



## 남자 대학 세단뛰기 선수들의 충격력과 운동학적 변인 분석

### Analysis of Impulse Force and Kinematic Variable to the University Male's Triple Jumpers

류재균 · 여홍철\* (경희대학교)

Ryu, Jae-Kyun · Yeo, Hong-Chul\* (Kyung Hee University)

---

#### 국문요약

본 연구의 목적은 대학 세단뛰기 선수들의 각 지지국면에서 충격력과 운동학적 변인을 조사하는 것이다. 실제 경기 상황을 촬영하였고 경기력이 올림픽 B기준을 통과한 선수를 대상으로 영상분석 방법을 이용하여 자료를 산출하였다. 본 연구의 결과는 스텝 이륙과 착지 평균 거리가 홉과 점프의 이륙과 착지 거리보다 더 긴 것으로 조사되었다. 홉 이륙거리를 길게 하고 스텝의 착지거리를 줄여야 하는 것으로 조사되었다. 세단뛰기 각 국면에서 이륙과 접지순간에 나타나는 평균 신체중심의 높이 변화 패턴은 이륙순간에 medium-low-high이었고 접지순간에는 홉과 스텝이 동일한 패턴 이었다. 홉의 도약각도는 선행연구 보다 2도 더 높은 것으로 나타났고, 평균 충격력은 수평방향으로 체중에 약 0.6배에서 0.7배 범위에 있었고 수직방향으로는 약 2.8배에서 3.0배의 범위에 있는 것으로 나타났다.

#### ABSTRACT

J. K. RYU, and H. C. YEO, *Analysis of Impulse Force and Kinematic Variable to the University Male's Triple Jumpers*. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol. 18, No. 4, pp. 209-216, 2008. The purposes of this study were to describe the techniques used by the university male's triple jumpers and to examine the characteristics of the kinematic and the kinetic factors of the three phases of a triple jump. The subjects were the five finalists with 16.70m over in the triple jump at the 2003 World Student Games.

After analyzing the kinematic and the kinetic data during the whole triple jump, the following findings are obtained: The heights of the center of gravity of takeoff and touchdown for the three phases of the triple jump were medium-low-high pattern and the same height pattern as hop and step, respectively. Mean values for the average forces exerted on the subjects ranged from 0.6 to 0.7 times body weight to the horizontal direction and about 2.8 to 3.0 times body weight to the vertical direction.

KEYWORDS : TECHNIQUE, HOP-DOMINATED, BALANCED, PATTERN, AVERAGE FORCE

---

## I. 서론

세단뛰기의 기록에 영향을 미치는 가장 큰 변인은 도움닫기 수평속도이지만, 구름판을 이륙하여 두 번의 착지 시 신체자세와 발구름 동작은 달려온 수평속도를 모래사장 착지순간까지 연장시킬 수 있는 중간 매개체 역할을 하기 때문에 성공적인 세단뛰기를 수행하기 위해서 중요한 변인이다(류재균, 2006). 이를 위해 Fukushima, Imoto, Kobayashi & Miyashita(1981), Hay(1994, 1995, 1997, 1999), Larkins & Ramey(1994), Miller & Hay(1986) Yu(1999), 류재균, 김창환, 김혜영(2000), 류재균, 윤희중(2001)과 같은 연구자들은 세단뛰기 경기력 향상과 관련하여 수평·수직속도와 도약 각도 및 신체 중심의 높이 그리고 분절의 각도 요인이 기록에 영향을 미치는 효과와 같은 운동학적 변인들을 연구해 왔다. 이들에 의하면, 홉, 스텝, 점프로 있어서 수평속도의 감속도를 최소화 시키고 수직속도를 크게 하기 위해 도움닫기와 발구름 시 신체중심의 위치와 도약 각도, 착지와 이륙에서의 자세각이 중요하다고 강조하였으며, 이를 통해 이상적인 자세를 제시하려고 노력하였다.

Hay(1995, 1999)는 세단뛰기 선수들의 기록 향상을 위해 홉, 스텝, 점프거리의 효율적이고 이상적인 국면 거리 분배를 위한 기술 유형으로 홉을 가장 멀리 뛰는 홉 위주(hop-dominated)기술, 점프를 가장 길게 뛰는 점프 위주(jump-dominated)기술 그리고 홉과 점프를 강조한(balanced)기술로 분류하였다. 홉 위주 기술은 전체 국면비에서 점프 국면 비율 보다 2% 크고, 점프 위주 기술은 홉 국면 비율보다 2% 크고, 발란스 기술은 홉 국면과 점프 국면의 비율이 2% 차이 내에서 있는 기술이라고 보고하였다. 그러나 세 가지 세단뛰기 기술 유형이 반드시 갖추고 있어야 하는 것은 빠른 속도로 운동하고 있는 신체를 운동 방향으로 더 추진시키기 위해 각 국면별 지지단계에서 신체중심의 이동 속도와 지면에 발구름하는 발과 더불어 팔 스윙 동작과 자유로운 다리를 전상방향으로 차는 타이밍이라는 상호작용과 지지시간의 단축이라고 하는 조건 하에서 변화시켜야 하며, 이를 위해서는 발구름에서 큰 힘을 발생시킬 필요가 있다. 특히 오늘날 세단뛰기에서 강조되고 있는 것

은 도움닫기 수평속도와 힘을 세단뛰기 운동수행에 연결시킬 수 있는 동작이 무엇보다 중요하게 부각되고 있다. 그러나 세단뛰기는 멀리뛰기나 높이뛰기와 달리 홉, 스텝, 점프로 세 번의 발구름 동작을 수행하기 때문에 세 번의 발구름 국면에서 수평속도를 유지함과 동시에 이륙에서는 큰 수직속도를 내야 하기 때문에 발구름 시 지면에 가해지는 충격력이 크게 작용해야 한다.

Perttunen, Kyrolainen, Komi & Heinonen(2000)에 의하면, 수평속도에 있어서 감속도를 최소화 시킨 상태에서 높은 충격력을 발휘해야 하는 것으로 보고하였는데, 스텝 동작에서 수직력과 수평력이 가장 크게 발휘되는 것으로 보고하였다. Ramey & Williams(1985), Jin(1989)의 연구에서도 착지 시 수직력은 제이구간에서 최대 7.0-14.2 B.W를 보였고, 이륙구간에서는 최대 3.3-5.0 B.W를 발휘하는 것으로 나타났고, 제이력과 추진력을 나타내는 수평방향의 힘은 최대 2.6-3.0 B.W를 발휘하는 것으로 보고하면서, 세단뛰기는 지면반력의 크기와 타이밍이 높은 상호작용 효과가 있는 것으로 보고하면서, 발구름 동작에서 힘 발휘의 중요성을 강조하였다.

국내 선행연구에 있어서 속도, 국면비, 거리, 신체중심의 높이, 도약각 등과 관련된 운동학적 분석이 주를 이루어져 왔으며, 류재균, 김창환, 김혜영(2000)은 2차원 영상기법으로 국내 엘리트 선수들의 세단뛰기 홉 구간을 운동학적으로 분석하고 수학적 모형을 통한 측정오차를 조사하였고, 조필환과 김갑선(2000)은 세단뛰기에 대한 숙련자와 미숙련자간의 운동학적 비교 분석에서 각 지지구간의 시간을 단축시키고 수평속도의 감소를 줄이면서 수직속도를 증가시켜야 하고, 경기력 향상을 위해 각 국면에서 수평속도에 기여하는 각속도를 증가시켜야한다고 보고하였다.

류재균(2006)은 세단뛰기 운동학적 운동역학적 분석이라는 연구에서 팔 동작에 의한 신체중심의 수평속도 변화에 대한 공헌도가 각각 25%, 25%, 30%이고 자유로운 다리의 동작에 의한 신체중심의 수평속도 변화에 대한 공헌도는 홉과 스텝에서 각각 42%, 37%이며 홉, 스텝, 점프에서 수직속도의 증가는 각각 14%, 23%, 19%라고 보고하였다. 이상의 선행연구들에서 제시하고 있는 것은 운동학적 분석을 통한 기록과의 관계를 분석하였고, Perttunen, et al.(2000)이 보고한 것처럼 발

구름 시 수평속도의 감속도를 최소화 시킨 상태에서 높은 충격력을 발휘해야 하는 것으로 보고하였지만, 발구름 동작에서 충격력과 관련된 정량적 연구는 미흡한 실정에 있다. 이처럼 정량적 연구가 미흡한 것은 발구름 동작에서의 역학적 분석은 실제 경기상황에서 불가능한 조건을 가지고 있기 때문에, 선행연구들에 있어서도 영상분석을 통한 힘을 간접분석(indirect analysis)을 통해 보고해왔다(Hay & Miller, 1985; Hay, 1992).

따라서 이 연구는 홑, 스텝, 점프 국면에서 발구름 시 충격력을 분석하여, 충격력의 크기에 국면비와, 스텝, 홑, 점프 순의 충격력을 보인 선행연구와 비교하는데 있다. 뿐만 아니라 국내에서도 세단뛰기 연구는 실험적인 방법과 실제 경기상황을 통한 영상분석이 주를 이루고 있으나 선수들의 경기력 차가 있는데도 기록별로 분류하지 않고 하나의 통합된 자료로 분석하여 기록별 선수들의 고유한 특성을 밝혀 내지 못하고 있는 실정이다. 결과적으로 시합 상황에서의 종적인 연구와 더불어 국내에서 개최되는 국제 경기 자료를 기록별로 분류하고 경기력이 우수한 선수들과 그렇지 못한 선수들의 경기 기록을 그룹화 하여 경기력이 비슷한 선수들이 가지고 있는 운동학적 운동역학적 특성을 조사할 필요가 있다.

이 연구의 목적은 실제 경기상황에서 올림픽 B기준 기록을 통과한 선수들을 대상으로 발구름 구간에서의 충격력을 분석하고, 각 국면에서의 운동학적 변인을 조사하는데 있다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

이 연구의 피험자는 2003년 대구 유니버시아드대회 결승에 진출한 남자 세단뛰기 5명의 선수들로 올림픽 B기준기록을 통과한 선수를 연구대상으로 하였다. 피험자와 기록은 <표 1>과 같다.

### 2. 실험설계

이 연구에서는 Sony DCR-VX2000 비디오카메라 3대와 Kwon3D 3.1 영상분석용 프로그램이 사용되었다. 3대의 비디오카메라는 60fields/sec의 프레임 속도와 셔터노출 시간 1/1000로 피험자들의 운동수행과 통제 점을 촬영하였다. 각 카메라들은 관중석에 설치하였으며, 카메라 #1은 운동방향의 우측에, 카메라 #2는 조주로의 측면에, 카메라 #3은 조주로의 뒤쪽 측면에 설치하여 촬영 범위가 서로 겹치도록 하였다. 카메라의 촬영구간은 피험자가 구름판에서 도약하기 전 마지막 3보에서부터 모래사장 안에 양발이 착지할 때까지로 총 25m 50cm로 설정하였다. 실 공간좌표 설정을 위하여 길이 2m와 3m의 range poles를 조주로와 모래사장 양쪽에 수직이 되도록 각각 4개의 range poles를 세웠다. range poles는 구름판을 기준으로 조주로에서 8m 떨어진 조주로 위에 2m range pole를 설치하였고, 구름판에서 세단뛰기 홑, 스텝동작이 수행되는 구간에는 3m range pole를 12m 지점에 설치하였다. 이후 모래사장 안까지 5.50m 간격으로 2m range pole를 설치하였다. 28개의 통제점을 디지털이징한 오차는 2.4cm로 총 거리에 0.001%의 측정오차를 보였다.

표 1. 피험자 신체적 특성과 기록

피험자(시기)	국가(Ctry)	신장(cm)	체중(kg)	나이(yr)	공식기록(m)	순위
1.GU Junjie(2)	CHN	191	75	18	16.71	1
2.GU Junjie(6)					16.90	
3.TASTREBOV Viktor(2)	UKR	.	.	21	16.88	2
4.PLOTNIR Evgeny(2)	RUS	196	85	26	16.75	3
5.PLOTNIR Evgeny(4)					16.82	
6.ISHIKAWA Kazuyoshi(6)	JPN	177	70	21	16.78	4
7.DONOVICI Daniel(1)	ROM	1.91	75	23	16.71	5
Mean		188	76.67	21.8	16.79	
± SD		9.85	7.64	2.95	0.08	

### 3. 자료분석

통계점의 3차원 공간좌표와 21개의 관절점의 3차원 좌표값은 DLT 방법(Abdel-aziz & Karara, 1971)을 이용하여 산출하였다. 비디오카메라로부터 촬영된 통계점 틀과 선정된 시기는 Kwon3d 3.1 프로그램을 이용하여 디지털이징과 운동학적 변인들을 산출하였다. 디지털이징은 분석하고자 하는 시점과 종점의 전후 각각 5프레임을 더 디지털이징하였다. 인체의 모델링은 20개의 관절점과 14개의 분절이 서로 연결되어 있는 강체계(linked rigid body system)로 정의하였다. 각 분절의 무게중심과 전신 무게중심의 위치를 구하기 위한 인체분절지수는 Plagenhoef(1983)의 자료를 이용하였다. 노이즈를 제거하기 위하여 스무딩은 버터워스(Butterworth) 4차 저역통과 필터(low-pass filter)를 사용하였으며 이때 차단주파수는 7.4Hz로 설정하였다. 전역좌표계는 X축은 조주로의 측면 좌·우방향이며, Y축은 운동방향, Z축은 지면과 직교하는 수직방향으로 세 축이 직교가 되도록 정의하였다.

홉, 스텝, 점프 지지국면동안에 발생하는 평균 충격력은 충격량(impulse momentum; Hay, 1992)수식을 이용하여 아래의 수식으로 산출하였다.

$$\bar{F} \cdot t = m \cdot (v_f - v_i)$$

$$\bar{F} = \frac{m \cdot (v_f - v_i)}{t}$$

여기서  $\bar{F}$ 는 평균 힘(average force),  $t$ 는 지지시간,  $m$ 은 선수의 체중,  $v_f$ 와  $v_i$ 는 이륙과 착지순간 속도이다.

## III. 연구결과 및 논의

### 1. 홉, 스텝, 점프 충격력

홉, 스텝, 점프 각 지지국면동안에 발생하는 충격력은 <표 2>과 같다.

표 2. 홉, 스텝, 점프의 충격력

	Average horizontal force (N)	Average vertical force (N)
Hop	-433.50 (0.58)	2175.90 (2.90)
Step	-511.80 (0.68)	2101.01 (2.80)
Jump	-519.68 (0.69)	2170.34 (2.89)

()안은 충격력을 피험자의 체중으로 표준화시킨 값(BW)

<표 2>에 제시된 가장 큰 충격력은 홉의 수직 충격력 2175.90N으로 선수의 평균 체중에 2.9배로 조사되었다. 선행 연구에서 보고된 충격력은 스텝이 가장 크고 다음으로 점프와 홉 순이지만, 이 연구에서는 홉, 점프, 스텝 순으로 나타났다.

일반적으로 선행연구들에서 스텝의 지면반력이나 충격력이 다른 두 국면보다 크다고 기술 있고 이 연구에서 홉이 가장 크다는 것은 다음과 같은 이유라고 사료된다. 홉의 충격력이 크다는 것은 홉 이륙순간의 수직 속도를 증가시켜서 홉 거리를 멀리뛰기 위함으로 신체를 높고 멀리 비행시키는 되는 좋으나 세단뛰기는 한번의 발구름으로 끝나는 것이 아니다. 홉의 충격력을 크게 하면, 스텝을 위한 착지순간에 발구름하는 다리의 근력이 체중을 이겨내지 못함과 동시에 수평속도에 의해 스텝을 위한 발구름 동작을 정확히 수행하지 못하게 됨으로서 스텝으로의 도약을 위한 충분한 지지시간을 얻을 수 없게 되고 그 결과 수직속도 발현을 방해하여 스텝거리를 짧게 만든다고 할 수 있다. 스텝의 충격력이 가장 커야하는 이유는 다음과 같다. 홉은 도움닫기 스피드로부터 자연스럽게 연결시켜 뛸 수 있지만 스텝은 홉과 점프의 연결체로서 감속된 스피드에 더 박차를 가하고 점프에서의 감속을 최소화하여 점프 시 모래사장에 가능한 멀리 착지하게 도움을 주기 때문에 다른 두 국면에서보다 지면에 가하는 충격력이 더 커야한다.

Hay & Miller(1985)는 LA 올림픽에 참가한 선수 12명을 대상으로 각 국면 지지구간에서의 충격력을 조사한 결과 선수의 체중에 홉(2419N)은 3.2배, 스텝(2860N)은 3.8배, 점프(2776N)는 3.7배라고 보고하였다. 그리고 Dyson(1977)은 홉에서 4배, 스텝에서 3.8배라고 보고하였다.

표 3. 홉, 스텝, 점프 각 event별 평균 거리와 신체중심의 평균 높이(SD)

변인	Hop			Step			Jump		
	TO	Flight	TD	TO	Flight	TD	TO	Flight	TD
event별 거리(m)	0.45 (0.10)	5.06 (0.22)	0.65 (0.07)	0.59 (0.11)	3.61 (0.34)	0.70 (0.13)	0.46 (0.08)	4.85 (0.20)	0.49 (0.07)
신체중심(m)	1.20 (0.06)	1.50 (0.05)	1.08 (0.08)	1.19 (0.04)	1.37 (0.05)	1.08 (0.03)	1.24 (0.06)	1.60 (0.06)	0.66 (0.06)

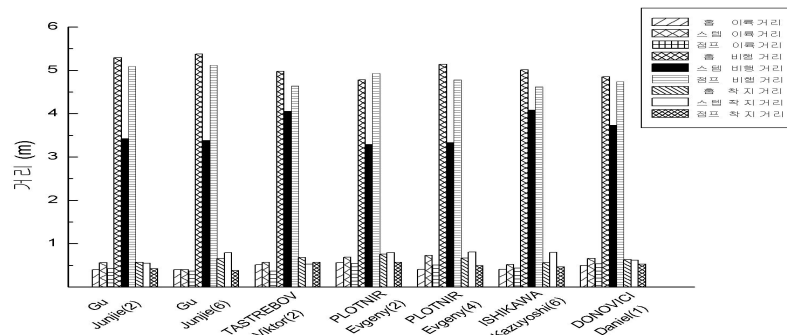


그림 1. 각 선수들의 홉, 스텝, 점프에서 이륙과 착지거리는 이륙과 착지순간에 신체중심과 구름발의 발끝사이의 수평거리, 비행거리는 이륙에서 착지순간까지 신체중심이 이동한 수평거리 점프 거리는 착지하는 순간 신체중심과 착지하는 양발의 뒤꿈치 사이의 가장 가까운 거리

충격력이 선행연구 보다 각 국면 지지구간에서 작게 나타난 것은 선수들의 발구름 동작과 더불어 지지시간의 차이로 인하여 발생하는 결과라 판단된다.

## 2. 홉, 스텝, 점프의 각 이벤트별 거리와 신체중심의 높이 변화

세단뛰기 홉, 스텝, 점프의 각 event별 거리와 신체중심의 높이 변화 결과는 <표 3>과 <그림 1>과 같다.

각 국면별 이륙과 착지 거리는 경기력과 첫 국면에서 다음 국면으로의 이륙과 착지 거리에 영향(Hay, 1992)을 미치는데, 스텝 이륙과 착지거리는 평균 0.59m와 0.70m로 홉의 이륙과 착지거리의 평균 0.45m와 0.65m, 점프의 이륙거리의 평균 0.46m보다 더 큰 경향을 보였다.

Koh & Hay(1990)는 스텝의 이륙과 착지 거리가 평균 0.53m와 0.60m라고 보고 하였고, Bruggemann(1990)은 홉의 이륙과 착지 거리는 평균 0.55m와 0.41m이며, 스텝의 이륙과 착지 거리는 평균 0.61m와 0.41m, 점프의 이륙거리의 0.49m라고 보고하였다.

이 연구의 스텝의 이륙과 착지거리 결과는 Koh & Hay(1990)의 결과와 같았지만 Bruggemann(1990)의 결

과는 상반되었다. 이러한 결과는 홉을 강조하는 기술을 사용하고 있다는 것을 의미하며 이러한 근거는 홉의 이륙거리가 짧다는데서 알 수 있다. 즉, 홉을 멀리뛰기 위해 홉의 비행을 높게 하면 발구름하는 다리의 드라이브 동작이 커져 발구름 발을 앞으로 내밀게 되어 스텝의 착지거리가 길게 되고 이후 발이 지면에 닿으면 운동방향으로 제동이 걸려 신체는 관성의 법칙에 의해 앞으로 빠르게 이동이 됨으로서 점프를 위한 발구름 동작을 수행할 수 없게 되어 이륙거리가 짧아지게 된다.

홉 이륙 거리는 Bruggemann(1990)의 연구 결과 보다 0.10m 더 작은 것으로 나타났는데, 이는 홉을 높고 멀리 뛰기 때문이며 홉의 이륙거리는 길수록 홉을 낮게 비행할 수 있고 도움닫기 스피드를 홉 착지까지 연장시킬 수 있다. 따라서 홉의 이륙거리를 길게 하고 착지거리를 짧게 하여야 할 것이다. 그리고 스텝의 착지거리가 길 다는 것은 스텝의 발구름 동작을 전상방향에서 후방향으로 그리고 발바닥 전체로 지면을 할퀴듯 험차게 치는 pawing 발구름 동작을 수행하지 못했기 때문에 발생하는 현상이라고 할 수 있다.

세단뛰기 각 국면에서 이륙순간에 신체중심 높이의 평균은 각각 1.20m, 1.19m, 1.24m 이었고, 각 국면 착지순간에

신체중심 높이의 평균은 각각 1.08m, 1.08m, 0.66m이었다.

Hay & Miller(1985)는 세단뛰기에서 사용된 기술이라는 연구에서 각 국면 이륙순간의 신체중심의 평균 높이는 각각 1.20m, 0.95m, 1.03m로 high-low-medium패턴이고, 각 국면 착지순간에 평균 1.03m, 0.82m, 0.38m로 high-medium-low패턴이라고 하였다. 그리고 홉 이륙과 스텝 이륙 사이의 신체중심 높이의 평균 차는 25cm이라고 보고하였다. 각 지지국면에서 착지와 이륙순간의 평균 신체중심의 이동 패턴은 홉과 점프에서 low-high패턴이고, 점프에서는 high-low패턴이라고 보고하였다.

이 연구에서는 Hay & Miller(1985)의 연구 결과와는 상반되는 결과가 나타났다. 이륙순간의 운동수행은 medium-low-high패턴이 나타났고, 접지와 이륙순간에 신체중심의 높이 차이는 같거나 5cm이내의 결과를 보였다. 그리고 각 지지국면에서 착지와 이륙순간의 평균 신체중심의 이동 패턴은 홉, 스텝, 점프 모두에서 low-high패턴이었다. 이러한 결과의 차이는 연구 대상자의 경기력 즉, 선수가 수행하는 기술 유형에 따라 나타날 수도 있다고 판단된다. 따라서 각 국면 이륙순간의 바람직한 신체중심의 운동 패턴은 medium-medium-high패턴이나 거의 동일한 패턴으로 신체중심의 높이 차이가 작을수록 좋은 경기력을 발휘할 수 있을 것이다.

### 3. 홉, 스텝, 점프 이륙순간 수평·수직속도 도약각

홉, 스텝, 점프 이륙순간 신체중심의 수평·수직 및 도약각은 <표 4>와 같다.

각 국면 이륙순간에 신체중심의 평균 수평속도는 10.05m/s, 9.33m/s, 8.23m/s, 6.95m/s로 각각 -0.71m/s, -1.11m/s, -1.28m/s 감소되었고, 홉, 스텝, 점프 지지국면 동안에 각각 7.6%, 13.5%, 18.4% 감소되는 것으로 나타났다.

Hay(1992)는 세단뛰기의 생체역학이라는 연구에서 홉, 스텝, 점프 지지국면동안에 감소되는 수평속도는 각각 5~9%, 7~15%, 13~20% 범위 내에 있다고 하였다. 이 연구에서 수평속도 감소의 폭은 선행연구의 결과 범위 내에 있었다.

Miller & Hay(1986)는 17.97m를 뛰는 선수의 각 국면 이륙순간 수평속도가 9.5m/s, 8.7m/s, 7.3m/s라고 보고하였다. 이 연구에서 신체중심의 평균 수평속도는 Miller & Hay(1986)의 연구 결과와는 차이가 있었다. 그러나 홉, 스텝, 점프 이륙순간의 수평속도 감소 폭이 비슷한 것을 보면 초기에 높은 수평속도를 얻는 것이 좋은 경기력을 발휘 할 수 있다는 것을 시사한다.

각 국면에서 이륙순간 평균 수직속도는 각각 2.67m/s, 1.95m/s, 2.76m/s였다.

Bruggemann(1990)는 홉, 스텝, 점프 이륙순간 평균 수직속도가 각각 2.39m/s, 2.06m/s, 2.68m/s라고 보고하였고, Hay & Miller(1985)는 세 국면의 평균 수직속도가 각각 2.09m/s, 1.82m/s, 2.37m/s라고 보고하였으며 Miller & Hay(1986)는 17.97m를 뛰는 선수의 각 국면 이륙순간 수직속도가 2.2m/s, 1.7m/s, 2.8m/s라고 보고하였다. 이 연구에서 신체중심의 평균 수직속도는 홉과 스텝에서 선행연구의 결과와 상이한 차이를 보였지만, 점프에서는 비슷한 연구 결과가 나타났다. 홉의 수직속도가 높다는 것은 홉을 높게 비행한다는 것이고, 이는 다음의 스텝 수직속도에 영향을 미쳐 스텝 거리를 짧게 하고 점프 발구름 동작을 급하게 수행하는 결과를 초래한다고 볼 수 있다.

각 국면 이륙순간에 신체중심의 평균 도약각은 각각 16.0°, 13.4°, 21.7°로 나타났다.

Bruggemann(1990)는 각 국면 이륙순간의 도약각이 각각 14.4°, 13.99°, 21.64°라고 보고하였고, Miller & Hay(1986)는 각각 12.7°, 12.6°, 20.6°라고 보고하였다.

표 4. 도움달기 마지막 1스트라이드와 홉, 스텝, 점프 이륙과 착지순간의 평균 수평·수직속도(SD)

변인	Horizontal velocity(m/s)		Vertical velocity(m/s)		Angle of takeoff(deg)
	TO	TD	TO	TD	TO
Last stride	10.05(0.23)	10.17(0.28)	0.54(0.06)	-0.38(0.19)	
Hop	9.33(0.20)	9.94(0.43)	2.67(0.08)	-2.04(0.22)	16.0(0.47)
Step	8.23(0.31)	9.16(0.32)	1.95(0.30)	-1.78(0.22)	13.4(2.47)
Jump	6.95(0.32)	8.02(0.41)	2.76(0.14)	-3.47(0.13)	21.7(1.34)

이 연구의 도약각은 홉에서 선행연구의 결과보다 약 2° 이상의 큰 도약각의 차이가 나타났다. 홉과 스텝에서 도약각의 차이가 큰 선수는 세 국면 중에서 홉 거리에 가장 큰 비중을 두고 운동을 수행하고 홉과 스텝에서 도약각의 차이가 작은 선수에 비해 스텝거리가 상대적으로 짧아진다.

#### IV. 결론

경기력이 16m 70cm에서 90cm사이에 있는 선수들의 운동학적 운동역학적 분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

평균 충격력은 수평방향으로 체중에 약 0.6배에서 0.7배 범위에 있었고, 수직방향으로는 약 2.8배에서 3.0배의 범위에 있는 것으로 나타났다. 스텝 이륙과 착지 평균 거리가 홉과 점프의 이륙과 착지 거리보다 더 긴 것으로 조사되었다. 홉 이륙거리를 길게 하고 스텝의 착지거리를 줄여야한다. 세단뛰기 세 국면에서 이륙과 접지순간에 나타나는 평균 신체중심의 높이 변화 패턴은 이륙순간에 medium-low-high이었고, 접지순간에는 홉과 스텝이 동일한 패턴 이었다. 스텝과 점프의 이륙 순간 평균 수평속도 감소는 홉 이륙순간의 평균 수평속도 감소보다 2배나 더 크게 감소하였다. 홉의 도약각도가 선행연구보다 2도 더 높았다.

#### 참고문헌

- 류재균, 김창환, 김혜영(2000). 세단뛰기 홉 구간에 관한 운동학적 분석. *한국운동역학회지*, 9(2), 67-80.
- 류재균, 윤희중(2001). 세단뛰기 기록간 운동학적 특성들의 비교. *한국체육학회지*, 40(2), 833-841.
- 류재균(2006). 세단뛰기의 운동학적 운동역학적 분석. *한국스포츠리서치*, 17(4), 219-230.
- 조필환, 김갑선(2000). 세단뛰기 동작에 대한 숙련자와 미숙련자간의 운동학적 비교 분석. *한국운동역학회지*, 10(1), 115-132.
- Abdel-Aziz, Y. I., Karara, H. M.(1971). *Direct linear transformation: From comparator coordinates into object coordinates in close-range photogrammetry*. Proceeding of ASPUI symposium on Cross-Range Photogrammetry, Urbana, Illinois(pp.1-19). Falls Church, VA: American Society of Phtogrammetry.
- Bruggeman, G-P.(1990). *Biomechanical analysis of the triple jump-An approach towards a biomechanical profile of the world's best triple jumpers*. New Studies in Athletics(Scientific Research Project at the Games of the XXIVth Olympiad-Seoul 1988), 303-362.
- Dyson, G.H.G.(1977). *The mechanics of athletics*. London: University of London Press Ltd. 194.
- Fukashiro, S., Iimoto, Y., Kobayashi, H., Miyashita, M.(1981). A biomechanical study of the triple jump. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 13(4), 233-237.
- Hay, J. G.(1992). The biomechanics of the triple jump: A review. *Journal of Sports Science*, 10, 343-378.
- Hay, J. G., & Miller, J. A.(1985). Techniques used in the triple jump. *International Journal of Sports Biomechanics*, 1, 185-196.
- Hay, J. G.(1994). Effort distribution in the triple jump. *Track Technique*, spring, 4042-4048.
- Hay, J. G.(1995). The case for a jump-dominated technique in the triple jump. *Track Coach*, summer, 4214-4219.
- Hay, J. G.(1997). Phase distances, percentages, and techniques in the men's triple jump at the 1996 U.S. olympic trials. *Track Coach*, spring, 4435-4442.
- Hay, J. G.(1999). Effort distribution and performance of olympic triple jumpers. *Journal of Applied Biomechanics*, 15, 36-51.
- Jin, H.(1989). The ground reaction force in the triple

- jump. *Sports Science(Beijing)*, 9. 64-67.
- Koh T. J. & Hay, J. G.(1990). Landing leg motion and performance in the horizontal jumps, II: The triple jump. *International Journal of Sports Biomechanics*, 6. 361-373.
- Larkins, C., Ramey, M. R.(1994). Can triple jumpers really use an equal phase ratios strategy?. *Track Technique*, summer. 4081-4086.
- Miller, J. A., & Hay, J. G.(1986). Kinematics of a world record and other world-class performances in the triple jump. *International Journal of Sports Biomechanics*, 2. 272-288.
- Pettunen, J., Kyrolainen, H., Komi, P. V. & Heinonen, A.(2000). Biomechanical loading in the triple jump. *Journal of Sports Sciences*, 18. 363-370.
- Plagenhoef, S.(1983). Anatomical data for analyzing human motion. *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 54(2). 169-178.
- Ramey, M. R., Williams, K. R.(1985). Ground reaction forces in the triple jump. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1. 233-239.
- Yu, B., & Hay, J. G.(1996). Optimum phase ratio in the triple jump. *Journal of Biomechanics*, 29. 1283-1289.
- Yu, B.(1999). Horizontal-to-vertical velocity conversion in the triple jump. *Journal of Sports Sciences*, 17. 221-229.

투 고 일 : 10월 31일

심 사 일 : 11월 6일

심사완료일 : 12월 9일