



한국여성체육학회지, 2021. 제35권 제3호. pp. 119-129
 Journal of Korean Association of Physical Education and Sport for Girls and Women
 2021. Vol.35, No.3, pp. 119-129
<https://doi.org/10.16915/jkapesgw.2021.9.35.3.119>(ISSN 1229-6341)

보행시 스마트인솔의 발부위별 착지시간에 대한 신뢰도 및 타당도 검증*

최문정(엑스코웍스스포츠브레인연구소, 대표)·양서은(이화여자대학교 신산업융합대학 대학원 체육과학부, 대학원 시스템헬스융합 박사과정생)·김민진(이화여자대학교, 학부생)·김재원(이화여자대학교, 학부생)·강경훈((주)솔티드, 기술이사)·조형진((주)솔티드, 대표)·이경옥** (이화여자대학교 신산업융합대학 체육과학부, 대학원 시스템헬스융합 교수)

국문초록

본 연구는 보행시 스마트인솔에서 측정된 착지시간에 대해 측정도구 간-측정도구 내 신뢰도와 준거검사도구인 족압분포측정기를 이용하여 수렴 타당도를 검증하는 것이다. 실험 참여자는 20대 여성 30명이다. 보행시 발이 지면에 닿은 입각기 시간과 족압은 8m 보행주로에서 5번째 걸음시를 측정하였으며, 발형태(정상족, 요족, 편평족)와 발부위(입각기, 1번째 중족골, 2번째 발가락, 5번째 중족골, 발뒤꿈치)별로 구분하였다. 발유형별 차이검증을 위하여 일원분산분석(one-way ANOVA)과 측정도구 간 차이검증을 위하여 대응 표본 *t*-검증(Paired *t*-test)을 실시하였으며, 측정도구 내-측정도구 간 신뢰도를 분석하기 위해서 급간 내 상관계수(intraclass correlation coefficients; ICC)를 산출하였다. 수렴 타당도를 평가하기 위하여 두 측정도구 간의 상관관계(correlation)를 통해 검증하였다. 모든 자료는 IBM SPSS Statistics 25.0으로 분석하였다. 그 결과 측정도구 간 신뢰도는 정상족에서(ICC=.770~.826), 측정도구 내 신뢰도는 모든 발유형에서 높은 신뢰도(ICC=.836~.937)를 보였고, 수렴 타당도의 경우 정상족에서는 비교적 높은 수준($r=.682\sim.723$)을 보였지만, 요족($r=.487\sim.604$)과 편평족($r=.364\sim.230$)에서는 낮은 수준의 타당도를 보였다. 따라서 스마트인솔은 정상족의 경우 입각기와 일부 발부위에서 높은 신뢰도와 타당도가 확보되어 활용이 가능하지만, 요족과 편평족을 대상으로는 추가적인 검증이 필요하며, 발부위별 센서의 위치, 형태 등에 대한 후속연구는 추후과제로 한다.

한글주요어 : 보행, 스마트인솔, 착지시간, 신뢰도, 타당도

* Acknowledgement: This research was supported by the Korea Technology and Information Promotion Agency for SMEs (TIPA, Korea) (No.S3030742) and Salted.ltd(Korea). 본 연구는 중소기업기술정보진흥원(TIPA)와 (주)솔티드의 지원을 받아 수행된 연구임(No.S3030742).

** 이경옥, 이화여자대학교, E-mail : yikok@ewha.ac.kr

I. 서론

보행은 건강을 대표하는 중요한 요인 중 하나로 질병을 예방하고 관리하기 위하여 필수적이며, 건강 보험제도 국민인식조사에 의하면 19-69세의 89.2%가 건강관리를 중요하게 인식하고 있다(국민 건강보험공단, 2019). 우리 국민들이 많이 참여하는 생활체육 종목은 걷기가 56.7%로 가장 높게 나타났다(대한민국 정책브리핑, 2020(www.korea.kr)) 이처럼 건강인식의 중요성이 증가하고 최근 기술의 발달로 건강과 관련된 웨어러블 장비를 활용한 다양한 모니터링 방법에 대하여 일반인의 관심이 높아졌다. 건강과 관련하여 가장 대표적으로 활용되는 것은 개인의 보행을 모니터링하는 것이다.

특히 정보통신(ICT) 기술의 발달로 보행 분석을 위해 이미지 처리, 바닥 센서 및 웨어러블 센서 방식이 활용되고 있다(Muro-De-La-Herran et al., 2014). 카메라를 이용한 이미지 처리 방식과 바닥의 센서를 활용하여 분석하는 방식은 특정한 장소에서만 수행할 수 있는 제약이 있는 반면, 웨어러블 센서 방식은 공간적인 제약이 없다는 장점이 있다(Bamberg et al., 2008).

따라서 웨어러블 센서를 활용한 스마트인솔이 보행을 추적하는 용도로 일반인에게 많이 상용화되어 있다. 이러한 스마트인솔은 보행을 분석하기 위하여 여러개의 센서를 내장하여 발부위별 착지시간, 족압, 보행수, 활보장 등에 관한 다양한 정보를 제공해준다. 이러한 웨어러블 장비는 유용성, 편의성, 이동성의 장점을 제공하고 있으나 전문장비를 이용

하여 측정된 정보에 비하여 다소 신뢰도가 떨어진다는 한계점이 있다(Bamberg et al., 2008; Krebs et al., 1985).

더욱이 웨어러블 장비를 활용한 대부분의 연구가 보행수, 활보장, 발전체를 변인으로 타당도, 신뢰도 검증연구를 진행하고 있다(양세종 등, 2021; 이경옥, 2010; Braun et al., 2015).

뒤꿈치부터 착지(heel strike)하여 엄지발가락으로 밀어내는(toe off) 과정이 반복적으로 나타나는 보행은 부위별 충격의 크기, 충격부하를(이경옥, 2006), 아치기능 및 구간 효율성 등에 대한 분석이 요구됨에도 불구하고 발부위별 착지시간에 대한 신뢰도 및 타당도에 대한 연구가 미비한 실정이다. 특히 발부위별 착지시간은 보행주기와 연관되어 보행의 안정성과 균형능력에도 관련이 있기 때문에 중요한 변인이라고 할 수 있다(Rossi & Tennat, 1984).

본 연구의 목적은 보행시 발 부위별 착지시간의 측정이 가능한 웨어러블 장비인 스마트인솔(Salted, Korea)을 이용하여 장비의 신뢰도를 확인하고자 한다. 또한 준거측정장비와 스마트인솔의 상관관계를 분석하여 수렴 타당도(convergent validity)를 검증하는 것이다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상은 건강한 만20-30대 성인 여성 30명으로 선정하였다. 연구 대상자의 수는 G power 3.1.9.7프로그램을 이용하여 산정하였으며,

유의수준 .05, 검정력 .95, 효과크기 .8의 조건에서 최소 9명이 요구되었고, 탈락율을 고려하여 발유형별 총 3개의 집단(정상족, 편평족, 요족)을 각 10명씩 총 30명(n=60족)을 대상으로 실시하였다.

대상자 선정기준은 근골격계질환 및 기저질환이 없으며 별도의 장비 없이 스스로 보행이 가능한 자로 하였다. 제외 기준은 악성종양, 주요우울증, 의사소통장애, 중대한 심혈관계, 호흡기, 간, 혈액계 질환, 임신부, 스스로 보행이 불가능한 자로 하였다. 모든 참여자에게 연구목적과 방법에 대한 충분한 설명을 제공하였으며, 자발적으로 연구참여 동의서에 서명한 자를 연구대상으로 설정하였으며, 이화여자대학교 기관생명윤리위원회(Institutional Review Board, IRB)의 승인을 받아 연구를 진행하였다(ewha-202103-0027-01).

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

변인	Mean±SD		
	정상족(N=10)	편평족(N=10)	요족(N=10)
신장(cm)	163.3±4.8	162.8±4.7	163.5±5.7
체중(kg)	60.0±7.8	54.0±6.2	56.9±5.9
BMI(kg/m ²)	22.5±2.6	20.3±1.8	21.3±1.8
발사이즈(cm)	241.5±6.9	240.5±6.3	241.5±7.3

2. 연구 절차

연구대상자의 발형태 분류를 위해 안정 시 종골 기립 각도를 측정(RCSP: Resting Calcaneal Stance Position)하였다(그림 1). 참여자를 복와위(prone position)로 엎드리게 한 다음, 열린 사슬 구조(open kinetic chain)에서 발뒤꿈치 뼈(Calcaneus)의 안쪽과 바깥쪽의 경계면(border)

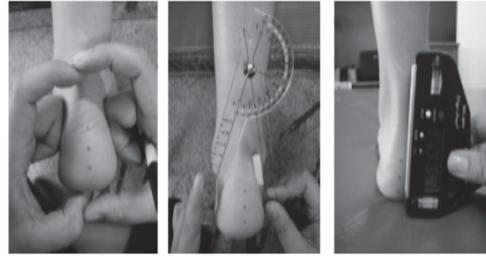


그림 1. RCSP 측정(김남희재인용,2013)

을 잡아서, 그사이 중앙점을 표시하였다. 그 다음으로 참여자를 기립한 상태로 가볍게 두세걸음 걷게 한 후 휴지기 시의 기립자세를 시킨 뒤, 각도기를 이용하여 지면과 이루는 각도를 측정하였다. 정상족(Pes Rectus)은 $\pm 2^\circ$, 편평족(Pes Planus)은 -3° 이하 족궁이 낮아 발바닥의 대부분이 지면에 닿는 형태, 요족(Pes Cavus)은 $+3^\circ$ 이상의 값으로 족궁의 높이가 높은 형태이다(김남희, 2013).

보행 시 발부위별 착지시간을 측정하기 위하여 실험실 내 8m 보행주로에서 100bpm의 속도로 보행을 실시하였으며, 5번째 걸음 시 착지시간의 값을 추출하였다(박수진, 김진상, 2010). 이 때, 착지시간은 발뒤꿈치 닿기에서부터 발가락이 떨어질 때 까지의 입각기(Stance Phase)의 접촉시간(ms)을 말한다(그림 3).



그림 2. 스마트인솔(하)을 부착한 상태로 준거검사도구(상)를 활용한 보행실험장면

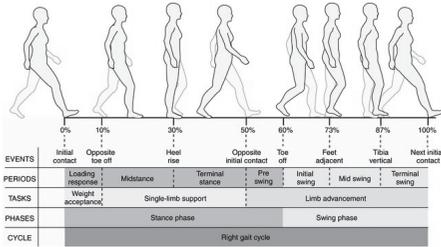


그림 3. 보행주기(Gait Cycle)

검사도구 내 신뢰도를 확인하기 위하여 모든 참여자를 3회씩 측정하였으며, 신발의 구조와 재질로 인한 영향을 배제하기 위하여 신발을 착용하지 않고, 스마트인솔을 발바닥에 부착한 상태로 준거검사도구(EMED-LE)를 활용하여 수렴타당도를 확인하였다.

3. 측정 도구

본 연구에서 사용된 스마트인솔(Salted, Korea)은 상용화된 제품으로 인솔 내 4개의 센서가 발부위별(1:1번째 중족골, 2:2번째 발가락, 3:5번째 중족골, 4:발뒤꿈치)로 내장되어 있다(그림 4). 이 센서를 통해 발부위별 정적, 동적 상태의 착지시간 및 족압에 대한 전기신호를 평가할 수 있으며, 어플리케이션과 연동하여 데이터를 저장하고 모니터링할 수 있다.



그림 4. 스마트인솔(좌)와 준거검사도구(우)의 발부위별 센서매칭

스마트인솔의 수렴 타당도를 입증하기 위하여 활용된 준거검사도구는 노블(Novel)사의 족압분포 측정기(EMED-LE Measurement system)로 편평한 지면 위의 발부위별 족압력분포를 측정하는 장비이며, 2,816개의 센서를 활용하여 정적, 동적 상태의 발에 가해지는 힘, 압력, 접지면적, 착지시간 등에 대한 측정과 평가를 할 수 있다(ICC=.85~.90)(Scholz et al, 2017).

4. 자료 분석

본 연구에서 얻어진 모든 자료는 IBM SPSS Statistics 25를 이용하여 분석되었다. 발유형별 보행시 착지시간은 기술통계로 산출되었으며, 발유형별 차이검증을 위하여 일원분산분석(one-way ANOVA)과 측정도구간 차이검증을 위하여 대응 표본 t-검증(Paired t-test)을 실시하였다.

검사도구 내(1차, 2차, 3차), 검사도구 간(준거검사-스마트인솔) 신뢰도를 분석하기 위해서 급간 내 상관계수(intraclass correlation coefficients; ICC)를 사용하였다. 준거검사도구로 측정된 착지시간과 스마트인솔로 측정된 착지시간의 수렴 타당도를 평가하기 위하여 상관관계(correlation)를 통해 검증하였다. 이 때, 모든 통계의 유의수준(α)은 .05로 설정하였다.

III. 결과 및 논의

1. 보행 시 발유형별 입각기 착지시간에 대한 발유형별 차이검증

준거검사도구인 족압분포측정기(emed)와 스마

표 2. 보행 시 착지시간에 대한 발유형별 및 측정도구간 차이검증

		Mean±SD			F(p)
		정상족(n=20족)	요족(n=20족)	편평족(n=20족)	
입각기	emed	720.3 ± 47.2	717.3 ± 41.5	722.0 ± 50.3	.052
	스마트인솔	634.2 ± 59.8	661.4 ± 70.4	647.7 ± 48.9	1.016
	t(p)	9.292***	4.044**	5.405***	
1번째 중족골	emed	481.3 ± 72.9	528.7 ± 47.8	487.3 ± 71.3	3.141
	스마트인솔	382.8 ± 110.8	466.7 ± 130.9	369.6 ± 142.7	3.338
	t(p)	5.434***	2.546*	3.63.**	
2번째 발가락	emed	412.7 ± 79.2	452.2 ± 91.0	375.8 ± 125.8	2.585
	스마트인솔	154.6 ± 100.6	150.2 ± 114.1	129.4 ± 115.7	.297
	t(p)	10.041***	10.597***	5.462***	
5번째 중족골	emed	532.0 ± 47.5	556.3 ± 48.6	522.7 ± 68.0	1.959
	스마트인솔	414.1 ± 137.4	412.1 ± 190.2	350.4 ± 145.5	1.035
	t(p)	4.270***	3.657**	5.010***	
발뒤꿈치	emed	428.3 ± 55.6	420.3 ± 70.6	441.7 ± 60.1	.597
	스마트인솔	390.2 ± 109.2	432.3 ± 116.5	407.0 ± 95.7	.776
	t(p)	1.700	.432	1.291	

$p < .05$, $p < .01$, $p < .001$

트인솔로 측정된 발유형별 보행 시 착지시간의 차이는 <표 2>와 같다. 먼저, 발유형별 차이를 비교한 결과 준거검사도구와 스마트인솔 모두 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 보행 시 발유형에 따라 특성이 다르다는 선행연구와 상이한 결과이다(박승범 등, 2009). 다만, 이효택, 김용재(2010)의 연구처럼 본 연구에서도 보행 속도를 100bpm으로 통제하였기 때문에 발유형별로 착지시간에 대한 차이가 없는 것과 유사한 결과가 나타난 것으로 사료되어진다.

발유형별 착지시간의 차이를 준거검사도구와 스마트인솔 간 비교한 결과, 세 가지의 발유형 모두 발뒤꿈치를 제외하고 1번째 중족골, 2번째 발가락, 5번째 중족골에서 준거검사도구를 이용한 착지시간이 유의하게 길었다($p < .05$, $.01$, $.001$).

2. 보행 시 발유형별 착지시간에 대한 신뢰도 검증

1) 측정도구 간 일치도

준거검사도구와 스마트인솔에 의해 측정된 보행 시 착지시간의 발부위별 측정도구 간 신뢰도는 입각기(ICC=.619)와 1번째 중족골(ICC=.581)에서 비교적 좋은 신뢰도 값을 보였으며, 나머지 2번째 발가락, 5번째 중족골, 발뒤꿈치에서는 낮은 신뢰도 값을 보였다(표 3). 발유형별로 나누어 분석한 결과, 정상족에서 가장 높은 신뢰도값을 보였으며(ICC=.826), 요족은 비교적 좋은 신뢰도 결과값(ICC=.598), 편평족은 낮은 신뢰도 값(ICC=.374)를 보여주었다(표 4). 이러한 결과는 발유형 및 구조에 따라 보행 기전의 다양한 차이가 발생한다는 선행연구들과 유사하다(조혜영, 2015; Razeghi & Batt, 2002). 특히 스마트인솔의 경

표 3. 측정도구 간 일치도(Inter-rater reliability) (n=60족)

보행시 발부위별 착지시간(ms)	Mean±SD		ICC	95%CI
	emed	스마트인솔		
입각기	719.9 ± 45.7	647.7 ± 60.3	.619	.361~.772
1번째 중족골	499.1 ± 67.3	406.4 ± 133.8	.581	.299~.750
2번째 발가락	412.1 ± 103.5	144.7 ± 109.0	-.083	-.848~.365
5번째 중족골	537.0 ± 56.4	392.2 ± 159.5	.326	-.129~.597
발뒤꿈치	430.1 ± 62.0	409.8 ± 107.1	.226	-.296~.538

표 4. 발유형별 측정도구 간 일치도(Inter-rater reliability)

	보행시 부위별 착지시간(ms)	Mean±SD		ICC	95%CI
		emed	스마트인솔		
정상족 (n=20족)	입각기	720.3 ± 47.2	634.2 ± 59.8	.826	.560~.931
	1번째 중족골	481.3 ± 72.9	382.8 ± 110.8	.770	.420~.909
	2번째 발가락	412.7 ± 79.2	154.6 ± 100.6	.324	-.707~.733
	5번째 중족골	532.0 ± 47.5	414.1 ± 137.4	.437	-.422~.777
	발뒤꿈치	428.3 ± 55.6	390.2 ± 109.2	.497	-.272~.801
요족 (n=20족)	입각기	717.3 ± 41.5	661.4 ± 70.4	.598	-.017~.841
	1번째 중족골	528.7 ± 47.8	466.7 ± 130.9	.561	-.110~.826
	2번째 발가락	452.2 ± 91.0	150.2 ± 114.1	.369	-.744~.771
	5번째 중족골	556.3 ± 48.6	412.1 ± 190.2	.322	-.712~.732
	발뒤꿈치	420.3 ± 70.6	432.3 ± 116.5	.296	-.780~.721
편평족 (n=20족)	입각기	722.0 ± 50.3	647.7 ± 48.9	.374	-.582~.752
	1번째 중족골	487.3 ± 71.3	369.6 ± 142.7	.295	-.780~.721
	2번째 발가락	375.8 ± 125.8	129.4 ± 115.7	-1.140	-4.554~.176
	5번째 중족골	522.7 ± 68.0	350.4 ± 145.5	.153	-1.139~.665
	발뒤꿈치	441.7 ± 60.1	407.0 ± 95.7	-.299	-.2.282~.486

우 정상족에게는 상대적으로 높은 신뢰도값이 나타났는데 이는 정상족의 경우 다른 발유형보다 일반적인 발의 기능을 수행할 수 있으나 요족과 편평족은 충격흡수능력 저하, 제한적 또는 과도한 움직임 등의 특징으로 나타난 결과로 생각된다. 이러한 결과는 추가적으로 발유형을 고려한 웨어러블 인솔이 개발되어야 한다는 것을 의미한다.

2) 측정도구 내 일치도

스마트인솔에 의해 3회 측정된 보행 시 발부위

별 착지시간의 측정도구 내 신뢰도는 입각기(ICC=.836), 1번째 중족골(ICC=.921), 2번째 발가락(ICC=.937), 5번째 중족골(ICC=.929), 발뒤꿈치(ICC=.919)로 높은 신뢰도를 보였다(표 5). 이러한 결과는 노종련 등(2019)의 연구에서 검증된 스마트슈즈의 보행 시 센서대비 82.2~96.1%의 정확도가 나온 결과와 유사하다.

본 연구에 사용된 스마트인솔은 힘에 따라 저항이 변하는(Piezo-Resistive Material) 원리를 활용한 센서 4개가 내장되어 있는데, 이러한 결과

표 5. 스마트인솔 내 3회 측정된 값의 일치도(Intra-rater reliability) (n=60족)

보행시 발부위별 착지시간(ms)		Mean±SD			ICC	95%CI
		Trial1	Trial2	Trial3		
스마트 인솔	입각기	645.1 ± 79.2	644.4 ± 58.3	654.3 ± 70.1	.836	.748~.897
	1번째 중족골	401.3 ± 148.3	412.8 ± 131.2	406.2 ± 152.6	.921	.878~.950
	2번째 발가락	144.0 ± 115.2	142.6 ± 118.4	152.3 ± 117.6	.937	.902~.961
	5번째 중족골	398.5 ± 158.2	387.0 ± 168.0	396.3 ± 179.2	.929	.890~.955
	발뒤꿈치	407.7 ± 119.5	407.3 ± 110.8	414.4 ± 117.2	.919	.875~.949

는 기존의 단일 센서를 이용하였을 때보다 개인의 보행패턴을 확인하기 위해 다중의 압력센서를 부착하여 88%의 정확도를 확보한 최대영, 남현도, & 김경호(2017)의 연구를 뒷받침해주는 결과이다. 이는 웨어러블 인솔을 활용하여 다소 간편한 방법으로 보행 시 비교적 안정적인 값을 얻을 수 있는 긍정적인 결과를 의미한다.

3. 발유형별 측정도구의 수렴 타당도

준거검사도구와 스마트인솔의 3차 측정값의 평균으로 상관관계를 분석한 결과 정상족에서 높은 상관이 나타났으며 특히 입각기($r=.723$), 1번째 중족골($r=.682$)으로 비교적 높은 상관을 보였고, 5번째 중족골($r=.453$)에서는 중간정도의 상관을 보였다. 하지만 2번째 발가락($r=.199$)은 낮은 수준의 상관을 보였다. 요족의 경우는 1번째 중족골($r=.604$), 입각기($r=.487$)에서 상대적으로 높은 상관을 보였으며, 나머지 발부위에서는 낮은 수준의 상관을 보였다($r=.196\sim.400$)<표 6>.

편평족의 경우는 모든 발부위에서 낮은 상관을 보였다($r=-.364\sim.230$).

정상족에서 입각기와 1번째 중족골에서 높은 상관을 보인 결과는 통제가 가능한 실험실 상황에서는 스마트인솔의 측정값이 비교적 타당하다는 선행연구들과 유사하다.(양세종 등, 2020; Montes et al, 2018). 하지만 본 연구에서는 발부위별로 나누어 검증하였을 때 2번째 발가락에서 특히 낮은 타당도를 보여주었는데, 이는 스마트인솔 센서의 위치적인 문제와 발가락을 측정하기 위한 보다 적합한 센서에 대한 추가연구가 필요하다는 것을 알 수 있다.

IV. 결론

최근 웨어러블 디바이스의 발달로 보행 분석이 가능한 기기들이 개발되고 있다. 모바일과 연동하는 이러한 장비들은 사용성과 편의성이 높으며 비교적 저가의 가격으로 다양한 기능을 활용할 수 있

표 6. 발유형별 스마트인솔과 emed의 부위별 착지시간(ms)에 대한 상관분석

	입각기	1번째 중족골	2번째 발가락	5번째 중족골	발뒤꿈치
정상족(n=20족)	.723**	.682**	.199	.453*	.409
요족(n=20족)	.487*	.604**	.229	.400	.196
편평족(n=20족)	.230	.217	-.364	.108	-.145

어 일반인에게도 널리 보급되어 있다.

본 연구는 보행분석이 가능한 스마트인솔을 이용하여 발 부위별 착지시간에 대한 신뢰도와 수렴 타당도를 확인하기 위하여 실시하였다. 그 결과 측정도구 간 신뢰도는 정상족에서, 측정도구 내 신뢰도는 모든 발유형에서 높은 신뢰도를 보였고, 수렴 타당도의 경우 정상족에서는 비교적 높은 수준을 보였지만, 요족과 편평족에서는 낮은 수준의 타당도를 보였다.

다만, 본 연구의 경우 대상자를 성인여성 30명으로 제한하여 일반화하는데 한계가 있으며, 추후 연구에서는 다양한 연령층과 성별의 비율을 고려하여야 할 것이다.

본 연구의 결론으로 스마트인솔을 활용한 보행시 정상족의 경우 입각기 착지시간과 일부 발부위에서 높은 신뢰도와 타당도가 확보되어 활용이 가능할 것이다. 그러나 요족과 편평족을 대상으로는 추가적인 검증이 필요하며, 발부위에서 두 번째 발가락 부위의 경우 센서의 위치, 형태 등에 대한 후속연구가 필요할 것으로 사료된다.

마지막으로 본 연구는 최근 4차산업의 발달로 IT와 융합한 많은 연구가 진행되고 있는 시점에서 체육학뿐만 아니라 보건의료, 헬스케어분야 등으로 웨어러블 장비를 활용하여 보행분석에 적용할 수 있는 융합연구의 가능성을 보여주었다.

참고문헌

- 국민건강보험공단(2019). 2019년 건강보험제도 국민인식조사 (연구보고서;2019-1-0004). http://lib.nhis.or.kr/search/detail/CA_TXAZ000000046459?briefLink=/searchA/xaz?bk_3=%EB%AC%B8%EC%84%B1%EC%9B%85
- 김남희(2013). **편평족의 엉덩이 관절 교정 운동프로그램 적용과 발 교정구 착용 유무가 안정시 중립 기립 각도, 발목과 골반의 움직임, 코어 근력, 족압에 미치는 영향**. 이화여자대학교 대학원 박사학위논문.
- 노종련, 형준호, 윤상호, & 김사엽. (2019). 보행 속도에 따른 스마트슈즈의 보행인자 정확도 검증. **대한인간공학회 학술대회논문집**, 215-215.
- 대한민국 정책브리핑, 2020(www.korea.kr).
- 박수진, & 김진상. (2010). 보행 시 부하 위치에 따른 족저압 중심 (COP) 이동 분석. **대한물리 의학회지**, 5(1).
- 박승범, 이정호, 이경득, 김대웅, 안창신, 김경훈, & 박상준. (2009). 족궁지지 구조물의 단계변화에 따른 족저압력 변화 및 착화감 비교. **전국체육대회기념**, 194-194.
- 양세중, 박정희, 정현철, 김정현, & 이정민. (2021). 웨어러블 인솔 센서의 보행 수 측정 타당도 검증. **한국체육측정평가학회지**, 23(1), 45-54.
- 이경옥. (2006). Deep Water Exercise 가 퇴행성 관절염 환자의 자세, 체력, 보행에 미치는 영향. **한국여성체육학회지**, 20(5), 137-146.
- 이경옥. (2010). 신발의 종류에 따른 발바닥 부위별 압력분포의 차이. **한국여성체육학회지**, 24(4), 1-11.
- 이호택, & 김용재. (2010). 회외족의 Wedge Insole 각에 따른 보행 시 접지 시간, 접지면적 및 족저압력의 비교. **수산해양교육연구**, 22(4), 508-515.
- 조혜영. (2015). **발 유형별 계단 내려가기 보행의 운동역학적 분석**. 이화여자대학교 대학원 석사학위논문.
- 최대영, 남현도, & 김경호. (2017). 다중압력센서를 이용한 보행패턴분석 알고리즘에 관한 연구. **정보 및 제어 논문집**, 279-281.
- Bamberg, S. J. M., Benbasat, A. Y., Scarborough, D. M., Krebs, D. E., & Paradiso, J. A. (2008). Gait analysis using a shoe-integrated wireless sensor system. *IEEE transactions on information technology in biomedicine*, 12(4), 413-423.
- Braun, B. J., Veith, N. T., Hell, R., Döbele, S., Roland, M., Rollmann, M., ... & Pohlemann, T. (2015). Validation and reliability testing of a new, fully

- integrated gait analysis insole. *Journal of foot and ankle research*, 8(1), 1-7.
- Krebs, D. E., Edelstein, J. E., & Fishman, S. (1985). Reliability of observational kinematic gait analysis. *Physical Therapy*, 65(7), 1027-1033.
- Montes, J., Young, J. C., Tandy, R., & Navalta, J. W. (2018). Reliability and validation of the hexoskin wearable bio-collection device during walking conditions. *International journal of exercise science*, 11(7), 806.
- Muro-De-La-Herran, A., Garcia-Zapirain, B., & Mendez-Zorrilla, A. (2014). Gait analysis methods: An overview of wearable and non-wearable systems, highlighting clinical applications. *Sensors*, 14(2), 3362-3394.
- Razeghi, M., & Batt, M. E. (2002). Foot type classification: a critical review of current methods. *Gait & posture*, 15(3), 282-291.
- Rossi, W. A., & Tennat, R. (1984). *Professional shoe Fitting*. Pedorthic Footwear Association.
- Scholz, T., Zech, A., Wegscheider, K., Lezius, S., Braumann, K. M., Sehner, S., & Hollander, K. (2017). Reliability and correlation of static and dynamic foot arch measurement in a healthy pediatric population. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 107(5), 419-427.

Reliability and Validity of Smart Insole Sensor for Contact Time during Walking

Muncheong Choi(Exercowork, CEO) • Seo-Eun Yang(Graduate School in Division of Kinesiology & Sports Studies, Graduate Program in System Health Science and Engineering, College of Science & Industry Conversions, Ewha Womans University, PH.D Candidate) • Min-Jin Kim(Under graduate in Division of Kinesiology & Sports Studies, Senior Student) • Jae-won Kim(Under graduate in Division of Kinesiology & Sports Studies, Senior Student) • KyungHoon Kang(Salted.ltd, Seoul, Korea, CTO) • Hyungjin Cho(Salted.ltd, Seoul, Korea, CEO) • Kyung-Ock Yi(Graduate School in Division of Kinesiology & Sports Studies, Graduate Program in System Health Science and Engineering, College of Science & Industry Conversions, Ewha Womans University, Professor)

ABSTRACT

This study is to examine the reliability and validity of Smart Insole(Salted, Korea) by contact time inter- intra-rater and measured on the criterion measures (i.e., Foot Pressure measurement (EMED-LE, Novel)). Thirty subjects in the study measured the 5th step of 8m walking path and foot type (normal, planus, cavus) and foot area (stance phase 1st metatarsal 2nd toe, 5th metatarsal hindfoot) was classified. Intraclass correlation coefficients (ICC) were calculated to analyze the intra- and inter-measurement reliability within the measurement tool, and the correlation between the two measurement tools was verified to evaluate the convergence validity. As a result, the inter-measurement reliability showed high reliability in the normal foot (ICC=.770~.826), and the intra-measurement reliability showed high reliability in all types of foot (ICC=.836~.937). In the case of convergent validity, the normal foot showed a relatively high level ($r=.682\sim.723$), but the cavus ($r=.487\sim.604$) and the planus ($r=.364\sim.230$) showed a low level of validity. Therefore by using the smart insole, high reliability and validity have been verified in the stance phase and some foot area in the normal foot. Further studies are necessary to examine the reliability and validity with a larger sample size and additional study for planus and cavus with the position and type of the sensor. Acknowledgement: This research was supported by the Korea Technology and Information Promotion Agency for SMEs (TIPA, Korea) (No.S3030742) and Salted.ltd(Korea).

Key words : Walking, Smart Insole, Contact Time, Reliability, Validity

논문 접수일 : 2021. 8. 3

논문 승인일 : 2021. 9. 1

논문 게재일 : 2021. 9. 30