



## 족저압력분석을 활용한 테니스화 기능성평가

### Functional Evaluation of Tennis Shoes Using Foot-Pressure Distribution

박승범(신발산업진흥센터) · 이중숙\*(신라대학교)

Park, Seung-Bum(Footwear Industrial Promotion Center) · Lee, Joong-Sook\*(Silla University)

#### 국문요약

본 연구의 목적은 테니스화의 종류에 따른 주행 특성 및 테니스 동작 수행 시 족저압력분석 방법을 활용하여 테니스화의 기능성을 평가하는데 있다. 하지의 상해가 없고 정상적인 보행동작을 수행하는 남자 대학생 10명을 선정하여 4종류 모델의 테니스화를 대상으로 직선주행, 45° 방향전환주행, 포핸드 스트로크, 백핸드 스트로크 동작 시 족저압력을 측정 후 COP(center of pressure)경로, 평균족저압력, 최대족저압력, 최대지면반력을 분석하였다. 분석 결과 직선달리기 동작 시 족저압력 분석결과 모든 제품이 우수한 것으로 분석되었고 통계적으로 유의미한 차이는 없었으며, 45° 방향전환달리기동작, 포핸드 스트로크동작, 백핸드 스트로크 동작 시 최대지면반력과 최대족저압력 그리고 평균족저압력을 종합적으로 분석해 본 결과 통계적으로 유의미한 차이는 없었으나, C>A>B>D 순으로 테니스화의 기능성이 우수한 것으로 분석되었다.

#### ABSTRACT

S. B. PARK, and J. S. LEE, Functional Evaluation of Tennis Shoes Using Insole Foot-Pressure Distribution. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol. 18, No. 4, pp. 89-97, 2008. The purpose of this study was to analyze the foot-pressure distribution of Tennis Shoes for assessing their functionality. 10 university male students (shoe size: 265mm) who had no history of injury in the lower extremity and a normal gait pattern participated in this study. Four types of tennis shoes, most popular in Korea (A, B, C & D company), were selected and tested. Using the PEDAR-X system and PEDAR-X insoles, 4 different motion stages were analyzed for the foot-pressure distribution: (a) straight running; (b) c-cut(45° left turn running; (c) forehand stroke; and (d) backhand stroke. Results revealed that in all stages, there were no statistically significant differences among the types of shoes; however, descriptive statistics indicated that functionality of shoe types was somewhat different depending on the type of stages. The order in functionality found was C>A>B>D.

KEYWORDS : FOOT PRESSURE DISTRIBUTION, TENNIS SHOES, FUNCTIONALITY, EVALUATION

\* jslee@silla.ac.kr

## I. 서론

스포츠에서 인간행동들은 도구 자체의 물리적 특성에 의해서 영향을 받는다. 도구의 무게, 관성 모멘트, 탄성 등은 운동선수의 움직임 패턴 및 운동수행 결과에 영향을 준다. 이러한 도구들은 다양한 물리적 특성과 관련되어 있지만, 도구들의 탄력성과 상대적 견고성은 스포츠 도구에서 가장 중요한 변인들의 하나이다(부산신발산업진흥센터, 2004).

스포츠에서 최적의 운동수행을 하기 위해서는 플레이 스타일에 맞는 도구를 선택하여야 한다. 다양한 테니스 도구들 중에서 테니스 선수에서 적합한 전문 테니스화를 선택하고, 플레이 스타일, 풋 워크(foot work)의 종류에 따라서 어느 형태로 설계된 테니스화를 착용해야 하는지를 결정하는 것은 매우 중요한 일이다.

현재 테니스화는 발의 건강이나 착용감, 쾌적성을 추구할 뿐만 아니라 과학화되고, 전문화되고 있으며, 신발의 특수한 기능, 다양한 기능 즉, 피팅(fitting), 충격흡수성(shock absorb), 안전성(stability), 통기성(ventilation), 내구성(durability), 마찰력(traction), 굴곡성(flexibility), 경량성(light-weight) 등을 가진 고기능성의 신발 완제품이 증가하고 있다.

이러한 신발 완제품의 성능 및 기능의 적합성 여부를 시험항목 및 방법을 개발하기 위하여 신발의 많은 기능 중 다음의 9개 항목에 대한 시험항목 ① 마찰계수시험 ② 정특성시험 ③ 영구변형 시험 ④ 내구성시험 ⑤ 굽힘내구성시험 ⑥ 환경접착성시험 ⑦ 발열성, 발한성, 보온성시험 ⑧ 배족부안정성시험 ⑨ 충격흡수성, 반발탄성시험을 제시하였다.

전문 테니스화가 일반 신발과는 구별되고 차별화된 것은 상해예방과 운동수행능력의 향상이 동시에 요구된다는 점이다. 국제적으로 성능평가지표로 활용되는 요소로 여러 가지 것들이 있지만 필수적으로 요구되는 기능으로는 ① 충격흡수성 ② 반발 탄성 ③ 미끄럼 방지 기능 ④ 안전성 ⑤ 적합성 등 5개 항목으로 도출된다(부산신발산업진흥센터, 2004).

테니스화에 있어서 가장 중요한 기능은 경기장의 특성에 따라 지면으로부터 발바닥과 하지가 받는 충격력을

흡수하는 것이다. 대부분의 테니스화는 바닥이 경기장 특성에 따라 다르게 설계되며, 일반적으로 충격흡수와 적절한 미끄러짐(slip) 방지 목적으로 설계되어 진다. 발이 가지고 있는 고유의 충격 완화 또는 흡수 기전 외에 발을 보호하기 위한 목적으로 개발된 것이 신발이기 때문에 신발은 지면으로부터 받는 충격을 흡수하여 발을 보호하며 부상예방에서 가장 큰 역할을 수행한다(Nigg, 1986).

조깅하는 속도로 달리는 동안 발이 지면에 착지할 때 수직 방향의 최대 지면반력은 체중의 2-3배에 이르며, 70kg의 사람이 1km를 달리는 동안 한쪽 발이 받는 충격량은 약 110톤에 달한다고 한다(Mann, 1980). 테니스화 또한 특수목적용 가진 신발로서 장시간 착용을 하고 열악한 환경에서 사용됨으로 테니스화 설계 시 지면반력과 족저압력분포는 중요한 요소이다(박승범, 이중숙, 2007).

Nigg(1986)은 상해를 예방하기 위한 신발 조건으로 신발의 쿠션과 안정성 확보를 강조하고 있다. 신발은 발을 보호하고 상해를 예방할 수 있어야 한다. 테니스화 역시 일반적인 신발과 마찬가지로 다양한 방법을 통해 평가가 이루어져야 하나 현재 국내의 테니스화 관련 연구는 부족한 실정이다.

우리나라에서는 1990년대 이후에 보행 및 발과 관련된 연구가 활발히 이루어지고 있으며(김재호, 2006), 다양한 분야에서 족저압력분포를 이용한 보행 및 운동 동작, 신발과 관련된 분석이 대부분 이루어지고 있다(박경희, 권오윤, 김영호, 2003; 이동기, 2005; 정경석, 2005; 최지영, 김승재, 이의린, 2005; 성우성, 2006; 이인숙, 이정호, 김현경, 유경석, 2006; 김재호, 2006; 손미숙, 2007; 박승범, 이중숙, 2007; Clarke, 1980; Perters, Runge, 2001; Diliberto, Baumhauer, Wilding, & Nawoczenski, 2007). 또한 족저압력과 함께 지면반력을 이용한 발 관련 연구 보고도 꾸준히 발표되고 있다(김태형, 이기정, 1996; 임영태, 2003; 채원식, 2006; 최치선, 남기정, 신인식, 서경석, 은선덕, 김석범, 2006; Barnett, Cunningham, & West, 2001).

운동역학 분야의 신발 관련 족저압력분석 연구는(Alexander, Chao, Kenneth & Johnson, 1990; Cavanagh, Hewitt & Perry, 1992; Hennig, Sanderson, 1995; Hennig, Milani, 1995), 달리기(Hennig, Milani, 1995), 걷기(Rosenbaum, Hautmann, Gold & Class,

1994), 그리고 재활을 목적으로 한 보행분석(Cheluwe & Nelen, 1999) 등 다양하게 이루어져 왔다. 또한 최근 발의 건강에 대한 관심이 고조되면서 족부 통증환자, 당뇨병, 류마티스 등의 관절염 환자에게서 나타나는 발의 문제점들을 해결하기 위하여 족저압력분석이 많이 사용되고 있으며, 각종 족부 질환에 따른 발의 변형과 발에 미치는 영향을 분석하는 등 다양한 분야에서 족저압력분석이 이용되고 있다. 테니스화의 족저압력을 분석하기 위해서는 발에 가해지는 압력을 객관적으로 정확하게 측정해야 한다.

족저압력을 측정하는 장비들 역시 발 관련 연구가 활발하게 진행되어오면서 다양하게 개발되어 왔으며, 족저압력 측정을 통하여 얻어진 데이터는 최대압력(peak pressure), 평균압력(mean pressure), 최대힘(maximum force), 평균힘(mean force), 접지압력 면적(contact area) 등 다양한 요소들에 의해 분석할 수 있다. 족저압력을 측정하기 위해 사용되는 장비로는 힘판(forceplate), 압력판(pressure platform), 신발내 삽입형 족저압 측정기(in-sole pressure measurement) 등이 있으며, 실험방법에 따른 장비 선택이 중요하다.

따라서 이 연구에서는 테니스화의 기능성을 평가하기 위하여 현재 시중에서 판매되고 있는 대표적인 테니스화 모델을 대상으로 다양한 형태의 보행동작과 달리기동작을 수행하게 한 후 그에 따른 지면반력과 족저압력분포를 측정하여 그 기능성을 분석하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자 선정

연구대상자는 족부변형이 없고, 최근 2년 동안 하지와 족부부위에 상해가 없었으며, 정상적인 보행동작을 수행하는 신체 건강한 남자 대학생 10명을 선정하였다. 피험자들의 신발 사이즈는 모두 265mm이었다. 실험을 실시하기 전에 피험자들에게 실험의 목적과 실험상황에 관하여 설명하고 유의사항을 인지시킨 후 동의서를 받았다. 연구대상자의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 피험자의 신체적 특성

구분	발길이(mm)		발폭(mm)		족궁(mm) 상(왼) 하(오른)
	오른발 상(체중) 하(체중)	왼발 상(체중) 하(체중)	오른발 상(체중) 하(체중)	왼발 상(체중) 하(체중)	
M	246.0	246.6	98.3	96.9	27.1
±SD	±8.10	±6.74	±3.77	±4.48	±2.96
	251.7	253.9	102.4	102.5	27.4
	±7.04	±4.40	±3.92	±5.08	±3.27

구분	나이(세)	체중(kg)	신장(cm)	신발(mm)
M	24.7	73.3	171.6	265.0
±SD	±2.11	±6.50	±3.60	±0.00

### 2. 테니스화 모델 선정

테니스화는 국내외 유명제품으로 국산품 2종류와 외국제품 2종류의 모델을 선정하여 하였고, 제품 선정 시 객관성을 확보하기 위하여 부산시내 L 백화점에서 동일한 사이즈의 제품을 구입하였으며, 가격대도 비교적 유사한 제품으로 선정하였다.

실험에 사용된 테니스화는 현재 국내에 시판되고 있는 대표적인 모델 4종으로 신발 사이즈는 265mm 남성용을 선정하였다. 실험대상 테니스화는 <그림 1>과 같다. 또한 각 테니스화의 겔창(Outsole) 및 중창(Midsole)의 경도를 측정하였다. 겔창은 ASKER-A 경도계를 이용하여 측정한 결과 63 ~ 67 scale, 중창은 ASKER-C 경도계를 이용하여 측정한 결과 56 ~ 60 scale로 나타



그림 1. 실험대상 테니스화 모델

나 각 테니스화에서 깔창과 중창은 비슷한 경도를 보였으며, 깔창(insole)은 일반적으로 스포츠화에 사용되는 10mm 내외의 EVA 소재 깔창이 사용되었다.

### 3. 실험방법 및 실험도구

피험자는 자연스러운 보행동작으로 <표 2>에 나타난 2가지 주행동작(직선, 45° 방향전환)을 메트로놈을 이용하여 주행속도 10.8km/h로 메트로놈의 박자에 맞추어 보폭과 주행속도가 정확한 동작이 이루어 질 때까지 연습을 실시한 후 실험을 실시하였다.

포핸드와 백핸드 스트로크 동작도 메트로놈의 박절기에 맞추어 정확한 동작이 이루어 질 때까지 연습을 실시한 후 실험을 실시하였다.

실험진행순서는 다음과 같다. 첫째, 피험자들에게 체육관의 마룻바닥 위에 보폭이 표시된 주행로 앞에서 메트로놈의 박자에 맞추어 제자리 뛰기를 실시하여 박자에 맞추어 주행하게 하였고, 둘째, 피험자들에게 첫 번째 동작과 동일한 형태로 메트로놈의 박자에 맞추어 제자리 뛰기를 실시하면서 박자에 맞춘 후 진행방향의 45° 좌측으로 방향전환 하여 주행하도록 하였다. 세 번째, 피험자에게 체육관의 마루 바닥위에서 테니스화의 인솔위에 족저압계를 착용시킨 후 제자리 호핑 스텝 후 포핸드와 백핸드 스트로크 동작을 실시하게 하였다.

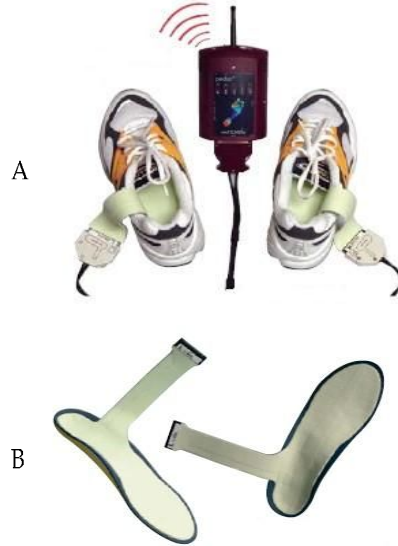
각 피험자들에게 동일한 동작을 3회 반복 측정하게 하였고, 통제속도 범위를 벗어난 시기는 제외시켰으며, 또한 비정상적인 동작도 시기 수에서 제외시켰다.

이 연구에 사용된 족저압력 측정장비는 <그림 2>와 같다. 이 장비는 Novel GmbH사의 PEDAR-X Mobile System으로 블루투스 형식의 데이터 전송이 가능하다.

측정 장비의 세부사항은 <표 3>와 같다.

표 2. 테니스화 족저압력 측정을 위한 동작 유형

유형	동작 형태
동작유형	직선보행과 직선주행동작
	45° 방향전환보행과 주행동작
	포핸드 스트로크 동작
	백핸드 스트로크 동작



(A: 블루투스 시스템, B: 인솔)  
그림 2. 실험에 사용된 압력분포측정 장비

표 3. 측정장비 세부사항

PEDAR-X system	
크기	150x100x40mm
무게	360g
센서 수	256/1024
측정 주파수	20,000 sensors/second
저장 형식	32MB internal flash
기록 시간	25min at 100Hz to flash memory
컴퓨터 인페이스	fiber optic/USB and Bluetooth
PEDAR-X insoles	
인솔 크기	22 to 49 (european), 3 widths
두께	1.9 mm (minimum 1mm)
센서 수	85 - 99
압력 범위	15-600 or 30-1200 kpa
솔루션	2.5 or 5 kpa

실험은 각 테니스화에 대하여 4가지 형태의 동작을 실시하게 하였다. 첫째, 피험자에게 체육관의 마루 바닥위에서 테니스화의 인솔 위에 족저압력 측정기를 착용시킨 후 테니스화를 착용하도록 하고 직선주행동작과 c-cut 동작을 보폭: 100cm, 보수: 180beats/min, 보속: 10.8km/h로 실시하게 하였으며 실험장면은 <그림 3>과 같다. 둘째, <그림 4>는 피험자에게 체육관의 마루 바닥위에서 테니스화의 인솔위에 족저압계를 착용

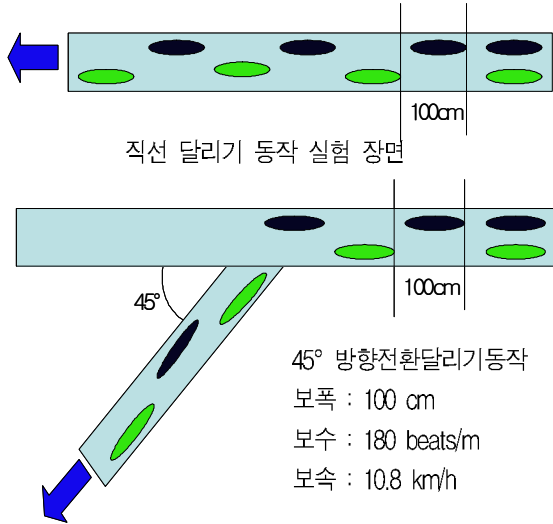


그림 3. 직선 및 45° 방향전환 달리기 동작 실험 장면

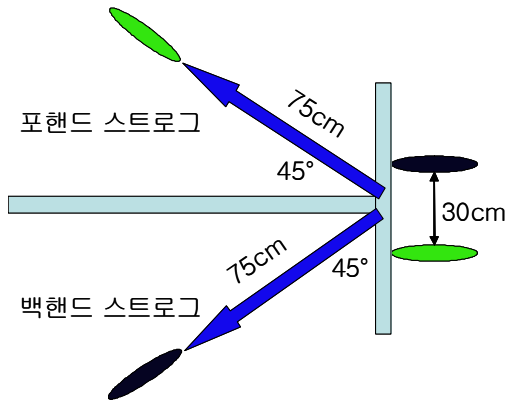


그림 4. 포핸드와 백핸드 스트로크 동작 실험 장면

시킨 후 제자리 호핑 스텝 후 포핸드와 백핸드 스트로크 동작을 실시하게 하였다.

#### 4. 통계처리 방법

통계처리는 SPSS. 14.0 통계 패키지를 이용하였으며, 이 연구에서 실험절차에 따라 수집된 자료는 각각의 테니스화에 따른 피험자 10명의 최대지면반력과 최대 족저압력분포 그리고 평균족저압력분포의 평균과 표준편차를 산출하여 경향성 분석을 실시하였다. 이 연구의 통계적 분석은 SPSS v.14.0(SPSS Inc, Chicago, IL)을 이용한 반복측정 분산분석(One way repeated measures of analysis of variance)을 사용하였고, 유의수준은  $\alpha$

=.05로 하였다.

### III. 결과 및 논의

이 연구에서는 테니스화의 기능성을 평가하기 위하여 4종류 모델의 테니스화를 대상으로 다양한 형태의 동작을 수행하게 한 후 족저압력을 측정하여 분석한 결과는 다음과 같다.

#### 1. 직선주행동작

<표 4>의 결과에서 같이 직선달리기 동작 중 최대지면반력의 평균은 왼발 1425.8±22.46N, 오른발 1371.8±68.44N을 나타냈다. 최대족저압력 평균은 왼발 347.8±37.74kPa, 오른발 348.5±74.28kPa를 나타냈다. 평균족저압력은 왼발 135.3±6.40kPa, 오른발 131.3±4.99kPa를 나타냈다.

C 제품 착용 시 직선달리기 동작중의 족저압력분포를 나타낸 그림으로 위의 그림에서와 같이 최대지면반력의 평균은 왼발 1448N, 오른발 1447N으로, 평균족저압력은 왼발 142kPa, 오른발 135kPa로 나타났다. 테니스화 착용 시 직선달리기 동작중의 족저압력분포와 COP(center of pressure)경로 분석결과 일반적인 주행 동작의 압력분포를 나타냈다. 이와 같은 연구결과를 박승범, 이중숙(2007)의 선행연구결과와 비교분석해보면 지면반력과 족저압력의 형태는 유사했지만 그 수치는 전혀 달랐는데 그 원인은 보행속도(4.2km/h)와 달리기 속도(10.8km/h)의 차이에 따른 것으로 분석되었다.

직선달리기 동작 시 족저압력 분석결과 통계적으로 유의미한 차이는 없었으나 평가에 사용된 모든 테니스

표 4. 테니스화 착용시 직선주행동작 중 최대 지면반력, 최대 족저압력 및 평균 족저압력

구분 신발	최대지면반력(N)		최대족저압력(kPa)		평균족저압력(kPa)	
	L	R	L	R	L	R
A	1442	1393	335	298	132	126
B	1404	1364	308	425	139	128
C	1448	1447	350	273	142	135
D	1409	1283	398	398	128	136
M±SD	1425.8 ±22.46	1371.8 ±68.44	347.8 ±37.74	348.5 ±74.28	135.3 ±6.40	131.3 ±4.99

화들은 압력분포의 형태의 분석을 통해 기능면에서 우수한 것으로 판단되었다.

### 2. 45° 방향전환 주행 동작

<표 5>의 결과에서 같이 방향전환달리기 동작 시 최대지면반력의 평균은 왼발 1307.0±27.14N, 오른발 1325.8±74.19N를 나타냈다. 최대족저압력 평균은 왼발 344.5±84.88kPa, 오른발 338.5±63.75kPa를 나타냈다. 평균족저압력은 왼발 131.3±7.80kPa, 오른발 26.3±9.22kPa를 나타냈다.

<그림 6-1>의 결과는 45° 방향전환달리기 동작 시 D 제품의 족저압력분포와 COP(center of pressure)경로 분석결과로, 방향전환동작으로 인하여 Toe off 직전 오른발이 족저굴곡되면서 순간적으로 강하게 내전동작을 수행하는 반작용 현상을 나타낸 중심이동곡선으로 판단된다. 이와 같은 연구결과를 박승범, 이중숙(2007)의 선행연구결과와 비교분석해보면 선행연구의 경우 등산화 착용하고 보행속도를 4.2km/h로 하였기 때문에 본 연구에 비교하여 낮은 족저압력분포를 나타낸 것으로 분석되었다.

45° 방향전환달리기 동작 시 최대족저압력과 평균족저압력을 종합적으로 분석해 본 결과 통계적으로 유의미한 차이는 없었으나, C>A>B>D 제품 순으로 기능성이 우수한 것으로 판단된다. 이러한 판단 근거는 C>A>B>D 제품 순으로 최대족저압력과 평균족저압력을 낮게 나타냈는데, 족저압력을 낮게 나타낸 것이 제품의 기능성이 우수하다는 관점에서 이러한 분석을 할 수 있었다.

### 3. 테니스화 착용시 포핸드 스트로크 동작

표 5. 테니스화 착용 45° 방향전환 주행 동작시 최대지면반력, 최대족저압력 및 평균족저압력

구분 신발	최대지면반력(N)		최대족저압력(kPa)		평균족저압력(kPa)	
	L	R	L	R	L	R
A	1328	1241	320	318	125	124
B	1275	1388	303	338	132	129
C	1294	1286	285	273	126	115
D	1331	1388	470	425	142	137
M±SD	1307.0 ±27.14	1325.8 ±74.19	344.5 ±84.88	338.5 ±63.75	131.3 ±7.80	126.3 ±9.22

테니스화의 기능성을 가장 잘 나타낼 수 있는 포핸드 스트로크 동작 수행 시 결과는 <표 6>에서와 같이 포핸드 스트로크 동작 중 최대지면반력의 평균은 왼발 756.3±44.57N, 오른발 626.5±77.79N를 나타냈고, 왼발의 경우 D>A>C>B, 오른발의 경우 D>A>C>B 순이었다. 최대족저압력 평균은 왼발 265.3±87.94kPa, 오른발 192.5±62.38kPa를 나타냈고, 왼발의 경우 D>A>B>C, 오른발의 경우 D>B>C>A 순이었다. 평균족저압력은 왼발 76.5±9.04kPa, 오른발 58.8±8.14kPa를 나타냈고, 왼발의 경우 D>B>C>A, 오른발의 경우 D>A>B>C 순으로 나타났다.

A 제품을 착용하고 포핸드 스트로크 동작 시 지면반력과 족저압력분포를 나타낸 그림으로 족저압력분포와 COP(center of pressure)경로 분석결과 왼발의 족저압력이 약간의 내번동작과 피벗동작이 복합적으로 나타나 압력중심이동곡선이 흔들리는 것으로 분석되고, 오른발의 경우 임팩트 동작시 발끝의 피벗동작으로 인하여 내전동작을 수행한 것으로 분석되었다. 이와 같은 연구결과를 비교분석할 수 있는 선행연구결과가 없어 자료제시에 의의를 두었다.

포핸드 스트로크 동작 시 최대족저압력과 평균족저압력을 종합적으로 분석해 본 결과 통계적으로 유의미한 차이는 없었으나, C>A>B>D 제품 순으로 기능성이 우수한 것으로 판단된다. 이러한 판단 근거는 C>A>B>D 제품 순으로 최대족저압력과 평균족저압력을 낮게 나타냈는데, 족저압력을 낮게 나타낸 것이 제품의 기능성이 우수하다는 관점에서 이러한 분석을 할 수 있었다.

표 6. 테니스화 착용시 포핸드 스트로크 동작 중최대지면반력, 최대족저압력 및 평균족저압력

구분 신발	최대지면반력(N)		최대족저압력(kPa)		평균족저압력(kPa)	
	L	R	L	R	L	R
A	781	612	258	150	71	62
B	712	568	225	260	73	56
C	726	586	188	130	72	49
D	806	740	390	230	90	68
M±SD	756.3 ±44.57	626.5 ±77.79	265.3 ±87.94	192.5 ±62.38	76.5 ±9.04	58.8 ±8.14

#### 4. 테니스화 착용시 백핸드 스트로크 동작

<표 7>의 결과에서 같이 백핸드 스트로크 동작중 최대지면반력의 평균은 왼발  $621.5 \pm 11.39N$ , 오른발  $716.0 \pm 44.63N$ 을 나타냈다. 최대족저압력 평균은 왼발  $199.75 \pm 21.50kPa$ , 오른발  $196.0 \pm 45.01kPa$ 를 나타냈다. 평균족저압력은 왼발  $63.25 \pm 11.76kPa$ , 오른발  $72.5 \pm 13.77kPa$ 를 나타내었다. A 제품 테니스화 착용 시 백핸드 스트로크 동작 수행시의 지면반력과 족저압력분포를 나타낸 그림으로 족저압력분포와 COP(center of pressure)경로 분석결과 오른발의 족저압력이 약간의 내번동작과 피벗동작이 복합적으로 나타나 압력중심이동곡선이 흔들리는 것으로 분석되었고, 오른발의 경우 임팩트 동작시 족저압력이 약간의 외번동작과 피벗동작이 복합적으로 나타나 압력중심이동곡선이 흔들리는 것으로 분석되었다.

최대족저압력과 평균족저압력을 종합적으로 분석해 본 결과 통계적으로 유의미한 차이는 없었으나, C>A>B>D 제품 순으로 기능성이 우수한 것으로 판단되었다. 이러한 판단 근거는 C>A>B>D 제품 순으로 최대족저압력과 평균족저압력이 낮게 나타났기 때문으로 족저압력을 낮게 나타낸 것이 제품의 기능성이 우수하다는 관점에서 이러한 분석을 할 수 있었다.

이와 같은 연구결과를 박승범, 이중숙(2007)의 선행 연구결과와 비교분석해보면 선행연구의 경우 등산화를 착용하고 보행속도를 4.2km/h로 하여 연구하였기 때문에 본 연구결과와 직접적인 비교가 불가능하여 자료 제시에 의의를 두었다.

족저압력분포의 분석 목적은 족저압력의 부위별 압력을 정확하게 측정하여 그 결과를 바탕으로 최대한 족저압력을 분산시킴으로써 테니스 동작 수행 시 발생하는 부하와 힘을 분산시키는 것인데, 최대족저압력과 평균족저압력을 최소화시키기 위한 테니스화 개발이 필요한 것으로 분석되었다.

### IV. 결론

이 연구는 테니스화의 기능성을 평가하기 위하여 하지

와 족부부위에 상해가 없고 정상적인 보행동작을 수행하는 남자 대학생 10명을 선정하여 4종류 모델의 테니스화를 대상으로 직선주행동작, 45° 방향전환주행동작, 포핸드 스트로크 동작, 백핸드 스트로크 동작시 족저압력분포를 측정 후 최대지면반력과 최대족저압력 그리고 평균족저압력을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

직선달리기 동작 시 족저압력 분석결과 통계적으로 유의미한 차이는 없었으며, 특별한 경향성은 나타나지 않았다. 이러한 결과는 실험에 채택된 A, B, C, D 신발들은 운동을 수행하는 기능적인 측면에서 적절한 수준에 있다고 사료되어진다. 45° 방향전환달리기 동작 시 최대족저압력과 평균족저압력을 종합적으로 분석해 본 결과 통계적으로 유의미한 차이는 없었으나, C>A>B>D 순으로 제품의 기능성이 우수한 것으로 분석되었다. 이러한 분석 근거는 C>A>B>D 제품 순으로 최대족저압력과 평균족저압력을 낮게 나타냈는데, 족저압력을 낮게 나타낸 것이 제품의 기능성이 우수하다는 관점에서 이러한 분석을 할 수 있었다. 또한 45° 방향전환동작 시 족저압력분포와 COP(center of pressure) 경로 분석결과는 방향전환동작으로 인하여 Toe off 직전 오른발이 족저굴곡되면서 순간적으로 강한 내전동작을 수행하는 반작용 현상의 압력중심이동곡선을 나타냈다. 백핸드 스트로크 동작 수행시 최대족저압력과 평균족저압력을 종합적으로 분석해 본 결과 통계적으로 유의미한 차이는 없었으나, C>A>B>D 제품 순으로 기능성이 우수한 것으로 분석되었다. 또한 COP(center of pressure)경로 분석결과 오른발 족저압력중심 이동곡선이 약간의 내번동작과 피벗동작이 복합적으로 나타나 압력중심이동곡선이 흔들리는 것으로 분석되었고, 오른발의 경우 임팩트 동작시 족저압력이 약간의 외번동작과 피벗동작이 복합적으로 나타나 압력중심이동곡선이 흔들리는 것으로 분석되었다. 포핸드 스트로크 동작시 최대족저압력과 평균족저압력을 종합적으로 분석해 본 결과 통계적으로 유의미한 차이는 없었으나, C>A>B>D 순으로 제품의 기능성이 우수한 것으로 분석되었다. 또한 COP(center of pressure)경로 분석결과 왼발의 족저압력중심 이동곡선이 약간의 내번동작과 피벗동작이 복합적으로 나타나 압력중심이동곡선이 흔들리는 것으로 분석되고, 오른발의 경우 임팩트 순간

발 끝의 피벗동작으로 인하여 내전동작을 수행한 것으로 분석되었다.

족저압력분포의 분석 목적은 족저압력의 부위별 압력을 정확하게 측정하여 그 결과를 바탕으로 최대한 족저압력을 분산시킴으로써 테니스 동작 수행 시 발생하는 부하와 힘을 분산시키는 것인데, 최대족저압력과 평균족저압력을 최소화시키기 위한 테니스화 개발이 필요한 것으로 분석되었다.

## 참고문헌

- 김재호(2006). 발의 운동 형태에 따른 평균 족저압 분포 연구, 석사학위논문. 경기대학교 대체의학대학원.
- 김태형, 이기청(1996). 에어로빅스 하이킥시 운동화 중저의 경도에 따른 지면반력의 변화 및 발의 안정성에 관한 연구. *한국운동역학회지*, 6(1), 93-106.
- 박경희, 권오윤, 김영호(2003). 정상인에서 보행속도가 발관절의 관절각과 발바닥 최대 압력 분포에 미치는 영향. *한국전문물리치료학회지*, 10(1), 77-96.
- 박승범, 이중숙(2007). 등산화의 종류와 보행동작에 따른 지면반력 및 족저압력 분석, *한국운동역학회지*, 17(4), 191-200.
- 부산신발산업진흥센터(2004). 전문 테니스화 성능평가 및 성능평가지표, 1-12.
- 성우성(2006). 중족골 족지 절단자의 의족지 착용시와 미착용시 족저 압력분포 특성에 관한 연구, 석사학위논문. 국민대학교 스포츠산업대학원.
- 손미숙(2007). 보행 시 전면부하 및 슬건부하소켓과 절단부 사이의 압력분포 비교, 석사학위논문. 경원대학교 사회체육대학원.
- 이동기(2005). 족저압력분포 측정장비를 이용한 골프 스윙 시 족저압 분석, 석사학위논문. 신라대학교 교육대학원.
- 이인숙, 이정호, 김현경, 유경석(2006). 피겨스케이팅 프 라이딩 카멜스핀 기술의 족저압력분포 연구. *한국체육학회지*, 45(6), 671-680.
- 임영태(2003). 압력 중심 및 지면반력 이동 패턴에 의한 두 가지의 다른 골프 스윙 스타일 분류. *한국운동역학회지*, 14(2), 179-186.
- 정경석(2005). 국내산 테니스화 브랜드와 외국산 테니스화 브랜드의 테니스 동작유형별 압력분포 분석, 석사학위논문. 한림대학교 대학원.
- 채원식(2006). 롤러 신발과 조깅 슈즈 신발 착용 후 보행 시 지면반력의 형태 비교 분석. *한국운동역학회지*, 16(1), 101-108.
- 최규정(2003). 일반 운동화와 mBT 보행 신발 착용에 따른 보행 동작의 운동역학적 비교 분석. 박사학위논문. 성균관대학교 대학원.
- 최지영, 김승재, 이의린(2005). 테니스 포핸드 스트로크 시 오픈스탠스의 족저압력분포의 변화. *한국운동역학회지*, 15(1), 143-153.
- 최치선, 남기정, 신인식, 서경서, 은선덕, 김석범(2006). 드롭랜드링 시 backpack 중량 변화에 따른 충격 흡수 기전. *한국운동역학회지*, 16(2), 25-35.
- Alexander, I. J., Chao, E. Y. S. & Johnson, K. A. (1990). The assesment of dynamic foot to ground force and plantar pressure distribution: A review of the evolution of current techniques and clinical application. *Foot & Ankle*, 11(3), 152-167.
- Barnett, S., Cunningham, J. L. & West, S. (2001). A comparison of vertical force and temporal parameters produced by an in-shoe pressure measuring system and a force platform. *Clin. Biomech*, 16(4), 353-357.
- Cavanagh, P. R., Hewitt, F. G., & Perry, J. E. (1992). In-sole plantar pressure measurement: a review, *The Foot*, 2, 185-194.
- Clarke, T. E. (1980). *The pressure distribution under the foot during barefoot walking*. Unpublished doctoral dissertation. The Penn State Univ. University Park.
- Diliberto, F. E., Baumhauer, J. F., Wilding, G. E. &



- Nawoczenski, D. A. (2007). Alterations in plantar pressure with different walking boot designs. *Foot Ankle Int*, 28(1), 55-60.
- Gheluwe, B. V., Nelen, B. (1999). *Plantar foot pressure of lower leg amputees during gait and running*, International Society of Biomechanics Fourth symposium on footwear Biomechanics, Calgary, Canada, 44-47.
- Hennig E. M., Milani, T. L., (1995). In-sole pressure distribution for running on various types of footwear. *Journal of Applied Biomechanics*, 11, 299-310
- Nigg, B. M. (1986). *Biomechanics of running shoes*. Champaign, IL, Human Kinetics.
- Perters, P., Runge, J. (2001). Electronic plantar pressure measurements in different types of mountaineering boots. *Sport verletz Sports chaden*, 15(2), 40-44.
- Rosenbaum, D., Hautmann, S., Gold, M., & Class, L. (1994). Effects of walking speed on plantar pressure patterns and hind foot angular motion. *Gait & Posture*. 2(3), 191-197.

투 고 일 : 10월 31일  
심 사 일 : 11월 6일  
심사완료일 : 12월 9일