

스마트 신발을 활용한 보행분석 시스템 활용 가치에 대한 논의

박태성¹, 신명준², 이은이^{1*}

¹부산대학교병원 의생명연구원 연구원, ²부산대학교병원 재활의학과 교수

Discussion on the Value of Using Gait Analysis System Using Smart Shoes

Tae-Sung Park¹, Myung-Jun Shin², Lee-Eun Lee^{1*}

¹Researcher, Biomedical Research Institute, Pusan National University Hospital

²Professor, Department of Rehabilitation Medicine, Pusan National University Hospital

요약 본 연구는 정상인에게 스마트 신발을 착용 시킨 후, 6분 보행검사와 일어나 걸어가기 검사를 실시하여 연구자가 측정한 데이터와 스마트 신발 센서 데이터가 동일 및 유사한지 확인 하고자 하였다. 정상 성인 남성 10명으로 진행을 하였으며 스마트 신발을 착용 한 후 6분 보행검사와 일어나 걸어가기 검사를 실시하여 데이터를 분석 하였다. 본 실험의 결과를 보았을 때 현재 센서의 정확도는 높은 편으로 보여 진다. 6분 보행검사의 거리에 차이가 나타난 것은 실제 30m 트랙에서 계산하지 않는 반환점도 거리를 측정하기 때문에 차이가 나타난 것으로 보인다. 이러한 관점에서 보았을 때 스마트 신발이 좀 더 정확한 거리를 측정 하였다고 볼 수가 있으며 추후 스마트 센서를 통한 다양한 검사가 가능 할 것으로 보여 진다.

주제어 : 신발, 센서, 6분 보행검사, 일어나 걸어가기 검사, 스마트 신발

Abstract The purpose of this study is to verify whether the data measured by the researcher and the smart shoe sensor data are the same or similar by performing the 6 - minute walking test and time up and go test after putting smart shoes on a normal person. Ten normal adult males participated. After wearing smart shoes, they performed a 6-minute walk test and a time up and go test. The results of this experiment show that the accuracy of the current sensor is high. The difference in the distance of the 6-minute walking test is that the difference is because the turning point, which is not calculated in the actual 30-m track, measures the distance. From this point of view, it can be seen that smart shoes measure more accurate distance and it is expected that various tests will be possible through smart sensors.

Key Words : Shoes, Sensor, 6-minute walk test, Time up and go test, smart shoes

*Corresponding Author : Lee-Eun Lee(tjdfyd_eorhd@naver.com)

Received February 13, 2019

Revised March 6, 2019

Accepted March 20, 2019

Published March 28, 2019

1. 서론

보행이란 신체 중심을 공간에서 이동시키는 동작으로, 사람에게 있어서 중요한 동작이다. 일반적으로 보행 능력을 확인하기 위한 방법으로 보행속도와 보행 지구력을 검사한다. 보행 속도는 기능적 수행도를 예측하는데 중요한 척도이며[1], 보행 지구력은 기능적 독립성 및 활동성을 증진 시켜주는데 필수적 요소이다[2]. 그리고 최근 심혈관계 질환과 관련하여 보행 지구력 증진 운동의 필요성이 강조되고 있는 추세이다[3]. 이러한 보행 능력을 검사하는 방법에는 6분 보행 검사(6-min walk test; 6MWT)와 일어나 걸어가기 검사(Timed Up and Go test ; TUG)가 있다.

6분 보행 검사는 대상자가 6분 동안 보행한 총 거리를 측정하여 운동능력을 평가하는 것으로 간단하게 검사할 수 있어 만성 폐질환 환자에게 많이 사용되고 있다[4]. 그리고 일어나 걸어가기 검사는 쉽고 간편하게 빠르게 수행할 수 있는 검사로 노인, 뇌졸중 등의 질병을 가진 환자들에게 적용할 수 있다. 이렇듯 보행 검사는 환자 평가에 있어 자주 사용되고 있다. 그러나 물리치료사가 다수의 환자들을 검사하기에는 시간이 오래 걸리는 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해서는 쉽게 사용할 수 있으며 장비 비용이 저가로 사용 가능한 보행 검사 기기가 필요하다. 또한 트레드밀이 아닌 일반 평지에서 기존의 보행검사와 동일하게 정량적으로 검사가 이루어져야 할 것이다.

최근 인솔(Insole)과 스마트 기술(Smart tech)이 융합된 스마트 신발이 등장하고 있다. 스마트 신발은 사용자의 무게중심의 변화를 파악할 수 있어 평상시 보행습관을 파악할 수 있으며, 올바른 신체 균형을 유지할 수 있게 도와준다[5]. 스마트 신발의 압력센서를 사용하여 걸음걸이 수를 파악할 수 있으며, 가속도센서를 사용하여 총 이동 거리 및 이동 시간도 파악이 가능하다. 이러한 스마트 신발을 사용하여 검사를 진행한다면 치료사가 1대1로 검사를 진행하는데 있어 훨씬 수월하게 진행될 것이며 더 정확하게 기록이 가능할 것이다. 또한 6분 동안 검사하는데 있어 첫 1분 그리고 마지막 1분을 비교하는 것도 중요한 요소인데 이러한 부분을 더 정확하게 비교 분석할 수 있게 될 것으로 판단된다.

이렇듯 스마트 신발을 사용하여 6분 보행 검사와 일어나 걸어가기 검사를 진행한다면 효율적인 검사가 이루어질 것이다. 그리하여 본 연구는 스마트 신발을 사용

하여 정상인을 대상으로 6분 보행 검사와 일어나 걸어가기 검사를 진행하고 기존의 측정 방법과 유사한 결과값이 나오는지 확인 하여 보고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 연구 대상자

본 연구에 참여한 대상자는 최근 6개월 이내에 근골격계 및 신경계 질환이 없는 신발 사이즈가 275~280mm 인 정상 성인 남자로 선정을 하여 진행 하였다. 대상자의 정보는 Table 1과 같다.

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

Sex	Male
Age (years)	29.4±6.04
Weight (kg)	84.38.8±7.09
Height (cm)	181.15±4.22

2.2 실험 방법

대상자는 Fig. 1의 스마트 신발(MPU6050, 아두이노 3축 자이로센서)을 착용 후 6분 보행 검사와 일어나 걸어가기 검사를 무작위 순서로 진행을 하였다. 이 때 측정자 1명이 6분 보행 검사의 거리, 6분 보행검사 중 첫 30m 직선거리 걸을 수와 일어나 걸어가기 검사의 시간을 측정 하였다. 다른 측정자 1명은 노트북을 통하여 스마트 신발의 데이터를 저장하였다. 일어나 걸어가기 검사의 경우 정확성을 위하여 2번 실시하여 측정을 하였다.



Fig.1 Smart shoes

2.3 측정도구

6분 보행 검사는 일상에서 신체활동을 가장 정확하게 반영 할 수 있으며 30미터의 평평한 직선 코스를 사용하여 검사를 시행 하며 6분 동안 걸을 수 있는 최대한의 거리를 걷도록 한다. Fig.2와 같이 출발점과 반환점에는 가설물(orange traffic cone)을 세워 두었으며, 보행 거리를 쉽게 측정 할 수 있도록 3m 마다 바닥에 표시를 하였다. 검사를 진행 할 때에는 6분 동안 대상자가 할 수 있을 만큼 정도로 많이 걷도록 지시하고 힘이 들면 보행속도를 줄이거나 휴식을 취하는 것이 가능하다고 사전에 알려준다. 또한 일정 시간마다 경과된 시간 및 남은 시간을 말해주고 보행을 지속 할 수 있도록 한다[6].

일어나 걸어가기 검사는 기능적 운동능력을 평가 할 수 있는 검사로 노인의 균형능력과 운동능력을 평가 할 수 있는 평가 도구로 간단하지만 정확하게 측정 할 수 있는 검사 도구이다. 일어서서 걷기 검사의 방법은 Fig.3과 같이 의자에서 일어나 3m의 거리를 돌고 다시 의자에 앉기까지의 시간을 측정하는 것이다[7].

2.4 통계처리

본 연구는 SPSS 19.0을 이용하였다. 모든 데이터는 평균과 표준편차로 기술 하였다. 연구자 측정 데이터와 스마트 신발 센서 측정 데이터는 비교 분석을 위하여 Mann-Whitney U test를 사용하였다. 유의수준 α 는 0.05로 하였다.

3. 결과

3.1 6분 보행검사 거리 비교

본 실험에서 6분 보행검사 거리 결과 연구자 측정 데이터는 Table 2와 같이 $481.40 \pm 25.98(m)$ 로 나왔으며 스마트 신발 센서 데이터는 $491.0 \pm 20.94(m)$ 로 나왔으며 유의한 차이가 나타나지 않았다.

3.2 6분 보행검사 중 30m 직선거리 걸음 수

본 실험에서 6분 보행검사 중 30m 직선거리 걸음수의 Table 2와 같이 연구자 데이터는 37.8 ± 1.47 , 스마트 신발 센서의 데이터는 40.4 ± 0.51 로 유의한 차이를 나타내었다.



Fig. 2. 6 minute walk test track

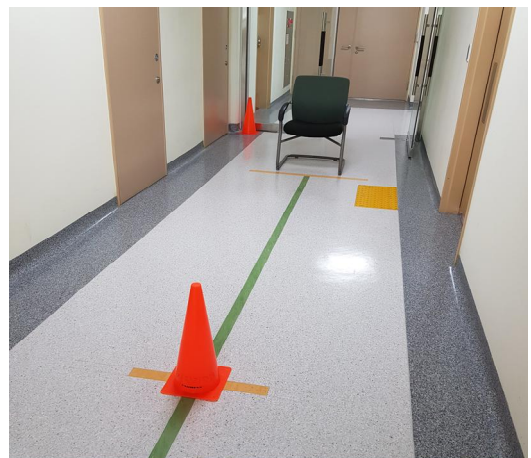


Fig. 3. Time up and go test

3.3 일어나 걸어가기 검사 시간 비교

본 실험에서 일어서서 걷기 검사 시간을 비교하여본 결과 Table 2와 같이 첫 번째 연구자 측정데이터는 $9.07 \pm 0.73(\text{sec})$, 스마트 신발 센서 데이터는 $9.30 \pm 0.76(\text{sec})$ 으로 나왔으며 두 번째 결과는 연구자 데이터가 $8.94 \pm 0.73(\text{sec})$, 스마트 신발 센서 데이터가 $8.99 \pm 0.75(\text{sec})$ 로 나왔다. 두 번 모두 유의한 차이는 나타나지 않았다.

Table 2. Test result

	Researcher data	Smart shoes data	p
6MWT (m)	481.40 ± 25.98	491.0 ± 20.94	0.24
Straight Distance			
Number of Steps (30m)	37.8 ± 1.47	40.4 ± 0.51	0.00
TUG 1 (sec)	9.07 ± 0.73	9.30 ± 0.76	0.68
TUG 2 (sec)	8.94 ± 0.73	8.99 ± 0.75	0.91

4. 고찰

본 연구는 스마트 신발을 신고 보행검사를 진행 하였을 때 센서의 정확도 및 실제 연구자가 측정 하였을 때의 데이터와 센서로 수집된 데이터간의 차이가 있는지 확인 해보고자 하였다. 연구 결과 6분 보행검사의 걸음 수의 경우 연구자 데이터와 스마트 신발 센서 데이터는 유의한 차이가 나타났다. 그러나 6분 보행검사의 거리와 일어서서 걷기 검사의 경우 유의한 차이가 나타나지 않았다.

본 연구 결과를 보면 데이터상 미세한 차이가 나타나는 것으로 보인다. 이러한 이유는 실제 임상에서는 6분 보행검사에 있어서 직선거리 30m만을 생각하는 경우가 일반적인 경우이다. 대부분 치료사들이 직선거리 30m를 기준으로 총 거리를 측정을 하고 있으며 30m를 지나 반환점에서 움직이는 거리는 측정하지 않고 있다. 하지만 스마트 신발의 센서의 경우 그 반환점의 거리도 측정을 하였기 때문에 결과 값에 있어서 연구자 측정 거리보다 10m 정도 더 나온 것으로 생각이 된다. Fig 2에서 보는 것과 같이 반환점 부분이 표시는 되어있지만 환자들이

다 돌 때의 거리는 전부 다르기 때문에 스마트 신발 센서의 데이터가 정확하게 측정 한 것으로 보여 진다. 걸음 수에서는 유의한 차이가 나타났는데 이 부분도 센서로 걸음 수를 측정을 하다 보니 반환점에서의 걸음 수도 측정을 하여 걸음 수가 직선 30m 거리에서 연구자가 측정한 걸음 수 보다 많이 나온 것으로 보여 진다. 6분 보행검사와 관련된 데이터는 추후 10m 구간 별 분석을 통하여 자세히 살펴볼 필요성이 있다.

일어나 걸어가기 검사의 경우 연구자의 테이트와 스마트 신발 센서 데이터가 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 6분 보행검사와 다르게 거리를 측정하는 것이 아닌 시간을 측정하는 것이기 때문에 유의한 차이가 없었다. 그러나 연구자 데이터, 신발 센서 데이터는 시작과 끝을 각자 다른 연구자들이 시작과 끝을 시험 대상자의 동작을 보고 측정하기 때문에 일어서서 걷기 검사의 시간의 경우 스마트 신발 센서의 데이터라고 주장하기는 어려운 점이 있다. 하지만 각기 다른 측정자가 측정을 하였지만 큰 차이가 없었다는 것을 본 연구를 통하여 확인 하였다.

이러한 점을 종합하여 볼 때 앞으로 센서의 정확도 부분이 더 정확하여 진다면 충분히 임상에서 보행분석이 가능 할 것으로 보여 진다. Park 등의 연구[8]에서도 스마트 신발을 개발하는데 있어 스마트 신발에 대한 개선사항들이 있다고 하였다. 내구성 감소 및 센서 모듈과 장비 레벨에 대한 재설정 등 개선사항이 있는데 신발의 경우 내구성에 따라 센서가 변형 될 수가 있어 정확도를 올리기 위해서는 내구성 또한 증가 시켜야 할 것으로 보여 진다.

현재 근골격계 부상 예방 및 활동 모니터링을 위한 스마트 신발 또한 개발이 되고 있는 단계이며[9] 다양한 기능을 가진 스마트 신발이 개발이 될 것이다. 앞으로는 스마트 신발이 스마트 인솔의 기술이 더 발전함에 따라 개인뿐만 아니라 사회적 문제를 해결(치매노인, 미아 방지, 군대 등)하는 맞춤형 스마트 신발 및 인솔이 개발이 되어 다양한 분야에서 사용이 될 것으로 보인다[4]. 하지만 앞에서의 문제와 동일하게 소재기술에서 휘는 배터리와 케이블 배터리등 기술적인 문제에서 완벽하게 대응이 되어야 할 것이다[4]. 또한 이러한 기술적 문제가 해결 말고도 소프트웨어 개발도 중요한 요소이다. 단순 데이터 분석이 아닌 그 이후의 사후 처리도 중요한 요소이다. 개인에게 적합한 생활 패턴, 운동 방식 또는 걸음

걸이를 알려 줄 수 있는 소프트웨어가 개발이 된다면 피트니스 분야에 있어서 상당한 도움이 될 것이고 판매가 될 것이다.

Myagmar 등[10]은 실시간 케어가 가능한 스마트 트레이닝 신발 시스템에 대하여 연구를 하였는데 운동 트레이너에게 일괄적으로 운동 정보를 관리 할 수 있는 수단을 제공해주며 개인적으로는 개인별 특성에 맞춘 운동정보를 분석하는 알고리즘을 통해 본인에게 최적화된 운동관리 및 식단 관리를 할 수 있도록 제공을 할 수 있다고 하였다.

이렇듯 스마트 신발이 점차적으로 발전 되어나가고 있어 피트니스 분야에도 적용이 되기 시작 하였다. 센서의 기술적인 부분이 더 보완이 된다면 의료 분야에 있어서도 충분히 사용이 될 것으로 사료 되며 재활 분야에 있어 다양하게 적용이 될 수 있을 것으로 보여 진다[11].

추후 좀 더 개선된 스마트 신발을 사용하여 더 많은 인원 및 다양한 연령대와 성별을 대상으로 6분 보행검사 및 일어서서 걷기 검사를 하여 연구자 데이터와 스마트 신발 센서 데이터를 비교 분석하여 의료 분야에 적용시킬 수 있도록 해야 할 것이다. 또한 스마트 인솔이 아닌 지팡이(cane), 보행 보조기 등과 같은 보행에 도움이 되는 제품들에도 스마트 기술이 들어가 인솔과 같이 다양한 신체 데이터를 수집하여 분석 할 수 있도록 다양한 제품이 개발이 될 필요성이 있다고 생각 된다. 노인 인구가 늘어나면서 이러한 제품들의 사용빈도는 늘어나고 있으며 수요가 많아지고 있다[12, 13]. 앞으로는 스마트 신발뿐만 아니라 이러한 제품들도 같이 연동 되어 분석할 필요성이 있다고 판단된다.

REFERENCES

- [1] A. Schmid et al. (2007). Improvements in speed-based gait classifications are meaningful. *Stroke*, 38(7), 2096-100.
- [2] H. R. Jung & D. W. Oh. (2017). Influence of Walking Capacity and Environment on the Outcomes of Short- and Long-distance Walking Velocity Tests in Individuals with Chronic Stroke. *Physical Therapy Korea*, 24(3), 01-09.
- [3] S. J. Choi & D. W. Oh. (2012). The Effects of Intensive Chest Mobility Exercise on Increasing Pulmonary Function and Gait in Stroke Patients. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*, 51(2), 221-239.
- [4] S. M. Sim & D. W. Oh. (2011). Use of the 6-Minute Walk Test as Gait Therapy for Hemiplegic Patients: Possibility of Practice Effect by Providing Knowledge of Result. *Korean Journal of Health Promotion*, 11(1), 42-47.
- [5] J. S. Park & J. Y. Park. (2016). Market trends and business opportunities of the smart insole technology. *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, 20(7), 1389-1397.
- [6] C. H. Kim et al. (2008). Predicting Oxygen Uptake for Men with Moderate to Severe Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Tuberculosis and Respiratory Diseases*, 64(6), 1433-438.
- [7] S. H. Lee & B. Y. Hwang. (2008). The Correlations among the Dynamic Gait Index the Berg Balance Scale and Timed Up & Go Test in people with stroke. *The journal of Korean academy of physical therapy science*, 15(3), 1-8.
- [8] S. B. Park et al. (2014). Development of smart shoes with personalized mobile health management system. *Ergonomics Society of Korea*, 11, 141-144.
- [9] S. P. Jun, Y. Y. You & S. B. Park. (2016). Development of Smart Shoe with Musculoskeletal Injury Prevention and Monitoring System. *Korean Society of precision engineering*, 10, 599-600.
- [10] E. Myagmar, T. S. Kim & S. R. Kwon. (2017). Real Time Healthcare System using Smart Shoes. *THE INSTITUTE OF ELECTRONICS ENGINEERS OF KOREA*, 6, 1372-1373.
- [11] S. B. Park & S. K. Park. (2009). Validation of SMART technology controller's ability to calculate metabolic energy expenditure. *The Korean Journal of Physical Education*, 48(3), 499-506.
- [12] S. M. Kim. (2018). A Study on the Design Plan of UX for the Smart Healthcare for the Aged Society - Focused on IOT Technology. *Jour. of KoCona*, 18(11), 462-474.
- [13] G. Y. Lee & D. M. Lee. (2018). A Study on the Future Bathroom Coupled with Smart Healthcare System. *Journal of the Korea Convergence Society*, 9(3), 203-209

박 태 성(Park, Tae Sung)

[정회원]



- 2016년 2월 : 부산가톨릭대학교 물리치료학과 학사
- 2018년 2월 : 부산가톨릭대학교 물리치료학과 석사
- 2019년 3월 ~ 현재: 부산가톨릭대학교 물리치료학과 박사 과정

- 2017년 10월 ~ 현재 : 부산대학교병원 연구원
- 관심분야 : 재활, 물리치료, 융합
- E-Mail : tsbark@naver.com

신 명 준(Shin, Myung Jun)

[정회원]



- 2003년 2월 : 부산대학교 의학과 의학 학사
- 2009년 2월 : 부산대학교 의학과 재활의학 석사
- 2014년 8월 : 부산대학교 의학과 재활의학 박사

- 2019년 3월 ~ 현재 : 부산대학교병원 재활의학과 부교수
- 관심분야 : 재활, 물리치료, 융합
- E-Mail : drshinmj@gmail.com

이 은 이(Lee, Eun Lee)

[정회원]



- 2015년 2월 : 부산가톨릭대학교 물리치료학과 학사
- 2019년 3월 ~ 현재 : 인제대학교 보건대학원 보건관리학과 석사 과정
- 2016년 7월 ~ 현재 : 부산대학교병원 연구원

- 관심분야 : 재활, 물리치료, 융합
- E-Mail : tjdfyd_eorhd@naver.com