



# 골프 드라이브스윙 시 힙의 수평면상 움직임에 관한 운동학적 분석

## Kinematic analysis of professional golfers hip joint motion on the horizontal plane during driver swinging

박영훈\* · 엄창홍 · 서국웅(부산대학교)

Park, Young-Hoon\* · Youm, Chang-Hong · Seo, Kook-Woong(Pusan National University)

### ABSTRACT

Y. H. PARK, C. H. YOUM, K. W. SEO, Kinematic analysis of professional golfers hip joint motion on the horizontal plane during driver swinging. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 15, No. 4, pp.97-104, 2005. Previous studies of kinematic analysis of golf swing usually dealt with variations vertically. The purpose of the study was to examine the horizontal hip joints motion of the fifteen male professional golfers during driver swinging. Kinematic variables were calculated by the Kwon3D motion analysis program. Paired *t*-tests and *one-way* ANOVA were used to compare the hip height, distance, displacement, and position differences. Results showed that there were no hip height changes and no hip height differences between left and right hip from address to impact. The axis of the backswing was braced right hip, the axis of the downswing was moving left hip. Hips position at the top of the backswing showed that hips move to target prior to hands, which means the sequential motion of the chain linked body segments. From address to impact, left hip moving distance was longer than right hip( $p<.001$ ), but during the whole swing, right hip moving distance was longer than left hip( $p<.001$ ). Hip rotation angle to target line was  $-48.14\pm 9.32^\circ$  at top of the backswing,  $40.88\pm 8.44^\circ$  at impact, and  $104.70\pm 8.14^\circ$  at finish.

KEYWORDS: GOLF SWING, HIP JOINT MOTION

## I. 서론

스포츠과학의 발달로 인하여 지난 100년간 스포츠 경기력이 현저히 향상되었으며 프로골프선수들의 경기력도 꾸준히 향상되었다(Chatterjee, Wiseman, & Perez, 2002). 프로골프선수들의 경기력 향상의 원인으로 상급의 증가, 스포츠 참여인구 증가, 적절한 영양섭취, 과학

기술을 이용한 골프지식과 골프기능의 교류증가, 코칭 기술 향상, 조기 골프입문 등이 꼽힌다(Zumerhik, 2002). 운동역학 연구는 기술과 수행능력을 향상시키려는 골퍼들에게 역학적 원리와 기술 뿐 아니라 영상분석, 지면반력, 근전도 등의 연구를 통하여 양적·질적 데이터를 제공해왔으며(Hume, Keogh, & Reid, 2005) 골프연구에서 발견과 올바른 운동역학 원리의 적용은

\* yhpark10@pusan.ac.kr

골프수행향상에 중요한 역할을 해왔고(Farrally et al., 2003) 전통적으로 운동역학은 골프수행을 향상시키고 부상을 줄이기 위한 목적으로 "이상적인(ideal) 골프스윙"의 특성을 밝히는데 사용되어져왔다(Dillman, & Lange, 1994).

골프에 관한 역학적 연구는 초기의 골프스윙 전체에 관한 분석에서 상지(Springs, & Neal, 2000), 몸통(Lindsay, Horton, & Paley, 2002), 힙, 어깨(Burden, Grimshaw, & Wallace, 1998) 등 인체 부위별로 세분화되고 있으며 골프스윙에서 대부분 파워는 상체근육으로부터 발생되고(PGA of America, 1990), 골프클럽과 접촉하는 유일한 신체부위가 손이므로 상체와 관련된 골프연구가 활발하다(Lindsay et al., 2002; Mitchell, Banks, Morgan, & Sugaya, 2003; Springs, & Neal, 2000).

골프스윙 중 상지와 상체의 역할과 기능은 2중 진자 운동 모델을 통하여 비교적 잘 밝혀진 반면(Cochran, & Stobbs, 1968; Jorgensen, 1970; Ohlhoff, & Richter, 2000; Williams, 1967; Zhou, & Whiteman, 1996), 하체에 관한 연구는 아직 뚜렷한 해석모델을 도출하지 못하고 보완적 연구 성격을 띠고 있다. 그러나 하체는 다운스윙을 리드할 뿐 아니라 상체가 그 역할을 다하기 위해서 견실한 하체동작이 필수적이므로 골프스윙 시 하체의 역할과 동작에 대한 보다 상세한 연구가 필요하다.

본 연구는 남자 프로골프선수들의 드라이브스윙 중 힙의 수평면상 움직임을 운동학적으로 구명하여 좋은 골프스윙에 필요한 하체동작의 일반적 원리를 정립하기 위한 기초자료를 도출하는 것을 그 목적으로 한다.

## II. 연구 방법

본 연구는 부산·경남지역에서 프로골프선수로 활동을 하고 있으며 지난 2~3년 간 부상이나 신체적 이상으로 스윙을 바꾼 경험이 없는 남자선수 15명을 대상으로 하였으며 이들의 신체적 특징은 24.20±5.09세, 173.80±5.08cm, 70.33±5.23kg 이었다.

실내체육관에 피실험자가 드라이브스윙을 완전하고

안전하게 수행 할 수 있는 공간을 확보한 다음, 전방 약 5m 지점에 안전망을 설치하고 스윙 시 좌·우 양 발이 놓이는 곳에 미끄럼 방지용 3M 테이프를 부착하여 골프스윙 시 미끄럼을 억제하였으며 전후좌우로 미세하게 이동 가능한 인조 잔디매트와 고무 티를 설치하여 각 선수가 자신에게 맞게 티 위치를 조절할 수 있게 하였다. 실험동작이 충분히 이루어질 수 있는 100×200×200cm 크기의 컨트롤프레임을 설치하고 이 프레임에 3차원 실 공간 재구성을 위한 컨트롤 포인트 33개를 규칙적으로 배치하였다. 공간좌표는 피실험자의 오른쪽 뒤를 원점(0, 0, 0)으로 하고 피실험자의 정면을 x 축, 골프공이 날아가는 방향을 y 축, 지면과 수직인 축을 z 축으로 설정하였다.

동기화 기능이 없는 6대의 Sony DCR VX-2100 디지털비디오 카메라(Sony, Japan)를 수동초점, 셔터스피드 우선모드, 셔터속도 1/1,500초로 세팅 후, 3대는 체육관 2층 관람석에 설치하고, 3대는 실험진행과정에서 발생할 수 있는 마루의 진동으로 인한 화면 떨림 현상을 최소화할 수 있게 체육관 기둥부근에 설치한 다음 각 카메라 영상의 배경은 검은 천으로 검게 처리하였다.

각 피실험자에게 연구의 취지를 설명하고 간단한 신체적 특징을 측정한 다음 실험과정에서 부상을 예방하고 원활한 스윙을 위하여 개인이 원하는 만큼 충분한 준비운동과 연습스윙 시간을 부여하였다.

영상분석 시 관절점 식별이 용이하게 검은색 타이즈를 상하 모두 착용시키고 반사 테이프가 부착된 마크를 각 관절점에 부착하였다. 신발은 프로월드컵사의 일반 운동화로 통일하였으며, 260cm, 265cm, 270cm, 275cm 네 가지 사이즈를 준비하여 맞는 사이즈를 선택하게 하였다.

영상분석 시 고관절과 슬관절 중심점 계산을 위한 기본자세를 촬영 후 세팅된 고무 티 위의 골프공을 전방에 설치된 보호망을 향하여 치게 하였다. 첫 번째 스윙을 마친 피실험자는 약 1분 후 다시 동일한 방법으로 두 번째 티샷을 하게하여 연속된 스윙으로 인한 학습효과를 최대한 배제하고 가능한 실제 골프경기와 유사한 스윙조건을 갖게 하였다. 각 피실험자는 동일한 과정을 5회 반복하고 이 전 과정을 비디오카메라는 연속으로 촬영하였으며 특별한 이유가 없는 한 3번째 스윙동작

을 분석하였다.

임팩트 순간 타격 음을 마이크를 통하여 동기신호 발생기능을 하는 A/D 박스(VSAD-102-32C, 비술, 경기도 광명시)에 입력시키고 이 신호에 따라 점등되는 LED를 이용하여 카메라 간 영상을 동기시켰으며 수동으로 2개의 TTL 신호를 추가 발생시켜 분석 시 활용하였다.

Kwon3D 영상분석 프로그램(비술, 경기도 광명시)을 이용하여 2차원 영상 데이터를 Abdel-Aziz, & Karara(1971)의 DLT(direct linear transformation) 법으로 3차원 좌표 데이터로 재구성 후 Butterworth low-pass IIR(infinite impulse response) 필터로 디지털링 오차 등에 의한 노이즈를 제거하였으며 차단주파수는 6Hz를 적용하였다.

인체모델은 골반, 대퇴, 하퇴, 발로 구성하고 Kwon3D 프로그램의 Hip: Tylkowski-Andriacchi, Knee: mid-point, Ankle: mid-point 기능으로 고관절, 무릎관절, 발목관절 중심점을 산출하였다.

골프스윙을 어드레스(ADS), 백스윙중간(MBS), 백스윙 탑(TOP), 다운스윙중간(MDS), 임팩트(IMP), 팔로우 스루중간(MFT), 피니쉬(FNS), 7개 이벤트로 구분하여 분석하였다.

데이터는 SPSS 12.0K 프로그램의 t-test, 일원배치분산분석(one-way ANOVA)으로 차이를 비교하고 Scheffe로 사후 검증하였으며 통계적 유의수준은 .05로 설정하였다.

### III. 결과 및 논의

#### 1. 힙 위치 변화 및 변위

드라이브스윙 시 각 국면별 좌·우 양 힙의 x, y, z 위치차이는 <표 1>과 같다.

<표 1>은 왼 힙을 기준으로 했을 때 오른 힙 위치의 x, y, z 성분으로 ‘x-x’는 왼 힙이 오른 힙 보다 뒤, ‘y-y’는 왼 힙이 오른 힙 보다 오른쪽, ‘z-z’는 왼 힙이 오른 힙 보다 아래에 위치하고 있는 것을 의미한다. ADS에서 60.0%(n=9) 선수들은 왼 힙을 오른 힙보다 1.89±1.31cm 앞에 둔 자세를 취하는 반면, 40.0%(n=6) 선수들은 1.42±0.54cm 뒤에 둔 자세를 취하였으며 좌·우 양 힙의 높이는 통계적으로 차이가 없다. 백스윙이 진행되면 힙은 x-y 평면에서 보았을 때 오른쪽으로 회전하므로 TOP에서는 왼 힙이 오른 힙 보다 13.61±2.47cm 앞으로 이동하였으나 좌·우 양 힙의 높이는 통계적으로 차이가 없다. 다운스윙에서는 백스윙과 반대로 힙이 왼쪽으로 회전하여 IMP 순간에는 왼 힙이 오른 힙 보다 11.69±2.49cm 뒤에 있으나 좌·우 힙의 높이는 여전히 차이가 없다. IMP 후에도 왼 힙은 계속하여 왼쪽으로 회전하여 FNS에서 왼 힙은 오른 힙 보다 17.65±1.56cm 뒤에 있을 뿐 아니라 목표방향으로 90° 이상 회전하여 오른 힙이 왼 힙보다 목표에 4.57±2.41cm 더 가깝고 좌·우 힙 높이는 차이가 없다. 좌·우 힙을 기준으로 오픈(open)·크로즈드(closed)

표 1. 국면별 좌·우 힙 위치차이와 힙 높이 비교 (n=15)

event	left-right position difference(cm)			hip height (cm)		t-value
	x-x	y-y	z-z	left	right	
ADS(E1)	1.89±1.31(n=9) -1.42±0.54(n=6)	18.29±1.19	0.14±0.67	111.01±4.52	110.87±4.33	t=.085
MBS(E2)	9.13±2.31	15.85±1.60	-1.44±0.88	109.88±4.98	111.32±4.67	t=-.815
TOP(E3)	13.61±2.47	12.14±2.15	-3.34±1.60	107.35±5.37	110.69±4.88	t=-1.784
MDS(E4)	-8.02±2.25	15.05±1.72	0.64±1.18	111.50±5.30	110.87±4.59	t=.352
IMP(E5)	-11.69±2.49	13.32±1.79	1.55±1.15	112.86±5.03	111.30±4.49	t=.893
MFT(E6)	-14.69±2.21	10.80±1.90	2.45±1.14	114.30±2.21	111.86±4.32	t=1.486
FNS(E7)	-17.65±1.56	-4.57±2.41	2.09±0.99	115.10±4.38	113.01±3.98	t=1.325
F-value	F=4.301***			F=.460		
Scheffe				E3,E2,E1,E4,E5 < E2,E1,E4,E5,E6,E7		

\* : p<.05, \*\* : p<.01, \*\*\* : p<.001

자세를 구분할 경우 크로스드 힙 60.0%(n=9), 오픈 힙 40.0%(n=6)로 크로스드 힙 자세 비율이 높다. 그러나 Mann, & Griffin(1998)은 미국 PGA 선수 100명 이상을 분석한 결과 드라이브 ADS에서 오픈 힙 자세를 취한다고 보고하였다.

일반적으로 골프클럽은 오른 손을 왼 손 보다 아래에 오게 잡고, 상체를 오른쪽으로 경사지게 ADS 자세를 취하므로 ADS에서 왼 어깨가 오른 어깨 보다 높다. 따라서 왼 힙도 오른 힙 보다 높을 것으로 예상하기 쉽고 실제 골프 지도서에서도 왼 힙이 오른 힙 보다 높다(Leadbetter, 1993) 하였으나 본 연구에서는 좌·우 힙 높이가 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났다(p=.261).

인체구조와 드라이브스윙 중 무릎높이를 고려하면 ADS에서 왼 힙이 오른 힙 보다 높은 것은 논리적이지 않다. ADS에서 좌·우 무릎 높이가 같으므로 <표 2> Leadbetter처럼 좌·우 힙 높이를 다르게 하기 위해서는 힙을 x-y 평면에서 회전시키는 방법 밖에 없다. 그러나 힙을 회전시키면 힙의 정렬이 달라져 더 큰 문제를 야기할 가능성이 높다. 따라서 하체 구조를 고려할 때 ADS에서 좌·우 양 힙의 높이가 같은 것이 자연스럽다. ADS에서 좌·우 힙 높이는 같지만 왼 어깨가 오른 어깨보다 높은 것은 연골로 연결된 척주(vertebral column)구조 때문에 가능한 것으로 보인다. IMP 순간 왼 무릎이 오른 무릎보다 높으므로(p=.036), 힙도 왼 힙이 오른 힙 보다 높을 것으로 예상되었으나 ADS 뿐 아

니라 TOP, IMP에서 좌·우 힙 높이 차이가 없으며, 이 구간에서는 각 이벤트 간에도 힙 높이 변화가 없는 것으로 나타났다.

드라이브 스윙 전 과정에 걸쳐 좌·우 힙 높이는 차이가 없으며 IMP 순간 무릎은 왼 무릎이 오른 무릎보다 높으나, 힙은 좌·우 힙 높이가 같은 것은 다운스윙 동작의 속도, IMP 순간 힙의 회전과 위치, 상체의 기울임 등을 고려할 때 프로선수들의 중요한 스윙특징임과 동시에 부상을 유발하는 메커니즘이라 생각된다.

골프상해 연구에 의하면 골프동작은 타 경기자와 충돌은 없으나 동작자체가 부상을 유발하기 쉬운 동작으로(Grimshaw, Giles, Tong, & Grimmer, 2002; Theriault, & Lachance, 1998), 골프부상의 원인은 반복적인 스윙동작과 잘못된 스윙동작이며 부상부위는 등과 요추가 전체 골프부상의 약 30%로 가장 큰 비율을 차지하고 있고(Fleisig, 1994; McCarroll, & Mallon, 1994; Theriault, & Lachance, 1998), 골프스윙 시 요추는 체중의 8배에 달하는 측면 굴곡력을 받는다(Hosea, 1994).

<표 1>은 좌·우 힙의 위치 차이만 나타내므로 힙의 이동방향은 알 수 없다. <표 3>은 스윙 각 구간에서 좌·우 힙의 이동방향을 의미하는 변위로 'x'는 뒤, 'y'는 오른쪽, 'z'는 아래로 이동한 것을 의미한다.

백스윙 동안 왼 힙은 앞으로 9.83±3.00cm(p=.000), 오른쪽으로 5.69±2.82cm(p=.000) 이동하였으나 상·하로는 움직임이 없다. 오른 힙은 뒤로 3.03±1.98cm(p=.044) 이동하였으나 좌·우, 상·하로는 움직임이 없다.

백스윙 구간에서 이 같은 좌·우 힙의 움직임을 x-y 평면에서 관찰하면 왼 힙은 ADS에서 <그림 1>과 같이

우·전방 59.9° ( $= \tan^{-1} \frac{9.83}{5.69}$ ) 방향으로 11.36cm ( $= \sqrt{9.83^2 + (-5.69)^2}$ ) 이동하였으나 오른 힙은 ADS로부터 3.05cm ( $= \sqrt{(-3.03)^2 + 0.31^2}$ ) 뒤로 움직이는 것에 그쳐 전체적으로 백스윙 구간에서 회전 중심은 오른 힙임을 나타낸다.

다운스윙에서는 왼 힙은 좌·후방으로 움직여 IMP 순간에는 TOP보다 뒤로 11.94±3.62cm(p=.000), 왼쪽으로 11.21±3.55cm(p=.000), 위로 5.51±1.49cm (p=.007) 이

표 2. 국면별 좌·우 무릎 높이 비교 (n=15)

event	knee height(cm)		t-value
	left	right	
ADS(E1)	76.03±3.12	75.50±2.16	t= -.516
MBS(E2)	74.05±3.32	76.59±2.21	t= 2.46**
TOP(E3)	71.74±3.60	76.44±2.29	t= 4.27***
MDS(E4)	76.24±3.54	74.49±2.58	t= -1.55
IMP(E5)	77.01±3.49	74.57±2.52	t= -2.20*
MFT(E6)	77.74±3.42	74.79±2.34	t= -2.76**
FNS(E7)	78.45±3.21	75.18±2.42	t= -3.01**
F-value	6.759***	1.980	
Scheffe	E3,E2,E1,E4<E2,E1,E4,E5,E6,E7		

\* : p<.05, \*\* : p<.01, \*\*\* : p<.001

표 3. 구간 별 좌·우 힙의 변위

(n=15)

phase	left(cm)			right(cm)		
	x	y	z	x	y	z
ADS-TOP	9.83±3.00 t=-5.89***	-5.69±2.82 t=5.51***	-3.89±1.88 t=1.98	-3.03±1.98 t=2.11*	0.31±2.73 t=-.16	-0.62±1.27 t=.10
TOP-IMP	-11.94±3.62 t=7.29***	11.21±3.55 t=-8.17***	5.51±1.49 t=-2.90**	13.36±2.17 t=-7.99***	10.03±3.74 t=-7.50***	0.61±1.58 t=-.36
IMP-FNS	-2.14±2.58 t=1.16	3.03±3.75 t=-2.10*	2.47±1.39 t=-1.27	4.00±3.68 t=-2.57*	20.84±3.79 t=-13.05***	1.92±1.03 t=-1.08
ADS-IMP	-1.94±2.74 t=1.79	5.38±3.67 t=-3.84***	1.61±1.63 t=-1.04	10.04±2.23 t=-6.30***	10.43±3.68 t=-7.71***	0.22±1.22 t=-.26
ADS-FNS	-4.08±4.37 t=2.79**	8.41±3.06 t=-6.68***	4.08±0.95 t=-2.43*	14.04±3.65 t=-8.47***	31.27±3.25 t=-23.05***	2.14±1.28 t=-1.36

\* : p<.05, \*\* : p<.01, \*\*\* : p<.001

동하는 것 나타났다. 반면 오른 힙은 좌·전방으로 움직여 IMP 순간에는 TOP보다 앞으로 13.36± 2.17cm (p=.000), 왼쪽으로 10.03±3.74cm (p=.000)로 이동하나 상·하로는 이동이 없다. 다운스윙 구간에서 이 같은 좌·우 힙의 움직임을 x-y 평면에서 관찰하면 왼 힙은 TOP에서 좌·후방 46.8° ( $= \tan^{-1} \frac{11.94}{11.21}$ ) 방향으로 16.38cm ( $= \sqrt{(-11.94)^2 + 11.21^2}$ ) 이동하고 오른 힙은 TOP에서 좌·전방 53.1° ( $= \tan^{-1} \frac{13.36}{10.03}$ ) 방향으로 16.71cm ( $= \sqrt{13.36^2 + 10.03^2}$ ) 이동하는 것으로 전체적으로 다운스윙 구간에서 좌·우 힙의 변위는 유사하다.

IMP 순간 힙의 위치를 ADS와 비교 시 왼 힙은 왼쪽으로 5.38±3.67cm(p=.001) 이동하였으나 전·후, 상·하로는 통계적으로 움직임이 없으며 오른 힙은 ADS보다 앞으로 10.04±2.23cm(p=.000), 왼쪽으로 10.43±3.68cm (p=.000) 이동하였으나 상·하로는 움직임이 없어 전체적으로 오른 힙이 왼 힙보다 변위가 더 큰 것으로 나타났다.

IMP 후 팔로우스루 구간에서 왼 힙은 왼쪽으로 3.06±3.75cm(p=.045) 더 이동하나 전·후, 상·하로는 움직임이 없다. 반면 오른 힙은 IMP 후에도 계속하여 왼쪽으로 회전하여 IMP 순간보다 앞으로 4.00± 1.22cm(p=.016), 왼쪽으로 20.84±3.79cm(p=.000) 이동하나 상·하로는 움직임이 없다.

좌·우 힙의 움직임은 전체적으로 백스윙 구간에서는 왼 힙의 변위가 큰 반면 오른 힙의 변위는 작고, 다운스윙 구간에서는 좌·우 힙의 변위가 비슷하지만 궤적이 다른 것은 백스윙은 정지된 오른 힙을 중심으로, 다운스윙은 이동하는 왼 힙을 중심으로 회전하는 것을 의미한다.

<그림 1>은 스윙 중 좌·우 힙의 전형적인 궤적을 x-y 평면에 투영한 것으로 골프스윙 중 하체동작의 여러 가지 특징을 종합적으로 나타낸다. 백스윙과 함께 왼 힙은 우·전방으로 이동하는 반면 오른 힙은 거의 고정되어 있어 백스윙 중심은 고정된 오른 힙임을 보여 준다. TOP에서 좌·우 힙 모두 이미 목표방향으로 운동을 시작한 것은 인체분절의 순차적인 움직임 (sequential motion) 원리에 따라 다운스윙 시 하체가 상체를 리드하고 있음을 나타낸다. 또, 임팩트에서 왼

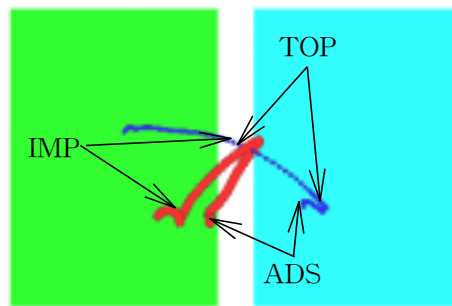


그림 1. 수평면(x-y 평면)에 투영한 좌·우 힙 궤적의 예. 왼쪽 굵은 선은 왼 힙, 오른 실선은 오른 힙 궤적을 의미.

힙은 이동을 거의 멈추었으나 오른 힙이 계속하여 좌·전방으로 이동하는 것은 다운스윙 중심은 움직이는 왼 힙이며 임팩트 이전에 이미 하지의 각운동량이 상지로 전이되었음을 나타낸다. 임팩트 순간 왼 힙은 스윙 중 전체 이동거리의 약 84%를 이동하여 거의 멈춘 상태이지만 오른 힙은 스윙 중 전체 이동거리의 약 50%를 이동 중이다<표 4>.

Linning(1994)은 힙 회전에 관한 구체적인 수치는 제시하지 않고 있지만 오른 힙의 움직임에 대해서는 본 연구와 다른 패턴을 보고하고 있다. 백스윙 시 왼 힙은 본 연구와 동일하게 우·전방으로 이동하지만 오른 힙은 본 연구보다 현저히 좌·후방으로 이동하므로 백스윙 시 회전 중심을 좌·우 양 힙의 중간으로 보고하였다. 반면 다운스윙에서는 본 연구와 동일하게 움직이는 왼 힙을 회전중심으로 보고하였다.

2. 힙 이동거리

드라이브스윙 중 좌·우 양 힙의 구간별 이동거리는 <표 4>과 같다. 스윙 중 좌·우 양 힙의 상하방향 변위는 <표 3>에서 왼 힙 5.51±1.49cm(p=.007) 만 통계적으로 차이가 있으므로, <표 4>의 이동거리는 대부분 수평방향 성분이다. 백스윙 구간에서는 왼 힙 이동거리 12.50±2.72cm가 오른 힙 이동거리 4.29±1.89cm 보다 길지만(p=.000), 다운스윙 구간에서는 각각 17.66±3.68cm, 17.15±2.34cm로 차이가 없다.

백스윙과 다운스윙 구간에서 좌·우 양 힙의 이동거리 또한 백스윙과 다운스윙 동작의 회전 중심점 위치를 나타낸다. 백스윙 구간에서 왼 힙 이동거리가 오른 힙보다 크지만 다운스윙 구간에서는 좌·우 양 힙 이동거리 차이가 없으므로 ADS부터 IMP까지는 왼 힙 이동거리 29.99±6.28cm가 오른 힙 이동거리 21.26±2.79cm 보다 더 길다(p=.000). 그러나 팔로우스루 구간에서 왼 힙은 거의 고정되어 있으나 오른 힙은 계속하여 왼쪽으로 회전하므로 스윙 전체동안 오른 힙 이동거리 42.92±3.03cm는 왼 힙 이동거리 35.69±6.72cm 보다 더 길다(p=.001).

표 4. 좌·우 힙 이동거리 (n=15)

phase	distance (cm)		t-value
	left	right	
ADS~TOP	12.50±2.72	4.29±1.89	9.274***
TOP~IMP	17.66±3.68	17.15±2.34	.453
IMP~FNS	5.70±3.01	21.66±3.57	-12.799***
ADS~IMP	29.99±6.28	21.26±2.79	4.751***
ADS~FNS	35.69±6.72	42.92±3.03	-3.674***

\*\*\* : p<.001

3. 힙 회전 각 및 각거리

드라이브스윙 중 힙 회전각과 회전 각거리는 <표 5>와 같다. 힙 회전각은 오른 힙에서 왼 힙을 연결하는 직선이 y 축과 이루는 각을 x-y 평면에 투영시킨 각으로 ‘+’는 왼 힙이 오른 힙 보다 뒤에 있는 오픈 힙, ‘0’ ’는 힙과 목표선이 평행한 스퀘어 힙, ‘-’는 왼 힙이 오른 힙보다 앞에 있는 크로즈드 힙을 의미한다.

ADS에서 힙의 오픈·크로즈드 각도는 오픈 4.45± 1.7° (n=6), 크로즈드 5.66±3.93° (n=9)이며 TOP에서 회전각은 48.14±9.32° 로 나타났다. TOP에서 <표 1>의 좌·우 힙 높이 평균값으로 각도를 계산하여 y-z 평면에 투영한 힙 경사각은 13.73±6.92° 로 이는 TOP에서 힙이 좌 전방에서 우 후방으로 13.73±6.92° 위로 경사진 평면에서 y 축 오른쪽으로 48.14±9.32° 회전한 상태를 의미한다.

표 5. 힙 회전각 및 각거리 (n=15)

event	rotation angle(° )	angular distance(° )					
		ADS -TOP	TOP -IMP	IMP -FNS	ADS -IMP	ADS -FNS	
ADS	4.45±1.71 (n=6) -5.66±3.93 (n=9)						
MBS	-29.89 ±7.93						
TOP	-48.14 ±9.32	46.52 ±3.63					
MDS	27.75 ±8.04						
IMP	40.88 ±8.44	89.02 ±11.58	135.54 ±18.37				
MFS	53.53 ±7.93						
FNS	104.70 ±8.14	64.09 ±7.48	197.78 ±14.81				



다운스윙에서는 백스윙과 반대로 빠른 속도로 움직이는 왼 힙을 중심으로 오른 힙이 회전·경사져 IMP 순간 힙은 y 축 왼쪽으로  $40.88 \pm 8.44^\circ$  오픈되어 있으며, <표 1> 힙 위치 데이터를 사용하여 계산하면 x 축에서 보았을 때 y 축과  $6.90 \pm 5.15^\circ$ , y 축에서 보았을 때 x 축과  $7.95 \pm 5.88^\circ$  를 이룬다. 이는 IMP 순간 힙이 우 전방에서 좌 후방으로 약  $10^\circ$  ( $=\sqrt{6.90^2 + 7.95^2}$ ) 위로 경사진 평면에서 y 축 왼쪽으로  $40.88 \pm 8.44^\circ$  회전한 상태를 의미한다.

IMP 후에도 힙은 계속하여 고정된 왼 힙을 중심으로 회전하여 FNS에서 힙은 목표선과  $104.70 \pm 8.14^\circ$  오픈되어 오른 힙이 왼 힙보다 목표에 더 가까운 것으로 나타났다.

드라이브스윙 중 힙의 회전 각거리는 백스윙  $46.52 \pm 3.63^\circ$ , 다운스윙  $89.02 \pm 11.58^\circ$ , 팔로우스루  $64.09 \pm 7.48^\circ$ , 전체  $197.78 \pm 14.81^\circ$  로 다운스윙 시 힙 회전이 백스윙 시 힙 회전의 두 배에 이르고 IMP 후에도 계속하여 왼쪽으로  $64.09 \pm 7.48^\circ$  더 회전하는 것으로 나타났다.

Nicklaus(1974)는 TOP에서 자신의 힙 회전각이  $60^\circ$  라고 밝혀 본 연구의  $48.14 \pm 9.32^\circ$  와 큰 차이를 보이고 있다. Smith(1998)는 IMP순간 힙 회전각을 약  $30^\circ$  로 보고하였다.

#### IV. 결 론

남자프로골프 선수 15명을 대상으로 드라이브스윙 중 힙의 수평면상 움직임을 운동학적으로 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 어드레스부터 임팩트까지 좌·우 각 힙의 높이는 변화가 없으며 좌·우 힙 사이에도 차이가 없다.
2. 백스윙 시 회전중심은 고정된 오른 힙이다.
3. 다운스윙 시 회전중심은 움직이는 왼 힙이다.
4. 드라이브스윙 동안 오른 힙 이동거리가 왼 힙 이동거리보다 길다.
5. 힙의 수평 회전각은 TOP  $48.14 \pm 9.32^\circ$ , IMP  $40.88 \pm 8.44^\circ$ , FNS  $104.78 \pm 8.14^\circ$  이며 전체 회전 각거리는  $197.78 \pm 14.81^\circ$  이다.

#### 참 고 문 헌

- Abdel-Aziz, Y. I., & Karara H. M. (1971). *Direct Linear Transformation from Comparator Coordinates into Object Space Coordinates in Close-range Photogrammetry*. Proceeding of the Symposium on Close-Range Photogrammetry(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.
- Cochran, A. J., & Stobbs, J. (1968). *The search for the perfect swing*. Chicago, IL: Triumph Books.
- Chatterjee, S., Wiseman, F., & Perez, R. (2002). Studying improved performance in golf. *Journal of Applied Statistics*, 29(8). 1219-1227.
- Dillman, C. J., & Lange, G. W. (1994). *How has biomechanics contributed to the understanding of the golf swing?* In A. J. Cochran, M. R. Farrally(Eds). *Science and Golf II*, Proceedings of the World Scientific Congress of Golf (pp. 3-13). Padstow, UK: E & FN Spon.
- Farrally, M. R., Cochran, A. J., Crews, D. J., Hurdzan, M. J., Price, R. J., Snow, J. T., & Thomas, P. R. (2003). Golf science research at the beginning of the twenty-first century. *Journal of Sports Science*, 21. 753-765.
- Fleisig, G. S. (1994). *The biomechanics of golf*. In C. Stover, J. McCarroll, & W. Mallon(Eds). *Feeling up to par, medicine from tee to green*. Philadelphia, PA: F. A. Davis.
- Grimshaw, P., Giles, A., Tong, R., & Grimmer, K. (2002). Lower back and elbow injuries in golf. *Sports Medicine*, 32(10). 655-666.
- Hosea, T. (1994). *Biomechanical analysis of the golfer's back*. In C. Stover, J. McCarroll, & W.

- Mallon(Eds). Feeling up to par, medicine from tee to green. Philadelphia, PA: F. A. Davis.
- Hume, P. A., Keogh, J., & Reid, D. (2005). The role of biomechanics in maximising distance and accuracy of golf shots. *Sports Medicine*, 35(5), 429-449
- Jorgensen, T. P. (1970). On the dynamics of the swing of a golf club. *American Journal of Physics*, 38, 644-651.
- Leadbetter, D. (1993). *David Leadbetter's Faults and Fixes*. New York, NY: HarperCollins Publisher, Inc.
- Lindsay, D. M., Horton, J. F., & Paley, R. D. (2002). Trunk motion of male professional golfers using two different golf clubs. *Journal of Applied Biomechanics*, 18, 366-373.
- Mann, R., & Griffin, F. (1998). *Swing like a Pro*. New York, NY: Broadway Books.
- McCarroll, J., & Mallon, W. (1994). *Epidemiology of golf injuries*. In C. Stover, J. McCarroll, & W. Mallon(Eds). Feeling up to par, medicine from tee to green(pp.9-13). Philadelphia, PA: F. A. Davis.
- Mitchell, K., Banks, S., Morgan, D., & Sugaya, H. (2003). Shoulder motions during the golf swing in male amateur golfers. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 33(4), 196-203.
- Nicklaus, J. (1974). *Golf My Way*. New York, NY: Fireside.
- Ohlhoff, A., & Richter, P. H. (2000). Forces in the double pendulum. *Journal of Applied Mathematics and Mechanics*, 80(8), 517-534.
- PGA of America. (1990). *PGA Teaching Manual*. Palm Beach Gardens, FL: PGA of America.
- Smith, R. (1998). *How to Find Your Perfect Golf Swing*. New York, NY: Broadway Books.
- Sprigings, E. J., & Neal, R. J. (2000). An insight into the importance of wrist torque in driving the golf ball: a simulation study. *Journal of Applied Biomechanics*, 16, 356-366.
- Theriault, G., & Lachance, P. (1998). Golf injuries: an overview. *Sports Medicine*, 26(1), 43-57.
- Williams, D. (1967). The dynamics of the golf swing. *Quarterly Journal of Mechanics and Applied Mathematics*, 20(2), 247-264.
- Zhou, Z., & Whiteman, C. (1996). Motions of a double pendulum. *Nonlinear Analysis, Theory & Application*, 26(7), 1177-1191.
- Zumerchik, J. (2002). *Newton on the tee: a good walk though the science of golf*. New York, NY: Simon & Schuster.

투 고 일 : 10월 30일

심 사 일 : 11월 20일

심사완료일 : 12월 17일