



멀리뛰기 8m 선수들의 운동학적 변인 조사를 통한 국내 멀리뛰기 선수들의 8m 뛰기 전략

The Jumping Performance Strategy over 8 meters in National Long Jumpers through the Kinematic Variable Researches

류재균* (경희대학교)

Ryu, Jae-Kyun* (KyungHee University)

ABSTRACT

J. K. RYU. The Jumping Performance Strategy over 8 meters in National Long Jumpers through the Kinematic Variable Researches, Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 15, No. 2, pp. 129-138, 2005. The purpose of this study was to investigate the techniques used by long jumpers who recorded over 8meters in 2002 Busan Asian Game and 2003 Daegu Universiade. The kinematic characteristics from the last three stride to takeoff at the takeoff board were analyzed such as velocities, heights and angles. The real-life three-dimensional coordinates of 20 body landmarks during each trial were collected using a Direct Linear Transformation procedure.

The conclusion were as follows;

1. The height variation who recorded over 8 meters of center of gravity of the jumpers at the last stride was under 8cm. In order to record over 8meters the national long jumpers should have under 10cm height variation.
2. In the approach phase the horizontal velocity of the jumpers should reach to 10.5m/s in last three strides and 9.79m/s in touch down at take off board.
3. The horizontal velocity at take off board must have over 8.51m/s and the vertical velocity must have 3.75m/s simultaneously in order to record 8meters.
4. The forward body lean angle should have over 20degrees with pushing the take off board in forwarding movement. The appropriate body variation range ratio between take off and touch down should be 1.2 vs 1 and the trunk angle at touch down on the board should be close to the erect posture for higher body flight.

KEYWORDS: FORWARD BODY LEAN ANGLE, TAKEOFF, ERECT POSTURE, VARIATION RANGE RATIO

I. 서론

멀리뛰기는 도움닫기, 발구름 준비, 발구름, 공중

비행, 착지의 다섯 단계가 상호 연계된 구조로 이 다섯 단계의 종합적인 결과가 경기력으로 나타난다. 착지를 이해하기 위해서는 비행구간의 동작을

살펴보아야 하고 발구름 동작을 이해하기 위해서는 선수의 도움닫기 동작을 알아야만 한다. 즉 도움닫기 구간은 발구름의 준비과정으로서 발구름의 초기 조건을 제공하는 것이며, 공중동작은 발구름 단계에서 기인되는 출력결과로 볼 수 있다. 따라서 발구름 기술을 분석하기 위해서는 도움닫기 마지막 3보의 스피드와 보폭 그리고 이륙직후의 결과를 함께 고려함으로써 전체 동작의 연결성이 강조되고 있다(김혜영, 2004). 1987년 멀리뛰기 공인기록 대회에서 김원진 선수가 8.03m의 한국 신기록을 달성한 이후, 성희준선수가 비공식적으로 8m을 넘은 적이 있으나 지금까지 공식적으로 8m 이상의 기록이 나오지 않고 있다. 1991년 도쿄 세계육상선수권대회에서 마이크 포웰(Mike Powell)은 8.95m의 세계 신기록을 수립하였지만 9m의 벽을 넘지 못하고 있다. 아시아의 경우는 1994년 중국의 후양 쟁 선수가 히로시마 아시안 게임에서 8.34m의 아시아신기록을 수립하였고, 1997년 중국의 라오 지양펑 선수가 자오링에서 열린 대회에서 8.40m를 뛰어 새로운 아시아신기록을 세운 바 있다.

최근 수십여 년 동안 멀리뛰기에 관한 연구 결과는 대부분 도움닫기 구간과 발구름 구간에 관한 선수들의 운동학적 특성을 분석하고, 기록에 영향을 미치는 운동학적 변인들을 선별하는데 집중되고 있다(Coh, Kugovnik & Dolenc, 1997; Hay & Miller, 1985; Hay & Nohara, 1990; Lees, Fowler & Derby, 1993; Lees, Graham-Smith & Fowler, 1994).

도움닫기 마지막 단계에서 달리기 자세의 의도적인 조절(류재균, 김혜영과 백진호, 2000; Hay & Nohara, 1990; Lees et al., 1994)은 도움닫기 마지막 2보에서 일어나며 도움닫기 속도는 최고에 도달한다. 보폭은 마지막 3보보다 조금 더 길고 달리는 자세는 스윙 레그 스쿼트(swing leg squat) 동작이 되어 신체중심이 자연스럽게 낮아진다. 이러한 마지막 2보에서의 동작은 마지막 1보의 보폭과 비행거리를 작아지게 하여 도움닫기로부터 얻은 관성을 잘 이용할 수 있는 자세가 되고 발구름 다

리가 빠르게 구름판을 발구름할 수 있도록 유도한다. 이처럼 마지막 2보(penultimate stride)는 도움닫기의 속도와 구름판에서 신체를 멀리 비행시키는 중요한 중간 매개체의 역할을 하기 때문에 마지막 2보 동작을 수행하기 위한 기술 개발이 필요하다. Hay와 Nohara(1990)는 7.25m에서 8.79m의 기록 범위에 있는 남자 선수 20명과 5.92m에서 6.91m의 기록 범위에 있는 여자 선수 26명의 멀리뛰기 동작을 분석하여, 남녀 선수의 구분 없이 발구름 전 4보의 도약거리와 1보전의 착지거리 그리고 발구름 도약순간의 신체무게중심의 높이가 기록과의 관련이 있는 상관이 있다 보고하였다. Lees et al. (1994)은 1991년 유니버시아드 대회의 멀리뛰기 결승에 진출한 10명의 선수들의 기록이 7.13m에서 8.18m 범위에 있고, 그들의 발구름 구간을 분석한 결과 기록과 가장 큰 상관관계가 있는 것은 구름판 착지순간의 속도라고 하였다. 이처럼 국외의 선행 연구들은 멀리뛰기 경기력이 우수한 선수들과 그렇지 않은 선수들의 자료를 함께 모아서 기록과 운동학적 변인들의 평균값을 제시하였고, 그 기록과 변인들 간의 상관관계를 일반화하였다. 이렇게 일반화된 자료를 기초로 기록에 영향을 미치는 중요한 변인을 선별하였고, 경기력을 향상시키기 위한 기술 개선으로 연결되었다. 그러나 이러한 연구가 기록 향상에 중요한 운동학적 변인들을 분별해 내지는 했지만, 연구대상들의 경기력 수준 차가 있기 때문에 우수한 선수의 운동학적 특성이 정확히 반영되기 보다는 그러한 특징이 어느 정도 희석되어 나온 연구결과라고도 볼 수 있다(김혜영, 2004).

류재균 등(2000)은 남자 멀리뛰기 국가대표 선수 3명을 대상으로 엘리트 남자 멀리뛰기 선수의 도움닫기와 발구름 동작의 운동학적 분석이라는 연구에서 마지막 3보에서부터 달리기 자세의 의도적인 조절이 필요하고 이 때 상체는 직립자세를 유지하여야 한다고 하였다. 성희준 등(2003)은 2001년 전국육상경기대회 남자 멀리뛰기 결승에 진출한 선수 중 상위 5명을 대상으로 남자 멀리뛰기 도움닫기 마지막 3보와 발구름 자세의 운동학적 분석이라는 연구에서 도움닫기 수평속도와 도약순간의 수평

속도를 감소시키지 않기 위해서는 구름판 발구름 전 도움단기의 보폭을 조정하여 보폭을 빠르게 하고 고관절과 무릎관절의 신전을 빠르게 하여야 한다고 하였다. 국내 엘리트 선수들은 8m이하의 경기력의 수준으로 기록 차이가 크지 않아 선수들의 공통적인 운동학적 특성을 반영하고 있지만 8m의 경기력 수준으로 향상시킬 수 있는 심도 있는 연구가 이루어지지 않는 아쉬움이 있다.

이 연구는 경기력이 우수하면서 그 수준이 비슷한 선수들을 대상으로 도움닫기 마지막 3보부터 발구름, 도약각, 신체각 등 멀리뛰기 공동동작이 일어나기 전의 전 구간을 분석하였다. 즉, 부산 아시아 경기와 대구 유니버시아드 경기에서 8m이상의 기록을 수립한 선수들인 아시아권 선수와 유럽 선수들을 대상으로 멀리뛰기 동작을 운동학적으로 분석하고 그 특성을 조사하여, 국내 엘리트 선수들이 8m를 뛰기 위해 갖추어야 할 운동학적 변인들의 기본 수준의 능력을 향상시킴으로써 우리나라 선수들도 곧 8m 벽을 넘어 아시아 및 세계수준의 엘리트 선수와 어깨를 나란히 할 수 있는 선수들이 많이 나올 수 있다는 것을 예견할 수 있었다.

II. 연구방법

이 연구에서는 멀리뛰기를 도움닫기 마지막 3보와 구름판에서의 발구름으로 두 구간으로 구분하여 각 구간의 운동학적 변인들을 조사하였다. 도움닫기에서는 발구름 전 3보부터 발구름 직전까지 신체 무게중심의 위치와 속도, 보폭 등의 변인이 발구름

구간을 준비하면서 어떻게 변하는지를 알아보았다. 발구름 구간에서는 착지, 도약순간 무게중심의 속도 및 신체자세를 설명할 수 있는 각도요인을 조사하였다

1. 연구대상

이 연구의 피험자는 2002년 제 24회 부산 아시아 게임과 2003년 대구 유니버시아드대회 남자 멀리뛰기 결승에 진출한 선수 중 실제기록이 8m 이상인 선수로 부산 아시아 게임 출전 선수 2명과 대구 유니버시아드대회 출전 선수 3명으로 선정하였다. 선수들의 신체적인 특성과 공식기록 및 실제거리는 <표 1>과 같다.

공식기록(official distance)은 파울선으로부터 선수가 모래사장에 착지하여 남기게 되는 가장 뒤쪽의 표시까지 측정된 수평거리를 의미하고, 실제거리(effective distance)는 선수가 도약하는 순간 구름발의 발끝부터 파울선까지의 거리에 공식거리를 더한 값을 의미한다.

2. 실험장비 및 방법

이 연구에서 사용된 비디오 장비는 부산 아시아 게임에서는 선수들의 실제 경기장면을 촬영하기 위해 S-VHS 카메라(60Hz) 3대를 관중석에 설치하였다. 선수들의 정면 동작을 촬영하기 위해 모래사장에서 조주로 방향으로 정면에 1대를, 조주와 40° 정도 경사진 방향의 좌·우측에 각각 1대씩 카메라를 고정시켜 설치하였다. 선수들의 동작을 모

표 1. 피험자의 신체적 특성

피험자	신장 (cm)	체중 (kg)	연령 (yrs)	공식기록 (m)	실제기록 (m)	구분
Li Dalong	188	75	22	7.99	8.11	아시아
Al Saba Hussein	178	68	23	8.14	8.16	아시아
Vasyljev Valeriy			27	8.07	8.19	유니버시아드
Simion Danut	188	78	20	8.04	8.09	유니버시아드
Bragine Andrey	188	81	25	8.04	8.10	유니버시아드
M	185.5	75.5	23.4	8.06	8.13	
SD	5	5.57	2.70	0.06	0.04	

두 촬영한 후, 가로 1m, 세로 1m, 높이 3m의 통제점막대틀(control object set)을 구름판을 중심으로 조주로 방향으로 3m와 8m 지점에, 모래사장 방향으로 2m와 8.5m 지점에 각각 설치 총 16.50m의 범위에 설치하였다.

대구 유니버시아드 대회에 사용된 비디오카메라는 Sony 디지털 비디오카메라 3대로 60Hz의 샘플링 주파수로 피험자의 운동수행과 range pole을 촬영하였다. 두 대의 카메라(#1, #2)는 관중석에서 조주로를 중심으로 모래사장 좌측과 우측에 설치하였고, 나머지 한대의 카메라(#3)는 모래사장을 바라보고 조주로의 뒤쪽 우측에 설치하여 도움닫기 마지막 4보와 피험자가 구름판을 도약하여 모래사장에 착지하는 운동수행 전 구간이 촬영되도록 하였다. 두 경기 모두 카메라 셔터 스피드는 1/1000 sec로 설정하였으며 촬영 범위는 피험자가 도움닫기 마지막 4보의 이지순간부터 모래사장에 착지하고 일어날 때까지로 설정하였다. 28개의 통제점을 가진 range pole을 발구름이 이루어지는 지점을 중심으로 조주로 쪽으로 8m, 모래사장 쪽으로 8m, 총 16m의 range pole을 설치하였다. 조주로에 설치한 4개의 range pole은 높이 2m이며 구름판 앞에서부터 공중동작과 착지가 이루어지는 구간에는 높이 3m의 range pole을 설치하였다. 전역 좌표계는 조주로 방향 8m 지점에 설치한 통제점막대틀의 하단 모서리 한 점을 좌표계의 원점으로 정하였다. 이 점을 기준으로 조주로에서 모래사장 방향을 y축, 높이방향을 z축으로 정하고, x축은 두

축의 외적(cross product : $y \times z$)으로 정하였다.

3. 자료처리방법

통제점의 3차원 공간좌표와 20개의 관절점의 3차원 좌표값은 DLT 방법을 이용하여 산출하였다. 비디오카메라로부터 촬영된 통제점과 선정된 시기는 Kwon3d 3.0 프로그램을 이용하여 디지털화(digitizing) 하였다. 인체의 모델링은 20개의 관절점과 14개의 분절이 서로 연결되어 있는 강체계(linked rigid body system)로 정의하였다. 각 분절의 무게중심과 전신 무게중심의 위치를 구하기 위한 인체분절지수(body segment parameter)는 plagenhoeft(1983)의 자료를 이용하였다. 노이즈를 제거하기 위하여 스무딩(smoothing)은 버터워스(Butterworth) 4차 저역통과필터(low-pass filter)를 사용하였으며 이때 차단주파수는 Yu에 의해 제안된 식을 이용하였다. 이 연구에서는 차단주파수를 7.4Hz로 설정하였다.

이 연구의 동작분석을 용이하게 하기 위하여 도움닫기 마지막 3보 접지순간(그림1)부터 구름판 발구름 동작(그림2)까지 접지와 이지 순간에 각 분절들이 이루는 신체 분절 각을 다음과 같이 정의하였다.

이 연구의 동작 분석을 위하여 <그림 1>과 같이 발이 지면에 닿는 순간과 떨어지는 순간을 기준으로 도움닫기 마지막 3보의 구간을 구분하였다. 도움닫기를 하는 발구름 3보전 착지(3TD)부터 구름

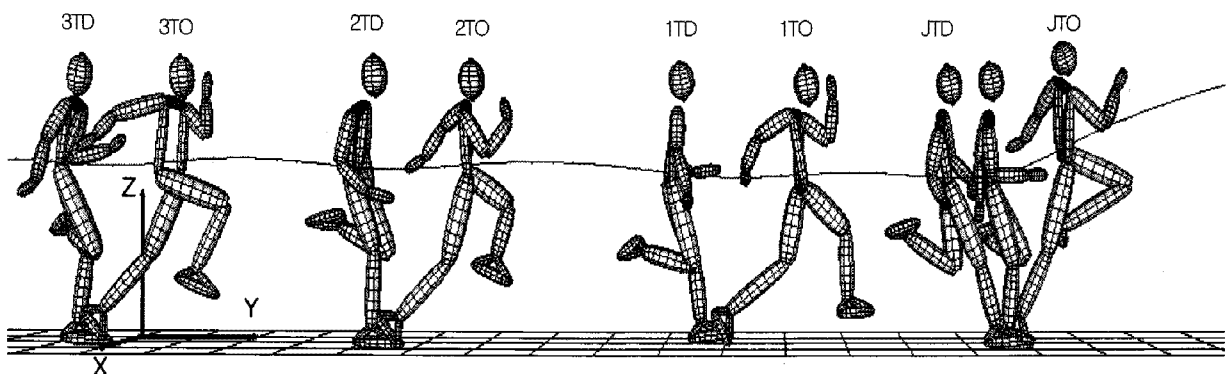


그림 1. 도움닫기 마지막 3보에 대한 각 이벤트

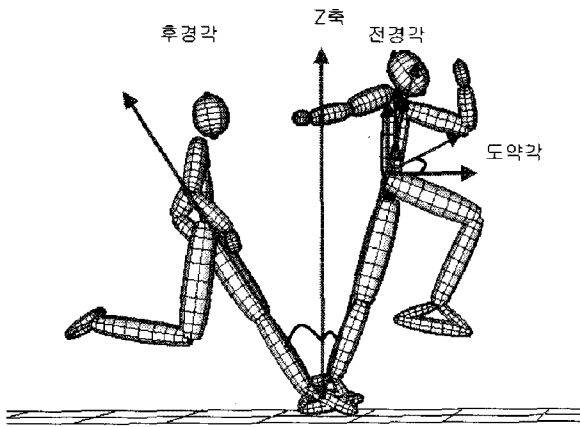


그림 2. 발구름 동작시 신체의 전경각(-)과 후경각(+) 및 도약각

판 착지(JTD)까지를 최고속도구간으로 설정하였다. 발구름 구간은 구름발이 구름판에 착지하는 순간(JTD)부터 발구름 다리의 무릎각이 최대로 굴곡되는 순간을 지나 도약순간(JTO)까지로 정하였다.

발구름 구간에서 선수의 동작 특성을 구분하기 위하여 <그림 2>와 같이 신체분절이 이루는 각을 다음과 같이 정의하였다.

무릎각 : 대퇴 분절의 벡터와 하퇴 분절의 벡터가 이루는 상대각.

고관절각 : 상체 분절의 벡터와 대퇴 분절의 벡터가 이루는 상대각.

상체각 : 전역 좌표계의 Z축과 상체 분절의 벡터가 이루는 상대각.

신체의 전·후경각(신체각) : 발의 무게중심과 신체무게중심을 연결한 벡터와 전역좌표계의 Z축과 이루는 상대각.

도약각 : 전역좌표계의 Y축과 신체무게중심의 속도 벡터가 이루는 상대각.

III. 연구결과 및 논의

1. 도움달기 마지막 3보 구간

멀리뛰기 선수들은 도움달기의 수평속도를 최대화하기 위해 빨리 달리면서 구름판에서 수직속도를 증가시키기 위해 마지막 3보 중 2보에서 무게 중심을 낮추고, 마지막으로는 구름판 파울선에 근접하

표 2. 도움달기 마지막 3보 구간의 무게중심높이, 수평속도와 보폭거리

변인	시점	Li Dalong	Al Saba Hussein	Vasylvev Valeriy	Simion Danut	Bragine Andrey	M±SD
무게중심높이 (m)	3TD	1.12	1.08	1.17	1.06	1.08	1.10±0.04
	3TO	1.14	1.11	1.18	1.10	1.11	1.13±0.03
	2TD	1.08	1.08	1.15	1.08	1.10	1.10±0.03
	2TO	1.10	1.09	1.17	1.12	1.10	1.12±0.03
	1TD	1.02	0.99	1.12	1.03	1.03	1.04±0.05
	1TO	1.04	0.99	1.11	1.04	1.05	1.05±0.04
	JTD	1.03	0.97	1.09	1.01	1.04	1.03±0.04
수평속도(m)	3TD	9.46	9.69	9.94	10.14	10.46	9.94±0.39
	3TO	10.52	10.08	9.83	10.26	10.53	10.24±0.30
	2TD	9.73	10.54	10.20	9.99	10.58	10.21±0.36
	2TO	10.31	10.08	10.42	10.14	10.50	10.29±0.18
	1TD	10.19	10.32	10.43	10.14	10.90	10.40±0.30
	1TO	9.95	10.21	9.94	10.07	10.04	10.04±0.11
	JTD	9.57	9.63	10.33	9.39	9.98	9.79±0.37
보폭거리(m)	3보	2.01	2.30	2.43	2.50	2.22	2.29±0.19
	2보	2.56	2.59	2.75	3.14	2.50	2.71±0.26
	1보	2.44	2.22	2.44	2.34	2.32	2.35±0.09

게 발구름을 하는 것이다(Hay, 1993). 도움닫기 최고의 속도를 내는 발구름 전 3보부터 발구름 직전까지의 운동학적 자료는 <표 2>와 같다.

1) 전신 무게중심의 높이

신체무게중심의 높이에 있어서 이 연구의 선수들은 발구름 전 2보에서 변화를 보이기 시작하여 1보 전에 Li Dalong선수는 8cm, Al Saba Hussein 선수는 10cm, Vasylyev Valeriy선수는 5cm, Simion Danut선수는 9cm, Bragine Andrey선수는 7cm가 낮아져 평균 8cm 정도 무게중심을 낮추었다. 발구름 착지순간(JTD)의 무게중심 높이와 1보전의 높이는 평균 2cm의 차이로 비슷한 높이 변화를 보였다. Hay와 Nohara(1990)의 연구에서는 발구름 전 2보부터 1보 착지순간까지 신체무게중심이 평균 6cm 낮아졌고, 1보전의 신체무게중심높이가 발구름 착지순간의 높이와 일치하고 있다. Tidow(1990)는 멀리뛰기 모델 기술이라는 연구에서 발구름 준비구간인 2보의 착지구간인 1보의 접지순간의 착지하는 다리의 동작이 스윙 레그 스킷트 동작이 되고 이 동작이 도움닫기 속도에서의 그대로 구름판으로 연결되기 때문에 신체무게중심의 높이가 자연스럽게 낮아진다고 하였다. 이렇게 발구름 하기 1보전에 신체무게중심을 미리 낮추어 준비하게 되면 발구름 착지순간에는 수직으로 상승하는 동작을 자연스럽게 연결시킬 수 있으면서 구름판을 힘차게 박차고 도약할 수 있다.

국내 선수의 경우 윤희중과 김태삼(1998)은 남자 멀리뛰기 국가대표선수 3명을 대상으로 3번 반복 측정된 연구에서 발구름 전 2보의 신체무게중심이 1.14m에서 1보 착지순간에 1.09m로 낮아졌고, 발구름 착지순간에 1.07m로 다시 신체무게중심이 더 낮아졌다. 류재균 등(2000)의 연구에서도 발구름 전 2보에서 1.12m, 1보전에 1.07m로 낮아졌다가 발구름 착지순간에 다시 1.06m로 신체무게중심의 높이가 낮아지는 형태를 보였다고 보고하였다. 이 연구의 선수들은 발구름 전 1보에서 이미 신체무게중심을 충분히 낮추어서 발구름을 준비하는데 반해 국내선수는 발구름 전 2보부터 신체무

게중심이 발구름 착지순간까지 계속 낮아지고 있어 발구름 준비구간에서 구름판 이륙을 위한 준비동작이 상대적으로 미흡하다고 볼 수 있다. 따라서 신체무게중심의 높이 변화는 보폭의 변화로 인하여 발생하는 현상으로 이때 주의하여야 할 것은 신체 자세 중에서 상체를 지나치게 앞으로 숙이거나 혹은 뒤로 저치는 자세를 피해야 하고 2보의 보폭을 크게 하기 위하여 2보 이지순간에 점프를 하는 동작을 피해야 한다. 1보 접지순간에서부터 발구름 접지순간까지 신체무게중심의 높이 변화가 거의 없는 것을 알 수 있다.

2) 수평속도

도움닫기 구간에서 선수들이 최고속도에 이른 시점은 서로 달랐지만, 최고속도는 두 선수 Vasylyev Valeriy와 Simion Danut를 제외하고 모두 10.5m/s 이상으로 빠른 속도로 달리고 있으며, 발구름 전 마지막 1보까지 평균 10m/s의 속도를 유지하였다. 도움닫기 마지막 3보에서의 수평속도는 Bragine Andrey 선수가 1보 접지순간 10.90m/s로 최대 도움닫기 수평속도에 도달했다. Hay(1994)는 멀리뛰기 생체역학적 연구의 현황이라는 연구에서 엘리트 남녀선수 56명 중에서 도움닫기 속도가 최고에 도달하는 시점은 마지막 2보에서 54%로 마지막 3보에서 26%라고 보고하였다.

Lees et al., (1994)은 1991년 유니버시아드 대회의 남자 멀리뛰기 결승에 오른 10명의 선수들의 발구름 전 1보의 평균속도가 10.02m/s로 조사되었고 이 연구의 평균속도 결과와 비슷한 결과로 조사되었다. Coh et al., (1997)은 24명의 슬로베니아 선수들의 자료 중 발구름 전 6-1m까지의 평균 수평속도가 10.13m/s로 나타나 이 연구의 평균속도 결과가 다소 높게 나타났다.

국내 엘리트 선수의 경우는 류재균 등(2000)의 연구에서 도움닫기 평균속도가 발구름 전 3보에서 평균 10.40m/s의 빠르기를 보였으나, 마지막 발구름 전 1보의 이지순간에 9.42m/s로 낮아졌다. 또한 성희준 등(2003)의 연구에서도 발구름 전 3보에서 평균 10m/s 이상으로 달리다가 구름판에

접근하면서 수평속도가 계속 감소되었다. 이와 같이 국내외 선수들은 모두 높은 도움닫기 속도에서 구름판으로의 수평속도가 점차적으로 감소하는 유형을 보이지만 8m를 뛰는 국외 선수들은 평균 수평속도가 9.79m/s 이상인 반면에 국내 선수들은 평균 수평속도가 9.50m/s 이하로 구름판을 의식하여 도움닫기 최고 수평속도를 발구름 순간까지 연결시키지 못한 것으로 생각된다.

3) 보폭

〈표 2〉를 살펴보면 다섯 명의 선수 모두가 2보에서의 보폭이 길게 나타났고 평균 보폭변화를 보면 발구름 전 3보에서 2.29m, 2보가 2.71m, 마지막 1보에서 2.35m로, 발구름 전 2보에서는 약간 길게, 마지막 1보에는 짧게 뛰어서 자연스럽게 발구름 동작으로 연결하고 있다. Roger(1994)는 발구름 전 마지막 3보를 강조하였는데, 마지막 1보의 보폭이 2보의 보폭보다 약 18-25cm정도가 작아야 한다고 하였다. Coh et al.(1997)은 슬로베니아 남자 멀리뛰기 선수 24명을 대상으로 멀리뛰기 발구름 동작의 운동역학적 분석이라는 연구에서 우수한 선수의 마지막 3보의 보폭 중에서 마지막 1보보다 마지막 2보의 보폭이 평균 34cm 더 길다고 보고하였다. 이처럼 선수 개개인의 보폭이 차이보다는 마지막 3보에서 보폭 변화가 멀리뛰기 발구름을 수행하는데 있어 중요한 요인이라고 하겠다.

세계기록 보유자인 마이크 포웰도 2보에서의 보폭이 2.47m에서 1보에는 2.28m로 2보에서는 약간 길고, 1보에서는 짧은 패턴을 보이고 있다 (Ariel, 1992). 이러한 보폭의 변화는 도움닫기의 리듬을 유지하면서 신체중심을 아래로 낮추는 자세 변형을 통해 발구름 구간에서 수직속도와 무게중심을 높이는 데 유리하다. 국내 엘리트 선수의 보폭 변화를 살펴보면, 성희준 등(2003)의 연구에서는 발구름 3보전의 보폭이 2.25m, 2보전은 2.13m이고 마지막 1보전은 2.00m로 3보전부터 연속해서 보폭이 줄어들고 있다. 이는 발구름 준비구간에서의 예비동작을 수행하지 않고 구름판을 의식하여 수평속도와 보폭이 계속해서 감소되는 것으로 생각되며, 이러한 동작은 발구름 구간에서 수직속도와 도약각을 증가시키는 데 좋지 않은 영향을 미치는 것으로 판단된다.

2. 발구름 구간

발구름 구간에서 수평속도의, 수직속도, 신체각, 상체각 그리고 비행거리를 최대로 증가시키기 위한 도약각에 대한 운동학적 변인들은 〈표 3〉과 같다.

1) 수평 수직속도

발구름 구간에서 수평속도의 감소를 살펴보면,

표 3. 발구름 구간에서의 운동학적 변인들

변인	시점	Li Dalong	Al Saba Hussein	Vasylvev Valeriy	Simion Danut	Bragine Andrey	M±SD
수평속도(m/s)	JTD	9.57	9.63	10.33	9.39	9.98	9.78±0.37
	JTO	8.57	8.22	9.05	7.96	8.77	8.51±0.43
수직속도(m/s)	JTD	0.18	0.04	-0.29	-0.01	-0.07	-0.03±0.17
	JTO	3.48	3.76	3.71	3.91	3.87	3.75±0.17
신체각(deg.)	JTD	-21.37	-27.01	-24.48	-26.95	-32.82	-26.53±4.21
	JTO	21.74	18.83	20.03	22.98	20.15	20.75±1.62
상체각(deg.)	JTD	-4.01	-12.10	-9.70	-2.38	-4.97	-6.63±4.09
	JTO	2.25	2.52	-3.06	4.52	6.12	2.27±3.47
도약각(deg.)	JTO	22.10	24.58	22.28	26.30	23.92	23.84±1.74

⊖: 상체의 후경자세, ⊕: 상체의 전경자세

평균 수평속도가 1.27m/s 감소하였다. Lees et al. (1994)의 연구에서도 발구름 구간에서 평균 수평속도가 1.22m/s 감소하였다. 결국 발구름을 하는 동안에 이 연구의 선수들은 평균 수평속도는 Lees et al. (1994)의 연구보다 0.05m/s가 더 감소하는 것으로 조사되었다. 반면에 국내 엘리트 선수에 대한 성희준 등 (2003)의 연구와 국가대표 3명을 대상으로 한 류재균과 김혜영(2000)의 연구에서는 발구름을 하는 동안 수평속도가 각각 약 1.42m/s와 1.41m/s 감소하였다. 발구름 구간 전체에서 수평속도의 감소 정도는 선수 모두가 국내선수들보다 약간 작은 것으로 나타났다.

구름판 도약순간에 수직속도는 Simion Danut 선수가 3.91m/s로 가장 높았고 다음으로 Bragine Andrey 선수 순으로 나타났다. 이와 같은 결과는 구름판 도약순간에 수평속도를 비교해보면 잘 알 수 있다. 상대적으로 느린 수평속도를 보인 선수는 Simion Danut 선수이며 다음으로 Al Saba Hussein 선수인 것을 알 수 있다.

Lees et al.(1994)은 1991년 영국 Sheffield에서 개최된 유니버시아드 대회에서 결승에 진출한 남자 멀리뛰기 선수 12명을 대상으로 멀리뛰기 마지막 1보, 구름판 접지와 도약 특성에 대한 생체역학적 분석이라는 연구에서 도약순간에 수평속도와 수직속도가 각각 평균 8.74m/s, 3.02m/s라고 보고하였다. 1991년 유니버시아드 결과와 비교하면 평균 수평속도에서 Li Dalong, Al Saba Hussein, Simion Danut 세 선수만을 제외하고 나머지 선수는 선행 연구 결과의 평균치보다 높게 나타났다.

2) 각도

신체각, 상체각은 발구름 각 시점에서 선수들의 자세를 비교할 수 있는 요인이다. 발구름 순간 신체각은 구름판 접지순간에 평균 -26.53° 의 후경자세에서 이지순간에 평균 20° 이상의 전경자세로 구름발을 중심으로 신체가 회전되고 있었다. Lees et al. (1994)의 연구에서는 -24.8° 로 조사되었고, 류재균과 김혜영(2000)의 연구에서는 -25.07° 로

이 연구의 선수들이 다소 높게 나타났다. 신체각의 범위가 가장 큰 선수는 Bragine Andrey 선수로 52.97° 였다. 신체각의 이동 범위가 크면 구름판 접지에서 이지까지의 운동방향으로 전신의 각운동량이 커진다는 이점은 있으나 도약이후 신체의 전방 회전 갑자기 높아져 빠른 착지동작으로 연결될 수 있는 단점도 함께 가지고 있다.

Lees et al.(1994)은 구름판 접지순간 신체각이 -24.8° , 이지순간 신체각이 21.6° 라고 보고하였다. 이 연구의 결과와 비슷하게 나타났다. 구름판 접지순간 선수들의 상체각은 -6.63° 로 조사되었다 류재균과 김혜영 (2000)의 연구에서는 국내엘리트 선수들의 상체각이 -9.10° 로 조사되어 발구름순간 국내 선수들의 상체가 좀 더 뒤로 많이 젖혀져 있었다. 구름판 접지순간에 상체각은 선수 모두 후경자세가 되어 있었다. 이러한 자세는 발구름 발이 구름판을 딛기 위하여 신체 앞으로 내밀어 뺀기 때문에 일어나는 발구름 자세이다. 그러나 도약순간에는 상체가 전경자세로 전환되는데 Vasylyev Valeriy 선수만 후경자세를 유지하고 있었다.

도약순간 평균 도약각은 23.84° 로 조사되었다. Lees et al. (1994)와 Coh et al. (1997)의 연구에서는 각각 19.1° , 20.6° 로 보고 되었고, 국내 엘리트 선수들을 대상으로 한 성희준 등(2003)의 연구에서는 21.4° , 류재균과 김혜영(2000)의 연구에서는 21.18° 로 조사되어 이 연구의 선수들이 약간 더 높은 도약각으로 점프를 하고 있었다.

구름판에서의 도약각은 Simion Danut 선수가 26.30° 로 가장 높게 나타났다. 그리고 나머지 선수 모두 22° 이상의 도약각을 보였다. Lees et al.(1994)은 1991년 유니버시아드 대회에서 결승에 진출한 남자 멀리뛰기 선수 12명을 대상으로 멀리뛰기 마지막 1보, 구름판 접지와 도약 특성에 대한 생체역학적 분석이라는 연구에서 도약순간에 신체무게중심의 도약각은 평균 19.1° 라고 보고하였다. Bell(1991)은 멀리뛰기라는 연구에서 Arnie Robinson이라는 선수의 도약각은 18.9° 라고 하였고, Bob Calhoun이라는 선수는 21.9° 라고 하였다. Simion Danut 선수와 같이 도약각도가 높은

경우는 구름판을 도약하는 동안에 수평속도의 감소가 크고 수직속도의 증가가 크기 때문이다.

IV. 결론 및 제언

이 연구는 2002년 부산 아시안 게임과 2003년 대구 유니버시아드대회 남자 멀리뛰기 결승에 진출한 선수 중 실제기록이 8m를 뛴 선수를 대상으로 도움닫기 마지막 3보의 동작과 발구름 동작을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 도움닫기 마지막 3보에서 신체무게중심 높이 변화는 평균 8cm로 신체무게중심이 낮추어졌다. 이러한 신체무게중심의 높이 변화를 일으키기 위해서는 도움닫기 마지막 3보에서의 보폭 변화가 주 원인이며 이를 위한 집중적인 훈련의 초점이 맞추어져야 할 것이다.
2. 도움닫기 마지막 3보에서의 수평속도는 도움닫기 최고 수평속도의 구간이 되어야 하고 3보 중 어느 한 시점에서 최고 10.5m/s 이상의 수평속도에 도달한 후 구름판 접지순간에는 9.79m/s 이상의 속도에 도달하는 것으로 나타났다.
3. 구름판에서의 수평속도는 접지순간에 약 10m/s의 속도에 도달하여 구름판 이륙순간에는 평균 8.51m/s 이상의 속도로 도약을 하면서 수직속도는 평균 3.75m/s가 되어야만 8m의 거리를 비행할 수 있을 것이다.
4. 구름판에서 신체각은 접지순간에 국내외선수들 모두가 비슷한 결과를 보였고 구름판 이륙순간에는 평균 20° 이상의 전경자세로 구름판에서 신체를 빠르게 운동방향으로 밀어내야 할 것이다. 그리고 신체각의 변화 범위는 구름판 접지와 이지의 비율이 1.2:1이 적합하다. 상체각은 접지순간에 평균 -6.63°로 후경자세를 취하고 있었지만 보다 좋은 기록을 위해서는 직립자세에 가깝게 하는 것이 구름판을 힘차게 차고 오를 수 있을 것이다. 도약각은 평균 23.84°로 빠른 도움닫기에서 높은

도약각을 나타냈다. 따라서 8m을 뛰기 위해서는 수평속도가 평균 8.51m/s 이상과 22° 이상의 도약각이 나타났다.

이상을 종합하면, 국내 엘리트 선수들이 8m를 뛰기 위해서는 도움닫기 마지막 3보 보폭 변화를 통해 신체무게중심의 높이 변화가 평균 10cm 안팎으로의 변화가 일어나야 한다. 구름판 접지순간의 수평속도가 10m/s가 되면서 이륙순간에는 평균 3.75m/s의 수직속도로 이륙할 수 있다면 국내에서도 8m를 넘는 많은 멀리뛰기 선수들이 배출될 수 있을 것이라고 생각된다.

참 고 문 헌

- 김혜영(2004) 멀리뛰기 8m 기록 아시아 선수들의 운동학적 특성. 한국체육학회지 43(3), 789-801.
- 류재균, 김혜영, 백진호(2000). 엘리트 남자 멀리뛰기 선수의 도움닫기와 발구름 동작의 운동학적 분석. 한국체육학회지. 39(3), 599-608.
- 류재균, 김혜영(2000). 멀리뛰기 발구름 동작에서 국가대표 선수들이 사용하는 기술의 운동학적 분석. 한국체육학회지 39(4), 706-715.
- 성희준, 류재균, 이진택 (2003). 남자 멀리뛰기 도움닫기 마지막 3보와 발구름 자세의 운동학적 분석. 한국체육학회지. 42(6). 963-971.
- 윤희중, 김태삼 (1998). 멀리뛰기 도움닫기 최종 3스텝의 운동학적 요인이 발구름 동작과 기록에 미치는 영향. 한국체육대학교 체육과학연구소논문집. 17. 13-27.
- Ariel, G. B. (1992). Scientific Aspects in the Preparation of Elite Athletes, <http://www.sportsci.com/topics/articles/Scientific%20Aspects.htm>
- Bell, S.(1991). The long jump. *Track & Field Quarterly Review*. 91(4), 9-11.
- Coh, M., Kugovnik, O. & Dolenc, A.(1997). Kinematic-Dynamical analysis of the takeoff action in the long jump. *Track Coach*. spring, 4443-4445.
- Hay, J. G. & Miller, J. A.(1985). Techniques used in the transition from approach to takeoff in the long jump. *International Journal of Biomechanics*. 1, 174-184.
- Hay, J. G. & Nohara, H.(1990). Techniques used by elite long jumpers in preparation for takeoff. *Journal of*

- Biomechanics*. 23(3), 229-239.
- Hay, J. G.(1993). Citius, altius, longius(faster, higher, longer): The biomechanics of jumping for distance. *Journal Biomechanics*. 26(Suppl.1), 7-21.
- Hay, J. G.(1994). The current status of research on the biomechanics of the long jump. *Track Technique*. summer, 4089-4093.
- Roger, J.(1994). The long jump. *Track & Field*. 15-19.
- Koh, T. J. & Hay, J. G.(1992). Active landings and performance in the long jump. *Track Technique*. winter, 3756-3758.
- Lees, A., Fowler, N. & Derby, D.(1993). A biomechanical analysis of the last stride, touch-down and take-off characteristics of the women's long jump. *Journal of Sports Sciences*. 11, 303-314.
- Lee, A., Graham-Smith, P. & Fowler, N.(1994). A biomechanical analysis of the last stride, touchdown, and takeoff characteristics of the man's long jump. *Journal of Applied Biomechanics*. 10, 61-78.
- Tidow, G.(1990). Models for teaching techniques and assessing movements in athletics: the long jump. *Track Technique*. fall, 3607-3615.

투 고 일 : 04월 30일

심 사 일 : 05월 10일

심사완료일 : 05월 25일