creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:24011-200000263961

2013년 8월

박사학위 논문

남자 배구선수들의 후위공격(Back Attack) 동작에 대한 운동역학적 분석

조선대학교 대학원

체육학과

윤 충 걸

남자 배구선수들의 후위공격(Back Attack) 동작에 대한 운동역학적 분석

The Biomechanical Analysis of the
Back Attack on Men's Volleyball Players

2013년 8월 23일

조선대학교 대학원

체육학과

윤 충 걸

남자 배구선수들의 후위공격(Back Attack) 동작에 대한 운동역학적 분석

지도교수 이 경 일

이 논문을 이학박사학위 신청논문으로 제출함

2013년 4월

조선대학교 대학원

체육학과

윤 충 걸

윤충걸의 박사학위 논문을 인준함

위원장　조선대학교 교수　윤 오남 인

위　원 광주교육대학교 교수 이동우 인

위　원　조선대학교 교수 송 채 훈 인

위　원 춘천교육대학교 교수 이 기청인

위　원　조선대학교 교수　이 경 일 인

2013년　6월

조선대학교 대학원

목 차

표 목 차 ····· iii
그림목차 ····· iv
영문초록 ····· V

I. 서론 ····· 1
A. 연구의 필요성 ····· 1
B. 연구의 목적 ····· 3
C. 연구의 내용 ····· 3
D. 연구의 제한점 ····· 4
E. 용어의 정의 ····· 4

II. 이론적 배경 ····· 6
A. 배구 스파이크의 이해 ····· 6
B. 스파이크 동작의 단계 ····· 8
C. 지면반력 ····· 10
D. 근전도 ····· 10
E. 선행연구 고찰 ····· 11

III. 연구방법 ····· 14
A. 연구대상자 ····· 14
B. 실험 도구 ····· 15
C. 실험 절차 ····· 17
D. 자료 분석 ····· 19

Ⅳ. 연구 결과 ····· 24
A. 국면(Phase)에 따른 변화량 차이 ····· 24
B. 시점(Event)에 따른 차이 분석 ····· 45

Ⅴ. 논의 ····· 54

Ⅵ. 결론 ····· 59

참고 문헌 ····· 61

표 목 차

표 1. 연구대상자의 일반적 특성 ····· 14
표 2. 연구 도구 ····· 15
표 3. 발구름 국면의 소요시간, 신체중심이동변위 차이 ····· 25
표 4. 발구름 국면의 각도 변화량 차이 ····· 26
표 5. 발구름 국면의 속도 변화량 차이 ····· 27
표 6. 오른발 지면반력 차이 ····· 28
표 7. 발구름 국면의 최대 근활성도 ····· 29
표 8. 도약 국면의 소요시간, 신체중심이동변위 차이 ····· 30
표 9. 도약 국면의 각도 변화량 차이 ····· 31
표 10. 도약 국면의 속도차이 ····· 32
표 11. 도약 국면의 왼발최대지면반력 차이 ····· 33
표 12. 도약 국면 최대 근활성도 ····· 34
표 13. 백어택 국면의 소요시간, 신체중심이동변위 차이 ····· 35
표 14. 백어택 국면의 각도 변화량 차이 ····· 36
표 15. 백어택 국면의 속도 변화량 차이 ····· 37
표 16. 백어택 국면의 상지 각속도 변화량 차이 ····· 38
표 17. 백어택 국면의 최대 근활성도 ····· 39
표 18. 팔로우드로우 국면의 소요시간, 신체중심이동변위 차이 ····· 40
표 19. 팔로우드로우 국면의 각도 변화량 차이 ····· 41
표 20. 팔로우드로우 국면의 속도차이 ····· 42
표 21. 임팩트 시 손 합성 속도와 볼 합성 속도, 타점 높이 ····· 43
표 22. 팔로우 드로우 국면의 최대 근활성도 ····· 44

그림목차

그림 1. 실험도구 배치 ····· 15
그림 2. 통제점 틀 및 발판 설치 ····· 17
그림 3. 표면전극 부착 ····· 18
그림 4. 자료 분석 절차 흐름도 ····· 19
그림 5. 인체관절 좌표 ····· 20
그림 6. 도약 및 발구름 구간 ····· 22
그림 7. 각도 정의 ····· 22
그림 8. 성공여부에 따른 신체중심전후 이동변화 ····· 45
그림 9. 성공여부에 따른 신체중심수직이동변화 ····· 46
그림 10. 슬관절 변화 양상 ····· 47
그림 11. 상체후경각 변화 양상 ····· 48
그림 12. 견관절각 변화 양상 ····· 49
그림 13. 주관절각 변화 양상 ····· 50
그림 14. 신체중심 수평속도 변화 양상 ····· 51
그림 15. 신체중심 수직속도 변화 양상 ····· 52
그림 16. 오른발과 왼발의 지면반력 차이 ····· 53

ABSTRACT

The Biomechanical Analysis of the Back Attack on Men's Volleyball Players

Yun, Chung-Keol
Advisor : Prof. Kyung-Il. Lee, PhD
Department of Physical Education,
Graduate School, Chosun University

The purpose of this study is to do a comparative analysis of the biomechanical differences depending on success and failure when men's volleyball players do back attack. To this end, five college volleyball players were selected. Six infrared cameras and two force platforms were used to derive kinetic variables, and time, movement of center of gravity, velocity of center of gravity, angle, angular velocity and maximum ground reaction force were calculated by using Kwon3D X program. Maximum EMG activity analysis was calculated by utilizing Noraxon Myoresearch. To identify the differences between success and failure, paired sample t-test was conducted by using SPSS 18.0, the significant level was set to .05. The conclusion obtained through the analysis of data is as follows:

1. Take-off phase

First, depending on the status of success on the take-off phase, there were significant differences in the movement of center of gravity, in case of success, forward movement appeared great.

Second, depending on the status of success on the take-off phase, there was a

significant difference in the movement of trunk extension angle.

Third, depending on the status of success on the take-off phase, there were significant differences in maximum muscular activity of the right side of erector spinae muscle, in case of success, muscular activity appeared.

2. Jumping phase

First, according to the status of success on the jumping phase, there were significant differences in the movement of trunk extension angle, in case of success, the movement of trunk expansion excise appeared a little.

Second, according to the status of success on the jumping phase, there were significant differences in the perpendicular ground reaction force of the right foot, in case of success, the perpendicular ground reaction force appeared a lot.

Third, according to the status of success on the jumping phase, there were significant differences in the perpendicular ground reaction force of the right foot, in case of success, the forward and back ground reaction force appeared a lot.

3. Back attack phase

First, depending on the status of success on the back attack phase, there were significant differences in maximum muscular activity of the right deltoid, in case of success, high muscular activity appeared.

Second, depending on the status of success on the back attack phase, there were significant differences in kinematic variables.

4. Follow-through phase

First, according to the status of success on the follow-through phase, there were significant differences in maximum muscular activity of the right rectus femoris, in case of success, high muscular activity appeared.

Second, according to the status of success on the follow-through phase, there were no significant differences in kinematic variables.

Looking at the results of the study, regarding the status of volleyball back attack's success, players should a lot of forward movement for timing adjustment on the take-off phase and it will be effective to do greatly trunk expansion movements using the erector spinae muscle that is the trunk expansion muscle. To minimize trunk expansion movements and to switch horizontal force into normal force on the jumping phase, players should use a large back ground reaction force, muscular strength of the deltoid to play a role of the muscular strength to support the shoulder can be very important on the back attack phase. Effective landing operations by using quadriceps muscle of thigh when landing will be needed on the follow-through phase.

The feature of Back attack in volleyball is to be done at a fixed distance of 3m unlike a typical attack. For this, it's necessary to learn the operations through repetitive practice, if the way to maximize technology improvement through practice is devised and integrated into players, it will be a big help in performance enhancement.

Keyword : Back Attack, EMG, Kinetic

I. 서론

A. 연구의 필요성

배구경기는 시설, 용구가 간단하고 비교적 좁은 공간에서 상대방과 신체접촉 없이 즐길 수 있는 운동으로 다른 단체 운동에 비해 안전하게 참여할 수 있는 장점이 있다. 또한 많은 인원이 동시에 즐길 수 있어서 사회인 및 직장인 참여도가 높은 스포츠 중 하나이다.

배구경기는 6명의 선수가 각 포지션에 맞는 역할을 분담하여 서브(serve)와 스파이크(spike) 같은 공격기술과 블로킹(blocking), 리시브(receive), 패스(pass)와 같은 수비를 반복하여 득점을 얻는 경기로(이상화, 2008), 서브나 블로킹과 같은 소극적 공격보다 적극적 공격인 스파이크에 의해 주된 득점이 이루어진다. 따라서 스파이크는 득점을 얻기 위한 가장 기본적이면서 중요한 기술인 동시에 실패 시 상대팀에게 점수를 잃게 되어 승패를 결정짓는 중요한 기술이므로 선수들이 습득해야 하는 중요하고도 어려운 기술이다.

스파이크는 세터가 네트 근처로 토스한 볼을 공격수가 도움닫기와 점프를 통한 공중 동작에서 팔을 스윙하여 볼을 상대 코트 지면에 닿게 하는 것으로, 도움닫기에 들어가기 전의 위치선택, 도움닫기 후 스텝을 밟기 위한 발구름 동작, 도약하여 볼을 때리는 동작, 착지 후 다음 동작을 위한 준비자세로 구분된다(조영호, 1988).

성공적인 스파이크 동작을 수행하기 위해서는 동작에 대한 공헌요소를 분석하여 이를 적용하는 것이 중요한데, 스파이크 동작에서 도약높이를 향상시키기 위해서는 하지장의 길이와 하지의 근력 및 순발력과 같은 신체적 조건과 도움닫기와 발구름 동작과 같은 기술적인 조건에 따라 결정되며(Hay, 1985; Dapena, 1988), 대퇴 신전근과 하퇴 신전근, 척추기립근과 같은 상체신전근의 강력한 근 파워가 동시에 요구된다(주명덕, 1987). 또한 도약높이는 도약 시의 속도에 따라 결정되며, 도약 시의 속도는 구름발 착지 시의 속도와 발구름 후의 속도 변화에 따라 결정된다. 그리고 구름발 착지 시의 속도는 도움닫기의 운동학적 변인에 따라 결정되며, 발구름 후의 속도는 발구름 동작의 운동학적 변인에 따라 정해지게 된다. 이와 관련된 변인은 도움닫기 구간의 속도, 신체중심의 변화, 발구름 구간의 슬관절 각도, 전・후 경각, 발구름 시간, 신체중심의 수평・수직속도 등이 있다.

현재 세계배구의 흐름은 신장을 이용한 높이와 힘의 배구, 단신의 단점을 보완하기 위한 기술배구, 스피드와 퀵 플레이를 혼합한 콤비네이션 배구로 구분할 수 있는데, 80년대부터 세계 배구 양상이 높이, 힘, 기술 3가지 모두를 갖춘 팀만이 상위권을 차지하는 결과를 보이고 있다(조주행, 2007). 우리나라는 과거 신장이 한계를 극복하고자 조직력 위주의 플레이를 전개하여 개인 기량과 팀 플레이에 의존하였다(김보람, 2010). 그러나 최근 신장의 한계를 극복하기 위해 장신 선수를 발굴, 육성하여 기존의 방식에서 힘과 높이의 배구로 전환하여 경기력을 향상시키기 위해 노력하고 있다. 따라서 세계 수준의 경기력을 갖기 위해서는 득점을 좌우하는 공격기술에 대한 과학적 연구가 필요하다.

배구 공격 기술 중 스파이크 동작에 대한 운동학 및 역학적 분석에 대한 선행연구는 김철휘(1987)의 오픈 스파이크 동작 분석, 강상학(2009)의 국내 프로배구 용병선수들의 분석, Dusault(1980)의 기본 운동 형태 개선을 위한 배구 스파이크 도약의 숙련자와 비숙련자간의 생체역학적 분석, 이동우(1984)의 배구 오픈 공격과 속공 동작의 생체역학적 분석, 이기청 등(2000)의 C속공 동작 분석, 위길량(2002)의 오픈 공격과 B속공의 운동 역학적 분석, 문지환(2003)의 스파이크 동작에 대한 역학적 분석, 김영식(2003)의 오픈 스파이크 동작의 우수선수와 비우수선수의 운동역학적 비교 분석 등이 있다. 또한 스파이크 동작 전에 이루어지는 도움닫기와 발 구름, 스파이크 후에 이루어지는 착지 시 동작에 관한 선행연구로 송미희(2009)의 점프 유형에 따른 분석과 Coutts(1982)의 스파이크 시 사용되는 두가지 발구름 유형의 운동학적 힘과 접지 속도에 대한 차이규명, 박홍균(1994)이 남자 대학 배구선수의 도움닫기와 발구름 동작 분석에 관하여 연구하였다. 스파이크 시 나타나는 EMG에 관한 연구는 Oka 등(1975)의 견관절 근육들의 활동과 동작 패턴 연구가 이루어졌다.

이와 같이 지금까지의 배구 스파이크에 대한 선행연구들의 결과로 볼 때 배구 스파이크에 대한 운동학 및 운동역학적인 규명은 많이 보고되었으나 대부분이 개별적인 변인 규명이 이루어졌다. 그리고 다른 종류의 스파이크를 서로 비교하거나 숙련자와 비숙련자의 동작을 비교하는 연구가 이루어졌다. 특히 공격 형태 중 가장 어려운 기술이며 화려한 기술로서 관중들을 매료시키는 후위공격에 대한 운동역학적 연구는 이루어지지 않는 실정이다. 따라서 우수 선수들을 대상으로 스파이크 기술의 최고 난이도인 후위공격을 운동학 및 운동역학적 변인과 함께 근활동을 평가할 수 있는 EMG를 포함하여 성공과 실패 시 나타나는 변

인들의 차이를 비교 분석하는 것은 선수들의 경기력 향상과 배구 경기의 질적 향상을 도모할 수 있는 보다 구체적인 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

B. 연구의 목적

본 연구의 목적은 남자배구경기에서 중요한 공격수단이 되며 득점력이 높다고 판단되는 후위공격의 성공과 실패를 운동역학적으로 비교분석하는 것이다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 다음과 같은 구체적인 목표를 설정하였다.

1. 운동학적 변인

운동학적 변인은 힘과는 관계없이 동작의 기하학적인 면에 초점을 둔 결과를 설명하는 변인으로서 소요시간, 신체중심의 위치와 속도, 관절각, 상체후경각, 관절 각속도, 손속도와 볼 속도가 있으며 이를 구간과 국면별로 분석하였다.

2. 운동역학적 변인의 변화

운동역학적 변인은 운동의 원인이 되는 힘을 통하여 나타나는 결과를 설명하는 변인으로서 지면반력과 근활성도(EMG)가 있으며, 이를 후위공격 구간의 하위 구간별로 분석하였다.

C. 연구의 내용

이 연구는 후위공격의 성공과 실패의 차이에 따른 동작의 차이를 알아보는 데 있다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 다음과 같이 연구내용을 설정하였다.

1) 각 국면별 소요시간의 차이를 분석하였다.

2) 각 국면별 신체중심 이동변위 차이를 분석하였다.

3) 각 국면별 속도 변화 차이를 분석하였다.

4) 각 시점별 각도(슬관절각, 상체후경각, 견관절각, 주관절각)와 각속도(상체후경각, 견관절각, 주관절각)변화 차이를 분석하였다.

5) 임팩트 시점에서 손 속도와 볼 속도, 타점 위치 차이를 분석하였다.

6) 발구름 구간에서의 지면반력 차이를 분석하였다.

7) 국면별 근활성도의 차이를 분석하였다.

D. 연구의 제한점

1) 본 연구의 연구 대상은 광주지역 남자 대학 배구선수 5명으로 오른손잡이 선수로 제한하였다.

2) 인체를 인체분절 질량의 중심의 위치가 변하지 않는 강체(rigid body)로 간주하였다.

3) 연구 대상의 후위공격 동작은 촬영 시 최대 역량을 발휘한 것으로 간주하였으나, 시합 상황과 동일하다고 볼 수 없다.

E. 용어의 정의

1) 발구름 : 왼발 touch-down부터 오른발 touch-down까지 두발이 지면에 닿기까지를 의미함.

2) 도약 : 두발이 지면에 touch-down되는 시점부터 두발이 take-off되는 시점까지를 의미함.

3) 백어택 : 두발이 take-off되는 시점부터 손이 볼에 임팩트 되는 시점까지를 의미함.

4) 팔로우드로우 : 볼 임팩트 이후 두발이 지면에 착지하기까지를 의미함.

5) 주관절 각 : 전완과 상완이 이루는 상대적 각도이며 신전될수록 각도가 커지는 것을 의미함.

6) 견관절 각 : 상완과 몸통(trunk)각이 이루는 상대적 각도이며 신전될수록 각도가 커지

는 것을 의미함.

7) 상체후경각 : 몸통(trunk)과 대퇴가 이루는 상대적 각도이며, 신전될수록 각도가 작아지는 것을 의미함.

8) 슬관절 각 : 대퇴와 하퇴가 이루는 상대적 각도이며, 신전될수록 각도가 커지는 것을 의미함.

Ⅱ. 이론적 배경

이 연구의 목적은 배구 공격 기술 중 난이도가 가장 높은 후위공격에 대한 성공과 실패를 운동역학적으로 비교 분석하여 기술 및 경기력 향상에 도움을 주는 데 있다. 이와 관련한 이론적 배경 및 선행연구 고찰은 다음과 같다.

A. 배구 스파이크의 이해

배구에서 스파이크는 공격의 정점이고, 배구의 꽃이라고 불리며 공격에서 가장 큰 위력을 발휘한다. 스파이크란 못을 '내리치다'라는 뜻으로 공격하는 선수가 효과적인 스텝과 점프에 힘입어 높이 뛰어올라 네트 근처로 보내진 볼을 상태 코트에 강력하게 내리치는 공격의 형태로 공격기술 중 가장 강력한 공격이다. 득점을 올리고 경기에서 승리하기 위한 기술 중 가장 중요한 요소라고 할 수 있다. 이러한 스파이크가 잘 이루어지려면 도움닫기, 점프, 팔의 스윙이 조화를 이루어야한다. 도움닫기는 어느 공격 형태이든 3~4보의 발 구름으로 진행되며, 3보 스텝이 가장 많이 사용되고 있다. 점프는 보다 높게 하기 위해 발목은 80~90°, 무릎은 100~110° 정도, 허리는 90° 정도 구부려서 힘차게 펴면서 점프하여 정확한 팔의 스윙 동작에 의해 스파이크 되어야 한다(김택수, 2003). 그래야만 스파이커가 의도한대로 상대방 코트에 자유자재로 공격할 수 있기 때문이다.

배구 경기에서 리시브 능력도 있고 좋은 토스를 보내는 세터가 있어도 공격 중 스파이크가 제대도 이루어지지 않으면 경기에서 승리를 할 수 없다. 그만큼 팀이 득점을 올리기 위한 수단으로 스파이크를 중요시하고 있다. 이와 관련해 안병수(2007)는 배구 경기에 다양한 공격 변화가 승패 요인이 될 수 있으며 공격 형태, 즉 다양한 스파이크 공격이 승부를 결정하는데 중요하다고 보고하고 있다. 이처럼 배구에서 스파이크는 중요하며 이와 관련된 연구가 지속적으로 이루어져야 한다.

1. 스파이크의 종류

스파이크는 4가지 종류로 분류될 수 있으며, 토스된 볼의 형태에 따라 오픈(open)공격, 퀵(quick)공격, 시간차 공격, 후위 공격으로 분류할 수 있다.

a. 오픈 공격

배구에서 가장 많이 사용되는 공격 방법으로 양사이드에서 때리는 가장 강력한 스파이크다. 공격의 높이, 강도, 스윙의 빠르기가 매우 중요하며 특히, 공격수의 강타로 점수를 올리는 정면승부에 주로 사용된다. 서브리시브가 불안하거나 어렵게 수비된 공을 올리는 경우가 주로 오픈 스파이크로 연결된다. 크로스와 스트레이트로 강타를 때리는 것만이 오픈 스파이크의 전부가 아니며, 블로킹이나 수비위치에 따라서 공격의 코스는 다양하게 변할 수 있다. 특히, 블로킹을 속이는 연타나 페인트 공격을 적절히 구사하게 되면, 스파이크의 효과가 극대화된다.

b. 퀵 공격

퀵 스파이크는 높이 세트된 볼을 때리는 오픈 스파이크와는 달리 상대에게 빠르게 공격하여 블록이나 리시브의 타이밍을 틀어지게 하는 공격방법이다. 빠르게 공격하여 상대 블로커를 혼란시키는 공격으로 빠르면 빠를수록 상대의 블로커나 리시버가 혼란스러워한다. 완벽한 퀵 스파이크를 위해서는 세터보다 한 박자 빨리 점프하여 공중에서 볼을 기다려야하며, 공이 스파이크 범위에 오면 최대한 빠르게 때려야 한다. 이 때 세터는 공격수의 타이밍, 공격높이, 네트와의 거리 등을 종합적으로 판단하여 세트해 주어야 한다.

c. 시간차 공격

속공인 척 하면서 두 명의 공격수 중 한 명이 속임 동작을 취하고 상대편으로 하여금 블로킹을 하도록 유인하여 블로킹이 내려올 때 다른 위치에 있는 공격수가 점프하여 때리는

공격방법이다.

d. 후위공격

스파이크의 한 형태로서 가장 어려운 공격 기술이며 공격력이 우수한 선수가 후위(back zone)지역에 위치하였을 때 그 선수를 활용하여 득점을 얻고자 하는 기술이 후위공격 동작이며, 또한 후위공격 동작을 실시함으로서 공격의 다변화를 꾀할 수 있다.

B. 스파이크 동작의 단계

배구에서 스파이크 동작을 세분하면, 도움닫기(approach), 도약(jumping), 스파이크(spike), 팔로우 드로우(follow through)로 나눌 수 있다. 스파이크 동작은 운동의 기본요소인 달리기, 뛰기, 던지기 등이 복합적으로 일어나는 것으로 타이밍도 중요한 요인이 된다. 일반적으로 대부분의 선수들은 코트의 중앙보다는 측면(오른쪽 또는 왼쪽)에서 공격하는 것을 좋아하는 경향이 있다. 그러나 우수한 선수가 되기 위해서는 어떤 위치에서도 공격을 성공시킬 수 있는 능력을 갖추고 있어야 한다.

1. 도움닫기(approach)

공격수는 리시브 된 볼이 세터의 손에 패스되는 순간 준비 자세를 취해야 한다. 이때 공격수와 네트와의 거리는 3~4m가 적당하다. 그리고 그 순간에 마음속으로 볼을 때릴 높이와 코스를 결정하며, 공격수는 볼이 세터의 손을 떠나는 순간 2~3보의 도움닫기를 하여 점프 할 자세를 취한다. 일반적으로 선수들은 제자리에서 점프하는 것 보다 몇 발자국 뛰어나와 점프하는 것이 효과적인데 이는 수축력이 단축성(concentric)수축이 신장성(eccentric)수축 직후에 일어날 때가 더 크기 때문이다(Tennant, 1982).

Alexander와 Seaborn(1980)에 의하면 보폭의 길이가 같으면 수평방향으로의 운동을 초래할 수 있고, 이는 신체의 전방흐름을 막고 상방으로 향하게 하여 최대 높이를 달성할 수 있

기 때문에 발구름 전 3보 분석 시 두 번째 보폭이 가장 길고, 마지막 보폭은 아주 짧고 빠르게 붙어져야 한다고 보고하였다.

2. 도약(jumping)

Coleman(1976)은 타점 높은 스파이크를 하기 위해서는 수평력을 효과적으로 수직력으로 전환시킬 수 있어야 한다고 하였다. 배구에서 스파이크를 하기 위해 사용되는 도약 방법에는 diver's hurdle법과 close-step법 등 2가지가 있다. diver's hurdle법은 다이빙 선수가 스프링보드에서 도움닫기 할 때와 같은 다리 동작을 하는 방법으로 두발을 동시에 구르는 방법이다. 이에 비해 close-step법은 똑같이 두 발로 구르지만 시간적 차이가 있다. 즉 한발이 먼저 도약하고, 다음 발은 첫 발이 뛰어 오르는 순간 도약을 시작하여 몸의 상승작용을 도와주는 역할을 한다. close-step법은 역학적 효율 면에서 diver's hurdle법 보다 더 좋다고 할 수 있다. 발을 구를 때에 주의해야 할 것은 발이 지면에 닿는 순간 신체의 무게중심이 발보다 뒤쪽에 있어야 한다(Richad, 1980).

3. 스파이크(spike)

Hay(1978)는 도약 한 후 몸이 정점에 도달하게 되면 몸을 곧게 펴고 볼을 때리는 팔의 팔꿈치는 야구에서 볼을 던질 때와 같이 활모양이 되어야 한다. 스파이크 동작은 도약 시 올려진 반대 팔을 끌어내리는 동작에서부터 시작된다. 반대 팔을 위로 올렸다 내리는 동작은 볼을 때리는 팔의 신전력을 증가시켜 주는 역할을 한다. 손바닥은 곧게 펴고 팔을 스윙할 때는 팔꿈치가 팔목보다 먼저 이동되어야 한다. 볼을 때리는 순간 손목을 이용해 볼에 회전이 생기게 하고 이때 몸은 pike 자세가 되어야 하는데, 그 이유는 볼에 톱스핀을 가해 회전력이 생기게 하면 공의 저항으로 인해 비행거리가 짧아져 득점성공률이 높아지기 때문이다.

4. 팔로우 드로우(follow through)

팔의 스윙은 볼을 때리고 난 후에도 지속되는데, 이 때 손이 네트에 닿지 않도록 주의해야 한다. 또한 착지 시에는 발목과 무릎을 굽혀 충격을 완화시켜서 배구선수들의 운동 수행능력을 끌어 올릴 수 있어야 한다. 어느 운동에서든 팔로우 드로우가 중요한 요인이 되고 있으나 배구에서의 팔로우 드로우는 볼이 날아가는 방향을 결정해줄 뿐 아니라 배구선수들의 기술 향상과 경기력 향상에 도움을 준다.

C. 지면반력

최대 수직 지면반력은 클로스 스텝 스타일 점프가 체중의 3.53배, 홉 스타일 점프가 체중의 3.80배, 최대 수직 지면반력은 클로스 스텝 스타일 점프가 수평 후방으로 체중의 0.95배, 홉 스타일의 점프가 체중의 0.91배의 크기로 작용하였으며, 최대 좌우 지면반력은 2가지 점프유형 모두에 있어서 미세한 크기로 나타났고 2가지 점프유형 간에는 최대 수평 지면 반력의 경우에만 위험률 5%수준에서 클로스 스텝 스타일 점프가 홉 스타일 점프보다 크게 나타났으며, 최대 좌우 및 최대 수직 지면반력의 경우에는 유의한 차이가 나타나지 않으며, 이러한 결과는 클로스 스텝 스타일 점프의 경우 홉 스타일 점프보다 도움닫기에 의한 전방 수평력을 상대적으로 크게 제동하였기 때문에 보고하였다(주명덕・곽창수, 1997).

Coutts(1982)는 86명의 배구 선수를 대상으로 지면 반력기를 이용하여 홉 점프와 크로스 스텝 점프의 시간, 힘, 도약 속도를 측정한 결과, 홉 스타일 점프에서의 충격량은 흡수 국면 시 186 N, 추진 국면 시 68 N, 크로스 스텝 점프시에는 흡수 국면에서 183 N, 추진 국면 시 34 N, 으로 나타났다고 보고하였다. 또한 스파이크 시 사용되고 있는 점프 유형에 따른 점프 높이의 차이는 보이지 않았지만, 최고 힘(peak force)과 접근 속도(approach velocity)에 차이가 나타나므로 이를 근거로 피로를 줄이거나 전술적인 면에 이용해야 한다고 하였다. 그리고 배구 경기 중 발생하는 부상은 피로 누적과 관계가 있기 때문에, 이를 예방하기 위해서는 효율적으로 사용해야 한다고 주장하였다.

D. 근전도(EMG)

근전도는 근력을 평가하는 지표로, 근육이 수축할 때 신경자극의 전달에 의해서 일정한 활동전위가 발생하는데, 이때 나타나는 전기적 신호가 매우 미약하기 때문에 이를 전기적으로 증폭시켜 근의 수축정도를 기록한다. 운동단위(motor unit)는 전각세포, 축삭, 근신경 접합부로 구성되어 있고, 모든 근섬유는 축삭에 의해 지배된다. 하나의 축삭은 동시에 탈분극을 일으켜 근섬유에 임펄스를 전달하고, 탈분극은 운동단위 활동전위라는 전기적인 활동을 일으키며, 근전도의 그래프로 나타난다. 근수축에 의해 발생하는 전기신호를 근전도라 하며, 골격근이 활동적 수축을 하는 동안 순간적으로 나타나는 활동전위를 근전도상에 기록할 수 있는데, 근섬유에 발생한 특수한 전기적 신호를 활동전위라 한다. 근전도 방법은 표면전극과 침전극을 이용하여 측정할 수 있는데, 침전극은 근육 내에 위치시키며, 분리된 파형의 획득이 가능하고 심근의 분석이 가능하지만 삽입의 위험성이 있고 이동의 불편함과 고통이 있다는 단점이 있다(Winter, 1990). 표면전극은 침전극에 비해 위험요소가 적으나 단지 표면기록만이 가능하다는 단점이 있다. 하지만 적용이 편리하고 간편하여 스포츠 관련 실험에 많이 이용되고 있으며 스포츠계에서 경기력 향상과 기술발전에 많은 영향을 미쳐왔다. 따라서 본 연구에서는 국내 배구 동작에 관한 운동역학적 연구에서 실시하지 않은 표면 근전도를 이용해 각 국면별 최대근전도를 분석하였다.

E. 선행연구

배구와 관련된 선행 연구들을 살펴보면, 공격형태, 수비형태, 서브, 경기분석 등으로 나눌 수 있으며, 공격형태의 논문들 중 스파이크에 관련된 선행 연구를 살펴보면 다음과 같다.

강상학(2004)은 여대생 8명을 대상으로 스파이크 동작을 분석한 결과 도약 구간의 발 구름 시간을 0.31초로 보고하였으며, 체공구간의 전체소요시간의 비는 임팩트 전과 후에 대략 3:2로 보고하였다. 도약 순간에 양발의 체중 분배는 선수들 마다 많이 차이가 나타났으며, 오른발과 왼발의 비율은 54:46으로 오른발에 체중을 더 많이 실은 것으로 나타났다. 양발의 포지션 형태는 대략 왼발이 앞쪽이고 오른발이 뒤쪽인 전후 방향과 대각선 방향의 두 가지 타입으로 나타났고, 도약 직전 좌족각은 45°정도가 적절하며, 우족각은 좌족각 보다 조금 작

은 각도가 적절하다고 보고하였다.

문지환(2004)은 남자대학선수 7명을 대상으로 한 배구 스파이크 동작의 운동학적 분석을 보면 발 구름 구간의 신체 중심의 변위는 일반 도약 경기와 비슷한 양상을 보이는 것으로 보고하였으며, 발 구름 구간에서 족관절각, 습관절각, 고관절각은 발 구름 초기에 서로 다른 경향을 보이다가 발구름 구간 후반에는 같은 경향을 보이는 것으로 나타난다고 보고하였다.

박홍균(1994)은 배구 스파이크의 도움닫기와 발 구름 동작 분석의 결과 신체 중심의 변화는 높이뛰기의 형태와 비슷한 양상을 보이고 있으며, 발구름 구간의 왼발구름이 착지 시 수평 속도를 수직 속도로 바꾸는 과정의 효율성을 보다 극대화하기 위해서는 발 구름 시간, 착지 시 우족각 및 슬관절각을 작게 하여야 한다고 보고하였다.

이형준(2009)은 여중생 선수 4명을 대상으로 발 구름 유형에 따른 스파이크 동작을 연구한 결과 스파이크 동작의 소요시간은 클로스 스텝과 모둠발스텝이 같았으나 발 구름 구간 및 체공 구간과 총 이동거리는 클로스 스텝이 더 길게 나타났고, 발 구름 구간에서의 하지 관절각은 클로스 스텝에서 더 작게 나타나 모둠발 스텝에 비하여 무릎과 허리등 하지 관절을 더 많이 이용한 것으로 보고하였다. 또한 도움닫기 구간의 수평 속도와 Take-off시 수직 속도는 클로스 스텝에서 더 빠른 것으로 나타났으며, 브레이크 역할은 모둠발 스텝에서는 오른발이 클로스 스텝에서는 왼발이 더 많이 한 것으로 보고하였다.

조주행(2007)은 배구 레프트 스파이크와 라이트 스파이크를 비교한 결과 레프트 스파이크가 라이트 스파이크에 비해 동작 소요시간이 더 길게 나타났다고 했으며, 보폭 또한 레프트 스파이크가 더 멀리 점프한 것으로 나타났다. 도움닫기 구간의 수평 속도는 레프트 스파이크가 3.40m/s, 라이트 스파이크가 3.21m/s로 나타나 레프트 스파이크가 더 빠르게 나타난다고 보고하였다.

조필환(2007)은 남자 대학생과 고등학생을 대상으로 스파이크시 신체분절의 각도와 각속도에 대한 연구 결과 스파이크 동작을 효율적으로 하기 위해서는 도약 착지 시 슬관절 각도를 줄이고 도약시의 슬관절 각도를 크게 함으로서 안정된 도약을 하여야 하며 타구 시 팔과 손의 중심이 인체 중심 앞에 오도록 하기 위해 주관절을 펴고 손목관절 각도를 줄여야 하며 견관절과 고관절 각도를 증가 시켜야 한다고 보고하였다. 또한 상지의 근위 분절에서 원위 분절의 각속도의 전이가 점진적으로 빠른 증가가 이뤄져야 한다고 보고하였다.

Alexander와 Seaborn(1980)에 의하면 도약 전 발 구름 3보만을 분석한 결과 두 번째 보폭이 가장 길고 마지막 보폭은 아주 짧고 빠르게 붙어져야 한다고 보고하고 있으며, 이에 따른 이유로는 보폭의 길이가 같으면 수평 방향으로의 운동을 초래할 수 있으며 그렇게 함으로써 신체의 전방 흐름을 막고 상방으로 향하게 하여 최대 높이를 달성할 수 있기 때문이라고 보고 하였다.

Khalil(1977)은 배구 도약 높이에 대해서 도움닫기와 도약의 효과를 분석한 결과 도움닫기의 스텝이 증가할수록 도약 높이와는 무관하다고 보고하였으며, 여자 선수의 경우 스텝의 수와 도약 높이와는 무관하다고 보고하였다.

Ovacharek과 Mulberg(1975)는 숙련자 및 비숙련자 배구 선수들 10명을 실험 장면과 경기 장면으로 각각 나누어 스트레인 게이지와 KS-50-B 카메라로 촬영하여 발 구름 전 3보와 발 구름 구간의 스텝 형태를 시간별로 분석한 결과, 각 스텝의 시간은 발 구름 전 1보가 평균 0.39초, 발 구름 전 2보는 평균 0.50초, 발 구름 전 3보는 평균 0.54초라고 보고하였다. 이와 같이 많은 선행연구들에서 배구의 다양한 공격형태에 따른 운동학적 및 운동역학적 분석을 실시하여 정량화된 자료를 제시하였다. 본 연구에서는 지금까지 많은 연구가 이루어지지 않은 백어택 동작의 운동역학적 분석을 통해 선수 및 지도자들에게 도움을 줄 수 있는 정량화된 자료를 도출 하고자 한다.

Ⅲ. 연구방법

이 연구는 남자배구 경기에서 중요한 공격 수단 중 하나이면서도 난이도가 높은 동작인 후위공격에 대한 성공과 실패를 운동역학적으로 비교 분석하여 경기력 향상을 위한 기초자료로 활용하는데 그 목적이 있다. 이를 위한 연구대상 및 연구도구, 실험절차, 자료 분석 등은 다음과 같다.

A. 연구대상자

본 연구의 대상자는 G광역시 C대학의 남자 배구선수 중 연구의 목적을 이해하고 적극적으로 참여할 의사가 있는 오른손잡이 선수 5명으로 하였다. 연구대상자의 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

대상자	연 령(세)	키(㎝)	몸무게(㎏)	경력(year)
S1	21	195	85	9
S2	20	186	82	9
S3	20	185	90	10
S4	21	187	71	9
S5	22	184	71	9
M±SD	20.8±0.74	187.4±3.92	79.8±7.62	9.20±0.40

B. 실험 도구

본 연구에서 사용된 장비는 3차원 영상촬영을 위한 장비와 지면반력 측정 장비, EMG 측정장비, 자료 분석 장비 등 4종류로 구분된다. 이에 대한 구체적인 내용은 <표 2>와 같다.

표 2. 연구 도구

구분	모델명	제 조 회 사
Computer	Multi capture Controller	LG(korea)
Camera	Motion Master 200	Visol(korea)
Control object	Control Point Box(1m×3m×3m)	Visol(korea)
Force Plate form	AMTI	AMTI(USA)
A/D converter	VSAD-101-USB-V2	Visol(korea)
EMG analyzer	Noraxon Myoresearch	Noraxon(USA)
Motion analysis software	Kwon 3D XP	Visol(korea)

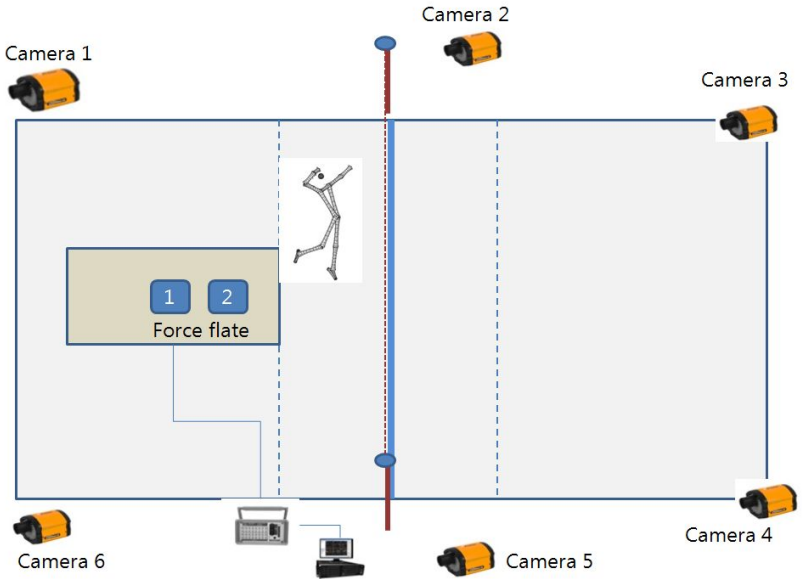


그림 1. 실험도구 배치

1. 영상촬영 장비(Camera)

고해상도 비디오카메라(Motion Master 200) 6대를 사용하여 후위공격 동작을 촬영하였다. 노출시간은 1/500초, 카메라의 속도는 초당 200프레임(200Hz)으로 설정하였다.

2. 지면반력 측정 장비(Force platform)

지면반력의 측정은 지면반력기(AMTI ORG-6, AMTI) 2대를 사용하였다. 지면반력 자료는 2000 Hz로 수집하였다.

3. 아날로그/디지털 변환기(Analog/Digital converter)

A/D 변환기는 아날로그 신호인 전압을 컴퓨터가 인식할 수 있는 디지털 정보로 변환시켜주는 장치이다. A/D 변환기에 의해 숫자화 된 전압정보는 컴퓨터의 기억장치에 저장되고, 분석 프로그램에 의해 읽혀져 여러 가지 지면반력 변인을 계산하는데 사용되었다.

4. 근전도 측정장비(EMG)

근전도 측정장비는 Telemyo 2400T(Noraxon, USA)를 이용하여 측정하였으며, 샘플링 주파수는 1500 Hz로 설정하였다.

5. 영상분석 및 자료분석 장비(Motion analyzer)

영상 분석 및 자료 분석 장비는 Kwon3D XP 프로그램을 이용하였다. 영상 자료에 나타난 통제점 및 인체분절 중심점의 2차원 좌표값을 디지타이징을 통하여 3차원 좌표값을 얻어 좌표값 계산, 변인 계산, 자료의 수정 등 모든 변인을 분석한다.

C. 실험절차

실험 전 공간좌표 설정을 위해 연구 대상자의 후위공격 동작을 완전히 포함할 수 있는 (가로 1m, 세로 3m, 높이 3 m)의 통제점틀(control object)을 <그림 2>과 같이 설치하였다.

지면반력기 설치는 도움닫기가 끝나는 마지막 스텝에 설치하여 지면반력기 위에서 점프가 실시 될 수 있도록 하였다. 지면반력기의 높이를 맞추고 선수들의 동선을 확보하기 위하여 미리 제작한 가로 2m, 세로 5 m의 높이 0.2 m 발판을 설치하였으며, 네트는 0.2m 상방향으로 더 높게 설치하였다(그림 2).

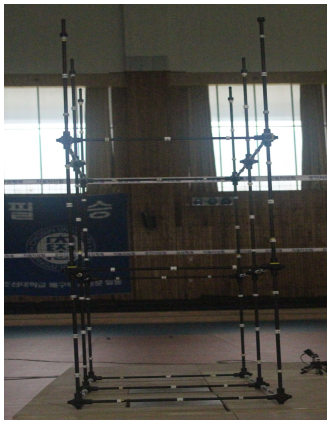


그림 2. 통제점 틀 및 발판 설치

실험에 참가한 연구대상자 모두는 실험 중 발생할 수 있는 부상을 예방하기 위해 10분간의 스트레칭과 준비운동을 실시하였으며, 스파이크 동작을 5회 이상 연습을 실시한 후 실험에 참여하였다. 연구대상자 모두 신발을 착용한 상태에서 스판 재질의 운동복을 착용하고 연구대상자의 신체부위에 직경 1.4cm 크기의 반사마커 18개를 부착하여 수치화 작업에서 올 수 있는 오차를 최소화 할 수 있게 하였다. 근전도 분석을 위해 대퇴사두근(quadriceps) 중 표면에 위치한 양측 대퇴직근(rectus femoris)과 양측 척추기립근

(erector spinae), 우측 삼각근(deltoid) 등 5개의 표면전극(surface electrode)을 부착하였으며(Cram, Kasman & Holtz, 1988), 부착하기 전 측정오류를 최소화하기 위하여 알코올로 깨끗이 소독하였다(그림 3).

그림 3. 표면전극 부착

실험에서 영상 선정은 수차례 동작 중 지면반력기를 정확하게 밟고 본인과 코치, 연구자의 생각에 가장 정확하게 후위공격이 되었다고 생각되는 동작을 선정하였으며, 성공 시기는 배구공이 목표지점(코트 중앙 가로 1 m, 세로 1 m)을 정확하게 타격한 것을 선정하였고, 실패 시기는 공격 형태는 이루어졌지만 목표지점에 정확히 타격하지 못하고 라인 아웃되는 시기를 선정하였다.

D. 자료분석

자료분석은 6대의 카메라에서 촬영된 영상의 좌표화, 3차원 좌표값의 계산과 스무딩, 그리고 기타 각종 분석을 위해 Kwon3D XP를 사용하였다. 기준좌표계는 진행방향을 y축, 지면에 대해 수직 방향을 z축, 좌우 방향을 x축으로 각각 설정하였다. 자료분석 흐름도는 <그림 4>와 같다.

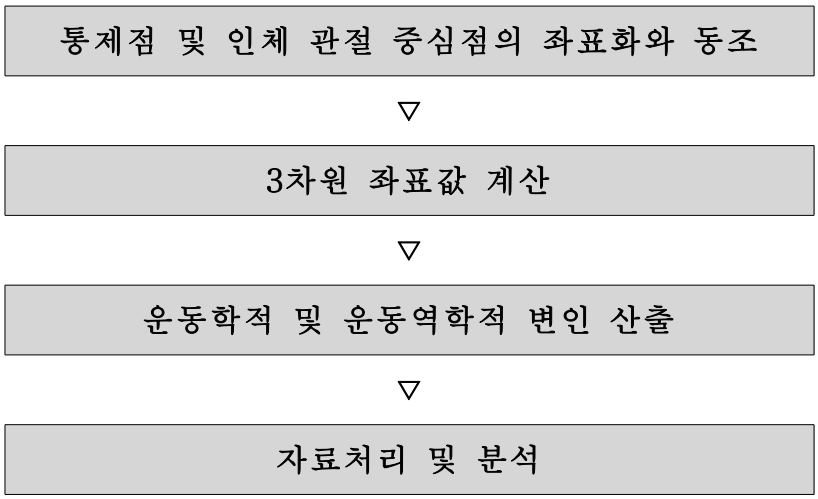


그림 4. 자료 분석 절차 흐름도

1. 통제점 및 인체분절 중심점의 좌표화

통제점 좌표화는 동작 시작 위치의 왼쪽 하단에 있는 기준점으로 좌표화한 후 통제점 기준점에 총 56개의 통제점을 순서대로 좌표화 하였다. 인체 관절 중심점은 공을 포함하여 19개로 하였고, 인체모형 설계의 순으로 <그림 5>와 같이 인체관절점을 좌표화 하였다. 본 연구에서 인체분절 지수(Body Segment Paramenters)는 Plagenhoef, Evans & Abdelnour(1983)의 자료를 사용하였다.

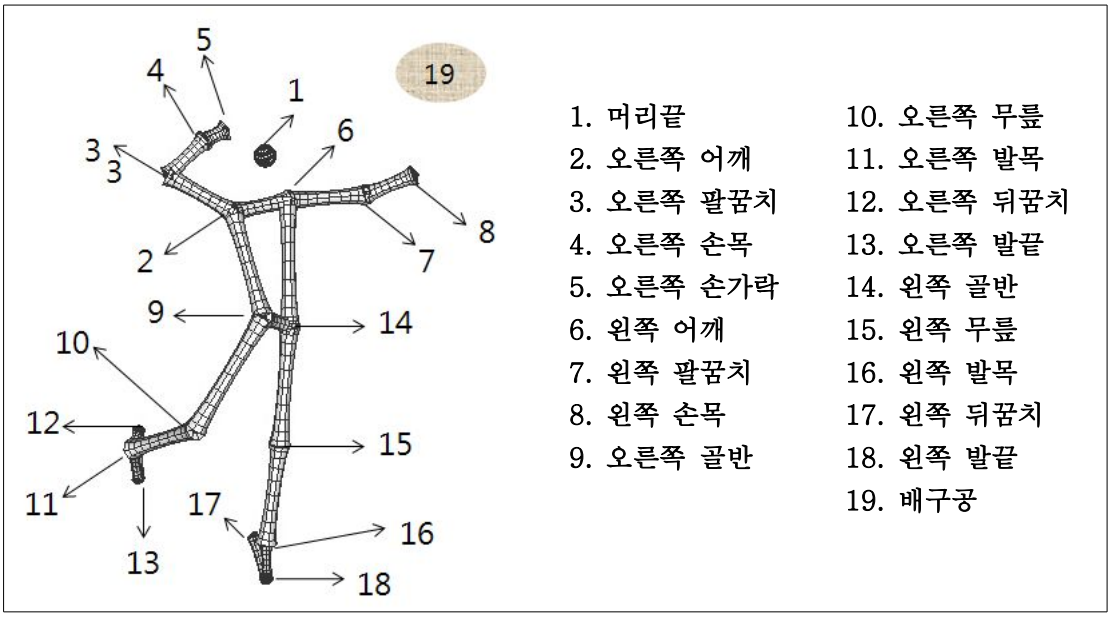


그림 5. 인체관절 좌표

2. 3차원 좌표 계산

영상 분석에서는 통제점 및 인체관절의 중심점의 좌표화와 동조를 거쳐 Abdel-Aziz Karara(1971)의 일차선형변환방법(DLT : Direct Linear Transformation method)을 이용해 3차원 좌표를 계산하였다. 노이즈(nosie)를 제거하기 위하여 저역 통과 필터

(lowpass filter) 방법으로 스무딩을 하였으며, 차단 주파수는 6Hz로 설정하였다(Ford 등, 2003). 자료에 대한 평활화(smoothing)는 Kwon3D XP 프로그램을 사용하였다.

3. 국면(Phase) 및 이벤트(Event) 구분

본 연구에서는 후위공격 동작의 전체 구간을 <그림 6>와 같은 국면과 이벤트로 설정 하였다.

a. 국면(phase)

제1국면- 이벤트 1에서 이벤트 2까지 : 발구름 국면
제2국면- 이벤트 2에서 이벤트 3까지 : 도약 국면
제3국면- 이벤트 3에서 이벤트 4까지 : 백어택 국면
제4국면- 이벤트 4에서 이벤트 5까지 : 팔로우드로우 국면

b. 이벤트(Event)

이벤트 1 : 오른발이 지면에 접지 되는 순간
이벤트 2 : 왼발이 지면에 접지되는 순간
이벤트 3 : 왼발이 지면에 이지되는 순간
이벤트 4 : 손이 공이 임팩트 되는 순간
이벤트 5 : 임팩트 후 두발이 지면에 접지되는 순간

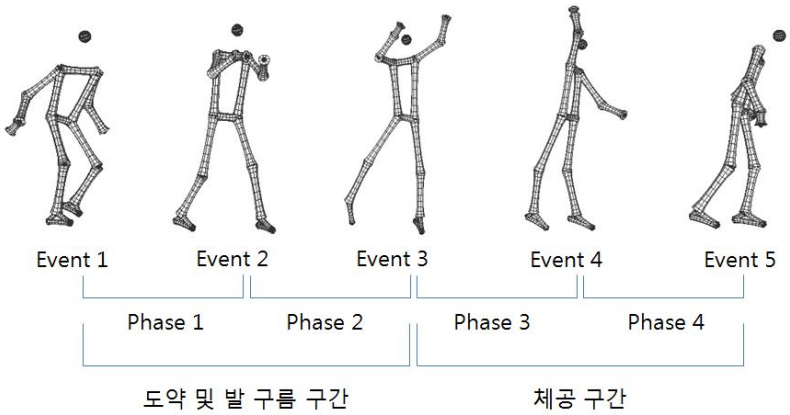
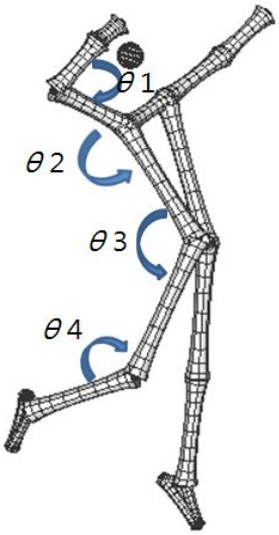


그림 6. 도약 및 발구름 구간

3. 각도 정의

본 연구에서의 각도 정의는 <그림 7>과 같다.



θ 1. 주관절 각
θ 2. 견관절 각
θ 3. 상체후경각
θ 4. 슬관절각

그림 7. 각도 정의

4. 근전도 변인 분석

실험을 통하여 측정된 근전도 자료는 활동근육으로부터 EMG module을 통해 직접 전달된 전기적 신호 그 자체의 파형이므로 MyoRearch XP ME 1.06 프로그램을 이용하여 적분근전도 데이터를 취득하였다. Raw Data 내에 포함된 노이즈를 제거하기 위하여 50~250Hz Band-pass를 이용하여 필터링한 후 음의 값을 양의 값으로 처리하기 위하여 정류(full wave rectification)하였다. 본 실험에서는 성공과 실패에 따른 차이를 알아보기 위해 일반적으로 사용되는 표준화기법인 최대정적수축(MVIC)방법 보다 각 구간에서 나타난 최대 근전도(μV)를 분석하였다.

5. 통계분석

통계처리는 SPSS 18.0을 이용하여 성공과 실패 시 나타나는 운동학적 변인과 운동역학적 변인의 평균 차이를 검증하기 위하여 대응 t-test를 실시하였다. 통계적 유의수준은 .05로 설정하였다.

Ⅳ. 연구결과

후위공격의 성공과 실패 동작의 차이를 알아보기 위해서 비디오카메라를 이용한 영상분석과 지면반력, 그리고 근전도 분석을 하였다. 국면과 시점에 따른 동작의 차이를 분석한 결과는 다음과 같다.

A. 국면(phase)에 따른 변화량 차이

1. 발구름 국면(제1국면) 차이

a. 성공여부에 따른 발구름 국면의 소요시간, 신체중심전후이동변위, 신체중심수직이동변위 차이

두발이 지면에 닿기까지의 소요시간과 신체중심의 움직임 차이를 알아보기 위해서 후위공격의 성공여부에 따른 제1국면의 소요시간, 신체중심전후이동변위, 신체중심수직이동변위의 차이에 대해서 분석하였다. 이에 대한 결과는 <표 3>과 같다.

<표 3>에서와 같이 성공 시 도약 국면 소요시간이 0.19±0.01 초, 실패 시는 0.18±0.01 초로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다($p>.05$). 신체중심전후이동변위는 성공 시 0.49±0.05 m, 실패 시 0.40±0.09 m로 성공 시 전방으로 0.09 m 긴 이동거리를 보였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p<.05$). 신체중심수직이동변위는 성공 시 0.01±0.02 m, 실패 시 -0.01±0.02 m로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다($p>.05$).

표 3. 발구름 국면의 소요시간, 신체중심이동변위 차이

성공 여부	연구 대상자	소요시간(sec)	전후신체중심 이동변위(m)	수직신체중심 이동변위(m)
성공	s1	0.20	0.48	-0.02
	s2	0.17	0.54	0.04
	s3	0.19	0.55	0.01
	s4	0.20	0.45	-0.01
	s5	0.19	0.49	0.02
	M±SD	0.19±0.01	0.49±0.05	0.01±0.02
실패	s1	0.20	0.30	-0.04
	s2	0.18	0.50	0.02
	s3	0.17	0.49	0.02
	s4	0.20	0.32	-0.02
	s5	0.19	0.41	0.01
	M±SD	0.18±0.01	0.40±0.09	-0.01±0.02
t		.408	3.862*	.623

*p<.05

b. 성공여부에 따른 발구름 국면의 각도 변화량 차이

두발이 지면에 닿기까지의 각도 변화량 차이를 알아보기 위해서 성공여부에 따른 슬관절, 상체후경각, 견관절, 주관절 각도 변화량 차이를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <표 4>와 같다.

표 4. 발구름 국면의 각도 변화량 차이 단위 : deg

성공 여부	연구대상자	슬관절	상체후경각	견관절	주관절
성공	s1	21.81	-55.62	67.47	-1.94
	s2	54.27	-38.86	39.74	-1.75
	s3	32.89	-43.06	53.23	1.12
	s4	22.02	-39.05	72.4	2.42
	s5	35.64	-32.48	49.57	2.99
	M±SD	33.32±11.87	-41.81±8.59	56.48±13.34	0.56±2.30
실패	s1	18.5	-25.37	65.63	-2.02
	s2	46.54	-38.14	42.68	-1.81
	s3	36.93	-35.96	53.55	-1.54
	s4	22.38	-29.99	68.99	3.74
	s5	30.35	-3.55	49.95	4.91
	M±SD	30.94±10.07	-26.60±13.83	56.16±10.97	0.65±3.37
t		.384	2.143*	.013	.357

*p<.05

<표 4>에서와 같이 성공 시 슬관절 각도변화량은 33.32±11.87 °, 실패 시는 30.94±10.07 °로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 상체후경각은 성공 시 -41.81±8.59 °, 실패 시 -26.60±13.831 °로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<.05). 견관절 각은 성공 시 56.48±13.34 °, 실패 시 56.16±10.97 °로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다. 주관절 각은 성공 시 0.56±2.30 °, 실패 시 0.65±3.37 °로 통계적 유의차는 없었다.

c. 성공여부에 따른 발구름 국면의 신체중심 속도 변화량 차이

두발이 지면에 닿기까지의 속도 변화량 차이를 알아보기 위해서 성공여부에 따른 신체중심속도 변화량차이를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <표 5>와 같다.

표 5. 발구름 국면의 속도 변화량 차이 단위 : m/s

성공 여부	연구 대상자	전후 신체중심속도	수직 신체중심속도
성공	s1	0.58	1.21
	s2	0.29	0.03
	s3	0.62	1.09
	s4	0.33	1.2
	s5	0.91	1.72
	M±SD	0.54±0.25	1.05±0.62
실패	s1	0.64	1.26
	s2	0.41	0.05
	s3	0.7	0.98
	s4	0.5	0.74
	s5	0.75	1.11
	M±SD	0.60±0.14	0.82±0.47
t		.691	1.234

<표 5>에서와 같이 성공 시 신체중심전후이동속도 변화는 0.54±0.25 m/s, 실패 시는 0.60±0.14 m/s로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 신체중심수직이동속도는 성공 시 1.05±0.62 m/s, 실패 시 0.82±0.47 m/s로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05).

d. 성공여부에 따른 오른발 지면반력 차이

오른발에서 발생하는 최대지면반력의 차이를 알아보기 위해서 성공여부에 따른 오른발 최대수직지면반력과 최대전후지면반력 차이를 분석하였으며, 결과를 일반화하기 위해 체중으로 나누어 분석하였다. 이에 대한 결과는 <표 6>과 같다.

표 6. 오른발 지면반력 차이 단위 : N(N/BW)

성공 여부	연구 대상자	최대 수직지면반력(N/BW)	최대 전후수직지면반력(N/BW)
성공	s1	1564.13(1.87)	-46.73(-0.05)
	s2	1467.45(1.82)	-130.67(-0.16)
	s3	1609.17(1.82)	-156.85(-0.17)
	s4	1505.53(2.16)	-198.79(-0.28)
	s5	1497.76(2.15)	-75.12(-0.10)
	M±SD	1532.80±56.95(1.96±0.17)	-121±54.86(-0.15±0.08)
실패	s1	1501.46(1.80)	-39.03(-0.04)
	s2	1467.31(1.82)	-128.67(-0.16)
	s3	1596.70(1.81)	-70.85(-0.08)
	s4	1429.78(2.05)	-176.70(-0.25)
	s5	1310.76(1.88)	-51.10(-0.07)
	M±SD	1461.20±104.44(1.87±0.10)	-93.27±51.83(-0.12±0.08)
t		2.041	.829

<표 6>에서와 같이 성공 시 오른발 최대수직지면반력은 1532.80±56.95 N(1.96±0.17 N/BM), 실패 시는 1461.20±104.44 N(1.87±0.10 N/BM)로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 최대전후지면반력은 성공 시 -121±54.86 N(-0.15±0.08 N/BM), 실패 시 -93.27±51.83 N(-0.12±0.08 N/BM)로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05).

e. 성공여부에 따른 발구름 국면의 최대근활성도 차이

발구름 국면에서 나타나는 최대 근활성도의 차이를 알아보기 위해서 후위 공격의 성공여부에 따른 발구름 국면의 근활성도 차이를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <표 7>과 같다.

표 7. 발구름 국면의 최대 근활성도 단위 : μN

성공 여부	연구 대상자	우측 대퇴직근	좌측 대퇴직근	우측 척추기립근	좌측 척추기립근	우측 삼각근
성공	s1	61.2	142.1	35.8	98.4	75.5
	s2	88.9	56.2	63.2	56.0	52.1
	s3	56.5	82.1	48.1	103.5	43.5
	s4	121.4	93.2	28.5	77.2	69.2
	s5	79.5	125.5	55.6	59.9	80.0
	M±SD	81.9±25.9	98.82±34.30	46.24±14.16	79.00±24.87	63.06±13.67
실패	s1	55.1	99.5	15.9	45.2	76.2
	s2	79.4	64.3	33.1	67.5	81.7
	s3	91.8	76.5	25.1	70.8	59.9
	s4	64.2	105.5	18.1	32.1	18.7
	s5	93.4	79.5	39.5	47.3	72.7
	M±SD	76.78±16.8	85.06±17.04	26.30±9.96	52.58±14.53	28.96±21.94
t		.341	.862	2.569*	1.762	.124

<표 7>에서와 같이 성공 시 우측대퇴직근은 81.9±25.90 μN, 실패 시는 76.78±16.8 μN로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 좌측대퇴직근은 성공 시 98.82±34.30 μN, 실패 시 85.06±17.04 μN로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다.(p>.05). 우측척추기립근은 성공 시 46.24±14.16 μN, 실패 시 26.30±9.96 μN로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다(p<.05). 좌측척추기립근은 성공 시 79.00±24.87 μN, 실패 시 52.58±14.53 μN로 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 우측 삼각근은 성공 시 63.06±13.67 μN, 실패 시 28.96±21.94 μN로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05).

2. 도약 국면(제2국면) 차이

a. 성공여부에 따른 도약 국면의 소요시간, 신체중심전후이동변위, 신체중심수직이동변위 차이

도약 국면의 소요시간과 신체중심 변화를 알아보기 위하여 후위 공격의 성공여부에 따른 도약 국면의 소요시간, 신체중심전후이동변위, 신체중심수직이동변위 차이를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <표 8>과 같다.

표 8. 도약 국면의 소요시간, 신체중심이동변위 차이

성공 여부	연구 대상자	소요시간(sec)	신체중심 전후이동변위(m)	신체중심 수직이동변위(m)
성공	s1	0.12	0.29	0.30
	s2	0.14	0.31	0.31
	s3	0.12	0.34	0.33
	s4	0.11	0.35	0.29
	s5	0.13	0.28	0.33
	M±SD	0.12±0.01	0.31±0.03	0.31±0.02
실패	s1	0.15	0.48	0.33
	s2	0.15	0.35	0.32
	s3	0.14	0.43	0.34
	s4	0.12	0.30	0.30
	s5	0.12	0.39	0.31
	M±SD	0.13±0.02	0.39±0.06	0.32±0.01
t		-1.809	-1.914	.749

<표 8>에서와 같이 성공 시 소요시간이 0.12±0.011 초, 실패 시는 0.13±0.02 초로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 신체중심전후이동변위는 성공 시 0.31±0.03 m, 실패 시 0.39±0.06 m로 실패 시 전방으로 0.07 m 긴 이동거리를 보였으나, 통계적 유의차는 없었다(p<.05). 신체중심수직이동변위는 성공 시 0.31±0.02 m, 실패 시 0.32±0.01 m로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05).

b. 성공여부에 따른 도약 국면의 각도 변화량 차이

도약국면의 각도 변화량 차이를 알아보기 위해서 성공여부에 따른 슬관절, 상체후경각, 견관절, 주관절 각도 변화량 차이를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <표 9>와 같다.

표 9. 도약 국면의 각도 변화량 차이 단위 : deg

성공 여부	연구 대상자	슬관절	상체후경각	견관절	주관절
성공	s1	-8.14	-14.59	97.7	-6
	s2	11.38	-37.32	95.07	-6.48
	s3	-2	-35.5	98.02	-1.44
	s4	6.99	-25.3	86.43	-2.55
	s5	4.57	-26.87	93.52	-5.69
	M±SD	2.56±7.69	-27.91±9.10	94.14±4.70	-4.43±2.27
실패	s1	-7.48	-55.65	91.46	-6.12
	s2	13.26	-40.91	94.53	-7.06
	s3	0.25	-41.98	97.44	-3.48
	s4	3.1	-34.49	88.2	-3.07
	s5	9.36	-57.34	94.2	-5.42
	M±SD	3.69±8.07	-46.07±9.95	93.16±5.49	-5.03±1.17
t		.513	2.781*	.211	.643

*p<.05

<표 9>에서와 같이 성공 시 슬관절 각도 변화량은 2.56±7.69 °, 실패 시는 3.69±8.07 °로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 상체후경각은 성공 시 -27.91±9.10 °, 실패 시 -46.07±9.95 °로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<.05). 견관절 각은 성공 시 94.14±4.70 °, 실패 시 93.16±5.49 °로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다. 주관절 각은 성공 시 -4.43±2.27 °, 실패 시 -5.03±1.17 °로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다.

c. 성공여부에 따른 도약 국면의 신체중심속도 변화량 차이

도약국면에서 나타나는 신체중심의 속도 차이를 알아보기 위해서 성공여부에 따른 신체중심속도 차이를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <표 10>와 같다.

표 10. 도약 국면의 속도차이 단위 : m/s

성공 여부	연구 대상자	신체중심 전후속도	신체중심 수직속도
성공	s1	-0.66	1.82
	s2	-0.33	3
	s3	-0.46	2.08
	s4	-0.51	1.74
	s5	-0.86	1.45
	M±SD	-0.56±0.20	2.01±0.59
실패	s1	-0.73	1.68
	s2	-0.42	2.95
	s3	-0.36	2.05
	s4	-0.74	2.09
	s5	-0.86	1.88
	M±SD	-0.62±0.21	2.13±0.48
t		.608	.439

<표 10>에서와 같이 성공 시 신체중심전후이동속도 변화량은 -0.56±0.20 m/s, 실패 시는 -0.62±0.21 m/s로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 신체중심수직이동속도는 성공 시 2.01±0.59 m/s, 실패 시 2.13±0.48 m/s로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05).

d. 성공여부에 따른 왼발 지면반력 차이

왼발에서 발생하는 최대지면반력의 차이를 알아보기 위해서 성공여부에 따른 왼발 최대수직지면반력과 최대전후지면반력 차이를 분석하였으며, 결과를 일반화하기 위해 체중으로 나누어 분석하였다. 이에 대한 결과는 <표 11>과 같다.

표 11. 도약 국면의 왼발최대지면반력 차이 단위 : N(N/BW)

성공 여부	연구 대상자	최대 수직지면반력(N/BW)	최대 전후지면반력(N/BW)
성공	s1	1833.15(2.20)	-591.25(-0.70)
	s2	1965.41(2.44)	-577.31(-0.71)
	s3	2056.39(2.33)	-701.74(-0.79)
	s4	1899.98(2.72)	-621.86(-0.89)
	s5	1812.41(2.60)	-554.67(-0.79)
	M±SD	1913.46±99.96(2.46±0.12)	-609.36±57.08(-0.78±0.07)
실패	s1	1812.16(2.17)	-521.27(-0.62)
	s2	1901.44(2.36)	-512.61(-0.63)
	s3	1996.86(2.26)	-622.71(-0.70)
	s4	1797.91(2.58)	-510.54(-0.73)
	s5	1792.84(2.57)	-500.69(-0.71)
	M±SD	1860.24±88.17(2.39±0.18)	-533.56±50.36(-0.68±0.04)
t		3.467*	7.766**

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

<표 11>에서와 같이 성공 시 왼발 최대수직지면반력은 1913.46±99.96 N(2.46±0.12 N/BM) 실패 시는 1860.24±88.17 N(2.39±0.18 N/BM)로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<.05). 최대전후지면반력은 성공 시 -609.36±57.08 N(-0.78±0.07 N/BM), 실패 시 -533.56±50.36 N(-0.68±0.04 N/BM)로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<.05).

e. 성공여부에 따른 도약 국면의 최대근활성도 차이

도약국면에서 나타나는 최대 근활성도의 차이를 알아보기 위해서 후위 공격의 성공여부에 따른 발구름 국면의 근활성도 차이를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <표 12>와 같다.

표 12. 도약 국면 최대 근활성도 단위 : μN

성공 여부	연구 대상자	우측 대퇴직근	좌측 대퇴직근	우측 척추기립근	좌측 척추기립근	우측 삼각근
성공	s1	286.3	127.9	169.2	34.8	250.43
	s2	156.8	256.8	89.4	101.3	130.6
	s3	198.7	112.4	115.4	78.5	223.4
	s4	330.6	196.7	218.7	53.4	97.5
	s5	134.5	206.7	197.4	84.5	168.8
	M±SD	442.76 ±117.65	180.1 ±53.24	158.02 ±80.85	70.5 ±23.56	348.29 ±90.90
실패	s1	198.4	104.5	97.5	76.4	196.4
	s2	123.2	220.4	176.4	231.3	87.9
	s3	249.5	257.6	132.4	67.4	176.4
	s4	235.4	125.4	187.1	114.6	119.2
	s5	198.9	97.5	135.6	175.4	132.5
	M±SD	201.08 ±43.81	161.60 ±64.11	145.8 ±32.43	92.63 ±56.23	142.48 ±56.23
t		1.537	1.964	.971	.279	1.502

<표 12>에서와 같이 성공 시 우측대퇴직은 442.76±117.65 μN, 실패 시는 201.08±43.81 μN로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 좌측대퇴직은 성공 시 180.1±53.24 μN, 실패 시 161.60±64.11 μN로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다.(p>.05). 우측척추기립근은 성공 시 158.02±80.85 μN, 실패 시 145.8±32.43 μN로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 좌측척추기립근은 성공 시 70.5±23.56 μN, 실패 시 92.63±56.23 μN로 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 우측 삼각근은 성공 시 348.29±90.90 μN, 실패 시 142.48±56.23 μN로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05).

3. 백어택 국면(제3국면) 차이

a. 성공여부에 따른 백어택 국면의 소요시간, 신체중심전후이동변위, 신체중심수직이동변위 차이

백어택 국면의 소요시간과 신체중심 변화를 알아보기 위하여 후위 공격의 성공여부에 따른 도약 국면의 소요시간, 신체중심전후이동변위, 신체중심수직이동변위 차이를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <표 13>과 같다.

표 13. 백어택 국면의 소요시간, 신체중심이동변위 차이

성공 여부	연구 대상자	소요시간(sec)	신체중심 전후이동변위(m)	신체중심 수직이동변위(m)
성공	s1	0.33	0.71	0.46
	s2	0.30	0.63	0.41
	s3	0.32	0.65	0.40
	s4	0.32	0.70	0.47
	s5	0.31	0.74	0.43
	M±SD	0.31±0.01	0.68±0.04	0.43±0.03
실패	s1	0.33	0.62	0.44
	s2	0.29	0.65	0.40
	s3	0.31	0.68	0.39
	s4	0.31	0.71	0.45
	s5	0.32	0.59	0.43
	M±SD	0.32±0.01	0.65±0.04	0.42±0.02
t		1.000	1.198	.671

<표 13>에서와 같이 성공 시 소요시간이 0.31±0.01 초, 실패 시는 0.32±0.01 초로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 신체중심전후이동변위는 성공 시 0.68±0.04 m, 실패 시 0.65±0.04 m로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 신체중심수직이동변위는 성공 시 0.43±0.03 m, 실패 시 0.42±0.02 m로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05).

b. 성공여부에 따른 백어택 국면의 각도 변화량 차이

백어택 국면의 각도 변화량 차이를 알아보기 위해서 성공여부에 따른 슬관절, 상체후경각, 견관절, 주관절 각도 변화량 차이를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <표 14>와 같다.

표 14. 백어택 국면의 각도 변화량 차이 단위 : deg

성공 여부	연구 대상자	슬관절	상체후경각	견관절	주관절
성공	s1	10.94	20.98	39.13	59.93
	s2	9.9	14.02	39.54	47.79
	s3	1.43	22.91	34.93	50.91
	s4	7.3	12.13	42.07	54.86
	s5	2.54	11.24	39.24	52.72
	M±SD	6.43±4.27	16.25±5.33	38.98±2.56	53.24±4.54
실패	s1	7.11	16.88	42.01	59.38
	s2	8.43	24.78	41.26	46.87
	s3	3.36	19.75	33.06	54.25
	s4	5.65	19.42	40.35	54.59
	s5	1.66	28.33	37.82	58.52
	M±SD	5.24±2.74	21.83±4.62	38.90±3.62	54.72±4.95
t		.861	1.477	.065	.115

<표 14>에서와 같이 성공 시 슬관절 각도 변화량은 6.43±4.27 °, 실패 시는 5.24±2.74 °로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 상체후경각은 성공 시 16.25±5.33 °, 실패 시 21.83±4.62 °로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 견관절 각은 성공 시 38.98±2.56 °, 실패 시 38.90±3.62 °로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다. 주관절 각은 성공 시 53.24±4.54 °, 실패 시 54.72±4.95 °로 통계적 유의차는 없었다.

c. 성공여부에 따른 백어택 국면의 신체중심속도 변화량 차이

백어택 국면에서 나타나는 신체중심의 속도 차이를 알아보기 위해서 성공여부에 따른 신체중심속도 차이를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <표 15>와 같다.

표 15. 백어택 국면의 속도 변화량 차이 단위 : m/s

성공 여부	연구 대상자	신체중심전후속도	신체중심수직속도
성공	s1	0.92	-3.03
	s2	0.91	-3
	s3	1.11	-3.17
	s4	1.08	-2.93
	s5	0.96	-2.94
	M±SD	0.99±0.09	-3.03±0.09
실패	s1	0.9	-2.9
	s2	0.83	-2.95
	s3	0.89	-3.02
	s4	1.04	-2.81
	s5	1.18	-3.01
	M±SD	0.96±0.14	-2.94±0.08
t		.359	.965

<표 15>에서와 같이 성공 시 신체중심전후이동속도 변화량은 0.99±0.09 m/s, 실패 시는 0.96±0.14 m/s로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 신체중심수직이동속도는 성공 시 -3.03±0.09 m/s, 실패 시 -2.94±0.08 m/s로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05).

d. 성공여부에 따른 백어택 국면의 상지 각속도 변화량 차이

백어택 국면에서 나타나는 상지관절의 각속도 차이를 알아보기 위해서 성공여부에 따른 상체후경각속도, 견관절 각속도, 주관절 각속도 변화량 차이를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <표 16>과 같다.

표 16. 백어택 국면의 상지 각속도 변화량 차이 단위: deg/s

성공 여부	연구 대상자	상체후경각	견관절	주관절
성공	s1	517.96	-395.2	567.92
	s2	410.82	-477.88	522.93
	s3	501.36	-451.17	496.27
	s4	485.85	-390.09	666.37
	s5	466.43	-488.15	602.95
	M±SD	476.48±41.35	-440.49±45.75	572.28±67.12
실패	s1	527.04	-378.3	608.68
	s2	457.34	-492.96	466.11
	s3	495.37	-447.84	417.26
	s4	491.47	-375.99	599.4
	s5	528.55	-451.95	568.62
	M±SD	499.95±29.41	-429.90±50.87	532.02±85.54
t		1.367	.323	1.012

<표 16>에서와 같이 성공 시 백어택 국면의 상체후경각속도 변화는 476.48±41.35 °/s, 실패 시는 499.95±29.41 °/s로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 견관절 각속도 변화량은 성공 시 -440.49±45.75 °/s, 실패 시 -429.90±50.87 °/s로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 주관절 각속도 변화량은 성공 시 572.28±67.12 °/s, 실패 시 532.02±85.54 °/s 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05).

e. 성공여부에 따른 백어택 국면의 최대근활성도 차이

백어택 국면에서 나타나는 최대 근활성도의 차이를 알아보기 위해서 성공여부에 따른 최대 근활성도 차이를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <표 17>과 같다.

표 17. 백어택 국면의 최대 근활성도 단위 : μN

성공 여부	연구 대상자	우측 대퇴직근	좌측 대퇴직근	우측 척추기립근	좌측 척추기립근	우측 삼각근
성공	s1	242.5	142.5	188.3	218.9	279.1
	s2	331.73	107.8	214.3	245.6	187.4
	s3	198.3	210.5	167.3	328.4	234.1
	s4	221.3	176.4	151.3	411.2	253.4
	s5	302.4	130.8	233.4	256.4	310.4
	M±SD	259.24 ±50.10	153.6± 36.05	190.92 ±29.95	291.1 ±69.71	252.88 ±41.56
실패	s1	285.6	123.3	231.3	201.3	219.4
	s2	321.4	89.6	180.8	194.5	154.5
	s3	199.7	186.5	121.3	301.3	194.5
	s4	231.5	214.7	216.7	245.2	210.4
	s5	375.4	219.7	195.7	197.4	223.4
	M±SD	282.72 ±62.62	149.28 ±53.45	189.16 ±38.08	246.83 ±80.72	200.44 ±25.02
t		.814	.451	.092	.631	4.532**

<표 17>에서와 같이 성공 시 우측대퇴직은 259.24±50.10 μN, 실패 시는 282.72±62.62 μN로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 좌측대퇴직은 성공 시 153.6±36.05 μN, 실패 시 149.28±53.45 μN로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다.(p>.05). 우측척추기립근은 성공 시 190.92±29.95 μN, 실패 시 189.16±38.08 μN로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 좌측척추기립근은 성공 시 291.1±69.71 μN, 실패 시 246.83±80.72 μN로 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 우측 삼각근은 성공 시 252.88±41.56 μN, 실패 시 200.44±25.02 μN로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다(p<.05).

4. 팔로우드로우 국면(제4국면) 차이

a. 성공여부에 따른 팔로우드로 국면의 소요시간, 신체중심전후이동변위, 신체중심수직이동변위 차이

팔로우드로우 국면의 각도와 신체중심이동 변화량 차이를 알아보기 위해서 성공여부에 따른 소요시간, 신체중심전후이동변위, 신체중심수직이동변위 차이를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <표 18>과 같다.

표 18. 팔로우드로우 국면의 소요시간, 신체중심이동변위 차이

성공 여부	연구 대상자	소요시간(sec)	신체중심 전후이동변위(m)	신체중심 수직이동변위(m)
성공	s1	0.32	0.90	-0.53
	s2	0.33	0.72	-0.58
	s3	0.31	0.79	-0.49
	s4	0.33	0.83	-0.61
	s5	0.32	0.82	-0.51
	M±SD	0.32±0.01	0.79±0.04	-0.54±0.04
실패	s1	0.31	0.63	-0.51
	s2	0.33	0.69	-0.55
	s3	0.31	0.73	-0.49
	s4	0.30	0.79	-0.59
	s5	0.30	0.88	-0.52
	M±SD	0.31±0.01	0.74±0.09	-0.53±0.03
t		2.058	1.300	.424

<표 18>에서와 같이 성공 시 소요시간이 0.32±0.01 초, 실패 시는 0.31±0.01 초로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 신체중심전후이동변위는 성공 시 0.79±0.04 m, 실패 시 0.74±0.09 m로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 신체중심수직이동변위는 성공 시 -0.54±0.04 m, 실패 시 -0.53±0.03 m로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05).

b. 성공여부에 따른 팔로우드로우 국면의 각도 변화량 차이

팔로우드로우 국면의 각도 변화량 차이를 알아보기 위해서 성공여부에 따른 슬관절, 상체후경각, 견관절, 주관절 각도 변화량 차이를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <표 19>와 같다.

표 19. 팔로우드로우 국면의 각도 변화량 차이 단위 : deg

성공 여부	연구 대상자	슬관절	상체후경각	견관절	주관절
성공	s1	-18.95	4.12	-141.63	-21.00
	s2	-8.34	18.31	-152.51	-15.00
	s3	1.93	10.07	-146.58	-21.66
	s4	-6.82	17.6	-149.48	-13.88
	s5	-4.27	11.82	-147.05	-16.13
	M±SD	-7.29±7.60	12.38±5.83	-147.45±4.01	-17.53±3.56
실패	s1	-8.36	22.63	-143.08	-18.38
	s2	-6.8	13.96	-148.86	-17.65
	s3	-2.27	12.73	-145.01	-20.55
	s4	-4.52	13.24	-146.24	-12.29
	s5	-5.9	6.93	-142.99	-27.65
	M±SD	-5.57±2.31	13.89±5.62	145.23±2.44	-19.30±5.56
t		.574	.250	1.695	.474

<표 19>에서와 같이 성공 시 슬관절 각도 변화량은 -7.29±7.60 °, 실패 시는 -5.57±2.31 °로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 상체후경각은 성공 시 12.38±5.83 °, 실패 시 13.89±5.62 °로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 견관절 각은 성공 시 -147.45±4.01 °, 실패 시 145.23±2.44 °로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다. 주관절 각은 성공 시 -17.53±3.56 °, 실패 시 -19.30±5.56 °로 통계적 유의차는 없었다.

c. 성공여부에 따른 팔로우드로우 국면의 신체중심속도 변화량 차이

팔로우드로우 국면에서 나타나는 신체중심속도 차이를 알아보기 위해서 성공여부에 따른 신체중심속도 차이를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <표 20>과 같다.

표 20. 팔로우드로우 국면의 속도차이 단위 : m/s

성공 여부	연구 대상자	신체중심전후속도	신체중심수직속도
성공	s1	-0.91	-2.52
	s2	-0.85	-2.44
	s3	-1.13	-2.82
	s4	-0.99	-2.04
	s5	-1.1	-2.37
	M±SD	-0.99±0.11	-2.43±0.28
실패	s1	-0.89	-2.45
	s2	-0.76	-2.22
	s3	-0.98	-2.75
	s4	-0.8	-2.25
	s5	-1.16	-2.42
	M±SD	-0.91±0.15	-2.41±0.21
t		.756	.811

<표 20>에서와 같이 성공 시 신체중심전후이동속도는 -0.99±0.11 m/s, 실패 시는 -0.91±0.15 m/s로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 신체중심수직이동속도는 성공 시 -2.43±0.28 m/s, 실패 시 -2.41±0.21 m/s로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05).

d. 임팩트 시 손 합성속도와 볼 합성 속도, 타점 높이

임팩트 시 발생하는 손과 볼의 운동학적 변인 차이를 알아보기 위해서 손속도, 볼속도, 타점높이를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <표 21>과 같이 나타났다.

표 21. 임팩트 시 손 합성 속도와 볼 합성 속도, 타점 높이

성공여부	연구 대상자	손(m/s)	볼(m/s)	타점높이(m)
성공	s1	9.86	11.76	2.81
	s2	9.01	11.05	2.68
	s3	8.97	10.86	2.70
	s4	9.35	11.54	2.73
	s5	10.01	11.91	2.59
	M±SD	9.44±0.47	11.42±0.45	2.70±0.07
실패	s1	9.76	11.45	2.79
	s2	8.99	10.96	2.70
	s3	8.65	11.04	2.63
	s4	9.23	11.63	2.71
	s5	9.56	11.80	2.63
	M±SD	9.23±0.44	11.17±0.34	2.69±0.06
t		.698	.970	.482

<표 21>에서와 같이 임팩트 시점에서 손 합성속도는 성공시 9.44±0.47 m/s, 실패 시 9.23±0.44 m/s으로 나타났고, 통계적 유의차는 없었다. 임팩트 시점에서의 볼 합성 속도는 성공 시 11.42±0.45 m/s, 실패 시 11.17±0.34 m/s으로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다. 임팩트 높이에서는 성공 시 2.70±0.07 m, 실패 시 2.69±0.06 m로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다.

e. 성공여부에 따른 팔로우 드로우 국면의 최대근활성도 차이

팔로우 드로우 국면에서 나타나는 최대 근활성도의 차이를 알아보기 위해서 성공여부에 따른 최대 근활성도 차이를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <표 22>와 같다.

표 22. 팔로우 드로우 국면의 최대 근활성도 단위 : μV

성공 여부	연구 대상자	우측 대퇴직근	좌측 대퇴직근	우측 척추기립근	좌측 척추기립근	우측 삼각근
성공	s1	419.4	224.3	205.3	221.4	79.2
	s2	245.4	312.4	156.6	155.9	112.1
	s3	321.5	291.7	78.7	213.4	79.8
	s4	367.4	367.2	187.5	189.3	143.2
	s5	297.5	178.9	132.4	132.8	175.6
	M±SD	330.24 ±59.45	274.90 ±66.30	151.20 ±44.45	182.56 ±33.73	117.98 ±37.28
실패	s1	323.5	199.5	176.4	347.1	103.4
	s2	198.7	254.0	210.7	186.0	167.5
	s3	335.6	271.3	142.4	254.5	143.2
	s4	216.7	287.6	198.7	110.9	103.5
	s5	197.8	163.2	216.4	187.4	139.5
	M±SD	254.46 ±61.79	240.94 ±76.61	188.92 ±27.00	184.58 ±73.71	113.42 ±24.78
t		2.384*	.782	.860	.564	.497

<표 22>에서와 같이 성공 시 우측대퇴직근은 330.24±59.45 μV, 실패 시는 254.46±61.79 μV로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다(p<.05). 좌측대퇴직근은 성공 시 274.9±66.30 μV, 실패 시 240.94±76.61 μV로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다.(p>.05). 우측척추기립근은 성공 시 151.2±44.45 μV, 실패 시 188.92±27.00 μV로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 좌측척추기립근은 성공 시 182.56±33.73 μV, 실패 시 184.58±73.71 μV로 통계적 유의차는 없었다(p>.05). 우측 삼각근은 성공 시 117.98±37.28 μV, 실패 시 113.42±24.78 μV로 나타났으며, 통계적 유의차는 없었다(p>.05

B. 시점(Event)에 따른 차이 분석

1. 성공여부에 따른 신체중심전후이동 변화 양상

후위공격의 성공여부에 따른 신체중심전후이동변화를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <그림 8>과 같다.

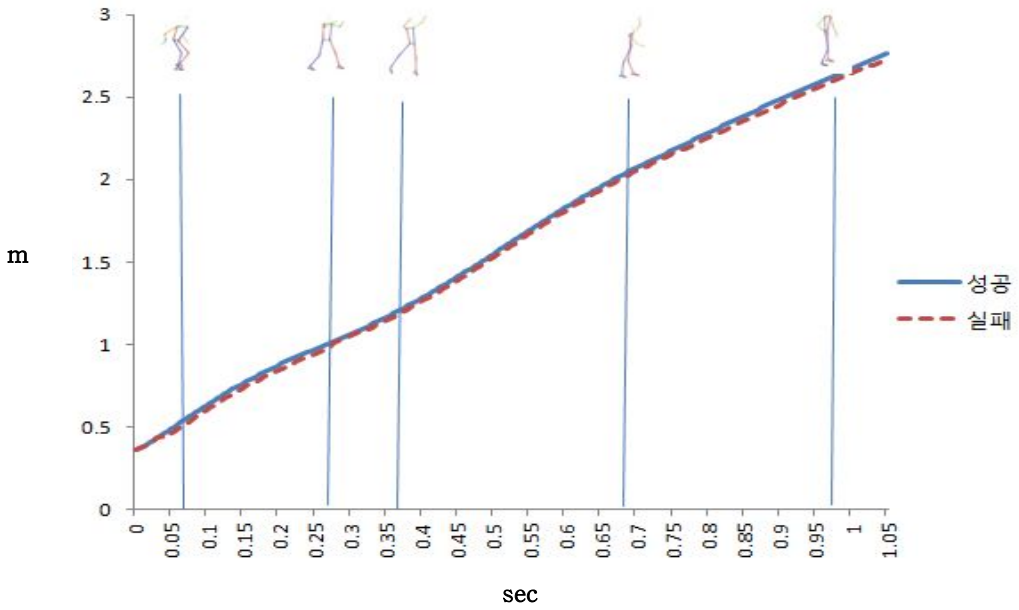


그림 8. 성공여부에 따른 신체중심전후 이동변화

<그림 8>에서 보는 바와 같이 발구름(E1-E2) 국면에서 성공과 실패에 따른 차이를 보이고 있으나, 나머지 구간에서는 성공여부에 따라 큰 차이를 보이지 않고 동일하게 변화하는 것을 볼 수 있다. 이는 초기 전방신체중심이동변위가 후위공격의 성공여부에 중요한 변인임을 알 수 있다.

2. 성공여부에 따른 신체중심수직이동 변화 양상

후위공격의 성공여부에 따른 신체중심수직이동변화를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <그림 9>과 같다.

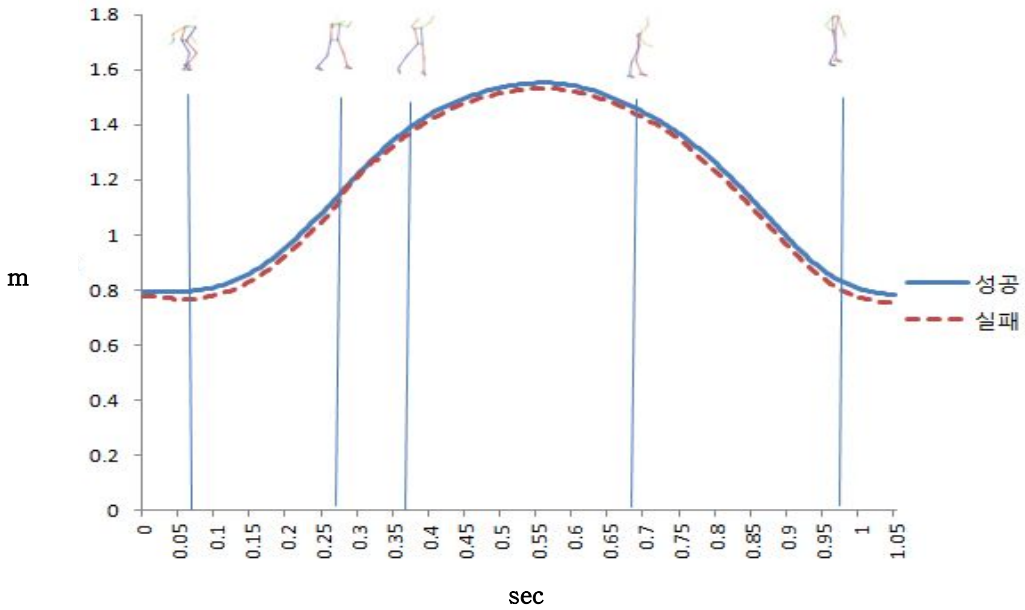


그림 9. 성공여부에 따른 신체중심수직이동변화

<그림 9>에서 보는 바와 같이 신체중심수직이동이 동일하게 변화하는 것을 볼 수 있으며, 신체중심수직이동변화가 후위공격의 성공여부에 영향을 미치지 않은 것으로 해석될 수 있다.

3. 성공여부에 따른 슬관절 변화 양상

후위공격의 성공여부에 따른 슬관절 변화를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <그림 10>과 같다.

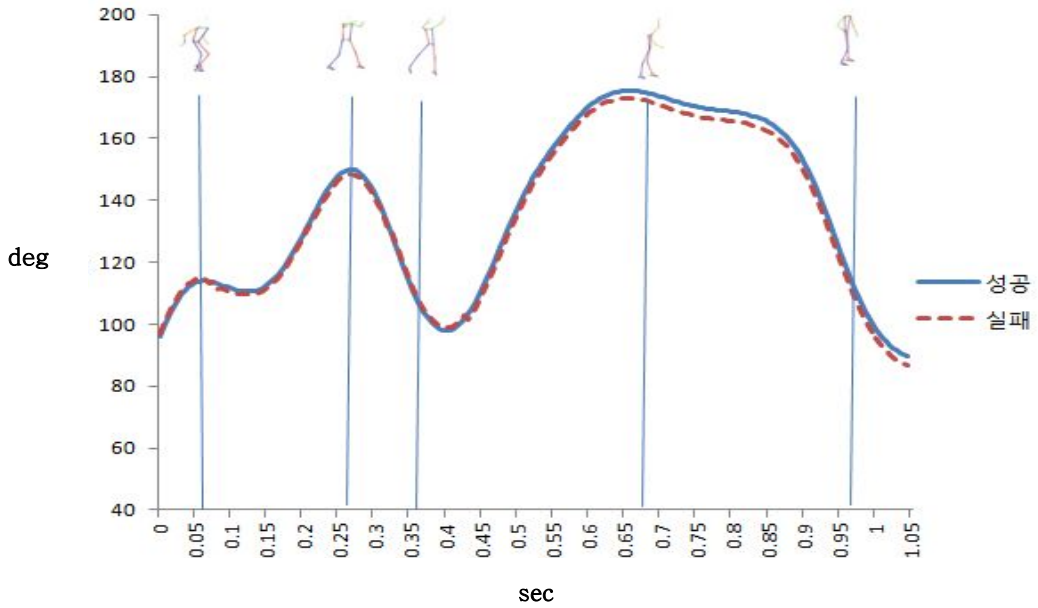


그림 10. 슬관절 변화 양상

<그림 10>에서 보는 바와 같이 슬관절 각도는 임팩트 전후에 성공과 실패에 따라 미미한 차이를 보이고 있으나, 그 변화량은 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 수직움직임에 영향을 미치는 도움닫기와 발구름 국면에서는 성공과 실패 시 동일하게 변화하는 것을 볼 수 있으며, 슬관절 변화가 후위공격의 성공 여부에 영향을 미치지 않은 것으로 해석될 수 있다.

4. 성공여부에 따른 상체후경각 변화 양상

후위공격의 성공여부에 따른 상체후경각 변화를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <그림 11>와 같다.

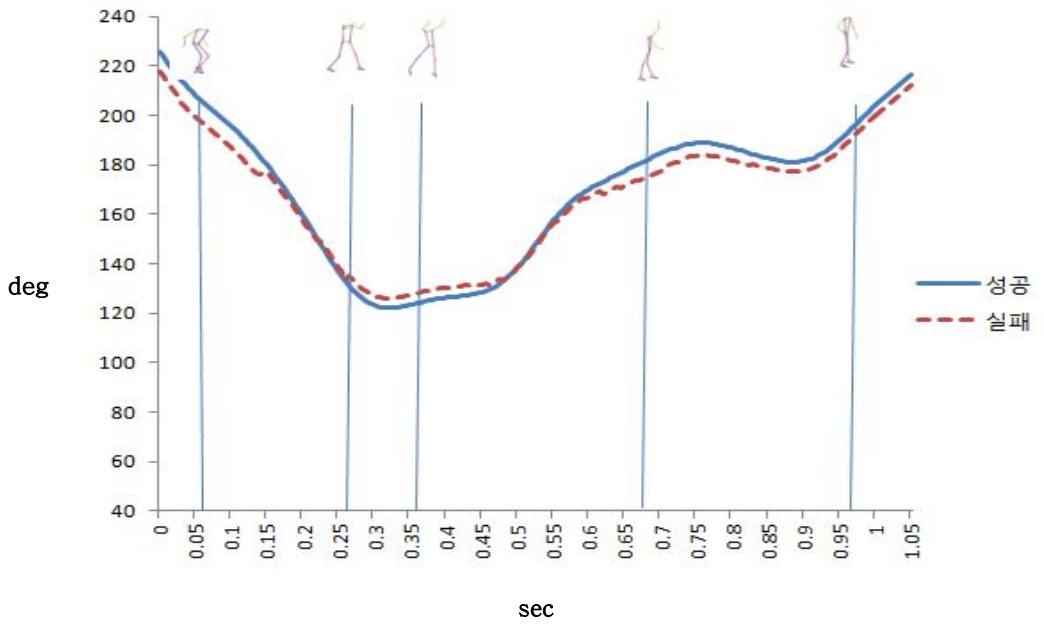


그림 11. 상체후경각 변화 양상

<그림 11>에서 보는 바와 같이 상체후경각 각도는 성공 시 전체국면에서 큰 움직임을 보이는 것을 알 수 있으며, 도움닫기 국면에서는 상체 굴곡각이 크게 나타났으며 발구름 국면에서는 상체 신전각이 큰 것으로 나타났다. 이는 도움닫기와 발구름 국면에서의 상체후경각 변화가 후위공격 성공여부에 중요한 변인임을 알 수 있다.

5. 성공여부에 따른 견관절각 변화 양상

백어택 스파이크의 성공여부에 따른 견관절각 변화를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <그림 12>과 같다.

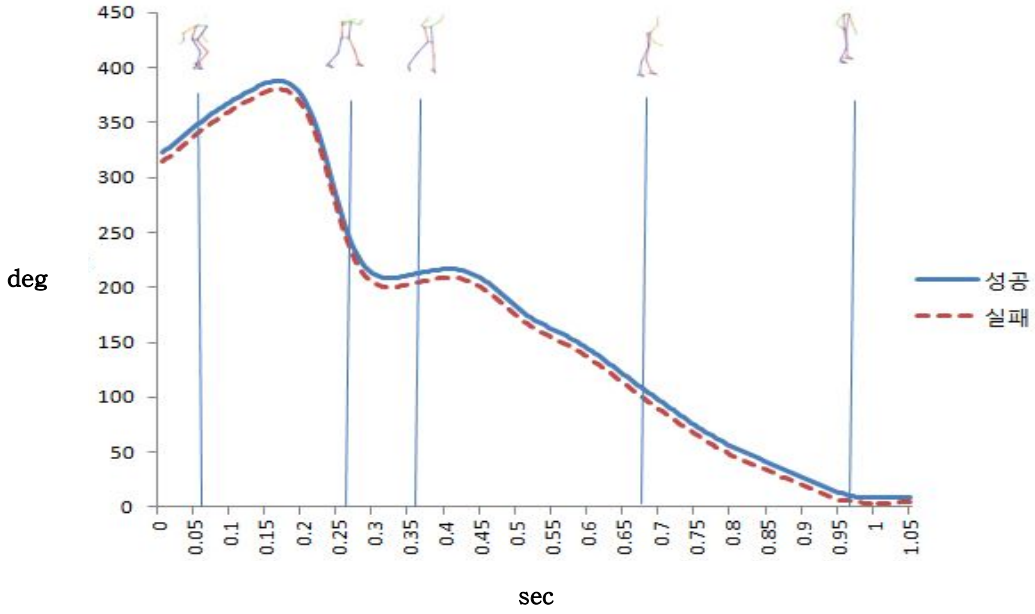


그림 12. 견관절각 변화 양상

<그림 12>에서 보는 바와 같이 견관절 각도는 동일하게 변화하는 것을 볼 수 있으며, 견관절 각도변화가 후위공격 성공여부에 영향을 미치지 않은 것으로 해석될 수 있다.

6. 성공여부에 따른 주관절각 변화 양상

후위공격의 성공여부에 따른 주관절각 변화를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <그림 13>과 같다.

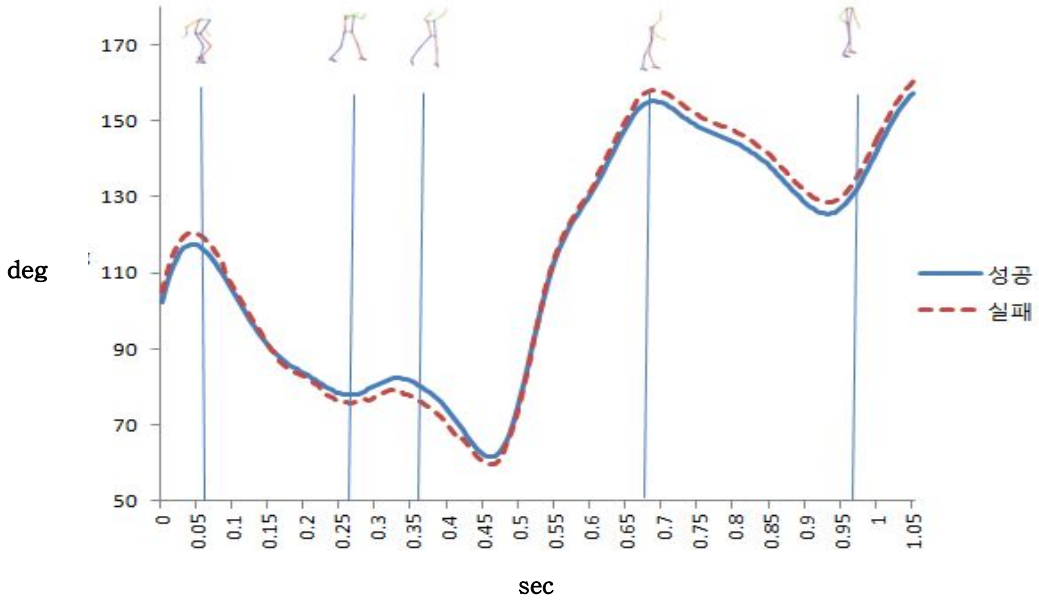


그림 13. 주관절각 변화 양상

<그림 13>에서 보는 바와 같이 주관절 각도는 동일하게 변화하는 것을 볼 수 있으며, 주관절 각도변화가 후위공격 성공여부에 영향을 미치지 않은 것으로 해석될 수 있다.

7. 성공여부에 따른 신체중심수평속도 변화 양상

후위공격의 성공여부에 따른 신체중심수평속도 변화를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <그림 14>와 같다.

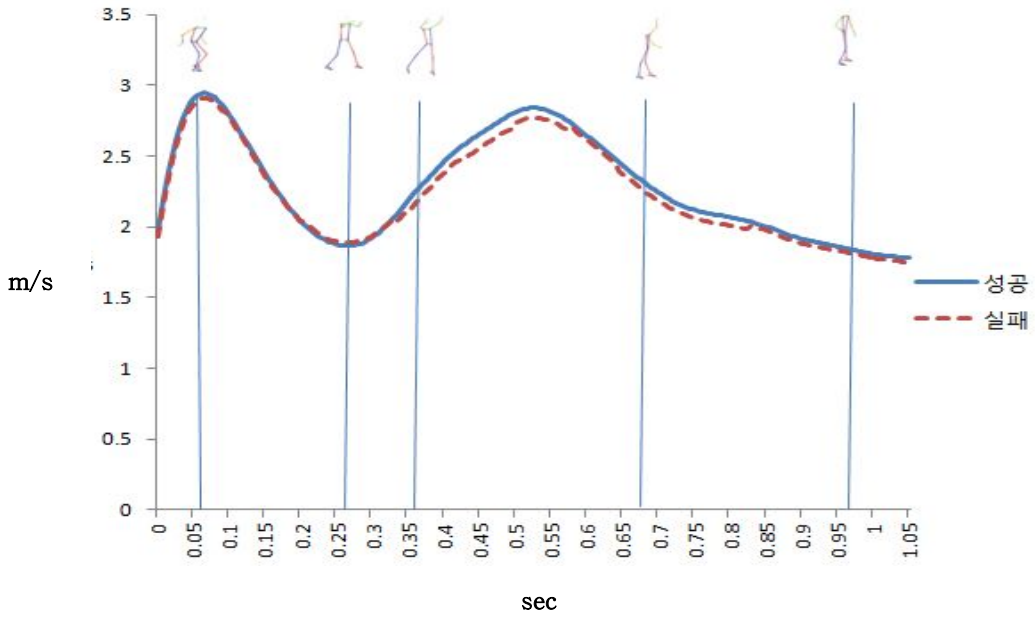


그림 14. 신체중심 수평속도 변화 양상

<그림 14>에서 보는 바와 같이 신체중심 수평속도는 동일하게 변화하는 것을 볼 수 있으며, 신체중심수평속도 변화가 후위공격 성공여부에 영향을 미치지 않은 것으로 해석될 수 있다.

8. 성공여부에 따른 신체중심수직속도 변화 양상

후위공격의 성공여부에 따른 신체중심수직속도 변화를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <그림 15>과 같다.

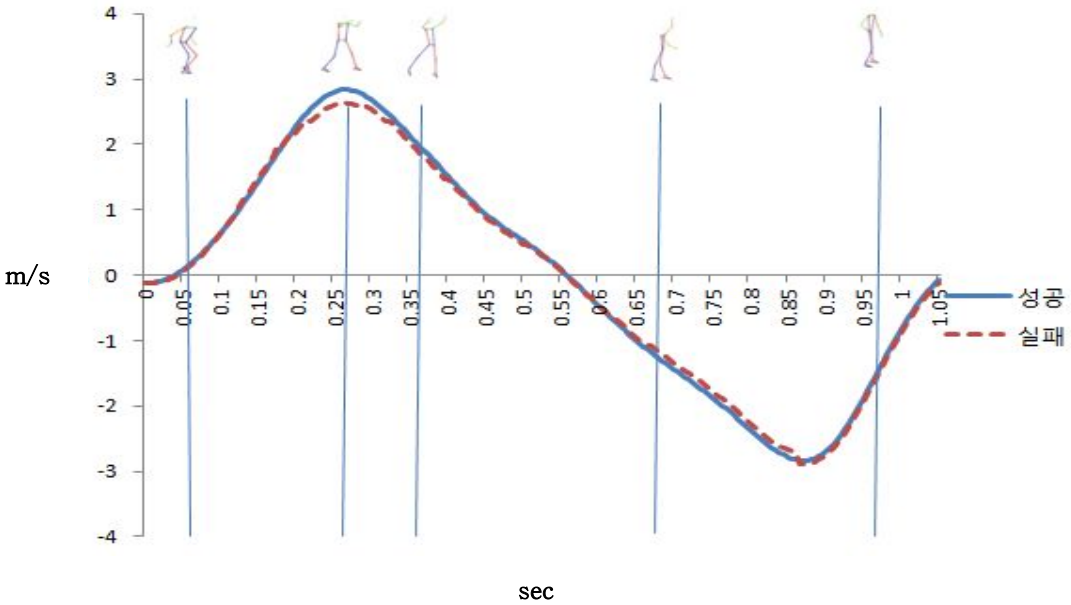


그림 15. 신체중심 수직속도 변화 양상

<그림 15>에서와 같이 신체중심 수직속도는 시점2에서 성공시 수직속도가 빠른 것으로 나타났으며, 나머지 구간에서는 동일하게 변화하는 것을 볼 수 있다. 그러나 체공 국면에 영향을 미치는 도약 국면에서의 차이는 보이지 않은 것으로 나타나 신체중심수직속도 변화가 후위공격 성공여부에 영향을 미치지 않은 것으로 해석될 수 있다.

8. 성공여부에 따른 지면반력 차이

후위공격의 성공여부에 따른 지면반력 차이를 분석하였다. 이에 대한 결과는 <그림 16>와 같다.

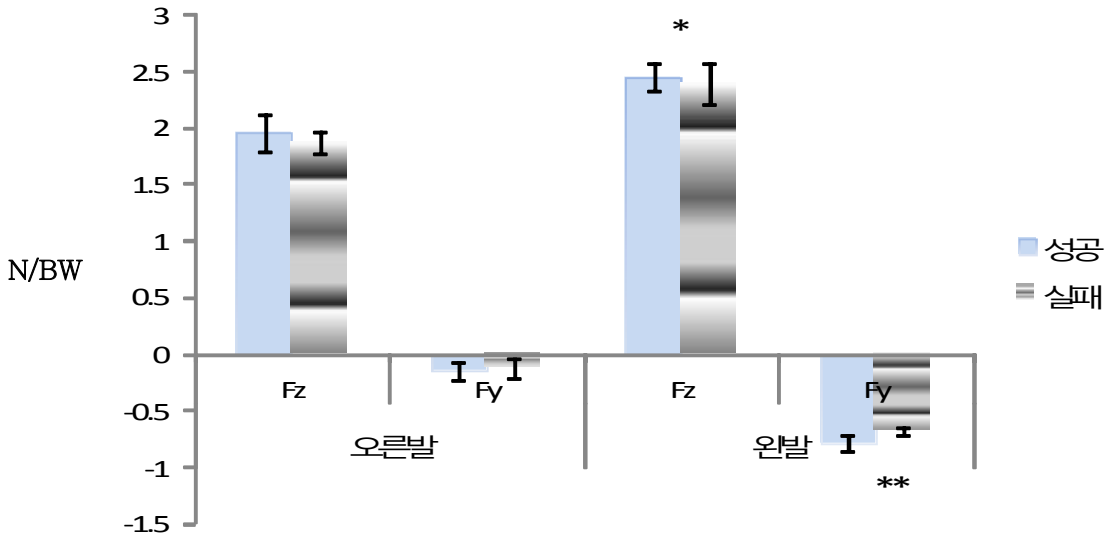


그림 16. 오른발과 왼발의 지면반력 차이

최대지면반력의 분석결과를 나열하면 <그림 16>와 같다. 오른발의 최대 수직지면반력에서 통계적 유의차는 나타나지 않았지만 성공 시 상대적으로 큰 힘이 나타났고, 최대 전후 지면반력에서 또한 성공 시 상대적으로 큰 후방지면반력이 나타났다. 왼발의 최대 수직지면반력에서는 성공 시가 실패 시보다 통계적으로 유의하게 큰 힘을 나타냈고, 전후 수직지면반력에서 또한 성공 시 후방지면반력이 큰 것으로 나타났다. 이는 후위공격의 성공여부에 왼발의 수직 및 전후 최대지면반력이 영향을 미치는 것으로 해석될 수 있다.

Ⅴ. 논 의

본 연구는 배구 후위공격의 성공과 실패를 발구름 국면, 도약 국면, 백어택 국면, 팔로우드로우 국면으로 구분하여 신체분절의 운동역학적 변인들을 비교분석하여 후위공격의 과학적 훈련이나 지도에 대한 기초자료를 제시하는데 목적이 있다. 그 논의는 다음과 같이 발구름 국면, 도약 국면, 백어택 국면, 팔로우드로우 국면 순으로 제시하였다.

A. 발구름 국면

배구 스파이크 시 발구름 국면은 도약을 위한 예비동작으로 분류되며, 적절한 타이밍과 공의 낙하지점을 정확하게 판단해야 되는 시기이다. 또한 운동역학적으로 도약을 위한 탄성에너지를 얻기 위해 에너지를 흡수하는 국면으로도 볼 수 있다. 본 연구에서는 오른발 touch-down시점에서 왼발이 touch-down 시점까지를 발구름 국면으로 설정하였다. 이를 분석해 보면 소요시간에서는 성공 시가 0.01초 긴 것으로 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 신체중심수직이동변위에서는 성공시 상방으로 이동한 반면 실패시는 하방으로 이동하는 경향을 나타냈으나 그 범위가 0.01m로 매우 작았고, 실패 시 하방의 움직임을 보인 것인 특정선수(s1)의 -0.04m 하방움직임 때문으로 사료된다. 그러나 전방 움직임에서는 성공이 실패보다 0.09m 더 움직인 것으로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 이러한 결과는 후위공격 시 타이밍 조절을 위해 전방 움직임을 많이 가져간 것으로 판단되며, 통계적 유의차는 나타나지 않았지만 소요시간의 차이가 이를 뒷받침한다고 사료된다. 그러나 김영식(2003)은 스파이크 동작 시 발구름 국면에서 우수선수집단이 짧은 소요시간을 보였다고 보고하였다. 이는 후위공격과 일반 스파이크의 차이 때문으로 판단되며, 후위공격의 경우 볼의 체공시간이 길기 때문에 정확한 타이밍을 위해 상대적으로 긴 발구름 국면 동작이 나타났기 때문으로 사료된다. 발구름 국면의 각도 변화량에서는 상체 후경각에서 성공 시 15° 의 큰 신전 움직임이 나타났으며 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 이러한 결과는 성공적인 후위공격을 위해서는 발구름 국면에서 상대적으로 큰 상체신전 동작이 이루어져야 한다는 것을 의미한다.

발구름 시 도약을 위한 에너지를 흡수하는 전략은 중요하며 슬관절의 굴곡각의 변화가 중요하다. 본 연구에서는 성공과 실패에 따른 슬관절 변화량이 3 °차이를 보였으며 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 슬관절 굴곡에 관여하는 양쪽 대퇴직근의 근활성도 또한 유의한 차이를 보이지 않았지만 성공 시 상대적으로 큰 활성도를 나타냈다. 이러한 결과는 비록 통계적 유의차는 나타나지 않았지만 성공 시 도약을 위해 슬관절을 이용한 에너지 흡수전략을 잘 이루진 것으로 사료된다. 발구름 국면의 신체중심속도 변화량에서는 성공과 실패에 따른 차이가 나타나지 않았다. 그러나 신체중심수직속도에서 성공 시 상대적으로 빠른 속도를 나타냈다. 이는 앞서 논의한 상체후경각과 관련지어 해석될 수 있으며, 상체를 신전시키는 동작으로 인해 신체중심 수직 속도가 빠르게 나타났다고 판단된다. 발구름 국면의 초기에 발생하는 오른발 지면반력 차이에서는 통계적 유의차가 나타나지 않았다. 그러나 최대 수직지면반력과 최대수평지면반력 모두 성공 시 상대적으로 큰 값을 나타냈으며. 특히 제동력에 관여하는 후방지면반력이 큰 것으로 나타났다. 이는 수평속도를 수직속도로 변환시키기 위한 적절한 제동력을 만들기 위함이며 성공적인 후위공격을 위해서는 오른발 최대 지면반력을 제어하는 것이 필요하다고 판단된다. 앞서 논의된 운동학적 변인들과 깊은 관련성을 지닌 근활성도는 우측척추기립근에서 유의한 차이를 보였으며, 통계적 유의차는 나타나지 않았지만 좌측 척추기립근에서도 성공 시 상대적으로 큰 값을 나타냈다. 이는 상체후경각 변화와 관련지어 설명될 수 있으며, 성공 시 상체후경각의 큰 변화를 위해 상체신전근인 척추기립근의 최대 근활성도가 크게 나타난 것으로 사료된다.

이를 종합해 보면 성공적인 후위공격을 위해서는 발구름 국면에서 신체중심의 전방 움직임과 함께 상체를 신전시키는 동작이 중요하며 신체중심수직속도를 빠르게 하는 운동학적 변화가 필요하다는 것을 보여준다.

B. 도약 국면

배구 후위공격 시 도약국면은 수평력을 수직력으로 효과적으로 전환시키는 시점이며, 타점 높은 스파이크의 결정 국면으로 볼 수 있다. 본 연구에서는 왼발 touch-down이 되는 시점에서 왼발이 지면에서 take-off되는 시점까지를 도약 국면으로 설정하였다. 이를 분석해

보면 소요시간에서는 성공여부에 따라 차이를 보이지 않았다. 신체중심이동변위에서는 수직방향 움직임은 미미한 차이를 나타낸 반면 신체중심전후이동변위에서는 통계적 유의차는 나타나지 않았지만 실패시 전방으로 0.08 m 더 움직인 것으로 나타났다. 이는 도약전 발구름 국면의 전방이동변위와 반대이며 오른발 지면반력에서 나타난 후방지면반력 즉, 제동력에 의해 성공 시 전방 움직임이 작게 나타났기 때문으로 보여진다. 또한 도약 국면의 각도변화량에서 유의한 차이를 나타낸 상체후경각과 관련지어 논의될 수 있다. 상체 후경각에서는 실패 시 약 19 °가 더 큰 상체신전동작이 이루어진 것으로 나타났다. 이러한 결과는 성공 시 수평력을 수직력으로 전환하기 위해 후방지면반력에서 나타난 제동력을 바탕으로 자연스러운 상체신전움직임이 나타난 반면, 실패 시는 작은 후방지면반력을 보상하기 위해 상체신전움직임을 크게하여 수평력을 수직력으로 변환시키는 동작이 일어났기 때문으로 사료된다. 또한 신체중심전후속도 변화 차이에서 실패 시 -0.04 m/s 큰 것으로 나타나 앞선 논의를 지지해주고 있다. 도약국면에서 수직력을 결정하는 왼발 지면반력에서는 전후와 수직 모두 통계적 유의차를 보였으며 성공 시 큰 값을 나타냈다. 이는 성공적인 스파이크를 위해서는 발이 지면에 닿는 순간 신체의 무게중심이 발보다 뒤쪽에서 있어야 한다는 Richad(1980)의 연구결과와 유사하다고 볼 수 있다. 이러한 결과는 수평력을 수직력으로 전환하기 위해서는 큰 후방지면반력이 나타나야 하며 이를 바탕으로 최대수직지면반력을 이용한 도약이 이루어져야한다는 기본적인 이론을 뒷받침하고 있다.

C. 백어택 국면

배구 후위공격에서 백어택 국면은 두 발이 지면에서 take-off 되는 시점부터 볼과 임팩트 되는 시점까지이며 공격 성공여부의 가장 중요한 국면으로 볼 수 있다. 특히 상대선수의 블로킹에 따른 빠른 상황판단이 필요하고, 강한 스파이크를 이용해 상대 블로킹을 무력화시키는 것이 필요하다. 이를 위해서는 신체에서 일어나는 운동학적 움직임과 볼의 속도, 타점 높이 등이 중요한 변인으로 작용한다. 특히 타점 높이에 영향을 미치는 신체중심수직이동변위는 도약 국면에서 발생하는 지면반력과 관련지어 설명될 수 있다. 스파이크 시 발구름에서 얻은 운동에너지를 도약을 통하여 탄성에너지로 일시적으로 축적한 후 도약 후 위치에

너지로 가능한 한 많은 변화를 일으키는 것이 타점 높이를 증가시킬 수 있다. 이는 지면반력의 중요성을 대변하는 것이다. 그러나 본 연구에서는 지면반력에서 유의한 차이가 나타났으나 신체중심수직 이동변위에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 상대적으로 전방으로 이동한 신체중심전후이동변화에서 유추할 수 있으며, 전후지면반력에 의한 제동력은 신체중심의 수직높이 즉, 위치에너지를 증가시키는데 기여한 것이 아니라 전방움직임을 증가시키는데 영향을 미친 것으로 생각된다. 또한 동일한 피험자에게 나타나는 특성 때문으로 사료된다. 임팩트 전의 상지관절의 각속도 변화는 볼 속도를 결정하는데 중요한 변인으로 작용한다. 그러나 본 연구에서는 성공과 실패에 따라 상체후경각과 견관절, 주관절의 각속도는 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 임팩트 후 볼의 속도에서 유의한 차이가 나타나지 않은 것과 같은 맥락이며 후위공격의 성공 여부는 상지관절의 각속도의 차이와 관련이 없는 것으로 판단된다. 그러나 우측 삼각근의 최대 근활성도 차이에서 유의한 차이가 나타난 것은 특징적인 부분으로 볼 수 있다. 우측 삼각근은 어깨 회전의 주동근으로 작용하며 임팩트 시 어깨를 지지하는 근육으로서 역할과 함께 충격력을 흡수하는 근육이다. 본 연구에서 성공 시 우측 삼각근이 최대 근활성도가 높게 나타난 것은 어깨 각속도에 관여하는 역할보다 임팩트 시 팔을 지지하는 역할로 인해 나타난 것으로 사료된다. 백어택 국면의 결과들을 종합해보면 우측 삼각근의 최대근활성도를 제외한 다른 변인에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 첫째, 실험조건 중 성공과 실패의 기준에 의한 것으로 볼 수 있다. 본 실험 내용에서 실패의 기준은 공격이 이루어진 상태에서 가로 1m, 세로 1m의 사각 목표점을 터치하지 못하고 단순히 라인 아웃되는 것을 기준으로 선정하여 성공과 실패의 큰 차이가 나타나지 않았기 때문으로 생각된다. 두 번째는 손목에서 발생하는 운동학적 변인이다. 본 연구에서는 손목에서 일어나는 각도 및 각속도를 산출하지 못하였다. 임팩트 직전 여러 가지 운동학적 변인에서 미미한 차이를 보였으나 성공과 실패의 차이를 보인 것은 손목에서 일어나는 운동학적 변인에 의한 것으로 생각해 볼 수 있다. 따라서 차후 연구에서는 이러한 점을 보완한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

D. 팔로우드로우 국면

배구 후위공격에서 팔로우드로우 국면은 임팩트 후 두 발이 지면에 착지하는 시점까지이며 슬관절 굽힘을 이용한 착지가 중요하다. 특히 배구에서 점프 후 착지는 하지 상해의 주요 원인이다(Bahr, Karlsen, Lian, & Overb, 1994). 올바른 착지를 위해서는 하지관절의 각도 변화를 이용한 충격력을 효율적으로 흡수해야 한다. 이를 위해서는 슬관절의 각도 변화와 대퇴사두근의 근활성도가 중요한 변인이며, 충격흡수를 위한 주 전략으로 사용된다(Decker et al., 2003). 본 연구에서는 성공과 실패에 따른 팔로우드로우국면의 슬관절 각 변화에서 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 우측 대퇴사두근의 근 활성도가 유의한 차이를 보였으며, 성공 시 큰 근활성도를 나타냈다. 이는 성공 시 대퇴사두근을 이용한 리드미컬한 착지 동작이 이루어졌기 때문이며, 좌측 대퇴사두근 또한 통계적 유의차는 나타나지 않았지만 상대적으로 큰 활성도를 보여 이러한 논의를 뒷받침한다고 생각된다. 그러나 착지 국면에 영향을 미치는 신체중심수직이동변위와 신체중심 속도변화에서는 성공여부에 따라 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 백어택 국면에서 나타난 운동학적 변화와 같은 맥락으로 해석될 수 있다.

Ⅵ. 결론

본 연구에서는 남자배구 후위공격 시 성공과 실패에 따른 변화차이를 알아보기 위해 남자 대학배구 선수 5명을 대상으로 동작분석 장비와 근전도 장비를 사용하여 후위공격에 대한 동작 소요시간, 신체중심위치변화, 신체중심속도변화, 각도, 각속도, 최대지면반력, 근활성도 등의 운동역학적 변인들을 비교 분석하였다. 자료의 분석을 통해 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 발구름 국면

첫째, 발구름 국면에서 성공여부에 따라 신체중심이동변위가 유의한 차이를 보였으며, 성공 시 전방움직임이 크게 나타났다.

둘째, 발구름 국면에서 성공여부에 따라 상체후경각 변화에서 유의한 차이를 보였으며, 성공 시 상체 신전움직임이 크게 나타났다.

셋째, 발구름 국면에서 성공여부에 따라 우측척추기립근의 최대근활성도에서 유의한 차이를 보였으며, 성공 시 큰 근활성도가 나타났다.

2. 도약 국면

첫째, 도약 국면에서 성공여부에 따라 상체후경각 변화에서 유의한 차이를 보였으며, 성공 시 상체 신전움직임이 작게 나타났다.

둘째, 도약 국면에서 성공여부에 따라 오른발 최대수직지면반력에서 유의한 차이를 보였으며, 성공 시 수직지면반력이 크게 나타났다.

셋째, 도약 국면에서 성공여부에 따라 오른발 최대전후지면반력에서 유의한 차이를 보였으며, 성공 시 전후지면반력이 크게 나타났다.

3. 백어택 국면

첫째, 백어택 국면에서 성공여부에 따라 우측 삼각근의 최대근활성도에서 유의한 차이를 보였으며, 성공 시 큰 근활성도가 나타났다.

둘째, 성공여부에 따른 백어택 국면에서의 운동학적 변인들은 유의한 차이가 나타나지 않았다.

4. 팔로우드로우 국면

첫째, 팔로우드로우 국면에서 성공여부에 따라 우측 대퇴직근의 최대근활성도에서 유의한 차이를 보였으며, 성공 시 큰 근활성도가 나타났다.

둘째, 성공여부에 따른 팔로우드로우 국면에서의 운동학적 변인들은 유의한 차이가 나타나지 않았다.

이상의 연구결과에서 보아 배구 후위공격의 성공여부에 있어서 발구름 국면에서는 타이밍 조절을 위해 전방 움직임을 많이 가져가야 하며, 상체신전근인 척추기립근을 이용한 상체신전 동작을 크게 하는 것이 효과적일 것이다. 도약국면에서는 상체신전움직임을 최소화하고 수평력을 수직력으로 전환하기 위한 큰 후방지면반력을 이용해야 할 것이며, 백어택 국면에는 어깨 지지근 역활을 하는 삼각근의 근력이 매우 중요하다고 볼 수 있다. 팔로우드로우 국면에서는 착지 시 대퇴사두근을 이용한 효율적인 착지 동작이 필요할 것이다.

배구 후위공격은 일반적인 공격과 달리 3 m 거리의 정해진 거리에서 공격이 이루어지는 특성이 있다. 이를 위해 반복적인 연습을 통한 동작 습득이 필요하며, 연습을 통한 기술 향상을 극대화 할 수 있는 방법을 고안하여 선수들에게 접목시킨다면 경기력 향상에 더 많은 도움이 될 것이라 기대된다.

참고문헌

강상학 (2004). 배구 스파이크의 운동학적 분석. **체육학회지. 43(3). 769-777**

강상학 (2009). 남자 프로배구 용병선수들의 스파이크 동작 분석. **한국운동역학회지 제19권2호. pp. 359-367**

김보람 (2010). **배구선수와 동호인의 스파이크 동작에 대한 운동학적 분석.** 순천대학교 교육대학원 석사학위 논문.

김영식 (2003). **배구 오픈 스파이크 동작의 우수선수와 비우수선수의 운동역학적 비교분석.** 충북대학교 교육대학원 석사학위 논문.

김철휘 (1987). **배구 경기의 오픈 스파이크 동작에 대한 생체 역학적 분석.** 인천대학교 대학원 석사학위 논문.

김택수 (2003). **배구경기에서 공격유형이 승・패에 미치는 영향**. 조선대학교 교육대학원 석사학위논문.

문지환 (2003). **배구 스파이크 동작의 운동학적 분석.** 수원대학교 교육대학원 석사학위 논문.

박홍균 (1994). **배구스파이크의 도움닫기와 발 구름 동작 분석.** 서울대학교대학원 석사학위논문.

송미희 (2009). **여자배구선수의 점프 유형에 따른 착지 시 수직 지면반력 특성.** 건국대학교 교육대학원 석사학위 논문.

이기청 (2000). 남자 배구 경기의 C속공 수행에 영향을 미치는 요인 분석. **한국체육학회지, 39(2), 635-643**

이동우 (1984). **배구 오픈공격과 속공동작의 생체역학적 분석.** 서울대학교 대학원 석사학위 논문

이상화 (2009). **경기 중 여자 프로 배구선수의 포지션별 신체활동 특성 비교.** 단국대학교 스포츠과학대학원 석사학위 논문.

이형준 (2009). **배구 발 구름 유형에 따른 스파이크 동작의 운동역학적 변인비교 분석.** 한국교원대학교 교육대학원 석사학위 논문.

위길량 (2002). **배구경기의 오픈공격과 B속공동작의 운동 역학적 분석**. 전남대학교 대학원 석사학위 논문.

조영호 (1988). **배구지도서**. 서울 : 화성문화사.

조영호 (1994). **배구지도서**. 서울 : 도서출판 태근 문화사.

주명덕, 곽창수 (1987). 배구 스파이크 점프에 대한 운동 역학적 연구. **서울대학교 체육연구소 논집, 8**(1), 53-60

조주행 (2007). 배구 레프트 스파이크와 라이트 스파이크 동작에 대한 운동역학적 변인 비교 분석. **한국운동역학회지. 16**(4). 125-134

조필환 (2007). 배구 스파이크시 신제분절의 각도와 각속도에 대한 운동역학적 분석. **한국운동역학회지. 17**(1). 191-199.

정준수 (2000). **사진으로 본 배구기술**. 서울. 보성.

Alexander, M. J. L. & Seaborn, S. J. (1980). A Kinesiological Analysis of the Spike in *Volleyball Technical Journal,* Vol. 5, No.3, 65-69

Coutts, K. D (1982). Kinetic Diffrences of Two Volleyball Jumping Techniques. *Medicine and Science in sports and Exercise, Vol.14, No.1, 57-59*

Coleman, S. G. S., Benham, A. H., & Northcott, S. R(1976) A three dimensional cinematographical analysis of the volleyball spike. *Journal of Sports Science,* 11(4),295-302

Cram, J. R., Kasman, G. S., & Holtz, J.(1988). Introduction the Surface Electromyography, 2nd ed. An Aspen Publication.

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 Imporovement of the Non-skilled's Basic Motor Patterns. Unpublished Undergraduate Thesis, Laurentian University.

Ford, K, R,. Myer, G. D., & Hewett, T. E.(2003). Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Medicine Science and Sports in Exercise, 35(10), 1745-1750*

Khalil, K. (1977). *Effects of Approaches and Take-offs on the Vertical Jump In Volleyball.* Master's Thesis, Western Illinois University

Hay, J. G. (1978). The Biomechanics of sports techniques, Englewood Cliffs, Nj.,printice - Hall Inc.

Hay, J. G. & Miller, J. A..(1985). Techiques Used in the transition from Approach to take- off in the long jump, international Journal of Sport Biomechanics, 1(2). 174-184.

Oka, H., Okamoto, T. & Kumamoto, M. (1975). Electromyographic and cinematographic study of the volleyball spike. *Biomechanics, Vol. V-B, 326-331.*

Ovacharek, A.M., & Mulberg, I.E. (1975). Determination of a Spikers Actions

According to Parameters of the Pass(Set). *Theoty and Practice of Physical Culture,* Vol.3, 40-45.

Ternnant (1982). Coach's Manual. *Canadian Volleyball Association.*

Richard. H. C.(1980). Response Time of Slide and cross-over steps as used by volleyball players. *Reseach Quarterly for Exercise and Sport.*

Plagenhoef, S.(1983). Anatomical data for analysis hman motion. *Research Quarterly for Exercise and sports*, 54(2), 169-178.

감사의 글

참으로 오랜 시간이 흘렀습니다. 고등학교를 졸업하고 20여년동안 접어 두었던 학업을 다시 시작한지 10년 만에, 불혹의 나이로 접어든지 한참이 지나서야 박사학위를 취득하게 된 것입니다.
그동안 참 많은 변화가 있었습니다. 그 중에서도 이 뜻 깊은 과정을 누구보다도 기다렸을 사람이 1년 전에 세상을 떠났습니다. 제 아내에게 이 학위를 바치며, 그동안의 내조에 머리 숙여 감사의 말씀을 전합니다. 또한 오래전에 고인이 되신 두 부모님께서 살아계셨다면 정말 기뻐 하셨을 텐데 많은 아쉬움이 남습니다. 이 자리를 빌어 두 분께 감사의 말씀을 올립니다.

다음으로 이 경일 지도교수님께 감사의 마음을 전해드립니다. 역학연구실 문하생으로 처음 입문하였을 때 교수님께 걱정을 끼쳐드리는 행동은 하지 않겠다고 말씀드렸는데, 저 만큼이나 지도교수님께 심려를 끼쳐드린 제자도 없을 것인데, 모든 것 인내 하시고 이 자리에 설 수 있게 가르침을 주셨습니다. 다시 한 번 가슴깊이 감사의 말씀을 드립니다.

그리고 윤 오남 학장님께도 감사의 말씀을 드립니다. 더욱이 심사위원장이라는 어려운 자리를 허락하시고 부족한 저에게 무사히 학위를 마칠 수 있도록 많은 도움 주셔서 대단히 감사합니다.

또한 광주교육대학교의 이 동우 교수님!!
부족한 논문 심사하시고 많은 부분 지도해 주심에 정말 감사드립니다. 늘 사모님과 함께 하시는 모습이 참 아름답습니다.

송 채훈 교수님!!
교수님께서는 저의 논문에 남다른 관심을 가져 주신 것 같습니다. 계획 단계에서부터 실험하고 논문이 완성되기까지의 과정에 많은 조언과 관심 감사드립니다.

춘천교육대학교의 이 기청 교수님!!
바쁘신 와중에도 멀리 강원도 춘천에서 한 걸음에 달려오시어 꼼꼼히 살펴주시고 부족한 부분 최선을 다하여 지도해 주심에 깊이 감사드립니다.

또한 김 민 선생님을 비롯한 우리 대학의 역학연구실 선생님들 모두모두 감사드려요!!
특히 홍 완기 선생님 대단히 감사드립니다. 이 몇 글자로 감사하다는 표현이 너무 부족하지만 진심으로 감사드립니다. 그리고 조 완주 선생님, 고 대식 선생님께도 감사의 말씀을 전해드립니다. 이번 실험에 참여해 주신 우리대학의 박 성필 감독님과 배구부 후배들에게도 감사의 말씀을 전합니다.

나의 큰 딸 윤 다인!!
엄마가 계시지 않는 상황에서도 동생들 잘 돌보고 미래를 위해 열심히 공부하고, 준비하는 네가 너무나 자랑스럽다. 아버지는 믿는다. 목표하는 일 최선을 다하여 잘 할거라는 것을.

둘 째 윤 밝찬!!
지난 일 년은 많이 힘들었지? 하지만 내색하지 않고 묵묵히 최선을 다한 것에 아버지는 고마운 마음뿐이란다. 우리 조금만 더 열심히 준비하자. 사랑한다!!

막내딸 윤 세하!!
항상 어리게만 느껴졌는데 이제 중학생이 되었다고 스스로 잘 하는 네가 고맙다. 항상 건강하고 밝게 자라나길 바랄뿐이다.

이 외에도 저에게 많은 관심과 격려를 보내주신 모든 분들께 진심으로 감사의 말씀을 전해 드립니다. 대단히 감사합니다.