2011 대구세계육상선수권대회 남자 세단뛰기 경기의 운동학적 분석

우상연¹ · 서정석² · 김호목¹ · 김용운³ · 최성범¹ · 남기정⁴

¹순천향대학교 자연대학 스포츠과학과 · ²원광대학교 자연대학 스포츠과학과 ·

³경남대학교 사범대학 체육교육과 · ⁴서울대학교 사범대학 체육교육과

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

Sang-Yeon Woo¹ · Jung-Suk Seo² · Ho-Mook Kim¹ · Yong-Woon Kim³ · Sung-Bum Choi¹ · Ki-Jeong Nam⁴

¹Department of Sports Science, College of Natural Science, Soonchunhyang University, Asan, Korea

²Department of Sports Science, College of Natural Science, Wonkwang University, Iksan, Korea

³Department of Physical Education, College of Education, Kyungnam University, Changwon, Korea

⁴Department of Physical Education, College of Education, Seoul National University, Seoul, 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 men's triple jump at the 2011 Daegu World Championships by comparing the results to those at the 2009 Berlin World Championships. The kinematic data were gathered from two steps before take off to the landing using a seven panorama system, and these data were divided into 3 phases for 8 participants. The average jump for the finalists was longer in the Daegu championships (17.46 m) than in the Berlin championships (17.28 m). The longest jump record was increased by 23 cm. The step was the longest at 36% of the total distance, followed by the hop at 30% and the jump at 34%. The first and third phases were substantially longer than the second phase (the step). The horizontal speed at take-off increased in the order hop, step, and jump. Overall, in comparison with the results from Berlin, the horizontal velocity increased, the vertical velocity decreased, and the landing angle decreased.

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

I. 서 론

세계적인 우수 선수들의 실제 시합 수행을 분석한 정량적 데이터는 코치들과 선수들에게 좋은 참고 자료이다(Ryu, 2005; Yu & Hay, 1986; Yu & Hay 1996). 세계육상선수권대회는 올림픽과 더불어 세계 최고 선수들이 참가하는 대회로 세계선수권 대회 중 분석된 경기 종목 별 분석데이터는 각 종목의 코치

들과 선수들에게 훌륭한 참고자료일 것이다. 본 연구에서는 2011년 대구세계육상선수권대회 중 남자 세단뛰기 종목의 운동학적 분석을 실시하였다.

세단뛰기는 한 번의 도움닫기를 통해 홉(hop), 스텝(step) 그리고 점프(jump)의 세 번의 도약을 하는 종목이다(Lee, 1994). 홉은 구름판에서 도약한 후 동일한 발로 착지하고, 스텝은 홉 착지에 사용된 다리로 도약한 후 반대 다리로 착지하며 마지막 도약인 점프는 스텝 착지에 사용된 다리로 도약한 후 모래 사장에 양발로 착지한다(Ryu, 2011). 세단뛰기는 이 세 번의 도약으로 이동한 최종적인 수평거리를 기록으로 측정하는데 최대한의 수평 거리를 달성하기 위해서는 각 단계에서 수행의 조화를 얼마나 잘 이루어 내느냐에 따라 경기력이 좌우된다.

Corresponding Author: Ki-Jeong, Nam
Department of Physical Education, College of Education, Seoul National University, Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul, Korea
Tel : +82-2-880-7805 / Fax : +82-2-872-2867
E-mail: rugg3@snu.ac.kr

본 논문은 2011 대구세계육상선수권대회 운동역학 프로젝트로서 문화체육관광부와 대한육상경기연맹으로부터 지원을 받아 수행한 것임.

세단뛰기에 대한 운동역학적 분석을 시도한 이전 연구들의 주요 관심 변인은 도움닫기와 도약 시 수평, 수직 속도와 도약 각도, 무게중심의 높이, 지지기 지속시간과 도약각 등 이었다(Hay, 1994; Hay, 1995; Ryu, 2005; Ryu, & Yoon, 2001; Yu, 1999). 또한 이전 연구들에서는 기술의 유형을 세 번의 도약거리의 상대적 비율을 기준으로 홑주도형 기술(hop-dominated technique), 균형형(balanced technique) 기술, 점프주도형 기술(Jump-dominated technique)로 분류하였다(Hay, 1992; Hay, 1999). Ryu(2011)는 국내 세단뛰기 선수의 경기력 향상을 위해 특정 선수의 경기 수행에 대한 운동학적 분석 데이터를 종적으로 수집하여 연구하기도 하였다.

본 연구에서는 세계육상선수권대회 중 남자 세단뛰기 종목 결선 라운드 최종기록 기준 상위 8명의 수행의 운동학적 분석을 실시하였다. 분석 대상의 8명은 Christian Taylor(미국), Phillips Idowu(영국), Will Claye(미국), Alexis Copello(쿠바), Nelson Évora(포르투갈), Christian Olsson(스웨덴), Leevan Sands(바하마), Benjamin Compaoré(프랑스)였다. 그중 Christian Taylor는 17.96m의 기록으로 WL(해당 시즌 세계최고 기록)을 작성하며 좋은 결과를 이루어 냈다. 연구 결과를 통해 세단뛰기 기술의 시대적 흐름과 최고 수준의 기술에 대한 분석 정보를 제공 할 수 있을 것으로 판단된다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

연구대상은 2011 대구세계육상선수권대회 남자 세단뛰기 결선 진출자 상위 8명이며 개인별 결선 최고기록 시행만을 분석에 사용하였다.

2. 실험 장비

촬영에는 60 fields/sec의 디지털 카메라 7 대(Sony vx2100, Sony Fx 등)가 사용되었으며 셔터 속도는 1/1000 sec로 설정하였다. 또한 4개의 통제점들(1 m × 1 m × 2 m)을 사용하였다.

3. 실험 절차

선수들의 경기 상황을 정확히 분석하기 위해 제일 먼저 촬영구역을 설정하였다. 2009년 베를린 대회 결과 보고서를 기준으로 분석구간이 포함될 수 있도록 전체 범위를 26 m로 설정하였고 이를 다시 3개의 존으로 나누어 촬영하는 파노라마 시

스템을 활용하였다(Figure 1).

Figure 1. Section of filming zones

홑, 스텝, 점프의 거리에 대한 선행 연구들의 자료를 참고하여 1번 존은 9 m, 2번 존은 9 m, 3번 존은 9 m로 설정하였다. 이때 각각의 존은 서로 50 cm씩 겹치게 하여 각존별로 2대의 카메라로 통제점들 및 운동 상황을 촬영하도록 설정하였고(Figure 2), 7번 카메라는 전체 분석구간을 촬영하도록 설치하였다.

4. 자료 분석

촬영되어진 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), 홑 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 3). 이 가운데 가장 중요한 시점인 Hop, Step, Jump 시점에서의 자료를 중점적으로 결과부분에서 제시하였다.

3차원 동작 분석은 Kwon3D program ver. 3.10을 사용하였으며, DLT 기법(Direct linear transformation, Abdel-Aziz & Karara, 1971)을 통해 3차원 좌표 값을 얻었다. 영상 좌표화 과정에서 발생하는 노이즈를 최소화하기 위해 2차 Butterworth low-pass digital filter를 사용하였으며, 이때 차단 주파수는 6 Hz로 설정하였다.

디지털타이징 시에는 각 촬영구역 별로 이벤트를 나누어 실시

Figure 2. Set-up of control frames & cameras

Figure 3. Main events and phases

Figure 4. Events & filming zones

하였는데 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 디지털 타이밍 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 기록과 2011년 대구 최종 기록, 최종 8명의 개인 최고 기록 및 시즌 개인 최고 기록 등을 비교해보면 다음과 같다(Table 1, Table 2, Figure 5).

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

Rank	Name	Result	Loss	PB	SB
1	Taylor C.	17.96	0.14	17.68	17.68
2	Idowu P.	17.77	0.14	17.81	17.59
3	Claye W.	17.50	0.17	17.35	17.35
4	Copello A.	17.47	0.15	17.68	17.68
5	Evora N.	17.35	0.11	17.74	17.31
6	Olsson C.	17.23	0.22	17.83	17.29
7	Sands L.	17.21	0.38	17.59	17.13
8	Compaore B.	17.17	0.31	17.29	17.29
Average		17.46 ±0.28	0.21 ±0.10	17.62 ±0.20	17.42 ±0.21

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	Idowu P.	17.73	0.19
2	Evora N.	17.55	0.05
3	Copello A.	17.36	0.18
4	Snads L.	17.32	0.02
5	Girat A.	17.26	0.00
6	Li Y.	17.23	0.09
7	Spasovkhodskiy I.	16.91	0.05
8	Gregorio J.	16.89	0.26
Average		17.28±0.29	0.11±0.09

From Biomechanical Report WC Berlin 2009 Triple Jump

2011 대구 세계육상선수권대회에서 남자 세단뛰기 결승전 상위 8명의 평균 도약 거리는 17.46 ± 0.28 m로 2009 베를린 세계육상선수권대회의 결승전 상위 8명의 평균 도약 거리인 17.28 ± 0.29 m에 비해 0.18 m 높은 기록이다.

1위는 17.96 m를 도약한 Christian TAYLOR(USA) 선수이며 2009 베를린 우승자인 Phillips IDOWU(GBR) 선수의 기록인 17.73 m 보다 0.23 m 향상된 기록을 달성하였고, 상위 8명의 기록이 2009년 베를린 대회 기록보다 모두 향상되었음을 알 수 있다(Figure 5).

Figure 5. Comparison of 2009 & 2011 World Championships

또한, 2009 베를린 대회에서 1, 2, 3, 4위를 차지한 Phillips IDOWU(GBR), Nelson EVORA(POR), Alexis COPELLO(CUB), Leevan SANDS(BAH) 선수들은 2011 대구 대회에서 각각 2등, 5등, 4등, 7등에 머물렀다.

Loss는 구름판을 얼마나 잘 밟았는가를 보여주는 지표로서 대구대회에서 보다 더 큰 손실을 보이고 있다.

2. 구간별 도약 거리

2L과 1L 구간의 스트라이드 길이를 비교해보면 2011년 대구와 2009년 베를린 대회 모두 1L 구간에서의 길이가 짧아진 것을 확인 알 수 있다(Table 3, Table 4). 이는 구름판을 밟을 때 파울을 범하지 않기 위해 스트라이드를 조절하기 위해 보폭을 줄이는 것으로 사료된다. 주요 구간인 Hop, Step, Jump 구간에서의 스트라이드 길이의 절대 값을 살펴보면 양 대회 모두 평균적으로 Hop 구간이 가장 길고 Jump, Step 구간 순으로 짧아지는 것을 알 수 있다. 이는 도움닫기의 속도를 최대한 이용할 수 있는 Hop 도약 구간의 장점을 살리는 기술 패턴을 많은 선수들이 사용한 것을 의미하며, 상대적으로 Step 도약 구간은 Jump 도약을 위한 중간 매개의 역할에 한정되는 전체적인 도약 기술을 구사한 것으로 보인다(Table 3, 4).

다만 2011년 대구 대회에서는 Jump 구간의 길이가 2009 베를린 대회의 길이보다 다소 높은 것을 알 수 있는데 이는 구간별 상대적인 길이의 비율을 살펴보면 그 원인을 알 수가 있다.

양 대회 모두 상위 8명의 평균치는 Hop 구간의 비율이 높은 것을 알 수 있는데 이는 대부분의 선수들이 홉 주도형 기술 선수라는 것을 대변하는 것이다. 하지만 2011년 대구대회의 1위인 Christian TAYLOR (USA) 선수와 3위인 Will CLAYE (USA) 선수는 Jump 구간의 비율이 높은 점프주도형 기술 선수인 것을 알 수가 있다(Table 5).

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

Rank	Name	2L	1L	Hop	Step	Jump
1	Taylor C.	2.40	2.37	6.19	5.29	6.62
2	Idowu P.	2.52	2.24	6.67	5.64	5.60
3	Claye W.	2.42	2.31	5.77	5.43	6.47
4	Copello A.	2.51	2.35	6.40	5.38	5.84
5	Evora N.	2.39	2.25	6.44	5.18	5.84
6	Olsson C.	2.63	2.54	6.37	5.09	5.99
7	Sands L.	2.59	2.41	6.63	4.77	6.19
8	Copello B.	2.62	2.59	6.32	5.23	5.93
Average		2.51 ±0.10	2.38 ±0.13	6.35 ±0.28	5.25 ±0.26	6.06 ±0.34

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

Rank	Name	2L	1L	Hop	Step	Jump
1	Idowu P.	2.58	2.49	6.49	5.41	6.02
2	Evora N.	2.68	2.26	6.51	5.41	5.68
3	Copello A.	2.41	2.29	6.01	5.77	5.92
4	Sands L.	2.92	2.30	6.52	5.20	5.62
5	Girat A.	2.49	2.33	6.16	5.41	5.88
6	Li Y.	2.30	2.46	6.33	5.24	5.75
7	Spas. I.	2.55	2.49	6.47	4.80	5.69
8	Gregorio J.	2.71	2.62	6.33	5.10	5.72
Average		2.58 ±0.19	2.41 ±0.13	6.35 ±0.19	5.29 ±0.28	5.79 ±0.14

From Biomechanical Report WC Berlin 2009 Triple Jump

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	34	29	37	36	30	34
2	37	32	31	37	31	32
3	33	31	36	34	33	33
4	36	31	33	38	30	32
5	37	30	33	35	31	34
6	37	29	34	37	30	33
7	38	27	35	38	28	34
8	36	30	34	37	30	33
Ave.	36 ±1.7	30 ±1.6	34 ±1.9	37 ±1.4	30 ±1.4	33 ±0.8

From Biomechanical Report WC Berlin 2009 Triple Jump

3. COM 도약 속도

각 구간별 도약 시 무게중심의 수평 및 수직 속도는 최종 도약 거리와 상관이 높은 변인이다. 2011 대구대회 결승 상위 8명의 도약 시 무게중심 수평 속도 평균값은 각각의 구간별로 2L 10.18 ± 0.17 m/s, 1L 10.34 ± 0.26 m/s, Hop 9.40 ± 0.53 m/s, Step 8.30 ± 0.24 m/s, Jump 7.04 ± 0.38 m/s이며, 2009 베를린 대회 기록인 2L 10.13 ± 0.23 m/s, 1L 10.14 ± 0.21 m/s, Hop 9.38 ± 0.20 m/s, Step 8.29 ± 0.14 m/s, Jump 6.99 ± 0.22 m/s 보다 모든 구간에서 수평 속도의 증가를 보이고 있다(Table 6, 7). 이러한 결과는 2011년 대구대회의 최종 기록 향상으로 연결되어 진다고 할 수 있겠다. 세단뛰기의 특성 상 결국 수평 성분의 속도가 클수록 도약 시 속도의 감소가 작을수록 최종 도약 거리가 증가하기 때문이다. 도약 시 수평 속도의 감소는 Hop(2011: 0.94 ± 0.38 m/s, 2009: 0.76 ± 0.15 m/s)과 Step(2011: 1.10 ± 0.42 m/s, 2009: 1.08 ± 0.11 m/s)에서는 2011 대구대회 기록이 더 큰 손실을 보였지만 수평속도의 절대치가 높기 때문에 궁극적으로는 속도가 작다고 할 수 없으며 마지막 도약 구간인 Jump(2011: 1.26 ± 0.31 m/s, 2009: 1.31 ± 0.22 m/s)에서는 수평속도의 손실이 작게 나타났다(Table 6, 7).

2011 대구대회 결승 상위 8명의 도약 시 무게중심 수직 속도의 평균값은 각각의 구간별로 Hop 2.03 ± 0.18 m/s, Step 1.94 ± 0.13 m/s, Jump 2.37 ± 0.31 m/s이며 2009 베를린 대회 기록인 Hop 2.48 ± 0.13 m/s, Step 2.06 ± 0.19 m/s, Jump 2.63 ± 0.23 m/s 보다 전체적으로 모든 구간에서 속도의 감소를 보이고 있다.

4. 도약 각도

도약 각도는 양 대회 모두 최종 도약을 위한 Jump 구간에서 가장 높은 수치를 보이고 있다. 이는 Hop과 Step에 비해 감소된 수평속도 요인을 만회하기 위해 Jump 구간에서 상대적으로 수직속도를 증가시켰음을 의미한다.

2011 대구 대회 결승 상위 8명의 도약 각도의 평균값은 각각의 구간별로 Hop 12.3 ± 1.3 °, Step 13.2 ± 1.0 °, Jump 18.9 ± 2.7 °이며 2009 베를린 대회 기록인 Hop 14.8 ± 1.0 °, Step 14.00 ± 1.5 °, Jump 20.6 ± 2.4 ° 보다 모든 구간에서 감소되었다.

IV. 논 의

2011년 대구 대회에서는 시합 결과를 분석해 한 결과 세계적인 선수들의 세대교체가 이루어 졌으며 이로 인해 전체적인 기록이 향상되었다고 할 수 있다. 특히 1위와 3위를 차지한 Christian Taylor와 Will Claye 두 명의 어린 미국 선수들은 본인

의 개인최고기록을 갱신하면서 좋은 성적을 거두었다. 평균적으로는 개인최고기록이 17.62 ± 0.20 m로 최종 기록이 개인최고기록에 미치지 못하는데 이는 두 명의 선수를 제외하고 나머지 6명의 선수들이 개인최고기록보다 낮은 경기 기록을 작성하였기 때문이다.

구간별 도약 거리는 선수들의 기술적 특성을 구분 지을 수 있게 해주는 변인 중의 하나이다. 홑(Hop), 스텝(Step), 점프(Jump) 구간의 도약 거리의 상대적인 비율(Stride length Relative distance)을 토대로 각각의 선수들을 홑주도형 기술(hop-dominated technique), 균형형(balanced technique) 기술, 점프주도형 기술(Jump-dominated technique)로 분류할 수 있다(Hay, 1992; Hay, 1999). 이와 관련되어 상위 8명의 평균값은 홑 구간의 비율이 높은 홑 주도형 기술 선수임을 나타낸다(Table 3). 하지만 흥미로운 점은 1위와 3위를 차지한 신예의 미국 선수 두

선수만이 본인의 최고 기록을 경신한 유일한 점프주도형 기술 선수라는 것이다. 이와 같은 결과를 통해서 이번 2011 대구대회에서는 홑 주도형 기술 선수보다는 jump 구간 길이의 향상에 중점을 둔 점프주도형 기술 선수들이 좋은 성적을 이루어냈다고 판단할 수 있다. 이것은 Ryu(2005)가 17.5 m 이상을 뛰는 세계 엘리트 선수들에게서 나타나는 뚜렷한 현상은 홑을 강조하거나 점프를 강조하는 두 가지 유형이 우수한 경기력을 나타낸다는 주장과 일치하였다.

COM의 도약 속도 결과(Table 6., Table 7.)에서 무게중심 수평 속도 (Horizontal velocity at take-off) 평균값은 각각의 구간별로 2L 10.18 ± 0.17 m/s, 1L 10.34 ± 0.26 m/s, Hop 9.40 ± 0.53 m/s, Step 8.30 ± 0.24 m/s, Jump 7.04 ± 0.38 m/s이며 m/s, Jump 1.26 ± 0.31 m/s 였다. 이전 연구 중 Ryu(2005)는 무게중심 수평 속도 평균값은 각각의 구간별로 Hop 9.34 ± 0.21 m/s, Step 8.23 ± 0.31 m/s,

Table 6. Horizontal & vertical velocities at stride & jumping events in 2011 Daegu 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	Taylor C.	10.25	10.57	9.70	8.61	7.33	0.87	1.09	1.28	1.78	1.92	2.43
2	Idowu P.	10.36	10.62	9.65	8.11	6.53	0.97	1.54	1.58	2.15	2.05	2.6
3	Claye W.	10.08	10.27	9.77	8.57	7.33	0.50	1.20	1.24	1.85	1.99	2.76
4	Copello A.	9.99	9.94	8.14	7.96	6.71	1.80	0.18	1.25	1.88	2.05	2.59
5	Evora N.	10.16	10.19	9.49	8.35	6.67	0.70	1.14	1.68	2.27	1.89	2.45
6	Olsson C.	9.95	10.16	9.35	8.07	7.33	0.81	1.28	0.74	2.13	1.87	2.16
7	Sands L.	10.18	10.28	9.36	8.43	7.50	0.92	0.93	0.93	2.2	1.68	1.81
8	Compaore B.	10.43	10.66	9.71	8.26	6.91	0.95	1.45	1.35	1.97	2.04	2.18
Average		10.18 ± 0.17	10.34 ± 0.26	9.40 ± 0.53	8.30 ± 0.24	7.04 ± 0.38	0.94 ± 0.38	1.10 ± 0.42	1.26 ± 0.31	2.03 ± 0.18	1.94 ± 0.13	2.37 ± 0.31

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	Idowu P.	10.47	10.53	9.72	8.48	7.01	0.81	1.24	1.48	2.45	1.94	2.70
2	Evora N.	10.10	10.13	9.19	8.25	6.50	0.94	0.94	1.76	2.68	1.94	3.14
3	Copello A.	9.99	10.01	9.49	8.27	6.93	0.51	1.22	1.34	2.27	2.21	2.53
4	Snads L.	10.25	10.14	9.53	8.52	7.26	0.61	1.00	1.26	2.48	2.10	2.36
5	Girat A.	9.86	9.88	9.14	8.15	7.06	0.73	0.99	1.09	2.47	2.32	2.45
6	Li Y.	9.89	9.99	9.18	8.15	6.94	0.81	1.02	1.22	2.64	2.26	2.57
7	Spasovkhodskiy I.	10.06	10.09	9.35	8.24	7.11	0.74	1.11	1.13	2.39	1.97	2.67
8	Gregorio J.	10.42	10.36	9.42	8.28	7.11	0.95	1.14	1.17	2.48	1.75	2.62
Average		10.13 ± 0.23	10.14 ± 0.21	9.38 ± 0.20	8.29 ± 0.14	6.99 ± 0.22	0.76 ± 0.15	1.08 ± 0.11	1.31 ± 0.22	2.48 ± 0.13	2.06 ± 0.19	2.63 ± 0.23

From Biomechanical Report WC Berlin 2009 Triple Jump

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	10	13	18	14	13	21
2	13	14	22	16	13	26
3	11	13	21	13	15	20
4	14	15	21	15	14	18
5	13	13	20	15	16	19
6	13	13	17	16	16	20
7	13	11	14	14	13	21
8	12	14	18	15	12	20
Ave.	12.3 ±1.3	13.2 ±1.0	18.9 ±2.7	14.8 ±1.0	14.0 ±1.5	20.6 ±2.4

†From Biomechanical Report WC Berlin 2009 Triple Jump

Jump 6.95 ± 0.32 m/라 보고하였고, Bruggeman(1990)은 각각의 구간별로 Hop 9.26 m/s, Step 8.29 m/s, Jump 6.84 m/s, Miller & Hay(1986)는 구간별로 Hop 9.5 m/s, Step 8.7 m/s, Jump 7.3 m/s 각각 보고되었다.

각 도약 별 무게중심 수평 속도(Horizontal velocity at take-off) 손실치는 Hop 0.94 ± 0.38 m/s, Step 1.10 ± 0.42 m/s, Jump 1.26 ± 0.31 m/s 였다. 이전 연구 중 Ryu(2005)는 수평속도의 손실치를 Hop 0.60 m/s, Step 0.94 m/s, Jump 1.07 m/s라 보고하였고, Bruggeman(1990)은 Hop 0.77 m/s, Step -0.99 m/s, Jump -1.50 m/s, Miller & Hay(1986)는 Hop 0.7 m/s, Step 1.2 m/s, Jump 1.5 m/s 로 각각 보고 하였다. 이전 연구 결과와 본 연구의 수평 속도 손실치를 비교하였을 때, 수평 속도 손실치는 2011년 대구 대회에서 더 크게 나타났다. 본 자료만으로 도움닫기의 속도와 도약 시 수평 속도의 손실치의 관련성에 대한 논의는 불가능하나 추후 수평 속도와 손실치에 관한 연구가 이루어질 수 있을 것으로 판단된다.

COM의 수평속도 중에 마지막 도약 구간인 jump구간이 2011 대구 대회가 다소 높은 수치를 보이고 있다. 이는 2009 베를린 대회의 대부분의 선수들이 홉 거리에 중점을 둔 홉 주도형 기술 선수인 반면에 2011 대구대회에서는 1, 3위인 두선수가 점프 주도형 기술 선수이기 때문에 점프 거리를 보다 증가시키기 위해 Jump 도약에서 수평속도의 손실을 최대한 줄이기 위한 노력을 한 것으로 사료된다. 이는 대구대회 결승 진출자들이 베를린대회 결승 진출자들에 비해 상대적으로 수평속도 요인을 강조한 도약 기술을 구사하였기 때문으로 생각할 수 있다. 다만 대구대회에서 제반 사정으로 인해 카메라의 위치가 전체적으로 높은 곳에 위치하여 수직변위의 오차가 다소 증가했을 수 있다는 점도 그 원인의 일단이 될 수 있을 것으로 생각된다.

COM의 수직속도는 Jump 구간이 가장 높으며 그 다음 Hop, Step 구간의 순서를 보이고 있는데 Jump 구간은 마지막 최종 거리를 높이기 위해 적절한 도약 각도를 만들기 위해 수직성분의 속도가 제일 높다고 할 수 있으며 Hop 구간 또한 공중 동작에서 스텝동작을 취하여야 하기 때문에 체공기를 길게 가져가기 위해 수직속도가 높다고 할 수 있겠다. 또한 2011년 대구대회의 Hop과 Jump구간 사이의 수직속도 차가 2009년 베를린대회의 차보다 다소 높은 것을 알 수 있는데(2011: 0.34 m/s, 2009: 0.15 m/s) 이 또한 점프 주도형 기술인 두 명의 선수로 인한 것으로 사료된다.

도약 각도(Table. 8)는 2011년 대구 대회 결승 상위 8명의 평균값이 베를린 대회에 비해 감소하였는데 이는 앞서 베를린대회에 비해 수평속도가 전체적으로 증가한 반면 수직속도가 감소한 측면으로 이해할 수 있다. 이전 연구에서 신체무게중심의 평균도약각도는 Ryu(2005)는 각각 16.0°, 33.4°, 21.7°(Ryu, 2005)라 보고하였고, Bruggeman(1990)는 14.4°, 13.99°, 21.64°로, Miller & Hay(1986)은 12.7°, 12.6°, 20.6°라고 보고하였다. 이전 연구와 비교하였을 때 2011 대구세계육상선수권대회 남자 세단뛰기 선수들의 평균적인 도약각도는 Miller & Hay(1986)의 기록과 유사한 경향을 보이는 것으로 판단된다. Ryu(2005)의 연구는 유니버시아드 선수들을 대상으로 실시한 자료임을 고려하면 세계적인 수준의 선수들의 도약각도는 유니버시아드 수준의 선수들에 비해 작은 값을 나타나는 것으로 판단된다.

V. 결 론

본 연구의 목적은 2011 대구 세계육상선수권 대회 남자세단뛰기 결승 상위 8명의 운동학적 분석을 통해 세단뛰기 기술의 시대적 흐름과 최고 수준의 기술에 대한 분석 정보를 제공하는 데 있다. 이를 위해 결승전 상위 8명의 최고 기록 시행에 대해 영상분석을 시행 하였으며 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

2011 대구 세계육상선수권대회에서 남자 세단뛰기 결승전 상위 8명의 평균 도약 거리는 17.46 ± 0.28 m이고 Loss는 0.21 ± 0.10 m이다.

각 구간별 스트라이드 길이는 2L 2.51 ± 0.10 m, 1L 2.38 ± 0.13 m, Hop 6.35 ± 0.28 m, Step 5.25 ± 0.26 m, Jump 6.06 ± 0.34 m이며 주요 구간의 상대적인 거리의 비는 Hop 36±1.7%, Step 30±1.6%, Jump 34±1.9%로 나타났다. 이를 토대로 2011년 대구대회의 1위인 Christian TAYLOR(USA) 선수와 3위인 Will CLAYE(USA) 선수는 Jump 구간의 비율이 높은 점프주도형 기술 선수인 것을 알 수가 있으며 나머지 6명의 선수는 Hop 구

간의 비율이 높은 홑 주도형 기술 선수라는 것을 대변한다.

2011 대구대회 결승 상위 8명의 도약 시 무게중심 수평 속도(Horizontal velocity at take-off) 평균값은 각각의 구간별로 2L 10.18 ± 0.17 m/s, 1L 10.34 ± 0.26 m/s, Hop 9.40 ± 0.53 m/s, Step 8.30 ± 0.24 m/s, Jump 7.04 ± 0.38 m/s이며 수평속도의 손실치는 Hop 0.94 ± 0.38 m/s, Step 1.10 ± 0.42 m/s, Jump 1.26 ± 0.31 m/s 이다. 또한 무게중심 수직 속도(Vertical velocity at take-off) 평균값은 각각의 구간별로 Hop 2.03 ± 0.18 m/s, Step 1.94 ± 0.13 m/s, Jump 2.37 ± 0.31 m/s이며 도약 각도(Angle of take-off) 평균값은 각각의 구간별로 Hop $12.3 \pm 1.3^\circ$, Step $13.2 \pm 1.0^\circ$, Jump $18.9 \pm 2.7^\circ$ 로 산출되었다.

세단뛰기 종목의 수행 분석 이외에도 국제대회기간 중 촬영을 진행하면서 발생된 우발적 문제 상황과 예방책을 논의하여 현장에서의 경기 촬영 노하우를 타 연구자들과 공유하기 위한 연구목적에 부합하여 추후 이러한 조건에서의 실험을 위해 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

우선 카메라는 가급적 스타디움 상단부를 피해서 설치해야 할 것이다. 관중들의 시야를 가리지 않고 최대한 접촉을 피하기 위해 관중이 없는 상단부에 카메라를 설치하여야 하지만 분석 시 데이터의 오류를 야기할 수 있다. 특히 무게중심의 수직 변위의 오차가 증가할 수 있기 때문에 상단부는 피하는 것이 좋다.

따라서 이를 보완하기 위해서는 관중들이 카메라 설치한 곳으로 모여들지 못하도록 통제라인을 설치하는 것이 좋은 방안이 될 것이다. 또한 카메라는 삼각대에 고정하는 것보다는 스타디움 기둥과 같이 바람의 영향을 최소한으로 받을 수 있는 구조물을 이용하는 것이 훨씬 카메라 안정성에 도움이 될 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.
- 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.
- 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.
- 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>.
- Lee, J. H.(1994). A biomechanical study of the triple jump. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 4(2), 9-14.
- 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., & Song, J. H.(2011). Analysis of technical variations and suggestion a training method in triple jump. *Korean Journal of Sport Science*, 22(3), 2237-2247.
- 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.
- Yu, B., & Hay, J. G.(1996). Optimum phase ratio in the triple jump. *Journal of Biomechanics*, 29(10), 1283-1289.
- Yu, B.(1999). Horizontal-to-vertical velocity conversion in the triple jump. *Journal of Sports Sciences*, 17(3), 221-229.

Appendix

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

Rank 1 : Taylor C. 4th

17.96 m

Rank 2 : Idowu P. 4th

17.77 m

Rank 3 : Claye W. 3rd

17.50 m

Rank 4 : Copello A. 5th

17.47 m

Rank 5 : Evora N. 1st

17.35 m

Rank 6 : Olsson C. 1st

17.23 m

Rank 7 : Sandsa L. 5th

17.21 m

Rank 8 : Compaore B. 3rd

17.17 m