



스쿼시 Forehand 드라이브 동작 시 운동역학적 비교연구

A Comparative Analysis of Kinematics and Kinetics on Forehand Drive in Squash

진영완 · 박양희* · 박재영(동의대학교)

Jin, Young-Wan · Park, Yang-Hee* · Park, Jae-Young(Donggeui University)

ABSTRACT

Y. W. JIN, Y. H. PARK, and J. Y. PARK, Comparative Analysis of Kinematics and Kinetics on Forehand Drive in Squash. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 17, No. 4, pp. 17-25, 2007. The purpose of the study is to give basic data for the improvement of the skill and to show an exemplary position for squash club members or trainers thru a comparative analysis on the kinematics and kinetics variables on the forehand drive motion in playing squash.

The objects of the research are divided into two sections, skilled group(n=8) and unskilled group(n=8). The skilled group is composed of professional players currently working and unskilled group is career of six month, both of lives in B city. In this research, to gather the data 3D motion analysis and test result analysis using force platform was used. The variables are duration, position, segment velocity, segment acceleration and etc. in using force platform. The results are as follows:

1. The duration per phase of the skilled is 0.18sec P1(DS) while that of unskilled is 0.32sec. in P2(FT), the duration of the skilled is 0.29sec, that of unskilled is 0.34sec. Average of the duration of the skilled is 0.48sec, while the unskilled, 0.66sec.

2. Regarding positional movements per event, the unskilled has a relatively higher position in center of gravity, shoulder joint, elbow joint compared with that of the skilled. Generally speaking, positions of the unskilled is higher than the skilled.

3. In segment velocity per event, R-shank, R-upper arm, R-forearm and racket. The skilled is faster than the unskilled. we found a big dig difference in shank.

4. In acceleration per event, there was a big difference in upper-arm and fore-arm of the impact.

5. The skilled group on the force platform shows relatively stable and regular changes while the unskilled shows unstable from the touch down to initial 20% the force value of central support period after the impact moment decreases rapidly and the center of gravity is not moved well.

6. The maximum force value of the skilled is 1019.7N. it is found 19.86% of the total duration. That of the unskilled is 639.2N, it is found 20.67% of total duration.

KEYWORDS : SQUASH, FOREHAND, KINETICS, KINEMATICS, RACKET

I. 서론

스쿼시(squash)는 현대인에게 각광받는 도시형 스포츠로서 200년의 역사를 가지고 있다. 단위시간당 운동량이 매우 높고 기후나 계절에 관계없이 쉽게 접할 수 있으며 최근에는 일반인들에게 보급되면서 누구나 하고 싶어 하는 스포츠로 자리를 잡고 있다(김원관, 최인수, 박경실, 윤태훈, 2002). 경기스포츠로서 전국체전 정식종목, 국외에서는 아시안게임 정식종목 및 각종 세계 프로선수권대회가 열리고 있으며, 2012년 올림픽에서도 채택될 전망으로 있다(안용환, 2006). 더불어 국내 동호인들의 증가로 국민생활체육협회 전국동호인대회, 2008년 세계사회 체육대회에서도 시행될 예정으로 있다.

포핸드 드라이브는 비교적 공간 활용이 크고, 자연스러운 코킹에 의한 부드러운 스윙을 할 수 있기 때문에 라켓 헤드의 속도를 크게 할 수 있으며, 동작이 비교적 용이하다. 포핸드 스트로크의 운동학적 분석에서 보면 일반적으로 볼이 최적의 속도로 날아가기 위해서는 몸통, 어깨, 팔꿈치 그리고 손목의 분절들이 몸의 가까운 쪽에서 먼 쪽으로 순차적인 움직임의 형태를 보임으로써 높은 속도의 타격을 산출하는 것을 주요 요인들로 설명되어 왔다(Elliott, B, & Kilderry, R. 1983). Chapman(1986)은 높은 수행능력을 가진 스쿼시 선수들을 촬영한 결과, 타격 후 공의 속도 변화의 90%가 타격 순간 라켓의 일정한 가속도에 의해서 결정된다고 보고하였다.

Elliott, Marshall, Noffal(1996)이 연구한 포핸드 드라이브의 상지분절에 따른 라켓 헤드 스피드 기여도에서 상완은 내측 회전(internal rotation)이 46.1%, 손목관절에서 손의 굴곡(flexion)이 18.2%, 팔꿈치관절에서 전완의 회내(pronation)가 12%의 특성을 보이며, 임팩트 순간 라켓헤드의 중심속도가 평균 30.8m/s로 나타난다고 하였다.

안용환(2006)의 연구에서는 백핸드 스윙의 평균 소요시간은 0.39초이며, 임팩트 시 라켓의 속도는 11.7m/s로 나타났으며, 움직임의 진행방향인 어깨, 팔꿈치, 손목으로의 순차적인 움직임이 라켓 헤드 스피드를 결정하며, 손목 분절의 이용(스냅)차이에 의한 개인

차가 가장 크게 작용하여 스쿼시 동작에서 마지막으로 힘을 전달하는 유연한 손목의 움직임은 공의 방향과 구질을 결정해주는 가장 주요한 요인으로 판단된다고 보고하였다.

지금까지 국내 스쿼시에 관한 연구를 보면, 대부분 인문 사회학적 연구 경향이 주를 이루고 있다(박은옥, 2005; 배홍국, 2004; 용인천, 2005). 역학에서의 스쿼시에 관한 연구를 몇 가지 살펴보면, 국내연구로는 스쿼시 백핸드 드라이브 동작 시 상지 분절의 운동학적 변인분석(안용환, 2006)의 연구와 이경일, 이희경(2007)의 스쿼시 포핸드 드라이브 동작의 임팩트 시 운동학적 주요요인 분석 등이 있으며, 국외 연구로는 A kinesiological analysis of the squash stroke(Behm, D.G, 1987), Factors detrmining squash ball velocity and implications for the stroke(Chapman, 1986), The Role of upper limb segment rotations in the development of racket-head speed in squash forehand(Elliott, B, et al. 1996) 등 많은 선행연구들이 있었지만, 위의 연구 내용들은 엘리트를 대상으로, 동작분석만을 다루어왔다.

이에, 본 연구는 스쿼시 포핸드 드라이브 동작에서 3D Motion Analysis System과 Force Platform System을 이용하여 숙련자와 비숙련자의 운동학 및 운동역학적 변인들을 비교분석 하여 스쿼시 동호인과 지도자들에게 기초자료를 제공하는 데 그 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구에 동원된 대상자는 B도시에 거주하며 대한 스쿼시 연맹에 선수등록이 되어 있는 남자 프로선수 8

표 1. 대상자들의 신체적 특징

집단		Hight(cm)	weight(kg)	age(vera)
숙련군	M	177.6	74	27.3
	SD	±6.8	±5.2	±0.5
비숙련군	M	175.3	60	21.3
	SD	±1.5	±5.1	±3.2

명과 경력 6개월의 일반인 8명을 대상으로 선정하였으며, 1년 이내에 상지와 하지에 신체적 결함이 없는 대상자들로서 오른손을 사용하는 선수들로 선정하였다. 대상자들의 신체적 특징은 <표 1>과 같다.

2. 실험장비

표 2. 실험에 사용된 장비

장비	제조사	모델명
비디오카메라	JVC	JVC GR-DVL9800
지면반력측정기	Bertec	FP4060-10
삼각대	Velbon	Velbon VGB-36
조명	LPL	LPL VL302
컴퓨터	Samsung	Magic station mv40
라켓	prince	O3 vendeta
target		자체제작



그림 1. 반사마커 부착위치

3. 실험절차

본 실험은 <그림 2>와 같이 비디오카메라 2대 안에

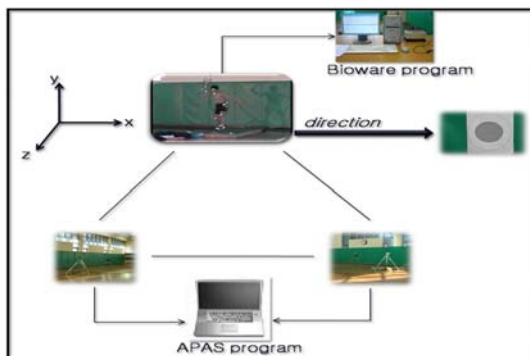


그림 2. 실험장비의 배치

통제점 틀(reference pole), 대상자가 수행하는 전체적인 동작과 동조램프 등이 모두 들어오도록 배치하였다.

대상자는 충분한 연습을 하게한 후 <그림 1>처럼 대상자의 몸과 라켓에 반사마크를 부착하였으며, 본 실험에 앞서 통제점 틀을 5초간 촬영한 후, 통제점 틀을 제거 하고 동작이 이루어지도록 촬영하였다. 이때의 카메라 속도는 240frames/sec로 설정하였고, 셔터 스피드는 1/500초로 하였다. 대상자들마다 드라이브 스윙 시 임팩트 위치가 다름으로 인한 오류를 최소화하기 위해 미리 설치되어 있는 정지된 볼을 스트로크 하여 그 볼이 정확하게 target에 맞추고 스윙동작이 선수와 코치 모두 가장 좋은 스윙을 했다고 생각했을 때의 시기를 분석용으로 선정하였다. 대상자들은 포핸드 드라이브 동작을 각각 10회씩 하였다.

4. 국면 및 구간

본 연구의 국면 및 구간은 선행연구(이경일, 이희경, 2007)에 근거하여 <그림 3>과 같이 설정하였다.

1) Event

- (1) Top of Back(TOB): 스윙을 하기 위하여 라켓이 백스윙 정점에 올라온 순간
- (2) Impact(IM): 임팩트 순간
- (3) End of Swing(EOS): 임팩트 후 팔로우 스윙이 끝나는 순간

2) Phase

- (1) P1(Down Swing): TOB에서 IM까지



Top of Backswing → Impact → End of Swing →
Down Swing → Follow Through

그림 3. 국면 및 구간

(2) P2(Follow Through): IM 직후 EOS까지

5. 연구내용

본 연구에서 분석하고자 하는 변인은 포핸드 드라이브 동작 시 동작분석과 지면반력에 관련된 변인들이며, 이들에 대한 구체적인 내용은 <표 3>과 같다.

동작분석에서 선운동학적인 변인으로 스윙에서 구간별 소요시간 및 전체소요시간, 관절의 위치, 분절의 속도 및 가속도를 비교분석하였다.

지면반력에 변인은 포핸드 드라이브 동작의 디딤발이 되는 왼발에 대해 살펴보았으며, 수집된 low data를 이용하여 Bioware ver 3.2 프로그램을 사용하여 분석하였다. 이 때 주파수는 500Hz로 하였다.

동작분석과 지면반력의 축의 정의는 <그림 2, 4>에서 나타난 바와 같다.

6. 자료처리방법

본 연구의 영상분석 자료분석은 APAS(Ariel Performance Analysis System) ver 1.0 프로그램을 사

표 3. 연구내용

동작분석	스윙시간	속련군과 비속련군의 비교
	관절의 위치	
	분절의 속도	
	분절의 가속도	
지면반력 분석	Z축의 변화곡선	
	수직 힘 값	
	지면접촉시간	

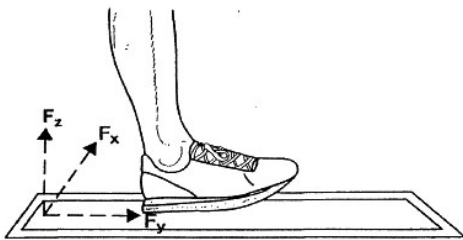


그림 4. 지면반력 축의 정의

용하였으며, 지면반력은 Bioware program을 사용하여, 산출된 low data를 MS Excel 2003으로 전환하여 자료와 그래프를 도식화 하였다.

III. 결 과

본 연구는 스쿼시 포핸드 드라이브 동작에서 속련자와 비속련자의 운동학적 및 운동역학적인 특성을 비교하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 동작분석 결과

1) 구간별 소요시간

구간별 소요시간에서 다운스윙(DS)구간은 <그림 5>에서 나타난 바와 같이, 속련군에서 0.18sec, 비속련군은 0.32sec로 나타났으며, 팔로우스로우(FT) 구간에서는 속련군은 0.29sec, 비속련군은 0.34sec로 나타났다.

전체 소요시간에서 팔로우스로우 보다 다운스윙구간에서 큰 차이가 나타난 것은 다른 유사라켓 연구에서와 같이 임팩트구간에서 짧고 팔로우스로우 구간에서 길게 나타난 결과와 일치하며 이는 실전상황과 비추어 볼 때 속련군은 익숙한 동작으로 빠르고 정확한 스윙으로 볼을 친다고 할 수 있다. 비속련군은 다운스윙의 시간을 짧게 하여 볼에 좀 더 빠르게 접근해야 할 필요성이 있다고 생각된다.

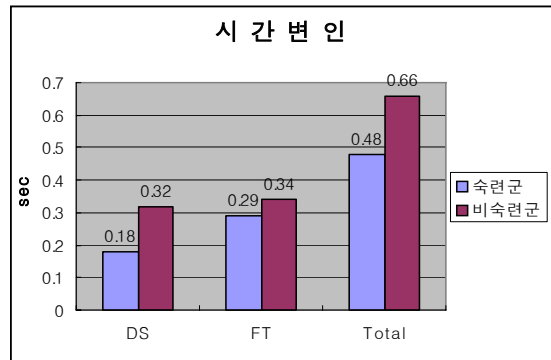


그림 5. 구간별 소요시간 비교

표 4. 집단별 관절의 위치 (cm)

구분	숙련군			비숙련군		
	TOB	IM	EOS	TOB	IM	EOS
rackethead	175.3	44.7	163.7	189.3	47.7	110.3
R.wrist	118.7	62.7	111.3	128.7	66.3	90.0
R.elbow	103.1	71.9	92.1	117.8	79.7	91.8
R.shoulder	118.2	99.1	113.2	131.1	110.3	112.0
R.knee	31.6	22.5	22.5	39.3	34.2	33.8
COG	83.7	75.0	82.0	89.0	79.3	81.7

2) 위치변인

국면별(event) 위치변인에서는 포핸드 동작에서 중심이 되는 관절들 중, 오른쪽 무릎·왼쪽 무릎, 오른쪽 어깨·왼쪽 어깨, 오른쪽 팔꿈치관절, 오른쪽 손목, 라켓헤드와 신체중심(center of gravity)을 살펴보았다. 이들의 위치값은 Y축의 값을 분석하였으며, 결과값은 <표 4>와 같고, 각각의 관절의 위치변화는 <그림 6>과 같이 나타났다.

신체중심에서는 TOB에서 IM까지 비숙련군보다 숙련군의 위치가 낮았으며, EOS에서는 두 집단이 비슷한 위치로 나타났다. 무릎 관절에서는 디딤발이 되는 왼쪽 무릎에서 별다른 차이가 없었으나 오른쪽 무릎에서는 모든 국면에서 숙련군이 비숙련군보다 낮은 위치를 유지하고 있었다. 어깨관절에서는 왼쪽어깨에서 차이가 없었으나 오른쪽 어깨에서는 신체중심과 비슷한 형태의 변화로 숙련군이 비숙련군에 비해 낮은 위치로 유지하다가 EOS에서 비슷한 결과로 나타났다.

오른쪽 팔꿈치에서 숙련군은 비숙련군에 비해 낮은 위치를 유지하다가 EOS에서 숙련군과 비숙련군이 비슷한 위치로 나타났다. 오른쪽 손목과 라켓헤드에서 EOS와 IM에서는 비슷한 위치를 유지하다가 EOS에서

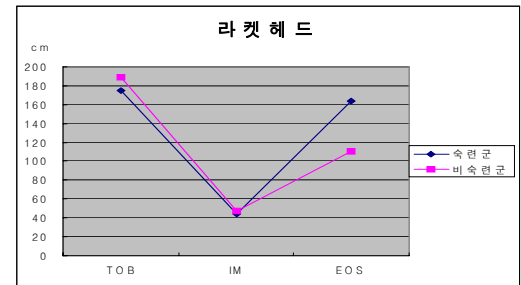
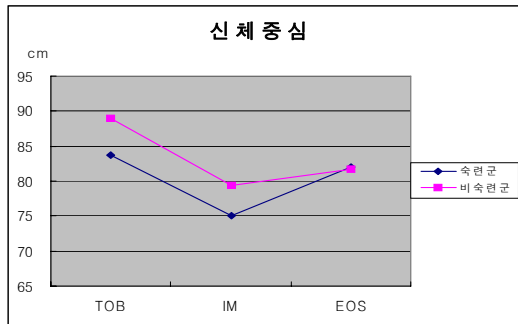
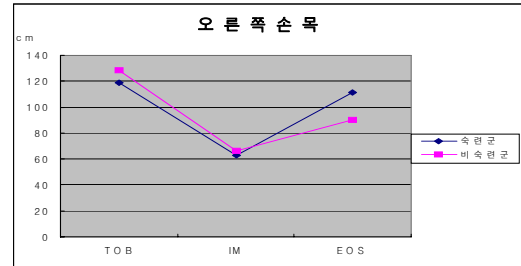
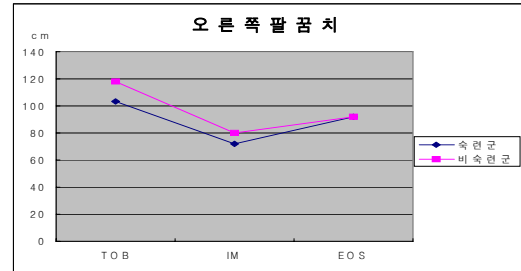
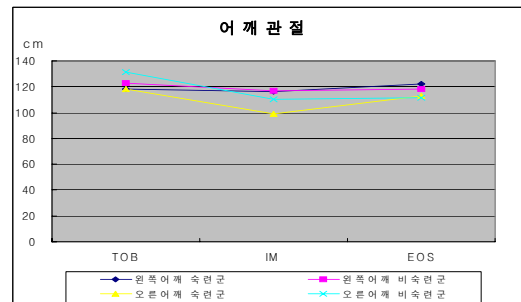
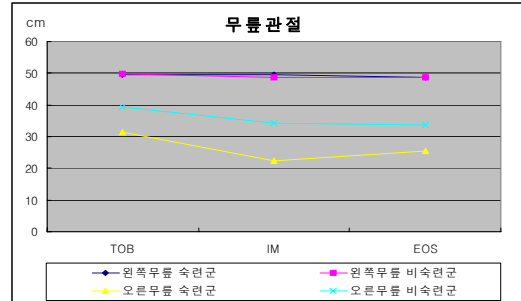


그림 6. 국면별 관절의 위치변화

표 5. 분절의 속도 (m/s)

구분	속련군			비속련군		
	TOB	IM	EOS	TOB	IM	EOS
racket V	3.84	15.68	1.21	1.67	15.01	0.57
Rupper-armV	3.59	4.53	0.73	1.39	3.78	0.33
R.fore-arm V	2.87	2.4	0.76	1.18	1.84	0.25
R.shank V	1.21	1.43	0.86	0.45	0.53	0.17

비속련군보다 속련군의 위치가 높아졌다. 이는 속련군은 팔로우 스로우 구간을 지나면서 스윙을 행할 때 손목과 라켓을 끝까지 밀어주면서 볼에 더 많은 운동량을 전달하기 위한 것이라 생각된다.

3) 속도변인

속도변인은 위치변인에서 현저하게 차이가 나타나는 오른쪽분절을 살펴보았다. 전체스윙에서 나타나는 각 분절의 합성속도 값은 <표 5>와 같이 같고, <그림 7>와 같이 그래프로 나타냈다.

정장이 분절에서는 속련군과 비속련군의 국면별 속도는 1.21m/s, 1.43m/s, 0.86m/s와 0.45m/s, 0.53m/s, 0.17m/s로 차이가 나타났으며, 이것은 앞서 살펴본 위치변화와 일관성을 보인다고 할 수 있다. 상완의 속도에서는 속련군의 다른 분절들은 임팩트 시에 가장 빠르게 나타난 반면 비속련군은 백스윙 구간에서 가장 빠르게 나타났다. 이것은 상완, 전완, 손목, 라켓의 순으로 가속화되는 채찍현상(whipping motion)과 연관된다고 판단된다. 속련군은 먼저 오른쪽 팔꿈치를 몸의 중심부로 끌어당기며 짧고 간결한 스윙을 전개한 반면 비속련군은 팔꿈치 각이 커지면서 크게 휘둘러서 스윙하기 때문이다. 전완속도에서는 두 집단의 TOB에서 두드러진 차이를 보였으며, 임팩트와 EOS에서는 별다른 차이가 나타나지 않았다. 두 집단의 임팩트 시 라켓의 속도에서는 15.68m/s, 15.01m/s로 다른 유사 라켓종목과 비교해 볼 때, 테니스의 임팩트 시 라켓의 속도 16.01m/s(강영택, 2000)와 비슷하며, 정구의 임팩트 시 라켓의 속도 23.42m/s(신준용, 2001)보다는 느리게 나타났다.

4) 가속도변인

포핸드 스윙에서 상완, 전완, 라켓의 합성가속도(3D)

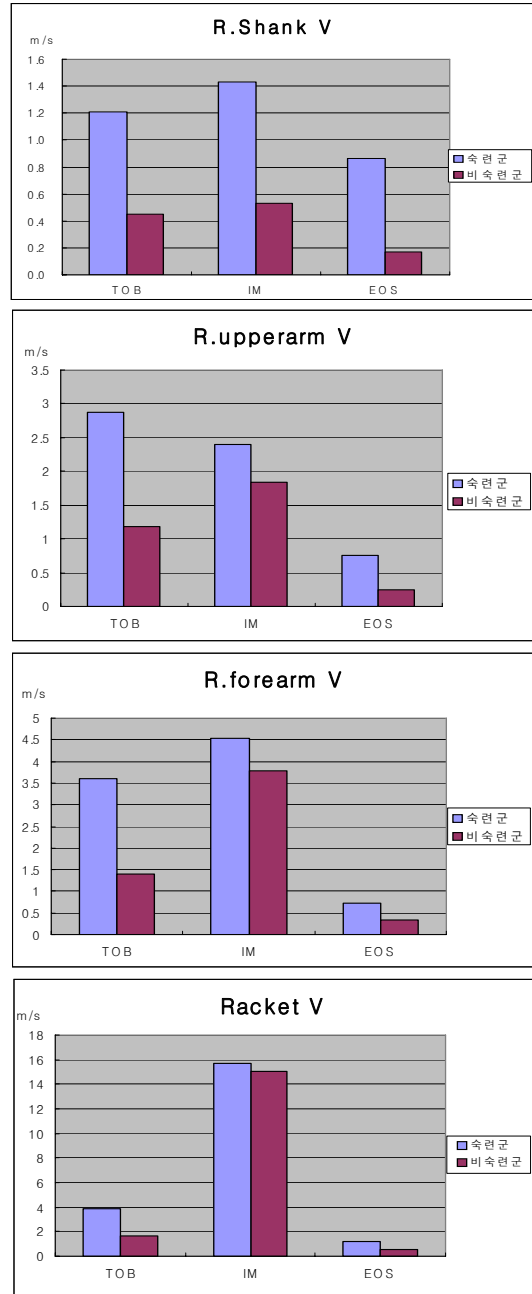


그림 7. 국면별 분절속도 비교

의 결과는 <표 6>과 같이 나타났다. 두 집단의 TOB과 IM에서의 가속도는 비슷하게 나타났으나 EOS에서 큰 차이를 보였다. 이는, 속련군은 임팩트에서 가속도가 가장 크고, 비속련군은 임팩트를 지나 팔로우 스로우

표 6. 분절의 가속도 (m/s)

구분	속련군			비속련군		
	TOB	IM	EOS	TOB	IM	EOS
R.upperarm A	31.79	17.14	11.99	2.62	19.26	7.38
R.forearm A	38.53	62.17	11.2	40.47	44.65	7.1
racket A	107.45	414.93	48.63	38.88	347.09	15.43

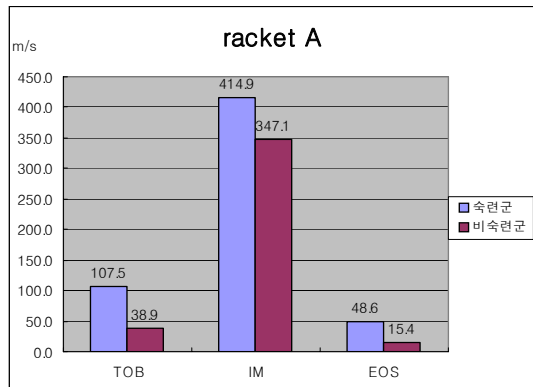
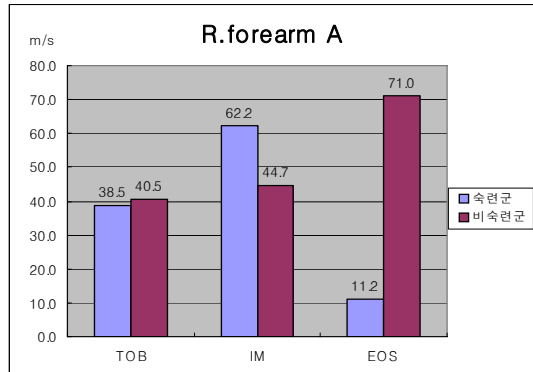
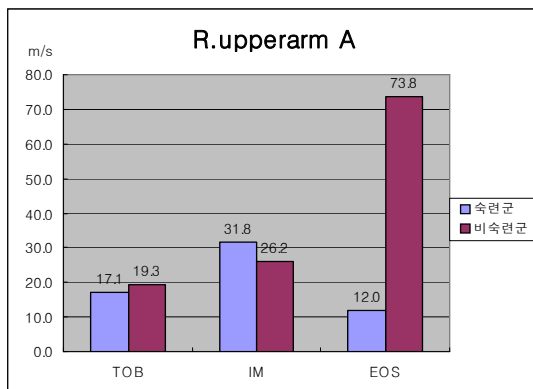


그림 8. 국면별 가속도 비교

구간에서 가속도가 크게 나타났다. 속련군은 백스윙에서 다운스윙을 하면서 점차 가속을 하여 임팩트에 영향을 주어 효과적인 스윙을 하고 있다고 할 수 있다.

비속련군은 상완과 전완의 TOB에서 IM까지 비슷한 수치로서 유지하고 있다가 FT구간에서 큰 값을 보인 것은 볼을 맞춘 후 가속을 하는 것이므로 볼에 효과적인 운동량을 전달한다고 볼 수 없다.

라켓의 가속도에서는 <그림 8>과 같이 TOB, IM, EOS에서 속련군은 107.45m/s, 414.93m/s, 48.63m/s와 비속련군은 38.88m/s, 347.09m/s, 15.43m/s로 나타났다. 임팩트 시에 속련군이 비속련군에 비해 비교적 높은 가속을 하는 것으로 나타났다.

2. 지면반력 분석결과

1) 지면반력 변화곡선

포핸드 드라이브 동작에서의 속련자와 비속련자의

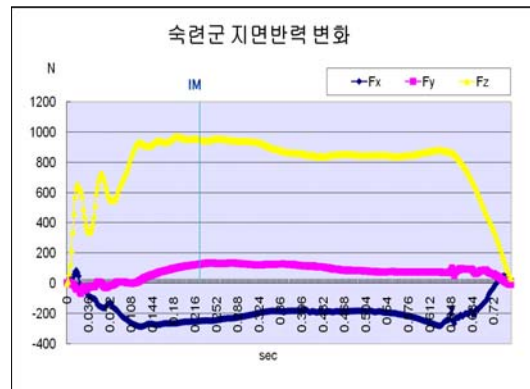


그림 9. 속련군과 비속련군의 지면반력 변화곡선

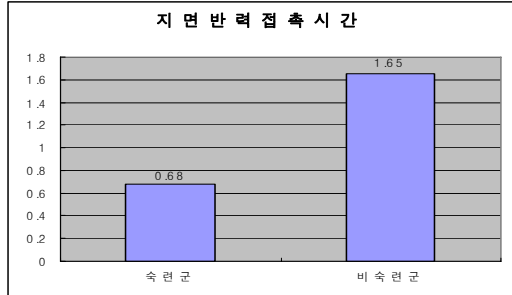


그림 10. 지면접촉시간

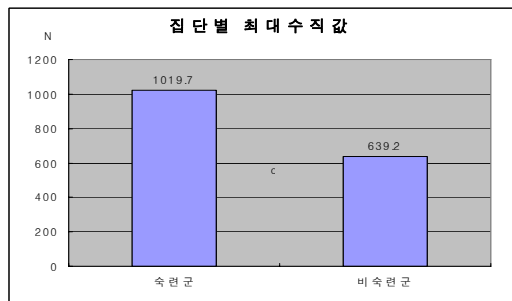


그림 11. 최대수직값 비교

원발에 나타나는 지면반력의 변화패턴은 <그림 9>와 같이 나타났다. 스쿼시 스윙에 있어서 볼을 빠르고 정확하게 제대로 치기 위해서는 디딤발에 체중을 실어 쳐야하고, 다시 리턴(return)하는 것이 중요하다 할 것이다. 지면반력의 수직성분을 중점적으로 보면, 숙련자는 비교적 일정한 주기를 보이고 있으나, 비숙련자는 초기 착지(touch down)에서 이지(take off)까지 비슷한 변화를 보이지만 다소 불규칙한 변화를 보이고 있었다.

2) 지면접촉시간과 최대수직값

숙련군과 비숙련군의 지면접촉 시간은 <그림 10>과 같으며, 숙련군(0.68sec)에 비해 비숙련군(1.65sec)이 훨씬 오래 머물러 있어, 이는 빠른 리턴이 필요한 스쿼시에서 불필요한 동작을 많이 하고 있다고 생각된다.

<그림 11>과 같이 숙련군의 최대수직(Fz)값은 1019.7±41.23N으로 임팩트 직전에서 나타났다. 비숙련군의 최대수직값은 639.2±77.97N으로 나타났다.

IV. 결론 및 제언

1. 결론

본 연구는 B도시의 현재 선수생활을 하고 있는 숙련군(skilled) 8명과 비숙련군(unskilled) 8명을 대상으로 3차원 영상분석(3D motion analysis)과 지면반력장비(Force Platform)를 이용하여 시간, 위치, 속도, 가속도 그리고 지면반력 등에 나타나는 변인들을 살펴보았다. 그 결과는 다음과 같다.

1)구간별(phase) 소요시간에서는 P1(DS)에서 숙련군은 0.18sec, 비숙련군은 0.32sec가 소요되었고, P2(FT)에서는 숙련군이 0.29sec, 비숙련군은 0.34sec로 나타났다. 전체 평균에서 숙련군은 0.48sec, 비숙련군은 0.66sec로 나타났다.

2)국면별(event) 위치 변화에서는 신체중심(center of gravity), 오른쪽 무릎·왼쪽 무릎(R-knee/L-knee), 오른쪽 어깨·왼쪽 어깨(R-shoulder/R-shoulder), 오른쪽 팔꿈치 관절(R-elbow joint), 오른쪽손목(R-wrist), 라켓헤드(racket head)에서 전체적으로 비숙련군이 숙련군보다 높게 나타났으며, 숙련군에 비해 비숙련군의 자세가 높음을 알 수 있었다.

3)국면별 분절(Segment)에서는 경골(shank), 상완(upper-arm), 전완(fore-arm), 라켓헤드(racket head)의 속도가 전체적으로 비숙련군에 비해 숙련군의 속도가 빨랐으며, 특히 무릎에서 차이가 많이 나타났다.

4)국면별 가속도에서는 상완과 전완의 임팩트에서 가장 큰 차이가 나타났다.

5)지면반력에서 숙련군은 전체적으로 비교적 안정되고 일정한 변화를 보이고 있었지만, 비숙련군은 지면에 발이 닿기 시작(touch down)부터 초기 20%까지 불안정한 형태를 보이며 임팩트를 지나 중앙지지기의 힘값이 급격히 감소함으로써 무게중심 이동이 제대로 이루어지지 않다는 것을 알 수 있었다.

6)지면반력의 숙련군의 최대 수직 힘 값은 1019.7N이며, 비숙련군의 최대 수직 힘 값은 639.2N으로 나타났다.

이상을 종합해보면, 스쿼시 동작에서는 역시 재빨리 제자리로 돌아오는 것이 필요하며, 임팩트 시에 가장 빠른 속도로 몸 쪽 가까이 있는 분절에서 순차적으로 움직임이 이루어져야 하고 팔로우스로우 구간에서도 끝까지 밀어주는 스윙이 필요한 것으로 나타났다. 그리고 스쿼시 볼이 바운드가 낮은 것을 고려할 때 임팩트 순간에 낮은 자세를 유지하고 스트로크를 행하기 위해서는 오른 무릎을 구부려야 할 것으로 생각된다. 그리하여 올바른 자세와 힘 있는 볼 타구를 위해서는 임팩트 시 오른 무릎을 구부려 자세를 낮추어 순간적으로 스트로크하며, 팔로우스로우까지 볼을 밀어주는 것이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

2. 제언

본 연구에서는 스쿼시 드라이브 동작분석에서 직선 운동학적 측면만을 보았는데, 라켓운동에서 스쿼시 동작의 특징적인 기전을 밝히기 위해서는 각운동학과 관성 모멘트 등의 연구가 함께 이루어져야 할 것이다. 더불어, 스쿼시 동작은 빠른 순간 동작이므로 카메라2대로는 부족한 것이 판단되어지며 보다 좋은 고성능카메라 및 더 많은 수의 카메라가 필요할 것으로 사료된다. 또한, 더욱 자세한 스윙의 기여도를 알아보기 위해서는 근전도(EMG)장비를 근육 활동의 정량적인 자료를 제시할 필요가 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 강영택(2000). 테니스 포핸드 시 밀어치기와 때려치기의 운동학적 분석, 미간행 석사학위 논문. 부산대학교 대학원.
- 곽한병, 박경실(1999). 스쿼시 경기의 기술요인 분석, 경기대학교 논문집, 제 43권, 제 2호
- 김원관, 최인수, 박경실, 윤태훈(2002). 스쿼시론. 대한스쿼시연맹
- 박은옥(2005). 스쿼시 참여자의 지도자·프로그램·시설 만족도. 미간행 석사학위 논문. 경기대학교 교육대학원.
- 배홍국(2004). 스쿼시 동호인들의 몰입경험과 생활만족도에 관한 연구. 미간행 석사학위 논문. 단국대학교 교육대학원.
- 신준용(2001). 3차원 영상분석에 의한 정구 Forehand stroke과 Backhand stroke의 운동역학적 분석. 미간행 석사학위 논문. 충북대학교 대학원.
- 안용환(2006). 스쿼시 백핸드 드라이브 동작 시 상지 분절의 운동학적 변인 분석. 미간행 석사학위 논문. 한국체육대학교 대학원.
- 용인천(2005). 스쿼시 선수의 경쟁상태 불안요인 연구. 미간행 석사학위 논문. 순천대학교 교육대학원.
- 이경일, 이희경(2007). 스쿼시 포핸드 드라이브 동작의 임팩트 시 운동학적 주요요인 분석. 한국운동역학회지, 제17권, 제 1호, pp29-39.
- 최영철(2004). 남자 우수 스쿼시 선수의 신체 형태학적 특성에 관한 연구. 미간행 석사학위 논문. 한양대학교 대학원.
- Behm, D. G. (1987). A kinesiological analysis of the squash stroke. *NSCA journal*, Volume 9, Number 5: 4-14
- Chapman, A. (1986). *Factors determining squash ball velocity and implications for the stroke*. In Proceedings of the North American Congress on Biomechanics, Montreal; American Society of Biomechanics, pp.25-27.
- Elliott, B., & Kilderry, R. (1983). *The art and science of tennis*. New York : Saunders.
- Elliott, B., Marshall, R., & Noffal, G. (1996). The Role of upper limb segment rotations in the development of racket-head speed in the squash forehand. *Journal of Sports Science*, 14, 159-165.

투 고 일 : 10월 29일
 심 사 일 : 11월 6일
 심사완료일 : 12월 3일