

## 기능성 족부 보조기 착용에 따른 족저압 변화

연세대학교 의과대학 정형외과학교실

한승환·정 민·이진우

### Pedobarographic Analysis in Functional Foot Orthosis

Seung Hwan Han, M.D., Min Jung, M.D., Jin Woo Lee, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

#### =Abstract=

**Purpose:** The purpose of this study was to evaluate pressure distribution on the foot with the use of custom made foot orthosis and evaluate influential factors in young people using custom orthosis.

**Materials and Methods:** 22 individuals comprised of young males and females were evaluated by radiograph, pedobarograph, and satisfaction rate and VAS score. The data was analyzed statistically to find influential factors for satisfaction after wearing the foot orthosis.

**Results:** Around 50% of participants were satisfied in wearing the custom made foot orthosis. Initial VAS score of satisfaction of  $36.2 \pm 19.7$  improved to  $73.1 \pm 15.6$  after application of foot orthosis. There was a statistically significant difference. Talo-second metatarsal angle on AP radiograph after orthosis application was significantly related to satisfaction. On analysis of pedobarograph data, total contact area was increased and weight distribution was transferred medially on ambulation with the orthosis applied.

**Conclusion:** Before designing the foot orthosis, individual foot factors such as foot anatomy and foot pressure distribution should be evaluated for foot comfort and better patient satisfaction.

**Key Words:** Foot orthosis, Pedobarograph

## 서 론

족부 기형 교정과 족부 질환의 치료를 위해 다양한 맞춤형

형 족부 보조기(foot Orthosis)가 개발되어 많은 환자에게 사용되고 있다. 임상에서 보편적으로 족부 보조기가 사용되는 질환인 족저 근막염 환자에서 뒤꿈치 패드(heel pad)의 사용은 효과적인 것으로 알려져 있으며, 이상적인 형태와 소재를 이용하여 고안된 다양한 개인 맞춤형 뒤꿈치 패드도 상용화 되고 있는 실정이다<sup>20)</sup>. 최근 문헌 보고에 의하면 족관절의 내반 및 외반 변형 등과 같이 족부와 족관절에 이환된 병적 상태 및 해부학적 기형에 대한 치료와 교정 등의 목적으로도 족부 보조기가 사용되고 있으며<sup>5,8,9)</sup>, 당뇨병 환자에서 신경병증에 동반되어 발생하는 족저 골격의 기형과 이로 인해 발생한 족저 압력의 병적 분포를 교정하기 위한 환

•Address for correspondence

**Jin Woo Lee, M.D.**

Department of Orthopaedic Surgery, Yonsei University College of Medicine, #134, Sinchon-dong, Seodaemun-gu, Seoul 120-752, Korea  
Tel: +82-2-2228-2180 Fax: +82-2-363-1139

E-mail: ljwos@yumc.yonsei.ac.kr

\* 본 논문의 요지는 2005년도 대한족부족관절학회 추계학술대회에서 구연되었음

\* 본 연구는 BH Korea의 연구비 지원으로 이루어졌음.

자 맞춤형 깔창 등도 여러 가지 소재와 디자인으로 개발되고 있다<sup>3,6,11,13,14</sup>. 또한, 족부에 국한된 질환의 치료를 목적으로 하는 족부 보조기의 기능 이외에도 족부의 변형으로 인해 발생된 보행 주기의 파행을 족부 보조기를 사용하여 교정하려는 다양한 연구도 진행되고 있으며, 특히 보행과 관련된 하지 근육 및 척추 근육의 균형을 교정하려는 기능적 목적으로도 족부 보조기가 사용되기도 한다. Adam 등<sup>1)</sup>에 의하면, 족부 보조기를 사용하여 발의 뒤틀림(내번, 외번)을 교정하여 보행주기상에서의 올바른 보행주기를 유도할 수 있다고 하였고, 다른 보고에 의하면 족부 보조기를 사용하여 간단한 전족부의 교정으로 요통의 개선 및 척추 주위 근육의 피로 등을 개선시킬 수 있다고 하였다<sup>7,8,16,17,19</sup>.

현재 이와 같은 족부 보조기의 연구와 개발은 신발 산업 및 스포츠 시장의 확대에 따라 의학적 중요성과 더불어 경제적인 측면에서도 그 중요성이 커지고 있는 실정이며, 국내외의 많은 신발 관련기업이 다양한 소재와 디자인으로 기능성 및 치료용 족부 보조기를 개발하고 있다. 그러나, 이와 관련된 제품들이 제도적으로 의료 기기로 분류되어 있지 않아, 족부 보조기에 대한 의학적이고 생체공학적인 평가 및 관리가 선행되지 않은 채 무분별하게 생산 판매되고 있는 경향이 있으며, 이러한 평가와 관리가 선행되지 않고 생산 및 판매된 족부 보조기의 착용은 환자 및 일반인들에게 기존 질환의 악화 또는 새로운 족부 및 족근관절의 질환을 유발할 가능성을 내포하고 있다. 특히, 서양인의 해부학적 자료에 의해 개발된 족부 보조기의 무분별한 착용은 서양인과 다른 족부 및 족관절의 해부학적 구조를 가질 수 있는 동양인에게 예상치 못한 문제를 발생시킬 수도 있다. 따라서, 다양한 기능성 족부 보조기에 대한 객관적이고 과학적인 평가가 필요하며, 이러한 검증 작업들은 보다 개선된 족부 보조기의 개발과 수요를 창출할 수 있을 것으로 기대가 된다.

본 연구에서는 현재 시판되고 있는 여러 가지 기능성 족부 보조기 중 하나를 선택하여 건강한 남녀에게 착용시킨 후 방사선학적 평가 및 족저압력분포 검사를 시행하여 착용 전후의 임상적, 생역학적 변화를 고찰하고자 하였으며, 특히 실험 대상군의 착용 만족도와 생역학적 자료를 비교 분석하여 기능성 족부 보조기의 선택 기준을 제시하고자 한다.

## 대상 및 연구방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 족부에 병적 조건이 없는 남녀 28인을 대상으

로 시행하였다. 남자가 16명, 여자가 12명이었으며 평균 나이는 29.6±4.4세였다. 최종 추시까지 6명의 대상이 족부 불편감(4명), 개인 사정(2명) 등으로 연구 대상에서 제외되었으며, 총 22명을 대상으로 연구가 시행되었다. 실험 참여자는 파행 보행 등과 같은 외형상 걸음걸이의 이상이 없고, 다리나 발의 해부학적 기형 또는 신경학적 이상 증상이 없고, 티눈이나 압박종 등이 없으며, 족부 및 족관절에 수술을 받은 과거력이 없는 사람을 대상으로 하였다.

### 2. 족부 보조기

족부 보조기는 맞춤형 족부 보조기(BH Korea, Kwangju, Korea)를 양쪽 족부에 모두 착용하여 실험 하였다. 보조기를 제작하기 전에 실험 대상자의 족저 본을 미리 측정하였고, 측정된 족저 본을 바탕으로 컴퓨터 그래픽 프로그램을 이용하여 족부 보조기의 크기 및 디자인을 결정하여 최대한 실험 대상자의 족저 모양에 맞게 보조기를 제작하였다.

### 3. 평가 방법

#### 1) 방사선 사진 측정

착용 전 기립 자세의 족부 전후면 사진 및 측면 사진을 촬영하였으며, 착용 3 주 후에 족부의 골격 변화를 관찰하기 위해 신발 및 족부 보조기 착용 상태에서 기립 자세의 족부 전후면 사진 및 측면 사진을 한번 더 촬영 하였다. 방사선 평가를 위해 측정된 지표는 전면 사진에서는 제1, 2 중족지 각도, 거골 및 제 2 중족지 각도를 측정하여 비교 하였으며, 측면 사진에서는 종골 거상각(calcaneal pitch)과 거골 높이(talar height)를 측정하여 비교하였다(Fig. 1).

#### 2) 족저압 측정

족부 보조기 착용 전후의 족저압 변화 및 족부 중심의 이동 경로는 F-scan system (Tekscan Inc., South Boston, MA, USA)을 이용하였다. F-scan system은 기존의 연구에서 족저압 및 중심 이동경로를 측정하는데 유용한 것으로 알려져 있으며, 신발 내부에 장착이 가능하고 실험 대상군의 발 모양에 맞게 재단이 가능한 압력 탐색자를 사용한다. 실험 대상자가 탐색자를 신발에 착용한 후 보행을 하게 되면, 탐색자에 발생된 전기 신호가 변환장치에 의해서 컴퓨터로 그 신호가 전달이 되고 이를 자료화 하여 다양한 분석이 가능하도록 고안된 기구이다<sup>2,6)</sup>. 본 연구에서는 F-scan version 4.19 software를 사용하여 분석을 하였다.

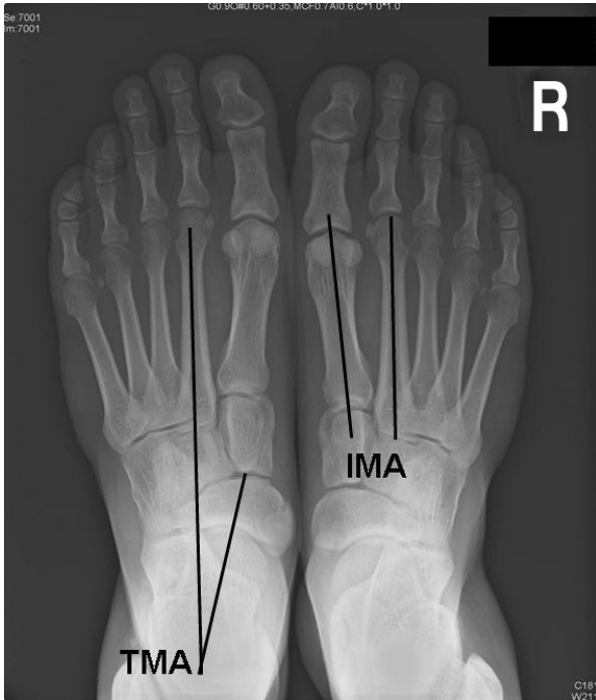


Figure 1. This picture shows a 35 year old male anteroposterior (A) and lateral (B) foot radiograph before wearing the orthosis and parameters for radiographic assessment. IMA: 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> intermetatarsal angle, TMA: talo-2<sup>nd</sup> metatarsal angle, CP: calcaneal pitch, TH: talar height.

족부 보조기 착용 전 족저압 측정은 족저 궁 지지대(arch support)에 의한 오차를 줄이기 위해 족저 궁 지지대가 없는 일반 실내화(Attix, china)에 장착하여 족저압을 측정하였다. 이후 족부 보조기를 착용을 하고, 족부 보조기와 발 사이에 압력 탐색자를 다시 위치시킨 후 한번 더 족저압을 측정하여 비교하였다. 족저압 측정 장치를 장착하고 압력 탐색자의 보정을 실시하고 10분간 보행 적응을 시킨 후 검사를 시행하였다. 검사는 연구 대상자가 단단하고 고른 바닥에서 자연스러운 속도로 직선 방향으로 걷도록 하였으며, 중간 걸음부터 시작하여 1초당 100 Hz로 6초 동안 좌우 양측을 합하여 10-12 걸음이 될 때까지 실시하였다.

입각기 동안 발의 전체 접촉 면적( $cm^2$ )을 구하였으며, 족저압의 측정부위로 무지부, 첫 번째 중족골 두에 해당하는 내측 전 족부, 두 번째, 세 번째 중족골두에 해당하는 중앙 전 족부, 네 번째 골 두 및 다섯 번째 중족골 두의 외측 전 족부, 내측 중족부 그리고 종골부의 7부위로 나누었으며, 각 부위의 면적은  $4 \times 4$  unit으로 통일하여 분석하였다(Fig. 2).

족저압의 측정은 보행주기 가운데 입각기의 전기간에 걸쳐 발바닥의 각 부분이 지면과 접촉 되는 시기에 측정하였으며 각 부위의 압력 탐침자에서 측정된 족저압의 합을 전체 발의 압력으로 하였다. 자료 분석은 모두에서 좌, 우측 발을 선택하여 착용 전 후 압력을 비교하였으며, 처음과 마지막을 제외한 3걸음을 선택하여 각 부위별 평균치 최대 압력(Maximal Mean Peak Pressure), 힘-시간 적분(Force-Time Integral)을 측정하고, 부위별 힘-시간 적분을 전체 발의 힘-시간 적분으로 나눈 비 값인 비례 추진력(Relative Impulse)를 구하였다. 또한 보행 주기 동안의 압력 중심변화 값인 족저압 중심(Center of Pressure)의 측정을 위해 최대 외측 편향 길이와 족부의 최대 좌우길이 비인 족부 외측 편향 지수와 족저압 중심의 전후 길이 및 족부 전체의 전후 길이 비인 전후 지수를 구하여 착용 전후 변화를 측정하였고, 착용 전후에 따른 변화를 비교하였다<sup>4,12</sup>.

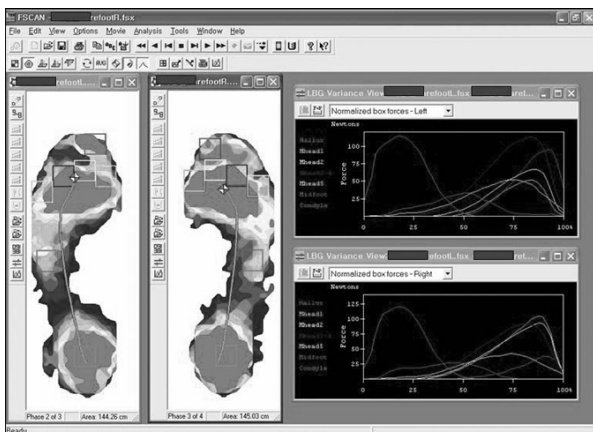


Figure 2. Example of foot scan analysis during the full gait cycle.

3) 임상 평가

임상 평가는 환자의 주관적 만족도를 매우 나쁨(1), 나쁨(2), 보통(3), 좋음(4), 매우 좋음(5)로 점수화 하였으며, 착용 전후 기간별(1주, 2주, 3주) 족부 통증에 대한 visual analogue scale (VAS, 100점 만점) 점수를 측정하여 평가 하였다. 측정된 만족도와 족부 통증에 대한 VAS 점수는 방사선 사진에서 측정된 여러 가지 지표와 족저압 변화를 비교하여 보조기 착용 전후의 방사선 사진 및 족부 압력 변화에 대한 평가를 시행하였으며, 이를 환자 만족도와 통계학적인 방법으로 비교하여 족부 보조기에 의한 영향을 객관적인 자료로 분석하였다.

4) 통계 분석

착용 전후의 환자 만족도 및 족부 방사선 측정치, 그리고 족저압 변화는 paired student T-test를 이용하여 분석하였으며, 환자 만족도에 따른 방사선 및 족저압 측정치 변화는 상관관계 분석을 이용하였다.  $p < 0.05$ 인 경우에 통계적으로 의미 있는 결과로 해석하였다.

결 과

1. 환자 만족도

3주간 지속적으로 착용한 후 설문에 답한 22명의 환자의 분포를 보면, 매우 좋거나 좋았던 사람이 모두 13명(59.1%, 좋음-6명, 매우 좋음-7명)으로 나타났으며, 만족도가 보통 이하로 만족하지 못한 사람이 전체 9명(39.9%, 보통-8명, 나쁨-1명, 매우 나쁨-0명)의 분포를 보였다. 또한 초기 실험에서 탈락한 6명 중 4명은 통증을 호소하여 탈락한 경우로 이를 포함하는 경우 착용 후 만족을 보였던 비율은 약 50% 정도를 나타내었다.

통증에 대한 VAS Score는 착용 전 비만족군에서 평균  $42.7 \pm 9.1$ , 만족군에서 평균  $36.2 \pm 19.7$ 로 나타났으며 통계적으로 차이를 나타내지 않았다( $p=0.3606$ ). 그러나, 착용 후 3주 후 측정된 VAS Score는 비 만족군에서 평균  $57.2 \pm 10.6$ , 만족군에서 평균  $73.1 \pm 15.6$ 으로 나타나 두군 간에 통증 지수가 통계적으로 차이가 나타나는 것을 확인할 수 있었다( $p < 0.05$ ). 착용의 만족감을 보였던 대상에서 착용 전, 후의 통증에 대한 향상도 측정 결과 초기보다 평균 약  $36.9 \pm 10.6$ 점 증가하였으며, 상대치로 계산한 결과 약 100%의 향상을 보이는 것으로 나타났으며, 또한 착용에 만족하지 못했던 대상군의 통증에 대한 VAS score는 평균  $14.4 \pm 13.3$ 점 증가한 것으로 나타났으며, 상대치로 계산한

결과 약 25%정도의 통증 향상도를 보였으나 대상군의 만족도에는 영향을 주지 못하는 것으로 나타났다.

2. 방사선 검사 결과

방사선 사진 측정상 모든 대상군에서 정상 범주내의 측정치를 보였다. 착용 전 전후면 사진에서 제 1, 2 중족지 각도는 우측이 평균  $8.2 \pm 2.4$ 도, 좌측이  $8.4 \pm 2.4$ 도였으며, 거골 및 제 2 중족지 각도는 우측이  $21.8 \pm 6.8$ 도, 좌측이  $21.0 \pm 9.3$ 도였다. 착용 후 제 1, 2 중족지 각도는 우측이  $8.3 \pm 2.2$ 도, 좌측이  $8.4 \pm 2.5$ 도였으며, 거골 및 제 2 중족지 각도는 우측이  $21.1 \pm 6.0$ , 좌측이  $21.8 \pm 5.6$ 도로 측정되었으며, 착용 전 및 착용 후의 전후면 사진상 측정 각도는 통계적으로 유의한 소견을 보이지 않았다. 또한, 착용 전 측면 사진에서 종골 거상각은 우측이  $22.1 \pm 5.3$ 도, 좌측이  $19.7 \pm 6.7$ 도로 측정되었고, 거골 높이는 우측이  $74.5 \pm 7.2$  mm, 좌측이  $74.6 \pm 7.9$  mm였다. 착용 후 종골 거상각은 우측이  $20.8 \pm 6.0$ 도, 좌측이  $19.6 \pm 9.3$ 도로 측정되었고, 거골 높이는 우측이  $74.3 \pm 6.0$  mm, 좌측이  $74.7 \pm 9.3$  mm로 측정되었으며, 착용 전 및 착용 후의 측면 사진상 측정 각도도 통계적으로 유의한 소견을 보이지 않았다. 따라서, 착용에 따른 족부 골격의 변화는 발생하지 않는 것으로 나타났다.

측면 사진상에서 측정하였던 종골 거상각(좌:  $p=0.224$ , 우:  $p=0.512$ ) 및 거골 높이(좌:  $p=0.348$ , 우:  $p=0.272$ )는 통계적으로 유의한 소견을 보이지 않았으나, 전 후면 사진에서 측정된 거골 및 제 2 중족지 각이 통계적으로 유의한 상관관계를 보이면서 의미 있는 결과를 보여 이 각도가 작은 사람에서 착용 후 만족도가 좋아짐을 관찰할 수 있었다( $p < 0.05$ ) (Fig. 3). 제 1, 2 중족지 간 각은 통계적으로 유의한 소견을 보이지 않았다(좌: 0.894, 우: 0.775).

3. 족압 측정

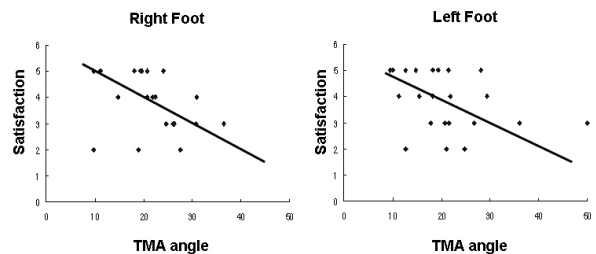


Figure 3. Radiograph - satisfaction correlation after 3 weeks wearing orthosis (right foot:  $R=-0.410$ , left foot:  $R=-0.424$ ,  $p < 0.05$ ). \*TMA: talo-2<sup>nd</sup> metatarsal angle.

**Table 1.** Pedobarographic Study - Maximum Mean Peak Pressure (KPa)

	Right		Left	
	Bare Foot	Orthosis	Bare Foot	Orthosis
Hallux	216.7±146.1	314.4 (↑)*	272.4±214.2	327.7±263.6(↑)*
1st Metatarsal	181.2±70.5	172.0±	179.2±111.3	204.2±179.0
2nd Metatarsal	291.5±140.9	240.8±	286.4±159.4	240.7±132.8
3rd & 4th Metatarsal	270.2±117.0	202.8± (↓)*	328.8±145.8	248.6±102.2(↓)*
5th Metatarsal	157.5±59.8	113.8± (↓)*	183.9±76.7	144.5±97.2(↓)*
Mid Foot	67.7±34.1	63.1±	74.7±45.1	58.1±28.0
Calcaneal Region	225.3±67.7	182.8± (↓)*	297.6±110.1	227.5±107.9(↓)*

(\*, p<0.05)

**Table 2.** Pedobarographic Study - Force Time Integral (Newton-Second: Average)

	Right		Left	
	Bare Foot	Orthosis	Bare Foot	Orthosis
Hallux	695±489.3	915±644.9 (↑)*	773±651.2	970±782.3 (↑)*
1st Metatarsal	808±322.0	597±288.6	732±518.9	682±645.6
2nd Metatarsal	1214±589.3	832±480.8	1071±638.2	817±476.5
3rd & 4th Metatarsal	1278±599.3	842±561.6 (↓)*	1572±764.6	1044±505.8 (↓)*
5th Metatarsal	900±318.1	540±331.6 (↓)*	979±451.5	593±230.4(↓)*
Mid Foot	451±281.5	368±259.0	440±286.6	344±280.5
Calcaneal Region	1418±462.7	949±348.0 (↓)*	1965±735.2	1349±615.6 (↓)*

(\*, p<0.05)

**Table 3.** Pedobarographic Study - Relative Impulse (%)

	Right		Left	
	Bare Foot	Orthosis	Bare Foot	Orthosis
Hallux	10.6±6.6	16.5±13.6 (↑)*	10.1±7.5	18.9±12.1 (↑)*
1st Metatarsal	12.0±4.1	11.0±5.4	9.6±6.2	12.0±7.2
2nd Metatarsal	17.2±5.3	13.6±6.8	13.5±4.8	15.8±5.3
3rd & 4th Metatarsal	18.1±4.3	17.7±6.7	20.1±6.1	15.4±6.4
5th Metatarsal	13.5±3.7	10.5±4.0 (↓)*	13.2±5.8	10.2±3.8 (↓)*
Mid Foot	7.1±4.5	6.4±7.3	6.6±5.1	8.0±5.0
Calcaneal Region	21.6±6.9	24.3±8.6	26.8±8.8	19.7±11.3

(\*, p<0.05)

1) 족저 접촉 면적

F-scan에 의한 족저총 접촉 면적은 착용 전 우측이 124.5±24.4 cm<sup>2</sup>, 좌측이 120.2±32.0 cm<sup>2</sup>에서, 착용 후 우측이 130.1±20.8 cm<sup>2</sup>, 좌측이 136.9±23.9 cm<sup>2</sup>로 증가하는 양상을 보였다(p<0.05).

2) 족저 압력 측정

보행 주기상 가해지는 평균치 최고 압력의 변화는 착용 후 제 1 족지에서 의미있게 증가하였으며, 3,4,5 중족골 두

및 종골 부분에서 의미있게 감소되는 것을 보여 평균 최고 압력이 외측에서 내측으로, 그리고 후방에서 전방으로 이동되는 양상을 나타내었다(Table 1).

전체 보행주기상 압력 측정점에 가해지는 힘을 시간으로 합산한 힘-시간 적분(Force-Time Integral) 계산 결과 최대 평균 압력 분포와 비슷하게 제 1 족지에서 의미있게 증가하였으며, 3,4,5 중족골 두 및 종골 부위에서 의미있게 감소되는 것을 보여 힘-시간 적분 값도 외측에서 내측으로, 그리고 후방에서 전방으로 이동되는 양상을 보였다(Table 2).

**Table 4-A.** Center Of Pressure - Lateral Deviation Index

	Bare	Orthosis	p-value
Right	18.4±5.4%	16.1±5.7%	0.2288
Left	18.8±7.5%	18.0±8.6%	0.7432

**Table 4-B.** Center Of Pressure - Anteroposterior Deviation Index

	Bare	Orthosis	p-value
Right	65.2±4.9%	65.0±4.7%	0.8607
Left	69.0±5.4%	68.7±5.9%	0.8429

연구 대상의 몸무게와 족부 면적에 영향을 받지 않도록 전체 힘-시간 적분값에 대한 족부의 각 부분이 차지하는 비율, 즉 비례 추진력은 5번째 중족골두에서 감소하고 제 1 족지에서 증가되는 소견을 보이는 것으로 전체적인 발의 힘의 분포가 외측에서 내측으로 이동된 것을 알 수 있었으며, 종골 후면의 상대적인 분포는 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 3). 결과적으로 전체적인 족저 압력 검사에서 착용 후 관찰 지점에 가해지는 압력과 힘의 분포는 감소하는 양상이었으며, 이는 접촉면의 증가에 따라 족저 압력 분포가 분산됨을 유추할 수 있으며, 특히 외측에서 내측으로, 그리고 후방에서 전방으로 힘과 압력의 재 분포가 일어나는 양상을 관찰 할 수 있었다.

족저압 중심의 변화 측정 값으로 족저압 중심의 최대 외측 편향 길이와 족부의 최대 좌우길이 비인 족부 외측 편향 지수와 족저압 중심의 전후 길이 및 족부 전체의 전후 길이 비인전후 지수는 보조기 착용 전과 후에 통계적으로 차이가 나타나지 않아, 보조기 착용이 보행 시 중심의 이동을 의미 있게 유발하지는 않는 것으로 나타났다(Table 4-A, B).

환자의 만족도와 족부 압력 측정에서 계산된 값들을 비교하였을 때, 통계적으로 의미 있는 상관 관계를 가지는 측정 치는 없었으며, 환자의 만족도에 영향을 주는 족부 압력의 변화를 본연구에서는 관찰 할 수 없었다. 그러나, 족저 압력 측정상 접촉 면적의 증가, 전체 압력 및 힘의 감소가 착용 후 나타나는 것을 관찰할 수 있어, 족저에 가해지는 평균적인 피로의 감소 효과가 나타나는 것을 알 수 있었으며, 특히 외측에서 내측으로, 그리고 후방에서 전방으로의 힘과 압력의 이동 경향이 현저함을 관찰할 수 있었다.

## 고 찰

족저압을 측정하여 족부 질환 병리에 대한 해석은 족저

압 측정법이 개선됨에 따라 임상적, 과학적 유용성이 증가하고 있다. 과거의 연구는 Harris foot plate를 이용하여 신발을 신지 않은 상태에서 보행 주기중 한 순간만을 포착하여 족압을 평가한 것이었으나, 신발 안에 장착 할 수 있는 얇고 유동적인 탐색자의 개발로 최근에 들어 보행상에서 나타나는 족저압의 변화에 대한 연구의 관심이 높아지고 있으며, 1992년 Rose 등<sup>15)</sup>은 F-scan system을 이용하여 재연성, 내구성 탐색자간의 차이를 조사하여 임상적 유용성을 증명한 바 있다. 또한, 족부의 병적인 상태가 없는 정상인에서도 족부 통증과 족저압의 사이의 관계에 대하여 다양한 연구가 진행 중이다<sup>4,12,15)</sup>.

족저 근막염, 족관절의 내반 및 외반 등과 같이 족부와 족근관절에서 발생된 병적 상태 및 해부학적 기형의 치료와 교정 등 치료의 목적으로 족부 보조기가 적용되고 있다<sup>5,8)</sup>. 이는 정상적인 족부 압력 분포를 유도함과 동시에 특이적으로 증가해 있는 족저의 특정 부분압력을 정상과 비슷하게 압력을 감소시켜 줌으로써, 족저 해부학 구조에 가해지는 이상 압력을 조절하여 그 치료 효과를 유도하고자 하는 방법이다. 따라서, 족저 압력 측정의 방법이 개선되고 의학적 유용성이 알려짐에 따라 다양한 디자인과 소재를 이용하여 족저 보조기가 개발되고 있으며, 최근에 들어서는 장시간 보행이나 기립을 유지하는 특정 직업군에 대하여 편안한 보행을 유도하기 위한 맞춤형 기능성 족부 보조기들이 개발되어 판매되고 있다. Sicco 등<sup>18)</sup>의 당뇨 환자를 대상으로 환자 맞춤형 깔창과 기성형 단순 깔창의 비교 연구에서, 맞춤형 깔창이 압력 감소 효과 및 무게 이동 측면, 그리고, 임상적 증상 개선에서 우수하다고 하였으며, 맞춤형 깔창의 유용성을 보고한 바 있다. 본 연구에서는 착용 전에 가능한 대상군의 발의 크기를 고려한 족부 보조기를 디자인하여 그 효과를 최대화 하고자 하였으나, 환자 만족도가 약 50%로만 측정 되었다. 이는 이전의 연구가 비교적 병리 기전이 잘 알려져 있는 당뇨환자를 대상으로 이상 압력 분포를 교정하기 위한 시도였으나, 본 연구는 족저의 압력 분포가 다양한 정상인을 대상으로 족저 압력의 재분포를 유도하고자 하였던 점에서 이전의 연구와는 다소 차이가 나며, 크기는 달랐지만 전반적인 소재와 디자인이 비슷한 족저 보조기를 모든 대상군에 사용하였기 때문에 대상군의 만족도가 달리 나타난 것으로 판단된다. 따라서, 보다 효과적인 만족도를 유도하기 위한 연구가 계속적으로 필요할 것으로 사료된다.

전체 정상인을 대상으로 여러 가지 영향 요소들을 분석하여 대상군의 만족도와 비교한 결과 착용 대상의 거골 및 제 2족지 관절 각이 본 연구에서 유일하게 음의 상관관계를 나타내고 있어, 의미 있는 영향 요소로 생각된다. 이는 거골

과 발의 중심이 되는 제 2 중족골 간의 각으로 전족부가 후족부에 대하여 외반되어 있는 경우 착용의 만족도가 떨어지는 것으로 해석될 수 있으며, 특히 이러한 외반이 있는 대상군의 경우 착용 전 압력 분포를 보면 내측 족저 압력이 다른 사람보다 증가되어 있는 것으로 나타나는데<sup>10)</sup>, 본 연구에서 사용된 족저 보조기의 경우 전반적으로 압력 분포를 외측에서 내측으로 이동시키는 경향이 있으므로, 기존의 이상 압력 분포가 더욱 악화시켰을 가능성이 있다. 따라서, 착용 전에 이러한 대상을 선별한다면 좀 더 높은 만족도를 유도할 수 있을 것으로 예상된다. 아울러 이러한 족부의 모양을 교정할 수 있는 족부 보조기의 개발과 함께 이에 대한 연구가 더욱 진행되어야 할 것이다.

본 연구에서 다른 족부 방사선 측정 값과 대상군들의 만족도와 통계적인 유의성을 찾을 수 없었다. 특히, 편평족을 시사하는 종골 거상각의 경우 통계학적으로 실험 대상군의 만족도와 비교하여 의미있는 연관성을 유추할 수 없었는데, 이는 편평족이 일반 보행 시에 족부 불편감에 큰 영향을 주지 못한다는 점에서 족부 보조기 착용으로도 큰 변화를 주지 못했던 것으로 해석될 수 있으며, 착용 후 측정된 방사선 측정치에서도 통계학적으로 그 값의 변화가 없는 것으로 보아 족부 보조기에 의한 편평족의 교정 효과는 없는 것으로 사료된다. 단, 유연성 편평족 환자에서 이를 교정 가능하게 해주는 족부 보조기가 개발된다면, 새로운 결과 및 이에 대한 해석이 달라 질 수 있을 것이다.

족부 보조기 착용 후 측정된 족저 압력의 변화에서 전반적으로 변화 양상은 족저 압력 및 힘이 외측에서 내측으로 후방에서 전방으로 이동됨을 관찰할 수 있었다. 비록 환자의 만족도와 연관시켜 의미있는 측정치의 발견에는 실패하였지만, 이는 본 연구가 전체 족저에 가해지는 압력 및 힘을 비교한 것이 아니라, 연구자에 의해 기존의 연구방법을 참고로 특정 부위를 선별하여 진행한 결과였기 때문인 것으로 해석이 된다. 족저 탐침자 개개의 모든 값을 비교 분석 하였다면 환자의 만족과 연관된 족저 압력 변화 부위가 발견될 가능성이 높았을 것이나, 이에 대한 연구는 현재 진행 중에 있다. 그러나, 전체적인 접촉면적의 증가는 발의 특정 부위에 가해지는 압력을 분산시키는 효과를 유도할 수 있으며, 이러한 압력의 분산이 족저에 병적 변화를 일으키지 않는 범위에서 일어난다면 착용자로 하여금 편안한 보행을 유도할 수 있을 것으로 사료된다. 본 연구에서는 모든 대상자에서 접촉 면적의 증가 현상을 관찰할 수 있었으나, 만족도에 영향을 주는 특정부위를 설정하지 못한 것과 특정부위의 정상 압력치에 대한 연구가 동반되지 않았으므로 병리적인 족부 변화를 유도시킬 수 있는 족부 압력변화 값이 설정된

다면 이를 이용한 새로운 족부 보조기의 디자인 및 개발이 가능할 것으로 사료된다.

압력 중심변화를 측정한 결과본 연구에서 사용된 족저 보조기의 경우 착용 전, 후 외측 편향 지수 및 전후 지수의 변화가 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 전체 보행주기에서 족저 보조기 착용에 의해 보행 주기의 변화가 없음을 시사하는 것으로 착용에 의한 다른 관절의 뒤틀림 등이 일어나지 않음을 간접적으로 보여주는 것으로 해석된다. 즉, 이러한 보행 주기를 변화시킬 수 있는 족저 보조기는 임상적으로 새로운 족저의 병리 현상 및 주변 근육의 피로도를 유도 할 수 있으므로 이 값의 측정은 족부 보조기를 평가하는 중요한 요소로 사료 된다.

## 결 론

본 연구에서 사용된 족부 보조기를 분석한 결과 대상군의 후족부에 대한 전족부 방향 값인 거골 및 제 2 중족골 각이 착용 만족도에 영향을 주는 중요한 요소로 분석되었으며, 전체적으로 족부의 접촉면적의 증가와 족저 압력이 외측에서 내측으로, 후방에서 전방으로 이동됨을 관찰할 수 있었다. 따라서, 이와 같은 족저 압력의 변화를 족저 보조기의 디자인과 비교하여 보다 개선되고 과학적인 족저 보조기의 개발을 유도할 수 있을 것으로 기대된다.

## REFERENCES

1. Adam RB, Andrew PB and Craig BP: *The effect of foot wedging on electromyographic activity in the erector spinae and gluteus medius muscles during walking. Gait Posture, 18: 81-91, 2003.*
2. Ahroni JH, Boyko EJ and Forsberg R: *Reliability of F-SCAN in-shoe measurements of plantar pressure. Foot Ankle Int, 19: 668-673, 1998.*
3. Albert S and Rinoie C: *Effect of custom orthotics on plantar pressure distribution in the pronated diabetic foot. J Foot Ankle surg, 33: 594-604, 1994.*
4. Bae HS, Park CHI, Shin JC and Park JW: *The changes of plantar pressure and pathway of center of pressure in foot during the gait in normal preschool children with age. J of Korean Acad of Rehab Med, 25: 1041-1047, 2001.*
5. Bart VG and Howard JD: *Changes in plantar foot pressure with in-sole varus or valgus wedging. J Am Pod Med Assoc, 94: 1-11, 2004.*
6. Brown M, Rudicel S and Esquenzai A: *measurement of dynamic pressures at the shoe-foot interface during normal walking with various foot orthosis using the F-SCAN system. Foot Ankle Int, 17: 152-156, 1996.*
7. Carol MH, Sharon JD and Adrian JA: *User trial and*

- insulation tests to determine whether shock-absorbing insoles are suitable for use by military recruits during training. Mil Med, 169: 741-746, 2004.*
8. **Dananberg HJ and Guiliano M:** *Chronic low-back pain and its response to custom made foot orthosis. J Am Podiatr Med Assoc, 89: 109-117, 1999.*
  9. **Deborah AS and Deirard RD:** *Customized heel pads and soft orthotics to treat heel pain and plantar fasciitis. Arch Phys Med Rehabil, 84: 1564-1567, 2003.*
  10. **Fuller EA:** *Center of pressure and its theoretical relationship to foot pathology. J Am Podiatr Med Assoc, 89: 278-291, 1999.*
  11. **Loard M and Hosein R:** *Pressure redistribution by molded inserts in diabetic footwear: a pilot study. J Rehab Res Dev, 31: 214-221, 1994.*
  12. **Moon HW, Park SI, Rah UW, Lee IY, Yim SY and Kim JH:** *Foot pressure measurement using F-scan system in normal Korean adults. J Korean Acad Rehab Med, 19: 289-295, 1995.*
  13. **Novic A, Stone J, Birke JA, Brasseaux DM, Broussard JB, Hoard AS and Hawkins ES:** *Reduction of plantar pressure with the rigid relief orthosis. J Am Podiatr Med Assoc, 83: 115-122, 1993.*
  14. **Postema K, Burm PE, Zande ME and Limbe J:** *Primary metatarsalgia: the influence of a custom moulded insole and a rockerbar on plantar pressure. Prosthet Orthot Int, 22: 35-44, 1998.*
  15. **Rose NE, Feiwell LA and Cracchiolo A III:** *A method for measuring foot pressures using a high resolution, computerized insole sensor: the effect of heel wedges on plantar pressure distribution and center of force. Foot Ankle, 13: 263-270, 1992.*
  16. **Rothbart BA, Hansen K, Liley P and Yerratt MK:** *Resolving chronic low back pain: the foot connection. Am J Pain Manage, 4: 84-90, 1995.*
  17. **Sharma M, Dhanendran M, Hutton WC and Corbett M:** *Changes in load bearing in the rheumatoid foot. Ann Rheum Dis, 38: 549-552, 1979.*
  18. **Sicco AB, Jan SU and Peter RC:** *Pressure relief and load redistribution by custom-made insoles In diabetic patients with neuropathy and foot deformity. Clin Biomech, 19: 629-638, 2004*
  19. **Yoram F, Joseph W, Shay S and Reuven G:** *Attenuation of spinal transients at heel strike using viscoelastic heel insoles: an in vivo study. Prev Med, 39: 351-354, 2004*
  20. **Young CC, Rutherford DS and Niedfeldt MW:** *Treatment of plantar fasciitis. Am Fam Physician, 63: 467-474, 2001.*