

석사학위논문

배구 스파이크 서브 동작의 운동학적 분석

The image features a large, faint watermark of the Jeju National University logo in the background. The logo is circular, containing a stylized flame or 'J' shape in blue, green, and grey, with the text 'JEJU NATIONAL UNIVERSITY 1952' around the perimeter and 'JEJU 1952' in the center. Below the logo, the text '제주대학교 교육대학원' is printed.

제주대학교 교육대학원

체육교육전공

고 승 일

2009年 2月

배구 스파이크 서브 동작의 운동학적 분석

지도교수 류재청

고 승 일

이 논문을 교육학 석사학위 논문으로 제출함

2009年 2月

고승일의 교육학 석사학위논문을 인준함

審査委員長 _____ (인)
委 員 _____ (인)
委 員 _____ (인)

제주대학교 교육대학원 체육교육전공

2009年 2月

<국문초록>

배구 스파이크 서브 동작의 운동학적 분석

고 승 일

제주대학교 교육대학원
체육교육전공

지도교수 류 재 청

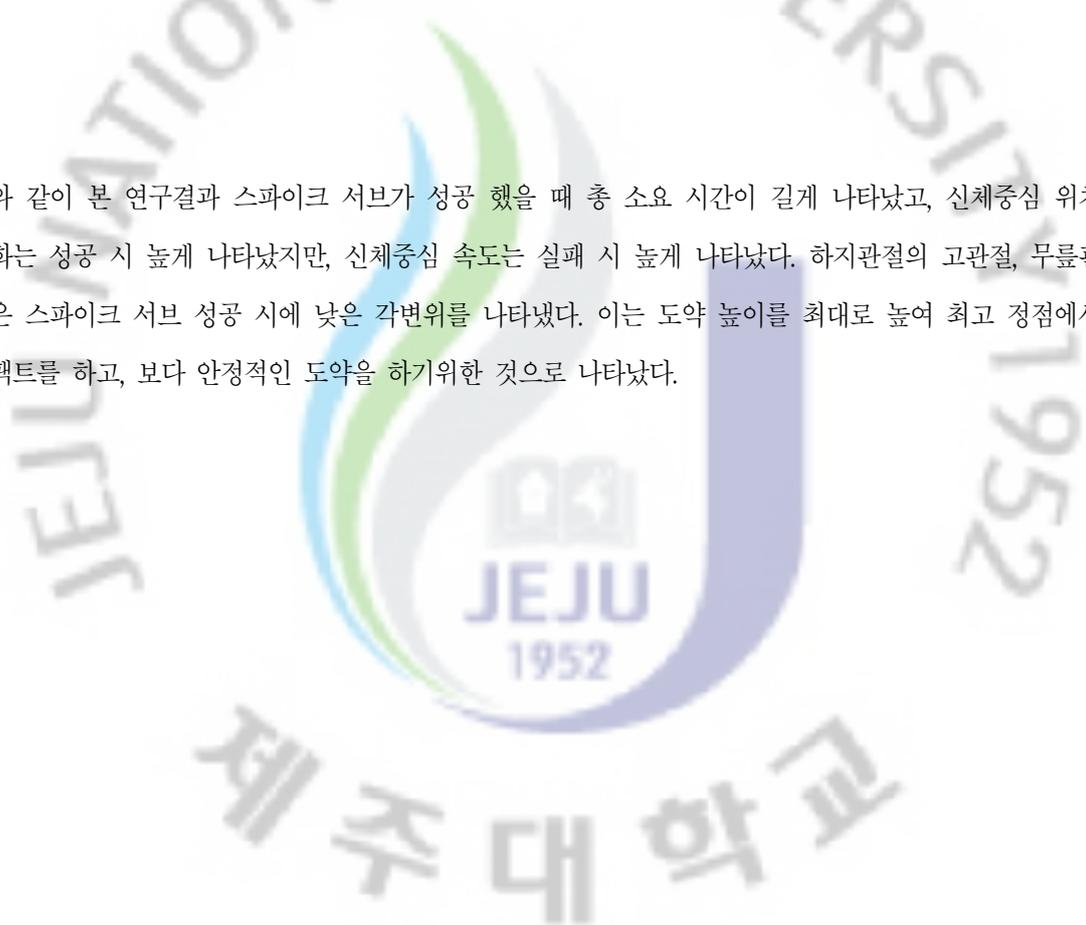
본 연구는 배구 스파이크 서브 동작의 성공과 실패 시의 동작을 발구름 국면, 임팩트 전기 국면, 임팩트 후기 국면으로 분석하여 과학적 훈련이나 지도에 기초자료를 제시하고자 실시하였다. 배구선수 경력이 있는 피험자를 대상으로 동작을 촬영하여 3차원 동작분석을 실시하였다. 분석한 내용을 보면 스파이크 서브 시 국면별 소요시간, 신체중심 위치, 신체 중심속도, 상지 분절의 각 변인, 하지분절의 각 변인, 동체의 전후·좌우경각변인을 분석하였고, SPSS120 통계프로그램을 이용하였으며, 유의수준은 $P<0.05$ 로 실시하였다. 위와 같은 연구를 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 국면별 소요시간은 발구름 국면 > 임팩트 전기 국면 > 임팩트 후기 국면 순으로 나타났으며, 총 소요 시간은 성공 시 1.52 ± 0.67 초, 실패 시 1.43 ± 0.08 초로 스파이크 서브가 성공 했을 때 더 길게 나타났다.
2. 신체중심 위치변화는 임팩트 전기 국면에서 가장 높게 나타났으며, 성공했을 때 143.31 ± 2.41 cm, 실패 시 138.33 ± 9.07 cm로 스파이크 서브가 성공했을 때 신체중심 위치가 더 높게 나타났다.
3. 신체중심 속도는 전 국면에서 통계적으로 유의한 차가 나타났으며, 임팩트 전기국면에서 가장 높게 나타났고, 스파이크 서브가 실패 했을 때 더 높게 나타났다.
4. 상지관절의 각도 변화는 주관절, 견관절의 전 국면에서 스파이크 서브가 성공했을 때 각변위가 낮게 나타났다.

5. 하지관절(우, 좌)의 고관절, 무릎관절의 각도변화는 도약높이를 안정되고 최대한으로 하기위해 성공 시에 각변위가 적게 나타났다. 발목관절(우)는 도약 직전 성공 시 높게 나타났고, 발목관절(좌)는 실패 시 높게 나타났다.

6. 동체의 전후경각은 전 국면에서 통계적으로 유의한 차이를 보였고, 발구름 국면에서 성공 시에 실패 했을 때 보다 높게 나타났으며, 나머지 국면에서는 낮게 나타났다. 동체의 좌우경각은 발구름 국면에서만 유의한 차가 나타났으며, 임팩트 전기를 제외한 나머지 국면에서 성공 시에 낮은 경각을 나타냈다.

위와 같이 본 연구결과 스파이크 서브가 성공 했을 때 총 소요 시간이 길게 나타났고, 신체중심 위치 변화는 성공 시 높게 나타났지만, 신체중심 속도는 실패 시 높게 나타났다. 하지관절의 고관절, 무릎관절은 스파이크 서브 성공 시에 낮은 각변위를 나타냈다. 이는 도약 높이를 최대한으로 높여 최고 정점에서 임팩트를 하고, 보다 안정적인 도약을 하기위한 것으로 나타났다.



목 차

I. 서 론	1
1. 연구의 필요성	1
2. 연구의 목적	3
3. 연구의 문제	3
4. 용어의 정의	4
II. 이론적 배경	5
1. 스파이크 서브의 이해	5
2. 스파이크 서브의 단계	5
3. 스파이크 서브에 대한 선행연구	7
III. 연구방법	10
1. 연구대상	10
2. 실험도구	10
1) 영상촬영장비	10
2) 영상분석장비	11
3. 실험절차	11
4. 인체 관절점의 좌표화 및 자료분석 절차	12
1) 인체 관절점의 좌표화	13
2) 3차원 좌표의 계산	14
3) 변인산출	14
5. 이벤트 및 분석국면	16
6. 통계처리	17

IV. 연구결과	18
1. 스파이크 서브 시 시간변인	18
2. 스파이크 서브 시 선운동변인	19
1) 신체중심위치변화	19
2) 신체중심속도변화	21
3. 스파이크 서브 시 각운동변인	23
1) 상지 주관절의 각도변화	23
2) 상지 견관절의 각도변화	25
3) 발구름 국면의 하지 각도변화	27
4) 임팩트 전기 국면의 하지 각도변화	28
5) 임팩트 후기 국면의 하지 각도변화	29
6) 동체의 전후경각	34
7) 동체의 좌우경각	35
V. 논의	37
1. 시간변인	37
2. 선운동변인	38
1) 신체중심위치변화	38
2) 신체중심속도변화	38
3. 각운동변인	39
1) 상지관절의 각도변화	39
2) 하지관절의 각도변화	39
3) 동체의 전후 및 좌우경각변화	40
VI. 결론	41
참고문헌	43

표 차례

표 1. 피험자의 신체적 특성	10
표 2. 실험도구	10
표 3. 인체 관절점과 디지털 타이징 순서	13
표 4. 스파이크 서브 시 국면별 소요시간	19
표 5. 스파이크 서브 시 신체중심위치 변화	20
표 6. 스파이크 서브 시 신체중심 속도변화	23
표 7. 스파이크 서브 시 주관절 각변위	24
표 8. 스파이크 서브 시 견관절 각변위	26
표 9. 스파이크 서브 시 발구름 국면의 각변위	28
표 10. 스파이크 서브 시 임팩트 전기 국면의 각변위	29
표 11. 스파이크 서브 시 임팩트 후기 국면의 각변위	30
표 12. 스파이크 서브 시 동체의 전후경각 각변위	34
표 13. 스파이크 서브 시 동체의 좌우경각 각변위	36

그림 차례

그림 1. 실험 장비 배치	12
그림 2. 스파이크 서브 시 신체중심 위치 변화	21
그림 3. 스파이크 서브 시 신체중심 속도 변화	22
그림 4. 스파이크 서브 시 주관절 각변위	24
그림 5. 스파이크 서브 시 견관절 각변위	26
그림 6. 스파이크 서브 시 고관절(우) 각변위	31
그림 7. 스파이크 서브 시 고관절(좌) 각변위	31
그림 8. 스파이크 서브 시 무릎관절(우) 각변위	32
그림 9. 스파이크 서브 시 무릎관절(좌) 각변위	32
그림 10. 스파이크 서브 시 발목관절(우) 각변위	33
그림 11. 스파이크 서브 시 발목관절(좌) 각변위	33
그림 12. 스파이크 서브 시 동체의 전후 경각 각변위	35
그림 13. 스파이크 서브 시 동체의 좌우 경각 각변위	36

I. 서론

1. 연구의 필요성

배구는 1895년 미국의 매사추세츠 주 홀리요크 시에 있는 YMCA 체육담당 윌리엄 지 모르간(William G. Morgan)에 의하여 고안되었으며, 우리나라에 배구를 처음 소개한 것은 1915년 미국인 배이커가 YMCA 영어과에 재학 중인 학생들에게 레크레이션과 같은 배구를 지도하면서 소개 되었다. 그 다음해인 1916년 YMCA에 부임한 반하트가 청년들에게 배구를 지도함으로써 우리나라의 배구기술이 보급되기 시작하였으며, YMCA팀과 세브란스 병원 팀과의 사이에 병원 마당에서 정식 경기를 갖게 되었는데 이것이 우리나라에서 개최된 첫 정식 경기로 기록된다(정준수, 진윤수, 2000).

배구는 시설, 용구가 간단하고 비교적 좁은 장소에서도 연령, 성별에 관계없이 누구나 즐길 수 있는 운동이며, 상대와 신체접촉이 없으므로 신사적인 운동일 뿐만 아니라 위험성이 적어 안정성이 높은 것이 특징이다. 많은 운동량이 필요한 전신운동이며, 강한 근력과 함께, 지구력, 순발력, 민첩성을 요한다. 또한 예리한 통찰력과 혼자서는 할 수 없고, 일정한 수 이상의 타인과의 상호작용을 통하여 이뤄지므로 사회성이 요구된다(조영호, 1994). 배구경기의 기술은 서비스(serve), 리시브(receive), 패스(pass), 블로킹(blocking)등이 있다. 이 중에서 서비스, 블로킹, 스파이크 기술은 공격기술, 리시브, 패스, 토스를 방어 기술로 구분하는데, 배구 경기의 승패는 어느 팀의 공격력이 우수한가에 의해 결정되며, 특히 스파이크에 의해 득점이 많이 얻어진다고 할 수 있다(조현민, 1999). 그러므로 교사나 코치 및 선수들의 스파이크 기술에 대한 이해와 기술 습득은 중요한 과제이다. 스파이크는 배구 경기에서 득점을 얻기 위한 가장 중요한 기술인 동시에 선수들이 습득해야 하는 중요하고도 어려운 기술 중 하나이다(박홍균, 1994).

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

이러한 세계배구의 흐름 속에 강력한 스파이크 서브는 공격의 한 방편으로 빠져서는 안 될 중요한 서브 기술이다. 강력한 스파이크 서브가 성공하면 경기의 흐름을 한 순간에 바꿀 수도 있고 경기장을 찾은 관중들에게도 배구에 대한 흥미를 유발 할 수 있다. 스파이크 서브는 점프와 함께 몸 전체를 사용하므로 파괴력이 스파이크와 거의 비슷한 위력을 보이고 있으며, 가장 파워가 있고 위력적이며 리시브하기가 가장 까다로운 서브임에는 틀림없으나 실패하는 확률이 높아 정확한 연습을 필요로 하는 서브 방법이다. 서브는 랠리 포인트 시스템과 서브된 볼이 네트를 건드리고 넘어가도 인 플레이로 규칙이 개정된 후 스파이크 서브의 비중은 더 커져 강한 서브를 요구하게 된다(정준수, 진윤수, 2000). 이렇듯 현재 배구경기에서는 기선제압을 할 수 있는 강력한 스파이크 서브를 구사하는 선수를 필요로 하고 있다.

배구 공격기술 중 스파이크의 역학적 분석에 대한 선행연구는 마건일과 이공세(1997)의 배구 스트레이트 스파이크의 동작분석, Dusault(1980)의 기본 운동 형태 개선을 위한 배구 스파이크 도약의 숙련자와 미숙련자간의 생체역학적 분석, Alexander와 Seaborn(1980)의 배구 스파이크의 역학적 분석, 이동우(1984)의 배구 오픈 공격과 속공 동작의 생체역학적 분석, 김영식(2003)이 오픈 스파이크 동작의 우수선수과 비우수선수의 운동역학적 비교 분석 C속공에 대한 동작분석이 있으며,

Coutts(1982)는 스파이크 시 사용되고 있는 점프 유형에 대한 운동 역학적인 힘과 접지속도에 대한 차이를 연구하였고, Samson과 Roy(1976)는 남자 선수들을 대상으로 스파이크 동작을 분석했다. 또한 Wielki와 Dangre(1985)는 선수를 대상으로 스파이크 동안 점프 동작을 분석하였다. 국내의 선행 연구로는 조필환(2007)은 스파이크 임팩트 순간의 각속도는 숙련자가 미숙련자보다 견관절, 손목 관절에서 빠르게 나타났다고 하였고, 금명숙(1997)은 스파이크의 목적타 거리가 멀면 멀수록 도약높이는 상승하지만 임팩트 정점이 낮다고 보고하고 있으며, 강상학(2005)은 강한 스파이크 서브를 구사하는 선수들은 볼을 5m 이상 던져 올려서 3m 이상의 지점에서 임팩트가 이루어지는 것이 적절한 타이밍으로 보고하고 있다.

이와 같이 선행연구들을 보면 대부분이 공격할 때의 스파이크 자세에 대한 연구가 이루어지고 있으며, 스파이크시 상지 관절에 대한 연구가 많으며, 서로 다른 스파이크 동작의 단순 비교와 숙련자와 미숙련자의 동작을 비교하는 연구가 많아 스파이크 서브에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 스파이크 서브의 발구름에서 착지까지의 동작을 성공과 실패 시 운동학적 변인을 비교 분석하여 스파이크 서브의 과학적 훈련과 지도에 기초 자료를 제시하는 것이 필요하다.

2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 배구 스파이크 서브에 대한 성공과 실패시의 동작을 3차원 영상분석 하여 신체분절의 운동학적 비교분석을 통해 두 그룹 간의 분석변인의 차이를 규명하여, 각 학교 학생과 배구 선수들의 스파이크 서브 동작의 과학적 훈련을 통해 경기력 향상에 도움을 주고, 지도자에게 스파이크 서브 지도에 기초 자료를 제시하는데 연구의 목적이 있다.

3. 연구 문제

1) 운동학적 변인

(1) 시간 변인

- 스파이크 서브 시 국면별 소요 시간 변인 분석

(2) 선운동 변인

- 스파이크 서브 시 국면별 신체 중심 변위
- 스파이크 서브 시 국면별 신체 중심 속도

(3) 각운동 변인

- 동체의 전후경각 및 좌우경각
- 스파이크 서브 시 국면별 상지 분절의 각변위
- 스파이크 서브 시 국면별 하지 분절의 각변위

4. 용어의 정리

1) DLT방식 : 운동분석에서는 선별된 중요 신체부위(분석대상점)의 실제 위치를 계측하는 것이 핵심인데, 그 방법에 따라 크게 기하적(geometric)방식과 경험적(empirical)방식의 두 가지 방식으로 분류할 수 있으며 경험적 방식의 대표적인 예로 DLT(Direct Linear Transformation)방식을 들 수 있는데 이 방식은 카메라 설치조건 계산이나 피사점의 위치계산에 피사점의 실좌표와 상점의 상평면 좌표 사이에 존재하는 특별한 선형변환 관계를 이용하는 방법으로 이 방식의 원리는 통제점들의 실좌표는 실측을 통해 이미 알려져 있으므로 상평면에 맺힌 영상에서의 통제점과 분석 대상점간의 상대 위치 관계로부터 분석 대상점들의 실좌표를 계산한다.

2) 디지털이징(Digitizing) : 기록된 영상으로부터 분석대상점의 영상좌표를 얻은 수치화 과정을 통해 운동자의 운동 상태에 관한 정보를 추출하는 과정이다.

3) 필터링(Filtering) : 인체 운동상태는 5-10Hz를 넘지 않는 것이 보통이다. 하지만 디지털이징을 통하여 획득된 실좌표의 주파수분석을 해보면 10Hz를 넘는 곳에서의 주파수에서도 상당한 값을 나타냄을 알 수 있는데 이는 디지털이징시 개입된 오차이며 이를 제거하기 위하여 어떤 특정값보다 낮은 주파수 영역의 신호성분은 통과시키고 반대로 높은 영역의 값은 걸러내는 저역필터(low-pass filter)를 사용하게 되는 것이다.

5) 운동학적 변인 : 운동의 원인에 의한 기하학적 공간에서 시간함수에 대한 위치 변화에 따른 변인으로서 위치(X, Y, Z), 속도(X, Y, Z) 가속도(X, Y, Z) 각변위, 각속도, 각가속도 등을 포함한다.

II. 이론적 배경

1. 스파이크 서브의 이해

스파이크 서브란 서비스에어리어(service area) 뒤쪽에서부터 달려오며 점프해서 스파이크하듯이 서브하는 것을 말한다. 공격을 위한 강력한 서브로, 상대 팀의 리시브 불안 또는 서비스에이스(service ace)를 노리는 효과적인 서브 방법이다. 스파이크 서브는 점프와 함께 몸 전체를 사용하므로 파괴력이 스파이크와 거의 비슷한 위력을 보이고 있으며, 가장 파워가 있고 위력적이며 리시브하기가 가장 까다로운 서브임에는 틀림없으나 실패하는 확률이 높아 정확한 연습이 필요로 하는 서브 방법이다. 서브는 랠리 포인트 시스템과 서브된 볼이 네트를 건드리고 넘어가도 인 플레이로 규칙이 개정된 후 스파이크 서브의 비중은 더 커져 강한 서브를 요구하게 된다.

스파이크 서브는 70년대 말에 중국선수인 왕가위선수가 처음 시도하였고 우리나라에서는 장윤창 선수가 처음 스파이크 서브를 시도하였다. 스파이크 서브의 요령은 다음과 같다. (1) 엔드 라인 뒤 3~4m 지점에서 네트에 정면으로 선다. (2) 앞으로 2~3보 정도 스텝을 밟으면서 앞 위쪽으로 스파이크 서브하기 좋게 토스한다. (3) 공중자세는 오픈 공격과 같이 높이 뛰어올라 가슴을 뒤로 젖히면서 스파이크하듯이 서브를 행한다. (4) 서브를 넣은 후에는 엔드 라인 안쪽으로 착지해도 무방하다.(정준수, 진윤수, 2000).

2. 스파이크 서브의 단계

김정태(1998)는 스파이크의 기본동작을 달려옴, 뛰어오름, 점프, 스파이크, 착지 순의 5가지로 구분하였고, 조영호(1998)는 도움닫기에 들어가기 전의 위치 선택, 도움닫기 하여 스텝을 밟는 발구름 동작, 도약하여 볼을 때리는 동작, 착지 후 다음 동작을 위한 준비 태세를 취하는 것의 4가지로 나누었다.

Coleman(1976)의 연구에 의하면 스파이크는 배구경기에서 선수와 관중을 매료시키는 가장 드라마틱한 기술로 설명하고, 접근, 도약, 타구, follow-through로 나누었다.

1) 도움닫기(approach)

Alexander 와 Seaborn(1980)는 도움닫기시 보폭은 발구름 전 3보만을 분석해 볼 때 두 번째 보폭이 가장 길고 마지막 보폭은 아주 짧고 빠르게 붙여야 한다고 하였다. 왜냐하면 보폭의 길이가 같으면 수평방향으로의 운동을 초래할 수 있으며 그렇게 함으로써 신체의 전방 흐름을 막고 상방으로 향하게 하여 최대높이를 달성할 수 있기 때문이다. 최희남(1987)은 배구 스파이크의 도움닫기는 육상 경기의 도움닫기와는 달리 도움닫기에 들어가기 전에 세트된 볼의 높이와 방향 그리고 타이밍을 판단하여 시작해야 하기 때문에 도움닫기의 보수를 정확하게 결정하기는 어려우나 어떤 형태의 동격이든 간에 대체로 3~4보의 발걸음으로 진행되며 각 보폭 사이의 길이는 어떤 스타일로 도약하느냐에 따라 달라진다고 하였다.

도약운동의 신체적인 조건은 체격적인 면에 있어서 하지장이 길어야 하며, 체력적인 면에 있어서는 하지의 근력과 순발력이 강할수록 유리하다(Hay, 1985). 주명덕(1987)은 대퇴 및 하퇴 굴신근군의 등속성 토크와 스파이크 도약력과의 상관관계 연구에서 최대 토크 수준은 대퇴 신근군이 가장 높았고, 대퇴 굴근군, 하퇴 신근군, 하퇴 굴근군 순으로 나타났다고 보고하면서 스파이크 및 블로킹을 위해 도약할 때 대퇴 신근군과 하퇴 신근군의 강력한 근파위가 동시에 요구된다고 주장하였다.

2) 발구름

배구에서 스파이크를 하기 위해 사용되는 도약방법에는 diver's hurdle법과 close-step법 등 2가지가 있다(Coleman,1976). diver's hurdle법은 다이빙 선수가 스포링 보드에서 도움닫기 할 때와 같은 다리 동작을 하는 방법으로 두발을 동시에 구르는 방법인데 비해 close-step법은 똑같이 두 발로 구르지만 시간적 차이가 있다. 즉 한발이 도약하고, 다음 발은 첫 발이 뛰어 오르는 순간 도약을 시작하여 몸의 상승작용을 도와주는 역할을 한다. close-step법은 역학적 효율면에서 diver's hurdle법보다 더 좋다고 할 수 있다(Richad, 1980). 발을 구를 때에 주의해야 할 것은 발이 지면에 닿는 순간 신체의 무게중심이 발보다 뒤쪽에 있어야 한다는 것이다.

3) 스파이크(Spike)

이동우(1984)는 스파이크 동작은 도약 시 올려진 반대 팔을 끌어내리는 동작에서부터 시작된다고 하였다. 반대 팔을 위로 올렸다 내리는 동작은 볼을 때리는 팔의 신전력을 증가시켜주는 역할을 한다. 손바닥을 곧게 펴고 팔을 스윙할 때는 팔꿈치가 팔목보다 먼저 이동해야 한다. 볼을 때리는 순간 손목을 이용해 볼에 회전이 생기게 하고 이 때 몸은 "Pike" 자세가 되어야 한다. 볼에 톱스핀을 가해 회전력이 생기게 하면 공의 저항으로 인해 비행거리가 짧아져 성공률이 높아지기 때문이다(Hay, 1978).

4) 팔로우 드로잉(follow-through)

팔의 스윙은 볼을 때리고 난 후에도 지속되어야 한다. 이 때 주의해야 할 점은 손이 네트에 닿지 않아야 한다. 또 착지 시에는 발목과 무릎을 굽혀 충격을 완화시켜서 배구선수들에게 주로 발생하는 발목 관절과 무릎관절의 상해를 예방하도록 한다.

3. 스파이크 서브에 대한 선행연구

강상학(2005)은 2004년 실업배구대전에 출전한 한 팀의 실제 시합 장면을 대상으로 배구 경기의 스파이크 서브 동작에서 시간요인, 거리요인, 속도요인, 각도 요인, 각운동량 등 제반 역학적 변인들을 분석하였다. 연구 결과 스텝별 소요시간은 2step<3step<1step<Airborne 순으로 나타났으며 강한 스파이크 서브를 구사하는 선수들은 좌→우→좌측발의 3스텝의 도움닫기, 왼발의 이지(P3)와 함께 왼손으로 볼을 던져 올리는 것으로 나타났다. 서브 동작의 전체 소요 시간은 평균 2.03초였으며, 볼을 던져 올린 순간부터 타적 순간까지의 볼 체공시간은 평균 1.40초로 나타났다. 거리요인에서 구간별 보폭은 3step>Airborne>1step>2step의 순으로 나타났으며, 전체 구간의 거리는 6.62m로 나타났다. 연타를 구사하는 선수들이나 정상적인 스파이크 서브를 구사했던 선수들이건 모두 오른손잡이 선수들로 볼을 던져 올리는 손은 왼손으로 나타났다. 강한 스파이크 서브를 구사하는 선수들은 볼을 5m이상 던져 올려서 3m 이상의 지점에서 임팩트가 이루어지는 것이 적절한 타이밍으로 판단된다고 하였다. 속도요인 측면에서는 임팩트 직전 빠른 손의 속도는 강한 서브를 구사하는데 직접적인 원인이 된다고 보고하였다.

Dapena(1992)에 의하면, 도약 구간에서 감소된 수평 속도는 수직 속도를 완성시키는데 사용되고, 나머지 수평 속도는 이륙 후 바를 넘고 착지하는데 활용된다고 했다. 신체중심의 수직 속도는 발구름을 하는 동안 발을 통해 지면에 가해진 충격량에 비례하고, 선수의 질량에는 반비례하게 된다(이진택 등, 2002). 발구름 순간에 지면에 가해지는 충격량의 크기를 증가시키기 위해서는 도약 구간에서 얻은 수평 운동량을 얼마나 잘 이용해야 하며, 도약 시 수직 속도는 이 수평 운동량을 얼마나 잘 이용할 수 있는가에 따라서 스파이크 서브를 넣기 위한 도약 높이에 결정적인 영향을 미치게 된다. 도약 구간에서 수평 속도의 변화치가 가장 큰 선수는 도약 높이가 가장 높았으며, 체공 구간에서 오른쪽 무릎을 상당히 많이 구부렸다. 임팩트 순간 부적 각 운동량은 오른팔의 전방 회전운동에 의한 것이었으며, 정적 각 운동량은 몸통+머리나 특히 왼팔의 각운동량은 상당히 낮은 반면, 양다리에 의한 회전 운동으로 생성된 것으로 반시계 방향으로의 운동을 일으켜서 전체 각 운동량이 거의 상쇄된 것으로 판단된다고 보고하였다.

박홍균(1994)은 발구름 착지시 우측각은 $58.19 \pm 10.23^\circ$, 좌측각은 $45.45 \pm 11.53^\circ$, 전경각은 $17.15 \pm 5.37^\circ$ 로 나타났고, 도약시 후경각은 $23.75 \pm 4.15^\circ$ 로 나타났다. 이처럼 발을 옆으로 비틀어 발의 브레이크 효과를 이용하고 스파이크 할 때 몸의 비틀림으로 스파이크의 파워를 높이는 동작을 취하나 과도하게 돌리면 오히려 수평 속도의 감소에 의한 수직 충격력의 손실을 가져올 수 있다고 지적하였다.

스파이크에서 발구름 시간의 선행연구를 보면 Coutts(1980)는 0.3초라고 하였으며, Van Soest 등(1985)은 한발 도약은 0.36 ± 0.043 초, 두발 도약은 0.284 ± 0.045 초, 박홍균(1994)은 0.36 ± 0.06 초로 보고하였다. 따라서 배구의 스파이크 동작시 발구름 시간은 높이뛰기보다 거의 2배에 가까운 시간이 소요되는 것으로 나타났으며, 이는 스파이크가 발구름을 두발로 번갈아 구르기 때문인 것으로 해석하였다.

손원일(2008)은 우수한 남고 배구선수 8명을 대상으로 스파이크 서브 동작의 제반 운동학적 변인들을 분석한 결과 스파이크 서브를 넣기 위해 선수들은 볼을 왼손에 들고 오른발이 앞으로 나가면서 왼손으로 볼을 던져 올리는 거의 일정한 패턴의 5step을 밟는 것으로 나타났다고 하였다. 스파이크 서브를 넣는 시작단계를 보면, 볼을 왼손에 들고 오른발이 앞으로 나가면서 왼손으로 볼을 던져 올리는 것이 일반적으로 자연스러운 동작으로 판단된다고 하였다. 5step 중 점프 스텝은 보폭이나 소요시간이 다른 스텝에 비해 가장 짧은 것으로 나타났는데, 이는 점프를 높게 하기 위해서 보폭을 조절하는 것으로 판단된다고 하였다. 배구 경기에서 점프를 해야 하는 경우를 보면, 블로킹이나 스파이크 공격과 더불어 스파이크 서브의 경우로 모두 두 발로 점프를 하는 것이 볼에 힘을 신기가 좋은 것으로 판단된다고 분석하였다. 동작 구간의 거리는 프로 선수들을 대상으로 한 선행 연구와 큰 차이를 보이지 않았지만, 전체적으로 도약지점(1.07m)이 프로선수들(.75m)보다 엔드라인에서 약간 더 먼 거리의 후방에 위치하기 때

문에 착지점이 엔드라인 가까이 이루어지는 것을 볼 수 있었다. 위와 같은 분석으로 시작점을 정확히 잡아서 많은 연습을 하면 전체적으로 스텝은 균형이 유지될 것으로 판단된다고 보고하였다. 임팩트 후 최대 볼 속도는 프로선수들(23.62 m/s)에 비해 떨어지는 것을 볼 수 있었으며, 가장 빠른 속도를 낸 선수의 경우도 프로선수들의 주 공격수들에 비하면 약간 떨어지는 것으로 나타났다고 한다. 스파이크 서브를 구사하기 위해서 피험자 8명 중 7명이 왼손으로 볼을 던져 올렸다. 볼을 던져 올리면서 몸이 앞으로 나아가는데 볼이 최고점에 이르렀을 때 인체의 자세각은 선수들마다 각각 다르게 나타났다. 약간씩의 차이는 있지만 피험자들 거의 모두에게서 나타나는 자세로는 볼이 최고점에 도달했을 때 오른발이 볼의 수직 하방에 위치했으며, 발이 지면에 닿는 순간과 거의 일치한다고 보고하였다. 피험자들 모두 프로선수에 비해 발이 지면에 닿는 순간 허리를 굽히는 각이 전체적으로 적은 것으로 나타났다. 이와 같이 인체의 자세각이나 타이밍이 적절하게 맞지 않게 되면 결국 최고 볼 속도에 이르지 못하게 되어 경기력에 영향을 미치게 된다. 프로선수의 경우 볼이 신체중심보다 .28m 앞선 위치로 본 실험 결과의 피험자들보다 대체로 가까이 위치해 있는 것을 볼 수 있었다. 신체중심의 높이도 프로선수는 .93m(47%H)로 신장에 비례해서 전체적으로 높은 상태에 있다고 하였다.

Ⅲ. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 10년 이상의 배구 선수 경력이 있는 숙련자를 대상으로 하였다. 연구 대상자의 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 피험자의 신체적 특성

대상자	연령(yr.)	신장(cm)	체중(kg)	경력(yrs)
JYH	26	187.5cm	90.1	10

2. 실험도구

본 연구에 필요한 실험도구는 <표 2>에서와 같이 영상 촬영 장비와 영상 분석 장비로 구성하였다.

표 2. 실험도구

장비	모델명	제조사	비고
디지털캠코더(Mini DV)	HDR-HC7/HDV 1080i	SONY	4대
디지털캠코더 삼각대	055XDB	MANFROTTO	4개
통제점틀	2m×2m×1m	VISOL	-
Photo Electric Sensor	BX5M-MDT	-	2개
반사판	SK-210A	DI-PLUS	2개
LED모듈	MP-20B	MATIN	3개
조명등	-	VISOL	4개
Kwon3D	Motion Analysis Package ver3.016	VISOL	-
비디오카세트레코더	SR-VS30	JVC	1대

1) 영상 촬영 장비

본 연구에의 3차원 영상 촬영을 위하여 SONY사의 HDR-HC7의 디지털캠코더와 조명등을 삼각대에 부착시켜 약 2M 높이로 고정하였고, 디지털 캠코더의 장면설정에서 배경을 부드럽게 만들면서 사람이

나 꽃과 같은 피사체를 강조하기 위하여 인물(부드러운 초상화)모드로 설정하였고, 노출시간은 피사체가 밝고 어두움에 따라 조절할 수 있도록 수동으로 설정하여 실험환경에 가장 적합하게 조절하였으며, 셔터속도는 수동으로 설정하여 60frame/sec로 촬영하였다.

2) 영상 분석 장비

본 연구에서의 영상 분석 장비는 (주)비슬의 Kwon3D Motion Analysis Package ver 3.016 프로그램이 장착된 PC를 이용하여 운동분석에서 선별된 신체부위(분석대상점)의 실제위치를 계측하는 방법 중 하나인 경험적(empirical)방식 중 대표적인 DLT(Direct Linear Transformation)방식을 이용하여 피사점의 실좌표와 상점의 상평면좌표 사이에 존재하는 변환식과 실좌표를 이미 아는 통제점들을 이용하여 변환식의 계수를 계산하여 보행의 운동학적 변인에 대한 자료를 산출하였다.

3. 실험절차

본 연구의 실험절차는 실내체육관에서 배구 스파이크 서브동작을 촬영하기 전에 3차원 공간 좌표를 설정하기 위하여 통제점이 표시된 직사각형 통제점 틀(2m×2m×1m)을 설치하였다. 디지털 캠코더 및 조명등은 통제점 틀 및 실험장면을 완전히 포착할 수 있는 범위에서 좌·우 대각선 방향으로 조명등이 카메라와 동일선상에서 비추지 않도록 삼각대로 고정시켜 설치하였으며, 디지털 캠코더의 속도는 60frame/sec로 하고, 노출시간(exposure time)은 1/500초로 설정한 후 통제점 틀을 약 1분간 촬영한 다음 통제점 틀을 제거하였다. 또한 영상분석 시 활용할 자료를 얻기 위하여 랜드마크(landmark)를 부착한 실험대상자에게 해부학적 자세를 취하게 한 뒤 약 5초 동안 촬영을 하였다. 실험대상자는 몸에 달라붙는 검은색 타이즈(black tights)를 착용하게 한 후 인체관절 31개 지점에 마크를 부착시켰고, 스파이크 서브동작의 촬영 전에 실험 상황을 의식하지 않고 스파이크 서브를 할 수 있도록 사전에 충분한 연습 후 스파이크의 서브를 15회 하여 그 중 잘 된 동작 성공5회, 실패5회 영상을 분석대상으로 선정하였다. 보행의 진행방향을 Y축, 진행방향의 좌우를 X축, 전후·좌우 방향에 대한 수직축을 Z축으로 설정하였으며, 실험 장비 배치는 다음과 같다.

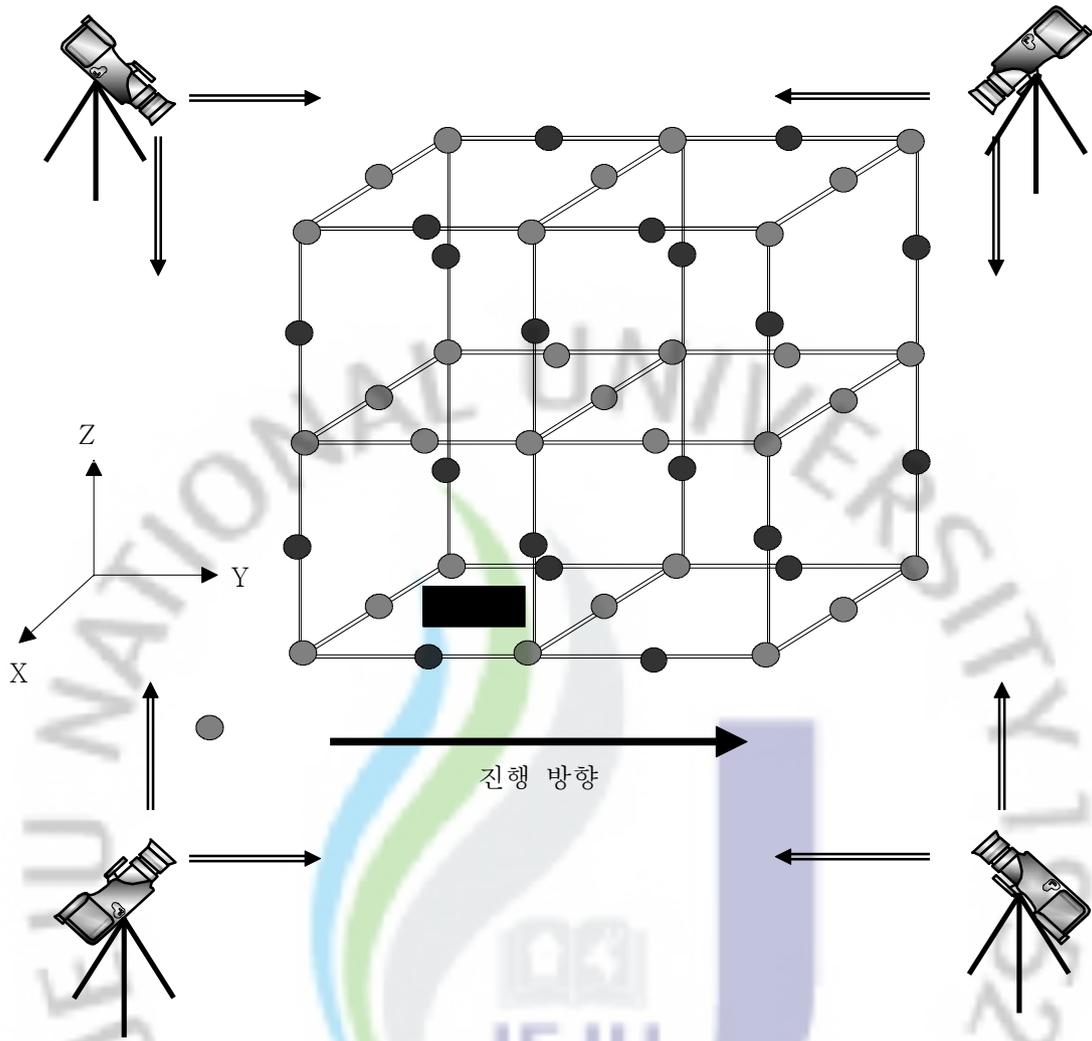


그림 7. 실험 장비 배치

4. 인체 관절점의 좌표화 및 자료 분석 절차

1) 인체 관절점의 좌표화

본 연구에서 신체 분절 무게의 중심 위치에 대한 인체 분절 자료는 Plagenhoef, Evans & Abdelnour(1983)의 자료를 이용하였으며, 디지털이징 포인트는 인체 관절점 R Toe(오른쪽 발 끝)부터 Nose(코)까지 총 31개의 포인트를 디지털이징 하였다. 인체 관절점과 디지털이징 순서는 <표 3>과 같다.

표 3. 인체 관절점과 디지털이징 순서

순서	인체 관절점	순서	인체 관절점
1	R. Toe	17	L. medial Epicondyle
2	R. Heel	18	L. Thigh
3	R. lateral Malleolus	19	L. Asis
4	R. medial Malleolus	20	R. lateral Wrist
5	R. Shank	21	R. medial Wrist
6	R. lateral Epicondyle	22	R. lateral Elbow
7	R. medial Epicondyle	23	R. medial Elbow
8	R. Thigh	24	R. Shoulder
9	R. Asis	25	L. lateral Wrist
10	Sacrum	26	L. medial Wrist
11	L. Toe	27	L. lateral Elbow
12	L. Heel	28	L. medial Elbow
13	L. lateral Malleolus	29	L. Shoulder
14	L. medial Malleolus	30	Chin
15	L. Shank	31	Nose
16	L. lateral Epicondyle		

본 연구의 자료처리는 KWON 3D ver3.1 분석프로그램을 사용하였다. 자료처리과정은 36개의 통제점을 이용하여 실 공간 좌표가 계산된 후 3차원 좌표값이 산출되며, 축에 대한 정의는 진행방향을 Y축, 진행 방향에 대한 좌우방향을 X축, 상·하(수직)방향을 Z축으로 정의 하였다. 3차원 자료는 Abdel-Ariz와 Karara(1971)의 DLT방법을 이용할 것이며, DLT방법을 이용하여 3차원의 좌표값을 계산할 때 디지털 이징 오차와 기계적인 오차에 의해 생기는 노이즈(noise)를 제거하기 위해 Butterworth 저역 필터(low pass filter)를 사용하여 원 자료를 필터링 할 것이며, 이때 차단주파수(cut-off frequency)는 6.0Hz로 설정하여 사용하였다.

3) 변인 산출

(1) 시간변인

본 연구에서의 국면별 시간변인은 각각의 프레임 간의 시간 간격이 0.017초이므로 각 국면별 이벤트 시작점(D1)부터 이벤트 마지막지점(D2)까지의 프레임수를 계산하여 각 프레임수에 0.017초를 곱하여 구하였다.

$$\text{국면별 소요시간} = (D2-D1) \times 0.017\text{초}$$

(2) 선운동 변인

본 연구에서 분석한 선운동 변인은 신체중심 위치, 속도이다. 우선 전신의 신체 중심 위치는 전역 좌표계에 대한 각 분절의 중심 위치를 통해 얻어진다. 전역좌표계에 대한 각 분절을 구성하는 좌표점의 위치 벡터의 성분 x_i, y_i, z_i 각각에 대하여 분절 i 의 중심 좌표 cg_i 는

$$cg_i = P_i + (D_i - P_i)P_j / 100$$

(P_i 는 i 번째 분절의 근위단 좌표, D_i 는 i 번째 분절의 원위단 좌표, P_j 는 분절 길이의 백분율로 표시된 근위단으로부터 중심까지의 거리)로 구할 수 있으며 전역 좌표계에 대한 각 분절 중심의 위치 벡터의 성분 x_i, y_i, z_i 각각에 대한 무게 중심 위치

$$CG = \sum_{i=1}^5 (cg_i \cdot m_i) / M$$

(cg_i 는 i 번째 분절의 무게 중심 위치, m_i 는 전체 질량의 백분율로 표시된 i 번째 분절의 질량, M 은 인체 측정학 자료의 백분율로 표시된 분절 질량을 합한 전체 질량)으로 구할 수 있다.

위의 방법에 의해 산출된 전신의 신체 중심의 위치에 대하여 3차 스플라인 함수(cubic spline function)를 이용해 시간에 대해 변위 함수 $S(t)$ 를 산출한다. 이러한 변위 함수를 일차 미분하여 시간에 대한 위치의 변화율을 나타내는 속도 함수 $S'(t)$

를 구하고 이차 미분하여 가속도 함수 $S''(t)$ 를 얻음으로써 신체 중심 속도와 가속도를 산출하였다.

$$S(t) = C_3t^3 + C_2t^2 + C_1t + C_0$$

$$S'(t) = 3C_3t^2 + 2C_2t + C_1$$

$$S''(t) = 6C_3t + 2C_2$$

(S는 변위, t는 시간, C_3, C_2, C_1, C_0 는 스플라인 계수)

(3) 각운동 변인

본 연구에서 각도는 발목 관절, 무릎관절, 고관절에 대하여 각 관절의 굴곡-신전각을 산출할 수 있으며 이러한 관절각에 대하여 각속도를 계산한다. 우선 각 관절각은 각도를 구성하는 두 벡터의 내적(dot product)을 이용하여 구한다. 즉 내적의 정의에 의해 두 벡터 $U(X_i, X_j, X_k)$ 와 $V(Y_i, Y_j, Y_k)$ 가 이루는 각 θ 는

$$\cos\theta = \frac{U \cdot V}{|U| \cdot |V|} = \frac{X_i Y_i + X_j Y_j + X_k Y_k}{\sqrt{X_i^2 + X_j^2 + X_k^2} \cdot \sqrt{Y_i^2 + Y_j^2 + Y_k^2}}$$

로 정의되므로 계산된 $\cos\theta$ 의 값을 x라고 하면 $\theta = \arccos x$ 로 구하였다.

★ 발목관절각의 계산

발의 분절 벡터 $\vec{S}_{fo}(X_i, X_j, X_k)$ 와 하퇴의 부적 분절 벡터 $-\vec{S}_{sh}(Y_i, Y_j, Y_k)$ 가 이루는 각

$$\alpha = \arccos \frac{\vec{S}_{fo} \cdot \vec{S}_{sh}}{|\vec{S}_{fo}| \cdot |\vec{S}_{sh}|}$$

★ 무릎관절각의 계산

하퇴의 분절 벡터 $\vec{S}_{sh}(X_i, X_j, X_k)$ 와 대퇴의 부적 분절 벡터 $-\vec{S}_{th}(Y_i, Y_j, Y_k)$ 가 이루는 각

$$\beta = \arccos \frac{\vec{S}_{sh} \cdot \vec{S}_{th}}{|\vec{S}_{sh}| \cdot |\vec{S}_{th}|}$$

★ 고관절각의 계산

대퇴의 분절 벡터 $\vec{S}_{sh}(X_i, X_j, X_k)$ 와 상체의 분절 벡터 $\vec{S}_{tr}(Y_i, Y_j, Y_k)$ 가 이루는 각

$$\gamma = \arccos \frac{\vec{S}_{fo} \cdot \vec{S}_{sh}}{|\vec{S}_{fo}| \cdot |\vec{S}_{sh}|}$$

5. 이벤트 및 분석국면

본 연구에서 이벤트는 총 4개로 설정 할 것이며, 분석 국면은 3개로 설정하였다.

1) 이벤트(event) : 스파이크 서브 시 4개의 이벤트로 구분하였다.

- ① 출발 Start(St) : 앞발이 지면에서 떨어지는 순간
- ② 도약 Jump(Ju) : 양발이 지면에서 떨어지는 순간
- ③ 임팩트 Impact(Im) : 손이 배구공과 임팩트 되는 순간
- ④ 착지 Landing(La) : 앞발이 지면에 닿는 순간

2) 분석국면(phase) 스파이크 서브 시 그림<2>과 같이 3개의 국면으로 구분하였다.

- ① 발구름 (Approach run) : St에서 Ju까지
- ② 임팩트 전기 (Pre-impact) : Ju에서 Im까지
- ③ 임팩트 후기 (Post-impact) : Im에서 La까지

6. 통계처리

본 연구에서 통제점과 인체중심의 좌표화를 위하여 Kwon3D(ver 3.016, 권영후)프로그램을 이용하여 디지털이징한 결과를 토대로 2차원 좌표 1쌍을 3차 스플라스인 함수로 0.014초 간격으로 보간하여 동조시켰고, DLT(Abdel-Aziz & Karara, 1971)방식으로 3차원 좌표를 산출하였다. 인위적인 오차와 기계적인 오차에 의해 발생한 노이즈로 인한 오차를 제거하기 위하여 Butterworth의 2차저역통과필터(low-pass filter)법을 이용하여 스무딩(6Hz)하였다.

산출된 디지털이징한 운동학적 변인은 표준화(normalization)시켰으며, 본 연구에서 연구 변인에 따른 자료는 SPSS ver 12.0을 이용하여 집단간 기초통계량인 평균 및 표준편차를 산출하고 두 집단간 변인 별 차이를 규명하기 위해 독립 t-검증을 실시하고 유의수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

IV. 연구결과

본 연구는 스파이크 서브 성공과 실패시의 동작을 운동학적으로 비교분석 하였고, 분석한 변인들로는 스파이크 서브의 국면별 소요시간변인, 신체중심위치변화, 신체중심속도변화, 상지관절의 각운동학적 변인, 하지 좌, 우 관절의 각운동학적 변인을 중심으로 분석하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 스파이크 서브 시 국면별 시간 변인

스파이크 서브 시 국면별 시간요인은 <표 4>와 같다. 총 소요 시간은 성공 했을 시 1.52 ± 0.67 초로 나타났으며, 실패 했을 시는 1.43 ± 0.08 초로 나타났다. 소요 시간을 국면 별로 살펴보면 본 연구에서 발구름 국면은 앞발이 지면에서 떨어지는 순간부터 양발이 지면에서 떨어지는 구간으로 성공했을 시의 소요 시간은 1.01 ± 0.05 초로 나타났으며, 실패 했을 시의 소요시간은 0.95 ± 0.07 초로 성공했을 시의 발구름 구간 보다 짧게 나타났다. 임팩트 전기 국면은 양발이 지면에서 떨어진 순간부터 손이 배구공과 임팩트 되는 구간으로 성공했을 시의 소요시간은 0.31 ± 0.03 초로 나타났으며, 실패 했을 시의 소요시간은 0.33 ± 0.03 초로 나타났다. 임팩트 후기 국면은 손이 배구공과 임팩트 되는 순간부터 앞발이 지면에 닿는 순간으로 성공했을 시의 소요 시간은 0.20 ± 0.02 초로 나타났으며, 실패 했을 시의 소요시간은 0.15 ± 0.06 초로 나타났다. 전체적인 소요 시간을 분석해 볼 때 발구름 국면에서 가장 많은 시간을 소요하였고, 발구름 > 임팩트 전기 > 임팩트 후기 순으로 나타났다.

표4. 스파이크 서브 시 국면별 소요시간

(단위 : sec)

구분	횟수	Approach-run	Pre-impact	Post-impact	총 소요
성공	1	1	0.316	0.2	1.516
	2	1.067	0.366	0.167	1.6
	3	0.95	0.366	0.167	1.6
	4	1.067	0.3	0.216	1.583
	5	0.983	0.3	0.217	1.5
	M±SD	1.01±0.5	0.31±0.03	0.20±0.02	1.52±0.67
실패	1	0.917	0.383	0.05	1.35
	2	1	0.3	0.133	1.433
	3	0.867	0.3	0.2	1.367
	4	1.05	0.317	0.2	1.567
	5	0.934	0.35	0.2	1.484
	M±SD	0.95±0.07	0.33±0.03	0.15±0.06	1.43±0.08

2. 스파이크 서브 시 선운동 변인

1) 신체중심 위치 변화

스파이크 서브 시 신체중심 위치 변화를 나타낸 값은 <표 5>와 같고, 전 구간의 신체중심 위치 변화는 <그림 3>과 같다. 스파이크 서브 성공 시 발구름 국면에서 최소값은 2회 때 87.94±8.61cm로 나타났고, 최대값은 5회 때 94.08cm로 나타났으며, 성공 시 발구름 국면의 평균값은 91.05±2.64cm로 나타났다. 스파이크 서브 실패 시 발구름 국면에서 최소값은 2회 때 87.01±8.80cm로 나타났고, 최대값은 5회 때 94.01±8.78cm로 나타났으며, 실패 시 발구름 국면의 평균값은 91.21±3.03cm로 나타났다. 스파이크 서브 발구름 국면에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 스파이크 서브 성공 시 임팩트 전기 국면에서 최소값은 1회 때 140.51±8.78cm로 나타났고, 최대값은 4회 때 145.99±8.16cm로 나타났으며, 성공 시 임팩트 전기 국면의 평균값은 143.31±2.41cm로 나타났다. 스파이크 서브 실패 시 임팩트 전기 국면에서 최소값은 1회 때 127.89±7.43cm로 나타났고, 최대값은 5회 때 149.10±7.34cm로 나타났으며, 실패 시 임팩트 전기 국면의 평균값은 138.33±9.07cm로 나타났다. 스파이크 서브 임팩트 전기 국면에서 유의한 차이가 나타났다.

스파이크 서브 성공 시 임팩트 후기 국면에서 최소값은 2회 때 123.32±11.07cm로 나타났고, 최대값은 3회 때 138.50±9.06cm로 나타났으며, 성공 시 임팩트 후기 국면의 평균값은 133.63±6.15cm로 나타났다. 스파이크 서브 실패 시 임팩트 후기 국면에서 최소값은 1회 때 104.66±2.58cm로 나타났고, 최대값은 5회 때 129.99±13.15cm로 나타났으며, 실패 시 임팩트 후기 국면의 평균값은 122.06±11.84cm로 나타났다. 스파이크 서브 임팩트 후기 국면에서 유의한 차이가 나타났다.

표 5. 스파이크 서브 시 신체중심 위치 변화 (단위 : cm)

구분	횟수	Approach-run	Pre-impact	Post-impact
성공	1	88.96±7.76	140.51±8.78	132.70±10.46
	2	87.94±8.61	141.34±6.92	123.32±11.07
	3	93.24±8.77	143.34±7.30	138.50±9.06
	4	91.04±8.88	145.99±7.74	136.39±12.19
	5	94.08±7.91	145.40±7.74	136.39±12.19
	M±SD	91.05±2.64	143.31±2.41	133.63±6.15
실패	1	90.52±7.95	127.89±7.43	104.66±2.58
	2	87.01±8.80	130.55±3.80	114.82±7.99
	3	94.35±9.00	144.88±6.34	131.75±10.83
	4	90.16±6.79	139.23±8.77	129.09±10.93
	5	94.01±8.78	149.10±7.34	129.99±13.15
	M±SD	91.21±3.03	138.33±9.07	122.06±11.84
	P	.884	.001	.001

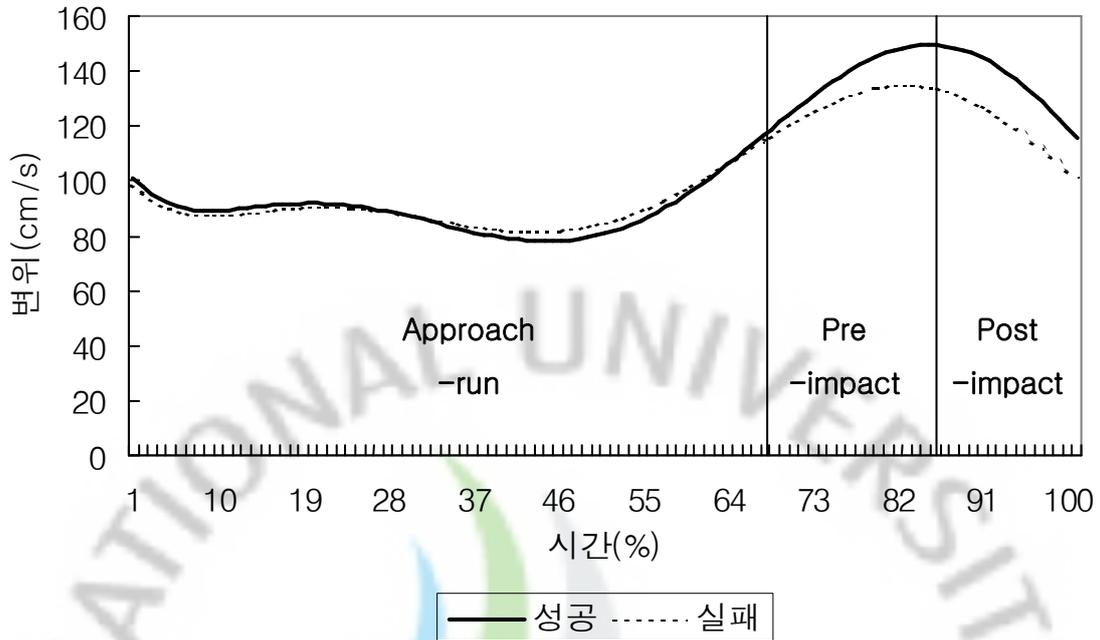


그림 8. 스파이크 서브 시 신체중심 위치 변화

2) 신체중심 속도 변화

스파이크 서브 시 발구름에서 착지까지의 신체중심 속도 변화는 <그림 4>와 같이 나타났다. 그림을 분석해 보면 출발에서부터 신체 중심 속도는 계속 증가하다가 점프하는 국면에서 서서히 줄어드는 것을 알 수 있으며, 이때 줄어든 신체중심 속도는 신체중심 수직속도를 증가하는데 사용되는 것으로 볼 수 있고, 손이 불과 임팩트 되는 순간까지 다시 증가하다가 임팩트 후 신체중심 속도는 줄어드는 것을 볼 수 있다. 신체중심 속도 변화의 국면별 결과는 <표 6.>과 같다. 스파이크 서브 성공 시 발구름 국면에서 5회 때 $158.48 \pm 40.71 \text{cm/sec}$ 로 가장 빠르게 나타났고, 성공 시 발구름 국면에서 평균값은 $149.38 \pm 9.04 \text{cm/sec}$ 로 나타났으며, 스파이크 서브가 실패 했을 때는 3회 때 $202.74 \pm 40.49 \text{cm/sec}$ 로 5회 중 발구름 국면에서 가장 빠르게 나타났다. 실패 시 발구름 국면에서 평균값은 $175.20 \pm 22.95 \text{cm/sec}$ 로 나타났고, 스파이크 서브 성공과 실패 시 발구름 국면의 신체중심 속도는 유의한 차이가 나타났다.

스파이크 서브 성공 시 임팩트 전기 국면에서 2회 때 $177.46 \pm 34.52 \text{ cm/sec}$ 로 가장 빠르게 나타났고, 성공 시 임팩트 전기 국면에서 평균값은 $160.74 \pm 18.98 \text{ cm/sec}$ 로 나타났으며, 스파이크 서브가 실패 했을 때는 2회 때 $249.84 \pm 22.74 \text{ cm/sec}$ 로 5회 중 임팩트 전기 국면에서 가장 빠르게 나타났다. 실패 시 임팩트 전기 국면에서 평균값은 $200.41 \pm 50.13 \text{ cm/sec}$ 로 나타났고, 스파이크 서브 성공과 실패 시 임팩트 전기 국면의 신체중심 속도는 유의한 차이가 나타났다. 스파이크 서브 성공 시 임팩트 후기 국면에서 2회 때 $167.48 \pm 23.98 \text{ cm/sec}$ 로 가장 빠르게 나타났고, 4회 때 $127.66 \pm 8.35 \text{ cm/sec}$ 로 가장 느리게 나타났다. 성공 시 임팩트 후기 국면에서 평균값은 $149.59 \pm 15.08 \text{ cm/sec}$ 로 나타났으며, 스파이크 서브가 실패 했을 때는 3회 때 $227.05 \pm 26.18 \text{ cm/sec}$ 로 5회 중 임팩트 후기 국면에서 가장 빠르게 나타났다. 실패 시 임팩트 후기 국면에서 평균값은 $188.68 \pm 42.21 \text{ cm/sec}$ 로 나타났고, 스파이크 서브 성공과 실패 시 임팩트 후기 국면의 신체중심 속도는 유의한 차이가 나타났다.

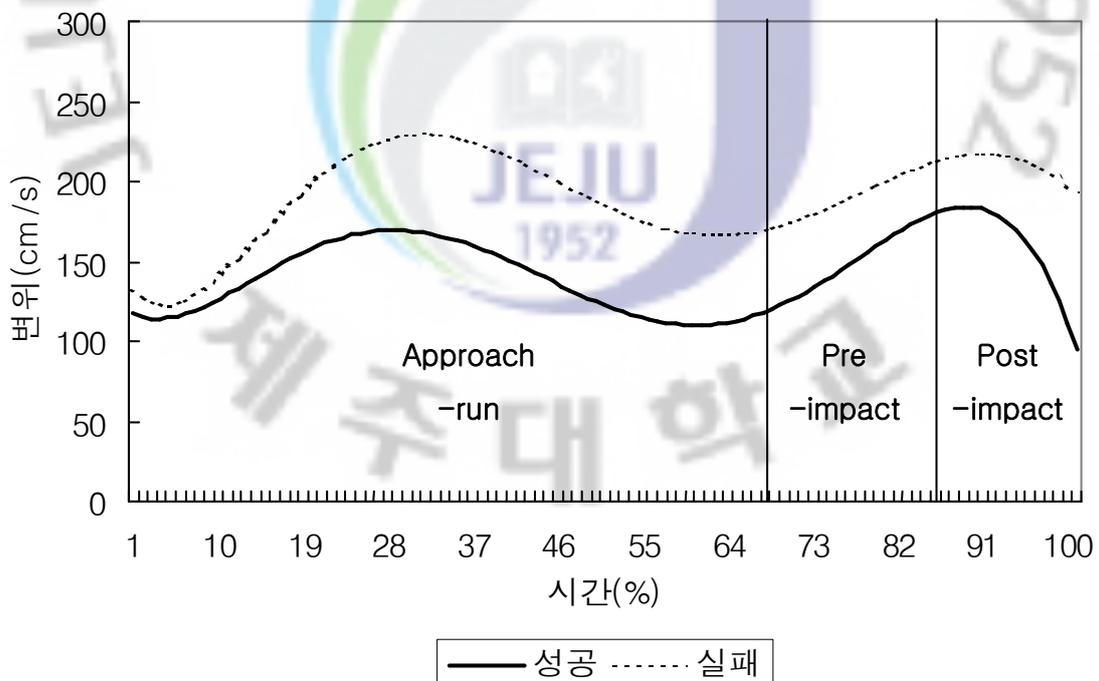


그림 9. 스파이크 서브 시 신체 중심 속도 변화

표 6. 스파이크 서브 시 신체중심 속도 변화

(단위 : cm/sec)

구분	횟수	Approach-run	Pre-impact	Post-impact
성공	1	137.87±23.67	158.47±43.73	142.64±17.58
	2	153.54±48.73	177.46±34.52	167.48±23.98
	3	155.33±34.01	168.47±29.30	155.14±29.52
	4	141.69±31.99	129.03±30.97	127.66±8.35
	5	158.48±40.71	170.28±43.73	155.03±22.86
	M±SD	149.38±9.04	160.74±18.98	149.59±15.08
실패	1	184.50±36.12	203.38±10.28	201.23±2.73
	2	181.91±44.05	249.84±22.74	217.05±13.39
	3	202.74±40.49	242.71±35.79	227.05±26.18
	4	141.79±42.33	127.25±42.47	121.19±7.93
	5	165.08±35.88	178.91±41.63	176.91±17.40
	M±SD	175.20±22.95	200.41±50.13	188.68±42.21
	P	.001	.001	.001

3. 스파이크 서브 시 각운동 변인

1) 상지 주관절 각도 변화

스파이크 서브 시 주관절의 각변위는 <그림 5>, <표 7>과 같다. 스파이크 서브 성공 시 발구름 국면에서 2회 때 149.14±14deg 로 가장 각변위가 크게 나타났으며, 발구름 국면의 평균값은 145.82±3.83deg이다. 스파이크 서브가 실패 했을 때는 2회때 156.73±25.80deg로 가장 크게 나타났고, 실패 시 발구름 국면의 평균값은 150.68±3.95deg로 나타났으며, 주관절 발구름 국면에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 스파이크 서브 성공 시 임팩트 전기 국면에서 3회 때 90.58±16.86deg 로 가장 각변위가 크게 나타났으며, 발구름 국면의 평균값은 83.28±7.45deg이다. 스파이크 서브가 실패 했을 때는 2회때 92.81±18.31deg로 가장 크게 나타났고, 실패 시 발구름 국면의 평균값은 88.05±4.03deg로 나타났으며, 주관절 임팩트 전기 국면에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 임팩트 후기 국면에서는 성공 시 2회 때 160.36±9.26deg로 각변위가 가장 크게 나타났고, 4회 때 149.26±9.16deg로 각변위가 가장 낮게 나타났다. 임팩트 후기 국면의 평균값은 157.20±6.28deg이다. 임팩트 후기 국면에서는 실패 시 2회 때 181.78±8.01deg로 각변위가 가장 크게 나타났고,

3회 때 $163.31 \pm 6.32 \text{deg}$ 로 각변위가 가장 낮게 나타났다. 임팩트 후기 국면의 평균값은 $169.72 \pm 7.05 \text{deg}$ 이며, 스파이크 서브 시 주관절의 임팩트 후기 국면에서 유의한 차이가 나타났다.

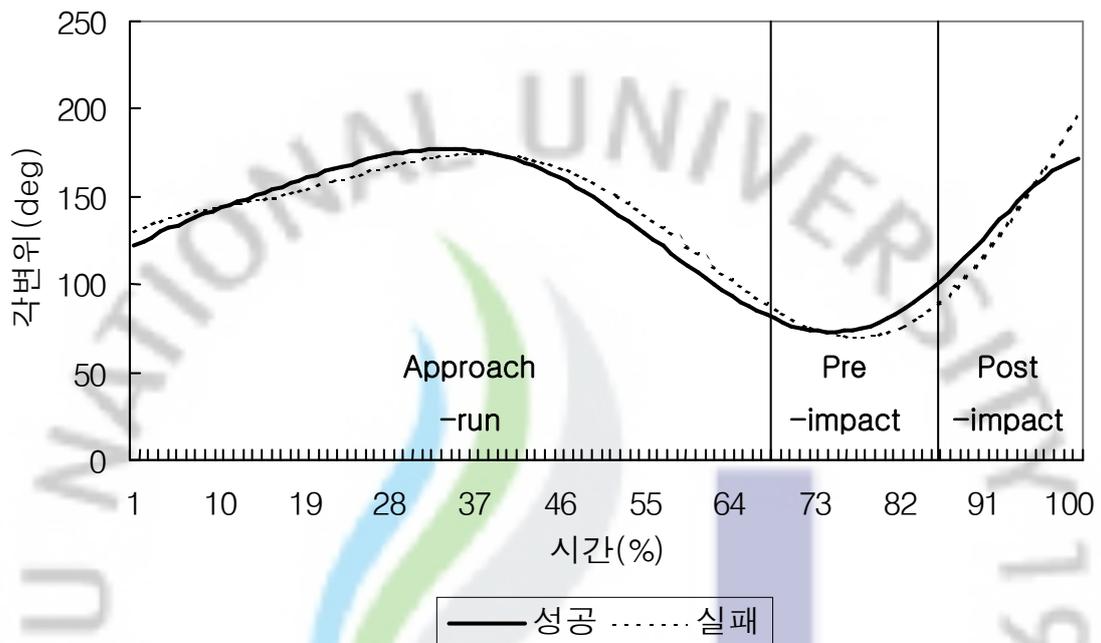


그림 10. 스파이크 서브 시 주관절 각변위

표 7. 스파이크 서브 시 주관절 각변위 (단위 : deg)

구분	횟수	Approach-run	Pre-impact	Post-impact
성공	1	148.24 ± 28.02	73.36 ± 20.95	160.36 ± 9.26
	2	149.14 ± 28.11	89.36 ± 13.97	164.15 ± 7.83
	3	148.41 ± 28.91	90.58 ± 16.86	160.25 ± 6.65
	4	141.01 ± 28.94	85.29 ± 19.29	149.26 ± 9.16
	5	142.32 ± 30.40	77.85 ± 17.53	151.99 ± 5.82
	M \pm SD	145.82 ± 3.83	83.28 ± 7.45	157.20 ± 6.28
실패	1	147.67 ± 26.71	91.76 ± 24.62	169.03 ± 6.84
	2	156.73 ± 25.80	92.81 ± 18.31	181.78 ± 8.01
	3	148.49 ± 27.05	85.86 ± 14.67	163.31 ± 6.32
	4	152.69 ± 30.20	83.47 ± 22.31	167.47 ± 7.71
	5	147.86 ± 30.91	86.35 ± 14.37	167.05 ± 7.07
	M \pm SD	150.68 ± 3.95	88.05 ± 4.03	169.72 ± 7.05
P		.031	.079	.001

2) 상지 견관절 각도변화

스파이크 서브 시 견관절의 각변위는 <표 8>, <그림 6>과 같다. 스파이크 서브 성공 시 발구름 국면에서 3회 때 $55.09 \pm 36.35 \text{deg}$ 로 가장 각변위가 크게 나타났으며, 4회 때 $44.50 \pm 34.47 \text{deg}$ 로 가장 낮게 나타났다. 발구름 국면의 평균값은 $49.21 \pm 4.52 \text{deg}$ 이다. 스파이크 서브가 실패했을 때는 3회 때 $55.65 \pm 36.40 \text{deg}$ 로 가장 크게 나타났고, 1회 때 $45.03 \pm 33.58 \text{deg}$ 로 가장 낮게 나타났다. 실패 시 발구름 국면의 평균값은 $51.12 \pm 4.06 \text{deg}$ 로 나타났으며, 견관절 발구름 국면에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 스파이크 서브 성공 시 임팩트 전기 국면에서

3회 때 $133.17 \pm 8.32 \text{deg}$ 로 가장 각변위가 크게 나타났으며, 4회 때 $122.72 \pm 10.31 \text{deg}$ 로 가장 낮게 나타났다. 스파이크 서브 성공 시 임팩트 전기국면의 평균값은 $126.87 \pm 4.02 \text{deg}$ 이다. 스파이크 서브가 실패 했을 때는 1회 때 $137.69 \pm 12.53 \text{deg}$ 로 가장 크게 나타났고, 2회 때 $125.67 \pm 9.59 \text{deg}$ 로 가장 낮게 나타났다. 실패 시 임팩트 전기 국면의 평균값은 $130.98 \pm 4.53 \text{deg}$ 로 나타났으며, 견관절 임팩트 전기 국면에서는 유의한 차이가 나타났다. 임팩트 후기 국면에서는 성공 시 2회 때 $116.44 \pm 21.96 \text{deg}$ 로 각변위가 가장 크게 나타났고, 5회 때 $75.46 \pm 39.14 \text{deg}$ 로 각변위가 가장 낮게 나타났다. 임팩트 후기 국면의 평균값은 $93.50 \pm 16.05 \text{deg}$ 이다.

임팩트 후기 국면에서는 실패 시 1회 때 $151.46 \pm 7.55 \text{deg}$ 로 각변위가 가장 크게 나타났고, 3회 때 $101.34 \pm 33.57 \text{deg}$ 로 각변위가 가장 낮게 나타났다. 임팩트 후기 국면의 평균값은 $121.28 \pm 20.15 \text{deg}$ 이며, 스파이크 서브 시 주관절의 임팩트 후기 국면에서 유의한 차이가 나타났다.

표 8. 스파이크 서브 시 견관절 각변위

(단위 : deg)

구분	횟수	Approach-run	Pre-impact	Post-impact
성공	1	46.14±33.92	128.15±7.43	101.61±29.36
	2	47.53±33.92	124.66±10.26	116.44±21.96
	3	55.09±36.35	133.17±8.32	83.22±33.07
	4	44.50±34.47	122.72±10.31	90.79±34.84
	5	52.82±35.68	125.65±8.66	75.46±39.14
	M±SD	49.21±4.52	126.87±4.02	93.50±16.05
실패	1	45.03±33.58	137.69±12.53	151.46±7.55
	2	50.66±36.59	125.67±9.59	122.29±19.47
	3	55.65±36.40	131.56±10.14	101.34±33.57
	4	50.41±31.51	128.15±10.35	104.42±29.74
	5	53.88±31.33	131.83±10.03	126.93±20.33
	M±SD	51.12±4.06	130.98±4.53	121.28±20.15
P		.477	.002	.001

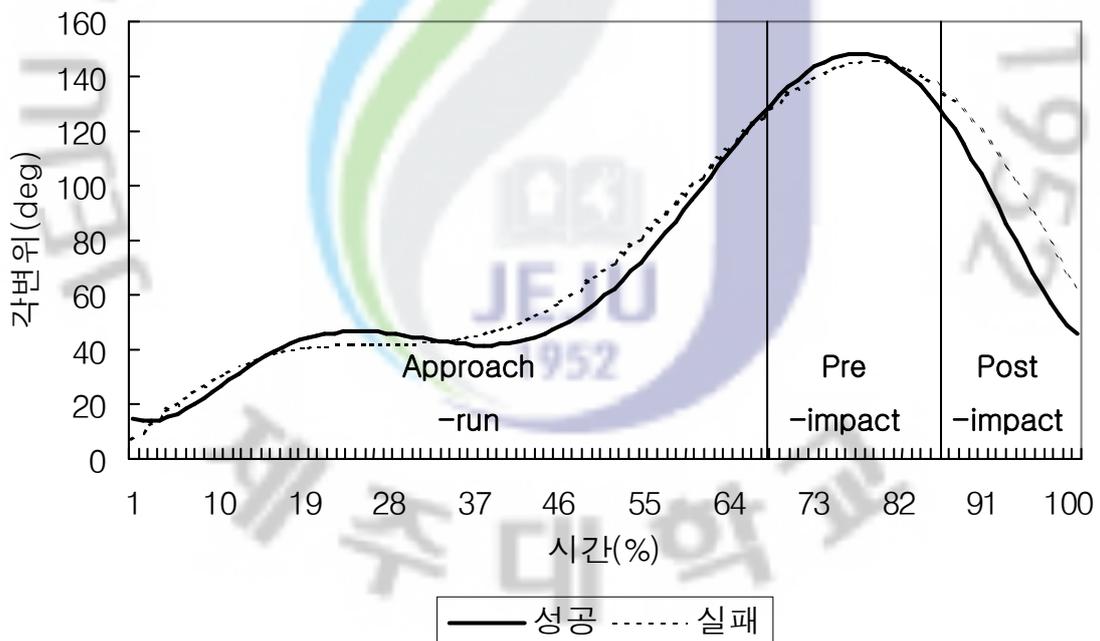


그림 11. 스파이크 서브 시 견관절 각변위

3) 발구름 국면의 하지 각도변화

스파이크 서브 시 발구름 국면의 각변위는 <표 9>와 같다. 스파이크 서브 성공 시 고관절(우) 각변위에서 최대값은 1회 때 $154.83 \pm 9.05 \text{deg}$ 로 나타났으며, 최소값은 4회 때 $130.71 \pm 18.43 \text{deg}$ 로 나타났다. 서브 성공 시 고관절(우)의 평균값은 $143.48 \pm 9.37 \text{deg}$ 이다. 발구름 국면에서 고관절(우)의 성공과 실패 시 유의한 차이가 나타났으며, 무릎관절각(우)에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 발목관절(우)에서는 스파이크 서브 성공 했을 때의 평균값이 $150.66 \pm 5.75 \text{deg}$ 로 나타났으며, 실패 했을 때의 평균값은 $114.12 \pm 8.83 \text{deg}$ 로 성공했을 때보다 각변위가 적게 나타났다. 발목관절(우)에서는 성공과 실패 시 유의한 차이가 나타났다. 고관절(좌)의 성공 시 평균값은 $136.11 \pm 4.15 \text{deg}$ 로 고관절(우)의 평균값보다 각변위가 적게 나타났으며, 실패 시 발구름에서 고관절(좌)의 평균값은 $151.04 \pm 2.95 \text{deg}$ 로 나타났으며, 발구름 시 고관절(좌)에서 유의한 차이가 나타났다. 스파이크 서브 성공 시 무릎관절(좌) 3회 때 $130.25 \pm 22.45 \text{deg}$ 로 최대 값을 나타냈고, 2회 때 $124.29 \pm 17.52 \text{deg}$ 로 최소값을 나타냈으며 발구름 국면에서 무릎관절(좌)의 평균값은 $128.41 \pm 2.41 \text{deg}$ 이다. 실패 시 무릎관절(좌) 5회 때 $143.75 \pm 20.66 \text{deg}$ 로 최대 값을 나타냈고, 2회 때 $126.35 \pm 17.12 \text{deg}$ 로 최소값을 나타냈으며 실패 시 발구름 국면에서 무릎관절(좌)의 평균값은 $135.54 \pm 7.56 \text{deg}$ 이며, 발구름 국면에서 무릎관절(좌)에서 성공과 실패 시 유의한 차이가 나타났다.

스파이크 서브 성공 시 발목관절(좌) 3회 때 $106.12 \pm 15.19 \text{deg}$ 로 최대 값을 나타냈고, 2회 때 $94.71 \pm 11.27 \text{deg}$ 로 최소값을 나타냈으며 발구름 국면에서 발목관절(좌)의 평균값은 $101.26 \pm 4.83 \text{deg}$ 이다. 실패 시 무릎관절(좌) 1회 때 $104.09 \pm 11.95 \text{deg}$ 로 최대 값을 나타냈고, 2회 때 $93.08 \pm 15.72 \text{deg}$ 로 최소값을 나타냈으며 실패 시 발구름 국면에서 발목관절(좌)의 평균값은 $100.11 \pm 4.28 \text{deg}$ 이며, 발구름 국면에서 발목관절(좌)에서 성공과 실패 시 유의한 차이가 나타나지 않았다.

표 9. 스파이크 서브 시 발구름 국면의 각변위

(단위 : deg)

발구름 국면							
구분	횟수	고관절(우)	무릎관절(우)	발목관절(우)	고관절(좌)	무릎관절(좌)	발목관절(좌)
성공	1	154.83±9.05	137.46±17.77	96.56±14.59	142.13±16.25	128.30±16.84	97.68±9.96
	2	149.15±10.01	137.11±19.11	96.98±16.40	135.39±18.18	124.29±17.52	94.71±11.27
	3	144.41±11.85	133.60±20.96	100.16±17.08	134.75±20.42	130.25±22.45	106.12±15.19
	4	130.71±18.43	137.09±20.75	104.64±15.63	130.77±27.86	129.74±21.63	103.97±14.69
	5	138.30±12.71	136.92±18.96	91.34±16.63	137.52±20.54	129.48±19.82	103.85±12.61
	M±SD	143.48±9.37	136.43±1.59	150.66±5.75	136.11±4.15	128.41±2.41	101.26±4.83
실패	1	146.01±9.86	135.08±15.48	118.60±15.55	150.00±18.72	129.54±16.68	104.09±11.95
	2	149.56±9.86	132.17±14.98	116.54±16.98	156.06±14.37	126.35±17.12	93.08±15.72
	3	147.50±7.46	145.79±18.38	122.37±17.48	151.19±16.29	141.91±16.34	102.01±17.08
	4	144.34±9.85	138.59±17.54	113.75±13.26	149.13±18.79	136.16±16.21	100.19±10.37
	5	153.40±11.41	139.93±18.29	99.34±14.99	148.83±9.93	143.75±20.66	101.20±20.49
	M±SD	148.16±3.50	138.31±5.16	114.12±8.83	151.04±2.95	135.54±7.56	100.11±4.18
P		.001	.275	.001	.001	.001	.328

4) 임팩트 전기 국면의 하지 각도 변화

스파이크 서브 시 임팩트 전기 국면의 각변위는<표 10>과 같다. 스파이크 서브 성공 시 임팩트 전기 국면에서 고관절(좌, 우)값은 발구름 국면보다 각변위가 적게 나타났으며, 임팩트 전기 국면에서 고관절(우)의 평균값은 134.18±6.71deg로 나타났으며, 고관절(좌)의 평균값은 141.23±6.16deg로 나타났다. 임팩트 전기 국면에서 고관절(좌, 우)모든 각에서 유의한 차이가 나타났다. 서브 성공 임팩트 전기 국면에서 무릎관절(우)의 평균값은 171.23±8.14deg이고, 실패 했을 때는 160.96±10.42deg로 나타났다. 임팩트 전기 국면 시 무릎관절(우)에서는 유의한 차이가 나타났다. 임팩트 전기 에서 성공 시 무릎관절(좌)의 최고값은 169.69±3.62deg이고, 평균값은 166.88±5.39deg로 나타났다. 실패 했을 때 무릎관절(좌)은 3회 때 177.68±3.21deg로 최고값을 나타냈고, 평균값은 163.51±9.03deg이다. 스파이크 서브 시 임팩트 전기 국면에서 무릎관절(좌) 유의한 차이가 나타났다.

스파이크 서브 성공 시 임팩트 전기 국면에서 발목관절(우)의 평균값은 150.66±5.75deg이고, 실패 했을 때는 154.65±15.11deg로 나타났다. 임팩트 전기 국면 시 발목관절(우)에서는 유의한 차이가 나타나지 않

았다. 임팩트 전기 국면에서 성공 시 발목관절(좌)의 최고값은 $148.40 \pm 5.86 \text{deg}$ 이고, 평균값은 $141.92 \pm 7.24 \text{deg}$ 로 나타났다. 실패 했을 때 발목관절(좌)은 1회 때 $139.99 \pm 6.26 \text{deg}$ 로 최고값을 나타냈고, 평균값은 $131.22 \pm 5.46 \text{deg}$ 이다. 스파이크 서브 시 임팩트 전기 국면에서 발목관절(좌) 유의한 차이가 나타났다.

표 10. 스파이크 서브 시 임팩트 전기 국면의 각변위 (단위 : deg)

임팩트 전기 국면							
구분	횟수	고관절(우)	무릎관절(우)	발목관절(우)	고관절(좌)	무릎관절(좌)	발목관절(좌)
성공	1	132.86 ± 8.88	167.49 ± 3.11	145.01 ± 3.54	147.66 ± 6.88	169.69 ± 3.62	131.99 ± 3.49
	2	131.32 ± 9.52	160.20 ± 4.25	157.01 ± 2.89	144.76 ± 3.90	157.48 ± 6.54	136.52 ± 5.75
	3	133.88 ± 13.88	171.09 ± 3.19	148.52 ± 9.24	132.22 ± 5.67	168.29 ± 4.98	148.40 ± 5.86
	4	145.38 ± 14.80	181.70 ± 2.35	156.62 ± 7.04	143.66 ± 9.27	171.02 ± 6.39	147.10 ± 4.04
	5	127.49 ± 13.35	175.71 ± 1.78	146.15 ± 9.78	137.87 ± 4.20	167.94 ± 5.01	145.59 ± 2.97
	M±SD	134.18 ± 6.71	171.23 ± 8.14	150.66 ± 5.75	141.23 ± 6.16	166.88 ± 5.39	141.92 ± 7.24
실패	1	127.66 ± 3.50	153.73 ± 8.08	166.34 ± 3.10	150.43 ± 6.78	157.23 ± 9.10	139.99 ± 6.26
	2	135.38 ± 19.38	148.72 ± 1.90	153.32 ± 7.75	149.79 ± 3.82	155.33 ± 4.40	127.27 ± 3.48
	3	141.18 ± 10.57	175.74 ± 5.43	162.35 ± 6.34	154.73 ± 4.53	177.68 ± 3.21	133.22 ± 4.19
	4	138.15 ± 8.04	162.05 ± 4.42	162.25 ± 4.30	148.73 ± 6.98	166.76 ± 3.75	127.74 ± 3.12
	5	126.42 ± 6.65	164.56 ± 8.73	129.00 ± 8.39	139.37 ± 2.56	160.55 ± 8.68	127.91 ± 5.17
	M±SD	133.75 ± 6.48	160.96 ± 10.42	154.65 ± 15.11	148.61 ± 5.64	163.51 ± 9.03	131.22 ± 5.46
P	.660	.001	.107	.001	.011	.001	

5) 임팩트 후기 국면의 하지 각도 변화

스파이크 서브 시 임팩트 후기 국면의 하지 각변위는 <표 11>과 같다. 스파이크 서브 성공 시 고관절(우) 각변위에서 최대값은 1회 때 $161.89 \pm 8.39 \text{deg}$ 로 나타났으며, 최소값은 4회 때 $149.51 \pm 15.92 \text{deg}$ 로 나타났다. 서브 성공 시 고관절(우)의 평균값은 $155.03 \pm 4.68 \text{deg}$ 이다. 발구름 국면에서 고관절(우)의 성공과 실패 시 유의한 차가 나타나지 않았으며, 무릎관절각(우)에서도 유의한 차이가 나타나지 않았다. 발목관절(우)에서는 스파이크 서브 성공 했을 때의 평균값이 $136.19 \pm 6.82 \text{deg}$ 로 나타났으며, 실패 했을 때의 평균값은 $147.66 \pm 14.97 \text{deg}$ 로 성공했을 때보다 각변위가 높게 나타났다. 발목관

절(우)에서는 성공과 실패 시 유의한 차가 나타났다. 고관절(좌)의 성공 시 평균값은 $147.56 \pm 1.35 \text{deg}$ 로 고관절(우)의 평균값보다 각변위가 적게 나타났으며, 실패 시 발구름에서 고관절(좌)의 평균값은 $150.60 \pm 4.25 \text{deg}$ 로 나타났으며, 발구름 시 고관절(좌)에서 유의한 차이가 나타났다. 스파이크 서브 성공 시 무릎관절(좌) 4회 때 $181.71 \pm 4.73 \text{deg}$ 로 최대 값을 나타냈고, 2회 때 $163.57 \pm 2.15 \text{deg}$ 로 최소값을 나타냈으며 임팩트 후기 국면에서 무릎관절(좌)의 평균값은 $171.99 \pm 6.71 \text{deg}$ 이다. 실패 시 무릎관절(좌) 3회 때 $175.38 \pm 2.60 \text{deg}$ 로 최대 값을 나타냈고, 2회 때 $151.55 \pm 1.31 \text{deg}$ 로 최소값을 나타냈으며 실패 시 임팩트 후기 국면에서 무릎관절(좌)의 평균값은 $166.31 \pm 9.39 \text{deg}$ 이며, 임팩트 후기 국면에서 무릎관절(좌) 성공과 실패 시 유의한 차이가 나타났다.

스�파이크 서브 성공 시 발목관절(좌) 4회 때 $152.47 \pm 4.07 \text{deg}$ 로 최대 값을 나타냈고, 1회 때 $138.45 \pm 5.70 \text{deg}$ 로 최소값을 나타냈으며 임팩트 후기 국면에서 발목관절(좌)의 평균값은 $146.48 \pm 5.11 \text{deg}$ 이다. 실패 시 무릎관절(좌) 1회 때 $150.75 \pm 5.38 \text{deg}$ 로 최대 값을 나타냈고, 5회 때 $129.73 \pm 7.63 \text{deg}$ 로 최소값을 나타냈으며 실패 시 임팩트 후기 국면에서 발목관절(좌)의 평균값은 $141.16 \pm 7.96 \text{deg}$ 이며, 임팩트 후기 국면에서 발목관절(좌)에서 성공과 실패 시 유의한 차가 나타났다.

표 11. 스파이크 서브 시 임팩트 후기 국면의 각변위 (단위 : deg)

임팩트 후기 국면							
구분	횟수	고관절(우)	무릎관절(우)	발목관절(우)	고관절(좌)	무릎관절(좌)	발목관절(좌)
성공	1	161.89 ± 8.39	166.48 ± 2.32	130.37 ± 4.00	147.56 ± 1.35	168.56 ± 3.31	138.45 ± 5.70
	2	156.68 ± 3.97	165.19 ± 6.00	140.30 ± 2.64	146.16 ± 5.51	163.57 ± 2.15	148.43 ± 4.10
	3	152.31 ± 14.76	168.31 ± 3.24	135.92 ± 2.61	140.99 ± 3.89	173.75 ± 2.72	147.04 ± 3.14
	4	149.51 ± 15.92	183.84 ± 3.07	145.36 ± 5.21	137.98 ± 2.02	181.71 ± 4.73	152.47 ± 4.07
	5	154.76 ± 6.35	174.02 ± 3.39	129.03 ± 5.92	136.56 ± 1.70	172.38 ± 2.70	146.03 ± 10.24
	M \pm SD	155.03 ± 4.68	171.56 ± 7.64	136.19 ± 6.82	141.85 ± 4.87	171.99 ± 6.71	146.48 ± 5.11
실패	1	147.66 ± 3.52	165.73 ± 4.03	153.61 ± 3.36	152.74 ± 1.50	162.91 ± 3.84	150.75 ± 5.38
	2	169.83 ± 4.98	154.11 ± 5.33	157.54 ± 2.21	154.21 ± 8.88	151.55 ± 1.31	137.44 ± 4.72
	3	165.99 ± 7.64	179.08 ± 3.83	157.80 ± 1.34	147.92 ± 2.55	175.38 ± 2.60	144.91 ± 4.50
	4	151.10 ± 13.93	171.54 ± 3.71	147.44 ± 6.21	153.71 ± 3.54	171.20 ± 1.10	142.99 ± 8.49
	5	139.75 ± 1.24	177.57 ± 3.37	121.95 ± 2.20	144.43 ± 8.2	170.53 ± 3.00	129.73 ± 7.63
	M \pm SD	154.86 ± 12.67	169.60 ± 10.14	147.66 ± 14.97	150.60 ± 4.25	166.31 ± 9.39	141.16 ± 7.96
P	.488	.125	.001	.001	.001	.040	

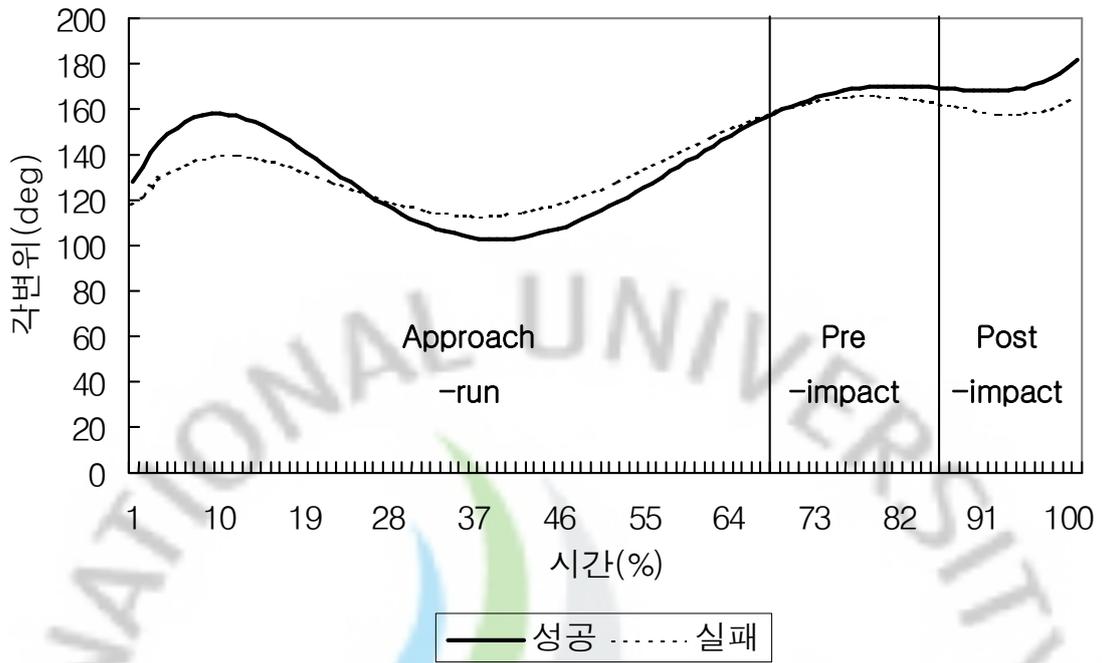


그림 13. 스파이크 서브 시 고관절(좌) 각변위

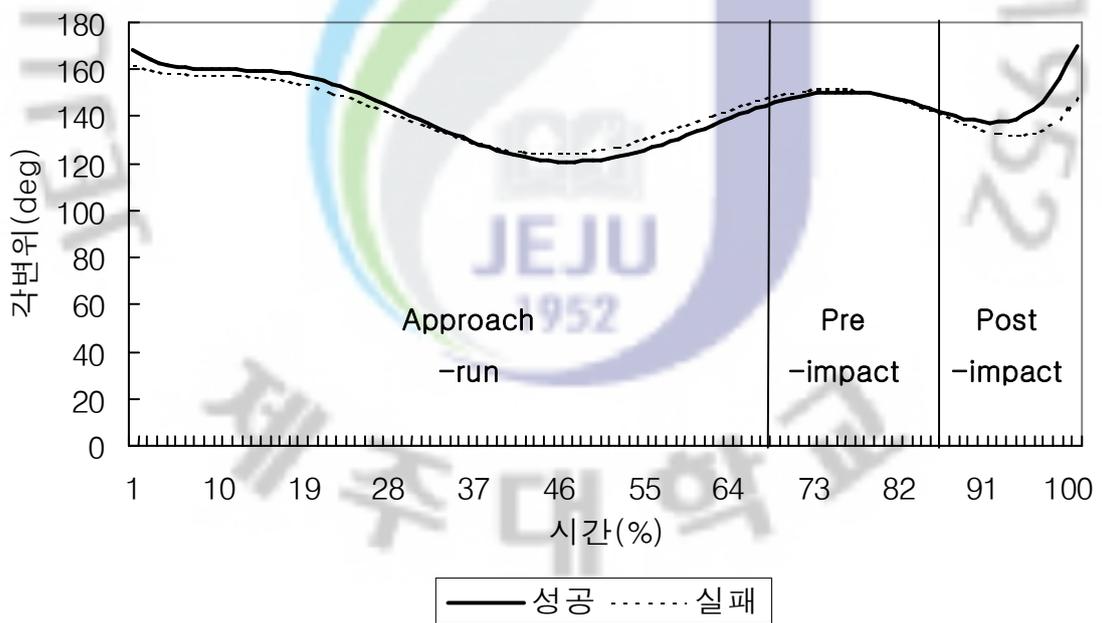


그림 14. 스파이크 서브 시 무릎관절(우) 각변위

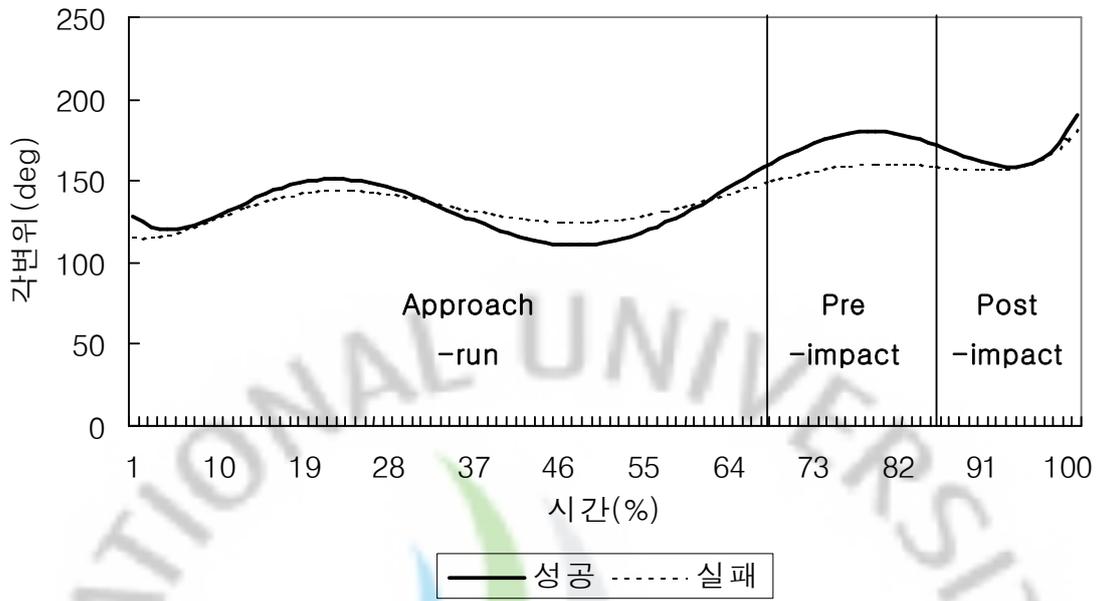


그림 15. 스파이크 서브 시 발목관절(우) 각변위

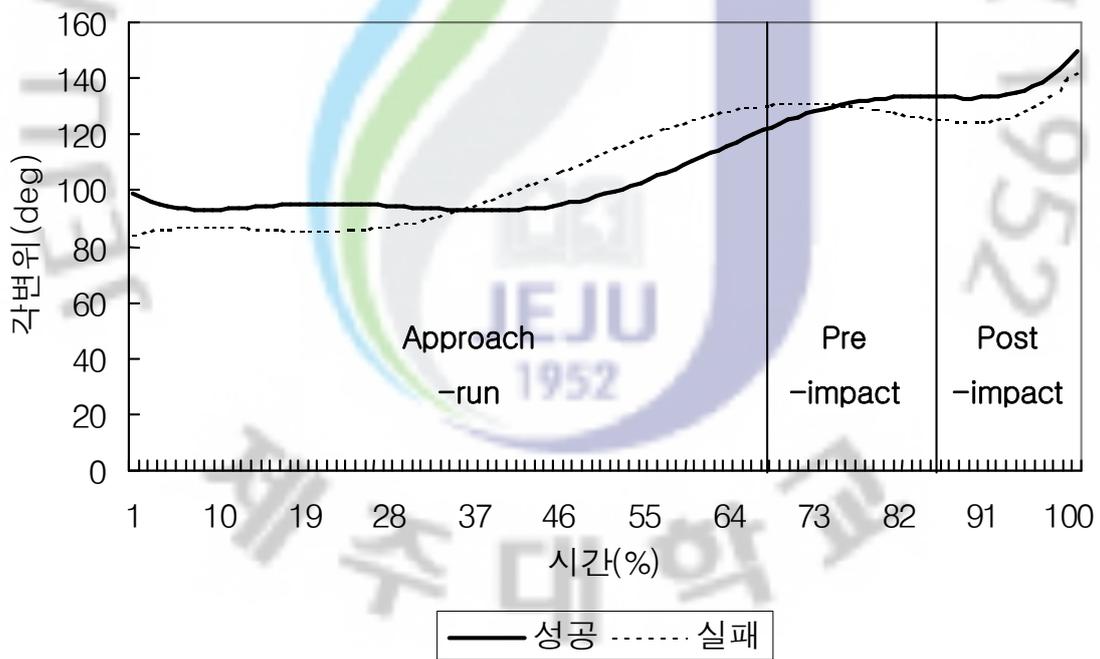


그림 16. 스파이크 서브 시 발목관절(좌) 각변위

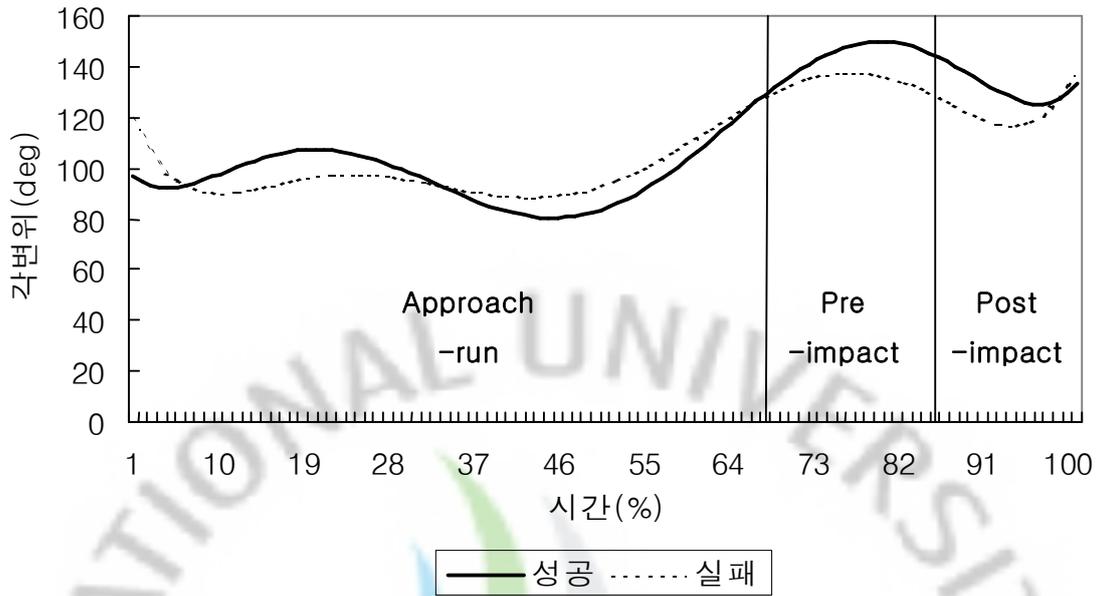


그림 17. 스파이크 서브 시 무릎관절(좌)각변위

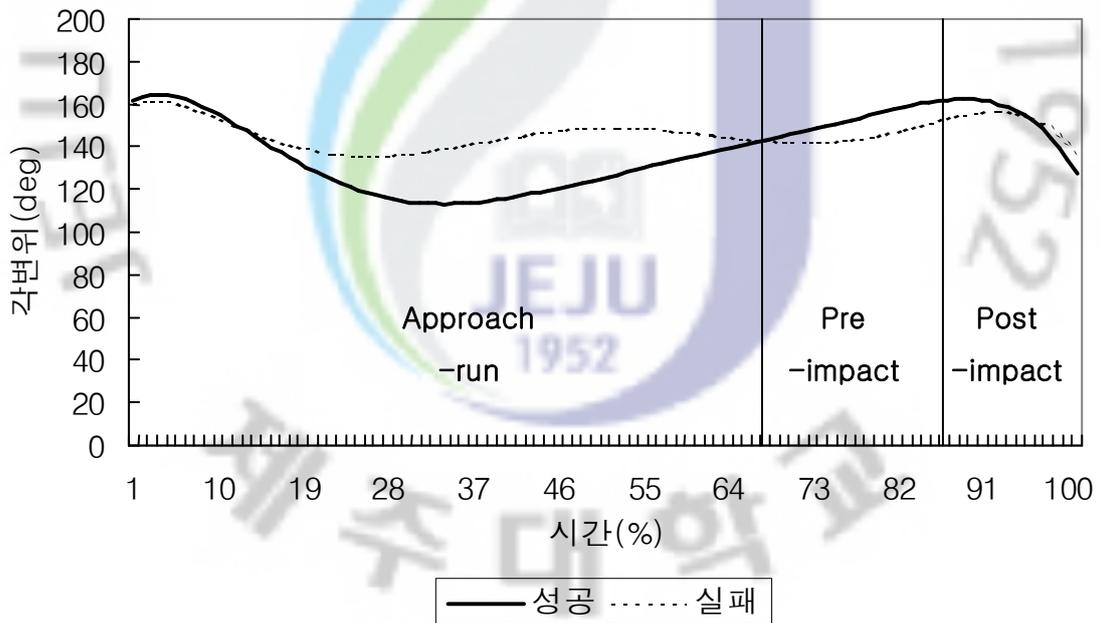


그림 12. 스파이크 서브 시 고관절(우) 각변위

6) 동체의 전후경각

스파이크 서브 시 동체의 전후경각 각변위는 <표12 >, <그림 13>과 같다. 스파이크 서브 성공 시 발구름 국면에서 2회 때 $8.06 \pm 5.07 \text{deg}$ 로 가장 각변위가 크게 나타났고 3회 때 $1.43 \pm 6.37 \text{deg}$ 로 가장 낮게 나타났으며, 발구름 국면의 평균값은 $5.63 \pm 2.76 \text{deg}$ 이다. 스파이크 서브가 실패 했을 때는 5회때 $4.81 \pm 8.19 \text{deg}$ 로 가장 크게 나타났고, 2회 때 $-1.16 \pm 6.50 \text{deg}$ 로 가장 낮게 나타났다. 스파이트 서브 실패 시 발구름 국면의 평균값은 $2.88 \pm 2.06 \text{deg}$ 로 성공 시 발구름 국면 보다 적게 나타났으며, 동체의 전후 경각 발구름 국면에서는 유의한 차가 나타났다. 스파이크 서브 성공 시 임팩트 전기 국면에서 평균값은 $-16.34 \pm 4.98 \text{deg}$ 이며, 실패 했을 때는 임팩트 전기 국면의 평균값은 $-12.42 \pm 4.29 \text{deg}$ 로 나타났으며, 동체의 전후경각 임팩트 전기 국면에서는 유의한 차가 나타났다. 임팩트 후기 국면에서는 성공 시 2회 때 $6.74 \pm .95 \text{deg}$ 로 각변위가 가장 크게 나타났고, 4회 때 $-11.03 \pm 2.81 \text{deg}$ 로 각변위가 가장 낮게 나타났다. 스파이크 서브 성공 시 임팩트 후기 국면의 평균값은 $-2.89 \pm 6.94 \text{deg}$ 이다. 임팩트 후기 국면에서는 실패 시 3회 때 $13.82 \pm 2.26 \text{deg}$ 로 각변위가 가장 크게 나타났고, 5회 때 $-6.27 \pm 1.46 \text{deg}$ 로 각변위가 가장 낮게 나타났다. 임팩트 후기 국면의 평균값은 $3.02 \pm 8.60 \text{deg}$ 이며, 스파이크 서브 시 동체의 전후경각 임팩트 후기 국면에서 유의한 차가 나타났다.

표 12. 스파이크 서브 시 동체의 전후경각 각변위 (단위 : deg)

구분	횟수	Approach-run	Pre-impact	Post-impact
성공	1	7.80 ± 6.36	-14.63 ± 8.95	1.28 ± 2.09
	2	8.06 ± 5.07	-9.10 ± 8.19	$6.74 \pm .95$
	3	1.43 ± 6.37	-22.71 ± 6.57	-5.90 ± 1.84
	4	6.47 ± 5.46	-17.85 ± 5.64	-11.03 ± 2.81
	5	4.40 ± 5.11	-17.43 ± 7.35	-5.58 ± 1.82
	M \pm SD	5.63 ± 2.76	-16.34 ± 4.98	-2.89 ± 6.94
실패	1	1.95 ± 4.06	-18.41 ± 6.39	$-3.35 \pm .73$
	2	-1.16 ± 6.50	-9.25 ± 13.17	9.96 ± 4.78
	3	3.14 ± 4.72	-7.85 ± 11.77	13.82 ± 2.26
	4	4.68 ± 3.82	-11.67 ± 8.19	$.95 \pm 1.58$
	5	4.81 ± 8.19	-14.96 ± 4.61	-6.27 ± 1.46
	M \pm SD	2.88 ± 2.06	-12.42 ± 4.29	3.02 ± 8.60
P		.001	.019	.001

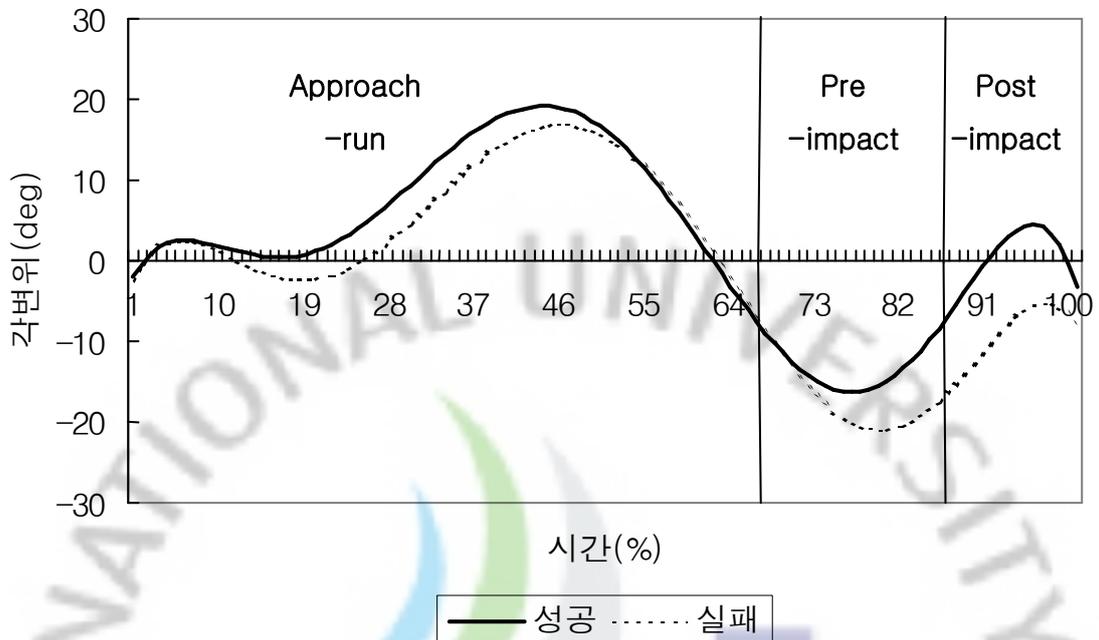


그림 18. 스파이크 서브 시 동체의 전후 경각 각변위

7) 동체의 좌우경각

스파이크 서브 시 동체의 좌우경각 각변위는 <표 13>과 <그림 14>와 같다. 발구름 국면 성공 시 평균값은 $350.01 \pm 2.72 \text{deg}$ 로 나타났고, 실패 시 평균값은 $352.55 \pm 3.36 \text{deg}$ 로 나타났으며, 동체의 좌우경각 발구름 국면에서 성공과 실패 시 유의한 차가 나타났다. 임팩트 전기 국면 성공 시 3회 때 $386.22 \pm 1.65 \text{deg}$ 로 각변위가 가장 높게 나타났으며, 평균값은 $378.18 \pm 4.99 \text{deg}$ 로 나타났고, 스파이크 서브가 실패 했을 때 평균값은 $377.25.18 \pm 4.72 \text{deg}$ 로 나타났다. 임팩트 전기 국면에서는 유의한 차가 나타나지 않았다. 임팩트 후기 국면에서 성공했을 때 $380.42 \pm 3.54 \text{deg}$ 가 최고값을 나타냈으며, 5회의 평균값은 $375.48 \pm 5.79 \text{deg}$ 로 나타났다. 스파이크 서브가 실패 했을 시는 3회 때 $384.72 \pm 2.85 \text{deg}$ 가 최고 높게 나타났으며, 실패 시의 평균값은 $376.26 \pm 6.84 \text{deg}$ 로 나타났다. 임팩트 후기 국면에서 성공과 실패 시 유의한 차는 나타나지 않았다.

표 13. 스파이크 서브 시 동체의 좌우경각 각변위

(단위 : deg)

구분	횟수	Approach-run	Pre-impact	Post-impact
성공	1	349.97±6.76	379.87±3.67	380.42±3.54
	2	352.88±6.12	374.38±1.78	370.43±2.64
	3	352.43±9.61	386.22±1.65	382.59±5.25
	4	346.41±7.74	374.82±2.71	369.82±3.44
	5	348.36±7.08	375.64±1.56	374.17±2.19
	M±SD	350.01±2.72	378.18±4.99	375.48±5.79
실패	1	348.06±6.85	372.74±2.08	367.73±2.40
	2	354.05±7.47	379.20±1.83	381.64±1.08
	3	355.67±7.56	383.47±2.04	384.72±2.85
	4	349.91±6.24	378.57±2.77	373.20±1.58
	5	355.06±4.55	372.28±1.65	374.05±2.21
	M±SD	352.55±3.36	377.25±4.72	376.26±6.84
P	.001	.157	.658	

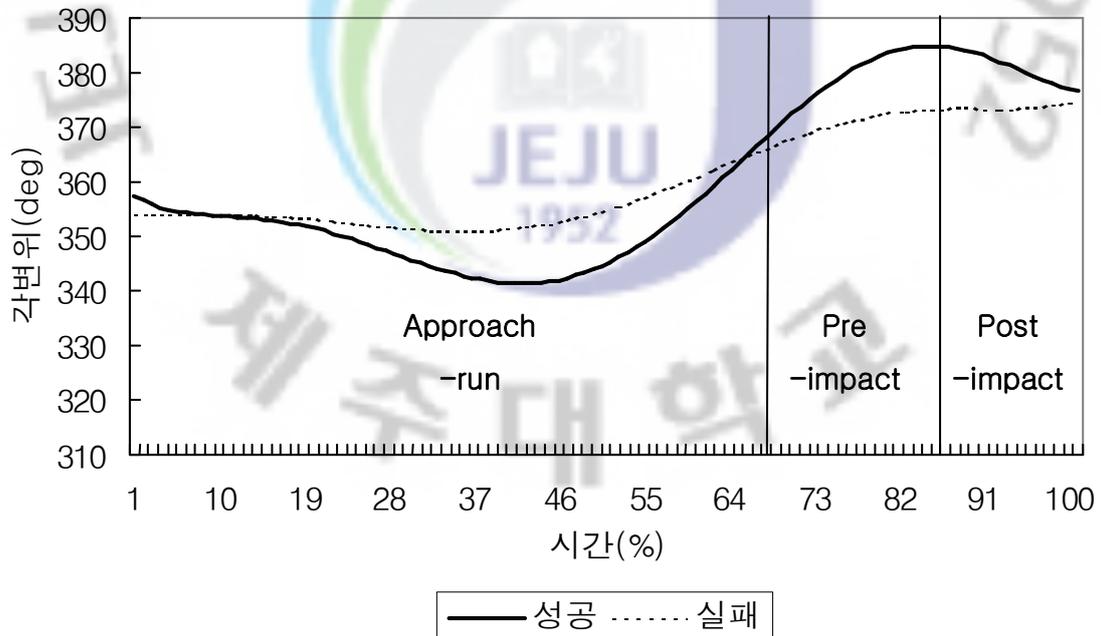


그림 19. 스파이크 서브 시 동체의 좌우경각 각변위

V. 논의

본 연구는 배구 스파이크 서브 동작의 성공과 실패를 발구름 국면, 임팩트 전기 국면, 임팩트 후기 국면으로 구분하여 신체분절의 운동학적 변인들을 분석하여 스파이크 서브의 과학적 훈련이나 지도에 기초자료를 제시하는데 그 목적이 있다. 본 실험에서 분석한 변인들로는 발구름 국면에서부터 임팩트 후기까지의 국면별 소요시간, 신체중심의 위치변화, 신체중심의 속도변화, 각 국면별 상지분절의 각변위, 하지분절의 각변위를 분석하였다.

1. 시간변인

스파이크 서브를 넣는데 소요되는 시간은 시기마다 약간의 차이가 나타났다. 성공 시 국면별 총 소요 시간은 1.52 ± 0.67 초이며 이에 따른 평균 소요시간은 발구름 국면에서 1.01 ± 0.05 초, 임팩트 전기 국면에서는 0.31 ± 0.03 초, 임팩트 후기 국면에서 0.20 ± 0.02 초로 나타났으며, 스파이크 서브 실패 시 국면별 총 소요 시간은 1.43 ± 0.08 초이며 이에 따른 평균 소요시간은 발구름 국면에서 0.95 ± 0.007 초, 임팩트 전기 국면에서는 0.33 ± 0.03 초, 임팩트 후기 국면에서 0.15 ± 0.06 초로 나타났다. 본 연구에서 성공과 실패 총 소요 시간은 여자 대학 선수들을 대상으로 한 강상학(2004)의 (1.40 ± 0.05) 보다 길게 나타났으며, 프로 배구 선수들을 대상으로 한 강상학(2005)의 2.03 ± 0.08 초, 고교 남학생들을 대상으로 한 손원일(2008)의 5.48 ± 0.59 보다 짧게 나타났다. 발구름 국면에서 성공과 실패 시 가장 많은 시간 차이를 보였는데, 이는 스파이크 할 때 공의 낙하지점을 보고 적절한 타이밍을 판단하여 효과적인 임팩트를 하기위해 거리를 맞추는 것으로 정확한 타이밍을 찾지 못 하여 소요시간이 차이가 난 것으로 사료된다. 세 가지 국면에서 가장 많은 시간이 소요된 국면은 발구름 국면이었으며, 그 다음으로 임팩트 전기, 임팩트 후기 순이 일반적인 소요시간으로 사료된다.

2. 선운동 변인

1) 신체중심 위치변화

스파이크 서브 시 발구름 국면을 제외한 임팩트 전기 국면, 임팩트 후기 국면에서 유의한 차이를 보였다. 스파이크 서브 임팩트 전기 국면에서 최고값은 $149.10 \pm 7.04\text{cm}$ 로 나타났으며, 이 값은 남자 대학 선수를 대상으로 한 박홍균 등(1995)의 연구 결과 162cm 보다 낮게 나타났으며, 스파이크 서브가 임팩트 전기 국면에서 성공했을 시기가 실패했을 시기보다 신체중심 위치가 높게 나타났는데 이는 높은 타점에서 스파이크를 하는 게 낮은 타점에서 스파이크를 하는 것보다 성공할 확률이 많을 것으로 사료된다. 신체중심 위치 변화는 발구름 국면에서는 보행과 같이 물결모양을 나타내다 임팩트 직전에 급속한 증가를 나타내는데 이는 이종문(1993)의 선행연구에서 도움닫기 구간에서 중심이동이 서서히 낮아지다가 발구름에서 급격하게 낮아졌다가 올라가는 현상을 본 연구에서도 나타나고 있다.

2) 신체중심 속도변화

스파이크 서브 시 신체중심 속도변화는 전 국면에서 유의한 차이가 나타났다. 신체중심 속도 변화는 발구름 국면에서 서서히 증가하다가 임팩트 전기 국면 직전에 감소하였는데, 발구름 국면에서 수평속도의 변화는 수직 도약 거리를 높이는데 이용하게 되며, Dapena(1992)에 의하면, 도약구간에서 감소된 수평 속도는 수직 속도를 완성시키는데 사용되고, 나머지 수평 속도는 이륙 후 바를 넘고 착지하는데 활용된다고 하였다.

본 연구에서 스파이크 서브가 성공했을 때 보다 실패했을 때가 신체중심 속도가 전 국면에서 높게 나타났는데 세 개의 국면에서 임팩트 전기 국면이 가장 높게 나타났으며, 성공 시 $160.74 \pm 18.98\text{cm}$ 실패 시 $200.41 \pm 50.13\text{cm}$ 로 나타났다. 본 연구에서 신체 중심 속도는 빠르게 나타났지만, 신체중심위치는 낮게 나타났다. 이는 출발 후에 볼을 적절한 위치에 던져 올리지 못하고 볼이 진행방향으로 너무 편향되어 적절한 임팩트 타이밍을 맞추기 위해 신체중심 속도가 빠르게 나타난 것으로 사료된다.

3. 각운동 변인

1) 상지관절의 각도변화

스파이크 서브 성공 시 주관절의 변화는 발구름 국면에서 $145.82 \pm 3.83 \text{deg}$, 임팩트 전기 국면에서 $83.28 \pm 3.83 \text{deg}$, 임팩트 후기 국면에서 $157.20 \pm 6.28 \text{deg}$ 로 나타났고, 스파이크 서브 실패 시 주관절의 변화는 발구름 국면에서 $150.68 \pm 3.95 \text{deg}$, 임팩트 전기 국면에서 $88.05 \pm 4.03 \text{deg}$, 임팩트 후기 국면에서 $169.72 \pm 7.05 \text{deg}$ 로 나타났다. 스파이크 서브 시 임팩트 전기를 제외한 나머지 국면에서 통계적으로 유의한 차가 나타났다. 발구름에서 주관절 값이 커지다가 임팩트 전기에 다가 오면서 줄어들고, 볼을 임팩트 하는 시점에서 주관절 값이 다시 커지는 것으로 나타났다. 조필환(2004)은 남자 대학선수들을 대상으로 한 연구에서 주관절의 각변위를 도약 시 126.3deg , 타구 시 155.2deg 로 보고하여 본 연구에서 스파이크 서브 성공 시의 주관절 값과 유사하다. 스파이크 서브 성공 시 견관절의 변화는 발구름 국면에서 $49.21 \pm 4.52 \text{deg}$, 임팩트 전기 국면에서 $126.87 \pm 4.02 \text{deg}$, 임팩트 후기 국면에서 $93.50 \pm 16.05 \text{deg}$ 로 나타났고, 스파이크 서브 실패 시 견관절의 변화는 발구름 국면에서 $51.12 \pm 4.06 \text{deg}$, 임팩트 전기 국면에서 $130.98 \pm 4.53 \text{deg}$, 임팩트 후기 국면에서 $121.28 \pm 2 \text{deg}$ 로 나타났으며, 스파이크 서브 시 견관절은 발구름을 제외한 나머지 국면에서 통계적으로 유의한 차가 나타났다.

2) 하지관절의 각도변화

스파이크 서브 시 고관절의 변화를 보면 고관절(우)의 경우 발구름 국면에서 성공 시 $143.48 \pm 9.37 \text{deg}$, 실패 시 $148.16 \pm 3.50 \text{deg}$ 로 유의한 차가 나타났고 나머지 국면에서는 유의한 차가 나타나지 않았다. 고관절(좌)의 경우 발구름 국면 성공 시 $136.11 \pm 4.15 \text{deg}$, 실패 시 $151.04 \pm 2.95 \text{deg}$, 임팩트 전기 국면 성공 시 $141.23 \pm 6.16 \text{deg}$, 실패 시 $148.61 \pm 5.64 \text{deg}$, 임팩트 후기 국면 성공 시 $141.85 \pm 4.89 \text{deg}$, 실패 시 $150.60 \pm 4.25 \text{deg}$ 로 모든 국면에서 유의한 차가 나타났다. 스파이크 서브 시 두 고관절의 각변위는 발구름 시 서서히 증가 하다가 임팩트 직전 감소 후 바로 다시 증가하는 결과가 나타났다. 이는 박홍균(1995)은 오른발과 왼발의 고관절각 변화가 도움닫기 구간에서는 서로 다른 경향을 보이지만, 발구름

구간에서는 같은 경향을 보였다. 즉 고관절 작은 발구름 국면에서 다소 줄어들다가 임팩트 시기에 고관절 각이 증가하는 것을 보이는데, 이러한 결과는 상체가 지면에 보다 많은 힘을 가할 수 있게 하여 충격량을 증가시키기 위한 동작이며, 도약 시 수직 속도에도 많은 영향을 미치는 것으로 도약 시 급격한 고관절의 신전은 배구 도약 시 중요한 동작이라고 보고하고 있어 본 연구와 유사한 결과를 나타냈다.

스파이크 서브 시 무릎관절각(우)는 임팩트 전기 국면에서 성공 시 $171.23 \pm 8.14 \text{deg}$, 실패 시 $160.96 \pm 10.42 \text{deg}$ 로 유의한 차가 나타났으며, 나머지 국면에서는 통계적으로 유의한 차가 나타나지 않았다. 무릎관절(좌)에서는 발구름 국면 성공 시 $128.41 \pm 2.41 \text{deg}$, 실패 시 $135.54 \pm 7.56 \text{deg}$, 임팩트 전기 국면 성공 시 $166.88 \pm 5.39 \text{deg}$, 실패 시 $163.51 \pm 9.03 \text{deg}$ 임팩트 후기 국면 성공 시 $171.99 \pm 6.71 \text{deg}$, 실패 시 $166.31 \pm 9.39 \text{deg}$ 로 모든 국면에서 유의한 차가 나타났다. 스파이크 서브 시 무릎관절(우, 좌)에서 발구름 구간에서 성공 시 무릎관절 각이 실패 시 보다 작게 나타나고 있다. 이는 도약 높이를 최대로 하기위해 무릎이 충분히 굴곡 되어 안정된 도약을 하기 위한 것으로 사료된다.

스파이크 서브 시 발목관절(우)는 발구름 국면 성공 시 $97.93 \pm 4.90 \text{deg}$, 실패 시 $114.12 \pm 8.83 \text{deg}$, 임팩트 후기 국면 성공 시 $136.19 \pm 6.82 \text{deg}$, 실패 시 $147.66 \pm 14.97 \text{deg}$ 로 발구름 국면과 임팩트 후기 국면에서 유의한 차가 나타났다. 발목관절(좌)에서는 임팩트 전기 국면 성공 시 $141.92 \pm 7.24 \text{deg}$, 실패 시 $131.22 \pm 5.46 \text{deg}$ 임팩트 후기 국면 성공 시 $146.48 \pm 5.11 \text{deg}$, 실패 시 $141.16 \pm 7.96 \text{deg}$ 로 임팩트 전기 국면과 임팩트 후기 국면에서 통계적으로 유의한 차가 나타났다. 이동우 등(2002)의 연구에 의하면 도약시 발목관절의 각도는 숙련자가 113.2deg , 미숙련자가 106.3deg 로 보고하였는데 본 연구의 결과는 이 보다 작게 나타났다. 도약 시 발목의 각도가 작으면 그 만큼 발목이 신전되지 않는다는 것으로 고관절과 무릎관절각에 영향을 주게 되어 효율적인 도약이 이루어 지지 못하기 때문에 스파이크 서브 시 발목관절 각도를 증가 시켜야 할 것으로 사료된다.

3) 동체의 전후 및 좌우 경각 변화

스파이크 서브 시 동체의 전후 경각은 발구름 국면 성공 시 $5.63 \pm 2.76 \text{deg}$, 실패 시 $2.88 \pm 2.06 \text{deg}$, 임팩트 전기 국면 성공 시 $-16.34 \pm 4.98 \text{deg}$, 실패 시 $-12.42 \pm 4.29 \text{deg}$ 임팩트 후기 국면 성공 시 $-2.89 \pm 6.94 \text{deg}$, 실패 시 $3.02 \pm 8.60 \text{deg}$ 로 모든 국면에서 유의한 차가 나타났다. 동체의 좌우 경각은 발구름 국면 성공 시 $350.01 \pm 2.72 \text{deg}$, 실패 시 $352.55 \pm 3.36 \text{deg}$ 로 발구름 국면에서만 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

VI. 결 론

본 연구는 배구 스파이크 서브 동작의 성공과 실패 시의 동작을 발구름 국면, 임팩트 전기 국면, 임팩트 후기 국면으로 분석하여 과학적 훈련이나 지도에 기초자료를 제시하고자 실시하였다. 분석한 내용을 보면 스파이크 서브 시 국면별 소요시간, 신체중심 위치, 신체 중심속도, 상지 분절의 각 변인, 하지분절의 각 변인, 동체의 전후·좌우경각변인을 분석하여 도출된 결론은 다음과 같다.

1. 국면별 소요시간은 발구름 국면 > 임팩트 전기 국면 > 임팩트 후기 국면 순으로 나타났으며, 총 소요 시간은 성공 시 1.52 ± 0.67 초, 실패 시 1.43 ± 0.08 초로 스파이크 서브가 성공 했을 때 더 길게 나타났다.
2. 신체중심 위치변화는 임팩트 전기 국면에서 가장 높게 나타났으며, 성공했을 때 143.31 ± 2.41 cm, 실패 시 138.33 ± 9.07 cm로 스파이크 서브가 성공했을 때 신체중심 위치가 더 높게 나타났다.
3. 신체중심 속도는 전 국면에서 통계적으로 유의한 차가 나타났으며, 임팩트 전기국면에서 가장 높게 나타났고, 스파이크 서브가 실패 했을 때 더 높게 나타났다.
4. 상지관절의 각도 변화는 주관절, 견관절의 전 국면에서 스파이크 서브가 성공했을 때 각변위가 낮게 나타났다.
5. 하지관절(우, 좌)의 고관절, 무릎관절의 각도변화는 도약높이를 안정되고 최대로 하기위해 성공 시에 각변위가 적게 나타났다. 발목관절(우)는 도약 직전 성공 시 높게 나타났고, 발목관절(좌)는 실패 시 높게 나타났다.

6. 동체의 전후경각은 전 국면에서 통계적으로 유의한 차이를 보였고, 발구름 국면에서 성공 시에 실패했을 때 보다 높게 나타났으며, 나머지 국면에서는 낮게 나타났다. 동체의 좌우경각은 발구름 국면에서만 유의한 차가 나타났으며, 임팩트 전기를 제외한 나머지 국면에서 성공 시에 낮은 경각을 나타냈다.

위와 같은 결론을 종합해 보면, 스파이크 서브가 성공했을 때 총 소요 시간이 길게 나타났고, 신체중심 위치 변화는 성공 시 높게 나타났지만, 신체중심 속도는 실패 시 높게 나타났다. 하지관절의 고관절, 무릎관절은 스파이크 서브 성공 시에 낮은 각변위를 나타냈다. 이는 도약 높이를 최대로 높여 최고 정점에서 임팩트를 하고, 보다 안정적인 도약을 하기위한 것으로 사료된다.

또한 보다 심층적인 연구를 위해 스파이크 서브 시 지면반력의 영향에 따라 성공과 실패의 운동역학적 변인을 분석하여 도약 직전의 충격량에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- 강상학(2005). 프로 배구 선수들의 스파이크 서브에 관한 연구. 한국체육학회지, 44(4), 405-413.
- 강상학(2004). 배구 스파이크의 운동학적 분석. 한국체육학회지, 43(3), 769-777.
- 김정태(1998). 파워배구교본, 삼호미디어.
- 김영식(2003). 배구 오픈 스파이크 동작의 우수선수와 비우수선수의 운동역학적 비교분석. 미간행 석사학위논문. 충북대학교 교육대학원.
- 마건일, 이궁세(1977). 배구 스티레이트 스파이크의 동작 분석. 스포츠 과학연구 보고서 1호, 77-425.
- 박홍균(1994). 배구스파이크의 도움닫기와 발구름 동작 분석. 미간행 박사학위 논문. 서울대학교 대학원.
- 박홍균, 김승권(1995). 배구 스파이크의 도움닫기와 발구름 동작이 도약높이에 미치는 영향. 한국체육학회지, 34(3), 339-353
- 손원일(2008). 배구 스파이크 서브의 운동학적 분석. 한국체육학회지, 47(3), 517-524.
- 이동우, 조필환(2002) 배구의 B속공시 숙련자와 미숙련자간의 신체분절각도와 각속도에 대한 운동학적 비교분석. 한국체육교육학회지. 6(2), 220-229.
- 이동우(1984). 배구의 오픈공격과 속공동작의 생체역학적 분석. 미간행 석사학위논문. 서울대학교.
- 이종문(1993). 최신 배구 교본. 국일미디어.
- 이진택, 윤희중, 류재균(2002). 남자 높이뛰기 마지막 3보와 발구름 동작의 운동학적 분석. 한국체육학회지. 41(4). 591-599.
- 금명숙(1997). 여자 배구 스파이크시 목적타의 거리가 신체 분절의 운동학적 요인에 미치는 영향. 미간행 석사학위 논문. 한국체육대학교.
- 조용호(1994). 배구 지도서. 서울 : 태근문화사.
- 조현민(1999). 세터의 위치별 토스유형과 공격 성공율이 배구경기 승패에 미치는 영향. 미간행 석사학위 논문. 경성대 대학원.
- 정준수, 진윤수(2000). 사진으로본 배구 기초기술. 대전 : 보성출판사.
- 조필환(2007). 배구 스파이크 시 신체분절의 각도와 각속도에 대한 운동학적 분석. 한국운동역학회지. 17(1), 191-199.

- 주명덕(1987). 대퇴 및 하퇴 굴신근 근의 등속성 토크와 스파이크 도약력과의 관계. 체육연구소논집, 8(1). 45-51
- 최희남(1987). 배구의 이론과 실제. 서울 : 서강대학교 출판부.
- Alexander, M. J. L., & Seaborn, S. J.(1980). A kinesiological contribution to the takeoff of the one leg running jump for height. *Biomechanics VIII-B*, 737-745.
- Coleman, S.G.S., Bebbam, .S., & Northcott, S.R.(1976). A three dimensional cinematographical analysis of the volley ball spike. *Journal of Sports Science*, 11(4), 295-302.
- Coutts, K. D.(1982). Some biomechanical features of national team player's spike jump. *Volleyball Technical Journal*, 3, 71-73.
- Dapena, J.(1992). Biomechanical studies in the high jump and the implications to coaching. *Track and Field Quarterly Review*, 92(4), 34-38.
- Dusault, C.(1980). Application of Biomechanical Analysis of a Skilled and Non-skilled Spike jump for Improvement of the Non-skilled's Basic Motor Patterns. Unpublished Undergraduate Thesis, Laurentian University.
- Hay, J.G.(1978). *The Biomechanics of sports techniques*, Printice-Hall Englewood Cliffs, NJ
- Hay, J.G.(1985). *The Biomechanics of sports techniques*, Englewood cliffs, N.J., Prentice Hall Inc.
- Samson, J., & Roy, B.(1976). Biomechanical analysis of the volleyball spike. *Biomechanics V-B*, 332-336.
- Van Soest, A.J., Rosbroeck, M.E., Huijing, P.A., & Van Ingen Schenau, G.J.(1985). A Comparison of Onelegged and Two-legged Counter Movement Jump. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol.17, (6), 634-639.
- Wielki, C., Dangre, M. (1985). Analysis of jump during the spike of volleyball. *Biomechanics IX-B*, 438-442.

<Abstract>

Kinematical analysis on the motions of the volleyball spike serve

Ko, Seung-II

Major in Physical Education

The Graduate School Of Education, Cheju National University

Cheju, Korea

Supervised by Professor Ryew, Jae-Cheong

The purpose of this study was to provide useful information for the scientific training of spike serve and instruction by analyzing movements of the successful and unsuccessful volleyball spike serve into three phases, approach run and pre-impact and post-impact. For that purpose, all kinematical variables including the elapsed time, the displacement of C.O.G, the velocity of C.O.G, the angle of the body segments in the upper and lower limbs, the titled angle of anterior-posterior and right-left of trunk were analyzed. The results obtained from this study were as follows.

1. The elapsed time in spike serve was long in order of approach run > pre-impact > post-impact. The total time in successful spike serve(1.52 ± 0.67 sec) was longer than that in unsuccessful spike serve(1.43 ± 0.08 sec).
2. At the analysis the displacement of C.O.G in spike serve by the phases, it showed that the highest phase was pre-impact and the displacement of C.O.G in successful spike serve(143.31 ± 2.41 cm) was higher than that in unsuccessful spike serve(138.33 ± 9.07 cm).

3. The velocity of C.O.G in spike serve by the phases showed significant difference statistically. The fastest phase was pre-impact and the velocity in unsuccessful spike serve was faster.
4. The angle variable of the body segments in the upper limbs at successful spike serve was smaller in all phases of elbow and shoulder joint.
5. The angle variable of the body segments in the lower limbs, a hip and knee joint, in case of successful spike serve was smaller than that of unsuccessful trial. In this result, it was considered necessary to be stable and maximal jumping height. Also, the angle variable of the right ankle joint was larger in success, while that of the left ankle joint was larger in unsuccess
6. The titled angle of anterior-posterior on approach run phase was larger in the successful trial and also, that of right-left was smaller in the successful trial, which showed significant difference statically

The result of this study was showed that the total time was longer, the displacement of C.O.G was higher and the velocity of C.O.G was slower in the successful volleyball spike serve than in the unsuccessful trial. Through the experiments, it was necessary to be stable and maximal jumping height and to impact at the maximum height for the successful spike serve.