



실질적인 X-Factor에 관한 고찰

A Study on the Effective X-Factor

장재관*(경희대학교)

Chang, Jae-Kwan*(Kyung Hee University)

ABSTRACT

J. K. CHANG, A Study on the Effective X-Factor. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 15, No. 3, pp.153-159, 2005. The purpose of this study was to investigate the Effective X-Factor in golf swing. The term X-Factor means the relative rotation of shoulders with respect to hips during the golf swing. To ascertain the Effective X-Factor that resulted in a high club head speed at impact six golfers' swing motions were videotaped and analyzed using three-dimensional techniques.

The results can be summarized as follows. The standard deviations of the professionals' average club head speeds were higher than the amateurs'. This means that the professionals' swing skills were better than amateurs' in driving accuracy and consistency. As the club head speeds were increased gradually the X-Factors and the club head speeds had reached to the subjects' average club head speeds, but the X-Factors and the club head speeds were not increased above the subjects' average club head speeds. The X-Factor Stretch early in the down swing was existed and Professional stretched values were higher than the amateurs. In conclusion my research results suggested that the increase in Effective X-Factors had no relationship to the increase in club head speeds.

KEYWORDS: X-FACTOR, X-FACTOR STRETCH, CLUB HEAD SPEED

I. 서론

골프스윙 기술은 The Search for The Perfect Swing (Cochran AJ & Stobbs J,1968)과 Golfing Machine (Hommer Kelley,1969)이라는 책들이 발간되면서 심도 있게 다루어지기 시작했다. 골프공이 깃털 볼에서 탑 플라이트 볼로 발달해왔듯이 골프 스윙기술은 세인트 앤드리아스 스윙에서 벤 호건과 맥 오그래디 스윙으로

변화되어 왔다(Michael Hebron, 1993). MORAD라는 골프연구기관을 관장하고 있는 PGA 투어선수 출신인 맥 오그래디는 현재에도 완벽한 스윙에 가장 근접하는 이상적인 스윙모델을 연구하고 있다. 맥 오그래디는 스윙을 어드레스자세에서 피니쉬 자세까지 10개의 이벤트로 구분하고 각 이벤트는 13개의 인체 분절이 3차원으로 이루어진다고 하였다. 또한 10개의 골프클럽을 사용한다고 가정하면 매 스윙시 3900가지의 변수가 형성되고 샷의 구질이나 볼 탄도의 변수들을 곱하면 모두

187,200까지의 변수가 있다고 하였다(Jerry Lofaro, 1998). 골프스윙은 많은 신체분절의 협응성이 요구되고 또한 순간적인 회전 균형성과 순발력이 필요한 매우 어려운 게임이다.

골프경기력에 가장 큰 영향을 미치는 2가지 요소는 비거리와 방향이다(Wiren, 1990). 비거리는 임팩트시에 클럽헤드의 스피드, 클럽헤드의 중심성 그리고 클럽헤드의 접근각도에 관련이 있고, 방향은 스윙궤도와 임팩트시 클럽헤드의 면과 타켓 방향에 대하여 수직이 되어야 한다. PGA 투어에서 세계 탑 프로들의 비거리를 보면 장타자들로 포진되어 있는 것을 알 수 있다. 이처럼 볼의 비거리는 토너먼트에서 우승의 향방에 상당히 큰 영향을 줌으로 볼의 비거리를 증가시키기 위해서 첨단 장비를 통한 역학적인 분석에 관해서 많은 관심을 가지고 있다.

골프 지도자로서 널리 알려진 Jim McLean이 1992년도 골프 매거진에 "widen the gap" 이라는 기사를 통해서 X-Factor 라는 용어를 소개하였다. X-Factor란 골프스윙 시 백스윙의 탑에서 어깨선과 힙 선의 상대적인 회전각 차이를 말하는데 회전각 차이가 크면 클수록 최대의 비거리가 생긴다고 하였다.

1994년 Mike McTeigue는 51명의 PGA 투어선수와 46 PGA 시니어 투어 선수들을 대상으로 "Swing Motion Trainer"라는 측정 장비를 사용해서 힙과 상체의 회전각 차이를 연구를 하였다. 연구의 전제조건은 다른 스윙 메카니즘이 스윙에 영향을 주지 않는다는 가정 하에서 X-Factor는 탑 스윙에서 크면 클수록 임팩트시에 클럽헤드의 스피드가 커다라고 보고하였다.

Phil Cheetham, Rob Mottram, Phil Martin, and Bryan St. Laurent(2000)은 다운 스윙시에 X-Factor의 증가를 수치화 하였는데 이를 X-Factor Stretch라고 소개하였다. X-Factor Stretch란 다운스윙 초기에 X-Factor의 증가를 말하는데 10명의 숙련된 골퍼와 9명의 비숙련 골퍼들을 대상으로 "다운스윙 초기에 X-Factor의 수치가 숙련자가 비숙련자보다 클 것이다"라는 가정 하에 테스트를 하였다. 그의 연구는 X-Factor Stretch의 차이점을 설명하기 위하여 피험자 중에서 가장 극명한 차이를 보이는 숙련자와 비숙련자의 골프스윙을 비교하였다. 결론은 X-Factor Stretch가 클수록 큰 힘이 생

기고 임팩트시에 보다 큰 클럽헤드 스피드를 얻을 수 있다고 하였다.

이 연구의 목적은 Phil Cheetham et.al.(2000)이 보고한 "X-Factor Stretch가 클수록 큰 힘이 생기고 임팩트시에 보다 큰 클럽헤드 스피드를 얻을 수 있다"라는 결과를 근거로 국내 프로와 아마추어들을 대상으로 X-Factor Stretch가 크면 클럽헤드 스피드가 증가하는지를 규명하는 것이다.

이는 프로선수들 뿐만 아니라 일반 아마추어에게도 큰 의미가 있으며 경기력을 향상시키는데 활용할 수 있는 자료가 될 수 있으리라 사료된다.

II. 연구방법

1. 연구대상

이 연구는 K 대학에 재학 중인 골프 경력이 1년 미만인 아마추어들과 경력이 7년 이상인 프로들을 대상으로 피험자들의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 피험자의 신체적 특성

피험자	신장 (cm)	체중 (kg)	나이 (yr.)	경력 (yr.)
A1	174	65	20	1
A2	176	80	21	1
P1	185	78	23	7
P2	178	80	20	7
P3	178	72	20	7
P4	176	85	25	10

A: amateur, P: professional

2. 분석 국면

골프스윙은 어드레스자세(P1), 하프웨이자세(P2), 탑 스윙자세(P4), 임팩트자세(P7), 피니쉬자세(P9)의 5 이벤트와 4 개의 국면으로 구분되며 <그림 1>과 같다.

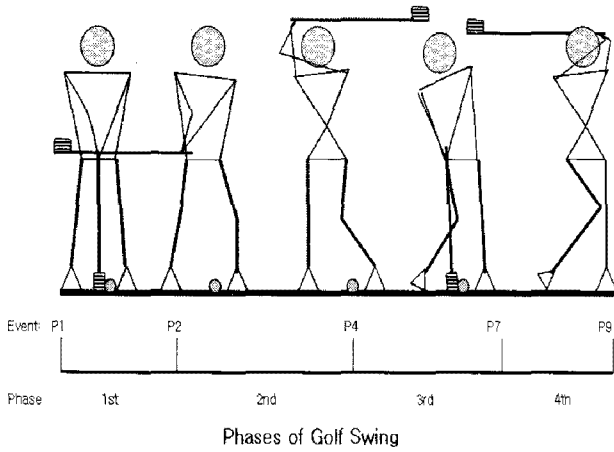


그림 1. 이벤트와 국면

- 제1국면(1st) : from P1 to P2 국면.
- 제2국면(2nd) : from P2 to P4 국면.
- 제3국면(3rd) : from P4 to P7 국면.
- 제4국면(4th) : from P7 to P9 국면.
- P1이벤트 :어드레스자세
- P2이벤트 : 백스윙 하프웨이 자세
- P3이벤트 : 백스윙시 왼팔이 지면과 평행한 자세
- P4이벤트 : 백스윙 탑 자세
- P5이벤트 : 다운스윙시 왼팔이 지면과 평행한 자세
- P6이벤트 : 다운스윙 하프웨이 자세
- P7이벤트 : 임팩트 자세
- P8이벤트 : 팔로우시 샤프트가 지면과 평행한 자세
- P9이벤트 : 피니쉬 자세

3. 실험장비 및 방법

이 연구에 사용된 비디오카메라는 JVC 비디오카메라(GR-HD1KR) 6대로 60fields/sec의 샘플링 주파수로 피험자의 드라이브 스윙동작과 통제점 틀을 촬영하였다. 6대의 카메라는 피험자를 중심으로 앞쪽 좌, 우측과 피험자 뒤쪽으로 좌, 우측에 설치하였으며, 나머지 2대의 카메라는 피험자를 중심으로 앞뒤로 설치하였다. 카메라 셔터 스피드는 1/1000 sec로 설정하였으며 촬영 범위는 피험자가 어드레

스에서 피니쉬 동작까지로 설정한다. 6대의 비디오 카메라에 대한 event 동조는 frame 사이의 동조로 Kwon3D 프로그램 내에 내장되어 있는 software genlock 기능을 사용하여 동조시켰다. 통제점 틀을 피험자를 중심으로 가로, 세로, 높이(2m x 2m x 3m)로 설치하였다. 전역좌표계의 정의는 좌우 방향을 X축, 전후 방향을 Y축 상하 방향을 Z축으로 설정하였다.

피험자들을 충분히 워밍업을 시킨 후에 Beltronics사의 Swing Mate(Model G640)를 사용하여 한 사람씩 임팩트시 자신의 정상적인 클럽헤드 스피드를 5회 측정하였다. 탑스윙 자세에서 타켓에서 멀어지는 방향으로 좌우 골반 연결선의 회전각을 힙의 회전각이라 하고 좌우 어깨의 연결선 회전각을 어깨의 회전각이라 한다. 이때 어깨선과 힙선의 회전각 차이를 X-Factor라고 한다<그림 2>.

X-Factor Stretch는 다운스윙 초기에 힙이 타켓선 방향으로 어깨선보다 상대적으로 빠르게 회전되기 때문에 X-Factor의 값이 증가하는데 이때 어깨선과 힙선의 최대 회전각 차이를 말한다<그림 3>.

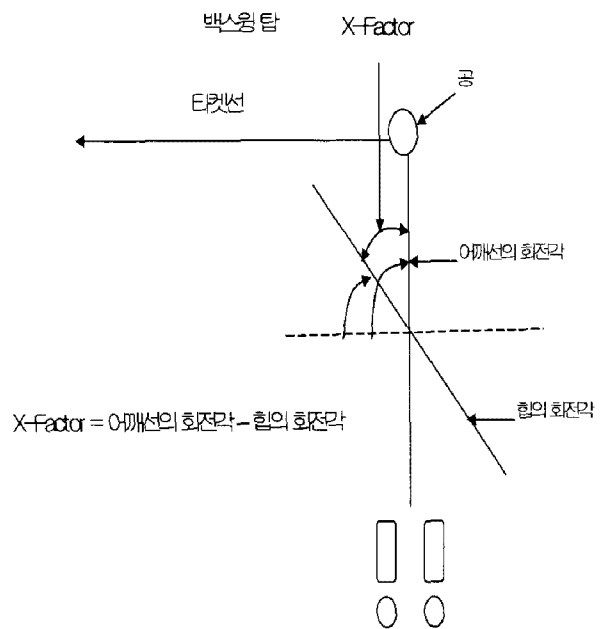


그림 2. X-Factor의 정의

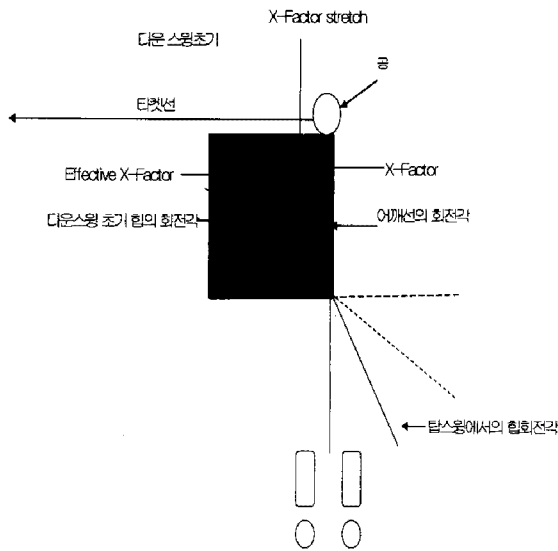


그림 3. X-Factor Stretch의 정의

을 사용하여 산출하였다. 디지털이정시 발생하는 오차를 제거하기 위해서 Butterworth 저역 필터(low-pass filter)를 사용하였다. 이때 차단 주파수(cut-off frequency)는 6.0Hz로 설정하였다.

통제점의 좌표화는 오차를 줄이기 위해 5회 반복 시행하고 그 평균값을 실공간의 캘리브레이션(calibration)을 사용하였다. 좌표화를 위한 인체 관절점은 인체를 강체(rigid body)가 서로 연결된 연쇄계(linked system)로 가정하고 20개의 인체 관절점과 장비1개의 클럽점, 그리고 1개의 공점으로 정의하였다. 이 연구는 헤드 스피드의 X-Factor와 X-Factor Stretch에 대한 각 변인들의 평균과 표준편차를 계산하고, 개인별로 구분하여 이러한 변인들의 값이 탑 스윙에서 임팩트 사이의 3국면에서의 차이를 비교 분석하였다.

4. 자료처리방법

이 연구의 통제점 좌표, 인체관절 중심점의 좌표와 카메라의 동조는 KWON3D Motion Analysis Package 3.1(Kwon, 2005)을 사용한다. 통제점과 인체관절의 삼차원 좌표값은 DLT기법(Abdel-aziz & Karara, 1971)

III. 결과 및 논의

클럽헤드 스피드의 X-Factor와 X-Factor Stretch 및 Effective X-Factor를 분석한 결과는 <표 2>와 <그림 4>와 같다.

표 2. X-factor와 X-factor Stretch 및 Effective X-Factor (degree)

피험자	시기	1차	2차	3차	4차	5차	M±SD
A1		55.64	52.60	50.94	51.99	51.21	52.48±1.89
		63.94	62.20	59.86	61.52	59.13	61.33±1.91
		8.30	9.60	8.92	9.53	7.92	8.85±0.03
A2		48.93	52.61	54.47	50.83	51.75	51.72±2.06
		66.09	72.63	73.65	53.69	60.75	65.36±8.36
		17.16	20.02	19.18	2.86	9.00	13.64±6.30
P1		67.26	66.69	69.12	69.18	65.73	67.60±1.52
		72.58	66.96	69.61	69.23	66.21	68.92±2.51
		5.32	0.27	0.49	0.05	0.48	1.32±0.99
P2		60.63	58.37	59.66	59.97	56.56	59.04±1.61
		67.42	67.39	64.25	65.91	62.92	65.58±1.98
		6.79	9.02	4.59	5.94	6.36	6.54±0.36
P3		68.16	68.81	67.27	65.74	63.18	66.63±2.25
		70.10	69.04	67.45	67.65	67.94	68.44±1.11
		1.94	0.23	0.18	1.91	4.76	1.80±1.13
P4		72.55	67.92	75.26	78.74	79.45	74.78±4.74
		76.28	77.41	76.27	79.34	79.77	77.81±1.66
		3.73	9.49	1.01	0.60	0.32	3.03±3.07

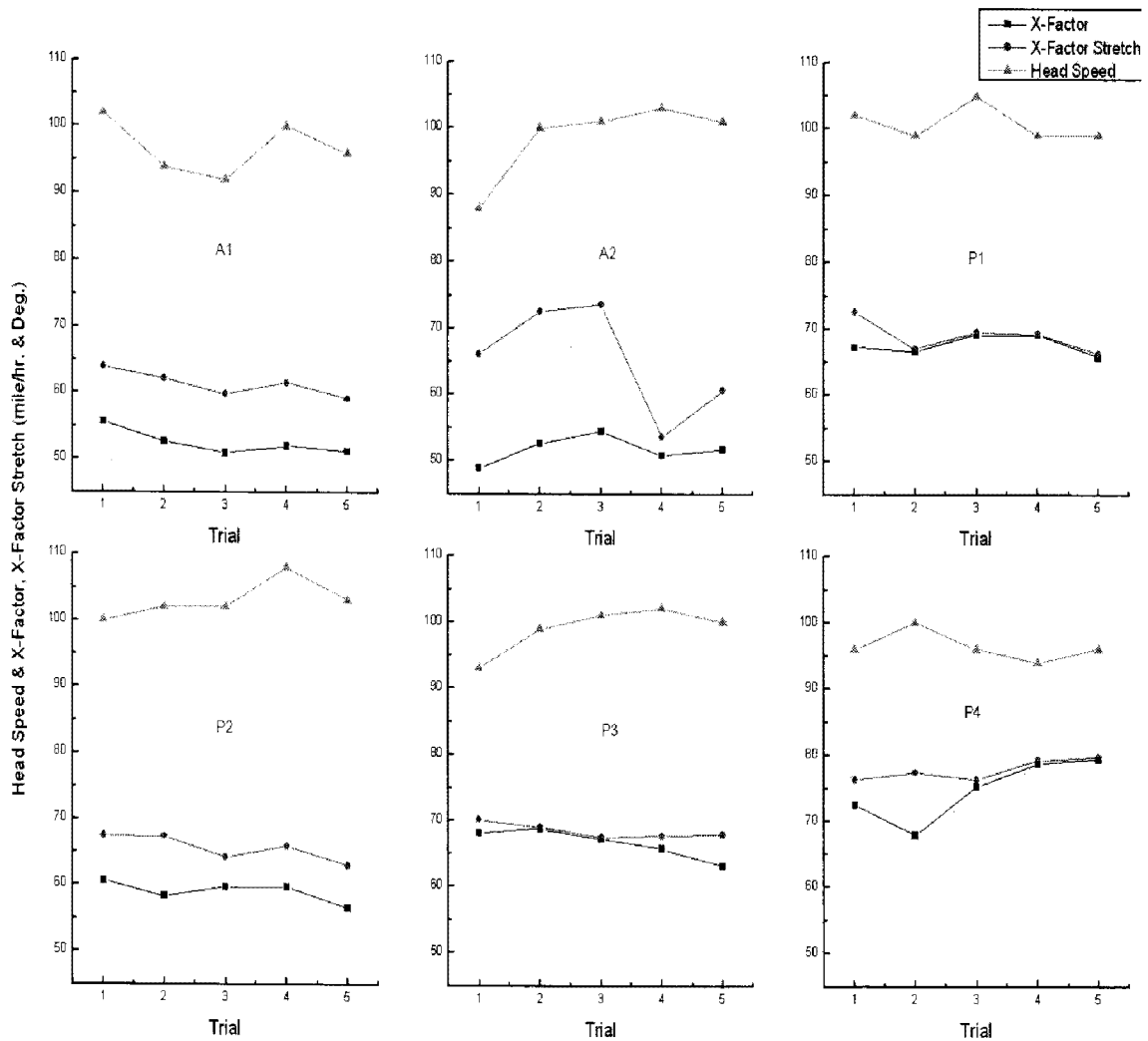


그림 4. 헤드 스피드, X-Factor & X-Factor Stretch

평균 X-Factor는 프로 피험자들의 값은 59.04도에서 74.78도의 분포를 보였고 아마추어 피험자들은 51.72도에서 52.48도의 분포로 프로 피험자들의 X-Factor값이 아마추어 피험자들의 X-Factor값 보다 컸다. 평균 X-Factor Stretch 값의 경우 프로 피험자들은 65.58도에서 77.81도의 분포를 보였고 아마추어 피험자들은 61.33도와 65.36도의 분포로서 역시 프로 피험자들의 X-Factor Stretch값이 아마추어 피험자들의 X-Factor Stretch값 보다 컸다.

Phil Cheetham et.al.(2000)의 연구에 의하면 피험자중 가장 작은 X-Factor값과 X-Factor Stretch값을 보인 아마추어는 각각 38.0도와 38.5도이고 가장 큰

프로의 값은 60.1도와 73.5도로 나타나 있어 본 연구와 유사한 내용을 보이고 있으나 피험자들의 스윙 형태에 따라서 수치적 차이는 다소 있을 수 있다고 사료된다. Phil Cheetham(2000)은 또한 다운스윙 초기 시에 힙의 회전속도가 상체의 회전속도보다 빠르기 때문에 X-Factor Stretch가 존재한다고 하였는데 본 연구에서도 모든 피험자들은 다운스윙 초기에 X-Factor Stretch가 존재하는 것으로 확인되었다.

클럽헤드 스피드와 Effective X-Factor를 분석한 결과는 <표 3>과 <그림 5>와 같다.

표 3. 헤드 스피드와 Effective X-Factor(mile/hr., degree)

시기 피험자	시차					M±SD
	1차	2차	3차	4차	5차	
A1	102	94	92	100	96	96.8±4.15
	8.30	9.60	8.92	9.53	7.92	8.85±0.03
A2	88	100	101	103	101	98.6±6.02
	17.16	20.02	19.18	2.86	9.00	13.64±6.30
P1	102	99	105	99	99	100.8±2.68
	5.32	0.27	0.49	0.05	0.48	1.32±0.99
P2	100	102	102	108	103	103±3.00
	6.79	9.02	4.59	5.94	6.36	6.54±0.36
P3	93	99	101	102	100	99.0±3.54
	1.94	0.23	0.18	1.91	4.76	1.80±1.13
P4	96	100	96	94	96	96.4±2.19
	3.73	9.49	1.01	0.60	0.32	3.03±3.07

프로들의 평균 클럽헤드 스피드의 편차는 2.19mile/hr에서 3.54mile/hr의 분포를 보이고 아마추어의 클럽헤드 스피드 편차는 4.15mile/hr에서 6.02mile/hr로서 프로들의 편차가 아마추어 보다 작게 나타났다. 프로 피험자들의 스피드 편차가 상대적으로 아마추어 피험자들보다 적음으로 드라이브나 아연샷의 비거리가 상대적으로 편차가 큰 아마추어 피험자들보

다 일관적이고 안정적이라고 할 수 있다. 그러나 Effective X-Factor의 값은 프로 피험자들은 1.32도에서 6.54도로 아마추어 피험자의 8.85도와 13.64도보다 오히려 낮은 수치를 나타냈다. 이는 Phil Cheetham의 숙련자와 비숙련자의 X-Factor 증가 값인 13.4도와 0.5도와는 상반된 수치를 나타내고 있다. Effective X-Factor의 편차는 클럽헤드 스피드의 변화와 일관성 있는 변화의 패턴을 보이지 않았다. 그림 5에서는 시각적인 도움을 주기위해 시기 순서와 상관없이 Effective X-Factor를 증가하는 순서로 배열하였다. Effective X-Factor는 증가해도 클럽헤드 스피드는 일정한 패턴으로 증감을 보여 주지 못했다.

결과적으로 Effective X-Factor는 클럽헤드 스피드와 연관성이 없고 또한 예상과 다르게 아마추어 피험자들의 Effective X-Factor 값이 프로 피험자들의 Effective X-Factor 값 보다 크게 나타났다.

IV. 결론 및 제언

2명의 아마추어와 4명의 프로 피험자들의 정상적인 클럽헤드 스피드를 각각 5회씩 측정을 하고 X-Factor와 X-Factor Stretch에 관한 운동학적 분석을 통하여 다음

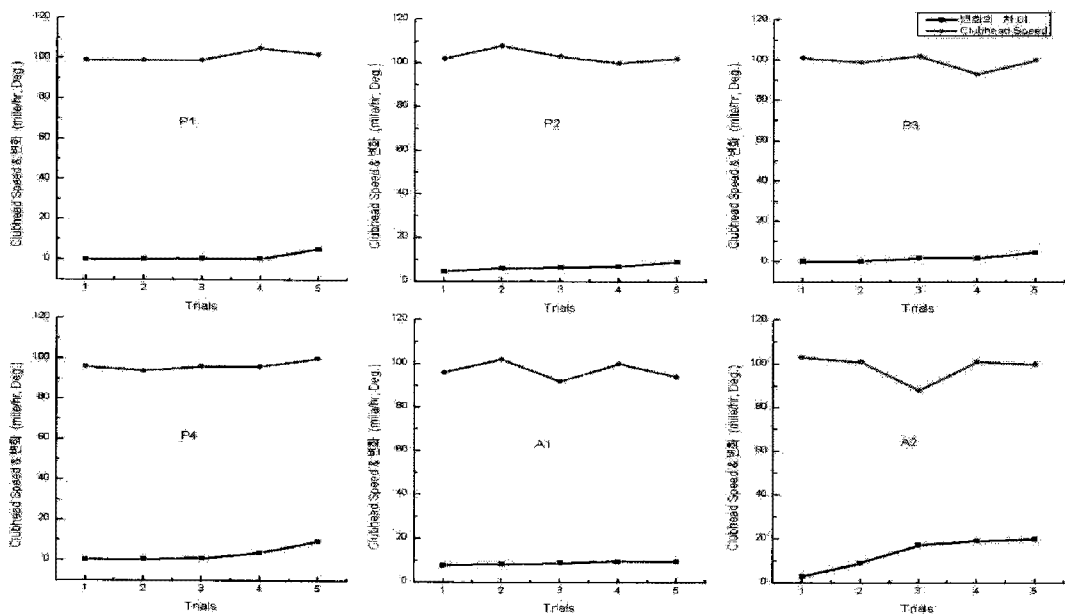


그림 5. 헤드 스피드와 Effective X-Factor

과 같은 결론을 얻었다.

1. 프로 피험자들의 평균 X-Factor와 X-Factor Stretch값이 아마추어 피험자들의 평균 X-Factor와 X-Factor Stretch값 보다 컸다. 또한 프로나 아마추어 피험자들 모두 다운스윙 초기에 X-Factor 값이 증가 하였다.
2. 프로들의 평균 클럽헤드 스피드의 편차는 아마추어의 클럽헤드 스피드 편차 보다 작게 나타났다. 이것은 프로들의 샷 비거리가 상대적으로 편차가 큰 아마추어 피험자들의 샷 비거리보다 일관성이 있다고 할 수 있다. 이 연구의 Effective X-Factor 값은 Phil Cheetham et. al.(2000)의 X-Factor 증가 값과 상반된 결과를 보였다. 이는 프로 피험자들이 아마추어 피험자들의 값보다 작은 수치를 나타냈기 때문이며, 이와 같은 결과는 백스윙시 프로들의 X-Factor 값이 아마추어들보다 큰 값을 나타냄으로서 다운스윙시 X-Factor의 값이 증가하는 양에 있어서 아마추어가 프로들보다 큰 것으로 판단된다.

이상의 내용을 종합해 볼 때 Effective X-Factor는 클럽헤드 스피드를 증가시키는 요인이 아니라고 사료된다. 또한 X-Factor Stretch가 클럽헤드 스피드에 영향을 주는 것이 아니라 다운스윙시 타켓 방향으로 체중을 이동시킨 후에 몸의 회전운동이 일어나는 시점에서의 X-Factor값이 클럽헤드 스피드에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

Abdel-Aziz Y. I., & Karara, M. (1971). Direct linear

transformation from comparator coordinates object space coordinates in close-range photograph metry. *Proceeding of ASP/UI Symposium on Close Range photogram-metry. Falls hurch, VA: American Society Photogrammetry*, 1-18.

Cheetham P., Mottram R., Martin P., & Laurent B. St.(2000). X-Factor Stretch. www.skilltechnologies.com/xfactorstretch.htm.

Cochran AJ & Stobbs J (1968). The search for perfect swing. Heinemann, London.

Homer Kelley (1969). The golfing machine. Seattle, Washigton: Star System Press.

Jerry L.(1998). Golf's tortured genius, *Golf Digest*. July Edition 82-83.

Jim Mclean(1992). Widen the gap. *Golf Magazine*, December 49-53.

Kwon, Y. H.(2005). KWON3D motion analysis package version3.1.

Michael Hebron (1993). *Golf Mind Golf Body Golf Swing*, Smithtown, New York.

Mike McTeigue(1994). Spine and hip motion analysis during the golf swing. *The World Scientific Congress of Golf*, 48-58.

Wiren, G.,(1990) *PGA Teaching Manual*. PGA of America, U.S.A.

투 고 일 : 07월 30일

심 사 일 : 08월 15일

심사완료일 : 09월 01일