

배구경기 세터 토스 동작의 운동학적 비교분석

정남주¹·김재필²

¹호남대학교 보건과학대학 스포츠레저학과 · ²순천대학교 인문예술대학 사회체육학과

Kinematic Variables Comparison of Setter Toss Motion on Volleyball According to Toss Types

Nam-Ju Chung¹ · Jae-Pil Kim²

¹Department of Sport and Leisure, College of Health Science, Honam University, Gwangju, Korea

²Department of Sport and Leisure Science, College of Humanities and Arts, Suncheon National University, Suncheon, Korea

Received 30 January 2015; Received in revised form 9 March 2015; Accepted 16 March 2015

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this study was to analyze setter toss motion kinematically according to toss types.

Method: Dependent variables were elapsed time, vertical displacement of the body center, the projected speed of the ball, and differences of the joint angle to the target for four setters positioning.

Result: There was no significant difference in the time but the ball contact time was shorter when the toss distance of P3 was longer. There was significant difference in the vertical displacement of COM ($p < .05$). The vertical displacement of COM showed that the vertical movement gradually decreased when the quick distance was longer. The vertical displacement of COM was difference ($p < .05$), also there was difference of the ball speed ($p < .05$) at the Release point(E4). There was significant difference in the knee joint angle at a certain moment among the Release(E4) and Landing point(E5) ($p < .05$). The hip joint was significant difference among the Apex(E2), Ball Touch(E3), Release(E4), and the Landing point(E5) on the surface(E2, E3, E4 $p < .05$; E5 $p < .005$). The shoulder angle was significant difference among the Ball Touch(E3), Release(E4) and the Landing point(E5) on the surface(E3, E4 $p < .05$; E5 $p < .001$). The elbow was significant difference in the Apex(E2) ($p < .05$). The wrist was significant difference in the Release(E4) ($p < .05$).

Conclusion: If we find the clue to expect the direction of the setter's ball, we have to fine the clues in the Apex(E2) that hip joint and elbow, Ball Touch(E3) that hip joint and shoulder joint, Release(E4) that wrist, elbow, hip joint, and knee joint.

Keywords: Volleyball, Toss Type, Setter, Kinematic Variables

I. 서론

배구경기는 순간적으로 이루어지는 사건들이 팀 구성원 간의 협동에 의해서 일어나는 스포츠 경기종목 중 하나이다. 배구경기는 서브(serve)-서브리시브(service receive)-세트(set)-스파이크(spike) 등의 기술을 사용하여 정해진 횟수 이내에 상대방

의 코트로 볼을 넘겨 상대방의 실수를 유발하도록 하여 득점을 얻어 일정한 점수를 획득하면 승리하는 경기이다. 배구경기의 기본 기술은 공격 기술과 수비 기술로 나눌 수 있으며, 공격기술은 스파이크, 블로킹, 서브, 방어기술은 리시브, 패스, 토스로 구분된다(Cho, 2007).

팀 스포츠 중의 하나인 배구경기는 득점을 위한 동작이 경기력을 평가하는 요인으로 모두 관여하기 때문에 선수는 자신의 포지션에서 수행하는 동작이 연계적인 역할의 수행동작이라고 할 수 있다. 따라서 배구경기의 경기력을 승패의 여부에 따라 결정짓는다면, 승리를 하기 위해서는 정해진 횟수 이내에 같은 팀의 동료 선수와 효과적이고 체계적인 연계의 기술이

Corresponding Author : Jae-Pil Kim
Department of Sport and Leisure Science, College of Humanities and Arts,
Suncheon National University, 413 Jungangno Suncheon, Jeollanam-do, Korea
Tel : +61-750-5210 / Fax : +82-61-750-3977
E-mail : jpkim@suncheon.ac.kr
본 논문은 2012년 순천대학교 학술기반 조성비로 연구되었음

실수 없이 잘 수행되어야 경기력을 발휘할 수 있다. 이중 세터는 승패가 갈릴 정도로 전력에서 차지하는 비중이 매우 큰 것으로 알려져 있다(Lee, 2001). 세터는 포지션의 특성상 경기를 전체적으로 조율하는 능력이 뛰어나 경기의 흐름과 맥을 짚어내는 예리함을 가지게 된다. 세터 본연의 임무는 공격에 적합한 토스를 만들어내는데 있다. 토스에서 가장 중요한 요소는 높이와 거리, 그리고 간격이다.

높이와 거리는 공격수의 특성에 따라 다르겠지만 네트와 볼 사이의 간격은 대체적으로 100~120 cm 사이가 좋다. 토스가 네트에 너무 붙으면 공격수가 스파이크 할 때 다양한 각이 생기지 않아 성공 확률이 떨어진다. 또한 토스가 네트에 바짝 붙게 되면 상대 블로커의 손이 네트를 타고 넘어와 공격에 상당한 방해로 받게 된다(Nam, 2012).

그동안 배구에 대한 역학적 연구는 공격기술인 스파이크에 대한 연구(Kang, 2004; Kim, 2003; Cho, 2007; Lee, 2000; Lee, 2001; Lee, Shin, Choi; 2000; Lee, 1984)가 진행되어 동작에 대한 역학적 변인의 비교와 함께 공격 성공율을 높이기 위한 타점과 방향, 도약높이 등에 관하여 심도 있게 다루었다. 국제경기에서 랠리포인트제의 도입으로 서브에 대한 연구가 집중되었다. 그 중 스파이크 서브에 대한 연구(Kang, 2005; Ko, Ryew, 2009; Son, 2008; Park, Kim, 1995)가 주를 이루고 있다. 스파이크 서브는 점프와 함께 몸 전체를 사용하므로 파워가 스파이크와 거의 비슷한 위력을 보이며, 파워가 있고 위력적이어서 안정적으로 리시브하기가 어렵기 때문에 성공을 위해 역학적 변인들을 적용할 필요가 있다고 제안하였다. 블로킹(Na, 1986; Jung et al, 2008; Lee, 1991, Cho & Ju, 2006, Cha, 2002; Wanderer, 1996)에 대한 연구에서 성공적인 블로킹을 위한 조건으로 좌우측 방향으로 이동할 때 스텝 방법의 선택, 상대 공격수의 움직임에 대한 적절한 대응과 원하는 위치로의 빠른 이동, 블로커의 점프 높이와 상체의 자세 등을 언급하고 있다. 토스에 대한 연구(Hong & Kim, 2005; Cho, 1999; Cho, 1998)는 세터의 위치에 따른 공격 유형과 성공률, 세터의 위치별 토스유형과 공격성공률이 배구경기 승패에 영향을 미치고 있음을 제시하면서 세터의 볼 배급의 정확성, 빠르기와 다양성 등 공격시스템에서 세터가 차지하는 역할이 절대적임을 재확인하였다.

이처럼 경기에서 세터가 차지하는 비중이 커지고 있고 토스에 대한 중요성이 많은 부분에서 제시되고 있음에도 불구하고 세터가 만들어내는 토스 동작에 관련된 운동학적 연구는 미진한 편이다. 따라서 본 연구의 목적은 세터의 볼 토스 유형에 따른 운동학적 변인의 차이를 규명하는 것이다. 이러한 결과는 세트 방향에 대한 예측능력의 단서를 제공하는데 기여할 것이다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자

본 연구는 남자 청소년 배구국가대표 선수 및 상비군 중 세터 포지셔닝 4명을 대상으로 실시하였다. 이들은 실험 전 하지와 상지에 외과적 변명이 발견되지 않았으며 연구윤리 규정에 의거하여 본인의 개인정보 활용 동의서와 연구 참여 동의서에 서명한 후 실험을 실시하였다. 연구대상자의 신장과 체중은 동산체닉스 DS-103을 이용하여 측정하였으며, 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Physical characteristics of subjects

subjects	Height(cm)	Weight(kg)	Age(yrs)	Career(yrs)
1	188	76	17	8
2	187	73	18	7
3	188	72	18	7
4	186	71	17	8
M	188.25	73.00	17.50	7.5
SD	0.95	2.16	0.57	0.57

2. 실험 절차

본 연구는 배구경기를 수행할 수 있는 체육관에서 실시하였으며 실험장면 <Figure 1>과 같다. 우선 높이 3 m, 폭 1 m, 길이 3 m의 통제점들을 조립하여 배구경기에서 세트가 위치하는 네트 바로 앞에 설치하였다. 녹화를 위해 60 Hz의 샘플링이 가능한 총 4대의 디지털 비디오 카메라(VX 2000, Sony)를 통제점들을 중심으로 설치하였다. 디지털 비디오 카메라의 셔터스피드를 1/3000 sec 로 설정하여 실험이 실시되는 모든 시간동안 고정하여 촬영하였다. 실험 대상자의 상의는 탈의하였고, 하의는 타이즈를 착용하게 하였다. 세터의 관절에 20개, 볼에 1개 총 21개의 마커를 부착하였다. 실제 경기 상황을 연

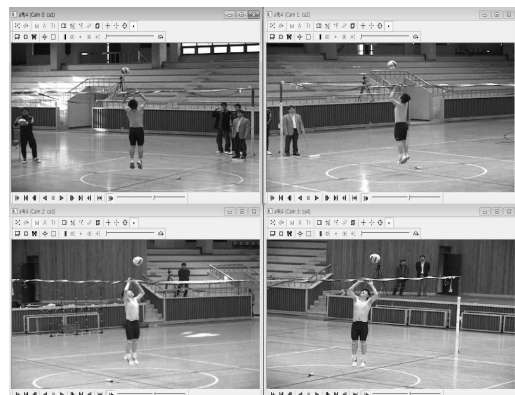


Figure 1. A set of experimentation

출하기 위해 맞은편 코트에서 서브를 구사한 후 이를 코트 중앙 지역에서 리시브한 후 세터가 볼을 토스하는 동작이 수행 되도록 하였다. 이때 리시브는 언더핸드로 실시하였고 토스는 점프 후 오버핸드로 실시하였다. 실험의 동작을 실시하기 전 대상자들에게 본 연구에 대한 의도를 인지하게 하였고 충분한 위밍업을 실시하도록 하였다. 각 대상자 별로 A, B, C 킷의 토스를 실시하였고, 실험대상자는 3가지 토스 동작을 각각 10회씩 총 30회의 동작을 실시하였다. 이중 세터의 움직임이 정확하게 구현된 동작을 각각 3trial씩 총 36개의 동작을 선별하여 분석하였다. 실험장면 <Figure 1>과 같다.

3. 토스정의와 분석구간

본 연구에서 분석변인은 토스 유형별(A, B, C 킷) 소요시간, 인체중심변위, 인체중심속도와 볼의 속도, 5개의 각도변인을 분석하였다. A 킷은 세터로부터 1 m 거리의 공격을, B 킷은 2 ~ 3 m 이내, 또한 C 킷은 3 ~ 5 m 거리의 공격을 의미한다 (Nam, 2012, Figure 2). 각 변인별 분석구간은 <Figure 3>과 같다.

1) 시점(event) 설정

- ① Event1(E1) : 무릎이 최대로 굴곡되는 시점(max flexion)
- ② Event2(E2) : 인체중심이 정점에 도달한 시점(apex)
- ③ Event3(E3) : 공중에서 볼을 접촉한 시점(ball touch)
- ④ Event4(E4) : 공중에서 볼을 투사한 시점(release)
- ⑤ Event5(E5) : 지면에 착지한 시점(landing)

2) 구간(phase) 설정

- ① Phase1(P1) : 무릎 최대 굴곡 시점에서 정점까지
- ② Phase2(P2) : 인체중심 정점 시점에서 볼 접촉까지
- ③ Phase3(P3) : 볼 접촉시점에서 투사까지
- ④ Phase4(P4) : 볼 투사시점에서 지면착지까지
- ⑤ TOTAL(TO) : 무릎 최대 굴곡시점에서 지면착지까지

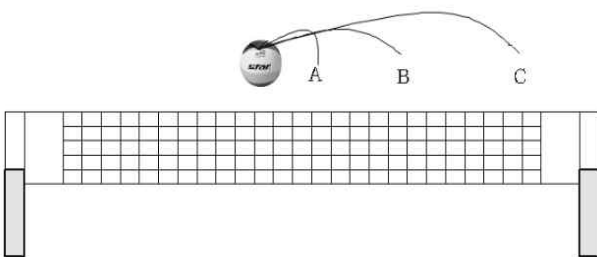


Figure 2. Definition of A, B, C Quick toss(Nam, 2012)

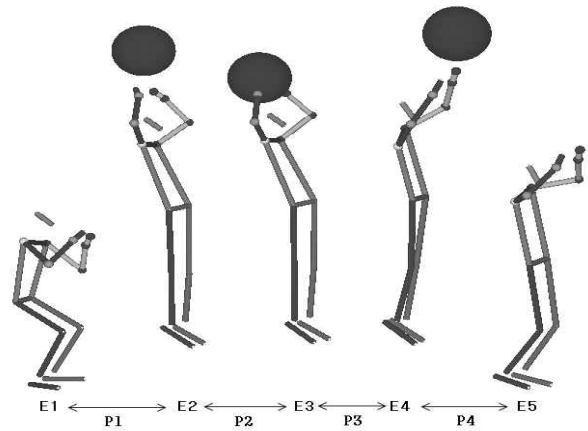


Figure 3. Definition of event and phase

4. 분석변인과 각도정의

실험동작과 볼의 이동경로를 모두 포함될 수 있는 48개의 통제점 틀이 표시되어있는 통제점을 정해진 순서대로 좌표화한 후 파일로 저장하였다. 이때 코트 중앙쪽에서 세터를 향해 볼이 공급되는 방향을 x축(좌우축), 세터가 볼을 수평으로 토스하는 방향을 y축(전후축), 세터가 볼을 수직으로 토스하는 방향을 z축(상하축)으로 설정하였다. 신체 관절 중심점은 관절에 식별을 용이하게 하기 위해 마커를 부착하였다. 마커를 바탕으로 14개의 분절이 서로 연결되어 있는 강체계(linked rigid body system)로 정의하였다. 각 분절의 무게 중심점과 전신 무게 중심점을 구하기 위해 Plagenhoef(1983)의 신체분절지수(body segment parameter)를 이용하였다.

분석구간은 코트 중앙 쪽에서 리시브가 진행되기 전 5프레임에서 세터가 점프 토스 후 지면에 착지하여 무릎이 최대로 굴곡되는 시점 이후 5프레임까지를 수치화하였다. 통제점과 인체관절 중심점의 영상자료는 디지털라이징 후 동조하여 얻은 2차원 좌표로부터 3차원 좌표를 산출하기 위해 공간좌표를 이미 알고 있는 통제점을 활용하는 DLT(direct linear transformation)방법을 이용하였다(Abdel-Aziz & Karara, 1971). 3차원 좌표값 산출 시 디지털라이징 오차 등 여러 가지 원인에 의해 노이즈(noise)가 발생하는데 이러한 노이즈를 제거하기 위해 버터워스(Butterworth) 4차 저역통과 필터(Low-pass-filter)를 이용하여 스무딩(smoothing)을 실시하였으며 이때 차단주파수는 8.0 Hz로 하였다. 이와 같은 분석을 위해 KWON3D XP(2007) 동작분석 프로그램(Visol, Korea)을 사용하였다.

산출된 운동학적 변인은 세터의 토스 유형(A, B, C 킷)에 따라 수집된 자료는 SPSS ver 21(IBM, USA)을 이용하여 일원변량분석(one-way analysis of variance)을 실시하였고 통계적

유의한 수준발견 시 사후검정(Duncan)을 실시하였다. 이때 모든 통계적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

III. 결 과

1. 토스 유형별 소요시간

배구 토스의 A, B, C쿼 동작 수행 시 구간별 소요시간이 어떻게 구성되는지를 비교분석하기 위해 토스유형별 소요시간을 살펴보았다(Table 2). 전체소요시간은 A쿼에서 0.738 ± 0.02 , B쿼에서 0.692 ± 0.02 , C쿼에서 0.717 ± 0.05 를 보여 A쿼에서 가장 긴 소요시간을 보였고 B쿼에서 가장 짧은 소요시간을 보였으나 통계적으로는 유의한 차를 보이지는 않았다. 그리고 공중에서 볼을 접촉하는 시간인 P3를 살펴보면 집단 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았으나 쿼의 거리가 길어지는 토스에서는 접촉시간이 짧게 나타났다.

Table 2. Elapsed time (unit: sec)

	A	B	C	F	P
P1	.459±.02	.421±.02	.429±.03	2.474	.139
P2	.038±.02	.050±.03	.021±.01	1.780	.223
P3	.100±.02	.084±.01	.080±.01	2.276	.159
P4	.141±.06	.138±.02	.187±.02	2.041	.186
TO	.738±.02	.692±.02	.717±.05	2.174	.170

2. 인체중심수직변위

배구 토스의 A, B, C쿼 동작 수행 시 신체중심의 움직임과 볼 접촉과의 관계를 살펴보기 위해 구간별 수직거리를 살펴보았다(Table 3). 여기서 (+)는 상방향, (-)는 하방향 움직임을 의미한다. P1~P4는 수직변위, TO는 전체구간에서 인체중심의 수직이동거리를 의미한다. 결과에서 P1을 제외한 모든 구간에서 하방향 움직임을 보이고 있는데 이는 토스가 결정되는 시점은 신체중심이 하방향으로 움직일 때 라는 것을 시사해주고 있다. 전체 수직이동거리를 나타내는 TO를 살펴보면 A쿼에서 가장 긴 이동거리를 보였고 B쿼에서 가장 짧은 이동거리를 보였으나 역시 통계적으로는 유의한 차를 보이지는 않았다. 그러나, 토스의 쿼 유형이 결정되는 P3구간을 살펴보면 쿼의 거리가 늘어날수록 이 구간에서 수직 움직임이 점점 작아지고 있는 것으로 나타났으며 집단 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났다($p<.05$).

Table 3. Distance of Center of Gravity (unit: cm)

	A	B	C	F	P
P1	69.8±2.7	58.9±6.1	62.8±8.2	3.269	.086
P2	-1.1±1.6	-0.8±0.4	-0.03±0.2	1.380	.300
P3	-9.4±2.18	-7.0±1.1	-3.48±1.2	3.947	.041 B>A
P4	-27.6±9.6	-25.3±3.8	-32.25±5.4	1.084	.379
TO	108.1±6.1	92.1±10.3	98.7±13.8	2.318	.154

3. 인체중심 수직속도와 볼의 속도

배구 토스의 A, B, C쿼 동작 수행 시 신체중심 수직속도 <Table 4>와 볼의 속도 <Table 5>를 살펴보았다. E1은 세트가 점프를 위해 무릎을 최대한 굴곡한 시점이며, E2는 인체중심이 정점에 도달한 시점이고, E3는 공중에서 볼을 접촉한 시점이고, E4는 공중에서 볼이 투사되는 시점이며, E5는 세트가 점프후 지면에 착지한 시점을 의미한다. 따라서 정점에 도달하기 전에는 (+)속도를 보이지만 정점에 도달한 시점 이후에는 (-)속도를 보이게 된다. 결과에서 공중에서 볼을 투사하는 시점인 E4에서 A, B, C쿼 유형 간 신체중심 수직속도에 차이가 있는 것으로 나타났다($p<.05$, Table 4). 또한 이 시점에서 볼을 투사했을 때 볼의 속도에서도 차이가 있는 것으로 나타났다($p<.001$, Table 5).

Table 4. Vertical Velocity of Center of Gravity (unit: cm/s)

	A	B	C	F	P
E1	12.7±5.4	10.7±3.6	14.9±4.0	.878	.448
E2	-6.4±20.3	-6.2±3.4	-14.5±9.3	3.386	.080
E3	-31.2±35.1	-42.0±13.7	-5.2±3.6	2.988	.101
E4	-143.6±25.2	-130.6±12.2	-86.0±16.1	3.872	.043 C>A
E5	-211.9±10.6	-187.6±27.5	-203.1±24.7	1.231	.337

Table 5 Release Velocity of ball (unit: cm/s)

	A	B	C	F	P
E4	328.9±16.9	400.7±13.9	542.2±15.0	49.044	.000 C>A

4. 주요 각도변인

배구 토스의 A, B, C쿼 동작 수행 시 신체 움직임의 형태를 살펴보기 위해 주요각도의 오른쪽 관절을 살펴보았다.

무릎관절각도는 대퇴와 하퇴의 후면 사이각도를 의미하고, 고관절각도는 몸통과 대퇴의 전면 사이각도를 의미하며, 어깨

관절각도는 상완과 몸통의 사이각도를, 팔꿈치관절각도는 전완과 상완의 사이각도를, 손목관절각도는 손분절과 전완분절의 사이각도를 의미하는 것으로 동작 수행 각 이벤트별 결과는 <Table 6>과 같다. 결과를 살펴보면 무릎관절각도는 볼이 투사되는 시점인 E4와 지면에 착지하는 시점인 E5에서 통계적으로 유의한 차이를 보이고 있었다($p<.05$).

Table 6. Joint angle

		(unit: deg)				
	Type	E1	E2	E3	E4	E5
Knee	A	94.4±2.0	176.1±0.7	176.3±1.0	177.1±0.5	157.4±4.8
	B	95.7±2.6	177.0±2.7	177.5±2.2	175.8±1.0	148.±3.8
	C	93.3±3.5	174.9±2.4	175.0±2.7	173.8±2.6	148.6±3.5
	<i>F</i>	.744	.901	1.411	3.944	5.477
	<i>P</i>	.502	.440	.293	.047	.028
	<i>post-hoc</i>	-	-	-	A>C	A>B
Hip	A	119.1±3.7	161.1±4.7	161.2±5.2	160.6±6.4	166.9±3.9
	B	124.1±2.8	168.8±2.7	171.0±4.1	172.2±4.7	173.2±1.3
	C	125.9±9.9	165.1±2.2	165.12.5	165.7±2.8	174.0±1.4
	<i>F</i>	1.231	5.059	5.684	5.644	9.161
	<i>P</i>	.337	.034	.025	.026	.007
	<i>post-hoc</i>	-	B>A	B>A	B>A	B, C>A
Shoulder	A	83.0±9.5	114.4±3.5	113.6±4.8	126.0±3.9	125.1±2.7
	B	81.1±6.6	96.6±8.8	95.5±7.9	101.9±9.0	97.7±5.6
	C	85.0±11.2	107.8±12.9	107.4±13.1	114.1±12.7	103.2±5.4
	<i>F</i>	.175	3.797	4.187	6.697	36.362
	<i>P</i>	.842	.064	.042	.017	.000
	<i>post-hoc</i>	-	-	A>B	A>B	A>B, C
Elbow	A	67.8±9.9	87.2± 6.7	88.0±7.9	110.4±3.4	101.8±11.2
	B	66.6±0.5	74.2± 4.1	79.1±3.3	108.3±2.1	109.1±2.8
	C	67.8±3.5	81.0± 6.4	83.7±6.3	107.2±4.1	103.0±5.4
	<i>F</i>	.049	4.780	2.078	.947	1.100
	<i>P</i>	.952	.039	.181	.424	.374
	<i>post-hoc</i>	-	A>B	-	-	-
Wrist	A	162.4±12.7	163.5±5.8	161.4±6.8	150.8±11.8	148.4±19.5
	B	164.1±3.5	156.6±5.0	153.3±2.5	166.0±3.4	166.1±4.8
	C	164.4±7.4	159.8±5.9	158.7±6.7	167.3±4.3	167.4±4.4
	<i>F</i>	.065	1.502	2.057	5.943	3.187
	<i>P</i>	.938	.274	.184	.023	.090
	<i>post-hoc</i>	-	-	-	B, C>A	-

이는 볼을 투사하는 시점에서 토스의 거리가 길어질수록 무릎 관절의 각도가 더 굴곡되고 있음을 보여주고 있다. 고관절 각도는 세터의 인체중심이 정점에 도달하는 시점(E2)과 볼을 접촉하는 시점(E3), 볼을 투사하는 시점(E4), 지면에 착지하는 시점(E5)에서 각각 통계적으로 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났다(E2, E3, E4는 $p < .05$; E5는 $p < .005$). 이는 고관절의 각도가 A쿼에 비해 B쿼에서 크게 형성되고 있음을 보여준다. 어깨관절 각도는 볼을 접촉하는 시점(E3), 볼을 투사하는 시점(E4), 지면에 착지하는 시점에서 각각 통계적으로 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났다(E3, E4 $p < .05$; E5 $p < .001$). 이는 어깨관절의 각도가 A쿼에서 보다 크게 신전되었다. 팔꿈치관절 각도는 인체중심이 정점에 도달하는 시점(E2)에서 통계적으로 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났다($p < .05$). 정점에서 팔꿈치관절의 각도가 B쿼 보다 A쿼이 크게 형성되고 있음을 보여주고 있다. 손목관절 각도는 볼을 투사하는 시점(E4)에서 통계적으로 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났다($p < .05$). 이는 손목관절 각도가 A쿼 보다는 B와 C쿼에서 크게 신전되었다.

IV. 논 의

공격 형태는 세트되어진 볼의 이동 거리와 높이, 공격수의 이동 및 위치에 따라 오픈공격, 시간차공격, 이동공격, 후위공격, 속공공격, 킥오픈 공격으로 나누어진다. 이때 공격형태 중 세터의 위치로 부터 공이 이동되는 방향, 거리 그리고 높이에 따라 나누어지는 A쿼, B쿼은 모두 속공공격에 포함된다(남상선, 2012). <Table 2>에서 세터의 토스 유형별 소요시간에서 볼을 접촉하는 구간인 P3를 살펴보면 쿼의 거리가 늘어나면서 접촉시간이 짧아지고 있으나 집단 간에는 차이가 나타나지 않았다. 정교한 세터가 되기 위해서는 공을 의식적으로 유지시켜 접촉시간이 긴 토스를 연습시키는 것이 중요(Kim et al., 2006)하다는 시점에서 본 연구결과는 비교적 안정된 형태를 보이는 것으로 판단된다.

신체중심의 수직변위에 대한 결과에서 세터가 볼을 접촉하기 이전에 신체중심의 운동방향이 아래방향으로 움직이고 있음을 확인할 수 있다(Figure 4). 볼을 정교하게 조절하기 위해서는 상승하는 구간에서는 볼의 방향과 정면으로 부딪히기 때문에 하향구면 즉 E2 이후에 볼의 방향과 동일하게 되어 안정적으로 토스의 방향을 조절할 수 있게 된다(Jo, 1998). 본 연구에서 E2 시점 직후에 볼을 접촉하고 있어 세터의 안정성이 높은 것으로 보여진다. 토스의 쿼 유형이 결정되는 E3~E4을 살펴보면 쿼의 거리가 늘어날수록 이 구간에서 수직 움직임이 점점 작아지는 즉 곡선의 기울기가 작아지는 특징을

보여주었다.

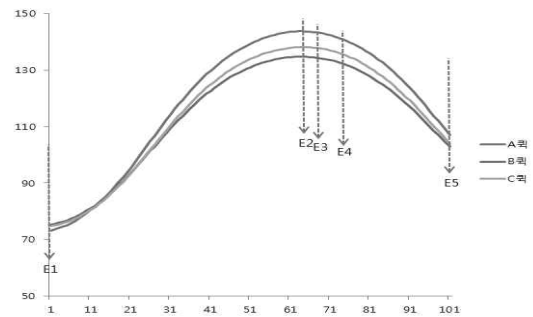


Figure 4. Change in the vertical position of COG

체중심의 수직속도는 정점에 도달하기 전에는 (+)를, 정점에 도달한 시점 이후에는 (-)를 보인다. 모든 토스의 결정은 (-) 속도에서 결정되고 있음을 확인할 수 있다(Figure 4). 점프에서 이지 시 최대 수직 속도는 이지 순간 약 0.02~0.03초 전에 나타나며 하강 스피드는 상승구간의 출발시 보다 큰 힘을 낼 수 있다(Alexander, 1990; Linthorne, 2001)고 하였다. 본 연구결과에서 최대속도 발현시간은 비슷한 결과 보여주고 있고 정점에서 하강 속도가 증가하기 전에 볼을 토스하는 것으로 보여진다. 자유낙하운동에서 하강속도가 증가하게 되면 상방향으로의 힘이 약해지는 원리와 같다고 볼 수 있다(Shin, 1997).

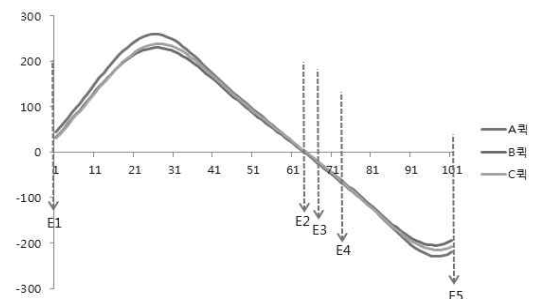


Figure 5. Change in the vertical velocity of COG

토스 워크의 3대 요소는 정확성, 스피드, 그리고 다양성이다. 공격수의 입맛에 맞는 토스를 올려주는게 바로 정확성이다. 스피드는 시간과 싸움으로 블로커가 예상했지만 따라붙지 못할 정도로 빠르면 공격 성공률을 높일 수가 있다. 다양성은 상대 수비를 교란시키는 능력이다. 다양한 패턴 플레이를 통해 블로커를 유인한 뒤 빈자리를 공격 타깃으로 삼아 볼을 배급하는 능력이다(Cho, 1997). 본 연구에서 볼의 다양성을 만들어 내는 변인의 단서를 관절각도에서 살펴보고자 하였다.

무릎관절과 고관절은 세터가 점프를 시도하기 전과 착지 이후 굴곡상태에 있으며 공중 동작에서는 신전상태에 있게 된다. 공중동작 상태에서는 공에 힘이 실려질 때 관절에 미세한

변화가 나타게 된다. 무릎관절의 경우 볼이 투사되는 시점인 E4에서 통계적으로 유의한 차이($p<.05$)를 보이고 있는데 이는 볼을 토스하는 시점에서 쿼의 유형에 따라 무릎관절의 각도에 차이가 있음을 보여준다. 고관절각도는 세터의 인체중심이 정점에 도달하는 시점(E2)과 볼을 접촉하는 시점(E3), 볼을 투사하는 시점(E4), 지면에 착지하는 시점(E5)에서 각각 통계적으로 유의한 차이(E2, E3, E4는 $p<.05$; E5는 $p<.005$)를 보이는데 이러한 차이가 쿼의 유형을 파악하는데 중요한 단서가 될 수 있을 것으로 보여진다. 어깨관절, 팔꿈치관절, 손목관절은 몸통의 부속분절로 움직임의 범위와 크기가 다양하게 나타난다. 어깨관절각도는 볼을 접촉하는 시점(E3), 볼을 투사하는 시점(E4), 지면에 착지하는 시점(E5)에서 각각 통계적으로 유의한 차이(E3, E4 $p<.05$; E5 $p<.001$)를 보이는데 이러한 차이가 쿼의 유형을 파악하는 중요한 단서가 될 수 있을 것으로 보여진다. 팔꿈치관절각도는 인체중심이 정점에 도달하는 시점(E2)에서 통계적으로 유의한 차이($p<.05$)를 보였으며, 손목관절각도는 볼을 투사하는 시점(E4)에서 통계적으로 유의한 차이($p<.05$)를 보이는데 이는 공중동작에서 팔꿈치관절은 A쿼이, 손목관절은 B와 C쿼이 더 크게 형성된다는 것을 보여주고 있다.

V. 결 론

본 연구는 세터의 볼 토스 시 A, B, C쿼의 유형을 만들어 내는 운동학적 변인에 차이가 있는지를 살펴보고 세트 방향에 대한 예측능력의 단서를 제공하는데 목적이 있다. 이를 위해 4명의 세터 포지셔닝을 대상으로 소요시간, 인체중심수직변위와 속도, 볼의 투사속도, 관절의 각도변인을 비교분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 소요시간에서는 유의한 차이를 보이지 않았으나 공중에서 볼을 접촉하는 시간인 P3에서 토스의 거리가 길어지면 접촉시간이 짧아지는 형태를 보였다.
2. 인체중심수직변위는 토스의 쿼 유형이 결정되는 P3구간에서 쿼의 거리가 늘어날수록 수직 움직임이 점점 작아지고 있는 것으로 나타났으며 집단 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났다($p<.05$).
3. 인체중심수직속도와 볼 속도는 공중에서 볼을 투사하는 시점인 E4에서 인체중심 수직속도에 차이가 있는 것($p<.05$).으로 나타났으며 이 시점에서 볼을 투사했을 때 볼의 속도에서도 차이가 있는 것으로 나타났다($p<.001$).
4. 주요 관절각도에서 무릎관절각도는 볼이 투사되는 시점

인 E4와 지면에 착지하는 시점인 E5에서 통계적으로 유의한 차이를 보이고 있었다($p<.05$). 고관절각도는 세터의 인체중심이 정점에 도달하는 시점(E2)과 볼을 접촉하는 시점(E3), 볼을 투사하는 시점(E4), 지면에 착지하는 시점에서 각각 통계적으로 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났(E2, E3, E4는 $p<.05$; E5는 $p<.005$). 어깨관절 각도는 볼을 접촉하는 시점(E3), 볼을 투사하는 시점(E4), 지면에 착지하는 시점에서 각각 통계적으로 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났(E3, E4 $p<.05$; E5 $p<.001$). 팔꿈치관절각도는 인체중심이 정점에 도달하는 시점(E2)에서 통계적으로 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났($p<.05$). 손목관절각도는 볼을 투사하는 시점(E4)에서 통계적으로 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났($p<.05$).

위의 결론을 배경으로 세터의 볼 방향을 예측하기 위한 단서를 찾는다면 인체중심이 정점에 가까워지는 시점(E2)에서는 고관절과 팔꿈치관절을, 볼을 접촉하는 시점(E3)에서는 고관절과 어깨관절을, 볼이 투사되는 시점(E4)에서는 무릎관절, 고관절, 어깨관절, 손목관절에서 단서를 찾아야 할 것이다.

참고문헌

- Abdel-Aziz, Y. I., & Karara, H. M. (1971). *Direct Linear Transformation from Comparator Coordinates into Object Coordinate in Close-range Photogrammetry*. In Proceedings of the Symposium on Close-Range photogrammetry, 1-18. Falls Church, AV:American Society of Photogrammetry.
- Alexander, R. McN. (1990). Optimum take-off techniques for high and long jumps. *Biological Sciences*, 329, 3-10.
- Cha, J. H. (2002). *The Biomechanical Analysis of Slide and Crossover Step Movement for Blocking in Volleyball*. Unpublished doctoral dissertation, The Russian State Pedagogical University.
- Cho, J. H., Ju, M. D. (2006). Analysis of sports biomechanical variable on the motion of left and right spike of volleyball. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 16(4), 125-134.
- Cho, H. M. (1999). *Study on the Effect of Toss Pattern According to Setter's Position and Attack on Volleyball Win and Defeat*. Unpublished Master degree. Kyungung University.
- Cho, P. H. (2007). Kinematical analysis of angle and angular velocity of the body segment on spike in volleyball. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 17(1), 191-199.
- Cho, Y. C. (1998). *Study on the Pattern of Spike and the Rate of Success According to the Setter's Position in Volleyball*. Unpublished Master's degree, Chosun University.

- Cho, Y. H. (1997). The technical analysis on men's volleyball game. *The Korean Journal of Physical Education*, 36(4), 436-443.
- Hong, S. J., & Kim, J. H. (2006). A study of analysis of strategies in volleyball matches depending on the role of setters. *Korean Journal of Sport Data Analysis*, 3(2), 11-15.
- Kang, S. H. (2005). A study on professional volleyball player's spike service. *The Korean Journal of Physical Education*, 44(4), 405-413.
- Kang, S. H. (2004). Kinematical analysis of the volleyball spike. *The Korean Journal of Physical Education*, 43(3), 767-777.
- Kim, H. S., Lim, K. B., & Kim, S. S. (2006). A Kinematic study on overhand setting technique of volleyball. *Journal of Korea Sport Research*, 17(1), 145-150.
- Ko, S. I., & Ryew, C. C. (2009). Kinematical analysis on the motion of the volleyball spike serve. *Korean Journal of Sport Science*, 15, 41-49.
- Lee, D. W. (1984). *Biomechanical Analysis of Open Spike and Quick Spike in Volleyball*. Unpublished Master degree. Seoul National University.
- Lee, Y. P. (1991). *Comparison of Time Lag and Height According to the Setter Motion at the Center Blocking in Volleyball*. Unpublished Master's degree, Daegu University.
- Lee, K. C. (2000). The analysis of factors influencing A-quick performance during men's volleyball competition. *The Korean Journal of Physical Education*, 39(2), 548-557.
- Lee, K. C. (2001). Evaluation of the spike performance for men's volleyball player. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 10(2), 35-46.
- Lee, K. C., Shin, I. S., & Choi, H. N. (2000). The analysis of factors influencing C-quick performance during men's volleyball competition. *The Korean Journal of Physical Education*, 39(3), 635-643.
- Linthorne, N. P. (2001). Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *American Journal of Physics*, 69(11), 1198-1204.
- Nam, S. S. (2012). *Comparison Attack Type of Professional Volleyball Team's According to the Performance*. Unpublished First level Coach Academic. Korea institute of sport science.
- Park, H. G., & Kim, S. G. (1995). The effect of the approach and takeoff motion on the jump-height in volleyball spike. *The Korean Journal of Physical Education*, 34(3), 3339-3353.
- Plagenhoef, S. (1983). Anatomical data for analyzing human motion. *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 54(2): 169-178.
- Shin, D. M. (1997). The free-fall jump landing absorption strategy (Female high school volleyball players). *Journal of Sport and Leisure Studies*, 7, 231-237.
- Son, W. I. (2008). Kinematic analysis of volleyball spike serve. *The Korean Journal of Physical Education*, 47(3), 517-524.
- Wanderer, J. (1996). *A Biomechanical Analysis of Their Blocking Footwork Patterns on Volleyball Players*. San Jose state University, Master of Arts.