



스탠스 유형에 따른 테니스 포핸드 스트로크의 하지관절각도와 회전각도 분석

Analysis of Lower Limb Joint Angle and Rotation Angle of Tennis Forehand Stroke by Stance Pattern

강영택* · 이경순 · 서국웅(부산대학교)

Kang, Young-Teak* · Lee, Kyung-Soon · Seo, Kuk-Woong(Pusan National University)

ABSTRACT

Y. T. KANG, K. S. LEE, K. W. SEO. Analysis of Lower Limb Joint Angle and Rotation Angle of Tennis Forehand Stroke by Stance Pattern. Korean Journal of Sports Biomechanics, 2006, Vol. 16, No. 3, pp. 85-94, 2006. The purpose of this study was to analyze the kinematics variables of during forehand stroke by stance 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, open and semi-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 segment(shoulder, hip and knee joint).

The conclusion were as follow:

1. The angle of hip joint represented at impact that horizontal swing was not significant difference by stance patterns but vertical swing was increased in open stance than square and semi-open stance.
2. The angle of both knee was not significant difference between all stance types and swing patterns.
3. The angle of shoulder, hip and knee joint rotation showed that open stance was increased than square and semi-open stance in all swing types and event.

KEYWORDS: SHOULDER JOINT, HIP JOINT, KNEE JOINT

I. 서론

1. 연구의 필요성

스탠스에서 현대 테니스가 전통적인 테니스와 다른 점은 스퀘어 스탠스에서 오픈 스탠스로 변화가 이루어진 것이다(Roetert, & Groppel, 2001). 스트로크시 좋은 스탠스는 볼의 성질에 많은 영향을 미치며, 스윙을 견고히 만들고 볼을 정확히 타격하기 위한 타점 형성은 반드시 안정적인 스탠스가 필요하다. 이와 관련된 요소는 보폭, 위치, 균형, 자세 등이다. 스퀘어 스탠스(square stance)는 임팩트 시 앞발이 축이 되어 스트로크를 행하는 스탠스이며 직선운동량이 크므로 파워를 높일 수 있으며, 오픈 스탠스(open stance)는 오른손잡이에서 볼 때 오른발이 축이 되어 그라운드 스트로크를 행하며, 볼 리턴이나 동작의 빠른 회복에 유리하다. 세미 오픈 스탠스(semi-open stance)는 현대 테니스 선수들이 많이 사용하며, 빠른 볼과 일반적인 스트로크를 칠 때 사용하는 스탠스이다(서국웅, 1992b).

강상학(2002)은 하반신을 이용한 무릎의 적절한 굴곡은 상체의 자세를 유지한 채 타점의 조절이 가능하며, 타점을 안정적으로 만들 수 있다고 보고하였다. 임팩트 시 타점의 조절은 하반신으로 해야하며, 무릎의 굴곡에서 신전운동으로 전이되면서 해야 만이 볼을 안정적으로 타격할 수 있다(테니스 코리아, 1998).

포핸드 스트로크는 공격적이며, 강한 힘으로 연속적인 볼을 칠 수 있는 능력을 필요로 한다. 포핸드 스트로크와 관련된 연구는 톱스핀만을 분석한 연구가 대부분이다. 그리고 스탠스와 하지에 대한 연구도 최근에 들어서야 진행되어 아직 관련된 연구와 자료는 부족한 실정이다. 그러므로 선수들이 활용하기에는 미흡하여 포핸드 스트로크를 스탠스와 스윙유형에 따라 하지분석에 대한 연구 필요성이 강조된다.

2. 연구의 목적

본 연구는 남자 고등학교 테니스 선수 8명을 대상으로 스퀘어 스탠스, 오픈 스탠스와 세미오픈 스탠스에

수평스윙과 수직스윙을 실시하여 운동학적 요인인 하지관절의 각도와 어깨, 골반, 무릎의 회전각도를 구명하는데 목적을 두고 있다.

3. 연구의 제한점

- 1) 피험자들은 오른손잡이 세미 웨스턴 그립으로 하였다.
- 2) 통제된 실험상황과 고정된 장비 위에서 스퀘어·오픈·세미오픈 스탠스 자세를 취한 후 스윙을 실행하도록 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

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

표 1. 피험자 신체적 특징

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

2. 실험도구

본 연구에 사용된 동작분석 장비는 <표 2>와 같다.

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

3. 실험절차

1) 실험장비 설치

피험자가 테니스 스윙을 완전하고 안전하게 수행 할 수 있는 공간을 확보한 다음 스윙 시 테니스볼을 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 비디오 카메라를 1, 2층에 각 3대씩 총 6대의 카메라를 설치하였다. 각 카메라 간 영상의 동조를 위하여 고휘도 LED 6개를 각 카메라를 향하여 설치하였다.

2) 피험자 준비

각 피험자의 신체적 특성을 측정한 후, 영상 분석 시 디지털타이징을 정확하고 용이하게 하기 위해서 검은색 타이즈(tights)를 착용시키고, 부상예방과 원활한 스윙을 위하여 준비운동을 시킨 후 피험자의 관절 점에 랜드 마크를 부착하였다.

3) 시스템 동조 및 장비조정

비디오카메라는 수동초점, 셔터스피드 우선모드, 1/1,500s로 세팅하고 40개의 통제점이 2x2x2m에 균일하게 분포된 통제점들을 설치하여 약 1분간 촬영 후 통제점들을 제거하였다. 카메라의 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. 붉은 로프에 부착하였으며 볼의 위치를 조정하였다. 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 반복하였다. 이 전 과정을 비디오와 카메라에 연속적으로 촬영 하고 데이터를 수집하였다.

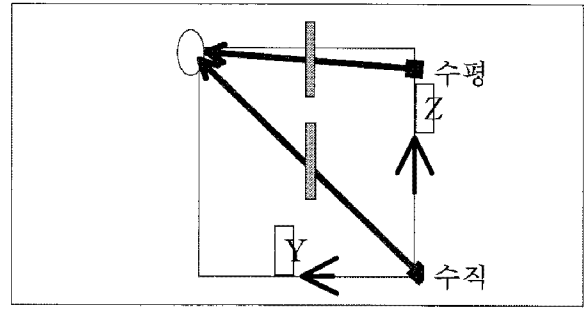


그림 1. 측면에서 바라본 라켓헤드 스윙방향

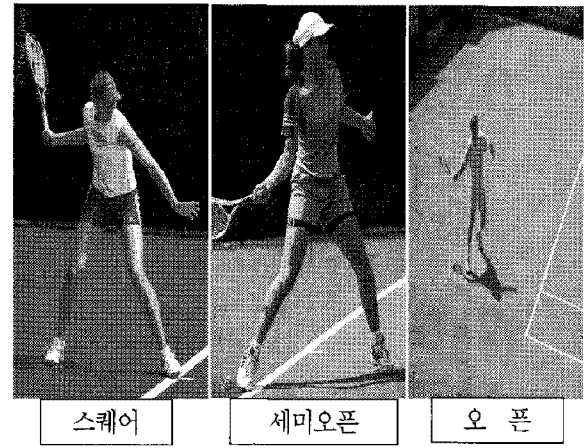


그림 2. 본 실험에서 사용한 스쿼어, 오픈, 세미 오픈, 스탠스 유형

<그림 1>와 같이 스윙 방향은 포워드 스윙 시작 지점으로부터 수평스윙은 라켓헤드가 허리선을 기준으로 수평성분 방향으로 스윙을 하였으며, 수직스윙은 라켓헤드가 오른 무릎 밑을 통과하여 수직성분 방향으로 스윙을 하였다.

각 스탠스 타입별 좌 우 양발의 상대적 위치는 <그림 2>와 같다. 스쿼어 스탠스는 왼발과 오른발을 수직 방향으로 정하였고, 세미오픈 스탠스는 대각선 방향으로 정하였으며, 오픈 스탠스는 양발의 위치를 나란히 서게 하였다.

4. 자료처리

인체모형은 38개의 관절점에 의해 연결된 강체로 정의하고, 인체분절 자료는 Modified Yeadon Kwon(1993)을 이용하였으며, 자료 분석은 Kwon3D Motion Analysis Program Version 3.0(2002)을 사용하였다. 이벤트(Event)구분은 백스윙이 끝나고 포워드 스

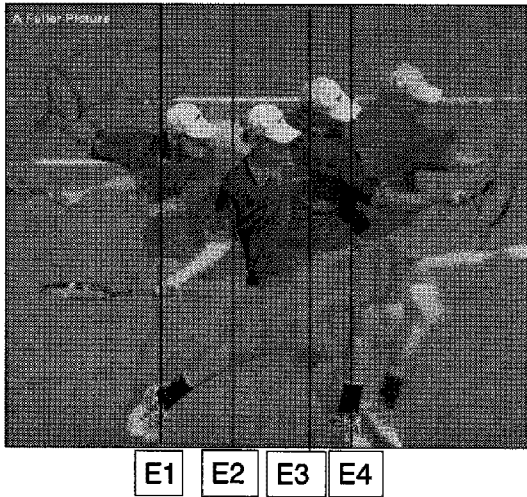


그림 3. 본 실험의 이벤트 설정 지점

윙이 시작되는 지점을 E1, 포워드 스윙의 중간 지점 E2, 임팩트 직전(임팩트에서 1/60초 전)E3, 임팩트를 E4로 정의하고, 스탠스와 포핸드 스트로크 스윙동작 중 포워드스윙에서 임팩트까지를 1구간으로 하여 국면 4개를 중심으로 라켓헤드 속도를 분석하였다.

5. 통계처리

통계처리는 SPSS 10.0을 이용하여 스탠스 유형과 스윙타입에 따른 각 변인의 대한 평균차이 검정을 위하여 스윙타입은 t-test로, 스탠스유형 간에는 one-way ANOVA를 이용하여 비교하였으며, 사후검정은 Doncan을 사용하였다. 모든 값의 통계적 유의 수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

III. 결과 및 논의

1. 고관절 각도

스탠스 유형에 따른 고관절의 각도는 <표 3>과 같다. 스윙타입에 있어서 스퀘어 스탠스 수평·수직스윙 E2에서 오른 고관절 각도는 $139.4 \pm 3.6^\circ$, $132.6 \pm 6.1^\circ$, E3에서 $147.7 \pm 5.6^\circ$, $140.1 \pm 5.9^\circ$, E4에서 $149.5 \pm 5.7^\circ$, $142.1 \pm 5.9^\circ$ 로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$). 왼 고관절 각도는 유의한 차이가 없었다. 세미 오픈 스탠스 스윙타입 양 고관절 각도는 유의한 차이가 없었다. 오픈 스탠스 수평·수직

스윙 E1에서 오른 고관절 각도는 $145.4 \pm 4.9^\circ$, $133.6 \pm 8.5^\circ$ ($p < .01$), E2에서 $144.6 \pm 2.9^\circ$, $132.5 \pm 7.6^\circ$ ($p < .01$), E3에서 $145.1 \pm 4.6^\circ$, $134.7 \pm 4.1^\circ$ ($p < .001$), E4에서 $145.8 \pm 4.7^\circ$, $135.9 \pm 4.1^\circ$ 로 유의한 차이가 나타났다($p < .01$). 왼 고관절 각도는 E3에서 $160.9 \pm 5.3^\circ$, $171.7 \pm 4.7^\circ$ ($p < .01$), E4에서 $160.5 \pm 5.0^\circ$, $171.9 \pm 4.3^\circ$ 로 유의한 차이가 나타났다($p < .001$).

스탠스 유형에 있어서 수평스윙 E1에서 스퀘어 스탠스 오른 고관절 각도는 $136.7 \pm 3.5^\circ$, 세미 오픈 스탠스는 $134.0 \pm 9.9^\circ$, 오픈 스탠스는 $145.4 \pm 4.9^\circ$ 로 유의한 차이가 나타났다($p < .01$).

E2에서 $139.4 \pm 3.6^\circ$, $134.2 \pm 10.3^\circ$, $144.6 \pm 2.9^\circ$ 로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$). E3과 E4에서는 유의한 차이가 없었다.

수평스윙 E1에서 왼 고관절 각도는 $129.6 \pm 8.3^\circ$, $131.4 \pm 15.6^\circ$, $159.1 \pm 7.5^\circ$ 로 유의한 차이가 나타났다($p < .001$). E2에서 $139.4 \pm 8.1^\circ$, $139.2 \pm 13.3^\circ$, $161.4 \pm 7.7^\circ$ 로 유의한 차이가 나타났다($p < .001$). E3과 E4에서는 유의한 차이가 없었다.

수직스윙의 오른 고관절 각도는 모든 국면에서 유의한 차이가 없었다. 왼 고관절 각도도 E1과 E2는 유의한 차이가 없었다. E3에서 $155.7 \pm 8.6^\circ$, $161.4 \pm 7.5^\circ$, $171.7 \pm 4.7^\circ$ 로 유의한 차이가 나타났다($p < .01$). E4에서 $157.8 \pm 9.0^\circ$, $163.3 \pm 7.6^\circ$, $171.9 \pm 4.3^\circ$ 로 유의한 차이가 나타났다($p < .001$).

수평·수직스윙 오른 고관절 각도는 스퀘어 스탠스 E2, E3, E4에서 수평스윙이 크게 나타났다. 수평스윙에서 오른 고관절의 각도가 큰 것은 상체가 수직스윙보다 더 세워다는 것을 의미하며, 왼 고관절 각도는 차이가 없어 스윙 시 신전운동이 유사한 것으로 해석된다. 오른 고관절의 신전은 상체와 무릎의 신전과 골반의 회전으로 인해 신전된다. 스퀘어 스탠스에서 오른 고관절의 신전은 골반의 회전을 동반하면서 스윙을 할 때 수평스윙은 상체를 세우며, 수직스윙은 억제하면서 스윙을 하는 것으로 해석된다.

세미 오픈 스탠스의 스윙타입 양 고관절 각도는 차이가 없지만, 스퀘어 스탠스와 유사하다.

표 3. 각 스윙과 스탠스 유형에 따른 고관절 각도

		E	스퀘어 (n=8)	세미오픈 (n=8)	오픈 (n=8)	F	Duncan
수평스윙	오른 고관절	E1	136.7±3.5	134.0±9.9	145.4±5.0	6.64**	so<so<o
		E2	139.4±3.6	134.2±10.3	144.6±2.9	5.12*	so<o
		E3	147.7±5.6	142.5±8.4	145.1±4.6	1.39	
		E4	149.5±5.7	144.8±7.7	145.8±4.7	1.28	
	왼 고관절	E1	129.6±8.3	131.4±15.6	159.1±7.5	17.77***	s<so<o
		E2	139.4±8.1	139.2±13.3	161.4±7.7	12.96***	so<o
		E3	152.5±9.9	153.8±7.0	160.9±5.3	2.81	
		E4	154.4±10.2	155.9±6.6	160.7±5.0	1.52	
수직스윙	오른 고관절	E1	132.2±7.1	127.7±7.1	133.6±8.5	1.35	
		E2	132.6±6.0	129.5±4.1	132.5±7.5	.69	
		E3	140.1±5.9	137.1±7.2	134.7±4.1	1.60	
		E4	142.1±5.9	139.3±7.4	135.9±4.1	2.30	
	왼 고관절	E1	127.5±7.4	132.4±9.5	154.0±7.0	-1.40	
		E2	140.3±7.1	146.1±7.5	163.6±4.9	.66	
		E3	155.7±8.6	161.4±7.5	171.7±4.7	4.29**	s<so<o
		E4	157.8±9.0	163.3±7.6	171.9±4.3	4.79***	s<so<o
t-value	오른 고관절	E1	-1.58	-1.44	-3.38**		
		E2	-2.73*	-1.20	-4.30**		
		E3	-2.65*	-1.37	-4.74***		
		E4	-2.57*	-1.44	-4.48**		
	왼 고관절	E1	-.54	.15	-1.40		
		E2	.22	1.27	.66		
		E3	.68	2.09	4.29**		
		E4	.71	2.08	4.79***		

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

오픈 스탠스에서 스윙타입으로 보면 오른 고관절 각도는 수평스윙이 크게 나타났다. 국면을 보면 거의 유사한 각도로 유지되는 경향을 보이며, 수직스윙도 유사한 양상을 보이는 것으로 사료된다. 이것은 오픈 스탠스 뿐만 아니라 스퀘어와 세미 오픈 스탠스에서 수평스윙이 수직스윙보다 오른 고관절에서 다소 큰 각도를 유지하고 있는 경향을 보이고 있어 수평스윙이 수직스윙보다 상체를 더 세운 것을 알 수 있다.

수직스윙은 수평스윙보다 아래에서 위로 스윙을 하여 상체의 기울기가 수평스윙보다 더 작은 각도를 유지하는 것으로 사료된다. 오픈 스탠스에서 오른 고관절의 각도는 거의 유지하는 경향을 보이는 반면, 스퀘어와 세미 오픈 스탠스는 임팩트로 갈수록 각도가 커지는 것을 알 수 있다.

이것은 전후로 배치된 스탠스에서 오른 고관절은 상

체의 신전과 골반회전에 의하여 신전이 일어나 각도가 커지는 것이다.

스탠스 유형에 따라 보았을 때 수평스윙의 오른 고관절과 왼 고관절의 각도는 E1, E2에서 오픈 스탠스가 큰 것으로 나타났다. 스퀘어와 세미 오픈 스탠스는 양 고관절 각도가 임팩트로 갈수록 커지는 경향을 보이며, 오픈 스탠스는 유사한 각도를 유지하는 것으로 사료된다.

수평스윙일 때 오픈 스탠스의 양 고관절 각도는 두 스탠스에 비해서 큰 변화가 없는 일정한 형태를 가진 것으로 보이며, 양 고관절 각도를 유지하여 수평스윙을 하는 것으로 해석된다. 양 고관절은 수평스윙 시 스윙의 방향을 유지하고, 고관절 신전을 억제시키며, 회전운동으로 스윙을 하는 것으로 사료된다.

수직스윙 스탠스 간 오른 고관절 각도는 유의한 차

이가 없었다. 왼 고관절 각도 E3, E4는 모든 스탠스에서 유의한 차이가 나타났다. 왼 고관절은 임팩트 직전과 임팩트 시 차이가 나타났다. 오른 고관절의 각도를 유지한 상태에서, 왼 고관절 각도가 커졌다는 것은 왼 고관절을 신전시켜 수직방향으로 스윙을 수월하게 만드는 요인이라 해석된다. 임팩트로 갈수록 왼 고관절의 신전이 커지면, 회전운동을 할 때 수직축과 무게 중심을 일치시킬 수 있어 수평면에서 회전은 더 용이하게 된다(서국웅, 윤양진, 서국은, 이중숙, 김용재, 이훈식, 1997).

스탠스에서 오른발을 기준으로 왼발의 위치를 보면 스퀘어 스탠스는 네트와 직각인 상태, 세미 오픈 스탠스는 대각선 방향, 오픈 스탠스는 네트와 수평방향으로 위치하고 있다. 체중이동이 오른 다리에서 왼 다리로 전달 될 때 스퀘어와 세미 오픈 스탠스의 오른 고관절은 신전되며, 왼 고관절은 수평스윙일 때 억제하고, 수

직스윙은 신전한다. 본 연구에서 오픈 스탠스 수직스윙은 왼 고관절을 신전시켜 스윙을 위로 끌어올리며, 스탠스의 형태가 왼 고관절의 신전을 도우는 것으로 해석된다. 그러므로 오픈 스탠스가 두 스탠스 보다 수직스윙에 있어서 적합한 것으로 사료된다.

2 무릎관절 각도

스탠스 유형에 따른 무릎 관절 각도는 <표 4>와 같다. 스윙타입과 스탠스 유형 간 모든 국면에 있어서 유의한 차이는 없었다.

정 모(1998)는 무릎을 굽히지 않고 볼을 칠 경우 톱스핀을 치는 것은 불가능 하다고 하였다. 무릎의 굴곡은 톱스핀과 깊은 관계가 있으며, 임팩트 시 대퇴의 수직방향 신전은 스트로크시 큰 힘을 낼 수 있다고 보고 하였다.

표 4. 각 스윙과 스탠스에 따른 무릎관절 각도

		E	스퀘어 (n=8)	세미오픈 (n=8)	오픈 (n=8)	F	Duncan
수평스윙	오른 무릎	E1	140.0±9.3	133.9±9.7	143.7±15.2	.31	
		E2	146.0±7.2	150.0±10.5	151.9±12.6	.66	
		E3	152.5±6.2	156.7±8.9	158.7±10.5	1.06	
		E4	153.3±6.2	157.8±8.6	159.5±10.2	1.14	
	왼 무릎	E1	134.2±7.5	131.4±15.6	138.6±11.9	.80	
		E2	137.6±8.1	132.8±9.3	141.3±11.1	1.61	
		E3	143.2±9.0	137.5±7.4	145.1±9.9	1.58	
		E4	144.1±9.1	138.5±7.3	145.9±9.7	1.54	
수직스윙	오른 무릎	E1	135.1±9.2	127.8±7.0	134.2±11.7	.39	
		E2	140.1±10.0	144.0±9.3	140.6±11.6	.35	
		E3	145.8±12.4	151.0±11.3	147.5±11.3	.41	
		E4	146.5±12.8	152.1±11.7	148.5±11.2	.44	
	왼 무릎	E1	132.2±7.4	132.4±9.5	135.2±14.2	.77	
		E2	136.0±7.4	131.9±8.9	138.0±12.8	.78	
		E3	141.9±9.4	137.8±10.7	140.6±11.8	.30	
		E4	142.9±9.8	138.8±11.1	141.1±11.6	.27	
t-value	오른 무릎	E1	-1.07	-1.20	-1.39		
		E2	-1.37	-1.20	-1.86		
		E3	-1.36	-1.12	-2.05		
		E4	-1.34	-1.10	-2.06		
	왼 무릎	E1	-.54	-.52	-.52		
		E2	.42	-.19	-.56		
		E3	-.27	.07	-.81		
		E4	-.26	.07	-.89		

p<.05

강상학(2002)은 전후 스탠스 형태에서 임팩트 직전 무릎의 최대 굴곡각도는 앞발이 $2.6 \pm 0.3 \text{rad} (146.1 \pm 17.2^\circ)$, 임팩트 시 $2.7 \pm 0.4 \text{rad} (157.0 \pm 20.1^\circ)$, 뒷발은 임팩트 직전 $2.5 \pm 0.3 \text{rad} (145.0 \pm 15.5^\circ)$, 임팩트 시 $2.6 \pm 0.3 \text{rad} (147.8 \pm 17.8^\circ)$ 로 제시하고 있다. 본 연구에서는 오른 무릎의 각이 더 큰 것으로 나와 다른 결과를 나타내고 있다. 강상학의 연구에서 앞발의 무릎각도가 더 크게 나온 것은 임팩트 시 뒷발이 따라 들어와 무릎의 각도가 작아진 것으로 해석된다. 임팩트 시 타점의 조절은 허반신으로 해야 한다. 특히 무릎의 굴곡에서 신전운동으로 전이되면서 해야 볼을 안정적으로 타격할 수 있다. 상체로 조절을 하려고 한다면 스윙의 궤도가 달라지기 때문에 매우 불안하며 실패할 확률이 높아진다(테니스 코리아, 1998). 허반신을 이용한 무릎의 적절한 굴곡은 상체의 자세를 유지한 채 타점의 조절이 가능하며, 타점을 안정적으로 만들 수 있다. 뉴턴의 작용과 반작용의 법칙에 따라 무릎의 굴곡과 신전운동에서 지면에서 생성된 힘은 적절하게 체인 링크 시스템으로 힙에 전달되고 몸통과 상지를 거쳐 라켓헤드로 힘의 전이가 이루어진다(강상학, 2002).

포핸드 스트로크에서 볼과 가까운 무릎을 많이 굽혀 자세를 낮추는 것이 현대적인 포핸드 스트로크의 특징이다(Roetert, & Groppel, 2001). 스퀘어·세미 오픈 스탠스에서 피험자들은 볼과 가까운 왼 무릎은 위의 보고와 유사하게 나타났지만, 오픈 스탠스는 다른 경향을 보이고 있다. 무릎각도에서 차이가 없다는 것은 스윙과 모든 스탠스에서 유사한 역할을 하는 것으로 해석된다. 그러나 무릎의 굴곡과 신전운동은 골반의 신전과 회전에 영향을 주는 것으로 사료되며, 근육의 길이 변화가 없는 동작보다 길이 변화를 동반하는 굴곡에서 신전하는 동작에 더 큰 힘을 발휘한다(박영훈, 2006).

3. 각 분절의 회전각도

스탠스 유형에 따른 분절의 회전각도는 <표 5>와 같다. 스윙타입에 있어서 스퀘어 스탠스 수평·수직스윙은 모든 국면에서 유의한 차이가 없었다. 세미오픈 스탠스 임팩트 시 무릎에서 수평스윙은 $22.9 \pm 4.9^\circ$, 수직스윙은 $27.5 \pm 3.2^\circ$ 로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$). 오픈 스탠스 임팩트 시 골반에서 수평 스윙은 $82.2 \pm 7.4^\circ$, 수직

스윙은 $73.6 \pm 8.3^\circ$ 로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$).

스탠스 유형에 따른 수평스윙 어깨 회전각도에서 E1의 오픈 스탠스($-4.3 \pm 22.4^\circ$), 세미 오픈 스탠스($-23.8 \pm 12.2^\circ$), 스퀘어 스탠스($-26.0 \pm 10.8^\circ$) 순으로($p < .05$), 골반의 회전각도는 스퀘어($-1.2 \pm 15.3^\circ$), 세미 오픈($7.2 \pm 9.8^\circ$), 오픈($31.7 \pm 12.3^\circ$)스탠스 순으로($p < .001$), 무릎의 회전각도는 스퀘어($0.9 \pm 8.7^\circ$), 세미 오픈($15.8 \pm 6.1^\circ$), 오픈($71.9 \pm 7.8^\circ$)스탠스 순으로 유의하게 크게 나타났다($p < .001$).

E2에서 어깨 회전각도는 스퀘어($7.9 \pm 16.5^\circ$), 세미 오픈($13.0 \pm 16.9^\circ$), 오픈($32.9 \pm 17.5^\circ$)스탠스 순으로($p < .05$), 골반 회전각도는 스퀘어($23.1 \pm 13.3^\circ$), 세미 오픈($32.3 \pm 9.8^\circ$), 오픈($55.4 \pm 10.3^\circ$)스탠스 순으로, 무릎 회전각도는 스퀘어($5.8 \pm 7.6^\circ$), 세미 오픈($18.9 \pm 4.7^\circ$), 오픈($73.9 \pm 7.1^\circ$)스탠스 순으로 유의하게 크게 나타났다($p < .001$).

E3에서 어깨 회전각도는 스퀘어($63.0 \pm 17.1^\circ$), 세미 오픈($73.7 \pm 7.9^\circ$), 오픈($89.4 \pm 11.5^\circ$)스탠스 순으로($p < .01$), 골반 회전각도는 스퀘어($43.4 \pm 11.8^\circ$), 세미 오픈($51.0 \pm 7.9^\circ$), 오픈($78.9 \pm 7.7^\circ$)스탠스 순으로, 무릎 회전각도는 스퀘어($11.2 \pm 7.2^\circ$), 세미 오픈($22.3 \pm 4.8^\circ$), 오픈($77.5 \pm 6.8^\circ$)순으로 유의하게 크게 나타났다($p < .001$).

E4에서 어깨 회전각도는 스퀘어($70.9 \pm 15.2^\circ$), 세미 오픈($81.4 \pm 7.5^\circ$), 오픈($96.7 \pm 11.0^\circ$)스탠스 순으로($p < .01$), 골반 회전각도는 스퀘어($46.0 \pm 11.7^\circ$), 세미 오픈($53.3 \pm 7.7^\circ$), 오픈($82.2 \pm 7.4^\circ$)스탠스 순으로, 무릎 회전각도는 스퀘어($12.2 \pm 7.3^\circ$), 세미 오픈($22.9 \pm 4.9^\circ$), 오픈($78.3 \pm 6.8^\circ$)스탠스 순으로 유의하게 크게 나타났다($p < .001$).

수직스윙 어깨 회전각도는 E1에서 유의한 차이가 없었다. 골반 회전각도는 스퀘어($0.5 \pm 16.4^\circ$), 세미 오픈($3.6 \pm 10.8^\circ$), 오픈($27.9 \pm 15.4^\circ$)스탠스 순으로($p < .01$), 무릎 회전각도는 스퀘어($1.2 \pm 13.0^\circ$), 세미 오픈($17.4 \pm 6.6^\circ$), 오픈($74.0 \pm 12.3^\circ$)스탠스 순으로 유의하게 크게 나타났다($p < .001$).

E2에서 어깨 회전각도는 유의한 차이가 없었다. 골반 회전각도는 스퀘어($21.9 \pm 13.1^\circ$), 세미 오픈($28.3 \pm 5.8^\circ$), 오픈($48.4 \pm 13.5^\circ$)스탠스 순으로, 무릎 회전각도는 스퀘어($6.1 \pm 13.3^\circ$), 세미 오픈($21.7 \pm 4.6^\circ$), 오픈($76.0 \pm 12.2^\circ$)스탠스 순으로 유의하게 크게 나타났다($p < .001$).

E3에서 어깨 회전각도는 스퀘어($66.9 \pm 16.2^\circ$), 세미 오픈($76.8 \pm 9.2^\circ$), 오픈($87.2 \pm 17.9^\circ$)스탠스 순으로($p < .05$), 골

표 5. 각 스윙과 스탠스에 따른 어깨, 골반과 무릎의 회전각도 (°)

	E	분절	스퀘어 (n=8)	세미오픈 (n=8)	오픈 (n=8)	F	Dun can
수평스윙	E1	어깨	-26.0±10.8	-23.8±12.2	-4.3±22.4	4.44*	0<so<s
		힙	-1.2±15.3	7.2±9.8	31.7±12.3	14.57***	s<so<o
		무릎	0.9±8.7	15.8±6.1	71.9±7.8	192.72***	s<so<o
	E2	어깨	7.9±16.5	13.0±16.9	32.9±17.5	4.88*	s<so<o
		힙	23.1±13.3	32.3±9.8	55.4±10.3	17.64***	s<so<o
		무릎	5.8±7.6	18.8±4.7	73.9±7.1	241.87***	s<so<o
	E3	어깨	63.0±17.1	73.7±7.9	89.4±11.5	8.66**	s<so<o
		힙	43.4±11.8	51.0±7.9	78.9±7.7	32.14***	s<so<o
		무릎	11.2±7.2	22.3±4.8	77.5±6.8	248.37***	s<so<o
	E4	어깨	70.9±15.2	81.4±7.5	96.7±11.0	9.91**	s<so<o
		힙	46.0±11.7	53.3±7.7	82.2±7.4	34.95***	s<so<o
		무릎	12.2±7.3	22.9±4.9	78.3±6.8	245.36***	s<so<o
수직스윙	E1	어깨	-29.4±15.2	-25.8±14.0	-11.7±22.0	2.31	
		힙	0.5±16.4	3.6±10.8	27.9±15.4	9.04**	s<so<o
		무릎	1.2±13.0	17.4±6.6	74.0±12.3	96.06***	s<so<o
	E2	어깨	8.4±18.9	14.9±16.6	27.0±24.1	1.77	
		힙	21.9±13.1	28.3±5.8	48.4±13.5	11.94***	s<so<o
		무릎	6.1±13.3	21.7±4.6	76.0±12.2	93.46***	s<so<o
	E3	어깨	66.9±16.2	76.8±9.2	87.2±17.9	3.69*	s<so<o
		힙	42.1±11.4	49.9±5.8	70.3±9.0	20.91***	s<so<o
		무릎	12.0±13.3	26.7±3.3	78.9±7.7	92.79***	s<so<o
	E4	어깨	74.1±15.4	83.8±8.5	94.3±15.8	4.35*	s<so<o
		힙	44.8±11.4	52.8±6.0	73.6±8.3	22.68***	s<so<o
		무릎	13.0±13.2	27.5±3.2	78.9±11.1	93.12***	s<so<o
t-value	E1	어깨	-.51	-.30	-.66		
		힙	.08	-.68	-.54		
		무릎	.04	.49	.39		
	E2	어깨	.05	.23	-.56		
		힙	-.18	-.99	-1.16		
		무릎	.05	1.25	.42		
	E3	어깨	.47	.72	-.29		
		힙	-.24	-.31	-2.05		
		무릎	.13	2.14	.18		
	E4	어깨	.42	.59	-.36		
		힙	-.21	-.15	-2.17*		
		무릎	.15	2.22*	.12		

*p<.05,**p<.01,***p<.001

반 회전각도는 스퀘어(42.1±11.4°), 세미 오픈(49.9±5.8°), 오픈(70.3±9.0°)스탠스 순으로, 무릎 회전각도는 스퀘어 (12.0±13.3°), 세미 오픈(26.7±3.3°), 오픈(78.9±7.7°)스탠스 순으로 유의하게 크게 나타났다(p<.001).

E4에서 어깨 회전각도는 스퀘어(74.1±15.4°), 세미 오픈(83.8±8.5°), 오픈(94.3±15.8°)스탠스 순으로(p<.05), 골

반 회전각도는 스퀘어(44.8±11.4°), 세미 오픈(52.8±6.0°), 오픈(73.6±8.3°)스탠스 순으로, 무릎 회전각도는 스퀘어 (13.0±13.2°), 세미 오픈(27.5±3.2°), 오픈(78.9±11.1°)스탠스 순으로 유의하게 크게 나타났다(p<.001).

스퀘어 스탠스 수평·수직스윙은 회전각도에서 차이가 없었다. 세미 오픈 스탠스 수평·수직스윙은 임팩트

시 무릎 회전각도에서 수직스윙이 크게 나타났다. 오픈 스탠스의 수평·수직스윙은 임팩트 시 골반 회전각도에서 수평스윙이 크게 나타나 골반이 더 회전된 것으로 해석된다.

수평스윙 E1에서 어깨 회전각도는 스쿼어 스탠스가 크게 나타났다. 골반과 무릎 회전각도는 오픈 스탠스가 크게 나타났다. 스쿼어와 세미 오픈 스탠스는 발의 위치가 전후로 배치되어 상체를 크게 회전 시키지 않고도 몸을 틀수가 있지만 오픈 스탠스는 양발의 위치가 네트와 평행을 이루므로 상체를 크게 비틀어야 큰 회전을 얻을 수 있다.

세미 오픈 스탠스는 스쿼어 보다 골반과 무릎회전각도가 크게 나타났지만 스탠스 형태는 유사하다. 오픈 스탠스는 골반과 무릎에서 두 스탠스보다 회전각도가 크게 나타났다. 어깨 회전을 돕기 위해 골반에서도 회전이 발생하지만, 무릎은 $71.94 \pm 7.82^\circ$ 로 거의 전방으로 향하고 있어 회전을 억제하는 것으로 보이며, 하지에 부하가 걸린 것으로 사료된다. 현대 테니스는 포핸드 스트로크에서 오픈 스탠스를 추천하고 있으며, 주요한 원인은 직선운동에서 회전운동으로 변화되었기 때문이다(Roetert, & Groppe, 2001). 그러나 정 모(1998)는 상대에게 어깨의 뒷부분이 보이는 것을 기준으로 했을 때 오픈 스탠스는 90° 이상 몸을 비틀게 되며, 클로즈 및 스쿼어는 45° 정도만 비틀어 역학적인 부분에서 스쿼어 스탠스가 무리가 없다는 다른 면을 제시하고 있다. 이것은 효율성을 선택하는 대신 부상의 위험도 감수해야 한다는 것이다.

수평스윙 E2에서 회전각도는 오픈 스탠스가 크게 나타났다. 모든 스탠스에서 어깨와 무릎의 회전각도보다 골반의 회전각도가 큰 경향을 보인다. E1에서 E2의 변화를 보면 무릎 회전각도는 약간 커지며, 골반 회전각도는 커져 회전운동이 무릎에서 골반으로 전이된 것으로 해석된다.

수평스윙 E3, E4에서 회전각도는 오픈 스탠스가 크게 나타났다. 어깨의 회전각도를 보면 골반과 무릎보다 정면을 향하고 있다는 것을 알 수 있다. 어깨, 골반, 무릎 순으로 각도가 커진 경향을 보이며, 골반과 무릎의 회전각도는 어깨에 비해서 작은 것으로 사료된다. 이것은 무릎과 골반에서 회전이 작아지고 있다는 것을 의미

하며, 그와 비례해 어깨의 회전각도는 커져 회전운동의 전이가 발생한 것으로 해석된다. 임팩트 시 어깨 회전각도를 보면 스쿼어, 세미 오픈, 오픈 스탠스 순으로 각도가 크게 나타났다. 이것은 스탠스의 형태가 어깨, 골반, 무릎 회전각도에 영향을 주어 스윙에 관여하는 것으로 해석된다.

수직스윙은 수평스윙과 유사하게 나타났다. E1에서 어깨의 회전각도는 유의한 차이가 없었다. 그러나 오픈 스탠스 수직스윙은 수평스윙보다 각도가 더 커 어깨를 더 튼 경향을 보이고 있다. 골반 회전각도는 어깨가 돌아간 만큼 동조되어 같이 회전이 되었지만, 무릎에서 회전은 억제시켜 더 큰 부하를 주고 있는 것으로 해석된다. Roetert & Groppe(2001)는 테니스 경기를 하는 동안 근 활동은 단축과 신장성 활동으로 이루어진다고 하였다. 단축성 수축은 일반적으로 사지나 신체의 일부를 가속시키는 데 이용되며, 신장성 수축은 감속시키거나 충격흡수, 안정시키는 것을 돕는다고 하였다. 신장성운동은 백스윙이며, 포워드 스윙은 단축성 운동이라고 하였다. 이는 역학적인 관점에서는 작용-반작용의 원리를 이용하는 것이다. 또한 포핸드 스트로크를 하는 동안 백스윙의 마지막에서 잠깐 동안 동작의 멈춤이 있음을 발견하였는데, 전문가들은 이 멈춤이 200ms 보다 길지 않으면 별다른 영향이 없다고 한다. 만약 이런 멈춤이 더 길게 된다면 선수들은 축적한 에너지를 손실하게 된다고 하였다. 이는 박영훈(2006)의 논문에서 언급한 SSC(stretch-shortening cycle) 원리와 같다. SSC원리는 궁극적으로 단축성 수축 효과를 향상(Bartlett, 2000; Korri, & Nicol, 2000)시키는 것이라 하였으며, 치기동작은 작은 방향과 반대방향으로 인체를 움직이는 동작을 시작함으로 초기의 반대방향 움직임은 수행동작을 원활히 할 뿐 아니라 근육의 SSC 원리를 활용한 증거라고 보고하였다.

수직스윙의 회전각도 E2, E3, E4는 유의한 차이가 나타났으며, 수평스윙과 유사한 경향을 보이고 있다. 임팩트 시의 회전각도는 오픈 스탠스가 크게 나타났으며, 스쿼어는 네트와 직각으로 서는 형태로 상체를 트는 것이 자연스럽고, 임팩트로 진행할수록 몸을 비트는 것으로 사료된다. 오픈 스탠스는 포워드 스윙 시 몸이 회전되어 있는 상태이므로 임팩트로 진행하면서 비트

상태를 푸는 동작으로 회전운동을 일으키는 것으로 해석된다.

이러한 것으로 볼 때 수직스윙과 회전운동 그리고 오픈 스탠스는 두 스탠스 보다 적합한 것으로 해석된다.

스퀘어와 세미오픈 스탠스는 하지에서 순차적으로 회전운동이 무릎, 골반, 어깨로 전이가 되고 있는 경향을 보여 이상적인 운동을 하는 것으로 사료된다.

오픈 스탠스는 무릎보다는 골반에서 회전을 리더하여 임팩트 시 어깨로 회전이 전이되는 것으로 사료된다. 또한 오픈 스탠스에서 골반의 회전각이 90°에 가까운 것으로 나타나 오픈 스탠스가 회전운동에 효과적인 것으로 사료된다.

전체적인 회전각에서 나타난 양상을 보면 Kibler et al.(2004)의 키네틱 체인의 순차적인 전이형태와 회전각의 변화를 봤을 때 유사하게 나타남으로 전이가 일어나는 것으로 해석된다.

IV. 결 론

- 1) 임팩트 시 고관절 각도는 수평스윙 시 스탠스 유형 간 차이가 없었으나, 수직스윙은 오픈 스탠스가 스퀘어와 세미오픈 스탠스보다 크게 나타났다.
- 2) 좌·우 각 무릎 각도는 모든 국면에서 스탠스·스윙타입 간에 차이가 없었다.
- 3) 어깨·골반·무릎의 회전각도는 모든 국면에서 스윙타입에 관계없이 오픈 스탠스가 스퀘어와 세미오픈 스탠스보다 크게 나타났다.

참 고 문 헌

강상학(2002). 테니스 톱스핀 포핸드 스트로크의 운동학적 분석. 한국체육학회지. 41(3), 557~564.
 박영훈(2006). 남자 프로골퍼의 드라이브스윙 시 하체 동작의 운동역학적 분석. 부산대학교 대학원 미간행 박사학위논문.
 서국웅(1992b). 테니스의 풋워크. 테니스 코리아 12월호. 65~68.

서국웅, 윤양진, 서국은, 이중숙, 김용재, 이훈식(1997). 생체역학. 부산. 부산대학교 출판부.
 정 모 (1998). 테니스 2000. 서울. 도서출판 피어슨 에듀케이션 코리아.
 테니스 코리아(1998). 10월호. 77~79.
 Bartlett, R, M (2000). Principles of Throwing. In V. M. Zatsiorsky(Eds). *Biomechanics in Sports*. Cambridge, UK: University Press.
 Kibler, W.B., Brody, H., Knudson, D., & Stroia, K. (2004). *Tennis technique and injury prevention*. USTA Sport science committee.
 Komi, P. V., & Nicol, C. (2000). Strech-Shortening cycle of Muscle Function. In V. M. Zatsiorsky(Eds). *Biomechanics in Sports*. Cambridge, UK: University Press.
 Kwon, Y. H. (2002). Kwon3D Motion Analysis Package Version 3.0.
 Roetert, P., & Groppe, J. (2001). *World Calss Tennis Technique*. Human Kinetics Publishers, Inc.
 Yeadon-Kwon. (1993). Kwon3D Motion Analysis Package. Visol Tec. Co., 3, 18~19.

투 고 일 : 2006. 7.30
 심 사 일 : 2006. 8. 1
 심사완료일 : 2006. 8.15