



고등학생의 성별에 따른 수직점프 유형별 운동역학적 분석 The Biomechanical Analysis of Various Vertical Jumps According to Gender of High School Students

이행섭* · 주명덕(한국교원대학교)

Lee, Haeng-Seob* · Ju, Myung-Duck(Korean National University of Education)

ABSTRACT

H. S. LEE, M. D. JU, The Biomechanical Analysis of Various Vertical Jumps According to Gender of High School Students. Korean Journal of Sports Biomechanics, 2006, Vol. 16, No. 4 pp. 153-164, 2006. This thesis is focused on kinematical and kinetical analysis of each types(Type #1 : use both swing of arm and reaction of knee, Type #2 : Use only swing of arm, not reaction of knee, type #3 : Neither use of swing of arm nor reaction of knee) of vertical jumps according to gender of High School Students.

The subjects of this study is High School Student's male and female, 5 each, for analyzation of actions 3D image analyzing and GRF machines were used. To identify the differences of analyzed variables, an independent T-test on gender, an One-way ANOVA on types were used.

Summery of the results are stated below.

first of all, female students showed differences on Hip Joint angle and Joint Velocity from male students on Kimentic Variable. So training on hip joint force of flection and extension of female students is needed.

Both male and female students showed relatively bigger result of arm's Angular Momentum than thigh's Angular Momentum on Type #1. This is regarded of faster Joint Velocity of Arm. Bigger result of female students of arm's contribution on Type #1 than male students can be said as Female student's weaker hip joint's angular muscle force than male student's, so the dependency of arm is heavier than male students.

In Kinetic variable, GRF showed bigger result on male students than female students. So female students need to enhance joint's torque to increase GRF than male students.

On vertical Impulse, high numeric data of last two reaction of tiptoe of vertical GRF and antero-posterior GRF helped increasing impulse by extending action time of force.

KEYWORDS: VERTICAL JUMPING, ARM WITH COUNTERMOVEMENT

I. 서론

제자리 뛰기라고도 하는 수직점프는 1924년 L. W. Sargent가 순발력(power)측정을 위한 도구로 사용한 이래로 많은 사람들에 의해 대표적인 순발력 측정 도구로써 널리 사용되고 있다(윤희중, 이연중, 이경식, 유실, 정남주, 1997). 수직점프의 목적은 신체를 가능한 한 공중으로 높게 띄우는데 있으며 농구, 배구 그리고 기구운동과 육상경기 등 여러 운동경기에서 중요시되고 있다. 또한 수직점프는 무산소 근 파워를 평가하는 중요한 방법으로 종종 사용된다.

일반적으로 수직점프의 수행력은 운동학적 요인, 운동역학적 요인 및 신체적 요인에 의해 좌우되며 운동학적 요인으로는 신체 무게중심의 위치, 변위, 관절의 각도, 속도, 가속도, 각속도 및 각운동량 등이 있고, 운동역학적 요인으로는 지면반력, 충격량 및 파워 등이 있으며, 신체적 요인으로는 수행자의 다리 근력과 신장의 차이 등을 들 수 있다.

먼저 운동학적 요인을 살펴보면 Heess(1964)는 도약 높이에 대한 무릎관절의 굴곡각도는 65도와 90도의 무릎각도에서 보다 훌륭한 수직뛰기 동작 수행력을 발생시킨다고 밝혔으며 Hudson(1987)도 수직 점프에 관하여 단순히 높이를 극대화시키기 위해서는 지면에 대한 반발력을 크게 하고, 신체의 신전운동을 활발하게 만들어 주며, 준비 동작에서의 무릎관절의 각도는 90도 보다 큰 것이 좋다고 주장하고 있다. 따라서 수직점프 동작을 잘 수행하기 위해서는 지면을 떠나는 순간의 높이, 속도, 각도 등의 조화가 잘 이루어져야 한다.

운동역학적 요인을 살펴보면 Payne(1968)는 지면반력 측정기를 사용하여 수직 점프 시 지면에 나타나는 힘을 분석하였고, 뒤이어 Drabble과 Hutton(1972), Miller(1976) 등이 점프 구간 중 중량 구간(weighting phase)의 수직 충격량에 대한 신체 각 분절의 기여도를 분석하였는데 중량 구간이란 점프 구간 중 지면반력이 체중보다 큰 구간으로서, 이 때 생성된 수직 점프의 높이에 가장 큰 영향을 미치는 구간이라고 할 수 있다. Tveit(1976)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).

신체적 요인을 살펴보면 여러 연구자들 중에 특히 Hay(1985)는 그 동료들과 함께 수직점프 공헌 요소들의 인식에 관한 연구에서 점프 운동에 유리한 신체적 조건으로서 하지장이 길어야 하며, 체력적인 조건으로는 하지의 근력과 순발력이 강할수록 유리하다고 하였다. 백종우(1996)는 신장이 큰 집단은 신장이 작은 집단보다 도약 구간에서 선운동량의 변화량이 크며, 이것은 도약 시 수직 충격량으로 전이되기 때문에 신장이 큰 집단이 작은 집단보다 더 높게 도약 할 수 있다고 하였다. 또한 신성훈(1999)은 신장에 대한 하지장의 비율에 따른 수직점프 높이의 차이에 대한 연구에서 신장에 대한 하지장의 비율이 높은 집단이 하지장 비율이 낮은 집단에 비해서 고관절, 발목관절의 기동범위와 발구름 시간, 접촉면에서의 점프 파워가 크다고 하였다.

이제까지의 연구들은 숙련자 또는 특정 종목의 운동 선수들을 대상으로 하여 운동학적인 변인분석, 운동역학적인 변인분석 및 신체적 요인에 의한 수행력의 차이에 대한 연구들을 해왔다. 하지만, 교육현장에서 수직 점프 및 그에 따른 응용동작에 대한 지도 시 여러 가지 상황에 직면할 수 있으며 특히, 여 학급이나 남·여 혼성 학급을 지도하는 상황에 처할 경우 여학생들은 운동 능력이 남학생들보다 상대적으로 많이 떨어져 지도에 보다 많은 어려움을 갖게 되며, 남·여학생을 비교 대상으로 한 연구가 많이 부족한 상태이다.

따라서 이 연구는 영상분석 장비와 지면반력기를 이용하여 고등학교 남·여학생들을 대상으로 유형별(첫째 팔의 스윙과 무릎반동을 이용한 동작, 둘째 팔 스윙을 이용하지 않고 무릎반동만 이용하는 동작, 셋째 팔 스윙과 무릎반동 모두 이용하지 않는 동작) 제자리 수직 점프에 대한 동작을 3차원으로 비교·분석하고, 그 원인을 규명하여 교과 수업 활동 및 여러 가지 스포츠 상황에서 응용동작으로 많이 활용되어지는 수직 점프에 대한 이해를 돕고 수직점프 동작의 보다 효율적인 지도 방안을 모색하는데 도움이 되고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

이 연구의 대상자는 충북 K고등학교에 재학 중인 1개 학급(35명) 학생 중 신장이 반 평균 신장에 근접한 학생 각각 5명을 대상자로 선정하였다. 이러한 대상자의 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 연구 대상자의 신체적 특성

대상자	신장(cm)	몸무게(kg)	나이
남학생	173.80±1.09	66.4±2.6	19
여학생	160±1.87	51.60±4.03	19

2. 실험변인

독립변인은 유형별 제자리 수직점프의 세 가지 동작과 고등학교 남·여학생으로 하였으며, 종속변인은 신체 중심의 수직변위, 수직속도, 수직 가속도, 신체관절 각도, 신체관절 각속도, 각운동량, 지면반력 등으로 설정하였다. <그림 1>은 세 가지 유형의 제자리 수직점프를 나타낸 것이다.

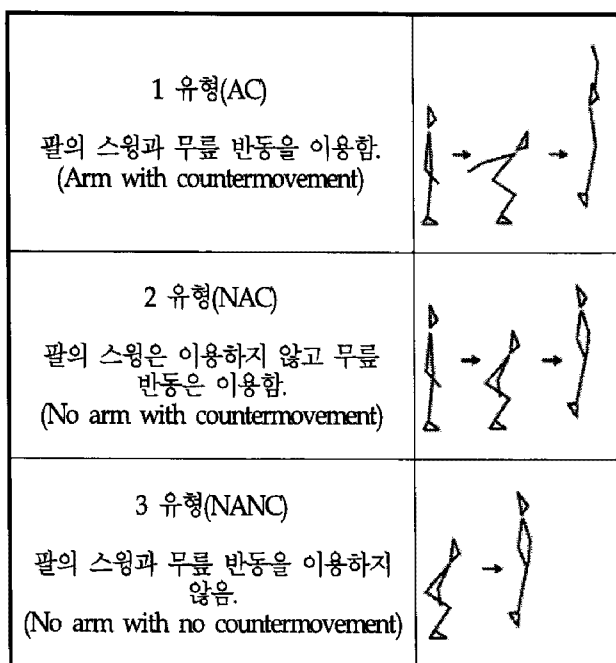


그림 1. 세 가지 유형의 제자리 수직 점프

3. 실험도구

이 연구에서 사용된 실험장비는 영상촬영 측정 장비와, 지면반력 측정 장비 및 영상자료 분석 장비 등 3종류로 구분된다.

4. 실험 절차

이 연구를 위한 실험은 충북 K대학교 체육관에서 실시하였고 구체적인 절차는 다음과 같다.

먼저 공간 좌표의 설정을 통해 통제점 틀을 연구 대

표 2. 실험장비의 특성

구분	명칭	모델명	제조사
영상 촬영 측정	비디오 카메라	GR-DVL9800	Sony Co.
	필름	DVM-60(16mm)	Sony Co.
	통제점 막대	Range Poles(240cm)	Visol Co.
	각도 측정기	DT-510	SOKKIA Co.
	동조용 타이머(LED)	Light Emitting Diodes	Visol Co.
지면 반력 측정	Force Platform	AMTI-4026, AMTI-4684	AMTI Co.
	A/D 변환기	VSAD-101-USB-V2	Visol Co.
영상 자료 분석	동작분석 소프트웨어	Kwon GRF 2.19 및 Kwon 3D 3.1	Visol Co.

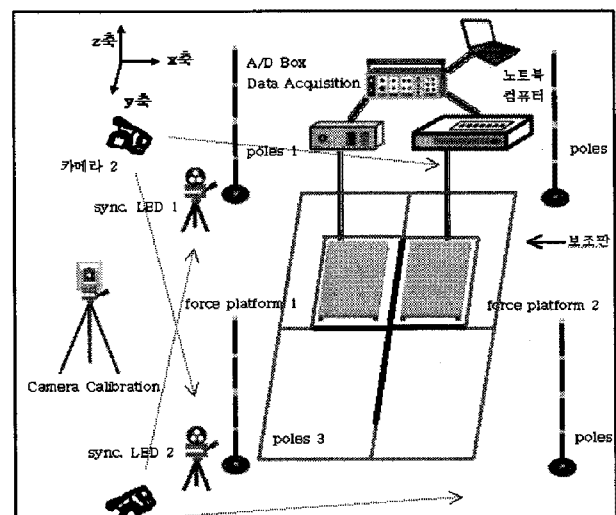


그림 2. 실험도구의 배치

상자들의 수직점프 동작을 완전히 포함하는 범위에 설치하며, 2대의 비디오카메라는 <그림 2>와 같이 통제점 틀을 포함한 전체 운동범위를 촬영할 수 있도록 설치한다. 다음으로 실험 공간을 비디오카메라로 5프레임 이상 촬영한 후 통제점 틀을 제거 하였다. 실험에 들어가기 전에 연구자는 연구 대상자들에게 실험의 목적과 방법을 정확하고 세심하게 교육하여 성실히 실험에 임할 수 있도록 하였다. 또한, 모든 연구 대상자들에게 준비운동을 하게 한 뒤 수직점프를 몇 차례 걸쳐 반복 연습을 하고 최적의 상태로 실험에 임할 수 있게 하며 착지 시 안전에 유의하도록 지도하였다. 자료 분석에서 보다 정확한 디지털라이징을 위해 운동경기 시 착용하는 타이즈를 입게 하며 관절의 중심점에는 마크(marker)를 부착하였다.

이 연구에서 수직점프는 두 대의 지면반력기 위에 각각의 발을 자연스럽게 올려놓고 스탠스를 어깨 너비만큼 편안하게 선 자세에서 연구자의 '시작'이라는 구령에 맞추어 유형별 제자리 수직 점프를 실시하였다. 보다 정확한 자료를 획득하기 위하여 연구 대상자들은 각각의 수직점프를 3회에 걸쳐 수행하였으며, 연구자는 이 중에서 보다 정확하고 우수하게 수행되었다고 판단되는 것을 채택하여 분석을 시행하였다.

5. 자료 분석 방법

영상 분석에서는 통제점 및 신체관절 중심점의 좌표화와 동조 등의 절차를 거쳐 Abdel-Aziz와 Karara (1971)의 DLT방법(Direct Linear Transformation method)을 통해 3차원 좌표값을 계산하며 자료에 대한 평활화(smoothing)는 Kwon 3D 3.1 프로그램을 사용하였다.

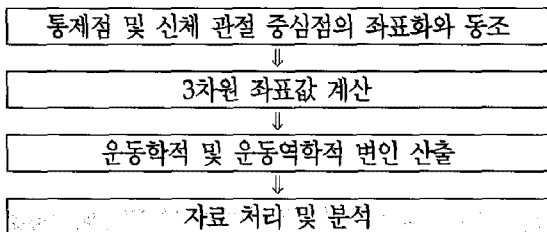


그림 3. 자료분석절차 흐름도

1) 이벤트 및 구간 설정

(1) 이벤트(events) 설정

- ① Event 1(e1) : 신체 무게중심이 가장 낮고 무릎각이 최소일 때
- ② Event 2(e2) : Fz 값이 0이 되는 순간(발이 take off 하는 순간)
- ④ Event 3(e3) : 신체 무게 중심이 정점에 이르는 순간

(2) 구간(phases) 설정

- ① Phase 1 : Event 1(e1) ~ Event 2(e2)
- ② Phase 2 : Event 2(e2) ~ Event 3(e3)

6. 통계 처리

이 연구에서 통계 처리는 SPSS(Version 12.0) 프로그램을 이용하여 측정 구간내의 운동학적 변인과 운동역학적 변인의 평균과 표준편차를 구한 후 변인들에 대한 차이점을 5% 유의수준에서 성별에 대해서는 독립 t-test를, 유형 간에는 일원변량분석(one-way ANOVA)을 적용시켜 비교 분석하였다. 분산분석 후 유의한 차이가 존재하는 결과에 대해서는 유형간 차이 정도를 알아보기 위하여 사후 검정을 실시하였다.

Ⅲ. 결과 및 논의

1. 운동학적 변인에 대한 분석

1) 신체중심의 변위, 수직속도, 수직가속도

신체 중심의 수직변위는 <표 3>과 같이 나타났으며, 세 가지 유형 모두에서 통계적으로 유의한 차이를 보여 모든 유형의 수직점프에서 남학생이 여학생보다 더 큰 수직 변위의 값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 남학생은 1유형, 2유형, 3유형 순으로 신체 중심의 수직변위가 크게 나타났고, 여학생 또한 1유형, 2유형, 3유형 순으로 신체 중심의 수직변위가 크게 나타났다. 유형간의 유의한 차이는 없었지만, <그림 4>에서 보는 바와 같이 남녀 모두 2, 3 유형에 비해 1유형이 상대적으로 높은

표 3. 신체 중심의 수직변위에 대한 남녀간, 유형간 비교 단위(cm)

	1유형	2유형	3유형	F	p Scheffe
전체	54.78±11.00	45.32±10.01	44.83±0.05	3.03	.065
남	62.55±9.82	52.15±8.25	51.29±9.48	2.66	.110
여	47.01±5.01	38.49±6.40	38.37±6.46	3.41	.067
t	3.150	2.924	2.916		
p	.014*	.019*	.019*		

※ I: 1유형, II: 2유형, III: 3유형
*p<.05

표 4. 신체 중심의 수직속도에 대한 남녀간, 유형간 비교 단위(m/s)

	1유형	2유형	3유형	F	p Scheffe
전체	2.60±0.32	2.45±0.34	2.42±0.34	.75	.480
남	2.82±0.26	2.67±0.23	2.65±0.25	.62	.553
여	2.38±0.19	2.23±0.30	2.20±0.26	.68	.525
t	2.962	2.591	2.722		
p	.018*	.032*	.026*		

※ I: 1유형, II: 2유형, III: 3유형
*p<.05

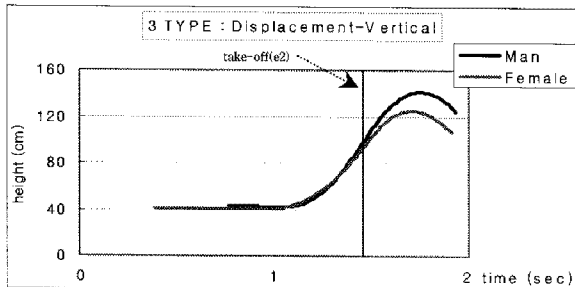
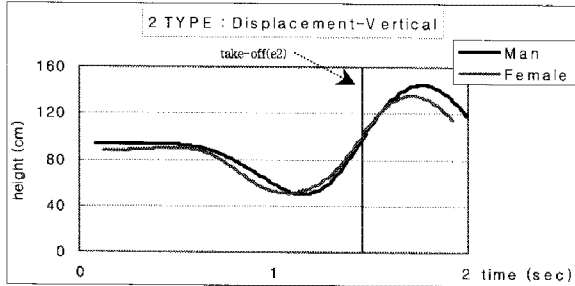
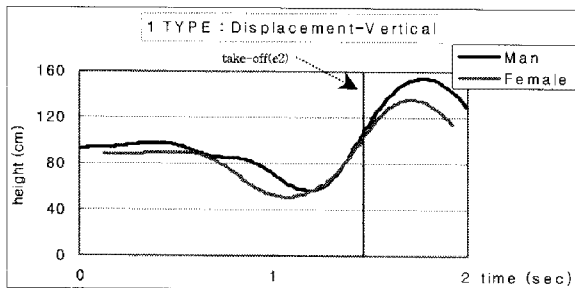


그림 4. 남녀 학생의 수직변위 변화

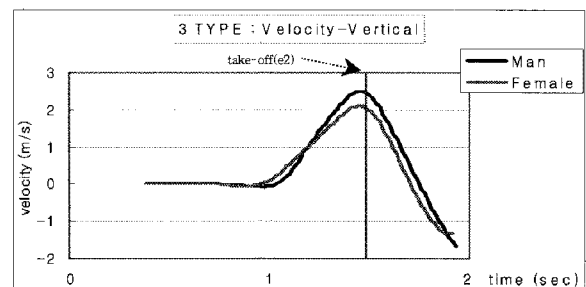
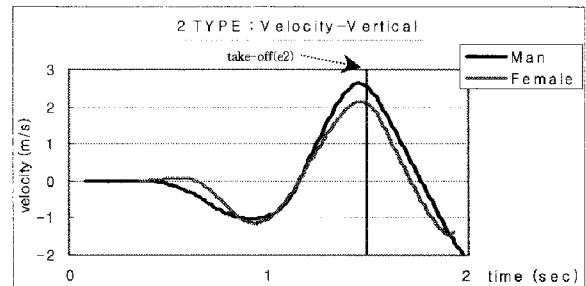
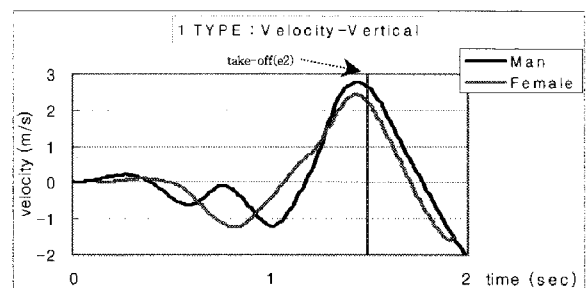


그림 5. 남녀 학생의 수직속도 변화

수직 변위를 보이는 것을 알 수 있다. 이 논문의 결과에서 보는 바와 같이 팔의 반동에 의한 수직점프는 반동을 하지 않는 것에 비해 수직변위가 크다는 선행연구(김승권, 유상연, 1998)의 결과와 일치하고 있다. 따라서 남녀 모두의 수직점프에 있어서 팔과 다리의 상호작용이 수직변위에 다소 영향을 미친다고 볼 수 있다.

신체 중심이 이지하는 순간(e2)의 수직속도는 <표 4>와 같이 나타났으며, 세 가지 유형 모두에서 통계적으로 유의한 차이를 보여 남학생이 여학생보다 이지 시(e2) 순간 수직속도가 크다는 것을 알 수 있다.

남학생은 1유형, 2유형, 3유형 순으로 신체 중심의 수직속도가 크게 나타났고, 여학생 또한 1유형, 2유형,

3유형 순으로 신체 중심의 수직속도가 크게 나타났다. 하지만 유형간의 유의한 차이는 없었다. 최고 수직속도는 이지하기 직전에 나타났으며, 신체 무게 중심이 정점에 이르는 순간에는 0의 값을 보였다. 김용이(1996)는 럭비부 남자 대학생을 대상으로 한 연구에서 2유형의 경우 신체 중심의 수직속도가 $2.7 \pm 0.1 \text{m/sec}$ 라 하였으며, 3유형과는 시작하는 무릎관절각에서 다소 차이가 있지만, 그와 비슷한 유형에서 $2.4 \pm 0.25 \text{m/sec}$ 가 나왔다고 하였다. 하지만 수직속도에 대한 이 연구에서는 <그림 4>에서 보듯이 2유형과 3유형 사이에서 큰 차이를 보이지 않고 있다.

신체 중심의 순간 최대 수직 가속도는 <표 5>와 같이 나타났으며, 1유형에서 통계적으로 유의한 차이를 보여 남학생이 여학생보다 신체 중심의 순간 최대 수직 가속도가 크다는 것을 알 수 있다. 남학생은 1유형, 2유형, 3유형 순으로 신체 중심의 순간 최대 수직 가속도가 크게 나타났으며, 여학생 또한 1유형, 2유형, 3유형 순으로 신체 중심의 순간 최대 수직 가속도가 크게 나타났다. 유형간 사후검증 결과, 1유형과 2유형, 2유형과 3유형, 3유형과 1유형에서 각각 유의한 차이를 보였다. 동일한 무게에서 가속도가 크다는 것은 힘이 크다는 것을 의미하며($F=ma$), <그림 6>에서 보는 바와 같이 3유형보다 2유형이 2유형보다 1유형이 최대 순간 수직 가속도가 큰 것을 알 수 있다. 즉, 신체가 지면을 더욱더 강하게 밀어 보다 높이 신체를 수직으로 상승시키고 있는 것이다. 순간 최대 수직 가속도가 일어나는 시점에 있어서 1유형의 경우 남녀 모두 무릎 관절각이 최소 지점(e1)부터 약 40% 지점일 때 최대의 가속도를 보이다가 이지하는 순간(e2)에는 가속도가 급격히 줄어들어 0에 가까운 수치를 보였으며, 이지 후 정점(e3)에 이르기까지 점차 감가속도를 보였다. 따라서 최초 예비 동작에서는 신체 무게 중심이 (-)방향인 하방으로 이동하고 이때의 신체 중심의 수직 가속도는 (-)가 되며, 그 결과 수직 지면반력은 체중보다 작게 작용하게 된다. 그러나 예비동작이 경과한 후에는 신체 중심의 수직변위가 (-)값을 나타내고 있어 신체가 하방으로 이동하고 있지만 이때의 수직 가속도는 (+)로 변환되어 이때를 경계로 수직 지면반력이 점프의 체중보다 크게 작용하게 된다. 그 후 속도는 계속 증가하여 신체가 이

표 5. 신체 중심의 수직가속도에 대한 남녀간, 유형간 비교 단위(m/s²)

	1유형	2유형	3유형	F	p	Scheffe
전체	15.27±2.99	11.19±1.47	8.21±2.02	24.76	.000*	I>II, III II>III
남	17.56±1.56	11.89±1.60	9.29±1.81	32.18	.000*	I>II, III
여	12.99±2.15	10.49±1.04	7.14±1.72	14.79	.001*	I, II>III
t	3.837	1.631	1.917			
p	.005*	.142	.091			

※ I : 1유형, II : 2유형, III : 3유형
*p<.05

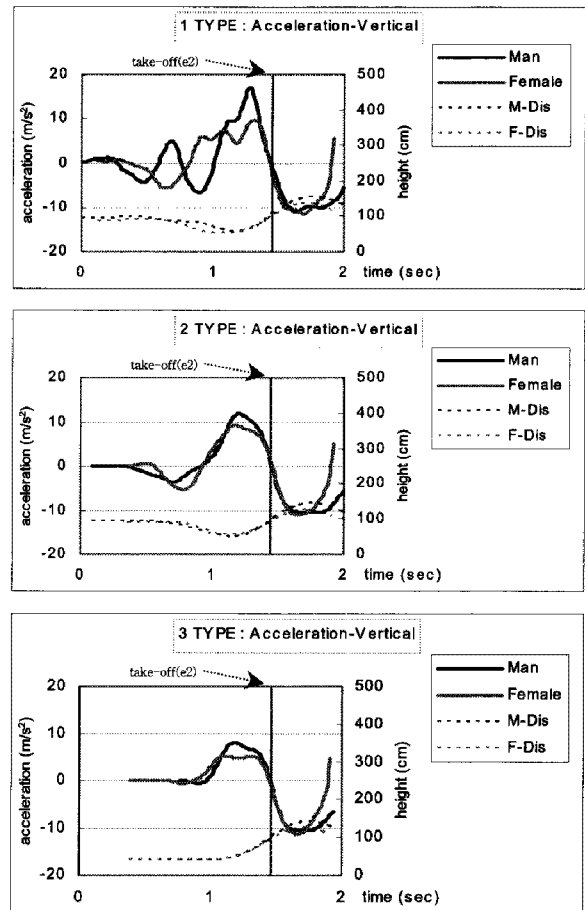


그림 6. 남녀 학생의 수직가속도 변화

지되기 직전에 최대의 상승속도를 나타내지만 이지되는 그 순간에는 사지의 속도가 감소하여 신체 중심의 상승속도가 감소하게 된다(예종이, 1999). 2유형의 경우 남녀 모두 무릎 관절각이 최소 지점(e1)일 때 최대의 가속도를 보이다가 이지하는 순간(e2)에는 가속도가 급

표 6. 이지 시(e2) 고관절의 각도에 대한 남녀간, 유형간 비교 단위(deg)

	1유형	2유형	3유형	F	p	Scheffe
전체	151.73±5.04	142.83±5.16	145.32±4.42	8.80	.001*	I>II, III
남	149.16±4.60	141.51±4.82	142.44±3.71	4.49	.035*	
여	154.30±4.42	144.16±5.69	148.20±3.08	6.34	.013*	I>II
t	-1.797	-.797	-2.669			
p	.110	.449	.028*			

※ I: 1유형, II: 2유형, III: 3유형
*p<.05

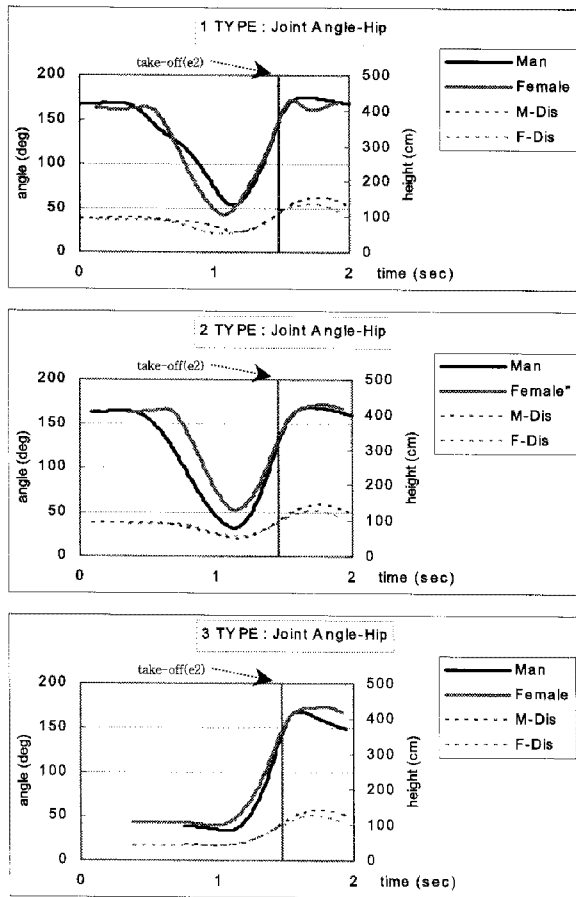


그림 7. 남녀 학생의 고관절 각도 변화

격히 줄어들어 0에 가까운 수치를 보였으며, 이지 후 정점(e3)에 이르기까지 점차 감가속도를 보였다. 3유형의 경우는 1유형과 유사한 형태를 보였다. 수직점프 도약 초기에는 가속도가 0으로 나타나는데, 이것은 신체에 작용하는 두 가지 수직력 즉, 체중과 지면반력이 균형을 이루었다는 것을 의미한다. 또한 음(-)의 가속도

는 지면반력의 수직성분이 체중보다 더 작은 것을 의미하고 반대로, 양(+)의 가속도는 지면반력의 수직성분이 체중보다 더 큰 것을 의미한다. 또한, 수직점프의 질량 중심 가속도는 신체 분절 각각의 가속도를 합한 것과 같으므로(예종이, 1999) 팔의 가속도를 증가시킴으로써 보다 빠른 신체 중심의 가속도를 가질 수 있다고 사료된다.

2) 신체분절의 이지 시 각도 및 최대 각속도 분석
수직점프 이지 시(e2) 발목관절의 각도와 무릎관절의 각도에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 수직점프 이지 시(e2) 고관절의 각도는 <표 6>과 같이 나타났으며, 3유형에서 통계적으로 유의한 차이를 보여 남학생이 여학생보다 이지 시(e2) 고관절의 각도가 작다는 것을 알 수 있다. 남학생은 1유형, 2유형, 3유형 순으로 각도의 크기가 크게 나타났고, 여학생은 1유형, 3유형, 2유형 순으로 각도의 크기가 크게 나타났다. 유형간 사후 검증 결과, 1유형과 2유형, 1유형과 3유형 사이에서 각각 유의한 차이를 보인 반면, 2유형과 3유형 사이에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

도약을 위한 발목관절의 최대 각속도와 무릎관절의 최대 각속도는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 도약을 위한 고관절의 최대 각속도는 <표 7>과 같이 나타났다. 세 가지 유형 모두에서 통계적으로 유의한 차이를 보여 남학생이 여학생보다 고관절의 최대 각속도가 크다는 것을 알 수 있다. 남학생은 3유형, 2유형, 1유형 순으로 고관절의 최대 각속도가 크게 나타났으며, 여학생 또한 3유형, 2유형, 1유형 순으로 고관절의 최대 각속도가 크게 나타났다. 유형간 사후검증 결과, 1유형과 3유형 사이에서는 유의한 차이를 보인 반면, 1유형과 2유형, 2유형과 3유형 사이에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 세 가지 유형 모두에서 남학생이 여학생보다 큰 수치를 보여주고 있으며, 도약을 위한 고관절의 최대 각속도가 발생하는 위치는 남녀 세 가지 유형 모두에서 이지하기 직전에 나타났다. 김승권 외 1인(1998)은 3유형(450.89±17.92deg/sec)에서 고관절의 최대 각속도가 가장 크게 나타났다고 하였다. <그림 8>과 비교해 볼 때 수치상의 값의 차이는 상이하게 나타났지만, 최대 각속도 크기의 순서에 있어서 같다는

표 7. 고관절의 최대 각속도에 대한 남녀간, 유형간 비교 단위(deg/sec)

	1유형	2유형	3유형	F	p	Scheffe
전체	378.36 ±41.14	425.37 ±53.01	441.50 ±53.51	4.38	.022*	III> I
남	404.72 ±20.21	465.81 ±26.51	474.52 ±32.84	9.90	.003*	II,III> I
여	352.00 ±40.79	384.92 ±39.12	408.49 ±51.38	2.07	.169	
t	2.589	3.826	2.421			
p	.032*	.005*	.042*			

※ I: 1유형, II: 2유형, III: 3유형
*p<.05

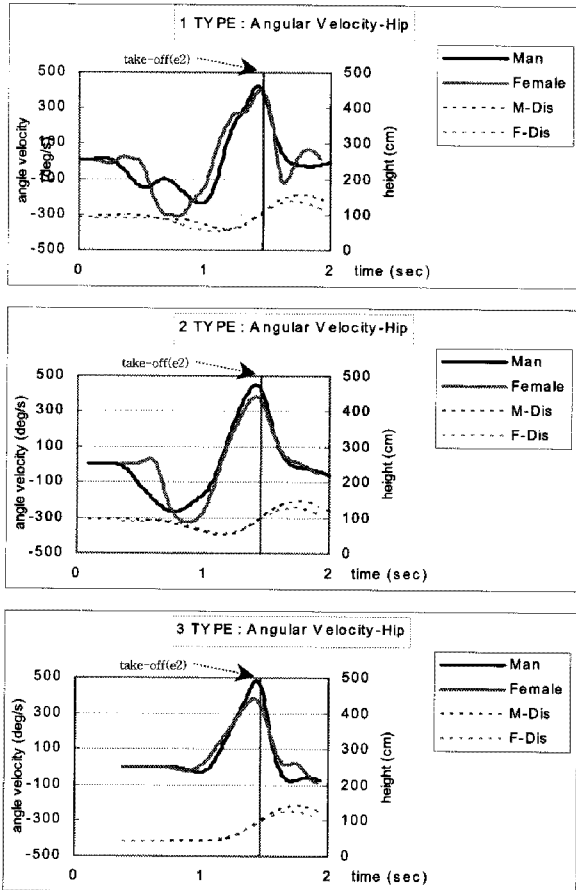


그림 8. 남녀 학생의 고관절 각속도 변화

것을 알 수 있었다. 따라서 남녀 모두 3유형에서 발목 관절, 무릎관절 및 고관절의 최대 각속도가 가장 큼에도 불구하고 수직변위에 있어서 가장 낮은 수치를 보이는 것은 팔과 다리에 의한 반동이 없기 때문에 팔과 다리에서 얻을 수 있는 신체 분절에 대한 속도의 전이를

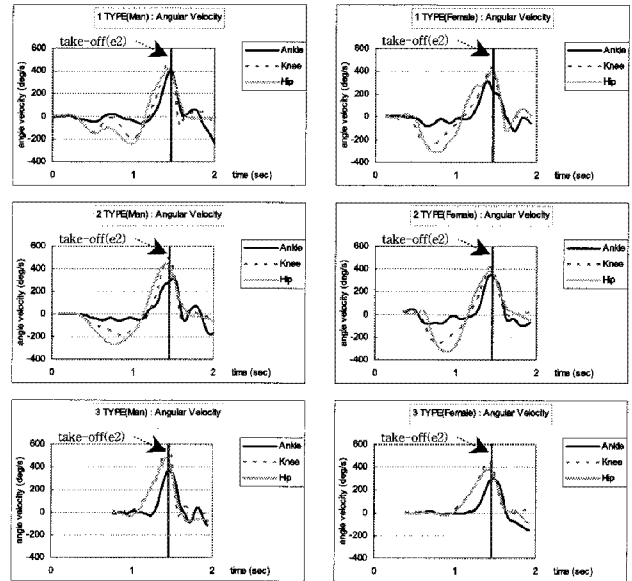


그림 9. 남녀 학생의 관절이 신전하는 속도

이용하지 못한다고 사료된다.

<그림 9>는 남녀 학생의 관절이 신전하는 각속도를 나타낸 것이다. 1유형과 2유형의 경우에는 이지 시점(e2) 이전에 고관절에 대한 각속도 그래프의 기울기가 가장 큰 것을 알 수 있고, 다음으로 무릎관절, 발목관절의 순서로 크게 나타났다. 3유형의 경우에는 무릎관절과 고관절의 각속도 그래프의 기울기가 가장 큰 것을 알 수 있고, 다음으로 발목관절의 순서로 크게 나타났다. 그러므로 1, 2 유형에서는 도약 시 고관절, 무릎관절, 발목관절 순서로 관절의 각속도의 크기가 나타났고, 3유형에서는 무릎관절과 고관절이 거의 같은 각속도를 가졌으며, 다음으로 발목관절 순서로 관절의 각속도의 크기가 나타났다.

3) 신체분절에 대한 각운동량 기여도 분석

이 연구에서 각운동량은 세 축에서의 합성력(resultant)을 나타낸 것이다. 몸통의 각운동량은 머리와 몸통 분절들의 각운동량 값을 더한 것이며, 팔의 각운동량은 오른쪽과 왼쪽의 각각 손, 전완, 상완 분절들의 각운동량 값을 더한 것이다. 또한 대퇴, 하퇴, 발 분절들의 각운동량은 오른쪽과 왼쪽을 각각 더한 값이다. 전신의 각운동량에 대한 신체 분절의 기여도(%)는 양발이 이지하는 순간(e2)을 산출하여 남녀 각각 3가지

유형에 따라 비교하였다. <그림 10>은 성별에 따른 유형별 수직점프의 각운동량 기여도 비교를 나타낸 것이다. 이지하는 시점(e2)에서의 각운동량의 기여도는 남학생의 경우 1유형에서 몸통, 팔, 대퇴, 하퇴, 발 순서로 49.12±3.57%, 35.09±4.99%, 13.32±1.01%, 5.72±0.39%, 1.27±0.08%로 나타났고, 2유형에서는 각각 62.89±0.50%, 12.69±1.26%, 16.64±0.81%, 7.05±0.56%, 1.45±0.17%로 나타났으며, 3유형에서는 각각 62.11±2.27%, 12.60±1.89%, 17.12±0.92%, 7.24±0.39%, 1.52±0.12%로 나타났다. 여학생의 경우 1유형에서는 각각 44.29±3.85%, 41.06±4.85%, 13.33±0.36%, 5.97±0.71%, 1.31±0.20%로 나타났고, 2유형에서는 각각 63.45±1.25%, 11.55±1.07%, 16.94±1.174%, 7.15±0.22%, 1.50±0.22%로 나타났으며, 3유형에서는 각각 62.31±1.51%, 11.62±1.59%, 17.97±1.57%, 7.33±0.36%, 1.37±0.20%로 나타났다. 세 가지 유형 모두에서 신체 분절 중 몸통의 각 운동량의 비율이 가장 크다는 것을 알 수 있다. 이는 각운동량에 있어서 인체 분절의 무게가 큰 비중을 차지하고 있기 때문이라고 사료된다.

남녀 모두 1유형에서 팔의 각운동량의 비율이 대퇴의 각운동량에 비해 상대적으로 큰 것은 팔의 보다 빠른 각속도 때문이며, 2유형과 3유형의 각운동량은 비록 대퇴의 각운동보다 작지만 다소 수치의 차이가 보이는 것은 팔이 각운동보다는 선운동을 하고 있기 때문으로 사료된다. 또한 1유형에서 남자의 팔의 기여도(35.09±4.99%)에 비해 여자의 팔의 기여도(41.06±4.85%)가 큰

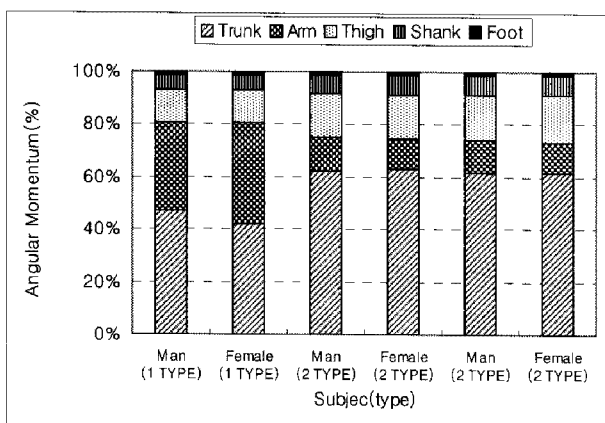


그림 10. 성별에 따른 유형별 수직점프의 각운동량 기여도 비교

것은 여자의 경우 고관절의 각근력이 남자에 비해 상대적으로 약해서 팔에 의존하는 경향이 크다는 것을 알 수 있다. 따라서 1유형에서는 남녀 모두 각운동량의 기여도에 있어서 몸통이 가장 크고 다음으로 팔, 대퇴, 하퇴, 발의 기여도 순으로 나타났고, 2유형과 3유형 사이에서는 남녀 모두 몸통, 대퇴, 팔, 하퇴, 발 순으로 크게 기여하는 것으로 나타났다.

2 운동역학적 변인에 대한 분석

1) 수직 상방향 지면반력 분석

도약을 위한 수직 상방향 최대 지면반력(Fz)은 <표 8>과 같이 나타났다. 세 가지 유형 모두에서 통계적으로 유의한 차이를 보여 남학생이 여학생보다 수직 상방향 최대 지면반력(Fz)이 크다는 것을 알 수 있다. 남학생은 1유형, 2유형, 3유형 순으로 수직 상방향 최대 지면반력(Fz)이 크게 나타났으며, 여학생 또한 1유형, 2유형, 3유형 순으로 수직 상방향 최대 지면반력(Fz)이 크게 나타났다. 유형간 사후검증 결과, 1유형과 3유형 사이에서는 유의한 차이를 보인 반면, 1유형과 2유형, 2유형과 3유형 사이에서는 유의한 차이가 보이지 않았다.

도약을 위한 수직 상방향 최대 지면반력(Fz)은 <그림 11>에서 보는 바와 같이 그 유형별로 높은 수치의 순서가 수직변위의 순서와 일치하였다. 이는 도약할 때, 팔을 수직 상방으로 스윙하면 팔의 운동량은 신체 전체로 전이된다. 팔의 수직 상방 스윙은 다리의 하방 추진과 결합하여 지구를 더욱 강하게 하방으로 밀게 되며, 이에 대한 반작용으로 지구는 크기가 같고 방향이 반대인 힘(지면반력)을 신체에 가하게 된다. 그 결과 다리의 하방추진 동작과 팔의 상방 스윙 동작이 합쳐지면 지구는 더 많은 힘으로 신체를 수직 상방향으로 밀어낸다(주명덕, 이기창, 2001). 이 연구의 세 가지 유형 모두에서 남학생이 여학생보다 높은 수치를 보였다. 이는 지면에 대한 신체의 반작용력은 신체분절이 이루는 관절의 각도나 속도 변인보다 수직변위에 더 큰 영향을 준다고 사료된다. 도약을 위한 수직 상방향 최대 지면반력(Fz)이 발생하는 위치는 세 가지 유형 모두에서 남녀 모두 이지하기 직전에 나타났다. 이는 이지하기 직전에

표 8. 수직 상방향 지면반력(Fz)에 대한 남녀간, 유형간 비교

	1유형	2유형	3유형	F	p	Scheffe
전체	24.11±1.69	22.20±1.98	20.78±2.13	7.358	.003*	I>III
남	25.50±1.07	23.48±1.96	22.21±1.62	5.376	.022*	I>III
여	22.73±0.68	20.91±0.96	19.35±1.58	$\frac{10.90}{5}$.002*	I>III
t	4.856	2.620	2.814			
p	.001*	.031*	.023*			

* I : 1유형, II : 2유형, III : 3유형
*p<.05

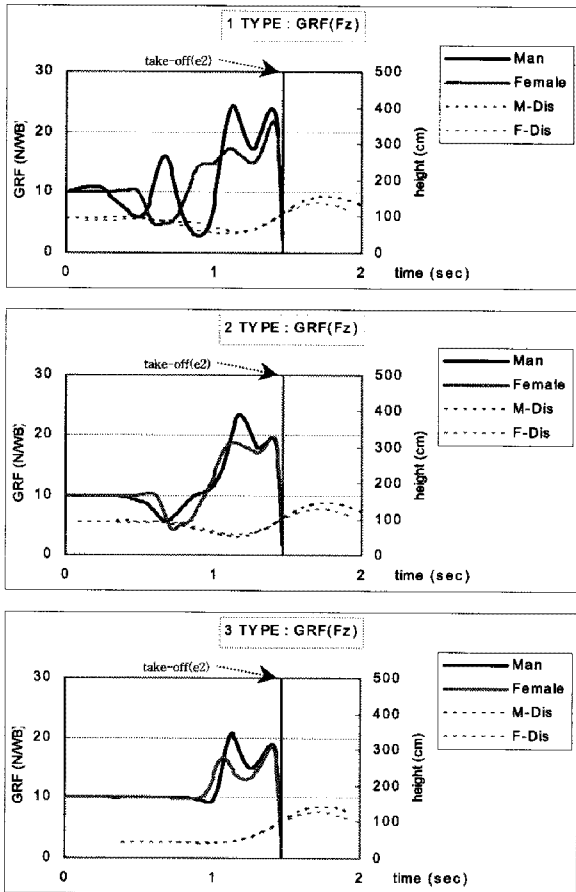


그림 11. 남녀 학생의 수직상방향 지면반력 변화

가장 큰 반작용력을 얻기 위한 것으로 사료되며, 약 0.3초의 구간에서 두 번의 반동을 발 앞 끝(toe) 부분에서 주는 것을 알 수 있었다.

2) 전후방향 지면반력 분석

도약을 위한 전후방향 최대 지면반력(Fy)은 이들 세

가지 유형에서 남학생의 경우 각각 2.39±0.39N/WB, 1.47±0.24N/WB, 1.09±0.26N/WB로 나타났고, 여학생의 경우 각각 1.82±0.42N/WB, 1.12±0.53N/WB, 0.88±0.39N/WB으로 나타났으며, 세 가지 유형 모두에서 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

남학생은 1유형, 2유형, 3유형 순으로 전후방향 최대 지면반력(Fy)이 크게 나타났으며, 여학생 또한 1유형, 2유형, 3유형 순으로 전후방향 최대 지면반력(Fy)이 크게 나타났다. 유형간 사후검증 결과, 1유형과 3유형, 2유형과 3유형 사이에서는 각각 유의한 차이를 보인 반면, 1유형과 2유형 사이에서는 유의한 차이가 보이지 않았다. 전후방향 최대 지면반력(Fy)은 도약하는 시간을 연장시켜 보다 큰 충격량을 얻기 위한 것이다. 이 연구에서 전후방향 최대 지면반력(Fy)은 1, 2, 3유형의 순으로 커진 것을 볼 수 있다.

IV. 결 론

이 연구는 고등학생의 성별에 따른 유형별 수직점프 (1유형 : 팔의 스윙과 무릎 반동을 이용함, 2유형 : 팔의 스윙은 이용하지 않고 무릎 반동은 이용함, 3유형 : 팔의 스윙과 무릎 반동을 이용하지 않음)를 운동학적 및 운동역학적으로 분석하는데 그 목적을 두었다. 연구 대상자는 고등학교에 재학 중인 남녀학생 각각 5명으로 하였으며, 동작의 분석은 3차원 영상분석법과 지면반력기를 사용하였다. 분석된 변인의 차이를 알아보기 위하여 성별에 대해서는 독립 t-test를, 유형 간에는 일원변량분석(one-way ANOVA)을 적용시켜 비교 분석하였다.

분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 운동학적 분석

첫째, 신체 중심의 수직변위, 수직속도 및 최대 수직 가속도는 세 가지 유형 모두에서 남학생이 여학생보다 크게 나타났고, 남녀학생 모두 1유형, 2유형, 3유형 순으로 그 크기가 크게 나타났다. 또한 최대 수직 가속도의 유형 간에서 1유형은 2, 3유형보다, 2유형은 3유형보다 크게 나타났다.

둘째, 수직점프 이지 시(e2) 고관절의 각도는 3유형에서 남학생이 여학생보다 작게 나타났다. 남학생은 1유형, 2유형, 3유형 순으로 고관절의 각도가 크게 나타났고, 여학생은 1유형, 3유형, 2유형 순으로 고관절의 각도가 크게 나타났으며, 유형 간에는 1유형이 2, 3유형보다 각도가 크게 나타났다.

셋째, 고관절의 최대 각속도는 세 가지 유형 모두에서 남학생이 여학생보다 크게 나타났다. 남녀학생 모두 3유형, 2유형, 1유형 순으로 최대 각속도가 크게 나타났으며, 유형 간에는 3유형이 1유형보다 크게 나타났다.

넷째, 남녀 학생의 관절이 신전하는 각속도는 1, 2유형에서는 도약 시 고관절, 무릎관절, 발목관절 순서로 관절의 각속도의 크기가 나타났고, 3유형에서는 무릎관절과 고관절이 거의 같은 각속도를 가졌으며, 다음으로 발목관절 순서로 관절의 각속도의 크기가 나타났다.

다섯째, 각운동량의 기여도에 있어서 1유형에서는 남녀 모두 몸통, 팔, 대퇴, 하퇴, 발의 순서로 기여하는 것으로 나타났으며, 2유형과 3유형에서는 남녀 모두 몸통, 대퇴, 팔, 하퇴, 발 순서로 기여하는 것으로 나타났다.

2) 운동역학적 변인

첫째, 수직 상방향 최대 지면반력은 세 가지 유형 모두에서 남학생이 여학생보다 크게 나타났다. 남녀학생 모두 1유형, 2유형, 3유형 순으로 수직 상방향 최대 지면반력이 크게 나타났으며, 유형 간에는 1유형이 3유형보다 크게 나타났다.

둘째, 전후방향 최대 지면반력은 세 가지 유형 모두에서 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 유형 간에는 1, 2유형이 3유형보다 크게 나타났다.

이상의 결론을 종합해 보면, 먼저 운동학적 변인에서 여학생과 남학생이 고관절의 각도 및 각속도에서 차이를 보였다. 그러므로 여학생이 고관절의 굴신력을 더욱더 강화 시킬 필요가 있다고 사료된다.

남녀 모두 각운동량의 1유형에서는 팔의 각운동량의 비율이 대퇴의 각운동량에 비해 상대적으로 크게 나타났다. 이는 팔의 보다 빠른 각속도 때문으로 사료된다. 1유형에서 남자의 팔의 기여도에 비해 여자의 팔의 기

여도가 큰 것은 여자의 경우 고관절의 각근력이 남자에 비해 상대적으로 약해서 팔에 의존하는 경향이 크다고 할 수 있겠다.

다음으로 운동역학적 변인에서 지면반력은 남학생이 여학생보다 크게 나타났고, 이에 여학생은 남학생보다 관절에 대한 회전력을 높여 지면에 대한 반발력을 크게 할 필요가 있다고 사료된다.

따라서 이 연구는 성별에 따른 유형별 수직점프에 대한 이해의 폭을 넓힐 수 있게 함은 물론 수직점프를 보다 효율적으로 수행할 수 있는 역학적 기초자료로서의 역할과 체육교사의 교과 수업활동에 도움을 줄 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 김승권, 이상연 (1998). 수직점프의 유형별 운동역학적 분석. *자연과학대학논문집*, 1, pp. 319-326.
- 백종우(1996). 신장 차이가 수직점프의 수행력에 미치는 영향. 서울대학교 대학원 석사학위 논문.
- 신성훈(1999). 신장에 대한 하지장의 비율에 따른 수직점프 높이의 차이. 서울대학교 대학원 석사학위 논문.
- 예종이(1999). *생체역학*. 태근, pp. 183-185.
- 오정환(2001). 영상분석에 의한 수직점프의 생체역학적 분석. *한국체육교육학회지* 5(2), pp. 197-208.
- 윤희중, 이연중, 이경식, 유 실, 정남주(1997). 수직점프 수행시 두 발의 동시·비동시 스텝에 따른 운동학적 특성 분석. *체육과학연구소논문집* 16(1), pp. 11-20.
- 주명덕, 이기청(2001). *운동역학*. 대한미디어, pp. 126.
- Hay, J. G., & Miller, J. A. (1985). Techniques used in the transition form approach to take-off in the long jump, *International Journal of Sport Biomechanics*, 1(2).
- Heess, R. M. (1964). *The effects of arm position and angle of knee flexion on vertical jumping performance*, M. S. thesis, Pennsylvania state university park.

- Hudson, J. L. (1986). Coordination of segments in the vertical jump. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18(2), pp. 242-251.
- Payne, A. h., slater, W. J., & Telford, T. (1968). The use of a force platform in the study of athletic activities. *Ergonomics II*, pp. 23-143.
- Tveit, P. (1976). Variation in horizontal impulses in vertical jumps, *Biomechanics V-B*, pp. 81-86, Baltimore : university Park Press.
- 투 고 일 : 2006. 10. 30
심 사 일 : 2006. 11. 10
심사완료일 : 2006. 12. 20