한국운동역학회지, 2007, 제17권 3호, pp. 125-131
Korean Journal of Sport Biomechanics
2007, Vol. 17, No. 3, pp. 125-131

그립악력과 각운동학을 이용한 골프 퍼팅 분석

A Study on Grip Force and Angular Kinematics during Golf Putting Stroke

최진승 · 김형식 · 임영태 · 이정한 · 탁계래*(건국대학교, 의공학실용기술연구소)
Choi, Jin-Seung · Kim, Hyung-Sik · Lim, Young-Tae · Yi, Jeong-Han ·
Tack, Gye-Rae*(Konkuk University, Research Institute of Biomedical Engineering)

ABSTRACT

J. S. CHOI, H. S. KIM, Y. T. LIM, J. H. YI and G. R. TACK, A Study on Grip Force and Angular Kinematics During Golf Putting Stroke. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 17, No. 3, pp. 125-131, 2007. The purpose of this study was to evaluate the difference in grip force and angular kinematic variables between elite (handicap≤2) and novice golfers. Three-dimensional motion analysis system with synchronized grip force measurement system was used. The participants consisted of two groups based on their playing ability: 10 elite golfers and 10 novice golfers. Each subject performed 5 putting strokes at the distance of 1, 3, and 5m with randomly selected order. During entire putting phase, elite group showed relatively constant grip force but novice group showed continuously increasing grip force pattern. There existed a clear difference in the trajectory of shoulder line between two groups. As for novice group the rotational center did not converge into one point, for elite group the rotational center converged into precise single point. And there was a clear difference pattern in anterior-posterior directional movement at shoulder between two groups. These difference might be helpful for improving consistent putting skills.

KEYWORDS : PUTTING, ANGULAR KINEMATICS, GRIP FORCE, PENDULUM

Ⅰ. 서 론

퍼팅은 골프 게임속의 다른 하나의 작은 게임이라 할 만큼 경기의 승패에 중요하며 다른 골프 스트로크와 구별되는 운동특성을 보인다(이근택, 2003). 실제로 경기 중 스트로크의 40% 이상을 차지할 만큼 골프에서 그 비중은 크다(Gwyn et al., 1993; 박진, 2000; 김해천, 2005). 하지만 퍼팅 스트로크는 지극히 개인적 성향이 강하여 숙련자와 초보자의 차이를 규명하는 것이 쉽지 않고, 경기 중의 사용빈도에 비해 그 연습량이 적게 나타나고 있다(김무영, 2004; 김해천, 2005).

선행 연구를 살펴보면, 운동학적 · 운동역학적 관점의 연구가 주로 이루어져 왔다. 퍼팅 스트로크동안의 숙련자와 초보자의 각 국면별 소요시간의 분석(박진, 2000), 동작에 있어서의 선형운동학적(퍼터의 움직인

* grtack@kku.ac.kr

거리, 시간, 속도)와 각운동학적(스위트 스폿의 각, 궤도)인 관점에서의 비교(박진, 2002a, 2002b), 퍼팅시 어드레스와 임팩트 순간의 신체각도 비교(김무영, 2004; Paradisis & Rees, 2002), 저크비용함수를 이용한 숙련자와 초보자의 퍼터끝에서의 동작의 부드러움 비교(임영태, 2006)등의 운동학적 분석이 이루어 졌고, 운동역학적 연구로는 지면반력 성분과 퍼팅의 정확성과의 관계를 살펴본 연구(최성진, 2002)등이 이루어 졌으며, 퍼터헤드와 볼의 충돌 과정에서의 운동에너지의 관점과 퍼팅 시 힘의 관점에서도 연구가 진행되었다(박진, 2003; Delay et al, 1997). 또, 김형식, 최진승, 임영태, 이정한 및 탁계래(2006)에 의해 퍼터 그립 악력을 이용한 분석도 시도되고 있다. 이처럼 다양한 측면으로 접근을 시도하고 있으나, 개인적 성향이 강한 퍼팅 스트로크의 특성상 숙련자와 초보자의 차이를 정량적으로 추출하기 위해서는 좀 더 다양한 접근이 필요할 것으로 사료된다.

이에 본 연구는 선행연구로 수행하였던 퍼팅 스트로크 시 퍼터끝에서 동작의 부드러움에 대한 연구의 결과로 나타났던 두 그룹간에 퍼터끝에서의 움직임의 부드러움 차이(임영태 등, 2006)를 나타내는 원인에 대한 분석과 퍼팅 그립의 악력 측정 시스템을 이용한 분석(김형식 등, 2006; Tack et al., 2005)을 동시에 고려하고자 하였다. 두 가지 변화 요인의 고찰을 통해, 숙련자와 초보자의 정량적 차이를 쉽게 구분해 낼 수 있을 것으로 보고 이를 살펴보았다. 또, 이를 통해 숙련자와 초보자의 차이를 구분짓고, 이러한 차이를 대표하는 정량적이고 간편한 구분지표를 찾고자 하였다.

본 연구의 목적을 정리하면 다음과 같다.

1. 퍼터끝의 내외방향에서 동작의 부드러움의 차이의 원인을 찾고자 하였다.
2. 퍼팅 스트로크시 두 그룹에서 동작의 차이와 그립 악력의 변화와의 관련성을 살펴보고자 하였다.
3. 숙련자의 움직임이 진자운동에 가까운 퍼팅스트로크를 대표하는 단순한 지표를 찾고자 하였다.

위의 연구 목적을 확인하기 위한 연구 가설은 다음과 같다.

H1) 두 그룹간의 퍼팅스트로크의 차이는 각운동학의 변화 (손목각, 팔꿈치각, 어깨각, 어깨회전각)에 기인할 것이다.

H2) 이러한 운동학적 변인의 차이에 따라 그립 악력의 변화에도 차이가 나타날 것이다.

Ⅱ. 연구방법

1. 실험대상

본 실험에는 골프 숙련자와 초보자 각 10명으로 실시되었다. 숙련자그룹은 현재 골프지도학과에 재학 중인 20대의 프로선수(handicap≤2)로 선발하였다. 초보자그룹은 20대의 대학생(티칭프로의 단기간 퍼팅지도와 연습을 갖은 피험자)으로 선발하였다. 피험자는 모두 정상그립으로 파지하였고 Ping사의 G2퍼터(Zing 모델)를 동일하게 이용하였다.

2. 실험내용

본 실험에는 3차원 동작분석기(Motion Analysis Corp., USA)를 이용한 동작분석데이터와 기존에 자체 개발한 무선 그립악력 측정 장치의 센서부와 연결부를 추가 개선한 그립악력 데이터를 동기화하여 동시에 획득하였다.

3. 실험방법

실험 수행 전 피험자가 주어진 실험실 환경에서의 퍼팅 수행에 익숙해지기 위해 충분한 퍼팅 연습 후 실험을 진행 하였다. 실험에 사용한 퍼팅 거리는 1m, 3m, 5m였고, 각 피험자가 각 거리마다 5회의 퍼팅을 실시하였다. 피험자의 실험순서는 반복효과와 이월효과를 제거하기 위한 통계적 역교차 균형화 방법으로 퍼팅 거리와 피험자 순서를 정하여 실시하였다.

1) 동작 데이터

3차원 동작분석을 위해 6대의 초고속 카메라

(high-speed Falcon camera, 120Hz)로 피험자의 신체 각 부위와 퍼터 등에 부착된 총 34개의 마커의 위치데이터를 획득하였다 <그림 2>.

2) 그립 악력 데이터

그립악력 데이터는 FSR 센서를 이용해 자체 개발된 악력 측정 장치(Grip Force measurement device)를 이용하였고(탁계래 등, 2005), 이는 실험 시, 무선 송신 방식으로 개선한 측정장치를 이용하여 데이터를 얻었다(김형식 등, 2006). 마커 부착과 그립악력 측정장치를 갖춘 그립악력 측정센서 부착위치는 <그림 1>과 같다.

실험에 사용한 퍼팅 매트는 크기가 0.9m× 6m인 인조잔디로, 퍼팅 동작 이외에 다른 환경적 요소를 제거하기 위해 최대한 평평한 상태를 유지한 후 실험을 수행하였다.

4. 분석방법

동기화된 그립 악력 데이터와 동작분석 데이터를 통해 숙련자와 초보자의 퍼팅데이터를 비교했다. 동작분석 데이터에서 퍼터의 끝부분 마커의 움직임 위치를 이용해 퍼팅의 각 국면(BS: Back Swing Phase; DS: Down Swing Phase; FT: Follow Through Phase)을 획득하였고, 신체 위치와 각도 변화, 그리고 그립 악력 데이터를 이용해 비교·분석하였다.

1) 운동학적 변인

운동학적 변인은 선행연구(임영태 등, 2006)에서 나타났던, 퍼팅 시 퍼터끝에서의 몸의 내외방향(Medio-Lateral direction)으로의 동작의 부드러움(Smoothness)이 숙련자는 정규저크의 변화가 작고 초보자는 크게 나타난 유의한 차이에 대해, 그러한 결과가 나타나게 되는 원인의 분석에 초점을 맞췄다. 분석에 사용한 운동학적 변인은 <그림 2>와 같이 정의 된 상체의 마커만을 이용해 분석하였다. 상지의 각도는 오른쪽 팔의 경우만 분석하였다. 또 추가적으로 양쪽 어깨돌기 마커(right & left acromion marker)를 연결한 어깨선의 움직임과 어깨 마커의 움직임을 살펴보았다.

2) 그립악력 변인

그립 악력 측정장치로부터 획득된 악력데이터는 숙련자와 초보자별로 분석하였으며, 선행연구(김형식, 2006; Tack, 2006)에서 각 손가락과 센서 부착위치에 대한 분석 시 단점으로 지적되었던 그립파지 시 개인차의 발생에 따라 각 센서마다의 악력 비교가 어려웠던 점을 해소할 수 있게끔 각 왼손과 오른손의 전체 측정된 힘의 합을 이용한 총 2가지로 분석하였다. 본 실험에서의 모든 데이터는 정규화(normalization)하여 사용하였으며, 나타낸 데이터는 처음 그립파지시점의 값들을 빼준 실제 변동이 발생한 값이다.

데이터의 분석은 MATLAB™ (Mathworks Inc., USA)을 이용하여 계산하였고, 데이터의 실질적 활용을 위해 컬러바(Colorbar)를 사용해 표현하였다(Manal & Stanhope, 2004).

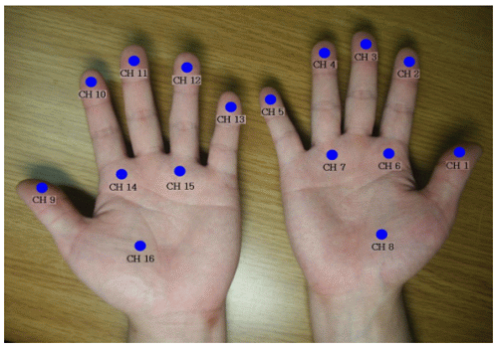


그림 1. FSR 센서의 부착 위치

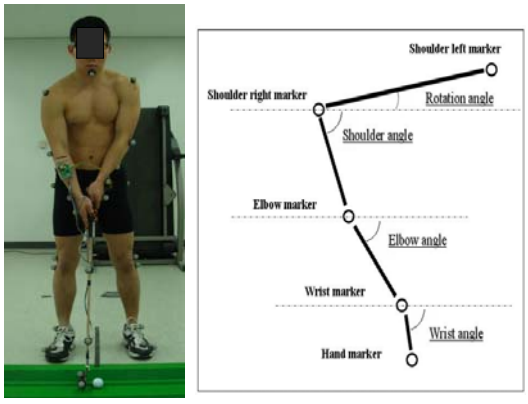


그림 2. 마커부착위치와 상체각도 정의

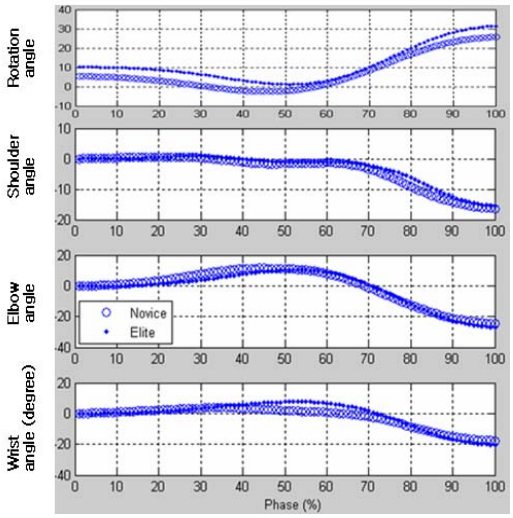


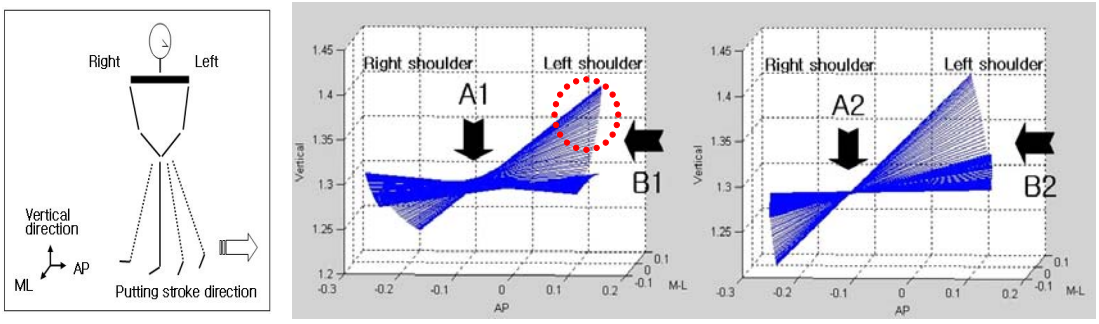
그림 3. 각 분절의 각도 변화
(어깨 회전각, 어깨각, 팔꿈치각, 손목각)

Ⅲ. 결과 및 논의

1. 운동학적 변인

<그림 2>에서 정의된 상체의 관절은 그룹간에 작은 차이를 보이기는 했으나 그 편차가 차이을 구분짓기에는 부족했고(p>.05), 전체적인 동작범위가 유사하게 나타났다<그림 3>. 이는 퍼팅 동작 시 팔을 사용하지 않는 상체 고정에 대한 교육의 영향이라고 생각된다.

이상으로 가설 H1) 두 그룹간의 퍼터끝의 부드러움의 차이는 상지의 각운동학적인 변화만으로 설명하기는 무리가 따른다고 볼 수 있다. 따라서 <그림 2>의 양쪽 어깨 마커의 연결선으로 나타나는 어깨선의 경향분석을 통해 퍼팅 수행시의 안정성, 즉 박진(2006)등의 실험용 진자 퍼팅기 개발 연구에서 개발 주안점이었던 퍼팅 시 상체의 진자운동을 통한 정확한 스위트 스폿의 임팩트 관점에서 분석을 시도하였다. 이는 결과적으로 선행연구에서 부드러움의 차이를 보였던 내외방향에서의 움직임의 분석과 관련이 크다고 할 수 있다(임영태, 2006). 그 결과, 두 그룹 간에 <그림 4>와 같은 차이가 나타났다. 그림에서 알 수 있듯이 숙련자의 경우, 퍼팅 시 어깨선의 움직임이 운동의 일정한 중점(A2지점)을 가지고 양쪽으로 원호를 그리면 안정적인 진자운동을 하고 있음을 알 수 있다. 하지만 초보자의 경우 안정된 원호를 그리지 못하고, 정점도 한 점으로 수렴되지 못함을 살펴볼 수가 있다(A1지점). 특히 B1과 B2지점은 FT 시의 왼쪽어깨의 움직임을 비교해 볼 수 있다. 특히 점선원으로 표시된 부분을 살펴보면, 두 그룹의 차이를 볼 수 있다. 숙련자의 경우에 정상적 진자운동을 통해 이 시점의 어깨 움직임이 원호를 그리며, 퍼팅 진행방향(AP)과 반대로 끌려 올라가고 있다. 하지만 초보자의 경우, 퍼팅의 진행방향으로 함께 움직임을 보이면서 정상적 진자운동이 무너지고 있다. 이러한 차이는 <그림 5>의 왼쪽어깨마커의 궤적을 살펴보면 뚜렷하게 나타난다. <그림 5>에서 볼 수 있듯이 숙련자의 경우 퍼팅 거리가 1m, 3m, 5m로 멀어짐에도 퍼팅 스트로크 동작 시의 왼쪽 어깨 마커의 움직임이



(a) 간략화한 어깨 표현 (b) 초보자 어깨선 궤적 (c) 숙련자 어깨선 궤적

그림 4. 두 그룹의 어깨선 궤적의 평균 (5m의 경우)

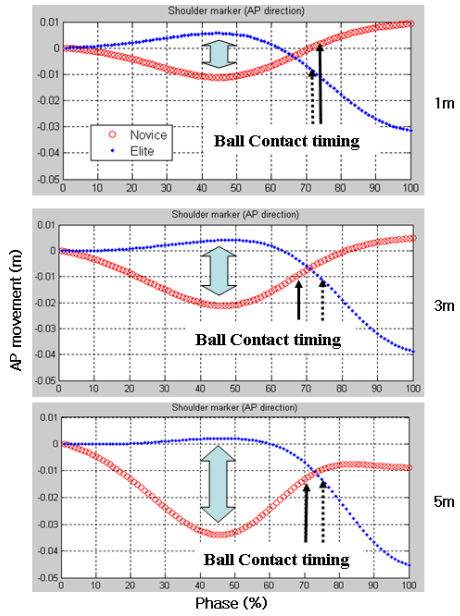
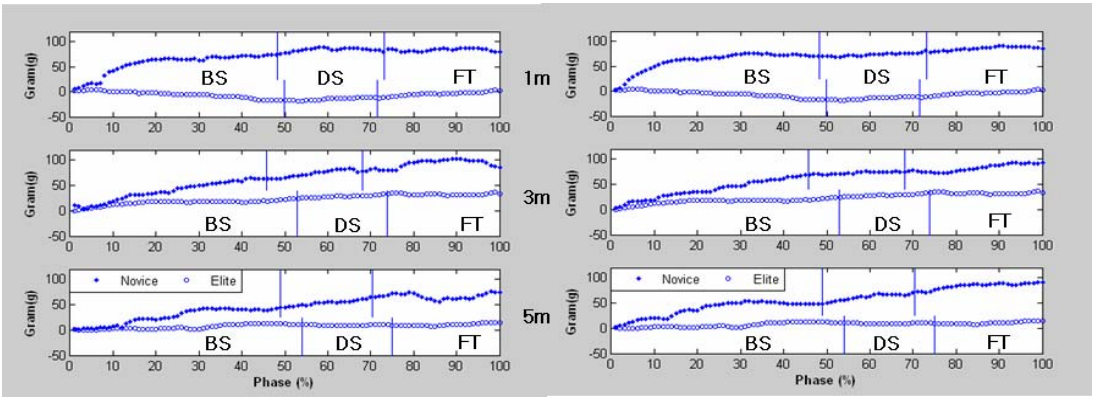


그림 5. 숙련자와 초보자 그룹의 왼쪽 어깨 마커의 움직임 차이와 Ball Contact (BC)시점

거의 일정한 흐름임을 알 수 있다. 이에 따라 BC 시점이 왼쪽 어깨 마커의 움직임 변화범위 -1 cm위치부근에서 일관적으로 이루어지고 있다. 하지만 초보자의 경우에 스트로크 시 어깨의 변위가 크게 나타남으로써 BC 시점이 왼쪽 마커의 변화범위 0.3~-1.5cm으로 숙련자와 차이가 나타나고 있다.

2. 그립악력 변인

그립 악력데이터는 각 센서의 부착위치에 따라 퍼팅의 수행시점에 따라 악력의 측정값이 기록된 것이다. 실제 양손의 각 부위에 부착된 센서에서 얻어진 데이터는 그룹과 개인의 취향에 따라 악력이 검출되는 센서의 위치와 크기가 매우 다양하다. 따라서 본 실험에서 이용한 악력은 양손에 대해 이러한 각 센서에서 측정된 값들의 합으로 나타내어 오른손과 왼손으로 분석하였다. 데이터는 각 시점의 악력에서 어드레스 자세의 그립파지 시의 악력을 빼주어 나타내었다. <그림 6>과 같이 숙련자의 경우 처음 시점과 마지막 시점까지의 변화량이 거의 없이 일정한 반면, 초보자의 경우 퍼팅을 수행하면서 악력의 꾸준한 증가를 나타내고 있다. 특히 퍼팅 수행 phase의 20-40%지점을 넘어서면서부터 두 그룹사이의 차이를 나타내는 초보자의 악력 증가의 폭이 크다는 것을 알 수 있다 <그림 6>. 이를 어깨의 움직임과 관련해서 생각해 보면, 악력증가가 시작되는 지점을 넘어서면서부터 왼쪽 어깨가 공의 진행방향으로 따라 움직였음을 알 수 있다. 이는 어깨의 움직임의 영향을 퍼터의 운동에 전달하지 않으려는 요인이 악력의 변화 패턴으로 나타낸다고 할 수 있다. 즉, 숙련자의 경우 허리를 이용한 진자운동을 통해 퍼팅을 수행하는 반면, 초보자는 그렇지 못함을 알 수 있다. 이와 같이 가설 H2)의 두 그룹의 퍼팅 동작에 따른 악력 변



(a) 왼손 (b) 오른손

그림 6. 숙련자와 초보자의 평균 악력의 패턴 비교

화는 어깨 움직임과 더불어 두 그룹의 차이를 나타낸다고 볼 수 있었다. 이는 독립표본 t-검정을 통해 평균값의 유의차를 확인하였다($p<.005$).

3. 컬러바의 활용

컬러바를 이용한 양쪽 어깨 마커의 변위차를 통해 더 확연히 살펴볼 수 있다. 이 표현법은 일반적으로 주어진 동작의 정상범위(숙련자의 표준편차의 범위)와의 차이를 한 눈에 알아보고자하는 용도로 이용되는 표현법이다(Manal & Stanhope, 2004). 이를 이용하면 숙련자에 대한 초보자의 차이를 한눈에 살펴볼 수 있는 장점이 있다. 이 방법은 비교하는 데이터가 표준이 되는 데이터와 비슷한 범위일 경우에 녹색, (+)크기로 편차가 증가하면 푸른색으로, (-)크기로 편차가 증가하면 붉은색으로 색상이 점차 변하게끔 되어있다. 이는 <그림 7>와 <그림 8>의 우측면 색상표의 형태와 같다. 공의 진행방향(AP)이 x축, 피험자의 내외방향(M-L)이 y축, 수직방향(vertical)이 z축을 의미한다. <그림 7>에 나타난 오른쪽, 왼쪽 어깨에서의 변위차를 살펴보면, 퍼팅 구간의 마지막 부분에서 차이가 나타나고 있다. 이는 <그림 4>의 A1, A2 정점을 중심으로 양쪽 원호를 그리느냐 그렇지 않느냐의 차이에 따른 어깨의 변위차로 추론해 볼 수 있다. 이 원호의 차이를 보이는 점은 상지의 손목각, 팔꿈치각, 어깨각의 변화보다는 숙련자와 초보자간의 퍼팅 동작 시 진자운동, 즉 하체와 상체를 고정한 채 허리의 yaw운동을 중심으로 퍼터를 회전시키는 동작에서의 차이가 어깨마커의 변위로 나타나고 있다. 이러한 영향이 선행연구에서 나타났던 퍼터끝의 동작에서의 차이를 가져오는 요인이라 생각할 수 있다.

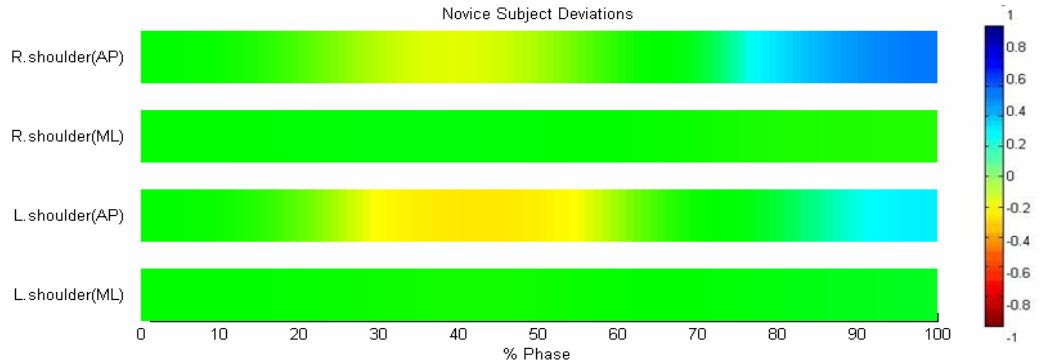


그림 7. 숙련자의 평균과 표준편차에 대한 어깨마커의 AP(x) 방향과 M-L(y)방향 변위차의 컬러바 표현

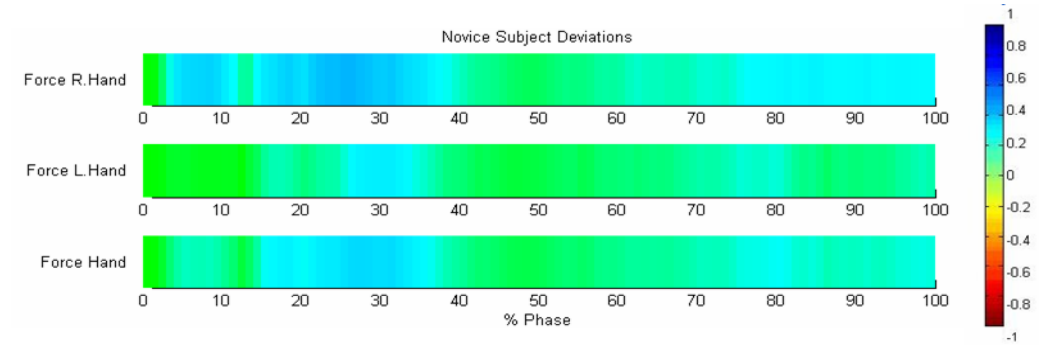


그림 8. 숙련자의 평균과 표준편차에 대한 초보자의 악력차 컬러바 표현
(상단:오른손, 중단:왼손, 하단:양손)

Ⅳ. 결 론

본 연구는 선행 연구에서 살펴보았던 숙련자와 초보자의 퍼팅 동작 수행 시, 퍼터끝에서 동작의 부드러움의 차이가 났었던 것(임영태 등, 2006)에 대한 고찰로써 악력의 변화와 운동학적인 변인 중 진자운동에 초점을 맞추어 분석하여 보았다. 그 결과, 숙련자와 초보자의 퍼팅 동작 시 기본적으로 어깨 회전운동상의 차이가 발생했고, 이와 관련해 그립 악력의 흐름 변화의 유/무가 나타났다. 이와 같은 결과들을 살펴볼 때, 초보자의 경우에 각 상지관절의 조절이 성공적으로 이루어졌음에도 불구하고 허리를 이용한 안정적 진자운동이 일어나지 못하여 퍼터끝의 일정한 조절이 힘들게 되고, 일정한 악력을 지속하는 숙련자와는 달리 인위적 그립 악력의 꾸준한 증가를 통해 퍼팅의 정확도를 높이려 한다고 유추해 볼 수 있다. 이는 퍼팅 동작의 정확도와 일관성을 높이기 위해 반드시 필요한 퍼터끝부분의 움직임 조절의 방식이 두 그룹 간에 다르게 나타나고 있다고 생각할 수 있다(Delay et al., 1997). 이러한 차이는 초보자 퍼팅훈련 시 피드백을 위해 어깨의 움직임의 패턴, 특히 왼쪽 어깨의 움직임에 대한 관찰로 간단히 살펴볼 수 있을 것으로 사료된다. 또 본 연구에서 사용한 컬러바를 이용한 표현은 숙련자에 대한 초보자의 차이를 알기 쉽게 제시할 수 있을 것으로 보인다. 추가적인 연구로, 피험자수를 보다 많이 늘리고, 현재 연구에 참여한 초보자그룹보다 더 높은 실력의 중급자그룹을 통한 숙련자와의 퍼팅 비교가 진행되어야 하겠다.

참 고 문 헌

김무영 (2004), 골프 퍼팅 스트로크에 대한 운동학적 변인 분석, **한국스포츠리서치**, 제15권, 제5호, p1776-1784.

김해천 (2005), **파세이브 숏게임**, 넥서스 BOOKS.

김형식, 최진승, 임영태, 이정한, 탁계래 (2006), 악력과 운동학적 변인을 이용한 골프 퍼팅 동작에 대한 연구, 한**국운동역학회 춘계학술대회 논문집**, p137.

박진 (2000), 골프퍼팅 스트로크의 구간별 소요시간 분석, **한국운동역학회지**, 제9권, 제2호, p187-193.

박진 (2002), 초보자와 숙련자의 퍼팅스트로크 특성 비교(1)(2), **한국운동역학회지**, 제12권, 제2호, p197-206, p207-214.

박진 (2003), 퍼팅 스트로크의 충돌과정에서 나타난 퍼터헤드와 볼의 운동에너지 변화 분석, **한국운동역학회지**, 제13권, 제 2호, p175-183.

박진 (2006), 퍼팅 스트로크 실험용 진자퍼팅기 개발, **한국운동역학회지**, 제16권, 제4호, p147-152.

이근택 (2003), **퍼팅 메커닉**, 가림출판사.

임영태, 최진승, 한영민, 김형식, 이정한, 전재훈, 탁계래 (2006), 저크비용함수를 이용한 골프 숙련자와 초보자간 퍼팅 동작 분석, **한국운동역학회지**, 제16권, 제1호, p1-10.

최성진, 박종진 (2002), 골프 퍼팅의 스윙시 성공과 실패에 따른 운동역학적 분석, **한국운동역학회지**, 제12권, 제2호, p279-293.

탁계래, 임영태, 윤정민, 김형식, 이정한 (2005), 퍼팅그립 악력 측정시스템의 개발에 관한 연구, **한국운동역학회지**, 제15권, 제2호, p113-117.

Delay, D., Nougier, V., Orliaguet, J., Coello, Y., (1997), Movement control in golf putting, *Human Movement Science*, Vol. 16, p597-619.

Gwyn, R. G., & Patch, C. E. (1993), Comparing two putting styles for putting accuracy, *Perceptual and motor skills*, 76(2), 387-390.

Manal, K., Stanhope, S. J. (2004), A novel methods for displaying gait and clinical movement analysis data, *Gait & Posture*, Vol. 20, p222-226.

Paradisis, G. and Rees, J. (2002), *Kinematic analysis of golf putting for expert and novice golfers*, Available at : http://coachesinfo.com/category/golf/60/

Tack, G. R., Kim, H. S., Choi, J. S., Yi, J. H., Chung, S. C., Lim, Y. T., Sohn, S. H. (2006), A Study on the grip force during putting stroke, *ISBS 2006 Conference*.

투 고 일 : 7월 31일
심 사 일 : 8월 6일
심사완료일 : 9월 5일