

A Study of Dynamic Balance Control between Golfer and Non-golfer

골프 선수와 일반 성인의 동적 균형 제어에 대한 연구

Jun-Sung Park¹, Young-Tae Lim^{2,3}, Jae-Woo Lee^{2,4}, Moon-Seok Kwon²

¹Sports Science Institute, Incheon National University, Incheon, South Korea

²Konkuk University Sports Convergence Institute, Chungju, South Korea

³Golf Industry Major, College of Biomedical & Health Science, Konkuk University, Chungju, South Korea

⁴Department of Sports Science, Graduate School of Konkuk University, Chungju, South Korea

Received : 26 April 2021

Revised : 14 May 2021

Accepted : 14 May 2021

Corresponding Author

Moon-Seok Kwon

Konkuk University Sports
Convergence Institute, Chungju,
27478, South Korea

Tel : +82-43-840-3495

Fax : +82-43-840-3498

Email : mjnsanstjr@kku.ac.kr

Objective: The purpose of this study was to identify the effect of dynamic postural balance control against tilting platform between golfers and non-golfers.

Method: 24 golfers and 26 non-golfers were participated. Eight motion capture cameras, two force plates, and one dynamic balance control platform were used for sensory perception test. It was performed two-way repeated ANOVA with a Bonferroni adjustment at a significant level of a 0.05.

Results: Golfers' perception ability was higher than non-golfer according to slope. the CoP, time, angle variables were indicated main effect and interaction effect between golfer and non-golfer.

Conclusion: It was known that golfer's proprioception perception ability was higher than non-golfers. Repeated practice such as shots and putting on the uneven ground might improve their balance control.

Keywords: Golf, Dynamic balance control, Center of pressure, Proprioception, Angle

INTRODUCTION

골프 스윙은 신체 분절들의 선운동과 회전운동을 통해 이루어지는 복합운동이며, 특히 양발이 지면과 접촉한 상태에서 상체와 하체의 유기적인 협응 동작으로 이루어진다. 완벽한 골프 스윙은 셋업(set-up) 시 신체 균형을 유지하는 것이 중요하다(Burden, Grimshaw & Wallace, 1998; Leadbetter & Huffman, 1995; Okuda, Armstrong, Tsunozumi & Yoshiike, 2002; Richard, Farrell, Kent & Kraft, 1985). 특히 골프 스윙은 하체를 중심으로 수행되기 때문에 균형 유지는 볼을 목표로 정확히 보내기 위한 요인들로 인식되고 있다(Ball & Best, 2012; Egret, Vincent, Weber, Dujardin & Chollet, 2003).

신체 균형은 운동 수행 중 순간적인 동작을 유지 및 예측하여 안정성을 높이기 위한 필수적인 요소이다(Poltavski, 2015). 신체 균형 유지는 구심성 신호가 중추신경계로 전달되는 과정을 통해 이루어지며 생체역학적 요인, 근골격계(musculoskeletal system), 전정감각(vestibular), 시각(visual perception), 그리고 체성감각(somatosensory) 등 여러 감각을 통해 이루어진다(Cheng, Wu, Liaw, Wong & Tsang, 2001; Cohen, Blatchly & Gombash, 1993; Hall & Brody, 2005; Masani, Vette, Kawashima & Popovic, 2008; Shumway-Cook & Woollacott, 1995). 특

히 체성감각은 고유수용성 감각으로 구분되며, 사지의 공간적 위치, 사지에 부과된 외적 부하 등 사지의 내적 상태와 관련된 정보 제공 및 올바른 자세를 만들고 유지하는 역할을 한다(Park, 2013; Shumway-Cook & Horak, 1986).

골프는 지면이 평평한 티잉 그라운드를 제외하고 지면이 고르지 못한 페어웨이 또는 러프에서 스윙을 수행해야 하므로 신체의 여러 감각기관들의 역할이 중요하며(Gao, Hui-Chan & Tsang, 2011), 지면과 접촉된 양발은 신체 균형 유지 및 힘을 전달하는 역할을 한다(Okuda et al., 2002; Toski, Love & Carney, 1998). 게다가 Park (2012)은 퍼팅을 수행하는 그린(green) 경사와 지지면의 기울기에 대한 정보 파악은 퍼팅의 성공률을 높이는 요인으로 보고하였다(Park, 2012). 이와 같이 그린 경사도에 대한 정보를 얻을 수 있게 하는 것은 체성감각 중 고유수용성 감각으로써 퍼팅 수행 시 골퍼가 딛고 있는 그린의 각도를 인지하는데 매우 중요 요소를 강조하였다.

이처럼 운동 수행 전 어드레스 자세와 같은 정적인 자세와 골프 스윙 중 신체의 동적 균형 능력은 샷의 정확도를 높이는 중요한 요소이다. 정상적인 골프 스윙은 2초도 채 걸리지 않는다(Selicki & Segall, 1996). 정확한 위치로 공을 보내기 위해서 골퍼는 매우 일관된 동적 균형 유지를 바탕으로 효율적인 스윙을 수행해야 한다. 특히, 백스윙에

Table 1. Characteristics of participants

| Characteristics | Golfer (n=25) | | Non-golfer (n=26) | | Statistical significance |
|-----------------|---------------|-------|-------------------|-------|--------------------------|
| | Mean | (SD) | Mean | (SD) | <i>p</i> |
| Age [years] | 22.88 | 2.42 | 22.58 | 2.12 | .636 |
| Height [cm] | 171.32 | 7.93 | 169.08 | 8.01 | .320 |
| Weight [kg] | 70.56 | 14.11 | 66.27 | 10.32 | .220 |

서 다운 스윙을 전환되는 과정에서의 체중이동은 몸통의 움직임과 어깨 회전에 큰 영향을 미치므로 동적 균형 유지가 필수이다(Draovitch & Westcott, 1999). 즉 골퍼는 적절한 체중이동을 통한 감각, 운동 및 동적 자세 제어가 요구된다(Okuda et al., 2002). 신체 균형 능력을 평가하는 연구는 신체 균형 능력을 평가하기 위해 지지면을 여러 방향으로 기울이는 플랫폼을 이용하여 왔다(Nashner, 1971; Nashner, 1972). 이러한 지면의 기울임이 가능한 플랫폼을 이용하여 근육들의 수축에 따른 신체의 초기 위치, 운동 방향과 속도 등의 요인들을 분석하여 신체 감각기관의 인지 기능에 대한 평가할 수 있다(Horak & Macpherson, 2010).

대부분의 연구들은 신체 균형 능력을 근수축과 압력중심(center of pressure, CoP)의 관계 또는 고령자를 대상으로 낙상과 관련된 연구들로 국한되어 있고, 압력중심(CoP)과 골퍼에 대한 연구로는 골퍼의 기술에 따른 압력중심의 이동 패턴(Wrobel, Marclay & Najafi, 2012), 압력중심 이동 패턴을 이용한 스윙 스타일 제시 등 골퍼 퍼포먼스와 관련된 연구가 대부분이다(Ball & Best, 2007; Lim, 2004).

따라서 골퍼 퍼포먼스와 관련된 연구 이전에 골퍼들의 신체 균형 조절 능력을 평가하는 것이 선행되어야 할 것으로 생각된다. 그러므로 본 연구의 목적은 골퍼 선수와 일반 성인들을 대상으로 동적 균형 제어 장치를 이용하여 기울기에 대한 인지 반응을 압력중심(CoP), 인지 반응 시간, 그리고 인지 각도를 확인하여 신체 균형 능력을 분석하는 것이다.

METHOD

1. 연구대상자

본 연구를 위해 최근 12개월 이내에 근골격계 부상 이력이 없는 신체 건강한 25명의 골퍼 선수와 26명의 일반 성인이 참여하였다. 모든 실험참여자자는 실험 목적과 절차를 설명 받은 후 참여동의서를 작성하였으며, 기관생명윤리위원회(IRB No. 7007971-202010-001A)로부터 승인을 받아 진행하였다(Table 1).

1) 지면 경사도 인지 테스트

본 연구에 참여한 모든 실험참여자들을 대상으로 인체계측용측정기(SM-324)를 사용하여 신체 분절의 길이와 둘레를 측정하였다(Zatsiorski, 1990). 이후 실험참여자들은 약 10분간 스트레칭을 실시하였으며, 실험복으로 착용한 후 3차원 동작분석을 위해 VICON사에서 제공하는 Plug-In-Gait Model을 기반으로 47개의 15 mm 반사마커(reflective

marker)를 주요 관절에 부착하였다. 본 연구의 특성상 시각적, 청각적 구심성(afferent) 정보를 차단하기 위해 안대와 noise cancelling 기능이 있는 헤드폰(Quietcomfort 35, BOSE, USA)을 착용하였다(Riemann & Lephart, 2002). 3차원 공간을 구축하기 위해 VICON사에서 제공하는 Active Wand를 사용하여 캘리브레이션(calibration)을 실시하여 전·후 방향을 Y축, 좌·우 방향을 X축, 수직 방향을 Z축으로 정의되는 전역 좌표계를 설정하였다.

지지면의 기울기에 따른 각도 인지 능력을 확인하기 위해 동적 균형 제어 장치(torque: 7.2 Nm, rotation velocity: 2,000 r/min, angle: 0~2°, direction: anterior, posterior)를 사용하여 무작위 순서로 3회씩 전·후 0.5°, 1°, 1.5°, 2°로 지지면에 각도를 설정하였다. 실험참여자자는 연구자가 지지면의 각도를 설정하기 전까지 동적 균형 제어 장치 밖에서 대기하고 있다가 연구자의 안내에 따라 동적 균형 제어 장치 위에 올라간 후 기울어진 방향을 인지하고 연구자에게 구두 또는 제스처로 전달하였으며, 총 3회 실시한 각각의 지지면 각도에 대한 인지 횟수를 빈도분석 하였다.

2) 동적 균형 테스트

각도에 따른 압력중심(CoP)을 수집하기 위해 두 대의 지면반력기(AMTI OR6-7-1000, AMTI Inc, Watertown, MA, USA, sampling rate: 2,000 Hz)를 동적 균형 제어 장치 위에 설치하였다.

동적 균형 인지 반응 시간과 각도를 확인하기 위해 8대의 VICON 모션 캡처 카메라(T10S, VICON, LA, USA)를 이용하여 실험참여자자의 static을 촬영하여 3차원 좌표를 수집하였다(sampling rate: 250 Hz). Static 촬영 후 모든 실험참여자들은 두 가지 조건(eyes and ears open: non-blocked, eyes and ears closed: blocked)에 따라 지면반력기 위에 두 발을 자신의 어깨 넓이로 벌린 자세를 취하게 후 연구자가 동적 균형 제어 장치를 2°로 toe-up (upward rotation)과 toe-down (downward rotation) 방향으로 perturbation 하여 실험을 진행하였다(Figure 1). 실험참여자자의 안전을 고려하여 0.1 deg/s의 속도로 균형 제어 장치에 기울기를 설정하였다.

2. 자료처리

두 조건에 따라 수집된 3차원 데이터와 CoP 데이터는 Giganet (VICON, UK)을 통해 동기화된 자료를 Nexus version 1.8 (VICON, UK) 프로그램을 사용하여 위치 데이터는 fourth-order Butterworth filter (8 Hz), 지면반력 데이터는 fourth-order Butterworth filter (50 Hz)로 필터링 후 C3D 파일로 저장하였다. 이런 과정을 통해 저장된 C3D 파일

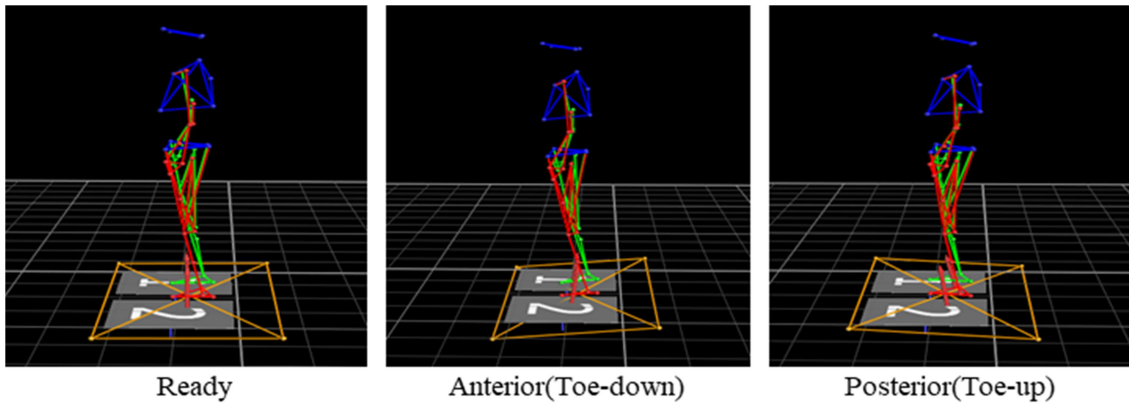


Figure 1. Perception test to anterior and posterior direction

을 Kwon3DXP (VISOL Inc., Korea) 프로그램을 이용하여 압력중심 및 시간을 산출하였다. 압력중심은 균형 제어 장치 위에 설치된 두 대의 지면반력기와 좌·우 발과의 접촉으로 측정된 전·후 지면반력 데이터를 수집하여 두 발에서 발생한 데이터를 합하여 압력중심을 산출하였다. 산출된 압력중심 자료를 바탕으로 균형 제어 장치에 부여된 각도로 작동 시 실험참여자가 지지면의 각도 변화에 대한 최초 반응 시점을 E1 (IR), 신체 균형을 원래의 상태로 되돌리려는 동작을 재반응 시점 E2 (RR)로 정의하였다(Figure 2).

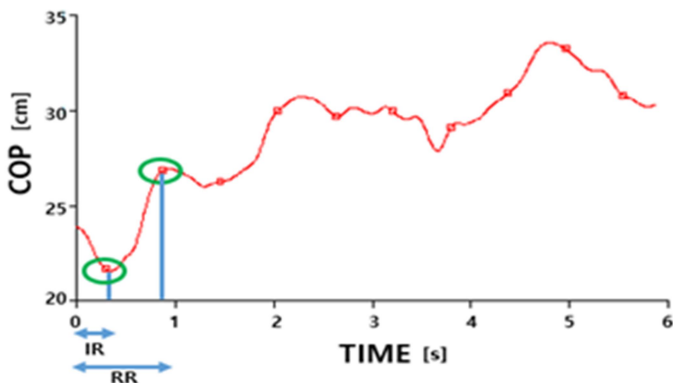


Figure 2. Definition of initial response and re-response. IR, initial response; RR, re-response

3. 통계분석

본 연구의 통계처리는 골퍼와 일반 성인의 전·후 방향의 각도 인지 능력을 확인하기 위해 빈도분석(frequency analysis)을 실시하였으며, 두 그룹의 동적 균형 능력의 차이를 확인하기 위해 SPSS 24.0 (IBM, USA)를 이용하여 Two-Way ANOVA with repeated measure를 실시하였다. 또한 유의차이에 따른 상호작용은 Bonferroni로 실시하였으며, 모든 통계치의 유의수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

RESULTS

1. 전(toe-down), 후(toe-up) 방향의 지면 경사도 인지 테스트 결과

전·후 방향에 대한 두 그룹의 각도 인지 테스트 결과는 (Table 2)과 같다. 전방 0.5도 인지 테스트 결과 골퍼 그룹에서는 non-perceive는 28%, 1 time perceive는 56%, 2 times perceive는 16%를 나타내었다. 일반 성인 그룹에서는 non-perceive는 65.4%, 1 time perceive는 19.2%, 2 times perceive는 15.4%를 나타내었다. 전방으로 1도 인지 결과, 골퍼 그룹에서는 non-perceive는 12%, 1 time perceive는 24%, 2 times perceive는 48%, 3 times perceive는 16%를 나타내었으며, 일반 성인 그룹에서는 non-perceive는 11.5%, 1 time perceive는 38.5%, 2 times perceive는 34.6%, 3 times perceive는 15.4%를 나타내었다. 전방 1.5도 인지 결과, 골퍼 그룹에서는 non-perceive는 4%, 1 time perceive는 8%, 2 times perceive는 44%, 3 times perceive는 44%를 나타내었으며, 일반 성인 그룹에서는 1 time perceive는 11.5%, 2 times perceive는 46.2%, 3 times perceive는 42.3%를 나타내었다. 전방 2도 인지 테스트 결과, 골퍼 그룹에서는 1 time perceive는 4%, 2 times perceive는 20%, 3 times perceive는 76%를 나타내었으며, 일반 성인 그룹에서는 non-perceive는 3.8%, 1 times perceive는 3.8%, 2 times perceive는 11.5%, 3 times perceive는 80.8%를 나타내었다.

2. 전방(toe-down)에 대한 운동학적 및 역학적 변인 결과

전방에 대한 blocked와 non-blocked 조건에서 두 그룹 간의 주효과와 상호작용 결과는 (Table 3)과 같다. Event 1에서 두 그룹 간의 압력중심에 대한 상호작용과 주효과가 나타나지 않았다. 또한 두 그룹 간 시간에 대한 상호작용은 나타나지 않았지만 그룹 간의 주효과가 나타났다($F=7.678, p=.008$). 그리고 각도에 대한 두 그룹 간의 상호작용은 나타나지 않았지만 그룹 간의 주효과가 나타났다($F=6.295, p=.016$). Event 2에서 두 그룹 간의 압력중심에 대한 상호작용이 나타났으며 ($F=4.523, p=.039$), 또한 시각 조건에 따른 주효과가 나타났다($F=12.688, p=.001$). 그리고 시간($F=9.208, p=.004$)과 각도($F=8.801, p=.005$)에 대한 상호작용은 나타났으나 주효과는 나타나지 않았다.

Table 2. Frequency analysis results for perception test in each perturbation

| Perturbation | Group | Non perception (%) | 1 time perception (%) | 2 times perception (%) | 3 times perception (%) |
|--------------|------------|--------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| Toe-down 0.5 | Golfer | 7 (28) | 14 (56) | 4 (16) | N/A |
| | Non-golfer | 17 (65.4) | 5 (19.2) | 4 (15.4) | N/A |
| Toe-down 1 | Golfer | 3 (12) | 6 (24) | 12 (48) | 4 (16) |
| | Non-golfer | 3 (11.5) | 10 (38.5) | 9 (34.6) | 4 (15.4) |
| Toe-down 1.5 | Golfer | 1 (4) | 2 (8) | 11 (44) | 11 (44) |
| | Non-golfer | N/A | 3 (11.5) | 12 (46.2) | 11 (42.3) |
| Toe-down 2 | Golfer | N/A | 1 (4) | 5 (20) | 19 (76) |
| | Non-golfer | 1 (3.8) | 1 (3.8) | 3 (11.5) | 21 (80.8) |
| Toe-up 0.5 | Golfer | 6 (24) | 8 (32) | 10 (40) | 1 (4) |
| | Non-golfer | 8 (30.8) | 9 (34.6) | 5 (19.2) | 4 (15.4) |
| Toe-up 1 | Golfer | 2 (8) | 6 (24) | 7 (28) | 10 (40) |
| | Non-golfer | 3 (11.5) | 5 (19.2) | 8 (30.8) | 10 (38.5) |
| Toe-up 1.5 | Golfer | N/A | N/A | 2 (8) | 23 (92) |
| | Non-golfer | N/A | 2 (7.7) | 4 (15.4) | 20 (76.9) |
| Toe-up 2 | Golfer | N/A | N/A | 1 (4) | 24 (96) |
| | Non-golfer | N/A | 1 (3.8) | 1 (3.8) | 24 (92.3) |

Table 3. ANOVA results for kinetic and kinematic variables on anterior (toe-down) perturbation

| Event | Variables | Golfer | | Non-golfer | | Main effect | | Interaction effect |
|-------|-------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| | | Non-blocked | Blocked | Non-blocked | Blocked | Group | Visual condition | |
| IR | COP (cm) | -0.41 (1.28) | -0.78 (0.70) | -0.45 (0.31) | -0.62 (0.50) | .697 | .089 | .512 |
| | TIME (s) | 0.47 [†] # (0.17) | 0.38 [#] (0.10) | 0.35 [†] (0.12) | 0.34 (0.11) | .008 [*] | .053 | .149 |
| | ANGLE (deg) | 0.43 [†] # (0.18) | 0.34 [#] (0.10) | 0.31 [†] (0.12) | 0.31 (0.12) | .016 [*] | .051 | .144 |
| RR | COP (cm) | 2.99 (1.66) | 3.47 (1.88) | 2.54 [#] (0.92) | 4.48 [#] (1.79) | .353 | .001 [*] | .039 [*] |
| | TIME (s) | 1.08 (0.25) | 0.98 [†] (0.24) | 0.96 [#] (0.21) | 1.17 [†] # (0.28) | .545 | .265 | .004 [*] |
| | ANGLE (deg) | 1.05 (0.26) | 0.96 [†] (0.24) | 0.93 [#] (0.21) | 1.14 [†] # (0.29) | .513 | .258 | .005 [*] |

Note. *, #, †p<.05, Contrast between groups: † = Golfer vs. Non-golfer, # = Blocked vs. Non-blocked
 IR: Initial response, RR: Re-response

3. 후방(toe-up)에 대한 운동학적 및 역학적 변인 결과

후방에 대한 blocked와 non-blocked 조건에서 두 그룹 간의 주효과와 상호작용 결과는 (Table 4)와 같다. Event 1에서 모든 변인들에 대한 상호작용과 주효과가 나타나지 않았다. Event 2에서 압력중심에 대한 그룹 간(F=4.562, p=.038)과 시각 조건(F=17.247, p=.000)의 주효

과가 나타났다. 시간에 대한 주효과는 그룹 간(F=12.320, p=.001)과 시각 조건(F=9.587, p=.003)에서 나타났다. 그리고 각도에서 그룹 간(F=12.990, p=.001)과 시각 조건(F=9.789, p=.003)의 주효과가 나타났다.

Table 4. ANOVA results for kinetic and kinematic variables on posterior (toe-up) perturbation

| Event | Variables | Golfer | | Non-golfer | | Main effect | | Interaction effect |
|-------|-------------|---------------|---------------|---------------|----------------|-------------|------------------|--------------------|
| | | Non-blocked | Blocked | Non-blocked | Blocked | Group | Visual condition | |
| IR | COP (cm) | 0.48 (0.47) | 0.60 (0.72) | 0.42 (0.43) | 0.73 (0.49) | .709 | .071 | .410 |
| | TIME (s) | 0.31 (0.07) | 0.32 (0.11) | 0.32 (0.07) | 0.34 (0.12) | .460 | .345 | .951 |
| | ANGLE (deg) | -0.30 (0.07) | -0.32 (0.11) | -0.33 (0.07) | -0.34 (0.12) | .190 | .476 | .827 |
| RR | COP (cm) | -2.57# (1.39) | -3.68# (2.70) | -2.92# (1.17) | -4.90# (1.79) | .038* | .000* | .248 |
| | TIME (s) | 0.91 (0.23) | 0.97† (0.28) | 0.98# (0.25) | 1.29*# (0.37) | .001* | .003* | .053 |
| | ANGLE (deg) | -0.91 (0.24) | -0.98† (0.28) | -0.99# (0.25) | -1.30*# (0.38) | .001* | .003* | .058 |

Note. *, #, †*p*<.05, Contrast between groups: † = Golfer vs. Non-golfer, # = Blocked vs. Non-blocked
 IR: Initial response, RR: Re-response

DISCUSSION

본 연구는 골프 선수와 일반 성인들을 대상으로 균형 제어 장치를 이용하여 기울기에 대한 인지 반응을 압력중심(CoP), 인지 반응 시간, 그리고 인지 각도를 산출하여 신체 균형 능력을 확인하는 것이었다.

균형 능력은 완벽한 골프 스윙에 있어 매우 중요한 구성 요소 중 하나로 알려져 있으며(Sell, Tsai, Smoliga, Myers & Lephart, 2007; Brauer, Woollacott & Shumway-Cook, 2001), 이러한 안정성에 대한 감각 정보는 시각, 전정 시스템 및 신체감각 피드백에서 파생된다(Kandel et al., 2000). 시각은 자세 유지 및 균형 유지에 중요한 역할을 하며, 시각 정보 차단 시 신체 동요가 증가하게 된다(Schmit, Regis & Riley, 2005). 전정감각은 세반고리관(semicircular organ)과 이석기관(otolith organ)의 역할로 이루어진다. 세반고리관은 신체의 회전과 가속을 감지, 이석기관은 중력을 감지하여 신체의 기울기를 느끼는 역할을 한다(Jeon et al., 2017).

본 연구에서 전·후방 인지 반응 테스트 결과, 골프 선수 그룹이 일반 성인 그룹과 비교해 전·후방의 각도에 대한 인지 반응 능력이 높은 것으로 나타났으며, 두 방향의 동적 균형 제어 테스트 결과, 전방에 대한 E1에서 그룹 간과 시각 조건에서 유의한 차이를 나타내었다. 압력중심에 대한 그룹 간과 컨디션에서 차이는 나타나지 않았지만, 골프 선수 그룹의 시각 조건에서 non-blocked의 인지 시간과 각도가 blocked에 비해 낮게 나타내었다. 또한 두 그룹 간의 non-blocked에서 인지 시간과 각도에서 차이를 보였다. 이와 같은 결과는 골프 선수가 일반 성인에 비해 전방으로 지지면의 동요 시 인지하는 시간이 느리다는 것을 알 수 있었다. 골프 어드레스 자세를 위해 반복적으로 앞쪽 방향으로 상체를 숙이며 정적인 자세를 취한다. 이러한 반복적인 동작으로 인해 전방으로의 움직임의 둔화로 일반 성인에 비해 인지 반응이 낮을 수 있을 것으로 생각된다. 전방에 대한 E2에서 압력중심에 대한 그룹 간의 차이는 나타나지 않았지만, 일반 성인 그룹에서 시각 조건 간의 차이를 보였다. 그리고 인지 시간과 각도에서 두 그룹 간과

컨디션에서 차이를 보였다. 세 변인을 통해 확인할 수 있는 것은 골프 선수가 일반 성인 그룹과 비교해 신체를 안정적으로 유지하려는 반응 시점이 빠르고, 압력중심의 이동 거리 또한 짧은 것으로 나타났다. 대부분의 신체 균형 능력에 관한 연구에서 압력중심(CoP)과 각도, 인지 시간 등을 알 수 있었다(Ferdjallah, Harris & Wertsch, 1999; Harris, Susan, Riedel, Matesi & Smith, 1993). 또한 압력중심(CoP) 거리의 증가와 인지반응 시간의 증가는 안정성과 신체 균형 능력의 감소로 해석할 수 있다(Adlerton, Moritz & Moe-Nilssen, 2003; Corbeil, Blouin, Bégin, Nougier & Teasdale, 2003). 전방의 동적 인지 반응 테스트를 통해 확인한 반응 시간과 선행연구 결과는 균형 제어 장치의 동요로 불안정해진 신체를 안정적인 평형 상태로 유지하려는 능력이 골프 선수 그룹이 높다는 것을 의미한다.

후방에 대한 동적 인지 반응 테스트 결과, E1에서의 모든 변인이 차이를 나타내지 않았지만 E2에서 모든 변인들에 대한 차이를 보였다. 압력중심 이동 거리는 그룹 간의 차이가 나타나지 않았지만, 시각 조건에 따른 압력중심의 이동 거리에서 유의한 차이를 보였다. 또한 전방에서의 E2와 같이 두 그룹 간의 시각 조건과 일반 성인 그룹에서의 시각 조건에서 유의한 차이를 나타내었다. 정적서기 상태에서 지지면 동요 시 고관절의 움직임 없이 발목을 움직여 균형을 유지하며, 지지면이 빠른 속도로 동요 시 인체의 통합 시스템을 이용하여 균형을 유지한다고 보고되고 있다(Nashner & McCollum, 1985). 골프 선수들은 골프 코스의 다양한 지형에서 골프 스윙을 수행해야 한다. 특히 지면이 고르지 않은 땅을 걷고 스윙을 반복하면 시각 및 전정기관의 지속적인 자극과 감각 입력의 적절한 감각 조직을 통해 균형 제어를 향상시킬 수 있다(Tsang & Hui-Chan, 2010). 이러한 반복적인 훈련을 통해 골프 선수가 일반 성인과 비교해 신체의 가장 말단인 발목으로부터 수집된 지면의 경사도에 대한 정보가 빠르게 전달되는 것으로 생각된다.

본 연구에서는 연구참여자의 안전을 고려하여 0.2 deg/s의 느린 속도로 균형 제어 장치를 구동시켰다. 신체의 회전을 감지하는 속도를

0.29 deg/s 이상이며, 기울기가 15.8° 이상일 때 이석기관이 중력감지센서 감지 기능을 수행하는 것으로 선행연구에서 보고되었다(Fitzpatrick & McCloskey, 1994). 이와 같은 결과를 토대로 본 연구에서 설정한 지지면의 움직임을 느린 구동 속도(0.2 deg/s)에서는 기울기 인지 능력에 대한 골프 선수와 일반 성인의 전정감각의 역할을 미미할 것으로 생각된다. 하지만 고유수용체는 주로 근육, 인대, 관절 등에 존재하는데, 지지면의 등요 속도와 각도가 적은 본 연구에서는 이석기관과 세반고리관의 역할보다는 고유수용체의 역할이 더 크게 작용한 것으로 생각되며, 골프 선수가 일반 성인에 비해 불안정한 지지면에 대한 적응이 빠르고 보다 안정적인 골프 수행을 위해 신체 균형 유지를 위한 인지 반응이 빠르다고 생각된다.

CONCLUSION

본 연구 결과 골프 선수는 일반 성인보다 지지면의 경사를 인지하는 능력이 높다는 것을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 지면이 고르지 못한 곳에서 반복적으로 샷과 퍼팅 훈련을 통해 자연스럽게 지지면의 경사를 인지하는 능력이 향상된 것으로 판단된다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2020S1A5B5A01043007).

REFERENCES

- Adlerton, A. K., Moritz, U. & Moe-Nilssen, R. (2003). Forceplate and accelerometer measures for evaluating the effect of muscle fatigue on postural control during one-legged stance. *Physiotherapy Research International*, 8(4), 187-199.
- Ball, K. & Best, R. (2012). Centre of pressure patterns in the golf swing: individual-based analysis. *Sports Biomechanics*, 11(2), 175-189.
- Ball, K. A. & Best, R. J. (2007). Different centre of pressure patterns within the golf stroke II: Group-based analysis. *Journal of Sports Sciences*, 25(7), 771-779.
- Brauer, S. G., Woollacott, M. & Shumway-Cook, A. (2001). The interacting effects of cognitive demand and recovery of postural stability in balance-impaired elderly person. *The Journal of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Science*, 56(8), 489-496.
- Burden, A. M., Grimshaw, P. N. & Wallace, E. S. (1998). Hip and shoulder rotations during the golf swing of sub-10 handicap players. *Journal of Sports Sciences*, 16(2), 165-176.
- Cheng, P. T., Wu, S. H., Liaw, M. Y., Wong, A. M. & Tang, F. T. (2001). Symmetrical body-weight distribution training in stroke patients and its effect on fall prevention. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(12), 1650-1654.
- Cohen, H., Blatchly, C. A. & Gombash, L. L. (1993). A study of the clinical test of sensory interaction and balance. *Physical Therapy*, 73(6), 346-351.
- Corbeil, P., Blouin, J. S., Bégin, F., Nougier, V. & Teasdale, N. (2003). Perturbation of the postural control system induced by muscular fatigue. *Gait & Posture*, 18(2), 92-100.
- Draovitch, P. & Westcott, W. (1999). *Complete conditioning for golf*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Egret, C. I., Vincent, O., Weber, J., Dujardin, F. H. & Chollet, D. (2003). Analysis of 3D kinematics concerning three different clubs in golf swing. *International Journal of Sports Medicine*, 24(6), 465-470.
- Ferdjallah, M., Harris, G. F. & Wertsch, J. J. (1999). Instantaneous postural stability characterization using time-frequency analysis. *Gait & Posture*, 10(2), 129-134.
- Fitzpatrick, R. & McCloskey, D. I. (1994). Proprioceptive, visual and vestibular thresholds for the perception of sway during standing in humans. *The Journal of Physiology*, 478(1), 173-186.
- Gao, K. L., Hui-Chan, C. W. & Tsang, W. W. (2011). Golfers have better balance control and confidence than healthy controls. *European Journal of Applied Physiology*, 111(11), 2805-2812.
- Hall, C. M. & Brody, L. T. (2005). *Therapeutic Exercise: Moving Toward Function*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Harris, G. F., Riedel, S. A., Matesi, D. & Smith, P. (1993). Standing postural stability assessment and signal stationarity in children with cerebral palsy. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 1(1), 35-42.
- Horak, F. B. & Macpherson, J. M. (2010). Postural orientation and equilibrium. *Comprehensive Physiology*, 255-292.
- Jeon, H. J., Heo, J. H., Jeon, H. M., Yun, J. S., Kweon, Y. R. & Eom, G. M. (2017). Direction Dependence of the Perception of the Support Rotation While Quiet Standing. *Journal of Biomedical Engineering Research*, 38(2), 57-61.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessell, T. M., Siegelbaum, S., Hudspeth, A. J. & Mack, S. (2000). *Principles of Neural Science*, 4, 1227-1246.
- Leadbetter, D. & Huffan, J. (1995). *The Golf Swing*. Sam Ho Media.
- Lim, Y. T. (2004). Categorization of two different swing styles using weight transfer patterns of golf swing. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 14(2), 179-186.
- Masani, K., Vette, A. H., Kawashima, N. & Popovic, M. R. (2008). Neuro-musculoskeletal torque-generation process has a large destabilizing effect on the control mechanism of quiet standing. *Journal of Neurophysiology*, 100(3), 1465-1475.
- Nashner, L. M. (1971). A model describing vestibular detection of body sway motion. *Acta Oto-Laryngologica*, 72(1-6), 429-436.
- Nashner, L. M. & McCollum, G. (1985). The organization of human postural movements: a formal basis and experimental synthesis. *Behavioral and Brain Sciences*, 8(1), 135-150.
- Nashner, L. M. (1972). Vestibular postural control model. *Kybernetik*, 10(2), 106-110.
- Okuda, I., Armstrong, C. W., Tsunozumi, H. & Yoshiike, H. (2002). Biomechanical analysis of professional golfer's swing: Hidemichi

- Tanaka. *Science and golf IV*, 18-27.
- Park, J. (2012). A Study of ball movement characteristics on the sloped green while putting stroke. *Korean Journal of Golf Studies*, 8(1), 41-48.
- Park, S. B. (2013). *Sensory System and Motor Control*. Keum Kwang Media.
- Poltavski, D. V. (2015). The use of single-electrode wireless EEG in biobehavioral investigations. In *Mobile Health Technologies* (pp. 375-390). Humana Press, New York, NY.
- Richards, J., Farrell, M., Kent, J. & Kraft, R. (1985). Weight transfer patterns during the golf swing. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 56(4), 361-365.
- Riemann, B. L. & Lephart, S. M. (2002). The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *Journal of Athletic Training*, 37(1), 71-79.
- Schmit, J. M., Regis, D. I. & Riley, M. A. (2005). Dynamic patterns of postural sway in ballet dancers and track athletes. *Experimental Brain Research*, 163(3), 370-378.
- Selicki, F. A. & Segall, E. (1996). The mind body connection of the golf swing. *Clinical in Sports Medicine*, 15, 191-201.
- Sell, T. C., Tsai, Y. S., Smoliga, J. M., Myers, J. B. & Lephart, S. M. (2007). Strength, flexibility, and balance characteristics of highly proficient golfers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(4), 1166-1171.
- Shumway-Cook, A. & Horak, F. B. (1986). Assessing the influence of sensory interaction on balance: suggestion from the field. *Physical Therapy*, 66(10), 1548-1550.
- Shumway-Cook, A. & Woollacott, M. H. (1995). Theory and practical applications. *Motor Control*.
- Tsang, W. W. & Hui-Chan, C. W. (2010). Static and dynamic balance control in older golfers. *Journal of Aging and Physical Activity*, 18(1), 1-13.
- Toski, B., Love, D. & Carney, R. (1998). *How to feel a real golf swing: Mind-body techniques from two of golf's greatest teachers*. Three Rivers Press.
- Wrobel, J. S., Marclay, S. & Najafi, B. (2012). Golfing skill level postural control differences: A brief report. *Journal of Sports Science & Medicine*, 11(3), 452-458.
- Zatsiorski, V. (1990). In vivo body segment inertial parameters determination using gamma-scanner method. *Biomechanics of Human Movement*, 186-202.