

Rear Foot Wedge 각도가 보행시 전족저 최대압력에 미치는 영향

권오윤

연세대학교 보건과학대학 물리치료학과 및 보건과학연구소

정도영

연세대학교 대학원 재활학과

박경희

원주기독병원 재활의학과

Abstract

The Effect of Rear Foot Wedge Angle on Peak Plantar Pressures on the Forefoot During Walking

Kwon Oh-yun, Ph.D., P.T.

Dept. of Physical Therapy, College of Health Science, Yonsei University
Institute of Health Science, Yonsei University

Jung Do-young, B.H.Sc., P.T.

Dept. of Rehabilitation Therapy, The Graduate School, Yonsei University

Park Kyoung-hee, M.Sc., P.T.

Dept. of Rehabilitation Medicine, Wonju Christian Hospital

The purpose of this study was to find the effect of rear foot wedge angle on peak plantar pressures on the forefoot during walking. Twenty normal healthy subjects (10 female, 10 male) were recruited. Peak plantar pressure was measured using pressure distribution platforms (MatScan system) in medial forefoot (under the first, second metatarsal head) and lateral forefoot (under the third, fourth, fifth metatarsal head). The subjects walked at the comfortable velocity under seven conditions; bare footed, 5°, 10° and 15° wedges under the medial and lateral sides of the hindfoot. The three averaged peak plantar pressures were collected at each condition at stance and toe off phases. The results showed that a significant increase in lateral forefoot plantar peak pressure investigated in the medial wedge and a significant decrease in lateral forefoot plantar peak pressure investigated in lateral wedge at stance phase ($p < .05$). These results suggest that rear foot wedge may be useful to modify the peak plantar pressure on the forefoot.

Key Words: Foot wedge; Orthotic device; Peak plantar pressure; Plantar ulceration.

*본 연구는 연세대학교 학술연구비 지원에 의한 것임.

I. 서론

발은 인간에게 있어서 가장 중요한 이동 수단이며 보행시 체간이동에 필요한 추진력과 진행방향을 제공할 뿐만 아니라 이 때 발생하는 물리적 충격을 흡수하므로 일상생활 중에 하중을 가장 많이 받는 곳이다(윤승호와 김봉옥, 1994). 발바닥에 과도한 압력이 한 곳에 집중되면 발은 통증이나 무지외반증(hallux valgus), 갈퀴발(claw toe)과 망치 발가락(hammer toe)과 같은 기형이 발생하게 된다(Mann과 Coughlin, 1981; Takakura 등, 1999). 더욱이 당뇨병성 신경증(diabetic neuropathy)이나 한센병(Hansen's disease)과 같은 말초신경에 병변이 있는 경우 족부의 감각손실 뿐만 아니라 발의 기형으로 특정부위에 압력이 집중되어 족저부에 상처를 유발하고 이 상처가 지속적인 압력을 받게 되면 조직의 괴사(necrosis)가 진행되어 결과적으로 절단이라는 극단적인 처치가 필요하게 된다(Pecoraro 등, 1990). 미국의 경우 연간 12만명의 하지절단 환자 중 56~83%가 당뇨질환이 원인이고 당뇨질환이 없는 사람보다 족부궤양(foot ulcer)으로 인한 하지절단위험이 15~46배로 높다고 보고되고 있다(Armstrong와 Lavery, 1998; Armstrong 등, 1997). 족부질환과 족저압력과 관계에 대해서 연구들이 선행되어 왔는데 그 중 당뇨병 환자의 족저궤양에 관련된 연구들이 많았다. Veves 등(1992)은 86명의 당뇨병 환자를 평균 30개월 동안 추적 관찰하였는데 이 중 15명에서 족부병변이 발생하였고 이들 모두에서 족저 압력 측정결과 과도하게 높은 족저압력을 보였으며 초기에 과도하게 높은 족저압력을 보였던 환자의 35%에서 족저궤양의 발생과 밀접한 관계가 있음을 보고하였다. 또한 Boulton 등(1983)은 족저부의 궤양발생은 보행시 족저부에 비정상적으로 높은 압력때문이며, 당뇨병성 신경증이 있는 환자의 51%가 족저부의 첫째 발가락 하부나, 첫째, 둘째, 셋째

중족골 골두 하부에 비정상적인 높은 압력이 발생하였다고 보고하였다. 말초신경증 환자에 있어서 궤양을 일으키는 비정상적인 족저압력의 원인은 족부 관절가동범위의 저하, 과도한 굳은살의 형성, 균형감각의 소실에 의한 보행 이상, 족부기형, 감염, 족부 연부조직의 위축 등 여러 가지 요인에 의해 발생한다고 여러 연구자들에 의해 보고되어 왔다(Fernando 등, 1991; Frag 등, 2001; Reiber 등, 1999). 따라서 족저의 압력을 줄이기 위한 방법으로 캐스팅(Total contact casting: TTC), Insole, Rocker shoes, 치료적 신발 등이 사용되고 있으며 치료 효과에 대한 선행연구들도 있다(Chantelau와 Haage 1994; Edmonds 등, 1986; Wertsch 등, 1995). 그 중 Wertsch 등(1995)에 의한 연구에서는 캐스팅이 족저압력을 줄이는데 얼마나 효과적인지 알아보았는데, 제 5중족관절에서 32%, 제 4중족관절에서 63%, 엄지발가락에서 65%, 발뒤꿈치에서 45%의 족저압력이 감소된다고 하였다. 그 이유는 첫째로 캐스팅을 착용할 경우 보행시 활보장(stride length) 및 보행속도의 감소, 둘째로 시상면에서 발목관절의 제한 때문이라고 보고하였다. 또한 Lavery 등(1997)에 의한 연구에서는 당뇨병 환자를 대상으로 점성과 탄성을 지닌 깔창(viscoelastic insole) 착용 유무에 따른 족저압력을 비교하였는데 착용했을 경우 족저궤양 부위에 최대 족저압력이 5.4~20.1% 감소하였으며 치료적인 신발이 족저궤양 재발을 방지하는데 유용함을 증명하였다. 이처럼 전족의 비정상적인 최대압력을 최소화하기 위하여 orthotic device가 많이 사용되고 있으나 아직 후족에 적용하는 wedge의 각도에 따라 보행시 전족저 최대압력이 어떻게 변화하는지에 대한 정량적인 연구가 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 5°, 10°, 15°의 wedge를 후족의 외측과 내측에 착용하고 보행을 할 때 전족부의 최대압력 변화를 알아봄으로써 전족저의 최대압력을 감소시키기 위한 orthotic

표 1. 연구대상자의 일반적인 특성

특성	남성(n=10)	여성(n=10)	계(N=20)
나이(세)	24.8±1.81 ^a	24.6±3.13	24.70±2.49
신장(cm)	175.1±4.62	162.2±3.32	168.65±7.69
몸무게(kg)	71.7±10.15	54.30±5.31	63.00±11.91

^a평균±표준편차

device 제작에 필요한 자료를 제공하고자 하였다.

서 최대 20%이나 압력이 작은 경우(100 kPa 이내)에는 약 8%이다(정진호 등, 2000),(그림 1).

II. 연구방법

1. 연구대상자 및 연구기간

본 연구의 대상자는 강원도 원주시에 소재한 연세대학 재학생으로서 자원한 대상자는 20명(남자 10명, 여자 10명)이었다. 연구 대상자의 선정조건은 다음과 같다. 첫째 보행 장애가 없고 족부의 통증이 없는 자, 둘째 족관절의 관절가동범위가 정상이며, 셋째 후족각이 5° 이하인 자로 목말밑관절(subtalar joint)의 과도한 외반(valgus)이나 내반(varus), 무지외반증(hallux valgus)과 같은 족부 기형이 없는 자로 하였다. 각 대상자에게 실험에 대한 충분한 설명을 한 다음 자발적인 동의를 얻었다. 연구 대상자의 평균연령은 24.7세, 평균신장은 168.6 cm, 평균체중은 63.0 kg이었으며(표 1). 연구기간은 2001년 7월 1일부터 2002년 6월 30일까지였다.

나. Wedge 제작

Wedge의 제작은 보조기 회사에서 주문하여 각 대상자의 후족 폭에 맞도록 제작하였다. 내·외측의 각도가 각각 5°, 10°, 15°가 되도록 하였으며 wedge의 길이는 세로 7.5 cm로 하였다(그림 2).

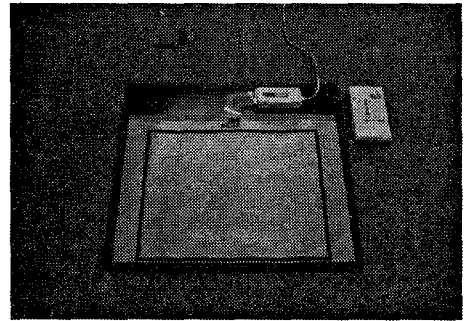


그림 1. Matscan system

2. 실험장비

가. 족부압력 측정

족부압력 측정은 matrix 형태의 저항식 압력센서(Teckscan sensor)인 MatScan system¹⁾을 사용하였다. 압력센서의 너비는 702,597 mm²(8,382 mm×8,382 mm)이며 센서는 가로 44개, 세로 52개로 구성되어 있다. Tekscan 압력센서의 오차범위는 300 kPa 이하의 압력에 대해

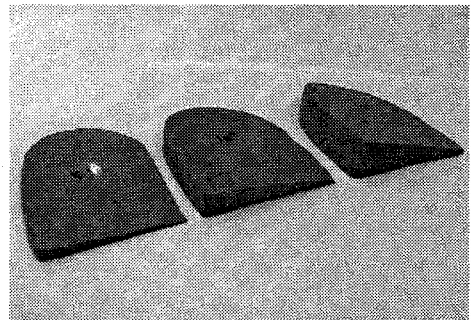


그림 2. 각도에 따른 wedge 모형

1) Tekscan Inc. USA.

3. 실험방법

Tecscan sensor는 보행 통로 중앙에 고정시키며 보행의 속도를 일정하게 유지하기 위하여 편안한 보행속도를 3회 측정하여 평균 보행속도를 산출하여 산출된 보행속도와 메트로놈의 속도를 일치시키고 대상자가 보행하면서 Tecscan sensor를 밟고 보행할 수 있도록 미리 보폭의 거리를 맞춘 다음 5회 정도 예비보행시켰다. 메트로놈의 박자와 익숙해진 후 측정 전에 대상자의 체중을 측정하여 프로그램에 입력하고 압력 측정판 위에서 대상자가 한발로 5초간 움직임 없이 왼쪽 발로 서도록 하여 각 대상자의 체중을 보정하였다. wedge는 1회용 종이 반창고를 이용하여 후측에 견고하게 부착시키고 맨발, 5°, 10°, 15° wedge 순으로 시행하였다. 실험자의 '시작' 구령을 하면 대상자가 메트로놈 박자에 맞춰 보행하며 각 조건하에서 5회 반복 측정하였다. 족저부의 압력자료로부터 첫 번째, 두 번째 중족골 하부를 포함한 내측부위와 세 번째, 다섯 번째 중족골 골두하부를 포함한 외측부위의 최대 족저압력을 측정하였다.

4. 분석방법

측정된 압력 분포 자료는 Tekscan의 상용 프로그램을 이용하여 30 frame/sec로 자료를 수집하여 F-scan TAM 4.19프로그램²⁾을 사용하여 내·외측 전족부의 각 영역을 구분하

였다. 입각기 시기에는 발바닥 지면 접촉면적이 최대일 때의 내·외측 전족부 최대압력을 측정하였고 발떼기 시기에서는 중족골 하부에서의 내·외측 전족부 최대압력을 측정하였다. 후측에 착용한 내·외측 wedge의 각도에 따른 내·외측 전족부 최대압력 차이를 알아보기 위해 반복측정된 일요인 분산분석(one-way repeated ANOVA)을 실시하였으며, 유의수준 α 는 .05로 하였다. 자료의 통계처리를 위해 윈도우용 SPSS 10.0 프로그램을 사용하였다.

III. 결과

1. 내측 wedge의 각도에 따른 입각기 시 전족부 내측 최대압력 비교

후측에 착용한 내측 wedge 각도가 증가함에 따라 입각기시 전족부 내측 최대압력이 감소하였으나 유의한 차이는 없었으며 15°에서 증가하였다(표 2),(그림 3).

2. 외측 wedge의 각도에 따른 입각기 시 전족부 내측 최대압력 비교

후측에 착용한 외측 wedge 각도가 증가함에 따라 입각기시 전족부 내측 최대압력이 증가하였으나 유의한 차이는 없었으며, 15°에서 감소하였다(표 3),(그림 3).

표 2. 내측 wedge의 각도에 따른 입각기시 전족부 내측 최대압력

(단위: kPa)

	전족부 내측 최대압력		자유도	F	p
	평균±표준편차				
정상 보행시	67.93±23.46		3	2.72	.53
Wedge	5°	64.73±25.32			
	10°	61.28±23.72			
	15°	63.67±28.21			

2) HanVit I.T.M. Co. USA.

표 3. 외측 wedge의 각도에 따른 입각기시 전족저 내측 최대압력 (단위: kPa)

	전족저 내측 최대압력		자유도	F	p
	평균±표준편차				
정상 보행시	67.93±23.46				
Wedge	5°	65.05±28.73	3	1.19	.32
	10°	69.53±27.02			
	15°	69.29±29.38			

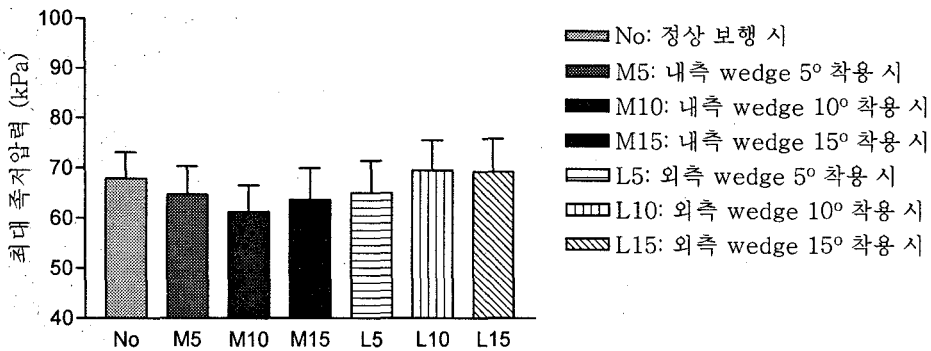


그림 3. Wedge 각도에 따른 입각기시 내측 전족저 최대압력

표 4. 내측 wedge의 각도에 따른 입각기시 전족저 외측 최대압력 (단위: kPa)

	전족저 외측 최대압력		자유도	F	p
	평균±표준편차				
정상 보행시	52.41±24.80				
Wedge	5°	53.49±23.84	3	6.99	.00
	10°	58.26±22.29			
	15°	63.32±26.87			

표 5. 외측 wedge의 각도에 따른 입각기시 전족저 외측 최대압력 (단위: kPa)

	전족저 외측 최대압력		자유도	F	p
	평균±표준편차				
정상 보행시	52.41±24.80				
Wedge	5°	47.71±23.55	3	5.19	.00
	10°	46.82±21.38			
	15°	45.62±21.97			

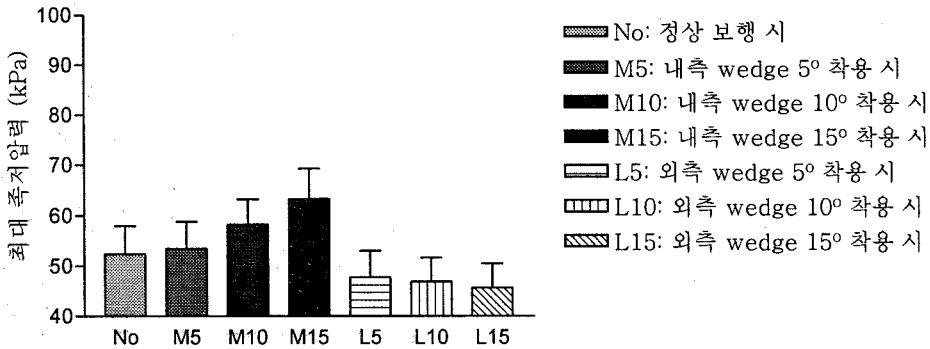


그림 4. Wedge 각도에 따른 입각기시 전족저 외측 최대압력

3. 내측 wedge의 각도에 따른 입각기시 전족저 외측 최대 족저압력 비교

후측에 착용한 내측 wedge 각도가 증가함에 따라 입각기시 전족저 외측 최대 족저압력은 유의하게 증가하였다($p < .00$), (표 4), (그림 4).

4. 외측 wedge의 각도에 따른 입각기시 전족저 외측 최대 족저압력 비교

후측에 착용한 외측 wedge 각도가 증가함에 따라 입각기시 전족저 외측 최대 족저압력은 유의하게 감소하였다($p < .00$), (표 5), (그림 4).

표 6. 내측 wedge의 각도에 따른 발끝떼기시 전족저 내측 최대압력

(단위: kPa)

	전족저 내측 최대압력		자유도	F	p
	평균 ± 표준편차				
정상 보행시	224.93 ± 49.97		3	1.52	.21
Wedge	5°	223.33 ± 48.97			
	10°	218.76 ± 44.84			
	15°	223.03 ± 49.46			

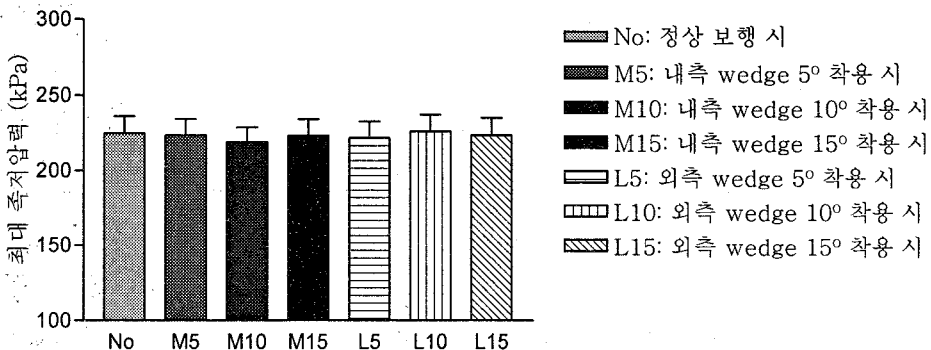


그림 5. Wedge 각도에 따른 발끝떼기시 전족저 내측 최대압력

**5. 내측 wedge의 각도에 따른 발끝때
기시 전족저 내측 최대압력 비교**

후족에 착용한 내측 wedge 각도가 증가함에 따라 발끝때기시 전족저 내측 최대압력이 감소하였으나 유의한 차이는 없었으며, 15°에서는 증가하였다(표 6),(그림 5).

**6. 외측 wedge의 각도에 따른 발끝때
기시 전족저 내측 최대압력 비교**

후족에 착용한 외측 wedge 각도가 증가함

에 따라 발끝때기시 전족저 내측 최대압력은 유의한 차이가 없었다(표 7),(그림 5).

**7. 내측 wedge의 각도에 따른 발끝때
기시 전족저 외측 최대압력 비교**

후족에 착용한 내측 wedge 각도가 증가함에 따라 발끝때기시 전족저 내측 최대압력은 유의한 차이가 없었다(표 8),(그림 6).

표 7. 외측 wedge의 각도에 따른 발끝때기시 전족저 내측 최대압력 (단위: kPa)

	전족저 내측 최대압력		자유도	F	p
	평균±표준편차				
정상 보행시	224.93±49.97				
Wedge	5°	221.60±48.83	3	.63	.59
	10°	225.86±49.29			
	15°	223.44±51.29			

표 8. 내측 wedge의 각도에 따른 발끝때기시 전족저 외측 최대압력 (단위: kPa)

	전족저 외측 최대압력		자유도	F	p
	평균±표준편차				
정상보행시	110.90±33.14				
Wedge	5°	120.04±38.05	3	1.03	.38
	10°	116.60±38.45			
	15°	121.54±41.49			

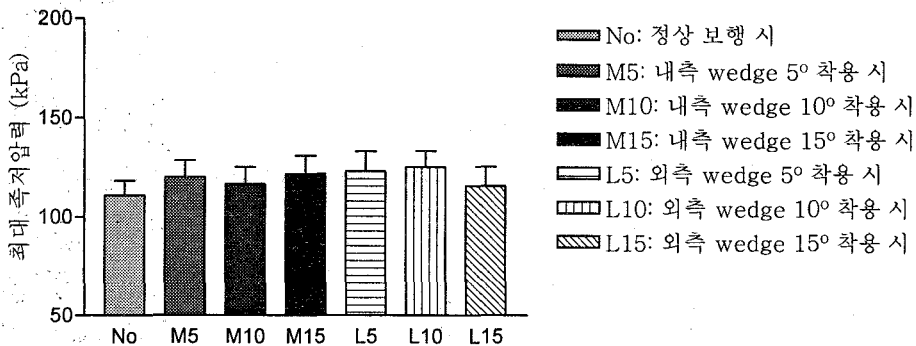


그림 6. Wedge 각도에 따른 발끝때기시 전족저 외측 최대압력

표 9. 외측 wedge의 각도에 따른 발끝떼기시 전족저 외측 최대압력

(단위: kPa)

	전족조 외측 최대압력		자유도	F	p
	평균±표준편차				
정상 보행시	110.90±33.14				
Wedge	5°	122.87±44.77	3	1.96	.129
	10°	124.94±37.04			
	15°	115.30±44.26			

8. 외측 wedge의 각도에 따른 발끝떼기시 전족저 외측 최대압력 비교

후족에 착용한 외측 wedge 각도가 증가함에 따라 발끝떼기시 전족저 외측 최대압력은 유의한 차이가 없었다(표 9),(그림 6).

IV. 고찰

족저압력 평가는 보행분석실에서 이루어지는 운동역학적인 분석방법 중의 하나이다. 족저압력 평가로부터 얻은 자료는 신경학적, 근골격적인 질환과 관련된 다양한 발 질환에 대해서 신발 및 보조기 착용, 운동치료 프로그램 그리고 국한된 무게지지의 양을 수정함으로써 환자를 평가 및 치료하는데 유용하게 사용되고 있다(Orlin과 McPoil, 2000). 지면반발력(ground reaction force: GRF)은 힘 측정판(force platform)을 이용하여 측정하게 되는데 힘 측정판은 앞·뒤·좌·우·위·아래, 세가지 방향에서 작용하는 힘을 측정할 수 있으나 발의 국소부위에 작용하는 압력은 측정할 수 없다. 이에 비해 압력 측정판은 입각기 동안 발 바닥에 가해지는 하중을 영역별로 측정할 수 있어서 당뇨병 그리고 발에 말초신경학적 질환을 갖는 환자에게 궤양의 위치를 미리 예측할 수 있도록 도와준다(Orlin과 McPoil, 2000; Rodgers, 1988). 압력 측정판을 이용하여 측정할 수 있는 변수는 접촉시간(contact duration), 평균 압력, 시간-적분 압력(time integral pressure), 최대 족저압

력이 있다. 본 연구에서는 시간에 따른 영역별 최대압력을 사용하여 입각기 시기와 발끝떼기 시기에 전족저 내·외측 최대압력을 측정하였다.

다양한 발 질환으로 인해 비정상적으로 증가된 족저압력을 평가하여 발 보조기(foot orthotics), 치료적인 신발(therapeutic footwear) 그리고 신발 깔창에 쓰이는 다양한 재질(various material)의 적용 혹은 보행전략을 이용해 족저압력을 감소시키기 위한 여러 가지 방법들이 연구 중이다 그 중에 Albert와 Rinoie(1994)는 최내적인 당뇨발을 갖고 있는 8명의 당뇨질환 환자를 대상으로 신발 안에 보조기를 착용했을 때 첫 번째 중족골두 하부와 내측 발뒤꿈치에 30~40%의 최대 족저압력을 줄일수 있었으며, 지면 접촉시간은 5~10% 증가하였다. 이는 입각기시에 접촉면적과 시간을 증가시킴으로써 궤양을 예방하는데 유용하다고 보고하였다. Schaff와 Cavanagh(1990)은 24° rocker bottom shoes를 착용했을 경우 일반 신발과 비교했을 때 내측 및 중앙 전족저와 발가락의 압력을 약 30% 감소시킨다고 보고하였다. 또한 본 연구에서 사용된 orthotic wedge는 생체역학적인 발조절로 다양한 발 질환 치료에 널리 이용되고 있다. 다양한 wedge의 적용으로 후족의 내번 기형(varus deformity), 전족의 내·외번 기형(varus·valgus deformity) 그리고 비정상적인 최내 발(pronated foot) 등의 다양한 기형을 치료하는데 사용되어 왔으며 이러한 기

형을 치료하는데는 우선 wedge가 선 자세 혹은 보행을 정상적으로 하기 위하여 골격 정렬(skeletal alignment)을 증진시킨다고 보고하였다(Kogler 등, 1999). 또한 발뒤꿈치 통증치료에도 유용하다고 보고되었다(Marr과 Pod, 1980; Riddle과 Freeman, 1988). Rose등(1992)에 의하면 1/2-inch 외측 wedge는 세 번째, 네 번째, 다섯 번째 중족골두 하부(metatarsal heads)에서 평균 24%가 유의하게 감소되었고, 첫 번째, 두 번째 중족골두 하부에서 평균 20.8%의 족저압력이 유의하게 증가되었으며, 압력중심(center of force)은 내측으로 이동한다고 보고하였다. 또한 1/2-inch 내측 wedge는 첫 번째, 두 번째 중족골 하부에서 평균 27.7% 유의하게 감소되었으며, 첫 번째 발가락 하부에(first toe) 약 31.4%가 감소되었고 압력중심은 외측으로 이동한다고 보고하였다. 1/2-inch 내측 wedge는 세 번째, 네 번째, 다섯 번째 중족골 하부에 10% 증가하였으나 유의한 차이는 없었다고 하였으며 그 이유는 발의 내측보다는 외측이 더 유연하기 때문이어서 내측 heel wedge를 착용하고 걸었을 때 발의 외측은 이러한 치료적인 신발에 더 잘 적용할 수 있을거라고 보고하였다. 하지만 본 연구에서는 오히려 입각기시 내측보다는 외측이 유의한 차이를 보였다. 그 이유는 보행시 신발을 착용하지 않아서 오히려 외측보다는 내측이 유연하게 움직였기 때문이라고 생각된다.

입각기시 내측 wege를 착용했을 때는 전족저 내측 최대압력이 감소하고, 외측 wege를 착용했을 때는 전족저 내측 최대압력이 증가하였으나 유의한 차이는 없었다. 그러나 발끝때기시에는 입각기시와는 달리 wedge의 착용위치와 상관없이 일정한 유형을 찾아 볼 수가 없었다. 그 이유는 wedge의 부착부위가 후측에 제한되어 있기 때문에 전족저에까지 영향을 미치지 못했을 것으로 생각된다.

발 뿐만 아니라 슬관절에 병변이 있을 때

wedge가 부착된 insole을 적용하는 연구도 진행되고 있다. 그 중 Kerrigan 등(2001)은 외측 insoel에 wedge를 부착하여 슬관절 골관절염이 있는 환자에게 보행시 슬관절 내번 토크(knee varus torque)에 미치는 영향에 대해서 알아보았는데 정상 보행, 5°, 10° 외측 wedge를 부착한 insole을 착용하여 보행시 유의하게 슬관절 내번 토크가 감소한다고 하였다. 이와 같이 wedge를 부착한 insole이 발뿐만 아니라 슬관절의 생체역학적인 영향을 미치므로 앞으로 orthotic wedge를 부착한 insole을 이용하여 발과 슬관절을 동시에 분석하는 연구가 필요하다고 본다.

V. 결론

본 연구는 후측에 다양한 각도의 wedge를 착용하였을 때 입각기시와 발끝때기시를 구분하여 전족저의 최대압력 분포의 변화를 알아보고자 시행하였다. 족저압력을 측정하기 위해 MatScan system을 이용하였고 연구결과 내·외측 wedge 각도에 따라 입각기시 전족저 외측 최대 족저압력은 유의한 차이가 있었으나($p < .05$), 입각기시 전족저 내측 및 발끝때기시 전족저 내·외측 최대압력은 유의한 차이가 없었다. 연구결과로 미루어 볼때 wedge보다는 내·외측을 각도를 달리하는 wedge insole을 이용하여 전족저의 최대 족저압력을 알아보는 연구가 필요하다고 생각된다. 이러한 연구결과들이 선행된다면 보행시에 전족부의 비정상적인 족저압력으로 인하여 발생하는 발의 통증과 기형을 예방 및 치료하기 위한 orthotic device 제작시 필요한 자료로 활용될 수 있을 것이다. 특히 당뇨병성 신경증(diabetic neuropathy) 환자나 한센병 환자의 경우와 같이 말초신경 마비로 인하여 전족부에 자주 발생하는 궤양(ulcer)을 예방 및 치료하기 위한 orthotic device를 제작시 궤양의 위치에 따라 후족각도를 적절히

조절하여 비정상적으로 한곳에 과도한 압력이 집중되는 것을 방지하는데 활용될 수 있을 것이다.

인용문헌

- 윤승호, 김봉옥. 임상보행분석. 서울, 세진기획, 1994.
- Albert S, Rinoie C. Effect of custom orthotics on plantar pressure distribution in the pronated diabetic foot. *J Foot Ankle Surg.* 1994;33(6):598-604.
- Armstrong DG, Lavery LA. Diabetic foot ulcers: Prevention, diagnosis and classification. *Am Fam Physician.* 1998; 57(6):1325-1332.
- Armstrong DG, Lavery LA, van Houtum WH, et al. Seasonal variations in lower extremity amputation. *J Foot Ankle Surg.* 1997;36(2):146-150.
- Boulton AJ, Hardisty CA, Betts RP, et al. Dynamic foot pressure and other studies as diagnostic and management aids in diabetic neuropathy. *Diabetes Care.* 1983;6(1):26-33.
- Chantelau E, Haage P. An audit of cushioned diabetic footwear: Relation to patient compliance. *Diabet Med.* 1994; 1:114-116.
- Edmonds ME, Blundell MP, Morris ME, et al. Improved survival of the diabetic foot: The role of a specialized foot clinic. *Q J Med.* 1986;60(232):763-771.
- Fernando DJ, Masson EA, Veves A, et al. Relationship of limited joint mobility to abnormal foot pressures and diabetic foot ulceration. *Diabetes Care.* 1991; 14(1):8-11.
- Frag A, Robert J, Carine HM, et al. Plantar tissue thickness is related to peak plantar pressure in the high-risk diabetic foot. *Diabetes Care.* 2001; 24:127-1274.
- Kogler GF, Veer FB, Solomonidis SE, et al. The influence of medial and lateral placement of orthotic wedges on loading of the plantar aponeurosis. *Bone Joint Surg [Am].* 1999;81(10):1403-1413.
- Kerrigan DC, Lelas JL, Goggins J, et al. Effectiveness of a lateral-wedge Insole on knee varus Torque in patients with knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83:889-893.
- Mann RA, Coughlin MJ. Hallux valgus-etiology, anatomy, treatment and surgical considerations. *Clin Orthop.* 1981;157:31-41.
- Marr SJ, Pod FA. The use of heel posting orthotic techniques for relief of heel pain. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1980; 96(1):73-74.
- Orlin MN, McPoil TG. Plantar pressure assessment. *Phys Ther.* 2000;80(4):399-409.
- Pecoraro RE, Reiber GE, Burgess EM. Pathways to diabetic limb amputation. Basis for prevention. *Diabetes Care.* 1990;13(5):513-21.
- Reiver GE, Vileikyte L, Boyko EJ, et al. Causal pathways for incident lower-extremity ulcers in patients with diabetes from settings. *Diabet Cares.* 1999;22(1):157-162.
- Riddle DL, Freeman DB. Management of a patient with diagnosis of bilateral plantar fasciitis and Achilles tendinitis: A case report. *Phys Ther.* 1988;68(12): 1923-1916.

- Rodgers MM. Dynamic biomechanics of the normal foot and ankle during walking and running. *Phys Ther.* 1988;68(12):1822-1830.
- Rose NE, Feiwell LA, Cracchiolo A. 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.* 1992; 3(5):263-270.
- Schaff PS, Cavanagh PR. Shoes for the insensitive foot: The effect of a "rocker bottom" shoe modification on plantar pressure distribution. *Foot Ankle.* 1990;11(3):129-140.
- Tanaka Y, Takakura Y, Fujii T, et al. Hindfoot alignment of hallux valgus evaluated by a weightbearing subtalar x-ray view. *Foot Ankle Int.* 1999; 20(10):640-5.
- Veves A, Murray H J, Young M J, et al. The risk of foot ulceration in diabetic patients with high foot pressure: A prospective study. *Diabetologia.* 1992; 35(7):660-663.
- Wertsch JJ, Frank LW, Zhu H, et al. Plantar pressures with total contact casting. *J Rehabil Res Dev.* 1995;32(3): 205-209.