



국외 8m 이상 멀리뛰기 선수와 국내 선수들의 운동학적 비교 분석

The Kinematic Comparison and Analysis between National Long Jumpers and Foreign Long Jumpers with record of over 8 meter

류재균* · 장재관(경희대학교)

Ryu, Jae-Kyun* · Chang, Jae-Kwan(Kyung Hee University)

ABSTRACT

J. K. RYU, J. K. CHANG, The Kinematic Comparison and Analysis between National Long Jumpers and Foreign Long Jumpers with record of over 8 meter. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 15, No. 3, pp.133-142, 2005. The purpose of this study was to compare of the kinematic variables from takeoff preparation to takeoff used by long jumpers who recorded over 8meters in 2002 Busan Asian Game and 2003 Daegu Universiade and 2001 national championship. The kinematic characteristics from the last three stride to takeoff at the takeoff board were analyzed such as velocities, heights and angles. The conclusion were as follows; In order to record over 8meters the national long jumpers should have under 8cm height variation at the penultimate stride of the run-up. In the approach phase the horizontal velocity of the jumpers should reach to 10m/s in touchdown at takeoff board. The vertical velocity must have 3.75m/s simultaneously in order to record 8meters. The jumpers need to continue talent of the horizontal velocity in touchdown at takeoff board. and require jumping power of the takeoff leg at takeoff board. The appropriate body variation range ratio between takeoff and touchdown 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: KINEMATIC VARIABLES, HORIZONTAL, VERTICAL, BODY LEAN ANGLE

I. 서론

멀리뛰기에 대한 수많은 연구나 논문 그리고 현장에서 코치나 감독들이 주장하는 멀리뛰기의 경기력을 결정하는 가장 중요한 요인은 구름판 이륙순간에 속도라고 한다(류재균, 2005; 류재균, 김혜영과 백진호, 2000; Coh, Kugovnik & Dolenc, 1997; Hay &

Miller, 1985; Hay & Nohara, 1990; Lees, Fowler & Derby, 1993; Lees, Graham-Smith & Fowler, 1994). 도움닫기의 속도를 이용하여 구름판에서 최고의 속도로 이륙하기 위해서는 발구름 준비와 발구름이라는 단계를 거쳐야한다. 이 두 단계는 상호 연계된 구조로 이 단계에서의 종합적인 결과가 구름판 이륙속도를 결정하고 최종적으로는 경기력으로 나타난다. 최근 수십여 년 동안 멀리뛰기에 관한 연구 결과는

대부분 도움닫기 구간과 발구름 구간에 관한 선수들의 운동학적 특성을 분석하고, 기록에 영향을 미치는 운동학적 변인들을 선별하는데 집중되어 왔다.

도움닫기 마지막 단계에서 달리기 자세의 의도적인 조절은 도움닫기 마지막 2스트라이드(the penultimate stride of the run-up)에서 일어나며 도움닫기 속도는 최고에 도달한다(Tidow, 1990). 도움닫기 마지막 2스트라이드의 보폭은 마지막 3스트라이드보다 조금 더 길고, 달리는 자세는 스윙 레그 스퀷트(swing leg squat) 동작이 되어 신체중심이 자연스럽게 낮아진다. 마지막 2스트라이드에서의 동작은 마지막 1스트라이드의 보폭과 비행거리를 짧게 하여 도움닫기로부터 얻은 관성을 잘 이용할 수 있는 자세가 되도록 하고 발구름 다리가 빠르고 강하게 구름판을 발구름하여 신체를 구름판으로부터 최대한 빠르게 이륙할 수 있도록 유도한다. 이처럼 마지막 2스트라이드는 도움닫기의 속도와 구름판에서 신체를 멀리 비행시키는 중요한 중간 매개체의 역할을 하기 때문에 마지막 2스트라이드 동작을 수행하기 위한 기술 개발이 필요하다.

Lees et al.(1994)은 1991년 유니버시아드 대회 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. 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 이때 상체는 직립자세를 유지하면서 보폭을 빠르게 하고 고관절과 무릎관절의 신전을 빠르게 하여야한다고 하였다.

국외의 선행연구들은 경기력의 차이가 큰 선수들의 자료를 함께 모아서 기록과 운동학적 변인들을 조사하였다. 이러한 자료를 기초로 기록에 영향을 미치는 중요한 변인을 선별하여 경기력을 향상시키기 위한 기술 개선 자료로 제시하였다. 그러나 이러한 연구가 기록 향상에 중요한 운동학적 변인들을 분별해 내기는 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).

국내 선행연구들은 국외 선행연구와는 달리 경기력의 편차는 적어 선수들의 공통적인 운동학적 특성을 반영하고는 있지만 8m이하의 경기력의 수준에 머무르고 있는 실정으로 8m의 경기력 수준으로 향상시킬 수 있는 심도 있는 연구가 이루어지지 않는 아쉬움이 있다.

이 연구의 목적은 부산 아시아 경기와 대구 유니버시아드 경기에서 8m이상의 기록을 수립한 선수들인 아시아권 선수와 유럽 선수들과 국내 육상선수권대회에서 상위에 입상한 국내 엘리트 선수들을 대상으로 발구름 준비구간에서 구름판 이륙까지의 운동학적 변인을 분석하고 그 특성을 비교하는 것이다. 변인 비교를 통해 국내 엘리트 선수들이 8m를 뛰기 위해 갖추어야 할 운동학적 변인들을 선별하고 이러한 변인들의 능력을 향상시킴으로써 국내 선수들도 곧 8m 벽을 넘을 수 있을 것이라고 예견할 수 있다.

II. 연구방법

이 연구에서는 멀리뛰기를 도움닫기 마지막 3보와 구름판에서의 발구름으로 두 구간으로 구분하여 각 구간의 운동학적 변인들을 조사하였다.

1. 연구대상

이 연구의 피험자는 2002년 제 24회 부산 아시안 게임과 2003년 대구 유니버시아드대회 남자 멀리뛰기 결승에 진출한 선수 중 실제기록이 8m 이상인 선수와 2001년 제55회 전국육상경기선수권대회 남자 멀리뛰기 결승에 진출한 선수로 부산 아시안 게임 출전 선수 2명과 대구 유니버시아드대회 출전 선수 3명 그리고 전국육상경기선수권대회 출전 선수 3명으로 선정하였다. 선수들의 신체적인 특성과 공식기록 및 실제거리는 <표 1>과 같다.

표 1. 피험자의 신체적 특성

피험자	신장 (cm)	체중 (kg)	공식기록 (m)	구분
A	188	75	7.99	아시안
B	178	68	8.14	아시안
C			8.07	유니버시아드
D	188	78	8.04	유니버시아드
E	188	81	8.04	유니버시아드
F	177	65	7.41	전국육상선수권
G	179	75	7.36	전국육상선수권
H	191	80	7.34	전국육상선수권
M	185.5	75.5	8.06	
SD	5	5.57	0.06	

2. 실험장비 및 방법

이 연구에서 사용된 비디오 장비를 살펴보면, 부산 아시아 게임에서는 선수들의 경기장면을 촬영하기 위해 S-VHS 카메라(60fields/sec) 3대를 관중석에 설치하였다. 선수들의 정면 동작을 촬영하기 위해 조주로에서 모래사장 방향으로 정면에 1대를, 조주로와 40° 정도 경사진 방향의 좌·우측에 각각 1대씩 카메라를 고정시켜 설치하였다. 선수들의 동작을 모두 촬영한 후, 가로 1m, 세로 1m, 높이 3m의 통제점막대틀(control object set)을 구름판 중심을 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 3대이며 60fields/sec로 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 선수가 구름판을 도약하여 모래사장에 착지하는 운동수행 전 구간이 촬영되도록 하였다. 두 경기 모두 카메라 셔터 스피드는 1/1000 sec로 설정하였다. 레인지 폴(range pole)은 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.

전국육상선수권대회에 사용된 비디오카메라는 S-VHS 카메라(60fields/sec) 4대로 멀리뛰기 경기장 내에 설치하였다. 두 대의 카메라(#1, #2)는 모래사장 측면에 좌우로 설치하였고 나머지 두 대의 카메라(#3, #4)는 도움닫기 조주로 측면에 좌우로 설치하였다. 촬영 범위는 도움닫기 마지막 4보와 선수가 구름판을 도약하여 신체가 모래사장을 비행할 때까지를 촬영하도록 하였다. 통제점 틀은 가로 1m, 세로 10m, 높이 2m으로 구름판을 중심으로 조주로 방향으로는 8m 지점에, 모래사장 방향으로는 2m지점에 각각 설치 총 10m의 범위에 설치하였다. 카메라 셔터 스피드는 1/250 sec로 설정하였다.

전역좌표계는 조주로 방향으로 가장 멀리 설치한 rang pole과 통제점 틀의 좌측 하단 한 점을 좌표계의 원점으로 정하였다. 이 점을 기준으로 조주로에서 모래사장 방향을 y축, 높이방향을 z축으로 정하고, x축은

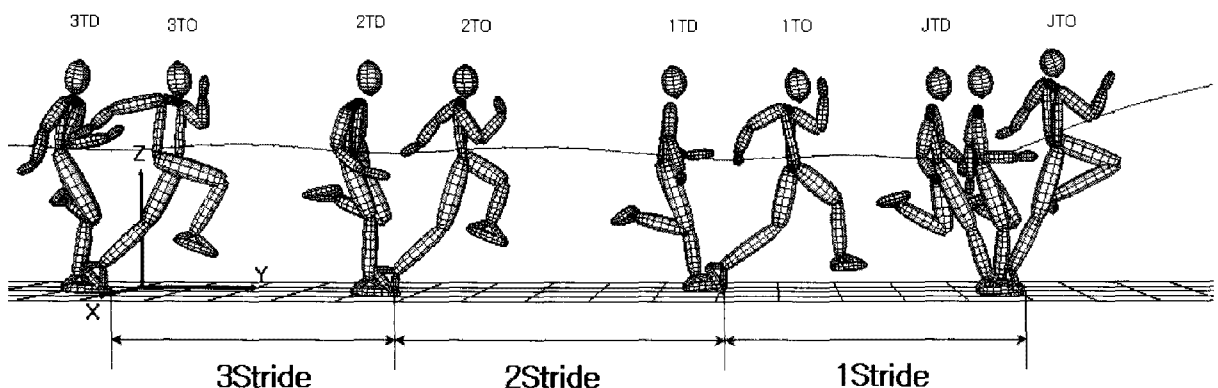


그림 1. 도움닫기 마지막 3스트라이드에 대한 각 이벤트

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 plagenhoef(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. 비디오카메라에 대한 event 동조는 frame 사이의 동조로 Kwon3D 프로그램 내에 내장되어 있는 software genlock 기능을 사용하여 동조시켰다.

이 연구의 동작분석을 용이하게 하기 위하여 도움닫기 마지막 3보 접지순간<그림 1>부터 구름판 발구름 동작<그림 2>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 구름판 착지(1td)까지를 최고속도구간으로 설정하였다. 발구름 구간은 구름발이 구름판에 착지하는 순간(1td)부터 발구름 다리의 무릎각이 최대로 굴곡되는 순간을 지나 도약순간(1to)까지로 정하였다.

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

상체각 : 전역 좌표계의 Z축과 상체 분절의 벡터가 이루는 상대각

신체의 전·후경각(신체각) : 발의 무게중심과 신체 무게중심을 연결한 벡터와 전역좌표계의 Z축과 이루는

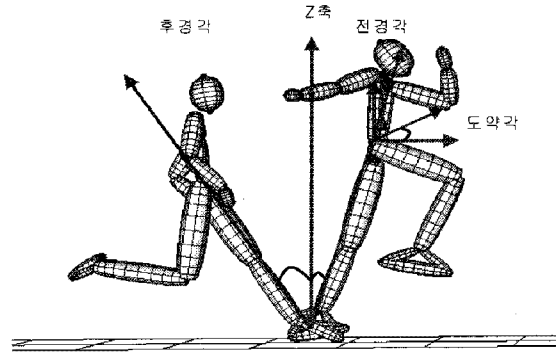


그림 2. 발구름 동작시 신체의 전경각과 후경각 및 도약각

상대각

도약각 : 전역좌표계의 Y축과 신체무게중심의 속도 벡터가 이루는 상대각

III. 결과 및 논의

이 연구는 2개의 국제대회와 1개의 국내대회에서 남자 멀리뛰기 선수들을 대상으로 경기상황을 3차원 영상분석 하여 멀리뛰기 경기력에 영향을 미치는 도움닫기 마지막 3보와 발구름 동작의 운동학적 자료를 산출하여 이 변인들의 특징을 국내외 선수들과 비교분석하는 것이다. 이에 따른 운동학적 자료들의 결과는 다음과 같다.

1. 도움닫기 마지막 3보 구간

도움닫기 최고의 속도를 내는 발구름 전 3보부터 발구름 직전까지의 운동학적 자료는 <표 2>와 같다.

1) 전신 무게중심의 높이

이 연구에 선수들의 신체무게중심의 높이는 발구름 전 2보(2to)에서 변화를 보이기 시작하여 1보(1td)전까지 부산 아시안 게임 선수인 A선수는 8cm, B선수는 10cm, 대구 유니버시아드대회 선수인 C는 5cm, D선수는 9cm, E선수는 7cm가 낮아져 두 경기에 참여한 선수들은 평균 7.8cm 신체무게중심을 낮추었다. 반면에 국내 전국육상경기선수권대회 선수인 F선수는 4cm, G선

표 2. 도움닫기 마지막 3스트라이드 구간의 무게중심높이, 수평속도와 보폭거리 (단위: m, m/s)

변인	시점	A	B	C	D	E	F	G	H	M±SD
무게중심높이	3TO	1.14	1.11	1.18	1.10	1.11	1.08	1.15	1.23	1.14±0.05
	2TD	1.08	1.08	1.15	1.08	1.10	1.06	1.16	1.22	1.12±0.06
	2TO	1.10	1.09	1.17	1.12	1.10	1.04	1.11	1.19	1.12±0.05
	1TD	1.02	0.99	1.12	1.03	1.03	1.00	1.05	1.12	1.05±0.05
	1TO	1.04	0.99	1.11	1.04	1.05	0.98	1.03	1.13	1.05±0.05
	JTD	1.03	0.97	1.09	1.01	1.04	0.96	1.02	1.12	1.03±0.05
수평속도	3TO	10.52	10.08	9.83	10.26	10.53	9.68	10.36	10.32	10.20±0.31
	2TD	9.73	10.54	10.20	9.99	10.58	9.59	10.14	9.62	10.05±0.39
	2TO	10.31	10.08	10.42	10.14	10.50	9.62	10.13	9.01	10.03±0.49
	1TD	10.19	10.32	10.43	10.14	10.90	9.78	9.84	9.27	10.11±0.49
	1TO	9.95	10.21	9.94	10.07	10.04	9.34	9.20	8.83	9.70±0.50
	JTD	9.57	9.63	10.33	9.39	9.98	9.38	8.96	8.79	9.50±0.50
보폭거리	3SD	2.01	2.30	2.43	2.50	2.22	2.15	1.96	2.80	2.30±0.28
	2SD	2.56	2.59	2.75	3.14	2.50	2.02	2.03	2.19	2.47±0.38
	1SD	2.44	2.22	2.44	2.34	2.32	2.06	1.91	2.03	2.22±0.20

수는 6cm, H선수는 7cm로 평균 5.6cm 신체무게중심이 낮아졌다. 도움닫기 마지막 2스트라이드(the penultimate stride)에서 신체무게중심의 높이 변화는 국내 선수들이 평균 2.2cm정도 변화의 폭이 작은 것으로 나타났다. 발구름 착지순간(jtd)과 1보전의 신체무게중심 높이 변화는 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회 선수들은 평균 2cm의 차이를, 국내 선수들은 평균 1.3cm의 차이로 국내 선수들이 오히려 작은 높이 변화를 보였다.

Hay와 Nohara(1990)는 발구름 전 2보부터 1보 착지순간까지 신체무게중심이 평균 6cm 낮아지고, 1보전의 신체무게중심높이가 발구름 착지순간의 높이와 일치한다고 하였다. 이 연구에서는 발구름 전 2보부터 1보 착지순간까지 신체무게중심의 높이 변화가 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회에서는 Hay와 Nohara(1990)의 연구결과보다 크게 나타난 반면 국내 경기에서는 비슷하게 나타났다. 그러나 1보전의 신체무게중심높이가 발구름 착지순간의 높이와 일치하게 나타나지는 않았다.

윤희중과 김태삼(1998)과 류재균 등(2000)은 발구름 전 2보에서 1보 착지순간까지 5cm 낮아지고, 발구름 착지순간에 1-2cm 더 신체무게중심의 높이가 낮아지

는 형태를 보였다고 보고하였다.

이 연구에서 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드 대회 선수들은 발구름 전 1보에서 이미 신체무게중심을 충분히 낮추어서 발구름을 준비하는데 반해 국내선수들은 발구름 전 2보부터 신체무게중심이 발구름 착지순간까지 계속 낮아지고 있어 발구름 준비구간에서 구름판 이륙을 위한 준비동작인 도움닫기 마지막 2스트라이드의 착지하는 다리의 스윙 레그 스쿼트 동작이 자연스럽게 낮추지 못한다고 할 수 있다. 따라서 신체무게중심의 높이 변화는 보폭의 변화로 인하여 발생되는 현상으로 이때 주의하여야 할 것은 신체자세 중에서 상체를 지나치게 앞으로 숙이거나 혹은 뒤로 저치는 자세를 피해야 하고 2스트라이드의 보폭을 크게 하기 위하여 2보 이지순간에 점프를 하는 동작을 피해야한다.

2) 수평속도

도움닫기 구간에서 선수들이 최고속도에 이른 시점은 서로 달랐지만, Hay(1994)는 엘리트 남녀선수 56명 중에서 도움닫기 속도가 최고에 도달하는 시점은 마지막 2스트라이드에서 54%로 마지막 3스트라이드에서 26%라고 보고 하였다. 도움닫기 최고속도는 부산 아시

안 게임과 대구 유니버시아드대회와 대구 유니버시아드대회 경주 A, B, D 선수들이 3스트라이드에서 가장 빠른 도움닫기 수평속도가 나타났고 C와 E선수는 2스트라이드에서 가장 빠른 도움닫기 수평속도를 나타냈다. 국내 선수인 G와 H선수는 3스트라이드에서 E선수는 2스트라이드에서 나타냈다. 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회의 경우 D선수를 제외하고 모두 10.40m/s 이상으로 빠른 속도로 달리고 있으며, 발구름 전 마지막 1보까지 평균 10.04m/s의 속도를 유지하였다. 반면에 국내 선수들은 F선수를 제외하고 두 선수가 10.30m/s 이상으로 달리다가 점진적으로 감소하여 발구름 전 마지막 1보에서는 평균 9.12m/s의 속도로 감소하였다. 도움닫기 마지막 3스트라이드 중에서 수평속도는 E선수가 1보 접지순간 10.90m/s로 최대 도움닫기 수평속도를 보였다.

Lees et al.(1994)은 1991년 유니버시아드 대회의 남자 멀리뛰기 결승에 오른 10명의 선수들의 발구름 전 1스트라이드의 평균속도가 10.02m/s라고 보고 하였으며 이 연구에서 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회의 평균속도 결과와 비슷한 결과를 보였지만 국내 선수들과는 약 1m/s의 차이를 나타냈다.

류재균 등(2000)의 연구에서 도움닫기 평균속도가 발구름 전 3스트라이드에서 평균 10.40m/s의 빠르기를 보였으나, 마지막 발구름 전 1보의 이지순간에 9.42m/s로 낮아졌다고 보고하였다. 이와 같이 국내의 선수들은 모두 높은 도움닫기 속도에서 구름판으로의 수평속도가 점진적으로 감소하는 유형을 보이지만 8m를 뛰는 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회 선수들은 구름판 접지순간에 평균 수평속도가 9.79m/s인 반면에 국내 선수들은 평균 수평속도가 9.04m/s로 구름판을 의식하여 도움닫기 최고 수평속도를 구름판 접지순간까지 연장시키지 못하는 것으로 사료된다.

3) 보폭

부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회의 다섯 명의 선수는 2스트라이드에서의 보폭이 길게 나타난 반면에 국내 선수들은 G선수를 제외하고는 보폭이 짧아지는 현상을 보였다. 평균 보폭변화를 보면 부산 아

시안 게임과 대구 유니버시아드대회경우 발구름 전 3스트라이드에서 2.29m, 2스트라이드가 2.71m, 마지막 1스트라이드에서 2.35m로, 발구름 전 2스트라이드에서는 약간 길게, 마지막 1스트라이드에는 짧게 뛰어서 자연스럽게 발구름 동작으로 연결하고 있다. 그러나 국내 선수들은 발구름 전 3스트라이드에서 2.30m, 2스트라이드가 2.08m, 마지막 1스트라이드에서 2.00m로, 발구름 전 3스트라이드에서부터 점진적으로 감소하는 형태를 보였다. 국내 선수인 F선수는 발구름 전 2스트라이드보다 마지막 1스트라이드가 증가하는 유형을 G선수는 발구름 전 3스트라이드부터 점차 감소하는 유형을 보였다. 이러한 유형은 발구름 다리의 발을 구름판에 밀어 넣거나 의도적으로 발을 구름판에 맞추려고 하는 동작에서 나타나는 현상이라고 할 수 있다. Roger(1994)는 발구름 전 마지막 3스트라이드를 강조하였는데, 마지막 1스트라이드의 보폭이 2스트라이드의 보폭보다 약 18~25cm정도가 작아야 한다고 하였다. Coh et al.(1997)은 우수한 선수의 마지막 3스트라이드의 보폭 중에서 마지막 1스트라이드보다 마지막 2스트라이드의 보폭이 평균 34cm 더 길다고 보고하였다. 그러나 선수 개인의 보폭의 차이보다는 마지막 3스트라이드에서 보폭 변화가 멀리뛰기 발구름을 수행하는데 있어 중요한 요인이라고 하였다.

세계기록 보유자인 마이크 포웰도 2스트라이드에서의 보폭이 2.47m에서 1스트라이드에서는 2.28m로 2스트라이드에서는 약간 길고, 1스트라이드에서는 짧은 패턴을 보이고 있다(Ariel, 1992). 따라서 도움닫기 마지막 3스트라이드의 보폭의 변화는 도움닫기의 리듬을 유지하면서 신체중심을 아래로 낮추고 자세 변형을 통해 발구름 구간에서 수평속도의 감소를 줄이고 수직속도를 증가시키면서 신체의 무게중심을 높게 비행시킬 수 있는 발구름 준비동작을 이끌어 낼 수 있을 것이라고 사료된다.

2 발구름 구간

발구름 구간에서 수평속도, 수직속도, 신체각, 상체각 그리고 도약각에 대한 운동학적 변인들은 <표 3>과 같다.

표 3. 발구름 구간에서의 운동학적 변인들

변인	시점	A	B	C	D	E	F	G	H	M±SD
수평속도(m/s)	JTD	9.57	9.63	10.33	9.39	9.98	9.38	8.96	8.79	9.50±0.50
	JTO	8.57	8.22	9.05	7.96	8.77	8.07	7.72	7.73	8.26±0.49
수직속도(m/s)	JTD	0.18	0.04	-0.29	-0.01	-0.07	-0.05	-0.09	-0.14	-0.05±0.14
	JTO	3.48	3.76	3.71	3.91	3.87	3.40	3.40	3.25	3.60±0.25
신체각(deg.)	JTD	-21.37	-27.01	-24.48	-26.95	-32.82	-28.80	-30.30	-29.70	-27.68±3.58
	JTO	21.74	18.83	20.03	22.98	20.15	21.80	12.00	18.90	19.55±3.38
상체각(deg.)	JTD	-4.01	-12.10	-9.70	-2.38	-4.97	-11.40	-9.00	-8.10	-7.71±3.55
	JTO	2.25	2.52	-3.06	4.52	6.12	-1.50	-4.10	-1.70	0.63±3.73
도약각(deg.)	JTO	22.10	24.58	22.28	26.30	23.92	21.60	22.20	21.40	23.05±1.72

⊖: 상체의 후경자세, ⊕: 상체의 전경자세

1) 수평 수직속도

발구름 구간에서 수평속도를 살펴보면, 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회에 참가한 선수들의 평균 수평속도는 1.27m/s 감소한 반면에 국내 선수들은 1.20m/s 감소하였다. 국내 선수들의 수평속도 감소가 평균 0.07m/s 더 적은 것으로 나타났다. 그러나 구름판 접지순간과 이륙순간에 수평속도는 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회의 선수들이 높게 나타났다.

Lees et al.(1994)은 발구름 구간에서 평균 수평속도가 1.22m/s 감소한다고 보고하였다. Lees et al.(1994)의 연구와 비교하면 발구름을 하는 동안에 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회의 선수들은 0.05m/s가 더 감소하고 국내 선수들은 0.02m/s가 더 감소하지 않는 것으로 나타났다.

발구름 구간에서 수평속도 감소가 적다는 것은 발구름 발이 구름판에 접지하고 이륙할 때까지의 소요시간이 짧다는 것과 발구름 다리의 굴곡과 신전이 충분히 발휘되지 않을 수도 있다는 것을 예견 할 수 있다. 다시 말해서 발구름 구간에서 수평속도 감소의 폭이 적은 것은 좋은 현상이지만 발구름 준비구간에서의 동작이 수반되지 않은 상태에서의 수평속도 감소가 적은 것은 구름판 이륙순간의 신체자세와 수직속도에 영향을 미친다고 사료된다.

구름판 이륙순간에 수직속도를 살펴보면, 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회에 참가한 선수들의 평균 수직속도는 3.75m/s 인 반면에 국내 선수들은

3.35m/s로 나타났다. 국내 선수들의 수직속도가 평균 0.40m/s 더 적은 것으로 나타났다. 구름판 이륙순간에 수직속도는 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회의 선수들이 국내 선수들 보다 높게 나타났다.

구름판 이륙순간 수직속도는 대구 유니버시아드대회에 참가한 D선수가 3.91m/s로 가장 높았고 국내 선수인 H선수가 3.25m/s로 가장 작았다. 이와 같은 결과는 구름판 이륙순간에 수평속도대해 발구름 구간에서 발구름 다리의 굴곡에서 신전으로의 전환이 얼마나 빨리 이루어지느냐에 따라서 이륙순간의 수직속도의 차이가 나타나는 것으로 판단된다. 구름판 이륙순간에 국내 선수들이 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회의 선수들 보다 상대적으로 낮은 수평속도와 수직속도를 보인 것을 알 수 있다.

Lees et al.(1994)은 1991년 영국 Sheffield에서 개최된 유니버시아드 대회에서 결승에 진출한 남자 멀리뛰기 선수 12명을 대상으로 이륙순간에 수평속도와 수직속도가 각각 평균 8.74m/s, 3.02m/s라고 보고하였다. 1991년 유니버시아드 결과와 비교하면, 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회 경우 평균 수평속도에서는 A, B, 그리고 D선수만을 제외하고 나머지 두 선수는 선행 연구 결과의 평균치보다 높게 나타났지만 국내 선수인 F, G, H선수는 낮게 나타났다. 수직속도는 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회 그리고 국내선수들이 높게 나타났다.

2) 각도

신체각, 상체각은 발구름구간의 각 시점에서 선수들의 신체 자세를 비교할 수 있는 요인이다. 발구름 순간 신체각은 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회 선수들 경우 구름판 접지순간에 평균 -26.53° 의 후경 자세에서 이륙순간에 평균 20° 이상의 전경자세로 구름 발을 중심으로 신체가 회전되고 있었다. 국내 선수들은 평균 -29.60° 의 후경자세에서 이륙순간에 평균 17.57° 로 나타났다. 구름판 이륙순간에 전경자세의 신체각이 가장 작은 선수는 G선수로 12.00° 이며 전경자세의 신체각이 작으면 이륙순간까지도 상체가 후경자세를 취하고 있을 것이며 이로 인해 전상방향으로의 발구름 다리의 역할이 단지 수직방향으로 신체를 뛰어오르게 하는 역할만 한다고 예견할 수 있다. 구름판 접지순간에 가장 큰 후경자세를 보인 선수는 대구 유니버시아드대회의 E선수로 -32.82° 를 보였다. 국내 선수들은 E선수를 제외하고 모두 구름판 접지순간에 큰 후경자세를 취하고 있었다. Lees et al.(1994)은 구름판 접지순간에 후경자세의 기울기가 평균 -24.80° 라고 보고하였고 류재균과 김혜영(2000)은 -25.07° 라고 보고하였다. 이 연구의 선수들이 다소 높게 나타났다. 신체각의 범위가 가장 큰 선수는 E선수로 52.97° 였다. 신체각의 이동 범위가 크면 구름판 접지에서 이지까지의 운동방향으로 전신의 각 운동량이 커진다는 이점은 있거나 구름판 이륙 후 신체의 전방회전 갑자기 높아져 빠른 착지동작으로 연결될 수 있는 단점도 함께 가지고 있다.

구름판 접지순간에 상체각은 선수 모두 후경자세가 되어 있었다. 이러한 자세는 발구름 발이 구름판을 딛기 위하여 신체 앞으로 내밀어 뺨기 때문에 일어나는 발구름 자세이다. 그러나 이륙순간에는 상체가 전경자세로 전환되는데 대구 유니버시아드대회의 C선수와 국내 선수들만 후경자세를 유지하고 있었다. 특히 국내 선수인 G선수는 4.10° 로 상체각이 후경의 자세를 취하고 있는데 이는 구름판 이륙순간의 신체각과 연관이 있다고 사료된다.

이륙순간 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회 선수들의 평균 도약각은 23.84° 인 반면에 국내선수들은 평균 21.73° 로 조사되었다. 도약각은 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회의 선수들이 국내선수들

보다 평균 2° 이상 높은 것으로 나타났지만 선수 개개인을 비교해 보면 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회의 선수인 B와 D선수를 제외하면 국내선수들이 1° 내외의 차이를 보였다. Lees et al.(1994)와 Coh et al.(1997)은 각각 평균 19.1° , 평균 20.6° 로 보고하였고 류재균과 김혜영(2000)은 평균 21.18° 라고 보고하였다. 이 연구의 선수들이 조금 더 높은 도약각으로 구름판을 이륙하고 있는 것으로 나타났다.

구름판에서의 도약각은 대구 유니버시아드대회의 선수인 D선수가 26.30° 로 가장 높게 나타났다. 그리고 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회의 선수들은 모두 22° 이상의 도약각을 보였다. 그러나 국내 선수들은 G선수만이 22° 이상 이었다. D선수와 같이 도약각도가 높다는 것은 구름판을 이륙순간 신체각과 상체각과 함께 수평속도는 작고 수직속도의 변화가 크기 때문이라고 사료된다.

IV. 결론 및 제언

이 연구는 2002년 부산 아시안 게임과 2003년 대구 유니버시아드대회 남자 멀리뛰기 결승에 진출한 선수 중 실제기록이 8m를 뛴 선수와 2001년 제55회 전국육상경기선수권대회 남자 멀리뛰기 결승에 진출한 선수를 대상으로 도움닫기 마지막 3보의 동작과 발구름 동작을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 도움닫기 마지막 3스트라이드 중 2스트라이드(the penultimate stride)에서 신체무게중심 높이 변화는 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회 선수들은 평균 7.8cm인 반면에 전국육상경기선수권대회 선수들은 평균 5.6cm로 신체무게중심이 더 적게 낮추어졌다. 발구름 착지순간(jtd)과 1보전의 신체무게중심의 높이 변화는 국내 선수들이 오히려 작은 높이 변화를 보였다.
2. 도움닫기 마지막 3스트라이드 중 최고 수평속도에 도달하는 시점은 2와 3스트라이드에서 나타났다. 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회 선수들은 3스트라이드 중 어느 한 시점에서 평균 10.40m/s의 수평속도에 도달한 후 구름판 접지순

간에는 평균 9.79m/s의 수평속도에 도달하는 것으로 나타났지만 전국육상선수권대회 선수들은 평균 10.12m/s에 도달한 후 구름판 접지순간에는 9.04m/s의 수평속도에 도달하는 것으로 나타났다.

3. 도움닫기 마지막 3스트라이드의 보폭 변화는 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회 선수들의 경우 보통 길고 짧은 보폭 변화 패턴을 보였지만 전국육상경기선수권대회 선수들은 G선수를 제외하고 점차적으로 감소하는 보폭 변화 패턴을 보였다.
4. 구름판 발구름 구간에서의 수평속도는 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회 선수들의 경우 접지순간에 평균 10.04m/s의 수평속도에서 구름판 이륙순간에 평균 8.51m/s의 수평속도로 이륙하는 반면에 전국육상경기선수권 대회 선수들은 평균 9.04m/s의 수평속도에서 7.84m/s의 수평속도로 이륙하는 것으로 나타났다. 수직속도는 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회 선수들이 평균 3.75m/s였고 전국육상경기선수권대회 선수들은 3.35m/s로 나타났다.
5. 구름판 발구름 구간에서 신체각은 접지순간에 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회 선수들이 평균 -26.53°인 반면에 전국육상경기선수권대회 선수들은 평균 -29.60°로 접지순간에 더 큰 후경자세를 보였다. 그러나 이륙순간에는 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회 선수들이 20.75°로 더 큰 전경자세가 일어났다. 상체각은 접지순간에 선수 모두 후경자세를 취하고 있었지만 보다 좋은 기록을 위해서는 직립자세에 가깝게 하는 것이 구름판을 힘차게 차고 오를 수 있을 것이다. 도약각은 부산 아시안 게임과 대구 유니버시아드대회 선수들이 평균 23.84°인 반면에 전국육상경기선수권대회 선수들은 평균 21.73°로 조사되었다.

이상을 종합하면, 국내 선수들이 8m를 뛰기 위해서는 도움닫기 마지막 3스트라이드 보폭 변화를 통해 신체무게중심의 높이 변화가 평균 8cm 안팎으로의 변화가 일어나야한다. 구름판 접지순간까지 수평속도는 평

균 10m/s가 되면서 이륙순간에는 평균 3.75m/s의 수직속도로 이륙할 수 있는 도움닫기 수평속도 유지능력과 발구름 다리의 도약력이 요구된다고 생각된다. 그리고 신체각의 변화 범위는 구름판 접지와 이지의 비율이 1.2:1이 적합하고 상체각은 구름판 이륙순간에 직립자세나 약간의 전경자세가 되도록 노력하여야 하겠다.

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.
- 류재균(2005). 멀리뛰기 8m 선수들의 운동학적 변인 조사를 통한 국내 멀리뛰기 선수들의 8m 뛰기 전략. 한국운동역학회지 15(2), 129-138.
- 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>
- 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.(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.

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.

Lees, 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.

Plagenhoef, S.(1983). Anatomical data for analyzing human motion. *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 54(2). 169-178.

Tidow, G.(1990). Models for teaching techniques and assessing movements in athletics: the long jump. *Track Technique*. fall, 3607-3615.

투 고 일 : 07월 30일

심 사 일 : 08월 15일

심사완료일 : 09월 01일