



골프 스윙동작의 운동학적 분석

신성휴* · 고석곤**(성균관대학교)

ABSTRACT

A Kinematic analysis of Golf Swing Motion

Shin, Sung-Hyu* · Ko, Seok-Kon**(Sungkyunkwan University)

Shin, S-H and Ko, S-K. A Kinematic analysis of Golf Swing Motion. Korean Journal of Biomechanics, vol. 13, No. 2, pp. 101-114. The purpose of this study was to examine the major kinematic variance to increase the club head velocity during the driver swing two PGA pro-golfers utilizing 3-dimensional image analyzing linear velocity of the club-head during the impact quantitatively. To achieve these purpose, two high speed camera in 120 field/s and one high-speed camera in 500 field/s were used in this study.

The program made by Younghoo Kwon(1944) was used to analysis the digitalization of reference point, digitalization of joint center, synchronization, calculation of 3-Dimensional coordinate by DLT method, and smoothing.

Through this study, the conclusions are as follow.

1. During the driver swing, in the percentile of the total time, two pro-golfer showed 0.925, 0.929 second from address to top-swing, 0.236, 0.929 second from top-swing to impact.
2. During the driver swing, in the displacement of the center of the body, two pro-golfer showed 45.3, 45.23% from address, 44.3, 44.24% from impact.
3. In the velocity variance, The maximum club-head velocity two pro-golfer showed 43.36, 43.24m/s respectively the down swing. The ball velocity showed 63.12, 63.06m/s.
4. In the rotational angle of the shoulder joint, two pro-golfer showed $-13.5, -13.53^\circ$, during the back swing respectively. Two subject addressed opening status of upper body.
5. In the rotational angle of the right knee angle showed $156.3, 154.7^\circ$ from the address.

KEY WORDS : GOLF, SWING MOTION, PRO-GOLFER

2003년 7월 4일(금) 접수

* 교수, 경기도 수원시 장안구 천천동 300 성균관대학교 스포츠과학과

** Corresponding author, 경기도 수원시 장안구 천천동 300 성균관대학교 스포츠과학과
연락처 : kangshin@hanmail.net, Tel : 011-966-5912

I. 서 론

최근 경제발전과 함께 국민소득의 증대로 여가선용의 폭이 확대되면서 골프에 대한 일반 대중의 관심이 날로 고조하고 있으며, 그 참가인구도 과거에 비하여 괄목할 만한 증가 추세를 보이고 있다. 이러한 골프는 외국의 경우 많은 학자에 의한 골프 스윙의 운동역학적 연구와 골프 장비 제조업체의 신소재 개발로 인하여 클럽(club)의 발달과 함께 골프 스윙도 변화하였다. 골프 스윙은 여러 신체 분절의 연속적이고, 질서있는 동작으로 인해 발생한 운동량을 최대한 많이 볼에 전달하는데 있다. 이를 위해서는 스윙시 동원되는 신체 분절의 협응이 잘 이루어지고, 타이밍이 잘 이루어질 때 최대의 효과를 낼 수 있는 운동이다. 따라서 인체를 하반신, 동체, 팔의 3구분으로 나누어 볼 때 이들은 모두 클럽에 대한 파워의 발생원이 되며 각 분절간 파워의 전이가 일어나며 정확한 운동학적 변인을 통하여 드라이버 스윙동작을 자동화시킴으로서 멀리 보낼 수 있는 것이다. 스윙의 일차적인 조건은 공을 치는 클럽이 언제나 일정한 궤도를 유지할 수 있어야 하며, 클럽헤드가 공에 닿는 순간 최대의 스피드를 낼 수 있어야 한다. 일반적으로 스윙동작을 취할 시에는 어깨나 팔에 최대의 스피드를 낼 수 있어야 한다. 일반적으로 스윙동작을 취할 시에는 어깨나 팔에 지나치게 힘이 들어가지 않고 편안한 마음과 안정된 자세로 클럽헤드에 스피드를 가하는 것이 올바른 자세이다. 스윙동작에서 가장 결정적인 요인은 임팩트 국면이며, 정확한 임팩트를 위해서는 여러 가지 부수적인 요인들이 따라야 한다. 즉 첫째, 정확성을 겸비한 최대의 힘을 발휘하여 스윙을 하는 전 국면 동안 신체 분절들의 원활한 협응에 의한 자세가 유지되어야 한다. 둘째, 임팩트시 헤드의 최대 운동량을 전달하기 위해 적절한 타이밍과 임팩트시 볼의 중심에 대한 클럽헤드의 정확한 임팩트 및 볼의 투사와 관련된 비행 각도가 고려되어야 한다. 이와같은 조건들을 성취하기 위해서는 첫째, 스윙시 신체중심 및 헤드의 병진운동과 회전운동의 적절한 조화를 이루도록 해야 한다. 즉 스윙은 여러 신체 분절이 지레대로 이루어지는 각운동이며 이 결과로 헤드가 호를 그리는 운동을 한다. 둘째, 스윙시 신체 분절은 연속적이고 질서 있는 동작으로 이루어져야 한다. 셋째, 임팩트 순간에 클럽헤드가 가능한 한 많은 운동량을 전달해야 한다. 넷째, 스윙시 일시적으로 누적되는 샤프트의 탄성에너지를 적절히 이용할 수 있어야 한다. 따라서 골프 스윙 동작이 운동학적 여러 변인들이 동시에 작용하는 운동학적 여러 변인들이 동시에 작용하는 입체면상의 동작이기 때문에 보다 상세히 각 단계별로 분석하는 것이 필연적이라 하겠다. 골프스윙의 이러한 역학적 특성은 스윙동작을 역학적으로 분석해야 할 필요성이 인식되었으며 실제로는 많은 연구자들이 골프의 스윙동작을 역학적으로 분석해야 할 필요성이 인식되었으며 실제로는 많은 연구자들이 골프의 스윙동작을 다양한 방법으로 분석하여 왔다. 지금까지 이러한 노력의 일환으로 최근 국내의 선행연구를 간략히 서술하면, 1990년대에 들어서서 조수현(1990), 황인승(1990) 등에 의해서 골프 스윙의 3차원적 분석 연구가 이루어졌다. 이들 선행연구는 신체분절의 기여도, 타이밍, 숙련자와 비숙련자의 차이, 드라이버 스윙과 아이언 스윙의 차이, 주요 국면별 역학적

인 변수의 기술 및 비교에 관한 내용이었다. 이같은 선행연구의 공통목적은 드라이버 스윙의 곡면별 주요 변인을 분석 고찰함으로써 스윙시 고려하여야 할 부분적인 사항을 제시하는데 의의를 갖고 있다고 볼 수 있다. 이같은 선행연구를 근거로 볼 때 경기력이 우수하고 잠재적인 능력을 갖춘 어린 선수를 발굴하여 골프클럽에 따라 다양한 역학적인 변수를 주요 국면별로 과학적인 분석과 이를 토대로 체계적인 훈련을 통한다면 세계적인 우수선수가 될 수 있다고 사료된다. 따라서 본 연구자는 K대학에 재학중인 남자골퍼 2명을 대상으로 드라이버 스윙동작을 3차원으로 분석하고 기존의 연구 결과와 비교 분석함으로써 실험대상자가 경기력 향상에 큰 도움이 되고자 본 연구에 착수하게 되었다.

II. 연구 방법

1. 실험대상

본 연구의 대상자는 K대학에 재학중인 남자 PGA선수 2명을 대상으로 하였다. 연구대상자의 특성은 표 1-1과 같다.

표 1-1. 연구대상자의 특성

연구대상자	신장	체중	경력
S ₁	170	80	10
S ₂	174	77	6

2. 연구의 목적

본 연구에서는 K대학에 재학중인 PGA 프로골퍼를 대상으로 드라이버 스윙시 운동학적 변인을 비교 분석하여 스윙동작에 따른 운동학적인 원리를 제시함으로써 본 연구대상자의 경기력 향상에 기초적인 자료를 제시하는데 의의를 두었다. 본 연구 목적을 달성하기 위하여 스윙동작을 어드레스, 푹스윙, 미드다운스윙, 임팩트로 나누었으며 각 선수들에 대한 각 스윙 국면별 소요시간, 신체중심의 변위, 임팩트 직후 볼속도, 클럽 헤드의 속도를 분석하였으며, 각도에 관한 내용은 왼어깨 관절의 회전각, 고관절의 회전각, 양발 중심선의 회전각, 왼 무릎각, 오른 무릎각 을 분석하였고 이에따른 임팩트 직후의 볼의 속도 및 수직비행각도를 산출하였다

3. 실험장비 및 방법

본 연구자는 s골프장내에 있는 골프장 필드내에서 피험자로 하여금 3회 드라이버 스윙을 실시하도록 하였으며 이중 가장 비거리와 Run거리가 많이 나오는 동작을 측정 분석하였다. 골퍼의 드라이버 스윙동작시 신체 및 클럽과의 각도 변인을 산출하기 위한 촬영도구의 배치는 피험자가 연구대상자의 골프 스윙동작을 완전히 포함하는 범위 내에 통제점 틀을 세우고 2대의 고속 비디오 카메라로 120field/s 속도로 촬영하였으며 볼의 속도 및 수직비행각도 산출하기 고속카메라는 NAC사의 모델명 HSV-1000을 사용하였으며 촬영속도는 500field/s로 하였다. 고속 비디오 카메라로 촬영된 영상은 S-VHS VCR(panasonic AG-7350Q)과 14" S-VHS 모니터(sony PVM-1454Q)를 이용하여 디지털이징하였으며, Kwon(1994)이 개발한 프로그램(KWON3D 2.1)을 이용하여 분석하였다. 연구대상자들은 충분히 워밍업을 한후 한사람씩 스탠스를 자기 자신에 맞게 준비자세를 취한 다음 실험자의 신호에 의해서 피험자는 스윙을 실시하도록 하였다. 드라이버 스윙시 임팩트후 볼의 비거리 및 run 거리는 볼이 예상되는 낙하 지점에 10m 간격으로 기를 꽂아 줄자로 정확히 측정하도록 하였다.

4. 연구의 제한점

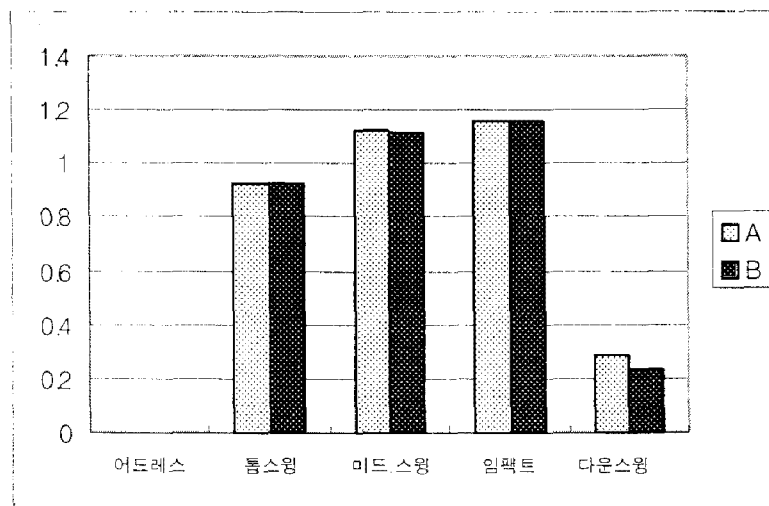
- 1) 골프스윙을 3회 드라이버 스윙으로 국한하였다.
- 2) 피험자의 스윙은 최대장타를 칠 수 있는 본인의 자세로 허용하게 하였다.
- 3) 분석에 이용된 인체모델은 강체(rigid body)로 간주하고 각 신체 분절의 인체 측정자료는 plagenhoef 등(1983)의 자료를 이용하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

본 연구는 골프 드라이버 스윙시 운동학적 변인을 분석하였다. 3차원 영상분석을 통하여 분석된 골프 스윙동작을 어드레스, 톱스윙, 미드다운스윙, 임팩트로 나누었으며 각 선수들에 대한 각 스윙 국면별 소요시간, 신체중심의 변위, 임팩트 직후 볼속도, 클럽 헤드의 속도를 분석하였다. 각도에 관한 내용은 왼어깨 관절의 회전각, 고관절의 회전각, 양발 중심선의 회전각, 왼 무릎각, 오른 무릎각을 분석하였으며 또한 임팩트 직후의 볼의 속도 및 수직비행각도를 산출하였다.

표 III-1. 스윙 국면별 소요시간(단위:초)

	어드레스	톱스윙	미드다운스윙	임팩트	다운스윙시간
A	0.000	0.925	1.120	1.161	0.289
B	0.000	0.929	1.118	1.162	0.232



그림III-1. 스윙 국면별 소요시간

<표III-1>과 <그림III-1>에서와 같이 스윙국면별 소요시간은 어드레스에서부터 톱스윙까지 A선수에게 있어서는 0.925초,B선수에게 있어서는 0.929초로 나타났으며, 미드다운스윙까지는 1.120,1.118초 임팩트까지는 1.161,1.162초로 나타났다. 이와같은 결과로 볼 때 어드레스에서 스윙톱까지 소요시간이 임팩트까지 소요되는 전체시간에 있어 약 80%로 나타났으며 톱스윙에서 임팩트까지의 시간이 약 20%로 나타났다. 본 피험자의 드라이버 다운스윙시간을 Milbrum(1982)이 4명의 대학선수를 대상으로 연구한 다운스윙의 소요시간이 평균 0.23초와 COchran과 Stobbs(1968)의 0.23-0.25초와 비교할 때 다소 소요시간이 많은 것으로 나타났다. 그러나 이정도의 소요시간의 차이는 선행연구와 매우 유사하다고 볼 수 있다. 국내 드라이버의 선행연구와 비교할 때 김 주선(1993)의 0.232초, 황 인승(1991)의 0.29초로 나타났으나 이러한 오차는 실험대상자의 차이, 실험환경에 따른 오차범위로 볼 수 있다고 사료된다. 본 피험자와 선행연구를 비교할 때 톱스윙에서 미드다운 스윙까지의 시간이 A의 경우0.925초 B의 경우 0.189초로 나타났다. 이것은 다운스윙시 코킹각을 유지하여 자연히팅 시키는 동작이 잘 수행되었음을 알 수 있다.

2. 신체중심의 변위

<표Ⅲ-2>와 <그림Ⅲ-2>에서와 같이 신체중심의 변위는 신체중심고를 신장으로 나눈 비의 백분율이다.

표Ⅲ-2. 신체중심의 변위(단위:%)

	어드레스	톱스윙	미드다운스윙	임팩트
A	45.3	47.2	44.4	44.3
B	45.23	47.3	44.3	44.24

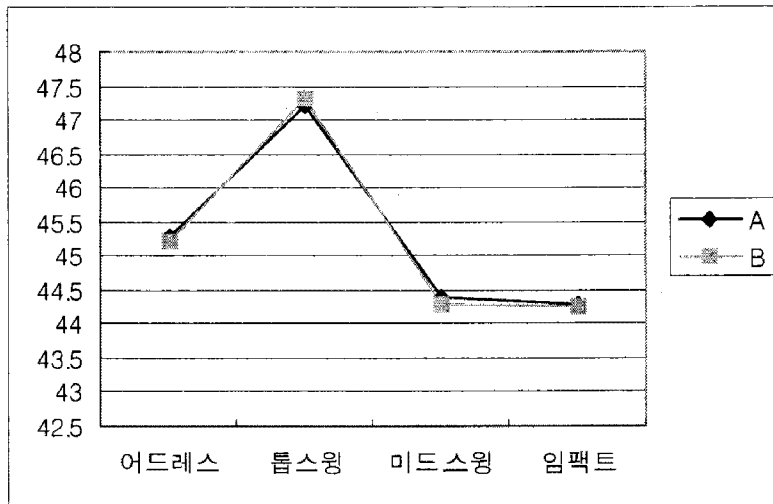


그림 Ⅲ-2. 신체중심의 위치(단위:%)

피험자 A의 경우 어드레스시 중심고는 45.3%, 톱스윙시 중심고는 47.2%, 미드다운스윙시 44.4%, 임팩트시 44.3%로 나타났으며, B의 경우 45.23%, 47.3%, 44.3%, 44.24%로 나타났다.

이러한 신체중심의 변위는 어드레스와 임팩트시의 위치가 같은 것이 이상적으로 보았을 때 A 골퍼의 경우 45.3%, 44.3%, B골퍼의 경우는 45.23%, 44.24%로 나타났다. 이같은 수치의 에러로 보았을 때 각분절의 협응 동작으로 인해 스윙시에 엷다운이 거의 없이 스윙하였음을 알 수 있다. 일반적으로 스윙시 신체의 중심이 급격히 올라가며 임팩트시 헤드가 열리게 되어 슬라이스가 많이 생기며, 신체의 중심이 급격히 올라가면 임팩트시 헤드가 닫히는 스윙궤도가 형성되어 훅이 많이 일어난다. 이러한 신체중심은 백스윙시 클럽헤드의 이동으로 약간 올라가게 되며 체중이동과 원무릎과 고관절의 회전, 코킹각을 유지하는 지연 피팅의 현상으로 미드다운스윙시 약간 낮아지는 현상으로 나타났다. 임팩트시 어드레스와 유사한 중심위치를 유지한다고 볼 수 있다. 따라서 노련한 프로골퍼일수록 어드레스와 임팩트시 자세가 거의 유사한 중심고를 갖는다고 사료된다.

3. 속도

1) 클럽헤드의 속도

다운스윙시 클럽헤드의 속도는 <표 III-3>과 <그림 III-3>과 같다.

표 III-3. 클럽헤드의 속도(단위:m/s)

	미드다운스윙	최고속도	임팩트
A	34.24	43.36	40.42
B	34.06	43.24	40.21

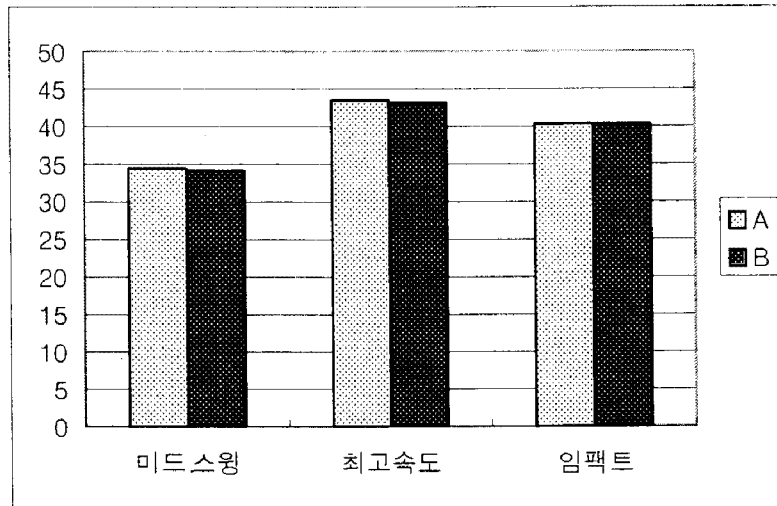


그림 III-3. 클럽헤드의 속도

<표 III-3>에서와 같이 A골퍼의 경우 미드다운스윙시 클럽헤드의 속도는 34.24m/s,최고속도는 43.36m/s,임팩트시 40.42m/s로 나타났으며 B골퍼의 경우 34.06m/s,최고속도는 43.24m/s,임팩트시 속도는 40.21m/s로 나타났다. 노련한 프로골퍼 일수록 클럽헤드 속도의 증가와 볼의 임팩트 타이밍이 최적의 상태로 유지할 것으로 볼 수 있다. 클럽헤드의 최고속도는 Cochran과 Stobbs(1969)의 평균 44.70m/s, Daish(1972)의 평균 45.00m/s, Nagao(1977)의 평균 47.00m/s로 보고하였다. 이같은 선행연구의 클럽헤드 속도를 비교할 때 A, B 골퍼의 클럽헤드속도는 상대적으로 적은 것으로 나타났다. 따라서 A, B골퍼의 클럽헤드 속도를 증가시키기 위하여는 다운스윙시 다리, 허리,몸통,어깨,팔 순서로 협응성, 정확한 체중의 이동과 균형, 최적의 타이밍을 통해 스텝스에 가까운 쪽으로 회전운동을 개시하여야 할 것으로 사료된다.

2) 임팩트 직후 볼의 속도 및 비행각도에 따른 비거리 및 Run거리

표 III-4. 임팩트 직후 볼의 속도 및 비행각도

	볼의 속도	수직비행각도	측정비거 및 Run거리
A	16.04	224	264
B	17.03	250	270

〈표III-4〉와 같이 임팩트 직후의 볼의 속도는 골퍼A, B의 경우 63.12, 63.06m/s로 나타났으며 수직 비행각도는 16.04°, 17.03°, 측정거리 및 Run거리는 224, 264m/s와 250, 270m로 나타났다. 이같은 수치에 대해 선행연구와 비교해보면 윤 재백(1992)의 보고는 프로골퍼의 볼 속도는 평균 63.95±3.10 m/s로 나타났고 Cambell과 Reid(1985)의 연구 결과인 69.2m/s로 나타나 본 골퍼의 드라이버 스윙시 임팩트 직후의 볼 속도가 다소 낮은 것으로 나타났다. 그러나 이같은 수치가 실험적 상황과 실제 경기에서의 다소 차이가 있을 수 있으며 또한 국내의 골퍼의 볼 속도가 외국프로 골퍼의 경우에 비해 낮게 나타난 것은 동양인과 서양인의 체력조건의 차이 때문이라고 사료된다. 드라이버 스윙시 볼의 수직 비행 각도에 있어서도 소 재무(1996)에 의하면 정상적인 드라이버 스윙시 볼의 수직비행 각도는 12-13°라고 보고하였고, 박 성순(1990)의 프로골퍼의 수직비행각도는 11.83°로 보고한바 있다. 그러나 본 실험대상의 프로골퍼와 비교할 때 다소 큰 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 임팩트시 클럽헤드의 속도와 드라이버 로프트 각도등의 특성상 임팩트 후 볼의 스피드가 빨라 초기 수직비행각도가 적은 것으로 사료되며 또한 볼의 백스핀으로 생기는 양력은 거의 수직 상방을 향하게 되어 볼에 걸리는 중력을 최소화하는 효과로 인해 비거리를 증가시키는 것으로 사료된다.

4. 각도

어깨 관절의 회전각, 고관절의 회전각, 양발 중심선의 회전각, 왼 무릎각, 오른 무릎각, 상체 전경각, 코킹각 은 다음과 같다.

1) 어깨 관절·고관절의 회전각

어깨 관절·고관절의 회전각도는 양(어깨, 고관절)관절의 중심선이 치는 방향선(Y)축과 이루는 각으로 Y축을 0°하고, Y축에 대하여 열린 경우을 - 각도로 정의하였으며 닫힌 경우를 + 로 정의하였다.

표 III-5. 어깨 관절 · 고관절의 회전각(단위:°)

	어깨관절/고관절 A	어깨관절/고관절 B
어드레스	-13.35/13.64	-13.53/13.47
톱스윙	-117.70/-36.59	-122.47/39.67
다운스윙	-16.06/20.13	-14.56/25.12
임팩트	25.98/34.07	25.48/38.67

다운스윙: 클럽 샤프트의 수평

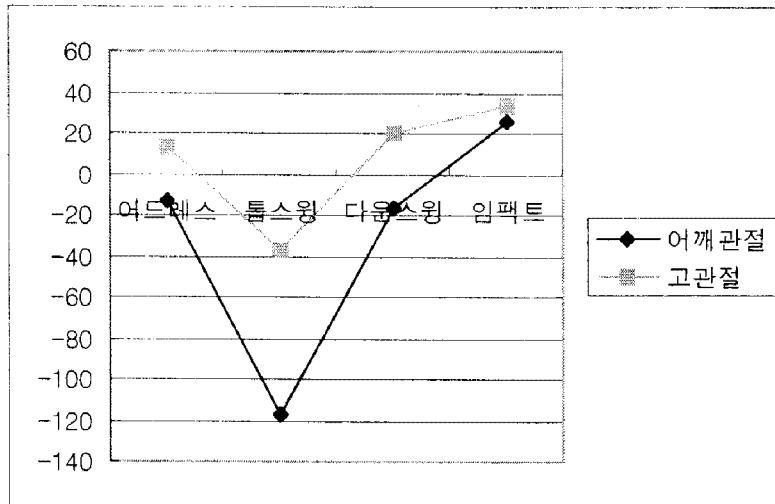


그림 III-5. A의 어깨관절 · 회전각

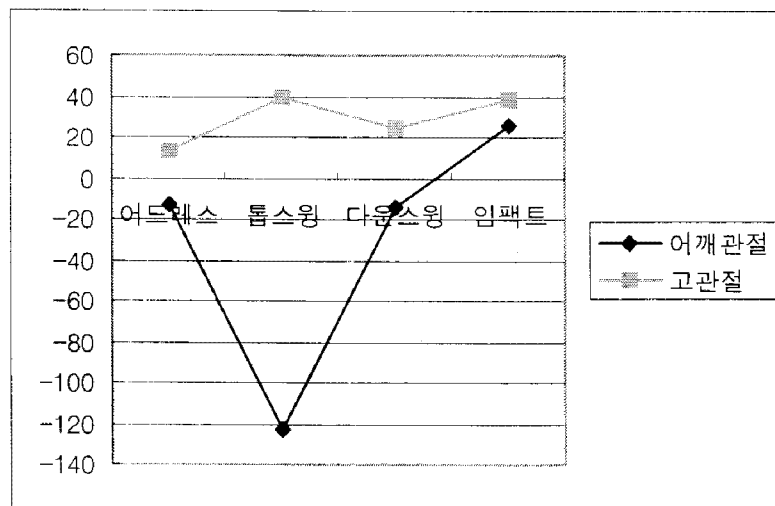


그림 III-5. B의 어깨관절 · 회전각

A,B골퍼의 경우 어깨관절의 회전각도는 어드레스시 $-13.35^{\circ}, -13.67^{\circ}$ 로 나타났으며 톱스윙시 $-117.70, -122.47^{\circ}$, 다운스윙시에는 $-16.06, -14.56^{\circ}$, 임팩트시에는 $25.98, 25.48^{\circ}$ 로 나타났다. 또한 고관절의 회전각도는 어드레스시 $13.64, 13.47^{\circ}$ 로 톱스윙시에는 $-36.59, -39.67^{\circ}$ 로 다운스윙시에는 $20.13, 25.12^{\circ}$, 임팩트시에는 $34.07, 38.67^{\circ}$ 로 나타났다.

고관절의 회전각도는 백스윙 동작에서 어드레스시 A,B 골퍼의 경우 $13.64^{\circ}, 13.47^{\circ}$ 로 나타났다. 이같은 수치는 유 재청(1991) 선행연구를 참조로할 때 일반골퍼의 평균 13.36° , 프로골퍼는 평균 14.67° 로 나타난 것과 비교할 때 일반골퍼보다 프로골퍼의 경우 다운스윙에서 임팩트까지 고관절이 볼을 치는 방향으로 열린 상태로 체중이동을 원활하게 유지하여 상체의 회전운동을 도와주는 것으로 사료된다.

2) 양발 중심선의 회전각

표 III-6. 양발 중심선의 회전각 (단위:°)

	어드레스	톱스윙	미드다운스윙	임팩트
A	-3.3	-1.7	-3.5	-4.3
B	-3.7	-2.2	-3.9	-4.9

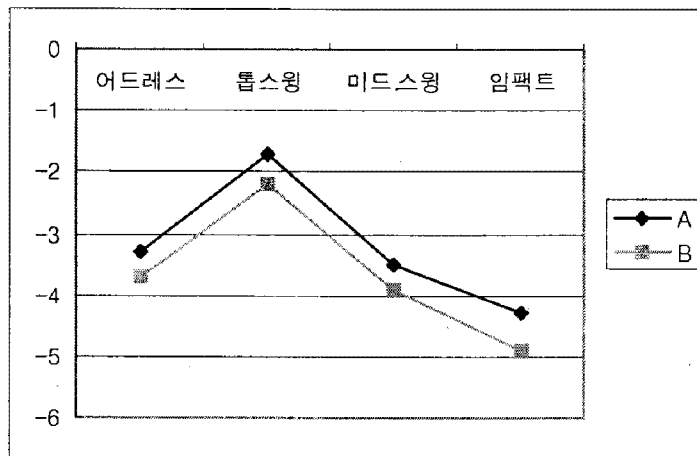


그림 III-6. 양발 중심선의 회전각 (단위:°)

<표III-6>과 <그림 III-6> 에서와 같이 양발 중심선의 회전각은 골퍼 A,B의 경우 어드레스의 경우 $-3.3, -3.7^{\circ}$, 톱스윙시 $-1.7, 2.2^{\circ}$, 미드다운스윙시 $-3.5, -3.9^{\circ}$, 임팩트시 $-4.3, 4.9^{\circ}$ 로 나타났다. 골퍼 A,B의 경우 어드레스시 $-3.3, -3.7^{\circ}$ 로 나타났는데 이는 치는 방향에 대하여 양발의 중심선이 열려 어드레스 된 상태로 스윙 동작을 수행한 것으로 사료된다.

3) 왼 무릎각

표 III-7. 왼 무릎각(단위.°)

	어드레스	톱스윙	미드다운스윙	임팩트
A	152.6	126.4	138.9	145.2
B	156.3	128.3	141.2	146.8

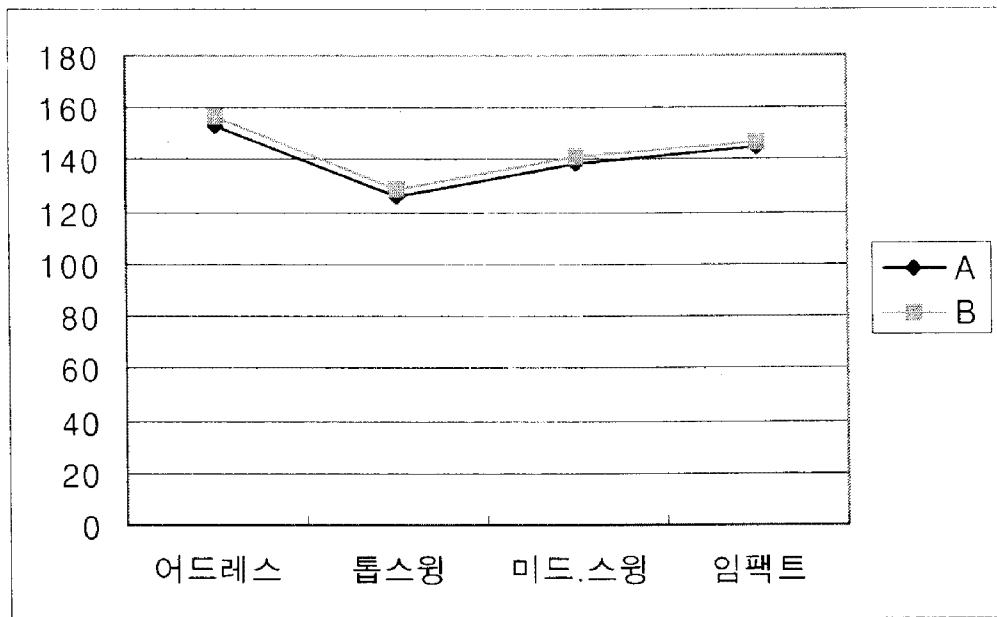


그림 III-7. 왼 무릎각

골퍼 A,B의 경우 왼 무릎각이 어드레스시 152.6,156.3°,톱스윙시 126.4,128.3°,미드다운스윙시 138.9,141.2°,임팩트시 145.2,146.8°로 나타났다.

왼 무릎각이 어드레스에서 톱스윙으로 전환할 때 각도가 줄어드는 것은 어드레스에서 톱스윙까지의 백스윙시 체중이 왼발에서 오른발쪽으로 이동하면서 왼발이 오른쪽으로 급혀지기 때문인 것으로 사료된다. 또한 골퍼 A의 경우 왼무릎각이 어드레스에서 임팩트시 156.2°에서 145.2°로 줄어든 것은 다운스윙시 지지축이 오른발에서 왼발로 이동되어 체중 또한 왼발로 이동하였으며, 임팩트시 왼발이 고정축의 역할을 잘 수행하였다고 판단된다.

4) 오른 무릎각

표 III-8. 오른 무릎각(단위.)

	어드레스	톱스윙	미드다운스윙	임팩트
A	156.3	158.7	135.6	131.7
B	154.7	157.4	137.4	132.4

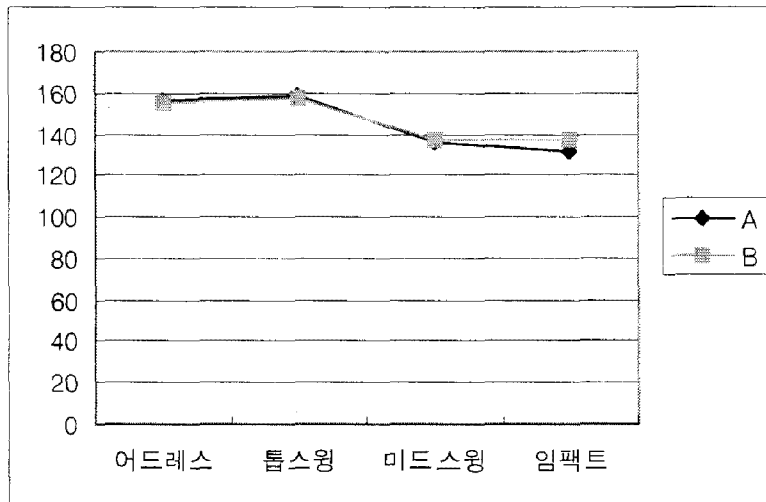


그림 III-8. 오른 무릎각(단위.)

<표III-8>와 <그림III-8> 에서와 같이 골퍼 A,B의 경우 어드레스시 156.3,154.7°,톱스윙시 158.7,157.4°,미드다운 스윙시 135.6,137.4°,임팩트시 131.7,132.4°로 나타났다.

골퍼A,B의 경우 어드레스에서 톱스윙시 오른 무릎각이 156.3,154.7°에서 158.7,157.4°로 나타난 것은 백스윙시 스웨이되지 않고, 오른발을 축으로 효과적인 스윙을 하였기 때문으로 사료된다. 또한 톱스윙에서 임팩트까지 158.7,157.4°에서 131.7,132.4°로 급격히 각도가 감소한 것은 다운스윙시 오른발에서 왼발로 체중이 효과적으로 이동되어 오른무릎각이 적절히 굽혀진 것으로 사료된다.

IV. 결론 및 제언

본 연구의 목적은 골프 드라이버 스윙 동작의 운동학적 변인을 3차원적으로 분석하여 골프 드라이버 동작의 운동학적 원리를 제시하는데 의의를 두었다. 이러한 연구목적을 달성하기 위하여 스윙

국면별 소요시간, 신체중심의 변위, 클럽헤드의 속도, 임팩트 직후 볼속도 및 비행각도, 어깨관절의 회전각, 고관절의 회전각, 양발 중심선의 회전각, 왼 무릎각, 오른 무릎각 등을 구하여 분석한 결론은 다음과 같다.

첫째, 스윙 국면별 소요시간은 어드레스에서 톱스윙까지 0.925, 0.929초로, 톱스윙에서 임팩트까지 0.236, 0.233초로 나타났다.

둘째, 골퍼 A,B의 경우 신체중심의 변위는 어드레스시 45.3, 45.23%, 임팩트시 44.3, 44.24%로 나타나 어드레스와 임팩트시의 신체중심의 변위는 거의 차이가 없는 것으로 나타났다.

셋째, 골퍼 A,B의 경우 다운스윙시 클럽헤드의 최고 속도가 43.36, 43.24m/s로 나타났으나 임팩트후 볼의 속도가 63.12, 63.06m/s로 나타난 것은 클럽헤드의 운동량이 볼에 충분히 나타난 것으로 사료된다.

넷째, 골퍼 A,B의 경우 어드레스시 관절의 회전각은 $-13.5, -13.53^\circ$, 고관절의 회전각은 $13.64, 13.47^\circ$, 양발 중심선의 회전각은 $-3.3, -3.7^\circ$ 로 나타난 것은 고관절이 드라이버 헤드 가 볼에 임팩트시에 치는 방향에 대하여 열린 상태로 유지되어 상체의 회전 동작을 도와 주기 위한 것으로 사료된다.

다섯째, 골퍼 A,B의 경우 오른 무릎각이 어드레스시 $156.3, 154.7^\circ$ 로 거의 변하지 않은 것은 백스윙시 스웨이 되지 않고 오른발을 축으로 효과적인 스윙을 하였다고 사료된다.

참 고 문 헌

- 김봉한(1991). 3분절 개연쇄 골프스윙동작의 3차원 분절운동에 관한 생체역학적 연구. 한양대학교 박사학위논문.
- 김성일(1994). 골프 스윙동작의 운동역학 변인분석
- 김주선(1993). 골프스윙시 운동 역학적 요인과 타이밍에 관한 연구. 연세대학교 박사학위논문.
- 김진철(1992). 골프스윙의 운동학적 분석. 조선대학교 석사학위논문.
- 나상준(1994). 최적의 골프 스윙을 위한 운동학적 변인연구. 서강대학교 석사학위논문.
- 박성순(1997). 스포츠 기술의 생체역학. 서울:동화문화사.
- 이혜숙(1998). 골프스윙의 생체역학적 분석. 이화여자대학교 박사학위논문.
- 전희숙(1988). 골프스윙시 운동학적 분석. 이화여자대학교 석사학위논문.
- 조수현(1990). 골프스윙의 운동학적 분석. 건국대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 황인승 외3인(1990). 골프스윙의 운동학적 분석. 체육과학논총.1(4).
- 황인승 외3인(1991). 골프스윙의 운동 역학적분석.연세논총. 경세대학교 대학원.

- 소재무(1996). 골프역학. 서울:홍경
- 소재무(1997). 여자프로골퍼의 미들아이언 스윙동작에 관한 운동역학적 분석. 한국운동학회지 7(2):165-183.
- Budney, D. R. & Bellow, D. G.(1982). On the swing mechanics of a matched set of golf clubs. Researched Quartely for exercise and sport 53(3),pp.185 ~ 192.
- Budney, D. R. & Bellow, D. G.(1979). Science in sports. in J. Terauds(ED), Taching aids for golfers(pp.21 ~ 35).Del Mar: Academic publishers.
- Carlsoo,s.(1967). A Kinetic analysis of the golf swing, Journal of sports medicine,7,pp.66 ~ 72.
- Hay,J.G.(1985). The Biomechanics og sports Techniques. Englewood Cliffs, New Jursey : Prentice-Hall INC.
- Kwon,Y.H.(1991). Kwon3D, Film Motion analysis Package Ver.1.0.1.
- Koichiro Fujimoto-Kanatami(1996). Determing the essential elements of golf swing used by elite golfers. Us, Microform Publications.
- Plagenhoef,S.C.(1996). Methods for obtaining Kinetic data to analysis human motion. Research Quartery for exercise 37(1),pp.103 ~ 112.
- Robert, J, Neal, and Barry. D, Wilson.(1985). 3-D Kinematics and Kinetics of the golf swings, USB,1,221-232.
- Vaughan, C. L.(1981). A Three-Dimensional analysis of the gorces and 색절 applied by a golfer during the downswing. Biomechanics VII-B,pp.325 ~ 331.