



엘리트 110m 허들선수의 세 번째 허들링 동작에 관한 운동학적 분석

The Kinematic analysis of the third Hurdling motions of The 110m Hurdles Elite

이정호 · 박영진* · 류재균(경희대학교) · 김종인(공주대학교)

Lee, Jung-Ho · Park, Young-Jin* · Ryu, Jae-Kyun(Kyung Hee University) · Kim, Jong-In(Kong Ju University)

국문요약

이 연구는 국내에서 개최한 국제육상대회의 110m 허들 결승을 대상으로 대회 우승자(중국), 2위 입상자(미국), 3위 입상자(한국) 총 3명을 대상으로 선정하였다. 국외 우수선수와 국내 우수선수의 허들링 동작을 분석하기 위해 3차원 영상분석을 이용하였으며, 기술적 특징을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

허들을 넘기 전 질주동작인 준비구간에서 국내 우수선수는 도약 접지에서 도약이까지 신체 무게중심의 수평거리가 1.04m로 국외 우수선수보다 0.13m 길게 질주하는 것으로 나타났다. 허들을 넘는 비행구간에서 국내 우수선수는 도약에서 비행정점까지 신체 무게중심의 수평거리가 1.63m로 나타났으며, 국외 우수선수보다 0.33m 짧게 도약하는 것으로 나타났다. 비행정점에서 착지까지는 국내 우수선수가 1.59m로 국외 우수선수보다 0.37m 길게 착지하는 것으로 나타났다. 또한 허들을 넘는 동안 신체 무게중심의 수평속도는 도약에서 착지까지 국내 우수선수가 0.75m/s 감소하는 것으로 나타났으며, 도약비율과 착지비율은 53:47로 나타났다. 허들을 넘은 후 질주하는 가속구간은 국내 우수선수가 착지이지에서 신체 무게중심의 수평속도가 8.78m/s로 나타났으며, 국외 우수선수보다 0.54m/s 느린 것으로 나타났다.

ABSTRACT

J. H. LEE, Y. J. PARK, J. K. RYU, and J. I. KIM, The Kinematic analysis of the third Hurdling motions of The 110m Hurdles Elite. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 18, No. 4, pp. 31-39, 2008. The purposes of this study were to compare and analyze the world elite hurdler and the domestic hurdler 3-D kinematic and kinetic techniques about hurdling motion in the 110m hurdles. After analyzing variables in the 110m hurdle run the following conclusions were obtained; In a preparation phase, the domestic hurdler came out running more 0.13m then world elite hurdler from grounding to taking off in the height of center of gravity and the distance by 1.04m. In a flight phase, the domestic hurdler came out taking off 0.33m less then world elite hurdler from taking off to flight peak in the height of center of gravity and the distance by 1.63m. In a flight peak phase, domestic hurdler came out landing more 0.37m then world elite hurdler by 1.59m. More over, during the hurdling, the horizontal velocity of center of gravity came out decreasing from taking off to landing with domestic hurdler by 0.75m/s. the take off percentage and the landing percentage is 53: 47. In a acceleration phase, domestic hurdler came out going slower 0.54m/s than world elite hurdler from landing in the horizontal velocity of center of gravity by 8.78m/s.

KEYWORDS : HURDLES, 110M HURDLES, HURDLING, ELITE, KINEMATIC, VELOCITY

* yjpark@khu.ac.kr

I. 서론

110m 허들은 고난도의 허들링(hurdling) 동작이 요구되는 종목으로 허들링 동작은 허들을 넘기 전 동작에서 허들을 넘은 후 질주 동작까지 총체적인 신체 동작을 의미한다. 효율적으로 높은 허들을 넘기 위해서는 빠르고 안정된 허들자세와 질주능력 그리고 유연성 등 복합적인 신체적 능력을 발휘해야 하며, 스타트에서 가속된 스피드는 10대의 허들을 넘는 동안 허들에 걸리지 않도록 허들링 기술을 발휘해야 한다.

Susanka, Miskos, Dostal, Barac(1998)의 연구에 의하면, 제2회 세계육상선수권대회에서 110m 허들 결승에 진출한 선수 8명을 대상으로 기록의 변화를 운동학적으로 분석한 결과 스타트 후 세 번째 허들에서 최고 가속되었으며, 점차적으로 감속한다고 보고하였다. 즉 스타트 후 최고 가속된 세 번째 허들은 경기의 승패를 좌우하는 중요한 구간으로써 마지막 허들까지 스피드가 지속할 수 있도록 허들링 동작의 기술적 특징을 운동학적으로 분석해야 한다.

엘리트 110m 허들선수가 허들을 넘는 동작은 0.3~0.4초 이내에 이루어지기 때문에 기술적 특징을 시간적으로 구분할 수 없으며, 효율적인 지도와 기술습득을 위한 자료를 얻는데 많은 어려움이 있다. 즉 효율적인 허들링 동작에 관한 기술적 특징을 분석하기 위해서는 세부적으로 허들링 동작을 구분하여 연구해야 할 것이다. 최근 110m 허들선수의 허들링 동작에 관한 선행연구를 살펴보면, Coh(2003)는 110m 허들의 전 세계기록 12.91초 보유자인 영국의 Colin Ray Jackson 선수를 대상으로 최고 가속되는 세 번째 허들의 허들링 동작을 도약(take off)과 비행(flight) 그리고 착지(landing)구간으로 나누어 기술적 특징을 분석하였다. Coh와 Dolenc(1996)는 1996년 아테네 올림픽에서 우승한 Brigita Bukovec 선수를 대상으로 허들링 동작의 도약(take off), 비행(flight), 착지(leading) 및 질주(stride patterns) 구간에 관한 선수의 구간별 기록 및 수평속도를 조사하여 제시하였다. 국내 선행연구에 의하면, 강상화과 임충희(2002)는 국가대표급 110m 허들선수 6명을 대상으로 허들링 동작을 준비구간, 허들구간, 착지구간, 회복구간의 4구간으로 나누어 신체중심의 포물선 피크를 조사한 결과 최고점은 허들 앞에 위치한다고 보

고하였으며, 임규찬, 정철수, 이만기(1994)는 1994년 국가대표선수를 대상으로 허들링 동작을 준비구간, 허들구간, 접지구간의 3구간으로 나누어 가속 질주되는 허들링 동작을 운동학적으로 분석하여 정량적 자료를 제시하였다. 그러나 대부분의 선행연구들은 허들링 동작의 기술적 특징을 조사하기 위해 비우수선수를 포함한 실험상황에서 반복된 운동학적 변인들의 평균값을 제시하였으며, 경기력 향상을 위한 엘리트 선수의 기술적 특징을 분석한 자료는 매우 부족한 실정이다. 국내 엘리트 110m 허들선수는 매년 새로운 한국 신기록을 수립하고 있으며, 국제경기에서 상위에 입상하는 실적을 올리고 있다. 그러나 세계적인 선수에 비해 허들링 기술과 기록에서 상당한 차이를 보이고 있으며, 세계적인 허들링 기술을 습득하지 못하고 있는 실정에 있다. 아시아 최초로 세계랭킹 1위에 오른 중국의 Xiang Liu(劉翔, 24세) 선수는 제28회 아테네 올림픽에서 우승을 차지하고, 세계기록 12.88초의 기록을 세워 세계를 놀라게 했다. 즉 아시아 허들선수도 세계를 제패할 수 있다는 가능성을 입증한 것이다.

국내 엘리트 110m 허들선수도 세계적인 선수의 허들링 동작을 습득할 수 있다면 국제대회에서 우승을 차지할 수 있는 잠재적 가능성을 가지고 있다고 사료된다. 따라서 세계적인 110m 허들선수들의 허들링 동작에 관한 기술적 특징을 운동학적으로 분석하고 연구되어야 한다.

이 연구는 110m 허들의 세계적인 선수를 대상으로 허들링 동작을 분석하고 기술적 특징을 연구하고자 했다. 연구를 위해 국내에서 개최한 국제육상경기대회의 110m 허들 결승 경기를 촬영하고 경기 시 발휘되는 허들링 동작의 운동학적 변인을 정량적으로 제시하고자 한다. 대회에서 상위에 입상한 제28회 아테네 올림픽 우승자이자 세계기록 보유자인 중국선수 및 제26회 애틀랜타 올림픽 우승자인 미국선수 그리고 한국기록 보유자인 국내선수를 대상으로 스타트 후 스피드가 최고 가속화되는 세 번째 허들링 동작을 분석하였다.

경기에서 발휘되는 허들링 동작은 선수 개개인의 기술적 특징을 정확하게 분석할 수 있으며, 경기력 향상을 위한 효율적인 허들링 동작을 정의할 수 있다. 따라서 국의 우수선수와 국내 우수선수의 허들링 동작을 비교분석함으로써 효율적인 기술개선과 경기력 향상을 위한 기술습득 및 지도를 위한 정량적 자료를 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

이 연구는 국내에서 개최한 제3회 대구국제육상경기대회에서 110m 허들 결승의 경기를 대상으로 국외 우수선수인 1위 입상자 A선수(중국)와 2위 입상자 B선수(미국) 그리고 국내 우수선수인 3위 입상자 C선수(한국) 등 상위 입상자 총 3명을 연구대상자로 선정하였으며, 이들의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

2. 실험장비 및 방법

이 연구는 국제육상경기대회에서 110m 허들 결승이 시작되기 전에 미리 운동장에 진입하여 총 8대의 카메라를 관중석 앞쪽에 고정시켰으며, 각 카메라의 위치는 스타트 지점의 후방 관중석 왼쪽에 Cam1과 Cam2를 설치하였고, 오른쪽에 Cam3과 Cam4를 설치하였다. 그리고 피니쉬 지점의 후방 관중석 앞 왼쪽에 Cam5와 Cam6 그리고 오른쪽에 Cam7과 Cam8을 설치하였다.

공간좌표설정을 위해 경기 전에 미리 대회에 참가한 국외 우수선수 A선수와 B선수 및 국내 선수 C선수의 레인을 사전 조사했으며, 각 선수들의 레인은 A선수가 4레인, B선수가 5레인 그리고 C선수가 3레인으로 선정되었다. 공간좌표설정은 DLT (direct linear transformation) 방식의 3차원 분석법을 사용하여 3레인에서 5레인을 중심으로 허들구간별 공간좌표를 설정하였으며, 경기 전 길이 1m 간격의 통제점인 높이 2m 의 통제점 폴(pole)을 허들간거리 9.14m 간격으로 허들지점마다 설치하였다. 통제점 폴을 5초간 촬영하여 제거한 후 경기시간까지 대기하였으며, 110m 허들 결승의 실제 경기를 촬영

하였다. 이때 각 카메라는 광학렌즈(GL-V0752U 0.7 ×, 필터지름 55mm)를 장착하여 와이드 화면으로 촬영하였으며, 이때 필름 속도는 60fields/s, 노출 시간은 1/1000s로 조정하였다. 프로그레시브(progressive)출력 방식을 사용하였으며, 이것은 인터레이스(Interlace)방식보다 정보량이 2배 많아 좀 더 선명한 화질을 구현한다.

3. 자료처리방법

비디오카메라로 촬영된 통제점 틀과 허들링 동작의 영상은 Visol에서 개발한 DV Express 1.0 프로그램을 사용하여 캡처(capture)하였으며, 캡처된 영상 자료는 Kwon3D(Kwon, 1990) Version 3.1 프로그램을 사용하였다.

자료처리를 위한 분석구간은 세 번째 허들을 중심으로 허들을 넘기 전 질주동작에서 허들을 넘은 후 질주동작까지 선정하였으며, 세부적인 분석구간은 <그림 1>과 같다.

각 지지국면에서 발이 지면에 닿는 순간을 접지(LD), 발이 지면에서 떨어지는 순간을 이지(TO)로 정하였으며, 허들을 넘기 전 질주동작인 LD1에서 LD2까지를 준비구간(preparation phase), 허들을 넘는 공중동작인 TO2에서 LD3까지를 비행구간(Flight phase), 허들을 넘은 후 질주동작인 TO3에서 TO4까지를 가속구간(Acceleration phase)으로 정하였다. 그리고 각 이벤트별 LD1은 도약 전 1보 접지, TO1은 도약 전 1보 이지, LD2는 도약 접지, TO2는 도약 이지, Peak는 비행 정점, LD3은 착지 접지, TO3은 착지 이지, LD4는 착지 후 1보 접지, TO4는 착지 후 1보 이지로 정하였다.

인체관절 중심점의 좌표화는 신체를 총 20개의 관절점을 가진 14개의 분절로 연결된 강체 시스템(linked rigid body system)으로 가정하였다. 이러한 분절의 무게 중심점과 신체중심 위치의 산출은 Plagenhoef(1983)의 신체 분절지수(body segment parameter) 자료를 사용하였다.

각 카메라에서 얻은 통제점 폴과 허들링 동작이 기록된 영상자료를 이용하여 통제점과 인체관절 중심점을 디지털이징(digitizing)하였으며, 동조된 2차원 좌표값으로부터 3차원 좌표값을 산출하기 위해 공간좌표에서 이미 산출된 통제점 좌표를 활용하는 DLT(Direct Linear Transformation)방법을 이용하였다. 3차원 좌표값을 산출하는 과정에서 디지털이징 오차와 같은 여러 가지 원

표 1. 대상자의 특성

대상자	신장 (cm)	체중 (kg)	최고기록 (sec)	대회기록 (sec)	나이 (yrs)
A	189	85	12.88	13.14	24
B	182	75	12.91	13.16	35
C	182	74	13.67	13.91	27
M±SD	184±4.04	78±6.08	13.17±0.5	13.40±0.4	28.6±4.2

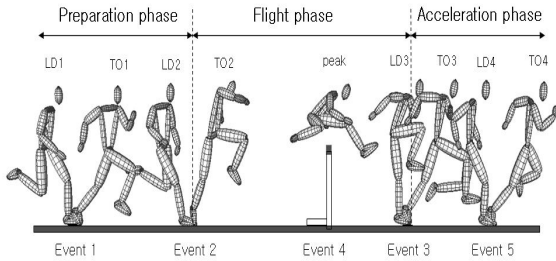


그림 1. 엘리트 110m 허들선수의 허들링 동작 분석구간

인에 의한 노이즈가 발생되는데, 이러한 노이즈를 제거하기 위해 Butterworth 4차 저역통과필터(Low-pass filter)방법으로 스무딩(smoothing)하였으며, 이때 차단주파수(cut-off frequency)는 7.4Hz로 정하였다.

III. 결과 및 논의

1. 신체 무게중심의 수직높이

허들링 동작에 관한 신체 무게중심의 수직높이를 분

석한 결과는 <표 2> 및 <그림 2>와 같다. 신체높이는 지면으로부터 신체 무게중심까지의 수직높이와 신장의 차를 비례한 값이다. 신체 무게중심의 수직높이와 신체높이에 대한 결과를 살펴보면, 준비구간에서 국외 우수선수인 A선수는 도약 전 1보 접지에서 도약 접지 순간까지 수직높이가 1.15m, 1.14m, 1.16m로 나타났으며, B선수는 1.10m, 1.09m, 1.10m 그리고 C선수는 1.08m, 1.08m, 1.11m로 나타났다. 도약 접지순간 신장에 비례한 신체높이는 A선수가 61.38%로 가장 높은 것으로 나타났으며, 국내 우수선수인 C선수는 60.99%로 A선수보다 0.39% 낮은 신체 무게중심의 수직높이를 보였다.

비행구간의 도약 이지에서 착지 접지까지 A선수는 1.28m, 1.43m, 1.31m로 나타났으며, B선수는 1.20m, 1.36m, 1.26m 그리고 C선수는 1.22m, 1.42m, 1.26m로 나타났다. 신장에 비례한 신체높이는 도약 이지 순간 국외 우수선수와 국내 우수선수 모두 67% 이상 유사한 신체 무게중심의 수직높이를 유지하여 도약한 것으로 나타났다. 비행정점에서는 A선수가 75.66%, B선수가 74.73%, C선수가 78.02%로 나타났으며, 도약 이지에서 비행정점까지 신체높이의 증가율은 C선수가 10.99%로 가장 높이 증가하는 것으로 나타났다.

착지 접지는 A선수가 69.31%, B선수가 69.23%, C선수가 69.23%로 세 선수 모두 유사한 신체높이로 착지한 것으로 나타났으며, 비행정점에서 착지 접지까지의 감소율은 A선수가 6.35%, B선수가 5.50%, C선수가 8.79%로 착지에서 국내 우수선수가 신체 무게중심의 수직높이를 가장 많이 낮추는 것으로 나타났다.

그림 2. 신체 무게중심의 수직높이 변화

표 2. 신체 무게중심의 수직높이

Hurdling	A선수		B선수		C선수		
	수직높이(m)	신체높이(%)	수직높이(m)	수직높이(%)	수직높이(m)	신체높이(%)	
준비구간	도약 전 1보 접지	1.15	60.85	1.10	60.44	1.08	59.34
	도약 전 1보 이지	1.14	60.32	1.09	59.89	1.08	59.34
	도약 접지	1.16	61.38	1.10	60.44	1.11	60.99
비행구간	도약 이지	1.28	67.72	1.20	65.93	1.22	67.03
	비행 정점	1.43	75.66	1.36	74.73	1.42	78.02
	착지 접지	1.31	69.31	1.26	69.23	1.26	69.23
가속구간	착지 이지	1.23	65.08	1.19	65.38	1.16	63.74
	착지 후 1보 접지	1.16	61.38	1.12	61.54	1.10	60.44
	착지 후 1보 이지	1.13	59.79	1.11	60.99	1.10	60.44

2. 신체 무게중심의 수평거리

그림 3. 신체무게중심의 수평거리 변화

허들링 동작에 관한 신체 무게중심의 수평거리를 분석한 결과는 <표 3> 및 <그림 3>과 같다.

허들링 동작의 신체 무게중심 수평거리에 대한 결과를 살펴보면, 준비구간에서 국외 우수선수인 A선수는 도약 전 1보 접지부터 도약 이지까지 0.93m, 0.98m, 0.91m로 신체 무게중심의 수평거리를 일정하게 유지하는 것으로 나타났다. 그러나 B선수는 1.05m, 1.03m, 0.87m로 도약 이지에서 0.16m 짧아지는 것으로 나타났으며, 국내 우수선수인 C선수는 0.88m, 0.76m, 1.04m로 도약 이지에서 0.28m 길어지는 것으로 나타났다.

비행구간의 도약 이지에서 비행 정점까지 A선수는 1.96m, B선수는 1.85m, C선수는 1.63m로 나타났으며, 국외 우수선수인 A선수가 국내 우수선수인 C선수보다 0.33m 길게 도약하여 비행정점에 이르는 것으로 나타났다. 비행정점에서 착지 접지까지 A선수는 1.23m, B선수는 1.30m, C선수는 1.59m로 나타났으며, 국외 우수선수인 A선수가 국내 우수선수인 C선수보다 0.37m 짧게 착지하는 것으로 나타났다. 비행구간의 도약에서 착지까지 신체 무게중심의 총 수평거리는 A선수가 3.19m, B선수

가 3.15m, C선수가 3.22m로 국내 우수선수인 C선수가 허들을 가장 길게 넘는 것으로 나타났다. McDonald와 Dapena(1991)는 도약은 가능한 긴 거리에서 허들링 동작을 취하고, 착지는 신체 무게중심을 앞에 위치하여 최소 단위로 착지해야 수평속도가 유지된다고 했으며, 착지의 거리를 짧게 할수록 착지 후 후속동작에 대한 추진력을 크게 얻는데 유리하다고 지적했다.

가속구간의 착지 접지에서 착지 후 1보 이지까지 A선수는 0.57m, 0.59m, 1.08m로 나타났으며, B선수는 0.61m, 0.61m, 0.90m로 나타났다. 그리고 C선수는 0.69m, 0.61m, 0.84m로 나타났다. 착지 접지에서 착지 이지까지 국외 우수선수인 A선수가 국내 우수선수인 C선수보다 신체 무게중심의 수평거리를 0.12m 짧게 착지하는 것으로 나타났으며, 착지 후 1보 이지에서 0.24m 길게 질주하는 것으로 나타났다.

3. 신체 무게중심의 수평속도 및 수직속도

허들링 동작에 관한 신체 무게중심의 수평속도와 수직속도를 분석한 결과는 <표 4> 및 <그림 4>와 같다.

허들링 동작의 신체 무게중심 수평속도와 수직속도

표 3. 신체 무게중심의 수평거리

Hurdling		A선수	B선수	C선수
준비구간	도약 전 1보 접지 - 도약 전 1보 이지	0.93	1.05	0.88
	도약 전 1보 이지 - 도약 접지	0.98	1.03	0.76
	도약 접지 - 도약 이지	0.91	0.87	1.04
비행구간	도약 이지 - 비행 정점	1.96	1.85	1.63
	비행 정점 - 착지 접지	1.23	1.30	1.59
가속구간	착지 접지 - 착지 이지	0.57	0.61	0.69
	착지 이지 - 착지 후 1보 접지	0.59	0.61	0.61
	착지 후 1보 접지 - 착지 후 1보 이지	1.08	0.9	0.84

그림 4. 신체 무게중심의 수평속도 변화 (m)

표 4. 신체 무게중심의 속도

(m/s)

	Hurdling	A선수		B선수		C선수	
		수평속도	수직속도	수평속도	수직속도	수평속도	수직속도
준비 구간	도약 전 1보 접지	8.94	-0.29	8.85	-0.25	8.74	-0.35
	도약 전 1보 이지	9.32	0.02	9.34	0.01	8.89	0.35
	도약 접지	9.01	-0.19	9.04	-0.28	8.67	-0.24
비행 구간	도약 이지	9.46	1.67	9.36	1.60	9.18	1.57
	비행 정점	9.07	0.01	8.98	0.01	8.85	0.01
	착지 접지	8.96	-1.11	8.86	-0.92	8.43	-1.31
가속 구간	착지 이지	9.24	-1.14	9.15	-1.16	8.78	-1.01
	착지 후 1보 접지	9.08	-0.83	8.92	-0.90	8.72	-0.58
	착지 후 1보 이지	9.47	0.04	9.27	0.35	8.93	0.27

를 분석한 결과를 살펴보면, 준비구간에서 국외 우수선수인 A선수는 도약 전 1보 접지에서 도약 접지까지 수평속도가 8.94m/s, 9.32m/s, 9.01m/s로 나타났으며, B선수는 8.85m/s, 9.34m/s, 9.04m/s로 나타났다. 그리고 국내 우수선수인 C선수는 8.74m/s, 8.89m/s, 8.67m/s로 나타났다. A선수와 B선수는 도약 전 1보 이지에서 도약 접지까지 9m/s 이상 수평속도를 발휘한 것으로 나타났으며, C선수는 A선수보다 0.34m/s 느린 것으로 나타났다. 도약 전 1보 이지에서 신체 무게중심의 수직속도는 A선수가 0.02m/s, B선수가 0.01m/s, C선수가 0.35m/s로 나타났으며, 국외 우수선수인 A선수보다 수직속도가 0.33m/s 증가하는 것으로 나타났다.

비행구간의 도약 이지에서 착지 접지까지 신체 무게중심의 수평속도는 A선수가 9.46m/s, 9.07m/s, 8.96m/s로 나타났으며, B선수는 9.36m/s, 8.98m/s, 8.86m/s로 나타났다. C선수는 9.18m/s, 8.85m/s, 8.43m/s로 나타났다. 즉 국외 우수선수인 A선수는 국내 우수선수인 C선수보다 도약 이지에서 0.28m/s, 비행 정점에서 0.22m/s, 착지 접지에서 0.53m/s 빠른 것으로 나타났다. 또한 비행구간의 도약 이지에서 착지 접지까지 허들을 넘는 동안 감소된 신체 무게중심의 수평속도는 국외 우수선수인 A선수와 B선수가 0.50m/s 감소하는 것으로 나타났으며, C선수는 0.75m/s 감소하는 것으로 나타났다.

Hommel(1995)은 경기력이 우수한 선수일수록 도약 순간 수평속도가 가장 많이 증가했으며, 허들을 넘는 동안 수평속도의 유지가 경기력과 밀접한 관계가 있다고 했다. 도약 이지에서 신체 무게중심의 수직속도는 A선수가 1.67m/s, B선수가 1.60m/s, C선수가 1.57m/s

로 나타났으며, 국외 우수선수인 A선수는 국내 우수선수인 C선수보다 신체 무게중심 수직속도가 0.10m/s 더 증가하는 것으로 나타났다.

가속구간의 착지 이지에서 착지 후 1보 이지까지 신체 무게중심의 수평속도는 A선수가 9.24m/s, 9.08m/s, 9.47m/s로 나타났으며, B선수는 9.15m/s, 8.92m/s, 9.27m/s로 나타났다. 그리고 C선수는 8.78m/s, 8.72m/s, 8.93m/s로 나타났다. 국외 우수선수인 A선수와 B선수는 착지 이지에서 착지 후 1보 이지까지 9m/s 이상 신체 무게중심의 수평속도를 증가시키는 것으로 나타났으며, 착지 후 1보 이지에서 C선수는 A선수보다 0.54m/s 느린 것으로 나타났다. 가속구간의 착지 후 1보 이지에서 신체 무게중심의 수직속도는 A선수보다 C선수가 0.23m/s 더 증가하는 것으로 나타났다. Coh(2003)는 도약과 착지 순간 수직속도의 증가는 수평속도의 감소와 상관이 높기 때문에 수직속도를 최소화 함으로서 허들링 동작을 효율적으로 발휘할 수 있다고 했다. 따라서 국내 선수는 도약 순간 신체 무게중심의 수평속도를 증가시키고, 허들을 넘은 후 착지에서 수평속도의 감소를 최소화해야 하는 것으로 나타났다.

4. 보 폭(stride pattern)

허들링 동작에 관한 보폭은 발바닥이 지면에 닿는 발(toe)과 발(toe)사이의 거리로써 분석 결과는 <표 5> 및 <그림 5>와 같다.

허들링 동작의 보폭에 대한 결과를 살펴보면, 준비구간의 도약 전 1보 이지에서 도약 접지까지 국외 우

표 5. 허들링 동작의 보폭 (m, %)

Hurdling		A선수	B선수	C선수
준비구간	도약 전 1보 toe - 도약 toe	2.01	2.04	1.78
	도약 toe - 허들 (도약비율 %)	2.36 (59.9%)	2.16 (55.4%)	2.13 (53%)
비행구간	허들 - 착지 toe (착지비율 %)	1.58 (40.1%)	1.74 (44.6%)	1.89 (47%)
	가속구간	착지 toe - 착지 후 1보 toe	1.60	1.58

도약비율 : 도약 이지에서 착지 접지까지 비행거리에 대한 도약 이지에서 허들까지의 비율
 착지비율 : 도약 이지에서 착지 접지까지 비행거리에 대한 허들에서 착지 접지까지의 비율

그림 5. 허들링 동작의 보폭 변화

수선수인 A선수는 2.01m, B선수는 2.04m로 나타났으며, 국내 우수선수인 C선수는 1.78m로 국외 우수선수보다 0.23m 보폭이 짧은 것으로 나타났다.

비행구간의 도약 이지에서 허들까지의 도약거리는 A선수가 2.36m, B선수가 2.16m, C선수가 2.13m로 나타났으며, 국내 우수선수인 C선수는 국외 우수선수인 A선수보다 0.13m 짧게 도약하는 것으로 나타났다.

허들에서 착지까지의 착지거리는 A선수가 1.58m, B선수가 1.74m, C선수가 1.89m로 나타났으며, 국내 우수선수인 C선수는 국외 우수선수인 A선수보다 0.31m 길게 착지하는 것으로 나타났다. 그리고 도약 이지에서 착지까지의 도약비율은 A선수가 59.9%, B선수가 55.4%, C선수가 53%로 나타났다. 허들에서 착지 접지까지의 착지비율은 A선수가 40.1%, B선수가 44.6%, C선수가 47%로 나타났다. 또한 도약 이지에서 착지 접지까지 총 비행거리는 A선수가 3.94m, B선수가 3.90m로 나타났으며, 국외 우수선수인 C선수는 4.02m로 국외 우수선수인 A선수보다 0.06m 길게 비행하는 것으로 나타났다. Dapena(1991)는 비행구간에서 허들을 넘는 이상적인 도약비율과 착지비율은 60:40이 가장 적당하다고 강조하였다. 즉 국외 우수선수인 A선수는 도약에서 수직점프를 최소화하여 허들을 스치듯이 넘는 후

착지를 짧게 하여 스피드를 증가시키는 것으로 나타났으며, 국내 우수선수인 C선수는 도약에서 허들까지 비행이 짧고 착지는 길게 하여 점프동작을 유발하는 것으로 나타났다. 가속구간의 착지이지에서 착지 후 1보 접지까지의 보폭은 A선수가 1.60m, B선수가 1.58m, C선수가 1.19m로 나타났으며, 국외 우수선수인 A선수는 국내 우수선수인 C선수보다 0.41m 긴 보폭을 발휘하여 질주하는 것으로 나타났다.

5. 지면 접촉시간과 체공시간

허들링 동작에 관한 지면 접촉시간과 체공시간을 분석한 결과는 <표 6> 및 <그림 6>과 같으며, 지면 접촉시간은 발바닥이 지면에 닿는 접지 순간부터 떨어지는 이지 순간까지의 접촉시간이며, 체공시간은 지면에서 발바닥이 떨어지는 이지 순간부터 다음 발바닥이 지면에 접지하는 순간까지이다.

허들링 동작의 지면 접촉시간과 체공시간에 대한 결과를 살펴보면, 준비구간에서 A선수는 도약 전 1보 접촉시간이 0.1sec로 나타났으며, B선수와 C선수는 0.117sec로 나타났다. 도약 전 1보 체공시간은 A선수와 B선수가 0.1sec로 나타났으며, C선수는 0.084sec로 국외

그림 6. 지면접촉시간과 체공시간의 변화

표 6. 지면 접촉시간과 체공시간 (sec)

Hurdling		A선수	B선수	C선수
준비구간	도약 전 1보 지면 접촉시간	0.1	0.117	0.117
	도약 전 1보 체공시간	0.1	0.1	0.084
	도약 지면 접촉시간	0.1	0.1	0.116
비행구간	도약 - 허들 체공시간	0.234	0.217	0.214
	허들 - 착지 체공시간	0.116	0.133	0.156
가속구간	착지 지면 접촉시간	0.067	0.067	0.083
	착지 후 1보 체공시간	0.067	0.067	0.067
	착지 후 1보 지면 접촉시간	0.1	0.1	0.1

우수선수보다 0.016sec 빠른 것으로 나타났다. 그러나 도약 접촉시간은 A선수와 B선수가 0.1sec의 소요시간을 보였으며, C선수는 0.116sec로 국외 우수선수보다 0.016sec 느린 것으로 나타났다.

비행구간의 도약에서 허들까지의 체공시간은 A선수가 0.234sec, B선수가 0.217sec, C선수가 0.214sec로 나타났으며, 허들에서 착지까지의 체공시간은 A선수가 0.116sec, B선수가 0.133sec, C선수가 0.156sec로 나타났습니다. 허들을 넘는 도약에서 착지까지의 총 체공시간은 A선수와 B선수가 0.35sec로 나타났으며, C선수는 0.37sec로 나타났습니다. 즉 도약에서 허들까지의 체공시간은 국내 우수선수인 C선수가 국외 우수선수보다 0.2sec 빠른 것으로 나타났으나 허들에서 착지까지의 체공시간은 0.4sec 느린 것으로 나타났습니다.

Muller와 Hommel(1997)의 연구에 의하면, 제6회 세계육상선수권 대회에서 우승한 허들선수의 도약에서 착지까지 허들을 넘는 체공시간은 0.32초로 보고하였으며, 체공시간을 최소화시켜야 스피드를 증가 시킬 수 있다고 하였다. 가속구간에서 착지의 지면 접촉시간은 국외 우수선수인 A선수와 B선수가 0.067sec로 나타났으며, 국내 우수선수인 C선수는 0.083sec로 국외 선수보다 0.016sec 느린 것으로 나타났다.

IV. 결론

이 연구는 국내에서 개최한 국제육상경기의 110m 허들 결승에서 상위 3위에 입상한 선수를 대상으로 국외 우수선수인 1위 입상자(중국)와 2위 입상자(미국) 그리

고 국내 우수선수인 3위 입상자(한국)의 허들링 동작을 3차원 영상분석에 의해 기술적 특징을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 허들을 넘기 전 질주동작인 준비구간에서 국내 우수선수는 도약 접지에서 신체 무게중심의 수평거리가 국외 우수선수보다 0.22m 짧게 질주하는 것으로 나타났으며, 도약 이지에서는 0.13m 길게 질주하는 것으로 나타났다.

둘째, 준비구간의 신체 무게중심 수평속도는 국내 우수선수가 국외 우수선수보다 도약 전 1보 이지에서 0.43m/s 느린 것으로 나타났다.

셋째, 허들을 넘는 비행구간에서 국내 우수선수는 도약에서 비행정점까지 신체 무게중심의 수평거리가 국외 우수선수보다 0.33m 짧게 도약하는 것으로 나타났으며, 비행정점에서 착지까지는 0.37m 길게 착지하는 것으로 나타났다.

넷째, 비행구간에서 국내 우수선수는 도약에서 착지까지 허들을 넘는 동안 신체 무게중심의 수평속도가 0.75m/s 감소하는 것으로 나타났으며, 국외 우수선수는 0.50m/s 감소하는 것으로 나타났다.

다섯째, 비행구간의 도약에서 허들까지 도약비율과 허들에서 착지까지 착지비율은 국내 우수선수가 53%, 47%로 나타났으며, 국외 우수선수는 59.9%, 40.1%로 나타났습니다.

여섯째, 비행구간에서 국내 우수선수는 도약에서 허들까지의 체공시간이 0.214sec로 국외 우수선수보다 0.02sec 빠른 것으로 나타났으며, 허들에서 착지까지 0.156sec로 국외 우수선수보다 0.04sec 느린 것으로 나타났다.

일곱째, 허들을 넘은 후 질주하는 가속구간은 국내

우수선수가 국외 우수선수보다 신체 무게중심의 수평 속도가 0.54m/s 느린 것으로 나타났으며, 착지 후 1보의 보폭은 0.41m 짧은 것으로 나타났다.

human motion. *Research Quarterly for Exercise and sports*, 54(2). pp. 169-178.
 Susanka, P., Miskos, G., Millerova, V., Dostal, E., Barac, F. (1998). Time analysis of the sprint hurdle events at the II World Championships in Athletics. *NSA. IAAF*. 11. 1. pp. 63-69.

참고문헌

- 강상학, 임충희 (2002). 110m 허들경기의 동작분석(I) : 선운동. *한국체육학회지*, 41, 4, pp. 557-568.
- 임규찬, 정철수, 이만기 (1994). 110m 허들의 구간별 운동학적 변인 분석. *서울대학교 체육연구소 논문집*. 19, 2, pp. 57-74.
- Coh, M (2003). Biomechanical analysis of Colin Jackson's hurdle clearance technique. *NSA. IAAF*. 18. 1. pp. 37-45.
- Coh, M. & Dolenc, A (1996). Three-dimensional kinematic analysis of the hurdles technique used by Brigita Bukovec. *NSA. IAAF*. 11. 1. pp. 63-69.
- Dapena, J. (1991). Hurdle clearance technique. *Track and Field. Quart. Rev.* 116:3, pp. 710-712.
- Hommel, H. (1995). NSA photo sequences 33&34-110m hurdles: Colin Jackson. *NSA. IAAF*. 10. 3. pp. 57-65.
- Kwon, Y. H. (1990). Kwon3D Film Motion Analysis Package. User's Reference Manual. Unpublished program manual. <http://www.KWON3D.com>
- 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. 12. pp. 1382-1391.
- Muller, H., & Hommel, H. (1997). Biomechanical Research Project at the VI World Championships in Athletics, Athens 1997: Preliminary Report. *NSA. IAAF*. 12:2-3; pp. 43-73.
- Plagenhoef, S. (1983). Anatomical data for analyzing

투 고 일 : 10월 27일
 심 사 일 : 11월 6일
 심사완료일 : 12월 9일