



스쿼시 백핸드 드라이브 동작 시 운동학적 분석과 근활성도에 관한 연구

The Kinematic Analysis and the Study of Muscle Activities during Backhand Drive in Squash

조규권 · 김유신*(강릉대학교)

Cho, Kyu-Kwon · Kim, You-Sin* (Kangnung National University)

ABSTRACT

K. K. CHO, and Y. S. KIM, The Kinematic Analysis and the Study of Muscle Activities During Backhand Drive in Squash. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 17, No. 3, pp. 11-21, 2007. The purpose of this study was to examine the differences of kinematics and muscle activities depending on the changes of angle approaching balls during backhand drive in squash.

The results are as follows.

Stride time took the longest at AD2 and step lengths were the biggest at AD1 of left foot contact and right foot contact and AD2 of impact and follow-through. The center of gravity and the speed of racket head were the highest at AD3 and at AD2. Angle of shoulder joint were the biggest at AD1 of left foot contact, right foot contact and impact and AD3 of follow-through. Angle of elbow joint were the biggest at AD3 of left foot contact, right foot contact and follow-through and AD2 of impact. Angle of pelvis joint were the biggest at AD2 of left foot contact, AD1 of right foot contact and AD3 of impact and follow-through. Angle of knee joint were the biggest at AD2 of left foot contact, AD1 of right foot contact and AD3 of impact and follow-through. Angle of ankle joint were the biggest at AD1 of left foot contact and AD3 of right foot contact, impact and follow-through.

According to the analysis results of triceps brachii, latissimus dorsi, brachioradialis muscle and flexor carpi ulnaris muscle activities were high at AD1 of all phases. Analysis results of vastus lateralis, vastus medialis, tibialis anterior and gastrocnemius medial muscle activities were high at AD2 of phase1 and phase3. Those of vastus lateralis, vastus medialis and tibialis anterior, gastrocnemius medial were high at AD3 of Phase 2 and AD1 of phase2.

KEYWORDS : BACKHAND DRIVE, APPROACH DIRECTION(AD), KINEMATIC ANALYSIS, MUSCLE ACTIVITIES

I. 서론

스쿼시(squash) 경기는 공과 라켓을 이용하여 세계 스쿼시연맹(World Squash Federation)이 지정한 수치대로 건설된 코트(넓이: 6.40m, 길이: 9.75m)에서 2명의 선수가 펼치는 경기이다. 스쿼시는 과거 최고의 인기를 누리던 테니스와 그 경기방식이 유사하고 단순한 장비와 규칙의 이해만으로도 쉽게 참여할 수 있다는 점과, 경기의 특성상 경쟁으로 인한 흥미 유발이 가능하다는 장점 때문에 레저스포츠로써 꾸준한 인기를 얻고 있다(정형진 및 이기세, 2005). 현재 130여개 국가에서 성행하고 있는 스쿼시는 국내에서 이미 누구나 하고 싶어 하는 인기 스포츠 중 1종목으로 자리 잡았으며(백정일, 2002), 스포츠로서 스쿼시만이 갖는 색다른 매력 때문에 국내 도입의 짧은 역사에 비해 빠른 성장을 보이고 있다(김원관, 2000). 80년대 초반에 국내에 소개된 스쿼시는 해마다 그 인구가 크게 늘어 현재 350여개의 전용클럽에서 약 100만명의 동호인들이 활동하고 있다. 1999년에 250여개의 전용클럽과 30만명의 동호인에 비하면 양적으로 매우 성장한 스포츠 중 하나인데, 이처럼 스쿼시가 국내에서 발전하게 된 이유는 무엇보다도 단위 시간에 비해 운동량이 커서 시간에 쫓기는 현대 직장인들에게 알맞은 운동이기 때문이다(김덕진, 2005). 스쿼시는 달리고 던지기만 하는 단순한 경기가 아니라 기초체력과 전문체력 그리고 게임을 풀어나갈 수 있는 집중력 등이 종합적으로 작용하여 다양한 움직임을 창조해야 하는 흥미로운 경기이고, 특히 다리 근육이 강하면서 지구력이 있는 사람에게 매우 유리한 면이 있는 경기이다. 그 이유는 높고 빠른 볼을 계속 안정적으로 쳐내기 위해서는 몸의 중심이동이 그만큼 민첩하고 지속적으로 이루어져야 하기 때문이다(김원관, 2000).

스쿼시 경기의 주요 기술은 크게 드라이브(drive), 드롭(drop), 발리(volley), 보스트(boost), 로브(lob)로 나뉘어지며, 이 중에서 드라이브의 기본 기술은 크게 포핸드 드라이브와 백핸드 드라이브로 나눌 수 있다(Youlian, Thomas & Daniel, 1996). 세계 랭킹 선수권 대회의 경기 전술 분석에서 살펴보면 5가지 기본 기술 중 드라이브 기술은 전체 샷의 60.79%, 드롭이 17.91%,

발리 11.79%, 보스트 4.80%, 로브가 4.72%로 나타나 드라이브 기술이 경기 전반의 흐름을 이끌어 가는 것으로 나타났으며(Hong, Robinson, Chan, Clark & Choi, 1996), 드라이브 기술에서 포핸드 드라이브 빈도가 41%로 나타난 반면에 백핸드 드라이브는 59%로 백핸드 드라이브에서의 공격 비율이 더 크다고 보고하였다. 이중에서도 특히 백핸드 뒷벽 쪽에서의 랠리가 가장 많은 것으로 보고하였다(안용환, 2006; Youlian et al, 1996). 스쿼시의 운동역학적인 측면에서의 연구는 대부분 국외에서 진행이 되었는데, 그 예를 살펴보면 Hunt(1974)는 포핸드 스트로크 시 볼이 최적의 속도를 유지하기 위해서는 근위 분절에서 원위 분절로의 전이 움직임이 원만히 이루어 졌을 때 높은 속도의 타격을 할 수 있다고 설명하였고, Elliott, Marshall & Noffal(1996)은 8명의 연구대상자를 상대로 스쿼시 포핸드 드라이브 시 상지 분절에 따른 라켓 헤드 속도의 기여도에 관한 연구에서, 임팩트 시 라켓 중심의 속도가 평균 30.8m/s일 때 견관절의 상완분절 내측 회전(internal rotation)이 46.1%, 손목관절의 손분절 굴곡(flexion)이 18.2%, 팔꿈치 관절의 전완분절 회내(pronation)가 12.0%의 특성을 보인다고 보고하였다. 그리고 Behm(1987)은 백핸드 스트로크에 관한 신체운동학적인 관점에서 특별한 근력 훈련 프로그램을 통하여 라켓 헤드 속도와 임팩트 후 볼의 속도는 향상되어진다고 보고하였다. 한편 국내에서 스쿼시에 관한 운동역학적 연구는 매우 미흡하여 찾아보기 어려운 실정이었다. 최근에 들어 안용환(2006)이 스쿼시 백핸드 슬라이스 시 상지 분절의 운동학적 변인에 관하여 연구를 실시하였다. 그 결과 움직임의 진행 방향인 어깨, 팔꿈치, 손목으로의 순차적인 움직임이 라켓 헤드의 스피드를 결정하는 것이라고 하였고 원위 분절로 진행될수록 그 편차의 차이가 크다고 보고하였다.

이처럼 스쿼시 경기가 이미 생활스포츠로서 자리 잡고 있는 실정임에도 불구하고 운동역학적인 측면에서의 선행연구들이 미비한 상태이고, 대부분의 연구들이 실험상황에서 연구대상자에게 다가오는 볼의 운동학적 분석만을 실시하여 그 연구의 완성도가 깊지 못하다고 사료된다. 특히 실제 스쿼시 경기 시 선수가 볼을 향하여 앞·뒤, 전·후로 달려가며 스쿼시 경기를 진행하는

점을 감안하여, 본 연구에서는 실제 경기와 유사한 상황설정을 위해 볼에 접근하는 3가지 각도변인을 독립변인으로 설정하여 연구를 진행하도록 하였다. 따라서 본 연구에서는 남자 스쿼시 선수들을 대상으로 백핸드 드라이브 시 볼에 접근하는 각도 변화에 따른 운동학적 분석과 이와 동시에 상·하지의 주요 근육의 근활성도의 차이를 비교·규명하여, 추 후 스쿼시를 시작하는 초보자나 선수 및 지도자에게 경기력 향상을 위한 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자

본 연구 대상자는 전국대회에 출전하여 입상경력이 있는 남자 선수 5명을 선정하였으며, 모두 오른손을 사용하는 선수로 제한하였다.

표 1. 연구대상자의 특성

연구 대상자	연령 (세)	신장 (cm)	체중 (kg)	운동경력 (년)
스쿼시선수	27.4±3.3	179.3±5.8	69.2±5.2	6.0±2.1

표 2. 실험 도구의 특성

장비	기기명	제작사
촬영 장비	Panasonic NV-MX500	Panasonic. Japan
	Calibration frame	Danil SMC. Korea
	Reflective marker	Danil SMC. Korea
	VL-302 Light	LPL. Japan
영상 분석 장비	Flash light	Hand made
	PRO 1 Ball	Dunlop. Korea
	M-FIL PRO racket	Dunlop. Korea
EMG 분석 장비	586 Computer Monitor	Hyun ju. Korea
	APAS XP Analysis program	Hyun ju. Korea
	Studio Version-8 capture card	Mega Electronics Ltd. Fin
EMG 분석 장비	Mega Win System	Pinnacle. USA
	ME6000 P8	Mega Electronics Ltd. Fin
	Mini Electrode	Mega Win Sys Ltd. Fin
		3M Ltd. USA

2. 실험 도구 및 절차

1) 실험 도구

스쿼시 백핸드 드라이브 동작 시 사용된 실험 도구는 <표 2>와 같다.

2) 실험 절차

스쿼시 백핸드 드라이브 동작 분석을 위하여 3차원 영상촬영을 실시하였고, 세계스쿼시연맹(WSF)의 규격대로 건설된 스쿼시 코트에서 연구가 진행되었다. 3차원 실공간 좌표 획득을 위하여 calibration frame을 연구 대상자의 활동을 완전히 포함할 수 있을 정도의 범위로 설치하였고, 4대의 디지털 비디오카메라(Panasonic NV-MX500)는 코트 밖의 모퉁이에 각각 2대씩 총 4대를 설치하였으며(코트 중심으로 부터의 거리: 7m), 촬영속도는 60frame/sec, 노출시간은 1/500 sec로 조절하였다. 모든 연구대상자들이 실험 중에 자연스러운 스윙동작이 나올 수 있도록 실험과제(approach direction 1(+45°: AD1), approach direction 2(0°: AD2), approach direction 3(-45°: AD3))에 관한 정보를 구두로 설명하였고 충분한 연습을 실시하였으며, 백핸드 드라이브 동작 전에 1분 정도의 calibration frame의 촬영을 미리 마친 후 이를 제거하고, 이 공간 내에서 백핸드 드라이브 동작을 실시하였다. 사전연습을 마친 후에는 EMG 분석을 위해 분석 근육에 표면전극(surface electrode)을 고정시키는 작업을 실시하였는데, 전극 부위의 측정 오류를 제거하기 위하여 면도기로 털을 제거하고 의료용 알코올로 깨끗이 닦아낸 다음 9mm의 전극을 2.5cm간격으로 부착하였다. 표면전극을 부착하는 부위는 Cram, Kasman & Holtz(1998)의 내용을 참조한 오른 상지의 상완삼두근(triceps brachii: T.B.), 광배근(latissimus dorsi: L.D.), 상완요근(brachioradialis muscle: B.M.), 척추수근굴근(flexor carpi ulnaris: F.C.), 오른 하지의 외측광근(vastus lateralis: V.L.), 내측광근(vastus medialis: V.M.), 전경골근(tibialis anterior: T.A.), 내비복근(gastrocnemius medial: G.M.)으로 하였고, 반사마커를 이용하여 분절점 및 주요 관절에 영상분석에 필요한 마킹을 하였다. 영상자료와 EMG와의 동조를 위해 Flash light를 사용



그림 1. 각 근육의 표면전극 부착 부위

하여 ME6000 P8에 연결 후, Flash light가 터지는 순간 전기적 신호가 근전도 측정도구에 입력이 되어 신호의 시작점이 표시되도록 하였으며, 비디오 영상은 카메라에 저장되었다. 스퀴시 볼 토스 시 볼의 높이는 cut line의 $\pm 30\text{cm}$, 볼의 속도는 $85.30 \pm 10.29\text{m/s}$ 로 통제하여 실험이 이루어졌다. 각각의 연구 과제마다 총 5회를 실시하여 가장 자연스러운 동작이라고 판단되는 2회의 동작만을 채택하였으며, 실험 과제 및 도구들의 구체적인 배치도는 <그림 2>와 같다.

3. 자료 분석

1) 영상 자료의 분석

본 연구에서 통제점과 인체 관절 중심의 좌표화, 동조, 이벤트(event) 및 국면(phase)의 설정, 3차원 좌표

의 계산 및 자료의 평활화(smoothing)는 영상분석용 프로그램인 APAS XP Analysis program을 사용하여 분석하였다. 본 연구에서 실공간의 좌표 설정을 위해 가로 6m, 세로 2m, 길이 9m의 calibration frame에 동일한 간격으로 표시된 36개의 점들을 좌표화 하였다. 이때 실공간의 전역 좌표계(global reference frame)의 원점은 사전에 미리 준비한 한 점을 사용하였으며, 백핸드 드라이브 수행방향과 일치시키기 위하여 좌·우측 방향을 X축, 수직방향을 Y축, 진행방향을 Z축으로 설정하였다. 자료의 수집과정에서 얻어진 2차원 영상자료들은 3차원 좌표값으로 계수화 하였는데, 이 과정에서 Abdel-Aziz & Kararah(1971)의 DLT(Direct Linear Transformation)방법을 이용하였고, 원(raw)자료에 포함된 고주파의 노이즈를 제거하기 위해 Second-Order Butterworth Low-Pass Filter(Winter, 1990)를 사용하여 평활화(smoothing)하였다. 주요 관절을 규명하기 위하여 모두 23개의 반사마커를 신체와 라켓에 부착하였고 디지털링을 통해 이들의 움직임을 좌표화 하였으며,

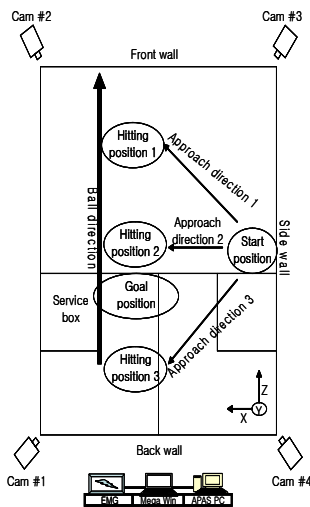


그림 2. 실험과제 및 실험도구의 배치도

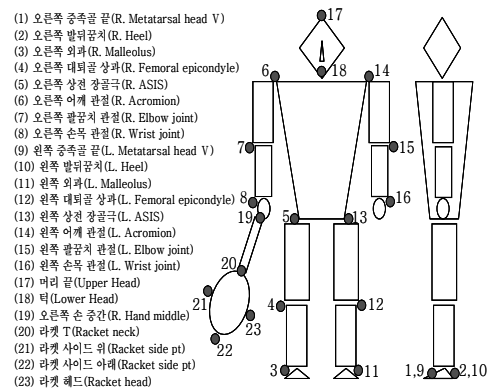


그림 3. 신체 관절 중심의 해부학적 좌표점

본 연구에서 관절각의 정의는 각각의 분절과 분절간의 상대각(relative angle)으로 계산하였다.

2) 근전도 자료의 분석

본 연구에 동원된 자료는 근전도 분석도구인 Mega Win software를 통해 산출되었는데, 전극의 공통성분제거비(common mode rejection ratio: CMRR)는 110dB으로 하였고, 근전도 신호의 주파수 대역폭(bandwidth) 범위는 20~500Hz 사이로 정의하였으며, 증폭된 아날로그 근전도 신호는 아날로그-디지털 변환기에 의하여 1초에 1,024 개의 디지털 신호로 변환시켜 1000Hz의 비율로 샘플링 하여 기록하였다. 각 근육의 전기적 신호는 근육에 부착된 표면 전극을 통하여 ME6000 P8 Measurement Unit가 전기적 신호를 획득하게 되었다. 본 연구에서 근전도 신호를 대상자간 비교나 근육간의 비교를 하기 위해 표준화 과정을 실시하였으며, 근전도 신호를 표준화하는 방법은 최대 등척성 자율수축 운동(Maximum Voluntary Isometric Contraction: MVC) 동작의 근수축을 기준 수축으로 삼아 이를 기준으로 표준화하는 %MVC 방법을 사용하였다. 각각의 근육 별로 최대 저항을 3회씩 실시하였으며, 각 시기 당 샘플링 주파수는 1,000Hz로 5초간 측정 기록하여 스쿼시 백핸드 드라이브 시 근전도 신호를 표준화 하였다.

3) 이벤트(event) 및 국면(phase)의 분류

본 연구의 이벤트는 총 4개의 이벤트로, 국면은 3국면으로 설정하였으며 세부적인 내용은 <표 3>과 같다.

6. 통계 처리

본 연구에서 통계 처리는 SPSS 12.0 통계프로그램을 사용하였으며, 볼에 접근하는 각도 변화에 따른 운동학

표 3. 국면(Phase)의 분류

국면(Phase)	구 분
Phase 1	LFC - RFC 구간
Phase 2	RFC - IMP 구간
Phase 3	IMP - FOL 구간

LFC(left foot contact) : 왼발이 지면에 닿는 순간.
RFC(right foot contact 2) : 오른발이 지면에 닿는 순간.
IMP(impact) : 라켓이 볼과 접촉하는 순간.
FOL(follow-through) : 임팩트 후 오른 전완이 수평에 도달한 순간.

적 및 근전도 변인의 차이를 검증하기 위하여 one-way repeated ANOVA를 유의수준 .05에서 실시하였다. 이 때 통계적으로 유의한 차이가 나타난 경우 사후검증(post hoc test)은 Scheffe의 방법으로 실시하였다.

III. 결과 및 논의

본 연구는 스쿼시 선수들의 백핸드 드라이브 시 볼에 접근하는 각도 변화에 따른 운동학적과 근활동의 차이를 규명하기 위하여 수행되었으며, 자료의 분석 결과를 운동학적 분석(소요시간, 보장, 신체 무게중심, 라켓속도, 관절각도)과 상·하지의 주요 근육의 근활성도 분석으로 분류하여 제시하였다. 이 때 제시된 모든 결과는 오른쪽의 결과로만 국한하였다.

1. 운동학적 분석

백핸드 드라이브 시 볼에 접근하는 각도 변화에 따른 소요시간의 결과는 <표 4>에 제시된 바와 같다.

표 4. 소요시간의 분석 결과

구분	Phase1	Phase2	Phase3	Total	
국면 별 소요 시간 (sec)	AD1	0.617 ±.01	0.200 ±.01	0.267 ±.01	1.084 ±.02
	AD2	0.517 ±.01	0.234 ±.01	0.350 ±.04	1.101 ±.04
	AD3	0.350 ±.04	0.317 ±.01	0.284 ±.01	0.951 ±.05
F - value	317.706*	251.810*	35.155*	37.390*	
post - hoc	A>B>C	A<B<C	B>C>A	A,B>C	
국면 별 소요 시간 /전 체 소요 시간 (%)	AD1	56.93 ±1.07	18.43 ±1.06	24.63 ±.64	100.00
	AD2	47.00 ±1.67	21.27 ±.94	31.72 ±2.24	100.00
	AD3	36.72 ±2.03	33.38 ±1.12	29.90 ±1.00	100.00
F - value	411.865*	474.921*	64.040*		
post - hoc	A>B>C	A<B<C	B>C>A		

*p<.05, A=AD1, B=AD2, C=AD3, AD1=approach direction 1, AD2=approach direction 2, AD3=approach direction 3

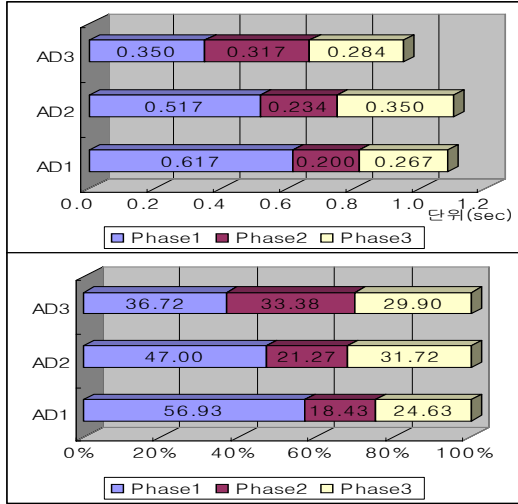


그림 4. 소요시간의 분석 결과

표 5. 운동학적 분석 결과

구분	LFC	RFC	IMP	FOL	
보장 (cm)	AD1	119.94±3.37	136.34±4.24	96.32±4.48	77.75±5.07
	AD2	94.72±3.58	133.97±4.46	97.94±4.86	100.12±3.59
	AD3	53.98±3.88	64.88±4.27	55.82±3.89	52.86±2.99
	F-value	731.237*	1731.754*	9439.548*	255.607*
post-hoc	A>B>C	A,B>C	B>A>C	B>A>C	
신체 무게 중심 (cm)	AD1	81.32±2.11	73.81±2.12	61.02±1.51	72.84±2.43
	AD2	80.11±1.48	70.99±1.49	58.06±1.32	78.87±1.49
	AD3	82.77±2.40	80.04±3.33	66.02±2.10	79.75±2.98
	F-value	12.000*	131.409*	142.67*	34.136*
post-hoc	C>A>B	C>A>B	C>A>B	B,C>A	
라켓 속도 (m/s)	AD1	2.36±.47	3.18±.15	23.41±2.11	1.23±.15
	AD2	2.78±.48	3.45±.34	25.02±2.11	3.66±.39
	AD3	1.51±.27	2.97±.36	19.52±.44	2.78±.47
	F-value	18.400*	5.235*	57.232*	220.725*
post-hoc	A,B>C	A,B>C	B>A>C	B>C>A	
어깨 관절 각(°)	AD1	59.56±3.33	77.89±2.73	73.43±2.02	70.12±6.66
	AD2	44.01±4.80	73.49±2.03	65.87±3.88	65.14±3.40
	AD3	48.71±3.60	74.92±4.28	68.29±.70	81.98±7.46
	F-value	54.487*	10.118*	39.049*	37.669*
post-hoc	A>C>B	A>B,C	A>C>B	C>A>B	
팔꿈 관절 각(°)	AD1	76.61±2.75	67.28±4.47	143.66±6.96	132.01±6.81
	AD2	69.02±2.40	61.12±2.75	155.51±7.46	128.43±6.96
	AD3	78.66±2.40	67.53±3.41	152.81±6.79	156.66±7.77
	F-value	54.527*	21.324*	6.403*	38.603*
post-hoc	A,C>B	A,C>B	B,C>A	C>A,B	
목 관절 각(°)	AD1	158.21±8.54	108.57±8.54	78.90±6.97	93.97±6.96
	AD2	170.31±7.45	100.91±7.45	75.12±7.46	117.20±8.14
	AD3	124.78±7.19	96.31±7.77	99.61±8.97	136.90±7.77
	F-value	106.269*	371.409*	419.690*	2393.319*
post-hoc	B>A>C	A>B>C	C>A>B	C>B>A	
무릎 관절 각(°)	AD1	127.66±8.13	166.00±7.78	112.19±6.80	116.73±7.78
	AD2	143.31±6.96	150.81±7.46	108.97±8.54	128.22±8.53
	AD3	105.98±7.46	146.81±7.78	117.34±8.14	143.88±6.96
	F-value	1981.321*	6956.943*	38.716*	657.068*
post-hoc	B>A>C	A>B>C	C>A>B	C>B>A	
발목 관절 각(°)	AD1	109.33±8.98	101.17±6.70	107.55±8.13	92.25±6.80
	AD2	89.09±9.22	95.51±7.45	101.89±6.69	99.14±8.96
	AD3	96.77±10.51	116.29±7.77	108.54±8.53	106.95±7.78
	F-value	97.627*	370.651*	20.260*	98.976*
post-hoc	A>C>B	C>A>B	C>A>B	C>B>A	

*p<.05, A=AD1, B=AD2, C=AD3, AD1=approach direction 1, AD2=approach direction 2, AD3=approach direction 3

전체 소요시간을 살펴보면 AD2의 소요시간 (1.101±.04sec)이 가장 길었던 것으로 나타났고, 다음으로 AD1(1.084±.02sec), AD3(0.951±.05sec)의 순으로 나타났다. 그리고 각 국면별 소요시간 ratio를 살펴보면 Phase1에서 AD1(56.93±1.07%), Phase2에서 AD3(33.38±1.12%), Phase3에서 AD2(31.72±2.24%) 시 가장 높은 ratio를 나타내었다. 볼에 접근하는 각도 변화에 따른 도움닫기 2보는 백핸드 드라이브 시 공의 정확한 낙하지점과 적절한 타이밍을 판단하는 용도로 사용되어 그 소요시간이 연구 대상자의 성향에 따라 조금은 다른 양상을 보이고 있었다.

백핸드 드라이브 시 볼에 접근하는 각도 변화에 따른 운동학적 분석 결과는 <표 5>에 제시된 바와 같다.

보장의 변인을 살펴보면, LFC와 RFC 시 AD1의 보

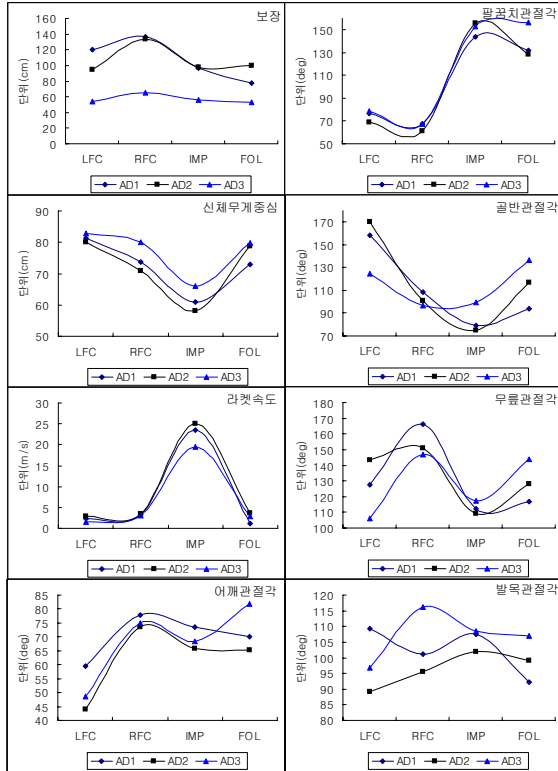


그림 5. 운동학적 분석 결과

장($119.94 \pm 3.37\text{cm}$, $136.34 \pm 4.24\text{cm}$)이 가장 큰 것으로 나타났고, 그 이후 IMP와 FOL 시 AD2($97.94 \pm 4.86\text{cm}$, $100.12 \pm 3.59\text{cm}$)의 보장이 큰 것으로 나타났다. 그리고 AD3 시 모든 event에서 보장의 수치가 가장 적게 나타났다. AD1의 경우 LFC와 RFC에서 몸을 전방으로 달려가며 낙하하는 볼을 정확히 타격하기 위하여 왼발과 오른발을 길게 내딛는 현상이 일어났고, AD2의 경우는 IMP와 FOL에서 가장 안정적인 자세로 스윙을 실시하여 충분한 기저면을 확보한 것으로 나타났다. 그러나 AD3에서는 LFC와 RFC 시 뒤로 비행하는 볼에 접근하기 위하여 보장의 비중보다는 몸통의 내측 회전을 충분히 이용하여 수평거리를 확보한 것으로 판단되며, IMP와 FOL 시 신체 무게중심의 위치가 가장 높은 관계로 인하여 상대적으로 보장의 값이 가장 작아진 것으로 나타났다.

신체 무게중심 변인의 결과는 모든 event에서 AD3 시 가장 높은 무게중심 위치를 나타내었으며, AD2 시

LFC($80.11 \pm 1.48\text{cm}$), RFC($70.99 \pm 1.49\text{cm}$), IMP($58.06 \pm 1.32\text{cm}$)에서 가장 낮은 무게중심을, AD1 시 FOL($72.84 \pm 2.43\text{cm}$)에서 가장 낮은 무게중심 위치를 나타내었다. AD3의 경우 모든 event에서 몸통의 내측 회전이 일어나 상대적으로 자세의 불안전성으로 인하여 신체 무게중심이 가장 높았던 것으로 사료되며, AD2의 경우는 FOL을 제외한 모든 event에서 안정된 자세로 도움닫기하여 스윙을 실시하였기 때문에 무게중심이 가장 낮았던 것으로 판단된다. 그리고 AD1의 FOL에서 몸이 전방으로 향하던 수평속도에 의하여 자세가 앞으로 숙여져 신체 무게중심이 가장 낮았던 것으로 생각된다.

라켓 헤드 속도 변인의 결과에서는 모든 event에서 AD2 시 가장 높은 수치의 라켓 헤드 속도가 나타났으며 AD3의 LFC($1.51 \pm 0.27\text{m/s}$), RFC($2.97 \pm 0.36\text{m/s}$), IMP($19.52 \pm 0.44\text{m/s}$)에서 가장 낮은 라켓 속도를, AD1의 FOL($1.23 \pm 0.15\text{m/s}$)에서 가장 낮은 라켓 속도를 나타내었다. AD2의 모든 event에서 라켓 속도가 높게 나타난 것은 상·하지의 관절 가동범위가 크고 상호 작용이 원만히 이루어져 이러한 결과를 나타내었다고 사료되며, 이와 관련하여 Youlian, Wei-Ping & Danny(1995)는 국제 스쿼시 경기에서 우수 선수들의 백핸드 스트로크의 운동학적 분석의 연구에서 신체 관절과 라켓 헤드의 각속도나 직선속도의 변화는 개인적인 차이에 의하여 조금씩 다르지만, 임팩트 순간 라켓 헤드의 속도 변화는 몸통, 어깨, 팔꿈치의 상호 작용을 바탕으로 종합적으로 만들어진다고 보고하였다. 그리고 안용환(2006)의 연구에서 백핸드 임팩트 시 라켓 헤드의 속도가 11.17m/s 라고 보고한 반면, 본 연구에서의 결과는 25.02m/s 의 속도를 나타내어 연구 대상자의 신체적 특성에 따른 차이도 연구 결과에 반영된다고 사료된다.

어깨 관절각의 변인 결과는 LFC, RFC, IMP 시 AD1의 어깨 관절각($59.56 \pm 3.33^\circ$, $77.89 \pm 2.73^\circ$, $73.43 \pm 2.02^\circ$)이 가장 큰 것으로 나타났고, FOL 시 AD3의 어깨 관절각($81.98 \pm 7.46^\circ$)이 가장 큰 것으로 나타났다. 그리고 모든 event에서 AD2 시 가장 작은 어깨 관절각이 나타났다. 하지만 AD2의 관절 가동범위(range of motion: ROM)를 살펴보면 LFC와 RFC 사이에 29.48° 의 가장 많은 내전(adduction)을 나타냈고 RFC와 IMP 사이에 7.62° 의 가장 많은 외전(abduction)을 나타내어

그 ROM이 가장 컸다고 할 수 있겠다.

팔꿈치 관절각 변인의 결과는 AD3의 LFC, RFC, FOL에서 팔꿈치 관절각도($78.66 \pm 2.40^\circ$, $67.53 \pm 3.41^\circ$, $156.66 \pm 7.77^\circ$)가 가장 큰 것으로 나타났고, AD2의 IMP에서 팔꿈치 관절각도($155.51 \pm 7.46^\circ$)가 가장 큰 것으로 나타났고, 그리고 AD2의 LFC, RFC, FOL에서 팔꿈치 관절각도($69.02 \pm 2.40^\circ$, $61.12 \pm 2.75^\circ$, $128.43 \pm 6.96^\circ$)가 가장 작은 것으로 나타났고, AD1의 IMP에서 팔꿈치 관절각도($143.66 \pm 6.96^\circ$)가 가장 작은 것으로 나타났다. AD3의 RFC에서 팔꿈치 관절각도가 가장 컸다는 것은 백스윙 시 팔꿈치의 굴곡(flexion)이 덜 되어 강력한 백핸드 드라이브 스윙에 별 도움이 되지 못했다는 것을 의미하며, 이와는 반대로 AD2의 RFC에서는 팔꿈치 굴곡이 충분히 이루어져 RFC와 IMP 사이에 94.39° 의 가장 많은 신전(extension)을 발생하여 IMP의 라켓 속도에 큰 영향을 미친 것으로 판단된다.

골반 관절각 변인의 결과를 살펴보면 LFC 시 AD2의 골반 관절각($170.31 \pm 7.45^\circ$) 수치가 가장 큰 것으로 나타났고, RFC 시 AD1($108.57 \pm 8.54^\circ$)에서, IMP와 FOL 시 AD3($99.61 \pm 8.97^\circ$, $136.90 \pm 7.77^\circ$)에서 골반 관절각이 가장 큰 것으로 나타났다. 그리고 LFC와 RFC 시 AD3에서 골반 관절각($124.78 \pm 7.19^\circ$, $96.31 \pm 7.77^\circ$)의 수치가 가장 작게 나타났으며, IMP 시 AD2($75.12 \pm 7.46^\circ$)에서, FOL 시 AD1($93.97 \pm 6.96^\circ$)에서 골반 관절각이 가장 작게 나타났다. 무릎 관절각 변인의 결과를 살펴보면 LFC 시 AD2의 무릎 관절각($143.31 \pm 6.96^\circ$) 수치가 가장 큰 것으로 나타났고, RFC 시 AD1($166.00 \pm 7.78^\circ$)에서, IMP와 FOL 시 AD3($117.34 \pm 8.14^\circ$, $143.88 \pm 6.96^\circ$)에서 무릎 관절각이 가장 큰 것으로 나타났다. 그리고 LFC와 RFC 시 AD3에서 무릎 관절각($105.98 \pm 7.46^\circ$, $146.81 \pm 7.78^\circ$)의 수치가 가장 작게 나타났으며, IMP 시 AD2($108.97 \pm 8.54^\circ$)에서, FOL 시 AD1($116.73 \pm 7.78^\circ$)에서 무릎 관절각이 가장 작게 나타났다. IMP의 AD2에서 골반 관절각과 무릎 관절각이 가장 작았다는 것은 그만큼 골반과 무릎을 많이 굴곡하여 신체의 무게중심을 낮추어 안정적인 스윙에 도움이 되었다고 사료되며, 이와는 반대로 IMP와 FOL 시 AD3의 경우 골반 관절각과 무릎 관절각의 값이 가장 컸다는 것은 몸통 내측 회전의 영향으로 스윙자세가 불안정하여 골반과 무릎

을 충분히 굴곡하지 못했다고 판단된다.

발목 관절각 변인의 결과를 살펴보면 LFC의 AD1에서 발목 관절각($109.33 \pm 8.98^\circ$)의 수치가 가장 큰 것으로 나타났고, RFC, IMP, FOL의 AD3에서 발목 관절각($116.29 \pm 7.77^\circ$, $108.54 \pm 8.53^\circ$, $106.95 \pm 7.78^\circ$)의 값이 가장 큰 것으로 나타났다. 그리고 LFC, RFC, IMP의 AD2에서 발목 관절각($89.09 \pm 9.22^\circ$, $95.51 \pm 7.45^\circ$, $101.89 \pm 6.69^\circ$)의 값이 가장 작게 나타났고 FOL 시 AD1($92.25 \pm 6.80^\circ$)의 발목 관절각이 가장 작게 나타났다. LFC의 AD1에서 발목 관절각의 값이 가장 컸던 이유는 몸이 전방으로 달려가야 하기 때문에 보폭을 크게 하고 순간 가속도를 얻기 위하여 발목에 많은 저축굴곡(planter flexion)이 일어났다고 볼 수 있으며, IMP 시 AD2에서 발목의 배측굴곡(dorsiflexion) 값이 가장 적었던 이유는 골반 관절각과 무릎 관절각과 마찬가지로 신체의 무게중심을 낮추어 안정적인 스윙에 도움이 되기 위함이라고 사료된다.

2. 근활성도 분석

백핸드 드라이브 시 볼에 접근하는 각도 변화에 따른 상·하지 주요 근육의 근활성도 분석 결과는 <표 6>에 제시된 바와 같다.

상지 근육의 근활성도 분석 결과를 살펴보면, T.B.의 분석 결과는 모든 Phase에서 AD1의 근활성도($10.19 \pm 1.39\%$, $61.59 \pm 10.90\%$, $38.82 \pm 6.19\%$)가 가장 높게 나타났고, AD3의 근활성도($6.36 \pm 0.80\%$, $27.63 \pm 3.40\%$, $20.88 \pm 3.90\%$)가 가장 낮게 나타났다. L.D.의 분석 결과, 모든 Phase에서 AD1의 근활성도($22.67 \pm 1.61\%$, $68.90 \pm 3.41\%$, $50.91 \pm 3.43\%$)가 가장 높게 나타났고, Phase1에서 AD2의 근활성도($15.36 \pm 1.85\%$)가 가장 낮게 나타났으며, Phase2와 Phase3에서 AD3의 근활성도($39.44 \pm 4.14\%$, $37.61 \pm 4.66\%$)가 가장 낮게 나타났다. B.M.의 분석 결과에서는 모든 Phase에서 AD1의 근활성도($21.01 \pm 2.84\%$, $23.84 \pm 2.08\%$, $38.80 \pm 2.90\%$)가 가장 높게 나타났고, AD3의 근활성도($9.04 \pm 1.37\%$, $18.63 \pm 1.94\%$, $29.65 \pm 2.44\%$)가 가장 낮게 나타났다. F.C.의 분석 결과에서도 T.B., L.D., B.M.의 분석 결과와 마찬가지로 모든 Phase에서 AD1의 근활성도($11.85 \pm 0.67\%$, $20.10 \pm 1.24\%$, $16.79 \pm 1.82\%$)가

표 6. 근활성도 분석 결과

				단위(%)				
구분	Phase1	Phase2	Phase3	구분	Phase1	Phase2	Phase3	
T.B.	AD1	10.19±1.39	61.59±10.90	38.82±6.19	AD1	9.17±1.66	34.94±3.48	55.19±2.90
	AD2	8.41±.70	28.95±6.97	34.80±4.55	AD2	18.18±2.04	32.42±2.53	77.10±6.02
	AD3	6.36±.80	27.63±3.40	20.88±3.90	AD3	12.96±2.02	49.08±4.22	34.84±6.83
	<i>F-value</i>	28.734*	67.941*	37.455*	<i>F-value</i>	39.541*	81.362*	100.663*
<i>post-hoc</i>	A>B>C	A>B,C	A,B>C	<i>post-hoc</i>	B>C>A	C>A>B	B>A>C	
L.D.	AD1	22.67±1.61	68.90±3.41	50.91±3.43	AD1	7.87±1.80	41.68±1.48	59.95±2.18
	AD2	15.36±1.85	59.95±3.05	49.56±3.57	AD2	22.76±2.59	28.61±3.37	68.35±2.93
	AD3	20.19±1.60	39.44±4.14	37.61±4.66	AD3	8.79±1.07	44.80±1.74	32.39±6.51
	<i>F-value</i>	560.703*	193.885*	40.342*	<i>F-value</i>	146.542*	162.082*	203.047*
<i>post-hoc</i>	A>C>B	A>B>C	A>B>C	<i>post-hoc</i>	B>C,A	C>A>B	B>A>C	
B.M.	AD1	21.01±2.84	23.84±2.08	38.80±2.90	AD1	23.56±1.54	41.00±1.81	42.52±6.44
	AD2	13.58±2.01	20.99±1.89	34.21±1.41	AD2	25.67±.92	26.20±1.06	61.83±6.62
	AD3	9.04±1.37	18.63±1.94	29.65±2.44	AD3	17.07±2.79	21.84±1.72	25.67±3.49
	<i>F-value</i>	72.487*	16.532*	47.428*	<i>F-value</i>	45.859*	280.698*	68.373*
<i>post-hoc</i>	A>B>C	A>B>C	A>B>C	<i>post-hoc</i>	B>A>C	A>B>C	B>A>C	
F.C.	AD1	11.85±.67	20.10±1.24	16.79±1.82	AD1	26.64±2.25	53.26±4.46	23.58±3.14
	AD2	11.13±1.26	18.30±1.36	13.70±1.36	AD2	39.85±2.46	44.32±4.40	31.66±1.68
	AD3	8.02±.75	15.82±1.32	9.95±1.19	AD3	23.55±1.98	30.37±4.33	13.72±1.13
	<i>F-value</i>	129.028*	24.674*	49.583*	<i>F-value</i>	170.645*	54.287*	130.589*
<i>post-hoc</i>	A>B>C	A>B>C	A>B>C	<i>post-hoc</i>	B>A>C	A>B>C	B>A>C	

*p<.05, A=AD1, B=AD2, C=AD3, AD1=approach direction 1, AD2=approach direction 2, AD3=approach direction 3, T.B.=triceps brachii, L.D.=latissimus dorsi, B.M.=brachioradialis muscle, F.C.=flexor carpi ulnaris, V.L.=vastus lateralis, V.M.=vastus medialis, T.A.=tibialis anterior, G.M.=gastrocnemius medial

가장 높게 나타났고, AD3의 근활성도(8.02±.75%, 15.82±1.32%, 9.95±1.19%)가 가장 낮게 나타났다. 이상의 결과에서 보듯이 AD1의 모든 Phase에서 상지 근육의 근활성도가 모두 높게 측정이 되었는데 Phase1에서의 근활성도가 높았던 이유는 도움닫기 시 몸통이 내측 회전됨과 동시에 어깨 관절각이 가장 많이 내전되어 몸통과 전완의 사이가 멀어지면서 AD1의 토크(torque)가 커져 이와 같은 결과가 나온 것으로 사료된다. Phase2에서도 어깨 관절각이 컸던 AD1에서의 근활성도가 모든 근육에서 높게 나타났고, 특히 T.B.의 근활성도가 상대적으로 높게 나타났는데 이는 백핸드 다운스윙 시 팔로 스윙을 해야 하는 경우 주동근으로 T.B.가 많이 쓰였던 것으로 생각된다. 그리고 B.M.은 Phase2에서 Phase3로 진행될수록 근활성도가 더 높아졌는데 이는 라켓의 움켜잡, 라켓의 방향 조절능력에 있어 중요한 역할을 한 것이라고 판단된다.

하지 근육의 근활성도 분석 결과를 살펴보면, V.L.의 분석 결과는 Phase1에서 AD2의 근활성도

(18.18±2.04%)가 가장 높게 나타났고 Phase2에서는 AD3의 근활성도(49.08±4.22%), Phase3에서는 AD2의 근활성도(77.10±6.02%)가 가장 높게 나타났다. 그리고 근활성도가 가장 낮게 나타난 구간은 Phase1에서 AD1(9.17 ±1.66%), Phase2에서 AD2(32.42±2.53%), Phase3에서 AD3(34.84±6.83%) 시 가장 낮은 근활성도를 나타내었다. V.M.의 분석 결과는 Phase1에서 AD2의 근활성도(22.76±2.59%)가 가장 높게 나타났고 Phase2에서는 AD3의 근활성도(44.80±1.74%), Phase3에서는 AD2의 근활성도(68.35±2.93%)가 가장 높게 나타났다. 그리고 근활성도가 가장 낮게 나타난 구간은 Phase1에서 AD1(7.87±1.80%), Phase2에서 AD2(28.61±3.37%), Phase3에서 AD3(32.39±6.51%) 시 가장 낮은 근활성도를 나타내었다. T.A.의 분석 결과, Phase1에서 AD2의 근활성도(25.67±.92%)가 가장 높게 나타났고 Phase2에서는 AD1의 근활성도(41.00±1.81%), Phase3에서는 AD2의 근활성도(61.83±6.62%)가 가장 높게 나타났다. 그리고 모든 구간에서 AD3의 근활성도

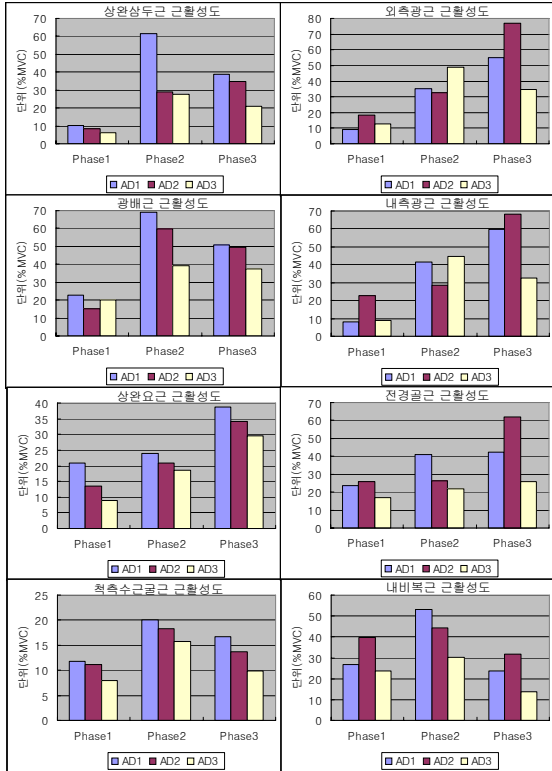


그림 6. 근활성도 분석 결과

(17.07±2.79%, 21.84±1.72%, 25.67±3.49%)가 가장 낮게 나타났다. G.M.의 분석 결과는 Phase1에서 AD2의 근활성도(39.85±2.46%)가 가장 높게 나타났고 Phase2에서는 AD1의 근활성도(53.26±4.46%), Phase3에서는 AD2의 근활성도(31.66±1.68%)가 가장 높게 나타났다. 그리고 모든 구간에서 AD3의 근활성도(23.55±1.98%, 30.37±4.33%, 13.72±1.13%)가 가장 낮게 나타났다. 이상의 결과에서 보았듯이 Phase1에서 모든 하지 근육의 근활성도가 AD2 시 가장 높게 나타났는데 이는 충분한 기저면 확보를 위하여 RFC의 보폭이 LFC의 보폭에 비하여 상대적으로 증가하여 하지 근육의 근활성도가 많이 상승한 것으로 판단된다. Phase2에서는 AD3시 V.L.과 V.M.에서 높은 근활성도를, AD1 시 T.A.와 G.M.에서 높은 근활성도를 나타내었는데 전방으로의 도움닫기 시 V.L.과 V.M.이 주동근으로 사용되었으며, 후방으로의 도움닫기 시 T.A.와 G.M.이 주동근으로 사용되어진 것으로 사료된다. Phase3에서 모든 하지 근육의 근

활성도가 Phase1과 마찬가지로 AD2 시 가장 높게 나타났는데 이러한 결과는 신체 무게중심이 무너지지 않고 안정된 자세로 하지를 단단히 고정시켜서 나타난 결과라고 사료된다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 스쿼시 선수들의 백핸드 드라이브 시 볼에 접근하는 각도 변화에 따른 운동학적과 근활동의 차이를 규명하기 위하여 수행되었으며, 이를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

전체 소요시간은 AD2 시 가장 길었던 것으로 나타났다, 다음으로 AD1, AD3의 순으로 나타났다. 보장은 LFC와 RFC 시 AD1의 보장이 가장 컸으며, IMP와 FOL 시 AD2의 보장이 큰 것으로 나타났다. 신체 무게중심은 모든 event에서 AD3 시 가장 높은 것으로 나타났으며, 라켓 헤드 속도는 모든 event에서 AD2 시 가장 높은 것으로 나타났다. 어깨 관절각의 변인은 LFC, RFC, IMP의 AD1에서 가장 큰 것으로 나타났고, FOL의 AD3에서 가장 큰 것으로 나타났고, 팔꿈치 관절각 변인은 LFC, RFC, FOL의 AD3에서 가장 큰 것으로 나타났고, IMP의 AD2에서 가장 큰 것으로 나타났다. 골반 관절각 변인은 LFC의 AD2에서 가장 큰 것으로 나타났고, RFC의 AD1에서, IMP와 FOL의 AD3에서 가장 큰 것으로 나타났다. 무릎 관절각 변인은 LFC의 AD2에서 가장 큰 것으로 나타났고, RFC의 AD1에서, IMP와 FOL의 AD3에서 가장 큰 것으로 나타났다. 발목 관절각 변인은 LFC의 AD1에서 가장 큰 것으로 나타났고, RFC, IMP, FOL의 AD3에서 가장 큰 것으로 나타났다.

상지 근육의 근활성도 분석 결과, 모든 Phase의 AD1에서 T.B., L.D., B.M., F.C. 근활성도가 가장 높게 나타났다. 하지 근육의 근활성도 분석 결과, Phase1과 Phase3의 AD2에서 V.L., V.M., T.A., G.M. 근활성도가 가장 높게 나타났고, Phase2의 AD3에서 V.L., V.M.의 근활성도가, Phase2의 AD1에서 T.A., G.M.의 근활성도가 가장 높게 나타났다.

참 고 문 헌

- 김덕진(2005). 직장인의 스쿼시 참여와 신체적 자존감 및 직무만족의 관계. *한국체육학회지*, 44(6), 943-951.
- 김원관(2000). *스쿼시론*. 서울: 숲속의 꿈.
- 백정일(2002). *주부의 스쿼시 참여와 여가만족의 관계*. 미간행 석사학위논문. 수원대학교 대학원.
- 안용환(2006). *스쿼시 백핸드 드라이브 동작 시 상지 분절의 운동학적 변인 분석*. 미간행 석사학위논문. 한국체육대학교 대학원.
- 정형진, 이기세(2005). 근력훈련이 스쿼시의 볼 속도 및 정확성에 미치는 영향. *한국스포츠리서치*, 16(2), 45-52.
- Abdel-Aziz, Y. I. & Karara, H. M.(1971). Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry. *Proceedings of the Symposium in Close-Range Photogrammetry* 1-18. Falls Church, VA : American Society of Photogrammetry.
- Behm, D. G.(1987). A kinesiological analysis of the squash stroke. *NSCA journal*, 9(5), 4-14.
- Cram, J. R., Kasman, G. S., & Holtz, J.(1998). *Introduction to Surface Electromyography*. Gaithersburg. An Aspen Pub.
- 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.
- Hong, Y., Robinson, P. D., Chan, W. K., Clark, C. R., & Choi, T.(1996). Notational analysis on game strategy used by the world's top male squash players in international competition. *Aust J Sci Med Sport*, 28, 18-23.
- Hunt, G.(1974). *Geoff Hunt on Squash*. Melbourne: Cassell.
- Winter, D. A.(1990). *Biomechanics and motor control of human movement(2nd Ed)*, New York, NY : John wiley & sons, Inc.
- Youlian, H., Thomas, C. C., & Daniel, W. C.(1996). A comparison of the game strategies employed by national and international squash players in competitive situation by nional analysis. *Journal of Human Movement Studies*, 31, 89-104.
- Youlian, H., Wei-Ping, Li., & Danny, Chu.(1995). Kinematic study on backhand stroke performed by world class squash player in international competition. *XVth Congress of the International Society of Biomechanics*, July 2-6, 1995, Jyvaskyla: book of abstracts, Jyvaskyla, University of Jyvaskyla, 400-401.

투 고 일 : 7월 4일
 심 사 일 : 8월 6일
 심사완료일 : 9월 5일