

사범계 체육전공 대학생의 높이뛰기 기록에 영향을 미치는 운동역학적 변인 분석

조종희¹ · 주명덕²

¹한국교원대학교 대학원 체육교육과 · ²한국교원대학교 체육교육과

An Analysis of Kinetic Variables That Affect High Jump Record of Students Who were Majoring in Physical Education

Jong-Hee Cho¹ · Myung-Duck Ju²

¹Department of Physical Education, Graduate School of Korea National University of Education, Chung-Buk, Korea

²Department of Physical Education, Korea National University of Education, Chung-Buk, Korea

Received 29 January 2010; Received in revised form 10 February 2010; Accepted 27 March 2010

ABSTRACT

This study aims to comparatively analyze kinetic variables that affect high jump records and thus to provide the basic data for enhancement of physical education teachers' teaching skills and expertise. 10 students who were majoring in physical education in a college of education - five males and five females - were chosen for the experiment in which the 3D image analyzer and ground reaction force measuring unit were adopted. The kinetic variables of the groups, the characteristics and differences were analyzed, and the correlation between each variable and record in each group was examined. The results are as follows: As to the height of center of gravity from one step before stamping to landing, the vertical velocity of the center of gravity at take off, the vertical velocity of the limbs at take off, the angles of the hip joint and ankle joint of the jumping leg, it turned out that male were better than female. As to the angles of the hip joint and ankle joint of the lead leg, female recorded higher values than male. As to the maximum vertical ground reaction force, the maximum horizontal ground reaction force, the vertical impulse, it turned out that male were better than female.

Keywords : Correlation, Vertical Velocity, High Jump

I. 서론

높이뛰기는 중력에 대항하여 도구의 도움 없이 순수한 신체의 능력만으로 얼마나 높이 뛸 수 있는가를 겨루는 경기이다. 높이뛰기의 기록에 영향을 미치는 요인은 신체적 요인과 기술적 요인으로 나눌 수 있는데, 신체적 요인으로는 체격과 체력

을 들 수 있으며, 기술적 요인으로 효율적인 기술의 숙련도를 들 수 있다.

높이뛰기 기술의 세부단계는 시간적인 순서에 의해 도움닫기(approach-run), 발구름(take-off), 공중동작(bar clearance), 착지(landing)의 4단계로 분류할 수 있으며, 순차적인 역학적 인과 관계에 의하여 수행되어 진다(이진택, 윤희중, 류재균, 2002). 특히, 발구름(take-off)단계는 높이뛰기의 세부단계 중 가장 핵심이 되는 단계로서, 수직 속도와 수직 충격량의 크기가 기록에 직접적인 영향을 미친다(Ae, 1990; Dapena, 1980; Dapena, 1988; cker, 1976). 따라서 발구름 동작에서는 이륙시 신체중심

Corresponding Author : Jong-Hee Cho
Department of Physical Education, Korea National University of Education, 7 Darakri Gangnaemyeon Cheongwongun Chungbuk, Korea
Tel : +82-43-230-3488 / Fax : +82-43-232-8241
E-mail : volley40@lycos.co.kr

의 높이를 높게 하고, 수직 상승속도를 크게 해야 하며, 구름 발의 위치와 수평 속도를 조절하고, 공중동작 시 신체를 회전시키기 위한 각 운동량을 만들어야 한다(성낙준, 1991).

한편, 높이뛰기는 근력, 순발력, 민첩성, 협응력 등 의 다양한 체력요소가 요구되며, 성장기인 청소년들에게 매우 유익한 운동이라 할 수 있다. 이에 높이뛰기는 오래전부터 학교체육 교육과정에서 중요한 영역으로 자리매김해왔으며, 7차 교육과정에서는 중학교 2학년의 필수 종목으로 채택되기도 하였다. 하지만, 학교 현장의 시설 미비와 지도상의 어려움으로 실제 학교 현장에서 높이뛰기는 대부분의 체육교사들에게 수업 시기피중목으로 낙인 되어 왔다. 또한, 현재 학교 엘리트체육 시스템은 대부분의 학교에서 육상부를 의무적으로 육성하도록 하고 있으나, 전문적인 코치는 턱없이 부족한 상태이며, 대부분의 학교에서 체육교사가 직접 육상부 학생 선수들을 지도하고 있는 실정이다. 더욱이 전체 교사 중 여교사의 비율이 크게 증가하고 있는 학교현실에서 체육교사도 예외라고 할 수 없으며, 여교사의 경우 이러한 문제에 더욱 크게 직면하고 있다.

교육의 질은 교사의 질을 넘을 수 없다는 말처럼 교육에 있어서 교사의 교과지식은 매우 중요하다. 체육교과의 실기종목에서는 교사의 실기 능력이 곧 교육의 질을 결정하는 중요한 요소이다. 이에 이 연구는 앞으로 체육교사가 될 예비교사인 사범대에 재학 중인 체육전공 학생들을 대상으로 영상분석 장비와 지면반력기를 이용하여 높이뛰기 동작을 3차원으로 비교·분석하고, 남녀 각각의 높이뛰기 동작의 운동학적 및 운동역학적 특성과 기록에 영향을 미치는 변인을 규명하여 현장에서 학교 체육 및 육상선수 지도 시 체육교사들의 높이뛰기에 대한 실기 능력 및 전문성 신장을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

이 연구의 대상자는 충청북도에 소재하고 있는 사범대 체육교육과에 재학 중인 남녀 대학생 각 5명씩 총 10명으로 하였으며, 대상자의 특성은 다음과 같다.

Table 1. Participant Information

Participant	Age(yrs)	Height(cm)	weight(kg)	Record(cm)
Male	<i>M±SD</i> 21.6±0.5	177.0±3.5	72.4±3.5	160±0.03
Female	<i>M±SD</i> 22.2±0.8	165.6±5.1	53.6±4.9	132±0.08

2. 실험도구

이 연구에서 사용된 실험도구는 <Table 2>와 같다.

Table 2. Experimental Protocols

	Designation	Model	Quantity	Manufacturing
	high speed video camera	X-PRI 676 X-PRI 677	2	AOS technologies AG
Image Capture	capture program	AOS imaging studio V2.5.3.3	1	AOS technologies AG
	Control Object	Control points box (2m×2m×1m)	1	Visol Co.
GRF	Force Plate	AMTI-4684	1	AMTI Co.
Data Analysis	Motion Analysis Program	Kwon 3D XP	1	Visol Co.
	Data Analysis Program	EXCEL 2007	1	Microsoft Co.

3. 실험절차

이 연구를 위한 실험은 촬영에 필요한 3차원 영상장비인 고속카메라와 지면반력기 등 실험장비가 갖추어진 체육관에서 실시하였고 실험 절차는 먼저 공간 좌표의 설정을 통해 통제점 틀을 연구 대상자들의 높이뛰기 동작을 완전히 포함하는 범위에 설치하였으며, 진행방향을 중심으로 X축은 좌·우, Y축은 전·후, Z축은 상·하로 하여 높이뛰기 동작 전 과정에 걸쳐 마커관찰이 가장 용이한 2곳에 고속카메라를 설치하였고, 카메라 촬영속도는 120 frames/sec로 하였다. 실험 공간을 카메라로 5프레임 이상 촬영한 후 통제점 틀을 제거 하였고, 실험에 들어가기 전에 연구자는 연구 대상자들에게 실험의 목적과 방법을 정확하고 세심하게 교육하여 성실히 실험에 임할 수 있도록 하였다. 실험 도구의 배치를 완료하고 각 피험자의 신체적 특성을 측정하고, 피험자의 상해예방과 최적의 동작 수행을 위해 충분한 준비운동과 높이뛰기 사전연습을 실시하였다. 신체관절 중심점의 좌표화 및 추적을 위해 피험자의 관절점에 반사마커를 부착하고 지면반력기위에 올라가 체중을 측정한 다음, 해부학적 자세를 취한 상태에서 1초간 static trial 을 1회 촬영한 후, dynamic trial을 3회 촬영하였다. 이때, 3회의 도전 기록은 각 피험자의 연습 중 평균 기록부터 시작하여 성공 시 다음 시기에는 도전 기록을 올리고, 실패 시 다음 시기에 기록을 낮추어 실시하였다. 피험자는 모두 같은 방향으로 뛰었으며, 총 30개의 trial 중 실패 한 trial은 제외하고 성공한 시기의 자료 중 영상에 문제가 없는 16개의 trial을 분석 대상으로 하였다. 카메라와 지면반력기의 동조를 위해 동조용 타이머(LED)를 촬영범위에 설치하였으며, 지면반력 데이터는 1000 Hz로 샘플링하였다.

4. 구간(event)과 국면 설정

높이뛰기 동작을 분석하기 위해 본 연구에서는 다음과 같이 구간(event) 및 국면(phase)을 설정하였다.

Table 3. Height of COG (unit: m)

		ITD	TD	TO	PH
Male	<i>M</i>	0.92	0.92	1.23	1.61
	<i>±SD</i>	±0.02	±0.02	±0.01	±0.06
Female	<i>M</i>	0.86	0.85	1.09	1.31
	<i>±SD</i>	±2.70	±1.07	±1.08	±4.14
<i>t</i> -value		3.82** (.41)	5.75** (1.49)	11.43** (7.29**)	9.09** (5.43**)

p*<.05 *p*<.01

ITD : Touchdown last stride

TD : Touchdown

TO : Takeoff

PH : Peak height

() : COG-to-Height ratio(unit: %)

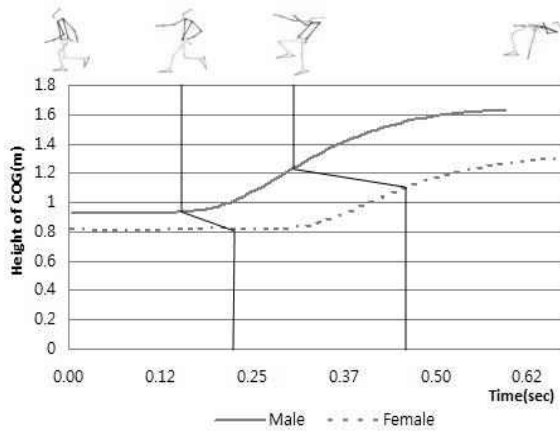


Figure 3. Height of COG

Table 4. Vertical Velocity of COG (unit: m/s)

		TD	TO	MAX
Male	<i>M±SD</i>	0.10±0.33	2.66±0.36	2.71±0.38
Female	<i>M±SD</i>	0.01±0.31	1.93±0.33	1.99±0.33
<i>t</i> -value		.57	4.23**	4.08**

***p*<.01

TD : Takedown

TO : Takeoff

MAX : Maximum vertical velocity

도는 발구름 이지 시의 수직속도와 최대수직속도가 남학생이 여학생보다 크게 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 발구름 동안 수직상승거리가 남학생이 여학생보다 크게 나타남으로써 발구름 착지 시의 수직속도는 큰 차이가 없으나 발구름 이지 시의 수직속도에서는 매우 큰 차이를 보였다.

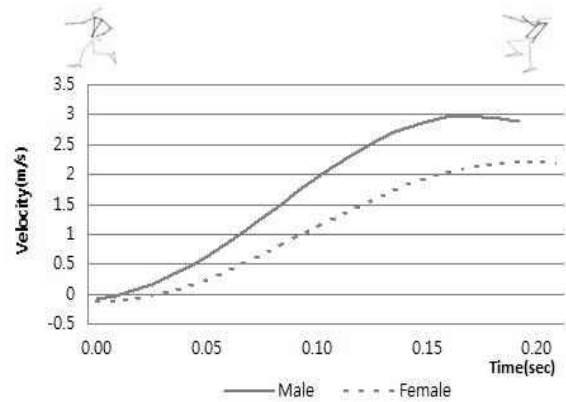


Figure 4. Vertical Velocity of COG

3. 신체분절 수직속도

신체분절의 수직속도는 오른쪽 상지, 왼쪽 상지, 추진다리, 구름다리의 수직속도를 분석하였다.

Table 5. Vertical Velocity of Right Arm (unit: m/s)

		TD	TO	MAX
Male	<i>M±SD</i>	0.33±1.37	2.65±0.34	3.27±0.46
Female	<i>M±SD</i>	-0.82±1.33	1.56±0.87	2.29±1.14
<i>t</i> -value		1.70	3.30**	2.25

***p*<.01

Table 6. Vertical Velocity of Left Arm (unit: m/s)

		TD	TO	MAX
Male	<i>M±SD</i>	-0.77±1.27	3.88±0.34	4.89±0.75
Female	<i>M±SD</i>	-1.06±0.90	2.45±0.87	3.90±0.97
<i>t</i> -value		.54	4.36**	2.26*

p*<.05 *p*<.01

Table 7. Vertical Velocity of Lead Leg (unit: m/s)

		TD	TO	MAX
Male	<i>M±SD</i>	0.60±0.38	3.72±0.31	3.83±0.34
Female	<i>M±SD</i>	0.33±0.27	3.14±0.59	3.18±0.55
<i>t</i> -value		1.68	2.48*	2.84*

**p*<.05

Table 8. Vertical Velocity of Jumping Leg (unit: m/s)

		TD	TO	MAX
Male	<i>M±SD</i>	-0.26±0.12	2.57±0.22	2.57±0.22
Female	<i>M±SD</i>	-0.17±0.17	2.13±0.18	2.13±0.18
<i>t</i> -value		-1.25	4.41**	4.41**

***p*<.01

TD : Takedown

TO : Takeoff

MAX : Maximum vertical velocity

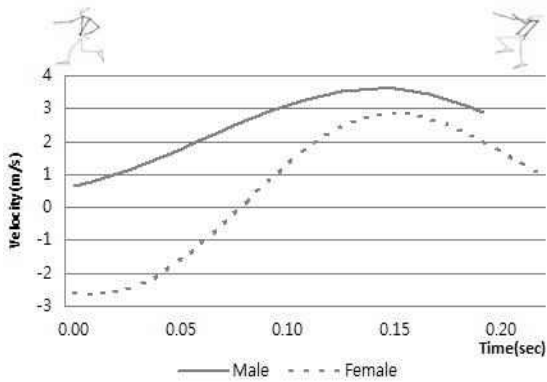


Figure 5. Vertical Velocity of Right Arm

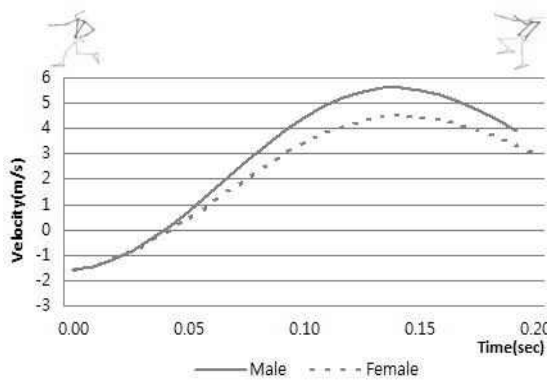


Figure 6. Vertical Velocity of Left Arm

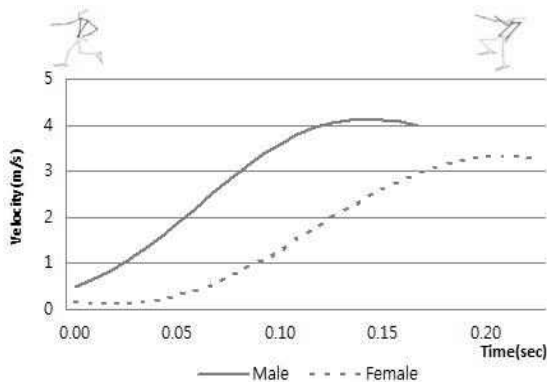


Figure 7. Vertical Velocity of Lead Leg

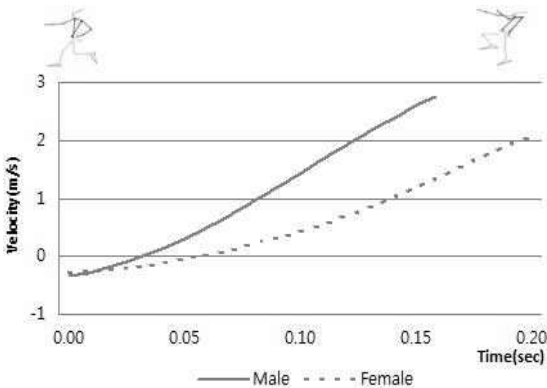


Figure 8. Vertical Velocity of Jumping Leg

오른쪽 상지의 수직속도는 발구름 이지 시에 남학생이 여학생보다 크게 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

왼쪽 상지의 수직속도는 발구름 이지 시의 수직속도와 최대수직속도가 남학생이 여학생보다 크게 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

발구름 착지 시에 양팔이 대체적으로 하방수직속도를 나타내고 있는데, 이는 지면반력의 감소를 가져오며 발구름 초기에 대퇴 신근에 가해지는 커다란 부하를 완충시켜 주게 된다 (Dapena & Chung, 1988).

발구름 동안 양팔의 속도증가량은 바에서 가까운 팔인 오른쪽이 남학생 2.32 m/s, 여학생 2.37 m/s, 바에서 먼 팔인 왼쪽이 남학생 4.65 m/s, 여학생 3.51 m/s로 바에서 먼 팔이 가까운 팔보다 활동도가 크다고 한 Dapena, Feltner와 Bahamonde(1986), 성낙준(1991)의 선행연구와 일치하였다.

추진다리의 수직속도는 발구름 이지 시와 최대수직속도가 남학생이 더 크게 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다.

양팔과 추진다리의 상방 추진동작은 그 반작용력이 몸통과 발구름 다리를 통하여 지면에 전달되며 지면에 가해지는 수직력을 증가시키게 된다(성낙준, 1991). 따라서 양팔과 추진다리의 수직속도가 남학생이 여학생보다 크게 나타남으로 인해 남학생과 여학생의 수직지면반력의 차이를 내는 주요 요인으로 작용한 것으로 판단된다.

구름다리의 수직속도는 발구름 이지 시에 남학생이 여학생보다 크게 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 발구름 착지 시에 구름다리의 수직속도는 남녀 모두 하방으로 작용하였는데, 이는 착지 시 구름다리의 수직속도가 모두 +값으로 나타난 성낙준(1991)의 연구 결과와 상반된 결과로써, 발구름 전반기에 구름다리가 상승하지 못하고 하강하는 것으로 보이며, 이에 대한 기술적 보완이 필요한 것으로 판단된다.

4. 수직지면반력

발구름의 최대수직지면반력은 남학생 평균 3.92 ± 0.59 N/kg, 여학생 평균 3.06 ± 0.41 N/kg로 나타났고, 전체 발구름 시간 중 최대수직지면반력이 발생한 비율은 남학생 평균 $39.38 \pm 12.36\%$, 여학생 평균 $42.63 \pm 18.28\%$ 인 것으로 나타났다. 최대수직지면반력은 남학생이 여학생보다 높게 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 전체 발구름 시간 중 최대수직지면반력이 발생한 시점은 남학생이 여학생보다 약간 빠르게 나타났는데, 이는 남학생이 발구름 초기에 구름다리 신근근들의 이심성 수축이 더 빠르게 이루어지기 때문인 것으로 판단된다.

Table 9. Vertical Ground Reaction Force (unit: N/kg)

		MAX	MAX%
Male	<i>M±SD</i>	3.92±0.59	39.38±12.36
Female	<i>M±SD</i>	3.06±0.41	42.63±18.28
F-value		3.39**	.42

***p*<.01

MAX : Peak vertical GRF

MAX% : Time at Peak vertical GRF-to-takeoff time ratio

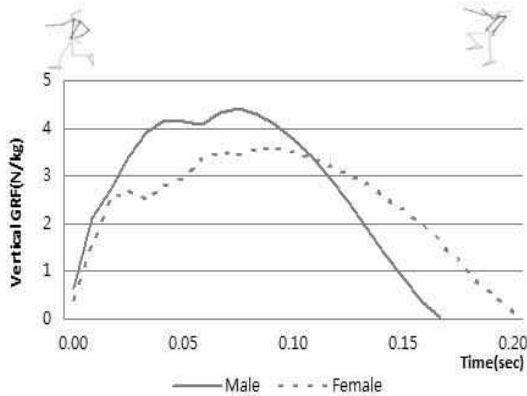


Figure 9. Vertical Ground Reaction Force

5. 운동학 및 운동역학적 변인과 기록 상관관계

체육전공 사범계 대학생의 높이뛰기 기록에 영향을 미치는 운동학 및 운동역학적 변인을 규명하기 위해 기록과 각 변인 간의 집단별 상관분석을 실시하였다.

1) 신체중심의 수평속도

성낙준(1991)은 신체중심의 수평속도는 도약의 높이가 높아 질수록 빨라지는 경향(*r*=.80)을 나타내고 있으며, 이는 도약 높이를 증가시키기 위해서는 빠른 도움 단기를 이용할 수 있어야 함을 뜻하는 것이라고 하였다. 이 연구에서는 남학생의 경우 신체중심의 전후속도가 기록과 높은 상관(*r*=.72, *p*<.05)을 보였으나, 여학생의 경우 신체중심의 수평속도와 도약 높이와의 관계가 유의하지 않은 것으로 보아(*r*=.65) 여학생이 남학생에 비해 발구름 동작이 미숙하여 도움단기 동작에서 얻어진 수평속도를 수직속도로 전환하는 과정이 효과적이지 못한 것으로 판단된다.

2) 신체중심의 수직속도

신체중심의 수직속도와 기록 간의 관계는 발구름 착지 시에는 남녀 모두 유의한 상관을 보이지 않았고, 발구름 이지 시에는 여학생(*r*=.77, *p*<.05)이 높은 상관을 보여 선행연구의 이륙시의 수직 속도는 기록과 매우 높은 상관(*r*=.91)을 나타낸다는 결과(성낙준, 1991)와 일치하였으나, 남학생은 유의한 상관을 보이

지 않는데, 이는 남학생의 경우 발구름 이후 공중동작의 미숙으로 기록에서 다소 손해를 본 피험자가 있는 것으로 생각된다.

한편, Dapena(1980), Dapena(1986), 성낙준(1991)은 발구름 시 수평속도를 감소시키는 것과 수직속도를 증가시키는 것은 상호 종속적인 관계가 있는 것으로 보고하고 있는데, 이 연구에서는 남학생의 경우 두 변인 간의 높은 상관을(*r*=.83, *p*<.05) 나타냈으나, 여학생의 경우 두 변인 간의 관계가 유의하지 않은 것으로 나타나 남학생에 비해 여학생이 수평속도를 수직속도로 효율적으로 전환하지 못하는 것으로 보인다.

3) 상지의 수직속도

오른쪽 상지의 수직속도와 기록 간의 관계는 남학생은 발구름 착지 시의 수직속도가 높은 상관(*r*=.80, *p*<.05)을 나타냈으며, 여학생은 발구름 이지 시의 수직속도가 높은 상관(*r*=.74, *p*<.05)을 나타냈다.

또한, 왼쪽 상지의 수직속도와 기록 간의 관계는 남학생은 발구름 착지 시의 수직속도가 높은 상관(*r*=.75, *p*<.05)을 나타냈으며, 여학생은 발구름 이지 시의 수직속도가 높은 상관(*r*=.88, *p*<.01)을 나타냈다.

남학생의 경우 발구름 착지 시에 나타나는 양쪽 상지의 하방 수직속도가 작을수록 지면반력의 손실이 적게 나타나 기록에 영향을 미치는 것으로 판단되며, 여학생의 경우 발구름 이지 시의 양쪽 상지의 상방 추진 동작이 수직력을 증가시키는데 효과적으로 작용하는 것으로 판단된다.

4) 하지의 수직속도

추진다리의 수직속도는 남학생의 착지 시에 기록과 높은 상관(*r*=.78, *p*<.05)을 보였다.

구름다리의 수직속도와 기록 간의 관계는 여학생은 유의하지 않은 것으로 나타났으나, 남학생은 이지 시에 높은 상관(*r*=.71, *p*<.05)을 나타냈다. 남학생의 발구름 착지 시 추진다리의 수직속도가 기록과 높은 상관을 보이고, 이지 시에는 구름다리의 수직속도가 높은 상관을 나타내는 것으로 보아 착지 시에는 추진다리의 상방 추진동작이 크게 작용하다가 이지 시에 그 작용력이 감소하면서 대신 구름다리의 상방 추진이 유효하게 작용하는 것으로 판단되며, 여학생의 경우 양쪽 다리의 수직속도와 기록 간의 관계가 유의한 상관이 없는 것으로 나타나 하지의 추진동작이 수직력을 증가시키는데 효율적으로 작용하지 못한 것으로 판단된다.

5) 지면반력

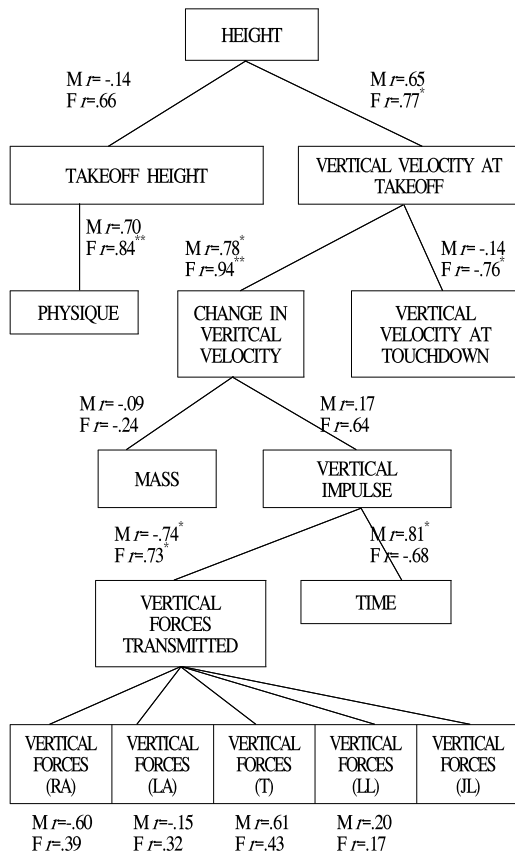
최대수직지면반력과 기록 간의 상관관계는 남학생(*r*=.75, *p*<.05)과 여학생(*r*=.94, *p*<.01) 모두 높은 상관을 보였으며, 최

대수평지면반력은 남학생의 경우 높은 상관($r=.72, p<.05$)을 나타냈으며, 여학생의 경우 유의한 상관을 보이지 않았다. 남학생의 경우 발구름 시 수평속도를 수직속도로 전환하기 위한 브레이크 작용으로 지면반력이 후방으로 크게 작용하였으며 기록에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

Table 10. Correlations between Record and Variables

Variable	Record		Variable	Record	
	Male	Female		Male	Female
COG horizontal velocity	.72*	.65	Lead leg vertical velocity	.78*	.36
COG vertical velocity	.65	.77*	Jumping leg vertical velocity	.71*	-.14
Right arm vertical velocity	.80*	.74*	vertical GRF	.75*	.94**
Left arm vertical velocity	.75*	.88**	Horizontal GRF	.72*	-.30

* $p<.05$ ** $p<.01$



* $p<.05$ ** $p<.01$

RA : Right Arm
LA : Left Arm
T : Trunk
LL : Lead Leg
JL : Jumping Leg

Figure 10. Correlations of Variables

6. 운동학 및 운동역학적 변인 간의 상관관계

체육전공 사범계 대학생의 높이뛰기 기록에 영향을 미치는 운동학 및 운동역학적 변인을 분석하여 각 변인 간의 집단별 상관관계를 알아보기 위하여 Hay와 Reid(1982)이 제시한 높이뛰기 모델을 이용하여 변인 간 상관분석을 실시하고 <Figure 10>과 같이 제시하였다.

Dapena et al.(1986)은 발구름 시 수직속도 생성에 기여하는 정도가 양팔이 7.3%, 몸통이 4.9%, 추진다리가 2.5%라고 하였다. 이 연구에서 수직지면반력과 각 신체분절의 수직 힘 간의 상관관계를 분석한 결과, 구름다리의 수직 힘에서 남학생은 매우 높은 상관($r=.92, p<.01$)을 나타냈고, 여학생은 유의한 상관이 없는 것으로 나타났으며, 그 외 다른 신체분절의 수직 힘과 수직지면반력의 관계는 모두 유의한 상관이 없는 것으로 나타났다. 이는 피험자의 질량이 수직속도의 변화량에 영향을 미치지 않는 것으로 보아 질량에 의한 힘의 증가 보다는 각 신체분절을 빠르게 끌어올려 수직가속도를 빠르게 하는 것이 수직력을 증가시키는데 더 효율적인 것으로 판단된다.

수직지면반력과 수직충격량의 관계는 남학생은 높은 부적 상관($r=-.74, p<.05$)을 나타냈으며, 여학생은 높은 정적상관($r=.73, p<.05$)을 보였다. 발구름 시간과 수직충격량 간의 관계는 남학생은 높은 상관($r=.81, p<.05$)을 나타냈고, 여학생은 유의한 상관을 보이지 않았다. 남학생의 수직충격량이 수직지면반력과 부적상관을 보인 이유는 기록이 높은 학생은 강한 지면반력으로 짧은 시간동안 발구름을 하여 효율적으로 발구름 동작이 이루어진 반면, 기록이 낮은 학생은 발구름 시간이 필요 이상으로 길어져 충격량은 높게 나왔지만 오히려 수직상승력의 저해요인으로 작용한 것으로 사료된다. 반면 여학생은 모두 발구름 시간이 비슷하게 나타나 수직지면반력이 수직충격량에 큰 영향을 미친 것으로 보인다.

신체중심 수직속도의 변화량과 수직충격량과의 관계는 남녀 모두 유의한 상관을 보이지 않았다.

이륙 시 수직속도와 발구름 동안 신체중심 수직속도의 변화량 간의 관계는 남학생($r=.78, p<.05$), 여학생($r=.94, p<.01$) 모두 높은 상관을 보였으며, 이륙 시 수직속도와 발구름 착지 시 수직속도의 관계는 남학생은 유의한 상관을 보이지 않았고, 여학생은 높은 부적상관($r=-.76, p<.05$)을 보였다.

이륙 시 신체중심의 높이와 체격과의 관계는 남학생은 유의한 상관이 없었으나, 여학생은 높은 상관($r=.84, p<.01$)을 보였다. 즉, 남학생은 신장의 영향을 받지 않는 것으로 나타났고, 여학생은 신장의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

기록과 이륙 시 수직속도 간의 관계는 남학생은 유의한 상관을 보이지 않았고, 여학생은 높은 상관($r=.77, p<.05$)을 나타냈으며, 기록과 이륙 시 신체중심의 높이 간의 관계는 남녀 모두 유의한 상관을 보이지 않았다.

V. 결론

도움닫기를 통해 얻어지는 수평속도는 남학생의 경우 기록에 영향을 미치며, 발구름 시 수평속도의 감소량은 수직속도의 증가량과 상호 종속적인 관계이나, 여학생은 수평속도가 기록이나 수직속도 증가에 영향을 미치지 않았다. 이는 수평지면반력이 기록과 유의한 상관이 없는 것으로 보아 여학생의 발구름 시 수평속도를 줄이기 위한 브레이크 작용이 효과적으로 작용하지 못한 것으로 생각되며, 발구름 시 효과적으로 수평속도를 감소시키고 수직속도를 증가시키기 위해서는 발구름 착지 시 상체를 후방으로 기울여 후경각을 크게 하고 무게중심과 구름발의 착지점과의 수평거리를 길게 해야 할 것으로 생각된다.

발구름 동안 신체중심의 수직상승거리가 남학생이 여학생보다 크게 나타남으로 인해 이륙 시 신체중심의 수직속도가 남학생이 더 크게 나타났으며, 이는 남녀 간 기록의 차이에 결정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다. 각 신체분절의 수직속도 역시 남학생이 여학생보다 크게 나타남으로써 남녀 간 신체중심 수직속도의 차이에 기여하는 것으로 보인다.

남학생의 경우 양쪽 상지가 발구름 착지 시부터 상방으로 추진되는 경향이 있는데 수직상승력을 증가시키기 위해서는 발구름의 전반기에는 양쪽 상지가 하방으로 작용하였다가 후반기에서 빠르고 강하게 상방 추진을 하는 것이 더 효율적인 것으로 생각된다.

여학생의 경우 추진다리의 상방 추진동작을 발구름 전반기에 더 빠르고 강하게 해야 하며, 구름다리의 신전 속도를 증가시켜 발구름 시간을 짧게 하고 수직력을 증가시켜야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

- 성낙준(1991). 포스베리 높이뛰기의 발구름 동작에 관한 운동역학적 분석. 미간행 박사학위논문. 서울대학교 대학원.
- 이진택, 윤희중, 류재균(2002). 남자 높이뛰기 마지막 3보와 발구름 동작의 운동학적 분석. **한국체육학회지**, 41(4), 591-599.
- 이진택(2003). 높이뛰기 우수선수과 일반선수의 도움닫기 경로에 대한 비교분석. **한국체육학회지**, 42(6), 985-993.
- Abdel-Aziz, Y. I., & Karara, H. M.(1971). Direct linear transformation from comparator coordinates into object coordinates in close-range photogrammetry, Urbana Illinois. 1-19. Falls Church, VA : *American Society of Photogrammetry*.
- Ae, M.(1990). 주고도와 주폭도의 답철시 신체 각부의 공헌도. *Japanese Journal of Sports Science*, 9(3), 130-136.
- Bothmischel, V. E.(1990). Model characteristics of the high jump run-up. *Modern Athlete and Coach*, 28(4), 3-6.
- Conrad, A., & Ritzdorf, W.(1990). Scientific research project at the games of the XXIth olympiad : Biomechanical analysis of the high jump. *New Studies in Athletics*, 1, 177-217.
- Dapena, J.(1980). Mechanics of translations in the fosbury flop. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12(1), 37-44.
- Dapena, J., Feltner, M., & Bahamonde, R.(1986). *Biomechanical of High Jump #5(men)*. Report for scientific services project(USOC/TAC).
- Dapena, J., & Chung, C. S.(1988). Vertical and radial motion of the body during the take-off phase of high jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(2), 290-302.
- Dapena, J.(1988). Biomechanical analysis of the Fosbury Flop, Part I. *Track Technique*, 104, 3307-3317.
- Doherty, K.(1980). *Track and Field Omnibook* New york : Tafnews Press.
- Ecker, T.(1976). *Track and field - technique through dynamics*. Tafnews Press, Los Altos, Ca.
- Hackett, B.(1987). The high jump approach. *Track & Field Quarterly Review*, 87(4), 33-35.
- Hay, J. G., & Reid, J. G.(1982). *The Anatomical and Mechanical Bases of Human Motion* : Englewood Cliffs, N. J. Prentice Hall, Inc.
- Hay, J. G.(1985). *The Biomechanics of Sports Techniques(3rd ed)*; Englewood cliffs, Nj.; prentice Hall, Inc.
- Johnston, D.(1988). The Speed/Power Flop - is it a natural?. *Track & Field Quarterly Review*, 88(4), 19-22.
- Muraki, Y.(1984). Fundamentals of approach running & takeoff. *Track Technique*, 89, 2843-2845.
- Reid, P.(1986). Approach and take-off for the back lay-out high jump. *NSCA Journal*, 8(1), 5-9.