

## 테니스 양손 백핸드 스트로크 방법에 따른 어깨와 힙의 회전운동 변화

강상학<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한중대학교 예체능대학 체육학부

### Change in Rotational Motion of the Shoulder and Hip According to the Method Used for a 2-Handed Backhand Stroke in Tennis

Sang-Hack Kang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Division of Physical Education, College of Art & Sports Science, Hanzhong University, Donghae, Korea

Received 31 October 2010; Received in revised form 8 November 2010; Accepted 27 December 2010

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to examine differences between players who bend the left elbow and those who stretch it during the forward swing from BST to BC in a 2-handed backhand stroke among outstanding high school tennis players, and to assess the detailed 3D rotational kinematic characteristics of the shoulder and the hip. Statistically significant differences were observed between groups in the longitudinal axis rotation angle of the shoulder and the angle between the shoulder and the arm at BST, and in the side to side movement of the shoulder, the up and down movement of the hip, the side tilt angular velocity of the shoulder, the side tilt angular velocity of the hip, and the front tilt angular velocity of the hip at BC. The difference in the longitudinal axis rotation angle of the shoulder between the 2 groups suggests a difference in the flexibility of the joint in the shoulder arm racquet system. The longitudinal axis rotation angular velocity of the shoulder reached its peak at 75 % of the duration of the analyzed segment and then decreased little by little until BC. This time is considered the stage for increasing the angular velocity of the upper arm, the forearm, the hand and then the racquet, which are more distal segments than the shoulder.

*Keywords* : Tennis, 2-Handed Backhand Stroke, Rotational Motion, Shoulder and Hip

## I. 서론

최근 백핸드 스트로크는 투핸드를 많이 사용한다. 오른손잡이의 경우, 왼손으로 치는 포핸드 동작에 오른손을 덧붙여서 스윙을 하면 왼손을 사용할 때보다 훨씬 강력한 스트로크를 구사할 수 있다고 보는 왼손주도형의 스타일이 세계적인 흐름을 타고 있다. 양손 백핸드는 포핸드와 같이 몸통의 회전을 이용해서 치는 것이 상당히 중요하지만, 포핸드에 비해 회전량은

오히려 작다. 양손으로 라켓을 쥐고 있기 때문에 포핸드만큼 스윙을 자유롭게 하기 힘들기 때문에 짧은 스윙에서 충분히 파워를 낼 수 있어야 한다. 양손 타법은 볼을 최대한 끌어당겨 칠 수 있기 때문에 빠른 볼이나 라이징에 강하고 상대에게 코스를 들키지 않는다는 효과도 있으며, 높은 타점에서도 볼을 강타할 수 있기 때문에 현대적인 테니스에 상당히 적합하다(Jang, 2010). 또한 자세의 안정감과 볼에 강력한 파워를 실을 수 있다는 것이다. 하지만 팔만의 스윙으로는 강력한 투핸드 스트로크를 구사하기 힘들기 때문에 어깨와 힙의 회전력을 유효적절하게 이용해야 한다. Mclean(1992)이 처음 소개한 X-factor는 주로 골프 스윙에서 많이 다루어지고 있는데, 수평면 상에 투영된 어깨와 힙의 회전각 사이의 차이를 말한다(Horan, Evans, Morris & Kavanagh, 2010). 프로 골프 선수들을 대상으로 X-factor를 조

Corresponding Author : Sang-Hack Kang  
Division of Physical Education, College of Art & Sports Science,  
Hanzhong University, 200 Jiyang-gil, Donghae-si, Korea  
Tel : +82-33-520-9348 / Fax : +82-33-520-9348  
E-mail : ksh9338@hanzhong.ac.kr

사한 Mclean(1996)의 스윙 이론에 의하면, 골프 스윙에서 헤드 속력과 파워는 어깨와 힙이 회전하는 각도의 차이가 클수록 증가하며, 비거리도 늘어난다고 했다. 장타자라고 반드시 어깨 회전을 많이 하지는 않았지만, 힙보다 어깨의 회전 비율을 크게 함으로써, X-factor를 크게 한다는 것이다(Kim, 2004). 하지만 양손 백핸드에서 회전력의 효과를 위해 테이크백 시 어깨를 너무 많이 회전시키면 다음 동작에 방해가 주게 되거나 전체 동작이 부드럽게 이어지지 못하게 될 수도 있다. 따라서 정지된 볼을 치는 골프 스윙과는 달리 테니스 스윙에서는 날아오는 볼에 따라 체중을 이동시켜서 볼을 쳐야 하기 때문에 다음 동작을 위해서 X-factor를 적절히 유지해야 한다.

테니스 스트로크에 관한 국외의 연구(Elliott, Marsh & Overheu, 1989; Elliott, Sprigings, Marshall, Elliott & Jennings, 1994; Grabiner, Groppe & Campbell, 1983; Hatze, 1976; Hensley, 1979; Knudson & Roberts, 1990; Takahashi & Noffal, 1997; Van Gheluwe, 1983; Woo & Champman, 1992)는 많이 이루어졌지만, 투핸드 스트로크에 관한 연구는 상당히 미진한 상태이다(Groppe, 1978).

양손 백핸드를 구사하는 스타일은 크게 오른손 주도형과 왼손 주도형으로 분류할 수 있다. 왼손 주도형도 백스윙 탑에서 임팩트까지 왼쪽 팔꿈치를 구부리는 스타일과 펴는 스타일로 구분할 수 있다. 왼손 주도형에서는 왼팔을 중심팔로 볼 수 있는데 왼쪽 팔꿈치를 구부리면 헤드중심의 높이가 올라가 타점이 약간 높은 볼을 치기가 편리해지며, 팔꿈치 관절을 사용해서 볼을 컨트롤하기가 더 용이해진다. 반면, 왼쪽 팔꿈치를 펴면 헤드중심의 높이가 약간 내려가게 되며, 타점이 낮은 볼을 치기가 더 용이해진다. 또한 팔꿈치 관절이 고정되어 약간 더 안정감이 있는 스트로크를 구사할 수 있게 된다. 이와 같이 테니스의 백핸드 스트로크는 한손에서 양손으로, 왼손 주도형의 스

타일 등의 많은 변화가 진행되고 있지만, 이에 관한 선행연구는 상당히 부족한 편이다. 특히 양손 백핸드에서 왼쪽 팔꿈치를 구부리고 펴는데 따른 효과에 관련된 선행 연구나 어깨와 힙의 회전력을 많이 이용하는 양손 백핸드의 3차원 회전운동에 관한 연구들이 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 전국대회에서 우승한 고교 남자 테니스 선수들 중 왼손 주도형의 양손 백핸드를 사용하는 선수들을 대상으로 포워드 스윙동안 왼쪽 팔꿈치를 펴는 그룹과 구부리는 그룹 사이에 어떠한 차이가 존재하는지를 알아보기 위해 어깨와 힙의 세부적인 3차원 회전 운동학의 특성을 밝히는데 그 목적이 있다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상자

본 연구의 대상자들은 한 팀에 소속되어 있는 고교선수들로 전국대회에서 단체전과 개인전에서 다수 우승한 팀의 선수들이다. 대상자들은 남자선수 9명으로 모두 오른손잡이이며, 이들의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Physical characteristics of the subjects

Group		Height(cm)	Weight(kg)	Age(year)
A	<i>M</i>	178	67	17.2
	<i>SD</i>	5.43	10.53	.82
B	<i>M</i>	177	65	16.8
	<i>SD</i>	1.30	5.19	.73

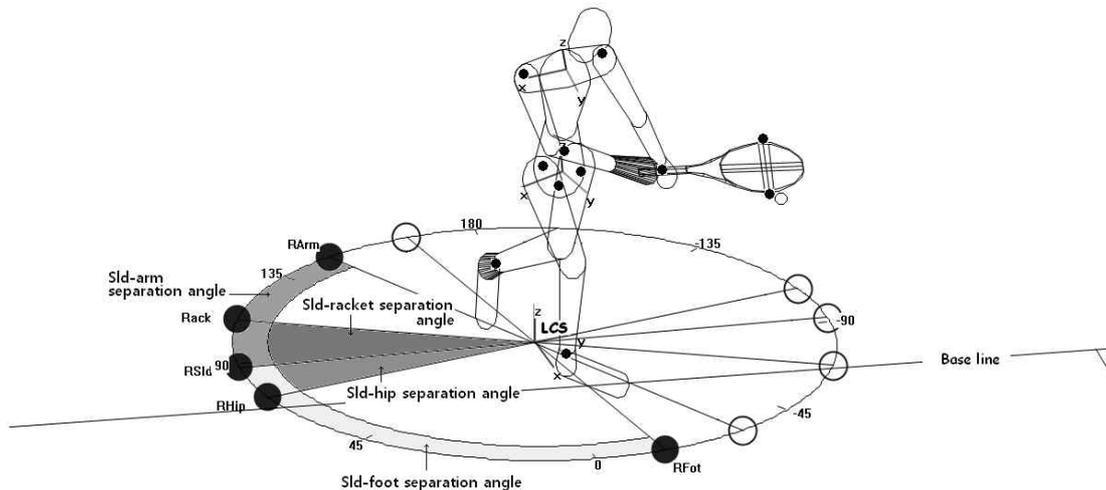


Figure 1. Definition of shoulder-hip(shoulder-arm, shoulder-foot, shoulder-racquet) separation angles. All marker locations are presented for the shoulder and hip segments, and the local coordinates system(LCS).

대상자들은 포워드 스윙구간의 BST(backswing top)에서 BC(Ball contact)까지 왼쪽 팔꿈치를 펴는 그룹(A)과 구부리는 그룹(B)으로 분류했다. A그룹에 속한 선수들은 4명이고, B그룹에 속한 선수들은 5명이다.

마크는 <Figure 1>과 같이 인체에 8개, 라켓에 3개, 볼에 1개로 모두 12개를 부착했으며, 동작을 촬영하기 전에 각 대상자들은 충분한 워밍업을 실시했다. 테니스 투핸드 동작의 촬영을 위해 두 대의 고속비디오카메라(HDR-FX7)를 동작이 잘 보이는 곳에 설치했다. 볼은 테니스 지도자가 네트의 3 m 후방에서 직접 라켓으로 쳐주었다. 피험자는 베이스라인 후방에서 준비 자세를 취한 후 날아오는 볼을 크로스 방향의 코너에 위치한 반지름 1 m의 서클 속으로 타구하도록 했으며, 서클 속에 들어간 동작들을 자료분석에 사용했다. 비디오카메라의 촬영속도는 120 frames/s, 노출시간은 1/500 sec로 설정했다. 가로, 세로, 높이 3 m × 3 m × 2 m의 통계점 틀은 베이스 라인에 투핸드 동작을 포함할 수 있도록 위치시킨 후 촬영했다.

마크들의 좌표화나 그래픽 처리, 자료 분석에 사용된 소프트웨어는 Kang(2005)이 Visual C++로 제작한 프로그램을 추가·수정해서 사용했다. 자료 분석은 테니스 양손 백핸드의 포워드 스윙 단계로 제한했으며, BST에서 BC까지로 했다. BST은 어깨가 타깃으로부터 멀리 회전하는 것을 멈추고, 타깃을 향하여 회전하기 시작하는 전환점으로 정의했다.

포워드 스윙 국면에 대한 자료는 3차 스플라인 보간을 통해 각 시행에 대해 101개의 점들로 정규화 했다. 원 3차원 좌표 자료는 필터링 했다. 어깨와 힙의 자료는 BST 때 힐 마크들의 포지션에 토대를 둔 LCS에 대해 계산되었다<Figure 1>. LCS의 원점은 좌우 힐 마크의 중앙점이다. LCS의 x축은 두 힐 마크를 향하는 벡터이다. LCS의 z축은 전역 좌표계의 z축과 일치하며, LCS의 y축은 LCS의 x축과 z축 사이에 형성된 면의 cross product이다.

## 2. 자료 분석 내용

어깨와 힙의 전후 이동(thrust), 좌우 이동(sway), 상하 이동(lift)은 x, y, z축을 따른 병진운동으로 정의된다. 어깨와 힙의 측면 기울기, 전후 기울기, 장축 회전은 오일러각 계산을 이용해 각 분절의 x, y, z축에 대한 각 회전으로 정의된다. 어깨와 힙의 각속도는 Zatsiorsky(1998)와 Craig(2005)가 기술한 방식으로 산출했다.

각 이벤트에 몸통의 좌표계를 설정해서 어깨-힙(어깨-팔, 어깨-라켓, 어깨-발)의 사이각(separation angle)을 산출했다. 몸통 좌표계에서 x축은 힙 센터를 연결하는 선에 대해 전후 방향이며, y축은 오른쪽 힙에서 왼쪽 힙의 관절 중심을 향하며, z축은 좌우 힙의 센터로부터 좌우 어깨 센터까지의 상방을 향한다.

전역 좌표계에서 좌우 힙과 어깨, 라켓헤드 중심의 3차원 좌표들은 각 이벤트에 방향 코사인 행렬을 사용해서 몸통 좌표계로 변환되어졌다. 어깨-힙(어깨 - 팔, 어깨 - 라켓, 어깨 - 발)의 사이각은 <Figure 1>에서 보는 바와 같이 수평면 상에 투영된 어깨의 회전각과 힙(팔, 라켓, 발)의 회전각 사이의 차이이다. 어깨와 힙의 방향이 근접해지면, 사이각은 0도에 가까워진다. 음의 사이각은 힙의 평면회전이 어깨의 평면회전을 앞설 때이다. 사이각의 변화율은 사이각의 미분으로 계산된다.

어깨-힙의 사이각( $\theta_{SH}$ ), 어깨-팔의 사이각( $\theta_{SA}$ ), 어깨-발의 사이각( $\theta_{SF}$ ), 어깨-라켓의 사이각( $\theta_{SR}$ )은 다음과 같이 계산했다.

$$\theta_{SH} = \arccos\left(\frac{V_s \cdot V_h}{|V_s| |V_h|}\right)$$

$$\theta_{SA} = \arccos\left(\frac{V_s \cdot V_a}{|V_s| |V_a|}\right)$$

$$\theta_{SF} = \arccos\left(\frac{V_s \cdot V_f}{|V_s| |V_f|}\right)$$

$$\theta_{SR} = \arccos\left(\frac{V_s \cdot V_r}{|V_s| |V_r|}\right)$$

여기서  $V_h$ ,  $V_s$ ,  $V_a$ 는 몸통 좌표계의 xy 평면상에서 각각 왼쪽 힙에 대한 오른쪽 힙, 왼쪽 어깨에 대한 오른쪽 어깨, 오른쪽 어깨에 대한 라켓 헤드 중앙의 위치 벡터이며,  $V_f$ 와  $V_r$ 은 발과 라켓의 위치 벡터를 나타낸다.

어깨와 힙의 전후 기울기, 좌우 기울기, 장축 회전각은 x-y-z 회전순으로 지역 좌표계에 대해 어깨와 힙 좌표계의 오일러 회전으로 정의된다. 어깨와 힙의 전후 기울기는 오일러각의 일차 회전으로 기술된다. 양의 값은 전방 기울기를 나타내는 반면, 음의 값은 후방 기울기를 나타낸다.

## 3. 통계처리

자료처리는 집단 간 평균 차이를 검정하기 위해 독립표본 t 검정을 실시하였고, 통계적 차이의 유의수준은  $\alpha=0.05$ 로 하였다.

# III. 결과

## 1. 어깨와 힙의 직선변위

어깨와 힙의 직선변위에 대한 두 그룹의 자료는 <Figure 2>에 기술했다. 어깨와 힙의 직선변위는 기준 자세(BST)에서 어깨와 힙의 움직인 변위를 나타낸다. <Table 2>와 같이 BC 순간 어깨의 좌우이동(sway)은 통계적으로 그룹 간 유의한 차이가

Table 2. Descriptive statics of A group and B group

	BST			BC		
	A group	B group	<i>t</i>	A group	B group	<i>t</i>
Ball velocity(m/s)	•	•	•	33.29±3.16	31.85±.59	1.977**
Shoulder thrust(cm)	•	•	•	4.01±7.81	0.04±7.95	1.677
Shoulder sway(cm)	•	•	•	15.23±8.19	14.92±5.04	.153**
Shoulder lift(cm)	•	•	•	6.27±4.94	7.89±4.03	-1.216
Hip thrust(cm)	•	•	•	-5.52±6.95	-5.53±6.25	1.380
Hip sway(cm)	•	•	•	10.07±4.70	8.99±4.12	.823
Hip lift(cm)	•	•	•	4.88±5.72	7.33±3.50	-1.762*
Shoulder a/p tilt angle(°)	6.72±3.93	9.11±6.80	-1.395*	17.00±8.77	19.16±8.64	-.826
Shoulder lateral tilt angle(°)	8.07±4.70	8.99±4.12	1.426	2.05±12.77	.75±7.34	.652
Shoulder axial rotation(°)	-66.94±14.14	-56.02±14.95	-1.743***	32.75±15.37	35.97±20.23	-.584
Hip a/p tilt angle(°)	16.15±10.14	14.12±8.99	.715	20.90±9.38	19.64±9.54	.447
Hip lateral tilt angle(°)	7.68±9.28	2.19±9.07	1.991	-3.65±13.53	-6.80±8.55	.955*
Hip axial rotation(°)	10.63±45.20	12.79±35.82	-.183	51.68±22.24	50.37±23.68	.184
Shoulder a/p tilt angular velocity(deg/s)	58.85±13.38	77.32±10.41	-.516	-20.26±11.03	-11.86±7.87	-.293
Shoulder lateral tilt angular velocity(deg/s)	55.27±20.90	23.95±23.50	.463	-44.00±14.43	-49.55±9.21	.156*
Shoulder axial rotation angular velocity(deg/s)	-115.53±54.11	-90.96±42.85	-1.745	757.69±22.82	777.03±22.61	-.283
Hip a/p tilt angular velocity(deg/s)	73.44±14.53	80.44±16.45	-.143	-59.61±12.00	-41.39±6.14	-.646**
Hip lateral tilt angular velocity(deg/s)	12.58±19.64	-23.06±19.73	.601	-35.34±12.28	-33.09±9.90	-.062
Hip axial rotation angular velocity(deg/s)	223.02±54.26	201.73±61.95	.124	330.77±43.92	349.04±47.78	-.138
Shoulder-hip separation angle(°)	41.00±23.68	36.55±19.84	.752	-17.23±11.64	-21.34±9.02	1.034
Shoulder-foots separation angle(°)	9.85±24.23	.70±19.58	1.403*	-86.93±15.69	-85.63±13.22	-.308
Shoulder-arms separation angle(°)	40.31±18.92	46.00±18.25	1.223	79.16±17.61	73.39±12.73	1.905
Shoulder-racket separation angle(°)	2.65±20.81	2.08±11.92	-.293	18.78±5.98	22.29±6.39	-1.873

Note: Statical significance is indicated by bold font. Values are  $Mean \pm SD$ . \*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$

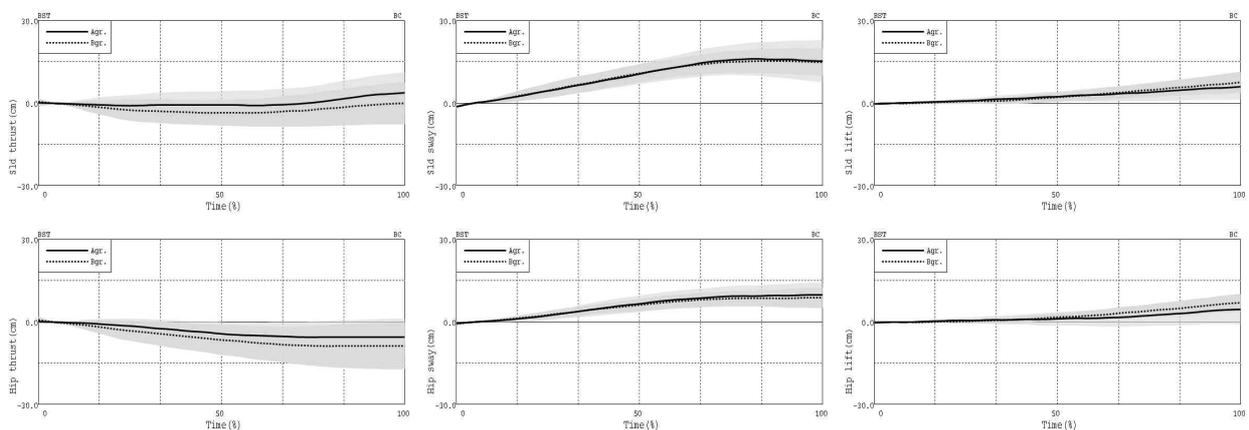


Figure 2. Ensemble averages for shoulder and hip displacement int x-(thrust), y-(sway) and z-direction(lift) for both A group and B group. All displacements are expressed relative to the BST. Shaded areas represent one standard deviation of the mean.

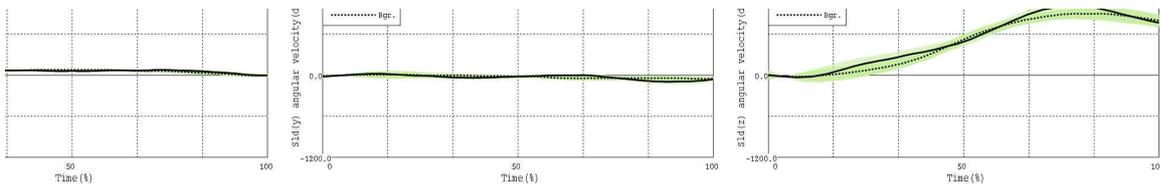


Figure 3. Averages for shoulder angles and velocities for both A group and B group. Shaded areas represent one standard deviation of the mean

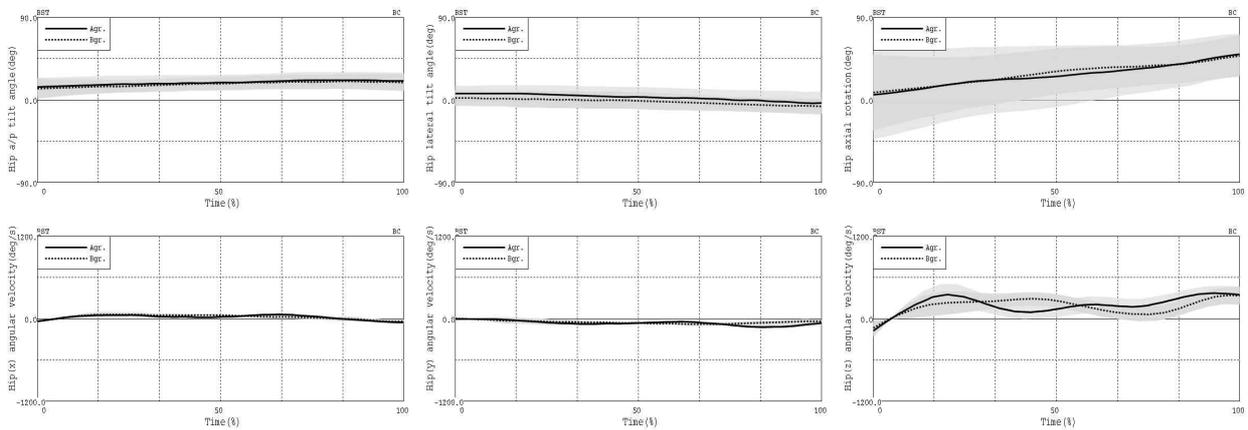


Figure 4. Averages for hip angles and velocities for both A group and B group. Shaded areas represent one standard deviation of the mean

나타났다. 한편, BC 순간 힙의 상하이동(lift)은 팔꿈치를 구부린 B그룹이 BST에서보다 BC 순간 7 cm 올라간 것으로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 반면 팔꿈치를 편 A그룹은 BST보다 힙이 4 cm 올라간 위치에서 BC이 이루어진 것으로 나타났다.

**2. 어깨의 각변위와 각속도**

어깨의 각변위와 각속도에 관한 자료는 <Figure 3>에 기술했다. 어깨의 각변위는 BST에 장축회전이 그룹 간 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 어깨의 각속도는 BC때 측면기울기에서 그룹 간 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(Table 2).

**3. 힙의 각변위와 각속도**

힙의 각변위와 각속도에 관한 자료는 <Figure 4>에 기술했다. 힙의 각변위는 BC 순간 측면기울기에서 그룹 간 통계적으로 유

의한 차이가 나타났다. 힙의 각속도는 BC 순간 전후기울기 각속도에서 그룹 간 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(Table 2).

BC 순간 힙의 장축회전 각속도는 어깨에 비해 상당히 느리다. 최대 피크도 어깨는 BC 가까이 있었지만, BST이 조금 지나서 나타난 후 BC까지 지속되는 것을 볼 수 있었다.

**4. 사이각(separation angle)**

어깨-힙, 어깨-팔, 어깨-라켓, 어깨 - 발의 사이각에 관한 자료는 <Figure 5>에 기술했다. 어깨 - 팔의 사이각은 BST에서 두 그룹 간 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(Table 2).

<Figure 5>에서 어깨-힙의 사이각을 보면, BST에서는 45°의 차이를 유지하다가 BC 순간에는 거의 어깨선과 힙선이 평행인 수평선상에서 BC이 이루어지는 것으로 나타났다. 어깨 - 발의 사이각을 보면, BST에서 어깨선과 발선이 거의 수평상태를 유지하다가 BC 순간에는 90°의 각도에서 임팩트가 이루어지는 것으로 나타났다.

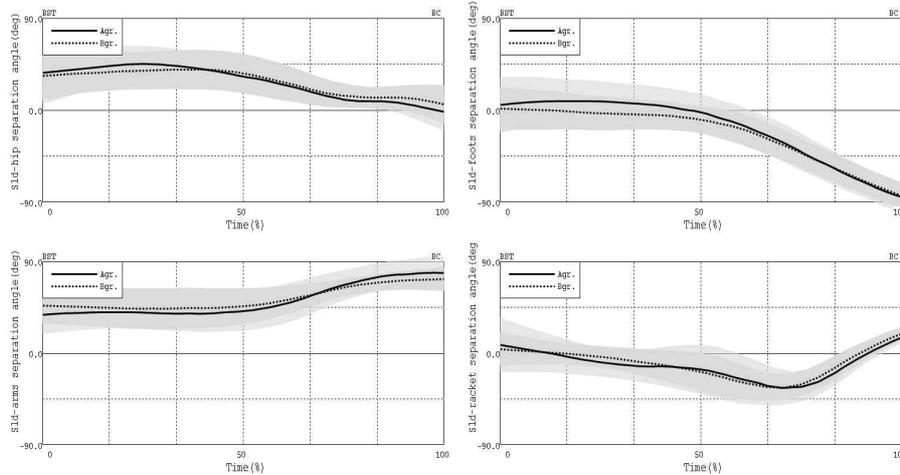


Figure 5. Averages for shoulder-hip(shoulder-foot, shoulder-arm, shoulder-racquet) separation angle for both A group and B group. Shaded areas represent one standard deviation of the mean

어깨 - 라켓의 사이각은 BST에서 거의 평행상태를 유지하다가 75 %Time 정도까지 사이각을 더 크게 한 후 BC 순간까지 라켓을 급속히 회전시켜 임팩트가 이루어지는 것을 볼 수 있었다. 어깨-팔의 사이각은 BST에서 BC 순간까지 대략 40° 정도의 회전이 이루어진 것을 볼 수 있었다.

#### IV. 논의

임팩트 순간 그룹 간 힙의 높이에서 차이가 나는 것은 타점의 높이가 일정할 경우, B그룹은 왼쪽 팔꿈치를 구부리기 때문에 상체를 많이 올리지 않아도 되지만, 팔꿈치를 펴서 치는 A 그룹은 힘을 들어 올려서 타점의 높이를 적절하게 조절해야 하기 때문에 그룹 간 이러한 힙의 상하이동(lift)에서 차이가 나는 것으로 판단된다. 한편, 임팩트 순간 팔꿈치 각도에 따라 타점의 높이를 달리할 수도 있다. 팔꿈치를 구부려서 치는 선수는 펴는 선수에 비해 타점의 높이가 약간 높은 것이 자연스런 자세가 될 수 있다. 선행연구(Kang & Son, 2007; Kang & Yoon, 2009)에서 타점의 높이를 보면, 포핸드 스트로크에 비해 백핸드 스트로크에서 타점의 높이가 높게 나타났는데, 이는 팔꿈치 각도와 관련이 있는 것으로 사료된다. 임팩트 순간 A그룹은 힙의 높이가 더 많이 올라간 반면, 어깨의 높이는 두 그룹 간 차이가 전혀 없는 것으로 나타났다.

어깨의 좌우이동(sway)은 양의 값으로 타깃방향으로 BST에서 BC까지 많이 이동했다. 반면 힙의 좌우이동(sway)은 어깨보다 조금 덜 이동한 것으로 나타났는데, 이는 지지하고 있는 양 발에서 먼 부위인 어깨의 이동변위가 힙보다 큰 것이 자연스런 자세이기 때문인 것으로 판단된다.

포워드 스윙동안 왼쪽 팔꿈치를 구부리는 선수들은 거의 오른쪽 팔꿈치를 구부리는데, 이는 그립을 쥘 때 자연스런 자세이기 때문이다. 여자 선수들을 대상으로 양손백핸드를 연구(Kang & Yoon, 2007)한 자료에 의하면, 임팩트 시 팔꿈치 관절 각(좌 131°, 우 125°)이 거의 비슷한 것으로 기술했다. 반면, 왼쪽 팔꿈치를 펴는 선수들은 오른쪽 팔꿈치를 조금 구부리던지 아니면 쪽 펴서 스윙을 하는 스타일로 약간의 차이가 있다. BST에서 두 그룹 간 어깨의 장축회전각에서 차이가 나는 것은 B그룹처럼 팔꿈치를 구부렸을 때는 어깨-팔-라켓의 시스템에서 약간의 유연함이 존재하지만, A그룹에서는 어깨-팔-라켓의 시스템이 거의 하나가 되어 타깃의 반대 방향으로 장축 회전시켜야 한다. 따라서 B그룹은 테이크 백 시 어깨가 조금 덜 회전하더라도 팔꿈치 관절의 자유로움으로 인해 라켓을 더 회전시키는 것이 A그룹보다 용이하기 때문에 어깨회전각에서 두 그룹 간 차이가 존재하는 것으로 판단된다.

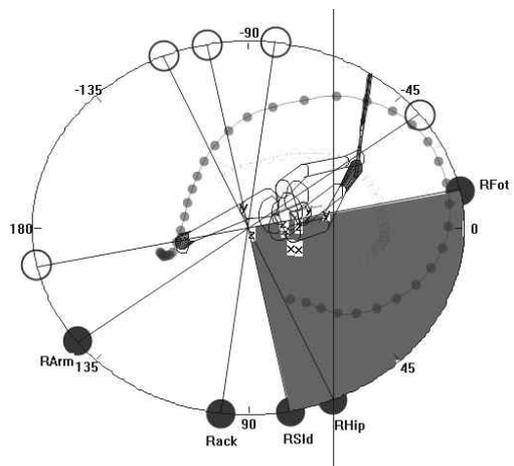


Figure 6. Shoulder(RSId)-foot(RFot) separation angle

어깨의 각속도는 <Figure 3>에 나타난 바와 같이 장축회전 각속도가 BC 직전에 상당히 높게 나타났다. 전체 분석 구간의 75 %Time 지점에서 장축회전 각속도는 최고점에 도달한 후 BC까지는 약간 떨어지는데, 이 구간에서는 체간보다 더 원위분절인 상완, 전완, 손과 라켓에서의 각속도를 적절히 이용하기 위한 구간으로 판단된다.

<Figure 6>을 보면 시계방향으로 BC 순간에 RSId가 RFot를 앞서고 있을 때는 음의 값으로 기술했으며, RFot이 앞서면 양의 값으로 기술했다. <Table 2>에 기술된 바와 같이, BST 자세에서 두 그룹간 어깨 - 발의 사이각을 보면 왼쪽 팔꿈치를 편 A그룹이 8도 많이 회전한 것으로 나타났다.

이는 BST에서 양발의 위치보다는 어깨의 장축회전각의 차이에 기인된 것으로 팔꿈치 관절의 유연성이 없는 A그룹이 백스윙하기 위해선 어깨를 조금 더 회전시키는 것을 볼 수 있다.

## V. 결 론

테니스 백핸드 스트로크의 BST에서 BC까지의 포워드 스윙 동안 어깨와 힙의 운동학적 특성에 대해 왼쪽 팔꿈치를 구부리는 그룹과 펴는 그룹으로 나누어 고찰해 보았다.

왼쪽 팔꿈치를 구부려서 치는 선수는 펴는 선수에 비해 헤드중심의 높이가 약간 높은 자세가 될 수 있기 때문에 BC에 어깨의 좌우이동, 힙의 상하이동에서 두 그룹 간 차이가 나는 것으로 판단된다. 두 그룹 간 어깨의 장축회전각에서 차이가 나는 것은 어깨-팔-라켓의 시스템에서 관절의 유연성에 차이가 존재하는 것으로 판단된다. 어깨의 장축회전 각속도는 분석 구간의 75 %Time에 최고점에 도달한 후 BC까지 조금씩 떨어지는데, 이는 어깨보다 더 원위분절인 상완, 전완, 손과 라켓으로의 각속도를 높이는 단계로 판단된다.

이와 같이 양손 백핸드의 왼손주도형에서도 왼쪽 팔꿈치를 구부리고 펴는 자세에 따른 차이들은 자연스런 타점의 높이에 따른 차이와 팔꿈치 관절의 적절한 사용여부에 따른 유연성의 차이에 따른 요인 등으로 판단된다. 앞으로의 연구에서는 많은 팀들의 선수들을 대상으로 왼손주도형과 오른손주도형에 따른 차이에 관한 연구가 이루어졌으면 한다.

## 참고문헌

Craig, J. J.(2005). *Introduction to Robotics: Mechanics and Control* 3rd ed. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 135-164.

- Elliott, B., Marsh, T., & Overheu, P.(1989). A biomechanical comparison of the multisegment and single unit topspin forehand drives in tennis. *International Journal of Sport Biomechanics*, 5, 350-364.
- Elliott, B., Marshall, R., & Noffal, G.(1996). The role of the upper limb segment rotations in the development of racket-head speed in the squash forehand. *Journal of Sports Science*, 14, 159-165.
- 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*, 14, 173-196.
- Grabiner, M., Groppe, J., & Campbell, K.(1983). Resultant ball velocity as a function of grip firmness during off-center impacts in tennis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15(6), 542-544.
- Groppe, J. L.(1978). Teaching one- and two-handed backhand drives: Biomechanical considerations. *Journal of Physical Education and Recreation*, 54(5), 23-26.
- Hatze, H.(1976). Forces and duration of impact, and grip tightness during the tennis stroke. *Medicine and Science in Sports*, 8, 88-95.
- Hensley, L., D.(1979). *Analysis of Striking Errors Committed in Championship Tennis Competition*. In J. Groppe(Ed.), *Proceedings of a National Symposium on the Racket Sports*. University of Illinois at Urbana-Champaign, Division of Conferences and Institutes.
- Horan, S. A., Evans, K., Morris, N. R., & Kavanagh, J. J.(2010). Thorax and pelvis kinematics during the downswing of male and female skilled golfers. *Journal of Biomechanics*, 43, 1456-1462.
- Jang, C. H.(2010). Backhand. <http://www.jtennis.co.kr>.
- Kang, S. H.(2005). A study of computer graphic program for three dimensional motion analysis. *Korean Journal of Sport Science*, 17(1), 37-44.
- Kang, S. H., & Son, W. I.(2007). A study of computer graphic program for three dimensional motion analysis. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 17(1), 1-10.
- Kang, S. H., & Yoon, S. M.(2009). Kinematic analysis of tennis serve return motion. *Korean Journal of Physical Education*, 48(5), 421-430.
- Kim, S. S.(2002). *A principal of Golf Swing*. Jeonwon Press, Seoul.
- Knudson, D.(1990). Intrasubject variability of upper extremity angular

- kinematics in the tennis forehand drive. *International Journal of Sports Biomechanics*, 4, 415-421.
- Mclean, J.(1992). *Widen the Gap*. Golf Magazine, December, 49-53.
- Mclean, J.(1996). *The X-Factor Swing*. New York: Harper Collins Publishers.
- Sprigings, E., Marshall, R., Elliott, B., & Jennings, L.(1994). A three-dimensional kinematic method for determining the effectiveness of arm segment rotations in producing racquet-head speed. *Journal of Biomechanics*, 27(3), 245-254.
- Van Gheluwe, B.(1983). *A Three-Dimensional Analysis of the Tennis Forehand*. Unpublished manuscript, Vrije University, Belgium.
- Woo, H., & Chapman, A., E.(1992). A 3d kinematic analysis of the squash forehand stroke. *Journal of Biomechanics*, 25(7), 720.
- Zatsiorsky, V. M.(1998). *Kinematics of Human Motion*. Human Kinetics, Champaign, IL, 147-224.