

# Analysis of Kinematic Variables according to Ground Slope Angle during Golf Putting

## 골프 퍼팅 시 지면 경사도에 따른 운동학적 변인 분석

Jun-Sung Park<sup>1</sup>, Sung-Hoon Shin<sup>2</sup>, Young-Tae Lim<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Konkuk University Sports Convergence Institute, Chungju, South Korea

<sup>2</sup>School of Kinesiology, Yeungnam University, Gyeongsan, Gyeongbuk, South Korea

<sup>3</sup>College of Biomedical and Health Science, Golf Industry Major, Konkuk University, Chungju, South Korea

Received : 16 February 2021

Revised : 08 March 2021

Accepted : 10 March 2021

### Corresponding Author

Young-Tae Lim

College of Biomedical and Health Science, Golf Industry Major, Konkuk University, Gymnasium, 108, Chungju, 27478, South Korea  
Tel : +82-43-840-3495  
Fax : +82-43-840-3498  
Email : ytlim@kku.ac.kr

**Objective:** The purpose of this study was to analyze kinematic variables according to ground slope angle during golf putting.

**Method:** 26 collegiate golfers (age: 22.54±2.15 kg, height: 174.64±6.07 cm, weight: 71.35±9.27 kg, handicap: 5.11±4.50) were participated, and 8 motion capture cameras (250 Hz), Nexus, and Kwon3DXP software were used to collect data. It was performed repeated measures ANOVA and Bonferroni adjustment. Alpha set at .05.

**Results:** Body alignments were not significantly different at address. Putter head trajectory and loft angle were significantly different, and AP direction of acceleration of putter head was significantly different. However, ML and SI direction of acceleration of putter head were not significantly different.

**Conclusion:** Therefore, it was identified that ground slope angle was affected the kinematic variables during putting, and it will be performed that correlation analysis between putting success rate and kinematic variables according to ground slope angle during golf putting.

**Keywords:** Golf putting, Ground slope angle, Body alignment, Kinematic variable

## INTRODUCTION

최근 국내 골프 산업은 다른 스포츠 산업과 비교해 비약적인 발전을 하고 있다. 특히, 20~30대 젊은 층이 대거 유입되는 현상으로 골프 잠재인구가 약 956만명에 육박하고 있기 때문이다(KGA, 2017). 대한민국 골프가 제 2의 전성기를 맞고 있는 원인은 스크린 골프의 저변확대로 남녀노소 누구나 골프를 즐길 수 있게 되었고, 게다가 국내·외에서 활약하고 있는 남녀 프로 선수들의 눈부신 성장세로 그 원인을 증명하고 있다. 이러한 골프의 발전과 대중화는 결국 아마추어 골퍼와 프로 선수의 경기력 향상에 긍정적인 영향을 미칠 수밖에 없다.

골프는 14개의 클럽을 이용하여 필드 위에 정지되어 있는 공을 지름 108 mm의 홀컵(hole-cup)에 넣는 경기로 18홀을 플레이 한다(Lim & kwon, 2017). 골프 코스에서는 다양한 거리 조건에서 수행하며, 크게 롱(long)게임과 숏(short)게임으로 나뉜다. 롱게임은 전체 골프 경기에서 약 30%, 숏게임은 약 60%를 차지하고 있어 숏게임의 비중이 높은 것을 알 수 있다. 이러한 이유로 프로 선수들은 숏게임 훈련에 약 70%의 비중을 두는 것으로 나타났다(Gwyn & Patch, 1993; Har & Cho,

2015). 특히 퍼팅의 중요성은 많은 교습가와 선행연구를 통해 알려져 왔으며, 퍼팅의 비중은 한 경기에 약 43%를 나타내고 있다(Neumann & Thomas, 2009; Pelz, 2000; PGA, 2002).

퍼팅은 각 홀의 파(par) 세이브를 위해 2 퍼팅이 기본이고, 그린 적중률에 따라 1 퍼팅으로 이어진다. 또한 퍼팅은 다양한 그린 경사도 조건과 거리 조건에서 수행한다는 관점에서 또 다른 경기 형태라고 할 수 있다(Kang, 2007). Park et al. (2007)와 Pelz (2000)의 프로 선수들의 퍼팅 거리 성공률 연구 결과, 1 m 이내에서 95~100%, 2 m 이내에서 약 50~65%, 그리고 3 m 이내에서는 약 25%를 차지하는 것으로 보고하고 있어 거리 조건이 퍼팅 성공률에 영향을 미치는 것으로 보고하였다. 이에 대부분의 프로 선수들은 퍼팅 성공률을 높이기 위해 과학적 및 기술적인 측면에서 퍼팅 능력 향상을 위한 연습에 초점을 두고 있다.

퍼팅 능력은 그린 읽기(green reading), 거리 조절(distance control), 그리고 스트로크 기술(stroke mechanism)으로 구분된다(Kim, Lee & Hong, 2014). 그린 읽기는 홀의 위치, 지면 경사도를 파악하여 퍼팅을 수행하는데 홀컵까지 어디가 높고 낮은지 확인하여 정확한 브레이크

(break)을 확인하는 것이 매우 중요하지만 골프 핸디캡과 상관없이 대부분의 골퍼들은 브레이크를 인지하는데 어려움을 겪는 것으로 보고하고 있다(Park, Toole & Lee, 1999; Pelz, 2000; Poolton, Masters & Maxwell, 2005). 거리 조절은 퍼터 헤드 스피드(speed)와 관련이 있으며, 공을 목표 지점으로 보내기 위한 필수요소 중 하나이다. 게다가 거리 조절은 진자운동(movement of pendulum)의 크기에 따라 변할 수 있고, 잘못된 진자운동은 퍼터 헤드의 움직임을 방해하여 거리 조절 실패를 야기시킨다(Choi et al., 2011; Ha, Park & Kim, 2009). 그리고 스트로크 기술에서 공의 방향에 영향을 미치는 두 가지의 주요 요소인 궤도와 로프트(loft)가 퍼팅 성공률에 미치는 영향을 분석한 결과, 퍼터 헤드의 로프트는 약 83% 그리고 궤도는 약 17%의 영향을 미치는 것으로 나타나 그 중요성을 강조하였다(Pelz, 2000).

하지만 퍼팅의 중요성이 강조되고 있음에도 불구하고 지면 경사도 조건에 따라 발생하는 변인들을 정량적으로 분석한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 대학 골프 선수들을 대상으로 putting platform을 이용하여 지면 경사도 조건에 따른 퍼팅 시 발생하는 운동학적 변인들을 분석하는데 그 목적이 있다.

## METHOD

### 1. 연구대상자

본 연구의 연구대상자는 최근 12개월 이내 정형외과적 근골격계 부상 이력이 없는 신체 건강한 대학 남자 골프 선수 21명과 여자 선수 5명이 참여하였다(Table 1). 본 연구에 참여한 연구대상자들의 정량적 데이터에 대한 정확한 해석을 위해 오른손잡이 골퍼를 대상으로 선정하였다. 모든 연구대상자는 연구자로부터 연구의 목적 및 실험 절차에 대해 설명을 충분히 듣고 동의서 작성 후 실험에 참여하였다.

Table 1. Characteristics of participants

Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)	Handicap	Career (year)
22.54±2.15	174.65±6.07	71.35±9.27	5.11±4.5	5.31±0.95

### 2. 실험절차

실험 전 모든 연구대상자는 부상방지를 위해 약 10분간 스트레칭을 실시하였으며, 신체 분절의 정확한 위치와 양질의 위치데이터를 수집하기 위해 스파덱스(spandex) 소재의 실험복으로 환복하였다. 연구자는 연구대상자들의 인체 기초자료 및 DB를 구축하기 위해 Zatsiorski (1990)의 Scaling Method를 근거로 연구대상자들의 각 신체 분절의 길이와 둘레를 측정 후 연구대상자들의 주요 관절에 Vicon사에서 제공하는 plug-in-model에 기초하여 19 mm 반사마커(reflective marker)를 부착하였다. 또한 연구대상자들의 사용하는 퍼터 헤드의 토크(toe)와 힐(heel) 그리고 그립(grip)과 넥(neck)에 반사마커를 추가적으로 부착하여 지면 경사도 조건에 따른 퍼팅 동작 시 발생하는 위치데이터를 수집하였다.

연구자는 퍼팅 동작 시 발생하는 운동학적 자료를 수집하기 위해 8대의 모션캡처 카메라(T10S, VICON, USA)를 사용하였다. 실험 공간의 전역좌표계(Global Coordinate System)는 전·후 방향을 X축, 좌·우 방향을 Y축, 그리고 상·하 방향을 Z축으로 정의하기 위해 Vicon사에서 제공하는 Active Wand (VICON, LA, USA)를 이용하여 실험 공간의 기준 좌표계를 설정하였다. 신체 분절의 지역좌표계(Local Coordinate System)는 인체 15개 분절과 퍼터를 2개의 분절로 나누어 모두 17개의 분절로 정의하였다. 머리의 지역좌표계는 머리의 좌측에서 우측 반사마커를 잇는 벡터를 Y축으로 정의하고 머리 뒤쪽 반사마커에서 앞쪽 반사마커를 잇는 벡터를 X축, 그리고 X와 Y 벡터가 이루는 방향을 Z축으로 정의하였다. 전역좌표계와 지역좌표계 정의 후 연구대상자들의 해부학적 자세를 모션캡처 카메라를 이용하여 촬영하였다(sampling rate: 250 Hz).

지면 경사도 조건에 따른 퍼팅을 실시하기 위해 전·후, 좌·우 기울기가 가능한 퍼팅 플랫폼을 사용하였다(length: 3 m 77 cm, width: 1 m 60 cm, height: 46 cm, torque: 7.2 Nm, rotation velocity: 2,000 r/min, angle: 0~3°). 퍼팅 플랫폼의 그린 스피드는 실제 그린 스피드와 비슷한 조건을 유지하기 위해 0.2 mm 두께의 인조잔디를 퍼팅 플랫폼 위에 부착하였고, 스템프 미터(stimpmeter)를 이용하여 5회 측정 후 평균값을 산출하였다(stimpmeter: 3 m 40 cm). 연구대상자들은 퍼팅 플랫폼 위에 부착한 인조잔디에 그린 스피드를 적응하기 위해 다양한 지면 경사도 조건에서 약 10분간 3 m 거리 퍼팅 연습을 실시하였으며, 퍼팅 연습이 끝난 후 연구자의 신호에 따라 지면 경사도 조건별로 10회씩 퍼팅 스트로크를 실시하였다(Figure 1). 본 연구에서 실시한 3 m 거리의 퍼팅은 미국 PGA 투어 선수들과 숙련자들의 평균 성공률이 50% 미만으로 나타난 연구 결과를 근거로 설정하였다(Delay, Nougier, Orliaguet & Coello, 1997; Pelz, 2000).

### 3. 자료처리

수집한 자료는 Nexus software version 1.8.3 (Vicon Motion Systems Ltd., Oxford, UK)와 Kwon3DXP software (VICOL, Inc., Korea)를 사용하여 어드레스 시 신체 정렬, 퍼터 헤드의 궤도와 로프트 변인을 분석하였으며(fourth-order Butterworth low filter (8 Hz)), 퍼터 헤드의 가속도는 MATLAB software (MathWorks, MA, USA)를 이용하여 방향별 제곱평균제곱근(root mean square: RMS)을 산출하였다. 어드레스 시 신체 정렬에 대한 결과 해석은 목표 방향인 홀컵과 어깨, 골반, 양발이 평행인 상태를 0으로 기준으로 양(+)의 수치를 열림, 음(-)의 수치를 닫힘으로 정의하였다. 퍼터 헤드의 궤도 결과 해석은 양(+)의 수치를 오른쪽, 음(-)의 수치를 왼쪽으로 설정하였고, 임팩트 시 로프트 각도 결과 해석은 양(+)의 수치를 add loft, 음(-)의 수치를 deloft로 설정하였다(Figure 2).

### 4. 통계분석

본 연구의 자료 분석은 모든 연구대상자가 평지, 슬라이스 1°, 슬라이스 2°, 혹은 1°, 그리고 혹은 2°의 지면 경사도에서 10회의 퍼팅을 실시하여 획득한 자료를 분석하여 평균(mean)과 표준편차(standard deviation)를 산출하였다. 본 연구의 통계 분석은 5가지의 다양한 경사도

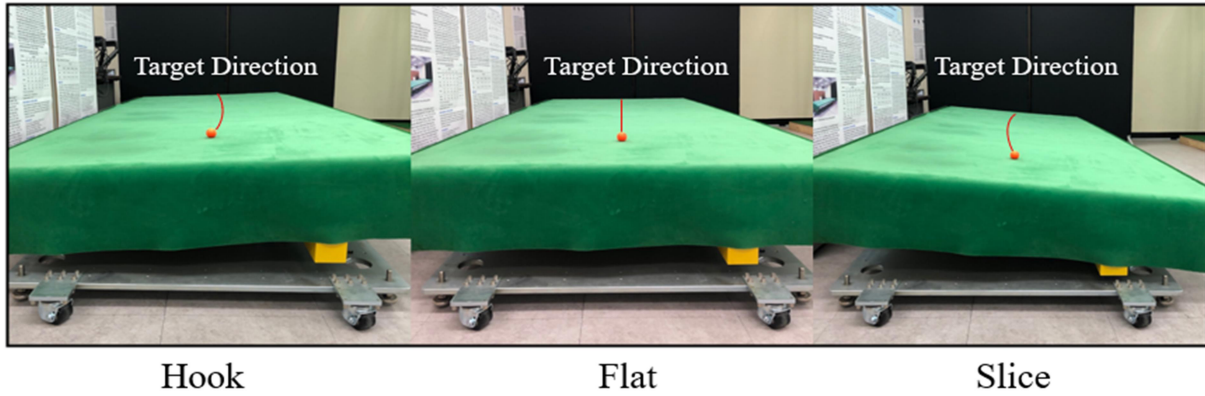


Figure 1. Slope angle of putting platform

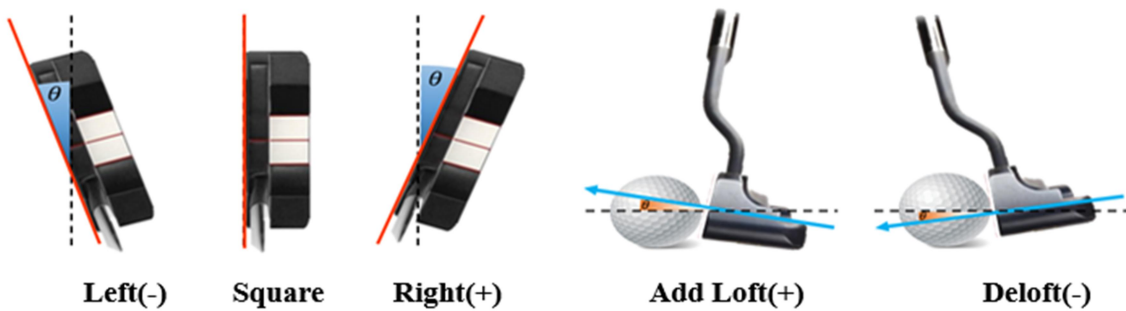


Figure 2. Definition of loft angle and path of putter head

Table 2. Results of body alignment at address

Unit: deg

Variables	Ground slope angle condition (SD)					F	p
	Flat	Slice 1°	Slice 2°	Hook 1°	Hook 2°		
Shoulder pelvis	1.20 (2.57)	1.64 (2.18)	1.83 (2.43)	1.84 (2.75)	1.85 (2.47)	0.322	.863
Pelvis foot	-2.26 (2.89)	-2.04 (2.75)	-2.13 (2.67)	-2.27 (3.31)	-2.06 (3.20)	0.035	.998
Shoulder foot	-1.05 (2.80)	-0.40 (3.06)	-0.30 (3.02)	-0.42 (3.15)	-0.21 (3.45)	0.302	.876

\*p<.05

조건에 따른 퍼팅 시 발생하는 운동학적 변인들의 차이를 분석하기 위해 구형성 가정을 충족시킨 후 repeated measures ANOVA(반복측정 분산분석)를 실시하였다(IBM SPSS 24.0, Armonk, NY, USA). 사후검증은 Bonferroni를 실시하여 지면 경사도 간의 차이를 분석하였다. 모든 통계적 가설의 유의수준은  $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

## RESULTS

### 1. 어드레스 시 신체 정렬 결과

3 m 거리의 퍼팅 시 신체 정렬 결과는 다음과 같다(Table 2). 어드레스 시 홀컵 방향에 대한 어깨와 골반의 정렬 결과는 평지 조건에서  $1.20 \pm 2.57$  deg, 슬라이스 1° 조건에서  $1.64 \pm 2.18$  deg, 슬라이스 2° 조건에서  $1.83 \pm 2.43$  deg, 훅 1° 조건에서  $1.84 \pm 2.75$  deg, 그리고 훅 2° 조건

에서  $1.85 \pm 2.47$  deg로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=0.322$ ,  $p=.863$ ).

골반과 발의 정렬 결과는 평지 조건에서  $-2.26 \pm 2.89$  deg, 슬라이스 1° 조건에서  $-2.04 \pm 2.75$  deg, 슬라이스 2° 조건에서  $-2.13 \pm 2.67$  deg, 훅 1° 조건에서  $-2.27 \pm 3.31$  deg, 그리고 훅 2° 조건에서  $-2.06 \pm 3.20$  deg로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=0.035$ ,  $p=.998$ ).

어깨와 발의 정렬 결과는 평지 조건에서  $-1.05 \pm 2.80$  deg, 슬라이스 1° 조건에서  $-0.40 \pm 3.06$  deg, 슬라이스 2° 조건에서  $-0.30 \pm 3.02$  deg, 훅 1° 조건에서  $-0.42 \pm 3.15$  deg, 그리고 훅 2° 조건에서  $-0.21 \pm 3.45$  deg로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F=0.302$ ,  $p=.876$ ).

**Table 3.** Results of path and loft angle of putter head

Variables	Ground slope angle condition (SD)					F	p
	Flat	Slice 1°	Slice 2°	Hook 1°	Hook 2°		
Path (mm)	0.93 <sup>#,†</sup> (2.35)	-1.83 <sup>#,c,d</sup> (3.38)	-1.75 <sup>†,e,f</sup> (3.11)	1.41 <sup>c,e</sup> (3.78)	3.20 <sup>d,f</sup> (3.46)	11.498	.000*
Loft (deg)	-1.47 (1.62)	-0.76 <sup>d</sup> (1.86)	-0.96 <sup>f</sup> (1.67)	-1.82 (1.69)	-2.53 <sup>d,f</sup> (1.94)	4.191	.003*

\*p<.05

**Table 4.** Results of acceleration of putter head

Unit: m/s<sup>2</sup>

Variables	Ground slope angle condition (SD)					F	p
	Flat	Slice 1°	Slice 2°	Hook 1°	Hook 2°		
Anterior posterior	0.33 <sup>†,a</sup> (0.15)	0.35 <sup>b</sup> (0.18)	0.53 <sup>b,b</sup> (0.19)	0.41 (0.19)	0.48 <sup>a</sup> (0.16)	5.807	.000*
Medial lateral	2.61 (0.44)	2.69 (0.61)	2.71 (0.55)	2.65 (0.66)	2.65 (0.59)	0.114	.977
Superior inferior	0.62 (0.13)	0.64 (0.19)	0.64 (0.14)	0.63 (0.21)	0.63 (0.17)	0.087	.986

\*p<.05

**2. 퍼터 헤드의 궤도 및 로프트 결과**

3 m 거리의 퍼팅 시 퍼터 헤드의 운동학적 변인 결과는 다음과 같다(Table 3). 퍼팅 스트로크 시 퍼터 헤드의 궤도를 분석한 결과, 평지 조건에서 0.93±2.35 mm, 슬라이스 1° 조건에서 -1.83±3.38 mm, 슬라이스 2° 조건에서 -1.75±3.11 mm, 훅 1° 조건에서 1.41±3.78 mm, 그리고 훅 2° 조건에서 3.20±3.46 mm가 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(F=11.498, p=.000).

임팩트 시 퍼터 헤드의 로프트 각도는 평지 조건에서 -1.47±1.62 deg, 슬라이스 1° 조건에서 -0.76±1.86 deg, 슬라이스 2° 조건에서 -0.96±1.67 deg, 훅 1° 조건에서 -1.82±1.69 deg, 그리고 훅 2° 조건에서 -2.53±1.94 deg가 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(F=4.191, p=.003).

**3. 퍼터 헤드의 가속도 결과**

3 m 거리의 퍼팅 시 퍼터 헤드의 가속도 결과는 다음과 같다(Table 4). 퍼팅 스트로크 시 퍼터 헤드의 앞·뒤(anterior-posterior) 가속도 결과, 평지 조건에서 0.33±0.15 m/s<sup>2</sup>, 슬라이스 1° 조건에서 0.35±0.18 m/s<sup>2</sup>, 슬라이스 2° 조건에서 0.53±0.19 m/s<sup>2</sup>, 훅 1° 조건에서 0.41±0.19 m/s<sup>2</sup>, 그리고 훅 2° 조건에서 0.48±0.16 m/s<sup>2</sup>가 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(F=5.807, p=.000).

퍼터 헤드의 좌·우(medial-lateral) 가속도 결과, 평지 조건에서 2.61±0.44 m/s<sup>2</sup>, 슬라이스 1° 조건에서 2.69±0.61 m/s<sup>2</sup>, 슬라이스 2° 조건에서 2.71±0.55 m/s<sup>2</sup>, 훅 1° 조건에서 2.65±0.66 m/s<sup>2</sup>, 그리고 훅 2° 조건에서 2.65±0.59 m/s<sup>2</sup>가 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(F=0.114, p=.977).

퍼터 헤드의 상·하(superior-inferior) 가속도 결과, 평지 조건에서 0.62±0.13 m/s<sup>2</sup>, 슬라이스 1° 조건에서 0.64±0.19 m/s<sup>2</sup>, 슬라이스 2° 조건에서 0.64±0.14 m/s<sup>2</sup>, 훅 1° 조건에서 0.63±0.21 m/s<sup>2</sup>, 그리고 훅 2° 조건에서 0.63±0.17 m/s<sup>2</sup>가 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이

가 나타나지 않았다(F=0.087, p=.986).

**DISCUSSION**

본 연구는 골프 퍼팅 시 지면 경사도에 따라 발생하는 운동학적 변인을 분석하는 것이 목적이었다. 골프는 목표 지점까지 볼을 정확하게 일정하게 운동시키는 것이 중요하며, 특히 퍼팅에서는 이러한 요소들이 매우 중요하게 작용된다. 어드레스(address)의 중요성에 대해서는 많은 선행연구들을 통해 알려져 왔다. 골프에서 어드레스는 골프 스윙의 약 80%를 차지할 만큼 중요한 요소이다(Sung, 2004). 잘못된 퍼팅 스트로크는 어드레스 시 신체 정렬(alignment) 즉 셋업(set-up)에서 비롯되며, 퍼팅 시 과도한 근수축을 발생시켜 퍼터 헤드의 궤적과 페이스 각도에 부정적인 영향을 미치는 원인으로 보고하였다(Lee, Kwon, Park & Lim, 2020). 게다가 Pelz (2000)는 어깨의 에임라인(aim line)과 홀컵이 평행을 이루면 팔과 손목의 근육의 방해를 최소화시켜 정확하고 일정한 퍼터 헤드의 운동으로 퍼팅의 성공률을 높일 수 있다고 보고하였다.

본 연구에서 퍼팅 시 지면 경사도에 따른 운동학적 변인 중 신체 정렬을 분석한 결과, 골반을 기준으로 어깨의 정렬 상태는 모든 지면 경사도 조건에서 열린(+) 자세를 취하는 것으로 나타났으며, 특히 훅 2° 지면 경사도 조건에서 어깨의 회전 각도가 가장 큰 것으로 나타났다. 양발을 기준으로 골반의 정렬 상태는 모든 지면 경사도 조건에서 닫힘(-) 자세를 취하는 것으로 나타났다. 특히, 훅 1° 지면 경사도 조건에서 골반의 회전 각도가 가장 큰 것으로 나타났다. 그리고 양발을 기준으로 어깨의 정렬 상태는 모든 지면 경사도 조건에서 닫힘(-) 자세를 취하는 것으로 나타났으며, 평지 조건에서 어깨의 회전 각도가 가장 큰 것으로 나타났다. 하지만 신체 정렬 결과를 통해 알 수 있었던 것은 각각의 지면 경사도 조건에서 발생한 회전 각도는 최대 2.5°를 넘지 않은 매우 작은 회전 각도를 나타낸 것이다. 이에 각 연구대상자들의 특성, 즉 신체구조와 주시로 사용하는 눈(우위안)을 사용한 반복된 연습에 의한 결정된 정렬 오류 등으로 인해 어깨, 골반, 발의



정렬이 완벽하지 않을 수 있다는 점은 고려할 부분이다. 본 연구를 통해 획득한 신체 정렬 결과는 목표 방향과 거의 평행하는 것으로 해석할 수 있고(Park, 2020; Park et al., 2007), 이에 따라서 본 연구 결과를 Pelz (2000)의 연구 결과에 비추어 보면 본 연구에 참여한 대상자들의 퍼팅 성공률이 높을 것으로 예상할 수 있다.

임팩트 시 볼의 출발 각도에 영향을 미칠 수 있는 퍼터 헤드의 궤도 결과, 평지, 혹은 1° 그리고 혹은 2° 경사도 조건에서 양(+)의 수치가 나타났고, 슬라이스 1°와 슬라이스 2° 경사도 조건에서 음(-)의 수치가 나타났다. 이와 같은 결과는 슬라이스 경사도를 제외한 나머지 지면 경사도 조건에서 in-to-out 궤도로 퍼팅을 수행하는 것으로 해석되며 반대로 슬라이스 경사도 조건에서는 out-to-in 궤도로 퍼팅을 수행하는 것을 알 수 있었다. 이에 Park, Lim, Lee & Kwon (2019)의 연구 결과 경사도 퍼팅 시 경사도 조건에서는 경사진 라인에 맞게 백스윙 궤도가 수정되어 퍼터 헤드의 전체 궤도가 달라지고, 이는 스윙의 아크가 증가한 원인으로 보고하였다. 게다가 지면 경사도 조건에 따라 다르게 나타난 궤도는 부정확한 스트로크(stroke)를 발생시킬 수 있다. 퍼팅 시 퍼터 헤드의 궤도는 퍼터 헤드의 스위트 스팟(sweet spot)과 직접적인 관련이 있다. 특히, 평지와 혹은 경사도 조건에서 발생한 in-to-out 궤도는 임팩트 시 공이 퍼터 헤드의 toe 부분에 임팩트 될 수 있는 확률이 높고, 반대로 슬라이스 경사도 조건에서 발생한 out-to-in 궤도는 임팩트 시 공이 퍼터 헤드의 heel 부분에 임팩트되는 경향을 나타내는 것으로 보고하고 있다(Pelz, 2000).

임팩트 시 퍼터 헤드의 로프트(loft) 결과, 모든 경사도 조건에서 deloft 되는 것으로 나타났다. 평지와 혹은 경사도 조건에서는 로프트 각도가 최대 -2.53°에서 최소 -1.47°로 나타난 반면 슬라이스 경사도 조건에서는 로프트 각도가 최대 -0.96°에서 최소 -0.76°로 나타나 경사도 조건에 따라 로프트 각도가 다른 것을 알 수 있었다. Park et al. (2019)와 Wu, Huang, Marquardt & Wang (2020)의 연구에서는 임팩트 시 손목의 회전을 최소화하려는 경향은 자연스러운 퍼터 헤드의 운동을 방해하는 요인이 되는 것으로 보고하였다. 또한 슬라이스 경사도는 혹은 경사도와 다르게 골퍼들이 시각적으로 불편해하는 경향이 있다. 이에 백스윙 이후 임팩트로 전환되는 과정에서 퍼터 헤드가 감속되어 로프트가 증가하는 경향이 나타난다(Park, 2020). 로프트 각도는 임팩트 이후 볼의 출발 각도 및 방향에 직접적인 연관이 있다. 특히 로프트 각도가 "0"에 가까울수록 또는 양(+)의 수치를 나타낸 경우 임팩트 시 볼이 튀어 오를 수 있고, 볼의 굴림이 비이상적으로 진행될 확률이 높아 퍼팅의 성공 확률을 저하시키는 요인으로 보고되고 있다(Karsen & Nilsson, 2008; Pelz, 2000). 이에 슬라이스 경사도 조건에서 나타난 결과는 평지와 혹은 경사도 조건과 비교해 임팩트 시 볼의 운동에 부정적인 영향을 미칠 가능성이 있을 것이며, 이를 보완하기 위해 임팩트 시 양손이 퍼터 헤드보다 목표 방향으로 앞으로 진행되는 핸드 퍼스트(hand first) 동작을 수행하여 퍼터 헤드의 로프트 각도를 낮추는 것이 효과적인 방법이 될 수 있다(Kang, 2007).

퍼팅은 환경적인 요인과 운동학적 또는 운동역학적 요인 등 수많은 요인들의 조화로 성공과 실패가 결정된다. 특히 운동학적 및 운동역학적 요인들은 반복적인 연습을 통해 긍정적인 효과를 가져올 수 있으며, 이러한 과학적인 조화는 원활한 신체 협응 동작을 가능하게 하고, 이를 통한 안정감과 리듬감은 퍼터 헤드의 가속도에 중요한 영향을 미친다(Jacobson, Berleman-Paul, Mangalam, Kelty-Stephen & Ralston,

2021; Richardson, Hughes & Mitchell, 2012). 본 연구의 퍼터 헤드의 가속도 결과, 전·후, 좌·우, 그리고 상·하 방향에서 경사도가 클수록 퍼터 헤드의 가속도가 증가하는 것으로 나타났다. 특히, 전·후 방향에서 지면 경사도 조건에 따라 퍼터 헤드의 가속도가 유의한 차이가 나타났다. 이러한 결과는 전·후 방향의 퍼터 헤드의 가속도는 지면 경사도에 따라 퍼터 헤드의 일관성을 유지하지 못한 것으로 해석할 수 있다. 퍼터 헤드의 가속도는 임팩트 시점에서 퍼터 헤드와 공의 접촉시간을 증가시켜 공의 방향성과 구질에 중요한 영향을 미친다(Cochran, Stobbs & Noble, 1968; Pelz, 2000). 이러한 연구 결과로 비추어볼 때 일정하지 않은 전·후 방향의 퍼터 헤드의 가속도는 임팩트 시 퍼터 헤드의 회전 각도를 크게 발생시키는 원인으로 작용했을 가능성이 있고, 이는 퍼팅의 성공률을 낮추는 요인으로 생각된다.

## CONCLUSION

본 연구는 골프 퍼팅 시 지면 경사도에 따라 발생하는 운동학적 변인을 분석하여 핸디캡에 관계없이 퍼팅에 대한 중요성에 대한 기초자료를 제공하는 것이 목적이었다. 본 연구의 결과를 통해 지면 경사도에 따른 퍼팅 시 골반을 기준으로 어깨의 정렬 상태, 양발을 기준으로 골반의 정렬 상태, 그리고 양발을 기준으로 어깨의 정렬 상태는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않은 것을 확인하였다. 그리고 퍼터 헤드의 운동학적 변인인 궤도와 로프트는 지면 경사도에 따라 유의한 통계적으로 유의한 차이가 나타난 것으로 확인했으며, 또한 퍼터 헤드의 전·후 가속도는 통계적으로 유의한 차이가 나타났지만, 좌·우와 상·하 가속도는 유의한 차이가 나타나지 않은 것을 확인하였다. 이러한 결과를 통해 지면 경사도는 퍼터 헤드의 운동학적 변인인 궤도, 로프트, 그리고 가속도에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 추후 지면 경사도에 따른 퍼팅 성공률과 퍼팅 시 발생하는 운동학적 변인들과의 상관성을 확인하는 연구를 수행할 것이다.

## ACKNOWLEDGEMENT

This paper was written as part of Konkuk University's research support program for its faculty on sabbatical leave in 2020.

## REFERENCES

- Choi, J. S., Kim, H. S., Kang, D. W., Kim, H. S., Oh, H. S., Seo, J. W., Yi, J. H., Lim, Y. T. & Tack, G. R. (2011). Kinematics and grip forces of professionals, amateurs and novices during golf putting. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 21(4), 405-410.
- Cochran, A., Stobbs, J. & Noble, D. (1968). *The search for the perfect swing: With assist from D. Noble*, Ao. Lippincott.
- Delay, D., Nougier, V., Orliaguet, J. & Coello, Y. (1997). Movement control on golf putting. *Human Movement Science*, 16(5), 597-619.
- Gwyn, R. G. & Patch, C. E. (1993). Comparing two putting styles for putting accuracy. *Perceptual and Motor Skills*, 76(2), 387-390.
- Ha, J. H., Park, S. B. & Kim, T. H. (2009). The effect of practice with visual occlusion on the learning of golf putting. *Korean Journal of*

- Physical Education*, 48(5), 149-157.
- Har, D. H. & Cho, D. H. (2015). The kinematic analysis of change of putter head on putting accuracy. *The Korean Journal of Physical Education*, 54(6), 617-624.
- Jacobson, N., Berleman-Paul, Q., Mangalam, M., Kelty-Stephen, D. G. & Ralston, C. (2021). Multifractality in postural sway supports quiet eye training in aiming tasks: A study of golf putting. *Human Movement Science*, 102752.
- Kang, D. T. (2007). *All That GolfII: Power Golfology Series*. DKBooks.
- Karsen, J. & Nilsson, J. (2008). Distance variability in golf putting among highly skilled player: The role of green reading. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 3(1), 71-80.
- KGA (2017). *2017 Korea Golf Index*. Korea Golf Association.
- Kim, K. B., Lee, J. O. & Hong, J. H. (2014). The effect of visual conditions on distance control and accuracy of golf putting. *Korean Journal of Sports Science*, 25(2), 297-305.
- Lee, J. W., Kwon, M. S., Park, J. S. & Lim, Y. T. (2020). Correlation analysis between postural sway and kinematic variables of putter head during golf putting. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 30(3), 217-223.
- Lim, Y. T. & Kwon, M. S. (2017). The effect of stance type on the club head speed and center of pressure and center of mass patterns during the driver swing. *Journal of Golf Studies*, 11(1), 203-215.
- 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.
- Park, J. S. (2020). *Effect of somatosensory sense perception ability on putting performance according to changes of green slope* (Doctoral dissertation). Konkuk University, Chungju.
- Park, J. S., Lim, Y. T., Lee, J. W. & Kwon, M. S. (2019). Comparison of kinematic variables between elite golfer and novice during golf putting. *Journal of the Korean Applied Science and Technology*, 36(3), 789-796.
- Park, T. J., Youm, C. H., Park, Y. H., Sun, S., Seo, K. W. & Seo, K. E. (2007). Kinematic analysis of the putter head and body alignments during short and long putts. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 17(3), 51-60.
- Park, S., Toole, T. & Lee, S. (1999). Functional roles of the proprioceptive system in the control of golf-directed movement. *Perceptual and Motor Skills*, 88(2), 631-647.
- Pelz, D. (2000). *Dave Pelz's putting bible: The complete guide to mastering the green*. Doubleday Books.
- PGA (2002). *Putts per round*. Professional Golfer's Association.
- Poolton, J. M., Masters, R. S. W. & Maxwell, J. (2005). The relationship between initial errorless learning condition and subsequent performance. *Human Movement Science*, 24(3), 362-378.
- Richardson, A., Hughes, G. & Mitchell, A. (2012). Center of pressure excursion during the golf putting stroke in low, mid, and high handicap golfers. *International Journal of Golf Science*.
- Sung, N. J. (2004). A study on the swing path and plane of the club in golf swing. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 14(1), 99-115.
- Wu, Y. L., Huang, C. F., Marquardt, C. & Wang, H. T. (2020). Putting performance and kinematics differ with skill level in female golfers. *The Open Sports Sciences Journal*, 13(1).
- Zatsiorski, V. (1990). In vivo body segment inertial parameters determination using a gamma-scanner methods. *Biomechanics of Human Movement*, 186-202.