



국내외 우수 여자선수 100m 허들동작의 운동학적 비교 분석

The Kinematic Analysis and Comparison of Foreign and Domestic 100m Elite Woman's Hurdling Techniques

류재균* · 여홍철 · 장재관(경희대학교)

Ryu, Jae-Kyun* · Yeo, Hong-Chul · Chang, Jae-Kwan(Kyunghee University)

ABSTRACT

J. K. RYU, H. C. YEO and, J. K. CHANG, The Kinematic Analysis and Comparison of Foreign and Domestic 100m Elite Woman's Hurdling Techniques. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 17, No. 4, pp. 157-167, 2007. The purpose of this study was to analyze kinematic techniques in the woman's 100m hurdle. In order to find the kinematic parameters, a 3-D video system for kinematic analysis-kwon3d 3.1(Kwon3D Motion Analysis Program Version 3.1)-was used. Eight JVC video cameras(GR-HDIKR) were used to film the performance of Lee Yeon-Kyoung at a frame rate of 60fields/s. The kinematic characteristics from the first hurdle to last hurdle were analyzed at the clearing hurdle spots such as distance, velocities, heights and angles. The real-life three-dimensional coordinates of 20 body landmarks during each phases were collected using a Direct Linear Transformation procedure. After analyzing the kinematic variables in the 100m hurdle run, the following conclusion were obtained; Lee Yeon-Kyoung had to maintain constant stride lengths between hurdles and increase takeoff distance before clearance and shorter landing distance after clearance. She also had to hit the correct takeoff point in front of the hurdle and extend the lead leg at the moment of landing in order to minimize the loss of velocity. She had to sprint between hurdles as fast as possible over 8m/s and run powerful first stride and shortened third stride preparing for the following hurdle clearances.

KEYWORDS : KINEMATIC TECHNIQUES, STRIDE LENGTHS, LEAD LEG, CLEARANCE, HURDLE

I. 서론

육상경기 각 종목에서 최고의 선수가 되려면 해당 종목에서 요구하는 고도의 기술을 향상시켜야한다. 선

수는 경기에서 우승하기 위해서 자신이 가지고 있는 능력을 향상시키지 않으면 안 되며 그 중에서 개발하고 발전시켜야 하는 중요한 요인은 기술이다. 특히 허들은 높은 수준의 기술이 요구되는 종목이면서 많은

* ryu69kor@khu.ac.kr

변인들의 복합적인 결과에 의해 경기력이 결정된다 (Salo, Grimshaw & Marar, 1997).

최근 허들 경기는 국제대회에서 메달을 획득하고 한국 신기록을 수립하면서 국내 육상계에서 집중 육성 종목으로 선정되어 육상인 뿐만 아니라 연구자들의 관심 종목이 되었다.

국내 연구는 주로 남자 110m 허들로 분석구간은 허들 4번째와 5번째 허들이며 대부분 허들을 넘는 허들링 동작을 중요한 분석 요인으로 다루고 있다. 이들 연구들의 결과는 허들을 넘을 때 체공시간을 줄이면서 수평속도를 유지하고 허들을 향해 도약하는 순간 빠른 스피드를 발휘하기 위해서는 신체중심의 수평 이동거리와 소요시간을 가능한 짧게 하여야 한다고 하였다. 그리고 허들 넘는 동작이 반복적이기 때문에 스피드와 유연성 그리고 리듬감이 잘 조화를 이루고 세밀하고 정확한 동작의 반복이 요구된다고 보고하였다(김혜영, 이정호와 김상도, 2005; 강상학과 임충희, 2002; 임규찬, 정철수와 이만기, 1994).

국의 선행연구를 살펴보면, Mann과 Herman(1985)은 올림픽 여자 100m 허들 경기의 운동학적 분석이라는 연구에서 4번째 허들을 분석한 결과 경기력을 좌우하는 가장 중요한 요인은 달리는 동안에 수평속도를 최대화하고 허들을 향해 도약하는 순간의 수직속도를 최소화하면서 3(third)스트라이드의 지지시간을 짧게 하여야한다고 지적하였다.

여자 100m 허들 경기는 고도의 기술이 선수들에게 요구되는 종목으로서 가능한 가장 빠른 스피드로 주기적인 움직임인 달리기(sprint)와 비주기적인 움직임인 허들 넘기(hurdle clearance)의 연속적인 교체 동작을 반복하는 특성을 가지고 있다고 하였다. 그리고 허들 전 구간에 걸쳐 기술적으로 정확한 움직임이 요구된다고 하였다. 허들 넘기 기술의 핵심적인 구성요소는 가능한 짧은 시간에 각각의 장애물을 부딪치지 않고 깨끗하게 넘는 것과 허들을 넘을 동안의 비행에서 수평속도의 손실을 최소화 하는 것이다. 그리고 허들을 넘을 동안에 신체중심의 포물선 높이의 정점은 남녀 모두 허들 앞 0.30m에 위치한다고 하였다(Hucklekenkes; 1991, Mcdonald & Dapena; 1991, Taylor; 1992).

Taylor(1992)는 차는 다리를 아래로 재빨리 끌어내리

는 동작을 연구하였다. 이 동작은 수동적으로 차는 다리(lead leg)를 잡아채는 동작과 적극적(공격적)으로 차는 다리를 잡아채는 동작 두 가지로 구분하여 비교하였다. 차는 다리를 잡아채는 동작은 차는 다리의 발이 허들을 넘어 대략 30cm에서 41cm를 지나갔을 때 시작되고 이 거리는 적극적으로 잡아채는 동작의 여하에 따라 달라질 수 있다고 하였다. 그리고 이 두 동작의 이륙과 착지 그리고 비행거리와 시간을 비교한 결과 이륙한 지점에서 허들까지의 거리는 2.01m로 동일하였으나 허들을 넘은 이후 착지하는 지점의 거리는 각각 1.22m와 0.91m로 적극적으로 차는 다리를 잡아채는 동작의 착지거리가 짧았다. 비행거리는 각각 3.35m와 3.01m로 34cm의 거리차이가 나타났고 시간은 0.20초와 0.18초로 0.02초의 차이가 나타났다고 보고하였다.

Coh, Kastelic & Pintaric(1998)은 Brigita Bukovec의 100m 허들에 대한 생체역학적인 모델이라는 연구에서 2D분석 방법과 각 구간별 포토셀(photocell)를 이용하여 출발에서 첫 허들 그리고 5번째 허들과 6번째 허들에서의 운동적 변인들을 조사하였다. 운동학적 분석 결과 신체 무게중심의 속도의 원동력은 두 허들사이에서 개개의 스트라이드 이륙순간에 이심(eccentric)과 동심(concentric)국면에서 발생하는 것이라고 보고하였다. 그리고 이 연구는 이러한 변인들 결과를 바탕으로 기술적으로 달리는 훈련의 과정을 계획하고 모델링 하여야한다고 보고하였다.

이상의 국내외 허들과 관련한 선행연구들의 연구 동향을 살펴보면, 2차원 운동학적 분석이 다수를 이루고 있으나 몇몇 문헌은 3차원적 분석을 하였다. 3차원 분석의 주를 이루는 것은 남자 허들 경기로 4번째와 5번째 허들의 넘는 동작을 집중적으로 분석하고 있다. 이 구간이 집중적으로 분석되어지는 이유는 10대의 허들 중에서 최고 가속구간이라고 알려져 있기 때문이다. 또한 대부분의 선행연구들이 실험상황에서 주로 허들 4번째와 5번째에서의 동작에만 국한되어져 분석한 자료를 제시하고 있기 때문에 실제 현장에서 선수나 코치 감독들에게 실용적인 기술적 자료와 허들 전 구간에서의 장단점에 대한 피드백을 제공 하지 못하고 있는 실정이다.

이 연구는 전 구간의 허들을 중심으로 넘고 달리기

가 계속적으로 반복되는 주기의 운동학적 분석을 통하여 국내 엘리트 선수인 이연경 선수가 가장 먼저 보완 수정해야 할 운동학적 변인들을 조사하는 것에 주목적으로 하고 있으며 이렇게 분석된 정량적인 자료가 훈련 현장에서 과학적인 훈련 프로그램의 기초자료로 활용되기를 기대한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

이 연구는 부산국제육상경기대회 여자 허들에서 우승한 이연경(L) 선수를 연구 대상으로 하였고 1996년 애틀랜타 올림픽 대회에서 2위를 한 Brigita Bukovec (B.B.) 선수를 비교 대상으로 선정하였다. 이 선수들의 신체적인 특성과 대회기록은 <표 1>과 같다.

2. 실험 장비 및 방법

운동학적 변인을 조사하기 위하여 3D 비디오 시스템의 운동학적 분석 프로그램인 KWON3D Version 3.1(Kwon, 2005)을 사용하였다. 전 구간의 촬영은 JVC 비디오카메라(GR-HD1KR) 8대를 사용하였으며, 각 카메라에 광학렌즈(GL-V0752U 0.7x, 필터지름 55mm)를 장착하여 와이드 화면으로 촬영하였다. 카메라는 허들 전 구간을 촬영하기 위하여 출발선 뒤쪽 관중석 위에 좌우로 2대의 카메라가 4번째 허들에서 10번째 허들까지 촬영되도록 설치하였고, 결승선 앞쪽 관중석 위에 좌우로 2대의 카메라는 첫 번째 허들에서 8번째 허들까지 촬영하도록 설치하였다. 그리고 나머지 4대의 카메라는 100m 라인 측면 본부석 쪽에서 일렬로 나열하여 서로의 촬영범위가 겹치도록 설치하였다. 두 대의

카메라의 촬영범위가 서로 겹치는 부분에 anchor points라는 하나의 점(reference point)을 이용하여 두 대의 카메라에 촬영된 영상을 연결하여 마치 한대의 카메라가 촬영한 것과 같은 효과를 볼 수 있고 피사체의 영상을 크게 잡을 수 있는 방법으로 이 연구에서는 4대의 카메라에 사용하였다. 8대 카메라의 동조는 출발선 뒤쪽에 있는 2대의 카메라와 결승선에 있는 2대의 카메라 그리고 배울기법으로 연결한 본부석 측면에 4대의 카메라가 공통으로 촬영되고 있는 5번째 허들을 넘기 위해 피험자가 도약(takeoff)하는 순간을 동조시점으로 하였고 Kwon3d 3.1프로그램의 perform software genlock 기능을 이용하였다. 실 공간 좌표 설정은 경기 중에 선수와 심판 이외에는 경기장에 들어 갈 수 없기 때문에 남자선수들이 넘는 허들을 통제점 틀로 사용하였다. 두 레인에 설치된 허들의 높이는 1.067m이고, 가로는 2.29m이며 세로는 허들과 허들 사이의 간격이 9.14m로 10번째 허들까지 82.26m로 설정하였다. 총 통제점 수는 80개로 하였고 이 때 DLT 켈리브레이션 오차는 3.9cm이었다. 촬영속도는 60 fields/s, 노출 시간은 1/1000s로 설정하였다.

3. 자료처리방법

각 관절 점의 3차원 위치 좌표 값은 DLT방법을 사용하는 Kwon3D 프로그램을 이용하여 산출하였다. 운동학적 자료를 얻기 위해 인체를 20개의 관절 점과 14개의 분절로 연결된 강체 시스템으로 가정하였으며, 스무딩(smoothing)은 Butterworth 4차 저역통과필터(low-pass filter)방법으로 3차원 공간 좌표에 포함된 확률오차(random error)를 제거하기 위하여 사용하였다. 차단 주파수(cut-off frequency)는 Yu 와 Hay(1995)가 제시한 차단 주파수 수식을 이용하여 7.4Hz로 정하였다.

이 연구에서 허들과 허들사이의 스트라이드는 발이 지면에 닿는 순간을 이심(eccentric), 발이 지면에서 떨어지는 순간을 동심(concentric)으로 정의하였고, 분석 구간은 세 구간으로 구분하여 전 구간을 분석하였다.

허들을 넘기 위한 도약 전 1보 왼발 접지부터 오른발(도약발) 이륙까지 3(third)스트라이드를 준비구간으

표 1. 선수들의 신체적 특성과 공식기록

선수	신장 (cm)	체중 (kg)	하지장 (m)	대회기록 (sec)	나이 (yrs)
L	173	62	1.03	13"47	23
B.B.	168	57	1.06	12"76	26

로, 도약발 이륙부터 착지까지를 비행구간으로, 왼발(착지발)의 착지 1보부터 오른발 2보 이륙까지 1(first) 스트라이드를 가속구간으로 정하였다. 그리고 2(second)스트라이드는 인터벌 구간이며 다시 다음 허들을 넘기 위한 준비구간이 반복된다.

III. 결과 및 논의

1. 허들과 허들사이의 운동학적 변인

L선수의 허들과 허들사이의 세 스트라이드 보폭 변화는 <표 2>와 같고, B.B.선수의 5번째 허들과 6번째 허들사이의 세 스트라이드 보폭 변화는 <그림 1>와 같다.

<표 2>를 살펴보면, L선수의 평균 보폭 변화는 허들을 넘고 착지한 후 1스트라이드는 1.63m로 가장 짧고, 2스트라이드는 1.98m로 가장 길고 3스트라이드는 1.76m로 짧아지는 보폭 변화가 나타났다. 그러나 L선

수의 전반적인 보폭 변화는 일관성이 떨어지는 것으로 나타났다.

L선수의 경우, 허들 5와 6사이의 세 스트라이드의 총 거리는 5.42m로 1스트라이드는 1.58m(29.2%), 2스트라이드는 2.07m(38.2%) 그리고 3스트라이드는 1.77m(32.7%)로 나타났다. 반면에 B.B.선수는 총 거리가 5.31m였고, 각각의 스트라이드는 1.62m(30.5%), 1.92m(36.2%), 1.77m(33.3%)였다. 허들 5와 6사이의 세 스트라이드 총 거리의 차이는 11cm로 L선수가 더 길었다. L선수는 1스트라이드가 B.B. 선수보다 짧았고, 2스트라이드는 더 길었다. 이와 같은 현상은 1스트라이드를 추진력 있게 수행하지 못하고, 2스트라이드는 지나치게 뻗기(overreaching) 때문이다. 따라서 L선수는 허들 앞에서 도약하는 발과 허들과의 거리를 넓히고, 허들을 넘고 착지하는 발과 허들과의 거리를 줄일 필요가 있다.

L선수의 허들과 허들사이의 가속구간과 준비구간에서 각 스트라이드 이륙순간에 이심국면과 동심국면의 각도와 속도 변인의 변화는 <표 3>과 같고, L선수와

표 2. 허들과 허들사이의 세 스트라이드의 보폭 변화 (단위: m)

스트라이드	1 스트라이드	2 스트라이드	3 스트라이드	총 거리
허들 1과 2	1.51(29.1%)	1.92(37.0%)	1.76(33.9%)	5.19
허들 2과 3	1.62(29.6%)	2.00(36.5%)	1.86(33.9%)	5.48
허들 3과 4	1.68(30.3%)	1.86(33.6%)	2.00(36.1%)	5.54
허들 4과 5	1.71(31.6%)	1.98(36.6%)	1.72(31.8%)	5.41
허들 5과 6	1.58(29.2%)	2.07(38.2%)	1.77(32.7%)	5.42
허들 6과 7	1.60(30.0%)	2.00(37.5%)	1.73(32.5%)	5.33
허들 7과 8	1.68(31.2%)	2.07(38.4%)	1.64(30.4%)	5.39
허들 8과 9	1.65(31.5%)	2.01(38.4%)	1.58(30.2%)	5.24
허들 9과 10	1.65(31.1%)	1.90(35.8%)	1.76(33.1%)	5.31
평균±SD	1.63±0.06	1.98±0.07	1.76±0.12	5.36±0.11

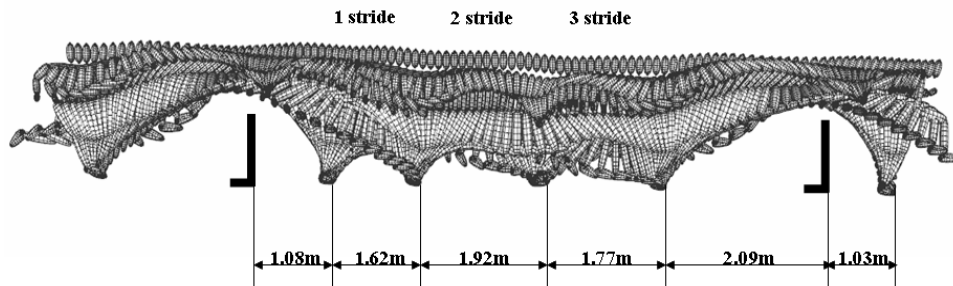


그림 1. B.B.선수의 허들 5-6사이의 세 스트라이드 보폭

표 3. L선수의 두 허들사이의 세 스트라이드 속도와 각도 변화 (단위: m/s, deg.)

변인		허들									
		1st ~2nd	2nd ~3rd	3rd ~4th	4th ~5th	5th ~6th	6th ~7th	7th ~8th	8th ~9th	9th ~10th	
1 스트 라이드	이 심 국 면	수평속도	6.95	7.43	8.38	8.26	7.66	7.73	7.85	7.60	7.01
		수직속도	-0.73	-0.67	-0.70	-0.92	-0.78	-0.92	-0.88	-0.91	-0.89
		합성속도	6.99	7.46	8.41	8.31	7.70	7.78	7.90	7.65	7.07
		합성속도 각	6.00	5.15	4.77	6.36	5.81	6.79	6.40	6.83	7.24
		무릎 속도	9.86	10.11	8.90	10.90	10.03	10.04	12.13	10.53	9.26
		발목 속도	12.34	13.56	18.58	9.91	13.46	13.78	13.10	12.31	13.50
		접지 다리의 각	77.53	77.61	78.74	69.73	78.11	69.65	72.75	75.92	75.87
	동 심 국 면	수평속도	7.72	8.18	8.09	7.60	7.91	7.92	7.73	7.99	8.14
		수직속도	-0.46	-0.27	-0.32	-0.17	-0.19	-0.13	-0.23	-0.26	-0.42
		합성속도	7.73	8.18	8.10	7.60	7.91	7.92	7.73	7.99	8.15
		합성속도 각	3.41	1.89	2.27	1.28	1.38	0.94	1.70	1.86	2.95
		무릎 속도	7.74	9.13	10.11	7.85	9.12	10.49	7.86	8.99	9.15
		발목 속도	8.87	12.71	13.23	13.91	13.30	12.72	12.66	12.68	13.09
		이지 다리의 각	58.58	63.91	61.67	66.16	64.81	64.65	63.74	61.72	70.90
2 스트 라이드	이 심 국 면	수평속도	7.47	7.68	7.86	8.01	7.90	8.03	8.11	7.87	7.47
		수직속도	-0.98	-1.08	-0.93	-1.18	-1.21	-1.17	-1.19	-1.23	-1.11
		합성속도	7.58	7.76	7.91	8.10	7.99	8.11	8.20	7.97	7.55
		합성속도 각	7.47	8.00	6.75	8.38	8.71	8.29	8.35	8.88	8.45
		무릎 속도	10.84	10.02	10.88	11.79	10.60	10.62	10.86	10.34	12.95
		발목 속도	10.05	11.25	11.95	10.49	11.49	11.72	11.27	12.66	11.76
		접지 다리의 각	66.54	61.61	61.02	62.28	67.25	65.30	66.25	69.65	68.58
	동 심 국 면	수평속도	7.46	7.94	8.04	8.21	8.50	8.46	8.10	8.08	8.11
		수직속도	0.21	0.41	0.69	0.78	0.55	0.56	0.65	0.74	0.47
		합성속도	7.46	7.95	8.07	8.25	8.52	8.48	8.13	8.11	8.12
		합성속도 각	1.61	2.96	4.91	5.43	3.72	3.79	4.59	5.23	3.32
		무릎 속도	6.69	7.78	8.99	8.74	8.46	9.27	7.44	8.01	8.56
		발목 속도	12.82	13.18	14.01	15.58	14.08	14.27	14.86	12.73	10.97
		이지 다리의 각	49.75	55.90	64.93	56.19	58.20	59.79	57.84	61.00	56.89
3 스트 라이드	이 심 국 면	수평속도	7.51	8.47	8.75	8.23	8.28	8.20	8.30	8.57	8.04
		수직속도	-0.63	-0.40	-0.61	-0.52	-0.61	-0.59	-0.54	-0.48	-0.63
		합성속도	7.54	8.48	8.77	8.25	8.30	8.22	8.32	8.58	8.06
		합성속도 각	4.80	2.70	3.99	3.62	4.21	4.12	3.72	3.21	4.48
		무릎 속도	11.64	12.82	11.04	11.27	11.26	11.18	11.55	12.08	11.66
		발목 속도	12.29	14.01	12.66	12.23	13.13	11.94	13.43	12.93	12.80
		접지 다리의 각	70.38	69.79	74.91	72.46	68.31	67.17	62.08	67.47	71.54
	동 심 국 면	수평속도	8.12	7.92	7.89	8.20	7.97	8.21	8.10	6.71	7.94
		수직속도	0.60	0.63	0.64	0.55	0.79	0.67	0.60	0.69	0.65
		합성속도	8.14	7.95	7.92	8.22	8.01	8.24	8.12	6.75	7.97
		합성속도 각	4.23	4.55	4.64	3.84	5.66	4.67	4.24	5.87	4.68
		무릎 속도	8.19	7.05	10.27	6.66	9.75	9.52	10.17	8.35	9.21
		발목 속도	12.65	13.53	12.91	12.30	13.78	12.72	13.26	11.57	13.28
		이지 다리의 각	51.91	58.59	64.72	58.35	60.43	58.99	63.14	63.77	56.29

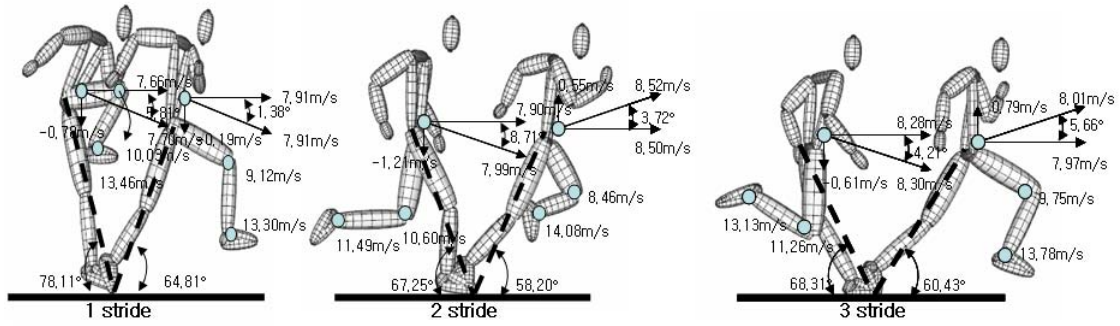


그림 2. L선수의 허들 5-6사이의 세 스트라이드 각도와 속도

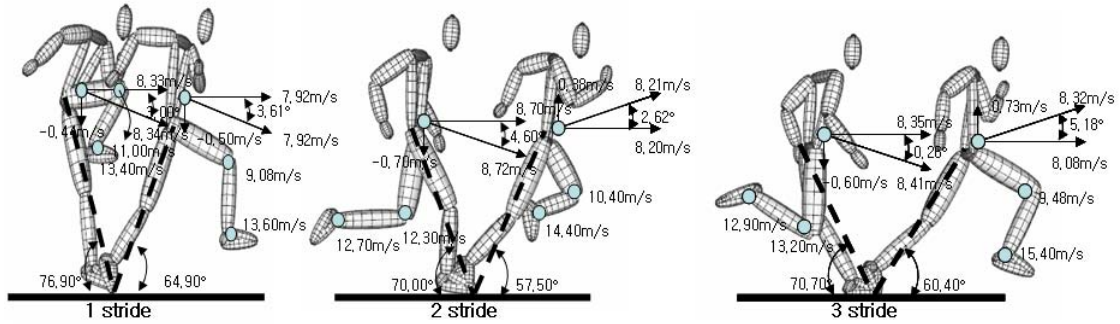


그림 3. B.B.선수의 허들 5-6사이의 세 스트라이드 각도와 속도

B.B.선수의 5번째 허들과 6번째 허들사이의 이심국면과 동심국면에서 신체분절의 각도와 속도 변인의 변화는 <그림 2>와 <그림 3>과 같다.

<표 3>를 살펴보면, 1스트라이드의 이심국면에서 L 선수는 34허들 구간에서 가장 빠른 수평속도 8.38m/s와 합성속도 8.41m/s를 보였다. 34허들 구간이 다른 구간보다 빠른 수평속도와 합성속도를 나타낸 것은 합성속도의 각도와 무릎속도가 각각 4.77°와 8.90m/s로 가장 작고 발목속도가 18.58m/s로 가장 높았기 때문으로 판단된다. 합성속도의 각이 작다는 것은 속도벡터의 방향이 운동방향에 대해 방해가 적게 받고 있다고 할 수 있다. 그리고 무릎속도가 작다는 것은 허들링을 빠르게 수행하여 착지하는 이심국면에서 이미 무릎이 운동방향으로 나아갈 자세를 잡고 있었기 때문이다. 이러한 무릎자세는 발목관절의 속도를 증가시키는 요인이 된다. 빠르게 수행된 무릎관절의 속도가 착지의 이심국면에서 크게 감속되면 이웃한 발목 관절은 관성의 원리에 의해 운동방향으로 빠르게 이동되어지는 것이다.

1스트라이드의 동심국면은 이심국면과는 다르게 일반적인 달리기 동작이 이루어지는 시점으로 가속구간에 해당된다. 이 국면에서의 속도는 증가되어야 하는데 34허들, 45허들 그리고 7-8허들 구간에서 각각 0.31m/s, 0.71m/s, 0.17m/s로 감소되는 현상을 보였다. 특히 45허들은 전체 구간에서 최고의 속도에 도달하기 시작하는 시점으로 여기에서의 감소는 기록에 큰 영향을 미친다. 45허들에서의 속도 감소는 무릎속도가 상대적으로 다른 구간에 비해 작고 접지 다리의 각과 이지 다리의 각의 차가 작았기 때문으로 판단된다.

2스트라이드의 이심국면에서 L선수는 7-8허들 구간에서 가장 빠른 수평속도 8.11m/s와 합성속도 8.20m/s를 보였다. 그리고 동심국면에서는 1-2허들과 7-8허들에서 합성속도가 각각 0.12m/s, 0.07m/s로 감소되는 것으로 나타났다. 이심국면에서 무릎과 발목속도는 10.02m/s이상의 속도를 보인 반면에 동심국면에서는 무릎속도는 줄어들고 발목속도는 증가되는 것으로 나타났다. 이심국면에서의 무릎과 발목속도의 증가는 다

음 달리기 동작을 위해서 운동방향으로 지면에 지지하고 있는 다리의 반대쪽 다리의 무릎을 구부려 앞으로 당기며 밀어내기 때문이고 이후 동심국면에서 무릎속도가 줄어드는 것은 무릎이 상체 앞으로 나와 최고의 정점에 도달하였기 때문이다. 발목속도의 증가는 무릎의 위치가 정점에 도달하였을 때 종아리 분절을 앞으로 뺀어 차기 때문에 증가되는 것이다.

3스트라이드의 이심국면에서 L선수는 34허들 구간에서 가장 빠른 수평속도 8.75m/s와 합성속도 8.77m/s를 보였다. 그리고 동심국면에서는 1-2허들과 6-7허들에서 합성속도가 각각 0.60m/s, 0.02m/s로 증가되는 것으로 나타났다. 3스트라이드의 이심국면부터는 허들을 넘기 위한 준비구간으로 속도의 증가가 최고에 이르는 구간이며 허들을 넘을 때 손실된 속도를 만해할

표 4. L선수의 10대 허들과 B.B.선수의 6번째의 허들을 넘는 동작에서 거리, 시간, 각도, 속도 변인

변인	허들	변인										
		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th	B.B.
이륙국면												
허들과 이륙지점 수평거리(L1)	m	1.71	2.08	1.98	1.79	1.86	1.83	1.87	1.89	2.01	2.04	2.09
이륙시간(CI)	s	0.12	0.12	0.10	0.10	0.12	0.10	0.10	0.10	0.10	0.12	0.10
발구름 다리의 각(E)	°	70.68	66.82	64.64	65.23	61.52	66.17	67.36	70.83	62.41	76.47	68.20
발구름 다리의 각(C)	°	66.86	63.96	76.33	77.95	71.85	70.34	73.32	69.38	72.46	62.10	63.20
C.G.의 높이(H1)(E)	m	1.01	0.99	1.00	1.00	1.01	1.02	1.02	1.01	1.03	1.02	0.94
C.G.의 높이(H2)(C)	m	1.10	1.10	1.09	1.09	1.10	1.11	1.10	1.12	1.10	1.13	1.03
C.G.의 이동거리(KSP)	m	0.83	0.90	0.78	0.77	0.92	0.83	0.79	0.82	0.77	0.92	0.87
C.G.와 허들 수평거리(X0)(E)	m	1.92	2.37	2.40	2.23	2.30	2.16	2.25	2.18	2.37	2.30	2.41
C.G.와 허들 수평거리(X1)(C)	m	1.09	1.47	1.62	1.46	1.38	1.33	1.46	1.36	1.60	1.38	1.54
이륙지점과 C.G 수평거리(W1)	m	0.62	0.61	0.36	0.33	0.48	0.50	0.41	0.53	0.41	0.66	0.69
C.G.의 수평속도(E)	m/s	7.15	7.66	7.89	8.08	8.04	8.04	8.09	8.10	7.99	7.81	8.39
C.G.의 수직속도(E)	m/s	-0.10	0.09	0.09	-0.19	-0.22	-0.06	-0.21	-0.12	-0.35	-0.20	0.04
C.G.의 합성속도(E)	m/s	7.15	7.66	7.89	8.08	8.04	8.04	8.09	8.10	8.00	7.81	8.38
C.G.의 수평속도(C)	m/s	7.43	7.78	7.78	7.96	8.21	8.43	8.35	8.11	7.89	7.88	8.66
C.G.의 수직속도(C)	m/s	1.39	1.40	1.33	1.50	1.48	1.45	1.61	1.63	1.62	1.57	1.58
C.G.의 합성속도(C)	m/s	7.56	7.90	7.89	8.10	8.34	8.55	8.50	8.27	8.05	8.03	8.77
무릎속도(E)	m/s	11.94	11.92	11.25	10.98	9.80	10.81	9.39	11.55	12.69	13.58	13.40
발목속도(E)	m/s	10.73	12.41	13.52	16.41	13.69	13.75	12.62	13.02	11.99	12.45	13.90
무릎속도(C)	m/s	9.17	9.18	9.98	12.31	11.38	13.07	15.82	11.86	10.32	8.59	9.64
발목속도(C)	m/s	13.96	12.90	14.94	12.78	11.50	14.41	13.98	11.93	11.83	10.53	16.30
비행국면												
비행시간(FI)	s	0.32	0.32	0.32	0.30	0.32	0.30	0.32	0.32	0.33	0.32	0.30
비행국면에서 C.G.의 수평거리(W2)	m	2.26	2.39	2.67	2.48	2.55	2.40	2.53	2.49	2.64	2.39	2.48
허들 위의 C.G. 높이(H3)	m	0.37	0.35	0.33	0.35	0.37	0.38	0.38	0.39	0.40	0.39	0.32
착지국면												
허들과 착지지점 수평거리(L2)	m	1.23	1.04	1.17	1.23	1.25	1.30	1.22	1.25	1.15	1.07	1.04
C.G.의 높이(H4)	m	1.08	1.09	1.10	1.12	1.12	1.14	1.13	1.14	1.14	1.13	1.03
착지 지점과 C.G. 수평거리(W3)	m	0.06	0.12	0.12	0.21	0.08	0.23	0.15	0.12	0.11	0.06	0.10
C.G.의 수평속도	m/s	6.95	7.43	8.38	8.26	7.66	7.73	7.85	7.60	7.01	7.30	8.06
C.G.의 수직속도	m/s	-0.73	-0.67	-0.70	-0.92	-0.78	-0.92	-0.88	-0.91	-0.89	-0.93	-0.58
C.G.의 합성속도	m/s	6.99	7.46	8.41	8.31	7.70	7.78	7.90	7.65	7.07	7.36	8.11
무릎속도	m/s	9.86	10.11	8.90	10.90	10.03	10.04	12.13	10.53	9.26	8.37	9.48
발목속도	m/s	12.34	13.56	18.58	9.91	13.46	13.78	13.10	12.31	13.50	12.62	14.90
착지 다리의 각(E)	°	77.53	77.61	78.74	69.73	78.11	69.65	72.75	75.92	75.87	81.38	74.70

C.G. : 신체중심, 이심(E) : Eccentric, 동심(C) : Concentric

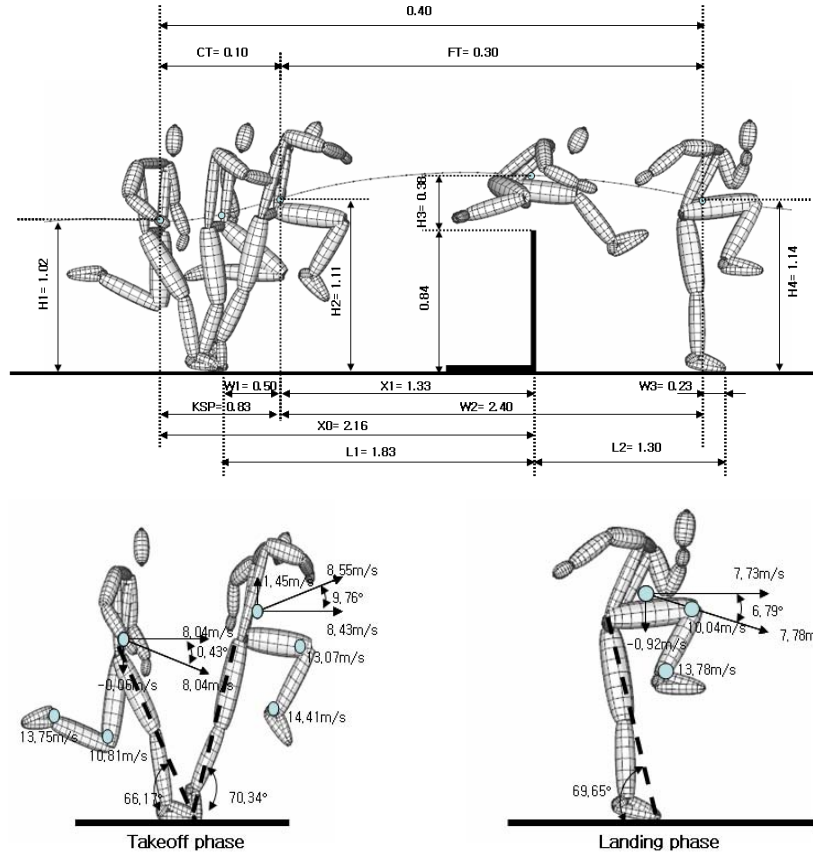


그림 4. L선수의 6번째 허들의 운동학적 변인들

수 있는 구간이다. 그러나 속도가 이심국면까지는 증가 하지만 동심국면에서 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 허들을 넘기 위한 준비 동작을 지나치게 빨리 하거나 허들을 넘기 위해 도약하려는 발의 위치가 너무 가깝다고 판단되어 선수 스스로 속도를 제어하기 때문이라고 판단된다. 따라서 L선수는 3스트라이드의 동심국면에서의 속도를 증가시키는 것이 필요하고 과감하게 허들을 향해서 몸을 던지는 것이 요구된다.

허들 전 구간에서 L선수는 세 스트라이드의 이심국면과 동심국면의 속도를 8.00m/s 이상으로 일정하지 유지하고 동심국면에서 발목속도를 더 증가시켜 추진력 있는 접지를 유도해야 허들과 허들사이에서 달리는 속도를 증가시킬 수 있으며 결과적으로 기록의 단축을 기대할 수 있을 것이다.

2. 허들 넘는 동작의 운동학적 변인

L선수가 10대의 허들을 넘는 동작에서 거리, 시간, 각도, 속도 변인의 변화는 <표 4>와 같고, L선수와 B.B. 선수의 6번째 허들을 넘는 동작에 대한 거리, 시간, 각도, 속도 변인의 변화는 <그림 4>와 <그림 5>와 같다.

1) 거리와 각도 변인

<표 4>을 살펴보면, L 선수는 허들로부터 이륙지점까지의 거리(L1)가 1.71m에서 2.04m의 범위로 거리의 차가 크게 나타났다. 그리고 허들과 착지지점과의 거리(L2)는 1.04m에서 1.30m의 범위로 거리의 차이가 0.26m의 편차를 보였다.

Hucklekemkes(1991)가 허들 앞에서 도약하는 발과 허들과의 거리가 평균 1.90m에서 2.00m내에 있고 허들

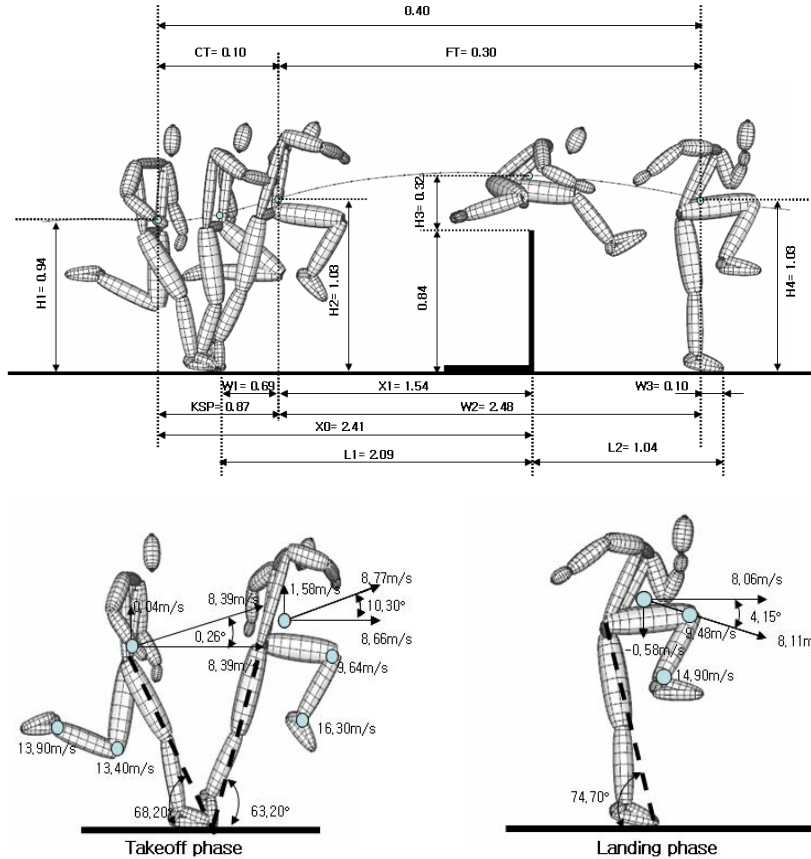


그림 5. B.B.선수의 6번째 허들의 운동학적 변인들

을 넘고 착지하는 발과 허들과의 거리는 평균 0.90m에서 1.05m내에 있다고 보고하였고, Salo et. al.(1997)은 평균 2.09m와 1.10m내에 있다고 보고하였다. L선수는 허들로부터 이륙지점까지의 거리를 넓히고 허들과 착지지점과의 거리를 줄여야 할 것이다. 이러한 동작이 선행되면 허들 간 스트라이드 보폭도 조절 될 것이다.

이심국면에서 발구름 다리의 각이 동심국면에서 발구름 다리의 각보다 작게 나타나는 경향을 보였다. 동심국면에서 발구름 다리의 각이 크다는 것은 허들을 높게 비행하고 이륙지점에서 착지지점까지 신체중심의 비행시간이 길어져 좋은 기록을 낼 수 없게 될 것이다.

그러나 L선수는 이륙지점(L1)에서 착지지점(L2)까지 수평거리가 1과 4허들을 제외하고 3.05m이상으로 길었다. 신체중심의 체공거리(W2)는 3, 5, 7, 9허들을 제외 하면 모두 짧게 나타났다. B.B.선수의 6허들의 신체중

심의 체공거리는 2.48m였다. B.B.선수의 6허들의 신체중심의 체공거리를 기준으로 L선수의 체공거리를 비교 해 보면 L선수의 신체중심의 체공거리가 일정하지 않다는 것을 알 수 있고 체공거리가 길거나 짧을 때를 불문하고 허들을 넘을 때 신체중심의 포물선 궤도가 높다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 현상을 뒷받침 해 주는 결과는 허들을 넘고 착지하는 순간에 신체중심의 수직속도가 허들 전체에서 -0.67m/s 이상으로 B.B.선수의 -0.58m/s보다 높게 나타났다는 것에서 알 수 있다. 또한 비행국면에서 허들 위의 신체중심의 높이가 0.33m이상으로 B.B.선수의 0.32m보다 높다는 것이 또 하나의 좋은 예의 결과라고 할 수 있다. McDonald & Dapena(1991)는 허들 위 신체중심의 높이가 평균 0.30m에 있다고 보고하였다. 따라서 L선수는 신체중심의 포물선 궤도를 낮추고 허들을 넘기 위하여 신체 앞

으로 차는 다리가 허들을 넘어 서는 순간 능동적으로 끌어당겨 착지순간에서 일어나는 속도 손실 요인을 줄여야 할 것으로 판단된다.

2) 신체중심의 변인

이심국면(H1)에서 동심국면(H2)까지 신체중심의 높이 차이는 9cm에서 11cm 범위에 있는 것으로 나타났다. 이심국면에서 동심국면까지 신체중심의 이동거리(KSP)와 이륙지점에서 신체중심까지 수평거리(W1)가 클수록 동심국면에서 발구름 하는 다리의 각이 작아지는 것으로 나타났다. 그리고 동심국면의 신체중심과 허

들과의 수평거리(X1)는 3허들과 9허들에서와 같이 클수록 Hucklekemkes(1991)가 보고한 허들의 도약거리 범위 내에 들어오는 것으로 나타났다. 이와 같이 신체중심의 높이 차의 변화가 일정하고 발구름 하는 다리의 각이 작으면서 동심국면의 신체중심과 허들과의 수평거리가 크고 이륙지점에서 신체중심까지의 수평거리가 크면 허들을 향해 신체를 추진력 있게 던질 수 있어 속도의 증가를 일으킬 수 있다고 판단된다. 그러나 L 선수는 이심국면에서 동심국면까지 신체중심의 이동거리, 동심국면의 신체중심과 허들과의 수평거리 그리고 이륙지점에서 신체중심까지 수평거리등 세거리 변인들이 동시에 크게 증가하는 경우가 없기 때문에 이륙국면에서 이심국면과 동심국면의 신체중심 합성속도가 B.B.선수의 합성속도 8.39m/s, 8.77m/s보다 크게 뒤떨어지는 것이라고 할 수 있다. 또 하나의 속도감소의 원인은 이륙국면에서 이심국면의 신체중심의 수직속도가 2허들과 3허들을 제외하고 모두 수직 하 방향으로 나타났다는 것이다. 이는 이륙국면 이전에서 허들을 향해 도약할 준비가 되어있지 않았고 발구름 하는 다리의 굴곡으로 인해 음의 수직속도를 나타내는 것으로 판단된다. 그리고 이로 인해 동심국면까지의 수직속도 변화의 폭이 크게 증가되고 결과적으로는 높은 비행의 포물선 궤도를 형성하게 된다고 할 수 있다.

이심국면과 동심국면에서의 합성속도는 위에서 기술한 변인들이 의해 증가의 크기가 결정되므로 이 변인들의 일정한 변화의 패턴이 우선적으로 개선되어야만 L 선수의 경기력을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

동심국면에서 신체중심의 수직속도는 7, 8, 9허들을

제외하면 B.B.선수의 1.58m/s 보다 수직속도가 작게 나타났다. 그러나 허들 위의 신체중심의 높이는 허들 전 구간에서 B.B.선수의 0.32m보다 높게 나타났다. 이러한 현상은 허들을 넘기 위하여 앞으로 차는 다리와 더불어 상체가 앞으로 기울어지는 정도가 작고 등을 구부리기 때문에 일어나는 현상이라고 판단된다.

3) 무릎과 발목의 속도 변인

이심국면과 동심국면에서의 무릎과 발목속도를 살펴 보면, 이심국면에서의 무릎과 발목의 속도는 B.B.선수와 같이 13.40m/s 이상이어야 하고 동심국면에서는 무릎의 속도는 9.64m/s 전후 그리고 발목의 속도는 16.30m/s의 속도를 나타내야 한다. L 선수는 이심국면에서 무릎속도가 10허들에서 13.58m/s로 나타났을 뿐 나머지 허들에서는 작게 나타났다. 그리고 발목속도는 3, 4, 5, 6허들에서 각각 13.52m/s, 16.41m/s, 13.69m/s, 13.75m/s로 나타났을 뿐 나머지 허들에서는 작게 나타났다. 이심국면에서 무릎과 발목을 빠르게 운동방향으로 끌어당기고 동심국면에서 무릎을 지면과 평행하게 하여 속도를 B.B.선수와 같이 9.64m/s로 감소시키고 동시에 상체를 앞으로 숙이면서 발목속도를 운동방향으로 차서 증가시킬 필요가 있다. 신체중심을 낮게 하여 허들을 넘기 위해서는 동심국면에서 발목속도를 증가시키면서 상체를 숙이고 허들을 넘기 위해 차는 다리에 가깝게 밀착시키면 신체중심의 높은 비행을 막을 수 있을 것이다. 따라서 L 선수는 동심국면에서 발목의 속도를 B.B.선수와 같이 16.30m/s로 증가시킬 필요가 있다고 하겠다.

IV. 결론 및 제언

허들 전 구간에서 국내 L 선수의 운동학적인 특성을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, L 선수는 B.B.선수와 같이 허들 앞에서 도약하는 발과 허들과의 거리를 넓히고, 허들을 넘고 착지하는 발과 허들과의 거리를 줄일 필요가 있다.

둘째, L 선수는 전 구간에서 허들과 허들사이를 일관

성 있는 보폭으로 개선해야 할 것이다.

셋째, 허들 전 구간에서 L선수는 B.B선수와 같이 세 스트라이드의 이심국면과 동심국면의 속도를 8.00m/s 이상으로 일정하지 유지하고 동심국면에서 발목속도를 더 증가시켜 추진력 있는 접지를 유도해야 허들과 허들사이에서 달리는 속도를 증가시킬 수 있으며 결과적으로 기록의 단축을 기대할 수 있을 것이다.

넷째, L선수는 이심국면에서 동심국면까지 신체중심의 이동거리, 동심국면의 신체중심과 허들과의 수평거리 그리고 이륙지점에서 신체중심까지 수평거리등 세 거리 변인들을 동시에 크게 증가시켜야 할 것이다. 이륙국면에서 이심국면의 신체중심의 수직속도가 2허들과 3허들을 제외하고 모두 수직 하 방향으로 나타났다. 따라서 동심국면에서 수직속도 변화의 폭이 크게 증가 되는 것을 줄여야 할 것이다.

다섯째, L선수는 B.B선수와 같이 이륙지점에서 신체중심이 이동한 거리를 길게 하고 상체와 차는 다리를 추진력 있고 공격적으로 허들을 향해 밀어붙이는 동작을 수행해야 할 것이다. 그리고 발구름 하는 다리는 추진력 있게 킁을 할 수 있도록 자세를 교정할 필요가 있다. 착지하는 다리의 작은 상체를 빨리 세우고 엉덩이를 끌어당겨 뒤로 빠져있지 않게 하여 착지하는 다리의 각을 크게 하여야 할 것이다.

이상을 종합해 보면, L선수가 개선하여야 할 보다 중요한 것은 스피드와 허들과 이륙지점까지의 거리 증가로서 허들과 허들사이의 가속, 인터벌 그리고 준비구간의 세 스트라이드에서의 속도 증가와 일관성 있는 스트라이드의 변화가 중요하다. 그러므로 L선수는 위에서 지적한 사항들을 보완 수정 향상시킨다면 경기력이 크게 좋아질 것이라고 기대된다.

선운동. **한국체육학회지**. 41, 4, 557-568.

임규찬, 정철수, 이만기 (1994). 110m 허들의 구간별 운동학적 변인 분석. **서울대학교 체육연구소 논문집**. 19, 2, 57-74.

Coh M., Kastelic J. & Pintaric S.(1998). A biomechanical model of the 100m hurdles of Brigita Bukovec. *Track Coach*, winter. 4521-4529.

Hucklekemkes J.(1991). Model technique for the women's 100-meter hurdles. *Track technique*, winter. 3759-3766.

Kwon, Y. H.(2005). KWON3D. Motion Analysis Package Version 3.1.

Mann, R. & Herman, J. (1985). Kinematic analysis of Olympic hurdle performance: Women's 100 Meters. *International Journal of Sport Biomechanics*. 1, 163-173.

Mcdonald, C. & Dapena, J. (1991). Linear kinematics of the men's 110m and women's 110m hurdles races. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23, 1382-1391.

Sslo, A., Grimshaw, P. N. & Marar, L.(1997). 3-D biomechanical analysis of sprint hurdles at different competitive levels. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 231-237.

Taylor T.(1992). Lead-leg snapdown. *Track technique*, summer. 3822-3843.

Yu, B., & Hay, J. G.(1995). Angular momentum and performance in the triple jump: A cross-sectional analysis. *Journal of Applied Biomechanics*, 11. 81-102.

참 고 문 헌

김혜영, 이정호, 김상도(2005). 110m 허들 국내 엘리트 선수들의 구간별 동작에 관한 신체중심의 운동학적 분석. **한국체육학회지**. 44, 1, 341-352.
 강상학, 임충희 (2002). 110m 허들경기의 동작분석(I):

투 고 일 : 10월 31일
 심 사 일 : 11월 6일
 심사완료일 : 12월 14일