



배구 레프트 스파이크와 라이트 스파이크 동작에 대한 운동역학적 변인 비교 분석

Analysis of Sports Biomechanical Variable on the Motions of Left and Right Spikes of Volleyball

조주행* · 주명덕(한국교원대학교)

Cho, Ju-hang* · Ju, Myung-Duck(Korea National University of Education)

ABSTRACT

J. H. CHO, M. D. JU, Analysis of Sports Biomechanical Variable on the Motions of Left and Right Spikes of Volleyball. Korean Journal of Sports Biomechanics, 2006, Vol. 16, No. 4 pp. 125-134, 2006. The purpose of this study was to analyze the Biomechanical elements by looking at the differences on the motions of the right and left spikes of right-handed offense volleyball players, using 3D image analysis and force platform. For that purpose, spike motions of six male university volleyball players were recorded three times each using two 16mm high speed cameras and the speed of recording was set at 60 frames/sec. The coordinated raw data was leveled as 6Hz using low pass filtering method and the calculation of 3D coordinates was done by using a DLT (Direct Linear Transformation) method. Also KWON 3D program was used to analyze the variables.

Through the experiments and research, the following results were found:

That is, in case of the right spike, the required time from the toss to the impact, which affected the success rate of offense showed as longer and on the take-off, the exact timing to touch the ball was longer because the pace between right and left feet was wider, and also after the jump, the distance between the feet indicated shorter, than the left. In addition, the degree of somersault and horizontal adduction of shoulder joint was smaller and the degree of medial rotation of shoulder joint showed bigger than the left, so it indicated that it was not centered on the body, but by the arm with an axis of shoulder using a swing motion. After the impact, the speed of the ball indicated slower compared to the left spike.

KEYWORDS: VOLLEYBALL, CROSS-STEP, SOMERSAULT, HORIZONTAL-ADDUCTION, MEDIAL ROTATION

I. 서 론

1. 연구의 필요성

배구 경기는 최초 노인이나 여자들에게까지 즐겁게 플레이에 참여 할 수 있도록 테니스에서 힌트를 얻어 미국의 윌리엄 G. 몰간이 고안하였다. 우선 테니스의 네트를 약 2m의 높이에 치고, 라켓 대신에 손으로 공을 서로 치는 방법을 생각해서 신체 접촉도 없이 안전하고, 동시에 많은 수가 즐길 수 있어 레크리에이션 스포츠로 미국에서 확대되었다. 그러나 경기 규칙이 여러 번 변천되어 오면서 게임에 승리하기 위해 필연적으로 다양한 기술과 전술이 생겨나고 많은 운동량이 요구되는 기술로 발전하게 되는데, 그 과정에서 나타난 공격 기술이 스파이크이다(임일웅, 1997).

오늘날 세계 배구 경기의 양상을 살펴보면, 신장이 크고 힘과 개인기 위주로 하는 국가와 아시아권이 구사하는 스피드와 킥 플레이를 혼합한 콤비네이션 배구로 분류할 수 있는데, 80년대부터는 세계 배구의 양상이 높이, 힘, 기술 3가지 모두를 갖춘 팀만이 상위권을 차지하는 결과를 보이고 있다(서은원, 1993).

지금까지의 배구 스파이크에 대한 선행연구들의 결과로 볼 때 배구 스파이크에 대한 운동학 및 운동역학적인 규명은 많으나 대부분이 도움닫기와 발구름 동작에 대한 변인 규명과, 상지의 스파이크 동작에 대한 연구로 단순 구간에 대한 연구가 많으며, 다른 종류의 스파이크를 서로 비교하거나, 숙련자와 비숙련자의 동작을 비교하는 연구가 이루어지고 있는 실정이다. 따라서 스파이크 동작을 도움닫기에서 착지까지 전 구간에 대한 연구가 절실히 요구되고 있으며, 운동역학적인 규명을 통해 동작 기전에 대한 보다 구체적인 정보를 제공하고, 배구 선수 중 대부분의 공격선수가 오른손잡이로 레프트(left) 공격용 선수이므로 왼손잡이 선수가 부족한 배구현실에서 오른손잡이 선수의 라이트(right) 공격 시 어려움에 대한 연구가 절실히 요구되고 있다.

2. 연구 목적

이 연구의 목적은 배구 스파이크 오른손 공격선수의

레프트 스파이크와 라이트 스파이크 동작의 역학적 요소들을 3차원 영상분석하고, 지면반력을 측정하여 운동학적 변인을 산출하여 각 공격 시 차이점을 분석하였다. 또한 오른손잡이 공격선수의 라이트 공격방법을 모색하여 왼손잡이 공격선수가 부족한 배구현실을 극복함으로써 각 학교의 학생과 배구선수의 스파이크 기술 향상과 경기력 향상에 도움을 주고, 코치와 감독들의 스파이크 지도에 도움을 줄 수 있는 과학적인 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상

이 연구의 대상은 충북에 위치한 대학의 아마추어 남자 배구선수 중 연구의 목적을 이해하고 실험에 자발적으로 참여할 의사를 밝힌 오른손잡이 남자선수 6명으로 하였고, 연령 : 23 ± 1.26 세, 신장 : 180.67 ± 3.01 cm, 체중 : 74.67 ± 11.72 kg, 수직도 : 0.62 ± 0.05 m와 같다.

2. 실험절차

<그림 1>과 같이 실험 도구의 배치는 연구 대상자의 도움닫기 동작을 포함하는 범위 내에 통제점 막대 4개를 수직으로 세우고 도움닫기가 끝나는 마지막 스텝에 지면반력기를 설치하였으며, 지면반력기 위에서 점프가 실시될 수 있도록 설치하였다. 2대의 16mm 고속 카메라는 각각 10m, 15m 떨어진 곳에 렌즈 중심의 높이가 1.5m가 되도록 삼각대 위에 수평상태로 설치하였다. 동조용 타이어는 2대의 카메라로 촬영할 수 있는 장소에 각각 1대씩 설치하고, 카메라의 촬영 속도는 60frames/s로 하며, 각도 측정기로 통제점 막대에 표시된 통제점의 수평, 수직각을 측정하고, 2대의 카메라를 동시에 작동시켜 통제점 막대를 5프레임 정도 촬영한 후 통제점 막대를 제거하였다.

료 분석에서 보다 정확한 디지털이징을 위하여 운동경기 시 착용하는 타이즈를 입게 하였으며, 관절의 중심점에는 반사마크(reflect marker)를 부착하였다. 자료

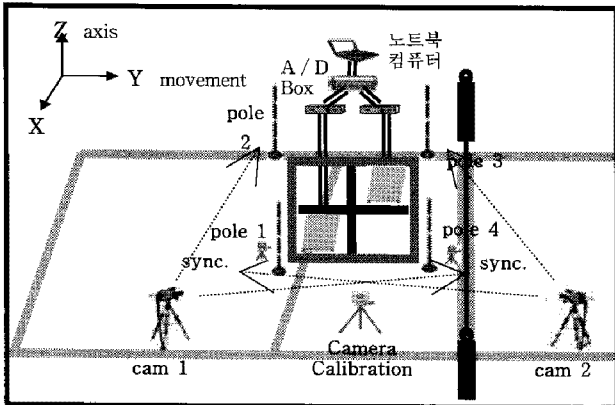


그림 1. 실험도구 배치

분석을 위한 디지털라이징은 이 반사마크(reflect marker)를 토대로 수행하여 수치화 작업에서 올 수 있는 오차를 최소화 할 수 있게 하였다. 이 실험에서 각각 3회씩 실시하여 스파이크 동작을 촬영할 것이며, 동작 실시 중 지면반력기를 정확하게 밟은 것 중 본인과 코치의 생각에 가장 정확하게 스파이크 되었다고 생각되는 동작에 대하여 분석하였다.

3. 자료분석

<그림 2>와 같이 2대의 16mm 비디오카메라에 의하여 촬영된 영상의 좌표화, 3차원 좌표값의 계산과 스무딩, 그리고 기타 각종 분석을 위해 Kwon3d 3.1(권영후)을 사용하였고, 기준좌표계는 진행 방향을 Y축, 지면에 대하여 수직 방향을 Z축, 그리고 Y축과 Z축의 벡터의 외적을 X축으로 각각 설정 하였으며, 이 때 분석 자료는 피험자별 공격 성공시기 중 배구공이 목표지점을 정확하게 타격한 것만을 대상으로 하였다.

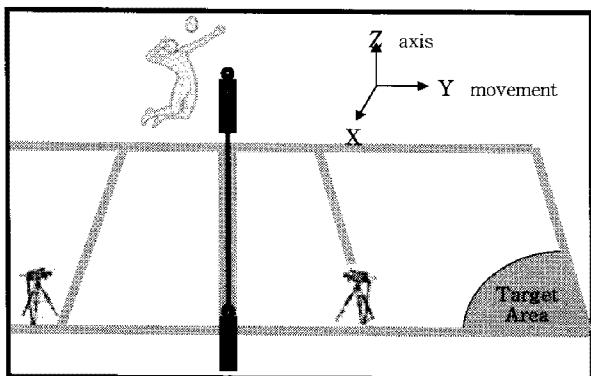


그림 2. 배구 스파이크 실험

4. 국면 및 이벤트 구분

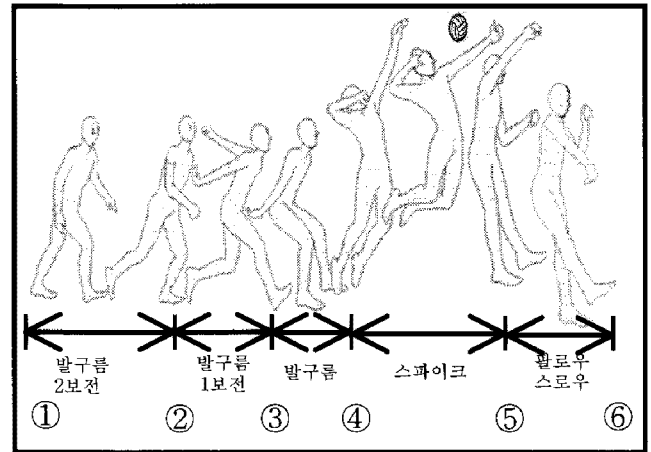


그림 3. 국면과 시점 설정

<그림 3>과 같이 스파이크 동작의 전체 구간을 국면과 이벤트로 설정하였다.

1) 구간(phase) 설정

- (1) 발구름 1보전(last 1st stride phase; ST1P) : 도움닫기 구간 중 왼발(L1)이 착지하는 순간부터 오른 구름발(R2)이 착지하는 순간까지의 국면
- (2) 발구름 2보전(last 2nd stride phase; ST2P) : 도움닫기 구간 중 오른발(R1)이 착지하는 순간부터 왼 발(L1)이 착지하는 순간까지의 국면
- (3) 발구름 국면(take-off phase; TP) : 오른 구름발이 착지하는 순간부터 두발이 지면을 떠나는 순간까지의 국면
- (4) 스파이크 국면(spike phase; SP) : 두발이 지면을 떠나는 순간부터 공에 임팩트(Impact) 되는 순간까지의 국면
- (5) 팔로우 드로우 국면(follow-through phase; FP) : 임팩트 순간부터 왼발이 지면에 착지되는 순간까지의 국면

2) 시점(event) 설정

- ① 도약전 2보 : 도약 2스텝 전 오른발의 접지 순간
- ② 도약전 1보 : 도약 1스텝 전 왼발의 접지 순간
- ③ 도약 순간 : 발구름 하기 위해 오른발이 접지하는 순간

- ④ 이지 순간(take-off) : 양발의 이지 순간
- ⑤ 임팩트 순간 : 손에 공이 임팩트 되는 순간
- ⑥ 착지 : 타구 후 왼발이 지면에 닿는 순간

5. 통계 처리

이 연구에서 분석하고자 하는 변인들에 대한 평균과 표준편차를 계산하였고, 운동학적 및 운동역학적 변인들에 대한 차이를 알아보기 위해 SPSS(version 12.0)프로그램을 이용하여 t-Test를 실시하였다.

을 주는 발구름 전의 1보부터 touch-down되는 순간까지를 설정하였다. <표 1>과 같이 각 국면에서 레프트 스파이크에 비해 라이트 스파이크의 시간이 길게 측정되었고, 특히 공이 세터의 손을 떠나 임팩트 될 때까지의 시간이 레프트 공격이 1.65±0.02초 라이트 공격이 1.78±0.02초로 유의한 차이(p<.01)가 나타났다. 이는 상대팀 블로커의 반응시간과 관계되어 스파이크 성공률에 영향을 미치는 것으로 보인다.

III. 결과 및 논의

1. 구간별 소요시간

도움닫기 중 발구름 전의 2보는 수직점프에 영향을 주기 보다는 스파이크 할 때의 적절한 타이밍과 공의 낙하지점을 정확하게 판단하는 수단으로 사용되어 그 시간이 피험자들의 습관에 따라 다양하게 나타나고 있다. 그러므로 전체 스파이크 시간에는 수직점프에 영향

2. 구간별 거리 및 변위

<표 2>와 같이 발구름시 보폭은 레프트 스파이크가 0.58±0.10m, 라이트 스파이크가 0.74±0.08m로 유의한 차이(P<.05)를 나타내고 있다. 레프트 스파이크의 경우 세터가 토스한 공은 몸의 정면으로 안고 최적의 발구름 하기 때문에 가장 점프하기 좋은 어깨 너비로 벌린 상태에 발구름 할 수 있지만, 라이트 스파이크의 경우 왼 어깨 너머의 공을 보면서 발구름 하기 때문에 정확한 발구름 타이밍과 거리를 맞추기가 어려워 왼발을 길게 내딛는 현상이 일어나고 있다.

표 1. 구간별 소요시간

(단위 : sec)

공격형태	피험자	도움닫기		발구름			임팩트 전			임팩트 후	도움닫기		토스	
		ST2	ST1	하강기	Take-off	합계	백스윙	포워드	합계		임팩트 **	합계	임팩트 **	
레프트 스파이크	M	0.58	0.42	0.15	0.21	0.36	0.16	0.17	0.33	0.23	1.11	1.65		
	SD	0.19	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04	0.02	0.03	0.04	0.03	0.02		
라이트 스파이크	M	0.53	0.43	0.17	0.21	0.38	0.17	0.19	0.35	0.21	1.16	1.78		
	SD	0.23	0.04	0.03	0.04	0.06	0.03	0.02	0.05	0.06	0.04	0.02		

**p<.01

표 2. 구간별 거리 및 변위

(단위 : sec)

공격형태	피험자	ST1	신장비	발구름 *	공중구간 *	발구름시 최소값	이지시	신체중심고			최대값 - 임팩트
								전 구간	최대값	신장비	
레프트 스파이크	M	1.51	(83.55%)	0.58	1.43	0.86	1.19	1.57	(87.14%)	0.03	
	SD	0.08	5.40	0.10	0.33	0.01	0.06	0.06	4.44	0.02	
라이트 스파이크	M	1.44	(79.94%)	0.74	1.04	0.86	1.20	1.59	(87.80%)	0.05	
	SD	0.10	6.03	0.08	0.27	0.02	0.06	0.07	5.25	0.04	

*p<.05

공중구간의 보폭은 레프트 스파이크가 $1.43 \pm 0.33m$, 라이트 스파이크가 $1.04 \pm 0.27m$ 로 나타나 유의한 차이 ($P < .05$)가 나타났다. 레프트 스파이크의 경우 발구름 후 착지까지의 수평거리가 길게 나오는 것은 충분한 수평속도를 이용하기 위한 것이고, 뒤에 있는 오른 어깨가 앞으로 나가면서 스파이크가 실시될 때 네트로부터 거리가 멀기 때문에 몸통의 회전을 충분히 이용할 수 있도록 수평거리를 길게 실시하는 것으로 사료되고, 라이트 스파이크의 경우 오른 어깨가 네트에 가까이 있는 상태에서 도움닫기와 발구름을 실시하기 때문에 레프트 스파이크 보다 수평속도를 이용하지 못하고, 오른팔이 스윙할 수 있도록 공과의 일정한 거리를 유지하기 위해 수평거리가 짧아진 것으로 사료된다.

3. 각도 요인

레프트 스파이크에서는 몸통의 휘둘리기(somersault) 각도가 <그림 4>와 같이 약 8°정도 큰 각도로 회전을 하며, 라이트 스파이크에서는 몸통의 휘둘리기가 거의 일어나지 않았다. 레프트 스파이크는 발구름 국면에서 이미 몸통이 신전되기 시작하여 발구름이 끝나고 두발이 지면에서 떨어지는 지점에서 상체가 완전히 신전되어 임팩트 때는 굴곡을 통하여 신체중심의 속도가 높은 상태에서 스파이크 되는 것을 볼 수 있지만, 라이트

스파이크에서는 발구름이 끝나도 계속 신전이 일어나 포워드 스윙이 들어가기 직전에 굴곡에 들어가기 때문에 레프트 스파이크보다 굴곡되는 각이 작은 것을 볼 수 있다.

<그림 5>과 같이 견관절의 수평외전(horizontal abduction) 경향을 보면 take-off 전부터 외전이 진행되어 최댓값까지 상승하다가 포워드 스윙과 함께 수평내전(horizontal adduction)으로 바뀌어 임팩트 까지 계속 하강하는 것을 볼 수 있다. 레프트 스파이크가 각도의 변화치 뿐만 아니라 백스윙 이후 포워드 스윙에서 급격하게 감소하는 것을 볼 수 있는데, 이는 레프트 스파이크의 경우 어깨관절을 수평외전 하여도 토스된 볼을 가슴에 안고서 점프하여 몸통이 회전(rotation)하면서 스파이크 하는 경향을 보이고 있으나, 라이트 스파이크에서는 견관절을 과도하게 수평외전하면 토스된 공을 왼어깨 너머로 봐야 하기 때문에 공을 볼 수 있을 정도까지 수평외전을 실시하고, 견관절을 수평내전하면서 스파이크 하는 경향을 보이기 때문에 견관절의 수평내전 각도가 레프트 스파이크에 비해 작다고 볼 수 있다.

견관절의 내·외측회전을 분석해보면 take-off 직후에도 계속해서 내측회전을 보이다가 포워드 스윙이후 외측회전이 일어나고 임팩트 직전에 다시 내측회전이 일어나는 것을 볼 수 있다. <그림 6>과 같이 관절의 내측회전(medial rotation) 각도를 분석해 보면 백스윙 이후

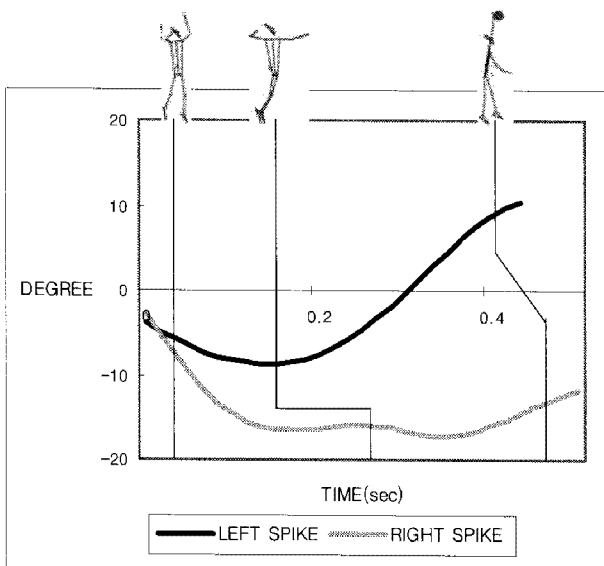


그림 4. 몸통의 휘둘리기(somersault)각도 변화 비교

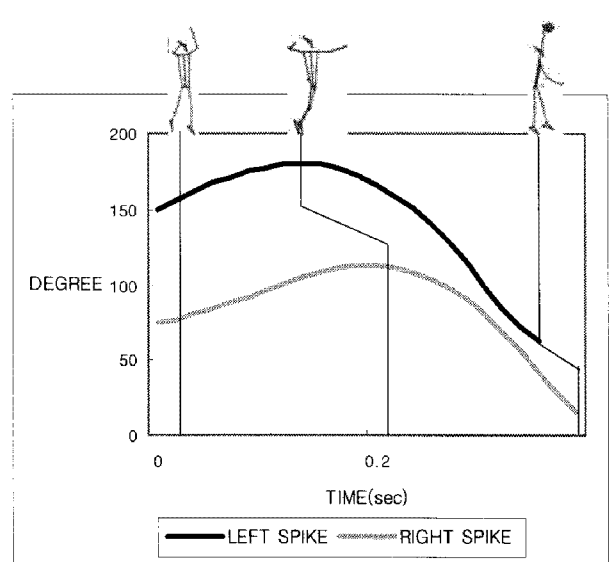


그림 5. 견관절의 수평내전(Horizontal add)각도 변화 비교

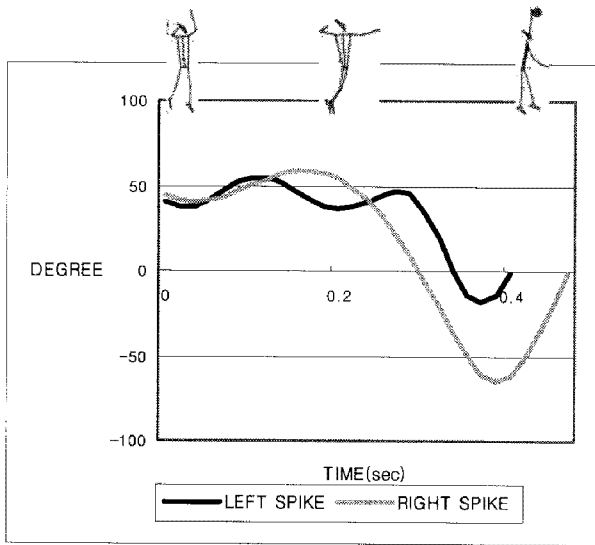


그림 6. 견관절의 내측회전(Medial rotation) 변화 비교

표 3. 상지운동의 각도 변화 (단위 : °)

변인	레프트 스파이크 (평균±표준편차)	라이트 스파이크 (평균±표준편차)
몸통 휘돌리기 ** (Somersault)	13.66±3.76°	5.62±3.03°
몸통비틀기 (Twist)	21.91±16.07°	20.31±10.03°
견관절 수평내전 * (Horizontal add)	118.43±10.11°	96.80±14.11°
견관절 내측회전 ** (medial rot)	10.72±8.80°	65.09±16.06°
주관절 굴곡	78.48±16.90°	91.48±12.67°

*p<.05, **p<.01

레프트 스파이크에서 약 -20°정도 뒤로 젖혔다가 스윙 하는데 비해, 라이트 스파이크에서는 약 -60°까지 젖혔다가 스윙하는 것으로 나타났고, 견관절 내·외측회전 각의 변화가 레프트 스파이크에 비해 약 55°정도 큰 것을 볼 수 있는데, 이것은 라이트 스파이크에서 견관절의 내측회전을 이용한 스파이크 동작이 일어난다고 볼 수 있다.

<표 3>은 백스윙부터 임팩트까지의 상지운동의 각도변화를 나타낸 것이다. 레프트 스파이크의 경우 몸통의 휘돌리기(somersault)각도는 13.66±3.76°이고, 비틀기(twist)각도는 21.91±16.07°이며, 견관절의 수평내전각도는 118.43±10.11°이고, 견관절 내측회전각도는 10.72±

8.80°로 나타났으며, 주관절의 굴곡각도는 78.48±16.90°로 나타났다. 라이트 스파이크는 몸통의 휘돌리기(somersault)각도는 5.62±3.03°이고, 비틀기(twist)각도는 20.31±10.03°이며, 견관절의 수평내전각도는 96.80±14.11°이고, 견관절 내측회전각도는 65.09±16.06°로 나타났으며, 주관절의 굴곡은 91.48±12.67°로 나타났다.

4. 선속도 요인

배구 스파이크시 도움닫기 구간의 수평속도의 평균과 표준편차는 <표 4>와 같이 레프트 스파이크가 3.40±0.13m/s, 라이트 스파이크가 3.21±0.13m/s로 유의한 차이(p<.05)가 나타났고, 도약(take-off)시 수평속도는 레프트 스파이크가 1.97±0.44m/s, 라이트 스파이크가 1.84±0.18m/s로 타나났으며, 도약(take-off)시 수직속도는 레프트 스파이크가 2.78±0.29m/s, 라이트 스파이크가 2.76±0.44m/s로 나타났다.

도움닫기 국면 중 각 스파이크 모두 오른발이 발구름 하기 위해 touch-down하기 직전에 최대 수평 속도에 이르렀으며, 수평속도가 레프트 스파이크에서 더 크게 나타났으나 발구름 국면에서 각 스파이크의 수직속도에서 차이를 볼 수 없었다. 이는 압력판에 스템을 맞추기 위해 나타난 결과로 생각된다. 수직속도는 오른발이 발구름 하기 위해 touch-down한 이후 최솟값에 이르다가 왼발이 take-off하기 직전에 최대치가 나타났다. 그리고 임팩트 직전 손의 속도는 레프트 스파이크가 9.92±0.53m/s, 라이트 스파이크가 9.87±1.28m/s로 나타

표 4. 속도요인 분석 (단위 : m/s)

변인	레프트 스파이크 (평균±표준편차)	라이트 스파이크 (평균±표준편차)	
	도움닫기 구간 * 최대 수평속도	3.40±0.13	3.21±0.13
신체중심	Take-off시 수평속도	1.97±0.44	1.84±0.18
	Take-off시 수직속도	2.78±0.29	2.76±0.44
임팩트 직전 손속도	9.92±0.53	9.87±1.28	
임팩트 직후 불속도*	17.47±2.73	14.77±2.01	

*p<.05

났고, 임팩트 직후 볼 속도는 레프트 스파이크가 $17.47 \pm 2.73 \text{m/s}$, 라이트 스파이크가 $14.77 \pm 2.01 \text{m/s}$ 로 유의한 차이($p < .05$)가 나타났다. 이는 정철수(1990)가 남자 엘리트 선수들을 대상으로 한 결과(25.69m/s)보다 낮게 나타났다.

5. 상지분절의 각속도 변화

<그림 7>과 같이 좌우측에서 상지분절의 각속도는 레프트 스파이크의 경우 상완은 백스윙 이후 최대 절대 각속도를 보이다가 임팩트까지 서서히 감소하며, 전완과 손은 백스윙까지도 굴곡한 상태를 유지하다가 포워드 스윙이 시작되고 나서야 신전되었다가 굴곡하는 형태를 보이고 있다. 라이트 스파이크의 경우 전완과 손의 각속도 값이 백스윙 이후 강하게 신전되었다가 임팩트 직전에 굴곡하는 형태를 보이는데 임팩트 때 전

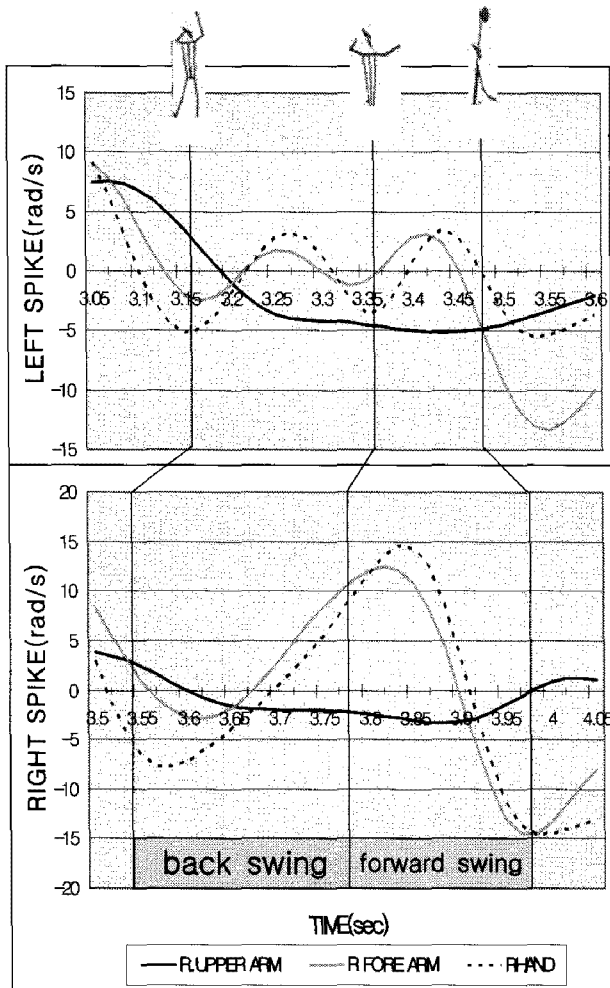


그림 7. 좌우측에서 상지분절의 각속도 비교

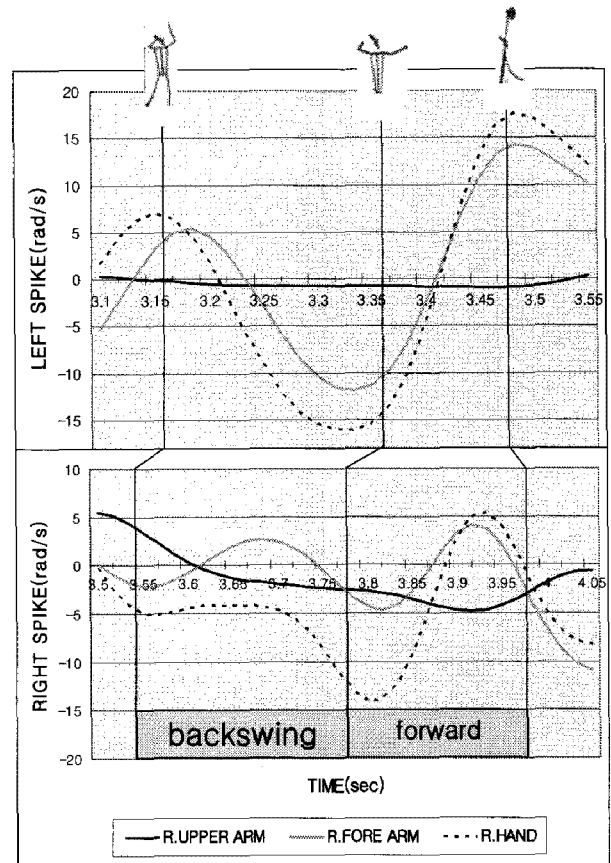


그림 8. 전후측에서 상지분절의 각속도 비교

완과 손의 각속도 값이 레프트 스파이크에 비해 큰 값을 보이고 있다. 그래프를 분석해보면 레프트 스파이크의 경우 상완이 채찍과 같이 다분절 연결체의 스윙이 이루어진 반면, 라이트 스파이크의 경우 단순분절의 스윙이 나타나는 것을 볼 수 있다.

<그림 8>와 같이 전후측에서 상지분절의 각속도는 레프트 스파이크에서는 다양한 경향이 나타나 임팩트 타이밍을 스파이커가 조절할 수 있는 것으로 나타난 반면, 라이트 스파이크의 경우 공이 왼쪽 어깨를 지나쳐야만 스파이크를 할 수 있는 것으로 나타났다.

6. 인체분절의 기여도

각 신체분절은 오른쪽 팔 스윙에 영향을 주는 신체중심의 속도(CONG), 몸통중심의 신체중심에 대한 상대속도(CONTK/G), 몸통회전(CONTK), 견관절(CONUA), 주관절(CONFA), 요수관절(CINHD), 신체중심의 비고형성과 수치화시 신체분절점의 부정확한 식별에 의한 오차

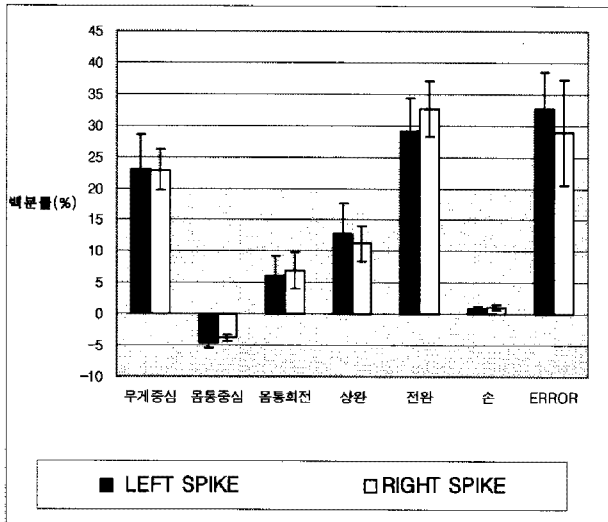


그림 9. 임팩트 순간 손속도에 대한 인체분절의 기여도

(CONERR)의 기여도로 나눌 수 있다.

<그림 9>은 임팩트 시 손속도에 대한 각 분절의 기여도를 비율로 나타낸 것인데 레프트 스파이크의 경우 무게중심이 23.04%, 몸통중심이 -4.46%, 몸통회전이 6.01%, 상완이 12.89%, 전완이 29.04%, 손이 0.78%, 에

러가 32.70%로 계산되었고, 라이트 스파이크의 경우 무게중심이 22.90%, 몸통중심이 -3.74%, 몸통회전이 6.90%, 상완이 11.30%, 전완이 32.64%, 손이 1.04%, 에 러가 28.96%로 계산되었다. 따라서 임팩트시 신체분절의 기여도는 레프트 스파이크와 라이트 스파이크 모두 팔꿈치 관절, 무게중심, 어깨관절, 몸통회전, 손목 순으로 나타났고, 몸통중심은 스파이크시 손의 속도와 반대 방향으로 작용하는 것으로 나타났다.

7. 지면반력

이 연구에서 지면반력은 <그림 10>과 같이 발구름을 위해 오른발이 touch-down 되는 순간(RTD)부터 왼발이 take-off하는 순간(LTO)까지를 산출하여, 레프트 스파이크와 라이트 스파이크를 비교하였다. 수직방향 지면반력(Fz)값은 각각의 스파이크에서 착지할 때 오른다리를 뺐었다가 굽히면서 touch-down되는 현상을 볼 수 있는데, 이는 야구선수가 공의 충격량을 줄이기 위해 팔을 앞으로 뺐었다가 몸쪽으로 당기는 것과 같은 원리로, 선수의 신체가 지면으로부터 가해지는 힘을 흡수하

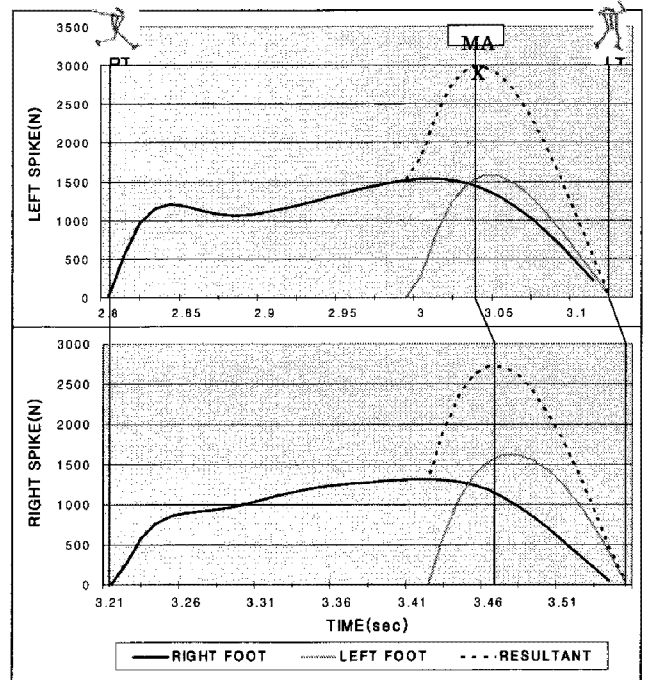


그림 10. 수직 지면반력(Fz) 비교

는 동작이다. 이때의 수직 지면반력 곡선은 낙타 등 모양의 곡선을 그리게 된다. 그리고 양팔을 뒤쪽에서 수직방향으로 스윙하면 팔의 운동량이 신체 전체로 전이되어, 다리의 하방 추진과 결합하여 더욱 강하게 밀게 되며, 이에 대한 반작용으로 지구는 크기가 같고 방향이 반대인 힘을 신체에 가하게 되며 선수의 힘이 관성을 극복하면 가속을 시작하게 되어 점프하게 된다.

이러한 하방 추진은 상승곡선을 그리면서 왼발이 닫기 직전에 최댓값을 보이고, 왼발이 지면에 touch-down되면서 하방 추진을 가속하여 지면반력을 증가시킨다. 그러나 왼발에서는 오른발과 같은 낙타 등 모양을 볼 수 없는데, 이것은 오른발이 착지시 충격량의 대부분을 줄인 것으로 사료된다. 오른발이 지면에서 먼저 take-off된 후 왼발이 지면에서 take-off되는 경향은 레프트 스파이크와 라이트 스파이크에서 동일하게 보이고 있다.

전후방향 지면반력(Fy)값은 <그림 11>과 같이 오른발로 처음에는 수평속도를 수직속도로 전환하기 위해 브레이크 역할을 수행하게 되어 전방 추진이 일어나 하향곡선을 그리다가 오른 무릎각이 최소일 때 전방 지면반력 값도 최솟값을 보아다가 서서히 증가하는 경향을 보이며, 왼발은 오른발과 달리 강하게 전방 추진이 일

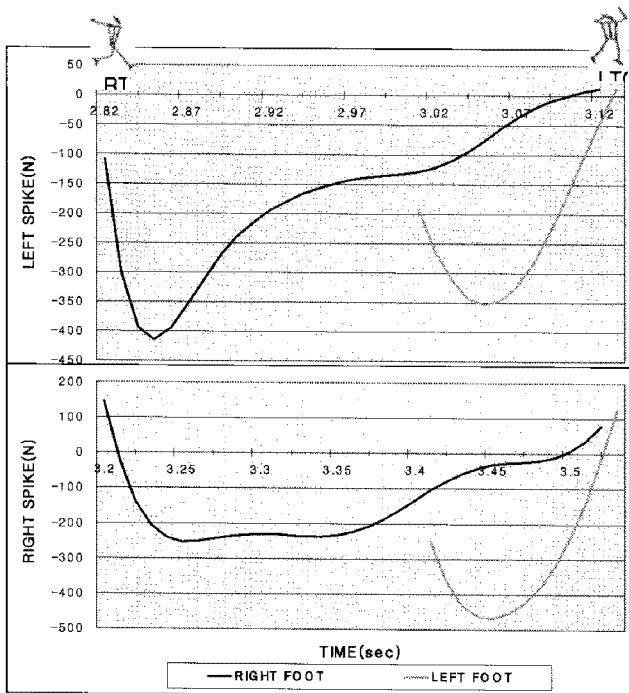


그림 11. 전후 지면반력(Fy) 비교

어나다가 왼 무릎의 각도가 최소일 때 전방 지면반력 값도 최소값을 보이다가 빠르게 상승하는 경향을 보인다. 전반적으로 레프트 스파이크에서는 오른발과 왼발의 전후방향 지면반력 값이 비슷한 반면 라이트 스파이크에서는 왼발의 전후방향 지면반력 값이 상대적으로 크게 나타나고 있다.

IV. 결 론

이 연구는 3차원 영상분석과 지면반력기를 이용하여 배구 오른손 공격선수의 레프트 스파이크와 라이트 스파이크 동작에 대한 운동 역학적 요소를 분석하여 정량적 자료를 확보하고, 차이점을 비교 분석 하였다. 6명의 아마추어 남자 대학 배구선수들의 스파이크 동작을 각 3회씩 2대의 16mm 고속카메라로 촬영하였으며, 촬영 속도는 60frames/sec로 하였다. 좌표화된 원자료는 저역통과 필터링(Low-pass filter) 방법을 이용하여 6Hz로 평활화(Smoothing)하였으며, 3차원 좌표의 계산은 DLT(Direct Linear Transformation method) 방법을 사용하였으며 KWON 3D v3.0, MS EXCEL XP 프로그램을 이용하여 변인들을 비교분석 하였다.

이와 같은 연구목적과 방법, 연구결과 및 논의를 통

해 얻어진 결론은 다음과 같다.

첫째, 스파이크 동작의 소요시간에 있어서 임팩트까지의 소요시간은 레프트 스파이크는 1.11 ± 0.03 초, 라이트 스파이크는 1.16 ± 0.04 초 소요된 것으로 나타났고, 토스에서 임팩트까지의 소요시간도 레프트 스파이크는 1.65 ± 0.02 초, 라이트 스파이크는 1.78 ± 0.02 초로 나타나 레프트 스파이크에 비해 라이트 스파이크가 더 길게 나타났다.

둘째, 발구름시 양발의 보폭이 레프트 스파이크가 0.58 ± 0.10 m, 라이트 스파이크가 0.74 ± 0.08 m로 나타나 라이트 스파이크가 더 넓게 벌린 것으로 나타났고, 공중구간의 보폭은 레프트 스파이크가 1.43 ± 0.33 m, 라이트 스파이크가 1.04 ± 0.27 m로 나타나 레프트 스파이크가 더 멀리 점프한 것으로 나타났다.

셋째, 몸통의 휘돌리기(Somersault) 동작의 각도변화는 레프트 스파이크는 $13.66 \pm 3.76^\circ$ 나타났고, 라이트 스파이크는 $5.62 \pm 3.03^\circ$ 로 나타나 레프트 스파이크가 라이트 스파이크에 비해 큰 것으로 나타났다.

넷째, 견관절의 수평내전(Horizontal adduction) 동작의 각도변화를 보면 레프트 스파이크는 $118.43 \pm 10.11^\circ$ 이고, 라이트 스파이크는 $96.80 \pm 14.11^\circ$ 로 나타나, 레프트 스파이크가 라이트 스파이크에 비해 큰 것으로 나타났고, 견관절의 내측회전(medial rot)의 각도변화는 레프트 스파이크가 $10.72 \pm 8.80^\circ$ 로 나타났고, 라이트 스파이크가 $65.09 \pm 16.06^\circ$ 로 나타나, 라이트 스파이크가 레프트 스파이크에 비해 큰 것으로 나타났다.

다섯째, 도움닫기 구간의 수평속도는 레프트 스파이크가 3.40 ± 0.13 m/s, 라이트 스파이크가 3.21 ± 0.13 m/s로 나타났고, 임팩트 직후 볼 속도는 레프트 스파이크가 17.47 ± 2.73 m/s, 라이트 스파이크가 14.77 ± 2.01 m/s로 나타나, 레프트 스파이크가 더 빠르게 나타났다.

여섯째, 상지분절의 각속도를 분석한 결과 레프트 스파이크의 경우 상완이 채찍과 같이 다분절 연결체의 스윙이 이루어진 반면, 라이트 스파이크의 경우 단순분절의 스윙이 나타났다.

일곱째, 임팩트시 신체분절의 기여도는 레프트 스파이크와 라이트 스파이크 모두 팔꿈치 관절, 무릎관절, 어깨관절, 몸통회전, 손목 순으로 나타났고, 몸통중심은 스파이크시 손의 속도와 반대 방향으로 작용하는 것

로 나타났다.

여덟째, 전후 지면반력은 레프트 스파이크에서는 오른발과 왼발이 브레이크 역할을 적절히 나눠서 하는 반면, 라이트 스파이크에서는 왼발이 상대적으로 크게 나타나고 있다.

참 고 문 헌

강상학 (2004). 배구 스파이크의 운동학적 분석. 한국 체육학회지, 제43권, 제3호, pp. 769~777.

곽창수 (1984). 배구 블로킹할 때 각 신체분절의 기여도. 서울대학교 대학원 석사 학위 논문.

김영식 (2003). 배구 오픈 스파이크 동작의 우수선수와 비우수선수의 운동역학적 비교 분석. 충북 대학교 교육대학원 석사학위 논문.

박홍균 (1994). 배구 스파이크의 도움닫기와 발구름 동작 분석. 서울대학교 대학원 석사학위 논문.

서은원 (1993). 배구 경기의 승패에 영향을 미치는 기술 및 심리적 요인에 관한연구. 전남대학교 교육대학원 석사학위 논문

위길량 (2002). 배구경기의 오픈공격과 B속공동작의 운동 역학적 분석. 전남대학교 대학원 석사 학 위 논문.

임일웅 (1997). 실전배구교실. 예문당, PP.20~23.

정철수, 신인식, 곽창수, 최규정 (1990). 배구 스파이크의 팔동작에 대한 3차원적분석. 체육과학논총, 제1권, 제1호

주명덕, 곽창수(1987). 배구 Spike Jump에 대한 운동역학적 연구. 체육연구소논집, 제8권 제1호, pp. 53-60.

Chung, C.S. (1988). *Three-Dimensional Analysis of the Shoulder and Elbow Joints during the Volleyball Spike*. Unpublished Doctoral Dissertation. Indiana University.

Wielki, C., & Dangre, M. (1985). Analysis of Jump During the Spike of Volleyball. *Bio-mechanics*, Vol.IX-B, pp. 438-442.

투 고 일 : 2006. 10. 30

심 사 일 : 2006. 11. 10

심사완료일 : 2006. 12. 20