

퍼팅 시 프로와 아마추어, 초보 골퍼사이의 운동학적 변인과 그립 악력 비교

최진승¹ · 김형식¹ · 강동원¹ · 김한수¹ · 오호상¹ · 서정우¹ · 이정환^{2, 3} · 임영태⁴ · 탁계래^{2, 3}

¹ 건국대학교 일반대학원 의학공학과 · ² 건국대학교 의료생명대학 의학공학부

³ 건국대학교 의공학실용기술연구소 · ⁴ 건국대학교 자연과학대학 스포츠과학부

Kinematics and Grip Forces of Professionals, Amateurs and Novices during Golf Putting

Jin-Seung Choi¹ · Hyung-Sik Kim¹ · Dong-Won Kang¹ · Han-Su Kim¹ · Ho-Sang Oh¹

Jeong-Woo Seo¹ · Jeong-Han Yi^{2, 3} · Young-Tae Lim⁴ · Gye-Rae Tack^{2, 3}

¹Department of Biomedical Engineering, Graduate School of Konkuk University, Chungju, Korea

²Department of Biomedical Engineering, College of Biomedical & Health Science, Konkuk University, Chungju, Korea

³Research Institute of Biomedical Engineering, Konkuk University, Chungju, Korea

⁴Division of Sports Science, College of Natural Science, Konkuk University, Chungju, Korea

Received 30 September 2011; Received in revised form 13 October 2011; Accepted 12 December 2011

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare the differences in kinematic variables and grip forces among professionals(PG), amateurs(AG), and novice group(NG) during golf putting. The participants consisted of 3 groups based on their playing ability: 8 professional golfers (handicap<5), 8 amateurs (handicap<18) and 8 novice. Each subject attempted 2.1m putts from the hole. 3D motion analysis system(Motion analysis Corp., USA) with 6 high speed cameras and grip force measurement system(Kim et al., 2007) were used to acquired kinematic and force data, respectively. To compare differences among groups, joint angles of upper limbs, trajectory and smoothness by jerk cost function(JC) of putter head and grip forces were used in this study. Results showed that there were significant differences among groups in most of variables such as joint angles, trajectory & smoothness of putter head, and distribution of grip force in both hands. In brief, we confirmed that putting stroke in PG was more accurate and smooth than that in other groups, especially NG, due to their well-controlled upper limbs and keeping grip forces constant in both hands. It can be concluded that due to skilled levels, fundamental differences of putting movement could be identified and these differences might be helpful for improving one's putting skills.

Keywords : Putting Stroke, Upper Limb Angle, Putter Head Movement, Jerk Cost Function, Grip Force, Skilled Level

I. 서론

퍼팅은 전체 골프경기의 40%이상을 차지하는 중요한 스트로크로 다른 스트로크에 비해 개인적 성향이 강하고, 경기의 승

패에 결정적 역할을 한다(Neumann & Thomas, 2009; Pelz & Frank, 2000). 퍼팅의 가장 기본적인 특징은 공을 퍼터가 골퍼를 대신하여 힘을 전달하는 것이고, 이 때문에 좋은 퍼팅을 위해서는 골퍼의 조화로운 움직임을 통해 퍼터 헤드에 공을 정확히 맞추는 것이 필요하다. 즉, 골프 스트로크 중 비교적 작은 동작인 퍼팅은 골퍼와 퍼터사이에 세밀한 조절이 중요하다.

퍼팅 스트로크 시 퍼터 헤드의 움직임의 관점에서 프로 선수를 대상으로 퍼팅 거리에 따른 퍼팅 스트로크의 국면별 소요시

Corresponding Author : Gye-Rae Tack
Department of Biomedical Engineering, College of Biomedical & Health Science, Konkuk University, 322 Danwol-dong, Chung-ju, Korea
Tel : +82-43-840-3762 / Fax : +82-43-851-0620
E-mail : grtack@kku.ac.kr
본 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2009-0075413).

간 분석을 통해 국면별 소요시간 비율이 연구된 바 있고(Park, 2000), 프로와 초보 골퍼의 퍼팅 시 퍼터 헤드 움직임의 부드러움을 비교를 통해 프로의 퍼터 헤드의 내외방향(medio-lateral) 움직임이 더 숙련됨을 밝힌 연구(Lim et al., 2006), 퍼터 헤드의 움직임 범위를 바탕으로 퍼터의 시간과 공간적 조절을 이용한 퍼팅 모델 연구(Craig et al., 2000)도 수행되었다.

최적 퍼팅 스트로크에 대한 정량적 고찰을 위해 최종적인 퍼터의 움직임뿐만 아니라 골퍼의 신체 동작 조절관점에서 연구가 다양하게 시도되고 있다. 또 골퍼의 동작 조절 관점에서 퍼팅 거리에 따른 볼 임팩트 시 백스윙과 다운스윙의 거리와 시간, 속도를 비교한 연구(Delay et al., 1997), 프로와 초보자의 퍼팅 시 볼 임팩트 순간의 신체 각도의 차이를 비교한 연구(Paradisis & Rees, 2002), 프로와 초보자 간 그립악력과 어깨의 회전 형태의 차이를 비교한 연구(Choi et al., 2007), 중등학생을 대상으로 퍼팅 성공과 실패에 따른 운동학적 차이를 비교한 연구(Ko & Oh, 2009), 퍼팅 시 시선과 정확도에 대한 연구(Woo, Kim, Park, Lee, and Lim, 2009) 등이 수행되었다. 이는 각각 퍼터의 움직임과 퍼터를 제어하는 골퍼의 신체적 조절에 대한 접근이다. 또 대다수의 선행연구에서는 주로 퍼팅 시 엘리트골퍼와 초보자간의 차이를 보고하였으며, 이를 이용해 초보자에 대한 퍼팅 스트로크 동작 지도에 적용하고 있다.

일반적인 골프 지도서에 따르면, 좋은 퍼팅을 위해 상체(어깨, 손목)를 고정하고 진자 움직임 형태로 상체 허리회전을 이용해 퍼터의 움직임이 발생하도록 제안하고 있으며(Pelz & Frank, 2000), 이를 기초로 골퍼의 기술 수준에 따른 상체의 정렬, 스트로크 진행 과정에서의 신체 고정과 퍼터 움직임에서 차이가 나타날 수 있다. 즉, 상체 움직임 제한 및 조절, 퍼터를 제어하는 그립 악력, 퍼터 헤드의 움직임 등을 이용해 기술 수준에 따른 그룹간 비교가 가능할 것이다. 따라서 본 연구의 목적은 골퍼의 기술 수준(프로, 아마추어, 초보)에 따른 퍼팅 시 퍼팅 구간시간, 상체의 움직임, 퍼터 헤드의 움직임과 그립 악력을 통해 퍼팅 스트로크를 비교하는 것이다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

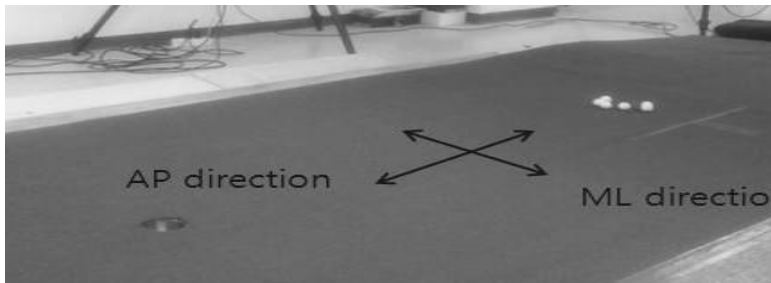
본 연구에는 각 8명의 프로골퍼(professional golfers: PG, handicap<5), 아마추어 골퍼(amateur golfers: AG, handicap<18), 초보자(novice golfers: NG, 퍼팅교육을 받은 대학생) 그룹이 참가하였다<Table 1>. 모든 피험자는 오른손잡이로 10-finger grip style을 사용하였으며 우측에서 좌측으로 퍼팅 스트로크를 수행하였다. 실험 전 모든 피험자에게 실험에 대한 충분한 설명을 하고 실험 참가동의서를 받았다. 피험자는 주어진 실험실 환경하에서 동작이 익숙해지도록 충분한 퍼팅 연습 후, 실험을 수행하였다.

Table 1. Subjects' physical characteristics

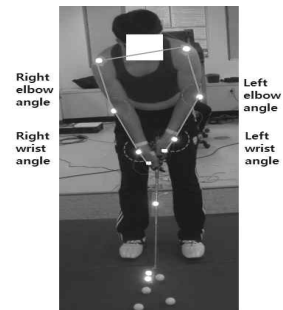
	PG	AG	NG
Age(years)	24.0±2.4	41.0±5.1	24.4±1.1
Height(cm)	174.4±4.3	174.0±1.4	175.6±3.4
Weight (kg)	68.0±9.7	76.8±4.6	69.5±8.2

2. 실험 장비 및 절차

실험은 인공잔디매트와 홀컵으로 구성된 실험실에서 수행되었다<Figure 1, a>. 홀컵은 퍼팅 시 세 그룹에서 크게 부담을 느끼지 않는 거리로 선정하였으며, 어드레스로부터 2.1m 거리에 108mm의 표준형 홀을 이용하였다. 3차원 동작분석기(Motion analysis Corp., USA)를 이용한 동작분석을 실시하였다. 피험자의 신체 각 부위에 8개, 퍼터에 3개 총 11개의 원형 적외선 반사마커를 부착하였고<Figure 1>, 120Hz로 저장하였다. 그립악력 측정을 위해 FSR센서를 이용한 그립악력 측정장치를 사용하였으며, 악력측정지점은 퍼터그립에 닿는 부분인 양손의 손가락과 손바닥에 총 12개를 부착하였다(Kim et al., 2007). 샘플링주파수는 각 센서에서 70Hz이었다. 모든 피험자는 3회씩 성공한 퍼팅 스트로크의 동작 및 그립악력데이터는 동기화하여 저장하였다.



(a) Experiment set & direction



(b) marker set & joint angle

Figure 1. Experiment, marker set and definition of joint angle(AP: anterior-posterior direction, ML: medio-lateral direction)

3. 자료 분석

그룹간 퍼팅 동작을 비교하기 위해 퍼팅 시 상체 각도의 변화와 그립 악력, 퍼터 헤드의 움직임 궤적 및 부드러움을 이용하였다. 상체 각도의 변화는 볼어드레스(ball address)에서 볼컨택(ball contact)까지의 구간에서 양쪽 팔꿈치각도와 손목각도를 이용하였으며, 각도 정의는 <Figure 1>의 (b)와 같다. 볼어드레스 시의 관절각도를 기준으로 양(+)의 변화는 신진(extension), 음(-)의 변화는 굴곡(flexion)을 나타낸다. 퍼터 헤드의 수직 정확도는 볼어드레스에서 퍼터헤드의 수직위치와 백스윙(back swing)과 다운스윙(down swing) 구간을 거쳐 볼컨택 시의 수직 위치간의 거리를 비교하였고, 움직임의 부드러움을 정량화하기 위해 저크비용함수(jerk cost function, JC)를 사용하였다. JC는 가속도를 한번 더 미분한 Jerk를 동작 시간에 따라 적분한 값이며, 일반적으로 작을수록 더 부드럽고 숙련된 동작을 의미한다(Hreljac & Martin, 1993; Lim et al., 2006). 그립 악력의 변화를 살펴보기 위해 FSR센서 시스템을 이용하였으며, 12개의 센서로부터 획득한 악력데이터를 양손의 합, 오른손과 왼손의 악력을 비교하였다(Kim et al., 2007). 모든 변인은 Matlab ver. 7.3 (Mathworks Inc., USA)을 이용하여 계산하였다.

4. 통계 처리

모든 결과의 통계적인 비교를 위해 SPSS 17k 소프트웨어 (SPSS Inc., USA)를 사용하였다. 모든 데이터는 Shapiro-Wilk 방법을 이용해 정규성 검정을 수행하였고, 일원변량분석(ANOVA)을 수행하였다. 비모수변인의 경우, 추가로 Kruskal-Wallis 검정을 통해 그룹간 차이를 확인하고 Mann-Whitney U-test를 이용해 각 그룹별 차이를 확인하였다. ANOVA의 사후검정은 Tukey의 HSD방법을 사용하였으며, 유의수준은 .05로 설정하였다.

III. 결과

1. 퍼터헤드의 수직 정확도 및 저크비용함수

볼어드레스와 볼컨택의 퍼터 헤드의 위치 차이를 살펴본 정확도에서 그룹간 차이가 나타났다($F=5.932, p=.004$). 이는 사후검정결과, PG와 NG간에 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p<.05$) <Figure 2> <Table 2> 퍼팅 시 전체 구간에서 퍼터 헤드의 부드러움을 나타낸 JC의 결과는 <Figure 3>과 같다. 내외(medio-lateral direction), 수직(vertical direction), 전체방향(total direction)에서 그룹간 차이가 나타났다(내외방향: $F=6.594, p=.003$; 수직방향: $F=3.594, p=.034$, 전체방향: $F=3.778, p=.029$).

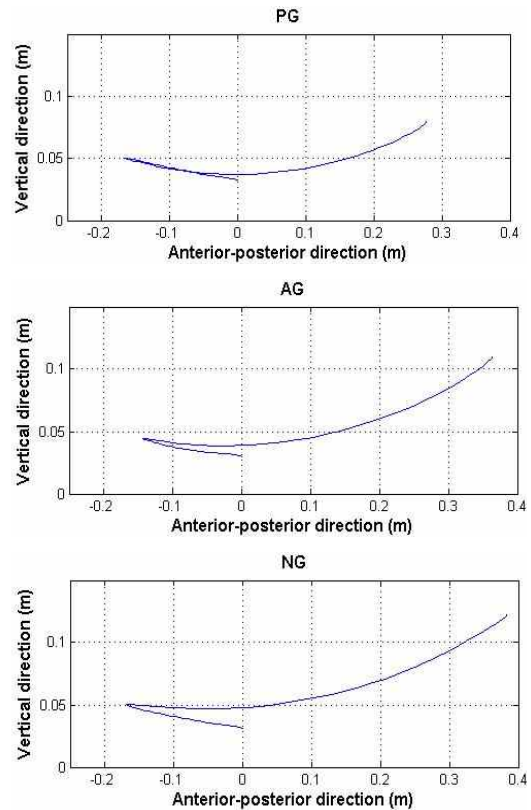


Figure 2. Mean trajectory at putter head of each group

사후검정결과, 퍼터 헤드의 내외방향에서 NG는 PG와 AG보다 통계적으로 유의하게 컸으며($p<.05$), 수직 및 전체방향에서 NG와 PG간에 유의한 차이가 나타났다($p<.05$).

Table 2. Vertical error from ball address to ball contact (unit: m)

	PG	AG	NG
Vertical error	0.006 (0.003)*	0.008 (0.004)	0.011 (0.008)*

Note. *significant difference between PG and NG at $p<.05$, Standard deviation in parentheses.

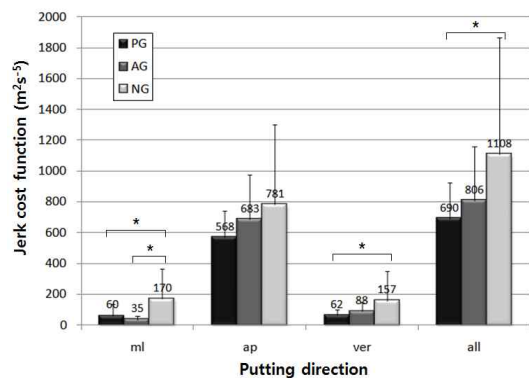


Figure 3. JC at the putter head(ml: medio-lateral, ap: anterior-posterior, ver: vertical, all: total direction; *: significant difference)

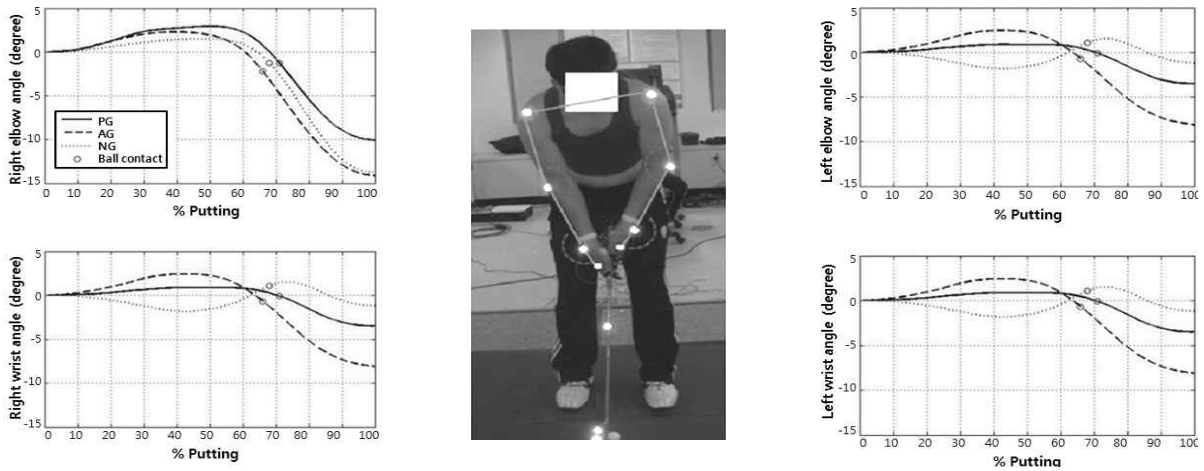


Figure 4. Changes of elbow and wrist joint angles

2. 관절 각도

<Figure 4>는 볼어드레스부터 팔로우스루(follow through)까지 관절의 각도변화를 나타낸 것이다. 양(+)의 변화는 신전(extension), 음(-)의 변화는 굴곡(flexion)을 나타낸다. 전체 구간에서 NG의 각도 변화 형태는 PG와 AG의 변화와 오른쪽 팔꿈치각을 제외한 모든 관절에서 차이가 있었다. PG와 AG의 변화 크기의 차이는 존재하나, 대략 BC지점을 기준으로 신전에서 굴곡으로 변화하였다. 이와 반대로 NG의 경우, 굴곡에서 신전으로 변화가 확인되었다(Figure 4).

3. 그립 악력

퍼팅동안 양손 전체에 작용한 그립 악력은 <Figure 5>를 통해 확인할 수 있다. BC이전 구간에서 PG에서의 악력이 AG와 NG에 비해 작았으나, 통계적인 차이는 없었다. 또 BC시점에서의 차이도 없었다($p>.05$). <Figure 6>은 오른손과 왼손에서 작용한 그립악력의 총합을 나타낸 것이다. 전반적으로 모든 그룹에

서 퍼팅동안 양손의 악력이 일정하게 유지되고 있었다. 하지만 BC시점에서의 악력을 비교한 결과, 그룹간 차이가 발생하였다 (오른손 $F=6.537, p=.002$; 왼손 $F=14.545, p=.000$). 사후검정결과, 오른손 악력은 PG와 NG에 비해 AG의 악력이 통계적으로 크게 나타났고($p<.05$), 왼손 악력은 PG와 AG에 비해 NG에서 크게 나타났고($p<.05$). 또 PG의 경우에 전체적으로 일정한 악력뿐 아니라, 양손에 적절한 악력의 배분이 이루어지는 것을 확인하였고, 이는 PG에서의 양손 악력 크기차이(1.77 ± 1.45)가 AG(3.24 ± 1.73)와 NG(2.98 ± 2.12)의 차이보다 통계적으로 작았다($p<.05$).

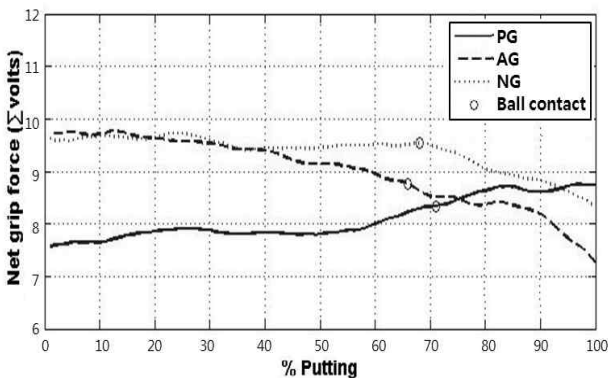


Figure 5. Net grip forces of both grip sensors

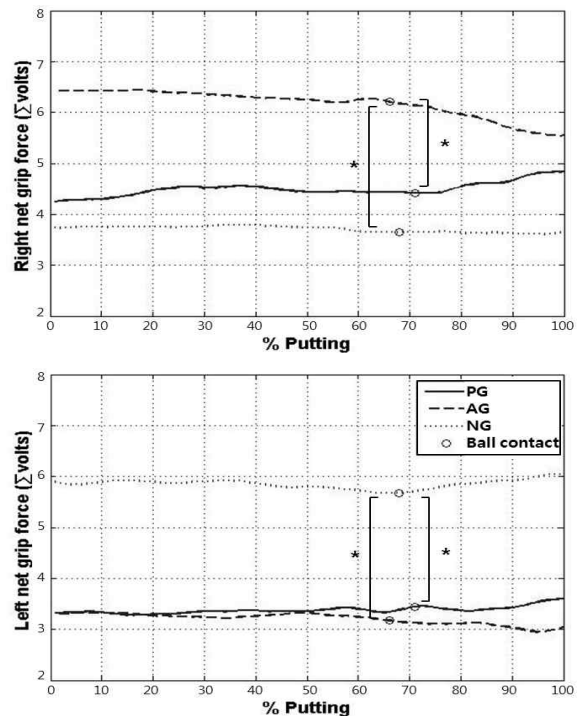


Figure 6. Net grip forces of right and left

IV. 논 의

좋은 퍼팅을 위해 중요한 요인은 적절한 상체 조절을 통한 퍼터의 정밀한 제어이다(Pelz & Frank, 2000). 이에 따라 골퍼의 기술 수준(프로, 아마추어, 초보)에 따른 퍼팅 스트로크를 비교하기 위해서는 퍼터의 조절 측면과 상체의 조절 측면으로 살펴볼 수 있다. 본 연구에서는 상체의 고정 상태와 움직임 궤적을 통해 상체의 조절 측면을 살펴보고, 퍼터 헤드의 움직임을 이용해 퍼터의 조절 측면을 살펴보았다. 또 상체와 퍼터의 연결지점인 그립의 악력을 비교하였으며, 이 때 PG의 퍼팅 스트로크를 최적의 스트로크로 가정하고 토의하였다.

먼저 퍼터의 조절 측면에서, <Figure 2>에 나타난 바와 같이 퍼터 헤드의 궤적은 움직임 범위 형태(거리)가 세 그룹에서 유사했으나, 퍼터헤드의 수직 거리 오차가 PG<AG<NG 순으로 크게 나타났다<Table 2>. 이 중 PG와 NG사이에 통계적인 차이가 있었다. JC를 이용한 동작의 부드러움에서 PG와 NG간에 내외, 수직, 전체방향에서 통계적 유의차가 있었다<Figure 3>. 이를 종합해 보면, 그룹간 퍼터의 움직임 범위는 유사하나, NG는 PG에 비해 볼어드레스로부터 볼컨택 시 퍼터헤드의 수직변위와 퍼팅 동작의 숙련함이 부족한 것으로 판단할 수 있다(Hreljac & Martin, 1993). 이는 Paradisis & Rees(2002)의 연구 결과와 부합된 결과로, PG가 NG보다 퍼팅 스트로크의 움직임이 부드러움을 의미하고, 특히 정밀한 볼컨택에 결정적 역할을 하는 백스윙 및 다운스윙 구간의 동작이 PG그룹에서 일정하고 정확하다는 것을 확인하였다.

퍼터를 제어하는 상체 조절 측면에서, 양쪽 팔의 손목 및 팔꿈치각도의 궤적을 살펴보았다<Figure 4>. 먼저 전체 구간에서 PG와 AG에 비해 NG의 각도 변화 형태는 오른쪽 팔꿈치각을 제외한 모든 관절에서 차이가 있었다. PG와 AG는 변화 크기의 차이는 존재하나, 대략 볼컨택지점을 기준으로 신전에서 굴곡으로 변화하였다. 이와는 달리 NG의 경우, 굴곡에서 신전으로 변화가 확인되었다. 이는 NG에서 퍼터의 움직임을 조절하는 형태가 다르다는 것을 나타낸다. 즉, NG는 스트로크 시 백스윙 및 다운스윙 구간에서 팔꿈치와 손목을 굽혔다가 팔로우스윙 구간에서 팔을 펴는 형태가 되어, 스트로크에 상체의 허리회전이 아닌 팔을 사용하고 있었다. 이는 퍼팅 조절에 백스윙 거리와 다운스윙 시간의 조절을 사용한다는 연구(Delay et al., 1997)와 손목의 사용은 페이스각도의 정확성을 낮추게 된다는 보고(Pelz & Frank, 2000)에 따라 부정확하고 비효율적인 퍼팅 형태를 나타낸다. 반면 PG의 경우, 백스윙 및 다운스윙 구간에서 오른쪽 팔꿈치각을 제외하고는 볼어드레스시점의 각도와 거의 일치함을 보였다<Figure 4>. 이는 PG와 AG가 움직임의 범위와 함께 차이를 보인 부분이다. 따라서 좋은 퍼팅을 위해서 적절한

상체의 움직임과 볼어드레스 시의 자세가 볼컨택 시에 정확한 복귀가 필요하고, 이러한 일정한 움직임의 결과를 퍼터로 정확히 전달하는 것이 필요하다. 이때 필요한 것이 적절한 그립악력이다. 과도한 팔과 손의 힘은 자연스러운 퍼팅을 수행할 수 없으며, 상체의 움직임을 통해 퍼터를 조절하여야 한다(Pelz & Frank, 2000). 그립악력 결과에서, 양손의 전체 그립 악력은 세 그룹 모두 비교적 유사한 크기로 일정하게 유지되었다<Figure 5>. 그러나 양손을 따로 보았을 때, PG에서 양손의 악력이 일정하였으나 AG는 오른손, NG는 왼손에서 그립악력이 더 크게 확인되었다<Figure 6>. 또 그립악력의 조절은 퍼터의 고정(power grip)과 정밀한 조절(precision grip)이 동시에 필요하다(Nordin & Frankel, 2001). 이때의 조절은 손가락의 근육뿐만 아니라 허벅지(forearm)의 근육이 함께 활성화되어야 하기 때문에, 양손의 고른 악력은 상체의 양쪽 균형과 정형화된 움직임에 긍정적인 영향을 끼칠 수 있을 것이다.

이를 요약하면, PG의 경우, 백스윙 및 다운스윙 구간 후(볼컨택 시점), 상지가 볼어드레스 자세로 복귀가 되었으며 양손의 일정한 그립 악력을 통해 퍼터가 적절히 조절되고 있었다. 그 결과, 퍼터의 움직임에서 오차가 작고 부드러운 양상을 보였다. 이에 반해 AG는 퍼터의 움직임은 PG와 유사한 양상을 보였으나, 상체의 세밀하지 못한 움직임(복귀의 부정확성)이 확인되었고 악력의 불균등 배분이 확인되었다. 특히 NG의 경우, 퍼터의 움직임, 상체의 움직임 형태, 그립 악력의 배분에서 모두 PG와 차이를 보였다. 본 결과는 퍼팅 시 퍼팅 거리에 따른 힘의 조절 방법으로 BS거리와 DS시간(속도)을 보고한 Delay et al.(1997)와 Sim & Kim (2010)의 연구와 관련하여, BS과 DS구간을 통해 퍼터 헤드에 발생시킨 힘과 방향을 꾸준히 유지하기 위해 PG는 AG나 NG에 비해 상체 고정과 그립에서의 구속력이 적절히 작용한다는 것을 정량적으로 확인하였다. 또 이러한 관점에서 기술 수준에 따른 세 그룹의 퍼팅 스트로크 차이를 확인하였다.

V. 결 론

본 연구의 목적은 골퍼의 기술 수준에 따른 세 그룹(프로, 아마추어, 초보)의 퍼팅 시 상체의 움직임, 퍼터 헤드의 움직임과 그립 악력을 통해 퍼팅 스트로크의 특징을 정량적으로 비교하는 것이다. 그 결과, PG는 백스윙 및 다운스윙 구간을 통해 볼컨택 지점에서 상지가 정확히 볼어드레스 시의 자세로 복귀되었으며 양손의 일정한 그립 악력이 나타났다. 또 퍼터의 움직임에서 오차가 작고 부드러운 양상을 보였다. 이에 반해 AG에서 퍼터의 움직임은 PG와 유사한 양상을 보였으나, 상체가 비교적 정밀하지 못한 움직임(복귀의 부정확성)과 악력의 불균등 배분

이 나타났다. NG의 경우, 퍼터의 움직임, 상체의 움직임 형태, 그립 악력의 배분에서 모두 PG와 차이를 보였다. 이러한 결과는 퍼팅기술 습득과 구분에 정량적 지표로 사용이 가능할 것이며, 추후에 다양한 거리와 실제 그린에서의 그룹별 실험 분석이 필요하겠다.

참고문헌

- Choi, J. S., Kim, H. S., Lim, Y. T., Yi, J. H., & Tack, G. R. (2007). *Kinematic Analysis of Golf Putting for Elite & Novice Golfers*. In proceeding of Asia Pacific Congress on Sports Technology. The Impact of Technology on Sport II, 277-282, Singapore.
- Craig, C. M., Delay, D., Grealy, M. A., & Lee, D. N.(2000). Guiding the swing in golf putting. *Nature*, 405, 295-296.
- Delay, D., Nougier, V., Orliaguet, J., & Coello, Y.(1997). Movement control in golf putting. *Human Movement Science*, 16(5), 597-619.
- Hreljac, A., & Martin, P.(1993). The relationship between smoothness and economy during walking. *Biological Cybernetics*, 69, 213-218.
- Kim, H. S., Choi, J. S., Yi, J. H., Lim, Y. T., & Tack, G. R.(2007). *Development of Wireless Putting Grip Sensor System* In proceeding of Asia Pacific Congress on Sports Technology. The Impact of Technology on Sport II, 283-288, Singapore.
- Ko, J. T., & Oh, C. H.(2009). Kinematic Analysis of Secondary School Golf Player's Putting Stroke Motion. *Korean Society of Sport Biomechanics*, 20(4), 447-455.
- Lim, Y. T., Choi, J. S., Han, Y. M., Kim, H. S., Yi, J. H., Jun, J. H., & Tack, G. R.(2006). Analysis of golf putting for elite & novice golfers using jerk cost function. *Korean Society of Sport Biomechanics*, 16(1), 1-10.
- Neumann, D. L., & Thomas, P., R.(2009). The relationship between skill level and patterns in cardiac and respiratory activity during golf putting. *International Journal of Psychophysiology*, 72(3), 276-282..
- Nordin, M. and Frankel, V. H. (2001). *Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System* Lippincott Williams & Wilkins; Third edition.
- Paradisis, G., & Rees, J.(2002). Kinematic analysis of golf putting for expert and novice golfers (online). Available:http://www.coachesinfo.com/index.php?option=com_content&view=article&id=151:golf-kinematic&catid=44:golf-putting&Itemid=82
- Park, J.(2000). Swing time analysis during the putting stroke. *Korean Society of Sport Biomechanics*, 9(2), 187-193.
- Pelz, D., & Frank, J. A.(2000). *Dave Pelz's Putting Bible*. New York: Doubleday.
- Sim, M., & Kim, J.(2010). Differences between experts and novices in kinematics and accuracy of golf putting. *Human Movement Science*, 29(6), 932-946.
- Woo, B. H., Kim, C. W., Park, Y. S., Lee, K., C. & Lim, Y., T.(2009). The Effects of Accuracy on Skill Level and Eye-Tracking Type in Golf Putting. *Korean Society of Sport Biomechanics*, 19(4), 729-738.