Korean Journal of Sport Biomechanics
Vol. 21, No. 5, December 2011, 621-629

ISSN 1226-2226(Print), ISSN 2093-9752(Online)
http://dx.doi.org/10.5103/KJSB.2011.21.5.621
http://www.kssb.or.kr

2011 대구세계육상선수권대회 여자 세단뛰기 경기의 운동학적 분석

우상연[1] · 서정석[2] · 김호묵[1] · 남기정[3] · 최성범[1] · 김용운[4]
[1]순천향대학교 자연대학 스포츠과학과 · [2]원광대학교 자연대학 스포츠과학과 ·
[3]서울대학교 사범대학 체육교육과 · [4]경남대학교 사범대학 체육교육과

Kinematic Analysis of Women's Triple Jump at IAAF World Championships Daegu 2011

Sang-Yeon Woo[1] · Jung-Suk Seo[2] · Ho-Mook Kim[1] · Yong-Woon Kim[3] · Sung-Bum Choi[1] · Ki-Jeong Nam[4]
[1]Department of Sports Science, College of Natural Science, Soonchunhyang University, Asan, Korea
[2]Department of Sports Science, College of Natural Science, Wonkwang University, , Iksan, Korea
[3]Department of Physical Education, College of Education, Seoul National University, Seoul, Korea
[4]Department of Physical Education, College of Education, Kyungnam University, Changwon, Korea
Received 31 September 2011; Received in revised form 30 October 2011; Accepted 23 December 2011

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the kinematics of the women's triple jump event at the 2011 Daegu World aChmpionships by comparing them to those of the 2009 Berlin World Championships. The kinematic data were gathered from two steps before take off to the landing using a 7-camera panorama system. The data were then divided into 3 phases for each of the 8 participants. Similar average results were found the final contestants in the Daegu and Berlin championships, 14.58 m and 14.51 m, respectively. The first step had a relatively short length percentage (29%) compared to the hop and jump (36% and 35%, respectively). At the take off, the horizontal velocity was the lowest for the step, followed by the hop and jump. These results were different from the results for the men, who had an order of hop, step, and jump. Overall, in a comparison of the Daegu and Berlin participants, the vertical speed at take off for the three events was reduced compared to the horizontal speed.

Keywords : Triple jump, Hop, Step, Jump, Horizontal velocity, Vertical velocity, Take-off angle

Ⅰ. 서 론

세계육상선수권대회는 올림픽과 더불어 최대의 육상 경연장으로서 세계 최고 수준의 경기가 펼쳐진다. 이에 세계육상선수권대회에 대한 경기 분석은 육상 경기의 최신 경향과 최고 수준의 경기력에 대한 정보를 얻을 수 있다는 점에서 그 의미가 있다. 특히 세계적인 우수 선수들의 수행 자료는 낙후된 한국 육상의 발전을 위한 기초자료로 크게 활용될 수 있을 것이다. 실제 1997년 아테네대회, 2005년 헬싱키대회, 2007년 오사카대회, 최근의 2009년 베를린대회 때까지 세계육상선수권대회의 경기력 분석은 꾸준히 이루어졌으며, 이의 연장선상에서 2011 대구세계선수권대회에서도 한국운동역학회가 8개 주요 종목에 대한 경기력 분석을 실시하였다.

본 연구에서는 2011 대구세계육상선수권대회 종목 중 여자 세단뛰기 결선 경기의 운동학적 분석을 실시하였다. 세단뛰기는 한 번의 도움닫기를 이은 홉(hop), 스텝(step) 그리고 점프(jump)의 일련의 도약을 연속적으로 수행해야 하는 종목으로 높은 수준의 신체 협응과 밸런스를 요구한다. 특히 한 번의 도

Corresponding Author: Yong-Woon Kim
Department of Physical Education, College of Education, Kyungnam University, 449 Woryeong-dong, Masanhappo-gu, Changwon-si, Gyeongsangnam-do, Korea
Tel : +82-55-249-2371 / Fax : +82-505-999-2151
E-mail: spekyw@kyungnam.ac.kr
본 논문은 2011 대구세계육상선수권대회 운동역학 프로젝트로서 문화체육관광부와 대한육상경기연맹으로부터 지원을 받아 수행한 것임.

약에 의해 기록이 결정되는 멀리뛰기와 달리 세 번의 도약으로 이동한 최종적인 수평거리를 겨루는 세단뛰기에서는 최대한의 수평 거리를 달성하기 위해 각 점프 사이의 조화를 얼마나 잘 이루어 내느냐가 경기력의 주요 관건이 된다.

세단뛰기를 분석한 연구들에서는 주로 도움닫기 및 세 번의 도약에서의 수평, 수직속도 등의 속도 변인, 각 도약에서의 도약각도, 무게중심의 높이와 도약 발과의 수평거리, 지지기 지속시간 등의 운동학적 변인을 분석하였다(Hay, 1994; Hay, 1995; Ryu, 2005; Ryu & Yoon, 2001; Yu, 1999). 특히 Hay(1992)는 세 번 점프에 의한 도약거리의 상대적 비율을 통해 - Hop과 Jump도약 국면의 상대 비율을 중심으로 - 선수들의 수행 전략을 홉주도형 기술(hop-dominated technique), 점프주도형 기술(Jump-dominated technique), 균형형(balanced technique) 기술 등 세 가지 형태로 분류하였으며, 각 도약 국면에 대한 적절한 배분을 성공적인 수행을 좌우하는 중요한 요인으로 설명하였다. 또한 Hay(1999)는 1996년 올림픽 남자 세단뛰기를 분석하면서 절반정도의 선수들의 홉주도형 기술을 구사하고 있지만, 우수한 기록은 Hop 구간이 상대적으로 짧아지고 Jump 도약을 길게 한 점프주도형 수행이 이루어진 경우에 달성되었다고 보고하였다.

본 연구에서는 세계육상선수권대회 중 여자 세단뛰기 종목 결선 라운드 최종기록 기준 상위 8명의 수행의 운동학적 분석을 실시하였으며, 그 결과를 2009년 베를린 세계대회의 결선 진출자 경기와 비교하였다. 주요 분석 변인은 Hop, Step, Jump 구간의 도약거리와 상대적 비율, 각 도약시점에서의 수평, 수직속도, 수평속도의 손실, 도약각도 등이다.

본 연구 결과를 통해 세단뛰기 기술의 시대적 흐름과 최고 수준의 기술에 대한 분석 정보를 제공 할 수 있을 것으로 판단되며, 향후 국내 선수들의 기록 향상을 위한 기초 자료로도 크게 활용될 것으로 기대된다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 연구 대상자

연구대상은 2011 대구세계육상선수권대회 여자 세단뛰기 결선 진출자 상위 8명이며 개인별 결선 최고기록 시행을 분석에 사용하였다.

2. 실험 장비

촬영에는 60 fields/sec의 디지털 카메라 7대(Sony vx2100, Sony Fx 등)가 사용되었으며 셔터 속도는 1/1000 sec로 설정하였다. 또한 촬영 구역 내 실공간 좌표 값을 얻기 위해 1 m × 1 m × 2 m 규격의 통제점 틀 4개를 사용하였다.

3. 실험 절차

선수들의 경기 상황을 정확히 분석하기 위해 촬영구역을 설정하였다. 2009년 베를린대회 결과 보고서를 기준으로 분석구간이 포함될 수 있도록 전체 범위를 22 m로 설정하였고 이를 다시 3개의 존으로 나누어 촬영하는 파노라마 시스템을 활용하였다(Figure 1).

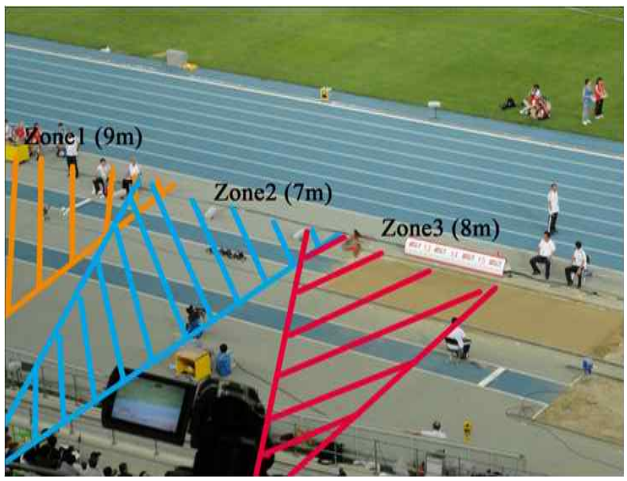


Figure 1. Section of filming zones

홉, 스텝, 점프의 거리에 대한 선행 연구들의 자료를 참고하여 1번 존은 9 m, 2번 존은 7 m, 3번 존은 8 m로 설정하였다. 이때 각각의 존은 서로 50 cm씩 겹치게 하여 각 구역별로 2대의 카메라로 통제점 틀과 운동 상황을 촬영하도록 설정하였고, 7번 카메라는 전체 분석구간을 촬영하도록 설치하였다.

4. 자료 분석

세단뛰기 동작은 영상 분석을 통해 구름판(Touch pad)에 디딤 발이 닿기 2보전 지면에 발이 닿는 시점(-2nd contact; 2L), 1보전 지면에 발이 닿는 시점(-1st contact; 1L), 구름판에 디딤 발이 닿는 시점(1st contact; Hop), 홉 점프 후 디딤 발이 지면에 닿는 두 번째 시점(2nd contact; Step), 스텝 점프 후 도약하기 위해 디딤 발이 지면에 닿는 시점(3rd contact; Jump), 점프 후 모래에 발이 닿는 시점(Landing), 총 6개의 주요 시점(event)으로 설정하였으며, 2L과 1L 사이를 2L Phase, 1L과 Hop 사이를 1L Phase, Hop과 Step 사이를 Hop Phase, Step과 Jump 사이를 Step Phase, Jump와 Landing 사이를 Jump Phase로 각각 설정하여 자료를 분석하였다(Figure 2). 이 가운데 가장 중요한

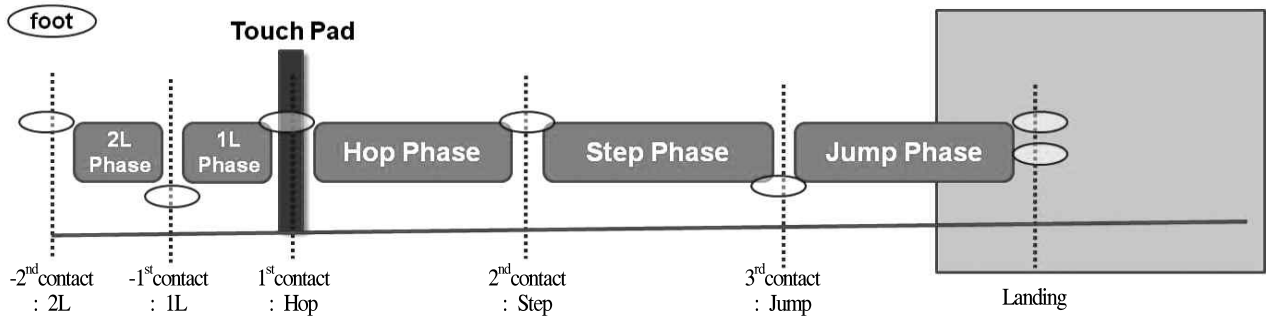


Figure 2. Main events and phases

시점인 Hop, Step, Jump 시점에서의 자료를 중점적으로 결과 부분에서 제시하였다.

3차원 동작 분석은 Kwon 3D program ver. 3.10을 사용하였으며, DLT기법(Abdel-Aziz & Karara, 1971)을 통해 3차원 좌표 값을 얻었다. 영상 좌표화 과정에서 발생되는 노이즈를 최소화하기 위해 2차 Butterworth low-pass digital filter를 사용하였으며, 차단 주파수는 6 Hz로 설정하였다.

디지타이징 시에는 각 촬영구역 별로 이벤트를 나누어 실시하였는데 1번 존은 2L, 1L, Hop 시점이 포함되며 2번 존은 Step 시점이 3번 존은 Jump와 Landing 시점이 포함되도록 설정하였다. 또한 1번 존의 마지막 프레임이 2번 존의 첫 번째 프레임과 동일한 시점, 2번 존의 마지막 프레임은 3번 존의 첫 번째 프레임과 동일한 시점으로 설정하여 디지타이징 작업을 실시하였다. 분석 변인은 도움닫기 2보전, 도움닫기 1보전, 홉, 스텝, 점프 구간에서의 도약 거리와 상대 비율, 홉, 스텝, 점프 시점에서의 수평, 수직속도 및 이지 각도와 수평속도의 손실 등이다.

Ⅲ. 결 과

1. 경기기록

2009년 베를린 대회와 2011년 대구 대회의 개인 기록을 비교해 보면 비교해 보면 다음과 같다(Table 1, Table 2, Figure 3).

2011 대구대회 여자 세단뛰기 결승전 상위 8명의 평균 도약거리는 14.58±0.31 m이며 1위는 14.94 m를 도약한 Olha SALADUHA(UKR) 선수로 상위 8명 평균 기록보다 0.36 m를 더 멀리 도약하였다. 최고 기록은 베를린대회와 비슷하지만 상위 8명은 평균적으로 베를린 세계대회의 평균 기록 14.51 cm에 비해 약 7 cm 정도 멀리 도약한 것으로 나타났다.

Table 1. Record of top 8 in 2011 Daegu World Championships (m)

Rank	Name	Result	Loss	PB	SB
1	Saladuha O.	14.94	0.10	14.98	14.98
2	Rypakova O.	14.89	0.25	15.25	14.96
3	Ibarguen C.	14.84	0.05	14.99	14.99
4	Gay M.	14.67	0.25	14.66	14.65
5	Aldama Y.	14.50	0.12	15.29	14.35
6	Savigne Y.	14.43	0.16	15.28	14.99
7	Kuropatkina A.	14.23	0.00	14.35	14.35
8	Rahouli B.	14.12	0.14	14.98	14.49
Average		14.58 ±0.31	0.13 ±0.09	14.97 ±0.33	14.72 ±0.29

Note. PB = Personal Best, SB = Season Best, Loss = Real - Official Record

Table 2. Record of top 8 in 2009 Berlin World Championships (m)

Rank	Name	Result	Loss
1	Savigne Y	14.95	0.09
2	Gay M	14.61	0.17
3	Pyatykh A	14.53	0.19
4	Topic B	14.52	0.11
5	Smith T	14.48	0.00
6	Lebedeva T	14.48	0.09
7	Bujin C	14.26	0.11
8	Veldakova D	14.25	0.01
Average		14.51±0.22	0.1±0.07

From Biomechanical Report WC Berlin 2009 Triple Jump (http://www.iaaf.org/)

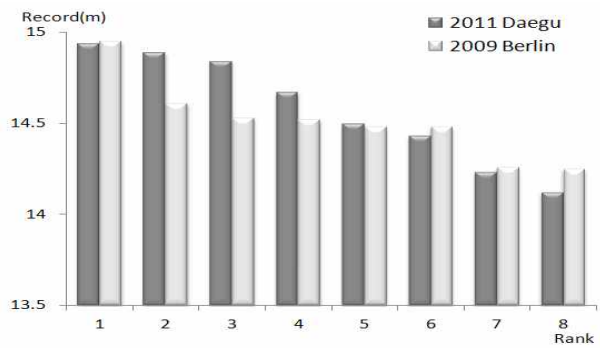


Figure 3. Comparison of 2009 & 2011 World Championships

2. 구간별 도약 거리

대구 세계대회의 결과(Table 3, Table 5)를 보면 구간별 도약 거리에 따른 기술 유형은 선수들에 따라 차이를 보였다. 전체 8명의 선수 중 2위와 6위 선수는 점프 구간의 비율이 높은 점프 주도형 기술을, 7위와 8위 선수는 균형형 (balanced technique) 기술을 구사하는 것으로 나타났다. 반면 1위와 3위 선수를 포함한 4명은 홉 구간의 비율이 높은 홉주도형 기술 선수로 구분되어진다. 전체적으로 여자 세단뛰기의 경우 절반의 선수들이 홉주도형 기술을 구사하였으며, 홉주도형 기술의 선수들이 상대적으로 좋은 기록을 보인 것으로 나타났다. 이는 베를린대회(Table 4, Table 5)와는 다소 다른 양상인데 베를린대회에서는 1위와 4위, 6위 선수가 균형형 기술을 구사한 반면 나머지 다섯 선수는 홉주도형 기술을 구사한 것으로 나타났다.

또한 베를린대회와 비교하였을 때, 평균적인 각 구간의 도약 거리와 상대적 비율은 아주 유사한 것으로 나타났다. 주요 구간인 Hop, Step, Jump 구간에서의 도약 거리를 살펴보면 양 대회 모두 평균적으로 Hop 구간(36.4 %)이 가장 길고 Jump 구간(34.9 %), Step 구간(28.8 %) 순으로 짧아지는 것을 나타났으나, 대구대회 남자 선수의 결과에 비해 Hop(36 %)과 Jump(34 %) 구간의 차가 다소 줄어든 것으로 나타났다. 반면 Step 도약 구간의 비율은 양 대회 모두에서 남자 선수들(30 %)에 비해 크게 감소한 것으로 나타났다(Table 5).

한편 구름판 밟기 2보전과 1보전의 스트라이드 길이를 비교해보면 2009년 베를린대회에서 1보전의 길이가 짧아진 것과 달리 대구 세계대회에서는 2보와 1보의 스트라이드가 유사한 값을 나타냈다. 하지만 세부적으로는 7위 선수가 1보의 길이가

상대적으로 길고, 1위 선수가 1보와 2보의 길이가 유사한 반면 나머지 6명의 선수들은 2보의 스트라이드에 비해 마지막 1보의 스트라이드가 작은 것으로 나타났다. 전체적으로는 구름판을 정확하게 밟기 위해 마지막 1보를 상대적으로 짧게 디딘 것이라고 할 수 있다.

Table 3. Distance of stride & jumping phases in 2011 Daegu WC (m)

Rank	Name	2L	1L	Hop	Step	Jump
1	Saladuha O.	2.25	2.21	5.73	4.15	5.16
2	Rypakova O.	2.48	2.71	5.38	4.23	5.53
3	Ibarguen C.	2.20	2.14	5.48	4.19	5.22
4	Gay M.	2.39	2.11	5.55	4.33	5.04
5	Aldama Y.	2.21	2.10	5.62	4.49	4.51
6	Savigne Y.	2.19	2.09	5.18	3.82	5.59
7	Kuropatkina A.	2.10	2.28	5.03	4.18	5.02
8	Rahouli B.	2.24	2.05	4.95	4.23	5.08
Average		2.26 ±0.1	2.21 ±0.2	5.37 ±0.3	4.20 ±0.2	5.1 ±0.3

Table 4. Distance of stride & jumping phases in 2009 Berlin WC (m)

Rank	Name	2L	1L	Hop	Step	Jump
1	Savigne Y	2.06	2.18	5.50	4.04	5.49
2	Gay M	2.42	2.15	5.36	4.43	5.00
3	Pyatykh A	2.30	2.18	5.46	4.31	4.95
4	Topic B	3.37	2.41	5.30	4.13	5.20
5	Smith T	2.42	2.36	5.57	4.38	4.53
6	Lebedeva T	2.06	2.09	5.33	4.30	5.00
7	Bujin C	2.31	2.20	5.25	4.05	5.11
8	Veldakova D	2.46	2.21	5.24	3.96	5.06
Average		2.43± 0.41	2.22± 0.11	5.38± 0.12	4.20± 0.18	5.04± 0.27

From Biomechanical Report WC Berlin 2009 Triple Jump (http://www.iaaf.org/)

Table 5. Relative distance of jumping phases in 2009 & 2011 WC (%)

Rank	2011 Daegu WC			2009 Berlin WC †		
	Hop	Step	Jump	Hop	Step	Jump
1	38	28	34	37	27	37
2	35	28	37	36	30	34
3	37	28	35	37	29	34
4	37	29	34	36	28	36
5	38	31	31	38	30	31
6	36	26	38	36	29	34
7	35	30	35	36	28	35
8	35	30	35	37	28	35
Average	36.4 ±1.3	28.8 ±1.6	34.9 ±2.1	36.63± 0.74	28.63± 1.06	34.5± 1.77

†From Biomechanical Report WC Berlin 2009 Triple Jump (http://www.iaaf.org/)

3. COM 도약 속도

무게중심의 수평 및 수직속도는 구간별 도약 거리를 결정짓는 주요한 변인이다. 2011 대구대회 결승 상위 8명의 도약 시 무게중심 수평속도(Horizontal velocity at take-off)의 평균값은 각각의 구간별로 2L 9.09±0.34 m/s, 1L 9.09±0.26 m/s, Hop 8.14±0.37 m/s, Step 7.38±0.58 m/s, Jump 6.24±0.55 m/s 으로 각각 나타나(Table 6), 전체적으로 도약이 진행되면서 수평속도가 감소하는 경향을 보였다. 하지만 도약을 위한 착지와 이지 시점사이의 수평속도의 손실은 각 도약 국면에서 차이를 보였는데 Hop과 Step에서 각각 0.95 m/s, 0.76 m/s인 반면 Jump에서는 1.14 m/s로 상대적으로 큰 값을 보였다. 베를린대회와 비교하여 도약 국면 모두에서 수평속도가 대구대회에서 감소하였으며 선수간 편차는 다소 큰 것으로 나타났다.

도약 시 무게중심 수직속도(Vertical velocity at take-off)의 평균값은 구간별로 각각 Hop 1.98±0.20 m/s, Step 1.59±0.29 m/s, Jump 2.21±0.17 m/s로 나타나, Step 구간에서의 수직속도가 가장 낮고 Jump 구간에서의 수직속도가 가장 높았다. 모든 선수들이 Hop 시점에서 보다 Step 시점에서 수직속도가 감소하였다가 Jump 시점에서 수직속도가 크게 증가하여 가장 큰 값을 보였다. 이러한 수직속도의 변화 패턴은 Step 구간에서 수평속도를 최대한 유지하는 전략을 사용했음을 의미하는데 Step 구간의 수평속도 손실(0.76 m/s)이 Hop(0.95 m/s)과 Jump(1.14 m/s) 구간에 비해 작게 나타난 결과를 통해서도 이를 알 수 있다.

4. 도약각도

2011 대구대회 결승 상위 8명의 도약각도의 평균값은 각각의 구간별로 Hop 12.3±1.3 °, Step 13.2±1.0 °, Jump 18.9±2.7 °

Table 6. Horizontal & vertical velocities at stride & jumping events in 2011 Daegu WC

(m/s)

Rank	Name	Horizontal velocity					Loss of horizontal velocity			Vertical velocity		
		2L	1L	Hop	Step	Jump	Hop	Step	Jump	Hop	Step	Jump
1	Saladuha O.	9.09	9.04	8.31	7.14	5.9	0.73	1.17	1.24	2.22	1.62	2.29
2	Rypakova O.	9.44	9.45	8.51	7.79	6.99	0.94	0.72	0.8	2.03	1.51	2.13
3	Ibarguen C.	9.72	9.47	8.64	7.91	6.22	0.83	0.73	1.69	2.13	1.72	2.5
4	Gay M.	8.88	8.95	7.73	6.98	5.85	1.22	0.75	1.13	1.98	1.57	2.28
5	Aldama Y.	8.94	8.99	7.92	6.4	5.43	1.07	1.52	0.97	2.19	2.03	2.17
6	Savigne Y.	9.16	9.20	8.24	8.18	7.00	0.96	0.06	1.18	1.79	1.00	2.03
7	Kuropatkina A.	8.70	8.72	7.60	7.17	6.11	1.12	0.43	1.06	1.78	1.62	2.30
8	Rahouli B.	8.81	8.9	8.15	7.47	6.45	0.75	0.68	1.02	1.71	1.67	1.99
Average		9.09 ±0.34	9.09 ±0.26	8.14 ±0.37	7.38 ±0.58	6.24 ±0.55	0.95 ±0.18	0.76 ±0.44	1.14 ±0.26	1.98 ±0.20	1.59 ±0.29	2.21 ±0.17

Table 7. Horizontal & vertical velocities at stride & jumping events in 2009 Berlin WC

(m/s)

Rank	Name	Horizontal velocity at take-off					Loss of horizontal velocity			Vertical velocity at take-off		
		2L	1L	Hop	Step	Jump	Hop	Step	Jump	Hop	Step	Jump
1	Savigne Y	9.32	9.39	8.63	8.22	6.87	0.76	0.41	0.35	2.49	1.24	2.67
2	Gay M	8.81	8.87	8.12	7.30	6.07	0.75	0.82	1.23	2.34	1.70	2.57
3	Pyatykh A	8.99	9.01	8.21	7.46	6.32	0.80	0.74	1.14	2.46	1.93	2.48
4	Topic B	9.08	9.13	8.45	7.80	6.89	0.69	0.65	0.91	2.30	1.72	2.14
5	Smith T	9.10	9.10	8.34	7.38	6.00	0.76	0.96	1.38	2.39	1.84	1.78
6	Lebedeva T	9.13	9.12	8.59	7.80	6.30	0.53	0.79	1.50	2.24	1.84	2.32
7	Bujin C	8.93	8.84	8.00	7.37	6.11	0.83	0.63	1.26	2.49	1.57	2.80
8	Veldakova D	9.13	9.17	8.48	7.90	6.70	0.68	0.58	1.20	2.24	1.19	2.24
Average		9.06± 0.15	9.08± 0.18	8.35± 0.23	7.65± 0.33	6.41± 0.36	0.73± 0.09	0.7± 0.17	1.12± 0.36	2.37± 0.1	1.63± 0.28	2.38± 0.33

From Biomechanical Report WC Berlin 2009 Triple Jump (http://www.iaaf.org/)

Table 8. Take-off angles at jumping events in 2009 & 2011 WC (°)

Rank	2011 Daegu WC			2009 Berlin WC †		
	Hop	Step	Jump	Hop	Step	Jump
1	15	13	21	16	9	21
2	13	11	17	16	13	23
3	14	12	22	17	14	21
4	14	13	22	15	12	17
5	15	18	22	16	14	17
6	12	7	16	15	13	20
7	13	13	21	17	12	25
8	12	13	17	15	9	19
Ave.	13.7 ±1.3	12.3 ±3.0	19.8 ±2.5	15.88± 0.83	12.0± 2.0	20.38± 2.77

†From Biomechanical Report WC Berlin 2009 Triple Jump (http://www.iaaf.org/)

으로 나타나 최종 도약을 위한 Jump 구간에서 가장 높은 수치를 보이고 있다. 이는 베를린 세계대회와도 유사한 패턴인데, Hop과 Step에 비해 감소된 수평속도에서 수직속도에 의존하여 도약 거리를 증가시키기 위해 Jump 구간에서 상대적으로 수직속도를 증가시키는 전략을 구사하였기 때문으로 보인다.

또한 각 도약 시점에서 홉주도형 기술을 구사한 1위와 3위 선수가 유사한 각도로 도약한 반면 점프주도형 기술을 보인 2위 선수는 전체적으로 낮은 각도로 도약하면서 1위 및 3위 선수와는 상이한 패턴을 보였다.

Ⅳ. 논 의

2011 대구세계육상선수권대회 여자 세단뛰기는 최고기록은 유사하였지만 2009년 베를린대회에 비해 약 7cm의 기록 향상이 이루어 졌다. 특히 2009 베를린대회에서 1, 2위를 차지한 Savigne와 Gay가 대구대회에서 6위와 4위를 차지해 부진하였으며, 그 외에는 새로운 선수들이 상위권을 차지하여 세계적인 선수들의 세대교체가 이루어지고 있는 것으로 나타났다.

세단뛰기의 성공적인 수행은 선수가 세 개의 도약 구간에 대한 거리 배분을 적절히 하느냐에 많이 좌우된다(Hay, 1999). 즉, 한 번의 도약에 의해 경기력이 결정되는 멀리뛰기와 달리 세단뛰기에서는 세 번의 도약 국면에 대한 거리를 최적으로 배분하여야 한다. 이를 위해서는 각 도약 국면의 이륙 속도와 각도, 힘 배분 등을 적절히 하여야 하며, 이에 대한 전략은 세단뛰기 선수들의 주요한 기술 유형이 된다.

이와 관련하여 가장 주요하게는 Hop, Step, Jump 구간의 도약 거리의 상대적인 비율(relative distance)을 토대로 각각의 선수들을 홉주도형 기술, 균형형 기술, 점프주도형 기술 로 분류할 수 있다(Hay, 1992). 대구대회와 베를린대회를 비교하였을 때, 평균적인 각 구간의 도약 거리와 상대적 비율은 아주 유사한 것으로 나타났다. 즉, 여자 선수들의 거리 배분 전략은 전체적으로 Hop 도약 구간의 장점을 살리는 기술 패턴을 사용하고 있는 것으로 보여 진다. 또한 Step 도약 구간의 비율은 남자선수들(30 %)에 비해 여자선수들의 비율이 다소 감소하였는데, 상대적으로 근력이 약한 여자 선수들이 Hop과 Jump 도약의 중간 매개의 역할을 하는 Step 구간에서 속도와 거리의 유지에 다소 어려움이 있음을 보여주는 것으로 사료된다.

여기서 베를린대회의 경우 점프주도형 기술을 구사한 여자 선수가 없었던 반면 대구대회에서는 2위와 6위 선수가 점프주도형 기술을 구사하였다는 점은 주목할 만하다. Hay(1999)는 남자 선수들의 경우 1996년 올림픽 남자 세단뛰기에서 절반정도의 선수들의 홉주도형 기술을 구사하기는 하나 우수한 기록은 Jump 도약을 길게 한 점프주도형 수행이 이루어진 경우에 달성되었다고 보고한 반면, 여자 세단뛰기에 대한 연구가 미미한 점을 고려하더라도 베를린 대회(홉주도형 5명, 균형형 3명)를 비롯하여 여자선수가 점프주도형 기술을 구사하였다고 보고된 결과를 찾을 수 없었다. 이러한 점에서 베를린대회와 달리 이번 대구대회에서 두 명의 상위 랭크 선수가 이러한 기술을 사용한 점은 여자 세단뛰기에서도 기술의 변화가 시도되고 있다는 점에서 특징적이라 할 것이다.

대구대회 상위 8명의 무게중심의 수평속도는 선행연구들의 (Hay & Miller, 1985; Fukasiro, Imoto, Kobayashi, & Miyashita, 1981; Miller & Hay, 1986) 결과와 동일하게 도약이 진행되면서 감소하는 경향을 보였는데 전체적으로는 베를린대회에 비해 작은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 베를린대회에 비해 평균 기록이 다소 향상된 결과와는 대조적이라 할 수 있는데, 수평속도와 수직속도의 배분과 효과적인 전환에 의해 세단뛰기의 최종적인 기록이 결정된다는 점에서 원인의 일부분을 설명할 수 있을 것이다.

또한 수평속도의 손실은 각 도약에서 차이를 보였는데, Step에서 그 손실이 가장 작은 반면 Jump에서 상대적으로 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과는 베를린대회와 유사한데 세 번의 도약을 연결시켜야 하는 세단뛰기의 특성상 Hop 도약을 이어받아 속도의 손실을 최소화하여 Jump 도약을 준비해야 하는 Step 역할과 도약을 마무리하는 과정에서 수직속도를 증가시켜야 하는 Jump의 특성에 비추어 설명할 수 있을 것이다.

한편 도약 시 무게중심의 수직속도는 모든 선수들이 Hop 도약에 비해 Step에서 수직속도가 감소하였다가 Jump 시점에서 수직속도가 크게 증가하여 가장 큰 값을 보였다. 이러한 수직속도의 변화 패턴은 Fukasiro, Imoto, Kobayashi와

Miyashita(1981)의 연구 및 베를린대회의 결과와도 유사하다. 이러한 결과를 통해 Hop 구간에서는 공중 동작에서 스텝동작을 취하여야 하기 때문에 체공기를 길게 가져가기 위해 수직속도가 다소 높게 나타났을 것으로 보이는데 이러한 추론은 수평속도의 손실이 Step에 이어 Hop에서 크게 나타났고 Jump 구간에 가장 증가한 결과와 연결된다고 할 수 있다. 또한 Jump 구간에서는 적절한 도약각도를 만들어 마지막 최종 거리를 높이기 위해 수직성분의 속도가 크게 증가시켰다고 할 수 있다.

이지 시점의 도약각도는 최종 도약을 위한 Jump 구간에서 가장 높은 수치를 보였는데, 연속적인 도약에 의해 수평속도가 감소되고 도약을 최종적으로 마무리해야 하는 상황에서 수직속도의 비중을 높이는 전략을 구사하였기 때문으로 보인다. 이는 앞서 논의한 각 도약에서의 수평속도와 수직속도의 전체적인 패턴과 논리적으로 연결되고 있다.

한편 도약각도와 관련하여 특징적인 것은 결승진출자 전반에서 점프주도형 선수(2위와 6위)들의 도약각도가 낮게 나타났다는 점인데 특히 상위 랭크에서 점프주도형 기술의 2위 선수가 홉주도형 기술을 구사한 1위와 3위 선수에 비해 모든 도약국면에서 낮은 각도로 도약하였다. 선수들의 기술 전략은 도약각도 및 수평, 수직 속도와 밀접한 관련이 있을 것을 판단되는데 대구대회의 상위 1위와 2위 선수를 비교하면 기술전략과 역학적 요인간의 연관을 발견할 수 있다. 홉주도형 기술을 구사한 1위 선수의 경우 상대적으로 도약각도를 크게 하면서 수평속도는 다소 손실되더라도 수직속도를 높게 유지한 반면 점프주도형 기술을 구사한 2위 선수는 낮은 각도로 도약하면서 수평속도를 최대한 유지한 것으로 나타났다. 앞서 이번 대구대회에서 점프주도형 기술을 구사한 여자선수들이 등장하였다는 점을 상기해 볼 때 우리나라 선수들이 향후 이러한 기술을 시도하고자 한다면 기존의 홉주도형 기술과는 다른 역학적 요인들을 면밀히 참고하여야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구에서는 2011 대구 세계육상선수권 대회 여자세단뛰기 결승 상위 8명의 운동학적 분석을 통해 세단뛰기 기술의 시대적 흐름과 최고 수준의 기술에 대한 분석 정보를 제공하고자 하였다. 이를 위해 결승전 상위 8명의 최고 기록 시행에 대해을 영상분석을 시행 하였다.

2011 대구세계육상선수권대회에서 여자 세단뛰기 결승전 상위 8명의 평균 도약 거리는 14.58m로 베를린 세계대회와 유사한 결과를 보였다. Hop, Step, Jump의 각 구간 도약 거리의 비율은 전체적으로 Step < Jump < Hop 구간의 비율로 나타났으며, 각 선수들의 기술 유형을 보면 4명의 선수가 홉주도형 기술을, 나머지 4명의 선수가 균형형 및 점프주도형 기술을 구사한 것으로 나타났다. 홉주도형 기술의 선수가 상대적으로 좋은 기록을 보였지만 특징적으로는 이전 베를린대회와는 달리 점프주도형 기술을 구사한 선수들이 등장하였다.

신체중심의 수평속도는 Hop > Step > Jump의 크기로, 도약이 진행되면서 수평속도가 감소하는 것으로 나타났으며, 수직속도는 Step 구간에서의 수직속도가 가장 낮고 Jump 구간에서의 수직속도가 가장 큰 값을 보였다. 특히 Step 구간에서 수평속도를 최대한 유지하는 전략을 사용한 반면, Jump 구간에서는 감소된 수평속도 요인에서 수직속도에 의존하여 도약 거리를 증가시키기 위해 도약각도와 수직속도가 크게 증가시켜 마지막 최종 거리를 증가시키는 전략을 구사한 것으로 나타났다. 1위와 2위 선수를 비교해 보면 홉주도형 기술을 구사한 1위 선수는 도약각도와 수직속도를 크게 한 반면 점프주도형 기술을 구사한 2위 선수는 낮은 각도로 도약하면서 수평속도를 최대한 유지한 것으로 나타났다.

남자 선수들의 세단뛰기에 대한 연구에 비해 상대적으로 여자 경기의 연구가 미미한 실정으로 향후 이에 대한 연구가 활발히 진행될 필요가 있을 것으로 보인다. 아울러 세계적인 선수의 기술 동향을 파악하여 이를 활용함으로써 낙후된 국내 육상의 발전을 도모하고자 하는 노력을 계속 경주해야 할 것이다.

참고문헌

Abdel-Aziz, Y. I., & Karara, H. M.(1971). *Direct linear transformation from comparator coordinates in object-space coordinates in close-range photogrammetry.* Proceedings of the ASP Symposium of Close-Range Photogrammetry. Urbana, IL.

Hommel, H. (Eds) (2009) Biomechanical Report WC Berlin 2009 Triple Jump. *Biomechanical Analyses of Selected Events at the 12th IAAF World Championships in Athletics, Berlin* from http://www.iaaf.org.

Fukashiro, S., Iimoto, Y., Kobayashi, H., & Miyashita, M.(1981). A biomechanical study of the triple jump. *Medicine & Science in Sports & Exercise,* 13(4), 233-237.

Hay, J. G.(1992). The biomechanics of the triple jump: A review. *Journal of sports sciences,* 10(4), 343-378.

Hay, J. G.(1995). The case for a jump-dominated technique in the triple jump. *Track Coach,* 132, 4214-4219.

Hay, J. G.(1999). Effort distribution and performance of olympic

triple jumpers. *Journal of Applied Biomechanics,* 15, 36-51.

Hay, J. G., & Miller, J. A.(1985). Techniques used in the triple jump. *International Journal of Sport Biomechanics,* 1. 185-196.

Miller, J. A., & Hay, J. G.(1986). Kinematics of a world record and other world-class performances in the triple jump. *International Journal of Sport Biomechanics,* 2(4), 272-288.

Ryu, J. K.(2005). A Cinematographic Analysis of Selected Kinematic Characteristics of Intercollegiate Man's Triple Jumpers. *The korean Journal of Physical Education,* 44(1), 353-364.

Ryu, J. K., & Yoon, H. J.(2001). A kinematic analysis of characteristics between jumped distance in the triple jump. *The korean Journal of Physical Education,* 40(2), 833-841.

Hommel, H. (Eds) (2009) Biomechanical Report WC Berlin 2009 Triple Jump. *Biomechanical Analyses of Selected Events at the 12th IAAF World Championships in Athletics, Berlin* from http://www.iaaf.org

Appendix

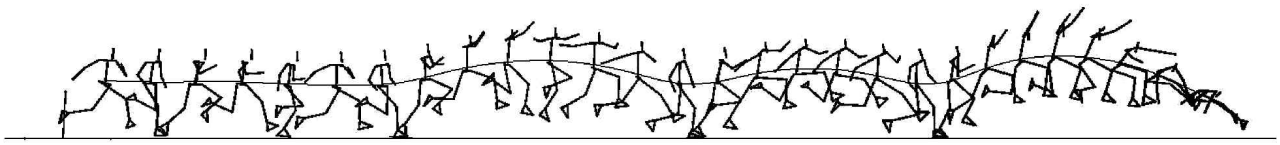
Stick figure of the triple jump women top 8 in 2011 IAAF WC Daegu

Rank 1 : Saladuha O. 1st 14.94m

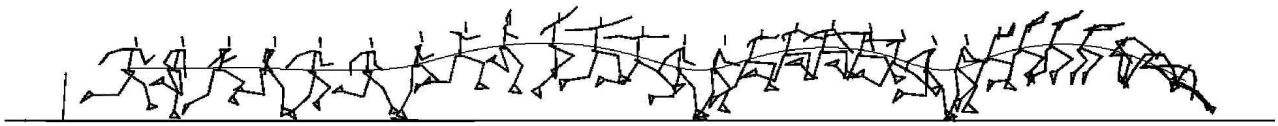
Rank 2 : Rypakova O. 5th 14.89m

Rank 3 : Ibarguen C. 5th 14.84m

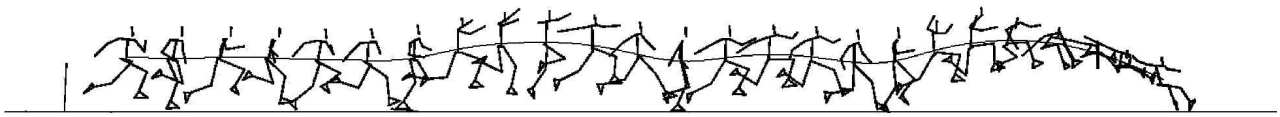
Rank 4 : Gay M. 5th 14.67m



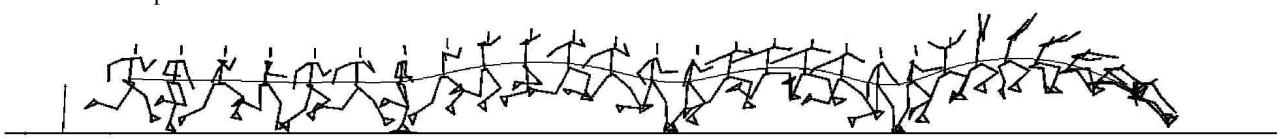
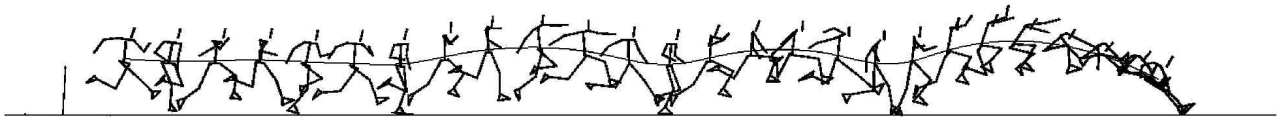
Rank 5 : Aldama Y. 1st 14.50m



Rank 6 : Savigne Y. 1st 14.43m



Rank 7 : Kuropatkina A. 2nd 14.23m



Rank 8 : Rahouli B. 3rd 14.12m