Korean Journal of Sport Biomechanics
Vol. 20, No. 4, December 2010, 487-495

ISSN 1226-2226(Print), ISSN 2093-9752(Online)
DOI: 10.5103/KJSB.2010.20.4.487
http://www.kssb.or.kr

남자 프로골퍼의 드라이버와 아이언 스윙 시 X-factor Stretch에 관한 비교 분석

박태진[1] · 서국은[2]
[1]부산대학교 대학원 체육학과 · [2]부산대학교 스포츠과학부

A Comparative Analysis of X-factor Stretch between Driver and Iron Swing in Male Professional Golfers

Tae-Jin Park[1] · Kook-Eun Seo[2]
[1]*Department of Physcial Education, Graduate of School, Pusan National University, Busan, Korea*
[2]*Division of Sport Science, Busan National University, Busan, Korea*

Received 29 July 2010; Received in revised from 24 August 2010; Accepted 28 December 2010

ABSTRACT

The purpose of this study was conducted to make a comparative biomechanical analysis of X-factor and X-factor stretch during driver and iron swing. The subjects were composed of 10 professional golfers with more than 10 years career. The result was as follows: First, the analysis of the back swing with driver and iron swing showed no differences statistically between both the timing in horizontal rotating of shoulder and hip, the time required for X-factor stretch also showed no differences statistically. Second, the back swing with a driver swing showed more maximum horizontal rotation of shoulder and hip joint than the back swing with an iron swing, but the twist of shoulder and hip that was X-factor stretch angle showed no difference. Third, the GRF of the max value for the left and right foot during shoulder and hip horizontal rotation of back swing showed no differences statistically in the movement of driver and iron swing during the back swing, and the GRF of X-factor stretch for the left and right foot showed no differences statistically in driver and iron swing. Therefore the result of this research showed that the operation of torso(X-factor stretch) and weight shifting were similar although the horizontal rotation of body was different during the driver and iron swing.

Keywords : Golf, Stretch-shorten Cycle, X-factor, X-factor Stretch, Distance

Ⅰ. 서 론

현대 과학의 발전과 함께 끊임없이 골프기술의 향상이 이루어지고 있다. 새로운 소재의 사용, 과학적 설계, 길이의 변화, 다양한 종류의 클럽 등 비거리를 늘이기 위한 다양한 운동역학적, 운동학적 분석이 이루어지고 있다(Farrally et al., 2003; Hume, Keogh & Reid, 2005).

현대적인 골프스윙은 어깨의 회전을 크게, 힙의 회전을 적게 하여 하체를 고정시킴으로서 정확하게 임팩트 되는 기회를 증가시키는데 있다(Gluck, Bendo와 Spivak, 2008). 이처럼 현대의 골프 티칭이론은 다운스윙 시 운동량을 증가시키기 위하여 백스윙 동안 상체와 힙 회전의 저항력을 크게 형성시키는 몸통의 꼬임(torso coiling)을 강조하고 있으며(Myers et al, 2008), 몸통에 관한 근전도 연구에서 골프스윙 시 몸통근육에 포함된 척주 기립근(erector spinae), 복사근(abdominal obliques), 복직근(rectus abdominis), 광배근(latissimus dorsi), 둔근(gluteals)등이 백스윙 동안 활용되어지는 것을 입증하고 있다(Horton, Lindsay, & Macintosh, 2001; Pink, Perry & Jobe, 1993; Watkins, Uppal, Perry, Pink, & Dinsay, 1996). 이러한 근활동은 임팩트 시 빠른 클럽헤드 스피드와 파워로 전이되는 것을 강조한다(Andrisani, 2005).

Corresponding Author : Kook-Eun Seo
Division of Sport Science, Busan National University,
30 Jangjeon-dong, Busan, Korea
Tel : +82-51-510-7446 / Fax : +82-51-510-3746
E-mail : seo5090@pusan.ac.kr
이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

클럽헤드 스피드를 증가시키는 주요 요인은 다리, 허리, 몸통, 어깨, 그립, 클럽헤드 순서대로 각 부위가 순차적으로 움직이는 동작의 전이, 하체 및 회전축의 고정에 의한 정확성과 일관성의 확립, 그리고 백스윙 시 어깨와 힙의 각도차를 크게 하여 회전을 일으킴으로써 힘의 축적에 의한 큰 탄성에너지를 발생 시키는 것이다(Lindsay & Horton, 2002, McTeigue, Lamb, Mottran & Pirozzlo, 1994; Okuda, Armstrong, Tsunezumi & Yoshiike, 2002). 이때 인체의 회전축을 토대로 상체와 하체의 회전량을 유기적으로 유지하여 타이밍이 잘 이루어질 때 최대의 효과를 나타낼 수 있다(소재무,2002; 이경옥, 소재무, 2004).

골프 스윙 시 X-factor는 백스윙 탑에서 어깨와 힙 회전의 형태가 'X'자로 이루어지는 것을 의미하며 이는 Golf Magazine에 'wind the gap'이라는 기사를 통하여 McLean(1992)이 처음 소개하였다(장재관, 2005b). 이후 비거리에 중대한 영향을 미치는 X-factor에 대한 연구들이 다양하게 진행되었다(권선옥, 이기광, 2005; 김용석, 2010; 김진철, 2006; 손원일, 2008; 이기광, 남기정, 2005; 장재관, 2005a, 2005b, Cole & Grimshaw, 2009; Healy et al., 2009; Myers et al., 2008).

McLean과 Andrisani(1997)는 백스윙과 다운스윙 전환 구간에서 어깨와 힙 사이에 일어나는 회전방향이 다른 것을 발견하고 상체와 하체의 꼬임을 증대시키는 'X-factor stretch(segment separation)'이론(Burden, Grimshaw, & Wallace, 1998)을 내세웠다. Kostis와 Midland(2006)는 'X-factor stretch'를 "25야드 더 보낼 수 있는 비밀의 힘(secret power)"으로 표현하면서 다운스윙 직전의 상체와 힙 회전의 중요성을 강조하였다.

새로운 X-factor stretch 이론은 과거의 X-factor와 마찬가지로 체중이동과 회전에 초점을 두고 있으며 백스윙 탑에서 이루어지는 어깨와 힙 수평회전 차이 정도가 중요한 것이 아니라 백스윙과 다운스윙 전환 구간에서 일어나는 어깨와 힙 수평회전의 차이가 중요한 요소로 작용한다(McLean & Andrisani, 1997).

'X-factor stretch' 이론은 백스윙 시 어깨와 힙이 분리되면서 일어나는 현상으로 생체역학적인 관점에서 볼 때, 근육이 신장성 수축을 하기 전에 활성화되어 단축성 효과를 향상시키는 신장성-단축성 운동(stretch-shortening movement)으로 분류할 수 있으며(Fletcher & Hartwell, 2004), 백스윙 동안 상체와 힙의 분리는 몸통에 탄성에너지를 비축하여 다운스윙 시 클럽 헤드의 속력을 증대시키는 중요한 역할을 한다(Burden et al., 1998; Horton et al., 2001; Myers et al., 2008). 즉, 적절한 하체의 회전으로 상체의 회전 부하를 증가시켜 다운스윙 시의 에너지 효율을 높일 수 있다는 것이다.

그러나 골프 스윙 시 어드레스 시점에서 백스윙이 시작될 때 상체회전에 의해 힙 회전이 일어남으로(McTeigue et al, 1994) 백스윙 동안 몸통의 꼬임을 크게 하기 위하여 어깨회전을 과도하게 많이 회전시키면 어깨와 등의 근육이 지나치게 신장되어 다운스윙에서 SSC(stretch-shortening cycle) 효과를 저감시킬 위험이 있으며, 팔을 과도하게 사용하여 분절의 순차적인 움직임을 무너뜨려 스윙 궤도 및 타이밍을 놓칠 가능성이 높아진다(Leadbetter & Smith, 2006).

몸통의 회전에 관한 연구에서 남자 프로골퍼와 여자 프로골퍼 비교 시 유연성 차이에 의해 여성이 남성보다 어깨 수평회전과 힙 수평회전이 더 큰 것으로 나타났으나, 남성이 여성보다 몸통꼬임, 즉 X-factor stretch가 더 큰 것으로 보고되었다(Egret, Nicolle, Dujardin Weber, & Chollet, 2006; Zheng, Barrentine, Fleisig, & Andrews, 2008). 따라서 백스윙 탑에서 어깨의 수평회전을 크게 하는 것보다 어깨와 힙의 꼬임을 크게 하는 것이 중요하다(Hume et al., 2005). 또한, 몸통의 꼬임은 등과 어깨 근육의 유연성과 관절의 가동범위에 따라 달라져야 하며(Egret et al., 2006), 정확성과 거리를 고려하여 클럽의 사용 용도가 달라져야 할 것이다.

골프 경기는 코스의 상태, 홀과의 거리 등으로 인하여 상황마다 다르게 일어나므로 상황에 따라 드라이버로 티샷을 할 때는 다음 샷을 고려하여 핀(pin) 공략에 유리한 지점으로 공을 보내야 함으로 충분한 거리를 확보해야 하지만 핀에 가까이 공을 보내기 위한 아이언 샷에서는 비거리 보다는 정확성을 고려하여 공략해야 한다(김갑선, 2008).

이와 같이 목적이 다른 골프스윙은 어드레스 시 클럽헤드의 로프트 각도(loft angle)와 라이(lie) 차이에 의해 자세가 달라질 수 있으며, 스윙의 패턴에 따라 체중의 이동 크기가 달라지고(박진, 2005), 클럽의 길이에 의해 스윙의 폭이 달라질 수 있다(PGA of America, 1990).

따라서 백스윙과 다운스윙 전환 구간에서 대부분의 파워가 발생되는 몸통의 회전 즉, 몸통의 꼬임 시 작용하는 X-factor stretch를 거리와 정확성을 고려한 클럽의 사용 용도에 따라 비교 분석할 필요성이 있다.

Ⅱ. 연구 방법

본 연구는 골프 스윙 동작 시 작용하는 X-facotr stretch를 클럽의 사용 용도에 따라 나타나는 운동학적, 운동역학적 특성을 규명하기 위해 동작분석과 지면반력분석을 실시하였다. 이를 위한 연구 방법으로 연구 대상자, 실험 장비, 실험 절차, 자료분석 그리고 통계처리 내용은 다음과 같다.

1. 연구 대상자

본 연구에 참여한 연구 대상자들은 국내에서 프로골퍼로 활동 중이며 골프를 시작한지 약 10년 이상의 구력을 가진 신체

건강한 남자프로골퍼 10명을 대상으로 하였다. 연구 대상자들은 과거에 부상을 경험하지 않았으며 실험 전 실험의 목적과 방법을 설명하고 신체적 특징을 측정한 후 충분한 워밍업(warming-up)을 실시하였다. 본 실험에 참여한 연구 대상자의 신체적 특징은 <Table 1>과 같다.

Table 1. General characteristics of the subjects

Subjects	Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)	Career (year)
1	39	170	72	22
2	35	174	71	11
3	30	176	70	11
4	29	176	77	13
5	32	174	73	12
6	26	174	65	12
7	34	179	86	12
8	28	179	70	12
9	29	175	64	11
10	30	175	75	16
Mean±S.D	31.20±3.85	175.20±2.62	72.30±6.25	13.20±3.43

2. 실험 장비

본 연구에 사용된 동작분석 장비는 Kwon3D 3.1을 사용하여 드라이브와 아이언의 스윙 동작을 분석하였으며, 스윙 시 AMTI MSA-6MiniAmp(USA)를 사용하여 지면반력 데이터를 수집하였다. 실험에 사용된 장비의 세부 항목은 <Table 2>와 같다.

Table 2. The list of experimental equipment

Equipment	Model	Manufacturer
motion analysis S/W	Kwon3D 3.1	Visol (Korea)
digital video camera	Sony VX2100	Sony (Japan)
control object		custom made
synchronizer	VSAD-CB	Visol (Korea)
GRF analysis S/W	KwonGRF 2.0	Visol (Korea)
force platform	4060A(40x60cm)	AMTI (USA)
force platform amplifier	AMTI MSA-6MiniAmp	AMTI (USA)
driver	Titleist 970 D2	Titleist (USA)
Iron(7)	Titleist AP2	Titleist (USA)

3. 실험 절차

연구대상자가 골프스윙을 완전하고 안전하게 수행할 수 있는 공간을 확보한 다음 전방 약 5 m 지점에 안전망을 설치하고 스윙 시 좌우 양 발이 놓이는 곳에 각각 한 개의 지면반력기를 배치하기 위한 고정대를 설치하였다. 공간좌표는 연구대상자의 오른쪽 뒤를 원점(0, 0, 0)으로 하고 연구대상자의 정면을 x 축, 골프공이 날아가는 방향을 y 축, 지면과 수직인 축을 z 축으로 설정하였다(Figure 1).

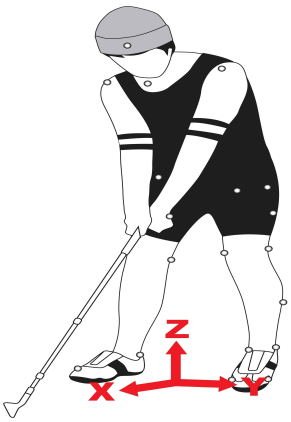

Figure 1. The global coordinate system

그리고 랜드마크(landmark) 관찰이 용이한 6곳에 비디오카메라를 설치한 다음 각 카메라 영상의 배경은 검은색 천으로 검게 처리하였다. 비디오카메라를 수동초점, 셔트스피드 우선모드, 셔트속도 1/1,500 초로 세팅하고 통제점틀을 약 10초 간 동시에 촬영 하였다.

Table 3. The location of landmarks

No	Name	No	Name
1	right toe	19	left lateral thigh
2	right heel	20	left greater trochanter
3	right lateral malleolus	21	left ASIS
4	right medial malleolus	22	right hand
5	right lateral shank	23	right wrist
6	right lateral condyle	24	right elbow
7	right medial condyle	25	right shoulder
8	right lateral thigh	26	left hand
9	right greater trochanter	27	left wrist
10	right ASIS	28	left elbow
11	sacrum	29	left shoulder
12	left toe	30	chin
13	left heel	31	vertex
14	left lateral malleolus	32	occiput
15	left medial malleolus	33	club 1
16	left lateral shank	34	club 2
17	left lateral condyle	35	club 3
18	left medial condyle		

연구 대상자들에게 검은색 타이즈를 착용시키고 <Table 3>과 같이 랜드 마크를 부착하였으며, 체중과 기본자세 촬영이 끝난 연구 대상자는 시작이라는 구령에 따라 다시 두 지면반력기에 양 발을 둔 자세로 올라가 세팅된 고무 티 위의 골프공을 전방에 설치된 보호망을 향하여 치게 하였다. 첫 번째 스윙을 마친 연구대상자는 지면반력기로부터 물러났다가 약 1분 후 다시 동일한 방법으로 두 번째 티샷을 하는 방법으로 실험을 진행하였다. 각 연구대상자가 동일한 과정을 10회 반복하는 동안 지면반력 시스템으로 데이터를 수집, 컴퓨터에 보관하고 비디오카메라를 연속으로 작동시켜 실험 전 과정을 촬영하였으며, 드라이버와 아이언 스윙 각각 10회 중 임팩트 시 클럽헤드 속력이 가장 빠른 스윙을 선택하여 분석을 실시하였다.

4. 자료 분석

본 연구에서 사용된 이벤트는 클럽헤드가 공과 분리되어 뒤로 움직이기 시작하는 순간을 어드레스(AD), 백스윙 중 클럽헤드가 최대로 회전하여 다운스윙으로 전환하기 직전의 멈춘 순간을 백스윙 탑(BT)으로 설정하였으며, 어드레스에서 백스윙 탑 사이를 백스윙(BS) 구간으로 설정하여 자료를 분석하였다(Figure 2).

본 연구에서 영상분석 시 관절점과 인체모형은 <Table 3>과 같이 35개의 점에 의해 연결된 강체로 정의하고, Visol 사의 Kwon3D 3.0으로 자료를 분석하였으며, Sampling rate는 60 Hz Full pre & post interpolation을 사용하였다. 차단주파수는 6 Hz Butterworth low pass filter를 사용하여 자료를 filtering 하였으며, DLT기법을 이용하여 3차원 좌표를 구성하였다.

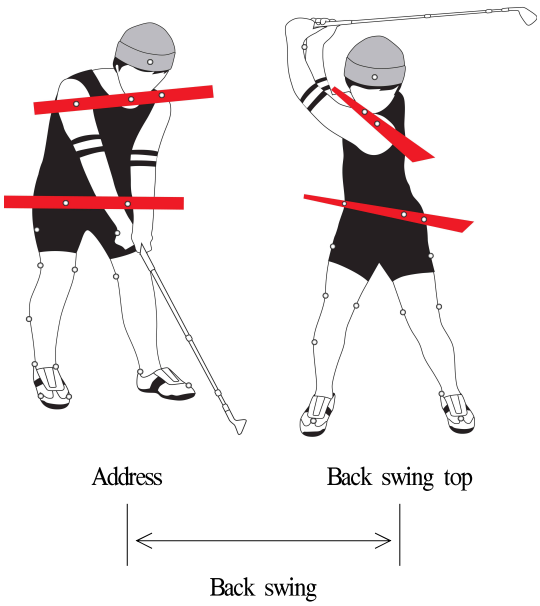

Figure 2. Definitions of the events and phases

지면반력 분석은 지면반력 데이터의 전기적, 기계적 노이즈를 제거하기 위하여 1,080 Hz로 샘플링한 지면반력 데이터를 low pass FFT(fast fourier transform) filter를 사용하여 노이즈를 제거하였다. 필터의 차단 주파수는 Yu, Gabiel, Noble, & An(1999)의 샘플링 주파수를 이용한 인체움직임에 관한 필터 최적 차단 주파수 회귀방정식 $f_c = 0.071f_s - 0.00003f_s^2$에 따라 41.688 Hz를 산출하여 적용하였다.

지면반력 각 성분을 프로골퍼의 체중으로 나누어 표준화한 BW(body weight = ground reaction force(N) / weight(N))를 사용하여 비교하였다.

5. 통계처리

본 연구에서 드라이버와 7번 아이언 스윙 시 여러 가지 운동학적 변인과 운동역학적 변인을 검증하기 위하여 SPSS 14.0 통계 프로그램의 *paired t-test*를 실시하였으며, 통계적 유의수준은 $p<.05$로 설정하였다.

Ⅲ. 결 과

1. X-factor stretch 시간

드라이버와 아이언 스윙 시 X-factor stretch가 일어나는 시간은 <Table 4>와 같으며, <Table 4>의 X-factor stretch 작용시간은 힙 수평회전각이 최대로 이루어지는 시점을 기준으로 어깨 수평회전각이 최대를 이루는 시점까지 소요된 시간을 의미한다.

Table 4. The beginning time of X-factor stretch and backswing top (unit: sec)

	Drive	Iron	*t-value*
beginning time of shoulder max. rotation during BS	0.84±0.11	0.87±0.14	-1.148
beginning time of hip max. rotation during BS	0.75±0.11	0.78±0.13	-1.722
X-factor stretch	0.09±0.02 (10.15%)	0.08±0.03 (8.68%)	1.190
beginning time of club head by BT	0.93±0.11	0.95±0.13	-1.004

* $p<.05$, ** $p<.01$

어깨 수평회전이 최대가 이루어지는 시점은 드라이버 스윙 시 0.84±0.11 초로 백스윙 탑이 이루어지기 0.08±0.02 초 전에 일어난 것으로 나타났으며, 아이언 스윙 시에는 0.87±0.14 초로 백스윙 탑이 이루어지기 0.06±0.02 초 전에 이루어진 것으로 나타났으며 통계적으로 유의한 차이($p>.05$)가 없는 것으로 나타났다(Figure 3).

힙 수평회전이 최대가 이루어지는 시점은 드라이버 스윙 시

0.75±0.11 초로, 백스윙 탑이 이루어지기 0.17±0.02 초 전에 일어난 것으로 나타났다. 그리고 아이언 스윙 시에는 0.78±0.13 초로 백스윙 탑이 이루어지기 0.14±0.03 초 전에 이루어진 것으로 나타났으며 통계적으로 유의한 차이(p>.05)가 없는 것으로 나타났다(Figure 3).

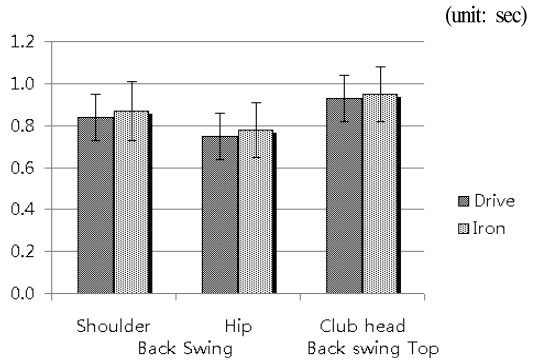

Figure 3. The beginning time of back swing and back swing top

또한 X-factor stretch 시 작용시간은 드라이버 0.09±0.02 초와 아이언 스윙 0.08±0.03 초로 유사하게 이루어지는 것으로 나타났다. X-factor stretch가 작용되는 소요시간은 드라이버와 아이언 스윙 각각 0.09±0.02 초, 0.08±0.03 초로 통계적으로 유의한 차이(p>.05)가 없는 것으로 나타났으며, 백스윙 소요시간에 드라이버와 아이언 스윙 시 각각 10.15%, 8.68%를 차지하는 것으로 나타났다(Figure 4).

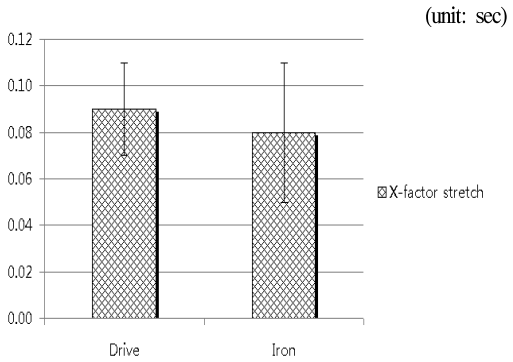

Figure 4. The beginning time of X-factor stretch

2. X-factor stretch 각

드라이버와 아이언 스윙 시 백스윙 탑에서 어깨와 힙이 이루는 X-factor의 각과 백스윙 구간에서 이루어지는 어깨 최대수평회전각과 힙 최대 수평회전각이 이루는 X-factor stretch 각은 <Table 5>와 같으며, <Table 5>의 X-factor와 X-factor stretch 각은 좌·우 관절을 연결하는 직선과 y 축이 이루는 각을 z 축에서 관찰한 각 분절 정렬각도로 '-'는 좌·우 관절을 연결하는 직선이 목표 반대 방향, '+'는 좌·우 관절을 연결하는 직선이 목표 방향으로 회전하고 있을 때를 의미한다.

어깨 최대수평회전각과 힙 최대수평회전각은 드라이버와 아이언 모두 백스윙 탑이 이루어지기전 백스윙 구간 중에 가장 크게 나타났으며 백스윙 구간에서의 어깨 최대수평회전각은 드라이버와 아이언 각각 -99.49±7.29°, -96.06±6.41°, 힙 최대수평회전각은 -48.67±4.29°, -45.26±6.12°로 두 각 모두 통계적으로 차이(p=.034, p=.006)가 있는 것으로 나타났다. 그러나 X-factor stretch 중에 어깨와 힙이 이루는 각은 드라이버와 아이언 각각 50.82±5.68°, 50.80±6.20°로 통계적으로 유의한 차이(p>.05)가 없는 것으로 나타났다(Figure 5).

Table 5. The max value of shoulder and hip horizontal rotation angle and X-factor stretch angle

(unit: : deg)

	Drive	Iron	*t-value*
Max value of shoulder rotation angle by BS	-99.49 ±7.29	-96.06 ±6.41	-2.625*
Max value of hip rotation angle by BS	-48.67 ±4.29	-45.26 ±6.12	-3.864**
Total(X-factor stretch)	50.82 ±5.68	50.80 ±6.20	-.009
Rotation angle of shoulder by BT	-96.58 ±6.59	-95.80 ±7.96	-.470
Rotation angle of hip by BT	-37.24 ±6.59	-36.67 ±7.41	-.565
Total(X-factor)	59.34 ±7.62	59.13 ±8.80	.137

* p<.05, ** p<.01

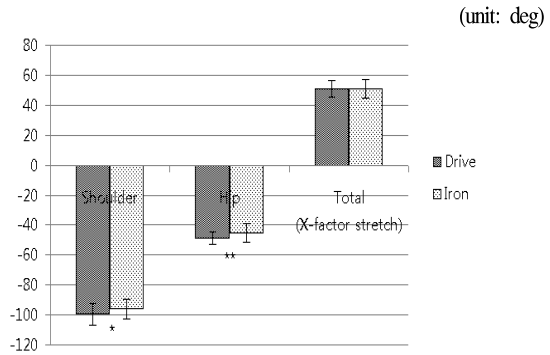

Figure 5. The max value of shoulder and hip rotation angle by back swing

드라이버와 아이언 스윙 간 비교 시 백스윙 탑에서 어깨 수평회전각은 각각 -96.58±6.59°, -95.80±7.96°, 힙 수평회전각은 각각 -37.24±6.59°, -36.67±7.41°로 어깨와 힙 수평회전각 모두 드라이버와 아이언 스윙에서 통계적으로 유의한 차이(p>.05)가 없는 것으로 나타났다. 그리고 백스윙 탑에서도 어깨와 힙이 이루는 X-factor 각 또한 드라이버와 아이언 스윙 시 각각 59.34±7.62°, 59.13±8.80°로 유의한 차이(p>.05)가 없는 것으로 나타났다(Figure 6).

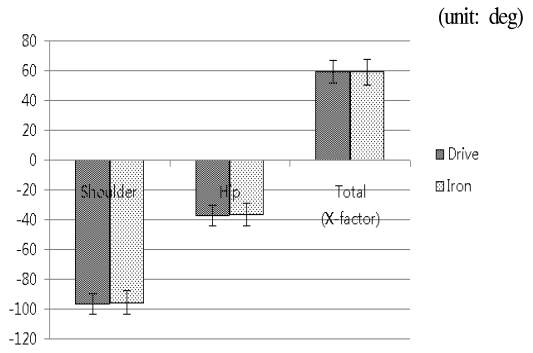

Figure 6. The value of shoulder and hip rotation angle by back swing top

3. X-factor stretch 시 좌우 지면반력

드라이버와 아이언 스윙 시 어깨 최대수평회전 시점과 힙 최대 수평회전 시점 시 왼 발과 오른 발의 GRF(ground reaction force) 값은 <Table 6>과 같다.

Table 6. The value of left and right GRF during X-factor stretch (unit: BW)

	left		*t-value*	right		*t-value*
	Drive	Iron		Drive	Iron	
GRF of max value during shoulder rotation of BS	0.31 ±0.13	0.33 ±0.16	-1.259	0.65 ±0.14	0.62 ±0.16	1.222
GRF of max value during hip rotation of BS	0.29 ±0.12	0.32 ±0.16	-1.451	0.67 ±0.12	0.65 ±0.15	1.150

* p<.05, ** p<.01

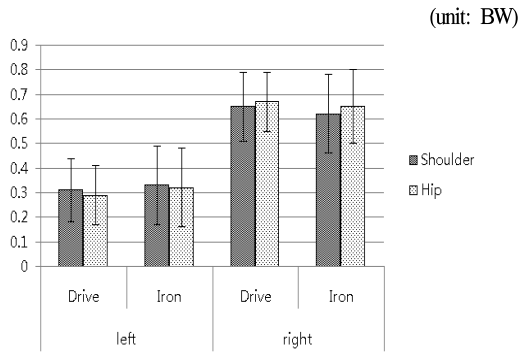

Figure 7. GRF of max value during shoulder and hip rotation of back swing

드라이버와 아이언 스윙 간 비교 시 백스윙 구간에서 어깨 수평회전이 최대 각을 이룰 때 왼 발 GRF는 드라이버와 아이언 스윙 각각 0.31±0.13 BW, 0.33±0.16 BW, 오른 발 GRF는 드라이버와 아이언 스윙 각각 0.65±0.14 BW, 0.62±0.16 BW로 통계적으로 유의한 차이(p>.05)가 없는 것으로 나타났다(Figure 7).

백스윙 구간에서 힙 수평회전이 최대 각을 이룰 때 왼 발 GRF는 드라이버와 아이언 스윙 각각 0.29±0.12 BW, 0.32±0.16 BW로 통계적으로 유의한 차이(p>.05)가 없는 것으로 나타났으며, 오른 발 GRF는 드라이버와 아이언 스윙 각각 0.67±0.12 BW, 0.65±0.15 BW로 통계적으로 유의한 차이(p>.05)가 없는 것으로 나타났다(Figure 7).

Ⅳ. 논 의

드라이버와 아이언 스윙 시 클럽헤드가 백스윙 탑을 이루기 전에 몸통은 다운스윙이 이루어진다(Andrisani, 2005; Leadbetter & Smith, 2006). 그러므로 백스윙 탑은 어깨와 힙 수평회전이 목표방향으로 회전되어지고 난 후 시점이기 때문에 백스윙 탑에서의 어깨와 힙 회전축이 동일하므로 몸통의 꼬임과는 연관성이 없으며, 백스윙 동안 어깨와 힙의 수평회전이 얼마나 회전되어졌는지를 알 수 없다.

따라서 백스윙 시 어깨와 힙의 수평회전이 최대가 이루어지는 시점 분석 결과 드라이버와 아이언 스윙 모두 힙 최대수평회전이 먼저 일어난 다음 어깨 최대수평회전이 일어나며, 드라이버와 아이언 스윙 비교 시 통계적으로 유의한 차이(p>.05)가 없는 것으로 나타났다.

이와 같은 결과 어깨와 힙 사이에 회전축이 다른 방향으로 작용하는 X-factor stretch가 드라이버와 아이언 스윙 모두 작용하고 있음을 의미하며, 클럽의 사용 용도에 상관없이 X-factor stretch는 유사하게 일어나는 것을 의미한다. 따라서 프로 골퍼들의 스윙동작은 백스윙 탑과 다운스윙 사이에 클럽이 잠시 멈춘 것처럼 보지만 이는 백스윙과 다운스윙의 방향전환에 의한 현상으로 클럽이 멈추고 있는 동안에도 힙은 드라이버와 아이언 스윙 모두 목표방향으로 수평회전을 일으키면서 X-factor stretch 작용을 발생 시키는 것으로 판단되며, 골프 교습서에서의 교습방법 중 백스윙 탑에서 잠시 멈추라는 교습방법은 근육의 신장성-단축성 운동 관점에서 보았을 때 과학적인 지도방법이 아니라는 것을 알 수 있다.

백스윙 구간에서의 어깨와 힙의 최대수평회전각을 분석한 결과 어깨 최대수평회전각과 힙 최대수평회전각은 드라이버와 아이언 스윙 모두 백스윙 탑이 이루어지기전 백스윙 구간 중에 가장 크게 나타났으며, 백스윙 구간에서의 어깨 최대수평회전각과 힙 최대수평회전각은 드라이버와 아이언 스윙 간에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p=.034, p=.006). 이는 어깨와 힙의 회전각도에서 운동범위를 크게 함에 따라 비거리가 증가한다는 김진철(2006)의 연구 결과에서 설명하는 바와 유사함을 알 수 있다. 그러나 X-factor stretch 동안 어깨와 힙이 이루는 각은 드라이버와 아이언 스윙 간에 통계적으로 유의한 차이(p>.05)가 없는 것으로 나타났다.

이와 같은 결과 드라이버 스윙이 아이언 스윙에서보다 백스윙 시 회전은 많이 일어나지만 어깨와 힙의 꼬임은 유사한 것으로 보인다.

드라이버 스윙 시 어깨와 힙의 수평회전을 연구한 선행연구(Adlington, 1996; Burden et al., 1998; Zheng et al, 2008)에서 백스윙 탑을 이룰 때 어깨 수평회전은 78°-102°, 힙 수평회전은 47°-55°로 나타나 본 연구의 어깨수평회전은 선행연구들의 결과와 유사하게 나타났지만 힙 수평회전각은 작게 나타났다.

김갑선(2008)은 3번, 6번, 9번 아이언 스윙 비교 시 백스윙 탑에서 어깨 회전각도는 각각 96.4±5.56°, 96.5±7.50°, 95.6±6.79°, 힙 회전각도는 39.4±5.97°, 42.5±6.97°, 39.2±12.13°로 아이언 스윙 간에 차이가 없으며, 아이언 스윙 시 몸통 꼬임각 또한 아이언 스윙 간에 차이가 없는 것으로 보고하였으며, 본 연구의 7번 아이언 동작 시 어깨와 힙 수평회전각도와 유사한 결과로 나타났다.

McLean(1992)은 미국 PGA 비거리 랭킹 평균 19위 내에 속하는 장타자와 평균 161위 내에 속하는 단타자를 대상으로 X-factor를 비교한 결과 장타자에 속하는 프로골퍼의 백스윙 탑에서 X-factor 각은 약 42-48°, 단타자에 속하는 프로골퍼는 약 19-26°, 평균 비거리가 중간 수준에 속하는 프로골퍼는 약 38°라고 보고하였다. 또한 McTeigue et al.(1994)은 골프스윙 동안 힙과 척주의 동작분석이라는 제목으로 나이와 경력에 따른 X-factor를 알아보기 위하여 PGA 소속프로 51명, PGA 시니어 소속프로 46명, 핸디캡 17.5인 아마추어 골퍼를 대상으로 분석한 결과 PGA 소속프로는 백스윙 탑에서 어깨 회전각은 87°, 힙 회전각은 55°로 X-factor는 32°라고 보고하여 본 연구와 비교 시 어깨 회전각은 작게 힙 회전각은 크게 나타났다. 이는 두 선행연구 모두 어깨 회전각을 흉골로 정의하여 본 연구보다 작게 나타난 것으로 판단된다.

Cheetham, Martin, Mottram와 Laurent (2001)는 드라이버 스윙 동안 프로골퍼 그룹과 아마추어골퍼 그룹 비교 시 백스윙 탑에서 X-factor는 프로골퍼 그룹이 아마추어골퍼 그룹보다 11%, X-factor stretch는 19% 더 크게 나타나 X-factor stretch가 파워를 형성시키는 중요한 역할을 한다고 보고하였다.

그러나 본 연구의 결과 프로골퍼 그룹은 사용 용도가 다른 드라이버와 아이언 스윙 시 몸통의 꼬임 즉, X-factor stretch는 유사하게 작용하고 있는 것으로 나타나 아마추어골퍼에게는 X-factor stretch가 몸통에 탄성에너지를 비축하여 파워를 생성하기 위한 하나의 원리로 작용(Leadbetter & Smith, 2006)할 수 있지만, 프로 골퍼들에게는 드라이버 스윙이나 아이언 스윙에서 항상 작용되는 원리로 볼 수 있다.

클럽별 체중이동에 관한 연구에서는 Koenig, Tamres, & Mann(1994)은 클럽 별로 체중 이동형태가 달랐다고 보고하고 있으며, Cooper, Bates, Bedi, & Scheuchenzuber(1974), Barrentine, Fleisig, & Johnson(1994)은 드라이버의 경우 다른 채에 비해 다운스윙 중 왼 발이 가장 큰 수직력을 발휘하였다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서 몸 통 꼬임 즉, 힙 최대수평회전 시 오른 발 최대 GRF와 어깨 최대수평회전 시 왼 발 최대 GRF는 드라이버와 아이언 스윙 간에 통계학적으로 유의한 차이($p>.05$)가 없는 것으로 나타나 드라이버와 아이언 스윙 시 X-factor stretch 동작 중에 일어나는 체중이동은 유사한 것으로 판단된다.

따라서 골프스윙에서 백스윙은 다운스윙을 하기 위하여 클럽을 최적의 위치에 가져가는 것(Hay, 1985)으로 볼 수 있지만 백스윙은 클럽헤드를 타격에 필요한 가속도를 얻기 적절한 곳에 위치시켜 타격에 필요한 근육을 신장시키고, 다운스윙의 운동역학적 사슬(kinetic chain)에 맞게 인체분절과 관절구조를 정렬하는 것(Hume et al., 2005)으로 백스윙 동작에는 근육의 SSC 원리가 중요한 역할을 하며 드라이버와 아이언 스윙 모두 이러한 원리는 적용되는 것으로 판단된다.

V. 결 론

국내에서 프로골퍼로 활동 중인 10명을 선정하여 드라이버와 아이언 스윙 시 X-factor stretch 변인을 운동 역학적으로 비교 분석하여 얻은 결론은 다음과 같다.

첫 번째, 백스윙 구간에서 드라이버와 아이언 모두 어깨 최대 수평회전과 힙 최대 수평회전이 이루는 시점은 유사한 것으로 나타났으며, X-factor stretch 소요시간 또한 유사한 것으로 나타났다.

두 번째, 백스윙 구간에서 드라이버 동작이 아이언 동작에서보다 어깨와 힙 최대수평회전은 많이 일어나지만 어깨와 힙의 꼬임 즉 X-factor stretch 각은 유사한 것으로 나타났다.

마지막으로 백스윙 구간에서 어깨와 힙 수평회전이 최대 각을 이룰 때 왼 발과 오른 발 GRF는 드라이버와 아이언간에 통계적으로 유의한 차이($p>.05$)가 없는 것으로 나타나 X-factor stretch가 일어날 때 왼 발과 오른 발 GRF는 드라이버와 아이언 스윙 간에 동일한 것으로 나타났다.

지금까지 이루어진 X-factor와 X-factor stretch에 관한 대부분의 학술적 연구는 주로 드라이버 동작에 국한되어 이루어져 왔음에 따라 아이언 스윙 시 몸통의 움직임에 대한 정확한 자료가 부족하였다.

따라서 본 연구의 결과 드라이버와 아이언 스윙 시 백스윙 동안에 몸통의 회전 정도는 다르지만 몸통의 작용(X-factor stretch)은 동일 한 것을 알 수 있었다.

또한, 본 연구의 결과 이벤트를 클럽헤드의 움직임으로 기준 설정할 경우 순간을 의미하는 이벤트 데이터만 산출되어 몸의

움직임에 대한 패턴을 알기 힘들었다. 따라서 전체 패턴을 분석하는 새로운 분석법에 대한 연구가 요망된다.

참고문헌

권선옥, 이기광(2005). 성, 기술수준 및 클럽이 골프 스윙의 운동학적 요인에 미치는 영향. **한국운동역학회지**, 15(3), 79-94.

김갑선(2008). 우수 골퍼의 아이언 클럽 스윙동작에 대한 운동학적 분석. **한국운동역학회지**, 18(2), 85-94.

김용석(2010). **골프 드라이버 스윙 시 골반 움직임, Triple X-Factor 및 O-Factor 분석.** 미간행 박사학위논문. 건국대학교 대학원.

김진철(2006). **신체분절의 상반적 동작이 Golf Shot의 비거리와 정확도에 미치는 영향.** 미간행 박사학위논문. 전남대학교 대학원.

박진(2005). 골프스윙 방법에 따른 체중이동 패턴에 관한 연구: 숙련자와 비숙련자의 케이스 스터디(I). **한국운동역학회지**, 15(3), 31-49.

소재무(2002). 변덕스러운 골프스윙의 운동역학적 해법. 서울: 도서출판 홍경.

손원일(2008). 골프 드라이버 스윙에서 어드레스와 임팩트 동작의 운동학적 비교분석. **한국사회체육학회지**, 34, 1398-1404.

이기광, 남기정(2005). 골프 스윙에 있어서 기술수준이 운동학적 요인의 일관성에 미치는 영향. **한국체육학회지**, 44(6), 669-676.

이경옥, 소재무(2004). 골프 스윙 시 양발 간 지면반력의 관계. **한국여성체육학회지,** 44(6), 669-676.

장재관(2005a). 실질적인 X-Factor에 관한 고찰. **한국운동역학회지**, 15(3), 163-159.

장재관(2005b). X-Factor가 드라이버샷의 스피드에 주는 영향. **한국체육학회지**, 44(4), 431-438.

Adlington, G. S. (1996). Proper swing technique and biomechanics of golf. *Clinics in Sports Medicine*, 15, 9-25.

Andrisani, J.(2005). *Tiger's New Swing: An Analysis of Tiger Woods' New Swing Technique.* New York, NY: St. Martin's Press.

Barrentine, S. W., Fleisig, G. S., & Johnson, H. (1994). *Ground Reaction Force and Ttorques of Professional and Amateur Golfers.* In A. J. Cochran, M. R. Farrally(Eds). Science and Golf II, Proceedings of the World Scientific Congress of Golf, 33-39. Padstow, UK: E., & F. N. Spon.

Burden, A. M., Grimshaw, P. N., & Wallace, E. S.(1998). Hip and shoulder rotations during the golf swing in sub-10 handicap players. *Journal of Sports Sciences,* 16, 165-176.

Cheetham P. J., Martin P. E., Mottram R. E., & St. Laurent, B. F.(2001). *The importance of stretching the "X-factor" in the downswing of golf: the "X-factor Stretch". In: Optimizing Performance in golf. P. R. Thomas(Ed).* Australian Academic Press. 192-199.

Cole, P. H., & Grimshaw, P. N.(2009). The X-Factor and Its Relationship to Golfing Performance. *Journal of Quantitative Analysis in Sport*, 5, 1-9.

Cooper, J. M., Bates, J. M., Bedi, J., & Scheuchenzuber, J. (1974). *Kinematic and kinetic analysis of the golf swing.* Biomechanics, IV.

Egret, C. I., Nicolle, B., Dujardin, F. H., Weber, J., & Chollet, D.(2006). Kinematic analysis of the golf swing in men and women experienced golfers. *International Journal of Sports Medicine,* 27(6), 463-467.

Farrally, M. R., Cochran, A. J., Crews, D. J., Hurdzan, M. ., 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.

Fletcher, I. M., & Hartwell, M.(2004). Effect of an 8-week combined weights and plyometric training program on golf drive performance. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 18, 59-62.

Gluck, G. S., Bendo, J. A., & Spivak, J. M.(2008). The lumber spine and low back pain in golf: A Literature Review of Swing Mechanics and Injury Prevention. The *Spine Journal*, 8, 778-788.

Hay, J. G.(1985). *The Biomechanics of Sports Technique(2nd ed.).* Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Healy, A., Moran, K., Dickson, J., Hurley, C., Haahr, M., & O'Connor, N.E.(2009). *Analysis of the Joint Kinematics fo the 5 Iron Golf Swing.* In: ISBS 2009-27th International Society of Biomechanics in Sport Conference, 17-21. August, Limerick, Ireland.

Horton, J. F., Lindsay, D. M., & Macintosh, B. R.(2001). Abdominal muscle activation of elite male golfers with chronic low back pain. *Medicine and Science in Sports and Exercise,* 33, 1647-1654.

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.

Koenig, G., Tamres, M., & Mann, R. W.(1994). *The Biomechanics of the shoe-ground interaction in golf.* In A. J. Cochran, M. R. Farrally(Eds). Science and Golf II, Proceedings of the World Scientific Congress of Golf, 40-45. Padstow, UK: E., & F. N. Spon.

Kostis, P., & Midland, G.(2006). *The Secret of the New X-factor.* Golf Magazine.

Leadbetter, D., & Smith, S.(2006). *Leadbetter's Quick Tip: The Very Best Short Lessons to Fix any Part of your Game.* New York, NY: Doubleday.

Lindsay, D. M., & Horton, J. F.(2002). *Comparison of Spine Motion in Elite Golfers With and Without Low Back Pain.* Science and GolfⅣ: *P*roceedings of the World Scientific Congress of Golf. Eric Thain(Eds), Routledge, St. Andrews, Scotland. 77-87.

McLean, J.(1992). *Widen the gap.* Golf Magazine. 12, 49-53.

McLean, J., & Andrisani, J.(1997). *The X-factor Swing.* New York: HarperCollins Publishers, Ins.

McTeigue, M., Lamb, S. R., Mottram, R., & Pirozzolo, F.(1994). *Spine and Hip Mmotion Analysis during the Golf Swing.* In A. J. Cochran, M. R. Farrally(Eds). Science and Golf II, Proceedings of the World Scientific Congress of Golf, 50-58. Padstow, UK: E. & F.N. Spon.

Myers, J., Lephart, S., Tsai, y. s., Sell, T., Smoliga, J., & Jolly, J.(2008). The role of upper torso and pelvis rotation in driving performance during the golf swing. *Journal of Sports Science,* 26(2), 181-188.

Okuda, I., Armstrong, C. W., Tsunezumi, H., & Yoshiike, H. (2002). *Biomechanical Analysis of Professional Golfer's Swing: Hidemichi Tanaka.* Science and GolfⅣ: Proceedings of the World Scientific Congress of Golf. Eric Thain(Eds), Routledge, St. Andrews, Scotland. 18-27.

PGA of America.(1990). *PGA Teaching Manual.* Palm Beach Gardens, FL: PGA of America.

Pink, M., Perry, J., & Jobe, F. W.(1993). Electromyographic analysis of the trunk in golfers. *American Journal of Sports Medicine,* 21, 385-388.

Watkins, R. G., Uppal, G. S., Perry, J., Pink, M., & Dinsay, J. M.(1996). Dynamic electromyographic analysis of trunk musculature in professional golfers. *American Journal of Sports Medicine,* 24, 535-538.

Yu, B., Gabriel, D., Noble, L., & An, K. N.(1999). Estimate of the optimum cutoff frequency for the Butterworth low-pass digital filter. *Journal of Apply Biomechanics,* 15(3), 318-329.

Zheng, N., Barrentine, S. W., Fleisig, G. S., & Andrews, J. R.(2008). Swing Kinematics For Male and Female Pro Golfers. *International Journal of Medicine,* 29(12), 965-970.