



## 테니스 포핸드 스트로크의 상지관절각도 분석

### Analysis of Upper Limb Joint Angle of Tennis Forehand Stroke

강영택\* · 서국웅 · 손승(부산대학교) · 이중숙(신라대학교)

Kang, Young-Teak\* · Sun, Sheng · Seo, Kuk-Woong(Pusan National University) ·  
Lee, Joong-Sook(Silla University)

---

#### ABSTRACT

Y. T. KANG, K. W. SEO, S. Sun, and J. S. Lee, Analysis of Upper Limb Joint Angel of Tennis Forehand Stroke. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 17, No. 3, pp. 115-124, 2007. The purpose of this study was to analyze the kinematics variables of upper limb joint during forehand stroke by swings patterns. Eight high school tennis players were chosen for the study, who have never been injured for last six months, in Busan. They performed horizontal swing and vertical swing that it was done each five consecutive trial in the condition of square, semi-open and open stance. It was filmed by 6 video camera and used with 3-dimensional motion analyzer system. The following kinematic variables were analyzed in relation to angle of joint(shoulder, elbow and wrist joint).

The conclusion were as follow:

1. The angle of right shoulder joint represented all event that both swing were shown similar pattern in swing type and stance pattern.
2. All event in the angle of elbow joint had consistent with that except E2, horizontal and vertical swings in square stance.
3. All event in the angle of wrist joint was show to similar pattern except E2, horizontal and vertical swing in open stance.

KEYWORDS : SHOULDER JOINT, ELBOW JOINT, WRIST JOINT

---

## I. 서론

### 1. 연구 필요성

테니스 선수들은 게임에서 파워와 스피드를 얻으면서 시간상의 한계를 극복하기 위해 모든 스트로크에 기술적인 혁명을 가져 왔으며, 다른 어떤 것보다 포핸드 스트로크에 큰 영향을 미쳤다. 또한 경기 중에 가장 많이 사용하는 기술이 포핸드 스트로크이지만, 사용 빈도가 높은 만큼 실수가 많은 기술이기도 하다(강상학, 2002). 서국웅(1992a)은 세계 유명 선수들의 강력한 포핸드 톱스핀은 상대방이 리턴 하는 것을 어렵게 하고 스피드를 최대화하여 파워보다는 안전하고 깊은 각을 얻을 수 있어 전술적인 면에서 효과적이며, 찬스 볼을 유도하여 플랫에 가까운 타법으로 위닝샷을 구사한다고 보고하였다. 현대 테니스 경기에서 승패를 결정짓는 제일 중요한 변인은 서비스와 스트로크로 나타났으며(김혜진, 박재현, 신범철, 2007), 국내 남자 테니스 단식 경기 선수들은 경기를 승리하기 위해 서비스보다 스트로크가 더 중요한 것으로 나타났다(이기봉, 이영석, 이기청, 2004).

테니스는 고전적인 포핸드 스트로크를 흡수하여 계속적인 발전을 이루어 왔으며, 일선 지도자들은 파워와 스피드 못지않게 디테일한 기술적인 능력을 전술적인 면에서 발휘하기를 선수들에게 요구하고 있다.

포핸드 스트로크의 기술적인 면과 연관이 있는 논문들을 보면 강상학(2002), 강영택(2006), 강영택(2000), 김신희, 배성재(1997), 김옥태, 윤재백(1996), 최지영(2005), Bahamonde(2001), Elliott, Marsh, & Overheu(1989) 등이 있으며, 이들은 임팩트를 포함한 동작에서 임팩트 직전에 원위 분절의 최대속도가 감소한다는 즉, 라켓의 안정성을 확보한 상태에서 임팩트를 준비한다고 하였으며, 볼의 타점 조절과 안정성에 있어서 하반신과 스탠스가 적절한 굴곡과 신전운동이 관여하고 있다고 보고하였다. 테니스 포핸드 스트로크에 관한 연구는 볼의 파워와 안정성을 중심으로 연구되어져 왔다. 그러나 포핸드에 있어서도 여러 종류의 볼이 있으며, 파워가 우선인지 스피드가 우선인지에 따른 스윙형태에 관한 세밀한 연구는 잘 이루어지지 않았다. 현재 세계 랭킹 1, 2

위인 페드로와 나달의 경기를 보면 강력한 톱스핀과 파워 볼을 구사하여 두 가지 속성을 잘 조화시키고 있다. 그러나 더욱 주목해야 하는 것은 그 선수들의 스윙 형태가 항상 일정하다는 것이며, 유사한 스윙에서 다양한 볼이 구사되고 있는 것이다. 특히 포핸드 스트로크를 보면 동작을 보고 어떠한 볼을 칠 것인지 예측하기가 어려우며, 스윙패턴을 보고 볼의 구질이나 방향을 파악하는 것은 더욱 힘들다. 일선 지도자들이 선수 및 수준이 높은 일반인에게 요구하는 사항 중 하나는 일관된 스윙에서 다양한 볼을 칠 수 있도록 훈련시킨다는 것이다. 그러나 톱스핀 시 초보자나 일반인들에게 라켓헤드를 밑으로 내리라고 하면, 팔꿈치 관절이 퍼지거나 팔 전체를 아래로 향한다. 또한 경기 중 선수들의 플레이를 보면 톱스핀과 드라이브를 칠 때 동작이 달라 상대에게 미리 읽혀 버리는 경우가 자주 발생하는 데, 현대 테니스는 오픈 스탠스를 취하기에 빠른 스윙을 하는 장점이 있는 대신에 완벽한 자세를 만들지 못하면 상대가 어떠한 볼을 치는지 알 수가 있게 된다.

이 연구의 출발은 “유사한 스윙에서 다양한 볼이 가능한가?”라는 의문을 가진 것이다. 현대 테니스에서 플랫 볼은 거의 사장되었으며, 플랫 볼의 파워를 가진 스핀이 가미된 강한 드라이브 샷을 구사하는 수평스윙과 스피드가 극대화된 톱스핀을 구사하는 수직스윙이 주류를 이루고 있으며, 하나의 그림과 스윙형태에서 발휘될 수 있는 성질이 다른 볼 구질을 가지고 있다.

그러므로 이 연구는 다른 볼 구질을 구사하는데 있어 일관성 있는 스윙을 하는지 알고자 “숙련자는 스윙 타입에 따라 상지관절 각도가 유사한 형태를 가질 것이다”라는 가설을 두고, 스퀘어, 세미 오픈, 오픈 스탠스와 세미 웨스턴 그림을 쥔 상태에서 포핸드 스트로크를 수평·수직 두 개의 스윙으로 세분화하여 라켓과 스윙타입에 직접적인 영향을 주는 상지관절의 형태를 파악하여 비교 분석하고자 한다.

### 2. 연구목적

이 연구는 남자 고등학교 테니스 선수를 대상으로 수평·수직스윙을 실시하여 상지관절 상대각도 분석과 스탠스 유형에 따른 변화를 파악하여 두 스윙의 유사

성을 규명하는데 목적이 있다.

### 3. 연구 제한점

- 1) 피험자들은 오른손잡이 세미 웨스턴 그립으로 하였다.
- 2) 통제된 실험상황과 고정된 장비 위에서 수평·수직스윙을 스퀘어·세미 오픈·오픈 스탠스에서 실행하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

경력 7년 이상 오른손잡이 세미 웨스턴 그립을 사용하는, B광역시 D 남자고등학교에 재학 중인 테니스 선수 8명을 대상으로 하였으며, 이들의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

### 2. 실험도구

본 연구에 사용된 동작분석 장비는 <표 2>와 같다.

### 3. 실험절차

#### 1) 실험장비 설치

실험상황을 용이하게 하기 위하여 시간은 일몰 이후

로 하였으며, 체육관 바닥과 벽의 반사를 피하기 위해 검은 천으로 가려 실험공간을 만들었다. 외부의 빛은 스며들지 못하게 한 다음 비디오카메라에 설치된 조명만이 이 실험에 사용하여 통제점 등의 좌표점과 피험자의 랜드마크가 정확히 반사되도록 하였다.

피험자가 테니스 스윙을 완전하게 수행 할 수 있는 공간을 확보한 다음 스윙 시 테니스 볼을 막을 수 있게 전방 5m 지점에 안전망을 설치하였다. 실 공간 좌표의 기준점은 피험자의 오른쪽 뒤 지면으로 하고, 좌우방향을 x축, 스윙 진행 방향을 y축, 지면에 대하여 수직방향을 z축으로 하여 피험자 정면과 후면에서 좌우 약 45° 각도로 15m 정도 떨어진 곳에 비디오카메라를 1, 2층에 각 3대씩 총 6대의 비디오카메라를 설치하였다. 각 카메라 간 영상의 동조를 위하여 고감도 LED 6개를 각 카메라를 향하여 설치하였다.

#### 2) 피험자 준비

각 피험자의 신체적 특성을 측정된 후, 영상 분석 시 디지털타이징을 정확하고 용이하게 하기 위해서 검은색 타이즈(tights)를 착용시키고, 부상예방과 원활한 스윙을 위하여 준비운동을 시킨 후 피험자의 관절점에 랜드마크를 부착하였다.

#### 3) 시스템 동조 및 장비조정

비디오카메라는 촬영속도 60 field/s, 수동초점, 셔터스피드 우선모드, 1/1,500s로 세팅하고, 40개의 통제점이 2×2×2m에 균일하게 분포된 통제점틀을 설치하여 약 20초간 촬영 후 통제점틀을 제거하였다. 카메라의

표 1. 피험자 신체적 특징

	연령 (yrs)	질량 (kg)	신장 (cm)	경력 (yrs)
M±SD	17.8	67.1	175.1	7.4
(n=8)	±0.7	±8.4	±4.9	±0.5

표 2. 동작분석 장비

실험장비	모델명	제조회사
3D motion analysis program	Kwon 3D 3.0	Visol Co.
digital video camera	VX2100	Sony Co.
control object		custom made

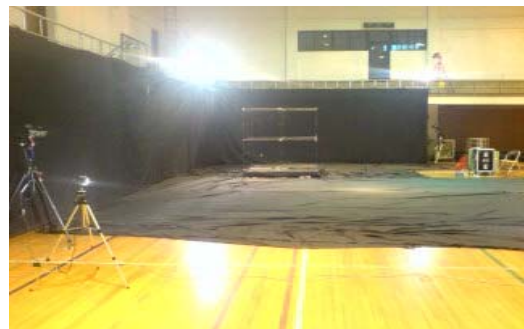


그림 1. 실험장비 배치 및 설치

촬영속도를 일정하게 유지하기 위해 실험 전 과정을 연속으로 녹화하였다.

**4) 실험**

실험 세팅 장소에서 랜드 마커를 부착한 피험자가 테니스 라켓을 들고 적응을 위해 반복 연습 후 스윙을 행하게 하였다. 볼은 로프에 부착하였으며 볼의 위치를 조정하였다. 그리고 실험상황을 충분히 숙지시키기 위하여 10회 이상의 연습을 시켜 피험자가 익숙해 졌다고 판단된 후 이 실험을 실시하였다. 피험자가 실험위치에 들어간 후 위치를 제 조정하여 연속적으로 실험을 진행하였다. 각 피험자는 스탠스 유형 별로 자세를 취한 후 수평스윙과 수직스윙을 행하였으며, 이러한 동일한 과정을 5회 반복하여 가장 적합한 동작 1회를 선택하였다. 이 전 과정을 비디오와 카메라에 연속적으로 촬영 하고 데이터를 수집하였다.

<그림 2>와 같이 스윙 방향은 포워드 스윙 시작 지점으로부터 수평스윙은 라켓헤드가 허리선을 기준으로 수평성분 방향으로 스윙을 하고, 윈 어깨 위에서 끝났

으며, 수직스윙은 라켓헤드가 오른 무릎 밑을 통과하여 허리, 윈 어깨 위 수직성분 방향으로 스윙을 하였다.

각 스탠스 타입별 좌 우 양발의 상대적 위치는 <그림 3>와 같다. 스퀘어 스탠스는 왼발과 오른발을 수직 방향으로 정하였고, 세미오픈 스탠스는 대각선 방향으로 정하였으며, 오픈 스탠스는 양발의 위치를 나란히 서게 하였다.

**4. 자료처리**

인체모형 중 각 관절중심점은 Kwon3D Motion Analysis Program Version 3.0(2002) 프로그램 내 모델링의 secondary 파일을 이용하여 찾았으며, 38개의 관절점은 <표 3>에 의해 연결된 강체로 정의하고, 인체 분절 자료는 Modified Yeadon Kwon(1993)을 이용하였으며, 자료 분석은 정량적 분석을 위하여 모든 자료는 DLT(direct linear transformation)방법을 통하여 캘리브레이션 하였다. 계산된 변인들은 노이즈 제거를 위해 Butterworth의 2차 저역통과 필터를 사용하였으며, 샘플링 주파수는 6 Hz로 설정하였다. 관절각은 전역좌표계에 대한 지역좌표계에 의해 산출되었으며 자료처

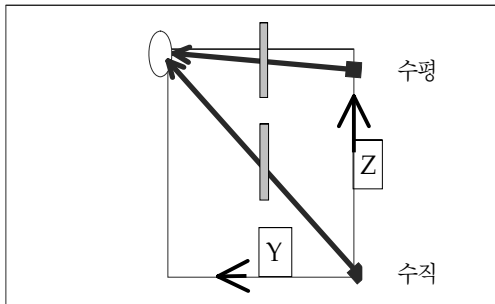


그림 2. 측면에서 바라본 라켓헤드 스윙방향

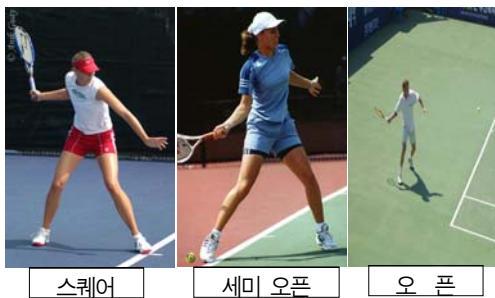


그림 3. 본 실험에서 사용한 스퀘어, 오픈, 세미 오픈, 스탠스 유형

표 3. 랜드마크 부착위치

No	Name	No	Name
1	right toe	20	left greater trochanter
2	right heel	21	left ASIS
3	right lateral malleolus	22	right finger
4	right medial malleolus	23	right wrist
5	right lateral shank	24	right elbow
6	right lateral condyle	25	right anterior of shoulder
7	right medial condyle	26	right posterior of shoulder
8	right lateral thigh	27	left finger
9	right greater trochanter	28	left wrist
10	right ASIS	29	left elbow
11	sacrum	30	left anterior of shoulder
12	left toe	31	left posterior of shoulder
13	left heel	32	forehead
14	left lateral malleolus	33	vertex
15	left medial malleolus	34	backhead
16	left lateral shank	35	grip
17	left lateral condyle	36	racket head 1
18	left medial condyle	37	racket head 2
19	left lateral thigh	38	racket head 3

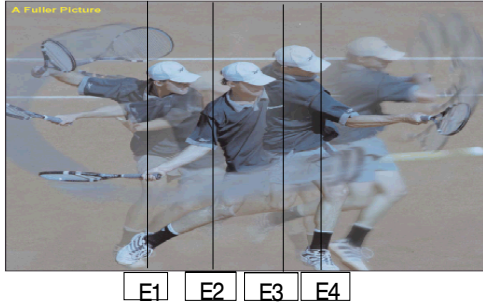


그림 4. 본 실험의 국면 설정 지점

리 프로그램은 Kwon3D Version 3.0(2002)을 사용하였다. 이벤트(Event)구분은 <그림 4>와 같이 백스윙이 끝나고 포워드 스윙이 시작되는 지점을 E1, 포워드 스윙의 중간 지점(E1~E4의 시간비율 50%)E2, 임팩트 직전(임팩트에서 1/60초 전)E3, 임팩트를 E4로 정의하고, 스탠스와 포핸드 스트로크 스윙동작 중 포워드스윙에서 임팩트까지를 1구간으로 하여 국면 4개를 중심으로 두 분절의 상지관절 상대각도를 분석하였다.

### 5. 통계처리

통계처리는 SPSS 12.0을 이용하여 스윙타입과 스탠스 유형에 따른 각 변인의 대한 평균차이 검정을 위하여 스윙타입은 *t*-test로, 스탠스 유형 간에는 *one-way ANOVA*를 이용하여 비교하였으며, 사후검정은 *Duncan*을 사용하였다. 모든 값의 통계적 유의 수준은  $\alpha=.05$ 로 설정하였으며, 유의수준이 없을 경우 경향성 분석을 실시하였다.

## III. 결과 및 논의

### 1. 오른 어깨 각도

스탠스 유형에 따른 오른 어깨 각도는 <표 4>, <그림 5>와 같다. 스윙타입 스퀘어 스탠스 E1에서 수평스윙은  $66.2 \pm 9.1^\circ$ , 수직스윙은  $60.8 \pm 4.1^\circ$ 로, E2에서  $38.9 \pm 5.4^\circ$ ,  $32.3 \pm 8.1^\circ$ 로, E3에서  $50.2 \pm 13.9^\circ$ ,  $49.7 \pm 17.0^\circ$ 로, E4에서  $56.5 \pm 13.4^\circ$ ,  $56.9 \pm 17.2^\circ$ 로 유사한 경향을 가진

표 4. 스윙과 스탠스 유형에 따른 오른 어깨 각도 (°)

	E	스퀘어 (n=8)	세미 오픈 (n=8)	오픈 (n=8)	F	Duncan
수평 스윙	E1	66.2 $\pm 9.1$	64.3 $\pm 8.4$	66.7 $\pm 12.3$		.12
	E2	38.9 $\pm 5.4$	38.8 $\pm 5.9$	39.4 $\pm 9.5$		.01
	E3	50.2 $\pm 13.9$	49.1 $\pm 13.9$	52.3 $\pm 8.9$		.14
	E4	56.5 $\pm 13.4$	55.4 $\pm 14.6$	58.6 $\pm 8.4$		.14
수직 스윙	E1	60.8 $\pm 4.1$	59.9 $\pm 8.5$	65.0 $\pm 14.2$		.63
	E2	32.3 $\pm 8.1$	31.0 $\pm 6.7$	35.6 $\pm 9.8$		.66
	E3	49.7 $\pm 17.0$	51.6 $\pm 6.5$	51.8 $\pm 16.2$		.05
	E4	56.9 $\pm 17.2$	59.2 $\pm 5.9$	58.5 $\pm 16.9$		.05
<i>t</i> - <i>val</i> <i>ue</i>	E1	-1.54	-1.04	-2.4		
	E2	-1.92	-2.49	-7.8		
	E3	-.08	.45	-.08		
	E4	.05	.68	-.01		

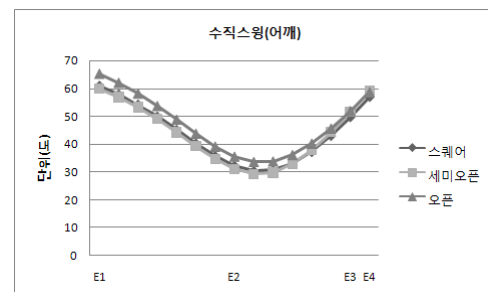
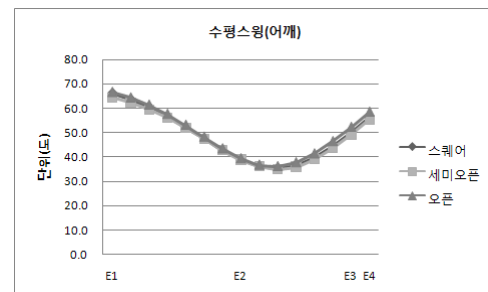


그림 5. 수평·수직스윙 시 스탠스별 어깨각도는 포워드 스윙시 밖에서 안으로 즉, 몸쪽으로 최대한 벌린 상태를 만들어 스윙을 원활하게 가져가는 것을 의미하며, 임팩트로 갈수록 각도가 커지는 것은 스윙 반경을 크게 하여 힘을 얻기 위한 것으로 판단된다.

것으로 나타났다. 세미 오픈 스탠스 E1에서 수평스윙은  $64.3 \pm 8.4^\circ$ , 수직스윙은  $59.9 \pm 8.5^\circ$ 로, E2에서  $38.8 \pm 5.9^\circ$ ,  $31.0 \pm 6.7^\circ$ 로, E3에서  $49.1 \pm 13.9^\circ$ ,  $51.6 \pm 6.5^\circ$ 로, E4에서  $55.4 \pm 14.6^\circ$ ,  $59.2 \pm 5.9^\circ$ 로 유사한 경향을 가진 것으로 나타났다. 오픈 스탠스 E1에서 수평스윙은  $66.7 \pm 12.3^\circ$ , 수직스윙은  $65.0 \pm 14.2^\circ$ 로, E2에서  $39.4 \pm 9.5^\circ$ ,  $35.6 \pm 9.8^\circ$ 로, E3에서  $52.3 \pm 8.9^\circ$ ,  $51.8 \pm 16.2^\circ$ 로, E4에서  $58.6 \pm 8.4^\circ$ ,  $58.5 \pm 16.9^\circ$ 로 유사한 경향을 가진 것으로 나타났다. 스탠스 유형에 따른 수평스윙은 E1에서 스쿼어는  $66.2 \pm 9.1^\circ$ , 세미 오픈은  $64.3 \pm 8.4^\circ$ , 오픈은  $66.7 \pm 12.3^\circ$ 로, E2에서  $38.9 \pm 5.4^\circ$ ,  $38.8 \pm 5.9^\circ$ ,  $39.4 \pm 9.5^\circ$ 로, E3에서  $50.2 \pm 13.9^\circ$ ,  $49.1 \pm 13.9^\circ$ ,  $52.3 \pm 8.9^\circ$ 로, E4에서  $56.5 \pm 13.4^\circ$ ,  $55.4 \pm 14.6^\circ$ ,  $58.6 \pm 8.4^\circ$ 로 유사한 경향을 가진 것으로 나타났다. 수직스윙은 E1에서 스쿼어는  $60.8 \pm 4.1^\circ$ , 세미 오픈은  $59.9 \pm 8.5^\circ$ , 오픈은  $65.0 \pm 14.2^\circ$ 로, E2에서  $32.3 \pm 8.1^\circ$ ,  $31.0 \pm 6.7^\circ$ ,  $35.6 \pm 9.8^\circ$ 로, E3에서  $49.7 \pm 17.0^\circ$ ,  $51.6 \pm 6.5^\circ$ ,  $51.8 \pm 16.2^\circ$ 로, E4에서  $56.9 \pm 17.2^\circ$ ,  $59.2 \pm 5.9^\circ$ ,  $58.5 \pm 16.9^\circ$ 로 유사한 경향을 가진 것으로 나타났다.

오른 어깨 각도 스윙타입과 스탠스 유형은 유의한 차이가 없어 유사한 경향을 보이고 있다. 스탠스는 두 스윙의 어깨 각도에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 수평·수직스윙에 있어서 유의차가 없다는 것은 두 스윙이 일관성을 가진 것으로 해석된다. 스윙 목적은 다르지만 어깨에서 각도변화는 작은 것으로 판단되며, 숙련자 일수록 두 가지 스윙은 차이가 거의 없는 것으로 판단된다. 강상학(2002)은 임팩트 시 어깨각도가  $1.27 \pm 0.49 \text{ rad} (58.5 \pm 28.0^\circ)$ 으로 제시하여 이 연구와 유사하게 나타났다. 최지영(2005)은 스탠스 유형에 있어 임팩트 시 오픈 스탠스는  $35.5 \pm 17.6^\circ$ , 클로즈는  $36.1 \pm 14.1^\circ$ , 스쿼어는  $40.7 \pm 22.1^\circ$ 로 어깨각도를 x(굴곡) 운동방향성으로 세분하여 연구하였지만, 유의한 차이는 없다고 하였으며, 스윙은 아래에서 위로, 바깥쪽에서 안쪽으로 동작이 이루어 졌다고 보고하였다. 이 연구 <그림 5>의 어깨각도 그래프를 보면 스윙형태가 out-in-out 즉, 스윙이 진행되는 동안 굴곡과 신전운동을 하는 것으로 보여 최지영(2005) 보고와 유사한 것으로 나타났다. 이것은 포워드 스윙 시 라켓헤드 속도를 빠르게 하기 위하여 몸통 회전, 즉 스윙 시작 시 스윙 반경을 줄임으로써 속도에서 이득을 얻는 다음 적절한 속도가 붙음에

따라 임팩트로 갈수록 어깨 각도를 크게 하여 스윙반경이 커져 힘이 더해지는 것을 의미한다.

## 2. 오른 팔꿈치 각도

스탠스 유형에 따른 오른 팔꿈치 각도는 <표 5>, <그림 6>과 같다. 스윙타입 스쿼어 스탠스 E2에서 수평스윙은  $120.8 \pm 9.2^\circ$ , 수직스윙은  $134.1 \pm 12.9^\circ$ 로 유의한 차이가 나타났다. E1에서  $128.1 \pm 12.8^\circ$ ,  $134.2 \pm 13.5^\circ$ 로, E3에서  $128.3 \pm 9.2^\circ$ ,  $130.6 \pm 11.3^\circ$ 로, E4에서  $131.9 \pm 9.5^\circ$ ,  $129.7 \pm 11.6^\circ$ 로 유사한 경향을 가진 것으로 나타났다. 세미 오픈 스탠스 E1에서 수평스윙은  $130.1 \pm 12.3^\circ$ , 수직스윙은  $134.7 \pm 9.6^\circ$ 로, E2에서  $123.8 \pm 9.5^\circ$ ,  $131.5 \pm 6.6^\circ$ 로, E3에서  $129.8 \pm 7.2^\circ$ ,  $130.5 \pm 7.1^\circ$ 로, E4에서  $132.2 \pm 8.8^\circ$ ,  $130.6 \pm 7.2^\circ$ 로 유사한 경향을 가진 것으로 나타났다. 오픈 스탠스 E1에서 수평스윙은  $128.9 \pm 17.6^\circ$ , 수직스윙은  $135.3 \pm 10.9^\circ$ 로, E2에서  $119.9 \pm 11.2^\circ$ ,  $130.5 \pm 12.9^\circ$ 로, E3에서  $128.8 \pm 11.4^\circ$ ,  $131.0 \pm 12.8^\circ$ 로, E4에서  $132.4 \pm 11.9^\circ$ ,  $131.5 \pm 12.4^\circ$ 로 유사한 경향을 가진 것으로 나타났다.

스탠스 유형에 따른 수평스윙은 E1에서 스쿼어는  $128.1 \pm 12.8^\circ$ , 세미 오픈은  $130.1 \pm 12.3^\circ$ , 오픈은  $128.9 \pm 17.6^\circ$ 로, E2에서  $120.8 \pm 9.2^\circ$ ,  $123.8 \pm 9.5^\circ$ ,  $119.9 \pm 11.2^\circ$ 로, E3에서  $128.3 \pm 9.2^\circ$ ,  $129.8 \pm 7.2^\circ$ ,  $128.8 \pm 11.4^\circ$ 로, E4에서  $131.9 \pm 9.5^\circ$ ,  $132.2 \pm 8.8^\circ$ ,  $132.4 \pm 11.9^\circ$ 로 유사한 경향을 가진 것으로 나타났다. 수직스윙은 E1에서 스쿼어는  $134.2 \pm 13.5^\circ$ , 세미 오픈은  $134.7 \pm 9.6^\circ$ , 오픈은  $135.3 \pm 10.9^\circ$ 로, E2에서  $134.1 \pm 12.9^\circ$ ,  $131.5 \pm 6.6^\circ$ ,  $130.5 \pm 12.9^\circ$ 로, E3에서  $130.6 \pm 11.3^\circ$ ,  $130.5 \pm 7.1^\circ$ ,  $131.0 \pm 12.8^\circ$ 로, E4에서  $129.7 \pm 11.6^\circ$ ,  $130.6 \pm 7.2^\circ$ ,  $131.5 \pm 12.4^\circ$ 로 유사한 경향을 가진 것으로 나타났다.

오른 팔꿈치 각도 스윙타입과 스탠스 유형은 스쿼어 스탠스 수평·수직스윙 E2에서 유의한 차이가 있을 뿐 그 외에는 유사한 경향을 가진 것으로 나타났다.

스쿼어 스탠스 수평·수직스윙 E2에서 차이가 있는 것은 체중 변화가 뒤에서 앞으로 이동하여 스윙을 앞으로 이동시키는 역할을 한다. 이 때 수평스윙은 체중의 이동방향으로 움직이면서 그 형태를 유지하기가 수월하지만, 수직스윙일 때는 라켓의 헤드가 지면과 가까워져야 하므로 체중의 수평 이동시 팔꿈치의 각도를 크게 하여 수직방향으로 스윙을 가져가기 위한 것으로

표 5. 각 스윙과 스탠스 유형에 따른 오른 팔꿈치 각도 (°)

	E	스퀘어	세미	오픈	F	Duncan	
		(n=8)	오픈	(n=8)			
오른 팔꿈치	수평 스윙	E1	128.1 ±12.8	130.1 ±12.3	128.9 ±17.6	.04	
		E2	120.8 ±9.2	123.8 ±9.5	119.9 ±11.2		
		E3	128.3 ±9.2	129.8 ±7.2	128.8 ±11.4		
		E4	131.9 ±9.5	132.2 ±8.8	132.4 ±11.9		
	수직 스윙	E1	134.2 ±13.5	134.7 ±9.6	135.3 ±10.9	.63	
		E2	134.1 ±12.9	131.5 ±6.6	130.5 ±12.9		
		E3	130.6 ±11.3	130.5 ±7.1	131.0 ±12.8		
		E4	129.7 ±11.6	130.6 ±7.2	131.5 ±12.4		
t-value	E1	.93	.82	.88			
	E2	2.37*	1.86	1.74			
	E3	.42	.21	.37			
	E4	-.40	-.40	-.16			

\*p<.05

판단되어 스퀘어 스탠스 스윙 시에는 숙련도가 높지 않은 것으로 해석된다.

그 외 수평·수직스윙 E2는 유의한 차이는 없지만 다른 이벤트 지점보다 팔꿈치 각도 변화가 크게 나타나 수직스윙일 때 수평스윙보다 각도를 크게 하여 수직스윙을 하는 것으로 판단된다. 각도의 변화가 유의차가 나타나지 않을 만큼의 범위 내에서 이루어져 피험자들의 숙련도가 상당히 높은 것으로 판단된다. 또한 스윙이 빠른 시간 내에 이루어지며, 각도 변화가 스윙 동작 중에 일어나 동작의 구분이 쉽지 않다. 이러한 스윙 형태는 유사할수록 선수 자신에게 매우 유리한 이점이 되는 것이다. 강상학(2002)은 임팩트 시 팔꿈치 각도가  $2.57 \pm 0.30 \text{rad}$  ( $147.2 \pm 17.2^\circ$ )으로 보고하였다. 이 연구의 값 보다 크게 나타났으나, 실험상황이 달라 차이가 나타난 것으로 스윙반경을 크게 하여 힘에서 이득을 얻는 것으로 보인다. 최지영(2005)은 스탠스 유형에 있어 임팩트 시 오픈 스탠스는  $66.8 \pm 14.7^\circ$ , 클로즈는  $66.5 \pm 14.3^\circ$ , 스퀘어는  $63.3 \pm 13.3^\circ$ 로 작은 각도 값을 제시하고 있다.

### 3. 오른 손목 각도

스탠스 유형에 따른 오른 손목 각도는 <표 6>, <그림 7>과 같다. 스윙타입 스퀘어 스탠스 E1에서 수평스윙은  $128.1 \pm 12.8^\circ$ , 수직스윙은  $134.2 \pm 13.5^\circ$ , E2에서  $120.8 \pm 9.2^\circ$ ,  $134.1 \pm 12.9^\circ$ , E3에서  $128.3 \pm 9.2^\circ$ ,  $130.6 \pm 11.3^\circ$ 로, E4에서  $131.9 \pm 9.5^\circ$ ,  $129.7 \pm 11.6^\circ$ 로 유사한 경향을 가진 것으로 나타났다. 세미 오픈 스탠스 E1에서 수평스윙은  $130.1 \pm 12.3^\circ$ , 수직스윙은  $134.7 \pm 9.6^\circ$ , E2에서  $123.8 \pm 9.5^\circ$ ,  $131.5 \pm 6.6^\circ$ , E3에서  $129.8 \pm 7.2^\circ$ ,  $130.5 \pm 7.1^\circ$ 로, E4에서  $132.2 \pm 8.8^\circ$ ,  $130.6 \pm 7.2^\circ$ 로 유사한 경향을 가진 것으로 나타났다. 오픈 스탠스 E2에서 수평스윙은  $119.9 \pm 11.2^\circ$ , 수직스윙은  $130.5 \pm 12.9^\circ$ 로 유의한 차이가 나타났다. E1에서  $128.9 \pm 17.6^\circ$ ,  $135.3 \pm 10.9^\circ$ , E3에서  $128.8 \pm 11.4^\circ$ ,  $131.0 \pm 12.8^\circ$ 로, E4에서  $132.4 \pm 11.9^\circ$ ,  $131.5 \pm 12.4^\circ$ 로 유사한 경향을 가진 것으로 나타났다. 스탠스 유형에 따른 수평스윙은 E1에서 스퀘어는  $128.1 \pm 12.8^\circ$ , 세미 오픈은  $130.1 \pm 12.3^\circ$ , 오픈은  $128.9 \pm 17.6^\circ$ , E2에서  $120.8 \pm 9.2^\circ$ ,  $123.8 \pm 9.5^\circ$ ,  $119.9 \pm 11.2^\circ$

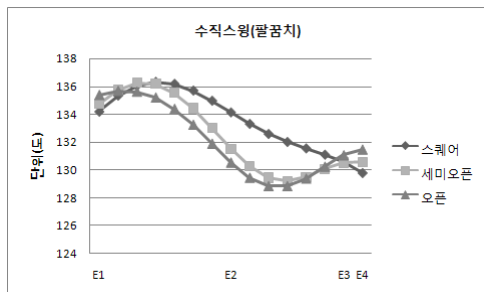
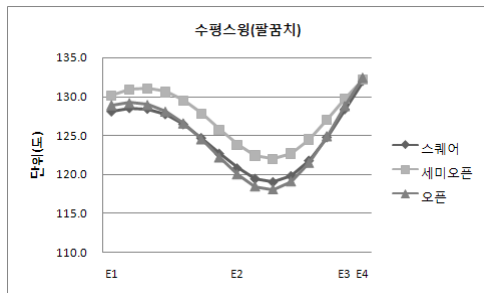


그림 6. 수평·수직스윙시 스탠스별 팔꿈치 각도는 포워드 스윙 시 유의한 차이는 거의 없으나 E2에서 수평스윙보다 수직스윙 시 팔꿈치 각도가 약 10°이상 크게 나타난 것으로 보여 수평스윙보다 더 아래에서 위로 갖고 가는 스윙을 하는 것으로 보여진다.

표 6. 각 스윙과 스탠스 유형에 따른 오른 손목 각도 (°)

	E	스퀘어	세미	오픈	F	Duncan
		(n=8)	오픈	(n=8)		
오른 손목	수평 스윙	E1	139.0 ±17.5	148.8 ±13.1	150.3 ±14.7	1.29
		E2	141.8 ±11.9	137.8 ±9.5	151.3 ±13.7	2.76
		E3	146.5 ±11.1	141.7 ±9.52	143.2 ±7.9	.51
		E4	147.5 ±9.8	145.5 ±9.4	147.3 ±8.1	.11
수직 스윙	E1	152.9 ±10.1	148.9 ±13.7	153.3 ±20.2	.19	
	E2	142.1 ±10.2	131.5 ±7.6	138.5 ±10.0	2.65	
	E3	147.0 ±8.1	144.3 ±9.0	140.6 ±6.9	1.26	
	E4	148.9 ±9.2	147.5 ±9.8	144.5 ±7.6	.51	
t-value	E1	1.93	.03	.33		
	E2	.04	-1.47	-2.14*		
	E3	.11	.57	-.70		
	E4	.30	.39	-.73		

\*p<.05

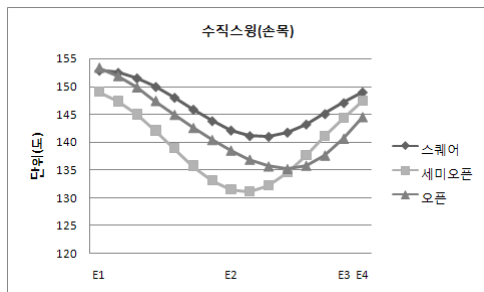
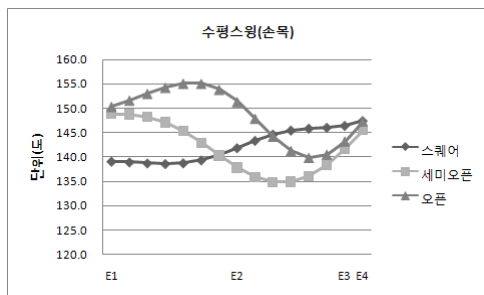


그림 7. 수평·수직스윙시 스탠스별 손목각도는 포워드 스윙 시 수평스윙은 이벤트 지점 외에 다른 양상을 보여 숙련도에 있어서 미숙한 것을 의미하며, 수직스윙은 유사한 경향을 보이므로 톱스핀 볼을 구사하는데 있어 안정적인 것으로 판단된다.

로, E3에서 128.3±9.2°, 129.8±7.2°, 128.8±11.4°로, E4에서 131.9±9.5°, 132.2±8.8°, 132.4±11.9°로 유사한 경향을 가진 것으로 나타났다. 수직스윙은 E1에서 스퀘어는 134.2±13.5°, 세미 오픈은 134.7±9.6°, 오픈은 135.3±10.9°로, E2에서 134.1±12.9°, 131.5±6.6°, 130.5±12.9°로, E3에서 130.6±11.3°, 130.5±7.1°, 131.0±12.8°로, E4에서 130.6±7.2°, 130.6±7.2°, 131.5±12.4°로 유사한 경향을 가진 것으로 나타났다.

오른 손목 각도 스윙타입과 스탠스 유형은 오픈 스탠스 수평·수직스윙 E2에서 유의한 차이가 있을 뿐 그 외에는 유사한 경향을 가진 것으로 나타났다.

오픈 스탠스 수평·수직스윙 E2에서 차이가 있는 것은 스윙타입에 있어 수직스윙 시 손목을 배측굴곡 시켜 견고히 한 다음 회내 운동으로 안정적인 톱스핀을 구사하기 위한 것으로 판단된다. 그 외 국면에서 차이가 없는 것은 손목 각도에 있어서도 유사한 스윙형태를 하고 있는 것으로 사료된다.

테니스 포핸드 스트로크에 있어서 일반적인 정의는 손목분절의 움직임 없이 스윙을 해야 만이 안정적인 볼을 칠 수 있다는 것이다. 그러나 <표 5>와 <그림 7>을 보면 실제 손목 각도가 변화되고 있는 것을 알 수 있으며, 임팩트로 갈수록 증가하는 양상을 보인다. 이것은 스트로크에서 이론상 손목의 움직임 즉, 분절의 움직임을 제한하는 것이 포핸드 스트로크에서 안정적이라는 것이 실제 움직임이 없는 것은 아니다. 강상학(2002)은 임팩트 시 손목각도는 1.88±0.26rad (107.7±14.8°)로 손목은 거의 직각을 이룬다고 보고하였다. 이는 손목을 뒤로 꺾은 상태에서 스윙을 하여 분절의 움직임을 최대한 제한하여 안정성을 염두에 둔 것으로 보인다. 최지영(2005)은 스탠스 유형에 있어 임팩트 시 오픈 스탠스는 평균 131°, 클로즈는 128°, 스퀘어는 132°로 나타났다고 보고하여 두 연구자 모두 이 연구보다 낮은 값을 제시하고 있다. 상지에서 어깨는 전체적인 스윙을 유지하며, 팔꿈치는 볼과의 거리를 미세하게 조정하고 손목은 직접적인 타격을 위해 손 분절의 각도를 서서히 증가시켜 안정적이며 힘을 전달하는 역할을 하는 것으로 판단된다.

위 표를 보면 전체적으로 두 스윙에 있어 상지관절 각도는 유사한 경향이 나타나 스윙 형태가 일관성을 갖고 있는 것을 알 수 있다. 그러나 볼 구질에 있어 파



위가 위주인 수평스윙과 스핀이 우선인 수직스윙은 다르므로, 상지를 제외하고, 다른 요인을 찾아보면 라켓이라고 볼 수 있다. 이 연구에서는 라켓과 관련하여 분석하지 않았지만 기존에 보고된 연구 자료를 통해 알아보하고자 한다.

볼과 직접적인 접촉이 이루어지는 라켓은 라켓 면과 라켓 입사각도가 볼에 영향을 미친다고 볼 수 있다. 서국웅(1992c)은 포핸드 스트로크시 라켓면각이  $90 \pm 10^\circ$ 가 되어야 한다고 보고하였으며, Roetert, Brewer, & Teltcher.(2004)는 라켓의 궤도와 속도가 같다면 라켓 면이 수직보다  $5^\circ$  정도 기울어진 것이 가장 큰 톱스핀을 얻을 수 있다고 하였다. Bahamonde(2001)는 임팩트 시 수직면에서 라켓의 최적 입사각도는  $28^\circ$ 로 제안하였으며, 멀티 세그먼트 스윙에서 포핸드 스트로크는 수직궤도에서 임팩트 시 라켓 입사각도는  $47^\circ$ 라고 보고하였다. 강영택(2006)의 논문에서 라켓 입사 각도를 보면 임팩트 직전과 임팩트 시 오픈 스탠스에서 수평스윙은  $40.95 \pm 6.35^\circ$ ,  $32.11 \pm 2.99^\circ$ 로, 수직스윙은  $50.31 \pm 6.97^\circ$ ,  $37.83 \pm 4.55^\circ$ 로 나타났다고 보고하였다. 이것은 Roetert, et al(2004)이 헤비 톱스핀 포핸드 스트로크 스윙방향은  $40^\circ \sim 50^\circ$  사이의 각도로 하는 것이라고 보고한 것과 유사하며, 또한 오픈 스탠스에서 수직스윙이 스핀에 더 영향을 주는 것이라고 보고하였다. 오픈 스탠스에서 수평스윙보다 수직스윙의 라켓 입사각도가 큰 것은 체중이 수평이동 보다 수직이동을 우선하며, 볼이 오른 다리 앞에서 임팩트 되기 때문에 스윙이 수직방향으로 이동하는 것이 쉬워지며, 전완의 회외와 회내 동작이 수월해지기 때문이다. 위 결과를 종합하면 스윙타입에 따른 스탠스 형태의 상지 관절 각도는 유사하게 나타나 스윙의 형태는 일관성이 있는 것으로 나타났다. 그리고 라켓과 관련된 연구에서 라켓 면이 수직이라고 보면 전완의 회외 운동과 회내 운동이 라켓 입사각도를 변화시켜 볼과 스윙의 방향을 결정하는 중요한 요인인 것으로 사료된다.

#### IV. 결론

경력 7년 이상 오른손잡이 세미 웨스턴 그립을 사용

하는 남자 고등학교 테니스 선수 8명을 대상으로 3차원 영상분석을 통하여 스윙 유형과 스탠스 유형에 따른 테니스 포핸드 스트로크의 상지관절 상대각도를 분석하여, 이 연구의 가설인 “숙련자는 스윙타입에 따라 상지관절 각도가 유사한 형태를 가질 것이다”라는 가설은 증명되었으며, 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 오른 어깨 각도 스윙타입과 스탠스 유형에서 두 스윙은 전 국면에서 일관성 있게 유사하게 나타났다.

2) 오른 팔꿈치 각도는 스쿼어 스탠스 수평·수직스윙 E2를 제외한 스윙타입과 스탠스 유형에서 두 스윙은 전 국면에서 일관성 있게 유사하게 나타났다.

3) 오른 손목 각도는 오픈 스탠스 수평·수직스윙 E2를 제외한 스윙타입과 스탠스 유형에서 두 스윙은 전 국면에서 일관성 있게 유사하게 나타났다.

이상의 결과를 종합해 보면 연구자가 가졌던 이 연구의 출발점 인 “유사한 스윙에서 다양한 볼이 가능한가?”라는 의문점은 “가능하다”라는 답을 얻었으며, 테니스 포핸드 스트로크는 스윙타입과 스탠스 유형에 상관없이 상지 관절 각도에 따른 두 스윙 형태가 일관성을 가진 것으로 나타나 효율적인 스윙을 하는 것으로 보여진다.

#### 제언

이 연구에서는 상지관절 각도에 대한 분석만 하였지만, 이 후의 연구에서는 상지관절과 라켓 면각도 그리고 라켓 입사각도에 대한 연구를 병행한다면 일선지도자와 선수들에게 매우 유익하고 과학적인 자료로 활용할 수 있을 것이다.

#### 참고 문헌

강상학(2002). 테니스 톱스핀 포핸드 스트로크의 운동학적 분석. *한국체육학회지*, 41(3), 557~564.

- 강영택(2006). 테니스 스탠스 및 스윙유형에 따른 포핸드 스트로크의 운동학적·운동역학적 분석. 부산대학교 대학원 미간행 박사학위논문.
- 강영택(2000). 테니스 포핸드시 밀어치기와 때려치기의 운동학적 분석. 부산대학교 대학원 미간행 석사학위논문.
- 김신희(1995). 테니스 포핸드 드라이브 시 라켓 속도에 대한 인체 분절의 기여도. 서울대학교 대학원 미간행 체육교육학 석사논문.
- 김신희, 배성제(1997). 테니스 포핸드 드라이브 시 라켓 속도에 대한 인체 분절의 기여도. **서울대학교 체육연구소논문집**. 18(1), 57~72.
- 김옥태, 윤제백(1996). 테니스 포핸드 드라이브 시 운동학적 변인 비교연구. **서원대학교 응용과학연구소논문집**. 5(1), 143~156.
- 김종만(1993). **신경해부생리학**. 도서출판 현문사.
- 김혜진, 박재현, 신범철(2007). 여자 그랜드슬램 테니스 대회의 경기내용분석. **한국스포츠리서치**. 18(2), 321~332.
- 권영국, 변승남(2003). **새로운 생체역학개론**. 도서출판 청문각.
- 박제상(2001). **편마비 환자에서 발의 위치가 기립균형에 미치는 영향**. 한서대학교 대학원 물리치료학과 미간행 석사학위논문.
- 서국웅(1992a). 테니스와 볼 스피ن. **테니스 코리아 10월호**. 80~82.
- 서국웅(1992b). 테니스의 풋워크. **테니스 코리아 12월호**. 65~68.
- 서국웅(1992c). 스포츠 생체역학과 테니스. **테니스 코리아 3월호**. 50~58.
- 이기봉, 이영석, 이기청(2004). 국내 남자 테니스 단식 경기의 승패 요인과 득점 과정 분석. **한국체육학회지**. 43(3), 903~911.
- 정 모 (1998). **테니스 2000**. 서울: 도서출판 피어슨 에듀케이션 코리아.
- 주원홍(1995). **파워 테니스 교본**. 서울: 도서출판 삼호미디어.
- 최지영(2005). 테니스 포핸드 스트로크 동안 스탠스 조건에 따른 3차원 운동학적 분석. **한국운동역학회지**. 15(4), 105~115.
- 테니스 코리아(1998). 10월호 77~79.
- Bahamonde R.,(2001). *Biomechanics of the forehand stroke*. ITF coaching & sport science review. 9(24).
- Elliott, B., Marsh, T., & Overheu, P. (1989). A biomechanical comparison of the multisegment and single unit topspin forehand drivers in tennis. *International Journal of Sport Biomechanics*. 5, 350~364.
- Kwon, Y. H. (2002). Kwon3D Motion Analysis Package Version 3.0.
- Roetert, P., & Groppe, J. (2001). *World Class Tennis Technique*. Human Kinetics Publishers, Inc.
- Roetert, P., Brewer, L., & Teltscher, E. (2004). *USA Tennis High Performance Competition Training Centers*. CTC MANUAL. United States Tennis Association.
- Yeadon-Kwon. (1993). Kwon3D Motion Analysis Package. Visol Tec. Co., 3, 18~19.

투 고 일 : 7월 30일  
 심 사 일 : 8월 6일  
 심사완료일 : 9월 20일