

무전력형 진동신발 보행이 체온과 말초 혈액순환에 미치는 영향

이현주¹ · 이청근² · 태기식^{3*}

¹건양대학교 물리치료학과, ²(주)프라미스, ³건양대학교 의공학부

Effects of Walking with Non-Electric Power Vibration Shoes on Body Temperature and Peripheral Circulation

Hyun Ju Lee¹, Cheong Gn Lee² and Ki Sik Tae^{3*}

¹Dept. of Physical Therapy, Konyang University, Daejeon, Republic of Korea,

²Plamise Co.,

³Dept. of Biomedical Engineering, Konyang University, Daejeon, Republic of Korea

(Manuscript received 28 October 2019 ; revised 19 November 2019 ; accepted 4 December 2019)

Abstract: The purpose of this study was to investigate the effect of the body temperature peripheral circulation with vibration shoes in healthy 10 adults. The magnetic vibration device with non-electric power was mounted in the mid-sole of the vibration shoes. The experiment was divided into two groups: vibration shoes and no vibration shoes. Subjects were randomly selected and measured body surface temperature by digital infrared thermal imaging (DITI) and non-invasive capillaries change by nailfold microscope (NFM). After walking in a treadmill for 15 minutes at 4.0 km/h speed wearing normal shoes or vibration shoes, DITI and NFM were measured. The walking with vibration shoes showed the body surface temperature shift from the proximal to the distal. In addition, the diameter of the nailfold capillary in the vibration shoes group was thicker and clearer due to the increased blood flow than that of the no vibration shoes group. The vibration shoes are easy to apply to anyone who can walk because it can give vibration stimulation by walking without additional time, cost, and effort in daily life. Further studies are needed to explain the physiological effects of vibration frequency and intensity on the long-term perspective of target subjects resulting from vascular dysfunction.

Key words: Body temperature, Peripheral circulation, Nailfold capillary, Magnetic vibration device Non-electric power, Vibration shoes

1. 서 론

고령인구 증가와 생활습관의 변화 등으로 만성질환에 대한 관심이 높아지고 있으며 OECD는 2020년 만성질환이 전 세계 사망 원인의 73%, 전체 질환발생의 60%를 차지할 것으로 예측하였다[1]. 특히 고령화에 따라 심장 및 뇌혈관 질환자 수가 증가함으로써 우리나라 사망원인 및 질병부담 1위로 나타났다[2]. 혈관질환과 관련하여 직접적으로 발생하는 질환은 고혈압, 동맥경화, 심혈관 및 뇌혈관질환으로 이는 혈관

세포의 비정상적 비대와 혈전의 침착, 이상증식, 퇴화와 혈관의 구조적 기능 변질을 의미하고 있다[3]. 또한 말초미세혈관의 형태학적 이상 질환으로 당뇨병(diabetic mellitus), 레이노 현상(Raynaud's disease), 버저씨병(Buerger's disease), 전신경화증(systemic sclerosis)도 보고되고 있다[4].

진동자극(vibration stimulation)은 말초순환을 재배열시키는 데, 그 결과 발생하는 특정혈관 반응은 미세순환을 개선시킨다[5]. 또한, 진동유형과 빈도는 말초혈관의 흐름과 근육에 산소를 공급하는 능력에 영향을 미치고[6], 혈관에 자극을 주어 혈관 탄성 회복 뿐만 아니라 혈압 강하에도 긍정적이다[7]. 피부 혈류량과 에너지 대사를 높여 피하지방 및 내장지방을 감소시킬 수 있으며[8], 단기간의 진동 자극으로도 혈류 속도를 두 배 가량 향상시킬 수 있다고 하였다[7]. 진동

Corresponding Author : Ki-Sik Tae
Dept. of Biomedical Engineering, Konyang University, 158 Gwanjeodong-ro, Seogu, Daejeon, 35365, Republic of Korea
Tel : +82-10-7204-7727, +82-42-600-8518
E-mail : tae@konyang.ac.kr

운동으로 인한 체온 상승은 피부 혈관을 이완시켜 혈류를 증가시키기 때문에 피부온도가 상승한다[9]. 건강한 성인 남성을 대상으로 10일간 10분씩 진동운동을 적용했을 때 넵다리네갈래근(quadriceps)에서 최대근력 증가를 보고하기도 하였고 이 외에도 체구성, 근신경 기능, 유산소 체력, 호르몬 분비 등에 영향을 미쳤다고 하였다[10]. 건강한 20대 여성을 대상으로 트레드밀의 경사각도 8.5°, 속도 4.0 km/h와 30분간의 보행운동을 실시 한 후 진동 주파수 10 Hz, 진폭 5 mm로 설정한 전신진동을 30분간 적용하였을 때 피로도 감소와 근 기능 회복률이 증가하였다[11].

이러한 연구들은 15~60 Hz의 주파수와 1 mm~10 mm의 변위로, 1회 5~30분 동안의 전신진동기에서 정적인 상태로 훈련한 결과이다. 전신진동운동은 신경근 기능향상과 준비 운동 효과 및 민첩성 향상에도 긍정적 영향을 나타낸다. 건강한 일반인뿐만 아니라 고령자의 인체에 부담을 주지 않는 효과적인 운동방법으로 사용될 수 있다는 장점이 있다[12].

그러나 기존의 전신진동운동은 정적인 진동 운동에 그칠 뿐만 아니라 15분의 짧은 시간동안에 이루어지며, 비싼 가격으로 인해 일반인들에게 일상적으로 활용하기 어렵다는 점이 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하고 자 최근 동적인 운동 시 자극을 줄 수 있는 신발 타입으로 내부에 진동자극을 인가하려는 시도가 이루어지고 있으나[13], 전력공급 회로로 인한 신발 내 삽입의 구조적 문제, 충전문제, 회로의 잦은 에러 발생 등 다양한 문제가 지적되고 있다.

본 연구에서는 위의 단점을 최소화하며 보행 동안에 진동이 주어질 수 있도록 발뒤꿈치에 무전력 구동이 가능한 자력 진동 발생기가 부착된 신발을 착용 보행 후 체표면 온도, 말초모세혈관의 구조적 변화를 통해 말초 혈액순환에 어떠한 영향을 미치는지 검증하고 자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구대상 및 연구설계

본 연구는 보행을 통한 발바닥의 진동자극이 체표면 온도 및 말초모세혈관에 미치는 영향을 알아보기 위해 연령대별 층화모집 하였다. 실험은 건양대학교 기관생명윤리위원회(IRB: Institutional Review Board)의 승인(KYU-2019-216-01)을 받은 후 실시되었다. 모집 공고문을 통한 10명의 대상자들은 본 연구의 목적 및 내용을 이해하고 자발적인 참여에 동의한 20~50대의 건강한 성인 남녀로서 (1)과거 3개월 이내 체계적 운동 프로그램에 참여한 자, (2)심혈관계 등의 의학적 문제가 있는 자, (3)전정계 손상이나 시력장애로 인한 균형에 문제가 있는 자, (4)보행에 지장을 줄 만한 신경학적 또는 근골격계 질환을 가지고 있는 자 및 (5)평소 보행 시 어지러움과 두통을 호소하는 자는 선정기준에서 제외하였다.

표 1. 실험자의 일반 정보

Table 1. General characteristics of subjects

(N=10)

Characteristics	Mean±SD
Year (yrs)	40.89±15.81
Height (cm)	160.44±6.02
Weight (kg)	58.93±8.07
Systolic blood pressure (mmHg)	124.44±18.80
Diastolic blood pressure (mmHg)	79.56±13.13

표 1은 본 연구에 참여한 대상자의 정보를 보여준다.

본 연구는 연령대별 층화 구분한 10명이 일반 신발을 착용한 군(no vibration shoes)과 진동신발을 착용한 군(vibration shoes)에 모두 참여하도록 하였으며, 무작위로 실험 순서를 정하였다. 대상자는 제비뽑기를 통해 한 군을 선택한 후 체표면 온도 및 비침습적 모세혈관 촬영을 사전에 하였다. 대상자는 평소에 신고 다니는 본인의 신발 및 제공된 진동 신발을 신고 트레드밀에서 4.0 km/h의 속도로 15분간 걸은 후 동일 사후 측정을 하였다. 전신진동기의 건강에 미치는 효과는 다수 연구를 통해 입증되었으나, 보행시간이 길어지면 진동 보행과 일반 보행과의 차이를 구분하기 어렵기 때문에 보행 시간을 15분으로 제한하였다[14]. 또한 일반 신발 또는 진동신발을 착용 후 트레드밀을 걸었을 때 전이효과가 발생하는 것을 방지하기 위해 동일 실험은 2일 후인 3일차에 진행하였다.

측정도구로써 적외선체열측정기(digital infrared thermal imaging; DITI)를 통한 체표면 온도변화와 비침습적 모세혈관 현미경(nailfold capillary microscope, NCM)을 통한 모세혈관의 정량적 구조변화를 통해 혈액순환의 영향을 검증하였다.

2. 연구방법

(1) 무전력 구동 자력 진동신발

실험에 사용된 진동신발(ShoeallS, Plamise Co., Korea)은 보행 시 발생하는 발의 지면반발력이 중창(midsole)에 삽입되어 있는 뒤쪽 진동판의 진동을 유도하여 착용자가 인솔(insole) 아래로부터 진동을 감지하도록 하였다. 두 진동판은 발뒤꿈치 전면에 위치하여 있고, 크게 케이스와 진동판, 진동판 끝단의 자석으로 구성되어 있다. 진동판의 끝단에 설치된 자석과 두 케이스의 자석 사이에 척력이 작용되어 외부 충격 시 진동판을 상하로 크게 진동시키는데, 진동판이 크게 진동되면, 착용자는 발바닥의 뒤쪽 특수 제작된 중창 아래로부터 진동 감각을 느끼게 되는 구조이다. 척력에 의해 발생된 자력과 수직으로 미세전류가 발생할 수 있는 무전력 진

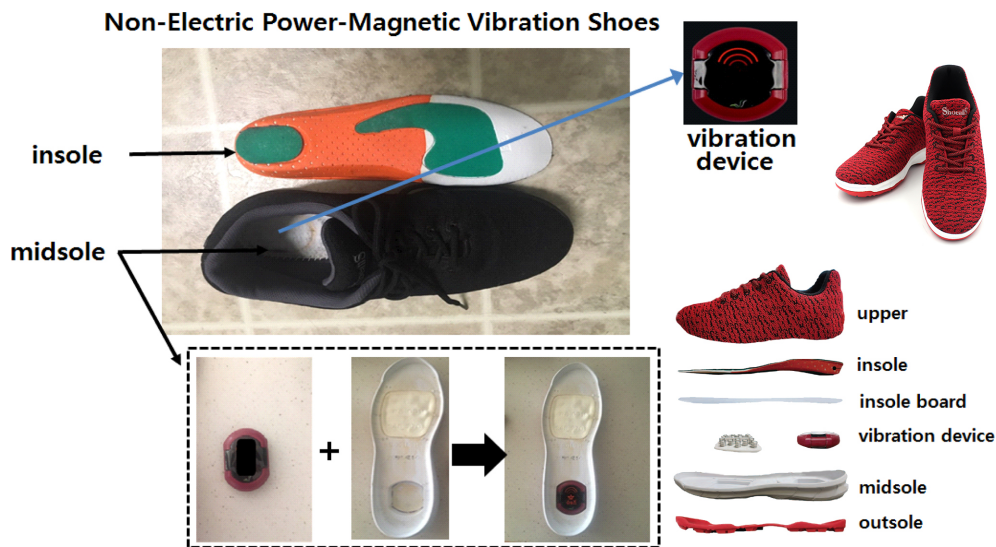


그림 1. 무전력 구동 자력 진동신발의 구조

Fig. 1. Structure of non-electrical power magnetic vibration shoe

동단자의 원리는 S극과 N극의 자력에 있으며, 서로 다른 자극의 당기는 힘에 의해 자장에너지가 발생하는 것이다. 본 연구에서 사용된 진동 신발은 걸을 때마다 약 13.2 Hz의 진동을 발생되도록 설계되었는데(그림 1), 이는 30 Hz 이하의 저주파 전신진동자극이 다리의 혈류를 증가시켰다는 연구를 참고로 하였다[15].

(2) 적외선 체열 측정기(Digital Infrared Thermal Imaging: DITI)

본 연구에서 적외선 체열검사는 혈액순환의 평가를 목적으로 본 연구에서는 적외선 체열검사기(T-1000HD, Mash Co., Korea)를 사용하였다. 적외선 체열 측정기는 인체의 체표면에서 발산되는 눈에 보이지 않는 열을 감지하여 신체의 이상 유무 및 온도 변화를 진단하기 위해 사용되는 비침습적인 검사이다. 체표면의 온도를 조절하는 주요 인자는 혈류로서 신체의 말단 부위의 체온조절에 중요한 역할을 한다. 체표면에서 수 mm 이내의 혈류의 조절은 주로 교감신경계에 의하여 조절되지만 그 외 주위의 물리적 환경상황, 피부상태, 피부표면의 지방 및 진피층을 통한 내부열전도와 혈류를 통한 내부 열대류 등이 복합적으로 작용되고 혈류순환의 정도를 측정하기 위해 체열을 측정하는 방법이 사용되고 있다[16].

체열 정도를 측정하기 위해서 전신 전면과 후면, 손바닥과 손등, 발바닥 부위의 체열 측정 검사를 실시하였다. 촬영은 검사상의 오류를 없애기 위해 외부로부터 빛과 열이 차단되고 습도가 낮으며 실내기류가 일정한 창이 없는 검사실에서 실시하였으며, 실내의 온도는 23 °C를 유지하였다. 전신을 탈의한 상태에서 실내에서 20분간 적응토록 한 후 촬영하였다[17]. 적외선 체열 측정에 대한 분석을 위해 양쪽 앞정강

부위(anterior lower leg), 종아리(posterior lower leg), 손가락 끝(dorsal/ventral finger tip)과 발가락 끝(toe tip) 부위의 총 10곳의 온도를 측정하였다.

(3) 손톱주름 모세혈관 현미경(Nailfold Capillary Microscope: NCM)

본 연구에서 사용된 손톱주름 모세혈관 현미경(MD400-USB, PLM Co., Korea)은 비침습적 영상기법으로 간단하면서 빠르게 말초혈관 이상 유무를 파악하기 위해 사용되어 왔으며, 병원에서도 환자의 혈관상태 및 혈액순환을 확인하기 위한 정량적 검사도구로 사용되고 있다[18], (그림 2). 측정은 23 °C의 실내온도가 유지되는 장소에서 손을 심장 높이에 두고 측정이 이루어진다. 케라틴 층의 투명도를 극대화하기 위해 손톱주름에 침수유 한 방울을 떨어뜨린 후, 비 우세손의 네 번째 손가락에서 측정하도록 한다. 영상은 캡처 및 코드화되며 비디오 테이프 소프트웨어(DS-Medica, Milan Ltd.,

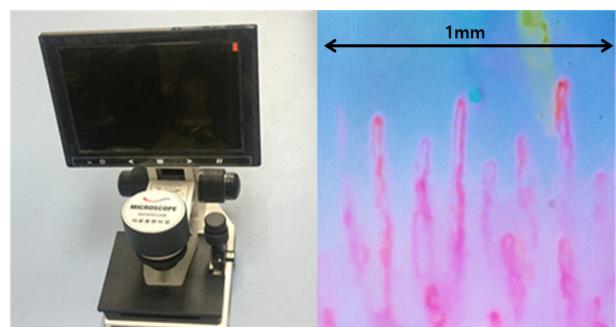


그림 2. 손톱주름 모세혈관 현미경과 촬영영상

Fig. 2. Nailfold capillary microscope and capillary image

Italy)를 사용하여 저장된다. 본 연구에서는 촬영된 영상과 동영상 특성을 통해 혈관의 변화, 혈류의 속도의 변화를 시각적으로 관찰하였다.

3. 통계분석

본 연구에서 수집된 자료들은 SPSS Statistics ver. 20 (IBM Corp., Armonk, USA)을 이용하여 통계처리 하였다. 그룹 간 부위별 체표면 온도 비교를 위해 독립 t 검정을 시행하였고, 통계학적 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

III. 연구 결과

1. 체표면 온도 변화

적외선 체열측정 이미지를 통해 관찰한 전신 앞·뒤면 및 손바닥과 발바닥 말단 부위의 온도분포를 확인한 결과, 보행 전 목과 몸통, 팔꿈치 위, 대퇴부 등의 몸쪽 부위에 집중되었던 체온이 일반 신발 보행 후 상지는 팔꿈치 아래까지, 하지는 무릎 아래 부위까지의 혈류 이동과 함께 온도 상승됨을 확인할 수 있었다. 진동신발 착용 보행 후에는 좀 더 말단 부까지 온도 분포가 이루어졌는데, 상지는 손바닥과 손가락 끝에서, 하지는 발목 이하 발바닥 및 발가락에서 혈류 증가에 따른 온도 상승이 관찰되었다. 특히 보행 전 발바닥의 내측 아취에 국한되었던 열이 일반 신발 보행 후에는 발뒤꿈치와 바깥쪽으로, 진동신발 보행 후에는 발바닥 전체와 발가락 끝단까지 혈류 증가에 따른 온도 상승이 있었다(그

림 3). 적외선 체열 이미지를 통해 보행 후 온도가 상승한 장딴지, 세 번째 손가락 끝, 엄지 발가락 끝의 온도를 측정하였다. 보행 전에 비해 일반 신발 보행 후에는 장딴지에서 적은 온도 감소와 함께 세 번째 손가락 끝과 엄지 발가락 끝에서의 온도 증가가 있었으나 통계적으로는 유의하지 않았다. 반면, 진동신발 보행 후에는 전체적으로 보행 전에 비해 온도 상승이 있었으며 특히 세 번째 손가락($p<0.05$)과 엄지 발가락 끝($p<0.01$)에서 통계학적으로 유의한 온도 상승을 확인할 수 있었다(표 2, 그림 4).

2. 손톱주름 모세혈관 변화

보행 전 손톱주름 모세혈관을 현미경으로 확인한 결과, 1 mm^2 의 단면적 내 모세혈관 말단부와 연결되지 못한 유령 형태(ghost vessel)의 혈관이 희미하게 나타났음을 확인할 수 있었다. 일반 신발 보행 후, 희미하고 가는 모세혈관(tiny capillary)이 보이기 시작하면서 말단부 모세혈관과의 연속성이 보였다. 또한, 진동신발 보행 후에는 혈류량의 증가로 인한 곧고 선명한 모세혈관의 직선 형태(clear capillary), 모세혈관 직경의 증가(increased capillary width), 동영상에서의 혈행 속도의 증가를 관찰할 수 있었다(그림 5).

IV. 고찰 및 결론

본 연구에서는 건강한 성인을 대상으로 진동신발을 신고 보행하도록 하여 모세혈관 및 체열에 미치는 영향을 알아보

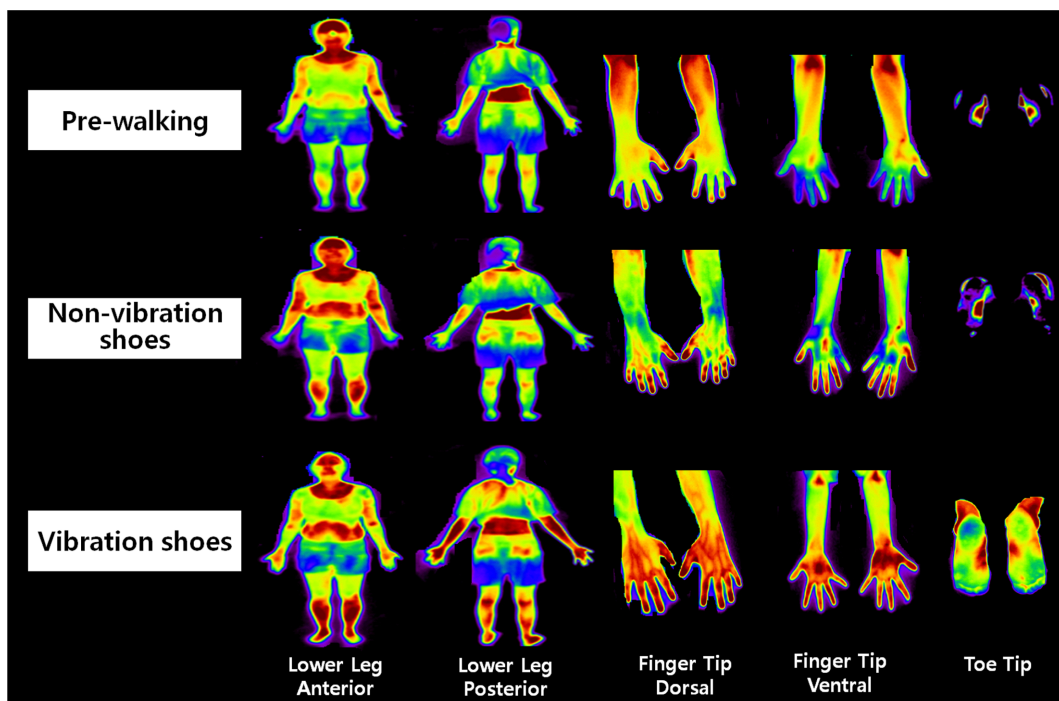


그림 3. 부위별 체표면 온도변화

Fig. 3. Change of body surface temperature

표 2. 그룹 간 체표면 온도 비교

Table 2. Comparison of body temperature among groups

(Unit: °C)

		Pre-walking	Non-vibration shoes	Vibration shoes	p ^a	p ^b	p ^c
Lower leg anterior	Rt	28.14±3.45	28.73±1.16	29.71±1.77	.767	.263	.340
	Lt	29.20±1.43	28.83±1.62	29.26±1.76	.594	.722	.931
Lower leg posterior	Rt	28.32±1.00	27.92±1.23	28.64±1.69	.859	.594	.340
	Lt	28.70±1.89	27.99±1.23	28.78±1.85	.374	.552	.258
Finger tip dorsal	Rt	21.63±8.72	22.09±9.04	27.41±3.18	.623	.025*	.093
	Lt	21.64±8.70	21.48±8.57	26.26±2.79	.833	.176	.139
Finger tip ventral	Rt	24.60±3.51	24.13±4.27	27.11±3.85	.672	.036*	.130
	Lt	23.95±2.94	24.48±4.27	27.29±3.26	.726	.025*	.161
Toe tip	Rt	20.93±1.30	22.30±2.02	25.58±3.12	.051	.008**	.014*
	Lt	20.98±1.12	22.54±2.61	25.04±3.16	.058	.008**	.136

*p<.01, **p<.05

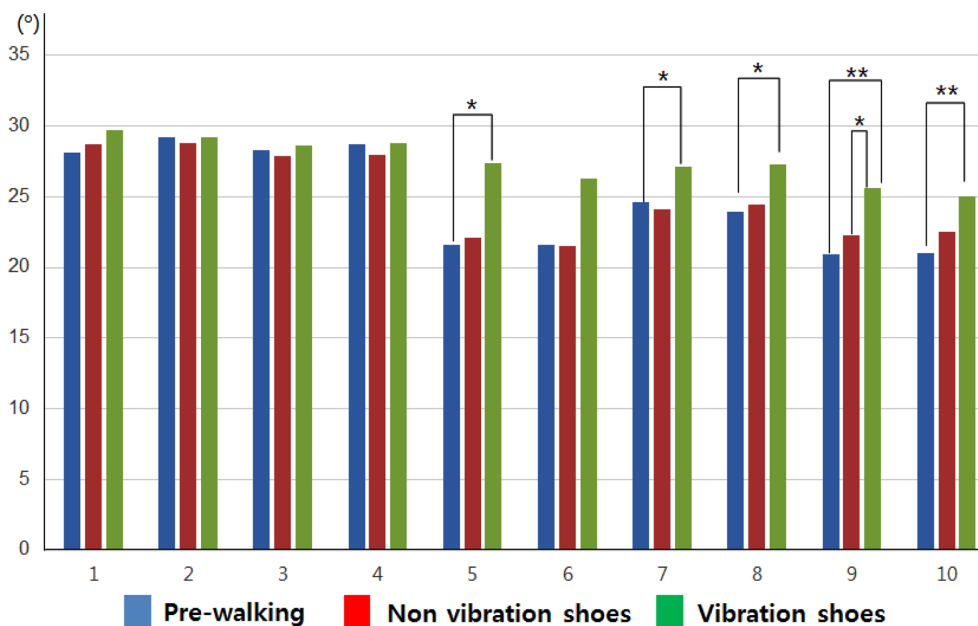
^apre walking and non vibration shoes^bpre walking and vibration shoes^cnon vibration shoes and vibration shoes

그림 4. 그룹 간 부위별 체표면 온도 비교

Fig. 4. Comparison on body part temperature (1, 2: Rt/Lt lower leg anterior, 3, 4: Rt/Lt lower leg posterior, 5, 6: Rt/Lt finger tip dorsal, 7, 8: Rt/Lt finger tip ventral, and 9, 10: Rt/Lt toe tip)

고자 하였다. 많은 연구에서 전신진동자극이 요통 감소, 노인에서의 근력 및 균형능력 증가, 골밀도 감소 예방 등에 효과적이라고 언급한 반면, 건강 증진에 효과적임은 분명하나 보행, 자전거 타기, 수영 등과 같은 규칙적이고 일반적인 운동만큼 효과적이라는 분명하지 않다고도 하였다[14]. 이는 진동이 인체에 미치는 영향에 대해 좀 더 많은 연구가 필요함과 동시에 적용 방법에 대한 논의가 필요함을 시사한다. 따라서 본 연구에서는 기존 전신진동자극이 정적인 자세에

서 주어진 시간 내에 적용하는데 반해 진동자극 신발을 통해 보행으로 능동적이고 일상적인 진동자극이 가능하여 생리적으로 긍정적인 효과를 검증하고 자 하였다.

인간은 체온을 일정하게 유지하려는 특성을 갖고 있는데, 일정 부위의 혈액순환이 불충분해지면 체내 열 공급이 제대로 되지 않아 차가워지게 된다[19]. 연령에 관계없이 혈관의 경직도가 증가할수록 상지 말초 혈행의 장애가 나타나기도 한다[20]. 적외선 체열측정은 혈류의 열역학적 반응을 통해 생

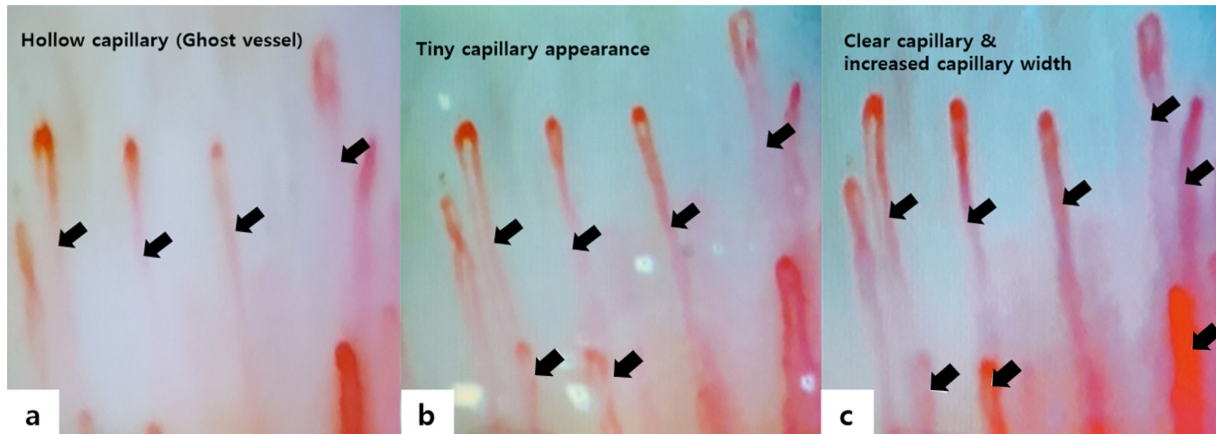


그림 5. 모세혈관 변화 예(a: 보행 전, b: 무진동신발 보행 후, c: 진동신발 보행 후)

Fig. 5. Example of capillary image change (a: pre-walking, b: non-vibration shoes and c: vibration shoes)

리학적 변화를 알아보는 간접적인 진단방법으로[16], 본 연구에서는 발바닥에 진동을 발생시키는 무전력 진동 발생기가 삽입된 신발을 착용하고 보행했을 때 일반 신발을 신고 보행했을 때보다 유의한 체열 즉 체표면 온도의 상승을 확인할 수 있었다. 특히 손가락 끝과 발끝에서의 혈류 증가로 해석되는 원위부의 온도상승은 말초순환장애 환자에게 적용 시 의미있는 근거를 제시할 수 있을 것이다. 이는 진동운동이 근방추를 자극하여 근 수축과 이완을 반복함으로써 혈관 운동성과 혈관 확장 및 혈류 속도를 증가시켜, 빠른 시간 내에 혈류량을 증가시킨다는 연구결과를 통해 추론할 수 있다[21].

모세혈관은 영양분과 산소의 교환 장소로서 순환 또는 기능에 문제가 생기면 조직 세포에 충분한 산소와 영양분을 줄 수가 없게 되어 직간접적으로 다양한 문제를 야기한다. 모세혈관을 측정하는 방법은 초음파 도플러, 혈액 가스 분석기(SvO₂), 손톱 밑 주름 모세혈관 현미경 등 여러 가지가 있다[22], 손톱 밑 주름 모세혈관 현미경은 모세혈관의 형상을 시각화하여 모세혈관의 지름, 길이, 개수, 혈류의 속도 등의 변화를 확인할 수 있다[23]. 또한 비침습적으로 관찰 가능하여 레이노드 질환, 류마티스나 전신성경화증 등 말초 혈액순환 장애를 구분하는 자료 및 검진도구로써 활용되고 있다[24]. 본 연구에서는 보행 전에 비해 보행군 모두에서 혈류량 및 혈류속도 증가를 확인할 수 있었다. 특히 진동신발 보행군에서 일반 신발 보행군에 비해 새로운 혈관의 생성, 모세혈관 두께 증가와 선명도 증가를 시각적으로 관찰할 수 있었다. 이러한 결과는 진동운동이 모세혈관의 혈류량을 증가시킨다는 연구를 입증하는 결과라고 할 수 있다[25].

본 연구에서는 대상자의 연령대가 넓기 때문에 10명의 적은 인원과 함께 결과값을 일반화하기에는 다소 어려움이 있다. 또한 모세혈관현미경에서의 측정값에 대해 시각적인 제시와 함께 정량화 하지 못한 제한점을 가진다. 그러나 진동

자극에 의한 보행이 일반 보행 시보다 손가락 끝의 모세혈관 혈류량 및 혈류 속도 증가 효과적임을 간접적으로 확인하였으며, 손가락과 발가락 끝의 체표면 온도 증가 결과를 통해 일관된 결과를 도출해냈다는 점에서 의의를 둔다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 진동 단자가 삽입된 신발을 신고 보행함으로써 인체 말단부인 손가락과 발가락 끝부분까지 혈류의 흐름과 혈류 속도 증가로 인해 긍정적인 생리적 변화를 나타내며, 전신 및 말단의 온도 상승에 큰 영향을 미쳤음을 알 수 있었다. 간접적으로 혈류 증가를 통해 치매, 파킨슨병, 뇌졸중 등의 신경계 질환과 당뇨병, 레이노드 질환, 버거 질환 등의 말초신경병증 등에 긍정적 가능성을 기대해 볼 수 있을 것이다.

신발에 진동단자를 삽입하면 일상생활에서 추가적인 시간이나 비용, 노력 없이 보행만으로 우리 몸에 진동 자극을 줄 수 있기 때문에 보행이 가능한 누구에게나 적용이 용이하다. 차후 진동 주파수와 강도의 생리적 효과에 대한 근거를 구체화하여 혈관기능 저하로 인해 파생되는 목표 질환에 대한 장기적 관점에서 추가 연구가 필요하다고 사료된다.

References

- [1] Ministry of Science and ICT (MSIT). National Informatization Implementation Plan in 2016. 2016.
- [2] Statistics Korea (KOSTAT). Statistics of causes of death in 2017. 2018.
- [3] Baek YI, Nam SS, Sun WS. Effects of 6 weeks of vibration training on vascular elasticity and vascular modulators in obese middle-aged women. *Kor Soc Exer Physiol*. 2009;18(2):151-62.
- [4] Kim HS. The Clinical efficacy of nailfold capillaroscopy in rheumatic diseases. *Korean J Med*. 2016;90(6):494-500.
- [5] Mikheev AA, Voronitskii NE. Effects of rated vibration exercises on peripheral circulation in athletes. *Vopr Kurortol Fizioter*

- Lech Fiz Kult. 2007;(3):17-9,5(3):537-51.
- [6] Games KE. Whole-body vibration and blood flow and muscle oxygenation: a meta-analysis. *J Athl Train*. 2015;50(5):542-9.
- [7] Kerschhan-Schindl, K, Grampp, S, Henk, C, Resch, H, Preisinger, E, Fialka-Moser V, Imhof, H. Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume. *Clin Physiol*. 2002;21(3):377-82.
- [8] Baek YB. Skin heat and metabolic hormone response and vibration training for 6 weeks Impact. Graduate School, Kyung Hee University. 2008;2:80-8.
- [9] Kang HS, Kim KJ, Kim TW, Kim HM, Jang KT, Jeun JK, Joe HC. Exercise Physiology. Kyohakyungusa publisher. 1999. pp.89-205.
- [10] Lim YT. New Paradigm of Training-Whole Body Vibration Movement. *Coach*. 2006;22(3):23-8.
- [11] Despina T, George D, George T, Sotiris P, Alessandra DC, George K, Maria R, Stavros K. Short-term effect of whole-body vibration training on balance, flexibility and lower limb explosive strength in elite rhythmic gymnasts. *Hum Mov Sci*. 2014;149-58.
- [12] Cardinale M, Wakeling J. Whole body vibration exercise: are vibrations good for you? *Br J Sports Med*. 2005;39(9):585-9.
- [13] <https://www.vibrathotics.com>. Vibrating insole. Vibrathotics®. USA.
- [14] Maddalozzo GF, Kuo B, Maddalozzo WA, Maddalozzo CD, Galver JW. Comparison of 2 multimodal interventions with and without whole body vibration therapy plus traction on pain and disability in patients with nonspecific chronic low back pain. *J Chiropr Med*. 2016;15(4):243.
- [15] Lythgo N, Eser P, de Groot P, Galea, M. Whole-body vibration dosage alters leg blood flow. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2009;29:53-9.
- [16] Han J, Cho J, Kim Y, Jang J, Lee K. Comparison of the temperature of hyul-hai hyul with that of lyag-gue hyul on D.I.T.I. *J Orient Obstet Gynecol*. 2001;14(3):40-5.
- [17] Kim DI, Cho MJ, Park KH. Clinical study on yogaktong patients analysis digital infrared thermal imaging. *J Korean Acupunct Moxib Soc*. 2000;17(3):199-207.
- [18] Lee CB, Sung JH, Sim CS, Yu CI, Oh JS, Lee HS. Study on the usefulness of nailfold capillary microscope in diagnosis of suspended vibration syndrome. *The Korean Occupational Environmental Medicine Society*. 2013;11:574-5.
- [19] Springer BA, Marin R, Cyhan T, Roberts H, Gill NW. Normative values for the unipedal stance test with eyes open and closed. *J Geriatr Phys Ther*. 2007;30(1):8-15.
- [20] Lee KS. Clinical evaluation of DITI and peripheral neurometer for the diagnosis of cold hypersensitivity. *J Orient med Thermol*. 2004;3(1):60-66.
- [21] Games KE, Sefton JM, Wilson AE. Whole-body vibration and blood flow and muscle oxygenation: A meta-analysis. *J Athl Train*. 2015;50(5):542-9.
- [22] Lee YJ, Lee JH, Lee CH, Lee JM, Lee JB, Lee KS. Relationship between pulse wave propagation rate (PWV) and peripheral heat distribution (DITI). *Korean J Oriental Thermology*. 2008;6(1):23-31.
- [23] Shandas R. In vitro measurement of the vena contracta for stenotic valves using laser induced fluorescence imaging and digital particle image velocimetry: comparison with ultrasound Doppler. In *Proceedings of 18th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. 1996;3:1345-6.
- [24] Do J, Kim H. Increased plasma endothelin-1 and abnormal nailfold capillarscopic finding in patients with connective tissue disease. *Korean J Med*. 2004;66(3):275-83.
- [25] Kerschhan-Schindl, K, Grampp, S, Henk, C, Resch, H, Preisinger, E, Fialka-Moser V, Imhof, H. Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume. *Clin Physiol*. 2001;21(3):377-82.