

# 골프 스윙 시 경사면에 따른 지면 반력 분석에 관한 연구

문근성<sup>1</sup>, 최희석<sup>2</sup>, 황선홍<sup>2</sup>, 김영호<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>연세의료공학연구원, <sup>2</sup>연세대학교 대학원 의공학과  
(Received January 17, 2007. Accepted March 7, 2007)

## The Analysis of GRF during Golf Swing with the Slopes

G. S. Moon<sup>1</sup>, H. S. Choi<sup>2</sup>, S. H. Hwang<sup>2</sup>, Y. H. Kim<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Medical Eng., Yonsei Univ  
<sup>2</sup>Dept of Biomed. Eng., Graduate School, Yonsei Univ.

### Abstract

The purpose of this study is to determine the characteristics of ground reaction force (GRF) in golf swing for various slopes of flat lie and uphill lies of 5 and 10 degrees. Five right-handed professional golfers were selected for the experiment and the 7 iron club was used. We used four forceplates to measure GRF and synchronized with the three-dimensional motion analysis system. Results showed that slope did not affect the total time for golf swing, but the time until the impact had a tendency to slightly increase for the uphill lie ( $p < 0.05$ ). The medial-lateral GRF of the right foot increased toward the medial direction during back swing, but less increases were found with the angle of uphill lie ( $p < 0.05$ ). The GRF of the left foot increased rapidly toward the medial direction at the uncocking and the impact during down swing, but decreased with the increase in the angle of uphill lie ( $p < 0.05$ ). The anterior-posterior GRF of both feet showed almost the same for different slopes. With the slopes, the vertical GRF of the right foot increased, but the vertical GRF of left foot decreased ( $p < 0.05$ ). Uphill lies would have negative effect to provide the angular momentum during back swing, restricting pelvic and trunk rotations, and to provide the precise timing and strong power during down swing, limiting movements of body's center of mass. The present study could provide valuable information to quantitatively analyze the dynamics of golf swing. Further study would be required to understand detailed mechanism in golf swing under different conditions.

**Key words :** golf swing, uphill, slope

### 1. 서 론

골프는 거리(distance)와 방향(direction)의 스포츠이다. 거리를 내기 위해서는 유동성(mobility)이 필요하며, 방향의 정확성을 높이기 위해서는 안정성(stability)이 필요하다[1]. 이러한 목적을 위한 이상적인 골프 스윙은 첫째, 주어진 힘의 효율적 전달로 최대의 파워를 얻을 수 있는 스윙이어야 하고, 둘째, 원하는 목표에 볼을 보낼 수 있는 정확성을 지닌 스윙이어야 하며, 셋째, 언제나 같은 동작으로 반복할 수 있는 항상성이 있는 스윙으로 요약되어질 수 있다[2].

그러나 공이 지면에 놓인 상태, 지면의 경사도와 같은 요인들은 이상적인 골프 스윙에 영향을 미칠 수 있는 많은 외적 요인들 중에

하나이다. 특히, 지면이 경사를 이루게 되면 골프 스윙의 안정성이 떨어진다. 그리고 인체의 중심선(line of gravity)이 지면의 변화로 인하여 낮은 쪽으로 이동하며[3], 이러한 체중심의 위치 변화는 근육의 기능적인 요소를 변화시켜 결과적으로 동작이 변화하게 된다[4]. 따라서 경사면에서도 평지에서와 같은 이상적인 스윙을 수행하기 위해서는 인체 각 부분에 대한 자세의 적응이 요구되며, 이는 많은 경험과 반복 동작을 통해 이루어진다.

골프 지침서에 나타나는 경사에 대한 일반적인 법칙은 몸을 경사면에 수직으로 셋업(setup)하는 것이다. 오르막 경사에서는 몸을 경사면에 수직이 되게 셋업하고 볼을 스탠스 앞쪽으로 놓고, 특히 백스윙 시 몸이 경사 아래쪽으로 이동(sway)되지 않도록 주의해야 한다고 하고 있다. Leadbetter[5]는 준비 자세뿐만 아니라 오르막경사의 다운스윙 동안에 가능한 신체 균형을 위하여, 체중을 왼발에 두려는 노력을 해야 한다고 발표하였다.

지금까지 골프에 대한 연구는 M.J. Smith, J.S. B. Matherm, K.A.H. Gibson & S. Jowett[6], K. Miura[7], S.M. Nesbit & M. Serrano[8], 성낙준[9], 이경옥과 소재무[10], 최진승, 한영민, 김형식, 임영태, 이정환, 탁계래[11], 김형식, 탁계래, 임영태, 이정환

본 연구는 산업자원부 지정 연세대학교 의용계측 및 재활공학 연구센터(RIC)의 지원에 의한 것임

Corresponding Author : 김영호

강원도 원주시 풍암면 매지리 234

연세대학교 첨단 의료기기 테크노타워 204호

Tel : +82-33-760-2859 / Fax : +82-33-760-2859

E-mail : younghokim@yonsei.ac.kr

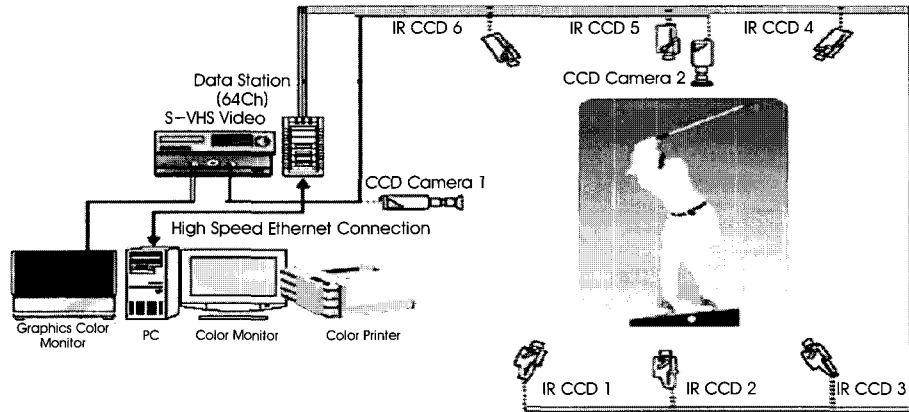


그림 1. 실험 환경  
Fig. 1. Experiment environment

[12] 등 많은 연구들이 진행되어 왔으나, 경사면에 대한 골프 스윙 분석은 박진[13]의 지면 높이 차이에 대한 골프 스윙 동작의 운동학적 변인 연구, 이의린[14]의 경사면에서의 목표 타격 시 체중 이동에 관한 연구 등으로 경사면에서의 골프 스윙에 대한 과학적 연구는 아주 부족한 상태이다. 또한, 프로 골퍼들이나 티칭 프로들이 저술한 책에 주관적인 느낌을 정량적으로 검증할 수 있는 연구는 더욱 미진한 상태에 있다.

본 연구의 목적은 평지(Flat Lie)와 오르막(Uphill Lie) 경사면에서의 골프 스윙 시 지면반력의 변화를 분석함으로써 이상적인 골프 스윙을 위한 객관적이고 정량적인 자료를 제공하는데 있다.

## II. 연구방법

### A. 실험 절차 및 방법

본 연구에서는 한국프로골프협회(KPGA)에 등록된 오른손잡이 프로 골퍼 5명을 대상으로 선정하였다. 대상자 연령은  $27.0 \pm 4.8$ 세, 키는  $175.8 \pm 4.2$ cm, 경력은  $9.8 \pm 3.0$ 년이었으며, 실험 환경은 그림 1과 같다. 경사도는 평지, 오르막( uphill) 5도, 오르막 10도로 분류하였다. 평지에서는 A.M.T.I.(U.S.A)사 지면반력기 2대를 사용하였으며, 경사면에서는 Kistler(Switzerland)사의 지면반력기 2대를 사용하였다. 오르막 5도와 10도의 경사면을 정확하

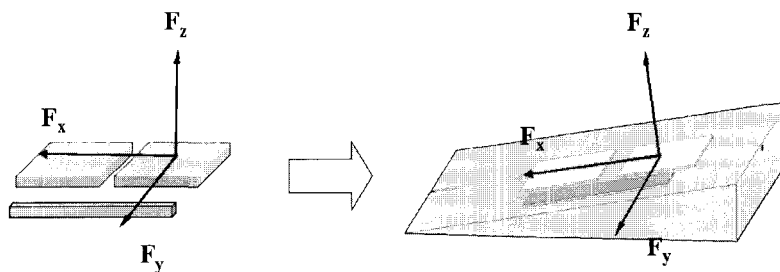


그림 2. 지면반력기의 좌표축 위치 변환  
Fig. 2. The force plates position and Anatomical coordinate

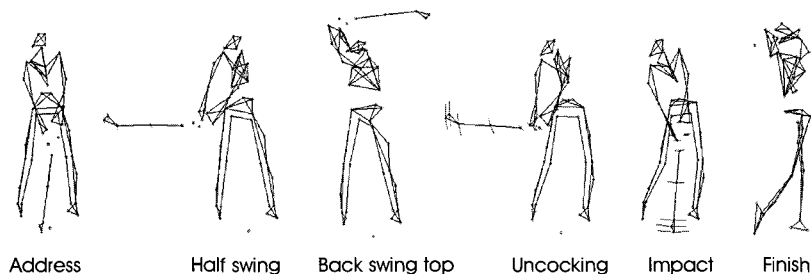


그림 3. 동작 구간 설정  
Fig. 3. The establishment of movement phases

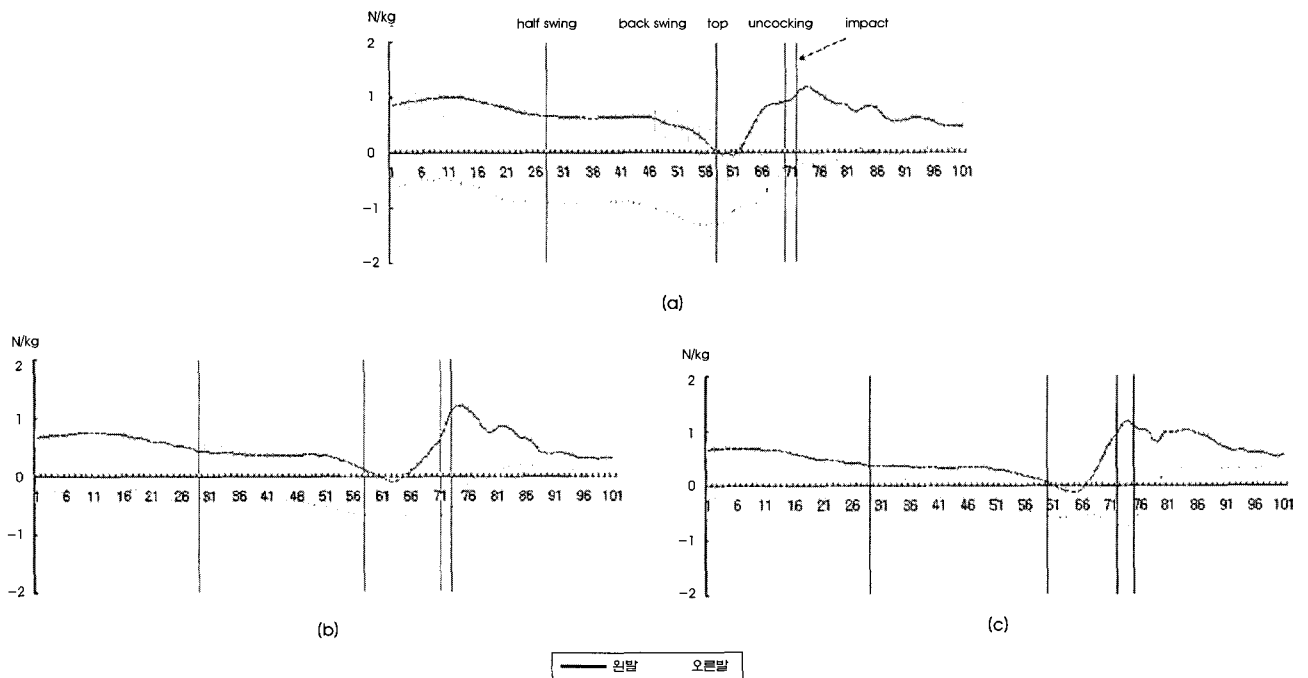


그림 4. 내외 방향 지면반력 곡선 (a) 위: 평지 (b) 중간: 5도 (c) 아래: 10도  
 Fig. 4. The GRF curve of medial-lateral direction (a) top: Flat (b) middle: 5 degree (c) bottom: 10 degree

게 구현하기 위하여 중앙에 지면반력기를 설치할 수 있는 경사판을 제작하였다. 지면반력 자료는 1000Hz의 샘플링 비율로 설정하였으며, 골프 클럽은 7번 아이언만을 사용하였다. 골프스윙에 대한 삼차원 운동분석을 위하여 6개의 적외선 카메라(VICON Motion Systems Ltd., 영국)를 250Hz의 샘플링률로 PlugInGait 전신 마커세트를 이용하여 인체의 중요 해부학적 경계점에 14mm 크기의 반사마커를 부착하여 마커의 위치 좌표를 획득하였다. 클럽의 움직임을 측정하기 위하여 클럽면(club face)의 상부, 하부, 목에 3개의 마커를 부착하였으며 그림의 윗부분, 그리고 클럽의 목과 연결된 중앙지점 등 총 5개의 반사마커를 부착하였다.

**B. 지면 반력기의 위치 및 해부학적 좌표계**

그림 2는 경사도의 변화에 따른 지면반력기의 위치(position) 및 해부학적 좌표계(Anatomical coordinate)를 나타낸 것이다.

**C. 동작 구간 설정**

골프스윙의 주요 시점을 어드레스(address), 하프스윙(half swing), 백스윙 탑(back swing top), 언코킹(uncocking), 임팩트(impact), 피니쉬(finish)의 6개로 정의하여 분석하였다.

**III. 연구결과 및 논의**

**A. 시간 요인**

표 1은 골프 스윙 시 평지, 경사 5도, 10도의 각 구간에 대한 시간의 변화를 나타낸 것이며, 평지와 5도, 평지와 10도, 5도와 10도 사이에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다( $p < 0.05$ ). 골프 스윙 시 임팩트(impact) 시점까지의 각 구간에서 경사도가 증가할수록 각 구간의 시간이 미세하게 증가하는 경향을 보이는 것으로 나타났으며, 전체적인 소요시간은 거의 동일한 것으로 나타났다.

표 1. 시간 요인  
 Table 1. variable of time

		하프스윙	백스윙 탑	언코킹	임팩트	피니쉬
평지	sec	0.54±0.08	1.12±0.19	1.37±0.20	1.41±0.19	1.97±0.18
	%	27.44±4.40	56.72±5.97	69.36±4.77	71.61±4.56	100
5도	sec	0.57±0.09	1.18±0.20	1.43±0.21	1.47±0.21	2.00±0.25
	%	28.61±4.31	58.41±5.18	71.11±4.29	73.43±4.14	100
10도	sec	0.57±0.07	1.18±0.23	1.43±0.24	1.48±0.24	1.97±0.27
	%	29.12±4.15	59.64±4.20	72.41±2.86	74.88±2.45	100

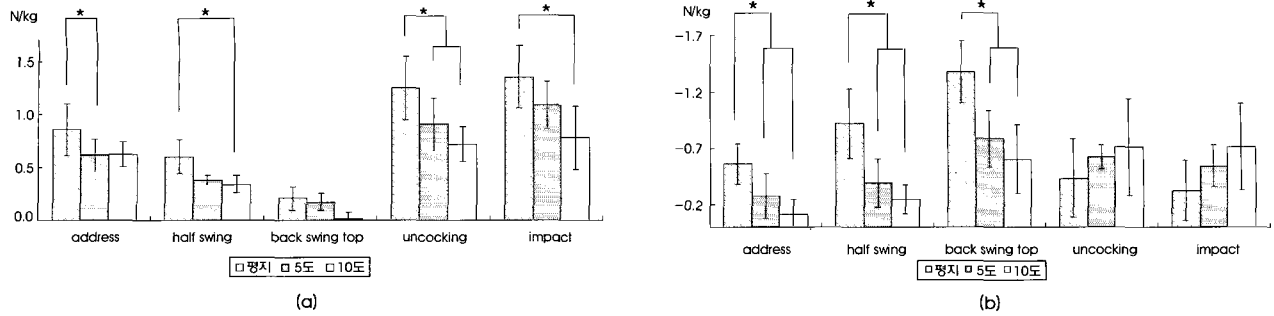


그림 5. 내외 방향 지면반력 (a) 위 : 좌측발 (b) 아래 : 우측발  
 Fig. 5. The GRF of medial-lateral direction (a) top : left foot (b) bottom : right foot

즉, 임팩트 이후 피니쉬(finish) 시점까지의 팔로우스로우(follow through) 구간에 대한 소요시간이 줄어들었음을 알 수 있는데, 이것은 경사도가 증가할수록 팔로우스로우 동작이 충분하게 이루어지지 않고 있음을 의미하는 것이다.

**B. 내외(mediolateral) 방향 지면 반력**

골프 스윙 시 양발에 대한 내외 방향 GRF는 체중의 이동에 대하여 하지 중심선이 내외로 이동하는 정도를 유추해 볼 수 있는 변인이다.

그림 4는 경사면에 따른 내외방향의 지면 반력 곡선을 나타내고 있다. 우측발의 지면반력에 있어서, 평지에서 백스윙 탑 구간까지 체중심의 과도한 우측방향의 이동을 방지하기 위하여 우측발의 지면반력은 상지의 운동 방향과 반대인 내측 방향으로 값이 미세하게 증가하였다. 반면에, 다운스윙 구간에서는 과도한 좌측방향의 체중심 이동을 방지하기 위하여 왼발의 지면 반력이 내측 방향으로 증가하였다. 오르막 경사 5도와 10도에서도 평지와 유사한 경향을 보였으나, 경사도가 증가할수록 백스윙 구간에서 우측발의 지면반력은 거의 “0”에 경향을 보이고, 상당히 일정한 값을 유지하고 있다. 이것은 경사도가 증가할수록 하지의 내외측 움직임을 최소화하여 스윙 동작을 수행함을 의미한다.

평지에서 좌측발의 지면반력은 백스윙 탑 시점까지 외측방향으로 미세하게 증가하다가 다운스윙이 진행되면서 내측 방향으로 급격하게 증가하는 경향을 보이고, 임팩트 이후 최대값을 보인 후에 외측 방향으로 이동하는 경향을 보였다. 이는 다운스윙 구간에서는 운동 진행 방향으로 하지가 지나치게 이동되는 것을 방지하고자 하며, 임팩트 시점에서는 체중의 분산을 최소화하여 최대의 운동량을 볼에 전달하기 위한 노력으로 해석된다. 오르막 경사 5도와 10도에서도 왼발의 지면반력 곡선은 평지와 유사한 형태를 보였으나, 다운스윙 초기에 왼발의 지면반력이 약간 외측으로 작용되는 점이 다르게 나타났다.

그림 5는 경사도에 따른 좌우발의 내외방향 지면반력이다. 우측발의 경우, 어드레스에서 평지, 5도, 10도의 GRF는 각각  $-0.56 \pm 0.18\text{N/kg}$ ,  $-0.28 \pm 0.20\text{N/kg}$ ,  $-0.12 \pm 0.13\text{N/kg}$ 로 나타났으며, 평지와 5도, 평지와 10도 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보였다

( $p < 0.05$ ). 하프 스윙에서 평지, 5도, 10도의 GRF는  $-0.92 \pm 0.31\text{N/kg}$ ,  $-0.39 \pm 0.22\text{N/kg}$ ,  $-0.25 \pm 0.13\text{N/kg}$ 로 나타났으며, 평지와 5도, 평지와 10도 사이에 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). 언코킹 시기에 평지, 5도, 10도의 GRF는  $-1.38 \pm 0.28\text{N/kg}$ ,  $-0.79 \pm 0.26\text{N/kg}$ ,  $-0.61 \pm 0.30\text{N/kg}$ 으로 나타났으며, 평지와 5도, 평지와 10도 사이에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ).

백스윙 동안 몸은 연속적으로 회전하여야 하는데, 이때 하지에서는 이에 대한 저항이 있어야 몸을 코일(coil)이나 스프링(spring)과 같이 풀 수 있다. 이는 우측 하지의 저항에서 기인하며, 어드레스 시기에 우측 무릎이 12시 방향을 가리켰다면 백스윙이 끝났을 때까지 1시 방향을 넘지 않을 정도로 저항이 있어야 한다[2]. 평지에서 골프 스윙 시 어드레스에서 백스윙 탑까지 오른발의 GRF가 매우 크게 증가하였으나, 경사도가 증가할수록 그 증가량은 감소하는 것으로 나타났다. 이것은 경사도의 증가로 인하여 우측 하지의 저항이 감소됨을 의미하는 것이다. 결론적으로 경사도의 증가가 백스윙 시 하지의 코일링(coiling)에 큰 영향을 미치고 있으며 이상적인 골프 스윙에 부정적인 요인으로 작용하고 있음을 시사한다.

왼발의 경우, 어드레스에서 평지, 5도, 10도의 GRF는 각각  $0.85 \pm 0.25\text{N/kg}$ ,  $0.62 \pm 0.15\text{N/kg}$ ,  $0.63 \pm 0.12\text{N/kg}$ 으로 나타났으며, 평지와 5도 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 하프 스윙에서 평지, 5도, 10도의 GRF는  $0.60 \pm 0.16\text{N/kg}$ ,  $0.38 \pm 0.04\text{N/kg}$ ,  $0.34 \pm 0.08\text{N/kg}$ 으로 나타났으며, 평지와 10도 사이에 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). 언코킹에서 평지, 5도, 10도의 GRF는  $1.25 \pm 0.30\text{N/kg}$ ,  $0.90 \pm 0.25\text{N/kg}$ ,  $0.72 \pm 0.16\text{N/kg}$ 으로 나타났으며, 평지와 5도, 평지와 10도 사이에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 임팩트에서 평지, 5도, 10도의 GRF는  $1.35 \pm 0.29\text{N/kg}$ ,  $1.083 \pm 0.23\text{N/kg}$ ,  $0.78 \pm 0.30\text{N/kg}$ 으로 나타났으며, 평지와 10도 사이에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ).

다운스윙이 일어나는 동안 언코킹에서 임팩트 시기에 좌측발의 GRF가 내측방향으로 급속히 증가하는데, 백스윙의 경우와 같이 좌측 하지의 코일링을 위한 것이다. 그러나, 언코킹 시기와 임팩트 시기의 경우, 경사도가 증가할수록 좌측 발의 내측 방향 GRF는 감

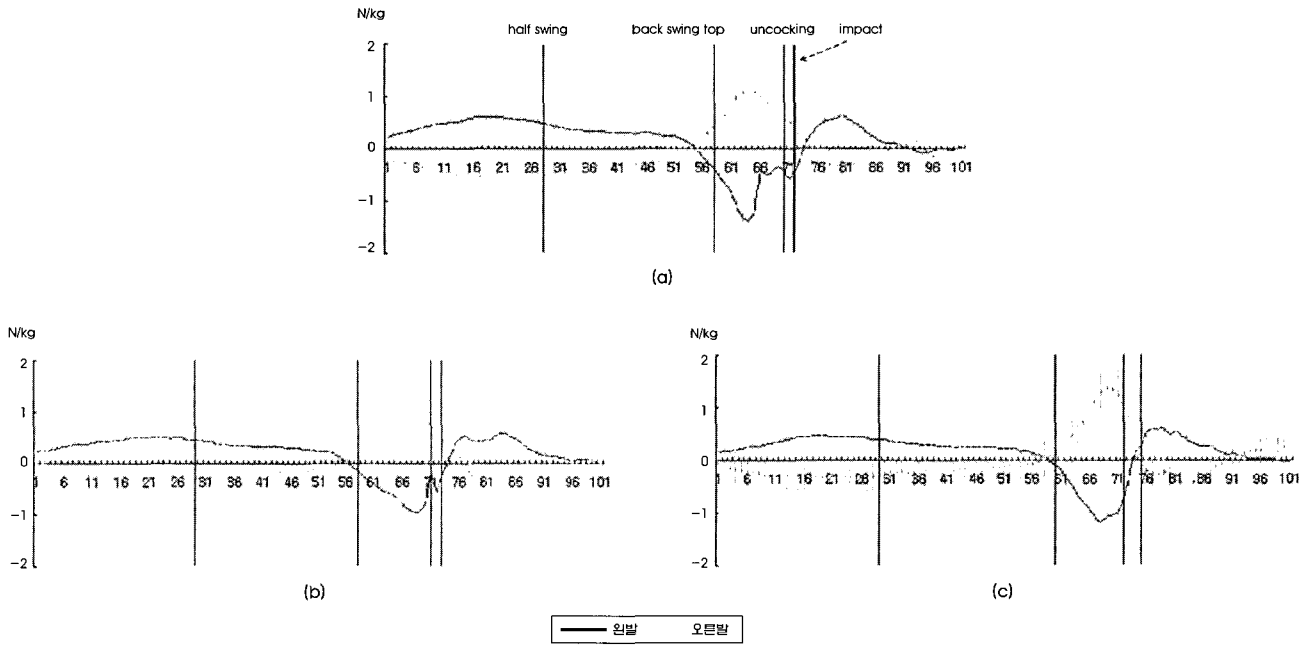


그림 6. 전후 방향 지면반력 곡선 (a) 위 : 평지 (b) 중간 : 5도 (c) 아래 : 10도  
 Fig. 6. The GRF curve of anterior-posterior direction (a) top : Flat (b) middle : 5 degree (c) bottom : 10 degree

소하는데, 이것은 백스윙과 마찬가지로 경사도가 좌측 하지의 코일링에 영향을 미치고 있음을 의미하는 것이다.

**C. 전후(anterior-posterior) 방향 지면 반력**

그림 6은 경사면에 따른 전후 방향의 지면반력 곡선이다. 골프 스윙 시 양발에 대한 전후 방향 지면 반력은 상지의 회전운동과 관계된다.

어드레스에서 하프 스윙(half swing) 시점까지 우측발은 뒤꿈치(heel) 쪽에 왼발은 앞꿈치(toe) 쪽에 체중이 실리는 것을 볼 수 있으며, 백스윙 탑의 시점 전에서 양발의 체중 이동이 오른발은 앞꿈치 쪽으로, 왼발은 뒤꿈치 쪽으로 이동하고 있음을 볼 수 있다. 백스윙 탑 이전에 양발의 체중 이동이 전후 방향으로 교차하여 우측발은 앞

꿈치 쪽으로 체중을 이동한 후 미드다운스윙 이후 다시 뒤꿈치 쪽으로 체중을 이동한다. 다운스윙 동안 좌측발은 뒤꿈치 쪽으로 체중을 이동한 후 미드다운스윙 이후 체중을 다시 앞꿈치 쪽으로 이동하고 임팩트 직후에 교차하여 중립상태를 유지하려는 경향을 보였다. 오르막 경사 5도와 10도에서의 지면반력 곡선은 거의 유사하였다. 그러나 백스윙 구간과 다운스윙 구간에서 전후 방향의 체중 이동이 교차되는 시점이 다소 늦어졌다. 또한, 오르막 경사에서의 백스윙 동안 우측발의 전후 방향 체중 이동이 평지보다 작게 나타나는 것은 전후 방향의 움직임을 최소화하여 스윙하려는 것을 의미한다.

그림 7은 경사도에 따른 좌우측발의 전후 방향 지면반력이다. 경사도에 따라 두 발 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다( $p < 0.05$ ).

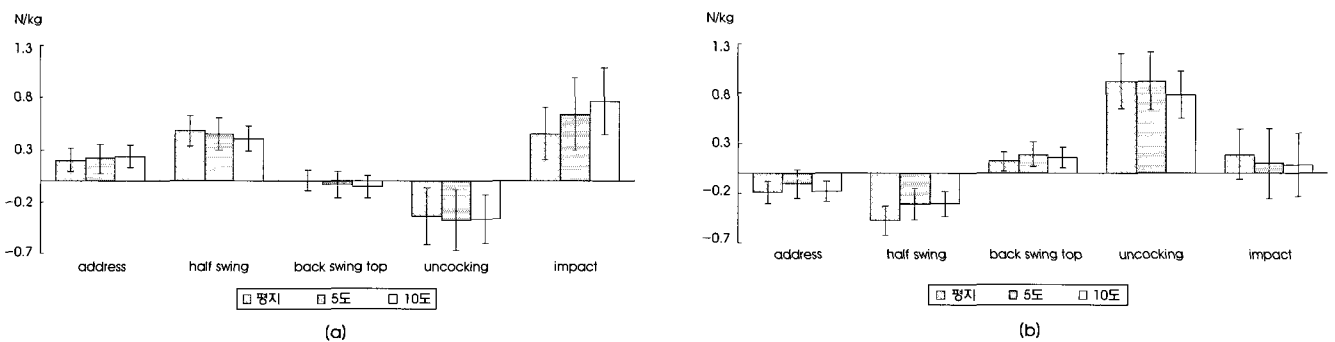


그림 7. 전후 방향 지면반력 (a) 위 : 좌측발 (b) 아래 : 우측발  
 Fig. 7. The GRF of anterior-posterior direction (a) top : left foot (b) bottom : right foot

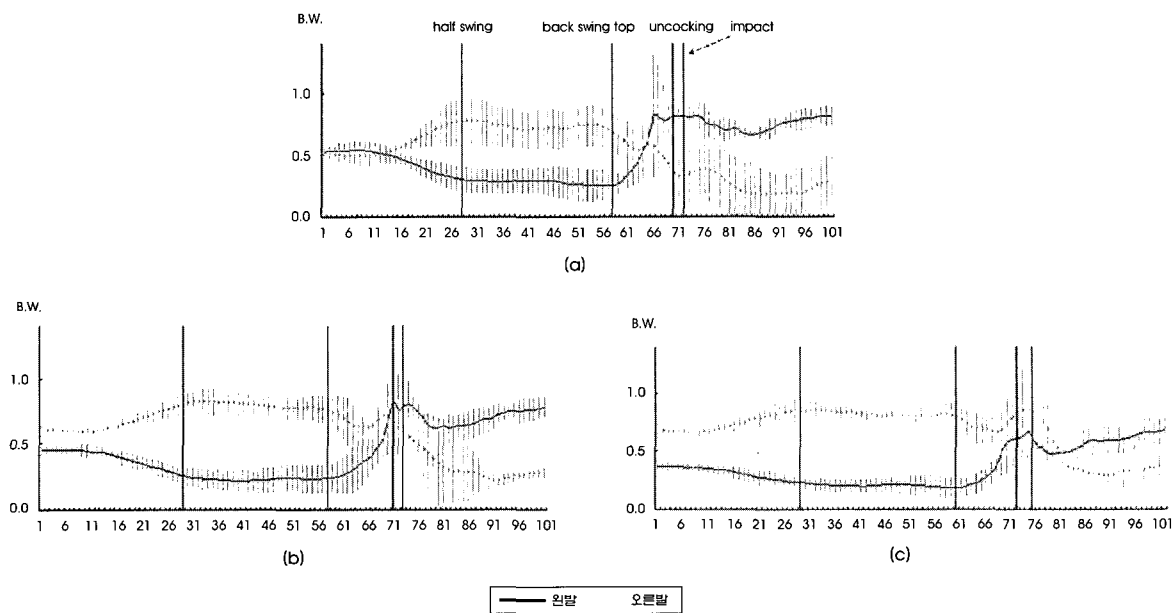


그림 8. 수직 방향지면반력 곡선 (a) 위 : 평지 (b) 중간 : 5도 (c) 아래 : 10도  
 Fig. 8. The GRF curve of vertical direction (a) top : Flat (b) middle : 5 degree (c) bottom : 10 degree

**D. 수직(vertical) 방향 지면 반력**

골프 스윙 시 양발에 대한 수직 지면 반력은 스윙이 진행됨에 따라 체중이 한쪽 발에서 다른 발로 원활하게 이동되는 지를 검증할 수 있는 변인이다. 그림 8은 경사면에 따른 수직 방향의 지면반력 곡선을 나타낸 것이다.

평지에서 어드레스 시기에 좌우측발의 GRF 비율은 좌측발 49.1%, 우측발 50.1%로 거의 같은 비율로 체중을 배분하고 있는 것으로 나타났다. Leadbetter는 드라이버의 경우 좌측발 45%, 우측발 55%, 미들아이언의 경우 좌측발 50%, 우측발 50%, 숏아이언의 경우 좌측발 55%, 우측발 45% 정도로 체중을 배분하여야 한다고 하였는데[5], 이것은 본 연구결과와 거의 일치한다. 그러나 박진의 연구에서는 좌측발 45%, 우측발 55%로 보고되었으며 [13], 이동기 등의 연구에서는 좌측발 46.5%, 우측발 53.5%로 보

고되었다[15]. 오르막 경사 5도에서 GRF 비율은 좌측 발 42.9%, 우측 발 57.1%로 나타났으며, 10도 경사에서는 좌측발 34.99%, 우측발 65.01%로 나타나, 경사가 증가할수록 우측발에 더 많은 체중을 배분하여 스윙이 진행되고 있음을 알 수 있다. 박진의 연구에서 10도 경사시 체중 배분은 좌측발 30%, 우측발 70%로 보고 되었다[16].

백스윙 탑 시점에서 평지의 GRF 비율은 좌측발 24.5%, 우측발 75.5%로 나타났는데, 박진의 연구에서 좌측발 24%, 우측발 76%로 보고된 결과[13]와 허유진 등의 연구에서 좌측발 24.8%, 우측발 75.2%로 보고된 결과[17]와 거의 일치하였다. 오르막 경사 5도에서는 21.7%, 78.3%, 오르막 경사 10도에서는 좌측발 17.6%, 우측발 82.4%로 나타나 경사가 증가할수록 우측발에 체중이 더욱 많이 배분되는 것을 알 수 있다.

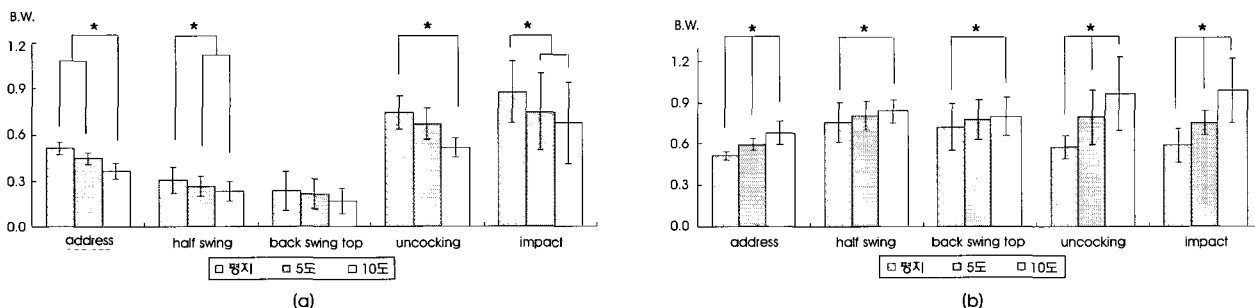


그림 9. 수직 방향지면반력 (a) 위 : 좌측발 (b) 아래 : 우측발  
 Fig. 9. The GRF of vertical direction (a) top : left foot (b) bottom : right foot

언코킹 시점에서 평지의 GRF 비율은 좌측발 56.3%, 우측발 43.7%, 5도 경사에서는 좌측발 45.7%, 우측발 54.3%, 10도 경사에서는 좌측발 34.7%, 우측발 65.3%로 나타났다.

임팩트 시점에서 평지의 GRF 비율은 좌측발 59.8%, 우측발 40.2%로 나타났는데, 박진의 연구에서 좌측발 74%, 우측발 26%로 보고된 결과[16]와 허유진의 연구에서 좌측발 82.5%, 우측발 17.5%로 보고된 결과[17]와 차이를 보였다. 오르막 경사 5도에서는 좌측발 49.8%, 우측발 50.2%, 오르막 경사 10도에서는 좌측발 40.8%, 우측발 59.2%로 나타났다. 평지에서는 백스윙 탑과 언코킹(uncocking) 시기의 중간에서 양발의 체중이 교차되고 있으며 임팩트 순간에 좌측발에 체중이 많이 이동되었으나, 오르막 경사 5도에서는 언코킹 시점에서 양발의 체중이 교차되었고, 오르막 경사 10도에서는 팔로우스로(followthrough) 구간에 양발의 체중이 교차되는 것으로 나타났다. 즉, 경사도가 증가할수록 체중의 교차시점이 지연되었으며 체중을 좌측발로 옮겨가지 못한 채로 스윙이 이루어지고 있음을 보여준다.

그림 9는 경사도에 따른 좌우측발의 수직 방향 지면반력이다.

어드레스에서 우측발의 경우 평지, 5도, 10도의 GRF는 각각  $0.51 \pm 0.03B.W.$ ,  $0.60 \pm 0.04B.W.$ ,  $0.68 \pm 0.08B.W.$ 로 나타났으며, 평지와 5도, 평지와 10도, 5도와 10도 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 좌측발의 경우 평지, 5도, 10도의 GRF는 각각  $0.51 \pm 0.04B.W.$ ,  $0.45 \pm 0.04B.W.$ ,  $0.37 \pm 0.05B.W.$ 로 나타났으며, 평지와 5도, 평지와 10도 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 이외린의 연구에서 우측발의 경우 평지, 5도, 10도의 수직 GRF는 각각 180N, 198N, 210N, 좌측발의 경우 각각 89N, 51N, 25N으로 보고되었는데[14], 경사도가 증가할수록 우측발의 GRF는 증가하고 좌측발의 GRF는 감소하는 결과는 본 연구의 결과와 일치하였다. 경사도의 증가할수록 우측 하지로 이동된 체중심으로 인해 우측 하지로 부과되는 체중의 정도가 증가되고 있으며, 이로 인해 좌측 하지에 부과되는 체중의 정도는 감소하고 있다. 경사도의 증가는 스윙의 어드레스에서부터 좌우측발의 체중분배를 균형관계가 아닌 불균형 관계로 만들어 우측하지가 체중을 지지(support)하는 역할만을 수행하게 함으로써 스윙의 초기에서부터 부정적인 영향을 끼치고 있는 것이다.

하프 스윙에서 우측발의 경우 평지, 5도, 10도의 GRF는  $0.76 \pm 0.14B.W.$ ,  $0.81 \pm 0.10B.W.$ ,  $0.84 \pm 0.09B.W.$ 로 나타났으며, 평지와 10도 사이에서만 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 좌측발의 경우 평지, 5도, 10도의 GRF는  $0.31 \pm 0.08B.W.$ ,  $0.26 \pm 0.07B.W.$ ,  $0.23 \pm 0.07B.W.$ 로 나타났으며, 평지와 5도, 평지와 10도 사이에 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ).

백스윙 탑에서 우측발의 경우 평지, 5도, 10도의 GRF는  $0.72 \pm 0.17B.W.$ ,  $0.78 \pm 0.14B.W.$ ,  $0.80 \pm 0.14B.W.$ 로 나타났으며, 평지와 10도 사이에서만 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). 이외린의 연구에서 우측발의 경우 평지, 5도, 10도의 GRF는 각각 114N, 166N, 197N으로 보고하였는데[14], 경사도

가 증가할수록 우측 발의 GRF가 증가하는 경향은 본 연구의 결과와 일치하였다. 백스윙 탑 시기는 골반과 몸통의 회전 운동이 최대가 되는 구간으로 몸통의 중심 연장선은 고정된 채 골반과 몸통을 회전시켜 최대의 탄성에너지를 축적하는 구간이다[2]. 그러나 경사도의 증가로 인해 어드레스 시기부터 초래된 좌우측발의 체중 불균형 관계는 백스윙 동안 더욱 심화되어 백스윙 탑 시기에 우측 하지는 체중의 약 1.5배의 힘을 발휘하여 체중을 지지하고 있다. 경사도의 증가는 우측 하지의 과도한 체중 지지 역할을 초래하여 임팩트 시기에 부정확한 타이밍을 갖도록 할 수 있으며, 골반과 몸통의 충분한 회전운동을 방해함으로써 최대의 운동량 축적에 부정적인 영향을 끼칠 것으로 사료된다.

언코킹에서 우측발의 경우 평지, 5도, 10도의 GRF는  $0.58 \pm 0.08B.W.$ ,  $0.80 \pm 0.20B.W.$ ,  $0.96 \pm 0.27B.W.$ 로 나타났으며, 평지와 5도, 평지와 10도, 5도와 10도 사이에서 통계적으로 유의한 차이가 보였다( $p < 0.05$ ). 좌측발의 경우 평지, 5도, 10도의 GRF는  $0.74 \pm 0.11B.W.$ ,  $0.67 \pm 0.10B.W.$ ,  $0.51 \pm 0.06B.W.$ 로 나타났으며, 평지와 10도 사이에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). 평지의 언코킹에서 체중은 좌측발에 더 많이 배분되었으나 경사도가 증가할수록 우측발에 체중이 더 많이 배분되고 있는데, 경사도의 증가가 체중심의 이동에 영향을 미치고 있음을 의미한다.

임팩트에서 우측발의 경우 평지, 5도, 10도의 GRF는  $0.59 \pm 0.12B.W.$ ,  $0.75 \pm 0.09B.W.$ ,  $0.99 \pm 0.23B.W.$ 로 나타났으며, 평지와 5도, 평지와 10도, 5도와 10도 사이에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). 좌측발의 경우 평지, 5도, 10도의 GRF는  $0.88 \pm 0.20B.W.$ ,  $0.75 \pm 0.25B.W.$ ,  $0.68 \pm 0.26B.W.$ 로 나타났으며, 평지와 5도, 평지와 10도 사이에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). 이외린의 연구에서 우측발의 경우, 평지, 5도, 10도의 GRF는 각각 165N, 216N, 184N으로 보고하였는데[14], 경사도가 증가할수록 우측발의 GRF가 증가하는 본 연구의 결과와는 차이가 있었다. 좌측발의 경우 평지, 5도, 10도의 GRF는 각각 234N, 194N, 137N으로 보고하였는데[14], 경사도가 증가할수록 좌측발의 GRF가 감소하는 경향은 본 연구의 결과와 일치하였다. 평지의 임팩트에서 좌측발은 체중의 약 1.8배의 힘을 발휘하고 있으나 경사도가 증가할수록 그 값은 감소하고 있다. 경사도의 증가는 체중심의 이동에 영향을 미침으로써 백스윙 동안 축적된 최대 운동량을 임팩트 시기에 원활하고 충분히 전이시키지 못해 정확한 타이밍과 강력한 파워를 얻는 것에 부정적인 영향을 끼칠 것으로 사료된다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구는 평지(Flat Lie)와 오르막(UpHill Lie) 경사 5도, 10도의 경사면에서 골프 스윙 시 지면반력의 변화를 분석함으로써 이상적인 골프 스윙을 위한 객관적이고 정량적인 자료를 제공하는데 있다.

골프 스윙 시 소요되는 전체 시간은 거의 비슷하였으나 경사도가 증가할수록 임팩트 시점까지 소요시간이 증가하는 경향을 보였다. 골프 스윙 시 백스윙 동안 우측발의 GRF는 내측방향으로 증가하는 경향을 나타내었으나, 경사도가 증가할수록 그 증가량은 감소하였다. 다운스윙 동안 언코킹에서 임팩트 시기에 좌측발의 GRF가 내측방향으로 급속히 증가하였으나, 경사도가 증가할수록 좌측 발의 내측 방향 GRF는 감소하였다. 골프 스윙 시 전, 후 방향에서 좌우측 발의 GRF는 경사도의 증가에 대하여 유사한 값을 나타냈으며, 통계적으로도 차이가 없었다. 골프 스윙 시 수직 방향에서 우측발의 GRF는 경사도가 증가할수록 증가하였으며, 좌측발의 GRF는 감소하였다. 경사도의 증가는 백스윙 동안 골반과 몸통의 충분한 회전운동을 제한하여 최대 운동량 축적을 방해하고, 다운스윙 동안 체중심의 이동을 저해하여 임팩트 시 정확한 타이밍과 강력한 파워를 얻는 것에 부정적인 영향을 미친다.

본 연구는 평지와 경사면에서의 골프 스윙 시 지면반력의 변화를 고찰하여 지면의 경사가 이상적인 골프 스윙에 어떠한 영향을 미치는지 알아보는 연구로서 의미가 있다고 사료된다. 그러나 지면반력의 변화만으로 지면의 경사가 이상적인 골프 스윙에 미치는 영향을 고찰하는 것에는 한계가 있으므로 영상분석을 통한 운동학적, 운동역학적 자료의 고찰 그리고 근전도 분석을 통한 근육들의 근활성도 변화 등에 대한 분석이 필요할 것으로 생각된다.

### 참고문헌

- [1] J.D. Specce, M.A. Caldwell, & J.L. Hudson, "The golf swing: An exploration of balance and skill," [www.csuchico.edu/~jckieh/pdf/pence96.pdf](http://www.csuchico.edu/~jckieh/pdf/pence96.pdf), 2005.
- [2] Y.S. Hwang, *Mechanic Golf*. Seoul: Daehan Printing & Publishing Co., Ltd., 1993.
- [3] G. Carr, *Mechanics of Sport*. Champaign, IL: Hunam Kinetics, 1997.
- [4] H. Nishizono, A. Matsuo, H. Kintaka, M. Kon, Y. Ohmura, H. Shibayama, & A. Maeda, "Muscle activation pattern and performances during successive jumps on a variously inclined platform," *XVIth Congress of the International Society of biomechanics*, 107, 1997.
- [5] D. Leadbetter, *Faults and Fixes*. London: Collins Willow, 1993.
- [6] M.J. Smith, J.S.B. Mather, K.A.H. Gibson & S. Jowett, "Measuring Dynamic Response of a Golf Club during Swing and Impact," *Photogrammetric Record*, vol. 16, no.92, pp.249-257, 1998.
- [7] K. Miura, "Parametric acceleration-the effect of inward pull of the golf club at impact stage," *Sports Engineering*, vol. 4, pp.75-86, 2001.
- [8] S.M. Nesbit and M. Serrano, "Work and power analysis of the golf swing," *Journal of Sports Science and Medicine*, vol. 4, pp. 520-533, 2005.
- [9] R.J. Sung, "A study on the swing path and plane of the club in golf swing," *Korean Journal of Sport Biomechanics*, vol. 14, no. 1, pp.99-115, 2004.
- [10] K.O. Yi and J.M. So, "Analysis of inter-foot relations with ground reaction forces during the golf swing," *Journal of Korean Physical Education Association for Girls and Women*, vol. 18, no. 1, pp. 85-97, 2004.
- [11] J.S. Choi, Y.M. Han, H.S. Kim, Y.T. Lim, J.H. Yi, G.R. Tack, "Kinematic analysis of golf putting for Elite & Novice golfers," *The Korea Society of Medical & Biological Engineering*, Oct. 2005.
- [12] H. S. Kim, G. R. Tack, Y. T. Yim, J. H. Yi, "A wireless grip and acceleration measurement system for putting stroke analysis," *The Korea Society of Medical & Biological Engineering*, Oct. 2005.
- [13] J. Park, "A kinematical comparison of the swing techniques in different ground levels," *The Korean Journal of Physical Education*, vol. 39, no. 1, pp.540-549, 2000.
- [14] E.L. Lee, "A study on weight transfer upon slopes during goal impact-especially upon uphill slopes," *Korea Sport Research*, vol. 15, no. 6, pp.36-46, 2004.
- [15] D.K. Lee, J.S. Lee, H.S. Lee, Y.J. Kim, S.B. Park, J.P. Joo, "Plantar foot pressure analysis during golf swing motion using plantar foot pressure measurement system," *Korean Journal of Sport Biomechanics*, vol. 15, no. 1, pp.75-89, 2005.
- [16] J. Park, "Weight transfer patterns under the different golf swing types: a case study involving a low handicap player and a high handicap player," *Korean Journal of Sport Biomechanics*, vol. 15, no. 3, pp.31-49, 2005.
- [17] Y.J. Hur, G.P. Moon, J. Lim "A study of ground reaction forces during professional golfer's swing with different golf clubs," *Korean Journal of Sport Biomechanics*, vol. 15, no. 2, pp.103-111, 2005.