

http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2023.9.2.519

JCCT 2023-3-64

배드민턴 스트로크 동작에 따른 근활성도 차이 분석

Analysis of Differences in Muscle Activity according to Badminton Stroke Movements

김휘태*, 김기홍**, 김병관***, 정환종****

Kim Hwi-Tae*, Kim Ki-Hong, Jeong Huan-Jong***, Kim Byung-Kwan******

요약 이 연구는 경기상황과 유사한 점프 동작이 포함된 배드민턴 기술 동작 시 근육의 활성도의 차이를 조사함으로써 효율적인 기술훈련을 위한 기초자료를 구성하기 위한 목적이다. 남자 배드민턴 선수 7명을 대상으로 하여 스매시, 드롭, 클리어 기술을 무선배정으로 실시하였으며, 3가지 기술 동작 시행 중 근전도를 측정하였다. 측정된 근전도는 RMS로 산출하였으며 일원분산분석을 실시하였다. 스매싱 동작의 근활성도는 부위에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다. 드롭 동작에서 상지 근육 중 PM의 활성도는 BC, ECR보다 낮았으며, FCR의 활성도는 EC보다 낮았다. ECR의 활성도는 PM, FCR보다 높았다. 몸통 근육 중 ES의 활성도는 RF, GM보다 낮았다. 하지 근육 중 RF의 활성도는 ES, BF보다 높았다. 클리어 동작에서 상지 근육 중 TC의 활성도는 FCR보다 높았다. 몸통 근육 중 ES의 활성도는 BF보다 낮았다. 하지 근육 중 RF의 활성도는 BF보다 높았으며, BF의 활성도는 RF, GM보다 낮았다. GM의 활성도는 BF보다 높았다. 배드민턴 기술에 따른 근활성도는 FCR에서 스매시와 드롭 동작이 클리어 동작보다 높았으며, RA에서 클리어가 스매시, 드롭 동작보다 높았다. 종합하면, 배드민턴 경기 중 근육활동은 기술별 특성에 따라 다르게 나타나고 노쪽손목굽힘근은 스매시와 드롭, 배곧은근은 클리어 동작에 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료된다.

주요어 : 배드민턴, 스매시, 드롭, 클리어, 근전도

Abstract The purpose of this study is to construct basic data for efficient technical training by investigating the difference in muscle activity during badminton technical movements involving jump motions similar to game situations. Seven male badminton players were randomly assigned to perform smash, drop, and clear techniques, and electromyograms were measured during the implementation of three technical movements. Measured EMG was calculated by RMS and one-way ANOVA was performed. The muscle activity of the smashing motion did not show any significant difference according to the site. In drop motion, activity of PM in the upper extremity muscles was lower than that of BC and ECR, and FCR activity was lower than that of EC. The activity of ECR was higher than that of PM and FCR. The activity of ES in trunk muscles was lower than that of RF and GM. RF activity of lower extremity muscles was higher than that of ES and BF. In clear motion, the activity of TC in upper extremity muscle was higher than FCR. The activity of ES in trunk muscles was lower than that of BF. RF activity of lower extremity muscles was higher than that of BF, and BF activity was lower than that of RF and GM. The activity of GM was higher than that of BF. As for muscle activity according to badminton skills, smash and drop motions were higher than clear motions in FCR, and clear motions were higher than smash and drop motions in RA. In conclusion, it is considered that muscle activity during the badminton game is different according to the characteristics of each skill, and FCR can affect the smash and drop, and RA can affect the clear motion.

Key words : Badminton, Smash, Drop, Clear, EMG

*정회원, 단국대학교 교육대학원 교육학과 체육교육 전공 석사 Received: January 27, 2023 / Revised: February 27, 2023
(주저자) Accepted: March 8, 2023

**정회원, 단국대학교 생활체육학과 교수 (참여저자)

****Corresponding Author: ssilverman@naver.com

***정회원, 단국대학교 스포츠과학연구소 연구원 (참여저자)

Sport science institute, Dankook Univ, Korea

****정회원, 단국대학교 스포츠과학연구소 연구원 (교신저자)

접수일: 2023년 1월 27일, 수정완료일: 2023년 2월 27일

게재확정일: 2023년 3월 8일

I. 서 론

배드민턴 경기는 셔틀콕의 속도와 방향의 변화가 매우 갑작스럽고 다양하여 신체의 비틀림, 방향 전환, 도약 등과 같은 격렬한 움직임이 발생하기 때문에 민첩성, 순발력, 지구력 등의 전문 체력이 요구된다 [1]. 경기 중 점수를 얻기 위해선 셔틀콕의 바운드 없이 상대방으로 넘겨야 하기 때문에 상대방의 엔드라인에 거의 수직으로 낙하되는 클리어(Clear), 상대방의 코트를 향해 빠른 오버헤드 스트로크로 강타하는 스매시(Smash), 네트에 닿을 듯하게 쳐서 상대측 코트에 급속히 떨어지도록 하는 드롭샷(Drop shot) 등과 같은 기술을 잘 활용하는 것이 중요하다 [2,3]. 이 세 가지 기술의 활용도는 드롭 샷, 스매시, 클리어 순으로 나타나며 [2], 득점을 위한 기술로 스매쉬와 드롭을 활용하고 득점 기회까지 랠리를 지속하기 위한 목적으로 클리어 스윙이 활용된다 [4].

더불어 최근에 2006년 랠리 포인트제로 경기 규칙이 변경되면서 기존 경기 운영방식보다 공격적으로 경기를 운영하는 방법으로 변화하고 있어, 스매쉬와 드롭과 같은 공격 기술의 활용도가 더욱 높아지고 있다. 특히, 스매쉬와 드롭 스윙은 득점 가능성을 높이기 위해 시작 동작에서 임팩트 순간까지 동작을 유사하게 구사하여 상대방을 속이는 것이 중요하며 [5], 정확하고 강력한 스윙을 위해 큰 몸쪽 근육군부터 시작하여, 비교적 작고 면쪽에 위치한 근육들까지 순차적으로 수축하여 셔틀콕에 힘이 전달되어야 한다 [6,7]. 또한 팔을 스윙하는 동안 자세가 유지되어야 하며, 기술별 적절한 운동량을 라켓에 전달하기 위하여 적절한 타이밍과 셔틀콕에 대한 정확한 임팩트가 중요하기 때문에 스트로크 동작 시 신체 전반적인 근육들의 활동을 조사하는 것은 배드민턴 경기의 특이적 훈련을 위한 필수 요소가 될 수 있다 [4].

하지만 배드민턴 경기와 관련된 선행연구들은 상지 또는 아래팔의 근육활동만 조사되었거나 [8-10], 백핸드 스트로크 위주의 동작 분석 연구가 대부분으로 [7-8,11-12] 배드민턴 경기 중 빈번히 나타나는 스매시, 드롭, 클리어 스트로크를 상·하지의 동작을 모두 활용한 상태에서의 근육활동을 조사할 필요가 있을 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 점프 동작이 포함된 3가지 배

드민턴 기술(스매시, 드롭, 클리어) 시 근육의 활성도를 비교 분석하고자 하였으며, 생활체육 현장에서 효율적인 지도를 위한 기초자료 및 배드민턴 특이적 체력훈련을 위한 참고사항이 될 수 있을 것으로 생각된다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

이 연구의 대상은 충남지역의 경력 15년 이상의 현직 남자 배드민턴 실업팀 선수 7명으로 정하였으며 최근 6개월간 근골격계 질환을 겪지 않았고 선수 공백기간이 없는 인원으로 모집하였다.

지원자들은 생명윤리 및 안전에 관한 법률에 근거하여 연구의 의의와 목적 및 절차를 충분히 설명하였으며, 실험에 참가함에 있어 예상되는 이익과 내재된 위험성 및 불편함을 고지한 다음 동의서에 서명할 수 있도록 하였다. 연구참여에 동의한 대상자들은 실험 도중 언제든지 개인의 의사에 의해 중도포기 할 수 있음을 안내하였다. 연구대상자의 일반적 특성은 표 1과 같다.

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

Table 1. General characteristics of subjects

Subject	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	Careers (yr)
7	26.14 ±0.90	178.86 ±4.10	78.29 ±7.39	17.00 ±1.15

2. 연구 도구

1) 배드민턴 스트로크

배드민턴 스트로크 동작은 스매시, 드롭, 클리어 동작을 실시하였다. 스매시 동작은 팔을 머리 위로 충분히 뻗었다가 머리 위의 최고 정점에 위치한 셔틀콕을 큰 원을 그리며 타구하도록 하였으며, 임팩트 순간 상대방의 코트에 급강하 할 수 있게 최대 힘을 발휘하도록 하였다. 드롭 동작은 팔을 머리 위로 충분히 뻗었다가 머리 위에 위치한 셔틀콕을 스매시와 같이 크게 스윙하도록 하였으며, 임팩트 순간 살며시 타구할 수 있게 힘을 조절하여 상대방의 코트 전위에 짧게 떨어뜨리도록 하였다. 클리어 동작은 셔틀콕을 상대방 코트의 백 바운더리 라인 근처까지 높고 빠른 포물선을 그리도록 하는 스트로크로 팔을 머리 위로 충분히 뻗었다가 머리의 약간 앞쪽에서 타구하도록 하였으며, 이때 신체 뒷부분에 있던 체중을 앞으로 신속히 옮기도록 하였다. 모든 스트로크 동작은 두 다리를 이용한 모듬발 점프와

동시에 진행되었으며, 5회씩 실시하였다.

2) 근전도 측정

배드민턴 기술 동작 중 근육 활동을 측정하기 위하여 실시간 무선 16채널 근전도 측정 기계(Delsys: USA)를 사용하였다. 양질의 근전도 데이터를 얻기 위해 전극 부착 전 피부 표면의 털을 제거하고 알콜솜으로 세척하는 사전준비 작업을 진행하였다. 표면전극은 근내전극 삽입부위로부터 근육의 수축 방향에 따라 2개씩 부착하였다. 측정 전 무선센서로부터 컴퓨터로 전송되는 신호를 체크한 다음에 측정을 진행하였으며, 강한 스윙동작 중 무선센서가 이탈하지 않도록 테이프를 고정하였다. 근전도 신호의 측정 부위는 상지의 큰가슴근(Pectoralis major), 앞어깨세모근(Anterior deltoid), 위팔두갈래근(Biceps brachii), 위팔세갈래근(Triceps brachii), 노쪽손목굽힘근(Flexor carpi radialis), 노쪽손목펴기근(Extensor carpi radialis)과 몸통의 배곧은근(Rectus abdominis), 척추세움근(Erector spinae), 하지의 넓다리곧은근(Rectus femoris), 넓다리두갈래근(Biceps femoris), 앞정강근(Tibialis anterior), 장딴지근(Gastrocnemius)로 하였다.



그림 1. 실험 기기
Figure 1. Experimental equipment

3) 근전도 분석

배드민턴 기술 도중 부위별 근전도 신호는 0.0005초 단위로 측정되었으며, 각 기술을 1회 씩 시행하는 시간 범위의 값을 활용하였다. 이를 분석하기 위하여 EMG works analysis software(ver 4.0)를 활용하였으며, 원 자료는 band pass filter를 통하여 저역 주파수는 20Hz, 고역 주파수는 450Hz으로 설정하여 필터링 하였다. Amplitude analysis는 측정된 시간 동안 동원된 운동단위가 만들어낸 힘의 크기를 표현하는 근활성도 지표인 평균제곱근(Root mean square, RMS)로 산출하였다.

4) 자료처리

이 연구에서 수집된 모든 자료는 IBM SPSS statistics(ver 22.0) 통계프로그램을 사용하여 모든 변인의 평균 및 표준편차를 산출하였다. 통계방법으로는 일원분산분석을 실시하였으며, 유의한 차이가 발생하는 경우 LSD 방법으로 사후검증을 실시하였다. 통계적인 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

III. 연구결과

1. 배드민턴 기술 동작 시 부위별 근활성도의 차이

배드민턴 기술 시 부위별 근활성도 차이는 표 2와 같다. 스매싱 동작의 근활성도는 부위에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.834$).

드롭 동작의 근활성도는 부위에 따른 유의한 차이를 보였다($p=0.016$). 사후검증 결과 PM의 활성도는 BC, ECR, GA, RF, TA, GM 보다 낮은 것으로 나타났으며, AD의 활성도는 RM보다 낮은 것으로 나타났다. FCR의 활성도는 ECR, RF, GM보다 낮은 것으로 나타났으며, ECR의 활성도는 PM, FCR, ES, BF보다 높은 것으로 나타났다. ES의 활성도는 ECR, RF, GM보다 낮은 것으로 나타났으며, RF의 활성도는 PM, AD, FCR, ES, BF보다 높은 것으로 나타났다.

클리어 동작의 근활성도는 부위에 따른 유의한 차이를 보였다($p=0.018$). 사후검증 결과, PM의 활성도는 ES 보다 높고 RF, GM보다 낮았으며, TC의 활성도는 FCR, ES, RF보다 높고 GM보다 낮은 것으로 나타났다. ES의 활성도는 PM, TC, BF보다 낮았으며, RF의 활성도는 PM, BF보다 높고 TC보다 낮은 것으로 나타났다. BF의 활성도는 FCR, ES보다 높고 RF, GM보다 낮은 것으로 나타났으며, GM의 활성도는 PM, AD, BC, TC, RA, BF보다 높은 것으로 나타났다.

2. 배드민턴 기술에 따른 근활성도의 차이

배드민턴 기술에 따른 근활성도 차이의 분석결과는 표 3과 같다. 상지근육 중 Flexor carpi radialis 에서만 유의한 차이를 보였으며($p=0.043$), 스매시와 드롭 동작이 클리어 동작보다 높은 활성도를 보이는 것으로 나타났다. 몸통 근육은 Rectus abdominis 에서 유의한 차이를 보였으며($p=0.016$), 클리어가 스매시, 드롭 동작보다 높은 것으로 나타났다. 하지근육은 기술에 따른 유의한 차이를 보이지 않았다.

표 2. 배드민턴 기술 동작 시 부위별 근활성도의 차이

Table 2. Difference in muscle activities by parts in badminton stroke

Skill	Upper extremity						Trunk		Lower extremity				F	p
	PM	AD	BC	TC	FCR	ECR	RA	ES	RF	BF	TA	GM		
Smash	4.37 ±2.84	3.62 ±1.70	4.83 ±2.42	4.84 ±2.93	4.65 ±1.50	4.25 ±2.82	3.38 ±1.50	3.81 ±1.62	5.57 ±2.12	4.95 ±2.06	3.74 ±1.81	4.47 ±2.63	.586	.834
Drop	2.69 ±1.19	3.55 ±0.62	4.87 ±2.19	3.13 ±0.73	3.94 ±0.90	5.66 ±1.56	3.07 ±1.64	3.19 ±2.02	5.04 ±2.21	4.88 ±1.34	4.71 ±2.78	5.13 ±2.14	2.340	.016
Clear	3.42 ±1.31	3.75 ±0.90	3.80 ±1.89	5.52 ±2.02	2.98 ±0.70	5.69 ±2.61	5.33 ±2.07	3.11 ±1.79	4.65 ±2.41	4.56 ±1.81	3.75 ±2.40	6.34 ±2.31	2.288	.018

M±SD

PM: Pectoralis major, AD: Anterior deltoid, BC: Biceps brachii, TC: Triceps brachii, FCR: Flexor carpi radialis, ECR: Extensor carpi radialis, RA: Rectus abdominialis, ES: Erector spinae, RF: Rectus femoris, BF: Biceps femoris, TA: Tibialis anterior, GM: Gastrocnemius

표 3. 배드민턴 기술에 따른 근활성도의 차이

Table 3. Differences in muscle activities according to badminton stroke

Part	Muscle	①Smash	②Drop	③Clear	F	p	Post-hoc
Upper extremity	Pectoralis major	4.37±2.84	2.69±1.19	3.42±1.31	1.982	.207	ns
	Anterior deltoid	3.62±1.70	3.55±0.62	3.75±0.90	.072	.931	ns
	Biceps brachii	4.83±2.42	4.87±2.19	3.80±1.89	.604	.492	ns
	Triceps brachii	4.84±2.93	3.13±0.73	5.52±2.02	3.041	.085	ns
	Flexor carpi radialis	4.65±1.50	3.94±0.90	2.98±0.70	5.862	.043	①②>③
	Extensor carpi radialis	4.25±2.82	5.66±1.56	5.69±2.61	.966	.378	ns
Trunk	Rectus abdominis	3.38±1.50	3.07±1.64	5.33±2.07	5.973	.016	①②<③
	Erector spinae	3.81±1.62	3.19±2.02	3.11±1.79	.383	.561	ns
Lower extremity	Rectus femoris	5.57±2.12	5.04±2.21	4.65±2.41	2.109	.164	ns
	Biceps femoris	4.95±2.06	4.88±1.34	4.56±1.81	.122	.763	ns
	Tibialis anterior	3.74±1.81	4.71±2.78	3.75±2.40	.468	.637	ns
	Gastrocnemius	4.47±2.63	5.13±2.14	6.34±2.31	1.169	.344	ns

M±SD, ns: non significant

IV. 토론

배드민턴의 스트로크 기술은 하지, 몸통, 상지의 협응으로 이루어지며 [6], 실제 경기상황에서는 점프, 스텝핑과 같은 다리의 움직임도 함께 발생하기 때문에 [13], 이 연구에서는 점프동작이 포함된 배드민턴 기술 동작 시 EMG를 측정하여 근활성도를 조사하였다.

스매시 동작 시 부위별 근활성도는 유의한 차이를 보이지 않았으나 상지의 위팔두갈래근, 위팔세갈래근과 하지의 넙다리곧은근, 넙다리두갈래근에서 높은 경향을 보였다. 스매시 동작 시 백스윙과 임팩트 사이에 팔꿈치의 굽힘과 펴미 빠르게 발생하는데 이는 라켓헤드의 속도를 증가시키기 위한 기술이며 [4], 스매시 동작에서 위팔두갈래근과 위팔세갈래근이 손목에 관여하는 근육들보다 높은 근활성도를 보이는 것으로 보고된 바 있다 [14]. 또한 제자리에 서서 시행하는 스매시와 점프 동작

이 포함된 스매시 동작 시 상지 근육의 활성도를 분석한 선행연구에서 두 가지 조건 모두 위팔 근육들이 아래팔 근육보다 높은 활성도가 나타나 [13] 이 연구의 결과와 일치하는 견해를 보이고 있다. 한편, 넙다리곧은근과 넙다리두갈래근 근활성도가 상지 근육보다 높게 나타난 것은 점프동작에서 체중 이상의 부하를 견뎌야 하기 때문에 나타난 결과로 보여진다.

드롭 동작 시 부위별 근활성도는 상지근육에서 위팔두갈래근과 노쪽손목뽀근, 하지 근육은 넙다리곧은근, 넙다리두갈래근, 앞정강근, 장딴지근에서 높은 경향을 보였다. 드롭 기술 시 팔꿈치를 접는 국면까지는 스매시와 거의 유사한 속도가 나타나지만 셔틀록을 쳐내는 국면에서 현저히 낮아지며, 이때의 손목관절의 펴 각도는 가장 크게 나타난다 [15]. 이 연구의 결과로 나타난 위팔두갈래근의 높은 활성 대비 위팔세갈래근의 낮은 활성도는 셔틀록이 상대 코트에 짧게 떨어질 수 있도록

팔꿈치의 속도를 조절한 것이며, 손목뽀근의 높은 활성도는 손목 스냅의 힘을 조절하기 위한 길항근의 활동인 것으로 사료된다.

클리어 동작 시 부위별 활성도는 상지근육에서 위팔세갈래근과 노쪽손목뽀근, 몸통근육에서 배곧은근, 하지근육에서 장딴지근이 높은 경향을 보였다. 클리어 동작은 셔틀콕이 공중에 떠 있는 시간을 최대화해야 하며, 셔틀콕이 포물선을 그리며 날아가야 한다 [3]. 따라서, 셔틀콕을 강하게 쳐내기 위한 위팔세갈래근의 힘이 요구되지만 셔틀콕을 코트로 내리כות는 것이 아니기 때문에 손목 스냅의 힘을 조절한 것으로 보여진다. 하지근육 중 장딴지근의 높은 활동은 클리어 동작 시 셔틀콕이 머리의 약간 앞쪽에 위치해야 하기 때문에 다른 기술 동작보다 높은 점프력이 요구되는 것으로 생각된다.

배드민턴 기술에 따른 부위별 활성도는 노쪽손목뽀근에서 유의한 차이를 보였으며, 스매시와 드롭이 클리어보다 높은 것으로 나타났다. 경기 중 상대에게 공격 기술을 노출시키지 않기 위해 스매시와 드롭 기술은 임팩트 순간까지의 동작이 매우 흡사하며 [5], 어깨의 움직임도 백스윙 단계까지 유사한 속도로 진행된다 [15]. 또한 배드민턴 동작 시 손목 근육을 조사한 선행 연구에서도 스매시와 드롭 기술이 유사한 것으로 보고된 바 있다 [16]. 유의한 차이는 아니지만 평균 근활성도가 스매시에서 가장 높게 나타난 것은 가장 빠른 속도로 타구하기 위해 빠른 손목 굽힘이 발생하기 때문인 것으로 사료된다 [15]. 한편, 배곧은근의 활성도는 셔틀콕을 강하게 쳐내기 위한 자세에서 몸통의 폼 동작이 발생한다는 것을 의미하며, 클리어 동작 시 셔틀콕이 머리의 약간 앞쪽에 오도록 하여 타구하기 때문에 몸통을 굽히기 때문에 높은 활성도가 나타난 것으로 사료된다.

V. 결론

이 연구는 경기상황과 유사한 점프 동작이 포함된 배드민턴 기술 동작 시 근육 활성도의 차이를 부위별, 기술별로 비교분석하기 위하여 실시하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 배드민턴 기술동작 시 부위별 근활성도는 드롭, 클리어 동작에서 유의한 차이를 보였다.

2. 배드민턴 기술에 따른 부위별 근활성도는 노쪽손목뽀근, 배곧은근에서 유의한 차이를 보였다.

종합하면, 배드민턴 스트로크 중 근육활동은 상지뿐만 아니라 하지에서도 높게 나타나며, 기술별 특성에 따라 다르게 나타날 수 있다. 그 중 노쪽손목뽀근은 스매시와 드롭, 배곧은근은 클리어 동작에 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료되며, 향후 국가대표 선수와 비국가대표 선수 또는 선수와 일반인의 비교분석을 통해 경기력 수준별 근육활동의 특징을 조사하여 경기력 향상 및 부상예방을 위한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

References

- [1] S.K. Lee, "Kinematic Study on Serve Motion in Badminton," Master Thesis. Korea national University of Education, Cheongwon, 1992.
- [2] C.C. Ryew, I.S. Kim, "Kinematic Analysis of Badminton Smashing Between the Skilled and the Unskilled," Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 13, No. 2, pp. 139-160, 2003. <https://doi.org/10.5103/KJSB.2003.13.2.139>
- [3] J.H. Song, "A Kinematic Analysis on Clear & Drop Motion of Badminton," Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 13, No. 3, pp. 217-229, 2003. <https://doi.org/10.5103/KJSB.2003.13.3.217>
- [4] J.M. So, S.M. Han, J.H. Seo, "Comparison of the Kinematic Variables in the Badminton Smash Motion," Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 13, No. 2, pp. 65-74, 2003. <https://doi.org/10.5103/KJSB.2003.13.2.065>
- [5] A.R. Jo, "The Kinematic Analysis of Upper Extremities during Smash and Drop Motion in Badminton Game," Master Thesis. Korea National Sport University, Seoul, 2011.
- [6] D.B. Waddell, B.A. Gowitzke, "Biomechanical principles applied to badminton power strokes," 18th International Symposium on Biomechanics in Sports, pp. 257-274, 2000.
- [7] H.J. Lee, "Biomechanical Analysis of Backhand Receive Motion According to Skill Levels of Smash in Badminton," Master Thesis. Yong In University, Yong-in, 2013.
- [8] K.H. Kim, "The Electromyographic Analysis of Upper Limbs during Badminton Swing," Master Thesis. Pusan University of Foreign Studies, Pusan, 2007.
- [9] H.M. Kim, S.Y. Woo, "Kinematic and

- electromyographic analysis of backhand clear motion according to the type of hitting in badminton.” *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol. 24, No. 1, pp. 11-18, 2014. <https://doi.org/10.5103/KJSB.2014.24.1.011>
- [10]G.H. Lee, B.O. Lim, “Muscle Activities of the Brachioradialis and Extensor Carpi Radialis Longus According to the Type of Backhand Stroke in Badminton,” *The Korean Journal of Sports Medicine*, Vol. 38, No. 1, pp. 37-42, 2020. <https://doi.org/10.5763/kjism.2020.38.1.37>
- [11]H.M. Kim, J.S. Seo, S.Y. Woo, “Kinematic and electromyographic analysis to enhance backhand high clear skill in elementary badminton players,” *The Korean Journal of Elementary Physical Education*, Vol. 20, No. 1, pp.95-103, 2014.
- [12]H.M. Kim, K.C. Lee, Y.S. Shim, T.H. Yoon, S.Y. Woo, “A Kinematic and muscle activity of upper body analysis to improving the backhand drop motion for the badminton players in elementary school,” *The Korean Journal of Elementary Physical Education*, Vol. 22, No. 3, pp. 81-90, 2016.
- [13]C.L. Tsai, K.M. Pan, K.S. Huang, S.S. Chang, “The surface EMG activity of the lower extremities in badminton footwork,” *Journal of Biomechanics*, Vol. 40, No. 2, pp. S757, 2007. [https://doi.org/10.1016/s0021-9290\(07\)70745-5](https://doi.org/10.1016/s0021-9290(07)70745-5)
- [14]C. Zhang, “Characteristics of Surface Electromyography of Forehand Smash of Badminton Players,” *Molecular & Cellular Biomechanics*, Vol. 18, No. 1, pp. 33, 2021. <https://doi.org/10.32604/mcb.2021.014352>
- [15]Y. Masu, J. Komagata, K. Fujino, “Differences in the pattern of motion on upper limb when delivering smash, clear, and drop shots in badminton,” *The Japan Journal of Coaching Studies*, Vol. 30, No. 2, pp. 193-204, 2017.
- [16]C.L. Tsai, C.C. Yang, M.S. Lin, K.S. Huang, . The surface emg activity analysis between badminton smash and jump smash. 23 *International Symposium on Biomechanics in Sports*, pp. 483-486, 2005.