

1 **골프 드라이버 스윙 시 타구감에 따른 X-Factor, Triple X-Factor, 압력중심(COP)**
2 **분석**

3
4 **An Analysis of X-Factor, Triple X-Factor, and the Center of Pressure(COP) according to the Feel**
5 **of the Golf Driver Swing**

6
7 **Yong-Seok Kim, Jae-Moo So**

8 Department of Physical Education, College of Education Konkuk, University, Seoul, South Korea

9
10 **Corresponding author**

11 Yong-Seok Kim

12 Department of Physical Education, College of Education Konkuk, 120 Neungdong-ro, Gwangin-
13 gu, Seoul 05029, South Korea

14 Phone: +82-2-450-3828, Fax: +82-2-453-3266, E-mail: kanser@naver.com

15
16 **Acknowledgements**

17 이 논문은 김용석(2010)의 박사학위논문 중 일부를 발췌하였음.

18 This paper is taken from an extract of Yong-Seok Kim's PhD thesis (2010).

19
20 **Abstract**

21
22 **Objective:** The aim of this study was to analyze X-factor, triple X-factor, and the center of pressure
23 (COP) according to the feel of golf driver swing.

24 **Methods:** For this research, 9 golfers from the Korea Professional Golfers' Association(age:
25 30.11±2.98 yrs, height: 178.00±8.42 cm, weight: 76.22±8.42 kg, experience: 10.06±3.11 yrs) were
26 recruited to participate in the experiment. Twelve Motion Analysis Eagle-4 cameras were installed
27 and an image analysis was conducted by using the NLT (non-linear transformation) method, and 2
28 units of Kistler type 5233A dynamometer were used to measure ground reaction force. The
29 sampling ratio was set at 1000 Hz. The golfers each took 10 swings by using their own driver, and
30 chose the best and worse feel from among 10 shots. A paired-sample *t*-test was used to analyze
31 the results.

32 **Results:** In regard to feel, no change in head speed, X-factor, and the triple X-factor's X-factor
33 stretch, hip rise, and head swivel, was observed ($p>.05$). Regarding ground reaction force, a
34 difference was observed between the top of the backswing ($p<.05$) and impact ($p<.05$) in the
35 vertical force of the left foot. For COP, a difference was also observed between the mid
36 backswing ($p<.001$), late backswing ($p<.001$), and top of the backswing ($p<.05$) for the right foot
37 X-axis and Y-axis mid follow through ($p<.01$).

38
39 **Conclusion:** It can be reasoned that, irrespective of feel, the head speed, X-factor and triple X-
40 factor's X-factor stretch, hip rise and head swivel did not have an effect on drive distance for
41 domestic golfers, and the vertical reaction force of the left foot and left-right movement span's
42 pressure dispersal of the right foot had an increasing effect on drive distance.

44 *Keywords:* X-factor, Triple X-factor, X-factor Stretch, Hip rise, Head swivel, COP

45

46 **Introduction**

47

48 골프 스윙은 고도의 기술과 과학적인 분석을 요구하는 운동으로 신체의 분절들과 관절들의 복잡하고 연속적인
49 회전동작으로 이루어지고 있으며, 인체의 축을 하체로 지지하고 상체의 몸통 회전량을 크게 회전하는 운동으로
50 타이밍과 협응 동작이 잘 이루어져야 헤드 스피드, 정확성, 일관성이 잘 이루어 질 수 있다(Burden, Grimshaw &
51 Wallace, 1998; So, 1998; Egret, Vincent, Weber, Dujardin & Chollet, 2003; Lee & So, 2004).

52 효과적인 골프 스윙은 하체의 고정과 인체 회전축의 고정에 의한 정확성과 일관성의 확립으로, 상체회전을
53 의미하는 어깨회전과 하체회전을 의미하는 골반회전의 차이가 크면 클수록 힘의 축적을 많이 하게 되어 에너지
54 사용효율이 높아지고(Cheetham, Martin, Morttram & St Laurent, 2001; Horton, Lindsay & Macintosh,
55 2001; Lindsay & Horton, 2002), 큰 장력이 축적되어 다운스윙 시 용수철이 풀리는 식으로 회전하면서 클럽
56 헤드의 속도를 최대로 발 휘 할 수 있다(Hardy & Andrisani, 2008). 이러한 골프 스윙에 가담하는 큰 분절의
57 효율적인 사용은 Head speed 를 증가시키는 하나의 요인으로 하체 근육군의 발현 후, 상체 근육군의 사용이
58 일어나야 하며(McTeigue, Lamb, Mottran & Pirozzolo, 1994; Okuda, Armstrong, Tsunezumi & Yoshiike,
59 2002), 백스윙 시 어깨와 골반의 각도차를 크게 나타내어 다운스윙 시 골반의 회전을 먼저 일으킨 후, 어깨의
60 회전을 일으킴으로써 더 큰 신장성 수축에 의한 탄성이 발생하는 것이다(McTeigue et al., 1994; Hardy &
61 Andrisani, 2008).

62 골프 스윙에서 효과적인 운동량의 전달을 위해서는 필수적으로 체중이동이 되어야 하며, 비거리를 늘리기
63 위해서는 큰 지면반력을 만들어 적절한 체중 이동을 해야 한다(Hume, Keogh & Reid, 2005). 적절한
64 체중이동은 이상적인 밸런스를 유지하고 자연스러운 상체의 회전을 시키고 공에 최대한의 운동량을 전달하는데
65 필수적이다(Zummerchik, 2002). 즉, 효과적인 골프스윙은 하체를 기반으로 상체의 회전과 지면반력을 이용한
66 적절한 체중이동이라 할 수 있으며, 올바른 균형을 위해 체중이동은 몸의 중심에서부터 우측으로 이동한 뒤 다시
67 좌측으로 이동을 원할 하게 하는 것이다(Gluck, Bendo & Spivak, 2008).

68 골프 스윙 시 상체와 하체의 신체회전과 비거리에 관한 대표적인 연구는 Mclean(1992)이 Golf Magazine 에
69 “Widen the Gap”이라는 주제로 보고한 백스윙 탑에서의 어깨와 골반의 회전각도 차이를 나타내는 X-
70 Factor 이다. 백스윙 탑에서 어깨회전각도와 골반회전각도의 차이가 크면 클수록 비거리 증대에 큰 효과를
71 얻는다고 보고 하였으며, Mclean(2008)은 비거리 증대의 요인으로 “Triple x-factor: your key to power”라는
72 주제로 골프다이제스트에 Triple x-factor 를 소개하였다. Triple x-factor 는 X-factor stretch, Hip rise, Head
73 swivel 로 X-factor stretch 는 백스윙 탑에서 다운스윙으로 전환 시 x-factor 값이 가장 크게 나타나는데 이 때의
74 각도 값을 의미하고, Hip rise 는 어드레스에서와 임팩트 시 왼쪽골반의 높이 차이, Head swivel 은
75 어드레스에서의 공을 바라보는 머리의 각도와 임팩트 후 플로스루에서의 머리각도 차이라고 보고 하였고,
76 이러한 3 개의 변인들이 비거리 증대에 영향을 미친다고 보고하였다(Mann, 2008).

77 Triple x-factor 의 X-factor stretch 와 X-factor 에 대한 선행연구(Cheetham et al., 2001; Kim, 2004; Chang,
78 2005a, Chang, 2005b; Kim, 2009)들은 백스윙 탑에서 X-factor 수치가 다운스윙으로 전환 시 X-
79 factor 수치가 증대하였으며 X-factor stretch 수치가 증대하면 비거리 증대에 영향을 미친다고 보고하였다.
80 Triple x-factor 의 Hip rise 에 대한 유사한 연구들은 골프 스윙동작에서 골반의 스웨이(sway), 왼쪽 골반과
81 오른쪽 골반의 높이차이, 골반의 회전각거리, 골반의 회전속도와 각속도 등에 대한 변화를 보이고 있으나(Evans
82 & Oldreive, 2000; Marshall & Elliott, 2000; Cheetham et al., 2001; Kwon & Lee, 2005; Lee & Nam, 2005;
83 Sung, 2005; Myers et al., 2008), Hip rise 의 동작에 대한 내용은 찾아보기 힘들었다. Head swivel 과 유사한
84 머리 움직임에 대한 연구들은 어드레스, 백스윙 탑, 임팩트, 피니시에서의 좌우 머리위치와 높낮이에 대한
85 연구(Cochran & Stobbs, 1999; kwon & Lee, 2005; Sung, 2005)들으로써 Head swivel 의 동작에 대한 연구
86 또한 찾아보기 힘들었다.

87 선행연구에서 보고된 X-factor 와 Triple x-factor 의 X-factor stretch 는 비거리 증대에 효과가 있다고
88 보고되었지만, 아직 Triple x-factor 의 Hip rise, Head swivel 에 대한 연구는 미흡한 상태이며, 뚜렷한 해석을
89 도출하지 못하고 있어 Triple x-factor 의 Hip rise, Head swivel 의 요인들을 분석할 할 필요가 있다. 그러나
90 임팩트 순간에 골프클럽 헤드페이스의 sweet spot 에 공이 정확하게 접촉하지 못하거나, 올바른 체중이동이
91 되지 않는다면 신체의 움직임만으로는 비거리를 증대하는 요인으로 설명하기에는 어려움이 있을 것이라
92 판단된다.

93 골프 스윙에서 양발의 힘의 분배와 압력중심점의 변화를 체중이동이라 하고, 체중이동은 골프 스윙에서 좋은
94 밸런스를 유지하고 골프클럽 헤드페이스의 sweet spot 에 공이 최적의 상태로 접촉하여 최대한의 운동량을 전달
95 하는데 있다(Richard, Farrell, Kent & Kraft, 1985; Wallace, Grimshaw & Ashford, 1994; Zummerchik,
96 2002; Shin, 2007; Song, 2009). 체중이동의 결과는 공의 구질, 방향, 거리, 탄도 등에 영향을 미치며 성공적인
97 골프 스윙의 필수적인 요소라고 할 수 있으며(Hur, Monn & Lim, 2005; Sung, 2010), 스윙 중 적절한 체중의
98 이동이 이루어지지 않는다면 좋은 샷을 할 수 없다(Sung, 2010). 이처럼 골프 스윙은 신체 분절들의 움직임에
99 따라 지면에서 발생하는 반력에 의해 영향을 받음으로(Williams & Cavanagh, 1983), 골프 스윙 시 올바른
100 체중이동을 관찰하기 위해서는 지면반력과 압력중심점의 변화를 분석할 필요가 있다.

101 따라서 본 연구는 골프 드라이버 스윙 시 타구감에 따라 Head speed, X- factor, Triple x-factor 의 X-factor
102 stretch, Hip rise, Head swivel 요인들과 지면반력, 그리고 압력중심(COP)이 국내 골프선수들에게는 어떠한
103 변화가 있는지 알아보려고 한다.

104

105 Method

106

107 1. 연구대상

108

109 본 연구의 대상자는 KPGA 소속 골프선수 9 명(나이: 30.11 ± 2.98 yrs, 키: 178.00 ± 8.42 cm, 몸무게:
110 76.22 ± 8.42 kg, 구력: 10.06 ± 3.11 yrs)으로 본 실험에 참여하였으며 모든 피험자들은 실험에 참여하기 전
111 실험과정에 대한 설명을 하고 참여의사와 동의서를 받았다.

112

113 2. 실험장비

114

115 Eagle4(Motion Analysis: USA) 적외선 카메라 12 를 사용하여 Sampling rate 는 초당 250 HZ 센서의 해상도는
116 1280×1024 pixel 로 설정하여 촬영하였으며, 지면반력기는 Kistler 사의 Type 5233A 2 대를 사용하였고,
117 지면반력의 데이터 수집의 샘플링비는 1000Hz 로 하였다. 좌표산출은 Motion Analysis 사의 EVaRT 5.0
118 프로그램을 이용하여 위치좌표와 지면반력 데이터를 얻었으며 Smoothing 작업은 Matlab 7.1 을 이용하였다.

119

120 3. 실험절차

121

122 골프 드라이버 스윙 동작의 3차원 좌표를 획득하기 위하여 인체마커 35개와 클럽헤드 3개, 샤프트 1개,
123 골프공에 1개로 총 40개의 마커를 부착하였고 NLT방법을 이용하여 3차원 공간좌표를 산출하였고, 지면반력은
124 Kistler사의 Type 5233A 2대를 사용하였다. 피험자들은 각각 자신의 드라이버를 이용하여 10회의 샷을
125 실시하도록 하였고, 임팩트 순간 골프클럽 헤드페이스의 sweet spot에 골프공이 정확하게 접촉하고, 올바른
126 체중이동이 되었을 때를 타구감이 가장 좋을 때로 선정하여, 타구감이 가장 나쁠 때를 1점, 타구감이 가장 좋을
127 때를 5점으로 피험자들에게 각각의 샷에 대하여 타구감을 자기평가 하도록 하였고, 피험자 각각의 10회
128 드라이버 샷에 대한 평균 Head speed를 산출하여 타구감이 가장 나쁠 때는 평균 Head speed보다 가장 낮은
129 Head speed를 나타내는 샷을 선택하였고, 타구감이 가장 좋을 때는 평균 Head speed보다 가장 높은 Head
130 speed를 나타내는 샷을 선택하여 분석하였다.

131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152

4. 자료분석

1) X-factor : XY 평면에 정사영하여 어깨와 골반의 각도 차이로 산출 하였다.

2) Triple X-factor

(1) X-factor Stretch : 산출한 X-factor 값을 이용하여 다운스윙 초기 시 가장 높게 나타나는 X-factor 값을 X-factor Stretch 값으로 선정하였다.

(2) Hip Rise : 어드레스에서 왼쪽 골반의 좌표를 "0"점으로 선정한 후, 수직축인 Z 값의 길이 변화로 산출하였다.

(3) Head Swivel : XZ 평면에 정사영하여 머리의 Address 시점과 Mid Follow Through 시점의 각도 차이를 산출하였다.

3) 지면반력 : $BW(\%) = \frac{\text{ground reaction force (N)}}{\text{weight (kg)} \times 9.8(N)} \times 100(\%)$

4) 압력중심(COP) : $X_{cop} = -\frac{M_y + F_x \times dz}{F_z}$, $Y_{cop} = -\frac{M_x + F_y \times dz}{F_z}$

5) 본 연구의 이벤트는 E1(AD: Address), E2(MB: Mid Backswing), E3(LB: Late Backswing), E4(TB: Top of Backswing), E5(ED: Early Downswing), E6(IM: Impact), E7(MF: Mid Follow Through), E8(FN: Finish)로 설정하였고, 연구대상자를 기준으로 좌우축 방향은 X 축, 전후축 방향은 Y 축, 수직축 방향은 Z 축으로 설정하였다(Figure 1. 참조).

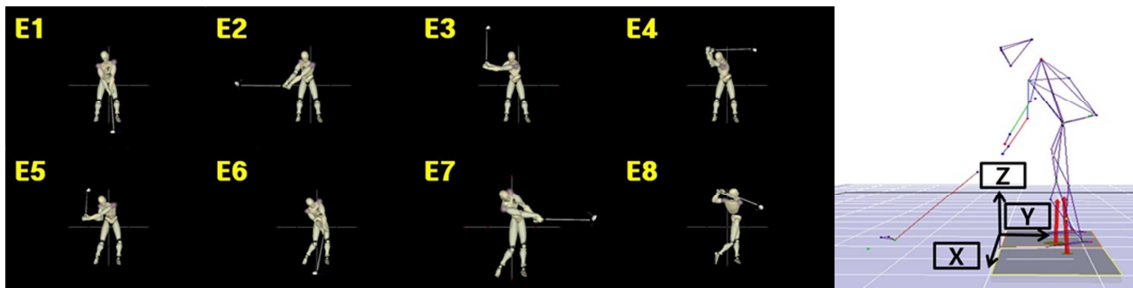


Figure 1. Event and Definition of axis

153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167

5. 통계처리

본 연구의 통계처리는 SPSS 14.0(IBM, USA)을 이용하였고, 타구감에 따른 두 가지 실험조건의 차이를 분석하기 위해 대응 t-test 를 실시하였으며, 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

Results

본 연구에 참여한 KPGA 소속 골프선수들을 대상으로 골프 드라이버 스윙 시 타구감에 따라 Head speed, X-factor, Triple x-factor 의 X-factor stretch, Hip rise, Head swivel, 수직반력과 압력중심(COP)을 분석한 결과는 다음과 같다.

1. Head speed and X-factor

168
169
170
171
172

Head speed 는 타구감이 좋을 때 1.44±4.30 m/s 가 높게 나타났으나 통계적으로 차이가 나타나지 않았고($t=-1.004, p>.05$), X-factor($t=0.206, p>.05$) 또한, 통계적으로 차이가 나타나지 않았다(Table 1. 참조).

Table 1. Head speed and X-factor

	Bad	Good	<i>t</i>	<i>p-value</i>
Head speed(m/s)	43.50±4.36	44.94±1.81	-1.004	.345
X-factor(deg)	48.89±5.81	48.77±6.36	0.206	.842

173
174
175
176
177
178
179
180

2. Triple X-factor

Triple x-factor 의 요인인 X-factor stretch($t=-0.084, p>.05$), Hip rise($t=-1.679, p>.05$), Head swivel($t=0.554, p>.05$) 모두 통계적으로 차이가 나타나지 않았다 (Table 2. 참조).

Table 2. Triple X-factor

Triple X-factor	Bad	Good	<i>t</i>	<i>p-value</i>
X-factor stretch(deg)	59.55±9.35	59.63±7.95	-0.084	.935
Hip rise(cm)	6.55±3.05	6.94±3.06	-1.679	.132
Head swivel(deg)	16.62±6.97	16.03±6.18	0.554	.595

181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192

3. Ground reaction force

왼발 수직반력은 E4(TB)시점에서 타구감이 좋을 때 34.26±10.59 %BW($t=-2.652, p<.05$)로 나타났으며 통계적으로 차이가 나타났다. E6(IM)시점에서는 타구감이 좋을 때 72.67±18.09 %BW($t=2.713, p<.05$)로 나타났으며 통계적으로도 차이를 나타냈다. 오른발 수직반력은 E4(TB)시점에서 타구감이 좋을 때 68.72±12.80 %BW($t=1.572, p>.05$)로 나타났으나 통계적으로 차이가 나타나지 않았고, E6(IM)시점에서도 타구감이 좋을 때 51.33±17.86 %BW($t=0.686, p>.05$)로 나타났으나 통계적으로 차이가 나타나지 않았다(Table 3. 참조).

Table3. Ground reaction force (unit: %BW)

		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Left foot	Bad	51.50	25.63	27.29	30.81	88.11	79.82	56.40	79.15
		±3.48	±7.03	±7.24	±8.22	±21.92	±13.97	±19.57	±7.68
	Good	50.83	26.5	27.47	34.26	89.56	72.67	48.28	80.60
		±4.06	±7.24	±6.01	±10.59	±20.06	±18.09	±25.50	±7.87
<i>t</i>		0.874	-0.866	-0.190	-2.652	-0.702	2.713	0.800	-0.810
<i>p-value</i>		.408	.402	.854	.029*	.503	.027*	.447	.441
Right foot	Bad	51.99	80.22	71.18	62.30	49.79	49.13	35.69	27.24
		±3.01	±7.55	±7.55	±12.29	±13.16	±18.62	±7.54	±7.71
	Good	52.66	73.13	71.50	68.72	51.06	51.33	37.20	30.46
		±3.65	±8.07	±6.30	±12.80	±8.96	±17.86	±9.29	±8.73
<i>t</i>		-0.811	0.565	-0.440	1.572	1.081	0.686	-0.429	0.700
<i>p-value</i>		.441	.587	.671	.155	.311	.512	.679	.504

Note. significant at * $p<.05$

194
 195
 196
 197
 198
 199
 200
 201
 202
 203
 204
 205
 206
 207
 208
 209
 210
 211
 212
 213
 214
 215
 216

4. COP (Center of Pressure)

COP 변화는 왼발과 오른발 모두 E1(AD)시점을 “0”으로 선정하여 산출하였고, X 축의 수치가 낮으면 우측방향이고, 수치가 높으면 좌측방향을 의미하며, Y 축의 수치가 낮으면 전방방향이고 수치가 높으면 후방방향을 의미한다.

왼발 COP 의 변화는 타구감에 상관없이 E1(AD)시점에서 E4(BT)시점까지 유사한 변화를 나타내고 있으며, E5(ED)시점에서 타구감이 나쁠 때 좌측방향으로 E1(AD)시점에서 3.86±3.64 cm 이동하였으며, 타구감이 좋을 때는 E1(AD)시점에서 좌측방향으로 2.30±3.20 cm 로 이동되는 변화($t=1.812, p>.05$)를 나타냈으나 통계적으로 차이가 나타나지 않았다. E8(FN)시점에서는 타구감이 나쁠 때, E1(AD)시점에서 좌측방향으로 2.02±6.74 cm, 타구감이 좋을 때 0.43±3.17 cm 이동되는 변화($t=1.212, p>.05$)를 나타냈으나 통계적으로 차이가 나타나지 않았다 (Table 4, Figure 2. 참조).

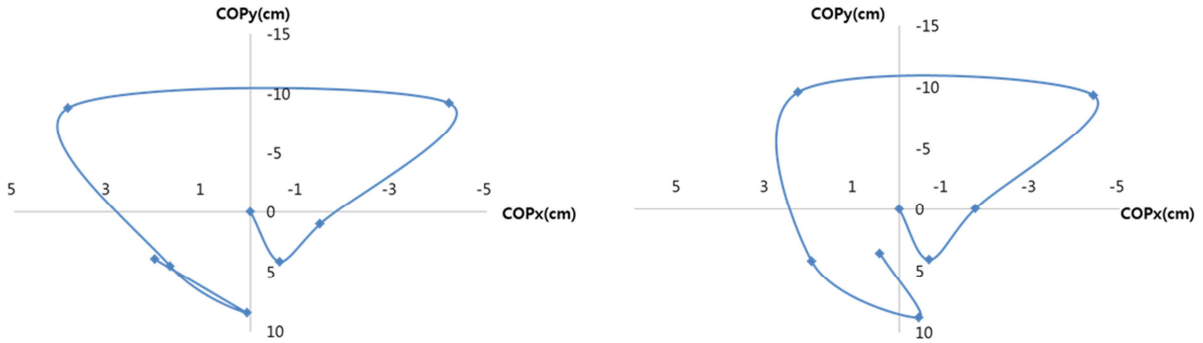
오른발 COP 변화는 E2(MB)시점에서 E1(AD)시점보다 타구감이 나쁠 때 우측방향으로 -0.71±0.83 cm, 타구감이 좋을 때 -0.24±1.00 cm 이동되는 변화($t=-5.548, p<.001$)를 나타냈으며 통계적으로 차이가 나타났다. E3(LB)시점에서는 E1(AD)시점보다 타구감이 나쁠 때 우측방향으로 -0.92±1.03 cm, 타구감이 좋을 때 -0.35±1.29 cm 이동되는 변화($t=-5.098, p<.001$)를 나타냈으며 통계적으로 차이가 나타났다. E4(TB)시점에서는 E1(AD)시점보다 타구감이 나쁠 때 우측방향으로 -3.03±1.38 cm, 타구감이 좋을 때 -2.18±0.93 cm 이동되는 변화($t=-2.658, p<.05$)를 나타냈으며 통계적으로 차이가 나타났다. E7(MF)시점에서는 E1(AD)시점보다 타구감이 나쁠 때 전방방향으로 -10.92±2.30 cm, 타구감이 좋을 때 -12.74±2.95 cm 이동되는 변화($t=3.608, p<.01$)를 나타냈으며 통계적으로 차이가 나타났다(Table 4, Figure 3. 참조).

Table 4. COP(center of pressure) (unit: cm)

Axis			E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Left foot	Bad	X	-0.63 ±1.74	-0.47 ±1.29	-0.21 ±2.79	3.86 ±3.64	1.69 ±2.36	0.07 ±3.57	2.02 ±6.74
	Good	X	-0.69 ±1.51	-0.73 ±1.60	-0.41 ±3.20	2.30 ±3.20	1.98 ±4.29	-0.45 ±5.43	0.43 ±3.17
<i>t</i>			0.130	0.654	0.268	1.812	-0.230	0.347	1.212
<i>p-value</i>			.900	.531	.795	.108	.824	.738	.260
Left foot	Bad	Y	4.12 ±5.50	1.00 ±4.00	-9.20 ±5.97	-8.80 ±6.33	4.51 ±2.98	8.45 ±4.60	3.92 ±5.15
	Good	Y	4.08 ±4.88	-0.06 ±5.17	-9.35 ±6.77	-9.59 ±7.55	4.20 ±8.58	8.80 ±9.13	3.56 ±6.81
<i>t</i>			0.060	1.679	0.154	0.690	0.125	-0.162	0.426
<i>p-value</i>			.954	.132	.881	.510	.904	.876	.682
Right foot	Bad	X	-0.71 ±0.83	-0.92 ±1.03	-3.03 ±1.38	-1.31 ±1.38	3.39 ±3.85	4.65 ±2.99	6.38 ±4.17
	Good	X	-0.24 ±1.00	-0.35 ±1.29	-2.18 ±0.93	-0.85 ±1.95	3.65 ±4.07	5.58 ±3.93	8.40 ±6.75
<i>t</i>			-5.548	-5.098	-2.658	-1.665	-0.716	-1.673	-1.571
<i>p-value</i>			.001***	.001***	.029*	.134	.494	.133	.155
Right foot	Bad	Y	-1.40 ±3.64	1.73 ±3.08	5.42 ±2.08	-2.08 ±2.46	-9.01 ±2.24	-10.92 ±2.30	-18.75 ±4.48
	Good	Y	-0.84 ±2.49	1.47 ±2.46	5.45 ±2.13	-2.62 ±3.80	-9.76 ±2.06	-12.74 ±2.95	-19.76 ±3.66

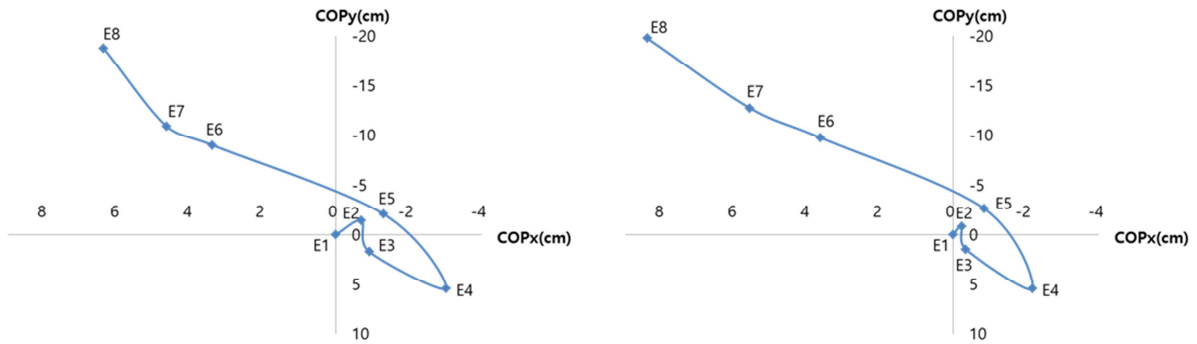
<i>t</i>	-0.771	0.535	-0.046	0.600	1.540	3.608	1.590
<i>p-value</i>	.463	.607	.964	.565	.162	.007**	.151

217 Note. significant at * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$



218 Figure 2. COP of left foot(left: bad, right: good)

219
220



221 Figure 3. COP of right foot(left: bad, right: good)

222
223
224

224 Discussion

226 본 연구는 KPGA소속 골프선수 9명을 대상으로 골프 드라이버 스윙 시 타구감에 따라 Head speed, X-factor,
227 Triple x-factor의 X-factor stretch, Hip rise, Head swivel, 수직반력, COP를 분석한 것으로 도출된 결과에 대해
228 다음과 같이 논의하고자 한다.

229 임팩트는 골프에 있어서 가장 다이내믹한 동작으로 이를 위해서는 정확성을 겸비한 신체분절들의 협응에 의한
230 자세유지와 임팩트 시 헤드의 최대운동량을 전달하기 위해 적절한 타이밍(Plagenhoef, Evans & Abdeinour,
231 1993)과 임팩트 되는 순간의 클럽페이스의 방향, 클럽헤드의 위치, 클럽헤드의 속도이다(Hay, 1985). 본 연구의
232 Head speed는 타구감이 나쁠 때 43.50 ± 4.36 m/s, 타구감이 좋을 때 44.94 ± 1.81 m/s로 타구감이 좋을 때 Head
233 speed가 1.44 ± 4.30 m/s 가 높게 나타났으나 큰 차이는 나타나지 않았다.

234 X-factor에서는 타구감이 나쁠 때 48.89 ± 5.81 deg, 타구감이 좋을 때는 48.89 ± 5.81 deg로 큰 차이를 나타내지
235 않고 있다. Kwon & Lee (2005)는 45.33 ± 9.32 deg, Kim(2004)의 40.95 ± 5.84 deg 보다는 높게 나타났고,
236 Lephart, Smoliga, Myers, Sell & Tsai(2007)의 53.50 ± 5.60 deg, Myers, et al.(2008)의 59.10 ± 8.20 deg
237 보다는 적게 나타났다. 하지만 Mclean(1996)은 X-factor에 대한 각도 차이가 비거리를 증가하는데는 큰 비중을
238 차지 하지만 정량적으로 경해지지 않고 있다고 하였다.

239 Triple x-factor의 X-factor stretch는 타구감이 나쁠 때 59.55 ± 9.35 deg, 타구감이 좋을 때 59.63 ± 7.95 로
240 나타났다. Kim(2004)은 61.53 deg, Chang(2005a)는 $65.58-77.81$ deg로 보고하고 있으나 본 연구에서는 X-
241 factor Stretch의 수치가 낮게 나타났다. Hip rise는 타구감이 나쁠 때 6.55 ± 3.05 cm, 타구감이 좋을 때 6.94 ± 3.06
242 cm로 나타났다. Mclean(2008)의 투어프로 75명과 아마추어(핸디캡: 17.2) 150명을 대상으로 Hip rise를 조사한

243 보고에 의하면 아마추어는 1.27 cm, 투어프로 11.51 cm의 변화를 나타냈다고 보고 하였으나 본 연구에서는 낮은
 244 변화를 보이고 있다. Head swivel은 Address 시점의 머리위치와 Impact 후 Mid Follow Through시점에서의
 245 머리위치의 각도 차이를 나타낸다(Mclean, 2008). Mclean(2008)은 Jim Furyk, Annika Sorenstam, Joe Durant,
 246 Hal Sutton, Robert Allenby, Carl Pettersson과 같은 수준급 투어선수들은 몸의 회전과 함께 머리와 눈이
 247 자연스럽게 따라가게 한다. 이는 상체의 회전과 체중이동을 용이하게 하며 목과 등의 압박을 줄임으로써 부상을
 248 막는데 도움을 주며, 자연스럽게 머리가 Swivel되도록 머리와 눈을 일찍 릴리즈 함으로써 더 멀리 똑바로 칠 수
 249 있다고 보고 하고 있다. Mclean(2008)의 투어프로 75명과 아마추어(핸디캡: 17.2) 150명을 대상으로 Head
 250 swivel에 대한 보고에 의하면 Address에서 Mid Follow Through의 각도 차이는 투어프로가 19.40 deg,
 251 아마추어가 4.40 deg로 나타났다고 보고하였으나 본 연구에서는 Mid Follow Through에서 타구감이 나뉠 때
 252 16.62 ± 6.97 deg, 타구감이 좋을 때 16.03 ± 6.18 deg로 큰 변화를 나타내지 않고 있다.

253 이와 같이 Head speed, X-factor, Triple x-factor의 X-factor stretch, Hip rise, Head swivel에서 타구감에 따라
 254 차이를 도출하지 못한 것은 KPGA소속의 골프 선수들을 한 그룹으로 설정하여 그룹내에서 분석한 결과로
 255 판단되며, 유사한 기술수준의 피험자라 하더라도 피험자들 간의 스윙동작의 차이와 전략(Nesbit & Serrano,
 256 2005)이 존재하기 때문에 예비실험이나 사전연구를 통해 다른 스윙 동작의 전략 차이를 구분할 필요성이 있다고
 257 판단된다.

258 왼발 수직반력은 Top of Backswing에서 타구감이 나뉠 때 30.81 ± 8.22 %BW, 타구감이 좋을 때
 259 34.26 ± 10.59 %BW로 나타났다. Impact 시점에서는 타구감이 나뉠 때 79.82 ± 13.97 %BW, 타구감이 좋을 때는
 260 72.67 ± 18.09 %BW로 나타났다. 이벤트 별 최대 수직반력은 Early Downswing에서 타구감이 나뉠 때
 261 88.11 ± 21.92 %BW, 타구감이 좋을 때 89.56 ± 20.06 %BW으로 가장 높게 나타났으며, William &
 262 Cavanagh(1983), Lee(1998), Sung(2005). Hur et al.(2005)의 보고와 같이 다운스윙 시 체중이 왼발로 전이가
 263 되면서 임팩트 직전에 최대의 수직력이 나타난다는 보고와 유사한 변화를 나타내고 있다.

264 오른발 수직반력은 Mid Backswing시점에서 타구감이 나뉠 때 80.22 ± 7.55 %BW, 타구감이 좋을 때
 265 73.13 ± 8.07 %BW로 타구감에 관계없이 전체적인 이벤트에서 가장 높게 나타났으며, Williams, Jones &
 266 snow(1988)는 Mid Backswing시점에서 오른발에 걸리는 수직력이 공의 비거리와 높은 상관성이 있다고
 267 보고하였고, Sung(2007)의 Mid Backswing시점에서 오른발의 힘이 크게 증가하였다는 보고와도 유사하게
 268 나타났다.

269 COP 변화에서 왼발의 좌우, 전후의 전체적인 변화는 타구감에 관계없이 약간의 차이가 보여지고 있으나, 타구감이
 270 나뉠 때 Early Downswing시점에서는 좌측방향으로 이동 변화가 나타났고, Finish시점에서는 Impact시점에서의
 271 압력중심 위치와 유사한 위치에 있는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 Top of Backswing시점에서 다운스윙 시
 272 과도하게 체중을 왼발로 옮기면서 Impact 후 올바른 체중이동이 이루어지지 않은 것으로 판단된다. 오른발의
 273 압력중심은 타구감이 좋을 때 Mid Backswing, Late Backswing, Top of Backswing에서 압력중심의 좌우, 전후의
 274 이동 폭이 좁게 나타났으며, Koeing, Tamres & Mann(1994)은 백스윙 초기에는 양발 모두 뒤꿈치 방향으로
 275 이동한 후, 왼발은 Top of Backswing에서는 발가락 방향으로 이동하고 오른발은 다운스윙이 시작되면서 급격히
 276 발가락방향으로 이동하며 골프실력이 높을수록 왼발 압력중심은 원형에 가깝다는 보고와 유사하게 나타났다.
 277 COP는 지지면에 작용하는 합 수직력의 작용점을 나타내는 척도(Teasdale & Simoneau, 2001)이므로
 278 Address에서 Top of Backswing의 시점으로 오른발의 압력중심의 이동 폭이 작아야 힘을 크게 축적하여 효과적인
 279 다운스윙을 시작하면서 적절한 체중이동과 올바른 Impact가 이루어지는 것으로 판단된다.

280

281 **Conclusion**

282

283 본 연구의 목적은 KPGA소속 골프선수 9명을 대상으로 골프 드라이버 스윙 시 타구감의 좋고 나쁨에 따라 Head
 284 speed, X-factor, Triple x-factor의 요인인 X-factor stretch, Hip rise, Head swivel, 수직반력과 압력중심을 비교
 285 분석하는데 있었으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

286 Head speed, X-factor, Triple x-factor의 x-factor stretch, hip rise, head swivel은 타구감에 따라 차이가

287 나타나지 않았다. 왼발의 수직반력은 타구감이 좋을 때 Top of Backswing시점에서 높게 나타났고,
 288 Impact시점에서는 타구감이 나쁠 때 높게 나타났다. 오른발의 압력중심은 타구감이 좋을 때 Mid Backswing, Late
 289 Backswing, Top of Backswing에서 압력중심의 좌우 이동폭이 좁게 나타났으며, Mid Follow
 290 Through시점에서는 타구감이 좋을 때 전방방향으로 좀 더 이동하는 변화를 보였다.
 291 이러한 결과를 종합해 보면 국내의 프로 골퍼선수들에게는 타구감에 관계없이 Head speed, X-factor, Triple X-
 292 factor의 X-factor stretch, Hip rise, Head swivel 등의 비거리 스윙관련 변인에는 영향을 미치지 않은 것으로
 293 판단할 수 있으며, 왼발의 수직반력과 오른발의 압력중심의 좌우 이동 폭이 비거리를 증대시키는데 영향을
 294 미친다고 판단 할 수 있다.

295

296 **Reference**

297

298 Burden, A. M., Grimshaw, P. N. & Wallace, E. S. (1998). Hip and shoulder rotations during the golf swing of sub-10
 299 handicap players. *Journal of Sports Sciences*, 16(2), 165-176.

300 Chang, J. K. (2005a). A study on the effective x-factor. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 15(3), 153-159.

301 Chang, J. K. (2005b). The effect of x-factor in club head speed. *The Korean Journal of Physical Education*, 44(4), 431-
 302 438.

303 Cheetham, P. J., Martin, P. E., Morttram, R. E. & St Laurent, B. F. (2001). *The Importance of Stretching the "X-Factor" in*
 304 *the downswing of golf: The "X-Factor Stretch"*. In Thomas P.R.(Eds), *Optimizing performance in golf*. Brisbane,
 305 Australia Academic Press. 192-199.

306 Cochran, A. & Stobbs, J. (1999). *Search for the perfect swing*. Chicago: TRIUMPH BOOKS.

307 Egret, C. I., Vincent, O., Weber, J., Dujardin, F. H. & Chollet, D. (2003). Analysis of 3D kinematics concerning three
 308 different clubs in golf swing. *International Journal of Sports Medicine*, 24(6), 465-470.

309 Evans, C. & Oldreive, W. (2000). A study to investigate whether golfers with a history of low back pain show a reduced
 310 endurance of transversus abdominis. *The Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 8(4), 162-174.

311 Gluck, G.S., Bendo, J. A. & Spivak, J.M. (2008). The lumbar spine and low back pain in golf: a literature review of swing
 312 biomechanics and injury prevention. *The Spine Journal*, 8(5), 778-788.

313 Hardy, J. & Andrisani, J. (2008). *The plane truth for golfers*(Eds). Seoul: Samho media.

314 Hay, J. G. (1985). *The biomechanics of sports techniques*. New Jersey: Prentice-hall Inc.

315 Horton, J. F., Lindsay, D. M. & Macintosh, B. R. (2001). Abdominal muscle activation of elite male golfers with chronic
 316 low back pain. *Medicine Science Sports & Exercise*, 33(10), 1647-1654.

317 Hume, P. A., Keogh, J. & Reid, D. (2005). The role of biomechanics in maximizing distance and accuracy of golf shots.
 318 *Sports Medicine*, 35(5), 429-449.

319 Hur, Y. J., Moon, G. P. & Lim, J. (2005). A study of ground reaction forces during professional golfer's swing with
 320 different golf clubs. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 15(2), 103-111.

321 Kim, C. W. (2004). *A coordinated analysis of the body during a swing of golf according to techniques levels*. Un-
 322 published Doctor's Dissertation. KyungSung University.

323 Kim, C. W. (2009). A Case study of x-factor in the golf swing analysed by the level and age. *The Korea Journal of Sports*
 324 *Science*, 18(2), 1357-1366.

325 Koenig, G., Tamres, M. & Mann, R. W. (1994).The biomechanics of the shoe-ground interaction in golf. In A. J.
 326 Corhran and M.R. Farrally(Eds), *Science and golf II: Proceedings of the World Scientific Congress of Golf*, E&FN
 327 SPON, London, 40-45.

328 Kwon, S. O. & Lee, K. K. (2005). Effects of gender, skill level, and club on kinematics of golf swing. *Korean Journal of*
 329 *Sport Biomechanics*, 15(30), 79-94.

330 Lee, J. H. (1998). The ground reaction analysis of swing motion for progolfers. *The Korean Journal Physical Education*,
 331 37(3), 357-366.

332 Lee, K. K. & Nam, K. J. (2005). The effect of skill level to intrasubject repeatability of golf wing kinematics. *The Korean*
 333 *Journal of Physical Education*, 44(6), 669-676.

- 334 Lee, K. O. & So, J. M. (2004). Analysis of inter-foot relations with ground reaction forces during the golf swing. *Journal*
335 *of Korean Association of Physical Education and Sport for Girls and Women*, 18(1), 85-97.
- 336 Lephart, S. M., Smoliga, J. M., Myers, J. B., Sell, T. C. & Tsai, Y. S. (2007). An eight-week golf-specific exercise program
337 improves physical characteristics, swing mechanics, and golf performance in recreational golfers. *Journal of*
338 *Strength and Conditioning Research*, 21(3), 860-869.
- 339 Lindsay, D. M. & Horton, J. F. (2002). Comparison of spine motion in elite golfers with and without low back pain.
340 *Journal of Sports sciences*, 20(8), 599-605.
- 341 Mann, J. (2008, January). Jim Mclean's Triple-X Factor - A critical Review. Retrieved from
342 perfectgolfswingreview.net/xfactor.htm
- 343 Marshall, R. N. & Elliott, B. C. (2000). Long-axis rotation: The missing link in proximal-to-distal segmental sequencing.
344 *Journal of Sports Science*, 18(4), 247-254.
- 345 Mclean, J. (1992). *Wide the Gap*. Golf Magazine, December, 49-53.
- 346 Mclean, J. (1996). *The x-factor swing*. New York: Harper Collins Publishers.
- 347 Mclean, J. (2008). *Triple X-factor*. Golf Digest, December
- 348 McTeigue, M., Lamb, S. R., Mottram, R. & Pirozzolo, F. (1994). Spine and hip motion analysis during the golf swing. In
349 A. J. Cochran and M.R. Farrally(Eds), *Science and golf II: Proceedings of the World Scientific Congress of Golf*,
350 E&FN SPON, London, 50-58.
- 351 Myers, J., Lephart, S., TSAI, Y. S., Sell, T., Smoliga, J. & Jolly, j. (2008). The role of upper torso and pelvic rotation in
352 driving performance during the golf swing. *Journal of Sports Sciences*, 26(2), 181-188.
- 353 Nesbit, S. M. & Serrano, M. (2005). Work and power analysis of the golf swing. *Journal of Sports Sciences and*
354 *Medicine*, 4(4), 520-533.
- 355 Okuda, I., Armstrong, C. W., Tsunozumi, H. & Yoshiike, H. (2002). Biomechanical analysis of professional golfer's
356 swing. In Eric Thain(Eds), *Science and golf IV: Proceedings of the World Scientific Congress of Golf*, Routledge,
357 St. Andrews, Scotland. 18-27.
- 358 Plagenhoef, S., Evans, F. G. & Abdelnour, T. (1993). Anatomical data for analyzing human motion. *Research Quarterly*
359 *for Exercise and Sport*, 54(2), 169-178.
- 360 Richards, J., Farrell, M., Kent, J. & Kraft, R. (1985). Weight transfer patterns during the golf swing. *Research Quarterly*
361 *for Exercise and Sport*, 56(4), 361-365.
- 362 Shin, C. S. (2007). *Biomechanical analysis of golf driver swing motion*. Un-published Doctor's Dissertation. ChonBuk
363 National University.
- 364 So, J. M. (1998). *Biomechanical analysis of capricious golf*. Seoul: Hong kyoung.
- 365 Song, B. J. (2009). A kinematical analysis through success and failure of golf driver swing. *Journal of Korea Sport*
366 *Research*, 20(2), 45-56.
- 367 Sung, R. J. (2005). Changes of impact variables by the change of golf club length. *Korean journal of Sport*
368 *Biomechanics*, 15(4), 181-189.
- 369 Sung, R. J. (2007). Changes of ground reaction forces by the change of club length in golf swing. *Korean journal of*
370 *Sport Biomechanics*, 17(2), 31-40.
- 371 Sung, R. J. (2010). A method for analyzing and evaluating the golf swing using the force platform data. *Korean Journal*
372 *of Sport Biomechanics*, 20(2), 213-129.
- 373 Teasdale, N. & Simoneau, M. (2001). Attentional demands for postural control: the effects of aging and sensory
374 reintegration. *Gait & Posture*, 14(3), 203-210.
- 375 Wallace, E. S., Grimshaw, P. N. & Ashford, R. L. (1994). Discrete pressure profiles of the feet and weight transfer
376 patterns during the golf swing. In A. J. Corhran and M.R. Farrally(Eds), *Science and golf II: Proceedings of the*
377 *World Scientific Congress of Golf*, E&FN SPON, London, 26-32.
- 378 Williams, K. R. & Cavanagh, P. R. (1983). The mechanics of foot action during the golf swing and implications for shoe
379 design. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15(3), 247-255.
- 380 Williams, K. R., Jones, J. & Snow, B. (1998). Ground reaction forces during the golf swing in relation to hitting
381 performance, *Journal of Biomechanics*, 21(10), 869.

382 Zumerchik, J. (2002). *Newton on the tee: a good walk through the science of golf*. New York: SLMON & SCHUSTER
383 PAPERBACKS