



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](#)

2021년 2월  
박사학위논문

# 뛰기 동작의 최적화 모델을 위한 운동역학적 요인분석

조선대학교 대학원

체육학과

김 응 규

# 뛰기 동작의 최적화 모델을 위한 운동역학적 요인분석

An Analysis of Biomechanical Factors for Optimization  
Models of Jumping Motion

2021년 2월 25일

조선대학교 대학원

체육학과

김 응 규

# 뛰기 동작의 최적화 모델을 위한 운동역학적 요인분석

지도교수 이 경 일

이 논문을 이학박사 학위신청 논문으로 제출함

2020년 10월

조선대학교 대학원

체육학과

김 응 규

# 김응규의 이학박사학위 논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 윤 오 남



위 원 조선대학교 교수 정 재 환



위 원 광주교육대학교 교수 이 동 우



위 원 조선대학교 교수 홍 완 기



위 원 조선대학교 교수 이 경 일



2020년 12월

조선대학교 대학원

# 목 차

## ABSTRACT

<b>I. 서론</b> .....	<b>1</b>
1. 연구의 필요성 .....	1
2. 연구의 목적 .....	2
3. 연구의 가설 .....	3
4. 연구의 한계점 .....	3
5. 용어의 정의 .....	3
<b>II. 문헌고찰</b> .....	<b>5</b>
1. 수직점프의 이해 .....	5
1) 수직점프의 개념 .....	5
2) 수직점프의 매커니즘 .....	5
3) 수직점프와 관련된 선행 연구 .....	6
4) 유사 동작의 운동학적 연구 .....	7
5) 수직점프의 변인에 관한 연구 .....	8
2. 제자리멀리뛰기의 이해 .....	9
1) 제자리멀리뛰기의 개념 .....	9
2) 제자리멀리뛰기의 매커니즘 .....	10
3) 제자리멀리뛰기에 관련된 선행연구 .....	12
4) 유사 동작의 운동학적 연구 .....	13
5) 제자리멀리뛰기의 변인에 관한 연구 .....	14
3. 순발력 .....	14
4. 운동협응 .....	16

<b>III. 연구방법</b> .....	<b>17</b>
1. 연구참여자 .....	17
2. 연구장비 .....	17
3. 연구절차 .....	21
4. 자료분석방법 .....	23
5. 국면구분 .....	30
6. 통계처리 .....	32
<b>IV. 연구1 수직점프 동작에 관한 운동역학적 분석</b> .....	<b>33</b>
1. 연구의 필요성 .....	33
2. 연구결과 및 논의 .....	35
<b>V. 연구2 제자리멀리뛰기에 관한 운동역학적 분석</b> .....	<b>69</b>
1. 연구의 필요성 .....	69
2. 연구결과 및 논의 .....	70
<b>VI. 연구3 뛰기 동작의 최적화 모델 분석</b> .....	<b>110</b>
1. 연구결과 및 논의 .....	110
<b>VII. 종합논의</b> .....	<b>113</b>
<b>VIII. 결론 및 제언</b> .....	<b>116</b>
1. 결 론 .....	116
2. 제 언 .....	119
<b>참고문헌</b> .....	<b>120</b>

## 표 목 차

표 III-1. 연구대상자의 일반적 특성 .....	17
표 III-2. 연구 장비 .....	18
표 IV-1. 소요시간변화 비교 .....	36
표 IV-2. 신체 중심의 수직변위 .....	37
표 IV-3. 신체 중심의 수직속도 .....	39
표 IV-4. 신체 중심의 수직가속도 .....	40
표 IV-5. 발목관절의 각도 .....	42
표 IV-6. 무릎관절의 각도 .....	43
표 IV-7. 고관절의 각도 .....	45
표 IV-8. 어깨관절의 각도 .....	46
표 IV-9. 등속성 근기능 검사 Knee 60°/sec .....	48
표 IV-10. 하체의(F <sub>y</sub> 축) 지면반력 .....	49
표 IV-11. 하체의(F <sub>z</sub> 축) 지면반력 .....	50
표 IV-12. 근전도 분석 최대 근 활성화도 .....	51
표 IV-13. 근전도 분석 평균 근 활성화도 .....	52
표 IV-14. 체격과 기록의 상관관계 .....	53
표 IV-15. 시간 변인과 기록의 상관관계 .....	55
표 IV-16. 속도 변인과 기록의 상관관계 .....	57
표 IV-17. 발목관절각과 기록의 상관관계 .....	58
표 IV-18. 무릎관절각과 기록의 상관관계 .....	59
표 IV-19. 고관절각과 기록의 상관관계 .....	60
표 IV-20. 어깨관절각과 기록의 상관관계 .....	61
표 IV-21. 근전도 평균값(mean)과 기록의 상관관계 .....	63
표 IV-22. 근전도 최대값(peak)과 기록의 상관관계 .....	65
표 IV-23. 지면반력과 기록의 상관관계 .....	67
표 V-1. 소요시간변화 비교 .....	70
표 V-2. 남, 여학생들 간의 제자리멀리뛰기 기록비교 .....	72



표 V-3. 신체 중심의 수직 변위 .....	73
표 V-4. 신체 중심의 수평 변위 .....	75
표 V-5. 신체 중심의 수직 속도 .....	77
표 V-6. 신체 중심의 수평 속도 .....	78
표 V-7. 발목관절의 각도 .....	80
표 V-8. 무릎관절의 각도 .....	81
표 V-9. 고관절의 각도 .....	83
표 V-10. 어깨관절의 각도 .....	84
표 V-11. 등속성 근기능 검사 Knee 60°/sec .....	86
표 V-12. 하체의( $F_y$ 축) 지면반력 .....	87
표 V-13. 하체의( $F_z$ 축) 지면반력 .....	88
표 V-14. 근전도 분석 최대 근 활성화도 .....	89
표 V-15. 근전도 분석 평균 근 활성화도 .....	90
표 V-16. 체격과 기록의 상관관계 .....	92
표 V-17. 시간 변인과 기록의 상관관계 .....	94
표 V-18. 수직 속도와 기록의 상관관계 .....	95
표 V-19. 수평 속도와 기록의 상관관계 .....	97
표 V-20. 발목관절각과 기록의 상관관계 .....	99
표 V-21. 무릎관절각과 기록의 상관관계 .....	100
표 V-22. 고관절각과 기록의 상관관계 .....	101
표 V-23. 어깨관절각과 기록의 상관관계 .....	102
표 V-24. 근전도 평균값(mean)과 기록의 상관관계 .....	104
표 V-25. 근전도 최대값(peak)과 기록의 상관관계 .....	105
표 V-26. 지면반력( $F_y$ )과 기록의 상관관계 .....	108
표 V-27. 지면반력( $F_z$ )과 기록의 상관관계 .....	109
표 VI-1. 수직, 제털 RT RECTUS FEM 상관관계 .....	110
표 VI-2. 수직, 제털 LT RECTUS FEM 상관관계 .....	111

## 그림 목 차

그림 III-1. 연구장비 배치도 .....	18
그림 III-2. 연구 절차 .....	22
그림 III-3. 자료분석의 방법절차 .....	24
그림 III-4. 마커부착위치 .....	25
그림 III-5. 수직점프 국면(event) 및 구간(phase)의 설정 .....	30
그림 III-6. 제자리멀리뛰기 국면(event) 및 구간(phase)의 설정 .....	31
그림 IV-1. 소요시간변화비교 .....	37
그림 IV-2. 신체 중심의 수직변위 .....	38
그림 IV-3. 신체 중심의 수직속도 .....	39
그림 IV-4. 신체 중심의 수직가속도 .....	41
그림 IV-5. 발목관절의 각도 .....	43
그림 IV-6. 무릎관절의 각도 .....	44
그림 IV-7. 고관절의 각도 .....	46
그림 IV-8. 어깨관절의 각도 .....	47
그림 IV-9. 수직점프기록과 신장의 상관관계 .....	54
그림 IV-10. 수직점프기록과 체중의 상관관계 .....	54
그림 IV-11. 수직점프기록과 시간 변인(P1)의 상관관계 .....	55
그림 IV-12. 수직점프기록과 시간 변인(P2)의 상관관계 .....	56
그림 IV-13. 수직점프기록과 시간 변인(P3)의 상관관계 .....	56
그림 IV-14. 수직점프기록과 수직가속도의 상관관계 .....	57
그림 IV-15. 수직점프기록과 수직속도의 상관관계 .....	58
그림 IV-16. 수직점프기록과 발목관절(E3)의 상관관계 .....	59
그림 IV-17. 수직점프기록과 무릎관절(E3)의 상관관계 .....	60
그림 IV-18. 수직점프기록과 고관절(E1)의 상관관계 .....	61
그림 IV-19. 수직점프기록과 어깨관절(E2)의 상관관계 .....	62
그림 IV-20. 수직점프기록과 어깨관절(E3)의 상관관계 .....	62
그림 IV-21. 수직점프기록과 RT RECTUS FEM.의 상관관계 .....	63

그림 IV-22. 수직점프기록과 LT RECTUS FEM.의 상관관계 .....	64
그림 IV-23. 수직점프기록과 LT MED. GASTRO의 상관관계 .....	64
그림 IV-24. 수직점프기록과 LT THORACIC ES의 상관관계 .....	65
그림 IV-25. 수직점프기록과 RT RECTUS FEM.의 상관관계 .....	66
그림 IV-26. 수직점프기록과 LT RECTUS FEM.의 상관관계 .....	66
그림 IV-27. 수직점프기록과 LT MED. GASTRO의 상관관계 .....	67
그림 IV-28. 수직점프기록과 지면반력(우)의 상관관계 .....	68
그림 IV-29. 수직점프기록과 지면반력(좌)의 상관관계 .....	68
그림 V-1. 소요시간변화 비교 .....	71
그림 V-2. 남, 여학생들 간의 제자리멀리뛰기 기록비교 .....	73
그림 V-3. 신체 중심의 수직 변위 .....	74
그림 V-4. 신체 중심의 수평 변위 .....	76
그림 V-5. 신체중심의 수직속도 .....	78
그림 V-6. 신체중심의 수평속도 .....	79
그림 V-7. 발목관절의 각도 .....	81
그림 V-8. 무릎관절의 각도 .....	82
그림 V-9. 고관절의 각도 .....	84
그림 V-10. 어깨관절의 각도 .....	85
그림 V-11. 제멀기록과 신장의 상관관계 .....	93
그림 V-12. 제멀기록과 체중의 상관관계 .....	93
그림 V-13. 제멀기록과 시간변인(P2)의 상관관계 .....	94
그림 V-14. 제멀기록과 시간변인(P3)의 상관관계 .....	95
그림 V-15. 제멀기록과 수직속도(E2)의 상관관계 .....	96
그림 V-16. 제멀기록과 수직속도(E3)의 상관관계 .....	96
그림 V-17. 제멀기록과 수평속도(E1)의 상관관계 .....	97
그림 V-18. 제멀기록과 수평속도(E2)의 상관관계 .....	98
그림 V-19. 제멀기록과 수평속도(E3)의 상관관계 .....	98
그림 V-20. 제멀기록과 수평속도(E4)의 상관관계 .....	99
그림 V-21. 발목관절각과 기록의 상관관계 .....	100
그림 V-22. 무릎관절각과 기록의 상관관계 .....	101

그림 V-23. 고관절각과 기록의 상관관계 .....	102
그림 V-24. 어깨관절각 (E2) 과 기록의 상관관계 .....	103
그림 V-25. 어깨관절각 (E3) 과 기록의 상관관계 .....	103
그림 V-26. 제털기록과 RT MED. GASTRO의 상관관계 .....	104
그림 V-27. 제털기록과 RT ANT. DELTOID의 상관관계 .....	105
그림 V-28. 제털기록과 LT ANT. DELTOID의 상관관계 .....	106
그림 V-29. 제털기록과 RT THORACIC ES의 상관관계 .....	106
그림 V-30. 제털기록과 RT RECTUS FEM의 상관관계 .....	107
그림 V-31. 제털기록과 LT RECTUS FEM의 상관관계 .....	107
그림 V-32. 지면반력( $F_y$ )과 기록의 상관관계 .....	108
그림 V-33. 지면반력( $F_z$ )과 기록의 상관관계 .....	109
그림 VI-1. 수직, 제털 RT RECTUS FEM 상관관계 .....	111
그림 VI-2. 수직, 제털 LT RECTUS FEM 상관관계 .....	112

## ABSTRACT

### An Analysis of Biomechanical Factors for Optimization Models of Jumping Motion

Kim Eung-Gyu

Advisor : Prof. Kyung-Il Lee Ph.D.

Department of Physical Education,

Graduate School of Chosun University

The purpose of this study was to identify the correlation between the variables by analyzing and quantifying the variables kinematically in order to efficiently perform vertical jump and standing long jump movements. For this purpose, a total of 26 students, 13 each from male and female high school students, were studied through various variables, which are time (required time), distance (height of body center), speed (center of body), angular (shoulder joint angle, hip joint angle, knee joint angle, ankle joint angle), angular velocity (shoulder joint angular velocity, hip angular velocity, knee joint angular velocity, ankle joint angular velocity) and kinematic (muscular conduction, ground reaction) factors.

1) A kinematic variable between male and female students in vertical jump

First, among male and female students, students with higher records took longer time and showed significant differences in all sections.

Second, the analysis of the body-centered vertical displacement of male and female students showed no statistically significant differences, although there were differences in records.

Third, the analysis of the body-centered vertical speed between male

and female students showed that male students appeared faster than female students at the moment of leap during vertical jump movements. The vertical acceleration also showed up faster in male students, and it can be seen that male students perform muscle contractions and relaxations in a moment while moving joints effectively when they perform vertical jump motions rather than female students. It also means that the body can be sent higher in a vertical direction by pushing the ground harder.

Fourth, the angle of the body segment was analyzed for each event to analyze the angular variable, and the angle of the ankle joint and the angle of the knee joint showed significant differences in section E3, and it can be seen that reaction forces are caused by the push action to generate a large force. The angle of the hip joint can be seen as an important variable for effective vertical jump operation rather than the above two variables.

Fifth, the isometric muscular function test showed a significant difference between male and female students, while they showed more than twice as big a difference.

Sixth, the kinematic ground reaction analysis was done in both vertical and forward directions. It turned out that although male students showed greater ground resistance than female students, there was no statistically significant difference.

Seventh, the muscle conduction analysis identified the movement and activity of the major muscle groups, resulting in a significant difference in the activity of the lower body rather than the upper body between male and female students. In particular, there was a significant difference in activity of the femoral rectum.

## 2) Correlation between vertical jump record and variable

First, height and weight were found to be correlated with records.

Second, the time variable showed a significant correlation with the entire interval record.

Third, speed variables such as speed and acceleration were found to be closely related to records.

Fourth, the ankle joint angle shows that the ankle is as low-sided as possible in the peak section by making the most of the ankle in the take-off section when performing the vertical jump movement. It is effective to make a 74 degree hip angle when crouching and jump vertically. The shoulder joint angle also shows a significant correlation with the record, so it is important to maintain - 59 degrees when crouching and 130 degrees when taking a leap.

Fifth, the femoral rectum and the record were significant in the analysis of myocardial conduction activation. Only when contraction and relaxation of femoral rectum occur effectively can a good record be made.

Sixth, in vertical jumping, the ground force can be considered to be effective for improving the record. In particular, there is a difference in the results of the record through its action and reaction forces.

3) A kinetic dynamic variable between male and female students in standing long jump

First, among the male and female students, the higher the record, the longer the time required. The significant difference in the peak interval was shown in the leap between male and female students.

Second, the records of male and female students showed great differences and it were statistically significant.

Third, the body-centered vertical and horizontal displacement between male and female students showed great value for male students.

Fourth, male students at vertical and horizontal speeds showed a large value, indicating that this was highly relevant to the record.

Fifth, there was no big difference between male and female students in angle variable. However, there were significant statistical differences between events.

Sixth, the kinematic ground reaction analysis was done in both vertical and forward directions. Female students had higher ground strength than male students.

Seventh, in myocardial analysis, unlike vertical jumps, the muscle activity of the upper body was also statistically significant. This can be considered to strengthen the arm's swing in the upper body to move forward.

4) Correlation between the standing long jump record and the variable

First, height and weight were found to be correlated with the standing long jump.

Second, the time variable of the two sections can be said that the time spent in the air is a record, and the record is determined by the time spent in the air.

Third, the speed variable also showed that speed and acceleration were closely related to the record. It can be seen that effective movement of joints and rapid contraction and relaxation of muscles are important factors in improving records.

Fourth, significant correlation with the record was shown only at shoulder joint angle. Unlike vertical jumps, the movement of the upper body is considered to be an important factor affecting the recording.

Fifth, the femoral and trigonometric muscles were significantly shown in the analysis of myocardial conduction activation. The contraction and relaxation of the femoral rectum must occur effectively to produce a good record and a strong swing of the arm of the triangular root can improve the record.

In order to perform effective movements when performing vertical jumps, it is necessary to improve the muscle strength of the lower extremities and to make the flexural force of the hip especially strong. Also, in the standing long jump, it is important to develop the lower body to speed up the contraction and relaxation of the body momentarily, and



the upper body plays many roles differently from the vertical jump, so it is necessary to practice improving the speed along with strengthening the muscle of the upper body. As a result, muscle strength of the lower body must be improved in order to perform the two movements effectively. In particular, during the standing long jump, it seems necessary to improve the muscle strength of the upper body as it is seen to produce an effective forward movement through strong swinging of the upper extremities as well as strong contraction and relaxation of the lower body. The results of the above study are believed to serve as basic data for mechanics and be used in the field of sports.

# I. 서론

## 1. 연구의 필요성

뛰기 동작은 다양한 스포츠 종목을 수행하는데 가장 중요한 요소임과 동시에 운동능력을 객관화하는 지표이다. 대표적인 뛰기 동작은 우리가 흔히 순발력 측정 방법으로 알고 있는 수직점프(vertical jump)와 제자리멀리뛰기(standing long jump) 동작으로 신체 근육이 폭발적으로 발생하는 힘과 속도에 의해 이루어지며 파워(power)로 통용되기도 한다. 이렇듯 스포츠 경기에서 기본이 되는 운동 동작인 두 동작은 체육계열 학과에 입시를 준비하는 학생들에게는 대학 진학의 문턱을 넘어서기 위한 중요한 시험 종목이며, 공무원들 또한 체력검정 종목으로 공무원 채용 점수에 적용된다. 이뿐만 아니라 미국의 대표적인 스포츠인 미식축구(National Football League, NFL)에서 신인드래프트 신체검사 시 수직점프 높이를 가장 중요한 수행지표로 활용하고 있어(McGee & Burkett, 2003) 운동 기능평가의 공정성이 확보되었다고 평가된다. 그러나 순발력을 측정한다는 공통점이 있지만 운동 방향이 수직과 수평이라는 매우 다른 운동학적 특징이 있다. 이러한 이유로 많은 사람들이 두 동작을 효과적으로 동작을 수행하는 것에 어려움을 겪고 있는 것이 사실이다. 이런 관점에서 동일한 운동능력 측정 종목인 제자리멀리뛰기와 수직점프 동작을 효과적으로 수행할 수 있는 방법을 모색하고 두 동작을 효과적으로 수행하기 위한 요인들을 탐색하는 것이 필요하다.

위의 두 동작은 순발력 측정뿐만 아니라 근의 협응력도 확인 가능한 운동 동작이다. Harrison, Ryan & Hayes(2007)는 “나이가 어린 선수의 경우 스포츠와 같은 신체활동의 성공적인 수행에 필요한 운동 기능을 습득하기 위해서는 먼저 효과적인 신체 협응 능력을 발전시켜야만 한다.”라고 이야기 하였듯이 신체 협응 능력이 스포츠나 체육활동을 실시하는데 중요한 역할을 하고 있다. 위에서도 언급했듯이 신체 협응은 성공적인 운동 수행을 하는데 반드시 필요한 능력이며, 특히 몸통, 상지, 하지 등 전신을 활용하는 다관절 운동으로 높이 도약하기 위해 지면에 큰 충격량을 가해야 한다(김용운, 2020). 이를 위해 강력한

하지 근력도 중요하지만 하지의 폭발적인 근수축을 유도하고 몸통, 상지 등을 포함한 전신의 에너지를 지면에 효과적으로 전달하는 것이 중요하다(김용운, 2020). 이처럼 제자리멀리뛰기와 수직점프 동작 시 성공적인 운동 수행을 한다는 것은 상. 하지 분절 간의 협응이 잘 이루어졌다는 것으로 볼 수 있다. 이를 위해서 운동선수 뿐만 아니라 스포츠를 즐기는 사람들 대부분 이를 인지하고 능력을 기르기 위한 노력을 기울이고 있다. 그러나 이러한 능력을 얼마나 갖추고 있는가? 는 대표적인 측정 방법인 제자리멀리뛰기와 수직 점프를 통해 알 수 있고 특히 두 동작의 운동 수행 결과에 영향을 미칠 수 있는 근육의 근 활성화도와 신체 중심의 변화, 수평, 수직의 최대지면반력, 도약각도, 하지의 운동학 및 운동역학적 변인을 통해 정확한 분석이 가능하다(김주년, 2014). 나아가 두 동작의 공통적인 특성을 알아낸다면 두 동작 모두를 수행하는데 있어 많은 도움이 될 것이다.

따라서 본 연구에서는 남, 여 고등학생들을 대상으로 두 동작을 수행하는데 있어 나타나는 운동학적(kinematics), 운동역학적(kinetics) 변인의 남녀 차이와 함께 두 동작의 공통적인 수행변인들을 도출하여 순발력을 효율적으로 수행할 수 있는 최적화 모델을 알아보기 위해 실시하였다.

## 2. 연구의 목적

본 연구는 남, 여 고등학생들의 수직점프 및 제자리멀리뛰기 동작의 운동학적 및 운동역학적 비교, 분석을 통해 순발력 측정 동작인 각 동작과 기록에 연관성을 도출하고, 두 동작의 효율적 동작 및 수행능력을 발휘할 수 있도록 필요한 근거 자료를 제시하고자 변인을 연구하고 이를 비교, 분석하였다. 또 본 동작 분석의 연구 결과를 통해 체육계열학과 대학입시, 체육 교과 수업과 공무원 체력 검정 나아가 다양한 스포츠 상황에서 활용되는 두 운동 동작에 대한 성공적인 운동수행력 탐색 및 학생 지도방안을 모색하고 나아가 운동선수들이 효율적으로 운동수행을 할 수 있도록 하기 위한 기초자료로 활용하는데 목적을 두고 있다.

### 3. 연구 가설

본 연구의 목적을 달성하기 위하여 다음과 같은 연구 가설을 설정하였다.

첫째, 남, 녀 고등학생들이 수직점프, 제자리멀리뛰기 동작 시 운동학적 변인 (거리변위, 시간변인, 속도변인, 각도변인)에 차이가 있을 것이다.

둘째, 남, 녀 고등학생들이 수직점프, 제자리멀리뛰기 동작 시 운동역학적 변인에 차이가 있을 것이다.

셋째, 기록과 수직점프, 제자리멀리뛰기의 운동학적 변인과 상관관계가 있을 것이다.

넷째, 기록과 수직점프, 제자리멀리뛰기의 운동역학적 변인과 상관관계가 있을 것이다.

다섯째, 기록과 상관관계가 높은 수직점프 변인과 제자리멀리뛰기 변인은 상관관계가 있을 것이다.

### 4. 연구의 한계점

이 연구의 범위 및 제한점은 다음과 같다.

첫째, 본 연구의 동작 분석 범위는 수직점프, 제자리멀리뛰기 동작 중 준비 동작, 도약, 공중 동작, 착지로 한정하였다.

둘째, 분석상의 편의를 위하여 인체모델은 강체(rigid body)로 간주하였다.

셋째, 착용한 운동화에 의한 반발력을 고려하지 못하였다.

### 5. 용어의 정의

이 연구에서 사용하는 주요 용어는 아래 내용과 같이 정의 한다.

- 1) 운동학적 변인(kinematic variable) : 힘과는 무관하게 동작의 기하학적인 면만 초점을 둔 결과를 도출하는 변인으로서 거리변위, 시간변인, 속도변인, 각도변인을 포함
- 2) 운동역학적 변인(kinetic variable) : 운동 동작 시 움직임에 원인이 되는 힘을 통하여 나타나는 결과를 설명하는 변인으로서 지면반력을 포함
- 3) 발목 관절각(ankle joint angle) : 동작 수행 시 하퇴와 발의 장축이 각을 이루는 것
- 4) 무릎 관절각(knee joint angle) : 대퇴와 하퇴가 각을 이루는 것
- 5) 고관절각(hip joint angle) : 몸통과 대퇴가 각을 이루는 것
- 6) 어깨 관절각(shoulder joint angle) : 몸통 장축과 상완의 장축이 이루는 각
- 7) 웅크림(crouch) : 동작 수행 시 신체 중심이 가장 낮고 무릎 각도가 최소일 때를 일컫는 말
- 8) 이지(도약,take off) : 발이 지면으로부터 떨어지는 순간을 일컫는 말
- 9) 정점(top) : 신체의 질량 중심이 최고 높이에 이르는 순간을 일컫는 말
- 10) 착지(landing) : 도약 후 정점을 지나 발뒤꿈치가 지면에 닿는 순간을 일컫는 말
- 11) 반동(counter movement) : 목표로 하는 방향으로의 움직임을 위해 몸의 전후방으로의 움직임
- 12) 굴곡(flexion) : 시상면상에서 관절을 형성하는 두 분절 사이의 각이 좁아지는 운동
- 13) 신전(extension) : 시상면상에서 두 분절 사이의 각이 커지는 운동으로 굴곡의 반대운동
- 14) 역학적체인(kinetic chain) : 몸의 분절들이 관절을 통해 유기적으로 연결되어 협조 관계를 이루는 것
- 15) 학생건강체력평가(PAPS, Physical Activity Promotion System) : 학교 체육진흥법으로 초·중·고등학교에서의 시행이 의무화되어 있는 종합 체력 평가 제도
- 16) 최대근력(peak torque) : 등속성 근력 측정 시 사용되는 근력의 최고치

## II. 문헌고찰

### 1. 수직점프의 이해

#### 1) 수직점프의 개념

인체 제어 메커니즘 측면에서 볼 때 수직점프 동작은 여러 분절이 관여되고 각 분절의 조화로운 움직임이 필요한 동작이다(Prokopow, Hay, Fukashiro, & Himeno, 2005). 아동기의 놀이, 게임, 스포츠 활동에서 빈번하게 사용되는 동작이며(Floria & Harrison, 2014), 신체 분절의 조화로운 재빠름을 요구하는 동작으로 폭발적인 힘으로 지지다리의 근육을 강하게 긴장시켜서 근육의 수축과 탄성력으로 작용력에 반비례하여 발생하는 반작용력을 이용하여 기계적 파워를 발휘하는 것이 특징이다(Babic, & Lenarcic, 2007). 수직점프는 정지하고 있는 지면에 대해서 신체가 떠나려고 하는 힘과 중력에 대항하는 힘 두 가지를 필요로 하고 있다(이행섭, 2007).

#### 2) 수직점프의 매커니즘

수직점프를 구성하는 요소로는 웅크림동작, 도약동작, 공중동작, 착지동작으로 구성된다. 웅크림(crouch)은 동작 수행 시 신체 중심이 가장 낮고 무릎 각도가 최소일 때를 말하며, 이지(도약, takeoff)는 발이 지면으로부터 떨어지는 순간을 말하고, 정점(top)은 신체의 질량 중심이 최고 높이에 이르는 순간을 그리고 착지(landing)는 도약 후 정점을 지나 발뒤꿈치가 지면에 닿는 순간을 이야기한다. 이 네 가지 동작 중 수직점프는 도약 시점에서 뛰어오르려고 하는 속도와 각도에 의해서 결정되며(조영록, 2019), 도약 시점에서의 신체의 무게 중심의 위치가 공중자세에 영향을 미친다(김창국·김현수·황중문, 1997). 도약(take-off) 시 인체의 모든 신체 분절을 효과적으로 사용해서 몸을 띄우는 능력과 도약

속도는 점프의 거리나 높이를 결정하는 데 매우 중요한 요소이며 신체가 지면에 작용하는 힘에 대한 반작용으로 지면 반력의 크기와 충격의 크기는 효율적인 점프동작 수행의 기준이 된다(문곤성, 2002). 신체가 동작 수행을 함에 있어 근육의 효과적인 움직임이 중요한 요소이며, 관절과 함께 근육이 효과적으로 수축작용을 일으킴으로 인하여 관절을 수월히 움직일 수 있게 된다. 이러한 근 협응을 통하여 신체가 움직임을 수행하고 효과적인 동작을 만들어 낼 수 있다. 인체 움직임의 원동력인 근력에 대한 정보는 운동의 현상과 원인을 잘 이해하는데 필수적이라고 할 수 있다(김진욱, 2003). 또한 수직점프의 효율적인 동작 형태의 동작 순서를 다음과 같이 밝히고 있다(이정순, 2009).

웅크림 시 고관절, 무릎관절, 발목관절에서 굴곡이 발생하며, 웅크림 동작을 지나 도약 시 점프 동작은 양팔을 강력한 상 전방으로 들어 올림과 함께 시작된다(정효영, 2010). 밀기(thrust)는 고관절, 무릎관절과 발목관절에서의 강력한 신전에 의해 진행된다. 신체는 양발이 지면에 다시 닿을 때까지 신전 상태에 있는 후 발목관절, 무릎관절과 고관절은 착지의 충격을 흡수하기 위해 굴곡한다(조영록, 2019). 이러한 일련의 점프 과정에서 최고 수직점프의 높이를 달성하기 위해서 체공기 보다 지지기에서 운동 형태와 신체적 능력에 의해서 결정된다고 하였다(조영록, 2019). 또 양발로 착지시 보다 효율적인 충격 흡수를 위해서 슬관절과 고관절 각의 활동 범위가 더 커지며 그 이유는 착지 시 충격 흡수에 관여하는 관절이 발목보다 슬관절이나 고관절이 주관절로 사용된다고 하였다(민진아, 2002).

### 3) 수직점프와 관련된 선행 연구

수직점프의 연구들은 대부분이 각 신체 분절의 기여도 분석, 트레이닝이 미치는 효과, 그리고 순발력 측정 도구로써 연구되어져 왔다(Wilkerson 1985). 수직점프에 대한 초기연구는 주로 양발의 처음 위치와 무릎관절의 굴곡 각도에 따른 도약 높이의 차에 대한 연구가 대부분이었다(윤일한, 2007). 박영훈 외 3명(2008)은 지면반력을 이용한 수직점프 높이 추정분석에 대한 연구를 실시하였으며, “수직점프 수행력은 여러 스포츠의 기초기술일 뿐 아니라 신뢰성 높은 하지 근과위의 지표이다.”라고 기술하였다. 이에 지면 반력을 이용하여 수직

점프 높이를 산출하고 차이를 검토하여 운동역학의 기본 개념을 인체 동작에 실제로 적용하고 동작 수행의 효율성을 기대하고자 하였다(박영훈, 2008). 또 인체 제어 메커니즘 측면에서 볼 때 수직점프 동작은 여러 분절이 관여되고 각 분절의 조화로운 동작이 필요한 복잡한 동작이며, 관절의 효율적인 움직임과 근육의 수축작용이 효과적으로 일어나야 하는 동작이다(Bobbert van ingen Schenau, 1988).

#### 4) 유사 동작의 운동학적 연구

위에서 언급한 바와 같이 스포츠 영역에서 수평 점프와 수직점프 등이 응용되어 많이 사용되고 있다. 이에 점프 동작은 효과적인 점프 동작 수행을 위해 많은 연구를 필요로 한다. 수직점프에 관한 연구는 초기에는 기술적 혹은 단일 변인에 대한 연구에서 시작하여 수학적 분석, 수학적 모델링, 시뮬레이션 방법을 사용해서 분석하는 단계까지 발전해 왔다(조영록, 2019). 뛰기 즉 점프 동작은 구기 종목뿐 아니라 전 운동 종목 전반에 매우 중요한 요인으로 많은 비중을 차지하고 있다. 예를 들어 축구에서의 헤딩 동작시 점프, 배구에서의 블로킹이나 스파이크시 점프 동작, 농구에서의 점프 슈트동작이나 리바운드시 점프 동작 그리고 육상 종목에서 높이뛰기와 멀리뛰기시 동작 등 많은 스포츠 종목에서 수직점프의 요소를 가지고 있다.

박영훈, 염창홍, 서국웅, 서국은(2008)은 지면 반력을 이용한 수직점프 높이 추정 분석에 대한 연구를 실시하였으며, 연구대상을 체육학과 전공생들로 수직점프를 하기에 적합한 장소와 연구 장비를 이용하여 실시하였다. 측정 변인은 영상 분석과 충격량, 체공 시간을 산출하였다. 그 결과 수직높이는 지면반력 데이터의 충격량, 체공 시간을 이용한 두 가지 수직점프 높이 계산 값보다 높게 나왔으며, 반대로 충격량에 의한 점프 높이가 체공 시간에 의한 점프 높이보다 더 높은 것으로 나타났다고 연구 결과를 도출하였다.

김운용, 김희식(2017) 선행연구에서 “아동 연령에 따른 수직점프 동작의 역학적 특성 비교”를 실시하였으며, 연구 결과 연령의 증가에 따라 점프 높이, 하강과 추진의 동작 범위, 관절의 역학적 요인 등이 증가한다고 보고하였다. 또 점프 높이의 차이는 주로 하지 관절의 역학적 출력 차이에 따른 것으로 나타



났으며, 반면 전체적인 동작 패턴, 하지 관절의 신전 타이밍, 관절간 협응에서는 연령에 따른 차이가 나타나지 않았다고 보고하였다(김운용, 김희식, 2017). 이는 아동의 연령에 따른 수직점프의 수행 차이는 성장에 동반되는 체격과 근력의 증가에 기인했다고 보았으며, 기술적 측면에서는 아동기 초기부터 비교적 높은 수준의 점프 동작을 수행했다고 결론을 도출하였다(김운용, 김희식, 2017).

마지막으로 Luis(1997) 등은 대학생들을 대상으로 50회의 수직점프를 실시하였고 각 38개의 변인으로 수직점프 높이의 추정 모델을 작성하였으며, 다음으로 대학생 50명을 대상으로 각 분절의 파워, 점프의 지지시간 등 변인들의 기여도를 파악하고 설명력을 도출하기 위해 연구하였다.

멀리뛰기 기술은 도움닫기, 발구름동작, 공중동작, 착지동작으로 총 4단계로 구분할 수 있으며, 이러한 1-4단계 중 기록에 가장 크게 영향을 미치는 단계는 발구름동작의 단계이다(Hay, 1985). 특히 도약의 형태에 따라서 근육 군이 기여하는 형태가 다르고, 수직 도약시 대부분의 에너지는 둔부의 근육 조직과 발목에 의해서 발생된다고 하였다(조영록, 2019).

## 5) 수직점프의 변인에 관한 연구

점프시 수직적 추진은 선 또는 각변위와 선 또는 속도에 의해서 결정된다고 볼 수 있다(Hay, Wilson & Dapena, 1976). 또한 수직 동작 시 효율적인 움직임 위해 무릎 반동을 이용하는 것은 점프 높이를 증가시킬 수 있다고 보고했다(조영록, 2019; 재인용). 무릎관절을 굴곡 시키면서 양팔을 아래쪽으로 휘두르고, 양발로 지면에 강한 힘을 가해서 미는 동시에 무릎관절과 고관절을 신전시키는 동작 순서를 제시하고 있다(문곤성, 1994). 지금까지 비교적 빠르고 비연속적인 동작에 있어서 반동 동작이 운동수행능력을 증가시킨다고 하는 증거들이 제시되고 있으며, 수직점프 동작에서는 반동 동작에 의한 사전신전(pre-stretch) 동작이 단축성 근수축을 수행하는 동안 근육이 발휘할 수 있는 최대 작업량을 증가시키는 것으로 나타났다(조영록, 2019; 재인용). 선행연구 결과를 살펴보면 “수행 특성 및 관절 역학 변인의 선행연구에서 수직점프의 수행력을 나타내는 점프 높이는 선 자세에서의 신체 중심과 도약 정점까지의 수직거리로 산출하였으며, 도약 순간 신체 중심의 수직 속도와 높이를 제시하였다.”고 기술하였다(김용운,

김희식 2017). 관절의 파워는 관절모멘트와 각속도의 스칼라 곱으로 산출하였고 시간에 대한 관절 파워의 적분을 통해 각 관절에서의 역학적 일량을 계산을 통하여 수행특성과 관절 역학 변인을 분석하였으며, 기술 및 협응 변인을 분석하기 위하여 굴곡에서 신전으로 전환되는 시점, 최대 각속도 발생 시점 그리고 하지관절간의 평균 상대위상을 분석하였다고 기술하였다(김용운, 김희식, 2017). Ingen Schenau et al(1997)의 선행연구에서 “근육이 원심적으로 사전-스트레치 되었다가 구심적으로 단축되는 일련의 근수축 형태를 신장-단축 주기(Stretch-shortening cycle, SSC)로 설명할 수 있다. SSC기전의 효과는 최종 국면에서의 수행력(Performance)의 증가라고 간단히 표현할 수 있다.”라고 밝혔다. 근육이 강압적으로 사전-스트레치 되었다가 구심성 수축을 하게 되면, 단순히 구심성 수축만 하는 것에 비해 최종 국면에서 보다 큰 일을 할 수 있고 수행력을 향상시킬 수 있다(Komi, 1984; Bobbert et al, 1996; Enoka, 2003).

## 2. 제자리멀리뛰기의 이해

멀리뛰기에는 제자리멀리뛰기와 현재 올림픽 육상 종목으로 채택되어있는 도움닫기 멀리뛰기로 나눌 수 있다. 현재는 올림픽에서 모습을 보이지 않지만 제자리멀리뛰기는 1900년 파리 대회부터 1912년 스톡홀름 대회까지는 정식 종목 경기를 했었으며, 현재는 올림픽에서 도움닫기 멀리뛰기만 정식 종목으로 채택되어 육상경기를 하고 있다. 제자리멀리뛰기는 신체를 가속시킬 수 있는 사전운동인 도움닫기 동작 없이 신체의 반동만을 이용하여 최대한 멀리 뛰어야 하기 때문에 하지 근골격계의 순간적인 근과위와 순발력 및 민첩성이 요구되는 운동 중에 하나이다(오정환 등, 2006; 우병훈, 2009).

### 1) 제자리멀리뛰기의 개념

멀리뛰기는 도움닫기 멀리뛰기와 제자리멀리뛰기로 구분된다. 현재 도움닫기 멀리뛰기는 육상 정식 종목으로 채택되어 정식 경기를 치루고 있는 반면 제자리

멀리뛰기는 대표적인 투사체 운동 중 하나이며, 수직점프와 동일하게 순발력 측정을 하는 종목으로 학교 체육과 공무원 각종 시험에서 활용되고 있다. 준비동작인 발구름, 공중동작, 착지 3구간으로 구성되어진다. 제자리멀리뛰기 동작을 수행 시 구름판에 올라서고 도약 전 두 발이 구름판에서 동시에 떨어져야 하며, 점프 전에는 발바닥의 움직임을 가지면 안 되며, 또 한 발로 구르며 뛰어서도 안 된다. 착지 한 후에는 발구름선을 기준으로 신체의 가장 가까운 부위를 측정하여 기록을 결정한다. 도움닫기 멀리뛰기와는 다르게 제자리멀리뛰기는 대부분이 발뒤꿈치를 측정하는 것으로 되어있다. 효과적인 제자리멀리뛰기 동작을 수행하기 위해서 대퇴사두근, 허벅지 부근의 봉공근과 박근내전근을 비롯해 둔근, 종아리의 근육군을 운동에 적합하고 균형 있게 발달시켜야 한다. 그리고 제자리멀리뛰기기록의 향상을 위해서는 신체 반동 동작을 이용하는 발구름 동작 시 신체 운동 각도와 속도를 최대화 시켜야 한다(황성근, 2017). 여기서 도움닫기는 육상경기나 필드경기에서 도약력을 증가시키기 위하여 일정한 거리를 뛰는 것을 말한다. 제자리멀리뛰기는 멀리뛰기와 다르게 도움닫기 구간이 없으며, 양발을 발 구름판 위에 고정시킨 상태에서 신체의 반동을 이용하여 도약해야한다(오정환, 최정규, 정익수, 이동진, 최수남, 남택길, 2006). 제자리멀리뛰기의 효과적인 동작 수행에 관건은 동작의 구성요소인 도약 후 비행거리(flight length), 착지거리(landing length)를 최대화하는 것이다(Hay, 1985). Hay의 주장에 의하면 비행거리는 이 지 시 신체의 중심의 높이, 속도, 도약각도, 공기저항에 의해 결정된다고 하였다(윤형구, 2009; 재인용). 또한 착지는 이동거리에 영향을 미치며, 착지시의 자세와 동작에 의해 큰 영향을 받는다고 보고하였다. 따라서 비행거리의 최대화와 효율적인 착지로 이동 거리를 늘리기 위해서는 공중 동작 및 착지 동작의 출력을 극대화 시킬 수 있는 발 구름 동작을 수행해야 하며 이를 위한 기술적인 개선이 이루어져야 제자리멀리뛰기의 기록향상 측면에 중요한 의미를 갖는다(오길영, 2012).

## 2) 제자리멀리뛰기 매커니즘

제자리멀리뛰기의 방법은 제자리멀리뛰기 판에 양발을 어깨 넓이로 벌리고 선 체로 양팔은 몸의 전방과 후방으로 흔들며 예비 동작을 통해 리듬감과 동시에

추진력을 얻는다. 몸통과 하체를 굽힘과 동시에 흔들던 팔도 전방으로 힘차게 돌려내리면, 몸의 힘으로 옮길 수 있는 커다란 힘(질량×속도)을 얻을 수 있다(임범서 2003). 즉 상, 하체의 움직임을 활용하여 팔의 스윙을 빠르게 만들 수 있다는 것이다. 팔의 스윙을 빠르게 만든다는 것은 즉 효과적인 동작 수행이 가능하다는 것으로 볼 수 있다. 도약 순간에는 양팔은 강하게 전방으로 흔들어내며 가장 효율적인 움직임을 얻을 수 있다. 이 자세는 착지 시까지 흐트러짐 없이 유지하는 것이 중요하다. 도약 전 웅크림 구간에서는 무릎을 과도하게 굴곡시켜서는 안되며, 각근력과 정비례해야 한다. 이지(도약)시 이동 각도는 45도 전후가 움직임시 가장 이상적이며, 신체에 대하여 신체 중심이 가장 유효한 높이를 의미한다. 신체는 공중 동작 시 정점을 지나 착지 직전까지 신체 중심이 이동하며 이지는 발끝부터 시작하며, 발끝은 지면을 강하게 밀어내어 내는 역할을 하고 이지하기 위한 힘의 작용을 가장 먼 거리까지 작용될 수 있도록 한다. 이지(도약)시 정점에 도달하기 전 뒤꿈치는 엉덩이까지 자연스럽게 이동하며, 정점 이후 착지 시 무릎을 가슴 쪽으로 당기며, 발바닥을 사용하여 신체를 전방으로 밀어낼 때 몸은 최대의 가속도를 얻을 수 있도록 한다. 착지 시에는 양팔을 진행 방향으로 흔들어 내린다. 이는 신체 중심 및 신체의 뒷부분의 도달거리가 최대로 된다. 도약거리를 늘이기 위한 다리 지면에 대한 각도는 30°가 좋다(임범서, 2003). 착지하는 순간에 양팔은 전방으로 보내며 반작용력을 극대화한다. 이러한 움직임은 신체에 전달하는 운동량을 극대화 시켜주고 신체가 후방으로 넘어지는 것을 방지하는데 사용된다. 또 신체의 중심을 도약의 진행 방향으로 내리고 다음에 전방으로 옮겨 엉덩이가 뒤꿈치 바로 앞에 내리게 한다(서병환, 2011; 재인용). 또 힘이 거리로 바뀌어지게 되고, 착지 때의 충격을 감소시킨다. 모든 동작은 도약 선에서 도약 방향으로 향하고 있지 않으면 안 된다(임범서, 2003). 어떠한 동작이라도 도약 선에서 각의 형성은 각을 감소시키고 도약의 거리를 좁힌다(서병환, 2011). 체자리멀리뛰기의 동작시 상체와 두부를 젖혀서 굴곡 시키는 시간을 짧게 하고, 팔은 머리 위에 신전 상태로 뛰어오른 후 빠르게 밑으로 흔들어 내리는 힘을 이용하고 무릎은 이륙 후 굴곡하여 차츰 신전하다가 착지가 가까워지면서 굴곡 되는 공중 동작을 취한다(임용규, 1979).

### 3) 제자리멀리뛰기에 관련된 선행연구

오정환, 최정규, 정익수, 이동진, 최수남, 남택길(2006)은 선행연구에서 “시각장애인의 제자리멀리뛰기 동작에 대한 운동학적 분석”에 대한 연구를 진행하였고, 전맹인 3명과 정안인 3명을 비교군으로 선정하여, 안내원의 도움을 받아 실험을 진행하였다. 그 결과 정안인과 시각 장애인의 기록 차이는 평균 두 배 이상 많은 차이를 보였으며, 이유는 1국면에서 2국면으로 갈 때 신체를 충분히 굽혀주지 못하고 바로 이지(도약) 동작으로 들어가는 것으로 나타났으며, 착지시에도 신체를 충분히 굽히지 못하고 거의 선 자세로 착지하는 것으로 나타났다고 서술하였다. 각 국면별 각도에서 많은 차이를 보이는 것으로 나타나 보이지 않는 것이 불안감으로 이어지고 이는 충분한 굴곡 신전이 일어나지 않고 소극적 동작을 보여준다고 기술했다. 또 각 관절의 각도가 기록에 영향을 주는 연구 결과도 보여주었다.

김주년, 하성희, 류시현, 길호종, 류지선, 박상균, 윤석훈(2014)는 선행연구에서 “제자리멀리뛰기시 체육 영재 훈련프로그램이 상, 하지 협응에 미치는 영향”을 체육 영재 27명을 대상으로 전문실기& 코디네이션 프로그램을 주1회 2시간씩 16주를 적용하여 이를 비교 분석한 결과는 체육 영재 훈련 후 전완과 세 하지 분절 사이에서 측정된 연속상대위상이 유의하게 향상되었음을 밝혀냈고, 본 훈련 프로그램을 적용시 상, 하지 협응 향상에 긍정적인 영향을 나타내며, 장기적인 훈련프로그램을 계획하여 신체 전반에 걸친 협응의 향상에 기여하는 것을 예상하였다.

황성근, 권문석, 김정규, 이용식(2017)은 제자리멀리뛰기기록과 운동역학적으로인들의 상관관계 연구 결과 신체조성과 기록과의 관계는 신장은 기록과 정적 상관성이 높은 것으로 나타났으며, 몸무게와는 상관관계가 적은 것으로 나타났다. 관절의 각도와는 발목관절, 무릎관절, 힌관절 각도와는 상관관계가 없다고 서술하였다. 지면 반력은 최대전후 지면반력, 최대수평 지면반력과 정적상관이 높다고 하였다.

#### 4) 유사 동작의 운동학적 연구

신재민(2011)은 선행연구에서 “제자리멀리뛰기 이지구간에서 최상수행과 최하수행의 협응과 분절운동의 비교”에 대해 연구하였다. 이는 피험자의 최상수행과 최하수행을 선별하여 이지구간에서 각도, 각속도, 신체 무게중심 변인 및 연속상대위상을 비교한 연구였으며, 이를 비교한 결과 각도와 각속도에서는 이지시점에서 전완의 각도를 비교 분석한 결과 유의한 차이를 보였다. 또한 동작수행에 참여한 각 분절들의 최대 각속도가 발현되는 시점은 상지 분절의 움직임 시작으로 하지 분절로 이어지는 특징을 보여주며 기존 연구들과 동일하게 점프동작의 이동 거리를 증가시키는데 상지의 움직임이 중요한 역할을 하는 것을 알 수 있다(신재민, 2011).

이평송, 백진호, 류재균(2004)은 “엘리트 여자멀리뛰기 선수의 도움닫기와 발구름 동작의 운동학적 분석”에 대해 연구하였고, 연구는 도움닫기 마지막 3보와 발구름 동작을 분석하였다. 이에 선수들의 부족한 점을 파악하고 기록향상에 필요한 개선사항을 파악하고자 하였으며, 분석 결과 구름판 도약 속력은 우수 선수들보다 1m/s 작았고, 도약각은 좀 더 높게 나타났다. 도움닫기 수평속도가 최고에 도달한 시점은 마지막 3보에 이지 순간으로 나타났다. 발구름발이 구름판에 착지 후 도약을 시도할 때 고관절각의 변화가 클수록 좋은 경기력이 보여주는것으로 나타났다. 상체의 전후경각은 구름판 착지 순간에서 이륙순간까지 후경 자세를 취하고 있었다. 결과들은 국내 엘리트 여자 멀리뛰기 선수들이 도움닫기 마지막 3보에서의 동작 변화 기술이 미숙하고 구름판에서 강하고 추진력 있는 발구름 동작을 수행하지 못한다는 것을 지적하였다(이평송, 2004).

권태원(2008) 선행연구에서 “순발력 테스트를 위한 제자리멀리뛰기와 제자리뒤로뛰기 종목간의 신뢰성에 관한 연구”를 실시하였다. 순발력 테스트를 위한 제자리멀리뛰기와 제자리뒤로뛰기 간의 각 신뢰성을 검사하기 위해 종목간의 상관관계에 대한 유의성 검사와 측정의 표준 오차를 산출하였고, 체육 전공 남학생에 대한 제자리멀리뛰기와 제자리뒤로뛰기의 순발력 테스트 결과는 상관이 없는 것으로 나타났다. 여학생의 경우 체육 전공생과 비 체육 전공생의 경우 두 동작간에 유의한 상관이 있는 것으로 나타났다고 서술하였다.

## 5) 제자리멀리뛰기의 변인에 관한 연구

이진택(2016)은 “제자리멀리뛰기 동작의 팔스윙 통제가 운동역학적 요인에 미치는 영향에 대해 연구”하였고, 제자리멀리뛰기 시 팔 동작을 통제하였을 때 수평 방향으로 신체를 보내기보다는 수직 방향으로 점프를 하는 것으로 사료된다고 하였고, 이에 팔의 통제가 도약에 어려움을 준다고 이야기하고 있다.

김주년(2014)은 신체 관절의 굴곡과 신전 각도는 운동 수행능력에 많은 영향을 주며, 또 가속 동작이 제한된 제자리멀리뛰기의 경우 인체 관절을 중심으로 한 신체 분절들의 회전 운동의 협응성이 중요하다고 결과를 도출하였다.

이미숙, 김태삼(2013)은 13세 초등학생을 대상으로 제자리멀리뛰기 기록 향상도와 하지 관절 각도 변화를 측정 한 결과 의미 있는 차이가 없었던 것으로 보고하였다. 우병훈(2009)은 최대와 최대로 제자리멀리뛰기 임무를 수행하였을 경우에는 반동 동작 시 발목, 무릎 힙 관절의 각도에서 차이가 발생되며, 이지시에도 무릎과 힙 관절의 각도에 차이가 있었음을 보고하였다. 그리고 최지영, 김승재(2002)는 나이 차이에 의해 제자리멀리뛰기 시 발목관절의 각도 신전 각도에서 통계적 차이가 있음을 보고하였다.

## 3. 순발력

순발력(power)은 짧은 시간에 최대의 힘을 발휘하는 근 신경계의 능력으로 신경충격의 집중성이 관여하여 근육이 수축할 때 발생하는 폭발적인 힘을 의미하며, 다양한 스포츠에서 보여지는 달리기동작, 점프동작, 던지는 동작의 기초가 되는 운동 능력이다(조문식, 2014). 채홍원(1992)은 순발력이란 횡단적 파워와 수직적 파워로 구분할 수 있다고 이야기하였으며, Johnson과 Nelson(1986)은 순발력을 “가장 짧은 시간 내에 최대의 힘을 발휘 할 수 있는 능력”으로 단위 시간에 수행한 작업(작업률)이다 라고 정의 하였다. 이렇게 순발력을 정의하는 시각은 제 각 각 이지만 그 의미는 하나라고 볼 수 있다. 바로 짧은 시간 내에 폭발적으로 빠르게 힘을 쓰는 능력이다. 순발력이란 운동 기능과 능력을 알아



보기 위한 다양한 스포츠에 기초가 되는 능력으로 높이 뛰거나, 멀리 뛴다든가, 재빠르게 동작하거나, 멀리 물체를 던지는 등의 활발한 운동에서 한정된 시간 내에 많은 양의 일을 할 수 있는 능력이다(오길영, 2012). 순발력은  $\text{힘} \times \text{속도} = \text{일률 또는 파워}$ 로 정의하고 있으며, 선행연구(조문식, 2014; 재인용)에서 1920년까지는 형태면의 측정이 주류를 이루어 왔으나 행동 체력의 원동력으로서 발휘되는 힘에 관심을 기울이게 되어 미국의 서전트(Sargent, D. A)나 마르틴(Martin, E. G)등에 의해서 근육에 대한 연구가 이루어졌다고 기술하였다. 특히 Hill은 런닝 중의 파워를 연구하였고, 1930년대에는 Rogers나 McCloy에 의해 종합적인 체력의 연구가 실시되었으며, 체력요인으로서 Fleishman은 “1회 또는 몇 회 연속으로 폭발적인 능력으로 초대의 에너지를 분출해낼 수 있는 능력”이라고 순발력을 정의했다(조문식, 2014). 순발력 테스트 방법으로 제자리에서 뒤로 뛰는 능력, 공 던지는 능력, 짧은 거리를 주파하는 능력 등으로 특히, 운동 경기에서 순발력은 운동능력을 결정짓는 가장 중요한 체력요소의 하나로 동적 운동의 발현능력으로서 모든 스포츠 기술의 기초적 운동이 되는 달리, 뛸뛰기, 던지기과 같은 운동에 있어서 중요한 부분을 차지한다고 하였다(조문식, 2014). 순발력 선행연구에 의하면 역학적 속성으로서 순발력과 도약능력 검사 간에는 높은 상관을 나타내고 있다고 보고하였다(김기학 등 9명, 2007).

이처럼 운동 수행과정에서 순발력은 신체 혹은 물체를 투사하는 능력으로 힘과 속도에 의해 조합되며, 속도는 물체에 적용된 힘의 양과 비율에 의해 결정되며 힘의 양은 체중과 물체의 무게와 상관성이 있다(조문식, 2014). 즉, 파워의 향상은 순발력을 사용하는 경기력에 영향을 미칠 수 있으며 단시간 내에 최고의 힘을 발휘하는 능력으로 체육활동 및 스포츠의 정면에서 일시에 강한 근력을 사용하는 많은 동작이 이에 해당된다(김태훈, 2016; 재인용). 즉, 일정한 중량을 얼마만큼의 거리로 이동시키는데 얼마 동안의 시간이 걸리는가 하는 작업의 총량으로 최소 시간에 발휘하는 근력을 극대화하는데 목적이 있는 것으로 근력과 속도를 보다 강하고 빠르게 해야 한다는 절대적인 요건으로 엘리트 선수들의 파워(power) 또는 경기력에 영향을 미치는 중요한 체력요인으로 간주되고 있다(김태훈, 2016; 재인용).



## 4. 운동협응

근 협응은 신체의 신경 기관, 운동 기관, 근육이 서로 호응하며 조화롭게 움직일 수 있는 능력이라고 정의할 수 있으며, 운동협응(motor coordination)은 효율적인 동작 패턴을 위해 개별 운동 시스템을 통합하는 능력인 동시에 어떤 일을 반복하여 연습함으로써 운동을 하기 위해 필요한 신경과 근의 조정력이 높아져서, 빠르고, 정확하게, 효율적으로 할 수 있게 되는 능력을 말한다(최병섭, 1988). 근 협응 능력은 신체와 사지 중추신경과 말초신경체계 간의 지속적인 상호작용을 통해 나타나며, 신경 기관의 상호작용 속에서 운동 기술이 뇌의 성숙에 따라 자동적으로 유기체에 부과되는 것이 아니라 말초 신경계와 상호 작용하는 가운데 신경과 근육 체계 간의 협응이 나타난다고 보았다(Bernstein, 1967). 운동협응 또는 '협응'은 체육학에서 뛰기, 발구르기, 도약, 공중 동작 등이 행해지는 높이뛰기와 같은 복합적인 운동을 효과적으로 수행하기 위하여 개별 동작들을 통합하는 능력이다. 한편 건강심리학, 행동 의학, 스포츠심리학, 생물학, 동물행동학 등 다양한 응용 및 연관 분야를 가지고 있다(위키백과, 2020).

운동협응 능력은 운동체계와 다양한 감각 양식들을 효율적인 운동 패턴으로 통합하는 능력으로 시각과 신체의 움직임을 통합하는 형태와 움직이는 물체를 정확하게 맞추거나 수행하는 형태가 있다(Gallahue & Ozmun, 2006). 동일한 운동의 후속 부분들 또는 여러 가지 팔다리들 또는 신체 부분들의 움직임들이 의도된 목표와 관련하여 잘 정시되고, 매끄럽고 효율적인 방식으로 결합하여 진행될 때 운동협응이 달성된다(위키백과, 2020). 여기에는 근골격계의 위치와 운동을 자세하게 설명하는 특유의 정보가 운동 명령을 제어, 계획 및 중계하는 뇌 및 척수의 신경 과정과 통합되며, 소뇌는 뇌의 이 부분에 대한 움직임과 손상의 신경 조절 또는 연결 구조와 경로에서 운동장애로 알려진 운동협응 장애를 초래한다(위키백과, 2020).

### Ⅲ. 연구방법

#### 1. 연구참여자

연구의 대상자들은 G광역시 지역 고등학교 학생들 중 자발적 참여 의사를 밝힌 26명을 대상으로 남학생 13명과 여학생 13명(신장,  $168.4 \pm 14\text{cm}$ ; 몸무게,  $60.3 \pm 20\text{kg}$ ; BMI,  $21.2 \pm 4.9\%$ )을 실험에 참여하였고, 이들은 최근 1년 동안 신체의 상해나 병력이 없었으며, 뛰기 동작을 수행하는데 큰 골격계의 문제가 없는 학생들로 선발하였다. 또 행동에 안전하고 완전하게 수행할 수 있는 공간을 확보하였으며, 실험 시작 전 피험자들에게 실험 목적과 절차에 대해 충분히 숙지하도록 교육하였다. 연구 참여 동의서를 서면으로 받은 후 실험을 실시하였다.

표 III-1. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상	성별(명)	연령(세)	키(m)	몸무게(kg)	BMI(%)
N=26	남(13)	19	174	64.69	21.43
	여(13)	19	162.84	55.99	21.00
		$19 \pm 0\text{y}$	$168.4 \pm 14\text{cm}$	$60.3 \pm 20\text{kg}$	$21.2 \pm 4.9\%$

#### 2. 연구장비

본 연구를 위해 사용된 장비는 3차원 영상촬영을 위한 Kwon 3D 영상촬영장비와 초고속카메라, 지면반력 측정 장비, EMG 측정장비, 등속성 장비, 자료 분석 장비, 동조 장비 등을 사용하여 연구를 실시하였다. 이에 대한 구체적인 내용은 <표 III-2>와 같고, 실험 장비들을 <그림 III-1>과 같이 배치하고 실험에 임하였다.

표 III-2. 연구 장비

구분	모델명	제 조 회 사
Computer	Multi capture Controller	dell(USA)
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)
isokinetic	humac norm	cybex

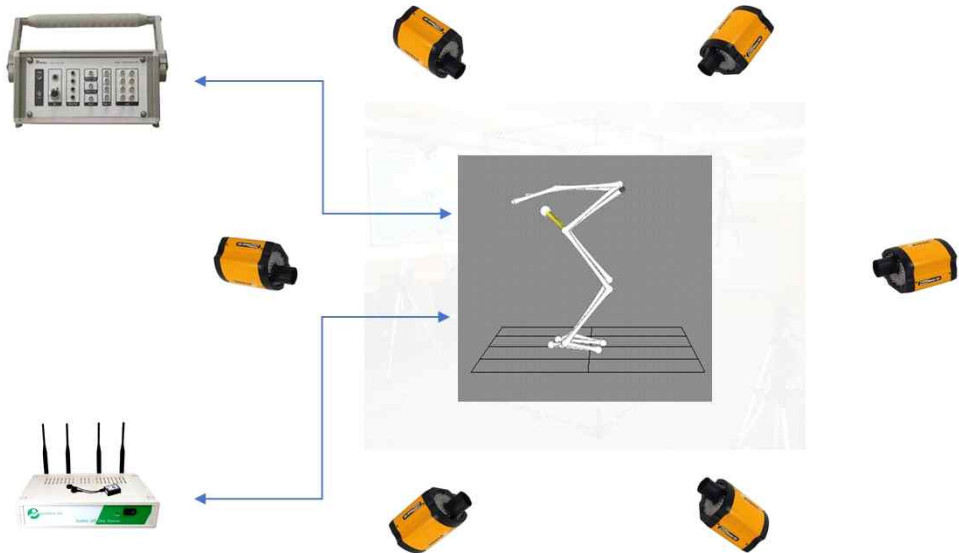


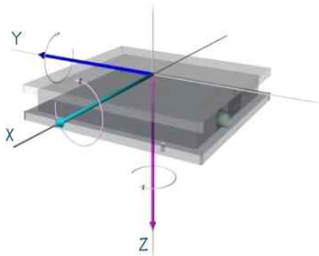
그림 III-1. 연구장비 배치도

### 1) 영상촬영 장비



고해상도 초고속비디오카메라(Motion Master 200) 6대를 사용하여 뛰기 동작을 촬영하였다. 카메라 노출 시간은 1/500초, 속도는 초당 200프레임(200Hz)으로 설정하여 실험을 진행하였다. 초고속카메라의 위치는 위의 <그림 III-1>과 같이 위치시켰으며, 실험 장소 중앙에 위치한 지면반력기를 중심으로 3m 거리의 양쪽 측면, 2m 거리의 양쪽 전방 대각선, 2m거리의 양쪽 후방 대각선에 6대의 카메라를 설치하여 촬영하였다.

### 2) 지면반력 측정 장비



피험자의 지면반력 측정을 위해 지면반력 (AMTI ORG-6, AMTI) 2대를 사용하였다. 자료 수집을 위해 2000 Hz로 설정하여 수집하였고, 본 장비를 통해 x, y, z 방향 축의 힘 성분을 산출하였다. 본 연구는 실험대상자를 기준으로 전, 후축 방향은 X축, 좌, 우축 방향은 Y축, 수직축 방향은 Z축으로 설정하였다.

### 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)



도약 수행 시 하지의 근활성도를 측정하기 위해 무선 표면근전도 측정 장비(Telemy2400T, No raxon Co., USA)를 이용하였다. 전극은 은/연 은(Ag-AgCl)재질의 일회용 전극을(Electrode 2237, 3M, USA) 사용하였다.

#### 5) 통제점 틀



본 연구에서는 동작 분석을 위한 가상의 공간을 설정하고 그 공간을 규격화하기 위하여, 스테인레스로 제작된 통제점 틀을 설치 좌표화하기 위하여 막대에 30cm 간격으로 반사테이프를 부착하여, 통제점 군을 설치하였다. 그 통제점 틀 안에 지면반력기(Force Platform)의 Y축과 평행이 되도록 설치하였다.

#### 6) 동조 장비



영상신호와 지면반력, 근전도 간의 동조는 동조시스템(VSAD-101USB, Visol, Korea)을 사용하였다. 동조시스템 박스에 동조 버튼을 누르면 2대의 LED에 불빛이 생성되고 6대의 카메라에 불빛신호가 기록되며, 동시에 지면반력 동조채널과 근전도 동조신호에 전압신호가 입력되어 전체 장비의 동조가 이뤄진다(홍완기, 2014).

### 7) 동작분석 소프트웨어(Kwon3D XP)

영상분석 및 자료 취득 소프트웨어 장비는 Kwon3D XP 프로그램을 이용하였다. 영상 자료에 나타난 통제점 및 인체 분절 중심점의 2차원 좌표값을 디지털라이징을 통하여 3차원 좌표값을 얻어 좌표값 계산, 변인 계산, 자료의 수정 등 모든 변인을 분석하였다(장재혁, 2010).

### 8) 등속성장비



가해지는 힘에 상관없이 관절의 움직임이 일정한 각속도로 이루어지는 동적인 운동을 측정하기 위해 본 장비를 사용하였다. 등속성 근기능 장비는 일정한 속도를 유지하기 위해 관절 각도에 따라 가해지는 힘에 비례하여 저항도 변화할 수 있다.

## 3. 연구절차

남. 여 고등학생들을 대상으로 뛰기 동작에 대한 운동역학적 변인에 어떠한 차이를 보이는가를 분석하고자 광주광역시 소재 C대학교 운동역학실험실에서 실시하였으며, 연구의 절차는 대상자 선정 후 동의서 작성을 실시하였고, 실험 장비를 배치 후 신체적 특성 측정, 실험 환경 적응을 위한 사전 연습을 실시하였다.

아래 내용과 같이 실험을 실시하였다. 구체적인 절차는 아래 <그림 III-2>와 같다.

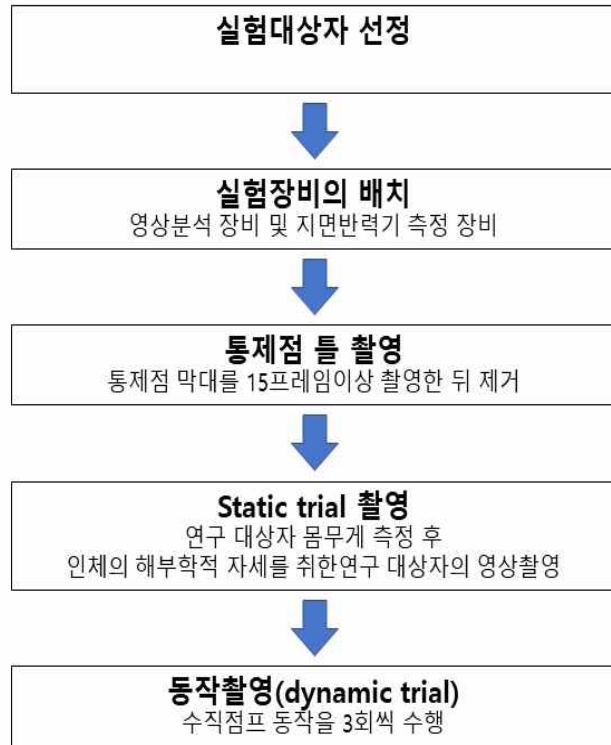


그림 III-2. 연구절차

피험자에게 연구에 대한 정보를 충분히 숙지시키고 연구동의서에 서명 후 실험 참여를 위해 트레이닝복으로 환복 후 실험에 임하였다. 공간 좌표의 기준점은 연구 대상자의 정면인 수직점프 방향으로 하여 피험자의 왼쪽 뒤 아래 부분을 전역 좌표계의 원점으로 설정하고 인체의 좌우 방향을 X축, 전후 방향을 Y축, 지면에 대한 수직 방향을 Z축으로 설정하였다. 촬영을 위해 마커관찰이 용이한 6곳에 카메라를 설치하고, 분석에 용이하게 하기 위하여 식별이 용이한 지름 1cm 반구형 반사마크를 각 피험자의 관절에 부착하였다. 부상 예방과 원활한 운동 수행을 위해 각 피험자들은 충분한 준비 운동을 수행하고 실험에 임하였고, 신체적 특성을 측정한 후 영상분석 장비(고속카메라 6대 등) 및 지면반력기가 설치된 장소에서 신체 각 정해진 부위에 마커를 부착하고 실험을 실시하였다. 지면반력기 위에 올라가 체중을 측정한 후, 인체의 해부학적 자세를 취한 상태에서 1초간 static trial를 1회 측정한 다음, dynamic trial을 피험자들은 3회씩

반복 측정하였다. 근전도 측정은 피부 저항의 영향으로 노이즈가 생기지 않고 자료측정의 오류를 최소화하기 위하여 전극 부착 부위를 제모 후 알코올로 세척을 실시하고 완전히 마른 후에 전극을 부착하였다. 전극은 근섬유 방향에 평행하게 부착하였으며 채널에서 들어오는 표면 근전도의 신호들은 다중채널 원격제어 시스템에 의해 디지털 신호로 전환하였다. 근전도 신호의 표본추출률(sampling rate)은 300Hz로 설정하였고, 주파수대역폭(band width)은 표면 근전도 측정 장비의 측정주파수 대역인 20~450Hz를 사용하였다. 노치필터(notch filter)는 60Hz를 사용하였으며 표집된 신호는 제곱평균 제곱근법(root mean square: RMS)으로 처리하여 분석하였다(신종수, 김현겸, 박세정, 윤희주, 2019).

첫 번째 수직점프 마친 피험자는 GRF 장비로부터 벗어나 약 충분한 휴식 후 두 번째 수직점프를 하도록 했고, 3회를 같은 방식으로 반복하여 실시하였다. 편안한 상태에서 실험을 진행 할 수 있도록 쉴 수 있는 휴식 공간을 만들어 주었고, 수직점프 동작을 몇 차례 걸쳐 반복 연습을 하고 최적의 상태로 실험에 참여하도록 지도하고 실험에 임하였다. 수직 점프를 전원 완료 후 제자리멀리뛰기 동작을 실시하였고, 방법은 수직 점프와 동일한 방법으로 실시하였다. 등속성 근기능 검사는 뛰기 능력과 하체의 무릎관절의 관련성을 규명하기 위해서 실시하였다.

#### 4. 자료분석방법

본 연구에서는 6대의 초고속비디오카메라를 사용하여 영상을 촬영하고, 촬영된 영상을 좌표화 하고 3차원 좌표값의 계산과 스무딩 작업 등 분석을 위해 Kwon 3D XP 프로그램과 마이크로소프트 프로그램 Excel을 사용하였고, 기준 좌표계는 인체의 진행 방향을 Y축, 지면에 대하여 수직 방향을 Z축, 인체의 좌우 방향을 X축으로 각각 설정하고, 뛰기 동작인 수직점프와 제자리멀리뛰기 동작을 비교 분석하였다. 자료 분석 절차는 아래 <그림 III-3>과 같다.



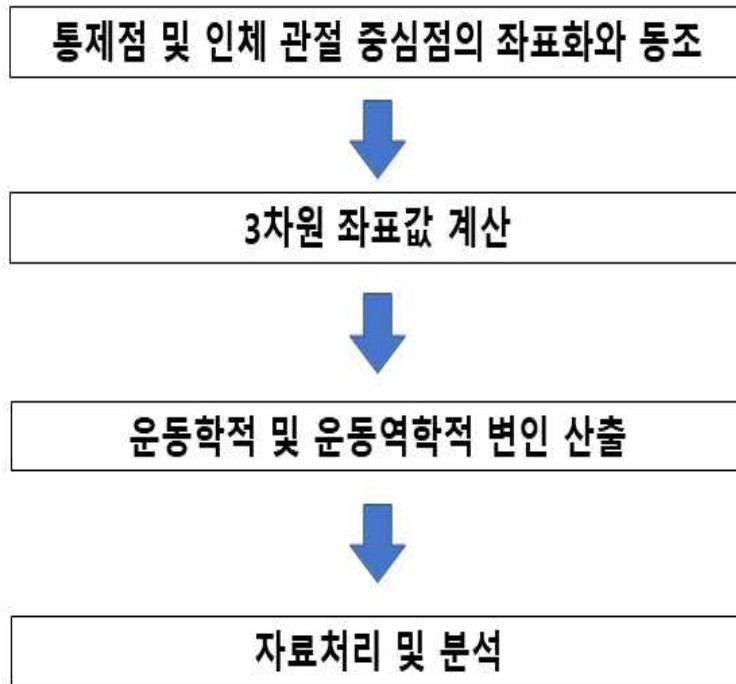


그림 III-3. 자료분석의 방법절차

### 1) 통제점 및 신체 관절 중심점의 좌표화

표준화된 통제점과 신체 관절 중심점의 좌표화는 Kwon 3D XP(Visol) 프로그램을 이용하였다. 통제점 막대에 총 36개의 통제점을 15프레임간 반복하여 좌표화 시켰고, 연구 대상자는 32개의 인체 관절 중심점을 좌표로 설정하였다.

이 연구에서 인체분절지수(Body Segment Parameters)는 Tylkowski, Simon & Mansour(1982)의 자료를 사용하였다. 그 순서는 <그림 III-4>와 같다.

마커부착위치



- |                                      |                                     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. 오른쪽 골반(R ASIS)                    | 15. 왼쪽 바깥 종아리(L Lateral Shank)      |
| 2. 왼쪽 골반(L ASIS)                     | 16. 왼쪽 바깥 발목관절(L Lateral Malleolus) |
| 3. 골반 뒤 중앙(PSIS)                     | 17. 왼쪽 안 발목관절(L Medial Malleolus)   |
| 4. 오른쪽 바깥 허벅지(R Lateral Thigh)       | 18. 왼쪽 발 뒤꿈치(L Heel)                |
| 5. 오른쪽 바깥 무릎관절(R Lateral Epicondyle) | 19. 왼쪽 발 끝(L Toe)                   |
| 6. 오른쪽 안 무릎관절(R Medial Epicondyle)   | 20. 오른쪽 어깨(R Shoulder)              |
| 7. 오른쪽 바깥 종아리(R Lateral Shank)       | 21. 오른쪽 바깥 팔꿈치(R Lateral Elbow)     |
| 8. 오른쪽 바깥 발목관절(R Lateral Malleolus)  | 22. 오른쪽 안 팔꿈치(R Medial Elbow)       |
| 9. 오른쪽 안 발목관절(R Medial Malleolus)    | 23. 오른쪽 바깥 손목(R Lateral Wrist)      |
| 10. 오른쪽 발 뒤꿈치(R Heel)                | 24. 왼쪽 어깨 (L Shoulder)              |
| 11. 오른쪽 발 끝(R Toe)                   | 25. 왼쪽 바깥 팔꿈치(L Lateral Elbow)      |
| 12. 왼쪽 바깥 허벅지(L Lateral Thigh)       | 26. 왼쪽 안 팔꿈치(L Medial Elbow)        |
| 13. 왼쪽 바깥 무릎관절(L Lateral Epicondyle) | 27. 왼쪽 바깥 손목(L Lateral Wrist)       |
| 14. 왼쪽 안 무릎관절(L Medial Epicondyle)   | 28. 머리 위쪽 중앙 끝(Vertex)              |

그림 III-4. 마커부착위치

2) 동조

동조(Synchronization)는 6대 고속카메라의 노출 순간을 서로 일치하게 하고 또 영상분석과 지면반력기의 동조를위해 실시하였다. 각 고속카메라로 촬영한 영상은 시점이 서로 일치하지 않을 수 있기 때문에 촬영범위 내에 설치된 발광 다이오드(LED)에 트리거(trigger)를 사용하여 신호를 보내주어 각 카메라로 촬영한 영상들을 동조화 시킨다.

3) 3차원 좌표 계산

본 연구에서는 인체 관절점의 좌표화는 인체를 각 관절점에 의해 연결된 강체로 정의하였으며, 각 관절점의 포인트를 좌표화 하였다. 이때 인체분절자료와 통제점 틀의 좌표화, 인체관절중심의 좌표화, 동조, Abdel-Aziz와 Kararah(1971)의 DLT방법 (Direct Linear Transformation method)을 사용하여 3차원 좌표값을 산출하였다. 여러 가지 원인에 의해 발생하는 노이즈(Noise)를 제거 및 최소화하기 위하여 평활화(Smoothing)를 하게 되는데, 저대역통과필터(Lowpass

filter) 방법(Walton, 1981)을 이용하여 6.0Hz로 평활화(Smoothing)를 한 뒤 3차원 좌표값을 산출하였다.

#### 4) 운동역학적 변인 산출

영상 분석을 통해 얻은 주요한 변인들은 관절과 분절 중심점의 시간에 대한 위치 정보와 운동학적변인인 시간변인, 거리변인, 속도변인, 각도변인 각속도변인 및 운동역학적 변인인 지면반력의 산출방법은 아래의 식을 통해서 산출하였다.

##### (1) 시간변인

본 연구에서 구하고자 하는 시간 변인은 수직점프와 제자리멀리뛰기 동작을 수행하는데 각 구간별 소요시간을 의미하며, 동작 수행시간은 양발이 지면에서 도약(take-off)되는 순간부터 착지까지를 말한다. 초당 1/100sec 단위로 기록 되기 때문에 임의 구간의 소요시간은 프레임수 \* 1/100sec이다.

##### (2) 각도와 각속도

본 연구에서 구하고자 하는 각도 변인은 발목관절, 무릎관절, 고관절에 대하여 각 관절의 굴곡-신전각을 산출하였다. 웅크림 시 최대 굴곡 각도와 도약(take-off)시 최대 신전 각도를 계산하였고, 웅크림 시 어깨 백스윙 최대 신전 각도를 계산하였다. 각을 이루는 벡터를  $\vec{A}(A_x, A_y, A_z)$ ,  $\vec{B}(B_x, B_y, B_z)$ 라고 할 때, 두 벡터가 이루는 각  $\theta$ 는 위의 식과 같이 A, B 두 벡터의 내적(dot product)로 구한다.

$$\cos\theta = \frac{A \cdot B}{|A| \cdot |B|} \dots\dots\dots ①$$

계산된  $\cos\theta$  값을 x라하면  $\theta$ 는  $\arccos x$

$$\theta = \arccos \frac{A \cdot B}{|A| \cdot |B|} \dots\dots\dots ②$$

$$\begin{aligned}
 A \cdot B &= A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z \\
 |A| &= \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2} \\
 |B| &= \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}
 \end{aligned}$$

따라서,

$$\theta = \arccos \left[ \frac{A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z}{\sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2} \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}} \right] \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

본 연구에서 각속도 변인은 발목관절의 각속도, 무릎관절의 각속도, 고관절의 각속도 등이 있으며, 산출방법은 분절 벡터(S)와 1차 미분 벡터(V)를 이용한다. 1차 미분 벡터 V는 분절 종축에 대해 직각이 아니므로 두 벡터와 같은 평면에 있는 분절 벡터에 직각인 V를 정의한다. 먼저 횡축에 대한 각속도( $\omega_t$ )의 단위 벡터  $\hat{\omega}$ 는

$$\hat{\omega} = (S \times V) / |S \times V| \text{이며 여기서}$$

$$\begin{aligned}
 S \times V &= |S \times V| = |S| \cdot |V| \cdot \hat{\omega}, \\
 |V| &= |\omega_t \times S| = |\omega_t| \cdot |S| \text{ 이므로} \\
 S \times V &= |S| \cdot |S| \cdot |\omega_t| \cdot \hat{\omega} \text{ 가 된다.}
 \end{aligned}$$

따라서,  $\omega_t = |\omega_t| \cdot \hat{\omega}$  이므로  $\omega_t = (S \times V) / |S|^2$ 로 구할 수 있으며 종축에 대한 각속도( $\omega_t$ )는 위의 식을 이용해 계산된 각속도를 종축 벡터에 투영시켜 구한다.

### (3) 인체중심 및 변인

3차 스플라인법으로 구한 변위의 일반식은

$S(t) = C_3 \cdot t_3 + C_2 \cdot t_2 + C_1 \cdot t_1 + C$  로 나타나는데, 이 연구에서 구하고자 하는 변위는 인체 분절 및 전신의 무게 중심의 좌표이다. 전신의 무게 중심 좌표 SCG는 먼저 i 번째 분절의 무게중심 위치  $CG_i$ 를 식 ④와 같이 구하고 다음으로 전신 무게 중심의 변위 SCG는 식 ⑤와 같은 방법으로 구한다.

$$\begin{aligned}
 CG_i &= (P_i(1 - (P_1/100))) + (D_i \cdot P_1/100) \dots\dots\dots \textcircled{4} \\
 &= P_i + (D_i - P_i)P_1/100
 \end{aligned}$$

$P_i$  : i 번째 분절의 근위단(proximal endpoint)의 좌표

$D_i$  :  $i$ 번째 분절의 원위단(*distal endpoint*)좌표

$P_i$  : 분절 길이의 백분율로 표시된 근위단으로부터 분절 무게 중심까지 거리

따라서,  $SCG = \sum_{i=1}^{14} (CG_i m_i) / M \dots\dots\dots ⑤$

$CG_i$  :  $i$ 번째 분절의 무게 중심 위치

$M_i$  : 전체 질량의 백분율로 표시된  $i$ 번째 분절의 질량

$M$  : 인체 측정학 자료의 백분율로 표시된 분절 질량을 합한 전체 질량

#### (4) 인체분절 속도와 가속도

본 연구에서 속도 변인은 변위 함수식 ⑥을 일차 미분하여 속도의 함수식 ⑦를 구하고 이차 미분하여 가속도 식 ⑧을 구한다.

$$S(t) = C_3 \cdot t^3 + C_2 \cdot t^2 + C_1 \cdot t + C_0 \dots\dots\dots ⑥$$

1차 미분

$$S'(t) = 3C_3 \cdot t^2 + 2C_2 \cdot t + C_1 \dots\dots\dots ⑦$$

2차 미분

$$S''(t) = 6C_3 \cdot t + 2C_2 \dots\dots\dots ⑧$$

$$t = T - X_i, X_i \leq T < X_{i+1}$$

$C_3, C_2, C_1, C_0$  : 스플라인 상수

$S(t)$  : 변위 함수

$S'(t)$  : 속도 함수

이때,  $t = T - X_i$ 이므로  $S'(X_i) = C_1$ 이 되며,  $S(t)$ 의 2차 미분  $S''(t)$ 는  $S''(t) = 2C_2$ 가 된다. 그러므로 변위 벡터  $X_i$ 의 속도는  $C_1$ , 가속도는  $2C_2$ 가 된다.

#### (5) 지면 반력 분석

이 연구에서 힘-시간 곡선(force time curve)은 수직 점프 시 지면반력기에서 측정된 각 축에 대한 3가지 힘 성분( $F_x, F_y, F_z$ )과 모멘트 성분( $M_x, M_y, M_z$ )을 분석에 이용하였으며, 특히 지면반력기로부터 획득한 자료는 Inverse Dynamics 방법을 통해 운동학적 자료와 연계하여 각 관절에 작용하는 힘을 산출하고, 지면반력기를 사용하여 얻은 아날로그 신호는 증폭기에 의해 증폭된 후, 아날로그/디지털 변환기(A/D Converter)에 의해 디지털 신호로 바뀌게 되는데,

본 연구에서는 1000Hz로 샘플링 한 자료를 사용하였다. 측정된 힘값은 각 피험자의 체중으로 표준화하여 BW(Body Weight)로 산출하였다.

$$\begin{aligned} \sum F_x &= m \cdot a_x & \sum F_y &= m \cdot a_y & \sum F_z &= m \cdot a_z \\ R_x &= m \cdot a_x & R_y &= m \cdot a_y & R_z - W &= m \cdot a_x \end{aligned}$$

x, y, z : 좌표축 방향                      a : 질량중심의 가속도

m : 질량                                      w : 체중

$R_x, R_y, R_z$  : 지면반력의 좌우방향, 전후방향, 수직방향

## 5. 국면구분

### 1) 수직점프 국면(EVENT) 및 구간(PHASE)의 설정

#### (1) 국면(EVENT)

- ① 웅크림(E1) : 인체의 중심이 도약 전 가장 낮은 구간
- ② 도 약(E2) : 양발이 지면에서 떨어지는 순간
- ③ 정 점(E3) : 인체의 중심이 가장 높은 순간
- ④ 착 지(E4) : 발바닥이 지면에 닿은 순간

#### (2) 구간(PHASE)

- ① 1구간(P1) : E 1 - E 2 웅크림에서 도약순간까지
- ② 2구간(P2) : E 2 - E 3 도약에서 정점순간까지
- ③ 3구간(P3) : E 3 - E 4 정점에서 착지순간까지

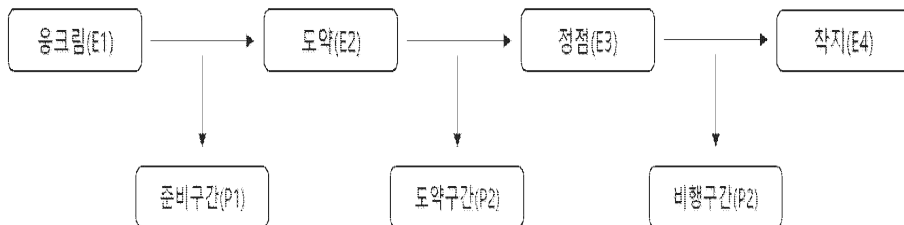
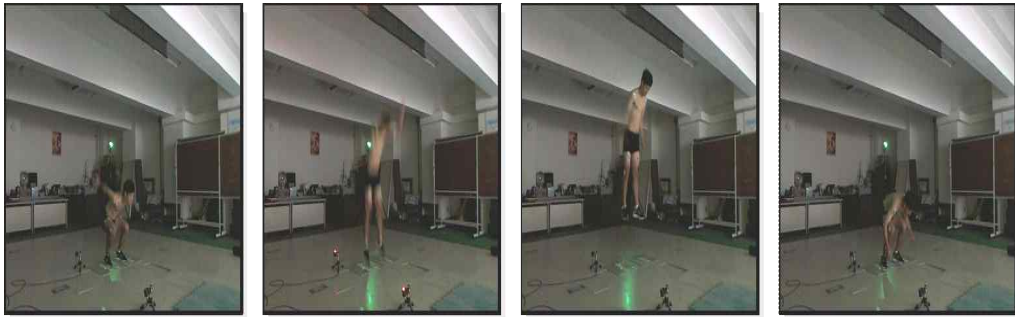


그림 III-5. 수직점프 국면(EVENT) 및 구간(PHASE)의 설정

## 2) 제자리멀리뛰기 국면(EVENT) 및 구간(PHASE)의 설정

### (1) 국면(EVENT)

- ① 웅크림(E1) : 인체의 중심이 도약 전 가장 낮은 구간
- ② 도 약(E2) : 양발이 지면에서 떨어지는 순간
- ③ 정 점(E3) : 인체의 중심이 가장 높은 순간
- ④ 착 지(E4) : 발바닥이 지면에 닿은 순간

### (2) 구간(PHASE)

- ① 1구간(P1) : E 1 - E 2 웅크림에서 도약순간까지
- ② 2구간(P2) : E 2 - E 3 도약에서 정점순간까지
- ③ 3구간(P3) : E 3 - E 4 정점에서 착지순간까지

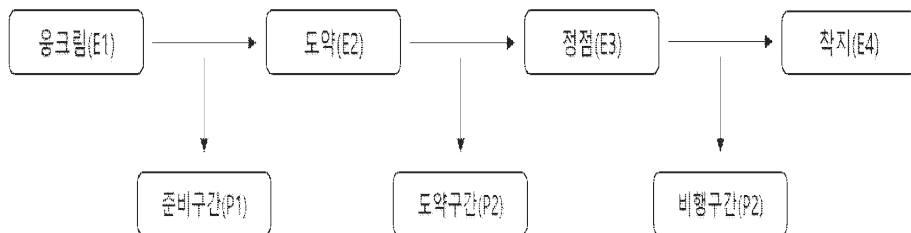
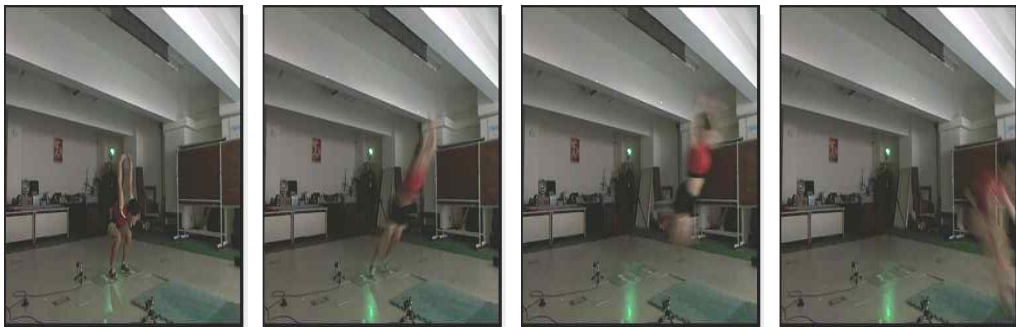


그림 III-6. 제자리멀리뛰기 국면(event) 및 구간(phase)의 설정



## 6. 통계처리

통계처리는 연구에서 측정을 통해 수집된 평균과 표준 편차값을 계산하고, 남녀고등학교 학생들 간의 통계적 유의성을 검증의 자료처리를 위해 IBM SPSS 26.0 프로그램을 사용하였다. 남녀 학생들 간의 차이를 알아보기 위해 집단 간 t-test를 실시하였고, 종속 변인인 기록과 t-test를 통해 유의한 독립 변인들을 선정하여 Pearson 상관분석을 실시하였다. 마지막으로 수직점프와 제자리멀리뛰기 두 동작의 효과적인 동작 수행에 필요한 중요한 변인들을 확인하고자 Pearson 상관분석을 통해 연관성이 있는지를 확인하였다. 이때 유의 수준은 .05로 설정하였다.

## IV. 연구1 - 수직점프 동작에 관한 운동역학적 분석

### 1. 연구의 필요성

수직점프는 일반적으로 버티컬 점프라는 용어로 알려진 제자리높이뛰기를 말하며, 1924년 Sargent가 순발력 측정을 위한 도구로 사용하면서부터 대표적인 순발력 측정 도구로써 쓰이고 있다(조영록, 2019). 수직점프 동작을 응용하여 사용하는 대표적 스포츠는 배구, 농구, 축구, 육상경기 등이 있으며, 블로킹 동작, 점프 슈트, 리바운드, 헤딩, 높이뛰기 등 스포츠 현장에서 수직점프가 많이 응용되고 있다. 또한 점프력을 측정하기 위해서 사용되는 수직점프의 기록은 몸의 무게 중심이 수직으로 이동한 거리를 이용한다. Kreighbaum과 Barthels(1990)의 수직 점프 동작의 초기 연구는 양발의 최고 위치와 무릎관절의 굴곡이 되는 정도의 변화에 따른 점프 높이에 관한 것이었다(한신중, 2012). 인체를 수직으로 투사시키는 대부분의 동작은 이지 시 지면으로부터 신체 무게 중심의 높이, 이지 시 신체 무게 중심의 수직 속도, 점프의 정점에서 신체 무게중심에 대한 손끝까지의 수직거리에 따라 신체의 높이가 결정된다고 밝히고 있다(강영석, 2010). 수직점프는 신체 분절의 회전이 거의 동시에 발생하는 밀기 형태(pushlike pattern)의 동작으로 정의되고 있으며, 점프 동작은 던지기 동작과는 달리 몸통이 역학적 체인(kinetic chain)의 개방단(open end)에 위치하며, 양발이 고정단(fixed end)에 위치하는 폐쇄역학적 체인이라고 밝히고 있다(한신중, 2012). 일반적으로 수직 점프의 수행력은 운동학적 요인, 운동역학적 요인 및 신체적 요인에 의해 좌우되며 운동학적 요인으로는 신체 무게중심의 위치, 변위, 관절의 각도, 속도, 가속도, 각속도, 각가속도 및 각운동량 등이 있고, 운동역학적 요인으로는 지면반력, 충격량 및 파워 등이 있으며, 신체적 요인으로는 수행자의 다리 근력과 신장의 차이 등을 들 수 있다(이행섭, 2007). 운동학적 요인으로 수직 점프에 영향을 끼치는 연구들의 대부분은 인체 중심의 높이 변화량에 따른 시간 요인, 거리요인 또는 각 관절의 굴곡, 신전에 대한 것이었다. 무릎관절의 굴곡 각도에 따른 도약 높이의 차이가 65°와 90°의 각도에서가 45°, 115°,

135°의 무릎 각도에 비해서 더 높은 수직 점프 동작 수행력이 발휘된다고 밝혔다(조영록, 2019; 재인용). 또 수직 점프의 높이를 극대화시키려면 신전 운동을 활발히 하고, 지면반력을 크게 하며, 무릎관절의 각도가 90°보다 큰 것이 더 좋다고 주장하고 있다(조영록, 2019; 재인용). 그러므로 신체가 지면의 작용 반작용에 의해 생성되는 여러 요인들이(높이, 각도, 속도) 등이 조화를 잘 이루 효율적인 수직 점프 동작이 잘 수행될 수 있다. 수직 점프 동작 시 운동역학적 요인으로는 신체가 지면에 가하는 힘에 대한 반작용력인 지면반력이 있으며, 이는 지면반력 측정기(GRF)를 사용하여 측정할 수 있다. Tveit(1997)는 수평 충격량이 수직 점프에 미치는 영향에 관한 연구를 통해 수직 점프 시 무릎 반동이 수평 충격량을 감소시켜 주며, 도약 시 힘을 좀 더 수직 방향으로 낼 수 있도록 도움을 준다고 하였다(오정환, 2001). 신체적인 요인에 대해서는 여러 연구자들 중 특히 Hay(1985)와 그의 동료들과 함께 수직 점프에 대한 공헌 요소들의 인식에 대한 연구에서 점프에 대한 유리한 신체적인 조건에는 하지장이 길어야 되고, 체력적인 조건에는 하지의 순발력과 근력이 더 강할수록 유리하다고 하였다(조영록, 2019). 백종우(1996)는 신장이 큰 집단이 작은 집단보다 도약 구간에서 선 운동량의 변화량이 크고, 이것은 도약 시 수직 충격량으로 전이되기 때문에 결국 신장이 큰 집단에게 더 유리하게 작용하여 작은 집단보다 더 높게 도약할 수 있다고 하였다(윤일한, 2007). 이제까지의 연구들은 숙련자 또는 특정 종목의 운동선수들을 대상으로 하여 운동학적인 변인 분석, 운동역학적인 변인 분석 및 신체적 요인에 의한 수행력의 차이 연구들을 해왔다(이행섭, 2007). 그렇기 때문에 특정 종목의 운동선수들을 대상으로 한 연구 분석 결과는 수직 점프 및 그에 따른 응용 동작에 대한 지도 시 일반학생들에게는 적용하기 힘든 여러 가지 상황에 직면할 수 있으며 이러한 상황에 처할 경우 중·고등학교 학교현장에서는 수직 점프 지도에 있어 어려움을 갖게 될 것이다(강성우, 2013). 국내의 여러 가지 연구들은 대부분 제한된 동작과 형태들의 수직점프를 2차원적으로 분석함으로써 전반적인 수직 점프를 설명하기에는 미흡한 실정이다(이행섭, 2007). 더 나아가서 수직 점프에 대한 연구를 영상분석법만을 사용해서 분석한다면 그 이외의 요인들에 대해서는 알 수가 없기 때문에 지면반력기(Force platform)를 반드시 병행해야 하지만 대부분의 연구에서는 영상 분석적 비교 혹은 지면 반력에 의한 비교 등에 그친 것들이 많다(이행섭, 2007). 따라서 이 연구는 지면반

력기와 영상분석 장비를 활용하여 고등학생을 대상으로 수직점프 동작에 대한 동작을 3차원적으로 비교 분석하고, 그에 대한 원인을 규명해서 교과 수업 활동과 다양한 스포츠 상황에서 활용되는 수직점프에 대한 이해를 돕고 보다 더 효율적인 수직점프 동작의 지도 방안을 모색하는데 도움이 되고자 한다(정효영, 2010).

수직점프와 수평점프가 순발력 측정을 하는 운동 동작임에도 두 동작을 효율적으로 수행하는 것이 어렵다. 둘에 상관관계를 알아보고 효율적인 움직임을 알아보기 위한 연구이다.

## 2. 연구결과 및 논의

### 1) 운동학적 변인에 대한 분석

본 수직점프 연구에서 주요한 운동학적 변인을 분석하였으며 이는 다음과 같다. 시간요인(소요시간), 거리요인(신체중심의 높이), 속도요인(신체 중심), 각도요인(어깨관절각, 고관절각, 무릎관절각, 발목관절각), 각속도요인(어깨관절 각속도, 고관절 각속도, 무릎관절 각속도, 발목관절 각속도)이다.

#### (1) 시간변인

##### ① 소요시간 변화 비교

본 연구에서 수직 점프 시 피험자들의 각 구간에 따라 P1: 웅크림에서 도약 순간, P2: 도약에서 정점 순간, P3: 정점에서 착지 순간까지의 소요시간 차이를 확인하였고 그 결과 남학생과 여학생들의 구간별 소요시간과 전체 소요시간은 <표 IV-1>, <그림 IV-1>과 같이 나타났다.

표 IV-1. 소요시간변화 비교

단위 : (sec)

	집 단	평균	표준편차	t	p
1구간(P1)	남	0.37	.013	-1.646	.113
	여	0.38	.013		
2구간(P2)	남	0.44	.03	12.733	.000***
	여	0.30	.02		
3구간(P3)	남	0.39	.01	14.518	.000***
	여	0.28	.02		
총소요시간	남	1.21	.08	15.198	.000***
	여	0.97	.05		

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

P1: 웅크림에서 도약순간까지

P2: 도약에서 정점순간까지

P3: 정점에서 착지순간까지

남학생과 여학생들 간의 수직점프 동작에서 각 구간별 소요시간을 분석한 결과 1구간(P1)에서 남학생들은 평균  $0.37 \pm 0.013 \text{sec}$ 를 여학생들은  $0.38 \pm 0.013 \text{sec}$ 의 시간이 걸렸으며, 이는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 2구간(P2)의 남학생들은 평균  $0.44 \pm 0.03 \text{sec}$ 를 여학생들은  $0.30 \pm 0.02 \text{sec}$ 를, 3구간(P3)의 남학생들은 평균  $0.39 \pm 0.01 \text{sec}$ 를 여학생들은  $0.28 \pm 0.02 \text{sec}$ 를 보여주었으며, 유의한 차이를 나타냈다. 남학생과 여학생들 간의 수직 점프 동작에 각 구간별 소요시간 중 1구간(P1)을 제외한 나머지 구간에서 모두 유의한 차이가 나타났다. 조영록(2019)의 선행연구에 따르면 비숙련과 숙련된 여자 고등학생들의 두 집단 간 수직점프 동작의 소요시간은 양발이 지면에서 이지되는 순간부터 신체 중심이 최대가 되는 구간에서 유의한 차이를 나타냈다고 하였고, 본 연구에서도 좋은 기록을 보여준 피험자들의 소요시간은 기록이 낮은 피험자에 비해 체공 시간이 길게 나타났으며, 총소요시간이 길게 나타났다.

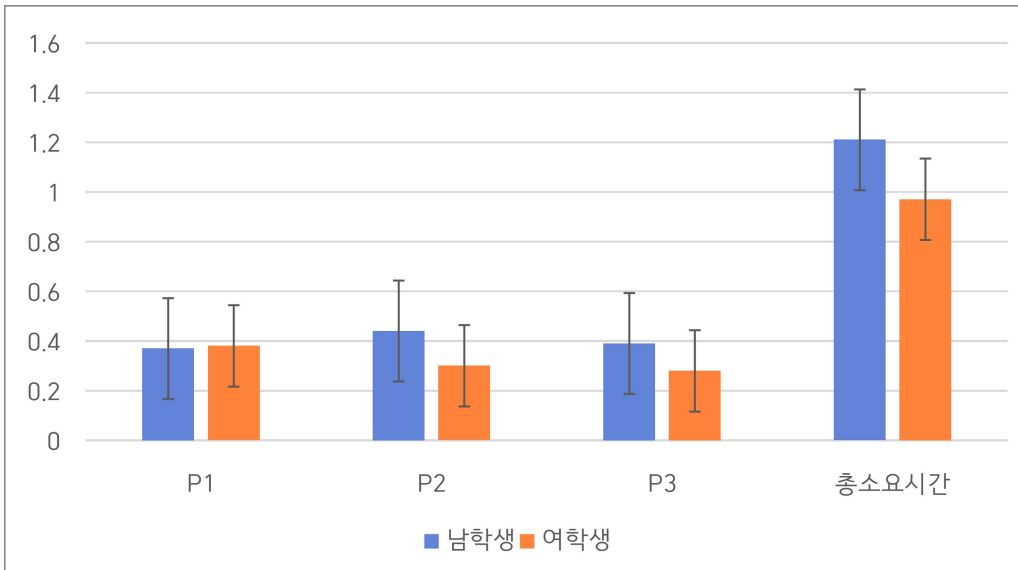


그림 IV-1. 소요시간변화비교

## (2) 거리변인

### ① 신체 중심의 수직 변위

본 연구에서 신체 중심의 수직 변위는 이지(도약)하기 전 신체 중심의 높이로부터 이지(점프)를 한 후 신체 중심이 정점에 올라간 지점까지의 높이를 의미하며, 신체 중심의 수직 변위를 산출하여 남녀를 비교 분석하였다. 성별에 따른 신체 중심의 수직 변위에 대한 남녀 간 수직 변위의 변화는 아래 <표 IV-2>와 <그림 IV-2>와 같다.

표 IV-2. 신체 중심의 수직변위

단위 : (cm)

집단	평균	표준편차	t	p
남학생	68.00	4.78	12.850	.000***
여학생	48.37	3.79		

\*\*\* p<.001

신체 중심의 수직 변위를 분석한 결과 남학생의 경우는 평균  $68.00 \pm 4.78\text{cm}$  를, 여학생의 경우 평균  $49.16 \pm 4.06\text{cm}$ 의 신체 중심의 수직 변위가 나타났다. 신체 중심의 수직 변위가 남학생들이 여학생들보다 월등히 수직 변위값이 높게 나타났음에도 두 집단은 통계적으로 유의한 차이가 나타났고, 위의 결과값은 남녀 학생의 수직점프의 수준이 크게 차이가 있는걸 알 수 있다. 박기현, 염창홍, 김영준(2015)의 선행연구 결과 성별에 따른 결과, 수직점프 높이는 피로 전, 후 모두 남성 그룹의 기록 높게 나타났고, 특히 피로도가 쌓인 후에는 모든 그룹에서 발목관절, 무릎관절, 엉덩관절의 굴곡각이 작게 나타났다.

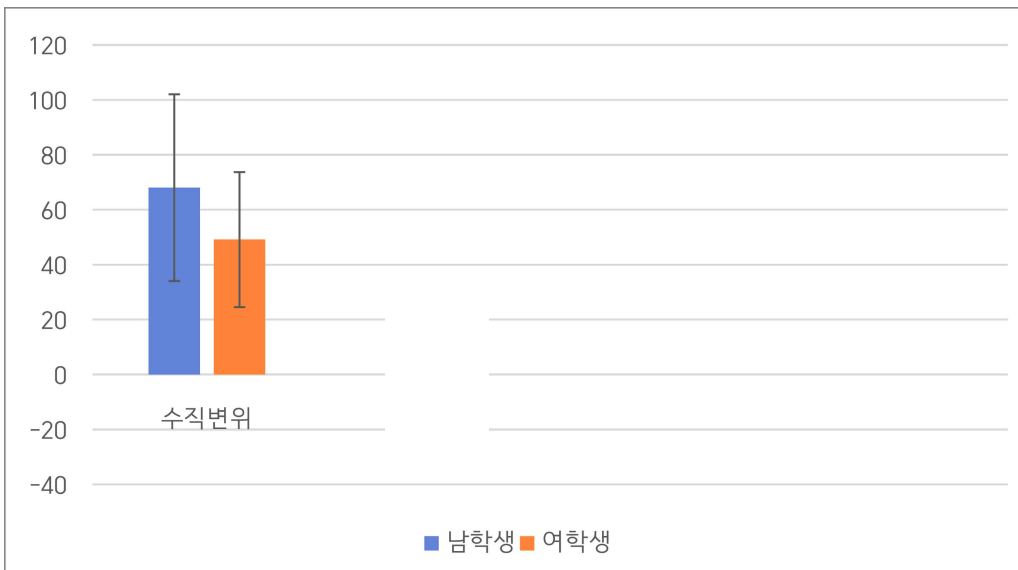


그림 IV-2. 신체 중심의 수직 변위

### (3) 속도변인

#### ① 신체 중심의 수직속도

수직 점프 시 속도 변인 구간의 이벤트 구간 중 가장 중요하다고 생각되는 (E2) 구간의 속도 변화를 비교한 결과는 <표 IV-3>, <그림 IV-3>과 같이 나타났다.

표 IV-3. 신체 중심의 수직속도

단위 : (m/s)

집단	평균(E2)	표준편차	t	p
남학생	2.698	.067	2.943	.021*
여학생	2.525	.061		

\*p<.05

분석 결과 웅크림 구간(E1)을 지나 양발이 지면에서 도약(이지)되는 순간(E2)에 남학생들은 평균 2.698±.067m/s를 나타냈으며, 여학생들은 2.525±.061m/s의 평균 속도를 보여주었다. 남녀 학생들 간 통계적으로 유의한 차이가 있다는 걸 알 수 있었으며, 남학생이 여학생보다 수직점프 동작 시 근육을 빠르게 수축 이완시켜 이지하는 순간에 속도가 빠르게 나타난다는 걸 알 수 있다.

수행의 최종 결과인 점프 높이와 이를 결정하는 하위 요인인 이지 높이와 이지 속도는 연령에 따른 차이가 나타났다(김운용, 김희식, 2017). 앞에 선행 연구에서 언급했듯이 이지 속도는 최종 결과를 만들어낸다고 이야기했으며, 결과적으로 연령별로도 차이를 나타내지만 성별에 따라서도 차이가 있다는 것을 보여주는 결과이다. 또 효율적인 동작 수행 중 중요한 요소인 빠른 움직임은 기록과 관련이 높은 요소임을 보여주는 결과이다.

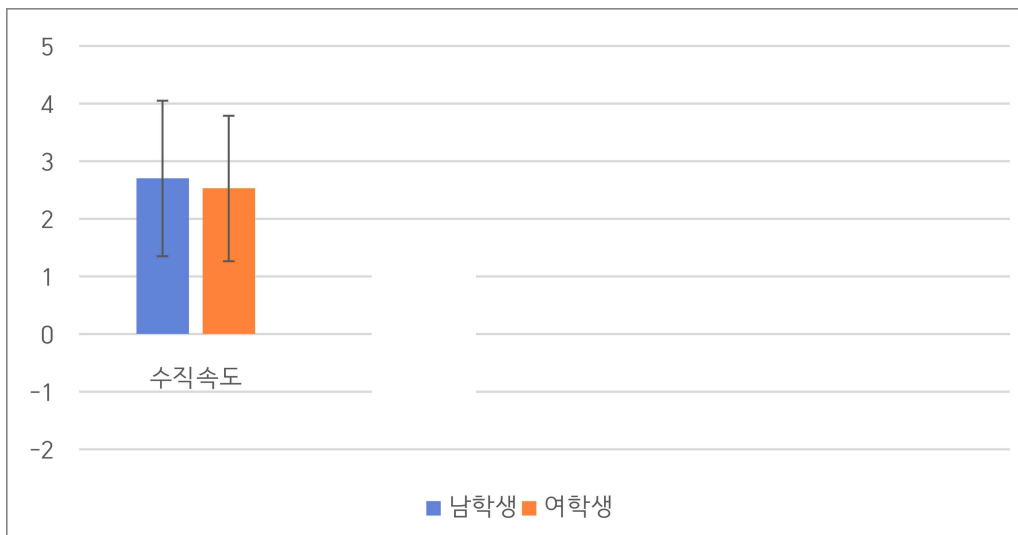


그림 IV-3. 신체 중심의 수직속도



② 신체 중심의 수직가속도

본 연구에서 신체 중심의 수직가속도는 무릎 관절각이 최소일 때부터 신체 중심이 정점에 이르는 구간까지의 최대값을 산출하여 비교 분석한 결과는 <그림 IV-4>, <그림 IV-4>와 같이 나타났다.

표 IV-4. 신체 중심의 수직가속도

단위 : ( $m/s^2$ )

집단	평균(E2)	표준편차	t	p
남학생	17.210	1.157	11.947	.000***
여학생	13.337	0.584		

\*\*\*p<.001

남녀학생들 신체 중심의 수직가속도를 비교한 결과 남학생들은 평균  $17.210 \pm 1.157 m/s^2$ 를 여학생들은  $13.337 \pm 0.584 m/s^2$ 의 평균 가속도를 보여주었으며, 유의한 차이가 있다는 걸 알 수 있었다. 예종이(1999)는 “신체가 이지되기 직전에 최대의 상승 속도를 나타내지만 이지되는 그 순간에는 사지의 속도가 감소하여 신체 중심의 상승 속도가 감소하게 된다.”라고 언급하였다. 남학생이 여학생보다 수직점프 동작 수행 시 관절의 효과적인 움직임과 근육의 수축 이완을 순간적으로 빠르게 움직이며 동작을 수행하는 것으로 나타났으며, 지면을 더욱 강하게 밀어보다 높이 신체를 수직 방향으로 상승시키고 있는 것이다.

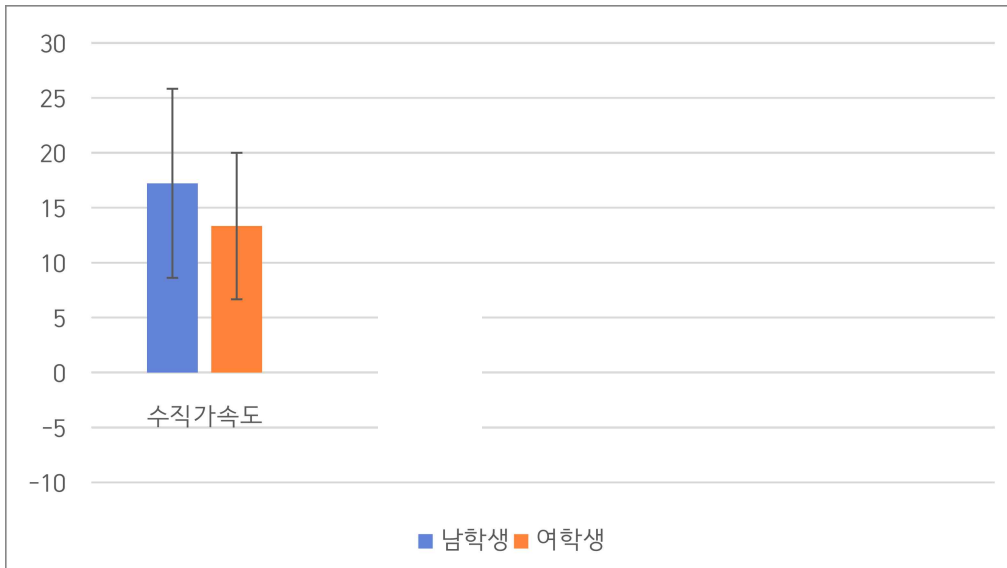


그림 IV-4. 신체 중심의 수직가속도

#### (4) 각도변인

##### ① 발목관절의 각도

본 연구에서 남, 여학생들이 수직 점프 시 각 이벤트 구간마다 발목관절각에 대한 분석을 실시하였다. 구간은 웅크림(E1) 구간은 인체의 중심이 도약 전 가장 낮은 구간, 도약(E2)구간으로는 양발이 지면에서 떨어지는 순간이고, 마지막으로 정점(E3)은 인체의 중심이 가장 높은 순간으로 구분하였으며, 분석 결과는 <표 IV-5>, <그림 IV-5>와 같다.

표 IV-5. 발목관절의 각도

단위 : (deg)

	집 단	평균	표준편차	t	p
웅크림(E1)	남	76.87	3.13	.758	.456
	여	75.56	6.17		
도약(E2)	남	123.50	3.82	.156	.877
	여	123.31	2.91		
정점(E3)	남	144.75	6.21	2.234	.033*
	여	140.00	5.80		

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

E1 : 인체의 중심이 도약 전 가장 낮은 구간

E2 : 양발이 지면에서 떨어지는 순간

E3 : 인체의 중심이 가장 높은 순간

수직점프 시 발목관절의 3개의 구간별 분석을 살펴보면 먼저 웅크림(E1) 구간에 남학생은  $76.87 \pm 3.13 \text{deg}$ 을 나타냈고, 여학생은  $75.56 \pm 6.17 \text{deg}$ 을 나타냈으며, 이는 통계적으로 유의한 차이를 보여주지 않았다. 도약(E2) 구간에서는 남학생  $123.50 \pm 3.82 \text{deg}$ , 여학생은  $123.31 \pm 2.31 \text{deg}$ 로 이 구간 또한 유의한 차이가 나타나지 않았다. 정점(E3) 구간은 유의한 차이가 있었으며, 남학생은  $144.75 \pm 6.21 \text{deg}$ , 여학생은  $140.00 \pm 5.80 \text{deg}$ 로 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 결과적으로 발목관절의 이벤트 E3 구간은 효과적인 수직점프를 하는데 중요한 구간이며, 기록에 영향을 미칠 수 있는 구간이라고 말할 수 있다. 강성우(2013)의 선행연구에서는 모든 국면에서 유의한 차이를 보이지 않았지만 본 연구에서는 정점(E3) 구간에서 유의한 차이를 보였으며, 웅크림 구간에서 3도, 도약 구간에서 2도 정도의 차이를 나타냈다. 남·녀간의 발목관절 각도차이는 정점 구간에서 4도 정도 차이를 제외하고 많은 차이를 보이지 않았다.

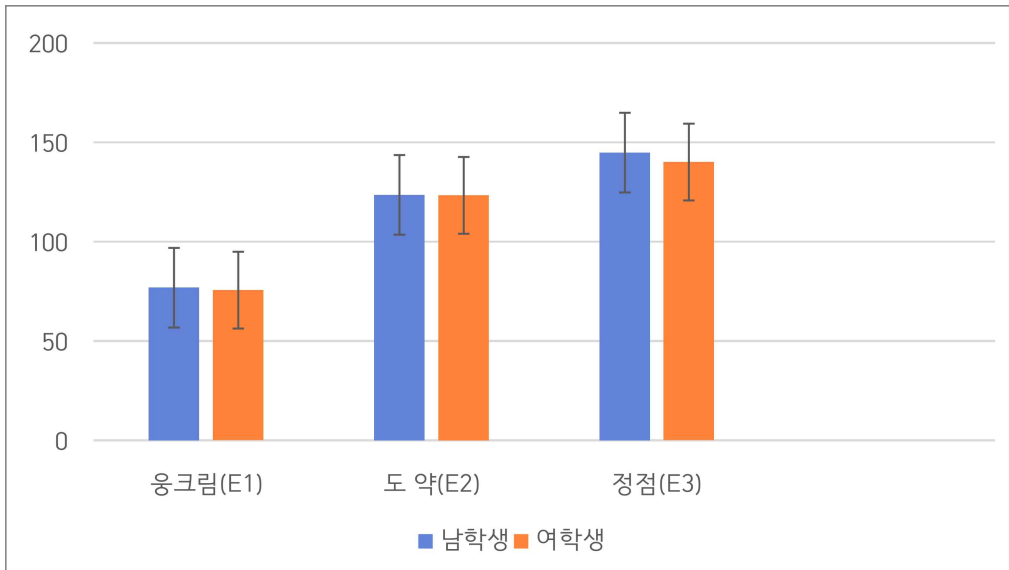


그림 IV-5. 발목관절의 각도

② 무릎관절의 각도

본 연구에서는 남, 여학생들이 수직점프 동작 수행 시 무릎 관절각의 각 이벤트 구간에 대한 분석을 실시하였으며, 분석 결과는 아래 <표 IV-6>, <그림 IV-6>과 같다.

표 IV-6. 무릎관절의 각도

단위 : (deg)

	집 단	평균	표준편차	t	p
웅크림(E1)	남	78.90	3.53	.971	.342
	여	77.98	5.14		
도약(E1)	남	156.81	2.42	.266	.792
	여	156.56	2.87		
정점(E3)	남	171.12	1.40	2.430	.021*
	여	169.87	1.50		

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

E1 : 인체의 중심이 도약 전 가장 낮은 구간

E2 : 양발이 지면에서 떨어지는 순간

E3 : 인체의 중심이 가장 높은 순간

수직점프 시 효과적으로 최대하 점프를 수행하기 위해 사용되어지는 무릎관절의 웅크림(E1) 구간에 남학생은  $78.90 \pm 3.53 \text{deg}$ 의 평균을 나타냈고, 여학생은  $77.98 \pm 5.14 \text{deg}$ 의 평균을 나타냈다. 남녀 간 통계적으로 유의한 차이를 보여주지 않았다. 도약(E2) 구간에서는 남학생이  $156.81 \pm 2.42 \text{deg}$ , 여학생은  $156.56 \pm 2.87 \text{deg}$ 로 이 구간 또한 유의한 차이가 나타나지 않았다. 정점(E3) 구간은 남학생이  $171.12 \pm 1.40 \text{deg}$ , 여학생은  $169.87 \pm 1.50 \text{deg}$ 로 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 정점 구간에서 유의한 차이를 보여주는 것은 그 전 구간에 큰 힘의 발생으로 작용 반작용이 일어나 각에 차이가 나타나는 것으로 볼 수 있다. 이로 인해 E3 구간의 무릎관절 각도가 수직점프 시 기록에 영향을 미칠 수 있는 구간이라고 말할 수 있다. 김솔(2020) 선행연구에서 무릎관절의 각도에서 전구간 유의한 차이를 나타내지 않았지만 본 연구에서는 정점(E3) 구간에서 유의한 차이를 나타냈다. 본 연구와 선행연구의 무릎관절의 각 구간의 각도 비교시 많은 차이를 보여주고 있으며, 이유는 대상의 연령에 차이가 있어 선행연구와 본 연구의 무릎관절 각도 차이가 많이 나타나는 것으로 보여진다. 본 연구도 남녀간의 각도 차이가 크지 않았으며, 무릎의 각도 차이가 기록과는 무관한 것으로 볼 수도 있다. 정점(E3) 차이가 난다는 것은 도약시 강한 힘으로 밀어내기 위해 발목을 강하게 디딘다고 유추할 수 있다.

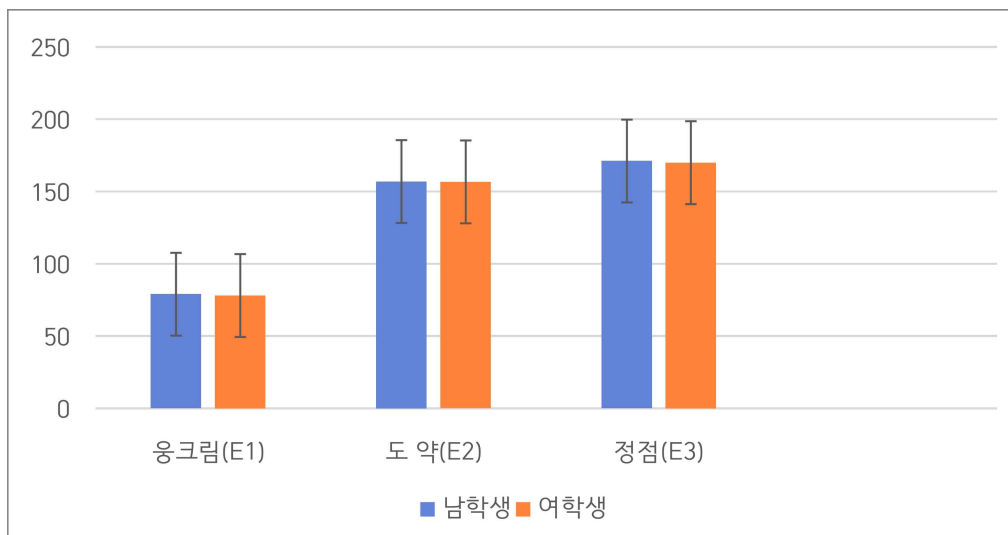


그림 IV-6. 무릎관절의 각도

### ③ 고관절의 각도

본 연구에서는 남, 여학생들이 수직 점프 시 고관절각의 각 이벤트 구간에 대한 분석을 실시하였으며, 분석 결과는 아래 <표 IV-7>, <그림 IV-7>과 같다.

표 IV-7. 고관절의 각도

단위 : (deg)

	집 단	평균	표준편차	t	p
웅크림(E1)	남	74.87	3.99	2.305	.280
	여	72.37	4.57		
도약(E2)	남	181.12	5.52	0.000	1.000
	여	180.24	8.60		
정점(E3)	남	213.06	6.58	-1.861	.073
	여	216.00	5.31		

E1 : 인체의 중심이 도약 전 가장 낮은 구간

E2 : 양발이 지면에서 떨어지는 순간

E3 : 인체의 중심이 가장 높은 순간

수직점프 시 최대하 점프를 하기 위한 고관절의 각을 구간별로 살펴보면 웅크림(E1) 구간에 남학생은  $70.87 \pm 3.99 \text{deg}$ 을 나타냈고, 여학생은  $67.37 \pm 4.57 \text{deg}$ 을 보여주었다. 이는 통계적으로 유의한 차이를 나타내 주었고, 성공적인 수직점프 동작 시 기록과 중요한 연관성이 있는 부분이라 할 수 있겠다.

도약(E2) 구간에서는 남학생이  $156.12 \pm 5.52 \text{deg}$ , 여학생은  $155.24 \pm 8.6 \text{deg}$ 로 이 구간은 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그리고 정점(E3) 구간은 남학생이  $168.06 \pm 6.58 \text{deg}$ , 여학생은  $172.00 \pm 5.31 \text{deg}$ 로 이 구간 또한 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

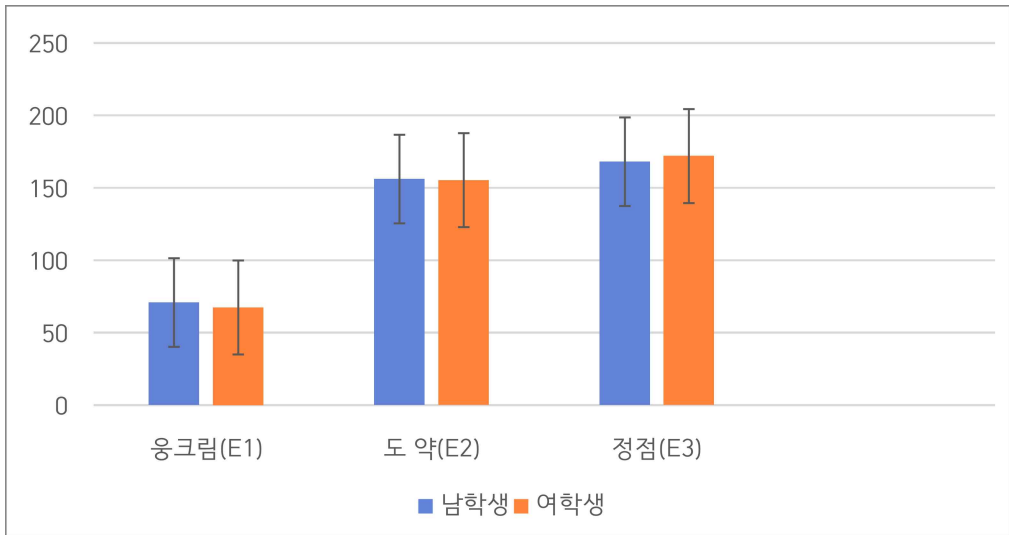


그림 IV-7. 고관절의 각도

#### ④ 어깨관절의 각도

본 연구에서는 남, 여학생들이 수직점프 시 어깨 관절각의 각도에 대한 이벤트 구간을 오른쪽 어깨만을 비교 분석을 실시하였으며, 분석 결과는 아래 <표 IV-8>, <그림 IV-8>과 같다.

표 IV-8. 어깨관절의 각도

단위 : (deg)

	집 단	평균	표준편차	t	p
응크림(E1)	남	-53.6	11.19	0.006	.996
	여	-53.7	7.33		
도약(E2)	남	130.66	4.85	0.04	.997
	여	130.66	5.19		
정점(E3)	남	159.01	11.57	2.627	.013*
	여	148.5	10.99		

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

E1 : 인체의 중심이 도약 전 가장 낮은 구간

E2 : 양발이 지면에서 떨어지는 순간

E3 : 인체의 중심이 가장 높은 순간

수직 점프 시 어깨관절의 이벤트별 각도를 살펴보면 웅크림(E1) 구간에서 남학생은  $-53.6 \pm 11.19 \text{deg}$ 을 나타냈고, 여학생은  $53.7 \pm 7.33 \text{deg}$ 을 보여주었다. 이는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 도약(E2) 구간에서는 남학생이  $130.66 \pm 4.85 \text{deg}$ , 여학생은  $130.66 \pm 5.19 \text{deg}$ 로 남, 녀 학생 간 동일한 어깨관절 각도를 보여주었으며, 이 구간 또한 유의한 차이가 나타나지 않았다. 정점(E3) 구간은 남학생이  $159.01 \pm 11.57 \text{deg}$ , 여학생은  $148.5 \pm 10.99 \text{deg}$ 로 나타났으며, 이 구간에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

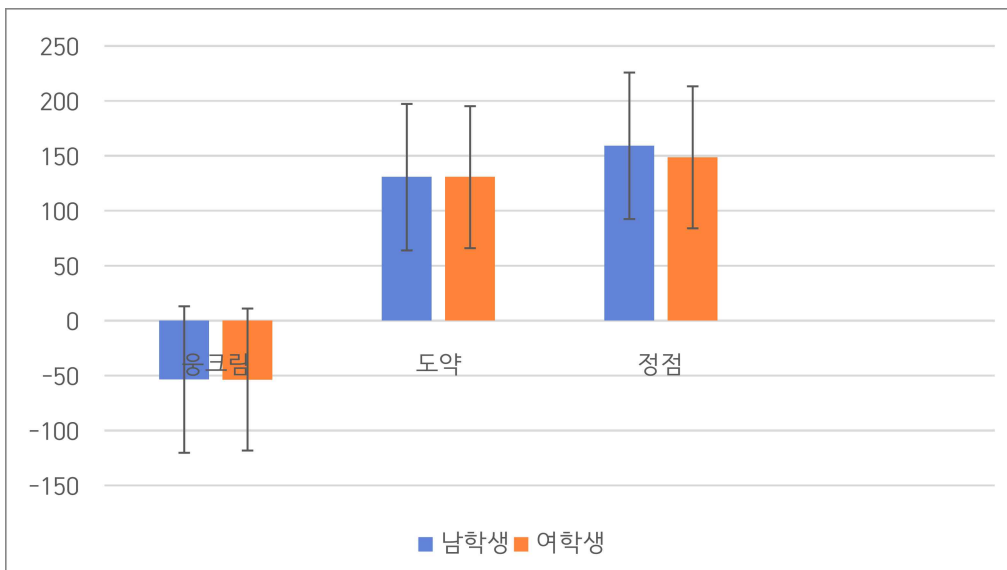


그림 IV-8. 어깨관절의 각도

### (5) 무릎관절 등속성 근기능 검사

#### ① 등속성 근력 60°/sec에서 최대근력과 상대최대근력

본 연구에 참여한 남, 여학생들의 등속성 근기능 검사를 60°/sec에서 검사 시 무릎관절의 최대근력과 상대최대근력은 다음 <표 IV-9>와 같다.



표 IV-9. 등속성 근기능 검사 60°/sec(Knee 60°/sec Extension/Flexion) 단위:(NM)

		peaktorque(Value)60°/sec		peaktorque(%BW)60°/sec	
		Right	Left	Right	Left
Knee Extension	남	204.56±44.9	211.00±35.70	118.93±32.19	126.18±26.41
	여	123.58±25.60	133.66±20.99	69.83±14.54	77.83±14.08
	t	5.669	6.670	4.904	5.741
	p	.000***	.000***	.000***	.000***
Knee Flexion	남	128.56±29.25	124.5±24.46	88.25±22.88	87.31±17.59
	여	72.5±19.43	81.00±18.61	52.08±17.44	58.08±15.84
	t	5.578	5.136	4.563	4.535
	p	.000***	.000***	.000***	.000***

Values are shown as the mean ±SD

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

peak torque(Value) 60°/sec에서 Knee Extension은 남학생 Right는 204.56±44.9NM, Left는 211.00±35.70NM, 여학생은 Right는 123.58± 25.60 NM, Left 133.66±20.99NM을 보여주었다. peak torque(Value) 60°/sec에서 Knee Flexion은 남학생 Right는 128.56±29.25NM, Left는 124.5± 24.46NM, 여학생은 Right는 72.5±19.43NM, Left 81.00±18.61NM을 보여주었다. peak torque(%BW) 60°/sec에서 Knee Extension은 남학생 Right는 118.93±32.19 NM, Left는 126.18±26.41NM, 여학생은 Right는 69.83±14.54 NM, Left 77.83±14.08NM을 보여주었다. peak torque(%BW) 60°/sec에서 Knee Flexion은 남학생 Right는 88.25±22.88NM, Left는 87.31±17.59NM 여학생은 Right는 52.08±17.44NM, Left 58.08±15.84NM을 보여주었다. 윤일한 (2007)의 선행연구에서 우수집단과 비우수집단을 비교 분석한 결과 무릎관절, 발목관절, 고관절의 근기능 순서로 영향을 미치는 것으로 알 수 있었고, 무릎의 신근에서 유의한 차이가 나타났다. 라고 결론을 얻었으며, 본 연구에서는 신근과 굴근에서 모두 유의한 차이를 나타내는 것으로 보아 중요한 요인임을 알 수 있었다.

## 2) 운동역학적 변인에 대한분석

운동역학적 분석은 지면반력기를 이용하여 변인인 지면반력을 중심으로 자료를 분석하였다. 지면 반력은 신체가 운동할 때 지면에 대한 반작용한 힘으로 좌우방향( $F_x$ ), 전후방향( $F_y$ ), 상하방향( $F_z$ )이 모두 측정된다. 변인은 수직점프를 하는 순간부터 무게중심이 최고점을 다다른 이후 착지 시점까지를 산출하여 최대 지면 반력 값의 상호 비교를 위해 각 대상자들의 체중 값으로 나누어 지면 반력을 비교분석 하였다.

### (1) 수직상방향 지면반력

수직점프 동작을 수행하는 동안 하체의 수직 상방향 전, 후측 지면 반력을 분석한 결과는 <표 IV-10>처럼 보는 바와 같다.

표 IV-10. 하체의( $F_y$ 측) 지면반력

(단위 : N/BW)

집 단		최대값
남학생	Right	0.59±0.05
	Left	0.64±0.09
여학생	Right	0.54±0.06
	Left	0.46±0.07
t	Right	0.281
	Left	0.215
p	Right	.687
	Left	.787

p<.05

최대값 : 도약 순간 지면반력이 최대가 되는 값

수직점프 동작을 수행하는 동안 하체의( $F_y$ 측) 지면 반력 우측 최대 지면 반력은 남학생의 경우 0.59±0.05N/BW, 여학생의 경우는 0.54±0.06N/BW 값을 보여주었고, 좌측 최대 지면 반력은 남학생의 경우 0.64±0.09N/BW, 여학생의 경우 0.46±0.07N/BW 값을 보여주었다. 좌우측 전체 지면 반력에서 남녀 간 통계적으로 유의한 차이가 나타나지는 않았다. 남학생보다 여학생이 지면을 누르는

힘이 적어 기록에 영향을 미치는 걸로 예상했으나, 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았다. 이정훈, 오정환(1995) 선행연구에서도 “지면 반력이 크면 점프력도 우세하게 나타났어야 하는데 오히려 반대로 지면 반력이 적은 투스텝 수직 점프시에 더 높게 점프한 것으로 나타났으며, 신체 중심이 앞으로 진행하려는 관성력을 줄이기 위해 상체를 뒤쪽으로 젖힘으로 수직으로 주어지는 힘이 전후 방향으로 분산되기 때문에 작용하는 힘이 작게 나타난 것으로 보인다.”라고 연구 결과를 도출하였다.

표 IV-11. 하체의(Fz축) 지면반력

(단위 : N/BW)

집 단		최대값
남학생	Right	1.14±0.11
	Left	1.13±0.21
여학생	Right	1.04±0.19
	Left	1.03±0.02
t	Right	3.129
	Left	3.263
p	Right	.004**
	Left	.003**

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

최대값 : 도약 순간 지면반력이 최대가 되는 값

수직점프 동작을 수행하는 동안 우측 최대 지면 반력은 남학생의 경우 1.14±0.11N/BW, 여학생의 경우는 1.04±0.19N/BW 값을 보여주었고, 좌측 최대 지면 반력은 남학생의 경우 1.13±0.21N/BW, 여학생의 경우는 1.03±0.02N/BW 값을 보여 주었다. 좌우측 지면 반력에서 남녀간 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 남학생보다 여학생이 지면을 누르는 힘이 적어 기록에 영향을 미치는 걸 볼 수 있으며, 이는 반작용력(반발력)이 클수록 높이 뛸 수 있다는 것을 보여준다. 하지만 이정훈, 오정환(1995) 선행연구에서는 제자리 수직점프는 반력이 스텝 점프와는 다르게 긴 시간에 이루어지기 때문에 반력이 크게 나타난다고 하였다. 이는 스텝 후 수직점프는 반력이 작게 나타나지만 높이 뛸 수 있다는 이야기이며, 본 연구 결과와는 반대되는 결과 값을 보여주었다.

## (2) 근전도 분석

본 연구에서 수직점프 동작 수행 시 상, 하지의 주요 근육군인 삼각근, 척추기립근, 대퇴직근, 비복근에 근전도를 부착하였고, 이를 수직 변위와 비교 분석하였다.

비교분석 구간은 1구간(P1)은 옹크림에서 도약 순간까지, 2구간은 도약에서 정점순간까지, 3구간은 정점에서 착지순간까지를 확인하였고 결과는 다음과 같다.

표 IV-12. 근전도 분석 최대 근 활성화도 단위 : (%RVC)

	집 단	평균	표준편차	t	p
RT ANT.DELTOID	남	460.75	162.55	.368	.717
	여	433.06	173.64		
LT ANT.DELTOID	남	386.38	147.56	-.556	.585
	여	430.41	202.35		
RT THORACIC ES	남	164.88	43.90	.232	.819
	여	153.71	145.71		
LT THORACIC ES	남	160.76	66.69	.933	.363
	여	128.82	85.23		
RT RECTUS FEM	남	348.36	246.74	2.325	.041**
	여	159.21	72.75		
LT RECTUS FEM	남	273.43	129.28	2.450	.029**
	여	162.14	62.57		
RT MED. GASTRO	남	315.26	198.68	1.304	.209
	여	207.11	171.30		
LT MED. GASTRO	남	234.48	125.74	2.007	.067
	여	146.74	57.52		

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

삼각근의 최대 근 활성화도는 남학생들의 우측 삼각근은  $460.75 \pm 162.55\%RVC$  여학생들은  $433.06 \pm 173.64\%RVC$  남학생들의 좌측 삼각근은  $386.38 \pm 147.56\%RVC$  여학생은  $430.41 \pm 202.35\%RVC$  보여주었고, 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 척추기립근의 최대 근 활성화도는 남학생들의 우측 척추기립근은  $164.88 \pm 43.90\%RVC$  여학생은  $153.71 \pm 145.71\%RVC$  남학생들의 좌측 척추기립근은  $160.76 \pm 66.69\%RVC$  여학생은  $128.82 \pm 85.23\%RVC$  보여주었고, 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 대퇴직근의 최대 근 활성화도는 우측 대퇴직근 남학생은

164.88±43.90%RVC 여학생은 153.71±145.71%RVC 좌측 대퇴직근 남학생은 160.76±66.69%RVC 여학생은 128.82±85.23%RVC 보여주었고, 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 비복근의 최대 근 활성화도는 남학생 우측 비복근은 315.26±198.68%RVC 여학생은 207.11±171.30%RVC 남학생들의 좌측 비복근은 234.48±125.74% RVC 여학생들은 146.74±57.52%RVC 보여주었고, 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

표 IV-13. 근전도 분석 평균 근 활성화도 단위 : (%RVC)

	집 단	평균	표준편차	t	p
RT ANT.DELTOID	남	165.16	41.80	-.334	.742
	여	172.24	52.36		
LT ANT.DELTOID	남	141.98	44.07	-1.444	.168
	여	176.92	62.53		
RT THORACIC ES	남	86.47	23.25	.565	.581
	여	77.58	43.96		
LT THORACIC ES	남	81.38	26.14	.565	.580
	여	73.08	38.36		
RT RECTUS FEM	남	151.24	82.02	2.189	.042**
	여	89.22	36.02		
LT RECTUS FEM	남	130.42	54.37	1.893	.075
	여	91.35	36.09		
RT MED. GASTRO	남	99.45	55.51	1.554	.138
	여	61.99	52.24		
LT MED. GASTRO	남	80.02	40.42	2.035	.066
	여	52.49	14.01		

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

본 연구에서 삼각근의 평균 근 활성화도를 비교 분석한 결과 남학생들의 우측 삼각근의 평균 근 활성화도 값은 165.16±41.80%RVC 여학생들은 172.24±52.36 %RVC 남학생들의 좌측 삼각근은 141.98±44.07%RVC 여학생은 176.92± 62.53 %RVC로 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 척추기립근의 평균 근 활성화도 비교 분석 결과 남학생들의 우측 척추기립근은 86.47±2 3.25%RVC 여학생은 77.58 ±43.96%RVC 남학생들의 좌측 척추기립근은 81.38±26.14%RVC 여학생은 73.08±38.36%RVC 보여주었고, 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

또 대퇴직근의 평균 근 활성도의 비교 분석 결과 우측 대퇴직근 남학생은  $151.24 \pm 82.02\%RVC$  여학생은  $89.22 \pm 36.02\%RVC$  좌측 대퇴직근 남학생은  $130.42 \pm 54.37\%RVC$  여학생은  $91.35 \pm 36.09\%RVC$ 로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 비복근의 평균 근 활성도의 비교 분석 결과 남학생 우측 비복근은  $99.45 \pm 55.51\%RVC$  여학생은  $61.99 \pm 52.24\%RVC$  남학생들의 좌측 비복근은  $80.02 \pm 40.42\%RVC$  여학생들은  $52.49 \pm 14.01\%RVC$  보여주었고, 이 또한 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

### 3. 수직점프의 변인간의 상관관계

운동역학적 변인 중 수직점프 시 기록에 영향을 미치는 변인들의 상관관계를 규명하고자 Pearson의 상관계수로 분석을 실시하였다. 각 변인과의 상관관계는 아래의 <표 IV-14> 체격과 기록의 상관관계와 같다.

#### 1) 기록과 운동학적 변인간의 상관관계

##### (1) 체격과 기록의 상관관계

표 IV-14. 체격과 기록의 상관관계

	신장	체중	BMI	유연성
기록	.730**	.543**	.014	-.100

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$

체격과 기록을 상관관계를 분석한 결과 수직점프 시 기록에 영향을 미치는 것은 체중  $r = .543^{**}$  와 신장  $r = .730^{**}$  에서 유의한 상관관계가 나타났으며, BMI (체질량지수)와 유연성에서는 유의하게 나타나지 않았다. 신성훈(1999)은 선행 연구에서 하지장의 길이가 길수록 도약 운동을 하기에 유리하다고 이야기했으며, 본 연구도 신장에 차이에 따라 기록과 유의한 상관관계를 보이는 것으로 나타났다. 신체 중심의 높이가 높은 것이 기록에 영향을 미친다고 볼 수 있는 것이다.

또 체중이 기록에 영향을 미치는 것은 좀 더 구체적으로 체지방과 체지방을 구분한 연구를 통해 좀 더 연구가 필요할 것으로 보인다.

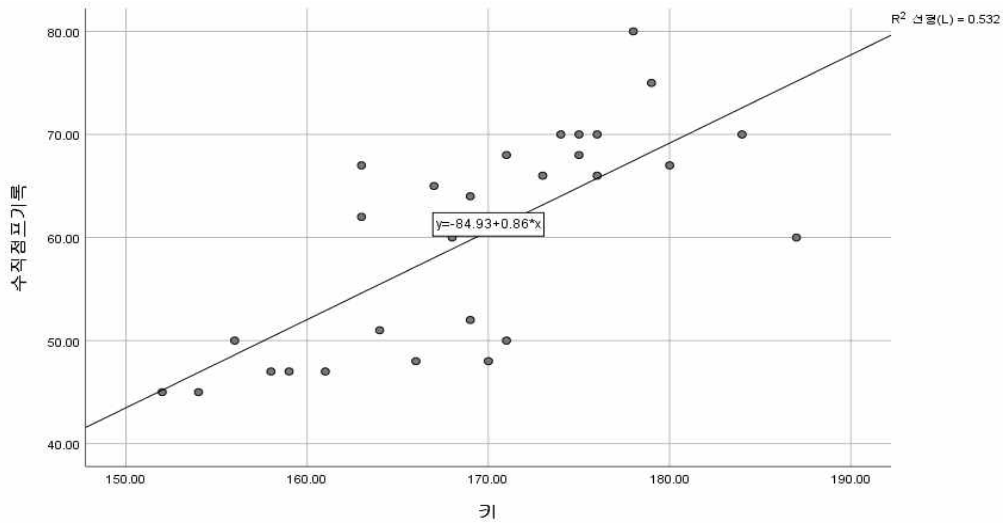


그림 IV-9. 수직점프기록과 신장의 상관관계

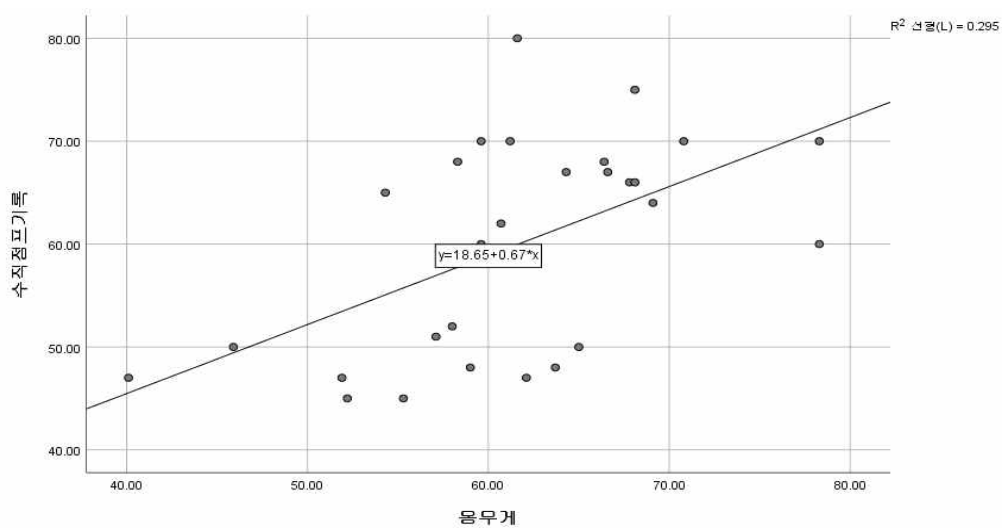


그림 IV-10. 수직점프 기록과 체중의 상관관계

## (2) 시간 변인과 기록의 상관관계

표 IV-15. 시간 변인과 기록의 상관관계

	P1	P2	P3
기록	-.569**	.948**	.934**

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

수직점프 시 수직점프 기록과 시간 변인의 상관관계를 분석한 결과는 다음과 같다. 전 구간에 걸쳐 유의한 상관관계를 나타냈으며, P1구간에서  $r = -.569^{**}$  부적 상관관계를 나타냈으며, P2는  $r = .948^{**}$  와 P3  $r = .934^{**}$  구간은 정적 상관관계를 보이며, 전 구간 유의한 상관관계가 나타났다. 기록은 체공 시간에 따라 높은 기록을 만들어내는 것이기에 당연한 결과값으로 볼 수 있다. 체공 시간의 길게 유지하기 위한 방법을 모색하는 것도 중요하다고 하겠다.

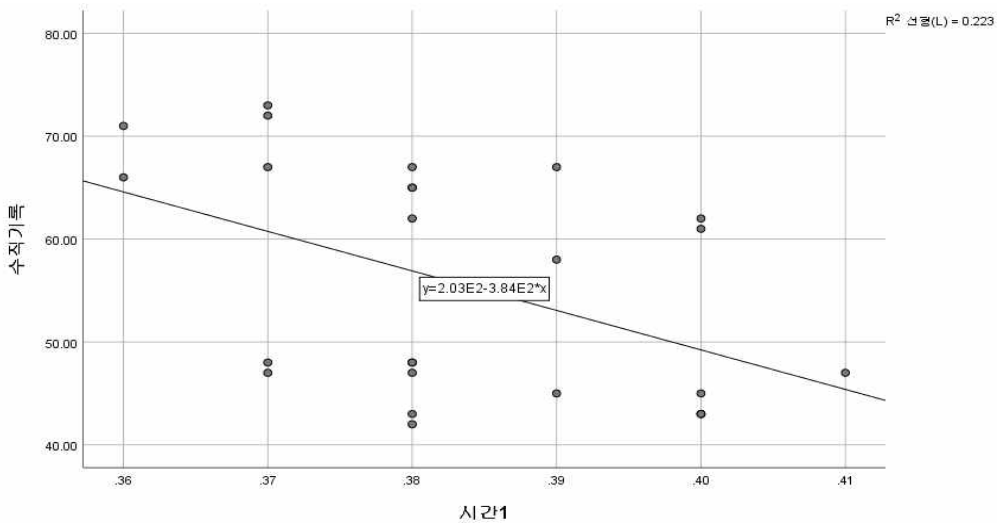


그림 IV-11. 수직점프 기록과 시간 변인(P1)의 상관관계



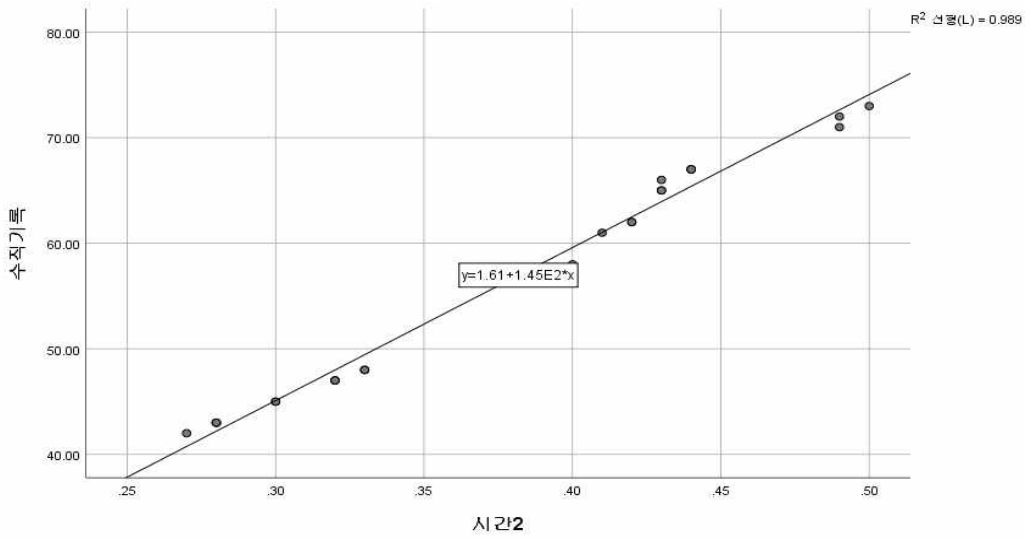


그림 IV-12. 수직점프 기록과 시간 변인(P2)의 상관관계

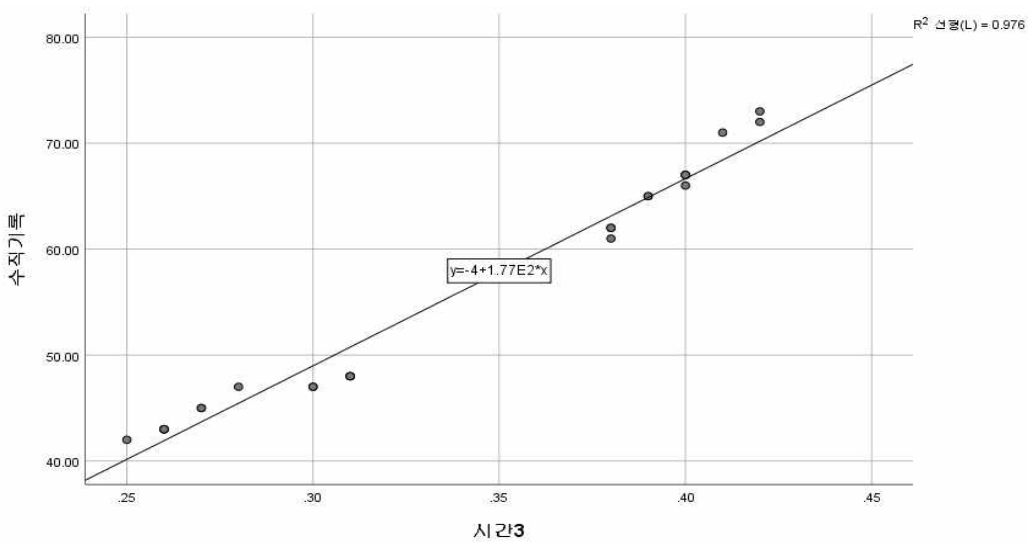


그림 IV-13. 수직점프 기록과 시간 변인(P3)의 상관관계

### (3) 속도 변인과 기록의 상관관계

표 IV-16. 속도 변인과 기록의 상관관계

	수직가속도	수직속도
기록	.768**	.932**

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

수직 속도는 수직점프 동작을 수행함에 있어 중요한 구간이라고 생각되는 도약(이지) 구간의 속도 값을 도출하였으며, 수직 속도와 기록의 상관관계는  $r=.932^{**}$ 로 나타났으며, 본 연구 시 예상대로 유의한 상관관계를 보여주었다. 수직가속도와 기록에 상관관계도 높게 나타났으며, 속도, 가속도가 수직점프 기록에 높게 영향을 미치는 것을 판단할 수 있었다.

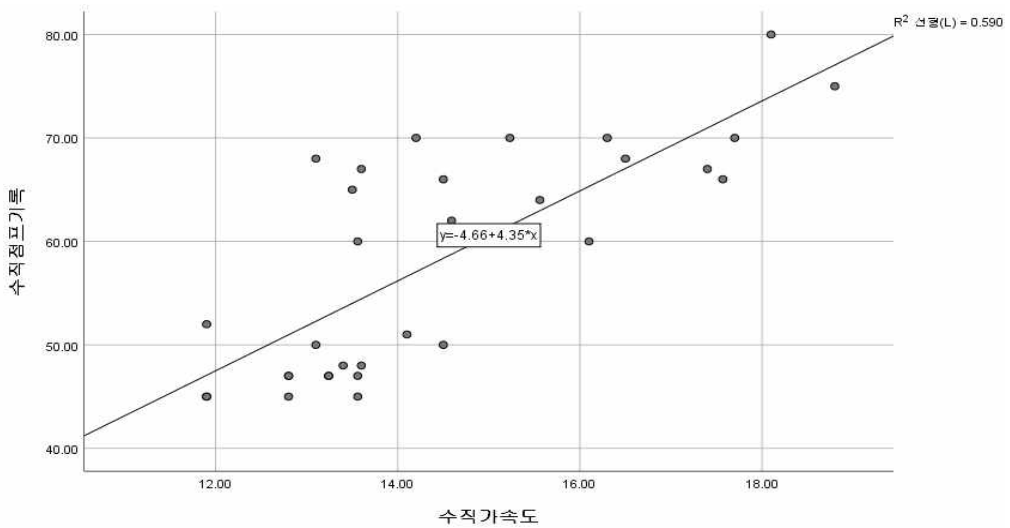


그림 IV-14. 수직점프 기록과 수직가속도의 상관관계

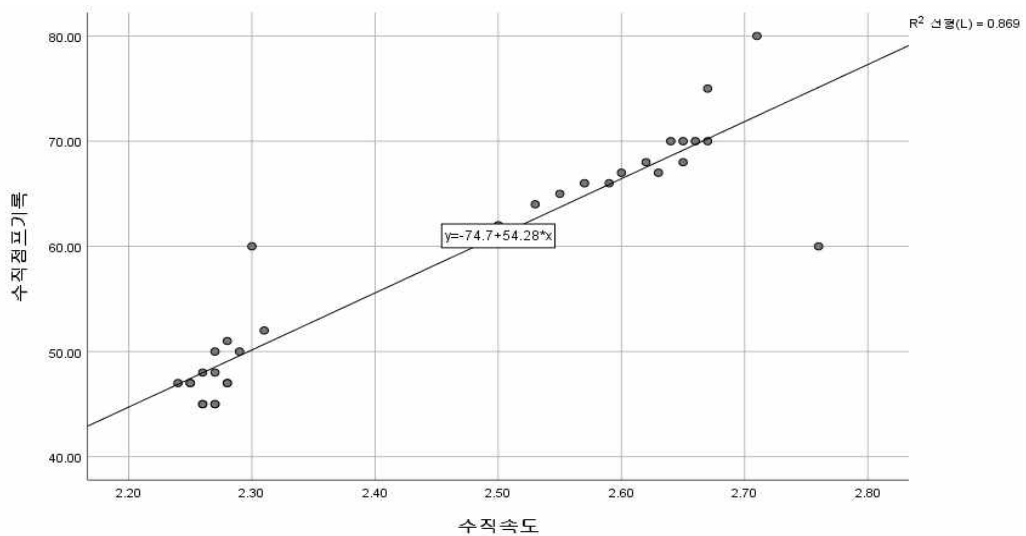


그림 IV-15. 수직점프 기록과 수직속도의 상관관계

#### (4) 각도변인과 기록의 상관관계

##### ① 발목관절각과 기록의 상관관계

표 IV-17. 발목관절각과 기록의 상관관계

	E1	E2	E3
기록	0.059	0.197	.414*

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

<표 IV-17>과 같이 발목관절각과 기록의 상관관계를 각 이벤트 별로 확인할 수 있으며, E3에서  $r=.414^*$  유의하게 나타났으며, 수직점프 동작 수행 시 이 지 구간에 발목을 최대한 사용하여 점프 동작을 수행함으로써 정점 구간에 발목은 최대한 저축굴곡이 되는 것을 알 수 있다. 이 후 정점 구간을 지나 착지 구간에 들어서기 전 배측굴곡을 통해 안전하게 착지를 도모할 것이다.

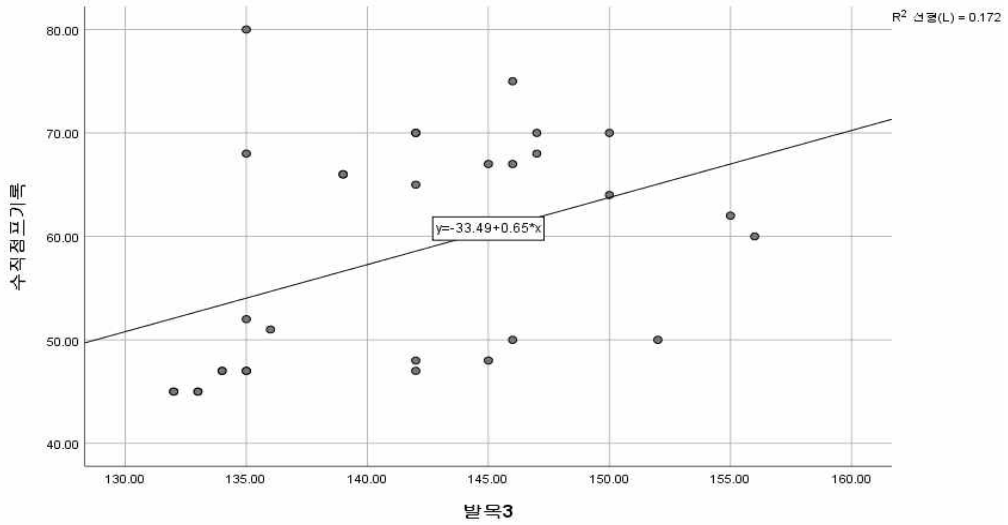


그림 IV-16. 수직점프기록과 발목관절(E3)의 상관관계

## ② 무릎관절각과 기록의 상관관계

표 IV-18. 무릎관절각과 기록의 상관관계

	E1	E2	E3
기록	0.059	0.183	.419*

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

무릎관절각과 기록의 상관관계를 살펴보면 웅크림(E1) 구간에서는  $r=0.059$ , 도약(E2)구간에서는  $r=0.183$ 로 정점(E3)에서는  $r=.419^*$ 로 나타났다. 무릎관절각이 정점 구간에 상관관계를 나타내는 것은 수직 점프 시 높이뛰기 위해 무릎을 최대한 신전하여 힘을 전달하기 위함이라 생각된다.

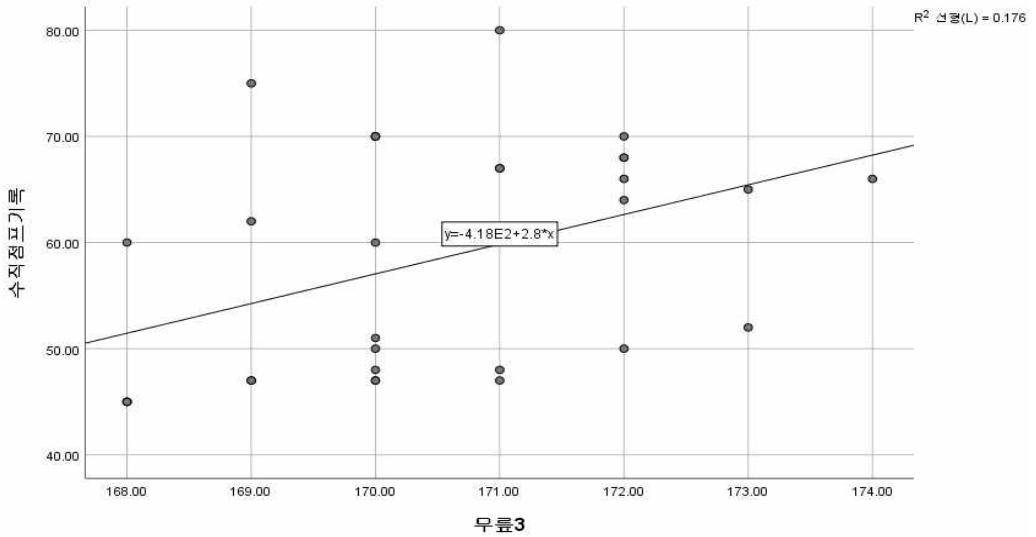


그림 IV-17. 수직점프기록과 무릎관절(E3)의 상관관계

### ③ 고관절각과 기록의 상관관계

표 IV-19. 고관절각과 기록의 상관관계

	E1	E2	E3
기록	.646**	0.269	-0.250

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

고관절각과 기록의 상관관계의 결과를 도출한 값은 위와 같다. 고관절각과 기록의 관계는 위의 발목관절각, 무릎관절각과 다르게 웅크림 구간에서  $r = .646^{**}$  과 같이 상관관계가 유의하게 나타났다. 이는 고관절각의 웅크림이 기록을 향상시키는데 중요한 역할을 하며, 웅크림 시 고관절각을 74도 정도의 각으로 유지시키고 수직 점프를 하는 것이 효율적인 수직점프 방법으로 생각된다.

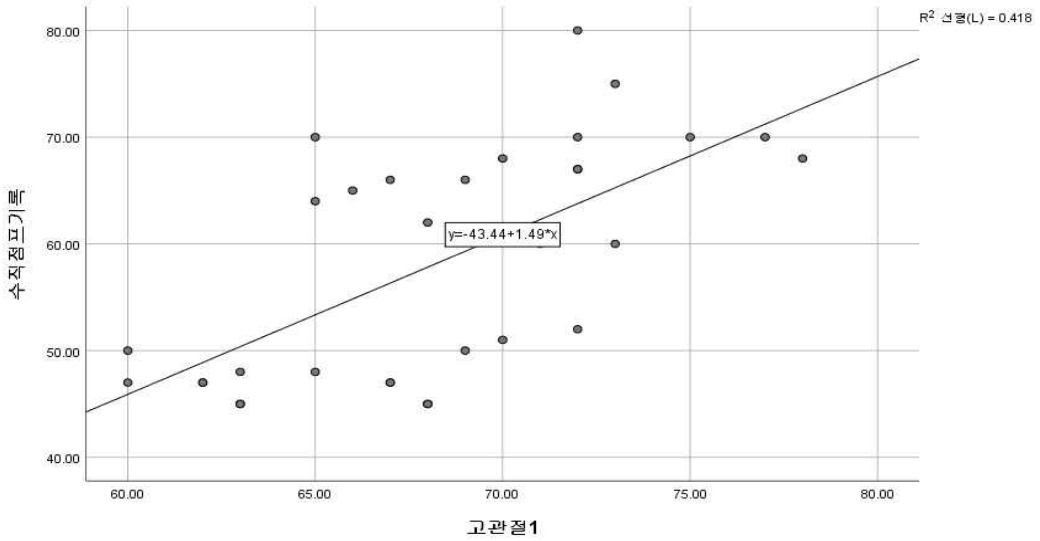


그림 IV-18. 수직점프기록과 고관절(E1)의 상관관계

#### ④ 어깨관절각과 기록의 상관관계

표 IV-20. 어깨관절각과 기록의 상관관계

	E1	E2	E3
기록	0.144	.355*	.729**

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$

어깨관절각과 기록의 상관관계에서는 E1구간을 제외한 E2구간  $r = .355^*$  E3구간  $r = .729^{**}$  에서 정적 상관관계 나타났으며, 웅크림 구간을 지나 이지 구간과 정점 구간에서 유의한 상관관계를 보여 어깨관절각의 중요성을 보여 주고 있다.

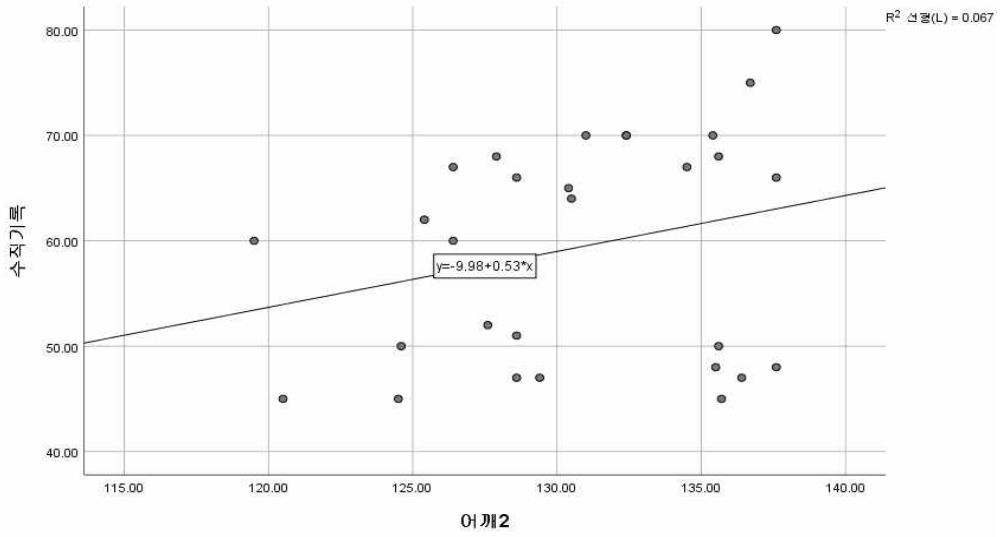


그림 IV-19. 수직점프기록과 어깨관절(E2)의 상관관계

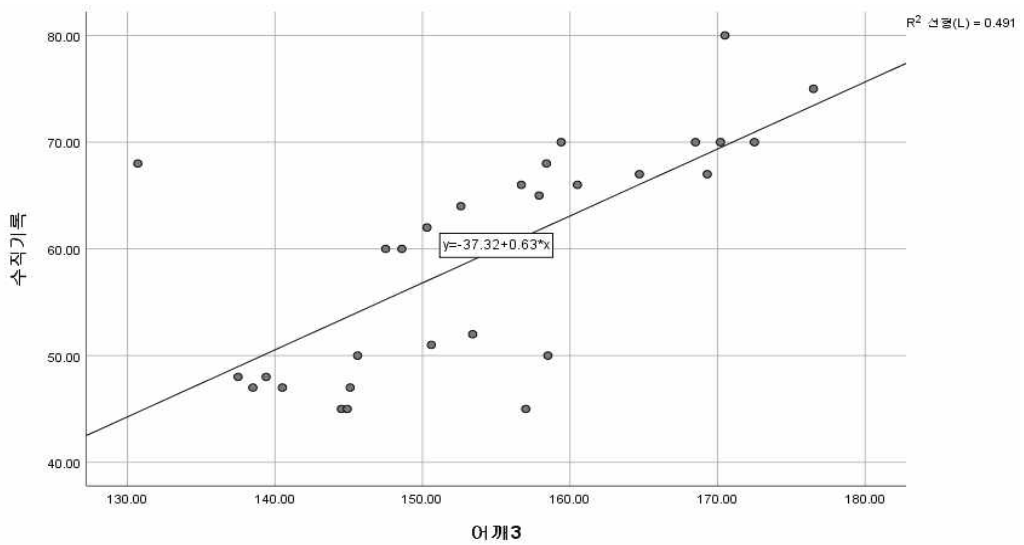


그림 IV-20. 수직점프기록과 어깨관절(E3)의 상관관계

(5) 근전도변인과 기록의 상관관계

① 근전도 평균값(mean)과 기록의 상관관계

표 IV-21. 근전도 평균값(mean)과 기록의 상관관계

	RT ANT.DE LTOID	LT ANT.DE LTOID	RT THORA CIC ES	LT THORA CIC ES	RT RECTU S FEM	LT RECTU S FEM	RT MED. GASTRO	LT MED. GASTRO
기록	.209	-0.064	0.362	0.373	.554*	.537*	0.427	.508*

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

수직점프 시 사용되어지는 근육을 선정하고 각 근육 부위의 근전도 측정 후 결과의 평균값을 기록과 상관관계를 확인한 결과 RT RECTUS FEM  $r=.554^*$ , LT RECTUS FEM  $r=.537^*$ , LT MED. GASTRO  $r=.508^*$  는 기록을 향상시키는데 중요한 역할을 할 수 있는 근육 부위임을 알 수 있었으며, LT MED. GASTRO는 다르게 RT MED. GASTRO가 좀 더 효율적으로 활용된다면 좋은 기록을 얻을 수 있을 거라 생각된다.

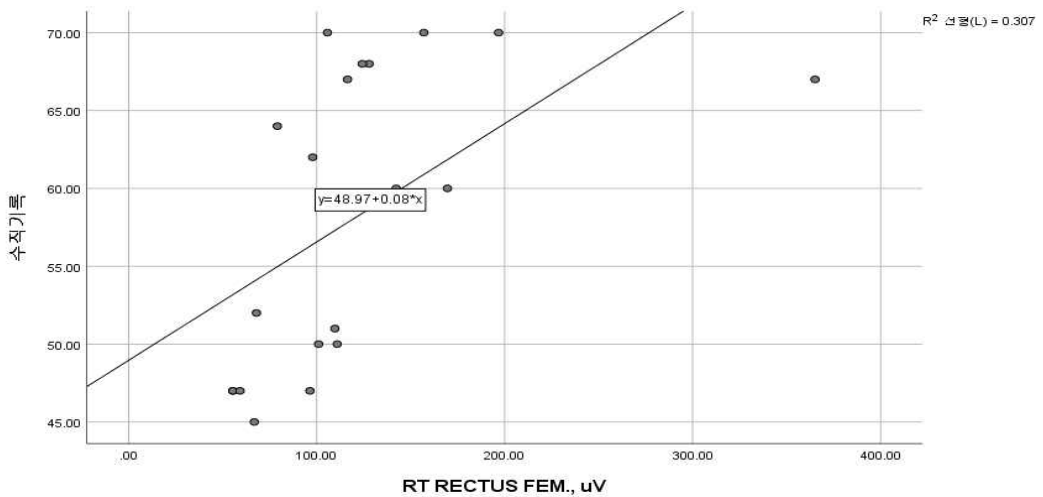


그림 IV-21. 수직점프기록과 RT RECTUS FEM의 상관관계



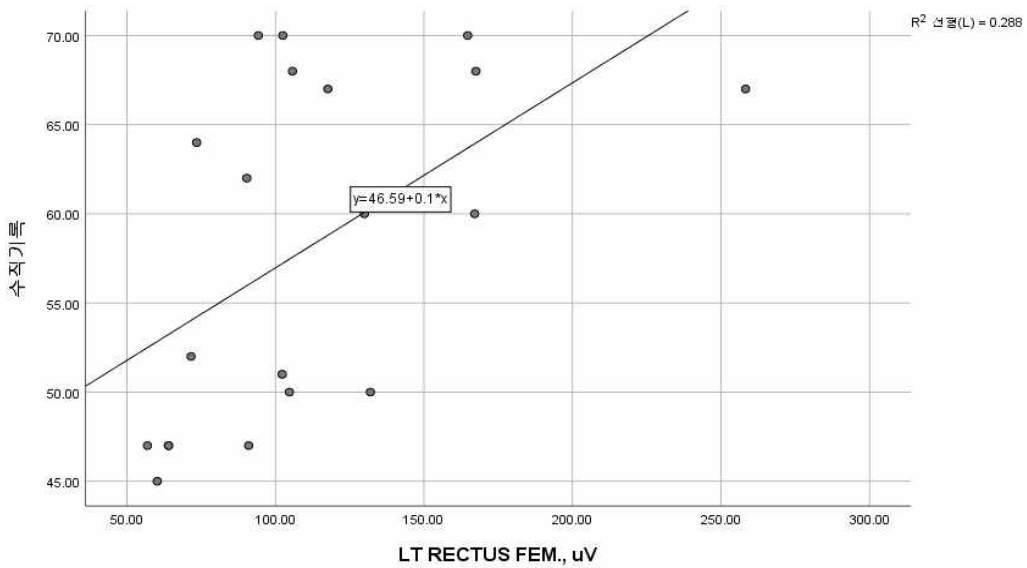


그림 IV-22. 수직점프기록과 LT RECTUS FEM의 상관관계

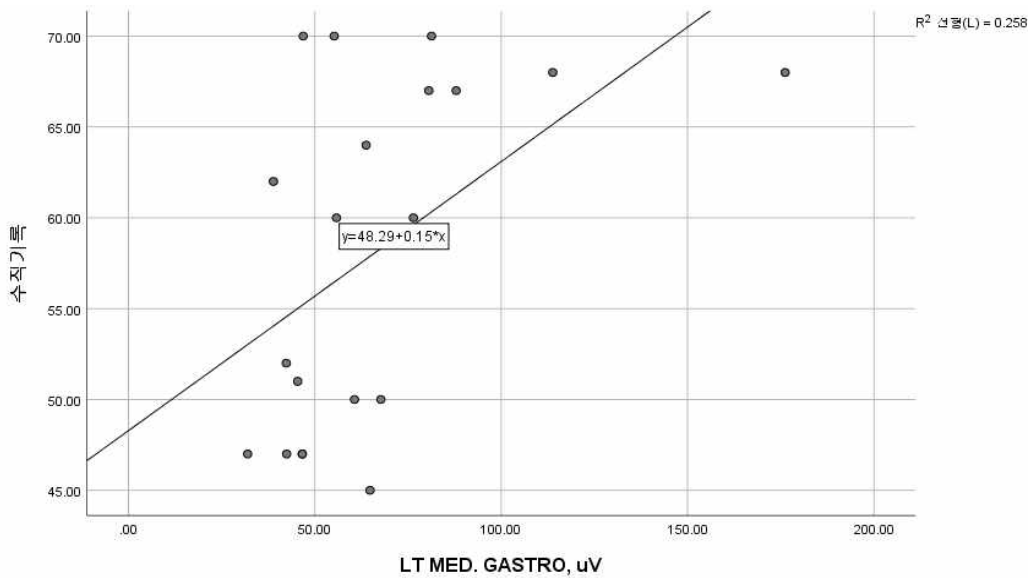


그림 IV-23. 수직점프기록과 LT MED. GASTRO의 상관관계

② 근전도 최대값(peak)과 기록의 상관관계

표 IV-22. 근전도 최대값(peak)과 기록의 상관관계

	RT ANT.DE LTOID	LT ANT.DE LTOID	RT THORAC IC ES	LT THORAC IC ES	RT RECTUS FEM.	LT RECTUS FEM.	RT MED. GASTRO	LT MED. GASTRO
기록	.327	.129	.298	.459*	.523*	.578**	.340	.525*

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

수직점프 시 사용되어지는 근육을 선정하고 각 근육 부위의 근전도 측정 후 결과의 최대값(peak)을 기록과 상관관계를 확인한 결과 LT THORACIC ES  $r=.459^*$ , RT RECTUS FEM  $r=.523^*$ , LT RECTUS FEM  $r=.578^{**}$ , LT MED. GASTRO  $r=.525^*$  는 기록을 향상시키는데 중요한 역할을 할 수 있는 근육 부위임을 알 수 있었으며, LT MED. GASTRO는 다르게 RT MED. GASTRO, RT THORACIC ES가 좀 더 효율적으로 활용된다면 좋은 기록을 얻을 수 있다고 생각된다.

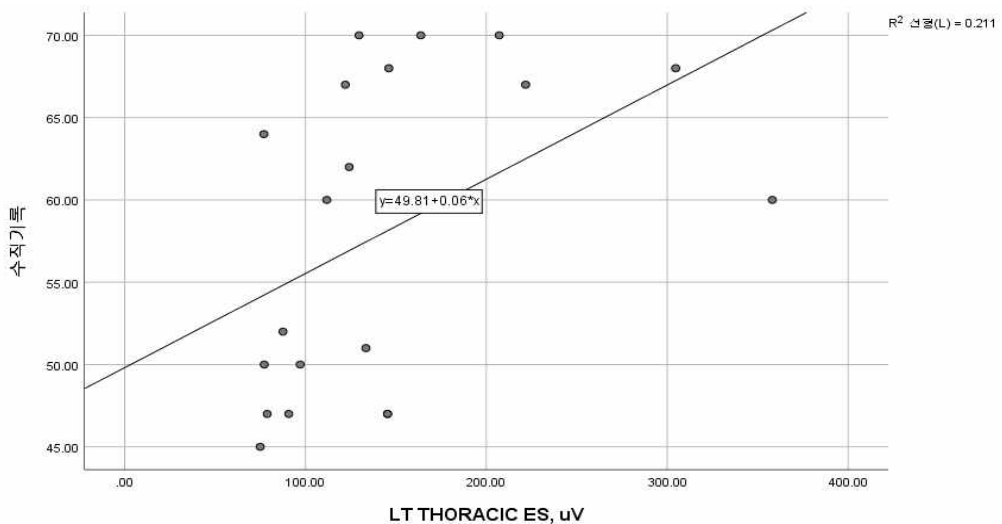


그림 IV-24. 수직점프기록과 LT THORACIC ES의 상관관계

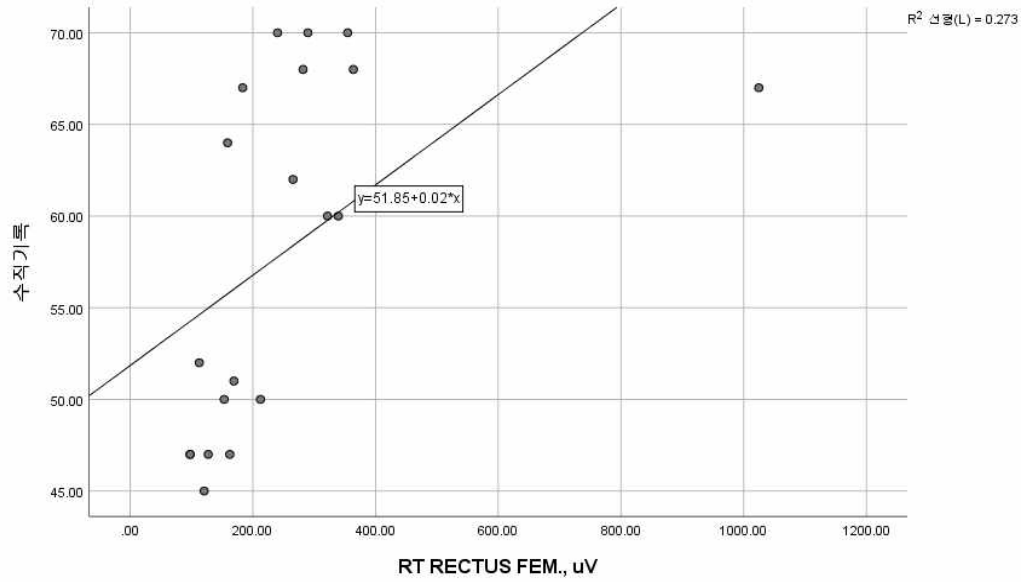


그림 IV-25. 수직점프기록과 RT RECTUS FEM의 상관관계

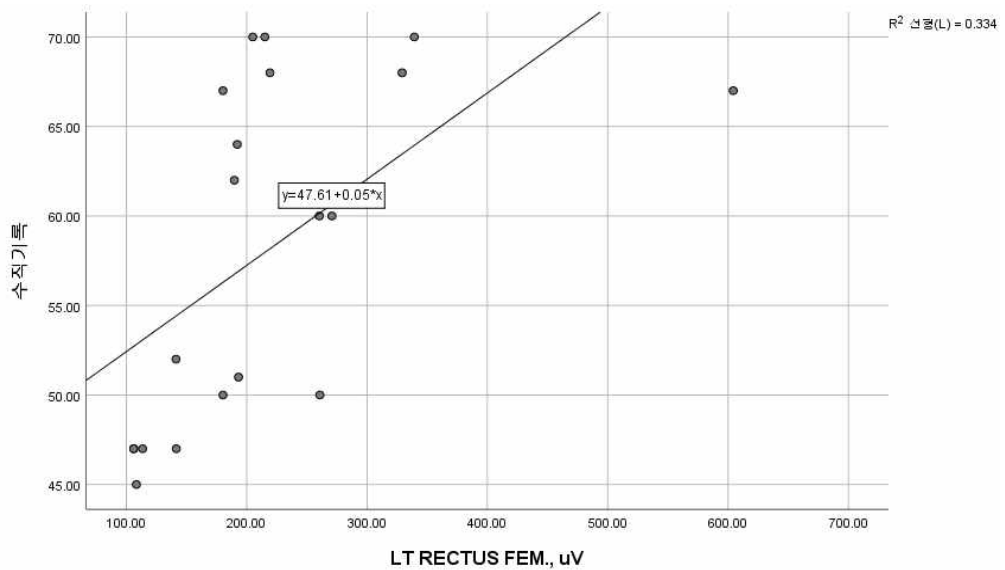


그림 IV-26. 수직점프기록과 LT RECTUS FEM의 상관관계

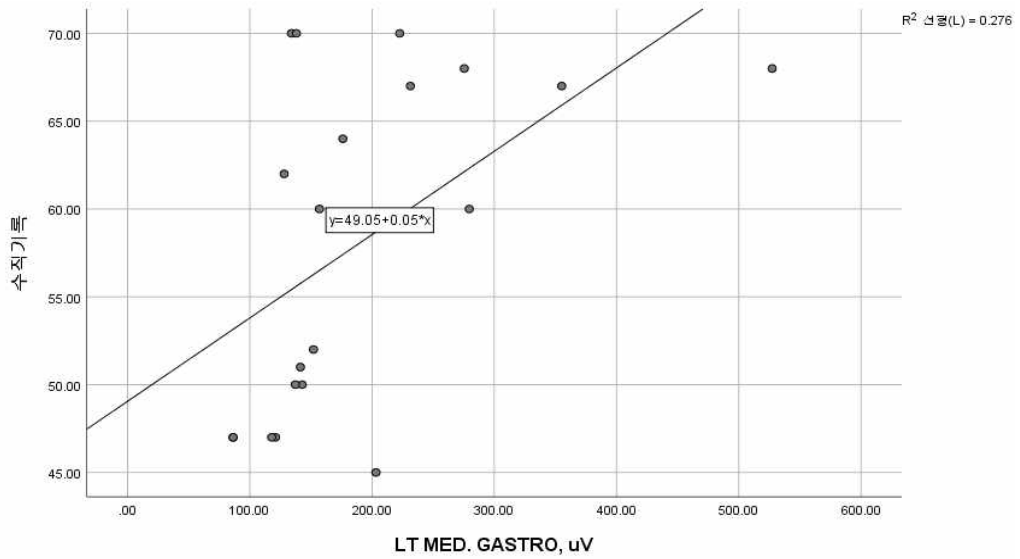


그림 IV-27. 수직점프기록과 LT MED. GASTRO의 상관관계

### (6) 지면반력과 기록의 상관관계

표 IV-23. 지면반력과 기록의 상관관계

	우측	좌측
기록	.772**	.785**

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

지면 반력은 수직점프 시 중요한 요소 중에 하나이며, 기록과의 상관관계를 분석을 통해 확인한 결과 좌, 우측 발 모두 상관관계가 있는 것으로 나타났으며, 우측  $r=.772^{**}$  , 좌측  $r=.785^{**}$  을 나타냈다. 지면 반력은 점프 동작 시 지면에 얼마만큼 큰 힘을 주어 밀어내느냐가 도약에 큰 영향을 미치는지를 알 수 있다.

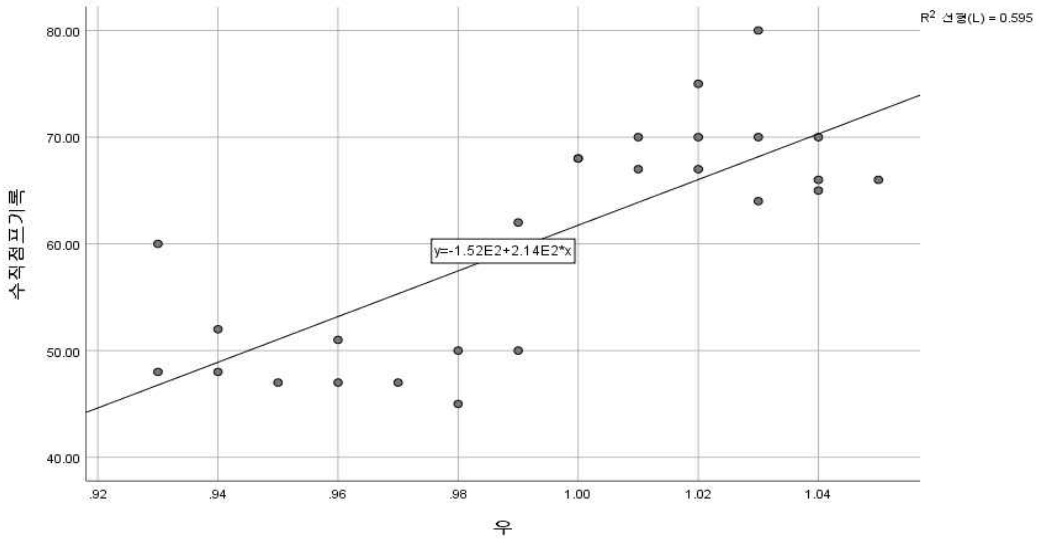


그림 IV-28. 수직점프기록과 지면반력(우)의 상관관계

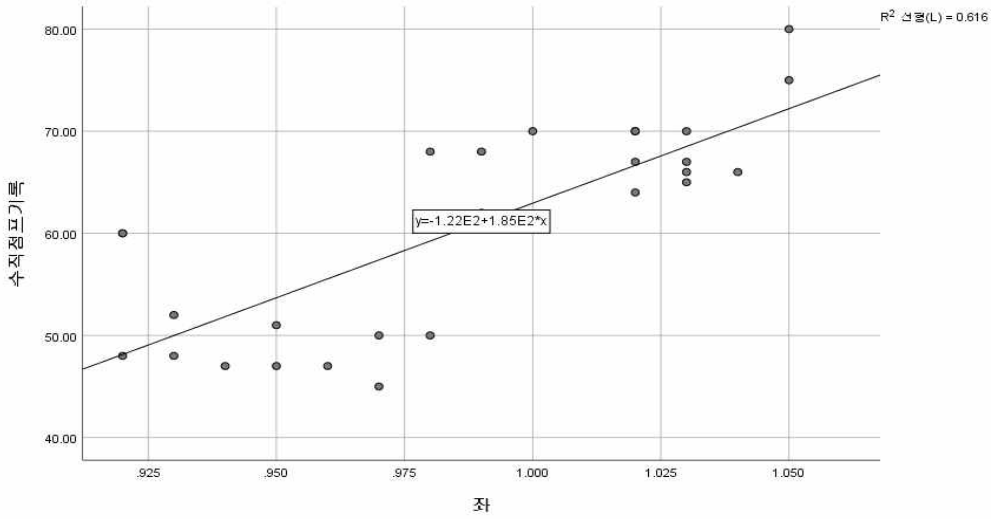


그림 IV-29. 수직점프기록과 지면반력(좌)의 상관관계

## V. 연구2 - 제자리멀리뛰기에 관한 운동역학적 분석

### 1. 연구의 필요성

제자리멀리뛰기(수평점프)는 주로 스포츠 경기 상황에서 기본 및 응용 동작으로 수행이 되며, 육상경기의 세단뛰기, 멀리뛰기는 대표적인 수평점프 동작이다. 제자리멀리뛰기는 발 구름판 위에 정지한 상태로 두발을 놓고 서서 제자리에서 멀리 뛰는 운동으로 신체의 반동과 순발력을 이용하여 몸을 전방의 공간으로 날려 멀리 뛰는 것이다. 제자리멀리뛰기는 순간적인 힘을 이용한 순발력을 요하는 동작으로 학교현장에서 학생들의 체력을 측정하는 학생건강체력평가(PAPS)시 50m 달리기와 함께 순발력을 측정하는 도구로 사용되고 있다(김정민, 2016). 뿐만 아니라 각 종 공무원 체력검정에 순발력을 측정하는 중요한 종목으로 채택되어 활용되고 있다.

점프 동작은 도약(take-off)시 모든 신체 분절을 효율적으로 협응시켜 신체를 띄우는 능력에 도약속도(take-off velocity)는 점프의 이동 거리 또는 높이를 결정짓는 것에 중요한 요소로 작용하며, 힘-시간(force-time velocity)에서 신체가 지면에 작용하는 힘에 대한 반작용으로서의 지면반력(ground reaction force)의 크기와 충격량(impulse= $F \times t$ ) 크기는 효율적인 점프 동작의 수행지표가 된다(최지영, 김승재, 2002). 제자리멀리뛰기 동작은 점프 동작의 일반적인 기본요소를 포함하고 있으나 이동 거리가 중요한 요소 중의 하나이다. 따라서 제자리멀리뛰기 동작은 일반적인 점프 동작과는 달리 이지 시 신체 중심의 방향과 투사각도, 하지 분절의 운동 방향과 도약 각도가 중요하게 작용하며 제자리멀리뛰기 이동 거리와 큰 연관성을 갖게 된다(김정민, 2016). 또한, 국내에서 제자리멀리뛰기 동작은 각 급 학교에서 체력측정과 순발력을 평가하는 평가 도구로 자주 사용되고 있다(김정민, 2016). 교육현장에서 제자리멀리뛰기 및 점프에 대한 응용 동작에 대한 지도 시 여러 가지 상황에 직면할 수 있으며, 따라서 이 연구는 영상 분석 장비와 지면반력기를 실험 도구로 활용하여 일반 고등학생들을 대상으로 제자리멀리뛰기 동작을 분석함으로써 체육수업 및 다양한 스포츠 상황에서 응용 동작으로 많이 활용되고 있는 제자리멀리뛰기 동작에 대한 이해를 증진시키며, 이를 통해 효율적인 지도방안을 모색하는데 도움이 되고자 한다.

## 2. 연구결과 및 논의

### 1) 운동학적 변인에 대한 분석

이 연구는 제자리멀리뛰기 동작 시 주요한 운동학적 동작 변인을 분석하였으며, 주요 변인은 시간요인(소요시간), 거리요인(신체중심의 높이), 속도요인(신체중심), 각도요인(어깨관절각, 고관절각, 무릎관절각, 발목관절각), 각속도요인(어깨관절 각속도, 고관절 각속도, 무릎관절 각속도, 발목관절 각속도)이다.

#### (1) 시간변인

##### ① 소요시간변화 비교

본 연구에서 제자리멀리뛰기 시 피험자들의 기록에 따라 각 구간별 소요시간 차이를 확인한 결과 남학생과 여학생들의 구간별 소요시간과 전체 소요시간은 <표 V-1>, <그림 V-1>과 같이 나타났다.

표 V-1. 소요시간변화 비교

단위 : (sec)

	집 단	평균	표준편차	t	p
1구간(P1)	남	0.35	0.04	-0.637	.520
	여	0.36	0.04		
2구간(P2)	남	0.21	0.04	2.654	.010**
	여	0.17	0.04		
총소요시간	남	0.57	0.05	1.518	.130
	여	0.54	0.07		

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

P1: 웅크림에서 도약순간까지

P2: 도약에서 정점순간까지

남학생과 여학생들의 제자리멀리뛰기 동작에서 각 P1, P2 구간별 소요시간을 분석한 결과 P1구간(웅크림에서 도약순간까지)에서 남학생들은 소요시간 평균은

0.35±0.04sec를 여학생들은 0.36±0.04sec의 시간이 소요되는 것으로 보였다. 이에 P1구간에서는 유의한 차이는 나타나지 않았다. P1구간 남녀 학생들의 평균 소요시간은 차이가 많지 나타나지 않았으며, 두 집단은 숙련된 집단이라 도약력을 크게 할 수 있도록 팔을 후방으로 강하게 보내 반작용력을 통해 전방으로 다시 강하게 가지고 옴으로써 회전력을 크게 하기 위함으로 소요시간은 거의 동일하게 교육된 것으로 생각된다. P2구간(도약에서 정점 순간까지) 소요시간은 남학생들이 평균 0.21±0.04sec를 여학생들은 0.17±0.04sec로 본 구간에서는 유의한 차이를 보여주었다. 총소요시간은 남학생들은 평균 0.57±0.05sec를 여학생들은 0.54±0.07sec를 보였다. 이에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 남학생이 여학생보다 P2구간의 소요시간이 길게 나타난 것은 팔의 속도를 빠르게 하여 강하게 팔을 휘두르며 도약 후 여학생과 비교하여 높게 점프가 됨을 알 수 있으며, 본 구간은 통계적으로 유의한 차이를 나타낸 구간이다. 선행연구 이우필(2015)에서 보면 모든 구간에서 유의한 차이를 보였지만 본 연구 결과에서는 P2구간에서만 유의한 결과를 보였다. 오길영(2012)의 선행연구와 동일한 결과값을 보였다. 숙련자 비숙련자와 확연한 차이가 있는 것으로 보인다.

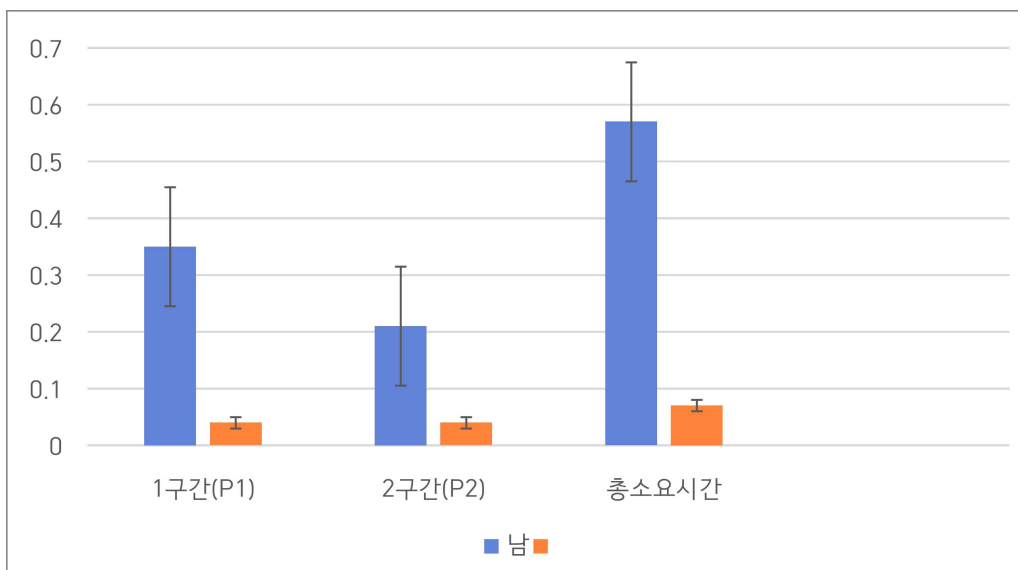


그림 V-1. 소요시간변화 비교



## (2) 거리변인

### ① 남, 여학생들 간의 제자리멀리뛰기 기록비교

이 연구에는 남, 여학생들 간의 기록을 측정하고 비교 분석하였다. 남녀 기록 비교는 아래 <표 V-2>, <그림 V-2>와 같다. 기록 측정은 발 구름판에 앞꿈치에서 부터 착지 후 뒤꿈치까지를 cm로 전자식 제자리멀리뛰기 센서를 통해 측정하였다.

표 V-2. 남, 여학생들 간 제자리멀리뛰기 기록비교 단위 : (cm)

집단	평균	표준편차	t	p
남학생	263.33	16.09	10.561	.000***
여학생	214.23	18.70		

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

남, 여학생들의 제자리멀리뛰기 기록은 남학생 평균  $263.33 \pm 16.09$ cm를 기록하였고, 여학생은  $214.23 \pm 18.70$ cm의 평균 기록을 나타냈다. 남, 여학생들 간에 기록은 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 남학생보다 여학생이 기록이 적게 나타난 것은 당연한 결과이며, 추후 다른 변인들을 비교 분석하여 기록과 가장 유의한 상관관계를 보이는 주요한 요인들 도출할 예정이다.

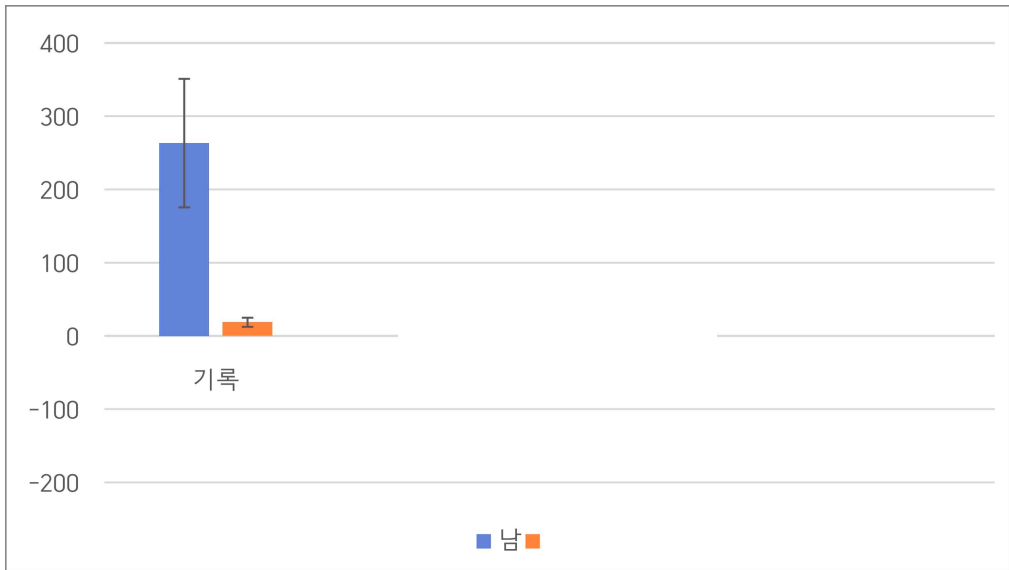


그림 V-2. 남, 여 학생들 간의 제자리멀리뛰기 기록비교

### ② 신체 중심의 수직변위

본 연구에서는 제자리멀리뛰기 동작 시 신체 중심의 수직높이의 변인을 비교, 분석하였고, Z축을 기준으로 측정하였다. 아래 <표 V-3>, <그림 V-3>과 같다.

표 V-3. 신체 중심의 수직 변위

단위 : (m)

집단	E1	E2	E3	E4
남학생	0.59±0.06	0.86±0.04	1.06±0.04	0.46±0.07
여학생	0.63±0.03	0.78±0.06	0.94±0.05	0.49±0.09
t	-2.138	4.004	6.995	1.118
p	0.42	.000***	.000***	0.74

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

E1 : 인체의 중심이 도약 전 가장 낮은 구간

E2 : 양발이 지면에서 떨어지는 순간

E3 : 인체의 중심이 가장 높은 순간

E4 : 발바닥이 지면에 닿은 순간

제자리멀리뛰기 시 웅크림(E1) 국면에서 신체 중심 수직 변위의 평균값은 남학생이  $0.59\pm 0.06\text{m}$ , 여학생이  $0.63\pm 0.03\text{m}$ 로 여학생이 남학생보다 근소하게 큰 값이 나타났으며, 유의확률은 0.42로 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 도약(E2)국면에서는 평균값이 남학생은  $0.86\pm 0.04\text{m}$ , 여학생은  $0.78\pm 0.06\text{m}$ 로 나타났다. 도약 시 남, 여학생들 간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 인체의 중심이 정점이 되는 구간에서의 남녀학생의 차이는 남학생은  $1.06\pm 0.04\text{m}$ , 여학생은  $0.94\pm 0.05\text{m}$ 로 나왔으며, 통계적으로 유의한 차이를 보여주었다. 착지(E4) 구간은 남학생  $0.46\pm 0.07\text{m}$  여학생  $0.49\pm 0.09\text{m}$ 로 나타나 유의한 차이가 없는 것으로 확인되었다. 웅크림 국면에서 인체 중심을 낮추어 지면 반력을 극대화하기 위한 준비 동작을 취하기 위하여 본인들만의 수직 변위를 만들어내는 것으로 보이며, 본 결과를 통해 평균값을 도출할 수 있었다.

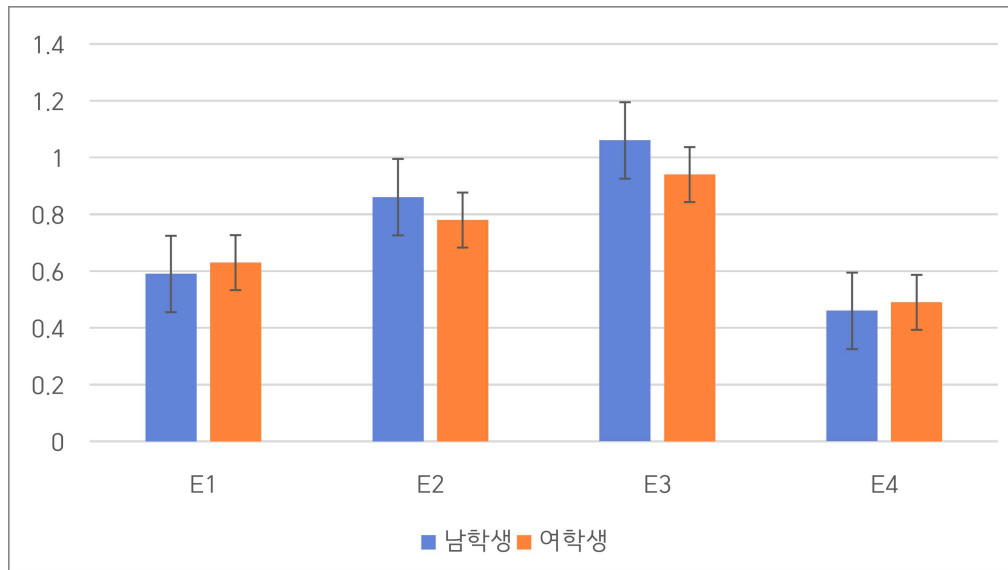


그림 V-3. 신체 중심의 수직 변위

### ③ 신체 중심의 수평변위

본 연구에서는 제자리멀리뛰기 동작 시 인체 중심의 수평 높이의 변인을 비교, 분석하였고, 축을 기준으로 측정하였다. 아래 <표 V-4>, <그림 V-4>와 같다.

표 V-4. 신체 중심의 수평 변위 단위 : (m)

집단	E1	E2	E3	E4
남학생	0.43±0.05	0.75±0.05	1.78±0.19	2.45±0.15
여학생	0.38±0.06	0.65±0.05	1.09±0.06	1.99±0.16
t	2.373	5.494	12.105	9.048
p	.030*	.000***	.000***	.000***

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

E1 : 인체의 중심이 도약 전 가장 낮은 구간

E2 : 양발이 지면에서 떨어지는 순간

E3 : 인체의 중심이 가장 높은 순간

E4 : 발바닥이 지면에 닿은 순간

먼저 전 이벤트 구간에 대해 통계적으로 유의한 차이를 보여주었다. 웅크림(E1) 국면의 신체 중심 수평 변위 평균값은 남학생이 0.43±0.05m, 여학생의 경우에는 0.38±0.06m로 통계적으로 유의한 차이를 보여주었다. 도약(E2) 국면에서는 평균값이 남학생에 경우 0.75±0.05m 여학생은 0.65±0.05m의 값을 신체 중심 정점(E3) 국면에서는 남학생이 1.78±0.19m, 여학생은 1.09±0.06m의 값을 보였고 착지(E4)국면에서는 남학생이 2.45±0.15m, 여학생은 1.99±0.16m의 값을 보였다. 수평 변위의 국면 중 착지(E4)는 학생들의 제자리멀리뛰기 기록을 의미하지만 기록보다는 작은 값을 나타냈다. 이유인즉 인체 중심에 대한 수평 변위의 값은 실제 발뺨꿈치로 기록을 측정하는 것과는 차이를 나타내기 때문이다. 수평 변위 결과를 살펴보면 이지하기 작전에 인체의 중심을 빠르게 이동하려는 결과를 볼 수 있으며, 지면 반력과 작용 반작용력을 통해 인체의 중심을 많이 이동하려는 것으로 볼 수 있다. 결과적으로 유연성이 좋은 학생들과 강하게 무릎을

당기는 힘에 대해 좀 더 연구가 필요할 것으로 보인다. 착지 전 갑자기 무릎을 가슴 쪽으로 당기는 속도를 비교할 필요가 있을 것으로 보인다. 무릎을 가슴 쪽으로 당기는 시점 또한 연구할 필요가 있을 것으로 보인다.

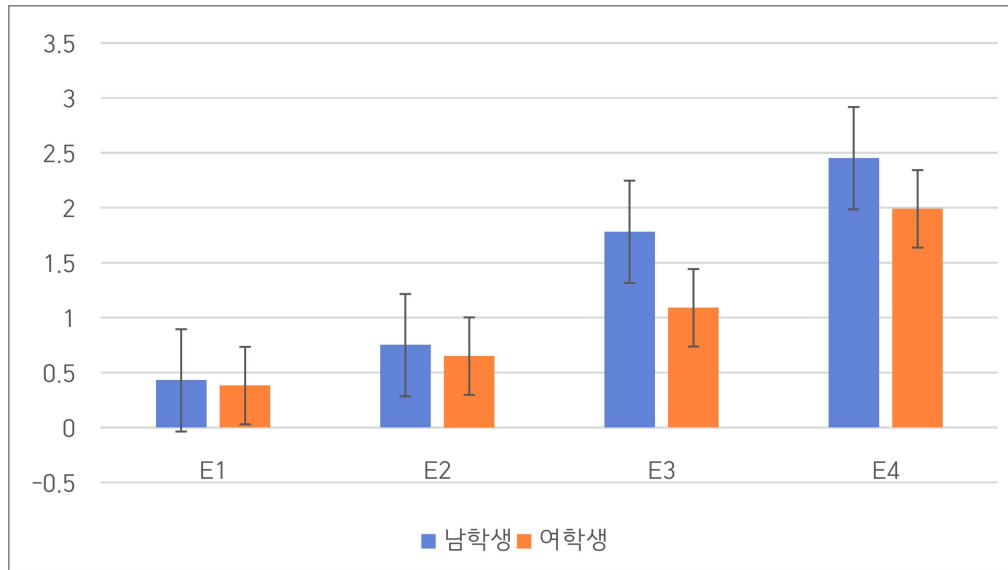


그림 V-4. 신체 중심의 수평 변위

### (3) 속도변인

#### ① 신체 중심의 수직 속도

제자리멀리뛰기 동작 시 국면별 신체 중심의 수직 속도 값은 아래 <표 V-5>, <그림 V-5>와 같다.

표 V-5. 신체 중심의 수직 속도

단위 : (m/s)

집단	E1	E2	E3	E4
남학생	-0.26±0.05	1.43±0.12	0.18±0.02	-1.54±0.09
여학생	-0.42±0.05	1.30±0.06	0.33±0.14	-1.31±0.13
t	-1.062	3.43	-3.748	-4.719
p	.298	.002**	.003**	.000***

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

E1 : 인체의 중심이 도약 전 가장 낮은 구간

E2 : 양발이 지면에서 떨어지는 순간

E3 : 인체의 중심이 가장 높은 순간

E4 : 발바닥이 지면에 닿은 순간

신체 중심의 수직 속도를 비교 분석한 결과 국면(E1)에서 남학생은  $-0.26 \pm 0.05\text{m/s}$ , 여학생은  $-0.42 \pm 0.05\text{m/s}$ 로 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다. 국면(E2)에서는 남학생은  $1.43 \pm 0.12\text{m/s}$ , 여학생은  $1.30 \pm 0.06\text{m/s}$ 으로 통계적으로 유의한 차이를 보여 주었다. 국면(E3)에서는 남학생은  $0.18 \pm 0.02\text{m/s}$ , 여학생은  $0.33 \pm 0.14\text{m/s}$ 로, 국면(E4)에서는 남학생은  $-1.54 \pm 0.09\text{m/s}$ , 여학생은  $-1.31 \pm 0.13\text{m/s}$ 을 보여주어 유의한 차이를 보여주었다. 음에 값은 신체의 중심이 하방향으로 힘을 전달하는 것으로 도약 전과 착지 전에 음에 값을 나타나는 것을 볼 수 있다. 이지 순간 수직 속도를 상승시키는 것은 기록과 상관관계가 높은 것으로 간주 할 수 있으며, 많은 선행 연구들에서도 도출된 결과이다. 남학생과 여학생들의 속도 차이는 크게 차이가 나타날 수 있다는 것 또한 선행연구에서도 많이 나타나지만 착지 시에 속도가 남학생이 느리게 나타나는 것은 특이한 결과로 볼 수 있다. 여학생들은 착지 시 몸의 컨트롤이 부족하고 인체 중심의 제어가 부족한 것으로도 볼 수 있을 것이다. 기록이 높게 나타나는 학생일수록 착지 동작이 느리게 나타나는 걸 볼 수 있어 추후 연구를 통해 다시 확인할 필요가 있을 것으로 보인다.

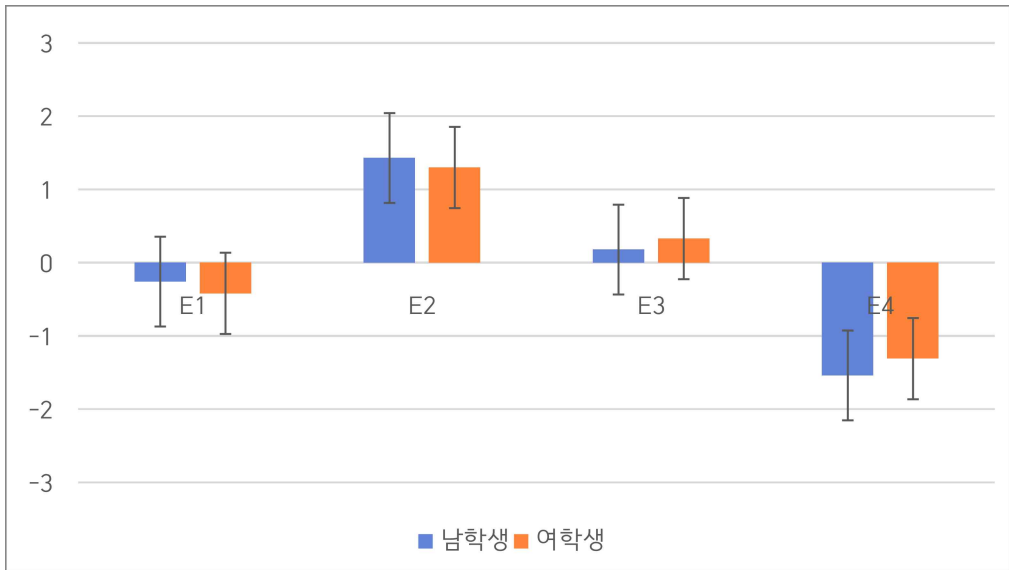


그림 V-5. 신체 중심의 수직속도

## ② 신체 중심의 수평 속도

제자리멀리뛰기 동작 시 국면별 신체 중심의 수평속도 값은 아래 <표 V-6>, <그림 V-6>과 같다.

표 V-6. 신체중심의 수평속도

단위 : (m/s)

집단	E1	E2	E3	E4
남학생	0.77±0.04	3.04±0.03	3.26±0.03	3.21±0.32
여학생	0.67±0.19	2.26±0.13	2.41±0.20	2.34±0.26
t	2.052	20.186	14.455	7.52
p	.500	.000***	.000***	.000***

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

E1 : 인체의 중심이 도약 전 가장 낮은 구간

E2 : 양발이 지면에서 떨어지는 순간

E3 : 인체의 중심이 가장 높은 순간

E4 : 발바닥이 지면에 닿은 순간

남녀학생들이 제자리멀리뛰기 시 신체 중심의 수평 속도를 비교 분석한 결과 국면(E1)에서 남학생은  $0.77 \pm 0.04 \text{m/s}$ , 여학생은  $0.67 \pm 0.19 \text{m/s}$ 로 나타났으며, 국면(E2)에서는 남학생은  $3.04 \pm 0.03 \text{m/s}$ , 여학생은  $2.26 \pm 0.13 \text{m/s}$ 을 보여주었고, 국면(E3)에서는 남학생은  $3.26 \pm 0.03 \text{m/s}$ , 여학생은  $2.41 \pm 0.20 \text{m/s}$ 로, 국면(E4)에서는 남학생은  $3.21 \pm 0.32 \text{m/s}$ , 여학생은  $2.34 \pm 0.26 \text{m/s}$ 을 보여 주어 전체 국면에서 통계적으로 유의한 차이를 보여주었다. 전 국면에 걸쳐 신체 중심의 수평 속도가 기록에 영향을 미치는 것으로 사료 된다.

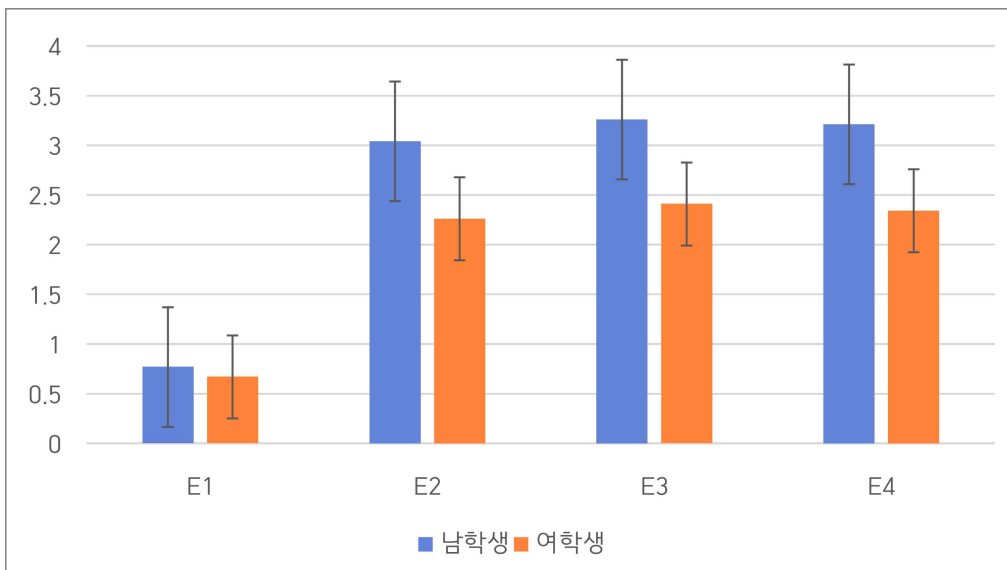


그림 V-6. 신체중심의 수평속도



#### (4) 각도변인

##### ① 발목관절의 각도

남녀학생들의 제자리멀리뛰기 동작 시 국면별 발목관절 각도의 비교 분석은 아래 <표 V-7>, <그림 V-7>과 같다.

표 V-7. 발목관절의 각도

단위 : (deg)

집단	E1	E2	E3	E4
남학생	64.4±2.64	133.90±5.80	126.75±3.16	94.32±3.74
여학생	64.0±2.25	132.80±7.07	127.51±1.76	91.17±5.67
t	0.398	0.074	-0.749	1.770
p	.694	.655	.426	.088

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

E1 : 인체의 중심이 도약 전 가장 낮은 구간

E2 : 양발이 지면에서 떨어지는 순간

E3 : 인체의 중심이 가장 높은 순간

E4 : 발바닥이 지면에 닿은 순간

본 연구는 남, 여학생들의 제자리멀리뛰기 동작 시 국면별 발목관절의 각도를 국면별로 비교 분석한 결과이다. 먼저 웅크림(E1) 구간에 남학생은 64.4±2.64deg을 나타냈고, 여학생은 64.0±2.25deg을 보여주었다. 이 구간의 각도 차는 적었으며, 이는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 도약(E2) 구간에서는 남학생 133.90±5.80deg, 여학생은 132.80±7.07deg로 이 구간 또한 유의한 차이가 나타나지 않았다. 정점(E3) 구간은 남학생은 126.75±3.16deg, 여학생은 127.51±1.76 deg로 국면 중 유일하게 여학생들의 평균각이 크게 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 마지막 착지 구간에서 남학생은 94.32± 3.74deg을 여학생은 91.17±5.67deg을 나타냈다. 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다.

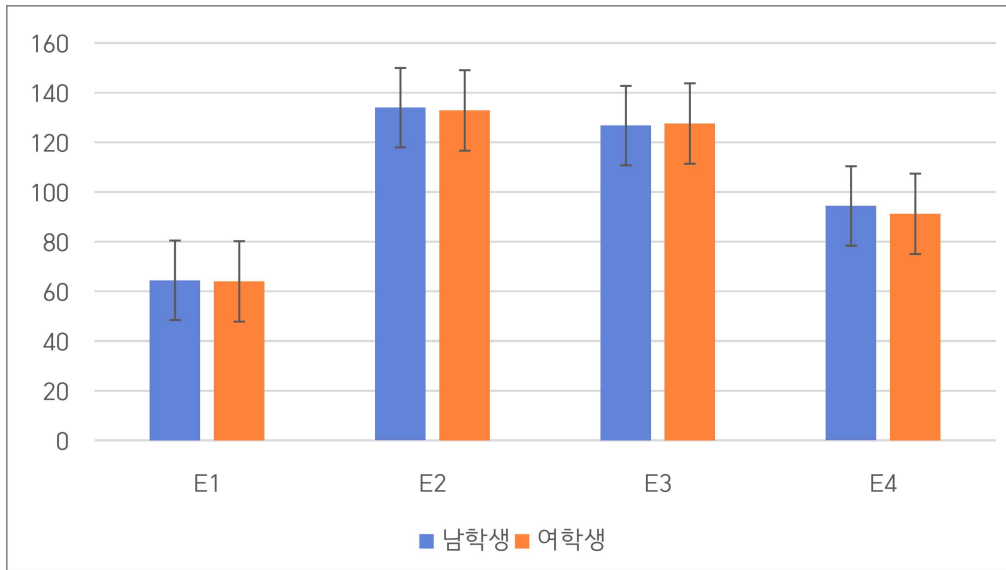


그림 V-7. 발목관절의 각도

### ② 무릎관절의 각도

남녀학생들의 제자리멀리뛰기 동작 시 국면별 무릎 관절의 각도의 비교 분석은 아래 <표 V-8>, <그림 V-8>과 같다.

표 V-8. 무릎관절의 각도

단위 : (deg)

집단	E1	E2	E3	E4
남학생	86.05±6.75	162.46±6.49	104.75±5.12	116.83±19.20
여학생	84.16±6.57	166.17±4.83	105.32±7.50	117.57±29.08
t	0.742	-1.661	-0.238	-0.082
p	.465	.109	.814	.936

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

E1 : 인체의 중심이 도약 전 가장 낮은 구간

E2 : 양발이 지면에서 떨어지는 순간

E3 : 인체의 중심이 가장 높은 순간

E4 : 발바닥이 지면에 닿은 순간

제자리멀리뛰기 동작 시 각 국면별 무릎관절의 각도를 비교 분석한 결과 웅크림(E1) 구간에 남학생은  $86.05 \pm 6.75 \text{deg}$ 을 나타냈고, 여학생은  $84.16 \pm 6.57 \text{deg}$ 을 보여주었다. 이는 통계적으로 유의한 차이를 보여주지 않았고, 도약(E2) 구간에서는 남학생  $162.46 \pm 6.49 \text{deg}$ , 여학생은  $166.17 \pm 4.83 \text{deg}$ 로, 정점(E3) 구간은 남학생은  $104.75 \pm 5.12 \text{deg}$ , 여학생은  $105.32 \pm 7.50 \text{deg}$ 로 마지막 착지(E4) 구간은 남학생은  $116.83 \pm 19.20 \text{deg}$ , 여학생은  $117.57 \pm 29.08 \text{deg}$ 로 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. E1 국면을 제외하고 나머지 국면 모두 통계적으로 유의한 차이를 보여주었다. 이는 무릎관절의 각도 차이에 따라 기록에 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 우권영(2011)의 선행연구를 통해 확인되었던 도약 전 무릎의 최대 굽혀지는 각이  $90-95 \text{deg}$ 를 넘지 않는 것은 본 연구 결과  $84-87 \text{deg}$ 의 평균을 보여줌으로써 비슷한 결과를 보여주었으며, 숙련된 학생들의 경우 좀 더 낮은 각도를 보이는걸 알 수 있다.

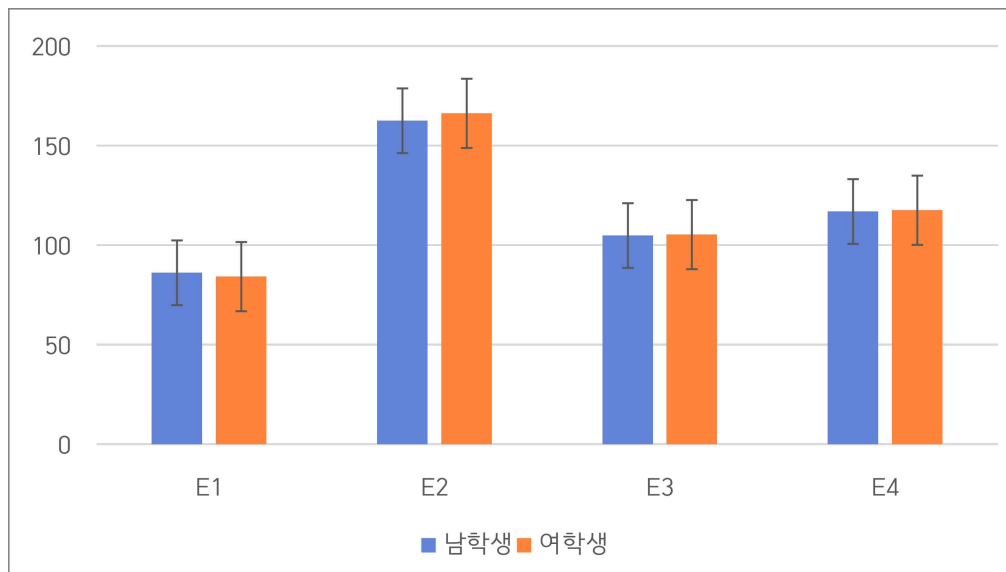


그림 V-8. 무릎관절의 각도

### ③ 고관절의 각도

남녀학생들의 제자리멀리뛰기 동작 시 국면별 고관절 각도의 비교 분석은 아래 <표 V-9>, <그림 V-9>와 같다.

표 V-9. 고관절의 각도

단위 : (deg)

집단	E1	E2	E3	E4
남학생	74.20±19.14	202.02±8.31	186.30±10.52	73.69±19.48
여학생	67.15±17.00	197.51±7.97	185.00±12.66	67.02±19.94
t	1.012	1.454	0.297	0.888
p	.321	.160	.769	.383

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

E1 : 인체의 중심이 도약 전 가장 낮은 구간

E2 : 양발이 지면에서 떨어지는 순간

E3 : 인체의 중심이 가장 높은 순간

E4 : 발바닥이 지면에 닿은 순간

제자리멀리뛰기 동작 시 고관절의 각 국면 별 각도를 비교 분석한 결과 고관절의 각도는 웅크림(E1) 구간에 남학생은 74.20±19.14deg을 나타냈고, 여학생은 67.15±17.00 deg을 보여주었고, 이는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 도약(E2) 구간에서는 남학생 202.02±8.31deg, 여학생은 197.51±7.97deg로 이 구간도 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 정점(E3) 구간은 남학생은 186.30±10.52deg, 여학생은 185.00±12.66deg로 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 착지(E4) 구간은 남학생은 73.69±19.48deg, 여학생은 67.02±19.94deg로 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 고관절 각도의 차이가 효과적인 동작 수행과는 전 국면이 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다.

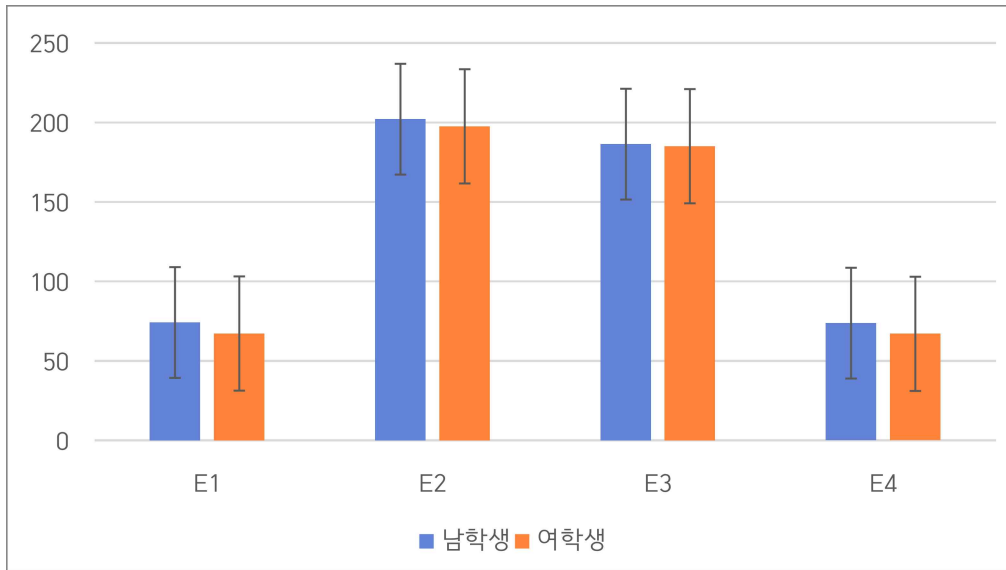


그림 V-9. 고관절의 각도

#### ④ 어깨관절의 각도

남녀학생들의 제자리멀리뛰기 동작 시 국면별 어깨관절 각도의 비교분석은 아래 <표 V-10>, <그림 V-10>과 같다.

표 V-10. 어깨관절의 각도 단위 : (deg)

집단	E1	E2	E3	E4
남학생	49.18±10.52	168.73±11.14	162.78±10.74	63.12±10.91
여학생	46.64±8.4	158.01±9.3	152.09±8.47	65.75±7.80
t	.686	2.689	2.844	-.707
p	.499	.012*	.009**	.486

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

E1 : 인체의 중심이 도약 전 가장 낮은 구간

E2 : 양발이 지면에서 떨어지는 순간

E3 : 인체의 중심이 가장 높은 순간

제자리멀리뛰기 동작 시 어깨관절의 각 국면별 각도를 비교 분석한 결과 어깨관절의 각도는 웅크림(E1) 구간에 남학생은  $49.18 \pm 10.52 \text{deg}$ 을 나타냈고, 여학생은  $46.64 \pm 8.4 \text{deg}$ 을 보여주었고, 이는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 도약(E2) 구간에서는 남학생  $168.73 \pm 11.14 \text{deg}$ , 여학생은  $158.01 \pm 9.3 \text{deg}$ 로 이 구간도 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 정점(E3) 구간은 남학생은  $162.78 \pm 10.74 \text{deg}$ , 여학생은  $152.09 \pm 8.47 \text{deg}$ 로 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 착지(E4) 구간은 남학생은  $63.12 \pm 10.91 \text{deg}$ , 여학생은  $65.75 \pm 7.80 \text{deg}$ 로 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 어깨관절 각도의 차이가 효과적인 동작 수행과는 전 국면이 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다.

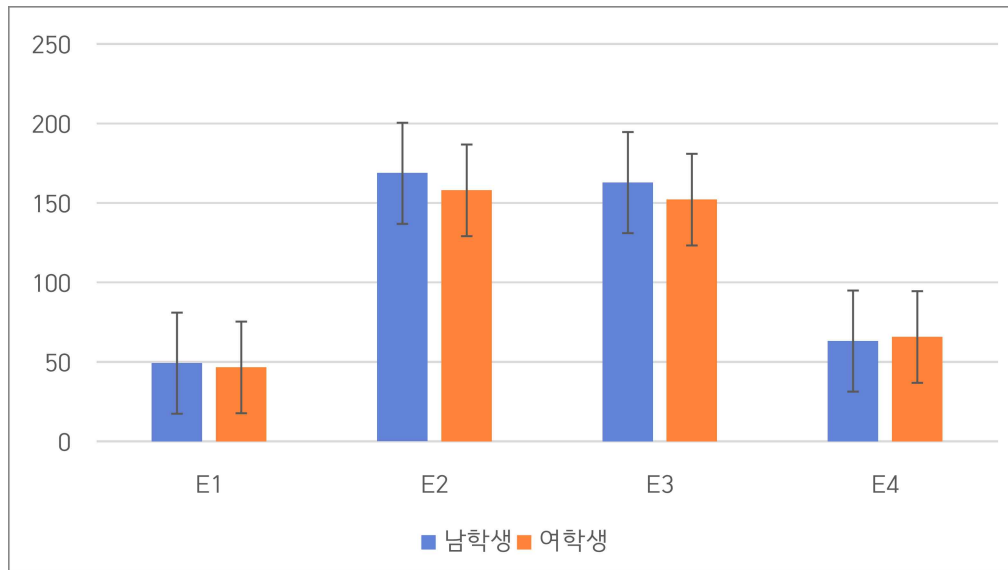


그림 V-10. 어깨관절의 각도

(5) 무릎관절 등속성 근기능검사

① 등속성 근력 60°/sec에서 최대근력과 상대최대근력

본 연구에 참여한 남, 여학생들의 등속성 근기능 검사를 60°/sec에서 검사 시 무릎관절의 최대근력과 상대최대근력은 다음 <표 IV-9>와 같다.

표 V-11. 등속성 근기능 검사 60°/sec(Knee 60°/sec Extension/Flexion) 단위:(NM)

		peaktorque(Value)60°/sec		peaktorque(%BW)60°/sec	
		Right	Left	Right	Left
Knee Extension	남	204.56±44.9	211.00±35.70	118.93±32.19	126.18±26.41
	여	123.58±25.60	133.66±20.99	69.83±14.54	77.83±14.08
	t	5.669	6.670	4.904	5.741
	p	.000***	.000***	.000***	.000***
Knee Flexion	남	128.56±29.25	124.5±24.46	88.25±22.88	87.31±17.59
	여	72.5±19.43	81.00±18.61	52.08±17.44	58.08±15.84
	t	5.578	5.136	4.563	4.535
	p	.000***	.000***	.000***	.000***

Values are shown as the mean ±SD

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

본 연구에 참여한 남, 여학생들의 무릎 60°/sec 굴곡/신전 검사를 통해 다음과 <표 V-11>과 같다. peak torque(Value) 60°/sec에서 Knee Extension은 남학생 Right는 204.56±44.9NM, Left는 211.00±35.70 NM, 여학생은 Right는 123.58±25.60NM, Left 133.66±20.99NM을 보여주었다. peak torque(Value) 60°/sec에서 Knee Flexion은 남학생 Right는 128.56±29.25NM, Left는 124.5± 24.46NM, 여학생은 Right는 72.5±19.43NM Left 81.00±18.61NM을 보여주었다. peak torque(%BW) 60°/sec에서 Knee Extension은 남학생 Right는 118.93±32.19 NM, Left는 126.18±26.41NM, 여학생은 Right는 69.83±14.54NM, Left 77.83 ±14.08NM을 보여주었다. peak torque(%BW) 60°/sec에서 Knee Flexion은 남학생 Right는 88.25±22.88NM, Left는 87.31±17.59NM, 여학

생은 Right는  $52.08 \pm 17.44\text{NM}$ , Left  $58.08 \pm 15.84\text{NM}$ 을 보여주었다. 일반적으로 전문 선수들이 폭발적 파워를 발휘하는데 있어 주동근과 길항근의 이상적 비율은(3:2)라고 하였으며(손희정, 어수주, 2020), 이는 본 연구 결과에 피험자들의 평균 비율과 비슷한 결과를 보여주었다.

## 2) 운동역학적 변인에 대한 분석

운동역학적 분석은 지면 반력기를 이용하여 변인인 지면 반력을 중심으로 자료를 분석하였다. 지면 반력은 신체가 운동할 때 지면에 대한 반작용한 힘으로 좌우방향( $F_x$ ), 전후방향( $F_y$ ), 상하방향( $F_z$ )이 모두 측정된다. 변인은 제자리멀리뛰기를 하는 순간부터 무게 중심이 최고점을 다다른 이후 착지 시점까지를 산출하여 최대 지면 반력 값의 상호 비교를 위해 각 대상자들의 체중 값으로 나누어 지면 반력을 비교분석 하였다.

### (1) 수직상방향 지면반력

수직점프 동작을 수행하는 동안 하체의 수직 상방향 좌우측 지면 반력을 분석한 결과는 <표 V-12>처럼 보는 바와 같다.

표 V-12. 하체의( $F_y$ 축) 지면반력

단위 : (N/BW)

집 단		최대값
남학생	Right	$0.53 \pm 0.08$
	Left	$0.52 \pm 0.08$
여학생	Right	$0.50 \pm 0.07$
	Left	$0.49 \pm 0.07$
t	Right	.279
	Left	.206
p	Right	.782
	Left	.838

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

최대값 : 도약 순간 지면반력이 최대가 되는 값



제자리멀리뛰기 동작을 수행하는 동안 하체의(Fy축) 지면반력 우측 최대 지면 반력은 남학생의 경우  $0.53 \pm 0.08 \text{N/BW}$ , 여학생의 경우는  $0.52 \pm 0.08 \text{N/BW}$  값을 보여주었고, 좌측 최대 지면 반력은 남학생의 경우  $0.50 \pm 0.07 \text{N/BW}$ , 여학생의 경우는  $0.49 \pm 0.07 \text{N/BW}$  값을 보여주었다. 좌우측 전체 지면 반력에서 남녀 간 통계적으로 유의한 차이가 나타나지는 않았다. 남학생보다 여학생이 지면을 누르는 힘이 적어 기록에 영향을 미치는 걸로 예상했으나, 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았다.

표 V-13. 하체의(Fz축) 지면반력

단위 : (N/BW)

집 단		최대값
남 학생	Right	1.04±0.11
	Left	1.05±0.10
여 학생	Right	0.99±0.11
	Left	0.98±0.12
t	Right	-1.45
	Left	-1.73
p	Right	.158
	Left	.095

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

최대값 : 도약 순간 지면반력이 최대가 되는 값

제자리멀리뛰기 동작을 수행하는 동안 하체의(Fz축) 지면반력 우측 최대 지면 반력은 남학생의 경우  $1.04 \pm 0.11 \text{N/BW}$ , 여학생의 경우는  $0.99 \pm 0.11 \text{N/BW}$  값을 보여주었고, 좌측 최대 지면 반력은 남학생의 경우  $1.05 \pm 0.10 \text{N/BW}$ , 여학생의 경우는  $0.98 \pm 0.12 \text{N/BW}$  값을 보여주었다. 좌우측 전체 지면 반력에서 남녀 간 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며, 남학생보다 여학생이 하체의(Fz축) 지면 반력의 값이 높은 이유로 위와 같은 결과를 보여준 것으로 보인다.

## (2) 근전도 분석

제자리멀리뛰기 동작 수행 시 상·하지의 주요 근육군인 삼각근, 척추기립근, 대퇴직근, 비복근에 근전도를 부착하였고, 이를 수평 변위 시 비교 분석하였다. 구간은 1구간(P1)은 옹크림에서 도약 순간까지, 2구간은 도약에서 정점 순간까지, 3구간은 정점에서 착지 순간까지를 확인하였고, 최대값과 평균값을 비교 분석하였다.

표 V-14. 근전도 분석 최대 근 활성화도

단위 : (%RVC)

	집 단	평균	표준편차	t	p
RT ANT .DELTOID	남	575.12	168.18	2.516	.016
	여	457.13	136.91		
LT ANT .DELTOID	남	592.56	279.11	2.071	.045
	여	449.83	151.13		
RT THORACIC ES	남	187.18	69.97	2.658	.011*
	여	135.13	57.47		
LT THORACIC ES	남	181.57	59.49	-0.103	.918
	여	184.60	123.72		
RT RECTUS FEM	남	386.34	179.63	3.810	.001***
	여	220.08	89.75		
LT RECTUS FEM	남	343.09	123.05	0.454	.653
	여	303.91	385.84		
RT MED. GASTRO	남	413.89	357.27	0.250	.803
	여	387.06	344.57		
LT MED. GASTRO	남	316.73	239.38	-1.484	.145
	여	425.18	239.61		

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

근전도 분석 결과 제자리멀리뛰기 동작 수행 시 남학생들의 우측 삼각근의 최대 근 활성화도는 575.12±168.18%RVC 여학생들의 최대 근 활성화도는 457.13± 136.91% RVC이고 남학생들의 좌측 삼각근의 최대 근 활성화도는 592.56±279.11%RVC 여학

생은  $449.83 \pm 151.13\%$ RVC로 보여주었고, 통계적으로 유의한 차이를 보여주었다. 척추기립근의 최대 근 활성화도는 남학생들의 우측 척추기립근의 경우  $187.18 \pm 69.97\%$ RVC를 보여주었고, 여학생은  $135.13 \pm 57.47\%$ RVC이고 남학생들의 좌측 척추기립근은  $181.57 \pm 59.49\%$ RVC 여학생은  $184.60 \pm 123.72\%$ RVC로 보여주어 이 구간 또한 통계적으로 유의한 차이를 보여주었다. 대퇴직근의 최대 근 활성화도는 우측 대퇴직근 남학생의 경우  $386.34 \pm 179.63\%$ RVC를 여학생은  $220.08 \pm 89.75\%$ RVC로 나타났고, 좌측 대퇴직근 남학생  $343.09 \pm 123.05\%$ RVC 여학생은  $303.91 \pm 385.84\%$ RVC로 보여주었고, 통계적으로 유의한 차이를 보여주지 않았다. 비복근의 최대 근 활성화도는 남학생 우측 비복근은  $413.89 \pm 357.27\%$ RVC 여학생은  $387.06 \pm 344.57\%$ RVC이고 남학생들의 좌측 비복근은  $316.73 \pm 239.38\%$ RVC 여학생들은  $425.18 \pm 239.61\%$ RVC로 보여주어, 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

표 V-15. 근전도 분석 평균 근 활성화도

단위 : (%RVC)

	집 단	평 균	표 준 편 차	t	p
RT ANT.DELTOID	남	90.09	52.35	-0.874	.387
	여	104.33	55.69		
LT ANT.DELTOID	남	84.73	51.79	-0.814	.420
	여	95.57	34.94		
RT THORACIC ES	남	40.61	31.39	0.977	.334
	여	32.52	22.78		
LT THORACIC ES	남	43.34	44.98	0.837	.407
	여	34.46	21.26		
RT RECTUS FEM	남	53.85	28.88	1.011	.318
	여	45.12	28.40		
LT RECTUS FEM	남	48.41	27.77	0.285	.777
	여	46.15	24.71		
RT MED. GASTRO	남	39.16	42.86	0.446	.658
	여	34.80	16.37		
LT MED. GASTRO	남	32.62	15.77	-1.311	.197
	여	39.85	20.48		

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001

근전도 분석 결과 제자리멀리뛰기 동작 수행 시 남학생들의 우측 삼각근의 평균 근 활성화도는  $90.09 \pm 52.35\%RVC$  여학생들의 평균 근 활성화도는  $104.33 \pm 55.69\%RVC$ 이고 남학생들의 좌측 삼각근의 평균 근 활성화도는  $84.73 \pm 51.79\%RVC$  여학생은  $95.57 \pm 95.57\%RVC$ 로 보여주었고, 통계적으로 유의한 차이를 보여주지 않았다. 척추기립근의 평균 근 활성화도는 남학생들의 우측 척추기립근의 경우  $40.61 \pm 31.39\%RVC$ 를 보여주었고, 여학생은  $32.52 \pm 22.78\%RVC$ 를 남학생들의 좌측 척추기립근은  $43.34 \pm 44.98\%RVC$  여학생은  $34.46 \pm 21.26\%RVC$ 로 보여주어 이 구간 또한 통계적으로 유의한 차이를 보여주지 않았다. 대퇴직근의 최대 근 활성화도는 우측 대퇴직근 남학생의 경우  $53.85 \pm 28.88\%RVC$ 를 여학생은  $45.12 \pm 28.40\%RVC$ 로 나타났고, 좌측 대퇴직근 남학생  $48.41 \pm 27.77\%RVC$  여학생은  $46.15 \pm 24.71\%RVC$ 로 보여주었고, 통계적으로 유의한 차이를 보여주지 않았다. 비복근의 최대 근 활성화도는 남학생 우측 비복근은  $39.16 \pm 42.86\%RVC$  여학생은  $34.80 \pm 16.37\%RVC$ 이고 남학생들의 좌측 비복근은  $32.62 \pm 15.77\%RVC$ 로 여학생들은  $39.85 \pm 20.48\%RVC$  보여주어, 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

### 3. 제자리멀리뛰기와 변인간의 상관관계

운동역학적 변인 중 제자리멀리뛰기 시 기록에 영향을 미치는 변인들의 상관관계를 규명하고자 Pearson의 상관계수로 분석을 실시하였다. 각 변인과의 상관관계는 아래의 <표 V-16>과 같다.

#### 1) 기록과 운동학적 변인 간의 상관관계

##### (1) 체격과 기록의 상관관계

표 V-16. 체격과 기록의 상관관계

	신장	체중	BMI	유연성
기록	.780**	.589**	.010	.045

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

체격은 운동 동작을 수행하는데 중요한 변인이며, 요소이다. 이에 피험자의 체격과 제자리멀리뛰기 기록의 상관관계를 분석한 결과 피험자들의 신장  $r=.780^{**}$ 와 체중  $r=.589^{**}$ 가 기록과 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 이는 신체의 중심점이 높을수록 또는 신체의 상지, 하지가 길수록 좋은 기록을 만드는데 유리할 수 있으며, 체중이 적게 나갈수록 운동 동작 수행이 수월하다고 할 수 있다.

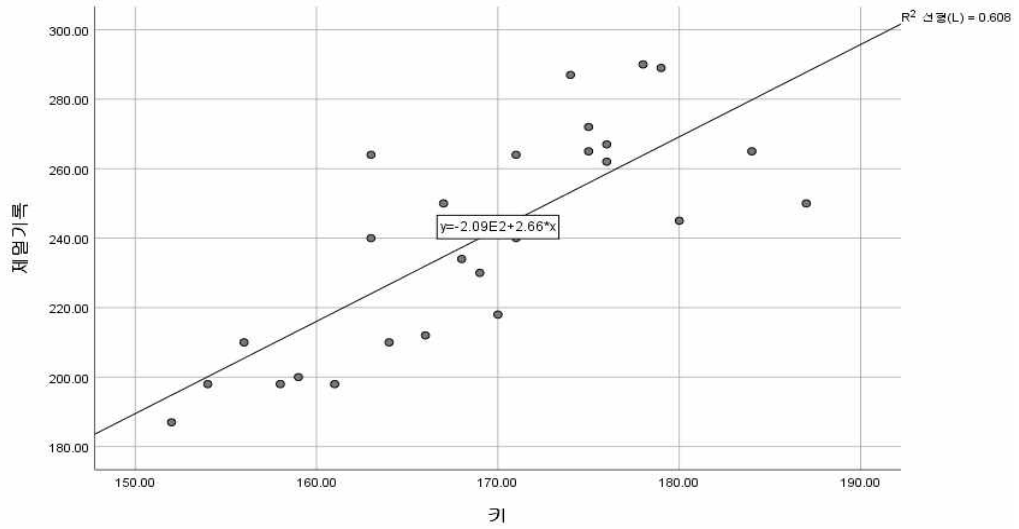


그림 V-11. 제멸기록과 신장의 상관관계

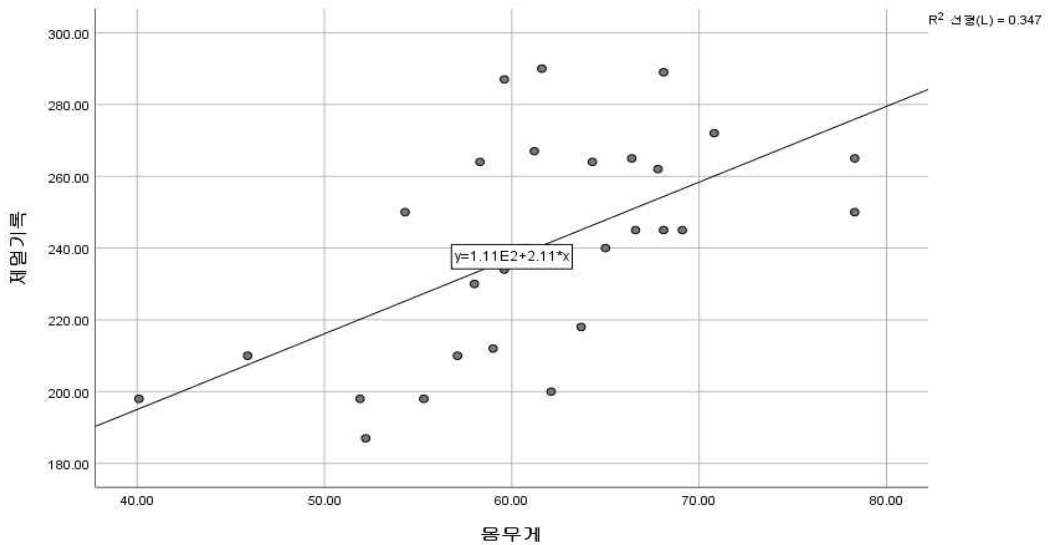


그림 V-12. 제멸기록과 체중의 상관관계

## (2) 시간변인과 기록의 상관관계

제자리멀리뛰기기록과 시간 변인의 상관관계를 분석한 결과는 다음 <표 V-17>과 같다.

표 V-17. 시간 변인과 기록의 상관관계

	P1	P2	P3
기록	-.156	.618**	.375*

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

웅크림(P1)구간에서는  $r = -.156$ 을 보여 기록과의 부적(-) 상관관계를 보였으며, 도약(P2)  $r = .618^{**}$ , 정점(P3)  $r = .375^*$  구간에서는 정적(+) 상관관계를 보여주었다. 결과와 같이 두 구간의 시간 변인은 공중에 체공하고 있는 시간이 곧 기록이라고 할 수 있으며, 공중에 체공하고 있는 시간에 따라 기록이 결정된다고 볼 수 있다.

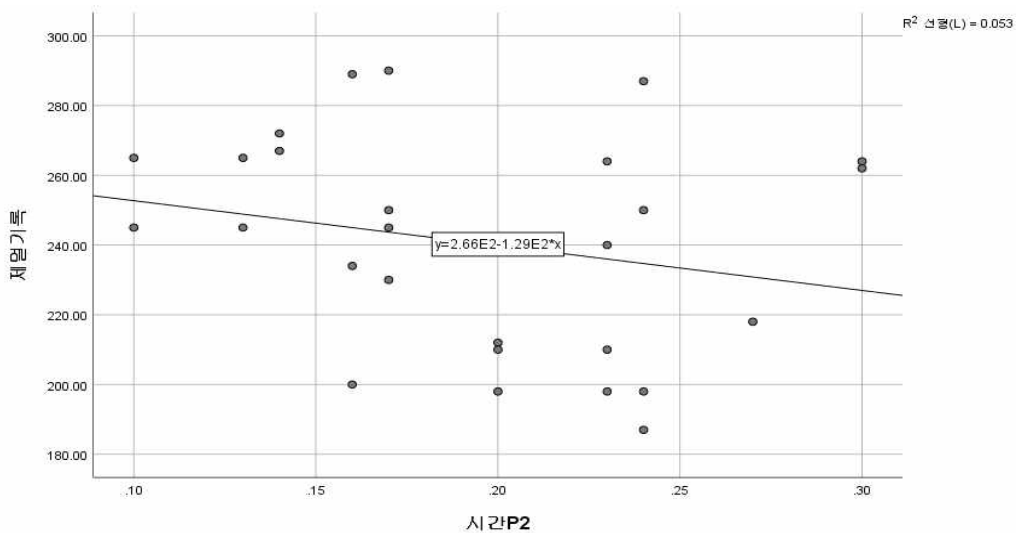


그림 V-13. 제자리멀리뛰기 기록과 시간변인(P2)의 상관관계

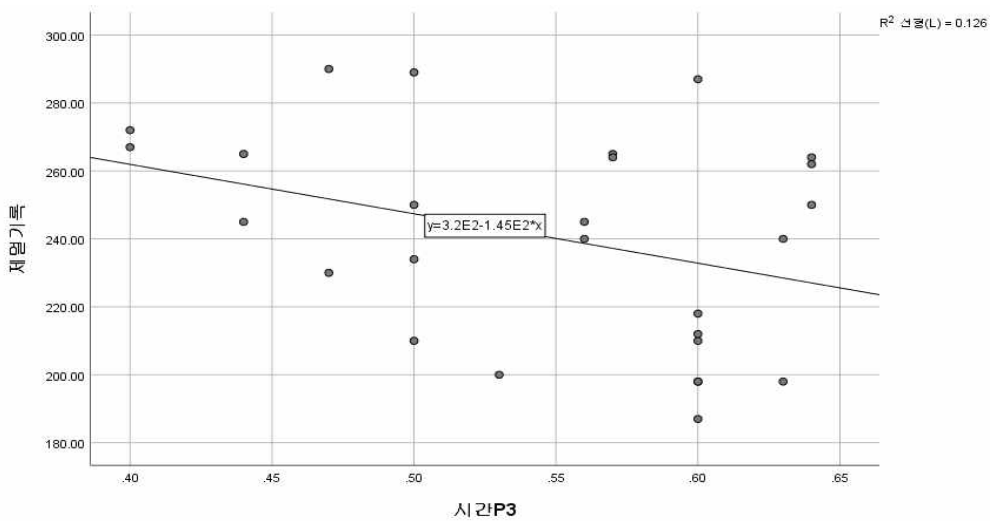


그림 V-14. 제자리멀리뛰기 기록과 시간변인(P3)의 상관관계

### (3) 속도변인과 기록의 상관관계

제자리멀리뛰기 기록과 속도 변인의 상관관계를 분석한 결과는 다음 아래 <표 V-18> 내용과 같다.

표 V-18. 수직 속도와 기록의 상관관계

	E1	E2	E3	E4
기록	-.213	.575**	-.586**	-.516**

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

제자리멀리뛰기 기록과 수직 속도 변인의 상관관계는 E1구간에서  $r = -.213$ 을 나타내어 유의한 상관관계를 나타내지 않았고, 이를 제외한 나머지 3구간에서 E2  $r = .575^{**}$ , E3  $r = -.586^{**}$ , E4  $r = -.516^{**}$ 의 결과값을 보여주어 속도와의 유의한 상관관계가 있다는 것을 보여 주었다. 위에서 언급한 바와 같이 관절의 효과적인 움직임과 근육의 빠른 수축과 이완은 기록을 향상시키는데 중요한 요소임을 알 수 있다.



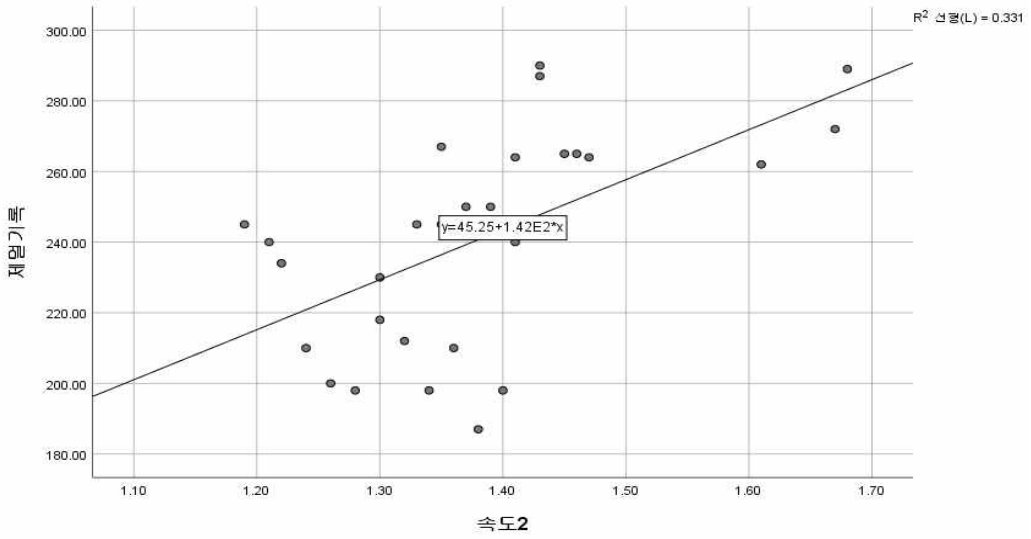


그림 V-15. 제일기록과 수직속도(E2)의 상관관계

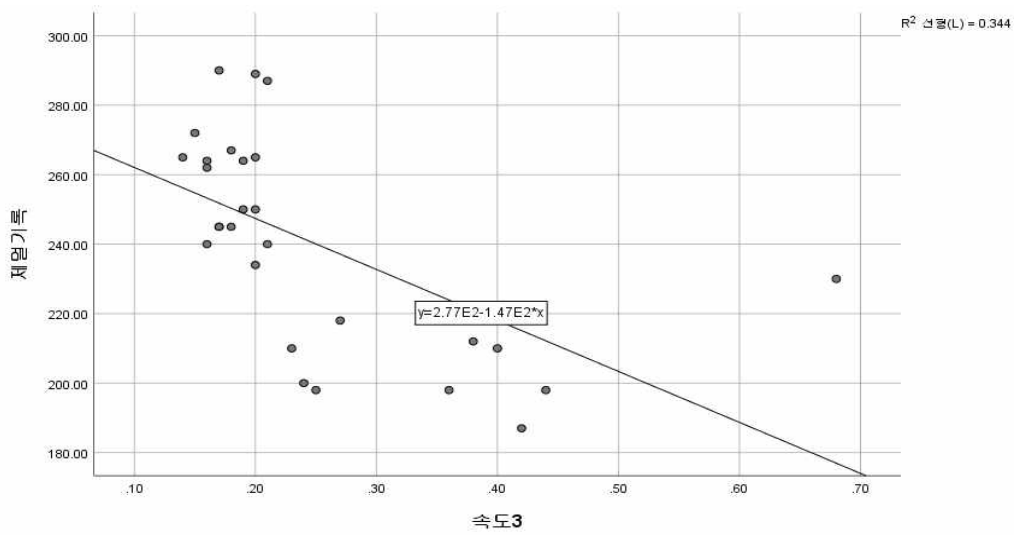


그림 V-16. 제일기록과 수직속도(E3)의 상관관계

표 V-19. 수평 속도와 기록의 상관관계

	E1	E2	E3	E4
기록	.421*	.809**	.731**	.667**

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

제자리멀리뛰기 기록과 수평 속도 변인의 상관관계는 E1구간에서  $r=.421^*$ 을 나타냈고, E2 구간은  $r=.809^{**}$ , E3 구간은  $r=.731^{**}$ , E4 구간은  $r=.667^{**}$ 의 결과값을 보여주어 속도와 기록의 유의한 상관관계가 있다는 것을 전 구간에서 나타냈다. 전방으로 이동하는 점프의 움직임 또한 관절의 효과적인 움직임과 근육의 빠른 수축과 이완은 기록을 향상시키는데 중요한 요소임을 알 수 있다.

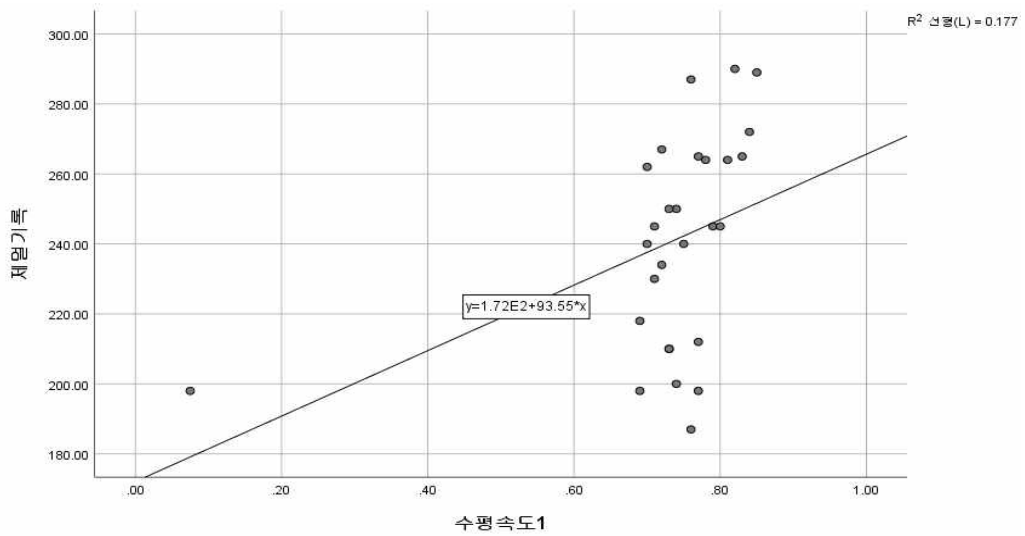


그림 V-17. 제자리멀리뛰기 기록과 수평속도(E1)의 상관관계

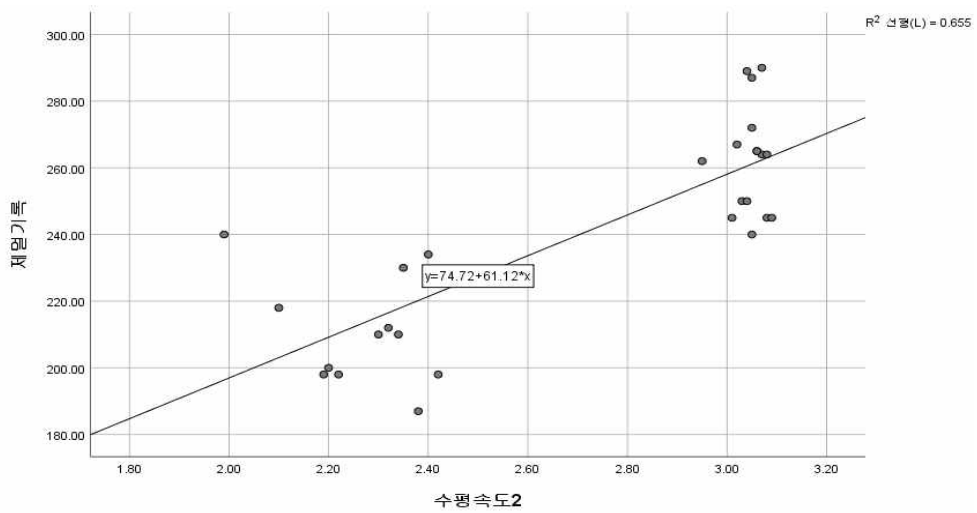


그림 V-18. 제말기록과 수평속도(E2)의 상관관계

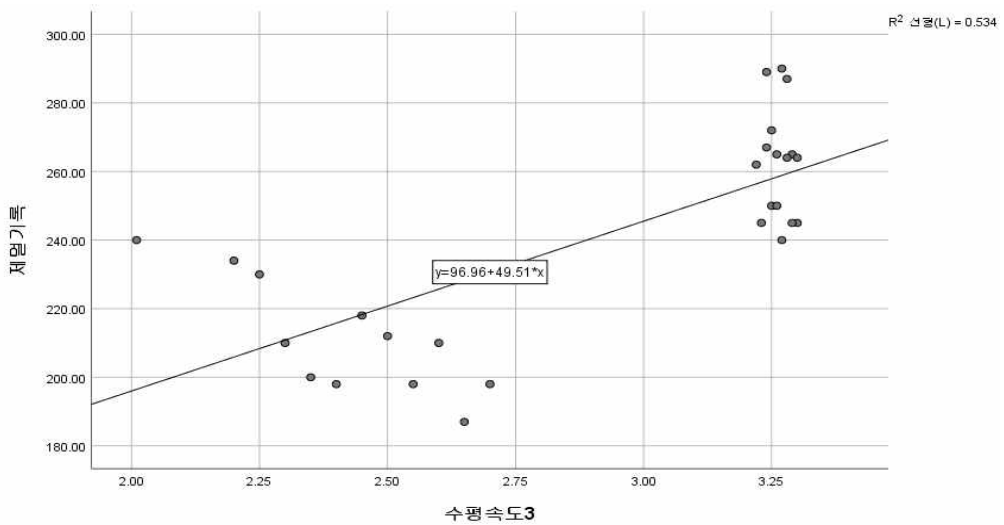


그림 V-19. 제말기록과 수평속도(E3)의 상관관계

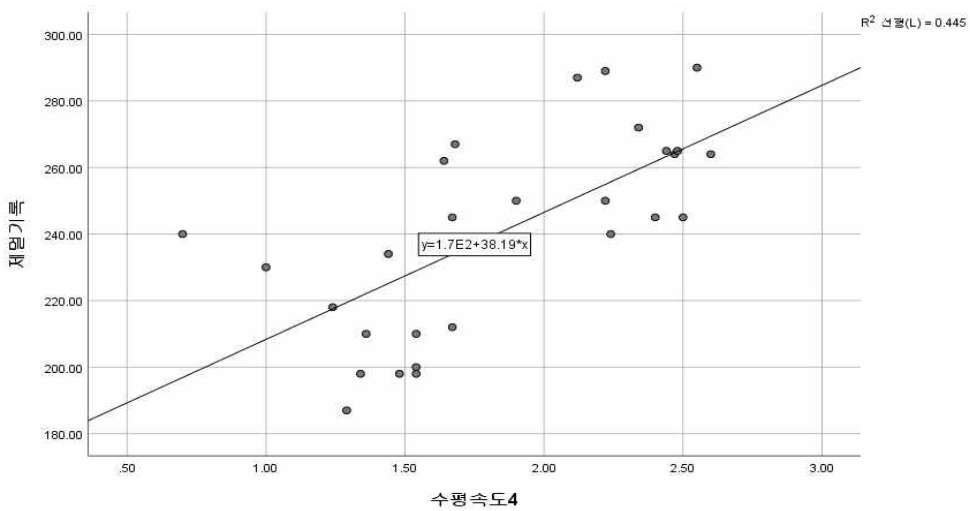


그림 V-20. 제자리기록과 수평속도(E4)의 상관관계

#### (4) 각도 변인과 기록의 상관관계

제자리멀리뛰기 기록과 각도 변인의 상관관계를 분석한 결과는 다음 아래 내용들과 같다.

##### ① 발목관절각과 기록의 상관관계

표 V-20. 발목관절각과 기록의 상관관계

	E1	E2	E3	E4
기록	-.142	.121	-.125	.210

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

<표 V-20>과 같이 발목관절각과 기록의 상관관계는 각 이벤트 E1  $r=-.142$  E2  $r=.121$  E3  $r=-.125$  E4  $r=.210$  결과값을 보였으며, 전 구간 유의한 상관관계가 나타나지 않았다. 수직점프와는 다르게 제자리멀리뛰기는 발목관절각이 기록과 관련성이 없게 나타났다. 결과는 관절각도 보다는 속도가 중요하다는 것을 볼 수 있는 결과이다.

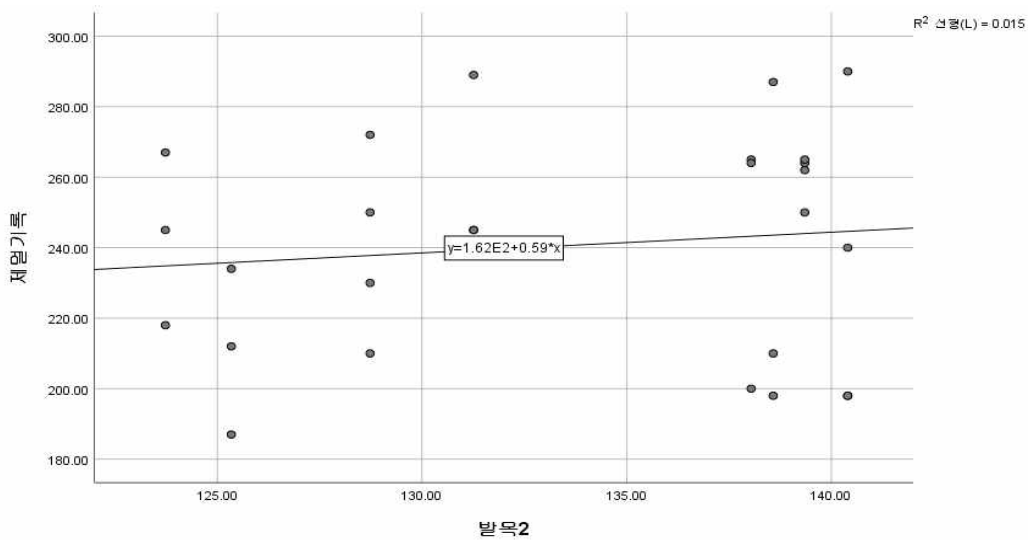


그림 V-21. 발목관절각과 기록의 상관관계

② 무릎관절각과 기록의 상관관계

표 V-21. 무릎관절각과 기록의 상관관계

	E1	E2	E3	E4
기록	.141	-.213	.011	-.067

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

무릎관절각과 기록의 상관관계를 살펴보면 웅크림(E1) 구간에서는  $r=.141$ , 도약(E2)구간에서는  $r=-.213$ 로 정점(E3)는  $r=.011$  E4는  $r=-.067$ 로 나타났다. 무릎관절각 또한 유의한 상관관계가 나타나지 않았다.

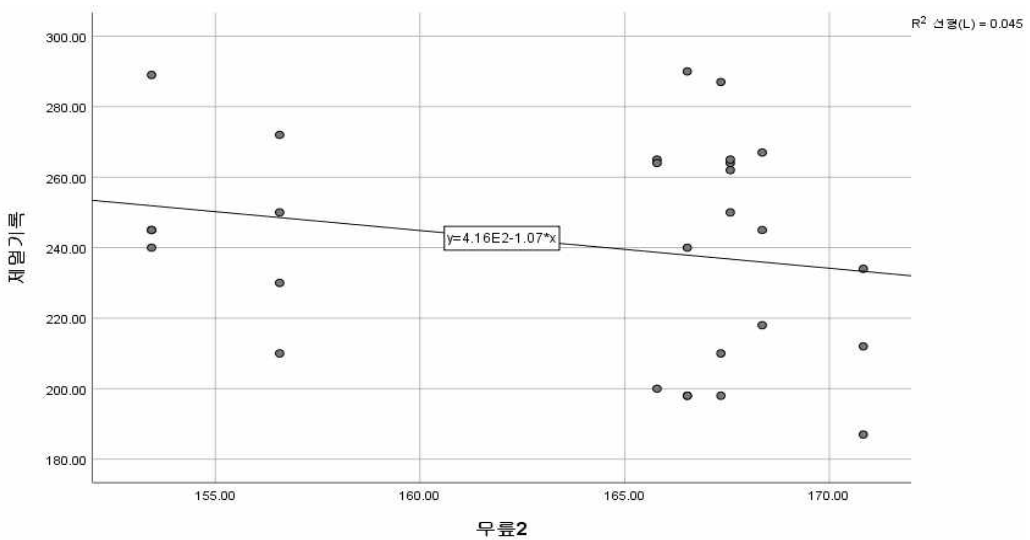


그림 V-22. 무릎관절각과 기록의 상관관계

③ 고관절각과 기록의 상관관계

표 V-22. 고관절각과 기록의 상관관계

	E1	E2	E3	E4
기록	.109	.234	.027	.138

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

고관절각과 기록의 상관관계의 결과를 도출한 값은 위와 같다. 웅크림(E1) 구간에서는  $r=.109$ , 도약(E2)구간에서는  $r=-.234$ 로 정점(E3)는  $r=.027$  E4는  $r=.138$ 로 나타났다. 고관절각 또한 유의한 상관관계가 나타나지 않았다. 위에 결과들과 같이 발목, 무릎, 고관절각이 기록과는 관계가 없는 것으로 나타났다.

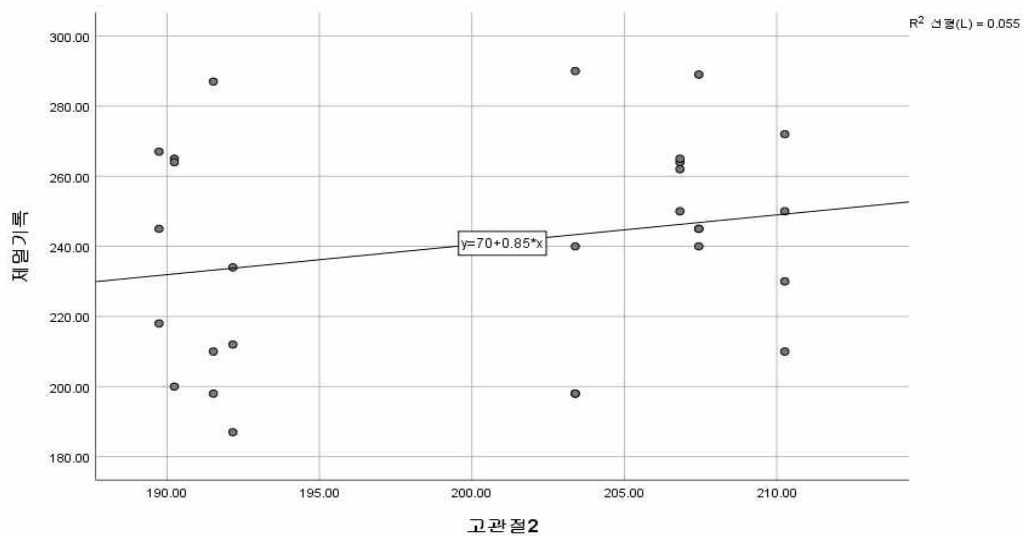


그림 V-23. 고관절각과 기록의 상관관계

#### ④ 어깨관절각과 기록의 상관관계

표 V-23. 어깨관절각과 기록의 상관관계

	E1	E2	E3	E4
기록	.137	.528**	.511**	-.164

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

어깨관절각과 기록의 상관관계에서는 E1구간은  $r=.137$ 으로 기록과의 상관관계가 나타나지 않았으며, E2구간  $r=..528^{**}$  E3구간  $r=..511^{**}$  로 정적 상관관계 나타났다. 신체에 관절각 중 유일하게 어깨 관절각만이 유의한 상관관계를 나타냈고, 어깨의 관절각이 클수록 강한 힘을 만든다는 걸 알 수 있는 결과이다.

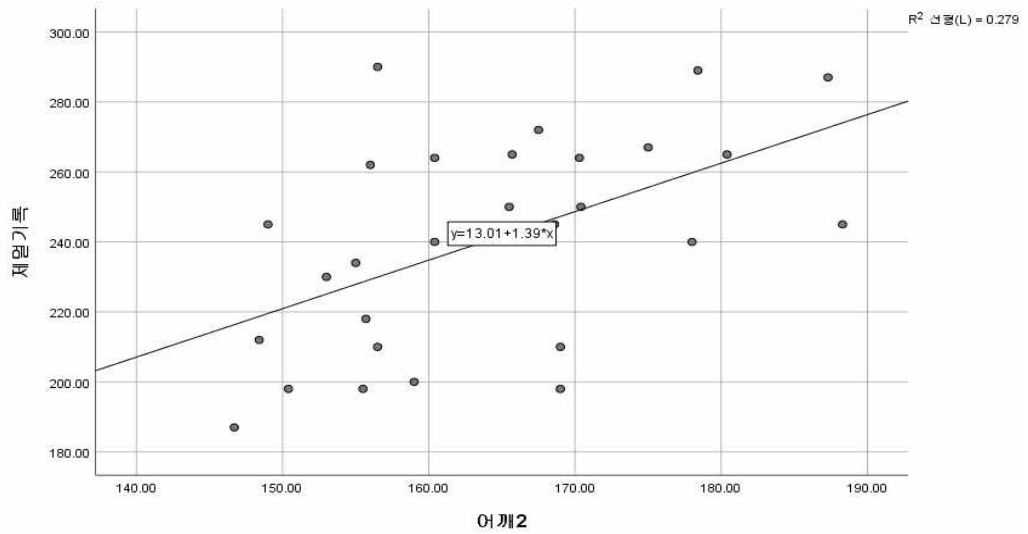


그림 V-24. 어깨관절각 (E2) 과 기록의 상관관계

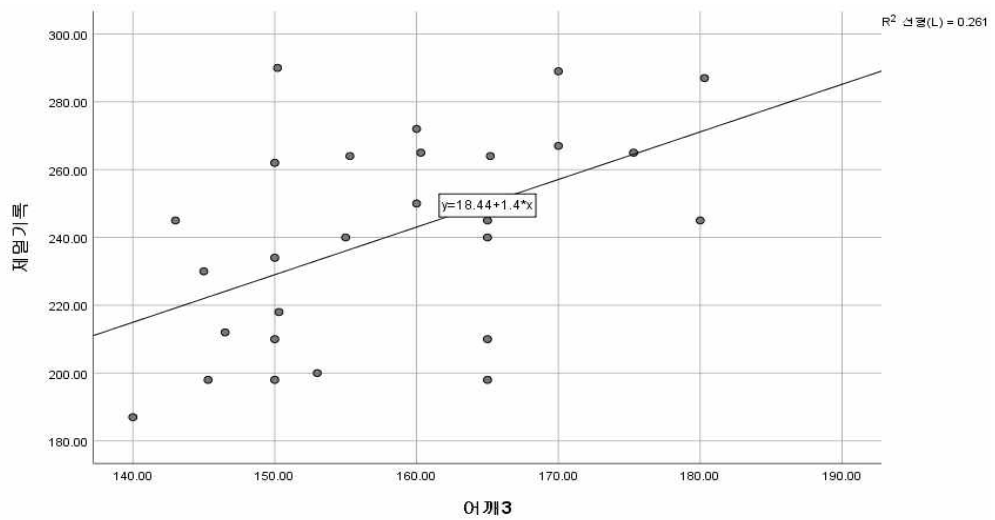


그림 V-25. 어깨관절각 (E3) 과 기록의 상관관계



(5) 근전도변인과 기록의 상관관계

① 근전도 평균값(mean)과 기록의 상관관계

표 V-24. 근전도 평균값(mean)과 기록의 상관관계

	RT ANT.DELTOID	LT ANT.DELTOID	RT THORACIC ES	LT THORACIC ES	RT RECTUS FEM	LT RECTUS FEM	RT MED. GASTRO	LT MED. GASTRO
기록	-.113	-.058	.212	.175	.230	.240	.301*	-.014

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

제자리멀리뛰기 시 사용되어지는 근육을 선정하고 각 근육 부위의 근전도 측정 후 결과의 평균값을 기록과 상관관계를 확인한 결과 RT ANT.DELTOID  $r=-.113$ , LT ANT.DELTOID  $r=-.058$  RT THORACIC ES  $r=.212$ , LT THORACIC ES  $r=.175$ , RT RECTUS FEM  $r=.230$ , LT RECTUS FEM  $r=.240$ , LT MED. GASTRO  $r=-.014$ 로 기록과 상관관계가 유의하지 않은 것으로 나타났으며, RT MED. GASTRO  $r=.301^*$ 는 기록을 향상시키는데 중요한 역할을 할 수 있는 근육 부위임을 알 수 있었고, 만약 LT MED. GASTRO가 비대칭으로 유의한 상관관계가 나오지 않은 것으로 판단되어 유의한 결과값을 얻게 된다면 좀 더 기록이 향상될 것이라 생각된다.

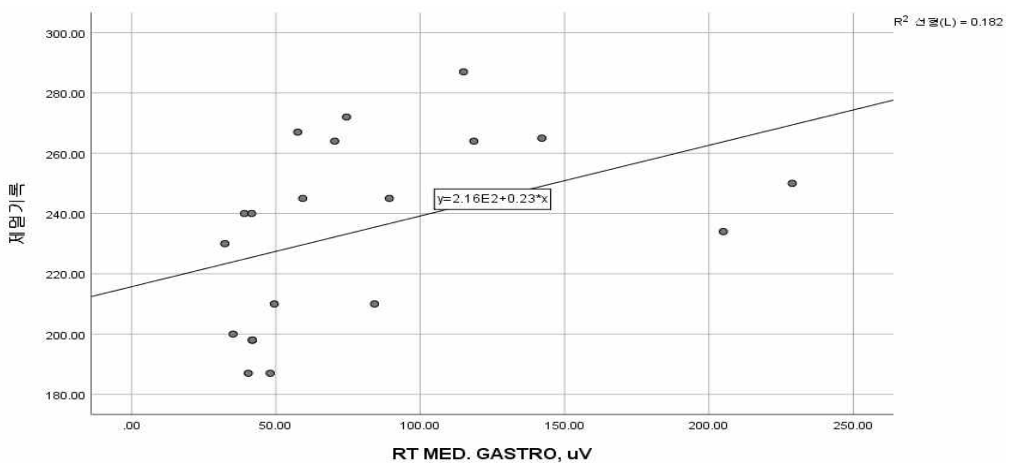


그림 V-26. 제멀기록과 RT MED. GASTRO의 상관관계

② 근전도 최대값(peak)과 기록의 상관관계

표 V-25. 근전도 최대값(peak)과 기록의 상관관계

	RT ANT.DEL TOID	LT ANT.DEL TOID	RT THORACI C ES	LT THORACI C ES	RT RECTUS FEM	LT RECTUS FEM	RT MED. GASTRO	LT MED. GASTRO
기록	.583**	.533**	.576**	.235	.526**	.317*	.279	-.051

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

제자리멀리뛰기 시 사용되어지는 근육을 선정하고 각 근육 부위의 근전도 측정 후 결과의 최대값(peak)을 기록과 상관관계를 확인한 결과 RT ANT.DELTOID  $r=.583^{**}$ , LT ANT.DELTOID  $r=.533^{**}$ , RT THORACIC ES  $r=.576^{**}$ , RT RECTUS FEM  $r=.526^{**}$ , LT RECTUS FEM  $r=.317^{*}$  로 기록과 유의한 상관관계를 나타냈으며, LT THORACIC ES  $r=.235$  RT MED. GASTRO  $r=.279$ , LT MED. GASTRO  $r=-.051$ 는 기록을 향상시키는데 유의한 상관관계가 나타나지 않았다. 근전도 평균값의 결과와는 다르게 최대값의 분석 결과 많은 부분의 근육들이 기록과 유의한 관련성이 있는 것으로 나타났고 특징적으로 상체의 근육군들이 유의한 상관관계를 보여주었다. 수직점프와는 다르게 상체가 기록에 영향을 미치는 걸 볼 수 있다.

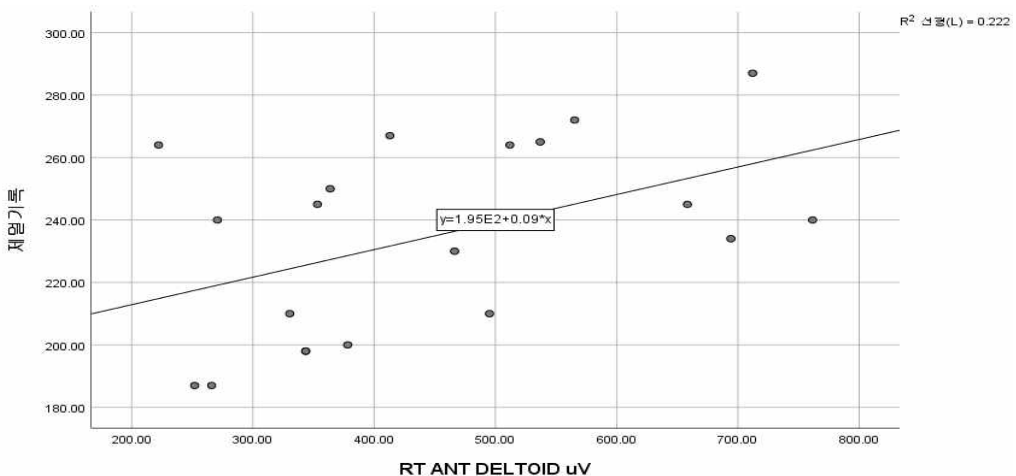


그림 V-27. 제자리기록과 RT ANT. DELTOID의 상관관계

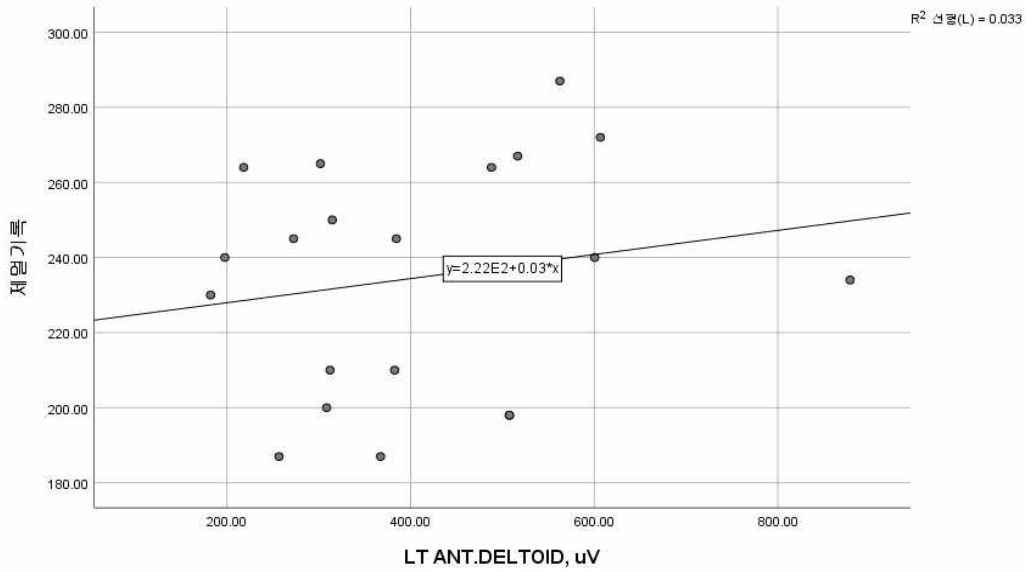


그림 V-28. 제멸기록과 LT ANT. DELTOID의 상관관계

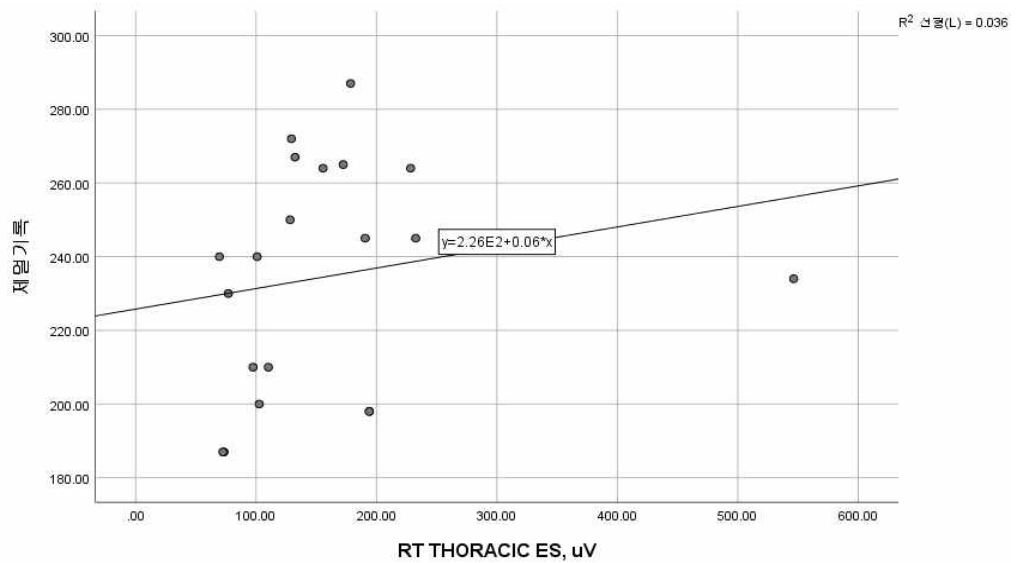


그림 V-29. 제멸기록과 RT THORACIC ES의 상관관계

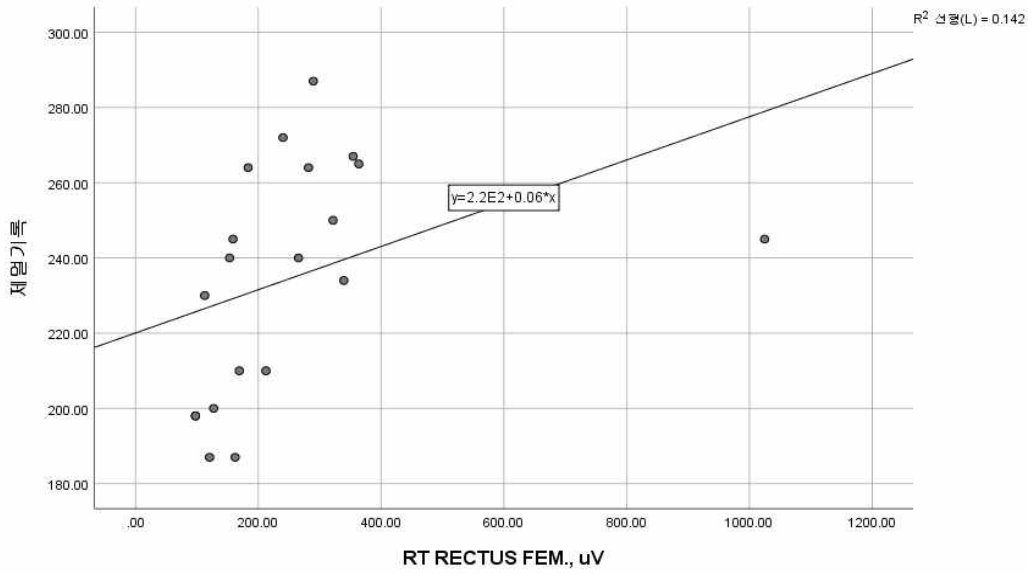


그림 V-30. 제멸기록과 RT RECTUS FEM의 상관관계

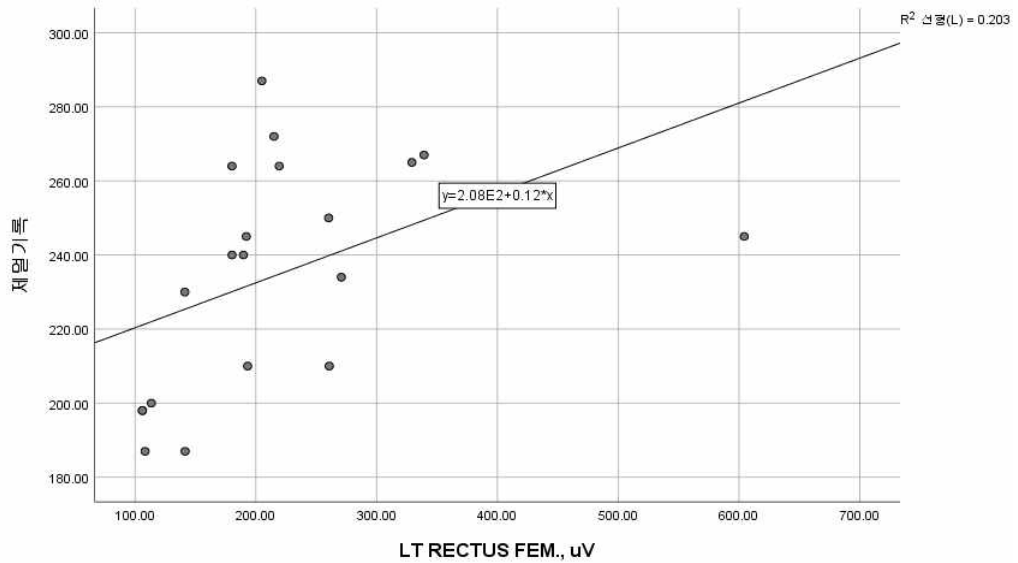


그림 V-31. 제멸기록과 LT RECTUS FEM의 상관관계

(6) 지면반력과 기록의 상관관계

표 V-26. 지면반력(Fy)과 기록의 상관관계

	우측	좌측
기록	.054	.046

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

지면반력(Fy)과 기록의 상관관계는 제자리멀리뛰기 시 남녀 학생들 간에 유의한 차이는 나타났으나 상관관계를 통한 분석 결과 기록과는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 우측  $r=.054$ , 좌측  $r=.046$  을 나타냈다. 지면 반력은 수직점프 동작 시 지면에 얼마만큼 큰 힘을 주어 밀어내느냐가 도약에 큰 영향을 미치는 지를 알 수 있는 반면 제자리멀리뛰기 동작은 도약 시 지면을 밀어내는 힘보다는 움직임의 속도를 빠르게 하는 것이 기록을 향상시키는데 중요한 요소임을 알 수 있는 결과로 볼 수 있다.

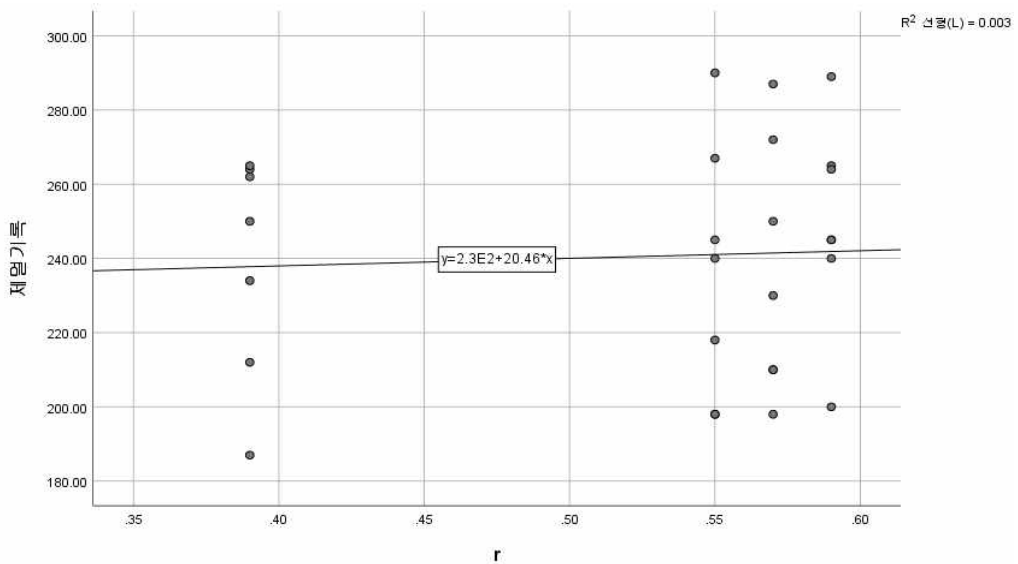


그림 V-32. 지면반력(Fy)과 기록의 상관관계

표 V-27. 지면반력(Fz)과 기록의 상관관계

	우측	좌측
기록	-.122	-.153

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

지면반력(Fz)과 기록의 상관관계는 제자리멀리뛰기 시 남녀 학생들 간에 유의한 차이는 나타났으나 이 또한 상관관계를 통한 분석 결과 기록과는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 우측  $r = -.122$  , 좌측  $r = -.153$ 를 나타냈다. 위의 지면반력(Fy)과 기록의 상관관계와 동일하게 제자리멀리뛰기 기록을 향상시키기 위해서는 효과적인 동작을 만들어냄은 물론 동작의 속도를 빠르게 만드는 것에 좀 더 노력을 기울여야 한다는 것을 말해주는 결과라 할 수 있겠다.

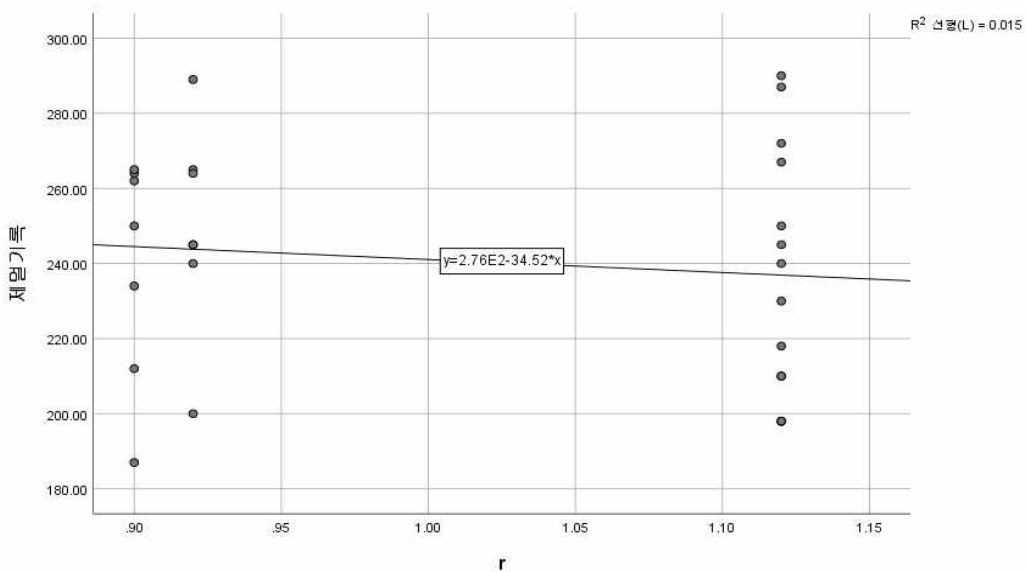


그림 V-33. 지면반력(Fz)과 기록의 상관관계

## VI. 연구3 - 뛰기 동작의 최적화 모델 분석

### 1. 연구결과 및 논의

각 동작의 변인들 중 기록과의 관련성이 높은 변인들을 선정하여 변인들 간의 상관관계를 분석하여 다음과 같은 결과를 도출하였다.

#### 1) 근전도 변인 간의 상관관계

두 동작 간에 중요한 공통 변인을 도출하기 위해 기록과 관련성이 높은 변인을 도출하여 도출된 변인 간에 Pearson 상관분석을 실시하였으며, 도출된 값은 아래와 같다.

표 VI-1. 수직, 제멸 RT RECTUS FEM 상관관계

		제멸 RT RECTUS FEM
수직 RT RECTUS FEM	Pearson 상관	.597**
	유의확률 (양측)	.005

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

수직, 제멸 RT RECTUS FEM 상관관계가 .005로 유의하게 나타났다.

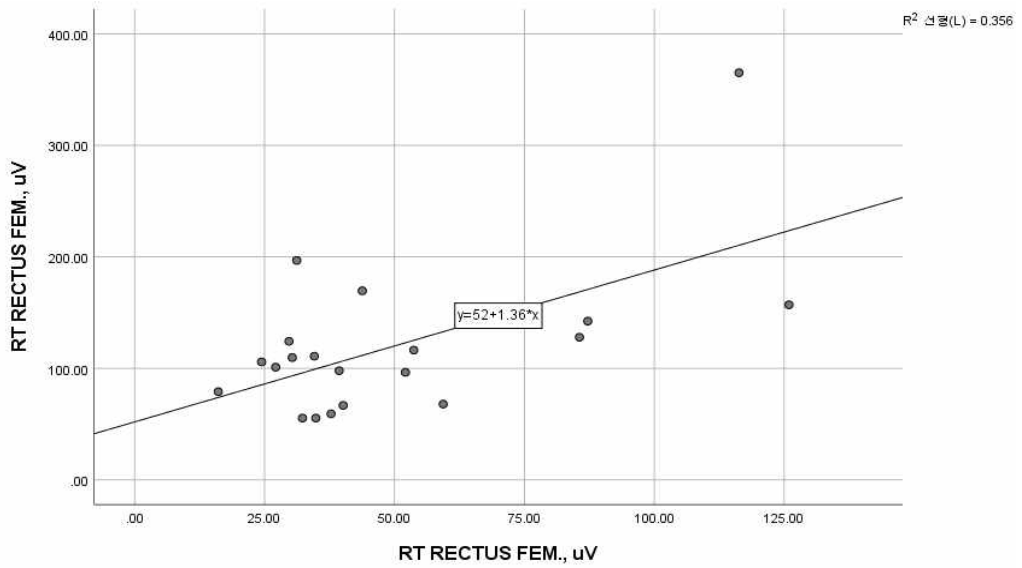


그림 VI-1. 수직, 제멸 RT RECTUS FEM 상관관계

표 VI-2. 수직, 제멸 LT RECTUS FEM 상관관계

		제멸 LT RECTUS FEM
수직 LT RECTUS FEM	Pearson 상관	.640**
	유의 확률 (양측)	.002

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

수직, 제멸 LT RECTUS FEM 상관관계 .005로 유의하게 나타났다.



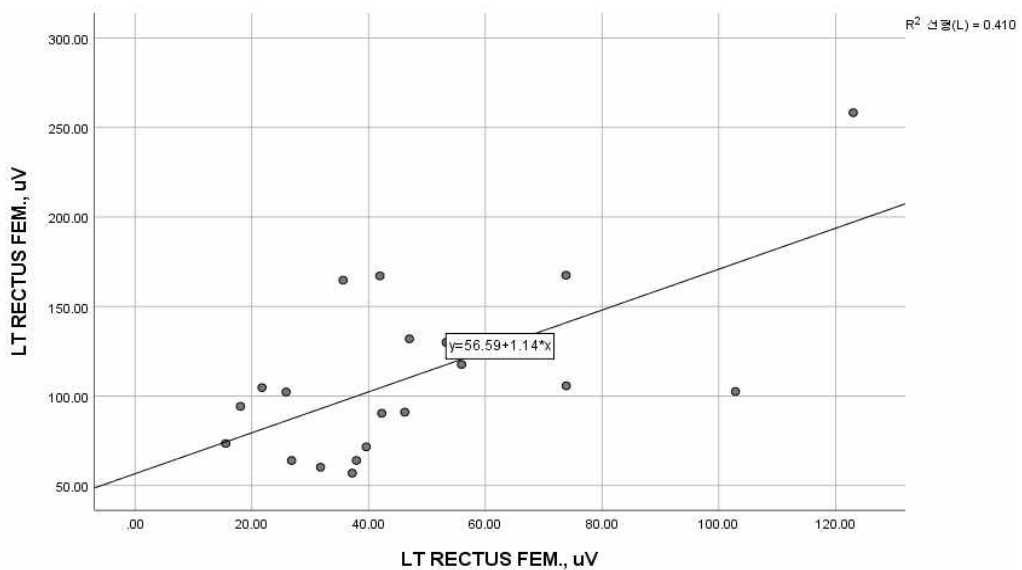


그림 VI-2. 수직, 제멸 LT RECTUS FEM 상관관계

수직점프와 제자리멀리뛰기기록과 변인의 상관관계를 Pearson 상관분석을 통하여 관련성이 높은 것들을 확인하였고, 두 동작들의 기록과 관련성이 높은 변인을 선별하여 상관관계 분석을 실시하였다. 기록이 아닌 두 동작을 효과적으로 하기 위한 공통된 변인을 확인하기 위한 절차이며, 많은 변인 중 위와 같이 두 개의 변인이 결과적으로 나타났으며, 이는 RT RECTUS FEM  $r=.597^{**}$ , LT RECTUS FEM  $r=.640^{**}$ 이 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 이는 뛰기 동작을 잘하기 위해서 공통되게 발달시켜야하는 것이 대퇴직근이라는 것을 보여주는 결과이며, 위에 결과에서 보여주듯이 뛰기 동작의 기록을 향상시키기 위해서는 대퇴직근도 중요한 요인으로 나타났다. Roberts & Azizi (2011)의 선행연구에서 기본적으로 힘의 작용은 골격근(muscle)을 시발점으로 건(tendon)과 뼈(bone)를 통하여 관절(joint)로 이어지며, 근육과 건의 복합체(muscle-tendon complex) 내에서 파워 증폭, 상쇄 및 보존을 상황에 맞게 상호작용하며 조절한다. 근-건 복합체(muscle tendon complex)에서 산출되는 탄성력은 주로 건을 포함한 하퇴근의 축적된 합력을 지면에 대항하여 효과적으로 전달할 수 있다(Lee, Finni, Hodgson, Lai, Edgerton & Sinha, 2006).

## VII. 종합논의

본 연구는 남. 여 고등학생들을 대상으로 뛰기 동작의 최적화 모델을 위한 운동역학적 요인 분석을 통해 운동역학에 관련된 기본개념을 인체 동작에 실제로 적용하고 해석하는 구체적인 한 방법으로 이 연구 결과를 통하여 역학 이론 수업 효율성 향상 및 스포츠 현장에서의 적용에 목적이 있다. 효율적으로 수직점프와 수평점프를 수행함에 있어 체격, 근력, 운동역학적 요인, 동작 패턴, 관절 간의 협응과 기술적인 요인 중 어떠한 요인이 상관관계가 높은지를 규명하는 데 초점을 두었다. 뛰기 동작인 수직점프와 제자리멀리뛰기는 인체 제어 메커니즘 측면에서 볼 때 여러 분절이 관여되고 폭발적인 근수축과 함께 다관절의 조화로운 움직임으로 자신의 체중을 극복해야 하며, 근력적 요인과 협응성, 평형성, 점프기술이 필요한 동작이다.

본 연구 결과 뛰기의 두 동작은 체격과 기록 간 관련성을 확인한 결과 키와 체중은 상관관계가 유의하게 나타났다. 박영훈 외 3명(2008)의 선행연구에 의하면 측정 과정에서 피험자의 질량이 0.510kg(5N) 더 측정되면 점프 높이는 1.34%로 낮게 계산된다고 정의하였고 본 연구 결과 또한 체중에 따라 기록과 유의한 상관관계 나타나는 결과를 보여주었다. 김운용, 김희식(2017)에 따르면 아동의 연령에 따른 수직점프의 수행 차이는 성장에 동반되는 체격과 근력의 향상에 기인한 것으로 보인다는 결과를 도출했으며, 본 연구 결과도 선행연구와 유사한 결과를 보여주었다. 점프 높이의 차이가 체격의 차이에 따라 달라지는 결과 값을 도출하였다. 시간 변인은 각각의 연구 결과 기록과 유의하게 나타났지만 두 동작 간 상관관계에서는 유의한 상관관계를 나타내지 않았다.

Floria & Harrison(2014)은 선행연구에서 수직점프는 “근력과 근과워 등의 근력 요인과 기술적 요인의 발달에 기인한다”라고 서술하였으며, 이는 본 연구 결과에서 등속성 근기능 실험을 통해 동일한 결과를 나타냈다. 특히 대퇴직근은 뛰기 두 동작에서 동일하게 중요한 요인으로 나타나는 것으로 보아 하지 관절의 역학적 출력 차이에 따라 점프 높이의 차이가 나타나는 것으로 보이며, 이는 관절 역학적 요인(최대관절 모멘트, 파워, 추진국면의 일량) 차이가 나타난다고 볼

수 있을 것이다. 제자리멀리뛰기 또한 등속성 근 기능에서 대퇴직근이 기록과 상관관계가 높게 나타났으며, 유의미한 결과를 보였다.

본 연구에서는 제자리멀리뛰기 시 수직점프와는 상이하게 상체가 기록과 상관관계가 높은 것으로 나타났으며, 제자리멀리뛰기는 신체를 전방으로 이동시키는 동작으로 팔의 강한 휘두름과 하지의 효율적인 움직임을 동시에 행할 때 도약 시 하체와 상체의 유기적인 움직임을 만들어내며 멀리 갈 수 있는 힘을 만들어 낸다고 볼 수 있다. 기록이 상대적으로 낮은 피험자들의 대부분은 근전도 상에서 시퀀스가 상이했으며, 이로 인해 큰 힘을 발휘 못 하는 것으로 나타났으며, 이는 기록과 유의한 상관관계를 보여주는 것이다. 이에 동작 수행 시 제자리멀리뛰기는 상체 팔 동작의 중요성을 강조하고 효과적인 신체 협응 능력을 발전시키기 위해 노력해야 할 것이다.

각도 요인을 살펴보면 선행연구에서 우병훈(2009)은 제자리멀리뛰기 수행 시 반동 동작 시 발목, 무릎, 고관절의 각도에 차이가 있음을 보고하였으나 국면별로 각도를 분석한 결과 몇몇 국면에서 유의한 차이를 보이긴 했으나 국면별로 많은 각의 차이를 보이지를 않았다. 이는 남녀 고등학생 모두 체육대학 입시를 준비하는 학생들로 꾸준한 트레이닝으로 운동 경력 및 두 동작에 대한 기본지식과 근 협응력이 비숙련자와는 다르게 나타나 수행력이 다를 수 있으며, 위와 같은 체육활동 참여가 다른 결과값을 만들었을 가능성도 염두 하여야 하겠다. 기술 연습과 저항성 운동들이 역학적 출력의 증가를 통해 효율적 동작 수행에 기여하는 것으로 판단된다.

뛰기 동작 시 무게중심을 낮춰 관절의 가용범위를 증가시켜야 하며, 특히 고관절은 수직점프와 제자리멀리뛰기의 반동 동작을 만들어내는 관절로 팔의 스윙과 반동 동작을 통해 역학적 출력을 만들어내며 즉 관절 토크를 긴 시간 발생시켜 신체 중심의 수직 상승 및 수평 이동에 기인하는 것으로 나타났다.

선행연구를 살펴보면 임펄스-모멘텀 이론에 따르면 공중동작 진입 시 무게중심의 속도를 증가시키기 위해선 수직 방향으로 더 큰 임펄스를 가해야 하는데, 이는 동일한 시간 동안 더 큰 힘을 발생시키거나, 동일한 힘의 크기인 경우 지속 시간을 늘려야 가능하다(김세영, 2017). 다시 말해, 무게 중심을 낮추어 각 관절의 편차를 늘리면 기본적으로 상승력을 발생시킬 수 있는 시간을 확보할 수 있기 때문에 점프 높이를 증가시킬 수 있는 분명한 옵션이 될 수 있다(김세영, 2017).

본 연구 결과는 팔의 스윙과 반동 동작을 수행하는 테크닉을 트레이닝을 통하여 향상시킨다면 힘과 가속도 이득을 창출 가능하여 효과적인 뛰기 동작 최적화 모델을 만들 수 있다고 판단되며, 또 고관절의 신전에 관여하는 대둔근과 광배근을 발달시킨다면 뛰기 수행력이 더욱더 향상될 것으로 보인다. 수직 점프 시 상, 하지 관절의 신전에 시퀀스는 하지가 엉덩이 관절에서 무릎관절 그리고 발목관절 순으로 나타났으며, 상체는 몸통 그리고 팔의 움직임 순으로 근전도에서 확인할 수 있었다. 이는 근위에서 원위로 이루어지는 순차적이고 적절한 타이밍의 신전 동작은 최적화된 동작 패턴으로 간주되고 있다(Bobbert & van soest, 2001; Pandy & Zajac, 1991).

속도 변인을 살펴보면 수직 점프에서는 수직 속도가 중요한 요인으로 작용하며, 수직 속도에 관여하는 것은 연구 결과에 따라 많은 요인들이 관여를 하게 된다. 제자리멀리뛰기에서는 수평 속도와 수직 속도도 중요한 요인이지만 합성속도 또한 중요한 의미를 가지고 있다. 김용운과 은선덕(2009)은 수직점프 시 몸통 동작을 제한하여 실험한 결과에서 제한 없이 수직점프를 수행한 것 보다 약 10% 점프 수행능력이 감소한다고 보고하였는데, 이는 점프 수행에 있어 순수 하지근력 외에 신체 분절점에서 부터 합력(net force)을 활용하는 근활성화 패턴이 중요하다는 것을 알 수 있다.

연구3의 결과에서 보여주듯이 뛰기 동작은 하지가 가장 중요한 역할을 하는 것으로 나타났고 수직점프 동작에서는 하체가 관여하는 기여도가 크며, 결과적으로 점프 시 수직 힘을 얻기 위해 편심힘을 활용하며 웅크리는 동작을 수행하고 이의 반작용력인 수직 지면반력을 만들어낸다. 수평점프(제자리멀리뛰기)에서는 상체 또한 중요한 요인으로 작용하는 것으로 확인되었다. 수직 지면 반력과 수평 지면 반력 변인에서 기록과 수직 점프, 수평 점프의 지면 반력을 비교 분석한 결과 통계적으로 유의한 상관관계가 나타나지 않았으며, 두 동작을 상관관계를 확인한 결과 또한 유의한 상관관계가 나타나지는 않았다. 하지만 좋은 기록을 위해 고관절과 무릎관절의 각도를 더 크게 굴곡시키고 이로 인해 지면반력이 크게 나타나는 것을 확인하였다.

위 논의에서 언급한 뛰기 동작 시 중요한 요인들은 뛰기 동작의 최적화 모델을 구현하는데 중요한 변인으로 효율적인 동작을 수행할 수 있도록 기여하는 것으로 판단할 수 있다.

## VIII. 결론 및 제언

### 1. 결 론

본 연구는 뛰기 동작의 최적화 모델을 위한 운동역학적 요인 분석을 위해 수직점프와 제자리멀리뛰기 변인을 운동역학적으로 비교, 분석하고 정량화하여 변인들 간의 상관관계를 밝히는데 목적이 있다. 이를 위해 남녀 고등학생 각 13명씩 총 26명을 대상으로 운동학적 변인인 시간요인(소요시간), 거리요인(신체 중심의 높이), 속도요인(신체 중심), 각도요인(어깨관절각, 고관절각, 무릎관절각, 발목관절각), 각속도요인(어깨관절 각속도, 고관절 각속도, 무릎관절 각속도, 발목관절 각속도), 운동역학적 변인인 근전도, 지면반력 변인을 통해 본 연구의 결과를 구체화하였다.

#### 1) 수직점프 시 남녀 학생들 간의 운동역학적변인

첫째, 남녀학생들 중 기록이 높은 학생일수록 소요시간이 길게 나타났으며, 남녀 학생들 간 전 구간 유의한 차이를 보여주었다.

둘째, 남녀학생들의 신체 중심의 수직 변위를 분석한 결과 기록은 차이가 있었지만 통계적으로 유의한 차이가 나타나지는 않았다.

셋째, 남녀학생들 간의 신체 중심의 수직 속도를 분석한 결과 수직점프 동작 중 도약되는 순간 남학생이 여학생보다 빠르게 나타났다. 수직가속도 또한 남학생이 빠르게 나타났으며, 남학생이 여학생보다 수직점프 동작을 할 때 관절을 효과적으로 움직이며 순간적으로 빠르게 근육을 수축 이완하는 동작을 수행하는 것으로 볼 수 있다. 또 지면을 더욱 강하게 밀어 신체를 수직 방향으로 더 높이 보낼 수 있음을 의미한다.

넷째, 각도 변인을 분석하기 위하여 각 이벤트마다 신체 분절의 각도를 분석하였으며 발목관절의 각도, 무릎관절의 각도는 E3 구간에서 유의한 차이를 나타냈으며, 큰 힘을 발생시키기 위해 밀어내는 작용으로 인해 반작용력이 발생하는

것을 알 수 있다. 위의 두 변인보다 고관절의 각도가 수직점프 동작을 효과적으로 하는데 중요한 변인으로 볼 수 있다.

다섯째, 등속성 근기능 검사에서는 남녀학생간의 모든 요인이 유의하게 나타났으며, 남학생과 여학생은 2배 이상 큰 차이를 보여주었다.

여섯째, 운동역학적 지면반력 분석은 수직 상방향과 전, 후측을 확인하였으며, 남학생이 여학생보다 지면반력이 크게 나타났으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

일곱째, 근전도 분석에서는 주요 근육군의 움직임과 활성도를 확인하였고 그 결과 남녀 학생 간 상체보다는 하체의 활성도가 유의한 차이를 나타냈다. 특히 대퇴직근의 활성도의 차이가 많이 나타났다.

## 2) 수직점프 기록과 변인간의 상관관계

첫째, 키와 몸무게는 기록과 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

둘째, 시간 변인은 전 구간 기록과 유의한 상관관계를 나타냈다.

셋째, 속도, 가속도와 같은 속도 변인이 기록과 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다.

넷째, 발목관절각은 수직점프 동작 수행 시 도약 구간에 발목을 최대한 활용하여 점프 동작을 수행함으로써 정점 구간에 발목은 최대한 저축굴곡이 되는 것을 알 수 있다. 고관절각은 웅크림 시 74도 정도의 각을 만들어 수직 점프하는 것이 효과적이라고 할 수 있다. 어깨관절각 또한 기록과 유의한 상관관계를 나타내기에 웅크림 시-59도 도약 시 130도로 유지하는 것이 중요한 요인이라 하겠다.

다섯째, 근전도 활성화 분석 시 대퇴직근이 기록과 유의하게 나타났다. 대퇴직근의 수축과 이완이 효과적으로 일어나야 좋은 기록을 만들어낼 수 있다.

여섯째 수직점프 시 지면 발력은 기록을 향상시키는데 유효하다고 볼 수 있으며, 특히 작용과 반작용력을 통하여 기록의 결과가 차이가 있다고 볼 수 있다.

### 3) 제자리멀리뛰기 시 남녀 학생들 간의 운동역학적변인

첫째, 남녀학생들 중 기록이 높은 학생일수록 소요시간이 길게 나타났으며, 남녀 학생들 간 도약에서 정점 구간 유의한 차이를 보여주었다.

둘째, 남녀학생들의 기록은 큰 차이를 보여주었으며, 통계적으로 유의한 차이를 보여주었다.

셋째, 남녀학생들 간의 신체 중심 수직, 수평 변위는 남학생이 큰 값을 보였다.

넷째, 수직속도, 수평속도에서 남학생이 큰 값을 보였으며, 이는 기록과 관련성이 큰 것을 알 수 있다.

다섯째, 각도 변인에서는 남녀 학생들 간에 큰 각에 차이를 보이지 않았다. 하지만 이벤트마다 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

여섯째, 운동역학적 지면반력 분석은 수직 상방향과 전, 후측을 확인하였으며, 남학생보다 여학생이 하체의(Fz축) 지면반력의 값이 높게 나타났다.

일곱째, 근전도 분석에서는 수직점프와는 다르게 상체의 근 활성화에서도 통계적 유의하게 나타났다. 이는 전방으로 이동하기 위해 상체 중 팔의 움직임이 강하게 하는 것으로 판단할 수 있다.

### 4) 제자리멀리뛰기 기록과 변인의 상관관계

첫째, 키와 몸무게는 제자리멀리뛰기 기록과 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

둘째, 두 구간의 시간 변인은 공중에 체공하고 있는 시간이 곧 기록이라고 할 수 있으며, 공중에 체공하고 있는 시간에 따라 기록이 결정된다고 볼 수 있다.

셋째, 속도 변인 또한 속도, 가속도가 기록과 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다. 관절의 효과적인 움직임과 근육의 빠른 수축과 이완은 기록을 향상시키는데 중요한 요소임을 알 수 있다.

넷째, 어깨관절각에서만 기록과 유의한 상관관계를 보여주었다. 이는 수직점프와는 다르게 상체의 움직임이 기록에 영향을 미치는 중요한 요소로 판단된다.

다섯째, 근전도 활성화 분석 시 대퇴직근과 삼각근이 기록과 유의하게 나타났다. 대퇴직근의 수축과 이완이 효과적으로 일어나야 좋은 기록을 만들어낼 수 있으며, 삼각근의 팔의 움직임이 강하게 만들어져야 기록을 향상시킬 수 있다.

수직점프 수행 시 효과적인 동작을 수행하기 위해 하지의 근력을 향상시키고 특히 고관절의 굴신력을 강하게 만들 필요가 있다. 제자리멀리뛰기 또한 하체를 발달시켜 순간적으로 수축과 이완을 빠르게 하는 것이 중요하며, 수직점프와는 상이하게 상체가 많은 역할을 하는 결과를 보이기에 상체의 근력 강화와 더불어 속도를 향상시키는 연습이 필요할 것이다. 결과적으로 두 동작을 효과적으로 수행하기 위해서는 하체의 근력을 향상시키고 특히 제자리멀리뛰기 시 하체의 강한 수축, 이완뿐만 아니라 상지의 강한 움직임에 통하여 전방으로의 효과적인 이동이 만들어지기에 상체의 근력 향상도 필요할 것으로 보인다. 위 연구의 결과들이 역학적 기초자료로서의 역할을 해내고 스포츠 현장에서도 활용되어 도움을 줄 것으로 사료된다.

## 2. 제 언

본 연구 과정에서 나타났던 몇 가지 제한점을 향후 연구에서 보완한다면 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대하며 다음과 같이 제언하고자 한다.

첫째, 본 연구는 고등학생을 대상으로 한정하여 연구를 진행하였으나, 향후 다양한 연령을 대상으로 선정하여 연구를 진행한다면 뛰기 동작에 대한 의미 있는 자료를 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

둘째, 뛰기 동작을 두 동작으로 한정하였지만 다양한 스포츠 상황에서의 뛰기 동작을 실현하여 연구를 진행한다면 현실적인 뛰기 최적화 모델의 의미 있는 자료를 얻을 수 있을 것이라 예상된다.



## 참 고 문 헌

- 강성우(2013). 남자 고등학생의 수직점프 동작에 대한 숙련자와 비숙련자 간의 운동역학적 비교분석. 석사학위 논문, 한국교원대학교 대학원.
- 강성우, 김광래(2016). 대학 남녀 핸드볼 선수의 견관절 근신경 감각기능 비교. 한국사회체육학회, 제64호, 759-770.
- 구교동(2007). 플라이오메트릭 훈련이 펜싱선수의 순발력과 민첩성에 미치는 영향. 석사학위논문, 호남대학교 대학원.
- 권태원(2007). 서전트점프, 제자리멀리뛰기, 그리고 헬마스를 이용한 순발력 테스트 종목간의 신뢰성에 관한 연구. 한국체육과학회지, 제16권, 169-177.
- 김경룡, 방현석(2002). 남·여 체육대학생 관절부위별 등속성 근 기능의 성차에 관한 연구. 한국발육발달학회, 제14권 4호, 27-42.
- 김기학, 김기봉, 최민동, 허정, 이동수, 조국래, 김헌경, 정도상(2007). 체육측정 평가. 형설출판사.
- 김세영(2017) 반동을 이용한 수직점프시 높이 변화에 따른 운동역학 및 상변화 시점에서의 지면반력 벡터 변화. 대한기계학회, 제41권 4호, 277-283.
- 김솔(2020). 남자 중학생의 수직점프 동작에 대한 숙련자와 비숙련자 간의 운동역학적 변인 비교분석. 석사학위논문, 한국교원대학교 대학원.
- 김용운(2020). 수직 반동점프시 아동과 성인의 암스윙 수행 특성의 역학적 비교. 한국체육학회지, 제59권 1호, 313-323.
- 김용운, 은선덕(2009). 몸통 운동의 제약이 최대 수직점프의 수행에 미치는 영향. 한국운동역학회지, 19(1), 27-36.
- 김운용, 김희식(2017). 아동의 연령에 따른 수직점프 동작의 역학적 특성 비교. 한국초등체육학회, 제23권 2호, 53-64.
- 김정민(2016). 고등학생의 제자리멀리뛰기 동작에 대한 운동학 및 운동역학적 분석. 석사학위 논문, 한국교원대학교 대학원.
- 김주년, 하성희, 류시현, 길호중, 류지선, 박상균, 윤석훈(2014). 제자리멀리뛰기 시 체육영재 훈련프로그램이 상·하지 협응에 미치는 영향. 한국체육학회지,

제53권 제3호, 711-719.

- 김진욱(2003). 최적화 기법을 이용한 수직점프 동작중 하지 주요 근육의 힘 추정. 박사학위 논문, 고려대학교 대학원.
- 김창국, 김현수, 황종문(1997) 스포츠 생체역학. 서울. 대성출판사.
- 문곤성, 박종률(2002). 힘-시간 곡선의 중요시점에 따른 수직점프 동작의 분석. 체육연구논문집, 제9호, 43-56.
- 민진아(2002). 양발과 한발 착지시 하지관절의 운동학적 분석 및 지면반력 분석. 석사학위 논문, 연세대학교 대학원.
- 박기현, 염창홍, 김영준(2015). 좌우무릎 신전근의 피로수준과 성별이 수직점프 높이 및 하지 관절의 움직임에 미치는 영향. 한국체육학회지, 제54권 5호, 815-828.
- 박영훈, 염창홍, 서국웅, 서국은(2008). 지면반력을 이용한 수직점프 높이추정 분석. 한국체육학회지, 제47호, 537-545.
- 박용연(2000). 초등학교 체육수업에 있어서 심리적 연습의 적용 효과. 한국체육 교육학회, 제4호, 29-36.
- 백종우(1996). 신장 차이가 수직점프의 수행력에 미치는 영향. 석사학위 논문, 서울대학교 대학원.
- 서병환(2011). 남자 중학생의 서전트점프 기록과 체격 요인의 상관관계. 석사학위 논문, 경상대학교 교육대학원.
- 손희정, 어수주(2020) 남자 엘리트 체조선수들의 등속성 하지 근기능과 최대 수직 점프 시 근신경 변인 간의 관련성. 한국스포츠학회지, 제18권 3호, 1255-1263.
- 송종국, 채서연, 채주희, 김현배, 강효정(2008). 1998년과 2007년 사이 12~13세 남녀 청소년의 체격, 골격성숙도, 체력비교. 한국사회체육학회지, 제34호, 1135-1146.
- 신성훈(1999). 신장에 대한 하지장의 비율에 따른 수직점프 높이의 차이. 석사학위 논문, 서울대학교 대학원.
- 신제민(2011). 제자리멀리뛰기 이지 구간에서 최상수행과 최하수행의 협응과 분절운동의 비교. 한국코칭능력개발원, 제13호, 161-170.
- 신종수, 김현겸, 박세정, 윤희주(2019). 동작 관찰 훈련이 수직 도약 시 운동 수행도

- 및 근활성도에 미치는 영향. 한국신경근육재활학회지, 제9권 1호, 19-26.  
 오길영(2012). 남·여 중학생의 제자리멀리뛰기 동작에 대한 운동역학적 비교 분석. 석사학위 논문, 한국교원대학교 대학원.
- 오정환(2001). 영상분석에 의한 수직점프의 생체역학적 분석. 한국체육교육학회, 제5권 2호, 197-208.
- 오정환, 최정규, 정익수, 이동진, 최수남, 남택길(2006). 시각장애인의 제자리멀리뛰기 동작에 대한 운동학적 분석. 한국운동역학회지, 제16권 4호, 39-47.
- 우권영(2011). 제자리멀리뛰기 동작 시 근역학적 변인이 기록에 미치는 영향. 석사학위논문, 고려대학교 교육대학원.
- 우병훈(2009). 최대하 제자리멀리뛰기에 대한 운동학적 분석. 한국체육학회지, 제48권 4호, 555-563.
- 위키백과(2020). ko.wikipedia.org
- 윤남식, 이경옥, 송인아(1999). 무용/무용 Turn-out 수직점프의 하지내 분절협응과 수직지면반력 유형. 한국체육학회, 제38권 4호, 1006-1014.
- 윤일한(2007). 수직점프 능력과 하지관절 등속성 근기능의 관련성. 석사학위 논문, 단국대학교 대학원.
- 윤형구(2009). 남·여 중학생의 제자리멀리뛰기 동작에 대한 운동역학적 분석. 석사학위 논문, 한국교원대학교 대학원.
- 윤희중, 이연중, 이경식, 유실, 정남주(1997). 수직점프 수행시 두 발의 동시·비동시 스텝에 따른 운동학적 특성 분석. 한국체육교육 & 스포츠과학 연구소, 제16호 11-20.
- 이경옥(1989). 농구 리바운드 점프와 착지시 하지의 충격발생, 전이, 흡수기전. 박사학위 논문, 이화여자대학교 대학원.
- 이미숙, 김태삼(2013). 체육 영재의 제자리멀리뛰기시 역학적 분석을 통한 운동 능력평가. 한국여성체육학회지, 제27권 2호, 183-197.
- 이우필(2015). 남자초등학생 숙련자와 비숙련자의 제자리멀리뛰기 동작에 대한 운동역학적비교 분석. 석사학위논문, 한국교원대학교 대학원.
- 이정순(2009). 남·여 초등학생의 수직점프시 하지동작에 대한 운동역학적 비교 분석. 석사학위 논문, 한국교원대학교 대학원.
- 이정훈, 오정환(1995). 투스텝 수직점프와 제자리 수직점프시 각 신체 분절의

- 기여도에 관한 연구. 스포츠과학&체육교육학회, 제13권 1호, 124-134.
- 이진택(2016). 제자리멀리뛰기 동작의 팔 스윙 통제가 운동역학적 요인에 미치는 영향. 한국체육과학지, 제25권 1호, 1667-1673.
- 이평송, 백진호, 류재균(2004). 엘리트 여자 멀리뛰기 선수의 도움닫기와 발구름 동작의 운동학적 분석. 한국스포츠정책과학원, 제15권 2호, 124-132.
- 이행섭(2007). 고등학생의 성별에 따른 유형별 수직점프의 운동역학적 분석. 석사학위 논문, 한국교원대학교 대학원.
- 임범서(2003). 제자리멀리뛰기 기록향상을 위한 훈련방법 개발. 석사학위 논문, 인천대학교 교육대학원.
- 임용규(1979). 제자리높이뛰기 공중동작의 역학적 분석. 한국체육학회지, 18, 143-144.
- 장재혁(2010). 여자 고등학교 테니스선수의 FIRST SERVE 코스 변화에 따른 운동역학적 비교분석. 석사학위논문, 한국교원대학교 대학원.
- 정겨운(2011). 남·여 고등학생의 제자리멀리뛰기 동작에 대한 운동역학적 비교 분석. 석사학위 논문, 한국교원대학교 대학원.
- 정효영(2010). 남자 중학생 숙련자, 비숙련자의 배구블로킹 동작에 대한 운동역학적 분석. 석사학위 논문, 한국교원대학교 대학원.
- 조문식, 권태원, 최영철(2014). 순발력(power) 검사의 표준화 작업에 관한 연구. 한국체육과학회지, 1257-1267.
- 조병준(2001). 선수와 비선수간의 달리기 속도변화에 따른 생체역학적 비교 연구. 박사학위논문, 경북대학교.
- 조영록(2019). 여자 고등학생의 수직점프 동작에 대한 숙련자와 비숙련자 간의 운동역학적 비교분석. 석사학위 논문, 한국교원대학교 대학원.
- 최병섭(1988). 운동교육 프로그램이 정인지체아의 수치 및 전신운동 기능에 미치는 효과. 석사학위논문, 우석대학교 교육대학원.
- 최지영, 김승재(2002). 제자리멀리뛰기의 운동역학적 분석. 한국사회체육학회지, 제18호, 1421-1432.
- 한신중(2012). 발육 발달에 따른 남학생의 제자리멀리뛰기 동작에 대한 운동역학적 비교분석. 석사학위 논문, 한국교원대학교 대학원.
- 홍완기(2014). 드롭랜딩시 발목 테이핑 유형이 하지의 운동역학적 변인과 운동

- 능력에 미치는 영향. 박사학위논문, 조선대학교 대학원.
- 황성근, 권문석, 김정규, 이용식(2017). 제자리멀리뛰기 기록과 운동역학적 요인들의 상관관계 연구. 한국체육과학회지, 제26권 2호, 1257-1265.
- Adrian, M.J. & Cooper, J.M. (1989). Biomechanics of human movement. Indianapolis, Indiana. Benchmark Press.
- Babic, J., & Lenarcic, J. (2007). Vertical jump. biomechanical analysis and simulation study. in A. C. P. Filho (Eds). Humannoid robots, new developments, Vienna, Austria : I-Tech.
- Bobbert, M. F., Karin G. M., Gerritsen, M., Litjens, C. A., & Van Soest, A. J. (1996). Why is countermovement jump height greater than squat jump height?. Medicine and Science in Sports and Exercise, 28, 1402-1412.
- Bobbert, M. F. & Knoek van Soest, A. J. (2001). Why Do People Jump the Way They Do? Exercise and Sport Sciences Reviews, 29(3), 95-102.
- Bobbert, M.F. & van Ingen Schenau G.J. (1988). Coordination in Vertical Jumping. Biomechanics, 21(3), 249-262.
- Enoka, R. M. (2003). Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. Journal of Applied Physiology, 81(6), 2339-2346.
- Floria, P., & Hassison, A. J. (2013). Ground Reaction Force Differences in the Countermovement Jump in Girls With Different Levels of Performance. Research Quarterly for Exercise and Sport, 84(3), 329-335.
- Floria, P., & Hassison, A. J. (2014). The influence of range of motion versus application of force on vertical jump performance in prepubescent girls and adult females. European Journal of Sport Science, 14(1), 197-204.
- Gallahue, D. L., & Ozmun, J. C. (2005). Understanding Motor Development: Infants, Children, Adolescents, Adults. Boston: WCB/McGraw-Hill.
- Harrison, Ryan & Hayes (2007). Functional data analysis of joint coordination in the development of vertical jump performance.

- sports biomechanics, 6(2), 1476–3141.
- Hay(1985). The Biomechanics of Sports Techniques.
- Hay,J.G.,& Miller,J.A.(1985). Techniques used in the transition form approach totake-off in the long jump. International Journal of Sports Biomechanics, 1(2).
- Hay,J.G.,Wilson,B.D.,& Dapena,J.(1986). in dentification of the limiting factors in the performance of a basic human movement. Biomechanics V-B. Baltimore. University Park Press, 13–19.
- Heess,R.M.(1964). The Effects of Arm Position and Angleof Knee Flexion on Vertical Jumping Performance. unpublished M.S.Thesis. Pennsylvania State University, University Park.
- Hudson, J. L. (1986). Coordination og segments in the vertical jump. Medicine and Science in Sports and Exercise, 18(2), pp. 242–251
- Ingen Schenau, G. J., Bobbert, M. F., & Haan,A. D.(1997). Does elastic energy enhance work and efficiency in the stretch-shortening cycle?. Journal of Applied Biomechanics, 13, 389–415.
- Komi, P. V.(1984). Physiological and Biomechanical Correlates of Muscle Function: Effects of Muscle Structure and Stretch-Shortening Cycle on Force and S peed. Exercise s por ts s cience Review, 12, 81–121.
- Kreighbaun, E. & Barthels, K.M.(1990). Biomechanics 3rd, Macmilan Publishing Company.
- Lee, H. D., Finni, T., Hodgson, J. A., Lai, A. M., Edgerton, V. R., & Sinha, S. (2006). Soleus aponeurosis strain distribution following chronic unloading in humans: An in vivo MR phase-contrast study. Journal of Applied Physiology, 100(6), 2004–2011.
- McGee, K. J., & Burkett, L. N. (2003). The National Football League combine : A reliable predictor of draft status. Journal of Strength and Conditioning, 17 6–11.
- Pandy, M. G. & Zajac, F. E.(1991). Optimal muscular coordination strategies for jumping. Journal of Biomechanics, 24(1), 1–10.

Roberts, T. J., & Azizi, E. (2011). Flexible mechanisms: The diverse roles of biological springs in vertebrate movement. *Journal of Experimental Biology*, 214(3), 353–361.

Tveit(1997). Effect of Combined Endurance, Strength and Sprint Training on Maximal Oxygen Uptake, Isometric Strength and Sprint Performance in Female Elite Handball Players During a Season. *international journal of sports medicine*, 18(5), 354–358.