

개인맞춤형 모바일 건강관리 시스템 탑재형 스마트 신발 개발

Seung Bum Park^{1*}, Kyung Deuk Lee¹, Dae Woong Kim¹, Jung Hyeon Yoo¹,
Kyung Hun Kim¹, Sung Pyo Jun², Won Ho Ryu², Jeong Hwan Kim³, Min Joon Choi³, Jae Woo Jun³

¹Footwear Biomechanics Team, Footwear Industrial Promotion Center, Busan Economic Promotion Agency,
Busan, Korea, 618-820

²R&D Center, Samduk Tongsang, Busan, Korea, 618-820

³Life Sciences Technology, Seoul, Korea, 157-200

ABSTRACT

Objective: 본 연구의 목적은 운동정보 및 신체활동을 분석하여 개인의 건강관리를 지원하는 센서내장형 스마트 신발을 개발하고자 하는 것이다. 이에 족저압력 센서 모듈이 삽입되는 부품 및 완제품 설계를 통해 개발된 스마트 신발의 족저압력 센서에 대한 신뢰성을 평가하고자 한다. **Background:** 미국 나이키와 애플사의 “나이키+아이팟 키트”, 아디다스 인텔리전트 신발 등 다양한 IT융합 기술을 적용한 신발이 출시되어 지고 있다. 또한, 일반인의 일상생활 활동량을 측정하는 라이프레코더 기술도 최근 일본 업체를 중심으로 상용화되어 지고 있다. 이에 실시간 족압 센서가 내장된 스마트 신발 개발을 통한 개인 맞춤형 모바일 프로그램을 개발하여 신뢰성 있는 데이터를 제공하고자 한다. **Method:** 족저압력 센서가 탑재된 개발 스마트 신발의 신뢰성 확보를 위한 생체역학적 성능평가는 하지에 상해가 없는 신체 건강한 10명의 남성을 대상으로 실시하였다. 피험자 특성은 발사이즈 270 mm, 나이 22.4±0.5 years, 몸무게 69.2±4.2 kg, 신장 176.8±6.8 cm로 나타났다. 실험에 사용된 스마트 신발은 5개의 족저압 센서 모듈이 장착된 시제품을 대상으로 개발 모듈과 Pedar-X System와의 족저압력 데이터를 7레벨로 나누어 비교하여 개발 족저압 센서 모듈의 신뢰성을 비교하고자 하였다. 피험자는 개발 족저압력 센서 모듈 장착 신발 착용 및 Pedar-X System을 각각 착용하여 트레드밀에서 4.2 km/h의 속도로 보행을 실시하였으며 최대평균압력 데이터를 추출하여 신뢰성 평가를 실시하였다. **Results:** 분석 결과 족저압력 센서 모듈이 삽입된 스마트 신발의 경우 Pedar-X System의 족저압력 레벨과 비교 시 Down 4 센서에서는 동일한 족저압력 레벨을 나타내었으나 Down 3, 5 센서에서는 Pedar-X System에 비해 1레벨의 차이를 보였다. 또한, Down 1, 2 센서에서는 2레벨의 차이를 보였다. **Conclusion:** 개인 맞춤형 모바일 건강관리 시스템 탑재형 스마트 신발 개발을 위해서는 개발 센서의 신뢰성이 중요한 부분이다. 이에 족저압력 센서 모듈 삽입 스마트 신발과 Pedar-X System과의 최대평균압력 비교 결과 개발 족저압력 센서 모듈의 감도 조절 및 구조상의 개선점이 나타났다. **Application:** 이러한 생체역학적 성능평가와 비교 실험을 통해 개발 모듈의 신뢰성을 향상하여 개인맞춤형 모바일 건강관리 시스템 탑재형 스마트 신발의 성공적인 개발이 가능할 것으로 기대된다.

Keywords: Smart Shoes, Foot Pressure Sensor Module, Pedar-X System, Foot Pressure Analysis

1. Introduction

주행(Running)과 보행(Walking) 시 가장 중요한 역할을 하는 발을 보호하고 효율적인 이동과 자세유지를 지지하는 기능을 하는 도구로 사용되는 신발은 인솔과 함께 이동 시 발생하는 신체 및

발의 피로와 통증을 줄이기 위한 목적으로 사용된다. 그러나 신발 및 인솔은 충격을 흡수하여 신체 및 관절을 보호하고 부상을 예방하는 역할을 하지만, 충격을 흡수하는 기능이나 안정성이 미비할 경우 이동의 불편함을 초래하고 과내·외 전등과 같은 보행동작의 비정상적인 형태를 발생시켜, 아킬레스 건, 인대, 발목 등 하지 관절 및

신체에 직접적인 손상이 발생된다(Dixon, Collop & Batt, 2000; Hennig, Valiant & Liu, 1996; Hreljac, Marshall & Hume, 2000; Nigg, 1986; Nigg, Hintzen & Ferber, 2006; Windle, Gregory & Dixon, 1999; Stewart et al, 2009).

발은 이동을 위한 모든 운동에 가장 기본으로 사용되는 부위로서 인체의 모든 중량을 받쳐주고 소량의 충격흡수기능을 담당한다. 그러나 이동하는 동안 인체의 발과 바닥 사이에는 반복적인 충격력이 발생하고 이는 신체피로, 부상 및 만성질환이 발생하는 원인으로 작용한다(Nigg, Hintzen & Ferber, 2006; Ramanatahn, Kiran, Arnold, Wang & Abboud, 2010).

이러한 보행 특성 분석을 통해 개인의 건강관리 및 운동 처방 등 다양한 기술이 파생되어 지고 있다. 최근 국외에서는 IT 기술과 융합을 통한 스마트기기와 의 생체신호 모니터링 및 건강정보 제공으로 새로운 신발 카테고리를 형성하고 있다. 하지만 현재 대부분의 IT 융합 신발은 보행 보수에 따른 형식적인 계산식에 의한 제품개발에 불과하다.

이에 본 연구에서는 족저압력 센서 모듈을 탑재한 스마트 신발의 센서 신뢰성 평가를 통해 보다 우수한 기능성을 가지는 개인 맞춤형 모바일 건강관리 시스템 탑재형 스마트 신발을 개발하고자 한다.

2. Method

2.1 Subjects

족저압력 분석에 참여한 피험자는 과거 1년간 하지와 발에 질환을 경험하지 않았으며, 정상적인 보행 형태를 가지고 있는 신체 건강한 20대 남자 10명 (나이 : 22.4 ± 0.5 yrs, 신장 : 176.8 ± 6.8 cm, 몸무게 : 69.2 ± 4.2 kg, 신발 사이즈 : 270.0 ± 0.0 mm)을 대상으로 실시하였다. 신체적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. General characteristics of the subjects(N=10)

	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Foot-size (mm)
Mean	22.4	176.8	69.2	270.0
SD	0.5	6.8	4.2	0.0

2.2 Tested shoes

본 연구에서는 주관 연구기관인 삼덕통상(주)에서 참여연구기관 (주)라이프사이언스테크놀로지서 제작한 족저압력 센서 모듈을 탑재한 스마트 신발 시제품을 제작하여 Pedar-X System과 최대평균압력(Maximum Mean Pressure)을 비교 분석 하였다(Figure 1).



Figure 1. Tested shoes

2.3 Data collection

개발 족저압력 센서 모듈의 신뢰성 분석을 위해 개발 센서를 총 5개로 구분하여 발의 전족부에서부터 후족부까지 COP(신체무게중심) 라인으로 배치하였으며 총 5개로 구분된 센서와 Novel GmbH사(novel, pedar mobile)의 pedar-X mobile system을 사용하여 수집한 5영역(Mask)을 비교 분석 하였다(Figure 2).

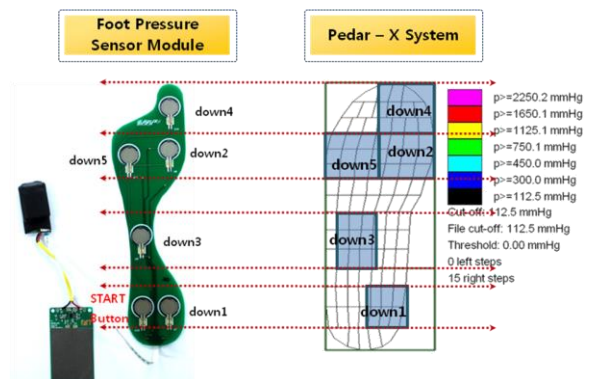


Figure 2. Tested sensor

Pedar-X System 인솔형 압력센서를 왼쪽 신발에 삽입한 후 보행 안정화 후 30초간 3회 반복하여 최대평균압력(maximum mean pressure)을 측정하였으며 족저압력 센서 모듈 역시 왼발 데이터를 수집하였다.

모든 실험은 트레드밀에서 4.2 km/h 보행속도로 실시하였으며 피험자들은 충분한 보행 연습 후 랜덤으로 선정하여 각 데이터 수집 시점을 인지하지 못하도록 한 후 측정하였다.

3. Results

족저압력 센서 모듈이 삽입된 개발 스마트 신발에 대한 신뢰성 평가를 위해 Pedar-X System과 최대평균압력(maximum mean pressure) 비교 결과는 Table 2와 Figure 3과 같다.

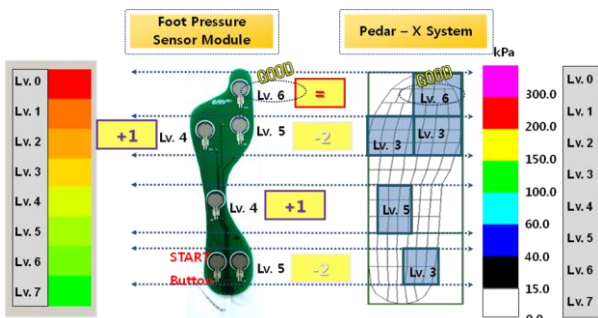


Figure 3. Tested Results

족저압력 센서 모듈과 Pedar-X System 분석결과 Down 4에서 동일한 레벨(Level 6)이 나타났다. 그리고 발바닥의 외측부에 해당되는 Down 3과 Down 5의 경우 레벨이 1 크거나 작게 나타났으며 Down 3의 경우 중족골 부위로 Pedar-X System 압력 측정 시험 시 가장 낮게 나타나는 부위로 나타났다. Down 1과 Down 2의 경우 레벨이 2 작게 나타났으며, Down 1의 경우 후족부 부위로 Pedar-X System 측정 시 가장 높은 값을 나타내었

다. 또한 Down 2의 경우 전족부 내측 부위로 Pedar-X System 측정 시 두 번째로 높은 압력 값을 나타내는 부위이다.

4. Conclusion

족저압력 센서 모듈이 삽입된 개발 스마트 신발에 대한 신뢰성 평가 결과 다음과 같은 문제점 및 개선사항이 도출 되었다.

- 1) 족저압력 센서 모듈의 로그 파일 저장 형식에서 순차적으로 저장되도록 변경
- 2) 신뢰성 평가 실험 수행 중 배터리 연결 케이블 불량으로 인한 내구성 감소
- 3) PCB 기판과 연결되는 케이블 부위의 돌출로 인한 보행 시 이탈 발생
- 4) 배터리 완충 시 표시장치 미비
- 5) 족저압력 센서 모듈과 Pedar-X System 장비와의 레벨(Level)에 대한 주단위 재설정 필요
- 6) Pedar-X System의 분석 영역(Mask) 설정 시 족저압력 센서 모듈의 크기와 유사한 크기로 재설정 필요

개발 족저압력 센서 모듈에 대한 신뢰성 평가를 통해 추후 개선점을 파악할 수 있었으며 더욱 다양한 신뢰성 평가를 통해 성공적인 개인맞춤형 모바일 건강관리 시스템 탑재형 스마트 신발을 개발할 수 있을 것이다.

Acknowledgements

본 연구는 2012년도 중소기업청 융복합기술개발 사업 지원에 의하여 수행되었음(과제번호 : S2071926).

Table 2. The Result of Foot Pressure(N=10)

Mask	Down 1		Down 2		Down 3		Down 4		Down 5	
	Data	Level	Data	Level	Data	Level	Data	Level	Data	Level
Foot Pressure Sensor Module	5.9	5	5.3	5	4.4	4	6.3	6	4.5	4
Pedar-X System	143.12	3	141.74	3	43.59	5	79.77	6	129.68	3

References

- Dixon, S. J., Collop, A. C., & Batt, M., Surface effects on ground reaction forces and lower extremity kinematics in running, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(11), 1919-1926, 2000.
- Hennig, E. M., Valiant, G. A., & Liu, Q., Biomechanical variables and the perception of cushioning for running in various types of footwear, *Journal of Applied Biomechanics*, 12, 143-150, 1996
- Hreljac, A., Marshall, R. N., & Hume, P. A., Evaluation of lower extremity overuse injury potential in runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(9), 1635-1641, 2000.
- Nigg, B. M. *Biomechanics of running shoes*. Champaign, IL, Human Kinetics Publishers, 1986.
- Nigg, B. M., Hintzen, S. & Ferber, R., Effect of an unstable shoe construction on lower extremity gait characteristics, *Clinical Biomechanics*, 21(1), 82-88, 2006.
- Ramanathan, A. K., Kiran, P., Arnold, G. P., Wang, W., & Abboud, R. J., Repeatability of the Pedar-X in-shoe pressure measuring system, *Foot and Ankle Surgery*, 16, 70-73, 2010.
- Stewart, A., Casey, M., Laura, F., Patricia, M., Edward, P., James, A., & Joseph, H., The Impact of Footwear and Packweight on Injury and Illness Among Long-Distance Hikers, *Wilderness and Environmental Medicine*, 20, 250-256, 2009.
- Windle, C. M., Gregory, S. M., & Dixon, S. J., The shock attenuation characteristics of four different insoles when worn in a military boot during running and marching, *Gait & Posture*, 9(1), 31-37, 1999.

Author listings

Seung Bum Park: sbpark@shoenet.org
Highest degree: PhD, Department of Physical Education, Pusan National University
Position title: Head of Team, Footwear Biomechanics Team, Footwear Industrial Promotion Center, Busan Economic Promotion Agency
Areas of interest: Footwear Biomechanics

Kyung Deuk Lee: leekd79@shoenet.org
Highest degree: Master, Department of Industrial and Management Engineering, Dong-Eui University
Position title: Manager, Footwear Biomechanics Team, Footwear Industrial Promotion Center, Busan Economic Promotion Agency
Areas of interest: Footwear Biomechanics

Dae Woong Kim: dwkim@shoenet.org
Highest degree: Master, Department of Industrial and Management Engineering, Dong-Eui University
Position title: Assistant Manager, Footwear Biomechanics Team, Footwear Industrial Promotion Center, Busan Economic Promotion Agency
Areas of interest: Footwear Biomechanics

Jung Hyeon Yoo: jhyoo@shoenet.org
Highest degree: Master, Department of Industrial and Management Engineering, Dong-Eui University
Position title: Assistant Manager, Footwear Biomechanics Team, Footwear Industrial Promotion Center, Busan Economic Promotion Agency
Areas of interest: Footwear Biomechanics

Kyung Hun Kim: kimkh@shoenet.org
Highest degree: Master, Department of Physical Education, Kyungsoong University
Position title: Assistant Manager, Footwear Biomechanics Team, Footwear Industrial Promotion Center, Busan Economic Promotion Agency
Areas of interest: Footwear Biomechanics

Sung Pyo Jun: sp.jun@samduk.net
Highest degree: Pusan National University
Position title: Manager, R&D Center, Samduk Tongsang
Areas of interest: Footwear Development

Won Ho Ryu: wh.ryu@samduk.net
Highest degree: Soonchunhyang University
Position title: Manager, R&D Center, Samduk Tongsang
Areas of interest: Footwear Development

Jeong Hwan Kim: jkim@lstgrp.com
Highest degree: Master, Department of Biomedical Engineering, Inje University
Position title: CEO, Life Science Technology
Areas of interest: Wearable device, Bio-signal

Min Joon Choi: mchoi@lstgrp.com
Highest degree: Bachelor, Department of Biomedical Engineering, Inje University
Position title: Strategic Director, Life Science Technology
Areas of interest: Wearable device, Bio-signal

Jae Woo Jun: jaewoo.jun@lstgrp.com
Highest degree: Master, Department of Biomedical Engineering, Inje University
Position title: Researcher, Life Science Technology
Areas of interest: Wearable device, Bio-signal