



스탠스 유형에 따른 테니스 포핸드 스트로크의 라켓헤드 속도분석

Analysis of Racket Head Velocity of Tennis Forehand Stroke by Stance Patterns

서국웅 · 강영택* · 이경순 · 서국은(부산대학교) · 김정태(창원대학교)

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

Kim, Jung-Tae(Changwon National University)

ABSTRACT

K. W. SEO, Y. T. KANG, K. S. LEE, K. E. SEO, and J. T. KIM, Analysis of Racket Head Velocity of Tennis Forehand Stroke by Stance Patterns. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 17, No. 1, pp. 53-60, 2007. Recently tennis techniques has been changed in stance patterns. Stance is consist of square stance, open stance and semi-open stance. The purpose of this study was to analyze the kinematics variables of racket head velocity during forehand stroke by stance patterns. Eight high school tennis players were chosen for the study who use semi western grip right-handed person more than career 7 years. 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. The results showed that racket head velocity significant difference was not observed in stance types between swings at impact. Y and Z components of racket head velocity for horizontal and vertical swing at second prior to impact and at impact were that y components velocity was faster horizontal swing than vertical swing and z components velocity was later horizontal swing than vertical swing. Statistically significant variable to racket head velocity and Pearson's correlation were drawn as follows.

1. Z components of racket head velocity in square stance was significant correlation by right knee joint.
2. Y components of racket head velocity in semiopen stance was significant correlation by left hip joint.
3. Y components of racket head velocity in open stance was significant correlation by left ankle joint.

KEYWORDS: TENNIS, VELOCITY, COMPONENTS

I. 서론

오늘날 테니스 기술의 변화는 그립형태, 라켓재질, 스탠스유형 등에서 찾을 수 있으며, 그립은 콘티넨탈에서 웨스턴 그립으로, 라켓의 재질은 우드에서 스틸, 합성재료로 무게와 반발성에서 많은 발전을 이루었다. 스탠스(stance) 또한 차이가 나는 것 중의 하나이다.

전통적인 스탠스는 스퀘어 스탠스(square stance)인데 반해, 현대적인 테니스의 스탠스는 오픈 스탠스(open stance), 세미 오픈(semi-open stance)을 취하고 있으며, 직선운동에서 회전운동으로의 변화가 주요한 원인이 된 것이다(Roerter, & Groppel, 2001).

안정된 그라운드 스트로크를 위해서는 좋은 스탠스가 필수이며, 스트로크 종류에 따라 보폭과 양발의 상대적 위치, 균형, 자세 등이 다르다. 스퀘어 스탠스는 임팩트 시 앞발이 축이 되어 스트로크를 하는 스탠스며 볼을 치고 난 후 준비자세로 돌아오는데 불리하다. 세미오픈 스탠스는 현대 테니스 선수들이 많이 사용하며, 빠른 볼과 일반적인 스트로크를 칠 때 사용하는 스탠스이다. 오픈 스탠스는 오른손잡이에서 볼 때 오른발이 축이 되어 그라운드 스트로크를 행하는 스탠스이며, 빠른 볼 리턴이나 동작의 빠른 회복을 하는데 유리한 스탠스이다. 그러나 몸의 회전에 이용하여 타구를 하므로 볼을 강타하는 데는 불리한 점이 있다(서국웅, 1992b).

테니스는 그라운드 스트로크가 전체 게임의 80% 이상을 차지하며(우상연, 신인식, 1998), 그라운드 스트로크는 스탠스에 의해서 영향을 받는다. 테니스 경기 중에서 가장 많이 구사하는 기술은 그라운드 스트로크며, 균형 있게 사용하는 것이 경기 결과에 긍정적인 영향을 미친다(이기봉, 이영석, 이기청, 2004; 박해용, 이기청, 2001).

포핸드 스트로크는 스퀘어 스탠스에서 플랫, 플랫성 드라이브, 드라이브이며, 오픈 스탠스에서 톱스핀, 헤비 톱스핀으로 나눌 수 있다. 현대 테니스는 거의 오픈 스탠스에 의한 톱스핀을 주로 사용한다. 그러나 톱스핀 포핸드 스트로크는 수평속도성분과 수직속도성분의 비율에 따라 볼의 성질이 달라진다. 세계 유명 선수들의 강력한 포핸드 톱스핀은 상대방이 리턴하는 것을 어렵게 하고 스핀을 최대화하여 파워보다는 안전하고 깊은

각을 얻을 수 있어 전술적인 면에서 효과적이며, 찬스 볼을 유도한다(서국웅, 1992a).

포핸드 스트로크는 공격적이며, 강한 힘으로 연속적인 볼을 칠 수 있는 능력을 필요로 한다. 오픈 스탠스가 현대 테니스의 주류이나 상황에 따른 스탠스의 선택이 필수적이다. 그러므로 스탠스와 관련된 연구의 필요성이 강조된다.

본 연구는 스퀘어 스탠스, 세미오픈 스탠스, 오픈 스탠스의 조건에 따라 수평스윙과 수직스윙을 실시하여 스탠스 유형과 스윙타입에 따른 라켓헤드 속도와 성분 방향에 따른 속도를 구명하여 선수들의 기능 향상을 위한 연구 자료로 활용하는데 목적을 두고 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상

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

2. 실험도구

본 연구에 사용된 동작분석 장비는 <표 2>와 같다.

표 1. 피험자 신체적 특징

	연령 (yrs)	질량 (kg)	신장 (cm)	경력 (yrs)
M±SD (n=8)	17.75 ±0.71	67.13 ±8.43	175.13 ±4.88	7.38 ±0.52

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 고회도 LED 6개를 각 카메라를 향하여 설치하였다.

2) 피험자 준비

각 피험자의 신체적 특성을 측정한 후, 영상 분석 시 디지털타이징을 정확하고 용이하게 하기 위해서 검은 색 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 2×2×2m에 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. 볼은 로프에 부착하였으며 볼의 위치를 조정하였다. 각 피험자는 스탠스 유형 별로 자세를 취한 후 수평스윙과 수직스윙을 행하였으며, 이러한 동일한 과정을 5회 반복하였다. 이 전 과정을 비디오카메라에 연속적으로 촬영하고 데이터를 수집하였다.

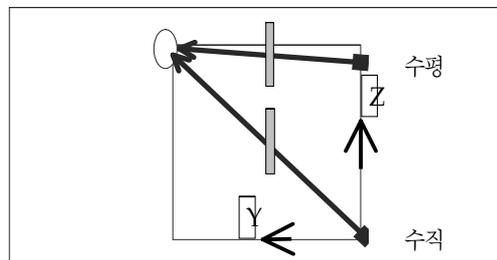


그림 1. 측면에서 바라본 라켓헤드 스윙방향

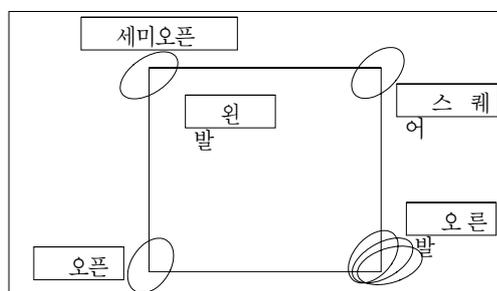


그림 2. 본 실험에서 사용한 스퀘어, 오픈, 세미 오픈, 스탠스 유형

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

<그림 2>는 각 스탠스 타입별 좌 우 양발의 상대적 위치다.

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 스윙이 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.

본 연구에서 성분에 대한 자료는 다음과 같다.

- 1) X 성분 : 좌우방향을 나타내며, 볼 방향과 관련된 성분
 - 2) Y 성분 : 수평방향을 나타내며, 힘과 관련된 성분
 - 3) Z 성분 : 수직방향을 나타내며, 스핀과 관련된 성분
- 본 연구에서는 X성분은 볼의 좌우 방향과 관계됨으로 제외시키고, Y성분과 Z성분을 분석하였다.

5. 통계처리

통계처리는 SPSS 10.0을 이용하여 스탠스 유형과 스윙타입에 따른 각 변인의 대한 평균차이 검정을 위하여 스윙타입은 *t-test*로, 스탠스유형 간에는 *one-way ANOVA*를 이용하여 비교하였으며, 사후분석은 Duncan으로 하였다. 각 변수와 상관관계를 알아보고자 피어슨의 상관분석(*Pearson's correlation analysis*)을 실시하였다. 모든 값의 통계적 유의 수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

III. 결과 및 논의

스탠스 유형에 따른 라켓헤드속도는 <표 3> <그림 3>과 같다. 스윙타입 스퀘어 스탠스 E1에서 수평스윙은 $4.13 \pm 0.36m/s$, 수직스윙은 $6.14 \pm 1.27m/s$ 로, E2에서 $7.69 \pm 0.83m/s$, $9.76 \pm 1.74m/s$ 로 유의한 차이가 나타났다 ($p < .01$). 세미 오픈 스탠스 E1에서 $4.46 \pm 0.92m/s$, $6.09 \pm 1.13m/s$ 로, E2에서 $7.44 \pm 0.77m/s$, $9.24 \pm 1.41m/s$ 로 유의한 차이가 나타났다 ($p < .01$). 오픈스탠스 E1에서 $4.06 \pm 0.69m/s$, $5.71 \pm 1.56m/s$ 로, E2에서 $6.48 \pm 0.90m/s$, $8.48 \pm 1.79m/s$ 로 유의한 차이가 나타났다 ($p < .05$). E3과 E4에서 유의한 차이가 없었다. 스탠스 간 라켓헤드속도는 수평·수직스윙에서 유의한 차이가 없었다.

스윙타입 비교에서 모두 유의한 차이가 있는 것은 E1, E2로 초기 속도에서 수직스윙이 수평스윙보다 빠르게 나타났다. 이것은 수직스윙이 아래에서 위로 갖아가는 스윙의 특성에 따라 수평스윙보다 스윙의 연계성이 더 원활한 것으로 사료된다. <그림 3>을 보면 초기 속도에서 수직스윙이 빠르나, 임팩트에 가까울수록 차

이가 없었다.

스퀘어, 세미 오픈 스탠스의 스윙은 임팩트 직전 임팩트 시보다 빠른 것으로 나타났으며, 오픈 스탠스 수직스윙은 임팩트 시 빠르게 나타났다.

<표 3>에서 라켓헤드의 최대속도는 거의 임팩트 직전인 것으로 나타났다. 임팩트를 포함하는 동작에서 임팩트 직전에 원위 분절의 최대 속도가 감속한다는 즉, 라켓의 안정성을 확보한 상태에서 임팩트를 준비한다고 한 Plagenhoef(1971), Elliott, Marsh, & Overheu(1989), 김신희(1995)의 연구결과와 유사한 것으로 나타났다.

표 3. 각 이벤트에 따른 라켓헤드 합속도 (m/s)

	E	스퀘어 (n=8)	세미 오픈 (n=8)	오픈 (n=8)	F	Duncan
수평	E1	4.13 ± 0.36	4.46 ± 0.92	4.06 ± 0.69	.71	ns
	E2	7.69 ± 0.83	7.44 ± 0.77	6.48 ± 0.90	4.61	ns
	E3	21.46 ± 2.46	20.62 ± 1.68	21.58 ± 1.24	.61	ns
	E4	20.88 ± 1.37	20.49 ± 1.64	21.36 ± 1.11	.78	ns
수직	E1	6.14 ± 1.27	6.09 ± 1.13	5.71 ± 1.56	.25	ns
	E2	9.76 ± 1.74	9.24 ± 1.41	8.48 ± 1.79	1.21	ns
	E3	20.62 ± 1.66	21.10 ± 1.18	20.83 ± 1.63	.20	ns
	E4	20.28 ± 1.34	20.88 ± 1.09	20.92 ± 1.68	.51	ns
t-value	E1	4.29**	3.16**	2.72*		
	E2	3.03**	3.15**	2.81*		
	E3	-.79	.65	1.02		
	E4	-.88	.55	-.62		

* $p < .05$, ** $p < .01$

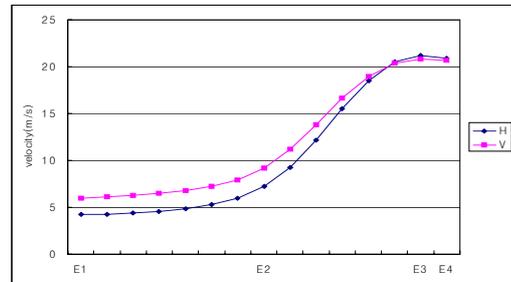


그림 3. 수직스윙과 수평스윙에서 라켓헤드 속도 유형

Elliott et al.(1989)의 multi-segment 스윙 패턴 연구에서 라켓의 최대속도는 22.5m/s로, 김옥태와 윤재백(1996)은 임팩트 시 21.7m/s, 임팩트 직전 22.27m/s로, 김신희와 배성재(1997)의 임팩트 시 21.57m/s, 임팩트 직전 22.03m/s로 나타나 본 연구와 유사한 결과를 보이고 있다.

Elliott, Takahashi, & Noffal(1997)은 웨스턴 그룹의 그룹이 이스턴 그룹보다 라켓의 헤드속도가 빠르게 나왔다고 보고하였다. 본 피험자들은 모두 세미 웨스턴 그룹으로 앞의 연구자가 제공한 연구 결과와 비교해 볼 때 적합한 그룹을 선택하였다고 해석된다. Bahamonde, & Knudson(2003)은 임팩트 시 스퀘어와 오픈 스탠스의 라켓헤드 속도(22.3m/s, 21.2m/s)에서 스퀘어 스탠스의 라켓헤드속도가 빠르다고 보고하였다.

본 연구에서 오픈 스탠스 수평·수직스윙의 속도가 빠르게 나와 Bahamonde, & Knudson(2003)의 결과와는 다르게 나타났다. 이러한 차이는 실험 상황과 여러 요소가 영향을 미치므로 어느 것이 더 빠르다고 할 수는 없으나, 고정된 자세에서 회전운동을 하는 오픈 스탠스가 빠른 것으로 사료된다.

1) 라켓헤드 성분속도

성분에 대한 라켓헤드속도는 <표 4>와 같다. 성분은 임팩트 직전과 임팩트 시만 분석하였다. 스윙타입에 있어 스퀘어 스탠스 Y성분 E3에서 수평스윙은 18.81±1.13m/s, 수직스윙은 14.21±2.60m/s, E4에서 19.10±1.48m/s, 12.84±3.14m/s로 유의한 차이가 나타났으며, Z성분 E3에서 4.32±1.76m/s, 12.15±2.98m/s로, E4에서 7.08±1.73m/s, 15.01±2.80m/s로 유의한 차이가 나타났다($p<.001$).

세미 오픈 스탠스 Y성분 E3에서 수평스윙은 18.85±2.12m/s, 수직스윙은 14.67±2.69m/s로, E4에서 18.51±1.83m/s, 12.89±3.46m/s로 유의한 차이($p<.01$)가 나타났으며, Z성분 E3은 5.42±1.15m/s, 12.8±2.97m/s로, E4에서 8.41±1.23m/s, 15.71±2.09m/s로 유의한 차이가 나타났다($p<.001$).

오픈 스탠스 Y성분 E3에서 수평스윙은 20.15±1.30m/s, 수직스윙은 15.07±3.64m/s로, E4에서 19.81±1.44m/s, 13.71±4.17m/s로 유의한 차이($p<.01$)가 나타났으며, Z

성분 E3는 4.52±1.53m/s, 10.91±4.19m/s로, E4에서 6.87±1.93m/s, 14.39±4.02m/s로 유의한 차이가 나타났다($p<.01$). 스탠스 간 분석은 유의한 차이가 없었다. 스윙타입에 있어서 라켓헤드 속도는 Y성분 E3, E4에서 수평스윙이 수직스윙보다 빠르게 나타났으며, Z성분은 임팩트 시 수직스윙이 수평스윙보다 빠르게 나타났다.

본 연구의 결과 포핸드 스트로크에서 강타는 Y성분 속도가 빠른 수평스윙이 유리하며, 톱스핀은 Z성분속도가 빠른 수직스윙이 유리한 것으로 해석된다.

서국웅(1992c)은 힘의 분력이 작을수록 큰 힘을 낼 수 있다고 보고 하였다. 본 연구의 결과 모든 스탠스에서 수평·수직스윙의 Y·Z성분속도 분력을 보면 수평스윙은 Z성분속도 분력이 작게 발생하였으며, 수직스윙은 Z성분속도의 분력이 크게 나타나 스윙에서 수평스윙이 수직스윙보다 큰 힘을 낸 것으로 해석된다. 그러나 수직스윙이 톱스핀을 구사한다고 보면 볼에 작용하는 힘은 감소되고 스핀 양은 증가한다. 최지영(2005)의 Y성분방향에 따른 라켓헤드속도는 임팩트 시 스퀘어 스탠스에서 13.97±2.62m/s, 오픈 스탠스에서 10.77±5.69m/s로 본 연구의 결과보다 낮은 값을 제시하고 있다.

임팩트 직전이 라켓헤드 최고속도라는 연구자 강상학2002; 김신희 등1997; 김옥태 등1996; Elliott et al.1989; Plagenhoef1971 의 보고는 Y성분에서 유사하나, Z성분은 임팩트 시가 빠르게 나타나 위 연구자들의 보고와는 차이가 있다. Z성분의 모든 스탠스의 수직스윙은 강력한 톱스핀 스트로크를 치기 위해 라켓헤드가 빠른 속도일 때 임팩트가 되어야 한다는 서국웅 등(1996)의 보고와는 유사한 것으로 나타났다.

기존의 보고와 본 연구를 분석한 결과 임팩트 직전에 Y성분에서 수평스윙의 속도가 감속되는 것은 힘을 바탕으로 타격을 하기 때문에 안정성을 확보한 다음 임팩트를 하며, Z성분에서 수직스윙은 스핀, 즉 안정성을 우선하기 때문에 임팩트 직전보다 임팩트 시 속도가 빠른 것으로 사료된다. 스트로크의 스윙은 성분방향에 따른 속도의 분력이 볼의 파워와 스핀을 좌우하는 것으로 해석된다.

스퀘어 스탠스는 체중의 전진이동을 포함하며, 세계적인 수준의 선수들은 볼이 짧게 바운드 되면, 앞발을

내 디디면서 타격을 한다.(Roetert, & Gropple, 2001).

정 모(1998)는 베이스 라인에서 네트 플레이로 연계할 때 스퀘어 스탠스가 유리하다고 하였으며, Bahamonde(2001)는 정밀한 라켓의 방향을 만들기 위해 가능한 스퀘어 스탠스를 사용하라고 하였다. 즉 베이스 라인 안에서 정확한 타격을 하고, 네트 플레이와 위닝샷으로 게임을 전개한다면 분력이 작은 수평스윙이 스퀘어 스탠스와 적합하다.

테니스에서 포핸드 스트로크는 다른 기술들에 비해 많은 변화를 거쳐 왔으며, 힘과 안정성을 동시에 상승시키기 위한 방법들을 개발하고 있다. 권영국, 변승남(2003)은 타격용구를 이용할 때 던지기 동작과 같이 손가락 끝까지 스피드를 전하지 않고 손이 잡은 부위를 축으로 하여 타격용구의 회전운동을 일으켜, 타점의 스피드를 더욱 증가시키는 동작을 공통적으로 볼 수 있다고 하였다. 또한 인체분절을 적게 사용할수록 실수를 할 확률이 줄어든다고 하여 분절의 사용이 적을 때 안정성이 증가되며, 협응성을 높여준다면 힘과 안정성을 얻을 수 있다.

<그림 4>를 보면 수평스윙은 라켓헤드 Y성분속도가 Z성분속도보다 빠르게 나타났으며, 그 차이는 임팩트로 갈수록 커진다. <그림 5>에서 수직스윙은 Y성분속도가 Z성분속도보다 임팩트 직전까지 빠른 속도를 유지하나 임팩트 때는 Z성분속도가 빠르게 나타나, 수직스윙에 결정적인 요인이 되는 것으로 사료된다. 그러나 스탠스 유형은 스윙속도와 유의한 관계가 없는 것으로 나타나 스윙속도는 방향과 관계가 있는 것으로 해석된다.

(1) 상관분석

Y성분에서 세미 오픈 스탠스 수평스윙의 임팩트 시 라켓헤드속도와 관계가 있는 변인을 알아보기 위한 상관분석 결과<표 5>에서 보는 바와 같이 원 고관절 속도는 상관이 있는 것으로 나타났다.

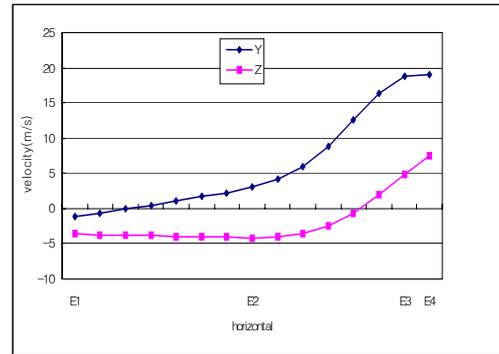


그림 4. 수평스윙 라켓헤드 속도의 Y과 Z성분 유형

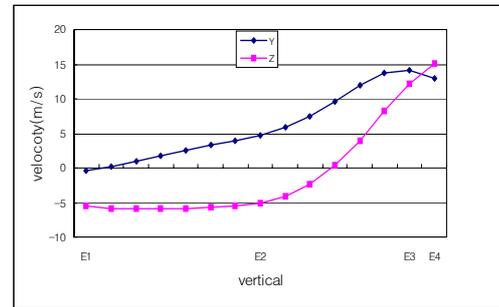


그림 5. 수직스윙 라켓헤드 속도의 Y과 Z성분 유형

표 4. 임팩트 직전과 임팩트 시 라켓헤드속도의 Y과 Z성분 (m/s)

	E	스퀘어 (n=8)		세미오픈 (n=8)		오픈 (n=8)		F		Duncan	
		Y	Z	Y	Z	Y	Z	Y	Z	Y	Z
수평스윙	E3	18.81 ±1.13	4.32 ±1.76	18.85 ±2.12	5.42 ±1.15	20.15 ±1.30	4.52 ±1.53	2.99	1.22	ns	
	E4	19.10 ±1.48	7.08 ±1.73	18.51 ±1.83	8.41 ±1.23	19.81 ±1.44	6.87 ±1.93	1.31	2.03	ns	
수직스윙	E3	14.21 ±2.60	12.15 ±2.98	14.67 ±2.69	12.8 ±2.97	15.07 ±3.64	10.91 ±4.19	.16	.65	ns	
	E4	12.84 ±3.14	15.01 ±2.80	12.89 ±3.46	15.71 ±2.09	13.71 ±4.17	14.39 ±4.02	.14	.69	ns	
t-value	E3	-4.58***	6.39***	-3.44**	6.58***	-3.97**	4.02**				
	E4	-5.09***	6.80***	-4.05**	8.47***	-3.89**	4.76**				

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

표 5. 세미오픈스탠스 수평스윙 임팩트 시 라켓헤드속도와 왼 고관절 속도와 상관관계

변수	피어슨 상관계수	
왼 고관절	상관계수	-.730*

* $p < .05$

표 6. 오픈스탠스 수평스윙 임팩트 시 라켓헤드속도와 왼 발목관절 속도와 상관관계

변수	피어슨 상관계수	
왼 발목	상관계수	.751*

* $p < .05$

표 7. 스퀘어스탠스 수평스윙 임팩트 시 라켓헤드속도와 오른 무릎관절 속도와 상관관계

변수	피어슨 상관계수	
오른 무릎	상관계수	-.777*

* $p < .05$

Y성분에서 오픈 스탠스 수평스윙 임팩트 시 라켓헤드속도와 관계가 있는 변인을 알아보기 위한 상관분석 결과 <표 6>에서 보는 바와 같이 왼 발목 속도는 상관이 있는 것으로 나타났다.

Y성분에서 스퀘어 스탠스의 수평·수직스윙, 세미 오픈 스탠스 수직스윙, 오픈 스탠스 수직스윙의 임팩트 시 라켓헤드속도와 관계가 있는 변인을 알아보기 위한 상관분석 결과 오른 고관절, 오른 무릎, 오른 발목, 왼 고관절, 왼 무릎, 왼 발목, 오른 손끝, 오른 손목, 오른 팔꿈치, 오른 어깨, 라켓그립, 라켓헤드는 상관관계가 나타나지 않았다.

Z성분에서 스퀘어 스탠스 수평스윙 임팩트 시 라켓헤드속도와 관계가 있는 변인을 알아보기 위한 상관분석 결과 <표 7>에서 보는 바와 같이 오른 무릎 속도는 상관이 있는 것으로 나타났다.

Z성분에서 스퀘어 스탠스 수직스윙, 세미 오픈 스탠스 수평·수직스윙, 오픈 스탠스 수평·수직스윙 임팩트 시 라켓헤드속도와 관계가 있는 변인을 알아보기 위한 상관분석 결과 오른 고관절, 오른 무릎, 오른 발목, 왼 고관절, 왼 무릎, 왼 발목, 오른 손끝, 오른 손

목, 오른 팔꿈치, 오른 어깨, 라켓그립, 라켓헤드는 상관관계가 나타나지 않았다.

IV. 결론

1) 임팩트 시 라켓헤드속도는 모든 스탠스·스윙타입 간에 유의한 차이가 없었으나 라켓헤드의 성분별 속도비교에서 Y성분속도는 수평스윙이 수직스윙 보다 빠르게 나타난 반면 Z성분속도는 수평스윙이 수직스윙 보다 늦은 것으로 나타났다.

2) 성분별 상관분석 결과 임팩트 시 라켓헤드 속도는 수평스윙에서 다음과 같다.

- (1) 스퀘어 라켓헤드속도 Z성분(m/s)은 오른 무릎(m/s)이 유의한 상관이 있는 것으로 나타났다.
- (2) 세미오픈 라켓헤드속도 Y성분(m/s)은 왼 고관절(m/s)이 유의한 상관이 있는 것으로 나타났다.
- (3) 오픈 라켓헤드속도 Y성분(m/s)은 왼 발목(m/s)이 유의한 상관이 있는 것으로 나타났다. 수직스윙은 모든 스탠스에서 유의한 상관관계가 나타나지 않았다.

참고 문헌

- 권영국, 변승남(2003). 새로운 생체역학개론. 도서출판 청문각.
- 김신희, 배성제(1997). 테니스 포핸드 드라이브시 라켓 속도에 대한 인체 분절의 기여도. **서울대학교 체육연구소논문집**. 18(1), 57~72.
- 김옥태, 윤재백(1996). 테니스 포핸드 드라이브시 운동학적 변인 비교연구. **서원대학교 응용과학연구 논문집**. 5(1), 143~156.
- 박해용, 이기청(2001). 테니스 남자 단식 경기의 승패 요인 분석. **한국유산운동과학회지**. 5(2) 37~46.
- 서국웅(1992a). 테니스와 볼 스핀. **테니스 코리아 10월호**. 80~82.

- 서국웅(1992b). 테니스의 풋워크. **테니스 코리아 12월호**. 65~68.
- 서국웅(1992c). 스포츠 생체역학과 테니스. **테니스 코리아 3월호**. 50~58.
- 서국웅, 백영호, 조승제, 이중숙, 김용재, 이훈식(1996). **테니스 과학**. 부산: 부산대학교 생체역학실험실 도서출판 으뜸사.
- 이상연, 신인식(1998). 테니스 경기분석을 통한 선수의 수행능력 평가. **한국운동역학회지**. 8(2), 307~326.
- 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.
- 최지영(2005). 테니스 포핸드 스트로크 동안 스텐스 조건에 따른 3차원 운동학적 분석. **한국운동역학회지**. 15(4), 105~115.
- Abdel-Aziz, Y. I., & Karara H. M. (1971). Direct Linear Transformation from Comparator Coordinates into Object Space Coordinates in Close-range Photogrammetry. Proceeding of the Symposium on Close-Range Photogrammetry(1~18). Falls Church, VA: *American Society of Photogrammetry*.
- Bahamonde R., & Knudson, D. (2003). Kinetics of the upper extremity in the open and square stance tennis forehand. *Journal of science and medicine in volume* 6(1).
- 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.
- Elliott, B., Takahashi, K., & Noffal, G. (1997). The influence of grip position on upper limb contributions to racket head velocity in a tennis forehand. *Journal of Applied Biomechanics*. 13, 182~196.
- Kwon, Y. H. (2002). Kwon3D Motion Analysis Package Version 3.0.
- Plagenhoet, Y. H. (1979). *Tennis racket testing related to tennis elbow. Proceedings of the National Symposium on Racquet Sports*. University of Illinois.
- Roetert, P., & Groppe, J. (2001). *World Class Tennis Technique*. Human Kinetics Publishers, Inc.
- Yeadon-Kwon. (1993). Kwon3D Motion Analysis Package. Visol Tec. Co., 3, 18~19.

투 고 일 : 1월 31일
 심 사 일 : 2월 6일
 심사완료일 : 3월 7일