



## 우수 골퍼의 아이언 클럽 스윙동작에 대한 운동학적 분석

### Kinematical Analysis of Swing Motion with Golf Iron Clubs Used by Elite Golfers

김갑선\*(목포대학교)

Kim, Kab-Sun\*(Mokpo National University)

#### 국문요약

본 연구의 목적은 3명의 우수 골프선수를 대상으로 아이언 클럽(3,6,9번)의 스윙 동작을 3차원적으로 비교·분석하고, 이의 분석에 따른 요인들을 정량적으로 제시하여 선수 및 일반 골퍼들이 바람직한 아이언 스윙 동작을 배우는데 기초자료를 제공하는데 있다. 3차원 영상분석을 실시하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 각 클럽별로 전체 스윙 시간에는 큰 차이를 보이지 않았으며, 각 국면별 시간도 거의 유사하게 나타났다.
2. 각 클럽별로 어드레스와 임팩트시 머리위치 변화는 차이가 없었다.
3. 클럽의 길이에 따른 차이를 제외하면 각 클럽별로 오른 무릎관절 각도변화는 유사하게 나타났다.
4. 각 클럽별로 고관절의 회전각도 변화는 약간의 차이가 나타났다.
5. 각 클럽별로 어드레스와 임팩트 동작시 어깨관절의 회전각도와 동일하게 만들어 주어 스윙의 정확도를 높이고, 탑스윙시 어깨회전 각도를 90°이상 유지하여 스윙의 회전력을 높이는 것으로 나타났다.
6. 클럽이 짧을수록 상체전경 각도가 약간의 차이로 커지는 것으로 나타났으며 어드레스와 탑스윙, 임팩트 동작시 상체전경 각도가 30-36°의 형태를 유지하면서 스윙을 하였다.

#### ABSTRACT

**K. S. KIM, Kinematical Analysis of Swing Motion with Golf Iron Clubs Used by Elite Golfers. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 18, No. 2, pp. 85-94, 2008.** The purpose of this study is to provide basic materials for amateur golf players or golf maniacs to learn desirable iron swing motions. This study compared and analyzed the swing motions of iron clubs(3, 6, 9) by using 3-D in three elite golf players.

1. There was no a great difference in the total of swing time by club and the time by phase was nearly similar.
2. There was no a difference in the change in a head location at address and impact by club.
3. The angle change in a right knee joint was similar by club except the difference according to the length of the club.
4. There was a subtle difference in hip rotation angle by club.
5. In each club, the same rotation angle of shoulder joint at address and impact motions contributed to accurate swing, and the maintenance of more than 90° of shoulder rotation angle in top swing increased swing rotation.
6. Although subtle, the forward angle of upper body was increased with a shorter club. 30-36° of forward angle of upper body was maintained at address, top swing, and impact motions.

KEYWORDS : GOLF SWING, IRON CLUB, KINEMATIC ANALYSIS, VIDEO CAMERA

## I. 서론

골프는 세계적으로 가장 인기 있는 스포츠 중의 하나로, 최근 우리나라 해외파 프로골퍼들의 국제무대에서의 선전은 국위선양 뿐만 아니라 골프에 대한 국민들의 관심을 증가시켜 골프인구를 지속적으로 증가시키는 계기가 되고 있다. 또한 골프라는 운동은 과격하지 않은 스윙과 보행으로 이루어지는 신체활동이기 때문에 연령, 성별, 직업을 불문하고 누구나 쉽게 접할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

이러한 골프의 최고 관심사는 가장 적은 타수로 공을 홀 컵에 넣는 것으로, 골프의 수행 능력은 공을 단지 멀리 보내는 것보다 공을 마음먹은 곳에 정확히 보낼 수 있는가에 달려있다. 따라서 대부분의 골퍼는 골프 스코어를 향상시키기 위해 부단히 연습할 뿐만 아니라, 자신에게 보다 잘 맞는 더 좋은 장비를 갖추기 위해 적지 않는 비용을 투자하기도 한다. 그리고 보다 나은 스윙을 위하여 책이나 잡지, 지도자들로부터 수많은 정보를 받아들이고, 이에 기초하여 동작을 연습한다. 그러나 이러한 노력들도 근본적으로 자신의 골프스윙 동작 기술을 향상시키지 않으면 크게 도움이 되지 않을 수 있다(권선옥, 이기광, 2005).

골프 경기는 코스의 상태, 홀과의 거리 등으로 인해 매 상황마다 다르게 일어나기 때문에 골퍼들은 그 상황에 따른 적절한 스윙을 해야 하며 따라서 이에 상응하는 적당한 클럽을 선택하여 샷을 해야 한다. 즉, 넓고 긴 홀에서 티샷(tee-shot)을 할 때에는 다음 샷을 고려하여 핀(pin) 공략에 유리한 지점으로 공을 보내야 하기에 비거리를 더 많이 낼 수 있는 드라이버(driver) 클럽을 사용한다. 반대로 핀에 가까이 공을 보내기 위한 샷에서는 비거리 보다는 정확성에 더 유리한 아이언(iron)클럽을 사용한다. 이처럼, 골프경기에서는 상황에 따라서 다양한 클럽이 사용므로 동작의 역학적 모델을 세우는 데에 있어서 클럽의 특징에 따라 운동학적 변인들이 어떻게 변하는지 혹은 일정한지에 대한 분석이 필수적이다(신인식, 이은정, 2002).

골프 스윙은 고도의 기술과 과학적인 면을 요구하는 운동으로 신체분절의 회전 및 관절의 복잡하고 연속적인 동작에 의하여 스윙이 이루어진다. 좋은 스윙에 의

한 결과는 거리, 정확성, 일관성이 있어야 하며, 세 요인들은 상호 밀접한 관계가 있어 서로 보완의 관계나 반대의 관계를 지니고 있다(Koichiro, 1996). 또한 균형 잡힌 자세는 좋은 스윙의 요체이며, 균형을 잃으면 결코 좋은 스윙을 할 수 없다(이동우, 1998).

그동안 골프는 외국의 많은 학자들에 의한 골프 스윙의 역학적 연구와 골프 장비 제조업체의 신소재 클럽(club)의 개발로 인하여 골프 스윙에도 많은 변화가 있었다. 1930년대 보비 존스의 클래식 스윙에서 1950년대 플랫과 업라이트의 합성 스윙, 1950년대 말에는 현대 골프로 일컬어지는 벤호건형의 스윙, 1960년대에는 체구가 작은 동양인이 파워 골퍼에 대응하기 위한 여러 가지 타법이 개발되었으며, 1970년대에는 톱 와이스코프와 잭 니콜라우스 등에 의한 스퀘어 투 스퀘어법, 그리고 1980년대 말 부터는 닉 팔도의 바디턴 스윙 등 여러 가지 타법이 현재 스윙의 주류를 이루고 있다(나상준, 1994).

그러나 이러한 스윙의 변천은 서양인에 의해 변화 발전되어 왔기에 동양인이 이것을 그대로 수용하기에는 부적합하다. 그리고 우리나라 골프 지도자들의 스윙에 대한 역학적 원리를 인지하지 않고 자신의 경험을 토대로 한 교습방식 때문에 오히려 골프 스윙동작 향상에 혼란만을 가져올 수 있다. 특히, 스윙 동작은 개인의 신체적 특성, 연령, 성 등의 차이에 따라 다양할 수 있으므로 이에 영향을 덜 받는 중요한 공통점을 찾아서 정량화하는 것이 중요하다(이은정, 2001).

골프 스윙동작에 대한 선행연구들은 영상 분석을 통한 스윙동작의 운동학적 분석과 힘을 측정할 수 있는 장비를 이용한 운동역학적 분석, 그리고 수학적인 모델링을 통한 역학적인 변인 분석을 중심으로 이루어져 왔으며, 이를 통하여 올바른 스윙동작에 대한 가이드 라인을 제시하였다. 운동역학적 연구에서는 주로 영상 분석을 통하여 공의 비거리 및 속도, 클럽헤드의 속도 증가를 위한 주요 운동학적 변인을 규명하고, 임팩트 시 클럽헤드의 선속도를 정량적으로 비교 분석하였다. (김동현, 2006; 김무영, 1995; 김주선, 1994; 김진철, 2006; 나상준, 1994; 송주호, 1999; 임태상, 1996; 조수현, 1990; Milburn, 1982; Robert et al., 1985; Sanders & Owens, 1992; Fujimoto, 1995; Burden et al., 1998).

운동역학적 연구에서는 지면반력기와 영상분석을 통하여 인체 중심의 이동, 클럽헤드에서 발생하는 파워와 인체 각 관절에 작용하는 힘과 토크의 분석이 주를 이루어왔다(김범중, 1998; 박성순, 1990; 이혜숙, 1992; William & Cavanagh, 1983, Richards et al., 1985; Hosea et al., 1990).

수학적인 모델링을 통한 연구로는 다운스윙 구간의 스윙 동작을 진자 모델로 단순화해서 스윙동작에 대한 생체역학 모델을 세우고, 이를 통하여 클럽과 인체에 영향을 주는 변인들의 분석 등이 있었다(Lampsa, 1975; Campbell, 1983; Jorgensen, 1993; Iwatsubo & Kawamura, 1998).

그러나 지금까지 진행되어 온 선행연구들의 경우 주로 드라이버 클럽에 있어서 임팩트 순간에 클럽헤드의 속도를 최대로 하여 스윙의 파워를 향상시키기 위한 동작을 분석하는데 초점이 맞추어져 왔다. 이 때문에 핀 가까이에 공을 정확하게 안착시켜 스코어를 낮추는데 중요한 역할을 하는 아이언 클럽의 스윙동작에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 우수 골퍼선수 3명을 대상으로 3번, 6번, 9번 아이언 클럽 스윙 동작의 운동학적인 변인을 3차원적으로 비교·분석을 통해 이벤트별 주요 포인트를 결정하고 선행연구들과 일반적으로 보여주는 좋은 스윙의 근거를 확인함과 분석에 따른 요인들을 정량적으로 제시하여 선수 및 일반 골퍼들이 바람직한 아이언 스윙 동작에 대한 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구의 대상자는 우수 골퍼로서 KPGA 소속 세미프로 3명을 대상으로 하였으며 이들의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

### 2. 실험도구

본 연구에서 사용된 영상분석 및 자료분석 도구는

표 1. 연구대상자의 신체적 특성

대상자	연령 (yrs)	신장 (cm)	체중 (kg)	운동경력 (yrs)	핸디캡
S1	25	183	85	8	0
S2	22	175	67	7	2
S3	22	172	60	7	2

표 2. 실험장비

실험장비	모델명	유형	회사명
Computer	Rack-360w		ICP Inc
Software	KWON 3D VER 3.1		VISOL
Video Camcorder	DCR-VX2100		SONY
Calibration Tools	Control object		VISOL

<표 2>와 같다.

### 3. 실험절차

촬영도구의 배치는 피험자의 골프 스윙동작에 지장이 없는 실내체육관에서 2m×2m×2m의 통제점 틀을 조립하여 세우고 4대의 비디오 캠코더는 좌표 기준점으로 부터 각각 10m 떨어진 곳에 렌즈의 중심 높이가 1.2m가 되도록 전후방 좌, 우측에 설치하였고, 촬영시 노이즈 발생을 최소화하기 위해 삼각대에 고정시켰다. 통제점 틀이 캠코더 필드 안에 들어오도록 줌렌즈를 맞추고 또한 캠코더의 촬영속도를 60fields/sec로 하고 노출시간(exposure time)을 1/2,000로 하였다. 4대의 비디오 캠코더를 작동시켜 통제점 틀을 3-4분 동안 촬영한 후 통제점 틀을 제거하였으며, 피험자의 복장은 몸에 붙는 타이즈를 착용하고 인체관절에 21개, 클럽에 3개의 반사마커(reflect maker)를 부착하였다. 피험자는 준비운동과 스윙 연습을 하게 하고, 한 사람씩 지정된 위치에 서서 스탠스를 자기 자신에 맞게 벌린 다음 어드레스를 취하게 하고 촬영을 시작하였다. 실험 보조자가 매트위에 볼을 놓아주고 준비동작에서 '시작'이란 구령에 따라 피험자는 볼을 보고 스윙하였다. 볼이 날아가는 방향을 y축으로 설정하고, 피험자의 전후를 x 방향으로 위치시켰으며, z방향은 x, y축이 수직으로 만

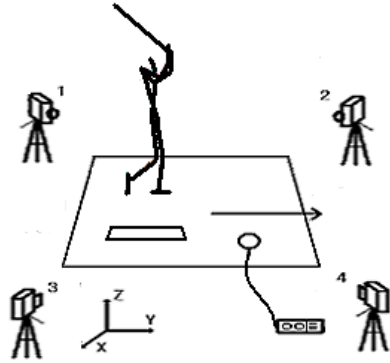


그림 1. 실험장비 배치

나는 점에 대해 수직하 방향으로 설정하였다<그림 1 참조>. 촬영은 5회이상 실시하여 클럽에 가장 정확하게 맞고 이상적이라고 판단되는 3회의 동작만을 전문가 집단과 상의 하여 채택하고 이를 평균한 값을 분석하였다.

#### 4. Event 및 국면 설정

3차원 영상분석을 위하여 골프스윙 동작을 어드레스 순간을 Event1(E1)으로, 클럽샤프트가 지면에 수평이 되는 백스윙 순간을 Event2(E2), 톱스윙 순간을 Event3(E3), 다운스윙시 클럽 샤프트가 지면과 수평이 되는 순간을 Event4(E4), 임팩트 순간을 Event5(E5), 피니시 순간을 Event6(E6)으로 <그림 2>와 같이 구분하였다. 국면별 구분은 Event1(E1)에서 Event2(E2)까지를 제1국면(P1)으로, Event2(E2)에서 Event3(E3)까지를 제2국면(P2)으로, Event3(E3)에서 Event4(E4)까지를 제3국면(P3)으로, Event4(E4)에서 Event5(E5)까지를 제4국면(P4)으로, Event5(E5)에서 Event6(E6)까지를 제5국면

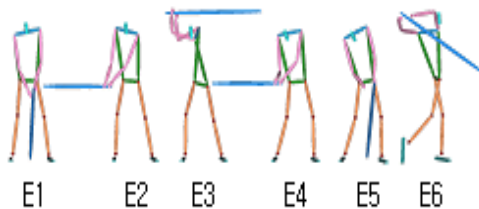


그림 2. 스윙의 동작의 이벤트와 국면

(P5)으로 구분하였다.

#### 5. 자료처리

4대의 비디오 캠코더로부터 얻은 각각의 2차원 좌표는 3차 스플라인 함수에 의한 보간법을 이용하여 동조하였다. 3차원 좌표계산은 Abdel-Aziz와 Karah(1971)가 개발한 DLT 방법을 사용하였다. 좌표화 과정과 다른 원인들에 의하여 발생한 노이즈에 의한 오차를 제거하기 위하여 Butterworth의 2차 저역통과필터(low pass filter)방법을 이용하여 스무딩 하였으며, 이때 차단 주파수(cut-off frequency)는 10Hz로 하였다.

좌표분석과 데이터 자료산출은 권영후(Kwon, 2004)가 개발한 Kwon3D Motion Analysis Package Version 3.1 Program을 사용하였다. 분석된 변인들의 자료처리를 위하여 통계처리는 SPSS(Statistics Package for the Social Science, Ver.12.0 for Window) package를 이용하여 평균 및 표준편차를 구하였다. 또한 클럽별 스윙 동작을 비교하기 위하여 분산분석(ANOVA)을 실시하여 각 측정 평균값간의 유의성을  $p < 0.05$  수준으로 Duncan의 다중범위 시험법(Duncan's multiple range test)을 검증하였다.

### III. 결과 및 논의

본 연구에서는 KPGA 소속 세미프로 3명을 대상으로 3번, 6번, 9번 아이언 스윙시 국면별 소요시간, 머리의 좌·우 변위, 오른 무릎관절 각도, 왼 무릎관절 각도, 고관절 회전각도, 어깨관절 회전각도, 몸통비틀림 각도, 상체전경 각도를 비교 분석하였다.

#### 1. 국면별 소요시간

아이언 스윙시 국면별 소요시간은 <표 3>과 같다.

아이언 스윙시 전체 소요시간은 6번, 9번, 3번 순으로 나타났다. 각 클럽 별로 전체 스윙 시간에는 큰 차이를 보이지 않았으며, 각 국면별 시간도 유의한 차이

표 3. 아이언 스윙시 국면별 소요시간 (sec)

	P1	P2	P3	P4	P5	Total
3번	0.48 ±0.10	0.53 ±0.03	0.24 ±0.05	0.04 ±0.01	0.69 ±0.07	1.98 ±0.18
6번	0.55 ±0.13	0.51 ±0.03	0.27 ±0.05	0.04 ±0.01	0.82 ±0.17	2.19 ±0.27
9번	0.54 ±0.06	0.49 ±0.02	0.29 ±0.02	0.04 ±0.00	0.71 ±0.07	2.07 ±0.08
F (P)	0.39 (0.692)	0.97 (0.432)	0.75 (0.511)	0.34 (0.702)	1.05 (0.406)	0.83 (0.482)

표 4. 아이언 스윙시 머리의 좌·우 변위 (cm)

	E1	E2	E3	E4	E5	E6
3번	0	-4.49 ±0.72	-9.23 ±4.40	-0.32 ±1.10	-0.01 ±1.38	26.69 ±5.96
6번	0	-5.62 ±1.39	-10.43 ±5.18	0.41 ±2.68	1.59 ±3.31	26.57 ±6.18
9번	0	-5.45 ±0.96	-10.44 ±4.63	-0.34 ±3.02	0.44 ±3.18	26.58 ±3.13
F (P)		0.99 (0.430)	0.06 (0.938)	0.09 (0.911)	0.27 (0.776)	0.00 (0.999)

를 보이지 않았다.

전체 소요시간에서 이경일 등(2005)이 연구한 논문에서 우수자가 2.11초, Nance와 Davis(1980)가 연구한 논문에서 숙련자의 경우 스윙시 대략 2초정도가 소요된다고 하여 본 연구결과와 일치하고 있다. 클럽별 소요시간으로 신준용(2005)의 1.62초에서 1.68초, 박종진(2004)의 1.80초에서 1.90초, 신인식 등(2002)의 1.15초에서 1.20초와는 차이가 나타났다.

소요시간의 차이는 아이언의 경우 실험장소의 차이와 스윙의 크기가 간결해지는 등의 여러가지 상황으로 달라질 수 있을 정도의 적은 차이로 선행연구와 일치한다고 할 수 있다.

## 2. 머리의 좌·우 변위

머리의 움직임을 알아보기 위해 머리의 수평축으로의 이동변위를 어드레스부터 피니시까지 나누어 나타내었다. 아이언 스윙시 머리의 좌·우 변위는 <표 4>와 같다.

어드레스 지점을 0으로 하여 탑스윙에서 3번 클럽의 경우 9.23cm, 6번 클럽의 경우 10.43cm, 9번 클럽의 경우 10.44cm로 머리 움직임이 있었으나 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 임팩트시에도 3번 클럽의 경우 0.01cm, 6번 클럽의 경우 1.59cm, 9번 클럽의 경우 0.44cm로 유의한 차이를 보이지 않았다.

백스윙시의 머리움직임을 보면 Fairweather(2000), 김동진(1998), 황인승 등(1991)의 연구에 의하면 5~7.6cm정도 움직인다고 보고하였으며 신준용(2005)은 6.5~8cm, 김도형(2007)은 3.54~3.79cm, 신인식 등

(2002)은 10cm, 김창욱(2004)는 6.79cm정도 오른쪽으로 움직인다고 보고하였다. 임팩트시의 머리움직임을 보면 김도형(2007)은 5.65~7.98cm, 김창욱(2004)는 2.66cm정도 움직인다고 보고하였다.

본 연구와 비교하여 보면 백스윙시에 선행연구보다는 약간 더 움직이는 것으로 나타났고 임팩트시에는 선행연구보다 덜 움직이는 것으로 나타났다.

탑스윙에서 임팩트시의 머리움직임의 범위는 9~11cm정도로 김창욱(2004)의 4cm, 임도순(1999)의 8.6cm보다는 많이 움직이며 김도형(2007)의 9.19~11.77cm와는 유사하고, 신인식 등(2002)의 12cm보다는 적게 움직이는 것으로 나타났다.

임팩트시의 안정적인 자세를 위한 제한된 범위 내의 머리움직임으로 나타나는 원활한 상체회전이 바람직하다고 사료된다.

## 3. 오른 무릎관절 각도

아이언 스윙시 오른 무릎관절 각도는 <표 5>와 같다. 클럽의 길이에 따른 차이를 제외하면 각 클럽별로 오른 무릎관절 각도는 각 국면별로 유사하게 나타났다.

어드레스와 탑스윙, 임팩트의 오른 무릎관절을 보면 3번 아이언은 E1에서 148.6±6.81°, E3에서 141.2±6.19°, E5에서 147.8±2.87°를 나타내었으며 6번 아이언은 E1에서 149.7±7.90°, E3에서 142.6±6.11°, E5에서 146.4±0.90°를 나타내었다. 9번 아이언의 경우 E1에서 149.7±4.94°, E3에서 145.2±6.86°, E5에서 144.3±3.42°를 나타내었다.

신성휴 등(2003)의 연구에 드라이버 스윙시 어드레스는 156.3°, 154.7°, 탑스윙시 158.7°, 157.4°, 임팩트시

표 5. 아이언 스윙시 오른 무릎관절 각도 (deg)

	E1	E2	E3	E4	E5	E6
3번	148.6 ±6.81	149.0 ±5.95	141.2 ±6.19	145.7 ±3.37	147.8 ±2.87	136.1 ±6.01
6번	149.7 ±7.90	148.6 ±5.61	142.6 ±6.11	144.9 ±2.10	146.4 ±0.90	134.9 ±5.52
9번	149.7 ±4.94	150.5 ±5.91	145.2 ±6.86	143.7 ±3.17	144.3 ±3.42	133.6 ±3.58
F (P)	0.03 (0.972)	0.09 (0.918)	0.30 (0.750)	0.35 (0.716)	1.35 (0.329)	0.18 (0.842)

135.6°, 137.4°로 보고하였으며, 류재원(1997)은 어드레스시 드라이버는 155.7±3.8°, 아이언은 155.5±7.5°, 탑스윙시 드라이버는 156.1±5.2°, 아이언은 159.6±8.4°, 임팩트시 드라이버는 136.9±13.2°, 아이언은 132.0±5.9°로 보고하였다. 안완식(2006)은 드라이버 스윙동작중 어드레스시 153.6±11.5°, 탑스윙시 155.4±9.9°, 임팩트시 141.9±7.6°로 보고하였으며, 김도형(2007)은 테이크 백에서 143.91±5.20°, 탑스윙에서 139.97±6.99°, 임팩트에서 148.43±7.80°로 보고하였다.

어드레스에서 탑스윙시 클럽이동으로 인하여 오른 무릎관절 각도가 적은 쪽으로 증가하는 반면 탑스윙에서 임팩트시 오른 무릎관절의 각도가 체중이동으로 인하여 큰 쪽으로 감소하는 것으로 사료된다.

#### 4. 왼 무릎관절 각도

아이언 스윙시 왼 무릎관절 각도는 <표 6>과 같다.

클럽의 길이에 따른 차이를 제외하면 각 클럽별로 왼 무릎관절 각도는 각 국면별로 유사하게 나타났다.

어드레스와 임팩트의 왼 무릎관절을 보면 3번 아이언은 E1에서 149.5±2.63°, E5에서 146.6±7.28°를 나타내었으며 6번 아이언은 E1에서 149.1±1.90°, E5에서 147.7±6.61°를 나타내었다. 9번 아이언의 경우 E1에서 150.1±3.59°, E5에서 149.0±5.80°를 나타내어 유의한 차이를 보이지 않았다.

신성휴 등(2003)의 연구에 드라이버 스윙의 어드레스시 152.6°, 156.3°에서 임팩트시 145.2°, 146.8°로 보고하였으며, 류재원(1997)은 어드레스시 드라이버는 160.7±4.6°, 아이언은 155.4±6.2°, 임팩트시 드라이버는

표 6. 아이언 스윙시 왼 무릎관절 각도 (deg)

	E1	E2	E3	E4	E5	E6
3번	149.5 ±2.63	143.9 ±4.67	128.6 ±5.46	140.5 ±6.64	146.6 ±7.28	164.2 ±6.62
6번	149.1 ±1.90	142.7 ±5.04	128.0 ±5.94	141.4 ±5.08	147.7 ±6.61	162.8 ±9.16
9번	150.1 ±3.59	142.8 ±1.73	128.9 ±5.78	143.6 ±5.27	149.0 ±5.80	162.3 ±9.18
F (P)	0.08 (0.925)	0.08 (0.929)	0.02 (0.981)	0.24 (0.796)	0.10 (0.909)	0.04 (0.957)

151.9±14.1°, 아이언은 146.9±11.1°로 보고하였다. 안완식(2006)은 드라이버 스윙동작 중 어드레스시 159.0±9.0°, 임팩트시 154.8±7.9°로 보고하였으며, 김선정 등(2002)은 드라이버 스윙동작 중 어드레스시 155.9±2.5°, 임팩트시 156.7±3.9°, 김도형(2007)은 테이크 백에서 144.73±3.78°, 임팩트에서 144.78±7.78°로 보고하였다.

탑스윙에서 왼 무릎각도가 점차 증가하는 이유는 체중이동을 하면서 힘의 전달을 위함이고, 임팩트시의 왼 무릎각도가 어드레스시의 왼 무릎각도보다 적은 이유는 임팩트시에 왼 무릎의 고정 역할을 위함이라고 사료된다.

#### 5. 고관절 회전각도

아이언 스윙시 y축을 기준으로 고관절 회전각도는 <표 7>와 같다.

3번 아이언은 E3에서 39.4±5.97°, E5에서 -29.7±10.10°, 6번 아이언은 E3에서 42.5±6.97°, E5에서 -25.8±9.51°, 9번 아이언은 E3에서 39.2±12.13°, E5에서 -24.8±8.23°로 각 클럽별로 고관절의 회전각도는 유의한 차이를 보이지 않았다.

김도형(2007)은 E3에서 -50.99°, E5에서 33.80°, 임태상 등(1996)은 E3에서 -17.6°, E5에서 21.5°, 윤승영(1999)은 E3에서 -18.3°, E5에서 18.4°, 신인식 등(2002)은 E3에서 28.03°~32.51°, 신성휴 등(2003)은 드라이버 스윙시 E3에서 -36.59°와 -39.67°, E5에서 34.07°, 38.67°로 나타났다고 보고하였다.

체중이동과 회전력을 높이기 위하여 탑스윙 시에 오

표 7. 아이언 스윙시 고관절 회전각도 (deg)

	E1	E2	E3	E4	E5	E6
3번	-1.3 ±2.28	24.3 ±2.82	39.4 ±5.97	-21.3 ±11.72	-29.7 ±10.10	-103.6 ±10.82
6번	-0.7 ±2.77	26.0 ±3.44	42.5 ±6.97	-16.4 ±8.21	-25.8 ±9.51	-102.7 ±0.93
9번	-0.7 ±2.30	22.0 ±8.03	39.2 ±12.13	-17.1 ±6.79	-24.8 ±8.23	-102.6 ±7.29
F	0.06	0.43	0.14	0.25	0.23	0.02
(P)	(0.944)	(0.668)	(0.877)	(0.787)	(0.803)	(0.985)

표 9. 아이언 스윙시 몸통비틀림 각도 (deg)

	E1	E2	E3	E4	E5	E6
3번	-1.6 ±2.47	30.8 ±3.61	67.9 ±5.77	-5.9 ±6.74	-16.6 ±5.11	-130.2 ±6.26
6번	-0.8 ±2.52	31.4 ±4.14	69.5 ±6.82	-2.2 ±3.49	-13.6 ±7.00	-128.6 ±2.84
9번	-0.8 ±2.49	28.9 ±5.93	67.4 ±9.26	-3.4 ±4.99	-13.7 ±7.05	-129.0 ±8.26
F	0.09	0.23	0.07	0.41	0.21	0.05
(P)	(0.916)	(0.803)	(0.938)	(0.683)	(0.819)	(0.949)

표 8. 아이언 스윙시 어깨관절 회전각도 (deg)

	E1	E2	E3	E4	E5	E6
3번	-1.8 ±2.90	37.3 ±7.94	96.4 ±5.56	9.4 ±3.37	-3.5 ±3.35	-156.9 ±1.77
6번	-1.0 ±2.28	36.7 ±7.99	96.5 ±7.50	12.1 ±3.70	-1.4 ±8.08	-154.6 ±4.76
9번	-0.9 ±2.83	35.8 ±7.84	95.6 ±6.97	10.3 ±3.28	-2.6 ±5.93	-155.4 ±9.86
F	0.11	0.03	0.02	0.47	0.09	0.10
(P)	(0.897)	(0.973)	(0.985)	(0.645)	(0.916)	(0.911)

른쪽으로 회전하며 임팩트 시에 왼쪽으로 회전하여 체중과 회전력으로 인한 파워를 공에 전달하는 것이며 실험자의 개개인의 신체적 차이와 성향에 따라 회전의 양은 약간의 차이가 나는 것으로 사료된다.

### 6. 어깨관절 회전각도

아이언 스윙시 어깨관절 회전각도는 <표 8>과 같다.

어드레스와 탑스윙, 임팩트시의 어깨관절의 각도를 보면 3번 아이언의 경우 E1에서 -1.8±2.90°, E3에서 96.4±5.56°, E5에서 -3.5±3.35°를 나타내었으며, 6번 아이언의 경우 E1에서 -1.0±2.28°, E3에서 96.5±7.50°, E5에서 -1.4±8.08°를 나타내었다. 9번 아이언의 경우 E1에서 -0.9±2.83°, E3에서 95.6±6.97°, E5에서 -2.6±5.93°를 나타내어 유의한 차이를 보이지 않았다.

신성휴 등(2003)은 드라이버 스윙시 E1에서 -13.55°와 -13.53°, E3에서 -117.70°와 -122.47°, E5에서 25.98°와 25.48°로 보고하였으며, 이경일 등(2000)은 드라이버 스윙시 E1에서 -8.40±0.58°와 -9.29±2.88°, E3에서 137.69±2.75°와 125.35±12.40°, E5에서 -27.89±0.41°와 -33.78±2.34°로 보고하였다.

김도형(2007)은 E3에서 -91.77±8.40°, E5에서 9.89±6.35°

로 보고하였으며, 신인식 등(2002)은 E3에서 3번 아이언은 110.84±14.20°, 5번 아이언은 110.98±15.18°, 7번 아이언은 109.74±16.64°로 보고하였다.

본 연구에서 대상자들은 어드레스와 임팩트 동작시 어깨관절의 회전각도와 동일하게 만들어 주어 스윙의 정확도를 높이고, 탑스윙시 어깨회전 각도를 90°이상 유지하여 스윙의 회전력을 높이는 것으로 사료된다.

### 7. 몸통비틀림 각도

아이언 스윙시 몸통비틀림 각도는 <표 9>와 같다.

탑스윙과 임팩트시 몸통비틀림의 각도를 보면 3번 아이언의 경우 E3에서 67.9±5.77°, E5에서 -16.6±5.11°를 나타내었으며, 6번 아이언의 경우 E3에서 69.5±6.82°, E5에서 -13.6±7.00°를 나타냈다. 9번 아이언의 경우 E3에서 67.4±9.26°, E5에서 -13.7±7.05°로 나타나는 유의한 차이를 보이지 않았다.

김창욱(2004)는 탑스윙시 선수의 경우 45.52°, 일반골퍼의 경우 39.25°, 초보자의 경우 28.76°로 선수가 가장 높은 것으로 나타났다.

몸통비틀림의 경우 상체와 하체의 꼬임을 말하며, 이러한 꼬임은 유연성과 관련이 있다. 유연성증가는 프로선수과 아마추어에게는 골프기술 향상에 필수적인 요소로서 본 연구에서 대상자들은 이러한 몸통의 비틀림을 잘 수행하고 있으며 다운스윙시 스윙의 회전력을 높여 강력한 임팩트를 내는 데 많은 영향을 미친다고 사료된다.

### 8. 상체전경 각도

아이언 스윙시 상체전경 각도는 <표 10>과 같다.

표 10. 아이언 스윙시 상체전경 각도 (deg)

	E1	E2	E3	E4	E5	E6
3번	34.1 ±6.31	30.0 ±5.66	30.8 ±4.08	34.2 ±2.83	34.3 ±2.53	26.2 ±5.54
6번	35.3 ±5.98	31.4 ±5.87	31.8 ±4.17	35.8 ±3.19	36.1 ±3.27	24.4 ±4.72
9번	35.7 ±4.00	31.1 ±4.95	31.8 ±3.36	35.3 ±2.37	35.6 ±2.62	24.8 ±4.49
F (P)	0.07 (0.937)	0.05 (0.950)	0.07 (0.937)	0.27 (0.774)	0.29 (0.755)	0.11 (0.899)

어드레스와 탑스윙, 임팩트시의 상체전경 각도를 보면 3번 아이언의 경우 E1에서  $34.1 \pm 6.31^\circ$ , E3에서  $30.8 \pm 4.08^\circ$ , E5에서  $34.3 \pm 2.53^\circ$ 를 나타내었으며, 6번 아이언의 경우 E1에서  $35.3 \pm 5.98^\circ$ , E3에서  $31.8 \pm 4.17^\circ$ , E5에서  $36.1 \pm 3.27^\circ$ 를 나타내었다. 9번 아이언의 경우 E1에서  $35.7 \pm 4.00^\circ$ , E3에서  $31.8 \pm 3.36^\circ$ , E5에서  $35.6 \pm 2.62^\circ$ 를 나타내어 유의한 차이를 보이지 않았다.

류제원(1997)은 아이언 스윙시 E1에서  $22.7 \pm 2.5^\circ$ , E3에서  $17.3 \pm 4.9^\circ$ , E5에서  $19.3 \pm 3.4^\circ$ 로 보고하였으며, 김도형(2007)은 아이언 스윙시 E3에서  $21.40 \pm 4.26^\circ$ , E5에서  $25.75 \pm 2.82^\circ$ 로 보고하였다.

신인식 등(2002)은 아이언 스윙시 3번 아이언의 경우 E1에서  $24.08 \pm 2.39^\circ$ , E3에서  $12.03 \pm 3.12^\circ$ , E5에서  $24.06 \pm 2.60^\circ$ 를 나타내었으며, 5번 아이언은 E1에서  $23.91 \pm 2.35^\circ$ , E3에서  $14.26 \pm 2.58^\circ$ , E5에서  $24.12 \pm 3.28^\circ$ 를 나타내었고 7번 아이언은 E1에서  $24.76 \pm 0.68^\circ$ , E3에서  $14.02 \pm 2.24^\circ$ , E5에서  $23.18 \pm 3.37^\circ$ 를 나타내었다. 신준용(2005)은 아이언 스윙시 3번 아이언의 경우 E1에서  $24.91 \pm 6.18^\circ$ , E3에서  $13.12 \pm 4.35^\circ$ , E5에서  $50.60 \pm 6.98^\circ$ 를 나타내었으며, 5번 아이언은 E1에서  $26.29 \pm 2.48^\circ$ , E3에서  $16.70 \pm 8.85^\circ$ , E5에서  $54.97 \pm 4.50^\circ$ 를 나타내었고 7번 아이언은 E1에서  $33.74 \pm 1.87^\circ$ , E3에서  $11.65 \pm 7.86^\circ$ , E5에서  $49.59 \pm 6.95^\circ$ 를 나타내었다.

본 연구에서 대상자들은 클럽이 짧을수록 상체전경 각도가 커지는 것으로 나타났으며 어드레스와 탑스윙, 임팩트 동작시 상체전경 각도가  $30\text{--}36^\circ$ 의 형태를 유지하면서 스윙을 하였으며 다운스윙과 임팩트 동작시 각도의 변화는  $1\text{--}2^\circ$  정도의 차이를 나타내어 안정적인 스윙을 하는 것으로 사료된다.

## IV. 결론

본 연구의 목적은 우수골프 선수 3명을 대상으로 3번, 6번, 9번 아이언 스윙시 운동학적 변인들을 3차원으로 규명하는데 있다. 이를 위하여 국면별 소요시간, 머리의 좌·우 변위, 오른 무릎관절 각도, 왼 무릎관절 각도, 고관절 회전각도, 어깨관절 회전각도, 몸통비틀림 회전각도, 상체전경 각도를 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 각 클럽별로 전체 스윙 시간에는 큰 차이를 보이지 않았으며, 각 국면별 시간은 유의한 차이를 보이지 않았다.
2. 각 클럽별로 어드레스와 임팩트시 머리위치 변화는 차이가 없었다.
3. 클럽의 길이에 따른 차이를 제외하면 각 클럽별로 오른 무릎관절 각도변화는 유의한 차이를 보이지 않았다.
4. 각 클럽별로 어드레스에서 탑스윙시 왼 무릎관절 각도가 감소하며, 탑스윙에서 임팩트시 왼 무릎관절의 각도가 증가하는 것으로 나타났다.
5. 각 클럽별로 고관절의 회전각도 변화는 약간의 차이가 나타났다.
6. 각 클럽별로 어드레스와 임팩트 동작시 어깨관절의 회전각도와 동일하게 만들어 주어 스윙의 정확도를 높이고, 탑스윙시 어깨회전 각도를  $90^\circ$  이상 유지하여 스윙의 회전력을 높이는 것으로 나타났다.
7. 각 클럽별로 몸통비틀림을 잘 수행하고 있으며 이러한 몸의 비틀림이 다운스윙시 스윙의 회전력을 높여 강력한 임팩트를 내는 데 많은 영향을 미친다고 판단된다.
8. 클럽이 짧을수록 상체전경 각도가 약간의 차이로 커지는 것으로 나타났으며, 어드레스와 탑스윙, 임팩트 동작시 상체전경 각도가  $30\text{--}36^\circ$ 의 형태를 유지하면서 스윙을 하였다.



## 참고문헌

- 권선욱, 이기광(2005). 성, 기술수준 및 클럽이 골프스윙의 운동학적 요인에 미치는 영향. **한국운동역학회지**, 15(3), 79-94.
- 김도형(2007). 골프 클럽에 따른 스윙 동작의 운동학적 비교. **한국스포츠리서치**, 18(4), 41-51.
- 김동현(2006). **골프 드라이버 및 3번 아이언에 관한 운동학적 변인분석**. 미간행 석사학위논문. 목포대학교 교육대학원.
- 김무영(1995). **골프스윙 동작의 단순화를 위한 3차원 영상분석**. 미간행 박사학위논문. 전남대학교 대학원.
- 김선정, 신용석, 최지영(2002). 골프 드라이버 스윙시 어드레스와 임팩트 동작의 운동학적 비교연구. **한국사회체육학회지**, 17, 145-158.
- 김범중(1998). **Variable torque가 어깨 관절에 미치는 영향에 관한 생체역학적 연구: golf swing 동작을 중심으로**. 미간행 석사학위논문. 서울대학교 대학원.
- 김주선(1993). **골프스윙시 운동 역학적 요인과 타이밍에 관한 연구**. 미간행 박사학위논문. 연세대학교 대학원.
- 김진철(2006). **신체분절의 상대적 동작이 Golf Shot의 비거리와 정확도에 미치는 영향**. 미간행 박사학위논문. 전남대학교 대학원.
- 김창욱(2005). 골프 스윙시 기술수준에 따른 손목, 어깨 회전각도, 힙회전각도의 협응성 분석. **한국스포츠리서치**, 16(3), 25-35.
- 나상준(1994). **최적의 골프스윙을 위한 운동학적 변인 연구**. 미간행 석사학위논문. 서강대학교 대학원.
- 박성순(1991). **골프스윙시 최적 타이밍을 위한 방안 연구**. **국민대스포츠과학연구논총**, 10, 51-69.
- 박종진(2004). **골프클럽별 스윙에 따른 운동역학적 분석**. **한국스포츠리서치**, 15(1), 751-762.
- 송주호(1999). **골프드라이버 스윙 동작시 운동학적 특성 비교분석**. 미간행 석사학위논문. 국민대학교 대학원.
- 신성휴, 고석근(2003). **골프 스윙동작의 운동학적 분석**. **한국운동역학회지**, 13(2), 101-114.
- 신인식, 이은정(2002). **골프 클럽에 따른 우수 선수의 스윙 동작 형태 분석**. **체육과학연구**, 13(3), 1-17.
- 신준용(2005). **골프클럽에 따른 스윙동작의 운동학적 분석**. **한국스포츠리서치**, 16(3), 36-46.
- 안완식(2005). **골프드라이버 스윙 동작에 대한 운동학적 분석**. **한국스포츠리서치**, 16(5), 57-66.
- 유재청(1991). **골프스윙시 신체 분절의 기여도 및 지면 반력에 관한 연구**. 미간행 박사학위논문. 국민대학교 대학원.
- 윤재백(1992). **골프스윙 시 숙련자와 비숙련자 간의 운동학적 변인 비교 연구**. 미간행 박사학위논문. 경기대학교 대학원.
- 이경일, 황동규, 류희봉(2000). **골프 업라이트 스윙과 플랫 스윙의 운동학적 비교**. **한국운동역학회지**, 9(2), 159-170.
- 이경일, 정명수, 박장진, 박양현, 이희경, 문병일(2005). **수준별 골프 스윙 동작에 대한 운동역학적 분석**. **한국사회체육학회지**, 24, 291-303.
- 이동우(1998). **골프스윙의 3차원 영상분석**. **한국체육학회지**, 8(2), 241-265.
- 이혜숙(1992). **골프스윙의 생체역학적 분석**. 미간행 박사학위논문. 이화여자대학교 대학원.
- 임태상(1996). **골프 드라이버와 아이언 스윙 동작의 운동학적 비교 연구**. 미간행 석사학위논문. 서울대학교 대학원.
- 전희숙(1988). **골프스윙의 운동학적 분석**. 미간행 석사학위논문. 이화여자대학교 대학원.
- 조수현(1990). **골프스윙의 운동학적 분석**. 미간행 석사학위논문. 건국대학교 대학원.
- 하현보(2005). **골프 스윙 형태에 따른 운동학적 연구**. **한국스포츠리서치**, 16(5), 75-84.
- 황인승, 이성철, 강만식, 김주선(1991). **골프스윙의 운동역학적 분석**. **연세논총**.
- Abdel-Aziz, Y.I., & Karara, H. M. (1971). Direct liner transformation from comparator into object space coordinates in close-range photogrammetry. *Proceedings of the Symposium on Close-range Ph*

- otogrammetry(1-18). Falls church, VA : American society of photogrammetry.
- Burden, A. M., Grimshaw, P. N., & Wallace, E. S.(1998). Hip and shoulder rotations during the golf swing of sub-10 handicap players. *Journal of Sports Science*, 16, 165-176.
- Cambell, K. R.(1983). *The application of optimal control theory to simplified model of complex human motion: The Golf Swing*, University of Illinois, PhD Dissertation.
- Fujimoto, K.(1995). *Determinating the essential elements of golf swings used by elite golfers*. Oregon State University, PhD Dissertation.
- Hosea, T. M., Gatt, C. J., Galli, K. M. & Langrana, N. A.(1995). Science and Golf, *Proceedings of The First World Scientific Congress on Golf*. 43-48.
- Iwatsubo, T. & Kawamura, S.(1998). Numerical analysis of golf club head at various restitution conditions. *Sports Engineering*, 507-514. Blackwell Science Ltd.
- Jorgensen, T. P.(1993). *The Physics of Golf*. NY: AIP Press.
- Milburn, P. D.(1982). Summation of segmental velocities in the golf swing, *Medicine and science in sports and exercise*, 14(1), 60-64.
- Neal, R. T. & B. D. Wilson.(1985). 3-D Kinematics and kinetics of the golf swing. *IJSB*, 1, 221-232.
- Pickering, W. M.(1998). A computational study of the double pendulum model of the golf swing. *Sports Engineering*, 353-360, Blackwell Science Ltd.
- Plagenhoef, S. C., Evans, F. G. & Abdelnour, T.(1983). Anatomical Data for Analyzing Human Motion. *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 54(2), 169-178.
- Richard, J., Farrell, M., Kent, J. & Kraft, R. (1985). Weight transfer patterns during the golf swing. *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 56( 4), 361-365.
- Sanders, R.H. & Owens, P.C.(1992). Hub Movement during the swing of elite and novice golfers. *International Journal of Sports Biomechanics*, 8, 320-330.
- Vaughan, C. L.(1981). A Three-dimensional analysis of the force and torque applied by a golfer during the downswing. *Biomechanics*, 7B, 325-331.
- Walton, J. H.(1981). Analysis with the audio frequeny spectrometer. *J. Neurol. Neurosurg, psychiat*, 15, 219-226.
- Willams, K. R., & Cavangh, P. R.(1983). The mechanics of foot action during the golf swing and implications for shoe design. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15, 247-255.

투 고 일 : 4월 30일  
 심 사 일 : 5월 6일  
 심사완료일 : 6월 12일