



## 측면경사면에서의 목표 타격시 체중이동에 관한 연구 : 오르막경사를 중심으로

### A Study on Weight Transfer Sidehill Slopes during Goal Impact : Especially sidehill Slopes with ball above the feet

이의린 · 최지영\* (연세대학교)

Lee, Eui-Lin · Choi, Ji Young\* (Yonsei University)

---

#### ABSTRACT

E. L. LEE, J. Y. CHOI, A Study on Weight Transfer Sidehill Slopes during Goal Impact : Especially sidehill Slopes with ball above the feet. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 16, No. 1, pp.43-53, Among several movements that occurred upon a slope, golf swing is the most typical one because environmental conditions dynamically vary with many kinds of slopes. Some studies on the golf swing were performed about a weight transfer on flatland, however, there couldn't be seen any study about the weight transfer on slope elsewhere. Therefore, the purpose of this study was to provide quantified data to objectively test the coaching words and keys about the weight transfer at sidehill slope during goal impact Especially sidehill Slopes with ball above the feet.

Four highschool golfer, who have average handy 5, were recruited for this study. Plantar pressure distribution and cinematographic data were collected during golf swing in the conditions of flatland, 5°, 10° and 15°sidehill slope simultaneously. The two data were used to synchronize the two data later. The plantar regions under the foot were divided into 8 regions according to the directly applied pressure pattern of the subject to insole sensor. The 8 foot regions were hullux, medial forefoot, central forefoot, lateral forefoot, medial midfoot, lateral midfoot, medial heel, and lateral heel. And the plantar pressure data was also divided into four movement address, phases-backswing, downswing, and follow-through phases according to the percentage shown to the visual information of film data.

Based on the investigations on public golf books and experiences of golfers, it was hypothesized by the authors in the early of this study that the steeper slopes are, the more weight loads on left foot that positions at the higher place. When observing the results of plantar pressure and vertical force curves according to the sidehill slope conditions, the hypothesis could be accepted.

**KEYWORDS:** SIDEHILL, PEDAR SYSTEM, GOLF SWING

---

## I. 서론

골프스윙에 관한 대부분의 기계학적 연구의 초점은 평지에서 효과적이고 효율적인 골프스윙 메커니즘의 연구와 낮은 핸디와 높은 핸디를 갖은 대상자간의 골프스윙의 메커니즘의 비교 등의 두 가지로 범주로 크게 나눌 수 있다. 본 연구의 초점과 일치하는 체중이동 측면에서의 연구를 살펴보면 Cooper, Bates, Bedi, & Scheuchenzuber(1974)는 평지에서 타격순간 동안에 체중이동은 앞발에서 75%, 뒷발에서 25%정도 된다고 하였다.

Richards, Farrell, Kent, & Kraft(1985)는 평지의 골프스윙 동안의 체중이동 형태의 연구에서 높은 핸디를 가진 대상자는 타격순간에 체중을 발뒤꿈치에 가까이 위치시키며, 낮은 핸디를 가진 대상자는 타격순간에 체중을 엄지발가락에 가까이 위치시키는 경향이 있다고 밝히고 있다. 또한, 골프스윙 동안에 뒷발에서 목표 방향의 발의 수직 힘을 전이시키는 점은 골퍼들의 기술수준과 크게 관련 있지 않는 것으로 보인다고 밝혔다. 이렇게 평지에서 이루어지는 골프스윙의 경우 체중이동에 관한 많은 연구가 이루어져 있는 반면에 경사 조건에서의 골프스윙에 대한 연구는 거의 찾아볼 수 없다.

평지에서 체중이동과 관련된 코칭 문장들을 살펴보면 황인승(1993)은 일반적인 회전운동의 세 가지 중요 요인 가운데 하나는 체중이 한쪽에서 다른 쪽으로 자연스럽게 이동되어야 한다는 점을 기술하였다. 특히 골프스윙에서 백스윙 동안에 오른쪽 다리를 축으로 회전하고 다운스윙 동안에 왼쪽 다리를 축으로 상체를 회전시키며 이때 체중은 자연스럽게 왼발 뒤축으로 이동된다고 밝히고 있다. 이점에 대해 “백스윙 때에는 오른다리로, 다운스윙 때에는 왼다리로 버텨라.”라는 스윙키로 잘 설명하고 있다. 또한 골프 지침서에 나타나는 경사에 대한 일반적인 법칙은 경사면에 대하여 가능한 수직으로 몸을 셋업하는 것이다. 오르막 경사에서는 몸을 경사면에 수직이 되게 셋업하고 볼을 스

탠스 앞쪽으로 놓고, 특히 백스윙 시 몸이 경사 아래 쪽으로 이동(sway)되지 않도록 주의해야 한다고 하고 있다. Leadbetter(1993)는 준비자세 뿐만 아니라 오르막경사의 다운스윙동안에 가능한 신체의 균형을 유지하기 위하여, 체중을 왼발에 두려는 노력을 해야 한다고 밝히고 있으며, 특히 볼이 발보다 위에 있는 경우 볼은 오른쪽에서 왼쪽으로 휘면서 날아가게 되는데, 스윙하는 동안 체중이 발뒤꿈치쪽으로 밀리게 되어서 그 원인이 있다. 이를 보상하기 위하여 그립을 내려서 잡고 정상보다 볼에 가까이 서며, 체중을 발가락 쪽에 두어야한다. Strange(1990)는 볼이 발보다 위에 있는 경우 정상적인 경우보다 어드레스시 볼과의 거리가 자연스럽게 멀어지게 되는데 이는 볼이 오른쪽에서 왼쪽으로 날아가는 원인으로 작용하게 된다. 따라서 이러한 작용을 방지하기 위하여 볼과 가까이 서고 보다 짧은 클럽을 선택하게 되면 클럽헤드의 스윙케도 조절에 잇점을 가질 수 있다. Ownes & Bunker (1989)는 오르막과 내리막경사에서 성공적인 골프스윙을 위한 요인 가운데 준비자세에서 자연스러운 그립과 경사면에 평행하는 양쪽 어깨선 정렬과 경사면 쪽으로 기대면서 양발에 균등한 체중을 두는 점, 체중을 앞발 쪽으로 싣는 점을 지적하였다. 또한 백스윙 구간에서는 목표의 반대쪽 다리로 체중이동, 다운스윙 구간에서는 목표쪽 다리로 체중이동, 팔로우스루 구간에서는 목표쪽 다리에 체중을 지지한다는 점을 밝혔다. 또한 볼이 발보다 위에 있는 측면 경사의 경우 볼이 오른쪽에서 왼쪽으로 날아가는 경향이 있기 때문에 어드레스 시 목표의 약간 오른쪽을 겨냥하여야한다고 하고 있다. 그러나 현재 본 연구자들의 조사에 따른 바에 의하면 국내외의 어느 골프관련 서적이나 연구 논문에서도 경사면의 변화에 따른 체중이동에 관한 앞서의 코칭 문장과 말들을 정량적으로 검증해 줄 수 있는 자료는 찾아볼 수 없었다. 그러므로 본 연구의 목적은 측면 오르막 경사면에서 목표 타격 시 체중이동에 대한 코칭 문장과 말을 객관적으로 검증할 수 있는 정량적인 자료를 제공하는데 있다.

## II. 연구 방법

### 1. 실험대상자

본 연구를 위하여 4명의 고등학교 남자 골프선수가 실험대상자로 선정되었다. 실험대상자들의 키는  $1.77 \pm 0.06\text{m}$ , 몸무게는  $77.4 \pm 13.9\text{Kg}$ , 신발 크기는  $273 \pm 8.66\text{mm}$ 이었으며, 3년 4개월 $\pm$ 4개월의 골프 경력에 해당하는 5 정도 이었다.

### 2. 실험 설계

경사면에서의 목표타격의 과제로서 골프스윙 동작을 선택하였다. 실험대상자들은 실내에 편안하게 골프스윙이 이루어질 수 있도록 제작된 편평한 판 위에서 7번 아이언 골프 클럽으로 가능한 공을 멀리 보낼 수 있도록 고정된 목표를 향해 완전한 스윙을 하라고 요구되었다. 경사면은 네 가지 경사조건-1) 평지, 2) 5°측면 오르막경사, 3) 10°측면 오르막경사, 4) 15°측면 오르막경사-으로 설정하였으며, 이 경사조건에 따라 살펴본 운동역학적 변인들로는 발바닥 영역별 발바닥 압력 값과 발바닥의 수직 힘 곡선이었다.

### 3. 발바닥 압력분포 자료의 측정

측면 오르막 경사면에서의 정량적 검증을 위해서는 이의린과 김승재(1998)에 의해 제안된 신발 안창형 발바닥 압력분포 측정에 의한 골프스윙 분석법에 기초하여 이루어졌다. 먼저 발바닥 압력 분포의 측정에는 용량성(capacitive) 압력 탐색 안창형인 pedar (novelgmbh) 시스템이 이용되었다. 압력 센서로 구성되어 있는 안창은 260mm와 270mm 용의 두 가지 크기로 260mm, 275mm, 280mm의 골프 신발에 잘 조절하여 위치시켰으며, 안창의 보정(calibration)은 제작회사에서 이미 마친 후 처음 사용하는 것이기 때문에 필요하지 않았다. 왼발과 오른발의 안창은 각각 99개의 용량성 압력 센서를 포함하며, 약 2.5mm의 두께를 보였다. 왼발과 오른발의 안창은 전선으로 휴대용 동조 장치와 연결되어 있으며, 이 동조장

치는 다용도 입출력 접속 장치를 거쳐 pedarwin 소프트웨어가 내장되어 있는 컴퓨터로 연결되었다. 발바닥 압력 자료의 표본 주파수는 50Hz 이었다. 골프스윙 전체 구간에서 수집된 자료는 평지에서  $112.75 \pm 20.12$ 프레임, 5°측면 측면 오르막경사에서  $115.25 \pm 7.54$ 프레임, 10°측면 오르막경사에서  $112.25 \pm 10.87$ 프레임, 15°측면 오르막경사에서  $100.75 \pm 23.60$ 프레임의 발바닥 압력 분포 그래프의 평균 동작 수행 시간을 보였다.

발바닥 압력 자료의 시작시기와 종료시기를 알기 위해 pedarwin의 자료 측정을 시작하는 순간 마우스의 첫번째 누르기와 동시에 카메라 플래쉬 라이트가 터지고 자료 측정을 종료하는 마우스의 두번째 누르기와 동시에 카메라 플래쉬 라이트가 터지도록 설치하였다. 발바닥 압력 자료의 시작시기와 종료시기를 알리는 카메라 플래쉬 라이트는 100frames/sec의 촬영속도를 갖는 1PL Photosonic 고속카메라의 영상자료에 기록되었다. 왼발과 오른발의 스텝의 그래프 형태로 측정된 발바닥 압력 분포 자료는 자료 분석을 위하여 처리가 가능하도록 ASCII 파일로 전환되었다.

### 4. 영상 자료의 측정과 동작구간의 구분

발바닥 압력 분포 측정의 시작시기와 동일한 골프스윙의 시작 신호에 약 1초 앞서 촬영을 시작한 고속카메라의 영상자료에서는 발바닥 압력 분포 측정의 시작시기와 종료시기를 나타내는 카메라 플래쉬 라이트를 볼 수 있었다. 이성철과 이세용(1997)은 본 연구에서 이용된 pedar 시스템의 발바닥 압력 분포의 수집 자료의 경과시간에 오차를 보고하고 기자재간의 동조를 백분율로 나타내는 것을 제안한 바 있다. 두 측정기기간에 나타난 오차의 원인은 발바닥 압력 분포의 표본주파수의 부정확성이나 촬영 초기에 나타나는 고속카메라의 느린 촬영속도에 기인될 수 있다. 골프스윙의 동작구간은 고속카메라의 영상자료를 시각적으로 관찰하여 그 백분율에 따라 나누었다. 먼저 어드레스 구간은 준비자세에서 백스윙 동작이 시작되기 직전까지의 구간으로 정의되며, 백스윙(backswing) 구간은 시작신호의 카메라 플래쉬 라이트가 터지는 어드레스 자세부터 골프클

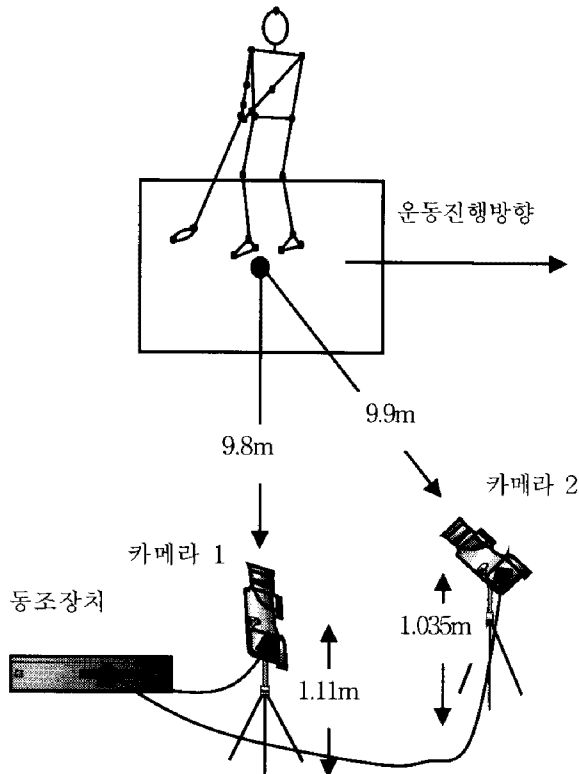


그림 1. 실험배치도

립 헤드(heel)가 탑(top) 부위에서 가장 아래쪽까지 위치한 장면까지로 정의하였으며, 임팩트 순간 이후 활로우 구간으로 정의하였다. 전체 동작 가운데 어드레스 구간은 평지에서 평균  $11.60 \pm 7.36\%$ , 5° 측면 오르막경사에서  $9.64 \pm 7.85\%$ , 10° 측면 오르막경사에서  $5.86 \pm 6.80\%$ , 15° 측면 오르막경사에서  $5.21 \pm 5.54\%$ 를 차지하였다. 백스윙 탑 구간은 평지에서  $48.85 \pm 5.83\%$ , 5° 측면 오르막경사에서  $47.84 \pm 6.17\%$ , 10° 측면 오르막경사에서  $49.26 \pm 4.11\%$ , 15° 측면 오르막경사에서  $47.84 \pm 3.86\%$ 를 차지하였다. 다운스윙(downswing) 구간은 백스윙 탑 자세에서부터 타격순간까지로 정의하였으며, 전체 동작 가운데 평지에서  $14.37 \pm 1.58\%$ , 5° 측면 오르막경사에서  $13.70 \pm 1.80\%$ , 10° 측면 오르막경사에서  $27.51 \pm 10.83\%$ , 15° 측면 오르막경사에서  $15.45 \pm 1.24\%$ 를 차지하였다. 마지막으로 팔로우스루(follow-through) 구간은 타격순간 이후부터 골프스윙 동작이 끝나는 지점인 두 번째 프레쉬 라이트 시기까지로 정의하였으며, 전체 동작 가운데 평지에서  $25.18 \pm 2.00\%$ , 5° 측면 오르막경사에서  $28.82 \pm 7.19\%$ , 10° 측면 오르막경사에서  $29.51 \pm 8.99\%$ , 15° 측면 오르막경사에서  $31.50 \pm 5.29\%$ 를 차지하였으며 영상자료의 백분

율을 발바닥 압력 분포 자료에 그대로 적용하여 백스윙 구간, 다운스윙 구간, 팔로우스루 구간의 프레임 수를 각각 정의하였다.

### 5. 발바닥 부위의 영역 분할

경사면의 연구에 적합한 발바닥의 영역 구분이 될 수 있도록 왼발과 오른발의 발바닥 부위를 모두 8개의 영역으로 각각 구분하였다. Hennig & Milani (1995)의 연구에서 비록 압력 분포 측정 기기가 다르고 발바닥 영역 할당 근거는 제시하지 않았지만 여러 신발 형태에 따라 달리기 동안의 신발 내부 압력 분포를 나타내는데, 본 연구와 동일한 8개의 영역으로 분할한 바 있다. 발바닥 영역 구분은 골프스윙 동작의 측정 직전에 실험 대상자가 골프신발과 신발 내부에 압력 센서가 장착된 상태로 제자리에 선 자세에서 8개 부위에 각각 힘을 가할 때 나타나는 pedar 창의 발바닥 압력 변화의 관찰 결과에 근거하여 할당하였다.

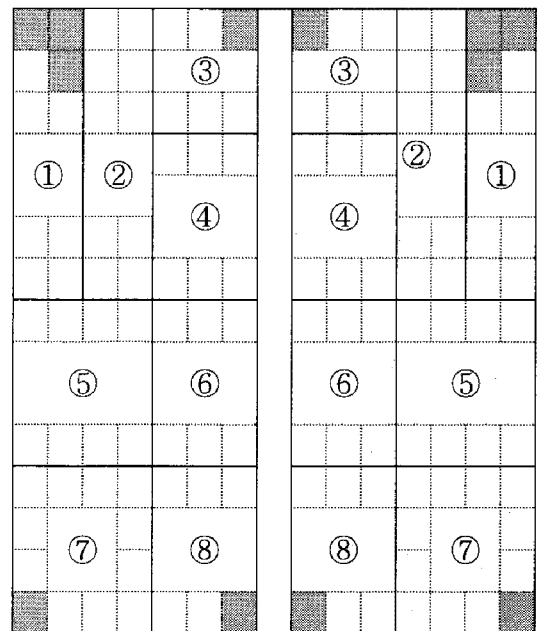


그림 2. 발바닥 압력분포 센서의 구성과 왼발, 오른발의 발바닥영역의 할당 (1)엄지발가락(hallux), 2)안쪽 앞발(medial forefoot), 3)중간 앞발(central forefoot), 4)가쪽 앞발(lateral forefoot), 5)안쪽 중간발(medial midfoot), 6)가쪽 중간발(lateral midfoot), 7) 안쪽 뒤꿈치(medial heel), 8)가쪽 뒤꿈치(lateral heel)

## 6. 최대 발바닥 압력 값과 수직 힘의 계산 및 처리

앞서의 과정을 거쳐 발바닥 영역별로 할당된 압력 분포 값으로 본 연구에서 이용될 최대 발바닥 압력 값과 발바닥 수직 힘 등의 두 가지 종속 변인을 계산하였다. 먼저 최대 발바닥 압력 값은 왼발과 오른발에서 각각 골프스윙의 전체 구간과 세 가지 동작구간을 나누어 나타내었다. 두 번째 변인인 발바닥 수직 힘의 계산에 있어서 발바닥 압력 분포의 한 셀의 값이 1cm×1cm의 단위 면적에 따른 값이므로 그대로 힘 값으로 전환 될 수 있다. 그러므로 수직 힘 값은 개개 프레임에서의 발바닥 영역에 포함되는 셀의 압력 값을 각각 모두 더한 값으로 하였다. 발바닥 수직 힘은 왼발과 오른발의 전체 부위의 골프스윙의 전체 구간에서의 수직 힘 곡선으로 나타내었다. 발바닥 수직 힘 곡선은 모두 선형 보간법(linear interpolation)을 이용하여 시간 축에 대해 100%의 백분율로 정규화(normalization)하였다(Reinschmidt, 1996). 정규화 된 힘 곡선의 잡음을 줄이기 위해 Second-Order Butterworth Low-Pass Filter(Winter, 1990)를 이용하여 평활화(Smoothing)하였다.

## III. 연구 결과

연구 결과는 네 가지 측면 경사도 조건(평지, 5° 측면오르막 경사, 10° 측면오르막 경사, 15° 측면오르막 경사)에 따른 왼발과 오른발의 골프스윙 전체 구간에서 발바닥 영역별 평균 발바닥 압력 값을 살펴본 후, 골프스윙의 네 가지 동작구간인 어드레스, 백스윙 구간, 다운스윙 구간, 팔로우스루 구간에서 발바닥 영역별 평균 최대 발바닥 압력 값을 각각 살펴보았다. 이어서 네 가지 경사 조건에 따른 왼발과 오른발의 전체 발바닥의 평균 수직 힘 곡선 형태를 살펴보았다.

### 1. 측면 경사도 조건에 따른 발바닥 영역별 평균 압력 값

네 가지 측면 경사도 조건(조건1: 평지, 조건2: 5° 측면 오르막경사, 조건3: 10° 측면 오르막경사, 조건4: 15°

측면 오르막경사)에 따른 왼발과 오른발의 골프스윙 전체 구간에서 발바닥 영역별 발바닥 압력 값은 <그림 3, 4>에 나타난바와 같다.

본 연구의 결과 발바닥 영역별 압력은 평지의 경우 왼쪽 발바닥 압력은 어드레스구간에서 시작하여 백스윙 탑 구간으로 이동하면서 크게 증가하였으며 임팩트 직전 약간 감소하는 경향을 보이다가 임팩트시 다시 증가되어 임팩트 이후에도 계속적으로 증가하는 경향을 나타내고 있다. 오른쪽 발바닥 압력은 스윙초기에 최고치를 나타내어 백스윙 탑 구간으로 이동하면서 감소하는 경향을 나타내어 임팩트 시점에 일시적으로 증가하였다가 임팩트 이후 다시 계속적으로 감소하는 경향으로 나타났다. 측면경사도의 증가에 따른 왼쪽 발바닥 압력은 어드레스 시점부터 시작하여 백스윙 탑구간까지 지속적으로 증가하였으며 백스윙 탑 구간에서부터 임팩트 이전까지는 감소하는 경향을 나타내었으나 임팩트 이후 팔로우스루가 진행되면서 다시 증가하는 경향을 나타내고 있다. 오른쪽 발바닥 압력의 경우는 스윙 초기에 증가하였던 압력은 백스윙 탑 구간까지 지속적으로 감소를 나타내었으며 임팩트 시점에 일시적으로 증가하였다가 팔로우스루가 진행되면서 다시 감소하는 경향으로 나타났다.

특히 주목할 점은 평지에서는 오른발에서 왼발로의 무게중심이동이 백스윙 탑구간에 일치하여 이루어지고 있으나 측면 경사도가 증가될수록 백스윙 탑 구간 이전에 무게중심이동이 발생하는 것으로 나타났다. 또한 왼쪽 발바닥 압력은 측면 경사도가 증가함에 따라 각 영역별 발바닥 압력 값이 증가하는 경향으로 나타났으며 특히 임팩트 이전에 왼발의 역할이 두드러지게 증가하는 것으로 나타났다. 오른쪽 발바닥 압력은 측면 경사도가 증가함에 따라 비록 가쪽뒤꿈치, 가쪽앞발, 가쪽중간발 영역의 발바닥 압력 값이 증가할 지라도 전반적인 스윙 동안에 오른쪽 발바닥의 각 영역별 발바닥 압력 값이 감소하는 경향으로 나타났다.

발바닥 영역별로 살펴보면 측면 경사도 증가에 따른 엄지발가락 영역의 압력 수치와 분포가 왼발과 오른발 모두 지속적으로 증가하는 것으로 나타났다. 전체스윙 구간에 걸쳐 살펴본 결과 왼쪽 엄지발가락 영역은 어드레스시점에서 백스윙 탑으로 동작이 이루어지면서 압력

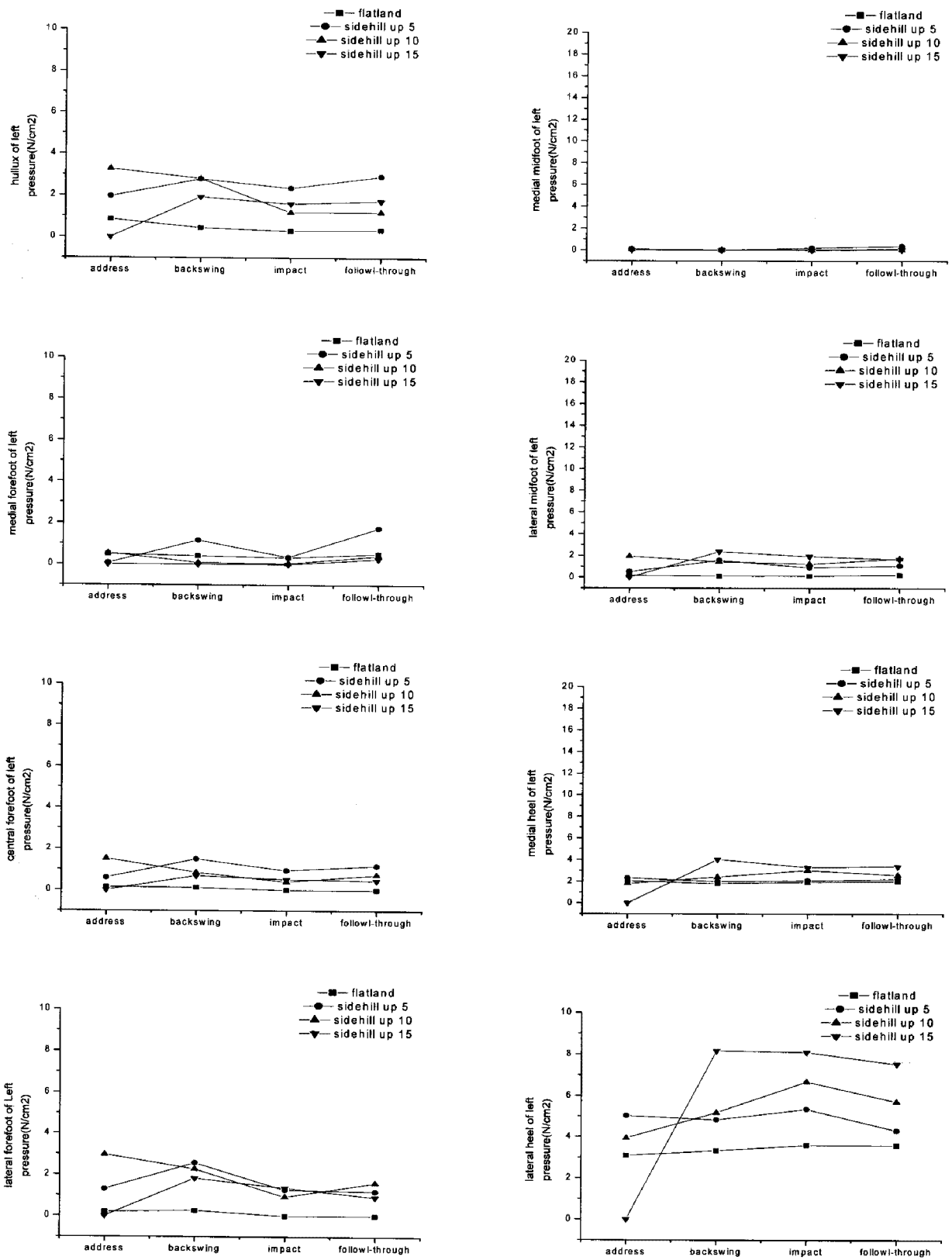


그림 3. 네 가지 경사조건(조건1: 평지, 조건2: 5°측면 오르막경사, 조건3: 10°측면 오르막경사, 조건4: 15°측면 오르막경사)에 따른 왼발의 골프스윙 전체 구간에서 발바닥 영역별 평균 발바닥 압력 값

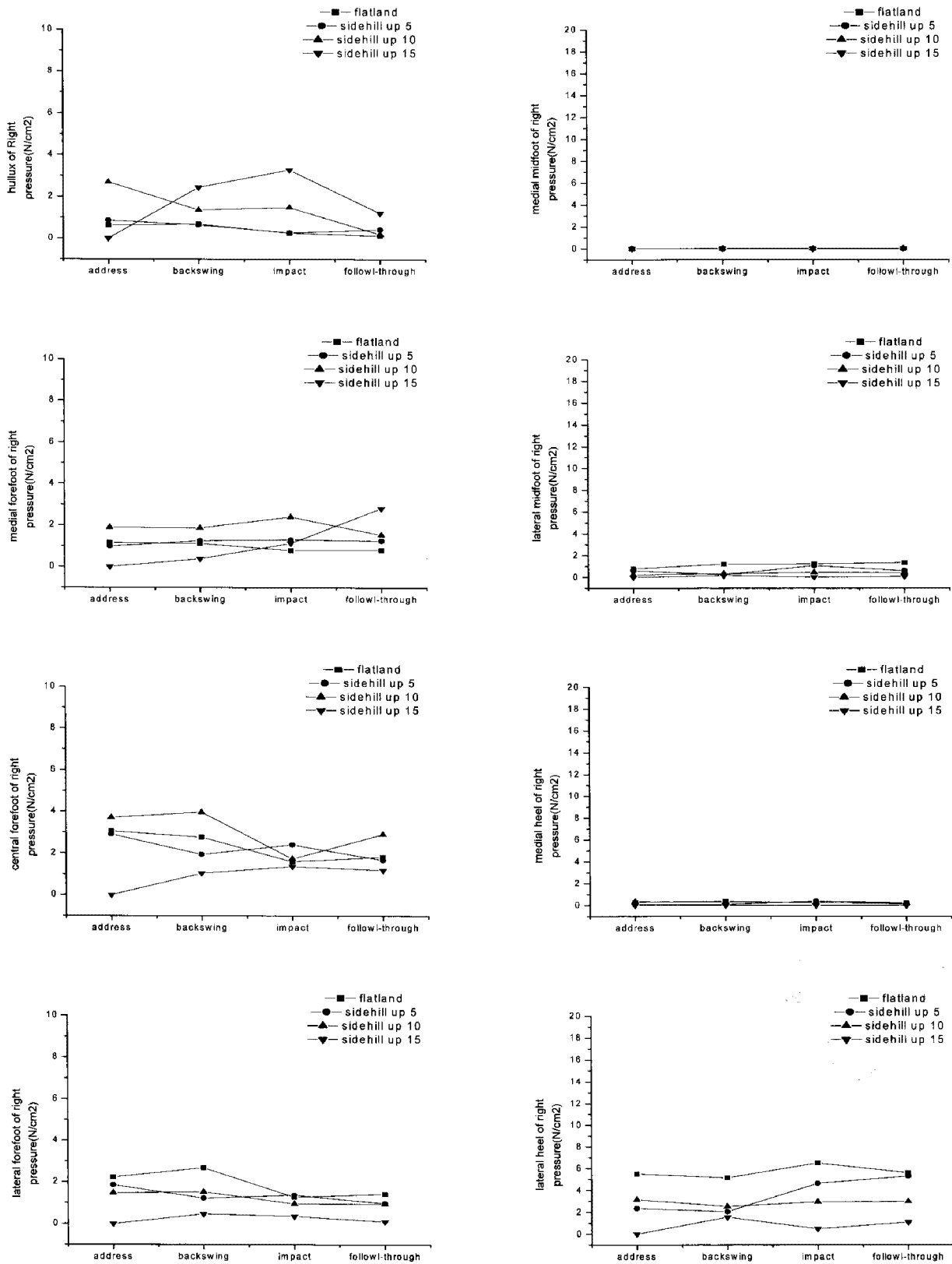


그림 4. 네 가지 경사조건(조건1: 평지, 조건2: 5°측면 오르막경사, 조건3: 10°측면 오르막경사, 조건4: 15°측면 오르막경사)에 따른 오른발의 골프스윙 전체 구간에서 발바닥 영역별 평균 발바닥 입력 값

표 1. 측면 경사도 조건에 따른 중요시점 발바닥의 수직 힘

(단위 : N)

		어드레스	백스윙 탑	임팩트	팔로우스루
평지	왼발	89.72±29.01	150.48±162.01	197.64±125.53	278.01±46.43
	오른발	184.43±57.83	136.80±54.87	167.61±127.56	75.05±31.89
5도 측면 경사도	왼발	85.30±28.24	209.54±153.99	188.77±94.78	250.39±49.90
	오른발	187.88±68.50	104.29±56.12	141.97±148.14	69.44±25.68
10도 측면 경사도	왼발	88.40±18.95	152.86±94.06	179.50±130.00	224.22±49.49
	오른발	163.68±40.31	155.29±24.74	129.48±137.94	70.90±26.65
15도 측면 경사도	왼발	89.13±22.94	180.23±89.19	185.77±76.09	211.08±69.03
	오른발	160.46±56.71	141.16±41.58	127.13±90.37	79.38±39.14

이 증가하여 팔로우스루까지 지속적으로 증가하는 것으로 나타났으며, 오른발의 경우는 어드레스 시점에서부터 임팩트시점까지 증가하여 발바닥이 압력이 증가하여 임팩트 이후 감소하는 경향으로 나타났다. 측면 경사도 증가에 따른 안쪽앞발의 압력분포는 왼발과 오른발 모두 압력 수치와 분포가 미세하게 나타났으나 오른발의 경우 측면 경사도가 증가함에 따라 안쪽앞발의 역할이 증가되는 것으로 나타났다. 전체스윙구간에 걸쳐 살펴본 결과 왼발의 안쪽앞발영역은 변화가 미세하였으나 측면 경사도 10도와 15도에서 안쪽앞발 압력분포가 평지시 보다 감소하는 경향을 나타내었으며, 반면 오른발 안쪽앞발 영역은 5도, 10도, 15도에서 임팩트 이후 증가하는 경향을 보여주고 있다. 측면 경사도 증가에 따른 중간앞발의 압력분포는 왼발의 경우 평지보다 증가하여 나타났으나 오른발의 경우에는 측면 경사도 5도와 10도에서 임팩트 이후 압력분포가 증가되어 나타났다. 전체스윙구간에 걸쳐 살펴본 결과 왼쪽 중간앞발 영역은 어드레스시점부터 압력분포가 증가하여 백스윙 탑 구간으로 동작이 이루어지면서 압력이 증가하는 것으로 나타나 팔로우스루까지 지속적으로 유지되는 것으로 나타났다. 오른발의 경우 평지에서는 백스윙 구간 이후 역할이 감소되는 경향으로 나타났으나 측면 경사도의 증가시 백스윙 이후 중간앞발의 역할이 증가하는 것으로 나타났다. 측면 경사도 증가에 따른 가쪽앞발의 압력분포는 왼발은 평지보다 압력수치와 분포가 이 증가하였으나 오른발은 감소하는 것으로 나타났다. 전체스윙구간에 걸쳐 살펴본 결과 왼쪽 가쪽앞발 영역은 어

드레스시점에서 백스윙 탑구간까지 증가하여 임팩트가 이루어지면서 감소하는 경향을 나타내었다. 오른발의 경우는 전체스윙구간에서 지속적인 감소를 보여주고 있다. 발 아치를 형성하고 있는 부위인 안쪽 중간발의 발바닥 압력 값은 측면 오르막경사 변화에 관계없이 왼발과 오른발에서 모두 매우 작은 값을 나타내었다. 발 아치를 형성하고 있는 부위인 가쪽 중간발의 발바닥 압력수치와 분포는 측면 경사도 증가에 따른 왼발은 평지보다 증가하였으나 오른발은 감소하는 것으로 나타났다. 전체스윙구간에 걸쳐 살펴본 결과 왼쪽 가쪽앞발 영역은 어드레스시점에서 백스윙 탑구간까지 증가하여 임팩트가 이루어지면서 감소하는 경향을 나타내었다. 오른발의 경우는 전체스윙구간에서 지속적인 감소를 보여주고 있다. 측면 경사도 증가에 따른 안쪽뒤꿈치의 압력수치와 분포는 왼발의 경우 지속적으로 증가하는 것으로 나타난 반면에 오른발의 경우 평지에서와 비슷한 경향을 나타내었다. 전체스윙구간에 걸쳐 살펴본 결과 왼쪽 안쪽뒤꿈치 영역은 백스윙 탑으로 동작이 이루어지면서 임팩트 이후 증가하는 것으로 나타났으나, 오른발의 경우는 평지와 유사하게 미세한 변화를 나타내었다. 측면 경사도 증가에 따른 가쪽뒤꿈치의 압력수치와 분포는 본 연구의 결과 큰 결과 값을 나타내고 있는데, 왼발의 경우 지속적으로 증가하는 것으로 나타난 반면에 오른발의 경우 지속적으로 감소하는 경향을 나타냈다. 전체스윙구간에 걸쳐 살펴본 결과 왼쪽 가쪽뒤꿈치 영역은 어드레스시점부터 시작하여 백스윙 탑으로 동작이 이루어지면서 임팩트시점까지 증가하는 것으로



로 나타났으며 측면 경사도가 증가함에 따라 그 압력수치도 크게증가하는 것으로 나타났다. 반면에 오른발은 압력수치에서 평지보다 전구간에 걸쳐 낮은 값을 나타내고 있다.

## 2 측면 경사도 조건에 따른 발바닥의 수직 힘

네 가지 측면 경사도 조건에 따른 왼발과 오른발의 골프스윙 전체 구간에서 수직 힘 곡선 형태는 <그림 5>에 나타난바와 같다. 먼저 평지 조건에서 골프스윙이 시작되는 백스윙 탑구간까지는 오른발의 수직 힘이 주요한 역할을 담당한 다음 이어지는 다운스윙 구간을 지나면서 타격순간과 팔로우스루 구간에서는 왼발의 수직 힘이 주요한 역할을 담당하고 있는 것으로 나타났다. 측면 오르막경사가 5°, 10°, 15°조건으로 가파르게 되면서 오른발보다는 왼발의 역할이 중요하게 나타났다. 어드레스 시점에서부터 시작하여 백스윙 구간 그리고 임팩트시점까지 왼발의 수직 힘의 역할이 증가되고, 상대적으로 오른발의 수직 힘의 역할이 감소되는 것으로 나타났다. 평지조건에서는 왼발과 오른발의 무게중심의 이동이 임팩트 시점에 일치하여 나타났으나, 측면 경사도가 증가되면서 왼발과 오른발에 실리는 무게중심의 이동시점도 백스윙 구간에서 임팩트 이전에 발생하는 것으로 나타났다. 이때의 각 측면 경사도 조건별 힘 값은 평지의 경우 왼발의 힘 값은 어드레스 시 89.72±29.01N, 백스윙 탑에서 150.48±162.01N, 임팩트시점 197.64±125.53N, 팔로우스루시 278.01±46.43N으로 나타났다. 평지 오른발의 힘 값은 어드레스 시 184.43±57.83N, 백스윙 탑에서 136.80±54.87N, 임팩트시점 167.61±127.56N, 팔로우스루시 75.05±31.89N으로 나타났다. 5°측면 오르막 경사의 경우 왼발의 힘 값은 어드레스 시 85.30±28.24N, 백스윙 탑에서 209.54±153.99N, 임팩트시 188.77±94.78N, 팔로우스루시 250.39±49.90N으로 나타났으며, 오른발의 힘 값은 어드레스 시점 187.88±68.50N, 백스윙 탑 시 104.29±56.12N, 임팩트시 141.97±148.14N, 팔로우스루시 69.44±25.68N으로 나타났다. 10°측면 오르막 경사의 경우 왼발의 힘 값은 어드레스 시 88.40±18.95N, 백스윙 탑에서 152.86±94.06N, 임팩트시점 179.50±130.00N, 팔로우스루시 224.22±49.49N 나타났으며, 오른발의 힘 값은 어드레

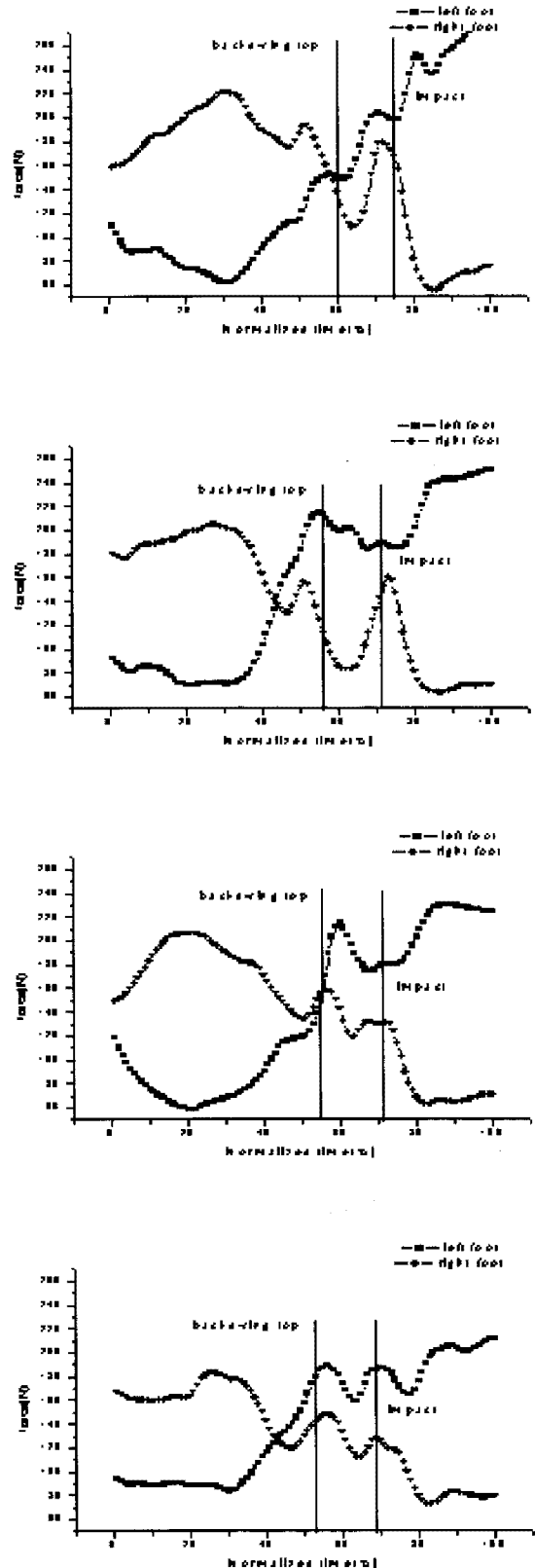


그림 5. 네 가지 경사조건(조건1: 평지, 조건2: 5°측면 오르막경사, 조건3: 10°측면 오르막경사, 조건4: 15°측면 오르막경사)에 따른 왼발의 골프스윙 전체 구간에서 발바닥 영역별 평균 수직힘 값

스 시  $163.68 \pm 40.31N$ , 백스윙 탑에서  $155.29 \pm 24.74N$ , 임팩트시점  $129.48 \pm 137.94N$ , 팔로우스루시  $69.44 \pm 25.65N$ 으로 나타났다.  $15^\circ$  측면 오르막 경사의 경우 왼발의 힘 값은 어드레스 시  $89.13 \pm 22.945N$ , 백스윙 탑에서  $180.23 \pm 89.19N$ , 임팩트시점  $185.77 \pm 76.09N$ , 팔로우스루시  $211.08 \pm 69.03N$ 으로 나타났으며, 오른발의 힘 값은 어드레스 시  $160.46 \pm 56.71N$ , 백스윙 탑 시  $141.16 \pm 41.58N$ , 임팩트시  $127.13 \pm 90.37N$ , 팔로우스루시  $79.38 \pm 39.14N$ 으로 나타났다.

## V. 결론 및 제언

본 연구의 목적은 측면 오르막 경사면에서 목표 타격 시 특히 볼이 발보다 위에 있을 때, 체중이동에 대한 코칭 문장과 말을 객관적으로 검증할 수 있는 정량적인 자료를 제공하는데 있다.

본 연구의 시작에 앞서 본 연구자들은 측면 오르막 경사에 대한 대중적인 골프 지침서의 내용과 골프선수들의 경험의 조사를 바탕으로 평지에서 측면 오르막 경사가 증가 되면서 경사면의 높은 쪽에 있는 앞발보다는 경사면의 낮은 쪽에 있는 발뒤꿈치에 보다 많은 체중이 실릴 것이라는 가설을 세웠다. 앞서의 연구결과에서 측면 오르막 경사조건에 따라 살펴본 발바닥 영역별 발바닥 압력 값과 발바닥의 수직 힘 곡선 결과들은 이 가설을 채택할 수 있도록 하였다. 앞서 나타난 연구결과를 요약해 볼 때 먼저 전체 동작구간의 발바닥 영역별 최대 발바닥 압력 값을 살펴보면 평지에서 측면 오르막 경사가  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$  조건으로 증가되면서 왼발의 역할이 증가하는 반면에 오른발의 역할은 감소하는 것으로 나타났다. 특히 왼발의, 엄지, 가쪽 뒤꿈치의 역할 증가가 가장 두드러졌으며, 그 다음으로 오른발의 안쪽뒤꿈치와 가쪽 중간발의 역할이 눈에 띄었다. 이에 반해 오른발의 가쪽뒤꿈치, 가쪽앞발, 가쪽중간발 역할 감소도 뚜렷하게 나타났다. 동작구간별로 나누어 살펴볼 때 본 연구의 결과 먼저 평지 조건에서 골프스윙이 시작되는 백스윙 구간에는 오른발의 수직 힘이 주요한 역할을 담당한 다음 이어지는 다운스윙 구간을 지나면서 타격순간과 팔로우스루 구간에서는 왼발의 수직 힘이 주요한

역할을 담당하고 있는 것으로 나타났다. 평지에서 측면 오르막경사가  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$  조건으로 증가되면서 백스윙 구간에서는 왼발의 거의 모든 영역 즉, 엄지발가락, 중간앞발, 가쪽앞발, 가쪽중간발, 안쪽뒤꿈치, 가쪽뒤꿈치의 역할 증가가 두드러지게 나타났다. 반면에 오른발의 엄지발가락 영역은 그 역할이 증가되는 것에 반하여, 가쪽뒤꿈치, 가쪽앞발, 가쪽중간발의 역할이 감소되는 것으로 나타났다. 다운스윙 구간에서는 왼발의 엄지발가락, 중간앞발, 가쪽앞발, 가쪽중간발, 안쪽뒤꿈치, 가쪽뒤꿈치의 역할 증가가 두드러지게 나타났다. 오른발의 엄지발가락 영역은 역할이 증가하였으나 가쪽앞발, 가쪽중간발, 가쪽뒤꿈치 영역은 역할이 감소하는 것으로 나타났다. 측면 경사도가  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$  조건으로 증가되면서 평지에 비하여 백스윙 구간에서 왼발의 수직 힘의 역할이 증가되고, 오른발의 수직 힘의 역할이 감소가 되는 것으로 나타났다. 증가에 따른 왼쪽 발바닥 압력은 어드레스 시점부터 시작하여 백스윙 탑구간까지 지속적으로 증가하였으며 백스윙 탑 구간에서부터 임팩트 이전까지는 감소하는 경향을 나타내었으나 임팩트 이후 팔로우스루가 진행되면서 다시 증가하는 경향을 나타내고 있다. 오른쪽 발바닥 압력의 경우는 스윙 초기에 증가하였던 압력은 백스윙 탑 구간까지 지속적으로 감소를 나타내었으며 임팩트 시점에 일시적으로 증가하였다가 팔로우스루가 진행되면서 다시 감소하는 경향으로 나타났다. 특히 주목할 점은 평지에서는 오른발에서 왼발로의 무게중심이동이 백스윙 탑구간에 일치하여 이루어지고 있으나 측면 경사도가 증가될수록 백스윙 탑 구간 이전에 무게중심이동이 발생하는 것으로 나타났다. 또한 왼쪽 발바닥 압력은 측면 경사도가 증가함에 따라 각 영역별 발바닥 압력 값이 증가하는 경향으로 나타났으며 특히 임팩트 이전에 왼발의 역할이 두드러지게 증가하는 것으로 나타났다. 오른쪽 발바닥 압력은 측면 경사도가 증가함에 따라 비록 엄지발가락 영역의 발바닥 압력 값이 증가할 지라도 전반적인 스윙 동안에 오른쪽 발바닥의 각 영역별 발바닥 압력 값이 감소하는 경향으로 나타났다. 앞으로의 연구는 골프스윙이 이루어지는 다양한 상황, 즉 평지와 경사도에 따른 족저 압력을 분포 연구와 더불어 이 때 사용되는 상지와 하지의 근 활동 양상의 변화를 비교 연구한다

면, 골프스윙을 이해하는데 보다 도움이 될 것이라고 사료된다.

## 참 고 문 헌

- 이성철, 이세용 (1997). 압력분포 측정기(Pedar system™)와 지면반력측정기의 지면반력에 관한 비교분석. 제35회 한국체육학회 학술발표회 논문집. pp. 793-798.
- 이의린, 김승재 (1998). 골프스윙 연구를 위한 신발 안창형 발바닥 압력 분포 자료의 분석법 제안. 연세대학교 체육연구논문집, 5(1), 171-185.
- 황인승 (1993). 메커닉 골프. 서울: 대한교과서주식회사.
- Cooper, J.M., Bates, B.T., Bedi, J., & Scheuchenzuber. (1974). *Kinematic and kinetic analysis of the golf swing*. In Biomechanics IV, R.C. Nelson and C.A. Morehouse(Eds.), Baltimore: University Park Press.
- Hennig, E.M., & Milani, T.L. (1995). In-shoe pressure distribution for running in various types of footwear. *Journal of Applied Biomechanics*, 11, 299-310.
- Leadbetter, D. (1993). *Faults and Fixes*. London: Collins Willow.
- Owens, D., & Bunker, L.K. (1989). *Golf : Steps to Success*. Champaign, Illinois: Leisure Press.
- Reinschmidt, C. (1996). *Normalization function in KineMat*. ISB Web site.
- Richards, J., Farrell, M., Kent, J., & Kraft, R.(1985). Weight transfer patterns during the golf swing. *Research Quarterly*, 56, 361-365.
- Strange, C. (1990). *Win and win again : techniques for playing consistently great golf*. Chicago: Contemporary Books.
- Winter, D.A.(1990). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. (2nd ed.). NewYork: John Wiley & Sons.

투 고 일 : 1월 30일  
 심 사 일 : 2월 1일  
 심사완료일 : 2월 20일