

테니스 양손 백핸드 드라이브 스트로크 시 볼 방향성에 따른 수평회전운동 비교분석

서국은¹ · 정용민² · 강영택¹

¹부산대학교 스포츠과학부 · ²동명대학교 보건복지대학 체육학과

A Comparative Analysis of Horizontal Rotation Movements for Different Ball Course during Two-handed Backhand Drive Stroke in Tennis

Kook-Eun Seo¹ · Yong-Min Chung² · Young-Taek Kang¹

¹Division of Sport Science, Pusan National University, Busan, Korea

²Department of Physical Education, College of Health Welfare and Education, Tongmyong University, Busan, Korea

Received 30 July 2015; Received in revised form 9 September 2015; Accepted 29 September 2015

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study was to compare the kinematic data of the horizontal rotation movements of shoulder, hip, knee during two-handed backhand drive stroke according to two different ball directions.

Methods: The kinematic variables were analyzed such as the joint angles of the lower body, horizontal rotation angles of the shoulder, hip, inter-knee segment, body twist angle and difference in angle of forward swing. Two-handed backhand drive stroke was analyzed through a three-dimensional motion analysis. The collected data were analyzed by a paired *t*-test, and the statistical significant value was set at $\alpha=0.05$.

Results: The findings of this study were as follows; First, there was no difference in the total angles of lower limb joints from the forward swing position to impact posterior. Second, there was no difference in the horizontal rotation angles of E1 shoulder, hip, and E2 shoulder but the horizontal rotation angles of E1 knee, E2 hip, knee, E3, and E4 shoulder, hip, and knee were different in all events. Third, there was no difference in the body twist angle of the maximum horizontal rotation. In addition, there was no difference in the angle of the body twist by the ball direction in the shoulder-hip, the hip-knee and the shoulder-knee.

Conclusion: Horizontal rotation angle determines ball directions.

Keywords: Two-handed backhand stroke, Horizontal rotation movement, Body twist

1. 서 론

테니스 스윙동작은 각 신체 분절들의 연속적이며 조화로운 동작으로 정확한 타이밍(timing)에 운동량 전이를 순차적으로 한다면 최대의 효과를 낼 수 있는 운동이다(Kang, 2004). 운동학적 관점에서 보면 동적인 볼에 짧은 순간에 힘을 가하여 임

팩트(impact)를 발생시키고 신체와 라켓(racket) 그리고 볼의 세 가지 요인을 조화시켜 기술적으로 극대화 시킬 수 있는 중 목이기도 하다(Park, Kim, & Kim, 2005).

테니스 경기를 결정짓는 요소로 서비스(service)와 스트로크가 있으며(Kim, Park & Shin, 2007), 상대선수에게 공격적인 스트로크는 경기 승패를 결정짓는 가장 중요한 변인들 중 하나이고(So & Seo, 2005), 국내 남자단식 경기 시 주 특점은 스트로크이며, 그라운드 스트로크의 비율은 승자의 경우 포핸드 스트로크 54.3회, 백핸드 스트로크 53.5회로 균형 있게 사용하였으나, 패자의 경우 포핸드 스트로크 59.9회, 백핸드 스트로크 51.7회로 포핸드를 더 많이 사용하였다. 또한 서버의

Corresponding Author : Young-Taek Kang
Division of Sports Science, Pusan National University, 30 Jangjeon-dong,
Geumjeong-gu, Busan, Korea
Tel : +82-51-510-3745 / Fax : +82-51-510-3746
E-mail : mrkkey@naver.com
이 논문은 부산대학교 기본연구 지원사업(2년)에 의하여 연구되었음.

주 득점 기능은 스트로크이며, 퍼스트 서비스가 영향을 미친 것으로 나타났다(Lee, Lee & Lee, 2004). 그라운드 스트로크(ground stroke)는 서비스 리턴(return)과 공격을 위한 주된 기술이나 불안정하게 되면 다른 기술로의 연결이 어려워진다(Kang, 2000).

그라운드 스트로크 중 백핸드 스트로크는 한 손과 양손을 혼용하여 동작기술을 수행하고 있으나(So & Seo, 2005), 최근 테니스는 거의 모든 남녀선수들이 양손을 구사하고 있다. 그나마 남자 정상급 선수 중에는 페드로와 바브린카가 한 손 백핸드 스트로크를 구사할 뿐이다. 양손 백핸드 스트로크는 어린 선수들이 라켓을 조절할 근력이 약하여 왼손이 보조역할을 하는 것이라 생각하였다(Lee, 1992). 하지만 현대 테니스 경기가 빠른 볼에 대한 반응으로 스윙의 형태가 작고 간결한 스윙으로 발전하고 있다. 성인 남자 선수들이 세계대회에서 우수한 결과를 보여주고 있어 독립된 하나의 스트로크로 인정받고 있다(Shin, 2004). 테니스 스트로크의 성공요소는 빠른 백스윙, 임팩트 시 정확한 스위트 스팟(sweet spot), 자연스러운 팔로스로우 및 피니쉬 동작이라 할 수 있다(Kim, 2005). 최근 연구는 전신 움직임에 대한 기술적 분석으로 동작의 균일성에서 나오는 기술적인 테크닉을 분석하여 기능적인 개선을 시키고 있으며, “왼손으로 치는 포핸드”라 불리는 양손 백핸드 스트로크를 사용하여 현재 테니스계를 점령하고 있다(Na, Kang, Park & Seo, 2012).

양손 백핸드 스트로크는 포핸드 스트로크만큼 스윙을 자유롭게 하기 힘들어 짧은 스윙에서 충분한 파워를 낼 수 있어야 한다(Kang, 2011). 우수한 선수들의 동작을 주시해보면 백스윙 시 체중이 뒤로 이동하면서 몸이 반대로 회전하고 체중을 전방으로 옮김과 동시에 볼 쪽으로 회전하는 것을 볼 수 있다. 이러한 과정들은 초보자보다 많은 운동량을 전달하여 효과적인 양손 백핸드 스트로크를 구사하는 원리가 되는 것이다(Park & Baek, 1997). 양손 백핸드 스트로크의 운동원리는 포핸드 스트로크와 거의 유사하다. 그라운드 스트로크의 동작은 직선과 회전운동으로 설명할 수 있다. 먼저 스쿼어 스탠스는 체중의 이동과 회전운동에 더하여 강한 볼을 구사할 수 있지만 회전운동량이 작고 큰 스윙으로 인해 준비시간이 걸린다. 오픈 스탠스는 빠른 볼에 대한 대처와 순간적인 회전운동이 가능하여 힘을 낼 수 있으나 직선운동이 적어 힘의 손실이 발생할 수도 있다(Kang, 2013). 특히 안정된 양손 백핸드 스트로크를 구사하기 위해 스탠스의 선택은 거의 스쿼어 스탠스를 취하고 있다. 스쿼어 스탠스는 지면반력을 이용하여 체중의 수평 및 수직이동을 하고 발목, 무릎 순으로 회전을 하여 골반, 몸통, 팔로 각운동량이 전이되며(Kang, 2006), 또한 몸통과 어깨, 그리고 힙의 회전력이 중요하다(Kang, 2011; Shin, 2004). 즉 이러한 회전효과를 극대화하기 위해 전신 분절의

수평회전이 조화를 이루고 동작의 안정적인 자세를 위해 각 관절의 각도를 유지할 때 효과적인 볼이 나오는 것이다(Na, Kang, Park & Seo, 2012).

신체꼬임은 임팩트를 중요시하는 골프스윙에서 핵심요소이다. McLean 과 Andrisani(1997)은 다운스윙 직전 양어깨와 양힙의 수평회전축이 다른 방향으로 작용하는 것을 발견하고 어깨선과 힙선의 몸통꼬임을 증대시키는 ‘X-factor stretch(segment separation)’이론을 내세웠다(Lim, Seo, Kang, & Park, 2011). 이는 백스윙 동안 어깨선과 힙선의 수평회전정도보다 어깨선과 힙선의 수평회전 차이가 중요한 것이다(McLean & Andrisani, 1977). 몸통꼬임은 백스윙 시 어깨선을 힙선보다 더 트위스트(twist) 시켜 역학적인 관점에서 근육의 신장성 단축운동(stretch-shortening movement)이며(Fletcher & Hartwell, 2004), 몸통의 탄성에너지를 비축하여 포워드 스윙 시 회전운동량을 증가시키는 중요한 역할을 한다(Burden, Grimshaw & Wallace, 1998; Horton, Lindsay & Macintosh, 2001; Myers et al., 2008). 이 운동원리는 타격이 있는 모든 운동에 적용된다고 볼 수 있다. 그러나 Chung, Kang과 Seo(2013)는 테니스는 고정된 볼을 치는 것이 아니라 움직임이 많으며, 골프와 같이 몸통 꼬임 시 어깨선과 힙선만이 아니라 무릎선까지 포함되므로, 어깨선과 힙선, 힙선과 무릎선, 어깨선과 무릎선의 회전 차이각도는 “신체비틀림(body twist)”으로 보는 것이 명확한 것 같다고 보고하였다.

현재 양손 백핸드 스트로크의 선행연구를 보면 한손 백핸드와 양손 백핸드 스트로크의 비교분석(So & Seo, 2005; Choi & Shin, 2005) 등이 있으며, 분절 중심으로 한 상지(Kang, 2009; Park, Kim & Kim, 2005)와 하지(Kang, 2009; Na, 2010)의 연구, 몸통 꼬임에 관한 연구(Kang, 2009; Lim, Seo, Kang & Park 2011; Na, Kang, Park & Seo, 2012; Kang, 2013; Chung, Kang & Seo, 2013) 등이 있다. 오늘날 양손 백핸드 스트로크를 습득하기 위해 과학적인 이론을 바탕으로 다양한 기술지도가 이루어지고 있다. 그러나 신체의 수평회전운동에 관한 연구는 스윙과 스탠스 형태에 따른 분석은 있지만 볼 방향성 즉, 직선과 사선방향에 따른 연구는 미비한 것으로 보인다. 그러므로 이 연구의 목적은 남자 대학생 테니스 선수를 대상으로 볼 방향성(직선과 사선)에 따른 양손 백핸드 드라이브 스트로크 시 신체꼬임의 수평회전운동에 대한 비교분석으로 3차원 동작분석을 통하여 정량적 자료와 선수들의 수평회전운동의 효율성을 제시하려고 한다. 구체적인 요인은 다음과 같다. 직선과 사선인 볼 방향성에 따른 회전운동 시 하지관절 각도와 수평회전각도(어깨선, 힙선, 무릎선), 포워드 스윙 직전 시 신체최대 꼬임각도(어깨선-힙선, 힙선-무릎선, 어깨선-무릎선) 차이를 알아보고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자

본 연구의 연구대상자는 대한테니스협회에 등록된 선수로서 실험참가에 동의한 H대학 남자 대학생 6명을 선정하였다. 피험자의 신체적 특징은 나이는 20.83 ± 0.75 yrs, 키는 180 ± 2.89 cm, 체중은 80.33 ± 4.27 kg, 경력은 9.66 ± 1.50 yrs로 선정하였다. 라켓무게의 중심은 미들 포인트(middle point)에 있으며, 거트장력은 개인적인 스윙타입과 관련이 있다. 고전 테니스의 플랫은 트렘플린 효과를 이용하여 직선타구를 구사하기 위해 거트의 탄성을 늘려 이용하였으나 현대 테니스는 드라이브 및 톱스핀 스윙을 구사하므로 거트 장력을 강하게 한다. 라켓무게는 310.33 ± 9.66 g이며, 거트 장력은 51.50 ± 1.97 lb로 나타났다.

2. 실험 장비

이 실험에 사용된 장비는 운동학적 변인들을 분석하기 위한 3차원 동작분석 적외선 카메라(Vicon Bonita 10 systems) 12대와 동작분석 프로그램(Vicon Nexus 1.7)을 사용하였다.

3. 실험절차

1) 사전준비

각 피험자의 신체적 특성을 측정 후, 영상 분석 시 정확한 디지털타이핑을 위해서 검은색 타이즈(tights)를 착용시키고, 원활한 스윙을 위해 준비운동을 시킨 후 피험자의 관절점에 Vicon Plugin Gait Model(UK)을 수정한 마크 모델을 부착하였다. 피험자가 테니스 스윙을 완전하게 수행할 수 있는 공간을 확보한 다음 전담코치가 반대편 코트 서비스 라인 지점에서 피험자가 위치해 있는 코트 서비스 라인과 베이스 라인 중간 지점의 일정한 범위 내에 정타를 칠 수 있도록 직선방향에서 라켓으로 슬로우 볼로 타구하여 피험자의 움직임을 최소한으로 유도하여 강하고 정확한 동작을 실시할 수 있도록 하였다.

2) 실험장비 설치

실험상황을 용이하게 하기 위하여 실내 테니스장을 이용하였으며 외부의 빛은 최대한 차단하여 100만 화소급(1024x1024 픽셀) 적외선 모션 캡처 카메라(이후 적외선 카메라로 제시)를 설치하였으며, 촬영속도 150 frame/s, 수동초점조정으로 균일하게 세팅하였다. 실험 전 NLT방법을 이용한 좌표 프레임(orientation frame)을 실험동작 구간의 시작점에 위치시킨 후 캘리브레이션 완드 바(calibration wand-bar)를 이용하여 분석 범위 내의 공간좌표 정확성을 확보하였다. 실 공간 좌표의 기

준점은 스윙진행방향을 x축, 좌우방향을 y축, 지면에 대하여 수직방향을 z축으로 하였다. 적외선 카메라는 <Figure 1>과 같이 피험자 좌우정면과 후면, 그리고 측면 부위를 포함하여 총 12대를 설치하였다. 분석하기 위한 컴퓨터는 선수에게 방해되지 않는 뒤편에 설치하여 진행하였으며, 카메라의 촬영속도를 일정하게 유지하기 위해 실험 전 과정을 연속으로 녹화하였다.

3) 실험

실험 세팅 장소에서 랜드 마커를 부착한 피험자가 테니스 라켓을 들고 적응을 위해 반복 연습 후 스윙을 행하게 하였다.

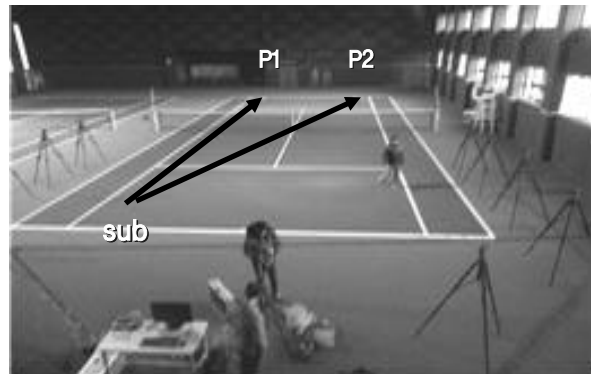


Figure 1. Experimental equipments

볼은 직선과 사선방향으로 치게 하였으며 <Figure 1>과 같이 네트 위를 기준으로 0.5 m와 1 m 위치에 끈으로 공간제약을 두어 0.5~1 m사이로 타구하게 하였다. 반대편 코트 베이스 라인 지점 양쪽 끝에 가로 1m, 세로 1m의 사각형 모양의 범위(P1, P2)를 표시하고 피험자에게 그 범위 내에 칠 수 있도록 요구하였다. 그리고 실험상황을 충분히 숙지시키기 위하여 10회 이상의 연습을 시켜 피험자가 익숙해 졌다고 판단된 후 위치를 제 조정하여 연속적으로 실험을 진행하였다. 각 피험자는 스퀘어 스탠스로 자세를 취하고 양손 백핸드 드라이브 스트로크 스윙을 행하였으며, 이러한 동일한 과정을 10회 반복하여 P1, P2 중간지점을 기준으로 가장 가까운 곳에 볼이 떨어진 동작을 찾아 선택하였다. 스윙 방향은 포워드 스윙 시작 지점으로부터 라켓헤드가 허리선을 기준으로 수평성분 방향으로 스윙을 하였으며, 볼 타구 시 스퀘어 스탠스를 취하라고 요구하였다. 전담코치가 타구하는 볼 속도에 대한 것은 제한하지 못하였다.

4. 자료처리

인체모형 중 각 관절중심점은 Vicon 3D Motion Analysis

Program 내 모델링 파일인 Plug-in Gait Body Modeling을 이용하여 부착하였으며, 42개의 관절점과 6개의 라켓마크를 포함하여 48개로 연결된 강체로 정의하였다(Figure 2).

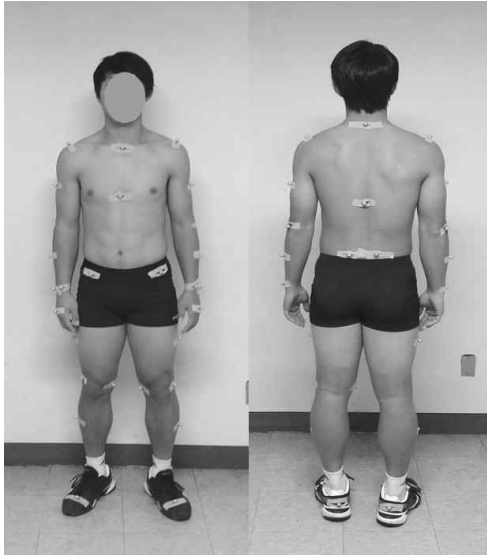


Figure 2. Reflective markers for 3-D motion model

자료 분석은 정량적 분석을 위하여 Vicon Nexus 1.7 프로그램으로 분석하였다. 계산된 변인들은 노이즈 제거를 위해 Butterworth의 2차 저역통과 필터를 사용하였으며, 샘플링 주파수는 6 Hz로 설정하였다. 관절각도는 전역좌표계에 대한 지역좌표계의 상대 위치에 의해 산출되었으며, 캘리브레이션은 NLT(non-linear transformation)방법을 이용하였다.

영상분석 동작에서 국면은 <Figure 3>처럼 포워드 스윙 직전(E1)이자 백스윙 끝부분이며, 임팩트 직전(E2-prior 2/150 s)은 Kang(2006)이 제시한 임팩트 직전을 1/60 s로 설정한 부분과 유사하게 하기 위하여 선택하였으며, 임팩트(E3), 임팩트 직후(E4-posterior 2/150 s)도 임팩트 직전과 같은 시간 간격으로 하였다. 분석에 선택된 장면은 성공한 스윙 중 임팩트 발생 시 거트에 있는 마크가 첫 접촉 시 진동된 동작으로 구성하였다. 수평회전각도는 <Figure 3>과 같이 포워드 스윙 직전부터 어깨선, 힌선, 무릎선(양 무릎을 연결하여 한 분절로 함)이 스윙진행 방향으로 움직일 때 임팩트 직전, 임팩트, 임팩트 직후를 분석하였다. 테니스 코트를 기준으로 전방을 90°, 베이스라인 왼쪽을 0°, 오른쪽을 180°로 하였다. 신체꼬임 각도는 Z축 방향에서 관찰하였을 때 <Figure 3>과 <Figure 4>의 E1과 같이 포워드 스윙직전(백스윙 끝 지점) 장면 중 어깨선이 최대 수평회전각도를 이룬 시점을 기준으로 어깨선, 힌선, 무릎선의 신체최대 꼬임각도를 측정할 것이며, 이 국면 시 어깨선과 힌선, 힌선과 무릎선, 어깨선과 무릎선 사이의 각도를 측정할 것이다.

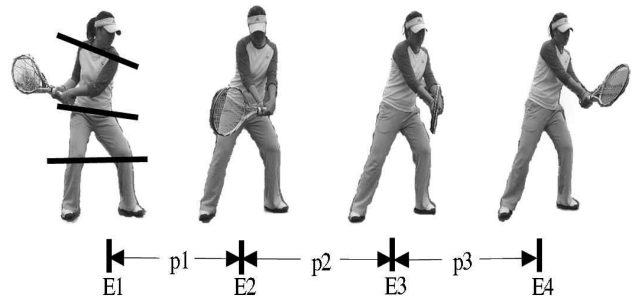


Figure 3. Definitions of the events(Na, 2010)

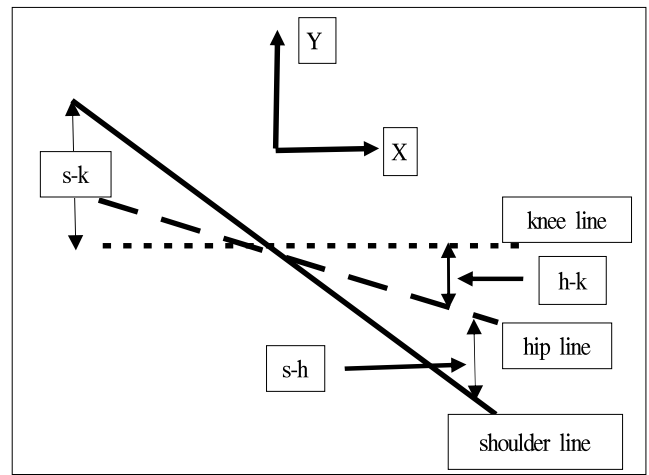


Figure 4. Angles of body twist and difference angle

5. 통계처리

통계처리는 SPSS 21.0을 이용하여 양손 백핸드 드라이브 스트로크에 대한 하지관절각도, 어깨선·힌선·무릎선 수평회전각도, 신체최대 꼬임각도 시 차이각도(어깨선과 힌선, 힌선과 무릎선, 어깨선과 무릎선)에 대한 평균차이 검정을 위하여 각 이벤트를 기준으로 paired t-test를 통해 비교하였다. 모든 값의 통계적 유의 수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였으며, 유의수준이 없을 경우 경향성 분석을 실시하였다.

III. 결 과

1. 하지관절각도

양손 백핸드 드라이브 스트로크 시 볼 방향성에 따른 하지 관절각도는 <Table 1>과 같다. 직선과 사선방향에 따른 하지 관절각도 비교는 왼 무릎 E1외에 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

Table 1. Joint angle of lower body (unit: °)

Swing		Course		t
		Straight	Cross	
R hip	E1	133.18±7.18	134.68±7.53	-.652
	E2	119.24±7.71	115.39±12.66	.975
	E3	121.40±8.07	117.49±14.04	.882
	E4	123.55±8.47	119.54±14.70	.834
L hip	E1	136.34±13.93	133.17±11.88	2.241
	E2	159.66±12.12	159.61±14.78	.028
	E3	164.68±11.28	165.36±13.76	-.622
	E4	168.04±10.14	168.63±12.69	.737
R knee	E1	139.77±14.88	136.79±21.69	.738
	E2	138.38±12.95	132.36±16.70	1.140
	E3	142.62±13.60	138.63±18.32	.770
	E4	147.57±14.48	143.61±19.66	.703
L knee	E1	135.61±15.99	128.85±19.12	3.438*
	E2	132.49±17.39	131.81±19.77	.334
	E3	136.25±15.15	136.29±17.75	-.019
	E4	139.66±11.98	138.72±15.00	.365
R ankle	E1	89.06±8.63	86.50±10.31	.539
	E2	87.81±8.82	85.80±9.25	.835
	E3	90.95±10.76	90.20±13.29	.265
	E4	93.79±13.84	92.87±17.20	.298
L ankle	E1	78.20±15.21	70.22±7.76	1.243
	E2	95.37±9.18	99.67±12.52	-.791
	E3	95.73±8.87	100.83±11.32	-.952
	E4	95.98±9.37	101.28±10.07	-.933

*p<.05

2. 어깨, 골반, 무릎 수평회전각도

양손 백핸드 드라이브 스트로크 시 볼 방향성에 따른 어깨, 힙, 무릎의 수평회전각도는 <Table 2>와 같다.

직선방향과 사선방향에 따른 분절의 수평회전각도는 E1에서 무릎은 직선(76.64±9.51°)보다 사선(82.73±10.63°)이 유의하게 크게 나타났으나, 어깨와 힙은 차이가 없었다. E2에서 힙은 직선(132.34±5.61°)보다 사선(138.88±8.34°)이, 무릎은 직선(100.74±9.85°)보다 사선(108.28±11.80°)이 유의하게 크게 나타났으나, 어깨는 차이가 없었다. E3에서 모든 국면에서 직선(어깨 143.79±6.17°, 힙 141.31±6.18°, 무릎 103.74±10.01°)보다 사선(어깨 151.33±6.58°, 힙 150.84±10.10°, 무릎 112.47±12.12°)이 유의하게 크게 나타났다. E4에서 모든 국면에서 직선(어깨 160.73±6.53°, 힙 147.53±6.08°, 무릎 105.96±10.31°)보다 사선(166.31±6.70°, 힙 157.30±10.45°, 무릎 114.84±12.68°)이 유의하게 크게 나타났다.

Table 2. Horizontal rotary angle of shoulder line, hip line and knee line segment (unit: °)

Swing		Course		t
		Straight	Cross	
E1	shoulder	48.67±9.47	53.63±14.80	-1.460
	hip	73.52±9.85	77.06±11.38	-1.111
	knee	76.64±9.51	82.73±10.63	-3.527*
E2	shoulder	123.17±6.84	128.13±10.68	-2.051
	hip	132.34±5.61	138.88±8.34	-3.004*
	knee	100.74±9.85	108.28±11.80	-2.998*
E3	shoulder	143.79±6.17	151.33±6.58	-5.805**
	hip	141.31±6.18	150.84±10.10	-4.289**
	knee	103.74±10.01	112.47±12.12	-3.319*
E4	shoulder	160.73±6.53	166.31±6.70	-4.406**
	hip	147.53±6.08	157.30±10.45	-4.633**
	knee	105.96±10.31	114.84±12.68	-3.418*

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

3. 신체최대 꼬임각도

양손 백핸드 드라이브 스트로크의 포워드 스윙 직전 시 볼 방향성에 따른 신체최대 꼬임각도는 <Table 3>과 같다.

Table 3. Maximum body twist angles between segments during swing (unit: °)

Swing	Course		t
	Straight	Cross	
s-h	22.52±4.37	20.47±7.82	-.704
h-k	5.51±4.36	7.33±6.79	1.247
s-k	25.93±5.25	26.26±6.63	.128

신체최대 꼬임각도는 백스윙 시 최대수평회전각도로 Y축(좌우) 성분을 기준(왼쪽에서 오른쪽)으로 X축(전후) 성분의 움직임을 Z축(수직) 성분에서 분석한 것으로 백스윙 시 어깨 선과 힙선, 힙선과 무릎선, 어깨선과 무릎선의 최대수평회전각도에서 발생된 신체꼬임각도 차이를 분석한 것이다.

직선과 사선방향에 따른 백스윙 시 신체 최대 꼬임각도는 모든 국면에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

IV. 논 의

테니스의 스윙동작에서 중요시하는 부분은 백스윙의 끝이며 포워드 스윙의 시작점에서 임팩트까지의 스윙동작이다 (Roeter & Groppe, 2001). 하지관절각도에서 고관절과 무릎

그리고 발목의 각도변화는 직선과 사선방향에서 모두 유사한 것으로 나타났다.

양손 백핸드 드라이브 스트로크의 목표지점은 다르지만 하지 관절각도에서 거의 차이가 없는 것은 지면반력을 이용한 하지의 움직임은 유사한 것으로 판단된다. 다만 왼 무릎 E1에서 차이가 있는 것은 직선보다 사선방향의 거리가 길어 지면반력의 힘을 얻기 위해 자세를 더 낮춘 것으로 판단된다. Kang(2006)은 목표 지점에 볼을 치기 위해서는 낮은 자세로 안정성을 확보하고 각 신체부위를 조정하여 협응성과 바른 자세를 유지해야 한다고 보고하였으며, 일정한 스윙 속도와 안정적인 스윙이 요구되는 것이다. 방향성과 상관없이 오른 고관절을 보면 E2, E3, E4의 각도는 거의 유지된다고 볼 수 있다. 이는 양손 백핸드 드라이브 스트로크의 특성상 스핀보다 힘을 위주로 한 스윙을 하기 위해 수평방향으로 최대한 스윙을 이끌고 나간다고 해석할 수 있다. 대신에 왼 고관절은 임팩트로 진행될수록 각도가 커지는 경향을 보여 스윙이 진행될 때 자연스러운 신전으로 스윙의 안정성을 높인 것으로 유추된다. Elliott(1983)는 상체와 고관절 분절이 서로 조화를 잘 이루어야 한다고 보고하였다.

무릎은 두 방향 모두 약간의 신전현상이 일어나는 것으로 보인다. 무릎각도의 변화가 작다는 것은 하지의 움직임을 최대한 고정시켜 주는 역할을 의미하며, 곧 스윙의 안정화를 가져올 수 있는 것이다. Nam(2007)은 사선방향 양손 백핸드 스트로크 동작 시 오른 무릎각도는 백스윙 시 109.44°, 임팩트 시 138.5°, 임팩트 직후 140.79°로 임팩트와 임팩트 직후의 변화가 본 연구와 유사한 결과를 보여 견고한 하지를 형성한 것으로 해석된다. 정확한 볼을 타구하기 위해서 무릎의 적절한 굴곡과 신전운동을 하는 것으로 보이며, 변화가 작다는 것은 정확한 타점에서 임팩트의 확률을 높일 것으로 판단된다.

발목각도는 체중이 오른발에 실려 있으므로 왼 발목보다 작은 각도를 형성할 수밖에 없는 것으로 보인다. 테니스는 하지의 운동성이 다양하며, 그라운드 스트로크 시 지면의 반발력을 이용하여 체중의 이동과 회전운동을 유발시키는 운동원리가 적용된다. 양손 백핸드 스트로크 시 발목각도는 지면에 발을 어떻게 위치시키는지 정량화 할 수 있는 효과적인 변인이다(Shin, 2004). 임팩트 전 타점의 조정은 하반신으로 해야 하며, 굴곡에서 신전운동으로 전이되면서 해야 만이 볼이 안정적으로 타격할 수 있으며, 상체로 조정을 하려고 한다면 스윙의 궤도가 달라지기 때문에 매우 불안하며 실패할 확률이 높아진다(Kang 2006; Joo, 1998). 스퀘어 스탠스는 네트와 거의 직각을 이루는 형태의 스탠스로 볼에 힘을 신기 위해서 반드시 실행되어야 한다. 포핸드 스트로크는 오픈 스탠스와 스퀘어 스탠스 등 다양한 형태를 취하며 스윙을 하나 양손 백핸드 스트로크는 스퀘어 스탠스가 주로 이용되고 있다. 오픈 스

탠스를 취한 상태에서 양손 백핸드 스트로크는 신체구조와 양손으로 하는 스윙형태로 회전반경이 짧아져 적절한 스윙을 하는데 제약을 받는다. 그러므로 최상의 볼을 위해 체중의 이동과 회전운동을 이용해야 하며, 그 조건은 반드시 스퀘어 스탠스를 취하는 것이 중요하다고 판단된다.

어깨, 골반, 무릎의 수평회전각도 분석은 다음과 같다. E1에서 분절의 수평회전각도는 무릎에서 사선이 유의하게 크게 나타났으나 어깨와 골반은 차이가 없었다. E1은 포워드 스윙 직전으로 스퀘어 스탠스를 취한 자세이다. 방향성에 있어 무릎의 수평회전각도가 직선보다 사선이 오픈되어 있는 것을 알 수 있다. 앞발을 딛는 목적은 체중의 이동과 타구의 길잡이 역할을 하므로 스윙방향의 목표지점이 되기도 한다. 그러므로 무릎에서 사선방향 회전각도가 큰 것은 방향성에 따른 발의 위치가 사선방향에 맞게 조정되어 있다고 해석된다. 어깨와 골반에서 통계적인 차이는 없지만 사선방향 수평회전각도가 직선보다 큰 경향을 보이고 있다. 방향성의 분리는 스퀘어 스탠스 시 앞발의 위치 선정에서 분화된다고 판단된다.

E2에서 분절의 수평회전각도는 골반과 무릎이 사선에서 유의하게 크게 나타났으나, 어깨는 차이가 없었다. E2는 임팩트 직전으로 이때 무릎의 회전운동 역할은 골반으로 이동된 것이라 볼 수 있다. 무릎에서 발생된 회전운동은 각운동량 전이 시 적절한 타이밍에 골반으로 전달되는가에 따라 스윙에 미치는 영향이 달라진다. 골반은 하지에서 전달되는 각운동량을 상체로 전달시켜주는 매개체로 회전운동이 미속하면 힘의 전달이 끊어져 스윙동작이 무너지고 그것은 바로 샷의 실수를 유발한다(Lim, Seo, Kang & Park, 2011). 운동량의 전이는 키네틱 체인(kinetic chain)의 순차적인 움직임이 원활 할 때 에너지와 파워의 전달이 용이하지만 링크된 시스템이 끊어지면 감소되므로 공헌도는 작아진다(Kibler, Brody, Knudson & Stroia, 2004). 특히 초보자들인 경우 골반의 역할을 제대로 하지 못하기 때문에 테니스에 있어서 많은 문제점이 발생되기도 한다. 그러므로 임팩트 시 최적의 운동량이 전달되도록 회전운동을 형성하고, 하지에서 시작된 각운동량을 상체로 끊어짐 없이 원활하게 전이될 수 있도록 하여 양손 백핸드 스트로크 시 강한 힘을 전달하는 역할을 하는 것으로 유추된다.

E3에서 분절의 수평회전각도는 사선에서 유의하게 크게 나타났다. E3은 임팩트 지점으로 라켓이 볼에 접촉된 상태에서 볼의 성질을 결정하는 것이라 볼 수 있다. Braden 과 Bruns (1998)은 단식라인에서 사선으로 반대편인 단식라인까지 각도는 19.1°이라 제시하였다. 이 연구의 과제 중 하나는 반대편 코트 베이스 라인 양쪽 지점에 형성된 1 m² 박스지점에 착지한 볼을 선택한 것으로 직선방향(0°)과 사선방향(19.1°)으로 타구할 때 임팩트 시 각 분절의 수평회전각도가 구축한 양손 백

핸드 드라이브 스트로크의 형태가 형성된 것이라 판단된다.

E4에서 분절의 수평회전각도는 사선에서 유의하게 크게 나타났다. E4는 임팩트 직후로서 팔로스로우의 시작점이라 볼 수 있을 것이다. 이는 볼의 진행방향에 따라 각 분절 또한 그에 맞는 각도를 형성하면서 스윙을 하는 것으로 보여 진다.

E1~E4까지 경향성 분석을 한다면 포워드 스윙 시에 내딛는 앞발에서 방향성을 결정하는 것으로 보이며, 무릎의 수평회전각도로 볼 때 방향성에 있어 유사한 스퀘어 스탠스라도 발을 딛는 지점이 다른 것으로 파악된다. 선수들은 볼을 타구 전에 어디로 보낼 것인지 결정을 한 후 스윙을 행한다. 볼을 타구할 때 스퀘어 스탠스는 뒷발에서 앞발로 체중을 이동하며, 앞발을 축으로 회전을 하므로 앞발의 위치에 따라 타구의 방향과 스탠스 형태가 정해질 것이다. 그러므로 테니스에서 스탠스 시 최종적으로 딛는 발의 위치는 타구 시 볼과의 거리를 결정하고 스윙을 완벽하게 하는데 있어 매우 중요한 요인이 되는 것이다. 이후 무릎에서 시작된 수평회전운동은 골반과 연계되어 어깨까지 순차적으로 수평회전각도가 증가되는 양상을 보인다. 이는 임팩트 시 회전반경을 크게 하여 라켓의 속도를 증가시키는데 도움을 줄 것이라 예상된다.

포워드 스윙 직전 시 신체최대 꼬임각도는 모든 국면에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. 신체최대 꼬임각도는 방향성과 관계없이 거의 유사하게 작용하는 것으로 판단된다. 방향성에 있어 스탠스와 스윙의 형태가 다르지 않다면 각도 변화량 또한 거의 유사하게 작용하는 것으로 해석된다. 백스윙 시 신체꼬임 차이각도는 SSC(stretch-shortening cycle) 효과를 얻는 결과를 이끌어 낼 수 있다. Park(2006)은 SSC원리는 궁극적으로 단축성 수축 효과를 향상(Bartlett, 2000; Komi & Nicol, 2000)시키는 것이라 하였으며, 치기 동작에서 치는 방향과 반대방향의 움직임은 수행동작을 원활히 할 뿐 아니라 근육의 SSC원리를 활용한 증거라고 보고하였다. 테니스에서 SSC 효과는 발목을 축으로 무릎의 비틀림은 힙의 비틀림을 도우며, 힙은 어깨의 비틀림을 유도하여 두 번 이상의 신장성 단축 운동을 발생시키고, 어깨는 팔의 신장성 단축 운동을 도와 라켓의 속도를 극대화 하는 메커니즘을 형성하는 것이다 (Chung et al., 2013). SSC의 주요인은 신장과 단축 사이의 정지시간이 200 ms 보다 길지 않으면 별다른 영향이 없다고 하였으며(Roetert & Groppe, 2001), 신장 후 1초가 지나면 신장이점의 50%를 잃는다고 하였다(Wilson, Elliott & Wood, 1991). 신체최대 꼬임각도는 SSC원리의 적용과 탄성에너지의 축적, 그리고 작용 반작용의 원리가 내포되어 있어 서비스 리턴 및 빠른 볼에 대한 반응으로 상체의 비틀림으로 만든 짧은 백스윙만으로도 수비가 아닌 역공을 할 수 있는 것이다.

V. 결 론

본 연구는 양손 백핸드 드라이브 스트로크 시 방향성에 따른 하지관절각도와 어깨, 골반, 무릎의 각 분절 수평회전각도 그리고 신체비틀림 각도 및 차이각도를 비교분석하여 정량적인 데이터 제시로 효율적인 자세와 경기력 향상을 위해 이 연구를 시도 하였다. 이와 같은 목적을 달성하기 위해 남자 대학생 선수 6명을 선발하여 양손 백핸드 드라이브 스트로크 동작 시 3차원 영상분석을 통해 고관절·무릎·발목각도, 어깨선·힙선·무릎선의 수평회전각도, 그리고 신체최대 꼬임각도(어깨선과 힙선, 힙선과 무릎선, 어깨선과 무릎선)에 대한 평균차이를 검증하고, 비교는 paired t-test를 사용하여 얻은 결과는 다음과 같다.

방향성에 따른 하지관절각도는 유사한 형태의 동작을 취하는 것으로 나타났다. 방향성에 따른 어깨선, 힙선, 무릎선의 수평회전각도는 E1에서 무릎, E2에서 골반과 무릎, E3과 E4는 어깨, 골반, 무릎에서 사선방향이 크게 나타났다. 방향성에 따른 백스윙 시 신체최대 꼬임각도 차이는 유사한 것으로 나타났다.

양손 백핸드 드라이브 시 방향성에 따른 수평회전 운동의 효율성은 하지의 적절한 굴곡과 신전의 움직임이 상체의 자세를 흔들림 없이 고정시켜주어 스윙을 안정적으로 유도해내며, 각 신체분절 회전운동은 유사한 스윙동작에서 약간의 각도 차이를 생성하여 볼 방향성을 조정하는 것으로 나타났다. 선수들의 양손 백핸드 드라이브 스트로크의 기술을 잘 수행하기 위해서는 동작의 변화 폭을 최소화해야 하며, 네트 위 통과하는 구역과 볼이 낙하하는 지점을 세분화하여 경기상황에 맞는 스윙을 구분하여 기술적 정밀성을 높이는 것이 중요하다. 이후 추가로 연구되어야 할 사항은 볼의 타구 지점과 라켓의 면각도, 전후각도에 대한 데이터를 분석하여 수평회전각도와 일치화 시키는 것이 중요한 것으로 보여 진다. 백스윙 시 신체최대 꼬임각도는 방향에 따른 차이는 없었지만 SSC원리는 타격 시 반대방향 움직임을 형성해 각 분절의 순차적인 회전과 신체비틀림을 극대화 시켜 양손 백핸드 스트로크의 회전운동 시 효율성을 높여주는 방법이라 볼 수 있다.

참고문헌

- Bartlett, R. M. (2000). *Principles of throwing*, In V. Zatsiorsky(Eds). Biomechanics in Sports. Cambridge, UK: University Press.
- Braden, V., & Bruns. B. (1998). *Tennis 2000* Pearson Education Publisher.
- Burden, A. M., Grimshaw, P. N., & Wallace, E. S. (1998). Hip and shoulder rotations during the golf swing in sub-10 handicap

- players. *Journal of Sports Sciences*, 16, 165-176.
- Choi, J. Y., & Shin, J. M. (2005). 3-D Kinematic comparison of one hand backhand stroke and two hand backhand stroke in tennis. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 15(4), 85-95.
- Chung, Y. M., Kang, Y. T., & Seo, K. E. (2013). A comparative analysis of horizontal rotation of the shoulder, hip, knee for different stance types during a forehand drive stroke in tennis. *The Korea Journal of Sports Science*, 22(2), 1313-1323.
- Elliott, B. (1983). Spin and the power serve in tennis. *Human Movement Studies*, 9, 97-100.
- Fletcher, I. M., & Hartwell, M. (2004). Effect of an 8-week combined weights and plyometric training program on golf drive performance. training program on golf drive performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18, 59-62.
- Horton, J. E., Lindsay, D. M., & Macintosh, B. R. (2001). Abdominal muscle activation of elite male golfers with chronic low back pain. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 1647-1654.
- Kang, S. H. (2004). The kinematical analysis of the tennis serve. *Korea Sport Research*, 15(4), 2135-2146.
- Kang, S. H. (2009). Kinematic analysis of tennis serve return motion. *The Korea Journal of Physical Education*, 48(5), 421-430.
- Kang, S. H. (2011). Change in rotational motion of the shoulder and hip according to the method used for a 2-handed backhand stroke in tennis. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 21(1), 39-46.
- Kang, Y. T. (2000). *Kinematics Analysis of Pushing Shot and Hitting Shot in Tennis*. Unpublished Master's Thesis, Busan National University.
- Kang, Y. T. (2006). *Analysis of Kinematics and Kinetics on Forehand Stroke by Tennis Stance and Swing Pattern*. Unpublished Doctor's Thesis, Busan National University.
- Kang, Y. T. (2013). A comparative analysis of horizontal rotation movement for different stance types during a forehand top spin stroke in tennis. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 52, 717-726.
- Kibler, W. B., Brody, H., Knudson, D., & Stroia, K. (2004). *Tennis Technique and Injury Prevention*. USTA Sport science committee.
- Kim, H. J., Park, J. H., & Shin, B. C. (2007). Notational analysis of woman's grand slam tennis game. *Journal of Korea Sport Research*, 18(2), 321-332.
- Kim, Y. S. (2005). The comparative analysis of the required time of practice of actual swing during tennis stroke. *Journal of Korea Sport Research*, 16(2), 355-364.
- Komi, P. V., & Nicol, C. (2000). Stretch-shortening cycle of muscle function. In V. M. Zatsiorsky(Eds). *Biomechanics in Sports*. Cambridge, UK: University Press.
- Lee, J. M. (1992). *Kinematics Analysis of One-handed Backhand Drive and Two-handed Backhand Driver of Female Tennis Player*. Unpublished Master's thesis, Myongji University.
- Lee, G. B., Lee, Y. S., & Lee, G. C. (2004). The notational analysis of the domestic man's single tennis game. *The Korea Journal of Physical Education*, 43(3), 903-911.
- Lim, H. J., Seo, K. E., Kang, Y. T., & Park, T. J. (2011). A kinematic comparison analysis of the horizontal rotation of shoulder and hip by types of stance during the two-handed backhand motion of male tennis players. *The Korea Journal of Sports Science*, 20(5), 1271-1280.
- McLean, J., & Andrisani, J. (1997). *The X-factor Swing*. New York: Harper Collins Publishers, Ins.
- Myers, J., & Jolly, J. (2008). The role of upper torso and pelvis rotation in driving performance during the golf swing. *Journal of Sports Science*, 26(3), 181-188.
- Na, D. R. (2010). *Kinematics Analysis of Two-handed Backhand Stroke between Male and Female Tennis Player*. Unpublished Master's thesis, Busan National University.
- Na, D. R., Kang, Y. T., Park, T. J., & Seo, K. E. (2012). A comparative analysis of the horizontal rotation angle and joint angle of body during the two-handed backhand motion of male and female tennis. *The Korea Journal of Sports Science*, 21(5), 1313-1324.
- Nam, S. G. (2007). *A Comparative Analysis of One-handed and Two-handed of Backhand in Tennis*. Unpublished Master's Thesis, School Hanyang University.
- Park, C. H., & Baek, S. K. (1997). *Sports Biomechanics*. Dong-A University Publisher.
- Park, Y. H. (2006). Kinetic Analysis of Lower Body Motion of Male Professional Golfer's Driver Swing. Unpublished Doctor's Thesis, Busan National University.
- Park, Y. K., Kim, Y. S., & Kim, E. J. (2005). A change in electromyogram upon the movement of muscles for forehand stroke in tennis. *Journal of Korea Sport Research*, 16(4), 593-602.
- Roetert, P., & Groppe, J. (2001). *World Class Tennis Technique*. Human Kinetics Publisher, Inc.
- Shin, J. M. (2004). 3-d Kinematic analysis of two-hand backhand stroke in tennis. *Journal of Korea Sport Research*, 15(6), 887-890.
- So, J. M., & Seo, J. H. (2005). Kinematic analysis attacking of tennis backhand stroke. *The Korea Journal of Physical Education*, 44(6), 643-655.
- Joo, W. S. (1998). *Tennis korea*. Seoul:
- Wilson, G., Elliott, B., & Wood, G. (1991). The effect on performance of imposing a delay during a stretch-shortening cycle movement. *Medicine and Science. In Sports and Exercise*, 23, 364-370.