

정상인 대상으로 기능성 인솔과 결합한 보호형 양말이 발바닥 압력에 미치는 영향: 예비 실험 연구

정도영[†]

중부대학교 물리치료학과, 운동병리과학연구소

The Effect of Protective Socks Combined with Functional Insole on Plantar Foot Pressure in Healthy Adults: A Pilot Study

Do-Young Jung, PT[†]

Dept. of Physical Therapy, Kinesio-pathologic Institute, Joongbu University

Received: January 17, 2018 / Revised: January 17, 2018 / Accepted: January 30, 2018

© 2018 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: This study examined the ability of experimental socks combined with a functional insole to reduce plantar foot pressure in healthy subjects.

METHODS: The study enrolled 15 subjects. An in-shoe measurement device was used to measure the peak plantar pressure while walking. The peak forefoot, midfoot, and hindfoot plantar pressure data were collected under two conditions: the subjects were wearing their own socks and while they were wearing the experimental socks. The paired t-test was used to determine the differences in peak plantar pressure between the two conditions at all three positions.

RESULTS: Wearing the experimental socks resulted in a

significantly higher peak plantar pressure in the medial forefoot and midfoot areas than wearing one's own socks ($p < .05$), and also in significantly lower peak plantar pressure in the medial and lateral hindfoot ($p < .05$). However, there were no significant differences of peak plantar pressure between experimental and own socks in middle and lateral forefoot ($p > .05$).

CONCLUSION: The experimental socks combined with a functional insole decreased plantar pressure in the hindfoot and supported the medial longitudinal arch. However, it is necessary to change the design and material of the forefoot area in the functional insole to prevent foot ulcer at that location in people with diabetes mellitus.

Key Words: Diabetes mellitus, Insole, Peak plantar pressures, Socks, Ulcer

[†]Corresponding Author : Do-Young Jung

ptsports@joongbu.ac.kr, <http://orcid.org/0000-0002-1709-837X>

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.

I. 서론

당뇨병(Diabetes mellitus: DM) 환자의 약 1/3은 말초 신경병증, 혈관질환, 기형, 외상과 같은 당뇨 발(diabetic

foot)의 주요 위험요소에 노출되어 있다(Boulton 등, 2004; Reiber 등, 1999; Han과 Park, 2014). 당뇨 발 관리 부족으로 인해 당뇨병 인구의 2~7% 정도가 활성화된 족부 궤양(foot ulcer)을 경험하는 것으로 추정되며 이중 약 3%가 절단을 경험하게 된다(Kim 등, 2014). 당뇨 환자들의 발 합병증을 예방하기 위해 일반적인 족부 의학적 평가와 치료뿐만 아니라 자기관리법에 대한 환자교육, 피부와 발톱관리, 적절한 신발과 보호용 양말 착용과 같은 다양한 비수술적 방법들을 수행한다(Mayfield 등, 2004; McInnes 등, 2011). 따라서 사회적으로 당뇨 족부 궤양으로 인한 개인 및 건강관리 비용이 막대하게 지출되고 있다. 비록 신경병증이 궤양 발병에 주요한 요인이지만, 궤양은 일반적으로 신발과 인솔에서 흔히 인식 할 수 없는 경미한 조직 손상으로부터 발생된다(Macfarlane 등, 1997). 그러므로 당뇨 환자에게는 신발과 인솔은 중요하게 여겨지며 수정 가능한 발 궤양의 위험 요소로 간주된다는 것은 당연하다.

충격, 압력, 마찰 및 전단력(shear force)과 같은 발에 작용하는 다양한 스트레스는 보행 시 몸무게와 이러한 스트레스들이 함께 작용하여 감각이 없는 당뇨 발 구조를 손상시킨다(Garrow 등, 2005). 보행 시 몸무게에 의한 충격은 발이 지면에 처음 접촉 할 때 신체에서 발생하는 충격량이다. 이 충격량은 신체의 다른 구조물뿐만 아니라 발의 다양한 뼈와 연부조직의 장애를 일으키는 요인이다(Whittle, 1999). 높은 발바닥의 압력은 발 궤양 발생과 연관되어 있을 뿐 아니라(Frykberg, 1998) 발바닥 압력을 줄이는 것은 발 상처 치유에 중요한 요소이다(Armstrong 등, 2001; Boulton, 2004). 마찰은 피부에 작용하고 미끄럼에 저항하는 정적 또는 동적인 힘이다. 이 힘은 접촉 부위와 평행하게 작용하며 발이 바닥이나 신발 내부를 따라 움직임 시작 전에 저항력을 제공한다. 피부 표면에 국소적인 마찰은 피부 박리(exfoliation)를 유도하지만, 마찰이 지속되면 열이 발생되어 홍반과 물집을 일으킬 수 있다(Garrow 등, 2005). 단지 발의 외부 접촉면에만 발생하는 마찰과는 달리 전단력은 조직의 접촉면과 조직 내의 깊은 곳에 영향을 미치는 정적인 상태에서 설명할 수 있는 스트레스이다. 예를 들어, 발 뒤꿈치가 지면에 처음 접촉 할 때, 발과 지면 사이의

마찰은 발에 대해 후방으로 작용하는 수평 힘(전단)을 발생 시키며 이러한 힘이 반복적으로 발생하면 물집과 같은 피부와 깊은 조직의 직접적인 손상을 일으키거나 굳은살 형성 및 혈액 순환 장애와 같은 간접적인 손상을 일으킬 수 있다(Lord와 Hosein, 2000).

발에 작용하는 스트레스를 줄이기 위해 신발은 매우 중요한 요소이다(Bus 등, 2016). 우수한 충격 흡수력을 지닌 신발 창(sole)의 재료는 보행 시 몸무게에 의한 충격을 줄이기 위해 스포츠 신발, 일반 구두 그리고 처방된 맞춤형 신발에 사용된다. 많은 치료용 신발류(therapeutic in-shoe)의 주된 목적은 기립 혹은 보행 시 발의 다른 부위로 체중이동을 하게 하여 발의 압력을 재 분산시키는 것이다(Bus 등, 2016). 하지만 신발과 인솔은 실외에서만 발의 압력을 재 분산시킬 수 있다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 단점을 보완하기 위해 실내에서도 발의 압력을 재 분산시킬 수 있는 양말을 고안하였다.

양말(socks)은 발 궤양 발생 위험이 있는 발에 첫 번째 방어선을 제공 할 수 있기 때문에 상업적인 관점에서 다양한 당뇨용 양말이 국내·외에서 상용화 되고 있다. 이전 연구들에서 패딩 처리 된 양말(padded hosiery)이 발바닥 최대 압력을 줄일 수 있다는 직접적인 증거(Veves 등, 1989; Veves 등, 1992)와 물집 발생을 줄임으로써 마찰력과 전단력을 줄일 수 있다는 간접적인 증거가 있다(Herring과 Richie, 1990). 비록 이전 연구들에서 일반 양말과 비교했을 때 발바닥 전체 패딩 혹은 양말의 면사 조직 구성을 달리하여 당뇨 환자를 위한 양말을 개발하여 비교하였지만(Blackwell 등, 2002; Garrow 등, 2005; Veves 등, 1989; Veves 등, 1990), 아직까지 효과적으로 발바닥 압력을 줄일 수 있는 기능성 인솔을 결합한 양말은 없는 실정이다. 당뇨병은 최근 들어 한국을 포함한 아시아권 나라에서 발병률이 높아지고 있다. 이들 나라들은 실외뿐만 아니라 실내에서 주로 생활을 하기 때문에 단순히 양말에 패딩을 하거나 면사 구조를 달리해서는 효과적으로 발바닥 압력을 줄이거나 분산시킬 수 없다. 따라서 본 연구에서는 기능성 인솔을 결합한 시작품 양말을 개발하여 기존 양말과 비교하여 보행 시 최대 발바닥 압력을 비교하고자 하였다. 본 연구의

Table 1. Demographic data of subjects (N=15)

Sex (female/male)	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (Kg)	BMI (kg/m ²)
14/1	22.33±2.09	174.60±5.03	74.20±15.12	24.34±4.93

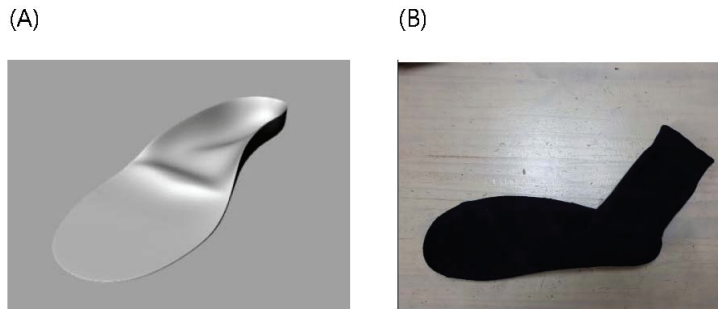


Fig. 1. Design of functional insole (A) and socks combined with functional insole (B).

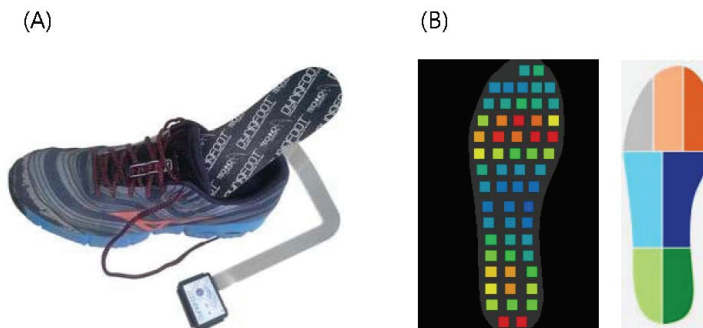


Fig. 2. Dynamic pressure mapping system (A. Insole sensor and module; B. Measurement areas of pressure).

가설은 다음과 같이 설정하였다. 보행 시 개발된 실험용 양말 착용이 대상자 본인의 양말을 착용하는 것 보다 뒷발과 앞발 부위에서는 최대 발바닥 압력이 낮고 중간 발의 내측 부위에서는 높을 것이다.

II. 연구방법

1. 대상자

본 연구를 위해 정상 성인 15명이 참여하였으며 대상자의 일반적인 특성은 Table 1에 제시하였다. 대상자의 선정조건으로 보행 장애, 발 통증, 그리고 발 기형이 없는 자로 하였다. 진단지 및 홍보물을 이용하여 대학교 내 지원자를 모집하였으며 대상자에게 본 실험에

대해 충분한 설명을 한 후 연구 동의서에 서명을 한 사람들 중 연구에 참여할 대상자를 모집하였다. 본 연구는 00대학교 기관생명윤리위원회의 승인을 받은 후 실험을 진행하였다(JIRB-2017111501-01-171218).

2. 측정도구

본 연구에서는 가로 아치 지지대, 뒷꿈치부와 세로 아치를 지지하는 발허리뼈 패드(metatarsal pad)를 지닌 우레탄 재질의 기능성 인솔을 양말에 결합한 실험용 양말을 사용하였다(Fig. 1). 기존 당뇨 양말은 양말 속 발바닥 면에 실리콘 재질로 얇게 패딩되거나 면사 조직을 달리하는 반면에 본 연구에서 사용되어지는 양말은 양말 내에 발바닥의 압력을 효과적으로 분산시키기 위해 쿠션 있는 재질로 가로와 세로 아치를 지지하는 형태

Table 2. Averaged values (kg/cm²) and change (%) of peak plantar pressures in each condition (Feet=30)

Plantar areas	Forefoot			Midfoot		Hindfoot	
	Medial	Middle	Lateral	Medial	Lateral	Medial	Lateral
Own hosiery	12.36 (2.74)	14.49 (3.45)	11.84 (3.07)	10.30 (3.38)	13.30 (4.00)	13.48 (1.98)	13.36 (2.20)
Experimental hosiery	12.96 (2.55)	14.32 (3.10)	11.48 (2.45)	11.64 (3.42)	13.81 (3.12)	12.58 (2.09)	12.77 (2.00)
% Change	+4.86%	-1.17%	-3.07%	+12.97%	+3.84%	-6.71%	-4.42%
p	.03	.57	.40	.00	.19	.00	.01

의 쿠션이 있는 재질로 디자인 설계한 인솔을 결합한 형태이다. 이전 연구들에서 인솔과 테이핑 기법과 같은 다양한 중재를 통해 발바닥 압력을 비교하고자 하였다 (Goo, 2011; Kim 등, 2011; Kim 등, 2012). 본 연구에서는 최대 발바닥 압력을 측정하기 위해 Dynamic pressure mapping system (DYNAFOOT2, TECHNO CONCEPT, France)을 활용하였다(Fig. 2). 인솔 안에 58개의 압력센서가 내장되어 있으며 앞발(forefoot)의 내·외측 부위, 중간발의 내·외측 그리고 뒷발의 내·외측 부위 총 7개 부위로 나누어 데이터 수집율(sampling rate) 100Hz로 발바닥 압력 변화를 측정하였다(Fig. 2). 최대 발바닥 압력 측정기에 대한 측정자내 신뢰도는 앞발(내측 ICC_{3,1}=.91; 중간 ICC_{3,1}=.97; 외측 ICC_{3,1}=.92), 중간(내측 ICC_{3,1}=.93; 외측 ICC_{3,1}=.77), 그리고 뒷발(내측 ICC_{3,1}=.89, 외측 ICC_{3,1}=.93) 부위별 모두 높았다.

3. 실험방법 및 자료분석

본 연구에서는 개발사업의 참여 연구보조원이 실험 진행과 자료수집을 하였다. 실험용 양말과 대상자 본인의 양말 착용 후 보행 시 최대 발바닥 압력을 종속변수로 자료를 수집하였다. 과도한 최대 발바닥 압력은 당뇨발의 발가락 기형 혹은 신경병증에서의 가장 일반적인 원인이다. 보행 속도를 일정하게 유지하기 위해 편안한 보행속도를 3회 측정하여 평균 보행속도를 산출하였다. 대상자가 15 m 길이가 확보된 복도에서 보행할 수 있도록 미리 보폭의 거리를 맞춘 다음 산출된 보행 속도와 메트로놈의 속도를 일치시키면서 5회 정도 예비보행을 시켰다. 인솔 형태의 압력센서를 미리 신발에 넣은 후 본인 양말 혹은 실험용 양말을 넣고 무선통신 모듈을 신발 끈 부위에 견고하게 부착시켰다.

각 대상자들은 실험용 양말과 자신의 양말 착용 순서를 무작위로 할당하기 위해 번호 1(실험용 양말) 또는 2(자신의 양말)로 분류된 카드를 추첨하여 선택하였다. 연습을 통해 보폭을 맞춘 각각의 대상자는 메트로놈 박자에 맞게 본인 양말과 기능성 인솔이 결합한 양말 착용 후 보행하는 동안 무작위로 5초간 3회 반복 측정하였다. 5초 동안 좌·우 발 각각 3개의 입각기에서의 발바닥 압력 자료가 수집되었으며 각 조건에서 3회 반복 측정된 3개중 두 번째 입각기에서의 최대 발바닥 압력의 평균값을 대표값으로 하였다. 측정된 압력 분포 자료는 DYNAFOOT2 프로그램을 이용하여 두 가지 보행 조건에서 발가락, 앞발, 중간발, 그리고 뒷발의 각 영역을 구분하여 최대 발바닥 압력을 분석하였다. 대상자 본인 양말과 실험용 양말 착용 시 최대 발바닥 압력 차이를 비교하기 위해 짝 비교 t-검정(paired t-test)를 실시하였으며 유의수준 p=.05로 하였다. 자료의 통계처리를 위해 Window SPSS 19.0 프로그램을 이용하여 처리하였다.

III. 연구결과

Table 2는 두 가지 조건에서의 보행 시 발바닥의 각 부위별 최대 발바닥 압력의 평균값과 변화율을 보여준다. 본 연구 결과, 실험용 양말(중간발 내측 부위=11.64 kg/cm²; 앞발 내측 부위=12.96 kg/cm²)이 대상자 본인 양말(중간발 내측 부위=10.30 kg/cm²; 앞발 내측 부위=12.36 kg/cm²) 보다 중간발과 앞발의 내측 부위에서 유의하게 더 높은 최대 발바닥 압력을 보여주었다(중간발 내측 부위 변화율=12.97%; 앞발 내측 부위 변화율

=4.86%)(Table 2)($p<.05$). 그리고 실험용 양말(뒷발의 내측 부위=12.58 kg/cm²; 외측 부위=12.77 kg/cm²)이 대상자 본인 양말(뒷발 내측 부위=13.48 kg/cm²; 외측 부위=13.36 kg/cm²)보다 뒷발의 내·외측 부위 모두 유의하게 최대 발바닥 압력이 낮았다(뒷발 내측 부위 변화율=-6.71%; 외측 부위 변화율=-4.42%)(Table 2)($p<.05$). 앞발의 중양과 외측 부위에서는 실험용 양말과 대상자 본인 양말 착용 조건 사이에서 유의한 차이가 없었다(Table 2)($p<.05$).

IV. 고찰

본 연구에서는 기능성 인솔을 결합한 시작품 양말을 개발하여 보행 시 최대 발바닥 압력을 기존 양말과 비교하고자 하였다. 많은 이전 연구에서 발바닥 압력을 줄여 당뇨 궤양을 예방하기 위한 신발과 발 보조기에 대해 보고하였지만(Bus 등, 2013; Ulbrecht 등, 2014), 당뇨용 양말과 관련한 선행 연구는 몇몇 되지 않는다. 당뇨용 양말에 대한 주요 성능지표로서 최대 발바닥 압력을 사용했던 4개의 선행연구가 있었으며, 대부분의 이전 연구들에서 패딩된 양말이 최대 발바닥 압력을 감소시켰다고 보고하였으며, 적절한 신발 및 발 보조기와 함께 패딩된 당뇨용 양말 착용이 발 궤양 발생을 예방할 수 있다고 제안하였다(Blackwell 등, 2002; Garrow 등, 2005; Veves 등, 1989; Veves 등, 1990). Veves 등(1990)은 10명의 당뇨환자를 대상으로 6개월 동안 패딩된 실험용 양말을 착용하여 추적조사 한 결과, 3개월 지나고 나서 15.5% 그리고 6개월에서는 17.6% 유의하게 앞발 부위의 최대 발바닥 압력이 감소되었다고 보고하였다. Garrow 등(2005)은 궤양이 없는 당뇨 환자 19명을 대상으로 다층구조의 실험용 양말(multilayered hosiery)이 일반 양말과 비교하였을 때 보행 중 앞발의 최대 발바닥 압력은 10.2% 감소시켰다고 보고하였다. Veves 등(1989)은 신경병증이 있는 27명의 당뇨환자를 대상으로 대상자 자신의 양말(평균=14.25 kg/cm²) 혹은 맨발 보행(평균=14.08 kg/cm²)과 비교하였을 때 실험용 양말(평균=10.47 kg/cm²)이 발허리뼈 머리 부위에서 유의하

게 약 26%의 최대 발바닥 압력을 줄였다고 보고하였다. 본 연구에서 대상자 자신의 양말 착용 시 앞발 중간 부위에서의 최대 발바닥 압력이 14.49 kg/cm²로 이전 연구와 유사하였지만, 실험용 양말과 비교하였을 때 1.17% 감소하였으나 유의한 차이는 없었다. 따라서 당뇨 궤양의 호발 부위를 고려하여 인솔의 앞발 부위의 설계와 재료의 선택 변화가 필요할 것이다.

신경병증 발바닥 궤양은 첫 번째, 두 번째, 세 번째 발허리뼈 머리에서 흔히 발생되며, 발목관절의 제한으로 중간발의 아치가 무너져 있는 Charcot 발 기형에 의해 궤양이 중간발 부위에 발생할 수 있다(Ctercteko 등, 1981). 발 궤양 호발 부위에 대한 이전 문헌 고찰을 통해 본 연구에서는 기존의 당뇨용 양말과 달리 보행 시 발바닥의 압력을 분산시킬 수 있도록 양말 내에 내측 아치 지지대, 뒤꿈치부, 그리고 횡 아치를 지지하는 발허리뼈 패드를 구성한 인솔을 결합하였다. 본 연구 결과, 뒷발 내·외측 부위의 최대 발바닥 압력은 모두 유의하게 감소하였으며, 이는 보행 시 뒤꿈치부의 쿠션에 의해 뒤꿈치 닿기 시 발의 충격을 완화시켜 대부분의 대상자들이 편안함을 호소하였다. 반면에 중간발 내측 부위에서는 최대 발바닥 압력이 유의하게 증가하였다. 본 연구의 결과와 유사한 Farzadi 등(2015)의 연구에서 아치지지대가 있는 발 보조기 착용(중간발 내측=13.6 kPa; 발허리뼈 머리=129.9 kPa)이 단지 신발(중간발 내측=30.2 kPa; 발허리뼈 머리=109.4 kPa)만 착용 했을 때보다 중간발의 내측부위의 최대 발바닥 압력이 유의하게 증가된 반면에 발허리뼈 머리의 최대 발바닥 압력은 감소되었다고 보고하였다. 이들은 아치지지대가 앞발에 위치한 발허리뼈 머리의 최대 발바닥 압력 감소 효과를 일으켰다고 언급하였다. 하지만 본 연구 결과, 발허리뼈 머리가 위치한 앞발의 최대 발바닥 압력은 유의하게 높거나 차이가 없었다. 향후에 양말과 결합한 인솔의 아치지지대의 높이와 각도의 변화를 주어 앞발의 최대 발바닥 압력을 줄일 수 있도록 설계 변화가 필요하다.

이전 연구들에서 발허리뼈 패드가 달리기와 보행 시 각각의 대상자에게 발허리뼈 패드를 발허리뼈 몸쪽에 위치시켜 앞발의 유의하게 압력 감소 효과를 달성했다

고 보고하였다(Hayda 등, 1994; Hsi 등, 2005; Nordsiden 등, 2010). 비록 앞발의 중간과 외측부위에서는 최대 발바닥 압력은 감소하였으나 내측 부위에서 압력은 4.86% 유의하게 증가하였다. 이러한 차이는 대상자간의 차이, 신발, 그리고 발허리뼈 머리의 위치와 같은 다양한 방법론으로 설명할 수 있다. Hsi 등(2005)은 발허리뼈 패드에 의해 생성된 최대 발바닥 압력이 발허리뼈 머리의 바로 몸쪽에 위치해 있을 때 발허리뼈 머리의 최적의 압력 감소는 달성할 수 있다고 보고하였다. 이전 연구에서는 대상자 개인의 발허리뼈 머리 위치에 따라 발허리뼈 패드를 조정하여 제작 혹은 기존 인솔에 부착했지만 본 연구에서는 인솔의 앞발부위에 위치시켜 대상자들의 발허리뼈 머리의 해부학적 위치의 다양성으로 최적의 위치를 만족하지 못했기 때문에 이전 연구와 차이가 있었다고 사료된다. 또 다른 이유로는 측정장비의 한계로 발바닥의 부위별로 분석을 해야만 하였기에 정확한 발허리뼈 머리에서의 발바닥 압력을 측정하지 못했기 때문이다. 앞발의 내측부위의 압력부위가 증가했던 이유는 발허리뼈 머리의 압력이 감소되면서 추진 시 엄지발가락의 압력이 대상자 자신의 양말을 착용했을 때 보다 증가되었을 것이라 사료된다. 향후 연구에서는 실제 발허리뼈 머리의 압력을 측정하기 위해 발허리뼈 머리에 직접 압력 센서를 부착하여 최대 발바닥 압력을 측정할 필요가 있다.

당뇨 양말은 항균, 혈액순환, 피부건조 예방 그리고 이음새(seamless)가 없어야 하는 조건들이 있다. 이전 연구에서 당뇨 양말의 효능을 평가하기 위해 발바닥 압력 변화뿐만 아니라 피부 습기와 온도를 알아보았다. Banchellini 등(2008) 6주간 무작위 시험에서 피부 수분 함량을 높이기 위한 피부 연화제의 마이크로 캡슐이 들어있는 합성 폴리 아미드 섬유로 구성된 새로운 나노 기술이 주입된 양말 디자인을 발표하였다. Yick 등(2013)은 2명의 당뇨병 환자에서 보호 양말로 피부 온도와 습도가 증가하였다고 보고하였다. 비록 본 연구에서는 발 궤양의 주요 발생요인인 최대 발바닥 압력을 알아보았지만, 향후 연구에서는 개발한 기능성 인솔을 결합한 양말을 착용 시 피부 습기와 온도 변화를 알아볼 필요가 있다.

본 연구에서는 몇 가지 제한점이 있다. 첫 번째로, 당뇨 환자가 아닌 정상 성인을 대상으로 실험용 당뇨양말을 적용하였기 때문에 본 연구의 결과를 당뇨 환자에게 일반화할 수 없다는 점이다. 두 번째로는 당뇨용 양말의 착용 기간이다. 본 연구에서는 당뇨용 양말 착용 직후 발바닥 압력을 측정하였지만 장기간의 효과를 알아보지 못했다. 세 번째 제한점으로 본 연구는 인솔과 결합한 양말의 시작품을 가지고 예비실험한 단계여서 아직까지는 타 연구에 비교하여 변화율이 낮아서 임상적인 의미를 찾기는 힘들다. 마지막으로 상용화되고 있는 기존 당뇨 양말과 비교하여 최대 발바닥 감소 효과에 대한 비교하지 못했다는 점이다. 향후 연구에서는 당뇨 환자를 대상으로 기존 당뇨 양말과 비교하여 장기간 착용 후 발바닥 압력 변화뿐만 아니라 당뇨 궤양 발생 정도를 알아볼 필요가 있을 것이다.

V. 결론

본 연구에서는 기능성 인솔을 결합한 당뇨용 양말을 개발하여 기존 양말과 비교하여 보행 시 발바닥 최대 발바닥 압력을 비교하고자 하였다. 본 연구 결과, 기능성 인솔과 결합한 실험용 당뇨 양말이 뒷발의 최대 발바닥 압력을 감소시키고 발의 안쪽 아치를 지지하였지만, 앞발의 최대 발바닥 압력 감소 효과는 없었다. 따라서 당뇨 환자의 당뇨 궤양 발생 예방에 도움이 되도록 인솔의 앞발 부위의 설계와 재료 선택 변화가 필요할 것이다.

Acknowledgements

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2017년도 산학협력 기술개발사업(No. C0508835)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

References

- Armstrong DG, Nguyen HC, Lavery LA, et al. Off-loading the diabetic foot wound: a randomized clinical trial. *Diabetes Care*. 2001;24:1019-22.
- Banchellini E, Maccharini S, Valentia D, et al. Use of nanotechnology-designed foot sock in the management of pre-ulcerative conditions in the diabetic foot: results of a single blind randomized study. *Int J Low Extrem Wounds*. 2008;7(2):82-7.
- Blackwell B, Aldridge R, Jacob S. A comparison of plantar pressure in patients with diabetic foot ulcers using different hosiery. *Int J Low Extrem Wounds*. 2002;1:174-8.
- Boulton AJM, Kirsner RS, Vileikyte L. Neuropathic diabetic foot ulcers. *N Engl J Med*. 2004;351:48-55.
- Bus SA, van Deursen RW, Armstrong DG, et al. Footwear and offloading interventions to prevent and heal foot ulcers and reduce plantar pressure in patients with diabetes: a systematic review. *Diabetes Metab Res Rev*. 2016;32(1):99-118.
- Bus SA, Waaijman R, Arts M, et al. Effect of custom-made footwear on foot ulcer recurrence in diabetes: a multicenter randomized controlled trial. *Diabetes Care*. 2013;36(12):4109-16.
- Ctercteko GC, Dhanendran M, Hutton WC et al. Vertical forces acting on the feet of diabetic patients with neuropathic ulceration. *Br J Surg*. 1981;68(9):608-14.
- Farzadi M, Safaeepour Z, Mousavi ME, et al. Effect of medial arch support foot orthosis on plantar pressure distribution in females with mild-to-moderate hallux valgus after one month of follow-up. *Prosthet Orthot Int*. 2015;39(2):134-9.
- Frykberg RG, Lavery LA, Pham H, et al. Role of neuropathy and high foot pressures in diabetic foot ulceration. *Diabetes Care*. 1998;21:1714-9.
- Han SH, Park YC Amputation in diabetic foot ulcer and infection, *J Korean Foot Ankle Soc*. 2014;18:8-13.
- Garrow AP, van Schie CH, Boulton AJ. Efficacy of multilayered hosiery in reducing in-shoe plantar foot pressure in high-risk patients with diabetes. *Diabetes Care*. 2005;28(8):2001-6.
- Goo BO. The effect of height increase elevator shoes insole on gait and foot pressure. *J Korean Soc Phys Med*. 2011;6(2):199-205.
- Hayda R, Tremaine M, Tremaine K, et al. Effect of metatarsal pads and their positioning: a quantitative assessment. *Foot Ankle Int*. 1994;15(10):561-6.
- Herring K, Richie D. Friction blisters and sock fiber composition. A double-blind study. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1990;80:63-71.
- Hsi WL, Kang JH, Lee XX. Optimum position of metatarsal pad in metatarsalgia for pressure relief. *Am J Phys Med Rehabil*. 2005;84(7):514-20.
- Kim SG, Ryu YU, Kim HD. The effects of insole supporting medial longitudinal arch while walking in spastic cerebral palsy with pes planus. *J Korean Soc Phys Med*. 2012;7(4):471-80.
- Kim TH, Koh EK, Jung DY. The effect of arch support taping on plantar pressure and navicular drop height in subjects with excessive pronated foot during 6 weeks. *J Korean Soc Phys Med*. 2011;6(4):489-96.
- Kim YM, Cho DG, Kang SH. An empirical analysis on geographic variations in the prevalence of diabetes. *Health Soc Welf Rev*. 2014;34:82-105.
- Lord M, Hosein R: A study of in-shoe plantar shear in patients with diabetic neuropathy. *Clin Biomech*. 2000;15: 278-83.
- Macfarlane RM, Jeffcoate WJ: Factors contributing to the presentation of diabetic foot ulcers. *Diabet Med*. 1997;14:867-70.
- Mayfield JA, Reiber GE, Sanders LJ, et al. Preventive foot care in diabetes. *Diabetes Care*. 2004;27(Suppl 1): S63-4.
- McInnes A, Jeffcoate W, Vileikyte L, et al. Foot care education in patients with diabetes at low risk of complications:

- a consensus statement. *Diabet Med.* 2011;28(2):162-7.
- Nordsiden L, Van Lunen BL, Walker ML, et al. The effect of 3 foot pads on plantar pressure of pes planus foot type. *J Sport Rehabil.* 2010;19(1):71-85.
- Reiber GE, Vileikyte L, Boyko EJ, et al. Causal pathways for incident lower-extremity ulcers in patients with diabetes from two settings. *Diabetes Care.* 1999;22:157-62.
- Ulbrecht JS, Hurley T, Mauger DT, et al. Prevention of recurrent foot ulcers with plantar-pressure based in-shoe orthoses: The Careful prevention multicenter randomized controlled trial. *Diabetes Care.* 2014; 37(7):1982-9.
- Veves A, Boulton AJM, Hay EM: The use of specially padded hosiery in the painful rheumatoid foot. *Foot.* 1992; 1:175-7.
- Veves A, Masson E, Fernando D, et al. Use of experimental padded hosiery to reduce abnormal foot pressures in diabetic neuropathy. *Diabetes Care.* 1989;12:653-5.
- Veves AME, Fernando DJ, Boulton AJ. Studies of experimental hosiery in diabetic neuropathic patients with high foot pressures. *Diabet Med.* 1990;7:324-6.
- Whittle MW: Generation and attenuation of transient impulsive forces beneath the foot: a review. *Gait Posture.* 1999; 10:264-75.
- Yick KL, Cheung NC, Leung KY, et al. Effects of different types of socks on plantar pressures, in-shoe temperature and humidity in diabetic patients. *J Donghua Univ.* 2013;30(5):397-400.