

소프트 골프 스윙 시 스윙 패턴 분석

소하주¹, 유미², 광기영¹, 김성현⁴, 김남균⁵, 김동욱^{2,3}

¹전북대학교 대학원 헬스케어공학과
²전북대학교 공과대학 바이오메디컬공학부
³전북대학교 고령친화복지기기연구센터
⁴전북대학교 헬스케어기술개발사업단
⁵(주)식스티플러스

The Analysis of Swing Pattern during the Soft Golf Swing

H. J. So¹, M. Yu², K. Y. Kwak¹, S. H. Kim⁴, N. G. Kim⁵, D. W. Kim^{2,3}

¹Department of Healthcare Engineering, Chonbuk National University

²Division of Biomedical Engineering, Chonbuk National University

³Research Center of Healthcare & Welfare Instrument for the Aged, Chonbuk National University

⁴Center for Healthcare Technology Development

⁵Sixty Plus co.

(Received December 2, 2009. Accepted March 17, 2010)

Abstract

Soft Golf is a newly developed recreational sport in our research team aimed to become a safe and easy-to-learn sport for all ages. The advantage of Soft Golf stems from lighter weight of the club and much larger area of the sweet spot. The purpose of this study is to analyze ground reaction force(GRF) and joint angle during soft Golf club and regular golf club swing. The GRF of golf swing was recorded by 3-D motion analysis system and forceplate. The joint angle of golf swing was obtained from computer simulation model. The GRF and joint angle of golf swing are used to analysis of golf swing pattern. The pattern of GRF and joint angle during soft golf club swing was similar to that during regular golf club swing. This result means that soft golf club reduces the risk of injury and has an effect on similar entertainment of regular golf.

Key words : soft golf, swing pattern, ground reaction force, 3D motion analysis, joint angle

1. 서론

소득이 증가하고 사회적 인식이 변화함에 따라 골프가 대중적인 스포츠 활동 가운데 하나로 자리 잡는 추세를 보이고 있다. 그러나 기존의 골프 경기는 지나치게 무거운 골프 클럽 때문에 여러 가지 제약 요소를 지니고 있다. 무거운 클럽의 무게는 고령자나 어린이, 초보자의 스윙 동작을 어렵게 하는 요소로 작용하며, 스윙 도중에 사지의 관절이나 허리에 부상의 위험을 높이는 요소로 작용한다[1]. 이러한 골프의 문제점을 해결하기 위하여 2000년 김남균 교수 연구팀은 소프트 골프(Soft Golf)를 개발하였다. 소

프트 골프란, 고분자 재료로 만들어 표준 골프공보다 부드럽고 가벼운 골프공과 타격면을 격자 구조나 그물 구조로 만들어 가볍게 만든 골프 클럽을 이용하여 기존의 골프장 보다 작은 골프장에서 남녀노소 누구나 저렴한 비용으로 골프의 재미를 즐길 수 있도록 고안된 골프 게임이다[2]. 가벼워진 소프트 골프 용구로 동작분석의 실험을 통하여 스윙 시 인체에 부하를 덜어 부상의 감소효과가 있음을 분석하였다[3-4]. 그러나 중량을 줄인 소프트 골프가 기존의 골프와 유사한 레저 효과를 유도하는지에 관한 연구가 필요하다.

일반적으로 골프에 관한 연구 중 운동역학적 분석은 인체 관절에 부하되는 모멘트를 분석하는 것과 스윙 시 양 하지의 지면반발력과 관절각도를 분석하는 것으로 나뉜다. 인체 관절에 부하되는 모멘트를 분석하는 것은 골프 스윙 시 관절의 부하의 진행 형태를 예상할 수 있어 소프트 골프 용구의 사용으로 인한 부상의 감소효과 분석에 적합하며, 양 하지의 지면반발력과 관절각도를 분석하는 것은 스윙 패턴의 분석으로 기존의 골프용구와 유사한 레저 효

Corresponding Author : 김동욱

(561-756) 전북 전주시 덕진구 덕진동 1가 664-14

전북대학교 공과대학 바이오메디컬공학부

Tel : +82-63-270-4060 / Fax : +82-63-270-2247

E-mail : biomed@chonbuk.ac.kr

이 논문 또는 저서는 2009년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(지방연구중심대학육성사업/헬스케어기술개발사업단)

과를 유도하는지에 관한 분석 파라미터로 적합하다.

기존 골프 스윙 동작에서 지면반발력에 관련한 연구로 체중의 이동이 중요한 역할을 하고 있음이 Lee 등[5]과 Lee[6]에 의하여 고찰되었다. Jung 등[7]은 공을 멀리 정확히 보내기 위해서는 체중 이동에 따른 발과 지면 사이의 상호 작용의 양상이 중요하며, 그 결과는 볼의 이동 방향과 거리, 높이에 영향을 미치기 때문에 골프 스윙 시 적절한 체중 이동의 균형을 유지하는 것이 성공적인 골프 스윙을 하기 위해서 필수적이라는 제안을 하였다. 또한 Lee 등[8]은 골프 스윙 동작 시 체중 이동은 발과 지면 사이의 상호 작용에 의해 이루어지며, 이 상호 작용은 그 양상이 어떻게 전개되느냐에 따라 스윙의 패턴과 클럽의 궤도에 직접적으로 작용한다고 하였다. 이와 같이 인체의 움직임과 지면반발력 사이에는 상관관계가 존재하기 때문에 지면반발력과 인체의 움직임을 이용한 연구는 스포츠분야를 비롯하여 생체공학 과 같은 다양한 분야에서 진행되고 있다. 골프 스윙 동작 시의 지면반발력의 변화를 연구한 최근의 연구 내용은 지면반발력의 변화의 특성을 통하여 스윙 동작을 이해하는데 상당한 도움을 주고 있다[9].

기존 골프 스윙 동작에서 관절각도에 관한 연구로 Lim 등[10]은 드라이버와 아이언 클럽을 사용한 스윙 시 백스윙 끝에서 어깨와 힙, 클럽의 회전 각도에 관한 분석을 실시하였고, Cochran[11] 등은 각 분절과 관절의 회전각, 코킹(cocking, 백스윙 시 왼쪽 손목을 꺾어주는 동작으로서 비거리를 내는 중요한 요소)각의 크기 등의 상대적 움직임을 분석하였다. Milburn[12]은 다운스윙 시 손목의 회전각도와 어깨 관절의 회전 각범위, 손목각도 등을 연구하였으며, Dillman 등[13]은 다운스윙 시 손목 관절의 코킹과 언코킹이 클럽 헤드의 스피드에 미치는 영향을 연구하였다.

따라서 본 연구에서는 중량을 줄인 소프트 골프가 기존의 골프와 유사한 레저효과를 유도할 수 있는지에 관하여 소프트 골프와 기존 골프 클럽을 이용한 스윙 동작을 측정 한 후, 양 하지의 지면반

발력과 주요 관절 부위 각도를 통하여 스윙 패턴의 유사도를 비교·분석하였다.

II. 실험 방법

본 연구는 소프트 골프와 기존 골프 클럽을 이용한 스윙 동작에서 지면반발력과 주요 관절 부위의 각도 변화를 분석하기 위하여 그림 1에서처럼 지면반발력 및 동작 분석 측정 시스템을 구축하였다.

A. 소프트 골프 용구

본 실험에서 사용된 골프 용구는 그림 2와 같이 소프트 골프와 기존 골프 클럽으로 분류할 수 있다. 기존 골프 클럽은 일반적으로 연습용 클럽으로 많이 사용되는 아이언 7번 클럽으로, 헤드의 무게는 300g이고 샤프트를 포함한 클럽의 전체 무게는 402g이었다. 반면 소프트 골프용 클럽은 아연합금(Zn Alloy)으로 클럽 헤드를 제작한 아연 아이언 클럽을 대상으로 실험을 실시하였다. 소프트 골프용 클럽 헤드는 타격면을 제외한 외형을 가벼운 재질의 금속으로 제작하고 타격면은 테니스 라켓과 같이 격자 구조를 취하고 있다. 이와 같은 클럽 헤드는 헤드의 무게를 줄이는 결과를 나타내어 아연으로 제작한 클럽 헤드의 무게는 196.4g으로 기존 골프 클럽 헤드 무게의 65%이며, 샤프트를 포함한 클럽의 전체 무게는 285.4g 이다. 실험에 사용된 볼은 소프트 골프를 위한 볼로써, 볼의 크기와 형상은 기존의 골프 볼과 동일하지만, 무게는 기존 골프 공의 1/4로써 28g이고, 고분자 재료로 만들었다.

B. 실험 장치

스윙의 각 단계를 알아보기 위하여 3차원 고정밀 적외선 동작 분석기(Optotrak Certus, Northern Digital Inc., Canada)와 데이터 수집·분석 시스템(Motion Monitor, Innovative Sport Inc,

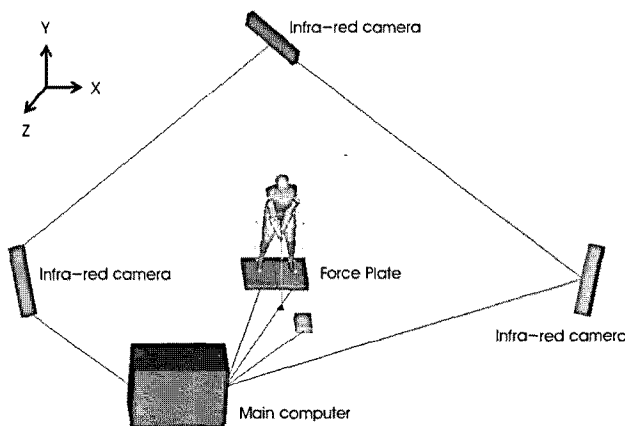


그림 1. 지면반발력 및 골프 동작 분석 시스템
Fig. 1. System for Ground Reaction Force and Golf Motion Analysis

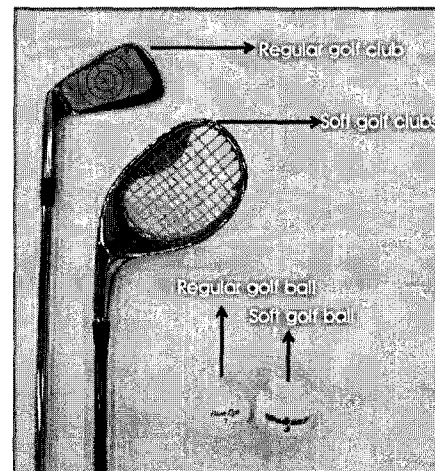


그림 2. 기존 골프 용구와 소프트 골프용 골프 용구
Fig. 2. Regular Golf Tool and Soft Golf Tool

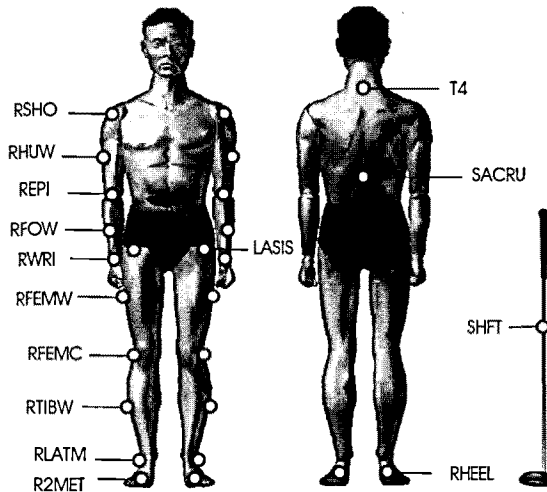


그림 3. 골프 스윙 동작 분석을 위한 마커 위치
 Fig. 3. Marker position for analysis of golf swing motion

USA)을 사용하였으며, 지면반발력을 알아보기 위한 2대의 힘판 (Forceplate, Bertec Co, USA)을 사용하였다. 동작 분석기는 100Hz, 힘판은 1000Hz로 신호를 수집하였다. 동작 분석 시스템과 2대의 힘판은 동조 상태로 동작 분석 시스템에서 수집한 스윙 동작에 관한 정보와 힘판에서 수집한 지면반발력에 관한 정보를 시간과 구간 별로 탐색 할 수 있도록 하였다.

3차원 동작 분석을 위하여 피험자의 신체에 27개의 마커를 부착하였다. 마커는 표 1과 그림 3 같이 동작 분석 시스템에서 제공하

는 Golf Single Marker Set을 기준으로 피험자의 신체에 부착하였으며, 그의 실험에 사용된 2개의 골프 클럽의 그립과 헤드 부분에도 마커를 부착하여 골프 클럽의 이동 형태에 대한 분석이 가능하도록 하였다.

C. 실험 대상

본 연구에서는 성인 남성 4명(54.25±5.12 year, 167.75±4.5cm, 72.15±11.91kg)을 대상으로 실험하였다. 실험에 참여한 피험자들은 신경학적인 질병이나 근·골격계에 관한 질병이 없었으며, 기존의 골프를 통한 골프 운동 경험은 있었지만 소프트 골프를 통한 골프 운동 경험은 없었다.

D. 실험 방법 및 절차

실험은 3차원 동작 분석 시스템과 힘판 등의 장비가 갖추어진 동작 분석 실험실에서 진행되었다. 동작 분석을 위한 방향 설정은 피험자의 정면을 Z축(anterior-posterior, 전후방향)으로, 스윙의 진행 방향을 X축(medial-lateral, 좌우방향)으로, 수직 상 방향을 Y축(vertical, 상하방향)으로 설정하였다. 실험 전에 피험자들에게 실험의 목적과 내용을 충분히 설명하였으며, 피험자의 동의 아래 실험을 진행하였다.

실험은 피험자의 신체에 마커를 부착한 상태에서 두 대의 힘판 위에 양발을 각각 올려놓고 기존의 골프 클럽과 아연 소재의 아이언 소프트 골프 클럽을 이용하여 스윙 하는 것으로 진행하였으며, 골프 클럽의 순서는 랜덤하게 하였고, 각 골프 클럽 당 5번의 스윙을 하였다.

표 1. 3차원 동작분석시스템 IRED 마커 부착 위치
 Table 1. IRED marker location of 3D motion analysis system

Abbreviation	Location	Abbreviation	Location
T4	Thoracic 4th	SACRU	Sarum
RSHO	Right Shoulder	LSHO	Left Shoulder
RHUW	Right Humeral wand	LHUW	Left Humeral wand
REPI	Right Epicondyle	LEPI	Left Epicondyle
RFOW	Right Forearm Wand	LFOW	Left Forearm Wand
RWRI	Right Wrist	LWRI	Left Wrist
RASIS	Right ASIS	LASIS	Left ASIS
RFEMC	Right Fem.Epicondyle	LFEMC	Left Fem.Epicondyle
RFEMW	Right Fem.Wand	LFEMW	Left Fem.Wand
RLATM	Right Malleolus	LLATM	Left Malleolus
RTIBW	Right Tibial Wand	LTIBW	Left Tibial Wand
R2MET	Right Metatarsal Head	L2MET	Left Metatarsal Head
RHEEL	Right Heel	LHEEL	Left Heel
SHFT	Golf Shaft Marker		

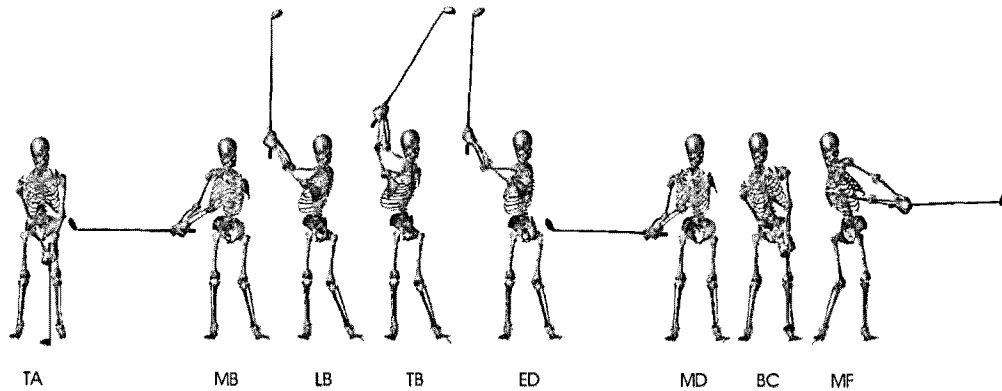


그림 4. 골프 스윙 이벤트
Fig. 4. Event of golf swing

E. 데이터 분석

3차원 동작 분석 시스템과 힘판은 동조상태에 있기 때문에, 스윙 동작의 단계 별 지면반발력을 분석하기 위하여 표1과 그림4와 같이 클럽의 움직임에 따라 8개의 이벤트를 설정[14]하여 각 이벤트에서의 지면반발력과 주요 관절 부위의 각도를 분석하였다. 양 하지에 대한 지면반발력을 따로 계산하기 위하여 좌우방향과 전후방향의 지면반발력은 이벤트 상태의 지면반발력에서 기립 상태의 지면반발력을 제거하여 획득하였으며, 상하방향의 지면반발력은 별도의 데이터 처리를 시행하지 않았다.

관절각도를 분석하기 위하여 3차원 동작 분석 시스템을 통하여 얻어진 Marker의 공간 좌표를 이용하여 컴퓨터 시뮬레이션 모델을 구축하였으며 이 모델을 이용하여 주요 관절 부위인 허리(Lumbar), 왼쪽 손목(Left Wrist), 오른쪽 손목(Right Wrist), 왼쪽 어깨(Left Shoulder), 오른쪽 어깨(Right Shoulder), 왼쪽 무릎(Left Knee), 오른쪽 무릎(Right Knee)의 데이터를 추출하였다. 인체 모델은 LifeMOD(Biomechanics Research Group, Inc., USA)를 통하여 시뮬레이션하였으며, 이에 대한 운동학적인 계산

은 ADAMS(MSC Software, Inc., USA)를 통하여 실시하였다.

통계분석은 SPSS 12.0 version을 이용하여, 소프트 골프와 기존 골프 클럽을 이용한 스윙에서 지면반발력과 관절각도 별로 paired-t test를 실시하여 기존 골프와 소프트 골프 클럽을 이용한 스윙 간의 유사성을 판단하였다. 통계적 유의성 검정을 위한 p값은 0.05 미만으로 하였고, 각 데이터 파라미터 분석에서 p 값이 0.05 이상이 될 때 기존골프와 소프트 골프 클럽간의 유사성이 높은 것으로 판단하였다.

III. 결과 및 고찰

본 연구에서는 기존의 골프 클럽과 소프트 골프 클럽(아연 아이언 클럽)을 이용한 스윙 동작 동안의 지면반발력과 주요 관절 부위의 각도 변화에 대하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

A. 소프트 골프 클럽을 이용한 스윙 시 지면반발력 분석

그림 5는 소프트 골프와 기존 골프 스윙 동작 시 양 하지에서의

표2. 골프 스윙 패턴 분석을 위한 스윙 이벤트 정의

Table 2. The definition of swing events for the analysis of golf swing pattern

Swing event	Definition
TA(Takeaway)	어드레스(address)자세에서 스윙을 시작하는 시점
MB(Mid-backswing)	하프-스윙(half-swing)으로 샤프트와 지면이 평행을 이루는 시점
LB(Late backswing)	하프-스윙과 백-스윙(back-swing) 사이에 샤프트와 지면이 수직을 이루는 시점
TB(Top backswing)	백-스윙에서 다운-스윙(down-swing)을 시작하는 시점
ED(Early downswing)	다운-스윙 도중에 샤프트와 지면이 수직을 이루는 시점
MD(Mid-downswing)	다운-스윙 도중에 샤프트와 지면이 평행을 이루는 시점
BC(Ball contact)	임팩트(impact) 시점
MF(Mid-follow-through)	피니시(finish) 동작 도중 샤프트와 지면이 평행을 이루는 시점

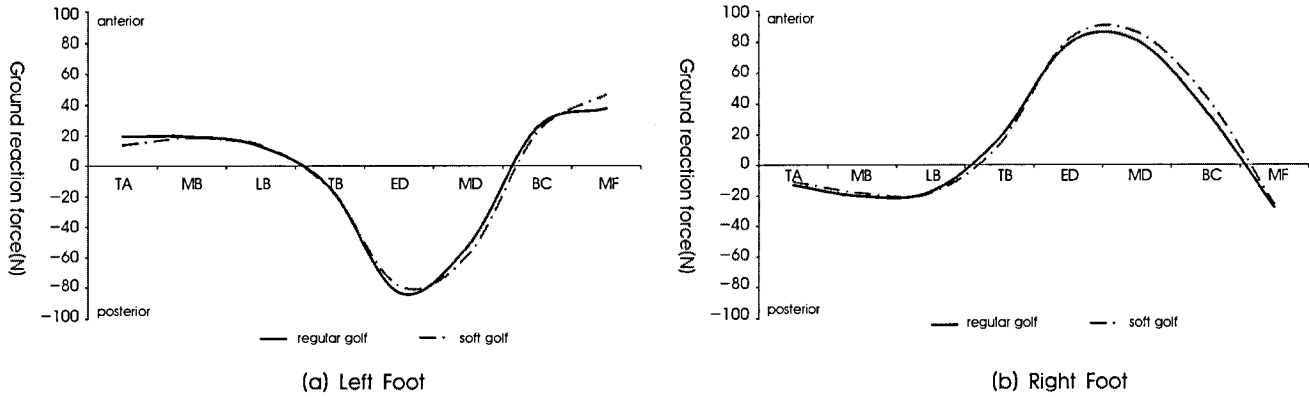


그림 5. 스윙 동작 동안 전후 방향의 지면반발력
 Fig. 5. Ground reaction force of anterior-posterior direction during golf swing

전후방향에 대한 지면반발력의 변이를 나타내었다. 전후방향의 지면반발력 변이는 하지의 회전 운동을 유추해 볼유추 있는 변인이다[9]. 왼발의 지면반발력은 TA부터 TB까지 전 방향에 위치하였으나 TB에서 후 방향으로 이동한 후 BC에서 다시 전 방향으로 이동을 보였다. 오른발의 지면반발력은 TA부터 TB까지 후 방향에 위치하고 있으나 TB에서 전 방향으로 이동한 후, MF에서 다시 후 방향으로 이동한다. 이처럼 양발의 지면반발력의 변이에 대한 정보로 TA와 TB사이에서 왼발은 전 방향, 오른발은 후 방향으로 이동하면서 상체와 클럽을 오른쪽으로 회전하며, TB과 MF에서 왼발은 후 방향, 오른발은 전 방향으로 이동하면서 상체와 클럽을 왼쪽으로 회전하고 있는 상태임을 유추할유추 있다. 어드레스 자세(TA)에서 왼발의 전 방향과 오른발의 후 방향에 위치하였던 체중

심이 TB에서 중앙으로 이동하여 오른쪽으로 회전한 상체를 지지하는 역할을 하는 것으로 고려되며, 왼쪽으로의 스윙(ED)부터 원심력이 발생되어 왼발의 후 방향과 오른발의 전 방향으로 체중심이 이동하는 것을 알유추 있다. 스윙이 진행됨에 따라 회전을 제어하기 위하여 양 하지에서는 체중심을 서로 반대로 이동시키게 되고, 왼발은 BC, 오른발은 MF에서 체중심이 다시 원위치로 이동한다. 이러한 양발의 전후방향 지면반발력의 변이의 형태는 간단히 대칭지에서는고 있다고 말할 수 있으며, 이는 대부분의 선행 연구의 결과와 비슷한 양상이다[15-16].

클럽 종류에 따른 전후방향의 지면반발력 변이에 대해 소프트풀프 클럽을 이용한 스윙 동작은 기존의 풀프 스윙 동작과 큰 차이를 보이지 않으며 유사한 패턴을 보였으나, 스윙이 마무리 되는

표 3. 지면반발력에서 소프트풀프와 기존풀프 스윙 패턴의 유사성 평가 [t-value;(p-value)]

Table 3. The evaluation of swing pattern between soft golf and regular golf in GRF [t-value;(p-value)] (**p<0.01, *p<0.05)

GRF	Event stage							
	TA	MB	LB	TB	ED	MD	BC	MF
Left Foot - AP	2.234	-0.489	-1.494	-0.216	-1.745	0.681	0.226	-2.301
	(*0.047)	(0.634)	(0.163)	(0.833)	(0.109)	(0.51)	(0.826)	(*0.042)
Right Foot - AP	-0.283	-0.228	1.022	1.216	-0.247	-1.106	-1.565	-0.051
	(0.783)	(0.824)	(0.329)	(0.249)	(0.809)	(0.292)	(0.146)	(0.96)
Left Foot - ML	-0.913	-0.927	-0.99	0.587	0.162	-0.514	-2.732	-0.731
	(0.381)	(0.374)	(0.344)	(0.569)	(0.874)	(0.618)	(*0.02)	(0.48)
Right Foot - ML	-0.225	0.493	0.004	0.685	0.6	-4.029	-2.602	0.383
	(0.826)	(0.632)	(0.997)	(0.507)	(0.561)	(**0.002)	(*0.025)	(0.709)
Left Foot - vertical	0.614	0.344	0.35	0.783	0.318	3.671	1.758	0.708
	(0.552)	(0.737)	(0.733)	(0.45)	(0.756)	(**0.004)	(0.106)	(0.494)
Right Foot - vertical	0.355	-0.074	0.268	0.656	1.056	-2.78	-2.479	-0.927
	(0.73)	(0.942)	(0.794)	(0.525)	(0.313)	(*0.018)	(0.031)	(0.374)

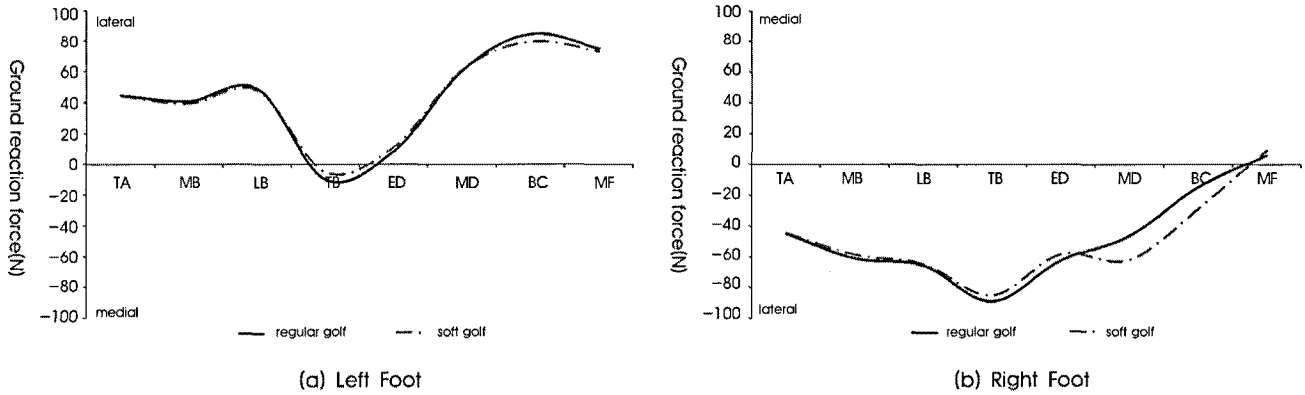


그림 6. 스윙 동작 동안 좌우방향의 지면반발력
 Fig. 6. Ground Reaction Force of medial-lateral direction during golf swing

MF에서 왼발에서 근소한 차이를 관찰 할 수 있었다. 이러한 차이는 무거운 기존의 골프 클럽으로 스윙을 진행하여 발생한 원심력을 제어하기 위한 것으로 왼발이 체중의 대부분을 지지하고 있어, 중앙으로 체중심을 이동시켜 안전하게 스윙을 마무리 하고자 하는 움직임이 반영된 것으로 보였다. 지면반발력에 관한 유사도 평가(표 3)에서 전후방향의 지면반발력의 유사성으로 보아 소프트 골프 클럽을 이용한 스윙은 기존 골프 클럽을 이용한 스윙과 전후방향의 스윙 패턴이 유사함을 확인하였다.

그림 6은 스윙 동작 동안에 좌우방향의 지면반발력을 나타내었다. 좌우방향의 지면반발력 변이는 하지의 중심선이 내·외측 방향으로 이동하는 정도를 유추해 볼 수 있는 변인이다[9]. 왼발의 지면반발력은 TA에서 LB까지 외측에 위치하여 LB부터 ED까지 내측으로 이동하고, ED부터 BC까지 다시 외측으로 이동한 후 다시 BC에서 미세하게 내측으로 이동을 보였다. 오른발의 지면반발력은 TA에서 TB까지 외측방향으로 이동한 후 TB부터 스윙이 끝나는 MF까지 내측으로 이동하는 경향을 보였다. TA에서부터 LB까지는 지면반발력의 변화가 크게 없는 것으로 보아 체중심이

내·외측 방향으로 이동하지 않는 상태에서 스윙이 진행되다가 LB 이후부터 TB까지는 왼발은 내측으로 오른발은 외측으로 지면반발력이 이동하여 상체가 오른쪽으로, TB에서부터 왼발은 외측으로 오른발은 내측으로 지면반발력이 이동하여 상체가 왼쪽으로 회전하는 것으로 유추할 수 있다. 특히 MF에서 왼발의 지면반발력이 미세하게 내측으로 이동하는 것을 볼 수 있는데, 이는 왼쪽으로 이동하는 체중심을 제어하기 위한 것으로 스윙의 마지막에서 상체가 왼쪽으로 이동하는 것을 방지하기 위한 보상 기전으로 보인다.

클럽 종류에 따른 좌우방향의 지면반발력 변이에서는 소프트 골프용 클럽을 이용한 스윙 동작 중 오른발의 TB과 BC에서 차이점을 발견할 수 있는데, 이는 피험자 중 한명의 골퍼가 급격한 체중 이동을 보여 나타난 결과이다. 지면반발력에 관한 유사도 평가(표 3)에서 좌우방향의 지면반발력의 유사성으로 후반 다운스윙과 임팩트 시점에서 차이를 확인하였다. 이러한 차이는 클럽의 무게와 피험자의 스윙 습관으로 인하여 발생한 것으로 추측된다. 즉, 기존의 골프 클럽을 사용한 스윙에 익숙한 골퍼가 가벼워진 소프트 골

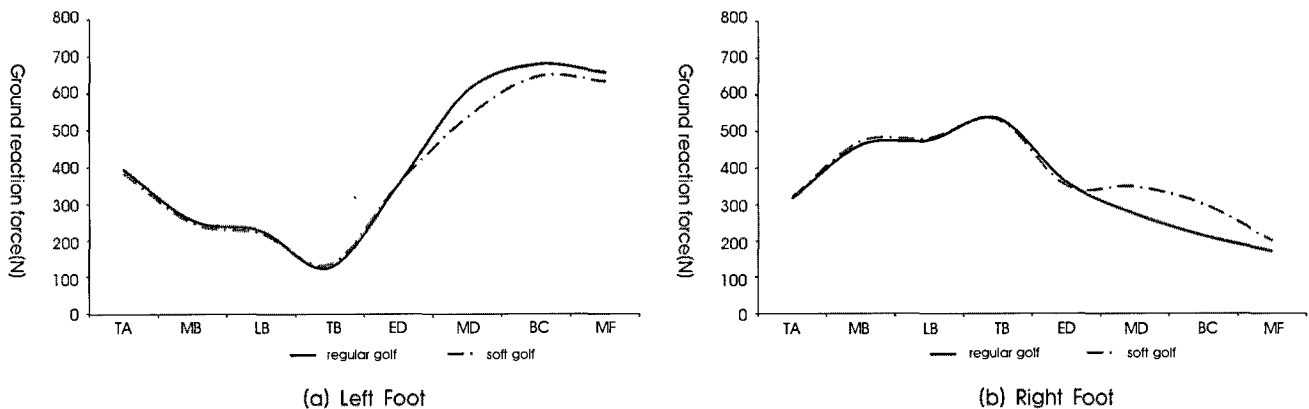


그림 7. 스윙 동작 동안 상하방향의 지면반발력
 Fig. 7. Ground Reaction Force of vertical direction during golf swing

프 클럽을 이용한 스윙에서도 기존의 골프 클럽을 이용한 스윙 방법을 사용하였고, 그로 인하여 체중심의 컨트롤이 영향을 받았을 것이며, 이러한 체중심의 변화가 차이를 유발했을 것으로 보인다. 하지만 좌우방향의 지면반발력 유사성으로 보아 후반 다운스윙과 임팩트 시점을 제외한 나머지 시점에서 소프트 골프 클럽과 기존 골프 클럽을 이용한 스윙 패턴이 유사함을 확인하였다.

그림 7은 스윙 동작에서 상하방향의 지면반발력을 나타내었다. 상하방향의 지면반발력의 변이는 양발에 대한 체중의 배분과 이동에 관계된 변인이다[9]. 왼발의 지면반발력은 스윙이 시작된 TA에서 TB까지 감소한 후 TB부터 BC까지 증가하여 MF에서는 다시 감소하였다. 오른발의 지면반발력은 스윙이 시작된 TA에서 TB까지 증가한 이후 스윙이 끝나는 MF까지 계속 감소하는 경향을 보이고 있다. 이러한 상하방향의 지면반발력의 변이로 스윙이 시작되는 TA에서 비교적 양발에 균일하게 체중심을 분배하고 있다가, 백스윙을 진행하면서 상체가 오른쪽으로 회전을 하게 되면 TB까지 왼발의 체중심이 오른쪽으로 옮겨지고, TB이후의 다운스윙을 진행하면서 상체가 왼쪽으로 회전을 하게 되면 오른발에 치우쳤던 체중심이 다시 왼발로 옮겨지는 과정을 거치는 것으로 보였다. 이러한 왼발과 오른발 사이의 체중심 이동은 효율적인 스윙을 구사하기 위한 요소 가운데 하나이며 숙련도에 따라 체중 배분의 습관이 달라질 수 있다.

클럽 종류에 따른 상하방향의 지면반발력 변이에서는 TB까지는 비슷한 경향을 보였지만, TB이후 왼발과 오른발에서 다른 경향을 나타냈다. 왼발의 지면반발력은 소프트 골프 클럽보다 기존 골프 클럽이 더 높은 결과를 나타내었는데, 이러한 결과는 무거운 기존의 골프 클럽을 이용한 스윙으로 인하여 발생하는 것으로 추측된다. 즉 무거운 클럽을 이용하여 스윙을 하게 되면 클럽 헤드의 속도가 빨라지게 되고, 관성 에너지가 커지게 되어 운동 방향인 왼쪽으로의 운동이 급격하게 일어나게 될 것이다. 이러한 급격한 운동은 빠른 체중 이동의 결과를 가져오게 된다. 오른발에서 소프트 골프 클럽 스윙보다 기존 골프 클럽의 스윙 시 지면반발력이 작은 것을 볼 수 있는데, 위와 같은 원리로 인하여 오른발에 체중이 옮겨졌기 때문에 상대적으로 오른발에서 지면반발력의 차이가 발생하는 것

으로 보였다. 하지만 비거리에 영향을 미치는 요인 가운데 하나인 최대 수직력이 발생하는 시점을 분석하였을 때, 왼발은 BC, 오른발은 TB로 클럽 종류에 관계없이 동일하다. 지면반발력에 관한 유사도 평가(표 3)에서 상하방향의 지면반발력의 유사성으로 후반 다운스윙과 임팩트 시점에서 차이를 확인하였다. 이러한 차이는 좌우방향에서 발생한 차이와 동일한 이유로 발생하였을 것으로 추측된다. 하지만 상하방향의 지면반발력 유사성으로 보아 후반 다운스윙과 임팩트 시점을 제외한 나머지 시점에서 소프트 골프 클럽과 기존 골프 클럽을 이용한 스윙 패턴이 유사함을 확인하였다.

B. 소프트 골프 클럽을 이용한 스윙 시 관절각도 분석

그림 8은 기존 골프 클럽을 이용한 기존의 골프 스윙과 두 가지 소프트 골프 클럽을 이용한 소프트 골프 스윙 동작 동안에 횡단면(transverse plane)에서 허리의 각도 변화를 나타낸 것이다. 스윙이 시작되는 TA에서부터 TB까지 허리의 각도가 줄어들고, TB부터 MF까지 점점 증가하는 경향을 보이고 있다. 이러한 각도의 변화는 약간 왼쪽으로 회전한 상태에서 스윙이 시작되어 TB까지 백스윙으로 인하여 상체가 오른쪽으로 회전하기 때문에 허리의 각도가 감소하는 것이고, TB 이후에 다운스윙으로 인하여 상체가 왼쪽으로 회전하게 되면 허리의 각도가 증가하는 것으로 해석할 수 있다.

소프트 골프 클럽을 이용한 소프트 골프 스윙 동작은 기존 골프 클럽을 이용한 일반 동작보다 TB에서 각도가 작은 것을 볼 수 있는데, 이것은 TB에서 기존 골프 스윙 동작 동안에 오른쪽으로 더 많은 회전이 일어난 것을 의미하며, 반대로 소프트 골프 스윙 동작 동안에는 기존 골프 스윙 동작보다 오른쪽으로의 회전이 상대적으로 적게 일어났다는 것을 의미한다. 이러한 결과는 소프트 골프 클럽을 사용하는 스윙은 적은 허리의 회전을 이용하여도 가능하다는 사실을 보여주며, 허리의 무리한 회전으로 인하여 발생하는 여러 가지 부상 위험으로부터 비교적 안전하다는 사실을 의미한다. 또한 골프 스윙 중 백스윙과 다운스윙은 상체가 척추를 중심으로 회전하는 운동임을 감안한다면, 허리의 작은 회전은 결과적으로 축이 움직이지 않는다는 것을 의미하며, 상지의 움직임이 줄어들어 스윙의 궤적과 패턴이 비교적 일정하게 유지되어 스윙의 흔들림

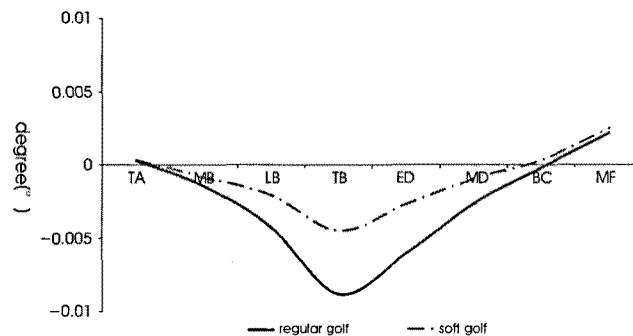


그림 8. 스윙동작 동안 허리 각도
Fig. 8. Joint angle of Lumbar during golf swing

표 4. 관절 각도에서 소프트골프와 기존골프 스윙 패턴의 유사성 평가 [t-value;(p-value)]

Table 4. The evaluation of swing pattern between soft golf and regular golf in joint angle [t-value;(p-value)] (*p<0.05)

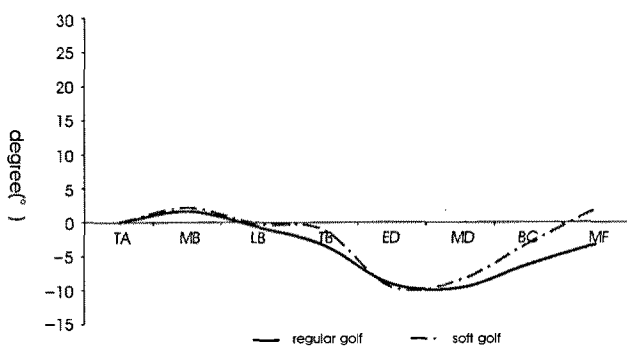
Joint \ Event stage	TA	MB	LB	TB	ED	MD	BC	MF
Lumbar	-0.463 (0.652)	-1.124 (0.285)	-1.139 (0.279)	-1.261 (0.233)	-1.067 (0.309)	-1.101 (0.294)	-1.034 (0.323)	-1.644 (0.128)
Left Shoulder	1.279 (0.227)	0.912 (0.381)	1.055 (0.314)	-0.046 (0.964)	2.275 (*0.044)	3.785 (*0.003)	-0.532 (0.606)	-1.443 (0.177)
Right Shoulder	1.848 (0.092)	0.397 (0.699)	-0.462 (0.653)	-2.006 (0.07)	-0.473 (0.645)	-2.147 (0.055)	-0.182 (0.859)	1.945 (0.078)
Left Wrist	1.743 (0.109)	1.746 (0.109)	1.754 (0.107)	1.678 (0.122)	1.04 (0.32)	0.523 (0.611)	1.079 (0.304)	1.169 (0.267)
Right Wrist	0.893 (0.391)	-1.081 (0.303)	-1.043 (0.319)	-1.158 (0.271)	-1.056 (0.314)	-1.120 (0.286)	-0.942 (0.367)	1.113 (0.29)
Left Knee	1.438 (0.178)	2.011 (0.069)	0.651 (0.528)	0.961 (0.357)	0.158 (0.878)	0.027 (0.979)	-0.118 (0.909)	-0.723 (0.485)
Right Knee	0.067 (0.948)	-0.794 (0.444)	-0.222 (0.829)	-0.28 (0.785)	-0.283 (0.782)	-0.234 (0.82)	-0.162 (0.874)	-0.795 (0.444)

감소를 유추할 수 있다. 그러나 관절각도에 관한 유사도 평가(표 4)에서 소프트 골프 클럽을 이용한 스윙은 기존 골프 클럽을 이용한 스윙과 대부분의 단계에서 스윙 패턴이 유사함을 확인하였다.

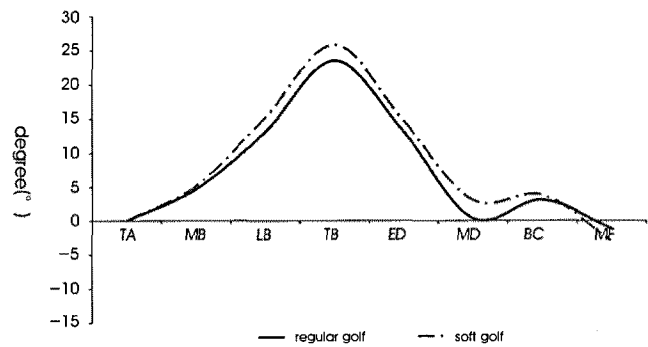
그림 9는 기존 골프 클럽을 이용한 기존의 골프 스윙과 소프트 골프 클럽을 이용한 소프트 골프 스윙 동작 동안에 관상면(frontal plane)에서 TA를 기준으로 각 스윙 단계에서의 어깨 관절의 각도 변화를 나타낸 것이다. 왼쪽 어깨 관절의 각도는 TA에서 MB까지 조금 증가한 후, MB부터 ED까지 감소하고, ED부터 MF까지 증가하였다. 오른쪽의 어깨 관절의 각도는 TA부터 TB까지 증가한 후 MD까지 감소하고, BC까지 다시 증가한 후, 스윙의 마지막 단

계인 MF에서는 감소하였다.

TA에서 백스윙을 시작하면 오른쪽 팔이 외전하고, 왼쪽 팔은 내전하는 움직임으로 인하여 오른쪽 어깨 관절의 각도는 증가하고 왼쪽 어깨 관절의 각도는 감소한다. 그러나 다운스윙이 시작되면 내전되었던 왼쪽 팔이 외전상태가 되며 오른쪽 팔은 내전상태로 변화하게 되어 왼쪽 어깨 관절의 각도는 증가하고 오른쪽 어깨 관절의 각도는 감소한다. 하지만 왼쪽 어깨 관절에서 TB 이후 다운스윙이 시작된 ED까지 계속적으로 각도가 감소한 것은 오른쪽 어깨를 이용하여 초반 다운스윙을 진행하였기 때문인 것으로 해석되며, 다운스윙이 계속적으로 진행하면서 오른쪽 어깨와 함께 왼쪽



(a) Left shoulder



(b) Right shoulder

그림 9. 스윙동작 동안 어깨 관절각도
Fig. 9. Joint angle of shoulder during golf swing

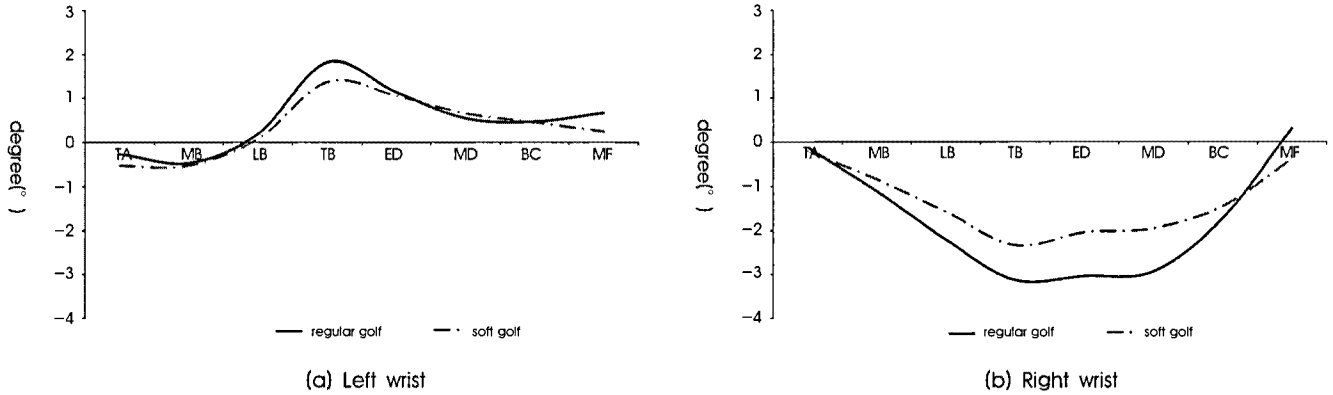


그림 10. 스윙동작 동안 손목 관절각도
 Fig. 10. Joint angle of wrist during golf swing

어깨도 다운스윙을 시행하는데 사용된 것으로 보인다. 또한 오른 쪽 어깨의 경우 BC에서 관절각도가 증가하는 것을 볼 수 있는데, 이는 오른쪽 팔의 움직임이 BC에서 변화되어 나타나는 것으로 해석 할 수 있다. 즉, 다운스윙 동안에 굴곡 상태에 있던 팔꿈치가 신 전되고, 방향이 상체 쪽에서 바깥쪽으로 바뀌면서 미세하게 어깨 관절각도의 증가를 가져온 것으로 보인다.

기존의 골프 클럽과 소프트 골프 클럽을 사용한 스윙을 비교해 보면, 소프트 골프 클럽을 이용한 스윙이 기존의 골프 클럽을 이용한 스윙 보다 관절의 각도 변화가 큰 것을 볼 수 있다. 이러한 차이는 기존의 골프와 비교하여 소프트 골프 클럽을 이용한 스윙에서 어깨 관절의 움직임을 더 많이 사용하기 때문에 발생하는 것으로 보이며, 이렇게 어깨 관절을 많이 사용하는 것은 기존 골프에 비하여 적게 사용하였던 허리의 움직임을 보상하기 위한 전략으로 보인다. 그러나 어깨 관절각도에 관한 유사도 평가(표 4)에서 소프트 골프 클럽을 이용한 스윙은 기존 골프 클럽을 이용한 스윙과 임팩트(BC) 직전인 후반 다운스윙(ED, MD)을 제외한 나머지 구간에서 대체적으로 스윙 패턴이 유사함을 확인하였다.

그림 10은 기존 골프와 소프트 골프 클럽을 이용한 스윙 동작 동안 관상면(frontal plane)에서 왼쪽 손목과 오른쪽 손목 관절의 각도 변화이다. 왼쪽 손목 관절의 각도는 스윙이 시작된 후 MB까지 일정하게 유지된 후, TB까지 증가하며, TB이후 스윙이 끝나는 시점까지 감소한다. 오른쪽 손목 관절의 각도는 스윙이 시작되는 TA부터 TB까지 감소한 후 MF까지 증가한다. 손목의 경첩작용이라고 말하는 손목의 굴곡과 신전은 엄밀히 말하면 코킹과 언코킹과 구별되지만 많은 경우에서 같은 뜻으로 사용되기도 한다[11]. 이러한 경우를 들어 손목의 움직임을 설명하면, 왼쪽 손목은 LB부터 TB까지 코킹상태에 있다가 TB 이후 언코킹 상태가 되며, 오른쪽 손목은 MB부터 TB까지 코킹 상태에 있다가 TB 이후 언코킹 상태가 된다. 왼쪽과 오른쪽 손목에서 모두 백스윙 중간에서 코킹이 발생하여 TB에서 최대 코킹 상태가 되는 것은 골퍼의 특성에 따라 달라 질 수 있으나 “열린 상태”의 백스윙 상태가 되는 것을 의미하며, 이는 혹에 대한 두려움 때문에 주저하거나 일시 정지하는 현상이 일어나기 때문이다[11]. 다운스윙에서 양 손목에서 언코킹이 발생하는 것은 헤드의 가속도를 증가시키기 위한 전략으로 회전에

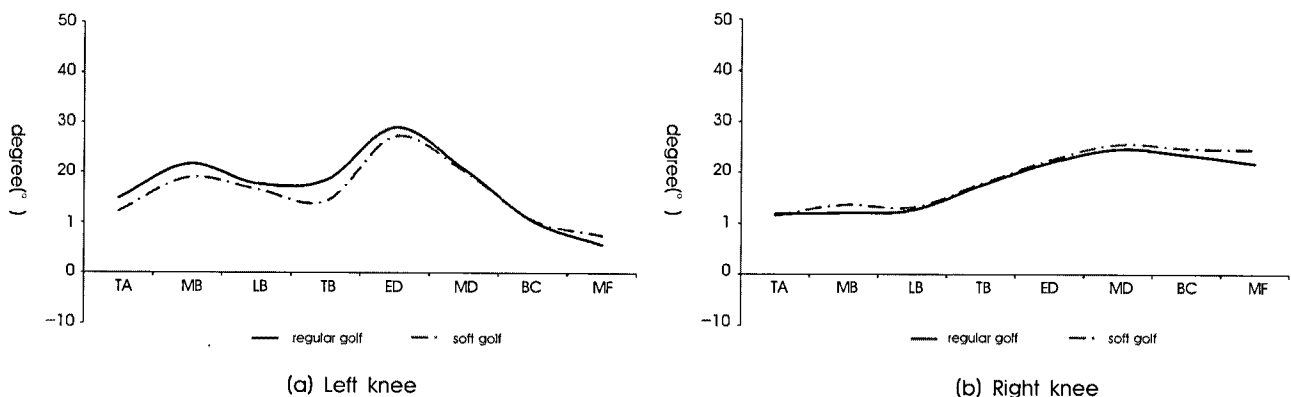


그림 11. 스윙동작 동안 무릎 관절각도
 Fig. 11. Joint angle of knee during golf swing

대한 관성 모멘트를 적게하여 스윙의 각속도를 크게 하고 클럽헤드의 속도를 빠르게 하기 위한 것으로 보인다.

소프트 골프 클럽과 기존 골프 클럽을 사용한 스윙은 오른쪽 손목과 왼쪽 손목에서 모두 코킹 각이 기존의 골프 클럽이 크며 코킹 상태가 비교적 오랫동안 유지된다는 차이점을 발견 할 수 있었다. 이러한 차이점은 무거운 클럽으로 스윙을 진행하기 때문에 발생하는 차이로 보이는데, 무거운 클럽을 사용한 스윙에서 손목의 경첩 작용을 빨리 풀게 되면 파워가 감소되어 효율적인 스윙을 진행 할 수 없기 때문으로 해석된다. 그러나 손목 관절각도에 관한 유사도 평가(표 4)에서 소프트 골프 클럽을 이용한 스윙은 기존 골프 클럽을 이용한 스윙과 대부분의 단계에서 스윙 패턴이 유사함을 확인 하였다.

그림 11은 기존의 골프 클럽과 두 가지 소프트 골프 클럽을 이용한 스윙 동작 동안 시상면(sagittal plane)에서 왼쪽과 오른쪽 무릎 관절의 각도 변화이다. 왼쪽 무릎 관절은 TA에서 MB까지 증가하고, MB부터 TB까지 감소한 후, ED까지 증가하며, MF까지는 감소한다. 오른쪽 무릎 관절은 TA부터 LB까지 각도가 유지되다가 LB부터 MD까지는 증가하고, MD이후에는 일정하게 비슷하게 유지된다. 이러한 무릎 관절의 각도 변화는 스윙의 체중 이동과 연관시켜 설명 할 수 있다. TA에서 양발에 비슷한 체중 분배를 가지고 있으므로 비슷한 각도로 굴곡되어 있다가 스윙이 진행되어 백스윙 단계에 접어들면 체중이 오른쪽으로 이동하기 때문에 왼쪽의 무릎 관절의 각도는 감소하여 신전상태가 되고 오른쪽의 무릎 관절의 각도는 증가하여 굴곡 상태가 된다. 백스윙 이후 다운스윙 초반에는 체중을 원활하게 이동시키기 위하여 왼쪽 무릎은 굴곡상태가 되며, 다운스윙 중반에는 왼쪽으로 이동한 체중을 지지하기 위하여 약간 굴곡 된 상태이기는 하지만 견고히 하여 버팀대 역할을 할 수 있도록 신전하게 된다. 특히 다운스윙 구간에서 체중이 왼쪽으로 옮겨졌음에도 불구하고 오른쪽 무릎이 계속 굴곡 상태에 있는 것은 오른쪽 뒤꿈치가 들리는 스윙의 마지막 단계로 인한 것으로 보였다.

소프트 골프용 클럽과 기존의 골프 클럽을 이용한 스윙에서 무릎 관절의 굴곡 변화량에서 차이를 관찰 할 수 있었다. 특히 왼발의 경우 기존의 골프보다 소프트 골프 스윙 시에 신전과 굴곡의 각도 차가 컸으며, 이러한 각도 변화량의 차이는 원활한 체중 이동의 차이로 해석할 수 있으므로, 기존의 골프 클럽보다 소프트 골프용 클럽을 이용한 스윙 동작에서 원활한 체중 이동이 일어났다고 해석 할 수 있다. 그러나 무릎 관절각도에 관한 유사도 평가(표 4)에서 소프트 골프 클럽을 이용한 스윙은 기존 골프 클럽을 이용한 스윙과 대부분의 단계에서 스윙 패턴이 유사함을 확인하였다.

IV. 결론

본 연구는 기존 골프 클럽과 소프트 골프 클럽을 이용한 스윙 동작에서의 지면반발력과 관절각도에 관한 스윙 패턴에 대하여 아래

와 같은 결과를 얻었다.

1. 각 이벤트에서의 지면반발력과 관절각도는 골프 스윙 동작의 분석을 용이하게 하며, 지면반발력과 관절각도의 특성은 스윙 동작의 패턴을 이해하는데 용이한 파라미터로 사용될 수 있다.
2. 소프트 골프와 기존 골프 클럽을 이용한 스윙 동작을 비교 하였을 때, 지면반발력과 관절각도의 변이와 특성이 유사함을 확인 할 수 있었고, 소프트 골프가 기존골프와 비슷한 레저효과를 유도할 수 있음을 확인하였다.

이번 연구 결과는 기존 골프 클럽과 소프트 골프 클럽을 이용한 스윙 동작 분석 및 해석에 관련한 여러 연구에 응용될 수 있으며, 이번 연구에서 행해진 아이언 클럽 외에 드라이버, 웨지 등의 클럽에 넓게 적용하여 소프트 골프에 대한 다양한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] J. Lockwood, *Science and Golf III: Proceedings of the World Scientific Congress of Golf*, St. Andrews, Scotland: Human Kinetics, 1998, pp. 112-119.
- [2] N.G. Kim and C.S. Kim, "Soft Golf Course and Tools", *Korean Patent* 10-2002-0027977
- [3] Y.Y. Kim, S.H. Kim, T.K. Kwon and N.G. Kim, "Biomechanical Analysis of Soft Golf Swing", *The conference of Korea Society for Precision Engineering*, KyoungJu, Korea, May 2006, pp.634-344.
- [4] S.H. Kim, Y.Y. Kim, T.K. Kwon and N.G. Kim, "Comparative Biomechanical Analysis of Swing Motion Using Soft Golf Club", *The conference of Korea Society for Precision Engineering*, KyoungJu, Korea, May 2006, pp.455-456.
- [5] D.W. Lee, D.Y. Yang and G.S. Kim, "The Motion of Center of Pressure during Golf Swing", *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol.8, No.2, pp.241-265. 1998.
- [6] J.H. Lee, "The Ground Reaction Analysis of Swing Motion for Progolfer", *The Korean Journal of Physical Education*, Vol.37, No.3, pp.357-366. 1998.
- [7] R.H. Jung, "An analysis of body weight shift during golf swing motion", *The Research Institute of Physical Education & Sports Science*, Vol.10, pp.15-25, 1992.
- [8] K.I. Lee, M.S. Jung, J.J. Park, Y.H. Park, H.K. Lee and B.I. Moon, "The Analysis of Kinetic Characteristics during the Golf Swing", *Journal of Sport and Leisure Studies*, Vol.24, pp. 291-303, 2005.
- [9] G.S. Moon, J.Y. Choi and R.B. Kim, "The Ground Reaction Force Analysis during Golf Swing on the Slopes", *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol.18, No.1, pp.191-201. 2008.
- [10] T.S. Lim and K.S. Lee, "A comparative study between kinematic variables of the Driver and the Iron in golf swing", *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol.6, No.1, pp.35-51. 1996.
- [11] A. Cochran and J. Stobbs, *Search for the Perfect Swing*, Chicago, USA: Triumph books, 1968, pp.16-36.
- [12] Milburn, P.D., "Summation of segmental velocities in the golf swing", *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol.14, No.1, pp.60-64, 1982.

- [13] Dillman, C.J. and Lange, G.W, Science and Golf II: *Proceedings of the 1994 World Scientific Congress of Golf*, St. London: E&FN spon, 1994, pp. 3-13.
- [14] Br. Mason., B. McGann and A. Herber. "Biomechanical golf swing analysis", In T. Bauer(Ed), *Proceedings of the XIII International Symposium for Biomechanics in Sport*, Thunder Bay : ONT Lakehead University, 1995, pp. 67-70.
- [15] Y.J. Hur, G.P. Moon and 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.
- [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(I)", *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol.15, No.3, pp.31-49. 2005.