 각도

• 양발의 간격(혹은 보간, step width): 보행 시 양 발의 뒤꿈치 사이 좌우 거리(Lim et al., 2007)

### 2.1.3. 운동역학적 변수(kinetic gait parameters)

보행의 운동역학은 하지 힘의 상호작용과 관련되며, 원하는 진로로 신체를 추진하는 힘, 그리고 신체가 받는 충격력을 설명한다. 운동역학적 변수 중 가장 대표적인 것으로는 지면반발력(Ground reaction force, GRF), 하지관절 모멘트 등이 있다. 지면에 착지할 때 과도한 충격력은 부상의 원인이 되는데, peak braking force of the ground reaction force는 부상 위험과 관련된 잠재적 요인으로 알려져 있다.

• 지면반력(ground reaction force): 지면반력기를 통해 추출되는 세 가지 축(x, y, z) 방향의 힘을 통해 각 관절에 작용하는 힘과 모멘트가 산출될 수 있다. 몸무게로 표준화한 지면반력 값을 사용하기도 한다(Go et al., 2013).

• 표준화된 지면반력(G-landing normalized): 개인의 몸무게 차이로 인해 발생하는 오차를 제거하기 위해 몸무게로 표준화한 지면반력을 말한다(Go et al., 2013)

• 충격량(impulse): 지면과의 충격으로 인한 신체의 부담을 나타내는 변수로서 억제 충격량(braking impulse), 추진 충격량(propulsive impulse)으로 세분화된다. 일반적으로는 지면반력기를 통해 측정된 힘과 시간의 곡선에서 나타나는 면적으로 계산한다(Lim et al., 2007).

• 에너지소비량(energy expenditure, calories): 호흡가스 분석을 통해 간접적으로 에너지소비량을 측정할 수 있으나, 보다 쉬운 측정방법으로서 심박수 측정기, 가속도계 등을 통한 에너지소비량 추정식들이 제안되어 왔다(Ainslie et al., 2003; Hermando et al., 2020). 보행분석 트래커와 피트니스 트래커에서 이러한 추정식에 기반하여 에너지소비량 정보를 제공하기도 한다.

• 달리기 효율(running efficiency): 에너지대사, 심폐기능, 생체공학, 신경근 등 다양한 요인들의 영향을 받는 복잡한 개념이다. 준최대(submaximal) 운동시의 달리기 효율을 running economy라고도 부른다(Barnes & Kilding, 2015). 신체의 에너지를 얼마나 효율적으로 사용하여 일을 했는지를 의미하며, 보행시 에너지소비량과 신체를 전방으로 이동시킨 일의 비율로 계산할 수 있다.

## 2.2. 보행분석 트래커(gait analysis tracker)

현재 보행분석 트래커는 대부분 발의 움직임을 추적을 위한 신발장착용 제품으로 개발되고 있다. 보행분석 트래커의 형태는 본 논문에서 크게 세 가지로 분류한다. 첫 번째는 모듈형으로, 대표적인 제품으로는 RunScribe(RunScribe™, USA), STRYD(Stryd, Inc., USA), SHFT Pro(SHFT, Denmark), Garmin Running dynamic pod(Garmin Ltd., Switzerland, 이하 Garmin) 등이 있다. 모듈형에 속하는 대부분의 제품은 신발 전면 혹은 신발 후면에 고정할 수 있도록 제작되고 있으며, Garmin은 다소 독특하게 허리에 착용하도록 제작되었다. 또한 RUNVI는 두 개의 모듈이 각각 신발과 가슴벨트에 장착하도록 하여, 가슴벨트에 장착된 모듈은 레퍼런스 역할을 하며, 발의 움직임 분석을 가능토록 하였다. 모듈형은 IMU 센서를 활용하여 가속도와 각속도의 변화를 미세하게 감지하기 때문에, 캘리브레이션을 위한 단계나 보조장치가 필요하여 일반적으로 단일 모듈로는 작동이 어렵고 2개 이상이 함께 사용되거나 캘리브레이션 기능이 추가되어 있다. 2019년 출시된 Stryd의 새로운 모델은 환경 온습도와 함께 풍속 측정이 가능하며, 달리기 중 공기의 저항성을 착용자들이 파악할 수 있도록 하였다.

두 번째 형태는 깔창형이다. 깔창형은 일반적으로 신발의 내부에 삽입하여 착용하는 깔창과 외관상 큰 차이가 없으나, 내부에 압력센서, IMU센서, GPS센서와 PCB 보드, 배터리나 충전장치가 삽입되어 있다. 깔창형 보행분석 트래커의 대표적인 제품으로는 DIGITSOLE Smart Insole(DIGITSOLE®, French), PROSPECS Smart Insole (PRO-SPECS® Korea), Salted Smart Insole(SALTED Co., Ltd, Korea) 등이 있다. 깔창형은 일반적으로 신발 내부에 사용되는 깔창에 복수 개의 압력센서가 위치하여 발바닥의 압력분포에 대한 분석이 가능하다. 압력센서 개수

는 제품간 차이가 있는데, 적게는 3,4개의 센서부터 많게는 16개의 센서가 삽입된 깔창 타입의 상용 보행분석 트래커가 존재한다. 깔창 내부에 추가적으로 소형 IMU 센서나 GPS를 탑재하기도 하는데(Lin et al., 2016; Salma et al., 2018) 이는 깔창의 두께나 무게 증가를 야기할 수도 있다.

이렇듯 깔창이 두꺼워지는 것을 방지하기 위해 압력 센서만 깔창에 남겨두고 다른 요소는 별도의 모듈에 삽입하여 제작하기도 하는데, 이를 본 연구에서는 복합형으로 지칭하였다. 복합형 제품은 깔창과 모듈을 케이블로 연결하여, 모듈은 주로 운동화의 외측부에 클립으로 고정할 수 있도록 제작되어 있다. 현재 상용제품 중 대표적인 복합형 제품으로는 ARION Smart Insole(ARION, Netherlands), NURVV RUN Smart Insole(NURVV RUN™, England)이 있다. 일반적으로 깔창형 제품의 깔창두께가 약 9-10 mm라면, 복합형 제품의 깔창은 매우 얇은 두께를 자랑한다. 대표적으로 ARION제품의 깔창부 두께는 2 mm이다.

그 외 운동화 형태와 양말 및 발목밴드(anklet) 형태가 있으나, 이러한 제품들은 판매를 중지, 혹은 다른 형태로 제품을 전환하였거나 일반적인 소비자를 대상으로 판매하고 있지 않아 본 연구에서는 분석대상에서 제외하였다. 예컨대, 국내에서 2018년도에 출시되었던 보행분석 운동화인 Salted IOFIT(SALTED Co., Ltd, Korea)은 현재 깔창형태의 제품으로 전환되어 판매되고 있으며, Sensoria®에서 출시한 발목밴드와 양말 형태의 제품은 개발자를 대상으로 판매하고 있다. 이에 본 연구에서는 현재 다양한 제품들이 출시되고 있는 세 가지 대표적

인 신발장착형 보행분석 트래커 형태인 모듈형, 깔창형, 복합형에 대해 비교 조사하고자 하였다.

이외에도 본 연구의 분석대상은 아니나, 의료 및 연구 목적으로 널리 사용되어 온 발바닥의 압력분포 측정용 제품들이 있다. 대표적인 의료 및 연구용 제품은 F-Scan® System(Tekscan Inc., USA)으로, 1987년에 처음으로 그리드타입의 압력센서기술이 제안된 이후 깔창 형태의 압력분포 측정제품은 1990년대 중반에 개발되어 널리 사용되고 있으며, 보행단계를 감지하는데 충분한 정확성을 가지는 것으로 평가되고 있다(Catalfamo et al., 2008).

또한 마찬가지로 본 연구의 분석대상은 아니지만, 걷기와 달리기 외의 스포츠에 특화되었거나, 독특한 기능을 가지는 제품들이 존재한다. 예컨대, PRO-SPECS®는 2019년 보행분석 스마트인솔을 출시하였는데, 2020년에는 걸음걸이 분석을 통해 치매를 조기예측하는 ‘기억알리미깔창’을 출시하였다. 이 제품은 ‘프로스펙스 워킹 케어 인솔 앱’과의 연동을 통해 평소 걸음걸이와 치매위험도 등의 정보를 제공할 수 있도록 하였다. 국내업체인 솔티드는 골프자세 교정에 특화된 솔티드 스마트인솔을 출시하였는데, 깔창에 4개의 압력센서가 분포되어 있으며 측정값을 기반으로 골프자세와 러닝 및 보행주법에 대한 코칭 기능을 제공하고 있다(Fig. 2b). 그 외에도 아디다스는 구글과 협력하여 축구용 스마트인솔을 제작, 이동거리, 속도, 킥의 횟수나 볼의 세기 등을 기록할 수 있도록 하였다(Fig. 2a). 해외에서는 Digitsole이 2017년 사이클리스트(cyclist)를 위한 제품을 출시한 적이 있다(제품명: Digitsole pedals).

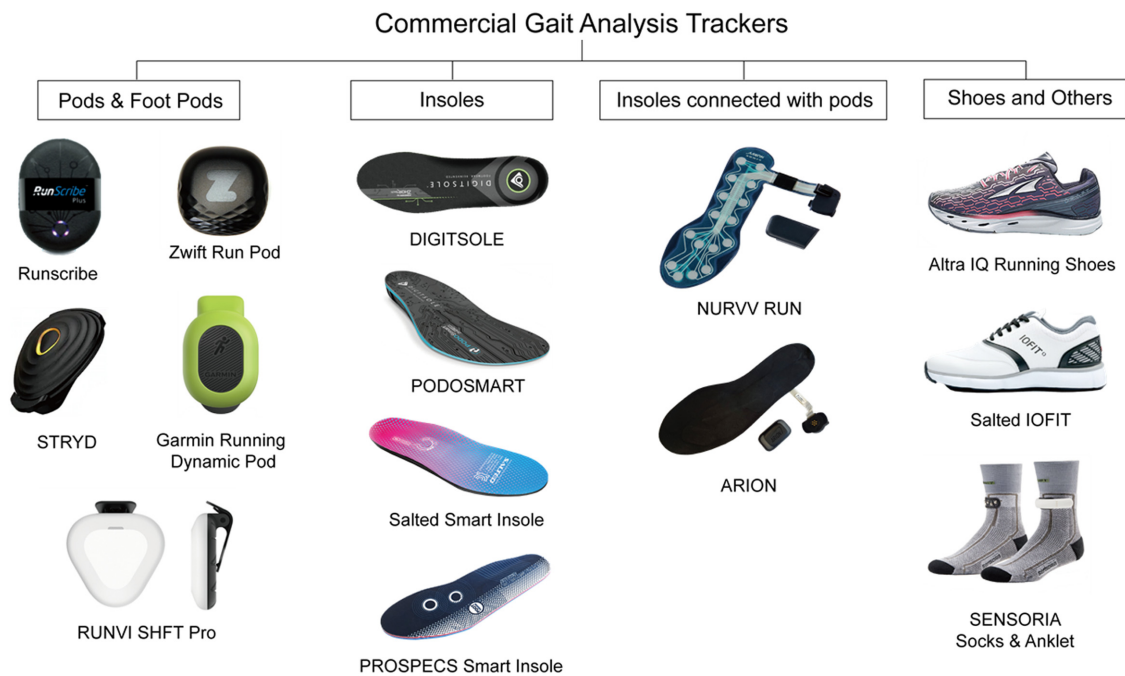


Fig. 1. Domestic and foreign commercial gait analysis trackers categorized by types. Each images were taken from the company’s website except the ARION and PRO-SPECS smart insole, which were taken by authors.

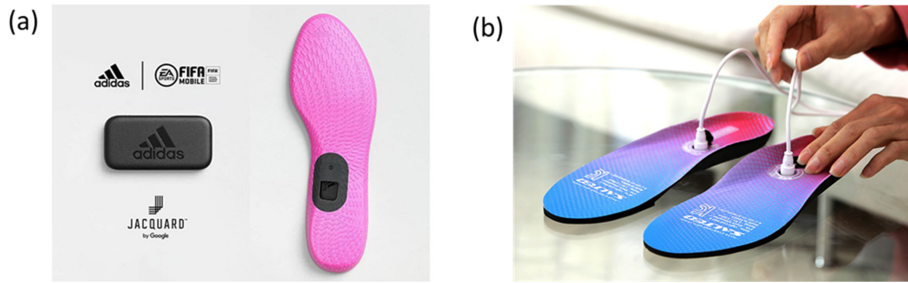


Fig. 2. Examples of smart insoles developed for specific sports: (a) Adidas GMR smart insole for soccer, (<https://www.ssg.com>) (b) Salted smart insole can analyze the posture during golf swing. (<https://salted.ltd/en/insole>)

그러나 이러한 보행분석 트래커에서 제공하는 보행분석변수 측정값의 타당성과 신뢰성 문제가 함께 대두되고 있다(DeJong & Hertel, 2020). <2.1. 보행(gait)와 보행분석변수>에서 서술한 바와 같이, 간단한 걸음 수나 시공간적 변수를 넘어 다양한 운동형상학적, 운동역학적 변수들을 현재 보행분석 트래커에서 제공되고 있으나, 이러한 모든 변수들에 대해 타당성과 정확성이 충분히 검증된 것은 아니다. 일반적으로 시공간적 변수는 타당성과 신뢰성이 높으나, 그 외의 변수들은 충분히 조사되지 않았거나, 시공간적 변수 보다 낮은 타당성과 신뢰성을 보인다(DeJong & Hertel, 2020; Koldenhoven & Hertel, 2018). Koldenhoven and Hertel(2018)의 연구에서, 신발에 장착하는 모듈형 제품 Runscribe를 조사한 결과, 보행률(cadence), 보행 간격, 디딤 시간 등 시공간적 보행분석 변수에 대한 높은 급내상관계수(Intraclass Correlation Coefficient, ICC = 0.86-0.94)가 확인되었으며, 회내와 관련한 일부 운동형상학적 변수에 대해서는 보통 수준의 급내상관계수(ICC = 0.57-0.74)를 보였다. de Fontenay et al.(2020)은 다섯 가지 상용 보행분석제품의 보행분석변수(지면반발력, 걸음 수, 보행분석패턴, 등) 타당도검사를 하였는데, 걸음 수는 모든 제품에서 높은 타당성이 확인되었으나, 그 외 변수들에 대해서는 타당성이 대부분의 제품에서 확인되지 않았으며, 그 중에서도 peak braking force에 대해서는 어떠한 제품도 타당성을 인정받지 못하였다. Ju and Lee(2020)의 연구는 스마트웨어 제품에 대한 소비자의 저항을 설명한다. 이 연구에서 인터뷰에 참여한 한 응답자는 “스포츠를 좋아하는 사람들은 측정의 정확성을 더욱 중요하게 여긴다. 그래서 그들은 오히려 편의성보다 정확성을 우선시할 것이라고 생각한다.”고 하였다. 제품이 더 많은 소비자에게 수용되기 위해서는 보행분석 변수들에 대한 충분한 타당성과 신뢰성 검증이 필요하다.

### 2.3. 스마트웨어의 사용자 경험분석

보행분석 트래커의 사용자 경험분석에 대한 연구는 매우 제한되어 있어, 연구대상의 범위를 확장하여 스마트웨어에 대한 사용자 경험분석 연구를 정리하고자 하였다. 본 장에서 언급되는 스마트웨어(smart wear)는 스마트워치, 구글 글래스와 같은 센서나 IT기능이 부가된 액세서리 형태의 제품과 의류 형태의 제품을 포괄하는 개념으로서, 전자섬유나 소형기기와 센서가 집

적된 의류를 의미하는 스마트의류(smart clothing)와 구분하여 사용하였음을 먼저 밝힌다. 본 연구의 분석대상인 보행분석 트래커는 모듈형과 깔창형이므로(복합형도 깔창부 포함), 이는 스마트웨어로 지칭하였다.

사용자 경험(User Experience, UX)은 기술이 집약된 기기와 다양한 서비스가 융합된 제품이 등장하면서 학계와 산업분야에서 활용되기 시작한 것으로 Park(2017)에 의하면 사용자 경험은 주로 제품 및 서비스 사용 중 발생하는 사용자의 행동이나 태도, 그리고 이와 연관되는 제품과 서비스의 특성을 그 연구 대상으로 삼는다. 전통적으로는 ‘사용성(usability)’이 효용성, 효과성, 만족도를 포괄하는 개념으로서 널리 사용되어 왔으나, ‘사용성’으로는 새로운 기술과 제품, 서비스를 설명하는데 한계가 있었으며, 이를 보완하기 위해 ‘사용자 경험’이라는 개념이 사용되었다. ISO 9241-210(2019)에서는 사용자 경험에 대해 “사용자가 제품 및 서비스를 사용할 때 인지적 이해부터 반응까지를 포괄하는 것”으로 정의하고 있다. 보행분석 트래커는 최근에 새롭게 등장한 기술 집약형 기기로서 사용자와 원활히 정보 교환을 하기 위해 어플리케이션을 통한 정보 제공 서비스를 포함하고 있다.

보행분석 트래커 역시 사용자에게 제품(트래커, 기기)과 서비스(어플리케이션)를 모두 제공하고 있다. 이 중, 트래커에 대한 사용태도에 대한 평가척도에 대한 연구는 많은 연구자들에 의해 제안되어왔다. 이 중 Chae et al.(2006)은 웨어러블 컴퓨터 프로토타입의 수용도(acceptance) 척도로서 사회적 수용성, 착용감, 유용성, 관리용이성, 안정성 다섯 가지를 제시하였다. 반면, Cho and Lee(2008)은 센서 기반 스마트의류의 사용성 평가를 위한 평가척도를 개발하였는데, 설문문을 통해 스마트의류의 사용성 평가요인으로 기능의 편의성, 의복의 편의성, 외관 만족도, 기기 안정성, 관리 용이성, 특이성, 기기 편의성으로 추출하였으며, 각 요인을 평가할 수 있는 문항을 제시하였다. Cho & Lee(2008)의 연구는 기술이 집적된 다양한 기능을 가진 스마트의류제품에 보편적으로 활용될 수 있는 간단한 평가척도를 개발하였으나 기기나 의류의 사용성 평가에 집중하였고, 제품 사용을 위해 반드시 활용되는 어플리케이션과 서비스에 대한 종합적 평가가 미비하였다. 어플리케이션은 스마트웨어의 사용 의도에도 영향을 미친다(Park et al., 2015). 예컨대, 건강 관련

어플리케이션의 사용 효능감은 만족도와 지속사용의도에 직접적 영향을 미쳤고, 다시 어플리케이션에 대한 만족도는 스마트웨어 기기의 사용의도에 유의미한 영향을 미쳤다(Park et al., 2015). 성공적인 스마트웨어의 개발을 위해서는 어플리케이션의 사용 효능감을 비중있게 고려해야할 것이다.

국내에서 기기와 어플리케이션을 함께 평가한 연구로, Park and Lee(2017)가 있다. 이 연구에서 스마트 피트니스 웨어와 스마트 피트니스 어플리케이션을 분리하고, 각 요소에 대한 소비자의 수용태도를 분석하였는데, 이 연구에서 제안한 전체적인 평가항목의 구성은 스마트웨어와 어플리케이션을 함께 평가하는 연구에서 충분히 참고할 수 있을 것으로 보인다. Park and Lee(2017)의 연구에서 피트니스 웨어의 수용태도를 평가하기 위한 변수로 심미성, 기능성, 사용성, 콘텐츠를 제안하였고, 피트니스 어플리케이션의 수용태도를 평가하기 위한 변수로 심미성, 기능성, 사용성, 지속성을 제안하였다. 그러나 이 연구는 분석을 하기 위한 구체적인 스마트웨어와 어플리케이션을 상정하고, 이에 대한 직접적인 사용자경험을 제공하여 그러한 사용자경험을 기반으로 설문조사를 진행함으로써 보다 특정 기능의 스마트웨어 및 어플리케이션에 대한 개발전략이나 소비자 요구사항을 도출하지는 않았다.

본 연구는 다양한 형태로 개발되고 있는 보행분석 트래커에 대해 각 형태별 제품을 선정하여, 실제 사용자가 제품(스마트웨어)과 서비스(어플리케이션)을 직접 사용 준비과정부터 참여하여 사용해보도록 함으로써, 보다 실제적인 사용자 경험을 추출하고 이를 통해 제품별, 내지는 제품의 형태별 비교를 통해

보행분석 트래커의 개발방향을 제안코자 하였다. 실제 사용자경험을 바탕으로 보행분석 트래커의 사용성평가를 진행한 연구는 현재 제한적이다. Lin et al.(2016)은 직접 개발한 깔창형 보행분석 트래커에 대해 측정값의 타당성과 함께 사용자 평가를 진행하였다. 이를 위해 일상생활에서 많이 활용되는 보행관련 7가지 동작(앉기, 앉았기, 걷기, 계단 내려가기, 달리기, 계단 올라가기, 서있기)의 연속프로토콜을 활용하였다. 그러나 측정항목에 대한 타당도는 극히 일부 변수인 걸음 수에 한정하였고, 다른 보행분석 변수는 분석하지 않았으며, 오직 2명의 피험자만 참여하여 일반화된 결과를 도출하기에는 어려움이 있었다. 본 연구에서는 평소 걷기와 조깅 등을 일상생활에서 즐기는 20명을 대상으로 실제 실험실 내 트레드밀 환경에서 자유롭게 사용 준비, 운동, 그리고 어플리케이션을 통한 보행분석을 확인토록 하였다. 그리고 이를 통해 보행분석 트래커의 제품별 개선점과 요구사항을 정리하고 이를 통해 향후 더 발전된 제품 개발을 위한 제언을 덧붙이고자 한다.

### 3. 연구 방법

#### 3.1. 스마트 러닝 트래커 선정과 제품특성

본 연구에서는 다른 형태적 특징을 가진 스마트 러닝 트래커 3종을 선정하였다. 첫 번째는 모듈형으로, 운동화와 기습벨트에 각각 한 개씩 모듈을 부착하도록 설계된 제품이다(이하 “RUNVI”). 두 번째는 깔창형이며(이하 “PRO-SPECS”), 세 번째는 모듈형과 깔창형이 결합된 형태인 복합형으로, 깔창에 추

Table 1. Specifications of the tested wearable gait analysis trackers

Abbr. product name	Full name	Device placement	Chargable?	Results view <sup>a)</sup>	Pairs' weight	Thickness of insole	Price
RUNVI	Runvi SHFT Pro	Two pods; one on the shoelaces and one on a chest strap	Yes	- Landnig / toe-off angle - Flight / contact time - Power - Body bounce - Running efficiency - G-landing normalized	26.74 g	N.A.	199.00 USD
PRO-SPECS	PRO-SPECS Smart insole	Insole	No	- Balance - Toe-out angle - Pronation - Energy consumption - Duration time of each activity level - Time course graph	103.61 g	9.1 mm	150,000 KRW
ARION	ARION smart insoles	Insoles in running shoes and then modules linked to the insoles are placed outside of the ankle	Yes	- Stability - Balance - Flight / contact time - Altitude - Impulse - Shoes selection - Running coach - Goal setting - Injury / running notes - Biomechanical figures	84.97 g	2.0 mm	79.00 USD

<sup>a)</sup>Results view provided by all devices were not included. The common results view were: Distance, duration, speed, foot strike pattern, step length, cadence  
N.A. = Not available

가적인 모듈이 전선으로 연결되어, 운동화에 장착 시 운동화 바깥으로 모듈이 노출되도록 제작되었다(이하 “ARION”) (제품사진은 Fig. 1 참조). 본 연구는 2019년 9월 시판 중이었던 국내의 보행분석 트래커 제품 중, 고유의 모바일 어플리케이션이 갖추어 있는 제품, 그리고 보행분석의 시공간적 변수뿐만 아니라 운동형상학적 변수와 운동역학적 변수를 모두 포함하고 있는 제품을 분석대상으로 선정하였다. 러닝 트래커의 기본정보는 Table 1에 제시하였다.

**2.2. 러닝 트래커의 모바일 어플리케이션**

세 종류의 보행분석 트래커는 고유 모바일 어플리케이션을 별도로 다운로드받아 이와 연동하여 사용하도록 설계된 것으로, 걷기, 조깅, 러닝 등의 보행상태를 분석하기 위한 보행분석 변수들의 조합은 모두 상이하였으며, 정보전달을 위한 모바일-사용자 인터페이스 디자인 역시 모두 달랐다. 세 제품에서 공통적으로 제공하는 보행분석 변수는 착지형태, 보폭, 보행속도, 보행거리, 보행시간으로 대부분 시공간적 보행분석 변수에 속하는 것이었다. 반면, 세 제품 중 두 제품에서 제공되는 보행분석 변수는 보행균형(balance), 스윙시간, 디딤시간이었다. 마지막으로 세 제품 중 한 제품에서만 제공되는 보행분석 변수에는 안정성(stability), 회내, 발떨어짐각도, 착지각도, 고도, 충격량, 달리기 효율, 표준화된 지면반력, 에너지소비량 등이었다. ARION은 다른 제품과 구별되는 사용자 인터페이스 구성요소로서 발바닥 압력분포의 변화와 근육사용의 변화를 실시간으로 나타내어주는 그래프를 제공하고 있었으며, 그 외에도 어떤 운동화를 착용하고 달리기를 하는지 선택할 수 있게 하였고, 러닝코치 기능을 제공하였다. PRO-SPECS는 보행분석 변수에 대한 하루동안의 변화를 쉽게 파악할 수 있도록 시계열 그래프 제공하였다. 본 연구에서 사용자경험 평가에 사용된 어플리케이션은 모두 2019년 10월 버전을 기준으로 하였다.

**2.3. 연구대상자**

평소 걷기, 조깅 또는 러닝을 일상생활에서 즐기는 총 20명(여성과 남성 각각 10명)의 대학생이 본 연구에 참여하였다. 참여자의 과반은 스마트 웨어러블 기술에 관심을 가지고 있으며, 응답자의 75%는 최근 2년 내 스마트웨어 구매경험이 있다고 응답하였다. 본 연구에 사용된 모바일 어플리케이션 중 2종은 한국어를 제공하지 않아 영어로 된 서비스만 가능한 것을 고려하여, 일상생활에서 영어의 사용이 자연스러운 학생을 선별하여 실험에 참여할 수 있도록 하였다. 다만, 보행분석 변수 중 일부는 한국어와 영어 모두 일상생활에서 사용하는 용어가 아닌 것으로 판단되어, 참여자의 이해를 돕기 위해 <2.1. 보행과 보행 분석변수>에 기재한 바와 같이 보행분석변수의 의미에 대해 사전 설명과 서면자료를 참여자들에게 실험 전에 제공하여 이러한 용어에 대해 숙지할 수 있도록 하였다. 연구에 참여한 모든 연구대상자들은 실험에 참여하기 전 실험과정에 대한 충분한 설명을 들었으며, 서면 동의서를 작성하였다. 본 설문은 서울대학교 생명연구윤리위원회의 승인을 받았다(IRB No. 2001/001-009).

**2.4. 실험절차**

연구대상자는 각자의 운동화와 운동복을 착용한 상태로 실험실에 방문하였다. 연구대상자가 스마트웨어와 어플리케이션의 모든 사용과정을 경험하도록 하기 위해, 연구자는 연구대상자가 스스로 스마트웨어를 각자의 운동화의 착용하도록 요청하였으며, 모바일 어플리케이션의 설치와 사용 준비 역시 모두 연구대상자가 직접 진행하였다. 이러한 준비 과정에서 연구자의 도움과 개입은 최소화되도록 하였다. 연구대상자가 각 보행분석 트래커를 사용할 준비를 끝낸 후에는 각 트래커마다 10-30분간 운동을 하며 트래커와 어플리케이션을 사용하도록 하였으며, 보행시간과 보행속도는 연구대상자가 결정하였다. 한 연구대상자는 세 제품을 모두 평가하였으며 이는 하루에 진행되었다. 연구대상자마다 실험하는 제품순서를 무작위로 배치하여 실험순

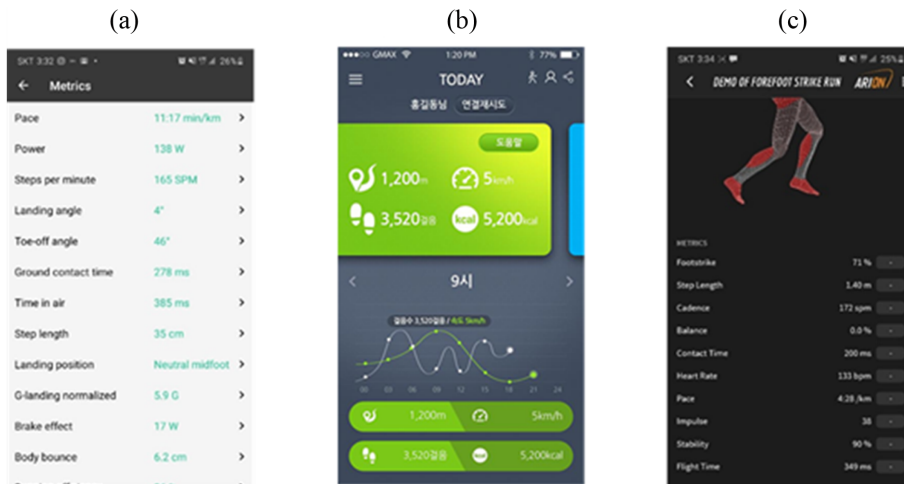


Fig. 3. Mobile user interface of each gait analysis tracker: (a) RUNVI, (b) PRO-SPECS, (c) ARION.

**Table 2.** Demographic characteristics of the responders

Question	Responses	No.	%
Sex	Male	10	50
	Female	10	50
Age	20's	18	90
	30's	2	10
Job	Student	20	100
Expenses spent on sportswear purchases in the last three months	Less than 100,000 KRW	12	60
	between 100,000 and 300,000 KRW	7	35
	More than 300,000 KRW	1	5
Have you ever purchased smart wearable products within recent 2 years?	Yes	15	75
	No	5	25
Are you interested in smart wearable technology?	I am interested in smart wearable technology	10	50
	Neither	4	20
	I am not interested in smart wearable technology	6	30

서에 의한 효과를 통제하였다. 연구대상자는 보행분석 트래커를 사용한 직후에 매번 해당 트래커의 스마트웨어(기기)와 어플리케이션 사용경험에 대한 설문조사에 응하였다.

**2.5. 측정도구**

사용자 경험 평가방법으로는 설문조사가 활용되었다. 설문내용은 Park and Lee(2017)의 연구를 참고하여 구성하였다. Park and Lee(2017)의 연구에서는 스마트 피트니스웨어의 수용태도 하위변수를 심미성(외관, 색채, 특이성), 기능성(효율성, 유용성, 정확성), 사용성(안전성, 편의성, 내구성), 콘텐츠(연동성, 정확성, 구매의도성)로 분류하였는데, 본 연구에서는 이 중 두 가지(심미성, 사용성)으로 변수를 설정하고 각 변수의 하위차원을 구성하였다. 사용성을 구성하는 하위차원으로서 관리편의성, 용이성, 인지된 내구성, 인지된 안전성, 제품무게가 포함되었다.

특이성의 경우, Cho and Lee(2008)의 연구에서, “센서기반의 스마트 의류의 착용시 기존의 의복착장과는 달리 다른 느낌, 인지감이 드는지를 평가하는 요인”으로 정의된 바 있다. 이 연구에서는 연구대상이 의류형태가 아닌 깔창 또는 모듈과 같은 디바이스 혹은 악세서리 형태임을 고려하여 Cho and Lee(2008)가 제시한 문항 중 적합한 문항 한 가지만 선택하였다. 선택된 문항은 “이 스마트웨어를 착용했을 때 사회적 시선 등 부담이 느껴진다.”였으며, 부담을 “심리적 부담”으로 수정변경하였다(Table 3).

또한 Park and Lee(2017)는 스마트 피트니스 어플리케이션의 수용태도를 심미성(레이아웃, 메뉴, 색채, 타이포그래픽, 그래픽), 기능성(유용성, 효율성, 교육성), 사용성(접근성, 인지용이성, 신뢰성, 정확성), 지속성(동기부여 정도, 흥미유도 정도, 상호작용 정도)의 네 가지 하위변수로 분류하였는데, 본 연구에서는 심미성, 사용성, 지속성의 세 가지로 분류하였고 심미성의 하위차원은 그대로 가져오되, 기능성과 사용성의 차원은 통합 및 축소하여 사용성으로 정리하였다(효율성, 유용성, 용이성,

신뢰성, 내구성). 지속성에 대한 설문문항 역시 Park and Lee(2017)를 참고하였는데, 전체적인 설문길이를 줄이기 위해, 각 하위차원에 대한 질문은 한 개씩 구성하였다. 그 외에도 스마트웨어와 어플리케이션의 설문척도를 구성하기 위해 Cho and Lee(2008), Olsson and Salo(2011)을 참고하였다, 특히, Olsson and Salo(2011)는 어플리케이션의 수용태도 평가항목으로 사용의도와 추천의도 문항을 포함하였는데, 본 연구에서는 이를 반영하여, 보행분석 트래커와 각 어플리케이션에 대한 사용의도, 추천의도, 그리고 구매의도와 전반적인 만족도에 대한 문항을 추가하였다. 이러한 스마트웨어와 어플리케이션의 수용태도 하위변수에 대한 측정은 7점 리커트 척도를 이용하였다.

사용자 경험에 대한 심층적인 분석을 위해, 스마트웨어, 어플리케이션 각각에 대한 가장 큰 장점과 단점을 자유롭게 서술토록 하였으며, 어플리케이션을 사용하는 과정에서 가장 스스로에게 유용하다고 판단되었던 보행분석 변수를 제품별로 복수선택하도록 하였다(Table 4).

**2.6. 분석방법**

스마트웨어와 어플리케이션의 심미성, 사용성, 그리고 지속성 변수를 평가하기 위한 하위문항들에 대해 개별적으로 트래커간 차이를 검증하였으며, 통계적 방법으로는 비모수기법인 프리드만 테스트(Friedman test)가 활용되었다. 그 결과로 트래커간 유의차가 확인되는 경우, Wilcoxon signed rank test를 통해, 어떤 트래커 사이에 유의차가 발생하였는지를 추가적으로 검토하였다. 7점 리커트 척도로 계산한 심미성, 사용성, 지속성의 세부항목에 대한 점수는 평균과 표준편차로 나타내었으며, 이 중 일부 답안에 대해 box-whisker plot을 작성, 응답분포 비교에 참고하기 위해 중위수를 함께 기재하였다. 각 제품의 가장 큰 단점과 장점에 대해 개방형 문항이 설문조사에 포함되었는데, 키워드가 동일한 답변은 유사답변으로 간주하고 동일응답으로 산정하였다. 통계분석에는 SPSS(IBM SPSS Statistics 20.0)이 활용되었으며, 통계적 유의수준은  $p < .05$ 으로 설정하였다.

**Table 3.** Construction of questionnaire and closed-ended questions for which 7-points Likert scales were provided

Subject of evaluation	Evaluation variables	Components	Questions	Reversed question
Smart wear (device)	Aesthetics	Appearance design	I am satisfied with the overall appearance of this smart wear.	
		Color	I think the color of this smart wear is very well suited with the design.	
		Psychological burden	When I wear this smart wear, people’s attention bothers me.	
	Usability	Ease of management	This product is designed to be easy to wash and manage.	
		Ease of use	Using this product is very troublesome.	Yes
		Perceived safety	I think this product is safe for the human body.	
		Perceived durability	This product will be easily broken.	Yes
	Product weight	I cannot feel any weight added due to this product.		
Mobile application	Aesthetics	Lay-out	The information is appropriately placed on the screen.	
		Menu	The design of menu gives me visual satisfaction.	
		Color	The colors are in good harmony.	
		Typography	The font is less readable.	Yes
		Visual graphics	Visual graphics are visually pleasing.	
	Usability	Perceived efficacy	This application helps me exercise a lot, and i think its function is very effective.	
		Usefulness	The information that this application provided helps me exercise well.	
		Ease of use	This application is easy to use.	
		Reliability	I can trust the information provided from this application.	
		Adaptability	This application fits well with the way i usually use my mobile phone.	
Persistency of use	Level of interest	This application is very interesting.		
	Degree of motivation	I think exercise will be more fun if i use this application.		
Comprehensive evaluation	Satisfaction	Overall, i am happy with this smart wear and application.		
	Intention to use	If I have this smart wear, i am willing to use it when i work out.		
	Recommendation intention	I would like to recommend this smart wear and application to other people.		
	Purchase intention	I want to purchase and use this smart wear and application myself.		

**Table 4.** Questions on attractive feature and shortcoming of smart wear and application and gait analysis variables that users have thought useful

Subject of evaluation	Questions	Question types
Smart wear (device)	What is the greatest attractive feature of this smart wear?	Open-ended
	What is the greatest shortcomings of this smart wear?	Open-ended
Mobile application	What is the greatest attractive feature of this mobile application?	Open-ended
	What is the greatest shortcomings of this mobile application?	Open-ended
	Please select all of the gait analysis variables that you have thought useful while using this application.	Closed-ended*(multiple answers were allowed)

\*The gait analysis variable options for this multiple choice question were differently provided for each tracker.

### 3. 연구결과

#### 3.1. 스마트웨어 평가

##### 3.1.1. 각 보행분석 트래커의 심미성, 사용성 평가 결과

심미성 가운데, 외관, 색채에 대해서는 세 제품 모두 ‘보통’ 이상의 점수를 받았으며, 세 제품 간 유의차는 확인되지 않았다(Fig. 4a). 그러나, 심리적 부담 항목에서 PRO-SPECS가 1.2±0.4점으로 가장 낮았으며, RUNVI는 3.6±1.9점, ARION의 3.9±1.7점으로 PRO-SPECS와 비교했을 때 디자인에 대한 심리적 부담이 유의하게 높았다( $p < .05$ , Fig. 4b), PRO-SPECS는

깔창형 제품이므로 신발을 착용한 후에 외부로 전혀 제품이 드러나지 않는다는 특성이 심리적 부담을 낮춘 것으로 보인다.

반면, 스마트웨어 사용성과 관련하여 인지된 안전성, 관리편의성, 무게감, 운동쾌적성에 대해서는 PRO-SPECS의 관리편의성을 제외하면 모두 보통 이상으로 제품 간 유의차가 없었다. PRO-SPECS의 관리편의성은 3.8±1.5점으로 RUNVI의 4.4±1.6점, ARION의 4.3±1.8점과 비교했을 때 다소 낮은 점수였으나, 제품 간 유의차는 확인되지 않았다. 반면, 용이성( $p = .002$ , Fig. 4c), 인지된 내구성( $p = .013$ , Fig. 4d)에 대해서는 제품 간 차이가 있었으며 세 항목 모두 PRO-SPECS의 점수가 가장 높았고,

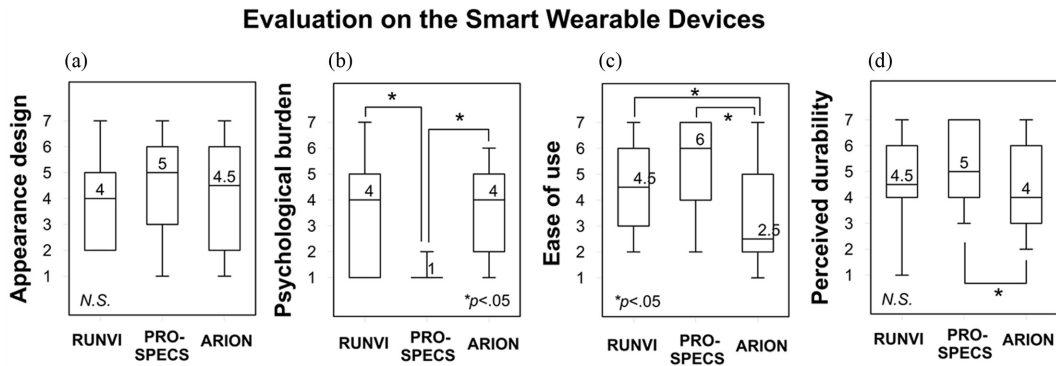


Fig.4. Evaluation on the device of gait analysis trackers( $n=20$ ). In the box-whisker plots, each number indicates the median value.

사용편의성과 인지된 내구성 점수는 PRO-SPECS가 다른 두 제품보다 유의하게 높았다( $p < .05$ ).

3.1.2. 각 보행분석 트래커의 장단점

RUNVI는 모듈형 제품으로 두 쌍으로 이루어진 소형 모듈 중 하나는 신발에 하나는 가슴벨트에 장착하는 제품이었다. 이 제품을 사용한 뒤, 연구대상자 중 절반은 제품의 가벼운 무게와 우수한 착용감이 가장 큰 장점이라고 하였고( $n=10$ ), 30%는 탈부착 용이성을( $n=6$ ), 25%는 깔끔하고 세련된 디자인( $n=5$ )을 가장 큰 장점이라고 하였다. 반면, 가슴에 가슴벨트를 별도로 착용해야하는 것은 가장 높은 빈도로(55%) 제품의 단점으로 언급되었다. 다른 단점으로는 어플리케이션과 기기간 동기화 시간이 긴 점( $n=5$ ), 신발에 후크로 고정하는 방식에 대한 불편함 혹은 고정력에 대한 불안함에 대한 응답이 있었다( $n=3$ ).

이와 달리 인솔타입 제품이었던 PRO-SPECS에 대해 가장 높은 빈도로 언급된 제품 장점은 간편하고 편리한 착용방식이었으며, “신발 내부에 장착하여 제품이 걸으려는 전혀 드러나지 않는 점” 역시 4명의 참여자에 의해 장점으로 평가되어 스마트웨어 제품이 외부로 노출되지 않는 것을 선호하는 집단이 있음을 확인하였다. 외부로 제품이 드러나지 않는 덕분에, 운동을 하지 않는 일상 활동 중에도 심리적 부담 없이 지속적으로 사용할 수 있을 것 같다고 응답하였다( $n=3$ ). 반면, PRO-SPECS 제품의 단점으로는 일반 인솔보다 딱딱하고 무거워 착용감이 다르다는 점( $n=8$ ), 그리고 세척의 어려움에 대한 우려, 이와 관련된 위생문제( $n=4$ ), 어플리케이션과 동기화문제( $n=4$ )가 제기되었다.

마지막으로 ARION은 모듈과 깔창이 결합되어 있는 복합형 보행분석 트래커였는데, 이에 대해 응답자 중 40%( $n=8$ )는 깔창부가 매우 얇고 가벼운 것을 장점이라고 하였다. 어떤 응답자는 운동화 외부로 노출되는 모듈의 디자인이 세련되었다고 하였고( $n=3$ ), 또 모듈에서 발생하는 파란색 불빛이 야간 착용시 안전 확보에 도움이 될 것이라고 하였다( $n=2$ ). 반면, 착용방법이 다소 복잡하고 어렵다는 문제가 과반의 참여자로부터 제기되었으며( $n=12$ ), 또 어떤 참여자에게는 불빛이 안전확보라는 긍정적

기대감을 주기보다는 일상생활에서 착용하기 부담스럽게 하는 착용 방해요인으로 작용하였으며( $n=6$ ), 착용감이 다소 아쉽다는 의견도 있었다( $n=2$ ).

3.2. 모바일 어플리케이션 평가

3.2.1. 모바일 어플리케이션의 심미성, 사용성, 지속성 평가결과  
 모바일 어플리케이션의 심미성과 관련된 항목인 레이아웃, 메뉴, 색채, 타이포그래피에 대해서는 모두 ‘보통’ 이상으로 제품 간 유의차가 없었으나, 유일하게 그래픽에 대해서는 세 제품 간 유의차가 확인되었다( $p < .001$ ). ARION의 그래픽 점수는  $5.3 \pm 1.3$ 으로, PRO-SPECS( $4.2 \pm 1.0$ )과 RUNVI( $3.6 \pm 1.3$ )에 비해 유의하게 높았다( $p < .05$ , Fig. 5a). ARION 어플리케이션은 세 제품 중에서 유일하게 실시간 인솔압력과 근육활성화에 대한 시각적 그래픽을 제공하였는데(Fig. 6), 이는 제품의 가장 큰 장점으로 많은 응답자로부터 언급되었다(section 3.2.2 참조). 반면, 세 어플리케이션은 보행분석 변수의 종류가 상이하고 UI가 달랐음에도 불구하고 그 외의 모든 항목(효율성과 유용성, 인지용이성, 신뢰성, 그리고 적응성)에 대해 유의차를 확인할 수 없었으며 모두 ‘보통’ 이상의 평가를 받았다. 제품의 지속성에 대한 하위차원인 흥미유도정도나 동기부여정도에 대해서도 마찬가지로 ‘보통’ 이상의 점수를 받으며 제품 간 유의차는 나타나지 않았다( $p > .05$ ).

3.2.2. 모바일 어플리케이션 장단점

RUNVI 어플리케이션의 전체적 외관과 기능에 대한 평가는 엇갈리는 양상을 보였다. 깔끔하고 직관적인 UI 디자인이라고 칭찬을 받기도 하였으나( $n=6$ ), 동시에 지나치게 단순한 UI라는 비판적인 평가를 받기도 하였다( $n=5$ ). 제품에서 제공하는 음성 가이드 기능 자체는 일부 평가자로부터 좋은 평가를 받았으나( $n=3$ ), 동시에 불필요한 정보까지 음성으로 제공되는 것에 대해 불만을 표시하는 평가자도 있었다( $n=2$ ). RUNVI는 보행동작 중에서도 특히 달리기에 특화된 제품이니만큼, 달리기 상태에 대한 정보와 분석결과를 보고하는 방식에 대해 만족하는 경우도 있었으나( $n=4$ ), 어플리케이션에서 제공하는 정보

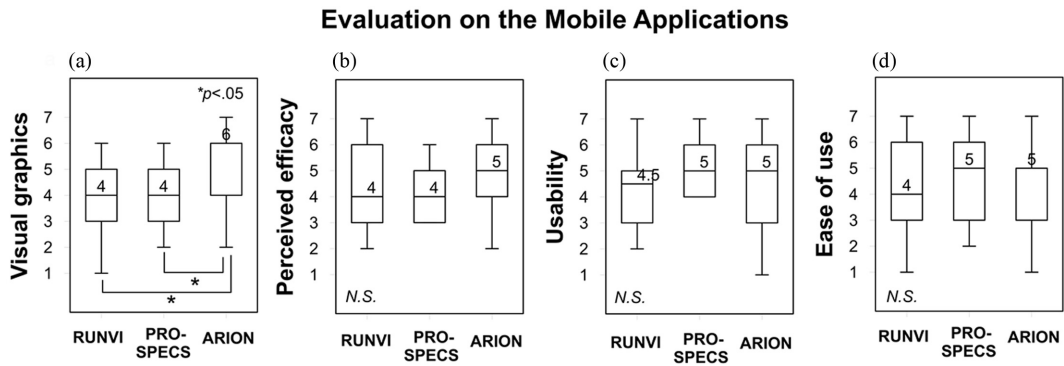


Fig. 5. Evaluation on the mobile applications of each running trackers( $n=20$ ). In the box-whisker plots, each number indicates the median value.

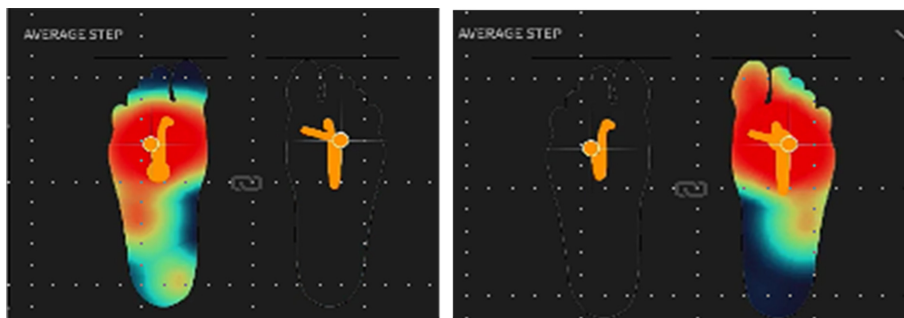


Fig. 6. Graphics of the ARION present plantar pressures during gait.

가 지나치게 적다는 의견과( $n=5$ ), 그리고 달리기가 아닌 일상 생활의 걷기에 대한 정보는 부족하다는 의견이 있었다( $n=1$ ).

PRO-SPECS은 어플리케이션에서 제공되는 정보의 다양성( $n=9$ )과 유용성( $n=5$ ) 측면에서 긍정적 평가를 받았으며, 특히 에너지소비량 등 친숙하고 유용한 정보를 제공하는 점에 대해 좋은 평가를 받았다( $n=5$ ). 또한 달리기뿐만 아니라 걷기에 대한 다양한 보행분석 변수를 제공한다는 점도 장점으로 꼽혔으나( $n=2$ ), 운동 중 데이터 동기화 속도가 느리고( $n=6$ ), 어플리케이션이 자동으로 종료되는 등 불안정한 시스템의 문제가 발생하는 점( $n=4$ ), 또한 현재 측정이 진행 중인지 알기 어렵다는 의견( $n=3$ )이 있었다.

마지막으로 ARION 어플리케이션에 대해서는 실시간으로 측정되는 인솔의 압력과 근육활성도에 대한 시각적 그래프가 가장 높은 빈도로 장점으로 언급되었다( $n=8$ ). 전체적으로 단순하고 깔끔한 UI 디자인 역시 긍정적 평가를 받았다( $n=5$ ). 반면, 제품의 최대 단점으로 불친절한 설명과 복잡한 작동방식으로 인해 사용 초기에는 사용하기 다소 어렵게 느껴지는 점( $n=7$ ), 그리고 에너지소비량 등 실용적이고 유용한 정보가 부족하다는 느낌( $n=3$ )이 있었다.

### 3.2.3. 제품별 세부 기능 및 정보의 인지된 유용성 평가

제품을 사용하면서 유용하다고 생각한 정보 및 기능에 대한 복수응답을 허용했을 때, 제품별 결과는 Fig. 7과 같다. 총 운

동거리, 총 운동시간, 그리고 속도는 세 제품이 공통적으로 제공하는 정보였는데, 이들에 대한 유용성 선택빈도는 세 제품에서 모두 35% 이상이였으며, 순위 상으로는 3위 이내를 기록하여 가장 기본적인면서도 보행분석 트래커에 반드시 포함되어야 하는 정보로 확인되었다. 세 제품에서 각각 유일하게 제공하는 정보에 대해서는 제품간 유용성 평가가 엇갈렸다. RUNVI에서만 제공되었던 달리기 효율, 착지각도, 발떨어짐각도에 대한 유용성은 전체 사용자 중 30% 이하에게서 인지되었으며(Fig. 7), 특히 표준화된 지면반력(G-landing normalized)에 대해서는 유용성을 인지한 참여자가 없었다. 이와 달리, PRO-SPECS에 대해 인지된 유용성 1,2위를 기록한 정보는 에너지소비량과 발 디딤각도였는데, 이는 다른 제품과 차별화된 PRO-SPECS에서만 제공하는 것이었다. 이 두 변수 외에도 회내(pronation), 시간에 따른 그래프 변화 등 PRO-SPECS에서만 제공하였던 변수 또는 기능에 대해 모두 15% 이상의 응답자가 유용성을 인지하였다. ARION 역시 다른 제품에는 없는 유일한 정보가 1,2,3,4 순위에 포함되었으나, 디딤 시간, 신발 선택기능, 주행 코치 등 일부는 유용하다고 인지되지 않았다.

### 3.3. 보행분석 트래커와 모바일 어플리케이션 종합평가

제품의 전반적 만족도와 사용의도, 추천의도에서 세 제품 간 유의차를 확인할 수 없었으나, 구매의도에 대해서는 유의차가 있었으며( $p<.05$ ), PRO-SPECS 구매의도( $3.4\pm 1.3$ )가 RUNVI

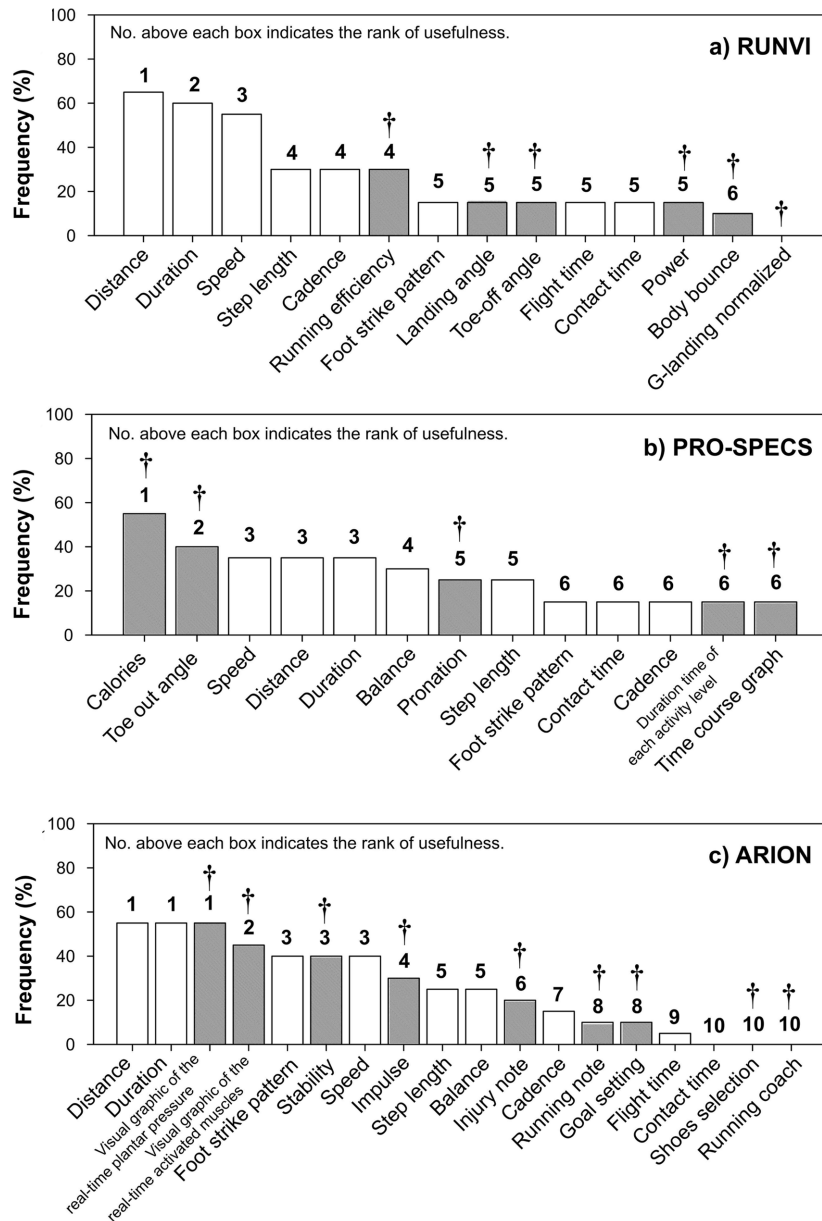


Fig. 7. Gait parameters and features that each tracker provides through the application. Grey-colored boxes with † indicate the unique which were not provided by other trackers.

구매의도(2.7±1.5)보다 유의하게 높았다( $p < .05$ , Fig. 8).

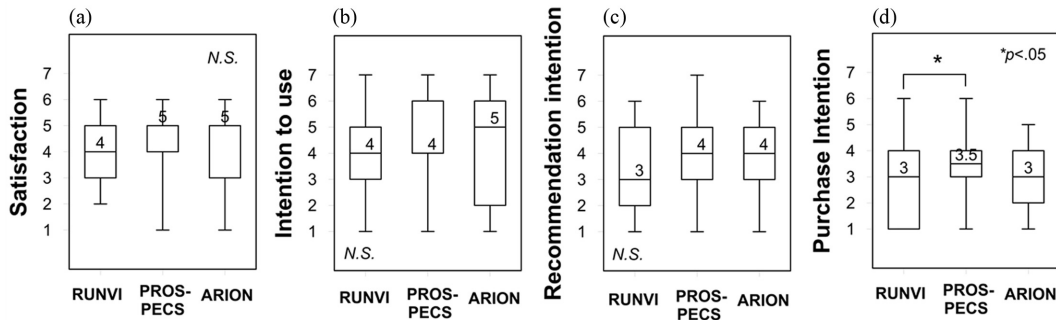
#### 4. 논 의

##### 4.1. 인지된 유용성의 중요성과 인지된 유용성 증대 방안

본 연구는 서로 다른 형태의 보행분석 트래커와 그 어플리케이션에 대한 사용자 경험을 비교분석하기 위한 목적에서, 실험실 환경에서의 제품별 실제 사용경험에 기반한 설문조사를 통해 결과를 도출하고자 하였다. 본 연구결과를 요약하자면, 첫째, 제품의 구매의도는 PRO-SPECS(깔창형)가 RUNVI(모듈

형)보다 우수하였는데, 본 연구결과를 종합해보면, 이러한 구매 의도로 드러난 PRO-SPECS에 대한 선호는 제품의 용이성, 내구성, 심리적 부담을 요구하지 않는 디자인, 그리고 무엇보다도 유용성을 인정받은 보행분석 변수와 기능이 어플리케이션에 다수 포함되어 있었던 점이 종합적으로 작용한 결과로 보인다.

특히, 센서에서 획득한 1차 정보를 소비자들이 활용 가능한 2차 정보로 변환하는 것은 동일한 센서와 기능을 활용하면서도 제품의 인지된 유용성을 효과적으로 증대시킬 수 있는 매우 의미있는 방법이다. 추측컨대, PRO-SPECS 어플리케이션 제공 정보 중 에너지 소비량과 함께 유용성 상위권을 차지한 발 디딤



**Fig. 8.** Satisfaction, intention to use, recommendation intention, and purchase intention for each gait analysis tracker (n=20). In the box-whisker plots, each number indicate the median value.

각도(toe out angle)는 단순히 그 각도정보만을 제공하는 것이 아니라 팔자걸음인지 혹은 안장걸음인지를 판별하여 알려줌으로써, 사용자들에게 더욱 용이하다고 인지된 것으로 보인다.

이러한 측면에서 RUNVI는 PRO-SPECS와 가장 대비되는 제품으로 보인다. 소비자에게 인지된 유용성을 증대시킬 수 있는 노력이 제품에서 찾기 어려웠다. 연구결과에서 연구대상자들은 RUNVI의 제품의 장단점에 대한 개방형 질문에 대해 어플리케이션에서 제공하는 정보가 지나치게 적다(n=5)고 하였는데, 사실상 세 제품의 어플리케이션에서 제공된 보행분석변수의 수로만 비교해보면, RUNVI 14개, PRO-SPECS 13개로 거의 비슷한 수준이었다(Fig. 7). 그러나 RUNVI는 측정값을 그대로 제공하였고(예: 착지각도 4°, 발떨어짐각도 44° 등), PRO-SPECS는 측정값을 쉽게 변환하였거나(예: 팔자걸음, 안장걸음), 혹은 시간에 따른 그래프로 보여줌으로써, 측정값의 변화를 통한 직관적 비교와 이해가 가능하도록 하였다.

측정값을 활용하여 유용한 정보로 재생산할 때는 정상과 비정상, 또는 고위험과 저위험의 판별을 위한 ‘기준값’이 필요하다. 그러나 이러한 기준값은 길의 상태(오르막길 vs 내리막길, 포장도로 vs 비포장도로), 보행속도, 신발의 종류와 같은 변수의 영향을 받아 달라질 수 있으므로(Park, 2017), 유용한 정보로 변환할 때, 자칫 정보의 오류가 발생하기 쉬워진다. 개인이 쉽게 입력할 수 있는 나이, 성별, 다리길이와 같은 개인의 특성변수와 신발의 종류는 사용자가 직접 입력토록 하고, 길의 상태는 GPS센서와 연동하여 정보를 획득할 수 있도록 설계함으로써 개인에게 맞춤형 보행분석 결과를 제시한다면 바람직할 것이다. 다양한 사용자와 착용환경에 대한 실증데이터를 통한 분석기법의 정확도와 타당도 향상을 위한 지속적인 노력 역시 요구된다.

반면, ARION이 제공하는 보행분석 변수는 RUNVI와 유사하였으나, ARION은 추가적으로 실시간 족저압력(plantar pressure)에 대해 시각적 그래프로 제공하여 다른 두 제품과 크게 차별화되었다(Fig. 6). ARION의 종합점수가 PRO-SPECS보다 통계적으로 유의하게 높지 않았으나, 적어도 ARION의 실시간 그래픽은 연구대상자에게 큰 인상을 남기며 매우 우수한 평가를 받았다. 실시간 족저압력 그래프는 사용자에게 정량적

보행분석 정보를 쉽게 제공하면서도, 현재 센서와 기기의 작동 상태에 대해 매우 기민한 피드백을 제공해주는 역할을 함께 수행한다. 다시 말해, 이러한 실시간 그래픽으로부터 사용자는 기기가 정상적이고 또 기민하게 압력정보를 수집하며 작동하고 있다는 것을 확인할 수 있다. ARION의 실시간 그래픽이 40~50%의 응답자로부터 유용하다고 평가되었으므로(Fig. 7), 어플리케이션 UI를 구성할 때, 실시간 작동상태를 사용자에게 공유해주면서도 정보를 직관적으로 제공하는 실시간 그래픽을 추가하는 것을 고려해볼 필요가 있다.

#### 4.2. 보행분석 트래커의 형태별 디자인 고려사항

스마트웨어(기기) 측면에서 모듈형은 깔창형과 달리, 발과 기기가 직접 접촉하지 않으므로 정기적인 세탁을 요구하지 않아 관리편의성이 우수하고 위생적으로 여겨질 수 있다는 장점을 가진다. 세탁은 사용자들에게 큰 부담으로 작용한다. Ju and Lee (2020)는 스마트의류에 대해 소비자가 가지고 있는 인지된 위험(perceived risk) 가운데, 세탁에 대한 위험이 포함되었다고 하였는데, 이 때 세탁에 대한 위험이란 “세탁 후 제품의 기능이 저하될 것이라는 우려”를 의미한다. 본 연구에서는 세 제품 중 PRO-SPECS가 비록 유의차는 없었지만 다른 두 제품보다 낮은 관리편의성 점수를 받았으며, 제품의 장단점에 대한 개방형 질문에서도 ‘세척의 어려움과 위생에 대한 우려’ 의견을 받았다(n=4). 깔창형태의 제품은 땀에 쉽게 노출되므로 세탁이 주기적으로 필요하지만 내부에 센서가 내장되어 일반적인 방식으로 세척하는 것이 어려울 것이라는 우려가 있었을 것으로 보인다. 그러나 흥미롭게도 ARION 역시 깔창부를 가지고 있으나 PRO-SPECS와 같이 위생문제가 거론되지 않았다. 이러한 흥미로운 결과에 대해서는 두 가지 해석이 가능하다. 첫 번째는 ‘위생’ 측면에서 실제로 두 제품 간 차이가 아닌, 단지 질문의 특성 차이가 이와 같은 결과를 발생케 했을 수 있다. 해당 문항은 각 제품에서 ‘가장 큰 단점’을 물었는데, 만일 ARION에서 위생문제보다 우선시되는 단점이 존재했다면(예: 착용의 어려움 등), 위생문제가 오히려 크게 대두되지 않았을 수 있다. 반면, 두 번째 해석으로서, 세 제품 중 PRO-SPECS의 세탁과 위생 관리에 대한 우려가 실제로 ARION보다 컸을 수도 있다.

PRO-SPECS의 경우 약 9 mm에 이르는 두께를 가진데다가, 발과 직접 닿는 부분은 패브릭으로 본딩되어, 발의 땀으로 인해 표면이 쉽게 젖게 되는 특성을 가졌으나, ARION은 물을 잘 흡수하지 않는 인조가죽 또는 Sheet 타입의 표면을 가졌다. 어떤 해석을 채택하더라도, 본 연구결과에서 제품의 위생에 대한 우려가 제기되었고, 또한 스마트의류 소비자에게 있어 세탁으로 인해 발생하는 제품의 기능 저하나 고장의 문제는 인지된 위험임을 고려하여, 세탁의 필요성이 적은 소재를 활용하거나, 혹은 충분히 세탁내구성을 검증하고 이를 소비자에게 전달, 설득하려는 과정이 필요하다.

반면 ARION은 복합형 제품으로 깔창과 모듈이 결합되어, 착장 시 운동화 바깥으로 모듈이 걸치는 듯 위치하게 되는 제품이었으나, 기술적으로는 압력센서를 활용하여 족저압력을 직접 측정하면서도 깔창을 얇게 제작하고, 또 외부에 노출되는 모듈에 LED를 삽입하여 가시성을 확보하는 등의 다양한 장점이 있었으나, 제품의 착탈 방식이 어렵고 복잡하다는 문제가 60%의 응답자로부터 제기되었다. 본 연구는 중장기간 사용경험을 기반으로 평가한 것이 아닌, 1회의 사용준비-사용의 사이클로 사용경험을 평가하였으므로, ARION에 대한 이러한 착탈의 불편함은 어쩌면 사용 초기에만 집중적으로 발생하는 문제이고, 착탈 방식에 익숙해진 이후에는 발생하지 않을 가능성도 있다. 하지만 이러한 어려움으로 인해 ARION은 RUNVI와 PRO-SPECS와 비교했을 때, 유의하게 낮은 용이성(Fig. 4c)을 보였다. 반면, ARION의 파란색 계열 LED 불빛에 대한 판단은 응답자에 따라 엇갈려, 추측컨대, 개인의 선호도에 의한 차이가 큰 것으로 나타났다. 2명의 응답자는 야간에 안전한 보행에 도움을 줄 것이라 기대하며 긍정적으로 평가했으나, 6명은 오히려 부담스럽다고 응답하였다.

이렇듯 스마트웨어의 다른 외관의 특징으로 인해 사회적 시선 등의 부담을 느끼는 것을 Cho and Lee(2008), Park and Lee(2017)에서는 ‘특이성’이라고 하였다. Cho and Lee(2008)은 특이성을 5가지 세부 문항으로 평가하였는데(“일반적인 의복과 다른 느낌이 드는지”, “의복 착용시 사회적 시선 등의 부담이 느껴지는지”, “이 의복을 입는 것이 긴장되는지”, “이 옷을 입는 것이 어색한지”, “의복을 입고 벗기에 내장된 기기로 인한 불편함이 느껴지는지”), 본 연구에서는 이러한 다섯 가지 문항 가운데, “의복 착용시 사회적 시선 등의 부담이 느껴지는지”만을 사용하였고, ‘부담’의 범위를 축소하여 ‘심리적 부담’이라고 변경하였다. 그 결과, PRO-SPECS가 RUNVI와 ARION보다 유의하게 낮은 심리적 부담을 주는 것으로 확인되었다.

하지만 이러한 결과는 심리적 부담을 발생시킬 가능성이 있는 디자인을 배제해야한다기보다는 보행분석 트래커 시장을 세분화하고 소비자 개인의 특성과 취향에 맞게 디자인 전략을 세우는 것이 개개인의 제품외관에 대한 만족도를 향상시키는 데 유리할 수 있음을 함의한다. Jung et al.(2018)의 연구를 참고해보면, Jung et al.(2018)의 연구를 참고해보면, ‘저관여 구매형’의 경우 제품의 주요 구매자로 주위에서 많이 사용하는 디자

인과 제품을 선택하는 반면, ‘저관여 구매형’의 경우 제품의 주요 구매자로 주위에서 많이 사용하는 디자인과 제품을 선택하는 반면, ‘소신 구매형’의 경우 주변의 영향을 받기보다는 자신의 디자인과 실용성에 따른 소신 평가로 제품을 구매하며, ‘혁신 구매형’의 경우 새로운 기술을 접하고 경험하는 것을 즐기는 특성을 가진다. 이에 대한 구체적인 예시로서, 본 연구에서는 RUNVI 제품에 대해 달리기 관련 관심이 높은 사용자는 분석변수가 적은 것에 대한 아쉬움을 말하고, 또한 달리기 애호가인 일상생활의 건기활동에 관심이 높은 사용자는 오히려 달리기에만 치우친 분석변수에 아쉬움을 보고하였다. 제품의 잠재적 사용자를 보다 세분화하고, 해당 사용자에게 더욱 적합한 기능을 가질 수 있도록 전략화하는 것이 필요하다. 다만, 본 연구에서는 사용자의 다양한 특성을 분석에 반영하지 못하였다는 한계를 가진다. 특히 달리기 종목의 전문 운동선수, 아마추어 달리기 선수, 취미로 달리를 즐기는 사람, 그리고 달리기와 걷기를 일상생활 속에서만 하는 사람 사이, 보행분석 변수에 대한 이해도와 인지된 유용성의 차이가 있을 것으로 예상된다.

## 5. 결 론

본 연구는 각각 다른 형태의 보행분석 트래커에 대한 비교 연구를 통해, 소비자의 인식을 종합적으로 평가하고 향후 제품 디자인에 활용될 수 있는 정보를 제공하였다는 의의를 가진다. 본 연구는 심미성, 사용성, 지속성, 그리고 만족도와 구매의도 등과 같은 변수들의 인과관계를 분석하기보다는, 실질적인 사용경험을 통해 제품에 대한 사용자의 태도와 장단점을 분석함으로써 향후 보행분석 트래커 개발을 위한 보다 구체적인 디자인 기획 방향을 제안하였다.

실제 제품 사용을 기반으로 한 설문조사 결과에서 깔창형의 PRO-SPECS는 다른 제품보다 높은 구매의도를 보였는데, 이는 제품의 용이성, 인지된 내구성, 디자인에 대한 심리적 부담 측면에서 다른 제품보다 높은 점수를 받은 영향도 있지만, 이와 함께 어플리케이션에서 제공되는 정보의 유용성을 소비자에게 잘 인식시킨 결과로도 보인다. 특히, PRO-SPECS의 에너지소비량과 발 디딤 각도는 과반의 사용자에게 유용하다고 인지되었다. 또한 발 디딤 각도는 단순 각도정보가 아닌 팔각각을, 안장각을 구분하여 정보를 제시하였는데, 보행분석 트래커와 같은 스마트웨어에서는 획득하고 분석한 정보를 소비자에게 효과적으로 전달하기 위한 전략이 매우 중요함을 고려할 때, 1차적인 보행분석 변수를 보다 유용한 정보로 재생산하는 노력과 함께 소비자와 더욱 기민하게 상호작용할 수 있는 인터랙티브한 그래픽을 활용하는 것도 고려해볼 필요가 있다.

보행분석 트래커의 형태 중, 모듈과 깔창이 함께 연결되어있는 복합형은, LED장착을 통한 가시성 확보, 깔창의 얇은 두께를 통한 착용감 향상이라는 이점을 가질 수 있지만, 사용자에게 그 착용방식이 다소 어렵게 느껴질 수 있다는 점이 문제점을 가진다. 그럼에도 이러한 복합형에서는 깔창의 두께를 얇게

유지하면서, 센서의 종류와 개수를 확장하는 데 제한이 적으므로, 잠재적인 사용자를 보다 세분화하여, 세분화된 시장에 따라 제품의 형태, 디자인, 센서 등의 사양과 정보제공방식을 다각화해볼 수 있다. 본 연구는 걷기와 달리기를 즐기는 20명의 사용자 경험을 기반으로 하였으나, 향후 후속연구에서는 보다 다양한 특성, 그 중에서도 달리기 운동에 대한 전문성이 다양한 연구대상자를 모집하는 것을 고려해볼 수 있다.

## 감사의 말

본 논문은 한국생산기술연구원 기관주요사업과 경기도기술개발사업 “지능형 전자섬유 기반 스마트 텍스트로닉스 개발(kitech JA-21-0001/kitech IZ-21-0001)”의 지원으로 수행한 연구입니다.

## References

- Ainslie, P., Reilly, T., & Westerterp, K. (2003). Estimating human energy expenditure - A review of techniques with particular reference to doubly labelled water. *Sports Medicine*, 33(9), 683-698. doi:10.2165/00007256-200333090-00004
- Barnes, K. R., & Kilding, A. E. (2015). Running economy - Measurement, norms, and determining factors. *Sports Medicine*, 1(1), 1-15. doi:10.1186/s40798-015-0007-y
- Catalfamo, P., Moser, D., Ghousayni, S., & Ewins, D. (2008). Detection of gait events using an F-Scan in-shoe pressure measurement system. *Gait & Pressure*, 28(3), 420-426. doi:10.1016/j.gaitpost.2008.01.019
- Chae, H. S., Hong, J. Y., Cho, H. S., Lee, Y. J., Park, S., Han, K. H., & Lee, J. H. (2006). The development of usability evaluation for wearable computer - An investigation of smart clothing. *Science of Emotion and Sensibility*, 9(3), 265-276.
- Cho, H. K., & Lee, J. H. (2008). The development of usability evaluation criterion for sensor based smart clothing. *Fashion & Textile Research Journal*, 10(4), 473-478.
- Chung, C. S., Shin, I. S., Seo, J. S., Eun, S. D., & In, K. (2001). The analysis of a gait pattern and the mechanical efficiency on ages and speed conditions. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 10(2), 205-219.
- Daoud, A. I., Geissler, G. J., Wang, F., Saretsky, J., Daoud, Y. A., & Lieberman, D. E. (2012). Foot strike and injury rates in endurance runners - A retrospective study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(7), 1325-1334. doi:10.1249/MSS.0b013e3182465115
- de Fontenay, B. P., Roy, J. S., Dubois, B., Bouyer, L., & Esculier, J. F. (2020). Validating commercial wearable sensors for running gait parameters estimation. *IEEE Sensors Journal*, 20(14), 7783-7791. doi:10.1109/JSEN.2020.2982568
- DeJong, A. F., & Hertel, J. (2020). Validation of foot-strike assessment using wearable sensors during running. *Journal of Athletic Training*, 55(12), 1307-1310. doi:10.4085/1062-6050-0520.19
- Delgado-Gonzalo, R., Hubbard, J., Renevey, P., Lemkaddem, A., Vellinga, Q., Ashby, D., Willardson, J., Bertschi, M. (2017). Real-time gait analysis with accelerometer - Based smart shoes. *39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), Jeju, South Korea*. doi:10.1109/EMBC.2017.8036783
- Farahpour, N., Jafarnejad, A., Damavandi, M., Bakhtiari, A., & Allard, P. (2016). Gait ground reaction force characteristics of low back pain patients with pronated foot and able-bodied individuals with and without foot pronation. *Journal of Biomechanics*, 49(9), 1705-1710. doi:10.1016/j.jbiomech.2016.03.056
- Go, E. A., Hong, S. Y., Lee, K. K., & An, K. O. (2013). Effect of active change of foot progression angle on lower extremity joint during gait. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 23(1), 85-90. doi:10.5103/KJSB.2013.23.1.085
- Hernando, C., Hernando, C., Martinez-Navarro, I., Collado-Boira, E., Panizo, N. & Hernando, B. (2020). Estimation of energy consumed by middle-aged recreational marathoners during a marathon using accelerometry-based devices. *Scientific Reports*, 10(1), 1-10. doi:10.1038/s41598-020-58492-8
- Hwang, K. S., Jeong, M. G., & Lee, D. C. (1991). An analysis of gait characteristics parameters for the Korean normal studies. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 10(2), 15-22.
- ISO 9241-210 (2019). *Ergonomics of human-system interaction - Part 210: Human-centred design for interactive systems*. International Organization for Standardization.
- Jang, E., & Cho, G. (2019). The classification and investigation of smart textile sensors for wearable vital signs monitoring. *Fashion & Textile Research Journal*, 21(6), 697-707. doi:10.5805/SFTI.2019.21.6.697
- Ju, N., & Lee, K. H. (2020). Consumer resistance to innovation - Smart clothing. *Fashion and Textiles*, 7(1), 1-19. doi:10.1186/s40691-020-00210-z
- Jung, J., Huh, J., Park, H., & Shin, B. (2018). A study on acceptance factors and market segmentation of smart device - Focused on UTAUT and personal innovativeness. *Korean Journal of Business Administration*, 31(1), 27-47.
- Kang, M. (2019). The understanding biomechanical movements for wellness - Focusing on the exercise for health. *Journal of Wellness*, 14(3), 379-389. doi:10.21097/ksw.2019.08.14.3.379
- Kim, D. Y., Park, C. I., Jang, Y. W., & Park, S. Y. (2001). Kinematic and kinetic comparison between stair climbing and level walking. *Journal of Korean Academia of Rehabilitation Medicine*, 25(6), 1048-1058.
- Kim, S. J. (2006). Correctional function of custom foot orthotics for foot diseases related to excessive pronation during gait. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 16(1), 65-79. doi:10.5103/KJSB.2006.16.1.065
- Koldenhoven, R. M., & Hertel, J. (2018). Validation of a wearable sensor for measuring running biomechanics. *Digital Biomarkers*, 2(2), 74-78. doi:10.1159/000491645
- Lee, J. (2020). Effect of high elastic running shoes on biomechanical factors. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 30(4), 285-291. doi:10.5103/KJSB.2020.30.4.285
- Lim, B. O., An, S. H., Lee, S. W., & Do, I. Y. (2007). The effects of start and finish distance on the gait variables during walking. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 17(1), 17-27. doi:10.5103/KJSB.2007.17.1.017
- Lin, F., Wang, A., Zhuang, Y., Tomita, M. R., & Xu, W. (2016). Smart insole - A wearable sensor device for unobtrusive gait monitoring

- in daily life. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 12(6), 2281-2291. doi:10.1109/TII.2016.2585643
- Olsson, T., & Salo, M. (2011). Online user survey on current mobile augmented reality applications. *Proceeding of 10<sup>th</sup> Con IEEE International Symposim, Basel, Switzerland*, pp. 75-84. doi:10.1109/ISMAR.2011.6092372.
- Park, J. H. (2017). Characteristics of gait in the elderly - Normal vs. abnormal. *Journal of Korean Neurology Association*, 35(4 Suppl), 1-4. doi:10.17340/jkna.2017.4.23
- Park, S. H., Kim, Y. H., & Park, S. J. (2003) Evaluation method in gait analysis, *Science of Emotion & Sensibility*, 6(3), 25-32.
- Park, D. J., Choi, J., & Kim, D. J. (2015) The influence of health apps efficacy, satisfaction and continued use intention on wearable device adoption - A convergence perspective. *Journal of Digital Convergence*, 13(7), 137-145. doi: 10.14400/JDC.2015.13.7.137
- Park, S. Y., & Lee, J. H. (2017) An exploratory study on design planning of smart i-fitness wear associated with contents. *The Korean Society of Design Culture*, 23(4), 399-413
- Perry, J., & Burnfield, J. M. (2006). Gait analysis - Normal and pathological function (Jeong, S. Trans.). Slack Incorporated.
- Roberts, M., Mongeon, D., & Prince, F. (2017). Biomechanical parameters for gait analysis - A systematic review of healthy human gait. *Physical Therapy and Rehabilitation*, 4(6), 1-17. doi:10.7243/2055-2386-4-6
- Seo, W. D., Lee, S. S., Shin, W. Y., & Choi, S. I. (2018) Gait type classification using pressure sensor of smart insole. *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, 23(2), 17-26. doi:10.9708/jksci.2018.23.02.017
- Suh, S. E., & Roh, J. S. (2015). A study on smart fashion product development trends. *The Research Journal of the Costume Culture*, 23(6), 1097-1115. doi:10.7741/rjcc.2015.23.6.1097
- Sunarya, U., Hariyani, Y. S., Cho, T., Roh, J., Hyeong, J., Sohn, I., Kim, S., Park, C. (2020) Feature analysis of smart shoe sensors for classification of gait pattern. *Sensors*, 20(21), 6253. doi:10.3390/s20216253
- Winter, D. A. (1987). *The biomechanics and motor control of human gait*. Ontario, Canada: University of Waterloo Press.

(Received 1 April, 2021; 1st Revised 19 April, 2021;  
Accepted 30 April, 2021)