



배구 스파이크 서브 동작의 운동학적 비교 분석

The Comparative Kinematic Analysis of a Volleyball Spike Serve

박종철(상명대학교) · 백진호*(강원대학교) · 이진택(대한체육회)

Park, Jong-Chul(Sangmyung University) · Back, Jin-Ho*(Kangwon National University) ·
Lee, Jin-Taek(Korea Sports Council)

국문요약

본 연구는 실제 경기에서 프로 배구선수 스파이크 서브의 성공과 실패 동작을 3차원 영상분석을 통해 비교·분석하여 과학적인 자료를 현장에 제공하고, 기술의 향상에 기여하고자 실시하였다. 스파이크서브를 수행하는 3명을 대상으로 카메라 4대를 이용하여 60 fields/s의 속도로 촬영하였다. 3차원좌표의 계산은 DLT(Direct Linear Transformation)방법을 사용하였으며, Kwon3D(v.3.1) 프로그램을 이용하여 분석하였으며, 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 총소요시간은 구간별 차이가 나타나지 않았다. 신체중심 수직위치는 성공 시 1.87 m로 실패 시의 1.91 m 보다 낮게 나타났고, 최대 볼 높이는 성공 시 6.31m로 실패 시의 6.42m 보다 낮은 볼 위치를 나타냈다. 임팩트 시점의 손 높이는 성공과 실패 시기에서 차이가 나타나지 않았다. 점프하기 직전까지 신체중심의 전후속도를 높였다가 점프하는 시점에서 수직속도로 빠르게 이동시키는 것으로 나타났고, 임팩트 시 손 속도(17.11m/s)와 임팩트 직후 볼 속도(23.74m/s)는 성공 시기에서 빠르게 나타났다. 성공 시기에서 견관절을 신전시키면서 타점을 높게 하고, 주관절은 적절한 각도를 유지시키면서 빠르고 정확한 임팩트를 하는 것으로 나타났다. 또한, 동체를 전후로 크게 움직이지 않고 어깨의 회전을 원활하게 하는 것이 중요한 것으로 나타났다.

ABSTRACT

J. C. PARK, J. H. BACK, and J. T. LEE, The Comparative Kinematic Analysis of a Volleyball Spike Serve. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 19, No. 4, pp. 671-680, 2009. We performed a study to obtain kinematic data on the characteristics of spike serving techniques used by volleyball players, including other basic data that will be useful for in-field applications. We used three-dimensional videography to compare good tough serves and serve errors. The subjects were 3 left attackers whose spike serves were videographed (60 fields/s). The three-dimensional coordinates were calculated using the direct linear transformation method and then analyzed using the Kwon 3D software program version 3.1. There was no difference in time elapsed. However, the vertical displacement of the center of body mass(CM) differed between the 2 types of serves: in successful serves, the CM tended to be lower, as did the maximum ball height at the time of hitting. Further, the higher the level of the hitting hand was at the moment of impact, the higher was the likelihood of scoring points. In good serves, the players tended to accelerate their CM movement just before jumping to hit the ball and descend rapidly at the moment of hitting. The hand speed along with ball velocity during the impact was proven to be higher in successful serves. Moreover, in successful serves, the shoulder angles increased to a greater extent while the elbow angles were maintained constant. This possibly resulted in faster and more precise serves. An important observation was that the angle of trunk inclination during the jump did not increase with the swing of the shoulders. muscle tendon complex.

KEYWORDS : VOLLEYBALL, SPIKE SERVE, CENTER OF MASS(CM)

I. 서론

서브는 크게 상대방 공격수를 묶어 두기 위한 목적타 서브와 득점을 위한 스파이크 서브로 분류할 수 있으며, 과거 배구 경기에서는 단순히 상대방 코트로 넘긴 후 수비를 하기위한 목적타 서브가 주로 이용되었다. 최근 경기에서의 스파이크 서브는 득점을 위한 제1의 공격 형태로 다양하고 강력한 기술이 사용되고 있다. 이러한 서브는 경기의 흐름을 반전시키기도 하고 승패를 좌우하고 있다고 할 수 있다.

스파이크 서브는 점프와 함께 몸 전체를 사용하므로 파괴력이 스파이크와 거의 비슷한 위력을 보이고 있으며, 파워가 있고 위력적으로 리시브하기가 까다로운 서브임에는 틀림없으나 실패하는 확률이 높아 정확한 연습을 필요로 하는 서브 방법이다(고승일, 류재청, 2009).

국제 경기에서 우리나라 대표선수들은 유럽과 남미 국가들에 비하여 스파이크 서브를 구사하는 비율과 파괴력 모두가 떨어지고 있다. 이러한 소극적인 서브를 넘겨 되는 원인으로는 서브 기술의 부족뿐만 아니라 실수에 대한 심리적 부담도 크게 작용하기 때문이다. 랠리 포인트 룰의 적용으로 서브의 실수가 바로 실점의 요인으로 선수들의 과감한 서브 구사 능력을 감소시키고 있는 것이다(강상학, 2005). 랠리 포인트는 안정된 수비를 바탕으로 빠른 속공과 세트플레이로 득점하는 우리나라 선수들에게 유리하게 작용하고 있으나, 강력한 스파이크 서브로 상대의 조직력을 약화시키지 못한다면 우리의 장점을 활용하기에는 한계가 있다.

배구 스파이크 서브에 관한 선행연구로 강상학(2005)은 강한 스파이크 서브를 구사하는 선수들은 볼을 3m 이상의 지점에서 임팩트가 이루어지는 것이 적절한 타이밍으로 보고하였고, 고승일 등(2009)은 스파이크 서브가 성공했을 때 신체중심 위치는 높게 나타났고, 신체중심 속도는 실패했을 때 더 빠르게 나타났다고 보고하고 있다. 또한, 손원일(2008)은 임팩트 후 최대 볼 속도가 20 m/s로 나타났다고 보고하였다. Wagner, Tilt, Duvillard와 Mueller(2009)는 스파이크 점프 동작에서의 상지와 하지분절의 동작에 대하여 분석하였고, Tilt, Wagner와 Müller(2008)는 배구와 비치

발리볼 스파이크에 대하여 운동학적 비교 분석을 하였다. 국내의 선행연구로 조필환(2007)은 스파이크 임팩트 순간의 각속도는 숙련자가 미숙련자보다 견관절, 손목 관절에서 빠르게 나타났다고 보고하였다.

이처럼 스파이크 서브에 관한 연구는 지속되고 있지만, 대부분 실험 상황의 연구로 실제 경기 상황에서 엘리트 프로 배구선수들을 대상으로 한 연구는 미진한 현실이다. 경기력을 현장에 접목시키기 위해서는 현장에서의 분석을 통한 기초자료 구축은 그 필요성이 매우 높다.

본 연구는 엘리트 프로 배구선수들의 스파이크 서브 동작의 실제 경기 상황을 대상으로 성공과 실패 동작의 운동학적으로 비교·분석을 통해 각각의 동작에서 나타나는 특징을 파악하고 선행연구와의 비교를 통해 올바른 스파이크 서브 자세에 대한 기초적인 자료를 현장에 제공함으로써 배구 서브 기술의 향상과 발전에 기여하는데 그 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상은 남자 프로 배구선수 3명으로 구성하였으며, 스파이크 서브 동작이 숙련된 공격 선수들로 제한하였다. 대상자의 일반적 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 실험 대상자의 특성

	신장(m)	체중(kg)	위치(position)
S1	2.00	96	레프트
S2	1.92	88	레프트
S3	1.93	84	레프트
M(SD)	1.95(.04)	89.33(6.11)	-

2. 실험 장비 및 절차

프로 배구선수들의 스파이크 서브 동작을 촬영하기 위하여 08'09' V-리그 기간 중 실제 경기를 촬영하였다. 디지털 캠코더 DSR-PD170 4대를 사용하였으며,

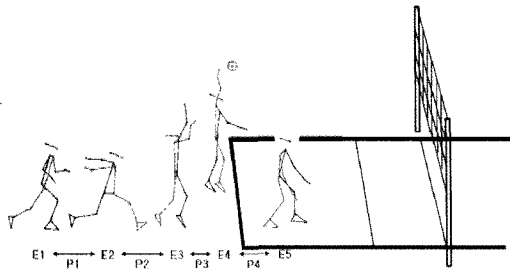


그림 1. 이벤트 및 국면

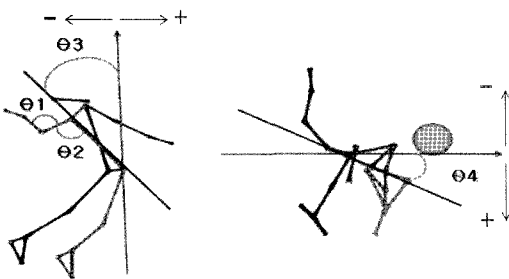


그림 2. 각도의 정의

촬영 속도는 60 fields/sec 이고 셔터 스피드는 1/500 초로 하였다. 본 실험의 촬영 전 3차원 공간좌표 산출을 위한 통제점 틀을 2m × 5m × 5m로 설치한 다음 약 1분간 촬영하였다. 1세트부터 4세트까지의 경기 중 오른손잡이 선수 중 우측 코너에서 스파이크 서브를 수행하는 선수들로 제한하였다. 또한, 영상 자료의 선정은 강력한 스파이크 서브를 대상으로 선정하여 상대방 코트에 들어간 것을 성공 자료로, 네트를 넘기지 못하고 걸린 자료를 실패 자료로 구분하여 성공과 실패 각각 1회의 자료를 획득하였다. 자료처리는 Kwon3D Motion Analysis Package Version 3.1 Program(Kwon, 1994)을 사용하였다. 자료처리 과정은 통제점 틀에 의한 96개의 통제 점을 이용하여 실공간 좌표가 계산된 후 인체의 3차원 좌표가 얻어졌다. 이때 축 정의는 좌·우 방향을 X축, 운동진행 방향인 전·후 방향을 Y축, 그리고 상·하 방향을 Z축으로 정의하였다. 인체의 모델은 총 21개의 관절 점에 의한 16개의 신체분절로 연결된 강체 시스템으로 정의하고, 1개의 공 중심점을 산출하였다. 각 분절의 무게중심과

전체 무게중심의 위치를 계산하기 위한 인체 분절 모수치(body segment parameters)는 Chandler, Clauser, Mc Conville, Reynolds와 Young(1975)의 자료를 이용하였다. 각각의 캠코더로부터 얻은 2차원 좌표는 3차 스피라스인 함수에 의한 보간법을 이용하여 동조하였으며, 각 프레임 간 동조시간 간격은 .0167 초로하여 동조된 2차원 좌표 값을 구하였다. 3차원 좌표 계산은 Abdel-Aziz와 Karara(1971)가 개발한 DLT(direct linear transformation)방식을 사용하였다. 또한 디지털 이징 등과 같은 여러 가지 원인에 의해 발생하는 노이즈에 의한 오차 제거는 Butterworth 2차 저역 통과 필터(low-pass filter)를 이용하여 스무딩(smoothing)하였으며, 이때 차단 주파수는 6 Hz로 설정하였다.

3. 주요 이벤트와 국면, 각도 정의

스파이크 서브 동작에서 설정된 이벤트와 국면은 <그림 1>과 같이 5개의 이벤트와 4개의 국면으로 나누어 분석하였고 각도의 정의는 <그림 2>와 같다.

1) 이벤트(event)

- E1 : 오른발이 지면에서 떨어지는 시점
- E2 : 왼발이 지면에서 떨어지는 시점
- E3 : 양발이 지면에서 떨어지는 시점
- E4 : 임팩트 시점
- E5 : 지면에 착지하는 시점

2) 국면(phase)

- P1 : E1 시점에서 E2 시점까지
- P2 : E2 시점에서 E3 시점까지
- P3 : E3 시점에서 E4 시점까지
- P4 : E4 시점에서 E5 시점까지

3) 각도의 정의

- 주관절(theta1) : 전완과 상완이 이루는 상대각도
- 견관절(theta2) : 동체와 우측 상완이 이루는 상대각도
- 동체전경각(theta3) : 동체와 Z축과 이루는 절대각도
- 어깨회전각(theta4) : 왼쪽과 오른쪽 어깨를 잇는 선이 X축과 이루는 절대각도

III. 결과 및 논의

1. 소요 시간

스파이크 서브 동작의 국면별 소요시간은 <표 2>와 같다. 스파이크 서브의 총소요시간은 성공 시 $1.57 \pm .13$ 초로 나타났고, 실패 시 $1.60 \pm .14$ 초로 나타났다. 소요시간을 국면별로 살펴보면, 오른발 이지 후 왼발 이지되는 시점까지의 P1구간에서는 성공 시 $.37 \pm .08$ 초 실패 시 $.40 \pm .07$ 초로 나타났고, 왼발 이지 후 양발이 이지되는 시점까지의 P2구간에서는 성공과 실패 모두 $.44 \pm .03$ 초와 $.44 \pm .02$ 초로 차이가 없는 것으로 나타났다. 양발 이지 후 임팩트까지의 P3구간과 임팩트 후 착지하는 시점까지의 P4구간에서도 성공 시 $.38 \pm .03$ 초와 $.37 \pm .03$ 초, 실패 시 $.38 \pm .02$ 초와 $.37 \pm .05$ 초로 성공과 실패 시기에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 전체적인 소요시간은 P1과 P2구간에서 가장 길게 나타났고, 이후 P3, P4의 순으로 나타나 강상학(2005)과 고승일(2009)등의 연구 결과와 유사한 것으로 나타났지만, P3과 P4의 소요시간에서 구간간의 차이가 .01 초로 거의 나타나지 않았고 체공시간이 선행연구보다 길게 나타난 것은 실업팀과 고등학생을 대상으로 한 선행연구에 비하여 우수한 선수들로 긴 체공시간을 이용한 정확한 타이밍을 맞춘 임팩트로 나타난 결과로 판단된다. S2의 경우 볼을 상대적으로 높이 던져 올린 결과로 P3 구간의 시간이 길어지고, 총소요시간에도 영향을 미친 것으로 나타났다.

표 2. 국면별 소요시간 (unit: sec)

		P1	P2	P3	P4	Total
S1	S	.33	.48	.35	.33	1.50
	F	.35	.47	.37	.34	1.52
S2	S	.47	.43	.42	.40	1.72
	F	.48	.45	.40	.43	1.77
S3	S	.32	.42	.38	.38	1.50
	F	.37	.42	.38	.35	1.52
M (SD)	S	.37 (.08)	.44 (.03)	.38 (.03)	.37 (.03)	1.57 (.13)
	F	.40 (.07)	.44 (.02)	.38 (.02)	.37 (.05)	1.60 (.14)

※ S : 성공, F : 실패

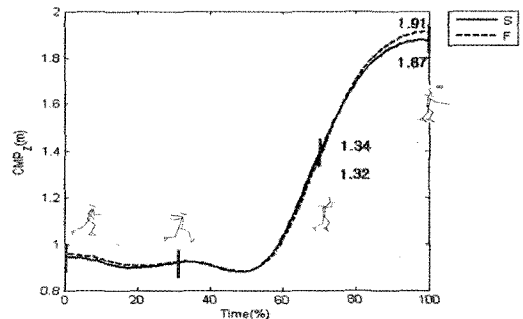


그림 3. 신체중심 수직위치 변화

2. 거리 요인

스파이크 서브 동작의 거리 요인은 신체중심 수직 위치, 보폭, 최대 볼 높이 그리고 타점 높이로 구성하였으며, 그 결과는 <표 3>에 제시하였다.

신체중심의 수직 위치를 보면, E1에서 성공 시 $.94 \pm .10m$, 실패 시 $.95 \pm .09m$ 로 나타났고, E2에서는 성공 시 $.93 \pm .12m$, 실패 시 $.93 \pm .11m$ 로 나타났고, E3에서는 성공 시 $1.32 \pm .12m$, 실패 시 $1.34 \pm .12m$ 로 나타났고, E4에서는 성공 시 $1.87 \pm .04m$, 실패 시 $1.91 \pm .08m$ 로 나타났다. 이를 세부적으로 살펴보면, S1과 S3은 성공과 실패 동작에서 차이가 나타나지 않았지만, S2의 경우 전후방향의 운동을 수직방향으로 전환시켜주는 과정에서 타이밍을 잡지 못해 전후로 빠르게 중심을 이동시켜 정점에서 내려오는 시점이 아닌 올라가는 동작에서 임팩트 한 것으로 나타났다. 또한, 성공 시기에서 신체중심의 수직위치가 낮았지만, 견관절을 크게 신전시키고 주관절을 굴곡시켜 임팩트 시 높이를 확보함으로써 강력한 회전에 의한 서브가 수행될 수 있었던 것으로 사료된다. 이러한 연구 결과는 강상학(2005)의 1.73m, 박홍균과 김승권(1995)의 연구 결과 1.62m 보다 높은 것으로 나타났다.

구간별 보폭을 보면, P1에서 성공 시 $.94 \pm .01m$, 실패 시 $.92 \pm .18m$ 로 나타났고, P2에서는 성공 시 $.54 \pm .29m$, 실패 시 $.58 \pm .33m$ 로 나타났다. P3에서는 성공 시 $.70 \pm .28m$, 실패 시 $.65 \pm .24m$ 로 나타났다. 전체적인 경향을 살펴보면, P2 구간에서의 보폭이 가장 작고, P1 구간에서의 보폭이 가장 큰 것으로 나타났다.

표 3. 거리요인

		신체 중심 수직 위치				보 폭			최대 볼 높이	타점 높이
		E1	E2	E3	E4	P1	P2	P3		
S1	S	1.05	1.06	1.45	1.89	.94	.72	.79	6.45	3.03
	F	1.05	1.06	1.47	1.91	.71	.64	.64	6.42	2.95
S2	S	.92	.84	1.22	1.90	.95	.21	.39	6.54	2.89
	F	.93	.86	1.25	1.98	1.03	.23	.42	6.81	2.94
S3	S	.85	.88	1.30	1.83	.94	.70	.92	5.93	2.79
	F	.88	.88	1.29	1.83	1.03	.88	.89	6.04	2.81
M (SD)	S	.94 (.10)	.93 (.12)	1.32 (.12)	1.87 (.04)	.94 (.01)	.54 (.29)	.70 (.28)	6.31 (.33)	2.90 (.12)
	F	.95 (.09)	.93 (.11)	1.34 (.12)	1.91 (.08)	.92 (.18)	.58 (.33)	.65 (.24)	6.42 (.39)	2.90 (.08)

특히, 성공 시기의 경우 안정된 점프를 위해 P3 구간에서 실패시기에 비하여 보폭을 넓게 하면서 점프하는 경향을 나타냈으나, S2의 경우는 상대적으로 보폭을 P2와 P3에서 짧게 끊어 이동하면서 점프하는 경향을 나타내면서 반대 양상을 나타냈다.

최대 볼 높이와 타점 높이는 성공 시 각각 $6.31 \pm .33\text{m}$, $2.90 \pm .12\text{m}$ 그리고 실패 시 각각 $6.42 \pm .39\text{m}$, $2.90 \pm .08\text{m}$ 로 나타나 성공 시기에서 낮은 볼 위치를 나타냈다. 이러한 결과는 강상학(2005)의 볼 높이의 결과 4.69m 보다 높은 것으로 나타났다. 선행연구에서는 5m 이상 볼을 던져 올려야 한다고 보고하고 있으나, 실제 경기 상황에서의 프로 배구 선수들을 대상으로 한 본 연구에서는 높이의 차이를 나타내었으며, 실패 시기의 경우 너무 높이 볼을 던짐으로 타이밍을 맞추기가 어려웠던 것으로 판단된다.

임팩트 시점에서의 손의 높이는 성공과 실패 시점에서 평균의 차이는 나타나지 않았지만, S1과 S3을 제외한 S2는 실패 시기에서 더 높은 타점을 나타냈다. 이러한 결과는 볼의 높이가 6.81m 로 높게 토스되었고, 이를 위한 타이밍을 잡지 못해 정점에서 내려오면서 임팩트하지 못한 신체중심의 위치 결과와 일치하는 것으로 나타났다. S1과 S3의 경우 임팩트 시점에서 견관절을 신전시키지 못하고 주관절을 신전시키면서 타점 높이를 확보하지 못하였고, 이러한 결과로 손의 속도를 가속시키지 못해 손끝의 손도와 볼의 속도에서도

감속되는 결과를 나타냈다. 본 연구의 결과는 강상학(2005)의 연구에서 나타난 수직 타점 높이 3.03m 보다 낮은 타점 높이를 나타냈다.

3. 속도 요인

스파이크 서브 동작의 속도 요인은 신체중심 전후 속도와 수직속도, 임팩트 시 손의 손도 그리고 임팩트 직후의 볼 속도로 구성하였으며, 그 결과는 <표 4>, <그림 4, 5>에 제시하였다.

신체중심의 전후속도를 보면, E1에서 성공 시 $2.89 \pm .43\text{m/s}$, 실패 시 $2.59 \pm .12\text{m/s}$ 로 나타났고, E2에서는 성공 시 $4.10 \pm .14\text{m/s}$, 실패 시 $3.97 \pm .09\text{m/s}$ 로 나타났다. E3에서는 성공 시 $2.72 \pm 1.01\text{m/s}$, 실패 시 $2.57 \pm .43\text{m/s}$ 로 나타났고, E4에서는 성공 시 $3.12 \pm .77\text{m/s}$, 실패 시 $3.03 \pm .28\text{m/s}$ 로 나타났다. 성공 시기에서의 전후속도가 모든 시점에서 빠르게 이동한 것으로 나타났는데, 이는 볼을 위로 던진 후 낙하하여 임팩트 되는 지점을 정확하게 예측함으로써 전방으로의 이동이 빠르게 이동한 것으로 사료되며, E2시점에서 가장 빠르게 이동하였다가 E3시점에서 속도를 제어하면서 점프하는 것으로 나타났다. 이는 전후로의 운동에너지를 위치에너지로 효율적으로 전환시키는 동작으로 판단되며, 이러한 결과는 고승일 등(2009)의 연구 결과 성공 시기에서 느린 속도를 나타냈다는 결과와 상반되는 것으로 나타났다.

표 4. 속도 요인

(unit: m/s)

		신체 중심 속도								임팩트 시 손속도	임팩트 직후 볼속도
		E1		E2		E3		E4			
		Y	Z	Y	Z	Y	Z	Y	Z		
S1	S	3.11	-.11	4.12	.25	3.59	2.88	3.72	-.27	18.82	25.13
	F	2.70	-.56	3.90	-.04	2.90	2.82	3.31	-.24	18.44	25.07
S2	S	2.39	.49	3.95	.28	1.62	3.48	2.25	-.12	15.92	23.26
	F	2.47	.22	4.07	.38	2.08	3.56	2.75	.08	15.01	21.06
S3	S	3.16	-.01	4.23	.02	2.96	3.05	3.38	-.36	16.58	22.84
	F	2.60	-.33	3.95	.03	2.74	3.08	3.03	-.37	14.94	21.82
M (SD)	S	2.89 (.43)	.12 (.32)	4.10 (.14)	.18 (.14)	2.72 (1.01)	3.14 (.31)	3.12 (.77)	-.25 (.12)	17.11 (1.52)	23.74 (1.22)
	F	2.59 (.12)	-.22 (.40)	3.97 (.09)	.12 (.23)	2.57 (.43)	3.15 (.38)	3.03 (.28)	-.18 (.23)	16.13 (2.00)	22.65 (2.13)

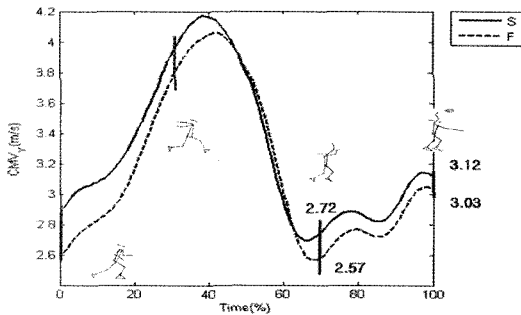


그림 4. 신체중심 전후속도 변화

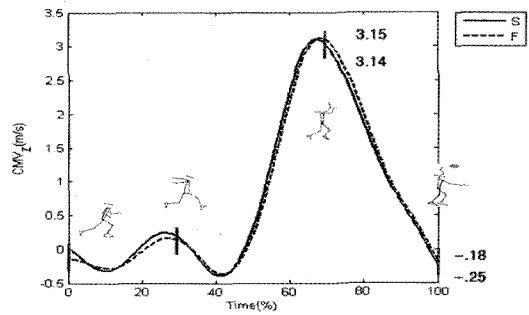


그림 5. 신체중심 수직속도 변화

신체중심의 수직속도를 보면, E1에서 성공 시 $1.2 \pm 0.32 \text{ m/s}$, 실패 시 $-0.22 \pm 0.40 \text{ m/s}$ 로 나타났고, E2에서는 성공 시 $0.18 \pm 0.14 \text{ m/s}$, 실패 시 $0.12 \pm 0.23 \text{ m/s}$ 로 나타났다. E3에서는 성공 시 $3.14 \pm 0.31 \text{ m/s}$, 실패 시 $3.15 \pm 0.38 \text{ m/s}$ 로 나타났고, E4에서는 성공 시 $-0.25 \pm 0.12 \text{ m/s}$, 실패 시 $-0.18 \pm 0.23 \text{ m/s}$ 로 나타났다. 성공 시기에서의 수직 속도는 임팩트 전까지는 점진적인 속도의 증가를 나타내었다가 임팩트 시점에서는 음(-)의 속도를 나타내면서 임팩트 하는 것으로 나타났는데, 강상학(2005)의 연구 결과 임팩트 순간의 수직 속도는 음의 속도로 나타나 정점에서 지면을 향해 내려오는 모습과 일치하는 것으로 나타났다.

본 연구의 결과 임팩트 전까지 점진적으로 전후 속

도를 증가시켰다가 이후 속도를 제어하면서 전후의 운동을 수직 운동으로 전환시키는 것이 중요한 것으로 나타났는데, 실패 시기에서는 타이밍을 맞추기 위해 전후 속도를 크게 제어함으로써 부드러운 연결동작으로 이어질 수 없었던 것으로 판단된다. 하지만, S2의 경우 스텝의 보폭이 상대적으로 작게 나타나는 동작의 특성으로 인해 속도가 실패 동작에서 크게 나타난 것으로 판단된다.

임팩트 시 손의 속도는 성공 시 $17.11 \pm 1.52 \text{ m/s}$, 실패 시 $16.13 \pm 2.00 \text{ m/s}$ 로 나타났고, 임팩트 직후 볼의 속도는 성공 시 $23.74 \pm 1.22 \text{ m/s}$, 실패 시 $22.65 \pm 2.13 \text{ m/s}$ 로 나타났다. 성공 시기에서 손의 속도와 볼의 속도 모두 빠르게 나타났는데, 이는 매끄러운 동작에 이

표 5. 각도 요인

(unit: deg)

		임팩트 시점			임팩트 구간		
		주관절	견관절	동체전경	어깨회전	동체전경 변위 (최대 - 최소)	어깨회전 변위 (최대 - 최소)
S1	S	136.27	131.46	-7.20	9.70	28.35	59.55
	F	143.88	126.89	-10.06	2.21	28.62	58.37
S2	S	135.18	149.75	1.83	25.52	35.87	39.12
	F	141.97	132.28	-5.42	10.42	41.93	36.06
S3	S	139.94	133.80	-6.60	-14.46	29.15	58.22
	F	145.37	114.84	-9.91	-1.38	32.97	57.19
M (SD)	S	137.13 (2.49)	138.34 (9.95)	-3.99 (5.05)	6.92 (20.13)	31.12 (4.13)	52.30 (11.43)
	F	143.74 (1.70)	124.67 (8.93)	-8.46 (2.64)	3.75 (6.05)	34.51 (6.79)	50.54 (12.55)

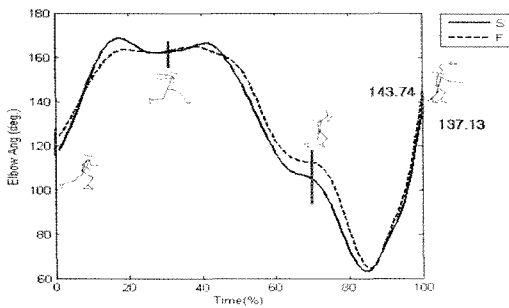


그림 6. 주관절 각도 변화

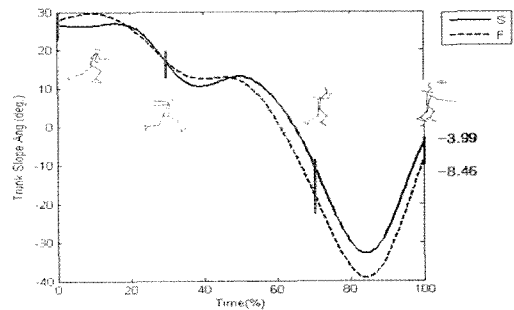


그림 8. 동체회전 각도 변화

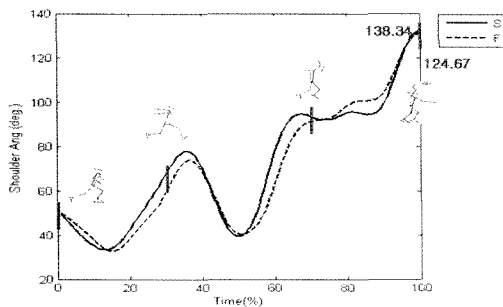


그림 7. 견관절 각도 변화

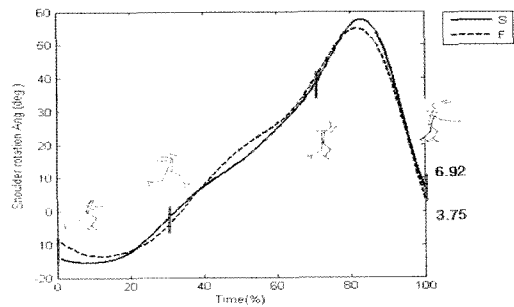


그림 9. 어깨회전 각도 변화

은 정확한 타이밍으로 연결된 결과라고 판단된다. 23.74m/s(85.46km/h)는 강상학(2005)의 23.62m/s, 손원일(2008)의 21.50m/s의 결과보다 빠른 것으로 나타났다. 이는 신체중심의 이동과 견관절과 주관절의 회

전 동작을 원활하게 함으로써 볼에 속도를 그대로 전달할 수 있었던 것으로 사료된다. 강상학(2005)은 빠른 손속도는 강한 서브를 구사하는 직접적인 원인이 된다고 보고하고 있어 그 결과와 일치하는 것으로 나타났다.

표 6. 각속도 요인

(unit: deg/s)

		임팩트 시점				임팩트 구간	
		주관절	견관절	동체전경	어깨회전	동체전경(최대)	어깨회전(최대)
S1	S	1060.41	-277.06	143.59	-258.32	202.67	-395.33
	F	1215.82	-312.66	152.49	-237.52	189.5	-363.85
S2	S	849.62	111.69	166.16	-139.03	239.17	-252.82
	F	726.41	100.35	325.27	-397.50	325.27	-397.50
S3	S	510.84	152.64	197.72	-338.79	197.72	-444.41
	F	618.50	279.4	171.36	-301.97	171.36	-379.05
M (SD)	S	806.96 (277.26)	-4.24 (237.15)	169.16 (27.19)	-245.38 (100.51)	213.19 (22.64)	-364.19 (99.52)
	F	853.58 (318.32)	22.36 (303.64)	216.37 (94.78)	-312.33 (80.49)	228.71 (84.11)	-380.13 (16.85)

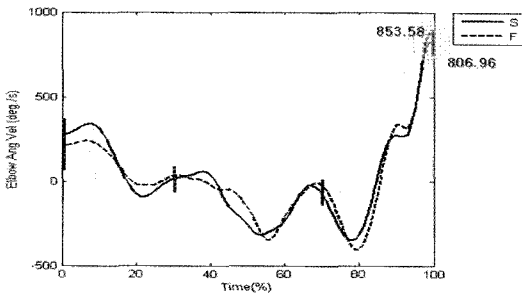


그림 10. 주관절 각속도 변화

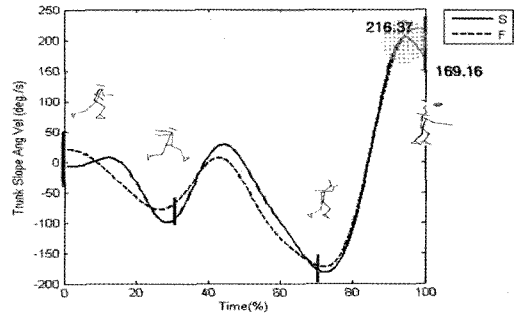


그림 12. 동체회전 각속도 변화

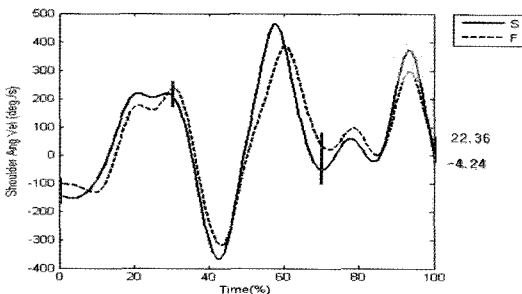


그림 11. 견관절 각속도 변화

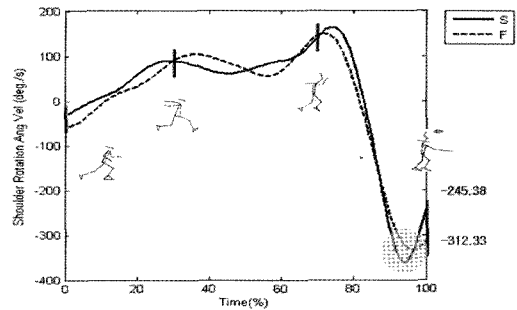


그림 13. 어깨회전 각속도 변화

4. 각도 요인

스파이크 서브 동작의 각도 요인은 주관절각, 견관

절각, 동체전경각 그리고 어깨회전각으로 구성하였으며, 그 결과는 <표 5>, <그림 6, 7, 8, 9>에 제시하였다. 임팩트 시 주관절 각도는 성공 시 137.13±2.49°, 실패

시 143.74 ± 1.70 로 나타났고, 견관절 각도는 성공 시 $138.34 \pm 9.95^\circ$, 실패 시 124.67 ± 8.93 로 나타났다. 동체전경 각도는 성공 시 $-3.99 \pm 5.05^\circ$, 실패 시 -8.46 ± 2.64 로 나타났고, 어깨회전 각도는 성공 시 $6.92 \pm 20.13^\circ$, 실패 시 3.75 ± 6.05 로 나타났다.

성공 시기에서 주관절의 각도가 작은 것으로 나타났고, 견관절 각도는 크게 나타났는데, 이는 견관절을 신전시키면서 타점을 높게 하고, 주관절은 적절한 각도를 유지시키면서 빠르고 정확한 임팩트를 하는 것으로 나타났다. 동체전경 각도는 실패 시기에서 성공 시기보다 상체가 뒤로 젖혀진 상태에서 임팩트하여 실패한 것으로 판단되며, 그로 인하여 어깨가 원활하게 회전하기 힘든 자세로 이어져 실패 시 어깨회전 각도가 작게 나타난 것으로 판단된다.

임팩트 구간에서 동체전경 각도의 각변위는 성공 시 $31.12 \pm 4.13^\circ$, 실패 시 34.51 ± 6.79 로 나타났고, 어깨회전 각도의 각변위는 성공 시 $52.30 \pm 11.43^\circ$, 실패 시 $50.54 \pm 12.55^\circ$ 로 나타났다. 성공 시기에서의 동체전경 각도의 변위가 작게 나타나고 어깨의 회전각도가 크게 나타난 것은 볼의 낙하지점을 정확하게 예측함으로써 상체가 전후로 크게 움직이지 않고 적절한 위치에서 어깨가 빠르게 회전하면서 임팩트하여 성공한 것으로 판단된다.

5. 각속도 요인

스파이크 서브 동작의 각속도 요인은 주관절각, 견관절각, 동체전경각 그리고 어깨회전각의 각속도로 구성하였으며, 그 결과는 <표 6>, <그림 10, 11, 12, 13>에 제시하였다.

임팩트 시 주관절 각속도는 성공 시 $806.96 \pm 277.26^\circ/\text{sec}$, 실패 시 $853.58 \pm 318.32^\circ/\text{sec}$ 로 나타났고, 견관절 각속도는 성공 시 $-4.24 \pm 237.15^\circ/\text{sec}$, 실패 시 $22.36 \pm 303.64^\circ/\text{s}$ 로 나타났다. 동체전경 각속도는 성공 시 $169.16 \pm 27.19^\circ/\text{sec}$, 실패 시 $216.37 \pm 94.78^\circ/\text{sec}$ 로 나타났고, 어깨회전 각속도는 성공 시 $-245.38 \pm 100.51^\circ/\text{sec}$, 실패 시 $-312.33 \pm 80.49^\circ/\text{sec}$ 로 나타났다. 모든 각속도 요인의 실패 시기에서 빠른 속도를 나타냈는데, 주관절과 견관절의 경우 과도하게 팔을 스윙함으로써 발생한 것으로 사료되며, 조필환(2007)의 선행연구에서 주

관절 각속도가 $532.70^\circ/\text{sec}$, 견관절 각속도가 $475.00^\circ/\text{sec}$ 로 보고하고 있어, 본 연구의 결과와 상이한 것으로 나타났는데, S1의 임팩트 시 견관절 각속도가 음의 방향으로 빠르게 굴곡되는 경향을 나타낸 이유로 판단된다. 동체전경 각속도와 어깨회전 각속도를 살펴보면, 실패 시기에서 더 빠른 각속도의 발현이 나타난 것은, 점프 후 임팩트까지의 동체와 어깨의 이동 변위가 커져 임팩트 시 빠르게 굴곡과 회전을 시키는 모습을 나타낸 결과로 판단된다.

임팩트 구간에서 동체전경 각속도의 최대속도는 성공 시 $213.19 \pm 22.64^\circ/\text{sec}$, 실패 시 $228.71 \pm 84.11^\circ/\text{sec}$ 로 나타났고, 어깨회전 각속도의 최대속도는 성공 시 $-364.19 \pm 99.52^\circ/\text{sec}$, 실패 시 $-380.13 \pm 16.85^\circ/\text{sec}$ 로 나타났다. 동체전경 각속도와 어깨회전 각속도의 최대속도 또한 모두 실패 시기에서 더 빠른 속도를 나타냈는데, 이는 정확한 타이밍을 놓쳐 이를 상쇄하기 위한 과도하게 빠른 움직임으로 나타난 결과라고 사료된다.

VI. 결론 및 제언

본 연구는 프로 배구선수 스파이크 서브 성공과 실패 동작의 3차원 영상분석을 통해 비교·분석하여 과학적인 자료를 제시함으로써 스파이크 서브 기술에 대한 특성을 규명하고, 서브 기술의 기초적인 자료를 현장에 제공하고, 기술의 향상에 기여하고자 실시하였으며, 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 구간별 소요 시간은 성공 시 1.57초, 실패 시 1.60초로 나타나 성공 시기에서 짧은 소요시간을 나타냈지만, 구간별 차이가 나타나지 않았다. P2와 P1에서 가장 길게 나타났고, 이후 P3, P4의 순으로 나타났다. 체공 구간은 1.15초를 나타내었으며, 임팩트 전기가 후기보다 긴 소요시간을 나타냈다.

둘째, 신체중심 수직위치는 점프와 임팩트 시점에서 성공 시 1.32m, 1.87m, 실패 시 1.34m, 1.91m로 스파이크 서브가 성공했을 때 신체중심 수직위치가 더 낮게 나타났다. 최대 볼 높이는 성공 시 $6.31 \pm 0.33\text{m}$, 실패 시 $6.42 \pm 0.39\text{m}$ 로 나타나 성공 시기에서 낮은 볼 위치를

나타났고, 임팩트 시점에서의 손의 높이는 성공 시 $2.90 \pm 12\text{m}$, 실패 시 $2.90 \pm 08\text{m}$ 로 성공과 실패 시기에 서 차이가 나타나지 않았다.

셋째, 점프하기 직전까지 신체중심의 전후속도를 높 였다가 점프하는 시점에서 수직속도로 빠르게 이동시 키는 것으로 나타났고, 임팩트 시 손 속도와 임팩트 직후 볼 속도는 성공 시 $17.11 \pm 1.52\text{m/s}$ 와 $23.74 \pm 1.22\text{m/s}$ 로 실패 시기보다 빠르게 나타났다.

넷째, 성공 시기에서 견관절을 신전시키면서 타점을 높게 하고, 주관절은 적절한 각도를 유지시키면서 빠 르고 정확한 임팩트를 하는 것으로 나타났다. 또한, 동 체전경 각도를 전후로 크게 움직이지 않고 어깨의 회 전을 원활하게 하는 것이 성공한 것으로 판단된다.

다섯째, 성공 시기에서 동체회전 각속도는 $213.19 \pm 22.64/\text{sec}$, 어깨회전 각속도는 $-364.19 \pm 99.52/\text{sec}$ 로 나 타나 실패 시기보다 느리게 나타났다. 또한, 모든 각속 도 요인에서 성공 시기는 실패 시기보다 임팩트 직전 에 빠른 각속도를 나타내었다가 임팩트 시 실패 시기 보다 감속되는 경향을 나타냈다.

위의 결론에서 나타난 운동학적 변인들은 경기력과 밀접한 관련이 있지만, 배구 스파이크의 특성 상 손목 스냅의 움직임이 중요한 것으로 판단되며, 대상 인원의 확대를 통한 후속연구가 지속적으로 진행되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 강상학(2005). 프로 배구 선수들의 스파이크 서브에 관 한 연구. *한국체육학회지*, 44(4), 405-413.
- 고승일, 류재청(2009). 배구 스파이크 서브 동작에 대 한 운동학적 분석. *체육과학연구*, 15, 41-49.
- 손원일(2008). 배구 스파이크 서브의 운동학적 분석. *한국체육학회지*, 47(3), 517-524.
- 박홍균, 김승권(1995). 배구 스파이크의 도움닫기와 발 구름 동작이 도약높이에 미치는 영향. *한국 체육학회지*, 34(3), 3339-3353.
- 조필환(2007). 배구 스파이크시 신체분절의 각도와 각

속도에 대한 운동학적 분석. *한국운동역학회 지*, 17(1), 191-199.

- Abdel-Aziz, Y. I., & Karaha, H. M.(1971). *Direct Linear Transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close photogrammetry*. International Proceedings of the Symposium on Close-Range photogrammetry(pp.1-18). Falls Church, VA:American Society of photogrammetry.
- Chandler, R. F., Clauser, C. E., McConville, J. T., Reynolds, H. M., & Young, J. W.(1975). Investigation of inertial properties of the hu man body. Dayton, OH: Aerospace Medical Research Lab., Wright-Patterson Air Force Base.
- Kwon, Y. H.(1994). *Kwon3D motion analysis package version 3.1 user's reference manual*. Anyang, Korea: V.TEK corporation.
- Tilp, M., Wagner, H., & Müller, E.(2008). Differences in 3D kinematics between volleyball and beach volleyball spike movements. *Journal of Sports Biomechanics*, 7(3), 386-397.
- Wagner, H., Tilp, M., Du villard, S. P., & Mueller, E.(2009). Kinematic Analysis of Volleyball Spike Jump. *Department of Sport Science and Kinesiology, University of Salzburg, Hallein/Rif, Austria*.

투 고 일 : 10월 29일

심 사 일 : 12월 05일

심사완료일 : 12월 29일