Korean Journal of Sport Biomechanics
Vol. 24, No. 1, 2014, 11-18

ISSN 1226-2226(Print), ISSN 2093-9752(Online)
http://dx.doi.org/10.5103/KJSB.2014.24.1.011
http://www.kssb.or.kr

배드민턴 백핸드 클리어 타구유형에 따른 운동학적 변인 및 근육활동 분석

김호묵[1] · 우상연[1]

[1]순천향대학교 자연과학대학 스포츠과학과

Kinematic and Electromyographic Analysis of Backhand Clear Motion according to the Type of Hitting in Badminton

Ho-Mook Kim[1] · Sang-Yeon Woo[1]

[1]*Department of Sports Science, College of Natural Science, Soonchunhyang University, Asan, Korea*
Received 30 January 2014; Received in revised form 8 March 2014; Accepted 21 March 2014

ABSTRACT

The purposes of this study were to analyze the kinematics and electromyographic variables of the upper extremity for the backhand clear motion according to the type of hitting in badminton. Seven elite male university players were selected as the subjects. Four digital video cameras and Noraxon Telemyo 2400 were used to collect the 3D kinematics and electromyographic data. The results were as follows: 1) in the phase of impact, the time of motion for the overhead backhand clear was the longest, 2) in the event of impact, the distance of step toward X direction was the longest and the distance of step toward Y direction was the shortest for the overhead backhand clear, 3) in the event of backswing, the rotation angles of shoulder and pelvis and the flexion angle of shoulder for the overhead backhand clear were the biggest, 4) the maximum flexion angular velocity of shoulder and the maximum extension angular velocity of elbow for the overhead backhand clear were the biggest, and 5) in the phase of impact, mean EMG of the wrist flexor, triceps, and trapezius muscle for the overhead backhand clear was bigger than that for the underhand stroke and in the phase of follow-through, mean EMG of the wrist flexor and extensor, biceps, triceps, and trapezius muscle for the overhead backhand clear was the biggest.

Keywords : Badminton, Backhand Clear, Electromyography, Kinematic

I. 서 론

배드민턴 경기에서 상대가 셔틀콕을 높게 반구하였을 때 그 셔틀콕을 머리 위에서 어떻게 구사하느냐에 따라 경기의 결과가 결정된다고 할 정도로 오버헤드 스트로크의 비중은 매우 높다(Kim, Yoon, Woo, Choi & Suh, 2011; Sailim, Lim, Saim, & Baharuddin, 2010). 이러한 스트로크는 타구의 위치에 따라 포핸드 스트로크와 백핸드 스트로크로 분류된다. 일반적으로 백핸드 스트로크가 포핸드 스트로크에 비하여 어려운 기술이라고 여겨진다.

배드민턴 코트에서 절반은 백핸드로 셔틀콕을 처리해야 하지만 라운드 더 헤드 스트로크를 이용하거나 코트의 왼쪽으로 이동하여 포핸드 스트로크로 구사하기도 하므로 경기 중 백핸드 스트로크를 사용하는 빈도는 코트의 영역에 비하여 적다. 그러나 백핸드 스트로크가 약한 약점을 갖게 되면 상대방이 포인트를 얻기 위한 전략적 표적이 된다.

백핸드 오버헤드 스트로크는 셔틀콕을 보내는 방법에 따라 클리어, 스매시, 드롭, 드라이브로 구분된다. 배드민턴 경기에서 클리어 동작은 가장 많이 사용되는 기술 중 하나이며, 모든 타법의 기본이 된다(Ming, Keong, & Ghosh,

본 연구는 순천향대학교 학술연구비 지원으로 수행하였음.
Corresponding Author: Sang-Yeon Woo
Department of Sports Science, Soonchunhyang University, 322 Sinchang-mun, Asan-si, Korea
Tel : +82-41-530-1296
E-mail: woosangy@gmail.com

2008). 특히 백핸드 하이클리어 스트로크는 코트에서 가장 취약지구로 날아오는 깊고 높은 셔틀콕을 상대 코트의 엔드라인까지 높고 깊숙이 치는 것이다. 많은 동호인 선수들은 백핸드 오버헤드 하이클리어 동작 시 셔틀콕을 코트 뒤쪽으로 깊숙하게 타구하는 것을 가장 어려운 기술이라고 생각한다(Li, 1994). Kim 등 (2011)는 배드민턴에 입문하고 평균 3년 정도의 구력을 갖춘 C급 동호인들의 가장 큰 난관으로서 작용하는 백핸드 하이 클리어는 이들에게 많은 스트레스와 경기승패의 결정적 요인이 되고 있다고 보고하고 있다. 따라서 배드민턴 경기력 향상을 위해서는 백핸드 오버헤드 하이클리어 스트로크를 효과적으로 사용할 수 있어야 한다. 백핸드 오버헤드 하이클리어 스트로크를 효과적으로 사용하기 위해서는 우선 오버헤드 하이클리어 스트로크 동작 특성에 대한 이해가 선행되어야 한다.

지금까지 배드민턴 스트로크에 관한 연구들은 대부분 포핸드 스매시 스트로크 동작에 집중되어 왔다(Ahn, 2003; Choi, 1999; Han, 1998; Jo, Yoo, & Yoon, 2013; Kim, 2003; So, Han, & Seo, 2003; Sakura & Ohtsuki, 2000; Tang, Abe, Katoh & Ae, 1995; Teu, Kim, John, & Konstantin, 2005; Tsai & Chang, 1998). 백핸드 오버헤드 클리어 동작에 관한 연구에서 Kim 등 (2011)은 동호인 수준에 따른 백핸드 오버헤드 하이클리어 동작을 효과적으로 하기 위해서는 포워드 스윙 시 어깨를 이용하여 휘둘러 치지 말고 손목의 스냅을 이용하여 끊어 치는 스윙을 하며, 임팩트 시점에서 라켓의 최대 속도가 이루어지도록 하는 것이 필요하다고 제시하였다. Huan, Huang, Chang, & Tsai (2002)과 Kim, Yoon, 과 Woo (2013)는 백핸드 하이클리어 동작 시 엘리트 선수는 동호인 선수에 비하여 손목 각속도를 잘 활용하는 것으로 보고하고 있으며, 동호인 선수가 엘리트 선수에 비하여 손목 각속도를 잘 활용하지 못하는 원인은 지나치게 상완을 이용하여 클리어 동작을 하기 때문에 손목 각속도를 이용하지 못하기 때문이라고 보고하고 있다. Sørensen (2010)은 기술 수준이 서로 다른 주니어 선수들에 대한 백핸드 클리어 동작에 대한 비교 분석을 통하여 백핸드 클리어 동작 시 숙련된 선수는 근위 분절에서 원위 분절로의 순서가 잘 이루어지는 특징을 보이고 있다고 보고하였다. 이러한 연구 중에서 대부분이 동작에 대한 운동학적 분석만을 통하여 백핸드 하이클리어 동작에 대한 지도지침을 제시하고 있다.

백핸드 스트로크와 포핸드 스트로크는 타구하는 방향이 다르며 타구하는 방법이 다르게 때문에 사용되는 관절과 근육 이용도 다르다. 따라서 오버헤드 하이클리어 동작의 특징을 이해하고 기술향상을 위해서는 동작에 대한 운동학적 특성은 물론 각 분절을 움직이게 되는 근육 활동 특성에 대한 이해가 필요하다. 오버헤드 종목의 야구 피칭 동작이나 테니스 서브에서 상지의 근육활동에 대하여 많은 연구들이 이루어지고 있다(DiGiovine, Jobe, Pink, & Perry, 1992; Fleisig, Barrentine, Escamilla, & Andrews, 1996; Gowan, Jobe, Tibone, Perry, & Moynes, 1987; Ryu, McCormick, Jobe, Moynes, & Antonelli, 1988; Sisto, Jobe, Moynes, & Antonelli, 1987). 그러나 상대적으로 배드민턴 스트로크 기술의 근육활동에 대한 연구는 매우 미미한 수준이다.

기술수준이 낮은 선수들은 백핸드 오버헤드 하이클리어로 셔틀콕을 멀리 보내기 어렵기 때문에 강한 파워가 필요하다고 생각하여 힘으로 보내려고 한다. 그러나 백핸드 하이클리어 스트로크는 힘이 아니라 기술이 필요하다. 백핸드 하이클리어 스트로크는 임팩트 시 타구 높이에 따라 언더핸드 스트로크, 사이드암 스트로크, 오버헤드 스트로크로 구분된다. 상대적으로 언더핸드 스트로크가 오버헤드 스트로크에 비하여 셔틀콕을 보다 쉽게 높고 길게 보낼 수 있다. 백핸드 오버헤드 하이클리어 스트로크 기술을 보다 쉽게 이해하고 익히기 위해서는 오버헤드 스트로크보다 상대적으로 쉽다고 생각되는 언더핸드 스트로크 동작과 비교하여 타구 높이가 높아짐에 따라 타구 동작 시 운동학적 변인 및 근육활동이 어떻게 변화하는지를 비교 분석을 통하여 백핸드 하이클리어 동작의 특성을 규명하는 것이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 백핸드 하이클리어 동작 시 언더핸드, 사이드핸드, 오버헤드 클리어 동작에 대한 운동학적 변인 및 근육활동 특성을 분석하여 오버헤드 하이클리어 동작 향상을 위한 지도지침을 제시하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자

본 연구의 대상자는 대학교 엘리트 배드민턴 선수 7명(나이 21.50±1.37 yrs, 신장 179.50±5.57 cm, 체중 72.83±5.91 kg, 경력 10.66±1.63 yrs)으로 하였다. 피험자들은 모두 오른손잡이로 본 연구에 자발적으로 참여하였다.

2. 실험 절차

실험상황은 <Figure 1>과 같다. 본 실험은 체육관에서 이루어졌으며 각 피험자들은 실험을 하기 전에 충분한 준비운동을 실시하였다. 각 피험자는 좌측서비스 코트의 중앙에 위치하여 준비 자세를 취한 후 네트 너머 숏 서비스 라인에서 일정하게 보내주는 셔틀콕을 언더핸드 클리어, 사이드암 클리어, 오버헤드 클리어로 각각 5회씩 네트 너머의 목표지점에 보내도록 하였다. 목표지점에 정확히 들

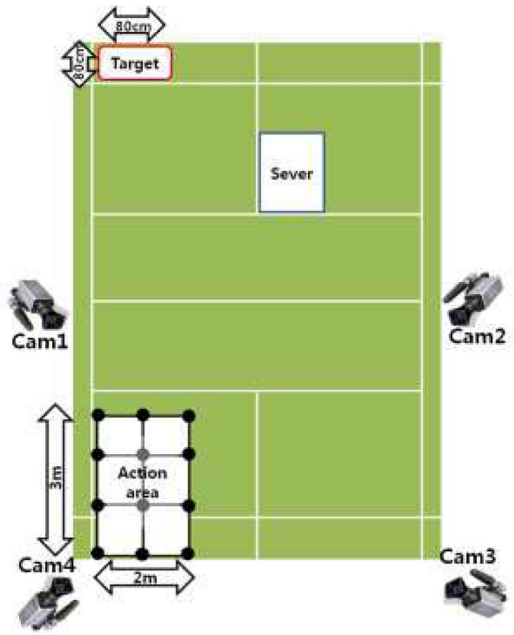

Figure 1. The experimental setup

어간 사례 중 가장 잘 된 동작을 선택하여 분석하였다.

백핸드 클리어 동작을 촬영하기 위하여 카메라는 60 Hz의 디지털 비디오 카메라(Sony TRV-940, Sony, Japan) 4대를 사용하였으며, 실공간 좌표를 위하여 통제점틀(2×3×3 m)을 사용하였다. 반사마커를 인체관절 중심에 부착하였으며 영상 촬영 시 각 카메라 및 근전도 신호와 동조를 위하여 비솔 사의 동조 단자(Visol VSAD-101USB)를 사용하여 카메라상의 LED 불빛과 근전도의 1개 채널에 전기적 신호를 넣어서 영상의 LED 불빛이 시작되는 지점과 근전도의 전기적 신호가 발생되는 지점을 동일 시점으로 일치시켰다. 백핸드 클리어 동작 시 근육의 활동을 측정하기 위하여 근전도 시스템(Telemyo 2400, Noraxon, USA)을 사용하였다. 측정 근육은 Sakura와 Ohtsuki (2000)의 연구에 기초하여 오른쪽 부위의 손목 굴곡근(flexor carpi radialis), 손목 신전근(extensor carpi radialis), 상완 이두근(biceps brachii), 상완 삼두근(triceps brachii), 삼각근(deltoid), 승모근(trapezius)으로 하였다. 전극 중심 간격이 2.5 cm인 양극성 표면전극(바이오프로테크, T246H)을 각각의 근육의 중심부에 부착하였다. 접지전극은 전기적으로 중립지역인 전상장골극(Anterior Superior Iliac Spine [ASIS])에 부착하였다. 수집된 근전도값을 최대정적수축(Maximum Voluntary Isometric Contraction [MVIC])으로 표준화하여 제시하기 위하여 백핸드 클리어 동작을 하기 전에 Hislop와 Montgomery (1995)의 도수근력검사에 기초하여 각각의 근육에 대하여 최대정적수축(MVIC)을 5초간 3회씩 측정하였으며 평균값을 사용하였다.

3. 자료처리 방법

동작 분석은 Kwon3D 프로그램 3.10(Visol, Korea)을 사용하였으며, 직접 선형 변환방법(Direct linear transformation)을 통해 3차원 좌표를 얻었다(Abdel-Aziz & Karara, 1971). 영상좌표화 과정에서 발생되는 노이즈를 최소화하기 위하여 2차 Butterworth low-pass digital filter를 사용하였으며 이 때 차단 주파수는 잔차분석(root mean square [RMS])을 통하여 10 Hz로 설정하였다.

백핸드 하이 클리어 동작 시 중요한 운동학적 변인을 비교 분석하기 위하여 구간별 소요시간, 임팩트 거리, 상지 각도, 상지 각속도를 산출하였으며, 전역좌표계의 정의는 엔드라인과 일치하는 좌우방향을 X축, 타구의 진행방향인 전후방향을 Y축, 상하방향을 Z축으로 설정하였다.

X, Y 방향의 임팩트 거리는 임팩트 위치에서 머리 위치의 사이 거리로 하였으며 Z 방향의 임팩트 거리는 지면에서 임팩트 위치까지의 사이 거리로 하였다. 신체 분절 각도를 다음과 같이 정의 하였다.

손목각 : 라켓과 전완 분절의 벡터가 이루는 상대각도
팔꿈치 사이각 : 전완 분절의 벡터와 상완 분절의 벡터가 이루는 상대각도
어깨 굴곡신전각 : 상완의 분절 벡터와 Z축 벡터가 이루는 상대각도
어깨 수평 외전각 : 상완의 분절 벡터와 우측 어깨와 좌측 어깨를 잇는 선분이 이루는 상대각도
어깨 회전각 : X축(좌우방향)과 좌측 어깨와 우측 어깨를 잇는 선분이 이루는 각도
골반 회전각 : X축(좌우방향)과 좌측 고관절과 우측 고관절을 잇는 선분이 이루는 각도

측정된 근전도 신호측정은 MyoResearch xp 1.03버(Noraxon, USA)을 이용하였으며, 이 때 샘플링 주파수는 1000 Hz로 설정하였다. 백핸드 하이 클리어 동작의 근전도 자료를 먼저 정류시킨 후 10-500 Hz로 밴드 패스 필터를 하였다. 자료의 스무딩(smoothing)을 위하여 50 ms 이동 평균으로 설정하였다. 이러한 근전도 자료를 최대정적수축(MVIC)으로 표준화하여 %MVIC로 제시하였다. 그리고 각 구간에 대한 평균 %MVIC 근전도를 구하였다. 각 근육이 최대로 발현되는 시점을 분석하기 위하여 백스윙 시작부터 임팩트 지점까지를 100% 시간으로 하여 EMG peak-timing을 산출하였다(Li & Caldwell, 1998).

본 연구에서 시점(Event)과 구간(Phase) 설정은 준비 자세에서 왼발이 움직여 지면에 다시 닿는 순간을 Event1 (E1)으로, 백스윙이 끝나는 순간을 Event2 (E2), 임팩트 순간을 Event3 (E3), 팔로스루가 끝나는 순간을 Event4 (E4), 4개의 주요 시점과 Event1 (E1)에서 Event2 (E2)까지를 Phase1 (P1)로, Event2 (E2)에서 Event3 (E3)까지를

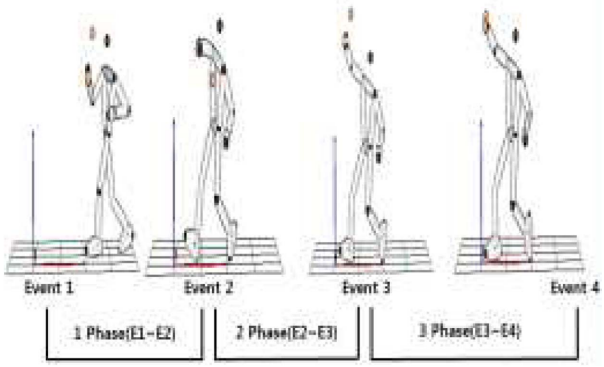

Figure 2.. Event and phase

Phase2 (P2)로, Event3 (E3)에서 Event4 (E4)까지를 Phase3 (P3)의 구간으로 설정하였다.

4. 통계 분석 방법

수집된 자료는 SPSS Windows 13.0 Version(IBM, USA)프로그램을 이용해 통계처리를 하였다. 본 연구에서는 백핸드 클리어 타구 유형에 따른 동작의 운동학적 변인 및 근육활동 등이 어떠한 차이가 있는지를 알아보기 위하여 일원반복분산분석(one-way ANOVA with repeated measures)을 실시하였다. 통계적으로 유의한 차이가 있을 경우 Turkey로 사후 검증을 하였다. 통계적 유의 수준은 .05로 설정하였다.

III. 결 과

1. 운동학적 변인

엘리트 선수들의 언더핸드 스트로크, 사이드암 스트로크, 오버헤드 스트로크 유형에 따른 백핸드 클리어 동작의 운동학적 변인 분석 및 평균차이 검증 결과는 <Table 1>과 같다.

P2 구간에서 동작 시간은 3가지 타구 방법 간에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<.05). P2 구간 동작 시간은 오버헤드 스트로크가 언더핸드 스트로크와 사이드암 스트로크에 비하여 긴 것으로 나타났다.

무게 중심에서 임팩트 지점까지의 거리는 X, Y, Z 방향에서 3가지 타구 방법 간에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<.05). X 방향에서 임팩트 거리는 언더핸드 스트로크, 사이드암 스트로크, 오버헤드 스트로크로 갈수록 길어지는 것으로 나타났다. Y 방향에서 임팩트 거리는 오버헤드 스트로크가 언더핸드 스트로크와 사이드암 스트로크에 비하여 짧은 것으로 나타났다. Z 방향에서 임팩트 높이는 언더핸드 스트로크, 사이드암 스트로크, 오버헤드 스트로크로 갈수록 높아지는 것으로 나타났다.

Table 1. Kinematical parameters for backhand clear strokes

		Under	Side	Over	F	
Swing time (sec)	P1	0.07±0.13	0.65±0.13	0.58±0.30	.627	
	P2	0.06±0.01	0.06±0.02	0.09±0.01	4.381*	a,b<c
	P3	0.06±0.01	0.06±0.01	0.07±0.01	2.563	
Impact distance (m)	X	0.03±0.09	0.37±0.20	0.79±0.11	47.245*	a<b,c, b<c
	Y	0.75±0.14	0.70±0.11	0.13±0.29	21.022*	a,b>c
	Z	0.62±0.13	1.27±0.07	1.98±0.15	196.924*	a,b<c a<b
Step distance (m)	X	0.32±0.21	0.04±0.30	0.52±0.20	7.127*	a,c>b
	Y	0.91±0.12	0.54±0.54	-0.31±0.11	25.571*	a>b,c b>c
Shoulder rotation angle (°)	E2	73.83±10.19	75.50±13.23	145.91±18.95	55.675*	a,b<c
Hip rotation angle (°)	E2	67.98±7.48	66.98±11.70	155.00±18.42	101.795*	a,b<c
Shoulder flexion-extension angle (°)	E2	80.96±0.24	81.81±07.97	99.22±6.62	17.782*	a,b<c
Elbow extension angle (°)	E2	131.97±12.92	120.42±10.02	105.29±14.24	7.990*	a>b,c
Shoulder rotation angular velocity (°/sec)	Max	111.07±43.16	90.80±20.88	91.19±34.68	.805	
Hip rotation angular velocity (°/sec)	Max	71.61±31.08	46.21±11.21	54.11±18.44	2.479	
Shoulder flexion-extension angular velocity (°/sec)	Max	358.86±73.71	222.21±64.19	394.36±121.91	7.105*	a,c>b
Elbow extension angular velocity (°/sec)	Max	616.65±105.71	559.53±145.57	814.25±174.04	5.879*	a,b<c
Wrist angular velocity (°/sec)	Max	881.14±334.01	1078.94±270.19	492.23±282.79	7.073*	b>a,c

* p<.05 a : Under, b : Side, c : Over

스텝 거리는 X, Y 방향에서 3가지 타구 방법 간에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<.05). X 방향에서 스텝 거리는 사이드암 스트로크가 언더핸드 스트로크와 오버헤드 스트로크에 비하여 짧은 것으로 나타났다. Y 방향에서 스텝 거리는 언더핸드 스트로크, 사이드암 스트로크, 오버헤드 스트로크로 갈수록 짧아지는 것으로 나타났다.

어깨 회전각과 힙 회전각은 E2에서 3가지 타구 방법 간에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<.05). 백스윙 시 어깨 회전각과 힙 회전각은 오버헤드 스트로크가 언더핸드 스트로크와 사이드암 스트로크에 비하여 큰 것으로 나타났다. 어깨 굴곡 신전 각은 E2에서 3가지 타구 방법 간에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<.05). 백스윙 시 어깨 굴곡 신전 각은 오버헤드 스트로크가 언더핸드 스트로크와 사이드암 스트로크에 비하여 큰 것으로 나타났다.

팔꿈치 관절 각도는 E2에서 3가지 타구 방법 간에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<.05). 백스윙 시 팔꿈치 관절 각도는 언더핸드 스트로크, 사이드암 스트로크, 오버헤드 스트로크로 갈수록 작아지는 것으로 나타났다. 최대 어깨 회전 각속도와 골반 회전 각속도는 3가지 타구 방법 간에 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

최대 어깨 굴곡 신전 각속도는 3가지 타구 방법 간에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<.05). 최대 어깨 굴곡 신전 각속도는 사이드암 스트로크가 언더핸드 스트로크와 오버헤드 스트로크에 비하여 작은 것으로 나타났다. 최대 팔꿈치 관절 신전 각속도는 3가지 타구 방법 간에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<.05). 최대 팔꿈치 관절 신전 각속도는 오버헤드 스트로크가 언더핸드 스트로크와 사이드암 스트로크에 비하여 큰 것으로 나타났다. 최대 손목 각속도는 3가지 타구 방법 간에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<.05). 최대 손목 각속도는 오버헤드 스트로크가 언더핸드 스트로크와 사이드암 스트로크에 비하여 작은 것으로 나타났다.

2. 근전도 변인

엘리트 선수들의 언더핸드 스트로크, 사이드암 스트로크, 오버헤드 스트로크 유형에 따른 백핸드 클리어 동작의 근전도 분석 및 평균차이 검증 결과는 <Table 2, 3>과 같다.

P1 구간에서 각 근육들의 평균 %MVIC 근전도 값은 3가지 타구 방법 간에 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 즉, 언더핸드 스트로크, 사이드암 스트로크, 오버헤드 스트로크 동작에 따른 각 근육들의 평균 %MVIC 근전도 값은 차이가 없는 것으로 나타났다.

P2 구간에서 요측수근굴근의 평균 %MVIC 근전도 값은 3가지 타구 방법 간에 통계적 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<.05). 요측수근굴근의 평균 %MVIC 근전도 값은 오버헤드 스트로크가 언더핸드 스트로크에 비하여 큰 것으로 나타났다. P2 구간에서 상완 삼두근의 평균 %MVIC 근전도 값은 3가지 타구 방법 간에 통계적 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<.05). 상완 삼두근의 평균 %MVIC 근전도 값은 오버헤드 스트로크가 언더핸드 스트로크에 비하여 큰 것으로 나타났다. P2 구간에서 승모근의 평균 %MVIC 근전도 값은 3가지 타구 방법 간에 통계적 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<.05).

승모근의 평균 %MVIC 근전도 값은 오버헤드 스트로크가 언더핸드 스트로크와 사이드암 스트로크에 비하여 큰 것으로 나타났다. P2 구간에서 요측수근신근, 상완 이두근, 삼각근의 평균 %MVIC 근전도 값은 3가지 타구 방법 간에 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

P3 구간에서 요측수근굴근, 요측수근신근, 이두근, 삼두근, 승모근의 평균 %MVIC 근전도 값은 3가지 타구 방법 간에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<.05). P3 구간에서 요측수근굴근, 요측수근신근, 이두근, 삼두근, 승모근의 평균 %MVIC 근전도 값은 오버헤드 스트로크가 언더핸드 스트로크와 사이드암 스트로크에 비하여 큰 것으로 나타났다. P3 구간에서 삼각근의 평균 %MVIC 근전도 값은 3가지 타구 방법 간에 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

IV. 논 의

본 연구는 백핸드 하이클리어 동작 시 언더핸드, 사이드핸드, 오버헤드 스트로크 동작에 대한 운동학적 변인 및 근육활동 특성을 비교 분석하여 오버헤드 하이 클리어 스트로크 동작 향상을 위한 지도지침을 제시하고자 하였다.

임팩트 구간(P2)에서 동작 시간은 0.09±0.01초로 오버헤드 클리어 스트로크가 가장 긴 것으로 나타났다. 임팩트 구간에서 동작 시간은 백핸드 하이클리어 동작에 관한 선행 연구들(Kim, Yoon, Woo, Choi et al., 2011; Kim, Yoon, & Woo, 2013)과 유사하지만 Jo 등 (2013)의 연구에서 제시한 드롭 동작 시간 1.13±0.22초, 스매시 동작 시간 1.07±0.19초에 비하여 조금 짧은 것으로 나타났다. 본 연구에서 오버헤드 스트로크 시 임팩트 시간이 길게 나타난 것은 임팩트 높이가 언더핸드 스트로크와 사이드암 스트로크에 비하여 타점 높이가 높아서 동작 구간이 길어지기 때문이다.

임팩트 위치에서 좌우 방향(X)으로의 임팩트 거리와 임팩트 높이는 오버헤드 스트로크가 가장 큰 것으로 나타났

Table 2. Mean EMG (unit : %MVIC)

		Under	Side	Over	F	
P1	Flexor carpi radialis	26.92±17.76	18.76±10.34	30.57±19.26	.967	
	Extensor carpi radialis	15.33±7.05	16.72±6.47	19.68±6.06	.809	
	Biceps brachii	10.74±5.85	10.73±6.94	14.16±11.17	.397	
	Triceps brachii	26.66±10.41	22.49±7.88	31.10±14.61	1.012	
	Deltoid	59.52±53.36	46.35±30.74	45.26±31.54	.277	
	Trapezius	17.41±23.21	9.26±9.08	46.51±73.92	1.323	
P2	Flexor carpi radialis	50.21±19.17	66.10±19.11	82.08±20.92	4.553*	a<c
	Extensor carpi radialis	72.15±19.31	70.78±30.55	74.83±25.98	.045	
	Biceps brachii	59.23±43.79	52.10±27.89	61.23±29.84	.135	
	Triceps brachii	49.81±12.81	74.51±31.68	99.06±44.06	4.094*	a<c
	Deltoid	98.63±132.22	68.91±70.81	101.80±99.32	.214	
	Trapezius	16.95±16.67	19.48±19.13	55.25±42.48	3.934*	a,b<c
P3	Flexor carpi radialis	18.66±6.79	19.33±11.30	37.28±21.51	3.679*	a,b<c
	Extensor carpi radialis	30.18±10.11	33.45±10.41	52.23±24.99	3.560*	a,b<c
	Biceps brachii	18.36±12.22	21.66±15.27	46.25±29.05	3.972*	a,b<c
	Triceps brachii	20.75±8.45	31.80±19.71	54.81±33.09	4.077*	a,b<c
	Deltoid	38.60±25.70	35.65±26.00	92.61±98.15	1.969	
	Trapezius	5.86±4.82	9.01±8.55	25.65±22.30	3.996*	a<c

* $p<.05$ a : Under, b : Side, c : Over

Table 3. The duration time from backswing end to peak EMG amplitude (unit : %time)

	Under	Side	Over	F	
Flexor carpi radialis	82.93±2.50	88.01±4.81	92.58±8.56	4.762*	a<c
Extensor carpi radialis	94.37±1.84	95.01±4.85	94.67±10.33	.016	
Biceps brachii	87.45±5.09	92.31±5.56	88.60±20.68	.279	
Triceps brachii	80.16±3.78	82.40±4.46	88.14±7.83	3.716*	a<c
Deltoid	75.26±9.81	72.30±6.08	82.39±21.56	.945	
Trapezius	76.09±28.66	83.31±26.41	81.13±19.54	.152	

* $p<.05$ a : Under, b : Side, c : Over

으며 전후방향(Y)에서 임팩트 거리는 가장 짧은 것으로 나타났다. 또한 전후방향(Y)으로의 스텝 거리는 언더핸드 스트로크가 가장 길고 오버헤드 스트로크가 가장 짧은 것으로 나타났다. 야구 피칭, 테니스, 배드민턴과 같은 오버헤드 운동 시 공을 빠르게 던지거나 쳐서 보내기 위해서는 운동량을 큰 신체 분절에서 작은 신체 분절로 순차적으로 전이시켜야 한다(Putnam, 1991, 1993; Bahamonde, 2000). 본 연구에서 언더핸드 스트로크 동작은 타구 방향으로 스텝을 하면서 앞쪽에서 타구하기 때문에 타구 시 무게 중심 이동 효과를 잘 이용할 수 있으나 오버헤드 스트로크는 스텝을 뒤쪽으로 하면서 임팩트 위치가 상대적으로 뒤쪽에서 이루어지기 때문에 다른 스트로크에 비하여 타구 방향으로의 무게중심 이동 효과를 활용하기 어려운 특징을 보이고 있다.

백스윙 시 어깨 회전각도, 골반 회전각도, 어깨 굴곡각도는 오버헤드 클리어 동작이 가장 큰 것으로 나타났다. 본 연구에서 오버헤드 스트로크 시 어깨 회전각도는 145.91±18.95°로 Kim, Yoon과 Woo (2013)의 연구에서 엘리트 선수의 어깨 회전각도 146.24±19.90°와 거의 유사한 특징을 보이고 있다. 백스윙 시 언더핸드 스트로크와 사이드암 스트로크가 오버헤드 스트로크에 비하여 어깨 회전이 적게 이루어지는 이유는 스텝을 타구 목표 방향으로 하면서 임팩트 위치가 오버헤드 스트로크에 비하여 앞쪽에서 이루어지기 때문인 것으로 사료된다.

최대 어깨 굴곡 각속도는 오버헤드 스트로크와 언더핸드 스트로크가 사이드암 스트로크보다 크게 나타났으며,

최대 팔꿈치 신전 각속도는 오버헤드 스트로크가 가장 크고 손목 각속도는 사이드암 스트로가 가장 큰 것으로 나타났다. 본 연구에서 사이드암 스트로크는 다른 스트로크에 비하여 상완을 고정한 상태에서 손목을 이용하여 클리어 하기 때문에 손목에서 각속도는 크지만 어깨 굴곡 각속도는 상대적으로 작은 것으로 사료된다. 또한 오버헤드 스트로크 시 팔꿈치 신전 각속도가 크게 나온 이유는 다른 스트로크에 비하여 스텝을 뒤쪽 방향으로 하게 되어 임팩트 위치가 상대적으로 뒤쪽에서 형성되고 신체 중심 이동이 목표 방향과 반대방향으로 이루어져 운동량 전이가 제대로 되지 않기 때문에 타구를 멀리 빠르게 보내기 위해서 원위 분절인 팔꿈치를 더 빠르게 펴면서 스트로크하기 때문인 것으로 판단된다.

가속구간(P2)에서 손목 굴곡근, 삼두근, 승모근의 평균 %MVIC 근전도는 오버헤드 스트로크가 언더핸드 스트로크에 비하여 더 큰 것으로 나타났다. Tsai, Hsueh, Pan과 Chang (2008)은 포핸드 스매시 동작 시 임팩트 지점에서 손목 신전근과 이두근이 많이 활성화되는 것으로 보고하고 있다. 그러나 본 연구의 백핸드 하이클리어 동작 시 언더핸드 스트로크와 사이드암 스트로크 동작은 높은 위치에 있는 셔틀콕을 타구를 하기 위하여 상대적으로 팔을 높이 들기 때문에 승모근의 근육 활동이 더 크게 나타난 것으로 사료된다. 또한 오버헤드 스트로크 시 다른 스트로크에 비하여 삼두근의 근육활동이 더 크게 나타난 것은 팔꿈치 신전 각속도가 크기 때문인 것으로 판단된다.

팔로스루 구간(P3)에서는 손목 굴곡근, 손목 신전근, 이두근, 삼두근, 승모근의 평균근전도는 오버헤드 스트로크가 가장 크게 나타났다. Kim, Yoon, Woo, Choi 등(2011)은 백핸드 하이클리어 동작 시 전완을 이용하여 짧게 끊어지는 동작이 필요하다고 제시하고 있다. 이러한 동작을 위해서는 팔로스루를 가능하면 짧게 하는 것이 필요하다. 본 연구에서 오버헤드 스트로크 시 팔로스루 구간에서 손목 굴곡근, 손목 신전근, 이두근, 삼두근, 승모근의 평균 %MVIC 근전도가 언더핸드 스트로크와 사이드암 스트로크 동작에 비하여 크게 나타난 것은 가속구간(P2)에서 동작 범위가 크고 팔꿈치 신전 각속도도 크기 때문에 팔로스루 시 분절의 속도를 효과적으로 줄여 팔로스루 동작을 짧게 하기 위한 것으로 사료된다.

오버헤드 스트로크 시 언더핸드 스트로크에 비하여 손목 굴곡근과 삼두근의 최대 근전도 값은 임팩트 지점에 가깝게 나타났다. 또한 오버헤드 스트로크 시 각 근육들의 최대값이 나타나는 시기는 근위분절에 있는 삼두근과 승모근이 먼저 최대값이 되고 그 이후에 이두근과 삼두근의 최대값이 나타나며 가장 원위분절에 있는 손목 신전근과 손목 굴곡근 순으로 나타나고 있다. Alexander (1991), Chowdhary와 Challis (1999)는 던지기 동작에서 볼 속도를 빠르게 하기 위해서는 근위 분절의 근육활동에서 원위 분절의 근육활동으로 순차적으로 이루어져야 한다고 보고하고 있다. 본 연구의 경우 언더핸드 스트로크나 사이드암 스트로크에 비하여 오버헤드 스트로크 시 상지의 근육에서 근육이 먼저 활성화되고 원위 분절이 이후에 활성화되는 순차적 모형이 잘 나타나고 있다. 따라서 오버헤드 스트로크를 효과적으로 수행하기 위해서는 근위 근육에서 원위 근육으로 순차적인 근육 활동이 잘 이루어져야 하는 것으로 판단된다.

V. 결 론

본 연구는 백핸드 하이 클리어 동작 시 언더핸드, 사이드핸드, 오버헤드 클리어 동작에 대한 운동학적 변인 및 근육활동 특성을 비교 분석하여 오버헤드 하이클리어 동작 향상을 위한 지도지침을 제시하고자 하였다. 이러한 연구 목적을 달성하기 위한 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 임팩트 구간(P2)에서 동작 시간은 오버헤드 클리어 스트로크가 가장 긴 것으로 나타났다.

둘째, 좌우 방향(X)으로의 임팩트 거리와 임팩트 높이는 오버헤드 스트로크가 가장 큰 것으로 나타났으며 전후방향(Y)에서 임팩트 거리는 오버헤드 스트로크가 가장 짧은 것으로 나타났다.

셋째, 백스윙 시 어깨 회전각도, 골반 회전각도, 어깨 굴곡각도는 오버헤드 스트로크 동작이 가장 큰 것으로 나타났다.

넷째, 최대 어깨 굴곡각속도는 오버헤드 스트로크와 언더핸드 스트로크가 사이드암 스트로크보다 크게 나타났으며, 최대 팔꿈치 신전각속도는 오버헤드 스트로크가 가장 크고 최대 손목 신전각속도는 사이드암 스트로크가 가장 큰 것으로 나타났다.

다섯째, 임팩트 구간(P2)에서 손목 굴곡근, 삼두근, 승모근의 평균 근전도는 오버헤드 스트로크가 언더핸드 스트로크에 비하여 더 큰 것으로 나타났으며, 팔로스루 구간(P3)에서 손목 굴곡근, 손목 신전근, 이두근, 삼두근, 승모근의 평균 근전도는 오버헤드 스트로크가 가장 크게 나타났다. 또한 오버헤드 스트로크 시 언더핸드 스트로크에 비하여 손목 굴곡근과 삼두근의 최대 근전도 값은 임팩트 지점에 가깝게 나타났다.

결론적으로 백핸드 하이클리어 스트로크를 효과적으로 수행하기 위해서는 언더핸드 스트로크와 사이드암 스트로크에 비하여 백스윙 시 어깨회전을 더 크게 한 후 전완각속도를 최대로 빠르게 하면서 짧게 끊어 치는 동작이 필요하다. 이러한 동작을 효과적으로 수행하기 위해서는 근육활동이 근위 근육에서 원위 근육으로 순차적으로 이루

어져야 하며 특히 백핸드 오버헤드 하이클리어 타구를 목표 지점으로 높고 멀리 보내기 위해서 팔꿈치 관절각속도와 손목 관절각속도에 관여하는 삼두근과 손목 굴곡근에 대한 트레이닝이 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

Abdel-Aziz, Y. I., & Karara, H. M. (1971). *Direct linear transformation from comparator coordinates in object-space coordinates in close-range photogrammetry.* Proceedings of the ASP Symposium of Close-Range Photogrammetry. Urbana, IL.

Ahn, S. M. (2003). *Kinematical comparative analysis of smashing motion in badminton between the skilled and the unskilled.* Unpublished Master's Thesis. Graduate School of Sunchon National University.

Alexander, R. M. (1991). Optimum timing of muscle activation for simple models of throwing. *Journal of Theoretical Biology,* 150(3), 349-372.

Bahamonde, R. E. (2000). Changes in angular momentum during the tennis serve. *Journal of Sports Science.* 18(8), 579-592.

Choi, S. J. (1999). *Kinematics analysis of the skilled and unskilled groups at the badminton smash motion.* Unpublished Master's Thesis. Graduate School of Kyungsung University.

Chowdhary, A. G. & Challis, J. H. (1999). Timing accuracy in human throwing. *Journal of Theoretical Biology,* 201(4), 219-229.

DiGiovine, N. M., Jobe, F. W., Pink, M. & Perry, J. (1992). An electromyographic analysis of the upper extremity in pitching. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery,* 1(1), 15-25.

Fleisig, G. S., Barrentine, S. W., Escamilla, R.F. & Andrews, J.R. (1996). Biomechanics of overhand throwing with implications for injuries. *Sports Medicine,* 21, 421-437.

Gowan, I. D., Jobe, F. W., Tibone, J.E ., Perry, J. & Moynes, D. R. (1987). A comparative electromyographic analysis of the shoulder during pitching: professional versus amateur pitchers. *American Journal of Sports Medicine,* 15(6), 586-590.

Han, S. M. (1998). *Kinematic analysis on smash motion of badminton.* Unpublished Master's Thesis. Graduate School of KonKuk University.

Hislop, H. J., & Montgomery, J. (1995). *Danniels and Worthinghan's Muscle testing: technique of manual examination. 6th* edition. W B Saunders Company.

Huan, W. S., Huang, C., Chang, S. S. Tsai, C. L. (2002). *Kinematic Analysis Of Three Different Badminton Backhand Overhead Strokes.* In ISBS-Conference Proceedings Archive, 1(1)

Jo, A. R., Yoo, S. H. & Yoon, S. H. (2013). The kinematic analysis of upper extremities for badminton smash and drop motions depends on the player's level. *Korean Journal of Sprot Biomechanics.* 23(3), 201-208.

Kim, H. M., Yoon, T. H., Woo, S. Y. (2013). A kinematic approach to improving the backhand overhead high clear motion for eht cleub member. *The Korea Journal of Sports Science.* 22(3), 1431-1439.

Kim, H. M., Yoon, T. H., Woo, S. Y., Choi, S. B. & Suh, S. H. (2011). *Kinematic characteristics to skill levels of black high clear motion in badminton.* College of Natural Science of Soonchunhang Unversity, 17(2), 185-192.

Kim, I. S. (2003). *Kinematic analysis for the efficient teaching of the smash motions of badminton.* Unpublished Master's Thesis. Graduate School of Jeju University.

Li, L. & Caldwell, G. E. (1998). Muscle coordination in cycling: effect of surface incline and posture. *Journal of Applied Physiology,* 85(3), 927-934.

Li, M. (1994). Performance Excellence: Badminton: The Powerful Backhand Overhead Clear. *Journal for Physical and Sport Educators.* 7(4), 9-11.

Ming, C. L., Keong, C. C., & Ghosh, A K. (2008). Time Motion and Notational Analysis of 21 Point and 15 Point Badminton Match Play, 2008, International. *Journal of Sports Science and Engineering.* 2(4), 216-222.

Putnam C. (1991). A segment interaction analysis of proximal-to-distal sequential segment motion patterns. *Medicine and Science in Sports and Exercise,* 23(1), 130–144.

Putnam C. (1993). Sequential motions of body segments in striking and throwing skills: descriptions and explanations. *Journal of Biomechanics,* 26(1), 125–135.

Ryu, R. K. N., McCormick, J., Jobe, F. W., Moynes, D. R. & Antonelli, D. J. (1988). An electromyographic analysis of shoulder function in tennis players. *American Journal of Sports Medicine,* 16, 481-485.

Sailim, M. S., Lim, H. N., Saim, M. S. M. & Baharuddin, M. Y. (2010). *Motion analysis of arm movenebt during badminton smash.* 2010 IEEE EMBS Conference on Biomedical Engieering & Sciences, 111-114, Kuala Lumpur, Malaysia.

Sakura, S. & Ohtsuki, T. (2000). Muscle activity and accuracy of performance of the smash stroke in badminton with reference to skill and practice. *Journal of Sports Sciences.* 18(11), 901-914.

Sisto, D. J., Jobe, F. W., Moynes, D. R. & Antonelli, D. J. (1987). An electromyographic analysis of the elbow in pitching. *American Journal of Sports Medicine,* 15(3), 260-263.

So, J. M., Han, S. M., & Seo, J. H. (2003). Comparison of the kinematic variables in the badminton smash motion. *Korean Journal of Sport Biomechanics.* 13(2), 065-074.

Sørensen, K. (2010). *A Biomechanical Analysis of Clear Strokes in badminton Executed by Youth Players of different Skill Levels.* Unpublished Master's Thesis. Aalborg University, Aalborg.

Tang, H. P., Abe, K., Katoh, K. & Ae, M. (1995). *Three-dimensional cinematographical analysis of the badminton forehand smash: movements of the forearm and hand.* Science and Racket Sports, 113.

Teu, K. K., Kim, W., John, T., & Konstantin, F. F. (2005). Using dual Euler angles for the analysis of arm movement during the badminton smash. *Sports Engineering,* 8(3), 171-178.

Tsai, C. L., & Chang, S. S. (1998). *Biomechanical analysis of differences in the badminton smash and jump smash between Taiwan elite and collegiate players.* In XVI International Symposium on Biomechanics in Sports, 2, 259-262.

Tsai, C. L., Hsueh, Y. C., Pan, K. M., & Chang, S. S. (2008). Biomechanical Analysis Of Different Badminton Forehand Overhead Strokes Of Taiwan Elite Female Players. International Symposium on Biomechanics in Sports. 719-722.