



스쿼시 포핸드 드라이브 동작의 임팩트시 운동학적 주요요인 분석

An Analysis on Kinematically Contributing Factors at Impact of Forehand Drive Motion in Squash

이경일 · 이희경* (조선대학교)

Lee, Kyung-Il · Lee, Hee-Kyung* (Chosun University)

ABSTRACT

K. I. LEE, and H. K. LEE, An Analysis on Kinematically Contributing Factors at Impact of Forehand Drive Motion in Squash. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 17, No. 1, pp. 29-39, 2007. This study were obtained elapsed time phase-by-phases, displacement, user angle, velocity and angular velocity to analyse kinematically contributing factors at impact of forehand drive motion, on targeting three male players. The results of the study were presented as follows; In the forehand drive swing, the elapsed time by phases was a total of .52 seconds: .30 seconds from backswing to impact and .22 seconds from impact to follow-through. Considering the mean change in locations of COM of each(part→body segment) at impact, racket head, left shoulder, right wrist and left hip, the left-right directions(X-axis) were shown to be each $.61 \pm .03$, $1.19 \pm .08$, $.66 \pm .03$, $.94 \pm .06$, and $.45 \pm .03$ m. The displacement differences of COM of each body segment were shown to be $-.57$, $-.05$, $-.33$, and $.16$ m. For the vertical direction(Z-axis), the center of mass was lowest at impact and highest at E3. For the displacement of the right wrist on the left hip, the right wrist moved to $.82$ m to the lower direction without change in the locations of the hip from E1 from E2. When the left hip moved $.02$ m from E2 to E3, the right wrist moved $.7$ m in the upper direction.

In respect to the velocity of each body segment, the hip and the shoulder joint accelerated and then the wrist followed. Then the right wrists of all the subjects and their racket heads showed maximum speed, and an effective swing was observed.

At the angle of each part, the angle of the right wrist was the smallest at the backswing and the largest at the moment of the impact. Then it increased gradually in the follow-through section.

In respect of angular velocity for subject A, the hip moved and the largest change occurred. Immediately before the impact, the subject made a swing using his right wrist, his hip, and the shoulder joint, showing the maximum value, which was judged to be effective.

KEYWORDS: GRF, SQUASH, FOREHAND-DRIVE, IMPACT, REQUIRED-TIME, POSITION, USER-ANGLE, VELOCITY, ANGULAR-VELOCITY

I. 서론

스쿼시는 오랜 역사와 전통으로 전 세계적으로 이미 보급되어 생활체육의 한 부분으로 정착됨으로써 모든 사람들에게 호평을 받고 있다. 이러한 스쿼시는 1998년 방콕 아시안 게임 정식종목으로 채택된 이후 2000년부터 국제무대에 두각을 나타내기 시작하여 각종 국제주니어대회에서 우승 및 상위권에 입상하는 등 2001년 아시아 챔피언십을 비롯하여 2002년 제14회 부산아시아 경기대회에 정식종목으로 채택되어 동메달을 획득한 바 있다. 또한 2006년 카타르 도하 아시아 경기대회, 2008년 베이징 올림픽에 정식종목으로 채택되어 있는 실정이다. 또한 1980년대 후반 국내에 처음 도입된 이후 스쿼시 동호인을 위한 각종 전국대회가 지속적으로 개최되고 있으며 전문선수 발굴을 위해 선수권 대회도 정기적으로 개최되고 있고, 1999년 대학입시부터 스쿼시 종목에 체육특기자 혜택을 받아 대학에 진학하게 됨으로써 우수한 선수선발과 육성에 박차를 가할 수 있게 되었다. 뿐만 아니라 2004년도부터는 전국체전의 정식종목으로도 채택된 바 있다.

그럼에도 불구하고 학계 연구결과 동향을 살펴보면, 스쿼시 종목은 라켓종목과 유사한 경기방식과 경기규칙으로 인해 과거 라켓경기와 관련하여 수행되어 온 타구방향과 속도 또는 타이밍의 관점에서 바라본 스쿼시 경기내용분석이나 기술요인분석, 선수의 심리적, 생리적 기능향상을 위한 연구들이 대부분이다(조성봉, 2003; 이강수 2005). 한편 스쿼시의 경우 지구력, 민첩성, 유연성 등의 복합적인 운동요인이 요구되며, 체력소모가 운동량에 비해 상대적으로 많다는 특징을 가지고 있어서 스쿼시 선수의 형태학적 특성과 관련된 연구(김덕진, 2003; 김용진, 신범철, 형구암, 이준우, 2004)에 그치고 있다.

최근 스포츠 경기의 추세는 과학 장비의 발달과 더불어 선수들의 체력적, 심리적, 기술적 기능의 발달로 경기력 향상에 지대한 공헌을 하고 있다. 라켓 운동에서의 스윙은 여러 신체 분절의 연속적이고, 질서 있는 동작으로 인해 발생한 운동량을 최대한 많이 볼에 전달하는데 있다. 이를 위해서는 스윙시 동원되는 신체

분절의 협응이 잘 이루어지고, 타이밍(timing)이 잘 이루어질 때 최대의 효과를 낼 수 있는 운동이다. 이와 같이 하기 위해서는 보다 과학적인 코칭이 이루어져야 하는데, 경험이나 정확하지 않은 자료에 근거하였을 때는 비과학적 코칭이 될 수밖에 없다. 스윙은 짧은 순간에 이루어지므로 눈으로 관찰하기가 어렵고 각자의 경험과 느낌이 다르기 때문에 스윙 동작시 과학적인 중요한 변인들의 기준척도가 필요하다. 이에 본 연구의 결과는 스쿼시 포핸드 드라이브 동작의 임팩트시 자세를 정량적으로 평가할 수 있는 기준을 제시함으로써 스쿼시 선수들의 기량향상에 기여할 수 있을 것이다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자 선정

본 연구의 피험자는 경력이 5년 이상인 일반부 남자 선수 3명을 대상으로 실시하였으며, 이들의 신체적 특성은 <표 1>과 같다

2. 실험장비

표 1. 피험자들의 신체적 특성

피험자	나이(세)	신장(cm)	체중(kg)	경력(년)
A	30	178	76.1	6
B	25	176	80	6
C	31	172	79	5
M±SD	28.7±3.2	175.3±3.1	78.4±2.0	5.7±0.6

표 2. 실험 및 분석장비

실험기기	모델명 및 유형	제조사
디지털 캠코더	Model : VX-2000 60frame/s	Sony
통계점틀	2m × 2m × 1m	Visol
동작분석	kwon 3d ver(3.1)	Visol
LED	Silk - 8555	V-Teck

3. 실험절차

촬영도구의 배치는 연구 대상자의 포핸드 드라이브 동작에 지장이 없는 실내 넓은 실험실 공간에서 통제 점들을 세우고 4대의 고속 디지털 캠코더는 좌표 기준 으로부터 각각 8m 떨어진 곳에 렌즈 중심의 높이가 1m가 되도록 삼각대 위에 수평상태로 설치하였다. 통제점들이 카메라 필드 안에 들어오도록 줌렌즈를 맞추고 또한 캠코더의 촬영 속도를 60field/sec로 하고 노출시간(exposure time)을 1/2,000로 하였다. 4대의 고속 디지털 카메라를 작동시켜 통제점들을 3분~4분 동안 촬영한 후 통제점들을 제거하였으며 피험자의 복장은 몸에 붙는 짧은 반바지를 착용하고 인체 관절에 21개, 라켓에 3개의 반사마커(reflect maker)를 부착하였다. 정확성을 측정하기 위해서는 피험자가 풀 스윙할 때 맞은 공이 front wall을 맞고 리턴되었을 때 가장 효율적으로 back wall에 도달하기까지의 거리를 계산한 지면으로부터 1m50cm 높이, 피험자와의 거리 7m에 타켓(지름 50cm)을 설치하였으며, 실험 보조자(코치)가 1m50cm 높이에서 바닥에 떨어뜨려준 볼을 피험자가 보고 쳐낼 수 있는 위치에 라켓을 놓았다. 볼은 정적인 실험실에서 이뤄지는 만큼 탄성력이 가장 좋은 연습볼로 하였으며, 라켓은 피험자들이 라켓에 민감한 점을 고려하여 피험자들이 평소 사용하는 라켓을 사용하도록 하였다. 피험자는 준비운동과 드라이브 연습을 하게 하고, 한 사람씩 지정된 위치에 서서 스탠스를 자기 자신에게 맞게 벌린 다음 준비자세를 취하게 하고 촬영을 시작하였다. 준비동작에서 '시작'이란 구령에 따라 실험 보조자가 볼을 바닥에 떨어뜨리고, 피험자는 바닥에 있는 라켓에 튕겨 올라오는 볼을 보고 스윙하도록 실시하였다. 공이 날아가는 방향을 y축으로 설정하고, 피험자의 전후를 x방향으로 위치시켰으며, z방향은 x, y축이 수직으로 만나는 점에 대해 수직하 방향으로 설정하였다. 촬영은 10회이상 실시하여 가장 타켓에 정확하게 맞고 이상적이라고 판단되는 3회의 동작만을 전문가 집단과 상의하여 채택하고 이를 평균한 값을 분석하였다.

4. 용어의 정의

본 연구의 이벤트 및 국면은 <그림 1>과 같다.

1) 이벤트(event)

이벤트는 총 3개로 구분하였다.

- (1) Back swing(BS): 라켓과 볼이 접촉하기 전에 스트로크를 하는 팔과 라켓을 일단 뒤로 움직여서 정점에 도달하는 순간
- (2) Impact(IM): 볼이 라켓면에 부딪히는 순간
- (3) Follow through(FT): 임팩트 후 계속 스윙되어 라켓의 탑이 어깨부위를 지나가는 순간

2) 국면(phase)

E1~E3을 2국면으로 구분하였다.

- (1) 1국면(P1): Back swing(BS)에서 Impact(IM)까지의 동작
- (2) 2국면(P2): Impact(IM)에서 Follow through (FT)까지의 동작

5. 자료처리

본 연구의 자료처리는 통제점 좌표화와 인체관절 중심점의 좌표화, 동조, DLT(Abdel-Aziz와 Karah(1971) 방법과 Butterworth의 저역통과필터(Low-Pass filter)를 사용하여 차단주파수(Cut-off frequency) 10hz로 평활화하여 노이즈(noise)를 제거하였으며 좌표분석과 데이터 자료산출은 권영후(Kwon 2004)가 개발한 Kwon3D Motion Analysis Package Version 3.1 Program을 사용하였다.

분석된 변인들의 자료처리를 위하여 MS Excell(2003)

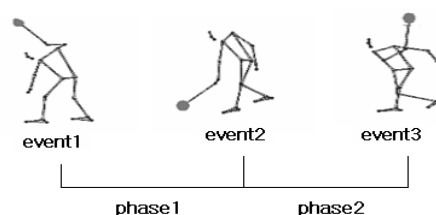


그림 1. 주요 이벤트 및 국면

로 산출된 자료를 전환하여 국면별 자료와 그래프를 도식화하였다.

III. 결과 및 논의

일반부 남자 선수들의 스쿼시 포핸드 드라이브 동작의 국면별 소요시간과 위치, 속도, 각속도에 대한 운동학적 변인을 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 소요시간

스윙시 각 국면별 소요시간은 <표 3>에서 보는 바와 같이 전체 평균시간이 A의 경우 .49초, B는 .52초, C는 .56초로 개인간에는 .03초의 차이를 나타냈고, 피험자간의 국면별 소요시간을 살펴보면, 1국면에 소요되는 시간이 A와 B의 경우 평균 .27초, C의 경우 .36초였고, 2국면에 소요되는 시간은 A가 .22초, B가 .24초, C가 .20초로 나타났다.

표 3. 국면별 소요시간 (unit: sec)

피험자	P1		P2		전체
	M	SD	M	SD	
A	.27	.09	.22	.03	.49
B	.27	.03	.24	.01	.52
C	.36	.02	.20	.05	.56
M±SD	.30	.05	.22	.02	.52±.03

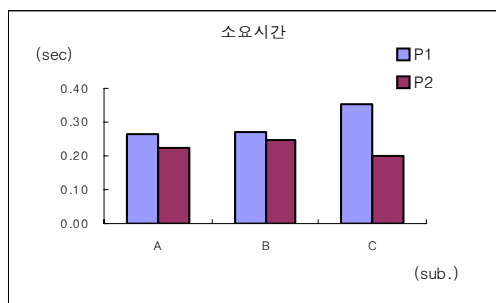


그림 2. 국면별 소요시간

유사 라켓 운동들이 임팩트 구간에서 짧고 팔로스로 우 구간에서 길게 나타났지만 본 실험에서는 <그림 2>와 같이 백핸드에서 임팩트까지의 구간이 길고, 임팩트에서 팔로스로 구간이 상대적으로 매우 짧게 나타난 것은 본 실험에서 피험자의 준비자세가 백스윙 지점에서 시작되었고, 볼의 낙하지점까지가 길게 설정된 데에서 차이가 난 것으로 사료된다. 또 피험자 A, B에 비해 C의 1국면에서의 소요시간이 길게 나타났는데, 이 또한 준비자세가 백스윙에서 시작되어 볼이 낙하된 후 바닥에 설치된 라켓 면에 반구된 공을 타구하도록 설정된 본 실험의 특성에서 기인된 것으로 보인다. 백스윙과 팔로스로우의 동작시간은 충분한 동작, 특히 정확성과 관련한 측면에서는 동작시간이 긴 경우가 좋다고 하겠으나, 상대방의 빠른 반구에 대한 대처능력이 무엇보다 요구되는 스쿼시에 있어서는 팔로스로우 동작이 간결할수록 좋다고 볼 수 있다.

2. 위치변인

백스윙부터 팔로스로우까지를 전체 국면으로 설정하여 분석하였으며, 각각의 단계는 신체중심을 원점 (origin point)으로 기준을 선정하여 라켓헤드, 좌측견관절, 우측 손목, 좌측고관절의 좌표 차이 값을 산출하였다. 각 피험자별 신체 주요 분절에 대한 위치 좌표 값은 <표 4>이며, 신체중심을 기준으로 한 신체분절의 좌표 차이 값은 <표 5>에 나타난 바와 같다.

피험자 전체 평균의 신체중심, 라켓헤드, 좌측 견관절, 우측 손목, 좌측 고관절 좌·우(x축) 좌표 값은 E1에서 .52±.06, .90±.10, .74±.05, .49±.09, .48±.06m로 나타났으며, 이때의 신체중심을 기준으로 한 각 신체분절의 좌표 차이 값, 상대값은 -.38, -.22, .03, .05m로 나타났는데, 이때 E2에서 전체 평균 좌표 값은 .61±.03, 1.19±.08, .66±.03, .94±.06, .45±.03m였으며 신체분절의 좌표 차이 값은 -.57, -.05, -.33, .16m로 나타났다. E3에서 전체 평균 좌표 값은 .60±.03, .33±.13, .60±.04, .46±.04, .47±.03m였으며, 신체분절의 좌표 차이 값은 .27, .00, .14, .13m로 나타났다.

표 4. 주요 신체분절의 위치변화 (unit: m)

신체 분절	시점	x축		y축		z축	
		M	SD	M	SD	M	SD
CM	E1	.52	.06	.14	.02	.91	.02
	E2	.61	.03	.26	.02	.83	.02
	E3	.60	.03	.30	.03	.92	.03
RH	E1	.90	.10	-.31	.03	1.84	.05
	E2	1.19	.08	.18	.13	.34	.03
	E3	.33	.13	.34	.21	1.85	.12
LS	E1	.74	.05	.20	.03	1.20	.02
	E2	.66	.03	.32	.03	1.26	.02
	E3	.60	.04	.30	.05	1.32	.03
RW	E1	.49	.09	-.40	.03	1.40	.04
	E2	.94	.06	.21	.05	.58	.03
	E3	.46	.04	.48	.05	1.28	.09
LH	E1	.48	.06	.24	.03	.84	.02
	E2	.45	.03	.37	.02	.84	.02
	E3	.47	.03	.33	.03	.86	.02

*CM: 신체중심, RH: 라켓헤드, LS: 좌측견관절, RW: 우측손목, LH: 좌측고관절.

표 5. 신체중심으로부터 신체분절의 좌표차이 (unit: m)

축	시점	RH	LS	RW	LH
좌·우	E1	-.38	-.22	.03	.05
	E2	-.57	-.05	-.33	.16
	E3	.27	.00	.14	.13
전·후	E1	-.41	-.20	-.03	.07
	E2	-.63	-.05	-.36	.17
	E3	-.06	-.02	.02	.15
상·하	E1	-.92	-.29	-.49	.08
	E2	.50	-.42	.26	-.01
	E3	-.93	-.41	-.37	.05

RH: 라켓헤드, LS: 좌측견관절, RW: 우측손목, LH: 좌측고관절.

특히, 라켓헤드의 변위차가 E1과 E2에서 .29m, E2와 E3에서는 .86m로 나타나 1국면이 2국면보다 매우 짧은 것으로 나타났다. <그림 3>과 같이 임팩트시 신체중심과 신체분절의 좌표 차이값이 가장 낮은 것은 좌측 견관절이 -.05m로 가장 낮은 것으로 나타났고 다음이 좌측 고관절이며, 라켓헤드와 우측 손목은 신체중심으로

부터 -.57, -.33m로 비교적 많은 차이를 나타내 임팩트 순간 운동량을 극대화시키기 위해 좌측 견관절과 고관절을 축으로 우측 손목이 크게 움직이는 것으로 사료된다.

신체중심, 라켓헤드, 좌측 견관절, 우측 손목, 좌측 고관절의 전·후(y축) 좌표 값은 E1에서 .14±.02, -.31±.03, .20±.03, -.40±.03, .24±.03m에 위치하고, 전·후 축에 대한 신체 분절의 좌표 차이 값이 라켓헤드 .45m, 좌측 견관절 -.06m, 우측 손목 .54m, 좌측 고관절 -.10m로 나타났으며, E2에서 전체 평균 좌표값은 .26±.02, .18±.13, .32±.03, .21±.05, .37±.02m였으며, 특히, E1과

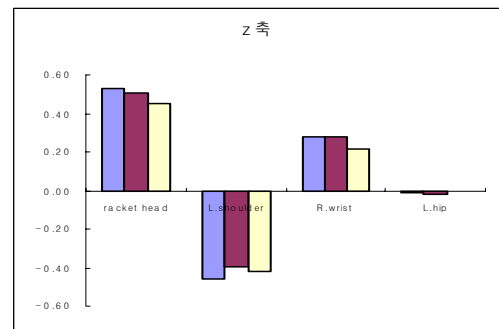
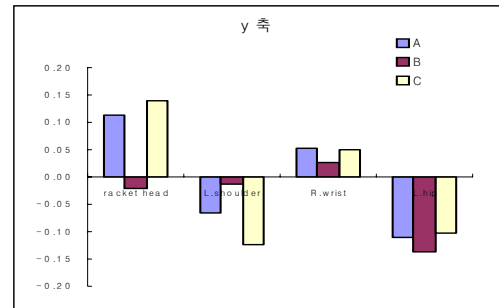
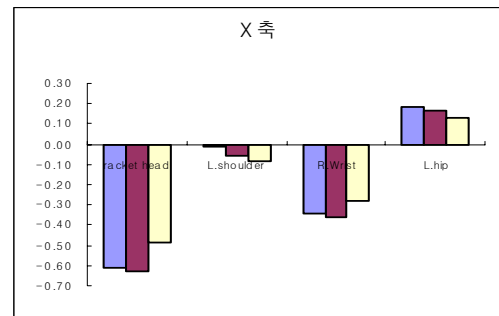


그림 3. 임팩트시 신체중심으로부터 신체분절의 좌표차이

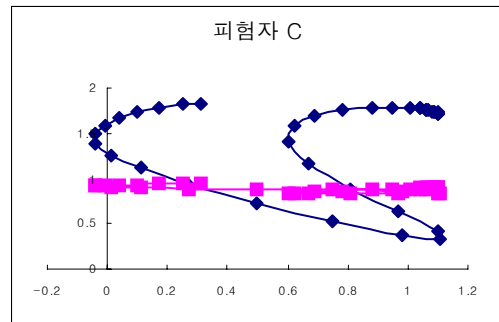
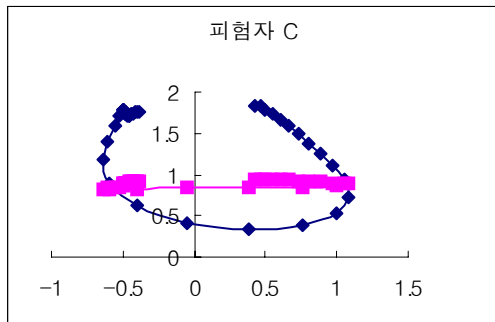
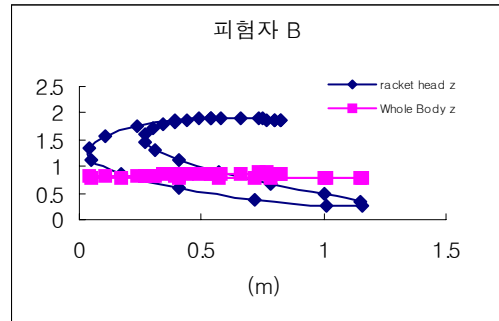
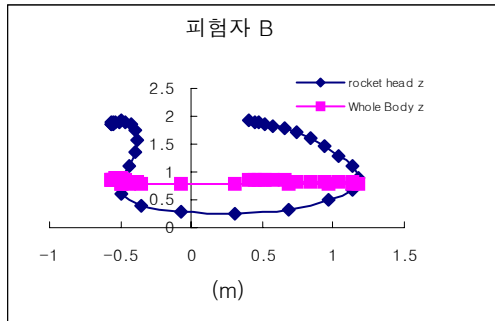
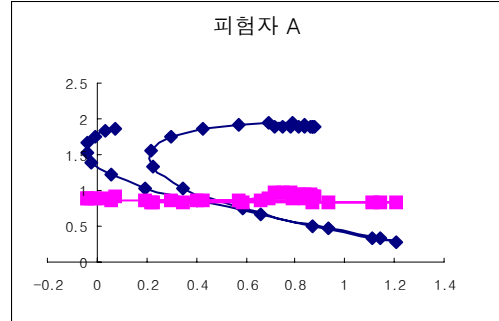
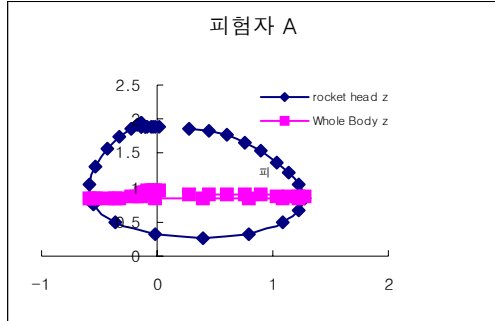


그림 4. 라켓헤드와 신체중심의 위치변화(y-z)

그림 5. 라켓헤드와 신체중심의 위치변화(x-z)

E2에서의 변위차가 좌측 견관절, 좌측 고관절이 각각 .12, .13m로 작은데 반해 우측 손목의 경우 0.61m로 이동되었고, 임팩트시 신체중심을 기준으로 한 신체분절의 좌표 값이 좌측 견관절 -.07m, 좌측 고관절 -.12m, 우측 손목 .04m로 나타나 임팩트 순간 좌측 고관절을 축으로 한 회전력을 높이는 결과를 보였다. E3에서 전체 평균 좌표 값은 .30±.03, .34±.21, .30±.05, .48±.05, .33±.03m였으며 신체중심을 기준으로 한 신체분절의 좌표 차이 값은 -.04, -.01, -.18, -.03m로 나타났다.

신체중심, 라켓헤드, 좌측 견관절, 우측 손목, 좌측 고

관절 상·하(z축) 좌표 값은 E1에서 .91±.02, 1.84±.05, 1.20±.02, 1.40±.04, .84±.02m에 위치하고, 상·하축에 대한 신체 분절의 좌표 차이 값이 라켓헤드 -.92m, 좌측 견관절 -.29m, 우측 손목 -.49, 좌측 고관절 .08m로 나타났으며, E2에서 전체 평균 좌표값은 .83±.02, .34±.03, 1.26±.02, .58±.03, .84±.02m였고, E3에서 .92±.03, 1.85±.12, 1.32±.03, 1.28±.09, .86±.02였는데, 신체중심의 경우 E2에서 가장 낮았다가 E3에서 가장 높았다. 좌측 고관절을 기준으로 한 우측 손목의 변위차의 경우 E1, E2는 좌측 고관절의 위치 변화없이 우측 손목이 .82m

하방으로 이동하고, E2, E3에서 좌측 고관절 .02m 이동할 때 우측 손목은 .70m 상방으로 이동한 것으로 나타났다. 또 임팩트 시점에서 좌측 고관절이 신체중심으로 부터 신체분절의 좌표차이가 -.01m로 가장 작은 것으로 나타나 고관절을 축으로 한 스윙이 효과적으로 나타난 것으로 사료된다. 신체중심의 위치를 기준으로 한 라켓 헤드의 궤적은 <그림 4, 5>와 같다.

<그림 6>의 화살표와 같이 피험자간 좌측 고관절과 우측 손목의 위치변화(y축)를 보면 임팩트 직전에 우측 손목이 앞쪽으로 이동하기에 앞서 좌측 고관절이 먼저

움직이는 것으로 나타났는데, 이는 포워드 스윙 구간에서 파워 있는 스윙을 하기 위하여 하체분절이 먼저 움직여서 포워드 스윙 궤적을 리드하는 것으로 사료되며, 임팩트 이후에도 좌측 고관절과 손목은 전방으로 더욱 진행되는 것으로 나타났다.

3. 속도변인

피험자 전체 평균의 왼쪽 고관절, 왼쪽 견관절, 라켓 헤드, 우측 손목 속도는 E2에서 좌·우(x축) 방향에서 -.25, -.60, 4.20, .21m/s였고, 전·후(y축) 방향에서는 -.21, -.10, 23.20, 8.26m/s, 수직(z축) 방향에서는 .27, .63, -3.32, -2.5m/s로 나타났다. 이는 임팩트 순간 왼쪽 고관절과 견관절이 라켓헤드와 손목의 방향과는 서로 다른 방향인 것을 알 수 있고, 임팩트 순간 왼쪽 고관절을 축으로 손목을 고정하여 강하게 찍어 누르듯이 쳐내야 한다는 주장(2002. 김원관)과 일치하는 것으로 나타났다. 각 분절의 이동속도의 순서를 보면 <그림 7>과 같이 고관절, 견관절이 먼저 가속화되고, 이후 손목이 가속화되는 것을 관찰할 수 있으며, 피험자 모두 우측 손목과 라켓헤드가 최고속도에 달하여 임팩트되어 효과적인 스윙을 한 것으로 나타났다. 이는 안광운(2002)의 배드민턴 드라이브 동작 전 구간중 임팩트시 가장 빠른 속도를 보인 것과도 일치하는 내용이다.

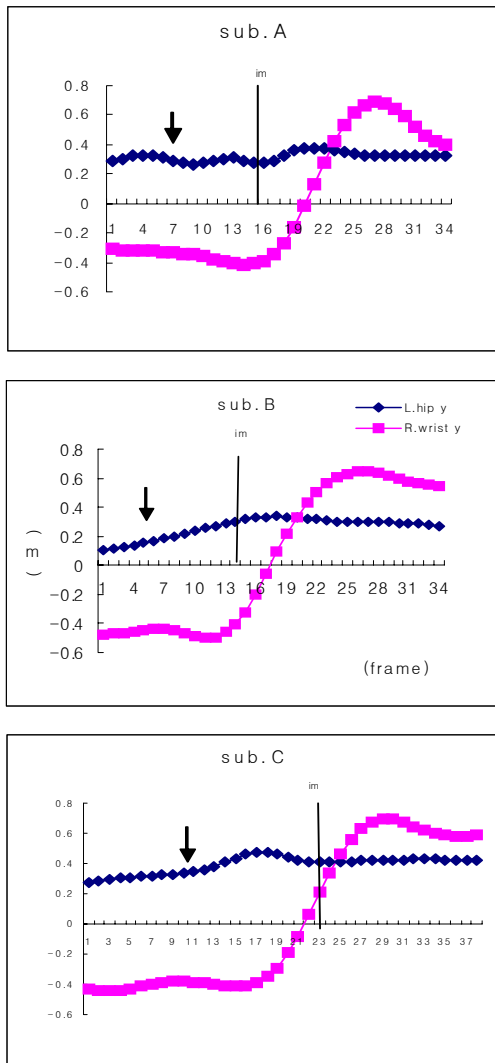


그림 6. 좌측고관절과 우측손목의 위치변화(y축)

표 6. 신체 분절의 속도 (unit: m/sec)

신체 분절	시점	x축		y축		z축	
		M	SD	M	SD	M	SD
LH	E1	-.01	.24	.89	.93	.02	.20
	E2	-.25	.14	-.21	.27	.27	.19
	E3	.09	.29	-.19	.53	.11	.08
LS	E1	.37	.28	.07	.88	-.32	.28
	E2	-.60	.07	-.10	.38	.63	.21
	E3	-.23	.18	.04	.37	.26	.17
RH	E1	.91	1.80	-.87	.42	-.74	1.31
	E2	4.20	3.43	23.20	.80	-3.32	2.52
	E3	2.57	1.34	-1.96	4.19	.33	2.09
RW	E1	.65	.66	-.45	1.18	-.51	.62
	E2	.21	.71	8.26	.73	-.25	.74
	E3	.57	.53	-.51	1.42	.68	.69

LH; 좌측고관절, LS; 좌측견관절, RH; 라켓헤드, RW; 우측 손목.

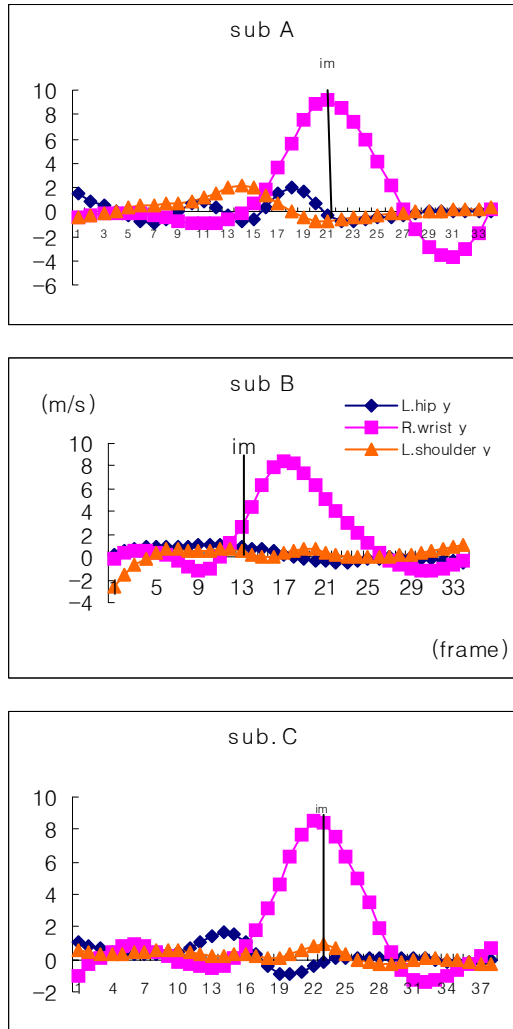


그림 7. 신체분절 속도 비교

표 7. 신체분절의 각도

피험자	시점	우측 손목		상체전경각		고관절 회전각		견관절 회전각	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
A	E1	96.22	5.07	187.96	5.98	236.07	21.15	242.50	13.57
	E2	142.92	5.05	175.28	3.39	146.56	4.82	125.26	6.51
	E3	146.92	3.45	158.81	7.77	122.12	13.45	48.97	11.95
B	E1	117.78	9.34	152.40	10.58	241.12	15.49	221.90	0.64
	E2	146.91	2.97	178.23	7.14	161.39	15.29	137.09	10.24
	E3	135.43	2.92	154.70	13.19	124.25	16.78	74.63	21.67
C	E1	120.12	6.60	167.53	6.65	232.90	18.55	223.25	0.85
	E2	138.71	7.53	165.73	2.90	167.02	4.65	146.80	10.18
	E3	139.93	13.19	155.17	4.02	150.57	3.34	77.99	2.99
전체	E1	111.37	7.00	169.30	7.73	236.70	18.40	229.21	5.02
	E2	142.85	5.18	173.08	4.48	158.32	8.25	136.39	8.98
	E3	140.76	6.52	156.23	8.32	132.31	11.19	67.20	12.20

4. 각도변인

신체 각 관절점과 양 벡터에 대한 상대각도는 <표 7>과 <그림 8>에 나타난 바와 같다. 견관절 회전각과 고관절회전각의 좌측에서 우측 방향의 벡터와 가상의 축(y축) 벡터와의 상대각으로 산출하였고, 손목각은 손목관절을 축으로 하여 손끝으로 이어지는 벡터와 팔꿈치 관절로 이어지는 벡터의 상대각으로 산출하였다. 또한 상체 전경각은 body vector를 기준으로 한 몸통의 상대각도를 산출하였다.

피험자 전체 평균 우측 손목 각도는 E1에서 111.37°, E2에서 142.85°, E3에서 140.76°인 것으로 나타났고, 피험자 개인간에도 E1에서 가장 작았다가 E2에서 많은 차이를 보이며 손목 각도가 커졌다. 이는 백스윙시 빠른 이동을 위한 것이고 강한 임팩트 순간을 위해서는 포워드 스윙시 인체 원위단인 라켓헤드의 속도를 크게 하여 강하게 스윙하려는 영향 때문에 상대적으로 각도가 커졌다가 마지막 정확성과 안정성을 고려하여 손목 각도가 작아지는 경향을 보인 것으로 사료된다. 상체 전경각과 고관절 회전각, 견관절 회전각의 경우에는 E1에서 E3까지 전 구간에 걸쳐 점점 작아지는 경향을 보였다. 이는 배드민턴 드라이브 동작 운동학적 분석을 한 안광운(2002)의 결과와 일치하는 것으로, “가라앉는 볼을 치려고 하는 동작”에 기인한 것으로 사료된다. 그러나 피험자 B의 경우 오히려 E2에서 상체 전경각이 최대각을 보였고 고관절 회전각에서도 E2에서 비교적 높은 각도를 유지하였다. 이는 임팩트시 상체를 전체적

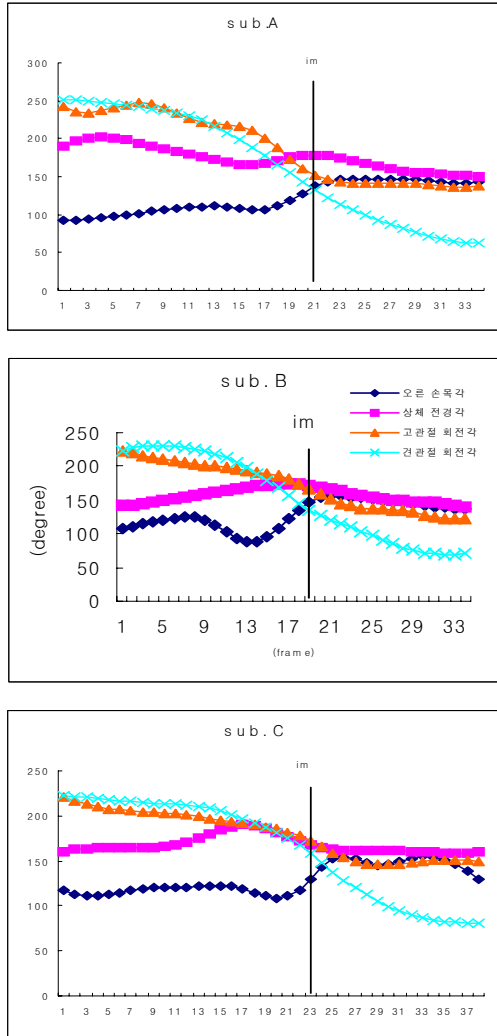


그림 8. 신체분절 각도 비교

으로 세우게 됨으로써 몸의 회전없이 팔로만 스윙을 하는 경향이 나타난 것으로 사료된다. 또 피험자 A의 경우 견관절 회전각이 E1에서 242.50°, E2에서 125.26°, E3에서 48.97°로서 피험자들중 가장 많은 변화폭을 보였다. 또 고관절 회전각은 E2에서 146.56°로 피험자 중 가장 낮은 각도를 보였고 E3에서는 122.12°로 다른 피험자와 유사한 각도를 유지하였다. 이 경우 백스윙에서는 견관절 회전을 크게 하면서 큰 원심력을 이용하여 효율적인 스윙을 하고, 임팩트시 고관절 회전의 변화폭을 크게 함으로써 많은 운동량을 증가시킴과 더불어 무게중심을 낮춰 안정성을 기함으로써 피험자 A가 피험자들 중 가장 효과적인 스윙을 한 것으로 사료된다.

5. 가속도 변인

신체 각 관절점과 양 벡터에 대한 상대각속도는 <표 8>과 <그림 9>에 나타난 바와 같다.

견관절 회전 각속도와 고관절 회전 각속도는 좌측에서 우측 방향의 벡터와 가상의 축(y축) 벡터와의 상대적 각속도를 산출하였고, 손목 각속도는 손목관절을 축으로 하여 손끝으로 이어지는 벡터와 팔꿈치 관절로 이어지는 벡터의 상대적 각속도로 산출하였다.

피험자 전체 평균의 임팩트시 각속도는 우측 손목이 552.05°/sce, 견관절 -351.86°/sec, 고관절이 -608.42°/sec로 나타났다. 피험자 A의 경우 고관절이 먼저 움직여 가장 큰 변화의 폭을 보이다가 임팩트 직전에 우측 손목과 좌측 고관절, 좌측 견관절 모두 최대

표 8. 신체분절에 대한 각속도

(unit: deg/sec)

피험자	시점	우측 손목		좌측 견관절		좌측 고관절	
		M	SD	M	SD	M	SD
A	E1	-67.26	117.01	-1095.49	929.12	-249.39	201.38
	E2	375.80	106.30	-426.56	25.46	-688.52	40.95
	E3	189.53	43.16	99.63	152.22	-38.06	78.24
B	E1	4.11	231.57	-180.31	698.25	243.52	104.64
	E2	575.97	51.01	-337.77	139.51	-572.77	35.97
	E3	-254.49	250.69	115.71	92.68	105.29	126.24
C	E1	-290.08	268.40	44.00	345.37	-32.73	55.76
	E2	704.38	59.46	-291.27	113.83	-563.97	118.53
	E3	258.06	1153.73	-151.59	195.22	-250.08	375.21
전체	E1	-117.74	205.66	-410.60	657.58	-12.87	120.59
	E2	552.05	72.26	-351.86	92.93	-608.42	65.15
	E3	64.37	482.53	21.25	146.71	-60.95	193.23

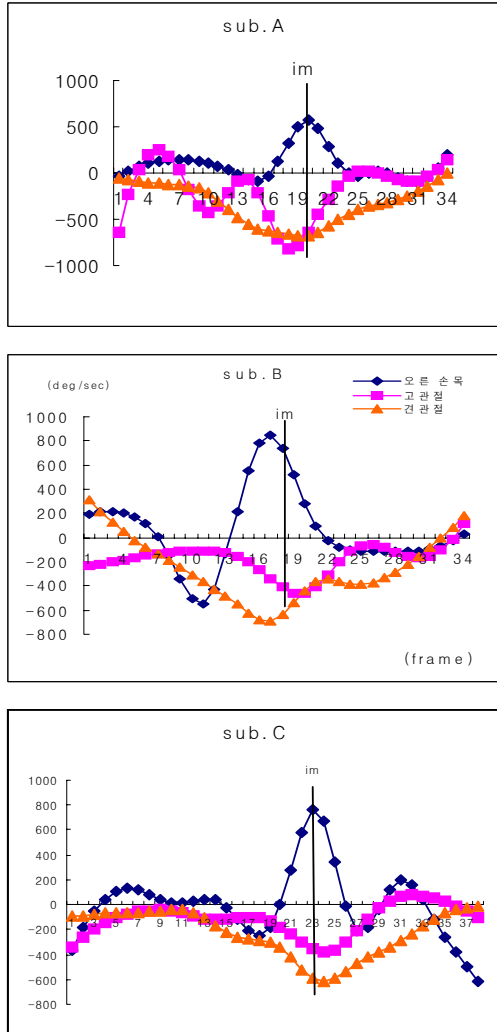


그림 9. 신체분절 각속도 비교

값을 보이며 스윙하여 효과적인 스윙을 하였고, 특히 E2에서 견관절이 $-426.56^\circ/\text{sec}$ 로 피험자중 가장 빠른 속도를 나타냈는데, 이는 <그림 9>에서와 같이 임팩트 직전 고관절이 $-828.33^\circ/\text{sec}$ 까지 증가한 결과로 보여지며, 피험자 B의 경우 고관절의 각속도가 전반적으로 느린데 비하여 손목의 각속도가 E2에서 $575.97^\circ/\text{sec}$ 로 매우 커서 느린 고관절 각속도의 보상적인 결과로 나왔다고 사료된다. 피험자 C의 경우는 각속도가 E2에서 우측 손목이 최고속도인 $704.38^\circ/\text{sec}$, 견관절과 고관절이 각각 피험자 개인의 최고속도에 가까운

$-291.27^\circ/\text{sec}$, $-563.97^\circ/\text{sec}$ 로 나타나서 효과적인 스윙을 한 것으로 사료된다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 스퀴시 포핸드 드라이브 동작의 임팩트시 운동학적 주요요인을 분석하기 위하여 백스윙 정점에서 시작하여 임팩트, 팔로스로우까지 영상을 분석하여 중요 운동학적 변인으로 소요시간, 위치, 각도, 속도, 각속도를 산출하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 스퀴시 포핸드 드라이브 스윙시 각 국면별 소요시간은 백스윙에서 임팩트 구간보다 임팩트에서 팔로스로우 구간까지가 더 짧은 것으로 나타났다. 정확성과 관련한 측면에서는 동작시간이 긴 경우가 좋다고 하겠으나, 상대방의 빠른 반구에 대한 대체능력이 무엇보다 요구되는 스퀴시에 있어서는 팔로스로우 동작이 간결할수록 좋다고 볼 수 있다.

2. 각 분절의 위치 변화를 보면, 임팩트시 좌·우(x축) 방향 신체중심과 신체분절의 좌표 차이값이 가장 낮은 것은 좌측 견관절이고, 다음이 좌측 고관절이며, 라켓헤드와 우측 손목의 경우 신체중심으로부터 비교적 많은 차이를 나타냈다. 또 상·하(z축) 방향의 경우 신체중심이 임팩트에서 가장 낮고, E3에서 가장 높았는데, 좌측 고관절을 기준으로 한 우측 손목의 변위차는 E1에서 E2까지는 고관절의 위치 변화없이 우측 손목이 .82m 하방으로 이동하고, E2에서 E3까지는 좌측 고관절이 .02m 이동할 때 우측 손목은 .70m 상방으로 이동하였다. 임팩트 순간 운동량을 극대화시키기 위해서는 좌측 견관절과 고관절을 축으로 우측 손목을 상당한 거리만큼 이동하는 것이 필요하다.

3. 각 분절의 이동속도에서, 고관절, 견관절이 먼저 가속화되고, 이후 손목이 가속화 되어 피험자 모두 우측 손목과 라켓헤드가 최고속도에 달하여 임팩트되어 효과적인 스윙을 하는 것으로 관찰되었다. 임팩트시 정확한 타이밍으로 최고속도에 달하여 타격하는 것은 무엇보다 중요하다.

4. 각 분절의 각도에서는 우측 손목 각도가 백스윙에서 가장 작고 임팩트 순간에 가장 컸으며, 다시 팔로스로우 구간에서는 점점 작아졌다. 또 상체 전경각과 고관절 회전각, 견관절 회전각의 경우에는 E1에서 E3 전구간까지 점점 작아지는 경향을 보였다. 이는 간헐한 스윙의 결과로 정확성과 상대방의 반구에 대한 대응으로서 바람직한 것이다.

5. 각 분절의 각속도에서 피험자 A의 경우 고관절이 먼저 움직여 가장 큰 변화의 폭을 보이다가 임팩트 직전에 우측 손목과 좌측 고관절, 좌측 견관절 모두 최대값으로 스윙하여 효과적인 스윙을 하였다.

6. 본 연구의 결과는 스쿼시 포핸드 드라이브 동작에서의 임팩트시 선수들의 자세를 정량적으로 평가하는데 도움이 될 것이다. 추후 볼머신 등을 이용하여 시합 상황과 같이 달려가서 스트로크 할 수 있도록 설정하고 포핸드 드라이브 전 구간에 대한 분석이 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 김덕진(2003). **남자 스쿼시 선수의 신체구성과 형태특성**. 미간행 석사학위논문. 한국체육대학교 대학원.
- 김선정, 신용석, 최지영(2002). **골프드라이버 스윙시 어드레스와 임팩트 동작의 운동학적 비교연구**. **한국사회체육학회지**, 17, 145-158
- 김성섭(2000). **테니스 양손 백핸드 드라이브 동작의 운동학적 분석**. 미간행 석사학위논문. 용인대학교 대학원.
- 김신희(1995). **테니스 포핸드 드라이브시 라켓속도에 대한 인체 분절의 기여도**. 미간행 석사학위논문. 서울대학교 대학원.
- 김응준, 신범철, 형구암, 이준우(2004). **기하학적 유사시스템에 의한 우수 스쿼시 선수의 형태학적 특성**. **한국사회체육학회지**, 21, 553-564.
- 김원관, 이강욱, 박경실, 윤태훈(2002). **스쿼시론**. 대한스쿼시연맹.
- 김재필(1993). **테니스 Backhand Topspin Stroke에 대한 운동역학적 분석**. 미간행 석사학위논문. 전남대학교 대학원.
- 안광운(2002). **여자중학생 배드민턴 드라이브 동작 운동학적 분석**. **충주대학교 논문집**, 37(1)
- 이강수(2005). **연령과 속도 조건에 따른 스쿼시 포핸드 스윙의 타이밍 정확성**. 미간행 석사학위논문. 서울대학교 대학원.
- 윤학근(2002). **스쿼시 운동이 중년여성의 혈중지질과 체성분에 미치는 영향**. 미간행 석사학위논문. 전주대학교 교육대학원.
- 윤희중(2000). **테니스 포핸드 발리와 백핸드 발리의 운동학적 분석**. **한국체육대학교부설 체육과학연구소논문집**, 19(1).
- 정형진, 이기세(2005). **근력훈련이 스쿼시의 볼 속도 및 정확성에 미치는 영향**. **한국스포츠리서치**, 16(2), 45-52
- 조성봉(2003). **스쿼시 선수의 체격 및 체력적 특성의 분석**. **한국사회체육학회지**, 19, 1445-1454
- 천영진(1998). **배드민턴 경기 중 선수 움직임의 역학적 분석을 통한 운동 수행 능력 평가**. 미간행 석사학위논문. 서울대학교 대학원.
- Abdel-Aziz, Y. I., & Karara, H. M.(1971). **Direct linear transformation from comparator into object space coordinates inclose-range photogrammetry**. *Proceedings of the Symposium on Close-range Photogrammetry*(1-18). Falls church, VA: American society of photogrammetry.
- Kwon, Y. H.(2004). **KWON3D. Motion Analysis Package Ver 3.1.**
- Plagenhoef, S. C., Evans, F. G., & Abdelnour, T.(1983). **Anatomical data for analyzing human motion**. *Research quarterly for Exercise and Sport*, 54(2), 169-178.
- Winter, D. A.(1979). **Biomechanics of Human Movement**. New York: John Wiley & Sons, Inc.

투 고 일 : 1월 30일
심 사 일 : 2월 6일
심사완료일 : 3월 17일